Серія диссертацій, допущенныхъ къ защитѣ въ ИМПЕРАТОРСКОЙ Военно-Медицинской Академіи въ 1887—1888 учебномъ году.

№ 87.

7 - НОЯ 2012

33

БІБЛІОТЕКА
Харківського Медичн. Інституту
№ 7621
Шифр В-32

КЪ ВОПРОСУ

ПЕРЕВІРЕНО 193

О ДѢЙСТВІИ НА НЕРВЪ ГАЛЬВАНИЧЕСКАГО ТОКА

ПРЕРЫВИСТАГО и НЕПРЕРЫВНАГО

(ПОПЫТКА ОБЪЯСНЕНІЯ ФИЗІОЛОГИЧЕСКИХЪ ЯВЛЕНІЙ ЭЛЕКТРОТОНА).

3626

612.014+612.8
В-32

ДИССЕРТАЦІЯ

НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ

Бронислава Вериго.

Цензорами, по порученію Конференціи, были профессора: И. Р. Тархановъ, И. П. Мержеевскій и приватъ-доцентъ В. И. Дроздовъ.

Пересчет 1966 г.

Инв. №
НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
1-го Харьк. Мед. Института

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. Остр., 2 л., 7.
1888.

1950
Переучет-60
7 - НОЯ 2012

Докторскую диссертацію лекаря *Вериго* подъ заглавіемъ: „Къ вопросу о дѣйствіи на нервъ гальваническаго тока прерывистаго и непрерывнаго", печатать разрѣшается съ тѣмъ, чтобы по отпечатаніи оной было представлено въ конференцію Императорской военно-медицинской академіи 500 экземпляровъ ея. С.-Петербургъ, Апрѣля 2 дня, 1888 г.

Ученый Секретарь *В. Пашутинъ.*

64338

ОГЛАВЛЕНІЕ

			СТРАН.
Введеніе			1
Глава	I.	Пфлюгеровскія измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока съ точки зрѣнія Германовской теоріи электротона	5
Глава	II.	Методъ изслѣдованія	23
		I. Прерыватель и его установка	27
		II. Способы измѣненія различныхъ факторовъ, опредѣляющихъ собою характеръ прерывистаго тока	49
		a) Измѣненіе продолжительности перерывовъ тока	—
		b) Измѣненіе частоты перерывовъ тока	55
		c) Способъ полученія прерывистаго тока съ короткими толчками	62
		d) Измѣненіе силы раздражающаго тока	63
		III. Способы измѣненія состоянія нерва, подвергающагося раздраженію	—
Глава	III.	Предварительные опыты и предварительныя замѣчанія	68
Глава	IV.	Эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока	81
		I. Эффекты раздраженія нормальнаго нерва катодомъ прерывистаго тока	84
		II. Вліяніе предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока	95
		A. Вліяніе предварительной поляризація катодомъ	100
		B. Вліяніе предварительной поляризаціи анодомъ	105
		a) Опыты надъ нормальнымъ нервомъ	106
		b) Опыты надъ нервомъ, измѣненнымъ предварительной поляризаціей катодомъ	110
		III. Вліяніе поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока	111
		A. Вліяніе поляризаціи катодомъ	118
		B. Вліяніе поляризаціи анодомъ	125
		IV. Вліяніе частоты перерывовъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока	132

НБ ХНМУ

стран.

A. Измѣненіе частоты раздраженія насчетъ продолжительности какъ толчковъ, такъ и перерывовъ тока. 133
B. Измѣненіе частоты раздраженія насчетъ продолжительности перерывовъ 134
C. Измѣненіе частоты раздраженія насчетъ продолжительности толчковъ прерывистаго тока 135
V. Эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока съ короткими толчками 141
A. Эффекты раздраженія нормальнаго нерва рядомъ короткихъ толчковъ. 142
B. Вліяніе предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва рядомъ короткихъ толчковъ . . 144

Глава V. Могутъ ли быть объяснены, описанныя въ предыдущей главѣ явленія съ точки зрѣнія существующихъ теорій? . . 148

Глава VI. Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока 162
I. Объясненіе эффектовъ раздраженія нормальнаго нерва катодомъ прерывистаго тока. 171
II. Объясненіе вліянія предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока 179
III. Объясненіе вліянія поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока 182
A. Вліяніе поляризаціи катодомъ. 187
B. Вліяніе поляризаціи анодомъ 190
IV. Объясненіе вліянія частоты перерывовъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока . . . 193

Глава VII. Объясненіе главныхъ явленій въ сферѣ катэлектротона постояннаго тока 196
A. Дюбуа-Реймоновскій законъ возбужденія 198
B. Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе раздражительности 213

Глава VIII. Эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока . 228
I. Эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ перерывами минимальными или близкими къ минимальнымъ 230
Эффекты раздраженія нормальнаго нерва. . . . . —
Эффекты раздраженія нерва, подвергнутаго предварительной изолирующей поляризаціи. 232
Вліяніе предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. 233
Вліяніе поляризаціи на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока 236
a) Вліяніе поляризаціи анедомъ . . . . . —
b) Вліяніе поляризаціи катодомъ. 240
Вліяніе продолжительности перерывовъ на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока . . 242
Вліяніе частоты перерывовъ на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. 243

стран.

II. Эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ продолжительными перерывами 245

Глава IX. Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока 255
I. Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ минимальными перерывами. . . . 259
Вліяніе силы раздраженія. 261
Вліяніе предварительной поляризаціи 262
Вліяніе поляризаціи анодомъ 263
Вліяніе поляризаціи катодомъ 264
Вліяніе продолжительности перерывовъ 266
II. Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ продолжительными перерывами . . —

Глава X. Объясненіе главныхъ явленій въ сферѣ анэлектротона постояннаго тока 271
A. Объясненіе явленій возбужденія нерва анодомъ постояннаго тока . . . . . —
B. Пфлюгеровское анэлектротоническое пониженіе раздражительности 282

Глава XI. Дальнѣйшія доказательства въ пользу гипотезы суммированія 288
A. Оба тока *a* и *b* имѣютъ одинаковое (восходящее) направленіе 295
B. Оба тока *a* и *b* имѣютъ взаимно противоположное направленіе 302

Глава XII. Трудности на пути развитыхъ въ теченіе настоящаго изслѣдованія взглядовъ. Заключительные выводы 312

Литература 327

ВВЕДЕНІЕ.

Предлагаемое изслѣдованіе можетъ быть разематриваемо, какъ непосредственное продолженіе моихъ прежнихъ работъ по общей нервной физіологіи, такъ какъ изъ нихъ зародились тѣ основныя идеи, которыя лежатъ въ основѣ настоящихъ опытовъ. Еще въ то время, когда я изслѣдовалъ эффекты одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами [1]), я уже ясно сознавалъ, что наблюдавшіяся мною явленія допускаютъ весьма простое физическое объясненіе, вытекающее непосредственно изъ извѣстной Германновской теоріи гальваническихъ явленій электротона. Уже тогда я видѣлъ, что предполагаемое объясненіе, не ограничиваясь случаемъ одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами, могло найти значительно болѣе широкое приложеніе, такъ какъ при помощи его открывалась возможность объяснить непонятныя до сихъ поръ Пфлюгеровскія измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ постояннаго тока. Однако, такое широкое примѣненіе моей мысли было въ то время слишкомъ рискованнымъ, такъ какъ оно стояло въ коренномъ противорѣчіи съ нашими взглядами на явленія возбужденія нерва токомъ, установившимися, благодаря работамъ такихъ выдающихся ученыхъ, каковы Дюбуа-Реймонъ, Пфлюгеръ и Германнъ. Вслѣдствіе этого, я и рѣшилъ тогда ограничиться простымъ изложеніемъ добытыхъ фактовъ.

Теперь дѣло въ значительной степени измѣнилось. Мои опыты съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ батарейнымъ токомъ, составляющіе главный предметъ предлагаемаго изслѣдованія, указали на существованіе явленій, положительно несогласимыхъ

[1]) Br. Werigo. Arch. f. d. ges. Physiol. B. XXXVI. 1885.

съ общепринятой теоріей возбужденія нерва токомъ. Основываясь на характерѣ полученныхъ фактовъ, я сдѣлалъ попытку видоизмѣнить эту теорію. Попытка увѣнчалась успѣхомъ въ томъ смыслѣ, что лежащія въ основѣ ея представленія оказались приложимыми къ объясненію не только вновь найденныхъ явленій, но также и тѣхъ, изъ которыхъ Дюбуа-Реймонъ вывелъ свой извѣстный законъ возбужденія. Руководствуясь вновь выработанной точкой зрѣнія на возбуждающее дѣйствіе тока, я убѣдился, что тѣ противорѣчія, которыя раньше не позволяли мнѣ остановиться на чисто физическомъ объясненіи Пфлюгеровскихъ явленій измѣненія раздражительности, теперь уже не существуютъ. Въ результатѣ получилась, слѣдовательно, возможность связать Германновскую теорію электротона съ физіологическими явленіями дѣйствія тока на нервъ и такимъ образомъ въ значительной степени объяснить эти послѣднія. Опираясь на эту возможность, я и считаю теперь своевременнымъ передать на судъ публики сложившіяся у меня теоретическія представленія.

Конечно, я далекъ отъ мысли смотрѣть на свою гипотезу, какъ на вполнѣ доказанную. Всякая попытка объясненія болѣе или менѣе обширнаго круга явленій наталкивается, по самому существу дѣла, на значительныя затрудненія: изслѣдовать заново весь подлежащій объясненію кругъ явленій—невозможно, а въ существующихъ изслѣдованіяхъ, предпринятыхъ съ иныхъ точекъ зрѣнія, должны неизбѣжно встрѣчаться весьма существенные пробѣлы. Не считая своей гипотезы доказанной, я тѣмъ не менѣе придаю ей не маловажное значеніе, такъ какъ она, позволяя сгруппировать разрозненные факты въ болѣе или менѣе стройную систему, дастъ въ то-же время руководящую нить для дальнѣйшихъ изслѣдованій. Каковы бы ни были результаты этихъ послѣднихъ, подтвердятъ-ли они мою гипотезу, или ее опровергнутъ, во всякомъ случаѣ они должны будутъ способствовать прогрессу нашихъ знаній въ темной области нервныхъ явленій.

По самому характеру своей работы, я становлюсь въ двоякое отношеніе къ обширной литературѣ данной области. Съ одной стороны, сообщая рядъ новыхъ фактовъ насчетъ дѣйствія на нервъ прерывистаго батарейнаго тока, я долженъ, конечно, обращать вниманіе на тѣ данныя которыя уже существуютъ въ литературѣ по тому-же самому предмету. Съ другой стороны, предлагая новую точку зрѣнія для объясненія совокупности явленій дѣйствія тока на нервъ, я долженъ считаться со всѣми изслѣдованіями, имѣющими то или другое отношеніе къ этому существеннѣйшему вопросу электрофизіологіи. Такимъ образомъ,

не ограничиваясь изложеніемъ главныхъ результатовъ, добытыхъ моими предшественниками при изслѣдованіи эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ батарейнымъ токомъ, я долженъ былъ-бы еще, во-первыхъ, подвергнуть критической оцѣнкѣ разнообразныя теоретическія представленія насчетъ сущности дѣйствія тока на нервъ, развиваемыя различными авторами, и во-вторыхъ, пересмотрѣть съ точки зрѣнія своей гипотезы всѣ относящіеся сюда факты (какъ достовѣрные, такъ и спорные), съ цѣлью выяснить, насколько они говорятъ за или противъ моей гипотезы.

Однако, такая задача въ полномъ своемъ объемѣ не входитъ въ планъ настоящаго изслѣдованія. По крайней мѣрѣ, послѣ тщательнаго изученія литературы данной области, я пришелъ къ убѣжденію, что настоятельной необходимости въ столь полномъ литературномъ обзорѣ не существуетъ: обзоръ этотъ, увеличивъ въ громадной степени объемъ предлагаемаго труда, не былъ-бы въ состояніи внести ничего существенно важнаго. Дѣло въ томъ, что, кромѣ фактовъ и теорій, пользующихся почти всеобщимъ признаніемъ и излагаемыхъ въ каждомъ учебникѣ, существуетъ еще множество фактовъ и гипотезъ, защищаемыхъ единичными авторами и противорѣчащихъ какъ другъ другу, такъ и общепринятымъ взглядамъ. Эти противорѣчія, служа несомнѣннымъ доказательствомъ недостаточной разработанности предмета, могутъ быть примирены окончательно лишь на основаніи опытныхъ, а не теоретическихъ данныхъ: всякая попытка разъясненія ихъ, съ точки зрѣнія какой-бы то ни было теоріи, должна заключать въ себѣ неизбѣжно весьма много гадательнаго и произвольнаго. Поэтому-то я, хотя и имѣю возможность показать, что мои теоретическія представленія способны въ значительной степени распутать противорѣчія, существующія по многимъ частнымъ вопросамъ, все-таки отказываюсь отъ подобной попытки, считая ее пока еще преждевременной. Не касаясь въ текстѣ всѣхъ этихъ спорныхъ данныхъ, я ограничиваюсь приведеніемъ ихъ видѣ приложенія перечня прочитанныхъ мною работъ, съ цѣлью дать возможность читателю познакомиться съ тѣмъ литературнымъ матеріаломъ, который я, между прочимъ, имѣлъ въ виду при составленіи своей гипотезы. Въ этомъ перечнѣ изслѣдованія различныхъ авторовъ размѣщены въ алфавитномъ порядкѣ, причемъ всѣ работы, заключающія что нибудь, болѣе или менѣе цѣнное по отношенію къ моимъ теоретическимъ взглядамъ, отмѣчены звѣздочкой.

Такимъ образомъ, въ предлагаемомъ изслѣдованіи я буду при

изложеніи руководствоваться преимущественно тѣми фактами и теоріями, которые, представляясь наиболѣе разработанными, пользуются въ настоящее время признаніемъ большинства физіологовъ, и на согласіи съ ними буду основывать главныя доказательства въ пользу защищаемыхъ мною взглядовъ. Изъ остальныхъ литературныхъ данныхъ я обращу вниманіе только на тѣ, которыя имѣютъ самое близкое отношеніе къ предмету настоящаго изслѣдованія.

Главная экспериментальная часть моей работы, касающаяся вопроса о дѣйствіи на нервъ прерывистаго батарейнаго тока, производилась въ физіологической лабораторіи С.-Петербургскаго университета въ теченіе 1885 и 1886 годовъ. Пользуясь случаемъ, считаю пріятнымъ долгомъ высказать искреннюю благодарность своему уважаемому учителю, профессору И. М. Сѣченову, и не только за тѣ совѣты, которыми я пользовался въ теченіе настоящей работы, но также и за помощь, которую я встрѣтилъ у него при своихъ первыхъ шагахъ на пути физіологическаго изслѣдованія. Считаю долгомъ также заявить благодарность уважаемому профессору И. Р. Тарханову за радушный пріемъ, встрѣченный мною въ его лабораторіи, гдѣ я произвелъ нѣкоторые опыты, имѣющіе важное значеніе для моей гипотезы.

Бр. Веригo.

Май 1888 года.

ГЛАВА I.

Пфлюгеровскія измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока съ точки зрѣнія Германновской теоріи электротона.

Со времени классическихъ изслѣдованій Пфлюгера стало извѣстнымъ, что постоянный токъ дѣйствуетъ на нервъ не одинаково на протяженіи всего участка, по которому онъ проходитъ, но что явленія, вызываемыя имъ, на различныхъ полюсахъ различны.

Къ выдающимся проявленіямъ такого полярнаго дѣйствія должно быть отнесено, конечно, изслѣдованное Пфлюгеромъ свойство постояннаго тока приводить нервъ въ особое состояніе, при которомъ реакція на раздраженіе новымъ токомъ оказывается рѣзко измѣненной. Пфлюгеръ показалъ именно, что при раздраженіи участка нерва, расположеннаго по обѣ стороны отрицательнаго полюса поляризующаго тока, получается эффектъ гораздо болѣе сильный, а при раздраженіи по ту или другую сторону положительнаго полюса—гораздо болѣе слабый, чѣмъ при приложеніи того же раздражителя къ нормальному, неполяризованному нерву. Сопоставляя эти измѣненія съ открытыми раньше Дюбуа-Реймономъ гальваническими явленіями электротона, Пфлюгеръ пришелъ къ убѣжденію, что между тѣми и другими существуетъ самая тѣсная связь: всѣ условія, отъ которыхъ, по показаніямъ Дюбуа-Реймона, зависитъ сила и распространеніе по нерву электротоническихъ токовъ, оказались вліяющими въ томъ же смыслѣ на силу и распространеніе измѣненной способности нерва реагировать на раздраженіе.

Въ то время, когда Пфлюгеръ производилъ свои изысканія, насчетъ явленій гальваническаго электротона существовала и пользовалась всеобщимъ признаніемъ одна только Дюбуа-Реймоновская теорія, видѣвшая причину электротоническихъ токовъ

въ особенныхъ перемѣщеніяхъ составляющихъ нервъ электродвигательныхъ молекулъ. Поэтому-то и на вызываемое токомъ измѣненіе способности нерва реагировать на раздраженіе Пфлюгеръ не могъ смотрѣть иначе, какъ на слѣдствіе особенныхъ молекулярныхъ измѣненій нервнаго вещества. Съ этой точки зрѣнія, онъ приписывалъ найденнымъ явленіямъ физіологическое значеніе и, придавъ имъ названіе физіологическаго электротона, видѣлъ въ нихъ измѣненіе функціональной способности нерва, измѣненіе его раздражительности. Такимъ образомъ, по мнѣнію Пфлюгера, принимаемому съ тѣхъ поръ всѣми физіологами, постоянный токъ по обѣ стороны отрицательнаго полюса (въ сферѣ катэлектротона) вызываетъ повышеніе, а по обѣ стороны положительнаго полюса (въ сферѣ анэлектротона)—пониженіе раздражительности.

Допущеніе, что измѣненная, подъ вліяніемъ тока, реакція нерва указываетъ на измѣненіе его раздражительности, въ настоящее время не можетъ считаться столь неизбѣжнымъ, какимъ оно казалось прежде. Дѣло въ томъ, что, со времени выхода въ свѣтъ книги Пфлюгера, Германнъ, въ цѣломъ рядѣ блестящихъ работъ, развилъ новую теорію гальваническихъ явленій электротона, которая, измѣняя наши взгляды на природу электротоническихъ токовъ, не можетъ, конечно, оставаться безъ вліянія и на наши представленія о природѣ физіологическаго электротона. Руководствуясь этой теоріей, мы должны признать, что электротоническіе токи суть не что иное, какъ вѣтви поляризующаго тока, которыя, благодаря особеннымъ, чисто физическимъ условіямъ, распространяются во внѣполюсное пространство далеко за предѣлы поляризованнаго участка. Такимъ образомъ, въ основѣ гальваническихъ явленій электротона лежатъ чисто физическія причины. А если это такъ, то не должна казаться странной мысль, что, можетъ быть, тѣ-же самыя физическія причины обусловливаютъ и Пфлюгеровскія явленія, что эти явленія зависятъ отъ вѣтвей поляризующаго тока, пронизывающихъ весь участокъ нерва, на которомъ они наблюдаются. Если бы существовала какая-нибудь точка опоры для подобнаго представленія Пфлюгеровскихъ явленій, мы должны были бы, очевидно, обратить на нее самое серьезное вниманіе.

Такая точка опоры, дѣйствительно, можетъ быть найдена.

Мысль, что на Пфлюгеровскія явленія можно смотрѣть съ чисто-физической точки зрѣнія, зародилась у меня, какъ объ этомъ было уже упомянуто во введеніи, на основаніи результатовъ, полученныхъ при опытахъ съ одновременнымъ раздраженіемъ нерва двумя индукціонными ударами. Изъ этихъ опытовъ я убѣдился, что индукціонные удары способны вызывать въ нервѣ такія-же явленія физіологическаго электротона, какъ и постоянный токъ (результатъ, найденный уже раньше Сюаллемъ [1]), съ тою только разницей, что условія, при которыхъ проявляется это свойство индукціонныхъ ударовъ, несравненно проще, вслѣдствіе чего, и сами явленія гораздо доступнѣе для объясненія. Прежде чѣмъ перейти къ изложенію сложившихся у меня на этотъ счетъ представленій, считаю необходимымъ остановиться предварительно довольно подробно на описаніи относящихся сюда опытовъ.

Для одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами я пользовался такимъ же пріемомъ, который употребляли и Грюнгагенъ [2]) при аналогичныхъ опытахъ. Два подлежащіе раздраженію участка нерва соединялись со вторичными спиралями двухъ отдѣльныхъ индукціонныхъ аппаратовъ, первичныя спирали которыхъ были связаны съ батареей такимъ образомъ, что токъ проходилъ сразу по той и другой. Введенный въ цѣпь первичныхъ спиралей двуплечій рычагъ Гельмгольца позволялъ, въ любой моментъ, размыкать токъ, и, слѣдовательно, вызывать появленіе въ обѣихъ вторичныхъ спиралях двухъ абсолютно одновременныхъ размыкательныхъ индукціонныхъ ударовъ (при моихъ опытахъ я пользовался исключительно размыкательными индукціонными ударами). Въ каждую изъ цѣпей обѣихъ вторичныхъ спиралей было включено по коммутатору и по ключу.

Благодаря такому пріему, я имѣлъ полную возможность какъ угодно разнообразить условія опыта:

1) Оставляя замкнутой цѣпь только той или другой вторичной спирали, я могъ раздражать нервъ любымъ изъ двухъ индукціонныхъ ударовъ.

2) Измѣняя разстояніе спиралей того или другого индукціоннаго аппарата, я могъ измѣнять по произволу и совершенно независимо другъ отъ друга силу обоихъ ударовъ.

3) Пользуясь коммутаторами, я могъ измѣнять направленія обоихъ ударовъ, и наконецъ,

4) Замыкая цѣпи обѣихъ вторичныхъ спиралей, я могъ пропускать по нерву одна удара одновременно.

---

[1]) On the polar effects upon nerves of weak induction currents. Journ. of physiol. III, 1881.

[2]) Grunhagen. Pflüger's Arch. Bd. XXXIV, 1884.

Моимъ опытамъ я старался придать сначала форму, соотвѣтствующую, по возможности ближе, формѣ Пфлюгеровскихъ опытовъ съ постояннымъ токомъ.

При Пфлюгеровскихъ опытахъ, какъ извѣстно, дѣйствуютъ на нервъ два тока: одинъ постоянный, такъ называемый поляризующій токъ, назначеніе котораго — измѣнять раздражительность нерва, другой индукціонный (или тоже постоянный, что совершенно безразлично), такъ называемый раздражающій токъ, предназначенный для измѣренія раздражительности. Соотвѣтственно этому, я долженъ былъ и при моихъ опытахъ придавать обоимъ ударамъ различное значеніе: одинъ долженъ былъ соотвѣтствовать поляризующему, а другой—раздражающему току. Первый ударъ былъ названъ мною модифицирующимъ, а второй раздражающимъ. Для того, чтобы модифицирующій ударъ могъ соотвѣтствовать вполнѣ поляризующему току и служить исключительно для измѣненія раздражительности нерва, было необходимо сдѣлать этотъ ударъ инфраминимальнымъ, т. е. придать ему такую ничтожную силу, при которой онъ, дѣйствуя на нервъ одинъ, не былъ бы въ состояніи вызывать ни малѣйшихъ слѣдовъ возбужденія. Это достигалось соотвѣтственной установкой той вторичной спирали, индукціоннымъ ударомъ которой я хотѣлъ пользоваться, какъ модифицирующимъ. Такая установка производилась предварительно передъ каждымъ опытомъ.

При Пфлюгеровскихъ опытахъ поступаютъ обыкновенно слѣдующимъ образомъ. Сначала безъ поляризаціи раздражаютъ нервъ индукціоннымъ ударомъ такой силы, при которой получаемое сокращеніе не достигаетъ максимальной величины. Опредѣливши высоту этого сокращенія, замыкаютъ поляризующій токъ и опять раздражаютъ нервъ тѣмъ-же индукціоннымъ ударомъ: величина полученнаго теперь сокращенія, по сравненію съ той, которая получалась до поляризаціи, позволяетъ судить, вызвалъ-ли поляризующій токъ повышеніе или понижение раздражительности. Совершенно подобнымъ же образомъ поступалъ и я при описываемыхъ опытахъ. Найдя такую силу раздражающаго удара, при которой онъ, дѣйствуя на нервъ одинъ, давалъ сокращеніе, не достигающее максимальной величины, и опредѣливъ высоту этого сокращенія, я пропускалъ по нерву оба удара одновременно: сравненіе высоты полученнаго теперь сокращенія съ той, которая была измѣрена раньше, указывало на то или другое вліяніе модифицирующаго удара.

Такіе опыты, продѣланные систематически при различныхъ положеніяхъ раздражающаго удара относительно модифицирующаго [1]) и при различныхъ направленіяхъ того и другого, привели меня къ результатамъ, которые я могу выразить въ слѣдующей общей формѣ: *при одновременномъ дѣйствіи обоихъ ударовъ возбужденіе во всѣхъ случаяхъ усиливается, если раздражающій ударъ падаетъ въ сферу катэлектротона, и ослабляется, если онъ падаетъ въ сферу анэлектротона модифицирующаго удара.*

Очевидно, что эти явленія вполнѣ соотвѣтствуютъ Пфлюгеровскимъ явленіямъ физіологическаго электротона. Соотвѣтствіе между ними усиливается еще въ значительной степени тѣмъ, что, по моимъ опытамъ, направленіе раздражающаго удара, равно какъ и разстояніе между нимъ и тѣмъ или другимъ полюсомъ модифицирующаго, имѣютъ здѣсь совершенно такое-же значеніе, какъ и при Пфлюгеровскихъ опытахъ, гдѣ мѣсто модифицирующаго удара заступаетъ поляризующій (постоянный) токъ [2]).

Основываясь на полномъ тождествѣ обоихъ рядовъ явленій, я счелъ себя въ правѣ присоединиться къ мнѣнію Сюзлла и объяснить полученные результаты тѣмъ, что индукціонный ударъ, во время своего прохожденія по нерву, способенъ вызвать со-

[1]) Раздраженіе нерва производилось при этихъ опытахъ не только во внѣполюсномъ, но также и въ межполюсномъ пространствѣ модифицирующаго удара. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ я долженъ былъ, конечно, во избѣжаніе вѣтвленія токовъ изъ одной спирали въ другую, вводить въ ихъ цѣпи громадныя сопротивленія.

[2]) Вліяніе направленія раздражающаго удара при Пфлюгеровскихъ опытахъ было констатировано мною (Pflüger's Archiv Bd. XXXI, 1883), причемъ было показано, что это вліяніе есть частный случай зависимости, существующей между величиной измѣненія раздражительности и разстояніемъ наслѣдуемой точки нерва отъ того или другого полюса поляризующаго тока. Индукціонные удары, по крайней мѣрѣ той силы, какою обыкновенно пользуются для физіологическихъ опытовъ, способны, какъ извѣстно, вызывать возбужденіе только на катодѣ; поэтому раздраженіе одного и того-же участка нерва индукціоннымъ ударомъ разъ одного, другой разъ другого направленія соотвѣтствуетъ раздраженію двухъ различныхъ точекъ нерва, а именно тѣхъ, на которыя въ данномъ случаѣ дѣйствуетъ катодъ индукціоннаго удара. Благодаря Пфлюгеру, мы знаемъ, что измѣненіе раздражительности въ сферѣ катэлектротона и анэлектротона выражено тѣмъ рѣзче, чѣмъ ближе лежитъ данный участокъ нерва къ тому или другому полюсу поляризующаго тока. Поэтому, пользуясь для раздраженія индукціоннымъ ударомъ такого направленія, при которомъ катодъ удара лежитъ ближе къ полюсу (однополярный ударъ), мы должны наблюдать болѣе рѣзкое измѣненіе раздражительности, чѣмъ при употребленіи удара противоположнаго (абнолярнаго) направленія. Это и есть какъ разъ та разница, которая наблюдается въ дѣйствительности при употребленіи для опытовъ ударовъ различныхъ направленій.

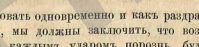
вершенно такія-же измѣненія раздражительности, какъ и постоянный токъ.

При описанныхъ опытахъ толкованіе результатовъ съ точки зрѣнія электротоническихъ измѣненій раздражительности въ высшей степени облегчалось тѣмъ, что одинъ изъ ударовъ (модифицирующій) имѣлъ всегда инфраминимальную величину: наблюдаемый эффектъ могъ зависѣть только отъ возбуждающаго дѣйствія раздражающаго удара, и роль модифицирующаго сводилась исключительно на то или другое измѣненіе раздражительности того участка нерва, по которому проходилъ раздражающій ударъ. Не ограничиваясь этими простѣйшими опытами, я приступилъ къ дальнѣйшимъ, при которыхъ различіе между обоими ударами совершенно ступенчывалось, такъ какъ они или имѣли приблизительно одинаковую силу, или, во всякомъ случаѣ, отличались другъ отъ друга не столь значительно, чтобы можно было приписывать возбуждающее дѣйствіе исключительно одному изъ нихъ. Результаты такихъ опытовъ, несмотря на ихъ бо́льшую сложность, оказались легко объяснимыми съ той-же точки зрѣнія. Для этого стоило только допустить, что каждый ударъ одновременно и раздражаетъ тотъ участокъ нерва, по которому онъ проходитъ, и измѣняетъ раздражительность въ сосѣднемъ участкѣ, гдѣ дѣйствуетъ на нервъ другой индукціонный ударъ, другими словами, что каждый ударъ дѣйствуетъ одновременно и какъ раздражающій, и какъ модифицирующій.

Не вдаваясь въ подробное описаніе всѣхъ опытовъ, на основаніи которыхъ былъ сдѣланъ только что приведенный выводъ, я ограничусь разборомъ двухъ случаевъ, которые считаю наиболѣе характерными.

а) Предположимъ, что по двумъ сосѣднимъ участкамъ нерва проходятъ два удара a и b, обращенные другъ къ другу своими отрицательными полюсами (Фиг. 1). Допуская, что оба удара

Фиг. 1.



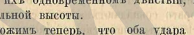
способны дѣйствовать одновременно и какъ раздражающіе, и какъ модифицирующіе, мы должны заключить, что возбужденіе, вызываемое въ нервѣ каждымъ ударомъ порознь, будетъ въ значительной степени усилено, если мы заставимъ оба удара проходить по нерву одновременно. Въ самомъ дѣлѣ, ударъ a лежитъ

въ сферѣ катэлектротона удара b, а ударъ b—въ сферѣ катэлектротона удара a. Всѣдствіе этого, каждый изъ нихъ, дѣйствуя на участки нерва, раздражительность которыхъ повышена подъ вліяніемъ сосѣдняго удара, долженъ вызывать болѣе сильное возбужденіе.

Опытъ вполнѣ подтверждаетъ подобное заключеніе: мы можемъ предварительно придать ударомъ a и b такую силу, что каждый изъ нихъ, дѣйствуя на нервъ одинъ, далеко не въ состояніи вызывать ни малѣйшихъ слѣдовъ возбужденія, и тѣмъ не менѣе, при ихъ одновременномъ дѣйствіи, получаемъ сокращенія максимальной высоты.

в) Предположимъ теперь, что оба удара обращены другъ къ другу своими анодами. (Фиг. 2). При этомъ каждый ударъ

Фиг. 2.



лежитъ въ сферѣ анэлектротона другого. Примѣняя къ этому случаю разсужденія, аналогичныя приведеннымъ выше, мы приходимъ къ выводу, что возбужденіе нерва, вызываемое каждымъ ударомъ порознь, должно быть ослаблено, если они оба пропускаются одновременно. Дѣйствительно, при этихъ опытахъ можно найти такое положеніе обѣихъ спиралей, при которомъ каждый изъ ударовъ, дѣйствуя на нервъ одинъ, вызываетъ максимальное сокращеніе мышцы, между тѣмъ, какъ оба кмѣстѣ оставляютъ ее въ полномъ покоѣ.

Съ этой же точки зрѣнія оказались объяснимыми и всѣ остальные изслѣдованные мною случаи, относительно которыхъ могу ограничиться ссылкой на свою прежнюю работу. Всѣдствіе этого, я и пришелъ къ выводу, что *всѣ явленія одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами представляютъ собою частный случай Пфлюеровскихъ явленій электротона и никоимъ образомъ не могутъ быть разсматриваемы, какъ результатъ интерференціи нервнаго возбужденія, какъ это утверждали нѣкоторые авторы* (Валентинъ и Гроснгагенъ).

На этомъ выводѣ я въ то время и остановился, хотя уже тогда имѣлъ возможность показать, что всѣ описанныя явленія допускаютъ другое объясненіе, вытекающее непосредственно изъ Германновской теоріи гальваническихъ явленій электротона. Чтобы объясненіе это было вполнѣ понятно, считаю необходи-

мымъ изложить предварительно вкратцѣ сущность Германновской теоріи.

Основаніемъ для теоріи Германна послужили опыты съ гальваническими явленіями, наблюдаемыми на особенной комбинаціи проводниковъ, состоящей изъ стеклянной трубки, наполненной насыщеннымъ растворомъ $ZnSO_4$, съ протянутой по ея оси платиновой проволокой (такъ называемая Германновская схема электротона). При пропусканіи тока черезъ жидкость любого участка этой схемы, гальванометръ, соединенный съ другимъ ея участкомъ, обнаруживаетъ присутствіе тока, всѣ существенныя свойства котораго совпадаютъ вполнѣ со свойствами наблюдаемыхъ въ нервѣ электротоническихъ токовъ. Явленіе связано самымъ тѣснымъ образомъ съ поляризаціей на границѣ между жидкостью и проволокой, такъ что при отсутствіи поляризаціи (напр., при употребленіи для опытовъ цинковой проволоки и того же раствора $ZnSO_4$) ничего подобнаго описанному выше не наблюдается.

Германнъ доказалъ, что изслѣдованное имъ явленіе зависитъ отъ того, что поляризующій токъ направляется не только по участку жидкости, расположенному между электродами, но значительная часть его проходитъ по проволокѣ, входя въ нее у положительнаго и выходя изъ нея у отрицательнаго электрода. Эта послѣдняя часть тока, которая и опредѣляетъ собою все явленіе, принимаетъ слѣдующій своеобразный ходъ. Мѣста вхожденія тока въ проволоку и выхожденія изъ нея не ограничиваются участками, находящимися въ непосредственной близости къ положительному и отрицательному электроду, но распространяются на весьма значительныя протяженія. Такимъ образомъ, весь столбъ жидкости въ трубкѣ оказывается пронизаннымъ цѣлымъ рядомъ вѣтвей, которыя, постепенно ослабѣвая, распространяются во внѣполюсное пространство очень далеко за предѣлы поляризованнаго участка, причемъ по обѣ стороны положительнаго полюса онѣ входятъ, а по обѣ стороны отрицательнаго выходятъ изъ проволоки. Эти-то вѣтви и попадаютъ къ гальванометру при соединеніи съ нимъ какого бы то ни было участка схемы. Такъ какъ на границѣ между жидкостью и проволокой существуетъ поляризація, поэтому мы можемъ сказать, что, подъ вліяніемъ пропусканія тока черезъ какой-нибудь участокъ схемы, вся проволока раздѣляется на двѣ части, изъ которыхъ въ одной, расположенной по обѣ стороны анода, мы имѣемъ дѣло съ вхожденіемъ вѣтвей тока въ проволоку и, слѣдовательно, съ положительной поляризаціей, а въ другой, по

обѣ стороны катода, гдѣ вѣтви тока выходятъ изъ проволоки, съ отрицательной поляризаціей. Въ самомъ межполюсномъ пространствѣ существуетъ точка, въ которой непосредственно граничатъ другъ съ другомъ участки проволоки съ положительной и отрицательной поляризаціей, гдѣ, слѣдовательно, поляризація равна нулю.

Не вдаваясь въ подробное изложеніе условій, заставляющихъ токъ распредѣляться выше описаннымъ образомъ, и отсылая читателя относительно этого вопроса къ работамъ самого Германна, я ограничусь здѣсь замѣчаніемъ, что такихъ условій два: разница сопротивленія жидкости и проволоки и поляризація на границѣ между ними. Изъ этихъ двухъ условій особенно существеннымъ должно считаться второе, безъ котораго, какъ мы видѣли выше, явленіе становится невозможнымъ, между тѣмъ, какъ первое не имѣетъ столь важнаго значенія, хотя и способствуетъ въ значительной степени интенсивности явленія.

Благодаря очевидной внѣшней аналогіи между анатомическимъ строеніемъ нервнаго волокна и описанной схемой, благодаря далѣе тому обстоятельству, что существованіе поляризаціи въ нервѣ въ настоящее время не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію (Дюбуа-Реймонъ, Германнъ и др.), Германнъ и признаетъ, что явленія электротона зависятъ отъ подобнаго выше описанному распредѣленія въ нервѣ поляризующаго тока. Различіе между нервомъ и Германновской схемой со стороны физическихъ условій, встрѣчаемыхъ токомъ, состоитъ только въ томъ, что проволока въ схемѣ представляетъ собою очень хорошій проводникъ тока сравнительно съ омывающей ее жидкостью, между тѣмъ, какъ относительно нерва мы не имѣемъ никакихъ свѣдѣній насчетъ сравнительной проводимости осевого цилиндра и міэлиноваго вещества [1]). Этому различію нельзя,

[1]) Въ текстѣ я сравниваю прямо осевой цилиндръ съ проволокой, а міэлиновое вещество съ жидкостью схемы. Однако, такое сравненіе, можетъ быть, и не соотвѣтствуетъ истинному положенію дѣла. Хотя существованіе въ нервѣ поляризаціи несомнѣнно доказано, но вопросъ о мѣстѣ этой поляризаціи остается открытымъ. Въ этомъ отношеніи можно сдѣлать только два предположенія: поляризація существуетъ или на границѣ между нервилеммой и міэлиновымъ веществомъ, или между этимъ послѣднимъ и осевымъ цилиндромъ. Въ первомъ случаѣ міэлиновое вещество вмѣстѣ съ осевымъ цилиндромъ, во второмъ одинъ только осевой цилиндръ должны были бы считаться аналогичными проволокѣ въ Германновской схемѣ. Германнъ, не придавая рѣшенію этого вопроса существеннаго значенія, склоняется все-таки скорѣе къ первому предположенію. Принимая во вниманіе, что первичной поляризаціи должно быть приписываемо важное физіологическое значеніе, я думаю, что

однако, придавать особенно важнаго значенія, такъ какъ мы видѣли выше, что разница сопротивленій между веществами, на границѣ которыхъ происходитъ поляризація, есть условіе несущественное.

Я не буду приводить здѣсь различныхъ доказательствъ, которыми Германнъ старается подкрѣпить свою теорію; замѣчу только, что до сихъ поръ не существуетъ ни одного явленія, которое не могло бы быть согласно съ нею тѣмъ или другимъ способомъ.

Посмотримъ теперь, насколько изложенная теорія примѣнима къ объясненію физіологическихъ явленій дѣйствія тока на нервъ.

Способность тока къ полярному дѣйствію, т. е. способность вызывать различныя явленія въ сферѣ катэлектротона и анэлектротона, заставляетъ насъ неизбѣжно признать, что измѣненіе раздражительности и возбужденіе не могутъ быть поставлены въ зависимость отъ простого прохожденія тока по нерву, отъ тѣхъ неизвѣстныхъ еще по своей природѣ молекулярныхъ движеній, которыя токъ вызываетъ въ каждомъ проводникѣ; эти послѣдніе на всемъ пути тока одинаковы, между тѣмъ, какъ физіологическія явленія, вызываемыя токомъ, въ различныхъ мѣстахъ поляризованнаго участка различны. Такимъ образомъ, мы должны допустить, что физіологическое дѣйствіе тока тѣсно связано съ такими процессами, которые на различныхъ полюсахъ имѣютъ различный характеръ. Германновская теорія и даетъ намъ указаніе на физическую причину подобной разницы, а именно она показываетъ, что въ сферахъ катэлектротона и анэлектротона мы имѣемъ дѣло съ поляризаціонными и электролитическими процессами противоположнаго характера, которымъ и можетъ быть приписано различное физіологическое значеніе. Съ этой точки зрѣнія, физіологическое дѣйствіе тока въ каждомъ данномъ участкѣ нерва ставится въ зависимость отъ характера и силы тѣхъ поляризаціонныхъ процессовъ, которые токъ вызываетъ здѣсь на границѣ между міэлиновымъ веществомъ и осевымъ цилиндромъ.

Признаніе связи между физіологическими и гальваническими

мы имѣемъ больше поводовъ допустить существованіе поляризаціи между міэлиновымъ веществомъ и осевымъ цилиндромъ, такъ какъ всѣ физіологическія свойства нерва приписываются этому послѣднему. Какъ бы то ни было, для избѣжанія длинныхъ описательныхъ выраженій, гораздо удобнѣе остановиться условно на одномъ какомъ-нибудь предположеніи. Въ настоящемъ изслѣдованіи я и буду говорить постоянно о поляризаціи между міэлиновымъ веществомъ и осевымъ цилиндромъ.

явленіями электротона въ томъ общемъ видѣ, въ какомъ оно выражено выше, не заключаетъ въ себѣ ничего новаго и было довольно ясно высказываемо Германномъ много разъ въ различныхъ мѣстахъ его многочисленныхъ работъ. Мнѣ кажется, однако, что эта связь можетъ быть представлена гораздо опредѣленнѣе, причемъ такая возможность выступаетъ особенно рельефно при детальномъ разсмотрѣніи явленій, происходящихъ въ нервѣ подъ вліяніемъ одновременнаго дѣйствія двухъ индукціонныхъ ударовъ.

Когда два удара проходятъ одновременно по двумъ сосѣднимъ участкамъ нерва, мы имѣемъ дѣло, очевидно, съ накладываніемъ другъ на друга электротоническихъ вѣтвей, принадлежащихъ обоимъ ударамъ. Спрашивается, по какому закону происходитъ это накладываніе? На этотъ вопросъ отвѣчаютъ опыты Германна, произведенные имъ на его извѣстной схемѣ. Поляризуя два участка схемы и соединяя третій участокъ съ гальванометромъ, Германнъ показалъ (Pflüger's Arch. V. 1871, стр. 267), что наблюдаемое отклоненіе стрѣлки гальванометра равняется алгебраической суммѣ тѣхъ отклоненій, которыя вызываетъ каждый изъ поляризующихъ токовъ самъ по себѣ (то-же самое было найдено раньше Дюбуа-Реймономъ для электротоническихъ токовъ, наблюдаемыхъ при одновременной поляризаціи двухъ участковъ нерва). Такое явленіе возможно лишь при условіи, когда каждый изъ поляризующихъ токовъ распредѣляется въ схемѣ или нервѣ совершенно также, какъ будто бы онъ одинъ только и дѣйствовалъ. Вслѣдствіе этого, мы должны признать, что, при одновременномъ дѣйствіи на нервъ двухъ индукціонныхъ ударовъ, каждый изъ нихъ распредѣляется по нерву совершенно независимо отъ другого. Такимъ образомъ, на однихъ и тѣхъ же мѣстахъ нерва электротоническія вѣтви обоихъ ударовъ должны неизбѣжно встрѣчаться, а слѣдовательно, и суммироваться другъ съ другомъ. Въ этомъ суммированіи и лежитъ, по моему мнѣнію, разгадка всѣхъ явленій одновременнаго раздраженія нерва двумя ударами. Но для этого мы должны придать понятію „*суммированіе*“ особенное значеніе, отличное отъ того, въ какомъ обыкновенно употребляется это слово.

Говоря о суммированіи электротоническихъ токовъ (или электротоническаго и нервнаго тока), обыкновенно обращаютъ исключительное вниманіе на опредѣляемое гальванометромъ направленіе этихъ токовъ, такъ что говорятъ объ ихъ складываніи, если они отклоняютъ стрѣлку гальванометра въ одну и ту же сторону, и о вычитаніи, если вызываемыя ими отклоненія противоположны другъ другу. Такое представленіе о суммиро-

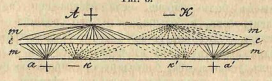
ваніи, вполнѣ законное, если рѣчь идетъ исключительно о гальваническихъ эффектахъ, по скольку они могутъ быть улавливаемы гальванометромъ, совершенно не вѣрно по отношенію къ эффектамъ физіологическимъ. Мы видѣли выше, что физіологическіе эффекты, вызываемые токомъ, должны быть поставлены въ связь исключительно съ характеромъ происходящихъ въ нервѣ поляризаціонныхъ процессовъ. Слѣдовательно, при опредѣленіи суммированія электротоническихъ токовъ съ физіологической точки зрѣнія мы должны также обращать вниманіе только на эти процессы. Поэтому, при встрѣчѣ на одномъ и томъ же участкѣ нерва катэлектротоническихъ вѣтвей обоихъ ударовъ, мы должны допустить, что онѣ складываются другъ съ другомъ, несмотря на то, что, при отведеніи къ гальванометру, онѣ могутъ давать противоположныя отклоненія стрѣлки: эти вѣтви складываются другъ съ другомъ, по скольку всѣ онѣ выходятъ изъ осевого цилиндра въ міэлиновое вещество, по скольку всѣ онѣ вызываютъ отрицательную поляризацію. По отклоненію же стрѣлки гальванометра мы судимъ лишь о томъ пути, который принимаютъ электротоническія вѣтви по выходѣ изъ осевого цилиндра, а этотъ путь для физіологическаго эффекта не имѣетъ никакого значенія. То же самое можно повторить и относительно встрѣчи анэлектротоническихъ вѣтвей обоихъ ударовъ: эти вѣтви складываются другъ съ другомъ, независимо отъ того направленія, въ какомъ онѣ отклоняютъ стрѣлку гальванометра, такъ какъ всѣ онѣ входятъ въ осевой цилиндръ, всѣ онѣ вызываютъ положительную поляризацію. Наоборотъ, если на одномъ и томъ же участкѣ нерва встрѣчаются анэлектротоническія вѣтви одного и катэлектротоническія другого удара, то, по нашему представленію, должно происходить взаимное вычитаніе этихъ вѣтвей, опять совершенно независимо отъ ихъ направленія, показываемаго гальванометромъ. Такимъ образомъ, существенная сторона развиваемаго мною представленія о суммированіи заключается въ томъ, что я придаю значеніе исключительно направленію электротоническихъ вѣтвей по отношенію къ осевому цилиндру, т. е. обращаю вниманіе только на то, входятъ ли онѣ въ осевой цилиндръ или выходятъ изъ него.

Пересмотримъ съ этой точки зрѣнія всѣ изложенныя нами явленія одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами. Но предварительно напомнимъ объ извѣстномъ фактѣ (Фикъ, Ламанскій), что индукціонные удары умѣренной силы, какіе обыкновенно употребляются при физіологическихъ опытахъ, способны возбуждать нервъ только на своемъ катодѣ.

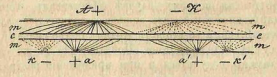
Перефразировывая этотъ фактъ съ точки зрѣнія Германновской теоріи, мы можемъ сказать, что изъ электротоническихъ вѣтвей индукціоннаго удара, входящихъ въ осевой цилиндръ (анэлектротоническія вѣтви) и выходящихъ изъ него (катэлектроническія вѣтви), способны возбуждать только эти послѣднія. Оставляя безъ разсмотрѣнія вопросъ, почему именно имъ присуще свойство приводить нервъ въ возбужденіе (для рѣшенія этого вопроса не имѣется никакихъ данныхъ), примемъ это свойство катэлектротоническихъ вѣтвей, какъ фактъ, данный непосредственнымъ опытомъ. Указанный фактъ имѣетъ для насъ весьма важное значеніе, такъ какъ, основываясь на немъ, мы получаемъ возможность упростить нашу задачу и, при разсмотрѣніи съ нашей точки зрѣнія эффектовъ одновременнаго раздраженія нерва, обращать вниманіе только на процессы суммированія, происходящіе на катодѣ индукціонныхъ ударовъ, такъ какъ процессы, происходящіе на ихъ анодѣ, завѣдомо не могутъ вызывать возбужденія.

Начнемъ нашъ пересмотръ съ простѣйшаго случая, когда одинъ ударъ имѣетъ постоянно инфраминимальную силу (модифицирующій ударъ), а другой (раздражающій ударъ), приложенный въ сферѣ катэлектротона или анэлектротона перваго, даетъ, дѣйствуя на нервъ одинъ, сокращеніе, не достигающее максимальной величины. Предположимъ, что на двухъ прилагаемыхъ фигурахъ, изображающихъ схематически нервное волокно съ его осевымъ цилиндромъ *cc* и міэлиновымъ веществомъ *mm*,

Фиг. 3.



Фиг. 4.



модифицирующій ударъ проходитъ по участку *AK*, а раздражающій или по *ak*, или по *a'k'* (на фиг. 3 въ адполярномъ, а на фиг. 4 въ абполярномъ направленіи). Сплошныя и пункти-

64338
Перевірено 1936
Инв. № НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА 1-го Харьк. Мед. Института
БІБЛІОТЕКА Харківського Медичн. Інституту № 4621

рованныя линіи, расходящіяся въ обѣ стороны отъ анода и катода каждаго удара, представляютъ собою схематически разноименныя (анэлектротоническія вѣтви изображены сплошными, а катэлектротоническія — пунктированными линіями) вѣтви, въ видѣ которыхъ индукціонные удары входятъ въ осевой цилиндръ и выходятъ изъ него. Эти вѣтви, ради простоты, представлены входящими и выходящими только сверху для модифицирующаго удара и только снизу для раздражающихъ, хотя, на основаніи Германновской теоріи, мѣста вхожденія и выхожденія тока должны распредѣляться вокругъ осевого цилиндра со всѣхъ сторонъ равномѣрно.

На основаніи нашего представленія о суммированіи, въ каждой точкѣ нерва, тамъ, гдѣ происходитъ встрѣча электротоническихъ вѣтвей дѣйствующихъ одновременно ударовъ, происходитъ ихъ складываніе, если онѣ имѣютъ одноименный, и вычитаніе, если онѣ имѣютъ разноименный характеръ. Такъ какъ по условіямъ опыта возбуждать нервъ можетъ только раздражающій ударъ (а не модифицирующій) и при томъ только на своемъ катодѣ, поэтому, при опредѣленіи величины возбужденія въ каждомъ данномъ случаѣ, мы должны обращать вниманіе лишь на то, что происходитъ съ его катэлектротоническими вѣтвями, усиливаются-ли онѣ, или ослабляются.

Простого взгляда на приведенныя фигуры достаточно, чтобы убѣдиться, что эффектъ, получаемый при одновременномъ дѣйствіи обоихъ ударовъ, долженъ отличаться отъ эффекта, получаемаго подъ вліяніемъ одного раздражающаго. А именно, эффектъ долженъ быть меньше, если раздраженіе падаетъ въ сферу анэлектротона, и больше, если оно падаетъ въ сферу катэлектротона модифицирующаго удара: катэлектротоническія вѣтви раздражающаго удара въ первомъ случаѣ ослабляются, а во второмъ усиливаются, благодаря суммированію съ анэлектротоническими и катэлектротоническими вѣтвями модифицирующаго. Другими словами, явленія должны происходить такъ, какъ будто бы въ первомъ случаѣ дѣйствовалъ одинъ болѣе слабый ударъ, способный дать меньшее количество катэлектротоническихъ вѣтвей, а во второмъ — одинъ болѣе сильный, дающій большую сумму катэлектротона. Понятно, что тѣ-же самые результаты должны получиться и при приложеніи раздражающаго удара въ межполюсномъ пространствѣ модифицирующаго.

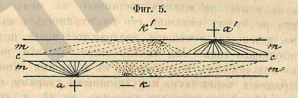
При сравненіи обѣихъ приведенныхъ выше фигуръ выясняется также, почему ослабленіе и усиленіе эффекта должно быть больше при аполярномъ (фиг. 3), чѣмъ при абполярномъ

(фиг. 4) направленіи раздражающихъ ударовъ: въ первомъ случаѣ катэлектротоническія вѣтви раздражающаго тока падаютъ на такія мѣста нерва, гдѣ анэлектротоническія и катэлектротоническія вѣтви модифицирующаго имѣютъ большую силу, чѣмъ во второмъ. Съ этой же точки зрѣнія объясняется зависимость величины получаемаго эффекта отъ разстоянія раздражающаго удара отъ анода или катода модифицирующаго.

Наше представленіе позволяетъ столь же легко объяснить и тѣ случаи одновременнаго дѣйствія на нервъ двухъ ударовъ, когда мы не можемъ приписывать возбуждающаго дѣйствія исключительно одному изъ нихъ:

а) Если оба удара обращены другъ къ другу своими катодами, взаимное суммированіе ихъ катэлектротоническихъ вѣтвей должно повести, очевидно, къ усиленію возбужденія, какъ будто бы на нервъ дѣйствовалъ одинъ ударъ бо́льшей силы (фиг. 5).

Фиг. 5.



b) Если оба удара обращены другъ къ другу своими анодами, возбужденіе, вызываемое каждымъ изъ нихъ, должно быть ослаблено при ихъ одновременномъ дѣйствіи, такъ какъ катэлектротоническія вѣтви каждаго удара ослабляются, благодаря суммированію съ анэлектротоническими вѣтвями другого. Явленія должны происходить такъ, какъ будто-бы вмѣсто двухъ болѣе сильныхъ дѣйствовали два болѣе слабые удара (фиг. 6).

Фиг. 6.



Совершенно такимъ же образомъ могутъ быть объяснены и всѣ остальные изслѣдованные мною раньше случаи. Убѣдиться въ этомъ я долженъ, однако, предоставить самому читателю.

На основаніи всего сказаннаго, мы должны придти къ слѣдующему выводу: *явленія физіологическаго электротона, вызываемыя въ нервѣ индукціонными ударами, могутъ быть разсматриваемы, не какъ истинныя измѣненія раздражительности нерва, но какъ результатъ суммированія электротоническихъ вѣтвей двухъ одновременно проходящихъ по нерву ударовъ.*

Нѣтъ сомнѣнія, что такой способъ представленія является наиболѣе естественнымъ, такъ какъ онъ даетъ возможность дѣйствительно *объяснить* занимающія насъ явленія, а не ссылаться на неизвѣстное и нуждающееся еще въ объясненіи свойство тока измѣнять раздражительность нерва. Кромѣ того, въ пользу нашего объясненія говоритъ въ значительной степени то обстоятельство, что оно даетъ простое и ясное выраженіе для признаваемой всѣми изслѣдователями связи между явленіями физіологическаго и гальваническаго электротона.

Какъ ни просто и естественно развитое нами представленіе, мы, тѣмъ не менѣе, не можемъ настаивать на немъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ показана его приложимость и къ Пфлюгеровскимъ явленіямъ измѣненія раздражительности подъ вліяніемъ постояннаго тока. Мы видѣли выше, что эти послѣднія сходны до мельчайшихъ подробностей съ явленіями одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами; поэтому, нѣтъ ни малѣйшей возможности смотрѣть на тѣ и другія съ различныхъ точекъ зрѣнія и всякое представленіе, имѣющее притязаніе объяснить одинъ рядъ явленій, должно въ то-же время объяснять и другой. Посмотримъ же, въ какомъ отношеніи стоитъ моя точка зрѣнія къ Пфлюгеровскимъ явленіямъ.

При первомъ взглядѣ на явленія, которыя должны происходить при Пфлюгеровскихъ опытахъ, можетъ показаться, что мы имѣемъ дѣло съ такими-же условіями, какъ и при одновременномъ дѣйствіи на нервъ двухъ индукціонныхъ ударовъ. Дѣйствительно, и здѣсь раздражающій и поляризующій токи должны распредѣляться въ нервѣ въ видѣ ряда такихъ-же вѣтвей, и здѣсь эти вѣтви должны суммироваться между собою по тому-же самому закону. При ближайшемъ разсмотрѣніи дѣла оказывается, однако, что между двумя сравниваемыми случаями существуетъ значительная разница. При одновременномъ дѣйствіи на нервъ двухъ индукціонныхъ ударовъ, суммируются другъ съ другомъ электротоническія вѣтви, появляющіяся и исчезающія въ нервѣ одновременно; между тѣмъ, при Пфлюгеровскихъ опытахъ поляризующій токъ замыкается раньше раздражающаго, и этотъ послѣдній падаетъ такимъ образомъ на нервъ, находящійся уже

въ состояніи электротона. Суммированіе электротоническихъ вѣтвей обоихъ токовъ ведетъ, слѣдовательно, въ первомъ случаѣ— къ появленію электротона измѣненной силы (сравнительно съ электротономъ, который можетъ быть вызванъ каждымъ ударомъ порознь), а во второмъ—къ измѣненію силы уже существующаго въ нервѣ электротона. Руководствуясь общепринятыми возрѣніями на возбужденіе нерва токомъ, приписывающими возбуждающее дѣйствіе не абсолютной силѣ, а только колебаніямъ электротона, мы должны признать, что между тѣмъ и другимъ случаемъ существуетъ принципіальная разница.

Въ основѣ моего объясненія лежитъ мысль, что величина возбужденія при одновременномъ дѣйствіи двухъ токовъ зависитъ отъ абсолютной силы катэлектротона, являющейся результатомъ суммированія встрѣчающихся другъ съ другомъ электротоническихъ вѣтвей, что возбужденіе усиливается, если сила катэлектротона становится больше, и ослабляется при обратныхъ условіяхъ. Поэтому очевидно, что мое объясненіе, въ приложеніи къ случаю одновременнаго дѣйствія на нервъ двухъ индукціонныхъ ударовъ, не противорѣчитъ общепринятымъ взглядамъ, такъ какъ здѣсь, благодаря особеннымъ условіямъ опыта (одновременность появленія обоихъ ударовъ), результирующая сумма катэлектротона и величина его колебанія идутъ всегда рука объ руку, а въ приложеніи къ Пфлюгеровскимъ опытамъ становится съ этими взглядами въ самое рѣзкое противорѣчіе. Въ самомъ дѣлѣ, мы не можемъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ приписывать измѣненіе эффекта тому, что абсолютная сила катэлектротона стала иной, если считается достовѣрнымъ, что величина возбужденія отъ этой силы не зависитъ.

Такимъ образомъ, мы оказываемся поставленными передъ слѣдующей дилеммой: или развитое нами представленіе о суммированіи не приложимо къ объясненію Пфлюгеровскихъ явленій, а слѣдовательно и вообще всѣхъ явленій физіологическаго электротона, или же не вѣрны общепринятые взгляды на возбужденіе нерва токомъ. Вслѣдствіе необходимости считаться съ указанной дилеммой, я въ своей прежней работѣ, результаты которой изложены въ настоящей главѣ, ограничился только проведеніемъ параллели между Пфлюгеровскими явленіями и эффектами одновременнаго раздраженія нерва двумя индукціонными ударами, не упоминая ни однимъ словомъ о возможности объясненія этихъ послѣднихъ съ точки зрѣнія суммированія электротоническихъ вѣтвей. Тѣмъ не менѣе, я не рѣшался отбросить окончательно свое представленіе о суммированіи и считать его не

пригоднымъ къ объясненію явленій физіологическаго электротона. Не позволяло мнѣ рѣшиться на это въ особенности то обстоятельство, что въ физіологической литературѣ не разъ высказывались сомнѣнія въ справедливости общепринятыхъ взглядовъ на возбужденіе нерва токомъ и дѣлались попытки замѣнить ихъ новыми. Нѣкоторые изъ этихъ вновь предлагаемыхъ взглядовъ оказались такими, что, придерживаясь ихъ, я могъ бы безъ всякихъ противорѣчій примѣнить къ Ифлюгеровскимъ явленіямъ свое объясненіе.

Конечно, я не имѣлъ ни малѣйшей возможности настаивать на своей гипотезѣ суммированія, довольствуясь простой ссылкой на существующія попытки видоизмѣненія общепринятыхъ взглядовъ, такъ какъ эти попытки были признаны неудавшимися. Но по скольку въ пользу ихъ приводились, хотя, можетъ быть, и не совсѣмъ доказательные, но во всякомъ случаѣ дѣйствительные факты, надежда найти факты болѣе доказательные получала вполнѣ законное основаніе и не позволяла придавать противорѣчію между моей гипотезой и признанными законами возбужденія нерва рѣшающаго значенія.

Резюмируя все сказанное въ настоящей главѣ, мы приходимъ къ выводу, что точка опоры для приложенія Германовской теоріи электротона къ объясненію явленій измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока на самомъ дѣлѣ существуетъ. Но для того, чтобы воспользоваться этой точкой опоры, необходимы дальнѣйшія изслѣдованія, направленныя къ провѣркѣ признанныхъ законовъ возбужденія нерва токомъ.

Настоящее изслѣдованіе и поставило себѣ цѣлью подобную провѣрку. Въ поискахъ за подходящимъ для нашей цѣли методомъ, я остановился на изслѣдованіи эффектовъ, наблюдаемыхъ при раздраженіи нерва прерывистымъ гальваническимъ токомъ. Результаты этого изслѣдованія и составляютъ бо́льшую часть предлагаемаго труда.

ГЛАВА II.

Методъ изслѣдованія.

Опыты съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ гальваническимъ токомъ производились уже многими изслѣдователями (Гейденгайнъ, Энгельманнъ, Грюнгагенъ), которыми и были описаны различные приборы, употреблявшіеся ими въ качествѣ прерывателей. Тѣмъ не менѣе, я считалъ необходимымъ устроить для своихъ опытовъ новый приборъ. Дѣло въ томъ, что упомянутые авторы, руководствуясь извѣстными соображеніями, придавали особенное значеніе высокой частотѣ перерывовъ тока и, вслѣдствіе этого, приспособляли свои аппараты для полученія многихъ тысячъ перерывовъ въ секунду, между тѣмъ, какъ я имѣлъ намѣреніе изслѣдовать явленія при небольшой частотѣ раздраженія.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію метода, которымъ я пользовался для полученія прерывистаго тока, я долженъ указать на условія, соблюденіе которыхъ считалъ для себя обязательнымъ въ виду нѣкоторыхъ соображеній, въ разборъ которыхъ вдаваться было бы здѣсь неумѣстно. Кромѣ правильности дѣйствія прерывателя, выражающейся въ приблизительномъ равенствѣ продолжительности отдѣльныхъ толчковъ тока, равно какъ отдѣляющихъ ихъ другъ отъ друга перерывовъ, кромѣ возможности регулировать силу раздражающаго тока въ самыхъ широкихъ предѣлахъ, я придавалъ особенное значеніе слѣдующимъ двумъ условіямъ. Я хотѣлъ имѣть возможность, во-первыхъ, раздражать нервъ прерывистымъ токомъ, хотя и умѣренной частоты, но съ возможно короткими перерывами, и во-вторыхъ, измѣнять, при сохраненіи всѣхъ прочихъ условій, характеръ прерывистаго тока такимъ образомъ, чтобы, вмѣсто слѣдующихъ другъ за другомъ толчковъ тока одного и того-же

направленія, получать рядъ толчковъ, имѣющихъ поочередно противоположное направленіе.

Эти условія, равно какъ и другія, имѣющія второстепенную важность, позволилъ мнѣ осуществить прерыватель, принципъ котораго состоитъ въ слѣдующемъ.

Представимъ себѣ, что мы имѣемъ два молоточка Гальске (C и D на фиг. 7), отличающіеся отъ обыкновенно употребляемыхъ тѣмъ, что они, при своемъ колебаніи, могутъ замыкать токъ не съ одной, а съ двухъ сторонъ. Для этого по обѣ стороны каждаго молоточка, снабженнаго двумя пластинчатыми пружинами Гальске (cc, $c'c'$, dd и $d'd'$), расположены штифты (a и a' по обѣ стороны молоточка C и штифты b и b' по обѣ стороны молоточка D), къ которымъ каждый молоточекъ и прикасается поочередно при своемъ колебаніи. Кромѣ того, молоточекъ D имѣетъ не одинъ, а два электромагнита E и E', помѣщенные по обѣ его стороны.

Фиг. 7.

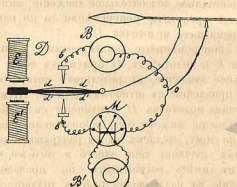


Молоточекъ C играетъ лишь роль двигателя для молоточка D, и только колебанія этого послѣдняго служатъ для прерыванія тока, проходящаго по нерву. Стойка молоточка C, его электромагнитъ K, равно какъ электромагниты E и E' соединены между собою и съ батареей A такъ, какъ это представлено на фигурѣ. Токъ изъ батареи направляется къ стойкѣ молоточка C, идетъ по молоточку къ верхнему штифту a (молоточекъ установленъ такимъ образомъ, что онъ, до начала опыта прикасается къ верхнему штифту), оттуда къ электромагниту E, къ электромагниту K и обратно въ батарею. Электромагнитъ K, намагничившись подъ вліяніемъ проходящаго черезъ него тока, притягиваетъ къ себѣ молоточекъ, который и прикасается къ штифту a'. Вслѣдствіе этого, токъ изъ батареи A направляется по другому пути, а именно, онъ идетъ теперь изъ молоточка къ штифту a', оттуда къ электромагниту E' и обратно въ батарею. Такъ какъ въ моментъ отхожденія молоточка отъ штифта a токъ, циркулировавшій по электромагниту K, прерывается, прикосновеніе молоточка къ штифту a' не можетъ быть продолжительнымъ, и молоточекъ, освобожденный отъ притягивающаго дѣйствія электромагнита, приподнимается кверху и опять прикасается къ штифту a, послѣ чего создаются условія для повторенія тѣхъ-же движеній въ томъ-же порядкѣ. Другими словами, молоточекъ C приходитъ въ постоянное колебательное движеніе, заставляя этимъ токъ батареи A проходить попеременно то по одному, то по другому электромагниту молоточка D.

Вслѣдствіе попеременнаго намагничиванія обоихъ электромагнитовъ (E и E'), молоточекъ D приходитъ тоже въ постоянное колебательное движеніе, въ результатѣ котораго получается поперемѣнное прикасаніе къ штифтамъ b и b'. Штифты b и b', равно какъ стойка молоточка D, соединены съ батареей и нервомъ. Это соединеніе можетъ быть произведено двоякимъ образомъ, смотря по тому, желаемъ-ли мы раздражать нервъ исключительно рядомъ толчковъ тока одного и того-же направленія, или же хотимъ имѣть возможность по произволу смѣнять такое раздраженіе на раздраженіе рядомъ толчковъ, имѣющихъ поочередно противоположное направленіе. Въ первомъ случаѣ достаточно одной батареи F, соединенной проводниками съ молоточкомъ и нервомъ такъ, какъ это представлено на фигурѣ 7. Токъ изъ батареи направляется черезъ нервъ къ молоточку D, а оттуда, въ моментъ прикосновенія молоточка къ одному изъ штифтовъ, по проволокѣ bo или $b'o$ возвращается къ батарею. Понятно, что, во время колебаній молоточка, долженъ проходить по нерву прерывистый токъ, отдѣльные толчки котораго сохраняютъ постоянно одно и то-же направленіе. Во второмъ случаѣ мы должны располагать проводники такъ, какъ это представлено на фиг. 8, гдѣ изображенъ одинъ только молоточекъ D. Какъ показываетъ чертежъ, мы должны пользоваться въ данномъ случаѣ двумя батареями B и B' и коммутаторомъ M. При колебаніи молоточка нервъ получаетъ толчки тока поочередно то отъ одной, то отъ другой батареи. Въ самомъ дѣлѣ, во время прикосновенія молоточка къ штифту b, цѣпь батареи B' оказывается прерванной на мѣстѣ штифта b', и по нерву идетъ только токъ ба-

тареи B, во время-же прикосновенія молоточка къ штифту b', цѣпь батареи B оказывается разомкнутой на мѣстѣ штифта b, и по нерву идетъ только токъ батареи B'. Благодаря коммутатору M, введенному въ цѣпь батареи B', мы, понятно, имѣемъ возможность придать токамъ обѣихъ батарей по произволу или одинаковое, или взаимно противоположное направленіе. Въ первомъ случаѣ нервъ получаетъ рядъ такихъ-же толчковъ, какъ и при расположеніи проводниковъ, представленномъ на предъидущей фигурѣ; во второмъ-же случаѣ отдѣльные толчки тока, получаемые нервомъ, имѣютъ поперемѣнно противоположное направленіе.

Фиг. 8.



Вотъ въ главныхъ чертахъ принципъ, по которому устроенъ мой прерыватель. Существенныя преимущества его состоятъ въ слѣдующемъ.

1) Благодаря существованію двухстороннаго контакта, мы можемъ получать число перерывовъ вдвое большее, чѣмъ это возможно при употребленіи обыкновеннаго молоточка Гальске.

2) Благодаря тому-же двухстороннему контакту, мы имѣемъ возможность въ значительной степени уменьшать продолжительность перерывовъ, приближая тотъ или другой штифтъ.

3) Благодаря полной раздѣльности цѣпей двухъ молоточковъ, одного, играющаго исключительно роль двигателя, и другого предназначеннаго для прерыванія тока, циркулирующаго по нерву, мы имѣемъ полную возможность измѣнять какъ угодно силу раздражающаго тока, не вліяя этимъ нисколько на условія колебанія молоточковъ.

4) Благодаря этой-же раздѣльности обѣихъ цѣпей, мы вполнѣ гарантированы отъ попаданія въ цѣпь нерва экстраточковъ, развивающихся въ оборотахъ спирали электромагнитовъ. Наконецъ,

5) Прерыватель позволяетъ получать, безъ измѣненія остальныхъ условій, рядъ толчковъ тока или одного, или поперемѣнно противоположнаго направленія.

Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній, приступаю къ болѣе подробному изложенію моего метода, которое я подраздѣлю на три отдѣла. Въ первомъ, послѣ детальнаго описанія прерывателя, будетъ идти рѣчь о расположеніи проводниковъ и способѣ установки прибора въ примѣненіи къ самому важному для меня случаю, а именно, къ случаю полученія прерывистаго тока съ возможно короткими перерывами. Здѣсь-же будутъ изложены способы измѣренія частоты и продолжительности перерывовъ. Во второмъ отдѣлѣ будутъ описаны тѣ видоизмѣненія въ установкѣ, которыми я долженъ былъ пользоваться для измѣненія характера прерывистаго тока, т.-е. для измѣненія частоты раздраженія, продолжительности перерывовъ и т. п. Наконецъ, въ третьемъ отдѣлѣ я опишу пріемы, къ которымъ прибѣгалъ, съ цѣлью измѣнить состояніе нерва, подвергающагося дѣйствію прерывистаго тока.

I. Прерыватель и его установка.

Нами уже было сказано раньше, что прерыватель состоитъ изъ двухъ совершенно отдѣльныхъ молоточковъ C и D. Молоточекъ C, которымъ я пользовался, какъ двигателемъ для молоточка D, не требуетъ подробнаго описанія, такъ какъ онъ мало чѣмъ отличался отъ обыкновенно употребляемаго для физіологическихъ опытовъ молоточка Гальске. Поэтому я могу ограничиться относительно него тѣмъ, что было сказано раньше. Молоточекъ D (см. рисунокъ на таб. I) представляетъ устройство болѣе сложное. Онъ приспособленъ къ движенію въ горизонтальной плоскости около вертикальной оси, помѣщенной въ прорѣзѣ вертикальной стойки N. Онъ снабженъ по бокамъ двумя пластинчатыми пружинами Гальске, а на концѣ, противоположномъ головкѣ, двумя проволочными спиральными пружинами (g и g), которыя могутъ быть натягиваемы при посредствѣ двухъ микрометрическихъ винтовъ (g' и g'), укрѣпленныхъ на особенныхъ стойкахъ. На этомъ же концѣ молоточка помѣщенъ противовѣсъ P, позволяющій придать молоточку горизонтальное положеніе. По обѣимъ сторонамъ молоточка поставлены двѣ вертикальныя мѣдныя стойки S и S. Въ нихъ про-

рѣзаны гайки, въ которыхъ могутъ двигаться, приближаясь или удаляясь отъ молоточка, особенные микрометрическіе винты — штифты b и b'. Каждый штифтъ снабженъ ручкой, позволяющей легко и точно производить его перемѣщенія, и указателемъ, двигающимся по вертикальному кругу, раздѣленному на 120 частей. Круги эти укрѣплены на тѣхъ-же стойкахъ, въ которыхъ ходятъ штифты, которые они и пропускаютъ черезъ отверстія, находящіяся въ ихъ центрѣ. Стойка, на которой помѣщается ось молоточка, равно какъ и стойки со штифтами, соединены съ зажимными винтами. По обѣимъ сторонамъ головки молоточка находятся электромагниты E и E', вѣтви которыхъ расположены горизонтально одна надъ другой. Электромагниты соединены съ мѣдной оправой, при посредствѣ которой они, въ особыхъ саночкахъ, могутъ быть приближаемы и удаляемы отъ молоточка микрометрическими винтами e и e'. Проволоки каждаго электромагнита оканчиваются двумя зажимными винтами, укрѣпленными на досвѣ, служащей подставкой всему прибору.

То, что описано до сихъ поръ, представляетъ собою существенную часть прибора, необходимую при всѣхъ опытахъ. Кромѣ этого, существуетъ въ приборѣ придатокъ, употреблявшійся только въ нѣкоторыхъ спеціальныхъ случаяхъ, который тѣмъ не менѣе и опишу теперь же. Какъ видно на рисункѣ, молоточекъ не оканчивается головкой, помѣщенной между электромагнитами, но продолжается дальше въ видѣ мѣднаго стержня, на концѣ котораго укрѣплены съ обѣихъ сторонъ тонкія платиновыя остріи p и p'. По сторонамъ острій расположены двѣ ртутныя чашечки V и V', устроенныя особеннымъ образомъ. Каждая чашечка представляетъ собою полый стальной цилиндръ, въ стѣнкѣ котораго на той сторонѣ, которою чашечка обращена къ платиновому острію, просверлено круглое отверстіе такой величины, что остріе, при колебаніяхъ молоточка, можетъ свободно, не прикасаясь къ краямъ отверстія, входить и выходить изъ него. Въ каждую изъ чашечекъ налито столько ртути, чтобы уровень ея стоялъ выше верхняго края отверстія. Такимъ образомъ, на мѣстѣ каждаго отверстія получается ртутный мениск, въ который и можетъ погружаться при колебаніи молоточка соотвѣтствующее остріе. Описанное устройство придано чашечкамъ съ тою цѣлью, чтобы поверхность ртути, на которой происходитъ контактъ, всегда оставалась чистою. Въ самомъ дѣлѣ, благодаря тому, что уровень ртути выше поверхности контакта, всѣ продукты окисленія должны сейчасъ-же уноситься на поверхность ртути. Каждая изъ чашечекъ помѣщается въ особой оправѣ,

допускающей слѣдующія передвиженія: во-первыхъ, чашечка можетъ быть поворачиваема вокругъ своей вертикальной оси; во-вторыхъ, при помощи винтовъ L и L' она можетъ быть передвигаема вверхъ и внизъ, и наконецъ, въ-третьихъ, микрометрическіе винты Q и Q' позволяютъ чашечкамъ приближаться и удаляться отъ молоточка. Назначеніе чашечекъ вполнѣ понятно: контактъ между платиновыми остріями и ртутью можетъ замѣнять вполнѣ контактъ между молоточкомъ и штифтами b и b'.

Переложу теперь къ подробностямъ устройства опытовъ.

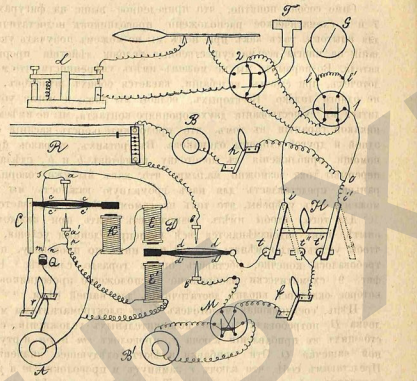
Само собою понятно, что приведенное выше на фигурахъ 7 и 8 схематическое расположеніе проводниковъ недостаточно для опытовъ, такъ какъ при немъ мы не можемъ получать указаній на многія весьма существенныя условія дѣйствія прерывателя. Во-первыхъ, мы не можемъ имѣть увѣренности, что молоточекъ, при своемъ колебаніи, касается обоихъ штифтовъ, а не одного только. Во-вторыхъ, еслибы мы даже и могли убѣдиться въ существованіи двухсторонняго контакта, мы не имѣемъ никакой гарантіи въ томъ, что продолжительность касанія съ одной и другой стороны одинакова. Въ-третьихъ, стараясь, при помощи приближенія къ молоточку штифтовъ b и b', сдѣлать перерывы тока возможно малыми, что, какъ мы уже говорили раньше, представляетъ для насъ громадную важность, мы не можемъ быть увѣрены, что токъ на самомъ дѣлѣ перерывается.

Для того, чтобы имѣть возможность знать при каждомъ опытѣ, какъ видоизмѣняются всѣ вышеприведенныя условія, и чтобы умѣть видоизмѣнять каждое изъ нихъ по произволу, потребовалось, конечно, обставить опытъ гораздо сложнѣе. На фиг. 9 схематически изображено расположеніе проводниковъ, которое оказалось вполнѣ достаточнымъ для нашей цѣли.

Цѣпь, соединяющая молоточекъ O съ электромагнитами молочка D, потребовала только незначительныхъ усложненій, состоящихъ въ прибавленіи ключа r, проволокъ sm и pn и ртутной чашечки Q. Эти прибавки имѣютъ слѣдующее значеніе. Представимъ себѣ, что ключъ r замкнутъ и проволоки sm и pn находятся внѣ ртути чашечки Q. Тогда молоточекъ дѣйствуетъ совершенно такъ-же, какъ это было представлено раньше, такъ какъ проволоки sm и pn, соединенныя съ цѣпью только однимъ концомъ, не могутъ оказывать никакого вліянія на ходъ циркулирующаго по молоточку тока. Представимъ себѣ теперь, что ключъ r разомкнутъ и проволока sm погружена въ ртуть чашечки Q. При этомъ условіи токъ батареи A имѣетъ слѣдующій ходъ: онъ идетъ къ правой сторонѣ ключа r, оттуда въ ча-

шечку Q, затѣмъ по проволокѣ sm къ электромагниту E и черезъ электромагнитъ K обратно въ батарею. Очевидно, что токъ долженъ проходить по означенному пути непрерывно, пока проволока sm остается погруженной въ чашечку Q. Благодаря этому, электромагнитъ E, намагничиваясь, притягиваетъ къ себѣ молоточекъ D, который и приходитъ въ продолжительное соприкосновеніе со штифтомъ b. Если мы, вмѣсто проволоки sm,

Фиг. 9.



погружаемъ въ чашечку Q проволоку pn, тогда токъ черезъ правую сторону ключа, чашечку и проволоку pn направляется къ электромагниту E', а оттуда обратно въ батарею. Теперь молоточекъ D притягивается къ электромагниту E' и приходитъ въ продолжительное соприкосновеніе со штифтомъ b'. Необходимость описанныхъ прибавокъ выяснится впослѣдствіи.

Гораздо значительнѣе усложненіе цѣпи молоточка D. На

чертежѣ изображено схематически расположеніе проводниковъ, которымъ я пользовался въ случаѣ, когда имѣлъ надобность раздражать нервъ по произволу рядомъ толчковъ тока или одного, или попеременно противоположнаго направленія. Отдѣльныя буквы на фигурѣ имѣютъ слѣдующее значеніе. B и B' представляютъ собою двѣ совершенно одинаковыя (по числу и величинѣ элементовъ) батареи, состоящія изъ опредѣленнаго количества элементовъ Даніэля, наливаемыхъ всегда одною и тою-же (изъ той-же склянки) жидкостью, такъ что обѣ батареи имѣютъ одинаковую электровозбудительную силу. M—коммутаторъ; f и h ключи, предназначенные для замыканія и размыканія цѣпи; R—реохордъ, введенный прямо въ цѣпь батареи B и позволяющій по произволу увеличивать и уменьшать ея сопротивленіе. H представляетъ собою особенный ключъ, состоящій изъ двухъ мѣдныхъ пластинокъ, которыя могутъ быть передвигаемы совмѣстно при посредствѣ соединяющей ихъ костяной перекладины съ ручкой около осей i и i', и трехъ мѣдныхъ кнопокъ t, t' и t'', снабженныхъ зажимными винтами. При положеніи пластинокъ, изображенномъ сплошными линіями, свободные концы ихъ касаются кнопокъ t и t', а при положеніи, обозначенномъ пунктиромъ, лѣвая пластинка касается кнопки t'', между тѣмъ, какъ правая не прикасается ни къ какимъ металлическимъ частямъ; 1 и 2—двѣ Полевскія вишы съ вынутыми крестами, l и l'—двѣ ртутныя чашечки, G—гальванометръ, T—телефонъ, L—Гельмгольцевскій рычагъ. Остальныя части, необозначенныя буквами, представляютъ собою мышцу и нервъ съ приложенными къ нему двумя неполяризующимися электродами.

Очевидно, что представленное на чертежѣ расположеніе проводниковъ соотвѣтствуетъ вполнѣ тому, которое было приведено на фиг. 8. Въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ, что молоточекъ D приведенъ въ постоянное колебательное движеніе, при которомъ онъ касается попеременно штифтовъ b и b'; представимъ себѣ дальше, что скобка вишы 1 перекинута внизъ, а скобка вишы 2 налѣво и правое плечо рычага Гельмгольца прижато къ подставкѣ. Легко понять, что при этихъ условіяхъ нервъ получаетъ рядъ толчковъ тока, исходящихъ попеременно то изъ батареи B, то изъ батареи B'. Дѣйствительно, допустимъ сначала, что молоточекъ въ данный моментъ прикасается къ штифту b'. Тогда токъ изъ батареи B не можетъ имѣть доступа къ нерву, такъ какъ его цѣпь у штифта b разомкнута. Токъ же отъ батареи B' направляется къ коммутатору M, оттуда черезъ штифтъ b' къ молоточку, затѣмъ по проволокѣ, соединяющей стойку

молоточка съ ключемъ H, идетъ къ кнопкѣ k, проходитъ по мѣдной пластинкѣ ki, затѣмъ черезъ винты *1* и *2* направляется къ нерву, откуда черезъ тѣ же винты идетъ къ пластинкѣ $i'l'$ ключа H и, наконецъ, черезъ ключъ f и черезъ коммутаторъ M возвращается обратно въ батарею B'. Если же молоточекъ прикасается къ штифту b, тогда, наоборотъ, токъ батареи B' не въ состояніи проникнуть къ нерву, такъ какъ цѣпь его прервана у штифта b'; а токъ батареи B направляется черезъ реохордъ R къ штифту b, откуда черезъ молоточекъ D идетъ по тому же пути, какъ и раньше разобранный нами токъ батареи B', къ кнопкѣ k ключа H, оттуда по пластинкѣ ki проходитъ къ Полевской винтѣ *1* и затѣмъ, пройдя по проводникамъ, направленнымъ къ нерву, выходитъ опять изъ винты *1*, проходитъ по проволокѣ до точки o и, наконецъ, черезъ ключъ h возвращается обратно въ батарею B. Таковъ ходъ тока въ случаѣ, когда скобки Полевскихъ винтъ *1* и *2* установлены такъ, какъ было сказано. Придавая скобкамъ другое положеніе, мы можемъ, очевидно, заставить токъ проходить или по гальванометру G, или по телефону T.

Представимъ себѣ, что намъ требуется установить приборъ такъ, чтобы получать прерывистый токъ съ рядомъ толчковъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга по возможности малыми перерывами; при этомъ требуется, чтобы всѣ толчки имѣли одинаковую силу, одинаковую продолжительность и могли по произволу имѣть одно и то-же или попеременно противоположное направленіе. Для того, чтобы достигнуть такой установки, мы должны продѣлать слѣдующія манипуляціи.

Прежде всего дѣлаемъ сопротивленія въ цѣпяхъ B и B' совершенно равными другъ другу, такъ чтобы оба тока, дѣйствуя порознь на гальванометръ, вызывали совершенно одинаковыя отклоненія стрѣлки этого послѣдняго. Хотя разница сопротивленій обѣихъ цѣпей и не можетъ оказывать вліянія на силу тока въ томъ случаѣ, когда мы пропускаемъ его по нерву (электровозбудительныя силы обѣихъ батарей, какъ это уже сказано раньше, одинаковы, а небольшія разницы въ сопротивленіи элементовъ и металлическихъ частей цѣпи должны исчезать передъ громаднымъ сопротивленіемъ нерва), тѣмъ не менѣе, равенство сопротивленій, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, представляется необходимымъ. Чтобы имѣть возможность добиться этого равенства, слѣдовало, въ сущности, ввести въ обѣ цѣпи по реохорду. Я ограничился, какъ это показано на фигурѣ, введеніемъ реохорда только въ цѣпь батареи B, но зато въ

цѣпи батареи B' сдѣлалъ всѣ проводники изъ болѣе тонкихъ и болѣе длинныхъ проволокъ, чѣмъ въ цѣпи B. Благодаря этому, при нулевомъ положеніи подвижнаго контакта реохорда, сопротивленіе цѣпи B', несмотря на случайныя разницы во внутреннемъ сопротивленіи введенныхъ въ ту и другую цѣпь элементовъ, имѣло всегда перевѣсъ, и поэтому существовала полная возможность, при помощи соотвѣтственной установки реохорда R, сдѣлать сопротивленія обѣихъ цѣпей совершенно равными другъ другу. Для этого въ нашемъ случаѣ нужно поступать слѣдующимъ образомъ. Перекинувши скобку Полевской винты *1* вверхъ и разомкнувши введенный въ цѣпь молоточка C ключъ r, погружаемъ въ ртутную чашечку Q проволоку pn. При этомъ, какъ мы уже знаемъ, молоточекъ D притягивается къ электромагниту E' и замыкаетъ со стороны штифта b' цѣпь батареи B'. Токъ этой батареи, по описанному раньше пути, направляется къ винтѣ *1*, оттуда проходитъ по проволокѣ ll', посылая вѣтвь къ гальванометру G. Употреблявшійся для описываемыхъ опытовъ гальванометръ представлялъ собою обыкновенную синусъ и тангенсъ буссоль Сименса и Гальске. Отсчитываніе отклоненій производилось по способу синусовъ, какъ болѣе точному. Отсчитавши отклоненіе, вызванное токомъ батареи B', вынимаемъ изъ чашечки Q проволоку pn и вмѣсто нея погружаемъ проволоку sm. При этомъ молоточекъ D притягивается къ электромагниту E и замыкаетъ токъ батареи B со стороны штифта b. Этотъ токъ, при нулевомъ положеніи контакта реохорда, вызываетъ, благодаря меньшей суммѣ сопротивленій въ цѣпи, отклоненіе бо́льшее, чѣмъ токъ батареи B'. Соотвѣтственной установкой реохорда приводимъ стрѣлку въ то-же положеніе, которое она занимала подъ вліяніемъ этого послѣдняго.

Достигнувши такимъ образомъ равенства отклоненій стрѣлки гальванометра отъ токовъ B и B', заставляемъ токъ батареи A проходить по молоточку C такъ, какъ это необходимо для приведенія его въ колебательное движеніе, т.-е., вынувши изъ чашечки Q проволоки pn и sm, замыкаемъ ключъ r. Если молоточекъ предварительно уже установленъ, то онъ сейчасъ же начинаетъ колебаться. Если же этого не происходитъ, мы должны заняться его установкой, на описаніи которой я останавливаться не буду, такъ какъ она производится обыкновеннымъ способомъ. Замѣчу только, что мы должны стараться, чтобы молоточекъ, при своемъ колебаніи, касался не только верхняго штифта a, но и нижняго a'. Для этого лучше всего, до начала установки, выдвинуть сверху штифтъ a настолько,

насколько это необходимо, чтобы онъ не позволялъ молоточку опускаться изъ до соприкосновенія съ электромагнитомъ K.

Разъ молоточекъ C началъ колебаться, онъ производитъ поочередно намагничиваніе электромагнитовъ E и E', вслѣдствіе чего и молоточекъ D долженъ, при соотвѣтственной установкѣ, придти въ колебательное движеніе. Установку молотока D лучше всего производить слѣдующимъ образомъ. Отодвинувши электромагниты E и E' возможно дальше отъ молотока, натягиваемъ пружины g и g (см. рисунокъ) настолько, чтобы молоточекъ занялъ положеніе, перпендикулярное къ ихъ направленію и удерживался въ указанномъ положеніи съ нѣкоторою силою. Послѣ этого придвигаемъ къ молоточку электромагниты E и E' до тѣхъ поръ, пока онъ не начнетъ колебаться, прикасаясь поперемѣнно то къ тому, то къ другому. Затѣмъ, перекинувши скобку винты *1* внизъ, а скобку винты *2* направо, приставляемъ къ уху телефонъ.

Телефонъ при этомъ молчитъ, если только штифты b и b' отодвинуты настолько, что не прикасаются къ молоточку при его колебаніяхъ. Приближаемъ теперь который нибудь изъ штифтовъ, напр., штифтъ b, до тѣхъ поръ, пока появившійся въ телефонѣ тонъ не обнаружитъ существованіи контакта между штифтомъ и молоточкомъ. Тонъ этотъ зависитъ отъ прохожденія по телефону ряда толчковъ тока батареи B. Затѣмъ приближаемъ къ молоточку другой штифтъ b' до тѣхъ поръ, пока повышеніе слышимаго въ телефонѣ тона на октаву не покажетъ, что и штифтъ b' прикасается къ молоточку, что, слѣдовательно, и рядъ толчковъ тока батареи B' попадаетъ въ телефонъ.

Достигнувъ такимъ образомъ касанія колеблющагося молоточка къ обоимъ штифтамъ, отодвигаемъ въ сторону электромагниты E и E' какъ разъ настолько, чтобы молоточекъ при своемъ колебаніи не могъ уже къ нимъ прикасаться. Дѣлается это для достиженія возможно большей правильности колебаній молоточка, которая, какъ показалъ опытъ, въ значительной степени нарушается, если только существуетъ возможность прикосновенія къ электромагнитамъ, что зависитъ, по всей вѣроятности, отъ рѣзкости происходящаго при этомъ удара. Когда электромагниты удалены, колеблющійся молоточекъ прикасается только къ штифтамъ b и b'. Происходящіе при этихъ контактахъ удары, благодаря упругости пластинчатыхъ пружинъ Гальске, теряютъ свою рѣзкость и, вслѣдствіе этого, оказываются совмѣстимыми съ правильностью колебаній. Тѣмъ не менѣе, и теперь тонъ въ телефонѣ представляется обыкновенно не совсѣмъ

правильнымъ, что указываетъ на такую установку молоточковъ C и D, при которой они не способны къ одинаковому числу колебаній. Чтобы заставить ихъ колебаться въ унисонъ, мы измѣняемъ установку молоточка C, производя ввинчиваніе или вывинчиваніе штифта a до тѣхъ поръ, пока тонъ въ телефонѣ не станетъ вполнѣ правильнымъ. Достигнуть этого удается всегда очень легко.

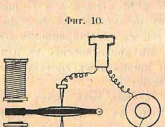
Добившись правильности тона, мы должны убѣдиться, что двухсторонность контакта молоточка D со штифтами b и b' во время описанныхъ манипуляцій осталась не нарушенной. Съ этою цѣлью производимъ поочередное размыканіе введенныхъ въ цѣпи батарей B и B' ключей h и f: пониженіе слышимаго въ телефонѣ тона на октаву при размыканіи одного изъ ключей служитъ доказательствомъ двухсторонности контакта. Въ случаѣ, если бы оказалось, что прикосновенія къ одному изъ штифтовъ не существуетъ, мы производимъ соотвѣтственную поправку въ положеніи этого штифта.

При установкѣ въ томъ видѣ, какъ она была описана до сихъ поръ, приближеніе къ молоточку штифтовъ b и b' производилось ощупью, поэтому нельзя ожидать, чтобы уже теперь продолжительность перерывовъ тока имѣла минимальную, доступную для нашего прибора, величину. Уменьшать продолжительность перерывовъ мы можетъ, приближая еще дальше штифты къ молотоку. Но при приближеніи можетъ наступить моментъ, когда, несмотря на продолжающееся колебаніе молоточка, перерывы тока прекращаются. Возможность наступленія такого момента опредѣляется тѣмъ, что съ обѣихъ сторонъ молоточка находятся упругія пластинчатыя пружины. Въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ, что штифты (фиг. 10) приближены настолько, что, при покойномъ положеніи молоточка, прикасаются одновременно къ обѣимъ пружинамъ. Очевидно, что такое соприкосновеніе не исключаетъ возможности колебаній, такъ какъ молоточекъ, благодаря эластичности пружинъ, можетъ легко подаваться въ стороны обоихъ штифтовъ, но очевидно также, что при колебаніяхъ токъ не можетъ прерываться, такъ какъ раньше нарушенія контакта молоточка съ однимъ штифтомъ произойдетъ уже прикосновеніе къ другому, другими словами, раньше размыканія цѣпи одной батареи произойдетъ уже замыканіе другой.

Вслѣдствіе возможности исчезанія перерывовъ тока при приближеніи къ молоточку штифтовъ b и b', мы должны имѣть подъ руками вѣрный способъ, при помощи котораго могло бы быть точно контролировано наступленіе такого момента. Казалось

бы, что для этой цѣли достаточно слушать получаемый въ телефонѣ тонъ, который, при прекращеніи перерывовъ тока, долженъ, повидимому, также прекратиться. Опытъ показываетъ однако, что при слишкомъ большомъ сближеніи штифтовъ, когда перерывы тока несомнѣнно отсутствуютъ, тонъ въ телефонѣ не исчезаетъ, но только ослабляется въ большей или меньшей степени. Присутствіе тона въ данномъ случаѣ объясняется очень просто слѣдующимъ образомъ. Во время колебаній молоточка при чрезмѣрно сближенныхъ штифтахъ нужно различать моменты, когда молоточекъ подается въ сторону одного изъ штифтовъ настолько, что прикосновеніе съ другимъ нарушается, и

Фиг. 10.



моменты, когда онъ прикасается къ обоимъ штифтамъ одновременно. Въ моменты перваго рода по телефону проходитъ токъ которой либо одной батареи, въ моменты же второго рода создаются болѣе сложныя условія для распредѣленія токовъ обѣихъ батарей, благодаря которымъ каждая изъ нихъ посылаетъ въ телефонъ по вѣтви тока. Такъ какъ сила этихъ вѣтвей развѣ только случайно можетъ равняться силѣ полнаго тока той или другой батареи, поэтому, при колебаніи молоточка, должно происходить постоянное измѣненіе силы циркулирующаго по телефону тока, а слѣдовательно долженъ слышаться тонъ, болѣе или менѣе ослабленный. Убѣдиться въ необходимости такого вѣтвленія тока читатель можетъ всего удобнѣе при разсмотрѣніи фиг. 8, гдѣ расположеніе проводниковъ, оставаясь въ принципѣ тождественнымъ съ ихъ расположеніемъ на фиг. 9, представляется въ упрощенномъ видѣ.

Хотя при сближеніи штифтовъ мы можемъ довольно ясно различать, какъ сильный тонъ переходитъ въ слабый, тѣмъ не менѣе такой способъ опредѣленія момента исчезанія перерывовъ заключаетъ въ себѣ довольно много субъективнаго, и поэтому

было бы желательно найти другой болѣе вѣрный пріемъ. Пріемъ, которымъ я пользовался при моихъ опытахъ, состоитъ въ слѣдующемъ.

Предположимъ, что мы имѣемъ возможность въ любой моментъ, вмѣсто изображеннаго на фиг. 9 расположенія проводниковъ, соединить сильную батарею со штифтами и съ телефономъ такъ, какъ это представлено на фиг. 10. При этомъ, очевидно, токъ можетъ проходить по телефону только въ тѣ моменты, когда происходитъ одновременное прикосновеніе молоточка къ обоимъ штифтамъ. Слѣдовательно, если при колебаніи молоточка при такого рода условіяхъ слышится тонъ, то это доказываетъ несомнѣнно, что штифты слишкомъ приближены; если же телефонъ молчитъ, то это означаетъ, что установка штифтовъ правильна. Такъ какъ было бы весьма неудобно вводить для контролированія перерывовъ новую батарею и новый телефонъ, поэтому требовалось устроить опытъ такимъ образомъ, чтобы имѣть возможность быстро и удобно направлять токъ введенныхъ уже батарей B и B' такъ, какъ это нужно для контроля. Для этого и служилъ намъ ключъ H (фиг. 9), передвиженіе пластинокъ котораго направо, изъ положенія, представленнаго сплошными линіями, въ положеніе, обозначенное пунктиромъ, давало совмѣстному току обѣихъ батарей B и B' (конечно, при соотвѣтственномъ положеніи коммутатора M) желаемое направленіе. Въ самомъ дѣлѣ, при указанномъ положеніи ключа H, токъ изъ батареи B', дойдя черезъ коммутаторъ M къ штифту b', имѣетъ дальше только одинъ путь поперекъ черезъ молоточекъ къ штифту b, такъ какъ онъ не можетъ уже идти вдоль молоточка къ кнопкѣ k (отсюда дальнѣйшаго пути для тока не существуетъ). Изъ штифта b токъ черезъ реохордъ R направляется къ батареѣ B, изъ нея черезъ ключъ h идетъ къ точкѣ o. Изъ этой послѣдней токъ не можетъ идти къ ключу H по направленію oi', такъ какъ отсюда дальнѣйшаго пути не существуетъ, и поэтому направляется къ винтѣ 1, проходитъ черезъ винту 2 и телефонъ, и затѣмъ, вернувшись опять къ винтѣ 1, идетъ къ ключу H, проходитъ по его пластинкѣ ii'', а оттуда черезъ ключъ f и черезъ коммутаторъ M возвращается обратно въ батарею B'.

Изложивши способъ контролированія перерывовъ, переходимъ опять къ дальнѣйшему описанію установки прибора съ того момента, на которомъ мы остановились, а именно, съ момента, когда молоточекъ приведенъ въ правильное колебательное движеніе, при которомъ происходитъ попеременный контактъ со

штифтами b и b' и въ телефонѣ получается тонъ, соотвѣтствующій такому двухстороннему замыканію токовъ. При дальнѣйшей установкѣ, какъ это было уже сказано раньше, мы должны стараться укоротить, по возможности, продолжительность перерывовъ тока. Съ этою цѣлью, передвинувши вправо пластинки ключа H, начинаемъ понемногу приближать къ молотоку одинъ изъ штифтовъ, напр., штифтъ b, до тѣхъ поръ, пока молчавшій до сихъ поръ телефонъ не начнетъ издавать тона. Это, какъ мы уже знаемъ, соотвѣтствуетъ моменту, когда штифты сближены настолько, что соприкосновеніе молоточка съ однимъ изъ нихъ не успѣваетъ нарушиться, какъ уже происходитъ прикосновеніе къ другому. Двигая штифтъ b въ ту или другую сторону, мы можемъ очень точно придать ему такое положеніе, при которомъ телефонъ не издаетъ звука, но звукъ начинаетъ появляться уже при малѣйшемъ приближеніи штифта къ молоточку: такое положеніе штифтовъ соотвѣтствуетъ какъ разъ тому, при которомъ продолжительность перерывовъ имѣетъ возможно малую величину.

Описанный способъ, позволяющій установить штифты b и b' на минимумѣ перерывовъ, даетъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, возможность убѣдиться въ равенствѣ электровозбудительныхъ силъ батарей B и B'. Раньше было сказано, что для достиженія такого равенства элементы обѣихъ батарей наливались каждый разъ одною и тою-же жидкостью. Однако этой, такъ сказать, теоретической гарантіи равенства электровозбудительныхъ силъ, очевидно, недостаточно. Полную гарантію ихъ равенства можно было получить въ нашемъ случаѣ слѣдующимъ образомъ.

Когда штифты настолько сближены, что совмѣстный токъ обѣихъ батарей, проходя поперекъ черезъ молоточекъ, даетъ въ телефонѣ рѣзкій тонъ, измѣняемъ при помощи коммутатора M направленіе тока батареи B'. При этомъ обѣ батареи дѣйствуютъ уже не совмѣстно, а другъ противъ друга, и поэтому, въ случаѣ равенства электровозбудительныхъ силъ, не должны давать тока, вслѣдствіе чего и тонъ въ телефонѣ долженъ отсутствовать; въ случаѣ же неравенства, телефонъ долженъ издавать тонъ, сила котораго можетъ служить до нѣкоторой степени мѣрою существующаго неравенства. Опыты показали, что въ огромномъ большинствѣ случаевъ равенство электровозбудительныхъ силъ представляется полнымъ, рѣдко наблюдается небольшая разница, обнаруживающаяся еле-еле замѣтнымъ тономъ въ телефонѣ, и весьма рѣдко, и то при долго продолжавшихся опытахъ, получается въ телефонѣ ясный тонъ. Благодаря этому,

не было никакой нужды усложнять опыты введеніемъ особыхъ приспособленій для выравниванія электровозбудительныхъ силъ, и я счелъ себя въ правѣ ограничиться лишь болѣе строгимъ отношеніемъ къ результатамъ опытовъ, при которыхъ электровозбудительныя силы имѣли различную величину.

Убѣдившись въ равенствѣ электровозбудительныхъ силъ и установивъ штифты вышеописаннымъ образомъ на минимумѣ перерывовъ, передвигаемъ пластинки ключа H опять налѣво въ положеніе, представленное сплошными линіями. Такимъ образомъ мы опять возстановляемъ то расположеніе проводниковъ, при которомъ колеблющійся молоточекъ даетъ прерывистый токъ, состоящій изъ чередующихся толчковъ обѣихъ батарей, отдѣленныхъ теперь другъ отъ друга возможно короткими, но несомнѣнно существующими, перерывами.

Этимъ, однако, установка прерывателя еще не заканчивается, такъ какъ мы пока не имѣемъ никакой гарантіи, что продолжительность контакта молоточка съ однимъ штифтомъ равна продолжительности контакта съ другимъ, другими словами, что продолжительность всѣхъ толчковъ прерывистаго тока имѣетъ одинаковую величину.

Чтобы узнать, существуетъ ли равенство продолжительности контактовъ, мы поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Направляемъ прерывистый токъ къ гальванометру, для чего перекидываемъ скобку виппы I вверхъ. Затѣмъ, коммутатору M придаемъ такое положеніе, при которомъ всѣ толчки имѣютъ попеременно противоположное направленіе. Такъ какъ толчки тока слѣдуютъ другъ за другомъ сравнительно часто (около 100 толчковъ въ секунду), поэтому стрѣлка гальванометра, не будучи въ состояніи слѣдить за каждымъ отдѣльнымъ толчкомъ, устанавливается въ положеніи, соотвѣтствующемъ алгебраической суммѣ дѣйствующихъ на гальванометръ токовъ. Въ нашемъ случаѣ, какъ уже было сказано раньше, сила токовъ батарей B и B' одинакова, поэтому при равенствѣ продолжительности отдѣльныхъ толчковъ, стрѣлка гальванометра должна оставаться на нулѣ. Если же продолжительность не одинакова, мы должны получить отклоненіе въ сторону дѣйствія той батареи, толчки которой имѣютъ бо́льшую продолжительность.

При такой пробѣ мы, въ большинствѣ случаевъ, наблюдаемъ болѣе или менѣе значительное отклоненіе стрѣлки. Положимъ, напр., что стрѣлка отклоняется въ сторону тока батареи B'. Это значитъ, что толчки тока, даваемые этой батареей, болѣе продолжительны, или, другими словами, что молоточекъ, при

своемъ колебаніи, соприкасается со штифтомъ b' дольше, чѣмъ со штифтомъ b. Бо́льшая продолжительность соприкосновенія со штифтомъ b' показываетъ, что силы, стремящіяся двигать молоточекъ въ эту сторону, беруть перевѣсъ надъ силами, дѣйствующими въ противоположномъ направленіи. Этотъ перевѣсъ можетъ зависѣть или отъ того, что удаленіе электромагнита E' отъ молоточка меньше соотвѣтственнаго удаленія электромагнита E, или отъ того, что продолжительность толчковъ тока батареи A, проходящихъ по электромагниту E', больше продолжительности толчковъ, намагничивающихъ электромагнитъ E.

Самый идеальный способъ устраненія такого неравенства состоялъ бы, очевидно, въ установкѣ электромагнитовъ E и E' въ равныхъ разстояніяхъ отъ молоточка и сообщеніи имъ магнитизма на совершенно одинаковые промежутки времени. Стараясь добиться этимъ способомъ рѣшенія нашей задачи, мы встрѣчаемъ непреодолимыя трудности. Съ одной стороны, невозможно установить электромагниты въ абсолютно одинаковыхъ разстояніяхъ отъ молоточка, а съ другой, для полученія равенства продолжительности намагничиванія обоихъ электромагнитовъ, мы должны сдѣлать равными продолжительности контактовъ молоточка C со штифтами a и a', другими словами, ту-же задачу, которая должна быть осуществлена на молоточкѣ D, перенести на молоточекъ C. Къ счастью, существуетъ другой способъ, при помощи котораго требуемое равенство продолжительности контактовъ молоточка D со штифтами b и b' можетъ быть достигнуто самымъ удовлетворительнымъ образомъ.

Способъ этотъ основывается на томъ, что мы миримся съ существующимъ неравенствомъ продолжительности магнитизма электромагнитовъ E и E', но стараемся уравновѣсить его измѣненіемъ разстояній электромагнитовъ отъ молоточка. Такимъ образомъ, обращаясь къ нашему случаю, когда продолжительность контакта молоточка со штифтомъ b' больше продолжительности контакта со штифтомъ b, мы должны удалять отъ молоточка электромагнитъ E'. Дѣйствительно, при постепенномъ его удаленіи, мы замѣчаемъ, что отклоненная стрѣлка гальванометра возвращается постепенно къ нулю, доказывая этимъ, что продолжительность контактовъ съ обѣихъ сторонъ сдѣлана одинаковой.

Послѣ этого, придавъ съ помощью коммутатора M всѣмъ толчкамъ тока одинаковое направленіе, мы опять направляемъ ихъ къ телефону. Если этотъ послѣдній даетъ ясный и правильный тонъ, установка можетъ считаться законченной.

Въ виду большой важности вопроса объ установкѣ прибора, повторю въ нѣсколькихъ словахъ описанный выше порядокъ различныхъ манипуляцій.

Съ самаго начала мы, разомкнувъ ключъ r и погружая по очереди проволоки sm и pn въ ртутную чашечку Q, даемъ доступъ къ гальванометру токамъ батарей B и B' и, при помощи соотвѣтственной установки реохорда R, достигаемъ равенства отклоненій стрѣлки гальванометра отъ этихъ двухъ токовъ.

Затѣмъ, приводимъ въ колебательное движеніе молоточекъ C, заботясь при этомъ, чтобы молоточекъ касался послѣдовательно обоихъ штифтовъ a и a'.

Затѣмъ, приводимъ въ колебаніе молоточекъ D, если онъ уже не началъ самъ собою колебаться, и, слушая въ телефонъ, двигаемъ въ ту или другую сторону штифтъ a молоточка C до тѣхъ поръ, пока не получимъ тона, указывающаго на полную правильность колебаній молоточка.

Послѣ этого, попеременно размыкая ключи h и f, убѣждаемся въ двухсторонности контакта.

Потомъ, передвинувши направо пластинки ключа H, провѣряемъ равенство электровозбудительныхъ силъ батарей B и B' и устанавливаемъ приборъ на минимумѣ перерывовъ.

Далѣе, направляемъ токъ къ гальванометру и, передвигая одинъ изъ электромагнитовъ E или E' (смотря по надобности), выравниваемъ продолжительность контактовъ молоточка со штифтами b и b'.

Наконецъ, направляя токъ къ телефону, окончательно удостовѣряемся въ правильности колебаній молоточка.

При этой послѣдней пробѣ мы, въ большинствѣ случаевъ, находимъ правильность дѣйствія прерывателя вполнѣ удовлетворительной. Въ случаѣ же, если были обнаружены нѣкоторыя погрѣшности, дѣлаемъ поправку въ установкѣ, причемъ поправка производится совершенно такимъ-же образомъ, какъ и первоначальная установка, т. е. сначала передвиженіемъ штифта a молоточка C достигаемъ правильности колебаній, затѣмъ, провѣряемъ, сохранилась ли установка на минимумѣ перерывовъ и сохранилось ли равенство продолжительности контактовъ съ обоими штифтами. Въ большинствѣ случаевъ, все это сохраняется, не смотря на незначительную поправку въ установкѣ молоточка C, а если и наблюдаются отклоненія, то до такой степени незначительныя, что ихъ легко исправить самымъ ничтожнымъ перемѣщеніемъ того или другого штифта и того или другого электромагнита. Если и послѣ этой поправки тонъ въ телефонѣ не со-

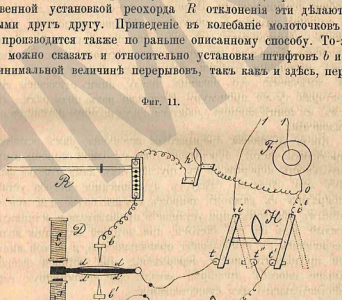
всѣмъ правиленъ, мы дѣлаемъ вторую такую же поправку и т. д. Вообще нужно замѣтить, что къ поправкамъ приходится прибѣгать весьма рѣдко, если только соблюдено одно условіе, а именно, если штифты a, a', b и b' двигаются въ своихъ гайкахъ настолько туго, что они не измѣняютъ своихъ мѣстъ при колебаніяхъ обоихъ молоточковъ. Поэтому гайки, въ которыхъ двигаются штифты, должны быть устраиваемы такъ, чтобы онѣ по произволу могли быть съужаемы до желаемой степени особенными винтами.

На основаніи всего сказаннаго выше, можно заключить, что установка прерывателя представляется очень сложной. Она, на самомъ дѣлѣ, сложна, но только въ томъ случаѣ, когда приходится производить ее впервые на приборѣ, еще не бывшемъ въ употребленіи. Въ случаѣ-же, если съ прерывателемъ производятся систематическіе опыты, какъ это имѣло мѣсто у меня, когда я пользовался имъ изо дня въ день, установка въ громадной степени упрощается, такъ что она превращается въ простую провѣрку той установки, которая была придана молоточку наканунѣ. Провѣрка эта занимаетъ въ общей сложности не болѣе 5 минутъ.

Все сказанное до сихъ поръ относится къ установкѣ прерыватели въ томъ случаѣ, когда мы для раздраженія нерва употребляемъ двѣ батареи и, слѣдовательно, имѣемъ возможность получать рядъ толчковъ тока или одного, или поперемѣнно противоположнаго направленія. Если требуется раздражать нервъ прерывистымъ токомъ съ толчками только одного направленія, употребленіе двухъ батарей излишне и мы можемъ значительно упростить расположеніе проводниковъ. Это упрощеніе станетъ понятнымъ, если скажемъ, что въ данномъ случаѣ мы помѣщаемъ батарею въ неразвѣтвленной части цѣпи молоточка D, напр., на пути между точкой o и винтомъ 1, а тамъ, гдѣ были введены раньше батареи B и B' и коммутаторъ M, прямо соединяемъ проволоками съ одной стороны реохордъ R съ ключемъ h, а съ другой стороны штифтъ b' съ ключемъ f, какъ это представлено на прилагаемой фиг. 11. На этой фигурѣ изображена только та часть цѣпи, которая соединяетъ молоточекъ D съ винтомъ 1, а всѣ остальныя, начиная отъ винта 1 и кончая нервомъ, пропущены, такъ какъ онѣ ничѣмъ не отличаются отъ соотвѣтствующихъ частей, представленныхъ уже раньше на фиг. 9 (см. стр. 30). Объяснять подробно ходъ тока въ данномъ случаѣ нѣтъ никакой необходимости. Можно только замѣтить, что расположеніе проводниковъ, описанное раньше, относится къ описываемому теперь совершенно также, какъ въ упрощенномъ видѣ

относятся другъ къ другу расположенія проводниковъ, представленныя на фигурахъ 8 и 7 (см. стр. 26 и 24). Установка прерывателя производится и здѣсь почти во всѣхъ отношеніяхъ совершенно также, какъ это было описано выше. И здѣсь прежде всего опредѣляются отклоненія стрѣлки гальванометра при замыканіи тока батареи F у штифтовъ b и b', причемъ соотвѣтственной установкой реохорда R отклоненія эти дѣлаются равными другъ другу. Приведеніе въ колебаніе молоточковъ C и D производится также по раньше описанному способу. То-же самое можно сказать и относительно установки штифтовъ b и b' на минимальной величинѣ перерывовъ, такъ какъ и здѣсь, пере-

Фиг. 11.



движеніемъ вправо пластинокъ ключа H, мы предоставляемъ току батареи только одинъ путь отъ одного штифта къ другому поперекъ черезъ молоточекъ. Только въ отношеніи выравниванія продолжительности контактовъ молоточка со штифтами b и b' различіе неизбѣжно, такъ какъ мы не имѣемъ теперь возможности придавать отдѣльнымъ толчкамъ тока поперемѣнно противоположнаго направленія и, слѣдовательно, не можемъ поступать такъ, какъ поступали раньше. Выравниваніе продолжительности контактовъ въ данномъ случаѣ болѣе сложно и можетъ быть произведено только приблизительно слѣдующимъ образомъ.

Когда установка штифтовъ b и b' на минимумѣ перерывовъ закончена, прерывистый токъ направляется къ гальванометру,

причемъ поперемѣннымъ размыканіемъ ключей h и f дается доступъ къ гальванометру толчкамъ тока, замыкаемымъ или только со стороны штифта b, или только со стороны штифта b', и отмѣчаются отклоненія, вызванныя токомъ въ томъ и въ другомъ случаѣ. Эти отклоненія, благодаря неравенству продолжительности контактовъ съ обѣихъ сторонъ молоточка, оказываются вообще неодинаковыми. Положимъ, что отъ токовъ, замыкаемыхъ со стороны штифта b', получилось бо́льшее отклоненіе, чѣмъ отъ токовъ, замыкаемыхъ съ противоположной стороны. Тогда мы удаляемъ нѣсколько отъ молоточка электромагнитъ E'. Измѣряя опять отклоненія стрѣлки, вызываемыя тѣмъ и другимъ токомъ, мы замѣчаемъ, что разница между ними сдѣлалась меньше. Повторяя ту-же процедуру нѣсколько разъ подъ-рядъ, мы можемъ, въ концѣ-концовъ, добиться почти полнаго равенства обоихъ отклоненій.

Когда установка прерывателя закончена, намъ остается еще опредѣлить частоту перерывовъ тока съ одной стороны и продолжительность перерывовъ съ другой, такъ какъ эти два фактора, какъ это очевидно слѣдуетъ изъ описанія способа установки, выбирались въ каждомъ данномъ случаѣ болѣе или менѣе случайнымъ образомъ: при установкѣ прерывателя я останавливался каждый разъ на той частотѣ, при которой колебанія молоточка совершались съ наибольшею правильностью, и на той минимальной продолжительности перерывовъ, при которой изложенный раньше способъ провѣрки давалъ еще несомнѣнную гарантію дѣйствительнаго ихъ существованія.

Для опредѣленія частоты перерывовъ я пропускалъ токъ черезъ электромагнитный отмѣтчикъ Депрэ, который записывалъ число толчковъ тока на закопченной поверхности вращающагося цилиндра рядомъ съ волнообразной линіей, которую чертилъ другой такой-же отмѣтчикъ, получающій прерывистый токъ при посредствѣ электромагнитнаго камертона Гельмгольца, дающаго 100 колебаній въ секунду (при нѣкоторыхъ опытахъ второй отмѣтчикъ соединялся съ батареей при помощи метронома, отбивающаго секунды). Впрочемъ, я долженъ замѣтить, что при пропусканіи прерывистаго тока въ томъ видѣ, въ какомъ онъ получался при нашемъ способѣ установки прерывателя, т.-е. тока съ минимальной продолжительностью перерывовъ, отмѣтчикъ чертилъ не волнообразную, но совершенно прямую линію; другими словами, отмѣчикъ Депрэ оказался неспособнымъ къ регистрированію столь короткихъ перерывовъ тока. Поэтому, отмѣтчикъ былъ включаемъ всегда въ развѣтвленную часть цѣпи

молоточка D и получалъ токи, замыкаемые молоточкомъ съ одной какой-либо стороны (для такого включенія я пользовался обыкновенно однимъ изъ ключей h или f на фиг. 9; проводники, при помощи которыхъ совершалось это включеніе, не начерчены на фигурѣ). Понятно, что мы опредѣляемъ такимъ образомъ лишь половину общаго числа перерывовъ, и поэтому полученное опытомъ число должно быть еще умножено на 2.

Измѣренія частоты перерывовъ производились мною далеко не при всѣхъ опытахъ. Да въ этомъ и не представлялось ни малѣйшей необходимости, такъ какъ колебанія частоты, по крайней мѣрѣ въ тѣхъ предѣлахъ, въ какихъ они происходили при моихъ опытахъ, не могли оказывать ни малѣйшаго вліянія на получаемые результаты. Чтобы дать приблизительное понятіе о частотѣ, которою я обыкновенно пользовался, привожу 29 имѣющихся у меня опредѣленій, сдѣланныхъ въ самое различное время и при самыхъ различныхъ условіяхъ (въ ихъ число не входятъ тѣ, которыя были сдѣланы при опытахъ, имѣвшихъ цѣлью опредѣлить вліяніе частоты перерывовъ и о которыхъ придется еще говорить впослѣдствіи). Крайнія числа, полученныя мною, суть 65 и 136 перерывовъ въ секунду. Всѣ числа могутъ быть распредѣлены въ видѣ слѣдующей таблички.

Опредѣленій, давшихъ въ результатѣ число перерывовъ.

отъ	до	имѣется
60	70	2 (65, 65),
70	80	5 (72, 72, 74, 78, 78),
80	90	5 (82, 84, 85, 86, 88),
90	100	10 (90, 90, 91, 92, 94, 94, 96, 97, 98, 99),
100	110	3 (100, 103, 108),
110	120	2 (110, 112),
120	130	1 (126),
130	140	1 (136).

На основаніи этой таблицы мы можемъ сказать, что частота раздраженія при моихъ опытахъ колебалась обыкновенно между 70 и 100 перерывами въ секунду, бо́льшая или меньшая частота попадалась только въ исключительныхъ случаяхъ.

Перехожу теперь къ способу измѣренія продолжительности перерывовъ.

Мой прерыватель давалъ прерывистый токъ настолько правильный, что подъ его вліяніемъ стрѣлка гальванометра устанавли-

валась въ совершенно опредѣленномъ положеніи, не производя ни малѣйшихъ колебаній ни въ ту, ни въ другую сторону. Вслѣдствіе этого, оказалось возможнымъ измѣрить отклоненіе стрѣлки подъ вліяніемъ прерывистаго тока совершенно также, какъ и подъ вліяніемъ непрерывнаго. Этимъ обстоятельствомъ я и воспользовался для опредѣленія продолжительности перерывовъ. Принципъ такого опредѣленія состоитъ въ слѣдующемъ:

Предположимъ, что намъ извѣстны слѣдующія данныя: 1) отклоненіе, вызываемое даннымъ токомъ, когда онъ дѣйствуетъ на гальванометръ непрерывно — α; 2) отклоненіе, вызываемое тѣмъ-же токомъ, но только уже прерывистымъ — β, и наконецъ 3) частота перерывовъ тока — F. Изъ этихъ данныхъ продолжительность перерывовъ можетъ быть найдена простымъ вычисленіемъ.

Обозначая искомую продолжительность перерывовъ черезъ x, мы можемъ сказать, что нашъ токъ прерывается въ секунду F разъ на время x и, вслѣдствіе этого, проходитъ по гальванометру не въ теченіе цѣлой секунды, какъ непрерывный токъ, а секунды, изъ которой вычтено все то время, которое пошло на перерывы, т.-е. проходитъ въ теченіе времени, равнаго $1-xF$.

Синусъ угла отклоненія стрѣлки гальванометра (углы отклоненія я измѣрялъ всегда по способу синусовъ) указываетъ, какъ извѣстно, на количество тока, проходящаго по гальванометру въ единицу времени. Такъ какъ въ нашемъ случаѣ дѣйствуетъ на гальванометръ въ качествѣ непрерывнаго и въ качествѣ прерывистаго одинъ и тотъ-же токъ, поэтому очевидно, что количества тока въ обоихъ случаяхъ должны быть пропорціональны тѣмъ временамъ, въ теченіе которыхъ оба тока проходятъ по гальванометру, т.-е.

$$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{1-xF}{1}.$$

Откуда для x мы получимъ величину:

$$x = \frac{\sin\alpha - \sin\beta}{F.\sin\alpha}$$

Продолжительность же каждаго толчка p выразится формулой:

$$p = \frac{\sin\beta}{F.\sin\alpha}$$

Такимъ образомъ, опредѣленіе продолжительности толчковъ и перерывовъ сводится на нахожденіе опытнымъ путемъ величинъ α, β и F.

На основаніи даннаго выше описанія способа производства опытовъ, мы можемъ легко убѣдиться, что опредѣленіе всѣхъ указанныхъ величинъ не представляетъ особенныхъ затрудненій. Уголъ α мы можемъ найти, пропуская по гальванометру непрерывный токъ одной изъ батарей B или B' (безразлично которой, такъ какъ отклоненія стрѣлки, вызываемыя каждымъ токомъ порознь, должны быть сдѣланы предварительно одинаковыми) по способу, описанному на стр. 30. Уголъ β, равно какъ и величину F, мы можемъ получить послѣ окончательной установки прерывателя. Для большей увѣренности въ точности результата, мы, послѣ нахожденія угла β, должны еще разъ опредѣлить уголъ α, придавая значеніе только тѣмъ опредѣленіямъ, при которыхъ величины для угла α въ обоихъ случаяхъ оказались совершенно одинаковыми.

Противъ описаннаго способа опредѣленія продолжительности перерывовъ могутъ быть сдѣланы нѣкоторыя возраженія, касающіяся не теоретической стороны способа (теоретически способъ совершенно вѣренъ), но условій его практическаго примѣненія. Не имѣя возможности вдаваться въ разборъ различныхъ возможныхъ источниковъ ошибокъ, я замѣчу лишь, что ошибка, если она существуетъ, можетъ проявляться только въ томъ, что мы, при нашихъ опредѣленіяхъ, находимъ для продолжительности перерывовъ величину больше дѣйствительной. Поэтому, не настаивая особенно на полной вѣрности приводимыхъ ниже чиселъ, я считаю себя въ правѣ утверждать, что они ни въ какомъ случаѣ не меньше дѣйствительныхъ.

Вслѣдствіе особеннаго характера явленій, наблюдаемыхъ при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, опредѣленіе продолжительности перерывовъ при каждомъ опытѣ не могло имѣть никакого существеннаго значенія, а между тѣмъ, оно затрудняло бы, въ значительной степени, веденіе самихъ опытовъ. Поэтому опредѣленія дѣлались мною лишь изрѣдка и имѣли цѣлью дать приблизительное понятіе о продолжительности, какую имѣли перерывы при нашей установкѣ прерывателя, при которой, какъ мы знаемъ, продолжительность эта доводилась до возможнаго минимума. Въ нижеслѣдующей таблицѣ привожу результаты имѣющихся у меня опредѣленій. (См. стран. 48).

Изъ приведенной таблицы мы видимъ, что минимальная продолжительность перерывовъ хотя и не представляетъ собою строго опредѣленной величины, тѣмъ не менѣе, измѣняется при различныхъ опытахъ въ довольно узкихъ предѣлахъ. Обращая вниманіе только на опредѣленія, сдѣланныя при обыкновенно упо-

треблявшейся мною для опытовъ частотѣ перерыровъ отъ 70 до 100 въ секунду, мы можемъ сказать, что продолжительность перерывовъ колебалась между 0,0004″ и 0,0008″, т.-е. наибольшая продолжительность отдѣльныхъ перерывовъ превосходила только вдвое ихъ наименьшую продолжительность.

Отклоненіе стрѣлки гальванометра подъ вліяніемъ непрерывнаго тока. α.	Отклоненіе стрѣлки гальванометра подъ вліяніемъ прерывистаго тока. β.	Частота перерывовъ. F.	Вычисленная продолжительность каждаго толчка тока.	Вычисленная продолжительность каждаго перерыва.	Приблизительное отношеніе продолжительности перерывовъ къ продолжительности толчковъ тока.
43°	36°30′	46	0,01896	0,00278	1 : 7
46°	40°30′	51	0,01770	0,00190	1 : 9
42°	39°	58	0,01621	0,00103	1 : 16
43°30′	41°30′	65	0,01481	0,00057	1 : 26
44°30′	42°	65	0,01469	0,00069	1 : 21
43°15′	41°	72	0,01330	0,00059	1 : 22
45°45′	43°45′	85	0,01135	0,00040	1 : 28
42°30′	40°30′	94	0,01023	0,00041	1 : 25
45°	40°45′	94	0,00982	0,00082	1 : 12
43°45′	41°	96	0,00988	0,00053	1 : 19
44°	40°45′	98	0,00959	0,00061	1 . 15
41°30′	38°45′	99	0,00954	0,00056	1 : 17
42°45′	39°	100	0,00927	0,00073	1 : 13
44°30′	40°15′	103	0,00894	0,00076	1 : 12
43°	37°	126	0,00700	0,00093	1 : 8

Отмѣтимъ еще слѣдующія особенности, вытекающія непосредственно изъ разсмотрѣнія приведенныхъ въ таблицѣ чиселъ. Мы замѣчаемъ, что при средней частотѣ раздраженія (60—100) не только абсолютная продолжительность перерывовъ, но также и отношеніе между продолжительностью перерыва и продолжительностью толчка тока достигаетъ своего минимума, между тѣмъ, какъ при установкѣ прерывателя на бо́льшей или меньшей частотѣ перерывовъ наблюдается значительное нарастаніе обѣихъ величинъ. Я обращаю вниманіе на эти особенности потому, что намъ придется впослѣдствіи воспользоваться ими для объясненія нѣкоторыхъ фактовъ.

II. Способы измѣненія различныхъ факторовъ, опредѣляющихъ собою характеръ прерывистаго тока.

Основные опыты были сдѣланы мною при описанной выше установкѣ прерывателя на минимальной продолжительности перерывовъ. Тѣмъ не менѣе, для выясненія полученныхъ фактовъ, требовалось очень часто измѣнять самымъ разнообразнымъ образомъ характеръ прерывистаго тока. Въ настоящемъ отдѣлѣ главы о методѣ и будутъ описаны способы, при помощи которыхъ производились такія измѣненія.

а) *Измѣненіе продолжительности перерывовъ тока* въ нашемъ случаѣ могло состоять, очевидно, только въ ихъ увеличеніи. Для этого я пользовался двумя способами, смотря по тому, являлась ли надобность увеличить продолжительность перерывовъ одинъ разъ на сравнительно долгое время, или же требовалось быстро измѣнять ихъ величину въ ту и другую сторону нѣсколько разъ подъ рядъ.

Въ первомъ случаѣ увеличеніе перерывовъ производилось очень просто отодвиганіемъ въ сторону отъ молоточка D одного изъ штифтовъ b или b'. Такъ какъ при такомъ отодвиганіи могло нарушиться равенство продолжительности контакта молоточка съ обоими штифтами, поэтому производилась описаннымъ раньше способомъ (см. стр. 40) провѣрка, а въ случаѣ необходимости и поправка, установки прибора.

Измѣняя величину перерывовъ, мы должны были бы, строго говоря, измѣрять каждый разъ новую ихъ продолжительность. Тѣмъ не менѣе, въ громадномъ большинствѣ случаевъ я не производилъ такихъ измѣреній. Я счелъ себя въ правѣ поступать такимъ образомъ потому, что опыты съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ токомъ обнаружили невозможность подвести зависимость наблюдаемыхъ явленій отъ продолжительности перерывовъ подъ какое бы то ни было числовое выраженіе, такъ какъ она оказалась въ громадной степени измѣнчивой подъ вліяніемъ самыхъ разнообразныхъ условій. Благодаря этому, сравненіе между собою съ количественной стороны результатовъ опытовъ, произведенныхъ на различныхъ препаратахъ въ различное

время, теряло всякое значеніе, и я принужденъ былъ ограничиться сравненіемъ явленій, наблюдаемыхъ на одномъ и томъ же нервѣ при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ. А здѣсь, понятно, мнѣ было важно не столько знаніе абсолютной продолжительности перерывовъ, сколько увѣренность, что въ одномъ изъ двухъ сравниваемыхъ случаевъ продолжительность эта больше, чѣмъ въ другомъ.

Измѣренія увеличенныхъ перерывовъ производились мною только при одной, сравнительно довольно опредѣленной, установкѣ прерывателя. При моихъ опытахъ оказалось, что нѣкоторыя явленія могутъ быть наблюдаемы особенно рельефно не при минимальной, но при нѣсколько большей продолжительности перерывовъ. Для полученія такого прерывистаго тока оказалось всего удобнѣе установить предварительно прерыватель на минимумъ перерывовъ и затѣмъ удалить отъ молоточка одинъ изъ штифтовъ, поворачивая его на одно или на два дѣленія круга (см. рисунокъ прибора на таб. I). Такъ какъ опыты съ такой величиной перерывовъ производились сравнительно часто, поэтому, во избѣжаніе повтореній, я при дальнѣйшемъ изложеніи всюду, гдѣ будетъ идти рѣчь о такихъ перерывахъ, буду называть ихъ *короткими* въ отличіе отъ перерывовъ *минимальныхъ*. Чтобы хотя нѣсколько охарактеризовать абсолютную величину короткихъ перерывовъ, я, въ различное время и при различныхъ условіяхъ, сдѣлалъ нѣсколько опредѣленій этой величины, результаты которыхъ и привожу въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Отклоненіе стрѣлки гальванометра подъ вліяніемъ непрерывнаго тока. α.	Отклоненіе стрѣлки гальванометра подъ вліяніемъ прерывистаго тока. β.	Частота перерывовъ. F.	Вычисленная продолжительность каждаго толчка тока.	Вычисленная продолжительность каждаго перерыва тока.	Приблизительное отношеніе продолжительности перерывовъ къ продолжительности толчковъ тока.
45°45′	38°	78	0,0111	0,0018	1 : 6
41°30′	36°30′	82	0,0109	0,0012	1 : 9
45°	38°15′	84	0,0100	0,0019	1 : 5
42°45′	36°	90	0,0096	0,0015	1 : 6
43°15′	37°30′	91	0,0097	0,0012	1 : 8
43°	36°45′	92	0,0095	0,0013	1 : 7
44°45′	39°	97	0,0092	0,0011	1 : 8

Мы видимъ, что колебанія продолжительности перерывовъ представляются не особенно значительными: величина эта при указанныхъ опредѣленіяхъ колебалась приблизительно всего лишь между 0,001 и 0,002 секунды. Отношеніе между продолжительностью перерывовъ и толчковъ тока измѣнялось только въ предѣлахъ между $^1/_5$ и $^1/_9$.

Описанный способъ, въ сущности, совершенно достаточенъ для самаго подробнаго изслѣдованія вліянія величины перерывовъ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Единственное неудобство состоитъ въ томъ, что каждый разъ, какъ для увеличенія перерывовъ, такъ и для возвращенія ихъ къ прежней минимальной величинѣ, требуется болѣе или менѣе значительное время, вслѣдствіе чего записываніе явленій по графическому методу встрѣчаетъ значительныя затрудненія. На этомъ основаніи мною и былъ выработанъ другой пріемъ, который, требуя довольно хлопотливой предварительной установки, позволялъ за то быстро и удобно измѣнять продолжительность перерывовъ въ ту и другую сторону сколько угодно разъ подъ рядъ. Этимъ пріемомъ я и пользовался при всѣхъ опытахъ, результаты которыхъ хотѣлъ записать.

Увеличеніе и уменьшеніе продолжительности перерывовъ по этому способу производилось просто передвиженіемъ въ ту или другую сторону одного изъ штифтовъ, напр., штифта b, безъ всякой дальнѣйшей провѣрки или поправки установки молоточка. Чтобы имѣть возможность пользоваться такимъ пріемомъ, требовалась, конечно, особенная предварительная установка прерывателя, которая ручалась бы за то, что при передвиганіи штифта измѣняется одна продолжительность перерывовъ при полномъ сохраненіи всѣхъ прочихъ условій.

Удаленіе отъ молоточка одного изъ штифтовъ, кромѣ увеличенія продолжительности перерывовъ, можетъ вести еще къ слѣдующимъ двумъ измѣненіямъ: при этомъ можетъ нарушиться, во-первыхъ, правильность колебаній молоточка, и, во-вторыхъ, равенство продолжительности контакта съ обоими штифтами. Что такія измѣненія въ дѣйствіи прерывателя на самомъ дѣлѣ происходятъ, по крайней мѣрѣ при извѣстной величинѣ передвиженія штифта, въ этомъ мы можемъ очень легко убѣдиться, примѣняя извѣстные уже намъ пріемы провѣрки правильности установки молоточка. Указанные два источника измѣненія характера прерывистаго тока и должны быть устранены, если мы хотимъ пользоваться простымъ передвиженіемъ штифта, какъ средствомъ для увеличенія и уменьшенія продолжительности перерывовъ.

Легче всего добиться гарантіи въ сохраненіи правильности колебаній молоточка. Для этого я поступалъ слѣдующимъ образомъ. Слушая въ телефонѣ тонъ отъ прерывистаго тока съ минимальными перерывами, я опредѣлялъ, при помощи передвиженія штифта въ ту и въ другую сторону, предѣлы, между которыми такое передвиженіе не вызываетъ измѣненія характера выслушиваемаго тона. Отмѣтивши мѣста круга, соотвѣтствующія двумъ предѣльнымъ положеніямъ связаннаго со штифтомъ указателя, я привинчивалъ къ нимъ два особенные зажима, которые, выдаваясь надъ поверхностью круга, служили тормазами, позволяющими указателю, а слѣдовательно и штифту, двигаться только между заранѣе намѣченными предѣлами. Такимъ образомъ получилась возможность, при помощи передвиженія штифта до встрѣчи съ тѣмъ или другимъ зажимомъ, производить быстро измѣненіе продолжительности перерывовъ безъ опасенія нарушить правильность колебаній молоточка.

Относительно измѣненій продолжительности контактовъ, я долженъ замѣтить, что эти измѣненія происходятъ неизбѣжно при всякомъ одностороннемъ передвиженіи штифтовъ: всякое удаленіе штифта ведетъ къ уменьшенію, а всякое приближеніе —къ увеличенію продолжительности контакта со стороны передвинутаго штифта. Вслѣдствіе этого очевидно, что сохраненіе равенства продолжительности соприкосновенія молоточка съ обоими штифтами, при передвиженіи одного изъ нихъ, представляется совершенно невозможнымъ, и неизбѣжно долженъ при этомъ получаться токъ, отдѣльные толчки котораго имѣютъ попеременно различную продолжительность. Однако, и указанное затрудненіе можетъ быть легко устранено.

Представимъ себѣ, что мы согласимся пользоваться для опытовъ такой исходной установкой прерывателя, при которой продолжительность контакта молоточка со штифтами b и b' уже заранѣе имѣетъ несодинаковую величину [1]). Тогда, при увели-

[1]) Мы можемъ согласиться на это тѣмъ болѣе, что, по показаніямъ опыта, полное равенство отдѣльныхъ толчковъ прерывистаго тока отнюдь не необходимо для полученія явленій въ чистомъ видѣ. По крайней мѣрѣ при моихъ опытахъ мнѣ приходилось много разъ, вслѣдствіе случайныхъ нарушеній установки прерывателя, имѣть дѣло съ прерывистымъ токомъ, разница продолжительности отдѣльныхъ толчковъ котораго была иногда даже весьма значительна, и, тѣмъ не менѣе, мнѣ ни разу не удалось подмѣтить какого бы то ни было вліянія этого условія на наблюдаемыя явленія. Поэтому, при опытахъ съ измѣненіемъ продолжительности перерывовъ, я могъ бы, въ сущности, совсѣмъ не обращать вниманія на нарушеніе равенства продолжительности

ченіи продолжительности перерывовъ при помощи отодвиганія одного изъ штифтовъ, мы не будемъ уже имѣть дѣла съ переходомъ отъ прерывистаго тока съ равною —къ току съ неравною продолжительностью отдѣльныхъ толчковъ, но неравенство толчковъ будетъ существовать въ обоихъ сравниваемыхъ случаяхъ. Вслѣдствіе этого, вся задача сводится на то, чтобы сохранить существующее неравенство неизмѣннымъ, несмотря на измѣненіе продолжительности перерывовъ. А эта задача легко выполнима, по крайней мѣрѣ приблизительно.

Въ передвиженіяхъ электромагнитовъ E и E' мы имѣемъ средство, позволяющее намъ, какъ это было описано раньше (см. стр. 40), видоизмѣнять по произволу продолжительность контакта молоточка съ любымъ изъ штифтовъ, причемъ пропусканіе по гальванометру прерывистаго тока, состоящаго изъ ряда толчковъ попеременно противоположнаго направленія, даетъ возможность по отклоненію стрѣлки судить, на какой сторонѣ продолжительность контакта больше и какой величины достигаетъ существующій перевѣсъ. Пользуясь этимъ, мы, послѣ того какъ предѣлы передвиженія штифта намѣчены вышеописаннымъ образомъ, устанавливаемъ электромагнитъ E и E' такъ, чтобы при крайнемъ приближеніи штифта (до зажима), продолжительность соприкосновенія молоточка съ нимъ была нѣсколько больше, а при крайнемъ удаленіи—нѣсколько меньше продолжительности соприкосновенія со штифтомъ противоположной стороны; другими словами, чтобы рядъ толчковъ тока попеременно противоположнаго направленія отклонялъ стрѣлку гальванометра при одномъ положеніи штифта въ одну, а при—другомъ въ другую сторону. При этомъ мы должны стараться, чтобы получаемые въ обоихъ случаяхъ углы отклоненія имѣли одинаковую величину. (Опыты показали, что приблизительное равенство обоихъ угловъ отклоненія можетъ быть достигнуто всегда, если и не сразу, то послѣ нѣсколькихъ пробъ передвиженія того и другого электромагнита). Такимъ образомъ, при двухъ крайнихъ положеніяхъ штифта получаются прерывистые токи, состоящіе оба изъ ряда толчковъ попеременно различной продолжительности и отличающіеся другъ отъ друга только тѣмъ, что перевѣсъ продолжительности остается за толчками, замыкаемыми одинъ разъ со стороны одного, а другой разъ—со стороны дру-

толчковъ тока, происходящее при отодвиганіи одного изъ штифтовъ тѣмъ не менѣе, я не рѣшился на это, въ виду отсутствія спеціальныхъ опытовъ, посвященныхъ вопросу о вліяніи подобнаго неравенства.

того штифта. Такъ какъ при опытахъ раздраженія нерва я пользовался въ данномъ случаѣ только такими токами, всѣ толчки которыхъ имѣли одинаковое направленіе, поэтому, существованіе перевѣса на сторонѣ тѣхъ или другихъ толчковъ представлялось для меня совершенно безразличнымъ, и я имѣлъ полное основаніе смотрѣть на описанную установку, какъ на такую, при которой увеличеніе и уменьшеніе перерывовъ производилось безъ измѣненія относительной продолжительности слѣдующихъ другъ за другомъ толчковъ тока.

Описанный пріемъ измѣненія величины перерывовъ предназначался главнымъ образомъ, какъ это было замѣчено уже раньше, для случаевъ, когда наблюдаемыя явленія записывались по графическому методу. Поэтому, желая получить эффекты, по возможности, рѣзкіе, я старался въ каждомъ данномъ случаѣ измѣнять перерывы между возможно широкими предѣлами (передвиженія штифта производились на 3 —10, даже 15 дѣленій круга). Хотя я и не дѣлалъ измѣреній получающихся при этомъ *продолжительныхъ* перерывовъ (такъ я буду называть эти перерывы при дальнѣйшемъ изложеніи), въ родѣ тѣхъ, какіе были приведены выше для *минимальныхъ* и для *короткихъ*, тѣмъ не менѣе, нуждаясь постоянно, при установкѣ и провѣркѣ дѣйствія прибора, въ пропусканіи прерывистаго тока по гальванометру, я очень часто придавалъ толчкамъ тока одинаковое направленіе и опредѣлялъ производимое ими отклоненіе стрѣлки. Сравненіе этого отклоненія съ отклоненіемъ отъ непрерывнаго тока позволяло составить понятіе, если не объ абсолютной продолжительности перерывовъ (для этого требуется еще знать частоту колебаній молоточка), то, во всякомъ случаѣ, объ отношеніи между продолжительностью перерывовъ и продолжительностью толчковъ. Не приводя здѣсь отдѣльныхъ чиселъ, скажу только, что указанное отношеніе колебалось при различныхъ опытахъ между $^1/_6$ и $^1/_2$, такъ что при самой большой величинѣ перерывовъ продолжительность перерыва оставалась все-таки въ два раза короче продолжительности толчка. Впрочемъ, эту самую большую величину перерывовъ я встрѣтилъ въ своихъ опредѣленіяхъ всего одинъ разъ, а въ большинствѣ случаевъ получались гораздо меньшія числа.

Резюмируя все сказанное относительно способовъ увеличенія перерывовъ, мы видимъ, что, сообразно съ величиной перерывовъ, есть возможность различать въ грубыхъ чертахъ три вида прерывистаго тока.

1) Прерывистый токъ съ минимальными перерывами (отношеніе продолжительности перерыва къ продолжительности толчка $=^1/_{28}-^1/_{12}$).

2) Прерывистый токъ съ короткими перерывами ($^1/_6$—$^1/_2$).

3) Прерывистый токъ съ продолжительными перерывами ($^1/_6$—$^1/_2$).

Такое различеніе представляется, конечно, въ высшей степени грубымъ, такъ какъ оно основано на особенностяхъ установки прерывателя, а не на измѣреніи въ каждомъ данномъ случаѣ абсолютной величины перерывовъ, тѣмъ не менѣе, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, оно вполнѣ удовлетворяло нашимъ цѣлямъ, такъ какъ мы имѣли въ виду преимущественно качественную, а не количественную сторону явленій.

b) *Измѣненіе частоты перерывовъ тока* производилось при моемъ изслѣдованіи слѣдующими тремя способами.

1) Мой прерыватель позволяетъ измѣнять частоту раздраженія совершенно также, какъ и обыкновенный молоточекъ Гальске. Установивши молоточекъ C на требуемой частотѣ колебаній, мы имѣемъ возможность придать такую-же частоту и колебаніямъ молоточка D, причемъ всѣ остальныя детали установки должны производиться совершенно также, какъ это было описано раньше. Такимъ способомъ я былъ въ состояніи, какъ показали опыты, получать отъ 46 до 140 перерывовъ въ секунду.

Однако, такой пріемъ измѣненія частоты перерывовъ неудобенъ для сравнительныхъ опытовъ, гдѣ требуется измѣнять частоту въ ту или другую сторону по возможности быстро и притомъ нѣсколько разъ подъ рядъ. Кромѣ того, онъ представляется весьма неудобнымъ еще въ одномъ отношеніи.

Измѣнять частоту перерывовъ, оставляя неизмѣнными всѣ остальныя условія, опредѣляющія собою характеръ прерывистаго тока, очевидно, невозможно. „Частота перерывовъ“ не есть простое свойство прерывистаго тока, характеръ котораго опредѣляется, въ сущности, только двумя факторами,—продолжительностью толчковъ и продолжительностью перерывовъ,—изъ которыхъ уже сама собою вытекаетъ частота перерывовъ. Слѣдствіе этого, самостоятельное измѣненіе этой послѣдней невозможно, и она можетъ быть увеличиваема и уменьшаема только или насчетъ продолжительности толчковъ, или насчетъ продолжительности перерывовъ. При описанномъ способѣ измѣненія частоты происходятъ измѣненія обоихъ факторовъ и притомъ такія, слѣдить за которыми въ каждомъ данномъ случаѣ невозможно безъ весьма хлопотливыхъ измѣреній частоты и продол-

жительности перерывовъ. Поэтому опыты, произведенные по данному способу, могутъ имѣть только весьма ограниченное значеніе.

2) Измѣненіе частоты раздраженія по второму способу производилось исключительно насчетъ измѣненія продолжительности перерывовъ, продолжительность же толчковъ тока сохраняла постоянно одинаковую величину. Для примѣненія этого способа мы можемъ прямо воспользоваться описаннымъ выше расположеніемъ проводниковъ, не внося никакихъ новыхъ измѣненій.

Въ самомъ дѣлѣ, прерывистый токъ, доставляемый нашимъ прерывателемъ, слагается изъ отдѣльныхъ толчковъ тока, замыкаемыхъ молоточкомъ при поперемѣнномъ соприкосновеніи то со штифтомъ b, то со штифтомъ b'. Обозначая послѣдовательно каждый толчекъ прерывистаго тока цифрами: 1, 2, 3, 4 и т. д., мы можемъ сказать, что всѣ нечетные толчки (1-й, 3-й, 5-й и т. д.) происходятъ въ моменты контакта молоточка съ однимъ, а всѣ четные (2-й, 4-й, 6-й и т. д.) въ моменты контакта съ другимъ изъ штифтовъ. Пути, которыми тѣ и другіе толчки достигаютъ нерва, представляются частью различными (см. фиг. 9 на стр. 30), причемъ въ размыканіи одного изъ ключей f или h мы имѣемъ средство не допускать ихъ нерву или четныхъ, или нечетныхъ толчковъ.

Такимъ образомъ, размыкая одинъ изъ указанныхъ ключей, мы можемъ въ каждый данный моментъ уменьшить частоту раздраженія вдвое, оставляя продолжительность толчковъ совершенно не тронутой (при этомъ предполагается, конечно, что четные и нечетные толчки имѣютъ равную продолжительность). Иначе мы можемъ выразить это такъ, что уменьшеніе частоты раздраженія въ нашемъ случаѣ получается вслѣдствіе поперемѣннаго выпаданія отдѣльныхъ толчковъ и обусловленнаго этимъ выпаденіемъ попарнаго сліянія сосѣднихъ перерывовъ тока.

3) Измѣненіе частоты раздраженія по третьему способу производилось исключительно насчетъ измѣненія продолжительности толчковъ тока, продолжительность же перерывовъ сохранялась постоянно одинаковою величину.

Примѣняя этотъ способъ измѣненія частоты раздраженія, я долженъ былъ уже въ значительной степени видоизмѣнить обыкновенно употреблявшійся мною методъ полученія прерывистаго тока. Съ этою цѣлью я воспользовался описаннымъ уже въ началѣ настоящей главы (см. стр. 28) придаткомъ къ моему прерывателю, состоящимъ изъ ртутныхъ чашечекъ V и V'. Эти чашечки, помѣщенныя по обѣ стороны молоточка, при надлежащей ихъ установкѣ, могли играть, какъ мы знаемъ, совершенно такую же роль, какъ и штифты b и b', причемъ замыкающіе токъ контакты происходили между припаянными къ молоточку платиновыми остріями p и p' съ одной и ртутью чашечекъ съ другой стороны. Такимъ образомъ, я, собственно говоря, имѣлъ возможность пользоваться ртутными чашечками для полученія прерывистаго тока при всѣхъ моихъ опытахъ. Тѣмъ не менѣе, въ громадномъ большинствѣ случаевъ я отдавалъ предпочтеніе штифтамъ b и b', такъ какъ предварительные опыты показали, что правильность прерываній тока при употребленіи въ дѣло ртутныхъ чашечекъ далеко уступаетъ правильности при употребленіи штифтовъ. Зависитъ это, по всей вѣроятности, отъ замѣтныхъ уже прямо на глазъ колебаній ртутныхъ мениковъ, вызываемыхъ постояннымъ вхожденіемъ и выхожденіемъ изъ ртути острій p и p'. Благодаря такимъ колебаніямъ, полученіе строго однообразной продолжительности перерывовъ становится невозможнымъ. Вслѣдствіе этого, я пользовался чашечками V и V' только при опытахъ, при которыхъ хотѣлъ быстро измѣнять частоту раздраженія, оставляя неизмѣнной продолжительность перерывовъ. Конечно, и при этихъ опытахъ неравномѣрность въ величинѣ перерывовъ была вовсе нежелательна и могла въ значительной степени затруднить полученіе чистыхъ результатовъ. Однако, я долженъ былъ примириться съ нею по необходимости, такъ какъ не имѣлъ другого способа для полученія прерывистаго тока съ желаемыми свойствами.

При употребленіи въ дѣло ртутныхъ чашечекъ, мы должны были измѣнить расположеніе проводниковъ, изображенное на фиг. 9, только въ одномъ отношеніи. А именно, вмѣсто двухъ батарей, помѣщенныхъ въ развѣтвленной части проводниковъ, мы пользовались одной, включая ее въ неразвѣтвленную часть цѣпи, другими словами, мы прибѣгали къ тому видоизмѣненію, которое было уже описано раньше на стр. 42 и изображено на фиг. 11. Во всѣхъ другихъ отношеніяхъ расположеніе проводниковъ оставалось прежнимъ, но только проволоки, соединяемыя раньше со штифтами b и b', соединялись теперь съ ртутными чашечками. Чтобы не приводить новаго чертежа, представимъ себѣ, что эти послѣднія находятся теперь на мѣстѣ штифтовъ (чашечка V на мѣстѣ штифта b и чашечка V' на мѣстѣ штифта b').

Установка прибора производилась слѣдующимъ образомъ.

Представимъ себѣ, что молоточекъ приведенъ въ колебательное движеніе, ртутныя чашечки отодвинуты въ стороны, а винтамъ 1 и 2 придано такое положеніе, при которомъ прерыви-

стый токъ долженъ проходить по телефону. При помощи микрометреннаго винта Q начинаемъ приближать къ молоточку чашечку V. Какъ только она оказывается приближенной настолько, что остріе p начинаетъ прикасаться къ ртути, въ телефонѣ появляется тонъ, соотвѣтствующій числу колебаній молоточка. Тонъ слышится и при дальнѣйшемъ приближеніи чашечки, которое ведетъ за собою удлиненіе продолжительности контактовъ и укороченіе продолжительности перерывовъ. Продолжаемъ приближать чашечку до тѣхъ поръ, пока продолжительность перерывовъ не станетъ минимальной. Этотъ моментъ, при слушаніи въ телефонѣ, можно опредѣлить очень легко, такъ какъ при дальнѣйшемъ приближеніи чашечки звукъ исчезаетъ, возстановляясь опять при отодвиганіи ея въ обратную сторону. Исчезаніе звука показываетъ, что токъ изъ прерывистаго сдѣлался непрерывнымъ, т. е., что остріе p, при колебаніи молоточка, не выходитъ уже изъ ртути чашечки, а остается постоянно въ нее погруженнымъ. Если бы контактъ между остріемъ и ртутью происходилъ вполнѣ правильно, тогда, при приближеніи и удаленіи чашечки отъ молоточка, мы должны были бы получать мгновенный переходъ отъ яснаго звука къ тишинѣ и обратно. На самомъ дѣлѣ этого не получается, но въ промежуткѣ между яснымъ тономъ и тишиной слышится звукъ неправильнаго характера, показывающій, что при нѣкоторыхъ колебаніяхъ молоточка перерывы существуютъ, при другихъ же ихъ нѣтъ. Чашечка устанавливается въ такомъ положеніи, чтобы звукъ получался правильный, но чтобы уже при малѣйшемъ ея приближеніи начинались неправильности, другими словами, чашечка устанавливается на минимальной, достижимой при такомъ способѣ, продолжительности перерывовъ.

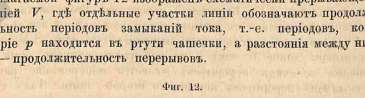
Установивши описаннымъ образомъ чашечку V_1 мы повторяемъ какъ разъ ту же процедуру и съ чашечкой V', т.-е. приводимъ и ее въ такое положеніе, при которомъ продолжительность контактовъ молоточка съ ртутью чашечки имѣетъ возможно большую, а продолжительность перерывовъ возможно меньшую величину. Для такой установки мы должны, конечно, разомкнуть предварительно цѣпь чашечки V (при помощи ключа h), такъ чтобы къ телефону могъ попадать токъ, замыкаемый исключительно со стороны чашечки V'.

Изъ приведеннаго описанія очевидно, въ чемъ состоитъ разница между описанной раньше установкой штифтовъ и установкой чашечекъ въ нашемъ случаѣ: тамъ мы придавали штифтамъ такое положеніе, чтобы, при *двухсторонненъ* контактѣ молоточка поочередно съ *обоими* штифтами, продолжительность перерывовъ имѣла минимальную величину; здѣсь же мы стараемся достигнуть того же эффекта при *односторонненъ* контактѣ молоточка съ *каждой* ртутной чашечкой.

Когда объимъ чашечкамъ придано надлежащее положеніе, установка должна считаться законченной, такъ какъ она позволяетъ уже переходить отъ одной частоты раздраженія къ другой (вдвое большей) безъ измѣненія продолжительности перерывовъ тока: для полученія болѣе рѣдкаго раздраженія мы должны направить токъ черезъ токъ, замыкаемый со стороны которой-нибудь одной изъ ртутныхъ чашечекъ, для полученія же болѣе частаго — токъ, замыкаемый объими чашечками при передвинутыхъ вправо пластинкахъ ключа H. Это намъ станетъ вполнѣ понятнымъ, если мы представимъ графически характеръ прерывистаго тока въ томъ и другомъ случаѣ.

Предположимъ сначала, что къ нерву допускается токъ, замыкаемый только со стороны ртутной чашечки V, т. е. предположимъ, что пластинки ключа H передвинуты влѣво (находятся въ положеніи, обозначенномъ сплошными линіями), ключъ h замкнутъ, а ключъ f разомкнутъ. При этомъ нервъ получаетъ прерывистый токъ, частота перерывовъ котораго опредѣляется частотой контактовъ молоточка съ чашечкой V. Этотъ токъ на прилагаемой фигурѣ 12 изображенъ схематически прерывающейся линіей V, гдѣ отдѣльные участки линіи обозначаютъ продолжительность періодовъ замыканій тока, т.-е. періодовъ, когда остріе p находится въ ртути чашечки, а разстоянія между ними (v) — продолжительность перерывовъ.

Фиг. 12.



Представимъ себѣ теперь, что мы допускаемъ къ нерву токъ, замыкаемый со стороны чашечки V'. Для этого мы должны замкнуть ключъ f и разомкнуть ключъ h. Прерывающаяся линія V' на фигурѣ изображаетъ собою получаемый теперь прерывистый токъ. Благодаря тому, что обѣ ртутныя чашечки, по нашему предположенію, установлены совершенно одинаково, линія V' представлена во всѣхъ отношеніяхъ совершенно тождественной съ

линіей V. Единственная разница между ними состоитъ въ томъ, что періоды перерывовъ линіи V' приходятся какъ разъ на средину періодовъ замыканій тока линіи V, такъ какъ въ тѣ моменты колебанія молоточка, когда этотъ послѣдній всего болѣе приближенъ къ чашечкѣ V и когда, слѣдовательно, мы имѣемъ дѣло съ срединой періода замыканія тока съ этой стороны, на другой сторонѣ должно происходить возможное удаленіе молоточка отъ ртутной чашечки V', т.-е. періодъ перерыва.

Представимъ себѣ теперь, что мы передвигаемъ направо пластинки ключа H (приводимъ ключъ въ положеніе, обозначенное на фиг. 11 пунктиромъ) и замыкаемъ оба ключа h и f. При этомъ токъ получаетъ возможность проходить только поперекъ черезъ молоточекъ отъ одной ртутной чашечки къ другой, совершенно также, какъ прежде, при тѣхъ-же условіяхъ, онъ получалъ возможность проходить черезъ молоточекъ отъ одного штифта къ другому. Понятно, что такое прохожденіе тока возможно только въ тѣ моменты, когда *оба острія* погружены *одновременно* въ обѣ ртутныя чашечки, только въ эти моменты обѣ чашечки соединены между собою проводящимъ образомъ. Но лишь только одно изъ острій выйдетъ изъ ртути которой-нибудь изъ чашечекъ, путь для тока нарушается и является перерывъ. Свойства получаемаго теперь прерывистаго тока мы можемъ изобразить линіей VV'. Количество перерывовъ этой линіи вдвое больше сравнительно съ числомъ перерывовъ каждой изъ линій V и V'. такъ какъ теперь перерывы происходятъ какъ въ моменты перерывовъ линіи V, такъ и въ моменты перерывовъ линіи V', причемъ величина перерывовъ является поперемѣнно равной то величинѣ перерывовъ первой, то второй линіи. Такъ какъ, по нашему предположенію, величина перерывовъ, изображаемыхъ линіями V и V', одинакова, поэтому мы имѣемъ здѣсь переходъ отъ прерывистаго тока съ извѣстнымъ количествомъ перерывовъ и съ извѣстной величиной этихъ послѣднихъ (линія VV') къ прерывистому току съ вдвое меньшимъ числомъ перерывовъ, но съ неизмѣнной ихъ величиной (линіи V и V'). Уменьшеніе числа перерывовъ получается, такимъ образомъ, всѣдствіе поперемѣннаго выпаданія отдѣльныхъ перерывовъ и обусловленнаго этимъ выпаданіемъ попарнаго сліянія сосѣднихъ толчковъ тока.

Выше было сказано, что для полученія прерывистаго тока съ рѣдкими перерывами мы должны направлять къ нерву токъ, замыкаемый со стороны которой-нибудь одной изъ ртутныхъ чашечекъ. При этомъ выборъ той или другой совершенно безразличенъ, если только онѣ обѣ установлены совершенно одинаковымъ образомъ. Однако, точь въ точь одинаковая установка чашечекъ почти недостижима (она достигается обыкновенно только приблизительно). Всѣдствіе этого, прерывистый токъ, получаемый при посредствѣ одной чашечки, нѣсколько отличается отъ тока, получаемаго при посредствѣ другой: продолжительность перерывовъ одного тока почти всегда бываетъ нѣсколько больше или меньше продолжительности перерывовъ другого. На вышеприведенной фиг. 12 на различіе величины перерывовъ указываетъ различное ихъ обозначеніе (v и v'). Хотя разница въ продолжительности перерывовъ не можетъ имѣть въ нашемъ случаѣ сколько-нибудь значительной величины, тѣмъ не менѣе, и эта разница, въ виду громаднаго вліянія, какое, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, оказываетъ продолжительность перерывовъ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, могла бы сдѣлать результаты опытовъ болѣе или менѣе сомнительными.

Во избѣжаніе этого, я поступалъ при своихъ опытахъ слѣдующимъ образомъ. Для опредѣленія эффекта раздраженія нерва прерывистымъ токомъ съ рѣдкими перерывами, я производилъ всегда двѣ пробы раздраженія, одну, пропуская по нерву токъ, замыкаемый со стороны чашечки V, и другую, направляя къ нерву токъ, доставляемый чашечкой V'. Въ первомъ случаѣ нервъ раздражался токомъ съ перерывами, равными v, а во второмъ — токомъ съ перерывами v'. Послѣ этого уже я приступалъ къ раздраженію нерва прерывистымъ токомъ съ удвоенной частотой перерывовъ, при которомъ, какъ показываетъ фиг. 12, происходило поперемѣнно чередованіе перерывовъ, имѣющихъ продолжительность v и v'. Въ случаѣ, еслибы эффекты, полученные при первыхъ двухъ пробахъ, представлялись одинаковыми, а эффектъ, наблюдаемый при третьей пробѣ, отъ нихъ отличался, мы могли бы, очевидно, имѣть полную увѣренность въ томъ, что такое отличіе не зависитъ отъ небольшой разницы въ продолжительности чередующихся другъ за другомъ перерывовъ тока.

Приведенное описаніе способа измѣненія частоты раздраженія при неизмѣнности перерывовъ пріурочивалось къ случаю, когда продолжительность этихъ послѣднихъ имѣла возможно малую величину. Очевидно однако, что тотъ-же способъ можетъ быть примѣненъ и тогда, когда является надобность въ болѣе продолжительныхъ перерывахъ. Для этого стоитъ только отодвинуть отъ молоточка обѣ ртутныя чашечки, причемъ продолжительность контактовъ съ ртутью каждой изъ нихъ должна уменьшиться, а, слѣдовательно, должна увеличиться продолжительность

перерывовъ тока какъ съ рѣдкими, такъ и съ частыми перерывами.

c) *Способъ полученія прерывистаго тока съ короткими толчками.* При нѣкоторыхъ опытахъ мнѣ было необходимо раздражать нервъ прерывистымъ токомъ съ толчками возможно малой продолжительности. Для полученія такого тока оказалось возможнымъ воспользоваться тѣмъ же прерывателемъ и тѣмъ же расположеніемъ проводниковъ, которое приведено на фиг. 9 и 11.

Въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ, что прерыватель установленъ извѣстнымъ намъ образомъ на минимумѣ перерывовъ и что пластинки ключа H переднимъ направо. Приставляя къ уху телефонъ, мы не слышимъ никакого звука, такъ какъ единственный возможный для тока путь — отъ одного штифта къ другому поперекъ черезъ молоточекъ—при этихъ условіяхъ разомкнутъ (см. стр. 37). Но мы знаемъ, что стоитъ только нѣсколько приблизить къ молоточку одинъ изъ штифтовъ, какъ сейчасъ же появляется тонъ, указывающій на существованіе перескакиванія тока между штифтами b и b'. Оставляя штифтъ въ такомъ положеніи, при которомъ только-что появился тонъ, мы, очевидно, имѣемъ дѣло съ прерывистымъ токомъ, продолжительность отдѣльныхъ толчковъ котораго имѣетъ минимальную величину. При помощи дальнѣйшаго приближенія штифта, мы можемъ придавать толчкамъ тока все бо́льшую и бо́льшую продолжительность.

Абсолютную продолжительность толчковъ получаемаго такимъ образомъ тока мы можемъ опредѣлить при помощи такихъ-же измѣреній, къ какимъ мы прибѣгали при описанномъ раньше способѣ опредѣленія продолжительности перерывовъ и толчковъ тока. Для этого стоитъ только направить къ гальванометру сперва прерывистый токъ, а затѣмъ непрерывный, который мы можемъ получить, приближая къ молоточку штифты до полнаго соприкосновенія. Отмѣтивши отклоненія стрѣлки, вызванныя токомъ въ томъ и другомъ случаѣ, и зная частоту раздраженія, которая должна быть опредѣлена предварительно по обыкновенному способу, мы имѣемъ въ рукахъ всѣ данныя для полнаго опредѣленія характера прерывистаго тока.

Произведенныя измѣренія показали, что продолжительность толчковъ тока можетъ быть доводима при нашемъ способѣ до весьма малой величины. Чтобы дать хотя нѣкоторое понятіе объ этой продолжительности, я замѣчу, что существуетъ возможность, безъ нарушенія правильности дѣйствія прерывателя, укоротить продолжительность толчковъ тока настолько, что присутствіе прерывистаго тока можетъ быть обнаружено только при посредствѣ телефона, между тѣмъ, какъ на гальванометрѣ, дававшемъ подъ вліяніемъ непрерывнаго тока отклоненія въ 40^0 или 50^0, не замѣчается ни малѣйшихъ слѣдовъ отклоненія стрѣлки. Предполагая, что существованіе отклоненія въ $^1/_4{}^0$ не могло бы уже ускользнуть отъ нашего наблюденія, предполагая дальше, что отклоненіе отъ непрерывнаго тока равняется 40^0 (минимальное отклоненіе, наблюдавшееся мною при такихъ опредѣленіяхъ) и частота раздраженія не выходитъ изъ обыкновенныхъ предѣловъ (70—100), мы, при помощи очень простаго вычисленія, приходимъ къ выводу, что продолжительность толчковъ тока могла быть сдѣлана значительно меньше 0,0001 секунды. Съ другой стороны, приближая къ молоточку одинъ изъ штифтовъ, мы получаемъ значительныя отклоненія, указывающія на возможность приданія толчкамъ тока довольно большой продолжительности. Я не сообщаю здѣсь чиселъ, полученныхъ мною при различныхъ опредѣленіяхъ, такъ какъ ихъ всего удобнѣе привести при описаніи опытовъ, къ которымъ они относятся.

При моихъ опытахъ встрѣчалась иногда надобность въ быстромъ измѣненіи продолжительности толчковъ прерывистаго тока. Для этого я пользовался передвиженіемъ одного изъ штифтовъ, которое производилось совершенно также, какъ и при описанномъ раньше способѣ измѣненія продолжительности перерывовъ (см. стр. 52), т.-е. при помощи привинчиванія къ кругу зажимовъ намѣчались тѣ крайнія точки, между которыми должно было происходить передвиженіе связаннаго со штифтомъ указателя.

d) *Измѣненіе силы раздражающаго тока* производилось при помощи общеизвѣстныхъ способовъ, на описаніи которыхъ незачѣмъ останавливаться. Замѣчу только, что съ этою цѣлью я или вводилъ въ цѣпь раздражающаго тока различное число элементовъ, или пользовался реохордомъ, включая его въ видѣ побочнаго замыканія въ ту часть цѣпи, которая расположена между винтомъ 2 и нервомъ (фиг. 9).

III. Способы измѣненія состоянія нерва, подвергающагося раздраженію.

Въ двухъ предыдущихъ отдѣлахъ настоящей главы были описаны пріемы, при помощи которыхъ мы могли измѣнять самымъ разнообразнымъ образомъ характеръ дѣйствующаго на нервъ прерывистаго тока; теперь же намъ предстоитъ изложить

способы, которыми я пользовался для измѣненія состоянія самого нерва, съ цѣлью изслѣдовать, насколько, съ измѣненіемъ этого состоянія, видоизмѣняется его реакція на прерывистый токъ даннаго характера.

При моихъ опытахъ было изслѣдовано въ этомъ отношеніи вліяніе, во-первыхъ, того измѣненія, которое остается въ нервѣ *послѣ* болѣе или менѣе продолжительнаго дѣйствія постояннаго тока (вліяніе предварительной поляризаціи), и во-вторыхъ, того, которое развивается *во время* поляризаціи (вліяніе поляризаціи).

1) Чтобы изслѣдовать вліяніе предварительной поляризаціи, я долженъ былъ имѣть возможность раздражать нервъ прерывистымъ токомъ въ перемежку съ непрерывнымъ. Для достиженія этого я поступалъ двоякимъ образомъ, смотря по тому, хотѣлъ ли придать обоимъ токамъ — прерывистому и непрерывному—одинаковую или различную силу.

Въ первомъ случаѣ введеніе новой батареи представлялось излишнимъ, такъ какъ я могъ получать непрерывный токъ отъ той, которая служила мнѣ и для полученія прерывистаго тока. Для этого въ двухъ мѣстахъ проводниковъ, обозначенныхъ на фигурахъ 9 и 11 черными кружками, а именно, на протяженіи проволоки, соединяющей стойку молоточка D съ ключемъ H, и проволоки, соединенной со штифтомъ b', включались двѣ ртутныя чашечки, черезъ ртуть которыхъ и проходили указанныя проволоки. Эти чашечки, въ случаѣ надобности раздраженія нерва непрерывнымъ токомъ, соединялись между собой при помощи особой металлической дуги, по которой токъ и могъ проходить непрерывно, минуя молоточекъ (дуга на фигурахъ не изображена). Такимъ образомъ, замыкая и размыкая эту дугу, я имѣлъ возможность въ любой моментъ превращать прерывистый токъ въ непрерывный и обратно, не нуждаясь при этомъ въ остановкѣ колебаній молоточка. А именно, накладываніе дуги соотвѣтствовало непрерывному пропусканію по нерву тока батареи F, когда я пользовался расположеніемъ проводниковъ, изображеннымъ на фиг. 11 (стр. 43), и тока батареи B' когда опытъ устраивался такъ, какъ это представлено на фиг. 9 (стр. 30). Въ послѣднемъ случаѣ имѣетъ съ накладываніемъ дуги производилось также размыканіе ключа h. Это послѣднее дѣлалось съ тою цѣлью, чтобы, кромѣ тока батареи B', не могла проникать къ нерву еще и вѣтвь тока батареи B.

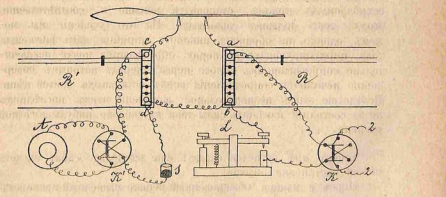
Когда непрерывный токъ долженъ былъ имѣть иную силу, чѣмъ прерывистый, для поляризаціи нерва служила особенная

батарея. Для соединенія ея съ нервомъ въ промежуткѣ между вишпой 2 и Гельмгольцевскимъ рычагомъ L была введена въ цѣпь новая Полевская вишпа, которая при одномъ положеніи скобки допускала къ нерву токъ, доставляемый нашимъ прерывателемъ, а при другомъ—токъ вновь введенной батареи.

2) Чтобы изслѣдовать вліяніе поляризаціи, я долженъ былъ имѣть возможность раздражать нервъ прерывистымъ токомъ безъ и во время поляризаціи. Для этого, казалось бы, проще всего устраивать опыты такъ, какъ ихъ устраивалъ Пфлюгеръ при своемъ классическомъ изслѣдованіи насчетъ измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока, т.-е. по одному участку нерва пропускать поляризующій токъ, а сосѣдній съ нимъ участокъ подвергать дѣйствію прерывистаго тока. Однако, на основаніи нѣкоторыхъ соображеній, я отдалъ предпочтеніе другому пріему, при которомъ какъ поляризующій, такъ и раздражающій токъ проходили по одному и тому же участку нерва. Съ этою цѣлью я устраивалъ опыты слѣдующимъ образомъ.

Представимъ себѣ, что все расположеніе проводниковъ, изображенное на фиг. 9 (см. стр. 30) по правую сторону вишпы 2, остается неизмѣннымъ, а подвергается измѣненію только часть цѣпи между вишпой и нервомъ. Измѣненіе это представлено схематически на прилагаемой фиг. 13.

Фиг. 13.



Проволоки 2 и 2 составляютъ непосредственное продолженіе тѣхъ, которыя на фиг. 9 идутъ отъ вишпы 2 къ нерву, слѣдовательно, мы должны представить себѣ ихъ связанными съ источ-

никомъ прерывистаго тока; K и K'—коммутаторы; L—Гельмгольцевскій рычагъ; R и R'—реохорды; S—ртутная чашечка; A—батарея, предназначенная для поляризаціи нерва.

Очевидно, что при расположеніи проводниковъ, изображенномъ на фигурѣ, мы имѣемъ возможность пропускать по одному и тому же участку нерва какъ прерывистый, такъ и непрерывный токъ, причемъ имъ обоимъ можетъ быть придана какая угодно сила, смотря по установкѣ реохордовъ R и R', и какое угодно направленіе, смотря по положенію коммутаторовъ K и K'. Замыканіе того и другого тока производится совершенно независимо одно отъ другого, замыканіе раздражающаго тока—при помощи рычага L, а поляризующаго — при помощи ртутной чашечки S. Вслѣдствіе этого, становится возможнымъ непосредственное сравненіе другъ съ другомъ эффектовъ раздраженія нерва однимъ и тѣмъ-же прерывистымъ токомъ одинъ разъ безъ поляризаціи, а другой разъ во время этой послѣдней.

Противъ описаннаго пріема можно было бы, впрочемъ, возразить, что сила прерывистаго тока до и во время поляризаціи остается не совсѣмъ одинаковой. Въ самомъ дѣлѣ, когда нервъ подвергается дѣйствію прерывистаго тока безъ поляризаціи, путь вѣтви тока, направляющейся къ нерву, представляется неразвѣтвленнымъ. Послѣ же замыканія поляризующаго тока у S, для прерывистаго тока между точками c и d открываются два пути, одинъ — по проволокѣ реохорда, другой — по всей цѣпи поляризующаго тока. Такимъ образомъ, сумма сопротивленій, встрѣчаемыхъ токомъ, становится меньше и, соотвѣтственно этому, токъ долженъ усилиться. На это усиленіе мы можемъ, однако, не обращать никакого вниманія, такъ какъ сила тока, циркулирующаго по нерву, опредѣляется почти исключительно сопротивленіемъ самого нерва, передъ которымъ совершенно исчезаютъ сопротивленія всѣхъ остальныхъ частей цѣпи. Вслѣдствіе этого, незначительное измѣненіе этихъ послѣднихъ не въ состояніи измѣнить силы тока въ сколько нибудь замѣтной степени.

Теперь мнѣ остается сказать еще нѣсколько словъ насчетъ общей обстановки опытовъ.

Нервъ и мышца (обыкновенный нервно-мышечный препаратъ, состоящій изъ сѣдалищнаго нерва въ связи съ икроножной мышцей лягушки) находились всегда во влажной камерѣ Пфлюгеровскаго міографа. Токъ проводился къ нерву при посредствѣ неполяризующихся электродовъ (обыкновенные глиняные сапожковые электроды). Разстояніе между электродами равнялось приблизительно 1 или $1^1/_2$ сант. (послѣднее разстояніе употреблялось въ тѣхъ случаяхъ, когда нервъ подвергался предварительной изолирующей поляризаціи. См. дальше). Результаты опытовъ записывались по графическому методу на закопченной поверхности вращающагося цилиндра. Начало и конецъ раздраженія отмѣчались электромагнитнымъ сигналомъ Депрэ, соединеннымъ съ предназначенной для него батареей при помощи другого плеча того-же Гельмгольцевскаго рычага L, который однимъ своимъ плечомъ служилъ для замыканія раздражающаго тока. При помощи такого-же электромагнитнаго отмѣтчика, введеннаго въ цѣпь тока, прерываемаго отбивающимъ секунды метрономомъ, записывалась скорость вращенія цилиндра [1]).

При нѣкоторыхъ опытахъ являлась надобность въ отмѣчаніи не только начала и конца раздраженія, но также моментовъ замыканія и размыканія поляризующаго тока, равно какъ и моментовъ того или другого измѣненія характера раздраженія. Для этого я употреблялъ также отмѣтчикъ Депрэ. Чтобы замыканія и размыканія цѣпи соединенной съ отмѣтчикомъ батареи совпадали съ моментами, подлежащими регистраціи, а пользовался въ различныхъ случаяхъ различными пріемами, вдаваться въ описаніе которыхъ считаю излишнимъ. Замѣчу только, что всякое измѣненіе условій раздраженія нерва могло быть достигаемо лишь при посредствѣ тѣхъ или другихъ передвиженій частей, входящихъ въ составъ цѣпи, причемъ всегда существовала возможность воспользоваться данными передвиженіями, какъ средствомъ для замыканія или размыканія тока, циркулирующаго по сигналу Депрэ.

[1]) Для записыванія времени я пользовался тѣмъ-же отмѣтчикомъ, который служилъ и для регистраціи начала и конца раздраженія. Съ этою цѣлью, послѣ окончанія каждаго опыта, я вводилъ въ цѣпь отмѣтчика метрономъ и не измѣняя скорости вращенія цилиндра, записывалъ секунды подъ полученной міограммой. Такимъ образомъ записывалась скорость вращенія не во время, но сейчасъ послѣ каждаго опыта. Въ виду полной равномѣрности вращенія употреблявшагося мною цилиндра (цилиндръ приводился въ движеніе электромагнитнымъ мотором Депрэ), этому обстоятельству едва-ли можно придавать какое-нибудь значеніе.

ГЛАВА III.

Предварительные опыты и предварительныя замѣчанія

Рѣшившись приступить къ подробному изслѣдованію явленій при раздраженіи нерва прерывистымъ батарейнымъ токомъ, я долженъ былъ напередъ приготовиться встрѣтить значительныя затрудненія въ объясненіи получаемыхъ результатовъ. Каждый толчекъ прерывистаго тока способенъ возбуждать нервъ, какъ въ моментъ своего появленія (на катодѣ), такъ и въ моментъ своего исчезанія (на анодѣ); поэтому, наблюдая при раздраженіи прерывистымъ токомъ какой-нибудь эффектъ, мы не можемъ прямо сказать съ увѣренностью, произошло-ли возбужденіе, вызвавшее этотъ эффектъ, въ сферѣ катэлектротона или въ сферѣ анэлектротона. Между тѣмъ, возможность отвѣтить на этотъ вопросъ имѣетъ весьма существенное значеніе, такъ какъ безъ него мы лишаемся всякой, сколько-нибудь прочной, точки опоры для какихъ-бы то ни было выводовъ.

Для рѣшенія даннаго вопроса мы могли-бы въ нѣкоторыхъ случаяхъ пользоваться такъ называемымъ Пфлюгеровскимъ закономъ сокращенія, предполагая, что возбужденіе нерва подъ вліяніемъ каждаго отдѣльнаго толчка прерывистаго тока происходитъ совершенно также, какъ и подъ вліяніемъ замыканій и размыканій тока на болѣе продолжительное время. Пфлюгеръ, какъ извѣстно, показалъ, что всевозможныя силы раздражающаго тока могутъ быть подраздѣлены на три категоріи, — слабый, средній и сильный токъ, — изъ которыхъ каждый, будучи приложенъ къ нерву, вызываетъ свою особенную реакцію: токи средней силы даютъ сокращенія какъ при замыканіи, такъ и при размыканіи, токи слабые — только при замыканіи, а токи сильные, смотря по ихъ направленію, — или только при замыканіи (сильные нисходящіе токи), или только при размыканіи (сильные восходящіе токи). Такъ какъ замыкательное возбужденіе рождается въ сферѣ катэлектротона, а размыкательное въ сферѣ анэлектротона, поэтому, сдѣлавши выше упомянутое предположеніе, мы могли-бы сказать, что мышечное сокращеніе при дѣйствіи на нервъ слабыхъ прерывистыхъ токовъ обоихъ направленій, равно какъ и сильныхъ нисходящихъ, должно зависѣть исключительно отъ возбужденія, появляющагося въ области катода, сокращеніе при сильныхъ восходящихъ токахъ — отъ возбужденія въ области анода, и наконецъ, сокращеніе подъ вліяніемъ токовъ средней силы — отъ возбужденія, рождающагося на обоихъ полюсахъ раздражающаго тока.

Предположеніе, что эффекты, вызываемые отдѣльными толчками прерывистаго тока, подчинены Пфлюгеровскому закону сокращенія, хотя и представляется въ значительной степени вѣроятнымъ, тѣмъ не менѣе, за недостаткомъ относящихся сюда изслѣдованій, не можетъ считаться въ настоящее время строго доказаннымъ. Однако, допуская даже, что это предположеніе не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію, мы все таки могли-бы воспользоваться имъ только въ довольно ограниченныхъ предѣлахъ. Имѣя въ виду при опытахъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ добиться рѣшенія нѣкоторыхъ теоретическихъ вопросовъ, я долженъ былъ ограничиваться изслѣдованіемъ лишь чистыхъ случаевъ, когда получаемый эффектъ могъ зависѣть или только отъ возбужденія на катодѣ, или только отъ возбужденія на анодѣ, оставляя совсѣмъ безъ вниманія всѣ случаи, при которыхъ мышечная реакція опредѣлялась возбужденіемъ, исходящимъ изъ обоихъ полюсовъ. Вслѣдствіе этого, руководствуясь однимъ лишь Пфлюгеровскимъ закономъ сокращенія, я долженъ былъ бы употреблять для раздраженія только токи извѣстной силы, да и при нихъ относиться къ получаемымъ результатамъ съ крайнею осторожностью. Поэтому-то я старался найти способъ, который позволялъ бы раздражать нервъ при какихъ угодно условіяхъ и въ то-же время давалъ-бы вѣрную гарантію, что наблюдаемый эффектъ зависитъ исключительно отъ возбужденія на одномъ полюсѣ, другими словами, способъ, съ помощью котораго я могъ бы изслѣдовать отдѣльно явленія возбужденія на катодѣ и на анодѣ прерывистаго тока.

Такой способъ былъ найденъ и основывался на свойствѣ постояннаго тока дѣлать нервъ, при извѣстныхъ условіяхъ, непроходимымъ для возбужденія.

Для выясненія основаній предлагаемаго мною способа, я долженъ сдѣлать небольшое отступленіе.

Какъ извѣстно, Грюнгагенъ [1]), а затѣмъ Германнъ [2]) обратили впервые вниманіе на свойство отрицательнаго полюса постояннаго тока дѣлать нервъ непроходимымъ для возбужденія. Затѣмъ, мною [3]) было показано, что явленіе непроходимости развивается лишь съ теченіемъ времени, такъ что для полученія его требуется приблизительно болѣе или менѣе продолжительный поляризаціи: раздражая участокъ нерва, расположенный выше (дальше отъ мышцы) мѣста приложенія катода поляризующаго тока, мы, при началѣ поляризаціи, получаемъ вполнѣ нормальные эффекты, и лишь спустя извѣстное время наступаетъ такое состояніе, при которомъ самыя сильныя раздраженія не вызываютъ ни малѣйшихъ слѣдовъ мышечнаго сокращенія, указывая этимъ на появившуюся непроходимость отрицательнаго полюса. Если изслѣдовать въ это время раздражительность нерва въ сферѣ катэлектротона вблизи и на самомъ полюсѣ, то оказывается, что она здѣсь не только не повышена, какъ слѣдовало-бы ожидать на основаніи извѣстныхъ Пфлюгеровскихъ законовъ измѣненія раздражительности подъ вліяніемъ тока, а наоборотъ, весьма рѣзко понижена.

Болѣе подробное изслѣдованіе показало, тѣмъ не менѣе, что въ найденномъ мною понижении раздражительности нельзя видѣть опроверженія Пфлюгеровскихъ законовъ, по скольку они касаются состоянія нерва въ сферѣ катэлектротона: законы эти несомнѣнны, но только обнимаютъ не всѣ, а лишь часть явленій, наблюдаемыхъ въ области катода поляризующаго тока. А именно, оказалось, что, вслѣдъ за замыканіемъ тока по снѣже отпрепарованному нерву, раздражительность по обѣ стороны катода, равно какъ и на самомъ полюсѣ, всегда повышена; но только это повышеніе представляетъ собою лишь первую стадію явленій: во всѣхъ безъ исключенія случаяхъ, при продолжающейся поляризаціи, повышеніе раздражительности переходитъ въ ея понижение. Мы можемъ слѣдить за такимъ переходомъ, замкнувши поляризующій токъ и производя отъ поры до времени пробы на раздражительность. При этомъ первая проба обнаруживаетъ самое рѣзкое повышеніе раздражительности, при послѣдующихъ пробахъ повышеніе оказывается выраженнымъ все слабѣе и слабѣе, пока, наконецъ, дальнѣйшія пробы не укажутъ на существованіе все дальше и дальше прогрессирующаго паденія раздражительности. На основаніи этихъ фактовъ

[1]) Grünhagen. Zeitschr. f. rat. Med. (3) XXXVI. 1869. S. 145.
[2]) Hermann. Pflüger's Arch. X. 1875. S. 228.
[3]) Pflüger's Arch. B. XXXI, 1883.

оказалось необходимымъ признать за катэлектротономъ способность вызывать двоякаго рода явленія: съ одной стороны — повышеніе раздражительности, наблюдаемое вслѣдъ за началомъ поляризаціи, а съ другой — пониженіе, развивающееся лишь съ теченіемъ дѣйствія на нервъ поляризующаго тока. Первое было названо мною первичнымъ или Пфлюгеровскимъ повышеніемъ, а второе — вторичнымъ пониженіемъ раздражительности.

Возвращаясь опять къ вопросу о непроходимости полюса, я долженъ сказать, что это явленіе связано самымъ очевиднымъ образомъ со вторичнымъ пониженіемъ раздражительности. Пока вторичное пониженіе еще не успѣло развиться или пока оно выражено слабо, полюсъ проводитъ возбужденіе вполнѣ безпрепятственно; но онъ тотчасъ же становится непроходимымъ, какъ только раздражительность падаетъ ниже извѣстной величины. При размыканіи поляризующаго тока наблюдается возстановленіе исчезнувшей было проводимости, которое происходитъ или сейчасъ вслѣдъ за размыканіемъ тока, или лишь спустя болѣе или менѣе долгое время. Первое наблюдается въ томъ случаѣ, когда токъ дѣйствовалъ лишь въ теченіе времени, которое было чуть-чуть достаточно для полнаго развитія непроходимости; второе же тогда, когда поляризація имѣла большую продолжительность. При этомъ, смотря по продолжительности поляризаціи, мы наблюдаемъ всевозможные переходы между случаями, когда возстановленіе происходитъ скоро послѣ прекращенія поляризаціи, и случаями, когда между моментомъ размыканія тока и возстановленіемъ проходимости проходитъ долгое время (десятки минутъ или даже часы). И въ этихъ явленіяхъ можетъ быть усмотрѣна связь между проводимостью полюса и состояніемъ его раздражительности, такъ какъ, по показаніямъ опыта, оправленіе нерва отъ вторичнаго пониженія наступаетъ быстро, если поляризація длилась короткое время, и очень медленно, если поляризація была продолжительна.

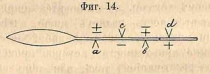
Всѣ описанныя явленія могутъ быть наблюдаемы одинаково, какъ при самыхъ слабыхъ, такъ и при самыхъ сильныхъ поляризующихъ токахъ. Вся разница между указанными случаями сводится только на то, что при слабой поляризаціи первичное Пфлюгеровское повышеніе раздражительности длится долгое время и лишь весьма не скоро уступаетъ мѣсто вторичному пониженію; при сильныхъ же токахъ, наоборотъ, пониженіе раздражительности начинаетъ проявляться уже спустя очень короткое время послѣ начала поляризаціи. Соотвѣтственно этому, и не-

проходимость катода въ первомъ случаѣ заставляетъ себя ожидать очень долго, а во второмъ наступаетъ быстро.

Описаннымъ явленіемъ непроходимости отрицательнаго полюса я и воспользовался для полученія возможности изолированнаго наблюденія явленій, происходящихъ на катодѣ и на анодѣ прерывистаго тока.

Представимъ себѣ, что *ab* (фиг. 14) есть тотъ участокъ нерва, который мы хотимъ подвергать раздраженію прерывистымъ токомъ: представимъ себѣ дальше, что другой участокъ нерва *cd*, расположенный относительно перваго такъ, какъ это изображено на фигурѣ, соединяется съ особенней батареей. До

Фиг. 14.



начала раздраженія пропускаемъ по участку *cd* токъ въ нисходящемъ направленіи до тѣхъ поръ, пока въ точкѣ *c* (катодъ тока) не разовьется столь сильное вторичное пониженіе раздражительности, что эта точка лишится на долго способности проводить возбужденіе Достигнувши этого, прекращаемъ поляризацію и приступаемъ къ раздраженію участка *ab* токомъ того или другого направленія. Очевидно, что, при данныхъ условіяхъ, непроходимая для возбужденія точка *c*, находясь между двумя электродами раздражающаго тока, раздѣляетъ раздражаемый участокъ нерва на двѣ части, функціонально вполнѣ разобщенныя одна отъ другой: возбужденіе, появляющееся въ одной половинѣ этого участка, не имѣетъ возможности распространяться въ другую. Вслѣдствіе этого, становится весьма естественнымъ предположеніе, что при раздраженіи участка *ab* мы будемъ имѣть дѣло съ такими явленіями, какъ будто бы нервъ раздражался только тѣмъ полюсомъ тока, который приходится на мѣстѣ электрода *a*, катодомъ, если раздражающій токъ имѣетъ нисходящее, и анодомъ, если онъ имѣетъ восходящее направленіе.

Въ виду того, что противъ такого предположенія могли быть сдѣланы весьма основательныя возраженія, я произвелъ нѣкоторые предварительные опыты, которые, съ одной стороны, убѣдили меня въ полной пригодности намѣченнаго выше способа для той цѣли, для которой онъ предназначался, а съ другой, позволили выработать самый удобный пріемъ его примѣненія.

Упомянутые предварительные опыты состояли въ томъ, что

я, послѣ предварительной поляризаціи участка нерва *cd* сильнымъ нисходящимъ токомъ, раздражалъ участокъ *ab* замыканіями и размыканіями постояннаго тока различнаго направленія и различной силы. При этомъ оказалось, что нисходящіе токи всевозможной силы даютъ только замыкательныя сокращенія и ни слѣдовъ размыкательныхъ; восходящіе же токи — одни только размыкательныя и ни слѣдовъ замыкательныхъ, другими словами, что мышца, въ самомъ дѣлѣ, реагируетъ лишь на то возбужденіе, которое рождается въ нервѣ на мѣстѣ электрода *a*.

Для предварительной поляризаціи участка *cd* я пользовался нисходящимъ токомъ 3*D*. Время, въ теченіе котораго такой токъ долженъ дѣйствовать на нервъ, чтобы оставить точку *c* надолго непроходимой для возбужденія, оказалось равнымъ приблизительно 5 минутамъ. При опредѣленіи продолжительности предварительной поляризаціи, необходимой въ каждомъ частномъ случаѣ, гораздо цѣлесообразнѣе, впрочемъ, руководствоваться не выше приведеннымъ временемъ, но поступать слѣдующимъ образомъ. Замкнувши цѣпь батареи, соединенной съ участкомъ *cd*, мы должны отъ поры до времени размыкать токъ на короткое время. Если при такомъ размыканіи получается размыкательное сокращеніе, то это значитъ, что катодъ еще проходимъ для возбужденія и, слѣдовательно, поляризація должна быть продолжена. Если послѣ первой пробы, обнаружившей отсутствіе размыкательнаго сокращенія, мы продолжимъ поляризацію еще въ теченіе 1 или 2 минутъ, то мы можемъ быть увѣрены, что точка *c* потеряла на долго (по крайней мѣрѣ на десятки минутъ) способность проводить возбужденіе.

Для раздраженія участка *ab* я употребилъ токъ 4*D* съ реохордомъ Дюбуа-Реймона, введеннымъ въ видѣ побочнаго замыканія, причемъ при каждомъ опытѣ видоизмѣнялъ силу раздражающаго тока, увеличивая послѣдовательно сопротивленіе реохорда, начиная отъ нѣсколькихъ сантиметровъ проволоки и кончая вынираніемъ всѣхъ штифтовъ.

Для примѣра привожу двѣ міограммы, изъ которыхъ одна за № 1 получена при раздраженіи нерва нисходящими, а другая за № 2—восходящими токами. При всѣхъ пробахъ раздраженія (моменты замыканія и размыканія тока изображены на міограммахъ поднятіями и опусканіями второй линіи) получились въ первомъ случаѣ только одни замыкательныя, а во второмъ— только одни размыкательныя сокращенія. На міограммахъ внизу подъ каждой пробой приведены числа, обозначающія собою ве-

личину сопротивленія реохорда, выраженную въ сантиметрахъ проволоки [1]).

Когда, такимъ образомъ, чисто опытнымъ путемъ доказана возможность при помощи описаннаго способа приводить нервъ въ состояніе, при которомъ онъ реагируетъ только на замыканія нисходящаго и только на размыканія восходящаго тока, является вопросъ, вѣрно-ли наше представленіе о причинѣ, обусловливающей такую возможность. Хотя то или другое рѣшеніе указаннаго вопроса не можетъ помѣшать пользоваться нашимъ способомъ при соотвѣтствующихъ случаяхъ, тѣмъ не менѣе, мнѣ кажется необходимымъ сдѣлать по этому поводу нѣсколько замѣчаній.

Наше представленіе основывается на предположеніи, что участокъ нерва, который въ теченіе долгаго времени подвергался дѣйствію катода поляризующаго тока и, вслѣдствіе этого, потерялъ способность проводить возбужденіе, не теряетъ вполнѣ свойствъ, присущихъ неповрежденному нерву, такъ что на этотъ участокъ нельзя смотрѣть такъ, какъ мы смотримъ, напр., на мѣсто нерва, убитое лигатурой, химическими агентами, механическими насиліями и тому подобными вліяніями. Въ самомъ дѣлѣ, мы предполагаемъ, что токъ, приложенный по обѣ стороны участка, сдѣланнаго непроходимымъ по нашему способу, приводитъ нервъ съ одной стороны (на катодѣ) въ состояніе катэлектротона, а съ другой (на анодѣ) въ состояніе анэлектротона, другими словами, что раздражающій токъ распредѣляется (съ точки зрѣнія Германновской теоріи электротона) въ нашемъ случаѣ совершенно также, какъ и въ нормальномъ нервѣ. Между тѣмъ извѣстно, что существованіе на протяженіи нерва мертваго участка совершенно измѣняетъ распредѣленіе тока. Когда участокъ, убитый, напр., лигатурой, находится внѣ мѣста приложенія тока къ нерву, вліяніе лигатуры сказывается въ томъ, что электротонъ распространяется только до перевязаннаго мѣста. Когда же лигатура находится между электродами, напр., такъ, какъ это представлено на фиг. 15, тогда убитая часть нерва *c*, теряя всѣ свои характеристическія свойства и превращаясь какъ бы въ совершенно индиферентный проводникъ тока, раздѣляетъ участокъ *ab* на два совершенно самостоятельныхъ участка *ac* и *cb*, изъ которыхъ каждый имѣетъ

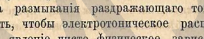
[1]) Выражая въ сантиметрахъ величину сопротивленія проволоки реохорда, я предполагалъ, что послѣдовательное вынниманіе 5 штифтовъ реохорда соотвѣтствуетъ введенію сопротивленія, равнаго 100, 100, 200, 500 и 1000 сант. той проволоки, которая помѣщена снаружи прибора.

свой катодъ и свой анодъ. Вслѣдствіе этого, токъ, приложенный къ *ab*, даетъ всегда, при подходящихъ условіяхъ, какъ замыкательныя, такъ и размыкательныя сокращенія.

Въ пользу нормальнаго распредѣленія тока въ нервѣ, подвергнутомъ предварительной поляризаціи по нашему способу, можно привести нѣсколько доказательствъ.

Во-первыхъ, въ пользу этого говоритъ доказанная опытами возможность получать реакцію мышцы или только на замыканія или только на размыканія раздражающаго тока. Во-вторыхъ, трудно допустить, чтобы электротоническое распредѣленіе тока по нерву, какъ явленіе чисто физическое, зависящее отъ своеобразной структуры нерва, могло измѣняться значительно безъ измѣненія этой послѣдней. Между тѣмъ, отсутствіе какихъ бы

Фиг. 15.



то ни было глубокихъ измѣненій нерва въ томъ мѣстѣ, которое стало непроходимымъ для возбужденія, не можетъ подлежать никакому сомнѣнію: способность нерва оправляться отъ развившейся непроходимости указываетъ на то, что существующее измѣненіе имѣетъ чисто функціональный характеръ (пониженіе раздражительности). Наконецъ, въ-третьихъ, главное доказательство въ пользу нашей мысли состоитъ въ томъ, что *мѣсто нерва, непроходимое для возбужденія, представляется проходимымъ для электротоническихъ токовъ*. Хотя у меня и нѣтъ собственныхъ опытовъ, которые я могъ бы привести въ пользу высказаннаго положенія, но зато я могу сослаться на относящееся сюда, хотя и случайное, наблюденіе такого авторитетнаго изслѣдователя, какъ Германнъ. Въ его работѣ о токахъ дѣйствія, помѣщенной въ Arch. f. d. ges. Physiol. XXIV. 1880, мы находимъ въ сноскѣ на стр. 272 слѣдующее мѣсто, которое я привожу въ возможно точномъ переводѣ: „При очень сильныхъ поляризующихъ токахъ можетъ случиться, что катэлектротонъ въ мѣстахъ болѣе сильнаго его дѣйствія оставляетъ послѣ себя на долго неспособность нерва проводить возбужденіе ... Замѣчательно, что самъ электротонъ распространяется черезъ непроходимый для возбужденія участокъ также, какъ прежде, хотя и нѣсколько ослабляется".

На основаніи всего сказаннаго, я думаю, что при предлагаемомъ мною способѣ мы, дѣйствительно, получаемъ возмож-

ность раздражать нервъ только однимъ полюсомъ тока, или лучше сказать, получаемъ возможность раздѣлить нервъ на два участка, изъ которыхъ въ каждомъ можетъ возникать и распространяться только возбужденіе, соотвѣтствующее лежащему въ этомъ участкѣ полюсу тока.

Въ виду того, что намъ придется впослѣдствіи, при изслѣдованіи явленій раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, прибѣгать не рѣдко къ описанному способу изолированія замыкательнаго и размыкательнаго возбужденія, представляется цѣлесообразнымъ, во избѣжаніе длинныхъ описательныхъ выраженій, условиться называть его какъ-нибудь покороче. Предварительную поляризацію нерва съ цѣлью сдѣлать какой-нибудь участокъ его непроходимымъ для возбужденія — я буду называть *предварительной изолирующей поляризаціей*. Кромѣ того, я буду говорить постоянно о раздраженіи или о поляризаціи нерва катодомъ и анодомъ, понимая подъ этими выраженіями раздраженіе или поляризацію нерва, подвергнутаго предварительной изолирующей поляризаціи, нисходящими и восходящими токами. Такой способъ обозначенія представляется вполнѣ законнымъ, такъ какъ, въ виду сказаннаго выше, дѣйствіе раздражающаго и поляризующаго токовъ можетъ сказываться при этихъ условіяхъ лишь по стольку, по скольку оно исходитъ изъ полюса тока, лежащаго по сю сторону (ближе къ мышцѣ) непроходимаго для возбужденія участка.

Итакъ, мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи два способа, при помощи которыхъ становится достижимымъ изолированное наблюденіе процессовъ возбужденія на катодѣ и на анодѣ прерывистаго тока: одинъ, приложимый только къ отдѣльнымъ частнымъ случаямъ и основывающійся на Пфлюгеровскомъ законѣ сокращенія, и другой, примѣнимый при всевозможныхъ условіяхъ и опирающійся на методъ изолированія нерва предварительной поляризаціей. Этими двумя способами я и пользовался систематически при своемъ изслѣдованіи. При этомъ, во всѣхъ случаяхъ, гдѣ только могъ быть прилагаемъ первый способъ, я отдавалъ ему предпочтеніе передъ вторымъ. Поступалъ я такимъ образомъ потому, что примѣненіе метода изолирующей поляризаціи, несмотря на всѣ его преимущества, связано, тѣмъ не менѣе, съ однимъ неизбѣжнымъ недостаткомъ: при такомъ методѣ мы не можемъ изслѣдовать вполнѣ нормальнаго, только что отпрепарованнаго нерва, но принуждены всегда дѣлать опыты надъ препаратомъ, подвергавшимся уже дѣйствію тока. Между тѣмъ, мы увидимъ впослѣдствіи, что такое дѣйствіе тока способно въ

значительной степени видоизмѣнять реакцію нерва на раздраженіе.

Однако, и въ тѣхъ случаяхъ, когда я имѣлъ возможность пользоваться первымъ способомъ, второй оказывалъ мнѣ весьма важныя услуги. Уже въ началѣ настоящей главы было замѣчено, что перенесеніе Пфлюгеровскаго закона сокращенія на случай раздраженія нерва прерывистымъ токомъ должно быть производимо съ величайшею осмотрительностью, такъ какъ то, что приложимо къ раздраженію нерва сравнительно продолжительными замыканіями тока, можетъ оказаться неприложимымъ къ дѣйствію короткихъ толчковъ. Кромѣ того, Пфлюгеровскій законъ выведенъ на основаніи опытовъ раздраженія нормальнаго нерва, изслѣдуемаго при обыкновенныхъ условіяхъ, между тѣмъ, какъ у меня многіе опыты производились при условіяхъ, далеко не нормальныхъ. Вслѣдствіе этого, и здѣсь можно было бы предполагать существованіе источника ошибочныхъ толкованій получаемыхъ результатовъ. Такимъ образомъ, желая поставить свои опыты на болѣе или менѣе твердую почву, я долженъ былъ бы по поводу каждаго частнаго случая предпринимать предварительныя изслѣдованія насчетъ зависимости Пфлюгеровскаго закона отъ тѣхъ условій, при которыхъ производились мои опыты. Методъ изолированія нерва при помощи предварительной поляризаціи освобождалъ меня отъ необходимости подобнаго изслѣдованія. А именно, чуть только являлось малѣйшее сомнѣніе насчетъ зависимости наблюдаемаго въ данномъ случаѣ эффекта отъ возбужденія нерва на томъ или другомъ полюсѣ тока, я сейчасъ же старался разрѣшить его, повторяя тотъ же опытъ, но только послѣ предварительной изолирующей поляризаціи. Если при подобномъ провѣрочномъ опытѣ, дѣйствительно, получались результаты, болѣе или менѣе отличающіеся отъ полученныхъ раньше, я уже считалъ себя обязаннымъ при всѣхъ дальнѣйшихъ опытахъ, производимыхъ въ аналогичныхъ условіяхъ, прибѣгать къ нашему способу изолированія; въ противномъ же случаѣ я получалъ увѣренность, что мои сомнѣнія были неосновательны и что дальнѣйшіе опыты въ томъ же направленіи могли быть производимы безъ примѣненія предварительной изолирующей поляризаціи.

Оба способа употреблялись мною систематически въ теченіе всего настоящаго изслѣдованія, которое такимъ образомъ распадается на двѣ совершенно самостоятельныя части: на изслѣдованіе явленій возбужденія нерва на катодѣ и на изслѣдованіе такихъ же явленій на анодѣ прерывистаго тока. Хотя въ боль-

шинствѣ случаевъ изслѣдованіе тѣхъ и другихъ производилось параллельно, тѣмъ не менѣе, ради удобства изложенія, я буду описывать ихъ въ отдѣльныхъ главахъ. При этомъ описаніи, я буду держаться чисто фактической стороны, избѣгая по возможности всякихъ теоретическихъ разсужденій, къ которымъ приступлю лишь послѣ подробнаго ознакомленія съ явленіями.

Прежде чѣмъ приступать къ изложенію добытыхъ результатовъ, считаю не лишнимъ сдѣлать еще слѣдующія замѣчанія, касающіяся нѣкоторыхъ предосторожностей, къ которымъ я долженъ былъ прибѣгать при своихъ опытахъ.

Изслѣдованіе эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ можетъ имѣть въ виду двѣ цѣли: во-первыхъ, изученіе явленій, происходящихъ въ самомъ нервѣ, и во-вторыхъ, изученіе явленій, происходящихъ въ мышцѣ. Во всемъ настоящемъ изслѣдованіи я интересовался главнымъ образомъ свойствами нерва, а не мышцы. Такъ какъ, однако, о явленіяхъ возбужденія нерва можно судить лишь по наблюдаемой на мышцѣ реакціи[1]), поэтому мы, по необходимости, должны считаться также со свойствами этой послѣдней. А именно, мы должны обратить особенное вниманіе на тѣ изъ извѣстныхъ въ настоящее время фактовъ, которые выясняютъ отношеніе между возбужденіемъ нерва съ одной стороны и сокращеніемъ мышцы съ другой. Обстоятельство это въ значительной степени опредѣляло пріемы, къ которымъ я прибѣгалъ при своихъ опытахъ.

До самаго послѣдняго времени считалась не подлежащей ни малѣйшему сомнѣнію мысль, что процессы возбужденія, происходящіе въ нервѣ, воспроизводятся мышцей съ полною точностью, такъ что болѣе сильному возбужденію нерва соотвѣтствуетъ всегда болѣе сильное сокращеніе мышцы, и наоборотъ. Сужденіе о нервныхъ процессахъ на основаніи наблюденія мышечнаго сокращенія могло бы быть считаемо, съ этой точки зрѣнія, свободнымъ отъ всякихъ источниковъ ошибокъ и мы имѣли бы возможность не прибѣгать ни къ какимъ особеннымъ предосторожностямъ. Хотя такой взглядъ на отношеніе между

[1]) Правда, о возбужденіи нерва мы можемъ судить также по измѣненію нервнаго тока (такъ-называемое явленіе отрицательнаго колебанія тока). Однако такой способъ, уже самъ по себѣ весьма неудобный, долженъ представляться въ нашемъ случаѣ почти непримѣнимымъ. Пользуясь для раздраженія нерва преимущественно прерывистымъ токомъ съ рядомъ толчковъ одного и того же направленія, я долженъ былъ имѣть дѣло съ сильными электротоническими токами, благодаря которымъ, наблюденіе отрицательнаго колебанія становилось сомнительнымъ.

возбужденіемъ нерва и мышцы пользуется и теперь почти всеобщимъ признаніемъ, тѣмъ не менѣе, въ послѣднее время были наблюдаемы факты, указывающіе на существованіе здѣсь гораздо болѣе сложныхъ отношеній. Введенскій („О соотношеніяхъ между раздраженіемъ и возбужденіемъ при тетанусѣ“. 1886) показалъ, что мы, при извѣстныхъ условіяхъ, усиливая раздражитель, приложенный къ нерву, а, слѣдовательно, усиливая и возбужденіе этого послѣдняго, можемъ получать не усиленіе, а ослабленіе мышечной реакціи, которая опять усиливается лишь при ослабленіи раздражителя.

Конечно, я не могу признать, чтобы фактъ, найденный Введенскимъ, былъ способенъ подорвать значеніе общепризнаннаго и единственно практически удобнаго способа изслѣдованія нервнаго возбужденія. Уже одно то, что этотъ фактъ оставался неизвѣстнымъ до самаго послѣдняго времени, несмотря на многочисленныя изслѣдованія эффектовъ тетаническаго раздраженія нерва, служитъ достаточнымъ ручательствомъ въ пользу его исключительности. Тѣмъ не менѣе, возможность такого явленія обязываетъ насъ быть весьма осмотрительными, чтобы не придти къ ложному признанію усиленія нервнаго возбужденія тамъ, гдѣ это возбужденіе на самомъ дѣлѣ ослабляется, и наоборотъ.

Осмотрительность при моемъ изслѣдованіи выражалась въ тщательномъ избѣганіи условій, при которыхъ было наблюдаемо Введенскимъ указанное явленіе. Такихъ условій два: во-первыхъ, извѣстная степень утомленія мышцы (явленіе никогда не наблюдалось на свѣжей мышцѣ), и во-вторыхъ, измѣненіе характера раздраженія (его силы или частоты), производимое безъ перерыва самого раздраженія. Вслѣдствіе этого, при постановкѣ моихъ опытовъ, я придерживался вообще слѣдующихъ правилъ, при соблюденіи которыхъ я *ни разу* не наблюдалъ ни малѣйшаго намека на что-бы то ни было сходное съ явленіемъ, найденнымъ Введенскимъ.

a) Для каждаго опыта я пользовался свѣжимъ, только-что выдѣленнымъ изъ тѣла животнаго, препаратомъ, такъ что до начала опыта я могъ имѣть полную увѣренность въ отсутствіи даже слѣдовъ мышечнаго утомленія.

b) Для избѣжанія развитія утомленія во время опыта, я старался, по возможности, ограничить, во-первыхъ, продолжительность раздраженія, сопровождающагося тетанусомъ мышцы, и во-вторыхъ, число такихъ раздраженій.

c) Желая сравнивать эффекты, наблюдаемые при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ различнаго характера, я про-

изводилъ обыкновенно измѣненія характера тока не во время раздраженія, а послѣ перерывовъ этого послѣдняго. Другими словами, весь опытъ производился такъ, что послѣ короткаго раздраженія нерва при однихъ условіяхъ слѣдовалъ перерывъ; затѣмъ короткое раздраженіе при измѣненныхъ условіяхъ опять заканчивалось перерывомъ, послѣ котораго нервъ вторично подвергался раздраженію при первоначальныхъ условіяхъ и т. д.

При своихъ опытахъ я постоянно придерживался указанныхъ правилъ. По крайней мѣрѣ, результаты всѣхъ опытовъ, при которыхъ были допускаемы нѣкоторыя отступленія, всегда провѣрялись при строгомъ соблюденіи всѣхъ описанныхъ предосторожностей.

Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній перехожу къ изложенію данныхъ изслѣдованія.

ГЛАВА IV.

Эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

При изслѣдованіи явленій, описаніе которыхъ составитъ предметъ настоящей главы, я старался устранивать опыты такимъ образомъ, чтобы реакція мышцы зависѣла исключительно отъ тѣхъ процессовъ, которые прерывистый токъ вызываетъ въ нервѣ на мѣстѣ катода, другими словами, чтобы каждый толчекъ тока возбуждалъ нервъ только своимъ замыканіемъ.

Съ этою цѣлью я былъ принужденъ прибѣгать къ одному изъ описанныхъ въ предыдущей главѣ способовъ изолированія замыкательнаго и размыкательнаго возбужденія, т.-е. долженъ былъ или употреблять для опытовъ раздражающіе токи соотвѣтствующей силы и направленія, или подвергать нервъ предварительной изолирующей поляризаціи.

При описаніи обоихъ способовъ было показано, что первый, по скольку онъ позволяетъ подвергать изслѣдованію совершенно нормальный нервъ, заслуживаетъ предпочтенія передъ вторымъ. Поэтому, желая расширить, по возможности, сферу его примѣненія, я производилъ всѣ опыты надъ среднею частью нерва, т.-е. надъ той частью, которая лежитъ между мѣстомъ раздвоенія нервнаго ствола въ нижней, и мѣстомъ отхожденія отъ него большой мышечной вѣтви въ верхней части бедра. Дѣло въ томъ, что средняя часть нерва, какъ было показано Грюнеромъ (Pflüger's Arch. XXXII. 1883) и какъ это могу подтвердить и я, на основаніи собственныхъ опытовъ, представляется особенно мало чувствительной къ раздраженію размыканіями постояннаго тока: довольно сильные токи обоихъ направленій, приложенные къ ней, дѣйствуютъ еще, какъ слабые въ Пфлюгеровскомъ смыслѣ, т.-е. не даютъ размыкательныхъ сокращеній, а только одни

замыкательныя [1]). Такъ дѣйствуютъ въ большинствѣ случаевъ (на основаніи моихъ опытовъ) всѣ токи, сила которыхъ ниже 1 *D*. Принимая во вниманіе, что нисходящіе токи 3 или 4 *D* начинаютъ уже вызывать третью стадію Пфлюгеровскаго закона сокращенія, т.-е. опять-таки даютъ сокращенія только при замыканіи, мы видимъ, что силы тока, которыми можно пользоваться для раздраженія средней части нерва, не прибѣгая къ изолирующей поляризаціи, оказываются весьма разнообразными.

Имѣя, такимъ образомъ, возможность въ большинствѣ опытовъ, излагаемыхъ въ настоящей главѣ, обходиться безъ сравнительно хлопотливаго способа примѣненія изолирующей поляризаціи, я, тѣмъ не менѣе, пользовался ею очень часто. Руководствовался я въ этомъ отношеніи тѣмъ, что́ было сказано въ предыдущей главѣ относительно необходимости взаимной провѣрки результатовъ, получаемыхъ при обоихъ способахъ изолированія замыкательнаго и размыкательнаго возбужденія. Необходимость подобной провѣрки вытекала въ особенности изъ замѣченнаго мною факта, что слабая воспріимчивость средней части нерва къ размыкательному возбужденію проявляется особенно рѣзко лишь при условіи, когда раздраженію подвергается нормальный, только-что отпрепарованный, нервъ; въ противномъ же случаѣ, размыкательное возбужденіе можетъ быть наблюдаемо иногда даже при очень слабомъ раздраженіи. Этотъ фактъ, конечно, былъ бы способенъ подорвать въ значительной степени довѣріе къ опытамъ, произведеннымъ безъ изолирующей поляризаціи, если-бы они не были провѣряемы при ея помощи.

Чтобы избѣжать при послѣдующемъ изложеніи необходимости упоминать по поводу каждаго частнаго случая о провѣрочныхъ опытахъ, я замѣчу здѣсь разъ навсегда, что подобные опыты производились постоянно. Такимъ образомъ, изъ всѣхъ описываемыхъ ниже фактовъ нѣтъ ни одного (за исключеніемъ, конечно, тѣхъ, о которыхъ прямо въ текстѣ заявляется противное), который бы не былъ провѣренъ указаннымъ способомъ.

Хотя въ настоящей главѣ идетъ рѣчь исключительно о явленіяхъ возбужденія нерва на катодѣ прерывистаго тока, тѣмъ не менѣе, на нѣкоторыхъ изъ міограммъ, приводимыхъ мною для поясненія описываемыхъ въ текстѣ явленій, получаемый эффектъ зависѣлъ несомнѣнно отчасти и отъ возбуждающаго дѣйствія

[1]) Въ этомъ отношеніи средней части нерва долженъ быть противопоставленъ участокъ вблизи поперечнаго разрѣза, на которо́мъ размыкательное возбужденіе получается особенно легко (Грюцнеръ, Бидерманнъ).

анода. Дѣло въ томъ, что строго обособленное описаніе эффектовъ раздраженія нерва катодомъ и анодомъ прерывистаго тока представляетъ искусственный пріемъ, примѣняемый мною только ради удобства изложенія. На самомъ же дѣлѣ, изслѣдованіе тѣхъ и другихъ велось вполнѣ параллельно, такъ что, выяснивши вліяніе извѣстнаго условія на одинъ рядъ явленій, я приступалъ вслѣдъ за этимъ къ соотвѣтствующимъ опытамъ, касающимся другого ряда. Вслѣдствіе этого, при постановкѣ опытовъ, я имѣлъ возможность руководствоваться, между прочимъ, фактами, полученными при изслѣдованіи эффектовъ раздраженія анодомъ прерывистаго тока. Въ главѣ VIII, гдѣ будутъ излагаться указанные факты, мы увидимъ, что возбуждающее дѣйствіе анода, при извѣстныхъ условіяхъ, не сказывается ничѣмъ во время раздраженія, и лишь при его прекращеніи выражается въ видѣ одиночнаго вздрагиванія мышцы (конечное сокращеніе). Принимая во вниманіе, что возбуждающее дѣйствіе катода, какъ это будетъ показано въ настоящей главѣ, способно обнаруживаться лишь во время раздраженія и притомъ очень часто при однѣхъ только начальныхъ его стадіяхъ, мы легко поймемъ возможность существованія случаевъ, когда къ эффектамъ, зависящимъ исключительно отъ возбужденія, исходящаго изъ катода, присоединяется одиночное вздрагиваніе въ моментъ прекращенія раздраженія, зависящее уже отъ возбужденія, развившагося на анодѣ. Само собою понятно, что опыты, дающіе описанный результатъ, можно считать столь-же пригодными для демонстрированія явленій раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, какъ и тѣ, при которыхъ возбужденіе на анодѣ вовсе не проявляется. Поэтому-то я и позволилъ себѣ приводить, въ видѣ примѣровъ, вмѣстѣ съ другими и міограммы, полученныя при такого рода опытахъ.

Изслѣдованіе явленій на катодѣ прерывистаго тока обнаружило зависимость ихъ отъ самыхъ разнообразныхъ условій. Несмотря на то, что я старался изслѣдовать порознь вліяніе каждаго изъ нихъ, строгое размѣщеніе имѣющагося у меня на лицо фактическаго матеріала по отдѣльнымъ рубрикамъ представляется въ высшей степени затруднительнымъ: большое разнообразіе факторовъ, участвующихъ въ опредѣленіи явленій, повело за собою, что при бо́льшей части опытовъ приходилось считаться не съ однимъ, а съ двумя или даже съ бо́льшимъ количествомъ разнородныхъ вліяній. Вслѣдствіе этого, я принужденъ отказаться отъ отдѣльнаго изложенія вліянія тѣхъ условій, съ которыми приходилось имѣть дѣло почти при всѣхъ опытахъ. Такими условіями являются сила раздражающаго тока — съ

одной стороны и продолжительность перерывовъ — съ другой. Дѣйствіе остальныхъ будетъ излагаемо порознь, вслѣдствіе чего настоящая глава распадается на нѣсколько отдѣловъ, изъ которыхъ каждый, въ свою очередь, подраздѣляется на параграфы, соотвѣтственно отдѣльнымъ рядамъ опытовъ, входящихъ въ составъ даннаго отдѣла.

I. Эффекты раздраженія нормальнаго нерва катодомъ прерывистаго тока.

Подъ нормальнымъ нервомъ я подразумѣваю такой, который, будучи недавно отпрепарованъ, не подвергался еще дѣйствію болѣе или менѣе сильнаго тока. Случай этотъ заслуживаетъ отдѣльнаго изслѣдованія потому, что каждое пропусканіе тока по нерву оставляетъ въ немъ, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, измѣненіе, благодаря которому, эффекты раздраженія видоизмѣняются въ значительной степени. Вслѣдствіе этого, при всѣхъ опытахъ настоящаго отдѣла (за исключеніемъ тѣхъ, о которыхъ будетъ упомянуто особо), я принужденъ былъ совсѣмъ отказаться отъ примѣненія изолирующей поляризаціи.

Относительно свойствъ тока, употреблявшагося для описываемыхъ опытовъ, я долженъ замѣтить, что мое вниманіе было обращено, главнымъ образомъ, на изслѣдованіе явленій, наблюдаемыхъ при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока съ минимальными перерывами и при одинаковомъ направленіи отдѣльныхъ толчковъ. Такой характеръ тока и долженъ быть подразумѣваемъ всюду, гдѣ при описаніи отдѣльныхъ частныхъ случаевъ не будетъ ясно сказано, что раздраженіе производилось при другихъ условіяхъ.

Я началъ свои опыты съ изслѣдованія случая раздраженія нерва слабымъ прерывистымъ токомъ. Съ этою цѣлью я пользовался токомъ 1 Даніэля, отводя его къ нерву при посредствѣ реохорда.

§ 1. Первый фактъ, полученный мною при опытахъ, состоитъ въ томъ, что при слабомъ раздраженіи (1 *D cs* 1—10 сант. реохорда) прерывистый токъ даетъ такой-же эффектъ, какъ и непрерывный, т.-е. одиночное вздрагиваніе мышцы въ моментъ замыканія его цѣпи. Такой эффектъ получается только при условіи, когда всѣ толчки тока имѣютъ одинаковое направленіе; если же ихъ направленіе попеременно противоположное, то наблюдается тетанусъ, продолжающійся въ теченіе

всего времени раздраженія. Явленіе получается совершенно одинаково какъ при восходящемъ, такъ и при нисходящемъ направленіи раздражающаго тока.

Міограммы за №№ 3 и 4, изъ которыхъ первая получена при нисходящемъ, а вторая при восходящемъ направленіи прерывистаго тока, иллюстрируютъ самымъ наглядньмъ образомъ описываемое явленіе. Верхняя линія чертится мышцей, средняя отмѣчаетъ моменты начала и конца раздраженія, причемъ подпятіе линіи соотвѣтствуетъ замыканію цѣпи прерывистаго тока, а опусканіе — ея размыканію. Нижняя ломанная линія обозначаетъ время, причемъ каждый зубецъ соотвѣтствуетъ секундѣ. Возлѣ участковъ каждой міограммы, соотвѣтствующихъ періодамъ раздраженія, при помощи стрѣлокъ обозначается характеръ дѣйствующаго на нервъ тока. Пунктированная стрѣлка показываетъ, что раздражителемъ служитъ прерывистый токъ, отдѣльные толчки котораго имѣютъ одинаковое направленіе, если стрѣлка указываетъ въ какую-либо одну сторону, и попеременно противоположное, если она указываетъ сразу въ обѣ стороны. Направленіе стрѣлокъ сверху внизъ обозначаетъ нисходящее, а снизу вверхъ — восходящее направленіе раздражающаго тока.

Мы видимъ, что изъ 6 пробъ раздраженія, сопровождавшихся на каждой міограммѣ видимымъ эффектомъ, двѣ первыя и двѣ послѣднія, при которыхъ отдѣльные толчки тока имѣли одинаковое направленіе, дали одиночныя сокращенія въ моментъ начала раздраженія, между тѣмъ какъ двѣ среднія пробы, произведенныя съ раздраженіемъ нерва токомъ съ попеременно чередующимся направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ, вызвали сильные тетанусы.

Описанными шестью пробами опыты и могли бы быть закончены. На приведенныхъ міограммахъ мы видимъ, однако, что при каждомъ опытѣ производились еще двѣ пробы (обозначенныя двумя точками), давшія отрицательный результатъ, т.-е. отсутствіе всякихъ слѣдовъ мышечнаго сокращенія. Пробы эти имѣютъ слѣдующее значеніе.

Въ главѣ о методѣ было сказано, что я производилъ какъ до начала, такъ и послѣ окончанія каждаго опыта, провѣрку установки прерывателя, съ цѣлью убѣдиться, не нарушилась ли она настолько, чтобы раздражающій токъ изъ прерывистаго сдѣлался непрерывнымъ. Для этого я долженъ былъ передвигать вправо пластинки ключа *H* (см. фиг. 9 на стр. 30) и слушать, нѣтъ ли звука въ телефонѣ. При такомъ положеніи пластинокъ, какъ намъ извѣстно, цѣпь тока обѣихъ батарей *B* и *B'* оста-

валась разомкнутой, пока прерыватель былъ правильно установленъ, и замыкалась сейчасъ-же, какъ только въ дѣйствіи его начинались неправильности, состоящія въ сліяніи нѣсколькихъ, слѣдующихъ другъ за другомъ, толчковъ тока. Поэтому, отсутствіе звука въ телефонѣ служило несомнѣннымъ доказательствомъ, что каждому колебанію молоточка соотвѣтствуетъ, дѣйствительно, перерывъ тока.

При подобной провѣркѣ мы пользовались, такимъ образомъ, телефономъ, какъ средствомъ для обнаруженія присутствія или отсутствія тока; но мы можемъ, очевидно, также хорошо воспользоваться для указанной цѣли и нервомъ, который, въ отношеніи чувствительности къ токамъ, не уступаетъ телефону. Для этого стоитъ только дать могущему появиться току доступъ не къ телефону, а къ нерву. Двѣ послѣднія пробы на приведенныхъ міограммахъ и сдѣланы именно съ цѣлью подобной провѣрки: отрицательный результатъ ихъ служитъ доказательствомъ удовлетворительности дѣйствія прерывателя.

§ 2. При описанныхъ опытахъ для раздраженія употреблялся слабый токъ 1 *D* съ нѣсколькими сантиметрами проволоки реохорда. Если же мы, убѣдившись, что подобный токъ дастъ начальное сокращеніе, произведемъ значительное его усиленіе, то получимъ при замыканіи цѣпи уже не начальное сокращеніе, а тетанусъ, продолжающійся въ теченіе всего раздраженія. Такое явленіе наблюдается опять-таки совершенно одинаково при обоихъ направленіяхъ раздражающаго тока. Міограммы за №№ 5 и 6 и были получены при такого рода опытахъ.

При началѣ каждой изъ нихъ обозначено число введенныхъ въ цѣпь элементовъ, равно какъ и направленіе раздражающаго тока (я долженъ замѣтить, что каждый знакъ, поставленный при началѣ міограммъ, какъ описываемыхъ теперь, такъ и всѣхъ дальнѣйшихъ, относится вообще ко всѣмъ пробамъ раздраженія, производившимся въ теченіе даннаго опыта). Подъ участками міограммъ, соотвѣтствующими періодамъ раздраженія, указано число сантиметровъ введенной проволоки реохорда. Мы замѣчаемъ, что изъ шести пробъ раздраженія, сопровождавшихся видимымъ эффектомъ, двѣ первыя и двѣ послѣднія, продланныя при слабомъ раздраженіи, дали начальныя сокращенія, а двѣ среднія, гдѣ сила раздражающаго тока была болѣе значительна, — постоянные тетанусы. Усиленіе тока достигалось при помощи вниманія перваго штифта реохорда, что соотвѣтствовало, приблизительно, увеличенію длины введенной проволоки на 100 сант. Двѣ послѣднія пробы, давшія отрицательный результатъ, имѣютъ описанное выше значеніе провѣрки удовлетворительности дѣйствія прерывателя.

§ 3. При вышеприведенныхъ опытахъ усиленіе тока было настолько значительно, что мы сразу-же отъ одиночнаго сокращенія переходили къ сильному тетанусу. Производя послѣдовательныя пробы раздраженія тока, я получилъ явленія, которыя нагляднѣе всего могутъ быть поняснены міограммами за №№ 7 и 8. Каждая изъ нихъ состоитъ изъ нѣсколькихъ пробъ раздраженія нерва постепенно усиливаемымъ прерывистымъ токомъ нисходящаго (№ 7) и восходящаго (№ 8) направленія.

При этихъ опытахъ мы наблюдаемъ постепенный переходъ отъ одиночнаго начальнаго сокращенія къ постоянному тетанусу. Послѣ первыхъ пробъ, давшихъ начальныя сокращенія, получаемъ тетанусы своеобразнаго характера: хотя вслѣдъ за началомъ раздраженія мышца оказывается сильно сократившеюся, какъ при тетанусѣ максимальной высоты, но ея сокращеніе быстро ослабѣваетъ и падаетъ до нуля, несмотря на продолжающееся дѣйствіе прерывистаго тока. Подобные тетанусы, которые съ полнымъ правомъ могутъ быть названы начальными, представляются сначала очень короткими, падающими до нуля уже въ самые первые моменты раздраженія, такъ что они мало чѣмъ отличаются отъ простыхъ начальныхъ сокращеній; затѣмъ, они постепенно становятся все продолжительнѣе и падаютъ не такъ быстро, пока, наконецъ, не примутъ характера обыкновенныхъ постоянныхъ тетанусовъ, получаемыхъ при раздраженіи нерва рядомъ индукціонныхъ ударовъ.

Начальные тетанусы, какъ показываютъ міограммы, кромѣ склонности быстро падать до нуля, отличаются еще своею неправильностью: очень рѣдко паденіе происходитъ по кривой, опускающейся непрерывно къ абсциссѣ, но въ большинствѣ случаевъ наблюдается быстрая и неправильная смѣна поднятій и опусканій кривой тетануса, такъ что эта послѣдняя представляется въ видѣ ломанной линіи съ зубцами, опускающимися сплошь да рядомъ почти до абсциссы. Подобная форма кривой зависитъ, по всей вѣроятности, отъ нѣкоторыхъ неправильностей въ дѣйствіи прерывателя, которыхъ избѣжать вполнѣ едва ли возможно. Такія неправильности, не обнаруживаясь ничѣмъ при слабыхъ и сильныхъ токахъ, дающихъ или одно начальное сокращеніе, или высокій и постоянный тетанусъ, начинаютъ пріобрѣтать значеніе при промежуточныхъ силахъ раздражителя,

тамъ, гдѣ, если можно такъ выразиться, происходитъ борьба между покоемъ и возбужденіемъ.

Увеличивая при описанныхъ опытахъ силу раздражающаго тока еще дальше, напр., вводя постепенно все сопротивленіе реохорда, я не получалъ никакого дальнѣйшаго измѣненія явленій, т.-е. при всѣхъ указанныхъ силахъ получалъ постоянные тетанусы, не обнаружившіе въ теченіе короткаго періода раздраженія сколько-нибудь выраженной наклонности къ паденію. Тотъ-же эффектъ наблюдается и при раздраженіи сильными исходящими токами (4 Д. безъ реохорда и выше).

Резюмируя все сказанное до сихъ поръ относительно эффектовъ раздраженія нерва сравнительно короткими (секунды) замыканіями прерывистаго тока, мы можемъ поставить слѣдующее положеніе, какъ общій выводъ изъ изложенныхъ опытовъ:

Положеніе первое. При короткомъ раздраженіи нормальнаго нерва рядомъ толчковъ тока одинаковаго направленія и съ минимальными перерывами, все равно, имѣетъ-ли прерывистый токъ нисходящее или восходящее направленіе, получается при очень слабыхъ токахъ (1D съ 1—10 сант. реохорда) одно только начальное сокращеніе, при токахъ нѣсколько болѣе сильныхъ — начальный тетанусъ, который, становясь, по мѣрѣ усиленія тока, все болѣе и болѣе продолжительнымъ, превращается, наконецъ, въ постоянный тетанусъ, продолжающійся во все время раздраженія; при дѣйствіи-же на нервъ ряда толчковъ тока, имѣющихъ поперемѣнно противоположное направленіе, получаются при всевозможныхъ силахъ тока только тетанусы и ни слѣдовъ начальныхъ сокращеній.

Явленія въ описанномъ видѣ наблюдаются съ полнымъ постоянствомъ. Разница между отдѣльными случаями состоитъ только въ томъ, что скала силъ токовъ, при которыхъ получаются начальныя сокращенія и начальные тетанусы, представляется при различныхъ опытахъ различной ширины: разъ эти явленія наблюдаются при силахъ тока, соотвѣтствующихъ многимъ сантиметрамъ проволоки реохорда, другой-же разъ они могутъ быть получены лишь при дробныхъ величинахъ одного сантиметра.

Причина отсутствія постоянства въ этомъ отношеніи кроется, по всей вѣроятности, въ неодинаковой установкѣ прерывателя въ различныхъ случаяхъ. Въ главѣ о методѣ (см. стр. 47) мы видѣли, что минимальная величина перерывовъ не есть что нибудь строго постоянное, но что она при различныхъ условіяхъ представляется различной. Между тѣмъ, продолжительность перерывовъ, какъ показали мнѣ дальнѣйшіе опыты, оказываетъ громадное вліяніе на описываемыя явленія.

Опыты насчетъ вліянія продолжительности перерывовъ производились двоякимъ образомъ, соотвѣтственно двумъ, описаннымъ въ главѣ о методѣ, способамъ измѣненія величины перерывовъ.

§ 4. При первомъ рядѣ опытовъ я поступалъ слѣдующимъ образомъ.

Опредѣливши максимальную силу тока, которая, при данной установкѣ молоточка, продолжаетъ еще давать начальныя сокращенія, я измѣнялъ установку прерывателя такъ, чтобы величина перерывовъ нѣсколько увеличилась. Вновь подвергая нервъ раздраженію, я опредѣлялъ вторично силу тока, при которой еще можетъ быть получено начальное сокращеніе.

Измѣняя установку въ ту и другую сторону нѣсколько разъ подъ-рядъ, мы очень легко убѣждаемся, что явленіе начальнаго сокращенія получается тѣмъ легче, т. е. при болѣе сильныхъ токахъ, чѣмъ продолжительность перерывовъ меньше, и наоборотъ, чѣмъ больше увеличивается продолжительность перерывовъ, тѣмъ слабѣе та предѣльная сила тока, при которой раздраженіе нерва можетъ еще дать начальное сокращеніе. При слишкомъ большомъ увеличеніи перерывовъ (при *продолжительныхъ* перерывахъ въ нашемъ смыслѣ; см. стр. 55) уже совсѣмъ не удается получить начальныхъ сокращеній, но только тетанусы, даже при самыхъ слабыхъ токахъ.

При описываемыхъ опытахъ я поступалъ иногда иначе. Вмѣсто опредѣленія соотвѣтствующихъ каждому данному случаю силъ токовъ, способныхъ еще давать явленіе начальнаго сокращенія, я оставлялъ силу раздраженія неизмѣнной и, производя измѣненіе установки прерывателя въ ту или въ другую сторону, сравнивалъ получаемые при этомъ эффекты. Такіе опыты, какъ этого и слѣдовало, впрочемъ, ожидать на основаніи предыдущаго, показали, что одинъ и тотъ-же прерывистый токъ способенъ давать, смотря по продолжительности его перерывовъ, или одиночное начальное сокращеніе, или тетанусъ, продолжающійся во все время раздраженія. Стараясь увеличивать перерывы по возможности постепенно, мы можемъ наблюдать эффекты переходнаго характера. Эти послѣдніе не отличаются ничѣмъ отъ описанныхъ раньше начальныхъ тетанусовъ: и здѣсь тетанусы длятся только въ теченіе первыхъ моментовъ раздраженія, и здѣсь они имѣютъ такой-же неправильный характеръ.

§ 5. Описанный способъ производства опытовъ представ-

ляется наиболѣе удобнымъ и наиболѣе доказательнымъ, такъ какъ посредствомъ него мы можемъ измѣнять продолжительность перерывовъ, оставляя неизмѣнными всѣ остальныя условія колебаній молоточка (см. стр. 49). Однако, вслѣдствіе траты времени, неизбѣжной при каждой новой установкѣ прибора, способъ этотъ мало пригоденъ для графическаго записыванія наблюдаемыхъ явленій. Вслѣдствіе этого, мною былъ предпринятъ второй рядъ опытовъ, при которомъ я приспособлялъ прерыватель, какъ это было описано въ главѣ о методѣ (см. стр. 51), къ быстрому измѣненію продолжительности перерывовъ и производилъ раздраженіе нерва поочередно токомъ одной и тойже силы, но съ различной величиной перерывовъ.

Подобные опыты привели къ результату, совершенно тождественному съ тѣмъ, къ которому я пришелъ въ предыдущемъ параграфѣ, доказательствомъ чему могутъ служить міограммы за №№ 9—12. Для полученія №№ 9 (нисх.) и 11 (восх.) прерыватель былъ установленъ такъ, что измѣненіе продолжительности перерывовъ достигало значительной величины; вслѣдствіе этого, вмѣсто начальнаго сокращенія при минимальныхъ перерывахъ (*m*) получался постоянный тетанусъ при ихъ увеличеніи (*d*). На міограммахъ-же за №№ 10 (нисх.) и 12 (восх.) увеличеніе перерывовъ, будучи менѣе значительнымъ, обусловило только переходъ начальнаго сокращенія въ начальный тетанусъ.

На основаніи опытовъ, изложенныхъ въ двухъ послѣднихъ параграфахъ, мы приходимъ, такимъ образомъ, къ слѣдующему положенію:

Положеніе второе. Силы тока, вызывающія при установкѣ прерывателя на минимумъ перерывовъ одиночное начальное сокращеніе, даютъ, при постепенномъ увеличеніи продолжительности перерывовъ, тотъ-же рядъ различныхъ формъ тетануса, который получается при постепенномъ усиленіи прерывистаго тока съ минимальными перерывами, т. е. сперва получаются короткіе начальные тетанусы, которые, по мѣрѣ увеличенія продолжительности перерывовъ, становятся все болѣе и болѣе продолжительными, пока не перейдутъ, наконецъ, въ сплошные тетанусы, длящіеся во все время раздраженія нерва.

До сихъ поръ мы приводили опыты съ раздраженіемъ нерва, длящимся каждый разъ сравнительно короткое время (нѣсколько секундъ); между тѣмъ, было бы весьма интересно прослѣдить, что наблюдается при болѣе продолжительномъ дѣйствіи прерывистаго тока. Хотя такіе опыты, какъ было выяснено въ предыдущей главѣ (см. стр. 79), должны сопровождаться утомленіемъ мышцы, а слѣдовательно, и связанными съ нимъ источниками ошибокъ, тѣмъ не менѣе, я рѣшилъ въ данномъ случаѣ отступить отъ своего правила, предписывающаго пользоваться для раздраженія только короткими замыканіями тока.

§ 6. Опыты съ продолжительнымъ раздраженіемъ нерва прерывистымъ токомъ производились мною не только при слабыхъ токахъ (ниже 1D) обоихъ направленій, но также и при сильныхъ нисходящихъ.

Продолжительное раздраженіе токомъ такой силы, при которой получаются начальныя сокращенія или начальные тетанусы, не даетъ ничего новаго: мышца, разъ она пришла въ состояніе покоя, остается въ этомъ состояніи, сколько-бы времени (въ теченіе многихъ минутъ) ни продолжалось дѣйствіе на нервъ прерывистаго тока.

При продолжительномъ раздраженіи нерва всѣми силами токовъ, дававшими при предыдущихъ опытахъ постоянные тетанусы, наблюдаются приблизительно одни и тѣ-же явленія.

Получаемые при этомъ тетанусы имѣютъ слѣдующій характеръ. Тетанусъ держится сначала въ теченіе нѣкотораго времени на максимальной высотѣ, падая очень медленно и обладая сплошнымъ характеромъ, такъ что въ этомъ періодѣ рычагъ, связанный съ мышцей, пишетъ сплошную линію безъ всякихъ зигзаговъ. Затѣмъ наступаетъ періодъ, когда кривая тетануса представляетъ постоянныя колебанія, являясь въ видѣ ломанной линіи самой причудливой формы. Колебанія тетануса, соотвѣтствующія этому періоду, оказываются, такимъ образомъ, сходными съ тѣми, которыя были описаны раньше при начальномъ тетанусѣ отъ слабыхъ токовъ, съ тою лишь разницей, что они продолжаются гораздо дольше. Вслѣдъ за началомъ колебаній наступаетъ болѣе быстрое паденіе кривой тетануса, благодаря которому она все болѣе и болѣе приближается къ абсциссѣ. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока мышца не придетъ въ состояніе полнаго покоя, въ которомъ она и остается, несмотря на продолжающееся раздраженіе.

Для поясненія сказаннаго привожу нѣсколько примѣровъ за №№ 13, 14 и 15. На всѣхъ міограммахъ первая проба (на первыхъ двухъ міограммахъ не отмѣченъ моментъ начала раздраженія) соотвѣтствуетъ продолжительному раздраженію нормальнаго нерва прерывистымъ токомъ, котораго направленіе и сила обозначены возлѣ каждой міограммы. Результаты этой первой пробы не требуютъ послѣ сказаннаго никакого дальнѣй-

шаго описанія. По окончаніи первой пробы нервъ подвергался еще раздраженію, но объ этомъ будетъ сказано дальше.

§ 7. Когда тетанусъ закончился и мышца пришла въ состояніе полнаго покоя, мы можемъ опять вызвать сильное сокращеніе, если, не прекращая раздраженія, увеличимъ продолжительность перерывовъ. Получающіяся при этомъ тетанусъ длится все время, пока перерывы остаются увеличенными, смѣняясь опять состояніемъ покоя при возвращеніи ихъ къ прежней минимальной величинѣ. Такое поперемѣнное измѣненіе величины перерывовъ производилось на приведенныхъ выше міограммахъ за №№ 13 и 14. На нихъ не отмѣчался моментъ начала дѣйствія на нервъ прерывистаго тока, такъ какъ онъ достаточно рѣзко обозначенъ началомъ тетануса. Начавшееся раздраженіе не прерывалось все время, пока продолжался опытъ. Въ моменты, обозначенные опусканіями второй линіи, производилось увеличеніе, а въ моменты, обозначенные ея подняті̀ями, уменьшеніе продолжительности перерывовъ. Буквы m и d отмѣчаютъ періоды раздраженія нерва токомъ съ минимальными (m) и съ увеличенными (d) перерывами.

На основаніи описанныхъ опытовъ, мы можемъ придти къ слѣдующему положенію.

Положеніе третье. При всякомъ продолжительномъ раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ минимальными перерывами мышечная реакція имѣетъ характеръ начальнаго тетануса, такъ что мышца, сильно сокращенная при началѣ раздраженія, приходитъ ранѣше или позже, несмотря на продолжающееся дѣйствіе тока, въ состояніе полнаго покоя, изъ котораго, однако, она опять можетъ быть переведена въ состояніе сильнаго сокращенія, лишь только продолжительность перерывовъ будетъ увеличена.

Такимъ образомъ, если мы прежде (положеніе первое) проводили различіе между начальными тетанусами и тетанусами, длящимися все время раздраженія (постоянные тетанусы), то теперь должны признать указанное различіе чисто количественнымъ: тетанусы продолжались все время раздраженія только потому, что это время было очень короткое. Несмотря на это, я и впредь буду продолжать противопоставлять другъ другу начальные и постоянные тетанусы. Дѣло въ томъ, что только при описываемыхъ опытахъ я позволилъ себѣ сдѣлать отступленіе отъ изложеннаго въ предыдущей главѣ правила—пользоваться только короткими, длящимися лишь нѣсколько секундъ,

раздраженіями; при всѣхъ же дальнѣйшихъ соблюдалъ данное правило систематически. Вслѣдствіе этого, подъ начальными тетанусами я буду подразумѣвать только такіе, которые успѣваютъ обнаружить свой начальный характеръ уже въ теченіе указаннаго короткаго времени, всѣ же остальные буду называть постоянными.

§ 8. На основаніи формулированной въ положеніи первомъ зависимости между силой раздражающаго тока и продолжительностью короткихъ начальныхъ тетанусовъ при слабомъ раздраженіи, можно было бы предполагать, что подобная-же зависимость существуетъ и для продолжительныхъ тетанусовъ при сильномъ раздраженіи. Однако, опытъ не оправдываетъ подобнаго предположенія, насколько, по крайней мѣрѣ, можно судить по имѣющимся у меня многочисленнымъ наблюденіямъ тетанусовъ, полученныхъ при различныхъ силахъ раздражающаго тока.

Приведенныя выше міограммы представляютъ собою типическія формы тетанусовъ, формы, наблюдавшіяся при большинствѣ опытовъ. Очень часто, однако, получались тетанусы, отличающіеся отъ нихъ въ бо̀льшей или меньшей степени. Разница проявлялась преимущественно въ различной ихъ продолжительности: разъ наблюдались тетанусы поразительно короткіе, другой-же разъ столь продолжительные, что трудно было рѣшить, завершёлъ ли паденіе тетануса отъ особенностей дѣйствія раздражающаго тока или же оно опредѣляюсь одинмъ только утомленіемъ мышцы. Подобное непостоянство результатовъ могло бы быть, впрочемъ, предвидѣно уже заранѣе, въ виду условій, при которыхъ производились опыты: для полученія отдѣльныхъ тетанусовъ я пользовался каждый разъ свѣжими препаратами, вслѣдствіе чего, кромѣ индивидуальныхъ свойствъ каждаго нерва и мышцы, принужденъ былъ считаться еще и съ различной установкой прерывателя, которая при опытахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга значительными промежутками времени, едва-ли могла быть сохраняема неизмѣнной.

Въ виду сказаннаго, представляется очевиднымъ, что разницамъ продолжительности тетанусовъ, наблюдаемымъ въ отдѣльныхъ частныхъ случаяхъ, нельзя придавать особеннаго значенія для рѣшенія вопроса насчетъ зависимости продолжительности тетануса отъ силы раздражающаго тока. Вопросъ могъ бы быть рѣшенъ лишь тогда, если-бы мы имѣли въ распоряженіи столь большое количество отдѣльныхъ наблюденій, которое давало бы намъ достаточную гарантію устраненія вліянія всѣхъ случайныхъ условій. Хотя я и не могу считать число сдѣланныхъ мною

опытовъ совершенно достаточнымъ для этой цѣли, тѣмъ не менѣе, желая ихъ обобщить, я долженъ былъ бы придти къ заключенію, что *продолжительность тетануса возрастаетъ съ силой раздражающаго тока только до извѣстныхъ предѣловъ, за которыми дальнѣйшее усиленіе тока ведетъ уже не къ увеличенію, а къ уменьшенію продолжительности тетануса.* Наблюденія, которыя я могу привести въ пользу этого вывода, состоятъ въ томъ, что при сравнительно слабыхъ силахъ тока (1 *D* съ 40—50 сант. и выше) мнѣ часто приходилось наблюдать очень продолжительные (многоминутные) тетанусы и почти никогда тетанусы короткіе, между тѣмъ какъ при сильныхъ нисходящихъ токахъ (4 *D* и выше) многоминутныхъ тетанусовъ я не наблюдалъ вовсе, а очень часто поразительно короткіе, которые, по своей продолжительности въ нѣсколько секундъ, могли-бы быть съ полнымъ правомъ поставлены на ряду съ короткими начальными тетанусами при слабыхъ токахъ. Примѣръ такого тетануса мы видимъ на міограммѣ № 16.

§ 9. При всѣхъ опытахъ, описанныхъ въ предшествовавшихъ параграфахъ настоящаго отдѣла, употреблялись для раздраженія нерва или слабые токи обоихъ направленій (не выше 1 *D*), или сильные нисходящіе (4 *D* и выше). Токовъ средней силы я до сихъ поръ не употреблялъ вовсе, такъ какъ, прибѣгая къ необходимой въ этомъ случаѣ изолирующей поляризаціи, я имѣлъ бы уже дѣло не съ нормальнымъ, а съ измѣненнымъ нервомъ.

Описаніе опытовъ, произведенныхъ съ указанными силами токовъ, и должно было бы составить содержаніе настоящаго параграфа. Въ виду того, однако, что условія опытовъ, равно какъ и полученные при нихъ результаты, ближе подходятъ къ условіямъ и результатамъ, излагаемымъ въ слѣдующемъ отдѣлѣ настоящей главы, я считаю болѣе умѣстнымъ отнести ихъ изложеніе туда-же. Здѣсь я ограничусь описаніемъ только одного ряда опытовъ, при которыхъ, благодаря особенной ихъ постановкѣ, получились явленія, близкія къ описаннымъ выше.

Пользуясь изолирующей поляризаціей, мы измѣняемъ въ сущности не весь нервъ, а только участокъ, лежащій по сосѣдству съ мѣстомъ поляризаціи. Поэтому, если бы мы хотѣли, несмотря на примѣненіе изолирующей поляризаціи, имѣть хотя нѣкоторую гарантію въ томъ, что употребляемъ для раздраженія нервъ, по возможности, меньше измѣненный, мы должны были бы прикладывать катодъ раздражающаго тока къ точкѣ нерва, возможно удаленной отъ мѣста, на которомъ лежалъ катодъ изолирующаго тока, и которое, благодаря этому, сдѣлалось непроходимымъ для возбужденія. Принимая во вниманіе, что при моихъ опытахъ точка нерва, потерявшая свою проводимость, находилась всегда приблизительно посрединѣ раздражаемаго участка, мы, для достиженія нашей цѣли должны были, очевидно, прибѣгнуть къ возможному увеличенію разстоянія между электродами раздражающаго тока. Дѣйствительно, производя опыты съ раздраженіемъ нерва при большомъ межполюсномъ пространствѣ (до $2^1/_2$ или даже до 3 сант. вмѣсто обыкновенныхъ 1 или $1^1/_2$), мы можемъ убѣдиться, что и прерывистые токи средней силы даютъ совершенно такіе-же эффекты, какъ слабый или сильный токъ, т. е. начальные тетанусы, продолжающіеся болѣе или менѣе долгое время. Для поясненія сказаннаго можетъ служить міограмма за № 17, на которой первая проба соотвѣтствуетъ раздраженію нерва прерывистымъ токомъ 3 *D* при указанныхъ условіяхъ. Знакъ + на этой, какъ и на всѣхъ послѣдующихъ міограммахъ, обозначаетъ, что нервъ былъ подвергнутъ предварительной изолирующей поляризаціи.

II. Вліяніе предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Уже при изслѣдованіи явленій раздраженія нормальнаго нерва мнѣ приходилось не разъ сталкиваться съ фактами, указывающими, что эффектъ раздраженія зависитъ въ значительной степени отъ того, подвергался ли нервъ до опыта дѣйствію тока или нѣтъ. Не желая запутывать изложенія постоянными забѣганіями впередъ, я старался въ предидущемъ отдѣлѣ избѣгать упоминанія о такого рода фактахъ съ тѣмъ, чтобы изложить ихъ здѣсь. Это представляется тѣмъ болѣе умѣстнымъ, что они, въ сущности, и побудили меня предпринять всѣ опыты, о которыхъ будетъ идти рѣчь въ настоящемъ отдѣлѣ.

§ 10. Описывая явленія раздраженія нормальнаго нерва слабыми токами, я сказалъ, что начальное сокращеніе можетъ быть наблюдаемо лишь при очень слабыхъ токахъ (1 *D* съ 1—10 сант. реохорда), при болѣе же сильныхъ получаются тетанусы большей или меньшей продолжительности. Сказанное относится лишь къ случаю, когда, пользуясь для раздраженія совершенно свѣжимъ нервомъ, мы ограничиваемъ, по возможности, число раздраженій, которымъ нервъ подвергается. Начиная-же производить на одномъ и томъ же нервѣ подъ-рядъ много опытовъ, мы замѣчаемъ, что начальное сокращеніе получается, съ теченіемъ времени, все легче и легче: токи, которые сначала давали

сильные тетанусы, даютъ теперь лишь одно начальное сокращеніе, а для полученія тетануса требуется уже значительное ихъ усиленіе [1]). Измѣнчивость нерва подъ вліяніемъ предшествовавшаго раздраженія представляется настолько значительной, что измѣненіе реакціи можетъ быть подмѣчено уже послѣ нѣсколькихъ пробъ раздраженія.

Для поясненія сказаннаго привожу міограммы за №№ 18 и 19, на которыхъ записаны результаты трехъ слѣдующихъ другъ за другомъ пробъ раздраженія нерва однимъ и тѣмъ-же прерывистымъ токомъ. Мы видимъ, что первыя пробы дали начальные тетанусы, длящіеся болѣе или менѣе долгое время. При послѣдующихъ получался тетанусъ гораздо болѣе короткій, чѣмъ при первой пробѣ, или даже вмѣсто тетануса одно только начальное сокращеніе.

Продолжая опыты на одномъ и томъ-же нервѣ все дальше и дальше, мы доходимъ, наконецъ, до того, что начальныя сокращенія получаются даже при введеніи всего сопротивленія реохорда. Пробуя, однако, раздражать нервъ рядомъ толчковъ не одного и того-же, но поперемѣнно противоположнаго направленія, мы и теперь получаемъ только тетанусы даже при самомъ слабомъ раздраженіи. Послѣдняя проба на вышеуказанныхъ міограммахъ и произведена съ раздраженіемъ нерва такими вертящимися токами.

§ 11. Аналогичные факты были наблюдаемы мною и при опытахъ съ продолжительнымъ раздраженіемъ нерва болѣе сильными токами. Послѣ окончанія болѣе или менѣе продолжительнаго начальнаго тетануса, получающагося при этихъ условіяхъ, всякое повтореніе раздраженія тѣмъ-же токомъ не даетъ уже вторично такого-же тетануса, но эффектъ раздраженія проявляется или въ весьма короткомъ начальномъ тетанусѣ, или даже въ простомъ начальномъ сокращеніи. Между тѣмъ, раздраженіе нерва вертящимися токами даетъ и теперь по прежнему тетанусы.

Примѣры сказаннаго мы можемъ видѣть на описанныхъ уже раньше міограммахъ за №№ 15 и 16, гдѣ вторая и третья проба представляютъ собою повтореніе раздраженія нерва тѣмъ-же токомъ, который дѣйствовалъ и при первой пробѣ. Четвертая соотвѣтствуетъ раздраженію токомъ съ поперемѣнно чередующимся направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ.

[1]) Я долженъ замѣтить здѣсь, что при описываемыхъ опытахъ, равно какъ и при всѣхъ другихъ (за исключеніемъ, конечно, тѣхъ, о которыхъ прямо утверждается противное), я никогда не извращалъ направленія раздражающаго тока, такъ что при каждомъ опытѣ отъ начала до конца нервъ подвергался раздраженію токомъ одного и того-же направленія.

§ 12. Еще болѣе рѣзкіе факты были получены мною, когда я сталъ раздражать нисходящими токами различной силы нервъ, подвергнутый предварительной изолирующей поляризаціи. Оказалось именно, что теперь ни при какихъ силахъ прерывистаго тока, начиная отъ самыхъ слабыхъ и кончая токомъ 4 *D*, нѣтъ возможности получить, при установкѣ прерывателя на минимальной величинѣ перерывовъ, болѣе или менѣе продолжительныхъ начальныхъ тетанусовъ, но наблюдаются или простыя начальныя сокращенія, или короткіе начальные тетанусы, большею частью, такой ничтожной продолжительности, что они только по своей высотѣ и могутъ быть отличены отъ простыхъ начальныхъ сокращеній.

Въ видѣ примѣра привожу два опыта за №№ 20 и 21, одинъ, произведенный при раздраженіи нерва токомъ 4, а другой токомъ 2 *D*. Эти опыты поясняютъ намъ крайніе предѣлы, между которыми колеблются наблюдаемыя при описанныхъ условіяхъ явленія. Міограмма за № 20 послѣ того, что было сказано раньше относительно употребляемыхъ нами обозначеній, не требуетъ никакихъ дальнѣйшихъ поясненій; относительно же міограммы за № 21 я долженъ замѣтить, что первая изъ трехъ изображенныхъ на ней пробъ производилась съ раздраженіемъ нерва непрерывнымъ токомъ съ цѣлью убѣдиться, въ самомъ ли дѣлѣ возбуждающее вліяніе анода устранено вполнѣ [1]). Такой характеръ раздраженія и обозначенъ начерченной надъ соотвѣтствующимъ мѣстомъ міограммы сплошной, а не пунктированной стрѣлкой. Слѣдующія пробы произведены уже съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ токомъ.

Желая получить и при данныхъ условіяхъ тетанусы, мы должны или придать отдѣльнымъ толчкамъ тока поперемѣнно противоположное направленіе, или измѣнить установку прерывателя такимъ образомъ, чтобы продолжительность перерывовъ была больше минимальной. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, несмотря на одинаковость направленія отдѣльныхъ толчковъ прерывистаго тока, получаются постоянные тетанусы, многочислен-

[1]) Къ такимъ пробамъ, производимымъ какъ до начала, такъ и послѣ окончанія опыта, я прибѣгалъ постоянно, когда пользовался нервомъ, подвергнутымъ предварительной изолирующей поляризаціи, хотя большею частью не записывалъ ихъ на получаемыхъ міограммахъ.

ные примѣры которыхъ будутъ приведены дальше при описаніи различныхъ опытовъ, произведенныхъ мною надъ нервомъ, подвергавшимся предварительной изолирующей поляризаціи.

На основаніи фактовъ, изложенныхъ въ трехъ послѣднихъ параграфахъ, существованіе вліянія предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ можетъ быть признано несомнѣннымъ. Тѣмъ не менѣе, этихъ фактовъ недостаточно для окончательнаго рѣшенія вопроса. Не говоря уже о томъ, что всѣ описанныя наблюденія носятъ въ значительной степени случайный характеръ, они страдаютъ еще слѣдующими двумя существенными недостатками. Во-первыхъ, большинство изъ нихъ получено при условіяхъ, когда измѣненіе наблюдаемыхъ при раздраженіи эффектовъ было вызвано не предварительной поляризаціи нерва *непрерывнымъ* токомъ, а предварительнымъ раздраженіемъ токомъ *прерывистымъ*. Вслѣдствіе этого, въ особенности послѣ цитированной выше (см. стр. 79) работы Введенскаго, можетъ явиться сомнѣніе, не принимаютъ ли участія въ явленіяхъ найденныя этимъ авторомъ своеобразныя свойства мышцы. Во-вторыхъ, описанные опыты, выясняя до нѣкоторой степени вліяніе на эффекты раздраженія одноименной поляризаціи, совсѣмъ не касаются вопроса о вліяніи поляризаціи противоположнаго направленія.

Вслѣдствіе этого, мною были предприняты дальнѣйшіе опыты, предназначенные спеціально для рѣшенія вопроса о вліяніи предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Въ главѣ о методѣ (см. стр. 64) былъ уже описанъ пріемъ, при помощи котораго я могъ по произволу пропускать по данному участку нерва или прерывистый, или непрерывный токъ. Воспользовавшись этимъ пріемомъ, я при своихъ опытахъ поступалъ слѣдующимъ образомъ.

Сначала, еще до поляризаціи, я раздражалъ нервъ одинъ или обыкновенно два раза короткими замыканіями прерывистаго тока. Послѣ этого, сдѣлавши въ цѣпи перестановки, необходимыя для превращенія прерывистаго тока въ непрерывный, пропускалъ этотъ послѣдній по нерву въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Затѣмъ, разомкнувши токъ и приведя цѣпь, связанную съ прерывателемъ, въ ея первоначальное положеніе, начиналъ опять производить пробы раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Изъ сравненія эффектовъ, полученныхъ при дѣйствіи прерывистаго тока до и послѣ поляризаціи, я могъ, очевидно, непосредственно дѣлать выводы насчетъ вліянія этой послѣдней.

Описанный способъ производства опытовъ не допускалъ бы никакихъ возраженій, еслибы у насъ существовала гарантія, что прерыватель дѣйствуетъ одинаково какъ до, такъ и послѣ поляризаціи. Абсолютной гарантіи, которая состояла бы въ измѣреніи до и послѣ каждаго опыта всѣхъ факторовъ, опредѣляющихъ собою характеръ прерывистаго тока, я представить не могу, такъ какъ не производилъ подобныхъ измѣреній. Тѣмъ не менѣе, я имѣлъ въ рукахъ хотя и косвенное, но, мнѣ кажется, вполнѣ достаточное ручательство за отсутствіе въ теченіе опыта, по крайней мѣрѣ, такихъ измѣненій установки молоточка, которыя могли бы въ сколько-нибудь замѣтной степени измѣнять наблюдавшіяся явленія.

Мы увидимъ впослѣдствіи, что вліяніе предварительной поляризаціи, смотря по ея направленію, а также и по другимъ условіямъ опытовъ, выражается или въ томъ, что прерывистый токъ, вызывавшій до поляризаціи тетанусъ, даетъ послѣ нея простыя начальныя сокращенія, или, наоборотъ, въ томъ, что начальныя сокращенія до поляризаціи превращаются въ тетанусы послѣ ея прекращенія. Сообразуясь съ ожидаемымъ (на основаніи предварительныхъ опытовъ) въ каждомъ данномъ случаѣ эффектомъ, я поступалъ двоякимъ образомъ. Ожидая получить превращеніе тетануса въ начальное сокращеніе, я во все время поляризаціи заставлялъ молоточекъ колебаться безъ перерыва, что я могъ дѣлать безъ всякаго нарушенія хода опытовъ (см. главу о методѣ на стр. 64). При непрерывномъ колебаніи молоточка, какъ я имѣлъ множество случаевъ убѣдиться непосредственными измѣреніями и какъ это очевидно уже и a priori, возможно только одно измѣненіе характера доставляемаго прерывателемъ тока, а именно измѣненіе въ смыслѣ увеличенія продолжительности перерывовъ. Благодаря тому, что увеличеніе перерывовъ, какъ намъ уже извѣстно и какъ объ этомъ еще не разъ будетъ идти рѣчь дальше, ведетъ къ эффекту, какъ разъ противоположному тому, который мы надѣемся получить, полученіе ожидаемаго результата становится тѣмъ болѣе доказательнымъ. Наоборотъ, въ тѣхъ случаяхъ, когда вліяніе поляризаціи должно было выразиться въ превращеніи начальнаго сокращенія въ тетанусъ, я, во избѣжаніе возможнаго съ теченіемъ опыта увеличенія продолжительности перерывовъ, останавливалъ прерыватель вслѣдъ за прекращеніемъ раздраженія и затѣмъ приводилъ его въ дѣйствіе лишь незадолго до мо-

мента, когда предстояла надобность подвергать нервъ опять дѣйствію прерывистаго тока. Нечего и говорить, что я тщательно избѣгалъ всякаго прикосновенія къ молоточку какъ при остановкѣ, такъ и при приведеніи его въ дѣйствіе: то и другое производилось простымъ замыканіемъ и размыканіемъ тока (при посредствѣ ключа *r*, см. фиг. 9 на стр. 30), приводящаго въ движеніе нашъ прерыватель.

При изслѣдованіи вліянія предварительной поляризаціи я, естественнымъ образомъ, долженъ былъ поставить себѣ цѣлью рѣшеніе слѣдующихъ двухъ вопросовъ.

А. Какимъ образомъ видоизмѣняются эффекты раздраженія катодомъ прерывистаго тока, послѣ того какъ изслѣдуемый участокъ нерва находился въ теченіе извѣстнаго времени въ состояніи катэлектротона, или, какъ мы будемъ выражаться впослѣдствіи для краткости, послѣ предварительной поляризаціи катодомъ.

В. Какимъ образомъ видоизмѣняются эффекты раздраженія катодомъ прерывистаго тока, послѣ того какъ изслѣдуемый участокъ нерва находился въ теченіе нѣкотораго времени въ состояніи анэлектротона, или, другими словами, послѣ предварительной поляризаціи анодомъ.

А. *Вліяніе предварительной поляризаціи катодомъ.*

Опыты, направленные къ рѣшенію перваго изъ поставленныхъ нами выше вопросовъ, т.-е. къ опредѣленію вліянія предварительной поляризаціи катодомъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, были продѣланы мною при самыхъ разнообразныхъ силахъ раздраженія. Раздражающій и поляризующій токи имѣли постоянно одинаковую силу и одинаковое направленіе. Самый слабый токъ, которымъ я пользовался, соотвѣтствовалъ 1 *D* съ 20 сант. реохорда, т.-е. такому току, который, дѣйствуя на нормальный нервъ, даетъ завѣдомо болѣе или менѣе сильные тетанусы; самый сильный токъ — былъ токъ 10 *D*. Въ промежуткѣ между этими крайними предѣлами я имѣю опыты, сдѣланные съ токомъ 1 *D* съ 100 сант. реохорда, 1 *D*, 2 *D*, 3 *D*, 4 *D* и 6 *D* безъ реохорда. Болѣе слабымъ токамъ (1 *D* съ 20 и 100 сант. реохорда) я придавалъ при своихъ опытахъ какъ нисходящее, такъ и восходящее направленіе, при болѣе-же сильныхъ, по весьма понятнымъ причинамъ, принужденъ былъ ограничиться наблюденіемъ эффектовъ раздраженія нерва только

нисходящими токами. При слабыхъ и сильныхъ токахъ я пользовался изолирующей поляризаціей, лишь какъ средствомъ провѣрки результатовъ, полученныхъ безъ ея помощи; при токахъ-же средней силы прибѣгалъ къ ней постоянно.

Прерыватель устанавливался въ большинствѣ случаевъ не на минимальныхъ перерывахъ, но на такихъ, которые въ главѣ о методѣ были названы короткими (см. стр. 50). Подобная установка прибора была положительно необходима при всѣхъ опытахъ, при которыхъ я прибѣгалъ къ изолирующей поляризаціи, потому что, въ противномъ случаѣ (при установкѣ на минимумѣ перерывовъ), раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ давало бы, какъ намъ извѣстно (см. стр. 97), одни только начальныя сокращенія. Кромѣ того, я пользовался такой-же установкой и въ тѣхъ случаяхъ, когда на томъ-же самомъ нервѣ, на которомъ дѣлались опыты съ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ, изслѣдовалось еще и вліяніе поляризаціи анодомъ: это послѣднее, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, проявляется особенно рѣзко, когда продолжительность перерывовъ больше минимальной. Такимъ образомъ, установка прерывателя на минимальной величинѣ перерывовъ была примѣняема лишь сравнительно рѣдко, тѣмъ болѣе, что опыты съ болѣе продолжительными перерывами представляются во всѣхъ отношеніяхъ гораздо болѣе доказательными. Тѣ изъ приводимыхъ ниже міограммъ, при которыхъ употреблялись короткіе перерывы, отмѣчены поставленной на началѣ буквой *k*.

§ 13. Всѣ опыты со всевозможными силами тока и при установкѣ прерывателя какъ на минимальной, такъ и на короткой продолжительности перерывовъ, дали мнѣ одинъ и тотъ-же результатъ, который можетъ быть выраженъ слѣдующимъ образомъ.

Положеніе четвертое. При помощи болѣе или менѣе продолжительной предварительной поляризаціи катодома мы можемъ всегда привести нервъ въ такое состояніе, при которомъ прерывистый токъ съ минимальными и съ короткими перерывами даетъ не тетаническое возбужденіе, наблюдавшееся до поляризаціи, а только одно начальное сокращеніе.

Очевидно, что этотъ результатъ гармонируетъ вполнѣ съ результатами опытовъ, описанныхъ въ началѣ этого отдѣла.

Для доказательства изъ большого количества имѣющихся у меня въ распоряженіи міограммъ привожу нѣсколько примѣровъ за №№ 22—27. Всѣ міограммы понятны безъ дальнѣйшихъ поясненій, такъ какъ каждая изъ нихъ представляетъ наглядно весь ходъ опыта. Замѣчу только, что, при помощи силошной

стрѣлки, обозначено дѣйствіе на нервъ непрерывнаго тока, а знакъ + показываетъ, что нервъ подвергался предварительной изолирующей поляризаціи. Пунктированная стрѣлка, помѣщенная въ промежуткѣ между двумя пробами раздраженія, относится одновременно къ обѣимъ. Тѣ мѣста міограммъ, гдѣ третья зубчатая линія, обозначающая время (секунды), превращается въ прямую, показываютъ, что вращеніе цилиндра было пріостановлено, причемъ стоящія надъ ними числа даютъ продолжительность остановки въ минутахъ. На большинствѣ изъ міограммъ, кромѣ опытовъ съ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ, представлены еще результаты другихъ изслѣдованій, но объ нихъ будетъ идти рѣчь дальше.

Изъ всѣхъ приведенныхъ опытовъ я обращу пока особенное вниманіе только на два, а именно на №№ 27 и 24.

На міограммѣ за № 27 мы видимъ, что, послѣ двухминутной поляризаціи, раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ дало не начальныя сокращенія, какъ при всѣхъ другихъ опытахъ, а начальные тетанусы, которые лишь послѣ новой двухминутной поляризаціи превратились въ одиночныя сокращенія. Такой ходъ явленій представляетъ, въ сущности, общее правило. Только для наблюденія его нужно, очевидно, поступать не такъ, какъ мы поступали при опытахъ, изображенныхъ на міограммахъ. А именно, вмѣсто того, чтобы прибѣгать къ поляризаціи, продолжающейся зараз долгое время, мы должны подвергать нервъ дѣйствію непрерывнаго тока много разъ подъ-рядъ на сравнительно короткіе сроки и послѣ каждой короткой поляризаціи производить пробы раздраженія прерывистымъ токомъ. При такихъ условіяхъ мы, дѣйствительно, убѣждаемся, что состояніе нерва, при которомъ онъ реагируетъ на раздраженіе простымъ начальнымъ сокращеніемъ, предшествуетъ состояніе, при которомъ получаются начальные тетанусы различной продолжительности.

Міограмма за № 24 представляется интересной въ слѣдующемъ отношеніи. Она показываетъ, что *особенное состояніе, въ которое приходитъ нервъ подъ вліяніемъ предшествовавшей поляризаціи, не способно, или, по крайней мѣрѣ, мало способно къ самопроизвольному исчезанію даже послѣ продолжительнаго отдыха*. На этой міограммѣ изображенъ опытъ, при которомъ послѣ окончанія поляризаціи производились четыре раза пробы раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, отдѣленныя другъ отъ друга десятиминутными промежутками отдыха. Несмотря на то, что послѣднее раздраженіе дѣйствовало, такимъ образомъ, на

нервъ спустя полчаса послѣ прекращенія поляризаціи, оно все-таки вызвало простое начальное сокращеніе, ничѣмъ не отличающееся отъ полученнаго вслѣдъ за размыканіемъ поляризующаго тока. Неспособность нерва оправляться въ сколько-нибудь замѣтной степени отъ измѣненій, вызванныхъ въ немъ болѣе или менѣе продолжительной поляризаціей, проявляется на самомъ дѣлѣ еще рѣзче, чѣмъ это показываетъ приведенный опытъ. У меня есть наблюденія, при которыхъ нерву предоставлялся двухчасовой отдыхъ, и тѣмъ не менѣе, даже по истеченіи столь значительнаго времени, раздраженіе сильнымъ прерывистымъ токомъ давало одни только начальныя сокращенія.

§ 14. Нервъ, измѣненный предварительной поляризаціей катодомъ, относится къ измѣненіямъ условій раздраженія совершенно также, какъ и нервъ нормальный.

Такъ, раздраженіе измѣненнаго нерва прерывистымъ токомъ не съ одинаковымъ, а съ поперемѣнно противоположнымъ направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ, даетъ всегда тетанусы, даже при самыхъ слабыхъ силахъ раздражающаго тока.

Точно также мы получаемъ тетанусы и при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ одинаковымъ направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ, если только увеличимъ въ достаточной степени продолжительность перерывовъ.

Привожу по одному примѣру для каждаго изъ двухъ описанныхъ случаевъ (міограммы за №№ 28 и 29). На обѣихъ міограммахъ нервъ предварительной поляризаціей доведенъ до такого состоянія, при которомъ прерывистый токъ даетъ начальныя сокращенія. Буквы *k* и *d* на міограммѣ за № 29 обозначаютъ періоды раздраженія нерва токомъ съ короткими (*k*) и съ продолжительными (*d*) перерывами.

§ 15. При полученіи большинства приведенныхъ до сихъ поръ міограммъ, установка прерывателя была такова, что перерывы имѣли величину больше минимальной. Однако, мною было сдѣлано не малое количество опытовъ и при употребленіи для раздраженія прерывистаго тока съ минимальными перерывами. Результаты этихъ послѣднихъ опытовъ, представляясь съ качественной стороны совершенно тождественными съ описанными выше, отличаются отъ нихъ только въ количественномъ отношеніи. Разница между обоими случаями проявляется въ томъ, что для полученія начальнаго сокращенія достаточно очень короткой поляризаціи, если прерыватель установленъ на минимумъ перерывовъ, между тѣмъ какъ при употребленіи для раздраженія прерывистаго тока съ коротками перерывами мы должны

для достиженія того-же эффекта, поляризовать нервъ значительно дольше.

Уже на основаніи указанныхъ фактовъ мы можемъ придти къ заключенію, что предварительная поляризація, смотря по ея продолжительности, способна измѣнять состояніе нерва въ самой разнообразной степени, причемъ каждому данному состоянію соотвѣтствуетъ опредѣленная продолжительность, до которой только мы можемъ удлинять перерывы тока, если хотимъ еще наблюдать явленіе начальнаго сокращенія. А именно, чѣмъ слабѣе измѣненіе нерва, тѣмъ короче должны быть перерывы тока, и наоборотъ, перерывы могутъ имѣть бо́льшую величину, если измѣненіе нерва выражено сильнѣе.

Этотъ выводъ, уже весьма вѣроятный благодаря приведеннымъ выше фактамъ, я могу подкрѣпить еще цѣлымъ рядомъ опытовъ, производившихся слѣдующимъ образомъ.

Установивши прерыватель на минимальной или близкой къ минимальной величинѣ перерывовъ, я поляризовалъ нервъ въ теченіе времени, необходимаго для полученія начальныхъ сокращеній при дѣйствіи даннаго прерывистаго тока. Затѣмъ, я измѣнялъ установку прибора такъ, чтобы продолжительность перерывовъ сдѣлалась нѣсколько больше. Раздражая нервъ прерывистымъ токомъ при новой установкѣ, я получалъ уже тетанусы, которые послѣ дальнѣйшей поляризаціи превращались опять въ начальныя сокращенія. При дальнѣйшемъ увеличеніи продолжительности перерывовъ опять появлялись тетанусы, которые въ свою очередь могли быть превращены въ начальныя сокращенія при помощи новой поляризаціи и т. д. При нѣкоторыхъ опытахъ мнѣ удавалось увеличивать продолжительность перерывовъ съ описаннымъ результатомъ 3 или 4 раза подрядъ. Такіе опыты были продѣланы много разъ при самыхъ разнообразныхъ силахъ прерывистаго тока. Примѣровъ не привожу, такъ какъ опыты, по своему характеру, не пригодны для графическаго изображенія получаемыхъ при нихъ результатовъ.

§ 16. Чтобы составить себѣ хотя нѣкоторое представленіе о величинѣ, до которой можетъ быть доведена продолжительность перерывовъ, при сохраненіи еще за токомъ способности вызывать не тетаническое, а только начальное возбужденіе, я сдѣлалъ слѣдующіе опыты.

Подвергнувши нервъ пятиминутной нисходящей поляризаціи, я разыскивалъ ощупью такую установку прерывателя, при которой токъ, дѣйствуя на нервъ, давалъ еще начальныя сокращенія, но начиналъ давать тетанусы уже при самомъ ничтожномъ удлиненіи перерывовъ. Найдя требуемую установку, я измѣрялъ продолжительность перерывовъ тока по извѣстному уже намъ способу. Такихъ измѣреній было сдѣлано мною только три, причемъ всѣ они относятся къ случаю раздраженія нерва токомъ 4*D*. Результаты привожу въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Отклоненіе стрѣлки гальванометра подъ вліяніемъ непрерывнаго тока. α.	Отклоненіе стрѣлки гальванометра подъ вліяніемъ прерывистаго тока. β.	Частота перерывовъ. F.	Вычисленная продолжительность каждаго толчка тока.	Вычисленная продолжительность каждаго перерыва тока.	Приблизительное отношеніе продолжительности перерывовъ къ продолжительности толчковъ тока.
42°	36°30′	73	0,0122	0,0015	1 : 8
40°	32°15′	102	0,0081	0,0017	1 : 5
45°	32°30′	72	0,0105	0,0033	1 : 3

Приведеннымъ числамъ я не придаю, конечно, никакого особеннаго значенія, такъ какъ способъ, при помощи котораго достигалась требуемая установка прерывателя, представляется очень грубымъ. На неточность способа указываютъ уже значительныя разницы въ полученныхъ числахъ. Все значеніе этихъ послѣднихъ ограничивается, такимъ образомъ, тѣмъ, что они даютъ намъ понятіе о продолжительности перерывовъ, при которой навѣрно еще могутъ быть получаемы начальныя сокращенія. Эта продолжительность, какъ легко видѣть, въ послѣднемъ опытѣ значительно превышаетъ ту, которую мы въ главѣ о методѣ отмѣтили условно подъ названіемъ короткой.

B. *Вліяніе предварительной поляризаціи анодомъ.*

Теперь перехожу къ опытамъ, имѣющимъ цѣлью рѣшить второй изъ поставленныхъ въ началѣ настоящаго отдѣла вопросовъ, а именно, вопросъ, какимъ образомъ предварительная поляризація анодомъ отражается на явленіяхъ возбужденія нерва въ области катода прерывистаго раздражающаго тока. При этихъ опытахъ, въ противоположность описаннымъ раньше, раздражающій и поляризующій токи имѣли не одно и то-же, но взаимно противоположное направленіе.

Вліяніе предварительной поляризаціи анадомъ оказалось сложнѣе соотвѣтствующаго вліянія поляризаціи катодомъ, такъ какъ при различныхъ условіяхъ опыта наблюдались явленія, отличающіяся другъ отъ друга не только въ количественномъ, но даже и въ качественномъ отношеніи.

Прежде всего оказалось необходимымъ различать при изслѣдованіи два случая, смотря по тому состоянію нерва, изъ котораго мы исходили при нашихъ опытахъ. Для изслѣдованія вліянія предварительной поляризаціи анодомъ мы можемъ пользоваться или свѣжимъ, только что отпрепарованнымъ и не подвергавшимся еще раздраженію нервомъ, или же мы можемъ употреблять для опытовъ нервъ, измѣненный предварительной поляризаціей катодомъ. Хотя явленія, наблюдаемыя въ томъ и другомъ случаѣ, имѣютъ между собою много общаго, тѣмъ не менѣе, я считаю болѣе удобнымъ описывать ихъ отдѣльно.

а) *Опыты надъ нормальнымъ нервомъ.*

§ 17. При постановкѣ первыхъ, относящихся сюда, опытовъ, я исходилъ изъ оправдываемаго большинствомъ извѣстныхъ фактовъ предположенія, что дѣйствіе анода должно быть противоположно дѣйствію катода. Поэтому, ожидая получить послѣ поляризаціи анодомъ тетанусы при тѣхъ условіяхъ, при которыхъ до поляризаціи получались только начальныя сокращенія, я долженъ былъ пользоваться для раздраженія прерывистымъ токомъ такого характера, который, при дѣйствіи на нормальный нервъ, давалъ бы только начальныя сокращенія или, въ крайнемъ случаѣ, короткіе начальные тетанусы. Другими словами, я долженъ былъ устанавливать прерыватель по возможности строго на минимальной продолжительности перерывовъ и, кромѣ того, употреблять для раздраженія самые слабые токи.

Такіе опыты, произведенные при обоихъ направленіяхъ раздражающаго тока, оправдали вполнѣ мои ожиданія: вмѣсто начальныхъ сокращеній до поляризаціи получались, послѣ ея прекращенія, болѣе или менѣе сильные тетанусы.

Въ видѣ примѣра привожу двѣ міограммы за №№ 30 и 31.

§ 18. При описанныхъ опытахъ я пользовался для поляризаціи нерва тѣмъ-же токомъ, который служилъ и для раздраженія, т.-е. токомъ очень слабымъ. Хотя, въ виду предполагавшагося мною вліянія поляризаціи анодомъ, я и не могъ допускать усиленія раздражающаго тока (болѣе сильные токи, какъ намъ извѣстно, даютъ при короткихъ пробахъ раздраженія

нормальнаго нерва тетанусы максимальной высоты, которые не способны къ дальнѣйшему усиленію), но зато я имѣлъ полную возможность разнообразить силу поляризующаго тока въ какихъ угодно предѣлахъ. Такіе опыты, при которыхъ, слѣдовательно, для раздраженія употреблялся по прежнему слабый токъ, а для поляризаціи токи различной силы, отчасти подтвердили описанный въ предыдущемъ параграфѣ результатъ, а отчасти показали, что дѣйствіе предварительной поляризаціи анодомъ значительно сложнѣе, чѣмъ это можно было-бы предполагать сначала. Оказалось именно, что для полученія тетанусовъ послѣ поляризаціи необходимо, чтобы продолжительность этой послѣдней не превышала опредѣленной величины, тѣмъ меньшей, чѣмъ сильнѣе токъ. Въ противномъ-же случаѣ, прерывистый токъ даетъ послѣ поляризаціи такія-же начальныя сокращенія, какія получались и до нея. Если поляризующій токъ имѣетъ значительную силу (при употребленіи, напр., тока $3D$ безъ реохорда), то вторая стадія явленій наблюдается уже послѣ поляризаціи, длившейся въ теченіе какихъ-нибудь 10 — 15 секундъ, такъ что, желая при подобныхъ условіяхъ получить тетанусы вмѣсто начальныхъ сокращеній, мы должны ограничить продолжительность поляризаціи всего нѣсколькими секундами. Изъ этихъ опытовъ я долженъ былъ, такимъ образомъ, заключить, что въ дѣйствіи предварительной поляризаціи анодомъ нужно различать двѣ стадіи, изъ которыхъ только первая благопріятствуетъ полученію тетанической реакціи на раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ.

Желая удостовѣриться, не представляется-ли вліяніе поляризаціи во второй стадіи прямо противоположнымъ тому, какое наблюдается въ первой, я предпринялъ рядъ опытовъ, при которыхъ выбиралъ для раздражающаго тока такую силу, чтобы токъ, вызывая при дѣйствіи на нормальный нервъ сильные тетанусы, стоялъ все-таки не особенно далеко отъ тѣхъ токовъ, при которыхъ получаются простыя начальныя сокращенія. Для поляризаціи-же я пользовался токомъ $3D$. Прерыватель устанавливался по возможности точно на минимальной величинѣ перерывовъ.

Всѣ такого рода опыты дали мнѣ одинъ и тотъ-же результатъ: тотъ самый прерывистый токъ, который, будучи приложенъ къ нормальному нерву, даетъ сильный и правильный тетанусъ, послѣ поляризаціи, продолжавшейся нѣкоторое, уже сравнительно короткое, время, начинаетъ давать начальныя сокращенія. Для примѣра привожу 2 міограммы за №№ 32 и 33.

§ 19. Такимъ образомъ мы видимъ, что предполагавшейся

нами сначала полной противоположности между дѣйствіемъ предварительной поляризаціи катодомъ и анодомъ на самомъ дѣлѣ не существуетъ, но послѣ поляризаціи анодомъ, при извѣстныхъ условіяхъ, можетъ быть полученъ результатъ, вполнѣ аналогичный получаемому послѣ поляризаціи катодомъ. Однако, дальнѣйшіе опыты показали, что между тѣмъ и другимъ случаемъ существуетъ громадная разница въ количественномъ отношеніи.

На основаніи всѣхъ явленій, изложенныхъ до сихъ поръ въ настоящей главѣ, мы неизбѣжно должны придти къ представленію, что форма реакціи нерва на данный прерывистый токъ опредѣляется вообще двумя факторами: съ одной стороны состояніемъ изслѣдуемаго нерва, а съ другой—характеромъ дѣйствующаго на него прерывистаго тока. Благодаря тому, что одинъ изъ указанныхъ двухъ факторовъ, а именно, второй, доступенъ непосредственному измѣренію, мы получаемъ возможность составить себѣ довольно опредѣленное представленіе также и о величинѣ перваго.

Предположимъ, что мы имѣемъ передъ собою два нерва, измѣненные въ большей или меньшей степени предварительной поляризаціей, и требуется рѣшить вопросъ, который изъ нихъ измѣненъ сильнѣе. Принимая во вниманіе извѣстную намъ зависимость получаемаго эффекта отъ силы раздражающаго тока съ одной стороны (положеніе первое, стр. 88) и продолжительности перерывовъ съ другой (положеніе второе, стр. 90), мы можемъ, для рѣшенія нашего вопроса, поступать двоякимъ образомъ: мы можемъ производить сравнительные опыты съ раздраженіемъ обоихъ нервовъ или токами различной силы при одинаковой установкѣ прерывателя, или же токомъ одной и той же силы, но при различной установкѣ молоточка. Какъ изъ того, такъ и изъ другого ряда опытовъ мы въ состояніи получить данныя, вполнѣ достаточныя для правильнаго отвѣта на поставленный нами вопросъ. Въ самомъ дѣлѣ, если бы изъ перваго ряда опытовъ оказалось, что одинъ нервъ даетъ начальныя сокращенія только при сравнительно слабомъ раздраженіи, а при болѣе сильномъ—тетанусъ, между тѣмъ какъ второй даетъ начальныя сокращенія при всѣхъ силахъ раздражающаго тока, мы, очевидно, должны были бы придти къ выводу, что измѣненіе второго нерва выражено рѣзче. То-же самое заключеніе должно было бы быть выведено и изъ второго ряда опытовъ, если бы мы, получая при раздраженіи перваго нерва начальныя сокращенія лишь при условіи установки прерывателя на минимальной величинѣ перерывовъ, могли получать тотъ-же эффектъ, раздражая второй нервъ прерывистымъ токомъ съ перерывами, имѣющими значительно большую продолжительность.

Примѣняя оба способа изслѣдованія къ нашему случаю, мы и приходимъ къ выводу, что слѣды, оставляемые въ нервѣ продолжительной поляризаціей анодомъ и катодомъ, оказываются весьма различными въ количественномъ отношеніи.

Такъ, изслѣдуя вліяніе предварительной поляризаціи анодомъ при помощи опытовъ, вполнѣ аналогичныхъ описаннымъ въ предыдущемъ параграфѣ, но употребляя при этомъ для раздраженія нерва не слабый, а тотъ-же сильный токъ, который служитъ и для поляризаціи, мы въ большинствѣ случаевъ, даже послѣ очень продолжительной (многоминутной) поляризаціи, получаемъ такіе-же тетанусы, какъ и до начала ея дѣйствія. Довольно часто, впрочемъ, приходится наблюдать болѣе или менѣе короткіе начальные тетанусы, а простыя начальныя сокращенія развѣ только, какъ исключенія.

Описанныя явленія относятся къ случаю, когда прерыватель установленъ на минимальной величинѣ перерывовъ. Если-же мы установимъ его на перерывахъ короткихъ, то полученіе начальныхъ сокращеній или короткихъ начальныхъ тетанусовъ становится невозможнымъ ни при какой силѣ и ни при какой продолжительности поляризаціи, если только мы пользуемся для раздраженія не самыми слабыми токами.

Принимая во вниманіе извѣстный намъ фактъ, что болѣе или менѣе продолжительная предварительная поляризація катодомъ способна каждый разъ, съ неизмѣнною правильностью, приводить нервъ въ такое состояніе, при которомъ прерывистые токи какой угодно силы, и притомъ съ весьма значительною продолжительностью перерывовъ, даютъ простыя начальныя сокращенія, мы приходимъ къ выводу, что продолжительная предварительная поляризація анодомъ, обладая способностью дѣйствовать въ томъ-же направленіи, тѣмъ не менѣе, проявляетъ эту способность въ несравненно болѣе слабой степени.

Резюмируя все сказанное до сихъ поръ относительно вліянія предварительной поляризаціи анодомъ, насколько оно проявляется при употребленіи для опытовъ нормальнаго нерва, мы приходимъ къ слѣдующему окончательному выводу.

Положеніе пятое. Вліяніе предварительной поляризаціи анодомъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока оказывается противоположнымъ вліянію такой-же поляризаціи катодомъ лишь при условіи, когда поляризація длится

не долю (тѣмъ короче, чѣмъ сильнѣе поляризующій токъ); при болѣе-же продолжительномъ дѣйствіи поляризующаго тока слѣды, оставляемые въ нервѣ поляризаціей анодомъ и катодомъ, представляясь вполнѣ тождественными по своему характеру, отличаются другъ отъ друга только въ количественномъ отношеніи: вліяніе поляризаціи катодомъ несравненно сильнѣе соотвѣтствующаго вліянія поляризаціи анодомъ.

b) *Опыты надъ нервомъ, измѣненнымъ предварительной поляризаціей катодомъ.*

Изслѣдуя вліяніе поляризаціи анодомъ на нервъ, подвергавшійся уже дѣйствію катода постояннаго тока, мы получаемъ различныя явленія, смотря по установкѣ прерывателя, какою мы пользуемся для опытовъ.

§ 20. При опытахъ съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ токомъ съ минимальными перерывами, мы не получаемъ никакого сколько-нибудь яснаго результата. Для нерва, доведеннаго предварительной поляризаціей катодомъ до состоянія, при которомъ прерывистый токъ даетъ одни только начальныя сокращенія, послѣдующая поляризація анодомъ проходитъ какъ бы совершенно безслѣдно: тѣ-же начальныя сокращенія, которыя получались до поляризаціи, продолжаютъ получаться и послѣ ея прекращенія. Впрочемъ, нѣкоторые, хотя и весьма слабые, намеки на существованіе вліянія поляризаціи анодомъ могутъ быть подмѣчены и при описываемыхъ опытахъ. Вліяніе это сказывается въ томъ, что послѣ поляризаціи анодомъ начальныя сокращенія пріобрѣтаютъ очень часто тетаническій характеръ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ превращаются даже въ короткіе начальные тетанусы.

§ 21. Совершенно другая картина явленій получается въ томъ случаѣ, когда продолжительность перерывовъ тока больше минимальной. Употребляя и теперь для опытовъ нервъ, измѣненный предшествовавшей поляризаціей катодомъ настолько, что раздраженіе даннымъ прерывистымъ токомъ вызываетъ простыя начальныя сокращенія, мы находимъ, что противоположность эффектовъ, вызываемыхъ поляризаціей катодомъ и анодомъ, выступаетъ при данныхъ условіяхъ до нельзя рѣзко при всевозможныхъ силахъ раздражающаго и поляризующаго токовъ: начальное сокращеніе, полученное при раздраженіи нерва послѣ первой поляризаціи, превращается въ сильнѣйшій тетанусъ послѣ второй. Получивши тетанусы послѣ поляризаціи анодомъ, мы можемъ при помощи новой поляризаціи катодомъ превратить

ихъ опять въ начальныя сокращенія, которыя въ свою очередь опять превращаются въ тетанусы при помощи поляризаціи анодомъ, и т. д. сколько угодно разъ подъ-рядъ.

Такіе опыты съ поляризаціей анодомъ производились въ большинствѣ случаевъ, какъ продолженіе опытовъ съ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ. Полученные результаты мы можемъ видѣть на приведенныхъ уже раньше міограммахъ за №№ 22, 23 и 26. Изъ нихъ на міограммѣ за № 22 представленъ результатъ двукратнаго чередованія той и другой поляризаціи.

На основаніи описанныхъ опытовъ не можетъ оставаться никакого сомнѣнія, что нервъ подъ вліяніемъ поляризаціи анодомъ способенъ оправляться отъ тѣхъ измѣненій, которыя были вызваны въ немъ предварительной поляризаціей катодомъ. Сопоставляя этотъ результатъ съ тѣмъ, къ которому мы пришли въ предыдущемъ параграфѣ, мы должны, однако, признать, что возстановляющее дѣйствіе анода имѣетъ свои предѣлы и не можетъ возвратить нерву вполнѣ нормальныхъ свойствъ: возстановляя нервъ настолько, что на прерывистый токъ съ короткими перерывами онъ реагируетъ тетанусомъ, поляризація анодомъ не въ состояніи довести возстановленія до того, чтобы получались тетанусы и при раздраженіи прерывистымъ токомъ съ минимальными перерывами. Невозможность получить полное возстановленіе нерва должна быть, очевидно, поставлена въ связь съ извѣстнымъ уже намъ фактомъ (см. положеніе пятое), что поляризація анодомъ сама по себѣ обладаетъ способностью оставлять въ нервѣ измѣненіе такого-же характера, какъ и поляризація катодомъ, но только выраженное въ гораздо болѣе слабой степени.

На основаніи всего сказаннаго мы приходимъ къ слѣдующему положенію.

Положеніе шестое. Вліяніе поляризаціи анодомъ на нервъ, подвергавшійся уже дѣйствію поляризаціи катодомъ, оказывается прямо противоположнымъ вліянію этой послѣдней, по скольку первая способна уничтожать всѣ измѣненія, оставшіяся въ нервѣ послѣ второй, за исключеніемъ того небольшого остатка, который можетъ быть вызванъ уже самой поляризаціей анодомъ.

III. Вліяніе поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Убѣдившись изъ опытовъ, изложенныхъ въ предыдущемъ отдѣлѣ, въ какой громадной степени измѣняются послѣ поляри-

зацiи эффекты раздраженiя нерва прерывистымъ токомъ, я долженъ былъ, естественнымъ образомъ, придти къ предположенiю, что и сама поляризацiя не останется безъ вліянiя на форму реакцiи нерва на раздраженiе.

Для изслѣдованiя этого вопроса, я воспользовался описаннымъ въ главѣ о методѣ пріемомъ (см. стр. 65), который позволялъ мнѣ пропускать по одному и тому-же участку нерва какъ постоянный, такъ и прерывистый токъ, причемъ я поступалъ при опытахъ слѣдующимъ образомъ.

Сначала, еще до поляризацiи, я раздражалъ нервъ одинъ или два раза короткими замыканiями прерывистаго тока. Затѣмъ замыкалъ поляризующiй токъ (при помощи ртутной чашечки S; см. фиг. 13 на стр. 65) и опять, уже во время поляризацiи, повторялъ раздраженiе нерва тѣмъ же прерывистымъ токомъ. Сравнивая эффекты, полученные при раздраженiи до и во время поляризацiи, я и дѣлалъ заключенiе насчетъ вліянiя этой послѣдней.

Для бо́льшей достовѣрности получаемаго заключенiя я не ограничивался описанными двумя пробами раздраженiя — до и во время поляризацiи, — но постоянно присоединялъ къ нимъ третью, производимую уже послѣ прекращенiя поляризацiи, такъ что на имѣющихся у меня миограммахъ эффекты раздраженiя нерва во время поляризацiи записаны между эффектами, полученными до и послѣ нея. Очень часто, не ограничиваясь и этимъ, я продолжалъ опытъ еще дальше, производя пробы раздраженiя нерва при повторномъ замыканiи и размыканiи поляризующаго тока.

Описанный пріемъ производства опытовъ представляется, такимъ образомъ, вполнѣ тождественнымъ съ тѣмъ, который употребляется обыкновенно для демонстрированiя Пфлюгеровскихъ явленiй измѣненiя раздражительности нерва подъ вліянiемъ тока. Единственная разница между ними состоитъ въ томъ, что у меня для раздраженiя и поляризацiи служилъ одинъ и тотъ-же, а не два сосѣднихъ участка, какъ при опытахъ Пфлюгера. Конечно, и при моихъ опытахъ можно было бы пропускать оба тока также по двумъ различнымъ участкамъ нерва, тѣмъ не менѣе, я предпочелъ описанный пріемъ изслѣдованiя, такъ какъ лишь при немъ я имѣлъ возможность строго изолировать наблюденiе эффектовъ раздраженiя нерва катодомъ и анодомъ прерывистаго тока. Для этого стоило только во всѣхъ случаяхъ, когда, по условiямъ опытовъ, можно было ожидать появленiя возбужденiя на анодѣ, пользоваться предварительной изолирующей поляризацiей

При опытахъ съ вліянiемъ поляризацiи, я долженъ былъ, какъ и въ предыдущемъ отдѣлѣ, постараться рѣшить слѣдующiе два вопроса:

А. Какъ вліяетъ поляризацiя катодомъ на эффекты раздраженiя нерва катодомъ прерывистаго тока, и

В. Какъ вліяетъ поляризацiя анодомъ на эффекты раздраженiя нерва катодомъ прерывистаго тока.

Прежде чѣмъ перейти къ описанiю опытовъ, направленныхъ къ рѣшенiю обоихъ поставленныхъ вопросовъ, считаю необходимымъ сдѣлать предварительно нѣкоторыя замѣчанiя насчетъ условiй, которыя должны быть соблюдаемы, если мы хотимъ наблюдать явленiя въ болѣе или менѣе рѣзкой формѣ и не впасть въ ошибку, признавъ отсутствiе вліянiя поляризацiи тамъ, гдѣ оно, на самомъ дѣлѣ, существуетъ. Эти условiя представляются болѣе или менѣе аналогичными тѣмъ, которыя должны быть соблюдаемы и при Пфлюгеровскихъ опытахъ.

Всѣмъ извѣстно, что Пфлюгеровскiя явленiя повышенiя эффекта въ сферѣ катэлектротона и пониженiя въ сферѣ анэлектротона могутъ быть наблюдаемы лишь тогда, когда употребляются для раздраженiя индукцiонные удары подходящей силы. Такая необходимость подбирать для каждаго даннаго случая опредѣленную силу раздражающаго удара вытекаетъ, какъ непосредственное слѣдствiе, изъ основныхъ свойствъ нерва.

Мы знаемъ, что между высотой мышечнаго сокращенiя и силой раздражающаго индукцiоннаго удара нѣтъ прямой пропорцiональности, или, лучше сказать, такая пропорцiональность существуетъ лишь между узкими предѣлами скалы раздраженiя. Съ одной стороны, всѣ силы токовъ, лежащiя ниже такъ называемаго порога раздраженiя (Reizschwelle, т.-е. сила раздражителя, при которой начинаютъ получаться первые слѣды мышечнаго сокращенiя), одинаково остаются безъ всякаго эффекта, а съ другой — всѣ силы токовъ, превосходящiя ту сравнительно незначительную силу, при которой только-что начинаютъ получаться максимальныя сокращенiя, продолжаютъ давать сокращенiя той-же максимальной высоты. Вслѣдствiе этого, усиленiе и ослабленiе эффекта въ зависимости отъ усиленiя и ослабленiя раздражающаго тока можетъ быть наблюдаемо лишь при условiи, когда сила раздраженiя колеблется между указанными весьма узкими предѣлами. Въ противномъ случаѣ, даже самыя рѣзкiя

колебанія силы раздражителя остаются безъ всякаго вліянія на высоту мышечнаго сокращенія.

Мы знаемъ также, что Пфлюгеровское измѣненіе нерва подъ вліяніемъ поляризаціи проявляется не въ усиленіи или ослабленіи возможной максимальной высоты сокращенія, а только въ томъ, что минимальныя и максимальныя сокращенія начинаютъ получаться въ сферѣ катэлектротона уже при болѣе слабомъ, а въ сферѣ анэлектротона лишь при болѣе сильномъ раздраженіи. Другими словами, та узкая часть скалы силъ токовъ, на протяженіи которой съ измѣненіемъ силы раздраженія измѣняется высота сокращенія, передвигается болѣе или менѣе далеко въ сторону болѣе слабыхъ токовъ, когда нервъ приведенъ въ состояніе катэлектротона, и въ сторону болѣе сильныхъ, когда нервъ приведенъ въ состояніе анэлектротона.

Отсюда становится очевиднымъ, что слишкомъ сильный индукціонный ударъ можетъ давать максимальное сокращеніе, хотя онъ и приложенъ въ сферѣ анэлектротона, точно также, какъ слишкомъ слабый ударъ, приложенный въ сферѣ катэлектротона, можетъ все-таки оставаться безъ всякаго эффекта. Отсюда вытекаютъ также правила, которыми мы должны руководствоваться при выборѣ силы раздражающаго тока, если хотимъ наблюдать Пфлюгеровскія явленія въ возможно рѣзкой формѣ. А именно, желая показать, что эффектъ въ сферѣ катэлектротона повышается, цѣлесообразнѣе всего пользоваться такимъ индукціоннымъ ударомъ, который, не вызывая въ приложеніи къ неполяризованному нерву никакого эффекта, обладаетъ способностью давать сокращеніе уже при самомъ ничтожномъ его усиленіи. Точно также, желая показать, что въ сферѣ анэлектротона происходитъ пониженіе эффекта, мы должны стараться, чтобы употребляемый для раздраженія ударъ давалъ въ приложеніи къ неполяризованному нерву максимальный эффектъ, но чтобы самое ничтожное его ослабленіе отражалось уже замѣтнымъ образомъ на высотѣ получаемаго сокращенія. При соблюденіи этихъ условій, представляется, въ большинствѣ случаевъ, возможнымъ получать при Пфлюгеровскихъ опытахъ, смотря по характеру поляризаціи, переходъ или отъ полнаго покоя къ максимальному сокращенію, или, наоборотъ, отъ максимальнаго сокращенія къ полному покою.

Отношенія, вполнѣ аналогичныя выше описаннымъ, должны существовать и при нашихъ опытахъ съ вліяніемъ поляризаціи на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ.

Всѣ опыты, изложенные до сихъ поръ въ настоящей главѣ,

должны были убѣдить насъ, что реакція нерва на раздраженіе прерывистымъ токомъ находится въ зависимости отъ характера этого послѣдняго, опредѣляемаго какъ его силой, такъ и продолжительностью его перерывовъ. Зависимость эта представляется во многихъ отношеніяхъ сходной съ той, которая существуетъ между силой раздражающаго индукціоннаго удара съ одной стороны и высотой получаемаго сокращенія съ другой.

Мы знаемъ, что раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ можетъ вызывать, смотря по условіямъ опыта, или простое начальное сокращеніе, или постоянный тетанусъ [1]), или, наконецъ, переходныя формы между тѣмъ и другимъ, проявляющіяся въ видѣ начальныхъ тетанусовъ большей или меньшей продолжительности. Вотъ этотъ-то переходъ отъ начальныхъ сокращеній къ начальнымъ и, наконецъ, къ постояннымъ тетанусамъ, совершающійся при постепенномъ измѣненіи характера прерывистаго тока, и можетъ быть поставленъ въ параллель съ измѣненіемъ высоты сокращенія отъ нуля до максимальной величины, наблюдаемымъ при постепенномъ измѣненіи силы раздражающаго индукціоннаго удара. При этомъ, очевидно, прерывистый токъ такого характера (т.-е. такой силы и съ такою продолжительностью перерывовъ), при которомъ начинаютъ получаться первые намеки на переходъ начальныхъ сокращеній въ начальные тетанусы, соотвѣтствуетъ той силѣ индукціоннаго удара, при которой начинаютъ получаться первые слѣды возбужденія; съ другой стороны, тотъ прерывистый токъ, при которомъ только-что начали получаться тетанусы постояннаго характера, долженъ быть сравниваемъ съ индукціоннымъ ударомъ такой силы, при которой только-что начали получаться сокращенія максимальной высоты.

Проведенная параллель представляется вполнѣ законной на томъ основаніи, что какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ каждому данному раздражителю соотвѣтствуетъ своя особенная реакція нерва только при условіи, когда раздражитель измѣняется между указанными выше предѣлами; въ противномъ-же случаѣ, т.-е. при измѣненіи раздражителя въ сторону отъ этихъ предѣловъ, измѣненіе это, какой-бы величины оно ни достигало, должно оставаться безъ всякаго видимаго эффекта. Такъ, напр.

[1]) Подъ словомъ постоянный тетанусъ, какъ это было уже замѣчено мною (см. стр. 92), я понимаю тетанусъ, длящійся во все время короткаго (въ нѣсколько секундъ) періода раздраженія. Только при такомъ условіи и можно говорить о постоянномъ тетанусѣ, такъ какъ мы знаемъ, что при продолжительномъ раздраженіи всякій тетанусъ оказывается въ сущности начальнымъ.

ши за исходный пунктъ прерывистый токъ такой силы и съ такой продолжительностью перерывовъ, при которыхъ только что начали получаться постоянные тетанусы, мы будемъ продолжать получать такіе-же тетанусы, какъ бы мы ни усиливали раздражающій токъ и какъ бы мы ни удлиняли продолжительность его перерывовъ: совершенно подобно тому, какъ при всякомъ усиленіи индукціоннаго удара, дающаго уже максимальное сокращеніе, мы будемъ получать сокращенія той-же самой максимальной высоты. Точно также, исходя отъ прерывистаго тока такой силы и съ такою продолжительностью перерывовъ, при которыхъ только что начали получаться начальныя сокращенія, мы можемъ сколько угодно ослаблять раздражающій токъ или укорачивать его перерывы, и все-таки не будемъ въ состояніи получить ничего иного, кромѣ такихъ-же самыхъ начальныхъ сокращеній [1]). Это опять-таки представляется вполнѣ аналогичнымъ случаю, когда сила индукціоннаго удара стоитъ ниже порога раздраженія и когда, при всякомъ дальнѣйшемъ ослабленіи раздражителя, мы продолжаемъ получать то-же самое отсутствіе эффекта.

Такимъ образомъ, измѣненіе различныхъ описанныхъ мною формъ реакціи нерва на раздраженіе прерывистымъ токомъ въ связи съ измѣненіями характера этого послѣдняго подчиняется совершенно такому-же закону, какой опредѣляетъ зависимость высоты мышечнаго сокращенія отъ силы раздражающаго индукціоннаго удара.

Съ другой стороны, мы не имѣемъ никакихъ основаній ожидать, чтобы поляризація нерва въ нашемъ случаѣ сопровождалась какими бы то ни было коренными измѣненіями формы реакціи нерва на раздраженіе. Напротивъ того, опыты показали, что всѣ изученныя нами формы (начальное сокращеніе, начальные тетанусы и постоянный тетанусъ) могутъ быть наблюдаемы и во время поляризаціи, такъ что вліяніе этой послѣдней ограничивается только тѣмъ, что при ея содѣйствіи одна форма превращается въ другую. Другими словами, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ такими-же отношеніями, какъ и при Пфлюгеровскихъ опытахъ, гдѣ вліяніе поляризаціи сказывается тоже не въ видѣ кореннаго измѣненія эффекта, получаемаго при раздраженіи нерва (всѣ возможныя высоты сокращенія

[1]) При этомъ я, конечно, предполагаю, что употребляемые при опытахъ прерывистые токи имѣютъ постоянно силу, превышающую порогъ раздраженія нерва.

мышцы могутъ быть получены какъ безъ, такъ и во время поляризаціи), а только въ видѣ измѣненія высоты получаемаго въ данномъ случаѣ сокращенія.

На основаніи всего сказаннаго мы видимъ, что оба условія, которыя, какъ было показано, принуждаютъ насъ при Пфлюгеровскихъ опытахъ тщательно подбирать каждый разъ подходящую силу раздражающаго индукціоннаго удара, присутствуютъ въ полномъ своемъ объемѣ и въ нашемъ случаѣ. Вслѣдствіе этого, мы должны признать, что такой-же тщательный выборъ характера прерывистаго тока необходимъ и при задуманномъ нами изслѣдованіи вліянія поляризаціи на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. При этомъ выборѣ мы должны руководствоваться правилами, вполнѣ аналогичными соотвѣтствующимъ правиламъ при Пфлюгеровскихъ опытахъ, т.-е. должны сообразоваться въ каждомъ данномъ случаѣ съ тѣмъ эффектомъ, который ожидаемъ получить подъ вліяніемъ поляризаціи.

Такъ, ожидая, что поляризація будетъ способствовать полученію начальныхъ сокращеній вмѣсто тетанусовъ, мы должны пользоваться для раздраженія нерва прерывистымъ токомъ такой силы и съ такою продолжительностію перерывовъ, при которыхъ раздраженіе чуть-чуть способно вызывать постоянный тетанусъ, такъ чтобы уже малѣйшаго измѣненія характера тока было достаточно для измѣненія наблюдаемаго эффекта въ смыслѣ приближенія его къ начальному сокращенію. При соблюденіи указаннаго условія мы можемъ быть увѣрены, что даже слабое вліяніе поляризаціи, если оно вообще существуетъ, скажется ясно въ превращеніи тетануса въ начальное сокращеніе. Въ противномъ-же случаѣ, т.-е. когда характеръ прерывистаго тока *уже слишкомъ благопріятствуетъ* полученію постоянныхъ тетанусовъ, мы можемъ получить такіе-же тетанусы и во время поляризаціи; совершенно подобно тому, какъ сокращеніе максимальной высоты, получаемое при дѣйствіи *слишкомъ сильнаго* индукціоннаго удара, можетъ сохранять свою максимальную высоту и при переходѣ нерва въ состояніе анэлектротона. Наоборотъ, если мы ожидаемъ, что поляризація будетъ способствовать полученію тетанусовъ вмѣсто начальныхъ сокращеній, мы должны употреблять для раздраженія нерва такіе прерывистые токи, которые чуть только способны давать начальныя сокращенія, такъ чтобы уже малѣйшее измѣненіе характера тока сопровождалось тотчасъ-же измѣненіемъ наблюдаемаго эффекта въ смыслѣ приближенія его къ постоянному тетанусу. При такихъ условіяхъ мы имѣемъ всѣ шансы за то, что ожидаемое дѣйствіе по-

ляризаціи проявится въ возможно рѣзкой формѣ. Въ противномъ же случаѣ, т.-е. когда характеръ прерывистаго тока уже *слишкомъ благопріятенъ* для полученія начальныхъ сокращеній, мы можемъ получить ихъ-же и во время поляризаціи, совершенно подобно тому, какъ *слишкомъ слабый* индукціонный ударъ можетъ оставаться безъ всякаго эффекта даже тогда, когда нервъ приведенъ въ состояніе катэлектротона.

До сихъ поръ, излагая условія, соблюденіе которыхъ необходимо при нашихъ опытахъ съ вліяніемъ поляризаціи, я обращалъ вниманіе исключительно на характеръ прерывистаго тока, какъ будто бы отъ него одного только и зависѣли наблюдаемыя явленія. На самомъ же дѣлѣ, мы знаемъ, что, помимо характера тока, состояніе самого нерва оказываетъ громадное вліяніе на получаемый при раздраженіи эффектъ, такъ что одинъ и тотъ-же прерывистый токъ можетъ давать, смотря по состоянію нерва, или простое начальное сокращеніе, или постоянный тетанусъ. Вслѣдствіе этого, къ сказанному раньше относительно выбора раздражающаго тока нужно прибавить, что употребляемый въ каждомъ частномъ случаѣ прерывистый токъ долженъ удовлетворять требуемымъ условіямъ *при данномъ состояніи* нерва.

Резюмируя все сказанное, мы должны придти къ заключенію, что выборъ раздражающаго тока при нашихъ опытахъ представляется несравненно сложнѣе соотвѣтствующаго выбора при опытахъ Пфлюгера. Въ то время, какъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ все дѣло ограничивается подысканіемъ соотвѣтствующей силы индукціоннаго удара, мы, кромѣ силы прерывистаго тока, должны обращать вниманіе и на продолжительность его перерывовъ, и, сверхъ того, принаровливать указанныя свойства тока къ данному состоянію нерва. Какимъ образомъ я достигалъ этого, будетъ изложено при описаніи соотвѣтствующихъ опытовъ.

Послѣ этихъ предварительныхъ замѣчаній перехожу къ изложенію фактической стороны дѣла.

А. *Вліяніе поляризаціи катодомъ.*

При опытахъ, направленныхъ къ рѣшенію вопроса о вліяніи поляризаціи катодомъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, оба тока, поляризующій и раздражающій, должны были имѣть, очевидно, одинаковое направленіе. Пользуясь при своемъ изслѣдованіи самыми разнообразными силами

того и другого и прибѣгая, поэтому, очень часто къ предварительной изолирующей поляризаціи, я долженъ былъ, въ большинствѣ случаевъ, придавать имъ обоимъ нисходящее направленіе, и только при сравнительно слабыхъ токахъ имѣлъ возможность продѣлывать опыты какъ при нисходящемъ, такъ и при восходящемъ ихъ направленіи.

§ 22. Руководствуясь извѣстными Пфлюгеровскими законами измѣненія раздражательности нерва въ сферѣ катэлектротона, можно было бы думать, что вліяніе поляризаціи скажется при нашихъ опытахъ въ превращеніи начальнаго сокращенія въ постоянный тетанусъ. Однако, на самомъ дѣлѣ, получился результатъ какъ разъ обратнаго характера, такъ что на основаніи всѣхъ своихъ опытовъ я долженъ придти къ слѣдующему общему положенію:

Положеніе седьмое. Поляризація катодомъ приводитъ нервъ въ такое состояніе, при которомъ онъ получаетъ способность реагировать начальными сокращеніями на раздраженіе такими прерывистыми токами, которые до и послѣ поляризаціи вызываютъ постоянные тетанусы.

Для доказательства этого положенія изъ большого количества записанныхъ у меня опытовъ привожу нѣсколько примѣровъ за №№ 34—39. Сами по себѣ міограммы не требуютъ никакихъ дальнѣйшихъ поясненій. Замѣчу только, что вторая линія, такъ какъ и на всѣхъ приведенныхъ раньше міограммахъ, регистрируетъ своими поднятіями и опусканіями моменты замыканія и размыканія цѣпи раздражающаго тока, въ то время какъ третья обозначаетъ совершенно такимъ-же самымъ образомъ моменты замыканія и размыканія тока поляризующаго. Сила и направленіе раздражающаго тока отмѣчены при началѣ каждаго опыта, а поляризующаго на тѣхъ мѣстахъ каждой міограммы, которыя соотвѣтствуютъ періоду дѣйствія этого тока на нервъ. Тамъ, гдѣ для обозначенія силы тока приведено только число элементовъ и не указано количество введенной въ видѣ побочнаго замыканія проволоки реохорда, подразумѣвается введеніе полнаго сопротивленія реохорда.

Приведенные примѣры показываютъ, до какой степени рѣзко проявляется описываемое вліяніе поляризаціи. Чрезвычайная рѣзкость явленія обнаруживается еще и тѣмъ, что для полученія его вовсе нѣтъ нужды прибѣгать къ выбору особенныхъ комбинацій условій со стороны раздражающаго и поляризующаго токовъ. Другими словами, даже такіе прерывистые токи, которые, на основаніи сказаннаго въ началѣ настоящаго отдѣла, благо-

пріятствуютъ полученію постоянныхъ тетанусовъ въ весьма значительной степени, все-таки, дѣйствуя на поляризованный нервъ, даютъ простыя начальныя сокращенія. Такъ, при установкѣ прерывателя приблизительно на минимальной или даже на короткой продолжительности перерывовъ, мы въ громадномъ большинствѣ случаевъ получаемъ явленіе сразу-же въ весьма рѣзкой формѣ, даже при употребленіи для раздраженія нерва самыхъ сильныхъ токовъ. Въ особенности это имѣетъ мѣсто, когда и для поляризаціи употребляются токи болѣе или менѣе сильные. Если-же и случается иногда, что вліяніе поляризаціи не обнаруживается при первой пробѣ, то оно, во всякомъ случаѣ, можетъ быть легко демонстрировано при дальнѣйшемъ ходѣ опытовъ, какъ объ этомъ будетъ рѣчь въ одномъ изъ слѣдующихъ параграфовъ.

§ 23. Сопоставляя полученный результатъ съ тѣмъ, къ которому мы пришли въ предыдущемъ отдѣлѣ (положеніе четвертое, стр. 101), гдѣ шла рѣчь о вліяніи предварительной поляризаціи катодомъ, мы приходимъ къ выводу, что измѣненіе нерва, *наблюдаемое во время поляризаціи*, оказывается совершенно тождественнымъ по характеру съ измѣненіемъ, *остающимся послѣ поляризаціи*. Такимъ образомъ, извѣстная, констатированная Цфлюгеромъ, противоположность явленій въ сферѣ катэлектротона во время дѣйствія поляризующаго тока и послѣ его размыканія (повышеніе эффекта раздраженія въ первомъ и пониженіе во второмъ случаѣ) не имѣетъ мѣста по отношенію къ нашимъ явленіямъ, которыя въ обоихъ случаяхъ сохраняютъ вполнѣ одинаковый характеръ.

Изъ сопоставленія обоихъ указанныхъ результатовъ вытекаетъ также, что между состояніемъ, въ которое приходитъ нервъ во время поляризаціи, и состояніемъ, въ которомъ онъ остается послѣ нея, существуетъ значительная количественная разница. А именно, въ первомъ случаѣ то-же самое состояніе выражено въ гораздо болѣе рѣзкой формѣ, чѣмъ во второмъ. Необходимость признанія такой разницы становится очевидной на основаніи слѣдующихъ соображеній. Съ одной стороны, при опытахъ, описанныхъ въ предыдущемъ отдѣлѣ, мы имѣли множество случаевъ убѣдиться, что всякая, даже короткая, поляризація катодомъ оставляетъ въ нервѣ слѣдъ, благодаря которому полученіе начальныхъ сокращеній при дѣйствіи прерывистаго тока облегчается въ болѣе или менѣе значительной степени. Съ другой-же стороны, одного взгляда на приведенныя выше міограммы достаточно, чтобы получить полную увѣренность, что

нервъ послѣ размыканія поляризующаго тока оправляется отъ того состоянія, въ которомъ онъ находился во время его дѣйствія. По крайней мѣрѣ, единственно въ этомъ смыслѣ можетъ быть истолкованъ фактъ, что начальныя сокращенія, получавшіяся во время поляризаціи, превращаются опять въ тетанусы послѣ ея прекращенія. Для примиренія результатовъ тѣхъ и другихъ опытовъ необходимо, очевидно, допустить, что оправленіе нерва послѣ размыканія поляризующаго тока существуетъ, но что оно не полное, другими словами, что послѣ прекращенія поляризаціи остаются въ нервѣ только слѣды того состоянія, которое существовало въ немъ во время дѣйствія поляризующаго тока.

Для поясненія сказаннаго могутъ въ значительной степени служить двѣ изъ приведенныхъ выше міограммъ, а именно міограммы за №№ 36 и 38, на которыхъ одновременно мы видимъ непосредственныя доказательства и оправленія нерва послѣ прекращенія поляризаціи, и неполноты этого оправленія.

На міограммѣ за № 36 представленъ опытъ, при которомъ замыканіе поляризующаго тока производилось три раза подъ-рядъ. Каждый разъ раздраженіе нерва во время поляризаціи давало простыя начальныя сокращенія, послѣ-же ея прекращенія — тетанусы, за исключеніемъ только третьей (послѣдней) поляризаціи, послѣ которой получились такія-же начальныя сокращенія, какъ и во время ея дѣйствія. Это послѣднее обстоятельство уже сразу указываетъ, что о полномъ оправленіи нерва, по крайней мѣрѣ послѣ этой третьей поляризаціи, не можетъ быть и рѣчи. А если это такъ, то нѣтъ ни малѣйшаго основанія предполагать, чтобы и послѣ первой, и послѣ второй оправленіе было полное, хотя при пробахъ раздраженія въ этихъ случаяхъ и получились постоянные тетанусы. И здѣсь послѣ поляризаціи оставалось въ нервѣ состояніе, болѣе или менѣе благопріятствующее полученію начальныхъ сокращеній, хотя только послѣ третьей поляризаціи оно успѣло достигнуть силы, достаточной для того, чтобы данный прерывистый токъ могъ, на самомъ дѣлѣ, вызвать не тетанусъ, а только начальное сокращеніе. Еще нагляднѣе въ этомъ отношеніи міограмма за № 38, гдѣ, вмѣсто постоянныхъ тетанусовъ, вызванныхъ прерывистымъ токомъ до поляризаціи, получились болѣе или менѣе продолжительные начальные тетанусы послѣ первой, и, наконецъ, столь короткіе послѣ второй поляризаціи, что, только благодаря высотѣ укороченія мышцы, и можно говорить о начальныхъ тетанусахъ, а не о простыхъ начальныхъ сокращеніяхъ.

Ходъ явленій, изображенный на описанныхъ міограммахъ, наблюдается, въ сущности, постоянно, съ тою только разницей, что въ однихъ случаяхъ, къ которымъ именно и относятся описанные, существованіе измѣненія нерва и послѣ прекращенія поляризаціи обнаруживается полученіемъ начальныхъ сокращеній уже при первыхъ пробахъ, между тѣмъ какъ въ другихъ для полученія того-же эффекта требуется вести опытъ болѣе или менѣе долгое время. Такое различіе должно быть сводимо, очевидно, на различіе въ характерѣ употребляемаго для опытовъ прерывистаго тока, который въ каждомъ данномъ случаѣ можетъ быть въ различной степени пригоденъ для демонстрированія болѣе слабыхъ степеней измѣненія нерва, остающихся послѣ первой или ряда первыхъ поляризацій.

§ 24. Двѣ изъ приведенныхъ выше міограммъ, а именно міограммы за №№ 37 и 38, позволяютъ отвѣтить еще на одинъ вопросъ, рѣшеніе котораго способно въ значительной степени пополнить наши свѣдѣнія насчетъ вліянія поляризаціи.

На основаніи сказаннаго до сихъ поръ относительно особеннаго состоянія, въ которое приходитъ нервъ во время поляризаціи, мы знаемъ только, что состояніе это появляется тотчасъ-же вслѣдъ за замыканіемъ поляризующаго тока, по крайней мѣрѣ, насколько объ этомъ можно судить при употреблявшемся нами пріемѣ опытовъ. Однако, остается еще невыясненнымъ, развивается-ли это состояніе въ полной своей силѣ въ самый моментъ замыканія поляризующаго тока, чтобы затѣмъ оставаться на одномъ и томъ-же уровнѣ, или, можетъ быть, оно постоянно прогрессируетъ съ теченіемъ поляризаціи. Указанныя міограммы отвѣчаютъ на вопросъ въ этомъ послѣднемъ смыслѣ: *съ теченіемъ поляризаціи состояніе нерва, благопріятствующее полученію начальныхъ сокращеній, становится выраженнымъ все болѣе и болѣе ртако.*

На міограммѣ за № 37 первая проба раздраженія нерва послѣ замыканія поляризующаго тока дала не начальное сокращеніе, но тетанусъ, довольно быстро падающій. Рядъ дальнѣйшихъ пробъ, продѣланный безъ прекращенія поляризаціи, далъ всѣ промежуточныя формы между полученнымъ сначала тетанусомъ и простымъ начальнымъ сокращеніемъ. Когда вслѣдъ за полученіемъ начальнаго сокращенія поляризація была прекращена, раздраженіе нерва вызвало опять такіе-же тетанусы, какіе наблюдались и до поляризаціи. На описанной уже по другому поводу міограммѣ за № 38 были сдѣланы вслѣдъ за замыканіемъ поляризующаго тока двѣ пробы, изъ которыхъ

первая дала довольно продолжительный, а вторая уже очень короткій начальный тетанусъ. Такимъ образомъ, объ міограммы показываютъ, что получить начальное сокращеніе въ каждомъ данномъ случаѣ тѣмъ легче, чѣмъ позже послѣ замыканія поляризующаго тока производится раздраженіе нерва.

Я привелъ въ видѣ примѣра именно только что описанныя міограммы потому, что на нихъ оказалось возможнымъ постепенно слѣдить за развитіемъ въ нервѣ состоянія, благопріятствующаго полученію начальныхъ сокращеній, что удается далеко не всегда. Не задаваясь-же цѣлью получить съ теченіемъ поляризаціи всѣ переходныя формы между постояннымъ тетанусомъ и простымъ начальнымъ сокращеніемъ, мы можемъ гораздо удобнѣе и не менѣе, если даже не болѣе убѣдительно, устраивать опыты слѣдующимъ образомъ. Установивши прерыватель на короткихъ, или даже лучше, на еще болѣе продолжительныхъ перерывахъ и взявши для раздраженія сильный, а для поляризаціи слабый токъ, мы должны замкнуть этотъ послѣдній и производить отъ поры до времени пробы раздраженія нерва. Такъ какъ для раздраженія нарочно выбранъ такой токъ, который заѣдомо весьма сильно благопріятствуетъ полученію постоянныхъ тетанусовъ, поэтому, несмотря на поляризацію, раздраженіе нерва даетъ обыкновенно при указанныхъ условіяхъ тетанусы, и не только при первой, но и при рядѣ послѣдующихъ пробъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга извѣстными промежутками (напр., въ 1 минуту). Не прекращая поляризаціи и производя пробы раздраженія все дальше и дальше, мы раньше или позже достигаемъ того, что раздраженіе нерва начинаетъ давать уже начальныя сокращенія. Если въ это время разомкнуть поляризующій токъ, то вмѣсто начальныхъ сокращеній опять получаются тетанусы.

Описанный ходъ явленій отличается полнымъ постоянствомъ, съ тою только разницей, что въ однихъ случаяхъ, а именно, когда перерывы тока сравнительно коротки, а поляризація сильна, начальныя сокращенія получаются уже весьма скоро послѣ замыканія поляризующаго тока, между тѣмъ какъ въ другихъ, когда условія опытовъ имѣютъ какъ разъ противоположный характеръ, до полученія перваго начальнаго сокращенія проходятъ минуты.

Доказанная описанными опытами постепенность развитія въ нервѣ состоянія, благопріятствующаго полученію начальныхъ сокращеній, можетъ служить для объясненія извѣстнаго намъ изъ предыдущаго отдѣла факта (см. стр. 104), что слѣдъ, остаю-

щійся въ нервѣ послѣ поляризаціи, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ дольше продолжалась эта послѣдняя. Чѣмъ продолжительнѣе поляризація, тѣмъ значительнѣе должно быть вызванное ею измѣненіе и, слѣдовательно, тѣмъ менѣе полно должно быть оправленіе нерва послѣ ея прекращенія.

§ 25. Въ предыдущемъ параграфѣ было показано, что при употребленіи для раздраженія нерва прерывистаго тока, слишкомъ сильно благопріятствующаго полученію постоянныхъ тетанусовъ, требуется иногда многоминутная поляризація для того, чтобы токъ давалъ не тетанусы, а начальныя сокращенія. Тамъ же было замѣчено, что послѣ прекращенія поляризаціи раздраженіе нерва вызываетъ опять тетаническій эффектъ. Этимъ и было закончено описаніе опыта. Не останавливаясь, однако, на полученномъ результатѣ, но продолжая опытъ дальше, а именно, производя поочередно раздраженіе нерва то во время поляризаціи, то послѣ ея прекращенія, мы замѣчаемъ слѣдующее своеобразное явленіе: замыканіе поляризующаго тока при этихъ условіяхъ приводитъ нервъ уже сразу въ такое состояніе, при которомъ онъ реагируетъ на раздраженіе простымъ начальнымъ сокращеніемъ. Другими словами, *то-же самое измѣненіе нерва, которое при первой поляризаціи требовало многоминутнаго дѣйствія тока, при второй и при послѣдующихъ поляризаціяхъ оказывается на лицо уже сейчасъ послѣ его замыканія.*

Описываемое явленіе я и имѣлъ въ виду, когда замѣтилъ въ концѣ § 22, что есть возможность доказать существованіе способности поляризаціи — благопріятствовать полученію начальныхъ сокращеній вмѣсто тетанусовъ даже тогда, когда раздраженіе нерва вслѣдъ за первымъ замыканіемъ поляризующаго тока продолжаетъ по прежнему давать тетанусы. Дѣйствительно, стоитъ только въ этомъ случаѣ продолжить поляризацію до тѣхъ поръ, пока не получится наконецъ начальное сокращеніе, и затѣмъ, разомкнувъ поляризующій токъ, производить дальше опыты по обыкновенному способу: при этомъ мы увидимъ, что тетанусы, получаемые послѣ прекращенія поляризаціи, превращаются каждый разъ въ начальныя сокращенія, какъ только замкнутъ поляризующій токъ.

Къ сожалѣнію, между имѣющимися у меня міограммами я не нахожу такихъ, на которыхъ былъ бы изображенъ весь послѣдовательный ходъ описанныхъ опытовъ. Поэтому, мнѣ приходится ссылаться на міограммы, изображающія только конецъ опыта. Къ такимъ міограммамъ относятся двѣ изъ приведенныхъ выше, а именно міограммы за №№ 36 и 39. При томъ

и другомъ опытѣ послѣ первой пробы замыканія поляризующаго тока получились тетанусы, и до момента полученія перваго начальнаго сокращенія потребовалось поляризовать нервъ при первомъ опытѣ въ теченіе одной, а при второмъ въ теченіе четырехъ минутъ. Послѣ этого поляризація была прекращена и затѣмъ уже производились опыты такъ, какъ это изображено на міограммахъ.

B. *Вліяніе поляризаціи анодомъ.*

Перехожу теперь къ вопросу о вліяніи поляризаціи анодомъ на явленія возбужденія на катодѣ прерывистаго тока.

При относящихся сюда опытахъ раздражающій и поляризующій токи имѣли взаимно-противоположное направленіе, причемъ первый имѣлъ всегда силу нѣсколько большую, чѣмъ второй [1]).

На основаніи самыхъ простыхъ соображеній мы можемъ убѣдиться, что при подобныхъ условіяхъ уже самые слабые раздражающіе токи, дѣйствуя на нервъ во время поляризаціи, должны вызывать сильное размыкательное возбужденіе. Дѣйствительно, принимая во вниманіе, что при нашихъ опытахъ раздражающій и поляризующій токъ проходятъ по одному и тому-же участку нерва и притомъ въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ, мы должны признать, что одновременное дѣйствіе обоихъ токовъ представляется вполнѣ равносильнымъ дѣйствію одного, сила котораго равняется ихъ разности, а направленіе совпадаетъ съ направленіемъ болѣе сильнаго тока, т.-е. въ нашемъ случаѣ раздражающаго. Такимъ образомъ, раздражающій токъ, компенсируя собою вполнѣ токъ поляризующій, не позволяетъ этому послѣднему проявиться во все время своего прохожденія по нерву. Лишь въ тотъ моментъ, когда происходитъ размыканіе раздражающаго тока, поляризующій возстановляется сразу въ полной своей силѣ. Отсюда очевидно, что такое размыканіе, по отношенію къ вызываемому имъ возбужденію, должно соотвѣтствовать вполнѣ замыканію тока поляризующаго, т.-е. должно сопровождаться сильнымъ размыкательнымъ возбужденіемъ.

[1]) Мы увидимъ въ одной изъ послѣдующихъ главъ, что при условіяхъ нашихъ опытовъ, раздражающій токъ можетъ вообще вызвать замыкательное возбужденіе во время поляризаціи только тогда, когда онъ не слабѣе поляризующаго.

Такимъ образомъ, имѣя намѣреніе изслѣдовать явленія возбужденія, происходящія исключительно на катодѣ прерывистаго тока, мы должны были при всѣхъ описываемыхъ ниже опытахъ прибѣгать къ предварительной изолирующей поляризаціи. Употребленіе этой послѣдней обусловило собою то, что всѣ опыты были произведены только при одномъ направленіи раздражающаго и поляризующаго токовъ, а именно при нисходящемъ направленіи перваго и при восходящемъ второго. Употребленіе предварительной изолирующей поляризаціи опредѣляло собою также ту установку прерывателя, которою я принужденъ былъ пользоваться. Мы знаемъ изъ предыдущаго, что нервъ послѣ изолирующей поляризаціи реагируетъ начальными сокращеніями на всѣ силы прерывистаго тока, если только прерыватель установленъ на минимальной продолжительности перерывовъ. Возможность полученія однихъ только начальныхъ сокращеній представлялась для меня во многихъ отношеніяхъ невыгодной, поэтому я и устанавливалъ приборъ на перерывахъ, имѣющихъ нѣсколько бо́льшую продолжительность, т.-е. на перерывахъ коротшихъ.

§ 26. Руководствуясь изложеннымъ выше результатомъ опытовъ съ вліяніемъ поляризаціи катодомъ, я долженъ былъ ожидать, что вліяніе поляризаціи анодомъ будетъ имѣть обратный характеръ, т.-е. что оно скажется въ полученіи тетанусовъ при раздраженіи нерва такими прерывистыми токами, которые безъ поляризаціи даютъ простыя начальныя сокращенія. Опыты, дѣйствительно, оправдали мои ожиданія, такъ что общій результатъ моего изслѣдованія вліянія поляризаціи анодомъ я могу формулировать въ слѣдующемъ положеніи:

Положеніе восьмое. Поляризація анодомъ приводитъ нервъ въ такое состояніе, при которомъ онъ получаетъ способность реагировать тетанусами на раздраженіе такими прерывистыми токами, которые до и послѣ поляризаціи вызываютъ начальныя сокращенія.

Для доказательства этого положенія привожу міограммы за №№ 40, 41 и 42. Какимъ образомъ онѣ были получены, объ этомъ будетъ идти рѣчь въ слѣдующихъ параграфахъ.

Изъ разсмотрѣнія приведенныхъ міограммъ можно было бы заключить, что описываемая способность поляризаціи анодомъ проявляется столь-же рѣзко, какъ изложенная уже раньше и противоположная ей способность поляризаціи катодомъ. На самомъ-же дѣлѣ это не такъ: поляризація анодомъ способна измѣнять эффекты раздраженія въ гораздо болѣе слабой степени.

Въ то время какъ вліяніе поляризаціи катодомъ можетъ быть легко обнаружено уже при сравнительно очень неблагопріятныхъ условіяхъ, для обнаруженія вліянія поляризаціи анодомъ необходимо строгое соблюденіе тѣхъ правилъ, которыя, какъ это было развито подробно въ началѣ настоящаго отдѣла, способны гарантировать намъ полученіе результата въ возможно рѣзкой формѣ. Другими словами, мы должны были стараться употреблять для раздраженія только такіе прерывистые токи, которые, при данномъ состояніи нерва, давали или короткіе начальные тетанусы, или начальныя сокращенія, переходящія въ тетанусы уже при возможно слабомъ измѣненіи характера раздраженія.

Соблюденіе указанныхъ правилъ оказалось возможнымъ обезпечить при помощи двухъ способовъ, соотвѣтственно которымъ мое изслѣдованіе распадается на два ряда опытовъ, излагаемыхъ въ слѣдующихъ за этимъ параграфахъ.

§ 27. Чтобы придать прерывистому току требуемый характеръ, мы можемъ воздѣйствовать или на его силу, или на продолжительность его перерывовъ. Изъ указанныхъ двухъ свойствъ тока только первое допускаетъ широкое и правильное регулированіе, между тѣмъ какъ приданіе перерывамъ продолжительности, точно соотвѣтствующей потребностямъ каждаго даннаго случая, представляется положительно невозможнымъ, по крайней мѣрѣ при томъ пріемѣ измѣненія продолжительности перерывовъ, который я имѣлъ въ своемъ распоряженіи. Поэтому, при первомъ рядѣ опытовъ я измѣнялъ характеръ прерывистаго тока исключительно при помощи выбора для него соотвѣтствующей силы при данной неизмѣнной установкѣ прерывателя.

Уже раньше было замѣчено, что прерыватель устанавливался всегда на короткой продолжительности перерывовъ. Вслѣдствіе этого, несмотря на то, что мнѣ приходилось имѣть дѣло съ нервомъ, нѣсколько измѣненнымъ изолирующей поляризаціей (см. стр. 97), токи чуть-чуть посильнѣе давали уже тетанусы, такъ что я всегда имѣлъ полную возможность найти подходящую для опытовъ силу прерывистаго тока, т.-е. такую, при которой получались бы или начальныя сокращенія, легко переходящія въ начальные тетанусы, или даже эти послѣдніе. Когда такая сила была найдена, я устанавливалъ реохордъ R', соединенный съ цѣпью поляризующаго тока (см. фиг. 13 на стр. 65), такъ, чтобы проходящая по нерву вѣтвь этого послѣдняго была нѣсколько слабѣе выбраннаго для раздраженія прерывистаго тока (раздражающій токъ при моихъ опытахъ, какъ это было уже замѣчено выше, былъ всегда нѣсколько сильнѣе поляризующаго), и затѣмъ произ-

водилъ опыты обыкновеннымъ способомъ, т.-е. раздражалъ нервъ попеременно то во время, то безъ поляризаціи. Такъ и была получена одна изъ приведенныхъ выше міограммъ, а именно міограмма за № 41, которая, очевидно, подтверждаетъ собою общее положеніе, высказанное нами насчетъ вліянія поляризаціи анодомъ: мы видимъ на ней, что то-же самое раздраженіе, которое безъ поляризаціи вызывало начальные тетанусы, дало во время ея дѣйствія тетанусы постоянные.

По поводу приведенной міограммы я долженъ, однако, замѣтить, что она представляется самой рѣзкой изъ всѣхъ, какія только мнѣ удалось получить при описанныхъ условіяхъ опытовъ, а въ большинствѣ случаевъ вліяніе поляризаціи сказывалось лишь въ превращеніи короткихъ начальныхъ тетанусовъ въ начальные-же тетанусы, но только нѣсколько болѣе продолжительные; иногда получался совершенно отрицательный результатъ, т.-е. раздраженіе нерва во время поляризаціи вызывало такіе-же эффекты, какъ до и послѣ нея, а въ нѣкоторыхъ, хотя и рѣдкихъ случаяхъ, вліяніе поляризаціи оказывалось прямо противоположнымъ описываемому, т.-е. вмѣсто короткихъ начальныхъ тетанусовъ до начала поляризаціи наблюдались во время ея дѣйствія или начальныя сокращенія, или начальные-же тетанусы, но только болѣе короткіе. Такимъ образомъ, на основаніи однихъ описываемыхъ опытовъ, мы не имѣли-бы возможности высказаться насчетъ вліянія поляризаціи въ столь опредѣленной формѣ, въ какой формулировано приведенное въ предыдущемъ параграфѣ положеніе восьмое. Напротивъ того, въ виду малой рѣзкости явленій и притомъ неполнаго ихъ постоянства, самое большое, на что мы имѣли бы право, могло состоять лишь въ утвержденіи, что поляризація анодомъ проявляетъ слѣды той способности, которая ей приписывается въ выставленномъ нами положеніи.

§ 28. Получивши изъ перваго ряда опытовъ сравнительно сбивчивыя показанія насчетъ вліянія поляризаціи анодомъ, я долженъ былъ, естественнымъ образомъ, стараться найти условія, соблюденіе которыхъ обезпечивало бы проявленіе этого вліянія въ болѣе рѣзкой формѣ. Дѣйствительно, послѣ цѣлаго ряда предварительныхъ опытовъ, на описаніи которыхъ я останавливаться не буду, мнѣ удалось выработать пріемъ, позволяющій каждый разъ съ неизмѣнной правильностью наблюдать вліяніе поляризаціи столь наглядно, какъ это, напр., показываетъ міограмма за № 40.

Для полученія явленій въ такомъ видѣ, кромѣ возможно

точнаго приноравливанія характера раздражающаго тока къ ожидаемому эффекту поляризаціи, требуется еще соблюденіе слѣдующихъ двухъ условій: во-первыхъ, поляризующій токъ долженъ имѣть, по возможности, большую силу и, во-вторыхъ, прерыватель долженъ быть установленъ на возможно большей продолжительности перерывовъ (въ предѣлахъ, однако, короткихъ перерывовъ). Важность перваго условія понятна уже а priori (чѣмъ сильнѣе поляризація, тѣмъ сильнѣе долженъ быть и вызываемый ею эффектъ), необходимость-же второго можетъ быть выяснена лишь впослѣдствіи, когда будетъ идти рѣчь объ объясненіи всѣхъ явленій раздраженія нерва прерывистымъ токомъ.

На первый взглядъ можетъ показаться, что производить опыты при соблюденіи указанныхъ условій — невозможно. Въ самомъ дѣлѣ, употребленіе для поляризаціи болѣе или менѣе сильнаго тока заставляетъ пользоваться сильными токами и для раздраженія нерва (см. стр. 125). Эти-же послѣдніе, въ особенности при установкѣ прерывателя на короткихъ перерывахъ, вызываютъ, какъ мы знаемъ, постоянные тетанусы, между тѣмъ какъ по самому характеру опытовъ требуется, чтобы раздраженіе нерва безъ поляризаціи давало не постоянные тетанусы, а только начальныя сокращенія (или короткіе начальные тетанусы). Трудность эта можетъ быть, однако, очень легко устранена.

Тамъ, гдѣ шла рѣчь о значеніи выбора подходящаго для каждаго даннаго случая характера прерывистаго тока (см. стр. 118), было замѣчено, что прерывистый токъ долженъ давать требуемый эффектъ при данномъ состояніи нерва, другими словами, что мы должны *подонять характеръ раздражителя къ существующему въ данный моментъ состоянію нерва*. Очевидно, однако, что сущность дѣла нисколько не измѣнится, если мы будемъ поступать какъ разъ наоборотъ, т.-е будемъ *подонять состояніе нерва къ данному заранѣе раздражителю*. Достигнуть-же этого мы можемъ очень легко, если только воспользуемся тѣмъ, что намъ извѣстно относительно измѣненія состоянія нерва подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи. Мы знаемъ именно, что нервъ послѣ болѣе или менѣе продолжительной поляризаціи катодомъ пріобрѣтаетъ способность реагировать на раздраженіе прерывистымъ токомъ съ короткими перерывами — не тетанусами, а простыми начальными сокращеніями. Поэтому, подвергнувъ нервъ предварительной поляризаціи катодомъ [1])

[1]) Для предварительной поляризаціи катодомъ мы можемъ воспользоваться тѣмъ-же токомъ, который предназначается для опытовъ съ вліяніемъ поляризаціи анодомъ. Для этого стоитъ только при помощи коммутатора *K* (см. фиг. 13 на стр. 65) придать ему на время требуемое направленіе.

въ теченіе достаточнаго времени, мы получаемъ полную возможность производить опыты съ вліяніемъ поляризаціи анодомъ при точномъ соблюденіи упомянутыхъ выше условій.

Пользуясь предварительной поляризаціей, какъ средствомъ для приведенія нерва въ подходящее для опытовъ состояніе, мы должны, конечно, стараться, чтобы поляризація не была слишкомъ продолжительной, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, мы рискуемъ привести нервъ въ состояніе уже *слишкомъ* благопріятное для полученія начальныхъ сокращеній: такое состояніе нерва представлялось бы, очевидно, неблагопріятнымъ для обнаруженія вліянія поляризаціи анодомъ въ болѣе или менѣе рѣзкой формѣ.

Чтобы придать предварительной поляризаціи катодомъ какъ разъ требуемую продолжительность, я производилъ ее въ видѣ ряда сравнительно короткихъ (продолжавшихся около $^1/_2$ минуты) замыканій тока, причемъ въ промежуткѣ между отдѣльными поляризаціями пробовалъ раздражать нервъ прерывистымъ токомъ. Если при такомъ раздраженіи получался тетанусъ, это означало, что поляризація продолжалась еще слишкомъ коротко, и я вновь замыкалъ поляризующій токъ; если-же получалось начальное сокращеніе, подготовка нерва считалась законченной и я приступалъ уже прямо къ опытамъ съ вліяніемъ поляризаціи анодомъ.

При этихъ-то опытахъ мнѣ и удалось убѣдиться въ существованіи чрезвычайно рѣзкаго вліянія поляризаціи анодомъ: каждый разъ вмѣсто начальныхъ сокращеній безъ поляризаціи получались сильнѣйшіе тетанусы во время ея дѣйствія. Примѣромъ подобныхъ опытовъ можетъ служить миограмма за № 40.

§ 29. Въ предыдущемъ параграфѣ было сказано, что для должной подготовки нерва при помощи предварительной поляризаціи я пользовался рядомъ сравнительно короткихъ замыканій тока. Такой пріемъ опытовъ составляетъ, дѣйствительно, правило, отъ котораго, однако, допускались весьма не рѣдко болѣе или менѣе значительныя отступленія. Такъ, мнѣ случалось производить перерывы предварительной поляризаціи и пробы раздраженія нерва не каждыя $^1/_2$ минуты, а спустя болѣе продолжительные промежутки времени (1 или 2 минуты). Иногда, несмотря на такія отступленія, результатъ опытовъ съ вліяніемъ поляризаціи анодомъ оказывался совершенно такимъ-же, какъ это было описано выше, но зато въ другихъ случаяхъ приходилось получать и при поляризаціи анодомъ не тетанусы, а только начальныя сокращенія. Это указывало, очевидно, на слишкомъ большую продолжительность предварительной поляризаціи катодомъ, на слишкомъ значительное измѣненіе состоянія нерва въ сторону способности реагировать на раздраженіе начальными сокращеніями.

Чтобы доказать и въ подобныхъ случаяхъ, что вліяніе поляризаціи анодомъ не обнаруживается, дѣйствительно, только потому, что условія для его проявленія слишкомъ неблагопріятны, я воспользовался извѣстной намъ уже изъ предыдущаго отдѣла (см. стр. 111) способностью поляризаціи анодомъ устранять измѣненія, вызванныя въ нервѣ предшествовавшей поляризаціей катодомъ. А именно, я старался при помощи поляризаціи анодомъ нейтрализовать какъ разъ тотъ избытокъ измѣненія нерва, который, по нашему предположенію, служилъ причиной неудачи опыта. Въ самомъ дѣлѣ, такое нейтрализованіе оказалось вполнѣ выполнимымъ, причемъ опыты должны были приниматъ ходъ, иллюстрируемый міограммой за № 42.

При опытѣ, записанномъ на этой міограммѣ, подготовительная поляризація катодомъ продолжалась слишкомъ долго, такъ что начальныя сокращенія, полученныя при раздраженіи нерва послѣ ея прекращенія (съ записываніе этихъ сокращеній и начинается міограмма) не могли быть превращены въ постоянные тетанусы при раздраженіи нерва вслѣдъ за началомъ дѣйствія поляризаціи анодомъ. Убѣдившись въ невозможности полученія тетанусовъ, я не размыкалъ поляризующаго тока, но заставилъ его дѣйствовать на нервъ въ теченіе $^1/_2$ минуты. По прошествіи этого времени новое раздраженіе нерва вызвало уже постоянные тетанусы, появленіе которыхъ служило доказательствомъ, что избытокъ измѣненія нерва, вызванный подготовительной поляризаціей, уже устраненъ, и что опытъ можетъ вестись дальше совершенно такъ, какъ и на міограммѣ за № 40. Дѣйствительно, раздраженіе нерва вслѣдъ за размыканіемъ поляризующаго тока дало начальныя сокращенія, превратившіяся опять въ тетанусы при поляризаціи, и т. д.

Ходъ явленій, изображенный на разсмотрѣнной нами міограммѣ, представляется абсолютно постояннымъ. Разница между отдѣльными частными случаями проявляется только въ той продолжительности поляризаціи анодомъ, которая необходима для устраненія мѣшающаго опытамъ избытка измѣненія нерва, вызваннаго подготовительной поляризаціей катодомъ: чѣмъ этотъ избытокъ больше, тѣмъ и поляризація анодомъ должна быть болѣе продолжительной.

Этимъ и заканчиваются мои опыты съ вліяніемъ поляриза-

ціи анодомъ. Руководствуясь ими, я имѣлъ, мнѣ кажется, полное основаніе высказать то положеніе, съ котораго началъ свое изложеніе вліянія трактуемой поляризаціи.

IV. Вліяніе частоты перерывовъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Уже въ главѣ о методѣ (см. стр. 55) было указано, что измѣнять частоту перерывовъ тока безъ нарушенія остальныхъ условій — невозможно: всякое измѣненіе частоты раздраженія должно неизбѣжно сопровождаться измѣненіемъ или продолжительности отдѣльныхъ толчковъ, или продолжительности отдѣльныхъ перерывовъ, или, наконецъ, продолжительности тѣхъ и другихъ вмѣстѣ. Вслѣдствіе этого, приступая къ изслѣдованію вліянія частоты раздраженія, мы должны быть напередъ приготовлены встрѣтить затрудненія при толкованіи получаемыхъ явленій: различіе между эффектами, наблюдаемыми при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ различнымъ числомъ перерывовъ, можетъ быть истолковываемо или какъ результатъ разницы собственно частоты раздраженія, т.-е. количества толчковъ, получаемыхъ нервомъ въ единицу времени, или какъ результатъ измѣненія тѣхъ факторовъ, насчетъ которыхъ въ данномъ случаѣ было произведено измѣненіе частоты перерывовъ.

Такимъ образомъ, основной вопросъ настоящаго отдѣла — о вліяніи собственно частоты раздраженія,—не можетъ быть рѣшенъ какимъ-нибудь однимъ рядомъ наблюденій. Рѣшеніе его, если оно вообще возможно, можетъ вытекать лишь, какъ выводъ изъ сопоставленія результатовъ нѣсколькихъ рядовъ опытовъ.

Соотвѣтственно тремъ возможнымъ способамъ измѣненія частоты раздраженія, мною были продѣланы три ряда опытовъ, при которыхъ измѣненіе частоты перерывовъ находилось въ зависимости: 1) отъ измѣненія продолжительности какъ толчковъ, такъ и перерывовъ тока, 2) отъ измѣненія продолжительности однихъ только перерывовъ и 3) отъ измѣненія продолжительности однихъ только толчковъ тока.

Въ главѣ о методѣ изложены уже пріемы, которые я имѣлъ въ распоряженіи для изслѣдованія каждаго изъ перечисленныхъ трехъ случаевъ; вслѣдствіе этого, при послѣдующемъ изложеніи я буду упоминать о нихъ только въ самыхъ общихъ чертахъ.

А. Измѣненіе частоты раздраженія насчетъ продолжительности какъ толчковъ, такъ и перерывовъ тока.

Для перваго ряда опытовъ я воспользовался пріемомъ, описаннымъ въ главѣ о методѣ подъ рубрикой 1, т.-е. измѣнялъ частоту перерывовъ, придавая молоточку каждый разъ иную установку. Хотя при каждой новой установкѣ я и соблюдалъ правила, необходимыя для полученія возможно малой продолжительности перерывовъ (устанавливалъ каждый разъ молоточекъ на минимумъ перерывовъ), тѣмъ не менѣе, я не имѣлъ никакой гарантіи, что продолжительность ихъ при отдѣльныхъ опытахъ оставалась неизмѣнной. Вслѣдствіе этого, описываемый рядъ опытовъ можетъ быть съ полнымъ правомъ охарактеризованъ какъ такой, при которомъ вмѣстѣ съ частотой раздраженія измѣнялась какъ продолжительность толчковъ, такъ и продолжительность перерывовъ тока.

§ 30. При раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ частотой перерывовъ отъ 46 до 140 въ секунду (крайніе предѣлы, между которыми мнѣ удавалось при помощи моего молоточка измѣнять частоту перерывовъ) получились явленія въ главныхъ чертахъ совершенно сходныя другъ съ другомъ и совершенно сходныя съ тѣми, которыя описаны въ предыдущихъ параграфахъ настоящей главы. Т.-е. *при всѣхъ частотахъ перерывовъ (46—140) нервъ, смотря по условіямъ опытовъ, реагируетъ на раздраженіе или начальнымъ сокращеніемъ, или постояннымъ тетанусомъ, или, наконецъ, различными формами начальныхъ тетанусовъ; условія, опредѣляющія полученіе той или другой формы реакціи нерва (сила тока, продолжительность перерывовъ, поляризація), и характеръ ихъ вліянія тѣ-же, съ которыми мы познакомились въ предшествующихъ отдѣлахъ.*

Не привожу примѣровъ, такъ какъ на всѣ описанныя до сихъ поръ міограммы можно смотрѣть отчасти, какъ на подтвержденіе высказаннаго нами положенія: онѣ всѣ были получены, хотя и при неизвѣстной для каждаго даннаго случая, но навѣрно весьма различной частотѣ перерывовъ (см. главу о методѣ, стр. 45).

§ 31. При всемъ сходствѣ явленій, наблюдаемыхъ при раздраженіи нерва прерывистыми токами съ различной частотой перерывовъ, можетъ быть подмѣчена между ними нѣкоторая разница, которая, будучи совсѣмъ неуловимой при употребленіи для раздраженія токовъ съ средней частотой перерывовъ, стано-

вится довольно рельефной, когда мы устанавливаемъ прерыватель или на возможно большой или на возможно малой частотѣ колебаній. Опыты показали именно, что, при приближеніи частоты раздраженія къ высшему или низшему предѣлу, полученіе начальныхъ сокращеній весьма замѣтно затрудняется: они могутъ быть наблюдаемы теперь лишь при сравнительно болѣе слабомъ раздраженіи, или послѣ сравнительно болѣе продолжительной предварительной поляризаціи.

Сравнительная трудность полученія начальныхъ сокращеній какъ при слишкомъ малой, такъ и при слишкомъ большой частотѣ перерывовъ не можетъ быть, однако, приписываема, хотя бы только съ нѣкоторымъ правомъ, собственно частотѣ раздраженія. Противъ этого говорить уже самый характеръ наблюдаемыхъ явленій (одинаковое ихъ измѣненіе при измѣненіи частоты раздраженія въ противоположныя стороны). Противъ этого же говорить возможность объяснить ихъ на основаніи уже извѣстныхъ намъ фактовъ. Вспоминая сказанное въ главѣ о методѣ насчетъ абсолютной величины минимальныхъ перерывовъ и обращая при этомъ особенное вниманіе на приведенную тамъ таблицу (стр. 48), содержащую въ себѣ результаты нѣсколькихъ измѣреній, мы сразу-же замѣчаемъ, что самыя меньшія величины перерывовъ были найдены именно для средней частоты колебаній молоточка, между тѣмъ какъ для меньшей и большей частоты колебаній получились числа значительно большія. Зная, что эффекты раздраженія нерва зависятъ въ громадной степени отъ продолжительности перерывовъ, мы имѣемъ полное основаніе предполагать, что трудность полученія начальныхъ сокращеній при малой и большой частотѣ колебаній молоточка зависитъ исключительно отъ большей продолжительности перерывовъ въ этихъ случаяхъ.

Такимъ образомъ, результатъ, полученный нами при первомъ рядѣ опытовъ, долженъ быть признанъ имѣющимъ чисто отрицательный характеръ по отношенію къ вопросу о вліяніи собственно частоты раздраженія.

B. *Измѣненіе частоты раздраженія насчетъ продолжительности перерывовъ.*

§ 32. При второмъ рядѣ опытовъ для измѣненія частоты раздраженія я пользовался пріемомъ, описаннымъ въ главѣ о методѣ подъ рубрикой 2 (см. стр. 56). Этотъ пріемъ позволяетъ, какъ мы знаемъ, въ каждый данный моментъ уменьшать число толчковъ употребляемаго для опытовъ прерывистаго тока вдвое, причемъ подобное уменьшеніе зависитъ отъ попеременнаго выпаданія отдѣльныхъ толчковъ и обусловленнаго этимъ выпаданіемъ попарнаго слѣянія сосѣднихъ перерывовъ тока. Отсюда очевидно, что, при уменьшеніи частоты раздраженія, продолжительность толчковъ остается прежней, а только въ весьма значительной степени удлиняется продолжительность перерывовъ. А именно, она становится теперь больше продолжительности толчковъ.

Крайняя простота трактуемаго способа, а также возможность примѣнять его при томъ-же самомъ расположеніи проводниковъ и той-же самой установкѣ прерывателя, которыми я пользовался при всѣхъ описанныхъ до сихъ поръ опытахъ, освободили меня отъ необходимости изслѣдовать особо вліяніе измѣненія частоты раздраженія по этому способу. Дѣйствительно, я имѣлъ полную возможность при всѣхъ опытахъ, изложенныхъ въ предыдущихъ отдѣлахъ, уменьшать отъ поры до времени частоту перерывовъ тока и наблюдать происходящія при этомъ измѣненія явленій.

Всѣ такого рода наблюденія привели меня къ одному и тому-же результату: *вмѣсто начальныхъ сокращеній, получаемыхъ при какомъ-либо изъ описанныхъ въ предыдущихъ отдѣлахъ условій, получаются всегда постоянные тетанусы, лишь только мы уменьшимъ частоту раздраженія.*

Не привожу примѣровъ, такъ какъ полученный результатъ не представляетъ ничего новаго и неожиданнаго; если, какъ мы видѣли раньше, уже при сравнительно незначительномъ увеличеніи продолжительности перерывовъ тока получаются не начальныя сокращенія, а тетанусы, то тѣмъ болѣе мы должны ожидать получить тотъ-же эффектъ при томъ сравнительно громадномъ удлиненіи перерывовъ, которымъ сопровождается въ нашемъ случаѣ уменьшеніе частоты раздраженія.

Такимъ образомъ, и второй рядъ опытовъ не даетъ намъ никакихъ указаній насчетъ вліянія собственно частоты раздраженія.

C. *Измѣненіе частоты раздраженія насчетъ продолжительности толчковъ прерывистаго тока.*

При третьемъ рядѣ опытовъ я сравнивалъ непосредственно другъ съ другомъ эффекты раздраженія нерва прерывистымъ

токомъ, частота перерывовъ котораго измѣнялась вдвое по способу, описанному въ главѣ о методѣ подъ рубрикой 3 (см. стр. 56). Ссылаясь на данное мною раньше описаніе, напомню только, что я имѣлъ возможность, благодаря этому способу, получать по произволу, при помощи самыхъ простыхъ манипуляцій, одинъ изъ трехъ различныхъ видовъ прерывистаго тока, представленныхъ схематически на фиг. 12 (см. стр. 59) подъ буквами V, V' и VV'. Прерывистые токи, обозначенные черезъ V и V', почти вполнѣ тождественны другъ съ другомъ: единственная разница между ними состоитъ въ томъ, что ихъ перерывы (v и v'), по своей продолжительности, не вполнѣ точно соотвѣтствуютъ другъ другу; по крайней мѣрѣ, равенство ихъ гарантировано не вполнѣ строго. Прерывистый токъ VV' отличается отъ токовъ V и V' тѣмъ, что частота перерывовъ его вдвое больше, причемъ продолжительность каждаго перерыва равняется поперемѣнно продолжительности перерывовъ первыхъ двухъ токовъ, т.-е. соотвѣтствуетъ то величинѣ v, то величинѣ v'.

Принимая во вниманіе, что я имѣлъ въ рукахъ средство въ каждомъ данномъ случаѣ доказать, что возможныя ничтожныя разницы перерывовъ v и v' не выходятъ изъ предѣловъ, при которыхъ вліяніе ихъ на наблюдаемый эффектъ раздраженія еще ничѣмъ не обнаруживается, я *практически* могъ считать эти перерывы совершенно равными другъ другу. На этомъ основаніи, на переходъ отъ одного изъ токовъ V или V' къ току VV' можно смотрѣть, какъ на удвоеніе числа перерывовъ безъ измѣненія ихъ продолжительности. Удвоеніе происходитъ, слѣдовательно, исключительно насчетъ укороченія продолжительности толчковъ тока.

Средство, при помощи котораго я убѣждался въ отсутствіи сколько-нибудь значительныхъ разницъ въ продолжительности перерывовъ v и v', состояло, какъ объ этомъ была уже рѣчь въ главѣ о методѣ, въ томъ, что я при каждомъ опытѣ подвергалъ нервъ послѣдовательно раздраженію всѣми тремя токами V, V' и VV', причемъ принимались во вниманіе только тѣ наблюденія, при которыхъ раздраженіе нерва токами V и V' давало одинаковый или, по крайней мѣрѣ, почти одинаковый эффектъ.

Такимъ образомъ, всѣ опыты въ томъ видѣ, въ какомъ они имѣются у меня записанными на міограммахъ, состояли изъ ряда пробъ раздраженія нерва, слѣдующихъ другъ за другомъ въ такомъ порядкѣ: пробы раздраженія токами V и V' (на

міограммахъ онѣ обозначены буквами V и V'), пробы раздраженія токомъ VV' (обозначены черезъ VV'), а за ними опять повтореніе раздраженія токами V и V'. Раздраженіе каждымъ токомъ производилось два раза подъ-рядъ.

§ 33. Первые опыты, продѣланные при той установкѣ прерывателя, которая была подробно описана въ главѣ о методѣ, т.-е. при установкѣ на возможномъ минимумѣ продолжительности перерывовъ, дали весьма не рѣзкіе результаты. На основаніи ихъ можно считать несомнѣннымъ только одно, а именно, что *удвоеніе числа перерывовъ тока не вноситъ никакихъ условій, которыя бы благопріятствовали полученію начальныхъ сокращеній, скорѣе даже, наоборотъ, условія для полученія этихъ послѣднихъ болѣе благопріятны, если мы раздражаемъ нервъ прерывистымъ токомъ не съ частыми, а съ рѣдкими перерывами.*

Основаніи для этого вывода заключаются въ томъ, что я наблюдалъ обыкновенно приблизительно одинаковые эффекты при дѣйствіи на нервъ тока какъ съ рѣдкими, такъ и съ частыми перерывами, причемъ во всѣхъ случаяхъ, когда между ними замѣчалась какая бы то ни было разница, эффектъ, наблюдаемый при раздраженіи токомъ съ рѣдкими перерывами, стоялъ ближе къ начальному сокращенію, чѣмъ эффектъ, получаемый подъ вліяніемъ тока съ частыми перерывами. Не описывая подробно относящихся сюда опытовъ, я ограничусь приведеніемъ одной міограммы (№ 43), полученной при раздраженіи нерва слабымъ нисходящимъ токомъ.

Мы видимъ на ней, что при раздраженіи прерывистымъ токомъ съ частыми перерывами получились, хотя и короткіе, но несомнѣнные начальные тетанусы, между тѣмъ, раздраженіе токомъ съ рѣдкими перерывами дало простыя начальныя сокращенія.

Подобныя разницы при моихъ опытахъ наблюдались слишкомъ часто для того, чтобы можно было признать за ними чисто случайный характеръ. Поэтому-то я и пришелъ къ предположенію, что при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ частыми перерывами создаются условія, благопріятствующія полученію тетаническаго эффекта. Дальнѣйшіе опыты, дѣйствительно, превратили это предположеніе въ доказанный фактъ.

§ 34. Предполагая, что раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ съ частыми перерывами благопріятствуетъ полученію тетанусовъ, мы можемъ смотрѣть на это явленіе двоякимъ образомъ. Мы можемъ именно думать, что явленіе находится въ зависимости или отъ измѣненія собственно частоты раздраженія,

или отъ измѣненія продолжительности отдѣльныхъ толчковъ тока: предполагать существованіе другихъ причинъ невозможно, такъ какъ, при переходѣ отъ тока съ рѣдкими къ току съ частыми перерывами, подвергаются измѣненію только упомянутые факторы. Въ первомъ случаѣ мы должны были бы, такимъ образомъ, допустить, что *увеличеніе числа раздраженій*, дѣйствующихъ на нервъ въ единицу времени, способствуетъ полученію тетаническаго эффекта; во второмъ же случаѣ, что къ такому результату ведетъ *укороченіе продолжительности каждаго толчка тока*.

Изъ двухъ приведенныхъ предположеній первое уже a priori мало вѣроятно: на основаніи данныхъ, имѣющихся въ литературѣ по вопросу о начальномъ сокращеніи (объ этихъ данныхъ будетъ упомянуто въ слѣдующей главѣ), можно было бы думать скорѣе, что увеличеніе числа раздраженій должно препятствовать, а не способствовать полученію тетанусовъ (начальныя сокращенія наблюдались до сихъ поръ только при очень значительныхъ частотахъ раздраженія). Поэтому, правдоподобнѣе всего остановиться на второмъ, исходя изъ котораго я и предпринялъ новый рядъ опытовъ.

Мысль, лежащая въ основѣ ихъ, состоитъ въ слѣдующемъ. Если изъ двухъ прерывистыхъ токовъ, одного съ рѣдкими, а другого съ частыми перерывами, второй болѣе благопріятенъ полученію тетаническаго эффекта только потому, что продолжительность каждаго изъ составляющихъ его толчковъ имѣетъ величину, меньшую сравнительно съ первымъ, то очевидно, что разница между эффектами, вызываемыми обоими токами, должна быть тѣмъ рѣзче, чѣмъ значительнѣе будетъ измѣняться продолжительность толчковъ при переходѣ отъ одного тока къ другому.

При нашемъ пріемѣ измѣненія частоты раздраженія достигнуть такого болѣе рѣзкаго измѣненія продолжительности толчковъ тока очень легко. Для этого стоитъ только пользоваться токомъ, получаемымъ при установкѣ прерывателя не на минимальной (какъ это имѣло мѣсто при опытахъ, описанныхъ въ предыдущемъ параграфѣ), а на возможно большей продолжительности перерывовъ. Дѣйствительно, достаточно одного взгляда на прилагаемую фигуру 16, чтобы убѣдиться, что переходъ отъ тока съ рѣдкими къ току съ частыми перерывами долженъ сопровождаться укороченіемъ толчковъ, тѣмъ болѣе значительнымъ, чѣмъ перерывы продолжительнѣе. На этой фигурѣ начерчено 6 линій, обозначенныхъ попарно цифрами 1, 2 и 3. Каждая

пара линій, обозначенныхъ одной и той-же цифрой, представляетъ собою схематическаго характеръ прерывистаго тока съ рѣдкими (верхняя линія) и частыми (нижняя линія), перерывами, получаемаго при установкѣ прерывателя на одинаковой

Фиг. 16.



частотѣ колебаній, но на различной продолжительности перерывовъ. Очевидно, что разница между продолжительностью толчковъ токовъ, обозначенныхъ цифрой *3*, несравненно рѣзче, чѣмъ соотвѣтствующая разница токовъ, отмѣченныхъ цифрой *1*.

Такимъ образомъ, при задуманныхъ мною опытахъ я долженъ былъ устанавливать ртутныя чашечки V и V' (см. главу о методѣ), при помощи которыхъ получался прерывистый токъ, по возможности дальше отъ молоточка, такъ чтобы продолжительность перерывовъ имѣла возможно большую величину.

Однако, для болѣе или менѣе значительнаго удлиненія перерывовъ существуетъ препятствіе со стороны неизбѣжнаго по самому характеру опытовъ требованія, чтобы раздраженіе нерва токомъ съ рѣдкими перерывами вызывало или начальное сокращеніе, или, въ крайнемъ случаѣ, короткій начальный тетанусъ. Чтобы ослабить, насколько возможно, это препятствіе, я пользовался для опытовъ не свѣжимъ, только что отпрепарованнымъ нервомъ, но подвергалъ его предварительно пятиминутной поляризаціи сильнымъ нисходящимъ токомъ 4 *D* безъ реохорда. При этомъ, какъ мы знаемъ, нервъ приходитъ въ состояніе, при которомъ полученіе начальныхъ сокращеній при раздраженіи прерывистымъ токомъ въ значительной степени облегчается.

Весь опытъ производился слѣдующимъ образомъ.

По окончаніи предварительной поляризаціи, я прежде всего

старался придать прерывистому току подходящій для опытовъ характеръ. Съ этою цѣлью я производилъ рядъ пробъ раздраженія нерва токомъ V, передвигая при этомъ въ ту или другую сторону (ближе или дальше отъ молотка) доставляющую этотъ токъ ртутную чашечку V. При помощи подобныхъ передвиженій я разыскивалъ такое ея положеніе, при которомъ продолжительность перерывовъ тока имѣла возможно бо́льшую величину, т.-е. при которомъ прерывистый токъ давалъ еще простыя начальныя сокращенія (или короткіе начальные тетанусы), но при незначительномъ удлиненіи перерывовъ начиналъ уже давать постоянные тетанусы. Послѣ этого, раздражая нервъ прерывистымъ токомъ V', я устанавливалъ совершенно такимъ-же образомъ чашечку V'. Когда установка обѣихъ чашечекъ была кончена, я приступалъ уже къ опытамъ, которые производились во всѣхъ отношеніяхъ совершенно также, какъ и вышеописанные опыты съ установкой чашечекъ на минимальной величинѣ перерывовъ, т.-е. въ перемежку съ раздраженіемъ прерывистымъ токомъ съ рѣдкими перерывами, раздражалъ нервъ токомъ съ частыми перерывами.

При такого рода опытахъ разница между эффектами, получаемыми въ томъ и другомъ случаѣ, проявилась весьма рѣзко, примѣромъ чему могутъ служить міограммы за №№ 44 и 45. На нихъ мы видимъ, что, вмѣсто начальныхъ сокращеній или короткихъ начальныхъ тетанусовъ при дѣйствіи на нервъ токовъ V или V', получились постоянные тетанусы при раздраженіи токомъ VV'.

На основаніи описанныхъ опытовъ не можетъ уже оставаться ни малѣйшаго сомнѣнія въ томъ, что, при увеличеніи частоты раздраженія по нашему способу, условія для полученія тетаническаго эффекта становятся болѣе благопріятными. Точно также не можетъ быть сомнѣнія и въ томъ, что *полученію тетаническаго эффекта благопріятствуетъ въ данномъ случаѣ не увеличеніе собственно частоты раздраженія, а лишь укороченіе продолжительности отдѣльныхъ толчковъ прерывистаго тока.*

Резюмируя результаты всѣхъ опытовъ съ измѣненіемъ частоты раздраженія, изложенныхъ въ настоящемъ отдѣлѣ, мы приходимъ къ слѣдующему положенію:

Положеніе девятое. Измѣненіе собственно частоты раздраженія, понимаемой просто какъ количество толчковъ, получаемыхъ нервомъ въ единицу времени, въ предѣлахъ отъ 46 до 140 въ секунду, не оказываетъ никакого замѣтнаго вліянія на эффектъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ; этотъ эффектъ

находится въ зависимости исключительно отъ продолжительности толчковъ и продолжительности перерывовъ тока, причемъ чѣмъ продолжительные толчки и короче перерывы, тѣмъ благопріятнѣе условія для полученія простыхъ начальныхъ сокращеній, и наоборотъ, чѣмъ короче толчки и продолжительные перерывы, тѣмъ благопріятные условія для полученія тетаническаго эффекта.

V. Эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока съ короткими толчками.

Въ главѣ о методѣ былъ уже описанъ пріемъ, позволявшій мнѣ получать прерывистый токъ, отдѣльные толчки котораго имѣли очень малую продолжительность (см. стр. 62). Этимъ пріемомъ я и воспользовался для постановки опытовъ, описываемыхъ въ настоящемъ отдѣлѣ.

Опыты, о которыхъ идетъ рѣчь, представляются, такимъ образомъ, по характеру употреблявшагося при нихъ тока, прямо противоположными тѣмъ, съ которыми мы имѣли дѣло до сихъ поръ. Дѣйствительно, во всѣхъ предыдущихъ отдѣлахъ настоящей главы мы пользовались всегда для раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, продолжительность перерывовъ котораго или имѣла возможно малую величину, или, во всякомъ случаѣ, была значительно меньше продолжительности толчковъ. Теперь-же для опытовъ употреблялся только такой токъ, продолжительность толчковъ котораго или имѣла возможно малую величину, или, во всякомъ случаѣ, была значительно меньше продолжительности перерывовъ.

Опыты, произведенные съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ токомъ съ короткими толчками, имѣли цѣлью разъясненіе двухъ вопросовъ: во-первыхъ, какъ дѣйствуетъ такой токъ на нормальный нервъ, и во-вторыхъ, какъ дѣйствуетъ онъ на нервъ послѣ предварительной поляризаціи. При рѣшеніи обоихъ вопросовъ я старался, точно также какъ и при всѣхъ предыдущихъ опытахъ, изслѣдовать только явленія, происходящія на катодѣ прерывистаго тока; поэтому, во всѣхъ случаяхъ, когда можно было опасаться появленія возбуждающаго вліянія анода (при раздраженіи нерва болѣе или менѣе сильными токами), я прибѣгалъ къ предварительной изолирующей поляризаціи.

A. *Эффекты раздраженія нормальнаго нерва рядомъ короткихъ толчковъ.*

§ 35. При изслѣдованіи эффектовъ раздраженія нормальнаго нерва я имѣлъ въ виду, главнымъ образомъ, провѣрить извѣстные результаты Кенига [1]) насчетъ зависимости силы возбужденія нерва отъ продолжительности дѣйствующихъ на него толчковъ тока. Какъ извѣстно, Кенигъ дѣлалъ свои опыты, употребляя для раздраженія одиночные толчки тока различной продолжительности, и пришелъ къ выводу, что *„электрическій токъ, чтобы вызвать соотвѣтствующее возбужденію молекулярное измѣненіе нервнаго вещества, долженъ дѣйствовать на нервъ въ теченіе извѣстнаго времени“* (стр. 545). Это время, по Кенигу, должно быть больше 0,0015 сек. При моихъ опытахъ я пользовался не одиночными толчками, а прерывистымъ токомъ, что, въ сущности, должно представляться совершенно безразличнымъ: разъ одинъ слишкомъ короткій толчекъ не способенъ вызывать возбужденія, возбужденіе должно отсутствовать и при рядѣ подобныхъ толчковъ.

Мои опыты привели къ результатамъ, вполнѣ согласнымъ съ результатами Кенига въ томъ смыслѣ, что для очень слабаго прерывистаго тока (Кенигъ при своихъ опытахъ употреблялъ тоже слабые токи) оказалось всегда возможнымъ разыскать такую короткую продолжительность толчковъ, при которой токъ остается безъ эффекта, между тѣмъ какъ при увеличеніи ихъ продолжительности даетъ сильные тетанусы [2]).

[1]) König. Wiener Sitzungsber. B. LXII. 2 Abth. 1870. Beiträge zur Theorie der elektrischen Nervenreizung. S. 537—546. Кромѣ Кенига этимъ-же самымъ вопросомъ занимались раньше Fick (Beiträge zur vergl. Physiol. d. irritablen Substanzen. Braunschweig. 1863. S. 32 и Unters. über elektr. Nervenreizung. Braunschweig. 1864. S. 24) и Brücke (Wien. Sitzungsber. 2 Abth. B. LVII. 1868. Ueber d. Reizung d. Bewegungsnerven durch elektr. Ströme. S. 451), а нослѣ еще и Grünhagen (Pflüg. Arch. B. XXXIII. 1883. Ueber d. Verhält. zwischen Reizdauer, Reizgrösse u. latenter Reizperiode. S 301). Всѣ эти изслѣдователи пришли приблизительно къ одному и тому-же результату. Тѣмъ не менѣе, я цитирую въ текстѣ только Кенига, такъ какъ работа его производилась при помощи наиболѣе точныхъ пріемовъ.

[2]) Отсутствіе возбужденія при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, продолжительность толчковъ котораго имѣетъ слишкомъ ничтожную величину, было констатировано уже раньше всѣми изслѣдователями, работавшими надъ вопросомъ о дѣйствіи на нервъ прерывистаго гальваническаго тока (о нихъ будетъ упомянуто въ слѣдующей главѣ). Однако, ихъ опыты отличаются отъ моихъ въ томъ отношеніи, что при нихъ употреблялись токи съ чрезвычайно частыми перерывами.

Въ видѣ примѣра, привожу двѣ міограммы за №№ 46 и 47, изъ которыхъ первая получена при раздраженіи нерва нисходящимъ, а вторая восходящимъ прерывистымъ токомъ. Опыты, записанные на нихъ, производились слѣдующимъ образомъ: во время дѣйствія на нервъ прерывистаго тока съ короткими толчками (моментъ замыканія этого тока обозначенъ поднятіемъ второй линіи) отъ поры до времени производилось, по извѣстному намъ способу (см. стр. 63) увеличеніе продолжительности толчковъ, и затѣмъ возвращеніе ихъ къ прежней величинѣ (моменты увеличенія продолжительности толчковъ и возвращенія ихъ къ прежней величинѣ отмѣчены поднятіями и опусканіями третьей линіи). Мы видимъ, что полное отсутствіе всякой реакціи на раздраженіе токомъ съ короткими толчками смѣняется тетанусомъ, лишь только продолжительность толчковъ увеличивается, и наоборотъ.

Приведенные опыты имѣютъ не только качественное значеніе, такъ какъ при нихъ были сдѣланы извѣстнымъ намъ способомъ измѣренія продолжительности толчковъ. Привожу полученныя данныя: отклоненіе стрѣлки гальванометра при дѣйствіи непрерывнаго тока 51°30′, отклоненіе подъ вліяніемъ прерывистаго тока съ короткими толчками 45′, отклоненіе подъ вліяніемъ прерывистаго тока съ удлиненными толчками 1°30′, частота раздраженія 88. Вычисляя на основаніи этихъ данныхъ продолжительность отдѣльныхъ толчковъ тока, получаемаго при той и другой установкѣ прерывателя, находимъ, что продолжительность толчковъ того тока, который не вызываетъ еще никакого эффекта, равняется 0,00019, а продолжительность толчковъ тока, вызвавшаго тетанусъ—0,00038 сек.

Приведенныя числа значительно меньше тѣхъ, которыя были получены Кенигомъ. Впрочемъ, какъ мы въ этомъ скоро убѣдимся, всѣ такого рода измѣренія могутъ имѣть лишь относительное значеніе, такъ какъ степень чувствительности нерва къ толчкамъ различной продолжительности есть величина въ высшей степени измѣнчивая.

Описанный результатъ, т.-е. отсутствіе возбужденія при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, состоящаго изъ короткихъ толчковъ, можетъ быть наблюдаемъ только при ничтожныхъ силахъ раздраженія (2 *D* съ 1 или maximum съ 2 сант. проволоки Дюбуа-Реймоновскаго реохорда). Пользуясь-же для опытовъ болѣе сильными токами, мы получаемъ тетанусы уже при самыхъ короткихъ толчкахъ, такъ что при подобныхъ силахъ тока нервъ, въ

дѣлѣ обнаруживанія короткихъ толчковъ, нисколько не уступаетъ телефону.

B. *Вліяніе предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва рядомъ короткихъ толчковъ.*

Опыты съ вліяніемъ предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва рядомъ короткихъ толчковъ производились во всѣхъ отношеніяхъ совершенно также, какъ и соотвѣтствующіе опыты, описанные во второмъ отдѣлѣ настоящей главы, гдѣ для раздраженія употреблялся прерывистый токъ съ короткими перерывами. Другими словами, и здѣсь въ каждомъ данномъ случаѣ сравнивались между собою эффекты, получаемые до и послѣ поляризаціи.

§ 36. Такого рода опыты показали, что воспріимчивость нерва къ раздраженію рядомъ короткихъ толчковъ тока измѣняется подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи въ громадной степени. А именно, *нервъ подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи становится относительно весьма нечувствительнымъ къ короткимъ толчкамъ даже весьма сильнаго тока. При этомъ, по крайней мѣрѣ, съ качественной стороны, оказывается совершенно безразличнымъ, имѣетъ-ли поляризующій токъ то или другое направленіе; съ количественной-же стороны существуетъ довольно значительная разница, по скольку вліяніе поляризаціи катодомъ представляется болѣе рѣзкимъ.*

Такъ, послѣ исходящей поляризаціи, продолжавшейся въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, раздраженіе нерва сильнымъ (4*D*. при моихъ опытахъ) прерывистымъ токомъ исходящаго направленія съ далеко не минимальной продолжительностью отдѣльныхъ толчковъ остается абсолютно безъ всякаго эффекта, между тѣмъ, это-же самое раздраженіе, будучи приложено къ нерву до поляризаціи, вызывало сильнѣйшіе тетанусы. Въ видѣ примѣра, привожу міограмму за № 49, на которой записанъ опытъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, продолжительность толчковъ котораго равнялась 0,00052 сек. (отклоненіе отъ непрерывнаго тока 59°, отъ прерывистаго 2° 30′, частота раздраженія 98).

Продѣлывая опыты съ поляризаціей анодомъ, мы можемъ достигнуть такихъ-же результатовъ только при условіи, когда для раздраженія употребляются сравнительно слабые токи, а поляризація производится по прежнему токами сильными. Примѣръ

такого рода опытовъ приведенъ на міограммѣ за № 50, гдѣ продолжительность каждаго толчка раздражающаго тока равнялась 0,00076 (отклоненіе подъ вліяніемъ непрерывнаго тока 51° 30′, подъ вліяніемъ прерывистаго 3° 30′, частота раздраженія 102). При несоблюденіи указаннаго условія, т.-е. при употребленіи для раздраженія сильныхъ токовъ, получаются обыкновенно тетанусы даже послѣ многоминутной поляризаціи анодомъ.

Чтобы доказать, что при описанныхъ опытахъ отсутствіе реакціи на раздраженіе прерывистымъ токомъ зависитъ только отъ того, что продолжительность толчковъ для даннаго состоянія нерва представляется слишкомъ короткой, я производилъ пробы ея увеличенія. При подобныхъ пробахъ оказалось, что отсутствующій эффектъ сейчасъ-же появляется, лишь только продолжительность толчковъ увеличивается. Въ видѣ примѣра, привожу міограмму за № 48. Для полученія ея нервъ, при помощи предварительной нисходящей поляризаціи токомъ 4*D*, былъ доведенъ до состоянія невоспріимчивости къ раздраженію прерывистымъ токомъ съ короткими толчками. Затѣмъ, во время раздраженія производилось отъ поры до времени увеличеніе продолжительности толчковъ [1]).

§ 37. На основаніи сказаннаго до сихъ поръ можно было-бы сдѣлать заключеніе, что, по отношенію къ вызыванію въ нервѣ невоспріимчивости къ короткимъ толчкамъ, антагонизма между предварительной поляризаціей катодомъ и анодомъ не существуетъ. Подобное заключеніе оказывается, однако, невѣрнымъ, извѣстный антагонизмъ есть и можетъ быть легко обнаруженъ опытнымъ путемъ.

Для обнаруженія указаннаго антагонизма всего удобнѣе, употребляя для раздраженія сильный прерывистый токъ, придавать его толчкамъ возможно большую продолжительность, однако,

[1]) Явленія, имѣющія кое-что общее съ описанными въ настоящемъ параграфѣ, были уже давно наблюдаемы Neumann'омъ (Arch. f. Anat. u. Physiol. '86), который задался цѣлью изслѣдовать измѣненіе воспріимчивости нерва къ одиночнымъ короткимъ толчкамъ тока при отмираніи. Для этого авторъ сравнивалъ эффекты, получаемые при раздраженіи съ одной стороны моментальнымъ токомъ (точная продолжительность тока авторомъ не указана), а съ другой—обыкновеннымъ замыканіемъ постояннаго тока. При этомъ онъ нашелъ, что, съ теченіемъ отмиранія (спустя сутки или больше отъ начала опыта), воспріимчивость нерва къ короткимъ токамъ въ громадной степени понижается, такъ что, напр., моментальный токъ отъ 48 элементовъ не даетъ никакого эффекта, тогда какъ отъ тока 1 элементовъ, при большей продолжительности его дѣйствія, удается получать какъ замыкательныя, такъ и размыкательныя сокращенія (S. 562).

такую, чтобы предварительная поляризація катодомъ могла еще довольно легко приводить нервъ въ состояніе невоспріимчивости къ ихъ дѣйствію. При этихъ условіяхъ невоспріимчивость, развившаяся подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ, можетъ быть устранена послѣдующей поляризаціей анодомъ. Подвергая нервъ много разъ подъ-рядъ дѣйствію поляризаціи то катодомъ, то анодомъ, мы можемъ столько-же разъ подъ-рядъ вызывать и уничтожать подобную невоспріимчивость. Примѣръ такого рода опытовъ приведенъ на міограммѣ за № 51.

Если указанныя выше условія не соблюдены, т.-е. если употребляется для раздраженія слабый прерывистый токъ, и въ особенности, если продолжительность толчковъ тока слишкомъ коротка, тогда невоспріимчивость нерва, развившаяся подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ, не можетъ быть уже устранена даже многоминутной послѣдующей поляризаціей анодомъ.

Обращая вниманіе на то, что было сказано во второмъ отдѣлѣ настоящей главы по поводу вліянія предварительной поляризаціи катодомъ и анодомъ на явленія возбужденія нерва на катодѣ прерывистаго тока съ короткими перерывами, мы замѣчаемъ, что антагонизмъ между дѣйствіемъ катода и анода поляризующаго тока проявляется въ нашемъ случаѣ вполнѣ аналогичнымъ образомъ, какъ и въ вышеупомянутомъ. Тамъ мы видѣли, что остающіеся въ нервѣ слѣды отъ предварительной поляризаціи катодомъ и анодомъ сходны между собою до нѣкоторой степени въ томъ отношеніи, что та и другая способствуютъ полученію при раздраженіи нерва начальнаго сокращенія вмѣсто тетануса, причемъ поляризація катодомъ дѣйствуетъ въ этомъ направленіи несравненно сильнѣе, чѣмъ поляризація анодомъ; какъ разъ то-же самое мы наблюдаемъ и здѣсь: поляризація катодомъ вызываетъ въ нервѣ невоспріимчивость къ короткимъ толчкамъ въ несравненно болѣе рѣзкой степени, чѣмъ поляризація анодомъ. Тамъ мы видѣли также, что, при послѣдовательной поляризаціи нерва катодомъ и анодомъ, поляризація анодомъ оказывается способной уничтожать измѣненіе, вызванное въ нервѣ поляризаціей катодомъ, за исключеніемъ только того небольшого излишка, который можетъ быть вызванъ уже одной поляризаціей анодомъ; совершенно то-же самое мы видимъ и въ занимающемъ насъ теперь случаѣ: поляризація нерва анодомъ уничтожаетъ невоспріимчивость къ короткимъ толчкамъ, вызванную предварительной поляризаціей катодомъ, оставляя нетронутымъ лишь тотъ остатокъ, который можетъ быть вызванъ уже одной предварительной поляризаціей анодомъ.

Изложеніемъ эффектовъ раздраженія нерва токомъ съ короткими толчками я и заканчиваю настоящую главу, посвященную вопросу о дѣйствіи на нервъ катода прерывистаго тока. Послѣ этого, ради систематичности изложенія, я долженъ былъ бы перейти ко второй экспериментальной части моего изслѣдованія, а именно къ описанію явленій, наблюдаемыхъ при раздраженіи нерва анодомъ прерывистаго тока. Однако, мнѣ кажется болѣе цѣлесообразнымъ изложить эти послѣднія въ одной изъ дальнѣйшихъ главъ, а предварительно заняться вопросомъ, какимъ образомъ должны быть объясняемы всѣ приведенные до сихъ поръ факты.

Попыткѣ рѣшенія этого вопроса и будутъ посвящены три послѣдующія главы. Въ первой изъ нихъ, послѣ упоминанія о результатахъ, полученныхъ моими предшественниками при опытахъ съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ батарейнымъ токомъ, я постараюсь экспериментально доказать, что Дюбуа-Реймоновскій законъ возбужденія непригоденъ для объясненія трактуемыхъ явленій. Въ слѣдующей за этой главѣ будетъ изложена попытка объясненія всего ряда фактовъ, полученныхъ при изслѣдованіи эффектовъ раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, и, наконецъ, въ третьей будетъ показано, что предлагаемое объясненіе можетъ быть удовлетворительно согласовано съ фактами, лежащими въ основѣ какъ Пфлюгеровскихъ законовъ измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока, такъ и Дюбуа-Реймоновскаго закона возбужденія.

ГЛАВА V.

Могутъ ли быть объяснены описанныя въ предыдущей главѣ явленія съ точки зрѣнія существующихъ теорій?

Въ предыдущей главѣ мы познакомились съ цѣлымъ рядомъ фактовъ, не оставляющихъ ни малѣйшаго сомнѣнія, что между дѣйствіемъ на нервъ прерывистаго и непрерывнаго тока есть много родственныхъ чертъ, выступающихъ особенно рельефно въ случаѣ, когда продолжительность перерывовъ раздражающаго тока имѣетъ незначительную величину. Такимъ образомъ, общепринятое представленіе, что прерывистый токъ обладаетъ способностью возбуждать нервъ во все время своего дѣйствія, оказывается вѣрнымъ только при условіи, когда перерывы болѣе или менѣе продолжительны; въ противномъ-же случаѣ получаются или совершенно такіе-же эффекты, какъ и подъ вліяніемъ непрерывнаго тока (начальныя сокращенія), или - же эффекты промежуточнаго характера (начальные тетанусы различной продолжительности). Родство явленій, наблюдаемыхъ при дѣйствіи на нервъ прерывистаго и непрерывнаго токовъ, заставляетъ признать, что въ основѣ тѣхъ и другихъ лежатъ сходныя причины. Вслѣдствіе этого, всякое объясненіе эффектовъ раздраженія прерывистымъ токомъ можетъ быть признано удовлетворительнымъ лишь тогда, когда оно будетъ согласовано тѣмъ или инымъ способомъ съ нашими представленіями насчетъ возбужденія нерва постояннымъ токомъ.

Извѣстно, что вопросъ о возбуждающемъ дѣйствіи постояннаго тока считается въ настоящее время рѣшеннымъ изслѣдованіями Дюбуа-Реймона и Пфлюгера: поэтому, наша первая задача должна состоять въ попыткѣ примѣненія даннаго ими готоваго рѣшенія къ нашему случаю. Другими словами, мы должны постараться выяснить, нельзя-ли на начальное сокращеніе при

дѣйствіи прерывистаго тока смотрѣть съ той-же точки зрѣнія, съ какой Дюбуа-Реймонъ и Пфлюгеръ смотрятъ на обыкновенное замыкательное сокращеніе.

Однако, не приступая еще къ подробному разсмотрѣнію поставленнаго вопроса, я считаю необходимымъ остановиться предварительно на отношеніи, существующемъ между изслѣдованнымъ мною явленіемъ начальнаго сокращенія и начальнымъ сокращеніемъ, описаннымъ другими авторами. Что прерывистый батарейный токъ можетъ, при извѣстныхъ условіяхъ, дѣйствовать также, какъ и непрерывный, это уже давно было утверждаемо различными изслѣдователями (Гарлессъ [1]), Гейденгайнъ [2]), Энгельманнъ [3]) и Грюнгагенъ [4]). Особенно опредѣленно въ этомъ направленіи высказались Энгельманъ и Грюнгагенъ, которымъ удалось получить одиночное вздрагиваніе мышцы въ моментъ замыканія слабаго прерывистаго тока (начальное сокращеніе при сильномъ раздраженіи не было до сихъ поръ наблюдаемо ни разу), т.-е. удалось наблюдать явленіе, на первый взглядъ совершенно тождественное съ тѣмъ, детальная разработка котораго занимала насъ въ теченіе всей предыдущей главы. Принимая во вниманіе, что упомянутые изслѣдователи, не ограничиваясь простымъ описаніемъ найденнаго факта, предлагаютъ въ то-же время попытки для его объясненія, мы должны были бы, повидимому, прежде всего остановиться на развиваемыхъ ими теоретическихъ представленіяхъ и задаться вопросомъ, насколько эти послѣднія могутъ быть примѣнены къ описаннымъ мною явленіямъ. Мнѣ кажется, однако, что разборъ различныхъ взглядовъ, высказывавшихся по поводу начальнаго сокращенія, представляется, въ виду преслѣдуемой нами теперь цѣли, совершенно излишнимъ и именно на слѣдующемъ основаніи.

Всѣ изслѣдователи, которымъ до сихъ поръ удавалось видѣть явленіе начальнаго сокращенія, наблюдали его исключительно при весьма значительной частотѣ раздраженія (при многихъ сотняхъ или даже при многихъ тысячахъ раздраженій въ секунду). Предполагаемая невозможность полученія начальнаго сокращенія при умѣренныхъ частотахъ перерывнаго тока послужила причиной того, что во всѣхъ существующихъ объясненіяхъ трактуемаго явленія выдающуюся роль играетъ число получаемыхъ нервомъ (или мышцей) импульсовъ: всѣ объясненія стараются показать,

[1]) Harless. Gelehrte Anzeigen d. bayr. Akad. 10 Juli 1857. № 5. S 47.
[2]) Heidenhain. Studien d. physiol. Instituts zu Breslau. 1 Heft. 1861. S. 64.
[3]) Engelmann. Pflüger's Arch. B. IV. 1871. S. 3—33.
[4]) Grünhagen. Pflüger's Arch. B. VI. 1872. S. 157—181.

почему начальное сокращеніе невозможно при маломъ и становится возможнымъ при большомъ числѣ раздраженій. Такъ какъ факты, съ которыми мы познакомились въ теченіе предыдущей главы, убѣждаютъ насъ самымъ несомнѣннымъ образомъ, что, въ противоположность показаніямъ другихъ авторовъ, для проявленія аналогіи между дѣйствіемъ прерывистаго и непрерывнаго тока нѣтъ ни малѣйшей необходимости въ большой частотѣ перерывовъ, поэтому становится очевиднымъ, что существующія объясненія не могутъ быть непосредственно приложены къ нашему случаю. Мало того. Есть весьма вѣскіе поводы думать, что начальное сокращеніе авторовъ и начальное сокращеніе, изслѣдованное мною, представляютъ, если и не всегда, то въ большинствѣ случаевъ, явленія, далеко не тождественныя, требующія для своего объясненія различныхъ точекъ зрѣнія.

Въ началѣ предыдущей главы мы видѣли, что для полученія начальнаго сокращенія необходимо, чтобы всѣ толчки прерывистаго тока имѣли одно и то-же направленіе; въ противномъ-же случаѣ, т.-е. при попеременно чередующемся направленіи отдѣльныхъ толчковъ, наблюдаются только тетанусы и ни слѣдовъ начальныхъ сокращеній. Хотя всѣ цитированные авторы не производили сравнительныхъ опытовъ съ прерывистымъ батарейнымъ токомъ того и другого характера [1]), а ограничивались лишь случаемъ, когда всѣ толчки имѣли одинаковое направленіе, но зато существуютъ въ литературѣ изслѣдованія надъ эффектами раздраженія нерва индукціоннымъ токомъ, которые, очевидно, вполнѣ соотвѣтствуютъ моимъ опытамъ раздраженія прерывистымъ токомъ съ попеременно чередующимся направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ. Дѣйствительно, всѣ изслѣдователи послѣдней категоріи, пользуясь индукціоннымъ токомъ обыкновенной (умѣренной) частоты, пришли къ общеизвѣстному выводу, что нервъ реагируетъ на подобное раздраженіе тетанусомъ при всевозможныхъ условіяхъ. Однако, и при употребленіи индукціоннаго тока нѣкоторые авторы, напр., Бернштейнъ [2]), наблюдали начальныя сокращенія при условіи, когда частота раздраженія достигала значительной величины. При этомъ замѣчательно, что условія полученія начальнаго сокращенія въ томъ видѣ, въ какомъ ихъ описываетъ Бернштейнъ, оказались въ

[1]) На сколько мнѣ извѣстно, такіе сравнительные опыты производились однимъ только Валентиномъ (Pflüger's Arch. B. XI. 1875), но безъ всякихъ постоянныхъ результатовъ.

[2]) Bernstein. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven-und Muskelsysteme. Heidelberg. 1871.

общихъ чертахъ тождественными съ условіями его полученія при дѣйствіи батарейнаго тока (Энгельманнъ, Грюнгагенъ): въ томъ и другомъ случаѣ требуется незначительная сила и значительная частота раздраженія. Благодаря такому сходству явленій, до сихъ поръ ни разу не высказывалась мысль о необходимости какого бы то ни было ихъ различенія: вопросы объ эффектахъ раздраженія нерва прерывистымъ батарейнымъ и индукціоннымъ токомъ всюду трактуются вмѣстѣ съ однѣхъ и тѣхъ же точекъ зрѣнія.

Сопоставляя приведенныя литературныя данныя съ результатами, полученными мною, мы должны придти къ выводу, что Бернштейновское начальное сокращеніе, если только оно не есть результатъ экспериментальныхъ погрѣшностей (какъ это, между прочими, утверждали Сѣченовъ [1]), Кронекеръ и Штирлингъ [2]), не имѣетъ ничего общаго съ моимъ: это послѣднее, въ противоположность Бернштейновскому, не зависитъ отъ частоты раздраженія, но зависитъ отъ характера раздражающаго тока. Поэтому, становится весьма вѣроятнымъ допущеніе, что большое число получаемыхъ первомъ импульсовъ, уже само по себѣ, независимо отъ характера раздражающаго тока, способно застать нервъ или мышцу реагировать на раздраженіе начальнымъ, а не постояннымъ возбужденіемъ; только я, конечно, не могъ констатировать этого при своихъ опытахъ, такъ какъ работалъ съ весьма ничтожной частотой перерывовъ. А если это такъ, то и результаты, полученные Энгельманномъ и Грюнгагеномъ, поскольку они представляются тождественными съ результатами Бернштейна, должны или, по крайней мѣрѣ, могутъ быть относимы къ той-же категоріи явленій. Такимъ образомъ, оказывается, что мое изслѣдованіе не въ состояніи пока отвѣтить на вопросъ, въ какомъ отношеніи стоятъ другъ къ другу начальныя сокращенія, изслѣдованныя мною и цитированными авторами, и суть-ли они родственныя или совершенно независимыя одно отъ другого явленія.

Если къ сказанному прибавить еще, что и противъ изслѣдованій, произведенныхъ съ батарейнымъ токомъ, были дѣлаемы весьма серьезныя возраженія, касающіяся возможности существованія важныхъ методическихъ погрѣшностей [3]), то становится очевиднымъ, что я долженъ при всѣхъ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ

[1]) Setschenow. Pflüger's Arch. B. V. 1871.

[2]) Kronecker und Stirling. Arch. f. (Anat. u) Physiol. 1878.

[3]) Ср. Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 86, 112.

и опытахъ руководствоваться исключительно изслѣдованными мною фактами и только на нихъ стараться основывать свою попытку объясненія трактуемыхъ явленій, а вопросъ относительно сущности начальныхъ сокращеній, наблюдаемыхъ при большой частотѣ раздраженія, оставить въ нынѣшнемъ его положеніи. Поэтому-то я и не считаю нужнымъ приводить и разбирать здѣсь воззрѣнія цитированныхъ авторовъ, тѣмъ болѣе, что о нихъ придется упомянуть впослѣдствіи, когда будетъ идти рѣчь объ явленіяхъ возбужденія нерва постояннымъ токомъ.

Послѣ этого отступленія, имѣвшаго цѣлью показать, что фактъ начальнаго сокращенія въ томъ видѣ, въ какомъ онъ извѣстенъ изъ литературныхъ данныхъ, не способенъ дать руководящей нити для пониманія занимающихъ насъ явленій, перехожу къ основному вопросу настоящей главы, а именно къ вопросу, могутъ-ли описанные въ предыдущей главѣ эффекты раздраженія нерва прерывистымъ батарейнымъ токомъ быть согласованы тѣмъ или другимъ способомъ съ общепринятыми въ настоящее время представленіями насчетъ возбуждающаго дѣйствія постояннаго тока.

Какъ извѣстно, большинство физіологовъ, опираясь на теоретическія и экспериментальныя изслѣдованія Дюбуа-Реймона и Шлюгера, признаетъ, что постоянный токъ можетъ вызывать возбужденіе нерва только при условіи, когда его сила подвергается колебаніямъ въ ту или другую сторону; въ теченіе-же всего времени, пока токъ протекаетъ по нерву съ неизмѣнной силой, возбужденія не существуетъ, хотя нервъ и представляется измѣненнымъ, обнаруживая новыя гальваническія (электротоническіе токи) и физіологическія (Пфлюгеровскія измѣненія раздражительности) свойства. Возбужденіе, наблюдаемое при колебаніяхъ тока, появляется въ различныхъ мѣстахъ, смотря по тому, въ какую сторону измѣняется сила раздражающаго тока. А именно, нервъ приходитъ въ возбужденное состояніе въ сферѣ катэлектротона въ моментъ усиленія (замыканія) и въ сферѣ анэлектротона въ моментъ ослабленія (размыканія) этого послѣдняго. Подобное отношеніе нерва къ току было выражено Пфлюгеромъ въ томъ видѣ, что нервъ способенъ возбуждаться появленіемъ катэлектротона и исчезаніемъ анэлектротона.

Оставляя пока въ сторонѣ возбужденіе, происходящее въ сферѣ анэлектротона (объ немъ будетъ идти рѣчь лишь послѣ того, какъ мы познакомимся съ эффектами раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока), мы можемъ сказать, что полученіе на катодѣ прерывистаго тока такихъ-же явленій, какія наблю-

даются на катодѣ непрерывнаго, представляется чрезвычайно трудно согласимымъ съ только что изложенными общепринятыми представленіями: разъ токъ несомнѣнно прерывается, разъ онъ претерпѣваетъ постоянныя колебанія, каждое колебаніе должно неизбѣжно сопровождаться возбужденіемъ, и, слѣдовательно, въ результатѣ должно получиться не начальное сокращеніе, а тетанусъ, длящійся въ теченіе всего періода раздраженія [1]).

Единственно возможный способъ примиренія изслѣдованныхъ мною явленій съ общепринятыми взглядами можетъ состоять въ предположеніи, что состояніе катэлектротона способно, при извѣстныхъ условіяхъ, сохранять непрерывный характеръ, несмотря на прерывистость вызвавшаго его тока. А именно, мы можемъ допустить, что катэлектротонъ не исчезаетъ мгновенно въ самый моментъ окончанія каждаго толчка тока, но остается еще въ нервѣ въ теченіе болѣе или менѣе долгаго времени. Съ этой точки зрѣнія предполагается, такимъ образомъ, что первый толчекъ дѣйствующаго на нервъ тока, будучи разсматриваемъ со стороны его способности вызывать возбужденіе, занимаетъ

[1]) Въ текстѣ я принимаю всюду, что причина изслѣдованнаго мною начальнаго сокращенія лежитъ исключительно въ нервѣ. Между тѣмъ, какъ a priori, такъ и на основаніи литературныхъ данныхъ (Вериттейнъ, Введенскій), можно думать, что явленіе способно допускать вообще два объясненія: причина явленія лежитъ или въ мышцѣ, или въ нервѣ. Принимая первое объясненіе, мы должны допустить, что каждый толчекъ прерывистаго тока вызываетъ въ нервѣ соотвѣтствующій ему процессъ возбужденія, но мышца изъ даннаго ряда возбужденій реагируетъ только на первое и, поэтому, дастъ въ результатѣ простое начальное сокращеніе. Очевидно, что въ нашемъ случаѣ мы не можемъ ни на одну минуту останавливаться на подобномъ объясненіи. Это становится уже невозможнымъ, благодаря извѣстному намъ факту, что мы, придавая ряду толчковъ тока не одинаковое, а неперемѣнно противоположное направленіе, получаемъ *при всѣхъ условіяхъ* тетанусы, а не начальныя сокращенія. Дѣйствительно, предполагая, что нервъ обладаетъ способностью реагировать на рядъ толчковъ раздражающаго тока соотвѣтствующимъ рядомъ толчковъ возбужденія, мы должны по необходимости признать, что превращеніе одинаковыхъ толчковъ тока въ разноименные не можетъ внести въ явленія какихъ-бы то ни было существенныхъ измѣненій, такъ какъ для мышцы совершенно безразлично, вызванъ ли данный толчекъ нервнаго возбужденія исходящимъ или восходящимъ токомъ. Поэтому, получая въ двухъ сравниваемыхъ случаяхъ такую рѣзкую разницу, мы не имѣемъ другого выхода, кромѣ признанія, что процессы въ нервѣ при одноименномъ и разноименномъ направленіи толчковъ раздражающаго тока различны, другими словами, что явленіе начальнаго сокращенія обусловливается происходящими въ самомъ нервѣ процессами. Въ пользу этого-же вывода говорятъ и всѣ остальныя данныя моего изслѣдованія, поскольку они показываютъ, что явленіе начальнаго сокращенія находится въ полной зависимости отъ явленій, которыя затрогиваютъ только нервъ а не мышцу.

исключительное положеніе сравнительно со всѣми послѣдующими: въ то время, какъ первый толчекъ, *вызывая* состояніе катэлектротона въ нормальномъ до тѣхъ поръ нервѣ, служитъ источникомъ возбужденія, всѣ послѣдующіе, *поддерживая* лишь то-же самое состояніе на одинаковой высотѣ, остаются безъ всякаго эффекта [1]).

Примѣняя указанную точку зрѣнія къ занимающимъ насъ явленіямъ, мы можемъ очень легко убѣдиться, что съ формальной стороны она вполнѣ способна служить, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, для ихъ объясненія. Дѣйствительно, руководствуясь ею, мы можемъ объяснить, почему для полученія начальнаго сокращенія необходимо придавать перерывамъ тока возможно малую величину: чѣмъ короче перерывъ, тѣмъ вѣроятнѣе, что послѣдѣйствіе, оставшееся отъ предшествующаго толчка, не успѣетъ исчезнуть къ моменту начала послѣдующаго. Точно также мы можемъ понять, почему начальное сокращеніе получается только при условіи, когда всѣ толчки раздражающаго тока имѣютъ одинаковое направленіе: при попеременно противоположномъ направленіи этихъ послѣднихъ нѣтъ условій для возникновенія въ какомъ нибудь участкѣ нерва непрерывнаго состоянія катэлектротона, такъ какъ на обоихъ полюсахъ раздражающаго тока происходитъ постоянное чередованіе состояній катэлектротона и анэлектротона. Съ этой-же точки зрѣнія могли бы быть объяснены и всѣ остальные найденные мною факты, если мы только допустимъ, что всѣ условія, которыя, на основаніи моихъ опытовъ, оказались благопріятствующими или неблагопріятствующими полученію начальнаго сокращенія, вліяютъ соотвѣтствующимъ образомъ и на продолжительность предполагаемаго электротоническаго послѣдѣйствія.

Возможность объясненія явленій съ развитой точки зрѣнія не можетъ, однако, служить достаточнымъ доказательствомъ, что они на самомъ дѣлѣ должны быть истолковываемы указаннымъ образомъ, тѣмъ болѣе, что при подобномъ объясненіи мы встрѣчаемся съ весьма серьезными трудностями: во-первыхъ, нѣтъ въ настоящее время ни одного факта, которымъ можно было бы воспользоваться, какъ болѣе или менѣе вѣскимъ доказательствомъ въ пользу возможности исчезанія катэлектротона лишь спустя нѣкоторое время послѣ размыканія вызвавшаго его тока, а во-

[1]) Приведенное объясненіе имѣетъ много общаго съ взглядами, развивавшимися Брюке (Wiener Sitzungsber. 2 Abth. LVIII. 1868) и Гроотагеномъ (Op. cit.).

вторыхъ, допущеніе такой возможности противорѣчило бы Германновской теоріи электротона, получающей въ настоящее время все большее и большее распространеніе. Дѣйствительно, если смотрѣть на электротоническіе токи, какъ на вѣтви тока поляризующаго, становится неизбѣжнымъ признаніе, что прерывистый токъ не можетъ дать непрерывнаго электротона.

Выйти изъ указаннаго затрудненія можно, очевидно, только при помощи чисто экспериментальнаго изслѣдованія. Я и перехожу теперь къ описанію предпринятыхъ мною въ этомъ направленіи опытовъ.

Первый вопросъ, который я поставилъ себѣ, состоялъ въ слѣдующемъ: получая начальное сокращеніе при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ, имѣемъ ли мы дѣло съ прерывистымъ или непрерывнымъ электротоническимъ токомъ?

Опыты, при помощи которыхъ я надѣялся рѣшить данный вопросъ, состояли въ отведеніи къ телефону участка нерва, лежащаго вблизи мѣста раздраженія, и въ выслушиваніи электротоническихъ токовъ, появляющихся при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, доставляемаго нашимъ прерывателемъ. Очевидно, что при подобныхъ опытахъ звукъ въ телефонѣ могъ бы получиться лишь при условіи, когда электротонъ обладаетъ прерывистымъ характеромъ; въ противномъ-же случаѣ звукъ появиться не можетъ.

Произведенные опыты показали, что телефонъ во все время раздраженія даетъ весьма ясный тонъ, тогда какъ мышца реагируетъ только простымъ начальнымъ сокращеніемъ. Полученіе тона служитъ несомнѣннымъ доказательствомъ, что полной непрерывности электротона при данныхъ условіяхъ не существуетъ. Но, можетъ быть, существуетъ неполная непрерывность; можетъ быть, электротонъ во время перерывовъ раздражающаго тока, не успѣвая исчезнуть вполнѣ, претерпѣваетъ лишь болѣе или менѣе значительное ослабленіе, такъ что мы имѣемъ дѣло съ колебаніями электротона, достаточными для полученія звука въ телефонѣ, но недостаточными для приведенія нерва въ возбужденное состояніе?

Умѣстность подобнаго предположенія была испытана мною слѣдующимъ образомъ. Размыкая при только что описанныхъ опытахъ который либо изъ ключей h или f (см. фиг. 9 на стр. 30), я наблюдалъ, не замѣчается ли при этомъ измѣненія силы выслушиваемаго въ телефонѣ тона. При размыканіи одного изъ указанныхъ ключей происходитъ, какъ это было описано въ главѣ о методѣ (см. стр. 56), такое измѣненіе характера пре-

рывистаго тока, при которомъ, вмѣстѣ съ уменьшеніемъ вдвое частоты раздраженія, продолжительность перерывовъ удлиняется въ громадной степени. Вслѣдствіе этого, мышца, какъ намъ извѣстно (см. стр. 135), переходитъ изъ состоянія покоя въ состояніе сильнѣйшаго тетануса. Если бы приведенное выше предположеніе было справедливо, мы должны были бы вмѣстѣ съ появленіемъ тетануса наблюдать значительное усиленіе выслушиваемаго тона. Этого на самомъ дѣлѣ не замѣчается: звукъ въ телефонѣ понижается на октаву, но сохраняетъ ту-же самую силу; по крайней мѣрѣ, при самомъ тщательномъ сравненіи того и другого тона мнѣ не удалось подмѣтить между ними никакой разницы въ этомъ направленіи.

Мнѣ остается еще сказать нѣсколько словъ насчетъ условій, при которыхъ производились описанные опыты. Лучше всего, казалось бы, пользоваться для нихъ совершенно нормальнымъ нервомъ, употребляя при этомъ для раздраженія слабый прерывистый токъ, дающій начальное сокращеніе. Однако, опытъ въ такой формѣ не удается, такъ какъ телефонъ не въ состояніи реагировать на столь слабые электротонические токи. Поэтому, я пользовался для раздраженія сильными токами (4 или 6 D. безъ реохорда), причемъ нервъ подвергался предварительной поляризаціи катодомъ до тѣхъ поръ, пока не начиналъ реагировать на раздраженіе простыми начальными сокращеніями. Раздражающій токъ имѣлъ нисходящее направленіе и прикладывался къ нерву, какъ это дѣлалось при всѣхъ моихъ опытахъ, при посредствѣ неполяризующихся электродовъ. Токъ къ телефону отводился при помощи электродовъ изъ платиновой проволоки, которыми я замѣнилъ здѣсь неполяризующіеся, чтобы не увеличивать сопротивленія въ цѣпи телефона. Раздражаемый участокъ равнялся 1 сант., отведенный 5 мм., разстояніе между тѣмъ и другимъ 3 мм.

Послѣ описанныхъ опытовъ не остается уже никакого сомнѣнія, что начальное сокращеніе не можетъ быть объясняемо непрерывностью гальваническихъ явленій электротона: электротонъ, наблюдаемый при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, столь-же прерывистъ, какъ и производящій его токъ. Этимъ отнимается значительная доля вѣроятности у объясненія, старающагося свести эффекты раздраженія прерывистымъ токомъ на общепринятые законы возбужденія нерва. Тѣмъ не менѣе, мы не можемъ еще сказать, чтобы указанное объясненіе было уже окончательно опровергнуто.

Въ общепринятой формулѣ закона возбужденія: „*нервъ возбуж-*

дается появленіемъ катэлектротона“, подъ словомъ „катэлектротонъ“ подразумѣваются не одни гальваническія явленія, но также и Пфлюгеровское повышеніе раздражительности. Хотя обыкновенно и признается, что оба ряда явленій идутъ всегда рука объ руку, тѣмъ не менѣе, нѣтъ ничего слишкомъ невѣроятнаго въ мысли, что они протекаютъ не вполнѣ параллельно другъ другу, но что Пфлюгеровское повышеніе раздражительности исчезаетъ не въ самый моментъ исчезанія электротоническаго тока, а спустя лишь болѣе или менѣе продолжительное время. Разъ мы допустимъ подобное предположеніе, открывается новая возможность объясненія явленія начальнаго сокращенія: прерывистый токъ, приводя нервъ на катодѣ въ непрерывное состояніе повышенной раздражительности, можетъ вызывать поэтому такіе-же эффекты, какъ и непрерывный.

Чтобы убѣдиться, насколько умѣстно подобнаго рода толкованіе явленій, мною былъ предпринятъ рядъ опытовъ въ физіологической лабораторіи профессора Тарханова. Хотя опыты, о которыхъ идетъ рѣчь, представляются еще не вполнѣ законченными въ томъ смыслѣ, что полученные при нихъ результаты не были записаны графически, какъ это я предполагалъ сдѣлать сначала, тѣмъ не менѣе, я рѣшаюсь описать ихъ уже теперь: результаты ихъ столь рѣзки, что и безъ примѣненія графическаго метода нѣтъ ни малѣйшей возможности сомнѣваться въ вѣрности ихъ наблюденія.

При трактуемыхъ опытахъ я поставилъ себѣ задачей рѣшеніе вопроса, что́ дѣлается съ катэлектроническимъ повышеніемъ раздражительности нерва въ самый моментъ размыканія поляризующаго тока,—остается ли оно еще въ теченіе нѣкотораго времени, или же исчезаетъ одновременно съ вызвавшимъ его токомъ. Понятно, что изъ рѣшенія даннаго вопроса въ томъ или другомъ смыслѣ должна непосредственно вытекать возможность или невозможность непрерывнаго существованія катэлектротоническаго повышенія раздражительности при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока.

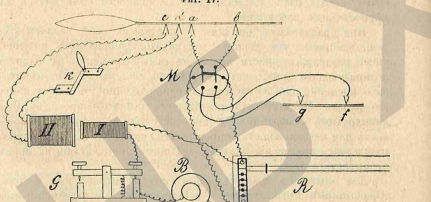
Для опытовъ я видоизмѣнилъ нѣсколько готовый уже методъ, выработанный Грюнгагеномъ[1]) и Германномъ[2]) и служившій имъ для рѣшенія аналогичнаго вопроса, а именно, вопроса о быстротѣ появленія въ нервѣ электротоническихъ измѣненій раздражительности. Исходя изъ предположенія, что эти послѣднія

[1]) Grünhagen. Pflüger's Arch. B. IV. 1871.
[2]) Hermann Pflüger's Arch. B. XXI. 1879.

наступаютъ одновременно съ началомъ поляризаціи, упомянутые изслѣдователи доказали свою мысль при помощи остроумнаго пріема, позволившаго имъ изслѣдовать раздражительность нерва въ самый моментъ замыканія поляризующаго тока. Ихъ пріемъ, основанный на употребленіи для поляризаціи вѣтви того-же самаго тока, который проходитъ и по первичной спирали индукціоннаго аппарата, предназначенная для раздраженія, обезпечиваетъ совпаденіе замыкательнаго индукціоннаго удара съ моментомъ замыканія и размыкательнаго съ моментомъ размыканія поляризующаго тока, вслѣдствіе чего получается возможность изслѣдовать состояніе раздражительности нерва какъ въ самый моментъ начала, такъ и въ самый моментъ прекращенія поляризаціи: для этого стоитъ только пользоваться для раздраженія замыкательными ударами въ первомъ и размыкательными во второмъ случаѣ. Въ то время, какъ Грюнгагенъ и Германнъ, сообразно съ преслѣдуемой ими цѣлью, употребляли исключительно замыкательные удары, я долженъ былъ пользоваться одними размыкательными.

Детали пріема въ томъ видѣ, въ какомъ я пользовался имъ для опытовъ, могутъ быть пояснѐны прилагаемой схематической фигурой 17.

Фиг. 17.



Токъ батареи B, проходящій по первичной спирали (I) индукціоннаго аппарата и по Дюбуа-Реймоновскому реохорду R, можетъ быть въ любой моментъ размыкаемъ нажиманіемъ на лѣвое плечо Гельмгольцевскаго рычага G. Вѣтвь тока, имѣющая различную силу, смотря по установкѣ реохорда R, направляется къ Полевской вишнѣ съ вынутымъ крестомъ M, а оттуда, смотря по положенію скобки этой послѣдней, или къ участку ab одного, или къ участку gf другого нерва. Одинъ только первый нервъ служилъ непосредственнымъ объектомъ наблюденія, между тѣмъ какъ назначеніе второго состояло лишь въ томъ, чтобы условія, опредѣляющія собою силу тока въ цѣпи первичной спирали, оставались приблизительно одинаковыми при различныхъ положеніяхъ скобки вишни M. Вторичная спираль (II) индукціоннаго аппарата соединена проволоками съ участкомъ нерва cd. На пути проволокъ помѣщенъ Дюбуа-Реймоновскій ключъ k. Постоянный токъ по участку ab процускался въ нисходящемъ, а размыкательный индукціонный ударъ по участку cd въ восходящемъ направленіи. Всѣ электроды были неполяризующіеся.

Понятно, что при описанномъ устройствѣ опытовъ существуетъ полная возможность сравненія нормальной раздражительности съ раздражительностью, наблюдаемою въ самый моментъ прекращенія поляризаціи. Для этого стоитъ только сравнивать между собою высоты сокращеній, получаемыхъ при раздраженіи участка cd размыкательными ударами при двухъ различныхъ положеніяхъ скобки вишни M. Въ самомъ дѣлѣ, когда скобка перекинута книзу, размыканіе цѣпи батареи B, производимое нажиманіемъ на лѣвое плечо рычага G, соотвѣтствуетъ просто раздраженію участка cd однимъ размыкательнымъ ударомъ; если-же скобка перекинута кверху, тогда до начала раздраженія участокъ ab поляризуется вѣтвью тока батареи B, причемъ нажиманіе на рычагъ соотвѣтствуетъ теперь съ одной стороны прекращенію поляризаціи, а съ другой — раздраженію участка cd такимъ-же размыкательнымъ ударомъ, какъ и при первомъ положеніи скобки. Однако, чтобы эффектъ, получаемый въ этомъ послѣднемъ случаѣ, позволялъ судить о состояніи раздражительности нерва въ моментъ прекращенія поляризаціи, необходимо, чтобы онъ зависѣлъ исключительно отъ раздраженія участка cd размыкательнымъ индукціоннымъ ударомъ, другими словами, необходимо, чтобы поляризующій токъ имѣлъ такую силу, при которой размыканіе его не сопровождалось бы ни малѣйшими слѣдами размыкательнаго сокращенія. Сообразно съ этимъ, весь опытъ производился слѣдующимъ образомъ.

Разомкнувъ, при помощи ключа k, цѣпь вторичной спирали и перекинувши вверхъ скобку вишни M, я размыкивалъ такую установку реохорда R, при которой размыканіе цѣпи батареи B, производимое при помощи рычага G, не давало бы размы-

кательнаго сокращенія. Эта цѣль могла быть достигнута двоякимъ образомъ: или при достаточно малой, или при достаточно большой силѣ тока, т.-е. при слабыхъ или при сильныхъ токахъ въ Пфлюгеровскомъ смыслѣ. Установивши реохордъ должнымъ образомъ, я перекидывалъ внизъ скобку винты M и замыкалъ ключъ k. При этомъ, понятно, дѣйствіе поляризующаго тока было устранено и я имѣлъ возможность, руководствуясь нѣсколькими пробами раздраженія участка cd, установить вторичную спираль на такомъ разстояніи отъ первичной, при которомъ размыкательный индукціонный ударъ давалъ сокращеніе опредѣленной высоты. Послѣ этого, оставляя ключъ k замкнутымъ по прежнему, я перекидывалъ скобку винты M вверхъ и опять подвергалъ нервъ раздраженію индукціонными размыкательными ударами.

Если-бы катэлектротоническое повышеніе раздражительности обладало способностью переживать вызвавшій его токъ, то это должно было бы сейчасъ-же обнаружиться большей высотой сокращенія, получаемаго при раздраженіи нерва въ моментъ прекращенія поляризаціи, сравнительно съ сокращеніемъ, получаемымъ при раздраженіи нормальнаго нерва. Опыты показали, однако, что на самомъ дѣлѣ не только не существуетъ ни слѣдовъ подобнаго повышенія, но, наоборотъ, наблюдается пониженіе, выраженное до-нельзя рѣзко. Такъ, установивъ предварительно вторичную спираль на такомъ разстояніи отъ первичной, при которомъ индукціонный ударъ, при перекинутой внизъ скобкѣ винты M, даетъ максимальное сокращеніе, мы получаемъ полное отсутствіе эффекта, разъ только раздраженіе производится послѣ перекидыванія скобки кверху; перекинувши скобку книзу, мы опять получаемъ максимальное сокращеніе, и т. д., сколько угодно разъ подъ-рядъ. Особенно рѣзки описываемыя явленія въ томъ случаѣ, когда для поляризаціи употребляется сильный токъ, дѣйствующій согласно третьей стадіи Пфлюгеровскаго закона сокращенія (для полученія подобнаго тока обыкновенно бываетъ достаточно 4 элементовъ Даніэля при условіи, когда введено въ цѣпь полное сопротивленіе реохорда). Здѣсь пониженіе раздражительности, наблюдаемое въ моментъ размыканія поляризующаго тока, достигаетъ, дѣйствительно, громадныхъ размѣровъ и стоитъ весьма близко къ полной неспособности реагировать на самыя сильныя раздраженія. А именно, разъ скобка перекинута кверху, мы можемъ получать полное отсутствіе эффекта даже при почти надвинутыхъ другъ на друга спиралихъ, между тѣмъ, раздраженіе нерва, предпринятое вслѣдъ за этимъ, но только

при перекинутой внизъ скобкѣ, даетъ максимальное сокращеніе при разстояніи катушекъ, измѣряемомъ многими сантиметрами.

Описанные опыты доказываютъ, такимъ образомъ, что катэлектротоническое (Пфлюгеровское) повышеніе раздражительности связано съ присутствіемъ поляризующаго тока такъ-же тѣсно, какъ и электротоническіе токи: появленіе въ нервѣ и исчезаніе этого повышенія опредѣляется моментомъ начала и конца поляризаціи. Вслѣдствіе этого, предположеніе, что въ сферѣ катэлектротона прерывистаго тока можетъ существовать непрерывное состояніе повышенной раздражительности, теряетъ подъ собою всякую почву.

Резюмируя все сказанное въ настоящей главѣ, мы приходимъ къ выводу, что *единственно мыслимый способъ, при помощи котораго общепринятое положеніе: «нервъ возбуждается появленіемъ катэлектротона» могло бы быть примѣнено къ объясненію описанныхъ въ главѣ IV явленій, способъ, основывающійся на допущеніи способности прерывистаго тока вызывать непрерывное состояніе катэлектротона, оказывается несостоятельнымъ: при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока катэлектротонъ несомнѣнно прерывистъ, онъ появляется въ моментъ начала и исчезаетъ въ моментъ конца каждаго толчка тока.*

Убѣдившись, что эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ не могутъ быть объяснены съ общепринятой точки зрѣнія, мы должны попытаться въ самихъ явленіяхъ найти руководящую нить для ихъ пониманія. Въ слѣдующей главѣ мною и будетъ предпринята подобная попытка.

ГЛАВА VI.

Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Въ предыдущей главѣ мы убѣдились, что изслѣдованныя нами аналогіи между дѣйствіемъ прерывистаго и непрерывнаго тока никоимъ образомъ не могутъ быть объясняемы тѣмъ, что нервъ въ томъ и другомъ случаѣ приходитъ въ непрерывное состояніе катэлектротона, если, по крайней мѣрѣ, подъ катэлектротономъ подразумѣвать явленія, обыкновенно подразумѣваемыя подъ этимъ словомъ. Между тѣмъ, изъ сопоставленія эффектовъ, получаемыхъ въ обоихъ случаяхъ, слѣдуетъ съ очевидностью, что должно существовать нѣчто такое, что, оставаясь тамъ и здѣсь непрерывнымъ, сообщаетъ наблюдаемымъ явленіямъ тождественный характеръ. Въ необходимости признанія подобнаго фактора убѣждаетъ насъ фактъ, что аналогіи между дѣйствіемъ того и другого тока, начиная проявляться лишь при нѣкоторой незначительной продолжительности перерывовъ, съ уменьшеніемъ этой послѣдней, становятся выраженными все болѣе и болѣе рѣзко. Другими словами, самый характеръ явленій указываетъ, что послѣ каждаго толчка прерывистаго тока остается въ нервѣ слѣдъ, способный изглаживаться лишь съ теченіемъ времени и обусловливающій собою то, что каждый послѣдующій толчекъ, дѣйствуя спустя короткое время послѣ предшествующаго, остается безъ всякаго видимаго эффекта.

Кромѣ электротоническихъ токовъ и катэлектротоническаго повышенія раздражительности, прерывистость которыхъ доказана изслѣдованіями предыдущей главы, существуетъ еще одинъ характерный для катэлектротона рядъ явленій, а именно вторичное пониженіе раздражительности, найденное и разработанное подробно мною [1]) въ одной изъ прежнихъ работъ. На это явленіе мы и должны теперь обратить наше особенное вниманіе.

Уже въ главѣ III (см. стр. 70), тамъ, гдѣ шла рѣчь о способѣ изолированнаго наблюденія возбужденія, рождающагося на катодѣ и анодѣ прерывистаго тока, была въ общихъ чертахъ изложена сущность трактуемаго явленія. Тамъ мы видѣли, что Пфлюгеровское повышеніе раздражительности въ сферѣ катэлектротона представляетъ лишь первую стадію явленій, такъ какъ всегда, при продолжающейся поляризаціи, вслѣдъ за повышеніемъ, развивается мало-по-малу ясно выраженное пониженіе раздражительности. Мы видѣли также, что указанное пониженіе обладаетъ свойствомъ не исчезать въ моментъ размыканія поляризующаго тока, но оставаться въ нервѣ еще въ теченіе болѣе или менѣе долгаго времени. Благодаря послѣднему свойству, вторичное пониженіе, рѣзко отличаясь отъ всѣхъ другихъ, наблюдаемыхъ въ сферѣ катэлектротона, явленій, способно въ то же время пробудить въ насъ подозрѣніе, что въ немъ и лежитъ причина аналогіи между дѣйствіемъ прерывистаго и непрерывнаго токовъ. Дѣйствительно, подробный разборъ явленій убѣждаетъ насъ въ полной основательности подобнаго подозрѣнія.

Какимъ-же образомъ, однако, вторичное пониженіе можетъ служить для объясненія эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ?

Не вдаваясь въ подробное разсмотрѣніе пути, при помощи котораго выработалось предлагаемое мною объясненіе, я сразу-же изложу сущность этого послѣдняго, а затѣмъ уже остановлюсь на доказательствахъ, которыя могутъ быть приведены въ его пользу.

Все мое объясненіе основывается на парадоксальномъ, на первый взглядъ, допущеніи, что вторичное пониженіе раздражительности появляется въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва не только при дальнѣйшихъ стадіяхъ поляризаціи, какъ это было доказано непосредственными опытами, а уже въ самые первые моменты дѣйствія тока. Другими словами, я принимаю, что повышенія раздражительности въ сферѣ катэлектротона вовсе не существуетъ, а есть только одно пониженіе, развитое въ болѣе или менѣе рѣзкой формѣ даже въ такое время, когда прямые опыты убѣждаютъ насъ самымъ несомнѣннымъ образомъ въ существованіи не пониженія, а наоборотъ, повышенія полу-

[1]) Br. Werigo. Pflüger's Arch. B XXXI. 1883.

чаемаго при раздраженіи нерва эффекта (Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе раздражительности).

Какъ ни парадоксально подобное предположеніе и какъ ни отличается оно отъ общепринятыхъ представленій, тѣмъ не менѣе, легко показать, что въ немъ нѣтъ какихъ бы то ни было логическихъ противорѣчій. Уже въ главѣ I (см. стр. 22) мы видѣли, что есть нѣкоторая возможность смотрѣть на Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе раздражительности не какъ на истинное измѣненіе раздражительности нерва, но какъ на результатъ чисто физическихъ процессовъ суммированія въ нервѣ катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго и поляризующаго токовъ. Становясь на эту точку зрѣнія, мы должны признать, что фактъ повышенія эффекта въ сферѣ катэлектротона, взятый самъ по себѣ, не даетъ ровно никакихъ указаній насчетъ состоянія истинной раздражительности нерва: раздражительность можетъ оставаться нормальной, она можетъ быть повышена, но она можетъ быть также и понижена. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, который, по моему мнѣнію, и имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности, мы сталкиваемся, такимъ образомъ, съ двумя дѣйствующими въ противоположныя стороны вліяніями, изъ которыхъ одно (суммированіе катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго тока съ такими-же вѣтвями поляризующаго) способствуетъ повышенію эффекта, а другое (пониженіе раздражительности нерва), наоборотъ, способствуетъ его пониженію. Понятно, что эффектъ, получаемый при подобныхъ условіяхъ, долженъ представлять собою какъ бы равнодѣйствующую упомянутыхъ вліяній: онъ долженъ быть выше нормальнаго, если беретъ перевѣсъ первое, и ниже, если перевѣсъ остается на сторонѣ послѣдняго. Съ этой точки зрѣнія на констатированный нами раньше переходъ первичаго Пфлюгеровскаго повышенія во вторичное пониженіе раздражительности мы должны смотрѣть, какъ на результатъ постепеннаго прогрессированія вторичнаго пониженія съ теченіемъ поляризаціи: при началѣ этой послѣдней вліяніе вторичнаго пониженія слабѣе, а при дальнѣйшихъ ея стадіяхъ сильнѣе вліянія суммированія катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго и поляризующаго токовъ.

Очевидно, что намѣченная точка зрѣнія, не заключая въ себѣ никакихъ логическихъ противорѣчій, способна въ то-же время служить для объясненія явленія начальнаго сокращенія. Въ самомъ дѣлѣ, допуская, что въ сферѣ катэлектротона, даже при самой непродолжительной поляризаціи, нѣтъ повышенія, а только одно пониженіе раздражительности, обладающее притомъ способностью

не исчезать мгновенно въ моментъ исчезанія вызвавшаго его тока, мы сразу-же видимъ, что реакція нерва на первый толчекъ прерывистаго тока должна быть иная, чѣмъ на всѣ остальные: только первый толчекъ дѣйствуетъ на вполнѣ нормальный нервъ, всѣ-же послѣдующіе — на нервъ, раздражительность котораго, пониженная подъ вліяніемъ предшествующихъ толчковъ, не успѣла еще вполнѣ возстановиться. Вслѣдствіе этого понятно, что, при подходящихъ условіяхъ, первый толчекъ можетъ сопровождаться возбужденіемъ въ то время, когда всѣ остальные не вызываютъ никакого эффекта, другими словами, можетъ получиться явленіе начальнаго сокращенія.

Принимая, что пониженіе раздражительности въ сферѣ катэлектротона свойственно не исключительно дальнѣйшимъ стадіямъ поляризаціи, а появляется уже при началѣ дѣйствія тока на нервъ, я долженъ былъ бы, казалось, перестать называть его вторичнымъ пониженіемъ. Тѣмъ не менѣе, въ виду свойствъ, которыя должны быть приписаны ему на основаніи имѣющихся свѣдѣній, мнѣ кажется умѣстнымъ оставить за нимъ данное мною прежде названіе. Дѣло въ томъ, что доказанная въ моей прежней работѣ способность вторичнаго пониженія къ безграничному прогрессированію съ теченіемъ поляризаціи заставляетъ признать, что это есть явленіе, связанное самымъ тѣснымъ образомъ съ продолжительностью дѣйствія тока, явленіе, развивающееся лишь постепенно во времени. Хотя подобная постепенность развитія была констатирована лишь для дальнѣйшихъ стадій поляризаціи, мы все-таки не имѣемъ никакого права допускать, чтобы трактуемое явленіе, разъ оно существуетъ и при началѣ дѣйствія тока, измѣнило здѣсь свой основной характеръ: оно и здѣсь должно сохранять свое свойство развиваться не сразу, а лишь постепенно. Такимъ образомъ, мы оказываемся вынужденными допустить, что въ самый моментъ вхожденія тока въ нервъ пониженія раздражительности еще не существуетъ, но оно лишь съ этого момента начинаетъ развиваться съ большею или меньшею быстротой. Это-то свойство пониженія раздражительности въ сферѣ катэлектротона и заставляетъ меня удержать за нимъ названіе вторичнаго. Сохраненіе подобнаго названія оказывается выгоднымъ еще въ томъ отношеніи, что оно позволяетъ по прежнему противопоставлять вторичное пониженіе раздражительности Пфлюгеровскому первичному ея повышенію. Хотя этому послѣднему я и не придаю, какъ было замѣчено выше, значенія дѣйствительнаго измѣненія раздражительности нерва, и поэтому, въ примѣненіи къ нему, буду стараться, по

возможности, избѣгать употребленія слова „раздражительность“, тѣмъ не менѣе, поступать такъ вполнѣ систематически представляется невозможнымъ, въ особенности тамъ, гдѣ дѣло идетъ о литературныхъ ссылкахъ.

Во избѣжаніе недоразумѣній, повторю еще разъ тѣ основныя предположенія, которыя, на мой взглядъ, совершенно достаточны для объясненія эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ и доказательства въ пользу которыхъ должны быть представлены при дальнѣйшемъ изложеніи.

a) Въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва нѣтъ дѣйствительнаго повышенія раздражительности ни при какихъ стадіяхъ поляризаціи, такъ что Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе должно быть разсматриваемо, какъ явленіе, зависящее отъ другихъ причинъ, не имѣющихъ ничего общаго съ состояніемъ раздражительности нерва.

b) Въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва, начиная съ момента замыканія тока, развивается постоянно прогрессирующее пониженіе раздражительности, которое, по своимъ свойствамъ, должно быть представляемо совершенно тождественнымъ съ найденнымъ мною ранѣе вторичнымъ пониженіемъ раздражительности.

Оба положенія сводятся, въ сущности, на одно второе. Въ самомъ дѣлѣ, разъ было бы доказано, что въ сферѣ катэлектротона раздражительность понижена, уже начиная съ первыхъ моментовъ поляризаціи, вмѣстѣ съ тѣмъ было бы также доказано, что Пфлюгеровское первичное повышеніе эффекта не имѣетъ ничего общаго съ измѣненіемъ раздражительности нерва: пониженная и повышенная раздражительность существовать одновременно не могутъ. Несмотря на это, я подчеркиваю также и первое положеніе, руководствуясь тѣмъ, что признаніе повышенія раздражительности въ сферѣ катэлектротона до такой степени глубоко проникло въ сознаніе всѣхъ физіологовъ, что полное отрѣченіе отъ него весьма затруднительно. Между тѣмъ, для вѣрной оцѣнки всего дальнѣйшаго изложенія представляется необходимымъ отрѣшиться на время отъ подобнаго представленія.

Въ пользу выставленныхъ положеній можно уже сразу привести нѣкоторыя соображенія общаго характера, основывающіяся на тѣхъ свѣдѣніяхъ, которыя имѣются у насъ относительно явленій въ сферѣ катэлектротона, помимо фактовъ, добытыхъ изслѣдованіемъ эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Хотя этимъ соображеніямъ, какъ таковымъ, и нельзя придавать особенно важнаго значенія (вопросы, въ родѣ затронутаго нами, не рѣшаются простыми соображеніями), тѣмъ не менѣе, на ряду съ другими доказательствами, слѣдуетъ обратить вниманіе и на нихъ. Подобныхъ соображеній я могу привести два.

Во-первыхъ, допущеніе существованія въ сферѣ катэлектротона пониженной раздражительности, начиная съ самыхъ первыхъ моментовъ дѣйствія тока на нервъ, освобождаетъ насъ отъ необходимости дѣлать уже a priori мало вѣроятное предположеніе, что въ нервѣ, подъ вліяніемъ одного и того-же дѣятеля (отрицательный полюсъ тока), могутъ происходить прямо противоположныя явленія (повышеніе и пониженіе раздражительности).

Во-вторыхъ, наша точка зрѣнія освобождаетъ отъ необходимости допускать, что въ моментъ размыканія поляризующаго тока происходитъ мгновенное извращеніе раздражительности, которая изъ повышенной сразу становится пониженной. Фактъ, что при раздраженіи нерва въ сферѣ катэлектротона, во время и вслѣдъ за прекращеніемъ поляризаціи, получаются прямо противоположные эффекты, былъ, какъ извѣстно, констатированъ Пфлюгеромъ и истолковывался въ томъ смыслѣ, что раздражительность, повышенная подъ вліяніемъ поляризаціи, не можетъ прямо вернуться къ нормѣ, но предварительно претерпѣваетъ измѣненіе въ противоположномъ направленіи. Принимая подобный взглядъ, мы должны были бы допустить, что на переходѣ нерва изъ одного состоянія въ другое требуется извѣстное измѣримое время. Но крайней мѣрѣ, чрезвычайно трудно предполагать, чтобы нервъ, всѣ извѣстные физіологическіе процессы котораго протекаютъ во времени сравнительно медленно, былъ способенъ измѣнить столь рѣзко свою раздражительность въ теченіе неизмѣримо короткаго промежутка времени. Между тѣмъ, описанные въ предыдущей главѣ опыты, при которыхъ опредѣлялось состояніе раздражительности нерва въ сферѣ катэлектротона въ самый моментъ размыканія поляризующаго тока, показали (см. стр. 160), что эффектъ раздраженія въ этотъ моментъ оказывается уже чрезвычайно рѣзко пониженнымъ. Съ моей точки зрѣнія, объясненіе подобнаго факта не представляетъ ни малѣйшаго затрудненія; наоборотъ, указанный ходъ явленій есть непосредственное и необходимое слѣдствіе защищаемаго мною взгляда. Въ самомъ дѣлѣ, разъ повышеніе эффекта въ сферѣ катэлектротона есть простое физическое слѣдствіе присутствія въ нервѣ катэлектротоническихъ вѣтвей поляризующаго тока, оно должно исчезать мгновенно вслѣдъ за исчезаніемъ этихъ послѣднихъ, причемъ должно обнаружиться истинное со-

стояніе раздражительности нерва. Другими словами, раздражительность должна оказаться такою, какою она была, въ сущности, и во время поляризаціи, т.-е. пониженной.

Я уже замѣтилъ выше, что приведеннымъ общимъ соображеніямъ придаю сравнительно мало значенія въ качествѣ доводовъ въ пользу высказанныхъ мною положеній. Чтобы сдѣлать эти послѣднія болѣе или менѣе вѣроятными, требуются, конечно, доказательства, гораздо болѣе непосредственныя. Спрашивается, гдѣ мы должны искать подобныхъ доказательствъ?

Уже самаго поверхностнаго взгляда на наши положенія вполнѣ достаточно, чтобы убѣдиться, что они затрогиваютъ сферу явленій, значительно болѣе широкую, чѣмъ изслѣдованные мною эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Всѣдствіе этого, желая заимствовать искомыя доказательства исключительно изъ области этихъ послѣднихъ, я долженъ былъ бы оставить въ сторонѣ много явленій, стоящихъ съ моими положеніями въ самой тѣсной связи, и притомъ такихъ, насчетъ которыхъ у физіологовъ сложились вполнѣ опредѣленныя представленія, находящіяся въ самомъ рѣзкомъ противорѣчіи съ проводимыми мною взглядами. Я говорю о явленіяхъ въ сферѣ катэлектротона постояннаго тока. Очевидно, что оставлять ихъ въ сторонѣ невозможно: это значило бы лишать доказательства, почерпнутыя изъ области изслѣдованныхъ мною фактовъ, всякаго серьезнаго значенія. Поэтому, всѣ доводы, которые могутъ быть приведены въ пользу моихъ положеній, должны распадаться на двѣ группы. Одна изъ нихъ основывается на показаніи возможности понять съ моей точки зрѣнія всѣ главныя явленія, наблюдаемыя въ сферѣ катэлектротона постояннаго тока. Этому вопросу будетъ посвящена спеціально слѣдующая глава. Вторую группу, и притомъ самую важную, составляютъ всѣ факты, добытые нами при опытахъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Этими доказательствами мы и займемся въ теченіе настоящей главы. При этомъ мы будемъ предполагать пока, что всѣ противорѣчія, какія могли бы встрѣтиться между моими положеніями и общепринятыми взглядами, уже устранены и что, слѣдовательно, рѣчь идетъ исключительно насчетъ приложимости или неприложимости моей точки зрѣнія къ явленіямъ, наблюдаемымъ при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока.

Уже сама возможность полученія начальнаго сокращенія при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока не можетъ быть истолкована иначе, какъ существованіемъ въ нервѣ пониженной раздражительности, развившейся подъ вліяніемъ перваго или нѣсколькихъ первыхъ толчковъ. Дѣйствительно, принимая во вниманіе доказанный въ предыдущей главѣ фактъ, что прерывистый токъ вызываетъ столь-же прерывистое состояніе катэлектротона, мы должны признать, что всѣ толчки тока представляются въ качествѣ раздражителей совершенно равнозначимыхъ другъ другу: каждый изъ нихъ имѣетъ одинаковую силу, одинаковую продолжительность, одинаковую крутизну нарастанія и паденія тока, и каждый изъ нихъ падаетъ на нервъ, свободный отъ электротоническаго состоянія. Поэтому, получая подъ вліяніемъ подобныхъ одинаковыхъ раздражителей различные эффекты (сокращеніе при дѣйствіи перваго толчка и покой при дѣйствіи остальныхъ), мы не имѣемъ другого выхода, кромѣ признанія, что наблюдаемое различіе находится въ зависимости отъ состоянія раздражительности нерва. Положеніе, въ которомъ мы находимся въ данномъ случаѣ, можетъ быть съ полнымъ правомъ сравнено съ тѣмъ, въ которомъ-бы мы находились, получая при дѣйствіи на нервъ индукціонныхъ ударовъ одинаковой силы одинъ разъ сильное сокращеніе, а другой разъ полный покой мышцы: здѣсь никто бы не сталъ колебаться считать подобную реакцію нерва признакомъ существованія высокой раздражительности въ первомъ и низкой во второмъ случаѣ.

Такимъ образомъ, *зависимость начальнаго сокращенія отъ способности каждаго толчка тока оставлять въ нервѣ пониженную раздражительность представляется, на основаніи извѣстныхъ намъ фактовъ, единственно мыслимымъ объясненіемъ.* Въ этомъ, конечно, нужно видѣть уже значительный доводъ въ пользу того, что указанное пониженіе раздражительности есть дѣйствительная причина явленія.

Какъ ни вѣско подобное доказательство, оно, тѣмъ не менѣе, обладаетъ однимъ весьма существеннымъ недостаткомъ. Будучи доказательствомъ, такъ сказать, отрицательнаго характера, т.-е. основываясь на отсутствіи какихъ бы то ни было другихъ причинъ, кромѣ пониженія раздражительности, способныхъ объяснить наблюдаемую разницу въ эффектахъ, оно можетъ очень легко ввести въ заблужденіе, такъ какъ никогда нельзя имѣть увѣренности, что при оцѣнкѣ явленія были, дѣйствительно, приняты во вниманіе *всѣ* возможныя причины: такая увѣренность не можетъ имѣть мѣста уже потому, что не исключена возможность зависимости явленія отъ причинъ, намъ до сихъ поръ неизвѣстныхъ.

Къ счастію, мы можемъ въ нашемъ случаѣ, кромѣ указан-

наго доказательства отрицательнаго характера, привести еще множество другихъ, несомнѣнно положительныхъ. Всѣ они основываются на слѣдующемъ принципѣ.

Допуская, что явленіе начальнаго сокращенія зависитъ отъ пониженія раздражительности, тождественнаго по своему характеру съ тѣмъ, которое наблюдается въ сферѣ катэлектротона при дальнѣйшихъ стадіяхъ поляризаціи (вторичное пониженіе), мы должны ожидать найти параллелизмъ между условіями, которыя вліяютъ въ томъ или другомъ смыслѣ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ съ одной стороны и на вторичное пониженіе съ другой. Если бы существованіе подобнаго параллелизма было, дѣйствительно, доказано, если бы, другими словами, было обнаружено, что причина, обусловливающая собою явленіе начальнаго сокращенія, обладаетъ свойствами, совершенно тождественными со свойствами вторичнаго пониженія раздражительности, тогда въ подобномъ совпаденіи мы должны были бы видѣть положительныя доказательства въ пользу мысли, что въ основѣ начальнаго сокращенія лежитъ не что иное, какъ вторичное пониженіе. Доказательства, приводимыя въ настоящей главѣ, и опираются на констатированіи указаннаго параллелизма.

Въ этомъ отношеніи значительныя услуги оказала мнѣ моя прежняя, цитированная уже не разъ, работа, въ которой зависимость вторичнаго пониженія отъ различныхъ условій была изслѣдована довольно подробно. Дѣйствительно, будучи знакомъ заранѣе съ цѣлымъ рядомъ свойствъ, характерныхъ для вторичнаго пониженія, я имѣлъ возможность придавать опытамъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ такую форму, при которой искомый параллелизмъ, въ случаѣ его дѣйствительнаго существованія, долженъ былъ бы выступить съ возможною ясностью. Эта-то цѣль и преслѣдовалась мною систематически при всѣхъ изслѣдованіяхъ, изложенныхъ въ главѣ IV. При этомъ полученные результаты превзошли мои самыя смѣлыя ожиданія, такъ какъ обнаружилось, что мы, съ точки зрѣнія указаннаго параллелизма, оказываемся въ состояніи не только объяснить, но въ громадномъ большинствѣ случаевъ вывести уже a priori всѣ, и не только главныя, но и детальныя стороны наблюдавшихся мною явленій.

Чтобы позволить читателю убѣдиться въ этомъ, я и пересмотрю теперь всѣ факты, полученные при изслѣдованіи эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, и постараюсь показать, что допущеніе существованія вторичнаго пониженія раздражительности уже при самомъ короткомъ дѣйствіи на нервъ раздражающаго тока совершенно достаточно для полнаго ихъ

объясненія. Показаніе подобной возможности и будетъ служить вмѣстѣ съ тѣмъ доказательствомъ упомянутаго допущенія.

Приступая къ намѣченной задачѣ, я долженъ сдѣлать предварительно нѣсколько замѣчаній насчетъ способа пользованія данными, извѣстными мнѣ изъ моей прежней работы. Въ этой послѣдней вторичное пониженіе изслѣдовалось, какъ объ этомъ было замѣчаемо не разъ и раньше, лишь при дальнѣйшихъ стадіяхъ поляризаціи, когда оно оказывалось развитымъ столь рѣзко, что перевѣшивало первичное Пфлюгеровское повышеніе и поэтому могло быть обнаружено непосредственнымъ наблюденіемъ эффектовъ раздраженія нерва индукціонными ударами. Очевидно, что данныя, полученныя при подобныхъ условіяхъ, не могутъ быть *цѣликомъ* переносимы на занимающій насъ случай, когда дѣло идетъ о томъ-же вторичномъ пониженіи, но появляющемся при первыхъ стадіяхъ поляризаціи и, слѣдовательно, развитомъ въ несравненно болѣе слабой степени. Подобное перенесеніе можетъ быть допускаемо лишь при условіи, если мы будемъ постоянно имѣть въ виду возможность или даже необходимость существованія между обоими случаями значительныхъ количественныхъ разницъ. Сообразно съ этимъ, я и буду основываться при своихъ разсужденіяхъ не на количественной сторонѣ, а главнымъ образомъ на общемъ характерѣ явленій.

Благодаря тому, что мое изслѣдованіе вторичнаго пониженія раздражительности не было никѣмъ провѣряемо и вообще не служило до сихъ поръ предметомъ обсужденія въ физіологической литературѣ, я не имѣю права обращаться съ сообщенными мною тогда фактами, какъ съ общеизвѣстными. Поэтому, считаю себя вынужденнымъ, не ограничиваясь простыми ссылками, излагать, по мѣрѣ хода разсужденій, все то, что окажется необходимымъ для нашей цѣли. Изложеніе будетъ вестись по отдѣльнымъ рубрикамъ, соотвѣтствующимъ тѣмъ отдѣламъ, по которымъ было размѣщено раньше описаніе фактическихъ данныхъ.

I. Объясненіе эффектовъ раздраженія нормальнаго нерва катодомъ прерывистаго тока.

Уже раньше было показано (стр. 165), что возможность полученія начальнаго сокращенія при дѣйствіи прерывистаго тока можетъ быть легко объяснена свойствомъ вторичнаго пониженія не исчезать въ моментъ размыканія вызвавшаго его тока, но оставаться въ нервѣ еще въ теченіе болѣе или менѣе долгаго вре-

мени. Поэтому, считая излишнимъ останавливаться дальше на данномъ вопросѣ, перехожу прямо къ объясненію вліянія, какое оказываютъ на трактуемое явленіе различныя изслѣдованныя мною условія.

Прежде всего обращу вниманіе на фактъ, что начальное сокращеніе получается только при сравнительно слабыхъ токахъ, а при болѣе сильныхъ наблюдаются уже тетанусы. Указанный фактъ можетъ быть объясненъ съ нашей точки зрѣнія въ высшей степени легко и просто.

Допуская, что каждый толчекъ тока оставляетъ въ нервѣ болѣе или менѣе рѣзко выраженное понижение раздражительности, не успѣвающее исчезать вполнѣ во время тѣхъ коротких перерывовъ, которые получались при дѣйствіи моего прерывателя, мы вмѣстѣ съ тѣмъ должны по необходимости допустить, что на раздраженіе слабыми токами нервъ не можетъ реагировать иначе, какъ только начальнымъ сокращеніемъ. Въ самомъ дѣлѣ, при слабыхъ токахъ, возбуждающее дѣйствіе которыхъ лишь немногимъ превышаетъ порогъ раздраженія нормальнаго нерва, уже самаго ничтожнаго понижения раздражительности должно быть достаточно, чтобы возбужденіе, появившееся подъ вліяніемъ перваго толчка, уже не появлялось болѣе при дѣйствіи всѣхъ послѣдующихъ. Не такова условія при употребленіи для раздраженія болѣе сильныхъ токовъ. Здѣсь возбуждающее дѣйствіе каждаго толчка столь сильно, что требуется весьма значительное понижение раздражительности, чтобы раздраженіе могло остаться безъ видимаго эффекта. Такимъ образомъ, допуская существованія понижения раздражительности и при дѣйствіи на нервъ сильныхъ токовъ и даже понижения болѣе рѣзкаго, чѣмъ при дѣйствіи слабыхъ (величина вторичнаго понижения стоитъ въ прямой зависимости отъ силы тока), мы все-таки имѣемъ возможность легко понять, почему при подобныхъ токахъ получаются тетанусы, а не начальныя сокращенія: понижение раздражительности сравнительно съ возбуждающимъ дѣйствіемъ каждаго толчка тока не достигаетъ достаточной силы. Подобная относительная недостаточность развитія вторичнаго понижения можетъ быть при этомъ объясняема на два лада. Во-первыхъ, мы можемъ предположить, что сильные токи, при продолжительности дѣйствія, соотвѣтствующей продолжительности каждаго толчка, не въ состояніи вообще понизить раздражительность нерва настолько, чтобы онъ потерялъ способность реагировать на новое раздраженіе той-же силы. Во-вторыхъ, мы имѣемъ также возможность принять, что и послѣ

каждаго толчка сильнаго тока остается понижение раздражительности, вполнѣ достаточное для проявленія подобной невосприимчивости, но что это понижение въ теченіе каждаго перерыва успѣваетъ въ значительной степени изглаживаться, такъ что къ моменту дѣйствія послѣдующаго толчка оно оказывается уже недостаточно сильнымъ. Изъ приведенныхъ двухъ предположеній мнѣ кажется болѣе вѣроятнымъ второе на основаніи причинъ, о которыхъ будетъ идти рѣчь далѣе.

Объяснивши, почему слабые токи даютъ начальныя сокращенія, а сильные — постоянные тетанусы, остается еще показать, почему при раздраженіи нерва токами промежуточной силы получаются эффекты промежуточнаго характера, названные мною начальными тетанусами.

Явленіе начальнаго тетануса было бы объяснено вполнѣ, если-бы удалось показать существованіе причины, благодаря которой возбужденіе нерва подъ вліяніемъ каждаго послѣдующаго толчка тока должно достигать меньшей величины, чѣмъ соотвѣтствующее возбужденіе подъ вліяніемъ каждаго предшествующаго. Указаніе на подобную причину и можетъ быть найдено въ моей прежней работѣ.

Тамъ было показано, что вторичное понижение раздражительности значительной силы можетъ быть достигнуто не только при непрерывной поляризаціи нерва въ теченіе извѣстнаго времени, но также и при рядѣ сравнительно короткихъ (секунды) замыканій тока, раздѣленныхъ между собою періодами отдыха. А именно, изслѣдуя состояніе раздражительности нерва во время каждаго изъ ряда такихъ замыканій поляризующаго тока, я нашелъ тогда, что она съ каждымъ дальнѣйшимъ замыканіемъ становится все ниже и ниже [1]) Другими словами, вторичное понижение, развивающееся подъ вліяніемъ ряда замыканій тока, обладаетъ способностью суммированія. Примѣняя описанное свойство вторичнаго понижения къ нашему случаю, мы должны придти къ выводу, что понижение раздражительности, остающееся послѣ каждаго изъ ряда дѣйствующихъ на нервъ толчковъ тока, не можетъ быть одинаковымъ, но съ каждымъ послѣдующимъ толчкомъ должно представляться все болѣе и болѣе значительнымъ. А если это такъ, то и возбужденіе нерва при дѣйствіи прерывистаго тока должно съ каждымъ послѣдующимъ толчкомъ становиться все болѣе и болѣе слабымъ и наконецъ совсѣмъ превратиться; другими словами, должно получиться явленіе начальнаго

[1]) Op. cit. S. 437.

тетануса. Очевидно, что начальный тетанусъ долженъ быть тѣмъ продолжительнѣе, чѣмъ ближе сила раздраженія къ той, которая даетъ уже постоянные тетанусы (т.-е. тетанусы, длящіеся въ теченіе всего періода короткаго — нѣсколько секундъ — раздраженія, см. стр. 92), и наоборотъ, чѣмъ слабѣе раздраженіе, тѣмъ продолжительность тетануса должна быть короче (ср. положеніе первое на стр. 88).

Съ нашей точки зрѣнія объясняется также, почему при раздраженіи, длящемся въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени, всякій тетанусъ оказывается, въ сущности, начальнымъ: постепенно прогрессирующее паденіе раздражительности должно неизбѣжно въ концѣ-концовъ привести къ тому, что данный раздражитель, какъ бы силенъ онъ ни былъ, сдѣлается уже недостаточнымъ для возбужденія нерва (см. положеніе третье на стр. 92) [1]).

[1]) Относительно объясненія, даваемаго мною продолжительнымъ начальнымъ тетанусамъ, я долженъ сдѣлать здѣсь нѣсколько замѣчаній. Дѣло въ томъ, что при опытахъ, которыми было констатировано существованіе подобныхъ тетануссовъ, я долженъ былъ неизбѣжно отступить отъ соблюдавшагося мною обыкновеннаго правила и пользоваться для раздраженія не короткими, а продолжительными замыканіями прерывистаго тока. Поэтому, противъ моихъ опытовъ можно было бы сдѣлать возраженіе, что наблюдаемое съ теченіемъ времени паденіе тетануса зависитъ не отъ постепеннаго ослабленія нервнаго возбужденія, какъ это принимается въ текстѣ, а отъ постепеннаго развитія мышечнаго утомленія. Имѣя въ виду возможность подобнаго возраженія, я старался устранить его при помощи подходящей постановки опытовъ, такъ что на приведенныхъ мною по поводу трактуемаго факта міограммахъ заключаются уже доказательства, что, на ряду съ неизбѣжнымъ утомленіемъ мышцы, существуетъ также ослабленіе первичнаго возбужденія. Въ пользу этого говорятъ слѣдующіе два ряда опытовъ. Во-первыхъ, опыты, приведенные на міограммахъ за №№ 13 и 14 показываютъ, что полный покой мышцы, наступающій послѣ окончанія начальнаго тетануса, смѣняется опять сильнѣйшимъ тетанусомъ, лишь только мы увеличимъ продолжительность перерывовъ. Такъ какъ мы не имѣемъ ни малѣйшихъ поводовъ ожидать, чтобы измѣненіе продолжительности перерывовъ тока могло оказывать какое бы то ни было вліяніе на мышцу, помимо процессовъ, происходящихъ въ нервѣ, поэтому намъ не остается никакого другого выхода, кромѣ признанія, что покой мышцы послѣ окончанія тетануса зависѣлъ отъ прекращенія возбужденія въ самомъ нервѣ. Во-вторыхъ, въ пользу того-же вывода говорятъ міограммы за №№ 15 и 16. На нихъ изображены опыты, при которыхъ, послѣ окончанія продолжительнаго начальнаго тетануса, производились двоякаго рода пробы раздраженія: нервъ раздражался, во-первыхъ, тѣмъ-же самымъ токомъ, который служилъ для полученія начальнаго тетануса, и во-вторыхъ, тѣмъ-же токомъ, но непосредственно противоположнымъ направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ. Пригодность подобныхъ опытовъ въ виду искомаго нами доказательства основывается на слѣдующихъ соображеніяхъ. Если паденіе

Съ этой-же точки зрѣнія становится понятнымъ своеобразный характеръ начальнаго тетануса, обнаруживающійся въ рѣзкихъ колебаніяхъ кривой, по которой тетанусъ спускается къ абсциссѣ. Дѣло въ томъ, что какъ бы мы ни заботились объ установкѣ прерывателя, мы все-таки не можемъ достигнуть абсолютной правильности его дѣйствія: всегда должны существовать мелкія погрѣшности, выражающіяся въ томъ, что величина перерывовъ не остается неизмѣнной, но представляетъ незначительныя колебанія въ ту и другую сторону. Во время болѣе короткихъ перерывовъ нервъ не можетъ успѣть оправиться настолько, насколько онъ успѣлъ бы оправиться во время перерывовъ болѣе продолжительныхъ, и поэтому, короткимъ перерывамъ должно соотвѣтствовать пониженіе, а продолжительнымъ — повышеніе кривой тетануса. Подобное чередованіе повышенія и пониженія должно быть свойственно, очевидно, только дальнѣйшему періоду тетануса, когда этотъ послѣдній начинаетъ быстро спускаться къ абсциссѣ (см. § 6, стр. 91), такъ что при началѣ раздраженія, пока тетанусъ держится на своей

тетануса при продолжительномъ дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока зависѣло исключительно отъ утомленія мышцы, а не отъ постепеннаго ослабленія нервнаго возбужденія, тогда послѣдующее раздраженіе тѣмъ же токомъ и токомъ съ вертикальнымъ направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ должно вызывать одинаковые эффекты, если-же въ опредѣленіи явленія участвовало постепенное ослабленіе возбужденія самого нерва, тогда одинаковая реакція на оба раздраженія представляется уже невозможной, и притомъ на слѣдующемъ основаніи. Мы увидимъ дальше, что при раздраженіи нерва рядомъ толчковъ поперемѣнно противоположнаго направленія нѣтъ условій для постепеннаго ослабѣванія нервнаго возбужденія, такъ что быстрота паденія тетануса въ этомъ случаѣ можетъ считаться мѣрою существующаго въ мышцѣ утомленія (извѣстно, что тѣмъ больше мышца утомлена, тѣмъ короче тетанусы, получаемые при ея раздраженіи; вслѣдствіе этого, полученіе при подобныхъ условіяхъ болѣе или менѣе продолжительнаго тетануса можетъ служить доказательствомъ отсутствія чрезмѣрнаго мышечнаго утомленія. Мы увидимъ также дальше, что вторичное раздраженіе нерва тѣмъ-же самымъ токомъ, дѣйствію котораго онъ уже раньше подвергался, ведетъ весьма быстро къ пониженію раздражительности, достигающему той-же силы, какой достигло это пониженіе при концѣ первоначальнаго раздраженія. Поэтому, въ случаѣ, если при первомъ раздраженіи паденіе тетануса до нуля зависѣло отъ пониженія раздражительности и, слѣдовательно, отъ прекращенія возбужденія нерва, тетанусъ при вторичномъ раздраженіи долженъ имѣть видъ весьма короткаго начальнаго тетануса. Дѣйствительно, какъ показываютъ упомянутыя міограммы, въ этомъ послѣднемъ случаѣ получались короткіе начальные тетанусы, тогда какъ на раздраженіе токомъ съ поперемѣнно противоположнымъ направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ мышца реагировала продолжительными тетанусами.

максимальной высотѣ, мышца должна находиться въ состояніи сильнаго и постояннаго сокращенія. Въ самомъ дѣлѣ, когда сильный прерывистый токъ только-что началъ дѣйствовать на нервъ и когда, слѣдовательно, не успѣла еще значительно понизиться его раздражительность, мелкія разницы въ состояніи этой послѣдней, зависящія отъ различной степени оправленія нерва, не могутъ отражаться сколько-нибудь замѣтнымъ образомъ на величинѣ возбужденія, вызываемаго каждымъ толчкомъ тока: каждый толчекъ имѣетъ столь значительную силу, что, несмотря на указанныя разницы въ раздражительности, вызываетъ максимальное возбужденіе. Однако, когда при постепенномъ прогрессированіи пониженія раздражительности, эта послѣдняя сдѣлается наконецъ столь низкой, что толчки тока не будутъ уже въ состояніи вызывать максимальнаго возбужденія, разница въ степени оправленія нерва послѣ каждаго толчка должна уже начинать оказывать рѣзкое вліяніе на получаемый эффектъ.

Предыдущія объясненія приводятъ насъ непосредственно къ истолкованію зависимости наблюдаемыхъ эффектовъ отъ продолжительности перерывовъ раздражающаго тока, т.-е. къ истолкованію тѣхъ явленій, которыя были формулированы въ положеніи второмъ (см. стр. 90).

Когда раньше было замѣчено, что вторичное пониженіе не исчезаетъ въ моментъ размыканія вызвавшаго его тока, то подъ этимъ никоимъ образомъ не подразумѣвалась способность его оставаться in statu quo Наоборотъ, какъ это было доказано мною раньше, пониженіе раздражительности обладаетъ стремленіемъ изглаживаться и уступать мѣсто нормальному ея состоянію. Время, въ теченіе котораго совершается подобное оправленіе нерва, имѣло, при условіяхъ моей прежней работы, довольно значительную продолжительность и измѣрилось въ большинствѣ случаевъ минутами. Вообще оно оказалось тѣмъ продолжительнѣе, чѣмъ дольше длилась поляризація и чѣмъ рѣзче было развито вторичное пониженіе. Принимая во вниманіе, что продолжительность каждаго толчка прерывистаго тока, употребляющагося нами при настоящихъ опытахъ, представляется ничтожной сравнительно съ продолжительностью поляризаціи, къ которой я прибѣгалъ раньше (нервъ поляризовался въ теченіе многихъ минутъ), мы должны допустить, что время, въ теченіе котораго нервъ способенъ оправиться вполнѣ отъ пониженія, вызываемаго каждымъ толчкомъ тока, должно измѣряться уже не минутами, а сотыми или даже тысячными долями секунды. Принимая подобную способность нерва къ быстрому оправленію,

мы получаемъ возможность объяснить констатированное опытнымъ путемъ [1]) вліяніе продолжительности перерывовъ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ.

Въ самомъ дѣлѣ, пониженіе раздражительности, оставляемое въ нервѣ каждымъ толчкомъ раздражающаго тока, должно быть выражено, на основаніи сказаннаго выше, всего рѣзче въ самый моментъ исчезанія толчка, а чѣмъ дальше отъ этого момента, тѣмъ оно должно представляться все менѣе и менѣе замѣтнымъ. Отсюда непосредственно вытекаетъ, что условія для полученія начальныхъ сокращеній должны быть тѣмъ благопріятнѣе, чѣмъ перерывы тока короче, и наоборотъ, чѣмъ продолжительнѣе перерывы, тѣмъ больше должна быть вѣроятность полученія постояннаго тетануса. Въ промежуткѣ между простыми начальными сокращеніями и постоянными тетанусами должны получаться промежуточные эффекты, т.-е. начальные тетанусы различной продолжительности. Если перерывы имѣютъ столь значительную величину, что пониженіе раздражительности, остающееся послѣ каждаго толчка, успѣваетъ исчезнуть прежде, чѣмъ на нервъ подѣйствуетъ слѣдующій толчекъ, полученіе начальнаго сокращенія должно уже быть невозможнымъ.

Чтобы покончить съ объясненіемъ фактовъ, изложенныхъ въ соотвѣтствующемъ настоящему отдѣлѣ главы IV, мнѣ остается еще показать, почему полученіе начальнаго сокращенія становится невозможнымъ, разъ только толчки раздражающаго тока имѣютъ не одинаковое, а поперемѣнно чередующееся направленіе.

Для объясненія этого мы должны опять принять во вниманіе одно изъ изслѣдованныхъ мною раньше свойствъ вторичнаго пониженія. Мною было показано (S. 435), что вторичное пониженіе, развившееся подъ вліяніемъ тока одного направленія, можетъ быть легко устраняемо при помощи поляризаціи нерва въ противоположномъ направленіи, другими словами, что анэлектротонъ обладаетъ способностью уничтожать пониженіе раздражительности, развившееся подъ вліяніемъ катэлектротона. Если мы сдѣлаемъ весьма вѣроятное допущеніе, что для полнаго уничтоженія пониженія раздражительности, развившагося при дѣйствіи катэлектротона извѣстной силы въ теченіе извѣстнаго

[1]) Я долженъ здѣсь оговориться, что я отнюдь не приписываю себѣ нахожденіе зависимости наблюдаемыхъ эффектовъ отъ продолжительности перерывовъ раздражающаго тока. Такая зависимость была констатирована уже авторами, работавшими до меня надъ вопросомъ о дѣйствіи на нервъ прерывистаго гальваническаго тока (Энгельманнъ, Грюнхагенъ).

времени, требуется дѣйствовать на нервъ анэлектротономъ той-же силы и въ теченіе того-же времени, мы должны будемъ придти къ выводу, что раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ съ попеременно чередующимися направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ не заключаетъ въ себѣ условій, необходимыхъ для полученія начальныхъ сокращеній.

Дѣйствительно, при подобномъ раздраженіи катодъ каждаго толчка тока падаетъ на мѣсто нерва, которое непосредственно передъ этимъ находилось подъ вліяніемъ анода предшествующаго толчка, другими словами, въ каждомъ данномъ мѣстѣ нерва происходитъ постоянное чередованіе состояній катэлектротона и анэлектротона, имѣющихъ точно одинаковую силу и одинаковую продолжительность. Очевидно, что, при подобныхъ условіяхъ, пониженіе раздражительности, которое успѣваетъ развиться подъ вліяніемъ катэлектротона, должно быть сейчасъ-же нейтрализовано дѣйствіемъ анэлектротона. Такимъ образомъ, къ тому моменту времени, когда на данное мѣсто нерва подѣйствуетъ катодъ слѣдующаго толчка, нервъ будетъ имѣть уже совершенно нормальную раздражительность или, лучше сказать, такую, какую онъ имѣлъ до начала раздраженія. Вслѣдствіе этого, всѣ толчки прерывистаго тока, встрѣчая постоянно одну и ту-же раздражительность, должны вызывать возбужденіе одинаковой силы въ теченіе всего періода раздраженія.

Понятно, что данное объясненіе невозможности полученія начальныхъ сокращеній при раздраженіи токомъ съ попеременно чередующимся направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ относится не только къ случаю, когда раздраженію подвергается нормальный нервъ, но также ко всевозможнымъ случаямъ подобнаго раздраженія. И мы знаемъ, что опыты обнаружили, дѣйствительно, невозможность полученія при такомъ раздраженіи какой бы то ни было иной реакціи, кромѣ тетанической.

Такимъ образомъ, всѣ факты, полученные при изслѣдованіи дѣйствія прерывистаго тока на нормальный нервъ, оказались легко объяснимыми съ моей точки зрѣнія. При этомъ, какъ легко видѣть, въ основу всѣхъ объясненій легло слѣдующее представленіе насчетъ условій, опредѣляющихъ собою тотъ или другой эффектъ раздраженія: *эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ находятся вообще въ зависимости отъ двухъ факторовъ: во-первыхъ, отъ величины пониженія раздражительности, вызываемаго каждымъ толчкомъ тока, и во-вторыхъ, отъ степени, въ какой нервъ успѣваетъ оправляться отъ развивающагося пониженія къ моменту дѣйствія послѣдующаго*

толчка. Всякое вліяніе, измѣняющее въ томъ или другомъ смыслѣ одинъ изъ упомянутыхъ факторовъ, должно сопровождаться соотвѣтствующимъ измѣненіемъ эффекта раздраженія.

Приведенная формула исчерпываетъ собою сущность всѣхъ объясненій, не только тѣхъ, съ которыми мы уже познакомились, но также и тѣхъ, о которыхъ будетъ идти рѣчь дальше.

II. Объясненіе вліянія предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Вторичное пониженіе раздражительности, какъ это было констатировано мною прежде, обладаетъ чрезвычайно своеобразнымъ свойствомъ развиваться въ нормальномъ нервѣ иначе, чѣмъ въ нервѣ, подвергавшемся уже предварительно дѣйствію того-же самаго тока.

Подвергая поляризаціи нормальный нервъ и измѣряя отъ норы до времени величину эффекта, наблюдаемаго при раздраженіи его въ сферѣ катэлектротона, мы получаемъ явленія, которыя были уже описаны раньше въ главѣ III (см. стр. 70) и которыя указываютъ, что вторичное пониженіе раздражительности развивается съ теченіемъ времени съ полною постепенностью. Вслѣдъ за замыканіемъ поляризующаго тока наблюдается всегда сначала Пфлюгеровское первичное повышеніе эффекта, которое, становясь съ теченіемъ поляризаціи все менѣе и менѣе замѣтнымъ, уступаетъ наконецъ мѣсто постоянно прогрессирующему вторичному пониженію. Когда поляризація прекращается, происходитъ столь-же постепенное выравниваніе развившагося пониженія и нервъ съ теченіемъ времени вновь пріобрѣтаетъ способность реагировать на раздраженіе индукціонными ударами, повидимому, совершенно нормальнымъ образомъ.

Однако, подобное полное оправленіе есть только кажущееся даже въ томъ случаѣ, когда послѣ прекращенія поляризаціи прошло долгое время (часы): нервъ и теперь продолжаетъ носить въ себѣ слѣды предшествовавшаго дѣйствія тока, которые сейчасъ-же обнаруживаются, лишь только мы станемъ подвергать его новой поляризаціи токомъ того-же самаго направленія. А именно, мы замѣчаемъ теперь, что пониженіе раздражительности въ сферѣ катэлектротона не развивается уже такъ постепенно, какъ прежде, но появляется чрезвычайно быстро: раздражительность уже спустя нѣсколько секундъ послѣ замыканія тока оказывается пониженной приблизительно до того уровня,

на которомъ она стояла въ моментъ прекращенія первой поляризаціи. Другими словами, „вторая поляризація въ одно мгновеніе производитъ то, что первая могла произвести лишь по истеченіи продолжительнаго времени“ (моя прежняя работа стр. 433). Нервъ, подвергавшійся предварительной поляризаціи, одновременно со способностью быстро обнаруживать пониженіе раздражительности въ сферѣ катэлектротона, пріобрѣтаетъ также способность быстро оправляться отъ подобнаго пониженія. Если пониженная раздражительность, оставшаяся послѣ первой поляризаціи, потребовала для полнаго своего возстановленія многихъ минутъ или даже десятковъ минутъ, то теперь пониженіе раздражительности той-же силы становится незамѣтнымъ уже въ теченіе секундъ послѣ размыканія поляризующаго тока. То, что было сказано насчетъ дѣйствія второй, имѣетъ, конечно, мѣсто и по отношенію къ дѣйствію всякой дальнѣйшей поляризаціи. Явленіе имѣетъ, слѣдовательно, такой видъ, какъ будто бы разъ развившееся вторичное пониженіе, несмотря на кажущееся оправленіе нерва, все-таки не исчезаетъ вполнѣ, но продолжаетъ оставаться въ какомъ-то скрытомъ состояніи, обнаруживаясь при всякой новой поляризаціи и опять переходя въ скрытое состояніе послѣ ея прекращенія.

Въ такомъ видѣ представляются факты на основаніи моихъ прежнихъ изслѣдованій.

Очевидно, что, руководствуясь ими, мы получаемъ полную возможность объяснить описанное во второмъ отдѣлѣ четвертой главы вліяніе предварительной поляризаціи катодомъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока. Дѣйствительно, предварительная поляризація, развивая въ нервѣ вторичное пониженіе извѣстной силы, должна, на основаніи сказанного выше, вести неизбѣжно къ тому, что уже первый толчекъ прерывистаго тока будетъ вызывать весьма значительное пониженіе раздражительности (тѣмъ болѣе значительное, чѣмъ дольше продолжалась предварительная поляризація), оставляющее далеко за собою то, которое могло бы развиться при тѣхъ-же условіяхъ въ нормальномъ нервѣ. Поэтому, тотъ-же самый прерывистый токъ, который, въ приложеніи къ нормальному нерву, давалъ продолжительные тетанусы, который, слѣдовательно, способенъ вызвать пониженіе раздражительности, достаточное для полнаго прекращенія возбужденія, лишь послѣ продолжительнаго дѣйствія на нервъ, теперь, послѣ поляризаціи, можетъ вызывать подобное пониженіе уже послѣ перваго толчка, т.-е.

можетъ дать явленіе начальнаго сокращенія (см. положеніе четвертое на стр. 101).

И такъ, общій характеръ вліянія предварительной поляризаціи катодомъ объясняется съ нашей точки зрѣнія вполнѣ удовлетворительно, по скольку мы въ состояніи указать на причину, способную измѣнять одинъ изъ двухъ факторовъ, опредѣляющихъ собою эффектъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ (см. стр. 178). То-же самое нужно сказать и о деталяхъ.

Такъ, съ нашей точки зрѣнія представляется весьма легко объяснимымъ, почему нервъ, доведенный однажды предварительной поляризаціей катодомъ до состоянія, при которомъ онъ реагируетъ на раздраженіе даннымъ прерывистымъ токомъ не тетанусомъ, а простымъ начальнымъ сокращеніемъ, сохраняетъ подобное состояніе неизмѣннымъ въ теченіе неопредѣленнаго времени (см. стр. 102): извѣстное намъ своеобразное свойство нерва сохранять въ себѣ слѣды предшествовавшей поляризаціи продолжаетъ тоже обнаруживаться, несмотря на значительные періоды полнаго отдыха. Точно также намъ становится понятнымъ, почему, употребляя для опытовъ нервъ, подвергнутый предварительной поляризаціи, мы можемъ въ значительной степени удлинять продолжительность перерывовъ раздражающаго тока, не теряя въ то-же время возможности получать начальныя сокращенія (см. стр. 104): болѣе сильное пониженіе раздражительности, остающееся, при подобныхъ условіяхъ, послѣ каждаго толчка прерывистаго тока, должно требовать для своего возстановленія и болѣе продолжительнаго времени. Однимъ словомъ, всѣ факты, найденные при изслѣдованіи вліянія предварительной поляризаціи катодомъ, могли бы быть предвидѣны съ нашей точки зрѣнія уже a priori.

Переходя теперь къ объясненію вліянія предварительной поляризаціи анодомъ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, я долженъ прежде всего напомнить, что вліяніе это представляется двойственнымъ: оно частью совпадаетъ съ вліяніемъ предварительной поляризаціей катодомъ, частью-же оказывается прямо противоположнымъ этому послѣднему. Оставляя пока въ сторонѣ вопросъ о причинахъ извѣстнаго сходства во вліяніи той и другой поляризаціи (вопросъ этотъ будетъ разобранъ въ слѣдующемъ отдѣлѣ), я постараюсь теперь объяснить только случаи, при которыхъ ихъ вліяніе оказывается прямо противоположнымъ.

По этому поводу намъ достаточно напомнить объ упомянутомъ уже выше (см. стр. 177) фактѣ, что состояніе анэлектро-

тона дѣйствуетъ на раздражительность нерва какъ разъ противоположно состоянію катэлектротона, по скольку оно способно нейтрализовать тѣ измѣненія, которыя было вызваны въ нервѣ при дѣйствіи этого послѣдняго. Отсюда уже непосредственно вытекаетъ, что подобный-же антагонизмъ долженъ существовать и по отношенію къ ихъ вліянію на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ.

III. Объясненіе вліянія поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Факты, полученные при изслѣдованіи вліянія поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока и описанные въ соотвѣтствующемъ отдѣлѣ главы IV, доставляютъ весьма важное доказательство въ пользу защищаемаго мною взгляда. Дѣйствительно, будучи совершенно необъяснимыми на основаніи общепринятыхъ представленій, они являются непосредственнымъ послѣдствіемъ моей точки зрѣнія.

Придерживаясь общепринятыхъ взглядовъ, что раздражительность въ сферѣ катэлектротона повышена, а въ сферѣ анэлектротона понижена, мы должны были бы ожидать, что вліяніе поляризаціи скажется въ направленіи какъ разъ противоположномъ тому, въ какомъ она вліяетъ на самомъ дѣлѣ. Какъ бы мы ни смотрѣли на явленія, наблюдаемыя при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ, мы должны, во всякомъ случаѣ, признать, что въ основѣ ихъ лежитъ наступающее съ теченіемъ времени ослабленіе нервнаго возбужденія, другими словами, что возбужденіе, вызываемое каждымъ изъ ряда толчковъ прерывистаго тока, становится тѣмъ слабѣе, чѣмъ дальше въ ряду находится данный толчокъ. Такимъ образомъ, полученіе начальнаго сокращенія, начальнаго или постояннаго тетануса должно въ каждомъ данномъ случаѣ обусловливаться тѣмъ, какъ скоро, считая отъ начала раздраженія, толчки тока перестаютъ уже вызывать въ нервѣ видимое возбужденіе: если они перестаютъ возбуждать вслѣдъ за началомъ раздраженія, должно получиться начальное сокращеніе, если скоро послѣ начала раздраженія – начальный, а если не скоро, то постоянный тетанусъ. Отсюда становится очевиднымъ, что всякое вліяніе, повышающее раздражительность, должно въ то-же время способствовать полученію при дѣйствіи прерывистаго тока тетаническаго эффекта: нервъ, сдѣлавшійся болѣе воспріимчивымъ къ раздраженію, долженъ не только отвѣчать усиленнымъ возбужденіемъ на тѣ толчки тока, на которые онъ реагировалъ и раньше, но долженъ также получить способность возбуждаться подъ вліяніемъ ряда дальнѣйшихъ толчковъ, которые прежде, дѣйствуя на нервъ съ болѣе низкою раздражительностью, оставались безъ всякаго эффекта. Наоборотъ, всякое вліяніе, понижающее раздражительность, должно представляться неблагопріятнымъ для полученія тетанической реакціи: нервъ, сдѣлавшійся менѣе воспріимчивымъ къ раздраженію, долженъ перестать реагировать на многіе изъ тѣхъ толчковъ, на которые онъ реагировалъ прежде. Выражая это иначе, мы можемъ сказать, что, съ точки зрѣнія общепринятыхъ взглядовъ, вліяніе поляризаціи катодомъ должно сказаться переходомъ начальныхъ сокращеніи въ начальные или даже постоянные тетанусы, а вліяніе поляризаціи анодомъ — переходомъ тетанусовъ въ начальныя сокращенія. На самомъ-же дѣлѣ, какъ мы видѣли (см. положеніе седьмое на стр. 119 и положеніе восьмое на стр. 126), имѣетъ мѣсто совершенно обратное.

Посмотримъ-же, каково должно быть вліяніе поляризаціи съ моей точки зрѣнія.

На первый взглядъ могло бы показаться, что и эта послѣдняя должна привести къ тому-же выводу, къ которому приводитъ и общепринятое допущеніе существованія повышенія раздражительности въ сферѣ катэлектротона и пониженія въ сферѣ анэлектротона. Хотя, на основаніи моихъ взглядовъ, и представляется возможнымъ отрицать способность поляризующаго тока вызывать въ нервѣ указанныя измѣненія *раздражительности*, но отрицать существованіе измѣненія *эффекта раздраженія* въ указанномъ направленіи, его повышенія въ первомъ и пониженія во второмъ случаѣ, совершенно невозможно: эти повышеніе и пониженіе представляютъ собою факты, данные непосредственнымъ опытомъ. Между тѣмъ, очевидно, что способность поляризаціи вліять на эффектъ раздраженія, отъ чего бы она ни зависѣла, должна, во всякомъ случаѣ, отражаться совершенно одинаково на явленіяхъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, т.-е. должна вести къ переходу отъ начальныхъ сокращеній къ тетанусамъ при дѣйствіи на нервъ катэлектротона и къ переходу отъ тетанусовъ къ начальнымъ сокращеніямъ при дѣйствіи на нервъ анэлектротона. Желая изложить это согласно съ той общей формулой, въ которой была выражена раньше сущность дѣйствія различныхъ условій на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, мы можемъ сказать, что всякое вліяніе, способное повышать эффектъ раздраженія (слѣдовательно, между

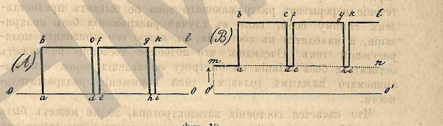
прочимъ, и состояніе катэлектротона), должно способствовать полученію тетанической реакціи, такъ какъ оно ведетъ какъ бы къ тому, что невосприимчивость, остающаяся въ нервѣ послѣ каждаго толчка тока, становится меньше: эта невосприимчивость ослабляется какъ разъ настолько, насколько данное вліяніе вообще повысило эффектъ раздраженія. Наоборотъ, всякое вліяніе, способное понижать эффектъ раздраженія (слѣдовательно, и состояніе анэлектротона), можетъ быть на томъ-же основаніи отождествлено со случаемъ усиленія указанной невосприимчивости, т.-е. должно благопріятствовать полученію начальныхъ сокращеній.

Невозможность объясненія явленій съ моей точки зрѣнія есть, однако, только кажущаяся. Дѣло въ томъ, что, при выше приведенныхъ разсужденіяхъ, мы обращали вниманіе лишь на одну сторону вліянія поляризаціи, тогда какъ, на самомъ дѣлѣ, поляризація должна вліять на эффекты раздраженія нерва еще и въ другомъ направленіи.

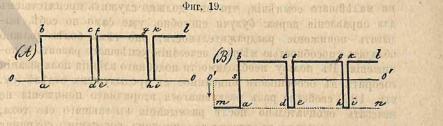
На основаніи даваемаго нами объясненія эффектовъ раздраженія прерывистымъ токомъ, полученіе въ каждомъ данномъ случаѣ тетануса или начальнаго сокращенія должно опредѣляться не только тѣмъ, какова раздражительность нерва въ моментъ исчезанія каждаго толчка тока, но также и тѣмъ, успѣваетъ-ли нервъ въ теченіе каждаго перерыва оправиться въ достаточной степени отъ понижения раздражительности, остающагося послѣ предшествующихъ толчковъ: если успѣваетъ оправиться, то долженъ получиться тетанусъ, если-же нѣтъ, то начальное сокращеніе. Въ способности поляризаціи вліять на быстроту оправленія нерва и нужно искать, мнѣ кажется, объясненія ея вліянія на эффекты раздраженія прерывистымъ токомъ.

При поочередномъ раздраженіи нерва безъ и во время поляризаціи въ томъ видѣ, въ какомъ оно производилось при нашихъ опытахъ, мы имѣемъ дѣло съ однимъ и тѣмъ-же прерывистымъ токомъ, который въ первомъ случаѣ дѣйствуетъ на нервъ одинъ, а во второмъ накладывается на поляризующій токъ, проходящій по нерву непрерывно. Для того, чтобы показать наглядѣе, какимъ образомъ происходитъ подобное накладываніе, привожу на нижеслѣдующихъ фигурахъ 18 и 19 схематическое изображеніе состоянія, въ которомъ находится нервъ при раздраженіи его прерывистымъ токомъ съ одной стороны безъ поляризаціи (*A*), а съ другой — во время поляризаціи (*B*) катодомъ (фиг. 18) и анодомъ (фиг. 19). На обѣихъ фигурахъ абсциссы *oo* и *o'o'* соотвѣтствуютъ состоянію нерва, при которомъ онъ не подвергается никакому дѣйствію тока. Дѣйствующій токъ откладывается отъ абсциссъ кверху, если онъ приводитъ изслѣдуемый участокъ нерва въ состояніе катэлектротона, и книзу, если онъ вызываетъ въ томъ-же участкѣ состояніе анэлектротона [1]). Сообразно съ этимъ дѣйствіе на нервъ прерывистаго тока изображено ломанной линіей *abcdef*....., поднятія и опусканія которой соотвѣтствуютъ моментамъ начала и конца каждаго толчка тока. Эта линія въ случаѣ, когда прерывистый токъ дѣйствуетъ на неполяризованный нервъ (*A*), представлена начинающеюся отъ абсциссы и опускаю-

Фиг. 18.



Фиг. 19.



щеюся до нея, указывая этимъ, что нервъ, приходя, подъ вліяніемъ каждаго толчка тока, въ состояніе катэлектротона, остается въ промежуткѣ между двумя толчками свободнымъ отъ всякаго дѣйствія тока. Когда-же прерывистый токъ дѣйствуетъ на нервъ, находящійся уже подъ вліяніемъ поляризующаго въ состояніи катэлектротона ((B) на фиг. 18) или въ состояніи анэлектротона ((B) на фиг. 19), то линія, изображающая его дѣйствіе, должна начинаться и опускаться до уровня, соотвѣтствующаго состо-

[1]) Подъ изслѣдуемымъ участкомъ нерва я подразумѣваю, конечно, тотъ, который приходится на мѣстѣ катода прерывистаго тока; мы знаемъ, что только возбужденіе нерва на мѣстѣ этого послѣдняго могло, при условіяхъ нашихъ опытовъ, опредѣлить собою эффектъ, получаемый при раздраженіи.

янію нерва подъ вліяніемъ поляризаціи, т.-е. до уровня *mn* на обѣихъ фигурахъ. Вслѣдствіе этого, дѣйствіе каждаго толчка прерывистаго тока должно проявляться во время поляризаціи катодомъ въ видѣ усиленія существующаго уже состоянія катэлектротона, а во время поляризація анодомъ въ видѣ перехода существующаго состоянія анэлектротона въ состояніе катэлектротона, причемъ во время каждаго перерыва нервъ долженъ возвращаться къ тому состоянію, въ которомъ онъ находился до начала раздраженія, т.-е. къ состоянію катэлектротона въ первомъ и къ состоянію анэлектротона во второмъ случаѣ.

Такимъ образомъ, существенная сторона случая раздраженія нерва во время поляризаціи состоитъ въ томъ, что нервъ въ теченіе перерываемъ раздражающаго тока не бываетъ предоставленъ самому себѣ, какъ въ случаѣ раздраженія безъ поляризаціи, а находится въ состояніи, въ какое его приводитъ поляризующій токъ. Очевидно, что подобное состояніе не можетъ оставаться безъ вліянія на быстроту оправленія нерва отъ вызываемаго каждымъ толчкомъ тока пониженія раздражительности.

Что касается состоянія катэлектротона, то не можетъ быть ни малѣйшаго сомнѣнія, что оно должно служить препятствіемъ для оправленія нерва: будучи способно, уже само по себѣ, вызывать пониженіе раздражительности, оно тѣмъ болѣе должно обладать способностью мѣшать исчезанію успѣвшаго развиться пониженія. Въ пользу необходимости подобнаго вліянія поляризаціи говоритъ въ особенности описанное въ предыдущемъ отдѣлѣ (см. стр. 180) свойство разъ развившагося вторичнаго пониженія не исчезать окончательно послѣ размыканія вызвавшаго его тока, а долго оставаться въ какомъ-то скрытомъ состояніи, сохраняя способность обнаруживаться въ каждый данный моментъ подъ вліяніемъ новаго замыканія тока того-же самаго направленія. Поляризующій токъ, продолжающій дѣйствовать въ нашемъ случаѣ во время перерывовъ раздражающаго, и представляетъ собою какъ-бы подобный новый токъ, который, слѣдовательно, долженъ заставлять обнаруживаться пониженіе раздражительности, развившееся въ теченіе каждаго толчка прерывистаго тока, или, другими словами, который долженъ препятствовать пониженной раздражительности вернуться къ ея нормальному состоянію.

Допустивши однажды, что поляризація катодомъ вноситъ препятствія для оправленія нерва, мы получаемъ уже полную возможность понять, почему раздраженіе во время ея дѣйствія

даетъ столь легко начальныя сокращенія (положеніе седьмое на стр. 119).

Совершенно обратное должно имѣть мѣсто, когда раздраженіе предпринимается во время поляризаціи анодомъ. Анэлектротонъ, какъ мы знаемъ (см. стр. 177), обладаетъ способностью нейтрализовать пониженіе раздражительности, развившееся подъ вліяніемъ катэлектротона. Слѣдовательно, нахожденіе нерва въ состояніи анэлектротона во время перерывовъ раздражающаго тока должно способствовать болѣе быстрому его оправленію, или, другими словами, должно облегчать полученіе тетанической реакціи на раздраженіе прерывистымъ токомъ (положеніе восьмое на стр. 126).

Такимъ образомъ, главные результаты, полученные при изслѣдованіи вліянія поляризаціи, объясняются очень легко, по скольку есть возможность показать, что она должна вносить условія, вліяющія на второй изъ тѣхъ двухъ факторовъ, которые опредѣляютъ собою получаемый при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ эффектъ (стр. 178).

Не ограничиваясь подобнымъ общимъ объясненіемъ, посмотримъ еще, насколько моя точка зрѣнія можетъ справиться съ деталями. При этомъ разберемъ порознь явленія, наблюдавшіяся нами подъ вліяніемъ той и другой поляризаціи.

А. *Вліяніе поляризаціи катодомъ.* На основаніи всего сказаннаго выше, мы должны были бы, въ сущности, придти къ заключенію, что вліяніе поляризаціи на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ должно обладать двойственнымъ характеромъ. А именно, поляризація должна дѣйствовать, во-первыхъ, по стольку, по скольку она обладаетъ вообще способностью измѣнять эффекты раздраженія нерва въ сферѣ своего приложенія, а во-вторыхъ, она должна вліять своимъ свойствомъ измѣнять быстроту оправленія нерва.

Оба вліянія поляризаціи катодомъ должны частью представляться прямо противоположными, а частью совпадать другъ съ другомъ. Мы видѣли уже въ началѣ настоящаго отдѣла, что, приписывая состоянію катэлектротона способность повышать эффектъ раздраженія, мы должны признать, что это состояніе должно благопріятствовать полученію тетанической реакціи, т.-е. дѣйствовать какъ разъ въ направленіи, противоположномъ тому, въ какомъ вліяетъ поляризація, благодаря своему свойству замедлять быстроту оправленія нерва отъ остающагося послѣ каждаго толчка раздражающаго тока пониженія раздражительности. Но мы знаемъ, на основаніи моей прежней работы, что повы-

шеніе эффекта въ сферѣ катэлектротона есть явленіе, наблюдаемое лишь при извѣстныхъ условіяхъ, при несоблюденіи которыхъ можетъ получиться какъ разъ противоположный результатъ. Понятно, что въ этомъ послѣднемъ случаѣ объ стороны вліянія поляризаціи должны дѣйствовать въ одномъ и томъ-же направленіи, а именно, должны облегчать полученіе начальныхъ сокращеній.

Всѣ детали опытовъ, описанныхъ въ соотвѣтствующемъ отдѣлѣ главы IV. и могутъ быть, мнѣ кажется, легко объяснены съ точки зрѣнія взаимодѣйствія двухъ указанныхъ вліяній.

Правда, мнѣ не случалось видѣть, чтобы начальныя сокращенія, наблюдаемыя при дѣйствіи прерывистаго тока на неполяризованный нервъ, превращались въ тетанусы подъ вліяніемъ поляризаціи, т.-е. не удавалось получать прямыхъ указаній на существованіе вліянія этой послѣдней, соотвѣтствующаго ея способности вызывать первичное Пфлюгеровское повышеніе эффекта. Отсутствіе подобныхъ прямыхъ указаній можетъ быть, однако, очень легко объяснено, если мы допустимъ, что другая сторона вліянія поляризаціи настолько могущественна, что она при всѣхъ условіяхъ моихъ опытовъ [1]) брала перевѣсъ надъ первой и, благодаря этому, совершенно маскировала ея присутствіе. Такимъ образомъ, неимѣніе опытовъ, при которыхъ поляризація катодомъ обнаружила бы непосредственно свою способность вносить условія, благопріятствующія полученію при дѣйствіи прерывистаго тока тетанической реакціи, никакъ не можетъ считаться доказательствомъ полнаго отсутствія подобнаго вліянія. Въ самомъ дѣлѣ, обращаясь къ фактамъ, описаннымъ въ главѣ IV, мы находимъ въ нихъ много косвенныхъ указаній на дѣйствительное его присутствіе.

Упомянутыя указанія основываются на томъ, что при всѣхъ условіяхъ, когда первичное Пфлюгеровское повышеніе эффекта должно быть выражено сильнѣе, найденное нами вліяніе поляризаціи катодомъ оказывается менѣе рѣзкимъ, и наоборотъ, оно проявляется съ особенной силой тамъ, гдѣ этого повышенія не существуетъ, какъ будто бы, слѣдовательно, Пфлюгеровское по-

[1]) Я говорю „при всѣхъ условіяхъ моихъ опытовъ" на томъ основаніи, что нѣтъ никакихъ поводовъ допускать, что подобное вліяніе поляризаціи не можетъ быть вовсе обнаружено ни при какихъ условіяхъ. Я не нашелъ его, по всей вѣроятности, потому, что и не старался его разыскивать. Для меня было важно доказать только существованіе другой стороны вліянія поляризаціи, которая одна и имѣла существенное значеніе въ смыслѣ подтвержденія развиваемыхъ мною взглядовъ.

вышеніе эффекта служитъ препятствіемъ для полнаго проявленія способности поляризаціи катодомъ превращать тетанусы въ начальныя сокращенія, т.-е. дѣйствуетъ въ направленіи, обратномъ этой способности.

Такъ, мы знаемъ, что Пфлюгеровское повышеніе эффекта проявляется съ особенной силой всѣдъ за замыканіемъ поляризующаго тока, а затѣмъ мало-по-малу ослабѣваетъ и исчезаетъ вполнѣ, замѣняясь вторичнымъ понижеміемъ. Вполнѣ параллельно этому, мы видѣли въ § 24 (стр. 122), что способность поляризаціи катодомъ благопріятствовать полученію начальныхъ сокращеній становится съ теченіемъ времени выраженной все болѣе и болѣе рѣзко.

Мы знаемъ также, что Пфлюгеровское повышеніе эффекта въ сферѣ катэлектротона можетъ быть наблюдаемо только на свѣжемъ нервѣ. Если-же этотъ послѣдній подвергался уже болѣе или менѣе продолжительному дѣйствію тока, то вторичное приведеніе его въ состояніе катэлектротона ведетъ уже не къ повышенію, а къ пониженію получаемаго при раздраженіи эффекта (см. стр. 179). Параллельно этому, мы видѣли въ § 25 (стр. 124), что превращеніе тетануса въ начальное сокращеніе, котораго не удавалось достигнуть въ первые моменты поляризаціи и которое было получено лишь спустя болѣе или менѣе долгое время, при второй поляризаціи нерва наблюдается уже сразу.

Такимъ образомъ, наша точка зрѣнія вполнѣ достаточна не только для объясненія общаго характера явленій, наблюдаемыхъ при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ во время поляризаціи катодомъ, но также въ состояніи объяснить, почему въ однихъ случаяхъ вліяніе поляризаціи сказывается рѣзче, чѣмъ въ другихъ. Для этого стоитъ только допустить существованіе двухъ совершенно самостоятельныхъ сторонъ вліянія поляризаціи, необходимость которыхъ была выведена нами на основаніи чисто апріористическихъ соображеній. Одна изъ нихъ, основывающаяся на способности поляризаціи замедлять оправленіе нерва, настолько могущественна, что можетъ быть доказана непосредственно при всѣхъ обыкновенныхъ условіяхъ опыта; другая-же, основывающаяся на способности поляризаціи измѣнять эффектъ раздраженія, приложеннаго въ сферѣ катэлектротона, проявляется лишь по стольку, по скольку она или ослабляетъ, или усиливаетъ дѣйствіе первой: ослабляетъ, когда поляризація вызываетъ Пфлюгеровское повышеніе

эффекта, и усиливаетъ, когда она вызываетъ вторичное его пониженіе.

Чтобы закончить съ объясненіемъ вліянія поляризаціи катодомъ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, мнѣ остается сказать еще нѣсколько словъ насчетъ отношенія, въ какомъ, съ моей точки зрѣнія, стоятъ другъ къ другу явленія, наблюдаемыя *во время и послѣ* поляризаціи катодомъ. Въ § 23 (стр. 120) было сказано, что нервъ во время и послѣ поляризаціи находится въ одномъ и томъ-же состояніи, такъ что между обоими случаями существуетъ только количественная разница. Излагая тамъ явленія съ чисто фактической стороны, я и не могъ, конечно, указывать на какое бы то ни было ихъ различіе, такъ какъ оба состоянія нерва проявляются при опытахъ совершенно одинаковымъ образомъ, т.-е. оба представляются благопріятными для полученія начальныхъ сокращеній. Теперь-же, на основаніи объясненій, данныхъ нами въ двухъ послѣднихъ отдѣлахъ, мы должны признать, что облегченіе полученія начальныхъ сокращеній въ обоихъ указанныхъ случаяхъ имѣетъ не совсѣмъ одинаковое происхожденіе: полученіе ихъ во время поляризаціи облегчается, главнымъ образомъ, потому, что поляризація вноситъ препятствія для происходящаго обыкновенно въ теченіе перерывовъ раздражающаго тока оправленія нерва; облегченіе-же ихъ полученія послѣ поляризаціи зависитъ отъ того, что теперь пониженіе раздражительности, вызываемое каждымъ толчкомъ тока, достигаетъ величины болѣе значительной сравнительно съ той, какой оно достигаетъ при раздраженіи нормальнаго нерва. Другими словами, предварительная поляризація вліяетъ только на первый, а поляризація, еще главнымъ образомъ и на второй изъ тѣхъ двухъ факторовъ, которые, согласно нашему представленію, опредѣляютъ собою эффектъ раздраженія прерывистымъ токомъ.

В. Вліяніе поляризаціи анодомъ. Обращаясь теперь къ деталямъ явленій, наблюдаемыхъ при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ во время поляризаціи анодомъ, мы должны замѣтить, что, съ нашей точки зрѣнія, явленія должны имѣть и здѣсь двойственный характеръ, т.-е. поляризація анодомъ, по скольку она вноситъ условія, благопріятныя для оправленія нерва, должна способствовать полученію тетанической реакціи, а по скольку она обладаетъ способностью понижать эффектъ раздраженія (Пфлюгеровское анэлектротоническое пониженіе раздражительности), она должна облегчать полученіе начальныхъ сокращеній.

Пересматривая факты, мы находимъ, что подобная двойственность вліянія поляризаціи анодомъ проявляется съ достаточной очевидностью. Вспомнимъ по этому поводу, что было сказано въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ главы IV. Тамъ мы видѣли, что доказать способность поляризаціи анодомъ благопріятствовать полученію тетанической реакціи на раздраженіе прерывистымъ токомъ удается съ полнымъ постоянствомъ лишь при соблюденіи извѣстныхъ условій: въ противномъ-же случаѣ, получаемые результаты обнаруживаютъ неопредѣленный и непостоянный характеръ (стр. 128). Подобное непостоянство и можетъ быть истолковываемо въ смыслѣ вліянія поляризаціи въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ: если беретъ перевѣсъ одна сторона вліянія поляризаціи, получается одинъ, а если другая, то совершенно противоположный эффектъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ, становится понятнымъ значеніе тѣхъ условій, при которыхъ мнѣ удалось добиться полученія абсолютно постоянныхъ результатовъ (см. стр. 129). Мы знаемъ, что для этого, кромѣ самособою понятнаго требованія, чтобы поляризующій токъ имѣлъ болѣе или менѣе значительную силу, представляется еще необходимымъ, чтобы перерывы употребляемаго для раздраженія прерывистаго тока были возможно продолжительнѣе.

Чтобы понять, какое вліяніе можетъ оказывать продолжительность перерывовъ, вспомнимъ, что при нашихъ опытахъ съ вліяніемъ поляризаціи анодомъ раздражающій токъ имѣлъ всегда силу большую, чѣмъ поляризующій. Вслѣдствіе этого, нервъ, при раздраженіи его во время поляризаціи, находился въ состояніи анэлектротона только въ теченіе перерывовъ раздражающаго тока, какъ это наглядно показываетъ фиг. 19 (см. стр. 185). Если поляризація анодомъ благопріятствуетъ полученію тетанусовъ только потому, что ведетъ къ болѣе быстрому оправленію нерва отъ пониженія раздражительности, оставляемаго каждымъ толчкомъ раздражающаго тока, то очевидно, что такое оправленіе должно происходить тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ дольше подвергается нервъ дѣйствію анэлектротона, другими словами, чѣмъ продолжительнѣе перерывы.

Этимъ, въ сущности, я и могъ бы закончить объясненіе вліянія поляризаціи на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, такъ какъ уже разобраны всѣ главные факты, описанные въ соотвѣтствующемъ отдѣлѣ главы IV. Тѣмъ не менѣе, я считаю необходимымъ остановиться еще на одномъ явленіи.

Въ предыдущемъ отдѣлѣ, когда шла рѣчь о вліяніи предварительной поляризаціи анодомъ, осталось еще необъясненнымъ, почему эта послѣдняя, при извѣстныхъ условіяхъ, вліяетъ на эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ совершенно въ томъ-же направленіи, какъ и предварительная поляризація катодомъ, т.-е. въ смыслѣ благопріятномъ для полученія начальныхъ сокращеній. Такая способность предварительной поляризаціи анодомъ стоитъ, повидимому, въ рѣзкомъ противорѣчіи съ развиваемыми мною взглядами.

Однако, мнѣ кажется, что подобное противорѣчіе есть только кажущееся и оно сейчасъ-же разрѣшается, лишь только мы обратимъ вниманіе на состояніе, въ которомъ долженъ находиться нервъ послѣ поляризаціи анодомъ. Всѣмъ извѣстенъ фактъ, что нервъ, подвергавшійся дѣйствію поляризаціи, никоимъ образомъ не можетъ считаться нормальнымъ по отношенію къ своимъ гальваническимъ свойствамъ: при отведеніи къ гальванометру различныхъ участковъ такого нерва наблюдаются токи, которыхъ не было раньше. Это суть такъ-называемыя вторичныя электродвигательныя явленія, которыя въ послѣднее время изслѣдовались многими авторами (Дюбуа-Реймонъ, Германнъ, Грюнеръ, Тигерштедтъ и др.). На основаніи ихъ изслѣдованій, едва-ли можетъ оставаться какое-нибудь сомнѣніе, что явленія, по крайней мѣрѣ своей значительной частью, зависятъ отъ внутренней поляризаціи нерва, т.-е. суть не что иное, какъ отведенныя къ гальванометру вѣтви циркулирующаго по нерву поляризаціоннаго тока. Такимъ образомъ, нервъ, послѣ прекращенія поляризаціи, долженъ находиться въ состояніи электротона подъ вліяніемъ поляризаціоннаго тока, и притомъ (какъ это, главнымъ образомъ, утверждаютъ Грюнеръ и Тигерштедтъ) въ состояніи электротона, какъ разъ противоположномъ тому, въ какомъ онъ находился во время поляризаціи. Вслѣдствіе этого, участокъ нерва, подвергавшійся до опытовъ дѣйствію анода поляризующаго тока, долженъ находиться въ состояніи катэлектротона, другими словами, долженъ находиться въ условіяхъ, болѣе или менѣе аналогичныхъ тѣмъ, въ какихъ находится нервъ во время поляризаціи катодомъ.

Допуская вѣрность изложеннаго представленія насчетъ состоянія нерва въ сферѣ анэлектротона послѣ прекращенія поляризаціи, мы уже легко можемъ понять, почему вліяніе предварительной поляризаціи анодомъ обладаетъ двойственнымъ характеромъ: обладая способностью устранять развившееся вторичное пониженіе, она должна благопріятствовать полученію при дѣйствіи прерывистаго тока постоянныхъ тетанусовъ, а наоборотъ, служа источникомъ развитія въ нервѣ состоянія катэлектротона, она должна способствовать полученію начальныхъ сокращеній.

Дѣйствительно, съ такой точки зрѣнія оказывается возможнымъ объяснить всѣ детали вліянія предварительной поляризаціи анодомъ. Во-первыхъ, мы можемъ объяснить, почему эта послѣдняя обегчаетъ полученіе начальныхъ сокращеній только въ весьма ограниченной степени, причемъ существуетъ, повидимому, предѣлъ, дальше котораго вліяніе поляризаціи въ этомъ направленіи простираться не можетъ: состояніе катэлектротона, какъ слѣдствіе дѣйствія на нервъ поляризаціоннаго тока, не можетъ имѣть неограниченной силы. Во-вторыхъ, намъ становится понятнымъ, почему трактуемое вліяніе предварительной поляризаціи анодомъ проявляется болѣе или менѣе ясно только при условіи, когда поляризація имѣетъ значительную силу, или когда она продолжается долгое время: оба условія способствуютъ усиленію поляризаціоннаго тока.

IV. Объясненіе вліянія частоты перерывовъ на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.

Въ соотвѣтствующемъ отдѣлѣ главы IV мы пришли къ выводу (положеніе девятое на стр. 140), что частота раздраженія, сама по себѣ, т.-е. понимаемая, какъ число толчковъ, падающихъ на нервъ въ единицу времени, не оказываетъ на наблюдаемыя явленія никакого замѣтнаго дѣйствія. Вся-же разница между эффектами, получаемыми при раздраженіи нерва прерывистыми токами съ различной частотой перерывовъ, была сведена исключительно на вліяніе или продолжительности перерывовъ, или продолжительности толчковъ раздражающаго тока. При этомъ оказалось, что короткіе перерывы и продолжительные толчки благопріятствуютъ полученію начальныхъ сокращеній, а продолжительные перерывы и короткіе толчки, наоборотъ, способствуютъ тетанической реакціи нерва на раздраженіе.

Что продолжительность толчковъ и перерывовъ должна влиять въ указанномъ направленіи на эффектъ раздраженія, — это непосредственное слѣдствіе моихъ взглядовъ. Въ самомъ дѣлѣ, на основаніи моего объясненія, развитаго подробно на предыдущихъ страницахъ, эффекты раздраженія прерывистымъ токомъ опредѣляются вообще двумя условіями: во-первыхъ, пониженіемъ раздражительности, остающимся въ нервѣ послѣ каж-

даго толчка, и во-вторыхъ, оправленіемъ нерва отъ этого пониженія въ теченіе каждаго перерыва тока (ср. стр. 178). Въ то время, какъ продолжительность перерывовъ вліяетъ объясненнымъ уже раньше образомъ (см. стр. 177) на второе изъ двухъ упомянутыхъ условій, продолжительность толчковъ должна вліять несомнѣнно на первое.

Дѣйствительно, мы знаемъ, что пониженіе раздражительности въ сферѣ катэлектротона стоитъ въ самой тѣсной связи съ продолжительностью поляризаціи. Вслѣдствіе этого, очевидно, каждый болѣе продолжительный толчокъ долженъ понизить раздражительность нерва въ большей степени, чѣмъ толчокъ короткій, другими словами, прерывистый токъ, съ болѣе продолжительными толчками долженъ бить болѣе благопріятенъ для полученія начальныхъ сокращеній, чѣмъ прерывистый токъ съ толчками короткими.

Изъ сказаннаго вмѣстѣ съ тѣмъ вытекаетъ, что частота перерывовъ тока должна неизбѣжно вліять на эффектъ раздраженія постольку, по скольку съ ея измѣненіемъ неразрывно связано укороченіе или удиненіе продолжительности толчковъ и перерывовъ тока.

На основаніи моихъ опытовъ, произведенныхъ при очень ничтожной частотѣ перерывовъ тока, не исключается, конечно, возможность, что частота раздраженія, сама по себѣ, независимо отъ продолжительности толчковъ и перерывовъ, оказываетъ извѣстное вліяніе на получаемый при раздраженіи эффектъ. Въ пользу этого, какъ было упомянуто въ главѣ V, говорятъ, по крайней мѣрѣ, существующія въ литературѣ указанія. Оставляя въ сторонѣ вопросъ о сущности этого вліянія, который, за неимѣніемъ опытовъ, разрѣшенъ быть не можетъ, я сдѣлаю нѣсколько замѣчаній насчетъ кажущагося противорѣчія, существующаго между результатами моихъ опытовъ и опытовъ моихъ предшественниковъ.

Все мое изслѣдованіе эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ показываетъ, что явленіе начальнаго сокращенія можетъ быть наблюдаемо въ высшей степени легко. Между тѣмъ, всѣ литературныя данныя могутъ служить доказательствомъ значительной трудности его полученія. Это кажется страннымъ особенно въ виду того, что продолжительность перерывовъ тока при опытахъ моихъ предшественниковъ имѣла несравненно меньшую величину, чѣмъ при моихъ. Поэтому, можно было бы думать, что условія для полученія начальныхъ сокращеній были у нихъ, по крайней мѣрѣ, столь-же благопріятны, какъ и у меня.

Мнѣ кажется, что указанное противорѣчіе можетъ быть разрѣшено очень легко. Всѣ авторы, работавшіе съ прерывистымъ токомъ, старались производить свои опыты при возможно большей частотѣ раздраженія. Увеличивая число перерывовъ, они, вмѣстѣ съ тѣмъ, по необходимости должны были укорачивать продолжительность толчковъ тока. При ничтожной продолжительности этихъ послѣднихъ, оставляемое ими въ нервѣ пониженіе раздражительности могло достигать тоже лишь ничтожной величины, что, конечно, и должно было способствовать полученію не начальныхъ сокращеній, а тетанусовъ.

Такимъ образомъ, употребленіе слишкомъ большой частоты раздраженія, которой всѣ авторы приписывали выдающееся значеніе, служило, по моему мнѣнію, главной причиной того, что явленіе начальнаго сокращенія было до сихъ поръ очень мало изслѣдовано, до такой степени мало, что даже достовѣрность явленія отрицается большинствомъ физіологовъ.

Этимъ я и заканчиваю свою попытку объясненія эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Правда, я не упоминалъ еще объ явленіяхъ, описанныхъ въ пятомъ отдѣлѣ главы IV и касающихся воспріимчивости нерва къ раздраженію прерывистымъ токомъ съ короткими толчками, но они и не имѣютъ никакого отношенія къ развиваемымъ мною взглядамъ. На указанныя явленія мы должны смотрѣть, какъ на выраженіе особеннаго свойства нерва, которое мы должны принять, какъ фактъ, данный непосредственнымъ опытомъ, а объясненіе его предоставить будущему. Впрочемъ, мы вернемся еще къ этимъ явленіямъ, когда будетъ идти рѣчь объ объясненіи эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока.

Резюмируя все сказанное въ настоящей главѣ, мы приходимъ къ выводу, что *допущеніе способности катэлектротона вызывать вторичное пониженіе раздражительности, начиная съ первыхъ моментовъ поляризаціи, вполнѣ достаточно для объясненія всѣхъ наблюдавшихся мною эффектовъ раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока.*

ГЛАВА VII.

Объясненіе главныхъ явленій въ сферѣ катэлектротона постоянаго тока.

Доказательства, приведенныя въ предыдущей главѣ въ пользу защищаемаго мною положенія, что раздражительность въ сферѣ катэлектротона понижена, начиная съ самыхъ первыхъ моментовъ дѣйствія тока на нервъ, столь сильны, что ихъ было бы совершенно достаточно, если бы мы имѣли дѣло только съ тѣми явленіями, о которыхъ шла рѣчь до сихъ поръ, т. е. явленіями, наблюдаемыми при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока. Въ самомъ дѣлѣ, попробуемъ резюмировать вкратцѣ сущность тѣхъ данныхъ, которыя уже имѣются у насъ въ распоряженіи.

Нами было указано, что при нынѣшнемъ состояніи нашихъ знаній, сама возможность полученія начальныхъ сокращеній при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока уже a priori не можетъ быть объясняема иначе, какъ только при помощи допущенія, что каждый толчокъ способенъ понижать раздражительность въ сферѣ катэлектротона, т. е. способенъ дѣйствовать на нервъ совершенно такъ же, какъ и продолжительная поляризація (вторичное пониженіе раздражительности). Затѣмъ, при помощи детальнаго разбора фактовъ было обнаружено, что между условіями, оказывающими то или другое вліяніе на явленіе начальнаго сокращенія, и условіями, опредѣляющими силу вторичнаго пониженія, существуетъ полнѣйшій параллелизмъ; другими словами, что всѣ изслѣдованныя свойства той причины, которая обусловливаетъ явленіе начальнаго сокращенія, совпадаютъ точно со всѣми изслѣдованными свойствами вторичнаго пониженія. Уже одно существованіе подобнаго параллелизма могло бы служить достаточнымъ поводомъ къ признанію, что вторичное пониженіе

раздражительности и есть дѣйствительная причина явленія начальнаго сокращенія. Если-же къ этому прибавить, что подобный способъ объясненія есть единственно мыслимый, то становится очевиднымъ, что защищаемое мною положеніе имѣетъ подъ собою прочную точку опоры.

Однако, въ цѣпи нашихъ доказательствъ существуетъ еще одинъ весьма важный пробѣлъ. Мы видѣли (см. стр. 148), что полная аналогія явленій, наблюдаемыхъ при дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, съ тѣми, которыя получаются подъ вліяніемъ непрерывнаго, не позволяетъ сомнѣваться, что въ основѣ тѣхъ и другихъ лежатъ тождественныя причины. Если общепринятая теорія возбужденія нерва токомъ не въ состояніи, какъ это было доказано въ главѣ V, дать отчетъ въ эффектахъ раздраженія прерывистымъ токомъ, то это служитъ, очевидно, доказательствомъ ея недостаточности и указываетъ на необходимость замѣнить ее новой, которая позволила бы обнять оба ряда явленій съ одной общей точки зрѣнія. Поэтому, желая придать своимъ взглядамъ большую доказательность, я и долженъ показать, что они, на самомъ дѣлѣ, могутъ быть приложены къ эффектамъ раздраженія нерва постояннымъ токомъ, т.-е. что они могутъ служить для объясненія Дюбуа-Реймоновскаго закона возбужденія. Съ другой стороны, положивъ въ основу своихъ объясненій предположеніе, что раздражительность нерва въ сферѣ катэлектротона понижена, я становлюсь въ разрѣзъ со взглядами всѣхъ физіологовъ, которые считаютъ несомнѣннымъ какъ разъ обратное. Вслѣдствіе этого, я опять-таки долженъ показать, что Пфлюгеровское повышеніе эффекта въ сферѣ катэлектротона не имѣетъ ничего общаго съ дѣйствительнымъ повышеніемъ раздражительности, а можетъ быть удовлетворительно объяснено съ иной точки зрѣнія. Настоящая глава и посвящается попыткѣ видоизмѣнить господствующіе взгляды по указаннымъ двумъ вопросамъ.

Читатель успѣлъ, безъ сомнѣнія, замѣтить, что задача, которую предстоитъ намъ выполнить въ теченіе настоящей главы, вполнѣ совпадаетъ съ той, передъ которой мы остановились въ главѣ I. Разобравъ явленія физіологическаго электротона, наблюдаемыя при одновременномъ дѣйствіи на нервъ двухъ индукціонныхъ ударовъ, и придя къ выводу, что всѣ они „могутъ быть разсматриваемы, не какъ истинныя измѣненія раздражительности нерва, но какъ результатъ суммированія электротоническихъ вѣтвей двухъ одновременно проходящихъ по нерву ударовъ“ (стр. 20), мы попытались тамъ приложить то-же самое

объясненіе и къ явленіямъ физіологическаго электротона, вызываемымъ постояннымъ токомъ. При этомъ обнаружилось, что между подобнымъ объясненіемъ и общепринятыми взглядами на возбуждающее дѣйствіе тока существуетъ непримиримое противорѣчіе, такъ что, придерживаясь развитой мною гипотезы суммированія, мы должны отказаться отъ общепринятыхъ теорій, и обратно, придерживаясь этихъ послѣднихъ, должны окончательно оставить въ сторонѣ гипотезу суммированія. Не высказываясь опредѣленно ни въ томъ, ни въ другомъ смыслѣ, я предоставилъ тогда рѣшеніе указанной дилеммы дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ, и именно изслѣдованіямъ эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ. Теперь, когда изслѣдованія эти закончены, мы и должны, слѣдовательно, приняться за ея разрѣшеніе.

Такимъ образомъ, настоящая глава по необходимости должна отличаться двойственнымъ характеромъ. Съ одной стороны, она должна быть разсматриваема, какъ непосредственное продолженіе доказательствъ въ пользу моего способа объясненія эффектовъ раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, а съ другой — какъ попытка дальнѣйшаго развитія изложенной въ главѣ I гипотезы суммированія. Если намъ удастся объяснить Дюбуа-Реймоновскій законъ возбужденія съ той-же самой точки зрѣнія, съ какой мы объяснили эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, и если полученное такимъ образомъ представленіе насчетъ возбуждающаго дѣйствія тока позволитъ избѣжать противорѣчій при примѣненіи гипотезы суммированія къ Пфлюгеровскимъ явленіямъ, то, очевидно, что задача наша будетъ разрѣшена одинаково удовлетворительно какъ въ томъ, такъ и въ другомъ направленіи.

А. *Дюбуа-Реймоновскій законъ возбужденія.*

„Двигательный нервъ отвѣчаетъ сокращеніемъ связанной съ нимъ мышцы не на абсолютную густоту, какую имѣетъ токъ въ каждое данное мгновеніе, но на измѣненія, которыя она претерпѣваетъ при переходѣ отъ одного момента къ другому, причемъ импульсъ къ движенію, слѣдующій за подобными измѣненіями, тѣмъ сильнѣе, чѣмъ быстрѣе они произошли при одинаковой величинѣ или чѣмъ бо́льшей величины они достигли въ единицу времени“ [1]).

[1]) Du-Bois-Reymond. Untersuchungen etc. I. 1848. S. 258.

Таковы слова, которыми Дюбуа-Реймонъ формулировалъ свой извѣстный законъ возбужденія.

Въ приведенной общей формулѣ указаны уже всѣ основанія, которыя могутъ быть приведены въ ея пользу. Основанія эти заключаются въ слѣдующихъ общеизвѣстныхъ фактахъ:

1) Токъ, проходящій по нерву съ опредѣленной неизмѣняющейся силой, въ громадномъ большинствѣ случаевъ не вызываетъ возбужденія, — отсюда выводъ, что густота тока, сама по себѣ, не играетъ никакой роли въ дѣлѣ возбужденія.

2) Возбужденіе появляется только при колебаніяхъ густоты тока, — отсюда выводъ, что источникъ возбужденія лежитъ именно въ ея колебаніяхъ.

3) Величина возбужденія обусловливается крутизной колебаній тока, — отсюда выводъ, выраженный въ послѣдней части приведеннаго закона.

Если бы намъ удалось, съ нашей точки зрѣнія, объяснить всѣ перечисленные факты, то этимъ исчерпывалось бы объясненіе Дюбуа-Реймоновскаго закона въ полномъ его объемѣ.

Когда появились въ свѣтъ изслѣдованія Дюбуа-Реймона, оставалось еще неизвѣстнымъ, что токъ обладаетъ способностью къ полярному дѣйствію. Открытіе этого факта Пфлюгеромъ оставило, однако, существенныя стороны Дюбуа-Реймоновскаго закона нетронутыми, такъ что этотъ послѣдній и по настоящее время составляетъ основу нашихъ представленій насчетъ возбужденія нерва токомъ. Единственное видоизмѣненіе, которое было вызвано изслѣдованіями Пфлюгера, состояло въ томъ, что теперь стали различать возбужденіе, рождающееся на катодѣ и на анодѣ: первое происходитъ въ моментъ усиленія, а второе въ моментъ ослабленія раздражающаго тока. При предлагаемой ниже попыткѣ объясненія Дюбуа-Реймоновскаго закона, мы должны, конечно, оставить пока въ сторонѣ возбужденіе на анодѣ, для выясненія котораго у насъ нѣтъ еще достаточныхъ данныхъ, и заняться исключительно возбужденіемъ на катодѣ, т.-е. возбужденіемъ, происходящимъ въ моментъ колебанія густоты тока въ сторону ея усиленія. Прежде чѣмъ приступить къ подобной попыткѣ, я считаю, однако, необходимымъ изложить въ самыхъ общихъ чертахъ тотъ смыслъ, который придаетъ трактуемому закону большинство физіологовъ, равно какъ и противорѣчащіе общепринятымъ взгляды, высказывавшіеся нѣкоторыми изслѣдователями.

На Дюбуа-Реймоновскій законъ можно смотрѣть вообще съ двухъ точекъ зрѣнія. Во-первыхъ, можно видѣть въ немъ крат-

кое и ясное выраженіе наблюдаемыхъ обыкновенно фактовъ, не имѣющее притязанія на теоретическое значеніе, и, во-вторыхъ, можно смотрѣть на него, какъ на теорію возбужденія. Разница между тѣмъ и другимъ истолкованіемъ закона состоитъ, очевидно, въ томъ, что въ первомъ случаѣ онъ представлялъ бы только сумму фактовъ, требующихъ объясненія, а во второмъ служилъ бы непосредственнымъ выраженіемъ основныхъ свойствъ нерва, которыя должны руководить нашими представленіями о сущности нервныхъ процессовъ.

Большинство физіологовъ смотритъ на Дюбуа-Реймоновскій законъ именно съ этой послѣдней точки зрѣнія и признаетъ, что нервъ по самой своей природѣ способенъ реагировать на внѣшнія вліянія лишь въ тотъ моментъ, когда они измѣняютъ его состояніе; если-же они поддерживаютъ измѣненное состояніе на одномъ и томъ-же уровнѣ, возбужденіе появиться не можетъ. На основаніи этихъ представленій, постоянный токъ, во время своего прохожденія по нерву съ неизмѣнной силой, не обладаетъ ровно никакимъ возбуждающимъ дѣйствіемъ: подобный токъ, въ качествѣ раздражителя, является для нерва столь-же безразличнымъ, какъ и всякое другое вліяніе, про которое достовѣрно извѣстно, что оно возбуждать не способно.

Однако, отрицаніе способности тока дѣйствовать возбуждающимъ образомъ въ то время, когда онъ проходитъ по нерву съ неизмѣнной силой, встрѣчаетъ препятствія со стороны нѣкоторыхъ фактовъ. Такъ, попадаются часто случаи, когда вслѣдъ за замыканіемъ тока получается не одиночное сокращеніе мышцы, а тетанусъ, продолжающійся болѣе или менѣе долгое время, иногда не прекращающійся въ теченіе всей поляризаціи. Указанное явленіе наблюдается особенно часто при слабыхъ токахъ, для которыхъ, какъ это утверждаетъ Пфлюгеръ, возбужденіе нерва во все время ихъ дѣйствія составляетъ правило (Пфлюгеровскій замыкательный столбнякъ). Кромѣ того, извѣстны факты, что токъ по отношенію къ чувствующимъ нервамъ обладаетъ постояннымъ возбуждающимъ дѣйствіемъ. На этомъ основаніи многіе изслѣдователи высказывали уже давно предположеніе, что токъ способенъ возбуждать во все время, пока онъ проходитъ по нерву.

Такая мысль защищалась въ особенности Бецольдомъ [1]), Вундтомъ [2]), Энгельманномъ [3]) и Грюнгагеномъ [4]). Фактъ, что

[1]) Bezold. Unters. über electr. Erreg. d. Nerv. u. Musk. Leipzig. 1861. S. 309.
[2]) Wundt. Unters. zur Mech. d. Nerv. u. Nervencentren. Erlangen. 1871. S. 248.
[3]) Engelmann. Pflüger's Arch. III. 1870; IV. 1871.
[4]) Grünhagen. Pflüger's Arch. VI. 1872.

въ громадномъ большинствѣ случаевъ, согласно Дюбуа-Реймоновскому закону, видимое возбужденіе появляется лишь въ моментъ замыканія тока, авторы объясняли различно.

Бецольдъ утверждалъ, что на катодѣ раздражающаго тока возбужденіе развивается постоянно, но только оно не въ состояніи распространяться до мышцы: этому мѣшаетъ найденное имъ въ цитированной выше работѣ свойство тока замедлять быстроту распространенія возбужденія по нерву.

Вундтъ объясняетъ отсутствіе возбужденія съ той особенной точки зрѣнія, которую онъ составилъ себѣ относительно нервныхъ явленій. А именно, онъ принимаетъ, что въ нервѣ постоянно происходятъ противоположные другъ другу процессы, названные имъ положительной и отрицательной молекулярной работой. Подъ именемъ положительной работы авторъ понимаетъ процессъ распаденія сложныхъ нервныхъ молекулъ, результатомъ котораго является освобожденіе энергіи, проявляющееся въ видѣ теплоты или въ видѣ возбужденія; отрицательной-же работой онъ называетъ противоположный процессъ связыванія уже освободившейся силы для образованія сложныхъ молекулъ изъ болѣе простыхъ соединеній. Если величины положительной и отрицательной работы равны другъ другу, то не происходитъ никакого видимаго освобожденія энергіи, а слѣдовательно, и никакого возбужденія. Токъ, какъ и всякій раздражитель, вызываетъ въ нервѣ увеличеніе какъ положительной, такъ и отрицательной работы, но только увеличеніе той и другой подчиняется различному закону: въ первый моментъ дѣйствія тока беретъ перевѣсъ увеличеніе положительной работы, вслѣдствіе чего появляется возбужденіе, въ послѣдующіе моменты, наоборотъ, перевѣсъ остается за отрицательной работой, вслѣдствіе чего видимое возбужденіе прекращается.

Энгельманнъ предполагаетъ, по аналогіи съ явленіями, наблюдавшимися имъ на мочеточникѣ, равно какъ и на основаніи своихъ опытовъ съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ батарейнымъ токомъ, что нервъ, по которому разъ прошло возбужденіе, теряетъ на нѣкоторое время способность къ дальнѣйшему его проведенію.

Наконецъ, Грюнгагенъ признаетъ, что возбужденіе, развивающееся на катодѣ постояннаго тока, все время распространяется по длинѣ нерва вплоть до самой мышцы, но только эта послѣдняя способна реагировать лишь на колебанія силы нервнаго возбужденія и поэтому остается въ покоѣ все время, пока токъ поддерживаетъ въ нервѣ возбужденіе постоянной величины.

Ни одно изъ приведенныхъ объясненій не было, однако, принято физіологами, такъ какъ изъ всѣхъ упомянутыхъ выше изслѣдователей только одинъ Бецольдъ указалъ на реальную, найденную имъ опытнымъ путемъ, причину, обусловливающую, по его мнѣнію, появленіе мышечной реакціи лишь въ первый моментъ дѣйствія тока. Да и эта причина, очевидно, не въ состояніи объяснить того, что старается объяснить ею Бецольдъ. Не говоря уже о томъ, что замедленіе проведенія возбужденія въ сферѣ катэлектротона отрицается позднѣйшими изслѣдователями [1]), трудно понять, какимъ образомъ простое замедленіе проведенія возбужденія можетъ повести къ отсутствію мышечной реакціи. Всѣ-же остальные авторы ограничиваются одними теоретическими соображеніями.

Вслѣдствіе этого, большинство физіологовъ, какъ это было замѣчено раньше, до сихъ поръ считаетъ Дюбуа-Реймоновскій законъ возбужденія выраженіемъ основного свойства нерва и продолжаетъ отрицать способность тока къ постоянному возбуждающему дѣйствію [2]). Для объясненія-же наблюдаемыхъ случаевъ тетануса при дѣйствіи тока принимаютъ обыкновенно [3]) вмѣстѣ съ Энгельманномъ, что тетанусы зависятъ отъ случайныхъ раздражителей (высыханіе, вліяніе температуры и т. п.), которые, будучи слишкомъ слабыми для возбужденія нормальнаго нерва, начинаютъ проявлять свое дѣйствіе послѣ замыканія тока, когда раздражительность въ сферѣ катэлектротона повышается.

На основаніи приведеннаго краткаго очерка имѣющихъ представленій насчетъ возбуждающаго дѣйствія тока очевидно слѣдуетъ, что главную основу отрицанія способности тока дѣйствовать возбуждающимъ образомъ во все время своего прохожденія по нерву составляетъ кажущаяся невозможность объяснить иначе постоянно наблюдаемый фактъ, что видимое возбужденіе при подобномъ прохожденіи въ громадномъ большинствѣ случаевъ совершенно отсутствуетъ.

Однако, отсутствіе видимаго возбужденія при дѣйствіи на нервъ какого-бы то ни было вліянія никоимъ образомъ не можетъ служить достаточнымъ доказательствомъ неспособности даннаго вліянія вообще вызывать возбужденіе. Подобное доказательство могло бы имѣть силу лишь въ случаѣ, если-бы между дѣйствіемъ раздражителя и возбужденіемъ существовала прямая пропорціональность, выражающаяся въ томъ, что каждой данной силѣ раздраженія соотвѣтствовало бы всегда извѣстное возбужденіе, другими словами, если-бы было извѣстно, что ни одинъ раздражитель вообще не можетъ проходить для нерва безслѣдно, но непремѣнно вызываетъ болѣе или менѣе сильное возбужденіе. Такъ какъ подобной пропорціональности завѣдомо не существуетъ, поэтому всегда есть возможность смотрѣть на отсутствіе видимаго возбужденія еще съ иной точки зрѣнія.

Отношеніе, существующее между раздражителемъ и вызываемымъ имъ возбужденіемъ, имѣетъ, какъ извѣстно, такой характеръ, что одинъ и тотъ-же раздражитель, смотря по физіологическому состоянію нерва, можетъ или оставаться совершенно безъ всякаго видимаго дѣйствія, или вызывать возбужденіе максимальной силы. Подобная возможность обусловливается своеобразнымъ свойствомъ нерва имѣть такъ называемый порогъ раздраженія, т.-е. приходить въ состояніе видимаго возбужденія лишь тогда, когда раздражитель достигаетъ извѣстной, при различныхъ условіяхъ въ высшей степени измѣнчивой, силы. Существованіе порога раздраженія, не позволяя измѣрять возбуждающее дѣйствіе извѣстнаго вліянія величиной вызываемаго имъ возбужденія, не позволяетъ въ то-же время заключать объ отсутствіи подобнаго возбуждающаго дѣйствія на основаніи одного только отсутствія эффекта: вѣдь эффектъ можетъ отсутствовать просто потому, что возбуждающаяся способность даннаго раздражителя ниже имѣющагося въ данный моментъ на лицо порога раздраженія.

Итакъ, отсутствіе эффекта во время прохожденія по нерву тока съ неизмѣнной силой не можетъ, само по себѣ, служить доказательствомъ не только того, что токъ въ это время не обладаетъ ровно никакимъ возбуждающимъ дѣйствіемъ, но даже и того, что возбуждающее дѣйствіе его слабѣе, чѣмъ въ моментъ замыканія [1]). Для этого требовалось бы еще доказать, что состояніе, въ которомъ находится нервъ, въ моментъ замыканія, и

[1]) Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. 1. S. 26.

[2]) Впрочемъ, для объясненія постояннаго возбужденія токомъ чувствующихъ нервовъ, нѣкоторые изслѣдователи признаютъ, что токъ способенъ возбуждать во все время своего дѣйствія, но только въ болѣе слабой степени, причемъ на возбужденіе это способны реагировать не всѣ связанные съ нервомъ аппараты (Ср. Grützner. Pflüger's Arch. B. XVII. 1878 и Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 57 и 58).

[3]) Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 73.

[1]) Мнѣ кажется умѣстнымъ сдѣлать здѣсь нѣсколько замѣчаній съ цѣлью выяснить, что я подразумѣваю подъ выраженіями „возбуждающее дѣйствіе“, „возбуждающая способность“ извѣстнаго раздражителя, такъ какъ безъ яснаго опредѣленія указанныхъ понятій было бы трудно избѣжать недоразумѣній при дальнѣйшемъ изложеніи. Дѣло въ томъ, что, несмотря на

состояніе, въ которомъ онъ находится во время дальнѣйшаго дѣйствія тока, совершенно одинаковы. Такъ какъ это никѣмъ не доказано, поэтому существуетъ полнѣйшая возможность предполагать, что различная реакція нерва на токъ въ различные моменты его дѣйствія (возбужденіе въ моментъ замыканія и покой во время прохожденія съ неизмѣнной силой) зависитъ совсѣмъ не отъ того, что возбуждающая способность тока въ эти моменты различна (присутствуетъ въ первомъ и отсутствуетъ во второмъ случаѣ), но просто отъ того, что раздражительность нерва имѣетъ неодинаковую величину.

Я здѣсь же замѣчу, что я стою именно на этой послѣдней точкѣ зрѣнія, т.-е. принимаю, что *гальванический токъ въ сферѣ своего катэлектротона обладаетъ постоянной возбуждающей способностью, совершенно одинаковой какъ въ моментъ замыканія, такъ и во время прохожденія по нерву съ неизмѣнной силой, причемъ свойство катэлектротона понижать раздражительность, начиная съ первыхъ моментовъ поляризаціи, обусловливаетъ собою то, что дѣйствительное возбужденіе появляется лишь въ первомъ случаѣ: весьма скоро вслѣдъ за началомъ дѣйствія тока на нервъ раздражительность этою послѣд-*

частое пользованіе приведенными словами, смыслъ ихъ, мнѣ кажется, выяснѣнъ не вполнѣ достаточно, но крайней мѣрѣ въ литературѣ можно найти много примѣровъ довольно сбивчиваго ихъ употребленія. Я думаю, что не отступлю отъ обыкновеннаго ихъ смысла, если стану понимать подъ ними вообще одну только способность раздражителя вызывать возбужденіе, оставляя при этомъ совершенно въ сторонѣ всѣ побочныя условія, отъ которыхъ можетъ зависѣть въ каждомъ частномъ случаѣ, проявится-ли эта способность или не проявится. Принимая подобное опредѣленіе, мы сразу-же видимъ, что возбуждающее дѣйствіе какого-либо раздражителя никоимъ образомъ не можетъ быть измѣряемо величиной вызваннаго въ данномъ случаѣ возбужденія: будучи свойствомъ самого раздражителя, возбуждающее дѣйствіе можетъ подлежать лишь чисто физическимъ способамъ измѣренія. Такъ, приписывая сказанное къ току и становясь при этомъ на общепринятую точку зрѣнія, мы должны сказать, что возбуждающее дѣйствіе тока измѣряется величиной и быстротой колебаній его силы, т.-е. чисто физическими его свойствами. На основаніи приведеннаго опредѣленія, становится также очевиднымъ, что одному и тому-же раздражителю должно быть приписываемо всегда одно и то-же возбуждающее дѣйствіе, несмотря на то, что они, при различныхъ условіяхъ, можетъ вызывать самые разнообразные эффекты. Точно также изъ принимаемаго нами опредѣленія непосредственно вытекаетъ, что разъ данный агентъ вообще причисляется къ раздражителямъ, ему должно быть приписываемо возбуждающее дѣйствіе даже въ томъ случаѣ, когда онъ имѣетъ столь ничтожную силу, что далеко еще не въ состояніи вызывать видимаго возбужденія.

нію становится столь низкой, что данный токъ оказывается ниже порога раздраженія.

Такимъ образомъ, я признаю, что отсутствіе возбужденія во время прохожденія тока по нерву можетъ быть сравнено вполнѣ съ отсутствіемъ возбужденія при дѣйствіи какого бы то ни было раздражителя, напр., индукціоннаго удара, сила котораго, при данномъ состояніи раздражительности недостаточна для полученія возбужденія. Когда дѣйствуетъ подобный раздражитель, мы не имѣемъ, очевидно, никакого права говорить о полномъ покоѣ нерва. Что происходитъ при этомъ въ нервѣ, неизвѣстно, но что должны происходить какіе-то процессы, въ этомъ едва-ли позволительно сомнѣваться: невозможно допустить, чтобы одинъ и тотъ-же дѣятель (въ нашемъ случаѣ индукціонный ударъ), имѣя силу чуть-чуть ниже порога раздраженія, проходилъ для нерва совершенно безслѣдно, а уже при самомъ ничтожномъ усиленіи вызывалъ энергическій процессъ возбужденія. Вотъ въ этомъ-то состояніи, такъ сказать, среднемъ между покоемъ и возбужденіемъ, нервъ и находится, по моему мнѣнію, во время прохожденія постояннаго тока.

Такъ какъ впослѣдствіи намъ придется довольно часто говорить о подобномъ состояніи, поэтому, ради краткости, представляется цѣлесообразнымъ придать ему какое-либо названіе. Я и буду называть его состояніемъ неявнаго возбужденія, оговариваясь разъ на всегда, что съ этимъ словомъ не связываю никакихъ опредѣленныхъ представленій насчетъ сущности происходящихъ при этомъ въ нервѣ процессовъ. Такимъ образомъ, при дальнѣйшемъ изложеніи я буду различать слѣдующія три состоянія нерва: 1) состояніе *явнаго возбужденія*, происходящее при дѣйствіи раздражителя, превышающаго порогъ раздраженія, 2) состояніе *неявнаго возбужденія*, когда раздражитель ниже порога раздраженія и 3) состояніе *покоя*, когда нервъ не испытываетъ никакихъ внѣшнихъ вліяній, или тѣ вліянія, которымъ онъ подвергается, не обладаютъ свойствами раздражителей. На основаніи этой терминологіи, дѣйствіе всякаго раздражителя должно неизбѣжно сопровождаться возбужденіемъ, явнымъ или неявнымъ, причемъ появленіе того или другого въ каждомъ данномъ случаѣ опредѣляется какъ силой (геэр. величиной возбуждающаго дѣйствія) раздражителя, такъ и состояніемъ раздражительности нерва.

Изложивъ сущность своего представленія насчетъ возбуждающаго дѣйствія тока, я и приступлю теперь къ доказательствамъ, которыя могутъ быть приведены въ его пользу. Доказательства эти должны по необходимости обладать косвеннымъ

характеромъ: имѣя передъ собою голый фактъ отсутствія явнаго возбужденія во время прохожденія тока по нерву, мы, руководствуясь имъ однимъ, не можемъ непосредственно рѣшить, находится ли нервъ въ полномъ покоѣ, или въ состояніи неявнаго возбужденія.

Кромѣ доказательствъ, приводимыхъ уже раньше авторами, защищавшими до меня постоянство возбуждающаго дѣйствія тока, т.-е. кромѣ Пфлюгеровскаго замыкательнаго столбняка и констатированной опытнымъ путемъ способности тока къ постоянному возбужденію чувствующихъ нервовъ [1]), я могу привести въ пользу своего представленія главнымъ образомъ два доказательства. Одно изъ нихъ основывается на аналогіи между явленіями, наблюдаемыми при дѣйствіи на нервъ постояннаго и прерывистаго тока, а другое—на возможности объяснить съ точки зрѣнія постоянства возбуждающаго дѣйствія тока всѣ факты, на которыхъ покоится Дюбуа-Реймоновскій законъ возбужденія. Я разберу каждое изъ указанныхъ доказательствъ порознь.

Доказательство первое. Когда нервъ подвергается дѣйствію прерывистаго тока, то всѣ толчки этого послѣдняго должны быть считаемы, какъ мы это видѣли раньше (см. стр. 169), въ качествѣ раздражителей, совершенно равнозначными другъ другу и, тѣмъ не менѣе, мы знаемъ, что, при подходящихъ условіяхъ, явное возбужденіе развивается лишь въ моментъ замыканія такого тока, а во все время его прохожденія по нерву не получается ровно никакихъ эффектовъ. Вслѣдствіе полной равнозначности отдѣльныхъ толчковъ, становится невозможной мысль, что прохожденіе прерывистаго тока оставляетъ нервъ въ такомъ-же абсолютномъ покоѣ, въ какомъ онъ находится, не подвергаясь дѣйствію никакихъ внѣшнихъ вліяній. Наоборотъ, представляется необходимымъ допустить, что нервъ приходитъ въ состояніе, соотвѣтствующее тому, которое было названо нами состояніемъ неявнаго возбужденія. Другими словами, способность прерывистаго тока къ постоянному возбуждающему дѣйствію едва-ли можетъ подлежать какому бы то ни было сомнѣнію. А если это такъ, то и способность постояннаго тока къ подобному-же возбуждающему дѣйствію становится весьма вѣроятной: если во всѣхъ другихъ отношеніяхъ оба тока дѣйствуютъ совершенно аналогичнымъ образомъ, то дѣйствіе ихъ въ трактуемомъ отношеніи должно представляться тоже аналогичнымъ.

[1]) Несомнѣнно, что указанные факты лучше согласуются съ признаніемъ, чѣмъ съ отрицаніемъ постоянства возбуждающаго дѣйствія тока.

Вѣроятность существованія подобной аналогіи выступаетъ особенно рельефно при детальномъ сравненіи эффектовъ, наблюдаемыхъ при дѣйствіи на нервъ того и другого тока.

Вспомнимъ по этому поводу, что было сказано въ § 4 главы IV (стр. 89), гдѣ шла рѣчь о зависимости эффектовъ раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока отъ продолжительности перерывовъ. Мы видѣли тамъ, что чѣмъ короче перерывы, тѣмъ легче, т.-е при болѣе сильныхъ токахъ, могутъ быть получены начальныя сокращенія (напомню, что начальныя сокращенія при раздраженіи нормальнаго нерва получаются лишь при сравнительно слабыхъ токахъ). Указанный фактъ можетъ быть выраженъ такимъ образомъ, что скала силъ токовъ, дающихъ начальныя сокращенія, становится тѣмъ шире, чѣмъ больше укорачивается продолжительность перерывовъ. При нашихъ опытахъ укорачиваніе этой продолжительности могло простираться лишь до извѣстныхъ предѣловъ, полагаемыхъ свойствами употреблявшагося прерывателя, вслѣдствіе чего и постепенное расширеніе скалы силъ токовъ, дающихъ начальныя сокращенія, тоже достигало лишь извѣстнаго предѣла. Естественно, однако, думать, что и при дальнѣйшемъ уменьшеніи продолжительности перерывовъ явленія должны сохранять тотъ-же самый характеръ, т.-е. расширеніе указанной скалы должно продолжаться все дальше и дальше, такъ что, наконецъ, при переходѣ къ непрерывному току, всѣ силы тока, обыкновенно употребляемыя для физіологическихъ опытовъ, должны оказаться лежащими въ ея предѣлахъ [1]).

Съ развитой точки зрѣнія отрицается существованіе какого бы то ни было принципіальнаго различія между дѣйствіемъ на нервъ прерывистаго и непрерывнаго токовъ, такъ что этотъ послѣдній разсматривается тоже какъ прерывистый, перерывы котораго имѣютъ лишь безконечно малую продолжительность. Вслѣдствіе этого, становится очевиднымъ, что тоже самое объ-

[1]) Въ предыдущей главѣ, гдѣ шла рѣчь о томъ, почему сильные прерывистые токи, дѣйствуя на нормальный нервъ, даютъ постоянные тетанусы, было замѣчено, что фактъ этотъ можетъ быть объясненъ двоякимъ образомъ (см. стр. 173). Съ одной стороны, можно думать, что короткій толчокъ сильнаго тока не въ состояніи поднять раздражительность нерва настолько, чтобы послѣдующій толчокъ той-же самой силы оставался безъ эффекта; съ другой же стороны, можно допустить, что и сильный толчокъ вызываетъ вполнѣ достаточное пониженіе раздражительности, но только это послѣднее успѣваетъ болѣе или менѣе наладиться въ теченіе перерыва, отдѣляющаго другъ отъ друга два сосѣднихъ толчка. Я высказался тогда въ пользу втораго предположенія, имѣя именно въ виду то, что сказано въ текстѣ.

ясненіе, которое было дано нами въ предыдущей главѣ для явленія начальнаго сокращенія, можетъ быть утилизировано цѣликомъ для объясненія замыкательнаго сокращенія, т.-е. и здѣсь мы должны допустить, что явное возбужденіе ограничивается первымъ моментомъ дѣйствія тока на нервъ лишь по той простой причинѣ, что только въ этотъ первый моментъ раздражительность имѣетъ достаточную высоту. Другими словами, мы должны придти какъ разъ къ высказанному нами выше положенію насчетъ возбуждающаго дѣйствія тока.

Отрицая существованіе принципіальнаго различія между дѣйствіемъ на нервъ прерывистаго тока, при которомъ сила раздражителя претерпѣваетъ постоянныя колебанія, и непрерывнаго, при которомъ такихъ колебаній вовсе не существуетъ, я долженъ вмѣстѣ съ тѣмъ отрицать принципіальную разницу между возбуждающимъ дѣйствіемъ абсолютной густоты тока и ея колебаній. Съ моей точки зрѣнія, вся разница между дѣйствіемъ обоихъ токовъ сводится единственно на присутствіе перерывовъ въ одномъ и на отсутствіе ихъ въ другомъ случаѣ. Перерывы даютъ возможность пониженной раздражительности болѣе или менѣе возстановляться, вслѣдствіе чего прерывистый токъ способенъ, при подходящихъ условіяхъ (при достаточной продолжительности перерывовъ), вызывать тетаническую реакцію, что невозможно для постояннаго тока, гдѣ разъ пониженная раздражительность уже возстановиться не можетъ.

Второе доказательство въ пользу постоянства возбуждающаго дѣйствія тока состоитъ, какъ объ этомъ уже было упомянуто выше, въ возможности объяснить всѣ факты, которые легли въ основу Дюбуа-Реймоновскаго закона возбужденія нерва и которые были перечислены нами въ началѣ настоящей главы (см. стр. 199).

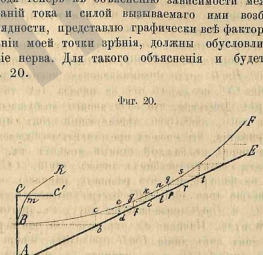
Первый фактъ, т.-е. неспособность тока вызывать явное возбужденіе во время прохожденія по нерву съ незамѣтной силой, не требуетъ, послѣ сказаннаго, никакихъ дальнѣйшихъ объясненій. Такимъ образомъ, намъ остается только показать, во-первыхъ, почему для полученія возбужденія необходимы колебанія густоты тока, и во-вторыхъ, почему крутизна этихъ послѣднихъ опредѣляетъ собою силу возбужденія.

Что въ моментъ замыканія тока должно происходить явное возбужденіе, это уже вполнѣ понятно на основаніи сказаннаго раньше: въ моментъ замыканія тока раздражительность нерва еще не понижена и успѣваетъ понизиться въ достаточной степени лишь спустя нѣкоторое, хотя и весьма короткое, время.

Въ сущности, то-же самое должно имѣть мѣсто и тогда, когда проходящій по нерву токъ претерпѣваетъ внезапное усиленіе. Хотя теперь, до момента усиленія, нервъ подвергался уже дѣйствію тока, такъ что раздражительность его не могла оставаться нормальной, тѣмъ не менѣе, очевидно, что достаточное усиленіе тока должно и здѣсь сопровождаться явнымъ возбужденіемъ: какъ бы низка ни была раздражительность, всегда возможно найти такую силу раздражителя, которая стояла бы выше существующаго въ данный моментъ порога раздраженія. Понятно, что возбужденіе, появляющееся при подобныхъ условіяхъ, должно тоже продолжаться лишь весьма короткое время: усиленіе тока должно быстро повести къ такому дальнѣйшему пониженію раздражительности, при которомъ и усиленный токъ станетъ уже неспособнымъ вызывать явное возбужденіе.

Переходя теперь къ объясненію зависимости между крутизной колебаній тока и силой вызываемаго ими возбужденія, я, ради наглядности, представлю графически всѣ факторы, которые, на основаніи моей точки зрѣнія, должны обусловливать собою возбужденіе нерва. Для такого объясненія и будетъ служить намъ фиг. 20.

Фиг. 20.



На этой фигурѣ изображенъ схематически результатъ дѣйствія на нервъ двухъ токовъ, одного болѣе слабаго, но зато достигающаго полной своей силы сразу (дѣйствующаго на нервъ въ видѣ обыкновеннаго замыканія), а другого болѣе сильнаго, но зато нарастающаго постепенно. Оба тока представлены начинающими дѣйствовать въ моментъ A, причемъ дѣйствіе перваго изображено линіей ACC', а дѣйствіе второго — линіей AE. Линія AB представляетъ собою высоту, какую имѣетъ

порогъ раздраженія нерва до начала дѣйствія на него того и другого тока.

Что должно происходить въ случаѣ, когда на нервъ дѣйствуетъ замыканіе тока, превышающаго по своей силѣ порогъ раздраженія (линія *AC* больше линіи *AB*), это намъ извѣстно уже изъ предыдущаго. Мы знаемъ, что подобный токъ въ первые моменты своего дѣйствія вызываетъ явное возбужденіе, которое, однако, весьма скоро прекращается, вслѣдствіе быстраго пониженія раздражительности нерва. Этотъ случай изображенъ на фигурѣ слѣдующимъ образомъ.

Пониженіе раздражительности, начинающееся съ самаго момента замыканія тока AC, представлено въ видѣ линіи BmR, каждая точка которой своимъ разстояніемъ отъ абсциссы обозначаетъ существующій въ данный моментъ порогъ раздраженія, т.-е. ту силу тока, которая необходима для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія. Такъ какъ, по нашему предположенію, раздражительность нерва уже весьма скоро послѣ замыканія тока понижается настолько, что данный токъ оказывается лежащимъ ниже порога раздраженія, поэтому мы и должны представить линію BmR круто поднимающейся кверху и пересѣкающей линію CC' не далеко отъ ея начала (въ точкѣ m на нашей фигурѣ). Допуская, что сила явнаго возбужденія нерва зависитъ отъ того, насколько дѣйствующій токъ превышаетъ порогъ раздраженія, мы можемъ представить возбужденіе, существующее въ нервѣ въ каждый данный моментъ въ видѣ разности ординатъ соотвѣтствующихъ точекъ линій—CC' и BmR. Мы видимъ на фигурѣ, что эта разность, равняясь въ первые моменты дѣйствія тока линіи BC, быстро убываетъ и въ точкѣ m, гдѣ линіи CC' и BmR пересѣкаются другъ съ другомъ, становится равной нулю. Начиная же отъ точки m, она перемѣняетъ свой знакъ, такъ какъ линія BmR проходитъ теперь уже не подъ, а надъ линіей CC', т.-е., начиная съ момента m, явное возбужденіе переходитъ уже въ неявное (дѣйствующій раздражитель становится ниже порога раздраженія). Очевидно, что подобное графическое изображеніе дѣйствія на нервъ замыканія постояннаго тока вполнѣ точно соотвѣтствуетъ данному нами раньше объясненію замыкательнаго сокращенія. Отмѣтимъ характерную особенность разобраннаго случая, состоящую въ томъ, что токъ, вслѣдствіе своего мгновеннаго нарастанія, начинаетъ возбуждать уже въ тотъ моментъ, когда раздражительность не успѣла еще сколько-нибудь понизиться, такъ что сила возбужденія въ самый первый моментъ дѣйствія тока опредѣляется точно

разницей между силой самого тока и высотой порога раздраженія нормальнаго нерва.

Посмотримъ теперь, какъ долженъ дѣйствовать токъ, нарастающій медленно (по линіи AE на нашей фигурѣ). Очевидно, что и этотъ токъ можетъ вызвать возбужденіе лишь въ тотъ моментъ, когда сила его станетъ выше порога раздраженія. Если бы этотъ послѣдній во время дѣйствія тока сохранялъ свою высоту неизмѣнной (AB), то возбужденіе должно было бы появиться въ моментъ b. Однако, вслѣдствіе способности катэлектротона понижать раздражительность, порогъ раздраженія оставаться неизмѣннымъ не можетъ, но, параллельно съ усиленіемъ раздраженія, долженъ становиться все выше и выше. Такое повышеніе и изображено на фигурѣ линіей BF. Линія представлена выпуклой къ абсциссѣ на томъ основаніи, что съ теченіемъ времени сила дѣйствующаго на нервъ тока становится все больше и больше, вслѣдствіе чего и пониженіе раздражительности должно прогрессировать все быстрѣе и быстрѣе. Это послѣднее обстоятельство, т.-е. необходимость признанія, что при равномѣрномъ (линейномъ) нарастаніи тока раздражительность съ теченіемъ времени падаетъ все быстрѣе и быстрѣе, принуждаетъ насъ вмѣстѣ съ тѣмъ признать необходимость существованія такихъ случаевъ, когда раздражающій токъ, при извѣстной крутизнѣ нарастанія, будетъ постоянно оставаться ниже порога раздраженія. Такой именно случай и представленъ на нашей фигурѣ: токъ, достигнувши въ моментъ b высоты порога раздраженія нормальнаго нерва, встрѣчаетъ въ нервѣ нѣсколько пониженную раздражительность, такъ что оказывается стоящимъ ниже порога раздраженія на величину cb; къ моменту d, когда онъ усиливается на указанную величину, раздражительность успѣваетъ онять упасть нѣсколько ниже, такъ что онъ и теперь не достигаетъ порога раздраженія на величину cd, и т. д., и т. д., однимъ словомъ, порогъ раздраженія въ каждый данный моментъ стоитъ выше силы дѣйствующаго на нервъ тока.

Такимъ образомъ мы разсмотрѣли два случая,—одинъ, когда нарастаніе тока, совершаясь мгновенно, сопровождается возможнымъ maximum'омъ возбужденія, т.-е. возбужденіемъ, соотвѣтствующимъ разницѣ между силой раздражающаго тока и высотой порога раздраженія нормальнаго нерва, и другой, когда при медленномъ нарастаніи тока явнаго возбужденія вовсе не получается. Очевидно, что между двумя разобранными крайними случаями должны существовать промежуточные, прибли-

жающіеся къ первому при усиленіи крутизны нарастанія тока и ко второму при обратныхъ условіяхъ. Другими словами, сила возбужденія нерва должна опредѣляться крутизной нарастанія тока.

И такъ, не можетъ быть сомнѣнія, что всѣ факты, побудившіе Дюбуа-Реймона высказать свой законъ возбужденія, могутъ быть легко поняты съ моей точки зрѣнія. Не ограничиваясь этимъ, я могу показать еще, что также легко могутъ быть объяснены и результаты позднѣйшихъ изслѣдованій, направленныхъ къ выясненію возбуждающаго дѣйствія тока и его колебаній. Такъ какъ разборъ всей литературы, существующей по этому вопросу, занялъ бы слишкомъ много мѣста, поэтому я ограничусь разсмотрѣніемъ одной только работы Фура [1]), который экспериментальнымъ путемъ получилъ такого рода данныя, которыя, съ моей точки зрѣнія, могли бы быть предвидѣны уже a priori.

Обращаясь къ приведеной выше фиг. 20, мы легко можемъ замѣтить, что изъ представленныхъ тамъ отношеній непосредственно вытекаетъ необходимость существованія зависимости между крутизной нарастанія тока съ одной стороны и моментомъ появленія возбужденія нерва съ другой. А именно, при мгновенномъ замыканіи тока возбужденіе должно появиться въ самый моментъ замыканія: сила тока сразу-же оказывается выше порога раздраженія; при медленномъ-же нарастаніи тока для полученія такого перевѣса, а слѣдовательно и для полученія возбужденія, требуется время и притомъ тѣмъ болѣе значительное, чѣмъ медленнѣе усиливается токъ. Это какъ разъ и было наблюдаемо Фуромъ, который показалъ, что мышца даетъ сокращеніе тѣмъ раньше, считая отъ момента начала дѣйствія тока на нервъ, чѣмъ нарастаніе тока круче (стр. 516 цитированной выше работы).

Изъ разсмотрѣнія нашей фигуры вытекаетъ также, что должна существовать зависимость между моментомъ появленія возбужденія въ нервѣ и той силой, которой достигъ нарастающій токъ въ данный моментъ. Во-первыхъ, мы должны признать, что при постепенномъ нарастаніи тока, этотъ послѣдній можетъ вызвать возбужденіе лишь тогда, когда онъ достигнетъ силы большей сравнительно съ той, которая способна давать возбужденіе, дѣйствуя на нервъ въ видѣ мгновеннаго замыканія: при медленномъ нарастаніи тока раздражительность къ моменту появленія возбужденія уже болѣе или менѣе понижена. Такъ какъ это пониженіе должно быть тѣмъ больше, чѣмъ медленнѣе нарастаетъ токъ, т.-е. чѣмъ позже отъ начала раздраженія появляется возбужденіе, поэтому, во вторыхъ, мы должны заключить, что изъ двухъ токовъ, изъ которыхъ одинъ нарастаетъ быстрѣе, а другой медленнѣе, первый долженъ возбуждать уже при меньшей силѣ, чѣмъ второй, другими словами, возбужденіе должно появляться при силѣ тока тѣмъ болѣе слабой, чѣмъ колебаніе тока совершается круче. Эти два вывода и были сдѣланы Фуромъ на основаніи наблюдавшихся имъ фактовъ.

Этимъ я и заканчиваю изложеніе доказательствъ, которыя я могъ привести въ пользу высказаннаго раньше (см. стр. 204) положенія насчетъ постоянства возбуждающаго дѣйствія катэлектротона. Результатъ ихъ я могу, мнѣ кажется, формулировать слѣдующимъ образомъ:

Признаніе постоянства возбуждающаго дѣйствія катэлектротона, позволяя смотрѣть съ одной общей точки зрѣнія на эффекты раздраженія нерва какъ прерывистымъ, такъ и непрерывнымъ токомъ, не только не противорѣчитъ ни одному изъ установленныхъ фактовъ, но, наоборотъ, объясняетъ ихъ весьма легко и просто.

Сопоставляя-же этотъ выводъ съ тѣмъ, къ которому мы пришли въ концѣ предыдущей главы, мы можемъ сказать, что *для объясненія всѣхъ явленій возбужденія нерва на катодѣ какъ прерывистаго, такъ и непрерывнаго тока вполнѣ достаточно слѣдующихъ двухъ положеній:*

1) **Катэлектротонъ обладаетъ постояннымъ возбуждающимъ дѣйствіемъ.**

2) **Катэлектротонъ обладаетъ свойствомъ вызывать постоянно прогрессирующее съ теченіемъ поляризаціи пониженіе раздражительности.**

В. *Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе раздражительности.*

И такъ, попытка примѣнить къ явленіямъ возбужденія нерва постояннымъ токомъ ту-же самую точку зрѣнія, которая оказалась единственно способной объяснить эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, привела насъ къ видоизмѣненію господствующихъ взглядовъ на данный вопросъ. Вслѣдствіе этого, мы

[1]) Fuhr. Pflüger's Arch. B. XXXIV. 1884.

имѣемъ уже полную возможность вернуться къ нашей гипотезѣ суммированія, съ цѣлью убѣдиться, насколько она теперь можетъ дать отчетъ въ наблюдаемыхъ явленіяхъ, и пока, конечно, только въ явленіяхъ въ сферѣ катэлектротона, такъ какъ сдѣланное нами видоизмѣненіе общепринятыхъ взглядовъ касается исключительно возбуждающаго дѣйствія этого послѣдняго. Но прежде я долженъ напомнить читателю въ общихъ чертахъ сущность упомянутой гипотезы.

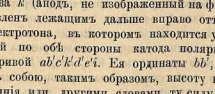
Существенная черта моей гипотезы суммированія состоитъ, какъ мы знаемъ, въ допущеніи, что складываніе или вычитаніе двухъ встрѣчающихся въ нервѣ токовъ опредѣляется исключительно ихъ направленіемъ по отношенію къ осевому цилиндру: они взаимно складываются, если оба одновременно или входятъ или выходятъ изъ осевого цилиндра, и, наоборотъ, взаимно вычитаются, если одинъ изъ нихъ въ данномъ мѣстѣ нерва входитъ въ осевой цилиндръ, а другой выходитъ изъ него. При этомъ, очевидно, оставляется совершенно безъ вниманія направленіе обоихъ токовъ, по скольку оно опредѣляется гальванометромъ: оба тока могутъ имѣть въ этомъ послѣднемъ смыслѣ одно и то-же направленіе и, тѣмъ не менѣе, вычитаться другъ изъ друга, точно также, какъ они могутъ отклонять стрѣлку гальванометра въ двѣ противоположныя стороны и, тѣмъ не менѣе, складываться другъ съ другомъ. Принимая во вниманіе, что въ сферѣ катэлектротона мы имѣемъ дѣло исключительно съ вѣтвями тока, выходящими изъ осевого цилиндра, а въ сферѣ анэлектротона исключительно съ входящими, мы можемъ выразить нашу гипотезу еще иначе. А именно, мы можемъ сказать, что одноименныя состоянія электротона складываются, а разноименныя вычитаются одно изъ другого. Такимъ образомъ, съ точки зрѣнія нашей гипотезы, эффектъ, получаемый при дѣйствіи на нервъ двухъ токовъ, опредѣляется въ каждомъ данномъ случаѣ общей суммой вызываемаго ими электротона. Въ этомъ-то отношеніи гипотеза суммированія и стояла въ непримиримомъ противорѣчіи съ общепринятыми взглядами, на основаніи которыхъ высота электротоническаго состоянія, или, что все равно, абсолютная сила тока не играетъ никакой роли въ дѣлѣ возбужденія нерва.

Послѣ того вывода, къ которому мы пришли въ первой половинѣ настоящей главы, мы сразу-же видимъ, что теперь подобнаго затрудненія уже не существуетъ, по крайней мѣрѣ, по отношенію къ возбужденію нерва катэлектротономъ: если этотъ послѣдній обладаетъ постояннымъ возбуждающимъ дѣйствіемъ, то очевидно, что только абсолютная его высота и можетъ опредѣлять собою силу возбужденія. Несмотря на то, что приложимость гипотезы суммированія къ Пфлюгеровскому катэлектротоническому повышенію раздражительности вытекаетъ, такимъ образомъ, уже непосредственно изъ нашихъ теперешнихъ взглядовъ на возбуждающее дѣйствіе тока, я считаю, тѣмъ не менѣе, не лишнимъ разобрать данный вопросъ детально. Подобный разборъ покажетъ намъ, что не только общій характеръ, но даже и мелкія частности явленій представляютъ собою непосредственное слѣдствіе той точки зрѣнія, до которой мы достигли въ теченіе предыдущихъ изслѣдованій.

Два положенія, которыми я закончилъ первую часть настоящей главы, въ связи съ гипотезой суммированія, даютъ намъ всѣ данныя, которыя необходимы для сужденія объ эффектахъ раздраженія поляризованнаго нерва въ сферѣ катэлектротона. Поэтому, опираясь на нихъ, я и буду вести все дальнѣйшее изложеніе чисто дедуктивно, причемъ, для большей наглядности, буду изображать графически всѣ факторы, которые въ каждомъ частномъ случаѣ должны принимать участіе въ опредѣленіи явленій.

Допустимъ, что линія oo' на прилагаемой фиг. 21 изображаетъ собою нервъ, къ которому приложенъ поляризующій токъ, имѣющій направленіе, указанное стрѣлкой. Катодъ тока падаетъ на точку нерва k (анодъ, не изображенный на фигурѣ, долженъ быть представленъ лежащимъ дальше вправо отъ чертежа). Состояніе катэлектротона, въ которомъ находится участокъ нерва, расположенный по обѣ стороны катода поляризующаго тока, изображено кривой $ab'c'k'd'e'i$. Ея ординаты bb'; cc', kk' и т. д. представляютъ собою, такимъ образомъ, высоту катэлектротоническаго состоянія или, другими словами, ту силу, какую имѣютъ

Фиг. 21.



въ каждой данной точкѣ нерва катэлектротоническія (выходящія изъ осевого цилиндра) вѣтви поляризующаго тока. Линія RR' представляетъ своимъ разстояніемъ до абсциссы ту высоту катэлектротона, которую долженъ имѣть этотъ послѣдній, чтобы

вызвать въ нормальномъ нервѣ первые слѣды яваго возбужденія, т.-е. представляетъ порогъ раздраженія нормальнаго нерва (я изображаю порогъ раздраженія въ видѣ высоты катэлектротонического состоянія, а не въ видѣ силы тока, такъ какъ такой способъ представленія окажется болѣе удобнымъ при нашихъ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ; сущность-же дѣла отъ этого, очевидно, нисколько не измѣняется).

Изображенный на фигурѣ случай представляется упрощеннымъ въ томъ отношеніи, что дѣйствующій на нервъ поляризующій токъ не достигаетъ силы, достаточной для полученія яваго возбужденія въ моментъ своего замыканія: порогъ раздраженія aa'' имѣетъ высоту бо́льшую наивысшей ординаты кривой $ak'i$. Несмотря на столь ничтожную силу поляризующаго тока, дѣйствіе его должно сейчасъ-же обнаружиться, лишь только мы приложимъ къ какому нибудь участку нерва новый раздражитель въ видѣ-ли индукціоннаго удара или въ видѣ замыканія новаго тока. Оно должно обнаружиться тѣмъ, что теперь для полученія минимума возбужденія потребуется уже болѣе слабый раздражитель, чѣмъ для полученія такого-же эффекта на томъ-же участкѣ нерва до поляризаціи.

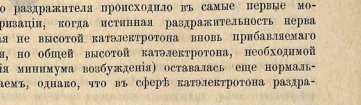
Въ самомъ дѣлѣ, раздражая нервъ послѣдовательно въ точкахъ a, b, c, k, d, e и i, т.-е. прикладывая къ этимъ точкамъ катодъ раздражающаго тока, и разыскивая каждый разъ силу раздражителя, необходимую для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія, мы найдемъ, очевидно, для каждой изъ указанныхъ точекъ различныя силы. Эти послѣднія должны быть таковы, чтобы вызываемое ими состояніе катэлектротона равнялось послѣдовательно величинамъ aa', bb'', cc'', kk', dd'', ee'' и ii'', другими словами, чтобы сумма катэлектротоническихъ вѣтвей какъ существующихъ уже въ нервѣ, такъ и вновь прибавляемыхъ, достигала высоты ординатъ линіи RK, такъ какъ лишь при подобной высотѣ могутъ появиться въ нервѣ первые слѣды возбужденія [1]).

[1]) При разсужденіяхъ, приведенныхъ въ текстѣ, я принимаю во вниманіе лишь то состояніе катэлектротона, которое раздражающій токъ вызываетъ на мѣстѣ своего отрицательнаго полюса. Это, въ сущности, не совсѣмъ правильно, такъ какъ катэлектротоническія вѣтви раздражающаго тока, не ограничиваясь мѣстомъ приложенія катода, распространяются по нерву болѣе или менѣе далеко въ обѣ стороны. Эти послѣднія оставлены мною въ сторонѣ съ цѣлью упрощенія нашихъ разсужденій, доказательность которыхъ очевидно, не можетъ пострадать отъ подобнаго упущенія: катэлектротоническія вѣтви на мѣстѣ катода раздражающаго тока, имѣя наибольшую силу сравнительно со всѣми остальными, должны по преимуществу служить опредѣляющимъ моментомъ появленія или отсутствія возбужденія.

Разсматривая величины aa'', $b'b''$ и т. д., мы замѣчаемъ, что онѣ, по мѣрѣ приближенія къ отрицательному полюсу поляризующаго тока, становятся все меньше и меньше. Принимая во вниманіе, что высота катэлектротона, вызываемаго данными раздражителемъ, должна стоять въ прямомъ отношеніи къ силѣ этого послѣдняго, мы приходимъ къ выводу, что для полученія минимума возбужденія въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва требуется раздражитель болѣе слабый, чѣмъ для полученія такого-же эффекта на нормальномъ нервѣ, и притомъ тѣмъ болѣе слабый, чѣмъ ближе къ полюсу лежитъ раздражаемая точка. Считая силу такого раздражителя мѣрою раздражительности нерва, какъ это, по примѣру Пфлюгера, дѣлалось до сихъ поръ, мы пришли-бы, очевидно, къ выводу, что раздражительность въ сферѣ катэлектротона повышена и повышена тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе къ отрицательному полюсу, другими словами, мы пришли бы къ извѣстному Пфлюгеровскому положенію насчетъ измѣненія раздражительности въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва.

Въ разобранномъ случаѣ мы предполагали, что дѣйствіе на нервъ новаго раздражителя происходило въ самые первые моменты поляризаціи, когда истинная раздражительность нерва (опредѣляемая не высотой катэлектротона вновь прибавляемаго раздражителя, но общей высотой катэлектротона, необходимой для полученія минимума возбужденія) оставалась еще нормальной. Мы знаемъ, однако, что въ сферѣ катэлектротона раздра-

Фиг. 22.



жительность находится въ состояніи постоянно прогрессирующаго пониженія. Легко предвидѣть послѣдствія, которыя должно повлечь за собою это послѣднее. Для поясненія ихъ привожу фиг. 22, на которой представлено состояніе, въ какомъ должна находиться съ теченіемъ поляризаціи точка k, соотвѣтствующая на предыдущей фигурѣ катоду поляризующаго тока. Линія $00'$

представляетъ абсциссу, на которой откладывается время. Въ моментъ k происходитъ замыканіе поляризующаго тока, сила катэлектротоническихъ вѣтвей котораго въ разбираемомъ мѣстѣ нерва равна kk', т.-е. ниже порога раздраженія, изображаемаго линіей kR. Линія $k'k''$, проходящая параллельно надъ абсциссой, обозначаетъ, что состояніе катэлектротона, развившееся въ моментъ замыканія поляризующаго тока, сохраняетъ все время неизмѣнную высоту. Постепенно удаляющаяся отъ абсциссы линія RR' изображаетъ происходящее съ теченіемъ поляризаціи пониженіе раздражительности, т.-е. повышеніе порога раздраженія.

Изъ разсмотрѣнія приведенной фигуры слѣдуетъ съ очевидностью, что мы, для полученія минимума возбужденія, должны пользоваться раздражителемъ, который, будучи приложенъ къ разбираемой точкѣ нерва въ послѣдовательные моменты поляризаціи a, b, c, и т. д., былъ бы въ состояніи вызывать въ нервѣ состояніе катэлектротона, соотвѣтствующее по своей силѣ линіямъ $a'a''$, $b'b''$, $c'c''$ и т. д., т.-е. состояніе катэлектротона, которое, будучи прибавлено къ соотвѣтствующему состоянію, вызванному поляризующимъ токомъ, отвѣчало бы существующему въ данный моментъ порогу раздраженія. Такъ какъ линіи $a'a''$, $b'b''$ и т. д. становятся съ теченіемъ поляризаціи все больше и больше, то мы, очевидно, должны придти къ выводу, что Пфлюгеровское повышеніе раздражительности въ сферѣ катэлектротона, развитое всего рѣзче вслѣдъ за замыканіемъ поляризующаго тока, должно, съ теченіемъ времени, постепенно ослабѣвать. Вслѣдствіе того, что паденіе истинной раздражительности нерва въ сферѣ катэлектротона продолжается безостановочно съ теченіемъ поляризаціи, нарастаніе силы раздражителя, необходимой для полученія возбужденія, должно происходить тоже безостановочно. Поэтому, раньше или позже долженъ наступить моментъ, когда потребуется уже раздражитель сильнѣе того, который былъ необходимъ для возбужденія неполяризованнаго нерва, другими словами, первичное Пфлюгеровское повышеніе раздражительности должно смѣниться спустя болѣе или менѣе продолжительное время вторичнымъ ея пониженіемъ.

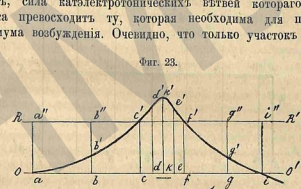
То, что было сказано относительно явленій, происходящихъ на катодѣ поляризующаго тока, можетъ быть приложено, конечно, вдѣлномъ и къ остальнымъ точкамъ нерва, находящимся въ состояніи катэлектротона. Единственная разница, которая должна существовать здѣсь, состоитъ въ томъ, что вдали отъ полюса, вслѣдствіе незначительной силы дѣйствующаго на нервъ

катэлектротона, паденіе раздражительности съ теченіемъ поляризаціи должно протекать медленѣе.

Разобранный случай, какъ это было замѣчено выше, представляется упрощеннымъ, такъ какъ сила поляризующаго тока, по нашему предположенію, была недостаточна для возбужденія нерва. Однако, вопросъ мало усложняется и тогда, когда на нервъ дѣйствуетъ сильный поляризующій токъ.

На фиг. 23 изображенъ случай поляризаціи нерва такимъ токомъ, сила катэлектротоническихъ вѣтвей котораго вблизи полюса превосходитъ ту, которая необходима для полученія минимума возбужденія. Очевидно, что только участокъ нерва cf

Фиг. 23.



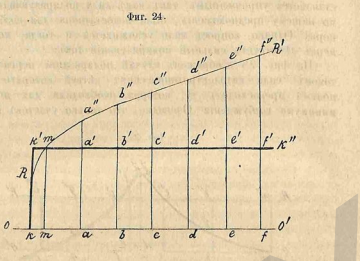
находится теперь въ новыхъ условіяхъ (значеніе всѣхъ линій на фиг. 23 такое-же, какъ и на разобранной раньше фиг. 21), участки-же ac и fb, по скольку въ нихъ высота катэлектротона ниже порога раздраженія aa'', остаются въ такомъ-же состояніи, въ какомъ находилась вся сфера катэлектротона на фиг. 21. Поэтому, относительно ихъ могутъ быть повторены слово въ слово всѣ объясненія, приведенныя нами выше.

Насчетъ явленій въ участкѣ cf, на основаніи фиг. 23, можно сказать пока только одно, а именно, что здѣсь должно появиться явное возбужденіе, такъ какъ сила дѣйствующихъ на нервъ катэлектротоническихъ вѣтвей имѣетъ перевѣсъ надъ порогомъ раздраженія. Для того же, чтобы рѣшить, что должно происходить дальше, приведенной фигуры недостаточно. Для этого требуется разобрать измѣненія, претерпѣваемыя нервомъ съ теченіемъ поляризаціи. Фиг. 24, на которой всѣ обозначенія имѣютъ тотъ-же смыслъ, какъ и на описанной раньше фиг. 22, и можетъ служить намъ для иллюстраціи указанныхъ измѣненій.

Приведенная фигура построена для точки k, соотвѣтствующей катоду поляризующаго тока. Мы видимъ, что, начиная съ

момента m, когда заканчивается возбужденіе, вызванное замыканіемъ поляризующаго тока (ср. по этому поводу сказанное на стр. 210 насчетъ фиг. 20), всѣ явленія должны протекать со-

Фиг. 24.



вершенно также, какъ это было разобрано выше по поводу фиг. 22. А именно, раздражая нервъ въ послѣдовательные моменты поляризаціи a, b, c и т. д., мы, для полученія возбужденія, должны пользоваться раздражителями, сила катэлектротоническихъ вѣтвей которыхъ равняется послѣдовательно величинамъ $a'a''$, $b'b''$, $c'c''$ и т. д., другими словами, мы должны стараться, чтобы сила вновь прибавляемаго катэлектротона могла дополнить силу уже присутствующаго до высоты существующаго въ данный моментъ порога раздраженія. Считая силу этого вновь прибавляемаго катэлектротона мѣрою раздражительности нерва, мы опять приходимъ къ выводу, что раздражительность, повышенная вслѣдъ за замыканіемъ тока (линіи $a'a''$ и $b'b''$ меньше порога раздраженія нормальнаго нерва kR), съ теченіемъ поляризаціи должна падать все сильнѣе и сильнѣе и въ концѣ-концовъ должна сдѣлаться значительно ниже нормы (линіи $d'd''$, $e'e''$, $f'f''$ гораздо больше линіи kR), т.-е. приходимъ къ выводу, совершенно согласному съ фактами, данными непосредственнымъ опытомъ.

Фигуры 22 и 24 могутъ служить также для поясненія отношеній между величиной эффекта, получаемаго при раздраженіи двухъ участковъ нерва, различно удаленныхъ отъ отрицательнаго полюса

поляризующаго тока. Въ моей прежней, много разъ цитированной работѣ было показано, что вслѣдъ за началомъ поляризаціи, согласно съ Пфлюгеровскими законами, эффектъ, получаемый при раздраженіи участка лежащаго ближе къ отрицательному полюсу, беретъ перевѣсъ надъ эффектомъ, получаемымъ при раздраженіи участка болѣе отдаленнаго. Съ теченіемъ-же поляризаціи отношеніе это извращается, такъ что при раздраженіи участка, лежащаго дальше отъ полюса, получается уже болѣе сильный эффектъ (стр. 428). Что въ началѣ поляризаціи беретъ перевѣсъ раздраженіе ближайшей къ полюсу точки, это вполнѣ понятно на основаніи сказаннаго раньше: катэлектротоническія вѣтви поляризующаго тока имѣютъ въ этой точкѣ большую силу. Извращеніе-же указаннаго отношенія объясняется очень просто различной быстротой развитія пониженія раздражительности: эта послѣдняя, падая вблизи полюса несравненно быстрѣе, ведетъ уже очень скоро къ замѣнѣ первичнаго Пфлюгеровскаго повышенія эффекта вторичнымъ его пониженіемъ, тогда какъ вдали отъ полюса получаемый эффектъ еще въ теченіе долгаго времени можетъ оставаться выше нормальнаго. Такъ, фиг. 22, на которой изображенъ случай дѣйствія на нервъ сравнительно слабаго катэлектротона, можетъ служить для поясненія состоянія участка нерва, удаленнаго отъ полюса, а фиг. 24—для поясненія состоянія участка, лежащаго къ нему близко. Мы видимъ, что въ первомъ случаѣ, благодаря медленному паденію раздражительности (линія RR' поднимается очень полого), первичное Плюгеровское повышеніе эффекта сохраняется въ теченіе долгаго времени (линія $e'e''$ на фиг. 22 все еще ниже порога раздраженія kR), а во второмъ, гдѣ раздражительность падаетъ быстрѣе (линія RR' поднимается круче), уже очень рано становится незамѣтнымъ (линія $c'c''$ на фиг. 24 уже равняется приблизительно порогу раздраженія нормальнаго нерва).

При всѣхъ приведенныхъ до сихъ поръ разсужденіяхъ мы не обращали никакого вниманія на направленіе раздражающаго тока. Очевидно, что это направленіе не играетъ никакой роли, если только катодъ тока остается на одной и той-же точкѣ нерва. Такъ, обращаясь къ фиг. 23 и допуская, что катодъ раздражающаго тока приложенъ къ точкѣ нерва b, мы легко убѣждаемся, что величина получаемаго эффекта не должна зависѣть отъ положенія анода: будетъ ли этотъ послѣдній лежать въ точкѣ a или въ точкѣ c, во всякомъ случаѣ мы будемъ въ состояніи получить первые слѣды возбужденія лишь

при условіи, когда сила катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго тока будетъ имѣть величину, соотвѣтствующую линіи bb'. Направленіе раздражающаго тока можетъ имѣть значеніе лишь тогда, когда мы пользуемся для раздраженія однимъ и тѣмъ-же участкомъ и когда, слѣдовательно, при измѣненіи направленія тока катодъ этого послѣдняго падаетъ на различныя мѣста нерва. Но и тутъ разница между обоими случаями можетъ быть только количественной.

Въ самомъ дѣлѣ, допустимъ, что на фиг. 23 раздражающій токъ дѣйствуетъ на участокъ нерва bc разъ въ одномъ, а другой разъ въ другомъ направленіи. При этомъ катодъ тока долженъ совпадать то съ точкой b (при абполярномъ [1]) направленіи раздражающаго тока), то съ точкой c (при адполярномъ [1]) его направленіи), и въ этихъ точкахъ должно происходить суммированіе катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго и поляризующаго токовъ. Вслѣдствіе этого, разница между эффектами раздраженія одного и того-же участка нерва токами противоположныхъ направленій должна соотвѣтствовать какъ разъ разницѣ между эффектами раздраженія двухъ участковъ, различно удаленныхъ отъ отрицательнаго полюса поляризующаго тока. Другими словами, все то, что было сказано выше относительно этого послѣдняго случая, можетъ быть повторено слово въ слово и здѣсь. Дѣйствительно, въ моей прежней работѣ былъ констатированъ фактъ (стр. 456—475), что при началѣ поляризаціи раздраженіе нерва адполярными индукціонными ударами даетъ болѣе сильный эффектъ, тогда какъ съ теченіемъ времени, вслѣдствіе быстраго ослабленія эффекта, получаемаго при дѣйствіи адполярныхъ ударовъ, начинаютъ брать перевѣсъ абполярные.

Эти послѣдніе разсужденія приводятъ насъ непосредственно къ объясненію факта, который въ послѣднее время занималъ многихъ изслѣдователей (Флейшля [2]), Штрикера [3]), Грюнера [4]) по отношенію къ нерву и Бидермана [5]) по отношенію къ мышцѣ). Я говорю о различной чувствительности участка нерва вблизи

[1]) Адполярное и абполярное направленіе, въ приложеніи къ раздражающему току, показываютъ направленіе этого послѣдняго относительно полюса тока поляризующаго.

[2]) Fleischl. Wiener Sitzungsber. B. LXXII. III Abth. 1875; B. LXXIV. III. Abth. 1876; Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1882.

[3]) Stricker. Wiener Sitzungsber. B. LXXXIV. III Abth. 1881.

[4]) Grützner. Pflüger's Arch. B. XXVIII. 1882.

[5]) Biedermann. Wiener Sitzungsber. B. LXXX. III Abth. 1879.

поперечнаго разрѣза къ раздраженію токами различныхъ направленій. Я считаю необходимымъ остановиться на указанномъ фактѣ главнымъ образомъ потому, что онъ послужилъ Грюнеру поводомъ создать особенную теорію суммированія первнаго и раздражающаго тока,—теорію, въ основу которой положенъ, на мой взглядъ, совершенно невѣрный принципъ. Въ виду того, что я имѣю намѣреніе въ одной изъ ближайшихъ работъ заняться подробно вопросомъ о состояніи нерва вблизи поперечнаго разрѣза, для выясненія котораго у меня имѣются уже въ распоряженіи нѣкоторыя данныя, я ограничусь здѣсь лишь самымъ необходимымъ. А именно, я постараюсь лишь показать, что къ трактуемымъ явленіямъ, уже въ томъ видѣ, въ какомъ они извѣстны изъ литературныхъ данныхъ, моя гипотеза суммированія оказывается болѣе приложимой, чѣмъ Грюнеровская.

Извѣстно, что вблизи поперечнаго разрѣза существуетъ токъ, который, по показаніямъ гальванометра, имѣетъ нисходящее направленіе. Этимъ токомъ и воспользовался Грюнеръ для объясненія найденнаго имъ факта, что раздраженіе указаннаго участка нисходящими индукціонными ударами даетъ болѣе сильный эффектъ, чѣмъ раздраженіе восходящими. А именно, авторъ предполагаетъ, что усиленный эффектъ въ первомъ случаѣ зависитъ отъ того, что ода тока, раздражающій и первный, совпадаютъ другъ съ другомъ, а болѣе слабый во второмъ отъ того, что они направлены въ противоположныя стороны: при совпаденіи направленій оба тока взаимно складываются, а при несовпаденіи взаимно вычитаются. Такимъ образомъ, Грюнеръ основалъ свою теорію какъ разъ на томъ принципѣ, который признанъ нами въ главѣ I (стр. 16) непримѣнимымъ къ объясненію физіологическаго дѣйствія двухъ встрѣчающихся въ нервѣ токовъ: физіологическій эффектъ не можетъ зависѣть отъ того направленія, въ которомъ токъ отклоняетъ стрѣлку гальванометра.

Пока Грюнеровская теорія должна была считаться исключительно съ фактомъ, легшимъ въ ея основу, до тѣхъ поръ она, по крайней мѣрѣ, не противорѣчила наблюдаемымъ явленіямъ. Однако, вскорѣ послѣ Грюнера, мною было показано (стр. 476 моей прежней работы), что болѣе сильная воспримчивость къ раздраженію нисходящими токами сравнительно съ восходящими наблюдается лишь спустя нѣкоторое время послѣ перерѣзки нерва; непосредственно же за нею, наоборотъ, восходящіе индукціонные удары даютъ несравненно болѣе сильный эффектъ: этотъ послѣдній фактъ, какъ это и было указано въ моей прежней ра-

ботѣ, стоитъ въ самомъ рѣзкомъ противорѣчіи со всей теоріей Грюнцера. Поэтому, соглашаясь вполнѣ съ упомянутымъ изслѣдователемъ насчетъ зависимости явленій отъ нервнаго тока, я считаю его теорію неприложимой къ ихъ объясненію и думаю, что они должны быть разсматриваемы тоже съ точки зрѣнія предложеннаго мною гипотезы суммированія.

Благодаря Германну [1]) мы знаемъ, что нервъ вблизи поперечнаго разрѣза, подъ вліяніемъ своего собственнаго тока, приходитъ въ состояніе катэлектротона, которое, достигая вблизи самого разрѣза наибольшей силы, по мѣрѣ удаленія отъ него становится все болѣе и болѣе слабымъ. Другими словами, нервный токъ циркулируетъ въ участкѣ, расположенномъ вблизи разрѣза, въ видѣ цѣлаго ряда вѣтвей, которыя, постепенно ослабѣвая по направленію отъ разрѣза, на протяженіи всего указаннаго участка представляются выходящими изъ осевого цилиндра. На основаніи сказаннаго становится очевиднымъ, что всѣ нами разсужденія по поводу явленій въ сферѣ катэлектротона могутъ быть перенесены цѣликомъ и на явленія вблизи поперечнаго разрѣза. Такимъ образомъ, во-первыхъ, намъ становится понятнымъ, почему въ данномъ участкѣ эффекты раздраженія вообще повышенъ сравнительно съ нормой (извѣстно, что перерѣзка нерва дѣлаетъ его болѣе воспріимчивымъ къ внѣшнимъ раздраженіямъ, или, какъ выражались до сихъ поръ, повышаетъ его раздражительность), и во-вторыхъ, мы получаемъ возможность объяснить вполнѣ всѣ, констатированныя опытами, разницы въ эффектахъ, вызываемыхъ въ нервѣ раздражающими токами различныхъ направленій: та-же самая причина, которая заставляетъ нервъ въ сферѣ катэлектротона реагировать сильнѣе сперва на аполярные, а затѣмъ на абполярные удары, должна и вблизи поперечнаго разрѣза обусловить большую воспріимчивость нерва къ раздраженію сперва восходящими, а затѣмъ нисходящими токами.

Такимъ образомъ, наша гипотеза суммированія даетъ возможность объяснить вполнѣ удовлетворительно всѣ детали явленій, наблюдаемыхъ въ сферѣ катэлектротона во время поляризаціи и не только въ томъ случаѣ, когда эта послѣдняя производится дѣйствующимъ извнѣ токомъ, но также и тогда, когда состояніе катэлектротона зависитъ отъ нервнаго тока. При этомъ объясняются не только тѣ факты, которые были констатированы Пфлюгеромъ, но также и найденныя мною вторичныя измѣненія.

[1]) Ср. Hermann. Handbuch d. Physiol. B. II. Th. I. S. 180.

Легко показать, что та-же гипотеза приложима и къ объясненію явленій, наблюдаемыхъ вслѣдъ за размыканіемъ поляризующаго тока.

По Пфлюгеру, раздражительность нерва, повышенная во время поляризаціи, вслѣдъ за размыканіемъ тока не возвращается прямо къ нормѣ, но болѣе или менѣе значительно понижается (такъ называемая отрицательная модификація раздражительности). Необходимость такого хода явленій есть непосредственное слѣдствіе моей точки зрѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, въ моментъ размыканія поляризующаго тока катэлектротоническія вѣтви этого послѣдняго перестаютъ дѣйствовать на нервъ и, слѣдовательно, всякій приложенный теперь раздражитель долженъ уже самъ вызвать состояніе катэлектротона, соотвѣтствующее существующему въ данный моментъ порогу раздраженія, иначе-же онъ долженъ оставаться безъ всякаго эффекта. Другими словами, вмѣстѣ съ исчезаніемъ катэлектротоническихъ вѣтвей поляризующаго тока, исчезаетъ та чисто физическая причина, которая затемняла собою присутствіе въ нервѣ пониженной раздражительности, причемъ эта послѣдняя должна обнаружиться теперь въ полной своей силѣ. Для поясненія сказаннаго могутъ служить приведенныя выше фигуры 22 и 24. Положимъ, что размыканіе поляризующаго тока на той и другой происходитъ въ моментъ a. Въ этотъ моментъ во время поляризаціи раздражительность нерва кажется повышенной, такъ какъ возбужденіе можетъ быть получено уже при дѣйствіи раздражителя, способнаго вызвать состояніе катэлектротона высоты $a\,a''$, т.-е. высоты меньшей, чѣмъ это требуется для возбужденія неполяризованнаго нерва (kR). Когда поляризующій токъ разомкнутъ и когда, слѣдовательно, въ нервѣ нѣтъ уже состоянія катэлектротона, раздражающій токъ получаетъ возможность возбуждать лишь при условіи, когда высота вызываемаго имъ катэлектротона достигаетъ величины aa''. Эта-же послѣдняя значительно больше kR.

Такимъ образомъ, Пфлюгеровское пониженіе раздражительности вслѣдъ за размыканіемъ поляризующаго тока должно быть разсматриваемо не какъ *развивающееся* въ этотъ моментъ, но какъ *развившееся въ нервѣ уже во время поляризаціи и лишь обнаруживающееся въ моментъ ея прекращенія*.

Пониженіе раздражительности, наблюдаемое вслѣдъ за размыканіемъ поляризующаго тока, длится, какъ извѣстно, не долго, но скоро смѣняется опять ея повышеніемъ. Быстрое исчезаніе пониженія раздражительности объясняется съ нашей точки зрѣ-

нія очень просто оправленіемъ нерва. Почему, однако, подобное оправленіе заканчивается не возвращеніемъ раздражительности къ нормѣ, но ея повышеніемъ, для этого я не могу пока дать болѣе или менѣе яснаго объясненія. Я говорю *ясного* на томъ основаніи, что и въ настоящее время можно указать на нѣкоторыя условія, обстоятельное изслѣдованіе которыхъ можетъ быть и дастъ со временемъ требуемое объясненіе. Условія эти — такъ называемыя вторичныя электродвигательныя явленія.

Не вдаваясь въ подробныя соображенія по этому поводу, которыя безъ опытовъ не могли-бы имѣть, конечно, серьезнаго значенія, я замѣчу только, что придуманная Германномъ схема, при помощи которой этому автору удалось воспроизвести всѣ существенныя явленія гальваническаго электротона, представляется недостаточной, разъ дѣло идетъ о токахъ, наблюдаемыхъ въ нервѣ послѣ прекращенія поляризаціи [1]). Эти послѣдніе до сихъ поръ представляются весьма мало изслѣдованными, а между тѣмъ, приводя нервъ въ то или другое состояніе электротона, они должны несомнѣнно оказывать не малое вліяніе на эффекты раздраженія нерва.

Такимъ образомъ, изъ всѣхъ явленій измѣненія эффекта раздраженія въ сферѣ катэлектротона, наблюдаемыхъ какъ во время, такъ и послѣ прекращенія поляризаціи, моя гипотеза суммированія не въ состояніи пока объяснить лишь одного, а именно, послѣдовательнаго повышенія раздражительности спустя нѣкоторое время послѣ размыканія тока; всѣ-же остальныя витекаютъ изъ нея непосредственно. Принимая къ тому-же во вниманіе, что оставшееся непонятымъ явленіе не стоитъ съ гипотезой суммированія ни въ малѣйшемъ противорѣчіи, мы должны придти уже на основаніи подробнаго разбора фактовъ къ выводу, который раньше мы должны были сдѣлать вслѣдствіе невозможности объяснить иначе эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, а именно, къ выводу, что *въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва признаваемаго всѣми физіологами повышенія раздражительности не существуетъ, а то, что считалось ея повышеніемъ* (*Пфлюэровское катэлектротоническое повышеніе раздражительности*), *есть результатъ чисто физическихъ процессовъ суммированія катэлектротоническихъ вѣтвей поляризующаго и раздражающаго токовъ.*

[1]) Въ особенности она представляется недостаточной для объясненія гальваническихъ явленій, наблюдаемыхъ въ сферѣ катэлектротона: здѣсь (во внѣполюсномъ пространствѣ) послѣ прекращенія поляризаціи нервъ обнаруживаетъ присутствіе тока того-же направленія, какъ и во время ея дѣйствія (ср. Hermann. Handb. d. Physiologie, B. II Th. I. S. 164), тогда какъ токи, наблюдаемые на Германновской схемѣ, въ моментъ прекращенія поляризаціи извращаютъ свое направленіе.

Этимъ выводомъ я и заканчиваю настоящую главу, цѣль которой, намѣченная нами въ началѣ (см. стр. 198), оказывается, такимъ образомъ, вполнѣ достигнутой. Дѣйствительно, намъ удалось, съ одной стороны, показать, что всѣ главныя явленія, стоящія въ близкомъ отношеніи къ моему объясненію эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, не только не противорѣчатъ ему, но, наоборотъ, на основаніи его сами получаютъ неожиданно простое и ясное объясненіе. Съ другой-же стороны, мы убѣдились, что гипотеза суммированія, развитая нами въ главѣ I по поводу явленій раздраженія нерва индукціонными ударами, можетъ быть цѣликомъ перенесена и на явленія, наблюдаемыя въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва.

Благодаря этому послѣднему обстоятельству, оказывается выполненной половина той задачи, передъ которой мы остановились въ главѣ I и которая легла въ основу всего предлагаемаго изслѣдованія. Поэтому, мы можемъ уже теперь закончить рядъ главъ, посвященныхъ явленіямъ, наблюдаемымъ въ сферѣ катэлектротона гальваническаго тока какъ прерывистаго, такъ и непрерывнаго, и перейти къ соотвѣтствующимъ явленіямъ въ сферѣ анэлектротона. Разборъ этихъ послѣднихъ будетъ вестись совершенно по тому-же самому плану, по какому были разобраны первыя, такъ что и здѣсь исходнымъ пунктомъ для всѣхъ дальнѣйшихъ выводовъ послужатъ опыты съ раздраженіемъ нерва прерывистымъ токомъ. Изложеніе данныхъ, полученныхъ при подобныхъ опытахъ, и составитъ содержаніе слѣдующей главы.

ГЛАВА VIII.

Эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока.

Методъ, которымъ я пользовался при изслѣдованіи эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока, представляется совершенно тождественнымъ съ тѣмъ, который былъ примѣняемъ мною при описанныхъ въ главѣ IV опытахъ, т.-е. здѣсь, какъ и тамъ изслѣдовались получаемыя при раздраженіи нерва явленія въ зависимости отъ различныхъ условій (сила раздраженія, поляризація, продолжительность перерывовъ и т. д.). Поэтому, ссылаясь въ этомъ отношеніи на все, изложенное раньше, я ограничусь здѣсь лишь слѣдующими замѣчаніями.

Чтобы имѣть возможность изслѣдовать явленія, происходящія исключительно на анодѣ прерывистаго тока, я долженъ былъ пользоваться предварительной изолирующей поляризаціей (см. главу III) въ гораздо болѣе широкихъ размѣрахъ, чѣмъ при соотвѣтственныхъ опытахъ главы IV. Я могъ обходиться безъ нея лишь въ случаѣ, когда употреблялись для раздраженія сильные восходящіе токи, дѣйствующіе согласно третьей стадіи Пфлюгеровскаго закона сокращеній (дающіе сокращенія лишь при размыканіи). При всѣхъ-же опытахъ съ болѣе слабымъ раздраженіемъ подобная поляризація примѣнялась систематически. Поэтому, понятно, я могъ употреблять для раздраженія исключительно лишь токи восходящаго направленія.

Впрочемъ, я допускалъ иногда отступленія отъ изложенныхъ правилъ, т.-е. обходился безъ изолирующей поляризаціи при слабомъ раздраженіи и употреблялъ для опытовъ, вмѣстѣ съ восходящими, также и нисходящіе токи. Я позволялъ себѣ поступать такъ, когда работалъ при условіяхъ, при которыхъ реакція нерва на раздраженіе катодомъ прерывистаго тока была мнѣ точно извѣстна и состояла въ простомъ начальномъ возбужденіи. Очевидно, что въ подобныхъ случаяхъ все то, что давала намъ мышца сверхъ начальнаго сокращенія, могло быть отнесено цѣликомъ на долю возбуждающаго дѣйствія анода. Однако, къ подобнымъ опытамъ я прибѣгалъ сравнительно рѣдко и относился къ получаемымъ при нихъ результатамъ съ величайшею осторожностью.

Всѣ предосторожности, описанныя въ главѣ III (см. стр. 79), были соблюдаемы въ полномъ своемъ объемѣ и при настоящихъ опытахъ. Даже здѣсь онѣ примѣнялись гораздо болѣе систематически, чѣмъ при опытахъ главы IV. При этихъ послѣднихъ, какъ мы знаемъ, встрѣчались иногда отступленія отъ правила *b*, состоящія въ томъ, что я пользовался въ нѣкоторыхъ случаяхъ продолжительнымъ раздраженіемъ, вызывавшимъ продолжительный тетанусъ мышцы. Здѣсь-же я не допускалъ и подобнаго отступленія.

Все изслѣдованіе эффектовъ раздраженія анодомъ прерывистаго тока распадается на двѣ части. Первая соотвѣтствуетъ вполнѣ первымъ четыремъ отдѣламъ главы IV въ томъ отношеніи, что здѣсь, какъ и тамъ, изслѣдовались главнымъ образомъ явленія, наблюдаемыя при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ минимальной или близкой къ минимальной (короткой) продолжительностью перерывовъ, и если употреблялись токи другого характера, то это дѣлалось исключительно съ цѣлью оттѣнить упомянутыя явленія по возможности рѣзче. Вторая-же часть не имѣетъ себѣ ничего соотвѣтствующаго въ четвертой главѣ, такъ какъ составляющіе ее опыты были вызваны извѣстными особенностями, свойственными исключительно возбуждающему дѣйствію анода. Всѣ описываемые во второй части опыты были произведены съ прерывистымъ токомъ, продолжительность перерывовъ котораго имѣла величину значительно больше минимальной.

Въ настоящей главѣ, совершенно подобно тому, какъ это я дѣлалъ въ главѣ IV, я буду излагать одни только фактическія данныя, стараясь, по возможности, избѣгать какихъ-бы то ни было теоретическихъ разсужденій. Всѣ имѣющіеся у меня въ распоряженіи факты будутъ описаны по отдѣльнымъ рубрикамъ, соотвѣтственно условіямъ опытовъ, при которыхъ они были получены.

I. Эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ перерывами минимальными или близкими къ минимальнымъ.

Эффекты раздраженія нормальнаго нерва. Желая изслѣдовать явленія, происходящія на анодѣ при раздраженіи прерывистымъ токомъ совершенно нормальнаго нерва, мы не можемъ, по вполнѣ понятнымъ причинамъ, прибѣгать къ предварительной изолирующей поляризаціи. Поэтому, желая производить опыты при условіяхъ, при которыхъ способно проявиться одно только возбуждающее дѣйствіе анода, мы должны были-бы ограничиться случаемъ раздраженія нерва сильнымъ восходящимъ токомъ. Такого рода опыты, продѣланные съ токомъ 4 *D.*, показали, что нервъ реагируетъ на подобное раздраженіе тетанусами.

Однако, уже на основаніи міограммъ, которыя были приведены въ главѣ IV, мы должны имѣть увѣренность, что раздраженіе анодомъ прерывистаго тока не должно проявляться исключительно въ видѣ тетанусовъ. Въ самомъ дѣлѣ, на многихъ изъ указанныхъ міограммъ читатель имѣлъ не разъ случай убѣдиться, что при прекращеніи раздраженія получались иногда одиночныя вздрагиванія мышцы (конечныя сокращенія). Такъ какъ подобное явленіе, наблюдавшееся при опытахъ, при которыхъ нервъ не подвергался предварительной изолирующей поляризаціи, не встрѣчалось ни разу при примѣненіи этой послѣдней [1]), поэтому, не можетъ оставаться никакого сомнѣнія насчетъ зависимости его отъ процессовъ возбужденія на анодѣ прерывистаго тока.

Желая удостовѣриться, можетъ ли быть получено конечное сокращеніе при раздраженіи нормальнаго нерва, я произвелъ рядъ опытовъ, при которыхъ, не примѣняя изолирующей поляризаціи, употреблялъ для раздраженія слабые токи, при которыхъ, слѣдовательно, долженъ былъ имѣть дѣло одновременно съ возбуждающимъ дѣйствіемъ какъ анода, такъ и катода. Понятно, что для опытовъ я могъ пользоваться лишь такими силами раздражающаго тока, при которыхъ возбуждающее дѣйствіе катода выражалось еще въ видѣ простого начальнаго возбужденія, т.-е. токи весьма слабые.

Здѣсь сразу-же пришлось столкнуться съ препятствіемъ, со-

[1]) Въ вѣрности сказаннаго читатель можетъ убѣдиться, разсмотрѣвъ всю серію міограммъ, приведенныхъ для поясненія опытовъ главы IV.

стоящимъ въ томъ, что слабые токи, въ приложеніи къ средней части нерва (при опытахъ настоящей главы, точно также, какъ и въ главѣ IV, я пользовался для раздраженія исключительно среднею частью нерва), не даютъ вообще размыкательнаго возбужденія (см. стр. 81). Однако, подобное отсутствіе размыкательнаго возбужденія наблюдается съ полнымъ постоянствомъ лишь при условіи, когда мы пользуемся для раздраженія участкомъ нерва, болѣе или менѣе удаленнымъ какъ отъ мѣста отхожденія главныхъ мышечныхъ вѣтвей, такъ и отъ мѣста раздвоенія нервнаго ствола. При приближеніи же электродовъ раздражающаго тока къ одной изъ названныхъ границъ, въ особенности къ первой, приходится наблюдать иногда появленіе размыкательныхъ сокращеній уже при дѣйствіи очень слабыхъ токовъ. Воспользовавшись такими случаями, я убѣдился, дѣйствительно, что конечныя сокращенія могутъ быть получены и при раздраженіи нормальнаго нерва [1]). Въ видѣ примѣра привожу двѣ міограммы за №№ 52 и 53, изъ которыхъ первая получена при дѣйствіи на нервъ нисходящаго, а вторая — восходящаго тока. На той и другой мы видимъ, что прерывистый токъ далъ одиночныя сокращенія какъ въ моментъ начала, такъ и въ моментъ прекращенія раздраженія (всѣ обозначенія на приведенныхъ, равно какъ и на приводимыхъ дальше міограммахъ такія-же, какими мы пользовались и раньше) [2]).

На основаніи описанныхъ опытовъ мы можемъ придти, такимъ образомъ, къ слѣдующему выводу:

Положеніе первое. Дѣйствіе анода прерывистаго тока, въ приложеніи къ нормальному нерву, проявляется въ видѣ простыхъ конечныхъ сокращеній при слабомъ [3]), *и въ видѣ постоянныхъ тетанусовъ при сильномъ раздраженіи.*

[1]) Строго говоря, мы не имѣемъ права утверждать категорически, что нервъ при описываемыхъ опытахъ былъ совершенно нормаленъ: легкость полученія размыкательныхъ сокращеній говоритъ скорѣе, что здѣсь существуютъ ненормальныя условія, аналогичныя тѣмъ, которыя имѣются вблизи поперечнаго разрѣза (см. дальше главу X).

[2]) На приведенныхъ міограммахъ, кромѣ пробъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ съ одинаковымъ направленіемъ отдѣльныхъ толчковъ, записаны еще результаты раздраженія токомъ, толчки котораго имѣютъ попеременно чередующееся направленіе. Я не упоминаю и вообще не буду упоминать въ текстѣ о подобныхъ пробахъ, такъ какъ намъ извѣстно уже изъ главы IV, что онѣ при всевозможныхъ условіяхъ могутъ дать лишь одинъ результатъ, а именно, тетанусъ, продолжающійся въ теченіе всего періода раздраженія.

[3]) Конечно, лишь въ случаѣ, когда нервъ оказывается способнымъ реагировать вообще на размыканія слабыхъ токовъ.

Эффекты раздраженія нерва, подвергнутаго предварительной изолирующей поляризаціи. При описываемыхъ здѣсь опытахъ я подвергалъ нервъ предварительной изолирующей поляризаціи, вслѣдствіе чего получалъ возможность пользоваться для раздраженія восходящими токами какой угодно силы, сохраняя при этомъ полную увѣренность, что наблюдаемый эффектъ зависитъ исключительно отъ возбужденія на анодѣ. Производя, при подобныхъ условіяхъ, рядъ пробъ раздраженія нерва постепенно усиливаемымъ прерывистымъ токомъ, я наблюдалъ слѣдующій характерный рядъ явленій.

При сравнительно слабомъ раздраженіи, однако такомъ, которое, будучи произведено при нисходящемъ направленіи прерывистаго тока, было бы уже давно способно давать тотъ или другой эффектъ, замѣчается полное отсутствіе какой бы то ни было реакціи. Этого, въ сущности, и слѣдовало ожидать, принимая во вниманіе, что размыкательное возбужденіе вообще получается лишь при сравнительно сильныхъ токахъ.

Первые признаки возбужденія обнаруживаются появленіемъ конечныхъ сокращеній: при замыканіи раздражающаго тока, равно какъ и во все время его прохожденія по нерву, мышца находится въ абсолютномъ покоѣ и сокращается лишь въ моментъ прекращенія раздраженія. Для примѣра привожу міограмму за № 54.

Усиливая токъ все дальше и дальше, мы, въ теченіе нѣкотораго времени, продолжаемъ получать еще одни конечныя сокращенія, пока, наконецъ, нервъ не начнетъ реагировать на раздраженіе тетанусами, имѣющими слѣдующій своеобразный характеръ: тетанусы начинаются, во-первыхъ, не сейчасъ вслѣдъ за началомъ раздраженія, а лишь спустя нѣкоторое, болѣе или менѣе продолжительное, время, и, во-вторыхъ, начавшись въ видѣ самаго ничтожнаго укороченія мышцы, повышаются лишь весьма постепенно, представляя при этомъ рядъ самыхъ неправильныхъ поднятій и опусканій. Постепенно поднимаясь, тетанусы достигаютъ, наконецъ, максимальной высоты. Если въ этотъ моментъ прекратить раздраженіе, то не замѣчается ничего особеннаго: максимальный тетанусъ смѣняется состояніемъ покоя. Если-же къ моменту прекращенія раздраженія мышца не успѣла еще достигнуть возможнаго максимума укороченія, то получается мгновенное повышеніе кривой тетануса въ видѣ простого конечнаго сокращенія.

Тетанусы продолжаютъ сохранять описанный характеръ на протяженіи довольно обширной скалы силъ токовъ, съ тою только разницей, что при усиленіи раздраженія начинаются все раньше и раньше и, разъ начавшись, нарастаютъ все круче и круче. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока не станутъ, наконецъ, получаться постоянные тетанусы, начинающіеся мгновенно (насколько объ этомъ, по крайней мѣрѣ, можно судить при обыкновенномъ способѣ записанія) вслѣдъ за началомъ раздраженія. Разъ получились подобные тетанусы, они продолжаютъ получаться и при дальнѣйшемъ усиленіи раздраженія.

Всѣ описанныя стадіи явленій мы можемъ видѣть на міограммахъ за №№ 55 и 56.

Для того, чтобы имѣть возможность какъ-нибудь различать различные виды реакціи нерва на раздраженіе анодомъ прерывистаго тока, я, при дальнѣйшемъ изложеніи, буду говорить постоянно, съ одной стороны, о конечныхъ сокращеніяхъ и постоянныхъ тетанусахъ, а съ другой — о переходныхъ формахъ тетанусовъ. Подъ постоянными тетанусами я буду подразумѣвать такіе, которые, начинаясь въ самый моментъ раздраженія, сразу-же достигаютъ максимальной высоты [1]), подъ переходными-же формами буду понимать тетанусы, начинающіеся лишь спустя нѣкоторое время послѣ начала раздраженія, медленно нарастающіе и обнаруживающіе характерное свойство претерпѣвать въ моментъ прекращенія раздраженія мгновенное повышеніе (предполагая, конечно, что раздраженіе прекращается въ соотвѣтствующее время). При этомъ между переходными формами буду различать еще высшія и низшія, смотря по тому, приближаются ли онѣ больше или меньше къ постояннымъ тетанусамъ.

Введя указанныя обозначенія, мы можемъ, на основаніи описанныхъ опытовъ, въ дополненіе къ первому (стр. 231) поставить еще слѣдующее положеніе.

Положеніе второе. На токи различной силы, промежуточные между тѣми, которые даютъ конечныя сокращенія и постоянные тетанусы, нервъ реагируетъ переходными формами тетанусовъ, тѣмъ высшими, чѣмъ сильнѣе раздраженіе.

Вліяніе предварительной поляризаціи на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. Предварительная поляризація, которая, какъ мы знаемъ, оказываетъ весьма рѣзкое вліяніе на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго

[1]) Опять повторяю, насколько объ этомъ можно судить, записывая сокращеніе мышцы при медленномъ вращеніи цилиндра.

тока, не остается безъ вліянія и на процессы, происходящіе на анодѣ. Однако, вліяніе ея въ данномъ случаѣ представляетъ характерное отличіе въ томъ отношеніи, что здѣсь нельзя замѣтить какой бы то ни было болѣе или менѣе рѣзкой разницы между дѣйствіемъ поляризаціи катодомъ и анодомъ: та и другая измѣняютъ явленія совершенно одинаково, и не только въ качественномъ, но даже и въ количественномъ отношеніи, насколько, по крайней мѣрѣ, объ этомъ можно судить при сравненіи опытовъ, производимыхъ на различныхъ нервахъ. Поэтому, я и буду описывать вмѣстѣ вліяніе той и другой.

Всѣ опыты съ вліяніемъ предварительной поляризаціи заставляютъ меня придти къ слѣдующему положенію.

Положеніе третье. Болѣе или менѣе продолжительная предварительная поляризація какъ катодомъ, такъ и анодомъ приводитъ нервъ въ такое состояніе, при которомъ раздраженіе анодома прерывистаго тока даетъ уже не постоянные тетанусы, получавшіеся до поляризаціи, а простыя конечныя сокращенія (или вообще низшія формы тетанусовъ).

Въ видѣ примѣра привожу міограммы за №№ 57—62.

Рѣзче и наглядѣе всего описываемое вліяніе предварительной поляризаціи можетъ быть наблюдаемо въ томъ случаѣ, когда для раздраженія употребляются токи, имѣющіе силу, чуть-чуть достаточную для вызыванія постоянныхъ тетанусовъ, а для поляризаціи — токи сильные. При подобныхъ условіяхъ и были получены міограммы за №№ 57 и 58, причемъ для опыта, записаннаго на первой, я пользовался восходящей, а для записаннаго на второй — нисходящей предварительной поляризацій. На первой изъ нихъ мы видимъ, что замѣтныя измѣненія реакціи на раздраженіе могутъ быть получены уже послѣ сравнительно очень короткой поляризаціи. При опытѣ, записанномъ на указанной міограммѣ, поляризація была предпринимаема три раза и каждый разъ, послѣ ея прекращенія, производились пробы раздраженія. Послѣ первой поляризаціи, продолжавшейся меньше минуты (продолжительность поляризаціи въ секундахъ можетъ быть отсчитана по числу зубцовъ линіи, записывающей время), полученный тетанусъ измѣнилъ уже нѣсколько свою форму, послѣ второй (двухминутной) превратился въ типичный тетанусъ переходнаго характера и, наконецъ, послѣ третьей (тоже двухминутной) получились уже простыя конечныя сокращенія. При опытѣ, соотвѣтствующемъ міограммѣ за № 58, поляризація длилась болѣе продолжительное время (5 минутъ) и поэтому, послѣ ея прекращенія, получились сразу-же простыя конечныя сокращенія.

Хотя вліяніе предварительной поляризаціи обнаруживается легче всего при употребленіи для раздраженія сравнительно слабыхъ токовъ, тѣмъ не менѣе, можно получить столь-же рѣзкій результатъ, какъ и описанные выше, даже при такихъ сильныхъ токахъ, какъ 4 *D.* безъ рекорда. При подобныхъ опытахъ, когда употребляемый токъ дѣйствуетъ, какъ сильный въ Пфлюгеровскомъ смыслѣ (не даетъ сокращеній при замыканіи), незачѣмъ, конечно, прибѣгать къ предварительному изолированію нерва.

Однако, я долженъ замѣтить, что для превращенія постояннаго тетануса въ простое конечное сокращеніе требуется, при указанныхъ условіяхъ, поляризовать нервъ въ теченіе значительнаго времени (многія минуты); кромѣ того, какъ объ этомъ будетъ еще идти рѣчь дальше, представляется необходимымъ устанавливать прерыватель возможно строго на минимальной продолжительности перерывовъ. Благодаря указаннымъ трудностямъ, полученіе такихъ міограммъ, на которыхъ былъ бы записанъ цѣликомъ весь ходъ опыта, становится въ высшей степени хлопотливымъ. На этомъ основаніи, я привожу только міограммы (№№ 59 и 60), иллюстрирующія послѣднія стадіи двухъ опытовъ,— одного, продѣланнаго съ восходящей, и другого — съ нисходящей предварительной поляризацій. При первомъ нервъ, до начала записыванія, подвергался уже дѣйствію поляризаціи въ теченіе трехъ минутъ. Это и сказывается на міограммѣ нѣсколько колеблющимся характеромъ полученнаго при раздраженіи тетануса. Послѣ слѣдующей новой трехминутной поляризаціи тетанусъ пріобрѣлъ явно переходный характеръ, а послѣ дальнѣйшей пятиминутной получились уже простыя конечныя сокращенія. На міограммѣ за № 60 приведены конечныя сокращенія, которыя были получены при раздраженіи нерва послѣ нисходящей поляризаціи, продолжавшейся въ общей сложности 13 минутъ.

Еще я долженъ упомянуть о неописанныхъ пока міограммахъ за №№ 61 и 62. При опытахъ, результаты которыхъ записаны на нихъ, я употреблялъ для раздраженія и поляризаціи токъ одной и той-же силы (1 *D*) и одного и того-же направленія, нисходящаго въ первомъ и восходящаго во второмъ случаѣ, причемъ не подвергалъ нерва изолирующей поляризаціи. Вслѣдствіе этого, я долженъ былъ, конечно, считаться одновременно съ возбужденіемъ, рождающимся какъ на анодѣ, такъ и

на катодѣ раздражающаго тока. На основаніи фактовъ, изложенныхъ въ главѣ IV, мы знаемъ, что предварительная поляризація въ опредѣленномъ направленіи заставляетъ нервъ реагировать простыми начальными сокращеніями на раздраженіе катодомъ прерывистаго тока того-же самаго направленія. Руководствуясь этимъ, я и думалъ, что возбуждающее дѣйствіе катода, выражаясь въ простомъ начальномъ сокращеніи, не будетъ въ состояніи въ нашемъ случаѣ мѣшать наблюденію эффектовъ, зависящихъ отъ возбуждающаго дѣйствія анода. И дѣйствительно, какъ показываютъ міограммы, раздраженіе нерва прерывистымъ токомъ послѣ прекращенія поляризаціи дало при томъ и другомъ опытѣ одиночныя вздрагиванія мышцы какъ въ моментъ начала (возбужденіе на катодѣ), такъ и въ моментъ конца раздраженія (возбужденіе на анодѣ).

Вліяніе поляризаціи на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. Вліяніе поляризаціи на эффекты раздраженія анодомъ, будучи не менѣе рѣзкимъ соотвѣтствующаго вліянія на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, представляется вмѣстѣ съ тѣмъ сходнымъ съ этимъ послѣднимъ въ томъ отношеніи, что дѣйствіе поляризаціи оказывается различнымъ, смотря по ея направленію. Вслѣдствіе этого, вліяніе поляризаціи анодомъ и катодомъ будетъ описано отдѣльно.

а) *Вліяніе поляризаціи анодомъ.* Всѣ опыты, направленные къ выясненію дѣйствія поляризаціи анодомъ, при которыхъ, слѣдовательно, направленіе поляризующаго тока совпадало съ направленіемъ раздражающаго (тотъ и другой имѣли восходящее направленіе), привели къ одному и тому-же результату, который можетъ быть формулированъ слѣдующимъ образомъ.

Положеніе четвертое. Нервъ, подъ вліяніемъ поляризаціи анодомъ, приходитъ въ такое состояніе, при которомъ полученіе конечныхъ сокращеній облегчается въ болѣе или менѣе значительной степени, такъ что тотъ-же самый прерывистый токъ, который до поляризаціи давалъ тетанусы, даетъ во время ея дѣйствія простыя конечныя сокращенія (*или вообще низшія формы тетануса*).

Чтобы убѣдиться въ вѣрности приведеннаго положенія, удобнѣе всего поступать слѣдующимъ образомъ.

Когда предварительная изолирующая поляризація окончена, мы должны прежде всего выбрать для раздраженія токъ такой силы, чтобы онъ, вызывая постоянные тетанусы, стоялъ, однако, возможно ближе къ токамъ, дающимъ тетанусы переходнаго характера, и затѣмъ уже производить раздраженіе нерва поочередно безъ поляризаціи и во время ея дѣйствія. Поляризующій токъ при подобныхъ опытахъ не долженъ быть слишкомъ сильнымъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ, по самому собою понятнымъ причинамъ (вслѣдствіе одинаковости направленія раздражающаго и поляризующаго токовъ, возбужденіе, развивающееся подъ вліяніемъ перваго, падаетъ въ сферу анэлектротона второго), раздраженіе нерва во время поляризаціи можетъ сдѣлаться совершенно недѣйствительнымъ. Такъ и была получена міограмма за № 63, которая показываетъ намъ, до какой степени рѣзки наблюдаемыя при подобныхъ условіяхъ явленія: сильнѣйшій тетанусъ безъ поляризаціи смѣняется сейчасъ-же простымъ конечнымъ сокращеніемъ (или одной изъ самыхъ низкихъ переходныхъ формъ тетануса), лишь только замкнутъ поляризующій токъ.

Описываемое вліяніе поляризаціи анодомъ можетъ быть показано также и при употребленіи для раздраженія сильныхъ восходящихъ токовъ, при которыхъ предварительное изолированіе нерва представляется совершенно излишнимъ. При такого рода опытахъ необходимо, однако, прибѣгать къ особенному пріему, по крайней мѣрѣ въ томъ случаѣ, когда мы хотимъ получить явленіе въ столь-же рѣзкой формѣ, т.-е., когда мы хотимъ, чтобы постоянные тетанусы превращались подъ вліяніемъ поляризаціи въ простыя конечныя сокращенія.

Въ главѣ IV, тамъ, гдѣ шла рѣчь объ изслѣдованіи вліянія поляризаціи на эффекты раздраженія нерва катодомъ прерывистаго тока, были развиты подробно основанія, заставляющія насъ при подобныхъ опытахъ выбирать каждый разъ подходящій къ данному случаю характеръ раздраженія (см. стр. 113—118). Тамъ-же было замѣчено, что, при несоблюденіи этого условія, несомнѣнно существующее вліяніе поляризаціи можетъ совсѣмъ ускользнуть отъ нашего вниманія. Очевидно, что все, сказанное тамъ, можетъ быть повторено слово въ слово и по отношенію къ вліянію поляризаціи на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. Для этого стоитъ только всюду, гдѣ на цитируемыхъ страницахъ шла рѣчь о начальныхъ сокращеніяхъ и начальныхъ тетанусахъ, замѣнить ихъ словами: конечныя сокращенія и переходныя формы тетанусовъ. Предоставляя самому читателю убѣдиться въ существованіи полной аналогіи между двумя сопоставляемыми случаями, я, при своихъ разсужденіяхъ,

буду смотрѣть на подобную аналогію, какъ на не подлежащую никакому сомнѣнію.

И такъ, въ примѣненіи къ нашему случаю, когда требуется показать, что, подъ вліяніемъ поляризаціи анодомъ, постоянные тетанусы способны превращаться въ простыя конечныя сокращенія, необходимо соблюдать слѣдующее условіе. А именно, необходимо пользоваться для раздраженія токами, хотя и дающими въ приложеніи къ неполяризованному нерву постоянные тетанусы, однако такими, которые, сообразно своему характеру и данному состоянію раздражаемаго нерва, не представляются еще *слишкомъ благопріятными* для полученія подобныхъ тетанусовъ, такъ чтобы даже ничтожное измѣненіе условій опытовъ въ сторону, благопріятную для полученія конечныхъ сокращеній, отражалось уже замѣтнымъ образомъ на получаемомъ эффектѣ. Указанное условіе и было соблюдаемо при описанныхъ выше опытахъ, когда мы употребляли для раздраженія токи такой силы, при которой чуть-чуть только начинали получаться постоянные тетанусы. Пользуясь-же сильными токами, какъ это требуется въ нашемъ случаѣ, мы, очевидно, имѣемъ дѣло съ такимъ характеромъ раздражителя, который уже слишкомъ благопріятенъ для полученія тетанической реакціи. Чтобы сдѣлать, тѣмъ не менѣе, подобный раздражитель годнымъ для опытовъ, намъ остается только одно, — измѣнить соотвѣтствующимъ образомъ состояніе самого нерва.

Намъ уже извѣстно (см. стр. 234), что предварительная поляризація въ теченіе достаточнаго времени способна приводить нервъ въ такое состояніе, при которомъ раздраженіе сильнымъ прерывистымъ восходящимъ токомъ даетъ уже не постоянные тетанусы, а простыя конечныя сокращенія. Столь рѣзкій переходъ отъ одного состоянія къ другому, какъ мы знаемъ, получается лишь въ случаѣ, когда предварительная поляризація длилась сравнительно долгое время. Подвергая-же нервъ ея дѣйствію на болѣе короткіе сроки, мы должны, очевидно, приводить его въ одно изъ состояній, промежуточныхъ между только что указанными. Въ числѣ подобныхъ состояній должно находиться, конечно, и такое, при которомъ нервъ реагируетъ на раздраженіе тетанусами, имѣющими требуемыя въ нашемъ случаѣ свойства, т.-е. тетанусами, способными превращаться въ конечныя сокращенія уже при сравнительно незначительномъ измѣненіи условій опыта. Понятно, что въ такомъ случаѣ поляризація, если только она, дѣйствительно, обладаетъ свойствомъ способствовать полученію конечныхъ сокращеній вмѣсто тетанусовъ, встрѣчаетъ все необходимое для проявленія подобнаго свойства.

На основаніи сказаннаго, я долженъ былъ бы до начала каждаго опыта подвергать нервъ предварительной поляризаціи въ теченіе извѣстнаго времени, и затѣмъ, прекративъ ее, поступать совершенно также, какъ это было описано по поводу міограммы за № 63. Такимъ образомъ, предварительная поляризація должна была бы представлять собою не что иное, какъ только простую подготовительную манипуляцію, такъ что настоящіе опыты должны были бы начинаться лишь послѣ ея окончанія. Однако, я включилъ и ее въ составъ самихъ опытовъ, такъ какъ оказалось, что раздраженіе нерва во время ея дѣйствія даетъ весьма своеобразные эффекты.

Для поясненія хода опытовъ, равно какъ и получаемыхъ при нихъ результатовъ, привожу изъ большого количества имѣющихся у меня совершенно однородныхъ міограммъ одну за № 64.

Мы видимъ на ней, что первыя двѣ пробы раздраженія нерва сильнымъ (4*D*[1]) съ полнымъ сопротивленіемъ реохорда) восходящимъ прерывистымъ токомъ, произведенныя до начала поляризаціи, дали постоянные тетанусы. Когда вслѣдъ за тѣмъ былъ замкнутъ поляризующій токъ (2*D* съ полнымъ сопротивленіемъ реохорда), дѣйствіе его обнаружилось сразу весьма рѣзкимъ измѣненіемъ формы тетануса, получаемаго теперь при раздраженіи нерва тѣмъ-же самымъ прерывистымъ токомъ. А именно, тетанусъ, вмѣсто того, чтобы начинаться въ самый моментъ начала раздраженія, какъ это наблюдалось до поляризаціи, начинается лишь спустя весьма замѣтное время. Кромѣ того, и нарастаніе тетануса происходитъ менѣе круто. Однимъ словомъ, тетанусъ, подъ вліяніемъ поляризаціи, пріобрѣтаетъ сразу-же ясно выраженный переходный характеръ. Послѣ описанныхъ первыхъ пробъ раздраженія, произведенныхъ вслѣдъ за началомъ поляризаціи, эта послѣдняя не прекращалась еще въ теченіе двухъ минутъ, съ цѣлью, какъ это было выяснено выше, измѣнить состояніе нерва въ требуемой степени, т.-е. измѣнить настолько, чтобы имѣть возможность получать во время ея дѣйствія не переходныя формы тетанусовъ, а простыя конечныя сокращенія. Дѣйствительно, мы видимъ на міограммѣ, какъ состояніе нерва

[1]) На міограммахъ, приводимыхъ въ настоящей главѣ, точно также какъ и на міограммахъ, приведенныхъ въ главѣ IV, всюду, гдѣ указано только число элементовъ употребляемаго для раздраженія или для поляризаціи тока, нужно подразумѣвать, что введено полное сопротивленіе реохорда.

постепенно измѣняется въ указанномъ направленіи: раздраженіе, предпринятое въ то время, когда поляризація продолжалась уже въ теченіе одной минуты, дало тетанусы съ еще болѣе рѣзкимъ переходныхъ характеромъ (тетанусы незначительной высоты съ мгновеннымъ повышеніемъ въ моментъ прекращенія раздраженія), а дальнѣйшее раздраженіе, произведенное спустя еще одну минуту, вызвало уже простыя конечныя сокращенія (въ сущности не конечныя сокращенія, а одиѣ изъ самыхъ низкихъ переходныхъ формъ тетанусовъ, стоящихъ весьма близко къ простымъ конечнымъ сокращеніямъ). Полученіе этихъ послѣднихъ служило доказательствомъ, что требуемая подготовка состоянія нерва уже закончена, вслѣдствіе чего поляризація и была прекращена. Раздраженіе нерва дало теперь тетанусъ, не отличающіеся по своему виду отъ обыкновенныхъ постоянныхъ тетанусовъ, но они, тѣмъ не менѣе, подъ вліяніемъ произведенныхъ повторно замыканій поляризующаго тока, превращались уже сразу въ простыя конечныя сокращенія, такъ что получилась теперь та-же самая картина явленій, какая представлена на міограммѣ за № 63.

b) *Вліяніе поляризаціи катодомъ* на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока (раздражающій и поляризующій токи имѣютъ взаимно противоположное направленіе, первый восходящее, а второй—нисходящее) оказывается прямо противоположнымъ только что описанному вліянію поляризаціи анодомъ, такъ что дѣйствіе ея можетъ быть выражено слѣдующимъ образомъ:

Положеніе патое. Нервъ подъ вліяніемъ поляризаціи катодомъ приходитъ въ такое состояніе, при которомъ полученіе постоянныхъ тетанусовъ облегчается въ болѣе или менѣе значительной степени, такъ что тотъ-же самый прерывистый токъ, который до поляризаціи давалъ простыя конечныя сокращенія, даетъ во время ея дѣйствія постоянные тетанусы.

Мы можемъ удобнѣе всего убѣдиться въ вѣрности высказаннаго положенія, если станемъ употреблять для раздраженія токъ такой силы, при которой получаются еще одни простыя конечныя сокращенія (нервъ долженъ быть подвергнутъ предварительной изолирующей поляризаціи). При этомъ, во время поляризаціи нерва даже очень слабыми токами, то-же самое раздраженіе вызываетъ уже постоянные тетанусы. Въ видѣ примѣра привожу одну міограмму за № 65.

Описываемое вліяніе поляризаціи можетъ быть показано и при употребленіи для раздраженія сильныхъ токовъ. Для этого представляется, однако, необходимымъ привести нервъ до начала опытовъ въ такое состояніе, при которомъ онъ реагировалъ бы на раздраженіе сильнымъ восходящимъ токомъ не тетанусомъ, а простымъ конечнымъ сокращеніемъ, т.-е. требуется подвергнуть нервъ въ теченіе достаточнаго времени предварительной поляризаціи. Послѣ этого удается очень легко убѣдиться, что конечныя сокращенія превращаются сейчасъ-же въ тетанусы, лишь только замыкается поляризующій токъ.

Подобные опыты оказались весьма интересными въ томъ отношеніи, что при различныхъ силахъ поляризующаго тока удалось получить различныя формы тетанусовъ, въ значительной степени напоминающія извѣстныя намъ переходныя стадіи между простыми конечными сокращеніями и постоянными тетанусами. Въ видѣ примѣра опишу 3 міограммы за №№ 66, 67 и 68, полученныя послѣдовательно на одномъ и томъ-же нервѣ. Раздражающій токъ соотвѣтствовалъ 4 D. съ полнымъ сопротивленіемъ реохорда, а поляризующій—2 D. съ полнымъ сопротивленіемъ реохорда при первомъ опытѣ (2,000 сант. проволоки), съ 400 сант. проволоки при второмъ и съ 100 сант. при третьемъ. Нервъ, послѣ предварительной изолирующей поляризаціи, подвергался дѣйствію восходящаго тока (4 D. съ полнымъ сопротивленіемъ реохорда) до тѣхъ поръ, пока прерывистый токъ той-же силы и того-же направленія не начиналъ давать простыхъ конечныхъ сокращеній. Затѣмъ уже производилось сравненіе эффектовъ раздраженія до и во время поляризаціи катодомъ, результаты котораго и записаны на приведенныхъ міограммахъ. Мы видимъ, что во время поляризаціи получился на первой міограммѣ обыкновенный постоянный тетанусъ; на второй—тетанусъ имѣетъ значительно меньшую высоту, но зато въ моментъ прекращенія раздраженія претерпѣваетъ ясно выраженное повышеніе, имѣющее видъ одиночнаго вздрагиванія мышцы; на третьей міограммѣ, гдѣ поляризація была всего слабѣе, получился тетанусъ еще болѣе низкій, но зато вздрагиваніе мышцы въ моментъ прекращенія раздраженія достигло еще большей высоты. Отличіе описанныхъ тетанусовъ отъ извѣстныхъ переходныхъ формъ состоитъ только въ характерѣ ихъ нарастанія: при обыкновенныхъ переходныхъ формахъ тетанусъ нарастаетъ постепенно, здѣсь же онъ сразу вслѣдъ за началомъ раздраженія достигаетъ своей предѣльной высоты.

На только что описанные опыты читатель долженъ обратить

особенное вниманіе, такъ какъ они, какъ мы увидимъ въ слѣдующей главѣ, имѣютъ важное значеніе для выясненія сущности всѣхъ, описываемыхъ въ настоящей главѣ, явленій.

Вліяніе продолжительности перерывовъ на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. Всѣ явленія, описанныя до сихъ поръ, были наблюдаемы при раздраженіи нерва токомъ съ минимальной или близкой къ минимальной продолжительностью перерывовъ. Первыя попытки изслѣдовать явленія при иной установкѣ прерывателя показали, что продолжительность перерывовъ оказываетъ громадное вліяніе на эффектъ раздраженія. А именно, чѣмъ значительнѣе перерывы, тѣмъ труднѣе получаются конечныя сокращенія. При извѣстной предѣльной продолжительности перерывовъ полученіе ихъ становится уже невозможнымъ, такъ что нервъ реагируетъ на раздраженіе исключительно одними тетанусами. Къ тому же и тетанусы, наблюдаемые при подобныхъ условіяхъ, не обнаруживаютъ уже больше свойства давать мгновенное повышеніе въ моментъ прекращенія раздраженія: какъ бы низокъ ни былъ тетанусъ, онъ сразу падаетъ до абсциссы, лишь только разомкнутъ раздражающій токъ.

Не имѣя спеціальныхъ измѣрительныхъ опытовъ, я не могу привести цифровыхъ данныхъ, которыя позволили бы охарактеризовать точнѣе такую предѣльную продолжительность перерывовъ. Могу сказать лишь одно, что она, во всякомъ случаѣ, представляется весьма незначительной и притомъ различной, смотря по силѣ раздражающаго тока: чѣмъ сильнѣе токъ, тѣмъ и указанная продолжительность перерывовъ короче.

Въ подтвержденіе сказаннаго могу сослаться на фактъ, что, при раздраженіи нерва сильнымъ восходящимъ токомъ 4 *D*., конечныя сокращенія (само собою разумѣется, послѣ предварительной поляризаціи) могутъ быть получены лишь при установкѣ прерывателя на строго-минимальной продолжительности перерывовъ. Чуть это условіе не соблюдено, мы можемъ поляризовать нервъ десятками минутъ и все-таки будемъ получать при раздраженіи одни только тетанусы. При употребленіи для опытовъ болѣе слабыхъ токовъ можно уже не заботиться о столь точной установкѣ прерывателя; однако, и здѣсь сравнительно незначительное увеличеніе перерывовъ, не выходящее изъ тѣхъ предѣловъ, при которыхъ за перерывами должно быть еще сохранено названіе *короткихъ* (см. главу о методѣ, стр. 50), уже вполнѣ достаточно для того, чтобы полученіе конечныхъ сокращеній сдѣлалось невозможнымъ.

На основаніи всего сказаннаго мы должны придти къ слѣдующему положенію.

Положеніе шестое. Полученіе конечныхъ сокращеній при раздраженіи нерва анодомъ прерывистаго тока возможно вообще при очень малой (никоимъ образомъ не больше короткой) продолжительности перерывовъ, и притомъ тѣмъ меньшей, чѣмъ сильнѣе раздражающій токъ.

Въ видѣ примѣра привожу двѣ міограммы за №№ 69 и 70, на которыхъ записаны результаты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ съ минимальной (*n*) и съ увеличенной (*d*) продолжительностью перерывовъ. Для полученія первой изъ нихъ я пользовался для раздраженія слабымъ (1 *D*. съ 30 сант. проволоки реохорда), а для полученія второй — сильнымъ (4 *D* безъ реохорда) прерывистымъ токомъ. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ нервъ подвергался предварительной поляризаціи до тѣхъ поръ, пока употребляемый для раздраженія токъ не начиналъ давать простыхъ конечныхъ сокращеній.

Изложенная здѣсь зависимость явленія конечнаго сокращенія отъ продолжительности перерывовъ раздражающаго тока и заставила меня ограничиться въ первой половинѣ настоящей главы описаніемъ результатовъ, полученныхъ исключительно при установкѣ прерывателя на минимумъ перерывовъ. Такимъ образомъ, какъ это было замѣчено уже раньше (стр. 229), всѣ излагаемыя теперь явленія представляются вполнѣ соотвѣтствующими тѣмъ, которыя были изложены въ главѣ IV [1]): какъ тамъ описывались условія, при которыхъ могутъ быть наблюдаемы начальныя сокращенія, такъ и здѣсь описываются условія происхожденія конечныхъ сокращеній.

Вліяніе частоты перерывовъ на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока. Изъ трехъ способовъ измѣненія частоты перерывовъ, описанныхъ въ главѣ о методѣ (стр. 55—62), я пользовался для излагаемыхъ здѣсь опытовъ только первыми двумя (отмѣченными цифрами 1 и 2), такъ какъ третій (3) оказался непримѣнимымъ. Ртутныя чашечки, которыя служили при этомъ послѣднемъ для прерыванія тока, не позволяли, какъ намъ извѣстно (стр. 57), получать токъ со строго однообразной продолжительностью перерывовъ, но наравнѣ съ перерывами очень короткими существовали и значительно болѣе продолжительные. Благодаря этому, оказалось невозможнымъ добиться такой установки чашечекъ, чтобы раздраженіе

[1]) За исключеніемъ ея пятаго отдѣла.

нерва давало конечныя сокращенія, а постоянно, при всевозможныхъ условіяхъ, получались одни лишь тетанусы. Имѣя въ виду при опытахъ, составляющихъ содержаніе излагаемой теперь первой части настоящей главы, заняться исключительно изслѣдованіемъ условій происхожденія конечныхъ сокращеній, я не могъ, очевидно, пользоваться такимъ прерывистымъ токомъ, при которомъ полученіе подобныхъ сокращеній представлялось невозможнымъ. Поэтому, опыты, при которыхъ примѣнялся этотъ способъ измѣненія частоты перерывовъ, могутъ быть описаны лишь во второй части.

Пользуясь при изслѣдованіи первымъ способомъ измѣненія частоты перерывовъ, я замѣтилъ, что конечныя сокращенія при средней частотѣ раздраженія получаются значительно легче, чѣмъ при частотѣ низшей и высшей. Обнаруживается это особенно рѣзко, когда мы употребляемъ для опытовъ сильные восходящіе токи и стараемся, при помощи предварительной поляризаціи, довести нервъ до такого состоянія, при которомъ онъ реагировалъ бы на раздраженіе конечными сокращеніями. При этомъ всегда оказывается, что получепіе такого рода эффекта удается сравнительно легко, если прерыватель установленъ на средней частотѣ колебаній; въ противномъ же случаѣ, конечныя сокращенія или совсѣмъ не получаются, или получаются лишь съ большимъ трудомъ (послѣ очень продолжительной предварительной поляризаціи). Въ виду изъѣстнаго намъ изъ главы о методѣ факта, что продолжительность минимальныхъ перерывовъ при средней частотѣ колебаній молоточка имѣла обыкновенно меньшую величину, чѣмъ та-же продолжительность при болѣе частыхъ и болѣе рѣдкихъ колебаніяхъ (стр. 48), въ виду дальше того, что увеличеніе продолжительности перерывовъ, какъ мы уже знаемъ (см. положеніе шестое на стр. 243), въ громадной степени затрудняетъ полученіе конечныхъ сокращеній, мы не имѣемъ никакихъ основаній приписывать наблюдаемую разницу вліянію собственно частоты раздраженія и должны признать, что она вполнѣ объясняима различіемъ продолжительности перерывовъ въ сравниваемыхъ между собою случаяхъ.

При измѣненіи частоты раздраженія по второму способу, когда частота перерывовъ тока уменьшалась вдвое вслѣдствіе попеременнаго выпаданія отдѣльныхъ толчковъ, получился результатъ, для объясненія котораго тоже незачѣмъ признавать существованіе какого бы то ни было вліянія собственно частоты раздраженія. Оказалось, что на раздраженіе токомъ съ уменьшенной частотой перерывовъ нервъ реагируетъ тетанусами вмѣсто конечныхъ сокращеній, наблюдавшихся при частотѣ раздраженія вдвое большей,—результатъ вполнѣ понятный, если принять во вниманіе, что, при уменьшеніи частоты раздраженія по данному способу, продолжительность перерывовъ въ громадной степени увеличивается.

Въ видѣ примѣра, привожу двѣ міограммы за №№ 71 и 72. Поставленныя на обѣихъ, возлѣ мѣстъ, соотвѣтствующихъ періодамъ раздраженія, цифры *2* и *1* обозначаютъ раздраженіе нерва токомъ съ болѣе частыми (*2*) и съ болѣе рѣдкими (*1*) перерывами. Для полученія міограммы за № 72 нервъ подвергался предварительной поляризаціи до тѣхъ поръ, пока не начали получаться при дѣйствіи употреблявшагося здѣсь для раздраженія сильнаго (4 D) тока простыя конечныя сокращенія.

Такимъ образомъ, описанные опыты, не обнаруживъ никакого сколько-нибудь замѣтнаго вліянія собственно частоты раздраженія, могутъ служить лишь подтвержденіемъ сдѣланнаго нами раньше вывода (положеніе шестое) насчетъ зависимости эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока отъ продолжительности перерывовъ.

Этимъ я и заканчиваю изложеніе опытовъ, направленныхъ къ выясненію условій, при которыхъ можетъ быть наблюдаемо явленіе конечнаго сокращенія, и перехожу ко второй части настоящей главы.

II. Эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ продолжительными перерывами.

Первыя указанія на необходимость дальнѣйшаго изслѣдованія условій проявленія возбужденія на анодѣ прерывистаго тока были получены при опытахъ, которыми я закончилъ изложеніе первой части настоящей главы, а именно, при опытахъ съ измѣненіемъ частоты перерывовъ по второму изъ описанныхъ въ главѣ о методѣ способовъ. Оказалось, что извѣстный намъ результатъ (превращеніе конечныхъ сокращеній при большой въ тетанусъ при малой частотѣ раздраженія) наблюдается съ полною правильностью лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда сила раздражающаго тока болѣе или менѣе значительно превышаетъ ту, которая необходима для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія. Если же мы употребляемъ для опытовъ токи, сила которыхъ чуть-чуть достаточна для вызыванія размыкательныхъ сокращеній средней

величины, тогда съ такою-же правильностью получается слѣдующій результатъ: при раздраженіи нерва токомъ съ двойнымъ числомъ толчковъ наблюдается конечное сокращеніе, тогда какъ раздраженіе токомъ съ числомъ толчковъ вдвое меньшимъ остается безъ всякаго эффекта. Въ видѣ примѣра привожу міограмму за № 73, на которой всѣ обозначенія имѣютъ соотвѣтственно такой-же смыслъ, какъ и на описанныхъ выше міограммахъ за №№ 71 и 72.

Подобный результатъ кажется на первый взглядъ противорѣчащимъ результату опытовъ, описанныхъ въ концѣ предшествующей части. Въ самомъ дѣлѣ, тамъ мы видѣли, что удлиненіе продолжительности перерывовъ, происходящее при переходѣ отъ частаго раздраженія къ рѣдкому, обусловливаетъ переходъ простыхъ конечныхъ сокращеній въ постоянные тетанусы, т.-е. представляется какъ бы благопріятнымъ для появленія на анодѣ раздражающаго тока болѣе сильнаго возбужденія; здѣсь же мы замѣчаемъ какъ-разъ обратное: условія для возбужденія нерва при рѣдкомъ раздраженіи оказываются менѣе благопріятными, чѣмъ при частомъ.

Примирить это противорѣчіе можно очень легко, разъ только мы взвѣсимъ надлежащимъ образомъ результаты, описанные въ первой части настоящей главы.

Дѣйствительно, на всѣ предыдущія изслѣдованія нельзя смотрѣть, какъ на такія, которыя могли бы служить для выясненія условій, опредѣляющихъ собою силу возбуждающаго дѣйствія анода прерывистаго тока: всѣ они имѣли въ виду совершенно другую цѣль, а именно, исключительно лишь явленіе конечнаго сокращенія. Это послѣднее, независимо отъ какихъ бы то ни было теоретическихъ толкованій, заставляетъ насъ неизбѣжно признать, что при дѣйствіи на нервъ анода прерывистаго тока существуютъ тормозящія вліянія, мѣшающія каждому толчку обнаруживать свою возбуждающую способность въ теченіе всего періода, пока продолжается раздраженіе. Всѣ предыдущіе опыты и были направлены, слѣдовательно, къ опредѣленію условій, при которыхъ проявляется указанное тормозящее вліяніе. Между тѣмъ, очевидно, что опредѣленіе подобныхъ условій и опредѣленіе условій, отъ которыхъ зависитъ возбуждающее дѣйствіе анода, представляютъ собою двѣ вещи, совершенно различныя: можно очень легко представить себѣ случай, когда извѣстное вліяніе, способствуя усиленію возбуждающаго дѣйствія анода, вноситъ вмѣстѣ съ тѣмъ препятствія для его проявленія. Повидимому, съ подобнымъ случаемъ мы и имѣемъ дѣло при только что описанныхъ опытахъ: учащеніе раздраженія, усиливая возбуждающее дѣйствіе анода прерывистаго тока (опыты, описанные въ настоящей части), служитъ въ то-же время тормазомъ для его проявленія (опыты конца предшествующей части).

И такъ, описанный фактъ далъ намъ указаніе, что возбуждающее дѣйствіе анода зависитъ отъ характера прерывистаго тока. Желая изслѣдовать ближе существующую здѣсь зависимость, я и предпринялъ новые опыты. Для того, чтобы при этихъ послѣднихъ не сталкиваться больше съ изслѣдованнымъ въ предыдущей части тормозящимъ вліяніемъ, которое, очевидно, могло бы лишь затемнять результаты задуманныхъ опытовъ, я и рѣшилъ пользоваться только такими прерывистыми токами, продолжительность перерывовъ которыхъ имѣла величину значительно больше минимальной (продолжительные перерывы, см. главу о методѣ [1]) на стр. 54): при употребленіи такого рода токовъ, какъ намъ извѣстно (положеніе шестое на стр. 243), полученіе конечныхъ сокращеній становится невозможнымъ, а, слѣдовательно, нѣтъ никакихъ поводовъ предполагать существованіе тормозящихъ вліяній. Всего было сдѣлано мною четыре ряда опытовъ, къ описанію которыхъ я теперь и перехожу.

1. Первый рядъ опытовъ состоялъ въ повтореніи только что описанныхъ, а именно, я сравнивалъ между собою, по прежнему, эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ съ рѣдкими и частыми перерывами, измѣняя частоту раздраженія по второму нашему способу, т.-е. исключительно насчетъ продолжительности перерывовъ. Отличіе этихъ опытовъ отъ предыдущихъ состояло

[1]) Въ сущности, продолжительные перерывы, о которыхъ идетъ рѣчь здѣсь, не вполнѣ соотвѣтствуютъ тѣмъ продолжительнымъ перерывамъ, о которыхъ трактовалось въ главѣ о методѣ. Тамъ я подразумѣвалъ подъ указаннымъ названіемъ такую наибольшую продолжительность, до которой, безъ нарушенія правильности колебаній молоточка, я могъ доводить перерывы, исходя изъ установки прерывателя на минимальной величинѣ этихъ послѣднихъ. Благодаря необходимости исходить каждый разъ изъ установки прерывателя на минимальной продолжительности перерывовъ, я не могъ, конечно, доводить ихъ до такой величины, до которой они могли бы быть доведены въ случаѣ, если бы мы задавались исключительною цѣлью установить прерыватель такъ, чтобы ихъ продолжительность была по возможности больше. Не будучи органичиваемъ при описываемыхъ ниже опытахъ никакими стѣснительными условіями, я и придавалъ обыкновенно перерывамъ значительно большую величину, такъ что они бывали очень часто продолжительнѣе толчковъ. Кромѣ того, я пользовался часто прерывистымъ токомъ, получаемымъ при посредствѣ контактовъ колеблющагося молоточка лишь съ однимъ изъ штифтовъ (b или b' на таб. I), причемъ, конечно, перерывы удлинялись еще въ гораздо большей степени.

стояло, такимъ образомъ, только въ томъ, что теперь и при частомъ раздраженіи продолжительность перерывовъ тока имѣла значительную величину.

При подобныхъ опытахъ оказалось, что всегда можно найти такую (вообще незначительную) силу прерывистаго тока, при которой раздраженіе нерва двойнымъ числомъ толчковъ даетъ тетанусъ максимальной высоты, тогда какъ раздраженіе вдвое меньшимъ числомъ или совсѣмъ остается безъ эффекта, или даетъ тетанусъ значительно болѣе слабые. Въ видѣ примѣра привожу двѣ міограммы за №№ 74 и 75 [1]). Обѣ міограммы получены при послѣдовательномъ раздраженіи одного и того-же нерва. Послѣ окончанія опыта были сдѣланы всѣ измѣренія, необходимыя для опредѣленія продолжительности толчковъ и перерывовъ тока (см. стр. 46). При этомъ получились слѣдующія данныя: отклоненіе отъ непрерывнаго тока 48°, отклоненіе отъ прерывистаго тока съ частыми перерывами 13° 30′, частота перерывовъ 94. Отсюда уже легко сдѣлать всѣ необходимыя вычисленія.

Токъ съ частыми перерывами (2).	*Токъ съ рѣдкими перерывами (1).*
Частота перерывовъ . 94	Частота перерывовъ . 47
Продолжительность каждаго толчка . . . 0,0033	Продолжительность каждаго толчка . . . 0,0033
Продолжительность каждаго перерыва . . 0,0073	Продолжительность каждаго перерыва . . 0,0179

[1]) Относительно способа полученія приведенныхъ міограммъ я долженъ сдѣлать слѣдующее замѣчаніе. Намъ извѣстно изъ главы о методѣ, что переходъ отъ раздраженія нерва токомъ съ двойнымъ къ току съ вдвое меньшимъ числомъ толчковъ производился очень просто при помощи размыканія одного изъ ключей h или f (см. фиг. 9 на стр. 30). При размыканіи ключа h могутъ попадать къ нерву только толчки тока, замыкаемые со стороны штифта b', а при размыканіи ключа f только толчки, замыкаемые со стороны штифта b. Понятно, что въ случаѣ такой установки прерывателя, при которой продолжительность контактовъ молоточка съ обоими штифтами вполнѣ одинакова, представляется совершенно безразличнымъ, полученъ-ли токъ съ вдвое меньшимъ числомъ толчковъ при помощи размыканія того или другого ключа. Хотя при установкѣ прерывателя я постоянно старался придавать указаннымъ контактамъ точно одинаковую продолжительность, тѣмъ не менѣе, для большей увѣренности въ получаемомъ результатѣ, я продѣлывалъ описываемые въ текстѣ опыты такимъ образомъ, что изъ двухъ пробъ раздраженія нерва токомъ съ рѣдкими перерывами производилъ одну при размыканіи одного, а другую при размыканіи другого ключа. Полученіе при обѣихъ пробахъ одинаковыхъ результатовъ служило гарантіей, что всѣ толчки прерывистаго тока, дѣйствительно, имѣли одинаковую продолжительность, или, во всякомъ случаѣ, что разница ихъ продолжительности была столь ничтожна, что не могла оказывать никакого вліянія на результатъ опытовъ.

Принимая во вниманіе, что при описанныхъ опытахъ продолжительность толчковъ тока оставалась въ двухъ сравниваемыхъ случаяхъ совершенно одинаковой, а лишь измѣнялась продолжительность перерывовъ, мы можемъ на основаніи ихъ придти къ выводу, что *при равенствѣ продолжительности толчковъ, возбужденіе на анодѣ прерывистаго тока тѣмъ сильнѣе, чѣмъ короче перерывы.*

2. При второмъ рядѣ опытовъ, совершенно также, какъ и при описанныхъ выше, я сравнивалъ между собою эффекты раздраженія нерва прерывистымъ токомъ различной частоты, но измѣненіе этой послѣдней производилъ уже при помощи третьяго изъ описанныхъ въ главѣ о методѣ способовъ (см. стр. 56). При этомъ способѣ, какъ мы знаемъ, уменьшеніе частоты раздраженія вдвое происходитъ исключительно насчетъ соотвѣтствующаго удлиненія продолжительности толчковъ, продолжительность же перерывовъ сохраняетъ свою величину неизмѣнной.

При такого рода опытахъ оказалось, что раздраженіе нерва токомъ съ болѣе продолжительными толчками даетъ и болѣе сильный эффектъ.

Въ видѣ примѣра привожу міограмму за № 76. Пробы раздраженія, обозначенныя буквами V и V', соотвѣтствуютъ раздраженію токомъ съ рѣдкими, а обозначенныя черезъ VV' токомъ съ частыми перерывами (ср. стр. 136 и 137). При этомъ опытѣ были произведены измѣренія продолжительности толчковъ и перерывовъ тока. Полученныя данныя таковы: отклоненіе отъ непрерывнаго тока—50° 30′, отклоненіе отъ прерывистаго тока VV'—10° 30′, частота перерывовъ 100. Отсюда, послѣ соотвѣтствующихъ вычисленій, были получены всѣ требуемыя числа.

Токъ съ рѣдкими перерывами (V и V').	*Токъ съ частыми перерывами (VV').*
Частота перерывовъ . 50	Частота перерывовъ . 100
Продолжительность каждаго толчка . . . 0,0124	Продолжительность каждаго толчка . . . 0,0024
Продолжительность каждаго перерыва . . 0,0076	Продолжительность каждаго перерыва . . 0,0076

Приведенная міограмма показываетъ, до какой степени продолжительность толчковъ опредѣляетъ собою силу возбужденія

нерва на анодѣ прерывистаго тока: сильный токъ (4 *D* безъ реохорда) не даетъ никакого или почти никакого эффекта, если только указанная продолжительность имѣетъ незначительную величину. Впрочемъ, получить полное отсутствіе эффекта при раздраженіи токомъ 4 *D*. удается не часто. При употребленіи-же для опытовъ болѣе слабыхъ токовъ явленіе въ столь рѣзкомъ видѣ наблюдается постоянно.

На основаніи описаннаго второго ряда опытовъ мы можемъ, такимъ образомъ, придти къ выводу, что *при равенствѣ продолжительности перерывовъ, возбужденіе на анодѣ прерывистаго тока тѣмъ сильнѣе, чѣмъ продолжительнѣе толчки.*

3. Третій рядъ опытовъ имѣлъ цѣлью проверить инымъ способомъ результаты, полученные при первыхъ двухъ. Дѣло въ томъ, что при этихъ послѣднихъ измѣненіе продолжительности толчковъ и перерывовъ тока сопровождалось всегда измѣненіемъ частоты раздраженія. Хотя самый характеръ полученныхъ результатовъ указывалъ на то, что они зависятъ исключительно отъ продолжительности толчковъ и перерывовъ тока, а не отъ частоты раздраженія, тѣмъ не менѣе, было-бы желательно наблюдать тѣ-же явленія при условіяхъ, при которыхъ эта послѣдняя оставалась бы неизмѣнной. Для этого я воспользовался слѣдующимъ пріемомъ.

Изъ главы о методѣ мы знаемъ, что прерывистый токъ, доставляемый нашимъ прерывателемъ, слагался изъ отдѣльныхъ толчковъ, получаемыхъ вслѣдствіе поперемѣннаго касанія молоточка къ штифтамъ, расположеннымъ по обѣ его стороны. Тамъ-же былъ описанъ способъ, при помощи котораго достигалось равенство продолжительности соприкосновенія молоточка съ обоими штифтами (см. стр. 40). Представимъ себѣ теперь, что прерыватель нарочно устанавливается такимъ образомъ, чтобы указанная продолжительность была возможно различной. Мы можемъ достигнуть этого очень легко, измѣняя какъ натяженіе пружинъ g и g', такъ и положеніе электромагнитовъ E и E' (см. табл. I): съ той стороны, гдѣ мы желаемъ добиться большей продолжительности контакта, мы должны, насколько возможно, приблизить къ молоточку электромагнитъ и ослабить натяженіе пружины; съ противоположной же стороны, наоборотъ, должны удалить электромагнитъ и усилить натяженіе пружины. То и другое мы должны производить до тѣхъ поръ, пока молоточекъ сохранитъ еще способность правильно колебаться (правильность колебаній молоточка контролировалась телефономъ).

Добившись подобной установки, мы имѣемъ уже полную возможность сравнивать между собою эффекты, наблюдаемые при раздраженіи нерва прерывистыми токами одинаковой частоты, но съ весьма различной продолжительностью какъ толчковъ, такъ и перерывовъ. Для этого стоитъ только пользоваться токами, получаемыми при поочередномъ размыканіи ключей h и f. т.-е. токами, слагающимися изъ ряда толчковъ, замыкаемыхъ одинъ разъ со стороны одного, а другой разъ со стороны другого штифта.

Такіе опыты показали, что всегда есть возможность найти подходящую силу прерывистаго тока, при которой раздраженіе нерва рядомъ продолжительныхъ толчковъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга сравнительно короткими перерывами, дастъ тетанусъ, тогда какъ раздраженіе рядомъ болѣе короткихъ толчковъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга болѣе продолжительными перерывами, остается безъ всякаго эффекта. Другими словами, описываемый третій рядъ опытовъ подтверждаетъ вполнѣ выводы, сдѣланные на основаніи первыхъ двухъ.

Въ видѣ примѣра привожу міограмму за №: 77, на которой буквами b и b' обозначены пробы раздраженія нерва рядомъ болѣе короткихъ (b) и болѣе продолжительныхъ (b') толчковъ. И для этого опыта, точно также, какъ для описанныхъ раньше, я могу привести цифровыя данныя насчетъ продолжительности толчковъ и перерывовъ тока, употреблявшагося для раздраженія. На основаніи измѣреній было получено: отклоненіе отъ непрерывнаго тока — 63°, отклоненіе отъ прерывистаго тока съ короткими толчками (b) — 8°, отклоненіе отъ прерывистаго тока съ продолжительными толчками (b') — 35°30′, частота перерывовъ 42. Послѣ вычисленій получились слѣдующія данныя:

Прерывистый токъ съ болѣе короткими толчками (b).	*Прерывистый токъ съ болѣе продолжительными толчками (b').*
Продолжительность каждаго толчка 0,0037	Продолжительность каждаго толчка 0,0155
Продолжительность каждаго перерыва. . . . 0,0201	Продолжительность каждаго перерыва. . . . 0,0083
Частота перерывовъ . . 42	Частота перерывовъ . . 42

Сопоставляя между собою всѣ три ряда опытовъ, мы можемъ выразить полученный при нихъ результатъ въ видѣ слѣдующаго положенія.

Положеніе седьмое. Возбужденіе на анодѣ прерывистаго тока тѣмъ сильнѣе, чѣмъ продолжительнѣе толчки и короче перерывы.

4. Четвертый рядъ опытовъ возникъ изъ случайнаго наблюденія, сдѣланнаго мною при записываніи тетанусовъ, получаемыхъ при раздраженіи нерва сильнымъ восходящимъ токомъ. При нѣкоторыхъ опытахъ мнѣ удалось подмѣтить, что тетанусы начинались не въ самый моментъ замыканія цѣпи раздражающаго тока, а лишь спустя нѣкоторое время, которое, не обнаруживаясь на полученныхъ міограммахъ вслѣдствіе ничтожной скорости вращенія цилиндра, представлялось, тѣмъ не менѣе, отчетливо замѣтнымъ прямо на глазъ. Желая изслѣдовать ближе это явленіе, я и предпринялъ рядъ опытовъ съ записываніемъ подобныхъ тетанусовъ при большой скорости вращенія цилиндра. Для раздраженія употреблялся исключительно сильный восходящій токъ $4\ D$, причемъ нервъ не подвергался предварительной изолирующей поляризаціи. Такимъ образомъ, каждый опытъ производился на совершенно нормальномъ нервѣ. При бо́льшей части опытовъ я пользовался прерывистымъ токомъ, получаемымъ при посредствѣ контактовъ колеблющагося молоточка лишь съ однимъ изъ штифтовъ (одинъ изъ ключей h или f оставался постоянно разомкнутымъ, см. фиг. 9 на стр. 30), и только въ рѣдкихъ случаяхъ прибѣгалъ къ току, доставляемому прерывателемъ при обыкновенной его установкѣ (въ этомъ послѣднемъ случаѣ прерыватель устанавливался не на продолжительныхъ, а на минимальныхъ перерывахъ).

Для поясненія полученнаго результата привожу двѣ міограммы за №№ 78 и 79, изъ которыхъ первая принадлежитъ къ числу наиболѣе рѣзкихъ, а вторая демонстрируетъ явленіе въ томъ видѣ, въ какомъ оно наблюдается въ большинствѣ случаевъ. Верхняя линія на первой и нижняя на второй записаны электромагнитнымъ отмѣтчикомъ Депрэ, соединеннымъ съ батареей и электромагнитнымъ камертономъ Гельмгольца. Каждый зубецъ этой линіи соотвѣтствуетъ 0,01 секунды. Изъ остальныхъ двухъ линій верхняя записана мышцей, а нижняя другимъ отмѣтчикомъ Депрэ, предназначеннымъ для отмѣчанія моментовъ замыканія (поднятіе линіи) и размыканія (ея опусканіе) цѣпи раздражающаго тока. Моментъ замыканія отмѣченъ, кромѣ того, поставленной надъ соотвѣтствующимъ мѣстомъ міограммы буквой S. На міограммѣ за № 78, кромѣ раздраженія нерва сильнымъ восходящимъ токомъ записанъ еще результатъ раздраженія тѣмъ-же токомъ, но только нисходящаго направленія. Частота раздраженія при первомъ опытѣ равнялась 37, а при второмъ 45 толчкамъ въ секунду.

При томъ и другомъ опытѣ мы видимъ, что моментъ начала тетануса отдѣленъ отъ момента начала раздраженія весьма замѣтнымъ временемъ, далеко превышающимъ то, которое протекаетъ между соотвѣтствующими моментами при употребленіи для раздраженія нисходящаго тока (вторая проба раздраженія на міограммѣ за № 78). Кромѣ того, тетанусъ, начинаясь поздно, вмѣстѣ съ тѣмъ очень медленно нарастаетъ, по крайней мѣрѣ несравненно медленнѣе тетануса, получаемаго при раздраженіи нерва нисходящимъ токомъ [1]).

На основаніи приведенныхъ опытовъ не можетъ быть никакого сомнѣнія, что изъ ряда толчковъ сильнаго восходящаго тока много первыхъ остается совершенно безъ эффекта, затѣмъ рядъ дальнѣйшихъ даетъ возбужденіе, медленно усиливающееся и лишь весьма поздно достигающее максимальной величины. Другими словами, описанные опыты позволяютъ намъ придти къ слѣдующему положенію.

Положеніе восьмое. Возбужденіе, рождающееся на анодѣ каждаго изъ ряда толчковъ прерывистаго тока, тѣмъ сильнѣе чѣмъ дальше въ ряду находится данный толчекъ.

Описанные опыты были произведены съ прерывистымъ токомъ, получаемымъ при посредствѣ контактовъ молоточка лишь съ однимъ изъ штифтовъ, такъ что продолжительность перерывовъ имѣла значительную величину (приблизительно равнялась продолжительности толчковъ). Кромѣ нихъ, я имѣю еще опыты, при которыхъ, какъ это было замѣчено уже выше, пре-

[1]) Относительно описанныхъ опытовъ я долженъ сдѣлать еще нѣсколько замѣчаній.

Для полученія явленій въ томъ видѣ, въ какомъ они были представлены выше, требуется соблюденіе извѣстныхъ условій: въ противномъ-же случаѣ, мы рискуемъ наблюдать явленіе въ значительно менѣе рѣзкой формѣ, или даже можемъ не получить его вовсе (наблюденіе причинъ подобныхъ отступленій еще не закончено). Хотя эти условія приблизительно тождественны съ тѣми, которыя вообще были соблюдаемы при моихъ опытахъ, тѣмъ не менѣе, я считаю нужнымъ указать на нихъ еще разъ, такъ какъ соблюденіе ихъ въ данномъ случаѣ представляется особенно необходимымъ. Во-первыхъ, мы должны дѣлать опыты обязательно надъ среднею частью нерва и никоимъ образомъ не помѣщать электродовъ по сосѣдству съ поперечнымъ разрѣзомъ. Во-вторыхъ, нервъ долженъ быть только что отпрепарованъ и не долженъ подвергаться до начала опытовъ дѣйствію какого бы то ни было, а въ особенности сильнаго, тока. Въ-третьихъ, дѣлая рядъ пробъ раздраженія одного и того-же самаго нерва, нужно между отдѣльными пробами предоставлять нерву отдыхъ въ теченіе, по крайней мѣрѣ, одной или двухъ минутъ. Разъ всѣ эти условія соблюдены, явленіе получается съ абсолютною правильностью и притомъ, въ большинствѣ случаевъ, въ формѣ значительно болѣе рѣзкой, чѣмъ это представлено на міограммѣ за № 79.

рыватель сохранялъ свою обыкновенную установку на минимальной или близкой къ минимальной продолжительности перерывовъ. Благодаря этому послѣднему обстоятельству, было бы умѣстнѣе описывать ихъ въ первой части настоящей главы; однако, во избѣжаніе излишнихъ повтореній, я перенесъ ихъ сюда, тѣмъ болѣе, что они представляются еще не законченными, вслѣдствіе чего я принужденъ ограничиться по отношенію къ нимъ всего лишь нѣсколькими замѣчаніями. Подобные опыты показали, что и тѣ тетанусы, которые были названы раньше (см. стр. 233) постоянными и характернымъ признакомъ которыхъ считалась способность начинаться въ самый моментъ раздраженія и сразу-же достигать своей максимальной высоты, что и эти тетанусы представляются въ значительной степени сходными съ только что описанными, т.-е. и здѣсь между моментомъ раздраженія и началомъ тетануса протекаетъ бо́льшее время, и здѣсь нарастаніе тетануса совершается болѣе постепенно сравнительно съ тетанусами, наблюдаемыми при раздраженіи нисходящими токами. Однако, указанныя свойства выражены здѣсь менѣе рѣзко. Констатированіемъ одного этого факта я и долженъ здѣсь ограничиться, такъ какъ получившіе менѣе рѣзкій результатъ, я и пересталь производить опыты при подобныхъ условіяхъ, а занялся исключительно тѣми, которые были выше описаны.

Этимъ я и заканчиваю главу, посвященную изложенію фактическихъ данныхъ, полученныхъ при опытахъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока, и перехожу къ попыткѣ ихъ объясненія.

ГЛАВА IX.

Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока.

Факты, съ которыми мы познакомились въ предыдущей главѣ [1]), показываютъ, что между дѣйствіемъ на нервъ анода прерывистаго и постояннаго тока существуетъ много аналогій. Поэтому, желая предпринять попытку объясненія эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, мы неизбѣжно должны связать ее съ нашими представленіями о сущности размыкательнаго возбужденія.

Со времени изслѣдованій Пфлюгера установился, какъ извѣстно, взглядъ, что размыкательное возбужденіе зависитъ отъ исчезанія или ослабленія анэлектротона, — взглядъ, котораго придерживается въ настоящее время большинство физіологовъ. Какъ противовѣсъ ему, существуетъ еще объясненіе, защищавшееся горячо нѣсколько лѣтъ тому назадъ Грюцнеромъ [2]) и Тигерштедтомъ [3]). Оба автора, независимо другъ отъ друга, пришли къ выводу, что исчезаніе анэлектротона, само по себѣ, не обла-

[1]) Я долженъ замѣтить, что факты, описанные мною въ предыдущей главѣ, не представляются совершенно новыми въ томъ отношеніи, что цитированнымъ въ главѣ V авторамъ, занимавшимся вопросомъ о дѣйствіи на нервъ прерывистаго тока, удавалось также иногда наблюдать вмѣстѣ съ начальнымъ и конечное сокращеніе. Однако, это послѣднее было получаемо ими сравнительно рѣдко, такъ что всѣ они ограничиваются лишь упоминаніемъ объ явленіи, не приводя никакихъ дальнѣйшихъ подробностей. Поэтому-то и я не отвожу въ текстѣ особаго мѣста для изложенія литературныхъ данныхъ по поводу нашего вопроса, такъ какъ очевидно, что при всѣхъ объясненіяхъ мы можемъ руководствоваться лишь фактами, описанными въ предыдущей главѣ.

[2]) Grützner. Pflüger's Arch. B. XXXII. 1883.

[3]) Tigerstedt. Mittheil. v. physiol. Labor. d. carolin. medico-chirurg. Instit. in Stockholm. 2 Heft. 1882. Zur Theorie der Oeffnungszuckung.

дастъ ровно никакимъ возбуждающимъ дѣйствіемъ, а возбужденіе, появляющееся въ моментъ размыканія раздражающаго тока, зависитъ исключительно отъ дѣйствія на нервъ тока поляризаціоннаго, который, имѣя направленіе, противуположное сравнительно съ направленіемъ вызвавшаго его раздражающаго, долженъ, въ моментъ размыканія этого послѣдняго, служить источникомъ извращенія электротоническаго состоянія. А именно, тамъ, гдѣ нервъ находился въ состояніи катэлектротона, должно появиться состояніе анэлектротона, и наоборотъ, на мѣстѣ бывшаго анэлектротона нерву долженъ приходить въ состояніе катэлектротона. Это послѣднее, по мнѣнію названныхъ авторовъ, и дѣйствуетъ на нервъ возбуждающимъ образомъ. Другими словами, размыкательное возбужденіе отождествляется, по своему характеру, съ замыкательнымъ.

Всѣ опыты, описанные въ предыдущей главѣ, говорятъ, мнѣ кажется, рѣшительно въ пользу взглядовъ Грюнцера и Тигерштедта. По крайней мѣрѣ, мы увидимъ, что съ ихъ точки зрѣнія всѣ добытые нами результаты могутъ быть объяснены чрезвычайно легко и просто, тогда какъ, съ точки зрѣнія возбуждающаго дѣйствія исчезанія анэлектротона, они частью совсѣмъ необъяснимы, частью же могутъ быть объяснены лишь при помощи совершенно произвольныхъ предположеній. Вслѣдствіе этого, я смотрю на свое изслѣдованіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока, какъ на вѣское подтвержденіе теоріи возбужденія нерва поляризаціоннымъ токомъ, которая, со времени своего появленія, подвергалась многимъ нападкамъ (со стороны Германна, Фура) и которая считается теперь почти опровергнутой.

Откладывая общій обзоръ сдѣланныхъ противъ трактуемой теоріи возраженій до слѣдующей главы, я постараюсь теперь только показать, насколько она можетъ служить для объясненія изслѣдованныхъ мною явленій. При этомъ я буду пока принимать голословно, что между поляризаціонной теоріей (такъ я буду называть, ради краткости, теорію Грюнцера и Тигерштедта) и общеизвѣстными фактами не существуетъ никакихъ противорѣчій (попытка показать это будетъ сдѣлана лишь въ слѣдующей главѣ).

Способность нерва обнаруживать явленія поляризаціи, найденная Дюбуа-Реймономъ [1]) и Маттеучи [2]) (подобная способность мышцы была найдена Пельтье [3]) еще въ 1834) году и изслѣдованная затѣмъ Германномъ [4]), особенно обратила на себя вниманіе въ послѣднее время, когда данному вопросу были посвящены болѣе или менѣе обстоятельныя работы — Дюбуа-Реймона [5]), Тигерштедта [6]) Грюнцера [7]) и Германна [8]). Эти работы познакомили насъ съ нѣкоторыми характерными свойствами нервнаго поляризаціоннаго тока, которыми мы и должны руководствоваться при нашихъ объясненіяхъ.

Нервный, какъ вообще и всякій поляризаціонный токъ значительно слабѣе поляризующаго. Вслѣдствіе этого, понятно, онъ можетъ обнаруживать свое дѣйствіе лишь тогда, когда вызвавшій его токъ разомкнутъ. Во время же прохожденія по нерву этого послѣдняго, существованіе поляризаціи можетъ проявляться лишь въ болѣе или менѣе значительномъ ослабленіи того состоянія анэлектротона, въ которомъ находится нервъ подъ его вліяніемъ (здѣсь, какъ и при всѣхъ дальнѣйшихъ разсужденіяхъ, я говорю исключительно о состояніи, въ какомъ долженъ находиться участокъ нерва, подверженный дѣйствію анода раздражающаго тока, такъ какъ всѣ мои опыты, какъ мы знаемъ, устраивались такимъ образомъ, что получаемый эффектъ могъ зависѣть исключительно отъ процессовъ, происходящихъ на анодѣ). Допуская, что исчезаніе анэлектротона, совершенно такъ же, какъ и его появленіе, не обладаетъ ровно никакимъ возбуждающимъ дѣйствіемъ, *мы можемъ*, слѣдовательно, *сравнивать состояніе, въ которомъ находится нервъ, раздражаемый анодомъ прерывистаго тока, съ тѣмъ, въ которомъ бы онъ находился, подвергаясь дѣйствію катода ряда толчковъ, имѣющихъ продолжительность, соотвѣтствующую продолжительности перерывовъ, и отдѣльныхъ другъ отъ друга перерывами, соотвѣтствующими по своей продолжительности толчкамъ раздражающаго тока.* Въ самомъ дѣлѣ, въ то время, пока по нерву проходитъ

[1]) Du-Bois-Reymond. Gesammelte Abhandl. II. S. 191—193.

[2]) Matteucci. Comptes rendus. 1861, 1863, 1867 (Цитировано по указанной ниже работѣ Tigerstedt'a, стр. 4).

[3]) Du-Bois-Reymond. Unters. etc. II, 2, Berlin. 1860. S. 378.

[4]) Hermann. Untersuch. zur Physiol. d. Musk. u. Nerv. III. Berlin. 1868. Сюда-же должны быть отнесены многочисленныя работы Германна, помѣщенныя въ различныхъ томахъ Пфлюгеровскаго Архива, въ которыхъ этотъ изслѣдователь устанавливаетъ свою теорію электротона (перечень работъ приведенъ въ литературномъ указателѣ).

[5]) Du-Bois-Reymond. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1884.

[6]) Tigerstedt. Mitth. v. physiol. Labor. d. carolin. medico-chirurg. Inst. in Stockholm. 2 Heft. 1882. Ueber innere Polar. in den Nerven.

[7]) Grützner. Pflüger's Arch. XXXII. 1883.

[8]) Hermann. Pflüger's Arch. XXXIII. 1883. B. XLII. 1888.

каждый толчекъ этого послѣдняго, изслѣдуемый участокъ находится въ состояніи анэлектротона, которое, не обладая возбуждающимъ дѣйствіемъ, должно имѣть для нерва совершенно такое-же значеніе, какъ и состояніе полнаго покоя, другими словами, то-же значеніе, какое имѣетъ перерывъ въ случаѣ раздраженія катодомъ прерывистаго тока. Во время же каждаго перерыва, поляризаціонный токъ вызываетъ состояніе катэлектротона, т.-е. состояніе, вполнѣ соотвѣтствующее тому, въ какомъ находился бы нервъ, подвергающійся дѣйствію катода прерывистаго тока, во время каждаго толчка.

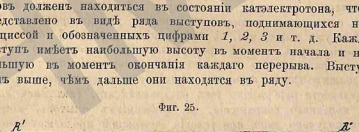
Руководствуясь извѣстными намъ свойствами нервнаго поляризаціоннаго тока, мы должны еще въ одномъ отношеніи дополнить представленную картину состоянія нерва, раздражаемаго анодомъ прерывистаго тока. А именно, мы должны прибавить, что *состояніе катэлектротона, въ которое нервъ приходитъ во время перерывовъ раздражающаго тока, должно съ каждымъ послѣдующимъ перерывомъ становиться все болѣе и болѣе сильнымъ.* Всѣ упомянутые выше изслѣдователи согласно утверждаютъ, во-первыхъ, что сила поляризаціоннаго тока опредѣляется какъ силой, такъ и въ особенности продолжительностью дѣйствія тока поляризующаго, и во-вторыхъ, что поляризаціонный токъ, начиная ослабѣвать съ момента прекращенія поляризаціи, исчезаетъ вполнѣ лишь спустя весьма продолжительное время. Основываясь на указанныхъ свойствахъ поляризаціоннаго тока при разборѣ занимающаго насъ случая, когда поляризующій токъ дѣйствуетъ на нервъ не непрерывно, а въ видѣ ряда толчковъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга перерывами, мы и должны придти къ только что приведенному выводу.

Дѣйствительно, поляризаціонный токъ, обнаруживающійся въ нервѣ послѣ окончанія перваго толчка раздражающаго тока, долженъ имѣть силу, опредѣляемую исключительно силой и продолжительностью этого послѣдняго, т.-е. силу сравнительно ничтожную, такъ какъ толчекъ раздражающаго тока длился лишь сравнительно короткое время. Поляризаціонный токъ послѣ втораго толчка долженъ быть уже нѣсколько сильнѣе: второй толчекъ падаетъ на нервъ, въ которомъ еще не изгладился поляризаціонный токъ, развившійся подъ вліяніемъ перваго, такъ что онъ долженъ уже не вызывать поляризацію съ самаго начала, а лишь продолжать дѣло, начатое первымъ толчкомъ. Точно также, поляризаціонный токъ послѣ третьяго толчка долженъ быть еще сильнѣе, такъ какъ третьему толчку приходится

лишь вести дальше дѣло, начатое первымъ и продолженное вторымъ, и т. д. и т. д. [1]).

Чтобы сдѣлать все сказанное болѣе наглядимымъ, привожу на нижеслѣдующей фиг. 25 схематическое изображеніе состоянія, въ которомъ, съ точки зрѣнія поляризаціонной теоріи, долженъ находиться нервъ при дѣйствіи на него анода прерывистаго тока. Линія oo' соотвѣтствуетъ нормальному состоянію нерва, толстыя черты, обозначенныя римскими цифрами, представляютъ собою дѣйствіе отдѣльныхъ толчковъ раздражающаго тока. Эти послѣдніе приводятъ нервъ въ состояніе анэлектротона, сообразно съ чѣмъ они и изображены примыкающими къ абсциссѣ снизу. Въ промежуткѣ между каждыми двумя толчками нервъ долженъ находиться въ состояніи катэлектротона, что и представлено въ видѣ ряда выступовъ, поднимающихся надъ абсциссой и обозначенныхъ цифрами *1, 2, 3* и т. д. Каждый выступъ имѣетъ наибольшую высоту въ моментъ начала и наименьшую въ моментъ окончанія каждаго перерыва. Выступы тѣмъ выше, чѣмъ дальше они находятся въ ряду.

Фиг. 25.



Представивши картину состоянія нерва во время раздраженія его анодомъ прерывистаго тока, посмотримъ, какимъ образомъ она можетъ служить для объясненія изслѣдованныхъ нами явленій, причемъ разберемъ порознь факты, описанные въ той и другой части предыдущей главы.

I. Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ минимальными перерывами.

Всѣ опыты, изложенные въ соотвѣтствующей части предыдущей главы, какъ объ этомъ было упомянуто уже раньше, со-

[1]) Ср. въ этомъ отношеніи Tigerstedt. Op. cit. Zur Theorie der Oeffnungszuckung. S. 10.

гласно указываютъ, что, при раздраженіи нерва рядомъ толчковъ прерывистаго тока съ минимальной или близкой къ минимальной продолжительностью перерывовъ, существуетъ какой-то моментъ, не позволяющій возбуждающему дѣйствію анода проявляться въ полной силѣ *во время раздраженія* и не мѣшающій такому проявленію *послѣ его окончанія*. Благодаря существованію подобнаго момента, дѣйствіе прерывистаго тока приближается, по своему характеру, къ дѣйствію постояннаго, по скольку оба тока оказываются способными давать размыкательное возбужденіе.

Спрашивается, въ чемъ состоитъ этотъ моментъ?

Допуская вѣрность поляризаціонной теоріи, мы сразу-же наталкиваемся на мысль, позволяющую объяснить явленіе конечнаго сокращенія, повидимому, вполнѣ удовлетворительно. Мы видѣли уже выше, что, съ точки зрѣнія указанной теоріи, раздраженіе нерва анодомъ прерывистаго тока совершенно равносильно раздраженію катодомъ ряда поляризаціонныхъ токовъ, продолжительность которыхъ соотвѣтствуетъ какъ разъ продолжительности перерывовъ тока раздражающаго. Такъ какъ явленіе конечнаго сокращенія, по показаніямъ опытовъ, можетъ быть получено лишь при условіи ничтожной продолжительности перерывокъ, когда, слѣдовательно, и служащіе источникомъ возбужденія поляризаціонные токи имѣютъ столь-же ничтожную продолжительность, поэтому естественно является мысль, что *короткость* этихъ послѣднихъ и обусловливаетъ собою отсутствіе возбужденія во время дѣйствія на нервъ раздражающаго тока. При прекращеніи же раздраженія, когда продолжительность поляризаціоннаго тока, оставляемаго въ нервѣ послѣднимъ толчкомъ раздражающаго, не ограничиваясь уже продолжительностью перерыва, становится значительно больше, нервъ приходитъ въ возбужденное состояніе, которое и обнаруживается въ видѣ конечнаго сокращенія.

Для поясненія высказанной мысли можетъ служить приведенная выше фиг. 25. Представимъ себѣ, что линія RR изображаетъ собою порогъ раздраженія, т.-е. разстояніе ея отъ абсциссы, обозначаетъ ту высоту катэлектротоническаго состоянія, которая необходима для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія подъ вліяніемъ замыканій постояннаго тока. Если на нервъ дѣйствуетъ токъ не въ видѣ замыканій на сравнительно продолжительное время, а въ видѣ короткихъ толчковъ, то, на основаніи извѣстнаго намъ изъ пятаго отдѣла главы IV, порогъ раздраженія для такихъ толчковъ долженъ быть значительно

выше: та-же самая сила тока, которая въ первомъ случаѣ вполнѣ достаточна для полученія максимальнаго возбужденія, во второмъ можетъ оставаться безъ всякаго эффекта. Допустимъ, что разстояніе отъ абсциссы линіи $R'R'$ и представляетъ собою ту высоту катэлектротона, которая необходима для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія подъ вліяніемъ толчковъ той продолжительности, какую имѣютъ изображенные на фигурѣ поляризаціонные токи. Очевидно, что всѣ представленные на нашей фигурѣ толчки должны оставаться безъ всякаго эффекта въ теченіе всего раздраженія: всѣ они не достигаютъ линіи $R'R'$. Но лишь только прекращается дѣйствіе прерывистаго тока (послѣ восьмаго толчка на фигурѣ), нервъ, подъ вліяніемъ поляризаціоннаго тока, приходитъ уже въ значительно болѣе продолжительное состояніе катэлектротона, для котораго порогъ раздраженія опредѣляется уже не линіей $R'R'$, а линіей RR. Такимъ образомъ, высота дѣйствующаго на нервъ катэлектротона оказывается теперь значительно выше порога раздраженія, вслѣдствіе чего и должно появиться явное возбужденіе.

Изложенное въ высшей степени простое представленіе оказывается вполнѣ достаточнымъ для объясненія рѣшительно всѣхъ явленій, описанныхъ въ первой части предыдущей главы. Могу сказать даже больше, изъ этого представленія всѣ указанныя явленія могутъ быть выведены уже а priori.

Чтобы убѣдиться въ этомъ, попытаемся развить очерченное представленіе дальше въ тѣхъ направленіяхъ, въ которыхъ были изслѣдованы нами эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока.

Вліяніе силы раздраженія. Выше уже было показано, почему на раздраженіе анодомъ прерывистаго тока нервъ способенъ реагировать простымъ конечнымъ возбужденіемъ. Очевидно, что сказанное можетъ относиться лишь къ случаю, когда постепенно усиливающіеся поляризаціонные токи не успѣваютъ достигнуть во время раздраженія силы, которая, несмотря на малую ихъ продолжительность, была бы уже достаточна для полученія явнаго возбужденія (не успѣваютъ достигнуть линіи $R'R'$ на фиг. 25); въ противномъ же случаѣ, раздражающій токъ долженъ возбуждать и во время своего дѣйствія. Понятно, что полученіе возбужденія въ этомъ послѣднемъ случаѣ тѣмъ вѣроятнѣе, чѣмъ быстрѣе нарастаетъ сила поляризаціонныхъ токовъ. Сила раздражающаго тока и должна оказывать вліяніе на быстроту подобнаго нарастанія, причемъ, по вполнѣ понятнымъ причинамъ, нарастаніе должно идти тѣмъ быстрѣе, чѣмъ сильнѣе раздраженіе. Поэтому, полу-

чая простыя конечныя сокращенія при дѣйствіи слабыхъ токовъ, мы должны уже получать тетанусы при дѣйствіи болѣе сильныхъ. Тетанусы должны, однако, начинаться не въ самый моментъ начала раздраженія, а лишь спустя извѣстное время (тѣмъ болѣе короткое, чѣмъ сильнѣе раздраженіе), въ теченіе котораго въ каждомъ данномъ случаѣ поляризаціонные токи успѣваютъ достигнуть достаточной силы. Кромѣ того, тетанусы, получаемые при подобныхъ условіяхъ, должны съ теченіемъ времени постепенно усиливаться (тѣмъ быстрѣе, чѣмъ сильнѣе раздражающій токъ), такъ какъ вызывающіе ихъ поляризаціонные токи тоже усиливаются лишь постепенно. Если раздраженіе прекращается въ тотъ моментъ, когда тетанусъ не успѣлъ еще достигнуть максимальной высоты, должно произойти мгновенное усиленіе тетануса, такъ какъ послѣдній поляризаціонный токъ, будучи болѣе продолжительнымъ, долженъ обладать и болѣе сильнымъ возбуждающимъ дѣйствіемъ, чѣмъ каждый изъ предшествующихъ.

Въ предыдущей главѣ мы видѣли (см. положеніи первое и второе на стр. 231 и 233), что такой ходъ явленій и наблюдается въ дѣйствительности. Остается пока необъясненнымъ только одно — это характерныя неправильности переходныхъ формъ тетануса. Однако, и онѣ могутъ быть легко объяснены отсутствіемъ полной равномѣрности въ продолжительности отдѣльныхъ перерывовъ раздражающаго тока: болѣе продолжительнымъ перерывамъ соотвѣтствуютъ и болѣе продолжительные поляризаціонные токи, которые и даютъ болѣе сильное возбужденіе.

Вліяніе предварительной поляризаціи. Въ пятомъ отдѣлѣ главы IV, гдѣ шла рѣчь объ эффектахъ раздраженія нерва катодомъ ряда короткихъ толчковъ, было показано, что предварительная поляризація сильнымъ токомъ того или другого направленія дѣлаетъ нервъ сравнительно мало чувствительнымъ къ раздраженію короткими толчками даже весьма сильнаго тока. Допуская, что возбужденіе, наблюдаемое при дѣйствіи на нервъ анода прерывистаго тока, зависитъ отъ короткихъ поляризаціонныхъ токовъ, мы должны вмѣстѣ съ тѣмъ допустить, что предварительная поляризація должна въ громадной степени затруднять полученіе тетанусовъ, такъ что тотъ-же самый прерывистый токъ, который до поляризаціи давалъ тетанусы, послѣ нея долженъ давать уже простыя конечныя сокращенія. Это, какъ мы видѣли въ предыдущей главѣ, и наблюдается на самомъ дѣлѣ (см. положеніе третье на стр. 234).

Для полнаго объясненія вліянія предварительной поляризаціи мы встрѣчаемъ лишь одно препятствіе. Изъ главы IV мы знаемъ,

что при помощи предварительной поляризаціи катодомъ можно достигнуть значительно болѣе полной невосприимчивости нерва къ дѣйствію короткихъ толчковъ, чѣмъ это удается при помощи предварительной поляризаціи анодомъ (см. стр. 144). Между тѣмъ, въ предыдущей главѣ мы видѣли, что та и другая облегчаютъ полученіе конечныхъ сокращеній приблизительно въ одинаковой степени. Однако, и эта трудность легко устраняется, если мы обратимъ вниманіе на извѣстный намъ изъ главы IV фактъ (см. стр. 146), что сильная степень невосприимчивости къ дѣйствію короткихъ толчковъ, развившаяся въ нервѣ подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ, способна въ значительной степени изглаживаться при послѣдующей поляризаціи анодомъ. Дѣйствительно, имѣя дѣло съ нервомъ, восприимчивость котораго къ короткимъ толчкамъ весьма понижена подъ вліяніемъ предварительной поляризаціи катодомъ, и раздражая его анодомъ прерывистаго тока, мы каждымъ толчкомъ этого послѣдняго приводимъ нервъ въ состояніе анэлектротона, чѣмъ и должны ослаблять въ большей или меньшей степени его невосприимчивость. Такимъ образомъ, обсуждая эффектъ, получаемый при раздраженіи подобнаго нерва, мы должны принимать во вниманіе не ту слабую восприимчивость къ короткимъ токамъ, которую нервъ имѣлъ до начала раздраженія, а ту болѣе высокую, которую онъ долженъ былъ пріобрѣсти во время раздраженія.

Вліяніе поляризаціи анодомъ. При раздраженіи нерва анодомъ прерывистаго тока до и во время поляризаціи анодомъ, нервъ въ первомъ случаѣ остается въ теченіе перерывовъ совершенно свободнымъ отъ дѣйствія на него извнѣ какого бы то ни было тока, тогда какъ во второмъ перерывы представляются неполными, такъ какъ поляризующій токъ проходитъ по нерву непрерывно. Этотъ токъ, имѣя въ нашемъ случаѣ направленіе, противоположное сравнительно съ направленіемъ поляризаціонныхъ токовъ, и приводя нервъ въ состояніе анэлектротона, долженъ, очевидно, ослаблять ихъ дѣйствіе въ бо́льшей или меньшей степени. При этомъ первые члены ряда постепенно усиливающихся поляризаціонныхъ токовъ, пока вызываемое ими состояніе катэлектротона не успѣло еще достигнуть той высоты, какую имѣетъ состояніе анэлектротона, вызываемое поляризующимъ токомъ, не должны проявляться вовсе. Всѣ же послѣдующіе, будучи сильнѣе тока поляризующаго, хотя и сохраняютъ способность приводить нервъ въ состояніе катэлектротона, но во всякомъ случаѣ въ состояніе болѣе слабое срав-

нительно съ тѣмъ, въ которое они приводили неполяризованный нервъ. Такимъ образомъ, эффектъ, получаемый при раздраженіи нерва во время поляризаціи, долженъ соотвѣтствовать вполнѣ эффекту, получаемому при дѣйствіи болѣе слабаго прерывистаго тока, т.-е. тетанусъ во время поляризаціи долженъ начинаться позднѣе, или даже вмѣсто тетануса должно получаться простое конечное сокращеніе. Результаты опытовъ, какъ мы видѣли (см. положеніе четвертое на стр. 236), вполнѣ подтверждаютъ это заключеніе.

Вліяніе поляризаціи катодомъ должно представляться противоположнымъ вліянію поляризаціи анодомъ, такъ какъ поляризующій токъ, совпадая по направленію съ токами поляризаціонными, долженъ вести не къ ослабленію, а къ усиленію этихъ послѣднихъ. Вслѣдствіе этого, конечныя сокращенія, получавшіяся до поляризаціи, должны подъ ея вліяніемъ превращаться въ тетанусы, что мы на самомъ дѣлѣ и видѣли (положеніе пятое на стр. 240).

Здѣсь я обращу особенное вниманіе на одинъ рядъ фактовъ, который, по моему мнѣнію, говоритъ особенно рѣзко въ пользу нашего взгляда на природу конечнаго сокращенія и переходныхъ формъ тетанусовъ. Я говорю объ описанныхъ въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ предыдущей главы опытахъ надъ вліяніемъ поляризаціи различной силы на эффекты раздраженія нерва анодомъ сильнаго прерывистаго тока. Мы видѣли, что при подобныхъ опытахъ мы можемъ, измѣняя силу поляризующаго тока, получать различные переходныя формы тетанусовъ, соотвѣтствующія вполнѣ подобнымъ-же формамъ, получаемымъ при раздраженіи неполяризованнаго нерва. Фактъ этотъ представляется особенно характернымъ потому, что здѣсь искусственно создаются условія, совершенно тождественныя тѣмъ, которыя, по нашему представленію, имѣютъ мѣсто при дѣйствіи анода прерывистаго тока безъ поляризаціи.

Въ самомъ дѣлѣ, при опытахъ, о которыхъ идетъ рѣчь, поляризующій и раздражающій токи имѣли взаимно-противоположное направленіе, причемъ сила раздражающаго была больше силы поляризующаго. Вслѣдствіе этого, во время каждаго толчка раздражающаго тока, этотъ послѣдній долженъ былъ брать перевѣсъ надъ поляризующимъ и, такимъ образомъ, приводить нервъ въ состояніе анэлектротона; во время же каждаго перерыва нервъ подвергался дѣйствію одного поляризующаго, подъ вліяніемъ котораго долженъ былъ приходить въ состояніе катэлектротона и находиться въ этомъ состояніи въ теченіе всего

перерыва. Очевидно, что подобное состояніе представляется по своему характеру совершенно тождественнымъ съ тѣмъ, въ которомъ долженъ находиться неполяризованный нервъ, подвергаясь дѣйствію анода прерывистаго тока. И въ этомъ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ дѣло тоже съ состояніемъ анэлектротона во время каждаго толчка и съ состояніемъ катэлектротона во время каждаго перерыва, съ тою только разницей, что состояніе катэлектротона появляется здѣсь не подъ вліяніемъ тока, дѣйствующаго на нервъ извнѣ, а подъ вліяніемъ развивающагося въ самомъ нервѣ поляризаціоннаго тока. Оба случая представляются сходными еще и въ томъ отношеніи, что въ моментъ прекращенія раздраженія въ нервѣ появляется уже не короткое, а продолжительное состояніе катэлектротона, обязанное своимъ происхожденіемъ поляризующему току въ первомъ и поляризаціонному во второмъ случаѣ.

И такъ, при раздраженіи нерва анодомъ прерывистаго тока во время поляризаціи катодомъ, мы *навърно* имѣемъ дѣло съ такими-же самыми отношеніями, существованіе которыхъ *предполагаемъ* при подобномъ-же раздраженіи безъ поляризаціи. Полученіе одинаковыхъ эффектовъ въ томъ и другомъ случаѣ говоритъ, конечно, въ значительной степени въ пользу вѣрности нашего предположенія; но крайней мѣрѣ, оно убѣждаетъ насъ, что это предположеніе несомнѣнно достаточно для объясненія наблюдаемыхъ явленій.

Обращу вниманіе еще на одно свойство переходныхъ формъ тетанусовъ, наблюдаемыхъ при раздраженіи нерва во время поляризаціи. Эти тетанусы, какъ было замѣчено уже въ предыдущей главѣ, отличаются отъ получаемыхъ при обыкновенныхъ условіяхъ въ томъ отношеніи, что они не нарастаютъ постепенно во время раздраженія, но сразу достигаютъ опредѣленной высоты, на которой и остаются (постепенно понижаясь) до момента прекращенія раздраженія, когда претерпѣваютъ внезапное повышеніе въ видѣ конечнаго сокращенія, насаженнаго на кривую тетануса. Отсутствіе постепеннаго нарастанія, столь характернаго для переходныхъ формъ тетанусовъ, наблюдаемыхъ при раздраженіи прерывистымъ токомъ неполяризованнаго нерва объясняется очень просто тѣмъ, что въ послѣднемъ случаѣ сила поляризаціонныхъ токовъ нарастаетъ лишь постепенно, тогда какъ здѣсь поляризующій токъ проявляется въ полной своей силѣ уже во время перваго перерыва раздражающаго тока.

Вліяніе продолжительности перерывовъ на эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока можетъ быть тоже

предугадано а priori съ точки зрѣнія поляризаціонной теоріи. Дѣйствительно, если возбужденіе при раздраженіи нерва анодомъ прерывистаго тока не обнаруживается или недостаточно обнаруживается только потому, что поляризаціонные токи представляются слишкомъ короткими, то очевидно, что оно должно обнаружиться сейчасъ-же, какъ только эти послѣдніе будутъ сдѣланы болѣе продолжительными, т.-е. когда продолжительность перерывовъ будетъ увеличена. При этомъ, конечно, должна изгладиться разница между возбуждающимъ дѣйствіемъ послѣдняго и всѣхъ предшествующихъ толчковъ, благодаря чему и полученіе явленія конечнаго сокращенія должно сдѣлаться невозможнымъ. Это, какъ мы видѣли (положеніе шестое на стр. 243), и наблюдается на самомъ дѣлѣ.

Вліяніе частоты перерывовъ. Опыты предыдущей главы показали, что измѣненіе частоты перерывовъ въ предѣлахъ, допускаемыхъ моимъ прерывателемъ, вліяетъ на эффекты раздраженія нерва лишь по столько, по скольку, вмѣстѣ съ измѣненіемъ частоты раздраженія, измѣняется продолжительность перерывовъ. Поэтому, все сказанное выше относительно вліянія этой послѣдней, можетъ быть приложено и къ данному случаю.

Такимъ образомъ, всѣ факты, описанные въ первой части предыдущей главы, оказываются до такой степени согласными съ поляризаціонной теоріей размыкательнаго возбужденія, что мы, руководствуясь ею, могли бы предвидѣть ихъ существованіе уже а priori. То-же самое имѣетъ мѣсто и по отношенію къ явленіямъ, изложеннымъ во второй части, къ объясненію которыхъ мы теперь и переходимъ.

II. Объясненіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока съ продолжительными перерывами.

Эффекты, получаемые при раздраженіи нерва анодомъ прерывистаго тока съ продолжительными перерывами, должны отличаться отъ соотвѣтствующихъ эффектовъ при дѣйствіи тока съ минимальными перерывами въ томъ отношеніи, что здѣсь реакція, вызываемая раздраженіемъ, должна служить непосредственнымъ отраженіемъ силы развивающихся въ теченіе перерывовъ поляризаціонныхъ токовъ. Въ самомъ дѣлѣ, поляризаціонные токи, имѣя теперь значительную продолжительность, должны проявлять въ полной силѣ свое возбуждающее дѣйствіе

въ теченіе всего періода, пока продолжается раздраженіе, а не только въ моментъ его прекращенія. Такимъ образомъ, при выясненіи вопроса, какое вліяніе должны оказывать, съ точки зрѣнія поляризаціонной теоріи, различныя измѣненія характера раздражающаго тока, намъ слѣдуетъ обращать вниманіе главнымъ образомъ на то, какъ должны отражаться подобныя измѣненія на силѣ поляризаціонныхъ токовъ.

Въ началѣ настоящей главы мы видѣли, что поляризаціонный токъ, вызываемый даннымъ толчкомъ раздражающаго, не можетъ быть разсматриваемъ, какъ результатъ дѣйствія на нервъ одного этого толчка, но долженъ зависѣть также въ бо́льшей или меньшей степени и отъ дѣйствія всѣхъ предшествующихъ. Подобная зависимость опредѣляется свойствомъ поляризаціоннаго тока исчезать сравнительно медленно послѣ окончанія вызвавшаго его толчка, такъ что каждый изъ послѣдующихъ толчковъ, падая на нервъ, въ которомъ еще не исчезъ поляризаціонный токъ, вызванный предшествующимъ, долженъ уже не начинать, а лишь продолжать поляризацію, начиная съ той величины, на которой онъ ее засталъ. Другими словами, сила поляризаціоннаго тока, оставляемаго въ нервѣ даннымъ толчкомъ раздражающаго, зависитъ, во-первыхъ, отъ величины поляризаціи, которую этотъ послѣдній способенъ вызвать, самъ по себѣ, и во-вторыхъ, отъ силы поляризаціоннаго тока, присутствовавшаго уже въ нервѣ къ моменту начала его дѣйствія.

Изъ сказаннаго непосредственно вытекаетъ, что сила поляризаціонныхъ токовъ, вызываемыхъ даннымъ прерывистымъ токомъ, должна находиться въ зависимости какъ отъ продолжительности толчковъ, такъ и отъ продолжительности перерывовъ этого послѣдняго: продолжительность толчковъ опредѣляетъ собою величину поляризаціи, которую способенъ вызвать каждый толчекъ самъ по себѣ, а отъ продолжительности перерывовъ зависитъ тотъ остатокъ поляризаціоннаго тока, которымъ могутъ воспользоваться послѣдующіе толчки. Такимъ образомъ, *поляризаціонные токи, вызываемые даннымъ прерывистымъ токомъ, должны быть тѣмъ сильнѣе, чѣмъ продолжительнѣе толчки и короче перерывы.* Сопоставляя этотъ выводъ съ положеніемъ седьмымъ (см. стр. 251), въ которомъ были формулированы нами результаты первыхъ трехъ рядовъ опытовъ второй части предыдущей главы, мы можемъ непосредственно убѣдиться, что полученные при указанныхъ опытахъ факты представляютъ непосредственное слѣдствіе поляризаціонной теоріи. Такое-же непосредственное слѣдствіе этой послѣдней составляютъ и результаты

четвертаго ряда опытовъ, въ чемъ читатель можетъ легко убѣдиться, сопоставивъ выведенное на основаніи ихъ положеніе восьмое (см. стр. 253) съ тѣмъ представленіемъ насчетъ постепеннаго измѣненія во времени силы поляризаціонныхъ токовъ, къ которому мы пришли въ началѣ настоящей главы (см. стр. 258) [1].

И такъ, не можетъ оставаться никакого сомнѣнія, что поляризаціонная теорія въ состояніи дать ясный отчетъ рѣшительно во всѣхъ фактахъ, изложенныхъ въ предыдущей главѣ. Поэтому не должно казаться слишкомъ смѣлымъ утвержденіе, высказанное мною въ началѣ настоящей главы, что все мое изслѣдованіе эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока служитъ весьма вѣскимъ доказательствомъ въ пользу поляризаціонной теоріи размыкательнаго возбужденія.

Теперь я долженъ заняться вопросомъ, въ какомъ отношеніи стоятъ изслѣдованные мною факты къ общепринятой теоріи, допускающей зависимость размыкательнаго возбужденія отъ исчезанія анэлектротона. Однако, по отношенію къ этому вопросу я постараюсь быть по возможности краткимъ.

Прежде всего замѣчу, что общепринятая теорія, хотя и могла бы, при помощи нѣкоторыхъ болѣе или менѣе произвольныхъ допущеній, объяснить въ общихъ чертахъ явленіе конечнаго сокращенія [2]), оказывается, однако, не въ состояніи дать

[1]) Съ нашей точки зрѣнія объясняется также, почему главный фактъ, обнаружившійся изъ четвертаго ряда опытовъ, т.-е. постепенность нарастанія тетанусовъ, получаемыхъ при раздраженіи нерва анодомъ сильнаго прерывистаго тока, проявляется особенно рѣзко лишь тогда, когда мы пользуемся прерывистымъ токомъ, состоящимъ изъ толчковъ, замыкаемыхъ колеблющимся молоточкомъ лишь со стороны одного, а не двухъ штифтовъ (см. табл. I). Въ первомъ случаѣ, вслѣдствіе значительной продолжительности перерывовъ, поляризаціонный слѣдъ, оставшійся отъ каждаго предшествующаго толчка къ моменту начала послѣдующаго, можетъ быть лишь сравнительно слабымъ, вслѣдствіе чего постепенное нарастаніе силы поляризаціонныхъ токовъ должно идти медленно. Во второмъ-же случаѣ, благодаря краткости перерывовъ тока, имѣетъ мѣсто какъ разъ обратное, т.-е. поляризаціонные токи нарастаютъ быстро, вслѣдствіе чего и тетанусъ сравнительно скоро достигаетъ своей максимальной высоты.

[2]) Стоитъ, напр., допустить, что для возбужденія нерва существуетъ извѣстный скрытый періодъ, такъ что онъ можетъ появляться лишь спустя извѣстное время послѣ того, какъ подѣйствовалъ раздражитель. Тогда отсутствіе возбужденія во время раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока могло бы быть объяснимо тѣмъ, что къ моменту, когда должно появляться возбужденіе отъ предшествующаго толчка, нервъ подвергается уже дѣйствію послѣ

отчетъ во всѣхъ деталяхъ явленія; по крайней мѣрѣ, для этого потребовалось бы прибѣгать каждый разъ все къ новымъ и къ новымъ совершенно произвольнымъ допущеніямъ. Не вдаваясь въ разборъ подобныхъ допущеній, я ограничусь лишь указаніемъ на нѣкоторые изъ добытыхъ въ предыдущей главѣ фактовъ, которые, по моему мнѣнію, стоятъ въ болѣе или менѣе рѣзкомъ противорѣчіи съ признаніемъ зависимости размыкательнаго возбужденія отъ исчезанія анэлектротона.

Къ такимъ фактамъ относится, во-первыхъ, обнаружившаяся рѣшительно при всѣхъ опытахъ способность анода прерывистаго тока вызывать возбужденіе, усиливающееся съ каждымъ дальнѣйшимъ толчкомъ. Допуская, что возбужденіе зависитъ исключительно отъ исчезанія анэлектротона, мы не находимъ никакой причины, которая могла бы заставить нервъ реагировать подобнымъ образомъ на рядъ совершенно одинаковыхъ толчковъ. Скорѣе даже можно было бы думать, что возбужденіе съ каждымъ послѣдующимъ толчкомъ будетъ не усиливаться, а ослабѣвать. Дѣйствительно, каждый послѣдующій толчекъ падаетъ на нервъ, въ которомъ долженъ существовать еще поляризаціонный токъ, вызванный предшествующими: существованіе подобнаго тока, имѣющаго направленіе, противоположное сравнительно съ направленіемъ раздражающаго, должно въ большей или меньшей степени ослаблять вызываемое этимъ послѣднимъ состояніе анэлектротона, а слѣдовательно и возбужденіе, зависящее отъ его исчезанія.

Точно также, съ точки зрѣнія господствующихъ взглядовъ, представляется необъяснимымъ фактъ, обнаружившійся при первомъ рядѣ опытовъ, описанныхъ во второй части предыдущей главы (см. стр. 249), а именно, фактъ, что возбужденіе на анодѣ ряда совершенно одинаковыхъ толчковъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ короче отдѣляющіе ихъ другъ отъ друга перерывы. Здѣсь опять скорѣе можно было бы ожидать найти какъ разъ обратное: чѣмъ короче перерывы, тѣмъ сильнѣе должны быть поляризаціонные токи, встрѣчаемые въ нервѣ толчками раздражающаго и, слѣдовательно, тѣмъ значительнѣе должно быть ослабленіе вызываемаго этими послѣдними анэлектротона.

дующаго, который, вызывая состояніе анэлектротона, т. е. (по общепринятымъ взглядамъ) понижая раздражительность, этимъ самымъ угнетаетъ возбужденіе, уже готовое проявиться. Когда раздраженіе прекращается, возбужденіе, не угнетаемое уже анэлектротономъ послѣдующаго толчка, проявляется въ видѣ конечнаго сокращенія.

Можно было бы указать еще на нѣсколько пунктовъ, по отношенію къ которымъ общепринятая теорія оказывается несостоятельной, но, ограничиваясь уже сказаннымъ, я закончу настоящую главу выводомъ, что *всѣ эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока легче и естественнѣе всего объясняются съ точки зрѣнія поляризаціонной теоріи Тигерштедта и Грюнцера.*

ГЛАВА X.

Объясненіе главныхъ явленій въ сферѣ анэлектротона постояннаго тока.

Настоящая глава, по отношенію ко всѣмъ моимъ изслѣдованіямъ эффектовъ раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока, имѣетъ совершенно такое-же самое значеніе, какое имѣла глава VII по отношенію къ эффектамъ раздраженія нерва катодомъ. Т.-е. я постараюсь въ ней показать, что то-же самое представленіе, которое позволяетъ до такой степени легко понять всѣ явленія возбужденія, наблюдаемыя при дѣйствіи прерывистаго тока, приложимо вполнѣ и къ соотвѣтствующимъ явленіямъ при дѣйствіи на нервъ постояннаго тока, чѣмъ, конечно, будетъ доставлено новое доказательство въ пользу вѣрности приведенныхъ въ предыдущей главѣ объясненій. Заручившись, такимъ образомъ, возможностью смотрѣть на возбуждающее дѣйствіе анода съ иной точки зрѣнія, чѣмъ это общепринято, я постараюсь, во-вторыхъ, показать, что изложенная въ главѣ I гипотеза суммированія оказывается теперь вполнѣ приложимой къ объясненію Пфлюгеровскаго анэлектротоническаго пониженія раздражительности.

А. *Объясненіе явленій возбужденія нерва анодомъ постояннаго тока.*

Задача, которую намъ предстоитъ выполнить въ теченіе настоящаго отдѣла, въ громадной степени облегчается существованіемъ превосходныхъ работъ Тигерштедта и Грюнцера, авторовъ поляризаціонной теоріи размыкательнаго возбужденія. Они

уже показали, что, отрицая способность анэлектротона возбуждать при своемъ исчезаніи, мы однимъ поляризаціоннымъ токомъ можемъ объяснить до мельчайшихъ деталей всѣ явленія возбужденія нерва на анодѣ постояннаго тока. Всѣ ихъ объясненія сводятся на то, что поляризаціонный токъ, получая возможность проявиться въ моментъ исчезанія анэлектротона (т.-е. въ моментъ размыканія раздражающаго тока), приводитъ нервъ въ возбужденное состояніе совершенно по тому-же самому закону, по которому дѣйствуетъ всякій токъ при своемъ замыканіи. Исходя изъ указанной мысли, они провели прекрасную параллель между условіями, опредѣляющими болѣе или менѣе сильное развитіе поляризаціоннаго тока съ одной стороны, и условіями, опредѣляющими силу размыкательнаго возбужденія, съ другой. Изъ этой параллели непосредственно вытекаетъ, что тѣ и другія точь въ точь совпадаютъ другъ съ другомъ, такъ что всякое вліяніе, способное усилить поляризаціонный токъ, усиливаетъ въ то-же время и размыкательное возбужденіе и наоборотъ. Другими словами, приложимость поляризаціонной теоріи къ объясненію возбуждающаго дѣйствія анода постояннаго тока была обнаружена упомянутыми изслѣдователями съ такою-же ясностью, съ какою въ предыдущей главѣ была показана ея приложимость къ объясненію возбуждающаго дѣйствія анода прерывистаго тока.

Послѣ работъ Грюнера и Тигерштедта можно вообще считать несомнѣннымъ, что поляризаціонная теорія *логически* вполнѣ способна объяснить явленіе размыкательнаго возбужденія (такой способности поляризаціонной теоріи не отрицаютъ сами ея противники). Поэтому, нѣтъ ни малѣйшей необходимости вдаваться по этому поводу въ разборъ отдѣльныхъ деталей, показывающихъ, насколько явленія возбужденія нерва всюду идутъ совершенно параллельно съ развитіемъ поляризаціоннаго тока: все это уже прекрасно разобрано въ работахъ упомянутыхъ авторовъ, куда я и отсылаю читателя. Здѣсь же я ограничусь прибавленіемъ къ объясненіямъ, даваемымъ Грюнеромъ и Тигерштедтомъ, лишь слѣдующаго замѣчанія. Признавая, что размыкательное возбужденіе въ сущности ничѣмъ не отличается отъ замыкательнаго, по скольку то и другое происходитъ исключительно подъ вліяніемъ катэлектротона, мы должны, вмѣстѣ съ тѣмъ, распространить на первое всѣ тѣ взгляды, которые были развиты нами въ главѣ VII по поводу второго. А именно, мы должны признать, что и здѣсь катэлектротонъ поляризаціоннаго тока обладаетъ возбуждающею способностью не только въ моментъ своего появленія, но въ теченіе всего времени, пока нервъ подвергается его дѣйствію. Точно также, и здѣсь мы должны приписывать катэлектротону способность понижать раздражительность нерва,— способность, обусловливающую собою то, что явное возбужденіе при размыканіи раздражающаго тока проявляется обыкновенно лишь въ видѣ одиночнаго сокращенія. Другими словами, тѣ два особенно подчеркнутыя положенія, которыя были признаны нами (см. стр. 213) вполнѣ достаточными для объясненія всѣхъ явленій возбужденія нерва на катодѣ прерывистаго и непрерывнаго токовъ, должны быть признаны также достаточными и для объясненія явленій на анодѣ.

Сказаннымъ я и могъ бы ограничиться при объясненіи явленій возбужденія нерва анодомъ постояннаго тока, если бы, съ одной стороны, поляризаціонная теорія, несмотря на ея способность объяснить всѣ главные факты, не подвергалась со времени своего появленія серьезнымъ нападкамъ, а съ другой, если бы я могъ согласиться со всѣми деталями взглядовъ, развиваемыхъ авторами трактуемой теоріи. Такъ какъ, на самомъ дѣлѣ, нѣтъ ни того, ни другого, поэтому я считаю необходимымъ остановиться еще на двухъ пунктахъ, во-первыхъ, на общей оцѣнкѣ возраженій, сдѣланныхъ до сихъ поръ противъ поляризаціонной теоріи, и, во-вторыхъ, на Грюнеровскомъ представленіи[1] насчетъ природы размыкательныхъ сокращеній, получаемыхъ при раздраженіи нерва вблизи поперечнаго разрѣза,— на представленіи, въ основѣ котораго, по моему мнѣнію, лежитъ не совсѣмъ вѣрный принципъ.

Начну съ оцѣнки возраженій.

Противъ поляризаціонной теоріи возражали до сихъ поръ Германнъ и Фуръ (изъ лабораторіи Фика).

Главныя возраженія Германна [1]) сводятся на общія соображенія относительно произвольности поляризаціонной теоріи. Мнѣ кажется, однако, что подобному возраженію нельзя придавать особенно серьезнаго значенія. Въ этомъ мы убѣждаемся сейчасъ-же при самомъ бѣгломъ взглядѣ на тѣ данныя, которыя имѣетъ за себя поляризаціонная теорія. Намъ извѣстно, во-первыхъ, что катэлектротонъ несомнѣнно обладаетъ способностью приводить нервъ въ возбужденное состояніе. Намъ извѣстно, во-вторыхъ, что поляризаціонный токъ вызываетъ въ нервѣ состояніе катэлектротона тамъ, гдѣ находился анодъ поляризующаго (этого

[1]) Hermann. Pflüger's Arch. B. XXXI. 1883.

обстоятельства не отрицаетъ и Германнъ; ср. 100 стр. его цитированной работы). Намъ извѣстно, въ-третьихъ, что сила поляризаціоннаго тока съ избыткомъ достаточна для возбужденія нерва. Это послѣднее стало несомнѣннымъ со времени послѣдней работы Германна, въ которой этотъ авторъ приходитъ къ выводу, что „поляризація нерва можетъ достигать силы, которая до нѣкоторой степени приближается къ силѣ поляризаціи металловъ“ [1]). Сопоставляя между собою приведенныя данныя, мы едва ли можемъ называть произвольной поляризаціонную теорію, которая приписываетъ наблюдаемый эффектъ (размыкательное возбужденіе) дѣятелю (катэлектротоническія вѣтви поляризаціоннаго тока), *навстрѣчу существующему и навстрѣчу способному* произвести тотъ эффектъ, который ему приписывается.

Кромѣ обвиненій въ произвольности, Германнъ приводитъ, какъ доказательство противъ поляризаціонной теоріи, нѣкоторыя наблюденія изъ области такъ называемыхъ вторичныхъ электродвигательныхъ явленій [2]). Такъ какъ подробный разборъ этого возраженія отвлекъ бы насъ слишкомъ далеко въ сторону, поэтому я ограничусь лишь замѣчаніемъ, что вторичныя электродвигательныя явленія представляются до сихъ поръ столь мало изслѣдованными и допускаютъ столь различныя толкованія, что всякому основанному на нихъ возраженію нельзя придавать пока рѣшающаго значенія.

Кромѣ упомянутыхъ двухъ возраженій, Германнъ указываетъ еще на явленіе такъ называемаго неполнаго размыкательнаго сокращенія, которое, по его мнѣнію, не можетъ быть согласовано съ теоріей Грюнцера и Тигерштедта. Невозможность подобнаго соглашенія, на которую Германнъ ссылался на основаніи чисто априористическихъ соображеній, была, повидимому, доказана экспериментально Фуромъ [1]).

Этотъ изслѣдователь, наблюдая эффекты раздраженія нерва линейными колебаніями тока, между прочимъ, сдѣлалъ опыты, которые, на его взглядъ, могли рѣшить вопросъ, отъ чего зависитъ размыкательное возбужденіе, отъ исчезанія-ли анэлектротона раздражающаго или отъ появленія катэлектротона поляризаціоннаго тока. Въ основаніи опытовъ этого автора лежали слѣдующія разсужденія. Если размыкательное возбужденіе, наблюдаемое при постепенномъ ослабленіи силы раздражающаго тока, зависитъ отъ поляризаціи, то оно можетъ появиться не раньше того момента, когда раздражающій токъ успѣетъ ослабѣть настолько, что поляризаціонный будетъ уже въ состояніи взять надъ нимъ перевѣсъ; если же обладаетъ возбуждающимъ дѣйствіемъ исчезаніе анэлектротона, то возбужденіе можетъ появиться и раньше. Для рѣшенія поставленнаго вопроса авторъ воспользовался особеннымъ приспособленіемъ, которое позволяло соединять на короткое время гальванометръ съ цѣпью раздражающаго тока какъ разъ въ то мгновеніе, когда, при постепенномъ ослабленіи дѣйствующаго на нервъ тока, происходило сокращеніе мышцы. Если бы при этомъ стрѣлка гальванометра отклонялась въ сторону поляризаціоннаго тока, тогда, по мнѣнію автора, поляризаціонная теорія могла бы быть допущена, въ противномъ же случаѣ она теряла бы подъ собой всякую почву. Опыты показали, что стрѣлка отклоняется всегда въ сторону раздражающаго тока, указывая этимъ, что возбужденіе происходитъ уже въ тотъ моментъ, когда поляризаціонный токъ, будучи пересиленъ токомъ раздражающимъ, не въ состояніи еще обнаружить своего дѣйствія.

Возраженіе Фура, какъ основанное на точныхъ экспериментальныхъ данныхъ, представляется, на первый взглядъ, чрезвычайно серьезнымъ. Такимъ его и считаютъ, повидимому, сами авторы поляризаціонной теоріи, насколько, по крайней мѣрѣ, можно заключать объ этомъ по ихъ молчанію. Тѣмъ не менѣе, мнѣ кажется, что трактуемое возраженіе основано цѣликомъ на недоразумѣніи, источникъ котораго кроется въ томъ, что при обсужденіи состоянія нерва обращается исключительное вниманіе на показанія гальванометра. Дѣйствительно, легко показать, что неполное размыкательное возбужденіе, съ точки зрѣнія поляризаціонной теоріи, можетъ быть объяснено столь же удовле-

[1]) Hermann. Pflüger's Arch. B. XLII. 1888. S. 35.

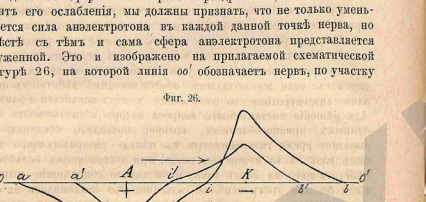
[2]) Hermann. Pflüger's Arch. B. XXXIII. 1883. S. 155. Я различаю въ текстѣ поляризаціонный токъ и вторичныя электродвигательныя явленія. Подобное различеніе представляется необходимымъ на томъ основаніи, что гальваническія явленія, обнаруживаемыя нервомъ послѣ прекращенія дѣйствія на него поляризующаго тока, далеко не исчерпываются появленіемъ одного только поляризаціоннаго тока. Одновременно съ этимъ послѣднимъ существуютъ еще токи, причина которыхъ пока еще не разгадана (объясненіе, предлагаемое для нихъ Германномъ, едва-ли можетъ считаться окончательнымъ) и которые, по всей вѣроятности, основываются на измѣненіи поляризующимъ токомъ физіологическихъ свойствъ нерва. Названіе „вторичныя электродвигательныя явленія“ было примѣнено Дюбуа-Реймономъ ко всей совокупности токовъ, наблюдаемыхъ въ нервѣ послѣ поляризаціи, такъ что поляризаціонный токъ представляетъ лишь часть вторичныхъ электродвигательныхъ явленій.

[1]) Fuhr. Pflüger's Arch. B. XXXIV. 1884.

творительно, какъ и полное, причемъ нѣтъ никакой нужды прибѣгать къ какимъ бы то ни было новымъ предположеніямъ, а вполнѣ достаточно пользоваться лишь общеизвѣстными фактами.

Всѣми признается, что сила раздражающаго тока опредѣляется собою не только силу, но и распространеніе по длинѣ нерва вызываемаго токомъ электротоническаго состоянія. Вслѣдствіе этого, обращая вниманіе на явленія, которыя должны происходить въ сферѣ анэлектротона раздражающаго тока въ моментъ его ослабленія, мы должны признать, что не только уменьшается сила анэлектротона въ каждой данной точкѣ нерва, но вмѣстѣ съ тѣмъ и сама сфера анэлектротона представляется съуженной. Это и изображено на прилагаемой схематической фигурѣ 26, на которой линія oo' обозначаетъ нервъ, по участку

Фиг. 26.



котораго AK проходитъ поляризующій токъ въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. Двѣ кривыя aib и $a'i'b'$ представляютъ собою распредѣленіе электротоническаго состоянія, вызываемаго въ нервѣ сильнымъ (кривая aib) и слабымъ (кривая $a'i'b'$) токомъ. Сфера распространенія анэлектротона, вызваннаго сильнымъ токомъ, доходитъ во внѣполюсномъ пространствѣ до точки a, тогда какъ сфера анэлектротона слабаго тока достигаетъ лишь точки a'. Понятно, что въ моментъ ослабленія раздражающаго тока должно происходить измѣненіе распредѣленія вызываемаго имъ анэлектротона въ смыслѣ перехода одной изъ кривыхъ на нашей фигурѣ въ другую. При этомъ, очевидно, долженъ существовать во внѣполюсномъ пространствѣ такой участокъ (aa'), гдѣ состояніе анэлектротона исчезаетъ вполнѣ, тогда какъ на всемъ остальномъ пространствѣ оно лишь ослабляется въ большей или меньшей степени.

Какъ бы мы ни представляли себѣ въ деталяхъ пути, по

которымъ поляризаціонный токъ проходитъ въ нервѣ, во всякомъ случаѣ, мы должны признать, что источникъ его лежитъ въ тѣхъ мѣстахъ нерва, гдѣ происходитъ поляризація, т.-е. вездѣ, куда распространяется электротоническое состояніе, а не только на мѣстахъ приложенія электродовъ поляризующаго тока. Такимъ образомъ, при дѣйствіи на нервъ болѣе сильнаго тока на нашей фигурѣ, поляризація происходитъ на всемъ пространствѣ ab, причемъ въ одномъ его участкѣ ai она имѣетъ одинъ, а въ другомъ ib — другой знакъ. Въ каждомъ изъ указанныхъ участковъ поляризація соотвѣтствующаго знака представляется сильнѣе всего у мѣстъ приложенія электродовъ поляризующаго тока (у точекъ A и K), а по мѣрѣ удаленія отъ нихъ становится все болѣе и болѣе слабой. Однимъ словомъ, въ каждой данной точкѣ нерва долженъ существовать параллелизмъ между силой электротоническихъ токовъ и силой вызываемой ими поляризаціи, причемъ всюду сила первыхъ должна перевѣшивать силу второй.

На основаніи приведенныхъ разсужденій, которыя не заключаютъ въ себѣ ровно ничего произвольнаго, являясь непосредственнымъ выводомъ изъ тѣхъ представленій о первной поляризаціи, которыми мы обязаны неутомимымъ работамъ Германна въ этой области, — на основаніи приведенныхъ разсужденій, становится очевиднымъ, что участокъ нерва aa' въ моментъ ослабленія силы раздражающаго тока, стоитъ совершенно въ такихъ-же условіяхъ, въ какихъ находится вся сфера анэлектротона въ моментъ полнаго размыканія тока. Другими словами, въ участкѣ aa' существуютъ на-лицо всѣ условія для проявленія развившагося здѣсь поляризаціоннаго тока, и если этотъ послѣдній способенъ при полномъ размыканіи раздражающаго тока приводить въ состояніе катэлектротона всю прежнюю сферу анэлектротона, то состояніе катэлектротона должно появиться въ участкѣ aa' и въ нашемъ случаѣ. А разъ существуютъ условія для появленія состоянія катэлектротона, вмѣстѣ съ тѣмъ даются условія и для появленія возбужденія. Понятно, что, соединяя въ это время гальванометръ съ цѣпью раздражающаго тока, какъ это дѣлалъ Фуръ, мы ничуть не обязаны получать отклоненій стрѣлки въ смыслѣ поляризаціоннаго тока.

И такъ, не можетъ быть, мнѣ кажется, никакихъ сомнѣній, что поляризаціонная теорія способна объяснить неполное размыкательное возбужденіе совершенно такъ-же, какъ и полное: какъ тамъ, такъ и здѣсь размыканіе раздражающаго тока ведетъ къ появленію въ нервѣ состоянія катэлектротона, съ тою только разницей, что это состояніе при полномъ размыканіи распро-

страняется на всю сферу анэлектротона, а при неполномъ — лишь на небольшой ея участокъ.

Кромѣ разобраннаго источника появленія неполнаго размыкательнаго возбужденія, можно указать еще и на другой, признаніе котораго вытекаетъ изъ нашихъ нынѣшнихъ представленій такъ-же неизбѣжно, какъ и признаніе перваго. На основаніи изслѣдованій Пфлюгера мы знаемъ, что распредѣленіе въ межнолюсномъ пространствѣ катэлектротона и анэлектротона различно при различныхъ силахъ поляризующаго тока: при сильныхъ токахъ беретъ перевѣсъ сфера анэлектротона, а при слабыхъ, наоборотъ, сфера катэлектротона. Указанныя отношенія и представлены на вышеприведенной фиг. 26, гдѣ сфера анэлектротона сильнаго тока распространяется въ межполюсное пространство до точки i, тогда какъ при слабомъ токѣ она доходитъ лишь до точки i'. Поэтому, ослабляя поляризующій токъ и слѣуживая такимъ образомъ сферу распространенія межполюснаго анэлектротона насчетъ соотвѣтствующаго расширенія сферы межполюснаго катэлектротона, мы, очевидно, переводимъ извѣстный участокъ межполюснаго пространства (участокъ ii') изъ состоянія анэлектротона въ состояніе катэлектротона, причемъ, конечно, имѣемъ всѣ шансы для приведенія его въ возбужденное состояніе. При такомъ способѣ происхожденія неполнаго размыкательнаго возбужденія нервъ возбуждается уже не подъ вліяніемъ поляризаціоннаго, а подъ вліяніемъ поляризующаго тока. Это, однако, представляется несущественнымъ, такъ какъ мы увидимъ вскорѣ, что поляризаціонная теорія вовсе не настаиваетъ на томъ, чтобы всякое размыкательное возбужденіе объяснять исключительно поляризаціоннымъ токомъ: она лишь утверждаетъ, что всякое размыкательное возбужденіе зависитъ не отъ исчезанія анэлектротона, а отъ развитія вслѣдствіе какой бы то ни было причины катэлектротоническаго состоянія.

Я сознаю, конечно, что предлагаемый мною способъ объясненія неполнаго размыкательнаго возбужденія страдаетъ многими недостатками, изъ которыхъ главный состоитъ въ отсутствіи непосредственныхъ экспериментальныхъ доказательствъ. Тѣмъ не менѣе, я рѣшился изложить его уже теперь, желая показать, что поляризаціонная теорія, даже съ той стороны, съ которой она казалась наиболѣе уязвимой, представляется всетаки не совсѣмъ беззащитной. Во всякомъ случаѣ, мнѣ кажется, приведенныя разсужденія должны убѣдить читателя, что явленіе неполнаго размыкательнаго возбужденія, по крайней мѣрѣ впредь до дальнѣйшихъ изслѣдованій, не можетъ быть утилизировано

въ смыслѣ доказательства въ пользу возбуждающей способности исчезанія анэлектротона.

Этимъ я и заканчиваю обзоръ главныхъ возраженій, сдѣланныхъ противъ поляризаціонной теоріи, и перехожу ко второму вопросу, на которомъ я хотѣлъ еще остановиться, а именно, къ Грюнеровскому способу объясненія размыкательныхъ сокращеній, получаемыхъ при раздраженіи нерва вблизи поперечнаго разрѣза.

Я замѣтилъ уже выше, что поляризаціонная теорія вовсе не настаиваетъ на томъ, чтобы считать поляризаціонный токъ единственной причиной размыкательнаго возбужденія. Напротивъ того, она, по крайней мѣрѣ въ томъ видѣ, въ какомъ была изложена Грюнеромъ, признаетъ, что такое возбужденіе зависитъ очень часто отъ нервнаго тока. Это именно имѣетъ мѣсто при раздраженіи участка нерва, расположеннаго вблизи поперечнаго разрѣза, или вообще участка, обнаруживающаго по какимъ бы то ни было причинамъ присутствіе нервнаго тока.

Поводомъ къ признанію важной роли нервнаго тока въ дѣлѣ произведенія размыкательнаго возбужденія послужило Грюнеру наблюденіе (сдѣланное, впрочемъ, раньше Грюнера Бидерманомъ [1]), что на средней части нерва, которая, какъ извѣстно, не обнаруживаетъ никакого тока, получить размыкательное возбужденіе очень трудно (такое возбужденіе можетъ быть получено лишь при сильныхъ токахъ), а вблизи поперечнаго разрѣза очень легко. Связь, существующую между нервнымъ токомъ и легкостью полученія размыкательнаго возбужденія, Грюнеръ истолковываетъ, исходя изъ того-же самаго представленія, при помощи котораго онъ объясняетъ различную чувствительность нерва вблизи разрѣза къ раздраженію токами противоположныхъ направленій (ср. стр. 223). Т.-е. здѣсь, какъ и тамъ, онъ придаетъ большое значеніе тому обстоятельству, какое направленіе (опредѣляемое гальванометромъ) имѣетъ раздражающій токъ относительно нервнаго.

Основываясь при своихъ разсужденіяхъ на случаѣ, когда раздражающій токъ приложенъ къ участку вблизи разрѣза въ восходящемъ направленіи, т.-е. въ направленіи противоположномъ сравнительно съ нервнымъ токомъ (этотъ послѣдній, какъ показываетъ гальванометръ, имѣетъ нисходящее направленіе),

[1]) Biedermann. Wiener Sitzungsber. B. LXXXIII. III Abth. 1881. S. 305 и 306.

авторъ утверждаетъ, что при этихъ условіяхъ должно происходить вычитаніе обоихъ токовъ. Вслѣдствіе этого, нервный токъ, смотря по силѣ раздражающаго, или только ослабляется, или совсѣмъ уничтожается или даже, благодаря перевѣсу раздражающаго тока, въ нервѣ начинаетъ циркулировать токъ противоположнаго направленія. Если теперь разомкнуть раздражающій токъ, то нервный токъ опять возвращается къ своей прежней силѣ, благодаря чему, какъ думаетъ авторъ, и происходитъ возбужденіе. Такимъ образомъ, размыкательное возбужденіе сводится, въ сущности, на замыкательное, обусловленное появленіемъ нервнаго тока.

Очевидно, что приведенное разсужденіе приложимо лишь къ случаю, когда оба тока (раздражающій и нервный) имѣютъ взаимно противоположное направленіе, если же они совпадаютъ другъ съ другомъ, ничего подобнаго получиться не можетъ. Поэтому, объясненіе Грюцнера могло бы быть допущено только при условіи, если бы легкость полученія размыкательнаго возбужденія вблизи разрѣза была связана исключительно съ восходящимъ направленіемъ раздражающаго тока. Между тѣмъ, и нисходящіе токи даютъ размыкательное возбужденіе такъ-же легко, если даже не легче, чѣмъ восходящіе, что было раньше замѣчено Бидерманномъ и что не ускользнуло и отъ наблюденія Грюцнера. Оставляя этотъ случай безъ объясненія, этотъ послѣдній авторъ все-таки настаиваетъ на развитомъ имъ представленіи.

Соглашаясь вполнѣ съ мнѣніемъ Грюцнера насчетъ важнаго значенія нервнаго тока при размыкательномъ возбужденіи, я думаю, однако, что и здѣсь его объясненіе страдаетъ тѣмъ-же недостаткомъ, на который мною было указано прежде (стр. 224). Мнѣ кажется, именно, что и для объясненія размыкательнаго возбужденія нѣтъ ни малѣйшаго повода приписывать какую бы то ни было роль относительному направленію раздражающаго и нервнаго тока. Не останавливаясь подробно на всѣхъ деталяхъ, наблюдаемыхъ вблизи поперечнаго разрѣза явленій (по той-же причинѣ, о которой было упомянуто на стр. 223), я покажу только въ общихъ чертахъ, какимъ образомъ и здѣсь моя гипотеза суммированія позволяетъ видоизмѣнить взгляды Грюцнера такъ, что они оказываются уже согласными съ фактами, данными непосредственнымъ опытомъ.

Въ одной изъ предыдущихъ главъ было упомянуто, что нервъ вблизи разрѣза находится въ состояніи катэлектротона (стр. 224), т.-е. оказывается пронизаннымъ вѣтвями нервнаго тока, направ-

ляющимися всюду изъ осевого цилиндра въ мізлинное вещество. Эти-то вѣтви, по моему мнѣнію, и суммируются съ электротоническими вѣтвями тока раздражающаго, причемъ въ сферѣ катэлектротона этого послѣдняго, какъ это было развито раньше, происходитъ взаимное складываніе тѣхъ и другихъ, а въ сферѣ анэлектротона происходитъ ихъ взаимное вычитаніе. Такимъ образомъ, въ сферѣ анэлектротона раздражающаго тока, всюду гдѣ его анэлектроническія вѣтви *входятъ* въ осевой цилиндръ, онѣ, сообразно своей силѣ, уничтожаютъ часть или всѣ катэлектроническія вѣтви нервнаго тока, которыя въ каждомъ данномъ мѣстѣ *выходятъ* изъ осевого цилиндра. Когда раздражающій токъ размыкается, исчезнувшее было состояніе катэлектротона опять возстановляется въ полной своей силѣ, благодаря чему и получается наблюдаемое при данныхъ условіяхъ размыкательное возбужденіе. Очевидно, что предлагаемое объясненіе приложимо совершенно одинаково къ дѣйствію на нервъ какъ восходящаго, такъ и нисходящаго тока.

Теперь, когда разобраны тѣ два пункта, на которыхъ мы хотѣли остановиться въ теченіе перваго отдѣла настоящей главы, мы имѣемъ, мнѣ кажется, полное право сказать, что поляризаціонная теорія, позволившая до такой степени легко объяснить всѣ эффекты раздраженія нерва анодомъ прерывистаго тока, оказывается столь-же способной объяснить и всѣ явленія возбужденія на анодѣ постояннаго тока [1]). По крайней мѣрѣ, до сихъ

[1]) Читателю можетъ показаться страннымъ, что, придавая поляризаціонному току столь важное значеніе въ опредѣленіи явленій на анодѣ раздражающаго тока, я совершенно не упоминалъ о немъ, когда шла рѣчь объ объясненіи явленій возбужденія на катодѣ. Я поступилъ такимъ образомъ съ цѣлью не усложнять изложенія введеніемъ новаго фактора, который, дѣйствуя въ томъ-же направленіи, какъ и разобранные тогда нами, не могъ бы внести въ наши объясненія ничего существенно важнаго. Въ самомъ дѣлѣ, вліяніе поляризаціоннаго тока во время дѣйствія на нервъ поляризующаго могло бы выразиться лишь въ видѣ ослабленія катэлектротоническихъ вѣтвей этого послѣдняго: подобное ослабленіе, соотвѣтствуя ослабленію дѣйствующаго на нервъ раздражителя (состояніе катэлектротона), должно повести лишь къ тому, что при прогрессивномъ паденіи раздражительности токъ окажется уже неспособнымъ вызывать иное возбужденіе нѣсколько раньше, чѣмъ при отсутствіи подобнаго ослабленія. Точно также въ моментъ размыканія раздражающаго тока поляризаціонный токъ, приводя нервъ въ состояніе анэлектротона, долженъ вносить лишь новыя условія, благодаря которымъ невосприимчивость нерва къ раздраженію новымъ токомъ должна оказаться нѣсколько больше: дѣйствующій теперь раздражитель долженъ не только перевѣшивать существующій въ данный моментъ высокій порогъ раздраженія, но долженъ

поръ ни кѣмъ не было указано ни единаго случая, который могъ бы служить болѣе или менѣе убѣдительнымъ доказательствомъ въ пользу возбуждающей способности исчезанія анэлектротона. Наоборотъ, есть возможность показать, что во всѣхъ случаяхъ, при которыхъ подобное исчезаніе сопровождается возбужденіемъ, существуютъ въ нервѣ условія для появленія состоянія катэлектротона. Такъ какъ возбуждающая способность этого послѣдняго не подлежитъ ни малѣйшему сомнѣнію, поэтому, очевидно, мы *принуждены* пока признавать, что размыкательное возбужденіе по своей природѣ ничѣмъ не отличается отъ замыкательнаго. Мы принуждены признать это тѣмъ болѣе, что такимъ образомъ открывается возможность объяснить массу явленій, которыя иначе оставались бы совершенно непонятными.

Такимъ образомъ, присоединяясь къ взглядамъ Гроцнера и Тигерштедта (внося въ нихъ лишь видоизмѣненія, указанныя раньше), я считаю себя въ правѣ утверждать, что *анэлектротонъ ни во время своего появленія, ни во время своего исчезанія, ни во время своего дѣйствія на нервъ съ неизмѣнной силой не обладаетъ ровно никакой возбуждающей способностью, которая присуща лишь исключительно состоянію катэлектротона.*

Допуская вѣрность высказаннаго утвержденія, мы получаемъ возможность упростить до-нельзя законъ возбужденія нерва электрическимъ токомъ, сводя его лишь на одно единственное положеніе:

Электрическій токъ способенъ возбуждать лишь по стольку, по скольку онъ вызываетъ въ нервѣ состояніе катэлектротона

Этого одного положенія, въ связи съ извѣстными намъ свойствами катэлектротона (см. стр. 213), вполнѣ достаточно для объясненія всѣхъ эффектовъ раздраженія нерва катодомъ и анодомъ какъ прерывистаго, такъ и непрерывнаго тока.

В. *Пфлюгеровское анэлектротоническое пониженіе раздражительности.*

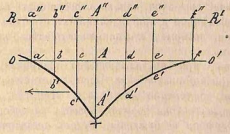
Въ настоящемъ отдѣлѣ, точно также, какъ и въ соотвѣтствующемъ отдѣлѣ главы VII, я долженъ опять вернуться къ своей гипотезѣ суммированія, съ цѣлью показать, что она, при

также потратить часть своихъ катэлектротоническихъ вѣтвей на компенсированіе присутствующихъ въ нервѣ анэлектротоническихъ вѣтвей поляризаціоннаго тока. Единственный пунктъ, по отношенію къ которому поляризаціонный токъ, по всей вѣроятности, играетъ важную роль при опредѣленіи явленій,

нашихъ новыхъ взглядахъ на законъ возбужденія нерва токомъ, можетъ быть вполнѣ примѣнена къ объясненію наблюдаемыхъ въ сферѣ анэлектротона явленій. При этомъ объясненіи я буду поступать совершенно такъ-же, какъ и при объясненіи соотвѣтствующихъ явленій въ сферѣ катэлектротона, т.-е. постараюсь, на основаніи защищаемыхъ мною взглядовъ, вывести чисто дедуктивно все то, что наблюдается въ дѣйствительности, причемъ для подобнаго вывода воспользуюсь тоже графическимъ представленіемъ тѣхъ факторовъ, которые должны принимать участіе въ явленіяхъ.

Допустимъ, что линія oo' на прилагаемой фигурѣ 27 изображаетъ нервъ, по которому проходитъ токъ въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. Анодъ тока приходится на мѣстѣ точки A, катодъ-же (не изображенный на фигурѣ) долженъ быть представленъ лежащимъ дальше влѣво. По обѣ стороны анода нервъ находится въ состояніи анэлектротона, т.-е. оказывается (на основаніи теоріи Германна) пронизаннымъ рядомъ вѣтвей поляризующаго тока, входящихъ въ осевой цилиндръ. Сила этихъ анэлектротоническихъ вѣтвей въ различныхъ точкахъ нерва изображена на фигурѣ кривой aAf. Нормальная раздражительность

Фиг. 27.



представлена линіей RR', разстояніе которой отъ линіи oo' обозначаетъ высоту катэлектротона, необходимую для полученія минимума возбужденія.

На основаніи нашей гипотезы суммированія, мы должны допустить, что состояніи катэлектротона и анэлектротона физически

наблюдаемыхъ въ сферѣ катэлектротона въ моментъ размыканія раздражающаго тока, состоитъ въ томъ, что переходъ состоянія катэлектротона въ состояніе анэлектротона долженъ способствовать болѣе быстрому оправленію нерва отъ развившагося подъ вліяніемъ перваго пониженія раздражительности.

противоположны другъ другу, такъ что, встрѣчаясь на однихъ и тѣхъ-же мѣстахъ нерва, взаимно другъ друга уничтожаютъ. Отсюда очевидно, что раздражающій токъ, будучи приложенъ въ различныхъ точкахъ поляризованнаго нерва a, b, c, A и т. д., можетъ дать возбужденіе лишь при условіи, когда сила вызываемаго имъ катэлектротона равняется послѣдовательно линіямъ aa'', $b'b''$, $c'c''$, $A'A''$ и т. д. Часть этой силы, а именно $b'b$, $c'c$, $A'A$ и т. д., должна пойти на уничтоженіе присутствующаго въ данномъ мѣстѣ нерва анэлектротона, а остающіяся величины aa'', bb'', cc'', AA'' и т. д., соотвѣтствующія разстоянію между линіями oo' и RR', приводятъ нервъ въ состояніе катэлектротона такой силы, которая уже можетъ вызывать первые слѣды возбужденія. Если бы мы, слѣдуя общепринятому пріему, стали измѣрять раздражительность нерва той силой раздражающаго, т.-е. вновь прибавляемаго тока, которая необходима для полученія минимума возбужденія, то мы должны были-бы придти къ выводу, что раздражительность въ сферѣ анэлектротона понижена, и понижена тѣмъ рѣзче, чѣмъ ближе къ положительному полюсу, т.-е. къ выводу, стоящему въ полнѣйшемъ согласіи съ наблюдаемыми фактами.

Приведенныя разсужденія относятся къ случаю, когда раздраженіе нерва предпринимается вслѣдъ за замыканіемъ поляризующаго тока. Очевидно, однако, что сущность явленій должна оставаться неизмѣнной и при дальнѣйшихъ стадіяхъ поляризаціи.

Усложненія, которыхъ можно ожидать здѣсь, касаются лишь двухъ пунктовъ.

Во-первыхъ, при продолжающейся поляризаціи, вслѣдствіе развитія поляризаціоннаго тока, анэлектротоническое состояніе нерва должно постепенно ослабѣвать. Понятно, что подобное ослабленіе анэлектротона должно повести за собою то, что теперь, для полученія возбужденія, будетъ достаточно уже болѣе слабаго раздраженія, чѣмъ прежде, такъ что пониженіе раздражительности (опять употребляя это выраженіе въ общепринятомъ его значеніи) будетъ дѣлаться съ теченіемъ поляризаціи все менѣе и менѣе рѣзкимъ [1]). Это и есть какъ разъ то, что

[1]) Нѣтъ сомнѣнія, что развитіе поляризаціоннаго тока должно вызывать не только ослабленіе анэлектротона, но также и ослабленіе катэлектротона. Поэтому, въ объясненіи постепеннаго пониженія эффекта въ сферѣ катэлектротона поляризованнаго нерва, данному нами во второй половинѣ главы VII, нужно еще прибавить, что указанное пониженіе зависитъ не только отъ пониженія раздражительности, но также и отъ ослабленія состоянія катэлектротона. Оставляя безъ вниманія дѣйствіе поляризаціоннаго тока при объясненіи

было установлено Пфлюгеромъ по отношенію къ послѣдовательному измѣненію раздражительности въ сферѣ анэлектротона.

Во-вторыхъ, весьма возможно, что и истинная раздражительность нерва не остается съ теченіемъ поляризаціи на одной и той-же высотѣ. Зная, что въ сферѣ катэлектротона истинная раздражительность понижена, зная затѣмъ, что явленія въ сферѣ катэлектротона и анэлектротона представляются во многихъ отношеніяхъ прямо противоположными другъ другу, мы не можемъ считать невѣроятнымъ предположеніе, что истинная раздражительность въ сферѣ анэлектротона постепенно повышается. Если бы подобное повышеніе на самомъ дѣлѣ существовало, оно должно было-бы выразиться тоже въ видѣ постепеннаго ослабѣванія раздражителя, необходимаго для полученія минимума возбужденія. Рѣшеніе вопроса насчетъ существованія или отсутствія подобнаго повышенія истинной раздражительности могло бы быть достигнуто при такихъ-же опытахъ, при помощи которыхъ была доказана въ моей прежней работѣ способность катэлектротона понижать раздражительность. А именно, производя рядъ послѣдовательныхъ раздраженій нерва въ сферѣ анэлектротона, мы должны были бы слѣдить за тѣми измѣненіями, которымъ подвергается съ теченіемъ поляризаціи сила удара, необходимаго для полученія первыхъ слѣдокъ возбужденія или, какъ это обыкновенно говорятъ, изслѣдовать постепенное измѣненіе раздражительности нерва. Если-бы при такого рода опытахъ оказалось, что порогъ раздраженія, при своемъ постепенномъ пониженіи (постепенное пониженіе порога раздраженія въ сферѣ анэлектротона съ теченіемъ поляризаціи было констатировано, какъ это упомянуто выше, уже Пфлюгеромъ), никогда не доходитъ до нормы, а тѣмъ болѣе не опускается ниже ея, то изъ подобнаго результата нельзя было-бы вывести никакого опредѣленнаго заключенія насчетъ занимающаго насъ вопроса: подобное пониженіе порога раздраженія могло бы быть объясняемо исключительно ослабленіемъ анэлектротоническаго состоянія вслѣдствіе поляризаціи. Въ случаѣ-же, если-бы опыты показали, что при извѣстныхъ условіяхъ порогъ раздраженія можетъ опускаться ниже нормы, то, очевидно, мы должны были-бы отсюда заключить, что, одновременно съ ослабленіемъ анэлектротоническаго состоянія, существуетъ также и повышеніе истинной раздражительности нерва.

всѣхъ явленій въ сферѣ катэлектротона (см. сноску на стр. 281), я не хотѣлъ усложнять изложенія упоминаніемъ о поляризаціонномъ токѣ и по поводу этого случая.

Опыты описываемаго характера производились мною еще въ то время, когда я изслѣдовалъ раздражительность поляризованнаго нерва въ сферѣ катэлектротона. При этомъ оказалось, что съ теченіемъ поляризаціи наблюдается постепенное опусканіе порога раздраженія, доходящее иногда до величины, значительно ниже нормальной, очень часто до величины, стоящей лишь нѣсколько ниже нормы, и сплошь да рядомъ до величины, приблизительно соотвѣтствующей нормѣ. Благодаря такому неполному постоянству результатовъ, я въ то время не приписывалъ своимъ опытамъ никакого серьезнаго значенія и, не желая публиковать ихъ, не сохранилъ полученныхъ при нихъ протоколовъ. Это послѣднее обстоятельство и не позволяетъ мнѣ придавать своимъ старымъ опытамъ рѣшающаго значенія, такъ что я лишь упоминаю о нихъ, съ цѣлью показать, что мысль о существованіи повышенія истинной раздражительности въ сферѣ анэлектротона не представляется вполнѣ произвольной.

Какъ бы то ни было, признаемъ-ли мы существованіе въ сферѣ анэлектротона повышенія раздражительности, или допустимъ, что эта послѣдняя остается безъ измѣненія, во всякомъ случаѣ, не можетъ подлежать никакому сомнѣнію, что гипотеза суммированія даетъ полную возможность объяснить всѣ явленія, наблюдаемыя во время поляризаціи. Также удовлетворительно объясняется и то, что происходитъ послѣ размыканія поляризующаго тока.

Мы знаемъ уже, что, послѣ прекращенія поляризаціи, участокъ нерва, находившійся въ состояніи анэлектротона, приходитъ, подъ вліяніемъ поляризаціоннаго тока, въ катэлектротоническое состояніе. Вслѣдствіе этого, явленія въ сферѣ анэлектротона послѣ размыканія поляризующаго тока должны вполнѣ соотвѣтствовать явленіямъ въ сферѣ катэлектротона во время поляризаціи, т.-е. суммированіе катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго тока съ подобными-же вѣтвями поляризующаго должно вести къ повышенію эффекта. Это, какъ извѣстно, и наблюдается на самомъ дѣлѣ.

Съ этой точки зрѣнія, повышеніе эффекта въ сферѣ анэлектротона послѣ прекращенія поляризаціи также мало зависитъ отъ измѣненія истинной раздражительности нерва, какъ и пониженіе, наблюдавшееся во время дѣйствія поляризующаго тока. Впрочемъ, если бы оправдалась высказанная нами выше мысль насчетъ состоянія истинной раздражительности нерва въ сферѣ анэлектротона, тогда мы имѣли бы здѣсь дѣло съ двумя

причинами повышенія эффекта, съ физической (суммированіе) и физіологической (повышеніе раздражительности).

Зависитъ-ли трактуемое повышеніе эффекта отъ одной или отъ двухъ причинъ, во всякомъ случаѣ, оно должно съ теченіемъ времени становиться все менѣе и менѣе замѣтнымъ, съ одной стороны, вслѣдствіе постепеннаго ослабѣванія поляризаціоннаго тока, а съ другой, вслѣдствіе оправленія нерва отъ повышенной раздражительности. Факты, какъ извѣстно, вполнѣ оправдываютъ подобное представленіе.

И такъ, изъ всей области явленій измѣненія эффекта въ сферѣ анэлектротона какъ во время, такъ и послѣ прекращенія поляризаціи нѣтъ ни одного, которое не вытекало бы непосредственно изъ нашей гипотезы суммированія. Это, я думаю, даетъ намъ право придти къ выводу, что *въ сферѣ анэлектротона поляризованнаго нерва признаваемаго всѣми физіологами пониженія раздражительности не существуетъ, а то, что считается ея пониженіемъ (Пфлюгеровское анэлектротоническое пониженіе раздражительности), есть результатъ чисто физическихъ процессовъ уничтоженія катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго тока анэлектротоническими вѣтвями поляризующаго.*

ГЛАВА XI.

Дальнѣйшія доказательства въ пользу гипотезы суммированія.

Обозрѣвая результаты, къ которымъ мы пришли въ цѣломъ рядѣ предыдущихъ главъ, мы видимъ, что задача, съ которою мы столкнулись въ главѣ I, нытаясь примѣнить гипотезу суммированія къ Пфлюгеровскимъ явленіямъ физіологическаго электротона, теперь уже въ общихъ чертахъ разрѣшена. Убѣдившись, на основаніи изслѣдованія эффектовъ раздраженія нерва прерывистымъ токомъ, что общепринятые взгляды, приписывающіе возбуждающее дѣйствіе исключительно колебаніямъ силы тока, или, что все равно, колебаніямъ электротоническаго состоянія нерва, не могутъ быть согласованы съ фактическими данными, мы попытались выработать новыя представленія при помощи подробнаго анализа какъ найденныхъ нами, такъ и общеизвѣстныхъ фактовъ. Попытка увѣнчалась успѣхомъ, такъ какъ оказалось возможнымъ найти такую точку зрѣнія, которая позволила примирить всѣ противорѣчія между явленіями раздраженія нерва прерывистымъ и непрерывнымъ токомъ и объяснить вполнѣ удовлетворительно тѣ и другія. Въ основу этой точки зрѣнія легло отрицаніе того значенія, которое придавалось до сихъ поръ колебаніямъ тока, такъ что мы принуждены были признать, что токъ сохраняетъ свое возбуждающее дѣйствіе все время, пока онъ проходитъ по нерву. При этомъ оказалось необходимымъ приписывать подобное возбуждающее дѣйствіе исключительно только катэлектротоническимъ вѣтямъ тока, т.-е. тѣмъ, которыя, на основаніи Германновской теоріи электротона, выходятъ изъ осевого цилиндра и, такимъ образомъ, служатъ источникомъ отрицательной поляризаціи. Анэлектротоническія-же вѣтви, входящія въ осевой цилиндръ и создающія положительную поляризацію, были признаны нами (согласно съ Грюнеромъ и Тигерштедтомъ) неспособными возбуждать ни при какихъ условіяхъ. Составивши себѣ очерченное представленіе насчетъ возбуждающаго дѣйствія тока, мы попытались примѣнить къ Пфлюгеровскимъ явленіямъ развитую нами въ главѣ I гипотезу суммированія, причемъ оказалось, что наша гипотеза объясняетъ указанныя явленія столь-же легко и просто, какъ и явленія физіологическаго электротона, наблюдаемыя при дѣйствіи на нервъ индукціонныхъ ударовъ: всюду, гдѣ, на основаніи нашего представленія о суммированіи, должно происходить усиленіе катэлектротона, наблюдается ивѣстѣ съ тѣмъ и повышеніе эффекта, и наоборотъ, эффектъ ослабляется, разъ только суммированіе ведетъ къ ослабленію катэлектротоническаго состоянія.

Такимъ образомъ, всѣ предыдущія изслѣдованія несомнѣнно доказываютъ, что Пфлюгеровскія явленія *могутъ быть объяснены* при помощи гипотезы суммированія. Но отсюда нельзя еще сдѣлать непосредственнаго вывода, что они *должны быть объясняемы* именно съ этой точки зрѣнія. Къ этому послѣднему выводу мы могли бы придти лишь при условіи, если бы было доказано, что суммированіе электротоническихъ вѣтвей раздражающаго и поляризующаго токовъ способно объяснить не только качественную, но и количественную сторону Пфлюгеровскихъ явленій, т.-е. если бы удалось убѣдиться, что величина получаемаго въ каждомъ данномъ случаѣ возбужденія опредѣляется точно результирующей высотой катэлектротона въ раздражаемомъ участкѣ нерва. Желая доставить подобное доказательство, мы должны были бы, слѣдовательно, показать, что раздраженіе извѣстнаго участка поляризованнаго нерва какъ въ сферѣ катэлектротона, такъ и въ сферѣ анэлектротона даетъ эффектъ, равный по величинѣ тому, который получается при раздраженіи того-же участка неполяризованнаго нерва токомъ, способнымъ вызвать состояніе катэлектротона какъ разъ той-же силы, какую онъ имѣетъ въ первомъ случаѣ подъ вліяніемъ совокупнаго дѣйствія раздражающаго и поляризующаго токовъ.

Понятно, что возможность доставленія подобнаго доказательства имѣла-бы важное значеніе не только въ смыслѣ подтвержденія гипотезы суммированія, но также и въ смыслѣ подтвержденія тѣхъ взглядовъ, которые были развиты нами относительно возбужденія нерва токомъ. Въ самомъ дѣлѣ, если бы было показано, что возбужденіе нерва всегда точно соотвѣтствуетъ высотѣ катэлектротоническаго состоянія, то послѣ этого не могло бы оставаться уже никакого сомнѣнія, что токъ спо-

собенъ возбуждать только въ сферѣ катода, только своими катэлектротоническими вѣтвями.

Къ сожалѣнію, рѣшеніе этой весьма важной задачи въ полномъ ея объемѣ встрѣчаетъ въ настоящее время непреодолимыя трудности, коренящіяся отчасти въ самомъ характерѣ подлежащихъ изслѣдованію явленій, а отчасти въ недостаточности имѣющихся у насъ въ распоряженіи методовъ. Разсмотримъ сначала препятствія, на которыя мы наталкиваемся при разысканіи подходящаго метода изслѣдованія.

Методъ, при помощи котораго мы могли бы рѣшить поставленный нами вопросъ, долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

А. Желая доказать, что Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе эффекта есть не что иное, какъ результатъ суммированія катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго и поляризующаго токовъ, мы должны имѣть возможность:

1) раздражать извѣстный участокъ неполяризованнаго нерва катэлектротономъ силы $a+b$ и измѣрять получаемый при этомъ эффектъ;

2) поляризовать тотъ-же участокъ нерва катэлектротономъ силы a, и наконецъ,

3) во время поляризующаго дѣйствія катэлектротона a, раздражать нервъ прибавленіемъ новаго катэлектротона b, и опять измѣрять получаемый при раздраженіи эффектъ.

В. Желая-же продѣлывать опыты по отношенію къ Пфлюгеровскому анэлектротоническому пониженію эффекта, т.-е. желая показать, что присутствіе въ данномъ участкѣ нерва анэлектротоническихъ вѣтвей поляризующаго тока понижаетъ эффектъ раздраженія лишь по стольку, по скольку оно служитъ источникомъ уничтоженія соотвѣтствующаго количества катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго тока, мы должны имѣть возможность:

1) раздражать извѣстный участокъ неполяризованнаго нерва катэлектротономъ силы $b-a$ и измѣрять получаемый при этомъ эффектъ;

2) поляризовать тотъ-же участокъ анэлектротономъ силы a, и наконецъ,

3) во время поляризующаго дѣйствія анэлектротона a, раздражать нервъ катэлектротономъ b, и опять измѣрять получаемый при раздраженіи эффектъ.

Изъ сравненія между собою эффектовъ, получаемыхъ въ томъ (A) и другомъ (B) случаѣ при условіяхъ 1 и 3, долженъ, очевидно, вытекать непосредственно отвѣтъ на занимающій насъ вопросъ.

На основаніи приведенныхъ условій, которымъ долженъ удовлетворять методъ, пригодный для нашей цѣли, мы сразу-же замѣчаемъ, что задуманные нами опыты невыполнимы по отношенію къ самому обыкновенному случаю, когда поляризованный нервъ раздражается индукціонными ударами: опредѣлить количественныя отношенія между высотой электротона, вызываемаго въ нервѣ постояннымъ токомъ и индукціоннымъ ударомъ, очевидно, невозможно. Поэтому, намъ приходится ограничиться случаемъ, когда для поляризаціи и раздраженія служатъ токи одного и того-же характера, т.-е., пользуясь для поляризаціи постояннымъ токомъ, мы должны пользоваться имъ-же и для раздраженія.

Но и при подобномъ ограниченіи можетъ показаться, что задача наша вообще совсѣмъ неразрѣшима. Въ самомъ дѣлѣ, для ея рѣшенія требуется, повидимому, умѣть измѣрять силу, какую имѣютъ электротоническія вѣтви раздражающаго и поляризующаго токовъ въ данной точкѣ нерва, для чего въ настоящее время нѣтъ у насъ никакихъ средствъ. Дѣйствительно, эта задача представляется неразрѣшимой въ ея общемъ видѣ. Но по отношенію къ одному частному случаю есть возможность найти пріемъ, при которомъ, обходясь безъ указанныхъ измѣреній, мы все-таки можемъ имѣть болѣе или менѣе полную увѣренность, что всѣ требуемыя условія соблюдены. Съ подобнымъ случаемъ мы имѣемъ именно дѣло, когда употребляемъ для раздраженія и поляризаціи одинъ и тотъ-же, а не два сосѣднихъ участка нерва, какъ это обыкновенно дѣлается при Пфлюгеровскихъ опытахъ.

Что при такой замѣнѣ двухъ участковъ однимъ существенная сторона опытовъ остается неизмѣнной, въ этомъ убѣждаютъ насъ слѣдующія простыя разсужденія. Употребляя для поляризаціи какого-нибудь участка нерва токъ извѣстнаго направленія и затѣмъ раздражая тотъ-же участокъ замыканіемъ новаго тока того-же самаго направленія, мы въ сущности производимъ опытъ, совершенно тождественный съ Пфлюгеровскимъ изслѣдованіемъ раздражительности нерва въ сферѣ катэлектротона: раздражающій токъ, будучи способенъ при замыканіи возбуждать только на своемъ катодѣ и совпадая этимъ послѣднимъ съ катодомъ поляризующаго тока, можетъ быть съ полнымъ правомъ сравниваемъ съ раздражителемъ, дѣйствующимъ непосредственно на участокъ нерва, примыкающій къ катоду поляризующаго тока

и находящійся, слѣдовательно, въ состояніи катэлектротона. Точно также случай, когда раздражающій и поляризующій токи имѣютъ противоположное направленіе, мы должны сравнивать съ случаемъ раздраженія поляризованнаго нерва въ сферѣ анэлектротона: катодъ раздражающаго тока совпадаетъ теперь съ анодомъ поляризующаго. Такого рода толкованіе опытовъ раздраженія замыканіями новаго (раздражающаго) тока того-же самаго участка нерва, по которому проходитъ поляризующій токъ, представляется вполнѣ законнымъ. По крайней мѣрѣ, оно примѣнялось уже не разъ по поводу аналогичныхъ случаевъ и трактуется, напр., въ пространномъ учебникѣ Германна [1]), какъ не подлежащее никакому сомнѣнію. Вся разница между подобными опытами и обыкновенными Пфлюгеровскими сводится лишь на то, что тутъ изслѣдуется эффектъ, получаемый при раздраженіи участковъ нерва, примыкающихъ непосредственно къ катоду или аноду поляризующаго тока, тогда какъ при Пфлюгеровскихъ опытахъ производится подобное-же изслѣдованіе эффектовъ раздраженія участковъ, расположенныхъ во внѣполюсномъ пространствѣ.

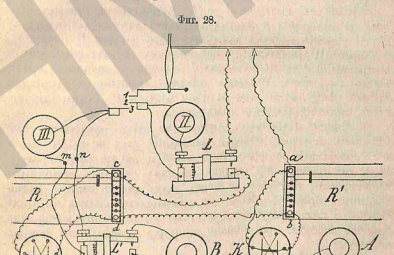
Цѣлесообразность пользованія однимъ и тѣмъ-же участкомъ для раздраженія и поляризаціи вытекаетъ непосредственно изъ разсмотрѣнія вышеприведенныхъ условій, которыя были признаны необходимыми для рѣшенія нашей задачи. Мы видѣли, что при нашихъ опытахъ требуется приводить нервъ въ двухъ сравниваемыхъ случаяхъ въ состояніе катэлектротона одинаковой высоты, причемъ въ одномъ случаѣ это состояніе должно появляться сразу въ полной своей силѣ (условіе 1), а въ другомъ — должно составлять результатъ дѣйствія двухъ токовъ, замыкаемыхъ послѣдовательно одинъ за другимъ (условія 2 и 3). Теперь, когда мы рѣшили ограничиться для раздраженія и поляризаціи однимъ и тѣмъ-же участкомъ нерва, мы можемъ уже въ значительной степени сузить нашу задачу и выразить ее въ слѣдующей формѣ: требуется дѣйствовать на нервъ въ двухъ сравниваемыхъ случаяхъ токомъ одной и той-же силы, причемъ въ одномъ случаѣ данная сила тока должна быть прикладываема къ нерву сразу, а въ другомъ — должна получаться, какъ результатъ послѣдовательнаго замыканія двухъ токовъ; или, выражаясь иначе, требуется имѣть возможность замыкать одинъ и тотъ-же токъ то сразу, то въ два пріема. Очевидно, что это послѣднее выраженіе нашей задачи, въ которомъ всюду говорится уже о токахъ, а не о состояніяхъ катэлектротона одинаковой силы, въ сущности совершенно совпадаетъ съ первымъ ея выраженіемъ: токи одинаковой силы, дѣйствуя на одинъ и тотъ-же участокъ нерва, должны вызывать одинаковыя состоянія катэлектротона.

[1]) Ср. Hermann. Handb. d. Physiologie, B. II. Th. I. S. 77.

Задача, представленная въ этомъ послѣднемъ видѣ, не встрѣчаетъ уже при своемъ выполненіи никакихъ трудностей.

Методъ, которымъ я пользовался въ данномъ случаѣ, представляется сходнымъ съ тѣмъ, къ которому я прибѣгалъ раньше для полученія возможности раздражать нервъ прерывистымъ токомъ во время поляризаціи (см. стр. 65). Детали пріема въ томъ видѣ, въ какомъ онъ употреблялся для опытовъ, изображены схематически на прилагаемой фиг. 28.

Фиг. 28.



Двѣ батареи A и B, соединенныя каждая со своимъ реохордомъ (R' и R), составляютъ двѣ совершенно самостоятельныя цѣпи, которыя могутъ быть замыкаемы и размыкаемы независимо одна отъ другой (эти цѣпи я и буду имѣть въ виду, когда буду говорить впослѣдствіи про цѣпь батареи A или про цѣпь батареи B).

Въ цѣпь батареи A, кромѣ коммутатора K, введена еще ртутная чашечка (не изображена на фигурѣ), предназначенная для замыканія и размыканія тока.

Въ цѣпь батареи B введенъ коммутаторъ K' и Гельмгольцевскій рычагъ L'. При положеніи этого послѣдняго, изображенномъ на фигурѣ, цѣпь остается разомкнутой, но она можетъ быть въ любой моментъ замыкаема нажиманіемъ на его правое плечо.

Двѣ описанныя цѣпи примыкаютъ при посредствѣ реохордовъ къ третьей, нервной цѣпи, въ которую онѣ отвѣтвляютъ ту или другую часть (смотря по установкѣ реохордовъ) циркулирующаго по нимъ тока. Въ нервную цѣпь введенъ Гельмгольцевскій рычагъ L, при помощи котораго она и можетъ быть въ любой моментъ замыкаема (при представленномъ на фигурѣ положеніи рычага цѣпь остается разомкнутой).

Каждый изъ рычаговъ L и L', служа своимъ правымъ плечомъ для замыканія и размыканія одной изъ описанныхъ цѣпей, своимъ лѣвымъ плечомъ замыкаетъ цѣпи батареи II (рычагъ L) и батареи III (рычагъ L'), изъ которыхъ первая соединена съ электромагнитнымъ отмѣтчикомъ *2*, а вторая съ такимъ-же отмѣтчикомъ *3*. Такимъ образомъ, моменты замыканія и размыканія нервной цѣпи, равно какъ и цѣпи батареи B, должны записываться соотвѣтствующими отмѣтчиками.

Описанное устройство опытовъ не только позволяетъ удовлетворить главному нашему требованію, т.-е. не только позволяетъ пропускать по нерву токъ одной и той же силы то сразу, то въ два пріема, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, дѣлаетъ возможнымъ комбинировать дѣйствіе на нервъ двухъ токовъ самымъ разнообразнымъ образомъ. Чтобы не возвращаться больше къ этому вопросу, я здѣсь сразу-же перечислю всѣ возможныя комбинаціи и опишу способы, при помощи которыхъ производилась каждая изъ нихъ.

Называя посылаемую въ нервную цѣпь вѣтвь тока батареи A — токомъ a, а соотвѣтствующую вѣтвь батареи B — токомъ b, мы можемъ представить въ слѣдующемъ видѣ всѣ допускаемые нашимъ способомъ случаи.

1. Мы имѣемъ возможность дѣйствовать на нервъ однимъ только токомъ a. Для этого мы должны производить замыканія нервной цѣпи, замкнувши предварительно цѣпь батареи A и разомкнувши цѣпь батареи B.

2. Мы имѣемъ возможность пропускать по нерву одинъ только токъ b. Для этого мы должны замыкать нервную цѣпь, замкнувши предварительно цѣпь батареи B и разомкнувши цѣпь батареи A.

3. Мы можемъ дѣйствовать на нервъ сразу тѣмъ и другимъ

токомъ, т.-е. токомъ $a+b$. Для этого мы должны производить замыканія нервной цѣпи, замкнувши предварительно какъ цѣпь батареи A, такъ и цѣпь батареи B.

4. Мы можемъ пропускать по нерву оба тока послѣдовательно другъ за другомъ, т.-е. сперва замыкать токъ a, а затѣмъ, во время его дѣйствія, прибавлять къ нему еще и b (или, наоборотъ, можемъ сперва пропускать b, а затѣмъ, прибавлять къ нему a). Для этого, пропустивши по нерву одинъ только токъ a такъ, какъ сказано въ первомъ пунктѣ, мы должны производить замыканія цѣпи батареи B.

Къ сказанному нужно еще прибавить, что мы имѣемъ полную возможность придавать каждому изъ токовъ a и b какую угодно силу (при помощи реохордовъ R' и R) и какое угодно направленіе (при помощи коммутаторовъ K и K'), совершенно независимо отъ силы и направленія другого тока.

И такъ, есть возможность найти пріемъ, допускающій опытную провѣрку развитой нами гипотезы суммированія по отношенію къ одному частному случаю. Но, какъ это было замѣчено выше, подобная провѣрка встрѣчаетъ препятствія не только съ методической стороны, но также и со стороны самаго характера подлежащихъ изслѣдованію явленій. Встрѣчаемыя здѣсь трудности гораздо цѣлесообразнѣе, однако, описать потомъ, при описаніи соотвѣтствующихъ опытовъ.

Опыты, сдѣланные мною по описанному выше методу, распадаются, естественнымъ образомъ, на двѣ категоріи: одни, при которыхъ оба тока имѣли одинаковое направленіе, и другіе, при которыхъ ихъ направленіе было взаимно противоположно. Оба случая и будутъ описаны отдѣльно.

А. *Оба тока a и b имѣютъ одинаковое (нисходящее) направленіе.*

Первые опыты, продѣланные мною при одинаковомъ (нисходящемъ) направленіи обоихъ токовъ a и b, были направлены къ провѣркѣ возможности наблюденія при подобныхъ условіяхъ Пфлюгеровскаго катэлектротоническаго повышенія эффекта. Пользуясь токомъ a, какъ поляризующимъ, а токомъ b, какъ раздражающимъ, я поступалъ при своихъ опытахъ совершенно такъ-же, какъ поступаютъ обыкновенно при демонстраціяхъ Пфлюгеровскихъ явленій. А именно, выбравши для раздражающаго тока b такую силу, при которой онъ стоялъ чуть-чуть ниже порога раздраженія, т.-е., дѣйствуя на неполяризованный нервъ, не давалъ еще никакого эффекта, я замыкалъ поляри-

зующій токъ a и повторялъ раздраженіе токомъ b уже во время поляризаціи. Для этой послѣдней я пользовался самыми слабыми токами, начиная почти отъ нуля и кончая такими, при замыканіи которыхъ только что начинали получаться первые слѣды возбужденія. Я употреблялъ для поляризаціи столь слабые токи потому, что, въ виду дальнѣйшихъ опытовъ, мнѣ было важно знать, какимъ образомъ измѣняются эффекты раздраженія подъ вліяніемъ именно слабой поляризаціи.

Такого рода опыты показали, что уже самая слабая поляризація повышаетъ эффектъ въ весьма значительной степени, такъ что замыканіе тока b, не дававшія безъ поляризаціи никакого эффекта, начинаютъ давать максимальныя сокращенія при силѣ поляризующаго тока, стоящей далеко ниже порога раздраженія. Другими словами, мои опыты вполнѣ подтвердили результатъ, полученный ранѣе при аналогичныхъ изслѣдованіяхъ съ болѣе сильной поляризаціей Нассе [1]) и Германномъ [2]).

Убѣдившись такимъ образомъ, что, при употребленіи для раздраженія и поляризаціи одного и того-же участка нерва, Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе эффекта наблюдается съ такою-же очевидностью, какъ и при обыкновенномъ способѣ производства опытовъ, я уже приступилъ къ провѣркѣ, насколько гипотеза суммированія въ состояніи дать отчетъ въ количественной сторонѣ трактуемаго явленія.

Указанная провѣрка, сущность которой была очерчена уже въ началѣ настоящей главы, производилась при помощи опытовъ, отличающихся отъ только что описанныхъ, соотвѣтствующихъ обыкновеннымъ Пфлюгеровскимъ, въ одномъ лишь отношеніи. При этихъ послѣднихъ производилось сравненіе эффектовъ, получаемыхъ съ одной стороны при дѣйствіи (замыканіи) на нервъ одного тока b, а съ другой — при дѣйствіи того-же тока, но уже на нервъ, подвергающійся поляризаціи токомъ a. Такимъ образомъ, первый изъ подлежавшихъ сравненію эффектовъ получался въ то время, когда на нервъ дѣйствовали катэлектротоническія вѣтви одного только тока b, а второй, когда эти послѣднія складывались съ такими-же вѣтвями тока a. Подобное сложеніе, а не повышеніе раздражительности и есть, съ точки зрѣнія гипотезы суммированія, причина полученія во второмъ случаѣ болѣе сильнаго эффекта Чтобы доказать это, мы должны, очевидно, видоизмѣнить опыты такъ, чтобы оба сравниваемые между собою эффекта были получаемы при дѣйствіи на нервъ совершенно одинаковаго количества катэлектротоническихъ вѣтвей, т.-е., мы должны сравнивать съ одной стороны эффекты, получаемые при дѣйствіи (замыканіи) тока $a+b$, а съ другой — эффекты, получаемые при дѣйствіи тока b на нервъ, по которому уже предварительно пропущенъ токъ a. Если бы удалось доказать, что въ обоихъ случаяхъ при всевозможныхъ силахъ тока a и b получаются всегда точно одинаковые эффекты, тогда истинность гипотезы суммированія была бы поставлена внѣ всякаго сомнѣнія.

Однако, мы здѣсь наталкиваемся на препятствіе, на которое мы уже намекали прежде, говоря, что строгое доказательство гипотезы суммированія встрѣчаетъ затрудненія въ самомъ характерѣ подлежащихъ изслѣдованію явленій. Дѣло въ томъ, что при объясненіи явленій въ сферѣ катэлектротона нельзя ограничиться одной гипотезой суммированія, но, какъ мы видѣли въ главахъ VI и VII, необходимо еще признать, что истинная раздражительность въ этомъ участкѣ нерва не остается неизмѣнной, но съ самаго момента замыканія тока находится въ состояніи прогрессивнаго паденія: только при такомъ допущеніи оказалось возможнымъ объяснить всѣ явленія на катодѣ какъ прерывистаго, такъ и непрерывнаго тока. Существованіе пониженія раздражительности должно въ значительной степени затемнять результаты предполагаемыхъ опытовъ, такъ что теперь вопросъ не можетъ быть рѣшенъ непосредственно полученіемъ одинаковыхъ или неодинаковыхъ эффектовъ.

Дѣйствительно, поляризуя нервъ предварительно токомъ a и затѣмъ раздражая его токомъ b, мы, въ моментъ замыканія тока b, имѣемъ дѣло съ той-же силой катэлектротона, какъ и при дѣйствіи на неполяризованный нервъ тока $a+b$, съ тою только разницей, что въ этомъ послѣднемъ случаѣ раздраженію подвергается нервъ, имѣющій нормальную раздражительность, тогда какъ въ первомъ раздражительность понижена подъ вліяніемъ поляризаціи токомъ a. Вслѣдствіе этого, эффектъ, получаемый въ первомъ случаѣ, долженъ быть слабѣе эффекта, получаемаго во второмъ, и тѣмъ слабѣе, чѣмъ больше поляризующій токъ a успѣлъ понизить раздражительность. Такъ какъ точная величина этого пониженія при каждой данной совокупности условій представляется намъ неизвѣстной, поэтому, понятно, доказательность предполагаемыхъ опытовъ должна сдѣлаться менѣе достовѣрной. Тѣмъ не менѣе, нельзя сказать, чтобы опыты потеряли, благодаря этому, всякое значеніе. Напро-

[1]) O. Nasse. Pflüger's Arch. B. III. 1870.
[2]) Hermann. Pflüger's Arch. B. XXX. 1883.

тивъ того, и при данныхъ условіяхъ они могутъ дать намъ весьма серьезныя указанія.

Такъ, если бы изъ опытовъ обнаружилось, что раздраженіе нерва токомъ b во время поляризаціи токомъ a даетъ болѣе сильный эффектъ, чѣмъ раздраженіе токомъ $a+b$, то это случилось бы несомнѣннымъ доказательствомъ ложности гипотезы суммированія. Напротивъ того, если бы раздраженіе токомъ b, при указанныхъ условіяхъ, дало эффектъ болѣе слабый, чѣмъ раздраженіе $a+b$, то, хотя и не могло бы служить несомнѣннымъ доказательствомъ истинности нашей гипотезы, то, во всякомъ случаѣ, могло бы служить доказательствомъ, что эта послѣдняя не стоитъ въ противорѣчіи съ количественной стороной явленій. Особенный вѣсъ имѣли бы указанія въ пользу гипотезы суммированія въ томъ случаѣ, если бы оказалось, что разница между эффектомъ раздраженія токомъ b во время поляризаціи токомъ a и эффектомъ раздраженія токомъ $a+b$ становится тѣмъ меньше, чѣмъ менѣе благопріятны условія для развитія пониженія раздражительности подъ вліяніемъ поляризаціи токомъ a, и, наоборотъ, становится тѣмъ больше, чѣмъ указанныя условія болѣе благопріятны.

Особенную важность пріобрѣтаетъ для насъ полученіе подобныхъ указаній въ виду того, что недавно Грюнцерномъ [1]) было высказано по поводу аналогичнаго случая и утилизировано для объясненія нѣкоторыхъ явленій предположеніе, вѣрность котораго, на основаніи сказаннаго выше, была бы совершенно несовмѣстима съ нашей гипотезой суммированія. На стр. 144 цитированной работы авторъ говоритъ: „Очень можетъ быть, что электрическій токъ силы $a+b$, проущественный по неполяризованному нерву, не будетъ вызывать возбужденія, тогда какъ одинъ токъ b, дѣйствуя на нервъ, по которому уже въ теченіе нѣкотораго времени проходитъ токъ a, будетъ вызывать сильное возбужденіе“. Основаніемъ къ подобному предположенію служитъ автору то, что замыканіе тока $a+b$ соотвѣтствуетъ раздраженію нерва съ неизмѣненной раздражительностью, тогда какъ замыканіе одного тока b дѣйствуетъ на нервъ, раздражительность котораго повышена подъ вліяніемъ тока a (Пфлюгеровское катэлектротоническое повышеніе раздражительности).

Относительно частностей постановки опытовъ я долженъ къ сказанному раньше прибавить еще слѣдующее.

[1]) Pflüger's Arch. B. XXVIII. 1882.

Желая сравнивать между собою эффекты, вызываемые одновременнымъ и послѣдовательнымъ замыканіемъ суммы двухъ токовъ, я долженъ былъ соблюдать одно условіе, безъ котораго опытъ могъ потерять всякое значеніе. А именно, я долженъ былъ придавать обоимъ токамъ такую силу, чтобы сокращеніе мышцы, получаемое при одновременномъ ихъ замыканіи, не достигало максимальной высоты: только въ такомъ случаѣ и можно быть увѣреннымъ, что даже ничтожныя разницы въ силѣ возбужденія нерва въ двухъ сравниваемыхъ случаяхъ не ускользнутъ отъ нашего наблюденія. Соблюдая указанное условіе, я разнообразилъ въ то-же время, насколько это было возможно, силу тока a, т.-е. того тока, который игралъ при моихъ опытахъ роль поляризующаго. Чтобы быть въ состояніи регулировать его силу по возможности точнѣе, я вводилъ въ цѣпь батареи A не обыкновенный Дюбуа-Реймоновскій реохордъ, какъ это представлено на фигурѣ, а компенсаторъ съ весьма толстой проволокой. При употребленіи этого послѣдняго, довольно значительныя передвиженія контакта сопровождались весьма незначительнымъ измѣненіемъ силы тока, отвѣтвляемаго къ нерву. Чтобы дать хотя нѣкоторое понятіе о силѣ этого тока при различныхъ положеніяхъ контакта компенсатора, я замѣчу, что при раздраженіи одинмъ токомъ a я долженъ былъ, для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія, вводить не меньше 35 сантиметровъ проволоки. Въ цѣпь батареи B включался обыкновенный Дюбуа-Реймоновскій реохордъ. Обѣ батареи A и B состояли изъ 1 элемента Даніэля.

Весь опытъ производился слѣдующимъ образомъ.

Введя сначала желаемую длину проволоки компенсатора R' (при различныхъ опытахъ указанная длина измѣнялась отъ $^1/_2$ до 30 сант.), я разыскивалъ такое положеніе подвижного контакта реохорда R, при которомъ замыканіе тока $a+b$ давало сокращеніе подмаксимальной высоты. Когда требуемая установка была достигнута, я уже приступалъ къ полученію обоихъ подлежащихъ сравненію эффектовъ. Съ этою цѣлью я раздражалъ нервъ сначала четыре раза подъ-рядъ замыканіями тока $a+b$ (на приводимыхъ ниже міограммахъ подобныя замыканія и размыканія обозначаются поднятіями и опусканіями второй линіи, чередующимися другъ за другомъ черезъ небольшіе промежутки времени), а затѣмъ, замкнувъ предварительно токъ a (замыканіе этого тока тоже обозначается поднятіемъ второй линіи, но уже не на короткіе сроки и не нѣсколько разъ подъ-рядъ, какъ въ первомъ случаѣ, а одинъ разъ на болѣе продолжительное вре-

мя), производилъ подобныя-же четыре раздраженія токомъ b (замыканія и размыканія этого тока обозначены поднятіями и опусканіями третьей линіи). Результатъ опытовъ и вытекалъ непосредственно изъ сравненія высотъ мышечнаго сокращенія, полученныхъ въ томъ и другомъ случаѣ. Для поясненія этого результата я и привожу въ видѣ примѣровъ четыре міограммы за №№ 80—83 [1]), изъ которыхъ на каждой записаны два опыта, сдѣланные непосредственно одинъ вслѣдъ за другимъ.

Раздраженіе токомъ $a+b$ неполяризованнаго нерва и токомъ b нерва, поляризованнаго токомъ a, дало одинаковые или почти одинаковые эффекты только на первыхъ двухъ міограммахъ (№№ 80 и 81), когда для тока a была выбрана самая ничтожная сила, соотвѣтствующая $^1/_2$ сант. проволоки компенсатора въ первомъ и 1 сант. во второмъ случаѣ (для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія отъ одного только тока a требовалось, какъ мы знаемъ, вводить не меньше 35 сант. проволоки). Да и здѣсь подобное равенство наблюдалось лишь при первомъ опытѣ, когда подвергался раздраженію нервъ, только-что отпрепарованный и сейчасъ же положенный на электроды (8 первыхъ сокращеній на обѣихъ міограммахъ). При второмъ же опытѣ (вторая серія такихъ-же сокращеній) уже чрезвычайно ясно обнаружилось, что эффектъ, получаемый въ первомъ случаѣ, значительно превалируетъ надъ эффектомъ, получаемымъ во второмъ.

Міограмма за № 82 записана при опытѣ, при которомъ сила тока a соотвѣтствовала 4 сант. проволоки компенсатора. Здѣсь мы видимъ, что уже при первомъ опытѣ раздраженіе токомъ b во время поляризаціи токомъ a дало болѣе слабый эффектъ, чѣмъ раздраженіе токомъ $a+b$. При второмъ разница между обоими эффектами выступила еще рѣзче.

Наконецъ, міограмма за № 83 была получена при установкѣ компенсатора на 10 сантиметрахъ. Здѣсь уже при первомъ опытѣ раздраженіе токомъ b во время поляризаціи токомъ a осталось совершенно безъ эффекта, тогда какъ каждое замыканіе тока $a+b$ давало сокращенія довольно значительной величины. Тотъ-же результатъ былъ наблюдаемъ и при второмъ опытѣ.

При дальнѣйшемъ усиленіи тока a результатъ остается неизмѣннымъ: послѣдовательное замыканіе токовъ a и b не даетъ ровно никакого эффекта даже тогда, когда ихъ одновременное замыканіе вызываетъ сокращенія максимальной высоты.

Очевидно, что всѣ описанные опыты согласуются какъ нельзя болѣе съ моими представленіями. Полученіе одинаковаго эффекта при одновременномъ и послѣдовательномъ раздраженіи нерва возможно, съ моей точки зрѣнія, только тогда, когда токъ a не вызываетъ никакого пониженія раздражительности. Отсутствіе такого пониженія или, по крайней мѣрѣ, развитіе его въ столь ничтожной степени, при которой оно еще не въ состояніи оказывать никакого, сколько-нибудь замѣтнаго, вліянія на получаемый результатъ, можетъ быть ожидаемо, конечно, лишь при самыхъ ничтожныхъ силахъ тока a. И дѣйствительно, мы видимъ, что полное равенство эффектовъ наблюдается лишь при силахъ этого тока, стоящихъ весьма близко къ нулю. Чуть только токъ a посильнѣе, вызываемое имъ пониженіе раздражительности ска-

[1]) Въ текстѣ я прямо указываю на значеніе поднятій и опусканій линій (второй и третьей), начерченныхъ на міограммахъ электромагнитными отмѣтчиками 2 и 3 (см. фиг. 28 на стр. 293), не упоминая о томъ, какимъ образомъ было достигнуто соотвѣтствіе этихъ поднятій и опусканій съ тѣми моментами, которые они должны обозначать. Достигалось это слѣдующимъ образомъ. Электромагнитный отмѣтчикъ 2, рисующій на міограммахъ вторую линію (верхняя, т.-е. первая чертилась мышцей), былъ соединенъ, какъ показываетъ фигура, съ Гельмгольцевскимъ рычагомъ L, т.-е. съ рычагомъ, находящимся въ первой цѣпи. Отсюда очевидно, что всякое замыканіе этой цѣпи должно было сопровождаться размыканіемъ тока, циркулирующаго по отмѣтчику, а слѣдовательно, и приподниманіемъ рисуемой имъ линіи. Такъ какъ при помощи замыканія нервной цѣпи производилось прощупаніе по нерву какъ тока $a+b$ (если предварительно цѣпь батареи B была замкнута), такъ и одного только тока a (если цѣпь батареи B была предварительно разомкнута), поэтому поднятія и опусканія линіи соотвѣтствуютъ въ однихъ случаяхъ замыканіямъ и размыканіямъ тока $a+b$, а въ другихъ—одного только тока a. Въ тѣхъ случаяхъ, когда нервъ раздражался токомъ $a+b$, мы должны были, какъ это замѣчено выше, замыкать предварительно цѣпь батареи B при помощи рычага U. Такъ какъ съ этимъ послѣднимъ былъ связанъ электромагнитный отмѣтчикъ 3, поэтому, всякое замыканіе данной цѣпи должно было сопровождаться подниміемъ линіи, рисуемой указаннымъ отмѣтчикомъ. Не желая записывать на міограммахъ моментовъ предварительнаго замыканія цѣпи батареи B (подобныя замыканія, производимыя при разомкнутой нервной цѣпи, не соотвѣтствовали дѣйствію на нервъ какого бы то ни было тока), я и ввелъ въ цѣпь отмѣтчика 3 двѣ ртутныя чашечки m и n (см. фиг. 28), которыя въ любой моментъ могли быть соединяемы другъ съ другомъ при помощи особенной проволочной дуги. Понятно, что, разъ указанныя чашечки соединены, замыканія и размыканія цѣпи B не могутъ уже отражаться на отмѣтчикѣ: токъ по этому послѣднему циркулируетъ непрерывно. Чашечки оставались соединенными въ теченіе всего опыта, за исключеніемъ только тѣхъ періодовъ, когда производилось раздраженіе поляризованнаго нерва замыканіемъ тока b: моменты замыканія и размыканія этого послѣдняго при подобномъ раздраженіи и отмѣчены поднятіями и опусканіями третьей линіи.

зывается сейчасъ-же все болѣе и болѣе рѣзкимъ ослабленіемъ получаемаго при послѣдовательномъ раздраженіи эффекта.

И такъ, послѣ приведенныхъ опытовъ не можетъ оставаться сомнѣнія, что наша гипотеза суммированія вполнѣ достаточна для объясненія количественной стороны Пфлюгеровскаго катэлектротоническаго повышенія эффекта, по крайней мѣрѣ въ приложеніи къ тому частному случаю, который былъ изслѣдованъ нами. Не можетъ оставаться сомнѣнія также и въ томъ, что Грюнцеровское предположеніе, будто бы послѣдовательное замыканіе двухъ токовъ способно давать болѣе сильный эффектъ, чѣмъ ихъ одновременное замыканіе, оказывается несогласнымъ съ фактами.

B. *Оба тока a и b имѣютъ взаимно противоположное направленіе.*

При опытахъ съ противоположнымъ направленіемъ обоихъ токовъ въ цѣпь батарей A и B было введено тоже по одному элементу Даніэля. Токъ b сохранялъ постоянно неизмѣненное, а токъ a возходящее направленіе. Чтобы обозначить противоположность направленій обоихъ токовъ, я буду ставить передъ буквой a знакъ — .

Первые опыты и здѣсь были устроены по образцу Пфлюгеровскихъ съ цѣлью убѣдиться, можетъ-ли быть наблюдаемо анэлектротоническое понижение эффекта при употребленіи для раздраженія и поляризаціи одного и того-же самаго участка нерва. При этихъ опытахъ я сравнивалъ, такимъ образомъ, эффекты, получаемые при замыканіи тока b по неполяризованному нерву, съ эффектами, получаемыми при замыканіи того-же тока, но уже по нерву, подвергающемуся поляризаціи токомъ — a. При этомъ оказалось, какъ этого и слѣдовало ожидать, что раздраженіе поляризованнаго нерва даетъ эффектъ значительно болѣе слабый.

Послѣ этого я и здѣсь приступилъ къ опытамъ, имѣвшимъ цѣлью провѣрку гипотезы суммированія въ смыслѣ ея приложимости къ объясненію количественной стороны анэлектротоническаго понижения эффекта. Однако, опыты, продѣланные мною въ этомъ направленіи, далеко не исчерпываютъ всѣхъ возможныхъ случаевъ, вслѣдствіе чего я и ограничусь описаніемъ только одной формы опытовъ, при которой, на мой взглядъ,

чисто физическая природа Пфлюгеровскаго анэлектротоническаго понижения эффекта выступаетъ особенно рельефно.

Результатъ только что описанныхъ опытовъ, устроенныхъ по образцу Пфлюгеровскихъ, долженъ быть объясняемъ съ точки зрѣнія гипотезы суммированія слѣдующимъ образомъ. Когда токъ b дѣйствуетъ на нервъ одинъ, онъ вызываетъ возбужденіе, соотвѣтствующее силѣ его катэлектротоническихъ вѣтвей. Если онъ дѣйствуетъ на нервъ во время поляризаціи токомъ — a, тогда анэлектротоническія вѣтви этого послѣдняго уничтожаютъ соотвѣтствующую ихъ силѣ часть катэлектротоническихъ вѣтвей тока b, вслѣдствіе чего возбужденіе, находящееся въ зависимости исключительно отъ силы катэлектротоническихъ вѣтвей, должно сдѣлаться слабѣе. Опыты, которые были сдѣланы мною для доказательства вѣрности подобнаго объясненія, основывались на нижеслѣдующихъ разсужденіяхъ.

Представимъ себѣ, что мы имѣемъ дѣло съ двумя токами — a и b, совершенно равными другъ другу по силѣ. Тогда, очевидно, одновременное замыканіе ихъ по нерву должно оставаться безъ всякаго эффекта, какова бы ни была абсолютная сила того и другого тока: оба тока совершенно уничтожаютъ другъ друга и одновременное дѣйствіе ихъ соотвѣтствуетъ оставленію нерва въ полномъ покоѣ. Представимъ себѣ теперь, что эти-же самые токи замыкаются послѣдовательно другъ за другомъ, причемъ токъ — a, играющій роль поляризующаго, замыкается сначала, а затѣмъ уже дѣйствуетъ на нервъ токъ b. Съ точки зрѣнія гипотезы суммированія, и здѣсь замыканіе тока b должно сопровождаться полнымъ отсутствіемъ эффекта: вслѣдствіе полнаго равенства силы обоихъ токовъ, катэлектротоническія вѣтви тока b уничтожаются вполнѣ безъ всякаго остатка анэлектротоническими вѣтвями тока — a. Такимъ образомъ, возбужденіе при замыканіи тока b по поляризованному нерву можетъ получиться лишь въ случаѣ, когда сила этого тока бо́льше силы тока — a, такъ чтобы, при суммированіи обоихъ, часть катэлектротоническихъ вѣтвей тока b оставалась нетронутой.

Для провѣрки подобнаго заключенія я устраивалъ опыты слѣдующимъ образомъ.

Введя опредѣленное количество проволоки реохорда R (для описываемыхъ опытовъ я употреблялъ уже не компенсаторъ, а Дюбуа-Реймоновскій реохордъ, какъ это и представлено на фигурѣ 28), выбравъ, слѣдовательно, для тока — a опредѣленную силу, я подыскивалъ соотвѣтствующую силу для тока b. Для этого, при замкнутыхъ цѣпяхъ обѣихъ батарей A и B,

я производилъ рядъ пробъ раздраженія нерва замыканіями нервной цѣпи, двигая при этомъ въ ту и другую сторону подвижный контактъ реохорда R. При подобныхъ передвиженіяхъ очень легко найти такое положеніе контакта, при которомъ замыканіе нервной цѣпи остается безъ эффекта, указывая этимъ, что токи — a и b имѣютъ приблизительно одинаковую силу или, по крайней мѣрѣ, что перевѣсъ, существующій на сторонѣ того или другого тока, не достигаетъ величины соотвѣтствующей порогу раздраженія употребляемаго для опытовъ нерва.

Когда такое положеніе контакта реохорда R найдено, мы приступаемъ къ болѣе точной установкѣ, для чего должны, прежде всего, опредѣлить тѣ два крайніе положенія контакта, при которыхъ замыканіе нервной цѣпи начинаетъ уже давать первые признаки возбужденія. Съ этою цѣлью мы двигаемъ контактъ сначала въ одну сторону, напр., въ сторону уменьшенія сопротивленія реохорда R. При этомъ, понятно, сила тока b уменьшается и начинаетъ брать перевѣсъ токъ — a. Когда этотъ перевѣсъ достигаетъ величины порога раздраженія, замыканіе нервной цѣпи начинаетъ уже вызывать сокращенія. Отмѣтивъ положеніе контакта, при которомъ получаемыя сокращенія имѣютъ минимальную величину (назовемъ это положеніе первымъ положеніемъ контакта), двигаемъ контактъ назадъ, т.-е. въ сторону увеличенія сопротивленія реохорда R. При такомъ передвиженіи токъ b, постепенно усиливаясь, долженъ, наконецъ, достигнуть силы, перевѣшивающей силу тока — a настолько, что замыканія нервной цѣпи начнутъ опять вызывать сокращенія. Отмѣтивши новое положеніе контакта реохорда R (назовемъ это положеніе вторымъ положеніемъ контакта), мы получаемъ, такимъ образомъ, опредѣленный участокъ проволоки этого послѣдняго, на протяженіи котораго можемъ устанавливать контактъ съ полной увѣренностью, что одновременное замыканіе обоихъ токовъ останется безъ всякаго эффекта. Другими словами, передвиженіе контакта реохорда по этому участку соотвѣтствуетъ такого рода измѣненію силы тока b, при которомъ этотъ послѣдній оказывается или слабѣе (если контактъ находится вблизи перваго положенія) или сильнѣе (если контактъ находится вблизи второго положенія) тока — a на величину, стоящую ниже порога раздраженія. Понятно, что между обоими крайними положеніями контакта должно находиться такое, при которомъ токи — a и b абсолютно уравновѣшиваютъ другъ друга. Это положеніе должно приходиться не совсѣмъ на срединѣ отмѣченнаго нами разстоянія проволоки реохорда, но должно лежать ближе къ первому

положенію на томъ основаніи, что усиленіе тока, отвѣтъ̀ляемаго при посредствѣ реохорда, идетъ не пропорціонально вводимому сопротивленію, но съ каждымъ дальнѣйшимъ увеличеніемъ этого послѣдняго идетъ все медленнѣе и медленнѣе. При окончательной установкѣ контакта для опытовъ, я ставилъ его ближе ко второму положенію [1]), такъ что могъ имѣть полную увѣренность не только въ томъ, что силы обоихъ токовъ — a и b равны между собою, но что токъ b имѣетъ нѣкоторый, хотя и незначительный, перевѣсъ.

Добившись подобной установки, я уже приступалъ къ опытамъ, при которыхъ дѣйствовалъ на нервъ послѣдовательно сперва токомъ — a, а затѣмъ токомъ b. При этомъ оказалось, что, придавая току — a всевозможныя силы (въ предѣлахъ $1\,D$), мы, въ моментъ замыканія тока b, не получаемъ никакого эффекта. Другими словами, *раздраженіе нерва замыканіями тока не даетъ никакого эффекта, если присутствующія въ нервѣ анэлектротоническія вѣтви въ состояніи компенсировать всѣ или почти всѣ катэлектротоническія вѣтви раздражающаго тока.*

Въ такомъ видѣ представляются явленія, если токъ b равенъ или только нѣсколько превышаетъ по своей силѣ токъ — a. Если же мы поставимъ подвижный контактъ реохорда R въ положеніе, точно соотвѣтствующее второму изъ двухъ предварительно отмѣченныхъ положеній, т.-е. въ такое, при которомъ на сторонѣ тока b существуетъ перевѣсъ, равный порогу раздраженія нормальнаго нерва, тогда замыканіе тока b, произведенное во время поляризаціи токомъ — a, дастъ уже въ большинствѣ случаевъ максимальный эффектъ [2]). Другими словами, *раздраженіе нерва замыканіями тока всегда сопровождается эффектомъ, лишь только присутствующія въ нервѣ анэлектротоническія вѣтви не въ состояніи компенсировать всѣхъ катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго тока, а оставляютъ нетронутымъ излишекъ, заведомо достаточный для возбужденія нормальнаго нерва.*

Очевидно, что результатъ описанныхъ опытовъ какъ нельзя болѣе гармонируетъ съ развиваемой нами гипотезой суммированія. Съ нашей точки зрѣнія оказывается понятнымъ также, по-

[1]) Я раздѣлялъ приблизительно все отмѣченное разстояніе проволоки на четыре части и ставилъ контактъ на разстояніи первой четверти отъ второго положенія.

[2]) Я не привожу примѣровъ, такъ какъ существенная часть опытовъ, состоящая въ правильной установкѣ контакта реохорда R, все равно не можетъ быть передана на міограммахъ.

чему, при перевѣсѣ со стороны тока b, соотвѣтствующемъ какъ разъ порогу раздраженія, пропусканіе этого тока по поляризованному нерву даетъ не первые слѣды возбужденія, а эффектъ гораздо болѣе рѣзкій. А именно, въ предыдущей главѣ мы видѣли, что истинная раздражительность нерва въ сферѣ анэлектротона не остается, по всей вѣроятности, неизмѣнной, а въ большей или меньшей степени повышается: на полученіе болѣе рѣзкаго эффекта въ нашемъ случаѣ и можно смотрѣть, какъ на результатъ подобнаго повышенія раздражительности [1]).

Мною уже было замѣчено выше, что при описанныхъ опытахъ чисто физическая природа Пфлюгеровскаго анэлектротоническаго пониженія эффекта выступаетъ съ особенной ясностью. Въ самомъ дѣлѣ, при равенствѣ силъ обоихъ токовъ, пропусканіе тока b по нерву, поляризованному токомъ — a, соотвѣтствуетъ, очевидно, размыканію этого послѣдняго: въ томъ и другомъ случаѣ происходитъ внезапное исчезаніе циркулировавшаго по нерву тока. А такъ какъ размыканіе тока силы ниже 1 D не даетъ на средней части нерва (при всѣхъ описанныхъ опытахъ я пользовался для раздраженія исключительно лишь среднею частью нерва) размыкательнаго возбужденія (см. стр. 81 и 82), поэтому и замыканіе тока b должно тоже оставаться безъ всякаго эффекта. Такимъ образомъ, здѣсь едва-ли можетъ быть какое-нибудь сомнѣніе, что раздражающій токъ остается безъ эффекта просто потому, что онъ цѣликомъ уходитъ на уничтоженіе циркулирующаго уже по нерву тока противоположнаго направленія.

Физическая причина явленія въ данномъ случаѣ до такой степени очевидна, что по-неволѣ кажется какъ-то страннымъ отождествлять отсутствіе эффекта при раздраженіи нерва токомъ b въ томъ видѣ, какъ это производилось при нашихъ опытахъ, съ отсутствіемъ эффекта при обыкновенныхъ пріемахъ раздраженія нерва въ сферѣ анэлектротона. Между тѣмъ, самыя простыя разсужденія показываютъ, что подобное отождествленіе неизбѣжно, такъ какъ, не признавая за описаннымъ явленіемъ значенія частнаго случая Пфлюгеровскаго анэлектротоническаго пониженія эффекта, мы должны будемъ придти къ выводу, что на мѣстѣ анода и на прилегающихъ къ нему участкахъ нерва вообще не существуетъ никакого подобнаго пониженія.

Дѣйствительно, допустимъ на время, что раздражающій токъ, прикладываемый въ сферѣ анэлектротона поляризованнаго нерва при обыкновенныхъ Пфлюгеровскихъ опытахъ, не можетъ считаться соотвѣтствующимъ раздражающему току b при нашихъ опытахъ, такъ какъ этотъ послѣдній вполнѣ уничтожается, вступая въ чисто физическое взаимодѣйствіе съ поляризующимъ токомъ — a. Допустивши это, мы должны были бы дальше допустить, что тотъ-же самый токъ b можетъ играть роль раздражителя лишь въ томъ случаѣ, если онъ не весь уходитъ на процессы чисто физическаго суммированія токовъ, а остается отъ него извѣстный излишекъ, равный по силѣ $b-a$, причемъ на этотъ только излишекъ мы и должны были бы, конечно, смотрѣть совершенно такъ-же, какъ на обыкновеннаго раздражителя, прикладываемаго въ сферѣ анэлектротона.

Съ этой точки зрѣнія мы должны были-бы ожидать, что токъ силы $b-a$, дѣйствуя на неполяризованный нервъ, долженъ вызывать эффектъ гораздо болѣе значительный, чѣмъ токъ b, дѣйствующій на нервъ, поляризуемый токомъ — a: въ томъ и другомъ случаѣ раздражителемъ является одна и та-же сила тока $b-a$, но одинъ разъ она дѣйствуетъ на нервъ нормальный, а другой разъ на нервъ, находящійся въ состояніи анэлектротона. Но мы знаемъ уже, что подобныя ожиданія опытомъ не оправдываются: пропусканіе тока b по нерву, поляризованному токомъ — a, даетъ всегда болѣе сильный эффектъ, чѣмъ пропусканіе по неполяризованному нерву тока $b-a$.

И такъ, при толкованіи нашихъ опытовъ мы останавливаемся передъ слѣдующей дилеммой. Съ одной стороны не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что отсутствіе эффекта при

[1]) Я говорю можно, а не должно смотрѣть на томъ основаніи, что трактуемый болѣе рѣзкій эффектъ допускаетъ еще и другое объясненіе. Дѣло въ томъ, что мы не можемъ вполнѣ ручаться, что, въ моментъ пропусканія тока b по поляризованному нерву, результирующее изъ взаимодѣйствія обоихъ токовъ количество катэлектротоническихъ вѣтвей точно соотвѣтствуетъ тому, которое оба тока въ состояніи вызывать при ихъ одновременномъ замыканіи. Мы не можемъ ручаться потому, что разъ замкнутый токъ — a вызиваетъ сейчасъ-же поляризацію, благодаря которой его анэлектротоническія вѣтви къ моменту замыканія тока b должны сказаться нѣсколько слабѣе. Вслѣдствіе этого, перевѣсъ на сторонѣ катэлектротоническихъ вѣтвей тока b можетъ оказаться теперь больше того, какой необходимъ для полученія первыхъ слѣдовъ возбужденія. Вліяніе поляризаціи должно было, по всей вѣроятности, болѣе или менѣе сказаться и на результатѣ опытовъ, описанныхъ въ первой части настоящей главы, такъ что получепіе болѣе слабаго эффекта при послѣдовательномъ замыканіи двухъ токовъ могло зависѣть отчасти отъ ослабленія катэлектротоническихъ вѣтвей тока a къ моменту замыканія тока b. Впрочемъ, трактуемое вліяніе поляризаціи едва-ли могло быть здѣсь особенно замѣтнымъ въ виду незначительной силы токовъ, употреблявшихся при указанныхъ опытахъ.

дѣйствіи тока b на нервъ, поляризованный токомъ—a, зависитъ отъ чисто физической причины, т.-е. отъ взаимнаго уничтоженія двухъ направленныхъ въ противоположныя стороны токовъ. Съ другой стороны мы оказываемся вынужденными отождествить это чисто физическое явленіе съ Пфлюгеровскимъ анэлектротоническимъ пониженіемъ эффекта, такъ какъ отрицая ихъ тождество, мы должны были бы признать, что Пфлюгеровскаго пониженія эффекта не существуетъ при такой формѣ опытовъ, когда катодъ раздражающаго тока падаетъ на мѣсто анода поляризующаго, когда, слѣдовательно, подвергается раздраженію участокъ нерва, находящійся въ состояніи самаго сильнаго анэлектротона.

Выходъ изъ указанной дилеммы и возможенъ только при помощи гипотезы суммированія, которая утверждаетъ, что вообще Пфлюгеровское анэлектротоническое понижение эффекта есть чисто физическое явленіе. Съ точки зрѣнія этой гипотезы суть явленій остается неизмѣнной, подвергаемъ-ли мы раздраженію тотъ-же участокъ нерва, по которому проходитъ поляризующій токъ, или же какой нибудь другой, лежащій въ сферѣ внѣполюснаго анэлектротона: въ томъ и другомъ случаѣ эффектъ раздраженія ослабляется вслѣдствіе взаимнаго чисто физическаго уничтоженія направленныхъ въ противоположныя стороны (по отношенію къ осевому цилиндру) катэлектротоническихъ вѣтвей раздражающаго и анэлектротоническихъ поляризующаго тока. Указанныхъ два случая отличаются другъ отъ друга только въ одномъ несущественномъ отношеніи. Когда оба тока, раздражающій и поляризующій, проходятъ въ противоположномъ направленіи по одному и тому-же участку нерва, тогда одновременно съ противоположностью направленій электротоническихъ вѣтвей, посылаемыхъ ими въ осевой цилиндръ, существуетъ полная противоположность во всѣхъ рѣшительно частяхъ цѣпи, такъ что оба тока уничтожаютъ дѣйствіе другъ друга не только въ глубинѣ нерва, но также и во внѣшнихъ цѣпяхъ. Когда же раздражающій токъ прикладывается къ сферѣ анэлектротона поляризующаго (какъ при Пфлюгеровскихъ опытахъ), тогда во внѣшнихъ цѣпяхъ обоихъ токовъ, вполнѣ разобщенныхъ одна отъ другой, подобнаго взаимодѣйствія не существуетъ, но въ глубинѣ нерва, гдѣ пути токовъ скрещиваются другъ съ другомъ, взаимное суммированіе ихъ электротоническихъ вѣтвей представляется неизбѣжнымъ: катэлектротоническія вѣтви раздражающаго тока должны быть и здѣсь уничтожены анэлектротоническими вѣтвями поляризующаго. Такъ какъ

эффектъ раздраженія можетъ опредѣляться исключительно лишь тѣмъ взаимодѣйствіемъ токовъ, которое происходитъ въ глубинѣ нерва, а не во внѣшнихъ цѣпяхъ, поэтому, понятно, способъ приложенія раздражающаго тока представляется для нерва совершенно безразличнымъ. Наблюдатель же, для котораго доступны непосредственно одни лишь явленія во внѣшнихъ цѣпяхъ, можетъ очень легко впасть въ ошибку и признать существованіе коренного различія тамъ, гдѣ вся разница сводится лишь на несущественныя различія во взаимодѣйствіи токовъ во внѣшнихъ цѣпяхъ.

Заканчивая этимъ описаніе опытовъ, имѣвшихъ цѣлью доставить дальнѣйшія доказательства въ пользу гипотезы суммированія, я остановлюсь еще нѣсколько на нѣкоторыхъ соображеніяхъ общаго характера, которыя способны въ значительной степени оправдать нашу попытку примѣнить къ Пфлюгеровскимъ явленіямъ чисто физическое объясненіе.

Если бы гипотеза суммированія не имѣла за себя большого количества косвенныхъ доказательствъ, приведенныхъ въ цѣломъ рядѣ предшествующихъ главъ и основывающихся на полномъ согласіи вытекающихъ изъ нея выводовъ съ общеизвѣстными фактами, если бы она не имѣла за себя тѣхъ болѣе или менѣе прямыхъ доказательствъ, которыя были доставлены въ теченіе настоящей главы, во всякомъ случаѣ, одно безпристрастное разсмотрѣніе Пфлюгеровскихъ явленій должно было бы сдѣлать весьма вѣроятной зависимость ихъ отъ какихъ-то физическихъ, а не физіологическихъ причинъ.

Дѣйствительно, появляясь въ самый моментъ замыканія поляризующаго тока, исчезая въ самый моментъ его размыканія, обнаруживаясь въ чрезвычайно рѣзкой формѣ при дѣйствіи самыхъ короткихъ токовъ (отдѣльные индукціонные удары), другими словами, будучи столь-же подвижными, какъ и вызывающій ихъ токъ, Пфлюгеровскія явленія отличаются этимъ отъ всѣхъ другихъ физіологическихъ процессовъ, характерное свойство которыхъ—развиваться болѣе или менѣе медленно подъ вліяніемъ различныхъ внѣшнихъ агентовъ и не прекращаться сейчасъ-же вслѣдъ за прекращеніемъ дѣйствія вызвавшихъ ихъ причинъ. Подобное коренное различіе основныхъ свойствъ тѣхъ и другихъ явленій должно зависѣть, очевидно, отъ такого-же коренного различія обусловливающихъ ихъ причинъ.

И такъ, самый характеръ Пфлюгеровскихъ явленій дѣлаетъ чрезвычайно труднымъ смотрѣть на нихъ, какъ на выраженіе измѣненій физіологическихъ свойствъ нерва, измѣненій его раздражительности [1]). А разъ мы допустимъ только возможность зависимости этихъ явленій отъ физическихъ причинъ, то Германновская теорія электротона, какъ это было показано въ главѣ I (стр. 14 и 15), ведетъ уже чисто логически къ нашей гипотезѣ суммированія. Связь между Германновской теоріей и нашей гипотезой становится особенно необходимой, разъ мы примемъ во вниманіе тѣ представленія о возбуждающемъ дѣйствіи тока, къ которымъ мы пришли въ теченіе настоящаго изслѣдованія.

Мы видѣли уже въ первой главѣ, что съ точки зрѣнія Германновской теоріи электротона физіологическое дѣйствіе тока на нервъ должно опредѣляться поляризаціонными процессами, происходящими на границѣ между міэлиновымъ веществомъ и и осевымъ цилиндромъ. Принимая, что токъ обладаетъ возбуждающимъ дѣйствіемъ лишь въ сферѣ катэлектротона и притомъ возбуждающимъ дѣйствіемъ, зависящимъ исключительно отъ силы тока, а не отъ ея колебаній, мы, слѣдовательно, должны придти къ выводу, что сила возбужденія нерва должна идти всюду параллельно съ силой вызываемой токомъ отрицательной поляризаціи. А такъ какъ не можетъ быть никакого сомнѣнія, что поляризаціонные процессы двухъ дѣйствующихъ на нервъ токовъ подлежатъ именно такого рода суммированію, что одноименные процессы складываются, а разноименные вычитаются, поэтому представляется необходимымъ перенести то-же представленіе о сложеніи и вычитаніи и на физіологическій эффектъ раздраженія поляризованнаго нерва, т.-е. представляется необходимымъ придти къ нашей гипотезѣ суммированія.

Такимъ образомъ, гипотеза суммированія не заключаетъ въ себѣ ровно ничего произвольнаго, а есть лишь непосредственное и необходимое слѣдствіе съ одной стороны Германновской теоріи электротона, а съ другой — защищаемыхъ нами взглядовъ на возбуждающее дѣйствіе тока. Подобная неразрывная связь ея съ нашими общими представленіями насчетъ дѣйствія тока на нервъ служитъ, конечно, новымъ и не маловажнымъ доказательствомъ въ ея пользу.

[1]) Въ этомъ отношеніи полною противоположностью отличаются тѣ истинныя измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока, а именно понижение въ сферѣ катэлектротона и повышеніе (по всей вѣроятности) въ сферѣ анэлектротона, признаніе которыхъ, какъ мы видѣли, представляется необходимымъ на основаніи наблюдаемыхъ фактовъ: измѣненія эти развиваются съ теченіемъ поляризаціи лишь постепенно и также постепенно исчезаютъ послѣ размыканія вызывавшаго ихъ тока. Чѣмъ они вызываются, сказать въ настоящее время съ увѣренностью трудно, хотя характеръ ихъ въ значительной степени указываетъ на ихъ зависимость отъ химическихъ причинъ. А именно, представляется вполнѣ возможнымъ допустить, что они представляютъ результатъ дѣйствія скопляющихся на границѣ между міэлиновымъ веществомъ и осевымъ цилиндромъ продуктовъ электролиза.

ГЛАВА XII.

Трудности на пути развитыхъ въ теченіе настоящаго изслѣдованія взглядовъ. Заключительные выводы.

Теперь, когда наше изслѣдованіе уже закончено, попробуемъ выразить въ самой общей формѣ выводы, къ которымъ привелъ насъ анализъ отчасти вновь найденныхъ, а отчасти общеизвѣстныхъ прочно установленныхъ фактовъ.

Всѣ результаты изслѣдованія исчерпываются вполнѣ тѣми тремя положеніями, которыя были особенно подчеркнуты нами при предыдущемъ изложеніи. А именно:

1) *Электрическій токъ способенъ возбуждать лишь по стольку, по скольку онъ вызываетъ въ нервѣ состояніе катэлектротона* (стр. 282).

2) *Катэлектротонъ обладаетъ постояннымъ возбуждающимъ дѣйствіемъ* (стр. 213).

3) *Катэлектротонъ обладаетъ свойствомъ вызывать постоянно прогрессирующее съ теченіемъ поляризаціи пониженіе раздражительности* (стр. 213).

На основаніи этихъ трехъ положеній, какъ мы видѣли въ главахъ VI, VII, IX и X, оказывается возможнымъ не только объяснить, но даже вывести a priori всю разнообразную картину явленій возбужденія нерва токомъ какъ прерывистымъ, такъ и непрерывнымъ. Придерживаясь же Германновской теоріи электротона, т.-е. считая, что токъ дѣйствуетъ на нервъ лишь по стольку, по скольку онъ вызываетъ тѣ или другіе поляризаціонные процессы, мы, на основаніи этихъ-же самыхъ трехъ положеній, приходимъ къ нашей гипотезѣ суммированія, дающей ключъ къ пониманію Пфлюгеровскихъ явленій физіологическаго

электротона, составлявшихъ до сихъ поръ неразрѣшимую загадку; надъ которой потрудилось не мало изслѣдователей. Въ результатѣ получается, такимъ образомъ, возможность связать вполнѣ опредѣленнымъ образомъ три обширныя группы явленій, а именно явленія гальваническаго, физіологическаго электротона и явленія возбужденія нерва токомъ, связь между которыми признается всѣми физіологами, но которыя, тѣмъ не менѣе, при господствующихъ взглядахъ, оставались теоретически почти вполнѣ изолированными [1]).

Принимая во вниманіе, что въ пользу каждаго изъ нашихъ трехъ положеній были приведены болѣе или менѣе вѣскія положительныя доказательства, принимая дальше во вниманіе, что во всей области явленій электрическаго раздраженія нѣтъ ни одного установленнаго факта, который стоялъ бы по отношенію къ нимъ въ болѣе или менѣе рѣзкомъ противорѣчіи, мы должны, мнѣ кажется, признать, что проводимые мною взгляды имѣютъ въ настоящее время вполнѣ законное право на существованіе. Если они, можетъ быть, и не представляютъ собою окончательнаго объясненія явленій дѣйствія тока на нервъ, то во всякомъ случаѣ они могутъ быть утилизированы, какъ средство систематизаціи нашихъ знаній въ этой области.

Дѣйствительно, насколько разнообразіе и обширность фактическаго матеріала затрудняли путь, при помощи котораго мы пришли къ окончательнымъ выводамъ, настолько-же легокъ оказался бы тотъ-же самый путь, если бы мы вздумали пройти его въ обратномъ направленіи, т.-е., если бы мы захотѣли излагать факты, руководствуясь нашими тремя положеніями въ связи съ Германновской теоріей электротона. При этомъ мы увидѣли бы, что всѣ даже самые мелочные факты, связываясь тѣсно другъ съ

---

[1]) Читатель безъ сомнѣнія замѣтитъ, что я при всѣхъ своихъ разсужденіяхъ и выводахъ касаюсь исключительно явленій въ нервѣ и оставляю совершенно въ сторонѣ мышцу, поступая въ этомъ отношеніи противъ сложившейся привычки трактовать вмѣстѣ свойства обоихъ органовъ. Нѣтъ сомнѣнія, что подобная привычка представляется вполнѣ законной, такъ какъ явленія, наблюдаемыя при дѣйствіи различныхъ вліяній на нервъ и мышцу, оказываются въ большинствѣ случаевъ совершенно сходными, отличаясь другъ отъ друга лишь только количественно. И организовавшись разсмотрѣніемъ явленій въ нервѣ просто потому, что всѣ мои опыты были произведены исключительно только надъ нервомъ, а детальный разборъ существующихъ по поводу мышцы литературныхъ указаній не входитъ въ планъ настоящаго изслѣдованія, тѣмъ болѣе, что провести *полную* параллель между мышцей и нервомъ на основаніи подобнаго разбора было бы пока невозможно. Для этого требуются еще дальнѣйшія изслѣдованія.

другомъ и вытекая одинъ изъ другого, образуютъ одно неразрывное цѣлое, которое можетъ быть удержано въ памяти несравненно легче, чѣмъ при изложеніи тѣхъ-же фактовъ съ общепринятыхъ точекъ зрѣнія. Читатель, который задастъ себѣ трудъ пересмотрѣть факты въ этомъ направленіи, легко убѣдится въ вѣрности сказаннаго.

Однако, несмотря на всѣ указанныя преимущества развитыхъ мною взглядовъ, на пути ихъ встрѣчаются серьезныя препятствія. Препятствія эти не касаются, впрочемъ, непосредственно тѣхъ трехъ положеній, которыя составляютъ главную основу всѣхъ нашихъ представленій, но относятся лишь къ нашей гипотезѣ суммированія. Принимая, однако, во вниманіе, что эта послѣдняя представляетъ собою лишь непосредственный выводъ изъ Германновской теоріи электротона и нашихъ взглядовъ на возбуждающее дѣйствіе тока на нервъ, мы должны признать, что всякое препятствіе, стоящее на ея пути, должно, косвеннымъ образомъ, отражаться и на доказательности тѣхъ посылокъ, изъ которыхъ она была выведена.

Дѣло въ томъ, что при всѣхъ доказательствахъ, приводимыхъ мною въ теченіе настоящаго изслѣдованія въ пользу гипотезы суммированія, я обращалъ вниманіе лишь на факты, добытые при опытахъ электрическаго раздраженія и совершенно игнорировалъ всѣ другія извѣстныя явленія, наблюдаемыя не при электрическомъ, а при различныхъ другихъ видахъ раздраженія: механическомъ, химическомъ и т. д. Принимая во вниманіе, что дѣйствіе на нервъ этихъ послѣднихъ раздражителей изслѣдовано несравненно хуже, чѣмъ дѣйствіе раздражителей электрическихъ, мы должны будемъ согласиться, что подобное игнорированіе представлялось вполнѣ законнымъ пока дѣло шло о выработкѣ опредѣленныхъ теоретическихъ представленій: всякая теорія можетъ основываться лишь на фактахъ, болѣе или менѣе полно обслѣдованныхъ. Но разъ уже выработались извѣстные взгляды, мы должны предъявить имъ требованіе, чтобы они, по крайней мѣрѣ, не противорѣчили этимъ менѣе изслѣдованнымъ явленіямъ. Подобному требованію, повидимому, и не удовлетворяетъ наша гипотеза суммированія.

Въ самомъ дѣлѣ, основанное на этой гипотезѣ объясненіе Пфлюгеровскихъ явленій измѣненія эффекта можетъ имѣть мѣсто лишь въ случаѣ, когда дѣйствіе на нервъ раздражителя сопровождается появленіемъ электротоническихъ вѣтвей, способныхъ суммироваться съ подобными-же вѣтвями поляризующаго тока, т.-е. когда дѣйствуетъ электрическій раздражитель. А между тѣмъ,

несомнѣнно установлено, что всѣ Пфлюгеровскія явленія (повышеніе эффекта въ сферѣ катэлектротона и пониженіе въ сферѣ анэлектротона) наблюдаются столь-же рѣзко и при употребленіи механическихъ или химическихъ раздражителей. Такъ какъ здѣсь при дѣйствіи на нервъ раздражителя не можетъ быть, повидимому, и рѣчи о суммированіи электротоническихъ вѣтвей (раздражитель возуждаетъ нервъ, не вызывая въ немъ состоянія электротона), поэтому слѣдовало бы заключить, что подобному суммированію, если оно и должно происходить при электрическомъ раздраженіи, нельзя придавать никакого значенія и нельзя пользоваться имъ для объясненія Пфлюгеровскихъ явленій.

Я думаю, однако, что указанные факты не могутъ заставить насъ высказаться столь рѣшительно противъ гипотезы суммированія и отказаться, такимъ образомъ, отъ столь естественнаго объясненія Пфлюгеровскихъ явленій, имѣющаго притомъ твердую точку опоры какъ въ нашихъ теоретическихъ представленіяхъ (Германовская теорія электротона), такъ и въ фактическихъ данныхъ. Мы не можемъ сдѣлать этого уже на томъ основаніи, что характеръ дѣйствія на нервъ всѣхъ раздражителей, кромѣ электрическихъ, остается до сихъ поръ абсолютно невыясненнымъ: всѣ наши свѣденія относительно ихъ дѣйствія ограничиваются лишь голымъ фактомъ, что они при извѣстныхъ условіяхъ могутъ вызывать возбужденіе. Вслѣдствіе этого, мы должны постоянно имѣть въ виду возможность, что тѣ противорѣчія, которыя кажутся намъ теперь непреодолимыми, исчезнутъ со временемъ сами собою, когда будетъ выясненъ вопросъ о сущности возбужденія нерва механическими, химическими и тому подобными вліяніями.

Чтобы высказанное утвержденіе не показалось читателю голословнымъ, я и попытаюсь въ настоящей заключительной главѣ развить сложившееся у меня, конечно чисто гипотетически, представленіе насчетъ сущности дѣйствія на нервъ различныхъ раздражителей, — представленіе, которое, не будучи лишено нѣкоторой фактической точки опоры, оказывается въ то-же время легко согласимымъ со всѣми проводимыми въ теченіе настоящаго изслѣдованія взглядами. Конечно, впредь до дальнѣйшихъ изслѣдованій я не стану настаивать, что предлагаемый мною способъ примиренія представляется вѣрнымъ; но уже одного указанія на возможность подобнаго примиренія вполнѣ доста-

точно, чтобы сохранить за взглядами, основанными на хорошо изслѣдованныхъ фактахъ, законное право на существованіе.

Въ основѣ предлагаемаго мною представленія лежитъ мысль, что всѣ виды раздраженія могутъ быть сведены въ сущности на раздраженіе электрическое, такъ что возбужденіе, при какихъ бы условіяхъ оно ни развивалось, находится въ зависимости всюду отъ появленія въ нервѣ состоянія катэлектротона, отъ появленія катэлектротоническихъ вѣтвей тока. Какъ ни парадоксальна на первый взглядъ подобная мысль, легко, однако, показать, что она, при нынѣшнемъ состояніи нашихъ знаній, можетъ быть защищаема и притомъ защищаема весьма серьезно.

Извѣстно, что между всѣми раздражителями электрическій токъ занимаетъ выдающееся положеніе въ томъ отношеніи, что онъ одинъ только проходитъ для нерва совершенно или почти совершенно безслѣдно; всѣ-же остальные очень скоро убиваютъ тотъ участокъ, на который непосредственно дѣйствуютъ. Благодаря классическимъ изслѣдованіямъ Германна насчетъ источника токовъ, наблюдаемыхъ въ нервахъ и мышцахъ, мы знаемъ, что эти органы въ ихъ нормальномъ состояніи оказываются электрически недѣятельными; но лишь только извѣстный участокъ ихъ будетъ поврежденъ тѣмъ или другимъ способомъ, сейчасъ-же создается электрическая противоположность между поврежденнымъ мѣстомъ и сосѣдними неизмѣненными частями нерва, причемъ поврежденныя части оказываются отрицательными по отношенію къ неповрежденнымъ. Электрическая противоположность ведетъ къ появленію тока, который, находя себѣ путь внутри самого нерва, циркулируетъ здѣсь, совершенно также, какъ и всякій приложенный извнѣ токъ, въ видѣ цѣлаго ряда электротоническихъ вѣтвей, приводящихъ пораненное мѣсто въ состояніе анэлектротона (входящихъ здѣсь въ осевой цилиндръ), а сосѣдніе неповрежденные участки въ состояніе катэлектротона (выходящихъ здѣсь изъ осевого цилиндра). По моему мнѣнію и представляется возможнымъ защищать мысль, что возбуждающее дѣйствіе различныхъ раздражителей сводится исключительно на раздраженіе нерва его-же собственнымъ токомъ, появляющимся подъ вліяніемъ этихъ раздражителей.

Что касается нѣкоторыхъ видовъ механическаго раздраженія, то уже самое общее обсужденіе явленій, которыя должны происходить въ нервѣ, подверженномъ ихъ вліянію, неизбѣжно приводитъ насъ къ убѣжденію, что наблюдаемое возбужденіе можетъ быть цѣликомъ сведено на дѣйствіе на нервъ катэлектротона.

Разсмотримъ, напр., отношенія, существующія при раздраженіи нерва перерѣзкой. Въ моментъ перерѣзки происходитъ почти моментальное развитіе нервнаго тока въ полной его силѣ, такъ что прилегающіе къ разрѣзу участки нерва, приходя сразу въ состояніе катэлектротона, находятся въ совершенно такихъ-же условіяхъ, въ какихъ находятся мѣста нерва, прилегающія къ катоду поляризующаго тока въ моментъ его замыканія. Параллельно этому мы и видимъ, что эффектъ перерѣзки выражается одиночнымъ сокращеніемъ мышцы, совершенно такимъ-же, какимъ сопровождается обыкновенное замыканіе тока.

Но можетъ явиться вопросъ, способенъ-ли нервный токъ вызывать столь сильное состояніе катэлектротона, чтобы мы имѣли право приписывать его дѣйствію возбужденіе, появляющееся въ моментъ перерѣзки? На этотъ вопросъ я могу отвѣтить словами Германна, перваго знатока всей области электрическихъ явленій въ нервахъ и мышцахъ. По мнѣнію этого изслѣдователя „не можетъ быть никакого сомнѣнія, что возлѣ искусственнаго поперечнаго разрѣза мы имѣемъ дѣло съ чрезвычайно сильнымъ катэлектротономъ (ein enorm starker Catelectrotonus herrscht), *по всей вѣроятности сильнѣе того, который можетъ быть когда-либо вызванъ при искусственномъ пропусканіи тока по нерву*“ [1] (курсивъ Германна).

Но, можетъ быть, состояніе катэлектротона дѣйствуетъ возбуждающимъ образомъ лишь тогда, когда оно возникаетъ какъ результатъ приложеннаго извнѣ тока, а подъ вліяніемъ своего собственнаго тока нервъ возбуждаться не можетъ? На этотъ вопросъ отвѣчаютъ опять-таки изслѣдованія Геринга, который какъ для мышцы [2], такъ и для нерва [3] установилъ множество случаевъ, гдѣ возбужденіе указанныхъ органовъ зависитъ несомнѣнно отъ ихъ собственнаго тока.

Такимъ образомъ, по отношенію къ случаю перерѣзки, намъ достовѣрно извѣстно, что мы имѣемъ дѣло съ такими-же гальваническими явленіями, какія происходятъ въ моментъ пропусканія по нерву очень сильнаго тока. Поэтому, получая при перерѣзкѣ одиночное вздрагиваніе мышцы, мы должны признать, что для объясненія этого эффекта нѣтъ ни малѣйшей нужды допускать существованіе какого бы то ни было специфическаго механическаго раздраженія: эффектъ въ полномъ своемъ объемѣ можетъ быть объясненъ электрическимъ раздраженіемъ нерва подъ вліяніемъ его собственнаго тока.

[1] Hermann. Pflüger's Arch. B. XXX. 1883. S. 14.
[2] Hering. Wiener Sitzungsber. B. LXXIX. III Abth. 1879.
[3] Hering. Wiener Sitzungsber. B. LXXXV. III Abth. 1882.

То, что было сказано относительно перерѣзки, имѣетъ, конечно, мѣсто и при раздраженіи нерва перевязкой, щипками, ударами и вообще всевозможными грубыми механическими насиліями, которыя, убивая моментально подвергающіяся ихъ дѣйствію участокъ нерва, должны вести къ появленію нервнаго тока въ полной его силѣ, а слѣдовательно, и къ развитію въ сосѣднихъ неповрежденныхъ участкахъ состоянія весьма сильнаго катэлектротона.

Переходя теперь къ разсмотрѣнію случаевъ, гдѣ возбужденіе нерва обусловливается менѣе грубыми механическими вліяніями, какъ напр., при раздраженіи Гейденгайновскимъ [1]) тетаномотором, или аппаратами, употреблявшимися для этой цѣли позднѣйшими изслѣдователями [2]), мы должны признать, что здѣсь связь между возбужденіемъ нерва и появленіемъ нервнаго тока не можетъ быть представлена съ такою-же очевидностью. Въ самомъ дѣлѣ, при всѣхъ указанныхъ способахъ раздраженія мы имѣемъ возможность приводить въ возбужденное состояніе одинъ и тотъ-же участокъ нерва много разъ подъ-рядъ, что, конечно, служитъ доказательствомъ, что при этомъ полнаго убиванія нерва не происходитъ, а слѣдовательно, не существуетъ условій для развитія нервнаго тока въ полной его силѣ. Принимая, однако, во вниманіе, что и эти способы раздраженія не проходятъ для нерва совершенно безслѣдно, а при частомъ повтореніи ведутъ въ концѣ-концовъ къ полному умиранію подлежащаго ихъ дѣйствію участка [3]), мы должны думать, что и каждое отдѣльное раздраженіе ведетъ къ болѣе или менѣе значительному поврежденію нерва. А если такое поврежденіе существуетъ, то вмѣстѣ съ тѣмъ долженъ появляться и нервный токъ, хотя и слабѣе того, который развивается при полномъ убиваніи нерва. Если въ этомъ послѣднемъ случаѣ появляется, по мнѣнію Германна, состояніе чрезвычайно сильнаго катэлектротона, то для объясненія трактуемыхъ случаевъ раздраженія вполнѣ достаточно, если мы допустимъ, что развивающееся подъ ихъ вліяніемъ состояніе катэлектротона во много разъ слабѣе. Къ сожалѣнію, въ физіологической литературѣ нѣтъ до сихъ поръ ни одного изслѣдованія, направленнаго къ выясненію гальваническихъ явленій, развивающихся въ нервѣ подъ вліяніемъ слабыхъ механическихъ раздраженій.

[1]) Heidenhain. Physiologische Studien. Berlin. 1856.

[2]) Tigerstedt. Studien über mechanische Nervenreizung. Helsingfors. 1880 и Hällstén. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1881.

[3]) Ср. Bilharz u. Nasse. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862. S. 75.

Обращаясь къ случаямъ химическаго раздраженія, мы и здѣсь встрѣчаемся съ такими-же самыми отношеніями: всѣ химическія вліянія, дѣйствующія возбуждающимъ образомъ, обладаютъ вмѣстѣ съ тѣмъ способностью убивать нервъ, т.-е. способностью приводить сосѣдніе съ убитымъ живые участки въ состояніе сильнаго катэлектротона. Къ сожалѣнію, и здѣсь нѣтъ возможности провести полную параллель между возбужденіемъ и развивающимися въ нервѣ токами, такъ какъ въ литературѣ мы не находимъ ни одной работы, въ которой изслѣдовались бы вмѣстѣ тѣ и другія явленія. Но отсутствіе такихъ изслѣдованій не можетъ, конечно, служить поводомъ къ отрицанію возможности свести всѣ виды химическаго раздраженія на раздраженіе нервнымъ токомъ. Мы могли бы отрицать подобную возможность лишь въ томъ случаѣ, если бы былъ извѣстенъ хоть одинъ несомнѣнный фактъ, указывающій на возможность полученія возбужденія при дѣйствіи на нервъ химическихъ агентовъ въ то время, когда эти послѣдніе не вызвали еще нервнаго тока. Однако, на существованіе такихъ фактовъ нѣтъ въ литературѣ, насколько я знаю, никакихъ указаній.

Правда, намъ извѣстны нѣкоторые исключительные случаи, когда химическіе агенты могутъ вызывать возбужденіе, не убивая въ то-же время раздражаемаго участка [1]). Однако, и этими случаями нельзя воспользоваться, какъ доводами въ пользу того, что эти агенты возбуждаютъ нервъ, не вызывая появленія нервнаго тока. Нельзя воспользоваться ими въ особенности теперь, когда, по крайней мѣрѣ, для мышцы, несомнѣнно установлено Бидерманномъ [2]), что извѣстныя химическія вліянія могутъ вызывать измѣненія мышечнаго вещества, вполнѣ достаточныя для появленія тока, оставляя, тѣмъ не менѣе, органъ живымъ. Этотъ изслѣдователь, дѣйствуя на мышцу водяной вытяжкой мышечной ткани, нашелъ, что подвергшееся такому вліянію мѣсто мышцы становится сильно отрицательнымъ по отношенію къ другимъ нормальнымъ частямъ, такъ что при отведеніи къ гальванометру получается токъ, соотвѣтствующій по силѣ обыкновенному покоющемуся току. Несмотря на это, здѣсь нѣтъ умиранія мышцы, такъ какъ эта послѣдняя опять приходитъ въ нормальное состояніе, лишь только она будетъ промыта индифферентнымъ растворомъ повареной соли.

Сведеніе химическаго раздраженія на электрическое, кото-

[1]) Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 105.

[2]) Biedermann. Wiener Sitzungsber. B. LXXXI. III Abth. 1880. S. 88—92.

рому въ настоящее время не противорѣчитъ ни одинъ извѣстный фактъ, представляетъ, на мой взглядъ, большое преимущество въ томъ отношеніи, что при этомъ открывается возможность объяснить въ будущемъ всю ту разнообразную картину явленій, которая, какъ извѣстно, наблюдается при дѣйствіи на нервъ различныхъ химическихъ раздражителей.

Въ самомъ дѣлѣ, невозможно допустить, чтобы всѣ химическіе дѣятели вызывали развитіе нервнаго тока по одному и тому-же самому шаблону. Въ то время какъ одни, убивая нервъ моментально, служатъ причиной мгновеннаго появленія нервнаго тока въ полной его силѣ, другіе, вызывая смерть нерва лишь постепенно, должны обусловливать столь-же постепенное развитіе и нервнаго тока. Понятно, что въ первомъ случаѣ мы имѣемъ болѣе благопріятныя условія для появленія возбужденія, чѣмъ во второмъ. Отношеніе между этими двумя случаями представляется совершенно такимъ-же, какое существуетъ между дѣйствіемъ на нервъ замыканія тока и дѣйствіемъ того же тока, нарастающаго лишь постепенно. Дѣйствительно, мы можемъ найти въ литературѣ указанія, что возбужденіе подъ вліяніемъ химическихъ агентовъ развивается именно лишь тогда, когда убиваніе нерва происходитъ съ извѣстной быстротой. Такъ, Экгардъ [1]), который болѣе другихъ занимался вопросомъ о химическомъ раздраженіи, прямо утверждаетъ, что возбуждаютъ нервъ лишь тѣ вліянія, которыя вызываютъ моментальную смерть раздражаемаго участка.

Различіе эффектовъ, получаемыхъ при дѣйствіи на нервъ химическихъ агентовъ, можетъ зависѣть также отчасти и отъ различнаго ихъ вліянія на раздражительность нерва. Дѣйствіе каждаго химическаго раздражителя не можетъ ограничиваться только тѣмъ участкомъ, къ которому онъ непосредственно приложенъ, но, вслѣдствіе диффузіи, должно распространяться и дальше, причемъ, чѣмъ дальше отъ мѣста приложенія, тѣмъ дѣйствіе раздражителя должно становиться все слабѣе и слабѣе. Такимъ образомъ, если на самомъ мѣстѣ приложенія происходитъ умираніе нерва, то въ сосѣднихъ участкахъ должны происходить измѣненія менѣе рѣзкія, которыя, смотря по свойствамъ раздражителя, могутъ выражаться или въ видѣ повышенія, или въ видѣ пониженія раздражительности. Такъ какъ, по нашему представленію, возбужденіе подъ вліяніемъ нервнаго тока развивается именно въ этихъ сосѣднихъ участкахъ, поэтому оче-

[1]) Eckhard. Zeitschr. f. rat. Med. (2) I. 1851.

видно, что то или другое измѣненіе ихъ раздражительности не можетъ оставаться безъ вліянія на результатъ раздраженія.

Если къ сказанному прибавить, что химическіе раздражители, по самой своей природѣ, не могутъ дѣйствовать сразу на всѣ волокна, входящія въ составъ даннаго нерва, но должны возбуждать ихъ лишь преимственно, причемъ въ предѣлахъ каждаго отдѣльнаго волокна вызываемыя ими измѣненія должны постепенно распространяться все дальше и дальше, мы должны будемъ согласиться, что, сводя химическое раздраженіе на электрическое, мы получаемъ достаточно точекъ опоры для объясненія всевозможныхъ картинъ, наблюдаемыхъ при химическомъ раздраженіи. Конечно, подобное объясненіе, въ примѣненіи къ отдѣльнымъ частнымъ случаямъ, можетъ быть развито подробно лишь тогда, когда мы будемъ имѣть изслѣдованія, посвященныя спеціально вопросу о связи между возбуждающимъ дѣйствіемъ химическихъ агентовъ и ихъ способностью вызывать нервный токъ. Такихъ изслѣдованій пока не существуетъ.

Изъ обыкновенныхъ вліяній, дѣйствующихъ на нервъ возбуждающимъ образомъ, слѣдуетъ упомянуть еще о вліяніи высокой температуры и о вліяніи высыханія.

Возбуждаетъ-ли температура въ тѣхъ предѣлахъ, въ которыхъ еще сохраняется жизнь подверженнаго ея дѣйствію участка нерва, вопросъ пока нерѣшенный [1]). Всякое же чрезмѣрное повышеніе температуры, вызывающее умираніе извѣстнаго участка, обыкновенно сопровождается возбужденіемъ, что, съ нашей точки зрѣнія, вполнѣ понятно, такъ какъ частичное умираніе даетъ поводъ къ развитію нервнаго тока въ полной его силѣ.

Что касается высыханія, то этотъ дѣятель, какъ извѣстно, способенъ вызывать сильные возбужденіе. Появляется-ли при этомъ нервный токъ, остается до сихъ поръ неизвѣстнымъ, благодаря отсутствію изслѣдованій. Принимая во вниманіе, что высыханіе ведетъ скоро къ полной смерти нерва, нужно думать, что подъ его вліяніемъ токъ дѣйствительно развивается. Въ пользу этого говоритъ утвержденіе Гарлесса [2]), что при извѣстной степени высыханія нервный токъ изчезаетъ, что, какъ извѣстно, наблюдается лишь при дѣйствіи такихъ агентовъ, которые сами по себѣ способны убивать нервъ и, слѣдовательно, вызывать появленіе нервнаго тока.

[1]) Ср. Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 93.

[2]) Harless. Abhandl. d. bayr. Acad. VIII. S. 374. 1858. (Цитировано по Hermann'y Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 148).

Резюмируя все, сказанное нами до сихъ поръ относительно дѣйствія на нервъ различныхъ раздражителей, мы приходимъ къ выводу, что нѣтъ ни одного случая возбужденія, при которомъ нельзя было бы предполагать присутствія въ нервѣ болѣе или менѣе сильнаго тока, а наоборотъ, въ большинствѣ извѣстныхъ случаевъ намъ несомнѣнно извѣстно, что возбужденіе и нервный токъ существуютъ одновременно. Благодаря этому, понятно, высказанное нами предположеніе, что механическіе, химическіе и т. д. раздражители возбуждаютъ нервъ лишь по стольку, по скольку вызываютъ въ немъ состояніе катэлектротона, теряетъ въ значительной степени свою парадоксальность. Парадоксальность эта должна еще уменьшиться, если мы обратимъ вниманіе на слѣдующее соображеніе.

Разъ мы видимъ, что нервъ способенъ приходить въ возбужденное состояніе подъ вліяніемъ самыхъ разнообразныхъ причинъ, представляется логически необходимымъ допустить, что всѣ эти причины имѣютъ между собою нѣчто общее, что и позволяетъ имъ дѣйствовать на нервъ совершенно одинаковымъ образомъ. Наше предположеніе и удовлетворяетъ этому логическому требованію, показывая, что всѣ раздражители способны вызывать въ нервѣ состояніе катэлектротона.

Наконецъ, мы должны окончательно убѣдиться въ полной законности развиваемой нами мысли, если обратимъ вниманіе на то, что въ литературѣ существуютъ уже попытки воспользоваться нервнымъ токомъ, если и не совсѣмъ въ такомъ-же направленіи, въ какомъ пользуемся имъ мы, то во всякомъ случаѣ въ направленіи весьма аналогичномъ. Я подразумѣваю здѣсь извѣстное предположеніе, высказанное Германномъ насчетъ сущности процесса проведенія возбужденія по нерву [1]). Основываясь на фактѣ, что между возбужденной и невозбужденной частью нерва существуютъ совершенно такія-же отношенія, какія наблюдаются между поврежденной и неповрежденной, т.-е. что первая представляется отрицательной по отношенію ко второй, Германнъ дѣлаетъ необходимо вытекающій отсюда выводъ, что всякое возбужденіе извѣстнаго участка нерва должно непремѣнно сопровождаться появленіемъ токовъ, которые приводятъ сосѣдніе участки въ состояніе катэлектротона, а самое возбужденное мѣсто въ состояніе анэлектротона. Въ то время, какъ самъ возбужденный участокъ подъ вліяніемъ анэлектротоническаго состоянія приходитъ въ покой, состояніе катэлектротона, развившееся въ сосѣднихъ участкахъ, вызываетъ въ нихъ процессъ возбужденія. Придя въ возбужденное состояніе, эти участки дѣйствуютъ на сосѣдніе невозбужденные совершенно также, какъ дѣйствовалъ первоначально возбужденный участокъ, т.-е. способствуя распространенію возбужденія дальше по нерву, сами приходятъ въ состояніе покоя. Такимъ образомъ, процессъ передачи возбужденія отъ одной части нерва къ другой, или, выражаясь иначе, естественное возбужденіе нерва сводится на возбужденіе катэлектротономъ.

[1]) Hermann. Handb. d. Physiol. B. II. Th. I. S. 194.

Разъ мы имѣемъ право смотрѣть на электрическую противоположность возбужденныхъ и невозбужденныхъ частей нерва, какъ на причину возбужденія этихъ послѣднихъ, то очевидно, что мы имѣемъ столь-же законное право приписывать возбуждающее значеніе электрической противоположности между поврежденными и неповрежденными участками.

Предыдущія разсужденія, и думаю, могли убѣдить читателя, что на самомъ дѣлѣ есть возможность найти такую точку зрѣнія, при которой выставленное въ началѣ настоящей главы противорѣчіе между гипотезой суммированія и извѣстнымъ фактомъ, что Пфлюгеровскія явленія могутъ быть наблюдаемы и при употребленіи химическаго и механическаго раздраженія, разрѣшается вполнѣ удовлетворительно: если всѣ виды раздраженія сводятся на раздраженіе катэлектротоническими вѣтвями нервнаго тока, то очевидно, что и здѣсь существуютъ условія для суммированія, совершенно такія-же, какъ и при употребленіи электрическихъ раздражителей. Вмѣстѣ съ тѣмъ могутъ считаться устраненными, по крайней мѣрѣ впредь до дальнѣйшихъ изслѣдованій, препятствія, стоявшія на пути развитыхъ въ теченіе настоящаго изслѣдованія взглядовъ. Мало того, есть возможность показать, что эти послѣдніе пріобрѣтаютъ такимъ образомъ значительно бо́льшую общность.

Во-первыхъ, придерживаясь развитой въ настоящей главѣ точки зрѣнія, мы оказываемся въ состояніи распространить на всю область явленій раздраженія нерва тѣ три положенія (стр. 312), которыя оказались достаточными для объясненія главныхъ сторонъ дѣйствія тока на нервъ. Для этого стоитъ только первое изъ указанныхъ положеній представить въ слѣдующемъ видѣ:

Великій двигатель способенъ возбуждать лишь по стольку, по скольку онъ вызываетъ въ нервѣ состояніе катэлектротона.

Во-вторыхъ, принимая Германновскую гипотезу, что и явленія естественнаго возбужденія нерва сводятся на возбужденіе катэ-

лектротономъ, мы получаемъ возможность до нѣкоторой степени понять тѣ изъ самыхъ общихъ свойствъ нерва, для объясненія которыхъ не существовало до сихъ поръ никакихъ точекъ опоры.

Чрезвычайная легкость, съ какою нервъ приходитъ въ дѣятельное состояніе, уже давно заставила физіологовъ высказывать мысль, что въ составѣ нерва должны входить какія-то чрезвычайно легко измѣнчивыя (взрывчатыя) вещества, разлагающіяся и освобождающія свою энергію уже подъ вліяніемъ самыхъ ничтожныхъ импульсовъ. Однако, при этомъ оставалось непонятнымъ, почему разъ начавшееся разложеніе не идетъ безостановочно и не ведетъ къ полному истощенію всего запаса заключающейся въ нервѣ энергіи. Для объясненія этого и можно воспользоваться предполагаемой нами неразрывной связью между возбужденіемъ и состояніемъ катэлектротона: свойство катэлектротона не только возбуждать, но и понижать раздражительность, должно полагать предѣлъ всякому возбужденію совершенно также, какъ оно полагаетъ предѣлъ возбужденію, развивающемуся при замыканіи тока. Выражая это иначе, мы можемъ сказать, что всякое возбужденіе, сопровождаясь соотвѣтствующимъ его силѣ состояніемъ катэлектротона, заключаетъ само въ себѣ условія для своего прекращенія Но разъ возбужденіе прекратилось, сейчасъ-же должны начинаться возстановительные процессы, дѣлающіе нервъ опять способнымъ для дальнѣйшей дѣятельности: состояніе катэлектротона смѣняется, по Германну, состояніемъ анэлектротона, а это послѣднее, какъ мы знаемъ, способно изглаживать измѣненія, вызванныя въ нервѣ катэлектротономъ [1]).

Къ извѣстнымъ общимъ свойствамъ нерва относится также способность реагировать на внѣшнія вліянія лишь при условіи, когда они дѣйствуютъ болѣе или менѣе внезапно; въ противномъ-же случаѣ даже самыя сильныя вліянія могутъ оставаться безъ эффекта. Такимъ образомъ, Дюбуа-Реймоновскій законъ оказывается до нѣкоторой степени приложимымъ и ко всей области явленій возбужденія. Съ нашей точки зрѣнія это представляется

[1]) Можетъ быть съ этой точки зрѣнія могло бы быть объяснено явленіе начальнаго сокращенія при раздраженіи нерва прерывистымъ токомъ съ большой частотой перерывовъ (ср. стр. 150, 151 и 194)? Въ самомъ дѣлѣ, если отдѣльныя раздраженія раздѣлены между собою промежутками, недостаточными для возстановленія измѣненій, сопровождающихъ возбужденіе нерва, тогда прерывистый токъ можетъ дѣйствовать какъ непрерывный, совершенно независимо отъ того, имѣютъ-ли его толчки одинаковое или поперемѣнно противоположное направленіе.

вполнѣ понятнымъ: если всякое возбужденіе нерва зависитъ отъ электрическихъ причинъ, то оно и должно подчиняться закону электрическаго раздраженія.

Однимъ словомъ, мысль, что въ основѣ нервной дѣятельности лежатъ электрическіе процессы, можетъ оказаться плодотворной во многихъ отношеніяхъ. Но для болѣе прочнаго ея обоснованія требуется еще, конечно, много изслѣдованій. Теперь же достаточно и того, что подобная мысль позволяетъ избѣгнуть встрѣтившихся затрудненій.

ЛИТЕРАТУРА.

A.

Abeking. Ist Aetzammoniak ein Reizmittel f. motorische Froschnerven. Jenaische Zeitschr. f. d. Med. u. Naturviss. II. 1866. S. 256—260.

Afanasieff. Unters. über d. Einfluss d. Wärme u. d. Kälte auf d. Reizbarkeit d. motor. Froschnerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865. S. 691—702.

B.

Baierlacher. Physol. Studien im Gebiete d. elektr. Muskelerrerung vom Nerven aus. Zeitschr. f. rat. Med. (3). V. 1859. S. 233—267.

Bernheim. Ueber Wirkung d. electr. Stromes in verschied. Richtung gegen d. Längsachse d. Nerv. u. Musk. Pflüger's Archiv. VIII. 1874. S. 60—70.

Bernstein. 1) Unters. über d. Natur d. electroton. Zustandes u. d. negativen Schwankung d. Nervenstromes. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. S. 596—637.

2) Ueber d. zeitl. Verlauf d. negativen Schwankung d. Nervenstromes. Pflüger's Arch. I. 1868. S. 173—207.

3) * Unters. über d. Erregungsvorgang im Nerven- u. Muskelsysteme. Heidelberg. 1871.

4) Gegenbemerkung über d. Anfangszuckung. Pflüger's Arch. V. 1871. S. 318—320.

5) * Ueber d. Electrotonus u. d. innere Mechanik d. Nerven. Pflüger's Arch. VIII. 1874. S. 40—60.

6) Ueber Elektrotonus. Ibidem. S. 498—506.

7) * Ueber d. Ermüdung u. Erholung d. Nerven. Pflüger's Arch. XV. 1877. S. 289—327.

8) * Ueber Erzeugung von Tetanus u. d. Anwendung d. akustischen Stromunterbrechers. Pflüger's Arch. XVII. 1878. S. 120—125.

9) * Ueber d. zeitlichen Verlauf d. elektrotonischen Ströme d. Nerven. Monatsber. d. Berl. Akad. 1880. S. 186—192.

10) Die Erregungszeit d. Nervendorgane in d. Muskeln. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1882. S. 329—347.

11) * Ueber d. Entstehen u. Verschwinden d. elektrotonischen Ströme im Nerven u. d. damit verbundenen Erregungsschwankungen d. Nervenstromes. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1886. S. 197—250.

Bezold. 1) u. Rosenthal. Ueber d. Gesetz d. Zuckungen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 131—132.

НБ ХНАУ

2) * Unters. über d. elektr. Erregung d. Nerven u. Muskeln. Leipzig. 1861.

Biedermann. 1) Ueber d. polaren Wirkungen d. elektrischen Stromes im entnervten Muskel. Wiener Sitzungsber. III Abth. LXXIX. 1879. S. 289—320.

2) Ueber d. durch chemische Veränderungen d. Muskelsubstanz bewirkten Veränderungen d. polaren Erregung durch d. elektr. Strom. Ibidem. LXXX. 1879. S. 367—410.

3) * Ueber d. Abhängigkeit d. Muskelstromes von localen chemischen Veränderungen d. Muskelsubstanz. Ibidem. LXXXI. 1880. S. 74—114.

4) Ueber rhytmische, durch chemische Reizung bedingte Contractionen quergestreifter Muskeln. Ibidem. LXXXII. 1880. S. 257—275.

5) * Ueber d. durch chemische Veränderung d. Nervensubstanz bewirkten Veränderungen d. polaren Erregung durch d. elektr. Strom. Ibidem. LXXXIII. 1881. S. 289—340.

6) * Ueber scheinbare Oeffnungszuckung verletzter Muskeln. Ibidem. LXXXV. 1882. S. 144—171.

7) Zur Kenntniss d. secundären Zuckung. Ibidem. LXXXVII. 1883. S. 66—87.

8) Ueber rhytmische Contractionen quergestreifter Muskeln unter d. Einflusse d. constanten Stromes. Ibidem. S. 115—135.

9) Ueber d. Herz von Helix pomata. Ibidem. LXXXIX. 1884. S. 19—55.

10) Ueber d. elektrische Erregung d. Schliessmuskels von Anodonta. Ibidem. XCI. 1885. S. 29—93.

11) Ueber Hemmungserscheinungen bei elektrischer Reizung quergestreifter Muskeln und über positive katodische Polarisation. Ibidem. XCII. 1885. S. 142—181.

12) Ueber d. elektromotorische Verhalten des Muschelnerven bei galvanischer Reizung. Ibidem. XCIII. 1886. S. 56—98.

Bilharz und Nasse. * Elektrotonus im modificirten Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862. S. 66—90.

Bleuler und Lehmann. Beiträge zur allgemeinen Muskel- u. Nervenphysiologie. Pflüger's Arch. XX. 1879. S. 354—365.

Bohr. Ueber d. Einfluss d. tetanisirenden Irritamente auf Form u. Grösse d. Tetanuscurve. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1882. S. 233—285.

Brücke. 1) Ueber d. Einfluss d. Stromesdauer auf d. elektrische Erregung d. Muskeln. Wiener Sitzungsber. II Abth. LVI. 1867. S. 594—602.

2) * Ueber d. Verhalten entnervter Muskeln gegen discontinuirliche elektrische Ströme. Ibidem. LVIII. 1868. S. 125—128.

3) * Ueber d. Reizung d. Bewegungsnerven durch elektr. Ströme. Ibidem. S. 451—466.

Buchner. 1) Zur Nervenreizung durch Lösungen indifferenter Substanzen. Zeitschr. f. Biologie. X. 1874. S. 373—398.

2) Zur Nervenreizung durch concentrirte Lösungen indifferenter Substanzen. Ibidem. XII. 1876. S. 129—150.

Budge. * Ueber verschiedene Reizbarkeit eines u. desselben Nerven u. über d. Werth d. Pflüger'schen Elektrotonus. Arch. f. path. Anat. XVIII. 1860. S. 457—475; XXIII. 1861. S. 283—300.

C.

Chauveau. 1) De l'excitation electrique unipolaire des nerfs. Compts rendus de l'acad. de scienc. LXXXI. 1875. P. 779—782.

2) Comparaison des exitations unipolaires de même signe, positif ou négatif Ibidem. P. 824—827.

3) De la contraction produite par la rupture du courant de la pile, dans le cas d'excitation unipolaire des nerfs. Ibidem. P. 1038—1041.

4) Etude comparée des flux électriques dits instantanés et du courant continu, dans le cas d'excitation unipolaire. Ibidem. P. 1193—1196.

5) Des conditions physiologiques qui influent sur les caractères de l'excitation unipolaire des nerfs, pendant et apres le passage du courant de pile. Ibidem. LXXXII. 1876. P. 73—76.

Czermak. Ueber Pflüger's Versuch d. Abhängigkeit d. elektrotonischen Erregbarkeitszuwachses von d. Zeit zu bestimmen u. über einen neuen Versuchsplan zur exacten Ermittelung derselben. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 64—71.

D.

Данилевскій. Изслѣдованіе надъ электрическимъ раздраженіемъ нервовъ. Физіологическій сборникъ А. и В. Данилевскихъ. I. 1888. Стр. 119—267.

Du-Bois-Reymond. 1) Unters. über thierische Elektricität. I. 1848; II, 1. 1849, II, 2. 1860.

2) Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- u. Nervenphysik. I. 1875, u. II. 1877.

3) Ueber secundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln, Nerven u. elektrischen Organen. Sitzungsber. d. königl. Preuss. Acad. d. Wiss. zu Berlin. 1883. Sitzung 5 April. S. 343—404; Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1884. S. 1—62.

E.

Eckhard. * 1) Ueber d. Einwirkungen d. Temperaturen d. Wassers auf d. motorischen Nerven d. Frosches. Zeitschr. f. rat. Med. (1). X. 1851. S. 165—190.

2) * Die chemische Reizung d. motorischen Froschnerven. Ibidem. (2). I. 1851. S. 303—328.

3) Der galvanische Strom als Hinderniss d. Muskelzuckung. Ibidem. (2). III. 1853. S. 198—203.

4) Herr Dr. Eduard Pflüger u. seine Unters. über d. Physiol. d. Elektrotonus. Ibidem. (2). VIII. 1857. S. 343—359.

Efron. Beiträge zur allgemeinen Nervenphysiologie. Pflüger's Arch. XXXVI. 1885. S. 467—518.

Engelmann. 1) Zur Physiogie des Ureter. Pflüger's Arch. II. 1869. S. 243—293.

2) * Ueber d. elektr. Erregung d. Ureter, mit Bemerkungen über d. elektr. Erregung im Allgemeinen. Ibidem. III. 1870. S. 247—326.

3) * Ueber d. Schliessungs- u. Oeffnungstetanus. Ibidem. S. 403—414.

4) * Ueber d. Reizung d. Muskeln u. Nerven mit discontinuirlichen elektr. Strömen. Ibidem. IV. 1871. S. 3—33.

5) Vergleichende Untersuchungen zur Lehre von der Muskel- u. Nervenelekricität. Ibidem. XV. 1877. S. 116—149.

Engesser. Existirt eine Verschiedenheit in d. Reaction d. Nerven gegen d. galvanischen Strom, je nachdem d. Kette mit d. Katode oder Anode geschlossen oder geöffnet wird. Pflüger's Arch. X. 1875. S. 147—151.

Erb. 1) Galvanotherapeutische Mittheilungen. Deutsche Arch. f. klin. Med. III. 1867. S. 238—277.

2) Ueber elektrotonischen Erscheinungen am lebenden Menschen. Ibidem. S. 513—528.

Eulenburg. 1) Ueber d. Einvirkung concentrirter Metallsalzlösungen auf d. motorischen Froschnerven. Allg. med. Centr.-Zeit. 1859. XXVIII. № 102; 1860. XXIX. № 66.

2) Ueber elektrotonisirende Wirkungen bei perentaner Anwendung d. constanten Stromes auf Nerven u. Muskeln. Deutsch. Arch. f. klin. Med. III. 1867. S. 117—142.

F.

Fick. 1) * Beiträge zur vergleichenden Physiologie d. irritabelen Substanzen. Braunschweig. 1863.

2) * Unters. über elektr. Nervenreizung. Braunschweig. 1864.

3) * Beitrag zur Physiologie d. Elektrotonus. Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Gesellschaft in Zürich. XI. 1866. S. 48—63.

4) Ueber d. Abklingen d. Elektrotonus. Centralblatt. 1867. № 28.

5) Ueber d. Abklingen d. Elektrotonus. Unters. aus d. physiol. Lab. d. Züricher Hochschule, Wien. 1869. S. 129—137.

6) Die „übermaximalen" Zuckungen betreffend. Centralblatt. 1869. № 39.

7) * Studien über elektrische Nervenreizung. Verh. d. physical.-med. Gesellschaft in Würzburg. N. F. II. 1872. S. 145—155.

8) Ueber quere Nervendurchströmung. Ibidem. IX. 1876. S. 228—245.

9) * Ueber d. Ort d. Reizung an schräg durchströmten Nervenstrecken. Ibidem. X. 1877. S. 220—232.

Filehne. 1) * Beiträge zur Lehre vom Zuckungsgesetze des absterbenden Nerven. Deutsh. Arch. f. klin. Med. X. 1872. S. 401—419.

2) Ueber d. Zuckungsformen bei d. sogenannten queren Durchströmung d. Froschnerven. Pflüger's Arch. VIII. 1874. S. 71—74

Fleischl. 1) Ueber d. Lehre vom Anschwellen der Reize im Nerven. Wiener Sitzungsber. III Abth. LXXII. 1875. S. 393—406.

2) * Ueber d. Wirkung secundärer elekrischer Ströme auf Nerven. Ibidem. LXXIV. 1876. S. 403—424.

3) Das Rheonom. Ibidem. LXXVI. 1877. S. 138—162.

4) Der interpolare Electrotonus. Ibidem. LXXVII. 1878. S. 159—176.

5) Die Theorie des Elektrotonus. Ibidem. LXXVIII. 1878. S. 267—282.

6) * Ueber d. Wirkung linearer Stromschwankungen auf Nerven. Ibidem. LXXXII. 1880. S. 133—154.

7) Die Erregung stromloser Nerven. Ibidem. LXXXVIII. 1883. S. 189—204.

8) * Das Zuckungsgesetz. Arh. f. (Anat. u.) Physiol. 1882. S. 1—25.

Frey. * Ueber die tetanische Erregung von Froschnerven durch d. constanten Strom. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1883. S. 43—57.

Fuhr. 1) * Einmalige lineare Stromschwankung als Nervenreiz. Pflüger's Arch. XXXIV. 1884. S. 510—525.

2) Versuchsresultate mit v. Fleischl's Rheonom. Ibidem. XXXVIII. 1886. S. 313—320.

G.

Goldzieher. Zur Kenntniss des Elektrotonus. Pflüger's Arch. III. 1870. S. 240—247.

Grünhagen. 1) Ueber d. unipolare Zuckung. Zeitschr. f. rat Med. (3). XXIV. 1865. S. 151—168.

2) * Bemerkungen über d. Summation von Erregungen in d. Nervenfaser. Ibidem. XXVI. 1866. S. 190—224.

3) Theorie des physikalischen Elektrotonus. Ibidem. XXXI. 1868. S. 43—45.

4) Ueber d. Wesen u. d. Bedeutung d. elektromotorischen Eigenschaften d. Muskeln u. d. Nerven. Ibidem. s. 46—86; XXXVI. 1869. S. 132—147.

5) Zur Theorie d. physikalishen Elektrotonus. Ibidem. XXXIII. 1868. S. 256—257.

6) Ueber d. zeitliche Verhalten von An- und Katelektrotonus während u. nach d. Einwirkung d. polarisirenden Stromes. Pflüger's Arch. IV. 1871. S. 547—551.

7) * Versuche über intermittirende Nervenreizung. Ibidem. VI. 1872. S. 157—181.

8) * Die elektromotorischen Wirkungen lebender Gewebe. Berlin. 1873.

9) Ueber zwei electrophysiologische Streitpunkte. Pflüger's Arch. VIII. 1874. S. 519—526.

10) Ueber d. Verhältniss zwischen Reizdauer, Reizgrösse u. latenter Reizperiode nach einem neuen Versuchsverfahren. Ibidem. XXXIII. 1883. S. 296—302.

11) * Ueber ächte Interferenz- u. Summationsvorgänge nervöser Thätigkeitszustände. Ibidem. XXXIV. 1884. S. 301—310.

12) Zur Physik d. Elektrotonus. Ibidem. XXXV. 1884. S. 527—536.

Grützner. 1) * Ueber vershiedene Arten der Nervenerregung. Pflüger's Arch. XVII. 1878. S. 215—255.

2) Ueber die negative Schwankung d. Nervenstromes bei nicht elektrischer Reizung. Ibidem. XXV. 1881. S. 255—281.

3) * Ueber elektrische Nervenreizung. Ibidem. XXVIII. 1882. S. 130—178.

4) * Ueber d. Wesen d. elektr. Oeffnungserregung. Ibidem. XXXII. 1883. S. 357—398.

5) Ueber d. Reizwirkungen d. Stöhrer'schen Maschine auf Nerv u. Muskel. Ibidem. XLI. 1887. S. 256—280.

H.

Hällstén. 1) Elektrotonus in sensiblen Nerven. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1880. S. 112—115.

2) * Zur Kenntniss d. mechanischen Reizung d. Nerven. Ibidem. 1881. S. 90—105.

3) Directe Reizung d. quergestreiften Muskeln mittels d. constanten Stromes. Zeitschr. f. Biologie. XXIII. S. 488—508; XXIV. S. 164—188.

Harless. 1) Ueber moleculäre Vorgänge in der Nervensubstanz. Gelehrte Anzeigen d. bayr. Akad. 1857. № 5. 10 Juli. XLV.

2) Ueber d. Bedeutsamkeit d. Nervenhüllen. Zeitschr. f. rat. Med. (3). IV. 1858. S. 168—188.

3) Die Muskelkrämpfe bei d. Nervenvertrocknung. Ibidem. VII. 1859. S. 219—257.

4) Ueber d. Einfluss d. Temperaturen u. ihrer Schwankungen auf d. motorischen Nerven. Ibidem. VIII. 1860. S. 122—184.

5) Wirkungen d. Ammoniak auf die Nervenstämme. Ibidem. XII. 1861. S. 68—125.

Heidenhain. 1) * Die Wiederherstellung der erloschenen Muskelerregbarkeit durch constante galvanische Ströme. Allg. med. Centr.-Zeit. 1856. XXV. № 69.

2) * Beitrag zur Kenntniss d. Zuckungsgesetzes. Arch. f. physiol. Heilkunde. N. F. I. 1857. S. 442—481.

3) Ein mechanischer Tetanomotor für Vivisectionen. Molesch. Unters. IV. 1858. S. 124—133.

4) * Die Erregbarkeit d. Nerven an verschiedenen Puncten ihres Verlaufes. Studien d. physiol. Inst. zu Breslau. 1 Heft. Leipzig. 1861. S. 1—66.

Heinzmann. * Ueber d. Wirkung sehr allmäliger Aenderungen thermischer Reize auf d. Empfindungsnerven. Pflüger's Arch. VI. 1872. S. 232—237.

Helmholz. 1) Messungen über d. zeitlichen Verlauf d. Zuckungen animalischer Muskeln u. d. Fortpflanzungsgeschwindigkeit d. Reizung in d. Nerven. Müller's Arch. 1850. S. 276—364.

2) Messungen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit d. Reizung in d. Nerven. Ibidem. 1852. S. 199—216.

3) Ueber d. Geschwindigkeit einiger Vorgänge in Muskeln und Nerven. Monatsber. d. Berliner Akad. 1854. S. 328—332.

Hering. 1) Unters. d. physiolog. Tetanus mit Hilfe d. stromprüfenden Nervmuskelpräparates. Wiener Sitzungsber. III Abth. LXXII. 1875. S. 413—426.

2) * Ueber directe Muskelreizung durch. d. Muskelstrom. Ibidem. LXXIX. 1879. S. 7—32.

3) * Ueber d. Methoden zur Unters. d. polaren Wirkungen d. elektr. Stromes in quergestreiften Muskeln. Ibidem. S. 237—262.

4) * Ueber Nervenreizung durch d. Nervenstrom. Ibidem. LXXXV. 1882. S. 237—275.

5) Ueber Veränderungen d. elektromotorischen Verhaltens d. Muskeln in Folge elektrischereizung. Ibidem. LXXXVIII. 1883. S. 415—437.

6) Ueber du Bois-Reymond's Untersuchung d. secundär-elektromotorischen Erscheinungen am Muskel. Ibidem. S. 445—471.

7) Ueber positive Nachschwankung d. Nervenstromes nach elektrischer Reizung. Ibidem. LXXXIX. 1884. S. 137—158.

8) Ueber Schwankungen d. Nervenstromes in Folge unipolarer Reizung beim Tetanisiren. Ibidem. S 219—237.

Hermann. 1) Weitere Unters. zur Physiologie d. Muskeln u. Nerven. II. Berlin. 1867.

2) * Unters. zur Physiologie d. Muskeln u. Nerven. III. Berlin. 1868.

3) Weitere Unters. über d. Ursache d. elektromotorischen Erscheinungen an Muskeln u. Nerven. Pflüger's Arch. III. 1870. S. 15—46; IV. 1871. S. 149—213.

4) * Ueber eine Wirkung galvanischer Ströme auf Muskeln u. Nerven. Ibidem. V. 1871. S. 223—275; VI. 1872. S. 312—360.

5) * Das galvanische Verhalten einer durchflossenen Nervenstrecke während d. Erregung. Ibidem. VI. 1872. S. 560—567.

6) Weitere Unters. über d. Electrotonus, insbesondere über d. Erstreckung desselben auf d. intramusculären Nervenenden. Ibidem. VII. 1873. S. 301—323.

7) Unters. über d. Gesetz d. Erregungsleitung im polarisirten Nerven. Ibidem. S. 323—364.

8) Berichtigender Zusatz zu d. Unters. über d. Erregungsleitung im polarisirten Nerven. Ibidem. S. 497—498.

9) Experimentelles u. Kritisches über Electrotonus. Ibidem. VIII. 1874. S. 258—275.

10) Zur Aufklärung u. Abwehr. Ibidem. IX. 1874. S. 28—34.

11) * Fortgesetzte Unters. über d. Beziehungen zwischen Polarisation u. Erregung im Nerven. Ibidem. X. 1875. S. 215—239.

12) Der Querwiderstand d. Nerven während d. Erregung. Ibidem. XII. 1876. S. 151—157.

13) Unters. über d. Entwicklung d. Muskelstromes. Ibidem. XV. 1877. S. 191—233.

14) Versuche mit d. Fall-Rheotom über d. Erregungsschwankung d. Muskels Ibidem. S. 233—245.

15) Unters. über d. Actionsströme des Muskels. Ibidem. XVI. 1878. S. 191—262.

16) Zur Lehre vom Einflusse d. Reizstelle u. Reizstromrichtung im Nerven. Ibidem. S. 262—265.

17) Unters. über d. Actionsströme d. Nerven. Ibidem. XVIII. 1878. S. 574—587.

18) Ueber E. v. Fleischl zweite vermeintliche Wiederlegung meiner Theorie d. Electrotonus. Ibidem. XX. 1879. S. 388—395.

19) * Ueber d. Geschwindigkeit, mit welcher sich d. Electrotonus im Nerven verbreitet. Ibidem. XXI. 1879. S. 446—461.

20) Unters. über d. Erregbarkeit d. Nerven u. Muskeln bei Längs- und Querdurchströmung. Ibidem. S. 462—473.

21) Ueber d. Abhängigkeit d. Absterbens der Muskeln von d. Länge ihrer Nerven. Ibidem. XXII. 1880. S. 37—40.

22) * Unters. über d. Actionsströme d. Nerven. Ibidem. XXIV. 1880. S. 246—294.

23) * Ueber d. Einfluss d. absoluten Stromdichte auf d. erregende Wirkung von Stromesschwankungen. Ibidem. XXX. 1883. S. 1—16.

24) * Ueber d. Wesen d. Oeffnungserregung. Ibidem. XXXI. 1883. S. 99—109.

25) Ueber d. beiden nicht erregenden Vorgänge im Pflüger'shen Erregungsgesetze. Ibidem. S. 109—118.

26) * Ueber sogenannte secundär-elektromotorische Erscheinungen an Muskeln u. Nerven. Ibidem. XXXIII. 1883. S. 103—162.

27) Ueber wellenartig ablaufende galvanische Vorgänge am Kernleiter. Ibidem. XXXV. 1884. S. 1—25.

28) Eine Wirkung galvanischer Ströme auf Organismen. Ibidem. XXXVII. 1885. S. 457—460.

29) Ueber d. Ursache d. Elektrotonus. Ibidem. XXXVIII. 1886. S. 153—181.

30) * Unters. über d. Polarisation d. Muskeln u. Nerven. Ibidem. XLII. 1888. S. 1—83.

Hirschberg. In welcher Beziehung stehen Leitung u. Erregung d. Nervenfaser zu einander. Pflüger's Arch. XXXIX. 1886. S. 75—96.

Hitzig. Ueber quere Durchströmung d. Froschnerven. Pflüger's Arch. VII. 1873. S. 263—174.

K.

Kölliker. Ueber d. Vitalität d. Nervenröhren d. Frösche. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie. IX. 1858. S. 417—433.

König. * Beiträge zur Theorie d. elektr. Nervenreizung. Wiener Sitzungsber. II Abth. LXII. 1870. S. 537—546.

Kries 1) und Sewall. Ueber d. Summirung untermaximaler Reize in Muskeln u. Nerven. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1881. S. 66—78.

2) * Ueber die Erregung d. motorischen Nerven durch Wechselströme. Berichte d. naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg. VIII. Heft II. 1882. S. 170—204.

3) * Ueber d. Abhängigkeit d. Erregungs-Vorgänge von d. zeitl. Verlaufe d. zur Reizung dienenden Elektricitäts-Bewegungen. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1884. S. 337—373.

Kronecker und Stirling. 1) * Die Genesis d. Tetanus Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. S. 1—40.

2) * Ueber d. sogenannte Anfangszuckung. Ibidem. S. 394—400.

Kühne. 1) Ueber directe u. indirecte Muskelreizung mittelst chemischer Agentien. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 213—254.

2) Ueber d. chemische Reizung d. Musk. u. Nerv. u. ihre Bedeutung f. d. Irritabilitätsfrage. Ibidem. 1860. S. 315—354.

3) Myologische Untersuchungen. Leipzig. 1860.

L.

Lamansky. 1) * Unters. über d. Natur d. Nervenerregung durch kurzdauernde Ströme. Studien d. physiol. Inst. zu Breslau. 4 Heft. 1868. S. 146—225.

2) Neue Versuche d. übermaximalen Zuckungen betreffend. Centralblatt. 1869. № 2.

3) Antikritik betreffend d. Kritik d. Herrn A. B. Meyer. Ibidem. № 16.

4) Die „übermaximalen" Zuckungen betreffend. Ibidem. № 51.

Lautenbach. Note sur l'effet de l'irritation d'un nerf parcouru par un courant constant. Arch. d. scienc. phys. et natur. LVIII. 1877. P. 88—99.

* The physiological action of heat. Journ. of physiol. II. 1879—1880. S. 1—13.

M.

Marcuse. Ueber d. Abhängigkeit d. Erregung von d. Länge d. elektrisch durchströmten Nervenstrecke. Verh. d. phys.-med. Gesell. in Würzburg. N. F. X. 1877. S. 158—174.

Marey. Du mouvement dans les fontions de la vie. Paris. 1868.

Meyer. 1) Beiträge zur Lehre von d. elektr. Nervenreizung. Inaugural Dissert. Zürich. 1867.

2) Die übermaximale Zuckung. Centralblatt. 1868. № 46.

3) Kritik d. „neuen Versuche" d. Herrn S. Lamansky d. übermaximale Zuckung betreffend. Ibidem. 1869. № 11.

4) Die Muskelzuckung in ihrer Abhängigkeit von d. Stärke elektr. Nervenreizung. Unters. aus d. physiol. Labor. d. züricher Hochschule. Wien. 1869. S. 36—50.

Moleschott. Der bewegungsvermittelnde Vorgang im Nerven kann auch von einer positiven Schwankung d. Nervenstromes begleitet sein. Molesch. Unters. VIII. 1862. S. 1—35.

Morat et Toussaint. 1) Variations de l'état électrique des muscles dans les différents modes de contraction. Arch. de physiologie norm. et pathol. IV. 1877. P. 156—182.

2) De l'état electrotonique dans le cas d'excitation unipolaire des nerfs. Comptes rendus. LXXXIV. 1877. P. 503—505.

Müller. Ueber d. Abhängigkeit d. negativen Schwankung d. Nervenstromes von d. Intensität d. erregenden elektr. Stromes. Unters. aus d. physiol. Labor. d. züricher Hochschule. Wien. 1869. S. 98—128.

Munk. 1) Unters. über d. Leitung d. Erregung im Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860. S. 798—820.

2) Unters. zur allgemeinen Nervenphysiologie. Ibidem. 1866. S. 369—390.

3) Unters. über d. Wesen d. Nervenerregung. Leipzig. 1868.

4) Ueber Partialerregung d. Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 41—45.

5) Ueber d. Abhängigkeit d. Absterbens d. Muskeln von d. Länge ihrer Nerven. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1880. S. 169—175.

N.

Nasse. * Ueber d. Erregung d. Nerven durch positive u. negative Stromesschwankungen. Pflüger's Arch. III. 1870. S. 476—489.

Neumann. * Eine Versuchsreihe, betreffend d. Absterben d. Erregbarkeit in Muskeln u. Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 554—567.

O.

Obernier. * Ueber d. Ausbleiben d. Oeffnungszuckung bei starkem absteigendem Strome. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. S. 269—278.

Ordenstein. Ueber Kölliker's Ansichten „über d. Vitalität d. Nervenröhren d. Frösche". Zeitschr. f. rat. Med. (3). II. 1858. S. 109—113.

P.

Pflüger. 1) * Ueber d. tetanisirende Wirkung d. constanten Stromes u. d. allgemeine Gesetz d. Reizung. Arch. f. pathol. Anat. XIII. 1858. S. 437—448.

2) * Unters. über d. Physiologie d. Electrotonus. Berlin. 1859.

3) * Ueber d. Ursache d. Oeffnungstetanus. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 133—149.

R.

Ranke. 1) Das Gesetz des Electrotonus. Centralblatt. 1867. № 17.

2) Die Lebensbedingungen der Nerven. Leipzig. 1868.

Richet. De l'addition latende des excitations electriques dans les nerfs et dans les muscles. Traveaux du labor. d. Marey. 1877. P. 97—105.

Roeber. Beitrag zur Kenntniss des Electrotonus. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 623—631.

Rollet. Ueber d. verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparat. Wiener Sitzungsber. III Abth. LXXI. 1875. S. 33—80. LXXII. 1875. S. 349—392.

Rosenthal. 1) * Ueber Modification d. Erregbarkeit durch geschlossene Ketten u. d. Voltaischen Abwechselungen. Zeitschr. f. rat. Med. (3). IV. 1858. S. 117—141.

2) Ueber d. Einfluss höherer Temperaturgrade auf motorische Nerven. Allg. med. Centr.-Zeit. XXVIII. 1859. № 96.

Rumpf. * Ueber die Einwirkung d. Centralorgane auf d. Erregbarkeit d. motorischen Nerven. Arch. f. Psychiatrie. VIII. 1878. S. 567–593.

Runge. Der Elektrotonus am Lebenden. Deutsch. Arch. f. klin. Med. VII. 1870. S. 356—384.

Rutheford. Elektrotonus. Journ. of anat. and physiol. II. 1868. P. 87—99.

S.

Шебякинъ. По вопросу о дѣйствіи электричества на животныя ткани. Предложенная Шово новая электро-физіологическая теорія. Другъ Здравія. 1860 №№ 16 и 17.

Schiff. 1) und Herzen. Ueber d. Veränderungen d. Erregbarkeit in dem durch schwache constante Ströme polarisirten Nerven. Molesch. Unters. X. 1866. S. 431—446.

2) Ueber d. Verschiedenheit d. Aufnahmsfähigkeit u. Leitungsfähigkeit in dem peripherischen Nervensystem. Zeitschr. f. rat. Med. (3). XXIX. 1867. S. 221—223.

3) Sur les nerfs dits arrestateurs. Arch. des sciences physiques et naturelles. LX. 1877. P. 489—502; LXI. 1878. P. 234—251; LXII. 1878. P. 47—60.

Schleich. Versuche über d. Reizbarkeit d. Nerven im Dehnungszustande. Zeitschr. f. Biologie. VII. 1871. S. 379—394.

Schoenlein. 1) Ueber d. Verhalten d. secundären Tetanus bei verschiedener Reizfrequenz. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1882. S. 347—357.

2) Zur Frage nach d. Natur d. Anfangszuckung. Ibidem. S. 357—369.

3) Ueber rhytmische Contractionen quergestreifter Muskeln auf tetanische Reizung. Ibidem. S. 369—387.

Сѣченовъ. 1) Электричество въ физіологіи. Моск. Вед. 1858. №№ 14 и 15.

2) Перерѣзка нерва, какъ условіе нарастанія его раздражительности. Медиц. Вѣсти. 1861. №№ 33 и 34.

3) Ueber d. elektrische u. chemische Reizung d. sensiblen Rückenmarksnerven d. Frosches. Graz. 1868.

4) * Einige Bemerkungen über d. Verhalten d. Nerven gegen sehr schnell folgende Reize. Pflüger's Arch. V. 1871. S. 114—119.

Severini. Ueber d. Einfluss, welchen d. Ozon auf d. Gesetz u. d. Höhe d. Zuckungen ausübt. Pflüger's Arch. IX. 1874. S. 620—639.

Sewall. 1) On the effect of two succeding stimuli upon muscular contraction. Journ. of physiol. II. 1879—1880. P. 164—190.

2) * On the polar effects upon nerves of weak induction currents. Journ. of physiol. III. 1880—1882. P. 175—180.

2) Stricker. Das Zuckungsgesetz nach neuen Versuchen dargestellt. Wiener Sitzungsber. III Abth. LXXXIV. 1881. S. 7—93.

Subotin. Ueber d. Veränderung d. Erregbarkeit d. Nerven bei Anwendung von chemischen Reizen. Centralblatt. 1866. № 47.

Szpilman und Luchsinger. Zur Beziehung von Leitungs- u. Erregungsvermögen d. Nervenfasern. Pflüger's Arch. XXIV. 1880. S. 347—357.

T.

Tiegel. 1) Weitere Unters. über d. Wirkung einzelner Inductionsschläge auf d. Scelctmuskel u. seinen Nerven. Pflüger's Arch. XIII. 1876. S. 272—286.

2) Vom Einfluss d. Reizortes am Nerven auf d. Zuckungshöhe d. Muskels. Ibidem. S. 598—607.

Tigerstedt. 1) * Studien über mechanische Nervenreizung. Helsingfors. 1880.

2) * Ueber innere Polarisation in den Nerven. Mittheil. v physiol. Labor. d. carolin. medico-chirurg. Inst. in Stockholm. 2 Heft. 1882.

3) * Zur Theorie der Oeffnungszuckung. Ibidem.

Tschirjew. Ueber d. Nerven- u. Muskelerregbarkeit. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 489—520.

2) * Ueber d. Fortpflanzungsgeschwindigkeit d. elektrotonischen Vorgänge im Nerven. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1879. S. 225—542.

3) Zur Lehre vom Electrotonus. Ibidem. 1883. Suppl. Band.

V.

Valentin. 1) Ueber d. Möglichkeit d. Stimmungsrichtung eines galvanischen Froschpräparates willkürlich umzukehren. Arch. f. Physiol. Heilkunde. XII. 1853. S. 66—91.

2) Einige Folgen d. Nervendurchschneidung. Zeitschr. f. rat. Med. (3). XI. 1861. S. 1—88.

3) * Die Zuckungsgesetze d. lebenden Nerven u. Muskels. 1863.

4) * Einige Versuche über d. Einflüsse d. beständigen Stromes auf d. Leistungsfähigkeit benachbarten Nervenstrecken. Zeitschr. f. Biologie VIII. 1872. S. 210—238; X. 1874. S. 153—176.

5) Beiträge zur Kenntniss d. Winterschlafes d. Murmelthiere. Molesch. Unters. XI. 1872. S. 169—181.

6) * Die Interferenzen elektrischer Erregungen. Pflüger's Arch. VII. 1873. S. 458—497.

7) Einige Bemerkungen über elektrische Tetanisation d. Nerven und d. Muskeln. Pflüger's Arch. XI. 1875. S. 481—502.

8) * Die mehrfachen Interferenzen d. Nervenerregungen. Ibidem. XIII. 1876. S. 320—353.

W.

Введенскій. О соотношеніяхъ между раздраженіемъ и возбужденіемъ при тетанусѣ. С.-Петербургъ. 1886.

Werigo. 1) Ueber d. secundären Erregbarkeitsänderungen an d. Cathode eines andauernd polarisirten Froschnerven. Pflüger's Arch. XXXI. 1883. S. 417—479.

2) Ueber d. gleichzeitige Reizung des Nerven an zwei Orten mit Inductionsschlägen. Ibidem. XXXVI. 1885. S. 519—548.

Willy. Ueber d Abhängigkeit d. Nervenerregung von. d. Länge d. durchflossenen Strecke. Pflüger's Arch. V. 1871. S. 273—280.

Worm-Müller. Kritische Beiträge aus d. Gebiete d. thierischen Nerven- u. Muskelelektricität. Unters. aus d. physiol. Labor. in Würzburg. II. 1869. S. 181—262.

Wundt. 1) * Ueber d. Gesetz d. Zuckungen u. d. Modification d. Erregbarkeit durch geschlossene Ketten. Arch. f. physiol. Heilkunde. N. F. II. 1858. S. 354—400.

2) Ueber secundäre Modification d. Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 537—548.

3) Bemerkung zu d. Aufsatze des Herrn Dr. H. Munk: „über d. Leitung d Erregung im Nerven." Ibidem. 1861. S. 781—783.

4) Ueber d. Erregbarkeitsveränderungen im Electrotonus u. d. Fotpflanzungsgeschwindigkeit d. Nervenerregung. Pflüger's Arch. III. 1870. S. 437—440.

5) * Unters. zur Mechanik d. Nerven u. Nervencentren. Erlangen. 1871.

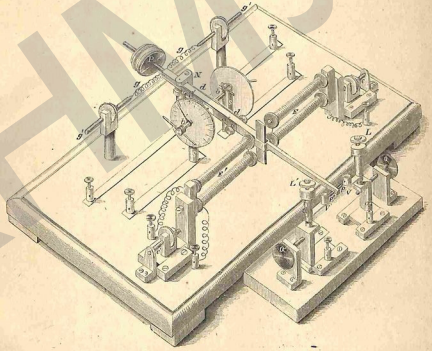
Z.

Zederbaum. Ueber d. Einfluss d. Dehnung d. Nerven auf d. Erregbarkeit. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1882. S. 116—118.

Ziemssen und Weiss. Die Veränderungen d. elektrischen Erregbarkeit bei traumatischen Lähmungen. Deutsch. Arch. f. klin. Med. IV. 1868. S. 579—594.

Инв. № НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА 1-го Харьк. Мед. Института

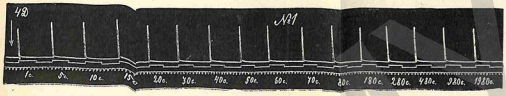
ТАБЛИЦА I.

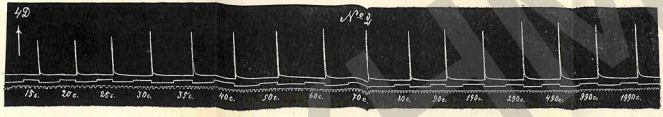


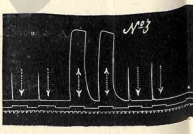
Прерыватель въ уменьшенномъ видѣ.

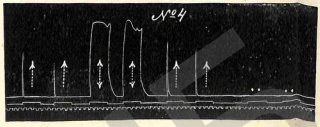
НБ ХНМУ

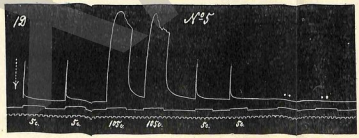
ТАБЛИЦА II.

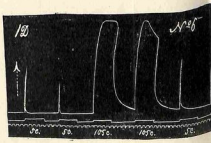


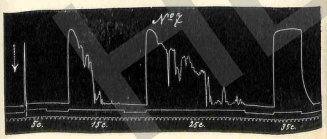


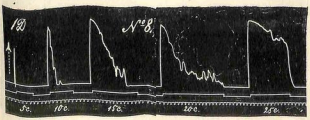


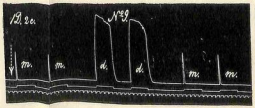


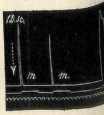






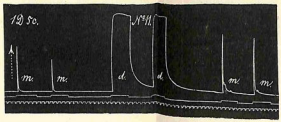




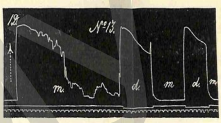


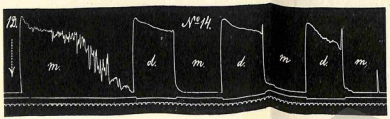
НБ ХГАМУ

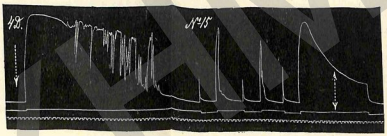
ТАБЛИЦА III.

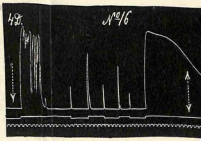


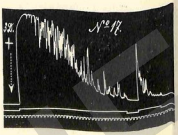


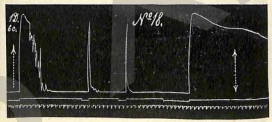


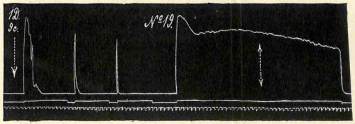


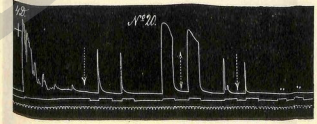


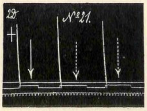






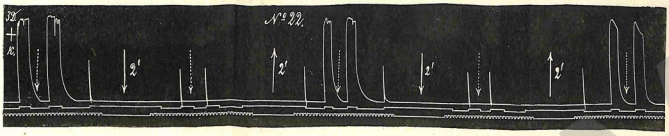


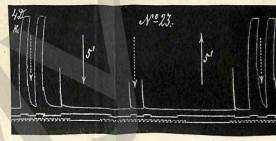


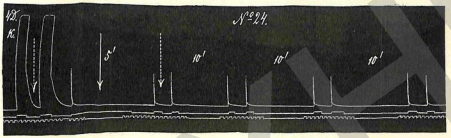


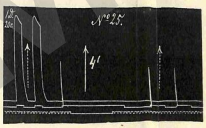
НЕ ХЕНИ

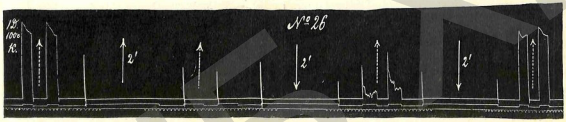
ТАБЛИЦА IV.

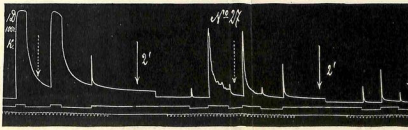


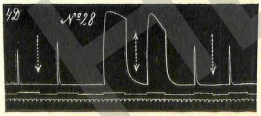


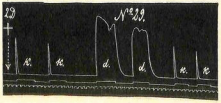


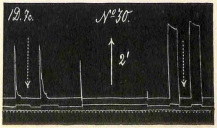


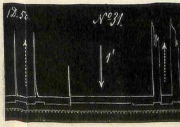






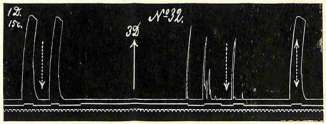


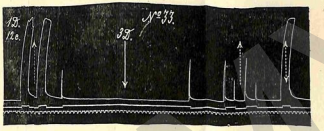


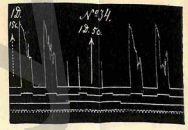


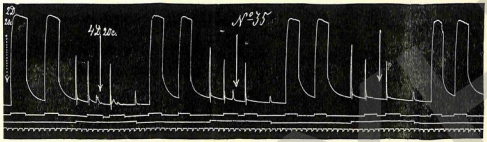
НБ ХНМУ

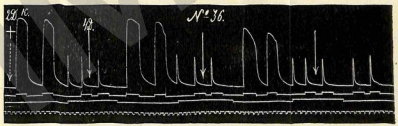
ТАБЛИЦА V.

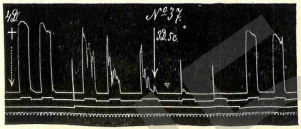

12.
12с.
3Д
№32.

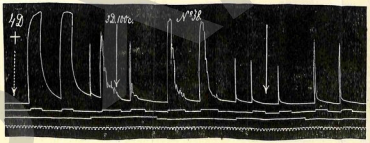

12.
12с.
3Д
№33.

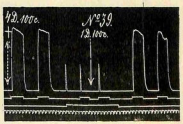

12.
12с.
№34.
12.5с.

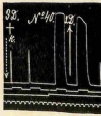

12.
42.20с.
№35

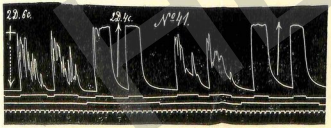

12.1с.
42.
№36.

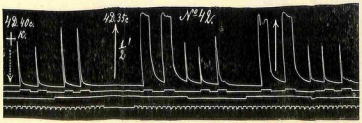

42.
№37.
12.5с.


42.
12.10с.
№38


42.10с.
№39
12.10с.


8Д.
№40.
12


22.6с.
12.4с.
№41


42.40с.
42.35с.
№42.

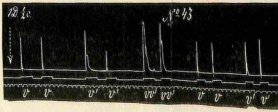
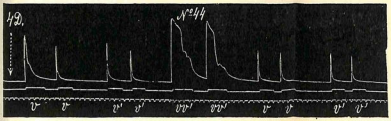
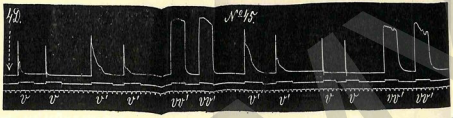
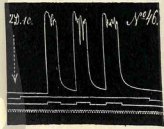
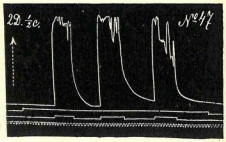

12.1с.
№43

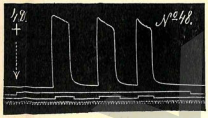
ТАБЛИЦА VI.

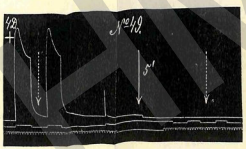

42.
№ 44

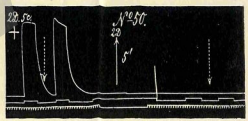

42.
№ 45.

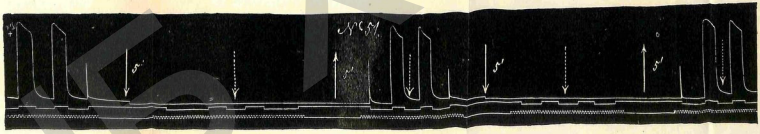

22. 1c.
№ 46.

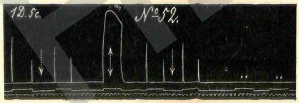

22. 5c.
№ 47.

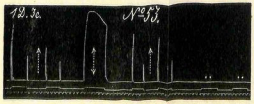

12.
№ 48.


42.
№ 49.


22. 3c.
№ 50.


№ 51.


12. 5c.
№ 52.


12. 3c.
№ 53.

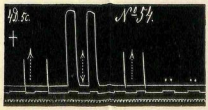
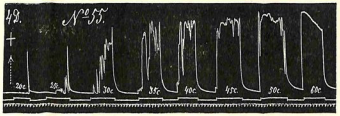
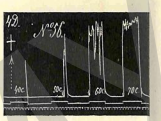
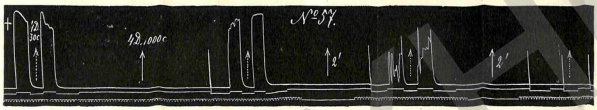
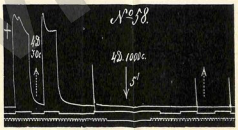

42. 5c.
№ 54.

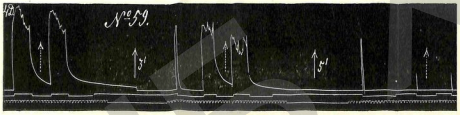
ТАБЛИЦА VII.



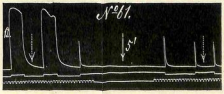


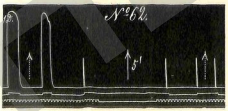


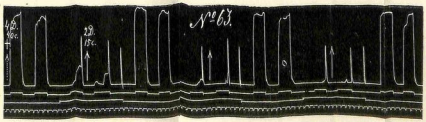






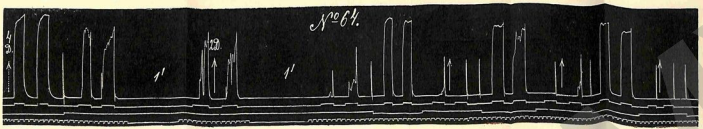


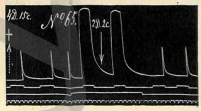




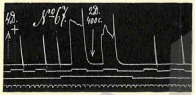
НЕ ХНИМУ

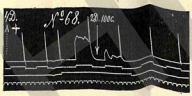
ТАБЛИЦА VIII.

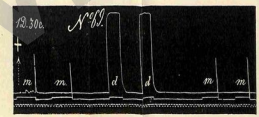




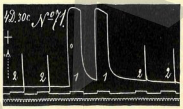








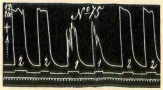


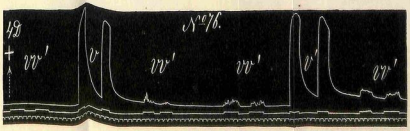






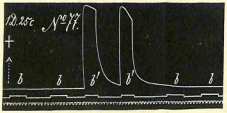


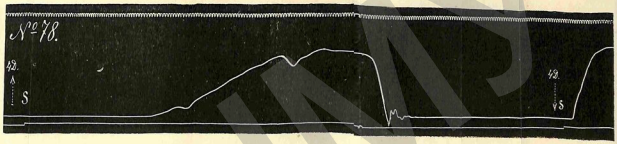


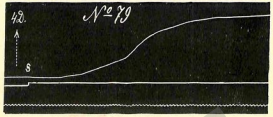


НБ ХНМУ

ТАБЛИЦА IX.

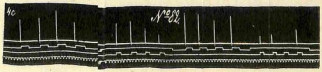


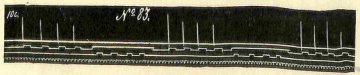












НБ ХНМУ

ПОЛОЖЕНІЯ.

1. Такъ называемыя Пфлюгеровскія измѣненія раздражительности нерва подъ вліяніемъ тока (физіологическія явленія электротона) не имѣютъ ничего общаго съ дѣйствительнымъ измѣненіемъ раздражительности, но представляютъ собою результатъ своеобразнаго распредѣленія тока въ нервѣ.

2. Дѣйствительная раздражительность поляризованнаго нерва не остается, однако, неизмѣнной, но происходящія измѣненія какъ разъ противоположны тѣмъ, существованіе которыхъ было признано Пфлюгеромъ: раздражительность въ сферѣ катэлектротона понижена, а въ сферѣ анэлектротона повышена.

3. Общепринятое мнѣніе, что раздражительность вблизи перерѣзаннаго или пораненнаго мѣста нерва повышена, не вѣрно: наблюдаемое здѣсь повышеніе есть только кажущееся и обусловливается своеобразнымъ распредѣленіемъ нервнаго тока.

4. За Дюбуа-Реймоновскимъ закономъ возбужденія нерва токомъ должно быть сохранено лишь чисто эмпирическое значеніе.

5. Гальваническій токъ, въ противоположность Дюбуа-Реймоновскому закону, обладаетъ въ сферѣ катэлектротона постояннымъ возбуждающимъ дѣйствіемъ.

6. Подъ вліяніемъ анэлектротона возбужденіе въ нервѣ появиться не можетъ.

7. При нынѣшнемъ состояніи физіологіи, связь ея съ физикой и химіей представляется не менѣе, если даже не болѣе тѣсной, чѣмъ съ медициной; поэтому было бы желательно, чтобы право выпускать спеціалистовъ физіологовъ не присвоивалось исключительно медицинскимъ факультетамъ, но было бы распространено и на факультеты естественные.

НБХГУ

CURRICULUM VITAE.

Брониславъ Фортунатовичъ Вериго родился въ 1860 году. Поступилъ въ 1869 году въ первый классъ Витебской классической гимназіи, гдѣ и окончилъ курсъ въ 1877 году съ золотою медалью. Въ томъ же году поступилъ на естественное отдѣленіе физико-математическаго факультета С.-Петербургскаго университета. Получивши въ 1882 году степень кандидата, поступилъ въ слѣдующемъ 1883 году на младшій курсъ Военно-Медицинской Академіи. Въ 1886 году окончилъ курсъ съ отличіемъ и по конкурсу оставленъ для дальнѣйшаго усовершенствованія при физіологической лабораторіи Академіи, гдѣ и работаетъ въ настоящее время. Имѣетъ ученые труды:

1. Ueber die secundären Erregbarkeitsänderungen an d. Cathode eines andauernd polarisirten Froschnerven. Pflüger's Archiv XXXI. 1883.

2. Ueber die gleichzeitige Reizung des Nerven an zwei Orten mit Inductionsschlägen. Ibidem. XXXVI. 1885.

НБКНМУ