

612.8
К. 41

200 экз

изъ физиологической лабораторіи Императорскаго Харьковского Университета.

Костина

Факульт. Терап. Клиника
I-го X.M.I.

КЪ УЧЕНІЮ

7 - НОЯ 2012

o

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМЪ ДѢЙСТВІИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ПОЛЯ

НА ДВИГАТЕЛЬНЫЙ НЕРВЪ.

1865

64878

ДИССЕРТАЦІЯ НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ

С. И. Костина.

Факульт. Терап. Клиника
I-го X.M.I.

ХАРЬКОВЪ.

Типографія «Печатное Дѣло». Клочковская улица, № 5.

1898.

7 - НОЯ 2012

Факульт. Терап. Клинич.
I-го Х.М.И

ПОЛОЖЕНІЯ

къ диссертациі С. И. Костина.

1. Локалізація подразжаючого дѣйствія электрическаго поля на нервѣ, мускулѣ и поверхности тѣла, а также регулирование силы этого дѣйствія легко достижимы по способу *Tiegel's* и *Gergens'a*.

2. Удобство концентраціи и регулированія физиологическаго дѣйствія электрическаго поля даетъ возможность пользоваться дѣйствіемъ электричества на разстояніи для цѣлей терапіи.

3. Повышеніе возбудимости нерва къ отрицательной фазѣ восходящаго волноточа служитъ признакомъ начинающагося отмиранія нерва.

4. Содержаніе въ крови красныхъ кровяныхъ тѣлецъ и гемоглобина сильно колеблется въ зависимости отъ механическихъ условій кровообращенія, какъ то: частоты и силы сокращеній сердца, состоянія просвѣта сосудовъ и т. п.

5. Процессы обмѣна жидкостей между тканями и кровью, завися отъ кровяного давленія, могутъ обусловливать быстрыя и рѣзкія колебанія въ числѣ кровяныхъ тѣлецъ и содержаніи гемоглобина.

6. Физиологическій соляной растворъ, введенный въ кровеносную систему, удаляется оттуда весьма быстро и, въ случаѣ большаго избытка элиминируется не только слюнными железами и почками, но также печенью и кишечникомъ.

7. Вопросъ о значеніи такъ называемыхъ септическихъ поносовъ, какъ реакціи организма на отравленіе токсинами, требуетъ экспериментальныхъ изслѣдованій для выработки точныхъ показаній къ терапіи ихъ.

8. На основаніи экспериментовъ надъ животными, лецитинъ заслуживаетъ систематическаго испытанія у постели больного, какъ кроветворное средство.

9. Тренація свода черепа у юныхъ животныхъ влечетъ за собою недоразвитіе мускулатуры и разстройство кожной чувствительности.

Перечет
1966 г.

Печатать разрѣшается. 15 мая 1898 года. Деканъ *Н. Кулишкій*.
Харьковъ. Типографія «Печатное Дѣло» Клочковская ул., № 5.

Изъ физиологической лабораторіи Императорскаго Харьковскаго Университета.

КЪ УЧЕНІЮ
О
ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМЪ ДѢЙСТВІИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ПОЛЯ
НА ДВИГАТЕЛЬНЫЙ НЕРВЪ.

ДИССЕРТАЦІЯ НА СТЕПЕНЬ ДОКТОРА МЕДИЦИНЫ

С. И. Костина.

Факульт. Терап. Клиника
I-го Х.М.И.

ХАРЬКОВЪ.

Типографія «Печатное Дѣло». Клочковская улица, № 5.

1898.

Перечень
1986

1950

Переучет-60

К.Р. УЧЕБНО

На основаніи ст. 41 § 1 и 4 ст. 138 Унив. Уст. Печатаѣ разрѣшено
Мая 2 дня 1898 года.

И. д. Ректора Университета А. Лебедевъ.

КА

ПРЕДИСЛОВІЕ.

84878

Вопросъ о дѣйствіи на организмъ электричества на разстояніи, судя по литературѣ, до сихъ поръ такъ рѣдко привлекалъ къ себѣ вниманіе изслѣдователей, что не создало еще мало-мальски разработаннаго ученія о немъ. Въ силу этого, за отсутствіемъ достаточнаго числа систематически произведенныхъ наблюдений, о физиологическомъ дѣйствіи электрическаго поля почти не упоминается даже въ подробныхъ руководствахъ къ физиологій, и наши свѣдѣнія настолько ограничены, явленія изъ этой области настолько чужды обычнымъ представленіямъ, что немногіе до сихъ поръ произведенные опыты вызывали нерѣдко удивленіе и скептическое отношеніе среди медиковъ и натуралистовъ-біологовъ. Такія явленія, какъ сокращенія лягушечей лапки, запаянной въ стеклянномъ сосудѣ,—на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ заряженнаго проводника, еще недавно производили впечатлѣніе чего то парадоксальнаго; и не столько потому, что физическія знанія вообще мало распространены среди медиковъ и біологовъ, сколько въ силу того, что мысль ихъ не привыкла вращаться въ сферѣ явленій именно этого рода, а научныя работы ихъ производились, обыкновенно, въ совсѣмъ иномъ направленіи. Физики, къ сожалѣнію рѣдко прибѣгаютъ къ живому «физиологическому» реоскопу, физиологи же, со времени *Du-Bois-Reymond'a*, всецѣло сосредоточиваютъ свое вниманіе на полярномъ дѣйствіи электричества, заключеннаго въ проводникахъ, которые и апплицировались на нервъ, мускуль, кожу и т. д.—непосредственно. Медики и физиологи увлекались стремленіемъ возможно точнѣ локализовать дѣйствіе электричества, стремленіемъ, вызваннымъ потребностями не только врачебной, но и чисто лабораторной практики. Дѣйствіемъ же разряднаго электричества мало пользовались, затрудняясь не только его локализацией, но что еще важнѣе, регулированіемъ силы. Такіе авторитеты, какъ *Du-Bois-Reymond*, игнорировали примѣненіе этой формы электричества; а за ними шли ихъ многочисленные ученики. Вотъ почему отдельные голоса въ пользу возможности и простоты локализации и регулированія раздражающаго дѣйствія электрическаго поля, голоса, принадлежавшіе изслѣдователямъ, не

КА

облеченнымъ высокимъ авторитетомъ, оставались безъ отклика. А между тѣмъ, начиная съ работы *Zahn'a*, въ 1868 г., и далѣе, въ 70-хъ годахъ текущаго столѣтія мы имѣли работы (*Tiegel'a*, *Gergens'a* etc.), дававшія въ общихъ чертахъ такія указанія, которыя при болѣе внимательномъ отношеніи къ нимъ, казалось бы, должны были уже тогда сообщить толчекъ разработкѣ вопроса и развитію ихъ опытовъ. А между тѣмъ, прошли десятки лѣтъ, понадобились блестящія открытія *Hertz'a* и замѣчательные опыты *d'Arsonval'a*, чтобы вниманіе изслѣдователей было привлечено, наконецъ, къ изученію фізіологическаго дѣйствія электрическаго поля, хотя бы съ точки зрѣнія методики.

Опыты *В. Данилевскаго* и нѣкоторыхъ французскихъ ученыхъ (*Rouxean*, *Dauly*) оживили въ наши дни интересъ къ вопросу. Авторъ настоящаго труда былъ свидѣтелемъ и участникомъ позднѣйшихъ работъ *В. Данилевскаго* въ этомъ направленіи, и потому охотно принялъ на себя предложенную имъ задачу: пополнить и систематизировать накопившійся фактическій матеріалъ по вопросу о фізіологическомъ дѣйствіи электрическаго поля на двигательный нервъ.

Въ виду спеціальнаго назначенія этой работы, какъ диссертациі, считаю долгомъ разъяснить слѣдующее.

1. Работа предпринята по предложенію проф. В. Я. Данилевскаго, произведена подъ его руководствомъ и при его дѣятельномъ участіи.

2. Задача, поставленная автору профессоромъ В. Я. Данилевскимъ заключалась въ томъ, чтобы: а) изслѣдовать внѣшнія условія дѣйствія электрическаго поля на нервно-мышечный препаратъ лягушки, б) сравнить, по фізіологическому эффекту, раздраженіе нерва въ электрическомъ полѣ съ таковымъ отъ непосредственнаго приложенія электродовъ индукторіума и с) примѣнить графическій методъ къ изученію фізіологическаго дѣйствія электрическаго поля.

3. По мысли проф. В. Я. Данилевскаго, настоящее изслѣдованіе должно явиться лишь отдѣльнымъ звеномъ въ серіи работъ по вопросу о дѣйствіи на организмъ электричества на разстояніи; предположенныхъ къ исполненію въ его лабораторіи. Этотъ вопросъ находится еще всецѣло въ періодѣ собиранія фактическаго матеріала. Заграницей онъ до сихъ поръ рѣдко привлекалъ вниманіе изслѣдователей, но въ послѣдніе годы поставленъ на очередь.

Въ русской же литературѣ, насколько намъ извѣстно, нашъ трудъ является первымъ опытомъ систематической разработки вопроса.

ЛИТЕРАТУРА.

Первое описаніе дѣйствія электричества на двигательный нервъ на разстояніи находится въ знаменитомъ мемуарѣ *Galvani*: «*De viribus Electricitatis in motu musculari Commentarius 1791 f. Bologna*». *Galvani* рассказываетъ, что однажды, въ присутствіи двухъ помощниковъ, онъ приготовилъ нервно-мышечный препаратъ лягушки и положилъ его на той доскѣ (*tabula*), на которой стояла у него электрическая машина. Случайно онъ замѣтилъ, что всякій разъ какъ одинъ изъ его помощниковъ нечаянно приближалъ («*admoveret*») къ нерву кончикъ скапеля, лапка лягушки давала сильнѣйшее судорожное сокращеніе: — «*continuo omnes artuum musculi ita contrahi visi sunt, ut in vehementiores incidisse tonicas convulsiones viderentur*». ¹⁾

Въ тоже время другой помощникъ *Galvani* замѣтилъ, что лапка сокращается также всякій разъ, когда изъ кондуктора машины извлекаютъ искру. Между тѣмъ препаратъ лежалъ вдали отъ кондуктора, вполне отдѣленный отъ него («*penitus sejuncta, atque haud brevi intervallo dissita*»). «Въ этомъ явленіи—прибавляетъ *Du-Bois-Reymond*—Гальвани поразило не то обстоятельство, что мертвая лягушка обнаружилла сокращеніе подъ раздражающимъ вліяніемъ электричества—этотъ фактъ давно былъ извѣстенъ натуралистамъ—а то, что при описанной обстановкѣ видимо отсутствовало какое бы то ни было соединеніе между машиной и животнымъ, такъ что для него (Гальвани) оставалось загадкой, какимъ образомъ электричество проникло до лягушки».

Это изумленіе Гальвани, которому, по словамъ *Du-Bois-Reymond'a* «суждено было оказаться столь плодотворнымъ для науки часто (и прежде всего со стороны *Volta*) ставилось въ упрекъ *Galvani*, на томъ основаніи, что онъ не зналъ ученія объ электрическихъ явленіяхъ въ атмосферѣ, которое уже нашло себѣ вполне опредѣленное выраженіе въ «*Principles of Electricity*» лорда *Mahon'a*, появившихся въ Лондонѣ,

¹⁾ Мы цитируемъ *Galvani* всюду по *Du-Bois Reymond'y*. Untersuchungen über thierische Electricität. т. 1 стр. 33 и слѣд. Berlin 1848 г.

въ 1779 г., и на основаніи котораго къ этому первому опыту Гальвани было приурочено въ общемъ соответствующее ему явленіе возвратнаго удара при грозахъ»¹⁾.

Послѣ *Galvani* и впредь до 1868 г., за промежутокъ времени болѣе полустолѣтія, намъ не удалось въ литературѣ этого періода найти ни одной попытки экспериментально разработать первое наблюденіе *Galvani* надъ дѣйствіемъ электрическаго поля на двигательный нервъ. Возможно, что другія важныя открытія *Galvani* и *Volta* отвлекли надолго вниманіе изслѣдователей отъ этого вопроса, сосредоточивъ его на токѣ въ проводникахъ, дѣйствіи постоянного «гальваническаго», а потомъ индукціоннаго «фарадическаго» тока на организмъ—при непосредственной аппликаціи проводниковъ. Даже *Du-Bois-Reymond*, знавшій, что при униполярномъ дѣйствіи индукторіума онъ имѣлъ дѣло съ сильно напряженнымъ «свободнымъ электричествомъ» на концѣ каждаго изъ электродовъ, далѣе, что одно приближеніе къ мускулу, resp. нерву, проводника съ большой поверхностью усиливаетъ «униполярное дѣйствіе»,—не говоритъ, получалъ ли онъ это усиленіе, когда электродъ касался нерва или только приближался къ нему²⁾.

Въ 1868 г. *Wilh. Zahn*, въ лабораторіи *Helmholtz*'а, предпринялъ изслѣдованіе униполярнаго дѣйствія индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а при полной изоляціи приборовъ и нервно-мышечнаго препарата³⁾. Эти опыты привели его къ констатированію униполярнаго дѣйствія черезъ діэлектрики—(стекло, воздухъ). *Zahn* бралъ стеклянный кружокъ, одну сторону котораго, въ срединной его части, оклеивалъ станиолемъ. Повернувъ кружокъ другой стороною вверхъ, онъ клалъ на стекло лягушечій препаратъ,—безъ всякаго соединенія съ источникомъ электричества. Затѣмъ одинъ электродъ индукторіума оставлялъ висѣть свободно, другимъ же касался нижней, обложенной станиолемъ, поверхности диска.

При «умѣренной силѣ тока» лапка сокращалась всякій разъ, какъ къ ней касались соединенной съ землею проволокой. При нѣсколькой большей силѣ тока получались сокращенія и тогда, когда *Zahn* одной рукой касался свободного электрода (вторичн. катушки), а другую подносилъ на нѣкоторое разстояніе къ препарату (первый электродъ остается все время соединеннымъ съ станиолемъ диска). Усиливая токъ далѣе, *Zahn* получалъ сокращенія и тогда, если, ничего не измѣняя и не прибѣгая къ отведенію отъ лягушечьяго препарата, отводилъ только свободный

¹⁾ *Du-Bois-Reymond* l. c. c. 34.

²⁾ См. «*Thier. Electric.*» т. 1. стр. 429—435.

³⁾ *Pflüger's Arch.* т. 1-й, 1868 г. стр. 255; Ueber verstärkte Wirkung unipolarer Induction durch Influenz, v. T. *Wilh. Zahn.* Aus d. *Phys. Inst.* v. *Helmholtz* zu Heidelberg.

электродъ въ землю. Модифицируя этотъ опытъ, *Zahn* показалъ, что тѣ-же явленія получаются, если нервно-мышечный препаратъ класть на сторону, покрытую станиолемъ, а противоположную соединять съ однимъ электродомъ катушки *Du-Bois-Reymond*'а; онъ показалъ также, что если обѣ стороны стекла обложить станиолемъ и повторить съ лапкой первый опытъ, то сильныя сокращенія получаются отъ токовъ, несравненно болѣе слабыхъ, чѣмъ въ первомъ случаѣ. Изъ приведенныхъ опытовъ *Zahn* заключилъ объ электрической индукціи въ нервѣ; они напомнили ему описанное выше явленіе *Galvani*, которое по мнѣнію *Zahn*'а durch Influenz verursacht war. «Auch in diesen Fällen—говоритъ онъ о своихъ опытахъ—entstanden, wie man sieht, die Zuckungen dadurch, dass die Electricität, die zur Ladung des Schenkels nöthig war, durch den Nerven zu diesem hin und von abströmte»¹⁾.

Опыты *Zahn*'а были забыты. Въ 1876 г. *Tiegel*, публикуя въ томъ же *Pflüger's Arch.* свои опыты, совершенно аналогичные имъ принципиально, ни словомъ не упоминаетъ о работѣ *Zahn*'а.

Повторяя первый опытъ *Galvani* съ сокращеніемъ лапки вдали отъ источника электричества, *Tiegel* поставилъ слѣдующій экспериментъ²⁾. Онъ установилъ два металлическихъ изолированныхъ разрядника отъ вторичной бобины *Ruhmkorff*'а такъ, чтобы между ними перескакивали искры при разстояніи между ближайшими другъ къ другу точками шаровъ въ 1 сантиметръ; искры слѣдовали одна за другою непрерывно. Затѣмъ онъ подносилъ на большее или меньшее разстояніе къ разряднику нервно-мышечный препаратъ лягушки, положивъ его на стеклянную пластинку. Если пластинку съ препаратомъ онъ подносилъ на 2 сантиметра отъ шаровъ, то наступали неравнобѣрные одиночныя сокращенія лапки, которыя, однако, тотчасъ переходили въ частыя тетаническія, лишь только касались проводникомъ (ableitend berührt) какаго нибудь мѣста препарата—мускула или нерва—или даже не самаго препарата, а влаги на стеклѣ вокругъ него.

На разстояніи въ 1 дециметръ препаратъ оставался въ покоѣ, если только не было указаннаго «отведенія»; стоило же коснуться металлической иглой поперечника нерва (*Querschnitt des Nerven*), какъ наступалъ энергичный тетанусъ; при касаніи же къ другимъ мѣстамъ препарата сокращенія получались гораздо меньшія, а то и вовсе отсутствовали.

Tiegel предлагаетъ ввести этотъ видъ раздраженія въ обиходъ экспериментаторовъ, ибо онъ представляетъ то преимущество, что позволяетъ концентрировать въ одномъ пунктѣ «максимальную густоту

¹⁾ *Pflüger's Arch.* Bd. I 1868 г. стр. 262.

²⁾ *Tiegel*: Ueber Tetanisiren durch Influenz. *Pflüger's Arch.* 1876 г. т. XII стр. 141.

тока», а следовательно и локализовать максимальное раздражение в одной точке. «Sollte dieser Art der Tetanisierung durch Influenz sich in der Experimental Technik verwenden lassen, so hätte sie der Reizungsart mit Inductionsströmen gegenüber den grossen Vortheil, das Maximum der Stromes Dichtigkeit, also auch der Erregung, auf einen einzigen Punkt concentriren und die Richtung der Stromeskurven für ein gegebenes Punkt leichter Schätzen zu können»¹⁾.

Статья *Tiegel*'а побудила в том же году *Gergens*'а (в лаборатории *Goltz*'а) произвести аналогичные опыты²⁾. *Gergens* применил методу *Tiegel*'а к исследованию рефлексов, находя, что *Tiegel*'евское точечное раздражение, легко и точно поддающееся регулированию по силе, имеет все преимущества перед химическим раздражением, обычно при исследовании рефлексов на лягушке. Источником электрической энергии *Gergens*'у служила bobина *Ruhmkorff*'а (размеры неизвестны) при 2-х элементах *Bunsen*'а или *Grove*. Один из борнов вторичной катушки он отводил в землю, а другой соединял с цинковым кружком, фиксированным вертикально на изолирующей ножке, вместе с которой он мог перемещаться в длинных пазах. Другой такой же точно кружок устанавливался против первого и параллельно ему в тех же пазах. Оба кружка, таким образом, были подвижны в горизонтальной плоскости, и друг от друга, равно как и от земли—изолированы. Вторым кружком *Gergens* соединял („metallisch“) с некоторым проводником, к которому на ручках он подвешивал исследуемых лягушек. Урегулировав известным образом силу раздражителя (изменяя расстояние между Zn-щитками и силу тока в первичной цепи), *Gergens* брал в руку иглу, соединенную с землей, и касался ею, на момент, той точки на поверхности тела животного, с которой он желал вызвать двигательный рефлекс. Смотря по силе раздражителя, он получал, напр., по желанию, одно—или двусторонний рефлекс, усиливая и ослабляя действие электричества единственно сближением и раздвижением цинковых кружков. Иногда достаточно бывало приблизить иглу, не касаясь, к лягушке, чтобы (без искры!) получить рефлекторное сокращение: „bei stärker Anordnung des Apparates“³⁾.

После работы *Gergens*'а преимущество исследований по интересующему нас вопросу снова обрывается. В 1878-79 гг. знаменитый *Schiff* предпринимает ряд опытов над действием электричества

¹⁾ *Tiegel*, l. c., стр. 141.

²⁾ *Gergens*, Versuche über Reflexbewegung mit Influenzapparat. Pflüger's. Arch. 1876 г. т. XIII, стр. 61.

³⁾ *Gergens*, l. c., стр. 67.

на расстоянии на двигательные и чувствительные нервы, совершенно не зная (или забыв) об опытах цитированных выше авторов. Лучшим доказательством сказанного служит нерациональная постановка опытов *Schiff*'а, приведшая его к безусловно отрицательным результатам, о которых он сам и сообщает в обширной статье¹⁾.

Schiff говорит, что был поражен опытами *Charcot* в Сальпетриер над действием электричества на расстоянии на чувствительность кожи. *Charcot*, по словам *Schiff*'а, погружал конечность больной, потерявшую чувствительность, в небольшой соленод, сквозь который пропускался ток (напр., даже от 1 элем. *Grenet*). Чувствительность на время прохождения тока восстанавливалась. Эти опыты, по словам *Schiff*'а, описаны одним из ассистентов *Charcot*, *Sigerson* ом из *Dublin*'а—в *British Medical Journal*, № 945 за 1879 г. У нас в руках этого описания не было. Повторив с положительным результатом опыты *Charcot* на истеричках (в Сальпетриер), *Schiff* стал пробовать на животных. Для этого он окружал их конечности проволоочной спиралью, концы которой соединял с полюсами батареи из 1—4 средних размеров элементов *Grenet*, при чем замыкал цепь несколько раньше опыта, по его словам затѣм, чтобы «en rendre le courant plus constant»²⁾.

В опытах над теплокровными, конечности которых он погружал в соленод, *Schiff* не изолировал их тѣло особо от спиралей, считая их шерсть достаточным изолятором³⁾; лягушек же изолировал стеклом, а пальцы людей каучуком. В результате—у лягушек, находившихся в соленодѣ 8—25 м. при постоянном токе, чувствительность, судя по рефлексам, не изменялась сравнительно с ее состоянием до и после прохождения тока через соленод. Тот же отрицательный результат дали аналогичные опыты на собаках (NB. Рефлекторную чувствительность у собак *Schiff* испытывал, щекоча своим пальцем межпальцевую складку собаки). Наконец, исследуя двигательный нерв лягушки (на препаратъ *Galvani*), *Schiff* погружал его в свой маленький соленод; но, пропуская через этот последний постоянный ток от 3 эл. *Grenet*, он не замечал ни сокращения ланки, ни изменения возбудимости нерва.

¹⁾ *Schiff*: Contributions à l'étude des effets des bobines d'induction sur le système nerveux (Arch. d. sciences Physiques et Naturelles, Genève, 15 mars 1879). Цитируем по полному собранию сочинений *Schiff*'а (Recueil des mémoires physiologiques de Maurice Schiff, 1894 г. т. 1 стр. 494).

²⁾ *Schiff*, l. c., стр. 496.

³⁾ Ibid.

«Plusieurs fois—говорить Schiff о своихъ опытахъ—je croyais voir des differences évidentes, mais en continuant l'expérience j'ai du convenir que l'apparence m'avait trompé»¹⁾.

Объ этихъ опытахъ Schiff'a, Hermann говоритъ²⁾ «Auch Schiff hat thierische Glieder und Ganze Thiere in Drahtspiralen gesteckt, aber abgesehen von einigen dunklen therapeutischen Effecten, bei welchen der Zufall nicht ausgeschlossen scheint, keine Wirkungen beobachtet».

Въ 1885 г. Magini изучалъ дѣйствіе индукціоннаго тока на нервы «при аппликаціи его черезъ изолирующую среду». Но объ опытахъ Zahn'a и др. не упоминаетъ въ своей статьѣ, сообщая только свои новыя наблюденія надъ ориентированіемъ нервно-мышечнаго препарата относительно вторичной спирали индукторіума, служившей Magini, какъ раздражитель, дѣйствующій на нервъ со своей поверхности—черезъ непроводникъ: изолировку ее окружающую или воздухъ.

Пользуясь то индукторіумомъ Du-Bois-Reymond'a, то «простымъ», по его выраженію, аппаратомъ Runkorff'a съ искрой въ 10 mm. при 1 элем. Grenet, Magini наблюдалъ слѣдующія явленія³⁾ при замыканіи тока въ первичной цѣпи и дѣйствіи автоматическаго прерывателя.

1. Мускулъ лягушечьяго препарата сокращается при замыканіи тока первичной спирали индукціоннаго аппарата, если нервъ расположенъ на спирали «перпендикулярно къ оборотамъ ея».

2. Сокращеній нѣтъ, если нервъ параллеленъ оборотамъ спирали. Но стоитъ при этомъ коснуться «кончика нерва» изолированнымъ пинцетомъ, какъ сокращенія снова появляются. При такомъ расположеніи нерва «сокращенія могутъ быть отведены только съ нерва»⁴⁾.

3. Если тотъ же препаратъ положить на сухую стеклянную пластинку, то наблюдаются тѣ же явленія, соотвѣтственно положенію нерва и при томъ все равно положить ли пластинку прямо на бобину или подвѣсить на шелковинкахъ около нея, на разстояніи 1—6 сантим.

4. Сокращенія передаются, если перекинуть мостикъ изъ бумаги или шелка между спиралью и нервомъ.

5. Мускулъ лягушки, изъ котораго нервы, по возможности, удалены (механически), тоже сокращается, какъ и цѣлый препаратъ, но исключительно въ томъ случаѣ, если положенъ прямо на спираль: иначе онъ не даетъ даже «отведенныхъ» (металломъ) сокращеній.

¹⁾ Schiff. I. с., стр. 504.

²⁾ Въ статьѣ: „Hat das magnetische Feld directe physiologische Wirkungen?“ Pflüger's Arch. 1888 г. т. XLIII стр. 220.

³⁾ Dr. Joseph Magini. Erregung der Nerven durch den unipolaren Inductionsstrom. Moleschott's Untersuchungen z. Naturlehre d. Menschen u. der Thiere, 1885 г. т. XIII стр. 409—413.

⁴⁾ Magini. I. с. стр. 410.

6. Проволока, отведенная отъ одного изъ борновъ вторичной катушки, вызываетъ въ препаратѣ сокращенія, если приближать къ ея концу препаратъ, хотя бы онъ былъ на стеклѣ, а тонкій конецъ проволоки былъ зажатъ между двухъ покровныхъ стеколъ.

7. Замѣтной разницы между дѣйствіемъ положительнаго и отрицательнаго полюсовъ нѣтъ.

8. У собаки и кролика не удается раздражать п. ischiadicus указаннымъ способомъ (т. е. издали или черезъ шелкъ), равно какъ и лягушечій нервъ не поддается раздраженію, если онъ не поврежденъ (in situ?).

9. Спинной мозгъ лягушки относится къ раздраженію такъ же какъ и нервъ.

(Лягушка обезглавлена, кожа снята; спинные мускулы срѣзаны, позвоночникъ обсушенъ; кладется спиною на вторичную спираль. Если позвоночникъ параллеленъ оборотамъ спирали, то сокращенія мускулатуры слабы «порою едва замѣтны». Стоитъ же повернуть животное позвоночникомъ перпендикулярно къ оборотамъ спирали, какъ наступаютъ «сильнѣйшія сокращенія во всѣхъ членахъ, сопровождаемая крикомъ, такъ что часто лягушку сбрасываетъ съ аппарата»¹⁾).

10. Описанныя явленія наблюдаются только при слабой и средней силѣ тока. Сильные же токи вызываютъ сокращенія часто независимо отъ ориентированія нерва къ спирали или проведенной отъ нея униполярно проволоки и при томъ, какъ въ непосредственной близости къ нимъ, такъ и въ отдаленіи, равно какъ и въ томъ случаѣ, если между ними поставитъ какой нибудь изоляторъ.

11. Вообще говоря, «мышечныя сокращенія достигаютъ наибольшей высоты, если нервъ образуетъ уголъ 90° съ оборотами спирали или съ проволокой, отведенной отъ вторичной бобины униполярно; они падаютъ до нуля, если этотъ уголъ = 0°; при положеніяхъ среднихъ между 0° и 90° сила сокращеній возрастаетъ съ увеличеніемъ угла.

Мы изложили здѣсь статью Magini весьма близко къ тексту подлинника. Явленіе ориентированья, о которомъ говоритъ Magini было изучаемо впоследствии, въ 1897 году, какъ увидимъ ниже, J. Loeb'омъ, профессоромъ въ Chicago, при совершенно иной постановкѣ опытовъ. Опыты же надъ дѣйствіемъ замкнутой первичной спирали черезъ непроводники—(каучукъ, стекло) совершенно напоминающіе опыты Magini, производилъ Hermann въ 1888 году²⁾. О

¹⁾ Magini. I. с., стр. 412.

²⁾ L. Hermann: Hat das magnetische Feld directe physiologische Wirkungen? Pflüger's Arch. 1888 г. т. XLIII стр. 217.

Magini, равно какъ и о другихъ изъ выше цитированныхъ нами авторяхъ, *Hermann* не упоминаетъ. Описываемые ниже опыты онъ производилъ, такъ сказать, между прочимъ: работая надъ вопросомъ о физиологическомъ дѣйстви магнитовъ и магнитнаго поля.

Hermann бралъ первичную спираль индукціоннаго аппарата, изолированную лакомъ; не довольствуясь этой изолировкой, онъ обкладывалъ ее еще каучукомъ и окружалъ стекляннымъ цилиндромъ; по верху всей этой изолировки онъ клалъ нервы и мускулы лягушки, а черезъ спираль пропускалъ очень сильный токъ отъ динамо-машины. Спираль *Hermann*'а имѣла по внѣшней окружности 120 мм., такъ что необходимо было два лягушечьихъ мускула съ нервами, чтобы образовать изъ нихъ замкнутый кругъ около спирали. Обложивъ свою спираль замкнутою цѣпью изъ 2-хъ мускуловъ и 2-хъ нервовъ лягушечьихъ препаратовъ, *Hermann*, при такомъ расположеніи ихъ въ одну линію, по кругу, и при описанной дополнительной изолировкѣ, сокращеній не получалъ. Не было ихъ также, если спираль окружали только нервы, мускулъ же находился внѣ ея ¹⁾. Но, составивъ цѣпь на спирали изъ нѣсколькихъ мускуловъ и одного замыкающаго ее (въ видѣ мостика) нерва, *Hermann* наблюдалъ сокращенія этихъ мускуловъ при каждомъ замыканіи и размыканіи тока въ спирали.

«Задача *Du-Bois-Reymond*'а объ индукціи нерва такимъ образомъ рѣшена», заключаетъ *Hermann* о своемъ опытѣ ²⁾.

Въ 90-хъ годахъ истекающаго столѣтія интересъ къ вопросу о дѣйстви на организмъ электричества на разстояніи необычайно оживляется благодаря замѣчательнымъ опытамъ *d'Arsonval*'а. Работы этого періода, относящіяся къ нашему вопросу принадлежатъ *d'Arsonval*'ю, *Pouxeau*, *Daulu*, *Leduc*'у, *В. Данилевскому* и *J. Loeb*'у.

Знаменитый опытъ *d'Arsonval*'я, какъ извѣстно, состоялъ въ томъ, что онъ помѣщалъ челоуѣка въ соленоидъ, черезъ спиральную, изолированную проволоку котораго пропускалъ разряды Лейденскихъ банокъ, соединенныхъ съ трансформаторомъ, который давалъ до 15000 вольтъ, питаемый альтернативной машиной *Siemens*'а на 350 вольтъ при 12 амперахъ ³⁾.

¹⁾ Мѣстами изложеніе *Hermann*'а сбивчиво. Отсылаю читателя къ подлиннику чтобы не цитировать здѣсь цѣлую страницу. (С. с. стр. 220).

²⁾ *Hermann*, I. с., стр. 220.

³⁾ *B. Arsonval*: L'autoconduction ou nouvelle méthode d'électrisation des êtres vivants etc. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. t. CXVII. стр. 34 1893 г. также: Exposé des titres et travaux scientifiques du D-r A. d'Arsonval Paris 1894 г., стр. 52: „Les hautes frequences“.

Такое приспособленіе давало періодическія колебанія электрическаго поля огромной частоты—отъ 50000 до 1 миллиона въ 1 сек. ¹⁾ и, слѣдовательно, весьма короткія волны.

Не смотря, однако, на колоссальное напряженіе электричества, субъектъ въ соленоидѣ не испытывалъ никакихъ ощущеній и не обнаруживалъ насильственныхъ движеній. Въ то-же время, электрическая лампа въ его рукѣ накаливалась до бѣла; изслѣдованіе же обмѣна веществъ показало увеличеніе такового, особенно—газообмѣна.

Позднѣйшее изслѣдованіе вліянія быстрыхъ Герцевскихъ колебаній специально на нервы и мускулы показало *d'Arsonval*'ю, что такія (при частотѣ отъ 15—25 билліоновъ въ 1 сек.) не возбуждаютъ ни нерва, ни мускула ²⁾.

При всѣхъ методахъ электризаціи, говоритъ *d'Arsonval*, до сихъ поръ примѣнявшихся, электроды непосредственно апплицировались на тѣло; его методъ характеренъ тѣмъ, что электризуемый вполне изолированъ отъ источника электричества: «Dans tous ces procédés, le corps humain est mise en communication materielle avec la source électrique au moyen de conducteurs appropriés, qui constituent les rheophores. Dans la nouvelle méthode que je vais décrire sous le nom d'autoconduction, il n'en est plus ainsi: l'être en expérience est complètement isolé de la source électrique» ³⁾. Такимъ образомъ, *d'Arsonval* не усматриваетъ преемственной связи своихъ опытовъ съ предыдущими попытками выяснить дѣйствіе электричества на разстояніи. Въ дѣйствительности же, какъ можно судить уже по приведенной нами до сихъ поръ литературѣ, электризація организма и нервовъ черезъ непроводники демонстрировалась и раньше *d'Arsonval*'а. Ново и поразительно въ его опытахъ не это, а примѣненіе электричества колоссальнаго потенциала и огромной частоты періодическихъ колебаній—безъ всякаго внѣшняго физиологическаго эффекта. *Cornu*, представившій сообщеніе *d'Arsonval*'я Академіи, оцѣнилъ въ немъ именно это, замѣтивъ, что «cette même quantité d'énergie électrique, transmise sous forme de courants alternatifs a longues périodes (de 100 à 10000 par seconde), aurait suffi pour nous foudroyer: dans les conditions ci dessus, elle ne produisait aucune sensation appréciable» ⁴⁾.

¹⁾ Exposé etc. стр. 60.

²⁾ Exposé etc. стр. 79. Пренія работы автора показали, что при непосредственной аппликаціи электродовъ депрессія мускульныхъ сокращеній наступаетъ уже при 10000 альтернативахъ въ 1 сек. см. *ibid.* *Н. Введенскій* (Петербургъ), *Тарасовъ* и *Трутовскій* (въ лабораторіи *В. Данилевскаго*) получали депрессію еще при меньшемъ числѣ электрическихъ раздраженій въ 1 сек.

³⁾ *Comp. R.* CXVII с. 34.

⁴⁾ *Ibid.* стр. 37. Вмѣстѣ съ *Marey*'емъ, *Cornu*, по его словамъ, на самомъ себѣ убѣдился въ отсутствіи нервно-мышечнаго эффекта въ опытѣ *d'Arsonval*'а, въ то

e'cti

d'Arsonval всюду называет *магнитнымъ* то поле, съ которымъ онъ экспериментировалъ. Токи, которые, по его мнѣнію, циркулируютъ при его опытѣ въ организмѣ,—и возникаютъ въ собственныхъ тканяхъ электризуемаго, и замыкаются на немъ же. «Les courants qui circulent dans l'individu ne lui parviennent pas au moyen de conducteurs; ils prennent naissance dans ses propres tissus, jouant le rôle de circuit induit fermé sur lui même» ¹⁾).

Rouxéau, Leduc и *Dauly* въ своихъ изслѣдованіяхъ надъ дѣйствіемъ электрическаго поля на нервы и мускулы примѣняли электрическія машины *Holtz'a* и *Wimhurst'a*, соединенныя съ внутренними обкладками Лейденскихъ банокъ; наружная обкладка одной ихъ нихъ отводилась въ землю, другая же банка оставалась изолированной. «Эта послѣдняя, говоритъ *Rouxéau*, посылаетъ въ пространство электрическія волны во время перескакиванія искръ между шариками разрядниковъ» ²⁾. Эти волны въ свою очередь «развиваютъ переменные токи во всякомъ проводникѣ, находящемся на нѣкоторомъ разстояніи отъ машины». За подробнымъ физическимъ анализомъ *Rouxéau* отсылаетъ читателя къ сообщенію своего сотрудника *Leduc'a* въ *Société française de physique* въ 1893 г. Мы не имѣемъ подробныхъ свѣдѣній объ этомъ сообщеніи, равно какъ и о работѣ ученика *Rouxéau—Dauly*, на которую *R.* также ссылается ³⁾. Самъ *Rouxéau* указываетъ на аналогію съ постановкой *Tesla*.

Если при такомъ приспособленіи—говоритъ *Rouxéau* ⁴⁾—находятся вблизи машины 2 наблюдателя, и одинъ изъ нихъ проводитъ пальцемъ по ходу какого нибудь поверхностнаго нерва у другого (напр. *n. medianus*), то «на мѣстахъ этого контакта индуцированный (машиной) токъ проходитъ съ наибольшей густотой и тотчасъ производитъ возбужденіе нерва, вызываетъ чувство ползанія мурашекъ и фибриллярныя подергиванія».—Для возбужденія двигательнаго нерва лягушки *Rouxéau* и *Dauly* помѣщали препаратъ на міографѣ и вызывали въ немъ

время какъ «6 лампъ (125 в.—0,8 амп.) накалились въ цѣди, замкнутой нашими руками», говоритъ онъ.

¹⁾ Ibid. с. 34.

²⁾ *Rouxéau*, (Professeur suppléant à l'École de Médecine), Note sur l'emploi en physiologie expérimentale des courants alternatifs de haute tension produits par les machines électrostatiques. Extrait de la *Gazette Médicale de Nantes* стр. 1—13. (Годъ не указалъ: изъ текста можно заключить что—1894-й). См. также: „*Leduc et Rouxéau*“ Courants alternatifs à haute tension etc“ въ *Gazette Médicale de Nantes* 1893 г. стр. 105, № 9. (Предв. сообщ. цитир. работы).

³⁾ „Le courant alternatif obtenu à l'aide des machines électrostatiques“, par *M. Dauly*. Th. Paris 1894 г.

⁴⁾ l. c. с. 3.

сокращенія касаніемъ или приближеніемъ руки. Чтобы «градуировать» силу раздраженія, *Dauly* (по описанію *Rouxéau*) примѣнялъ подвижныя металлическія диски, изъ коихъ одинъ соединенъ съ машиной, а другой изолированъ отъ нея и отъ перваго диска, но соединенъ съ нервомъ,—однимъ словомъ, знакомое уже намъ приспособленіе *Gergens'a*, о которомъ *Rouxéau* однако не упоминаетъ.

Число сокращеній въ опытахъ автора всегда соотвѣтствовало числу искръ въ разрядникѣ («excitateur») за данный промежутокъ времени. По этому *Rouxéau* отнюдь не думаетъ, что имѣлъ дѣло съ «*haute fréquence*» *d'Arsonval'a* а только съ «*haute tension*» ¹⁾. *Rouxéau*, какъ и *Tiegel* и *Gergens*, отмѣчаетъ возможность весьма точной локализаніи раздраженія по методу «отведенія» моментальнымъ точечнымъ касаніемъ какого нибудь проводника къ тѣлу, нерву или мускулу и т. п. Съ этой цѣлью *Rouxéau* и *Dauly* экспериментировали, между прочимъ надъ обнаженнымъ спиннымъ мозгомъ (пояснич. ч.) лягушки и, подобно *Gergens'u* (см. выше), отдають предпочтеніе этому «новому» методу сравнительно съ обычной непосредственной аппликаціей электродовъ отъ индукторіума.

Тѣ немногія міограммы (числомъ 5), которыя приводитъ *Rouxéau* въ поясненіе своихъ опытовъ, отличаются чрезвычайной неправильностью формы и неполнотою графики: нѣтъ регистраціи времени, момента раздраженія etc. Описанія опытовъ, какъ и у многихъ другихъ, цитированныхъ нами авторовъ, также грѣшатъ неполнотою.

J. Loeb, въ числѣ другихъ физиологовъ, задавался вопросомъ, дѣйствуютъ ли «Герцевскія» колебанія на двигательный нервъ, и пришелъ къ отрицательному отвѣту ²⁾. Мы пока воздержимся отъ разбора его теоретическихъ представленій, ограничившись, какъ и относительно другихъ авторовъ лишь объективнымъ изложеніемъ его изслѣдованія и тѣхъ фактовъ, которые онъ наблюдалъ ³⁾.

J. Loeb изслѣдовалъ ориентированіе нервно-мышечнаго препарата лягушки относительно разрядника электрофорной *Toepler-Holtz'*евской машины. Разрядникъ этотъ состоялъ изъ двухъ мѣдныхъ стержней, снабженныхъ на концахъ шариками. Сближая шарики, между ними получали искру большей или меньшей величины во время дѣйствія ма-

¹⁾ l. c. стр. 7—8.

²⁾ Мы видѣли уже, что къ тому же выводу пришелъ *D'Arsonval* еще въ 1894 г. (Exposé des Travaux стр. 79). Объ этомъ *Loeb* не упоминаетъ.

³⁾ *Jacques Loeb*: „Zur Theorie des Galvanotropismus“ V Mittheilung. Influenzversuche“. *Pflüger's Arch.* Bd 67, 1897 г. стр. 483. *Idem*: „Ueber die physiologische Wirkung electrischer Wellen“. *Pflüger's Ach.* Bd. 69, 1897 г. стр. 99.

шины. Замѣтимъ, что для своихъ опытовъ *Loeb* устанавливалъ шарикъ разрядника на разстояніи отъ 2—5 сантиметр. одинъ отъ другого ¹⁾).

Передъ разрядникомъ, на разстояніи до 50—100 сантиметровъ помѣщался «Zweischenkel-препаратъ» *Loeb*'а, состоявшій изъ двухъ лягушечныхъ лапокъ, центральные концы нервовъ которыхъ прикасались одинъ къ другому, такъ что оба бедра препарата находились на противоположныхъ концахъ этой, если можно такъ выразиться, «системы», а нервы сходились концами по срединѣ ея. При этомъ оба нерва и обѣ лапки клались въ одну прямую линію.

Такой «двойной препаратъ» сокращался вблизи разрядника, всякій разъ какъ перескакивала между шариками искра. Въ предѣлахъ до 100 сант. отъ разрядника сокращенія получались всегда, если препаратъ былъ параллеленъ стержнямъ разрядника и «промежутку искры» или же, хотя и перпендикуляренъ къ нимъ, но расположенъ асимметрично къ разряднику; стоило же установить препаратъ строго противъ середины «промежутка искры» и, въ то же время перпендикулярно къ нему, и, слѣдовательно, къ стержнямъ разрядника, какъ сокращенія на разстояніи исчезали или становились весьма слабыми: «требовалось вплотную (*dieht*) подойти (съ препаратомъ?) къ разряднику, чтобы дѣйствіе его возобновилось» ²⁾. Въ дальнѣйшемъ, *Loeb* скомбинировалъ эти опыты въ одномъ, расположивъ горизонтально и по прямымъ линіямъ 4 лапки съ нервами, такъ что онѣ вмѣстѣ образовали прямоугольный крестъ, посрединѣ котораго сходились подъ угломъ 90° всѣ 4 нерва, касаясь одинъ другого своими центральными концами.

Поднося такой «четверной» препаратъ къ разряднику на указанное разстояніе (100—50 сант. и меньше) и устанавливая его по отношению къ стержнямъ и промежутку искры такъ, чтобы одна пара препаратовъ была всегда перпендикулярна къ разряднику, а другая параллельна ему, *Loeb* наблюдалъ слѣдующее.

1. Препараты, параллельные разряднику, сокращаются и на далекомъ разстояніи отъ него, тогда какъ сокращенія препаратовъ перпендикулярныхъ при этомъ равны нулю, а появляются снова только на очень близкомъ разстояніи отъ искры *resp.* разрядника.

2. Если передвигать «крестъ» вправо и влево отъ срединнаго (противъ искры) положенія, сохраняя то же разстояніе отъ разрядника, то сила сокращеній «параллельныхъ» препаратовъ все убываетъ, а въ «перпендикулярныхъ» сокращенія постепенно появляются, достигая максимума у противоположныхъ (дистальныхъ отъ искры) концовъ

¹⁾ *Loeb*, I. с. стр. 484.

²⁾ *Pflüger's Arch.* Bd. 67, стр. 485.

стержней, въ то время, какъ въ «параллельныхъ» препаратахъ—исчезаютъ вовсе. «*In diesem Versuche—прибавляетъ авторъ—erweist sich die Orientigung als von grösser Bedeutung, wie die absolute Entfernung*» ¹⁾, и въ дальнѣйшемъ изложеніи всецѣло сосредоточивается на объясненіи этого ориентированія.

Въ своемъ объясненіи *Loeb* выходитъ изъ того факта, что, если препаратъ, сокращавшійся вблизи разрядника, замкнуть какимъ-нибудь проводникомъ побочно, положивъ на мускуль, наприм., собственный его нервъ, или полоску влажной фильтровальной бумаги и т. п., то сокращенія исчезаютъ. Эти проводники, по *Loeb*'у, уменьшаютъ густоту тока, который возникаетъ въ нервѣ подъ влияніемъ разрядовъ на кондукторахъ машины и который служитъ раздражителемъ для нерва; густота тока, благодаря имъ, становится недостаточной для возбужденія нерва. «*Das weist darauf hin—говоритъ Loeb—dass diese Zuckungen durch Ströme verursacht sind, welche den Nerven in bestimmter Dichte passiren müssen, um Zuckungen herforzurufen*» ²⁾. По *Loeb*'у здѣсь возможны два предположенія: 1) токъ возникаетъ вслѣдствіе «электрическихъ колебаній» при разрядѣ и 2) своимъ возникновеніемъ токъ обязанъ индукціи (*Influenzwirkungen*). Отвергнувъ первое предположеніе, какъ несостоятельное, *Loeb* останавливается на второмъ, какъ несомнѣнномъ. Приводимъ здѣсь подлинныя выраженія *Loeb*'а: «*Diese Ströme könnten auf zweierlei Weise zu Stande kommen. Erstens wäre es denkbar, dass das Zweischenkelpräparat ein Resonator wäre für electrische Schwingungen von der Periode, wie sie bei der Entladung unsere Maschine entstehen... Zweitens wäre es denkbar dass hier Influenzwirkungen vorliegen. In dem Falle erklären sich die Erscheinungen folgendermaassen*» ³⁾.

Въ тѣхъ положеніяхъ препарата, говоритъ онъ далѣе, когда обусловленный электростатической индукціей токъ проходитъ черезъ нервъ продольно, мы наблюдаемъ сильныя сокращенія лапки; въ тѣхъ же, гдѣ—поперечно, сокращенія отсутствуютъ, «или очень слабы». Электростатической индукціей («*Influenzwirkungen d. statisch. Electricität*») *Loeb* объясняетъ и дальнѣйшіе свои опыты, которые, по его мнѣнію, могли бы внушить мысль о дѣйствиіи электрическихъ лучей.

Loeb бралъ вогнутое зеркало изъ гипса, съ радиусомъ въ 50 сант.; поверхность зеркала онъ тщательно оклеивалъ станиолемъ, такъ что «*selbst optisch die Spiegelung erkennbar war*». «*Funkenstrecke und Prä-*

¹⁾ *Ibid.* стр. 486.

²⁾ *Ibid.* стр. 486.

³⁾ *Ibid.* стр. 486.

parat wurden dann so aufgestellt, dass beide in conjugirten Punkten des Spiegels lagen. Die Reflexion der Strahlen von Spiegel war ganz ohne Wirkung und nur dann trat eine Zuckung ein, wenn der Abstand zwischen Präparat und Funkenstrecke klein genug war, um auch ohne Spiegel Zuckungen zu geben». Такъ описываетъ *Loeb* опытъ съ вогнутымъ зеркаломъ. Другой опытъ въ томъ же направленіи состоялъ въ слѣдующемъ. «Двойной препаратъ» *Loeb*'а расположенъ въ одной горизонтальной плоскости съ разрядниками, асимметрично, т. е. въ сторонѣ одного изъ нихъ, и перпендикулярно къ этому послѣднему. Если въ сторонѣ другого разрядника поставить плоское металлическое зеркало подъ угломъ въ 45° къ препарату, то сокращенія послѣдняго усиливаются; стоитъ же, не измѣняя прочаго, повернуть разрядники на 90° , поставивъ ихъ вертикально, какъ сокращенія ослабляются. Изъ этого опыта *Loeb* заключаетъ объ «doppelte Influenzwirkung», а не о дѣйствіи электрическихъ волнъ. «Handelte es sich um die Wirkung electricischer Strahlen, so müsste ja der Spiegel jetzt ebenso gut verstärkend wirken, wie bei horizontaler Lage der Kugeln» ¹⁾. Наконецъ, *Loeb* ссылается еще на одинъ опытъ. Онъ бралъ стеклянную пластинку, покрытую станиолемъ и, примѣняя ее въ качествѣ зеркала для предполагаемыхъ «лучей»,—ставилъ позади препарата, пустивъ въ ходъ электрическую машину и разрядники; если это зеркало находилось вблизи препарата, то присутствіе его ослабляло сокращенія. *Loeb* объяснилъ это тѣмъ, что зеркало индуцируетъ вторично въ нервѣ электричества, противоположныя тѣмъ, которыя индуцируютъ разрядники; сила электричества, а слѣдовательно и раздражающее дѣйствіе ослабляется.

Въ заключеніе реферированной статьи, *Loeb* говоритъ, что для физиологіи нерва безразлично, дѣйствуютъ-ли здѣсь «лучи» или индукція: то или другое, все равно, могутъ дѣйствовать только вызваннымъ ими въ нервѣ токомъ, т. е. «гальванически» ²⁾.

Ясно, что излагаемые здѣсь опыты 90-хъ годовъ инспирированы физиологамъ физикомъ *Hertz*'емъ, знаменитыя изслѣдованія котораго заставили весь образованный міръ говорить о колебательномъ электромагнитномъ полѣ, объ электрическихъ «волнахъ» и «лучахъ».

Ученіе *Faraday-Maxwell*'а, мало кого привлекавшее дотолѣ, стало овладѣвать умами не только физиковъ, но и физиологовъ. Читая соотвѣтствующія работы этихъ послѣднихъ за 90-е годы, легко видѣть вліяніе перемѣны въ ихъ представленіяхъ о натурѣ самаго раздражителя—электричества. Механическое представленіе о немъ преобладаетъ, нерѣдко

¹⁾ *Loeb*. I. с. стр. 489.

²⁾ *Ibid*.

смѣшиваясь, однако, съ представленіями старой, описательной, теоріи электричества.

Несмотря на отмѣченное нами оживленіе интереса ученаго міра къ вопросу о дѣйствіи электричества на разстояніи вообще на организмъ, свѣдѣнія объ этомъ дѣйствіи специально на двигательные нервы оставались по прежнему недостаточными, фактической матеріалъ весьма скуднымъ.

Въ виду этой отрывочности и недостаточности предшествовавшихъ экспериментовъ, мы должны признать, что первая попытка дать прочную и болѣе разностороннюю фактическую основу нашимъ свѣдѣніямъ о дѣйствіи электрическаго поля на двигательный нервъ принадлежитъ *В. Я. Данилевскому*.

Его опыты въ этомъ направленіи начаты еще въ 1896 году; тогда же, въ Ноябрь, имъ сообщены Харьк. Медич. Обществу главнѣйшіе результаты, и продемонстрированы нѣкоторые опыты.

Печатныя же сообщенія, съ краткимъ описаніемъ опытовъ, появились въ № 24 «Вѣстника Медицины» за 1896 г. и въ № 4 за 1897 г., въ *Comptes Rendus de l'Académie des sciences, Paris, Juin 1897 г.* и въ *Archives de Physiologie Norm. et Pathol. Juillet 1897, стр. 511—542* ¹⁾.

Прежде всего *В. Данилевскій* твердо устанавливаетъ фактъ дѣйствія электричества на двигательный нервъ черезъ непроводники, демонстрируя его разными способами и, главнымъ образомъ, опытомъ съ сокращеніемъ лягушечей лапки съ нервомъ—въ стеклянномъ сосудѣ, наполненномъ жидкимъ вазелиномъ (диэлектрикъ) и помѣщенномъ въ электрическомъ полѣ безъ всякаго соединенія проводниками съ раздражителемъ, аппаратомъ *Ruhmkorff*'а. Такая постановка важна въ виду того, что при ней исключена возможность передачи электричества черезъ влагу окружающаго воздуха, дѣлающую его проводникомъ.

Ему же первому принадлежитъ также весьма демонстративный опытъ надъ дѣйствіемъ электричества на нервъ черезъ толстыя стѣны. Этотъ опытъ состоялъ въ томъ, ²⁾ что электродъ въ видѣ большой металлической пластинки, соединенной (униполярно) съ однимъ изъ борновъ большой бобины *Ruhmkorff*'а, установленъ весьма близко отъ толстой домовой стѣны; по другую сторону ея расположенъ нервно-мышечный препаратъ. При благоприятныхъ условіяхъ, говоритъ *В. Данилевскій*, (т. е. если вблизи электрода нѣтъ отведенныхъ въ землю проводниковъ, если, далѣе, *Ruhmkorff* достаточно силенъ, а препаратъ достаточно свѣжъ и чувствителенъ), получаютъ не только отведенныя

¹⁾ *В. Danilewsky*: „Recherches sur l'excitation des nerfs par les rayons électriques“. *Archives de physiologie* № 3. Juillet 1897 г. стр. 511.

²⁾ I. с. стр. 522.

(provoquées), но и самостоятельныя сокращенія вполне изолированнаго препарата («contractions induites», и при томъ на разстоянн до 2—3 метровъ отъ стѣны. «On sait—прибавляетъ В. Данилевскій—que les expériences de Hertz et de ses successeurs ont démontré relativement depuis longtemps que les rayons électriques sont capables de pénétrer à travers des portes et murailles si l'excitateur est représenté par une décharge à étincelles, par exemple d'une bobine d'induction. Dans nos expériences décrites ci dessus, on obtient l'électrisation unipolaire par une tension de haut degré, c'est-à-dire sans décharge à effets de lumière. Cependant, au fond on pourrait à peine admettre une différence essentielle dans ces deux cas dans le rapport physique». 1)

Производя эти опыты, В. Данилевскій констатировалъ границы физиологически дѣятельнаго электрическаго поля, перемѣщая препаратъ лягушки вверхъ, внизъ и въ стороны противъ стѣны. «Отмѣчая эти границы на стѣнѣ, можно убѣдиться, что чаще всего онѣ образуютъ овалъ, удлинненный книзу» 2).

Не менѣе интересенъ опытъ передачи электрическаго раздраженія къ нерву черезъ тѣло нѣсколькихъ (4—8) человѣкъ, стоящихъ рядомъ, но не касающихся другъ друга и изолированныхъ отъ земли; первый членъ этого ряда находится на нѣкоторомъ разстоянн передъ пластинкой-электродомъ отъ одного изъ борновъ Ruhmkorff'a, а послѣдннй членъ приближаетъ руку въ изолированному нервно-мышечному препарату (не касаясь его!). Смотри по чувствительности нерва, силѣ тока въ первичной цѣпи etc., препаратъ сокращается или самостоятельно, или лишь при дотрогиванн экспериментатора (который находится все время внѣ цѣпи)—какимъ нибудь проводникомъ. Если, изъ этихъ 4—8-ми человѣкъ, 1—2 выйдутъ изъ цѣпи, то сокращенія ослабѣваютъ, нерѣдко до нуля.

По аналогн съ этимъ опытомъ, В. Данилевскій произвелъ другой, поставивъ вмѣсто людей изолированныя другъ отъ друга и отъ земли спирали, изъ коихъ первая однимъ концемъ своей проволоки соединена съ борномъ Ruhmkorff'a, соединенн же другого конца спирали со вторымъ борномъ Ruhmkorff'a прервано небольшимъ промежуткомъ для искры, перескакивающей между двумя сближенными отрѣзками проволоки. Обозначивъ эти концы буквами *m* и *n*, авторъ описываетъ свой опытъ слѣдующимъ образомъ. «Si la chaîne de la spirale secondaire, à *m*, est interrompue jusqu'à l'apparition de décharges d'étincelles, le muscle se contracte auprès de la quatrième spirale

1) L. c. c. 522.

2) Ibid.

ou en dedans de cette dernière. Quand le courant est fort, on peut même fermer la chaîne à *m*: l'irritation reste toujours assez fort. Si le courant est faible, il suffit d'éloigner le bout du fil *n* de la bobine *m*; plus la distance entre *m* et *n* est grande, plus la tension dans la spirale est forte; de même pour l'irritation. Cette règle peut passer pour générale dans tous les expériences pareilles» 1).

Я не передаю здѣсь многихъ другихъ опытовъ В. Данилевскаго, потому что важнѣйшіе изъ нихъ, разработанные мною детально, съ примѣненнмъ графическаго метода, приведены къ экспериментальной части этой работы. Таковы многіе опыты съ разомкнутымъ *Ruhmkorff*'омъ. Опыты же съ замкнутымъ *Ruhmkorff*'омъ, произведенные мною при содѣйствн профес. В. Данилевскаго, появляются здѣсь въ детальномъ изложенн впервые 2).

Остановлюсь, однако, подробнѣе на одномъ явленн, описанномъ В. Данилевскимъ подъ условнымъ названнмъ: «Phénomènes de l'interférence». 3) Намѣченное въ цитируемомъ мною предварительномъ сообщенн автора слишкомъ кратко, обозначенное не вполне точно, столь условнымъ терминомъ, оно подало поводъ къ недоразумѣнн и полемикѣ на страницахъ специальныхъ изданн 4). Это послѣднее обстоятельство побудило меня изслѣдовать особенно подробно описываемое ниже явленн, что также составляло одну изъ задачъ, которыя мнѣ были поставлены.

Опытъ В. Данилевскаго состоялъ въ слѣдующемъ. 5) Проводы отъ борновъ *Ruhmkorff*'а оканчиваются одинаковыми квадратными металлическими пластинками («électrodes excitatrices»). Установивъ ихъ на штативахъ вертикально и параллельно другъ другу, на разстоянн 50-100 сант. одинъ отъ другого и пустивъ въ ходъ аппаратъ *Ruhmkorff*'а, авторъ помѣщалъ между ними нервно-мышечный препаратъ лягушки. Если не заботиться о какомъ либо опредѣленномъ расположенн препарата относительно пластинокъ, то обыкновенно получаютъ болѣе или менѣе энергичныя сокращенія. Но стоитъ уложить нервъ и мускулъ въ одну прямую линн и помѣстить ихъ между электродами (пластинками) параллельно имъ и «симметрично» т. е. по средней линн, какъ сокращенія тотчасъ исчезаютъ. Они не возобновляются, даже если выдвинуть препаратъ за края электродовъ, сохраняя его «симметричное» положенн по средней линн. Но стоитъ нарушить симметрн располо-

1) L. c. c. 523.

2) Считаю долгомъ оговорить, что общее указанн о дѣйствн замкнутой цѣпи *Ruhmkorff*'а все таки дано уже въ цитированной статьѣ.

3) L. c. c. 524.

4) См. Pflüger's Arch. u Centralblatt f. Physiologie за 1897 г.

5) L. c. c. 524—525.

84878 1863

Факульт. Терап. Клини...
1-го Х.М.И.

МОТЕКА

женія частей препарата, или пододвинуть его (параллельно самому себѣ) ближе къ одной изъ пластинокъ-электродовъ, какъ сокращенія возобновляются. Если пластинки для электродовъ брать не равной величины, то препаратъ, находясь по срединной линіи всетаки сокращается; депрессія же сокращеній наблюдается тогда, когда препаратъ передвинуть ближе къ меньшему изъ электродовъ. Но и при равныхъ электродахъ можно вызвать сокращенія препарата, уложеннаго «симметрично», если между нимъ и однимъ изъ электродовъ, не касаясь ихъ, помѣстить какойнибудь проводникъ, или просто продвинуть руку.

Къ той же категоріи явленій *В. Данилевскій* относитъ и свой опытъ съ «бомбардированіемъ нерва» электрическими искрами. Опытъ этотъ показалъ, что если нервъ расположенъ на равныхъ разстояніяхъ отъ двухъ заряженныхъ кондукторовъ, то искры между ними могутъ ударять въ нервъ, не раздражая его, но и не уничтожая возбудимости; стоитъ, однако, нарушить симметрію расположенія кондукторовъ, какъ мускуль нервно-мышечнаго препарата начинаетъ сокращаться ¹⁾.

В. Данилевскій ищетъ объясненія этихъ фактовъ въ физическихъ условіяхъ опыта и указываетъ на аналогичный опытъ съ Гейслеровою трубкой. Другой изслѣдователь, уже цитированный нами ²⁾ *J. Loeb*, наблюдавшій тоже при аналогичныхъ условіяхъ, видитъ причину депрессіи сокращеній исключительно въ извѣстной физиологической особенности нерва: въ томъ что онъ не реагируетъ на «*Querdurchströmung*». Насколько соотвѣтствуетъ объясненіе *Loeb*'а даннымъ наблюденія, мы попытаемся изслѣдовать въ нашихъ опытахъ. ³⁾

Вскорѣ послѣ сообщеній *В. Данилевскаго*, *И. Тархановъ* изучалъ дѣйствіе «тихихъ разрядовъ» круксовой трубки на двигательный нервъ лягушки—для провѣрки прежнихъ своихъ опытовъ надъ дѣйствіемъ рентгеновскихъ лучей на центральную нервную систему.

Въ своей статьѣ ⁴⁾ *И. Тархановъ*, констатировавъ раздражающее дѣйствіе круксовой трубки на нервъ, помѣщенный вблизи нея, задается вопросомъ, что именно служитъ здѣсь раздражителемъ: х-лучи или «тихія разряды» трубки. Чтобы исключить дѣйствіе тихихъ разрядовъ, *И. Тархановъ* примѣнилъ металлическія ширмы, которыя, какъ было

¹⁾ Arch. d. Phys. I. c. c. 528.

²⁾ На стр. 11 настоящ. раб.

³⁾ Помимо указанныхъ выше сообщеній, *В. Данилевскій* демонстрировалъ свои опыты въ январѣ 1897 г. въ Петербургѣ и Москвѣ цѣлому ряду медиковъ, физиологовъ и физиковъ, какъ говоритъ онъ въ своей замѣткѣ, помѣщенной въ Centralblatt f. Physiologie 1897 г. № 19-й. Кроме того, имъ сдѣлано сообщеніе на ту-же тему на XII Международномъ Медицинскомъ Конгрессѣ въ Москвѣ въ 1897 г.

⁴⁾ Больничная Газета Боткина, 1897 г. № 13, стр. 459—466.

указано раньше *В. Данилевскимъ*, препятствуютъ раздраженію нерва, будучи помѣщаемы въ электрическомъ полѣ между нервомъ и заряженнымъ проводникомъ; матеріаломъ для своей ширмы *И. Тархановъ* выбралъ алюминій, ибо этотъ металлъ не задерживаетъ х-лучей. Такимъ образомъ авторъ убѣдился, что, вопреки его прежнему мнѣнію, не х-лучи дѣйствуютъ на нервъ, а «тихія разряды».

Опыты *И. Тарханова* сходны съ опубликованными раньше опытами *В. Данилевскаго*, на что самъ авторъ и указываетъ въ цитируемой статьѣ.

Такимъ образомъ, *И. Тархановъ*, на основаніи своихъ провѣрочныхъ изслѣдованій, признаетъ, что «въ дѣйствіи круксовой трубки на животный организмъ слѣдуетъ отличать два фактора: а именно, х-лучи и тихія электрическія разряды» ¹⁾.

Что касается вопроса о физиологическомъ дѣйствіи х-лучей, то, по прежнимъ ²⁾ опытамъ *И. Тарханова*, оно сводится къ «умѣряющему дѣйствію на центральную нервную систему». Впрочемъ самъ авторъ, послѣ опубликованія предварительнаго сообщенія *В. Данилевскаго* и послѣ своихъ (реферированныхъ выше) провѣрочныхъ опытовъ въ томъ же направленіи, считаетъ необходимымъ провѣрить опыты свои надъ физиологическимъ дѣйствіемъ х-лучей съ примѣненіемъ необходимыхъ предосторожностей для раздѣленія обоихъ вышеназванныхъ факторовъ.

Заключивъ этимъ изложеніе работъ тѣхъ немногихъ экспериментаторовъ, которые удѣляли вниманіе физиологическому дѣйствію электрическаго поля на двигательные нервы, мы не можемъ не коснуться далѣе, хотя бы въ 2—3-хъ словахъ, литературы по электротерапіи и электродіагностикѣ, въ которой мы также искали изслѣдованій по интересующему насъ вопросу.

Въ доступныхъ намъ общихъ сочиненіяхъ ³⁾ по электро-діагностикѣ и терапіи мы не нашли указаній на существованіе въ литературѣ систематическихъ врачебныхъ наблюденій надъ дѣйствіемъ электричества на разстояніи специально на двигательные нервы. Но что электроиндуктивное раздраженіе нервной системы, аналогичное тому, которое изслѣдовали цитированные нами физиологи-экспериментаторы, не ускользнуло отъ вниманія наблюдателей-терапевтовъ, доказываетъ слѣдующая замѣтка *Левандовскаго* ⁴⁾.

¹⁾ Больничная Газета Боткина 1897 г., № 13, стр. 465.

²⁾ Та же газета за 1896 г., стр. 753 и 785.

³⁾ Руководства *Левандовскаго*, *Remak*'а, *Erb*'а, *Hoorweg*'а, *Stein*'а, *Legros* et *Onimus*, *Alimonda*, *Bordier*. (См. списокъ цитированныхъ сочиненій).

⁴⁾ *Левандовскій*: «Электро-діагностика и электротерапія», русскій перев. С.-Пб. 1889 г. стр. 361—362.

«*Clemens* располагает вдоль спины двѣ хорошо изолированныя проволоки и пропускаетъ черезъ нихъ разряды сильной *Kleist*'овской батареи съ цѣлью, какъ онъ полагаетъ, дѣйствовать путемъ *вліянія* на спинной мозгъ: больные при этихъ процедурахъ должны ощущать сотрясеніе въ нижнихъ конечностяхъ. По тому же принципу *Clemens* примѣняетъ франклинизацію противъ подагрическихъ, весьма болѣзненныхъ припухлостей пальцевъ; съ этою цѣлью, соотвѣтствующіе пальцы помѣщаются въ полую спираль изъ хорошо изолированной проволоки, чрезъ которую и пропускается рядъ искръ (этимъ, какъ онъ увѣряетъ, онъ добился уменьшенія болей)».

Этими строками мы ограничиваемся, желая только указать на интересъ подобныхъ изслѣдованій съ точки зрѣнія физиологическихъ опытовъ и не считая умѣстнымъ въ настоящемъ трудѣ входить въ дальнѣйшее разсмотрѣніе литературы по электротерапіи.

Собственныя изслѣдованія.

Методика.

Постоянный гальваническій токъ, съ малымъ числомъ вольтъ, развиваетъ поле, повидимому, физиологически недѣятельное; изъ обзора литературы мы видимъ, что всѣ авторы, получавшіе тотъ или иной эффектъ отъ дѣйствія электричества на разстояніи, примѣняли электричество большого напряженія и получали его либо отъ электрическихъ машинъ, либо отъ индукціонныхъ аппаратовъ.

Въ силу чисто внѣшнихъ условій, при которыхъ мы работали, мы не имѣемъ возможности на основаніи личнаго опыта сравнивать между собою преимущества и недостатки электрическихъ машинъ и индукціонныхъ аппаратовъ. Поэтому, не считая себя компетентными въ обсужденіи ихъ, мы оставляемъ здѣсь этотъ вопросъ въ сторонѣ и описываемъ лишь тотъ аппаратъ *Ruhmkorff*'а, который былъ въ нашемъ распоряженіи, и тѣ приспособленія, при посредствѣ которыхъ мы пользовались имъ для нашихъ опытовъ.

Индукціонная катушка (работы *Ruhmkorff*'а), снабженная желѣзнымъ сердечникомъ и конденсаторомъ Физо, имѣла въ длину 39 сант., а діаметръ—въ 16 сант.

Размыкая токъ въ первичной спирали, между проводами отъ борновъ вторичной можно было получать искру до 10—15 сантиметровъ при 6 аккумуляторахъ въ первичной цѣпи. При бобинѣ находился

обыкновенный ртутный прерыватель Фуко; частоту перерывовъ можно было варіировать въ предѣлахъ 5—15 въ 1 сек.; мы пользовались (для тетанизации) возможно малой частотой. Этотъ автоматическій прерыватель мы примѣняли для полученія частаго прерывистаго раздраженія; для одиночныхъ же перерывовъ тока въ первичной цѣпи намъ служилъ особый, нами устроенный, ртутный ключъ (рис. 1. НК.); при размыканіи

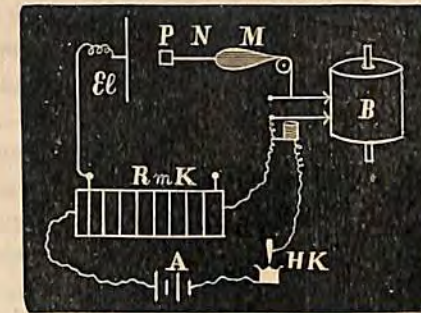


Рис. 1. Схема постановки опытовъ.—А—батарея аккумуляторовъ.—RmK—индукціонный аппаратъ *Ruhmkorff*'а.—El—квадратный цинковый щитокъ, электродъ-возбудитель, съ прямымъ изолированнымъ проводомъ къ нему отъ одного изъ борновъ вторичной спирали RmK.—HK—ртутный ключъ для одиночныхъ перерывовъ тока въ цѣпи первичной спирали.—B—кимографъ *Balzar*'а; возлѣ него, стрѣлками, обозначены пишущіе рычажки—верхній отъ міографа, а подъ нимъ—отъ электромагнитнаго отбѣтчика числа перерывовъ тока въ первичной цѣпи RmK.—PNM—нервно-мышечный препаратъ лягушки (*m. gastrocnemius M* съ *n. Ischiadicus N* и кускомъ поясничной части позвоночника *P* при немъ).

тока въ немъ (рукою) ртуть въ чашечкѣ ключа вытягивалась въ тонкую «нить» (*Queksilberfaden*); надъ поверхностью ртути протекалъ спиртъ медленной, но непрерывной струей, смывая окислы, постоянно образующіеся при перескакиваніи искры между ртутью и замыкающимъ рычагомъ ключа. Сквозь стеклянныя стѣнки чашечки (устроенной по принципу *Kronecker*'а: съ двумя боковыми трубочками для притока и оттока спирта), легко было наблюдать, чтобы замыканіе и размыканіе были дѣйствительно одиночными, а не сопровождались перескакиваніемъ нѣсколькихъ искръ; что легко случается при пользованіи ртутными ключами.

Отъ борновъ вторичной спирали *Ruhmkorff*'а проведены прямыя, изолированныя проволочныя электроды, на концахъ, которыхъ прикрѣплялись съ помощью клеммъ, квадратныя щитки изъ листоваго цинка (рис. 1. El), или проволочныя спирали; въ нѣкоторыхъ опытахъ ихъ соединяли съ вибраторомъ *Hertz*'а. Цинковые щитки («*electrodes excitatrices*», *B. Данилевскаго*, *zn*-щитки) или спирали развивали то электрическое поле,¹⁾ въ которомъ мы помѣщали объектъ нашего изслѣдованія—нервно-мышечный

¹⁾ Чтобы исключить электризацію съ поверхности бобины *Ruhmkorff*'а, мы покрывали ее свинцовымъ футляромъ, а этотъ послѣдній соединяли съ землею проволокой.

препаратъ лягушки. Этотъ послѣдній состоялъ или изъ цѣлой голени со стопой и бедренной косточкой, или только изъ *m. gastrocnemius* съ колѣннымъ суставомъ и кускомъ бедренной кости. *Nervus ischiadicus* въ томъ и другомъ случаѣ отпрепаровывался вмѣстѣ съ кускомъ поясничной части позвоночника (P). Мы не отрѣзывали нерва отъ позвоночника не только ради лучшаго сохраненія возбудимости препарата (связь со спиннымъ мозгомъ), но и въ виду соблюденія чисто физическихъ условій, при которыхъ онъ является болѣе чувствительнымъ именно по отношенію къ электрическому полю. Эти условія будутъ ясны изъ первыхъ же опытовъ (см. ниже стр. 28. § 3).

Нервно-мышечный препаратъ, разумѣется, всегда былъ совершенно изолированъ отъ электродовъ *Ruhmkorff*'а: онъ находился лишь въ электрическомъ полѣ, на большемъ или меньшемъ разстояніи отъ «электродовозбудителя» (E1) или спирали, замыкающей вторичную цѣпь.

Лапка лягушки во время опыта всегда клалась на парафиновую пластинку, отдѣльный же *m. gastrocnemius* съ нервомъ фиксировался на эбонитовомъ міографѣ. Этотъ послѣдній устроенъ былъ нами специально для графики въ электрическомъ полѣ. Онъ состоитъ изъ эбонитовой прямоугольной пластинки (размѣрами 27×13 сант., толщиной 4 миллим.); на ней укрѣпленъ вертикально толстый эбонитовый штифтъ съ зажимомъ для косточки нервно-мышечнаго препарата; зажимъ можетъ передвигаться на штифтѣ и вокругъ собственной оси въ различныхъ направленіяхъ, а въ желаемомъ положеніи фиксируется эбонитовымъ же винтомъ. На краю узкой стороны доски міографа (эбонитовой пластинки) укрѣпленъ вращающійся эбонитовый блокъ, діаметромъ около 1 сант.; черезъ блокъ перекидывается сверху внизъ шелковинка, соединяющая сухожиліе мускула, укрѣпленнаго горизонтально на міографѣ, съ длиннымъ пишущимъ рычажкомъ, придѣланнымъ подъ доской аппарата, гдѣ рычажокъ фиксируется на такомъ же эбонитовомъ штифтѣ, какъ и зажимъ для мускула. Только небольшая обоймица пишущаго рычага металлическая, самъ же рычажокъ камышевый съ пишущимъ наконечникомъ изъ китоваго уса.

Описанный міографъ устанавливался горизонтально, на деревянномъ штативѣ-столикѣ, передъ кимографомъ *Balzar*'а, барабанъ котораго установленъ вертикально и покрытъ заоконенной бумагой; на ней пишущій рычажокъ чертилъ міограммы. Мы всегда пользовались исключительно вращающимся барабаномъ *Balzar*'а, такъ какъ аппаратъ именно этой системы отличается наибольшимъ совершенствомъ конструкции изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ кимографовъ; при большой равномерности хода механизмъ его позволяетъ безъ труда пользоваться любой скоростью вращенія, напр., отъ 1 мм. до circa 0,5 метр. въ 1 сек.; (мы регистрировали

скорость барабана съ помощью секундомѣра или вибрирующаго камертона, обыкновенно—50 колеб. въ 1 сек. См. таблицы кривыхъ). Кимографъ и штативъ съ міографомъ помѣщались прямо на рабочемъ столѣ; штативы же съ электродами отъ *Ruhmkorff*'а имѣли стеклянные или парафиновые подкладки.

Если въ опытѣ не имѣлось въ виду примѣнять графики, то кимографъ удалялся со стола, какъ и всѣ проводники съ большою поверхностью, ибо близость ихъ, какъ уже извѣстно изъ опытовъ *В. Данилевскаго*, измѣняя напряженіе электрическаго поля, затрудняетъ наблюденія надъ нервно-мышечнымъ препаратомъ. (Поэтому графика въ электрическомъ полѣ доставляетъ иногда не мало хлопотъ).

По той же причинѣ мы всегда помѣщали и нервно-мышечный препаратъ, и электроды, и другіе приборы вдали отъ стѣнъ комнаты и проведенныхъ по нимъ газовыхъ трубъ; мы устанавливали ихъ на разстояніи не менѣе 1,5 метра отъ ближайшей стѣны и газопровода.

Тотъ, кто пожелаетъ воспроизвести описанные здѣсь опыты, вѣроятно вынужденъ будетъ, какъ и мы, отказаться, въ большинствѣ случаевъ, отъ примѣненія влажной камеры при міографѣ: влага на стѣнкахъ ея, какъ проводящая поверхность вблизи препарата, затрудняетъ регулированіе силы раздражителя, не говоря уже о томъ, что создаетъ вокругъ нерва проводящую атмосферу и усложняетъ условія опыта.

Мы всюду приводимъ цифровыя данныя относительно размѣровъ нашихъ приборовъ, силы тока, разстояній препарата и приборовъ одинъ отъ другого, чтобы всякій, пожелавшій провѣрить наши опыты, могъ сдѣлать это въ обстановкѣ, по возможности близко подходящей къ нашей.

Такъ какъ опыты надъ физиологическимъ дѣйствіемъ электрическаго поля до сихъ поръ мало распространены, а въ литературѣ, насколько намъ извѣстно, преобладаетъ схематичное и краткое описаніе ихъ, то мы считаемъ полезнымъ дать возможно точное и подробное описаніе частныхъ своихъ опытовъ, хотя, быть можетъ, и рискуемъ навлечь на себя упреки въ излишней подробности изложенія ¹⁾.

¹⁾ Когда рукопись этого сочиненія сдана была уже въ печать, нами полученъ былъ первый выпускъ новаго журнала «Le Physiologiste Russe», въ которомъ помѣщено начало статьи редактора—проф. Л. З. Мороховца—по методикѣ примѣненія электрическаго поля для цѣлей физиологіи. Судя по началу, статья обѣщаетъ быть обширной и подробной. Возможно, что потребность въ подробномъ изложеніи интересующаго насъ предмета признается не нами одними. (Le champ électrostatique en physiologie, par M. Léon Morokhowetz. «Le Physiologiste Russe» №№ 1 et 2, Moscou 1898. Стр. 28—33)

Число всѣхъ произведенныхъ нами опытовъ значительно превышаетъ количество описанныхъ здѣсь: изъ имѣющагося у насъ матеріала мы выбрали для описанія только тѣ опыты и наблюденія, которые намъ казались наиболее типичными.

Нервъ лягушечьяго препарата, совершенно изолированного отъ источника электрической энергии, можетъ возбуждаться въ электрическомъ полѣ, развиваемомъ проводниками, соединенными съ борнами вторичной спирали *Ruhmkorff*'а, какъ при одиночныхъ замыканіяхъ и размыканіяхъ тока первичной бобины, такъ и при повторныхъ, быстро слѣдующихъ одинъ за другимъ перерывахъ, производимыхъ автоматическимъ ртутнымъ прерывателемъ.

Но сила сокращеній, гспр. высота ихъ, при одной и той же батарее въ первичной цѣпи *Ruhmkorff*'а и прочихъ равныхъ условіяхъ опыта, существенно зависитъ отъ нѣсколькихъ моментовъ, помимо силы тока въ первичной цѣпи, значеніе которой само собой понятно: 1) отъ того, изолированъ ли нервно-мышечный препаратъ отъ земли; 2) находится ли вблизи него какіе нибудь проводники съ болѣе или менѣе значительной поверхностью; 3) отъ величины поверхности электродовъ—возбудителей, которыми оканчиваются провода отъ разомнутаго *Ruhmkorff*'а въ нашихъ опытахъ; 4) отъ разстоянія этихъ электродовъ отъ нервно-мышечнаго препарата; 5) отъ положенія нерва и мускула по отношенію къ наэлектризованному проводнику. Сообразно съ этимъ подраздѣленіемъ мы и будемъ располагать собранный нами матеріалъ въ нижеслѣдующихъ отдѣлахъ и главахъ.

Опыты съ плоскими электродами разомкнутой вторичной цѣпи бобины *Ruhmkorff*'а.

ГЛАВА 1-я.

Униполярное раздраженіе.

§ 1. Подъ именемъ униполярнаго раздраженія электричествомъ на разстояніи мы будемъ разумѣть дѣйствіе на нервно-мышечный препаратъ электрическаго поля, развиваемаго электродомъ—только отъ одного изъ борновъ вторичной бобины *Ruhmkorff*'а, (рис. I) въ то время какъ электродъ отъ другого борна либо соединенъ съ землей черезъ хорошій проводникъ (газопроводъ), либо оставленъ безъ этого соеди-

ненія, но вдали отъ перваго электрода и отъ нервно-мышечнаго препарата. Слѣдуя вышеприведенному порядку, мы начнемъ съ опытовъ, демонстрирующихъ вліяніе соединенія препарата съ землей и близости къ нему проводниковъ на силу возбужденія двигательнаго нерва.

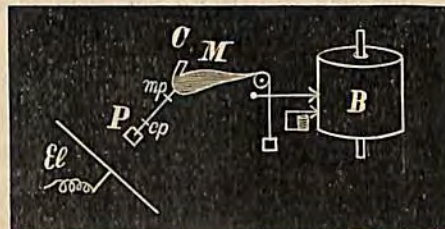


Рис. II.—*PM*—нервно-мышечный препаратъ (на міографѣ). *P*—позвоночникъ, *C*—бедренная косточка, *cp*—центриполярный, *mp*—міополярный участки нерва.—*B*—кимографъ *Balzar*'а.—*El*—электродъ-возбудитель (униполярное соединеніе).

Опытъ 1. Спираль *Ruhmkorff*'а на разстояніи 1,5 метра отъ препарата. Въ первичной цѣпи 2 аккумулятора (сісга 4 volt); цѣпь замкнута ртутнымъ ключемъ; дѣйствуетъ автоматическій прерыватель. Одинъ изъ проводовъ вторичной бобины оставленъ на полу, вдали отъ экспериментатора и приборовъ; другой—соединенъ съ центромъ плоскаго электрода въ видѣ квадратнаго *Zn*-щитка, размѣрами=34×34 сантим.; электродъ расположенъ на отдѣльномъ деревянномъ штативѣ вертикально и подлѣ $\angle 90^\circ$ къ нерву на нѣкоторомъ разстояніи отъ него (10—15 сантим.; см. рис. II, *El*). Нервно-мышечный препаратъ—на эбонитовомъ міографѣ, какъ описано выше. Нервъ расположенъ подлѣ угломъ къ мускулу такъ, что кусокъ позвоночника (*P*) лежитъ на міографѣ ближе другихъ частей препарата къ *Zn*-щитку—электроду (*El*). Возлѣ міографа установленъ вращающійся барабанъ, (*B*), покрытый заковченной бумагой, а нѣсколько позади него, ниже пишущаго рычажка, установленъ на небольшомъ желѣзномъ штативѣ электромагнитный отмѣтчикъ числа перерывовъ тока въ 1 сек. Мускулъ отягощенъ грузомъ въ 100 грам., подвѣшеннымъ на ниткѣ, на оси подвижнаго пишущаго рычажка.

При данной батарее въ первичной цѣпи и разстояніи *El* отъ *P* 10—15 сантим., изолированный препаратъ не давалъ сокращеній ни при одиночныхъ замыканіяхъ и размыканіяхъ тока въ первичной цѣпи (ртутнымъ ключемъ), ни при тетанизирующемъ дѣйствіи автоматическаго прерывателя (до 14 перерывовъ въ 1 сек.)¹⁾.

¹⁾ Пододвигая *El* ближе къ препарату, легко получали самостоятельныя сокращенія мускула при размыканіи первичной цѣпи. Электродъ нарочно установленъ на «недѣятельное» разстояніе—10—15 сантим.

Но всякій разъ какъ экспериментаторъ, стоя по ту сторону міографа (т. е. дистально ¹⁾ отъ El), приближалъ къ нерву или мускулу (на разстояніе 3—5 мм. отъ нихъ) проволоку соединенную съ водопроводомъ, которую держалъ въ своей рукѣ, — мускулъ давалъ сокращенія. При непрекращавшемся все время дѣйствіи прерывателя тока въ первичной бобинѣ эти сокращенія были одиночны, если конецъ проволоки отъ земли (водопровода) приближался къ препарату лишь на одинъ моментъ, или становились тетаническими, если экспериментаторъ удерживалъ эту проволоку надъ нервомъ или мускуломъ болѣе продолжительное время. Стоило удалить проволоку за предѣлы 3—5 мм. отъ нерва (или мускула) — кривая сокращеній падала до нуля. Замѣчено также, что ведя конецъ проволоки надъ препаратомъ отъ центрального конца нерва къ срединѣ его (не касаясь!) и далѣе къ мускулу, и все время сохраняя указанное разстояніе 3—5 мм. отъ нерва или мускула мы заставляли подыматься высоту сокращеній все болѣе и болѣе; при прочихъ равныхъ условіяхъ, минимальную высоту сокращенія давало приближеніе проволоки къ центриполярному концу нерва (ср), максимальное — къ мышцѣ, среднее — къ міополярному участку нерва (тр). На кривыхъ 1-й и 2-й табл. I. эти моменты послѣдовательно отмѣчены буквами: N, N', N'' (приближеніе проволоки послѣдовательно къ центральному, срединному и міополярному участкамъ нерва) и М (приближеніе къ мышцѣ). (Абсолютныя же высоты сокращеній зависѣли также отъ разстоянія («d») электрода El отъ препарата (края Р). Итакъ, при разстояніи d=10 сант. высота міограммы для моментовъ N, N', N'' въ средн. = 18 мм.

	”	”	”	М	”	= 27 мм.
						(Крив. 1-я)
при d=15 сант.	”	”	”	N, N', N''	въ средн.	= 8 мм.
	”	”	”	М	”	= 12 мм.
						(Крив. 2-я)

Касаніе проволокой къ препарату NM давало по существу такой же эффектъ, какъ и описанное приближеніе проволоки. Это явленіе изслѣдовано подробнѣе новымъ (2-мъ) опытомъ, который мы произвели желая выяснитъ, насколько закономерна зависимость высоты сокращенія отъ того, въ какой точкѣ препарата этотъ послѣдній соединяется съ землей.

Опытъ 2. При описаніи этого опыта мы будемъ руководиться тѣмъ же рис. II., ибо расположеніе препарата и электрода, кромѣ разстоянія между ними, совершенно тождественно съ таковымъ въ оп. 1. Разницу

¹⁾ Всюду, гдѣ мы говоримъ что экспериментаторъ или какойнибудь приборъ, проводникъ и т. д. расположены *дистально*, надо понимать такъ, что NM-препаратъ находится между электродомъ и наблюдателемъ или этимъ предметомъ.

съ этимъ послѣднимъ составляетъ лишь то, что вмѣсто автоматическаго прерывателя мы замыкали и размыкали токъ ртутнымъ ключемъ въ первичной цѣпи; при этомъ препаратъ реагировалъ только на *размыканіе*. Изолированный отъ земли, препаратъ не реагировалъ на замыканіе и размыканіе вовсе, если мы устанавливали электродъ достаточно далеко отъ него, а именно на d=52—85 сантим. На разстояніи ближе чѣмъ 52 сант. мускулъ давалъ почти максимальное сокращеніе, даже оставаясь вполне изолированнымъ. — И такъ при той-же силѣ тока въ первичной цѣпи, при томъ-же взаимномъ расположеніи приборовъ и препарата, какъ въ оп. 1., рис. II., мы *касаемся* то нерва, то мускула, то бедренной косточки (С) проволокой отъ земли въ точкахъ *ср*, *тр* нерва и на протяженіи мускула М (все равно въ какой точкѣ его), и *затѣмъ*, удерживая проволоку на мѣстѣ касанія, въ то-же время размыкаемъ токъ въ первичной бобинѣ *Rubmkorff*'а. Кривая 3-я табл. I. показываетъ, что при касаніи къ центриполярному участку нерва въ точкѣ *ср* (рис. II) высота вызваннаго этимъ сокращенія меньше, чѣмъ при касаніи въ точкѣ *тр* (міополярномъ участкѣ нерва. Соответствующія міограммы (3) отмѣчены такъ же: *ср* и *тр*).

Кривая 4-я показала намъ такую же зависимость для точекъ касанія Р (на позвоночникѣ) сравнительно съ М, а кривая 5-я — точекъ Р сравнительно съ С (бедр. косточка. Міограммы (5) отмѣчены тѣми-же буквами). На рис. II. видно, что кромѣ того, точка *тр* дальше отъ El, чѣмъ *ср*, а М и С — дальше чѣмъ Р. Сопоставивъ данныя измѣренія этихъ кривыхъ, получимъ слѣдующую таблицу:

	касаніе къ ср	—	даетъ высоту сокращенія	= 11 мм.
	”	тр	”	”
	”	Р	”	”
	”	М	”	”
	”	С	”	”

(крив. 3, регистрировано при d=85 сант.)

	”	”	”	”	22	”	(1)
	”	”	”	”	12	”	
	”	”	”	”	22,5	”	(2)
	”	”	”	”	14	”	
	”	”	”	”	24	”	(3)

(крив. 4, — при d=53 сант.)

(крив. 5, — при d=52 сант.)

Всѣ кривыя сняты отъ одного и того же препарата, послѣдовательно одна тотчасъ послѣ другой.

§ 2. Но не только касаніе и приближеніе проводника *соединенаго съ землею* вызываетъ (resp. усиливаетъ) сокращеніе мускула въ электрическомъ полѣ: приближеніе *изолированнаго* проводника къ препарату, дистально отъ за-щитка — электрода, дѣйствуетъ подобнымъ же образомъ, т. е. усиливая (resp. вызывая) физиологическую реакцію нервно-мышечнаго препарата. Это показываетъ слѣдующій опытъ.

Опыт 3. Расположение препарата и приборов такое-же, какъ описано въ оп. 1 и 2 (рис. II). Въ первичной цѣпи 2 аккумулятора; расстояние EI отъ $P=21$ сант. Безъ касанія или приближенія проводника (дистально отъ EI) препаратъ не реагируетъ ни на замыканіе, ни на размыканіе тока въ первичной цѣпи. Стоя на толстыхъ парафиновыхъ пластинкахъ позади міографа, мы приближали кисть руки къ мускулу M дистально отъ электрода EI . Когда расстояние между мускуломъ и рукой уменьшилось до $circa$ 1 сант., то стали появляться сокращенія при каждомъ замыканіи первичной цѣпи. Высоты всѣхъ кривыхъ этихъ сокращеній были одинаковы и равнялись каждая $14,5$ *mm*. Стоило удалить руку за предѣлы 1 сант.—сокращенія исчезали моментально и снова появлялись при приближеніи—вполнѣ закономерно. Если руку приближали до *соприкосновенія* съ мускуломъ, то получалось сокращеніе болѣе сильное, чѣмъ при простомъ приближеніи. Высоты кривыхъ отъ касанія получались также всегда одинаковыя (къ какой бы точкѣ мускула ни касались) и равны каждая 23 *mm*. Мы не приводимъ здѣсь кривыхъ, описанныхъ только что одиночныхъ сокращеній, ограничиваясь приведенными величинами высотъ ихъ; но на кривой 6-й табл. I, взятой изъ другого совершенно подобнаго-же опыта, тѣ же отношенія представлены въ видѣ, какъ бы, «лѣстницы» тетаническихъ сокращеній, высоты которыхъ возрастаютъ по мѣрѣ приближенія руки къ мускулу (моменты A, A', A'' на кривой) и убываютъ постепенно до нуля, по мѣрѣ удаленія руки (моменты $A_0, z=0$ —на кривой).

§ 3. Этотъ опытъ указываетъ, между прочимъ, на то, что незначительное на первый взглядъ обстоятельство—близость экспериментатора, его руки, къ объекту наблюденія можетъ вліять извѣстнымъ образомъ на результатъ изслѣдованія; а потому, во время опытовъ съ электрическимъ полемъ, этотъ фактъ необходимо помнить и считаться съ нимъ.

Помимо указанныхъ приѣмовъ можно усилить, *геср.* вызвать, реакцію мускула, прикладывая проводники небольшой массы, но съ относительно большою поверхностью къ центральному концу нерва. Роль такого проводника играетъ, въ сущности, и тотъ кусокъ позвоночника, который мы всегда оставляли при нервѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если отъ препарата, который давалъ сильныя сокращенія въ электрическомъ полѣ, мы отрѣжемъ кусокъ позвоночника, то мускулъ перестаетъ сокращаться или сокращается весьма слабо; приложимъ позвоночникъ снова къ нерву—опять сильныя сокращенія и т. д. Удаливъ позвоночникъ и замѣнивъ его кускомъ лягушечьяго мускула, или просто кускомъ мокрой фильтровальной бумаги или другого проводника, получимъ тоже сильныя сокращенія. Эту именно, чисто физическую, роль позвоночника при нервѣ препарата *Galvani* указывалъ *В. Данилевскій* въ своемъ сообщеніи

въ *Arch. d. Physiol.* 1. с. Въ своихъ опытахъ я вполнѣ подтвердилъ такое чисто физическое значеніе позвоночника при нервѣ, какъ проводника, обладающаго нѣкоторою, относительно не очень малою, электроемкостью; помимо только что указанного простого опыта съ отрѣзываніемъ позвоночника, это вытекаетъ еще изъ слѣдующаго.

Мы прикладывали къ концу нерва станиолевья пластинки опредѣленныхъ размѣровъ и изучали ихъ вліяніе, съ количественной стороны, міографически. Приводимъ здѣсь одинъ изъ протоколовъ этихъ опытовъ (въ дальнѣйшемъ изложеніи мы встрѣтимся еще съ аналогичными опытами).



Рис. III— MN —нервно-мышечный препаратъ (на міографѣ).— P —кусокъ позвоночника при нервѣ; къ нему приложены станиолевья квадратикъ— S и S' — EI — Zn шитокъ-электродъ.

Опыт 4. Лягушечій препаратъ на міографѣ; отягощеніе по оси 100 грм. Нервъ, подъ угломъ къ мускулу, расположенъ по ту сторону міографа, дистально отъ Zn -шитака EI (рис. III.); центральный конецъ нерва съ кускомъ позвоночника лежитъ на особой парафиновой пластинкѣ пододвинутой къ міографу на деревянномъ гальтерѣ; на всемъ остальномъ протяженіи нервъ не касается ни парафина, ни міографа—виситъ свободно въ горизонтальномъ положеніи. Цинковый шитокъ EI , размѣр. 13×13 сант., соединенъ съ однимъ изъ борновъ *Ruhmkorff'a*, электродъ отъ другого борна лежитъ на полу. Расстояние EI отъ препарата= 25 сант. Въ первичной цѣпи 2 аккумулятора; дѣйствуетъ тетанизирующій автоматическій прерыватель (7 перерывъ 1 сек.). При данной силѣ тока и разстояніи электрода EI отъ препарата, этотъ послѣдній, оставаясь изолированнымъ отъ земли, не даетъ сокращеній. Прикладываемъ къ куску позвоночника станиолевый квадратикъ S , размѣрами $4,5 \times 4,5$ сант. (онъ также изолированъ отъ земли, ибо лежитъ на парафинѣ). Тотчасъ же получаемъ сокращеніе мускула въ формѣ слабого тетануса, кривая котораго (7. на табл. I) неравномерна, часто склоняется къ абсциссѣ; (на таблицѣ I, рис. 7. приведена часть ея, наиболѣе высокая).

Испытавъ, затѣмъ, снова высоту сокращенія мускула и убѣдившись, что она осталась безъ переменъ, мы, *ceteris paribus*, прикладываемъ другой станиолевый квадратикъ S' (размѣры: $6,5 \times 6,5$ сант.) къ первому, немного подведя его уголъ подъ этотъ послѣдній (рис. III). Энергія сокращеній тотчасъ сильно возрастаетъ; мускулъ рисуетъ равно-

мѣрную кривую тетануса (8-я), которая гораздо выше, чѣмъ предыдущая (7-я).

Мѣра высотъ.

Крив. 7—	4 mm.	крив. 8—	18,5 mm.	—начальн. сокращеніе
»	6 „	»	21 „	} промежуточ. подъемы
»	9,5 „	»	24 „	
»	11 „	»	27 „	

Когда мы удалили первый квадратикъ (моментъ *s* на кривой 8-й), то кривая (8-я) понизилась съ 27 до 19 mm.; удаливъ и 2-й квадратикъ, уже не получили сокращеній вовсе; что было и въ началѣ опыта.

§ 4. Проводники, соединенные съ землею и помѣщаемые между электродомъ и препаратомъ, обуславливаютъ пониженіе сокращенія мускула, что легко предвидѣть было аргюи по чисто физическимъ соображеніямъ. Изслѣдуя это явленіе, мы производили опыты, подобные нижеслѣдующему (оп. 5).



Рис. IV.—*NM*—нервно-мышечный препаратъ (на міографѣ)—*F*—полый жестяной цилиндрикъ; изображенъ въ поперечномъ разрѣзѣ.—*El*—*Zn*-щитокъ-электродъ

Опытъ 5. Въ первичной цѣпи 2 аккумулятора; одинъ изъ проводовъ вторичной бобины лежитъ на полу, другой соединенъ съ цинковымъ щиткомъ—электродомъ-возбудителемъ, размѣровъ 13×13 сант. Отягощеніе мускула 50 грм. по оси. Разстояніе *El* отъ *P*=12 сант. (рис. IV). Нервно-мышечный препаратъ расположенъ на міографѣ, нервъ проксимально къ электроду *El* и подъ угломъ 90° къ нему. Въ пространствѣ между *El* и препаратомъ *NM* установленъ на деревянномъ штативѣ полый жестяной цилиндрикъ *F*, соединенный съ землею, который вмѣстѣ со штативомъ во время опыта мы передвигали взадъ и впередъ по направленію равнодѣлящей того угла, который образуютъ между собой нервъ и *El*, и который открытъ въ сторону *F*. Размѣры цилиндра: высота 18 сант., діаметръ 8 сант.

Опытъ состоялъ въ томъ, что мы, пустивъ въ ходъ автоматическій прерыватель въ цѣпи первичной бобины, заставляли мускулъ чертить кривую тетануса и въ это время передвигали цилиндрикъ изъ отдаленія на 1/2 метра отъ *El* и *NM* по направленію къ вершинѣ угла, ими образуемаго, приближая его, такимъ образомъ, какъ къ *El*, такъ одновременно и къ *NM*, на приблизительно равныя разстоянія. Затѣмъ

удаляли обратно, потомъ снова приближали и т. д., все время наблюдая за измѣненіемъ хода кривой тетануса.

Приближеніе цилиндра къ *NM*-препарату вызывало каждый разъ пониженіе кривой тетануса. Этотъ моментъ отмѣченъ на кривыхъ 9 и 10 *a'*, *a''*, *a'''*. Вслѣдъ за этимъ, при обратномъ движеніи штатива съ цилиндрикомъ, т. е., при удаленіи его изъ пространства между *Zn*-электродомъ и *NM*-препаратомъ, кривая достигала прежней высоты. Въ зависимости отъ величины описанныхъ экскурсій цилиндрика, кривыя понижались до абсциссы, если экскурсія была велика и цилиндрикъ близко придвигался къ углу между электродомъ и препаратомъ, или онѣ не достигали абсциссы—при малой экскурсії и меньшемъ, слѣдовательно, приближеніи цилиндрика. Явленія эти вполне постоянны и наблюдаются легко; цилиндрикъ можно замѣнять проводниками и съ меньшей поверхностью, напримѣръ, какъ это дѣлали мы, металлическимъ штабикомъ размѣрами 2×10 сант., качественно не измѣняя результатовъ. Но, сравнивая ихъ, мы замѣчали, что при большей поверхности проводника эффектъ получается болѣе рѣзкій. Изъ многихъ кривыхъ, нами полученныхъ (съ цилиндрикомъ), мы приводимъ только нѣкоторыя; изъ нихъ упомянутыя кривыя 9 и 10—тетаническія, а кривая 11. представляетъ одиночныя сокращенія, полученные отъ замыканія первичной цѣпи ртутнымъ ключемъ, которымъ мы замѣняли автоматическій прерыватель всегда, когда желали получить отдѣльныя, одиночныя сокращенія. Въ остальномъ обстановка, при которой получены эти послѣднія міограммы, совершенно тождественна съ описанной для тетаническихъ сокращеній (рис. IV). По мѣрѣ приближенія цилиндрика высоты міограммъ измѣнялись слѣдующимъ образомъ.

Тетанусъ.

Цилиндрикъ въ отдаленіи:	Приближеніе цилиндрика:	
высоты въ mm.	высоты въ mm.	
18	9	набл. (<i>a'</i>) на крив. } передвигеніе цилиндрика быстрое (крив. 9).
17	5	» (<i>a''</i>) »
14,7	2	» (<i>a'''</i>) »
16	$\frac{a'}{15, 14, 13}$	$\frac{a''}{11, 3, 0}$ » (<i>a'</i> — <i>a'''</i>)—постепенное приближеніе цилиндрика (крив. 10).

Такимъ образомъ, внезапному приближенію цилиндрика соответствовало крутое паденіе высотъ тетануса, а постепенному—медленное.

Одиночныя сокращения:

Цилиндрикъ въ отдаленіи: *Приближеніе цилиндрика:*

высот. въ мм.		высот. въ мм.	
(1) 16		9,5; 3,5; 3; 0.	} Крив. 11 (1, 2) таб. I.
(2) 15		8; 5; 0.	

§ 4. По аналогіи съ только что описаннымъ опытомъ (5-мъ) въ пространство между электродомъ *El* и *NM*-препаратомъ (рис. V) можно вводить плоскія ширмы изъ какого нибудь хорошаго проводника, соединенныя съ землею. Вдвигая ихъ постепенно, можно наблюдать постепенное же паденіе кривой сокращеній, высоты которыхъ падаютъ до нуля, всегда, когда ширма заслоняетъ собой электродъ-возбудитель отъ *NM*-препарата. Пользоваться такими ширмами бываетъ иногда весьма удобно, какъ мы увидимъ это ниже, при описаніи нѣкоторыхъ опытовъ, въ которыхъ мы пользовались дѣйствіемъ ширмъ уже какъ методомъ. Здѣсь-же мы приводимъ нѣкоторые изъ нашихъ опытовъ, специально посвященныхъ выясненію дѣйствія ширмъ съ помощью графики.

Опытъ 6. Обычное расположеніе препарата *NM* на міографѣ. Въ первичной цѣпи 2 аккумулятора и ртутный ключъ для одиночныхъ прерываній отъ руки. Одинъ изъ борновъ *Ruhmkorff*'а отведенъ въ землю черезъ газопроводъ, другой соединенъ проволокой съ *Zn*-щиткомъ *El* (рис. V.) размѣровъ: 13×13 сант. Этотъ электродъ-возбудитель

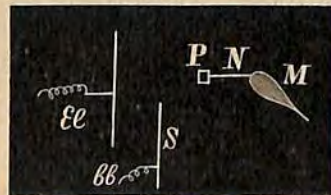


Рис. V. *NMP*—нервно-мышечный препаратъ (на міографѣ). *P*—кусокъ позвоночника при нервѣ. *El*—электродъ-возбудитель. *S*—цинковая ширма, соединенная съ землей проволокой *bb*.

расположенъ вертикально на разстояніи 130 сантим. отъ *P* препарата, подъ угломъ circa 90° къ нерву. Раздраженіе производится одиночными прерываніями въ ртутномъ ключѣ; при чемъ препаратъ реагируетъ только на размыканія. Препарат настолько чувствителенъ, что даже при указанномъ большомъ разстояніи отъ электрода-возбудителя (130 сант.) даетъ высоты сокращенія въ 18 мм. на міограммѣ, несмотря на сравнительно слабый токъ въ первичной цѣпи и умѣренную величину *zn*-электрода (сравн. ниже, оп. 7), все время оставаясь изолированнымъ отъ земли и другихъ проводниковъ. Опытъ состоялъ въ томъ, что въ

пространствѣ между *El* и *NM*-препаратомъ мы помѣщали плоскую квадратную ширму изъ листоваго цинка, размѣрами 34×34 сант., соединенную проволокой съ водопроводомъ (рис. V, S). Первоначальное положеніе ширмы *S*—въ промежуткѣ между *El* и *NM*, на 1/2 метра отъ края электрода *El*. Сокращенія мускула при этомъ положеніи ширмы были такъ-же энергичны, какъ и при полномъ отсутствіи ея. (Міограмма 3 на крив. 12-й, таб. I.). Затѣмъ мы передвигали деревянный штативъ съ ширмой между препаратомъ и электродомъ *El*, стараясь при этомъ сохранять положеніе ширмы на приблизительно одинаковомъ разстояніи между *El* и препаратомъ; ширма все время оставалась параллельною плоскости электрода и, превосходя его размѣрами, могла совершенно затѣнить его отъ препарата. Лишь только ширма *S*, при постепенномъ приближеніи, начинала понемногу заслонять электродъ, сила сокращеній мускула уменьшалась (міограммы «2., 1.,») и наконецъ падала до нуля, когда ширма совершенно заслоняла собою весь электродъ *El* (*zz=0* на крив. 12). Затѣмъ мы также постепенно выдвигали ширму обратно, придерживаясь прежняго пути—по срединѣ между *El* и препаратомъ (рис. V.); по мѣрѣ того какъ электродъ показывался изъ-за ширмы, міограммы повышались постепенно и достигали, наконецъ, первоначальнаго максимума («3» на крив. 12), когда ширма совершенно переставала заслонять собой электродъ-возбудитель отъ *NM*-препарата.

Такимъ образомъ, соотвѣтственно сказанному, начерчены кривыя одиночныхъ сокращеній слѣдующей высоты.

Міограмма.	Высота въ мм.	
(3)	19	} Постепенное закрываніе электрода ширмой. (Группа (I) на крив. 12, таб. I).
(2)	8	
(1)	3	
(0) (<i>zz=0</i>)	0	
(0) (<i>zz=0</i>)	0	} Постепенное удаленіе ширмы. (Группа (II) на крив. 12, таб. I).
(1)	3	
(2)	10	
(3)	19	

Приводимъ еще одинъ рядъ вполне демонстративныхъ міограммъ (кривыя табл. II, 13.), полученныхъ отъ другого препарата при той же силѣ тока и униполярномъ расположеніи раздражителя.

Опытъ 7, давшій намъ эти кривыя, по обстановкѣ различался отъ предыдущаго только тѣмъ, что *zn*-щитокъ *El* находился не передъ нервомъ, но (горизонтально) надъ препаратомъ, расположеннымъ на міографѣ, и на разстояніи 11 сантим. отъ поверхности мускула. Въ зависимости отъ этого, чисто случайнаго, расположенія (вызваннаго малою чувствительностью препарата, требовавшей большой близости электрода, разъ мы

желали сохранить препарат изолированнымъ отъ земли etc.), та-же ширма размѣр. 34×34 сант. вдвигалась рукою горизонтально (плашмя) между NM препаратомъ и электродомъ. По мѣрѣ закрыванія ширмой электрода давались одиночныя размыканія въ первичной цѣпи, которыми и соотвѣтствуютъ наши міограммы. Полное закрытіе электрода уничтожало сокращенія ($zz=0$ на міограммѣ).

Высота міограммы при удаленной ширмѣ—	20 . . . (0)	} На міо- грам- махъ
» » » зыкриваніи все-	18,5 . . . (I)	
большей и большей части	17,5 . . . (2)	
электрода	12 . . . (3)	
	11 . . . (4)	
» » при полномъ закрытіи EI	0 . . . ($zz=0$)	

Обратное движеніе ширмы:

высота міограммы при полномъ закрытіи электрода—	0—($zz=0$)	} На міо- грам- махъ.
» » при постепенномъ откры-	-2,5 . . . (IV)	
ваніи все большей и боль-	8,5 . . . (III)	
шей части электрода —	10 . . . (II)	
	19 . . . (I)	
» » при совершенномъ откры-	20 . . . (0)	
тіи электрода и удаленіи		
ширмы до 1/2 метра отъ него		

(по кривымъ 13 табл. II).

Другія наблюденія, съ тѣмъ же результатомъ и при совершенно сходной обстановкѣ, произведены нами надъ кривой тетануса. Высоты ея измѣнялись совершенно аналогично съ таковыми при приближеніи полаго цилиндрика въ опытѣ 5.; а потому мы здѣсь не приводимъ этихъ кривыхъ, сославшись на полное сходство ихъ съ кривыми №№ 9 и 10 оп. 5. Воспроизведемъ, однако, графику слѣдующаго опыта, который показываетъ какъ быстро и надежно можно манипулировать съ ширмами, уничтожая, на моментъ, дѣйствіе электрода-возбудителя и снова возстановляя его при сохраненіи прочихъ условій одинаковыми.

Опытъ 8. При взаимномъ расположеніи приборовъ, какъ на рис. V, силѣ тока въ 2 аккумулятора и дѣйствіи автоматическаго прерывателя при Ruhmkorff'ѣ, мы вдвигали и удаляли нашу ширму (34×34 сант.) не постепенно, какъ въ предыдущихъ опытахъ, но весьма быстро, держа ее, соединенную съ землей, прямо въ рукѣ. Какъ видно изъ кривой 14, таб. II, мы получили быстрыя смѣны тетануса, весьма высокаго (18 мм. на міограм.)—на полную депрессию сокращенія (абсцисса, 0). По абсциссѣ времени видно, что эти смѣны совершались въ какихъ

нибудь 0,82 сек., протекшихъ отъ максимальнаго подъема въ 18 мм. до нуля абсциссы. Это, повторяемъ, весьма удобно для примѣненія въ другихъ экспериментахъ, гдѣ, какъ увидимъ ниже, приходится на моментъ исключать дѣйствіе электрода, не измѣняя рѣшительно ничего прочаго въ условіяхъ опыта.

§ 5. Если мы не соединяли съ землей нашу тонкую и сравнительно небольшую ширму, то, затѣняя ею электродъ, мы не могли вызвать замѣтнаго уменьшенія сокращеній. Поэтому мы пытались замѣнить ее другими проводниками, изолированными, но большей массы и съ большей поверхностью.

Съ металлами манипулировать было неудобно, вслѣдствіе большаго вѣса объемистыхъ и толстыхъ ширмъ. Однако, въ тѣхъ немногихъ опытахъ, которые мы произвели съ изолированными металлическими ширмами, намъ не удалось подмѣнить, чтобы сокращенія ослабѣвали, если между электродомъ и NM-препаратомъ поставить, наприм., толстый чугунный дискъ діаметра около 1/2 метра.

Но что проводники и полупроводники, окружая нервно-мышечный препаратъ въ электрическомъ полѣ, могутъ уничтожать физиологическое дѣйствіе его на нервъ, не будучи даже соединены съ землей, на это указываетъ слѣдующій опытъ, произведенный нами неоднократно.

Опытъ 9. Взято 2 стеклянныхъ толстостѣнныхъ цилиндра: большій, въ который наливалась H_2O или H_2SO_4 10⁰/₀, и меньшій, въ которомъ помѣщался нервно-мышечный препаратъ (рис. 30 въ таблицахъ). Меньшій плотно окруженъ парафиновой шайбой R и снабженъ парафиновой пробкой P, которая плотно входила въ него и, будучи слегка залита по краямъ расплавленнымъ парафиномъ, не пропускала въ цилиндрикъ жидкости при погруженіи его. Въ пробку продѣты снизу и не доходя до верхней ея поверхности 2 мѣдныхъ проволочныхъ крючка (H, h); на одинъ изъ нихъ надѣта лапка NM-препарата (за колѣнную связку); за другой прицѣпленъ кусокъ позвоночника при нервѣ, который не касался ни мускула, ни крючковъ, ни стѣнокъ цилиндра, но, какъ и вся лапка, свободно висѣлъ въ цилиндрѣ, хорошо смоченный растворомъ NaCl 0,6⁰/₀.

Закупоренный парафиновой пробкой, цилиндрикъ съ NM-препаратомъ погружался вертикально въ большой цилиндръ съ водою или 10⁰/₀ H_2SO_4 настолько глубоко, что жидкость покрывала пробку P слоемъ приблизительно такой-же толщины, какой отдѣлялъ наружную поверхность малаго цилиндрика отъ стѣнки большаго; чтобы цилиндрикъ не всплывалъ на поверхности, онъ придавливался сверху толстой парафиновой крышкой T. Парафиновая шайба R ограничивала боковыя движенія цилиндрика, а вата W, подвязанная ко дну, предохраняла его

отъ разбиванія, на случай неосторожнаго погруженія его въ жидкость большаго цилиндра.

Размѣры цилиндровъ: большій—діаметръ 11 сантим., высота 16 сантим.; меньшій—діам. 8 сантим., высота 12 сантим. Такимъ образомъ, слой жидкости между ними=1,5 сантим., по окружности, и по 2 сантим.—вверху и внизу.

Цилиндры съ препаратомъ помѣщались въ полѣ вибратора Hertz'a снабженнаго четырехугольными латунными крыльями размѣровъ 40×40 сантим. Вибраторъ соединенъ, обычнымъ образомъ, съ борнами Ruhmkorff'a. Промежутокъ искры между шариками вибратора устанавливался отъ 1 до circa 0,3 сантим., защищенный со стороны препарата роговою раковинной. Вибраторъ соединенъ съ борнами Ruhmkorff, въ первичной цѣпи котораго 4 аккумулятора.

Поле вибратора, изслѣдованное предварительно съ помощью нервно-мышечнаго препарата, который экспериментаторъ держалъ въ рукѣ, безъ соединенія съ проволокой газопровода,—оказалось довольно обширнымъ: мускулъ сокращался на разстояніи до 1 метра противъ крыльевъ и немного менѣе вверху, внизъ и въ стороны отъ ихъ реберъ. Въ этихъ предѣлахъ, на разстояніи отъ 10 сантиметровъ (и менѣе—пока не было искры) до 1 метра во всѣ стороны отъ вибратора, перемѣщались цилиндры съ препаратомъ для цѣлей наблюденія.

Наблюденіе 1. Взять только малый цилиндрикъ съ препаратомъ, заключеннымъ въ немъ во влажной воздушной атмосферѣ и герметически закрытый парафиновой пробкой. Помѣщая его въ любомъ мѣстѣ поля вибратора, (противъ крыльевъ) наблюдали энергичныя клоническія сокращенія лапки, число которыхъ соответствовало числу перерывовъ тока въ первичной бобинѣ.

Наблюденіе 2. Малый цилиндрикъ съ препаратомъ вставленъ посреднѣ въ большой—безъ жидкости, сверху закрытый крышкою T; въ любомъ мѣстѣ электрич. поля противъ крыльевъ вибратора—энергичныя сокращенія.

Наблюденіе 3. Большой цилиндръ заполненъ дистиллированной водою ¹⁾. Малый, съ нервно-мышечнымъ препаратомъ, погруженъ въ нее какъ описано выше.

Гдѣ бы ни помѣщали цилиндры въ полѣ вибратора,—сокращенія лапки отсутствуютъ. Ни приближеніе, ни касаніе проволоки, соединенной съ землею, къ стеклу или парафину, не измѣняютъ результата.

Наблюденіе 4. Вода изъ большаго цилиндра вылита и замѣнена 10% растворомъ *Acidi Sulphurici Chemici puri*. Тотъ же опытъ, какъ въ наблюденіи 3, и тотъ же отрицательный результатъ.

¹⁾ Въ другихъ опытахъ брали простую воду—результатъ одинъ и тотъ же.

Соединяя Ruhmkorff съ нашими цинковыми щитками-электродами вмѣсто вибратора и повторяя въ полѣ ихъ этотъ же опытъ, мы получали тотъ же результатъ.

§ 6. Переходимъ къ изслѣдованію зависимости силы физиологическаго эффекта отъ величины плоскаго электрода, который въ нашихъ опытахъ развивалъ дѣятельное электрическое поле. Изъ нѣсколькихъ паръ цинковыхъ щитковъ-электродовъ, бывшихъ въ нашемъ распоряженіи, мы пользовались почти исключительно щитками 2-хъ размѣровъ: 13×13 сантим. и 34×34 сантим.; они же взяты нами для сравненія въ нижеслѣдующемъ опытѣ.

Опытъ 10. Нервно-мышечный препаратъ установленъ на міографѣ обычнымъ образомъ; отягощеніе по оси—50 грм. Нервъ расположенъ подъ весьма тупымъ угломъ къ мускулу. Подъ прямымъ угломъ къ нерву поставленъ вертикально квадратный *zn*-щитокъ—центромъ на одномъ уровнѣ съ *P* и, какъ всегда, на деревянномъ штативѣ. (См. рис. II на стр. 25). Въ первичной цѣпи 1 аккумуляторъ и ртутный ключъ. Одинъ изъ борновъ вторичной бобины соединенъ съ землею (газопроводъ), другой съ описаннымъ *zn*-щиткомъ-возбудителемъ. Препарат мало чувствителенъ: будучи изолированъ, даетъ лишь слабыя сокращенія; поэтому онъ былъ соединенъ съ землею помощью проволоки отъ водопровода, воткнутой въ бедренную косточку *C* препарата; тогда мускулъ сталъ давать сильныя сокращенія на разстояніи до 1 метра отъ большаго электрода-возбудителя (34×34 сантим.). Для опыта служили два щитка размѣрами: одинъ 13×13 сантим., другой—34×34 сантим. Повѣрочнымъ опытомъ убѣждались (на томъ же препаратѣ), что вообще раздраженіе исходитъ отъ щитка. Для этого, сохраняя соединеніе препарата съ землею, удаляли щитокъ *E1* съ электродомъ отъ втор. бобины на разстояніе болѣе 1 метра отъ препарата: мускулъ сокращеній не давалъ, хотя, разумѣется, первичная цѣпь была замкнута и дѣйствовалъ автоматич. прерыватель. Мало того: установивъ щитокъ на разстояніи 1 метра, пускали въ ходъ прерыватель; мускулъ тетанически сокращался; тогда удаляли прочь только щитокъ *E1*, оставивъ на его мѣстѣ лишь конецъ проволоки отъ борна Ruhmkorff'a—сокращеній не было. Разстояніе 1 метръ было предѣльнымъ, на которомъ меньшій изъ нашихъ электродовъ-возбудителей еще вызывалъ сокращенія; далѣе одного метра отъ щитка электрическое поле, имъ развиваемое, не раздражало нерва; на дециметръ ближе—вызывало уже максимальныя сокращенія.

Наблюденія слѣдовали въ такомъ порядкѣ. Установивъ сначала большій щитокъ (*E1*=34×34 ст.) на разстояніи 1 метра отъ *P* препарата

и пустивъ въ ходъ барабанъ кимографа, мы замыкали и размыкали токъ въ первичной катушкѣ ртутнымъ ключемъ; препаратъ, реагируя только на размыканіе, давалъ рядъ одиночныхъ сокращеній, записывая ихъ надъ абсциссой, проведенной міографомъ предварительно, при покойномъ состояніи мускула. Первый рядъ міограммъ изображенъ на чертежѣ 15 табл. II; 4-мъ размыканіямъ соотвѣтствуютъ 4 міограммы одинаковой высоты=15 мм. Затѣмъ мы замѣняли щитокъ другимъ, меньшимъ (13×13 сант.), и снова получали такимъ же образомъ одиночныя «размыкательныя» сокращенія, изображенныя на чертежѣ 16. Эти міограммы также равны между собой, но ниже предыдущихъ:—10,4 мм; кромѣ того, въ этомъ наблюдении, 4-мъ размыканіямъ соотвѣтствовало только 2 сокращенія, остальные—реакціи въ мускулѣ не вызвали. Далѣе, мы снова поставили больший щитокъ (34×34 сант.) и, не измѣняя прочихъ условій, получили новый рядъ міограммъ, высота каждой=16,5 мм.; 4-мъ размыканіямъ снова соотвѣтствовало 4 сокращенія. Тогда мы опять замѣнили больший щитокъ меньшимъ (13×13 сант.) и на 4 размыканія получили 3 міограммы высотой въ 1,5 мм. каждая (эти кривыя здѣсь не приведены). Такія низкія міограммы заставляли предположить утомленіе мускула; поэтому мы оставили его на нѣкоторое время въ покоѣ.

Спустя 5—10 минутъ мы возобновили опытъ, съ тою разницей, что вмѣсто одиночныхъ размыканій ртутнымъ ключемъ ввели тетанизирующій автоматическій прерыватель. Тогда мы получили послѣдовательно 2 тетаническихъ кривыхъ: 17, соотвѣтственно щитку 34×34 сант. и 18—при меньшемъ щиткѣ (13×13 сант.).

При большемъ щиткѣ тетанусъ достигалъ 21 мм., а при маломъ лишь 10 мм.—maximum, на міограммахъ 17 и 18.

При совершенно аналогичной постановкѣ опытовъ нами получено отъ другихъ препаратовъ еще нѣсколько паръ подобныхъ міограммъ. Мы не приводимъ ихъ и не описываемъ самихъ опытовъ; ограничимся здѣсь лишь слѣдующей табличкой высотъ.

Одиночныя сокращенія.

El 13×13; высоты	El 34×34; высоты.
1) 10 мм.	15 мм. Крив. 15 и 16. Табл. II.
2) 1,5 ,,	16,5 ,, Крив. не приведены.

Тетаническія сокращенія.

3) 1,5 мм. начальн. сокращен.	16 мм.	} Крив. 17 и 18 Табл. II
3,5 ,, } промеж. подъемы	— ,,	
7 ,, } промеж. подъемы	— ,,	
10 ,, максималн. высоты	21 ,,	

4) 2 мм. нач. сокр.	8 ,,	} Крив. не приведены.
3 ,, } промеж. подъемы	11,5 ,,	
5 ,, } промеж. подъемы	13 ,,	
6,5 ,, максималн. сокр.	15 ,,	} Крив. не приведены.
5) 1 ,, нач. сокр.	4,5 ,,	
1,5 ,, промеж. подъемы	9,5 ,,	
2 ,, максимал. высоты .	16 ,,	} Крив. не приведены.
6) 3 ,, начальн. сокращен.	3,5 ,,	
5 ,, } промеж. подъемы	10 ,,	
7 ,, } промеж. подъемы	13 ,,	} Крив. не приведены.
7 ,, максимал. высоты .	15 ,,	

Сравнивая высоты 1—6, можно видѣть, что болѣе большой электродъ (El) всегда, *ceteris paribus*, обуславливаетъ болѣе высокую высоту сокращенія.

Для регулированія силы раздраженія вообще гораздо удобнѣе пользоваться измѣненіемъ разстоянія электрода данной величины отъ препарата, чѣмъ перемѣной самихъ электродовъ; такъ мы обыкновенно и поступаемъ. Въ дальнѣйшемъ, однако, мы будемъ широко пользоваться комбинаціей всѣхъ условій, описанныхъ въ этой главѣ, чтобы регулировать по желанію силу двигательной реакціи мускула: соединеніемъ препарата съ землей, станиоловыми пластинками, касаніемъ, измѣненіемъ разстоянія и величины электрода-возбудителя.

§ 7. Чтобы закончить эту главу, намъ остается еще изслѣдовать вліяніе, такъ называемаго, ориентированія, (т.-е. расположенія нервно-мышечнаго препарата по отношенію къ электроду-возбудителю), на возбужденіе нерва.

Опытъ 11. Въ первичной цѣпи Ruhmkorff'a 4 аккумулятора, реостатъ и ртутный ключъ. Одинъ изъ борновъ Ruhmkorff'a отведенъ въ землю черезъ газопроводъ; другой соединенъ прямою проволокой съ зп-щиткомъ возбудителемъ размѣровъ 34×34 сант., установленнымъ, какъ, обыкновенно—отвѣсно.

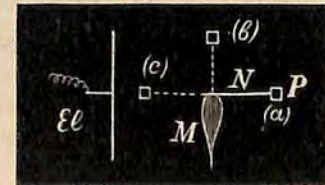


Рис. VI. NMP—нервно-мышечный препаратъ (на парафиновой пластинкѣ) *a, b* и *c*—различныя положенія нерва по отношенію къ электроду-возбудителю—El и къ мускулу—M.

Нервно-мышечный препаратъ противъ щитка, на парафинѣ, расположенъ горизонтально, съ землею не соединенъ. Примѣняются оди-

ночныя замыканія и размыканія первичной цѣпи; нервно-мышечный препаратъ реагируетъ только на размыкательные удары — спонтанно, т. е. и безъ прикосновенія къ нему какимъ нибудь проводникомъ.

Наблюденіе 1. N, M и P положены въ одну линію, параллельно EI на растояніи circa 20 сантим. отъ него (рис. VI (в)). Спонтанныя сокращенія очень слабы, появляются рѣдко, такъ что изъ ряда послѣдовательныхъ размыканій большинство остается безъ отвѣта со стороны мускула.

Наблюденіе 2. Мускулъ оставленъ по прежнему въ положеніи M, (рис. VI,) т. е., параллельно EI, между тѣмъ какъ нервъ повернутъ на 90° и оставленъ въ этомъ положеніи, перпендикулярно къ EI и къ M и дистально отъ нихъ (рис. VI (а)).

Если въ наблюденіи 1 сокращенія были слабы, то теперь они усилились; если ихъ не было, то появились, и мускулъ сталъ реагировать на каждое размыканіе¹⁾. Въ положеніяхъ нерва, среднихъ между параллельнымъ и перпендикулярнымъ къ EI, мускулъ еще не отвѣчаетъ на размыканія или реагируетъ слабо.

Наблюденіе 3, (рис. VI, с). Поворачивая нервъ какъ во 2-мъ наблюденіи но не дистально, а проксимально къ EI, замѣчаемъ, что уже при поворотѣ на $15-20^\circ$ отъ первоначальнаго (параллельнаго EI) положенія мускулъ начинаетъ энергично реагировать на размыканія. При полномъ же поворотѣ на 90° и проксимально къ EI (с), сокращенія становятся максимальными: лапка, тетанически приходитъ въ состояніе полной экстензіи.

Для доказательства того, что описанныя явленія «оріентированія» зависятъ отъ физическихъ условій опыта, приведемъ еще нижеслѣдующій опытъ.

Опытъ 12. Тотъ-же NM-препаратъ; при томъ-же Zn-щиткѣ-раздражителѣ, той-же силѣ тока и прочихъ условіяхъ, равныхъ таковымъ въ опытѣ 11-мъ,—положенъ разъ навсегда параллельно Zn-щитку на растояніи circa 20 сантим. отъ него. При одиночныхъ замыканіяхъ и размыканіяхъ первичной цѣпи Ruhmkorff'a сокращенія=0.

Наблюденіе 1. Полоска станиоля, длиною 11 сантиметровъ и шириною $\frac{3}{4}$ сантим. накладывается узкимъ концемъ (касаясь) на позвоночникъ P параллельно EI (рис. VII, S).—Сокращенія остаются по прежнему=0.

Наблюденіе 2. Та-же полоска S, касаясь узкимъ концемъ позвоночника P, повернута на 90° , дистально отъ N и EI (рис. VII, S').—Тотчасъ появились сокращенія мускула M.

¹⁾ Въ этихъ опытахъ необходимо особенно строго наблюдать за тѣмъ, чтобы экспериментаторъ подалеже отступалъ отъ препарата.

Наблюденіе 3. Полоска S замѣнена другою той-же ширины— $\frac{3}{4}$ сантим.—но длиною въ 23 сантим. Располагая ее какъ въ наблюденіи 1-мъ на позвоночникѣ и параллельно EI—не получаемъ никакой реакціи мускула на размыканія. Если же поворачивали ее на 90° къ EI и N, дистально отъ нихъ (какъ S' на рис. VII), то появлялись размыкательныя сокращенія и притомъ *гораздо больше сильныя, чѣмъ при томъ же расположеніи больше короткой станиолевой полоски (S).*

Это послѣднее обстоятельство проверено контрольнымъ наблюденіемъ, когда, ceteris paribus, накладывали на позвоночникъ перпендикулярно къ EI и N—повторно: то полоску въ 11 сантим., то въ 23 сантим. длиной. Сокращенія, болѣе слабыя при первой, чередовались съ болѣе сильными при второй вполне закономерно.

Очевидно, что не величина поверхности полоски, помѣщенной у конца нерва сама по себѣ заставляла реагировать мускулъ (см. выше, опытъ 3), но расположеніе ея по длинѣ перпендикулярно къ поверхности электрода-возбудителя. Въ пользу этого говоритъ также и слѣдующій опытъ.

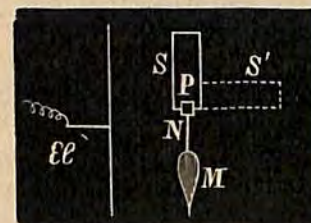


Рис. VII. NMP—нервно-мышечный препаратъ (на парафиновой пластинкѣ) S и S' различныя положенія станиолевой полоски, приложенной къ позвоночнику P,—по отношенію къ нерву N и электроду—EI.

Опытъ 13. Въ первичной цѣпи бобины Ruhmkorff'a 4 аккумулятора. Токъ во вторичной бобинѣ индуцировался одиночными замыканіями и размыканіями, производимыми отъ руки нашимъ ртутнымъ ключемъ. Одинъ изъ борновъ Ruhmkorff'a отведенъ въ землю черезъ газопроводъ; другой соединенъ съ Zn-щиткомъ, раздражителемъ для NM препарата (униполярно).

Zn-щитокъ придвинутъ къ препарату на растояніе 20 сантиметровъ и установленъ параллельно NM препарату, который расположенъ изолировано на горизонтальной парафиновой пластинкѣ. Нервъ и мускулъ положены въ одну линію и оставались всегда параллельны Zn-щитку EI. Вообще мускулъ сокращался спонтанно, реагируя только на размыканіе; но при описанномъ параллельномъ расположеніи—не реагировалъ вовсе.

Наблюденіе 1. Узкая и тонкая станиолевая пластинка (1), длиною 23 сант. и шириною $\frac{3}{4}$ сант., (поверхность—17 кв. сант.), приложена узкимъ концемъ къ позвоночнику Р, въ направленіи перпендикулярномъ къ нерву и зп-щитку, дистально отъ нихъ, подобно тому, какъ на рис. VII, S'. На одиночныя размыканія NM препаратъ реагировалъ весьма энергично.

Наблюденіе 2. Пластинку 1 замѣнили другой, болѣе короткою, станиолевой полоской 1', прикладывая ее къ позвоночнику совершенно такъ-же какъ и 1. Длина новой полоски—11 сант., ширина 3 сант., слѣдовательно поверхность—33 кв. сант., т. е. почти вдвое больше первой (1.) *Ceteris paribus*, сокращенія едва замѣтны.

ГЛАВА 2-я.

Раздраженіе биполярное.

Въ предыдущей главѣ мы изложили опыты надъ дѣйствіемъ электрическаго поля на двигательный нервъ при такомъ расположеніи источниковъ электрической энергіи, когда она сосредоточивалась въ одномъ плоскомъ проводникѣ. Такъ какъ раздраженіе исходитъ именно отъ нашего зп-щитка, соединеннаго съ однимъ изъ борновъ *Ruhmkorff*'а, то щитокъ названъ электродомъ-возбудителемъ («*electrode-excitatrice*») В. Данилевскаго), а самый способъ примѣненія его—униполярнымъ раздраженіемъ—по аналогіи съ такимъ же терминомъ, издавна принятымъ для непосредственной аппликаціи электрода къ объекту раздраженія. Слѣдуя далѣе той же аналогіи, мы назовемъ *биполярнымъ раздраженіемъ на разстояніи* дѣйствіе электрическаго поля, развиваемаго одновременно двумя электродами-возбудителями, въ пространствѣ между которыми помѣщенъ испытуемый объектъ, отдѣленный отъ каждаго изъ электродовъ діэлектрикомъ (воздухъ). Уже на основаніи чисто физическихъ данныхъ понятно, что униполярное дѣйствіе индукціоннаго аппарата на нервъ сильнѣе биполярнаго при прочихъ равныхъ условіяхъ; извѣстно, что при отведеніи одного изъ борновъ *Ruhmkorff*'а въ землю, потенциалъ удваивается на другомъ. Опытъ постоянно подтверждаетъ сказанное и въ случаѣ дѣйствія на разстояніи. Но при биполярномъ расположеніи нашихъ электродовъ мы наталкиваемся на такія явленія со стороны физиологической реакціи нервно-мышечнаго препарата, которыя не легко поддаются объясненію и вызвали уже споръ на страницахъ специальной литературы, о которомъ нами упомянуто въ исторической части настоящей работы («Литература»). Мы говоримъ о явленіи нейтрализаціи дѣйствія одного электрода дѣйствіемъ

другого, описанномъ впервые В. Данилевскимъ. Это явленіе производить на наблюдателя впечатлѣніе алгебраическаго суммированія равныхъ, но противоположныхъ электрическихъ воздѣйствій, на каждое изъ которыхъ, въ отдѣльности взятое, нервъ и мускуль реагировали одинаково, что и выражено условнымъ терминомъ «*phenomènes de l'interférence В. Данилевскаго*».

Въ виду сказаннаго, для насъ важно разобраться въ тѣхъ специальныхъ условіяхъ при биполярномъ раздраженіи, которыми опредѣляется большая или меньшая сила физиологической реакціи нервно-мышечнаго препарата, помѣщеннаго въ электрическомъ полѣ, развиваемомъ одновременно двумя проводниками равной (хотя бы приблизительно) силы воздѣйствія.

Мы начнемъ съ попытки выдѣлить дѣйствіе каждаго изъ двухъ электродовъ-возбудителей при биполярномъ расположеніи ихъ и сравнить его съ совмѣстнымъ дѣйствіемъ обоихъ электродовъ; эту попытку представляетъ слѣдующій, произведенный нами опытъ.



Рис. VIII. NMP—нервно-мышечный препаратъ (на міографѣ), расположенный по одной прямой линіи на неравныхъ разстояніяхъ между электродами E' и E'' , установленными другъ противъ друга подъ произвольнымъ угломъ.

Опытъ 13. Бобина *Ruhmkorff*'а—на разстояніи 6 метровъ отъ нервно-мышечнаго препарата. Въ первичной цѣпи: 4 аккумулятора, проволочный, нейзильберовый реостатъ и ртутный ключъ для одиночныхъ перерывовъ тока. Каждый изъ проводовъ отъ борновъ вторичной катушки, длиною 7 метровъ, изолированный, кромѣ обмотки стеклянными стойками и подвѣсками и возможно прямолинейный,—оканчивается квадратнымъ зп-щиткомъ размѣровъ— 13×13 сант. Въ пространствѣ между щитками, установленными вертикально, помѣщенъ на эбонитовомъ міографѣ нервно-мышечный препаратъ. Щитки располагались подъ произвольными и неодинаковыми углами къ нерву и мускулу. Нервъ расположенъ почти по одной прямой съ мускуломъ. (рис. VIII). Нервно-мышечный препаратъ, ради усиленія сокращеній, соединенъ тонкой проволокой съ землею черезъ водопроводъ. Проволока эта проведена къ куску позвоночника Р сзади и была вытянута въ одну прямую линію съ нервомъ. Ближайшее разстояніе одного изъ электродовъ, E' , отъ нерва— $d' = 8,5$, а другого,— E'' ,— $d'' = 16$ сант. Оба электрода

вполнѣ закрываютъ препаратъ, образуя между собою небольшой уголь слегка сходящийся въ сторону Р. Препаратъ реагируетъ только на замыканіе и не иначе, какъ соединенный съ землей.

Опытъ состоялъ въ томъ, что мы, заставивъ дѣйствовать одновременно оба электрода ($EI' + EI''$) при указанномъ расположеніи, регистрировали миографически кривыя сокращеній отъ одиночныхъ замыканій первичной цѣпи. Затѣмъ мы удаляли одинъ изъ электродовъ, на 1—1,5 метра отъ NM—препарата (разстояніе, на которомъ мускуль не реагировалъ, какъ показало предварительное испытаніе)—и регистрировали, затѣмъ, сокращенія при одномъ только электродѣ, оставшемся на мѣстѣ EI' . Потомъ первый электродъ ставили на мѣсто (EI'), а удаляли на «недѣятельное разстояніе» второй, регистрируя сокращенія при одномъ первомъ.

Кривыя, полученные во всѣхъ трехъ случаяхъ ($EI' + EI''$, EI' , EI'') изображены здѣсь на табл. II (кривыя 19. и 20.).

Измѣреніе ихъ дало слѣдующіе результаты:

Наблюденіе (3 группы миограммъ на кривой 19).

$EI' + EI''$ высоты	EI' высоты	EI'' высоты
10	15	15
10,5	15	15
12	15	15

Среднее — 10,8 mm. (1) — 15 mm. (2) — 15 mm. (3),

т. е. каждый изъ электродовъ въ отдѣльности (EI' или EI'') вызывалъ болѣе сильныя сокращенія, чѣмъ оба вмѣстѣ ($EI' + EI''$); дѣйствіе одного электрода словно парализовалось совмѣстнымъ дѣйствіемъ другого.

Наблюденіе 2. (3 группы миограммъ на кривой 20.). Новый препаратъ, отъ другой лягушки; остальное—безъ переменъ.

$EI' + EI''$ —высоты	EI' —высоты	EI'' —высоты
16,5	17,5	17,5
—	17,5	17,5
13,5 ¹⁾	17,5	17,5

Среднее — 15 mm. — 17,5 mm., — 17,5 mm.,

т. е. предыдущее явленіе повторилось.

Опытъ 14—произведенъ въ томъ же направленіи, по надъ тетаническими сокращеніями. Сила тока и положеніе *Rumkorff*'а тѣ-же что и въ опытѣ 13. Дѣйствуетъ автоматическій прерыватель. Зп-щитки, размѣровъ 13×13 сантим., всегда параллельны другъ другу и располо-

¹⁾ Въ этомъ опытѣ всюду давалось по 3 замыканія, которымъ соответствовало по 3 сокращенія. Въ наблюденіи 2-мъ, ($EI' + EI''$) второе по порядку замыканіе осталось безъ реакціи: сокращеніе «выпало».

жены вертикально; между ними—NM-препаратъ на миографѣ (рис. IX). Ближайшее разстояніе нерва отъ одного изъ электродовъ (EI'')—10 сантим.; отъ другого (EI')—18 сантим. При такихъ разстояніяхъ высоты



Рис. IX. NMP—нервно-мышечный препарат (на миографѣ), расположенный по одной прямой линіи между двумя электродами EI' и EI'' и параллельно имъ. Оба электрода установлены другъ противъ друга параллельно, на неравныхъ разстояніяхъ отъ NM—препарата.

начальныхъ сокращеній были равны ¹⁾. Порядокъ опыта тотъ же, что въ предыдущемъ (см. оп. 13). Измѣреніе высотъ тетаническихъ кривыхъ въ точкахъ наибольшаго поднятія ихъ надъ абсциссой дало слѣдующее:

Наблюденіе 1. При $EI' = 19$ mm. $EI'' = 21,5$ „ $EI' + EI'' = 21$ „ (Тетанусъ весьма неравномерный, чертѣжа кривой не приводимъ).

	$EI' + EI''$	EI'	EI''
Наблюденіе 2. minimum—	14 mm.	13 mm.	9 mm.
maximum—	15 „	15 „	14 „

Высоты правильно слагающагося тетануса крив. 21. табл. II.

т. е., и въ этомъ опытѣ тетаническія кривыя показываютъ то-же, что одиночныя въ предыдущемъ; а такъ какъ и тамъ и здѣсь сокращенія не были максимальными, (за этимъ мы всегда тщательно наблюдали), то можно быть увѣреннымъ, что арифметическаго суммированія дѣйствія электродовъ не бываетъ. Въ случаѣ неравенства раздражающей силы обоихъ электродовъ въ отдѣльности, высоты сокращеній, при совмѣстномъ дѣйствіи, не превышаютъ высотъ отъ болѣе дѣятельнаго электрода. Но уже наблюденіе 1 и 2 оп. 13 указываютъ, что возможно взаимно ослабляющее дѣйствіе двухъ электродовъ.

Каковы же условія, болѣе благоприятныя для этой взаимной нейтрализаціи дѣйствія электродовъ?

Въ предыдущихъ протоколахъ оп. 13 и 14 отмѣчено, что мы брали всюду разстоянія отъ препарата, различныя для обоихъ электродовъ; но мы не сказали тамъ—почему?

¹⁾ EI'' , очевидно, дѣйствовало слабѣе EI' ; неравенство напряженій на борнахъ *Rumkorff*'а намъ приходилось наблюдать неоднократно.

Дѣло въ томъ, что всякій разъ какъ мы устанавливали наши электроды на равныхъ разстояніяхъ отъ NM-препарата, ихъ совмѣстное дѣйствіе сводилось къ нулю, если нервъ лежалъ въ одну прямую линію съ мускуломъ и параллельно обоимъ щиткамъ, и было весьма слабо, если нервъ находился подъ нѣкоторымъ угломъ къ мускулу, близкомъ къ 2-мъ угламъ. Стоило, однако, измѣнить взаимное положеніе электродовъ, или закрыть одинъ изъ нихъ металлической ширмой, соединенной съ землей, или—просто помѣстить ладонь своей руки между NM-препаратомъ и однимъ изъ электродовъ—и сокращенія появлялись вновь. Слѣдующій опытъ графически воспроизводитъ эти наблюденія.

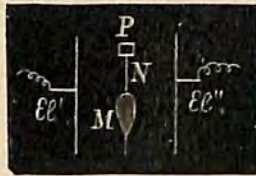


Рис. X. NMP—нервно-мышечный препаратъ, расположенный по одной прямой линіи посрединѣ между двумя равными и параллельными между собою и съ NM-препаратомъ электродами—E' и E''.

Опытъ 15. Бобина *Ruhmkorff'a*, подъ свинцовой мантией, находится на разстояніи 6 метровъ отъ препарата. Проводы вторичной катушки тщательно изолированы. Въ первичной цѣпи 4 аккумулятора, ключъ и электромагнитный отмѣтчикъ частоты перерывовъ тока; при *Ruhmkorff'ѣ* дѣйствуетъ автоматическій прерыватель—II перерывовъ въ 1 сек.; Zn-щитки-электроды, размѣровъ: 13 × 13 сантим., расположены вертикально другъ противъ друга на разстояніи сѣка 40 сантим. и параллельно одинъ другому; между ними, на міографѣ—нервно-мышечный препаратъ. Нервъ и мускулъ расположены по одной прямой линіи и параллельны щиткамъ. Каждый изъ щитковъ въ отдѣльности вызываетъ тетаническія сокращенія, высоты которыхъ равны, если дѣйствіе каждаго электрода испытывается на томъ же разстояніи, какъ и другого. Изолированный препаратъ реагировалъ слабыми сокращеніями; поэтому онъ соединенъ (черезъ P) съ землею—для усиленія реакціи.

Установивъ NM-препаратъ по срединѣ разстоянія между электродами (рис. X, PNM), мы пускали въ ходъ прерыватель; мускулъ оставался въ покоѣ и рычажокъ міографа не подымался надъ абсциссой ($zz=0$ —на кривыхъ). Стоило, однако, удалить одинъ изъ электродовъ (на 2—3 сантим. вполне достаточно), какъ сокращенія появлялись (міограмма E' на табл. II., крив. 22); тогда мы снова придвигали электродъ

на прежнее мѣсто—и депрессія сокращеній обнаруживалась опять (E'+E''); тогда отдаляли другой электродъ (E'')—тотчасъ сокращенія возобновлялись и т. д., вполне закономерно.

Въ другихъ наблюденіяхъ, на основаніи опыта 4-го, мы примѣняли металлическія ширмы, соединенныя съ землей, чтобы исключать попеременно то тотъ, то другой электродъ. Одно изъ этихъ наблюденій зарегистрировано на кривой 23, таб. II.

Наблюденіе это произведено при совершенно такой же обстановкѣ и силѣ тока, какъ описано въ этомъ опытѣ; только взять другой препаратъ, настолько чувствительный, что реагировалъ на раздраженіе и безъ соединенія съ землей. Устанавливая препаратъ симметрично, по срединѣ между электродами и параллельно имъ, мы не получали сокращеній ($zz=0$; моментъ S_0 на міограммѣ); но стоило закрыть одинъ изъ электродовъ квадратной ширмой изъ листового цинка, соединенной съ газопроводомъ, продвинувъ ее въ промежутокъ между электродомъ E' и NM-препаратомъ, какъ получался равномерный и высокій тетанусъ (моменты S' и S'' на міограммѣ)—одинаковый какъ при закрываніи электрода E' такъ и—E''. Въ томъ и другомъ случаѣ высоты кривыхъ—22 мм. (крив. 22).

Въ этихъ опытахъ мы всюду помѣщали препаратъ параллельно обоимъ электродамъ. При положеніи NM подъ угломъ къ E' депрессія сокращеній не получается; предѣльнымъ случаемъ этого рода будетъ, конечно, тотъ, когда NM-препаратъ расположенъ подъ угл. 90° къ обоимъ, параллельнымъ между собой, электродамъ: никакая установка ихъ при этомъ не вызываетъ депрессіи сокращеній. При параллельномъ же расположеніи, NM-препаратъ не реагируетъ, даже если выдвинуть за электроды и оставленъ внѣ пространства между ними,—лишь бы разстоянія его отъ электродовъ сохранялись равными. Мало того, при сказанныхъ условіяхъ, мы можемъ соединить нервъ проводникомъ—непосредственно съ серединой пространства между электродами и все-таки не получимъ сокращеній. Это явствуетъ изъ нижеслѣдующаго опыта.

Опытъ 16. Въ первичной цѣпи *Ruhmkorff'a* 2 аккумулятора (4 вольта), автоматическій прерыватель, ртутный ключъ и амперметръ. Вторичная катушка разомкнута, проводы ея оканчиваются Zn-щитками, размѣровъ 13 × 13 сантим. Zn-щитки установлены параллельно другъ другу въ вертикальн. плоскостяхъ. Между ними, горизонтально, расположенъ NM-препаратъ, на парафиновой пластинкѣ; сообщенія NM съ землею нѣтъ. Пущенъ въ ходъ прерыватель Фуко; мускулъ сокращается вблизи каждаго изъ щитковъ въ отдѣльности и, при извѣстной установкѣ—въ промежуткѣ между обоими электродами E' и E''.

г. Найдено, что сокращения исчезают, если препарат помѣшенъ какъ разъ посрединѣ между электродами (рис. X), причѣмъ



Рис. XI. Ee' и Ee'' —равные и параллельные между собою щитки-электроды AD —мѣдная прямая проволока проведенная посрединѣ между ними отъ P —позвоночника нервно-мышечнаго препарата NM (лежащаго на парафиновой пластинкѣ).

N и M расположены приблизительно по одной прямой линіи и параллельны zn -щиткамъ, а разстояніе между этими послѣдними=34 сантим.

Если, однако, парафиновую пластинку съ препаратомъ приближать къ тому или другому изъ электродовъ, такъ что N перемѣщается параллельно самому себѣ, то мускулъ сокращается.

2. Тотъ же препаратъ, на той же пластинкѣ изъ парафина и безъ сообщенія съ землей, перемѣщенъ по линіи AD (рис. XI), срединной между 2-мя электродами, на разстояніе 1, 6 метра отъ zn -щитковъ (ихъ центровъ). Затѣмъ по той же линіи установлена прямая голая мѣдная проволока (діаметръ=1, 5 мм.), заключенная въ толсто-стѣнную стеклянную трубку (діам.=1 сантим.). Одинъ конецъ этой проволоки расположенъ, такимъ образомъ, посрединѣ между электродами; другой-же продѣтъ въ позвонокъ P препарата NM (рис. XI).

При такомъ расположеніи проволоки и препарата, этотъ послѣдній не реагируетъ на раздраженіе отъ zn -щитковъ. Но стоить приблизить проволоку къ одному изъ zn -щитковъ, перемѣщая ее параллельно самой себѣ на 3—5 сантим. въ стороны отъ центрального положенія, какъ мускулъ препарата начинаетъ сокращаться.

Примѣчаніе. Если извлекать искру изъ какого нибудь изъ zn -щитковъ (рис. XI) или просто подносить къ нему сзади какой нибудь проводникъ, то и при центральномъ положеніи проволоки мускулъ сокращается.

Описанное явленіе взаимной нейтрализаціи воздѣйствія электродовъ находится въ сильной зависимости отъ близости проводниковъ къ NM -препарату, какъ это видно изъ слѣдующихъ опытовъ.

Опытъ 17. То же расположеніе приборовъ, та же батарея etc. какъ въ опытѣ 16. Препарат, помѣщенный посрединѣ между электродами попережнему не реагируетъ на совмѣстное раздраженіе отъ zn -щитковъ.

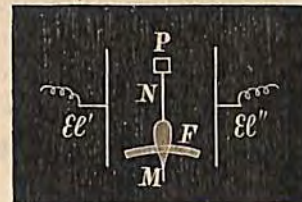


Рис. XII. Ee' и Ee'' —щитки-электроды отъ *Ruhmkorff*'а. NM —нервно-мышечный препаратъ, посрединѣ между ними и параллельно щиткамъ. F —жгутикъ изъ влажнаго проводника (ваты) на мускулъ M .

Черезъ лапку препарата (рис. XII) перпендикулярно къ ней, перекинуть, касаясь ее, жгутъ изъ мокрой ваты (F). Если жгутъ расположенъ симметрично, т. е. такъ, что лапка дѣлитъ его на 2 равныя и равно удаленныя отъ zn -щитковъ половины, то препаратъ по прежнему остается въ покоѣ. Если же передвинуть жгутъ въ сторону одного изъ электродовъ такъ, чтобы по одну сторону лапки оставалась большая его половина, чѣмъ по другую, то мускулъ сокращается.

Опытъ 18. Если при такомъ же расположеніи приборовъ и препарата посрединѣ между параллельными zn -щитками, послѣдніе немного раздвинуты, такъ что разстоянія между щитками и препаратомъ станутъ неравны, то мускулъ сокращается. Приближаемъ къ позвоночнику P , на разстояніе до 0,2 сантим. отъ него, небольшую прямую, голую мѣдную проволочку D (длиною 6 сан.) (рис. XIII), соединенную съ газо-

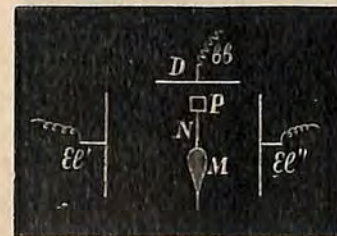


Рис. XIII. Ee' и Ee'' —щитки-электроды отъ *Ruhmkorff*'а. NM —нервно-мышечный препаратъ съ кускомъ позвоночника P . D —мѣдная проволочка, соединенная съ землею (bb).

проводомъ (bb), и расположенную перпендикулярно къ нерву и, слѣдов., zn -щиткамъ. Если держать эту проволочку симметрично по отношенію къ нерву т. е. такъ, чтобы нервъ, мысленно продолженный, дѣлилъ ее пополамъ, то мускулъ тотчасъ же успокаивается. Если же приближать ее къ P на то-же разстояніе, но асимметрично, т. е. такъ, чтобы мысленно продолженный нервъ разсѣкалъ ее поперекъ на двѣ

неравныя части, то сокращенія мускула продолжаются, повидимому, съ прежней силой.

Если, при томъ же препаратѣ, установить *zn*-щитки такъ, чтобы дѣйствіе одного изъ нихъ нейтрализовалось воздѣйствіемъ другого (какъ на рис. X) и сокращенія=0., то, приближая къ *P* проволочку *D*, какъ описано выше,—«симметрично», не получаемъ сокращеній, тогда какъ «асимметричное» приближеніе *D* вызываетъ сокращенія.

Примѣчаніе: Во время опыта мы избѣгали подвигать концы проволочки *D* близко къ *zn*-щиткамъ.

Два нервно-мускульныхъ препарата, положенные рядомъ, могутъ вліять другъ на друга какъ проводники. Въ этого рода опытахъ можно наблюдать нѣкоторыя порадоксальныя явленія, какъ видно изъ ниже-слѣдующаго.

Опытъ 19. Тѣ же, параллельные другъ другу *zn*-щитки *EI* (какъ на рис. X). Между ними, параллельно другъ другу и щиткамъ, расположены на парафинѣ 2 *NM*-препарата отъ одной и той же лягушки. Препараты не касаются одинъ другого—между ними разстояніе сѣка 2—3 сант. При разстояніи между щитками сѣка 40 сант. оба препарата *a* и *b* сокращаются.

Наблюденіе *a*) Положенъ мокрый жгутикъ изъ ваты (рис. XIV *F*) на *PP*, поперечно, въ видѣ мостика: сокращенія или исчезаютъ, или становятся очень слабыми. Въ послѣднемъ случаѣ достаточно положить другой такой же (*F'*) жгутъ на *MM*, чтобы мускулы успокоились



Рис. XIV. *EI'* и *EI''*—щитки-электроды отъ *Ruhmkorff*'а. *PM*, *PM'*—два одинаковыхъ нервно-мышечныхъ препарата между ними (*a* и *b*). *F* и *F'*—ватные влажные жгутики, перекинутые въ видѣ мостиковъ между обоими мускулами (*F*) и обоими кусками позвоночника (*F'*).

Наблюденіе *b*) Не только касаніе жгута *F'* къ *NM*, но и простое приближеніе его къ нимъ (на разст. 0,5—1 сант.) успокаиваетъ препараты.—Однако, приближеніе къ *EI*, парафиновой пластинки съ этими препаратами, соединенными между собой жгутами, возобновляетъ сокращенія, хотя бы *NM*-препаратъ перемѣщался при этомъ параллельно самому себѣ, а слѣдов.—и *zn*-щитку *EI*.

Аналогичныя явленія наблюдались, если вмѣсто жгутовъ брали полоски станиоля.

Опытъ 20. Два препарата отъ одной и той же лягушки, расположенные на парафинѣ параллельно одинъ другому на разстояніи между собою сѣка 1—2 сант., установлены горизонтально между вертикальными *zn*-щитками *EI* размѣровъ: 13×13 сант. Щитки установлены параллельно на разстояніи сѣка 37 сант., при которомъ оба *NM* препарата даютъ сокращенія.

Наблюденіе *a*) На оба позвоночника (какъ жгутики *F* на рис. XIV) наложена полоска станиоля. Сокращенія продолжаются. Тогда наложена другая такая же полоска на оба мускула въ видѣ поперечнаго мостика (какъ и на позвоночникахъ): сокращенія исчезли. Стоило удалить одну изъ полосокъ, какъ сокращенія возобновлялись.

Наблюденіе *b*) Полоски станиоля накладываются только на нервы тѣхъ же препаратовъ. *Ceteris paribus*, сокращенія не исчезаютъ—ни при одной, ни при двухъ полоскахъ, положенныхъ на нервахъ въ видѣ мостиковъ.

Наблюденіе *c*) Расположеніе препаратовъ такое же (парное), какъ описано выше; *zn*-щитки установлены (въ предѣлахъ 35—40 сантим. другъ отъ друга) такъ, что оба препарата сокращаются слабо. Если теперь надъ препаратами держать симметрично руку съ растопыренными пальцами, то сокращенія исчезаютъ.

Наблюденіе *d*) Тотъ же эффектъ (какъ въ *c*) производила желѣзная пластинка размѣровъ 8×15 сант. если ее держали симметрично и плашмя надъ *NM*-препаратами на разстояніи 5—6 сант. отъ нихъ, въ особенности, если соединить ее съ землей.

Наблюденіе *e*) Если подносить асимметрично руку (напр. одинъ палецъ) или желѣзную пластинку только къ одному изъ мускуловъ, то лишь онъ одинъ и сокращается.

Опытъ 21. Положеніе препаратовъ *NM*, сила тока etc. то же, что въ предыдущемъ оп. 19 (рис. XIV), но жгуты *FF'* сняты, а электроды *EI*, оставаясь параллельными, установлены на разстояніи 35 сант. одинъ отъ другого, при чемъ оба *NM*-препарата находятся въ покоѣ.

Удаленіе или закрываніе металлич. ширмой (въ рукѣ) щитка *EI'* вызываетъ сокращенія въ препаратѣ *a* (слѣдов. дѣйствуетъ *EI'*). Удаленіе или закрываніе ширмой *EI''*—влечетъ за собой сокращенія въ *b* (дѣйствуетъ *EI''*).—Затѣмъ одинъ изъ препаратовъ (*a*) удаленъ съ параф. пластинки, и на мѣстѣ, гдѣ онъ лежалъ, параллельно другому препарату *b*, положенъ пучекъ мѣдной проволоки (длиною 12, толщиной 1,5 сантим.; толщина кажд. проволоки 1 mm.) Пущенъ въ ходъ *Ruhmkorff*—сокращеній въ *b* нѣтъ по прежнему. Далѣе наблюдалось слѣдующее:

а) Стоило удалить съ пластинки проволочный пучекъ какъ въ препаратъ *b* появлялись сокращения.

б) Пучекъ снова положенъ на прежнее мѣсто (т. е. вблизи и параллельно *b*). Сокращения въ *b* исчезли. Если теперь устранили или закрывали металлич. ширмой зп-щитокъ E_1' , то наступали сокращения въ *b*. Если же по установкѣ E_1' на прежнемъ мѣстѣ удаляли E_1' , то сокращеній не было.

Дѣйствіе металлической ширмы ¹⁾ можно вообще коротко выразить такъ: закрываніе электрода вызываетъ сокращения въ ближайшемъ къ нему препаратъ и успокоеніе дальнѣйшаго.

в) Препарат *b* и проволочный пучекъ установлены между параллельными электродами такъ, чтобы сокращеній не было.

Но прикосновеніе къ проволочному пучку пальцемъ или какимъ либо проводникомъ давало сокращения въ мускулѣ *b*.

Если въ плоскости, медиальной между *b* и пучкомъ проволокой стало быть и между электродами), помѣщали руку или желѣзную пластинку въ рукѣ, то въ *b* появлялись сокращения.

Если желѣзную пластинку подносили къ препарату со стороны зп-щитка E_1' такъ что плоскости ихъ параллельнымъ ребромъ (рис. XIV), то мускулъ *b* сокращался тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе къ препарату подносили пластинку.

Итакъ при «биполярномъ» воздѣйствіи электрическаго поля на двигательный нервъ, ориентированіе нервно-мышечнаго препарата по отношенію къ электродамъ-возбудителямъ, не имѣетъ, само по себѣ, рѣшающаго вліянія на возбужденіе нерва: опыты показали, что при положеніи NM препарата *параллельномъ* къ зп-щиткамъ («неблагоприятномъ») сокращеніе, или покой мускула обуславливаются симметричнымъ или асимметричнымъ къ NM препарату расположеніемъ электродовъ возбудителей и другихъ проводниковъ, его окружающихъ. Это имѣетъ мѣсто при равенствѣ раздражающей силы обоихъ электродовъ; при неравенствѣ же напряженія электричества на обоихъ электродахъ-возбудителяхъ, какъ показалъ В. Данилевскій, ²⁾ плоскость, въ которой NM-препаратъ остается въ покоѣ, помѣщенный между двумя параллельными щитками-электродами не равной величины, лежитъ ближе къ меньшему, т. е. слабѣйшему щитку; наши повѣрочныя наблюденія показали то-же самое. Очевидно въ этой плоскости напряженія электрическаго поля, развиваемаго каждымъ изъ электродовъ—одина-

¹⁾ Ширму держали просто въ рукѣ. Экспериментаторъ на полу, не изолированъ.

²⁾ Archives de Physiologie 1897 г. I. с.

ковы, а электроды—разнозначны. Въ этомъ, по нашему мнѣнію, слѣдуетъ искать причину самого явленія взаимной нейтрализаціи дѣйствія обоихъ электродовъ.

Такимъ образомъ, парадоксальное на первый взглядъ явленіе, описанное В. Данилевскимъ подъ названіемъ «phenomènes de l'interférence», эти опыты наши вполне подтверждаютъ.

Но мы пытались также воспроизвести явленіе на цѣломъ животномъ и послѣ нѣсколькихъ попытокъ, намъ удалось продемонстрировать его слѣдующимъ опытомъ надъ лягушкой.

Опытъ 22. Въ первичной цѣпи Ruhmkorff'a 6 аккумуляторовъ и реостатъ; дѣйствуетъ автоматическій прерыватель. Два электрода-возбудителя отъ вторичной спирали Ruhmkorff'a, размерами 34×34 сантим., установлены другъ противъ друга вертикально и параллельно между собою, на разстояніи 20—25 сантим. одинъ другого. Между ними подвѣшена вертикально, на шелковой ниткѣ, лягушка. Подъ нею стеклянный цилиндръ съ водой, поверхности которой касаются пальцы заднихъ конечностей животнаго.

Если мы помѣщали лягушку въ центрѣ цилиндра и на равныхъ разстояніяхъ отъ обоихъ электродовъ, то животное оставалось неподвижнымъ, хотя бы реостатъ въ первичной цѣпи былъ установленъ на самый сильный токъ (6 аккумуляторовъ). Лягушку можно было поворачивать вокругъ нитки (вертикальной оси), не измѣнивъ ея покойнаго состоянія. Но стоило нарушить симметрію расположенія зп-щитковъ—электродовъ, удаливъ (или приблизивъ) одинъ изъ нихъ, какъ у лягушки появлялись судороги; если же мы, кромѣ того, соединяли животное (прямо или черезъ воду въ цилиндрѣ) съ землею, то судороги усиливались, переходя въ жестокой общій тетанусъ. Погружая лягушку въ цилиндръ съ водой, можно постепенно ослаблять судороги; животное переставало реагировать, въ этихъ опытахъ, когда вода въ цилиндрѣ, покрывъ конечности, достигала туловища.

ГЛАВА 3-я.

Опыты съ замкнутою вторичною цѣпью аппарата Ruhmkorff'a.

Въ предшествовавшемъ отдѣлѣ мы рассматривали дѣйствіе электричества на разстояніи при разомкнутомъ Ruhmkorff'ѣ, когда каждый борнъ, заряженный электричествомъ высокаго напряженія, развивалъ т. наз. электростатическое поле, при чемъ выравниваніе разности потенциаловъ непосредственно черезъ проводники не имѣло мѣста.

Въ замкнутомъ же *Rubmkorff*'ѣ дана возможность выравниванія напряженій на борнахъ черезъ проводникъ ихъ соединяющій. Въ проволокахъ, служащихъ для этого соединенія, проходитъ токъ; въ полѣ, развиваемомъ ими, сильно выражены магнитныя свойства, наравнѣ съ электрическими, а направленіе силовыхъ линій иное, чѣмъ въ полѣ разомкнутыхъ проводниковъ. Нервно-мышечный препаратъ не реагируетъ на электромагнитное поле, если *напряжение* (число вольтъ) тока въ проволокахъ (спираляхъ, соленоидахъ) слабо, хотя бы число амперовъ въ цѣпи было относительно велико. Наоборотъ, мускулъ сокращается, если при маломъ числѣ амперовъ дано большое число вольтъ. Минимальный предѣлъ напряженія тока, при которомъ въ электромагнитномъ полѣ нервъ возбуждается до сокращенія мускула, мы не беремся устанавливать, но, во всякомъ случаѣ, этотъ предѣлъ измѣняется, вѣроятно, не менѣе, какъ сотнями вольтъ. Вотъ почему всѣ попытки получить физиологически дѣятельное электромагнитное поле при помощи постоянного тока отъ обыкновенныхъ гальваническихъ батарей потерпѣли неудачу.

Вспомнимъ неудачные опыты *Schiff*'а (см. «литературу»), сомнѣнія *Hermann*'а, вызванныя наблюденіями надъ токомъ слабого напряженія. Но тотъ-же *Hermann*, какъ мы видѣли, получилъ положительный результатъ, когда примѣнилъ токъ высокаго напряженія—во вторичной обмоткѣ *Du-Bois-Reymond*'а. *В. Данилевскій* и я пропускали токи довольно сильные, но небольшого напряженія, черезъ спирали, и въ полѣ ихъ никогда не получали сокращеній лягушечьей лапки. Между тѣмъ мы можемъ подтвердить опыты *Hermann*'а и *Magini* со вторичной спиралью *Du-Bois-Reymond*'а, въ томъ отношеніи, что она возбуждаетъ нервъ со своей поверхности черезъ діэлектрики (каучукъ, парафинъ, воздухъ).

Итакъ, чтобы получить физиологически дѣятельное поле при замкнутой цѣпи, необходимо пользоваться либо электрическими машинами, или, какъ поступали мы и нѣкоторые другіе изслѣдователи,—трансформаторами, къ числу которыхъ въ сущности относится и аппаратъ *Rubmkorff*'а. Уже въ первыхъ нашихъ опытахъ съ замкнутымъ *Rubmkorff*'омъ обратили мы вниманіе на то, что батарея первичной спирали, при которой напряженіе электричества на борнахъ вторичной катушки было вполне достаточно для раздраженія нерва въ полѣ разомкнутого *Rubmkorff*'а,—теперь, для поля замкнутого аппарата, оказалась несостоятельной; вмѣсто 2—3 аккумуляторовъ часто приходилось брать 4—6, чтобы получить сокращенія въ полѣ прямыхъ проводовъ или спиралей, замыкающихъ вторичную обмотку. Кромѣ того и при такой силѣ ¹⁾ батареи мы часто вынуждены были прибѣгать къ

¹⁾ Большимъ числомъ аккумуляторовъ мы не могли располагать постоянно.

соединенію *NM* препарата съ землей и другимъ приемамъ, которые, какъ извѣстно было намъ изъ предыдущихъ опытовъ (см. I главу), вообще усиливаютъ сокращенія мускула нервно-мышечного препарата въ электрическомъ полѣ.

Расположеніе главнѣйшихъ приборовъ, общее для всѣхъ ниже описываемыхъ опытовъ было слѣдующее (рис. XV.).

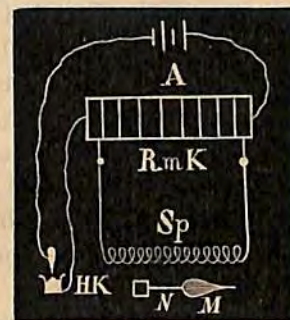


Рис. XV. Схема постановки опытовъ съ замкнутой вторичною цѣпью *Rubmkorff*'а. A.—батарея аккумуляторовъ. RmK.—аппаратъ *Rubmkorff*'а. HK—ртутный ключъ въ первичной цѣпи. Sp—спираль, замыкающая вторичную цѣпь. NM—нервно-мышечный препаратъ.

Покрытый свинцовымъ футляромъ (см. I главу), аппаратъ *Rubmkorff*'а находился на разстояніи 6 метровъ отъ препарата *NM*. Каждый изъ проволочныхъ проводовъ отъ него къ мѣсту производства опытовъ имѣлъ длину 7 метровъ. Проволоки—прямая изолированная обмоткой, на своемъ пути въ воздухѣ, вдали отъ стѣнъ, потолка и металлическихъ проводниковъ, подвѣшены были на стеклянныхъ петляхъ, а надъ столомъ поддерживались стеклянными стойками. Въ первичной цѣпи *Rubmkorff*'а—батарея аккумуляторовъ (A), ртутный ключъ для одиночныхъ перерывовъ (HK) (см. I главу) и реостатъ; послѣднимъ приходилось пользоваться, впрочемъ, весьма мало, почти всегда сохраняя установку его на «сильномъ» токѣ (свыше 5 амперовъ по нашему амперметру). По большей части токъ въ первичной цѣпи прерывался автоматическимъ ртутнымъ прерывателемъ Фуко, какъ обыкновенно при дѣйствіи прибора *Rubmkorff*'а, рѣже—одиночными размыканіями (рукою) въ ртутномъ ключѣ.—Проводы вторичной обмотки замыкались прямою проволокой или спиралью, или соленоидомъ. Спирали, которыми мы пользовались для этого, приготовлены нами изъ изолированной проволоки (за исключеніемъ 2-хъ, сдѣланныхъ изъ голой проволоки) толщиной 1—1,3 мм., плотно обмотанной вокругъ прута изъ гартгумми или стеклянной трубки. Такихъ спиралей было нѣсколько, различной длины по оси и различнаго числа оборотовъ. Диаметръ стержня у всѣхъ спиралей былъ одинаковъ—1 сантим. Мы

будемъ, въ протоколахъ опытовъ, для краткости обозначать спирали по нумерамъ, а потому приводимъ здѣсь же ихъ номера съ обозначеніемъ длины и числа оборотовъ.

Спираль № 1—дл.—29 сант. число обор. 20 общ. дл. провол.—1,2 метр.

№ 2 » 29 » » » 86 » » » 5 »

(объ эти спирали—изъ мѣдной, не изолиров. провол.).

№ 3 — длина 40 сант. число обор. 204 общ. дл. пров.—12 метр.

№ 4 bis (два экз.) 60 » » » 240 » » » 14,5 »

№ 5—длина 105 » » » 641 » » » 38,5 »

(последніе три №№ спиралей—изъ проволоки изолированной).

Соленоидъ описанъ ниже, при изложеніи соответствующихъ опытовъ.

Спирали, изолированныя снаружи, какъ бы футляромъ, стеклянными трубками, устанавливались для опыта горизонтально, на деревянныхъ штативахъ.

Нервно-мышечный препаратъ мы помещали на нѣкоторомъ разстояніи отъ спирали или соленоида, всегда горизонтально, на парафиновой пластинкѣ или на нашемъ эбонитовомъ міографѣ. Нервъ, въ горизонтальномъ положеніи, всегда висѣлъ свободно, не касаясь поверхности парафина или міографа. (Для этого мы клали маленькія каучуковыя подкладки—одну подъ позвоночникъ на концѣ нерва, другую подъ колѣнный суставъ лапки).

Слѣдуя нашей программѣ, мы и здѣсь, по аналогіи съ опытами надъ дѣйствіемъ электрическаго поля разомкнутой обмотки *Rubmkorff*'а, изучимъ, вліяютъ ли при замкнутой цѣпи на силу сокращенія величина спирали, разстояніе ея отъ NM-препарата, сосѣдство проводниковъ и, наконецъ, ориентированіе NM-препарата къ спирали и соленоиду.

Рядомъ изслѣдованій мы пришли къ положительному отвѣту на эти вопросы; здѣсь мы приведемъ протоколы лишь нѣкоторыхъ изъ произведенныхъ нами опытовъ; количественная сторона явленій въ нихъ изучаема была съ помощью графики впервые нами.

Опытъ 23. Въ цѣпи первичной обмотки 2 аккумулятора, безъ реостата; дѣйствуетъ автоматическій прерыватель. Оба электрода отъ борновъ *Rubmkorff*'а соединены съ концами спирали № 5.

Нервно-мышечный препаратъ на міографѣ (на разстоян. 15—18 сант. отъ спирали). Будучи изолированъ отъ земли, на раздраженіе не реагируетъ; соединенный съ водопроводомъ даетъ высокій тетанусъ на разстояніи до 15—18 сант. Чѣмъ ближе была спираль къ NM-препарату, тѣмъ выше подымалась высота тетануса и обратно: удаляя спираль отъ NM-препарата, мы достигали пониженія кривой до нуля. Такъ, на

разстояніи 18 сантим., мы не получали сокращеній, но подвигая спираль все ближе и ближе къ NM-препарату, вызывали постепенно сокращенія, которыя слагались затѣмъ въ кривую тетануса все большей и большей высоты, достигавшей своего максимума при приближеніи спирали на 5 сант. отъ препарата. Это показываетъ намъ кривая 24, таб. II. кривая слагающагося тетануса не превышавшая 1 мм. высоты при разстояніи спирали около 18 сант. отъ препарата, постепенно давала подъемы: 3, 5, 7, 10... 13, 16 мм., когда спираль достигла 5 сант. разстоянія отъ NM-препарата. Подобный-же характеръ имѣютъ кривая 25, на которой тетанусъ понижается до нуля, ослабѣвая по мѣрѣ удаленія спирали (Sp^0) и обратно, возвращается при приближеніи ея (Sp). Всѣ другіе опыты этого рода показали одинаково, что *сила сокращенія находится въ обратной зависимости отъ разстоянія спирали отъ препарата.*

Опытъ 24, состоялъ въ томъ, что мы сравнивали *ceteris paribus*, высоты сокращенія отъ двухъ спиралей длиною объ по 29 сант. по оси и изъ одной и той же, не изолированной проволоки, но съ разнымъ числомъ оборотовъ, (а слѣдов. и разной длиною всей проволоки). «Меньшая», № 1, число оборотовъ 20, общая длина проволоки 1,2 метр., «большая», № 2,—86 оборотовъ при общей длинѣ проволоки—19 метр. Сила батареи etc,—какъ въ предыдущемъ опытѣ 18.

Графика показала, что меньшая спираль, № 1, установленная на разстояніи 55 сант. отъ NM-препарата, вызывала тетанусъ, высота котораго достигала maximum 6 мм. (Sp' на крив. 26).

Большая спираль на томъ же разстояніи и *ceteris paribus* вызывала тетанусъ въ 8 мм. maximum. (Sp'' на крив. 26).

На разстояніи 45 сант. отъ NM-препарата тѣ же спирали дали *ceteris paribus*—13,5 (№ 1) и 16,5—(№ 2, большая; міограммъ не приводимъ). ¹⁾

Мы сравнивали также и спирали болѣе рѣзко отличавшіяся по величинѣ, по длинѣ и числу оборотовъ; но болѣе рѣзкой разницы, чѣмъ вышеприведенная графически получить не удавалось.

Двѣ одинаковыхъ спирали, (напр. № 4), введенныя въ цѣпь параллельно одна другой, вызывали болѣе сильное сокращеніе, чѣмъ каждая порознь. Отъ графическаго воспроизведенія этихъ опытовъ мы отказались въ виду громоздкости приспособленій.

Эффектъ раздраженія при замкнутой цѣпи легко усиливается, если къ спирали, замыкающей вторичную цѣпь *Rubmkorff*'а, присоединять проводники съ большою поверхностью.

¹⁾ Прямая проволока, длиною 29 сант., взятая для сравненія, сокращеній не вызывала вовсе.

Приводимъ одинъ изъ опытовъ этого рода.

Опытъ 25. Въ первичной цѣпи *Rubmkorff*'а 4 аккумулятора NM-препаратъ на міографѣ; будучи изолированъ, сокращеній вблизи спирали не давалъ вовсе; соединенный же съ землею (водопроводъ) сокращается только на весьма близкомъ (5—10 сант.) разстояніи отъ спирали (спираль № 5).

Спираль установлена на 0,5 метра отъ NM препарата; сокращеній нѣтъ. Стоило, однако, приставить за-щитокъ, размѣромъ 34×34 сант. (безъ непосредственнаго соединенія съ землею) къ концу спирали, касаясь мѣдной клеммы, какъ получались тетаническія сокращенія, высотой до 20 мм. Удаленіе щитка (моменты *a* на кривой 27) тотчасъ вызывало пониженіе сокращеній до нуля; вновь приставляя его, получали опять высокій тетанусъ и т. д. (крив. *b* на 27, табл. II)¹⁾.

Что касается дѣйствія сосѣдства проводниковъ къ NM-препарату, то, помѣщаемые дистально отъ спирали, они усиливаютъ сокращенія мускула—совершенно такъ же, какъ въ случаѣ разомкнутаго *Rubmkorff*'а. Помѣщаемые же между NM-препаратомъ и спиралью—уничтожаютъ дѣйствіе ея, если соединены съ землею.

Мы позволяемъ себѣ не останавливаться здѣсь подробно на этихъ явленіяхъ, ибо мы разобрали ихъ уже въ I главѣ; все сказанное тамъ относительно плоскихъ электродовъ-возбудителей, примѣнимо и къ спиральямъ *mutatis mutandis*. Существенное отличіе дѣйствія спиралей обнаруживается явленіями «ориентированія» на которыхъ мы и сосредоточимъ вниманіе ниже, тѣмъ болѣе, что этотъ вопросъ еще никѣмъ не разрабатывался по отношенію къ дѣйствию электрическаго поля вблизи замкнутой цѣпи вторичной бобины *Rubmkorff*'а. Въ доказательство же сказаннаго о значеніи близости проводниковъ приведемъ весьма кратко протоколы только 2-хъ изъ нашихъ опытовъ.

Опытъ 26. *Rubmkorff* замкнутъ небольшою спиралью № 2. Въ первичной цѣпи его 4 аккумулятора. NM-препаратъ помѣщенъ горизонтально на парафиновой пластинкѣ; безъ соединенія съ землею сокращеній не давалъ, соединенный съ водопроводомъ, сокращался при разстояніи спирали болѣе 0,5 метра.

При разстояніи NM-препарата отъ спирали на 53 сантим., сокращенія были весьма слабы; но стоило подложить подъ парафинъ съ NM-препаратомъ изолированную (тоже на парафиновой пластинкѣ) полоску листового желѣза (размѣръ 12×6 сантим.), какъ сокращенія усиливались; онѣ становились еще сильнѣй, если экспериментаторъ (изолиро-

¹⁾ Стоило однако во время тетануса коснуться щитка проволокой, отведенной черезъ газопроводъ въ землю, какъ раздражающее дѣйствіе его ослаблялось почти до 0.

ванный!) касался рукой къ этой желѣзной полоскѣ. Но если соединяли съ землею желѣзо или если экспериментаторъ, касаясь къ нему, былъ самъ соединенъ съ землею проволокой,—то сокращенія падали до нуля.

Въ **Опытѣ 27**, зарегистрирована міографически депрессія, которую претерпѣваетъ раздраженіе, (resp., сокращеніе мускула NM-препарата) подъ вліяніемъ металлической, сообщенной съ землею ширмы, вдвигаемой въ пространство между спиралью и NM-препаратомъ (крив. 28, табл. II).

Въ первичной цѣпи *Rubmkorff*'а 4 аккумулятора дѣйствуетъ автоматическій прерыватель Фуко. Вторичная бобина замкнута небольшою спиралью № 2. Нервно-мышечный препаратъ на міографѣ соединенъ съ землею (водопроводъ) разстояніе препарата отъ спирали 0,5 метр. Ширмой служитъ за-щитокъ размѣромъ 34×34 сант., соединенный съ газопроводомъ.

Мускуль давалъ высокій тетанусъ (18 мм на міограммѣ; крив. 28), который сразу падалъ до нуля при быстромъ введеніи ширмы между NM-препаратамъ и спиралью. Если вводили ширму медленно, то и кривая тетануса падала постепенно (крив. 29, дѣйствіе ширмы отмѣчено на этихъ кривыхъ букв. *a*).

Итакъ, въ полѣ замкнутаго *Rubmkorff*'а сила сокращеній варьируетъ, вообще говоря, въ широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ различныхъ условий; помимо разсмотрѣнныхъ уже нами, необходимо указать такъ называемое *ориентированіе* препарата по отношенію къ замыкающей *Rubmkorff* спиральной или прямой проволокѣ, которое играетъ видную роль, но не преобладающую, какъ думалъ *Loeb* (по отношенію къ разомкнутой цѣпи). Мы здѣсь же выставляемъ слѣдующее положеніе. При достаточно большомъ напряженіи тока во вторичной бобинѣ, мускуль NM-препарата сокращается вблизи проводниковъ замкнутой вторичной цѣпи въ любомъ положеніи его относительно этихъ проводниковъ. Зависимость же силы сокращеній мускула NM-препарата отъ его «ориентированія» относительно проводника тока, наблюдается только при сравнительно слабомъ напряженіи электричества въ проводникѣ. Въ этомъ мы постоянно убѣждались личнымъ опытомъ и утверждаемъ, что, обыкновенно, достаточно 6-ти аккумуляторовъ въ первичной цѣпи *Rubmkorff*'а, средней величины, (который даетъ искру до 10—15 сантим.), чтобы получать сокращенія въ NM препаратѣ на разстояніи 5—10 сантим. отъ проводочнаго электрода, замыкающаго вторичную цѣпь,—совершенно независимо отъ «ориентированія».

Уже одинъ этотъ фактъ, повторяющійся въ существенномъ и при униполярномъ дѣйствиіи разомкнутаго *Rubmkorff*'а, служитъ ука-

заниемъ, что не одно *Loeb*'овское «*Querdurchströmung*» опредѣляетъ собою отсутствіе сокращеній въ препаратѣ, когда онъ расположенъ извѣстнымъ образомъ по отношенію къ заряженному проводнику. Изучая зависимость возбужденія нерва отъ «оріентированія» препарата относительно проводниковъ, замыкающихъ вторичную цѣпь *Ruhmkorff*'а, мы производили слѣдующіе опыты.

Опытъ 28. Въ первичной цѣпи *Ruhmkorff*'а 2 аккумулятора; дѣйствуетъ автоматическій прерыватель Фуко. Проводы вторичной обмотки замкнуты небольшою спиралью изъ не изолированной проволоки (спираль № 2 см. выше. NM-препаратъ — на парафиновой пластинкѣ, въ уровень со спиралью и на разстояніи около 10 сантим. отъ нея; оставаясь изолированнымъ препаратъ не давалъ сокращеній; соединенный проволокой съ водопроводомъ, давалъ только «отведенныя сокращенія»: при касаніи къ нерву металлическимъ пинцетомъ въ рукѣ наблюдателя.

Уложивъ нервъ и мускулъ по одной прямой линіи мы поворачивали пластинку съ препаратомъ въ горизонтальной плоскости, такъ, что NM-препаратъ становился по отношенію къ спирали то параллельно ея оси (А), то подъ угломъ къ ней (В) стараясь, чтобы при этомъ препаратъ не удалялся отъ спирали болѣе чѣмъ онъ былъ въ положеніи А (10 сантим. отъ спирали). Найдено слѣдующее:

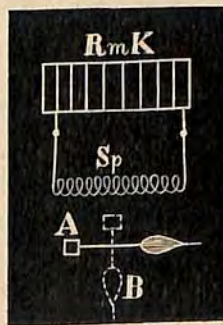


Рис. XVI. А и В— различные положенія NM-препарата по отношенію къ спирали *Sp*. *RmK*—аппаратъ *Ruhmkorff*'а.

1. Если NM-препаратъ параллеленъ оси спирали, то мускулъ сокращается весьма сильно, тетанически. (А, рис. XVI) («благопріятное расположеніе»).

2. Если NM-препаратъ образуетъ уголъ 90° съ осью спирали, то сокращенія исчезаютъ вовсе (В).

3. Въ положеніяхъ промежуточныхъ отъ 90° —0 (отъ А до В) появляются отдѣльныя клоническія сокращенія, которыя становятся все чаще и сильнѣе и наконецъ переходятъ въ тетанусъ.

4. Если, оставивъ нервъ параллельнымъ оси спирали, въ положеніе А, повернуть на нѣкоторый уголъ (до 90° и болѣе) одинъ мускулъ, то сокращенія возобновляются. Если оставить мускулъ параллельнымъ оси а нервъ повернуть въ ту или другую сторону на нѣкоторый уголъ, то сокращенія также появляются.

5. Если къ одному изъ концовъ NM препарата, расположеннаго перпендикулярно къ оси *sp* и не дающаго сокращеній приложить полоску станиоля, кусокъ мокрой бумаги и т. п. то сокращенія появляются, несмотря на «неблагопріятное» ориентированіе препарата къ спирали. Если оставить мускулъ перпендикулярнымъ оси, а нервъ повернуть въ ту или другую сторону на нѣкоторый уголъ, то сокращенія также появляются.

6. Если между нервомъ и мускуломъ, расположенными параллельно къ оси спирали, перекинуть въ видѣ мостика какой нибудь проводникъ, напр. влажный жгутъ изъ ваты («побочная цѣпь»), то сокращенія исчезаютъ, хотя бы до этого они были очень сильны.

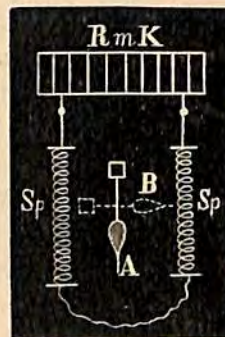


Рис. XVII. *RmK*—аппаратъ *Ruhmkorff*'а. *Sp, Sp*—двѣ одинаковыхъ спирали, замыкающія вторичную цѣпь его. А и В—различныя положенія NM-препарата по отношенію къ спиралямъ *Sp*.

Опытъ 29. Взяты 2 большихъ спирали № 4 (рис. XVII) и введены въ цѣль вторичной катушки *Ruhmkorff*'а параллельно другъ другу, на разстояніи 15 сантим. одна отъ другой; между ними, на парафинѣ установленъ NM-препаратъ—нервъ и мускулъ въ одну прямую линію. Въ первичной цѣпи 6 аккумуляторовъ и реостатъ. Нервъ раздражается одиночными размыканіями въ первичной цѣпи. При установкѣ реостата на сильный токъ мускулъ сокращается безъ касанія и безъ соединенія съ землей NM препарата и притомъ независимо отъ того расположенъ ли препаратъ параллельно спиралямъ или перпендикулярно къ нимъ. Повторивъ этотъ опытъ на томъ же препаратѣ нѣсколько разъ и убѣдившись въ постоянствѣ явленія, мы ослабили токъ батареи реостатомъ; не измѣняя ничего прочаго мы могли воспроизвести явленіе «оріенти-

рованія» описанныя въ предыдущемъ опытѣ. А именно, оставивъ препаратъ параллельнымъ спиральямъ, (А) мы наблюдали довольно *сильныя* одиночныя сокращенія (полная экстензія лапки), при каждомъ размыканіи тока. Повернувъ пластинку съ NM препаратомъ на 90° къ оси спиралей, констатировали полное *исчезаніе* сокращеній (В рис. 23), не смотря на то, что при этомъ оба конца NM-препарата были ближе къ спиральямъ.

Наравнѣ съ ориентированіемъ при спиральяхъ нами изучено вліяніе ориентированія NM-препарата относительно прямой проволоки, замыкающей проводы вторичной обмотки *Ruhmkorff*'а. Нами отмѣчено уже, что добиться сокращенія мускула вблизи прямой проволоки несравненно труднѣе, чѣмъ при спиральяхъ. Здѣсь необходимъ весьма чувствительный NM-препаратъ.

Опытъ 30. Въ первичной цѣпи *Ruhmkorff*'а 4 аккумулятора, реостатъ (на 5-ти амп.) и ртутный ключъ. Изолированные электроды вторичной обмотки (E1)—безъ завитковъ; замкнуты голой прямолинейной мѣдной проволокой АВ, заключенной въ стеклянную толсто-стѣнную трубку *ad* (рис. XVIII), расположенную горизонтально на гальтерѣ деревяннаго штатива. NM препаратъ на парафиновой пластинкѣ, горизонтально и на одномъ уровнѣ съ проволокой АВ, на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея, а именно: при параллельномъ къ проволокѣ расположеніи N и M, разстояніе NM отъ нея всегда = 14 сант. (до P), а при перпендикулярномъ = 7,5 сант. (до P); длина АВ = 110 сант.

Препаратъ на парафинѣ, лежитъ горизонтально, соединенъ съ землею проволокой черезъ P—какъ въ первомъ такъ и въ остальныхъ двухъ наблюденіяхъ. Раздраженіе частое прерывистое (автомат. прерыватель при *Ruhmkorff*'ѣ). Спонтанныхъ сокращеній не было: всѣ сокращенія «вызванные», касаніемъ пальца къ лапкѣ.

Наблюденіе 1. NM-препаратъ положенъ параллельно проволокѣ АВ, при чемъ N и M—въ одну линію. Наблюдались энергичныя клоническія сокращенія лапки.—Всякій разъ, какъ измѣняли положеніе препарата изъ параллельнаго въ перпендикулярное къ проволокѣ АВ (сохраняя положеніе N и M въ одну линію),—сокращенія становились слабѣе, падая до нуля. Поворочень-ли былъ препаратъ такъ что P становился ближе къ проволокѣ (какъ изображено на рис. XVIII пунктиромъ) или—M—результатъ не мѣнялся, разъ NM перпендикуляренъ къ АВ.

Наблюденіе 2. Къ мускулу того же препарата прикладывался касаясь его, дистально отъ проволоки АВ, станиольный квадратикъ размѣровъ 9×9 сант. Если до этого NM былъ перпендикуляренъ къ проволокѣ АВ и сокращеній не было, то они появлялись вслѣдъ за при-

кладываніемъ станиоля. Если же NM препаратъ располагался параллельно АВ и первоначально мускулъ давалъ сокращенія, то станиоль усиливалъ ихъ весьма замѣтно.

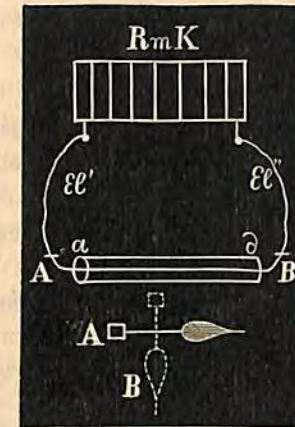


Рис. XVIII. *RmK*—аппаратъ *Ruhmkorff*'а. *AB*—прямая проволока, замыкающая вторичную цѣпь его; *ad*—стеклянная трубка, окружающая проволоку *AB*; *A, B*—нервно-мышечный препаратъ въ различныхъ положеніяхъ по отношенію къ проволокѣ *AB*.

Наблюденіе 3. Тотъ-же препаратъ въ положеніи параллельномъ АВ. Сокращенія—средней силы. Къ одному изъ концевъ проволоки (именно къ А) приставленъ, касаясь, щипокъ 28×28 сант., не соединенный съ землею. Сокращенія усилились до полной экстензіи лапки.

Но стоило коснуться къ щипку (или къ самой проволокѣ АВ) проволокой, соединенной съ газопроводомъ или рукою, какъ сокращенія тотчасъ исчезали.

Такимъ образомъ «ориентированіе» NM-препарата къ прямой проволокѣ то же, что и къ спирали.

Переходимъ къ изложенію нашихъ опытовъ съ соленоидомъ. Этотъ послѣдній приготовленъ былъ нами изъ твердаго сухого картона, склееннаго въ формѣ немного сплюсненнаго цилиндра. Цилиндръ (высота 17 сантим., длинный діаметр. поперечника 19 сант., короткій — 13 сант.), обмотанъ изолированной мѣдной проволокой, толщиной въ 1 мм. Въ опытѣ 31 эта обмотка соленоида состояла изъ одного слоя въ 36 оборотовъ, при общей длинѣ проволоки—19 метровъ.

Концы проволоки соленоида соединялись при помощи клеммъ съ проводами отъ борновъ *Ruhmkorff*'а. Во время опытовъ цилиндръ, обыкновенно, устанавливался на парафиновыхъ подкладкахъ, длиннымъ діаметромъ просвѣта—горизонтально. Внутри соленоида, на парафиновой пластинкѣ, помещался изслѣдуемый нервно-мышечный препаратъ.

Опыт 31. Въ первичной цѣпи *Ruhmkorff*'а 3 аккумулятора и ртутный ключъ для одиночныхъ замыканій и размыканій. Проводы вторичной обмотки соединены клеммами съ свободными концами проволоки соленоида. Соленоидъ лежитъ на столѣ; длинный діаметръ горизонтально. Внутри соленоида, по длинному діаметру его, положена горизонтально, упираясь въ края остова, парафиновая пластинка, а на ней—нервно-мышечный препаратъ. Вообще препаратъ не реагируетъ на замыканія и размыканія цѣпи безъ соединенія съ землей; соединенный же (черезъ бедренную косточку) съ водопроводомъ замыкательнаго сокращенія не даетъ, а на размыканіе реагируетъ слабыми сокращеніями.

Наблюденіе 1. Нервъ и мускулъ расположены въ одну линію. Пущенъ въ ходъ автоматическій прерыватель при *Ruhmkorff*'ѣ. Соединенная съ землею, лапка сокращается спонтанно, весьма энергично. Устанавливая препаратъ то по оси соленоида, то перпендикулярно къ ней, не удается подмѣтить разницы въ силѣ сокращеній. Сила тока, измѣренная вслѣдъ за опытомъ въ первичной спирали, оказалась свыше 5 Амр.

Вынутая изъ соленоида лапка сокращалась внѣ его, (сбоку и надъ нимъ на разстояніи 4—5 сантим.) находясь въ рукѣ экспериментатора, безъ соединенія съ проволокою отъ водопровода.

Наблюденіе 2. Тотъ же соленоидъ, та же сила тока. Соленоидъ поставленъ вертикально, поперечнымъ сѣченіемъ на столѣ.

Свѣжій NM-препаратъ на парафинѣ, не соединенный съ землею, даетъ отведенныя сокращенія внѣ соленоида на разстояніи до 1 метра отъ него.

Парафиновая пластинка съ препаратомъ удалена отъ соленоида на разстояніе сісга 2 метра. Между соленоидомъ и препаратомъ стали 2 человѣка съ протянутыми другъ къ другу руками, такъ что правая рука одного находилась въ одну линію съ лѣвой другого. Лѣвая рука 1-го экспериментатора погружена своею кистью въ соленоидъ, не касаясь его; правая протянута къ лѣвой 2-го, не касаясь ея, но сохраняя разстояніе между пальцами обоихъ около 3 сантиметровъ. 2-й экспериментаторъ держитъ свою правую руку протянутою къ NM-препарату; пока 2-й не касается препарата, сокращеній нѣтъ; стоитъ ему коснуться правую рукою позвоночника или нерва, какъ появляются сильныя сокращенія лапки.

Опыт 32. Остовъ соленоида тотъ же, но обмотанъ проволокою (такого же сорта) въ 2 ряда (слоя); число оборотовъ въ каждомъ слоѣ по 100; всего 200 оборотовъ, общая длина проволоки 106 метровъ, толщина проволоки 1 мм. (длинный діаметръ просвѣта $RS=19$ сантиметровъ;

короткій $PQ=13$ сантиметровъ). Концы проволоки соленоида соединены съ борнами *Ruhmkorff*'а. Въ первичной цѣпи *Ruhmkorff*'а 4 аккумулятора, амперметръ, реостатъ (установка на минимумъ силы тока, при которой лапка реагировала) и ртутный ключъ.

Соленоидъ положенъ (на бокъ) на столѣ, изолированный отъ него парафиновыми подкладками,—длиннымъ діаметромъ горизонтально. Внутри него, упираясь краями въ стѣнки остова соленоида, установленъ горизонтально парафиновый кружокъ, діаметромъ 18 сантиметровъ. На этомъ кружкѣ положенъ NM-препаратъ такъ, что нервъ и мускулъ находились въ одной прямой линіи; поварачивая кружокъ съ препаратомъ внутри соленоида, могли устанавливать нервъ съ мускуломъ то параллельно оси его, то подъ прямымъ угломъ къ ней.

Пущенъ въ ходъ автоматическій прерыватель при *Ruhmkorff*'ѣ; спонтанно препаратъ не сокращается: въ описываемыхъ ниже наблюденіяхъ всѣ сокращенія его—отведенныя: отъ нерва, касаніемъ къ нему всякій разъ проволокою, соединенной съ водопроводомъ.

Произведены слѣдующія наблюденія:

Наблюденіе 1. Нервъ съ мускуломъ параллельны оси соленоида—сокращеній нѣтъ. Мускулъ переставленъ подъ прямымъ угломъ къ нерву:—тоже отсутствіе сокращеній.

Наблюденіе 2. Нервъ съ мускуломъ перпендикулярны (т. е. подъ угл. 90° въ гориз. плоскости) къ оси соленоида и, слѣдов., параллельны завиткамъ проволоки; лапка сильно сокращается. Мускулъ переставленъ подъ прямымъ угломъ къ нерву сокращенія также сильны.

Наблюденіе 3. Нервъ и мускулъ положены въ одну прямую линію, подъ прямымъ угломъ къ оси соленоида. Реостатомъ установлено большое сопротивленіе току, такъ что лапка едва сокращается. Подводимъ, касаясь, станиольный квадратикъ размѣровъ 5×5 сант.: то подъ позвоночникъ, то подъ нервъ, то подъ мускулъ; всякій разъ сокращенія усиливаются. Если еще немного ослабить реостатомъ токъ въ первичной катушкѣ, чтобы препаратъ вовсе пересталъ сокращаться, то, подводя, затѣмъ, сказаннымъ образомъ, станиоль, вызовемъ сокращенія. Но если препаратъ расположенъ параллельно оси соленоида и не давалъ при этомъ сокращеній, то и подводя станиоль мы не могли вызвать ихъ.

Однако, усиливая токъ въ первичной обмоткѣ, намъ удавалось получать сокращенія и при описанномъ «недѣятельномъ» расположеніи препарата внутри соленоида (параллельно оси). Рѣже это бывали сокращенія спонтанныя, чаще—отведенныя.

Итакъ, при замкнутомъ *Ruhmkorff*'ѣ значеніе ориентированія нервно-мышечнаго препарата къ проводнику, въ полѣ котораго онъ находится, выступаетъ вполне ясно.

Вблизи спиралей, черезъ которыя [проходятъ] токи высокаго напряженія, ориентированіе нервно-мышечнаго препарата тождественно съ указаннымъ Magini, внутри же соленоида—діаметрально противоположно.

ГЛАВА 4-я.

Вліяніе электрическаго поля на возбудимость двигательнаго нерва. Ислѣдованіе періода скрытаго раздраженія. Заключение.

То, что извѣстно было до послѣдняго времени о дѣйствіи электрическаго поля на нервы, не представляло достаточныхъ основаній предполагать, чтобы электричество, дѣйствуя на разстояніи, вызывало качественно иную реакцію, или вообще вліяло на физиологическія свойства нерва иначе, чѣмъ токи, при непосредственномъ приложеніи электродовъ къ нерву. Однако, прямыхъ опытовъ, которые доказывали-бы это апіорное заключеніе, насколько намъ извѣстно, до послѣдняго времени сдѣлано не было. Въ виду этого мы произвели нѣсколько опытовъ, изъ которыхъ въ однихъ мы исслѣдовали вліяніе электрическаго поля на возбудимость двигательнаго нерва, въ другихъ же сравнивали міограммы отъ непосредственнаго раздраженія нерва электродами отъ индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а съ міограммами отъ раздраженія электричествомъ на разстояніи.

Повышеніе возбудимости нервно-мышечнаго препарата, часто наблюдавшееся нами во время различныхъ опытовъ съ электрическимъ полемъ, и подмѣченное также *В. Данилевскимъ*¹⁾, повидимому не зависѣло отъ какихъ либо побочныхъ обстоятельствъ, но во всякомъ случаѣ нуждалось въ болѣе точномъ исслѣдованіи съ помощью графики. Рядомъ опытовъ мы убѣдились, что лягушечій препаратъ, не реагировавшій раньше на непосредственное раздраженіе его нерва слабымъ токомъ, обнаруживалъ сокращенія мускула послѣ того какъ на него подѣйствовало электрическое поле въ теченіе хотя-бы весьма короткаго времени.

Въ своихъ опытахъ мы испытывали слабымъ фарадическимъ токомъ отъ индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а возбудимость нерва лягушечьяго препарата до и послѣ дѣйствія на него электрическаго поля, развиваемаго квадратнымъ цинковымъ щиткомъ, соединеннымъ съ однимъ изъ борновъ *Ruhmkorff*'а (униполярно).

Приводимъ одинъ изъ относящихся сюда опытовъ съ графикою.

¹⁾ Arch. d. Physiol. 1897 г., № 3-й.

Опытъ 33. Въ первичной цѣпи *Ruhmkorff*'а 3 аккумулятора; одинъ изъ борновъ соединенъ съ цинковымъ щиткомъ-электродомъ, размеромъ 34×34 сант., другой—отведенъ въ землю черезъ газопроводъ. Противъ щитка на разстояніи 20—25 сантиметровъ, помѣщенъ на міографѣ нервно-мышечный препаратъ, закрытый на этотъ разъ стеклянной влажной камерой. Подъ нервъ подведена (касаясь) обыкновенная платиновая вилочка-электродъ отъ вторичной спирали *Du-Bois-Reymond*'а и фиксирована такъ, чтобы не могла сдвигаться во время опыта съ того мѣста нерва, на которомъ была установлена. Возлѣ міографа, какъ всегда,—барабанъ *Balzar*'а. Нервно-мышечный препаратъ съ землею не соединенъ, реагируетъ сокращеніями лишь на *размыканіе* тока въ первичной спирали *Ruhmkorff*'а.

Катушки индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а установлены на такомъ разстояніи одна отъ другой, чтобы одиночныя размыканія индукторіума давали весьма слабыя сокращенія (1-я группа высотъ на кривой 31, наблюденіе 1-е, табл. II). Получивъ эти «пробныя» высоты, мы тотчасъ подвергали НМ-препаратъ дѣйствію электрическаго поля, повторно замыкая и размыкая токъ въ первичной спирали *Ruhmkorff*'а. Высоты сокращеній, полученныхъ при этомъ, составляютъ вторую (2) группу на кривой 31 (наблюденіе 1-е). Вслѣдъ за этимъ мы снова раздражали нервъ индукторіумомъ *Du-Bois-Reymond*'а сохраняя, конечно, то-же разстояніе между катушками его (340 мм.) и получали 3-ю группу высотъ. Тому же порядку опыта соотвѣтствуютъ высоты набл. 2-го на той-же абсциссѣ. Сравнивая въ каждомъ наблюденіи (крив. 31.) высоты группъ 1-й и 3-й, мы видимъ, что послѣ электризаціи «электродомъ-возбудителемъ» препаратъ реагировалъ болѣе сильными сокращеніями на «пробный раздражитель» той же силы, чѣмъ до того. Повторяя эти наблюденія много разъ, мы убѣдились въ постоянствѣ явленія, а потому полагаемъ, что возбудимость двигательнаго нерва дѣйствительно повышается въ электрическомъ полѣ.

На приведенной здѣсь кривой, въ набл. 1, высоты до электризаціи 1—2 мм.; послѣ нея—9 мм.; въ набл. 2 высоты до электризаціи 2—3 мм.; послѣ нея—10 мм.

Приступая къ изученію міограммъ, получаемыхъ при раздраженіи нерва лягушечьяго препарата электричествомъ на разстояніи сравнительно съ кривыми мускульныхъ сокращеній, получаемыми отъ раздраженія нерва электродами индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а, непосредственно приложенными къ нему, мы имѣли въ виду измѣрять на нихъ періодъ скрытаго раздраженія, высоты и длину. Весьма простыми опытами легко убѣдиться, что тѣ и другія міограммы, при равенствѣ высотъ сокращенія, отъ того и отъ другого раздражителя, оказываются совершенно тождественными.

дественными какъ по формѣ, крутизнѣ, такъ и по длинѣ. Гораздо труднѣе изслѣдовать, не различается ли реакція нервно-мышечнаго препарата въ томъ и другомъ случаѣ по періоду скрытаго раздраженія.

Какъ извѣстно, различные изслѣдователи получали далеко не одинаковыя величины для періода скрытаго раздраженія и притомъ въ зависимости, главнымъ образомъ, отъ метода изслѣдованія. Наименьшая величина его получается при большемъ совершенствѣ механическихъ приспособленій, какъ то: болѣе легкомъ пишущемъ рычажкѣ, возможно маломъ треніи на оси его, вертикальномъ положеніи мускула на міографѣ, когда исключено треніе на блокѣ, ибо сухожиліе мускула прикрѣпляется прямо къ пишущему рычажку, и т. д. При такихъ приспособленіяхъ работало въ новѣйшее время *Tiegerstedt*¹⁾; на основаніи своихъ изслѣдованій онъ указываетъ весьма малую величину періода скрытаго раздраженія; для мускула лягушки она равна по *Tiegerstedt*²⁾ 0,003—0,008, въ среднемъ 0,005 секунды. Прежнія изслѣдованія, напримѣръ *Helmholtz*'а, работавшаго съ болѣе грубымъ міографомъ, показывали гораздо большія величины—до 0,01 сек.³⁾ Въ нашихъ опытахъ, необходимость устраненія металлическихъ частей на міографѣ, конечно, понизила степень точности регистраціи періода скрытаго раздраженія; вотъ почему, даже при возможно маломъ отягощеніи рычажка міографа (5 грам. по оси)—мы получали довольно значительныя величины⁴⁾. При всемъ томъ для цѣлей сравнительнаго изслѣдованія мы считаемъ наши опредѣленія достаточно точными—на томъ основаніи, что требованіе производить сравнительныя опредѣленія *ceteris paribus* нами было удовлетворено. Для раздраженія электричествомъ на разстояніи мы пользовались нашимъ обычнымъ описаннымъ въ 1-ой главѣ, униполярнымъ дѣйствіемъ *Rubmkorff*'а черезъ посредство «электрода-возбудителя», цинковаго щитка размеръ 13×13 сантиметровъ.

Въ цѣпи первичной спирали *Rubmkorff*'а находился нашъ ртутный ключъ для одиночныхъ перерывовъ тока и электромагнитный отмѣтчикъ момента раздраженія нерва. Этотъ электромагнитъ соединялся, кромѣ того, съ гиротропомъ *Pohl*'а, при помощи котораго токъ къ нему могъ проводиться, смотря по надобности, то отъ *Rubmkorff*'а, то отъ саннаго аппарата *Du-Bois-Reymond*'а. Нервъ лежалъ на неполяризующихся

¹⁾ См. у *Langendorf*'а *Physiologische graphic*. стр. 159—161.

²⁾ *Biedermann*. *Electrophysiologie*, Jena, 1895 г., ч. I, стр. 64.

³⁾ *Ibid.*, стр. 62.

⁴⁾ Это отягощеніе рычажка вызвано исключительно необходимостью оказать противодействие собственной тяжести мускула, который безъ этого, дрябло свѣшивался книзу, будучи по необходимости расположенъ на нашемъ міографѣ горизонтально.

кисточковыхъ электродахъ, расположенныхъ, обыкновенно, около середины нерва на разстояніи $\frac{1}{2}$ сантим. другъ отъ друга.

Въ первичной цѣпи *Rubmkorff*'а было 3 аккумулятора, а въ цѣпи индукторіума 1 элементъ *Grenet*. Оба эти раздражителя устанавливались такъ, чтобы на предварительномъ испытаніи, непосредственно предшествовавшемъ записи міограммы, они вызывали сокращенія одинаковой силы, *resp.* высоты. Время регистрировалось камертономъ въ 500 колебаній въ 1 сек., который вибрировалъ непрерывно во время регистраціи, приводимый въ движеніе электромагнитомъ. Кимографъ *Balzar*'а установленъ былъ на максимальную скорость, которую только могъ давать нашъ аппаратъ (0,5 метр. въ 1 сек.).

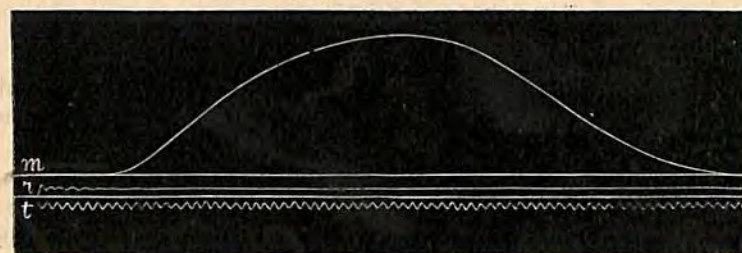


Рис. XIX. Міограмма отъ раздраженія электричествомъ на разстояніи. *m*—абсцисса кривой сокращенія мускула лягушки; *r*—отмѣтка момента раздраженія; *t*—колебанія камертона (500 въ 1 сек.), записывавшаго время, *resp.* скорость вращенія барабана кимографа.

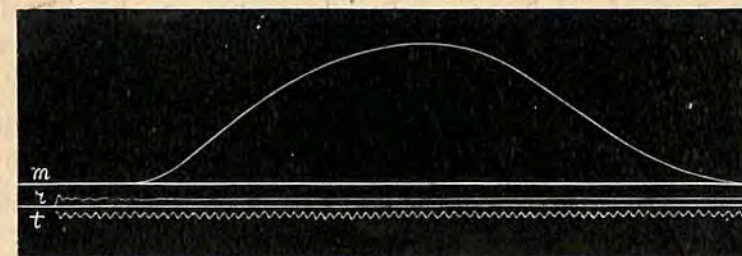


Рис. XX. Міограмма отъ раздраженія электродами индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а, проведенными къ нерву непосредственно. Обозначенія *m*, *r* и *t* тѣ же, что на рис. XIX.

Раздраженіе нерва производилось обычнымъ образомъ: одиночными размыканіями, для одной міограммы—въ *Rubmkorff*'ѣ, для другой изъ сравниваемыхъ міограммъ—въ индукторіумѣ *Du-Bois-Reymond*'а. Въ томъ и другомъ случаяхъ мы замыкали на моментъ ртутный ключъ въ первичной цѣпи и вытягивали ртуть въ «нить»; пустивъ въ ходъ барабанъ кимографа и замкнувъ цѣпь электромагнитнаго камертона, размыкали токъ въ первичной цѣпи *Rubmkorff*'а или индукторіума *Du-Bois-Reymond*'а.

Такимъ образомъ, на абсциссахъ *m*, *r* и *t* (рис. XIX и XX) мы получали міограмму (*m*), отмѣтку момента размыканія тока, *resp.*

раздраженія нерва (r), и періодъ скрытаго раздраженія (t) въ пяти-сотыхъ доляхъ секунды.

Нижеслѣдующая таблица, въ которой собраны измѣренія сравниваемыхъ кривыхъ и періодовъ скрытаго раздраженія, показываетъ наравнѣ съ рис. XIX и XX, что разниа между сокращеніями отъ раздраженія нерва электрическимъ полемъ (R) и электродами индукторіума *Du-Bois-Reymond'a* (I) весьма незначительна и, если обнаруживаетъ нѣкоторое постоянство, то исключительно по отношенію къ періоду скрытаго раздраженія: въ большинствѣ случаевъ онъ короче для электрическаго поля, чѣмъ для индукторіума при непосредственной аппликаціи электродовъ его къ нерву. Разниа эта, однако, настолько незначительна, что мы вправѣ ею пренебречь.

ТАБЛИЦА ИЗМѢРЕНІЙ КРИВЫХЪ.

R—міограммы отъ раздраженія электричествомъ на разстояніи.
I— " " " " электродами индукторіума *Du-Bois-Reymond'a*.

p—періодъ скрытаго раздраженія, въ тысячныхъ доляхъ секунды.
h—высота, l—длина міограммы (по абсциссѣ) въ миллиметрахъ.

NB. Каждому № опыта соотвѣтствуетъ новый нервно-мышечный препаратъ.

№ опыта.	R			I		
	p	h	l	p	h	l
34	17	15	68	18	14,5	67
35	17	12,5	68	18	12,5	66
—	16	13	66	17	13	69
—	18	13	67	18	13	69
—	18	—	67	—	—	—
36	18	13,5	67	18	13,5	71
37	18	13,5	58	18	11,5	58,5
—	—	—	—	18	11,5	64
38	15	15	80	18	15,5	80
—	17	15,5	81	18	15,5	79
39	17	17,5	81	18	17	80
—	18	17,5	83	19	17,5	75
40	18	17	78	18	18	80
—	15	18	75	17	—	75

Заканчивая этимъ изложеніе нашихъ опытовъ, приводимъ вкратцѣ ихъ результаты.

1. Двигательный нервъ можетъ возбуждаться электричествомъ на разстояніи даже при полной изолированности его отъ какихъ бы то ни было проводниковъ.

2. Если данный нервно-мышечный препаратъ или цѣлое животное (лягушка) не реагируютъ на раздраженіе въ электрическомъ полѣ, будучи изолированы, то соединеніе ихъ съ землею или съ какимъ нибудь проводникомъ большой поверхности вызываетъ сокращеніе мускуловъ. Такимъ-же образомъ можетъ дѣйствовать (хотя слабѣе) и простое приближеніе къ нервно-мышечному препарату какого нибудь проводника съ достаточно большою поверхностью.

3. Проводники отдѣляющіе, какъ ширма, нервъ отъ электродовъ, развивающихъ дѣятельное электрическое поле, могутъ препятствовать возбужденію нерва. Возбужденіе уничтожается также и проводниками, составляющими «побочную» замкнутую цѣпь съ нервно-мышечнымъ препаратомъ.

4. Возбужденіе двигательнаго нерва находится въ прямой зависимости отъ размѣровъ электрода, развивающаго дѣятельное электрическое поле и въ обратной—отъ разстоянія его отъ нерва; и при томъ одинаково—замкнута ли вторичная цѣпь *Ruhmkorff'a* спиралями (resp. прямою проволокой), или *Ruhmkorff* разомкнута, дѣйствуя черезъ «электроды-возбудители» униполярно.

5. При биполярномъ расположеніи электродовъ, развивающихъ дѣятельное электрическое поле, раздражающее дѣйствіе обоихъ электродовъ вмѣстѣ не только не сильнѣе дѣйствія каждаго въ отдѣльности, но, при положеніи нерва и мускула, близкомъ къ симметричному между ними, взаимно ослабляется,—до нуля при полной симметріи.

6. Возбужденіе нерва находится въ зависимости отъ взаимнаго расположенія нервно-мышечнаго препарата и электрода-возбудителя (при разомкнутомъ *Ruhmkorff'ѣ*) или спирали (resp. прямой проволоки), замыкающей *Ruhmkorff*, только при относительно слабомъ напряженіи тока въ немъ. При большомъ напряженіи тока въ *Ruhmkorff'ѣ* мускуль лягушечьяго препарата сокращается во всякомъ положеніи относительно проводника-раздражителя. Мало того, при «неблагопріятномъ» расположеніи препарата, приближеніе проводниковъ можетъ вызывать сокращенія.

7. При разомкнутомъ *Ruhmkorff'ѣ* (униполярномъ раздраженіи) сокращенія сильны, если нервно-мышечный препаратъ *перпендикуляренъ* къ «электроду-возбудителю» и слабы (resp. совсѣмъ отсутствуютъ)—при *параллельномъ* расположеніи ихъ.

При *Rubmkorff*'а, замкнутомъ спиралью или прямою проволокой, мускуль сокращается сильно, если нервно-мышечный препаратъ расположенъ *параллельно* оси спирали (resp. прямой проволоки) и остается въ покоѣ, если препаратъ *перпендикуляренъ* къ ней.

Внутри же соленоида, замыкающаго вторичную цѣпь *Rubmkorff*'а, мускуль остается въ покоѣ при расположеніи нервно-мышечнаго препарата *параллельномъ* оси соленоида и сокращается при положеніи *перпендикулярномъ* къ ней.

8. Въ электрическомъ полѣ, при достаточномъ его напряженіи (униполярномъ раздраженіи), возбудимость нерва повышается: на тотъ же самый пробный раздражитель, *ceteris paribus*, нервъ реагируетъ сильнѣе непосредственно послѣ дѣйствія электрическаго поля, чѣмъ до этого дѣйствія, или нѣкоторое время спустя.

9. Одинокое раздраженіе двигательнаго нерва электричествомъ на разстояніи, сравнительно съ дѣйствіемъ одиночнаго индукціоннаго удара, непосредственно проведеннаго въ нервъ электродами, не отличается ни по формѣ міограммы, ни по продолжительности періода скрытаго раздраженія.

Имѣя въ виду въ близкомъ будущемъ продолжать наши изслѣдованія въ томъ же направленіи и въ той же лабораторіи, мы находимъ болѣе правильнымъ не входить здѣсь въ теоретическое обсужденіе полученныхъ нами результатовъ, какъ съ физиологической стороны, такъ и съ точки зрѣнія физическихъ условій нашихъ опытовъ.

Здѣсь-же считаю пока вполне достаточнымъ высказать слѣдующія предположенія, на которыя насъ наводятъ изложенные здѣсь опыты (какъ мои, такъ и нашихъ предшественниковъ). Мы полагаемъ, во первыхъ, что въ такъ называемомъ электростатическомъ полѣ раздраженіе нерва вызывается не статическимъ состояніемъ электричества, но кинетическимъ («динамизація электрическаго заряда нерва» по *В. Данилевскому*.) Во вторыхъ,—что всѣ вышеописанныя явленія объясняются для соответственныхъ условій опыта «самораздраженіемъ» нерва подъ влияніемъ электрическаго тока, который возникаетъ въ немъ путемъ индукціи, а не проводится къ нерву извнѣ.

Пользуюсь случаемъ выразить свою искреннюю признательность глубокоуважаемому учителю, профессору *Василію Яковлевичу Данилевскому*, со стороны котораго я всегда находилъ и нравственную опору и дѣятельную помощь при производствѣ моихъ изслѣдованій.

СПИСОКЪ ЦИТИРОВАННЫХЪ СОЧИНЕНІЙ.

1. *Galvani*. De viribus Electricitatis in motu musculari. Commentarius 1791 г. Bologna, (цит. по *Du-Bois-Reymond*'у. Untersuchungen u. Thierische Electricität т. I).
2. *Du-Bois-Reymond*. Untersuchungen über Thierische Electricität, 4 т. Berlin, 1848 г.
3. *W. Zahn*. Ueber verstärkte Wirkung unipolarer Induction durch Influenz (Pflüger's Arch. т. I, 1868 г.).
4. *Tiegel*. Ueber Tetanisiren durch Influenz. (Pflüger's Arch. т. XII, 1876 г.).
5. *Gergens*. Versuche über Reflexbewegung mit Influenzapparat. (Pflüger's Arch., т. XIII, 1876 г.).
6. *Schiff*. Contribution à l'étude des effets des bobines d'induction sur le système nerveux. (Recueil des mémoires physiologiques de Maurice Schiff, 1894 г., т. I).
7. *Magini*. Erregung der Nerven durch den Unipolaren Inductionsstrom. (Moleschott's Untersuchungen z. Naturlehre d. Menschen u. der Thiere, 1885 г. т. XIII).
8. *L. Hermann*. Hat das magnetische Feld directe physiologische Wirkungen? (Pflüger's Arch. т. XLIII, 1888 г.).
9. *d'Arsonval*. L'autoconduction ou nouvelle méthode d'électrisation des êtres vivants etc. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences т. CXVII, Paris, 1893 г.
10. *Idem*. Les hautes fréquences (Exposé de titres et de travaux scientifiques du D-r A. d'Arsonval. Paris 1894 г.).
11. *Roux*. Note sur l'emploi en physiologie expérimentale des courants alternatifs de haute tension produits par les machines électrostatiques. Paris 1894 г.
12. *Dauly*. Le courant alternatif obtenu à l'aide des machines électrostatiques Paris, 1894 г. (цитир. по *Roux* см. выше 11)
13. *В. Данилевскій*. Recherches sur l'excitation des nerfs par les rayons électriques. (Archives de Physiol. № 3, juillet 1897 г.)
14. *Idem*. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris, Juin 1897 г.
15. *Idem*. «Вѣстникъ Медицины» 1896 г. № 24 и 1897 г. № 4. Новый электроиндуктивный способъ раздраженія нервовъ.
16. *J. Loeb*. Zur Theorie des Galvanotropismus (Pflüger's Arch. Bg. 67. 1897 г.).
17. *Idem*. Ueber die physiologische Wirkung electricischer Wellen (Pflüger's Arch. Bd. 69. 1897 г.).
18. *И. Тархановъ*. Электрическія дѣйствія крутковой трубки въ качествѣ возбуждителя животныхъ тканей на разстояніи (Большичная Газета Боткина 1897 г. № 13 и 1896 г. стр. 753—785).
19. *Л. Мороховецъ*. Le champs électrostatique en physiologie (Le Physiologiste Russe №№ 1 et 2. Moscou, 1898 г.).

20. Langendorff. Physiologische Graphic. 1891 г.
21. Biedermann. Electrophysiologie. 1895 г. ч. I.
22. Lewandowsky. Электродиагностика и электротерапия русск пер. 1889 г. СПб.
23. Onimus et Legros. Traité d'électricité médicale, Paris 1872 г.
24. Erb. Руководство къ электротерапии. Русск. перев. СПб. 1882 г.
25. Stein. Методы общей электризации. Русск. перев. СПб. 1883 г.
26. E. Remak. Электродиагностика и электротерапия. Русск. пер. 1888 г.
27. L. Hoorweg. Медицинская электротехника и ея физическія основы. Русск. пер. СПб. 1894 г.
28. Alimonda. Der menschliche Organismus und dessen Heilung vermittelst der Electricität. 2 тома. Triest. 1894 г.
29. H. Bordier. Précis d'électrothérapie. Paris 1897 г.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

<i>Предисловіе.</i>	Стр.
<i>Литература</i>	I
Собственныя изслѣдованія.	
Методика	20
<i>Глава 1.</i> Опыты съ плоскими электродами разомкнутой вторичной цѣпи <i>Ruhmkorff</i> 'а. Униполярное раздраженіе	24
<i>Глава 2.</i> Раздраженіе биполярное	42
<i>Глава 3.</i> Опыты съ замкнутой вторичной цѣпью аппарата <i>Ruhmkorff</i> 'а	53
<i>Глава 4.</i> Вліяніе электрическаго поля на возбудимость нерва. Изслѣдованіе періода скрытаго раздраженія. Заключеніе.	66
Списокъ цитированныхъ сочиненій	73
Поясненія къ таблицамъ кривыхъ	

Поясненія къ таблицамъ кривыхъ

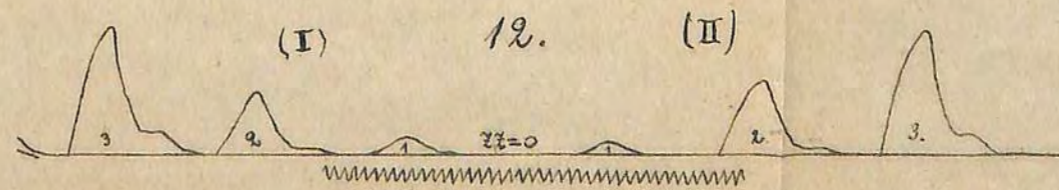
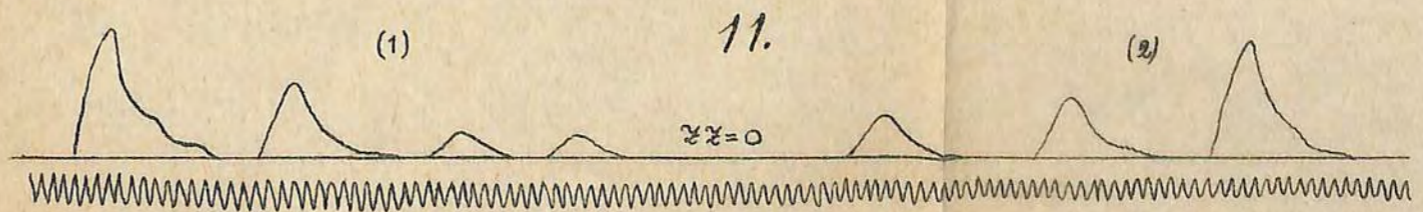
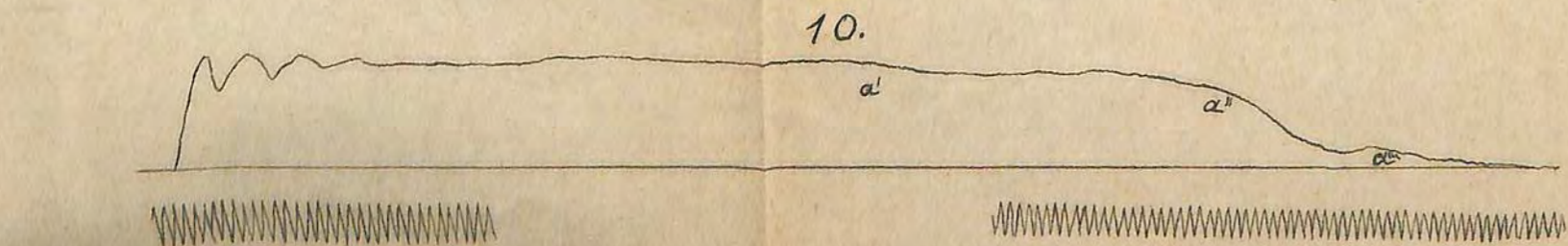
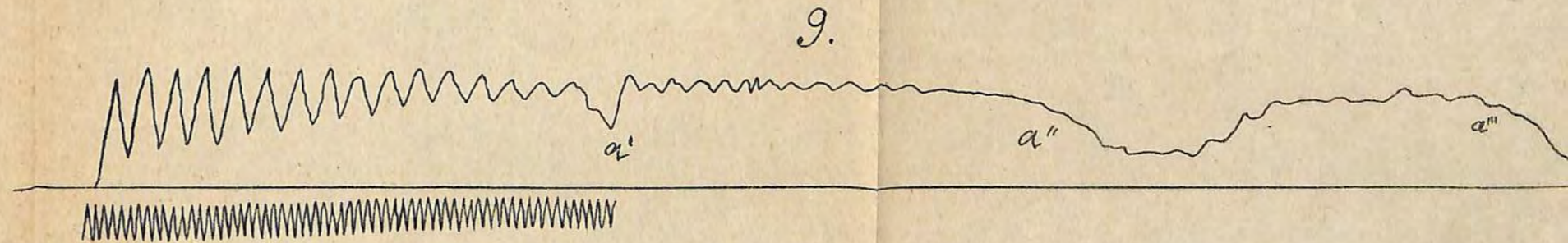
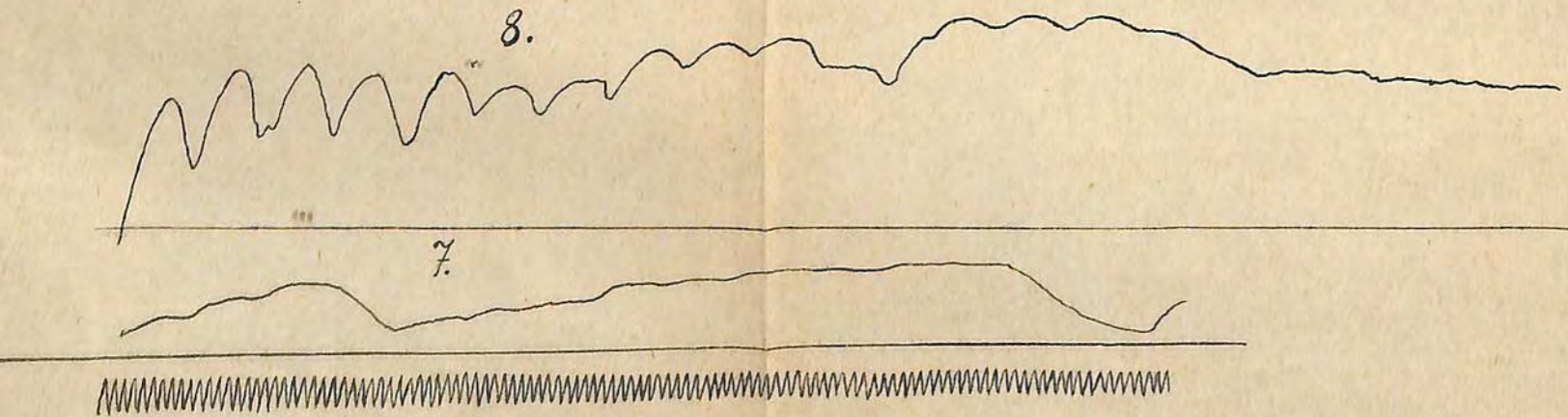
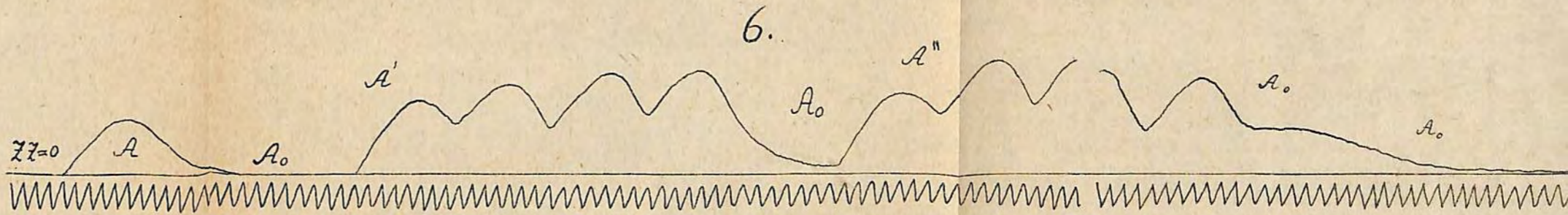
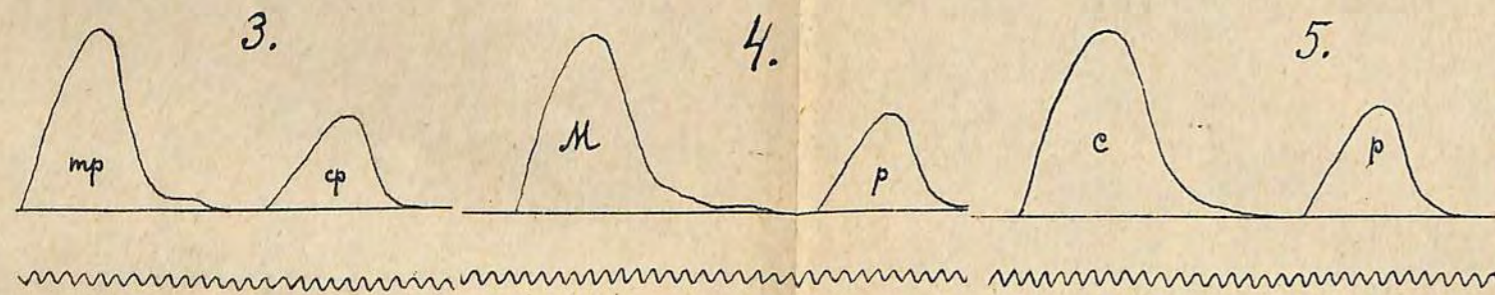
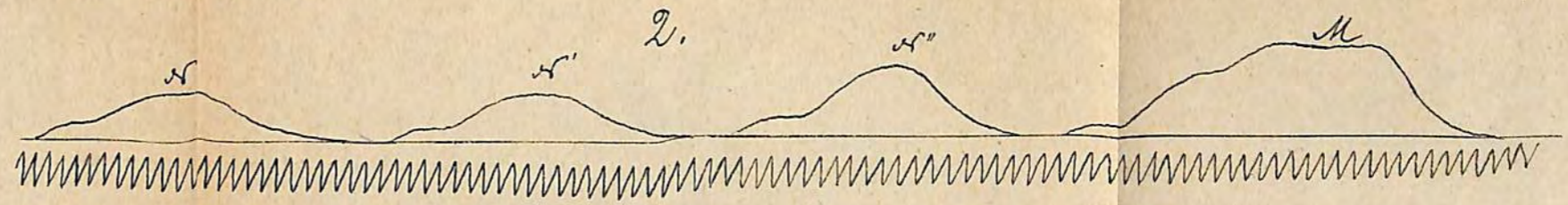
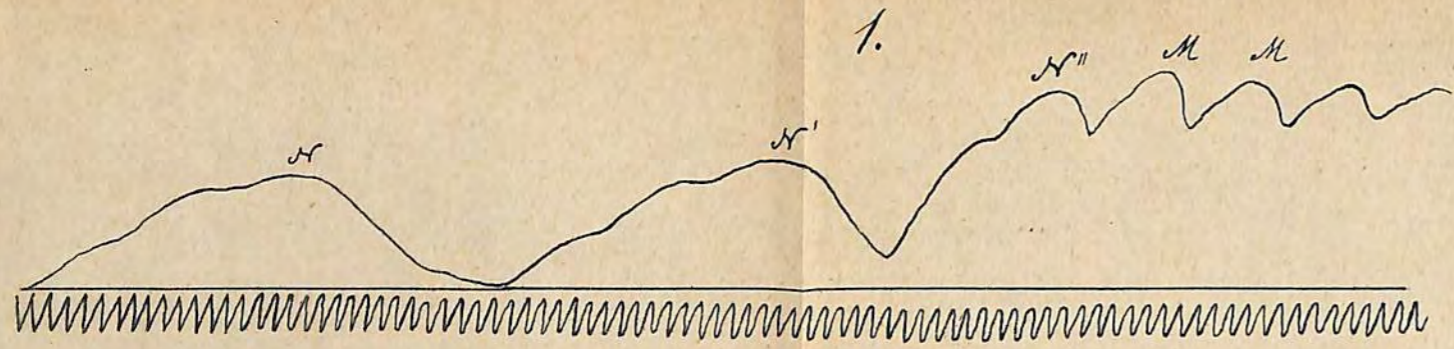
Таблица I. На всѣхъ кривыхъ подъ абсциссами нанесено время, гесп. скорость барабана кимографа. Волнообразная линия изображаетъ колебанія камертона—50 въ 1 сек. Кривыя 7 и 8 сняты отъ одного и того же мускула при одинаковой для обѣихъ скорости барабана.

Таблица II. На кривыхъ 14 и 15, 16 и 18 подъ абсциссой нанесены колебанія камертона—50 въ сек. (скорость барабана кимографа, время). Кривыя 15, 16, 17 и 18 сняты были отъ одного и того же мускула одна вслѣдъ за другой, при одной и той же скорости барабана.

На кривыхъ 21, 22 и 23 тотчасъ подъ абсциссой нанесены электромагнитомъ отмѣтки частоты перерывовъ тока въ первичной катушкѣ Ruhmkorff'a, а подъ ними—время (скорость вращенія барабана) въ секундахъ и полу-секундахъ. На кривыхъ 13, 19 и 20, 24, 25 и 26 подъ абсциссой нанесены отмѣтки секундомѣра—секунды и полу-секунды. Кривыя 19 и 20 сняты при одной и той же скорости барабана кимографа.

На всѣхъ кривыхъ высоты сакрашеній увеличены мюграфомъ въ $4\frac{1}{2}$ раза.

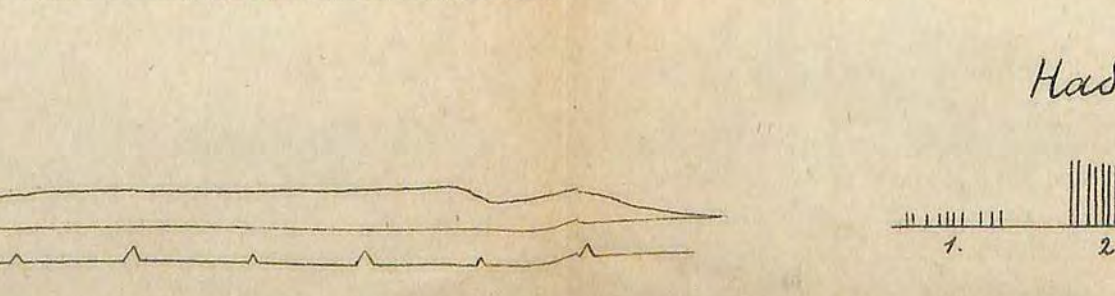
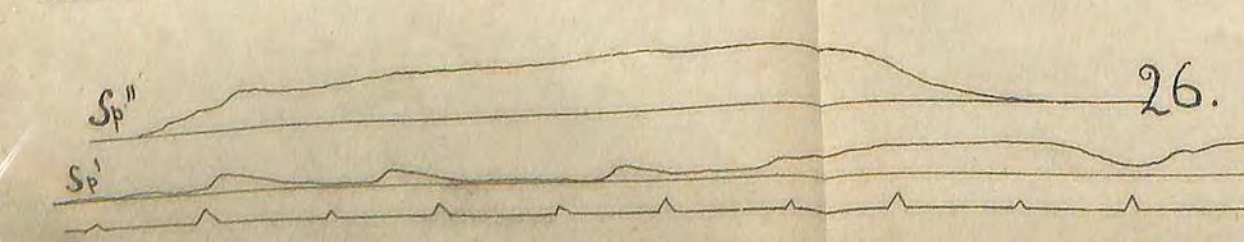
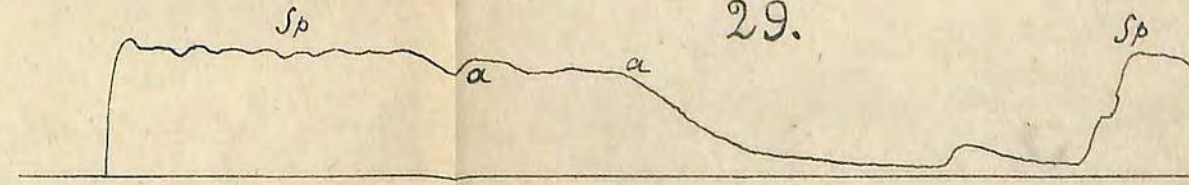
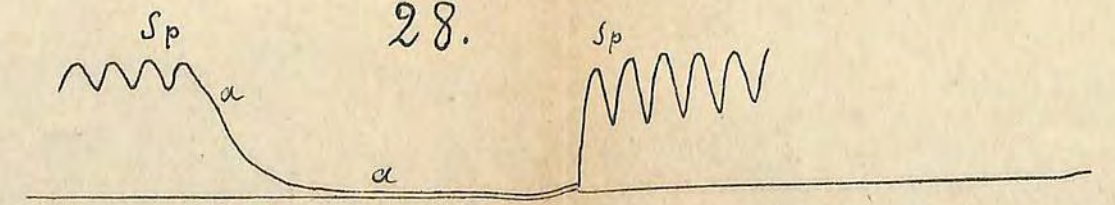
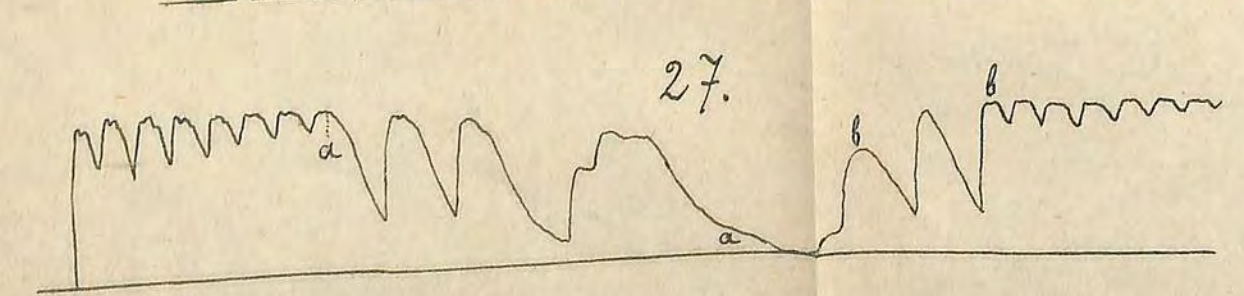
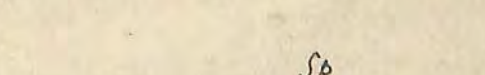
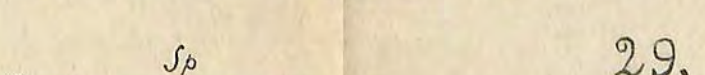
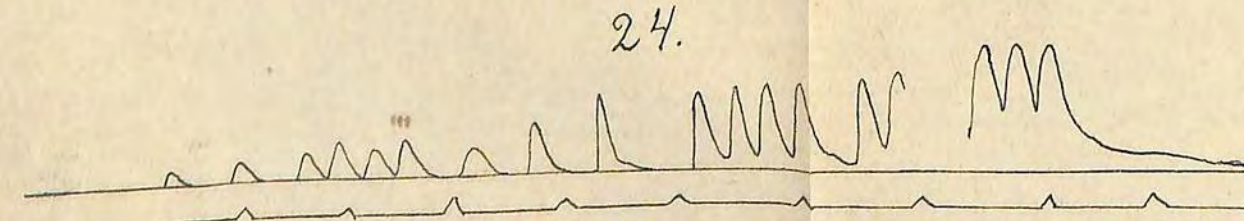
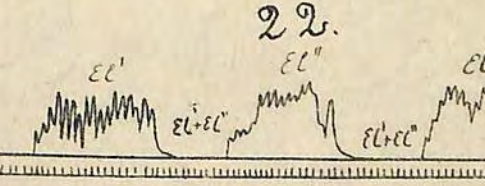
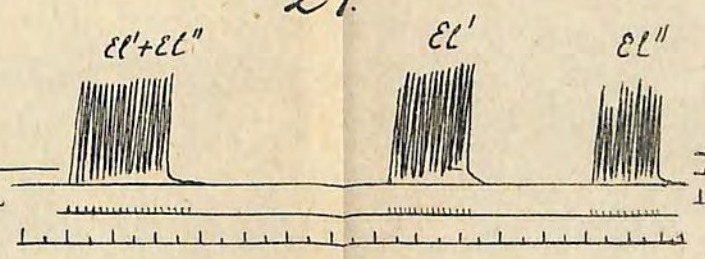
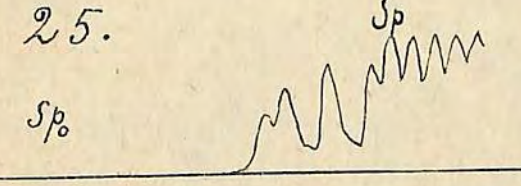
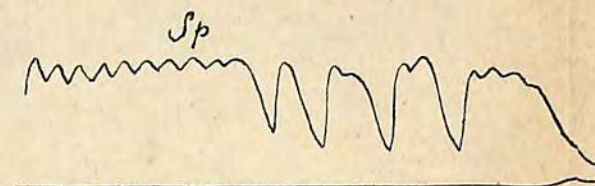
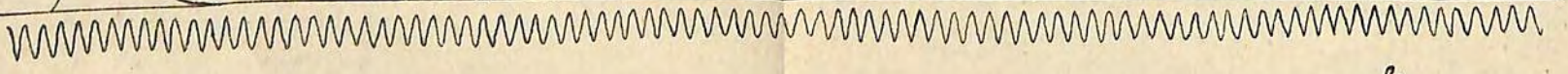
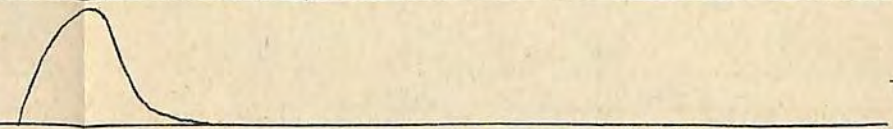
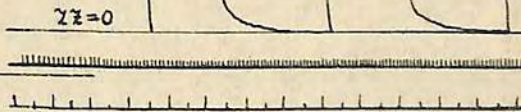
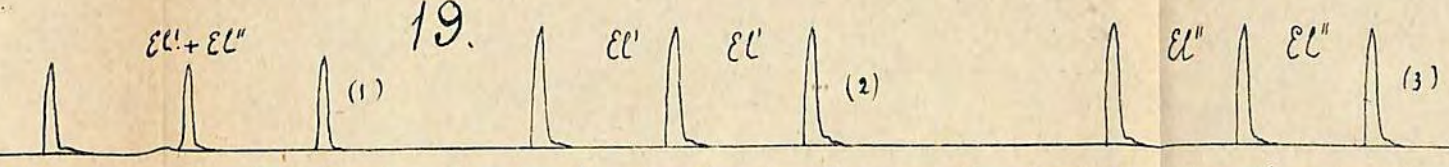
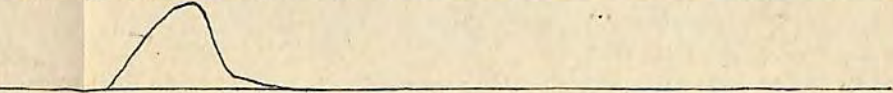
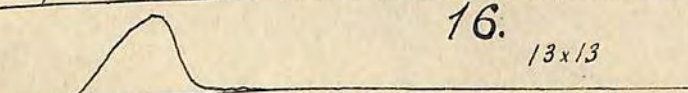
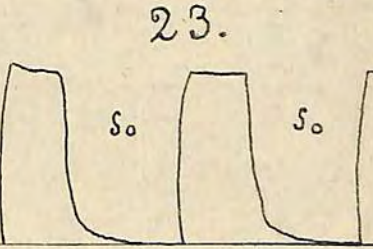
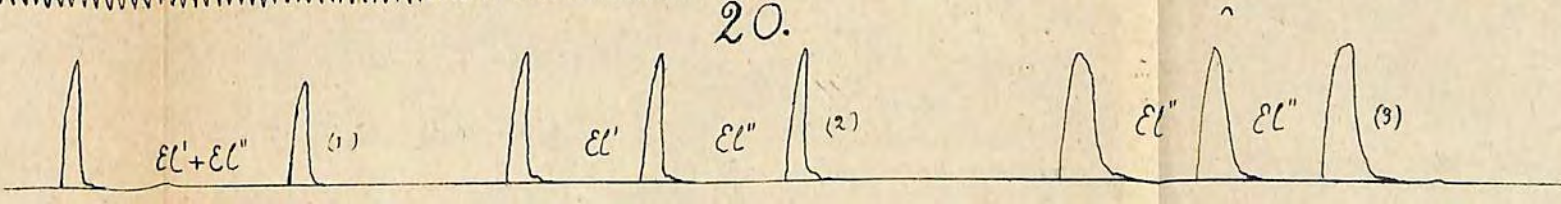
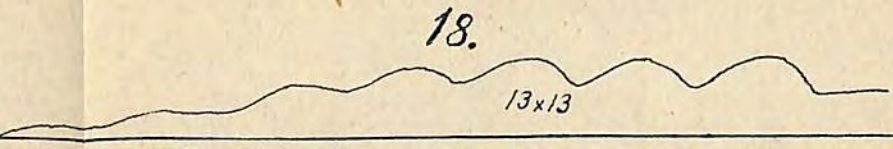
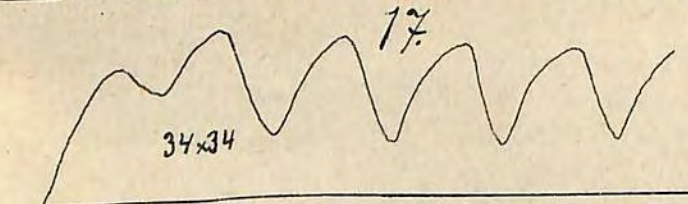
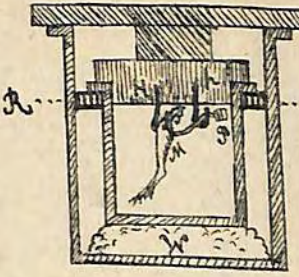
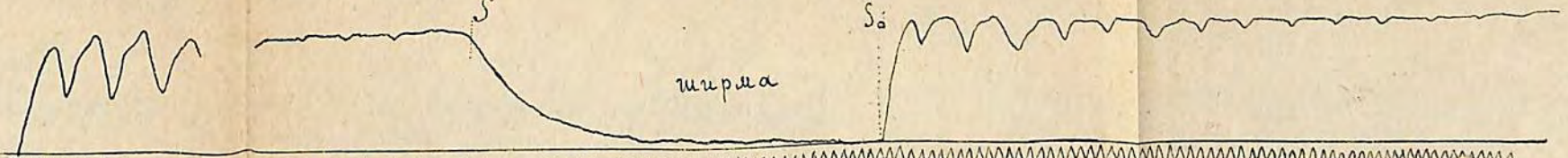
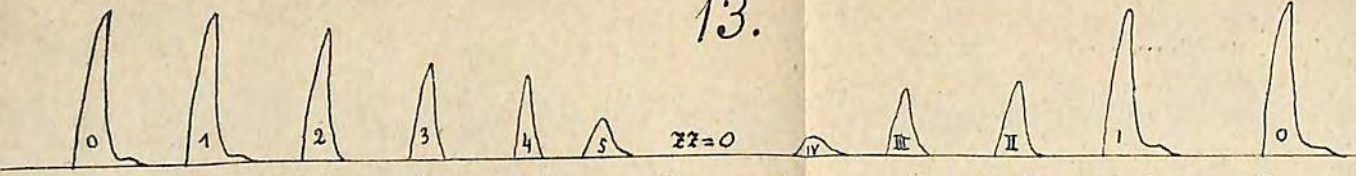
Таб. I.



Таб. II.

13.

14.



Наблюд. 1^е

31.

Наблюд. 2^е

