

Ueber die nervösen Elemente in der Retina des Menschen.

Von

A. S. Bogiel.

Professore der Histologie an der Universität Tomsk (Sibirien).

Zweite Mittheilung¹⁾.

Illust. Tafel II.

Die Nervenfaserschicht der menschlichen Retina besteht aus nackten Axencylindern, welche in einer und derselben Retina von sehr verschiedener Dicke sind; hierbei finden sich in einer und demselben Nervenbündel constant sowohl dicke als auch sehr dünne — fadenförmige — Axencylinder. Gewöhnlich sind dieselben in ihrem Verlaufe mit spindeligen oder kugelförmigen variösen Verdickungen versehen; die Größe dieser Variositäten steht einerseits von der Dicke des Axencylinders selbst, andererseits aber von der Färbung der in Untersuchung kommenden Netzhaut in Abhängigkeit. In den Fällen, wo es gelingt, eine Retina $\frac{1}{2}$, 1 bis 2 Stunden nach dem Tode, also noch fast ganz frisch zur Untersuchung zu bekommen, sind die variösen Auskuffungen meist von sehr geringer Größe, wobei sie an den dickeren Axencylindern größer zu sein pflegen als an den dünneren.

In dem Bestand eines jeden Axencylinders treten ausser feine Nervenfilien — Fibrillen — und eine inter fibrilläre Substanz, (das Axoplasma nach Schickferdecker²⁾). Die Fibrillen liegen sich gewöhnlich sehr intensiv in Methylblau und erscheinen ihrer Länge nach von kleinen perlkörnigen Verdickungen be-

1) Der vorliegende Aufsatz ist eine Fortsetzung meiner in Bd. 28 dieses Archivs (1901) abgedruckten Arbeit.

2) Schickferdecker und Kossel, Gewebelehre mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Körpers. Bd. II. Braunschweig 1901.

nerer Bündel; die einen von ihnen lösen sich in einzelne Fasern auf, welche hier selbst — im Bereiche des gelben Fleckes — der Beobachtung entschwinden (Fig. 2), während andere den Rand der Fovea centralis erreichen und dieselbe ringförmig umstürzen, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich. Von dem selben erwählten Nervenzüge, theils aber auch von anderen, sich nicht direct an dessen Bildung beteiligenden Nervenzweigen gehen sehr feine Aestchen sowie auch vereinzelte Nervenfaser ab, welche in schräger Richtung allmählich zum Grunde der Fovea herabsteigen und durch gegenseitige Verflechtung schliesslich einen an den Seitenwänden sowie an dem Grunde der Fovea centralis gelegenen, breitenmaschigen Plexus bilden (Fig. 2).

Mithin hört die Nervenfaserschicht nicht etwa in 0,4 mm Entfernung von dem Centrum der Fovea centralis auf, wie dies von einigen Beobachtern (Schwalbe¹⁾ und A.) angenommen wird, sondern sie besteht in Gestalt einer sehr dünnen, aus feinen Bündeln und einzelnen Axoncyllindern bestehenden Schicht auch im Grunde (Fundus) der Fovea fort.

Angehend die Nervenfaser, welche oberhalb und unterhalb der soeben beschriebenen (und wie bereits gesagt, ausschliesslich dem gelben Flecke zugehörenden) Bündel liegen, so zeigen sie aufzugs einen bogenförmigen Verlauf; an dem Rande des gelben Fleckes angelangt, wenden sich die Enden der unteren Bündel nach oben, die der oberen Bündel dagegen abwärts, begegnen einander und treten schliesslich zu einer Reihe von Bögen zusammen, deren Convexität gegen die Ora serrata gerichtet ist, während ihre concave Seite dem Ansaarande der Macula lutea sich wendet (Figg. 1 und 2). Aus dem, kurz am Rande der letzteren entlang ziehenden Nervenzweigen spaltet sich eine Anzahl von Fasern ab, welche letztere in das Gebiet der Macula sich entsenden (Fig. 2).

Gewöhnlich vereinigen sich aus die Enden der, dem Ansaarande der Macula näher gelegenen Nervenzweige in geschlossenen Bögen, während die Enden der übrigen, weiter abwärts liegenden Bündel dort, wo sie einander begegnen, sich allmählich verjüngen und schliesslich in sehr feine Bündelchen und sogar in einzelne Fasern zerfallen (Fig. 1c). Sowohl

diese als auch jene bilden durch unvollständige Verflechtung unter einander einen besonderen, die betreffende Stelle der Netzhaut charakterisirenden, mehr weniger breitenmaschigen Plexus, in dessen Bereiche die Nervenfaserschicht nur als eine sehr dünne Schicht erscheint (Fig. 1c). Der genannte Plexus bildet einen ziemlich schmalen (1,0—1,5 mm im Querschnitt betragenden) Streifen, welcher in 1—1,50 mm jenseit des äusseren Randes der Macula lutea beginnt und in gerader Richtung bis zu einem Punkte reicht, wo die Nervenfaser auf's Neue eine gestreckte, radiale Richtung annimmt, was etwa 3—4 mm weit nach aussen von der Fovea centralis eintritt (Fig. 1f).

Im Bereiche des soeben beschriebenen Plexus besteht die innere gangliöse Schicht aus zahlreichen, in mehreren Reihen über einander liegenden Nervenzellen und umgibt somit diese Stelle der Netzhaut, sowohl in der Anordnung ihrer Nervenfaser als auch in der Dicke der inneren gangliösen Schicht zu dem Gebiete der Macula lutea.

Michel¹⁾ weist bereits auf die Thatsache hin, dass die Nervenzweige nicht an einer Stelle der Netzhaut in doppelter Lage angeordnet sind; diese Stelle liegt oberhalb des zwischen dem Subjunctivum und der Fovea centralis gelegenen Netzhauttheils. An Methylolinsäurepräparaten ist es leicht wahrnehmbar, dass die Nervenfaser nicht allein an der von Michel bezeichneten Stelle eine doppelte Lage bilden, sondern ebenso auch noch in einiger Entfernung oberhalb und unterhalb des von mir eben beschriebenen Plexus und zwar also dem Übergange der Fasern in die radiale Richtung (Fig. 1g). Gewöhnlich spalten sich von der, der inneren gangliösen Schicht zugewandten Seite der Nervenzweige noch weniger feine secundäre Bündelchen, sowie auch einzelne Fasern ab, welche die radial verlaufenden Bündel unter mehr oder weniger scharfem Winkel kreuzen und unter allmählicher Verschmälerung nahe der Ora serrata dem inneren Netzhautsegmente eine doppelte — innere und äussere — Lage von Nervenzweigen, wobei die in den Bestand der erstgenannten Lage tretenden Bündel in dem oberen Theile des erwählten Segmentes noch aufwärts, die in dem unteren Segmente

1) Lehrbuch der Anatomie des Sinnesorgans. Erlangen 1887.

gelegenen Bündel dagegen nach abwärts ziehen und in ihrem Verlaufe sich mit den mittleren Bündeln der zweitgenannten inneren Schicht kreuzen (Fig. 1).

Untersuchungsmethode. Um ohne möglichst vollständige Färbung der nervösen Elemente der Netzhaut zu erhalten, ist es erforderlich, die Angupfel möglichst frisch, also etwa eine halbe Stunde, jedenfalls aber nicht später als 3—5 Stunden nach dem Tode in Untersuchung zu nehmen. Die Methode, welche sich sich behufs Färbung der Retina bei meinen Untersuchungen bewährte, bestand in folgendem:

Der Angupfel wurde im Niveau des Glaskörpers vorsichtig in zwei Hälften zerschlitten und darauf mittelst einer Scheere die hintere, grössere Hälfte in meridionaler Richtung in mehrere (3—4) Segmente zerlegt, von denen ein jedes einen Theil der Retina ihrer ganzen Länge nach, von der Ora serrata bis zur Eintrittsstelle des Opticus enthält.

Das damit enthaltene Netzhautsegment wurde mittelst einer Pinzette von der Chorioidea abgelöst und selbst dem untersten Theile des Glaskörpers auf ein grosses Objectglas übertragen. Hier wurde die Retina, mit der Nervenfaserschicht nach oben, ausgebreitet und der Glaskörper theilweise mit einer Scheere abgetragen, der Rest desselben aber in Zusammenhang mit der Retina belassen; letztere war dadurch für die ganze Zeit, so lange die Untersuchung dauerte, vor Austrocknung geschützt. Nachdem die Retina auf dem Objectträger gelegt und in entsprechender Weise ausgebreitet worden war, wurden mehrere (5—6) Tropfen einer $\frac{1}{10}$ procentigen Methylenblaulösung auf das Präparat geträufelt und selbige sodann durch Bedeckung mit einem grossen Uhrglase vor Verstaubung geschützt. Gewöhnlich tritt bereits nach sehr kurzer Zeit (bislang 15—20 Minuten) der Anfang der Nervenfärbung ein; anschliessend kann dieselbe das Präparat von Zeit zu Zeit mittelst schwacher Objective, so ist es leicht zu bemerken, dass sich an allereinst die Axonhügel der Nervenfasern färben, worauf eine Färbung der Zellen der inneren und der mittleren ganglionären Schicht sich einstellt u. s. w., bis schliesslich nach Ablauf von 3—4 Stunden nach dem ersten Erscheinen der Färbung der grösste Theil der nervösen Elemente in sämtlichen Netzhautschichten tingirt ist. Meist bedarf es

während der ganzen Zeit, so lange als die Färbung voranschreitet, einer wiederholten Beigabe der Methylenblaulösung zu dem Präparate, damit an den Rändern, sowie auch an der Oberfläche desselben beständig eine gewisse Quantität der Farblösung vorhanden sei.

Selbst sich eine geringgradig starke Färbung der nervösen Elemente constatiren liess, wurde die auf dem Objectträger befindliche Methylenblaulösung, ebenso wie auch der Rest des Glaskörpers, soweit es möglich war, fortgenommen. Darauf wurde die Oberfläche des gefärbten Netzhautpräparates, ohne es von dem Glase abzunehmen, mit mehreren Tropfen einer gesättigten wässrigen Acetanziläpflösung, allein oder unter Zusatz von Oxalinlösung, benetzt und dass das Präparat mit einem Uhrglase so vollständig wie möglich zugedeckt und bis zum nächsten Tage stehen gelassen. Nach Ablauf von 18—20 Stunden wurde die Flüssigkeit durch chemisch reines, mit gleichem Volume Wasser verdünntes Glycerin ersetzt und dass ein Deckglaschen auf das Präparat gelegt. Um jeden Druck auf das Präparat zu vermeiden, wird es vor Auflegung des Deckglases mit einem Bismuthen aus dickem Papier belegt.

Nach ein oder zwei Tagen hat das Präparat meist einen geringeren Grad von Durchsichtigkeit erlangt, so dass sich bei Aenderung der Focalstellung die Verteilung der nervösen Elemente in sämtlichen Netzhautschichten vollkommen selbst und deutlich wahrnehmen lässt. Mitteln hat die soeben beschriebene Färbungs- und Fixirungsmethode vor den anderen, die selbst vor der Golgi'schen Methode, ausserhafte Vorzüge voraus, diese Vorzüge bestehen, wenigstens in Bezug auf die Retina, in folgendem: erstens ergibt die von uns angewandte Methode eine reine Nervenfärbung ohne Bildung etwaiger Niederschläge, welche das Bild verunstlichen, und zweitens gelangt es mit Hilfe dieser Methode, die verschideneartigen Nervenzellen selbst allen ihren Ausläufern in der unversetzten Netzhaut, also bei normal erhaltenen Lagerverhältnissen der einzelnen Theile, so vorzusehen, was bei der Golgi'schen Methode nicht der Fall ist. Freilich fällt es bei der Untersuchung von Flächenpräparaten der Retina oftmals schwer, zu entscheiden, welcher Netzhautschicht eigentlich diese oder jene Nervenelemente zugehören; indess lässt sich diese Schwierigkeit bei einiger Uebung leicht überwinden.

Weit schwieriger ist die Entscheidung der Frage, auf welche Weise sich aus der gefärbten Retina Schnittpräparate herstellen lassen? Zu diesem Behufe brauchte ich die, in beschriebener Weise gefärbte Retina in eine gesättigte alkoholische Ammonium pikrat-Lösung, wobei sie behufs Hartung auf 1–2 Stunden belassen wurde; sodann klebten wir das Präparat in Holländermark ein und fertigten Schnitte aus freier Hand, wobei das Reibraster in Ammonium pikrat-haltiges Wasser oder eben solches Glycerin getaucht wurde. Hierbei ist aber zu bemerken, dass die alkoholische Ammonium pikrat-Lösung demnach in gewissen Grade entfärbend auf das Präparat einwirkt, selbst wenn letzteres auch nicht länger als angegeben in der Lösung gelegen hatte, so dass also die nervösen Elemente in den Schnitten nur noch stellenweise gefärbt erschienen. Obgleich die beschriebene Hartungsartweise bei Befolgung gewisser Caution recht haltbare Resultate liefert, so ist sie dennoch jedenfalls etwas unzulänglich und führt dabei nicht jedesmal zum Ziele.

Anhangend die modernen Erhaltungsmethoden, wie z. B. die Chrom- und Pikrinsäurelösungen, die Müller'sche und die Sublimatlösung, so wird die Färbung zwar auch durch diese Flüssigkeiten fixirt, indess entscheidet sie sehr bald nach Einschlass des Präparates in Glycerin.

Auf Grund alles oben Mitgetheilten wurde von mir behufs Anfertigung von Schnitten aus der durch Methylenblau gefärbten Netzhaut meistens folgendes Verfahren in Anwendung gebracht, welches ich bis jetzt für das Beste und zweckmässigste halte:

Ein Stück der in Methylenblau gefärbten Retina beschnitt man auf der einen Hälfte eines sorgfältig Holländermarkstüchchens vorsichtig aus und liess das Präparat sodann an das Holländermark anhaften; hierauf wurden aus dem gefärbten Präparat Schnitte gefertigt. Oder die Retina wurde behufs ihrer Erhärtung und Fixirung der Färbung für 18–20 Stunden in die fixirende Mischung gebracht, worauf sich bereits Schritte anfertigen liessen.

In dem erstverhätten Falle wurden die Schnitte in gesättigte wässrige Ammonium pikrat-Lösung oder in das oben genannte fixirende Gemisch, letzteremfalls aber direct in Glycerin gebracht. Anstatt der Schnitte lassen sich in vielen Fällen die, bei Ueber-

tragung der Retina auf den Objektträger in derselben bestehenden Faltungen zur Untersuchung benutzen; oder es erweisen sich endlich auch Incisionen der Retina als zweckdienlich, wenn man nach Einwirkung der fixirenden Lösung auf die gefärbte Retina mit einer Scheere eine ganze Anzahl von Einschnitten in den Rand des Präparates gemacht hat. Gewöhnlich lassen sich solche Incisionen, ähnlich wie auch die in den Flächenpräparaten spontan entstehenden Falten mit demselben Erfolge wie veredelte Schnittpräparate direct verwenden, um die Vertheilung, die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse etc. der Nervenzellen in der Retina zu studiren, und es gelingt auf solchem Wege Einiges, was an Flächenpräparaten nicht leicht zu entdecken war, genügend zu vervollständigen und klarzustellen.

Anmerkung. Am Schlusse meiner Beschreibung über die nervösen Elemente der Menschenretina angehängt, muss ich noch Folgendes hinzufügen: Die „subepitheliales Nervenzellen“ bilden, wie es zum Theil auch aus der Fig. 2 (Taf. I) meiner ersten Mittheilung¹⁾ ersichtlich, keine ununterbrochene, kontinuierliche Schicht, sondern liegen bald nahe bei einander, bald mehr oder weniger von einander entfernt; hierbei werden sie in dem peripherischen Netzhauttheile in grösserer Anzahl angetroffen, als in dem centralen.

Es ist mir ferner in der letzten Zeit während der Färbung einer ganz frischen Netzhaut vom Menschen mit Methylenblau gelungen zu beobachten, dass von Rande der kolligen Anschwellungen, mit welchen die Zapfenfäden endigen, einige (3–5 und mehr) dünne weissliche Fäden (Fig. 5) ihren Ursprung nehmen, die auf einer gewissen Strecke auf der Aussenhäute der äusseren Retinenschicht sich anheften. Eben solche Fäden entspringen sich auch von Rande der kegelförmigen Anschwellungen von Stäbchenfäden, jedoch in einer geringeren Zahl (1–2).

In welchem Verhältnisse die angeführten Fäden an einander stehen, und zwar ob sie sich unter einander und mit den inneren Fortsätzen der bipolaren Zellen, in der Form, wie es Tartu-

fer)!) voranhet, vereinigen, oder nur in der äusseren Reticularschicht, wie es in der letzten Zeit von Ramon y Cajal²⁾ angenommen wird, verzweigen, — ist mir zur Zeit nicht gelungen mit Bestimmtheit zu entscheiden.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel II.

- Fig. 1. a) Muscula lutea; b) Forca centralis; c) Macula bündel n. Michol; d) Nervenfaserbündel, welche geschlossene Bögen bilden; e) bogenförmig verlaufende Bündel, welche selbstlich in feine Bündelchen und einzelne Nervenfaser zerfallen, um das im Texte beschriebene Geflecht zu bilden; f) radial verlaufende Bündel; g) Bündel von Axencylindern, die die innere Lage der Nervenfaserschicht bilden. — Flächenpräparat, geschneit mit Hilfe der Camera luc., bei Reichert's Obj. 1; darauf um die Hälfte verkleinert dargestellt.
- Fig. 2. Gebiet der Muscula lutea; a) Forca centralis, in deren Grunde die Nervenfaser ein beckenförmiges Geflecht bilden; b) Muscula lutea; c) Macula bündel; d) dem äusseren Ende der Muscula anliegende Nervenfaserbündel, welche geschlossene Bögen bilden; diese Bündel enthalten Nervenfaser zur Muscula; e) Nervenzellen der inneren gangliösen Schicht. — Flächenpräparat der Betula. Reich. Obj. 4, Cam. lucida.
- Fig. 3. Zwei Lagen — die äussere (a) und die innere (b) — der Nervenfaser in dem äusseren Netzaufgange. Flächenpräparat, Obj. 4 (Reichert), Cam. lucida.
- Fig. 4. Axencylinder mit vorliegend Anschwellungen, deren axialer Theil von den Nervenzellen durchsetzt wird. Reichert, Obj. 8a, Cam. lucida.
- Fig. 5. Zapfen. Von Rande des kegelförmigen Anschwellung des Zapfenflossens werden verschiedene Fäden abgezweigt. Obj. 8a, Cam. lucida.

1) Sulla Anestesia della Betula. Torino 1867.

2) Notas preventivas sobre la retina y gran simpatico de los mamíferos. Gaceta Sanitaria, 30 diciembre. Barcelona 1891.

