Ueber die Terminalorgane der Nerven (Golgi's Nervenkörperchen) in den Sehnen der Augenmuskeln.

Histologische Arbeit aus dem Laboratorium der
ophthalmologischen Klinik der Königl. Universität Modena

von

Stud. Victor Marchi.

Hierzu Taf. VII. VIII.

Nachdem Prof. Golgi die den Muskelsehnen eigene Vertheilung und Endigungsweise der Nerven kennen gelehrt*), war von vorne herein zu erwarten gewesen, dass sich ähnliche Verhältnisse auch in den Sehnen der Augenmuskeln wiederholen dürften, und hätte eine specielle Prüfung an dieser Localität überflüssig scheinen können. Doch seltsamer Weise ergaben dem genannten Forscher die von ihm selbst darüber an sämtlichen Augenmuskeln vorgenommenen Untersuchungen ausnahmslos ein negatives Resultat, was nun allerdings nicht verfehlen konnte, früher oder später andere Beobachter zu weiteren Nachforschungen zu veranlassen.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind nun die Ergebnisse meiner darauf gerichteten Untersuchungen, worüber

*) Camillo Golgi: Sui nervi dei tendini, e di un nuovo organo nervoso terminale muscolo-tendineo. — Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino, serie II, tomo XXXII.

bereits im verflossenen Januar durch die Freundlichkeit des Herrn Prof. Bizzozero der Turiner Akademie der Wissenschaften eine vorläufige Mittheilung zugekommen ist. *)

Wohlgeungen sind mir insbesondere meine Untersuchungen an einigen Säugethieren, namentlich am Rinde, Schweine, Hunde, an der Katze, am Kaninchen und am Menschen.

Präparations- und Färbungsmethode.

Bei Thieren wurden gewöhnlich unmittelbar nach der Tödtung derselben die Augäpfel in Verbindung mit den geraden und den beiden schrägen Muskeln aus den Augenhöhlen herausgehoben, um vorerst sammt den Muskeln in 2proc. Kali-Bichromat-Lösung zu kommen, worin sie nie weniger als drei Tage verblieben. Darauf wurden die Muskeln sorgfältig präparirt, indem zunächst die ganze Augapfelbindehaut, sodann das schlaffe circumbulbare Bindegewebe abgetragen wurde. Die auf solche Weise freigelegten Muskeln wurden vorsichtig von der Sclerotica abgelöst, indem sie sammt den zugehörigen Sehnen bis zum Uebergange der letzteren in die Scleraloberfläche isolirt und abpräparirt und darauf die Enden der Sehnen dicht an ihrer Insertionsstelle abgeschnitten wurden.

Zur Färbung benutzte ich bald das Goldchlorid oder die Osmiumsäure, beides nach dem von Golgi angegebenen und empfohlenen Verfahren, bald wieder das Goldchlorid nach einer mir von Prof. Manfredi angerathenen Methode, bei deren Anwendung ich ebenfalls viele vortreffliche Präparate gewann.

Bei dem Golgi'schen Verfahren mit Goldchlorid wurden die in obiger Weise sammt ihren vorderen Endsehnen ab-

*) V. Marehi: Sugli organi terminali nervosi nei tendini dei muscoli motori del l'occhio. Nota preventiva.

präparirten und aus ihren Scheiden befreiten Muskeln sofort in 1 proc. Arsenigsäure- oder Essigsäure-Lösung gelegt und darin eine halbe Stunde belassen, um namentlich die Sehnenenden durchsichtig zu machen. Darauf wurden sie unmittelbar in 1 proc. Goldchlorid-Lösung herübergebracht und darin eine weitere halbe Stunde gehalten, um sodann (mittelst einer Pincette) in destillirtes Wasser getaucht und darin tüchtig ausgespült zu werden. Zuletzt kamen sie wieder in frische 1 proc. Arsenigsäure-Lösung, worin sie, der Sonne ausgesetzt, so lange verblieben, bis sie eine schöne violette Farbe angenommen hatten. Bis zum Eintritt dieser Färbung wurde die Lösung so oft erneuert als sie sich etwas gebräunt hatte.

Bei der Anwendung der Osmium-Säure wurden die in derselben Weise sammt ihren Sehnen isolirten Muskeln erst in doppelt-chromsaurem Kali, dann eine halbe Stunde lang in 1 proc. Arsenigsäure-Lösung gehalten, aus welcher letzteren sie sofort in 1 proc. Osmiumsäure-Lösung herübergebracht und darin 5—6 Stunden belassen wurden. Die so gewonnenen Präparate können sogleich zur Untersuchung verwendet werden.

Bei dem mir von Prof. Manfredi angegebenen Verfahren werden die frischen Muskeln direct in 1 proc. Goldchlorid-Lösung hineingelegt und darin eine halbe Stunde belassen, worauf sie in 0,5 proc. Oxalsäure-Lösung übertragen werden, welche im Augenblicke des Einlegens der Muskeln (durch Erwärmen im Marienbade) auf 36° C. gebracht sein muss, sodann aber der Abkühlung überlassen wird, während die Objecte darin verbleiben. Sobald die Lösung abgekühlt ist, sind diese letzteren zur Untersuchung brauchbar.

Die nach einer der obigen Präparir- und Färbungsmethoden vorbereiteten Objecte müssen nun noch in Glycerin eingeschlossen werden. Man kann sie auch sehr wohl in Canada-Balsam oder in Damar-Harz einschliessen; doch

finde ich, dass die übermässige Durchsichtigkeit, welche die Präparate darin erlangen, störend ist für die genaue Wahrnehmung, wo nicht der groben Form und der Anordnung der gefärbten Theile (d. h. der Endplättchen, der spindelförmigen Körper und der Nervenfäden), so doch der inneren Structur derselben und des Gesamtbildes der Präparate.

Vor dem Einschlusse in Glycerin ist es räthlich, erst den ganzen unnützen fleischigen Theil (durch einen dicht hinter der Uebergangszone von den Muskelfasern zur Sehne geführten Schnitt) abzutragen, um das Präparat möglichst dünn zu machen. Ueberdies muss man das Stück sorgfältig auf dem Objectträger ausbreiten und sodann leicht mit dem Deckgläschen zudrücken, um es besser ausgebreitet zu bewahren.

Auch ist zu bemerken, dass man bei der Befolgung dieser Untersuchungsmethoden bessere Resultate in der warmen Jahreszeit und bei Sonnentagen erhält, während im Winter unvollkommene und wenig demonstrative Präparate gewonnen werden.

Beschreibung.

Meine ersten Untersuchungen stellte ich an den Augenmuskeln der Rinder an.

Hier hatte ich vor Allem Gelegenheit, in der Uebergangszone zwischen Muskelfleisch und Sehne einen Nervenast zu beobachten, der, von der Muskelmasse ausgehend, bald gestreckt, bald spirallig gewunden verlief und sich sodann in 2—4 Zweige (Fig. 1) theilte, deren jeder abermals sich zu theilen fortfuhr, bis endlich in der sehnigen Zone jeder Endzweig in eine Terminalplatte, d. h. einen annähernd spindelförmigen Körper, auslief, der durch seine violette Färbung gegen die hellen, farblosen und durchsichtigen Sehnenbündel abstach. Dieser Körper erscheint bald spindel-

förmig, bald walzlich und erweist sich abgeplattet und von einer Art durchsichtiger Hülle oder richtiger Bindegewebs-scheide umgeben, die am Ende des Körpers, beim Uebergange in das Sehnenbündel, eine Art Einschnürung zeigt. Die Oberfläche des Körpers ist mit zahlreichen Körnchen besäet, worin kleine und sehr durchsichtige Kerne verschiedener Grösse eingeschlossen sind.

Dieser, seiner Grundform nach, spindelförmige Körper spaltet sich zuweilen an beiden Enden gabelförmig, und es gehen beide Aeste jeder Gabeltheilung continuirlich in ein einziges sehniges Bündel über; in anderen Fällen erfährt nur das eine Ende eine Bifurcation, während das zweite ungetheilt bleibt; in noch anderen endlich bleiben beide Enden ungetheilt, gehen aber ebenfalls continuirlich in ein einziges Sehnenbündel über.

In seinem Verlaufe bleibt der Nerv immer mit seinen Hüllen versehen. Sobald er bei der Terminalplatte angelangt ist, für welche ich den Namen Golgi'scher Körper vorschlage (nach dem Namen des Beobachters, der zuerst das constante Vorkommen solcher Bildungen in den Sehnen des Menschen und anderer Thiere nachgewiesen), geht seine äusserste Hülle (Henle'sche Scheide) continuirlich in die Umrisse und in das Gewebe der Platte über, während der Axencylinder, mit seiner Mark- und Primitivscheide versehen, in deren Inneres vordringt.

Der Eintrittspunkt der Nervenfasern liegt meistens seitlich, zuweilen aber auch an einem der beiden Enden der Terminalplatte.

Gleich nach ihrem Eindringen in dieselbe theilt sich die Nervenfasern alsbald in zwei, drei, mitunter auch mehrere Aestchen, welche zuweilen hühnerfussförmig angeordnet sind. In ihrem Verlaufe durch das Innere der Platte zeigen diese Aestchen stellenweise die sogenannten Ranvier'schen Einschnürungen und zuweilen auch wahre Unterbrechungen.

Indem sich die Endästchen nach den beiden Enden der Platte hin vertheilen, verwandeln sie sich allmählig in blasse Fasern und verlieren sich plötzlich, nachdem sie sich mehr oder weniger den Enden der Platte genähert haben. Mitunter jedoch verlieren sich einige derselben zugespitzt zwischen den erwähnten Körnern an der Oberfläche der Platte.

Die weitere Theilung und genauere Endigungsweise der Aestchen habe ich bisher vergeblich zu ermitteln gesucht.

Die beschriebenen Terminalorgane werden sowohl in der Uebergangszone zwischen Muskelfleisch und Sehne als in der eigentlich sehnigen Zone angetroffen. Zuweilen aber läuft eine Nervenfaser bis zum Ende der Sehne, um erst dort in einer Terminalplatte zu endigen. — In jeder auf obige Weise präparirten Sehne pflegt man in der Regel 4 bis 6 Terminalorgane anzutreffen. Damit wollen wir jedoch auch nicht annähernd die wahre Zahl dieser Gebilde in jedem Sehnenende angedeutet haben, da die Wirkung des Goldchlorids sowohl als der Osmiumsäure keineswegs so constant, sicher und in der ganzen Dicke der Sehne, sowie in allen Punkten des Präparats gleichmässig ist, dass man eine solche Zahlbestimmung mit einiger Sicherheit machen könnte. Auch ist es möglich, dass bei der anatomischen Präparation und Säuberung der Sehne manche Terminalplatte beschädigt oder gar fortgebracht wird.

Ich dehnte nach und nach meine Untersuchungen auf die Augenmuskelsehnen anderer Thiere aus und fand bei allen die Terminalkörper in derselben Form und Grösse wieder, so dass die den verschiedenen Thierarten entnommenen Präparate gar nicht von einander zu unterscheiden waren. Eine Ausnahme hiervon bildeten jedoch die Präparate von Augenmuskelsehnen des Schweines, die zwar nicht durch das Ansehen und die Form der nervösen Terminalorgane, aber doch durch später zu erwähnende

eigenthümliche Bildungen im Verlaufe der Nerven abweichen und daran von anderen unterschieden werden können.

Indessen muss ich bemerken, dass es mir nicht bei allen untersuchten Thieren gleich leicht gelungen ist, gute und anschauliche Präparate von den Nervenfäden und zugehörigen Terminalkörpern zu erhalten.

Beim Rinde und Schweine traf ich auf keine erheblichen Schwierigkeiten; schon schwerer ward mir die Untersuchung beim Kaninchen und Hunde; am schwersten aber beim Menschen, und hätte ich hier, trotz allen Bemühungen, nur wenig massgebende Resultate erzielt, wenn es mir nicht vergönnt worden wäre, aus der hiesigen ophthalmologischen Klinik einen frisch am Lebenden extirpirten Augapfel mit daran haftenden Augenmuskeln zu erhalten, von welchen ich sehr schöne und vollkommen anschauliche Präparate gewann. Es darf daher die Frische der Objecte als wesentliches Requisit für das Wohlgelingen der Präparate betrachtet werden.

Ich erwähnte bereits, dass sich die Augenmuskelsehnen des Schweines durch gewisse constante und charakteristische Eigenthümlichkeiten von denen anderer Thiere unterscheiden. Es kommen hier nämlich im Verlaufe der Nervenfasern längs der sehnigen Zone wiederholte Anschwellungen vor, die ihrer Form und Bildung zufolge als spindelförmige Körper*) bezeichnet werden können.

*) Diese Körper scheinen mir ihrer Form, Struktur und Anordnung nach den von Prof. Golgi (a. a. O., S. 17—18, Taf. I Fig. 17) beschriebenen und abgebildeten spindelförmigen Anschwellungen der Nervenfasern zu entsprechen. Doch in der Anordnung würden sich die von mir beobachteten Gebilde insofern von den Golgi'schen unterscheiden, als der genannte Forscher solche Anschwellungen immer nur an den Kreuzungs- und Berührungsstellen der Nervenfasern mit den Arterien angetroffen hat, während ich keine derartige Beziehung zu den Arterien wahrnehmen konnte. Aus diesem Grunde eben halte ich die Annahme Golgi's hinsichtlich der Bedeutung dieser Anschwellungen nicht für zulässig.

Wie bei anderen Thieren kommt hier der Nerv aus der äussersten fleischigen Zone des Muskels und dringt in die sehnige Zone ein; zeigt aber, bevor er sich theilt, eine grosse und deutlich begränzte eiförmige Anschwellung, innerhalb welcher man die 2—3, zuweilen gar 4 Axencylinder durchscheinen sieht, welche die aus dem Muskelfleische hergekommene stärkere Nervenfasern zusammensetzen.

Nach erfolgter Theilung der primitiven Nervenfasern zeigen die einzelnen Aeste wiederum eine Reihe solcher Anschwellungen, die den eben erwähnten vollkommen gleichen, zugleich aber ihrer Form, äusseren Erscheinung und Structur nach auf den ersten Blick für die nervösen Terminalorgane gehalten werden könnten, wenn sie nicht deutlich und constant in den Verlauf der Nervenfasern eingeschaltet wären.

Die spindelförmigen Körper werden vorzüglich dort angetroffen, wo die Nervenfasern einen Querbogen beschreibt, um aus einem interfasciculären Raume der Sehne in einen anderen überzutreten und dort wieder einen den Sehnenbündeln parallelen Lauf einzuschlagen. An diesen Stellen, und zwar meistens auf der kleinen Strecke, wo die Nervenfasern quer am Sehnenbündel vorbeistreift, beobachtet man eben eine eiförmige Anschwellung (Fig. 2, 4, 5), in Form und Bau einem Vater'schen Körperchen gleichend, mit dem Unterschiede jedoch, dass ein Vater'sches Körperchen stets terminal ist, während die in Rede stehenden Anschwellungen in den Verlauf der Nervenfasern eingeschaltet sind und wiederholt im Verlaufe derselben Fasern auftreten.

Solche wiederholt im Verlaufe der Nervenfasern angebrachten und, wie gesagt, in der Regel mehr oder weniger quer zum Verlaufe der Sehnenbündel gestellten Anschwellungen erweisen sich unter stärkerer Vergrösserung gebildet aus concentrisch angeordneten longitudinalen Bindegewebs-

fibrillen, deren jede eine ziemlich ausgesprochene Curve mit nach aussen gekehrter Convexität beschreibt. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fibrillen sind von zahlreichen sehr kleinen und glänzenden kernförmigen Körnern (Fig. 4) ausgefüllt. In der Mitte der Anschwellung, und zwar in der Richtung ihrer Längsachse, findet man eine oder zwei, zuweilen auch drei Fibrillen, die von der Spaltung, Zerfaserung des Axencylinders bei seinem Durchgange durch den spindelförmigen Körper herrühren. Diese Fibrillen, die nach meinem Dafürhalten eben nichts Anderes sind als die Axencylinder der Nervenfasern, vereinigen sich, nachdem sie im Centrum des spindelförmigen Körpers etwas auseinander gewichen waren, wieder untereinander und bilden so wieder dieselbe Nervenfasern, deren Fortsetzung ausserhalb des besagten Körpers zuletzt in einer Terminalplatte, wie ich sie oben beim Rinde beschrieben, endigt, und zwar genau in derselben Weise wie dort angegeben.

Ausser den Axencylindern werden die Bestandtheile dieser spindelförmigen Körper weder durch Goldchlorid, noch durch Osmiumsäure gefärbt, zum Beweise, dass sie nur bindegewebiger Natur sein können.

Uebrigens ist die Anordnung dieser Körper nicht immer genau dieselbe. Zuweilen findet man sie longitudinal (d. h. parallel den Sehnenbündeln) gestellt, während sie häufiger sammt der Nervenfasern, die in ihrer Längsachse verläuft, quer zu den Sehnenbündeln stehen. Andere Male besitzen sie zwar diese letztere Lage, beschreiben aber zugleich eine Art Bogen, Schlinge oder Spirale bei der Umwendung um das betreffende Sehnenbündel; in noch anderen Fällen hängt das eine Ende des Körpers, welches ich das centrale nennen will, mit der Nervenfasern zusammen, während das andere Ende, das ich dem entsprechend als das peripherische bezeichne, unmittelbar an eine Terminalplatte stösst, so dass in solchen Fällen der spindel-

förmige Körper dicht vor der Endigung der Faser in der Terminalplatte angebracht ist (Fig. 2).

Ich hatte versucht, mich auch an Querschnitten über den genaueren Bau der Terminalplatten sowohl, als der dem Schweine eigenen spindelförmigen Körper in der Continuität der Nervenfasern zu belehren. Doch blieben meine bezüglichen Versuche erfolglos, wie dies bei den inneren Structurverhältnissen der besagten Gebilde ziemlich begreiflich ist.

Hinsichtlich des mir von Prof. Manfredi gegebenen Thema's: Endigungsweise der Nerven im Ciliarmuskel der Vögel kann ich nur noch die Hoffnung aussprechen, dass ich in einer nächsten Mittheilung auch hierüber genauere Auskunft zu ertheilen in der Lage sein dürfte.

Aus den hier beschriebenen Untersuchungen ergibt sich, dass bei den höheren Säugethieren auch in den Sehnen der Augenmuskeln Terminalorgane vorhanden sind, deren Gegenwart es begreiflich macht, dass auch im Gebiete dieser Muskeln gewisse Reflexbewegungen vorkommen können, ausgelöst namentlich durch Reizungen, welche die Sehnen treffen. — Auf die bisher vorliegenden physiologischen Studien über die Innervationsverhältnisse der Sehnen glaube ich hier nicht näher eingehen zu dürfen, zumal dieser Gegenstand sehr lichtvoll von Prof. Golgi in seiner Eingangs erwähnten Arbeit besprochen worden ist.

Ich darf nicht schliessen, ohne Herrn Prof. Manfredi für die Leitung und den Beistand bei den hier mitgetheilten Untersuchungen, sowie Herrn Dr. Franz Marchisio für die gefällige Anfertigung der beistehenden Abbildungen meinen innigsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Vorderes Ende eines Augenmuskels vom Rinde: a) muskulöse Zone; b) sehnige Zone; c) Terminalplatten; d) ein aus der muskulösen Zone herkommender Nervenast; e) Verzweigungen und Endigungen desselben in den Terminalplatten. (Hartnak, Obj. I, Ocul. 3.)
- Fig. 2. Sehnige Zone des vorderen Endes eines Augenmuskels vom Schweine: d) ein aus der muskulösen Zone hergekommener Nervenast; bb) Terminalplatten, in welche die Endzweige der Nervenfasern durch directe Vermittelung der spindelförmigen Körper oder Anschwellungen eindringen; e) spindelförmige Körper oder Anschwellungen, die sich beim Schweine im Verlaufe der Nervenfasern innerhalb der Augenmuskelsehnen wiederholt eingeschaltet finden. Indem sie gegen den Verlauf der Sehnenbündel quergestellt sind, winden sie sich schlingenförmig hinter dem Bündel, mit dem sie sich kreuzen; daher präsentirt sich das eine Ende des Körpers im optischen Querschnitte und erscheint darum von den Seiten her zusammengedrückt. (Hartnak, Obj. I. Ocul. 3.)
- Fig. 3. Nervöses Terminalorgan aus der Sehne eines Augenmuskels vom Kaninchen, an einem Ende gabelig getheilt und mit beiden Aesten der Gabel continuirlich in ein Sehnenbündel übergehend. Nebst der Form der Terminalplatte sieht man deutlich den Ort und Modus des Eindringens und der Endigung der Nervenfasern in der Terminalplatte. Die Nervenfasern tritt seitlich an die Platte heran; die Hüllen der ersteren verschmelzen mit denen der Platte und gehen in dieselben über; der in die Platte eingedrungene Axencylinder vertheilt sich mit seinen zahlreichen Endzweigen nach den beiden Enden derselben hin. (Hartnak, Obj. VII. Ocul. 3.)
- Fig. 4 u. 5. Spindelförmige Körper oder Anschwellungen, wie sie beim Schweine im Verlaufe der Nervenfasern innerhalb der sehnigen Zone der Augenmuskeln beobachtet werden. (Hartnak, Obj. VIII. Ocul. 3.)
-