

Beitrag zur Kenntniss der Muskelspindeln

von

Anton A. Christomanos und Edmund Strössner,

stud. med.

(Mit 4 Tafeln.)

Aus dem anatomischen Institute des Prof. Dr. Carl Toldt an der
k. k. Universität in Wien.

Die Muskelspindeln sind seitens vieler Autoren Gegenstand der eingehendsten Untersuchung gewesen. Von den verschiedenen Ansichten, die sich über ihr Wesen, beziehungsweise über ihre Function gebildet haben, hat diejenige, welche die Muskelspindeln mit dem Wachsthum der Muskeln in Zusammenhang brachte, die meiste Anerkennung gefunden, ja sie ist bereits als feststehende Thatsache in die neueren Hand- und Lehrbücher der Histologie aufgenommen worden.

Die vorliegende Abhandlung beschäftigt sich damit, zu untersuchen, in wie weit diese Auffassung berechtigt ist.

Kölliker¹ entdeckte im Brusthautmuskel des Frosches eigenthümliche Bündel feiner Muskelfasern, an die sich an einer verbreiterten Stelle eine mächtige Nervenfasern mit dicker Scheide ansetzte. Er erklärte diese Gebilde, die er anfangs Nervenknospen, später Muskelknospen nannte, für durch Längsspaltung sich theilende Muskelfasern, deren Nerv ebenfalls sich theile, um alle Theilstücke zu versorgen.

Kölliker sagt,² dass die „Muskelknospen“ durch Längstheilung einer stärkeren Muskelfaser entstehen und dass die bei

¹ Untersuchungen über die letzten Endigungen der Nerven. Nr. 3. Von den Nervenknospen im Hautmuskel des Frosches (1862). Veröffentlicht in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XII. Band, 1863, Seite 161.

² Handbuch der Gewebelehre des Menschen, VI. Auflage 1889.

der Spaltung auftretenden Kernreihen später als solche verschwinden, indem ihre Elemente im Zusammenhange mit der Breitenzunahme der Mutterfasern auseinandertreten, und dass die Mutterfasern in toto in die Tochterfasern übergehen. Diese entwickeln sich entweder zu typischen dicken Muskelfasern oder wandeln sich durch übermäßige Kernvermehrung wieder zu Mutterfasern um.

Beim Kaninchen finden sich nach Kölliker die „Muskelknospen“ in der Nähe der Sehne und haben eine meist weit abstehende Perimysiumhülle. Auffallend ist, wie er den Untersuchungen Kerschners zufolge hervorhebt, ihr Nervenreichtum, indem 2—4 Fasern mit starker Henle'scher Scheide in sie eintreten, als marklos gewordene Fasern die Muskelfasern in dichten Spiralwindungen umgeben und da und dort freie knöpfchenförmige Enden zeigen.

Beim Menschen scheinen die „Muskelknospen“ mehrere spindelförmige Verbreiterungen zu besitzen; auch sollen sie mehr Nerven enthalten als beim Frosch und Kaninchen, und zwar sah Kölliker einmal im *Musc. omohyoideus* eines vierjährigen Kindes neun zutretende Nerven. Jede Knospe besitzt eine dicke Perimysiumhülle mit zahlreichen Bindegewebskörperchen und Gefäße im Innern der verbreiterten Stellen. Die Muskelfasern sind zierlich quergestreift, zum Theile sehr fein, zum Theile breiter, bis zu 16—27 μ . In den Verbreiterungen sind die Muskelfasern meist deutlich, zum Theile aber durch Verknäuelungen der Nervenfasern und Kernwucherungen verdeckt. Schmalere Stellen der Knospen,¹ die bis zu 50 und 40 μ messen, zeigen die Muskelfasern immer deutlich, aber an Zahl geringer als an den Verbreiterungen.

Kölliker bezweifelt nicht, dass bei Säugern und beim Menschen die „Muskelknospen“ nichts als in der Längstheilung begriffene Muskelfasern sind.

Dieser Ansicht war auch Kühne.² Er sah eine besonders dicke Nervenfasern in ein von einer dicken Scheide umhülltes

¹ Die Länge derselben beträgt nach Kölliker 6·5—7·5 *mm*, die Zahl der darin befindlichen Muskelfasern 3—10.

² Kühne, Die Muskelspindeln. *Virchow's Archiv*, XXVIII. 1863 (Seite 52).

Muskelbündel eintreten und spricht die Vermuthung aus, dass die Muskelspindeln mit der Entwicklung und dem Wachsthum der Muskelfasern in engem Zusammenhange stehen, wobei er besonders betont, dass bei der Aufsuchung der Spindeln die oben erwähnte Dicke der Nervenfasern einen ausgezeichneten Anhaltspunkt biete.

Auch Bremer¹ spricht sich dahin aus, dass diese Gebilde Muskelfasern in dem Stadium ihrer Entwicklung darstellen, in welchem sie mit eigenen Nerven, respective Nervenendapparaten versorgt werden. Er sah, wie eine markhaltige Nervenfasern an die junge noch nicht innervierte Tochterfaser herantrat, wobei ihre äussere Scheide die Muskelfaser auf eine beträchtliche Strecke umhüllte, während die innere (Henle'sche) Scheide in das Sarcolemm der Muskelfaser überging. Die Berührung mit der Nervenfasern rufe an der Muskelfaser eine Kernwucherung hervor, es folge dann durch weitere Prozesse die Umbildung in eine normale Muskelfaser. Die in diesem Stadium befindlichen Muskelfasern seien nichts anderes als die Muskelspindeln.

Noch schliesst sich dieser Anschauung der drei Autoren Felix² an; er behauptet, dass Bilder, wie sie als umschnürte Bündel (Fraenkel), neuromusculäre Stämmchen (Roth, Golgi), sensible Endorgane (Kerschner) im Muskel bekannt sind, dadurch entstehen, dass bei der Bildung von Tochterfasern aus einer Muskelfaser erstere durch Ausbildung gewöhnlich je einer Weissmann'scher Kernreihe aufs Neue zerfallen, wobei die um die Fasern entstandene bindegewebige Scheide dabei bestehen bleibt; diese Ansicht hat auch in den Lehrbüchern von Quain³ und Schiefferdecker und Kossel⁴ Aufnahme gefunden.

¹ Über die Muskelspindeln nebst Bemerkungen über Structur, Neubildung und Innervation der quergestreiften Muskelfasern. Archiv für mikroskopische Anatomie, XX. 1883 (Seite 318).

² Felix, Über Wachsthum der quergestreiften Muskulatur nach Beobachtungen am Menschen. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, XLVIII. (1889), S. 224.

³ Quain's Elements of anatomy edited by Edward Albert Schäfer and George Dancer Thane, London, 1891. (1. Band, p. 301.)

⁴ P. Schiefferdecker und A. Kossel, Gewebelehre mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Körpers, I. Abtheilung, 2. Band; Braunschweig, 1891.

Es sei hier noch der vor Kurzem erschienenen Arbeit Otto von Franqué's¹ gedacht, der die Muskelspindeln des Frosches, zahlreicher Reptilien und auch des Menschen untersuchte. Während über die Muskelspindeln des Menschen ziemlich spärliche Mittheilungen gemacht werden, wird für Amphibien und Reptilien des Ausführlichen erörtert, dass sie hier der Vermehrung der Muskelfasern dienen und zur Neubildung von Muskelfasern in Beziehung stehen.

In vollen Gegensatz zu der Ansicht dieser Autoren stellt sich Fränkel,² der in drei Viertel der von ihm untersuchten Muskelpräparaten von Phtisikern (bei gesunden Menschen viel seltener) seine „umschnürten Bündeln“ sah. Diese hatten eine kernarme Scheide, lagen in der Nähe von Gefässen und Nerven, in Einschnitten von Secundärbündeln und veränderten dadurch die Gestalt der letzteren. Die Zahl der ein solches Bündel zusammensetzenden Muskelfasern belief sich auf 2—7, im Mittel auf 4, worunter sich mitunter eine auffallend grosse befand. Der Durchmesser dieser Gebilde betrug 60—250 μ , und dabei kommen auf die Dicke der bindegewebigen Scheide 15—90 μ . Er stellt die Behauptung auf, dass die in den Muskelspindeln (respective „umschnürten Bündeln“) enthaltenen Muskelfasern der gänzlichen Atrophie und dem Schwunde anheimfallen und schliesslich durch Bindegewebe ersetzt werden.

Millbacher,³ der keinen Zweifel an dem pathologischen Charakter der „umschnürten Bündeln“ hegt, theilt diese Gebilde in drei Gruppen ein, nämlich: 1. in unvollständig umschnürte Bündel; 2. in vollständig umschnürte Bündel mit deutlichen Primitivbündelquerschnitten und 3. in vollständig umschnürte Bündel mit gar keinen oder sehr spärlichen, höchst atrophierten Muskelfasern.

Er sieht in diesen drei Formen ebensoviele Stadien eines und desselben Processes, welcher als „interstitieller“ zu bezeichnen ist

¹ Beiträge zur Kenntniss der „Muskelknospen“. Würzburger Verhandlungen, Band XXIV, Nr. 2.

² Fränkel, Über Veränderungen quergestreifter Muskeln bei Phtisikern. Virchow's Archiv, LXXIII, 1878, Seite 380.

³ Millbacher, v. Beitrag zur Pathologie des quergestreiften Muskels. Deutsches Archiv für klinische Medicin, 1882, Seite 304.

und seinen Ursprung das eine Mal vom Perimysium internum, das andere Mal von den Scheiden der Gefäße nimmt. Die unvollständig umschnürten Bündel sind die jüngsten Erzeugnisse dieses Processes, während die vollständig umschnürten, welche sich durch eine minder kernhaltige, meist ganz geschlossene, weniger leicht zu tingierende Scheide, durch ihre im Durchmesser verkleinerten und von einander durch Zwischenräume getrennten Primitivbündel, sowie durch ihre Entfernung vom Secundärbündel auszeichnen, als ältere Stadien desselben Processes aufgefasst werden müssen.

Er erwähnt ausserdem, dass auch in vollständig normalen Muskeln „umschnürte Bündel“ gefunden werden, ohne jede Spur einer interstitiellen Veränderung. Eine Erklärung dieser Thatsache lasse sich nicht geben.

Die dritte Ansicht, die sich über die Muskelspindeln gebildet hat, sprach zuerst Ranvier¹ aus. Er sieht in ihnen eine Beziehung zum Nervensystem und bemerkt, dass es sehr leicht zu constatieren sei, wie die Henle'sche Scheide in die äussersten Scheiden der Spindel (er nennt sie „fuseau musculaire“) übergeht; doch enthält er sich jedweder Deutung der etwaigen Aufgabe oder Bestimmung dieser Gebilde.

Auch Roth² hält die Muskelspindeln, die er mit Golgi als „neuromuskuläre Stämmchen“ bezeichnet und wobei er einen Unterschied zwischen diesen und den Fränkel'schen Bündeln constatirt, für mit dem Nervensystem im Zusammenhange stehende Gebilde, und zwar wegen der Ähnlichkeit ihrer Hülle mit der Nervenscheide, sowie wegen der Anwesenheit von Nervenbündeln, welche nicht bloß als motorische Äste der motorischen Muskelnerven angesehen werden könnten.

Kerschner,³ der die Nervenbündel gewöhnlich unter spitzem Winkel an die Scheide herantreten und dieselbe schräg durchsetzen sah, wodurch im „Kölliker'schen Organ“ (so nennt

¹ Ranvier, *Leçons sur le système nerveux* 1878 (p. 313).

² Roth, *Über neuromuskuläre Stämmchen in den willkürlichen Muskeln*. *Centralblatt für med. Wissenschaft*, 1887, Nr. 8, Seite 129.

³ Kerschner, *Bemerkungen über ein besonderes Muskelsystem im willkürlichen Muskel*. *Anatom. Anzeiger*. Dritter Jahrgang, Seite 126, Jena, 1888.

er die Muskelspindeln) ein Septum zustande komme, bezweifelt auf Grund der „embryonalen Charaktere“¹ der Muskelfasern, welche in diesem Gebilde enthalten sind, die Ansicht einzelner Autoren (Eisenlohr,² Fränkel, Babinski³), dass nämlich die Muskelspindeln Degenerationsstadien der Muskelfasern darstellen; er will sie wegen der geschichteten, dicken Hülle auch nicht als in Längstheilung begriffene Muskelfasern (Köl liker, Krause, Bremer) ansehen, sondern „als complicierte sensible Endorgane, welche den ‚Muskelsinn‘ enthüllen dürften“.

Noch muss der vereinzelt dastehenden Meinung Golgi's⁴ Erwähnung gethan werden, der die Muskelspindeln wegen des ringförmigen Raumes („perifasciculären Lymphraumes“), welcher zwischen den Muskelbündeln und der Scheide liegt, und in dem er Leucocyten deutlich beobachten konnte, mit dem Lymphgefäßsystem in Beziehung zu bringen geneigt ist. Er nennt die Muskelspindeln „Bündel unvollkommen entwickelter und mit einer besonderen Scheide umgebener Muskelfasern“ in den Muskeln jeden Alters.

Um nun auf die Ergebnisse unserer Untersuchung einzugehen, wollen wir zuerst die Methoden, die wir beim Anfertigen der Präparate in Anwendung brachten, kurz erwähnen.

Dieselben waren je nach der Vorbehandlung des Muskels verschieden; so erfuhren Muskeln, die in Müller'scher Flüssigkeit, Osmiumsäure, Pikrinsäure-Sublimat oder Alkohol fixirt und gehärtet waren, eine verschiedene, diesen chemischen Flüssigkeiten entsprechende Behandlung mit Farbstoffen.

¹ Osmiumsäure wird von diesen Muskelfasern prompt und intensiv reducirt. Diese Eigenschaft (Reductionsfähigkeit) haben wir auch sehen können, ebenso wie, dass das Weigert'sche Haematoxylin, bei Anwendung der Schaffer'schen Färbemethode, die Muskelfasern der Muskelspindeln so intensiv färbte wie die Kerne.

² Compt. rend. hebdom. de la société de biologie, 1886.

Tageblatt der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, 1876.

⁴ Annotazioni intorno all' Istologia normale e patologica dei Muscoli volontari. Archivio per le scienze mediche, Vol. V, Nr. 11, 1881.

Das Einbettungsmaterial war entweder Celloidin oder Chloroform-Paraffin (nach Schulze); letzteres bei der Anfertigung von Serienschritten.

Einzelne Schnitte, von denen auch Abbildungen beigegeben sind, wurden folgenderweise gefärbt: sie wurden 24 Stunden in Alauncarmin bei einer Temperatur von 40° C. gelassen, um die Färbung recht intensiv zu machen, dann in Wasser gewaschen, mit Grenachers Haematoxylin behandelt und, nach abermaligem Auswaschen in Wasser, in Pikrinsäure haltigem, absolutem Alkohol entwässert und gefärbt. So ward das zwischen den Muskelbündeln liegende Bindegewebe schön blau, die Bindegewebs- und Muskelkörperchen röthlich-gelb bis gelb, die Adventitia der Gefäße blau wie das Bindegewebe, die Media und Intima gelblich, das Epineurium blau, das Perineurium sowie auch das Endoneurium röthlich gelb.

Andere Schnitte wurden mit der gewöhnlichen Eosin-Haematoxylinmethode gefärbt, andere mit Cochenille-Alaun, andere versuchten wir auch nach der Schaffer'schen Methode (Chromsäure, Haematoxylin, Ferricyankalium) zu färben, indem wir die Absicht hatten, die Nerven in die Muskelspindeln zu verfolgen, was uns aber mittelst dieser Methode nicht gelang.

Die Muskelspindeln sind spindelförmige Gebilde, welche, wie Fränkel richtig bemerkt, entweder in Einschnitten von Secundärbündeln oder, wie man auch gelegentlich beobachten kann, mehr oder weniger in der Mitte derselben anzutreffen sind; sie stehen immer in Zusammenhang mit dem mächtigen zwischen den Secundärbündeln befindlichen Bindegewebe, und zwar so, dass sie im ersteren Falle von einem aus diesem Bindegewebe abzweigenden Faserzuge gleichsam umscheidet und auf diese Weise von den übrigen Muskelbündeln getrennt werden; im zweiten Falle ist diese Verbindung durch eine schmale Faserplatte, welche ebenfalls aus dem mächtigen zwischen den Secundärbündeln befindlichen Bindegewebe hervorgeht, hergestellt. Diese Faserplatte leitet auch die Gefäße und Nerven zur Muskelspindel.

Gefäßäste und Nervenzweige erhalten die Spindeln von den ihnen benachbarten grösseren Gefäßen und Nerven, welche meist mit ihnen und der Muskelfaserung parallel laufen.

Die Gefässe, immer mehrere kleinere, treten beinahe senkrecht zur Axe der Muskelspindel an die Hüllen derselben heran, durchbrechen dieselben, um sich dann im Innern zu verzweigen. Das Nervenfaserbündel zieht meist ungetheilt und in schiefer Richtung gegen die Spindel (siehe Fig. 4); es setzt sich aus mehreren Nervenfasern zusammen, von denen es eine nicht grosse Zahl in dieselbe entsendet, und zwar dort, wo es sich an sie anlegt; das Nervenfaserbündel selbst aber zieht, von der Muskelspindel sich entfernend und dünner geworden, weiter. Man sieht aber oft, zumal wenn das Präparat mit Überosmiumsäure behandelt wurde, auch einzelne Nervenfasern, senkrecht zur Achse der Spindel in diese eintreten.

Es sei hinzugefügt, dass gerade dort, wo die Nerven in die Spindel eintreten, diese dicker wird und ihren grössten Umfang erreicht, was auch mit den weiter unten zu beschreibenden Beobachtungen (im Querschnitt) übereinstimmt. Wie wir in der Regel gesehen haben, besitzen die Muskelspindeln nicht mehr als eine breitere Stelle.

Es treten aber ausser der eben erwähnten Durchmesser-Vergrösserung der Muskelspindel noch folgende Veränderungen auf: die Nervenfasern, die Scheiden durchbrechend, legen sich kranzförmig oder halbkreisförmig an die innere Seite der inneren Scheide; diese sowie die äussere verdicken sich sammt ihrem Inhalt, werden kernreicher; die Muskelfasern, Nerven, Gefässe und Zellen innerhalb der Muskelspindel ballen sich zusammen, von den Wänden der Spindel zum Theil sich ablösend. (Siehe Taf. IV, 10—13.)

Die Länge der Muskelspindeln scheint mit der Grösse des Individuums zu wechseln, denn Kölliker gibt an, dass er bei einem vierjährigen Kinde eine Muskelspindel von 7.4 mm gefunden hat, während wir bei einem Neugeborenen eine von $2\frac{1}{2}$ — 3 mm gesehen haben, was also mit dem Unterschied betreffs der Körpergrösse in diesen beiden Lebensaltern und der Untersuchungsmethode übereinstimmen dürfte.

Was nun die Muskelfasern innerhalb der Spindel betrifft, so sind diese von sehr verschiedener Natur; manchesmal, so beim Fötus und Neugeborenen, färben sie sich (mit Überosmiumsäure behandelt) intensiver als alle übrigen, ja mit Haematoxylin

(Schaffer'sche Methode) so intensiv wie Kerne; ein andermal, und das ist das Gewöhnliche, sind dieselben weder durch ihre Form, noch durch die Feinheit ihrer Fibrillen oder der Querstreifung, noch auch durch ihre Breite von den ausserhalb der Spindel befindlichen verschieden; das ist jedoch beim Erwachsenen nicht die Regel, in der Mehrzahl der Fälle findet man die in den Spindeln liegenden Muskelfasern dünner und zarter als die ausserhalb befindlichen.¹ Zuweilen sind die Kerne bei den Muskelfasern innerhalb der Muskelspindel central gelegen, und zwar sowohl beim Fötus als beim Erwachsenen, und in solchen Fällen sehen die Fasern, wenn die centralen Kerne nicht gefärbt sind, ringförmig aus. (Siehe Fig. 6.)

Das Bild der Muskelspindeln an Querschnitten, die wir dem musc. sartorius von Embryonen, Neugeborenen, Kindern und Erwachsenen entnahmen, ist ein ungemein mannigfaltiges; nichtsdestoweniger sind sie von den Muskelbündeln sehr deutlich unterschieden und zeigen auch immer gewisse gemeinschaftliche, nur ihnen allein zukommende Kennzeichen und Merkmale. Wir fanden sie in jedem musc. sartorius und beinahe in jedem Schnitt, wofern nicht dieser aus unmittelbarer Nähe der Sehne genommen war.

Man sieht an den Spindeln im Querschnitte eine ringförmige bindegewebige Scheide, welche dieselben umgibt und bei An-

1

Alter	D i c k e d e r M u s k e l f a s e r n					
	ausserhalb der Muskel- spindel			innerhalb der Muskel- spindel		
	Maxi- mum	Mini- mum	mittlerer Werth	Maxi- mum	Mini- mum	mittlerer Werth
24 cm l. Em- bryo.	15·75 μ	3·35 μ	6·75 μ	11·25 μ	6·72 μ	9·0 μ
50 cm l. Neu- geborenes.	30·5 μ	4·5 μ	11·25 μ	13·0 μ	5·0 μ	9·0 μ
9jähr., mager	43·29 μ	6·75 μ	13—18 μ	18·0 μ	6·75 μ	12·37 μ
Erwachsener	78·75 μ	9·0 μ	31·5 μ	18·0 μ	9·0 μ	13·5 μ

wendung der oben erwähnten Methode (Alauncarmin, Haematoxylin, Pikrinsäure) deutlich aus zwei verschiedenen Schichten zusammengesetzt ist (siehe Fig. 2 und 3), nämlich aus einer äusseren, in diesen Präparaten blau gefärbten Schichte, welche die Structur des gewöhnlichen Bindegewebes zeigt und ganz analog der Adventitia und dem Epineurium gefärbt ist und aus einer inneren Schichte, ähnlich der Media und dem Perineurium gelblich gefärbt.

Die äussere Schichte, die eine directe Fortsetzung des zwischen den Secundärbündeln befindlichen, die Gefässe und Nerven enthaltenden Bindegewebes ist, ist nicht gleichmässig und in gleicher Dicke um die Spindel gelegt, sondern immer da, wo letztere an das Secundärbündel stösst, dünner, manchmal sogar an dieser Stelle unterbrochen.

Die innere Schichte ist meist, ja in der Regel, mächtiger als die äussere und umschliesst in annähernd gleichmässiger Dicke die in den Muskelspindeln befindlichen Gebilde. Sie lässt ein zartes und feinfaseriges Gefüge erkennen, mit in der Regel quer zur Längsachse der Spindel eingelagerten Kernen von verschiedener Tinctionsfähigkeit und Grösse. Als Ausläufer der inneren Schichte der Scheide können die in gut conservirten Trockenpräparaten, bei denen die einzelnen Elemente trotz der Präparation ihre natürliche Lage wohl erhalten haben, zwischen den einzelnen Muskelfasern als feines Netz sichtbaren Fasern betrachtet werden. Dieses Maschenwerk ist nichts anderes als im Querschnitt gesehene Perimysien der in der Muskelspindel befindlichen Muskelfasern. Diese Perimysien unterscheiden sich in ihrer Dicke nicht von denen der gewöhnlichen Muskelfasern.

An den beiden Enden der Spindel werden die beiden Scheiden derselben dünner, die innere verschwindet und es bleiben die Muskelfasern durch bindegewebige Septa getrennt, von der gemeinschaftlichen äusseren Scheide umhüllt. Auf diese Weise sind die in dem Endstück der Muskelspindel enthaltenen Muskelfasern im Schnitte von den andern, ausserhalb derselben liegenden, schwer zu unterscheiden.

Es sei hiebei besonders betont, dass wir abweichend von Kölliker die in Frage stehenden Perimysien bei Kindern sowie

bei Erwachsenen angetroffen haben. (Siehe Fig. 3, 4 und 6.) Selbstverständlich ist ihre Deutlichkeit ganz besonders von der angewandten Methode abhängig.

Die Anzahl der Muskelfasern in den verschiedenen Schnitthöhen einer und derselben Spindel ist sehr variant. So findet man z. B. in einem Schnitte 12 oder 13 Fasern und in einem weiteren, welcher mehr nach den beiden Enden geführt ist, nur mehr 6 oder 7. Dies lässt zunächst auf eine verschiedene Länge der in der Spindel befindlichen Muskelfasern schliessen. Andererseits ist die Annahme nicht abzuweisen, dass einzelne Muskelfasern von den Enden der Spindel gegen die Mitte hin sich gabelförmig spalten. Für dieses letztere sprechen Befunde, wo zwei Muskelfasern so aneinander gelagert und verschmolzen sind, dass man die Theilungsstelle vor sich zu haben meint.

Hie und da findet man zwischen den Lamellen der inneren Scheide Muskelfasern eingebettet (siehe Fig. 3), welche entsprechend der Schichtung der letzteren plattgedrückt sind; Blutgefäss-Capillaren kommen darin in der Regel vor.

Der Querdurchmesser¹ der Muskelspindeln wechselt natürlich mit der Schnitthöhe, in welcher sie getroffen werden; den grössten Durchmesser haben sie gegen die Mitte, dort, wo auch der Nerv einzutreten pflegt; ausserdem wechselt er aber auch nach der Körpergrösse indem er bei Embryonen bedeutend kleiner ist als bei Erwachsenen; ganz auffallend gross fanden wir ihn bei dem von uns untersuchten abgemagerten Individuum. (Zur Deutung dieser letzteren Thatsache haben wir nicht genügend Erfahrung.)

Endlich sei noch auf folgendes, ganz eigenthümliche Bild hingewiesen:

An den Enden der Spindel werden die in ihr enthaltenen Muskelfasern eng von ihren Scheiden umhüllt; gegen die Mitte aber, wo sie ihren grössten Durchmesser besitzt, bilden sie, sowie die neben ihnen verlaufenden Nerven, welche wie die Gefässe in grosser Menge vorhanden sind, und eine grössere Zahl von nicht näher definirbaren, sich schwach färbenden Zellen, ein im Querschnitt mehr oder weniger zusammenhängendes Ganze, das oft

¹ Er beträgt an der Stelle der grössten Breite der Spindel 46—260 μ .

sehr locker, nur durch einzelne, von der inneren Scheide ausgehende Faserzüge mit dieser verbunden ist. (Siehe Fig. 3 und 6.) Zwischen diesem Conglomerat und der inneren weit abstehenden Scheide bleibt oft ein colossaler Raum übrig, der entweder ganz leer oder mit einem ungemein zarten und feinen Gerinnselnetz erfüllt oder auch von sehr dünnen Bindegewebslamellen durchzogen ist.¹ (Siehe Fig. 3 und 6; Taf. IV, Fig. 10—13.)

Es ist schon früher hervorgehoben worden, dass die Muskelspindeln in Muskeln von Individuen jeden Alters zu finden sind; dieser Satz bedarf aber insoferne einer Einschränkung, als wir die Spindeln bei einem 11 und 15 *cm* langen Fötus nicht fanden. Erst bei einem 24 *cm* langen Embryo, bei welchem von der ringförmigen Anordnung der Muskelsubstanz nichts mehr zu sehen war, konnten wir dieselben schon in ihrer charakteristischen Form und Anordnung antreffen, wenn auch das Bild nicht so markant war, wie beim 9 oder 15jährigen Individuum.

I. Die Charaktere der Muskelspindeln in dem von uns vollständig durchsuchten *musc. sartorius* eines 24 *cm* langen Embryo (siehe Fig. 1) sind folgende:

- a) Die Muskelfasern in und ausserhalb der Spindel weisen in Bezug auf Grösse und Form keine Differenzen auf.
- b) Die bindegewebige Scheide ist reich mit grossen Kernen besetzt, lockerer gewebt als bei andersalterigen Individuen; sie liegt den in den Muskelspindeln befindlichen Muskelfasern dicht an, so dass in diesem Alter kein Raum zwischen Scheide und Muskelfasern zu treffen ist. Zwischen den Muskelfasern sind die Perimysien deutlich zu sehen.
- c) Es ist bereits eine Differenzirung der äusseren und inneren Scheide vorhanden.
- d) Es existirt ein, wenn auch nicht immer deutlich vorhandener Unterschied in der Tinctionsfähigkeit der Muskelfasern, welcher darin besteht, dass sich die in der Spindel liegenden Muskelfasern intensiver färben (z. B. bei der Anwendung der Schaffer'schen Methode). Häufiger schien dieser Unterschied erst bei Behandlung der Präparate mit Überosmiumsäure zur Geltung zu kommen.

¹ Beim Fötus war dieses weite Abstehen der Scheide nie zu bemerken.

II. Bei etwas älteren Embryonen und bei Neugeborenen finden sich schon alle Merkmale der Muskelspindeln, welche bei Individuen von 3—15 Jahren anzutreffen sind; nämlich die beiden Scheiden, die Perimysien, der Nerven-, Gefäß- und Kernreichthum. (Siehe Taf. III und IV.)

III. Bei jugendlichen Individuen sind besonders die Unterschiede in der Form und im Durchmesser¹ (siehe Fig. 3 und 4) der einzelnen Muskelspindeln in die Augen springend. Oft sieht man an Serienschnitten von Spindeln diese durch ein mächtiges Dissepiment in zwei Theile getheilt, so dass man den Eindruck erhält, als ob zwei Muskelspindeln von einer gemeinsamen äusseren und einer nicht gemeinsamen inneren Scheide umhüllt wären. Ein solches Dissepiment erstreckt sich nicht durch die ganze Länge einer Spindel, so dass Schnitte, welche das Dissepiment nicht getroffen haben, den Spindelraum einfach, also ungetheilt zeigen, andere, welche dasselbe getroffen, denselben als getheilt erscheinen lassen.

IV. Bei Erwachsenen (Fig. 5 und 6) sind die von den Muskelspindeln eingeschlossenen Muskelfasern im Allgemeinen sichtlich kleiner als die ausserhalb derselben befindlichen Fasern. Es haben also die letzteren während des Wachstums und der Entwicklung des Individuums an Caliber entsprechend stark zugenommen, während die eingeschlossenen Muskelfasern nicht oder wenigstens nur ganz unbedeutend sich verbreitert haben; indess gibt es auch ausserhalb der Muskelspindel Fasern, welche noch kleiner sind als die eingeschlossenen.

Die Muskelspindeln sind nur scheinbar bei Erwachsenen nicht so zahlreich wie bei jugendlichen Individuen, weil die einzelnen Spindeln durch die mächtige Zunahme der ausserhalb von ihnen liegenden Muskelfasern und Gebilde auseinander gedrängt werden.

Nicht selten findet man auch bei Erwachsenen in den Spindeln Muskelfasern, welche eine centrale Kernreihe besitzen, so dass bei Präparaten, bei welchen keine Kernfärbung in Anwendung gebracht ist, die Muskelfasern ringförmig erscheinen. (Siehe Fig. 6.)

¹ Er schwankt zwischen 46 μ . und 260 μ .

Nachdem wir so in Kürze die Eigenthümlichkeiten der Muskelspindeln in den verschiedenen Altersperioden angeführt haben, wollen wir zum Schlusse die Ansichten über das Wesen und die Function dieser Organe einer näheren Betrachtung unterziehen.

A. Für die Anschauung, dass die Muskelspindeln mit dem Wachsthum und der Entwicklung der Muskelfasern im Zusammenhange stehen, kann geltend gemacht werden: der jugendliche Zustand der Muskelfasern, die häufig centrale Lage der Kerne, der Kern- und besonders der Nervenreichthum. Allein wir müssen dagegen Folgendes einwenden:

1. Wir haben nie eine Beobachtung gemacht, welche darauf schliessen liesse, dass sich eine Muskelspindele durch Verdünnung oder Ausdehnung der Hüllen, durch Vermehrung der Muskelfasern oder durch Verdickung derselben (beim Erwachsenen) in ein gewöhnliches Secundärbündel umwandelt. Es gibt überhaupt keinen Übergang der Spindeln zum typischen Muskelbündel, sondern sie sind immer scharf abgegrenzt und charakteristisch geformt. Wir sind daher geneigt, die Muskelspindeln als bleibende Gebilde anzusehen.

2. Die Zahl der in einer Spindel befindlichen Muskelfasern steht nicht immer in einer bestimmten Beziehung zu dem Alter des Individuums, sondern man findet bei Embryonen dieselbe Zahl, ja manchesmal noch eine grössere als bei Erwachsenen (Fig 1 und 6). Geht man von der Voraussetzung aus, dass die Muskelspindeln während des Lebens als solche erhalten bleiben, so müsste bei fortlaufender Vermehrung der in ihr enthaltenen Muskelfasern die Zahl der letzteren beim Erwachsenen weitaus grösser sein, was keineswegs zutrifft. Die Dickenunterschiede der Muskelfasern in einer und derselben Spindel sprechen zwar scheinbar für die Vermehrung, beziehungsweise für eine fortschreitende Ausbildung der Muskelfasern; bedenkt man aber dass diese Unterschiede sich mit der Zeit nicht ausgleichen, d. h. die kleineren Muskelfasern sich nicht zu grösseren heranbilden, sondern als solche fortbestehen, wie dies aus Präparaten von Neugeborenen und Erwachsenen zu entnehmen ist, dass endlich keine weitere Theilung erfolgt, so deutet dies darauf hin, dass sich die Fasern nicht in einem Wachsthum- und Entwicklungs-

stadium befinden, sondern, dass sie sich zu der Ausbildung des Muskels ganz indifferent verhalten.

3. Auch die Mächtigkeit und Straffheit der Hüllen der Muskelspindeln spricht entschieden gegen die oben erwähnte Ansicht; denn einmal ist sicher, dass die Hauptmasse der Fasern eines Muskels sich nicht innerhalb von Muskelspindeln entwickelt und dass die Muskelfasern während ihrer ersten Bildungsperiode nicht von deutlichen Perimysien umgeben sind, die letzteren sich vielmehr erst allmählig mit dem Wachsthum der Muskelfasern stärker heranbilden. Andererseits finden wir auch bei der Entwicklung anderer Gewebe (z. B. Nerven, Drüsen) niemals, dass die innerhalb derselben auftretenden Anlagen neuer Gewebelemente durch mächtige Bindegewebsmassen von den übrigen abgesondert wären.

4. Dass wir die meisten Spindeln bei einem stark abgemagerten Individuum fanden, dürfte wohl nicht im entferntesten dafür sprechen, dass die Muskelspindeln zur Entwicklung neuer Fasern in Beziehung stehen.

B. Gegen die Anschauung, dass die Muskelspindeln der Degeneration (physiologischen Atrophie) anheimfallende Muskelbündel seien, spricht, wie wir glauben, Folgendes:

1. Die embryonalen Charaktere der in den Spindeln befindlichen Muskelfasern, sowohl beim Erwachsenen als bei jugendlichen Individuen, die centralen Kerne, die ringförmige Anordnung der Fibrillen, die gelegentlich eine stärkere Tinction annehmen.

2. Das normale Aussehen der Muskelfasern, sowie das Fehlen späterer Stadien der Atrophie.

3. Der Mangel von Überresten der Spindeln, das heisst, es kommen beim Erwachsenen niemals compacte, den ehemaligen Spindeln entsprechende Bindegewebsstränge vor, welche die charakteristische Färbung der inneren Scheide zeigen.

4. Der Mangel eines Überganges von ganz normal beschaffenen Secundärbündeln zu Muskelspindeln. Was mit einem solchen Übergange verwechselt werden könnte, sind die Enden der Spindel (Taf. III und IV, 3, 17, 18), weil die innere Scheide hier fehlt und die Muskelfasern an Zahl abnehmen.

5. Der grosse Nervenreichthum wird durch diese Rückbildungshypothese gar nicht erklärt; die Annahme, dass die Nervenfasern während der Rückbildung der Muskelfasern unver-

ändert erhalten bleiben sollen, erscheint uns als eine ziemlich willkürliche und wird durch anderweitige Erfahrungen über Degeneration nicht gestützt.

C. Hinsichtlich der von Golgi gegebenen Anregung glauben wir bemerken zu dürfen, dass gewiss nichts entgegensteht, die Räume, welche man zwischen den Lamellen der inneren Scheide und überhaupt im Innern der Spindel so häufig antrifft, den Gewebsspalten im Bindegewebe gleichzustellen; insoferne diese mit dem Lymphgefässsystem in Beziehung stehen, mag dieses auch von den erwähnten Lücken gelten. Dass aber die Spindeln an sich besondere zum Lymphgefässsystem gehörende Einrichtungen darstellen sollten, dafür fehlt es an näheren Anhaltspunkten, insbesondere an dem Nachweis des directen Zusammenhanges mit dem Lymphgefässsystem des Muskels.

D. Bei diesem Stande der Dinge scheint uns die von Ranvier, Roth, Mays¹ und Kerschner geäußerte Meinung, nach welcher die Muskelspindeln besondere Apparate des Nervensystems darstellen, die grösste Beachtung zu verdienen. Das Vorkommen einer dicken Bindegewebsscheide, welche analog den Hüllen anderer Nervenendkörperchen betrachtet werden kann, und der Umstand, dass Kerschner ganz besondere Anordnungen und Endigungen der Nerven in den Muskelspindeln gefunden hat, sprechen für diese Anschauung. Auch das Vorkommen der Spindeln in jedem Alter (vom Fötus bis zum Erwachsenen), ihre Grössenzunahme in der Wachstumsperiode und die fast gleiche Zahl der Muskelfasern in den Spindeln, in den verschiedensten Lebensaltern stehen damit in gutem Einklang.

Einen Grund gegen die Annahme dieser Anschauung wissen wir nicht namhaft zu machen.

Gewiss wäre es für die Muskelphysiologie von grosser Bedeutung, wenn in diesen Gebilden Einrichtungen aufgedeckt worden wären, welche im Sinne Kerschners dem „Muskelsinne“ dienstbar wären, das heisst, uns eine Vorstellung über den jeweiligen Contractionszustand des Muskels vermitteln würden.

¹ Histo-physiologische Untersuchungen über die Verbreitung der Nerven in den Muskeln. Zeitschrift für Biologie XX, 1884, Seite 450.

Erklärung der Tafeln.

- Fig. 1. Muskelspindel aus dem *M. sartorius* eines 24 cm. langen Embryo im Querschnitte. *a* = äussere Scheide, *b* = innere Scheide der Spindel *c* = Muskelfasern innerhalb der Spindel, *d* = solche ausserhalb der Spindel.

Durchmesser der Spindel = 67.5 μ .

Zahl der Muskelfasern innerhalb der Muskelspindel: 11. Grösse derselben: dickste = 11.25 μ , dünnste = 6.75 μ ; Dimensionen der ausserhalb der Spindel befindlichen Muskelfasern: dickste = 15.75 μ , dünnste = 3.50 μ , mittlere = 6.75 μ .

- Fig. 2 zeigt die Lage einer Muskelspindel und das Verhältniss derselben zum Bindegewebe, zu den Gefässen und Nerven. *a* = Spindel, *b* = Nerven, *c* = Gefäss. Entnommen dem *Sartorius* eines neun-jährigen mageren Kindes.

- Fig. 3 gibt die in der vorigen Abbildung dargestellte Muskelspindel in starker Vergrösserung. *a* = äussere Scheide bei α , β und γ , mit dem interstitiellen Bindegewebe in Zusammenhang stehend *b* = innere Scheide, aus Zügen und Lamellen bestehend, welche sich bis ins Innere des Spindelhohlräumcs erstrecken, *c* = eine in der inneren Scheide liegende Muskelfaser, *d* = Nerven in der Scheide, *e* = Querschnitte von in der Spindel liegenden Nervenfasern, *f* = Zellen mit grossem, stark tingiertem Kern, = *g* Muskelfasern ausserhalb der Spindel.

Grösster Durchmesser der Spindel im Querschnitte = 238.50 μ .

Kleinster Durchmesser der Spindel = 180.00 μ .

Der grösste Durchmesser der dicksten Muskelfaser der Spindel = 18 μ ; der kleinste = 15 μ .

Die dünnsten Muskelfasern haben einen Querdurchmesser von 5—7 μ .

Die Dicke der inneren Scheide an der dünnsten Stelle = 20.25 μ , dort wo der Nerv in der Scheide liegt = 54.00 μ .

Muskelfasern in den übrigen Theilen des Muskelpräparats: die dicksten = 29—31 μ ; die dünnsten = 6—7 μ ; die meisten (mittleren): 13—15 μ . Anzahl der Muskelfasern innerhalb der Spindel: 13.

- Fig. 4. Ebenfalls von einem neun-jährigen, mageren Kinde:

Grösster Durchmesser der Muskelspindel = 130.50 kleinster = 121.80 μ .

Die mächtigste von den in der Spindel enthaltenen Fasern misst, 18.20 μ ; die dünnste 6.96 μ .

Die Anzahl der Muskelfasern = 12; a = eintretender Nerv, c = Muskelfasern, b = Septa (Perimysien).

Fig. 5. Entnommen dem Sartorius eines Erwachsenen, sowie Fig. 6.

Der grösste Durchmesser der Muskelspindel beträgt 162.92μ ; der kleinste 73.60μ .

Die dickste Muskelfaser innerhalb der Spindel misst 29.44μ ; die dünnste 11.04μ .

Die Dicke der ausserhalb der Muskelspindel befindlichen Muskelfasern (b) beträgt: 78.75μ bei den dicksten; 31.5μ bei den mittleren und 9μ bei den dünnsten.

Dicke der Scheide (c): 7.36 — 14.72μ .

Zahl der Muskelfasern (a) innerhalb der Spindel: 10. d = Nerv.

Fig. 6. Der grösste Durchmesser der Muskelspindel = 222.12μ ; der kleinste = 136.16μ .

Die dickste Muskelfaser innerhalb der Spindel misst 18.9μ , die dünnste 11.04μ .

Zahl der Muskelfasern innerhalb der Spindel: 4.

Dicke der Scheide: 11.04μ .

a = Muskelfasern mit central liegenden Kernen, b = Scheiden der Spindel, c = ausserhalb der Spindel liegende Muskelfasern.

Serienschnitte.

(Frühgeborenes Kind aus dem 9. Embryonalmonat. — Die Schnitte sind ungefähr der Mitte des musc. sartorius entnommen. — Sublimat-Pikrinsäure-Härtung, Eosin-Haematoxylin-Färbung. Dicke der einzelnen Schnitte = 25 — 30μ . Länge der Muskelspindel = 2.5 mm .)

1. (1. Schnitt der Serie.) x und s , zwei abgesprengte Muskelfasern, welche später einen Theil der innerhalb der Muskelspindel befindlichen Fasern bilden.

2. (8. Schnitt.) Die mit s bezeichnete Muskelfaser hat sich, wie aus dazwischen liegenden Schnitten ersichtlich, x genähert. g = Gefäss, c = Gefässast.

3. (14. Schnitt.) Um die abgetrennten Muskelfasern sieht man eine deutliche Kernvermehrung.

4. (20. Schnitt.) Die so von den übrigen abgetrennten Muskelfasern (a) liegen eng aneinander; eine einfache Reihe von Kernen, welche durch ihre Fortsätze in gegenseitiger Verbindung zu stehen scheinen, umgibt sie kreisförmig. Das Sarkolemma ist sehr kernreich. Das Ganze ist schon deutlich von den benachbarten Secundärbündeln zu unterscheiden. In einiger Entfernung ein Nerv (noch nicht im Felde), näher der Spindel ist ein Gefäss sichtbar (g).

5. (29. Schnitt.) Der Nerv (d) rückt näher heran. Das Gefäss schiebt, einen Ast (c), zur Muskelspindel, deren gestreifte, mit einer doppelten

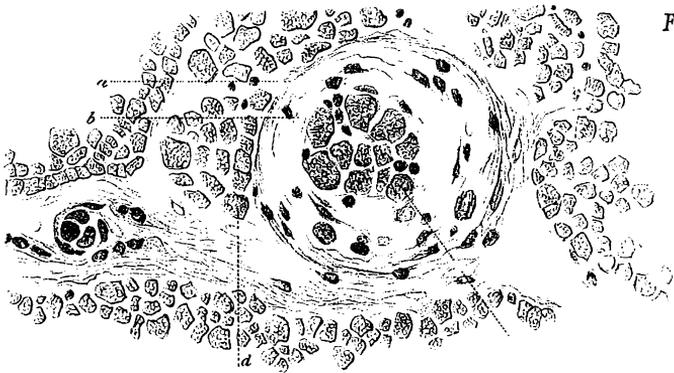


Fig. 1.

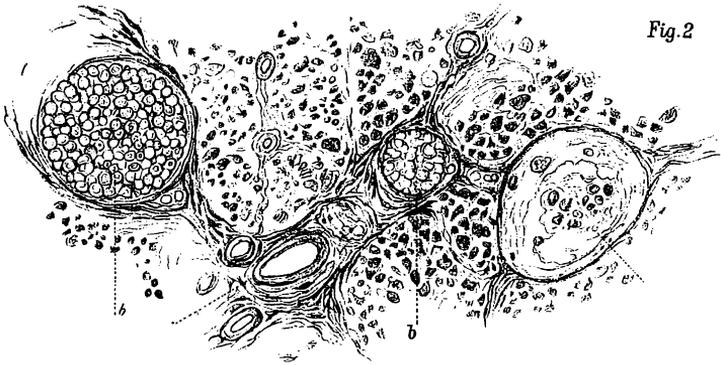


Fig. 2.

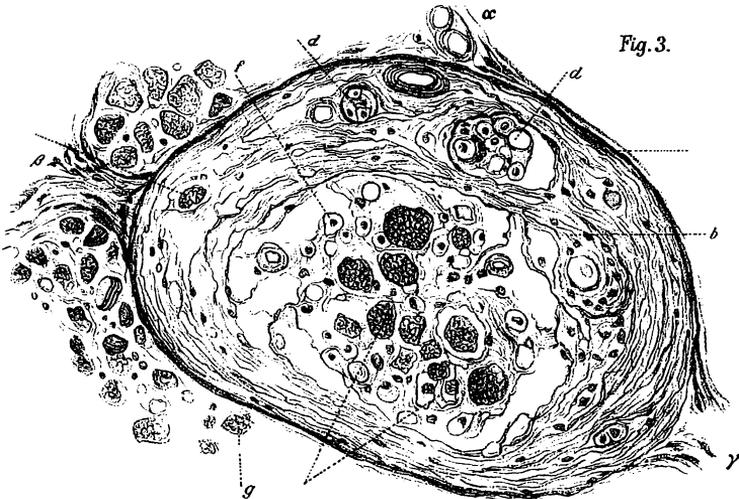


Fig. 3.

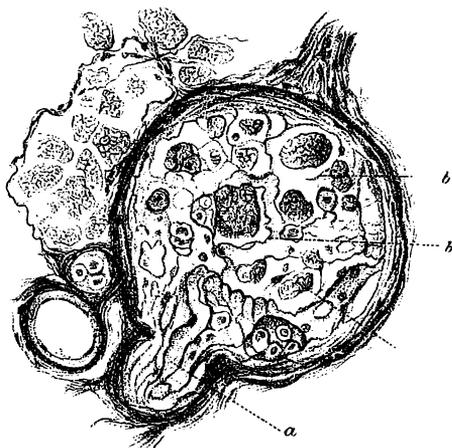


Fig. 4.

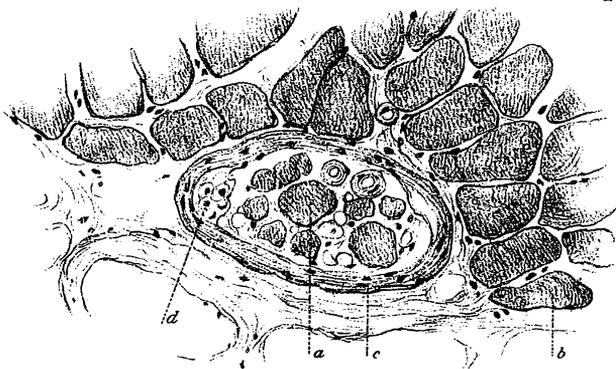


Fig. 5.

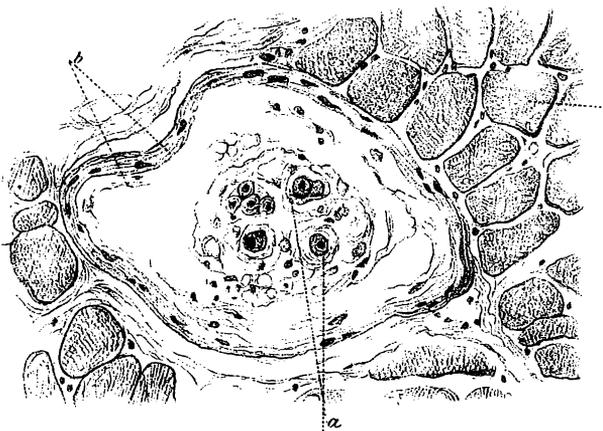
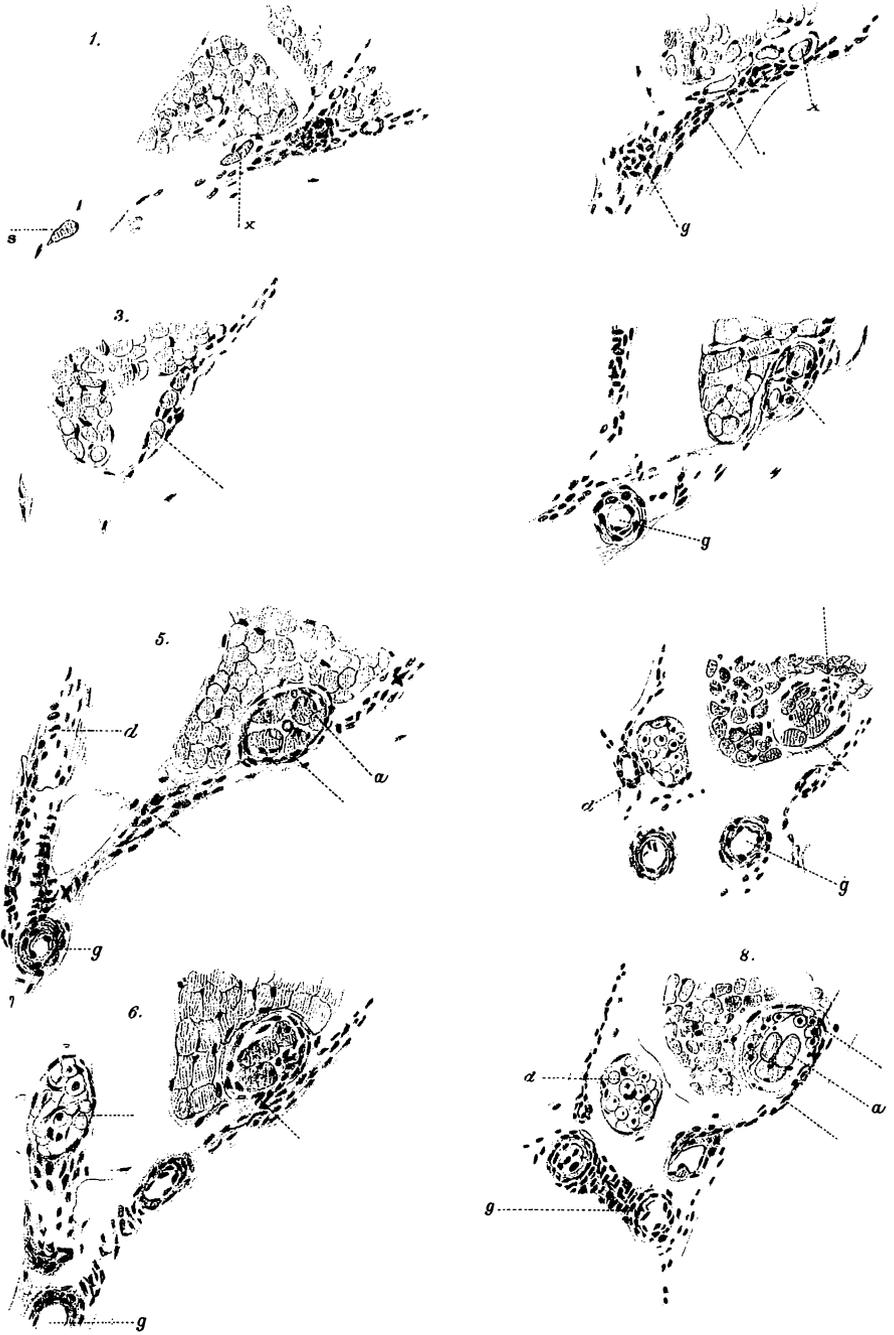
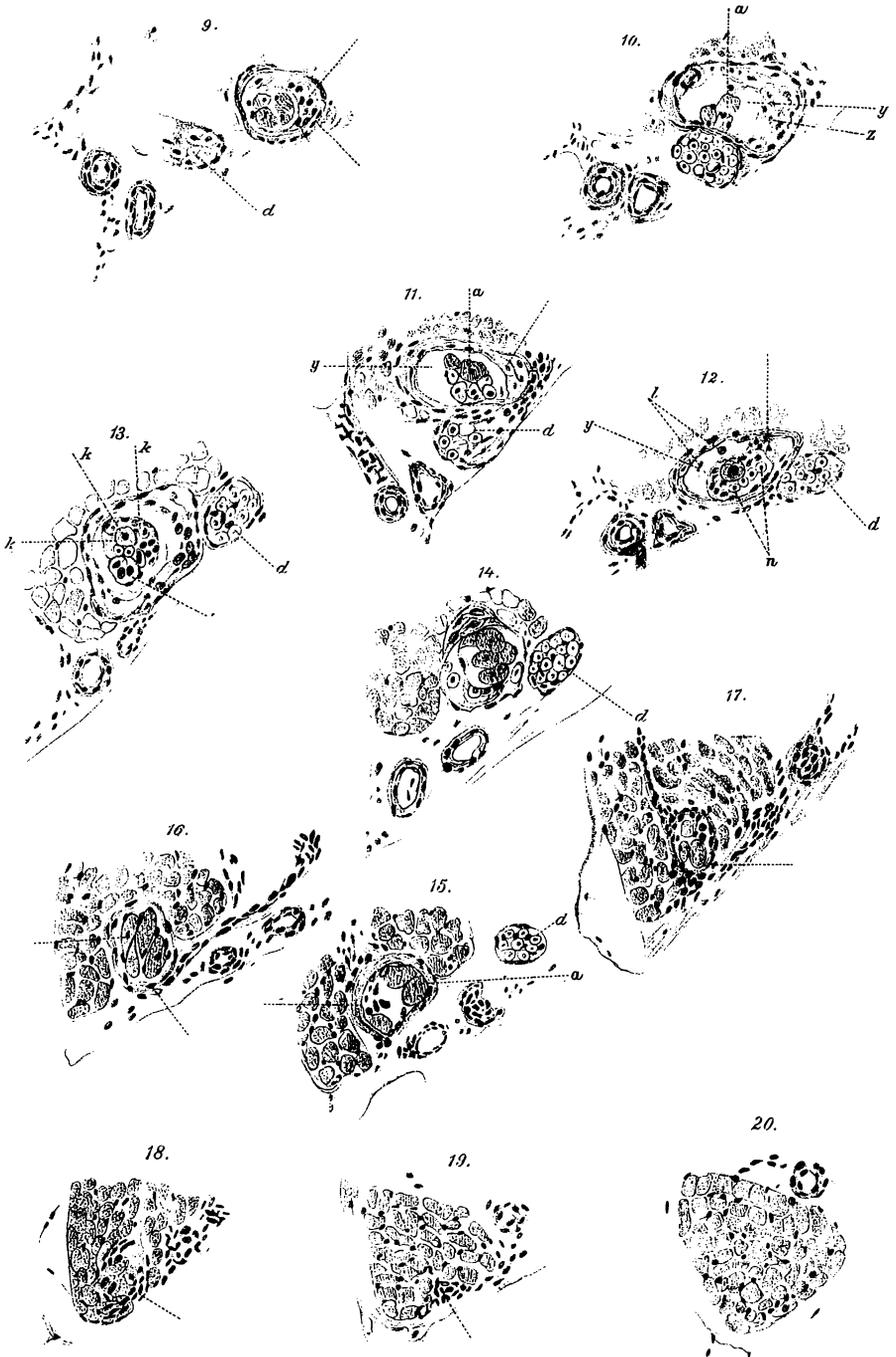


Fig. 6



Aut. delin.

Lith. Aust. v. Th. Bennwarth, Wien, VII. Bez.



Kernreihe versehene Scheide (*e*) dicker geworden ist, wie auch überhaupt die Spindel im Querschnitte zugenommen hat.

6. (32. Schnitt.) Der Nerv (*d*) rückt noch näher heran; man sieht, wie der Gefässzweig (*e*), die Scheiden durchbohrend, in die Spindel eintritt.

7. (36. Schnitt.) Man sieht (bei *z*) farblos gebliebene, gelatinöse Zellen, mit deutlichen Kernen. (Einige davon dürften wohl Nervenfasern im Querschnitte sein.)

8. (38. Schnitt.) Die oben genannten Zellen (*z*) sind zahlreicher als früher; ein neuer Gefässzweig (*e*) durchbricht die Scheiden (*e*) und tritt in die Spindel ein.

9. (42. Schnitt.) Die Muskelspindel, welche bis jetzt eine mehr oder weniger runde oder ovale Form besessen hat, wird unregelmässig; die Scheiden (*e* und *e*₁) werden mächtiger. Diese rasche Umänderung, sowie das Auftreten von Nervenfasern und Zellen in der Spindel sind Zeichen des nahen Nerveneintrittes in dieselbe.

10. (47. Schnitt.) Die Muskelspindel ist gross und unregelmässig. Die Muskelfasern (*a*) liegen in der Mitte, oben und unten in Zusammenhang mit Nervenfasern; auch gelatinöse, kernhaltige Zellen (*z*) besetzen nur zum Theil die Spindel; rechts und links von den Muskelfasern befindet sich ein leerer Raum (*y*). Der Nerv (*d*) liegt den Spindelscheiden an.

11. (49. Schnitt.) Das Bild im allgemeinen so wie früher. Allein man sieht, dass der Nerv (*d*) eintritt.

12. (53. Schnitt.) Der Nerv (*d*) entfernt sich, nachdem er dünner geworden; in der Spindel befindet sich in diesem Schnitte ein grosser, von einem zarten Gerinnsel gefüllter Hohlraum. Es sind deutlich 4 Nervenfasern *n* zu sehen; bei *l* = Lymphzellen.

13. (56. Schnitt.) Die gallertartigen Zellen (*z*), zarte Bindegewebsfasern und Kerne nehmen den grössten Theil des innerhalb der Spindel befindlichen Hohlraumes ein, während den kleineren Theil die Muskelfasern selbst ausfüllen.

14.—18. (58.—79. Schnitt.) Die Spindel wird wieder kleiner, ihre Form rund oder oval, die Scheiden (*e*) verdünnen sich wieder, der Durchmesser der ersteren nimmt auch ab. Bei *e* in 17 und 18 bildet nur eine Kernreihe die Umhüllung der Muskelspindel (vergl. Fig. 4).

19. (88. Schnitt.) Der Ort, wo die Spindel in höheren Schnitten lag, ist durch einen Kernhaufen (*e*) gekennzeichnet.

20. (101. Schnitt.) Stellt ein ganz normales Secundärbündel dar.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [100_3](#)

Autor(en)/Author(s): Christomanos Anton A., Strössner Edmund

Artikel/Article: [Beitrag zur Kenntniss der Muskelspindeln. 417-435](#)