Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1885)

Heft: 1103-1142

Artikel: Zur Kenntniss der Nervenendigung in den quergestreiften Muskeln des Menschen : nach Untersuchungen an Querschnitten vergoldeter Präparate der Augenmuskeln

Autor: Flesch, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319618

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Prof. Dr. Max Flesch.

Zur Kenntniss der Nervenendigung in den quergestreiften Muskeln des Menschen.

Nach Untersuchungen an Querschnitten vergoldeter Präparate der Augenmuskeln.

Vorgetragen in der Sitzung vom 26. Januar 1884.

Der wesentliche Inhalt der nachfolgenden Mittheilungen ist bereits vor mehreren Jahren an anderer Stelle*) in der kurzen Form eines Sitzungsberichtes publizirt worden. Ebenso sind die zugehörigen Zeichnungen schon einmal von mir gelegentlich der 56. deutschen Naturforscher-Versammlung zu Freiburg i/B.**) vor einem Kreise von Fachgenossen demonstrirt und besprochen worden. Es war meine Absicht, jene Abbildungen erst dann abdrucken zu lassen, wenn ich die an dem schwer zu erlangenden, dem Menschen entnommenen Material erzielten

*) Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg für das Gesellschaftsjahr 1880, S. XXXVI bis XXXVII. 9. Sitzung den 8. Mai 1880 (ausgegeben mit den Verhandlungen der phys.-med. Ges. zu Würzburg. N. F. XV. Bd.)

**) Amtlicher Bericht der 56. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Freiburg im Breisgau. S. 136. Sektion für Anatomie und Physiologie. Das betreffende Referat in dem während der Versammlung erschienenen «Tageblatt» ist unvollständig und durch Druckfehler verstümmelt.

Ergebnisse auf vergleichend histologischem Wege geprüft und zum Abschlusse gebracht hätte. Die Ausführung dieses Planes musste indessen gegenüber den alle meine Kraft absorbirenden Aufgaben, welche die Uebernahme der Lehrthätigkeit auf einem mir noch fremden Gebiete meines Faches stellten, vorläufig zurücktreten. Seitdem hat eine Mittheilung *Kühne's* *) über Untersuchungen Dr. *van Syckel's* an Muskelquerschnitten von Lacerta agilis die Aussicht auf eine gründliche Behandlung der Fragen eröffnet, welche durch das — soweit mir bekannt — ausser in meinen Beobachtungen zur Behandlung der motorischen Nervenendigung nur selten verwerthete Verfahren der Untersuchung an Querschnitten gelöst oder doch der Entscheidung näher gebracht werden können**). Die Arbeiten *van Syckel's* sind weiterhin, wie eine zweite Publikation***) *Kühne's* anzeigt, auch auf andere Thierklassen ausgedehnt worden. Die ausgedehnten Erfahrungen *Kühne's* gerade auf dem zu besprechenden Gebiete in Verbindung mit den reichen Mitteln des Heidelberger physiologischen Institutes lassen nunmehr eine

*) Die motorische Nervenendigung besonders nach Beobachtungen an Muskelquerschnitten von Dr. med. M. B. *van Sykel* in New-York. Separatabdruck aus den Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg. N. F. III. Bd., 3. Heft, S. 223—231. Mir ebenso, wie die folgende Mittheilung, durch Hrn. Prof. *Grützner* in Tübingen, früher in Bern, zur Verfügung gestellt.

**) Abbildungen von Querschnitten der Muskelfaser mit der motorischen Nervenendigung gibt *W. Krause.* Allgemeine und mikroskopische Anatomie 1876. S. 87. Die Ergebnisse der Untersuchung der End-Apparate an Querschnitten gefrorener Muskeln erwähnt *Kühne* in *Stricker's* Handbuch der Gewebelehre I. S. 162.

***) Ueber Nervenendigungen in den Muskeln. Nach weiteren Beobachtungen von Dr. M. B. *van Syckel* mitgetheilt von *W. Kühne.* Ebenda S. 538—244 und 494.

gründliche Durcharbeitung aller aufgetauchten Probleme mit Benützung der neuesten und besten Hülfsmittel erhoffen. Wenn ich gleichwohl jetzt mit den Ergebnissen meiner vor 4 Jahren, also noch vor allgemeiner Anwendung der Oel-Immersion und des *Abbe*'schen Beleuchtungs-Apparates angestellten Untersuchungen hervortrete, so mag dies die Seltenheit des von mir benützten Materiales rechtfertigen. Erfreulich ist es mir, dass die Anschauungen, zu welchen *Kühne* gelangt ist, sich in vollkommenem Einklange mit den von mir gewonnenen, zum Theil in den erwähnten Mittheilungen niedergelegten befinden.

Das Material zu den hier zu besprechenden Beobachtungen bildeten Muskeln, welche der Leiche eines Hingerichteten etwa $1\,^1/_2$ Stunden nach dem Tode entnommen waren. Als am besten geeignet für unsere Zwecke mussten die Muskeln der Augenhöhle erscheinen, welche durch Reichthum an Nerven alle anderen Muskeln übertreffen. Unter *Merkel's* Leitung angestellte Untersuchungen von *Tergast**) haben im Anschluss an frühere Angaben *Kühne's***) gezeigt, dass in den Augenmuskeln die relative Zahl der eintretenden Nervenfasern eine viel grössere ist, als anderwärts, dass ferner aller Wahrscheinlichkeit nach den einzelnen Fasern der Augenmuskeln eine grössere Zahl von Nervenendigungen zukommt, als jenen anderer Organe. Auch der Musculus Tensor tympani wurde untersucht in der Hoffnung, hier an Zerzupfungspräparaten ganze Faserlängen übersehen zu können.

Die Untersuchungsmethode war die Goldbehandlung in ihrer einfachsten Form; komplizirtere Verfahren anzu-

---

*) *Tergast P.* Ueber das Verhältniss von Nerv und Muskel. Archiv für mikroskopische Anatomie, IX. Bd., S. 36.

**) *Kühne.* Nerv- und Muskelfaser in *Stricker's* Handbuch der Lehre von den Geweben, I. Bd., S. 136.

wenden, verbot die grosse Zahl der in kürzester Frist an der 12 Minuten nach dem Tode eingelieferten Leiche auszuführenden Versuche und Präparationen, welche die Kräfte aller Betheiligten angespannt aber auch das Material zu einer ganzen Reihe bereits publizirter Untersuchungen geliefert haben. Die Muskeln, etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden nach der Exekution und nach vorausgegangener Enucleation den Augen der Leiche entnommen, wurden in $\frac{1}{2}$prozentige Goldchloridlösung eingelegt, bis sie strohgelb erschienen, dann in verdünnter Essigsäure, zu einem kleinen Theil in verdünnter Ameisensäure dem Lichte exponirt. Nach beendeter Reduktion wurden theils Zerzupfungspräparate, theils Querschnitte aus verschiedenen Gegenden, endlich auch Längsschnitte der in Alcohol erhärteten Stücke angefertigt. Die Einbettung zum Schneiden geschah in Paraffin, dem etwas Talg zugesetzt war, ohne vorherige Durchtränkung der Präparate mit Chloroform oder Terpentinöl; ich fürchtete, durch letztere Details der Struktur zu schädigen. Der grösste Theil der Schnitte, die allerdings nicht so fein ausfallen konnten, wie an Trocken- oder Celloidin-Präparaten (die letztere Methode existirte zur Zeit, in welcher die Arbeit vorgenommen wurde, noch nicht), wurde in Glycerin conservirt. Später angefertigte Querschnitte von Trockenpräparaten (*Giesbrecht-Bütschli*'sches Verfahren*) fielen dünner aus, ohne indessen mehr Einzelheiten zu enthüllen, als mir vorher bekannt waren. Auch die nachträgliche Verwendung der Oel-Immersion hat mir nichts gezeigt, was über das, allerdings weit schwerer zu erzielende Ergebniss der Untersuchung mit einer Wasser-Immersion VII von *Seibert*,

*) *Giesbrecht*, W. Zur Schneide-Technik. Zool. Anz. Nr. 92, p. 483. — *Bütschli*, *O.* Modification der Paraffin-Einbettung für mikroskopische Schnitte. Biol. Centralblatt I, S. 591.

der stärksten mir damals zugänglichen Linse, hinausgieng. Die beigefügten Zeichnungen sind sämmtlich im Anfang 1880, zum grössten Theile mit dem zuletzt erwähnten System ausgeführt.

Der Besprechung der motorischen Nervenendigung selbst sind einige Bemerkungen über die Vertheilung der Nerven im Muskel voranzuschicken. Der in den Muskel eintretende Nerv verzweigt sich zwischen den Muskelbündeln bekanntlich in dünnere Stämmchen, welche überwiegend in der Längenrichtung der Muskelfasern verlaufen. Die so entstandenen fünf und mehr Fasern enthaltenden Nervenbündel anastomosiren unter einander in der Weise, dass von ihnen hie und da Fasern abbiegen, um sich benachbarten Bündeln beizugesellen. Nach den untersuchten Präparaten von Muskelquerschnitten scheint es, dass diese Verbindungen oft, vielleicht meistens, rechtwinklig abzweigen, da man leicht, auch an dünnen Schnitten, die ganze Ausdehnung der Anastomosen übersehen kann. Oft sieht man mehrere, quer durchschnittene Stämmchen in derselben Schnittfläche zusammenhängen, der Art, dass durch die Anastomosen geschlossene Maschen entstanden sind, in welchen einige Muskelfasern ringförmig von Nervenzügen umfasst liegen. Bilder dieser Anordnung sind in Fig. 3 und 5 unserer Tafel wiedergegeben. *Gerade am Muskelquerschnitt gelingt es am schönsten, die Thatsache, dass die Verzweigungen der Muskel-Nerven einen an Anastomosen reichen Plexus mit geschlossenen Maschen bilden, zur Anschauung zu bringen**). Vom physiologischen Gesichtspnnkte aus ist diese Plexus-Bildung

---

*) Vgl. u. A. *Kölliker*, Gewebelehre, 5. Aufl., S. 168. *Toldt*, Gewebelehre, 2. Aufl., S. 312. *Krause*, W. allgemeine und mikroskopische Anatomie, S. 488, Fig. 266.

interessant. Es ist bekannt, dass die Innervation jedes Muskels von mehreren räumlich getrennten Stellen des centralen Nerven-Systemes ausgeht. Speziell für die Augenmuskeln ist diese Thatsache sowohl durch Erfahrungen der pathologischen Beobachtung, als durch kontrolirende anatomische Untersuchungen festgestellt. Es kann bei centralen Erkrankungen einer derselben gelähmt sein für nur eine einzige Aktion, d. h., da bei sämmtlichen Bewegungen der Augen eine Synergie mehrerer Muskeln einer oder auch beider Seiten stattfindet, für das Zusammenwirken gerade nur mit einem bestimmten Muskel, während gleichzeitig der hier gelähmte Muskel in einer andern Combination noch normal functioniren kann*). *Gad's***) ausführliche Behandlung dieser Frage hat den Nachweis erbracht, dass die functionell gesonderten Territorien des centralen Nerven-Systemes jeweilen nur mit einem entsprechend grossen Theile der Fasern eines Muskels in Verbindung treten. Nur diese werden bei Erregung des zugehörigen Nerven in Contraction versetzt. Da aber bei Reizung einer einzelnen, mit einem Muskel zusammenhängenden Nervenwurzel der Muskel sich als Ganzes ver-

---

*) Zugehörige Beobachtungen sind u. A. citirt in *Schwalbe's* Lehrbuch der Neurologie, S. 675. Vgl. auch *Duval*, Recherches sur l'origine des nerfs craniens. Journal de l'Anat. et de la Physiol. norm. S. 285, und *Duval* und *Laborde*, De l'innervation des mouvements associés des globes oculaires. Ebenda S. 56. In Ermanglung der Originale citire ich nach dem von mir verfassten Referat in *Michel's* Jahresbericht der Ophthalmol. Bericht für das Jahr 1880, S. 36 und 37. Ebenda sind auch weitere bestätigende Beobachtungen von *Roller* und *Obersteiner* erwähnt.

**) *Gad, J.* Ueber einige Beziehungen zwischen Nerv, Muskel und Centrum, Festschrift der Würzburger medizinischen Fakultät zur III. Säkularfeier der Hochschule Würzburg. II. Bd., S. 43 ff.

kürzt und nicht — wie bei partieller Reizung am Stamme — sich nach einer Seite krümmt, so müssen die vom Centrum aus verschieden innervirten Fasergruppen gleichmässig über die ganze Ausdehnung des Querschnittes vertheilt sein. Zwar geht nun aus *Kühne's**) Versuchen mit unipolarer Reizung umschriebener Theile der Nerven-Stämmchen hervor, dass schon im Nerven eine Sonderung der Fasern nach den topographischen Bezirken des Muskels stattfindet. Eine vollkommen gleichmässige Vertheilung über die gesammte Breite des Muskelquerschnittes, wie sie nach *Gad's* Erörterungen postulirt erscheint, kann indessen bei der verhältnissmässig grossen Zahl der von einer Nervenfaser aus zu liefernden Endigungen erst durch die Plexusbildung erreicht werden.

Für die Verfolgung der dichotomischen Theilung der einzelnen Nervenfasern innerhalb der Stämmchen erweisen sich die Querschnitt-Präparate nicht günstig. An den quer-verlaufenden Bündeln habe ich solche nicht beobachtet. Mein Material reicht nicht aus, um festzustellen, ob solche Spaltungen nur in den der Längsrichtung des Muskels folgenden Stämmchen vorkommen — dann würden sie am Querschnitte bei der spitzwinkligen Divergenz der Theiläste nur sehr ausnahmsweise sichtbar sein; es mag auch sein, dass gerade die Augenmuskeln wegen der relativ grossen Zahl der Nervenfasern und wegen der darauf beruhenden selteneren Theilung der einzelnen Fasern (wenn dies nicht die grössere Zahl der wahrscheinlich auf eine Faser entfallenden Endapparate ausgleicht) kein günstiges Objekt für das Studium dieser im Uebrigen wohl bekannten

---

*) *Kühne, W.* Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven. Untersuchungen aus dem physiologischen Institute der Universität Heidelberg. III. Bd., S. 21.

und z. B. von *Kölliker**) wiederholt abgebildeten Verästelung abgeben.

Sehr schön lassen sich wiederum die letzten Zweige der Nerven, die zu dem motorischen Endapparate selbst führen, am Querschnitte des Muskels verfolgen. Wiederholt habe ich Präparate gewonnen, in welchen nicht nur die Endplatte**) im Zusammenhang mit einer mehr oder weniger langen anhängenden Nervenfaser sondern der ganze Verlauf der letzteren bis zu dem sie aussendenden Bündel zu verfolgen war. Zuweilen biegt eine solche Faser rechtwinklig von einem querdurchschnittenen Nervenbündel ab, um ganz isolirt zu ihrer Muskelfaser zu gelangen. Die Endfasern können mithin entweder von den in der Längsrichtung des Muskels verlaufenden Stämmchen einzeln abzweigen oder aus allmäliger Verzweigung quer verlaufender Bündel sich entwickeln. Sie können ferner — und es scheint dies das häufigste Verhalten zu sein — in einer zur Längsaxe der Muskel senkrechten oder doch wenigstens in einen merklichen Winkel zu derselben bildender Richtung zur Endplatte gelangen (Fig. 2, 4 b). Seltener sah ich die Nervenfaser auf eine längere Strecke der Muskelfaser dicht anliegend verlaufen, um schliesslich fast ohne merkliche Anschwellung den Endapparat zu bilden (Fig. 1).

---

*) *Kölliker*. Gewebelehre, V. Aufl., Fig. 120, 121.

**) Als Endplatte ist in diesem Aufsatze die motorische Nervenendigung in ihrer Gesammtheit bezeichnet, nicht nur die Sohlen-Substanz. Die Bezeichnung als Endhügel glaube ich in diesem Sinne als synonym gebrauchen zu dürfen. Die gedrängte Form meiner ersten Mittheilung als Vortrags-Referat möge die, wie ich gerne zugebe, nicht ausreichende Präzisirung des Ausdruckes in derselben entschuldigen, auf welche *Bremer* (Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. XXI, S. 190) mit im Uebrigen genauer Wiedergabe meiner Auffassung hingewiesen hat.

Das Aussehen des Endapparates an Querschnitten der Muskelfaser wird sich, da einigermassen dünne Schnitte nur einen kleinen Theil der Endplatte enthalten können, verschieden gestalten, je nachdem der Schnitt die eintretende Nervenfaser selbst, oder mehr oder weniger weit von ihr entfernte Stellen abgetragen hat. Im Profilbild erscheint die Endplatte (Fig. 2) als eine dreieckige, fein granulirte, protoplasmatische Masse, welche mit breiter Basis der contractilen Faser aufsitzt; begrenzt von einer zarten Hülle, welche nach der einen Seite hin in die Nervenscheide, nach der anderen in das Sarcolemm übergeht. Die Basis der an Kernen reichen Bildung ist von der Muskelfaser durch eine scharfe Grenzlinie geschieden; entlang der quergestreiften Substanz lässt sich das Material der Endplatte mehr oder weniger weit in der Längsrichtung der Faser nach beiden Seiten verfolgen als schmaler Randsaum, in welchem vereinzelte Kerne sichtbar sein können. Es ist mir nicht gelungen, über die Endigung der Nervenfaser in der Endplatte Sicheres zu ermitteln; eine Fortsetzung des Axencylinders dessen Ausbreitung, bezw. Theilung, in ihre protoplasmatische Masse — von *W. Kühne**) neuerdings „Endgeweih" genannt — leicht zu konstatiren ist, bis zur quergestreiften Substanz habe ich nicht feststellen können. Für die Deutung der sogleich zu besprechenden Fortsätze der Endplatte in die Muskelsubstanz ergibt sich hieraus insofern eine Lücke, als aus meinen Beobachtungen nicht entschieden werden kann, ob jene Fortsätze direkt aus der Substanz des Axencylinders abzuleiten oder ob sie lediglich als Ausläufer der protoplasmatischen Substanz der

---

*) *Kühne, W.* Die Verbindung der Nervenscheiden mit dem Sarcolemm, Zeitschrift für Biologie 1883. S. 501—533.

Endplatte aufzufassen sind. Durch *Kühne's* letzte Mittheilungen*) dürfte diese Frage in dem Sinne der zuletzt vorgetragenen Auffassung erledigt sein. In der Zungenmuskulatur der Eidechse findet man an günstigen Schnitten zuweilen „den mächtigen Nervenhügel fast ganz von der granulirten Sohlensubstanz und verhältnissmässig wenigen Kernen eingenommen und das Geweih in der Weise auf den Gipfel beschränkt, dass die Unterlage überall mehr einem hohen Sockel, als einer Sohle gleicht."

An den Querschnitten der von mir untersuchten Muskeln erscheint die Endplatte im Allgemeinen als dreieckiger Aufsatz auf der runden Scheibe, als welche die Muskelfaser gesehen wird. Dieser Aufsatz ist von ungleicher Höhe, je nachdem die Mitte der Endplatte mit dem eintretenden Nerven oder ein entfernter Theil derselben getroffen ist. Indessen ist nicht allein die ungleiche Lage des Schnittes Ursache dieser Ungleichheit. Es scheint, dass auch der physiologische Zustand des Muskels von Einfluss ist. Direkte Beweise dafür aus meinen Präparaten kann ich zwar nicht beibringen; dagegen hat *Fœttinger***) das verschiedene Aussehen des Endhügels am Insektenmuskel je nach dessen Contractions-Zustand beschrieben. Ich selbst bin durch die auffallende

---

*) Ueber Nervenendigung in den Muskeln. Verhandlungen des naturh.-med. Vereins in Heidelberg. N. F. III. Bd., 3. Heft, S. 240.

**) *Fœttinger*. Sur les Terminaisons des nerfs dans les muscles des insects. Onderz. Physiol. Labor. Utrecht Deel. V, Afh. 3, VI. Das Original liegt mir nicht vor und citire ich nach einem vor längerer Zeit angefertigten Auszug. Den Ausgang der Contractionswelle von der Endplatte hat schon früher *Arndt* (Archiv für mikrosk. Anat., IX Bd. S. 481 ff.) erwähnt, *Thanhoffer* (ebenda XXI. Bd., S. 26 ff.) neuerdings ausführlich besprochen.

Seltenheit des schematischen Bildes in Präparaten, welche unter den günstigsten Bedingungen entstanden waren, dann aber durch die auffallende Verschiedenheit bei gleichmässig behandelten Präparaten, wie sie in Fig. 1 und 2 reproduzirt sind, dazu gebracht worden, das Aussehen des motorischen Endapparates als möglicherweise abhängig von dem physiologischen Zustande des Muskels im Momente der Einwirkung der Reagentien anzusehen. Neuerdings ist nunmehr *Kühne* dieser Frage näher getreten; die Innervationsfrage wird nach dem Schlusssatze seines zuletzt erschienenen Aufsatzes*) „ausgedehnt werden müssen auf die Contractilität der Glia“ (vgl. darüber u. S. 23), „die in den Nervenhügeln und wo sie sonst in Haufen ungeordnet auftritt, vermuthlich der amöboiden Beweglichkeit nicht entbehrt.“ — Sehr ungleich verhält sich das Aussehen der Endplatte hinsichtlich der Ausdehnung ihrer dem Muskel aufsitzenden Sohlenfläche: die letztere umfasst meistens nur etwa $^1/_4$—$^1/_3$ des Umfanges der Faser; es können aber auch die Hälfte und selbst $^2/_3$ der letzteren umspannt sein. Da *Kühne***) betont, dass bei der Eidechse höchstens $^1/_3$ der Muskelfasern die Basis der Endplatte bilde, wie dies auch die meisten Beschreibungen in gleicher Weise angeben, so können offenbar auch hierin entweder Artverschiedenheiten oder vielleicht Differenzen je nach der Ausgiebigkeit der Innervation der Muskeln zu Grunde liegen. Oft erscheint ferner die Muskelsubstanz am Orte der Endplatte nicht als kreisförmige Scheibe, sondern verschmälert***), so dass die

*) Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. III. Bd., 3. Heft, S. 242.

**) Ebenda S. 224.

***) *Krause's* «Nerventhal». Vgl. die Abbildung Fig. 276 in dessen «Allgemeine und mikroskopische Anatomie»; Hannover 1876, S. 494.

Substanz der Endplatte nur zum Theil als Hügel vorspringt; dass auch das Umgekehrte — Anordnung der Endplatte bei elliptischem Querschnitt am Ende der grossen Axe — vorkommt, wie *Kühne* hervorhebt, kann ich bestätigen. Eckige Fasern, an welchen eine Kante die Endplatte trägt, habe ich nicht beobachtet; die Fasern der Augenmuskeln liegen nicht so gedrängt als anderwärts (z. B. im M. sternohyoideus des Menschen) und mag die Seltenheit polygonaler Formen davon abhängen. Die Nervenfaser tritt, wie schon erwähnt (s. o. S. 10), in verschiedener Weise an die Muskelfaser heran. *Kühne* hat dies genauer besprochen*); den von ihm besprochenen Bildern, welche gegen die Artefact-Natur des Endhügels zu verwerthen sind, kann ich ein weiteres anfügen: es verläuft ein Nerv, nachdem er von der Seite her die Muskelfaser erreicht hat, im Bogen um die Endplatte, dicht an ihr entlang, ehe er in sie umbiegt.

Die meisten Endhügel zeigen an meinen Präparaten deutlich eine oberflächliche, das Nervengeweih enthaltende blasse und eine tiefe dunkle Schicht. *An vielen Präparaten gehen von der letzteren körnige Fortsätze ab, welche die scharfe Abgrenzung zwischen Endhügel und Muskelsubstanz unterbrechend in die letztere eindringen und hier in abnehmender Stärke sich verzweigen, zuweilen durch Ausläufer sich verbinden und so die Scheibe in schmale Felder zerlegen.* Allerdings sieht man dies nicht an allen Präparaten. Es kann die Endplatte jeder Differenzirung im Goldpräparat entbehren, ebenso auch der Muskelquerschnitt, vielleicht allerdings nur wegen ungenügender Einwirkung der Reagentien. Man erhält aber auch, wenn

---

*) Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. III. Bd., S. 226.

auch nur vereinzelt, *Präparate, an welchen ein schmaler freier Raum zwischen Muskel und Endplatte existirt*, während die scharfe Abgrenzung des Muskels einerseits, der Platten-Sohle andererseits jede Andeutung etwa abgerissener Fortsätze der Sohlen-Substanz vermissen lässt. Die Möglichkeit, dass gleichwohl ein Zusammenhang bestanden habe, dass vielleicht nur in der dünnen, im Schnitte enthaltenen Scheibe Sohlen-Fortsätze nicht getroffen sind, so dass die Trennung der Sohle von der Muskel-Substanz leichter erfolgen konnte, will ich nicht ausschliessen. Zunächst aber lassen solche Bilder noch die Möglichkeit verschiedener Formen der Nervenendigung zu, allerdings wohl nur unter der Annahme, dass dieselben physiologisch nicht gleichartig sein könnten. Jedenfalls erklären gerade solche Bilder, dass noch immer ein Forscher auf diesem Gebiete, *W. Krause**), die Lage der Endplatte unter dem Sarcolemm bestreitet und darin auf Grund der früheren Mittheilungen von *Kölliker***) wenigstens in der letzten Auflage von dessen Handbuch unterstützt wird. Es bedürfen diese Beobachtungen noch der genaueren Prüfung, ehe die Annahme, dass es sich ausschliesslich um Artefacte handle, als die einzig mögliche erklärt wird.

Ehe ich auf die Bedeutung des beschriebenen Eindringens protoplasmatischer Fortsätze der Plattensohle in die Muskelsubstanz eingehe, ist es nöthig, auch auf das Aussehen des Muskelquerschnittes an von der Endplatte entlegenen Stellen einzugehen; es lässt sich an denselben leichter kontroliren, was von den mannigfaltigen Bildern, die uns die Goldmethode hier ebenso wie an den

---

*) *Krause, W.* Allgemeine und mikroskopische Anatomie. Kapitel motorische Endplatten, S. 487.

**) *Kölliker, A.* Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl., S. 172 (1867).

Eintrittsstellen der Nerven liefert, auf Rechnung der ungleichen Wirkung der Reagentien und was auf den physiologischen Zustand der imprägnirten Fasern zurückzuführen ist. Das langsame und ungleichmässige Vordringen der Goldlösung hat eine verschiedene Intensität der Färbung in den oberflächlichen und in den tiefen Schichten der in grösseren Stücken imprägnirten Präparate zur Folge. Oft zeigt sich dies sogar an den einzelnen Faser-Querschnitten: grössere Flächen zeigen jeweilen nur die eine stets gleichgerichtete Seite der Fasern gefärbt, die andere farblos oder blass; in letzterem Falle können, da die beiden ungleich tingirten Gebiete einer Faser fast unvermittelt an einander grenzen, Täuschungen — die allerdings leicht zu vermeiden sind — vorkommen. Ein anderer Unterschied in der Intensität der Färbung scheint hingegen auf Verschiedenheiten im Gefüge der Fasern selbst zu beruhen. Bekanntlich sind die Fasern eines Muskels nicht von gleicher Dicke: innerhalb sonst gleichmässig imprägnirter Stellen sind aber stets die feineren Fasern etwas dunkler gefärbt. Nach *Grützner's**) Untersuchungen, durch welche die schon früher bekannten**) aber nicht genügend gewürdigten Structurverschiedenheiten der Muskeln eine physiologische Erklärung gewonnen haben, zweifle ich nicht, dass das ungleiche Aussehen beider Faser-Arten in unseren Goldpräparaten mit den bei einfacheren Untersuchungsmethoden wahrnehmbaren Differenzen coincidirt. — Die Färbung der Präparate zeigt aber auch wesentliche qualitative Verschiedenheiten: es finden sich alle Uebergänge von rosa durch

---

*) *Grützner, P.* Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskeln. Recueil zool. suisse I, S. 665 ff.

**) Vgl. u. A. *Kölliker.* Gewebelehre, 5. Auflage, S. 157. — *Krause, W.* Anatomie des Kaninchens, 2. Aufl. S. 49—51.

purpurroth und violett zu fast reinem Himmelblau. Mit diesen Verschiedenheiten der Farbe fällt aber eine Differenz in dem Aussehen des Querschnittbildes zusammen, welche uns darauf hinweist, dass hier die morphologischen oder physiologischen Verhältnisse des Muskels und nicht die Art der Imprägnation allein massgebend ist. Es sind im Wesentlichen zwei Bilder, welche sich gegenüber stehen. Das eine, am schönsten und häufigsten in violett gefärbten Gebieten, zeigt in dem Muskelquerschnitte dunkele Punkte in hellem Grunde, das andere, in den rothen und rothvioletten Stellen vorwiegend (blassrothe Färbung lässt keines dieser Bilder deutlich werden, während die Querstreifung hier am schönsten hervortritt), zeigt netzförmig angeordnete dunkele Züge, ganz ebenso, wie wir sie von der Endplatte ausgehen sahen. Oft hängen dieselben mit einer halbmondförmig als schmaler Saum die Muskelfaser umgreifenden, unter dem Sarcolemm gelegenen Randzone zusammen. Es scheint mir, dass man nicht berechtigt ist, ohne direkten Beweis im einzelnen Falle aus der Verschiedenartigkeit der Bilder, welche eine Substanz liefert, auf die Artefact-Natur des einen oder andern derselben zu schliessen. Ich habe an einem ganz anderen Objekt, am Hyalinknorpel*), versucht, die Summe der bekannten Bilder, die gerade dort eine fast unerreichte Mannigfaltigkeit zeigen, aus der Structur der Grundsubstanz und den Beziehungen des Protoplasma zu derselben zu erklären, und es ist, wie ich glaube, dieser Versuch von günstigem Erfolg gewesen, insofern er manche Aufschlüsse über die Ernährungsweise im Knorpel geliefert hat. Die verschiedenen Bilder, welche die Muskelfaser

*) Untersuchungen über die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels. Würzburg, Stuber's Verlag 1880.

zeigt, hat neuerdings *Bremer* *) zum Theil auf genetische Vorgänge zurückführen wollen. Da ich nicht in der Lage bin, zur Zeit seine Untersuchungen zu wiederholen, so muss ich unterlassen, dieselben hier zu verfolgen; es scheint mir aber in der That Vieles dafür zu sprechen, dass das Entwicklungsstadium der Fasern von wesentlichem Einfluss auf das Aussehen des Goldbildes ist. Nur so viel sei hier betont, dass die in dem ersten der beiden Bilder sichtbaren Punkte offenbar die „mittelständigen Punkte *Bremer's* **) sind. *Bremer* selbst hebt indessen mit Recht hervor ***), dass auch der Contractionszustand der Muskelfaser zu der Zeit, in welcher dieselbe zur Behandlung mit Reagentien kommt, eine Rolle spiele. Ausführlicher noch hat *Gerlach* †) schon früher diesen Punkt behandelt; er weist darauf hin, dass weder der ganz frische, noch der schon abgestorbene Muskel günstige Bilder liefere, ist indessen nicht im Stande, genau den günstigen Moment für die Goldeinwirkung zu bestimmen. Ich glaube in Bezug auf die beiden beschriebenen Gegensätze in den mir vorliegenden Präparaten dem Stadium des Absterbens die wesentliche Bedeutung beilegen zu müssen. Es sind immer grössere Bezirke jeweilen gleichmässig tingirt, in welchen ganz unabhängig von der Stärke der Fasern immer das nämliche Bild erscheint. An controlirenden Längsschnitten kann man sich ferner über-

---

*) *Bremer, L.* Ueber die Muskelspindeln nebst Bemerkungen über Structur, Neubildung und Innervation der quergestreiften Muskelfaser. Archiv für mikrosk. Anat. XXII. Bd. S. 318.

**) L. c. S. 328.

***) L. c. S. 323.

†) *Gerlach, L.* Das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere. Leipzig, Vogel's Verlag, 1874, S. 41.

zeugen, dass dieselbe Faser an einer Stelle das eine, an einer anderen das andere Bild zeigt. Handelte es sich um verschiedene Entwicklungsstadien früher und später entstandener Fasern, so würde man doch wohl nicht auf grösseren Feldern dasselbe Bild antreffen, sondern immer beide Formen neben einander. Die Erfahrung, dass topographisch zusammengehörige Gebiete im Querschnitte gleiche Goldwirkung zeigen, steht dagegen mit der Annahme, dass hier das gleiche Stadium des Absterbens vorliege, ganz gut im Einklang. Dass derselbe Stoff sich ganz anders in lebenden, als in todten Organen verhält, ist aus den Erfahrungen der verschiedenartigsten Imprägnationsmethoden, der Silber-Behandlung, der Erzeugung von Berlinerblau in mit Eisenlösungen durchtränkten Organen, der Indigo-Injection u. A. m. hinlänglich bekannt. So bliebe nur noch die Frage, welches von den beiden Bildern die im Leben bestehenden Verhältnisse am besten zum Ausdrucke bringt. Ich denke, keines von beiden kann in dieser Hinsicht anders verwerthet werden, als mit der Erwägung, dass, soweit nicht die direkte Beobachtung am überlebenden Präparat als Controle gedient hat, die gefundenen Bilder sich wohl von im Leben vorhandenen Structurverhältnissen ableiten lassen, nicht aber diese selbst reproduziren. Aus dem Befunde der Goldimprägnation in einer gewissen regelmässigen Anordnung können wir nur entnehmen, dass zur Zeit der Präparation die sich färbenden Substanzen jener Anordnung folgten; im Leben oder im absolut frischen Präparat mögen dieselben ganz anders vertheilt gewesen sein; die gefundene Anordnung kann vielleicht nur dadurch eine regelmässige sein, dass der Aufbau der untersuchten Organe, sei es der eindringenden Goldlösung selbst, sei es den den Ort wechselnden (vielleicht den von einer Bindung an be-

stimmte Elementartheile sich in diffuse Vertheilung begebenden) Bestandtheilen der Organe den Weg vorzeichnet. Ein grobes Beispiel für die letztere Möglichkeit, dass eine im frischen Präparat in circumscripter Anhäufung vorhandene Substanz während der Beobachtung in diffuse Vertheilung übergeht, bietet die Untersuchung auf Glycogen, beispielsweise in den Rippenknorpeln; aus der Histochemie der Muskeln selbst lässt sich ein Aehnliches anführen aus *Grützner's* *) schon citirten Untersuchungen: die Jodreaction der dunkleren Fasern verliert sich unter dem Auge des Beobachters, indem die sich färbende Substanz in die umgebende Flüssigkeit diffundirt. Andererseits habe ich bei dem Knorpel gezeigt **), wie das Silber-Bild ganz direkt von der Art des Eindringens der Silberlösung abhängig gemacht werden kann.

Aus den beschriebenen Bildern des Muskel-Durchschnittes entnehmen wir, dass je nach den Verhältnissen der Präparation, wahrscheinlich namentlich in Abhängigkeit von verschiedenen Phasen des Absterbens die Goldreaction an verschiedenartigen Structur-Elementen auftritt. Unter günstigen Umständen, wie sie gerade ein bestimmter Zeitraum zu bedingen scheint, sind es die Platten-Sohle und mit dieser zusammenhängende Gebilde, die protoplasmatischen Streifen, welche wir von ihr aus in die Muskelsubstanz vordringen sahen. Letztere aber sind nach den Beobachtungen an controlirenden Längsschnitten, Zupfpräparaten und Schrägschnitten in direktem Zusammenhang mit den an die Muskelkerne sich anschliessenden Protoplasma-Zügen. Wir haben gesehen,

---

*) Recueil zool. suisse. I. S. 672.

**) Untersuchungen über die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels. Würzburg, Stuber's Verlag. Tafel I, Fig. 1—3, Tafel IV, Fig. 2.

dass die Plattensohle sich als Randprotoplasma stellenweise ziemlich weit entlang der Muskelfaser verfolgen lässt; am Querschnitte sieht man in solchen Fällen einen schmalen Saum dunkler, gefärbter Substanz, der ebenfalls mit den erwähnten Protoplasma-Zügen zusammenhängt. Auffallend sind aber kleine Querschnitte, welche diesen Saum manchmal bis zum vollständigen Ring ausgebildet zeigen; ob es sich um junge Fasern, ob um die spitz zulaufenden Enden ausgebildeter Fasern handelt, kann ich mangels genügenden Materiales nicht entscheiden.

Es ist mir nicht möglich, hier auf die Beziehungen, welche unsere Beobachtungen am menschlichen Muskel zu den Ergebnissen der *Arndt*'schen*) Untersuchungen am Arthropoden-Muskel, sowie zu *Bremer's***) entwicklungsgeschichtlichen Erfahrungen bieten, einzugehen; Mangel an eigener Controle des bezüglichen Materiales und Ueberhäufung mit anderen Arbeiten zwingen mich, davon abzusehen. Es sei mir daher gestattet, nur das auf die motorische Nervenendigung direkt Bezügliche zu resumiren:

Das wesentliche Ergebniss der mitgetheilten Beobachtungen sehen wir darin, *dass aus denselben eine direkte Continuität der einen der im Aufbau der Muskelfaser enthaltenen Substanzen, welche in den interstitiellen Protoplasma-Zügen in etwas grösserer Anhäufung auftritt, mit der Materie der Endplatte hervorgeht.* Letztere, speziell ihre protoplasmatische Sohle mit ihrer mehr oder weniger weit der quergestreiften Substanz als Randproto-

---

*) *Arndt.* Untersuchungen über die Endigung der Nerven in den quergestreiften Muskelfasern. Archiv für mikrosk. Anat. IX, S. 481 ff.

**) *Bremer.* Ueber die Muskelspindeln nebst Bemerkungen über Struktur, Neubildung und Innervation der quergestreiften Muskeln. Archiv für mikrosk. Anat. XXII. Bd., S. 218.

plasma sich anschliessenden Ausbreitung ist der Träger des durch Vermittlung des eintretenden Nerven auf die Muskelfaser übertragenen Erregungs-Vorganges. Mit Recht hat in der bei Gelegenheit der Freiburger Naturforscher-Versammlung sich an die Demonstration der diesen Mittheilungen beigefügten Zeichnungen anschliessenden Diskussion Herr Prof. *Fritsch* aus Berlin betont, dass die Verlegung des Ortes, an welchem leitende Nerven-Substanz aufhört und erregbare contractile Substanz anfängt, aus der quergestreiften Muskelfaser in die protoplasmatische Materie der Endplatte eine neue Schwierigkeit nicht mit sich bringt. Das Wesentliche der bei der Umsetzung der Nerven-Erregung in Muskel-Contraction ablaufenden Prozesse, ein Vorgang molecularer Wechselwirkungen, welcher sich der sinnlichen Wahrnehmung im mikroskopischen Bilde entzieht, wird durch diese Aenderung des Ortes nicht berührt. Wir befinden uns in voller Uebereinstimmung mit *Kühne's* Auffassung, wonach die Sohlen-Substanz, „nachdem sie sich in vielen Fasern der Zunge als die einzige Brücke“ des Ueberganges der Erregung vom Nerven zum Muskel dargestellt hat, „als ein erregbares Glied des Gesammtwesens, das wir Muskel oder contractile Substanz nennen, anzusehen ist“ *). Auch in der histologischen Deutung der Sohlensubstanz besteht volle Uebereinstimmung zwischen *Kühne's* Anschauungen und den meinigen. Letztere fanden sich in dem im Eingange dieser Mittheilung erwähnten im Mai 1880 gehaltenen Vortrag **) in folgender Weise präzisirt: „*Der Zusammenhang der Nerven mit der Muskelfaser wäre danach durch den Uebergang*

*) Verhandlungen des naturhist.-mediz. Vereins zu Heidelberg. N. F. III. Bd., 3. Heft, S. 240.

**) Sitzungsberichte der phys.-mediz. Gesellschaft zu Würzburg. 1880, S. XXXVII.

der Endplatte in die protoplasmatische Randschicht und und deren Zusammenhang mit den interstitiellen Körnchenreihen, beziehungsweise dem die Muskelkerne umgebenden Protoplasma vermittelt." Ausdrücklich ist dies noch in dem Referat durch den Zusatz ergänzt, dass Querschnitte „mit Sicherheit den Zusammenhang der die (*Cohnheim*'schen) Felder darstellenden Linien mit dem Protoplasma der Endplatte" zeigen. Weiter ist dort auch hervorgehoben, *dass auch für das von interstitiellen Körnchen freie Querbindemittel der Muskelfibrillen eine Continuität mit der körnigen Zellensubstanz* — i. e. der körnigen Protoplasma-Masse der Endplatte — *anzunehmin ist.* In ähnlicher Weise, wie ich dies an einer andern Stelle*) für die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels ausgeführt habe, muss angenommen werden, dass die körnigen Elemente (besser der die Granulirung des Protoplasma bedingende Antheil) der Zellensubstanz, das Polioplasma, nicht so weit verfolgt werden kann, als die homogene Materie, das Hyalo- oder Paraplasma, sich erstreckt. Letzteres erscheint darum nicht weniger als ein integrirender Bestandtheil der Zellsubstanz, weil es seiner optischen Eigenschaften wegen durch direkte Beobachtung nur ausnahmsweise und in den Geweben meist nur nach besonderer Vorbereitung nachgewiesen werden kann. — *Kühne's* Auffassung der Muskelstruktur ist im Wesentlichen folgende: *Die Muskelfaser besteht aus zwei Bestandtheilen, nämlich aus einer in der Querstreifung gegebenen Rhabdia und aus einer die Kerne und das zugehörige feinkörnige Protoplasma begreifenden Sarkoglia. Letztere ist Bestandtheil des Muskels und nicht des Nerven. Die Innervationsfrage*

---

*) *Flesch, M.* Untersuchungen über die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels. Würzburg, A. Stuber's Verlag. 99. S. V Tafeln. S. 85.

hat künftig nicht die Erregung der Rhabdia durch die Glia, sondern die der letzteren durch das Geweih in's Auge zu fassen.

Bezüglich des Aufbaues der Muskelfaser aus deren charakteristischen, die Querstreifung tragenden Elementen und einer diese verbindenden, in den Grenzlinien der *Cohnheim*'schen Felder durch die Körnelung leicht nachweisbaren Substanz schliessen sich die beiden hier vorgetragenen unter sich, wie ich glaube, vollkommen übereinstimmenden Auffassungen an die seit Langem schon von *Kölliker* *) vertretene Darstellung an. Die von *Kühne* **) schon 1869 hypothetisch vorgetragene Anschauung, dass die Plattensohle Reste eines für die Entwickelung des Muskelgewebes wichtigen Bildungsmateriales darstelle ist nunmehr durch die von mir am Querschnitte gelieferte Demonstration ihres Zusammenhanges mit dem interstitiellen Protoplasma — *Kühne's* Sarkoglia — für den ausgebildeten Muskel des Menschen sicher gestellt. Endlich ist durch *Kühne's* Nachweis der Endigung des Muskelnervens im Geweih über dem Sohlenprotoplasma letzteres als wahrer Träger der Erregung konstatirt.

---

*) *Kölliker, A.* Handbuch der Gewebelehre. V. Auflage, Leipzig, 1867, S. 153.

**) *Kühne, W.* Nerv- und Muskelfaser. In *Stricker's* Handbuch der Lehre von den Geweben. I. Bd., S. 165.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Muskelfaser mit Nervenendigung aus dem M. Tensor Tympani des Menschen. Die Querstreifung ist nur theilweise ausgeführt. Verlauf des Nerven entlang der Muskelfaser. Flache Ausbreitung derselben ohne Erhebung.

Fig. 2. Muskelfaser mit Nervenendigung aus dem M. Tensor Tympani des Menschen. Sehr schöne Endplatte mit Verzweigung des Axencylinders in deren Protoplasma.

Fig. 3. Aus einem Querschnitt eines Augenmuskels des Menschen. 4 Muskelfasern sind von mehreren Nervenstämmchen in geschlossenem Kreis umgeben; ein schwach gefärbtes Nervenbündel (x) sendet eine Faser gegen das Muskelbündel hin, welche sich anscheinend dem es umspinnenden Plexus zugesellt.

Fig. 4 *a—d*. Querschnitte von Muskelfasern mit Nervenenden. *a*. Kerne der Endplatte. *b*. Eintretende Nervenfaser (x); Fortsätze der Sohlensubstanz in die Muskelfaser. *c*. Kerne der Endplatte und der mit ihr zusammenhängenden zwischen Sarcolemm und Muskelfaser gelegenen Protoplasma-Masse. *d*. Kerne der Endplattensubstanz, deren scharfe Abgrenzung gegen die Muskelsubstanz hier besonders deutlich ist; bei x Sarcolemm-Kern.

Fig. 1—4. Mit Seibert. Syst. VII Wasserimmersion gezeichnet.

Fig. 5. Querschnitt aus einem Augenmuskel des Menschen. Die dunkelen Striche und Punkte entsprechen den vergoldeten Nerven. Bei x ringförmige Umschliessung von Muskelbündeln. Hartnack II. Oc. III. eingeschobener Tubus.

Sämmtliche Figuren sind nach Goldpräparaten, Fig. 5 von Hrn. Rabus, Zeichner der anatomischen Anstalt in Würzburg, gezeichnet.

Fig. 1

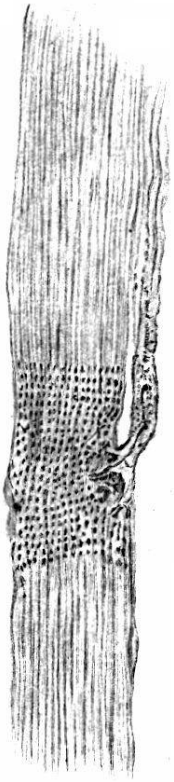
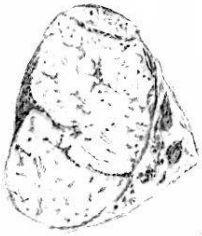


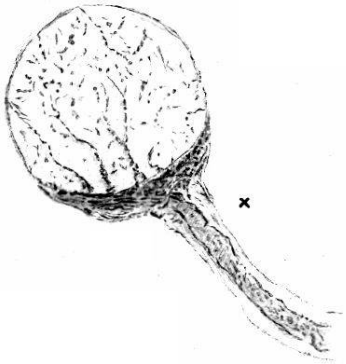
Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4a.



4b.



4c.

4d.

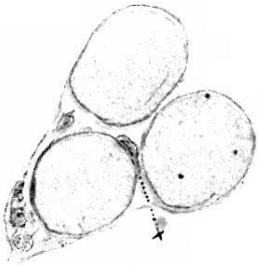


Fig. 5.

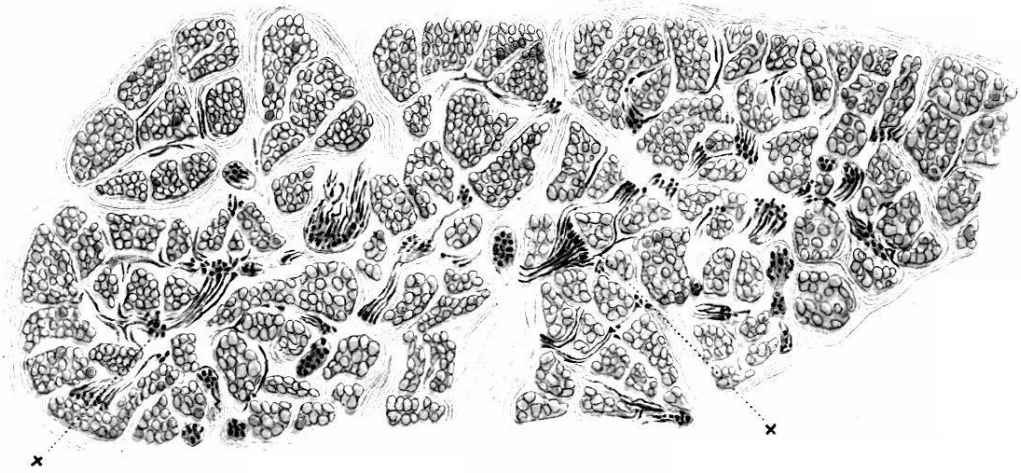


Fig. 1-4 Flesch, 5 Rabus.

Lips. Lith. Bern.