

**XIV.****Beiträge zur Muskelpathologie,**

Histologische und Chemische Untersuchungen nach Tenotomie  
und Neurotomie.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Breslau.)

Von Dr. Ed. Krauss,

Assistenizarzt an der medicinischen Klinik in Bern.

(Hierzu Taf. X.)

---

Es ist bekannt, dass die Ernährung und der Stoffwechsel in den Muskeln von den Nerven abhängt, das heisst theils von der durch diese hervorgerufenen Thätigkeit, theils von dem continuirlichen Einfluss, welchen dieselben auf den Stoffumsatz in den Muskeln ausüben. So wissen wir, dass anhaltende Thätigkeit den Muskel voluminöser macht, fehlende zur Abnahme der Kraft und des Volumens des Muskels führt, dem entsprechend finden wir bei manchen Berufsklassen gewisse Muskelgruppen stark, andere schwach entwickelt. Aber nicht nur der thätige auch der ruhende Muskel zeigt seine Abhängigkeit vom Nervensystem einmal durch die Schwächung des Stoffwechsels bei Trennung des Muskels von den nervösen Centralorganen oder bei Lähmung der Muskelnerven, sodann durch die Verstärkung des Stoffumsatzes bei Reizung der Hautnerven. Diese beständig von dem Nervensystem ausgehende Anregung des Stoffwechsels ist von Röhrig und Zuntz als chemischer Tonus bezeichnet worden. Von weiterem Einflusse auf die Grösse des Stoffumsatzes ist bei gleicher Nervenreizung, die man voraussetzen darf, wenn ein Kaninchen seinen beiden Hinterextremitäten Sprungbefehle zusendet, die Spannung, in welcher sich die Muskeln befinden. Der gespannte Muskel zeigt, wie Heidenhain's Untersuchungen gelehrt haben, einen intensiveren Stoffwechsel als der erschlaffte Muskel bei ein und derselben Nervenerregung. Es schien nun von Interesse zu untersuchen, ob der eine oder andere Einfluss sich sichtbar in der Structur der Muskeln und in ihrem Stoffumsatz kundgeben<sup>1)</sup>. Wir

<sup>1)</sup> Versuche, die Aenderung der elektrischen Erregbarkeit nach Tenotomie

nahmen deshalb eine eingehende histologische und chemische Untersuchung von Muskeln vor, bei denen entweder die Sehne oder der zugehörige Nerv vorher durchschnitten worden war; für die chemische Untersuchung wählten wir das Glycogen, weil das selbe allgemein als eines der Arbeitsmaterialien des Muskels gilt.

### A. Histiologische Untersuchung.

Die diesbezüglichen Untersuchungen wurden ausschliesslich an Kaninchen ausgeführt und zwar wurde an 25 Kaninchen die Achillessehne der einen Unterextremität durchschnitten und die Veränderung an Sehne und Muskel vom 3. bis 210. Tage untersucht bei gleichzeitiger Vergleichung mit der gesunden Seite, während die Neurotomie des Ischiadicus dicht an seinem Austritt aus dem Becken an 19 Kaninchen ausgeführt wurde und die Untersuchung vom 5. bis 84. Tage erfolgte. Der operative Eingriff verlief meist ohne Störung. Die sofort nach dem Tode herausgenommenen Muskeln wurden zum Theil einer frischen Untersuchung unterworfen, eine eingehendere Untersuchung wurde jedoch in der Mehrzahl der Fälle erst nach der Härtung vorgenommen. Die Härtung geschah meist in absoluten Alkohol, seltener wurde eine 1—2 Tage währende Härtung in gesättigter Pikrinsäurelösung vorausgeschickt. Nach ausgeführter Härtung wurden correspondirende Stückchen mit Alauncarmine gefärbt oder vermittelst der Heidenhain'schen Färbung (Hämatoxylin und gelbes chromsaures Kali) tingirt. Im Allgemeinen lieferte die Färbung mit Alauncarmine, der nach Auswaschen des Stückchens in Wasser und nach Härtung in pikrinsäurehaltigen Alkohol Durchtränkung in Xylol und Paraffin folgte, die besten Resultate. — Einzelne Stückchen wurden behufs Studiums der Kernverhältnisse in der Flemming'schen Lösung (2 ccm 2prozentiger Osmiumsäure, 7 ccm  $\frac{1}{4}$  prozentiger Chromsäure,  $\frac{1}{2}$ —1 ccm concentrirter Essigsäure) gehärtet und in Safranin gefärbt, auch die ausschliessliche Härtung in Osmiumsäure wurde benutzt. Geschnitten wurde mit dem Thoma'schen Mikrotom, ca. 0,005 mm dick.

Neben der histologischen Untersuchung wurden auch die Gewichtsverhältnisse zwischen dem gesunden und kranken und Neurotomie zu ermitteln, lieferten trotz Anwendung der genauesten technischen Hülfsmittel keine physikalisch scharfen Resultate.

Muskel bestimmt; ferner Messungen vorgenommen, um das Verhältniss der Sehnenlänge zur Muskellänge, besonders bei Tenotomie kennen zu lernen.

### I. Veränderungen in Sehne und Muskel nach Tenotomie.

Wir beginnen mit den histiologischen Ergebnissen in den ersten Tagen nach der Operation und gehen alsdann zu denjenigen in der folgenden Zeit über.

#### 1. Veränderungen am 3. Tage nach Tenotomie.

Makroskopisch war in diesem Falle schon die Verbindung der oberen und unteren von einander circa 1 cm entfernten Sehnenenden durch ein zartes, weissliches Gewebe zu constatiren, der Muskel selbst erschien normal.

Mikroskopisch fand sich

##### a) in der Sehne

und zwar oberhalb wie unterhalb der tenotomirten Stelle Folgendes. Es zeigt sich an den meisten Abschnitten des Querschnitts eine beträchtliche Zahl länglich ovaler, bläschenförmiger Kerne, bisweilen auch mehr schmale, längliche Kerne, endlich runde und ovale dunkelkörnige Kerne; ihre Grösse ist eine sehr wechselnde; sie sind umgeben von einem schwach gefärbten oder fast farblosen Protoplasmäsum; die Form der Zellen ist eine verschiedene, viele sind eckig und mit Zacken versehen oder rund, andere längsoval, andere mehr länglich und an beiden Enden in feinen Fibrillen endigend. Oft ist die Contour der Zellen undeutlich. Das Grundgewebe ist entweder schwach durch Alauncarmin gefärbt oder farblos, hyalin. An den bläschenförmigen Sehnenkernen bemerkte man ein oder mehrere Kernkörperchen und eine fädige oder granulirte Zeichnung der chromatinhaltigen Substanz. Neben diesen Kernen erkennt man noch andere, die bis auf ein oder mehrere in der Mitte oder am Rande gelegene Kügelchen geschrumpft sind. Das Protoplasma selbst ist ungefärbt. Uebergangsformen zwischen beiden Kernen finden sich vor, d. h. in manchen Kernen zeigt sich nur wenig chromatinhaltige Substanz. Vereinzelte Kerne lassen Kerntheilungsfiguren deutlich erkennen. Die Kerne sind auf dem Querschnitt zum Theil gleichmässig zerstreut, zum Theil an gewissen Stellen in Form von Längszügen, rundlichen Haufen u. s. w. angehäuft.

Während der grösste Theil des Querschnitts die bekannte fasciculäre Structur des Sehnengewebes darbietet, ist an manchen Stellen das Gewebe körnig zerfallen, nekrotisch, besonders auch da, wo jene geschrumpften Kerne sich vorfinden. Ferner finden sich kleine runde Vacuolen, bisweilen mehr längliche Spalten, welche mit einer grössen Zahl der oben beschriebenen Kerne erfüllt sind. An manchen Stellen und besonders in weiterer Entfernung von den Sehnenstümpfen ist das Sehnengewebe normal.

##### b) In der Musculatur

war nichts Pathologisches nachweisbar.

## 2. Veränderungen vom 8. bis 15. Tage nach Tenotomie.

Makroskopisch erschien der Muskel 8 Tage nach Tenotomie sowohl dem Aussehen nach wie durch Gewichtsverlust constatirbar deutlich atrophirt. Die Gewichtsabnahme betrug 13,2 pCt. Die obere Sehne war um 6 pCt., ein gemessenes Muskelbündel an der Peripherie des Gastrocnemius um 53 pCt. geschrumpft. Zwischen den durchtrennten Sehnenenden fand sich eine 26 mm lange weiche, weissgraue Zwischenmasse vor. Die anscheinende Verlängerung der Sehne des tenotomirten Muskels war durch Einschiebung dieser Zwischensehne bedingt, denn nach Abzug derselben betrug die Länge der Sehne 4,8 cm gegen 5 cm der normalen Sehne. 11 Tage nach Tenotomie fand man von aussen eine deutliche Verdickung am oberen und unteren Sehnenstumpf, die Haut ist adhären und lässt sich nur künstlich mit dem Messer von der Sehne trennen. Ein röthliches mit Ecchymosen versehenes Gewebe verbindet die Sehne an der Hinterseite mit der Haut. Nach Durchtrennung dieses Gewebes liegen die beträchtlich geschwollenen Sehnenstümpfe zu Tage, die blassroth gefärbt und mit rothen Pünktchen versehen sind. Zwischen denselben findet sich eine circa  $1\frac{1}{2}$  cm lange, weissgraue bindegewebige Masse. Die den Muskel überziehende Aponeurose erscheint im unteren Abschnitt desselben dicker und milchig getrübt, mit den benachbarten Geweben verklebt, während sie am normalen Muskel zart und durchscheinend ist. Beim Durchschneiden des oberen wie unteren Sehnenstumpfes zeigt sich das Sehnengewebe milchig geträubt, im Innern der bindegewebigen Zwischenmasse lässt sich eine weiche, röthliche Masse, einem Blutgerinnsel entsprechend nachweisen. Die obere Sehne (am Ursprung des Muskels) und die gemessenen peripherischen Muskelbündel sind wiederum beträchtlich geschrumpft. Die Gewichtsabnahme des Muskels beträgt bis 18 pCt. Die Musculatur zeigt statt der dunkelröthlichen eine blasse, mehr gelbliche Farbe.

Mikroskopisch findet sich nun Folgendes:

### a) in der Sehne:

Es ergiebt sich eine beträchtliche Zunahme der Sehnenzellen gegen die Norm. Dieselben haben eine spindelförmige Gestalt derart, dass die Spitze beiderseits in feine Fibrillen endet, während der mittlere Abschnitt am breitesten erscheint und einen länglich ovalen Kern mit 1 oder mehreren Kernkörperchen enthält. Oft ist nur der Kern deutlich erkennbar und liegt derselbe in der fibrillären Grundsubstanz. Neben bläschenförmigen Kernen sieht man auch schmalste spindelförmige Kerne, ferner runde und eckige Kerne. Gegenüber den histiologischen Veränderungen 3 Tage nach Tenotomie zeigt sich darin eine Differenz, dass die Kerne bzw. Sehnenzellen etwas weniger breit und länglicher erscheinen. Ausserdem finden wir runde, ovale oder dreieckige Zellen mit schwach tingirtem Protoplasma und deutlichen Kerntheilungsfiguren in den verschiedensten Stadien. Capillaren durchziehen das Gewebe. Um die Kerne liegen vereinzelte bräunliche Pigmentkörnchen. Ein Theil der alten Sehne ist ziemlich normal und nur in geringem Grade mit einer grösseren Anzahl spindelförmiger Kerne erfüllt. In der Nähe des

Muskelansatzes zeigt zwar die Sehne noch eine Zunahme an zelligen Elementen, aber diese ist bei weitem geringer wie in der Nähe der tenotomirten Stelle. Die Zellen zeigen den eben beschriebenen Charakter. Neben Sehnenzellen auch eine mässige Zahl Granulationskerne und öfters auch Mitosen.

b) In der Musculatur.

Die Muskelfasern an der Ansatzstelle der Sehne sind durch zahlreiche rundliche, ovale und längliche Spalten wie zerfasert, durchlöchert; neben normal breiten Fasern finden sich schmalste vor, welche durch quer und schief verlaufende Muskelstränge in Verbindung stehen, so dass hierdurch ein mit Hohlräumen durchsetztes Gewebe resultirt. Die Muskelfasern lassen zum Theil deutliche Querstreifung erkennen, zum Theil erscheinen die Fasern mehr homogen. An vielen, meist rundlich geformten Stellen erscheint das Protoplasma auffallend hyalin oder auch schwach körnig und nimmt keinen Farbstoff an; an anderen Stellen findet sich eine wirkliche längliche oder runde Lücke vor. Die Muskelkerne sind exquisit vermehrt. Die Kerne liegen auf dem Längsschnitt besonders reichlich an den Rändern der Muskelfasern, spärlicher auf der übrigen Oberfläche; sie sind meist rund oder oval, bläschenförmig mit 1 oder mehreren Kernkörperchen, bisweilen sind sie mehr länglich; sie liegen sowohl vereinzelt wie in Längsreihen oder in rundlichen Haufen geordnet. Auf dem Querschnitt erkennt man deutlich, dass die Kerne nur am Rande, nicht aber im Inneren der Muskelfaser liegen. Das zwischen den Muskelfasern gelegene interstitielle Gewebe ist verbreitet, es besteht aus feinen Bindegewebsfibrillen, in denselben liegt eine vermehrte Zahl länglicher, an den Enden zugespitzter Zellen mit einem spindelförmigen Kern, Bindegewebskernen gleichend, wie auch ziemlich zahlreiche länglich-runde und ovale Kerne.

Die eben beschriebenen Veränderungen, d. h. die Muskelkernvermehrung, die Atrophie der Fasern und die Zunahme des interstitiellen Gewebes, sowohl der Fibrillen wie der Kerne, ist auch an der Peripherie des mittleren Muskeldrittels noch nachweisbar, desgleichen die Vacuolenbildung an vielen Fasern, oft derart, dass der ganze Muskelquerschnitt wie durchlöchert aussieht. (In Fig. 1 ist eine Stelle gezeichnet, wo letztere fast fehlen.) Das Sehnengewebe hier unverändert. Der äussere Abschnitt des oberen Muskeldrittels ist kernreicher, der mediane Theil desselben gleichwie die obere Sehne intact.

3. Veränderungen 15—40 Tage nach Tenotomie.

Makroskopisch fand sich 15 Tage nach Tenotomie die Haut mit der Sehne verwachsen. Sehne und Sehnenscheide waren geschwollen. Die Verdickung der Sehne begann in der Höhe des Fussgelenks (Calcaneus). Deutliche Abmagerung und Verkürzung des tenotomirten Muskels, seine Farbe ist eine blassrote. Beim Einschneiden in die Sehne zeigt sich nun, dass zwischen den angeschwollenen Sehnenstümpfen,  $3\frac{1}{2}$  mm vom Calcaneus entfernt, ein 7 mm langes, grauröthliches Gewebe, die Zwischensehne liegt; im Centrum derselben ein Bluterguss. Die Verlängerung der tenotomirten

Sehne ist durch Einschiebung der Zwischensehne bedingt, nach Abzug derselben beträgt die Länge der tenotomirten Sehne entsprechend der normalen 6 cm. In der späteren Zeit lässt sich dieser Bluterguss in der Zwischensehne nicht mehr nachweisen, öfters findet er sich auch in den ersten Tagen nach Tenotomie nicht. — Die Gewichtsabnahme des Muskels schwankt zwischen 7,5—45 pCt.

**Mikroskopisch ergab sich**

a) in der Sehne

beträchtliche Vermehrung der Sehnenzellen. In dem ganz leicht wellenförmig verlaufenden fibrillären Gewebe erkennt man in nicht stets deutlich sich abhebenden spindelförmigen Zellen zahlreiche längliche schmale, an beiden Enden zugespitzte Kerne neben längsovalen Kernen; es ist wohl gewiss, dass die letzteren die Flächenansicht der ersteren sind. Die Sehnenzellen endigen in feine Fibrillen. Ausser diesen Kernen sieht man spärliche dunkelkörnige Kerne, Granulationskernen entsprechend. Die Kerne liegen entweder in grösseren Gruppen vereint oder auch in kleineren runden oder ovalen Gruppen zwischen derben Bindegewebszügen. Kerntheilungsfiguren fanden sich nicht vor.

b) In der Musculatur.

In der unteren Musculatur fällt die ungleiche Grösse der Muskelfasern auf, die allerdings an dem skizzierten Theil des Querschnitts (Fig. 2) weniger ausgesprochen ist, wie auf anderen Schnitten. Spindelförmige zuweilen runde und eckige Kerne umscheiden in Begleitung von feinen Bindegewebsfibrillen an vielen Stellen die Muskelfasern, auch findet die Umscheidung zuweilen durch Capillaren statt. An den Rändern der Muskelfasern liegt eine vermehrte Zahl runder, bläschenförmiger Kerne öfters in grösserer Menge an einer Stelle. Hinsichtlich des Kernreichthums, der Grösse der Muskelfasern, der fehlenden oder vorhandenen Umscheidung finden sich in den einzelnen Querschnitten, ja an einem und demselben Querschnitt erhebliche Differenzen. Auf Fig. 2 ist die Umscheidung sehr deutlich, die Atrophie gering, etwas deutlicher die Kernvermehrung.

Die Peripherie des mittleren Muskeldrittels ist in ähnlicher Weise erkrankt. Die eng aneinander gereihten Muskelkerne gewähren in einzelnen Fällen auf dem Querschnitt das Bild einer Riesenzelle. Das Muskelproto plasma war nicht stets deutlich quergestreift, sondern oft homogen oder auch körnig.

An der Peripherie des oberen Muskeldrittels besteht nur eine geringe Kernvermehrung.

**4. Veränderungen 40—80 Tage nach Tenotomie.**

Makroskopisch zeigt sich das neugebildete Zwischenstück mit der alten Sehne völlig verwachsen. Aeußerlich ist in manchen Fällen die Verwachsungsstelle etwas schwierig erkennbar, doch zeigt sich auf dem Längsschnitt deutlich der Beginn der Zwischensehne an dem mehr grauen Gewebe derselben gegenüber dem weissen etwas milchig getrübten der wirklichen

Sehnensubstanz. Die ganze Sehne erscheint verlängert, eine genaue Messung ergiebt, dass diese Verlängerung ausschliesslich auf die eingelagerte Zwischensehne zu beziehen ist. Der Muskel ist stark verkürzt, so sind in einem Falle die äusseren Muskelfasern um 50 pCt. geschrumpft, während die oberen Sehnensfasern sich um 19 pCt. verkürzt haben. Die Gewichtsabnahme beträgt in den einzelnen Fällen 35,6—51,4 pCt. Die Farbe des tenotomirten Muskels ist eine bedeutend blassere, die Aponeurose desselben ist verdickt und getrübt.

Mikroskopisch ergab sich

a) in der Sehne

grösserer Reichthum an Sehnenzellen. Die ihnen angehörigen Kerne erscheinen je nachdem sie von der Fläche oder von der Seite gesehen werden, länglich oval, breit, bläschenförmig oder schmal und spindelförmig. Runde und ovale Kerne umgeben die mit Blutkörperchen stark gefüllten Gefässe, auch finden sich öfters in Längszügen angeordnete runde Kerne vor.

b) In der Musculatur.

Hier fand sich in den einzelnen Fällen Verschiedenes vor. In 2 Fällen war die Atrophie der unteren, der Sehne angrenzenden Musculatur eine sehr hochgradige. Neben Fasern, deren Breite nicht von der Norm abweicht, finden sich alle möglichen Grade der Verschmälerung bis zu allerfeinsten Fasern vor, deren Specifität sich nur durch die erhaltene Querstreifung documentirt. Die Kerne sind dabei oft so zahlreich, dass die ganze Muskelfaser an einem bestimmten Abschnitt völlig davon bedeckt erscheint. Die Kerne sind in runden Haufen oder in Längsreihen angeordnet; neben normal grossen ovalen bläschenförmigen Kernen finden sich öfters kleine Kerne vor, ferner gezackte, mit verzerrten Contouren; ein Theil der Kerne enthält viel chromatinhaltige Substanz, bei anderen ist nur die Contour schwach tingirt. Die Muskelfasern liegen in einem zum Theil mit grossen runden und längsovalen Lücken versehenen Gewebe, zum Theil in mehr streifigem Bindegewebe mit ziemlich reichlichen spindelförmigen Kernen. In dem lückenhaltigen Gewebe sind die Septen meist mit runden oder ovalen bläschenförmigen Kernen besetzt, seltener mit schmalen dunkelkörnigen Kernen. Manchmal sind die Kerne zu grossen Haufen vereint, an denen die einzelnen Individuen nur undeutlich zu unterscheiden sind, sie liegen dem Rande der Muskelfaser an. Kerntheilungsfiguren konnten nicht beobachtet werden. Im äusseren Abschnitt des unteren Muskeldrittels hochgradige Atrophie und Kernvermehrung, letztere betrifft weniger die Muskelkerne als die Granulationskerne, welche oft förmliche Längszüge bilden. Die Intensität der Atrophie ist wiederum eine sehr verschiedene, neben normal breiten Fasern schmalste Muskelfasern. Die aussen angrenzende Aponeurose ist nicht oder nur unweitlich kernreicher. Im inneren Abschnitt des unteren Muskeldrittels leichte Kernvermehrung und Atrophie. In der Peripherie der mittleren Höhe des Muskels mässige Kernvermehrung und Atrophie der Muskelfasern, deren Intensität insofern verschieden ist, als an der inneren Seite die Atrophie deutlicher als an der äusseren ist und sie an der hinteren Seite in einem der

beiden Fälle nicht mehr deutlich nachweisbar erscheint. Im centralen Abschnitt des mittleren Muskeldrittels in dem einen Fall 43 Tage nach Tenotomie keine Muskelfaserverschmälerung noch Kernvermehrung, in dem anderen Fall 80 Tage nach Tenotomie dagegen noch in geringem Grade constatirbar, desgleichen fand sich in diesem letzteren Falle auch im centralen Theil des oberen Muskeldrittels eine ganz leichte Kernvermehrung und Atrophie vor, in dem ersten Fall dagegen nicht.

Im Gegensatz zu diesen beiden Fällen zeigt ein dritter Fall, der 70 Tage nach Tenotomie untersucht wurde trotz makroskopisch hochgradiger Verschmälerung und Verkürzung des Muskels einen im Allgemeinen nur geringen, in den einzelnen Abschnitten ziemlich gleichmässigen Kernreichthum und Verschmälerung der Muskelfasern; nur die zu unterst inserirenden Muskelbündel zeigen sehr beträchtlichen Kernreichthum, starke Zunahme des interstitiellen Gewebes, welches von Capillaren durchzogen wird und mit spindelförmigen und eckigen Kernen erfüllt ist. Manche Muskelfasern sind mit runden und ovalen Kernen gleichsam ausgestopft.

##### 5. Veränderungen 5 und 7 Monate nach Tenotomie.

**Makroskopisch.** In beiden Fällen fand sich eine hochgradige Atrophie des tenotomirten Muskels. Die Gewichtsabnahme betrug 43,4 und 42,0 pCt. Die Farbe des tenotomirten Muskels war eine blassere, der Muskel selbst bedeutend verkürzt, die untere Sehne verlängert. Die Verlängerung der unteren Sehne ist bedingt durch Einlagerung einer Zwischensehne, deren Länge so beträchtlich ist wie der obere und untere Abschnitt der durchschnittenen Sehne zusammengenommen.

**Mikroskopisch** ergibt sich ein starker Kernreichthum der unteren Sehne. Die Zwischensehne besteht wie die Sehne selbst aus parallelfasrigen kernreichen Bündeln. Im Muskel fand sich in beiden Fällen Verschmälerung der Muskelfasern, Zunahme der Muskelkerne und der Kerne des interstitiellen Gewebes im unteren Muskeldrittel, geringer im Innern des mittleren Muskeldrittels, nicht zwischen beiden Gastrocnemiusköpfen.

Resümiren wir nunmehr die nach Tenotomie gefundenen histiologischen Veränderungen, so müssen wir sagen, dass eine in den einzelnen Fällen zwar etwas schwankende aber im Allgemeinen in der ersten Zeit progressiv zunehmende Atrophie im tenotomirten Muskel sich constatiren lässt. Die Gewichtsabnahme desselben, welche in den ersten acht Tagen 13,2 pCt. betrug, erreicht nach 80 Tagen ihr Maximum mit 51,4 pCt., betrug nach sieben Monaten noch 42,0 pCt. Diese Zahlen haben natürlich nur relativen Werth. Die histiologischen Veränderungen in der Sehne bestanden einmal in einer Zunahme der Sehnenzellen, an welchen wir mehrfach Kerntheilungsfiguren beobachtet haben,

sodann in einer Zunahme des fibrillären Gewebes. Die ersten Veränderungen an den Sehnenstümpfen scheinen degenerativer Natur zu sein, wie aus dem Undeutlichwerden der Sehnenzellen, Schrumpfung der Kerne derselben und aus dem körnigen Zerfall des Protoplasma hervorgeht. Die Sehnenzellen, welche anfangs mehr rund und eckig gestaltet sind, werden später mehr längs-oval, senden Fortsätze aus. Diese Fortsätze werden zu Fibrillen gleichwie ein Theil des Protoplasmaleibes der Sehnenzellen. Die Vermehrung der Fibrillen und der Gewebskerne erstreckt sich von der unteren Sehne verschiedentlich weit nach oben reichend auf die den Muskel überziehenden und zwischen die einzelnen Muskelabtheilungen des Gastrocnemius sich einschiebenden Aponeurosen und Fascien.

Im Muskel constatiren wir eine Zunahme der Kerne des interstitiellen Gewebes und der Bindegewebsfibrillen und das Auftreten von oft reichlichem Fettgewebe, die Muskelfasern selbst zeigen die verschiedensten Grade der Verschmälerung, ihre Kerne sind bald mehr, bald weniger reichlich vermehrt. Aber diese Veränderungen lassen sich nicht stets und in gleicher Weise im ganzen Muskel nachweisen. Der untere Abschnitt desselben und der äussere Muskelmantel zeigen sich oft am stärksten erkrankt, während die central gelegenen mittleren und oberen Muskelfasern mehrfach intact gefunden wurden, so dass alsdann eine Differenz in der Intensität der Erkrankung in den einzelnen Abschnitten nachweisbar war. Immerhin finden sich auch an einem und demselben Querschnitt bisweilen beträchtliche Differenzen, indem ziemlich normale Muskelfasern mit stark verschmälerten, kernreichen, von breiten Bindegewebszügen eingeschlossenen Muskelfasern abwechselten. Veränderungen in Sehne und Muskel liessen sich noch sieben Monate nach der Operation constatiren.

Die von uns gefundenen Veränderungen in der Sehne nach Tenotomie stimmen im Wesentlichen mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen überein, wie sich aus den Arbeiten von Boner (Regeneration) dieses Archiv Bd. 7, Dombrowski, Ueber die physiol. Heilungsproc. nach subcut. Tenot. I.-D. Königsberg 1869; Ginsburg (Entzündung und Regeneration der Sehnen) dieses Archiv Bd. 88; Güterbock (Ueb. d. fein. Vorg. b. d. Heil. p.

prim. a. d. Sehne) dieses Archiv Bd. 56, Beltzow (Entwickl. u. Regen. d. Sehnen) Arch. f. mikrosk. Anatomie XXII 1883; Feltz (Rech. experim. s. l'Inflamm. d. Tendons) Journ. de l'Anatomie 1878 u. A. ergiebt.

Eingehende Untersuchungen über die histiologischen Veränderungen in den Muskeln nach Tenotomie habe ich in der Literatur nicht gefunden.

Wenn wir uns nach einer Erklärung für die Veränderungen in Sehne und Muskel nach Tenotomie umsehen, so werden wir die Annahme, dass es sich hierbei um entzündliche, reactive Erscheinungen handelt für die richtigste halten. Hierfür lässt sich die Sehnenverdickung, die milchige Trübung der Sehne und der Muskelaponeurose (letztere an der Vorderfläche des Gastrocnemius oft bis zur Mitte desselben reichend), die Verklebung des Muskels mit der Nachbarschaft durch zarte Membranen, die oft colossale Kernvermehrung und Muskelfaserverschämälerung in unmittelbarer Nähe von nur wenig veränderten Fasern, der ausgesprochene interstitielle Charakter des Prozesses, vor allem aber das atypische Verhalten der Atrophie anführen. Nach unserer Auffassung wären somit die Veränderungen nach Tenotomie anzusehen als eine primär von der durchschnittenen Sehne aus sich fortpflanzende subacute und chronische Entzündung des interstitiellen Bindegewebes, welches secundär zur Atrophie und local durch Reizung ebenfalls zur Wucherung der Sarcoglia d. h. des Muskelprotoplasmas mit seinen Kernen im Innern des Sarcolemmaschlauches führt.

Daneben mag auch der durch die Entspannung bedingte Functionsausfall mit zur Atrophie beitragen.

Die Schwere der hier geschilderten Muskelveränderungen wird im Vergleich zu den Resultaten der Tenotomie beim Menschen zunächst auffallend erscheinen. Wir müssen uns aber hierbei erinnern, dass die Verhältnisse zwischen Thier und Mensch nach Tenotomie nicht gut zu vergleichen sind. Beim Menschen suchen wir durch Hervorrufen günstiger mechanischer Bedingungen, sodann durch Kräftigung der Musculatur die Function des kranken und oft atrophischen Muskels dem normalen mehr und mehr adäquat zu machen, während das Thier seinen

tenotomirten Muskel in Folge Einschaltung einer Zwischensehne in der Folge nur wenig zu benutzen vermag; ferner giebt die beim Thiere selbst bei Application eines Gypsverbandes nicht vollständig zu erzielende Ruhelage des tenotomirten Muskels zur stärkeren Atrophie in Folge vermehrter entzündlicher Reaction Veranlassung. Uebrigens wird auch beim Menschen bisweilen nach Tenotomie eine auffallende Schwäche des betreffenden Muskels bemerkt.

## II. Wir wenden uns nunmehr zu den

### Histologischen Veränderungen nach Neurotomie.

Wir betrachten

#### 1. Die Veränderungen in den ersten 20 Tagen nach Neurotomie. Zur Untersuchung gelangten 11 Fälle.

Makroskopisch erkannte man Folgendes: Die Nervenenden lassen sich als durchtrennt stets deutlich nachweisen; in einzelnen Fällen der dritten Woche war die Vereinigung durch ein zartes, graues Band schon nachweisbar. Eine Atrophie des Muskels wurde in den ersten 8 Tagen weder dem Gewicht nach, noch mikroskopisch gefunden. Der neurotomirte Muskel erschien nur etwas dunkler roth gefärbt. 12 Tage nach Neurotomie fand sich in dem einen Fall eine deutliche Gewichtsabnahme, 17,3 pCt. betragend und dementsprechend zeigte sich Kernvermehrung und Verschmälerung der Muskelfasern, während in einem anderen Fall aus derselben Zeit histologische Veränderungen nicht constatirbar waren. Exquisiter war die Atrophie 14 Tage nach Neurotomie, noch deutlicher in zwei Fällen 16 Tage n. N., während sie in einem anderen Fall aus dieser Zeit viel weniger ausgebildet war. Die bis zum 20. Tage notirte Gewichtsabnahme schwankt zwischen 16 und 48 pCt. Die Farbe des neurotomirten Muskels war eine dunkler rothe wie die des normalen. Bisweilen fand sich eine leichte Schwellung der Achillessehne an der Insertion am Calcaneus.

Mikroskopisch<sup>1)</sup> ergab sich Folgendes: Die Muskelkerne sind an Zahl vermehrt, sie erscheinen länglich oval oder auch mehr rund, hellkörnig und bläschenförmig; oft sind sie eng aneinander gereiht, doch im Gegensatz zur Mehrzahl der Fälle von Tenotomie in viel regelmässigerer typischer Weise im Verlauf der Muskelfaser vertheilt. Daneben erscheint eine mässig vermehrte Zahl schmäler, spitz zulaufender Kerne an den Rändern der Muskelfasern liegend, Bindegewebskernen entsprechend. Keine wesentliche Verbreiterung des

<sup>1)</sup> Die histologische Untersuchung bezieht sich nicht auf die Degeneration der Nervenendplatten, von der ich mich in mehreren Fällen überzeugt habe, sondern hat vorzugsweise das Studium der am gehärteten Präparate constatirbaren Veränderungen zur Aufgabe.

interstitiellen Gewebes. Die Fasern des neurotomirten Muskels erscheinen etwas schmäler als die des normalen Muskels. Die contractile Substanz ist meist unverändert, die Querstreifung deutlich, doch tritt an einzelnen Fasern die Neigung zur scholligen Zerklüftung zu Tage. Diese Veränderungen sind in allen Abschnitten des Muskels in seinem oberen, mittleren und unteren Theil vorhanden. Das Sehnengewebe normal.

## 2. Veränderungen vom 20. bis 40. Tag nach Neurotomie.

Zur Untersuchung gelangten 7 Fälle. Die Gewichtsabnahme schwankt zwischen 16,7 und 55 pCt.

Makroskopisch zeigte sich, dass die Nervenenden an der Durchschneidungsstelle noch nicht vereinigt waren. Das peripherische Ende erschien etwas grauer und dünner. Der Muskel war verschmälert und von dunkelrother Farbe in Folge venöser Hyperämie. In einigen Fällen leichte Verdickung an der Insertion der Achillessehne. Die Messungen der Muskel und der Sehnenfasern an der Aussenseite ergaben in einem Falle eine geringe Abnahme sämmtlicher Längenmaasse am kranken Gastrocnemius.

Mikroskopisch verhält sich der Muskel in allen seinen Abschnitten vollkommen gleich. Man erkennt eine Verschmälerung der Muskelfasern, die nicht immer deutliche Querstreifung zeigen, sondern bisweilen mehr homogen, bisweilen körnig degenerirt oder auch zerklüftet erscheinen. Die Kerne sind beträchtlich vermehrt. Diese Zunahme betrifft vorzugsweise die Muskelkerne, welche bald einzeln, bald zu zweien oder zu mehreren aneinander gelagert sind, sei es in Längsreihen geordnet oder in runden Gruppen. Die Kerne liegen meist an den Seiten der Muskelfasern. Vereinzelt Muskelfasern enthalten nur eine Hülle, die mit rundlichen oder eckigen dunkelkörnigen Kernen erfüllt ist (Muskelzellenschlauch). Das interstitielle Gewebe besteht aus welligem, fibrillärem Gewebe mit reichlichen Gefässen; es enthält eine mässige Zahl dunkelkörniger, rundlicher, eckiger oder auch mehr länglicher Kerne, welche letztere in einer mit feinen Ausläufern versehenen Zelle liegen. Mitosen wurden trotz besonders darauf gerichteter Aufmerksamkeit weder an den Muskel- noch den Bindegewebskernen beobachtet; die Kernstructur war eine sehr wechselnde, zu einander abgeplattete Kerne wurden öfters beobachtet.

Zu erwähnen wäre noch die in einzelnen Fällen bemerkte colossale Entwicklung von Fettgewebe im interstitiellen Gewebe; es finden sich daselbst kleinere und grössere, runde, ovale und längliche Lücken, die, wie sich bei Osmiumsäurebehandlung zeigt, aus Fettgewebe bestehen, sie enthalten am Rande einen bläschenförmigen Kern.

## 3. Veränderungen vom 40. bis 60. Tage nach Neurotomie.

Zur Untersuchung gelangten mehrere Fälle, von denen besonders einer sehr eingehend untersucht wurde. Die Gewichtsabnahme des Muskels betrug in diesem Falle 50,6 pCt.

Makroskopisch ergab sich hierbei, dass beide Nervenenden durch eine circa  $\frac{1}{2}$  cm betragende Bindegewebsbrücke vereinigt waren. Beträchtliche

Verschmälerung des neurotomirten Muskels, weniger in der Längen- als in der Breitenrichtung. Der Muskel ist abgesehen von einzelnen gelblich gefärbten Bündeln dunkelblauroth. Leichte Verdickung der Achillessehne an ihrer Insertion am Calcaneus.

Mikroskopisch waren die Veränderungen in allen Abschnitten ziemlich übereinstimmend und dem oben geschilderten nicht unähnlich (vgl. Fig. 3). Neben der Muskelatrophie, der Verbreiterung des interstitiellen Gewebes und der Vermehrung der Muskel- und Bindegewebskerne tritt an vielen Stellen die Fettentwicklung im interstitiellen Gewebe deutlich zu Tage. Die Atrophie zeigt sich in der Weise, dass während einzelne Muskelfasern noch normale Breite aufweisen, andere sich in allen Graden der Verschmälerung präsentieren. Das Muskelprotoplasma ist nicht stets deutlich quergestreift, sondern vielfach mehr homogen oder zerklüftet, bisweilen zeigt es nur Längsstreifung. Die derartig beschaffenen Muskelfasern sind am Rande, seltener mehr nach dem Centrum hin mit einer grossen Zahl runder und ovaler Kerne versehen, welche in der schon beschriebenen Weise gelagert sind. In dem verbreiterten interstitiellen Gewebe liegen neben ziemlich zahlreichen runden und eckigen dunkelkörnigen Kernen längliche, schmale, an beiden Enden zugespitzte Kerne; auch die Gefässe sind oft kranzförmig von runden und eckigen Kernen umgeben. Das Fettgewebe im interstitiellen Gewebe reich entwickelt in Form zahlreicher runder und ovaler Lücken.

#### 4. Veränderungen 84 Tage nach Neurotomie.

Zur Untersuchung gelangte ein Fall. Die Gewichtsabnahme betrug 52,4 pCt.

Makroskopisch fand man eine Verbindung der durchtrennten Nervenenden durch ein weissgraues, bindegewebiges Band. Das peripherische Nervende ist schmäler und grau verfärbt. Es bestand Ankylose im Hüft-, Knie- und Fussgelenk am neurotomirten Beine.

Mikroskopisch zeigte sich eine in allen Abschnitten des Muskels annähernd gleiche, hochgradige Atrophie. Die beträchtlich verschmälerten Fasern sind mit runden und ovalen Muskelkernen ausserordentlich reichlich versehen. Im Uebrigen entsprechen die Veränderungen den vorher beschriebenen, nur sind sie hochgradiger. Das Fettgewebe ist nicht wesentlich vermehrt.

Resümiren wir die bei Neurotomie gefundenen Ergebnisse, so ergiebt sich, dass die Intensität der Atrophie in den einzelnen Fällen eine sehr schwankende ist, so dass während in einem Falle nach 16 Tagen die Gewichtsabnahme nur 16 pCt., sie im andern Fall über 50 pCt. betrug. Die histiologischen Veränderungen, deren Ergebniss dem der zahlreichen Autoren über diesen Gegenstand entspricht, zeigen sich in einer Verschmälerung der Muskelfasern, einer Vermehrung der Muskelkerne und zugleich

in einer Zunahme des interstitiellen Gewebes (Fibrillen und Kerne). Alle Abschnitte des neurotomirten Muskels sind annähernd gleichmässig betroffen.

Es scheint, dass nach Neurotomie die primäre Veränderung in einer Wucherung der Sarcoglia besteht, wodurch die Fibrillen comprimirt und zur Atrophie gebracht werden. Da nun die Muskelschlüsse atrophiren, wuchert das zur Ausfüllung immer bereite Binde- und Fettgewebe. Die Sarcoglia wird in neuerer Zeit von Manchen<sup>1)</sup> als die eigentlich active Substanz bei der Contraction angesehen. Bei der Thätigkeit scheint sie verbraucht zu werden, denn in dem durch die Nervendurchschneidung zur Unthätigkeit verurtheilten Muskel nimmt ihre Masse sehr zu, wodurch eben die Fibrillensubstanz zum Schwinden gebracht wird.

## B. Untersuchung des Glycogengehaltes von Muskeln nach Tenotomie und Neurotomie.

Wir experimentirten an 37 Kaninchen. An 21 Kaninchen wurde die Achillessehne der einen Extremität tenotomirt, an 16 Kaninchen der Ischiadicus der einen Seite dicht am Beckenausgang durchschnitten. Operation und Wundverlauf verlief in der Mehrzahl der Fälle reactionslos. Da wir uns überzeugten, dass ohne Zufuhr von Kohlehydraten die gefundenen Glycogenmengen äusserst minimale sind, so flössten wir bei allen Untersuchungen 1—3 Tage vorher mit der Schlundsonde 15—30 gr Zucker in wenig Wasser gelöst den Kaninchen ein. Der Einwand, der hierbei erhoben werden kann, dass hierdurch ein künstlicher Glycogengehalt erzeugt wird, erscheint weniger bedeutungsvoll, wenn man bedenkt, dass es sich bei diesen Versuchen nicht um Bestimmung der absoluten, sondern nur der relativen Glycogenmengen handelt; immerhin muss die Möglichkeit, dass auch der kranke Muskel innerhalb gewisser Grenzen die gleiche Fähigkeit Glycogen zu zersetzen wie der normale Muskel besitzt, zugegeben werden und könnte nur bei überreicher

<sup>1)</sup> Vgl. Kühne, Neue Unters. üb. motor. Nervenend. Zeitschr. f. Biolog. Bd. V (23).

Zufuhr glycogenbildender Substanz eine Störung dieses Vermögens eintreten.

Wir bedienten uns im Wesentlichen der von Brücke angegebenen Methode der Glycogendarstellung und benutzten zur besseren Isolirung der Muskelfasern die auch neuerdings von Külz empfohlene Kalilösung. Im Einzelnen verfuhren wir also:

Sofort nach dem durch Entblutung herbeigeführten Tode wurden die betreffenden Muskeln in einzelne Stücke zerlegt und in einer Porzellanschale mit etwas Wasser aufgekocht. Darauf wurden die Muskelstücke in kleinste Theile zerschnitten und mit Glasstückchen genau zerrieben wiederum in die erste Schale zu der dort verbliebenen Flüssigkeit gebracht und auf einem Wasserbade zum Kochen erhitzt; es wird nun eine 20prozentige Kalilösung in der Weise zugesetzt, dass auf 20 g Muskel 5 g dieser Kalilösung kommen. Die anfangs trübe Flüssigkeit wird allmählich klar; sie wird alsdann nach dem Erkalten in ein Becherglas gegossen und so lange eine auf's Doppelte verdünnte Salzsäurelösung hinzugefügt, bis ein flockiger Niederschlag entsteht. Jodquecksilberkalium und Salzsäure werden nunmehr so lange hinzugesetzt bis kein Niederschlag mehr sich bildet. Als dann wirdfiltrirt und das Waschwasser mit Jodquecksilberkalium und Salzsäure versetzt. Die filtrirte Flüssigkeit enthält das Glycogen als opalescirende oder milchige Flüssigkeit. Zur Fällung desselben wird das doppelte Quantum Spiritus hinzugesetzt und am nächsten Tage filtrirt. Der Niederschlag im Filter mit Alkohol ausgewaschen und sodann das Glycogen nochmals mit heißem Wasser aufgelöst. Die abgekühlte glycogenhaltige Flüssigkeit wird nach Ansäuern mit einigen Tropfen Essigsäure mit dem doppelten Volum 94prozentigen Alkohols versetzt. Durch ein gewogenes Filter wird filtrirt, das Filter mit absolutem Alkohol und Äther ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

Die nach dieser Methode gewonnenen Resultate veranschaulicht die beiliegende Tabelle. Es ergiebt sich aus derselben, dass bei Neurotomie unter 15 Versuchen der neurotomirte Muskel 8mal mehr Glycogen enthält, 3mal annähernd gleichen Glycogengehalt im normalen und neurotomirten Muskel sich vorfindet, während in 4 Fällen der neurotomirte Muskel weniger Glycogen enthält. 16 bei Tenotomie angestellte Versuche ergaben 6mal mehr Glycogengehalt, 8mal annähernd gleichen Glycogengehalt und 2mal verminderden Gehalt im tenotomirten Muskel. Ausserdem wurde ein Versuch an einem bis dahin normalen Kaninchen vorgenommen, dem am Tage vorher vermittelst der Schlundsonde 20 g Zucker eingeflösst worden waren; demselben wurden die Achillessehne der einen Seite durchschnitten und nach Durchtrennung der

Zusammenstellung des Glycogengehaltes von Muskeln  
nach Tenotomie und Neurotomie.

Glycogengehalt der Muskeln nach Tenotomie.					Glycogengehalt der Muskeln nach Neurotomie.					
Zahl d. Tage nach d. Ope- ration.	Gewicht des nor- tenoto- malen   mirten Muskels.	Glycogengehalt nach pCt. des nor- tenoto- malen   mirten Muskels.			Zahl d. Tage nach d. Ope- ration.	Gewicht des 'nor- neuro- malen   tomirt. Muskels.	Glycogengehalt nach pCt. des nor- neuro- malen   tomirt. Muskels.			
2	25,5	26,5	0,1858	0,0360	2	20	20,5	0,1064	0,0669	
3	7	7	0,1371	0,2685	7	16	16	0,3706	0,6662	
3	19	19	0,5478	0,7015	7	(42,5)	(51,5)	0,16	0,209	
6	31	31	0,3577	0,3235	9	(79)	(71)	0,637	0,734	
7	20	14	0,26	0,467	11	20	18	0,119	0,232	
8	16,5	14	0,3151	0,3078	11	13	10	0,11461	0,216	
9	18	16	0,289	0,591	14	20	15	0,3115	0,0933	
11	11	8,5	0,050	0,0230	14	(14,5)	(16)	0,630	0,343	
15	13,5	10,0	0,20	0,134	18	5,0	4,5	0,191	0,192	
15	11,5	9	0,28	0,237	18	19	15	0,0921	0,213	
21	14	13,5	0,1978	0,229	24	22	12	0,218	0,2508	
22	8	6,5	0,1412	0,349	27	14,5	13,5	0,052	0,24	
31	12	10	0,0427	0,0321	30	8	8	0,255	0,1625	
47	9,0	5,0	0,14	0,13	41	12	8	0,3075	0,4087	
47	13	7	0,417	0,534	51	17	7	0,310	0,315	
124	13	11	0,03307	0,0345	NB. Die eingeklammerten Zahlen stellen nicht das Gewicht der ganzen Muskelmasse, sondern nur des grössten Theiles d. betreffenden Unterextremität dar. Die nicht eingeklammerten Zah- len repräsentiren bei Tenotomie das absolute Gewicht des M. gastrocne- mius, bei Neurotomie das der ge- samten Unterschenkelmusculatur.					
kurz vorher tenotomirt u. sodann 2 Stdn. tetanisirt		11	10	0,572	0,554					
kurz vorher tenotomirt u. 3 Stdn. kräftig tetanisirt		12,7	12,7	0,0881	0,1228					

Medulla spinalis cervicalis künstliche Atmung eingeleitet. Der eine Pol eines Inductionsstromes wurde an das blossgelegte Rückenmark, der andere am After applicirt und auf diese Weise während 2—3 Stunden mit kurzen Pausen alle fünf Minuten eine tetanische Contraction beider Unterextremitäten bewirkt. Es ergab sich hierbei eine Verminderung des Glycogengehaltes im nicht tenotomirten Muskel.

Bevor ich zur Deutung dieser Resultate übergehe, sei der Thatsache gedacht, dass die Mehrzahl der Autoren die Frage nach der Bedeutung des Glycogens dahin beantwortet haben, dass es zu den beständigen Muskelbestandtheilen gehöre und dass seine Menge, wie dies Nasse ausgesprochen hat, im All-

gemeinen im umgekehrten Verhältniss zur Thätigkeit stehe. Eine Stütze für diese Auffassung gewähren die Untersuchungen von M'Donnell (American. jour. of the medic. scienc. XLVI p. 523. 1863), von Ogle (St. George hospital reports III p. 149. 1868), ferner von Chadelon (Arch. f. d. ges. Physiol. XIII S. 626. 1878). Diese Autoren fanden in gelähmten und künstlich zur Ruhe gezwungenen Muskeln jedesmal eine Glycogenvermehrung. Umgekehrt hat man in tetanisierten Muskeln einen Glycogenverlust nachgewiesen, so Ranke (Tetanus S. 168. Leipzig 1865), O. Nasse (Arch. f. d. ges. Physiol. S. 97 1869), S. Weiss (Sitzber. d. Wien. Academ. Juli 1871).

Eine Erklärung für die gewonnenen Resultate lässt sich von dem Gesichtspunkte aus, dass wir den pathologischen Muskel einfach als unthätig dem normalen gegenüberstellen, nicht geben; denn alsdann hätten wir stets einen Mehrgehalt an Glycogen im pathologischen Muskel finden müssen. Dies trifft jedoch kaum für die Mehrzahl der Fälle zu. Zur Deutung derjenigen Fälle, in denen ein gleicher oder verminderter Glycogengehalt im pathologischen Muskel gefunden wurde, müssen wir nach einer anderen Erklärung suchen. Wir könnten hierbei annehmen, dass in jenen Fällen sich im pathologischen Muskel ein erhöhter zur Zersetzung des Glycogens führender Stoffwechsel abspielt, eine Deutung, die allerdings angesichts des ziemlich gleichartigen histiologischen Befundes wenig gestützt erscheint.

Eine andere Erklärung werden wir finden, wenn wir die bei Tenotomie wie bei Neurotomie gestörten Circulationsverhältnisse in Betracht ziehen; bei Neurotomie zeigt der Muskel gewöhnlich venöse Hyperämie, bei Tenotomie Anämie, in beiden Fällen könnte also dem Muskel eine verminderte Menge glycogenbildender Substanz zugeführt werden. Es mag dahingestellt bleiben, ob eine der genannten Erklärungsweisen und welche die richtige ist, das glaube ich, lässt sich aus den genannten Versuchen deduciren, dass nach Neurotomie und Tenotomie der Stoffwechsel im Muskel hinsichtlich des Glycogens nicht wesentlich gestört sein kann.

---

Wenn wir die im Eingang zu dieser Arbeit niedergelegten Gedanken mit den gewonnenen Resultaten in Vergleich ziehen,

so müssen wir sagen, dass wir nur hinsichtlich der Neurotomie vermocht haben, das gestellte Ziel zu erreichen, das heisst den Einfluss, den die Nerven auf die Ernährung und den Stoffwechsel ausüben, zu beseitigen, dass es aber nicht gelang die andere Bedingung zu erfüllen, eine alleinige uncomplicirte, physiologische Entspannung des Muskels herbeizuführen. Hierbei machten sich ausser der Entspannung die Folgeerscheinungen des dabei gesetzten Traumas, entzündliche Prozesse an Sehne und Muskel geltend, welche die im weiteren Verlauf sich einstellende Atrophie zum grössten Theil herbeiführten, während anderseits die Functionsstörung nach der Entspannung mit zur Atrophie beigetragen haben mochte. Es muss also von einem physiologischen Vergleich dieser beiden Einflüsse auf die Structur und den Stoffwechsel des Muskels Abstand genommen werden, so lange es uns nicht gelingt, einen Muskel ohne Nebencomplicationen zu entspannen.

---

Am Schlusse dieser Arbeit sei es mir gestattet Herrn Geheimrath Heidenhain für die freundliche Unterstützung bei Anfertigung dieser Arbeit meinen besten Dank abzustatten gleichwie Herrn Dr. Röhmann für seine gütige Hülfe bei der chemischen Untersuchung.

---

### Erklärung der Abbildungen.

#### Tafel X.

- Fig. 1. Muskelschefschnitt, 8 Tage nach der Tenotomie. a Schmale Muskelfaser, b Vacuolen.
  - Fig. 2. Muskelquerschnitt, 32 Tage nach der Tenotomie. a Umscheidung der Muskelfasern durch Bindegewebsfibrillen.
  - Fig. 3. Muskelquerschnitt, 48 Tage nach der Neurotomie. a Muskelzellschlauch, b schmale Muskelfaser.
-

