

XXV.

Zur Regeneration der quergestreiften Muskelfasern.

Von Dr. M. Askanazy,

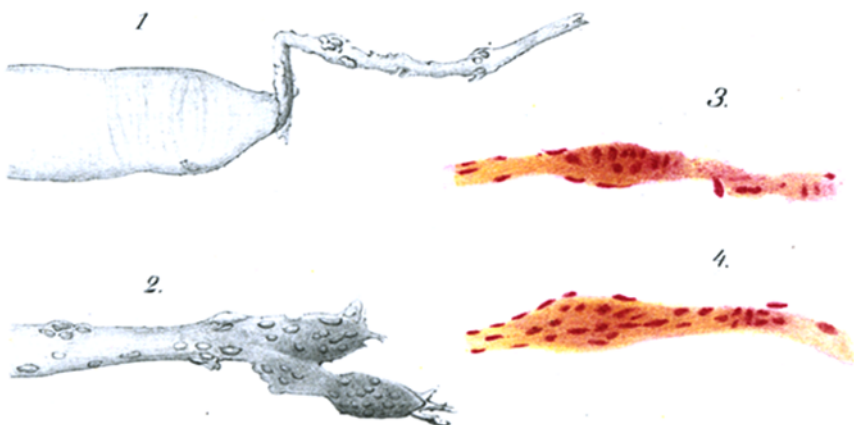
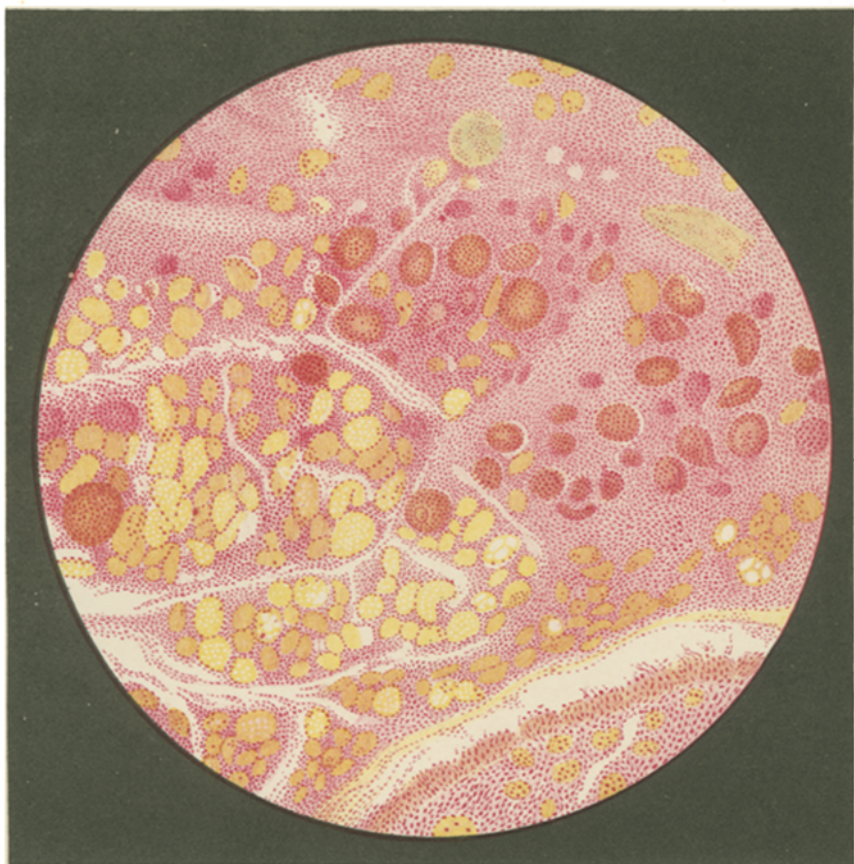
Assistenten am pathologischen Institut zu Königsberg i. Pr.

(Hierzu Taf. XI—XII.)

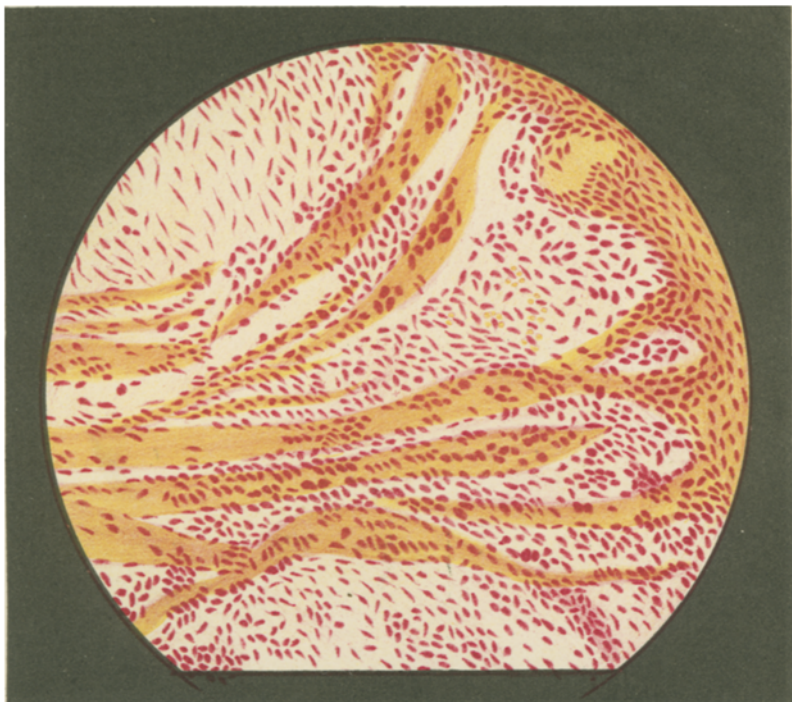
Die Regeneration der quergestreiften Muskelfasern ist schon am Ende des vorigen Jahrhunderts der Gegenstand experimenteller Bearbeitung gewesen, und das Resultat derselben war die allgemein acceptirte Ansicht, dass ein Wiederersatz verloren gegangener Muskelsubstanz nicht stattfindet, dass sich vielmehr an der Stelle des Defectes eine bindegewebige Narbe entwickle. Einige Wenige, anders Denkende konnten diese Ansicht nicht umstossen. So blieb sie bis zur Mitte unseres Säculums in Kraft, wo eine Reihe pathologischer Erfahrungen die alte Lehre in ein zweifelhaftes Licht stellte. Jene Gebilde, die nicht im Stande sein sollten, durch Proliferation eigene Substanzdefecte zu decken, wurden in einigen pathologischen Neubildungen als ein mehr oder weniger wesentlicher Bestandtheil aufgefunden. Rokitsansky¹⁾ fand quergestreifte Muskelfasern in einem Tumor der Albuginea des Hodens, Billroth und Senftleben in einer cystoiden Geschwulst des Testikels, Virchow in einem Ovarialtumor und dann bei einem Kinde in einem congenitalen Hygroma cysticum der Sacralgegend. Neben diesen heterotopen Rhabdomyomen²⁾ fand man in quergestreiften Muskeln selbst Neopla-

¹⁾ Vergl. die näheren Details in der historischen Entwicklung der in Rede stehenden Frage bei Zenker: „Ueber die Veränderung der willkürl. Musk. im Typh. abd.“ S. 51 u. ff.

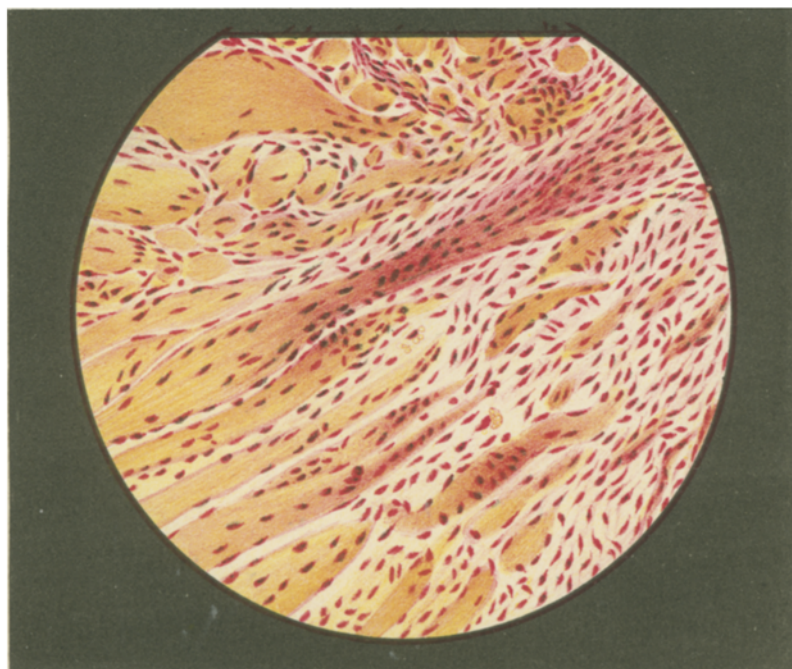
²⁾ Uebrigens ist die heterotope Natur des Rokitsansky'schen Tumors zweifelhaft geworden, seitdem E. Neumann (dieses Archiv Bd. 103 S. 497) in einem analogen Falle einen Zusammenhang zwischen dem Myoma striocellulare und dem Gubernaculum Hunteri wahrscheinlich gemacht hat. Vergl. dagegen J. Arnold in Ziegler's Beiträgen Bd. VIII S. 109.



6.



7.



sien aus solchen Elementen. So entdeckte v. Recklinghausen im Herzen eines Neugeborenen myomatöse Knoten, C. O. Weber sah eine durch Muskelfaserwucherung bedingte Makroglossie, Buhl ein recidivirendes Myom der Rückenmusculatur. [Einige andere Fälle sind nicht mit Bestimmtheit als wirkliche Muskelneubildungen zu deuten.] Schon nach solchen Befunden konnte an der Proliferationsfähigkeit der quergestreiften Muskeln füglich nicht mehr gezweifelt werden. So musste man naturgemäss noch einmal an die Frage herantreten, ob sich eine Muskelneubildung im regenerativen Sinne in der That niemals vollzöge. Da wurden zunächst einige Arbeiten veröffentlicht, welche für die Fälle eine reparatorische Faserneubildung bewiesen, wo in Folge krankhafter Prozesse mehr oder weniger grosse Abschnitte des Muskelapparates zu Grunde gegangen waren (Zenker in seiner berühmten Arbeit für Typhus, Colberg für Trichinose). Dann erinnerte C. O. Weber daran, dass man nach alten subcutanen und complicirten Fracturen sehr selten bindegewebige Muskelnarben zu Gesicht bekäme, dass also auch nach traumatischen Muselerstörungen eine Production neuer Fasern postulirt werden müsste. Weber, sowie einige Autoren vor ihm und zahlreiche Experimentatoren nach ihm nahmen nun von Neuem die Frage in Angriff, ob und in welcher Weise eine in variabler Form erzeugte Muskelläsion musculös verheile. Wenn man jetzt auch bald fast allgemein anerkannte¹⁾, dass die Regeneration quergestreifter Muskelfasern eine unumstössliche Thatsache ist, so wurde der nähere Bildungsmodus doch noch fortgesetzt das Object erneuter, bis auf den heutigen Tag nicht abgeschlossener Untersuchungen und Discussionen.

Während in den späteren Tagen sehr viele Beobachter gleichartige Gebilde als junge, in der Entwicklung begriffene Fasern erkannt und beschrieben haben, ist der erste Ursprung dieser neuen Fasern ein lebhaft umstrittener Punkt. Dies hat seine naheliegende Erklärung. Natürlich reagiren sämmtliche lädirten Gewebe nach dem operativen Eingriff durch mehr oder

¹⁾ Von einzelnen Forschern (Demarquay, Bergkammer) wurde noch vor kurzer Zeit die Möglichkeit einer Muskelregeneration bestritten. S. Zaborowsky, Arch. f. exp. Pathologie und Pharmakologie. 1889. Bd. 25 S. 416/17.

weniger energische Reaction. Zu dieser allgemeinen Proliferation gesellen sich an der Stelle des Traumas je nach der Art desselben in Form und Ausdehnung schwankende Degenerationserscheinungen, die das Bild der ersten Tage noch complicirter gestalten. Je nachdem das eine oder das andere Gebilde dem Untersucher besonders in's Auge fiel, hat er dies oder jenes als den Ausgangspunkt neuer Fasern angesprochen. —

Wir werden später noch ausführlicher zu erwähnen haben, dass eine Muskelverletzung einerseits zur Bildung eines Granulationsgewebes, andererseits zu gewissen Veränderungen an den Muskelfasern selbst führt. Im Granulationsgewebe sind es die emigrierten weissen Blutkörperchen und die jungen Bindegewebszellen, welche man zunächst für die Neubildung von Muskelfasern in Anspruch genommen hat.

Maslowsky¹⁾ brachte verschiedenen Thieren Muskelwunden bei und strich dann Zinnober in die Wunde hinein oder injicirte dasselbe 24 bis 48 Stunden vor oder nach der Läsion in's Blut. Er sah nun zunächst Eiterkörperchen, dann grössere, etwas unregelmässige, später spindelförmige Zellen mit feinkörnigem Protoplasma oder zarter Querstreifung, die auch theilweise Zinnoberkörnchen in sich einschlossen. In den ältesten Präparaten waren grössere, junge, zinnoberhaltige Muskelfasern vorhanden, welche lange Spindeln darstellten. Da nun Maslowsky von der Voraussetzung ausgeht, dass nur Wanderzellen befähigt waren, Zinnoberkörnchen aufzunehmen, erklärt er alle zinnoberhaltigen Gebilde für Derivate der Wanderzellen, mithin die emigrierten Leukocyten für den Ursprung der neugebildeten Muskelfasern. Dieser Folgerung ist bereits wiederholt (Lüdeking, Klebs) widersprochen worden, indem mit Recht hervorgehoben wurde, dass den protoplasmatischen Gebilden im Allgemeinen die Fähigkeit zugestanden werden müsste, corpusculäre Elemente in sich aufzunehmen, zumal wenn letztere einer Wundfläche durch „Einstreichen“ direct einverleibt werden.

Längere Zeit später hat Erbkam²⁾ sich nach dem Ergebniss seiner Untersuchungen noch einmal in gleichem Sinne wie Maslowsky entschieden. Er führte nach der Methode von

¹⁾ Wiener med. Wochenschr. 1868. No. 12. S. 192. Vorläufige Mittheilung.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 79. 1880. S. 49.

Heidelberg¹⁾ durch Constriction einer Extremität mittelst Gummischlauch einen nekrotischen Untergang der alten Muskelfasern herbei und glaubte, ein neues Element müsse „von aussen her in die todte contractile Substanz Leben bringen“. Dieses neue Element, welches sich (bei der stürmischen entzündlichen Reaction nach der sehr eingreifenden Operation) in dichten Schaaren einfindet, sind die Wanderzellen; sie sollen durch Aufnahme des degenerirten contractilen Faserinhaltes heranwachsen. Daneben giebt Erbkam aber noch einen anderen Neubildungsmodus an. Ein Theil der alten Muskelfasern hat denn doch eine gewisse Widerstandskraft behalten, er zeigt zwar keine Kerne, aber Querstreifung und eine besonders hervortretende Längsstreifung, die schliesslich in Spaltenbildung übergeht. Dieser Spaltungsprozess wird die Ursache der Bildung neuer Fasern. — Wenn die alten Fasern also dennoch aus sich heraus neue zu bilden vermögen, dürfte das postulierte „neue Element“ vielleicht doch überflüssig gewesen sein. Wir werden auch Erbkam's Deutung nicht für bewiesen erachten können und demgemäss statuiren, dass eine Neubildung von Muskelfasern aus Leukocyten nicht erwiesen, vielmehr nach unserer heutigen Auffassung sehr unwahrscheinlich ist.

Bei Muskelläsionen nimmt ferner das Perimysium an der Bildung des bald auftretenden granulirenden Gewebes Antheil und auch von dessen Zellen, also Bindegewebskörperchen sind die neuen Muskelfasern von einzelnen Autoren hergeleitet worden.

Nachdem schon v. Wittich bei Winterfröschen aus deutlich intermusculär gelegenen Spindelzellen eine Faserneubildung zum Ersatz für alte, durch Verfettung zu Grunde gegangene Muskelfasern beobachtet zu haben glaubte, nachdem Deiters an abgetragenen Schwänzen von Froschlärven desgleichen den Ursprung der neuen Fasern auf stern- und spindelförmige Zellen zurückgeführt hatte, war es Zenker, welcher sich in seiner ausgezeichneten Monographie über die Muskelveränderungen im Typhus für dieselbe Genese der reparatorischen Faserbildung entschied. Er constatirt in einer Reihe von frischen Fällen eine mehr oder minder reichliche Entwicklung polymorpher

¹⁾ Archiv für experimentelle Pathol. und Pharmacol. Bd. III.

Bindegewebszellen im Perimysium. Eine Zelle zeigte Querstreifung. In einer anderen Reihe von älteren Fällen beobachtete er neben den erwähnten Zellen kernreiche, riesenzellartige Platten und lange bandförmige Elemente. Die kleineren Bänder schliessen sich nach Zenker in Form und Länge an grössere Spindelzellen an. Die Bänder sind meist matt granulirt, einzelne aber auch stellenweise quergestreift. Endlich finden sich ganz ausgebildete Muskelfasern, die sich nur durch beträchtliche Schmalheit, ihre Kürze und das deutliche Hervortreten der Kerne von alten Fasern unterscheiden. Aus dieser Beobachtungsreihe schliesst Zenker, dass jedes Primitivbündel durch das Wachsthum einer einzigen Bindegewebszelle entsteht, welche unter Kerntheilung zu einem bandartigen Gebilde, endlich zur Muskelfaser wird. Der Autor weist zur Bestätigung der Angabe, dass die Spindelzellen des Perimysium in die kurzen bandförmigen Elemente übergehen, auf Analogien der Figuren hin, welche er „nach frischen Präparaten“ entworfen hat. Hier darf vielleicht die Bemerkung gemacht werden, dass die kurzen Bänder ein artifizielles Ende besitzen möchten. Die einzige quergestreifte Zelle ferner, welche sich noch dazu an das Sarcolemm einer Muskelfaser anlehnt, ist nicht eindeutig genug, um für einen Uebergang von Bindegewebszellen in quergestreifte Fasern Garantie zu leisten.

Auch Waldeyer¹⁾ sucht in den Zellen des Perimysium die Stammquelle neuer Muskelfasern. Er findet an lädirtten Muskeln etwa von der dritten Woche an ein junges Granulationsgewebe, welches lange Reihen grosser, spindelförmiger Zellen enthält. Diese Zellen, durch ihre Unveränderlichkeit in Kalilauge, ferner in Kali chloricum und Salpetersäure den anderen Zellen gegenüber ausgezeichnet, gehen mit ihren Spitzen vielfach in einander über, werden weiterhin noch grösser und ihre Spitzen verschmelzen noch häufiger. Die grössten Spindeln bekommen vom Rande her Querstreifung. Daneben finden sich nun lange, schmale, quergestreifte Fasern, welche ebenfalls in sehr feine Spitzen auslaufen. So bildet sich nach Waldeyer aus mehreren Zellen des Bindegewebes, „aus einer Reihe mit einander verbundener

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 34. S. 473.

Spindelelemente, die nebenbei selbständig wachsen, ein junges Primitivbündel⁴. Auch darin weicht der Autor von Zenker ab, dass er dessen bandartige, blasse, kernreiche Elemente wegen der unregelmässigen Vertheilung ihrer Kerne für in Zerfall begriffene Fasern erklärt, wie man solche auch in Muskeln finden soll, die von Geschwülsten durchwachsen werden. — E. Neumann hat nun bei der Nachprüfung einen Unterschied in dem chemischen Verhalten der einzelnen Bindegewebszellen nicht constatiren können, sodann auch hier die Möglichkeit hervorgehoben, dass die quergestreiften Zellen von Fasern abgerissene Bildungen anderer Art (s. u.) repräsentiren könnten.

Das Specificitätsgesetz der Gewebe kommt in der Anschauung der Autoren zur Geltung, welche die alten Muskelfasern als Matrix der neuen ansprechen, obwohl einzelne eine gleichzeitige metaplastische Muskelneubildung aus Bindegewebe nicht bestimmt von der Hand weisen. An verletzten Muskelfasern hat man viererlei Veränderungen gefunden: eine Wucherung der Muskelkerne; gruppirt sich die contractile Substanz als Zellmantel um dieselbe, so entstehen „Muskelzellenschläuche“; ferner eine Spaltung der Fasern; endlich eine Knospenbildung von seiten der alten Muskelfasern. Alle diese Vorgänge sollten wiederum zur Faserneubildung führen.

Peremeschko¹⁾ gewann bei Froschversuchen das Resultat, dass neue Muskelfasern aus den wuchernden Muskelkörperchen hervorgehen. Durch Confluenz der reihenförmig gewucherten Muskelkerne entstehen im Innern der alten Primitivbündel neue Fasern. Die alte Faser spaltet sich sodann der Länge nach und an Stelle derselben tritt ein ganzes Bündel junger Fasern zu Tage. In den abgebildeten Muskelfasern zeichnet der Autor neben unzweifelhaften, isolirt liegenden Muskelkernen reihenförmige Gebilde von evident anderem Aussehen, die sich auch ausserhalb der Muskelfasern vorfinden und völlig aussehen, wie kleine Säulen rother Blutkörper in einem Capillargefässe. In diesem Sinne sind die Gebilde auch schon wiederholt (Weber u. s. w.) gedeutet. Da dieselben also keine Muskelkerne darstellen, ist die Ansicht, dass neue Muskelfasern sich aus den

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 27. S. 116.

Muskelkernen entwickeln, von Peremeschko nicht bewiesen worden.

Die „Muskelzellenschläuche“, von Köl liker und Waldeyer zuerst beschrieben, spielen nach der Ansicht ihrer Entdecker bei der Regeneration keine Rolle. Dennoch wurden die „Muskelzellen“ von der nun zu erwähnenden grossen Reihe von Forschern als Anlage neuer Fasern bezeichnet.

Colberg¹⁾ studierte die Muskelregeneration bei trichinisierten Versuchsthiere n. Bei mässig trichinisierten Kaninchen u. s. w. sah er am 16. Tage nach der Fütterung die trichinenhaltigen Muskelfasern reichlich mit Muskelkernen erfüllt. Wo die Kerne weniger dicht lagen, waren sie von einer feinkörnigen Protoplasmamasse umhüllt. Aus diesen „Muskelzellen“ waren manche trichinisierten Fasern allein zusammengesetzt. Am Rande der Fasern waren die Zellen bisweilen länger, mehrkernig und hatten sich stellenweise von der Faser abgelöst, einige derselben zeigten Andeutungen von Querstreifung. Sie sollen zu neuen Muskelfasern werden. Am 28. Tage nach der Fütterung findet man nichts mehr von der Wucherung der Muskelkerne, die der Trichinenkapsel anliegenden Fasern sind durchaus normal. Dass Colberg nicht in der Lage war, die weiteren Veränderungen der Muskelfasern zwischen dem 16. Tage (5 Tage nach der Trichineninvasion in die Muskeln!) und dem 28. Tage, wo die Regeneration beendet ist, zu verfolgen, ist von dem Autor selbst hervorgehoben. Ueber diese Lücke kann nicht hinweggesehen werden, wenn die Arbeit Colberg's den entscheidenden Beweis liefern soll, dass die Muskelneubildung wirklich von den Muskelkernen bzw. -Zellen ausgeht.

O. Weber²⁾ findet nach variablen Traumen der Muskeln an der contractilen Substanz eine Umwandlung, die der wachstartigen Degeneration Zenker's entspricht. In den Lücken zwischen den Muskelschollen treten zahlreiche junge Zellen auf, hervorgehend aus gewucherten Muskelkörperchen. Manche Sarcolemmschläuche sind vollständig mit Muskelzellen ausgestopft. Das Protoplasma der Muskelzellen wird bald dunkelkörnig und diese Körnchen ordnen sich in Querstreifen. Im Granulationsgewebe

¹⁾ Gösch en's Deutsche Klinik. 1864. S. 188.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 39. S. 216.

findet Weber schon vom 2. Tage ab junge Muskelzellen, die bald zahlreicher und grösser werden, sich zunächst jedoch nicht von den anderen Bindegewebszellen unterscheiden. Dann tritt auch in ihrem Protoplasma eine körnige Substanz auf, die sich in Form von Querstreifen ordnet. Einzelne dieser Muskelzellen sind bei der Präparation oder von Natur aus den Muskelfasern frei geworden; für einen Theil ist es unmöglich, den Beweis zu liefern, dass sie nicht vom Bindegewebe stammen. Diese Muskelzellen verlängern sich in Form einer langen Spindel oder eines Bandes und so entstehen die (also neugebildeten) „bandartigen Elemente“, welche die Uebergangsstufe zu den ausgewachsenen Muskelfasern darstellen.

Einen ähnlichen Standpunkt nimmt Hoffmann¹⁾ ein, welcher die Muskelregeneration beim Typhus abdominalis verfolgte. Dabei constatirte der Autor im Innern der Fasern zwischen den wachstümlichen Schollen gelegene oder das ganze Sarcolemm erfüllende Muskelzellen, daneben eine massenhafte Zellenproduction im Perimysium. Die beiden Zellensorten sind zunächst verschieden, aber die Differenzen gleichen sich bald aus. Die Zellen wachsen namentlich in die Länge, dann verschmelzen mehrere in der Längs- und Querrichtung mit einander. Ist diese Aneinanderlagerung besonders in einer Flächenrichtung erfolgt, so entstehen die „bandförmigen Elemente“ und „kernreichen Platten“, welche wiederum die Uebergangsstufen zu den neuen ausgewachsenen Fasern darstellen sollen. Auch Hoffmann hält es für unmöglich, den Beweis zu liefern, dass aus den Zellen des Zwischengewebes keine Muskelfasern hervorgehen.

Aufrecht²⁾ spricht sich über seine Beobachtungen betreffs der Muskelregeneration nach Verwundungen, die er Thieren beibrachte, etwas reservirt aus. Jedoch hält er es ebenfalls für wahrscheinlich, dass sich von einer Muskelfaser ein oder mehrere Kerne mit einem Stücke der hyalin gewordenen contractilen Substanz abspalten und unter weiterer Proliferation zu neuen Muskelfasern werden. Einzelne Fasern sollen sich innerhalb ihres erhaltenen Sarcolemms regeneriren.

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 40. S. 505.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 44. S. 180.

Kraske¹⁾ war der erste, welcher unter Anwendung der die Wundheilung vereinfachenden antiseptischen Cautelen experimentirte. Bei verschiedenem Modus der Experimente ergaben sich gleiche Resultate bezüglich der Regeneration. Die Muskelkerne wuchern, bilden Muskelzellen, bezw. Zellschläuche. Lösen sich einzelne Muskelzellen ab, so bleiben die „kernreichen Platten“ und „bandförmigen Elemente“, welche sich weiterhin auch noch in Zellen zerlegen sollen. Diese Muskelzellen, welche meist einen einzigen, charakteristischen Kern besitzen, wachsen namentlich in die Länge und bekommen am Ende der 3. Woche Querstreifung. Dann erst vermehren sich die Kerne und rücken an die Peripherie; zugleich bekommt die immer länger auswachsende Zelle ein Sarcolemm und ist nun eine junge Faser geworden.

Gerade Kraske's Arbeit hat für die Lehre von der Abstammung junger Muskelfasern aus Muskelzellenschläuchen viele Anhänger gewonnen, und seine Ansicht ist als eine maassgebende in die neueren Lehrbücher (Ziegler, Birch-Hirschfeld) übergegangen.

Leven²⁾ experimentirte in analoger Weise wie Kraske, dessen Anschauung er im Ganzen bestätigt. Nur glaubt er, dass die aus Zellschläuchen entstandenen Muskelzellen sich zunächst vermehren; es entstehen in Längsreihen geordnete, durch feine Fäden verbundene Zellen; die Fäden verbreitern sich, benachbarte Zellreihen verschmelzen und so entsteht eine neue Faser, welche gegen Ende der 4. Woche leichte Querstreifung und Sarcolemm besitzt. Leven stimmt also zum Theil mit Hoffmann für die Entstehung einer Faser aus mehreren Muskelzellen, indessen hält er die „kernreichen Platten“ wie Kraske für Gebilde, die noch weiterhin in Muskelzellen zerfallen.

Etwas ernüchternd wirkt das Resultat der Untersuchungen des letzten hierher zu rechnenden Autors, von Zaborowski³⁾. Nachdem er im Laufe seiner Darstellung erwähnt, dass nicht weniger als folgende Forscher: Waldeyer, Weber, Hoffmann, Hayem, Demarquay, Bouchard und Robin, sowie Bergkammer eine Atrophie oder Degeneration der Muskelzellen beobachtet haben, betont auch er, dass ein grosser Theil der Muskel-

¹⁾ Habilitationsschrift, Halle 1878.

²⁾ Deutsches Archiv für klinische Medicin. Bd. 43. S. 165.

³⁾ Archiv f. exp. Pathologie und Pharmakologie. Bd. 25. S. 415.

zellen atrophirt, und nur ein geringer Bruchtheil zu jungen Muskelfasern wird. Dieselben bekommen erst nach 3 Monaten Querstreifung und besitzen selbst dann noch kein Sarcolemm.

Eine Vermehrung der Muskelfasern durch Längsspaltung fanden Budge ¹⁾ und Weismann ²⁾ bereits beim normalen Muskelwachsthum der Frösche, und Weismann constatirte die Anfänge des Spaltungsprozesses bei der Muskelregeneration an einem überwinterten Frosche. Auch Peremeschko ³⁾ redet von Abspaltungen junger Fasern. E. Neumann ⁴⁾ hat diesen Neubildungsmodus beim Typhus abdominalis festgestellt, er beobachtete an Muskelquerschnitten Gruppen schmalerer Fasern, welche dem Querschnitte einer alten Faser gleichzustellen waren. Die Spaltung kommt dadurch zu Stande, dass die alten Muskelfasern von Perimysium durchwachsen werden. Endlich lässt Erbkam ⁵⁾ eine Muskelproliferation durch Längsspaltung vor sich gehen. Neben dieser Art der Faserneubildung hat E. Neumann ⁵⁾ nun noch an incidirten oder theilweise excidirten Muskeln von Kaninchen eine andere kennen gelehrt. Er entdeckte die Bildung von endständigen und seitlichen Muskelknospen, die von den alten Fasern hervorsprossend in und durch das Narbengewebe hindurchwachsen. Diese Knospen werden zu quergestreiften jungen Fasern, die von beiden Seiten vorgeschoben, schliesslich wie die Zacken einer Knochennaht in einander greifen.

In allen Theilen wird diese Beobachtung von Dagott ⁶⁾ bestätigt, welcher Incisionen in den Gastrocnemius des Frosches machte und während der Heilung die gleichen „Auswüchse“ sich entwickeln und zu jungen Fasern werden sah.

Auch Lüdeking ⁷⁾ kam bei den Versuchen an Thieren

¹⁾ Archiv für physiolog. Heilkunde. N. J. Bd. 2.

²⁾ Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. 10. Band.

³⁾ S. oben.

⁴⁾ Archiv der Heilkunde. 1868.

⁵⁾ Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. 4. S. 323. Zaborowski (a. a. O.) irrt, wenn er unter Hinweis auf Seite 330 dieser Arbeit angiebt, dass Neumann eine Bildung von Muskelfasern aus Bindegewebszellen für möglich hält. Auf der betreffenden Seite sucht der genannte Autor gerade das Gegentheil zu erweisen.

⁶⁾ Inaug.-Dissertation Königsberg 1869.

⁷⁾ Inaug.-Dissertation Strassburg 1876.

verschiedener Species zu denselben Anschauungen. Er erkennt die Knospenbildung, das Auswachsen der Faser als alleinigen Modus der Muskelreconstruction.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte ferner Gussenbauer¹⁾: „Die Muskelkörperchen vermehren sich durch Theilung innerhalb einer gemeinsamen Protoplasmamasse (endogen), welche, durch Umwandlung der contractilen Substanz entstanden, mit der alten Faser in unmittelbarem Zusammenhang steht und durch die weitere Entwicklung . . . Neumann's Muskelknospen bildet.“ Ein Theil dieser Protoplasmamasse soll auch durch Zellen des Perimysium von der alten Faser abgedrängt werden und sich „in Form von Spindelzellen“ isolirt weiter entwickeln.

Die letztgenannten vier Autoren sprechen in Harmonie mit Waldeyer den Muskelzellenschläuchen eine Betheiligung bei der Regeneration ab, indem sie die Muskelzellen theils für keine ächten Zellen, theils für leukocytaire bzw. Bindegewebszellen erklären, welche von aussen her in die Muskelfaser eingedrungen sind. Demgegenüber lässt Doze²⁾ auch Muskelzellen zu jungen Fasern auswachsen, während er andererseits fingerförmige, oft dichotomisch getheilte Fortsätze der Muskelfasern beobachtet, von denen einige im Begriffe stehen abzufallen, andere bereits frei „errent dans les préparations“. Unter Verlängerung und Kerntheilung werden sie zu ausgebildeten Fasern. Neuestens hat sich Nauwerck³⁾ auf Grund eingehender Experimentalstudien dahin geäußert, dass die Muskelregeneration durch Längsspaltung und Knospenbildung im Sinne Neumann's zu Stande käme⁴⁾.

Bevor ich zur Darstellung der eigenen Untersuchungsergebnisse übergehe, ist es erforderlich, Einiges über die Methode der Experimente vorzuschicken. Dieselben wurden an 10 Kaninchen in der Weise angestellt, dass mit einem Scalpell Incisionen in den Tibialis anticus unter antiseptischen Cautelen ausgeführt wurden. Zwar hebt Kraske mit Recht hervor, dass das durch-

¹⁾ Langenbeck's Archiv für klinische Chirurgie. XII. S. 1010.

²⁾ De la régénération du tissu musculaire strié. Paris.

³⁾ Ueber Muskelregeneration nach Verletzungen. Exp. Untersuchung.

⁴⁾ Anmerkung bei der Correctur: Soeben berichtet Barfurth (Arch. aus d. vergl.-anat. Inst. in Dorpat 1891), dass die Muskelfasern der Amphibienlarven nach Amputation der Schwanzspitze sich ebenfalls durch Knospung und (bei älteren) auch durch Längsspaltung regeneriren.

trennende Messer die Fasern in ihrem parallelen Verlaufe leicht verschiebt, und sich dadurch das mikroskopische Bild etwas complicirter gestalten kann; allein es giebt doch keinen leichteren lädirenden Eingriff, als der unter dem Schutze der Antiseptik ausgeführte Schnitt. Eine Muskelnahrt anzulegen erschien durchaus überflüssig, da die Verheilung ohnehin schnell genug erfolgte. Der Zustand der Wunde bezw. Narbe wurde dann in gewissen Zeitintervallen untersucht. Dieselbe wurde mit den anstossenden Muskelpartien excidirt und sofort zur mikroskopischen Prüfung vorbereitet. Das Object wurde auf 1—2 Tage in stark verdünnte Chromsäure oder Drittelalkohol gebracht; sodann wurden vom Wundrande kleine Stücke abgetragen und zerzupft. Zur genaueren Controle erfolgte die Zerzupfung einige Male sofort nach der Excision in 0,6procentiger Kochsalzlösung. Ferner wurden die gewonnenen Präparate in Alkohol gehärtet und ev. nach Celloidineinbettung in Schnitte zerlegt. Zur Färbung derselben wurde fast ausschliesslich Pikrocarmin mit nachfolgender Farbdifferenzirung in Salzsäure-Glycerin (E. Neumann) angewandt, weil die Affinität der contractilen Substanz zur Pikrinsäure geradezu den Werth eines Reagens beanspruchen darf.

Die unmittelbare Folge des Traumas war die, dass der nur angeschnittene oder ganz durchtrennte Muskelbruch nach der auf den mechanischen Reiz erfolgenden Contraction auseinander klappte, die Schnittenden sich mit leicht concaver Fläche etwas hinter die Fascie zurückgezogen und die entstehende Lücke sich mit Blut anfüllte. Wenige Male wurde das Blut, um die Tiefe der Wunde zu controliren, mit einem kleinen Wattebäuschchen ausgetupft. Wurde die Haut über der Läsionsstelle vernäht, so konnte man noch durch dieselbe den keilförmigen Defect leicht fühlen und sehen.

Nach vier Tagen bot die blossgelegte Wunde makroskopisch einen wenig veränderten Anblick dar. Der 4—5 mm breite Muskelspalt war meist mit einer braunrothen, festen Thrombusmasse erfüllt. Die Schnittenden der Muskelstümpfe erschienen trocken, einige Male mit feinen weissen Stippchen versehen, welche, wie schon hier erwähnt sei, zerfallenen Muskelschollen entsprachen, eine Erscheinung, wie sie Zenker an den erkrankten Muskeln beim Typhus geschildert hat. Die Wundlücke

wird nun in der Folge kleiner; auf den provisorischen thrombotischen Verschluss folgt eine organische Verwachsung. Nach Verlauf von 14 Tagen erscheint die Läsionsstelle am angeschnittenen Muskel als eine längliche Delle in Muskeln, welche immer seichter wird, so dass sie nach weiteren 14 Tagen nur noch als flache Einkerbung kenntlich ist. Eine gewisse Erleichterung im Auffinden der ehemaligen Schnittstelle gewährt während der ersten Wochen die bräunliche Pigmentirung der Narbe. —

Untersucht man die Muskelwunde 4 Tage nach der Incision mikroskopisch, so findet man im Centrum derselben einen rothen Thrombus, aus zahlreichen rothen Blutkörpern, Fibrinfäden und einigen zerstreuten Leukocyten bestehend. An das Gerinnsel schliesst sich ein zellreiches Granulationsgewebe an, theils ohne scharfe Begrenzung in das Coagulum übergehend, theils durch einen schmalen Grenzwall geschieden, welcher sich aus scholligen Muskelresten zusammensetzt. Diese unregelmässigen, scholligen Trümmer erscheinen stark glänzend. Kernlos und ohne Querstreifung, mit seitlichen Rissen und ungleichmässigen Contouren liegen sie meist dicht bei einander, von dem Granulationsgewebe umschlossen, überlagert und durchwachsen. Das Granulationsgewebe zeigt den gewöhnlichen Aufbau aus zahllosen grosskernigen spindelförmigen und rundlichen Zellen, aus nicht gerade sehr reichlichen Leukocyten und mehrfachen weiten, stark mit Blut gefüllten Gefässen. — Entfernt man sich noch weiter ab vom Thrombus, so treten die in das junge Bindegewebe einstrahlenden Muskelfasern in verschiedensten Durchschnitten zu Tage. Die Verschiebung durch das durchtrennende Messer hat diesen Effect, so dass die Fasern in Längs- und Querschnitten in einem mikroskopischen Präparate zur Beobachtung kommen.

Es zeigen sich erstlich Längs- und Querschnitte von Fasern (Taf. XI. Fig. 5), welche durch eine mehr oder weniger weit gehende Spaltbildung in ihrem Innern zierlich netzförmig durchbrochen erscheinen, indem kleinere oder grössere Lücken von entsprechend breiteren oder schmälern Septen restirender Muskelsubstanz umgeben werden. Sie besitzen eine intact erscheinende, kernhaltige Randzone, sind also nicht völlig nekrotisch

und erscheinen meist etwas grösser als die Querschnitte unveränderter Fasern, mit denen sie alterniren¹⁾.

Andererseits wechseln sie mit auffälligen durch einen immensen Kernreichthum ausgezeichneten rundlichen Gebilden ab (Taf. XI. Fig. 5), in denen man nach ihrem gesammten Habitus Querschnitte von Muskelfasern vermuthet, welche eine bedeutende Veränderung erfahren haben. Nicht nur die vielfach vorhandene correspondirende Lage zu den unzweifelhaften Faserquerschnitten deutet auf ihre Abstammung hin, sondern auch der Umstand, dass einzelne derselben bei einer gewissen Einstellung des Focus wie gewöhnliche Faserquerschnitte (auch gelb gefärbt) erscheinen. Diese Gebilde sind theils so gross wie normale Faserquerschnitte, theils kleiner, theils grösser, selbst doppelt so gross. Sie sind meist nicht scharf rund contourirt und besitzen grösstentheils oder durchweg kein Sarcolemm mehr; sie sind oft von einem Ringe dem Bindegewebe angehöriger Spindelzellen, etwa wie ein Glomerulus von seiner Kapsel umschlossen. Auf einem (mit Pikrocarminfärbung) gelb erscheinenden Grunde treten zahlreiche rothe Kerne, bisweilen in einer Menge hervor, dass zunächst lediglich Kernhaufen in's Auge fallen. Manche Fasern zeigen in der Peripherie den Beginn dieser Kernanhäufung, andere stellen gleichsam ein Mosaik aneinander stossender, epitheloid aussehender Zellen dar. Die meisten sind vollständig durch Kerngruppen substituirt, einzelne Gruppen schliesslich, namentlich an der Peripherie in sich ablösende Kerne zerfallen, von denen mehrere mit einem schmalen Protoplasmasaum umgeben sind. Liegt eine isolirte Zelle in der Nähe eines den „Zellenschlauch“ umgebenden Bindegewebszellenringes, so lässt sich nicht entscheiden, ob es eine Bindegewebszelle ist, die sich nach dem Zellenschlauche hin abgelöst hat oder eine „Muskelzelle“, die im Begriffe steht, sich den Bindegewebszellen beizumischen. Denn im Gegensatze zu mehreren Autoren finde ich an den Kernen der „Muskelzellen“ nichts Charakteristisches. „Malgré les traits“, sagt auch Doze, que les auteurs donnent comme différentiels, il est bien malaisé

¹⁾ Jüngst haben Lichtheim und Lewin ähnliche netzartig durchbrochene Muskelfasern bei menschlicher Trichinose gesehen. — Auch beim Typhus kann man eine centrale Spaltenbildung im Innern der Muskelfasern beobachten.

de dire si ces éléments appartiennent au tissu conjonctif ou au tissu musculaire en voie d'évolution.“ Sowohl die Grösse als die Form der Kerne der Muskelzellen schwankt, bald rund, bald länglich, sind sie denen der Granulationszellen so ähnlich, dass beim Aufgehen der „Muskelzellenschläuche“ in das granulirende Perimysium ein Unterschied zwischen beiden Zellensorten nicht mehr zu machen ist. An einigen längsgetroffenen Fasern sieht man Ansammlungen solcher Zellen zwischen scholligen Muskelstücken, wie es von den Autoren mehrfach geschildert ist. —

Die Zahl der Muskelzellenschläuche ist eine sehr variable. Unter drei incidirten Muskeln, welche nach 4 Tagen untersucht wurden, waren sie einmal sehr zahlreich, einmal spärlicher, im dritten Falle überhaupt nicht nachweisbar. (Zu ihrer Darstellung wurde der erste Versuch benutzt). E. Neumann hat die Muskelzellenschläuche überhaupt nicht angetroffen, und auch Weber betont die Inconstanz ihrer Ausbildung und ihre Abhängigkeit von dem verletzenden Instrumente. Fragt man nach ihrer Genese, so folgt zunächst aus der Darstellung, dass es sich um Kern- oder grösstentheils vielmehr Zellenhaufen handelt, welche eine Muskelfaser ohne Sarcolemm d. h. die contractile Substanz mit ihren in der Norm vereinzelter, peripherisch angelagerten Körperchen substituieren. Sind diese Zellen nun, wie mehrere Autoren nach Waldeyer's Vorgang annehmen, innerhalb der Muskelfaser entstanden oder sind sie, wie Gussenbauer und Erbkam wollen, von aussen her eingedrungene Zellen anderen Ursprunges, Leukocyten bzw. Bindegewebszellen? Der Charakter der meisten Zellen lässt die Einwanderung von weissen Blutkörpern ausschliessen. Die vielfach scharf ausgesprochene Grenze aber zwischen Querschnitten der Zellenschläuche und dem umgebenden Ringe der Bindegewebszellen macht es nicht wahrscheinlich, dass auch diese Elemente von aussen her eingedrungen sein sollten. Nur selten zieht eine verbindende Spindelzelle schräg durch die schmale ringförmige Lücke hindurch. Es ist demnach naheliegender anzunehmen, dass es sich um innerhalb der Faser gebildete Zellen handelt, welche durch Proliferation der Muskelkerne entstanden sein müssen. — Während ein Theil der Faserenden sich in die geschilderten Zellenhaufen auflöst, zeigen wenige andere eine der Zenker'schen

wachsartigen Degeneration entsprechende Veränderung. Einzelne glänzende, verbreiterte Schollen liegen innerhalb des Sarcolemms, während die Muskelfaser weiter aufwärts normales Aussehen darbietet. Die am Saume des Granulationsgewebes anzutreffenden Muskelschollen stellen wohl derartig veränderten Faserinhalt dar.

Eine vierte — die grösste — Gruppe von Faserenden lässt um diese Zeit noch keine weiteren Veränderungen erkennen, als dass ihre Kerne oft in kurzen Reihen gewuchert sind. Dieselben sind fast durchweg sehr gross, rundlich oval und mit 2 oder 3 Kernkörperchen ausgestattet. Daneben lassen die im Ganzen wenig veränderten Fasern vielfach eine ausgesprochene Längsstreifung hervortreten. Ihre freien Enden sind manchmal wellig geschlängelt, so dass varicöse Formen entstehen. — Rückblickend constatiren wir, dass von den musculösen Elementen nur die Muskelzellenschläuche und die zur Zeit noch wenig veränderten Fasertheile für die Frage der Regeneration in Betracht kommen können, da wir in den vacuolisirten und wachsartig degenerirten Faserenden retrograde, durch das Trauma ausgelöste Prozesse erblicken müssen.

In dem mikroskopischen Bilde einer achttägigen Muskelwunde nehmen neu auftretende Elemente das Hauptinteresse in Anspruch. (Einmal wurden vereinzelte derselben bereits am 4. Tage beobachtet.) Längliche Elemente verlaufen bis an den Saum des Granulationsgewebes; sie gehen theils direct von den alten Fasern ab, theils erscheinen sie auf Schnitten nicht mehr im Zusammenhange mit ihnen. Dann sind sie wohl nur künstlich abgetrennt, wie daraus zu schliessen ist, dass in ihrer Lage meist sehr auffallende Beziehungen zu entsprechenden alten Fasern vorhanden sind.

Sie sind blasser, zarter, schmaler wie die Stammfaser (Taf. XI. Fig. 1 u. Taf. XII. Fig. 6). Erscheint diese strohgelb nach Pikrocarmin-tinction, so erscheinen jene hellgelb, bisweilen namentlich an ihren Enden rosig. Sie weisen nicht alle gleiche Breite auf; sie besitzen keine scharfen linearen Contouren, also kein Sarcolemm. Sie zeigen keine Querstreifung, sondern sind homogen oder granulirt oder fein längsgestreift. Meistentheils besteht die Anordnung, dass die besonders zart erscheinende Spitze des Protoplasma-bandes homogen oder granulirt, der der alten Faser anhängende

Theil längsgestreift erscheint, indem sich die Längsstreifen der Mutterfaser in den Protoplasmafortsatz hineinerstrecken. Am auffallendsten ist der Kernreichthum dieser Gebilde. Entweder fasst ein schmales Band eine continuirliche Kernreihe ein oder es finden sich an breiteren Abschnitten dichte Anhäufungen der Kerne in länglichen und rundlichen Gruppen. Die Kerne liegen durch die ganze Länge der Gebilde hin verbreitet und bilden nicht selten vor dem Ende eine dichtgedrängte Gruppe, an welche sich dann ein kurzer spitzer, kolbiger, keulenförmiger oder lanzettförmiger protoplasmatischer Endausläufer anschliesst. Die alten Fasern erscheinen an der Abgangsstelle der geschilderten Gebilde normal breit oder bauchig aufgetrieben oder auch verschmälert, derart, dass sie allmählich in jene übergehen. — Handelt es sich hier nun um neugebildete Fasern im Sinne der Regeneration? Die Auffassung von Kraske und Leven, dass es Muskelzellenschläuche sind, welche noch weiterhin in Zellen zerfallen, ist abzulehnen, da sich an den „bandförmigen Elementen“ trotz ihrer unregelmässigen Begrenzung eine Abspaltung von Muskelzellen nicht nachweisen lässt, auch ihre Kerne von keinem Protoplasmahofe umgeben sind. Sind es alte, veränderte Fasern, welche dem Untergang geweiht sind (Waldeyer, Aufrecht), sind es solche, welche zu den Muskelknospen Neumann's werden (Gussenbauer) oder sind es die Muskelknospen selbst? Die Antwort hängt von der Thatsache ab, ob eben dieselben Gebilde in derselben Gestalt bezw. mit deutlich progressiven Veränderungen auch in älteren Muskelwunden nachweisbar sind. Ist dies der Fall, so sind es die Muskelknospen Neumann's im Sinne dieses Autors.

Die Muskelzellenschläuche, welche nach einer Woche noch in mehrern Präparaten sichtbar sind, finden sich nach 14 Tagen nicht mehr. Lange Spindeln (Kraske u. s. w.), die sich vor anderen Bindegewebszellen auszeichnen, sind nicht aufgetreten, noch auch Zellen mit Querstreifung vorhanden. Wir müssen daraus schliessen, dass die Muskelzellen inzwischen zu Grunde gegangen sind. Dies geschieht nach der Aussage der Autoren (cfr. bei Zaborowski, a. a. O.), welche die Muskelzellenschläuche vielleicht wegen des abweichenden Modus ihrer Experimente häufiger antrafen, durch Atrophie, Fettdeneration,

Pigmentdegeneration. Bei letzterer ist es jedoch nicht unmöglich, dass eine Verwechslung mit hämosiderinhaltigen Zellen vorliegt. Man wird hier die Frage aufwerfen, wozu die Muskelschlauchbildung erfolgt, wenn sie mit der Regeneration nichts zu schaffen hat? Diese Frage ist schwer zu beantworten, ebenso wie jene, warum sich bei der Regeneration der Leber frühzeitige Gallengangswucherungen mit transitorischem Charakter einstellen (v. Podwyssozki). Es giebt eben voreilige progressive Prozesse an verletzten Geweben, welche nur eine ephemere Erscheinung darstellen und für die ächte Regeneration noch keinen Werth beanspruchen dürfen.

In dem nunmehr zellärmeren Narbengewebe fallen sofort wiederum die kernreichen Fortsätze der alten Fasern auf, welche alle oben geschilderten Eigenschaften zur Schau tragen. Sie sind noch weiter in das Bindegewebe hineingewachsen. Nicht selten sind abgetrennte, im Narbengewebe verstreut liegende Enden derselben als kernerfüllte, granulirte rundliche oder längliche Gebilde, d. h. als Quer-, Schräg- und Längsschnitte (Taf. XI. Fig. 3 u. 4) zu sehen. Daneben fallen an die Uebergangsstelle der alten Fasern in den Bereich der kernreichen Elemente Gruppen schmaler, runder, dicht bei einander liegender Fasern auf, welche in toto dem Querschnitte einer normalen Faser entsprechen. Sie sind durch eine sehr schmale Lücke von einander getrennt und tragen in ihrer Mitte oft einen Kern. Wir müssen mit Neumann annehmen, dass sie durch Spaltung einer Faser entstanden sind. Ob diese Spaltung der Effect des Hineinwachsens seitens des Perimysium ist, dürfte nicht leicht zu entscheiden sein. Bisweilen ist zwischen den abgespaltenen, schmalen Fasern nichts von Bindegewebszellen oder Fibrillen zu sehen und auch die ausgesprochene Längsstreifung der Mutterfasern verräth eine Neigung zur selbstthätigen Spaltung. Andererseits findet sich wiederum zwischen 2 schmalen Fasern ein deutliches, plattes Bindegewebskörperchen, und in späteren Präparaten finden sich Längsschnitte von Fasern, in denen sich das Perimysium bis an die Stelle verfolgen lässt, wo die alte Faser sich in zwei zerlegt. Hier ist jedoch ein secundäres Hineindringen des Bindegewebes nicht auszuschliessen.

Nach drei Wochen (Taf. XII. Fig. 7) wird das skizzirte Bild

noch ausgesprochener. Schon an frischen Zupfpräparaten zeigen die kernreichen Bänder eine sehr beträchtliche Länge und durch den grössten Theil ihres Verlaufes hin ausgesprochene Längsstreifen, zwischen denen an dem der Stammfaser angrenzenden Theile bereits zarte Querstreifen hervortreten. An dieser Stelle sind die Kerne weniger reichlich geworden und der Contour erscheint scharf, regelmässig. So hat der oberste Theil der Muskelknospen — denn als solche sind sie nunmehr bei ihrer Constanz und Entwicklung mit Neumann anzusprechen — den Werth einer schmalen, aber sonst völlig ausgebildeten Faser erlangt. Man sieht, dass es um diese Zeit schwer ist, den einzelnen jungen Fasern anzusehen, ob sie durch Knospung oder durch einen Spaltungsprozess hervorgegangen sind. Auch die abgespaltenen Fasern wachsen durch Knospenbildung weiter fort. Nun, wo der Prozess sich auf der Höhe der Entwicklung befindet, kann man sich auch leicht von dem Vorkommen mehrerer Muskelknospen an einer Mutterfaser (Taf. XI. Fig. 2), von der dichotomischen Theilung der einzelnen länger gewordenen Knospe und den freilich ungemein spärlichen lateralen Knospen überzeugen. An Schnitten zeigt sich bereits ein grosser Theil des Narbengewebes von den bandförmig ausgewachsenen Knospen durchsetzt, deren oft kolbig aufgetriebene Endstücke noch durchweg das charakteristische Aussehen zeigen. Während die Knospen am Ende der ersten Woche einander ziemlich parallel verlaufen, strahlen sie jetzt in den verschiedensten Richtungen in die Narbe hinein. Die ungleichmässige Breite und wechselnde Richtung der auswachsenden Knospe, der Zug des schrumpfenden Bindegewebes bedingen es, dass die Knospen in verschiedensten Durchschnitten erscheinen, und so ein polymorphes Bild der Muskelnarbe zu Stande kommt. Auch jetzt befinden sich Gruppen schmaler Fasern, die im Sinne einer Längsspaltung zu deuten sind. Im Bindegewebe sei das Vorkommen zahlreicher, mit Hämosiderinkörnchen erfüllter Zellen und der Befund von Riesenzellen erwähnt, welch' letztere sich um Haare entwickelt haben, die zufällig in die Wunde gerathen sind.

In den folgenden (23—28) Tagen zeigt sich im Wesentlichen dasselbe Bild; nur haben sich die jungen, langen, schmalen Fasern noch weiter in das Narbengewebe hinein entwickelt,

so dass der von musculösen Elementen freie Rest bereits stärker reducirt erscheint. Die Ursprünge der Muskelknospen sind den alten Fasern weiterhin ähnlicher geworden: strohgelb gefärbt, deutlich quergestreift, mit peripherisch angeordneten Kernen, und mit einem Sarcolemm versehen. Dagegen offenbaren die in das Narbengewebe frei hineinragenden Ausläufer vielfach das Verhalten der jungen Knospen. —

Nach 8 Wochen zeigt eine Incisionswunde an der Stelle der Verletzung eine flache Narbe, über der die Fascie leicht fibrös verdickt und mit dem nachbarlichen Zellgewebe etwas inniger verwachsen ist. Der geringen Abflachung der Oberfläche entsprechend, zeichnet sich im mikroskopischen Bilde eine kleine keilförmige Partie vor dem übrigen normal erscheinenden Muskelgewebe aus. In diesem Theil fällt mehreres im Verhalten der Muskelfasern und des Perimysium auf. Die Fasern laufen nicht wie an anderen Orten in monotoner Weise parallel neben einander her, sondern sie weichen einzeln oder in kleinen Gruppen nach verschiedenen Richtungen ab. Diese etwas divergirenden, von beiden Seiten her vordringenden, isolirten oder in kleinen Bündeln zusammengescharten Fasern laufen bisweilen bereits an einander vorüber; es tritt also eine Wiederherstellung der Continuität der verletzten Faser nicht ein. Die Muskelfasern hören bald auf, noch weiter fortzuwachsen, wahrscheinlich, weil das Muskelgewebe der gegenüberliegenden Seite ihrer Proliferation aus rein mechanischen Gründen ein Ziel setzt. Die in dem keilförmigen Abschnitte liegenden jungen Fasern erscheinen deutlich quergestreift, sind aber zum Theil noch schmaler wie die ausgebildeten, die Zahl ihrer Kerne ist bisweilen noch leicht vermehrt. Uebrigens kommen auch noch wenige, ungemein zarte Fasern vor, ja selbst ein kernreiches knospenartiges Gebilde wurde noch beobachtet; ferner treten dichotomisch gespaltene Muskelfasern zu Tage, deren Tochterfasern schmaler erscheinen wie die Stammfaser. — Das Perimysium ist noch reichlicher entwickelt, jedoch nirgends mehr frei von musculösen Elementen; auch offenbart es noch eine etwas über die Norm hinausgehende Zahl platter, nicht selten leicht geschwungener Bindegewebskörperchen, um welche sich vielfach gelbliche oder bräunliche Hämosiderinkörnchen in Häufchen oder perlschnurartig gruppiren.

Wir sind somit zu dem Resultate gelangt, dass nach Incision eines Muskels eine regenerative Neubildung von Muskelsubstanz derart erfolgt, dass Knospen im Sinne E. Neumann's von der alten Faser hervorsprossen und dass die Muskelstümpfe zunächst organisch vereinigende Bindegewebe durchziehen, um schliesslich einzeln oder in kleinen Gruppen an einander vorbei zu wachsen. Während sie mit ihrer Spitze weiter vordringt, nimmt die Knospe von ihrem ältesten Abschnitte her den Habitus der alten Muskelfaser an. Daneben etablirt sich eine Längsspaltung seitens der alten Muskelfasern; wahrscheinlich vermögen auch die daraus hervorgehenden schmalen Fasern weiter zu knospen. Dagegen konnten wir den „Muskelzellenschläuchen“ eine Bedeutung für die Regeneration nicht vindiciren.

Die beiden Formen der Regeneration, Längsspaltung im Inneren, Knospung am Ende der lädirten Faser, ergänzen sich in ihrer Leistung. Eine einfache Ueberlegung lehrt, dass die Längsspaltung einer Faser und das consecutive Breitenwachsthum der abgespaltenen Theile nur dazu führen wird, einen vorhergegangenen Verlust des Breiten- bzw. Dickendurchmessers eines Muskels wieder auszugleichen. Andererseits erscheint die Knospung als der geeignete Weg, einen Längsdefect eines Muskels wieder auszufüllen, wiewohl nun auch durch mehrfache terminale und die freilich sehr spärlichen lateralen Knospenbildungen gleichzeitig für die ausgiebige Restitution des Breitenquerschnitts gesorgt wird. Diese Erwägung scheint ihre Bestätigung darin zu finden, dass man die Längsspaltung als Regenerationsmodus vornehmlich dort antrifft, wo der Muskelquerschnitt nach der Resorption erkrankter Fasern reducirt worden ist, wie beim Typhus. Wie Neumann zuerst angegeben und wie auch wir uns an geeigneten Objecten überzeugt haben, finden sich in den afficirten Muskeln reichliche Bündel junger Fasern, die einer gespaltenen Muskelfaser entsprechen. Dagegen kommen die Knospen gerade dann reichlich zur Ansicht, wenn Fasern nach einer In- oder Excision einen Defect ihrer Länge zu ersetzen haben. —

Für die praktische Bedeutung der Muskelregeneration erschien es von Werth, festzustellen, in welcher Ausdehnung eine Muskelwunde musculös zu verheilen befähigt wäre. Zu dem Zwecke wurde die grössere Excisionswunde, welche nach der

Entfernung der verheilten ersten Incisionswunde zurückblieb, einer weiteren Beobachtung unterzogen. Da die Narbe mit ihrer Umgebung ausgeschnitten wurde, entstand ein Defect von $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ der Gesamtlänge des Muskels. Es zeigte sich nun, dass eine musculöse Reconstruction dieses Defectes nicht mehr zu Stande kam. Wenigstens sah man noch nach 10 Monaten eine ganz flache, eingesunkene, sehnige Narbenplatte, welche, wenn die Abtragung bis zum Knochen stattgefunden hatte, dem Perioste innig angelegt erschien. Indessen gelingt es doch noch längere Zeit hindurch die Regenerationsbestrebungen seitens des verletzten Muskels zu verfolgen. Nach 5 Wochen strahlen die durchtrennten Muskelstümpfe im mikroskopischen Bilde mit einer langausgezogenen, kegelförmigen Spitze in die Bindegewebsnarbe aus. Diese ganze Muskelpartie erscheint bei Pikrocarmintinction im Gegensatze zu einem angrenzenden normalen, gelb tingirten Muskelbauche in rother Färbung, einmal wegen des Kernreichthums des Perimysiums, dann aber auch wegen der grossen Zahl der Muskelkörperchen, welche die jungen Fasern erfüllen. Die contractile Substanz der letzteren ist noch blassgelb, längsstreifig, zumeist ohne deutlich erkennbare Querstreifung, in dichter Nähe der Bindegewebsnarbe auch granulirt. Die Fasern sind vielfach noch recht schmal und laufen in feinen Wellenlinien oder gestreckt, mit Haufen oder Reihen von Kernen besetzt, nach dem an langen Spindelzellen reichen Bindegewebe der Narbe hin. Viel glänzende, gelbe Pigmentkörner (Hämosiderin) sind daselbst in kleinen rundlichen Gruppen anzutreffen, aus deren Mitte nicht selten ein Bindegewebskern hervorsieht. Auch weiterhin treten in der derben, aber noch relativ kernreichen Narbe pigmenthaltige Zellen zu Tage. Das Pigment stammt natürlich von der bei dem Ausschneiden der ersten Narbe erfolgten Blutung.

Noch nach 10 Monaten verräth sich die Stelle, wo eine Muskelregeneration in die Erscheinung trat, an der Narbe durch das wirre Durcheinanderlaufen breiterer und schmalerer Fasern mit schöner Querstreifung und normaler Kernzahl. Die Fasern sind in verschiedenen Richtungen getroffen und erscheinen in variablen Querschnitten. Zwischen sie hat sich Binde- und Fettgewebe hineingedrängt, welches sich dann weiterhin über die tiefer liegenden Muskelschichten als bedeckende Lage fortsetzt.

Dass die bei der unvollkommenen Regeneration neugebildeten Muskelfasern noch nach einem Zeitraume von 10 Monaten so unregelmässig durch einander ziehen, hängt wohl mit der Functionsuntüchtigkeit dieses Muskels zusammen. Denn die Contraction des Muskels dürfte dazu beitragen, den jungen Fasern die im Sinne der Muskelauction zweckmässige Richtung anzuweisen.

Zwei Momente könnten herangezogen werden, um die ungenügende Regeneration eines grossen Muskeldefectes zu erklären. Erstens könnte vermuthet werden, dass die jungen zarten Knospen nicht mehr im Stande sind, das allmählich starr und derb gewordene Narbengewebe zu durchwachsen. Viel wahrscheinlicher ist die Annahme, dass die regenerative Energie der Muskelsubstanz eine ebenso begrenzte ist, wie die anderer Gewebe. Am Epithel machen wir ja nach ausgedehnten Hautverletzungen recht oft die Bemerkung, dass auch seiner Reproductionskraft Grenzen gesteckt sind.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI—XII.

- Fig. 1. (Aelteres Zupfpräparat des Herrn Geheimrath Neumann) Muskelknospe vom 7. Tage nach der Verletzung.
- Fig. 2. (Aelteres Zupfpräparat des Herrn Geheimrath Neumann) Muskelknospen vom 20. Tage nach der Verletzung. Hartnack Ocul. 4, Obj. 7. Die Mutterfaser misst an der breitesten Stelle 45μ , die kürzere Knospe 41μ , die längere an ihrer schmalsten Stelle 19μ , an der breitesten Stelle 41μ . Demnach ist die Summe der Breite beider Knospen grösser als die Breite der Mutterfaser, mithin eine etwaige arteficielle Zerspaltung der Mutterfaser nicht denkbar.
- Fig. 3 u. 4. Abgetrennte Muskelknospen aus Schnitten von 21tägigen Muskelnarben. Hartnack Ocul. 4, Obj. 7.
- Fig. 5. Schnitt durch die viertägige Muskelwunde. Rechts Muskelzellenschläuche, links und unten netzförmig durchbrochene Fasern im Querschnitt. Rechts oben zwei Gefässdurchschnitte. Zeiss Ocul. 3, Obj. BB.
- Fig. 6. 8 Tage nach der Verletzung. In das junge Bindegewebe vordringende Muskelknospen. Rechts oben befindet sich das Ende der Wunde. Hartnack Ocul. 3, Obj. 7.
- Fig. 7. 3 Wochen nach der Incision. In das Narbengewebe einstrahlende junge Fasern. Hartnack Ocul. 4, Obj. 7.

Die Abbildungen verdanke ich Herrn Collegen A. Pieck.