

der in inneren, gestaltenden Ursachen begründet ist, oder auf eine Entwicklungsstörung, die durch äußere Momente bedingt ist, zurückzuführen haben, darüber werden wohl wie bisher die Meinungen auch weiterhin auseinandergehen. Vielleicht wird uns einmal eine pathologische Anatomie des Embryo darüber Aufklärung geben.

XIII.

Über die netzförmige Anordnung der quergestreiften Muskelfasern.

Von

Prof. Dr. R. Thoma in Heidelberg.

(Hierzu Tafel VIII.)

Bei der Fortsetzung meiner Untersuchungen über die sog. wachstartige Degeneration der quergestreiften Muskelfasern¹⁾ gelangte ich an eine, die normalen Strukturverhältnisse betreffende Frage, welche für den Pathologen von großem Interesse ist. Bereits seit längerer Zeit fiel mir die Häufigkeit des Vorkommens anscheinend verzweigter, quergestreifter Muskelfasern beim Menschen und bei verschiedenen Wirbeltieren auf, und auch von anderer Seite her mehrten sich entsprechende Beobachtungen, welche von den Pathologen nicht selten als regenerative Teilungen der quergestreiften Muskelfasern gedeutet wurden.

Bei der Durchsicht feiner, dem Faserverlaufe folgender Längsschnitte willkürlicher Muskeln vom Menschen, von vielen Säugtieren, vom Frosch und von der Kröte begegnet man in der Tat außerordentlich häufig Muskelfasern, welche in zwei Schenkel auslaufen. Letztere vereinigen sich nicht selten wieder mit anderen Muskelfasern, wobei das Bild einer netzförmig angeordneten Muskulatur entsteht. Doch tritt dies allerdings in der Regel nicht in so auffälliger Weise hervor wie auf Fig. 1, Taf. VIII, die übrigens mit der Camera lucida genau nach der Natur gezeichnet ist. Dieses Ergebnis besitzt ein besonderes Interesse, da bei einem solchen Baue der Muskelbäuche die Übertragung der Kraftwirkung zwischen der

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 186, 1906.

Ursprungs- und der Endsehne auch dann leicht verständlich ist, wenn die einzelnen Muskelfasern viel kürzer als der ganze Muskel sind. Indessen entstehen zunächst erhebliche Widersprüche mit den Arbeiten von Aeb y¹⁾, Felix²⁾, Morpurgo³⁾ und Schiefferdecker⁴⁾, welche bei ihren ausgiebigen Isolationen von Muskelfasern nur wenige oder gar keine Verzweigungen fanden. Ich habe daher die Tatsachen einer genaueren Prüfung unterzogen und berichte zunächst über die verhältnismäßig kleinen und übersichtlich gebauten Muskeln des Frosches und der Kröte und sodann hauptsächlich über diejenigen des Menschen.

Wenn man den *Musculus gastrocnemius* des Frosches oder der Kröte von der Aorta her mit 96 % Alkohol injiziert⁵⁾ und sodann auf Querschnitten von 10 μ Dicke untersucht, so bemerkt man, daß die Muskelfasern stellenweise sehr dicht aneinandergedrängt liegen, während sie an anderen Stellen durch weite Zwischenräume getrennt werden. In dem durch die wenig nachgiebige Muskelfaszie beschränkten Raume war die Alkoholinjektion nur

¹⁾ Aeb y, Zeitschr. f. rat. Medizin. III. Reihe. Bd. 14, 1862.

²⁾ Felix, Festschrift für A. v. Kölliker. Leipzig 1887.

³⁾ Morpurgo, Dieses Archiv Bd. 150, 1897.

⁴⁾ Schiefferdecker, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde Bd. 25. 1904.

⁵⁾ Alkohol von 96 Volumprozent, konstanter Injektionsdruck von 14 bis 16 cm hg. Vor der Injektion werden die Extremitäten des kuraresierten Tieres in einer solchen Lage gefesselt, daß die zu untersuchenden Muskeln zum mindesten eine mittlere Spannung aufweisen. Nach der Injektion Entfernung der Haut und Eingeweide und Härtung der Muskulatur in wiederholt erneuertem Alkohol 96 %, wobei die Stellung der Glieder auch nicht vorübergehend geändert wurde. Zelloidineinbettung, Hämatoxylin-Eosin, Kanadabalsam. Man erhält auf diesem Wege differente Färbungen der Primitivfibrillen und der Muskelkerne.

In anderen Fällen habe ich bei im wesentlichen gleichem Verfahren statt des Alkohols eine 5 % Formalinlösung, die zugleich $\frac{3}{4}$ % Kochsalz enthält, injiziert. Nach Entfernung der Haut und der Eingeweide wurden dann die immobilisierten Präparate in Formalinlösung derselben Zusammensetzung gelegt und 24 Stunden später direkt in 96 % Alkohol übergeführt. Bei diesem Verfahren quellen die Primitivfibrillen etwas auf und treten nicht mehr so deutlich hervor. Die Muskelfasern erscheinen daher nach Ausführung der oben genannten Tinctionen gleichmäßiger mit Eosin rot gefärbt, während doch die Querstreifung sehr deutlich erhalten bleibt. Nach einem solchen Präparate wurde Fig. 1 gezeichnet.

an einzelnen Stellen imstande, ein künstliches Alkoholödem hervorzurufen. An diesen Stellen aber tritt die gegenseitige Beziehung der Muskelfasern mit besonderer Deutlichkeit hervor. Die einzelnen Muskelfasern erscheinen in Bündel gruppiert, zwischen welchen die dünnen Bindegewebslamellen des Perimysium hinziehen. Letztere dringen auch zwischen die einzelnen Muskelfasern ein, jedoch nicht an allen Stellen. Manche Muskelfasern erscheinen bis zur völligen Berührung genähert. Diese gegenseitige Berührung der Muskelfasern ist es, welche besonderes Interesse bietet. Sie ist allerdings in ihren Einzelheiten nicht ganz leicht zu verfolgen.

Zunächst empfiehlt es sich, etwas Genaueres über den Verlauf der einzelnen Muskelfasern festzustellen. In dieser Absicht machte ich zuerst lückenlose Serien von Querschnitten des Froschgastrocnemius. Indessen zeigte es sich alsbald, daß bei einer Schnittdicke von 10 μ Stufenschnitte von 50 bis 100 μ Stufenhöhe alle Einzelheiten zu prüfen gestatten, welche sich auf die Anordnung der Muskelfasern beziehen. Der *M. gastrocnemius* des Frosches ist ein doppeltgefiederter Muskel, dessen Muskelfasern in jeder Fiederung annähernd parallel verlaufen und sämtlich die gleiche Länge besitzen. Jede Muskelfaser reicht von der Ursprungs- bis zur Endsehne. Dieses aus der genauen Vergleichung von Stufenschnitten gewonnene Ergebnis steht in voller Übereinstimmung mit den zuerst von Aeby durch Isolierungen gewonnenen Befunden. Die einzelnen Muskelfasern sind von sehr verschiedener Dicke. Ihre Querdurchmesser schwanken im Canadabalsampräparat zwischen 30 und 180 μ , wie dies aus Fig. 2, Taf. VIII hervorgeht. Dabei ist ihre Anordnung eine solche, daß jeweils einige dickere und einige dünnere Fasern zu Bündeln vereinigt erscheinen, indem sie sich stellenweise dicht aneinander legen. Verfolgt man sodann die einzelnen Muskelfasern von Querschnitt zu Querschnitt, indem man mit Hilfe der Camera lucida genaue Umrißzeichnungen anfertigt, so bemerkt man, daß von Strecke zu Strecke einzelne Muskelfasern eines Bündels, ohne ihre allgemeine Verlaufsrichtung erheblich zu ändern, zu einem Nachbarbündel hinüberziehen und nunmehr mit diesem sehr innige Berührungen eingehen. Die einzelnen Muskelfaserbündel hängen somit vielfach durch Muskelfasern zusammen, welche bald mit dem einen, bald mit dem anderen Bündel sehr innig verbunden sind,

und die ganze Muskelmasse bildet ein stark in die Länge gezogenes Netzwerk von Muskelfasern.

Diese auf Querschnitten erhobenen Befunde erklären zunächst vollständig die eigenartige Erscheinung der Fig. 1. In dieser Figur wird der Anschein gabeliger und netzförmiger Verzweigungen der Muskelfasern erzeugt durch die in gewissen Abständen regelmäßig wiederkehrenden dichten Berührungen der Muskelfasern. Die Berührungen sind so innige, daß zwei sich berührende Muskelfasern auf dem Längsschnitte selbst dann nicht immer voneinander unterschieden werden können, wenn die Schnittebene zufällig senkrecht auf der Fläche steht, in der sich die zwei Muskelfasern berühren. Man bemerkt dann vielleicht, daß zwischen zwei parallel verlaufenden Primitivfibrillen ein etwas breiterer Zwischenraum besteht. Doch trifft auch dieses bei der genannten Schnittrichtung nicht immer zu. Der Zwischenraum, der zwischen zwei, verschiedenen Muskelfasern zugehörigen, Primitivfibrillen besteht, ist zuweilen schmaler als die Zwischenräume zwischen den verschiedenen Primitivfibrillen einer einzelnen Muskelfaser. Es hängt diese Tatsache mit dem Umstande zusammen, daß die Primitivfibrillen bis an die Oberfläche des Sarkolemminalhaltes reichen. Wenn aber die Schnittebene zwar den Primitivfibrillen parallel verläuft, jedoch etwas schief steht auf der Berührungsfläche zweier Muskelfasern, dann sind diese auf dem Längsschnitte nicht mehr von einander zu unterscheiden, sondern erscheinen als eine einfache Muskelfaser von doppelter Breite. Dieses aber ist der gewöhnliche Fall. Wenn dann weiterhin die Muskelfasern wieder etwas auseinanderweichen, entsteht das Bild einer gabeligen Teilung einer Muskelfaser. Diese Bilder wiederholen sich so häufig, daß der ganze Muskel aus netzförmig verzweigten Muskelfasern zu bestehen scheint, während doch Isolationen und Stufenschnittreihen zeigen, daß echte Verzweigungen von Muskelfasern im Gastrocnemius des Frosches nur in geringer Zahl und ausschließlich oder nahezu ausschließlich an den Sehnenansätzen vorkommen.

Mit einigen unwesentlichen Modifikationen kann man die gleichen Befunde auch in den Muskeln des Oberschenkels und der Bauchwand des Frosches und der Kröte und in der willkürlichen Muskulatur der höheren Säugetiere und des Menschen erheben. Sie scheinen einer wesentlichen Eigentümlichkeit der querge-

streiften Muskulatur zu entsprechen und erklären die obenerwähnte zunehmende Häufigkeit der Nachrichten über verzweigte Muskelfasern des Menschen. Man kommt daher zu der Frage, weshalb diese Tatsachen nicht viel früher zur allgemeinen Kenntnis gelangten. Dieses ist leicht zu erklären. Früher, als man die mikroskopischen Dünnschnitte aus freier Hand darstellte, konnte man ausgedehntere Längsschnitte der Muskulatur in der Regel nicht dünner herstellen, als dem Querdurchmesser der Muskelfasern entsprach, weil letztere das schneidende Messer ablenkten. Auf einem solchen Längsschnitte erschien jede Muskelfaser als ein stark lichtbrechender Zylinder, dessen Ränder infolge der Brechung und Spiegelung des Lichtes an den Zylinderflächen sehr deutlich und breit hervortraten. Echte Verzweigungen der Muskelfasern waren unter diesen Umständen sehr wohl zu erkennen. Aber die Grenzen zwischen zwei sich berührenden Muskelfasern konnten wegen derselben Refraktions- und Reflexionserscheinungen niemals verschwinden; sie wurden immer kenntlich gemacht durch die dunklen Schatten, welche sich an den Rändern der als Zylinderlinsen wirkenden Muskelfasern bildeten. Gegenwärtig zerlegt das Mikrotom jede Muskelfaser der Länge nach in eine große Anzahl dünner Schnitte oder Lamellen, welche von parallelen Flächen begrenzt werden. Die Brechungen und Spiegelungen an den zylindrischen Oberflächen der Muskelfasern fallen weg und die Grenzen zwischen zwei sich berührenden Muskelfasern können sehr leicht völlig verschwinden, wenn an diesen Grenzen das Sarkolemm sehr dünn ist oder fehlt. Weichen dann zwei sich in dieser Weise berührende Muskelfasern in ihrem weiteren Verlaufe auseinander, so ist das Bild einer verzweigten Muskelfaser gegeben. Indessen tritt der Anschein einer Verzweigung und die sich ergebende netzförmige Anordnung der Muskelfasern nur dann in voller Schärfe hervor, wenn man die Muskelfasern vor und während der Erhärtung durch leichte Spannung geradestreckt und sodann darauf achtet, daß man möglichst genaue Längsschnitte anfertigt. Diese Voraussetzungen haben aber die Pathologen in der Regel nicht erfüllt, und damit erklärt es sich, daß sie nur gelegentlich das Bild einzelner verzweigter Muskelfasern erhielten. In besonderem Maße begünstigen sodann ödematöse Quellungen sowie seröse, fibrinöse und eitrige Infiltrationen des Perimysium internum, ebenso wie die

durch Alkohol- und Formalininjektionen hervorgerufenen Erweiterungen der Bindegewebsspalten das Hervortreten der netzförmigen Anordnung der quergestreiften Muskelfasern. Diese Zustände aber waren vor noch nicht langer Zeit, als die Methoden der Einbettung noch unentwickelt waren, ein Hindernis für die Anfertigung ausgedehnter Schnittpräparate. Die netzförmige Anordnung der Muskelfasern konnte somit gerade dann nicht untersucht werden, wenn sie infolge von natürlichen oder künstlichen Schwellungen des Zwischengewebes besonders leicht zu erkennen gewesen wären.

Es ergibt sich jedoch weiterhin die schwierige Aufgabe, die Berührungsflächen der Muskelfasern einer genaueren Prüfung zu unterziehen. Hierzu kann man gleichfalls Serien von Querschnitten von 10 μ Schnittdicke verwenden, doch gelingt es ohne Schwierigkeit, den in Zelloidin eingebetteten Muskel in Schnitte von 5 μ Dicke zu zerlegen, und diese sind vorzuziehen. Färbt man solche Querschnitte des Gastrocnemius des Frosches kräftig mit Hämatoxylin¹⁾ und Eosin, so erscheinen die Primitivfibrillen der Muskelfasern bei starker Vergrößerung als leuchtend rote, rundliche oder hufeisenförmige Gebilde, zwischen denen das Sarkoplasma nur einen schwach roten Ton zeigt. Sarkolemmaschläuche und Bindegewebsfasern sind dagegen schwach blau, die Kerne dunkelblau. Das Verhalten der Sarkolemmaschläuche an den Berührungsstellen der Muskelfasern ist aber demungeachtet nicht immer mit aller Sicherheit festzustellen. Zuweilen überzeugt man sich davon, daß auch an der Berührungsstelle beide Muskelfasern von einem besonderen Sarkolemm Schlauch umhüllt sind. In der Regel scheint sich jedoch das Verhältnis so zu gestalten, daß die Sarkolemmaschläuche zweier, sich berührender Muskelfasern an der Berührungsstelle zu einer einfachen Membran zusammenfließen. Ich sage, es scheint dies so zu sein, weil es in der Tat auch mit starken Vergrößerungen schwer ist, eine Membran zwischen den

¹⁾ Ich verwendete eine von Prudden angegebene Modifikation des Delafieldschen Hämatoxylins. 150 ccm einer konz. wässrigen Ammoniakalaunlösung werden mit 4 ccm konz. alkoholischer Hämatoxylinlösung gemischt und eine Woche lang in offenem Zylinderglase (mit Filtrierpapier bedeckt) stehen gelassen. Dann wird zugesetzt 25 ccm Glycerin und 25 ccm Methylalkohol. Vor dem Gebrauche mit destilliertem Wasser zu verdünnen.

beiden sich berührenden Muskelfasern nachzuweisen, solange keine scharfe und differente Färbung einer solchen Membran erzielt werden kann. Eine solche differente und zugleich kräftige Färbung des Sarkolemmes ist mir indessen einmal beim Menschen gelungen (Fig. 3, Taf. VIII). Hier sieht man deutlich, wie z. B. die Sarkolemmaschläuche der Muskelfasern aa und b sowie diejenigen der Muskelfasern b und c zu einer einheitlichen Membran verschmelzen. Unmittelbare Berührungen des Sarkolemmminhaltes zweier Muskelfasern habe ich dagegen beim Menschen nicht nachweisen können. Allerdings könnte man geneigt sein, in Fig. 3 die beiden von einem einfachen Sarkolemmaschlauche umschlossenen Massen a und a als die Querschnitte zweier Muskelfasern aufzufassen, deren gegenseitige Berührung eine so innige geworden sei, daß auf dem gegebenen Querschnitte die beiden Sarkolemmaschläuche zu einem einheitlichen Schlauche verschmolzen wären. Doch scheint diese Deutung, die sich in Ermangelung von Serienschnitten nicht direkt beweisen oder widerlegen läßt, unwahrscheinlich. Vermutlich handelt es sich bei der Faser aa um eine Zerklüftung und wachsartige Umwandlung des Sarkolemmminhaltes. Außerdem dürften zwei von den in dieser Muskelfaser sichtbaren Kernen eingedrungenen Exsudatzellen angehören.

Im Gastrocnemius des Frosches ist es mir gleichfalls nicht gelungen, unmittelbare Berührungen des Sarkolemmminhaltes zweier Muskelfasern nachzuweisen. Indessen sind die Grenzlinien zwischen den sich berührenden Muskelfasern zuweilen so fein, daß man an dem Vorhandensein einer trennenden Membran zweifelhaft werden kann. Die Primitivfibrillen zweier Muskelfasern liegen dann an der Berührungsstelle so nahe aneinander, daß die Entfernung von den Primitivfibrillen der einen Muskelfaser bis zu den Primitivfibrillen der anderen Muskelfaser kleiner ist als die Abstände, welche die Primitivfibrillen jeder einzelnen Muskelfaser unter sich aufweisen. Diese Tatsache, welche bereits bei Besprechung der Muskelfaserlängsschnitte erwähnt wurde, zeigt, daß die Primitivfibrillen sehr nahe der Oberfläche des Sarkolemmminhaltes verlaufen können. Es wäre dann möglich, daß zwischen den benachbarten Primitivfibrillen zweier Muskelfasern nur eine geringe Menge von Sarkoplasma vorhanden wäre und daß das Sarkoplasma der einen Muskelfaser mit dem Sarkoplasma der anderen im Zusammenhange stände.

Andererseits könnte man jedoch auch annehmen, daß der Zwischenraum zwischen den benachbarten Primitivfibrillen zweier ad maximum genäherter Muskelfasern durch eine feine Membran eingenommen würde. Diese Membran aber würde verschiedene Deutungen gestatten. Sie könnte vom Sarkolemm gebildet werden. Wenn aber das Sarkolemm, wie gegenwärtig zumeist angenommen wird, ein Produkt des Bindegewebes ist, also eine Bindegewebslamelle darstellt, so wäre es auch möglich, daß die Oberfläche des Sarkolemminaltes ähnlich wie die Oberfläche des Zellprotoplasma eine Verdichtungsschicht trägt, welche den kleinen Zwischenraum zwischen den benachbarten Primitivfibrillen zweier ad maximum genäherter Muskelfasern ausfüllt. Dann wäre wiederum eine unmittelbare Berührung des Sarkolemminaltes der zwei ad maximum genäherter Muskelfasern anzunehmen.

Man kann die soeben besprochenen Befunde noch etwas deutlicher zur Anschauung bringen, wenn man statt der einfachen Hämatoxilin-Eosinfärbung die Weigertsche Methode der Markscheidenfärbung zu Hilfe zieht. Diese gibt sehr scharfe Färbungen der Primitivfibrillen der Muskelfasern, wenn man die Ferrizyankalium und Borax enthaltende Differenzierflüssigkeit mit dem 30 fachen Volum Wasser verdünnt und nur sehr kurze Zeit wirken läßt¹⁾. Andere Bilder erhält man mit den zur Färbung der elastischen Fasern angegebenen Methoden. Wenn man Schnitte des in Zelloidin eingebetteten Muskels mit Eisenresorcin-Fuchsin nach Weigert oder mit Orcein-Salpetersäure nach Pranter²⁾ in der Weise färbt, wie man in der Regel elastische Fasern darstellt, so bleiben die Primitivfibrillen annähernd oder völlig farblos, während das Sarkoplasma stark gefärbt wird. Ebenso stark wie das Sarkoplasma färbt sich auch das Zelloidin der Einbettungsmasse, das Bindegewebe und das Sarkolemm. Man erhält somit genau ein negatives Bild, wenn man den Erfolg der Markscheiden-

¹⁾ Alkoholinjektion der Blutgefäße, Härtung des Muskels in Alkohol. Zelloidineinbettung. Dünnschnitte 5 μ . Kupferung 12 Std. Flüchtlgtes Abspülen mit Wasser. Weigertsche Hämatoxylinlösung wird in den ersten Minuten mehrmals erneuert bis sich keine merklichen Niederschläge mehr in der Farblösung bilden. Nach einer Stunde: Differenzieren, Alkohol 96°, Karbolxylol, Xylol, Xylolkanadabalsam.

²⁾ Pranter, Zentralbl. f. allg. Path. XIII, 1902.

färbung als das positive Bild bezeichnet. Das negative Bild aber läßt die Berührungsstellen aller Muskelfasern als feine blaue Linien hervortreten. Ein bestimmter Entscheid über die feinere Struktur dieser Berührungsstellen ergibt sich dabei indessen nicht. Nur überzeugt man sich auf Serienschnitten davon, daß die Primitivfibrillen an den Berührungsstellen der Muskelfasern ohne Störung ihrer Ordnung weiter ziehen und keinesfalls von einer Faser in die andere übertreten.

Infolge der Unvollkommenheiten der optischen Leistung der Mikroskope liegen hier einige schwer entscheidbare Fragen vor, die erst nach Auffindung zuverlässiger elektiver Färbungen des Sarkolemmis ihrer Lösung näher gebracht werden können. Einige Punkte können jedoch als festgestellt erachtet werden. An den Berührungsstellen der Muskelfasern bleibt ihre Individualität insofern erhalten, als die Primitivfibrillen niemals aus einer Muskelfaser in die andere übertreten. Im übrigen aber sind diese Berührungen so innige, daß sie auf eine festere Verbindung zwischen den sich berührenden Muskelfasern schließen lassen. Ob diese Verbindung stellenweise durch eine direkte Berührung und Verschmelzung des Sarkolemmminhaltes bewirkt wird, erscheint zweifelhaft. Jedenfalls kommt sie hauptsächlich dadurch zustande, daß die Sarkolemmaschläuche der einzelnen Muskelfasern stellenweise miteinander verschmelzen. Dieses ist für den Muskel des Menschen infolge eines günstigen Färberesultates unmittelbar zu beweisen gewesen und für die Muskeln anderer Tiere in hohem Grade wahrscheinlich. Die Verschmelzung der Sarkolemmaschläuche ermöglicht aber, weil der Sarkolemmminhalt an diesen adhärirt, eine Überführung der Kraftleistung einer Muskelfaser auf die andere. Das durch die Verbindung zahlreicher Muskelfasern gebildete Netzwerk muß daher bei seiner Kontraktion mechanisch in ähnlicher Weise wirken wie eine einheitliche, netzförmig angeordnete Muskelmasse, und zwar auch dann, wenn die einzelne Muskelfaser erheblich kürzer ist als die Entfernung zwischen den korrespondierenden Punkten der Ursprungs- und der Endsehne des Muskels. Immer wird der Muskelzug ohne Mitbeteiligung des Perimysium auf die Ursprungs- und auf die Endsehne übertragen. Die innigen, gegenseitigen Berührungen der Muskelfasern, welche hier nachgewiesen wurden, dürften aber außerdem noch zur Folge haben, daß bei

physiologischen Erregungen der motorischen Nervenendigungen die Erregung sich in der kontraktile Substanz des Muskelfaser-netzes in sehr gleichmäßiger Weise ausbreitet, indem die Erregung von einer Faser auf die andere übergreift.

Eine Bestätigung der hier gewonnenen Ergebnisse kann man schließlich in dem Umstande finden, daß bei Mazerationen in chlorsaurem Kali und Salpetersäure der Gastrocnemius des Frosches zunächst in eine Anzahl von vielfach untereinander zusammenhängenden Muskelfaserbündeln zerfällt, ehe er sich in einzelne, isolierte Fasern spaltet. Doch sind die Versuchsbedingungen bei solchen Mazerationen zu verwickelte, um einer strengeren Erörterung zugänglich zu sein. Der Umstand, daß bei künstlichen, durch Injektion der Blutgefäße erzeugten Ödemen die Muskelfasern an vielen, ziemlich regelmäßig angeordneten Stellen in engster Berührung bleiben, ist jedenfalls beweiskräftiger für das Vorhandensein seitlicher Verbindungen der Muskelfasern und ihrer Sarkolemmascheiden. Die hier vertretenen Anschauungen fußen daher im wesentlichen auf der Untersuchung des gehärteten Schnittpräparates des Muskels. Sie erklären aber nicht nur in befriedigender Weise die Funktion der kontraktile Substanz, sondern sie machen es auch vollkommen verständlich, weshalb man neuerdings immer häufiger auf dünnen Schnittpräparaten verzweigte Muskelfasern aufzufinden glaubte. Verzweigte Muskelfasern sind in der Muskulatur des Skeletts, in der Zunge, im Myokard und an anderen Orten in einwandfreier Weise nachgewiesen. In der großen Mehrzahl der Fälle kommt aber auf Schnittpräparaten der willkürlichen Muskulatur das Bild verzweigter Muskelfasern dadurch zustande, daß unverzweigte Muskelfasern sich dicht aneinanderlegen. Dabei können die Sarkolemmaschläuche an der Berührungsstelle zu einer einheitlichen Membran verschmelzen; möglicherweise kommt es jedoch auch zu Verschmelzungen des Sarkoleminhaltes.

Endlich erklären sich durch diese Ergebnisse auch die Beobachtungen von Carter¹⁾ und Meigs²⁾, welche Kapillaren im Innern von quergestreiften Muskelfasern beschrieben. Nach meinen Wahrnehmungen dürfte es sich dabei immer um seitlich mitein-

¹⁾ T. A. Carter, Journ. of Anatomy and Physiology, Bd. 4. 1869.

²⁾ A. V. Meigs, Ebenda, Bd. 33, 1898.

ander verbundene Muskelfasern gehandelt haben, welche an der Berührungsstelle eine Kapillare einschlossen. Die Kapillare liegt in solchen Fällen, wie man am besten an menschlichen, mit Berlinerblau und Leim injizierten Muskeln feststellt, in der Dicke der aus dem verschmolzenen Sarkolemm zweier Muskelfasern gebildeten Membran. Bei nicht sehr eingehender Untersuchung aber scheint sie im Innern einer einheitlichen Muskelfaser zu liegen.

Tafelerklärung (Taf. VIII).

- Fig. 1. Längsschnitt des Musculus gastrocnemius der Kröte nach Injektion der Blutgefäße mit Formalinlösung. Vergr. 120.
 Fig. 2. Querschnitt des Musculus gastrocnemius von *Rana temporaria*. Auf den Querschnitten der einzelnen Muskelfasern sind außer den Kernen die Querschnitte der Primitivfibrillen wahrnehmbar. Alkoholinjektion der Blutgefäße. Hämatoxylin-Eosin. Kanadabalsam. Vergr. 337.
 Fig. 3. Muskelfaserquerschnitte bei fibrinös-eitriger, metastatischer Myositis. Dunkle Färbung der Sarkolemmaschläuche. f, Fibrin. Hämatoxylin-Eosin. Vergr. 350.

XIV.

Einige Bemerkungen zur Frage: Arteriosklerose nach Adrenalin-Injektionen.

(Aus dem Boerhaave-Laboratorium, Direktor Prof. Dr. N. Ph. T e n d e l o o, Leiden.)

Von

Dr. N. W a t e r m a n.

Bekanntlich haben zwei Theorien über das Wesen der Arteriosklerose in hohem Maße die Aufmerksamkeit gefesselt: die Theorie von T h o m a, welche die Wucherung der Tunica intima (das wesentlichste anatomische Substrat der Arteriosklerose) als eine k o m p e n s a t o r i s c h e ansieht, als eine Herstellung des normalen Lumens des Gefäßes, erweitert und gereckt durch die vielen Schädlichkeiten des Lebens, und die Theorie von J o r e s, welche, gestützt auf genauere Kenntnisse der histologischen Beschaffen-