

(Aus dem Pathologisch-hygienischen Institut der Stadt Chemnitz. — Direktor:  
Prof. Dr. M. Staemmler.)

## Die Längs- und Spiralanordnung der Muskulatur in der Media der Papillarmuskelschlagadern.

Von  
**Dr. K. Wolff,**  
Assistent am Institut.

Mit 9 Textabbildungen.

(Eingegangen am 2. Oktober 1929.)

Die Arbeiten über den Bau der Kranzgefäße des Herzens und ihre Altersumwandlungen beschäftigen sich bei der überragenden Bedeutung der Atherosklerose für die Pathologie dieses Organs naturgemäß vorwiegend mit der Intima. Das wesentliche Ergebnis dieser Untersuchungen (*Kusnetzowsky, Wolkoff, Bork*) ist die Wesensübereinstimmung der atherosklerotischen Veränderungen mit denen anderer Gefäßgebiete. Nur in ihrem zeitlichen Auftreten bestehen ganz erhebliche und wichtige Unterschiede. Der Vorgang der fortschreitenden Altersverdickung der Intima ist in den Kranzschlagadern viel schärfer ausgeprägt als in den Gefäßen gleichen Kalibers aus anderen Teilen des Körpers. Schon im 1. Lebensjahr kommt es in den Hauptstämmen und mittelgroßen Zweigen der Coronararterien zu einer Aufspaltung der Lam. elast. int. in mehrere Lamellen, zu einer deutlichen Differenzierung einer elastisch-hyperplastischen und elastisch-muskulösen Schicht, und in der Mitte des 2. Lebensjahrzehntes beginnt schon die Bildung einer Bindegewebschicht. Während hier also die charakteristische Dreiteilung mit dem 15. Jahre ihren Abschluß gefunden hat, wird in der Aorta in der Regel erst in der Mitte des 3. Lebensjahrzehntes eine selbständige bindegewebige Schicht gefunden (*Wolkoff, Bork, Jores*), so daß die Kranzgefäße in der normalen Altersverdickung der Intima der Aorta um ein Jahrzehnt voraus sind. In Parallele damit steht die Entwicklung der beetartigen atherosklerotischen Veränderungen, die in den Kranzgefäßen (mit Bildung kollagener Fasern) im 2. Lebensjahrzehnt zu beobachten sind, in der Aorta erst in der Mitte des dritten Lebensjahrzehntes, also ganz entsprechend der zeitlichen Ausbildung der bindegewebigen Intimaschicht, eine Parallele, die für die peripheren Arterien sogar erst vom 4. Lebensjahrzehnt an gilt (*Bork*). Gleichfalls parallel

dazu steht im gewissen Sinne die nicht seltene Ausbreitung der Atherosklerose auf die mittelgroßen Zweige, wie sie an den Gefäßen gleich kleinen Kalibers anderswo nicht vorkommt (*Kusnetzowsky*).

Bei der Untersuchung von Papillarmuskeln konnten wir nun einen Befund an der Media der Gefäße erheben, für den wir im Schrifttum keine Unterlage fanden. Um das Ergebnis unserer Untersuchungen gleich vorwegzunehmen, sei als Urbild der späterhin ausführlich zu beschreibenden sonderbaren Gefäßstrukturen ein Querschnitt aus der Papillarmuskelgruppe des Aortensegels der Mitrals mit seinen Gefäßen

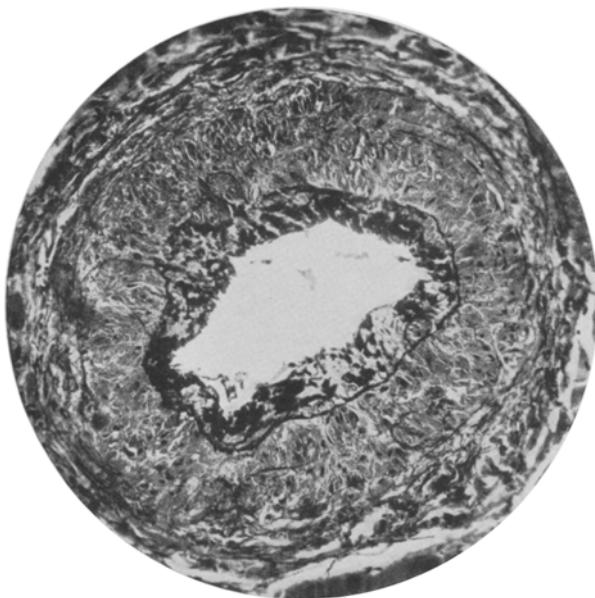


Abb. 1. Auffallend breite Längsmuskulatur in der Media einer Papillarmuskelarterie eines 20 jähr. Mannes.

als Einleitung an die Spitze gestellt und kurz skizziert. Der Muskel stammt von einem 20jährigen Manne, der im übrigen ein zartes Gefäßsystem aufwies, an Allgemeininfektion nach Karbunkel gestorben. Das Bild des Gefäßquerschnittes (Abb. 1) lässt für den kleinen Papillarmuskel ein überraschend groß und kräftig gebautes arterielles Gefäß erkennen. Am schwächsten ist noch die Adventitia entwickelt, sie besteht aus derben, kollagenen Bindegewebsfasern, unter denen nur wenige elastische anzutreffen sind. Auffällig dagegen schon ist die Intima entwickelt, auffällig bei einem solch kleinen Gefäß und bei dem jugendlichen Alter des Verstorbenen. Sie besteht aus elastischen Fasern, denen im äußeren Teil reichlich längsgestellte Muskelfasern beigemengt

sind. Eine deutliche Elastica interna grenzt sie von der Media ab, die nun das ungewohnteste und auffälligste Bild bietet. Ist schon ihre Dicke verwunderlich, so setzt am meisten die Stellung ihrer Muskelfasern zur Achse des Gefäßes in Erstaunen. Man sieht auch nicht einen quergestellten Kern, ringförmig angeordnete Muskelfasern, sondern überall zeigen Fasern wie Kerne ausgesprochene Längsstellung. Durch feine kollagene und elastische Bindegewebsfasern, die sich nach der Intima zu etwas verdichten, werden mehrere Muskelfasern zu größeren Bündeln zusammengefaßt, voneinander getrennt, wodurch die Längsstellung der contractilen Teile noch sinnfälliger wird. Die elastischen Fasern verdichten sich nach der Adventitia zu wieder mehr, ohne jedoch eine typische Elastica externa zu bilden, so daß die mittlere Haut von den übrigen Wandschichten allseitig scharf abgegrenzt ist.

Trotzdem in den Arbeiten über den Bau der Kranzschlagadern stets die Papillarmuskeln (PM.) untersucht worden sind, ist, wie schon hervorgehoben, ein Befund wie der eben beschriebene nie erwähnt. *Amenomiya*, der besonders die Beziehungen der Coronararterien zu den PM. und zu den Schwielen in ihnen untersucht hat, erwähnt hin und wieder eine starke Verdickung der Media in den PM.-Gefäßen. *Wolkoff*, die makroskopisch unverändert aussehende Kranzschlagadern aller Lebensalter eingehend untersucht hat, schildert die kleinen Muskelzweige folgendermaßen: in der Adventitia lockere bindegewebige Bündel, die in verschiedenen Richtungen verlaufen, und elastische Fasern, die an der Mediagrenze sehr eng aneinander gelagert sind, aber nirgends eine Elast. ext. bilden. An Breite übertrifft die äußere Haut die mittlere. Media: ringförmig verlaufende Muskelfasern, bedeutende Menge elastischer Fasern, gleichfalls kreisförmig verlaufende Intima: nichts Besonderes. In den subepikardialen Ästen treten vom 15. Jahr an Abspaltungen der Elast. int. auf, zwischen denen längsgerichtete Muskelfasern liegen. *Kusnetzowsky* fand diese zuletzt erwähnte Veränderung an den subepikardialen und Muskelästen erst in späteren Lebensjahren, häufiger aber in den PM.-Ästen, besonders im vorderen linken PM. *Bork* betont im Gegensatz zu *Kusnetzowsky* das Vorkommen von Lipoidablagerungen und Abspaltung elastischer Fasern in der Intima als Ausdruck arteriosklerotischer Veränderungen in den subepikardialen und Muskelästen, wenn auch nicht immer ausgesprochen herdförmig. Er gibt allerdings zu, daß diese kleinen Äste wesentlich seltener als die großen Zweige befallen sind und die Erkrankung trotz stärkster Beteiligung der großen Stämme schwach ist. Von der Media dieser Äste hebt er ihr Schmälerwerden bei zunehmender Stärke der arteriosklerotischen Veränderungen hervor, so daß unter Umständen die Media nur noch einen schmalen Saum von kollagenen und elastischen Fasern darstellt. *Romberg* erwähnt eine physiologischerweise vorkommende Intimawucherung der

kleinen Schlagadern in den Papillarmuskelspitzen mit Schwund der Media und Sklerosierung der Adventitia. Er erklärt sie durch die postembryonale Einschränkung der betreffenden Capillargebiete.

Zum Vergleich ist es vielleicht angebracht, kurz die Angaben des Schrifttums anzuführen, die über das Vorkommen von Längsmuskulatur in Gefäßen überhaupt berichten. Auf Vollständigkeit sei dabei kein Anspruch gemacht.

Bei kleinen und mittleren Arterien geben *Stöhr-Möllendorf* das Vorkommen längsgerichteter glatter Muskelfasern in der Adventitia an. Auch sollen an der inneren Grenze der Media, besonders in der Art. subelavia, längsverlaufende Muskelbündel zu finden sein. In den Venen kommt es dagegen vielmehr als in den Arterien zur Ausbildung von Längsmuskulatur. Außer in der Intima finden sie sich am häufigsten in der Tun. ext., die so, besonders in den Venen der Bauchhöhle, zum dicksten Teil der Gefäßwand wird. Sie sollen (*Stöhr-Möllendorf*) eine kräftige Verkürzung der Venenwand hervorrufen und dadurch mit den Klappen das Heben der Blutsäule bewirken.

Nach *Schaffer* sollen die Muskelfasern der Gefäße vom elastischen Typ nicht rein kreisförmig verlaufen, sondern sich in spiraligen Zügen durchflechten. Die Ausbildung längsgerichteter Muskelfasern in der Adventitia soll nach ihm besonders in den Aa. coronaria, lienalis, renalis, mesenterica zu finden sein. *Jores* hebt das Vorkommen längsgerichteter Muskulatur an den Verzweigungsstellen der Gefäße vom muskulären Typ hervor, die nach innen von der Elast. int. begrenzt, nach außen zu von der Media durch eine 2. elastische Lamelle geschieden ist. *Hesse* betont das Abweichen der Faserrichtung in der Media der Art. cubitalis. Sehr häufig fand sie dort in den mittleren Mediaschichten längsverlaufende und auch schräg angeordnete Muskulatur. *Wolkoff* beschreibt dann an den Arterien von Tieren, speziell an den Kranzschlagadern von Hunden neben kreisförmig geordneten Muskelfasern auch schräg gelegene, bei einem 7 Monate alten Kuhfetus in der äußeren Haut der Aorta spiraling angeordnete Muskelfasern und elastische Gebilde. Zu erwähnen ist die Angabe von *Edholm*, der in der mittleren Haut der Kranzarterien — nur eines untersuchten Herzens — 2 Schichten, eine äußere kreisförmige und eine innere Längsschicht beschreibt, durch ein elastisches Blatt voneinander getrennt. Die innere Schicht soll aus ungefähr gleich großen Mengen längsverlaufender Bindegewebsfaserchen und glatter Muskulatur bestehen. *Wolkoff* sieht in dieser Deutung der inneren Längsschicht als zur Media gehörig eine Täuschung, hervorgerufen durch die mit fortschreitendem Alter sich bildende elastisch-muskulöse Längsschicht. Der einzige, der über Längsmuskulatur in den Kranzgefäßen berichtet, ist *Wiesel*. Nach ihm sind stärkere Längsmuskelfasern in den Kranzschlagadern und in deren Ästen bis zu solchen 2. Ordnung ein regelmäßiges Vorkommnis. Und zwar sollen sich die Längsmuskelfasern nicht allein in dem inneren Anteil, sondern gerade in der Mitte der Gefäßhaut finden. Mit dieser allgemein gehaltenen Bemerkung erschöpfen sich jedoch seine Angaben über den Bau der Kranzgefäße.

Da uns die Angaben im Schrifttum über den Bau der PM.-Gefäße somit im Stich lassen, sich auch im übrigen Gefäßsystem keine den unseren entsprechende Bilder feststellen lassen, so ergeben sich für uns eine Reihe von Fragen für die Deutung unseres Befundes. Fragen, wie der Bau der PM.-Gefäße überhaupt, vor allen Dingen im jugendlichen Alter beschaffen ist, ob bei der Entwicklung der Längsmuskelschicht

Zusammenhänge mit dem Alter, mit der Atherosklerose bestehen u. a. m.

Zur Lösung dieser Fragen haben wir wahllos aus dem laufenden Sektionsmaterial die PM. von über 45 Herzen untersucht, und zwar jedesmal den PM. des Aortensegels (I) der Valvula mitralis, des Wandsegels (II) der Valvula mitralis und den vorderen PM. der Tricuspidalis (III). Das Material wurde zumeist aus der Mitte des Muskels entnommen, in Paraffin eingebettet, nach van Gieson und kombiniert mit Resorcinfuchsin zur Elasticadarstellung gefärbt. Das Ergebnis unserer Untersuchungen gliedern wir zur besseren Übersicht nach den einzelnen Lebensjahrzehnten.

#### 1. Jahrzehnt (7 Fälle).

Schon in den PM. der ersten Lebenswochen und Jahre stößt man nirgends auf ein Gefäß, wo man von einer einheitlichen Struktur der Media sprechen könnte, wo das Querschnittsbild den Gefäßbefunden anderer Organe gleicht. Das Regelmäßige an der Media ist hier die Unregelmäßigkeit ihrer Kernstellung. Schräg-, längs- und quergetroffene Kerne liegen bunt durcheinander, gleichgültig, ob man quer- oder längsgeschnittene Gefäße vor sich hat. Diese Anordnung der Struktur, die sich in allen 3 Muskeln in gleicher Weise bietet, tritt schon im Alter von 8 Wochen (unserer frühesten Beobachtung) auf und findet sich immer wieder das ganze Jahrzehnt hindurch.

Recht auffallend ist dabei, daß die Muskelhaut in den Arterien des kleinen PM. III häufig bedeutend kräftiger entwickelt ist als in den Gefäßen der anderen PM. Dieser Unterschied tritt besonders in den Fällen der ersten Lebensjahre hervor, wo die Gefäße sehr zartwändig sind und man oftmals Mühe hat, überhaupt die einzelnen Gefäßschichten voneinander zu unterscheiden. Und zwar zeichnen sich nicht nur einzelne Arterien des PM. III durch die Breite ihrer Muskulatur aus, sondern fast alle Gefäße im PM.-Querschnitt, kleine und große, weisen gleichmäßig diese im Vergleich zu den Gefäßen der anderen PM. dicken Wände auf. Außerdem besteht noch ein weiterer Unterschied. Man kann zwar schon an allen Gefäßquerschnitten beobachten, daß unter den unregelmäßig gelagerten Kernen längsgestellte besonders vorherrschen, in dem PM. III aber weicht die Unregelmäßigkeit der Kernanordnung einer ausgesprochenen, eindeutigen Längsstellung. Dieser Bau, schon im Alter von  $\frac{1}{2}$  Jahr festzustellen, findet sich gleichmäßig im ganzen Umfang des Gefäßrohres.

Mit fortschreitendem Alter tritt auch in den Gefäßen der anderen PM. eine deutliche Längsstellung der Muskelfasern auf. Die Media erreicht dabei oft eine beträchtliche Dicke (siehe Abb. 2, PM. III, 4 Jahre). Sie ist 4mal so breit wie die aus derben kollagenen Fasern bestehende Adventitia. Die Abbildung läßt die Längsstellung der Muskelkerne durch die Fixierungsschrumpfung besonders gut erkennen. Nur in einem schmalen Sektor des Gefäßumfanges sieht man einige wenige ringförmig gelagerte Kerne. Die Intima ist nicht verdickt.

Es soll aber nicht verschwiegen sein, daß man hin und wieder auch Querschnitte antrifft, die vorwiegend ringförmig angeordnete Muskelfasern in der Media aufweisen. Dieser Befund bildet jedoch gegenüber der oben beschriebenen eine Seltenheit, und es ist außerdem zu betonen, daß selbst in solchen Querschnitten mit Ringmuskulatur der Aufbau nie so regelmäßig ist, wie wir es von anderen Gefäßen her gewohnt sind. Noch ein weiterer recht eigenartiger Befund ist vereinzelt zu erheben (Abb. 3, PM. III, 6 Jahre). Der Aufbau der Media ist

an diesem Querschnittsbild in beiden Gefäßhälften ein völlig verschiedener. So eindeutig wie in der einen Gefäßhälfte die Kerne ringförmig gelagert sind, ebenso eindeutig wird die andere Seite des Gefäßes von längsgerichteten Muskelfasern eingenommen. Beide Mediahälften sind von ihren Nachbarschichten, die nichts Besonderes zeigen, überall scharf abgesetzt. An Reihenschnitten kann man dann sehen, wie die Ringfasern allmählich verschwinden und an ihre Stelle längsgerichtete Muskelkerne treten. Auf die Deutung dieses Befundes kommen wir später zurück. Die Intima ist an den Gefäßen dieser Beobachtungsreihe durchweg zart. Frühzeitig, mit 9 Jahren, tritt die Spaltung der Elast. int. in 2 Lamellen und die Ausbildung einer muskulären Längsschicht auf.

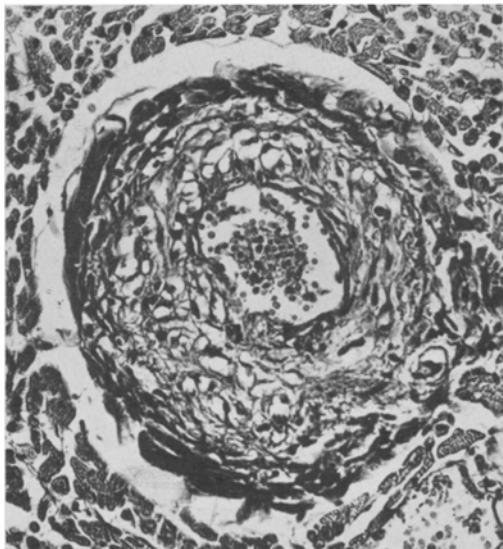


Abb. 2. Papillarmuskelarterie mit deutlicher Längsmuskulatur in der Media bei einem 4 jähr. Kinde.

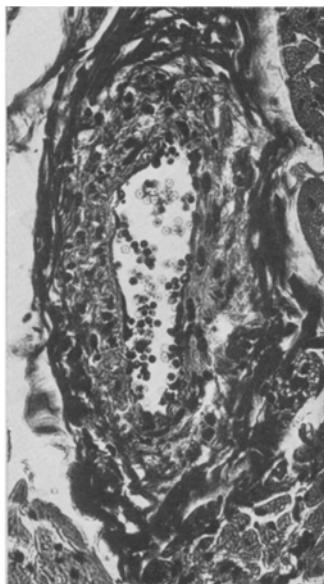


Abb. 3. Wechselnde Kernstellung in den Hälften einer Papillarmuskelarterie.

### *II. Jahrzehnt (5 Fälle).*

Mit zunehmendem Alter und Größenzunahme der PM. wird die Ausbildung der Längsmuskulatur immer stärker und einheitlicher. Stets ist sie scharf von ihren beiden Nachbarschichten, der Innen- und Außenhaut abgesetzt, und speziell zur Adventitia finden sich niemals Übergänge, die ihre Entstehung aus dieser Gefäßschicht nahelegen würden. In allen ausgeprägteren Fällen kommt es außerdem in den Gefäßen mit Längsmedia zu einer auffallenden Dickenzunahme. Diese Hypertrophie der Längsmuskelschicht fällt um so mehr in die Augen, weil sie sich meist nur in einem der 3 PM. findet. 2 mal war der PM. II, 1 mal der PM. I betroffen. Die Gefäße der übrigen PM. zeigten zwar auch Längsmuskulatur, aber sie waren durchweg zartwandig.

Gewisse Parallelen scheinen nun zwischen dieser Hypertrophie der Media und einer Dickenzunahme der Intima zu bestehen. Die Intima der PM.-Arterien ohne Mediahypertrophie besteht aus einer einfachen Elasticalamelle mit dem darauf gelegenen Endothel. In der Intima der Schlagadern mit Mediaverbreiterung hat

sich dagegen die 1. Elast. int. in 2, 3 und noch mehr Lagen elastischer Lamellen gespalten, zwischen denen eine wohl ausgebildete muskuläre Längsschicht liegt. Nach außen folgt zunächst eine einfache oder doppelte Lage kreisförmiger Mediakerne und dann eine breitere Zone von Längsmuskulatur.

Hand in Hand mit der Verbreiterung der Medihamuskulatur geht häufig auch eine Vermehrung ihres bindegewebigen Stützgerüstes. Man sieht dann zumeist unter der Intima eine schmale Zone ringförmig angeordneten Bindegewebes, in dem auch einzelne kreisförmig angeordnete Muskelfasern liegen. Von diesem Bindegewebsschicht strahlen schmale Septen zur Adventitia aus und fassen die Muskulatur in einzelne Bündel zusammen.

Von besonderer Wichtigkeit ist uns der PM. I eines 20jährigen Mannes, von dem wir die Abbildung eines Schlagaderquerschnittes mit einer außerordentlich breiten Längsmuskelschicht als Einleitung an die Spitze unserer Ausführungen gestellt haben. Der PM. I besteht hier aus 2 Einzelmuskeln. Die hochgradige Ausbildung und Dicke der Gefäßlängsmuskulatur zeigt nur der kleinere (*A*) von beiden. Hier liegen 4 große Gefäße neben mehreren kleineren, die die geradezu mächtig zu nennende, in der Einleitung beschriebene Längsmuskulatur aufweisen. Das Auffallende ist nun, daß in dem 2. Muskel (*B*) dieser Gruppe, der doppelt so groß ist wie *A*, die Gefäße durchweg an Dicke denen des 1. PM. *A* erheblich nachstehen. Zwar finden wir auch hier 2 Gefäße, die etwas dicker als die übrigen sind. Auch sie haben, neben einer schmalen Zone von Ringkernen unter der 1. Elast. int., eine wohl ausgebildete von der Adventitia scharf abgesetzte Längsmuskelschicht. Aber diese hat nur den halben Durchmesser wie die Media der Gefäße des kleinen PM. *A*. Und wie in anderen Fällen Unterschiede im Intimaaufbau der Arterien zwischen den einzelnen PM. I, II und III bestehen (parallel der Mediahypertrophie), so besteht hier der gleiche Unterschied unter den Einzelmuskeln der Gruppe des PM. I. Die Intima der Gefäße im PM. *A* ist stets dicker als die der im PM. *B*, wo die eine der oben erwähnten Schlagadern nur eine einfache 1. Elast. int., das andere allerdings (doch ist dieses nicht völlig quergetroffen) mehrere elastische Intimalamellen aufweist.

Diesen eigenartigen Unterschied im Schlagaderbau einer PM.-Gruppe konnten wir noch in einem 2. Fall dieses Jahrzehnts beobachten, nur daß hier eine PM.-Gruppe des Mitral-Wandsegels diese Verhältnisse aufwies. Auch hier zeigte der kleinere Muskel die dicksten Gefäßwände.

Auf diese Befunde mußte eingegangen werden, um dem evtl. Einwand zu begegnen, daß die auffallende Dicke der Media nur durch eine Zusammenziehung der PM. vorgetäuscht sei. Ganz abgesehen davon, daß die Gefäßmuskulatur so dick ist, daß dieser Einwand nicht stichhaltig sein kann, weist aber der verschiedene Befund in den eng zusammenliegenden Muskeln einer Gruppe darauf hin, daß die Leichenstarre keinen wesentlichen Einfluß auf das Querschnittsbild haben kann. Denn die Annahme, daß die Muskeln einer funktionell einheitlichen Gruppe einen verschiedenen Kontraktionszustand haben sollten, dürfte wohl gesucht sein.

Die anderen Muskeln dieses Jahrzehntes, die nicht die Mediahypertrophie aufweisen, haben Schlagadern mit Längs- oder unregelmäßig angeordneter Muskulatur. Kleine Seitenzweige und aus der Kammerwand in den PM. eintretende Äste zeigen auch Ringmuskulatur.

### *III. Jahrzehnt (3 Fälle).*

In den wenigen Fällen dieser Gruppe sind die Schlagadern zumeist sehr zartwandig. Der Bau der Media ist sehr wechselnd, manchmal herrschen Ring-, meistens Längsmuskelfasern vor, zum Teil ist die Kernlagerung wechselnd in beiden Gefäßhälften oder sie ist völlig unregelmäßig.

Eine Besonderheit zeigt bei einem 25jährigen Menschen im PM. III, der aus 2 Einzelmuskeln besteht, das axiale Gefäß des größeren Muskels. Unter den einfachen elastischen Innenlamelle liegt eine Ringmuskelschicht aus 2—3 Kernlagen, der nach außen zu Längsmuskelfasern in wechselnder Dicke aufgelagert sind. Im Gegensatz zu früheren und später noch zu schildernden Befunden ist die Längsmuskulatur aber sehr unscharf von der Adventitia abgesetzt, ja einzelne Gruppen liegen förmlich in der Außenhaut eingeschlossen. Dieser Befund läßt sich noch an einer Reihe von weiteren Schlagadern dieses PM. erheben. Im kleineren Muskel des PM. III ist in der axialen Arterie die innere Ringschicht unter der Intima (siehe Abb. 4) — die sich hier in 2 Lamellen gespalten hat, die längsgerichtete Muskelfasern zwischen sich schließen — verdünnt auf ganz vereinzelte Muskelfasern, die äußere Längsschicht dagegen verdickt. Das intermuskuläre Bindegewebe ist schon sehr stark vermehrt. Es liegt in schmaler Zone mehr ringförmig angeordnet unter der Intima, die wenigen Ringmuskelfasern umklammernd, und zieht von dort in breiten Septen zur Adventitia, so daß die Längsmuskelfasern in breite Bündel zerlegt und oft weit voneinander getrennt werden. Diese Längsschicht ist aber im Gegensatz zu den Gefäßen im großen Muskel derselben Gruppe durch feine elastische Fäserchen deutlich von der kernarmen, derbfaserigen Adventitia abgesetzt.

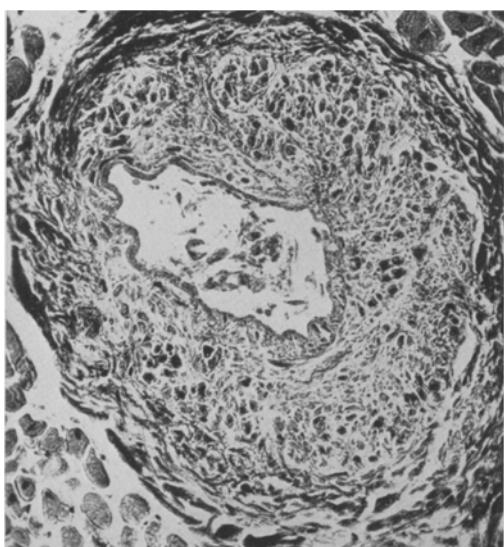


Abb. 4. Beginnende Fibrose in der hypertrophenischen Media.  
(25 Jahre PM. III.)

durch elastische Fasern scharf von der Adventitia getrennt ist, so dürfen wir wohl mit Recht annehmen, daß trotz der unscharfen Begrenzung die Muskulatur der Media und nicht der Adventitia zuzurechnen ist. Wir können uns dabei auf Beobachtungen von Wermber an Arterien der Uterusmuskulatur beziehen, an denen oft eine sehr starke Aufsplitterung der Media von der Adventitia her stattfindet, die die scharfe Trennung der beiden Schichten völlig aufhebt.

Erwähnenswert ist die starke Veränderung aller Wandschichten in einer größeren Schlagader des PM. II eines 25jährigen Menschen. Hier hat die Intima eine besondere Dickenzunahme durch elastische und Muskelfasern erfahren, in der längsgeordneten Media ist das Bindegewebe so stark vermehrt, daß der Bau verwaschen ist und die Unterscheidung der einzelnen Schichten nur durch die Elasticafärbung ermöglicht wird. Einen Ausnahmebefund stellt ein kleines Gefäß im PM. III derselben Menschen dar, das unter der durch zarte elastische Lamellen verdickten Intima im Verhältnis zum Lumen eine sehr stark verbreiterte

Da der Befund der unscharf von der Außenhaut abgegrenzten Muskelschicht sich in späteren Beobachtungen nur einmal noch wiederholt, im 2. zugehörigen Muskel der oben erwähnten PM.-Gruppe die Media stets

Media aufweist, deren Kerne aber im ganzen Umfang der Schlagader kreisförmig angeordnet sind.

#### *IV. Jahrzehnt (7 Fälle).*

Wir betonten früher, daß die Hypertrophie der Media meistens nur in einem der untersuchten PM. eines Herzens zu finden ist. Ebenso sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Befund an Herzen derselben Altersstufe, bei Menschen mit gleich zartem oder verändertem Schlagadersystem von Fall zu Fall verschieden ist und die weitgehendsten Unterschiede zeigen kann, ohne daß sich eine Erklärung dafür geben läßt. Nur die Längsstruktur, die unregelmäßige Kernanordnung bleiben beständig. In dieser Gruppe, die 7 Fälle umfaßt, konnten wir 4mal eine ausgesprochene Verdickung der Media (mit Längsmuskulatur) beobachten, 3mal im PM. III, 1mal im PM. II, bei Leichen, die alle ein zartes Schlagadersystem, ein nicht vergrößertes Herz, keine Klappen- oder Herzmuskelveränderungen boten.

Wenn wir früher hervorhoben, daß mit zunehmender Größe der PM. auch ihre Muskelschicht dicker wird, so ist das nur bedingt aufzufassen. Denn keineswegs zeigen in den einzelnen Gruppen die größten Muskeln auch die dicksten Gefäßwände. Dieser Unterschied — wir haben schon darauf hingewiesen — fällt besonders in den PM. auf, in denen mehrere Einzelmuskeln zu einer einheitlichen Gruppe zusammengefaßt sind. In den Fällen dieses Jahrzehnts sehen wir gleichfalls am häufigsten den kleinen PM. III an der Hypertrophie der Gefäßmedia beteiligt. Gerade in den ausgeprägteren Fällen beträgt das Größenverhältnis des kleinen PM. III zum PM. I etwa 1:10.

Die Media zeigt den Aufbau wie schon beschrieben. An den größeren Arterien fällt auf, daß unter der Intima eine zwar schmale, aber gut charakterisierte Ringmuskelschicht kommt, und dann erst, von der Ringschicht manchmal durch zarte elastische Fäserchen getrennt, eine breite Zone von Längsmuskulatur. Der Längsschnitt eines kleinen Seitenastes (Abb. 5, PM. II, 39 Jahre) zeigt sehr schön die strenge Längsanordnung der Muskulatur. In den großen Schlagadern ist die Längsmuskulatur durch bindegewebige Septen in große Einzelbündel zerlegt, stets ist sie scharf von der Adventitia abgesetzt und als eigene Schicht gekennzeichnet. In einer der vorigen Gruppen konnten wir gewisse Parallelen zwischen Mediahypertrophie und Verdickung der Intima feststellen. In den Fällen dieses Jahrzehnts fehlen diese Beziehungen ganz und gar. Die Elast. int. stellt zumeist eine einfache Lamelle dar, Längsmuskelfasern, kollagenes Bindegewebe finden sich nicht in der Intima. Sehr auffallend ist in 2 Fällen (31 und 32 Jahre) die überaus starke Intimaverdickung, die wir 2mal im PM. I, 1mal allerdings in einem hypertrophenischen Herzen, sahen, während die Hauptstämme der Kranzschlagadern nur ganz geringe atherosklerotische Veränderungen boten. Die Schicht, die man, eingefaßt von zusammenhängenden Schichten als Intima ansprechen muß, übertrifft die anderen Wandschichten an Breite um ein Mehrfaches. Sie besteht aus diffus angeordnetem kollagenen Bindegewebe, Längsmuskelfasern, elastischen Fasern in Form unregelmäßiger Bruchstücke. Breite helle Lücken, die sich zwischen den faserigen Bestandteilen finden, legen den Gedanken an eine atheromatöse Komponente nahe, doch ist diese Frage am eingebetteten Material nicht mehr zu entscheiden. Die Media ist in dem einen Fall nur als ganz schmaler Streifen mit spärlichen ringförmig gestellten Muskelkernen und reichlich kollagenen Bindegewebsfasern vorhanden, in den anderen ist sie von der Intima und der breiten kernarmen Adventitia nicht mehr zu unterscheiden.

#### *V. und VI. Jahrzehnt (9 Fälle).*

Mehrere Papillarmuskeln wurden auch in Längsschnitte zerlegt. Sie ergeben eine schöne Ergänzung und Bestätigung der beschriebenen Querschnittsbilder.

In dem PM. I eines 46jährigen Mannes konnten wir die Längs- und Schrägstellung der Muskulatur an einem Gefäßanschnitt von  $\frac{1}{2}$  cm beobachten. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Frage geschenkt, wie sich die Arterien beim Eintritt in den PM., also an seiner Basis verhalten und wie im späteren Verlauf nach der Spitze zu. Es fand sich (PM. I, 52 Jahre), daß nur die Schlagadern der oberen Hälfte eine einheitliche Struktur aufwiesen, die Muskelfasern sind hier stets eindeutig längs- oder zum mindesten stark schräg gerichtet. Niemals stößt man hier

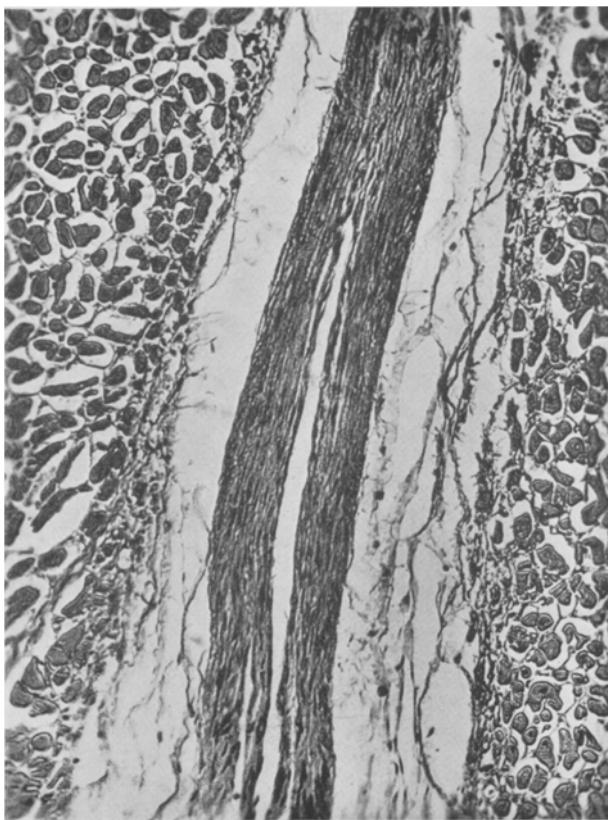


Abb. 5. Längsschnitt eines Seitenastes. Ausgesprochene Längsanordnung der Muskulatur.

auf Ringmuskulatur. An den Abgangsstellen von Seitenästen verlaufen die Muskelzüge in großen Spiralbögen mit flachen Windungen und man hat den Eindruck, daß sie sich hier überschneiden und durchflechten.

In der unteren Hälfte des PM. wechselt der Befund. 2 größere längsgetroffene Schlagadern weisen eindeutig Längs- und Schrägmuskulatur auf. Das eine läßt in einem Anschnitt der Gefäßwand sehr schön erkennen, daß der Verlauf der Muskelfasern nicht streng längsgerichtet ist, sondern daß sie in breiten Zügen in Spiralen mit manchmal flachen, manchmal auch steileren Windungen verlaufen. Ebenso eindeutig wie die beiden letzterwähnten Gefäße Längs- bzw. Schrä-

muskulatur haben, zeigt nun ein 3. Ringmuskulatur. Es behält diesen Bau etwa bis zur Mitte des PM. bei, dann treten allmählich schräg gerichtete Muskelfasern auf.

Der Spiralverlauf der Muskulatur kann uns auch zur Erklärung des merkwürdigen, oft hervorgehobenen ungleichen Befundes an den 2 Hälften desselben Querschnittes dienen. Fast in jeder Reihe trifft man derartige Querschnitte an (siehe Abb. 3), in denen die eine Hälfte Ring-, die andere aber Längs- und Schrägmuskelfasern aufweist. Wir können und müssen auf Grund der Befunde im Längsschnitt annehmen, daß in solchen Fällen größere zusammengefaßte Muskelzüge in verschiedenen Windungen vom Schnitt getroffen worden sind. Der Schnitt durch den flachen Windungsbogen einer Muskelspirale ergibt Ringmuskulatur, ein solcher im steil abfallenden Faserzug Längsmuskulatur.

Wie schon in den vorigen Altersgruppen fallen die immer mehr zunehmenden Veränderungen an der Media und Intima auf, die wir ganz allgemein als Alters- und Abnutzungsscheinungen bezeichnen wollen. Die Intima erfährt eine hochgradige Verdickung durch kollagene und elastische Fasern, die sich im Querschnitt zumeist nur als unregelmäßige Bruchstücke darstellen. Zwischen ihnen liegen helle, große Lücken. Häufig trifft man in der Intima auf eine für diese kleinen Schlagadern überaus starke Längsmuskelschicht.

Die Media zeigt eine außerordentliche Vermehrung ihrer bindegewebigen Anteile, die so stark sein kann, daß die Muskulatur völlig erdrückt wird. Alle Gefäßwandschichten zeigen dann meist eine gänzliche Verwischung ihres Baus und ihrer Grenzen, so daß die Entscheidung oft unmöglich ist, zu welcher Schicht man diese oder jene Bestandteile der Wand rechnen soll. Ist die Vermehrung des Bindegewebes nicht so diffus, so bleiben Gruppen von Muskelfasern in mehr oder minder dicken Bündeln erhalten, und ihre Längsstellung wird durch die breiten bindegewebigen Septen besonders anschaulich unterstrichen.

Diese Umwandlungen gehen zum Teil parallel den atherosklerotischen Veränderungen in den Hauptästen der Kranzschlagadern, zum Teil aber treten sie in den PM.-Gefäßen völlig unabhängig von ihnen auf.

#### VII. Jahrzehnt (9 Fälle).

Das Auffallendste in dieser Gruppe ist die Hypertrophie der mittleren Schicht in den Arterien des PM. III, die wir unter 9 Fällen 6 mal antreffen. Nur einmal waren die Gefäße der anderen PM. gleichsinnig verändert, sonst war die Hypertrophie der Media einzige und allein auf den PM. III beschränkt. Der Ausnahmefall ist von einer gewissen Bedeutung, weil hier eine ausgesprochene Herzhypertrophie vorliegt. Aber wenn man glaubt, hier einen Hinweis auf die Ursache dieser Schlagaderwandhypertrophien zu haben, so ist darauf hinzuweisen, daß sie ebenso gut in atrofischen Altersherzen (Fall 311/29, Herzgewicht 280 g) zu finden sind, wie sie andererseits in hypertrophischen Herzen fehlen können. Häufig besteht schon makroskopisch ein auffallender Unterschied zwischen dem Querschnitt des PM. I und II auf der einen und dem PM. III auf der anderen Seite. In den großen Muskeln sieht man makroskopisch nichts von den Arterien, auf der Schnittfläche des kleinen PM. III springen sie wie Stecknadelspitzen über die Oberfläche empor. Dementsprechend ist das mikroskopische Bild: Zarte Gefäßwände in den Muskeln der Mitralklappen (im PM. I meist mit stärkerer atherosklerotischer Komponente), hochgradig verbreiterte Wände dagegen in den Arterien des PM. III. Diese Hypertrophie ist keineswegs beschränkt auf die axialen Schlagadern, sondern in gleicher Weise, in gleichen Proportionen ausgebildet auch in den kleinen Gefäßen. So kommt bei der makroskopischen Betrachtung des Querschnittes das auffallende Bild zustande, daß man in den großen Mitralmuskeln nur Muskulatur und kaum etwas von den Gefäßen sieht, während sich im kleinen Tricuspidalmuskel aber

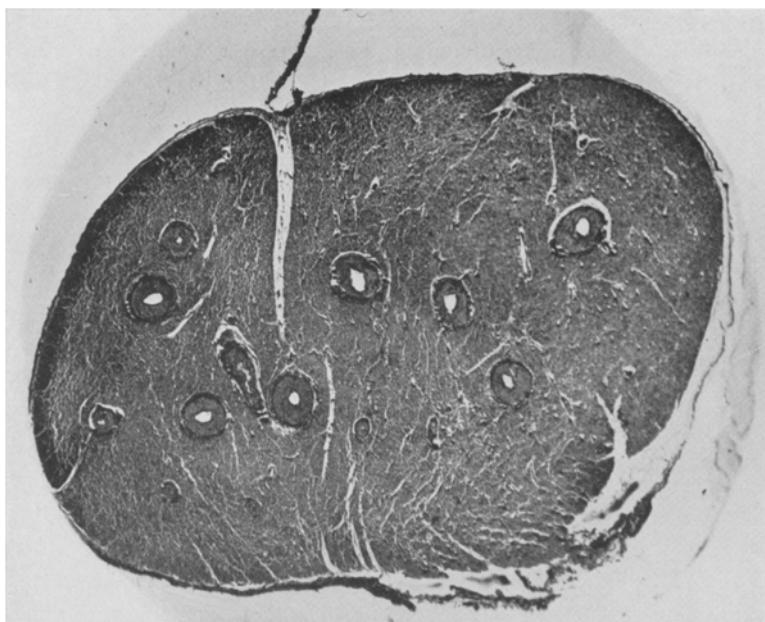


Abb. 6. Querschnitt des vorderen PM. der Tricuspidalis mit hypertrofischen Gefäßen.  
Lupenübersicht. (PM. III, 67 Jahre.)

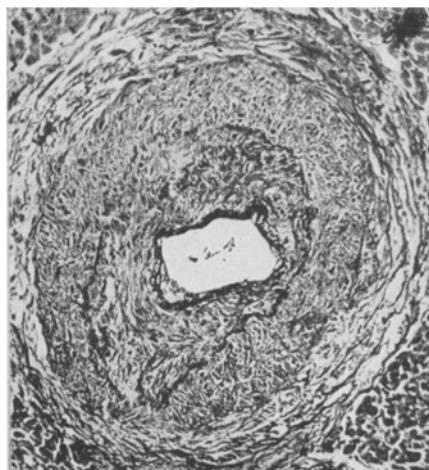


Abb. 7. Mediahypertrophie verbunden mit hochgradiger Intimaverdickung. (PM. III, 68 Jahre.)

die zahlreichen dickwandigen Arterienquerschnitte geradezu aufdrängen (Abb. 6, PM. III, 67 Jahre).

Das histologische Bild der verdickten Schlagadern wechselt, es ändert sich von Fall zu Fall und häufig von Gefäß zu Gefäß. Strenge Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht aufstellen.

Ist die Intima an der Schlagaderwandverdickung mitbeteiligt (Abb. 7, PM. III, 68 Jahre), so kommt oft eine beträchtliche Verengerung der Lichtung zustande, verblüffend im Verhältnis zur Breite der Gefäßwand, die oft den doppelten Durchmesser des Lumens hat. Die Intima ist innen und außen von zusammenhängenden Lamellen eingefaßt, die Zwischenschicht besteht aus kollagenem und elastischem Bindegewebe mit spärlichen muskulären Längsfasern. Das Bindegewebe in der Media hat in diesem Gefäß kaum eine Zunahme erfahren, die Längsstellung der Muskulatur ist überall gut ausgesprochen, durch ihre scharfe Abgrenzung von den Nachbarhäuten ist die Media als eigene Schicht gut charakterisiert.

längen Längsfasern. Das Bindegewebe in der Media hat in diesem Gefäß kaum eine Zunahme erfahren, die Längsstellung der Muskulatur ist überall gut ausgesprochen, durch ihre scharfe Abgrenzung von den Nachbarhäuten ist die Media als eigene Schicht gut charakterisiert.

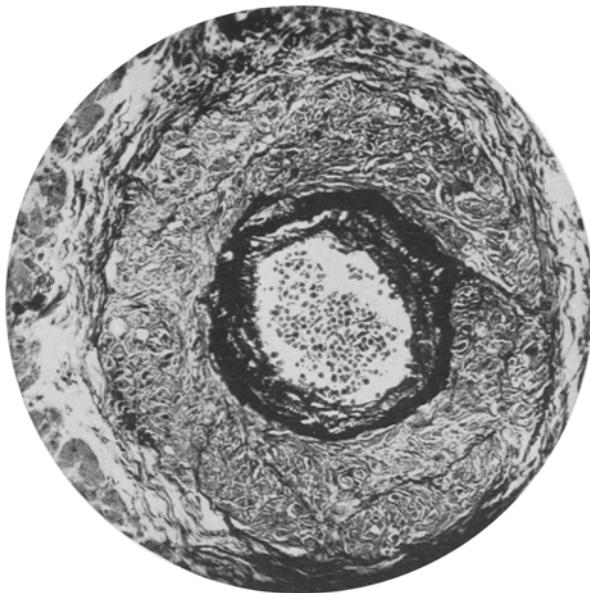


Abb. 8. Hypertrophische Längsmuskulatur der Media bei geringer Intimabeteiligung.  
(PM. III, 69 Jahre.)

In anderen Schlagadern tritt die starke Intimabeteiligung zurück (Abb. 8, PM. III, 69 Jahre). Kollagene Fasern fehlen dann in der Intima oft völlig, zwischen abgespaltenen elastischen Lamellen liegen in reicher Ausbildung muskuläre Längsfasern, nahezu in zusammenhängenden Lagen. Verbreitert ist nur die Media, in der aber das Bindegewebe schon stark zugenommen und manche Muskelbündel völlig ersetzt hat. Diese Vermehrung des Bindegewebes in der Media kann so beträchtliche Grade erreichen, daß sie die Muskulatur nicht nur sektorenweise, sondern im ganzen Gefäßumfang ersetzt (Abb. 9, PM. III, 68 Jahre). Die Gliederung in einzelne Schichten ist noch andeutungsweise erhalten, einzelne Muskelquerschnitte sind auch noch erkennbar, zur Hauptsache aber wird das Gefäßrohr aus einem fast kernlosen Bindegewebsschlauch gebildet.

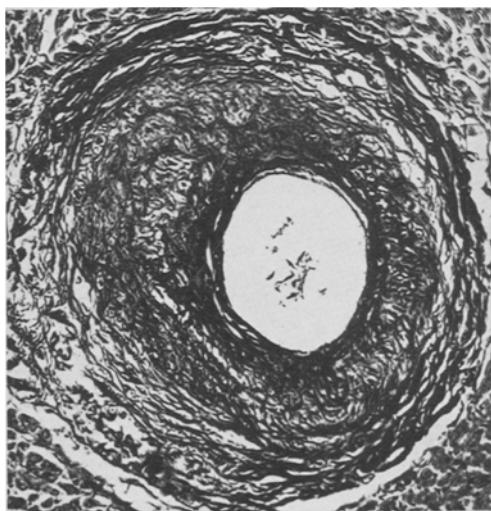


Abb. 9. Hochgradige Fibrose der Media. (PM. III, 68 Jahre.)

*VIII. und IX. Jahrzehnt (5 Fälle).*

Diese beiden Lebensjahrzehnte bieten nichts Neues. Die Altersveränderungen an den Schlagadern schreiten fort, ohne daß jedoch streng dem Alter parallel gehende Gesetzmäßigkeiten bestehen. Die Intima ist zumeist stark verdickt, die Media verdünnt und weitgehend durch Bindegewebe ersetzt. 3 mal konnten wir Gefäßwandverbreiterungen mit Längsmuskulatur feststellen, doch bildete die erhaltene Media auf Kosten des vermehrten Bindegewebes stets nur eine schmale Schicht.

Blicken wir nun zurück auf die Reihe der Einzeluntersuchungen, so können wir als Hauptergebnis feststellen, daß die *Media der PM.-Arterien vorwiegend aus längsgeordneter Muskulatur besteht*. Dieser Befund ist der vorherrschende, vom frühesten Kindesalter an zu erheben, aber nicht der ausschließliche. Gelegentlich trifft man auch Querschnitte an, in denen sich das von anderen Arterien her gewohnte Bild der Media mit ringförmigen Muskelfasern bietet, ein Befund, der aber gegenüber dem der Längsmuskulatur nur ganz vereinzelt zu erheben ist. Übergänge zwischen beiden Extremen stellen Querschnitte dar, in denen die Kernanordnung regellos erscheint, in denen Ring- und Längskerne bunt durcheinander liegen, meist allerdings mit Vorherrschen der Längsstellung. Eine vierte, zunächst recht eigenartig anmutende Beobachtung ist die Längsordnung der Muskulatur in der einen Hälfte des Gefäßquerschnittes, die Ringstruktur in der anderen. Reihenschnitte zeigen in solchen Fällen den Übergang der Ringfasern in Längs- oder Schrägbündel und Längsschnitte von PM. ergänzen und erklären diese sonderbare Erscheinung. Sie bestätigen den am Querschnitt erhobenen Befund des Längsverlaufes der Muskulatur. Daneben aber sieht man an Flächenschnitten der Gefäßwand, daß die Faserrichtung nicht immer eine streng längsgerichtete ist, daß die *Muskelzüge vielfach in Spiralen mit flachen oder steileren Windungen verlaufen*. An den Abgängen von Seitenästen überkreuzen und überschneiden sich die Muskelbündel. Mit dem Nachweis des *Spiralverlaufes* ist die Erklärung für den eigenartigen Befund der wechselnden Kernstellung in zwei zusammengehörigen Schlagaderhälften gegeben. Der Querschnitt hat in solchen Fällen Muskelbündel in verschiedenen Windungszügen getroffen, die Ringstellung kommt durch den Schnitt einer flachen Spiralwindung, die Längsstellung durch den Querschnitt eines steil gestellten Faserzuges zustande.

Das zweite Ergebnis unserer Untersuchungen, besonders auffallend, ist die so häufig überraschende *Breite der Muskelschicht*. Diese Dickenzunahme der Media trifft man ausschließlich in den Arterien an, die eine ausgesprochene Längsmuskulatur aufweisen, wodurch die Längsstruktur der Media ganz besonders hervorgehoben und unterstrichen wird. Nur einmal konnten wir den Befund einer mäßig verdickten Media mit typischer Ringmuskulatur vermerken. Diese Hypertrophie der Media

tritt uns in ausgesprochenem Maße zuerst Ende des 2. Jahrzehntes entgegen, in Herzen, die keinerlei Besonderheiten zur Erklärung dieser Erscheinung aufweisen, weder am Klappenapparat, noch in der Muskulatur, bei Menschen, deren zum Tode führende Krankheit (Unfall, Sepsis) eine Zufallsangelegenheit war und so gleichfalls keine Rückschlüsse zuläßt, bei denen das übrige Gefäßsystem makroskopisch unverändert erschien. Mit zunehmendem Alter begegnen wir der Media-verdickung immer mehr, um sie im 7. Jahrzehnt unter 9 Fällen 6 mal anzutreffen. Selten tritt diese Erscheinung in allen 3 PM.-Muskeln auf wie in Fall 224/29, vergesellschaftet mit einer starken Herzvergrößerung, zumeist ist nur ein Muskel in diesem Sinne ausgeprägt verändert. Jeder der 3 Muskeln kann aber diese Hypertrophie der Arterienmuskulatur aufweisen. Zeitlich zuerst begegneten wir ihr im PM. II. (10 Jahre), weiter mit 20 Jahren treffen wir sie im PM. des Aortensegels der Mitrals. Auffällig ist jedoch die besonders häufige Beteiligung des vorderen Tricuspidalmuskels. Treffen wir sie unter den 9 Fällen des 7. Jahrzehnts doch 5 mal allein an und nur 1 mal gleichsinnig in allen 3 Muskeln, und auch da wieder am ausgebildetsten im PM. III. Und wenn wir an die Fälle der ersten Lebensjahre denken, so fiel uns auch da auf, daß die Media im PM. III immer etwas dicker erschien als die Media der anderen PM.-Schlagadern.

Die muskuläre Längsschicht der Media, ob verbreitert oder nicht, ist im allgemeinen scharf von den übrigen Gefäßwandschichten abgesetzt. Manchmal jedoch greifen einzelne Muskelbündel in die Adventitia hinein, und andererseits konnten wir häufig die Beobachtung machen, daß unter der 1. Elast. int., zwischen dieser und der Längsmuskulatur eine zwar schmale, aber doch deutliche Ringmuskelschicht vorhanden ist. So kann in einigen Fällen wohl die Frage auftauchen, ob die Längsmuskelschicht nicht der Media, sondern einer anderen Schicht, in erster Linie der Adventitia zuzurechnen ist. Wir haben ja in der Einleitung ausdrücklich darauf hingewiesen, daß man längsgerichtete Muskelfasern in der Außenhaut vieler Arterien, nach Schaffer auch der Art. coronaria finden kann. Und wenn wir eben betonten, daß die hypertrophische Media besonders mit zunehmendem Alter anzutreffen ist, so werden wir an die Untersuchungen von Staemmler erinnert, der gleichfalls in höheren Lebensaltern sehr oft das Auftreten dicker Muskelbündel mit Längsverlauf in der Adventitia beobachten konnte.

Demgegenüber müssen wir feststellen, daß die Längsstellung der Muskulatur, gleichgültig ob mit oder ohne Hypertrophie, gleichmäßig in dem ganzen Umfang des Gefäßrohres vorhanden ist, in einer gleichmäßig breiten und dadurch als einheitlich charakterisierten Schicht. Wir sehen sie schon im frühesten Lebensalter. Diese Schicht ist bei der

Elasticafärbung durch die elastische Innenhaut scharf von der Intima geschieden. Ebenso deutlich setzt sie sich zumeist, besonders in den Fällen von Hypertrophie, von der derbfaserigen, kernarmen Adventitia ab. Fast stets finden sich auch hier an der Adventitia-Mediagrenze Verdichtungen der elastischen Fasern, wenn auch nicht immer in Form einer typischen 1. Elast. ext. Mit zunehmendem Alter, wo sich das intramuskuläre Bindegewebe immer mehr verbreitert, ist die Begrenzung von der Außenhaut manchmal nicht mehr so eindeutig. Aber die Kenntnis der Bilder aus früheren Lebensjahren, die ausgesprochene Schichtenbildung, die selbst in den vorgeschrittensten Fällen fibröser Mediaumwandlung oftmals noch zu finden ist, die gleichmäßig überraschend starke Ausbildung einer einheitlichen Muskelschicht, das gliedernde Strukturbild der elastischen Teile, dies alles zusammengenommen, läßt niemals einen Zweifel aufkommen, daß die Längsmuskelschicht zur Media gehört.

Die Grenzen gegen die Intima werden im höheren Alter auch etwas verwischt. *Wolkoff* konnte an den Hauptstämmen der Kranzarterien im vorgeschrittenen Alter häufig ein Schwinden der 1. Elast. int. feststellen, so daß die Media von der an muskulären Längsfasern reichen Intima nicht deutlich abzugrenzen war. Da zudem die Intima die Media an Dicke um das  $1\frac{1}{2}$  bis 2fache übertraf, so ist die Schwierigkeit der Abgrenzung der einzelnen Arterienschichten wohl verständlich. *Wolkoff* betont ausdrücklich, daß diese Unterscheidung nur durch die Richtung der elastischen und Muskelfasern möglich war, die in der Media kreisförmig, in der Intima in der Längsrichtung verliefen. Bei den PM-Gefäßen trifft diese Schwierigkeit auch für die Gefäße zu, bei denen atherosklerotische Intimaverdickungen überwiegen, die Media aber atrophisch, schmal, die Muskulatur reichlich durch kollagenes Bindegewebe ersetzt ist. Hier ist in der Tat das Strukturbild häufig so verwischt, daß eine genaue Unterscheidung unmöglich ist. In den Fällen aber, in denen die Media verbreitert ist, die Muskulatur nicht völlig untergegangen ist, macht die Abgrenzung von der Intima niemals Schwierigkeiten.

Wir können also festhalten, daß *die Längsmuskelschicht, verbreitert oder schmal, zur Media gehört.*

Auffällig ist der häufig erhobene Befund einer schmalen Ringmuskelschicht unter der 1. Elast. int., zwischen dieser und der Längsmuskulatur gelegen, einer Zone, in der im späteren Alter meist ringförmig angeordnetes Bindegewebe liegt. Eine Erklärung für dieses Bild läßt sich schwer geben. Vielleicht handelt es sich um solche Schlagadern, die im jugendlichen Alter eine gemischte Anordnung ihrer Muskulatur besaßen, wie wir sie ja so häufig in der unregelmäßigen Kernlagerung der Media haben beschreiben können. Durch die stärkere

einseitige Ausbildung längsgerichteter Muskelfasern sind die wenigen ringförmigen Teile abgedrängt und nach innen gelagert worden.

Ein recht konstanter Befund ist die mit zunehmendem Alter auftretende *Vermehrung kollagenen Bindegewebes in der Media (Fibrosis)*. Besonders schön läßt sie sich an den Gefäßen mit verdickter Media verfolgen. Hier tritt zunächst nur eine Verbreiterung der feinen Bindegewebsfasern auf, die die einzelnen Muskelfasern normalerweise in kleine Bündel zergliedern. Im Alter von 25 Jahren haben wir diese Erscheinung zuerst beobachtet. Sie schreitet mehr und mehr fort, zerlegt die Muskulatur in einzelne grobe, weit voneinander getrennt liegende Einzelbündel. Die Muskulatur wird mehr und mehr erdrückt, und als Endstadium sehen wir dann die ganze Muskelschicht durch kernarmes, dickfaseriges Bindegewebe ersetzt, in dem sich elastische Fasern nicht nachweisen lassen. Oder aber die Fibrose beginnt von vornherein in einer mehr unregelmäßigen diffusen Form, so daß die Strukturen frühzeitig verwischt werden. Dieser Art der Bindegewebsvermehrung begegnen wir zumeist in Gefäßen mit starker Atherosklerose oder in Schwie- lengebieten.

So besteht auch im Aufbau der Media der PM-Arterien eine Art von Auf- und Abbewegung, wie wir sie von der Intima der großen Schlagadern her kennen: Eine aufsteigende Periode, die bei Steigerung der Gefäßfunktion zu einer Hypertrophie der Muskulatur führt, eine absteigende Periode, bei der es durch noch stärkere Inanspruchnahme der Media zu einer Bildung minderwertigen Materials in Form von Bindegewebe kommt. — Doch soll damit nicht ein starres Schema aufgestellt werden; denn die Befunde gehen keineswegs streng dem Alter parallel. Man kann in einer Altersstufe nebeneinander Gefäße mit kaum vermehrtem Bindegewebe finden und solche sehen, bei der die Media ganz untergegangen ist.

Ehe wir uns mit der Erklärung der hypertrophenischen Längsmuskulatur befassen, seien kurz noch die Altersveränderungen der Intima gestreift. Schon sehr frühzeitig sehen wir (9 Jahre) im axialen PM-Gefäß die Spaltung der 1. Elast. int. in 2 Lamellen mit deutlicher Ausbildung einer muskulären Längsschicht, ein Befund, den *Wolkoff* in den subepikardialen Ästen der Kranzgefäß erstmals vom 15. Jahre an erheben konnte. Die Intimaverdickung schreitet mit dem Alter fort und erreicht schon frühzeitig, besonders im PM. I, beträchtliche Grade. Schon im Alter von 25 Jahren trafen wir eine größere Schlagader im PM. II an, deren Struktur völlig verwaschen und bei der die Intima hochgradig verdickt war. Der elastischen Innenhaut liegen zumeist dicke Lagen von Längsmuskelbündeln auf. Die Vermehrung der elastischen Fasern geschieht meist nicht in Form unregelmäßiger Lamellen, sondern unregelmäßiger Bruchstücke, zwischen denen kollagene Fasern und breite

helle Lücken auftreten. Die Dickenzunahme der Intima erfolgt fast stets konzentrisch, nie in herdförmigen Platten, sie ist oft sehr stark und übertrifft — wie das schon *Wolkoff* an den Hauptstämmen festgestellt hat — die Breite der Media manchmal um das Doppelte.

Bei der Deutung unserer Befunde müssen wir 2 Fragen auseinanderhalten, die beide allerdings auf das engste miteinander verknüpft sind. Einmal die Frage, warum wir in den PM-Arterien an und für sich vorwiegend Längs- und Spiralmuskulatur antreffen und zweitens, warum diese Muskulatur so häufig hypertrophisch wird.

Wir haben in der Einleitung darauf hingewiesen, daß Längsmuskulatur im Arteriensystem des übrigen Körpers sehr selten ist und nie in so ausgeprägter Form vorkommt wie in unseren Beobachtungen. In den PM-Schlagadern haben wir sie schon im frühesten Kindesalter gefunden, sie ist also von vornherein vorhanden. Das Alter hat nur insoweit einen Einfluß, als die Muskulatur sich verdickt und ihre Längsanordnung dadurch deutlicher hervortritt.

Dieser Besonderheit im Aufbau der Schlagaderwand muß auch eine Besonderheit der Funktion entsprechen. Wie können wir uns dies vorstellen? Es ist naheliegend, zunächst einmal die Frage aufzuwerfen, ob sich die besonderen Eigentümlichkeiten der Gefäßstruktur nicht aus besonderen Eigenschaften des Grundorgans ableiten lassen. In der Tat zeichnet sich ja der PM. vor anderen Muskeln des Körpers dadurch aus, daß in ihm dauernde gleichmäßige, rhythmische Zusammenziehungen stattfinden. Die dauernde einseitige Zusammenziehung kann nicht ohne Einfluß auf die mehr passiven, sich nicht an der Kontraktion beteiligenden Gewebsbestandteile sein, in erster Linie also auf das kräftig ausgebildete, in den Hauptstämmen vorwiegend längsgerichtete Gefäßsystem. Es muß — in der Voraussetzung, daß in den Arterien nicht gleichfalls eine Längskontraktion stattfindet — dabei zu einer Differenz zwischen der Länge der Gefäße und des PM. kommen und somit zu Abknickungen des Gefäßrohres. Die Anordnung der Arterienmuskulatur in Spiral- und Längszüge ist nun vielleicht imstande, diese Abknickungen zu verhindern. Wir stellen uns vor, daß gleichzeitig mit jeder PM-Kontraktion auch eine solche der Gefäßmuskulatur eintritt, deren Längs- und Spiralanordnung dann also auch eine Verkürzung des Arterienrohres zur Folge haben muß. Die spirale Anordnung der Muskulatur, deren Kontraktionswirkung wir in eine senkrechte und quere Komponente zerlegen können, erlaubt entsprechend der Ringmuskulatur anderer Schlagadern außerdem eine Einwirkung auf die Weite der Gefäßlichtung.

Andere Muskeln üben zwar auch einseitig gerichtete Zusammenziehungen aus, z. B. der M. biceps. Aber abgesehen davon, daß hier nur von Zeit zu Zeit mit langen Pausen eine Zusammenziehung statt-

findet, ist in diesen großen Körpermuskeln die Masse der die kleinen Arterien umgebenden Muskulatur so groß, daß der Kontraktionsablauf wahrscheinlich ohne Einfluß auf die Gefäßwand bleibt. Es kommt hinzu, daß in den großen Skelettmuskeln die Hauptgefäße niemals die strenge axiale Richtung haben wie in den kleinen PM., daß außerdem ausgedehnte Anastomosen bestehen, so daß einzelne Gefäßsperren bei dieser weitgehenden Ausgleichsmöglichkeit nicht ins Gewicht fallen.

Eine Angabe im Schrifttum bestärkt uns in dieser Erklärung der von uns beobachteten Strukturen. *M. Hesse*, die die Arterien der oberen Extremitäten systematisch untersucht hat, hebt an der A. cubitalis hervor, daß hier die Faserrichtung in der Media manchmal ganz erheblich von der Norm abweicht. In den mittleren Mediaschichten sind in einer ganzen Reihe von Fällen einzelne längsverlaufende und schräge Muskelfasern zu sehen. Diese Stelle zeichnet sich weiter dadurch aus, daß hier schon beim Kind Bindegewebe vorhanden ist, das die Muskelfasern auseinanderdrängt. Die A. cubitalis liegt nun verhältnismäßig frei und ungeschützt und ist dem Einfluß von Beugung und Streckung im Ellbogengelenk viel stärker unterworfen als die übrigen Arterienabschnitte. Wie die BindegewebSENTWICKLUNG auf den Einfluß der Dehnung hinweist, so scheint die Längsmuskulatur ganz entsprechend wie in den PM. dazu zu dienen, die bei der Beugung entstehenden Fältelungen der Gefäßwand auszugleichen.

Zu dieser einfachen Erklärung paßt nicht recht der Befund von Längsmuskulatur in den Seitenzweigen der PM-Arterien, die ja etwa senkrecht zur PM-Achse verlaufen. Hier sollte man eher eine Ringmuskulatur erwarten. Man muß daraus schließen, daß noch andere funktionelle Einflüsse eine Rolle spielen, die vorläufig noch nicht zu übersehen sind. Auch die Körpervenen haben vielfach eine kräftige Längsmuskulatur, ohne daß hier die speziellen Beziehungen der Gefäßwand zur Umgebung bestehen, wie wir sie oben für die PM-Arterien angenommen haben. In den Venen dienen die Längsmuskeln nach *Stöhr-Möllendorf* dazu, eine kräftige Verkürzung der Venenwand hervorzurufen und so mit den Klappen das Heben der Blutsäule zu bewirken. Ob in den PM.-Arterien die Längsmuskulatur in ähnlicher Weise der Blutbewegung dient, möchte ich nur zur Erörterung stellen. Man darf hier vielleicht darauf hinweisen, daß diese PM-Gefäße ziemlich spitzwinklig von den Hauptstämmen abbiegen, so daß die Strömungsrichtung des Blutes in ihnen eine plötzliche Ablenkung in der direkt entgegengesetzten Richtung erfährt.

Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, welche Umstände die so auffallende Verdickung der Media auslösen. Schien es in jugendlichen Fällen, daß gewisse Parallelen zur Intimaverdickung bestanden, so zeigten andere Fälle, daß die Hypertrophie auch bei zarter Innenhaut auftritt, daß also Bedingungen, die zur Altersverdickung und Athero-

sklerose der Intima führen, für die Mediahypertrophie nicht in Frage kommen. Von einer gewissen Bedeutung ist vielleicht die Herzhypertrophie, da wir hier in zwei Fällen eine gleichmäßige Mediaverdickung in den Gefäßen sämtlicher PM. fanden, eine sonst seltene Erscheinung. Aber die Herzvergrößerung kann nicht als ausschließliche Ursache in Betracht kommen, da wir, wie schon erwähnt, die Mediahypertrophie ebensogut in Fällen von nicht vergrößerten Herzen fanden, wie wir sie andererseits in manchem Fall von Herzhypertrophie vermißten. Und wenn gesteigerte Leistung des Herzmuskel allein die Ursache für die Mediaverdickung abgäbe, so müßten Parallelen zwischen ihr und der Dicke der PM. selbst nachzuweisen sein. Ein Vergleich der Schlagadern im PM. III und I zeigt aber eher das Gegenteil. Ebenso lassen sich keine Beziehungen zwischen der Mediahypertrophie der PM-Arterien und allgemeinen Schlagadererkrankungen des übrigen Körpers nachweisen.

Ob unseren Beobachtungen, insbesondere der Mediahypertrophie, eine praktische Bedeutung zukommt, läßt sich an Hand der wenigen Beobachtungen noch nicht entscheiden. Daß diese Veränderungen, besonders beim Umschlag in die ausgedehnte Fibrose, nicht gleichgültig für die geregelte Blutversorgung der PM. und ihre geregelte Funktion sein können, glauben wir doch annehmen zu können.

#### *Zusammenfassung.*

1. Die Muskelfasern in der Media der Papillarmuskelarterien verlaufen vorwiegend in der Längsrichtung und in Spiralwindungen.
2. Häufig kommt es in einzelnen Papillarmuskelarterien zu einer auffallenden Hypertrophie der Media. Der vordere Papillarmuskel der Trikuspidalis ist bevorzugt.
3. Mit zunehmendem Alter tritt in der hypertrophenischen Media eine fortschreitende Fibrose auf, die unter Umständen die Muskulatur im ganzen Umfang ersetzt.
4. Eine einheitliche Erklärung für die Ausbildung der längsgerichteten Muskulatur und ihre Hypertrophie in den Papillarmuskelarterien kann nicht gegeben werden.

---

#### *Schrifttum.*

- <sup>1</sup> *Amenomiya*, Virchows Arch. **199**, 187 (1910). — <sup>2</sup> *Bork*, Virchows Arch. **263**, 646 (1923). — <sup>3</sup> *Crainicianu*, Virchows Arch. **238**, 1 (1922). — <sup>4</sup> *Edholm*, Anat. Anz. **42**, 124. — <sup>5</sup> *Hesse*, Virchows Arch. **261**, 225 (1926). — <sup>6</sup> *Jores*, Handbuch der speziellen Anatomie und Histologie. **2**: Herz und Gefäße. 1924. — <sup>7</sup> *Kusnetzowsky*, Virchows Arch. **245**, 55 (1923). — <sup>8</sup> *Romberg*, Krankheiten des Herzens und der Blutgefäße. S. 113. — <sup>9</sup> *Schaffer*, Lehrbuch der Histologie. **1922**. — <sup>10</sup> *Staemmler*, Zbl. Path. **34**, 169 (1923). — <sup>11</sup> *Stöhr-Möllendorf*, Lehrbuch der Histologie. **1924**. — <sup>12</sup> *Wermber*, Virchows Arch. **257**, 249 (1925). — <sup>13</sup> *Wiesel*, Z. Heilk. **28**, 69 (1907). — <sup>14</sup> *Wolkoff*, Virchows Arch. **241**, 42 (1923). — <sup>15</sup> *Wolkoff*, Virchows Arch. **252**, 208 (1924). — <sup>16</sup> *Wolkoff*, Beitr. path. Anat. **82**, 555 (1929).