

(Aus der pathologisch-anatomischen Abteilung des Staatsinstituts für experimentelle Medizin zu Petersburg. — Vorstand: Prof. Dr. N. Anitschkow.)

Über die Altersveränderungen der Arterien bei Tieren.

Von

Dr. Kapitoline Wolkoff.

Mit 8 Textabbildungen.

(Eingegangen am 27. April 1924.)

Die Lehre von der Atherosklerose wird durch zwei wichtige Faktoren gefördert: durch die genaue Kenntnis der normalen Struktur der Arterienwand im verschiedenen Alter und durch die vergleichend-histologische Erforschung normaler und krankhaft veränderter Arterien bei Mensch und Tier. Die erste Frage ist heute schon ziemlich gut bearbeitet und in der betreffenden Literatur sind ausführliche Beschreibungen der Altersveränderungen sowohl der zentralen wie auch der peripheren Arterien des Menschen zu finden (Grünstein, Jores, Alb. Aschoff, Torhorst, Hallenberger, Schmiedl, Massloff, Faber, Wolkoff). Durch diese Arbeiten ist erwiesen, daß zwar im Laufe des Lebens alle Wandschichten der verschiedenen Arterien des Menschen sich verdicken, die Intima aber die größten strukturellen Veränderungen erleidet. Infolge von Zerspaltung der Lam. elast. int., der Bildung von Muskelfasern zwischen den zerspaltenen Lamellen und der Bildung einer bindegewebigen Schicht, zeigt die Intima der meisten, in der Literatur beschriebenen Arterien des Menschen im reifen Alter einen typischen Bau aus drei Schichten: der äußeren elastisch-muskulösen, der mittleren elastisch-hyperplastischen und der inneren bindegewebigen. Von allen Arterien des Menschen wird die Intima der Kranzarterien des Herzens im Laufe des Lebens am stärksten verdickt (Faber, Wolkoff).

Der zweite Punkt, der bei der Untersuchung der pathologischen Veränderungen der Arterienwand von großer Bedeutung ist, nämlich die vergleichend-anatomischen Angaben, ist noch sehr wenig erforscht. Es gibt zwar viele Untersuchungen über die Pathologie der Arterien bei Tieren, die z. B. von Krause (1922) ausführlich angeführt sind; auch gibt es Untersuchungen über die normale Struktur einzelner Abschnitte des arteriellen Systems (Bärner, Baum-Tienel, Zinserling, Krause) bei Tieren; doch wurde bis jetzt von niemandem eine systematische Untersuchung der Altersveränderungen der Arterien bei Tieren vorgenommen. Einige

Autoren weisen nur darauf hin, daß es solche Veränderungen gibt: so macht *Baum-Tienel* auf die Möglichkeit von Altersveränderungen der Vorderbeinarterien beim Ochsen aufmerksam, doch im großen ganzen erkennt er solche Veränderungen nicht an. Nur in der Arbeit von *Krause* sind einige Angaben über die Altersveränderungen der Aorta bei Ochsen, Pferden und Hunden zu finden, auf die ich noch unten zurückkommen werde.

Da die Frage über die Altersveränderungen der Arterien bei Tieren auch von allgemein-biologischem Standpunkt von Interesse ist, so habe ich eine systematische Untersuchung der größeren Arterien einiger Säugetiere in verschiedenen Altersperioden vorgenommen. Ich habe für meine Untersuchungen Arterien von Tieren möglichst genau festgestellten Alters benutzt, nämlich von Pferden, Kühen, Katzen, Hunden, Kaninchen, Ratten, Mäusen und schließlich von Affen. Im ganzen wurden von mir Arterien von 40 Tieren untersucht. Jedem Tier wurden zur Untersuchung folgende Arterien entnommen: die Brust- sowie die Bauchaorta; die rechte und linke Kranzarterie des Herzens (die Hauptäste an der Mündung in die Aorta, die Äste mittleren Kalibers und die kleinen subepikardialen Verzweigungen). Bei den meisten Tieren wurden außerdem auch die Aa. carotides und femorales untersucht.

Das entnommene Material wurde meist in einer gesättigten wässerigen Sublimatlösung und teils auch in 10 proz. Formollösung fixiert, die kleinen Gefäße in Celloidin eingebettet, die größeren mittels des Gefriermikrotoms geschnitten. Die Schnitte wurden nach *Weigert-Hart* auf Elastin, nach *van Gieson* und mit Polychrommethylenblau nach *Björling-Bloch* gefärbt.

I. Von den *kleinen Nagern* wurden untersucht: *weiße Mäuse* folgenden Alters: eine neugeborene, eine 4 Tage alte, eine $1\frac{1}{2}$ jährige und eine alte Maus, deren Alter nicht genau festgestellt ist. *Ratten* — eine 8 Monate alte, eine $1\frac{1}{2}$ jährige und eine 2 Jahre alte.

Die *rechte und linke Kranzarterie* der neugeborenen Maus sind bei der Mündung gleich gebaut: die Endothelschicht liegt auf einer einfachen, nicht zerspalteten Elast. int. Die Media besteht aus 2–3 zirkulären Reihen glatter Muskelfasern. Die Adventitia besteht aus einem Geflecht von feinen elastischen Fasern. Die kleineren Äste der Kranzarterien sind ebenso wie der Hauptast gebaut.

Bei älteren Mäusen sowie auch bei allen von mir untersuchten Ratten zeigen die Coronararterien des Herzens den oben beschriebenen Bau. Mit dem Alter wird die Media nur etwas dicker, und bei der Ratte erscheinen außerdem in der äußeren Schicht der Media einzelne feine zirkuläre elastische Fasern. Die Adventitia wird auch verdickt, indem die Zahl der elastischen Fasern zunimmt.

Die *Aorta* der Mäuse und Ratten in allen von mir untersuchten Altersperioden ist in den entsprechenden Teilen gleichgebaut, nur mit dem Unterschiede, daß bei älteren Tieren die Gefäßwand etwas dicker wird, und zwar auf Kosten einer allgemeinen Verdickung der Media.

In der *Aorta thoracica* unterscheidet sich die Lam. elast. interna, auf der die Endothelschicht gelegen ist, weder durch ihre Dicke noch durch ihre Färbung von den übrigen elastischen Membranen der Media.

Die *Bauchaorta* wird durch eine dünnerne Wand charakterisiert; die Lam. elast. int. ist hier gut ausgesprochen und bildet eine regelmäßige, sich stark färbende

Membran. Die Media besteht, ebenso wie in der Brustaorta, aus einigen Reihen elastischer Lamellen mit dazwischengelagerten zirkulären glatten Muskelfasern. Die Adventitia erreicht eine erheblichere Breite als in der Brustaorta und enthält mehr elastische Fasern.

Somit waren als Regel bei den von mir untersuchten Ratten und Mäusen keine Altersveränderungen in der Aorta und den Kranzarterien des Herzens vorhanden, wenigstens was die Zerspaltung der Lam. elast. intern. und die Bildung der Intima betrifft. Auch habe ich sie in der Carotis einer $1\frac{1}{2}$ - und einer 2 jährigen Ratte nicht konstatieren können.

Eine Zerspaltung der Lam. elast. int. habe ich bei diesen Tieren überhaupt nur selten beobachtet. So fand ich an einer Stelle der Bauchaorta bei einer alten Maus sowie bei einer $1\frac{1}{2}$ -jährigen Ratte eine deutliche Abspaltung von der Lam. elast. int. zwei Reihen elastischer Längsfasern, zwischen denen längsgerichtete Zellen lagen. Ebenso konnte ich in der Aorta ascendens einer 2 Jahre alten Ratte an einer Stelle das Anfangsstadium einer Abspaltung elastischer Fasern von der Lam. elast. int. beobachten.

Die Zwischensubstanz, die sich mit polychromem Methylenblau metachromatisch rot färbt, ist in den Kranzarterien von Mäusen und Ratten nur in sehr geringer Menge vorhanden. Dagegen ist in der Aorta dieser Tiere die Zwischensubstanz deutlich zu sehen. Sie ist überall dicht an den elastischen Membranen gelegen, in den inneren Schichten der Media in größeren Mengen als in den äußeren. Bei jungen Tieren ist die Zwischensubstanz in der Aortenwand in Form von ganz feinen homogenen Streifen angeordnet. Im Laufe des Lebens nimmt die Menge der Zwischensubstanz zu, mehr in den inneren Schichten der Aorta, wo feine, sich metachromatisch färbende Fasern scharf hervortreten.

Die Altersveränderungen der Coronararterien und der Aorta drücken sich also bei Mäusen und Ratten nur durch eine allgemeine Verdickung der Gefäßwand aus, ohne daß eine Neubildung der Intima durch Zerspaltung der Lam. elast. int. zu bemerken ist. In der Aorta dieser Tiere erfolgt außerdem mit dem Alter eine Vermehrung der Zwischensubstanz.

II. Von den anderen Nagetieren habe ich noch die Arterien von 7 Kaninchen folgenden Alters untersucht: je eins von 2 Wochen, 2 und 6 Monaten und 1, 2, 3 und $3\frac{1}{2}$ Jahren.

1. Die *Coronararterien des Herzens* sind bei jungen Kaninchen in jedem Alter ungefähr gleichgebaut. Die Lam. elast. int., die aus einer Reihe longitudinaler, dicht aneinanderliegender elastischer Fasern besteht, liegt unmittelbar der Endothelschicht an. Die Media besteht aus zirkulären elastischen und muskulären Fasern. Die Adventitia enthält ebenfalls eine große Menge von elastischen Fasern, welche in verschiedenen Richtungen gelegen sind. Im höheren Alter nimmt die Dicke der Gefäßwand zu, und zwar auf Kosten der Media.

Eine Neubildung der Intima konnte ich bei einem 3 Jahre alten Kaninchen in der Mündung des Hauptstammes der linken Kranzarterie beobachten. Dabei war die Lam. elast. int. stellenweise in 3—4 Reihen longitudinaler elastischer Fasern zerspalten, zwischen denen in der Längsrichtung Zellen gelegen waren. In anderen Teilen des Gefäßumfangs konnte ich nur die Anfangsstadien der Zerspaltung konstatieren. Außerdem konnte ich den Beginn einer Zerspaltung in einem begrenzten Bezirk der linken Kranzarterie eines 6 Monate alten Kaninchens

und an der Verzweigungsstelle eines Astes mittleren Kalibers der linken Coronaria eines $3\frac{1}{2}$ Jahre alten Kaninchens sehen.

2. Die *Aorta* des Kaninchens ist in ihren verschiedenen Abschnitten verschieden gebaut. In der *Aorta ascendens* fehlt eine gut ausgeprägte Lam. elast. int., und zwar im größten Teil ihres Umfanges bei jungen Kaninchen und im ganzen Gefäßumfang bei älteren. Zwischen dem Endothel und der Media ist in Querschnitten eine gekörnte elastische Schicht zu sehen. In Längsschnitten kann man sowohl einzelne Körner als auch longitudinale elastische Fasern sehen. Somit besteht diese Intimaschicht aus elastischen Fasern, die wohl meist, aber nicht ausschließlich, eine longitudinale Richtung haben, zwischen denen längsgerichtete Zellen gelegen sind. Die Media besteht aus zirkulären elastischen Membranen und glatten Muskelfasern. Die Adventitia ist als selbständige Schicht nicht ausgebildet.

Die *Aorta descendens* (thoracica) ist beim Kaninchen ebenso gebaut wie die aufsteigende Partie dieses Gefäßes, doch ist hier die Lam. elast. int. in ihrem ganzen Umfang in Form einer dicken gleichmäßigen Membran deutlich ausgeprägt. Nur an einzelnen Stellen sind feine, sich der Länge nach von ihr abspaltende elastische Fasern zu sehen mit einzelnen dazwischenliegenden glatten Muskelzellen.

Die *Bauchaorta* wird durch das Vorhandensein einer gut ausgesprochenen gleichförmigen, nicht zerspaltenen Lam. elast. int. charakterisiert. In der Media der Bauchaorta sind die elastischen Membranen dünner und nicht so regelmäßig geordnet wie in der Brustaorta. Oft nehmen sie nicht den ganzen Umfang des Gefäßes ein und werden stellenweise durch grobe zirkuläre elastische Fasern ersetzt. Die Adventitia enthält longitudinale elastische Fasern und ist in der Bauchaorta gut ausgesprägt.

Solch eine Struktur hat die Aorta bei Kaninchen jedes Alters. Mit dem Alter wird nur die Media etwas dicker, besonders im Anfangsteil der Brustaorta. In der Aorta ascendens nimmt mit dem Alter die Zahl der longitudinalen elastischen Fasern in den inneren Schichten der Intima etwas zu, doch ist das nicht scharf ausgesprochen. In der Aorta descendens zeigt die Lam. elast. int. schon bei einem 2 Monate alten Kaninchen stellenweise die ersten Anzeichen einer Zerspaltung in Form von bogenartigen Erhöhungen über die Elast. int. Bei 3- und $3\frac{1}{2}$ -jährigen Kaninchen ist die Zerspaltung der Lam. elast. int. stellenweise noch deutlicher ausgeprägt. Sie zerfällt nämlich in 2-3 parallele Membranen, zwischen denen langgezogene Zellen gelegen sind. Auch ist an Stellen der Verzweigung der Aorta die Lam. elast. int. immer stärker zerspalten.

Im Laufe des Lebens nimmt in der Kaninchenaorta die Menge der Zwischensubstanz parallel mit einer allgemeinen Verdickung der Gefäßwand zu.

Die *Carotis* eines 2 Wochen alten sowie eines $3\frac{1}{2}$ -jährigen Kaninchens hat eine regelmäßige, deutlich ausgeprägte Lam. elast. int., welche nur an den Stellen, wo sich ein Seitenast abzweigt, in eine Reihe von parallelen Membranen zerspalten ist. Die Media besteht aus zirkulären elastischen Membranen und glatten Muskelfasern. Die Adventitia enthält eine große Anzahl longitudinaler elastischer Fasern und erreicht eine erhebliche Dicke.

In der *Art. femoralis* eines $3\frac{1}{2}$ Jahre alten Kaninchens ist die Lam. elast. int. überall als eine homogene Membran gebaut und nur an Verzweigungsstellen spaltet sie sich in einige Reihen longitudinaler elastischer Fasern. Die Adventitia der *Art. femoralis* ist gut ausgebildet und enthält auch longitudinale elastische Fasern.

Somit sind die Altersveränderungen der Arterien beim Kaninchen, insofern sie die Zerspaltung der Lam. elast. int. und die Neubildung der Intima betreffen, nur in der Brustaorta — und zwar in nicht hohem Grade — zu beobachten. Eine Neubildung der Intima durch Zerspaltung

der Lam. elast. int. wurde von mir außerdem auch bei einem 3 Jahre alten Kaninchen in der linken Kranzarterie an ihrer Mündung und an den Verzweigungsstellen gefunden.

III. Die Arterien von *Hunden* habe ich bei Tieren folgenden Alters untersucht: bei 2 neugeborenen Hunden und je einem 2 Wochen, 3 Monate und 2, 5, 12 und 16 Jahre alten.

1. Bei den beiden *neugeborenen Wölfen* sind die Arterien ganz gleich gebaut. Die Hauptäste beider *Coronararterien* (Abb. 1) sind bei ihnen analog denen junger Kaninchen. Das Endothel liegt auf einer einförmigen Lam. elast. int., welche bei starker Vergrößerung eine Struktur von dicht aneinander gereihten longitudinalen groben elastischen Fasern zeigt. Die Media besteht aus 2—3 Schichten zirkulärer glatter Muskelfasern und enthält eine geringe Anzahl feiner zirkulärer elastischer Fasern, deren Menge in den äußeren Schichten der Media größer wird, indem sie ohne scharfe Grenzen in die Adventitia übergehen. Nur an einer Stelle konnte ich in der linken Coronararterie eine Zerspaltung der Lam. elast. int., anscheinend ohne Zusammenhang mit den Verzweigungen der Arterie, beobachten.

Die Äste mittleren Kalibers der linken Kranzarterie, ebenso wie ein kleiner unter dem Epikard gelegener Ast der rechten, sind ebenso wie die Mündungsstelle der Hauptäste gebaut: die Menge der muskulären Schichten in der Media (2—3) bleibt unverändert, aber die Zahl der elastischen Fasern wird im Vergleich zu den Hauptästen geringer. Die Kranzarterien *eines 2 Wochen alten Wölfe*, die rechte wie auch die linke, sind bei ihrer Mündung gleichgebaut, nur ist die linke von etwas größerem Kaliber. Die Elast. int. macht den Eindruck einer gleichmäßigen Membran und besteht aus einer Reihe dicht aneinandergelegener longitudinaler elastischer Fasern. An der Stelle, wo ein großer Seitenast gebildet wird, ist die Lam. elast. int. der linken Coronararterie eine Strecke lang in zwei parallele Membranen zerspalten, zwischen denen Zellen in Längsrichtung liegen. An einer anderen Stelle des Gefäßumfangs, wo sich ein kleiner Ast abteilt, sieht man ebenfalls eine zwar wenig scharf ausgeprägte Abspaltung longitudinaler elastischer Fasern von der Lam. elast. int. Die Media der Hauptäste der Coronararterien ist ebenso bei dem 2 Wochen alten Wölfe wie bei neugeborenen Hunden gebaut, nur wird hier die Menge der zirkulären elastischen und muskulären Fasern etwas größer. Die Adventitia enthält viele grobe zirkuläre und longitudinale elastische Fasern und erreicht eine erhebliche Dicke. Die Äste mittleren Kalibers beider Coronarien, sowie kleine subepikardiale Äste und solche der Herzmusculatur selbst, sind beim selben Tier ebenso wie die Hauptäste gebaut, nur ist hier die Menge der elastischen Fasern der Media geringer und ist die Lam. elast. int. nirgends gespalten.

Die Coronararterien *eines 3½ Monate alten Hundes* zeigen schon einige gut wahrnehmbare Eigentümlichkeiten ihrer Struktur im Vergleich zu derjenigen jüngerer Tiere. Die Lam. elast. int. der linken Kranzarterie ist bei diesem Tier an einer Stelle in 2—3 parallele Schichten zerspalten, die in Querschnitten den Eindruck gekörnter Linien machen, zwischen denen Zellen meist in Längsrichtung gelegen sind. An anderen Stellen dieser Arterie kann man die Anfangsstadien der Abspaltung longitudinaler elastischer Fasern von der Lam. elast. int. deutlich erkennen. Eine einfache, nicht zerspaltene Lam. elast. int. ist hier nur stellenweise erhalten. In einem Ast mittleren Kalibers der linken Coronararterie beobachtete ich ebenfalls die Zerspaltung der Lam. elast. int., aber nur an einer einzigen Stelle. Die rechte Kranzarterie desselben Hundes ist analog der linken gebaut. Hier konnte ich im Hauptast, in der Nähe seiner Mündung, die sich in zwei parallele Schichten spaltende Lam. elast. int. sehen, die auch längsgezogene Zellen enthielt. An einer Stelle des Gefäßumfangs, wo die Lam. elast. int. gespalten ist, kann man einen allmäßlichen Übergang zirkulärer Muskelzellen der Media in longitudinal ge-

legene Zellen der neugebildeten Intima sehen (so wie ich es in den Kranzarterien des Menschen beobachtet habe). Die Media und Adventitia der Kranzarterien eines $3\frac{1}{2}$ Monate alten Hundes sind ebenso wie bei jüngeren Hunden gebaut, nur mit dem Unterschied, daß sie dicker als bei den letzteren sind.

Der Hauptast der linken Coronararterie eines *2 Jahre alten Hundes* hat an den meisten Abschnitten seines Umfangs eine einfache, nicht zerspaltene Lam. elast. int. Nur an einigen Stellen kann man hier einzelne abgespaltene longitudinale elastische Fasern sehen, und auch an den Abgangsstellen eines Seitenastes ist die Lam. elast. int. in 2–3 Schichten longitudinaler elastischer Fasern gespalten, mit langgezogenen Zellen zwischen denselben. In der Media dieses Gefäßes sind die Muskelzellen nicht streng zirkulär geordnet; so finden sich hier auch Zellen, die in der Längsrichtung oder schräg gelegen sind. In den Ästen mittleren Kalibers wie auch in kleinen Muskelästen ist die Lam. elast. int. überall einfach, nicht zerspalten.

Bei einem *5 jährigen Hunde* ist die Lam. elast. int. der linken Coronararterie gut ausgebildet und im größten Teil ihres Umfangs in zwei parallele longitudinale

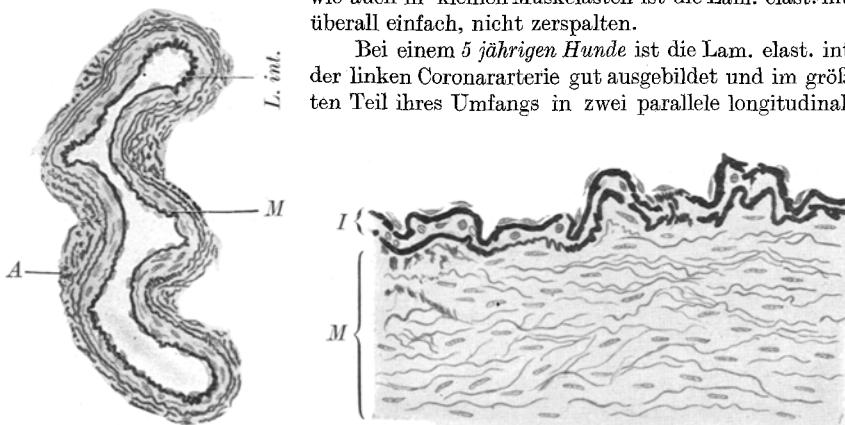


Abb. 1.¹⁾ Querschnitt der Anfangsteile der linken Kranzarterie bei einem neugeborenen Welpen. Die Endothelschicht liegt auf einer einfachen ungespaltenen Lam. elast. int.

Abb. 2. Querschnitt der Anfangsteile der linken Kranzarterie bei einem 12jährigen Hunde. Neugebildete Intima. Die Lam. elast. int. ist in zwei parallele Lamellen zerspalten; dazwischen liegen längsverlaufende glatte Muskelfasern.

Membranen zerspalten. Die äußere von ihnen ist ihrerseits in eine Reihe longitudinaler elastischer Fasern gespalten, die im Querschnitt in Form von einzelnen Körnern erscheinen. Die Media enthält zahlreiche elastische Fasern, die nicht nur zirkulär, sondern auch schräg und in der Längsrichtung ohne merkbare Regelmäßigkeit gelegen sind. Die Adventitia enthält viele longitudinale und zirkuläre elastische Fasern, die hier größer als in der Media sind. In dem Ast mittleren Kalibers der linken Coronararterie desselben Tieres enthält die Media weniger elastische Fasern als im Hauptast. In einem Teil des Gefäßumfangs ist hier die Lam. elast. int. in zwei Membranen zerspalten. Die Adventitia enthält grobe elastische Fasern.

In einem kleinen subepikardialen Aste ist beim selben Hund überall eine einfache, nicht zerspaltene Lam. elast. int. zu sehen.

¹⁾ Sämtliche Abbildungen wurden unter Benutzung des Abbéschen Zeichenapparats und des Zeisschen Obj. D, Ok. 2 (Abb. 1, 2, 5, 7 und 8) oder Obj. D, Ok. 3 (Abb. 6) und Obj. A, Ok. 5 (Abb. 3 und 4) entworfen. Für alle Abbildungen geltende Bezeichnungen: *I* = Intima; *M* = Media; *A* = Adventitia; *L. int.* = Lam. elast. int.; *El. m.* = longitudinale elastisch-muskulöse Schicht; *Bg.* = Bindegewebsschicht.

Die rechte Kranzarterie eines 5jährigen Hundes ist von etwas kleinerem Kaliber als die linke. Ihre Lam. elast. int. ist nur stellenweise in zwei Schichten zerspalten oder gibt feine longitudinale elastische Fasern ab, zwischen denen langgezogene Zellen zu sehen sind. Die Media enthält viele elastische Fasern, welche, gleich den Muskelfasern, nicht überall streng zirkulär verlaufen. Die Adventitia enthält gröbere elastische Fasern als die Media. In einem Ast mittleren Kalibers der rechten Kranzarterie ist die Lam. elast. int. überall einfach, und nur an der Abzweigungsstelle von Seitenästen ist sie eine Strecke lang zerspalten.

Bei einem 12 jährigen Hunde ist in beiden Coronararterien, besonders in der linken, in den Hauptästen eine Zerspaltung der Lam. elast. int. in 2—3 parallele Lamellen mit längsgerichteten Zellen zwischen letzteren deutlicher zu sehen als bei den oben beschriebenen jüngeren Hunden (Abb. 2). Außerdem ist hier nach innen zu von dieser longitudinalen elastischen Schicht der Intima stellenweise noch eine dünne bindegewebige Schicht zu beobachten.

Die *chromotrope Zwischensubstanz* der Kranzarterien junger Hunde liegt in Form dünner homogener Schichten den elastischen Fasern dicht an. Im Laufe des Lebens nimmt die Menge der Zwischensubstanzschichten gleichzeitig mit einer allgemeinen Verdickung der Gefäßwand bedeutend zu; sie werden breiter, und auf Präparaten, die in Sublimat fixiert wurden, treten in ihnen in größerer Menge feine, auch metachromatisch sich färbende Fibrillen auf.

Somit ist in den Coronararterien von Hunden schon im Alter von $3\frac{1}{2}$ Monaten eine Zerspaltung der Lam. elast. int. zu konstatieren, sowie das Auftreten zwischen den zerspalteten Lamellen von Zellen, die nach ihrem Aussehen den glatten Muskelfasern gleich sind. Dagegen ist bei jüngeren Tieren die Lam. elast. int. nicht zerspalten. Im höheren Alter ist in den Coronararterien des Hundes die Zerspaltung der Lam. elast. int. resp. die Bildung einer longitudinal-elastischen Schicht der Intima bald deutlicher, bald weniger ausgesprochen. In einzelnen Fällen ist nach innen zu von dieser Schicht auch eine bindegewebige Schicht zu beobachten. Die Neubildung der longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht der Intima in den Kranzarterien des Hundes kommt in der Regel nur in den Hauptästen vor, nicht aber in Ästen kleineren Kalibers. Die Menge der Zwischensubstanz der Kranzarterienwand nimmt mit dem Alter bedeutend zu, und zwar entsprechend der Verdickung der Media.

2. Die *Aorta* eines neugeborenen Welfen ist in ihren verschiedenen Abschnitten nicht gleich gebaut. Die *Aorta ascendens* dicht an den Klappen ist dadurch charakterisiert, daß die Lam. elast. int. fehlt. Nach den Angaben von *Krause* ist in der *Aorta ascendens* von Hunden eine nicht zerspaltene Lam. elast. int. nur in der ersten Hälfte des fötalen Lebens zu sehen. Das Endothel ist auf einer Schicht gelegen, die im Querschnitt eine körnige, teilweise aber auch eine faserige Struktur zeigt und aus elastischen, meist längsverlaufenden Fasern besteht. Die Intima geht ohne scharfe Grenze in die Media über; letztere besteht aus elastischen Membranen und glatten Muskelfasern, die nicht überall zirkulär liegen, sondern stellenweise ohne sichtbare Regelmäßigkeit auch in der Längsrichtung verlaufen. Die Adventitia ist in der *Aorta ascendens* schwach ausgebildet und enthält einzelne feine elastische Fasern.

In der *Aorta descendens* ist die Lam. elast. int. gut ausgeprägt, und zwar in einem Teil des Gefäßumfangs in Form einer gleichmäßigen, stark färbaren

Membran; in einem anderen Teil dagegen ist sie in 2—3 Reihen longitudinaler elastischer Fasern gespalten, so daß an solchen Stellen die neugebildete Intima deutlich hervortritt. Die Media ist ebenso wie in der Aorta ascendens gebaut. Die Adventitia, die hier deutlicher als in der Aorta ascendens ausgeprägt ist, enthält längsverlaufende elastische Fasern.

In der *Bauchaorta* ist die Lam. elast. int., die nach innen zu mit Endothel ausgekleidet ist, fast im ganzen Gefäßumfang als eine einfache Membran zu sehen. Nur stellenweise ist sie in der Längsrichtung in 2 parallele Membranen zerspalten oder aber splittert Schichten von longitudinalen elastischen Fasern ab, zwischen denen überall langgezogene Zellen zu sehen sind, die morphologisch den glatten Muskelfasern entsprechen. An denjenigen Stellen, wo die Bauchaorta Seitenäste abgibt, ist die Zerspaltung der Lam. elast. int. stärker ausgeprägt als in den anderen Partien derselben Arterienwand. Die Media der Bauchaorta zeigt keine Besonderheiten in ihrer Struktur. Die Adventitia ist besser ausgebildet als in der Brustaorta. Bei älteren Hunden (bei einem 2 Wochen, einem $3\frac{1}{2}$ Monate und einem 2 Jahren alten Hunde) ist die Aorta in ihren drei geschilderten Abschnitten im ganzen ebenso wie die Aorta neugeborener Wölfe gebaut. Doch erreicht die Intima der Brustaorta, die größtenteils aus longitudinalen elastischen und glatten Muskelfasern besteht (die körnige Schicht von *Baum-Tienel* und die elastisch-muskulöse Fasernetzschicht von *Krause*), eine erhebliche Dicke. In der Bauchaorta ist an einzelnen Stellen der Gefäßwand die Zerspaltung der Lam. elast. int. in längsverlaufende elastische Fasern auch etwas stärker ausgeprägt, und an den Verzweigungsstellen der Bauchaorta wird sie noch dicker als an anderen Stellen der Gefäßwand. Die Media und die Adventitia zeigen mit zunehmendem Alter außer einer allgemeinen Verdickung keine wesentlichen Veränderungen.

Bei einem 5 jährigen *Hunde* besteht die Wand der Aorta ascendens aus zwei gleich dicken Schichten: aus einer inneren, die auf Querschnitten in Form von Körnern von elastischem Gewebe und längsverlaufenden Zellen erscheint, und aus einer äußeren, die aus zirkulären elastischen Membranen und glatten Muskelfasern besteht und der Media entspricht. Auf Längsschnitten ist zu sehen, daß die innere körnige Schicht der Aortenwand die stark entwickelte longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima ist, die bei einem 5 jährigen Hunde fast die Hälfte der Gefäßwanddicke der Aorta ascendens einnimmt. In der Aorta descendens bleibt die longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima, was ihre Breite betrifft, weit hinter derjenigen der eben beschriebenen Aorta ascendens von Hunden gleichen Alters zurück, obgleich sie auch hier schärfer ausgeprägt ist als bei jüngeren Tieren. Die Lam. elast. int. ist in Form einer unzerspaltenen Membran nur an wenigen Partien der Gefäßwand zu finden. An den meisten Stellen zeigt sie verschiedene Stadien der Zerspaltung in mehrere längsverlaufende Reihen elastischer Fasern, so daß die longitudinale elastische Schicht der Intima eine gewisse Dicke erreicht.

Bei den von mir untersuchten 12- und 16 jährigen *Hunden* ist die neugebildete longitudinale elastisch-muskulöse Intima der betreffenden Abschnitte der Aorta lange nicht so breit wie die eben beschriebene Intima eines 5 jährigen Hundes und steht ihrer Ausbildung nach der Intima eines 2 jährigen Hundes näher. Vielleicht spielen hier individuelle Verschiedenheiten der Altersveränderungen eine Rolle, die mit der Rasse oder der Lebensweise der Hunde in Zusammenhang stehen, worauf auch *Krause* in seiner Arbeit hinweist. Die Intima der Brust- und Bauchaorta der 12- und 16 jährigen Hunde besteht aus einer äußeren longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht (elastisch-muskulöse Fasernetzschicht von *Krause*), die von der Media nicht scharf abgegrenzt ist, und an vielen Stellen noch aus einer nach innen zu gelegenen bindegewebigen Schicht.

Die Altersveränderungen der Aorta von Hunden äußern sich also darin, daß die longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima, die in der Aorta ascendens schon bei neugeborenen Welfen vorhanden ist, allmählich dicker wird, und zwar durch die Vermehrung der längsverlaufenden elastischen Fasern. In der Regel ist aber diese Schicht nicht besonders scharf ausgeprägt und nur in einem Fall (bei einem 5 Jahre alten Hunde) nahm sie beinahe die Hälfte der Gefäßwand ein. Nach innen zu von der longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht der Aortenintima kann man im vorgerückten Alter (12, 16 Jahre) die Bildung einer bindegewebigen Schicht beobachten.

Eine durch Methylenblau metachromatisch färbbare *Zwischensubstanz der Aortenwand* ist schon bei neugeborenen Welfen zu konstatieren. Ebenso wie bei Mäusen, Ratten und Kaninchen ist sie längs den elastischen Membranen gelegen und am schärfsten in den inneren Schichten der Media der Brustaorta ausgeprägt. Dünne Schichten der Zwischensubstanz sind auch in der longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht der Intima zu sehen, wo die elastischen Fasern von dieser Substanz umgeben sind. In der Bauchaorta ist keine größere Ansammlung von Zwischensubstanz in den inneren Schichten der Media zu sehen: sie ist mehr gleichförmig in feine Schichten in der ganzen Gefäßwand geordnet. Mit zunehmendem Alter kann man zugleich mit einer Verdickung der Aortenwand auch eine Vermehrung der Zwischensubstanz feststellen, indem Schichten der letzteren in der Brustaorta immer zahlreicher und breiter werden.

3. *Die Art. carotis* eines neugeborenen Welfen hat eine gut ausgeprägte homogene Lam. elast. int., die nach innen zu direkt durch eine Endothelschicht ausgekleidet ist, nach außen zu liegt die Media, aus zirkulären elastischen Membranen und glatten Muskelfasern bestehend. Die Adventitia ist reich an longitudinalen und zirkulären elastischen Fasern. Im späteren Alter ist bei Hunden ($3\frac{1}{2}$ Monate und 2 Jahre alt) nur eine Verdickung der ganzen Gefäßwand zu konstatieren, und nur bei einem 12 Jahre alten Hunde konnte ich an einigen Stellen der Carotis das Anfangsstadium einer Abspaltung längsverlaufender elastischer Fasern von der Lam. elast. int. beobachten.

4. *Die Art. femoralis*, bei einem 2 Jahre alten Hunde untersucht, hat eine einfache ungespaltene Lam. elast. int., und nur an der Mündung eines Seitenastes ist sie in einem kleinen Teil des Gefäßumfangs gespalten. Die Media enthält zirkuläre glatte Muskelfasern und feine zirkuläre elastische Fasern. Die Adventitia erreicht eine bedeutende Breite und enthält longitudinale und teilweise auch zirkuläre elastische Fasern.

IV. *Katzen* folgender Altersstufen wurden von mir untersucht: zwei 8 Tage alte Kätzchen, ein junger Kater, dessen Alter nicht genau festgestellt werden konnte, und ein 12 Jahre alter Kater.

1. *Die Kranzarterien* beider 8 Tage alter Kätzchen sind denjenigen der neugeborenen Welfen analog gebaut. In den Hauptstämmen, ebenso wie in Ästen mittleren Kalibers, ist überall eine einfache, nicht zerspaltene Lam. elast. int. zu sehen. Die Media und die Adventitia zeigen in ihrer Struktur auch keine wesentlichen Besonderheiten. Bei dem jungen Kater ist die Lam. elast. int. im Hauptstamm der

linken Kranzarterie an seiner Mündung in mehr als der Hälfte des Gefäßumfangs in 2—3 Reihen längsverlaufender elastischer Fasern zerspalten, mit einzelnen dazwischenliegenden langgezogenen Zellen. Die Media besteht aus zirkulären elastischen und glatten Muskelfasern und ist um ein Mehrfaches dicker als die Media der 8 Tage alten Kätzchen. Die Adventitia enthält eine größere Menge longitudinaler elastischer Fasern.

In einem Ast mittleren Kalibers der linken Coronararterie beim jungen Kater konnte ich an 2 Stellen eine Spaltung der Lam. elast. int. beobachten, und zwar: an der Mündung eines Seitenastes war die Lam. elast. int. in zwei parallele Schichten gespalten, und unabhängig von den Verzweigungsstellen waren von der Lam. elast. int. longitudinal elastische Fasern abgespalten, zwischen denen langgezogene Zellen lagen.

In den kleinen Muskelästen ist bei dem jungen Kater die Lam. elast. int. überall einfach, nicht gespalten.

Bei dem 12jährigen Kater ist die Lam. elast. int. der linken Kranzarterie an ihrer Mündung in einem Teil des Gefäßumfangs in Form einer gekörnten Linie zu sehen (auf Querschnitten). In einem anderen Teil ist sie in 2—3 Reihen longitudinaler elastischer Fasern zerspalten mit dazwischenliegenden längsgerichteten Zellen. Nach innen zu von dieser längsverlaufenden elastischen Schicht ist im ganzen Gefäßumfang noch eine gleichmäßige, dünne, bindegewebige Schicht zu sehen.

Wenn man somit die Kranzarterien von Katzen der verschiedenen von mir untersuchten Altersstufen miteinander vergleicht, so kann man eine zunehmende Neubildung der elastisch-muskulösen Intima feststellen. Im späteren Alter (bei dem 12jährigen Kater) bildet sich außerdem nach innen zu von der longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht noch eine bindegewebige Schicht. Außerdem kann auch bei den Katzen eine Vermehrung der chromotropen Zwischensubstanz mit zunehmendem Alter konstatiert werden, deren Lage und morphologische Eigenschaften vollkommen denen der Arterien von Hunden analog sind.

2. *Die Aorta der Katzen* ist im großen ganzen der Aorta von Hunden analog gebaut. Alle Abschnitte der Aorta (die Ascendens, Descendens und die Bauchaorta) zeigen bei 8 Tage alten Katzen dieselbe Struktur wie bei neugeborenen Welfen. In der Aorta ascendens fehlt bei diesen Tieren überall die Lam. elast. int. Nach außen zu vom Endothel ist eine gleichmäßige longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima gelegen, die ohne scharfe Grenzen in die Media übergeht. In der Aorta descendens ist eine gut ausgebildete Lam. elast. int. vorhanden, die nur an einzelnen Stellen die ersten Anzeichen einer Spaltung zeigt. In der Bauchaorta ist das Endothel überall auf einer ungespaltenen Lam. elast. int. gelegen. Die Media und Adventitia der Katzenaorta ist nicht wesentlich anders als diejenige der Hunde gebaut.

Bei dem erwachsenen jungen Kater ist ebenso wie bei Hunden in der Aorta ascendens die längsverlaufende elastisch-muskulöse Schicht der Intima breiter als bei 8 Tage alten Kätzchen. Nach innen zu ist fast überall eine bindegewebige Schicht vorhanden. In der Aorta descendens wird die Lam. elast. int. durch eine dünne Schicht longitudinaler elastischer und glatter Muskelfasern ersetzt. In der Bauchaorta ist die Lam. elast. int. größtenteils in 2 Membranen und nur an der Abgangsstelle von Seitenästen in vielen Reihen longitudinaler elastischer Fasern gespalten. Die Media ist in allen 3 Abschnitten der Aorta gleich derjenigen der Hunde gebaut. Die Adventitia der Aorta ist in der Pars ascendens am schwächsten

ausgebildet, am besten in der Bauchaorta, wo sie eine große Menge longitudinaler elastischer Fasern enthält.

Ebenso sind auch alle Abschnitte der Aorta des 12jährigen Katers gebaut. Die Intima ist bei ihm nicht dicker als bei den jüngeren Tieren derselben Art.

Die chromotrope Zwischensubstanz der Aortenwand ist bei Katzen längs den longitudinalen elastischen Membranen gelegen und hat dieselben morphologischen Eigenschaften wie bei Hunden. Mit zunehmendem Alter nimmt sie an Menge zu und tritt überall, auch zwischen den elastischen Fasern der neugebildeten Intima, auf.

3. Die Carotiden sind bei 8 Tage alten Kätzchen und einem 12jährigen Kater im wesentlichen gleichgebaut. Nach außen zu von der Endothelschicht ist hier eine einfache Lam. elast. int. gelegen. Nur an einer einzigen Stelle war sie bei dem 12jährigen Kater deutlich gespalten. Die Media besteht aus zirkulären elastischen Membranen und glatten Muskelfasern. Die Adventitia ist gut ausgeprägt und enthält eine große Zahl longitudinaler und schräger elastischer Fasern.

4. Die Art. femoralis, welche bei 8 Tage alten Kätzchen und einem 12jährigen Kater untersucht wurden, ist bei diesen Tieren im ganzen gleichgebaut. Eine Spaltung der Lam. elast. int. ist hier nirgends beobachtet worden.

Somit waren in der Carotis und Femoralis bei Katzen keine Altersveränderungen festzustellen, wenigstens was die Spaltung der Lam. elast. int. und die Bildung einer scharf ausgeprägten Intima betrifft.

Altersveränderungen der Gefäßwand finden sich bei Katzen nur in den Coronararterien und in der Aorta; sie äußern sich in einer allgemeinen Verdickung der Gefäßwand, einer Vermehrung der Zwischensubstanz und in der Neubildung der Intima aus longitudinalen elastischen und glatten Muskelfasern und sind den Altersveränderungen der Arterien bei Hunden analog, jedoch nicht so stark ausgeprägt wie bei diesen letzteren.

V. Von Affen habe ich leider nur 2 Tiere untersuchen können: einen jungen und einen alten Pavian. Das Alter der Tiere war nicht genau festzustellen.

Die histologische Struktur der Coronararterien, der Aorta, der Carotiden und der Femoralis der Affen sind im ganzen den von mir untersuchten Arterien der Hunde und Katzen gleich. Deshalb sollen sie nur kurz beschrieben werden.

I. In allen von mir untersuchten Ästen der Kranzarterien der jungen Paviane findet sich eine einfache ungespaltene Lam. elast. int.

Bei dem alten Pavian ist in der linken Kranzarterie an ihrer Mündung an vielen Stellen eine Abspaltung longitudinaler elastischer Fasern von der Lam. elast. int. zu sehen mit längsgerichteten Zellen dazwischen. An zwei Stellen findet sich außerdem eine so weit vorgerückte Spaltung der Lam. elast. int., daß sie ein unterbrochenes Ausschen bekommt. Stellenweise schwindet sie ganz, und dann erscheint die Grenze der Intima und Media verwischt, ähnlich, wie es in den Coronararterien des Menschen beobachtet wird (Wolkoff). In den Ästen mittleren Kalibers der Kranzarterien des alten Pavians wurde nur das Anfangsstadium einer Zerspaltung der Lam. elast. int. konstatiert. In den kleinen subepikardialen Ästen liegt das Endothel überall — auch bei dem alten Tier — auf einer einfachen, nicht zerspaltenen Lam. elast. int.

2. In der Brustaorta des jungen Pavians wird die Lam. elast. int. durch eine elastisch-muskulöse Intimaschicht ersetzt. In der Bauchaorta liegt das Endothel auf einer einfachen Lam. elast. int., welche nur an einzelnen Stellen das Anfangsstadium einer Zerspaltung zeigt. Bei dem alten Pavian ist die longitudinale

elastisch-muskulöse Schicht der Intima etwas breiter, ohne scharf ausgeprägt zu sein, dagegen ist in der Bauchaorta die Lam. elast. int. fast überall durch eine longitudinal-elastische Schicht der Intima ersetzt.

3. In den Carotiden und den Femoralarterien des alten Pavians liegt das Endothel einer Lam. elast. int. auf, welches in der Form einer einfachen Membran erscheint und nur stellenweise in eine Reihe paralleler Membranen zerspalten ist.

VI. Von Kühen habe ich Tiere im Alter von 1, 5, 7 und 16 Jahren und einen Foetus von 7 Monaten untersucht.

1. Die Kranzarterien. Bei dem 7 Monate alten Foetus hat der Hauptstamm der linken Kranzarterie bei ihrer Mündung eine dem Endothel dicht anliegende Lam. elast. int., die nur an einer Stelle die Form einer einfachen unzerspalteten Membran hat, größtenteils aber in longitudinale elastische Fasern zerspalten ist. Zwischen diesen Fasern sind stellenweise längsverlaufende glatte Muskelzellen zu sehen (Abb. 3). In der Media der linken Coronararterie sind die Muskelfasern nicht nur zirkulär, sondern auch schräg gelegen; die elastischen Fasern liegen zwischen den Muskelfasern in Form unterbrochener zirkulärer Linien, welche den ganzen Gefäßumfang umfassen. Die Adventitia ist gut ausgesprochen und enthält zahlreiche grobe, in Längsrichtung verlaufende elastische Fasern.

Ein untersuchter Ast mittleren Kalibers der linken Coronararterie unterscheidet sich vom Hauptstamm dadurch, daß hier die Spaltung der Lam. elast. int. kleinere Bezirke der Gefäßwand einnimmt und nicht so deutlich ausgeprägt ist. In den kleinen subepikardialen Ästen ist überall eine einfache unzerspaltene Lam. elast. int. zu sehen.

Der Hauptstamm der rechten Coronararterie ist dem der linken ähnlich gebaut, doch ist hier die Spaltung der Lam. elast. int. nur an wenigen Stellen in Form bogenförmiger Erhebungen zu konstatieren.

Im späteren Alter spaltet sich die Lam. elast. int. der Coronararterien bei Kühen in immer zahlreichere elastische Fasern, so daß die Intima allmählich eine bedeutende Dicke erreicht. So fand ich die Lam. elast. int. der linken Coronararterie eines 1 jährigen Kalbes nur an einer Stelle als unzerspaltene Membran erhalten; an anderen Stellen waren vielfache Übergänge vom Anfangsstadium der Zerspaltung in 2 parallele Membranen bis zu einer vollkommenen Zerspaltung in eine Reihe elastischer Fasern zu sehen, wodurch auch die Grenze zwischen der neugebildeten Intima und der Media verwischt wird. In den Ästen mittleren Kalibers der linken Kranzarterie konnte ich bei Kühen an vielen Stellen das Anfangsstadium der Spaltung der Lam. elast. int. beobachten. Dagegen konnte ich in den kleineren Ästen der Coronararterie denselben Prozeß nur in einem kleinen Bezirke der Gefäßwand feststellen.

Im Hauptstamm der rechten Kranzarterie ist beim Kalb die Zerspaltung der Lam. elast. int. viel schwächer ausgeprägt als in dem linken. In den meisten Partien der Gefäßwand ist hier eine einfache Lam. elast. int. zu sehen, die stellen-

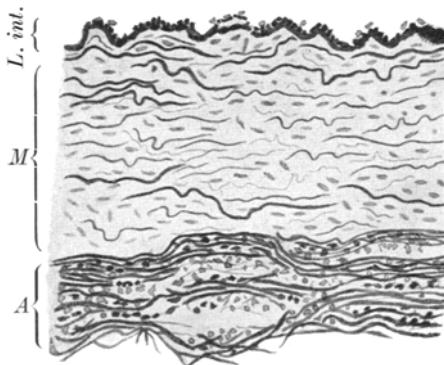


Abb. 3. Querschnitt des Anfangsteils der linken Kranzarterie bei einem 7 Monate alten Foetus der Kuh. Anfangsstadium der Entwicklung der Intima. Abspaltung longitudinaler elastischer Fasern von der Lam. elast. int., die in Form von Körnern auf der Lam. elast. int. liegen.

weise nur das Anfangsstadium der Zerspaltung zeigt. Die Media und die Adventitia der Coronararterien des Kalbes unterscheiden sich von denen des Foetus nur durch eine Verdickung und Vermehrung der elastischen Fasern.

Bei älteren Kühen (von 5 und 7 Jahren) fehlt in den Hauptstämmen der beiden Kranzarterien in der Nähe ihrer Mündung die Lam. elast. int. vollkommen. Man kann hier überall eine gleichförmige elastisch-muskulöse Intimaschicht beobachten, welche aus längsverlaufenden elastischen und glatten Muskelfasern besteht (Abb. 4). In den Ästen mittleren Kalibers der Coronararterien ist bei diesen Tieren die Zerspaltung der Lam. elast. int. und die Neubildung der Intima schwächer ausgeprägt, und schließlich kann man in den kleinen subepikardialen Ästen nur das Anfangsstadium der Zerspaltung der gut entwickelten Lam. elast. int. sehen.

Wie im Hauptstamm der Kranzarterien, so auch in den Seitenästen mittleren Kalibers ist bei Kühen dieses Alters nach innen zu von der longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht der Intima an einzelnen Stellen auch eine bindegewebige Schicht zu sehen, welche feine zirkuläre elastische Fasern und zahlreiche Zellen enthält. Die Media ist im ganzen ebenso wie bei jüngeren Tieren gebaut, nur mit dem Unterschiede, daß sie an Dicke zunimmt, und die elastischen Fasern größer werden. Diese groben zirkulären elastischen Fasern ziehen ununterbrochen um die ganze Gefäßwand herum, so daß die Kranzarterien der Kühne in diesem Alter den Gefäßbündeln vom elastischen Typus ähnlich sind. Jedoch kann man sich an longitudinalen Schnitten leicht überzeugen, daß es keine Membranen, sondern lediglich grobe elastische Fasern sind. Die Adventitia der Coronararterien der Kühne unterscheidet sich in diesem Alter nicht wesentlich von denjenigen jüngeren Tieren, sie erreicht nur eine größere Dicke als bei den letzteren.

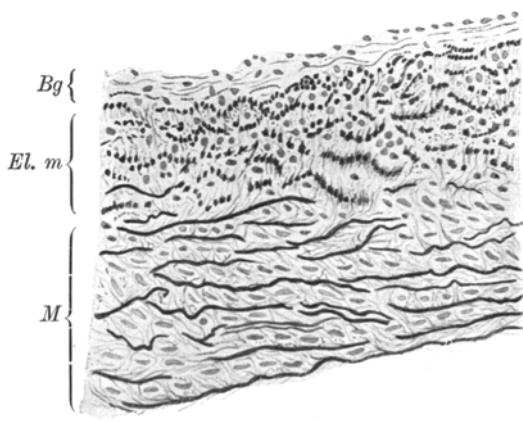


Abb. 4. Querschnitt durch den Anfangsteil der linken Kranzarterie einer 5jährigen Kuh. Die vollständig entwickelte Intima besteht aus zwei Schichten: einer inneren bindegewebigen und einer äußeren longitudinalen elastisch-muskulösen. Die Lam. elast. int. fehlt.

Bei der 16 Jahre alten Kuh sind beide Kranzarterien im ganzen gleich denen der 5- und 7jährigen Kühe gebaut.

Die metachromatisch sich färbende Zwischensubstanz der Kranzarterien der Kühne nimmt mit dem Alter beträchtlich zu. Bei erwachsenen Kühen (von 5, 7 und 16 Jahren) sammelt sie sich in mächtigen Schichten nicht nur in der Media, sondern füllt auch in der neugebildeten Intima alle Zwischenräume zwischen den Fasern der longitudinalen elastischen Schicht aus.

2. *Die Aorta*. In der Aorta ascendens des Foetus ist keine Lam. elast. int. vorhanden, und das Endothel liegt auf der längsverlaufenden elastisch-muskulösen Schicht der Intima. Diese Schicht ist beim Foetus nicht breit und geht ohne scharfe Grenze in die Media über, welche in ihren inneren Schichten aus zirkulären elastischen Membranen und Muskelfasern besteht. Die äußeren Schichten der Media sind eigentlich gebaut: die muskulären und elastischen Fasern sind hier in Form einzelner Bündel angeordnet, welche spiralförmig um die Gefäßwand gelagert sind. Die Adventitia ist in der Aorta ascendens als selbständige Schicht nicht deutlich ausgeprägt.

Die Aorta descendens ist im großen ganzen ebenso gebaut wie die Aorta ascendens, nur ist hier die längsverlaufende elastische Intima dünner (Abb. 5). In der Bauchaorta des Foetus liegt das Endothel auf einer gut ausgebildeten, einfachen Lam. elast. int., die nur an wenigen Stellen die Anfangsstadien der Zerspaltung in einzelne longitudinale elastische Fasern zeigt. Die Media besteht aus zirkulären elastischen Membranen und glatten Muskelfasern. Die Adventitia ist gut ausgebildet, erreicht eine erhebliche Breite und enthält zahlreiche longitudinale elastische Fasern.

Im späteren Alter erfolgt bei der Kuh, zugleich mit einer allgemeinen Verdickung der Aortenwand und einer Vermehrung der chromotropen Zwischensubstanz, eine weitere Entwicklung der Intima. In der Brustaorta (Pars ascendens und descendens) werden die longitudinalen elastischen Fasern zahlreicher, es bilden sich Zwischenräume, die mit einer chromotropen Substanz gefüllt sind, und nach innen zu ist stellenweise auch eine bindegewebige Schicht zu sehen (Abb. 6). Dieser Prozeß der Intimaneubildung ist besonders deutlich in der Bauchaorta zu beobachten,

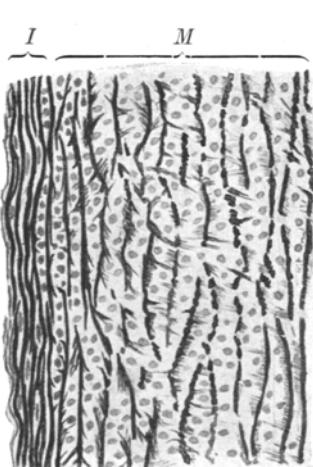


Abb. 5. Längsschnitt der Brustaorta von einem 7 Monate alten Foetus der Kuh. Gut entwickelte longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima. Die Lam. elast. int. fehlt. Die Intima geht ohne scharfe Grenze in die Media über.



Abb. 6. Längsschnitt der Brustaorta einer 5jährigen Kuh. Die muskulös-elastische Intimaschicht ist breiter wie auf Abb. 5. Die hellen Lücken in der Media entsprechen den mit chromotroper Substanz angefüllten Zwischenräumen.

wo bei der 5 Jahre alten Kuh die Lam. elast. int. sich in 2–3 parallele Schichten teilt, zwischen denen die glatten Muskelfasern in Längsrichtung gelegen sind.

3. *Die Art. carotis* des 7 Monate alten Foetus enthält eine einfache unzerspaltene Lam. elast. int., auf der die Endothelschicht gelegen ist. Die Media besteht aus zahlreichen, groben, zirkulären, elastischen und muskulären Fasern. Die Adventitia enthält viele grobe longitudinale elastische Fasern.

Bei der 5 Jahre alten Kuh ist die Lam. elast. int. in der Carotis nur stellenweise unzerspaltene; größtenteils gibt sie einzelne longitudinale elastische Fasern ab, oder ist in zwei parallele elastische Membranen zerspalten. Die Media und Adventitia bewahren dieselbe Struktur wie im jugendlichen Alter.

Somit bestehen die Altersveränderungen der Arterienwand bei Kühen in einer allgemeinen Verdickung, einer Vermehrung der Zwischensubstanz und einer mit dem Alter fortschreitenden Entwicklung der

Intima der Kranzarterien und der Aorta. Letztere besteht aus longitudinalen elastischen und muskulären Fasern (die longitudinale elastisch-muskulöse Schicht), und in einzelnen Fällen auch aus einer bindegewebigen Schicht.

VII. *Pferde* habe ich folgenden Alters untersucht: 1. einen 2 Monate alten Foetus, 2. zwei 1jährige Füllen, 3. ein 9jähriges, 4. ein erwachsenes von nicht genau festgestelltem Alter und 5. ein 18jähriges Pferd.

1. Die Hauptstämme der beiden *Coronararterien* sind bei dem 2 Monate alten *Pferdefoetus* gleichgebaut. Die Lam. elast. int. besteht stellenweise aus einer einfachen Membran, stellenweise jedoch ist sie schon in dieser embryonalen Periode gespalten und bildet eine Reihe dicht aneinanderliegender longitudinaler elastischer Fasern mit langgezogenen längsverlaufenden Zellen zwischen denselben. In der Media sind glatte Muskelfasern und sehr zahlreiche feine zirkuläre elastische Fasern gelegen. Die Adventitia besteht größtenteils aus longitudinalen elastischen Fasern und ist nicht deutlich von der Media abgegrenzt. In den Ästen mittleren Kalibers sowie in den kleinen subepikardialen Verzweigungen der Kranzarterien des Foetus liegt das Endothel auf einer einfachen unzerspaltenen Lam. elast. int., welche aus einer Reihe längsverlaufender elastischer Fasern besteht. Auf Querschnitten erscheint die letztere aus größeren und feineren Körnern elastischer Substanz gebaut.

Bei 1jährigen Füllen haben die Kranzarterien eine ähnliche Struktur, doch unterscheiden sie sich in den Hauptstämmen von den oben beschriebenen durch eine überall deutlich ausgebildete Intima, welche aus einigen längsverlaufenden elastischen Fasern und der Endothelschicht besteht. Die Lam. elast. int. ist schon in diesem Alter nicht vorhanden. Die Media enthält zahlreiche grobe zirkuläre, die Adventitia dicke, meist längsverlaufende elastische Fasern. In den Ästen mittleren Kalibers der Kranzarterien ist bei den 1jährigen Füllen eine gut ausgeprägte longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima nur stellenweise zu sehen, dagegen fehlen die Spaltungsscheinungen der Lam. elast. int. an den meisten untersuchten Stellen vollständig oder sind nur als Anfangsstadium angedeutet. Die Media und die Adventitia sind ebenso wie im Hauptstamm gebaut. In den kleinen subepikardialen Ästen ist die Zerspaltung der Lam. elast. int. nur an den Abgangsstellen von Seitenästen zu beobachten.

Bei den 3 erwachsenen Pferden sind beide Kranzarterien an den entsprechenden Stellen gleichgebaut. Im Vergleich zu dem oben beschriebenen, ist die longitudinale elastisch-muskulöse Schicht der Intima in den Hauptstämmen bedeutend breiter. Ihre elastischen Fasern sind sehr dick, die chromotrope Zwischensubstanz nimmt an Quantität zu und bewirkt auch mit dem zunehmenden Alter die allgemeine Verdickung der Intima. In den Ästen mittleren Kalibers der Kranzarterien erwachsener Pferde umfaßt die längsverlaufende elastisch-muskulöse Intimaschicht den ganzen Gefäßumfang (bei jüngeren Tieren nur teilweise), doch ist sie nicht so gut ausgebildet wie in den Hauptstämmen. In einzelnen Fällen konnte außerdem auch eine innere bindegewebige Schicht beobachtet werden. In den kleinen subepikardialen Ästen ist überall auch bei älteren Pferden eine einfache ungespaltene Lam. elast. int. vorhanden.

Somit schreitet die Verdickung der longitudinalen elastisch-muskulösen Intima der Kranzarterien beim Pferde mit dem Alter fort; der Beginn kann schon bei einem 2 Monate alten Foetus bemerkt werden und findet nicht nur im Hauptstamm, sondern auch in den Ästen mittleren Kalibers statt, ohne sich jedoch auf die kleinen subepikardialen Zweige zu verbreiten.

Die Altersverdickung der Intima der in Rede stehenden Arterien wird außerdem in großem Maße durch eine Vermehrung der *chromotropen Zwischensubstanz* hervorgerufen und in einzelnen Fällen auch durch die Entwicklung einer bindegewebigen Schicht.

2. Die *Aorta ascendens* und *descendens* eines 2 Monate alten Foetus enthält schon eine deutlich ausgeprägte longitudinale elastisch-muskulöse Intima, die bei vollkommener Abwesenheit einer Lam. elast. int. ohne scharfe Grenzen in die Media übergeht. In der Bauchaorta ist die Lam. elast. int. einfach und ungespalten; die Endothelschicht liegt ihr unmittelbar auf (Abb. 7). Die Media und die Adventitia der Aorta stellen in ihrer Struktur keine erwähnenswerten Abweichungen dar.

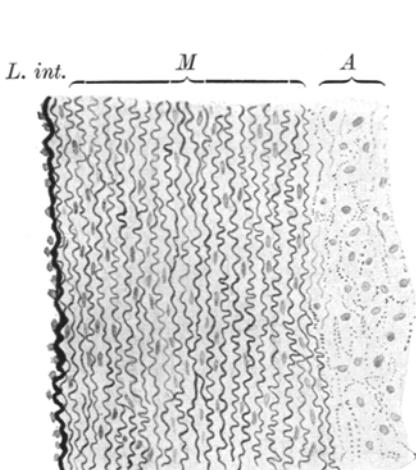


Abb. 7. Querschnitt der Bauchaorta eines 2 Monate alten Foetus des Pferdes. Die Endothelschicht liegt auf einer einfachen, ungespaltenen Lam. elast. int.

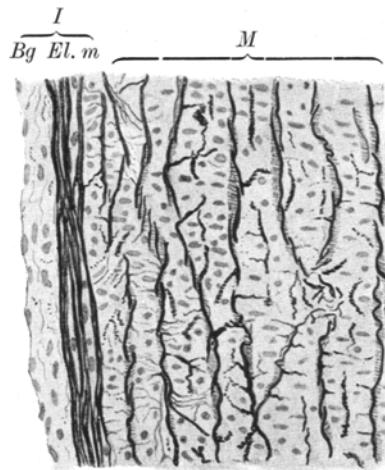


Abb. 8. Längsschnitt der Bauchaorta bei einem 9jährigen Pferde. Die Lam. elast. int. fehlt. Die neugebildete Intima besteht aus zwei Schichten: aus einer äußeren longitudinalen elastisch-muskulösen und einer inneren bindegewebigen Schicht.

Bei den beiden 1jährigen Füllen erreicht die Intima der Brustaorta eine größere Dicke als bei dem Foetus. Bei einem Tier konnte ich in der Aorta descendens auch eine bindegewebige Schicht unter dem Endothel beobachten, welche dicker als die longitudinale elastisch-muskulöse Schicht war. In der Bauchaorta der Pferde kann in diesem Alter nur an einigen Teilen des Gefäßes eine unzerspaltene Lam. elast. int. beobachtet werden. An anderen Stellen ist sie in zwei parallele Membranen gespalten, wobei nach innen zu von diesen in einem Fall noch eine bindegewebige Schicht zu sehen war. Die Media und die Adventitia der Aorta werden in diesem Alter dicker und zeigen eine Zunahme der Zwischensubstanz (in der Media).

Bei den 3 erwachsenen Pferden erfolgt eine in Verbindung mit dem Alter stehende allgemeine Verdickung der Aortenwand und eine Vermehrung der chromotropen Zwischensubstanz, deren Lokalisation und morphologische Eigenschaften dieselben sind wie bei den anderen Tieren. Außerdem wird auch eine weitere Verdickung der longitudinal-elastischen Intima in allen Abschnitten der Aorta beobachtet. Besonders deutlich tritt sie in der Bauchaorta hervor, wo die Lam. elast. int., welche noch bei 1jährigen Füllen erhalten war, bei erwachsenen Pferden überall durch eine schmale längsverlaufende elastisch-muskulöse Schicht ersetzt wird (Abb. 8).

Folglich kann in der Aorta des Pferdes im Laufe des Lebens außer einer allgemeinen Verdickung der Gefäßwand eine progressive Verdickung der Intima konstatiert werden. Die Bildung derselben beginnt in der Bauchaorta schon im embryonalen Leben, in der Bauchaorta aber erst postembryonal. Stellenweise wird in der Aorta im späteren Alter auch eine bindegewebige Schicht der Intima gebildet. Die chromotrope Zwischensubstanz der Aorta nimmt mit dem Alter an Menge zu, was auch bei allen übrigen von mir untersuchten Tieren der Fall ist.

Auf Grund des oben beschriebenen Materials ist zu schließen, daß die *Altersveränderungen der Arterien, was die Neubildung der Intima betrifft, in der Regel bei allen von mir untersuchten Tieren — mit Ausnahme nur der kleinen Nager — vorkommen, obgleich sie bei verschiedenen Tieren und in verschiedenen Arterien verschieden stark ausgeprägt sind.*

Ihren morphologischen Eigenschaften nach äußern sich die Altersveränderungen der Arterien bei den von mir untersuchten Tieren, außer einer allgemeinen Verdickung der Arterienwand, 1. in einer mit dem Alter fortschreitenden Verdickung der Intima infolge der Bildung einer longitudinalen elastisch-muskulösen Schicht, die durch die Spaltung der Lam. elast. int. entsteht; 2. in der Entwicklung — nach innen zu von der letzteren — einer bindegewebigen Schicht, 3. in einer Zunahme der chromotropen Zwischensubstanz, deren Lokalisation und morphologische Eigenschaften bei allen Tieren in den entsprechenden Arterien gleich sind.

Die Zunahme der Zwischensubstanz ist eine der am weitesten verbreiteten Altersveränderung der Arterien, die in allen Arterien sämtlicher von mir untersuchter Tiere festgestellt werden konnte. Dieser Umstand scheint mir von großer Bedeutung zu sein, weil diese Substanz, die nach den Untersuchungen von *Ssolowjew* eine Art von Gallerte darstellt, in welchem alle anderen Elemente der Arterienwand eingebettet sind, zweifellos eine wichtige Rolle bei der Ernährung der letzteren spielt.

Eine andere Altersveränderung der Arterien, die auch stets gefunden wird, ist die *Neubildung einer muskulös-elastischen Intima*, die durch Spaltung der Lam. elast. int. entsteht. Ich habe diesen Prozeß bei allen von mir untersuchten Tieren mit Ausnahme nur der kleinen Nager (Mäuse und Ratten) gefunden, und zwar regelmäßig in der Aorta und den Kranzarterien des Herzens. In den Carotiden und den Femorales ist diese Altersveränderung nicht so regelmäßig und deutlich ausgeprägt. Am deutlichsten tritt sie in der Pars ascendens und descendens der Brustaorta, weniger deutlich in der Bauchaorta hervor.

Die von mir untersuchten Tiere können nach der zunehmenden Stärke dieser Altersveränderungen der Arterien in folgende Reihe geordnet werden: *Mäuse, Ratten, Kaninchen, Katzen, Hunde, Affen, Kühe, Pferde.*

In der Aorta aller untersuchten Tiere ist die Neubildung einer longitudinalen elastischen Intima (besonders in der Brustaorta) schärfer als *in den Kranzarterien* ausgesprochen und beginnt schon im Laufe der embryonalen Entwicklung der Tiere. So habe ich diesen Prozeß bei einem 2 Monate alten Foetus des Pferdes und einem 7 Monate alten Foetus der Kuh in der Aorta ascendens deutlich feststellen können, ebenso wie bei einem neugeborenen Welf, einem 8 Tage alten Kätzchen und einem 2 Wochen alten Kaninchen. *Krause* bemerkt ebenfalls, daß bei Hunden, Pferden und Kühen schon in der zweiten Hälfte des embryonalen Lebens die Lam. elast. int. in der Aorta durch eine längsverlaufende elastisch-muskulöse Fasernetzschicht ersetzt wird.

Bei denjenigen Tieren, bei welchen eine Neubildung der Intima der Aorta am deutlichsten ausgeprägt ist, sind dieselben Altersveränderungen auch in den Kranzarterien des Herzens zu sehen. In den Kranzarterien treten aber diese Veränderungen erst im späteren Alter auf, bzw. können sie nicht so deutlich konstatiert werden. Nur bei denjenigen Tieren, bei welchen die Altersentwicklung der Intima in den Coronararterien am deutlichsten zu sehen ist, beginnt ihre Bildung auch schon im Fötalleben. Bei Tieren, wo dieser Prozeß weniger deutlich ausgeprägt ist, entsteht er postembryonal, aber schon im jugendlichen Alter (Katzen, Hunde, Affen). Schließlich beim Kaninchen, bei welchem die Altersentwicklung der Intima sogar in der Aorta schwach ausgeprägt ist, wurde dieser Prozeß in den Coronararterien erst bei einem 3 Jahre alten Tier in der linken Kranzarterie konstatiert.

Die eben besprochene Altersveränderung — die Bildung der elastisch-muskulösen Intima — beginnt zuerst an den Verzweigungsstellen der Arterien und ist hier auch am schärfsten ausgeprägt. An diesen Stellen kommt sie auch in den Kranzarterien des Kaninchenherzens vor, bei welchem dieser Prozeß überhaupt keinen erheblichen Grad erreicht.

Bei einigen Tieren entwickelt sich die Altersverdickung der Intima der Coronararterien regelmäßig nur an der Mündung der Hauptstämme (Kaninchen, Katzen, Hunde, Affen), bei den anderen ist sie bis in die Äste mittleren Kalibers zu verfolgen (Kühe, Pferde), dringt aber nicht in die kleinen subepikardialen Zweige vor.

Die Entstehungsweise der Altersverdickung der Intima ist bei allen Tieren gleich und besteht in einer Spaltung der Lam. elast. int. in der Längsrichtung bzw. einer Abspaltung von längsverlaufenden elastischen Fasern von derselben, zwischen welchen sich auch die glatten Muskelfasern einschieben.

Die Entwicklung der longitudinalen elastisch-muskulösen Intima erfolgt also mit dem Alter bei allen von mir untersuchten Tieren regelmäßig und auf ein und dieselbe Weise. Mit *der bindegewebigen Schicht der Intima* steht es scheinbar ganz anders. Es ist mir nicht gelungen,

irgendeine Regelmäßigkeit in der Entwicklung der letzteren festzustellen, weder im Zusammenhang mit dem Alter noch mit der Gattung der Tiere, noch mit der Art der Arterien. Es scheint, daß die Bildung der bindegewebigen Schicht wohl in einem Zusammenhang mit dem Alter steht, doch wird deren Entstehung auch durch gewisse individuelle Eigenchaften der betreffenden Tiere bedingt.

Zum Schlusse möchte ich noch die von mir beschriebenen Altersveränderungen der Arterien bei Tieren mit denen des Menschen vergleichen, welche von vielen Autoren genau untersucht worden sind (*Jores, Alb. Aschoff, Hallenberger, Schmiedl, Massloff, Faber, Wolkoff, Torhorst*). Wenn man die Angaben dieser Forscher mit meinen Ergebnissen vergleicht, kann man sehen, daß die Altersveränderungen der Arterien aller von mir untersuchten Tiere im großen und ganzen denen des Menschen analog sind (Bildung der muskulär-elastischen Intima, Vermehrung der chromotropen Zwischensubstanz, Bildung der bindegewebigen Schicht der Intima). Der Modus der Entwicklung der muskulär-elastischen Schicht der Intima ist bei den Tieren auch dem des Menschen gleich (Zerspaltung der Lam. elast. int.).

Doch können zwischen den Altersveränderungen der Arterien des Menschen und der von mir untersuchten Säugetiere einige nicht un wesentliche Unterschiede konstatiert werden.

Erstens ist die Frist der Intimaentwicklung in der Aorta und in den Coronararterien bei Mensch und Tier nicht immer die gleiche. Nach den Angaben von *Massloff*, beginnt die Bildung der Intima der Aorta ascendens beim Menschen schon im dritten Monat des embryonalen Lebens und schreitet im Laufe der zweiten Hälfte desselben fort. Dasselbe hat auch *Krause* für den Hund festgestellt. Bei einigen von mir untersuchten großen Tieren (Kühe und Pferde) beginnt die Entwicklung der Aortenintima sogar noch früher. So konnte ich in der Aorta ascendens eines 2 Monate alten Pferdefoetus und eines 7 Monate alten Foetus der Kuh im ganzen Umfang der Aorta eine muskulär-elastische Intima bei vollkommener Abwesenheit der Lam. elast. int. konstatieren.

Was die Kranzarterien des Herzens betrifft, so ist auch hier die Frist der Altersentwicklung der Intima bei Mensch und Tier nicht eine übereinstimmende. Beim Menschen beginnt dieser Prozeß in den Coronararterien nach meinen früheren Untersuchungen erst postembryonal, was auch bei einigen Tieren (beim Hunde) der Fall ist, bei welchem die Lam. elast. int. der Kranzarterien sich erst bei einem $3\frac{1}{2}$ Monaten alten Welp zu spalten beginnt. Bei den größeren Tieren (Kühe und Pferde) konnte ich dagegen schon bei den Fötten eine gut ausgeprägte Neubildung der Intima in den Kranzarterien beobachten.

Somit stimmt die Frist der Intimaentwicklung, sowohl in der Aorta, als auch in den Coronararterien bei Menschen und Tieren nicht immer

überein. Auch ist der Entwicklungsgrad der *Intima* der von mir untersuchten Tiere von demjenigen des Menschen ganz verschieden. Beim Menschen übertrifft die im Laufe des Lebens sich verdickende *Intima* der Coronararterien die Breite der *Media* (Wolff). Dagegen erreicht die Altersverdickung der Coronarienintima bei keinem der von mir untersuchten Tiere einen so hohen Grad. Selbst bei denjenigen Tieren, bei welchen die Intimabildung früher als beim Menschen beginnt, bleibt doch diese Schicht auch im späteren Alter viel schmäler, als die *Media*. An den Abgangsstellen von Seitenästen ist die *Intima* der Arterien der von mir untersuchten Tiere ebenso wie beim Menschen, etwas dicker als an den anderen Stellen derselben Arterie.

Was die Struktur der neugebildeten *Intima* anbetrifft, so ist sie bei den Tieren von derjenigen des Menschen verschieden. Im großen und ganzen ist die neugebildete *Intima* bei Tieren stets einfacher gebaut als die *Intima* der betreffenden Arterien des Menschen. So konnte ich bei den Tieren regelmäßig nur die Bildung einer longitudinalen elastisch-muskulösen *Intima* konstatieren, die auch kompakter ist als beim Menschen und deren grobe längsverlaufende elastische Fasern zahlreicher sind als die Muskelfasern. Die Bildung beider typischer Schichten der *Intima* (elastisch-muskuläre und elastisch-hyperplastische Schichten von Jores) und der elastischen Grenzlamelle habe ich bei den Tieren nicht beobachten können. Eine bindegewebige Schicht der *Intima*, welche sich beim Menschen stets entwickelt, wurde von mir bei den Tieren, wie schon gesagt, ohne jede Regelmäßigkeit gefunden.

Auf Grund meines Materials ist es nicht möglich, die Frage nach den Bedingungen, welche die Entwicklung der Altersveränderungen der Arterien veranlassen, endgültig zu klären. Das eine möchte ich jedoch hervorheben, daß die Altersveränderungen an meinem Material bei den großen Säugetieren am schärfsten ausgeprägt waren, weniger scharf bei den kleineren und am schwächsten bei den kleinsten Tieren. So kann also ein Zusammenhang zwischen der Intensität der Altersveränderungen der Arterien und der Größe der Tiere nicht in Abrede gestellt werden. Dagegen ist es mir nicht gelungen, solch einen Zusammenhang mit der Ernährungsart oder der Intensität der Muskelarbeit, welche die betreffenden Tiere zu leisten hatten, festzustellen. Dieser letzte Umstand, ebenso wie die Beobachtung, daß die Altersveränderungen der Arterien bei einigen Tieren schon im embryonalen Leben beginnen, führt zur Annahme, daß diese Veränderungen zu denjenigen spezifischon Artmerkmalen gehören, welche im Laufe der phylogenetischen Entwicklung entstehen. Diese Voraussetzung betrifft aber nur die beständigen und gesetzmäßigen Altersveränderungen der Arterien, wie z. B. die elastisch-muskulöse Hyperplasie der *Intima* und die Veränderungen der chromotropen Zwischensubstanz. Die anderen

Altersveränderungen, die keinen so beständigen Charakter haben und individuelle Schwankungen zeigen (wie die Entwicklung einer bindegewebigen Schicht der Intima), sind eher als Folgeerscheinungen gewisser Bedingungen des individuellen Lebens der betreffenden Tiere anzusehen.

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ *Aschoff, Alb.*, Entwicklungs-, Wachstums- und Altersvorgänge an den Gefäßen. Jena 1908. — ²⁾ *Bärner, M.*, Über den histologischen Bau der Arterien in der Brust- und Bauchhöhle des Pferdes usw. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. **40**. 1905. — ³⁾ *Baum-Tienel*, Über Besonderheiten im Bau der Blutgefäße. Arch. f. mikroskop. Anat. **63**. 1904. — ⁴⁾ *Bloch*, Die Praxis der Hautkrankheiten. 1908. — ⁵⁾ *Eberth*, Strickers Handbuch der Gewebslehre des Menschen und der Tiere. Kapitel III. Von den Blutgefäßen. — ⁶⁾ *Faber*, Die Arteriosklerose. Jena 1912. — ⁷⁾ *Grünstein*, Über den Bau der größeren menschlichen Arterien in verschiedenen Altersstufen. Arch. f. mikroskop. Anat. **47**. 1896. — ⁸⁾ *Hallenberger*, Über die Sklerose der Arteria radialis. Arch. f. klin. Med. **87**. 1906. — ⁹⁾ *Jores*, Wesen und Entwicklung der Arteriosklerose. Wiesbaden 1903. — ¹⁰⁾ *Krause*, Zur Frage der Arteriosklerose bei Rind, Pferd und Hund. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. **70**, H. 1. 1922. — ¹¹⁾ *Korschelt*, Über die Lebensdauer der Tiere und die Ursachen ihres Todes. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. **63**, H. 2. 1917. — ¹²⁾ *Massloff*, Zur Frage über die Entwicklung der großen Gefäße beim menschlichen Embryo. Arch. f. mikroskop. Anat. **84**. 1914. — ¹³⁾ *Schmiedl, H.*, Die histologischen Veränderungen der Arteria mesenterica superior usw. Zeitschr. f. Heilkunde **28**. 1907. — ¹⁴⁾ *Sscolowjew, A.*, Über die Zwischensubstanz der Arterienwand. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **241**. 1923. — ¹⁵⁾ *Torhorst*, Sklerose der Pulmonalarterien. Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. **36**. 1904. — ¹⁶⁾ *Wolkoff, K.*, Über die histologische Struktur der Coronararterien des Menschenherzens. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **241**. 1923. — ¹⁷⁾ *Zinserling, W.*, Über pathologische Veränderungen in der Aorta des Pferdes usw. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **213**. 1913.
-