

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Rostock
[Direktor: Prof. Dr. W. Fischer].)

Über die Blutversorgung des alternden Herzens¹.

Von

Hans Sagebiel.

Mit 7 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 30. Oktober 1934.)

Das Herz und seine Leistungsfähigkeit haben von jeher im Mittelpunkt des ärztlichen Denkens gestanden. Gibt es doch kaum eine ernsthafte Krankheit, die nicht das Herz in Mitleidenschaft zieht. Während jugendliche Herzen im allgemeinen widerstandsfähig sind, genügt bei alten Herzen oft schon eine geringfügige Schädigung, um eine Herzinsuffizienz herbeizuführen. Worauf diese Altersveränderung beruht, kann heute noch nicht entschieden werden. Wenn wir zu einer Klärung kommen wollen, können wir wohl nur so vorgehen, daß wir zunächst einmal die Anatomie und Physiologie des Herzens in den verschiedenen Lebensaltern eingehend untersuchen. Erst wenn wir die strukturellen und funktionellen Altersbedingungen in allen Einzelheiten kennen, werden wir auch die Frage nach der veränderten Leistungsfähigkeit befriedigend beantworten können.

Unter den Bedingungen, von welchen die Leistungsfähigkeit des Herzens abhängt, steht die *Blutversorgung* des Herzens obenan. Die Blutversorgung wiederum ist abhängig von der Beschaffenheit des Blutes, von Blutdruck und Pulszahl, vom Zustand der Hauptstämme der Coronararterien und vom Verhalten der aus ihnen hervorgehenden Arteriolen und Capillaren. Während Blut, Blutdruck und Pulszahl nur mit klinischen Methoden untersucht werden können, sind die Coronararterien und ihre Äste auch der anatomischen Forschung zugänglich. Wir müssen aber die Einschränkung machen, daß wir mit anatomischen Methoden nur die *morphologischen* Unterlagen der Blutversorgung untersuchen können. Funktionelle Eigenschaften der Coronararterien, wie ihre Durchlässigkeit und das wechselnde Spiel der Constrictoren und Dilatoren, lassen sich nur mit physiologischen Methoden erfassen.

Schrifttum.

Über die Altersveränderungen der Coronararterien liegen schon eine Reihe wichtiger Untersuchungen vor. Über ihre makroskopisch sichtbaren Veränderungen hat zuerst *Groß* (1921) ausführlich berichtet. Er hat seine Herzen nach der Methode von *Spalteholz* mit einer Bariumsulfat-Gelatinemischung injiziert und mittels stereoskopischer Röntgenbilder untersucht. Von der 3. Dekade ab

¹ Ausgeführt auf Veranlassung von Herrn Priv.-Doz. Dr. W. Ehrlich.

bemerkte er eine zunehmende Schlängelung der Coronararterien und von der 5. Dekade ab auch eine Zunahme der das Fettgewebe versorgenden Äste. Septale Anastomosen waren erst in der 2. Dekade für das bloße Auge sichtbar. Ihre Zahl und Dicke nahm mit zunehmendem Alter erheblich zu. Was die Gefäßversorgung des Herzmuskels betrifft, so fand er, daß das rechte und linke Herz bei der Geburt gleich gut vascularisiert sind, und daß nach der Geburt die Gefäßversorgung des linken Herzens mit zunehmender Verdickung des linken Ventrikels sehr viel schneller zunimmt als die des rechten. Von der 3. Dekade ab sollte die linksseitige Gefäßversorgung sehr deutlich und von der 5. Dekade ab in sehr auffälliger Weise über die rechtsseitige überwiegen. Dadurch sollte eine rechtsseitige Anämie entstehen, zum Teil relativ durch die Dickenunterschiede des rechten und linken Herzens und zum Teil absolut durch Schwund von Gefäßen im Bereich des rechten Herzens. *Groß* hat sogar den Satz geprägt, daß der Mensch so alt sei wie seine rechte Coronararterie.

Diese nur von *Campbell* (1928) bestätigten Befunde sind nicht unwidersprochen geblieben. So hat schon *Spalteholz* (1924) angegeben, daß er bei seinen zahlreichen Injektionen von solchen Veränderungen nichts bemerkt habe. Ihm folgte *Whitten* (1930), der auf Grund seiner mit der Korrosionsmethode untersuchten Herzen zu dem Schluß kam, daß die stärkere Vascularisierung des linken Herzens nur bis zum 10. Lebensjahr zunimmt, um später konstant zu bleiben. Aber erst *Ehrlich, de la Chapelle* und *Cohn* (1931) konnten diese Frage genauer beantworten. Da diese Untersuchungen die Grundlage der vorliegenden Arbeit sind, soll hier etwas ausführlicher auf sie eingegangen werden.

Ehrlich, de la Chapelle und *Cohn* haben die Herzen von 51 durch Unglücksfall ums Leben gekommenen Personen im Alter von der Geburt bis zu 97 Jahren mit einer Bariumsulfat-Gelatinemischung injiziert, und zwar die Neugeborenenherzen mit einem Druck von 60 mm Hg und die Erwachsenenherzen mit einem Druck von 180 mm Hg. Bei der Untersuchung stereoskopischer Röntgenbilder zeigte sich sehr bald, daß die Röntgenmethode für die Klärung der vorliegenden Frage ganz ungeeignet ist, denn wegen der verschiedenen Wanddicke des rechten und linken Herzens ergaben sich so erhebliche Unterschiede in der Schattenstärke der Arterien, daß Fehler bei der Abschätzung der Gefäßversorgung unvermeidlich waren. Daß sich auch die Befunde von *Groß* durch diese Fehler erklären, zeigen seine Abb. 26 und 30. Die hier abgebildeten Herzen sollen zwar die rechtsseitige Anämie im hohen Alter zeigen, in Wirklichkeit sieht man aber, daß nur die Äste der linken Coronararterie von der Platte deutlich aufgenommen sind, während die Äste der rechten Arterie nur so schwach angedeutet sind, daß man sie kaum noch erkennen kann. *Ehrlich, de la Chapelle* und *Cohn* gingen deshalb sehr bald dazu über, die Herzen in Wintergrünöl aufzuhellen und Zählungen der Äste vorzunehmen. Um die Werte miteinander vergleichen zu können, wurden nur die Äste einer bestimmten Größenordnung ausgezählt. Da sich die Coronararterien unter fortgesetzter Verästelung zunächst im wesentlichen in der oberflächlichsten Muskellage ausbreiten und alles Blut, das in den Muskel gelangen will, von den septalen Ästen abgesehen, zunächst durch das oberflächliche Netz fließen muß, so mußte die Stärke dieses Netzes einen Maßstab für die Blutversorgung abgeben. Bei der Zählung zeigte sich nun, daß die Zahl der gezählten Äste während der Entwicklung des Herzens bis ins hohe Alter hinein links ungefähr doppelt so stark zunimmt wie rechts. Da nun auch das Gewicht des linken Herzens während dieser Zeit ungefähr doppelt so stark zunimmt, wie das des rechten (*Müller* 1883), konnte geschlossen werden, daß das rechte und das linke Herz während des ganzen Lebens gleich gut mit Blut versorgt sind.

Um genauere Daten über die Blutversorgung des Herzens in den verschiedenen Lebensaltern zu erhalten, gingen *Ehrlich, de la Chapelle* und *Cohn* sodann dazu über, die Weite der unter konstantem Druck injizierten Coronararterien zu messen.

Zu diesem Zweck wurden nach Formolfixierung und vor Beginn der Aufhellung an mehreren Stellen Stückchen aus den Coronararterien herausgeschnitten, Paraffinschnitte angefertigt und der Durchmesser der Lumina unter einem Dissektionsmikroskop gemessen. Weiter wurden Messungen der einzelnen Wandschichten vorgenommen. Als wichtiges Ergebnis ist zu nennen, daß sich die Summen der gemessenen Querschnittsflächen von der Geburt bis zur 7. Dekade um das 6- bis 7fache vergrößern, während das Herzgewicht in dieser Zeit bekanntlich um das 15fache zunimmt (*Müller*). Da nun das Herzgewicht eine dreidimensionale Größe ist, die Querschnittsfläche der Lumina aber nur eine zweidimensionale, konnte geschlossen werden, daß das Herz bis zur 7. Dekade gleich gut mit Blut versorgt ist. Die etwas geringere Zunahme der Querschnittsflächen erklärte sich hinreichend als Schrumpfungseffekt infolge der Paraffineinbettung.

Was die Altersveränderung der einzelnen Wandschichten der Coronararterien betrifft, fanden *Ehrlich, de la Chapelle* und *Cohn* in Übereinstimmung mit *Jores* (1924), *Bork* (1926) und *Wolkoff* (1923, 1924, 1929, 1930), daß sich die Intima mit Zunahme der Entwicklung sehr viel stärker verdickt als in anderen Arterien vom muskulären Typ. Die elastisch-muskuläre Schicht war schon in der zweiten Dekade fertig ausgebildet, während die Bindegewebsschicht erst mit Abschluß des Wachstumsalters in der 2. und 3. Dekade stärker in Erscheinung trat, um dann bis ins hohe Alter immer mehr zuzunehmen. Die Entwicklung dieser Schicht geht ohne scharfe Grenzen in atherosklerotische Veränderungen über. Schon in der 1. Dekade ließen sich gelegentlich atherosklerotische Herde beobachten. Stärkere Grade entwickelten sich aber erst in der 3. oder absteigenden Periode des Gefäßlebens (nach *Aschoff*, 1930), vom 40. Lebensjahr ab. Während die elastisch-muskuläre Schicht nach fast allen Untersuchern als physiologische Altersveränderung anzusehen ist, muß die Bindegewebsschicht nach *Jores* (1924) und *Ehrlich, de la Chapelle* und *Cohn* den pathologischen Prozessen zugerechnet werden. Denn diese Schicht tritt sehr unregelmäßig auf, zeigt alle Übergänge zur Atherosklerose, fehlt bei Tieren, die keine Atherosklerose bekommen (*Wolkoff* 1924) und verhält sich auch in ihrem Wachstum ganz anders als die normalen Arterien-schichten, indem sie erst dann stärker in Erscheinung tritt, wenn die Entwicklung der Arterien zum Abschluß gekommen ist.

Über die Altersveränderung der Media ist nur wenig bekannt. Ihre Dicke nimmt mit dem Herzwachstum bis zum 20. Lebensjahr stark zu, um dann bis zur 7. Dekade ziemlich konstant zu bleiben (*Ehrlich, de la Chapelle* und *Cohn*). Das Bindegewebe zwischen den Muskelfasern erfährt mit zunehmendem Alter eine erhebliche Vermehrung (*Groß, Epstein* und *Kugel* 1934). Auf die Vermehrung der chromotropen Zwischensubstanz und auf die zunehmende Ablagerung feiner Kalkkörnchen haben *Jores* (1924) und *Wolkoff* (1924) hingewiesen.

Über die Altersveränderungen der feineren Äste der Coronararterien schließlich haben nur *Groß, Epstein* und *Kugel* berichtet. Während sie in den Arteriolen nur eine zunehmende Verdickung der Lamina elastica interna beobachten konnten, fanden sie in den größeren Arterien eine Zunahme der elastischen Fasern in der Media, wie eine elastisch-hyperplastische Verdickung der Intima. Vom Ende der 3. Dekade ab konnte diese Veränderung so erheblich sein, daß eine Unterscheidung von Intima und Media nicht mehr möglich war.

Da fast alle diese Untersuchungen nur bis zur 7. Dekade reichen, haben wir es unternommen, die Coronararterien im hohen Alter zu untersuchen. Zunächst haben wir uns darauf beschränken müssen, die Hauptstämme der Coronargefäße zu untersuchen. Die Frage, die uns hierbei besonders interessierte, war kurz folgende: Bleibt die Lichtungsweite der Coronararterien auch im hohen Alter in einem konstanten

Verhältnis zur Muskelmasse des Herzens, wie *Ehrich, de la Chapelle* und *Cohn* vermutet haben, oder kommt es zu einer fortschreitenden Erweiterung, wie für andere Arterien angenommen wird (*Rößle* und *Roulet*, 1932)?

Material und Methode.

Die Herzen, welche unseren Untersuchungen zugrunde liegen, stammen teils aus dem pathologischen Institut der Universität Rostock und teils

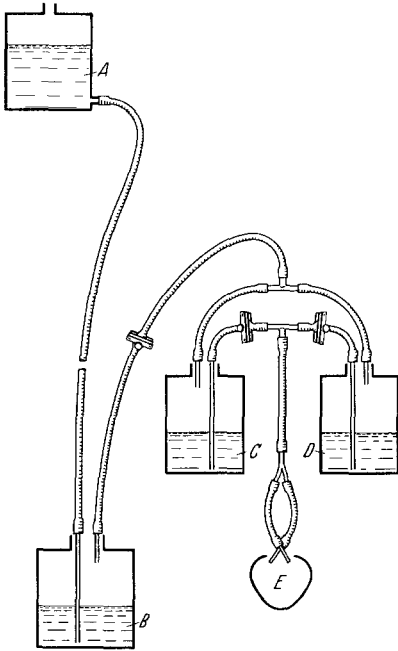


Abb. 1.
Schema des von uns zusammengestellten
Injektionsapparates (Näheres s. im Text).

aus dem städtischen Krankenhaus Stettin¹. Wir haben nur solche Herzen verwandt, bei denen weder klinische noch pathologisch-anatomische Veränderungen festgestellt werden konnten. Wir konnten im ganzen 15 Herzen von 70—90 Jahren injizieren. Weitere Herzen von 40—65 Jahren dienten als Kontrollen. 10 Herzen stammten von Männern und 12 von Frauen.

Alle Herzen wurden sofort nach der Herausnahme aus der Leiche von Cruor und Speckhaut gereinigt und gewogen. Um die Totenstarre zu beheben, kamen die Herzen zunächst, mit feuchter Gaze bedeckt, für 24 Stunden auf Eis (*Crainicianu* 1922) und dann für 6 Stunden in einen Brutschrank von 39° C. Nachdem die Herzen erwärmt waren, wurden Glaskanülen in die Coronararterien eingebunden, wobei stark verkalkte Arterien an der Einbindungsstelle

gequetscht werden mußten, um ein festes Einbinden zu ermöglichen.

Die Injektion der Coronararterien erfolgte unter einem Druck von 180 mm Hg. Wir haben diesen Druck gewählt, weil er ungefähr dem mittleren Aortendruck über dem Herzen entsprechen dürfte. Nach den Untersuchungen von *Hochrein* und *Gros* (1931) soll zwar der Druck in den Coronararterien unter dem in der Carotis liegen; da sie aber ihre Messungen sehr weit distal in den Coronararterien ausführen mußten, sagen ihre Werte über die Druckverhältnisse an den Ostien der Coronarien wenig aus.

¹ Wir möchten Herrn Dr. *Willer*-Stettin auch an dieser Stelle für seine Mühe unseren besten Dank aussprechen.

Der Injektionsdruck wurde durch eine Wassersäule von 2,45 m erzeugt (Abb. 1, A—B). An den Windkessel B wurden 2 mit Ringerlösung C und Bariumsulfat-Gelatinemischung D gefüllte Flaschen angeschlossen und an diese die beiden Kanülen, welche in die Coronararterien eingebunden waren (E). Der Druck wurde ständig mit einem Manometer kontrolliert.

Die auf 39° C erwärmten Herzen wurden zunächst mit Ringerlösung von 39° durchspült, bis die Lösung klar abfloß. Darauf wurde der Druck mittels der in Abb. 1 eingezeichneten Klemmen in die auf 39° erwärmte Flasche mit Bariumsulfat geleitet und die Herzen injiziert. Nach wenigen Minuten wurden die Coronararterien bei bestehendem Druck dicht unterhalb der Kanülen fest abgebunden, die Kanülen entfernt und die Herzen in eisgekühltes Formalin gelegt.

Während sich bei der Injektion von Bariumsulfat-Gelatine im allgemeinen nur die Arterien füllen (Abb. 2 u. 3), konnte in 2 Fällen auch eine Füllung der Vena sulci interventricularis posterioris beobachtet

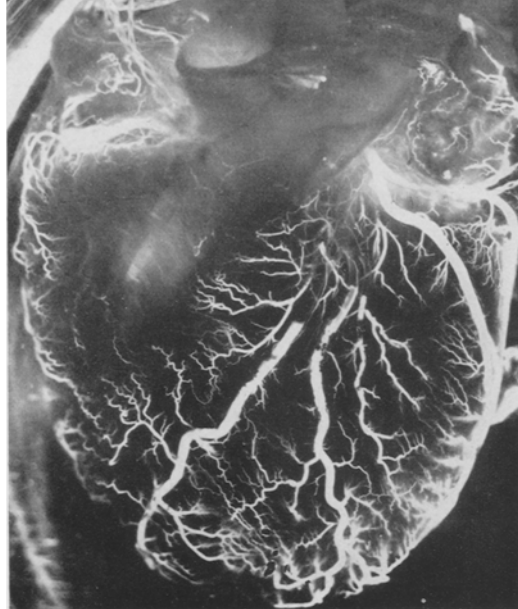


Abb. 2. Vorderansicht eines mit Bariumsulfat injizierten Herzens. Die Lücke im Anfangsteil des Ramus descendens anterior beruht nicht auf mangelhafter Füllung, sondern auf Entmischung der Bariumsulfat-Gelatinemischung.

werden (Abb. 4). Da die Bariumsulfat-Gelatine die Capillaren nicht passieren kann, ist anzunehmen, daß in diesen beiden Fällen breite Kommunikationen zwischen dem Arterien- und Venensystem bestanden.

Nachdem die Herzen 48 Stunden fixiert waren, wurden an 8 verschiedenen Stellen Stückchen aus den 3 Hauptstämmen der Coronararterien herausgeschnitten, und zwar aus dem Ramus descendens anterior der linken Coronararterie, aus dem Ramus circumflexus und aus der rechten Coronararterie je 2 Stückchen nach 2 cm, 5 cm und wenn möglich 8 cm von der Ursprungsstelle entfernt. Von allen Stellen wurde das eine Stückchen gefriergeschnitten und das andere in Paraffin eingebettet. Zuvor wurden alle Stückchen 24 Stunden lang in Ameisensäure + 10%

Formalin $\bar{a}\bar{a}$ entkalkt, nachdem wir an zahlreichen Kontrollen festgestellt hatten, daß der Entkalkungsprozeß weder zu einer Quellung noch zu einer Schrumpfung des Lumens oder der Wandschichten führt. Die Schnitte wurden teils mit Hämatoxylin-Sudan, teils mit Kernechtrot und teils nach *Weigert* gefärbt.

Da das Lumen unserer Arterien bei der Paraffineinbettung erheblich schrumpfte, wurden alle Lumina- und Dickenmessungen an Gefrierschnitten ausgeführt, und zwar nur am Kernechtrotpräparat, da bei

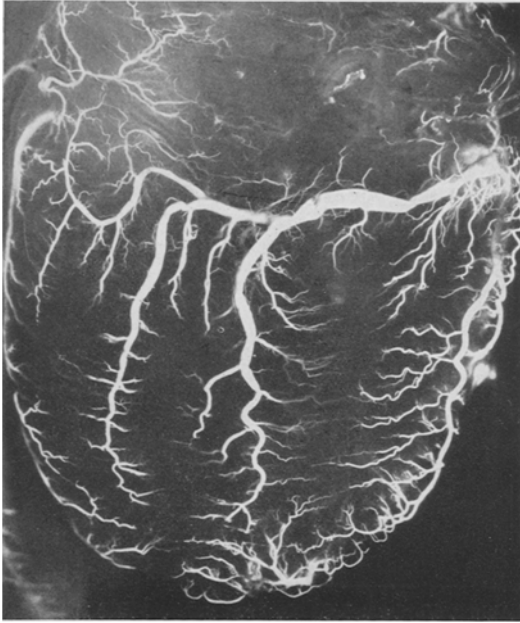


Abb. 3. Rückansicht eines mit Bariumsulfat injizierten Herzens.

dieser Färbung keine schrumpfende Wirkung möglich ist. Die Messung der Intima- und Mediadicke mußte hingegen an Paraffinschnitten vorgenommen werden, da sich in Gefrierschnitten diese beiden Schichten oft nicht voneinander unterscheiden ließen. Im übrigen ergaben die Kontrollmessungen, daß die Wand der Coronararterien im Gegensatz zum Lumen bei der Paraffineinbettung so wenig schrumpft, daß die Unterschiede kaum meßbar sind. Während Lumen- und Arterien-

durchmesser unter einem Dissektionsmikroskop gemessen wurden, wurde die Dicke der Intima und Media mit einem Okularmikrometer unter dem Mikroskop gemessen. In allen Fällen wurden 2 senkrecht aufeinander stehende Durchmesser und bei den Dickenmessungen der Intima und Media die dickste, die dünnste und die mittlere Stelle des Umfanges gemessen.

Ergebnisse.

Um die Übersicht zu erleichtern, haben wir die wichtigsten uns hier interessierenden Befunde in einigen Kurven und Tabellen niedergelegt. Wie aus unseren Befunden hervorgeht, bleibt das *Gewicht* unserer Herzen bis ins hohe Alter hinein auf gleicher Höhe. Auch das relative, durch die *Körperlänge* dividierte Gewicht bleibt konstant. Das

relative, durch das Körpergewicht dividierte Herzgewicht zeigt hingegen eine deutliche Zunahme, ein Befund, der durch die mit dem Alter zunehmende Körperatrophie hinreichend erklärt wird. Diese Befunde zeigen, daß das Herz mit dem Alter durchaus nicht an Gewicht zu verlieren braucht. Wenn *Rössle* und *Roulet* angenommen haben, daß an der physiologischen Altersatrophie des Herzens nicht gezweifelt werden könne, so glauben wir ihnen zustimmen zu müssen, glauben aber doch insbesondere auf Grund der Ergebnisse von *Fahr* und *Ehrich*, *de la Chapelle* und *Cohn*, daß diese Frage zumindest noch einer Nachprüfung bedarf. Nur bei Berücksichtigung von Gewicht und Länge der Träger und bei Ausschaltung aller pathologischen Fälle, insbesondere auch der Fälle mit erhöhtem Blutdruck, wird sich eine endgültige Entscheidung treffen lassen.

Wir kommen nun zu den Ergebnissen unserer Arterienmessungen. Da die 3 Hauptstämme der Coronararterien, insbesondere die rechte Coronararterie und der Ramus circumflexus, erheblich



Abb. 4. Mit Bariumsulfat gefüllte Vena sulci interventricularis posterioris.

variieren (*Groß*, *Ehrich*, *de la Chapelle* und *Cohn*), haben wir in den folgenden Kurven und Tabellen stets nur die Summen der 3 Hauptstämme eingetragen. Wir haben also nicht die Werte der einzelnen Rami miteinander verglichen, sondern stets nur die Summe der Werte aller 3 Stämme. Wie aus Abb. 5 hervorgeht, bleibt die Lichtungsweite der Coronararterien auch im hohen Alter stets die gleiche. Auch die korrigierte, durch das Herzgewicht dividierte Lichtungsweite bleibt vom 40. bis zum 90. Lebensjahr konstant. Wir können deshalb folgern, daß das Herzgewebe, soweit dies von der Lichtungsweite der Hauptstämme der Coronararterien abhängt, nicht nur, wie *Ehrich*, *de la Chapelle* und *Cohn* gezeigt haben, bis zum 65. Lebensjahr gleich gut mit Blut versorgt

bleibt, sondern auch bis ins hohe Alter hinein. Eine Alterserweiterung der Coronararterien tritt nicht ein.

Die Gesamtquerschnittsfläche der Coronararterien (Lumen + Intima + Media) nimmt hingegen auch im Alter ständig zu und zwar 2 cm

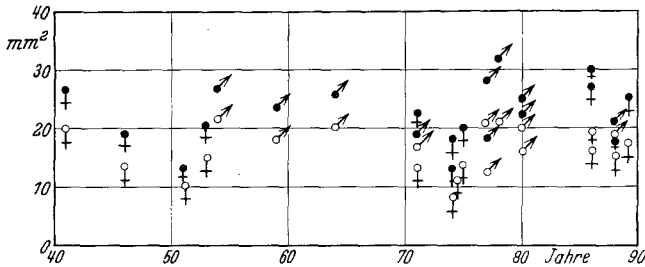


Abb. 5. Summe der Lumenquerschnittsflächen der drei Hauptstämme den Coronararterien ● 2 cm und ○ 5 cm von den Einmündungsstellen entfernt.

vom Ursprung entfernt erheblich stärker als 5 cm (Abb. 6). Wie aus Abb. 7 hervorgeht, beruht die Wandverdickung im wesentlichen auf einer Verdickung der Intima, aber auch die Media läßt eine deutliche

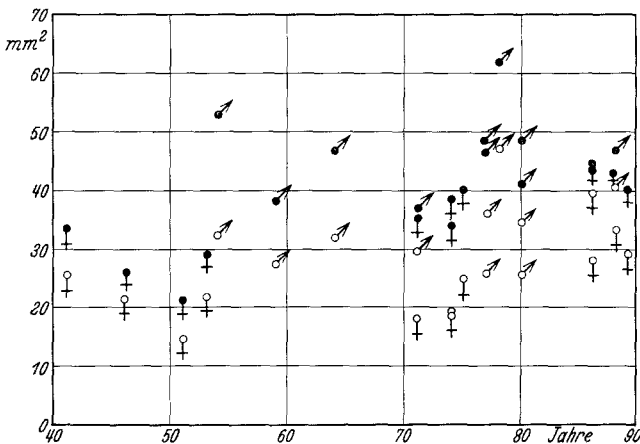


Abb. 6. Summe der Gesamtquerschnittsflächen (Lumen + Intima + Media) der drei Hauptstämmen der Coronararterien ● 2 cm und ○ 5 cm von den Einmündungsstellen entfernt.

Verdickung erkennen. Da die Mediaverdickung erst bei starker Intimaverdickung deutlich wird, ist anzunehmen, daß es sich hier um eine kompensatorische Mediahypertrophie infolge der mit der Intimaverdickung eintretenden Starre handelt.

Vergleichen wir nun die verschiedenen von uns gefundenen Werte miteinander, so läßt sich zunächst feststellen, daß mit zunehmendem

Herzgewicht die Lichtungsweite der Coronararterien größer wird (Tabelle 1). Aber nicht nur die absolute Lichtungsweite, sondern auch die relative, durch das Herzgewicht dividierte Lichtungsweite nimmt deutlich zu, ein Befund, der darauf hindeutet, daß *große Herzen im allgemeinen auch im Verhältnis zum Herzgewebe etwas weitere Coronararterien haben als kleine Herzen*. Beziehungen zwischen Herzgewicht, Gesamtquerschnittsfläche, Intima und Media bestehen hingegen nicht. Ordnen

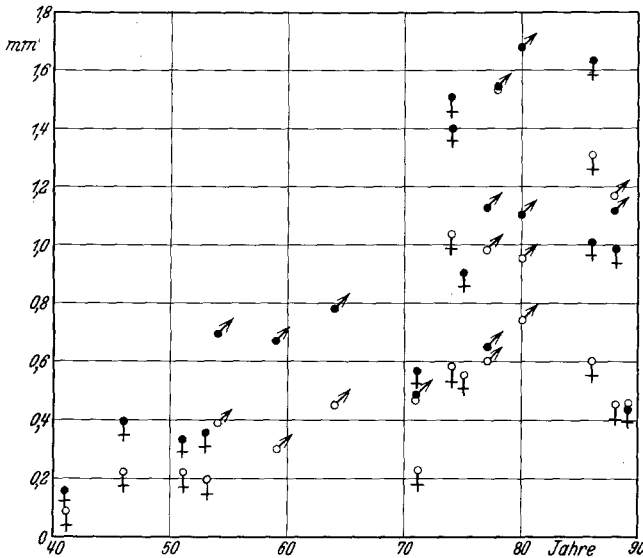


Abb. 7. Mittlere Dicke der Intima ● 2 cm und ○ 5 cm von den Einmündungsstellen entfernt.

wir unsere Herzen nach der Lichtungsweite der Coronararterien, so läßt sich feststellen, daß mit zunehmender Lichtungsweite, wie zu erwarten ist, außer dem Herzgewicht auch die Gesamtquerschnittsfläche

Tabelle 1. Die Abhängigkeit der Lumenquerschnittsfläche vom Herzgewicht.

Ge- schlecht	Herz- gewicht	Lumenquerschnittsfläche				Zahl der Herzen
		nach 2 cm		nach 5 cm		
	Gramm	abs. qmm	korr. qmm	abs. qmm	korr. qmm	
♂	320	20,4	0,425	16,15	0,345	2
	381	24,3	0,470	18,8	0,360	7
	420	32,7	0,580	21,3	0,380	1
♀	210	12,75	0,36	10,4	0,290	1
	270	19,20	0,46	13,4	0,320	4
	316	23,70	0,51	15,3	0,330	5

Tabelle 2. Zunahme der Gesamtquerschnittsfläche mit zunehmender Lumenquerschnittsfläche und Herzgewicht.

Ge- schlecht	Lumenquerschnittsfläche				Gesamtquerschnittsfläche				Herz- ge- wicht	Zahl der Herzen
	nach 2 cm		nach 5 cm		nach 2 cm		nach 5 cm			
	abs.	korr.	abs.	korr.	abs.	korr.	abs.	korr.		
♂	20,9	0,41	17,2	0,34	43,95	0,87	31,65	0,63	364	5
	26,6	0,52	19,5	0,38	47,00	0,91	31,60	0,615	371	4
	32,7	0,85	21,3	0,38	61,30	1,09	46,95	0,84	420	1
♀	13,5	0,34	11,0	0,28	27,40	0,71	16,75	0,44	235	2
	18,1	0,39	11,5	0,25	40,35	0,87	25,95	0,565	315	2
	21,2	0,51	14,0	0,33	34,70	0,63	21,50	0,51	273	3
	27,4	0,59	21,2	0,38	42,70	0,92	31,70	0,69	327	3

der Arterien (Lumen + Intima + Media) deutlich zunimmt (Tabelle 2), daß, mit anderen Worten, weite Arterien auch eine größere Dicke besitzen als enge Arterien. Beziehungen zur Intima- und Mediadicke bestehen hingegen nicht. Ordnen wir nun die Befunde nach der Gesamtquerschnittsfläche der Arterien (Tabelle 3), so sehen wir mit steigender

Tabelle 3. Die Abhängigkeit der Gesamtquerschnittsfläche von der Lumenquerschnittsfläche und Intima- und Mediadicke.

Geschlecht	Gesamtquerschnittsfläche				Lumenquerschnittsfläche				Intimadicke Mediadicke				Zahl der Herzen
	nach 2 cm		nach 5 cm		nach 2 cm		nach 5 cm		nach				
	abs. qmm	korrr. qmm	abs. qmm	korrr. qmm	abs. qmm	korrr. qmm	abs. qmm	korrr. qmm	2 cm mm	5 cm mm	2 cm mm	5 cm mm	
♂	39,00	0,73	27,5	0,52	22,70	0,43	17,00	0,32	0,75	0,52	0,36	0,32	3
	47,60	0,95	33,9	0,68	23,20	0,46	18,30	0,36	1,07	0,83	0,38	0,34	5
	57,30	1,07	39,8	0,75	29,95	0,56	21,45	0,41	1,12	0,96	0,41	0,38	2
♀	21,25	0,60	14,10	0,40	12,75	0,36	10,40	0,29	0,33	0,22	0,22	0,31	1
	32,50	0,79	19,70	0,48	18,85	0,46	13,30	0,32	0,77	0,33	0,36	0,24	3
	39,40	0,85	24,00	0,51	21,20	0,45	13,20	0,28	0,94	0,49	0,44	0,28	3
	43,55	0,97	33,30	0,74	25,00	0,56	16,80	0,38	1,21	0,95	0,41	0,31	3

Gesamtquerschnittsfläche außer einer absoluten und relativen Lumenzunahme auch eine erhebliche Zunahme von Intima- und Mediadicke. Ebenso sehen wir bei zunehmender Intimadicke (Tabelle 4) und Mediadicke (Tabelle 5) eine Zunahme der Gesamtquerschnittsflächen. Aus allen diesen Vergleichen geht deutlich hervor, daß die Lichtungsweite der Coronararterien in der Hauptsache von der Herzgröße abhängig ist, während die Gesamtdicke der Arterien außer von der Lichtungsweite hauptsächlich von der Dicke der Intima und Media abhängt. Eine Abhängigkeit der Gefäßdicke vom Herzgewicht besteht hingegen nicht.

Aus diesen Befunden geht deutlich hervor, daß die Blutversorgung des Herzens, soweit sie durch die Lichtungsweite der Hauptstämme der

Tabelle 4. Zunahme der Gesamtquerschnittsfläche mit zunehmender Intimadicke.

Ge- schlecht	Intimadicke		Gesamtquerschnittsfläche				Zahl der Herzen
	2 cm	5 cm	nach 2 cm		nach 5 cm		
			abs. qmm	korr. qmm	abs. qmm	korr. qmm	
	mm	mm					
♂	0,49	0,52	36,85	0,67	29,40	0,53	1
	0,70	0,53	46,40	0,88	32,10	0,615	4
	1,26	0,865	46,30	0,95	31,70	0,65	4
	1,54	1,53	61,30	1,09	46,95	0,84	1
♀	0,42	0,265	31,30	0,74	20,45	0,48	4
	0,96	0,575	42,40	0,96	28,50	0,64	3
	1,18	0,945	38,40	0,86	25,80	0,58	3

Coronararterien bedingt ist, ganz von der Gewebsmasse des Herzens bestimmt wird; wenn auch schwerere Herzen im allgemeinen etwas weitere Arterien haben als kleinere, so zeigt sich doch eine große Konstanz, und zwar nicht nur in der Jugend, sondern auch im hohen Alter.

Tabelle 5. Zunahme der Gesamtquerschnittsfläche bei zunehmender Mediadicke.

Ge- schlecht	Mediadicke nach		Gesamtquerschnittsfläche nach				Zahl der Herzen
	2 cm mm	5 cm mm	2 cm		5 cm		
			abs. qmm	korr. qmm	abs. qmm	korr. qmm	
♂	0,26	0,31	46,00	0,88	30,10	0,58	2
	0,36	0,34	46,00	0,91	33,80	0,67	5
	0,45	0,32	42,60	0,85	27,80	0,54	2
♀	0,22	0,31	21,25	0,60	14,10	0,40	1
	0,26	0,19	36,80	0,83	24,85	0,56	2
	0,34	0,28	37,30	0,85	21,10	0,48	3
	0,44	0,19	38,75	0,92	25,35	0,59	2
	0,58	0,37	41,65	0,88	33,60	0,72	2

Die mit dem Alter zunehmende Sklerose der Coronararterien hat hingegen keinen Einfluß auf die Lichtungsweite. Sie wird durch eine Erweiterung des Muskelringes ausgeglichen oder sie ist die Folge einer primären Erweiterung des Muskelringes. Ob die durch die Sklerose bedingte Starre der Hauptstämme der Coronararterien einen bedeutenden Einfluß auf die Blutversorgung nimmt, ist durch den hier geführten Nachweis der kompensatorischen Mediahypertrophie zweifelhaft geworden. Dieser sehr wichtige Befund zeigt aufs neue, wie sehr der Körper bemüht ist, eine konstante Blutversorgung des Herzens zu gewährleisten.

Zusammenfassung.

1. Bei den 15 von uns untersuchten Herzen von 70—90 Jahren fand sich kein merkbarer Gewichtsschwund; während das absolute und relative durch die Körperlänge dividierte Herzgewicht konstant blieb, nahm das relative, durch das Körpergewicht dividierte Herzgewicht infolge der mit dem Alter zunehmenden Körperatrophie deutlich zu.

2. Die Lichtungsweite der Coronararterien bleibt bis ins hohe Alter hinein konstant, während ihre Gesamtquerschnittsfläche (Lumen + Intima + Media) ständig zunimmt. Die Lichtungsweite der Coronararterien ist in der Hauptsache von der Herzgröße abhängig, während die Gesamtquerschnittsfläche außer von der Lichtungsweite hauptsächlich von der Intima- und Mediadicke abhängt. Große Herzen haben nicht nur absolut weitere Gefäße als kleine, sondern auch relativ im Verhältnis zum Herzgewicht.

3. Die mit dem Alter zunehmende Sklerose der Coronararterien hat keinen Einfluß auf die Lichtungsweite. Sie geht mit gleichzeitiger Erweiterung des Muskelringes einher.

4. Die Media erfährt mit zunehmender Intimastarre eine kompensatorische Hypertrophie.

Schrifttum.

- Aschoff, L.*: Med. Klin. **1908** **4**, Beih. 1. — Vorträge über Pathologie 1925. — Med. Klin. **1930**, Beih. 1. — *Barnes, A. R.* and *M. B. Whitten*: Amer. Heart J. **5**, 142 (1929). — *Beneke*: Zbl. Path. **48**, 369 (1930). — *Bork, K.*: Virchows Arch. **262**, 646 (1926). — *Campbell, J. S.*: Lancet **2**, 168 (1928). — *Crainicianu, A.*: Virchows Arch. **238**, 1 (1922). — *Ehrlich, W.* and *A. E. Cohn*: Amer. J. Anat. **49**, 209 (1931). — *Ehrlich, W.*, *C. de la Chapelle* and *A. E. Cohn*: Amer. J. Anat. **49**, 241 (1931). — *Groß, L.*: The blood supply of the Heart. New York 1921. — *Groß, L.*, *E. Z. Epstein* and *M. A. Kugel*: Amer. J. Path. **1934**, Nr 2, 353. — *Hochrein, M.* u. *W. Gros*: Arch. f. exper. Path. **160**, 66 (1931). — *Jores, L.*: Wesen und Entwicklung der Arteriosklerose. Wiesbaden 1903. — Arterien. Handbuch der speziellen Pathologie und Histologie von *Henke-Lubarsch*, Bd. 2, S. 608. 1924. — *Müller, W.*: Die Massenverhältnisse des menschlichen Herzens. Hamburg 1883. — *Orsos, F.*: Klin. Wschr. **1930**, 1523. — *Röfle, R.*: Münch. med. Wschr. **57**, 993 (1910). — *Röfle, R.* u. *F. Roulet*: Maß und Zahl in der Pathologie. Berlin: Julius Springer 1932. — *Spalteholz, W.*: Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten. Leipzig 1914. — Die Arterien der Herzwand. Leipzig 1924. — *Whitten, M. B.*: Proc. Staff Meetings Mayo Clin. **4**, 130 (1929). — Arch. int. Med. **45**, 46, 383 (1930). — *Wolkoff, K.*: Virchows Arch. **241**, 42 (1923); **252**, 208 (1924). — Beitr. path. Anat. **82**, 555 (1929); **85**, 386 (1930). — *Zimmermann, A.*: Berl. tierärztl. Wschr. **1925**, 614.