

Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Band: 16 (1960)

Artikel: Die Aortenwand verdient grössere Beachtung

Autor: Müller, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307447>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Aortenwand verdient größere Beachtung

Von A. Müller, Fribourg

Die Aorta ist ein eigenartiges Gebilde, das je nach der Betrachtungsart die verschiedensten Zweige der Wissenschaften interessieren kann. So löst allein die Tatsache, daß es möglich war, unter Benützung bestimmter Anteile von drei Gewebsarten mit sehr verschiedenen physikalischen Eigenschaften, dem Bindegewebe, dem elastischen Gewebe und der glatten Muskulatur in geeigneter Anordnung ein *Leitrohr* herzustellen, das gegen äußere Verletzungen weitgehend gesichert ist und relativ große, zeitlich rasch ändernde Zugspannungen jahrelang aushält, das, um seiner Funktion als Windkessel gerecht zu werden, im physiologischen Druckbereich außerordentlich dehnbar bleibt (der Elastizitätsmodul ist rund siebenmal kleiner als derjenige von Paragummi) und bei Erhöhung des Innendruckes das Wandmaterial vor Überbeanspruchung zu schützen vermag, die Bewunderung jedes Fachmannes für die vitale Baukunst aus. Doch hierüber will ich heute nicht sprechen, sondern über Versuche berichten, die in den letzten drei Jahren an unserem Institut zur Aufklärung der Aortenwanddurchblutung ausgeführt wurden. Diese Untersuchungen sind durch das von der Schweizerischen Akademie der medizinischen Wissenschaften im Jahre 1956 veranstaltete Symposium über Arteriosklerose¹ veranlaßt worden, weil sich bei der Diskussion herausstellte, daß die Kenntnisse über die Durchblutung der Gefäßwände sehr mangelhaft waren. Insbesondere schien der Umstand, daß dieselbe in einem Milieu erfolgen muß, dessen Gewebsdruck hohe Werte erreichen kann, nicht beachtet worden zu sein. Ich empfinde es deshalb fast als meine Pflicht, die bisher erhaltenen Ergebnisse vorerst in diesem Kreise bekanntzugeben. Gleichzeitig möchte ich Sie aber auch zu weiteren Untersuchungen in dieser Richtung anregen.

Da die Gefäßdimensionen mit dem Körpergewicht zunehmen, wurde die Aorta eines Großtieres (Rind) für die Versuche verwendet. Es war anzunehmen, daß die mehrere Millimeter dicke Gefäßwand auch ein entsprechend weites Gefäßsystem aufweise. Auf die Art der Entnahme, der Präparation und Fixation eines Abschnittes der Aorta thoracalis soll

¹ Vgl. Bull. schweiz. Akad. med. Wiss. 13, 471 (1957).

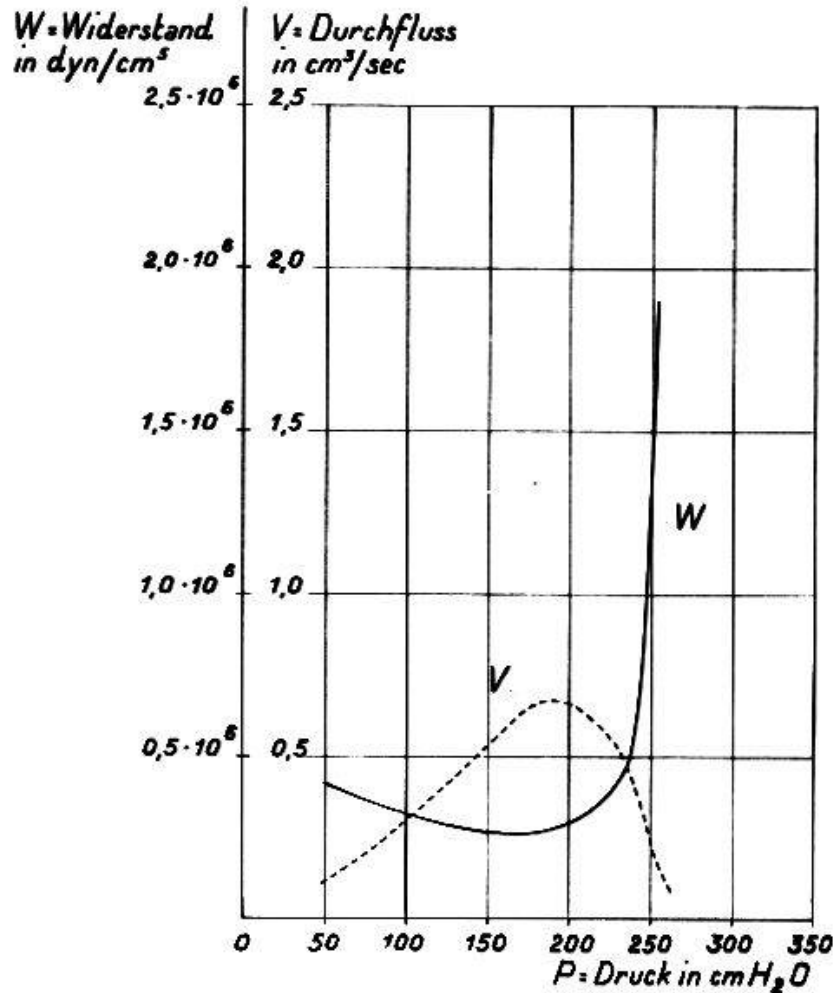


Abb. 2. Durchfluß und Widerstand des Aortenwandgefäßsystems in Abhängigkeit vom Aorteninnendruck.

stoff gesättigte Tyrode-Lösung. Bei dieser Pulsation weitete sich das gewöhnlich stark kontrahierte Gefäß rasch aus und erreichte nach 15 bis 20 Minuten einen Ausdehnungsgrad, den es ohne Änderung des Milieus 2–4 Stunden beibehielt. In diesem Zustand, den wir als Ausgangszustand wählten, war die glatte Muskulatur offenbar stark, vielleicht sogar maximal erschlafft.

Stellt man in dieser so vorbehandelten Aorta einen bestimmten Innendruck her und wird dann die Zuleitung abgesperrt, so beobachtet man ein Abfallen des Innendruckes und eine Abnahme des Gefäßvolumens. Die Aorta verliert offenbar Flüssigkeit. Dieser Flüssigkeitsverlust ist in Wirklichkeit der Abfluß durch das intramurale Gefäßsystem, also der *Durchfluß*, das pro Sekunde die Wandung durchströmende Flüssigkeitsvolumen. Man kann ihn ohne weiteres mit einem passend angelegten, geeichten Standrohr messen. Diese Messung ergab, daß der Durchfluß mit steigendem Innendruck zuerst zunahm, bei einem Drucke, der dem systolischen Druck entsprechen könnte, maximal wurde und dann rasch

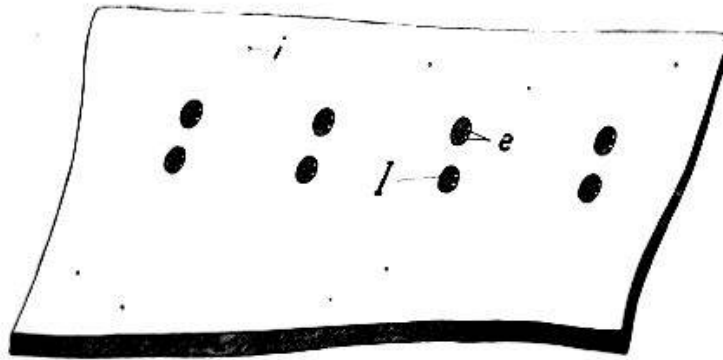


Abb. 3. Schematische Darstellung eines aufgeschnittenen Aortenstücks von innen gesehen, disproportioniert gezeichnet. Es bedeuten *I* = Intercostalarterie, *e* = Abgangsstellen der Vasa vasorum externa, die in der Aufsicht in Wirklichkeit nicht wahrnehmbar sind, *i* = Abgangsstellen der Vasa vasorum interna.

sank (vgl. Abb. 2). Bei Innendrucken über 250 cm H₂O war der Durchfluß sehr klein. Berechnete man, unter Benützung des Poiscuilleschen Gesetzes, den *Widerstand*, so ergab sich, daß er anfänglich abnahm, bei Innendrucken zwischen 120 und 200 cm H₂O ein Minimum erreichte und bei höheren Drucken rasch sehr groß wurde (vgl. Abb. 2). Diese Blockierung der Wanddurchströmung bei Überdrucken (Hypertension) trat bei allen Versuchen auf, so daß sie mein Mitarbeiter Dr. *Schönenberger*, der die Versuche ausführte, als Kriterium für regelrechte Fixation der Aorta und Unterbindung aller abgehenden Gefäße benützte.

Damit war das Vorhandensein eines *speziellen, intramuralen Gefäßsystems* bewiesen, das seinen Ursprung von der Innenwand und auch den Abgangsstellen der Intercostalarterien nehmen mußte, denn wir hatten uns überzeugt, daß die Gefäßwand als solche praktisch dicht war. Die genaue Inspektion der Gefäßinnenfläche ergab denn auch ein Bild, wie es Abb. 3 darstellt. An der Intercostalarterienwurzel ließen sich regelmäßig 1–3, in der Regel zwei mit dem bloßen Auge gerade noch erkennbare Gefäßöffnungen nachweisen. Sie lagen stets distal in einer muldenförmigen Ausbuchtung. Der Verlauf dieser Gefäße läßt sich übrigens leicht darstellen. Man führt hierzu eine passende Kanüle, deren Öffnung auf die erwähnte Mulde gerichtet ist, in die Intercostalarterie ein und spritzt eine Farblösung vorsichtig in diesen Gefäßstumpf. Auf diese Art gelingt es, die intramuralen Gefäße mit der Farblösung zu füllen, ohne daß merkliche Farblösung in das Innere der Aorta gelangt, die die Beobachtung erschwert. Bei guter Beleuchtung der Wand von innen her ließ sich das Gefäßsystem bis zu Zweiggefäßen von ca. 100 μ Durchmesser beobachten (vgl. Abb. 4). In der Regel teilte sich das kurze Stammgefäß in einen äußeren und einen inneren Ast, die beide, schräg distal verlaufend, die Aorta beidseits umklammerten. Von diesen Haupt-

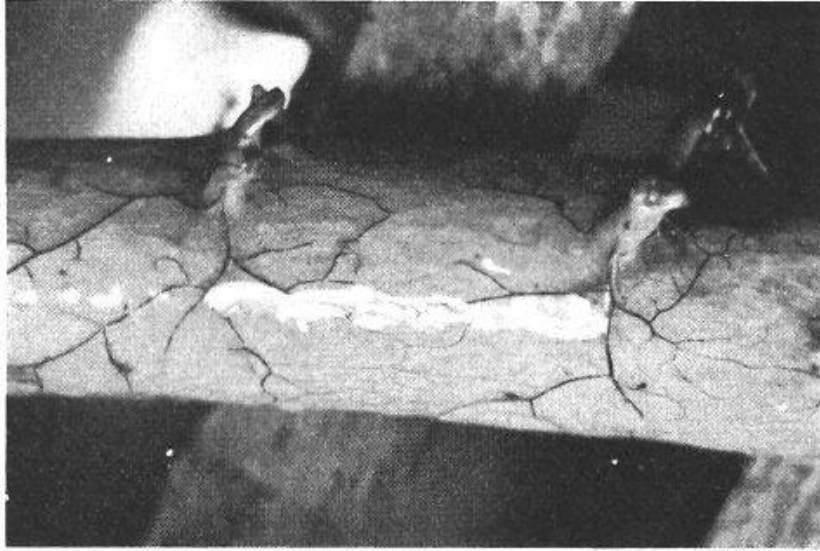


Abb. 4. Vasa vasorum externa und ihre Anastomosen an der Adventitia-Media-Grenze der Aorta thoracica descendens.

gefäßen gingen Nebenäste ab, die sich weiter verzweigten. Das äußere Gefäßsystem lag zwischen Adventitia und Media, das innere breitete sich ungefähr in der Mitte der Media aus. Abb. 5 stellt diese Verhältnisse schematisiert dar. Beide stehen aber in enger Verbindung. Über den weiteren Verlauf des intramuralen Gefäßsystems, insbesondere über die Kapillaren und die Venen, kann zur Zeit nichts Sicheres ausgesagt werden.

Nachdem nun das Zuleitungssystem des Aortenwandgefäßsystems wenigstens in seinen groben Umrissen bekannt war, blieb zu untersuchen, ob bei normaler Durchströmung der Zuleitungsgefäße in den zugehörigen Kapillaren ein hoher Druck zu erwarten ist, wie es die Theorie verlangt. Dies war ja der eigentliche Grund, warum diese Untersuchungen angestellt wurden. Zur Beantwortung dieser Frage mußte der *Druckverlauf* in einem Einzelgefäß ermittelt werden. Dies wurde durch folgendes Vorgehen erreicht: Man maß, um zuverlässige Mittelwerte zu erhalten, mehrmals den Durchfluß bei einem Innendruck von 170 cm H₂O entsprechend dem physiologischen Mitteldrucke. Zwischen den Einzelmessungen wurde eine einige Minuten dauernde Pulsation hergestellt. Darauf wurden an einer oder mehreren Stellen die von den Intercostalarterien ausgehenden Gefäße mit Farblösung durchströmt und ihre Dimensionen (Länge und Durchmesser) an möglichst vielen Stellen gemessen. Schließlich wurde die Zahl der Einzelgefäße an der aufgeschnittenen Aorta ermittelt. Unter der Annahme, der mittlere Durchfluß sei in allen Gefäßen gleich groß, ergab der Quotient:

$$\frac{\text{gemessener Gesamtdurchfluß}}{\text{Zahl der Gefäße}}$$

den Durchfluß durch ein Einzelgefäß.

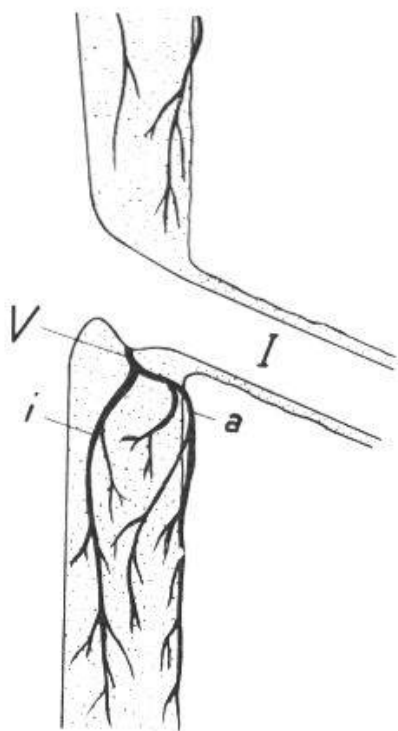


Abb. 5. Stark schematisierter Längsschnitt durch die Abgangsstelle einer Intercostalarterie. Die leicht trichterförmige Vertiefung der Aortenwand führt zur abzweigenden Arterie hin. Der Ursprung des Vas vasis externum liegt distal in einer kleinen Furche. *I* = Intercostalarterie, *a* = äußerer, *i* = innerer Ast des Vas vasis externum = *V*.

Bei gegebenen Gefäßdimensionen und bekannter Verzweigungsart ließ sich das Druckgefälle in den einzelnen Abschnitten berechnen (Abb. 6). Diese Berechnung zeigte, daß in den distalen Abschnitten der Gesamtdruck von 170 cm H₂O an Reibung im Zuleitungssystem verloren ging. In diesen Wandbezirken wäre demnach eine Durchblutung unmöglich. Obschon die Messung der Gefäßdurchmesser, auch wenn sie nachträglich durch Röntgenaufnahmen der mit Kontrastflüssigkeit gefüllten Gefäße ergänzt wurde, nicht ganz einwandfrei und hauptsächlich die Zahl der Messungen klein war, mußte für das angenommene Gefäßsystem die Blutversorgung der inneren Wandschichten trotzdem als äußerst kritisch erscheinen.

Da unser Körper erfahrungsgemäß jede kritische Situation vermeidet, mußte nach Hilfsmechanismen gesucht werden. Man könnte an eine Art Stützfunktion des umliegenden Gewebes denken, die ein Offenbleiben der Kapillaren ermöglichen würde, aber bei der Beschaffenheit des Aortenmaterials war diese Annahme wenig wahrscheinlich.

Ein genaues Absuchen der gesamten Aorteninnenfläche löste das Problem. Im proximalen Abschnitt waren nämlich stets einige gut sichtbare Gefäßöffnungen vorhanden (vgl. hierzu Abb. 3). Die Gefäße durchquerten zum Teil die Aortenwand, gaben aber in ihrem Verlaufe Zweigäste an dieselbe ab. Andere, gewöhnlich kleinere Gefäßchen breiteten sich nur in der Wand aus und anastomosierten mit dem bereits beschriebenen Gefäßsystem (Abb. 7). Diese Gefäßchen besitzen ein sehr kurzes Zuleitungssystem und sind deshalb zur Aufrechterhaltung eines hohen Druckes im Kapillarsystem ganz besonders geeignet. Wir haben sie *Vasa*

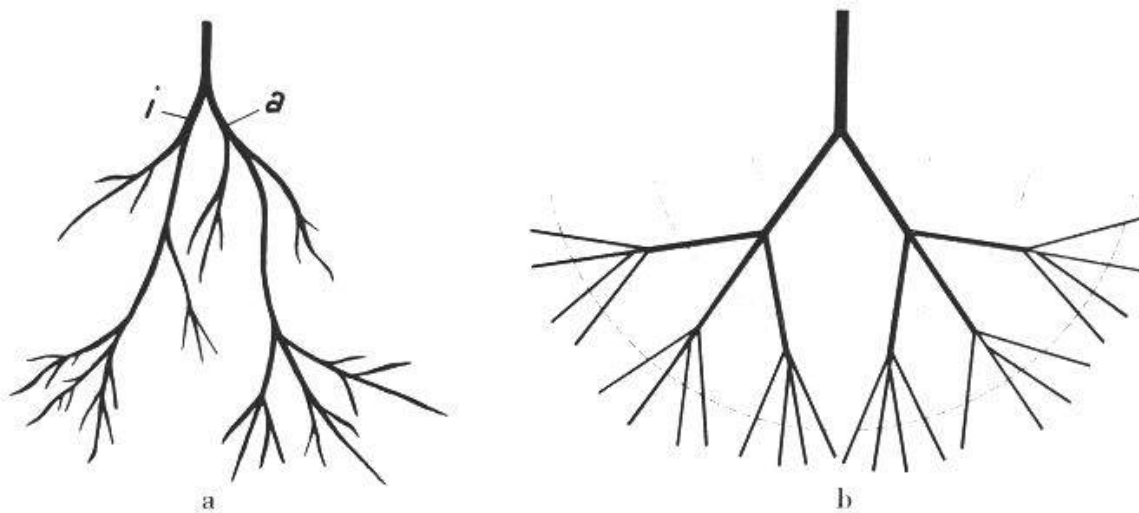


Abb. 6. – a) Beobachtetes Vas vasorum externum mit innerem Ast *i* und äußerem Ast *a*.
 b) Schema des Röhrensystems, das der Berechnung zu Grunde gelegt wurde.

vasorum interna genannt, um sie von den aus den Intercostalarterien abgehenden *Vasa vasorum externa* zu unterscheiden. Im mittleren und besonders im peripheren Abschnitt der Brustorta sind deutlich sichtbare *Vasa vasorum interna* selten, sie dürften aber nach einer bestimmten Vorbehandlung mit der Lupe aufzufinden sein.

Wie Sie sehen, besitzt die Aortenwand ein sorgfältig angelegtes und wohldurchdachtes Gefäßsystem. Dieses besitzt einen – nebenbei bemerkt – unerwartet großen Durchfluß. Nach unseren bisherigen Untersuchungen erreicht er, auf die Masseneinheit bezogen, 30–40% desjenigen der Hirnsubstanz. Dies steht in einem gewissen Widerspruch zu unseren Vorstellungen über den Stoffwechsel der in der Wand vorhandenen Gewebe. Gewöhnlich werden Bindegewebe, elastisches Gewebe und glatte Muskulatur als wenig Energie verbrauchende Gewebe angesehen. Sind eventuell eine Art Zwischengewebe oder Rezeptoren in der Wand vorhanden, die einen regen Stoffwechsel besitzen?

Wir haben bis anhin das Wandgefäßsystem unter statischen Bedingungen betrachtet. In Wirklichkeit sind die Wandspannungen zeitlich veränderlich, weil sie durch einen periodisch ändernden Gefäßinnendruck hervorgerufen werden. Die Messung des Gewebsdruckes mit geeigneten Kanülen und Manometern ergab, daß er tatsächlich zeitlich und örtlich stark änderte, insbesondere fiel auf, daß Phasenverschiebungen bis zu 180° gegenüber dem Gefäßinnendruck registriert wurden. Wenn auch in der Bewertung der intramuralen Druckmessungen große Vorsicht geboten ist, da die eingeführte Kanüle Zusatzspannungen erzeugt, sind Phasenverschiebungen theoretisch durchaus möglich. Die verschiedenen Gewebe besitzen nämlich sehr verschiedene Zähigkeiten.

Da die Innenschichten vorwiegend elastisches, die Außenschichten

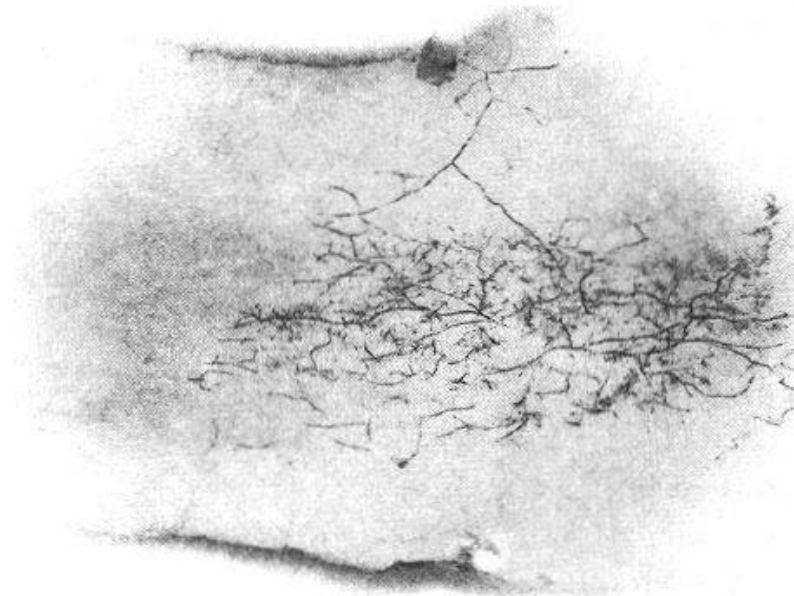


Abb. 7. Röntgenaufnahme eines Vas vasis internum mit ventraler Abgangsstelle: zahlreiche Verzweigungen in den tiefen Mediaschichten. Die Aorta ist durch einen Längsschnitt zwischen den Aa. intercostales eröffnet.

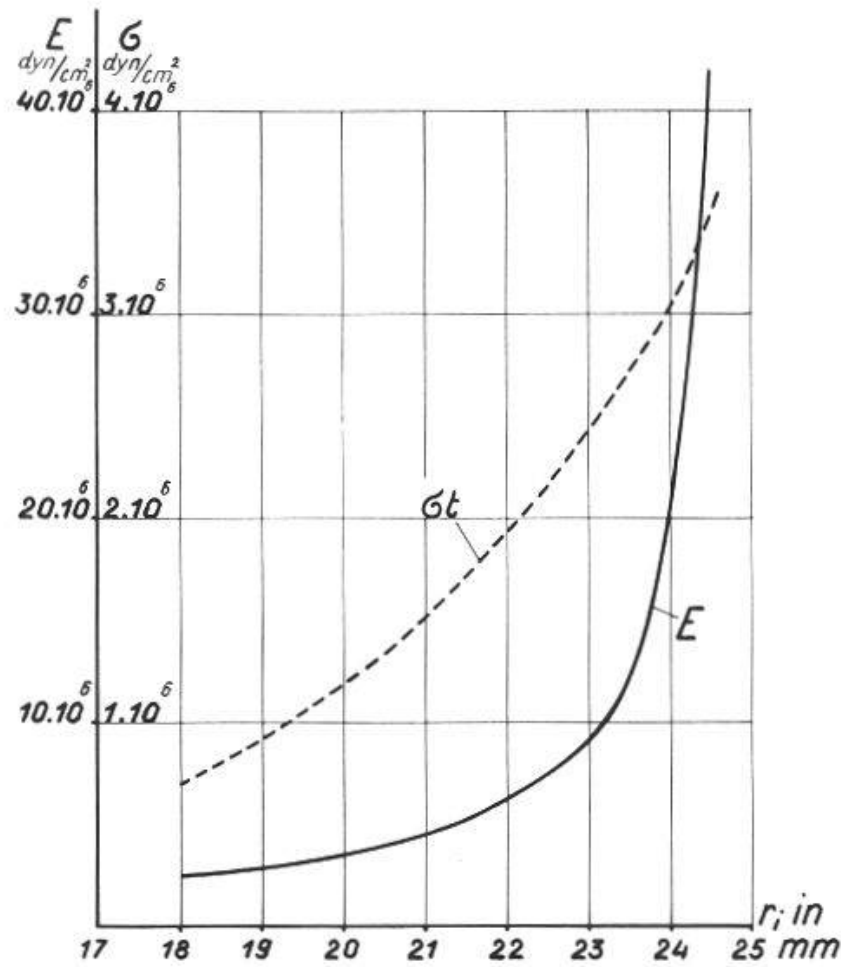


Abb. 8. Youngscher Modul und Ringspannung in Abhängigkeit vom Innenradius.

mehr Muskelgewebe aufweisen, kann das Druckgefälle in der Wandung in eigenartiger Weise verändert werden. Der Gewebsdruck in den Innenzonen bliebe in Phase mit dem Gefäßinnendruck, während derjenige in den mittleren und äußeren Wandschichten entsprechend phasenverschoben wäre. Dieses periodisch sich ändernde Druckgefälle könnte sich als eine Art Pumpwerk geltend machen, das sich auf die Durchströmung der Mittelschichten sowohl für das Blut als auch für die Gewebsflüssigkeit sehr günstig auswirken würde. Übrigens war experimentell auch der Gesamtdurchfluß bei periodischer Durchströmung wenigstens bei höheren mittleren Innendrucken stets größer als bei stationärer Strömung.

Wenn einleitend die Aorta hinsichtlich Festigkeit und Elastizität als ein Kunstwerk hingestellt wurde, darf auch ihr Wandgefäßsystem gewissermaßen als hydraulisches Phänomen betrachtet werden, besonders wenn berücksichtigt wird, daß dieses Blutversorgungssystem der Aortenwand außerordentlich reaktionsfähig zu sein scheint, wie Tastversuche zeigten. Arterenol-Zusatz erhöht z. B. den Strömungswiderstand sehr stark.

Bevor ich nun schließe, erlauben Sie mir noch einen kurzen Hinweis auf den Steuerungsmechanismus der Aorta. Bekanntlich verursacht Arterenol durch Kontraktion der Mehrzahl der Blutgefäße eine Blutdruck-erhöhung. Dadurch gelangt die Aorta in eine unangenehme Situation, denn von einer bestimmten Druckhöhe ab steigt ihr Elastizitätsmodul steil an (Abb. 8). Sie verliert also gewissermaßen eine ihrer Hauptfunktionen, die sogenannte Windkesselfunktion. Gleichzeitig läuft sie Gefahr, geschädigt zu werden, denn die Ringspannung kann Werte erreichen, die die Reißgrenze der glatten Muskulatur überschreiten. Außerdem wird der Strömungswiderstand im Wandgefäßsystem stark erhöht, was sich wiederum für die glatte Muskulatur ungünstig auswirkt. Die Versuche zeigen nun, daß sich die Aorta unter Arterenol ebenfalls kontrahiert. Wenn die Kontraktion bescheiden bleibt (der Querschnitt wird nach den bisherigen Versuchen um 20–30% verkleinert), reicht sie gerade aus, um die Aorta wieder dehnbar zu gestalten, die Ringspannung auf ungefährliche Werte herabzusetzen und die Wanddurchströmung zu normalisieren.

Damit will ich schließen und hoffen, daß Sie den Titel meines Vortrages beherzigen werden, denn einiges ist bekannt, doch vieles muß überprüft und weiter erforscht werden.

Zusammenfassung

Der Vortrag verfolgt in erster Linie den Zweck, die Forschungen über die allgemeine Angiologie anzuregen und zu fördern. In diesem Sinne

bringt er einen Beitrag zum Problem der Gefäßwandernährung, indem über Arbeiten referiert wird, die in den letzten Jahren im Physiologischen Institut ausgeführt wurden. Im speziellen wird das Gefäßsystem der Rinderaortenwand behandelt und gezeigt, daß dasselbe sehr sorgfältig angelegt und den besonderen Verhältnissen des durch die Wandspannungen erzeugten Gewebsdruckes angepaßt ist. Der relativ hohe Durchfluß läßt vermuten, daß die Wanddurchblutung von besonderer Bedeutung für die Funktion und Erhaltung gewisser Anteile des Wandmaterials ist.

Résumé

Le but de cet exposé est avant tout d'encourager l'étude de l'angiologie en général. Il présente une étude du problème de la nutrition de la paroi des vaisseaux sanguins, en se référant aux divers travaux qui ont été faits à l'Institut de Physiologie, ces dernières années. Cette étude porte en particulier sur le système vasculaire de la paroi aortique du bœuf et montre que ce système vasculaire très soigneusement disposé est particulièrement bien adapté aux conditions de tension et de pression tissulaire de l'aorte. La capacité d'irrigation relativement importante de ce système semble montrer que la circulation dans la paroi a une importance toute spéciale pour la fonction et l'entretien de certaines parties de la paroi de l'aorte.

Riassunto

Scopo della relazione è in prima linea di promuovere e stimolare la ricerca nel campo dell'angiologia generale. In questo senso essa porta un contributo al problema della nutrizione della parete vasale riferendo su lavori compiuti negli ultimi anni nell'Istituto di Fisiologia. Viene studiato in particolare il sistema vasale della parete aortica dei bovini e mostrato che tale sistema è molto accuratamente adattato alle particolari condizioni pressorie dovute alla tensione esistente nella parete vasale stessa. Il flusso sanguigno relativamente intenso esistente in questo sistema fa pensare che un apporto sufficiente di sangue alla parete aortica abbia un'importanza particolare per il funzionamento ed il mantenimento di alcune parti della parete stessa.

Summary

The purpose of this lecture was primarily to stimulate and promote research in the general line of angiology. In that sense, it furnishes a contribution to the problem of nutrition of vascular walls, summarizing

the work done in the Institute of Physiology during recent years. As a special case the vascular system of the aortic wall of the cow has been studied. It has been shown that this system of vessels is arranged in such a way that it may function also under the high pressure existing in the aortic wall. The relatively high flow in this system indicates that a sufficiently high blood saturation of the aortic wall is very important for the functioning and maintenance of certain parts of it.

Diskussion:

F. Rintelen (Basel): Die interessanten Darlegungen von Herrn Kollegen *Müller* zeigen die Bedeutung besonderer Druckverhältnisse für die Anordnung der Vasa vasorum in der Aorta. Eine ähnliche Anpassung an die Durchströmungsverhältnisse findet sich auch in der Netzhaut des Auges, wo die Arteriolen eine spezielle, keineswegs den Hirngefäßen entsprechende, bemerkenswert elastische Wandstruktur aufweisen, welche bei dem gegebenen relativ hohen Gewebsdruck auch in der Diastole das Blut in die dünnen und langen Netzhautkapillaren austreiben kann.

Ich möchte Herrn *Müller* fragen, ob er außer der charakteristischen Anordnung der Aortenwandgefäße auch besondere Strukturen der Wandungen dieser Vasa vasorum gefunden hat.

A. Müller (Fribourg): Von unserer Seite sind keine histologischen Untersuchungen angestellt worden. Wir hoffen hingegen, daß wir die Anatomen von der besonderen Bedeutung dieses Gefäßsystems überzeugen konnten und sie zu erneuten, genaueren Untersuchungen desselben angeregt haben.

G. Wolf-Heidegger (Basel) weist darauf hin, daß unser bisheriges klassisches Bild von der elastischen und der muskulären Arterie einerseits und der typischen Vene andererseits der tatsächlich anzutreffenden Strukturvielfalt in keiner Weise genügt und durch eine differenzierende Beschreibung der verschiedenen Rumpf- und Extremitätengefäße, ja sogar einzelner Gefäßabschnitte ersetzt werden sollte. Jeder Gefäßbezirk – und zwar sowohl der einer Arterie wie einer Vene – zeigt einen weitgehend individualisierten, spezifischen Wandbau, der den lokalen, funktionellen Anforderungen entspricht und der sogar bei experimentellen Veränderungen der funktionellen Bedingungen mit einer strukturellen Anpassung reagiert, wie neuere Untersuchungen von *Weibel* in sehr eindrucksvoller Weise gezeigt haben. Nach den Erfahrungen des Sprechenden ist beispielsweise die Wandstruktur einer Arterie und einer Vene, die ein gut bewegliches Gelenk überbrücken, verschieden von derjenigen benachbarter, entsprechender Gefäßbezirke, die einem Knochen angelagert und durch diesen gewissermaßen «geschient», also vor mechanischer Belastung im Sinne einer Längsdehnung weitgehend geschützt sind. Die außerordentlich interessanten Befunde *Müllers* an der Aorta sprechen ebenfalls durchaus dafür, daß eine erneute anatomische Untersuchung des Wandbaues der Blutgefäße unter Berücksichtigung der funktionellen Gesichtspunkte angezeigt ist.