

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Heidelberg
(Direktor: Prof. Dr. E. RÄNDERATH).

Über den seitengebundenen Windungssinn der Mediastrukturen der peripheren Körperschlagadern*.

Von

EVA MARIA BÖCKH.

Mit 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 7. April 1951.)

Angeregt durch die Arbeiten von W. DOERR über das Symmetrieproblem am Herzen und den großen Schlagadern, habe ich mich an Hand zahlreicher Fälle, darunter einer Beobachtung von Situs inversus totalis, mit den Untersuchungen von B. S. SCHULTZE-JENA „Über die schraubenförmige Struktur der Arterienwand, ein Beitrag zum Rechts-Links-Problem“ auseinandergesetzt. Ich habe dabei die faseranatomische Struktur der Media einiger peripherer paariger, sowie der unpaaren Körperarterien als Merkmal einer etwaigen Seitenzugehörigkeit verwendet.

Hinsichtlich der historischen Seite des Problems, sowie der für meine Untersuchungen wichtigen normal-anatomischen Voraussetzungen verweise ich auf die sehr ansprechende Untersuchung von SCHULTZE-JENA. — Wir können uns aber nicht mit der Frage beschäftigen, ob ein seitengebundener unterschiedlicher Windungssinn der peripheren paaren Arterien besteht, auch können wir die Anordnung der gewundenen Mediastrukturen der unpaaren Körperschlagadern nicht richtig beurteilen, ohne uns in Kürze über einige grundsätzliche Fragen orientiert zu haben. Ich verweise zunächst ausdrücklich auf die Abhandlungen von W. LUDWIG über das Rechts-Links-Problem und den Begriff der Symmetrie. Nach ihm sind rechts und links durch bestimmte Asymmetrien gekennzeichnet. Dank der Tatsache, daß vermöge der Anwesenheit eines bestimmten Windungssinnes der Mediastrukturen auch die Arterienwände asymmetrisch gebaut sind, können wir also den Versuch unternehmen, eine bestimmte Seitenzugehörigkeit vieler Schlagadern zu definieren.

Sodann muß eine Klärung und schärfere Fassung der seither fast immer miteinander verwechselten Begriffe „Schraube“ und „Spirale“ angestrebt werden: Wenn man nämlich eine präparatorisch-faseranatomisch dargestellte Media einer muskulären Schlagader vom Querschnitt aus mit Blick in die Längsachse des Gefäßes betrachtet, so

* Arbeit unter Leitung von Professor W. DOERR.

erkennt man deutlich die erwarteten „Schraubenwindungen“. Es handelt sich dabei im mathematischen Sinne um Raumkurven mit konstanter Torsion, mit verschiedener Steilheit und (mit oder gegen den Uhrzeigersinn) geordneter Verlaufsrichtung. Es ist meines Erachtens nicht richtig, den Verlauf der Mediastrukturen als „spiralig“ zu bezeichnen. Einer „Spirale“ kommt ja ein absoluter Windungssinn nicht zu. Das Kennzeichen einer Spirale ist nämlich der sich stetig vergrößernde Radiusvektor um einen Punkt innerhalb der Aufsichtsebene (bei Betrachtung wiederum vom Querschnitt aus). Derartiges konnten wir aber bei unseren aus dem Zusammenhang gelösten und fixierten Präparaten nicht beobachten. Wir halten uns daher für die Zwecke der vorliegenden Abhandlung an den Begriff der „schraubig“ angeordneten Struktur der Media.

Wenn man nach dem Vorgehen von SCHULTZE-JENA, sowie KENNETH und STRONG bei einer auf einen Glasstab aufgezogenen Arterie des muskulären Types die glatte Muskulatur der Media präparatorisch darstellt, dann zeigt sich, daß nicht alle Muskelfasern eine einheitliche Schraubenwindung besitzen. Der Steigungswinkel einer Faser variiert innerhalb einer bestimmten Gefäßstrecke. Diese Variabilität wird um so größer, wenn man einander entsprechende Präparate von Menschen verschiedenen Lebensalters miteinander vergleicht. Bei derartigen Untersuchungen wird deutlich, daß die Mediamuskulatur der peripheren Körperarterien im Sinne eines schraubigen *Maschenwerkes* angeordnet ist. Man wird also exakterweise von der „Betonung“ einer Faserrichtung nach rechts oder links, also *im* Uhrzeigersinn oder *gegen* den Uhrzeigersinn sprechen.

Methodik.

In 54 Obduktionsfällen (ohne nennenswerte Arteriosklerose) wurden Femoral- und Brachialarterien, sowie die Aa. carotides jeder Körperseite, weiter die Herzkranzschlagadern und als unpaare Arterien die A. mesenterica cranialis und caudalis zur Untersuchung herangezogen. Dabei wurden die Brachiales jeweils 2—3 cm jenseits ihres Ursprungs, die Femorales je 5 cm distal der Lacuna vasorum, die Mesenterialarterien je 2 cm hinter ihrem Ursprung aus der Aorta, die Carotides jeweils unmittelbar hinter der Carotisspindel und schließlich die Coronariae vom jeweiligen Ursprung an herauspräpariert. Carotis interna und externa jederseits wurden gemeinsam ausgewertet.

Die in 5%igem Formalin fixierten Gefäßstümpfe wurden nach gründlichem Auswässern von dem ihnen anhaftenden Fett-, Muskel- und Bindegewebe befreit. Die Adventitia wurde mit Hilfe der Präparierlupe vorsichtig abgezogen. Das gelingt bei einiger Übung leicht, wie auch SCHULTZE-JENA betont. Media, Lamina elastica interna und Intima blieben erhalten. Die derart von der Adventitia her freigelegte Media wurde mit feinsten runden Nadeln gestechelt. Das dazu verwendete Instrument habe ich eigens angefertigt. Es besteht aus einer „Bürste“ aus 25 Nähnadeln von Stärke Nr. 10. Diese wurden auf einer Grundfläche von 0,5 cm² in einigermaßen gleichen Abständen (feinmechanisch) festgelötet. Wir trugen besondere Sorge darum, daß es sich bei der als Media angesprochenen Schicht

tatsächlich auch um diese gehandelt hatte. Es wurden deshalb jeweils gewöhnliche histologische Kontrollpräparate mit Färbung nach v. GIESON angefertigt. — Die Stichkanäle wurden durch eine einfache Anfärbung durch Kresylechtviolett und Glycerin (ana partes, eingedampft) verdeutlicht. Das bis dahin erhalten gebliebene Arterienrohr wurde dann vorsichtig der Länge nach aufgeschnitten und zwischen 2 Objektträger geklemmt. Abnormaler Zug und starke Dehnung wurden nach Möglichkeit vermieden. Die Media wurde grundsätzlich von der Seite der Adventitia her betrachtet. Letztere war jeweils sorgfältig markiert worden.

Die auf diese Weise dargestellten Spaltlinien wurden einen Tag nach Anfertigung des Präparates mit der Lupe ausgezählt. Dabei zeigte sich, daß die im allgemeinen sehr deutlichen meist längs-, manchmal kurzovalen Spaltlinien im allgemeinen schräg zur Längsachse des Gefäßes angeordnet waren. Wie man sich leicht überzeugen kann, ist es für die Beurteilung der Frage, ob eine schräggestellte Spaltlinie nach rechts oder nach links ansteigt, ganz gleichgültig, ob das zweckmäßigerweise senkrecht zum Betrachter orientierte Präparat so gelegt wird, daß die durch das Gefäß stattgehabte Blutstromrichtung auf den Beschauer zu oder von diesem weg zeigt, wenn nur die Untersuchung des Objektes stets von der Seite der Adventitia, also von außen her, erfolgt.

Die schräg angeordneten Spaltlinien bilden also mit der Längsachse des Gefäßes einen Winkel, der kleiner ist als 90° . — Außer diesen schräg orientierten Spaltlinien fanden sich solche, die a) parallel zur Gefäßachse, b) genau senkrecht zu dieser und c) in der Umgebung des Ursprunges eines Seitenastes wirbelig (also im Bogen um die Ursprungsöffnung herum) angeordnet waren. Diese Spaltlinien (a, b, c), die in weit geringerer Anzahl als die schrägen zu Gesicht kamen, wurden bei der statistischen Verarbeitung des Materials *nicht* berücksichtigt. Sie hätten nämlich die Entscheidung, ob die Orientierung der Spaltlinien vorwiegend nach links oder rechts vorherrschte, wenn nicht unmöglich gemacht, so doch erschwert.

Ich habe von einer jeweils geraden Gefäß-Strecke je 100 *schräge*, d. h. nach links oder rechts vom Betrachter weg verlaufende, also nach links oder rechts ansteigende, neben- und hintereinander, jedenfalls benachbart gelegene Spaltlinien ausgezählt. Ich habe die Zahl 100 gewählt, um damit gleichzeitig den Hundertsatz der nach links oder rechts ansteigenden Spaltlinien zu erhalten. Die statistische Sicherung der Ergebnisse wurde mit Hilfe der χ^2 -Methode nach FISHER und GOULDEN durchgeführt¹. Die Berechnung als „2mal 2 Tafel“ wurde für jedes Gefäß einzeln durchgeführt. Die daraus gewonnenen χ^2 wurden zu einem Gesamt- χ^2 addiert. Es wurde deshalb so vorgegangen, weil sich das Material für die Zusammenfassung aller Untersuchungen zu einer „Gesamt 2mal 2 Tafel“ als nicht genügend homogen erwies. Unter Homogenität im Sinne der Methode versteht man, daß die Einzelverhältnisse

¹ Herrn Prof. Dr. W. LUDWIG, Direktor des Zoologischen Instituts der Universität Heidelberg, danke ich verbindlichst für die liebenswürdige Prüfung des statistischen Untersuchungsganges und seiner Ergebnisse.

der Spaltlinien von dem aus der Summe entsprechender Spaltlinien gewonnenen Verhältnis innerhalb der zufälligen Abweichung liegen.

Ergebnisse.

Auf Grund der statistischen Auswertung zeigt sich, daß ein Unterschied im Faserverlauf der Media der Arterien des muskulären Typus zwischen rechter und linker Körperhälfte besteht.

Durch die statistische Auswertung ergeben sich nämlich für alle Fälle der untersuchten Gefäße Werte für $P = < 0,001$. Das besagt, daß diese Abweichung in weniger als 1% der Fälle als zufällig zu werten sei, daß also in der Verteilung der nach rechts oder links zeigenden Spaltlinien der rechten und linken Körperhälfte ein signifikanter Unterschied besteht.

Der Vollständigkeit halber seien die statistisch errechneten Werte angegeben:	
A. femoralis	$\chi^2 = 972,32$
A. brachialis	$\chi^2 = 1091,74$
A. mesenterica	$\chi^2 = 334,26$
A. carotis	$\chi^2 = 453,26$
A. coronaris	$\chi^2 = 450,11$
	bei 19 Freiheitsgraden bzw. untersuchten Fällen
	bei 20 Freiheitsgraden bzw. untersuchten Fällen
	bei 12 Freiheitsgraden bzw. untersuchten Fällen
	bei 26 Freiheitsgraden bzw. untersuchten Fällen
	bei 21 Freiheitsgraden bzw. untersuchten Fällen

Aus diesen Ergebnissen läßt sich ableiten, daß eine *Betonung* der Faserrichtung nach *rechts* für die Aa. carotides, die A. brachialis, die A. femoralis der rechten Körperseite und auch der A. mesenterica cranialis, sowie der A. coronaria dextra vorliegt. Dagegen lassen die Spaltlinien der Aa. carotides, der A. brachialis und A. femoralis der linken Körperseite, sowie der A. mesenterica caudalis und der A. coronaria sinistra (Ramus descendens und circumflexus) einen vorwiegend nach *links* gerichteten Windungssinn erkennen.

Einen Überblick über das gesamte Material vermittelt die Abb. 1. Sie zeigt, daß eine Häufung der Spaltlinien, die nach rechts weisen, für die rechte Körperhälfte, sowie die A. mesenterica cranialis und die rechte Kranzschlagader besteht. Sie zeigt weiter, daß eine Häufung der Spaltlinien, die nach links zeigen, für die Arterien der linken Körperhälfte, die A. mesenterica caudalis und die linke Kranzschlagader besteht. Ob nun aber z. B. die Betonung der Faserrichtung der Mediastrukturen der Arterien der einen Körperseite in einem bestimmten Falle ausgeprägter ist als die Spaltlinienrichtung der Media der anderen Seite, ob also der Winkel zwischen Spaltlinien und Gefäßbachse bei den Arterien der einen Körperhälfte kleiner als bei denen der anderen ist, läßt sich aus diesen Untersuchungen nicht sicher ableiten. Bei den Brachial- und Mesenterialgefäßern gewinnt man diesen Eindruck zugunsten der Rechtsbetonung.

Bei den Gefäßen eines Falles von *Situs inversus totalis* fanden sich folgende Werte in der Verteilung der Spaltlinien (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Gefäß	Anzahl der untersuchten Spaltlinien	Richtung nach	
		links	rechts
Carotides rechts	200	135	65
Carotides links	300	93	207
Coronaria dextra	600	347	253
Coronaria sinistra (R. circumflexus und R. descendens)	300	149	151

Um mit statistischer Sicherheit etwas über das Verhältnis der Befunde der Fälle von Situs solitus zu denen des Falles von Situs inversus aussagen zu können, wären 6 weitere Fälle von totaler Inversion nötig gewesen. Leider stand uns ein derart umfangreiches Material nicht zur Verfügung. Immerhin ist bemerkenswert, daß die Verlaufsrichtung der Spaltlinien im Bereich der Aa. carotides bei Situs solitus denen bei Situs inversus entgegengesetzt orientiert ist. Dagegen liegen die Befunde an den Kranzschlagadern innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite.

Besprechung der Befunde.

Die Gegenüberstellung meiner Beobachtungen mit denen von SCHULTZE-JENA läßt erkennen, daß eine Übereinstimmung der Befunde für die Extremitätenarterien besteht, daß dagegen aber gewisse Differenzen in der Beurteilung des Windungssinnes der Media verschiedener anderer Schlagadern vorhanden sind. Ich lasse eine Aufstellung der einzelnen Untersuchungsergebnisse folgen (Tabelle 2).

Tabelle 2.

Gefäß	Windungssinn der Mediastrukturen	
	nach SCHULTZE-JENA	nach BÖCKH
A. mesenterica cranialis . .	nach links	nach rechts
A. mesenterica caudalis . .	nach rechts	nach links
A. coronaria dextra	nach links ¹	nach rechts
A. coronaria sinistra	nach rechts ²	nach links ³

Diese Unterschiede sind meines Erachtens durch *verschiedenes methodisches Vorgehen* bedingt. Da die Mediastruktur durch ein schraubig gelagertes, vielfach verflochtes Fasersystem dargestellt wird,

¹ Die Kranzschlagadern von 6 untersuchten Fällen zeigten 4mal einen nach links gerichteten Windungssinn (und zwar beider Coronarien).

² Die Kranzschlagadern von 2 Fällen zeigten beide einen nach rechts gerichteten Windungssinn.

³ Der absteigende und umläufige Ast der linken Kranzschlagader wurden gemeinsam behandelt und ausgewertet.

können die glatten Muskelfasern nicht ohne weiteres durch Zug und Dehnung in einzelne Schraubenwindungen aufgelöst werden, wie das von SCHULTZE-JENA, sowie KENNETH und STRONG versucht worden ist. Wenn man dagegen die Spaltlinien auszählt, die in *keinem* Gefäß

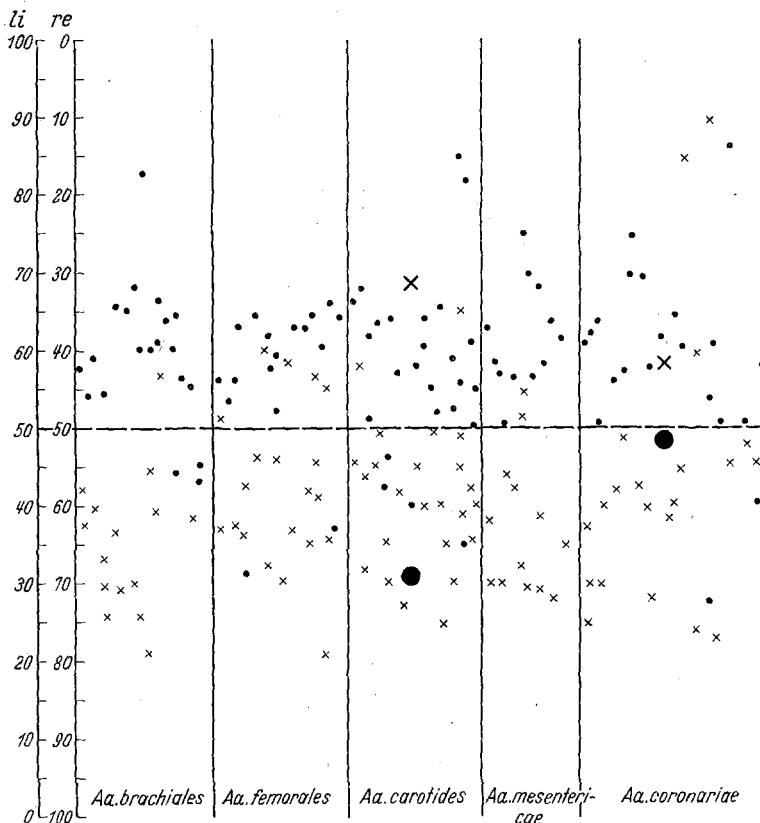


Abb. 1. Graphische Darstellung der Ergebnisse der Auszählung der Spaltlinien. Die Ordinate ist gedoppelt, die linksstehende ist für die Eintragung der Werte der linksgewrichteten Spaltlinien, die rechtsstehende für die der rechtsgewrichteten Spaltlinien bestimmt. Jede Ordinate ist in 100 Skalenteile aufgeteilt. Die Aufgliederung der Links- und Rechts-Ordinate in je 100 Skalenteile ist gegensinnig erfolgt, um die durch Eintragung der Zahlenwerte der links- bzw. rechtsgewrichteten Spaltlinien erhaltenen Kurvenwerte aus einanderzuziehen. Die mit Punkten bezeichneten Werte gehören zu Arterien der linken Körperhälfte oder zur A. mesenterica caudalis oder zur A. coronaria sinistra. Die mit Kreuz bezeichneten Werte gehören zu Arterien der rechten Körperhälfte oder zur A. mesenterica cranialis oder zur A. coronaria dextra. Die durch großes Kreuz und dicken Punkt bezeichneten Werte gehören zum Falle des Situs inversus totalis. — Die punktierte Linie (Abscisse) hat als Indifferenzlinie zu gelten. — Die Abb. 1 zeigt, daß die mit Kreuz bezeichneten Kurvenwerte (die im wesentlichen zu den Arterien der rechten Körperhälfte gehören) die höchsten Werte der für die rechtsgewrichteten Spaltlinien gültigen Ordinate (rechtsstehende Ordinate), daß jedoch die mit Punkten markierten Kurvenwerte (die im wesentlichen zu den Arterien der linken Körperhälfte gehören) die höchsten Werte der für die linksgewrichteten Spaltlinien zuständigen Ordinate (linksstehende Ordinate) erreichen. Die Werte der rechtsgewrichteten Spaltlinien liegen vorwiegend unterhalb, die der linksgewrichteten Spaltlinien vorwiegend oberhalb der Indifferenzlinie.

100%ig nach rechts oder links ansteigen und Werte erhält, die von der Indifferenzlinie unserer Tabelle abweichen, so lassen sich die tatsächlichen Verhältnisse sehr viel besser erfassen.

Wie betont, habe ich nur die *geraden* Gefäßstrecken zur Auswertung herangezogen. Verschiedentlich aber habe ich auch — der Vollständigkeit halber — Spaltlinien in der Umgebung der Gefäßursprünge untersucht. Dabei habe ich gefunden, daß die prozentualen Werte der Spaltlinien in der Umgebung der Ursprungsstellen der Seitenäste entweder bei 50% liegen oder aber ein gegensinniges Verhalten zeigen. Letzteres soll heißen, daß sich im Bereich des Ursprungs eines Seitenastes einer muskulären Arterie der rechten Körperhälfte *mehr* links orientierte Spaltlinien finden lassen, als das bei diesem Gefäß auf gerader Verlaufsstrecke der Fall ist.

SCHULTZE-JENA versucht aus der Tatsache, daß die beiden Kranzschlagadern als erste Gefäße aus der Aorta, also der 4. linksläufigen Kiemenbogenarterie entspringen, abzuleiten, daß beide den gleichen Windungssinn haben müßten. Vorausgesetzt, daß letztere Annahme richtig wäre, — sie entspricht nicht den Tatsachen —, so würde die Frage auftauchen, wie man den Umstand verstehen soll, daß man bei manchen Fällen eine überwiegende Rechtsorientierung der Spaltlinien der Kranzschlagadern finden kann! Auch in diesen Fällen entspringen natürlich die Coronarien aus der 4. linksläufigen Kiemenbogenarterie.

Wenn wir abschließend nach der Bedeutung fragen, die unsere Feststellungen möglicherweise haben könnten, so müssen wir eine klare Antwort schuldig bleiben. Die Tatsache, daß die peripheren Schlagadern der rechten und linken Körperhälfte einen entgegengesetzten Windungssinn ihrer Mediastrukturen besitzen, stellt einen Beitrag zum Rechts-Links-Problem (LUDWIG) dar. Sie kann auch in dem von DOERR angedeuteten Sinne eine praktische Bedeutung für die Entscheidung bestimmter Inversionsverhältnisse bei supraaortischen Varietäten erlangen. Endlich ist der Gedanke nicht von der Hand zu weisen, daß die torquierte Wandstruktur der Arterien eine morphogenetische Beziehung zur primären Torsion des Bulbus-Truncus-Abschnittes des embryonalen Herzens, möglicherweise aber auch eine bestimmte funktionelle Bedeutung besitzt. Ich muß mich vorläufig allerdings mit derartigen Andeutungen begnügen.

Zusammenfassung.

Die Media der peripheren größeren muskulären Arterien, sowie die der A. mesenterica cranialis und caudalis und die der Kranzschlagadern wurde mit Hilfe der Spaltlinienmethode auf ihren schraubigen Windungssinn hin untersucht. Die statistische Auswertung mit Hilfe der χ^2 -Methode hat gezeigt, daß ein signifikanter Unterschied in der

Anzahl der nach rechts und links gerichteten Spaltlinien bezüglich der beiden Körperhälften besteht.

Die Spaltlinien der linksseitigen Aa. carotides, brachiales und femorales zeigen überwiegend nach links (Gegenuhrzeigersinn); die der entsprechenden rechtsseitigen Arterien zeigen überwiegend nach rechts (Uhrzeigersinn). Die Spaltlinien der A. coronaria dextra und der A. mesenterica cranialis zeigen überwiegend nach rechts, die der A. coronaria sinistra (beide Äste) und der A. mesenterica caudalis dagegen überwiegend nach links. Für die Aa. carotides eines Falles von Situs inversus totalis bestand eine entgegengesetzte Orientierung der Spaltlinien der Media im Vergleich zur Verlaufsrichtung bei den Carotiden der Fälle von Situs solitus.

Unsere Befunde stellen einen Beitrag zur Vertiefung unserer Kenntnisse über die asymmetrische Strukturierung des menschlichen Körpers dar.

Literatur.

DOERR, W.: Virchows Arch. **310**, 304 (1943). — Dtsch. med. Wschr. **1947**, 570. Erg. Chir. **36**, 1 (1950). — KENNETH and STRONG: Anat. Rec. **72**, 151 (1938). — LUDWIG, W.: Rechts-Links-Problem im Tierreich. Berlin: Springer 1932. — Studium gen. **2**, 231 (1949). — SCHULTZE-JENA, B.S.: Morph. Jb. **83**, 230 (1939). —

Literaturangaben zur Statistik.

GOULDEN, C. H.: Methods of Statistical Analysis. New York: J. Wiley & Sons, Inc. 1939. — KENNEY, J. F.: Mathematics of Statistics, Teil I u. II. New York: D. Van Nostrand Comp., Inc. 1947. — LINDER, A.: Statistische Methoden. Basel: Birkhäuser 1945. — SNEDECOR, G. W.: Statistical Methods. Ames (Iowa): Collegiat. Press 1937.

Dr. med. E. M. BÖCKH, Physiologisches Institut
der Universität Heidelberg, Akademiestr. 3.