

ÜBER DIE STELLE UND STRUKTUR DER REZEPTOREN IM AORTENBOGEN DES RINDES

Von A. ABRAHÁM.

Aus dem Institut für Allgemeine Zoologie und Biologie der Universität, Szeged.

Einleitung

Anlässlich der letzten Sitzung der Zoologischen Fachsektion der Ungarischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft am 13. Oktober 1944 hielt ich einen Vortrag über »die Pressorezeptoren im Aortenbogen«. In diesem Vortrage, der 1945 in Band XLII. der »Állattani Közlemények« auch im Druck erschienen ist, berichtete ich, dass ich im Aortenbogen des Menschen, Rindes, Pferdes und Schweines sensible Nervenendkörperchen gefunden hatte. Diese Endkörperchen hatte ich schon damals — allein auf Grund der morphologischen Befunde — als Pressorezeptoren erkannt, die höchstwahrscheinlich zur Wahrnehmung des inneren und äusseren auf die Gefässwand einwirkenden Druckes dienen und vor allem die Aufgabe haben dürften, Erhöhungen des Blutdruckes wahrzunehmen und — den jeweiligen physiologischen Zuständen gemäss — den entsprechenden Zentren zu zuleiten (1). Die seither systematisch fortgesetzten Untersuchungen haben ergeben, dass Struktur, Form und Lokalisation der im Aortenbogen bzw. in den Arterienstämmen befindlichen Rezeptoren bei den verschiedenen Säugern verschieden sind, und es konnten sogar genügende Beweise dafür erbracht werden, dass Lage und Struktur der Rezeptoren die Verwandschaft, und diese wiederum die Phylogenie wiederspiegeln.

In letzter Zeit habe ich den Aortenbogen des Menschen eingehender studiert. Da sich hier in der Struktur und im Verlauf der sensiblen Fasern, sowie in Form und Gestaltung der Endkörperchen Besonderheiten bemerkbar machen, die den Verdacht nahelegten, es könnte sich dabei um pathologische Zustände handeln, legte ich grossen Wert darauf, dass Aortenbogen von Menschen verschiedenen Alters und Geschlechts zur Untersuchung gelangen. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen habe ich seither in vier Mitteilungen ausführlich berichtet (2, 3, 4, 5), arbeite aber auch heute noch unausgesetzt an diesem Problem, um so mehr, als sich im menschlichen Aortenbogen in der Struktur der Rezeptoren Besonderheiten und Feinheiten offenbaren, deren Erforschung und Beschreibung, sowie auch die Abgrenzung der Rezeptorenfelder, äusserst viel Zeit und Mühe beanspruchen.

Als sich später in der Lage der einzelnen Rezeptorenfelder sowie der Endigungen und Verbindungsformen der Rezeptoren bei den verschiedenen Säu-

getieren so charakteristische Einzelheiten ergaben, die Schlussfolgerungen auf die umbildende Wirkung von Lebensweise und Funktion gestatteten, beschloss ich, die Arterienstämme aller jener Säuger zu untersuchen, deren Gefäßsystem zur Zeit leichter zugänglich ist und Lokalisation und Grenzen der Rezeptorenfelder nicht nur im Aortenbogen, sondern auch in der Arteria pulmonalis zu ermitteln. Diesbezügliche Untersuchungen sind derzeit in mehreren Richtungen im Gange und als Ergebnis derselben konnte ich bereits bei mehreren Säugern die Rezeptorenformen erforschen und die Gefäßgebiete umschreiben, auf denen sich die Rezeptorenfelder ausbreiten. Über diese Verhältnisse beim Hunde wurde bereits früher berichtet (8). In dieser Arbeit habe ich die Struktur- und Verzweigungsverhältnisse der zum Aortenbogen und zum Truncus brachiocephalicus ziehenden Nervenäste und -fasern ausführlich geschildert, die histologischen Verhältnisse geklärt, die Rezeptorenfelder abgegrenzt und diejenigen Stellen bezeichnet, an denen sich die Rezeptorenäste den Gewebsschichten der Gefäßwand anschliessen. Später habe ich die Aortenbasis und den Aortenbogen, bzw. die Arteria pulmonalis des Rindes untersucht und die Rezeptorenfelder im Aortenbogen und der Arteria pulmonalis des Schweines erforscht. Zur Zeit sind Untersuchungen bezüglich der arteriellen und venösen Stämme des Menschen, Pferdes, Schafes, Büffels, Kaninchens, der Katze, Ziege und anderer Säugetiere im Gange. Im Folgenden möchte ich über die Untersuchungen am Aortenbogen des Rindes berichten, auf Grund derer es mir gelang, die Lage, Form, Struktur und Verbindungsverhältnisse der Rezeptoren zu klären.

Material und Methoden

Das Material wurde von der Schlachtbank Szegeds eingeholt und gewöhnlich in ganz frischem Zustande ein grösserer Aortenabschnitt — zusammen mit einem Teile der Arteria pulmonalis — herausgenommen und in 10%-igem neutralem Formalin fixiert. Diese Fixierung entsprach unseren Zwecken vollkommen, doch waren die Ergebnisse stets erfolgverheissender, wenn das Material eine Stunde lang nach LAWRENTJEW in AFA fixiert und erst dann in Formalin übertragen wurde. Meistens wurde das Material monatlang in der Fixierflüssigkeit belassen, da unseren Erfahrungen nach längere Fixierdauer günstigere Imprägnation in Aussicht stellt.

Aus dem fixierten Material wurden Gefrierschnitte von 20—30—40 μ Dicke hergestellt, die teils nach BIELSCHOWSKY—GROSS, teils nach BIELSCHOWSKY—ABRAHÁM (4, 7, 9) imprägniert und meistens nachvergoldet wurden. Mit beiden Methoden liessen sich in den meisten Fällen wunderschöne Präparate herstellen. Wir haben viele Präparate, in denen sich die verschiedenen komplizierten und meist auf grosse Gebiete ausgebreiteten Nervenendkörperchen in glänzend violett-schwarzer Farbe in an Blumensträusse erinnernden Formationen von dem völlig farblosen Grund abheben. Es erübrigts sich zu sagen, eine wie langwierige und mühevollc Arbeit das Imprägnieren und die mikroskopische Untersuchung dieser mächtigen Arterienabschnitte ist, da keinerlei Anhaltpunkte darüber zur Verfügung standen, wo in diesen Arterienstämmen die sensiblen Fasernsysteme und Endapparate zu suchen sind, deren eine spezielle Form ich in meiner ersten diesbezüglichen Arbeit niederschrieb (1). Selbstverständlich mussten, da wir bezüglich der Stelle der Rezeptoren nichts Bestimm-

tes wussten, alle in dieser Hinsicht wichtig scheinenden Gebiete in allen Einzelheiten durchgesehen werden. Es wurden deshalb aus der Gefässwand kleine Quadrate herausgeschnitten, diese zu Tangentialschnitten aufgearbeitet und sämtlich imprägniert. Es leuchtet ein, dass im Laufe dieser Untersuchungen mehrere tausend Schnitte hergestellt, imprägniert und nach entsprechender

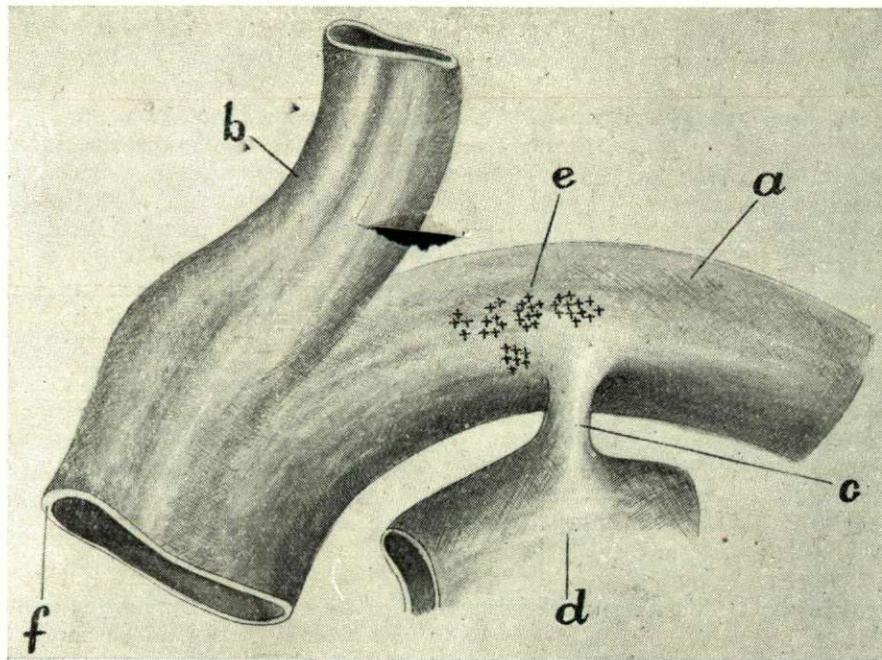


Abb. 1.: *Bos taurus*: Aorta. a: Arcus aortae; b: Truncus brachiocephalicus communis; c: Ligamentum arteriosum Botalli; d: Arteria pulmonalis; e: Rezeptorenfeld.

Auswahl mikroskopisch untersucht werden mussten, da es galt, die ganze vordere und hintere Hälfte des Aortenbogens aufzuarbeiten. Als Ergebnis dieser Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Rezeptorenfelder sich auf beide — sowohl auf die vordere, als auch auf die hintere — Oberfläche des Aortenbogens erstrecken. Das vordere Feld wurde genau umrissen (Abb. 1). Wenn nun jemand nach uns aus diesem Abschnitt des Aortenbogens Tangentialschnitte anfertigt und sie mit den geeigneten Methoden untersucht, so wird er an der in Abbildung 1 mit winzigen Kreuzen bezeichneten Stelle sämtliche Rezeptorenformen antreffen und auch klar sehen, wo und wie diese sich den verschiedenen Schichten der Gefässwand anschliessen.

Das Rezeptorenfeld breitet sich, wie Abbildung 1 zeigt, an der vorderen Seite des Aortenbogens, und zwar ganz nahe dem Ligamentum arteriosum Botalli, aus. Der Nerv tritt oberhalb des Ligamentum in die Aortenwand ein, verzweigt hier und zieht dann abwärts zur konkaven Seite des Bogens und

vorwärts zum Truncus brachiocephalicus. Letzteren erreichen die Fasern nie ganz, sie enden bzw. hören stets 1—2 cm vorher auf. Nach unseren Untersuchungen kommen derartige Rezeptorenfelder anderwärts nicht vor, weder an der Aortenbasis, noch in der Arteria pulmonalis. Wenn uns bei unseren Untersuchungen keine Fehler unterlaufen sind, können wir sagen, dass in der arteriellen Stämmen spezifische Rezeptoren nur am vorderen unteren und dem entsprechenden hinteren Teil des Aortenbogens nachweisbar sind.

Mikroskopische Untersuchungen

Die sensiblen Fasern treten in Gestalt kleinerer oder grösserer Bündel in Begleitung feinerer oder dickerer, wellig verlaufender, glattrandiger Fasern aus dem periadventitionalen Bindegewebe an der konvexen Seite des Bogens an der erwähnten Stelle in die äussere Schicht der Aortenwand ein. Hier treten die sensiblen Fasern allmählich aus den ~~Bündeln~~ heraus und zerfallen in dünne Zweige. Die Fasern, als sensible Vagusfasern, sind wie gewöhnlich überall, auch hier auffallend dick. Eine spezielle Besonderheit ist die dicke Markscheide, der sich ein verhältnismässig ebenfalls dickes Neurilemm anschliesst, dessen Kerne in gleichmässigen, aber relativ kleinen Abständen aneinander gereiht sind. Die sensiblen Fasern sind überall ganz charakteristisch, in ganz besonderer Form aber treten sie im Aortenbogen des Rindes in Erscheinung, wo sie reichlich mit homogenen Varixen auffallender Form, Grösse und Richtung beladen sind. Erfahrungsgemäss sind derartige Gebilde in der Regel für die Rezeptoren der Aorta, bis zu einem gewissen Grade auch für die sensiblen Fasern des Sinus caroticus und des Gefässsystems überhaupt, charakteristisch, nehmen aber bei den Wiederkäuern ganz eigenartige Formen an. Diese Gebilde folgen oft in Gestalt grösserer Falten so dicht aufeinander, dass sie der ganzen Faser sozusagen zieharmonikaartiges Aussehen verleihen. In diesen und anderen ähnlichen Fällen reihen sich innerhalb der aussergewöhnlich dicken Markscheide die Varixe trommelschlägerartig an der einen oder anderen Seite der Faser auf (Abbildung 2.). Übrigens treten — wie an der Abbildung gut ersichtlich —, ähnliche, aber flachere und breitere Gebilde auch im Endastsystem der Faser in grosser Zahl zutage. Die Achsenfäden zeigen oft kleinere oder grössere Einschnitte und Einkerbungen, so dass ~~der~~ ganze Achsenfaden am Rande eingerissen, sozusagen ausgefranst erscheint. Es gibt Fälle, und zwar ziemlich häufig, in denen im Verlauf des Achsenfadens sich viereckige, homogene Lamellen aneinanderreihen, welche nur durch ganz dünne Verbindungsglieder miteinander im Kontakt stehen. Noch häufiger sind die kugel-, ei- oder ellipsenförmigen Verdickungen. Für die verschiedenen Typen sind die Grössen- und Formschwankungen charakteristisch. Daneben kommen — wenn auch nicht allzu häufig — im Verlaufe des Achsenfadens grosse kugelförmige oder ellipsoide Knoten vor (Abbildung 3). Beim Anblick dieser, an anderen Gebieten des Nervensystems nicht wahrnehmbaren Gebilde erhebt sich unwillkürlich die Frage, welchem Zwecke diese eigentümlichen Formationen wohl dienen, welche Aufgaben sie wohl zu erfüllen haben. Wir wissen es nicht. Es könnte daran gedacht werden, dass wir dabei pathologischen Erscheinungen gegenüberstehen, dann aber müssten die im Aortenbogen aller untersuchten Rinder ziehenden sensiblen Fasern für pathologische Elemente gehalten werden. Schliesslich ist auch

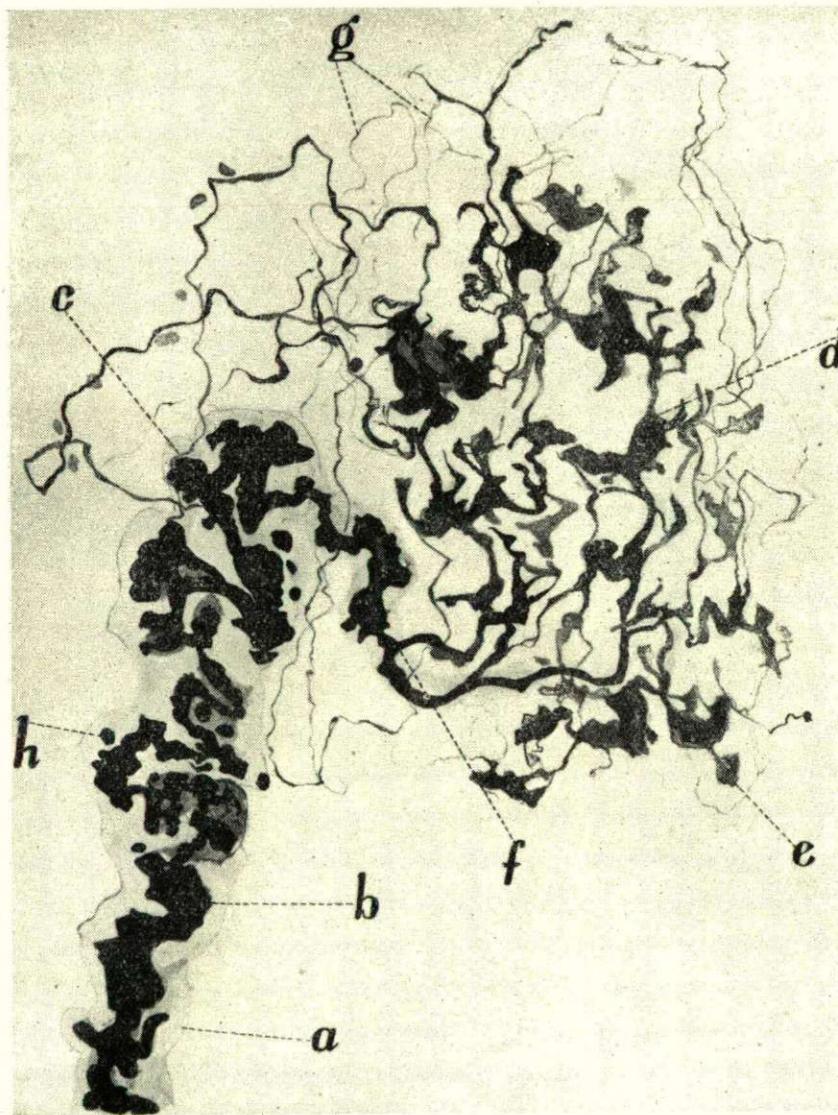


Abb. 2.: *Bos taurus*: Aorta, Nervenendkörper aus der Wand des Bogens. a: Markscheide; b: Achsenfaden; c: Varix; d: Zwischenlamelle; e: Endlamelle; f: Verzweigung; g: lockeres Knäuel. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 930 x. Photographisch auf $\frac{3}{4}$ verkleinert.

dies kein ganz inakzeptabler Standpunkt, dann aber müsste auch ausgesagt werden, dass im erwachsenen Alter das sensible Nervensystem aller Aortenbögen pathologische Veränderungen aufweise.

Die sonderbar strukturierten Markfasern verzweigen gewöhnlich, wie Abbildung 2 veranschaulicht, dichotom, manchmal sogar mehrmals nacheinander, gehen dann sukzessive in immer dünnerne Zweige über, welche über- bzw.

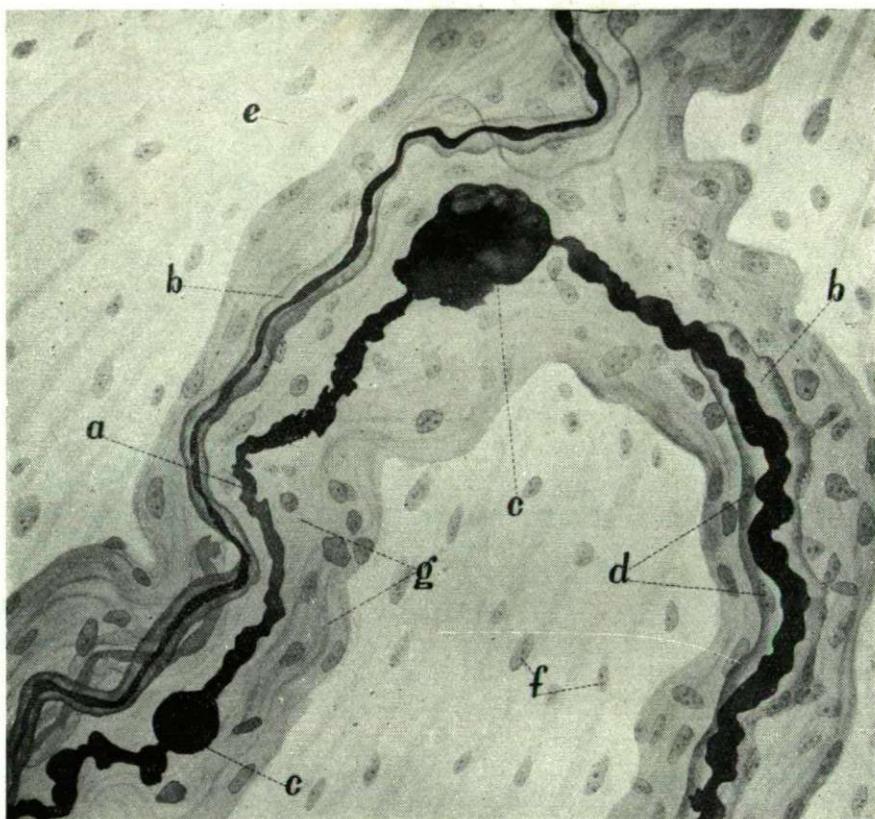


Abb. 3.: *Bos taurus*: Aorta. Nervenfasern aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Markscheide; c: Varix; d: Neurilemm-Kern; e: Bindegewebsfaser; f: Bindegewebsskern; g: Nervenfasernbündel. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 600 x. Photographisch auf die Hälfte verkleinert.

untereinander hinziehend mehr oder minder grosse, zuweilen lockere Endbäume bzw. knäuelartige Gebilde formen, deren ganz verjüngte Endfasern in kleineren oder grösseren, überaus nahe zueinander liegenden dreieckigen neurofibrillären Endlamellen enden.

Nicht selten, sondern für die sensiblen Fasern der Aorta einzig und ausschliesslich charakteristisch ist die monopodiale Verzweigungsform, wo der gemeinsamen Basis gleichzeitig drei wohlentwickelte Äste entspringen.

Andererorts treffen wir einfachere Verhältnisse an, die Fasern lassen die oben erwähnten Besonderheiten vermissen. Sie nehmen nur welligen Verlauf, ihr Rand ist glatt und die Zahl ihrer Seitenäste verhältnismässig gering. Die Fasern sind einsam weit zu verfolgen, erst gegen das Ende zu beginnen sie sich zu verzweigen, dann aber um so üppiger. Die Endäste schlängeln lange Strecken

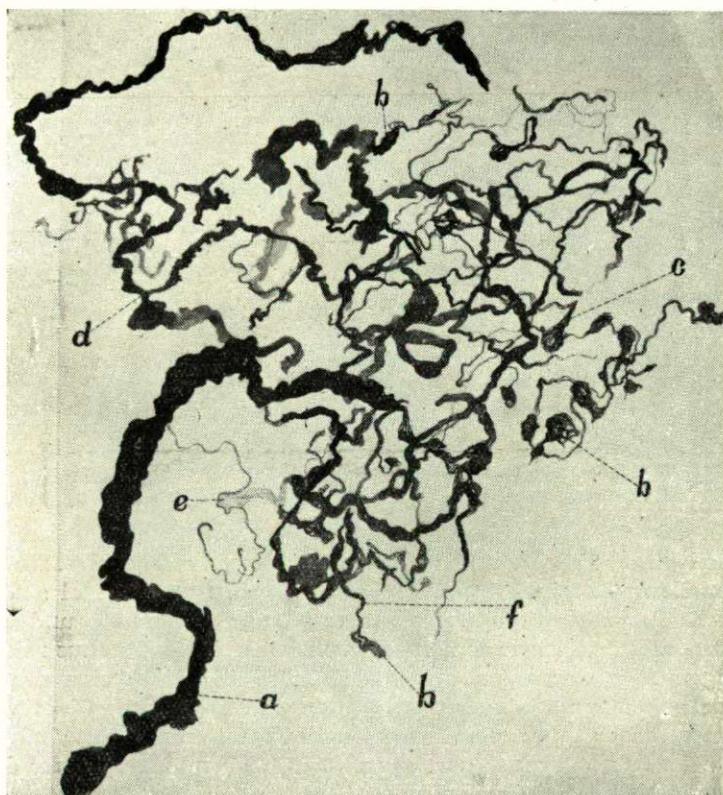


Abb. 4.: *Bos taurus*: Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Endlamelle; c: Zwischenlamelle; d: Verzweigung; e: Neurofibrille; f: Endfaser. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Verg. 600 x. Photographisch auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

hin und bilden ein weit ausgebreitetes, lockeres Knäuel, aber nur scheinbar, denn im Innern des Gebildes finden sich außer den interkalaren neurofibrillären Lamellen stets zahlreiche Endlamellen, die gegen eine geschlossene, knäuelartige Formation sprechen. Nicht selten entspringen derartigen Endsystemen auch glatte, dünne, ultraterminale Fasern, die zuweilen in benachbarte andere Endsysteme übergehen oder aber, nachdem sie eine kürzere oder längere Strecke in der Umgebung zurückgelegt haben, wieder in den Endkörper zurückkehren (Abb. 4, Tafel I, Fig. 1).

Es gibt sensible Fasern, die ganz unabhängig von den ähnlichen Gebilden verlaufen und deren Endsystem trotz der grössten Kompliziertheit so klar in Erscheinung tritt, dass man sich Vollkommeneres überhaupt nicht wünschen könnte. In welcher Form die Endsysteme in den einzelnen Fällen in Erscheinung treten, hängt natürlich einerseits weitgehend vom Zufall und andererseits von der Brauchbarkeit der Technik ab. Eine grosse Rolle spielt der Zufall bei der Anfertigung der Schnitte, ihm bleibt es überlassen, ob der erhaltene Endkörper vollständig oder nur mangelhaft hervortritt. Die Technik wiederum ist abhängig von der Eignung der verwendeten Chemikalien, der Geschicklichkeit, Sorgfalt und Geduld des Forschers. Wenn der Zufall günstig ist und als Ergebnis der sorgfältigen Arbeit die Versilberung gelingt, so treten alle primären, sekundären und Endäste, sowie auch die Endlamellen deutlich zutage. Eine besondere Interessantheit der Astsysteme bzw. Endästchen in der Aorta ist, dass sie — stellenweise unglaublich fein verjüngt — wieder ihre ursprüngliche Dicke erreichen und in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle weit überschreiten. Die dickeren Endäste sind gewöhnlich kompakt, Neurofibrillen werden in ihnen nur selten sichtbar. Die zweit- oder drittrangigen Seitenäste dagegen, sowie auch die feinen Endäste, sind vorwiegend stark fibrilliert (Abb. 5).

Die Neurofibrillen sind von verschiedener Dicke und, trotzdem sie sich hier und da ziemlich stark voneinander entfernen, von mehr oder minder parallelem Verlauf. Die Ästchen gehen allmählich in mit Endigungen versehene schlängelnde Endästchen über. Grösse, Form und Struktur der Endigungen sind selbst innerhalb ein und desselben Endsystems sehr verschieden. Die ganz feinen Endfaserchen enthalten terminal Endknötchen oder Endlamellen, die entweder kompakt, oder aber locker und gut fibrilliert sein können. Unter den Endlamellen finden sich grössere eckige oder spitze Elemente, in deren Innerem die Neurofibrillen ein knäuelartig geschlossenes Geflecht formen, denen sich Teillamellen mit feinen Stielchen anschliessen. In der Regel sind die verschiedenen Endlamellen in unübersehbarer Menge vorhanden und schliessen sich oft mit den Endstielchen den einzelnen Endfasern des überaus reichhaltigen baumförmigen Astsystems an, wie die Früchte an die Zweige des Baumes. Als Besonderheit der mannigfaltig geformten und lokalisierten Verzweigungen ist zu betonen, dass sich an den Fasern, dort wo die feinen Endverzweigungen entspringen, in der Mehrzahl der Fälle mehr oder minder grosse, dreieckige, lamellenförmige Verdickungen befinden (Abb. 6).

Bei glücklichem Zufall und sorgfältig durchgeführter Technik sind auch solche Präparate nicht selten, in denen außer der typisch geknotelten Hauptfaser und deren vollständigem Endsystem auch die Endlamellen in voller Zahl enthalten sind. Auch gehört es nicht zu den Seltenheiten, dass im mikroskopischen Bilde die Endstruktur fast aller dieser eigenartig gestalteten Endlamellen, ihr besonderer Bau und ihre charakteristische Anordnung einwandfrei sichtbar werden. In der Mehrzahl der Fälle sind die Lamellen überaus gross, dreieckig und mit mehr oder weniger langen Fortsätzen versehen, daneben können aber auch andere Formationen häufig beobachtet werden. In den Lamellen werden auch die Fibrillen gut sichtbar, die ein fein- oder grobmaschiges Netz bzw. Geflecht bilden. Dieses neurofibrilläre Geflecht ist von einer Schärfe, dass es meistens auch mit der stärksten mikroskopischen Vergrösserung ausgezeichnet studiert werden kann. Die Zahl der Endlamellen ist auch im Falle einer einzigen Faser ausserordentlich gross. Bedenken wir noch

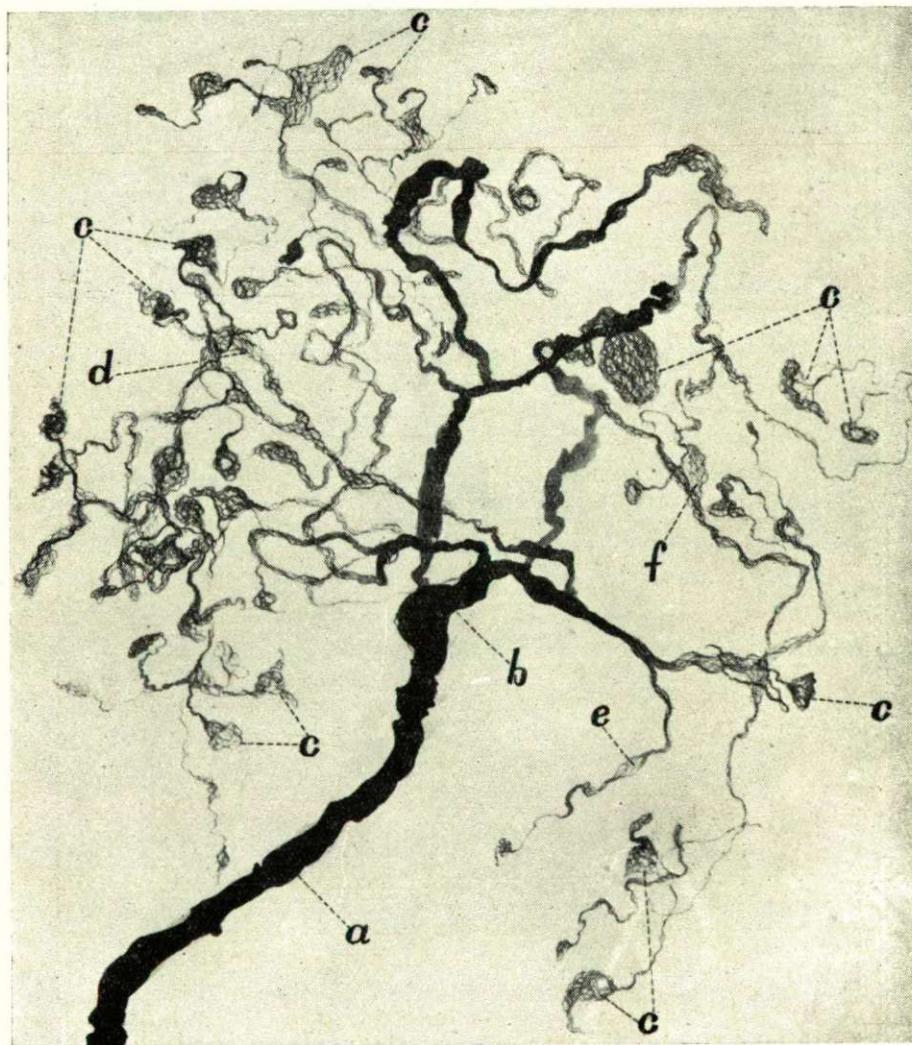


Abb. 5.: *Bos taurus*: Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens.
a: Achsenfaden; b: Verzweigung; c: Endlamelle; d: Zwischenlamelle; f: Neurofibrille.
BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 315 x. Photographisch auf $\frac{3}{4}$ verkleinert.

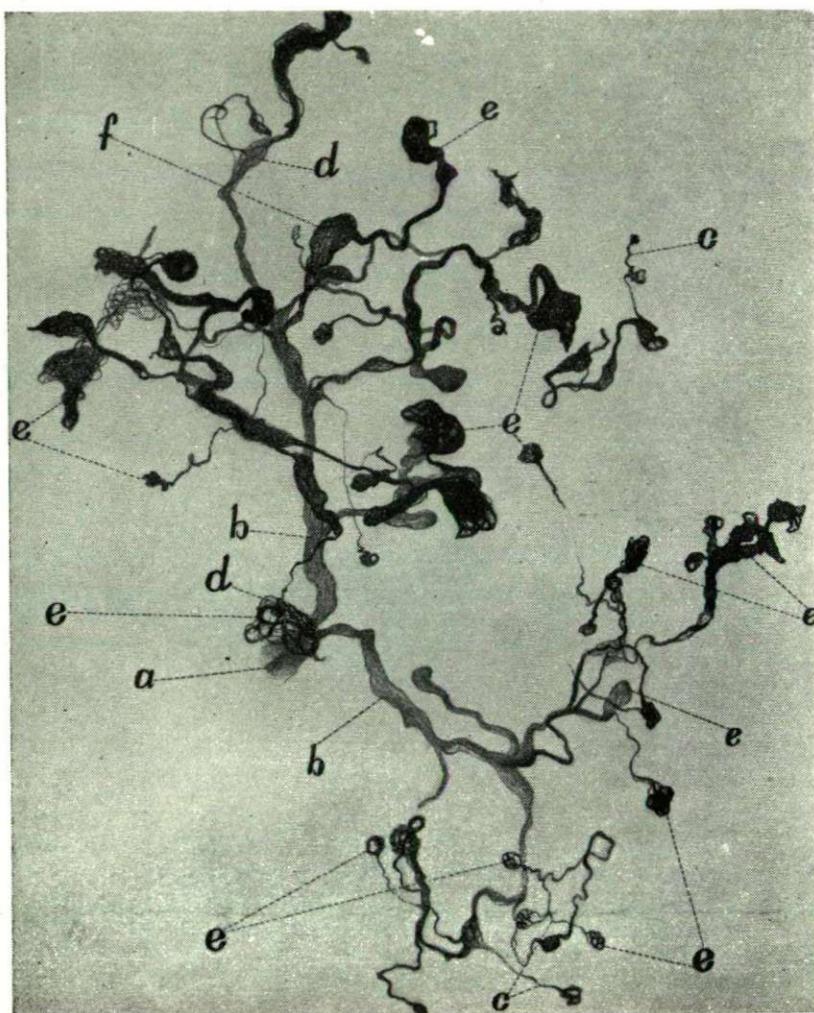


Abb. 6.: *Bos taurus*: Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Hauptast; b: Nebenast; c: Endast; d: Neurofibrille; e: Endlamelle; f: Zwischenlamelle. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 675 x. Photographisch auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

dazu, dass hier im Aortenbogen nicht von einem in einer Ebene sich ausbreitenden Lamellensystem, sondern von einem sehr üppigen Endbaumsystem die Rede ist, so lässt sich leicht vorstellen, ein wie gewaltiges Stück der Gefäßwand dem Einfluss einer einzigen sensiblen Faser untersteht (Abb. 7, Tafel I. Fig. 2).

Bedeutend komplizierter als die aus der Endverzweigung einer Einzelfaser sich ergebenden sensiblen Endkörperchen sind die aus den Endsystemen mehrerer sensibler Fasern zusammengeschlossenen Astsysteme. Die hierbei in Erscheinung tretenden Bilder sind gewöhnlich außerordentlich üppig, so dass die Geflechte kaum entwirrbar und die interkalaren und Endlamellen fast unzählbar sind. Natürlich ergeben sich manchmal grosse Abweichungen, je nach dem, ob das System des Endorganes das Astsystem einer oder mehrerer dicker sensibler Fasern aufnimmt. Wenngleich jedes dieser Endorgane von ganz eigenartigem Gepräge ist, halten wir es dennoch nicht für überflüssig, einige von ihnen — als mehr typische Formen — zu beschreiben.

Von den mehrfaserigen Endorganen haben vielleicht diejenigen die einfachste Struktur, in die eigentlich *eine dicke Hauptfaser* eintritt. Sehr beträchtlich aber ist auch die Zahl solcher Fasern, die aus den Endsystemen anderer Fasern hierher gelangen. In den meisten Fällen ist das Endsystem der Hauptfaser von diesen letzteren kreuz und quer durchwoven. In diesem Geflecht, welches sich auf den ästefreien und den Endabschnitt der Hauptfaser gleich ausbreitet, finden sich äußerst reichlich grössere oder kleinere eckige oder ovale Endlamellen. In diesen Endlamellen, die teils dem Endsystem der Hauptfaser, teils den Endzweigen der fremden Äste angehören, werden die Neurofibrillen deutlich sichtbar, die entweder parallel oder gitterförmig angeordnet sind oder ein Geflecht formen (Abb. 8).

Die mehrfaserigen sensiblen Endkörper sind oft noch verwickelter. Die Ursache hierfür ist, dass die fremden Fasern sich nicht nur dem peripherischen Teile des Endkörpers anschliessen, sondern auch die Hauptfaser selbst verfolgen und zuweilen sogar noch in den Abzweigungen gemeinsam mit ihr ziehen. In derartigen Fällen entstehen so komplizierte Endsysteme, dass an ihre genaue Niederzeichnung nicht zu denken ist. Wenn wir dennoch die zeichnerische Wiedergabe versuchen, so geschieht dies darum, weil die Photogramme, welche von den herrlichsten Präparaten angefertigt werden, stets nur ganz schwache und wertlose Nachahmungen bleiben. Sie beweisen zumeist nur, dass sich an den fraglichen Stellen Nervenfasern befinden, die miteinander und mit dem Wirtsgewebe irgendwelche Beziehungen haben. Dies bedeutet natürlich nicht, dass wir das Photographieren für nutzlos und nicht zweckentsprechend halten, sondern nur, dass die verwickelten Systeme, die als Rezeptoren des peripherischen Nervensystems hier und anderorts in grosser Menge und Formenreichtum erscheinen, nicht so photographiert werden können, dass das erhaltene Bild eine objektiv verwertbare Orientierung über die Struktur und die Verbindungsformen gestatte. Meiner Ansicht nach sind Zeichnen und Mikrophotographieren einander ergänzende Demonstrationsmittel, die gemeinsam zur Anwendung gebracht werden müssen. Aus diesem Grunde beschreiten auch wir im Folgenden diesen Weg. Es steht uns natürlich fern, für die Vollständigkeit und Vollkommenheit der Zeichnungen einzustehen, denn die Kompliziertheit der Endkörper und die Mannigfaltigkeit der verschiedenen starken Fasern bringt es mit sich, dass selbst die besten Zeichnungen sich nur als schwache Nachahmungen des

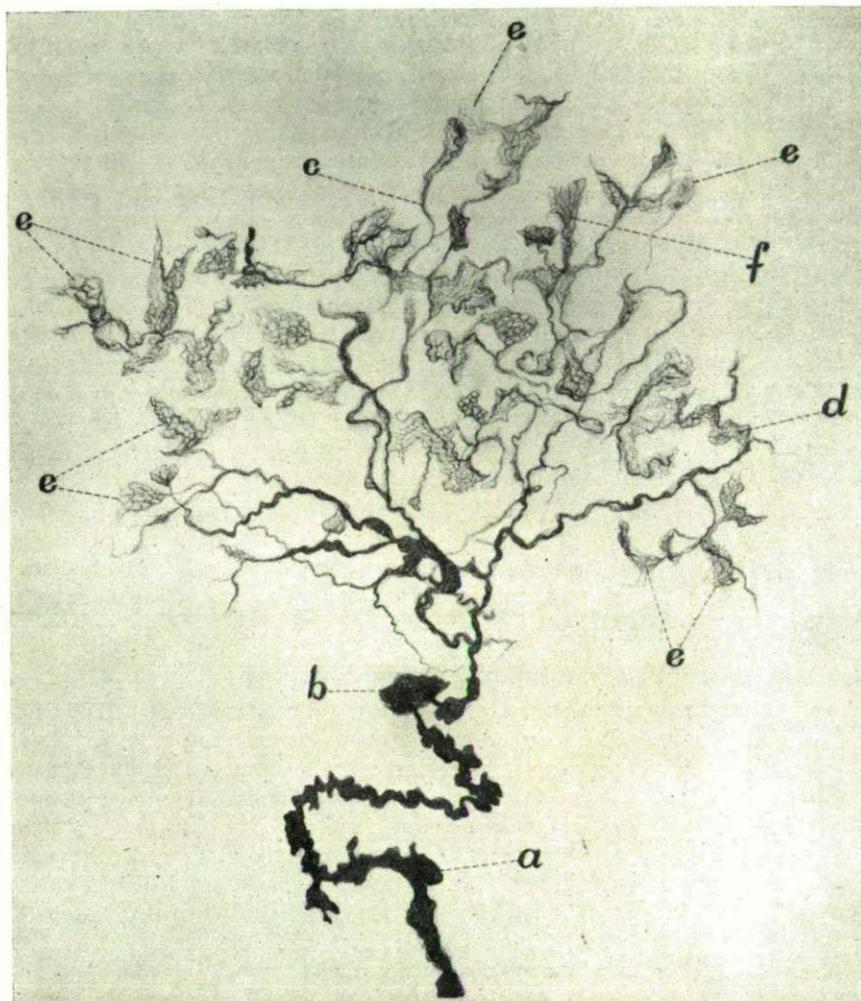


Abb. 7.: *Bos taurus*: Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Varix; c: Endfaser; d: Zwischenlamelle; e: Endlamelle; f: Neurofibrille. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 600 x. Photographisch auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

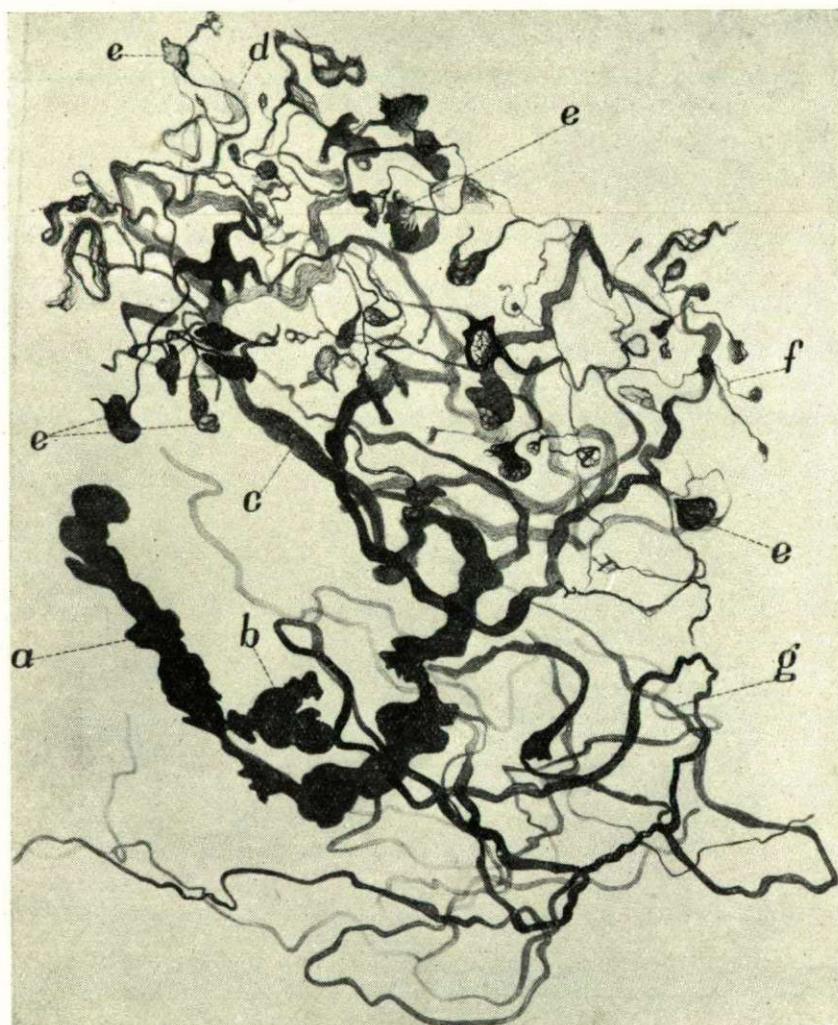


Abb. 8.: *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Varix; c: Neurofibrille; d: Zwischenlamelle; e: Endlamelle; f: Endast; g: lockeres Knäuel. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 675 x
Photographisch auf die Hälfte verkleinert.

Gesehenen erweisen. Von den Präparaten wird aber nicht — wie sogar manche Neurohistologen und Mikrotechniker mit ungenügenden experimentellen Erfahrungen annehmen — mehr zu Papier gebracht als sie enthalten, sondern umgekehrt, die Zeichnungen enthalten bei sachgemässer Anwendung unserer heutigen Technik stets nur einen kleinen Teil dessen, was in den in jeder

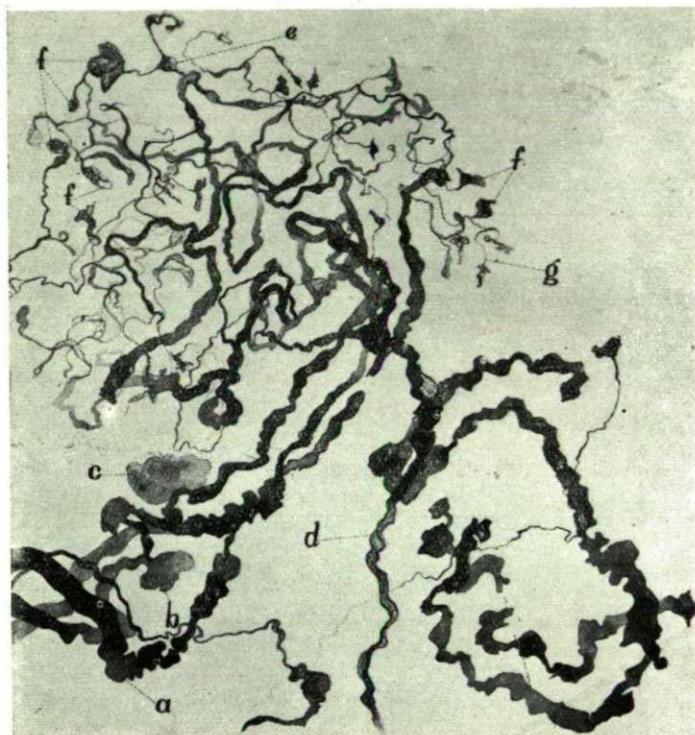


Abb. 9.: *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Varix; c: Varixlamelle; d: Neurofibrille; e: Zwischenlamelle; f: Endlamelle; g: Endast. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 675 x. Photographisch um die Hälfte verkleinert.

Hinsicht gut gelungenen Präparaten in ungeheurer Menge und glänzender Klarheit zutage tritt. Doch sind die Zeichnungen in der Neurohistologie viel mehr geschätzt als die Mikrophotogramme, die letztere in Bezug auf die Einzelheiten und Feinheiten nie etwas aussagen, weil bei der Bewertung der ganz feinen Endstrukturen die Mikrometerschraube ständig bewegt werden muss. Die Zeichnungen können also noch so vollkommen sein, sie bleiben doch nur eine ärmlich Nachahmung der wirklichen Verhältnisse.

In zahlreichen Fällen ziehen die sensiblen Fasern gleich von Anfang an zu mehreren in Richtung der Endorgane und halten die Verbindung auch weiter-

hin so stark aufrecht, dass sie bei einer solchen Gruppierung der Endsysteme sehr grosse Gefässwandstrecken und -schichten in die Rezeptionstätigkeit der kompakteren oder lockeren, überaus empfindlichen Faserngruppen mit einbeziehen. Die dicken Fasern sind häufig eng miteinander verbunden, bilden aber auch so zwei oder mehr grössere, geschlossene Systeme (Abb. 9). Natürlich gelingt es nur in den glücklichsten Fällen, die Systeme in einem einzigen Präparate in ihrer ganzen Vollständigkeit übersichtlich darzustellen. Meistens tritt nur das Endsystem des einen oder des anderen Interozeptoren in voller Deutlichkeit zutage. Das Bild ist aber auch in solchen Fällen derart reich, dass es über die hochgradige Empfindlichkeit und das Ausmass der physiologischen Realität auf das Vollkommenste unterrichtet.

Zuweilen ziehen mehrere dicke Fasern nebeneinander, um sich dann zu trennen und wellig weiterzuschlängeln. Später rücken sie einander wieder näher und formen infolge der Verflechtung der Seitenäste miteinander ein so kompliziertes sensibles Endsystem, das in seinen Details weder photographisch, noch zeichnerisch zuverlässig wiedergegeben werden kann. Soviel aber kann mittels sorgfältiger Zeichnung vor Augen geführt werden, dass diese komplexen, aber homonomen Endgeflechte eine Unmenge von Endfasern verschiedenen Ursprungs und verschiedener Anordnung enthalten. Letztere sind entweder auf ihrer ganzen Länge stark fibrilliert oder es sind in ihrem Verlauf gestaltlich stark variierende neurofibrilläre Zwischenlamellen eingeschaltet. Letztere, sowie die den Endfasern aufsitzenden neurofibrillären Endlamellen befähigen das System zur Wahrnehmung der aus den verschiedensten Richtungen kommenden Einwirkungen (Abb. 10, Tafel I, Fig. 3).

Unter den mehrfaserigen Endkörperchen sind nicht selten Formen anzutreffen, in denen sich die Endsysteme von drei — seltener vier — dicken Fasern zusammenschliessen. Natürlich sind dann die Endgeflechte von einer Dichte, die das Endsystem der einzelnen sensiblen Fasern nicht recht verfolgen lässt. Bei solchen Systemen scheint es sich hauptsächlich um leitende Formationen zu handeln, aber auch in diesen finden sich — wenn auch nicht in so grosser Zahl — Endlamellen, die stark fibrilliert und eckig sind und zusammen mit den zwischengeschalteten Lamellen den Rezeptionsabschnitt des Nervenendapparates bilden (Abb. 11).

Nicht selten sind auch Endkörper, in denen die Endsysteme der dicken Äste nach mehrfacher Gabelung und Verzweigung in ganz feine, leicht zu verfolgende, wellige Endfasern übergehen, an deren feinen Endzweigen runde oder elliptische Endlamellen sitzen. In den Lamellen, wie auch in den Endästen selbst sind die Neurofibrillen stets gut sichtbar. Die Endlamellen sind gegeneinander, und auch gegen die Elemente des Wirtsgewebes stets scharf abgegrenzt. Ein Übergang zwischen dem neurofibrillären System der Endlamellen und dem Wirtsgewebe gibt es nicht (Abb. 12).

Fällt die mikrotechnische Vorbereitung vom Gesichtspunkte der Untersuchung günstig aus, so ergeben sich auch mikroskopische Bilder, in denen die gröberen Geflechte wegbleiben und auch die Fasern der Endgeflechte nur in minderer Zahl erscheinen, während die Endlamellen in so grosser Fülle auftreten, dass sie das mikroskopische Gesichtsfeld sozusagen vollkommen einnehmen. An solchen Bildern können Form, Struktur, und Verbindungsformen der Endlamellen ausgezeichnet studiert werden. Besonders deutlich zeigt

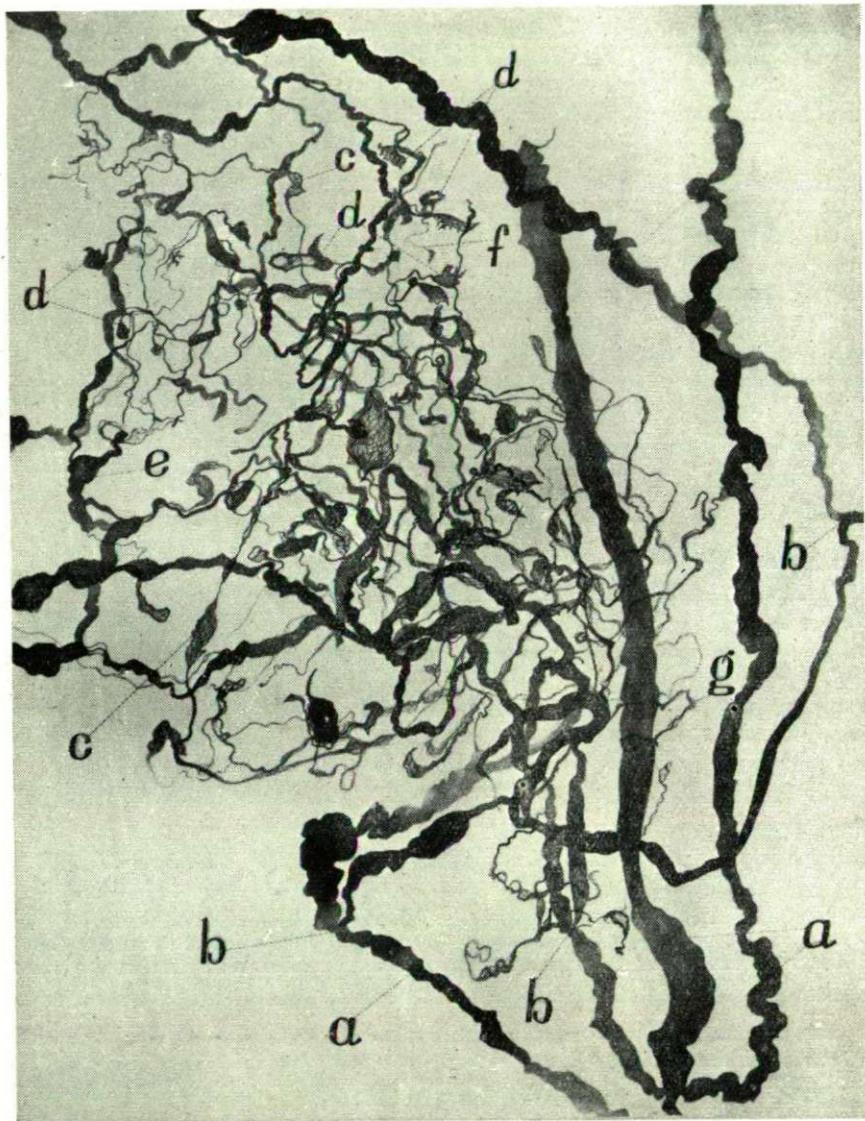


Abb. 10. *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens.
a: Achsenfaden; b: Verzweigung; c: Zwischenlamelle; d: Endlamelle; e: Varix;
f: Endast; g: Neurofibrille. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 675 x.
Photographisch auf $\frac{1}{3}$ verkleinert.



Abb. 11.: *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens.
a: Achsenfaden; b: Verzweigung; c: Zwischenlamelle; d: Endlamelle; e: Endast;
f: Neurofibrille. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergrösserung 400 x.
Photographisch auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

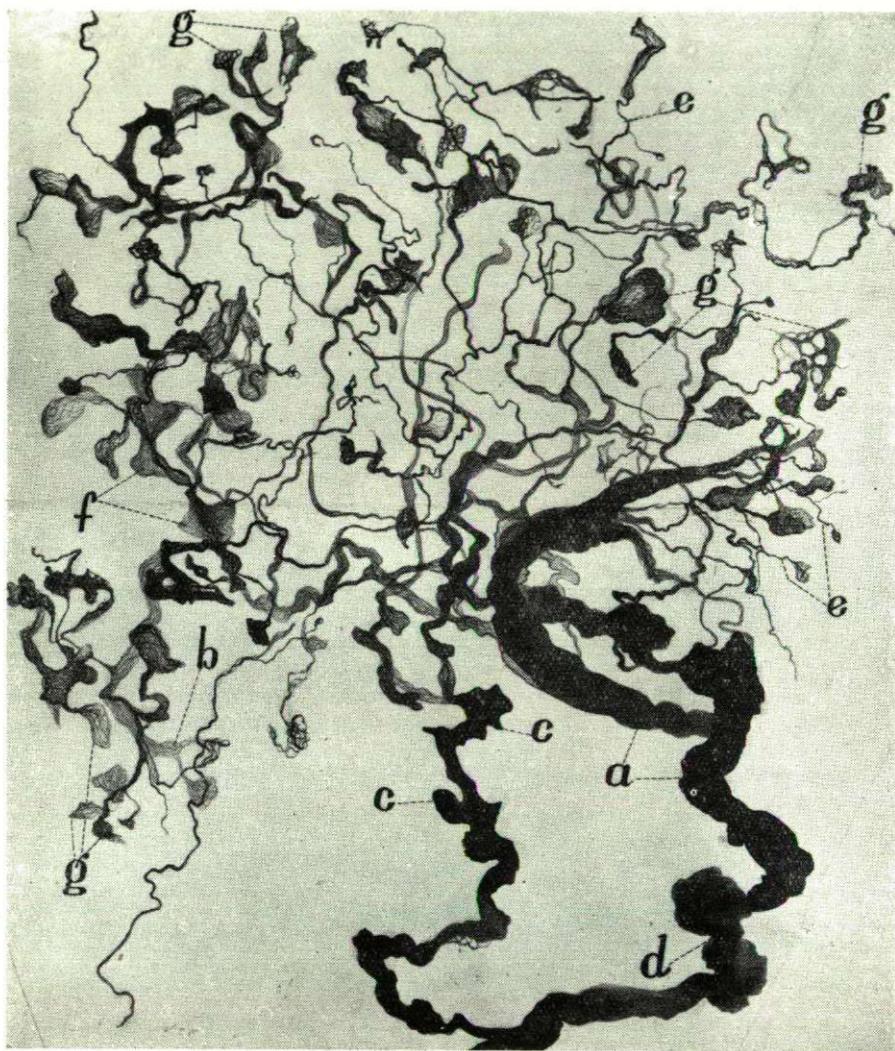


Abb. 12.: *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens.
a: Achsenfaden; b: Neurofibrille; c: Varix; d: Verzweigung; e: Endast; f: Zwischenlamelle; g: Endlamelle. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 675 x.
Photographisch auf die Hälfte verkleinert.

sich hier, dass die Endlamellen aus feinmaschigen Netzen bestehen und keinerlei Verbindung zu den benachbarten ähnlichen Gebilden unterhalten (Abb. 13).

Es gehört auch nicht zu den Seltenheiten, dass das aus dem Endsystem der dicken Faser gestaltete lockere Knäuelsystem von einer oder auch von mehreren Seiten her von einem Teil einer stark gewellten dicken Faser umschlun-

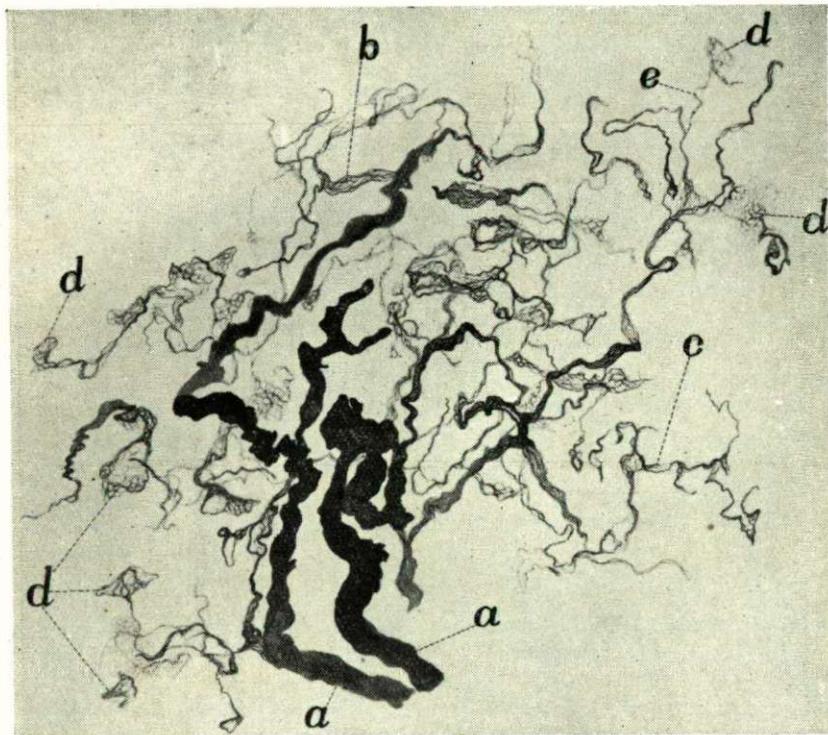


Abb. 13.: *Bos taurus*: Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Neurofibrille; c: Zwischenlamelle; d: Endlamelle; e: Endast. BIELSCHOWSKY-GROSS'sches Verfahren. Vergr. 600 x. Photographisch auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

gen ist. In solchen und ähnlichen Fällen hat es gewöhnlich den Anschein, als ob das Endsystem das rezeptorische Strahlensystem der dicken Faser wäre, dies ist aber tatsächlich nur Schein. In derartigen Bildern ist nämlich stets ganz einwandfrei festzustellen, dass sich dem System seitlich sekundäre Äste zugesellen, die zur Aufnahme der von den benachbarten Wandabschnitten kommenden Reize und deren Beförderung zum gemeinsamen System dienen (Abb. 14).

Nach der Schilderung einiger Typen der mehrfaserigen Endlamellen muss ausdrücklich betont werden, dass die Gruppierung der Endorgane in ein- und mehrfaserige Formen nicht selektiv und nicht immer zuverlässig ist. Denn wenn auch zweifellos die Rezeptionskapazität des mehrfaserigen Endkörperschens stets grösser ist als die eines solchen mit nur einer Hauptfaser, hat den-

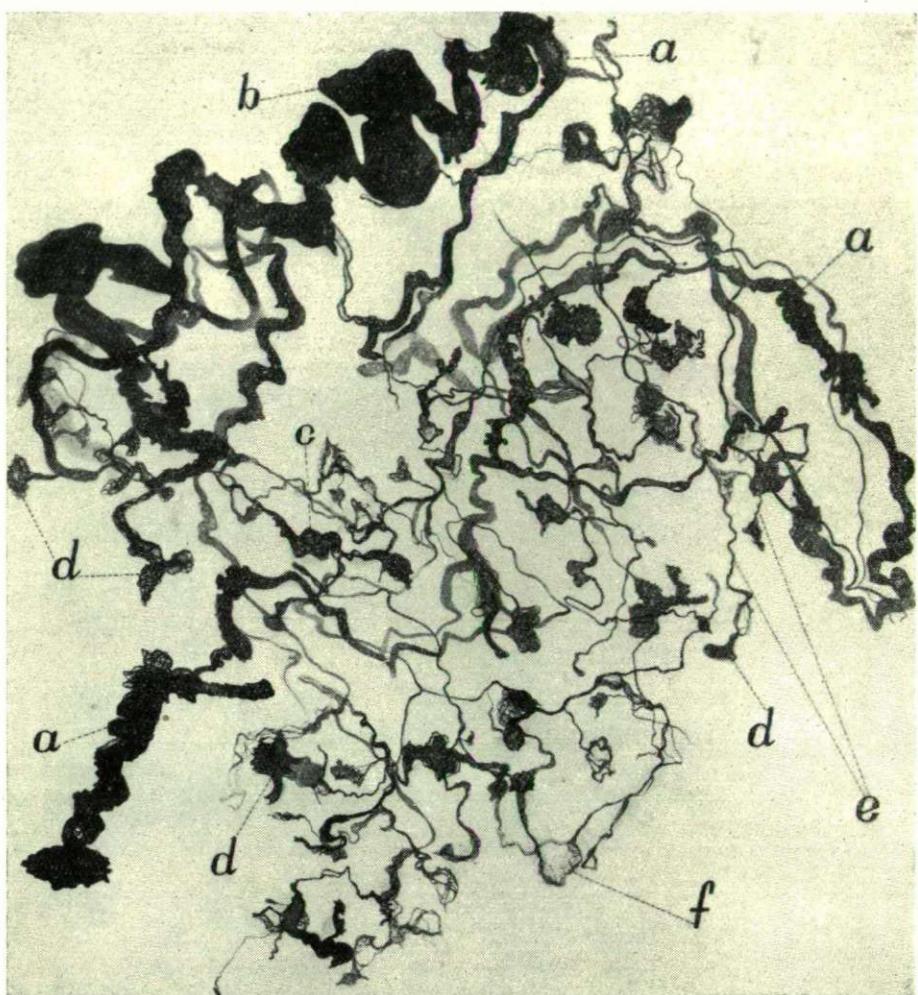


Abb. 14.: *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Achsenfaden; b: Varix; c: Zwischenlamelle; d: Endlamelle; e: Endast; f: Neurofibrille. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 675 x. Photographisch auf die Hälfte verkleinert.

noch die Basis der morphologischen Unterscheidung weder in dem einem, noch in dem anderen Falle allgemeine Gültigkeit. Im grössten Teil der Fälle besteht nämlich die Möglichkeit, dass die zu zweien oder zu dreien nebeneinander ziehenden Fasern nicht selbständige Elemente sind, sondern tatsächlich dem Zwischenastsystem einer einzigen Faser angehören. Dass dem so ist bzw. in der Mehrzahl der Fälle so sein kann, lassen einige ganz seltene Bilder vermuten (Abb. 15, Tafel II. Fig. 6). In diesen sich auf ganz grosse Gebiete erstreckenden Ge-

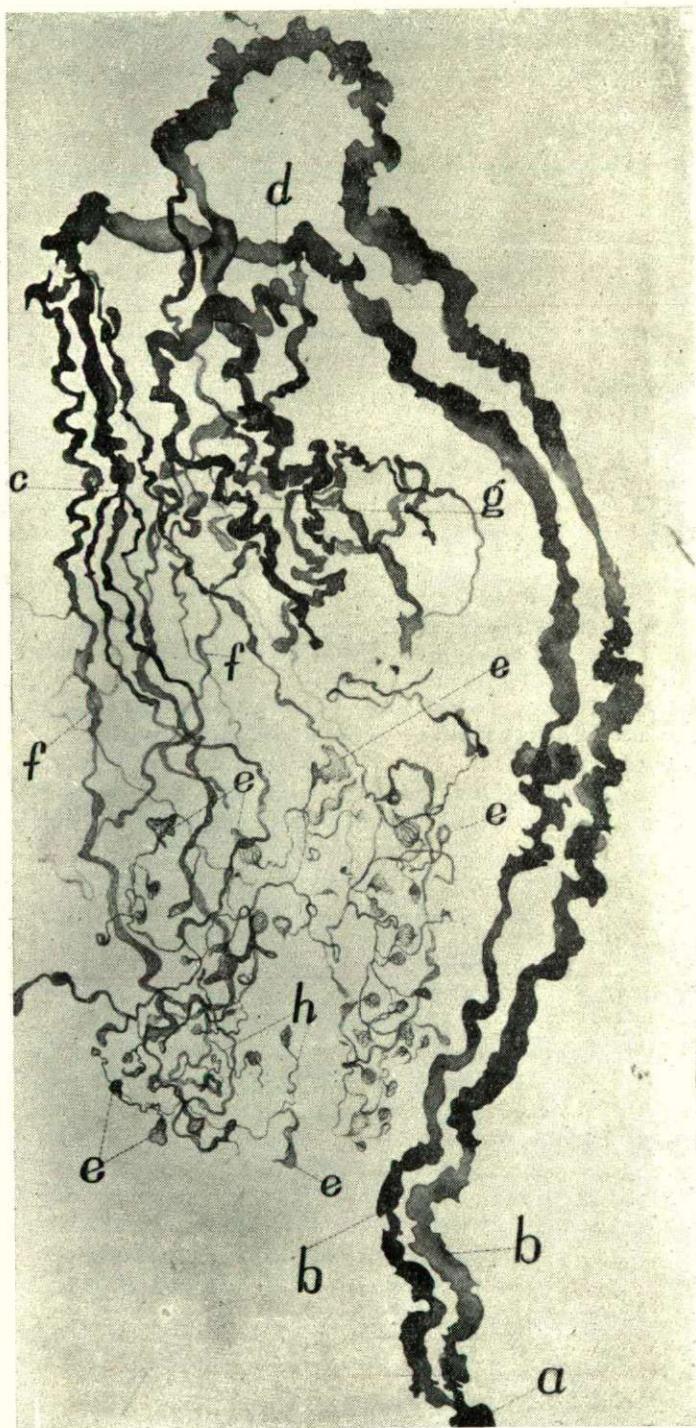


Abb. 15.: *Bos taurus*. Aorta. Nervenendkörperchen aus der Wand des Bogens. a: Hauptast; b: Nebenast; c: monopodiale Verzweigung; d: Varix; e: Endlamelle; f: Neurofibrille; g: Zwischenlamelle; h: Endast. BIELSCHOWSKY-ABRAHAM'schen Verfahren. Vergr. 800 x. Photographisch auf $\frac{1}{3}$ verkleinert.

bilden kann genau festgestellt werden, dass das reiche System, welches uns als das rezeptorische Endsystem zweier parallel laufender dicker sensibler Fasern erscheint, in Wirklichkeit das Endsystem einer einzigen Faser ist. Sehr deutlich wird dies in Abbildung 15 vor Augen geführt, wo die dicke sensible Faser dargestellt ist, wie sie in zwei ebenfalls dicke, glattrandige, etwas wellig verlaufende Fasern zerfällt, die eine Zeitlang parallel ziehen, um dann mehrmals nacheinander zu verzweigen. Die Äste sind typisch varikös und teilen sich weiter. Charakteristisch für die letzteren und für solche Fasern bei den Ungulaten — sowohl hier, als auch im Sinus caroticus-Gebiet — ist, dass sie monopodial verzweigen und zwar in dieser Form stets so, dass die Faser auf einmal in drei, gewöhnlich glattrandige, geradlinig verlaufende Fasern übergeht. Als Ergebnis dieser Verzweigungen entstehen äusserst feine Endastsysteme. Bezeichnend für sie, die nur höchst selten anzutreffen sind, ist, dass in ihnen die Fasern parallelen Verlauf nehmen und dann in längliche, an beiden Enden zugespitzte, stark und scharf fibrillierte Endlamellen übergehen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese oder ähnliche Bilder, wenn sie ohne Hauptfaser erscheinen, im Sinne des Gesagten als sensible Endapparate mit mehreren Hauptfasern qualifiziert werden. Natürlich ist dies ein extremer Fall, in den meisten Fällen sind jedoch objektive Grundlagen zur Differenzierung vorhanden.

Die Endigungsformen der rezeptorischen Fasern stimmen, wie bereits mehrmals bemerkt, im grossen und ganzen überein. Die meisten von ihnen sind dreieckige flache Körper, während andere rundlich oder elliptisch geformt sind. Strukturell stellen sie neurofibrilläre Geflechte oder Netze dar, die weder in ihrem Innern, noch aber in den zwischenständigen Gebieten Gebilde enthalten, die aus dem Nervensystem oder der Gefässwand stammen und als Specifikum angesprochen werden könnten, oder hinsichtlich der Funktion besonders verwertbar wären. Übrigens haben wir, um betreffs der Endverbindungen ein ganz objektives Bild zu erhalten, das eine — vielleicht am besten gelungene — Präparat mit ganz starker Vergrösserung untersucht und das erhaltene Bild zeichnerisch festgehalten (Abb. 16). Die Zeichnung wurde mit Hilfe des Zeichenapparates hergestellt und spiegelt — innerhalb der Grenzen der Möglichkeit — das mikroskopische Bild getreu wieder. Unseres Erachtens spricht das Bild, welches das ganze Endsystem einer einzigen Faser veranschaulicht, für sich und bedarf keines Kommentars.

Nach der Beschreibung der charakteristischeren Typen von Endapparaten muss einer besondern strukturellen Eigentümlichkeit Erwähnung getan werden, die ich ausser beim Rinde bisher nur beim Schweine gefunden habe. Sie besteht darin, dass die verschiedenen rezeptorischen Endorgane über eine eigene Gefässversorgung verfügen. Dies ist so zu verstehen, dass das sensible Endorgan von einer Kapillare gegen die benachbarten Gebiete völlig abgegrenzt ist. Natürlich kommt es auch vor, dass einzelne Lamellen des Endorganes über die Kapillarschlinge hinausragen, in den meisten Fällen aber bleiben sämtliche Elemente des Endkörpers innerhalb dieser Schlinge. Als mir diese Erscheinung zum ersten Male zu Gesichte kam, hielt ich sie für einen Zufall und mass ihr keinerlei Bedeutung bei, jetzt aber sehe ich in ihr ein interessantes und charakteristisches Phänomen. Eine Erklärung erblicke ich darin, dass die grössere und ausgedehntere Nervensubstanz hier, wie auch sonst überall, einer grösseren Nahrungs- und Sauerstoffmenge bedarf und ausserdem infolge der ständigen

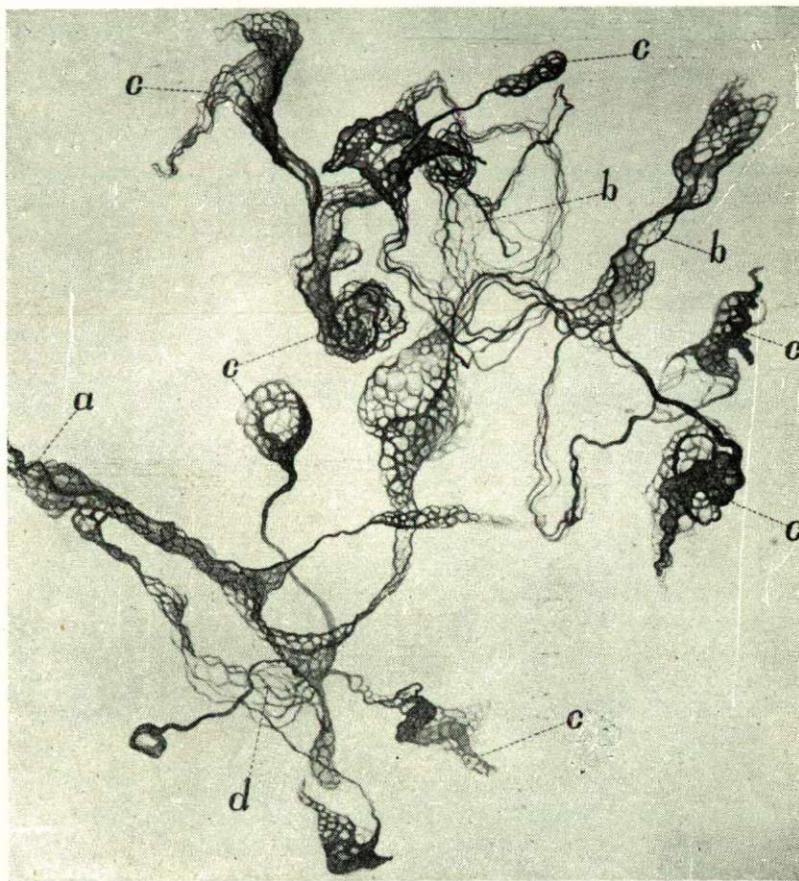


Abb. 16.: *Bos taurus*. Aorta. Neurofibrilläres Endsystem aus der Wand des Bogens.
a: Endfaser; b: Zwischenlamelle; c: Endlamelle; d: Neurofibrille. BIELSCHOWSKY—
GROSS'sches Vergahren. Vergr. 1800 x. Photographisch auf $\frac{2}{3}$ verkleinert.

Funktion auch grössere Mengen von Exkrementstoffen und CO_2 produziert. So wird es verständlich, dass dort, wo im mikroskopischen Bilde sonst keine einzige Blutkapillare zu erblicken ist, das sensible Endsystem über eine eigene Blutversorgung verfügt (Abb. 17).

Die weiter oben ausführlich beschriebenen Rezeptoren entstammen sämtlich Tangentialschnitten aus dem äusseren Abschnitt der Gefässwand, die vom periadventitionalen Bindegewebe gegen das Innere des Gefäßes fortschreitend hergestellt worden waren. Alle hier sichtbaren Bilder erwecken den Eindruck, als ob die Endkörperchen — in Richtung von aussen nach innen — flächenmäßig den äusseren Teil des Rezeptorenfeldes bis zu einer gewissen Tiefe in mehreren Schichten überdeckten, aber natürlich so, dass dessen ungeachtet das System als oberflächlich lokalisiert erscheint. Diesen Anschein erweckt die

Durchsicht der Tangentialschnitte, dies erscheint reell und entspricht der Ansicht, zu der ich auf Grund meiner älteren Untersuchungen gelangt war und die ich in meinen diesbezüglichen bisher erschienenen Arbeiten vertreten hatte. In diesem Sinne war meine Auffassung hier, wie auch hinsichtlich der Rezeptorenfelder anderer Aortenbögen, dass die Endkörperchen sich lamellenweise flach und massenhaft wiederholen, wodurch die besondere Empfindlichkeit der äusseren oberflächlichen Gefässwandschichten gesichert ist.

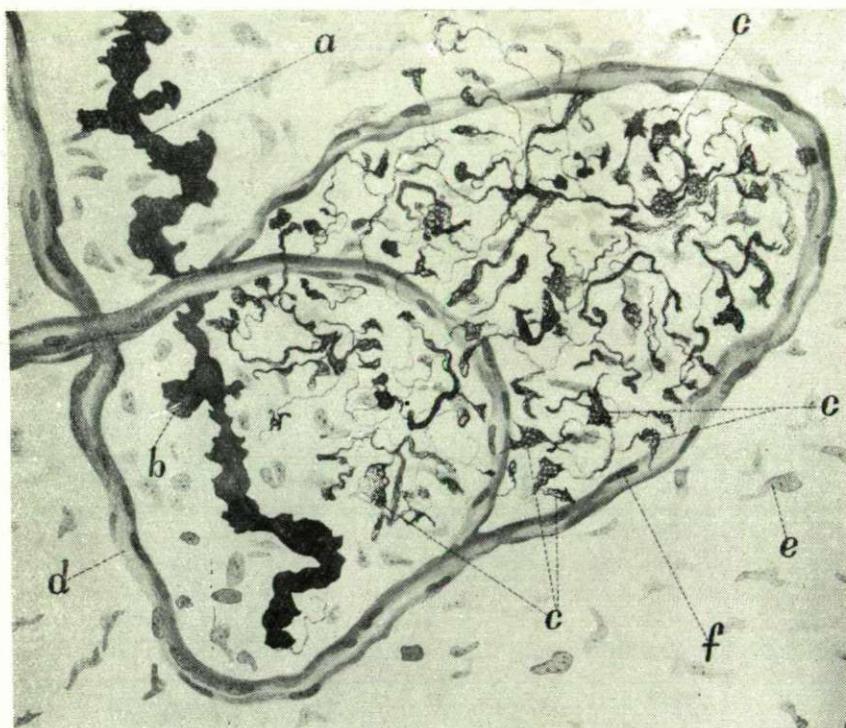


Abb. 17.: *Bos taurus*. Aorta. Blutkapillarenschlingen die Nervenendlamellen umgebend. a: Achsenfaden; b: Varix; c: Endlamellen; d: Kapillare; e: Bindegewebeskern; f: Endothelkern. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 600 x. Photographisch auf die Hälfte verkleinert.

Diskussion

Im Laufe der späteren Untersuchungen habe ich in Anbetracht der aussergewöhnlichen Dicke des Aortenbogens des Rindes zu erforschen versucht, wie weit die sensiblen Fasern bzw. Endorgane in die Tiefe zu verfolgen sind. Noch interessanter wurde die Frage, als in der Literatur Stimmen laut wurden, denen zufolge die Gefässintima nicht nervenlos ist, sondern hier sogar auch Depressorfasern enden. Um dieser Frage nachzugehen bzw. festzustellen, wie tief die

Rezeptoren in die Gefässwand eindringen, habe ich aus der Aortenwand, und zwar aus dem hinsichtlich der Innervierung jetzt schon bekannten rezeptorischen Abschnitt, zunächst Querschnitte in Richtung der Längs- und der Transversalachse des Gefäßes angefertigt. An diesen Schnitten konnte ich feststellen, woran ich zuvor absolut nicht gedacht hatte, dass nämlich die dicken sensiblen Fasern und Nervenendapparate nicht nur oberflächlich gelegene Gebilde sind, wie ich bisher angenommen und veröffentlicht hatte, sondern ganz bis in die Mitte der Wanddicke eindringen. Hier verzweigt ein Teil der Fasern und die aus der reichen Verzweigung hervorgehenden Endsysteme durchziehen die Gefässwand sowohl in transversaler, als auch in tangentialer Richtung. Demnach handelt es sich hier eigentlich nicht um oberflächlich über- und untereinander angeordnete, tangentiale, sensible Rezeptorenfeldersysteme, sondern um viel ausgebreiteter, mit Querästen, Querverzweigungen und quergelagerten, zwischengeschalteten und Endlamellensystemen durchwebte, reiche Rezeptoren-systeme, deren Sensibilität so natürlich eine viel ausgesprochenere und ge-steigertere ist.

Die Querschnitte lassen ferner auch feststellen, dass die sensiblen Endaparate nie über die Mitte des Wanddurchmessers hinausreichen. Da NONIDEZ und neuerdings A. BERSCH (10) berichteten, dass die rezeptorischen Endorgane sich in der Intima befinden, habe ich die Untersuchung dieser Verhältnisse mit besonderer Sorgfalt in Angriff genommen, zahlreiche Schnitte imprägniert und gründlich durchgesehen, aber nie einen Fall zu Gesicht bekommen, wo irgendeine sensible dicke Faser oder ein sensibles Endorgan auch nur teilweise mehr als die Hälfte der Wanddicke durchdrungen hätte.

Nach NONIDEZ endigen die depressorischen Fasern der Vögel in der Intima. Diese Feststellung vermag ich leider nicht zu bestätigen, da in unseren Schnitten aus der Aorta junger Eulen die Endigungen ausschliesslich auf die Media beschränkt sind. Eine ähnliche Meinung hege ich hinsichtlich der Untersuchungen von BERSCH, die neuerdings den Aortenbogen des Kaninchens mit dem Bodian-Ziesner'schen Verfahren untersuchte und in der Intima, auf einem kleinen, abgrenzbaren Gebiet, eigentümliche birnen-, keulen-, löffel- bzw. kegelförmige, 10—15 μ lange, kompakte Gebilde fand, die zahlreiche Nebenfasern entsenden. Diese eigentümlichen Nervenstrukturen nehmen in der Nähe des Endothels in der Intima Platz und wenden sich »wie die heliotropen Zweige einer Pflanze dem Licht« dem Endothel bzw. dem Lumen des Gefäßes zu. BERSCH hält diese eigentümlichen Körperchen für Nervenendigungen und belegt sie mit dem Namen »*Corpuscula originis nervi depressoris*« ungeachtet dessen, dass — wie sie selbst schreibt — »ein ununterbrochener Zusammenhang mit den ausführenden Nervenfasern, die von der Media ab nach aussen zu verfolgen sind, nicht gefunden werden konnte«. Meines Erachtens sind diese von BERSCH in mehreren Abbildungen mitgeteilten Körperchen keine Nerven und haben — falls es sich doch um Nerven handeln sollte — den Namen »*Corpuscula originis nervi depressoris*« zu Unrecht erhalten, da der Depressor in der Aortenwand nicht entspringt, sondern dort endet. Übrigens habe ich an Hand eigener Untersuchungen über die Innervierung der Kaninchenaorta gefunden, dass die Depressorfasern auch hier in der Media endigen und die Endstruktur — abgesehen von kleinen Abweichungen — hier die gleiche ist wie anderwärts (Abb. 18). Gegenüber der von anderen Autoren verlautbarten

Meinung möchte ich entschieden betonen, dass ich im Laufe meiner sich auf mehrere Jahrzehnte erstreckenden und an einem grossen Material durchgeföhrten eingehenden Untersuchungen in der Tunica intima weder im Ge-

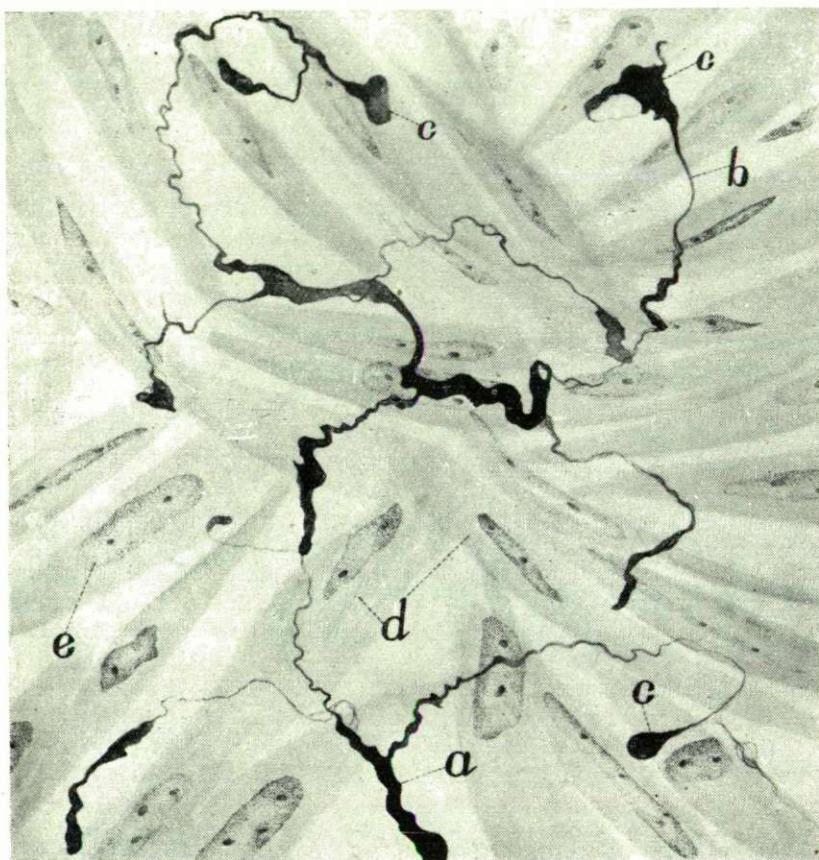


Abb. 18.: *Oryctolagus cuniculus*. Aorta. Sensible Nervenendigungen aus der Wand des Bogens. a: Hauptfaser; b: Endfaser; c: Endlamelle; d: glatte Muskelzelle; e: glatter Muskelzellkern. BIELSCHOWSKY—GROSS'sches Verfahren. Vergr. 1800 x. Photographisch um die Hälfte verkleinert.

fässsystem der Vögel, noch in dem von Säugetieren irgendwelche Nervenfasern entdeckt, sondern die Tunica intima stets nerverlos gefunden habe. Ich gestehe, dass dieser Befund auch mich sonderbar berührte, da ja auf diese Weise ein beträchtlicher Anteil der Gefässwand nerverlos bleibt; jedoch handelt es sich hier um Tatsachen, die die theoretischen Überlegungen in den Hintergrund drängen.

Schlussfolgerungen

Um auf die aus der Struktur erkennbare Funktion bzw. Sensibilität der Rezeptoren und die physiologische Rolle der spezialisierten Gefässwand im allgemeinen ein Licht zu werfen, habe ich die Gefässwand des Rindes an mikro-technisch vorbereiteten Längs- und Querschnitten untersucht. An diesen Schnitten konnte festgestellt werden, dass das allgemein bekannte Schema auf den Aortenbogen des Rindes nicht anwendbar ist. Hier herrscht nämlich eine ähnliche Systematik — oder eher Systemlosigkeit —, wie ich sie bisher in den Querschnitten der Arterienstämme der Vögel beobachtet habe. Die mit Hämatoxylin und Eosin und dann nach von GIESON mit Resorcin-Fuchsin gefärbten Präparate liessen feststellen, dass hier die typischen histologischen Schichten fehlen, die gewöhnlich in den Arterien, insbesondere in den Arterien des Menschen, abgegrenzt werden können. Die Wand wird von aussen durch ein wohlentwickeltes, an Fettzellen sehr reiches, periadventitionales Bindegewebe begrenzt, welches allmählich in eine zusammenhängende, aus kollagenen Fasern bestehende Schicht übergeht, die mit Recht für eine Adventitia gehalten werden kann. Die Tunica intima zeigt den Typ der Intima der allgemeinen Arterienwände. Ganz abweichende Verhältnisse bestehen dagegen in der Tunica media, wo sich folgende Situation darbietet.

In zirkulärer und longitudinaler Richtung verlaufen Bündel dünnerer und dickerer, glatter Muskeln, zwischen denen sich breitere, vorwiegend aus elastischen Fasern bestehende lockere Schichten ausbreiten. Unter Erwägung aller dieser Tatsachen möchte ich meine Auffassung über die Lage und Anordnung der rezeptorischen Endapparate folgendermassen modifizieren: die Rezeptorenfelder sind nicht nur in der Adventitia über- und untereinandergeschichtet, wie wir es bisher annahmen, sondern dringen auch in die Media vor, wo sie sich nicht nur auf den Muskelbündeln ausbreiten, sondern auch in den zwischen den Bündeln gelegenen elastischen Schichten ähnliche Endkörperchen formen wie in der Adventitia. Selbstverständlich wird dementsprechend die Empfindlichkeit der Gefässwand gesteigert, da so sowohl der von aussen als auch der von innen kommende Druck schneller auf die afferenten Endigungen übertragen wird und nebenbei auch die Bewegung der Wandschichten diese erregen kann. Hieraus folgt, dass Tiere wie das Rind, deren Organismus für anhaltende schwere Arbeit und mässiges Laufen gleich eingerichtet ist, — nach der Feinheit und Kompliziertheit der Struktur zu urteilen — für Blutdruckerhöhungen empfindlicher sind.

Nach der Beschreibung von Stelle, Struktur und Lage der Rezeptoren erhebt sich die Frage nach der Herkunft der Fasern, die die Rezeptorenfelder mit Endigungen versehen, bzw. in welcher Beziehung sie zum Vagus oder Hals-sympathicus stehen. Eine weitere Frage ist, ob das Rind einen eigenen Aorten-nerven besitzt und wenn ja, welcher Natur dieser ist, wo er entspringt, welchen Verlauf er nimmt und in welcher Beziehung er zum Vagus und Sympathicus steht. Die Beantwortung dieser Fragen dürfte meines Erachtens noch viel Arbeit erfordern. Da sie aber nicht in das Gebiet der Neurohistologie fallen, ist es auch nicht meine Aufgabe, sie zu beantworten. Da in der Literatur Angaben enthalten sind, die diesbezüglich als Wegweiser dienen können, möchte ich, um das Gesagte miteinander in Einklang zu bringen und dem Ganzen des Organismus einzuordnen, auch diese erwähnen, und zwar um so mehr, als

durch Vereinigung der anatomischen und histologischen Untersuchungen auch Richtung, Weg und Ausmass der Funktionen umrissen werden können.

Der Nerv, dem im Sinne der Literaturdaten die oben erörterten Rezeptorenfelder angehören, ist der an anderer Stelle häufig erwähnte und des öfteren eingehend beschriebene Aortennerv. Seinen Ursprung und Verlauf haben, soweit mir die Durchsicht der einschlägigen Literatur möglich war, im Falle des Rindes WITI 1948, DOGIEL 1911 und PERMANN 1924 (12) zu beschreiben versucht. Doch ist aus den Untersuchungen dieser Forscher, vornehmlich der beiden ersten, nur soviel festzustellen, dass bei allen Wiederkäuern die gemeinsame vago-sympathische Scheide vorhanden ist und, wie KOCH (11) schreibt, »Ein Ramus aorticus ist bei ihnen am Halse nur schwer oder garnicht zu finden«. Über die wirklichen Verhältnisse hat bisher PERMANN das meiste feststellen können, der von drei Kälbern bei einem an der rechten und bei einem an der linken Seite einen Nervenast fand, der nach kurzem Verlauf in die vago-sympathische Scheide eintrat und mit dem Nervus vagus verschmolz.

PERMANN fand ferner, dass sowohl der rechte als auch der linke Nervus vagus einen feinen Ast entsendet, der zu dem gemeinsamen arteriellen Stamm zieht, aus dem die Arteria anonyma, A. carotis communis und A. subclavia sinistra entspringen. Demnach zieht beim Rinde der Nervus depressor bzw. der Aortennerv eine Zeitlang ausserhalb der vago-sympatischen Scheide, ist also selbständige; später gelangt er für eine kürzere oder längere Strecke in die gemeinsame vago-sympathische Scheide, um dann, aus ihr herausgetreten, auf den Aortenbogen überzutreten.

Fassen wir die in ihren Einzelheiten unsicheren bisherigen anatomischen Untersuchungsergebnisse über den Aortennerven des Rindes zusammen, so ergibt sich, dass ein besonderer Nervenast auf die Aorta tritt und zwar nach der Zeichnung PERMÁNN's nahe der Basis des Truncus brachiocephalicus. Es kann also ausser Zweifel gestellt werden, dass, wenn das Rind Aorticufasern besitzt, diese einzig und allein in diesem Aste ziehen können, natürlich nur dann, wenn auf dem Verzweigungsgebiete des Nerven, oder etwas davon entfernt, die charakteristischen Rezeptorenapparate tatsächlich nachweisbar sind.

Da im Sinne der obigen Untersuchungsergebnisse — wenn auch nicht genau dort, wo es auf Grund der makroskopisch-anatomischen Untersuchungen PERMANN's zu erwarten gewesen wäre — wirklich ein kompliziertes, aus einem reichen System von Nervenendorganen bestehendes rezeptorisches Feld existiert, kann — auch wenn uns die entsprechenden Durchtrennungsversuche nicht zur Verfügung stünden —, festgestellt werden, dass dieses Rezeptorenfeld nichts anderes ist als das Endsystem des von PERMANN erkannten Nervenastes. An Hand derartiger Überlegungen und gestützt auf die oben erwähnten neurohistologischen Untersuchungen ergibt sich, dass auch das Rind depressorische Fasern besitzt, die gemeinsam mit sympathischen Fasern in die Gefässwand eintreten, wo sie sich sowohl an der vorderen, als auch an der hinteren Seite mit den für die Endigungsformen des Aortennerven charakteristischen reichen und feinen Endstrukturen den zwei äusseren Gewebsschichten der Gefässwand anschliessen. Die Endstrukturen sind für das Rind und somit auch für die Ungulaten charakteristisch.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der am Aortenbogen des Rindes mit dem BIELSCHOWSKY—GROSS'schen, bzw. dem BIELSCHOWSKY—ABRAHÁM'schen Verfahren durchgeführten neurohistologischen Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. An der vorderen Oberfläche des Aortenbogens, unmittelbar dort, wo das Ligamentum arteriosum Botalli seinen Ausgang nimmt, sowie dementsprechend an der hinteren Oberfläche, breitet sich auf einer Fläche von 1 cm Länge und 1,5 cm Breite in der Mitte der Wand je ein überaus reiches Rezeptorenfeld aus, in denen sich die verschiedensten sensiblen Endkörperchen aneinanderreihen.

2. Die Fasern, deren reiche Endastsysteme diese sensiblen Endsystemformen darstellen, sind überaus dick und in ihrem Verlauf sind relativ grosse, kompakte ovale oder viereckige Lamellen bzw. trommelschlägerartige Gebilde eingeschaltet, welche dem Achsenfaden ein eigenartiges Gepräge verleihen. Diese Erscheinung ist charakteristisch für das Rind und damit für die übrigen Ungulaten. Die Verzweigung der Fasern ist oft eigenartig und ebenfalls charakteristisch. Die Äste sind nach ihrem Ausritt stark verjüngt und nehmen dann wieder ihre ursprüngliche Dicke an oder werden sogar noch dicker. Ziemlich häufig und bezeichnend für das Rind — gleichzeitig aber auch für die übrigen Ungulaten — ist die monopodiale Verzweigung, wobei der gemeinsamen Basis gewöhnlich drei glattrandige Fasern entspringen, die parallel verlaufen und etwa gleich grossen Kalibers sind.

3. Die sensiblen Endorgane sind teils weit ausgebreitete, reiche dendritische Endverzweigungen, teils lockere Knäuel oder eine mehr oder weniger dichte Kombination der beiden. Die Endästchen der erstenen endigen vorwiegend in grossen dreieckigen oder rundlichen neurofibrillären Endlamellen, die gegeneinander und gegenüber dem Wirtsgewebe stets scharf abgegrenzt sind.

4. Einige der sensiblen Endkörperchen werden von dem Endastsystem einer dicken Faser gebildet, während in andern die Endsysteme zweier oder mehrerer Fasern zusammentreten. Letztere beziehen grössere Wandabschnitte mit in den Kreis der Rezeptionstätigkeit einer Endkörperchenform ein.

5. Die verschiedenen Endsysteme verfügen über eine eigene Blutgefäßversorgung. Die besonderen Ernährungsansprüche des Nervengewebes, insbesondere aber der hohe Sauerstoffverbrauch sind es, die diese eigenartigen Strukturen notwendig machen. Diese spezielle Form der Gefäßversorgung der Endorgane ist charakteristisch für die Huftiere.

6. Ein Teil der Endorgane lagert sich flach tangential parallel zur Längsachse, während die anderen transversale Richtung nehmen. Die Fasern dieser beiden Systeme kreuzen einander mehrmals. Beide Systeme sind einwärts nur bis zur Mitte der Gefäßwand zu verfolgen, noch weiter einwärts davon kommen weder dicke sensible Fasern, noch irgendwelche andere sensible Endsysteme vor.

7. Sensible Endkörperchen finden sich ausschliesslich in der Adventitia und in der Media. In der Intima sind weder dicke Fasern, noch Endsysteme zu imprägnieren. Besonders in der Intima haben bisher Nervenfasern auch anderer Art nicht nachgewiesen werden können.

8. Bei den neuerdings von BERSCH aus der Intima des Aortenbogens des Kaninchens mitgeteilten Gebilden handelt es sich höchstwahrscheinlich nicht

um Nervenendorgane. Es sind dies entweder Bindegewebelemente oder Kunstprodukte. Die Depressorfasern endigen auch beim Kaninchen in der Muskulatur der Media und zwar in ähnlicher Form, wie an den entsprechenden Gebieten anderer Aortenbogen.

9. Die histologischen Schichten der Aortenwand beim Rinde sind nicht typisch. In der Media wechseln Lamellen der glatten Muskulatur mit solchen des elastischen Bindegewebes ab. Da die sensiblen Endorgane an beiden Systemen nachweisbar sind, liegt es auf der Hand, dass diese ausser dem von aussen und vom Lumen her auf die Gefässwand einwirkenden Druck auch die Bewegungen der Gefässwandelemente wahrnehmen, wodurch die Empfindlichkeit der Wand noch gesteigert wird.

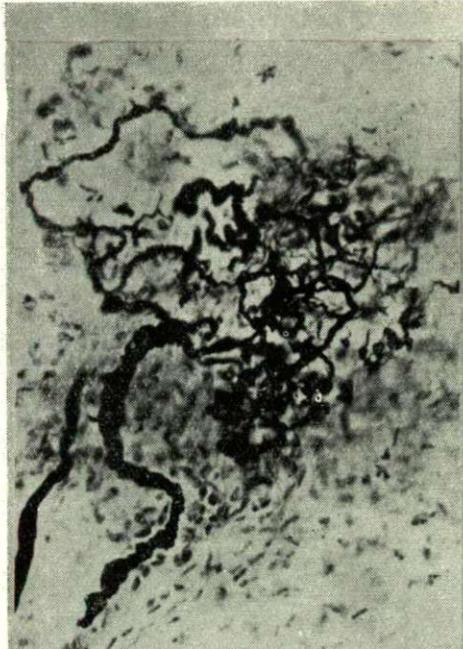
10. Die neurohistologischen Untersuchungen setzen auch in Ermangelung makroskopisch-anatomischer Kenntnisse und experimenteller Eingriffe ausser Zweifel, dass die zu den Rezeptorenfeldern des Aortenbogens ziehenden Nervenfasern dem Nervus depressor angehören.

Literatur

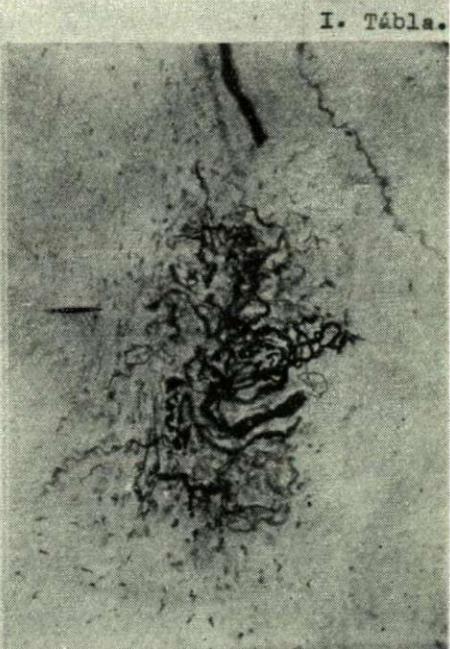
1. Ábrahám, A.: Pressoreceptorok az aortaívben. Pressorezeptoren im Aortenbogen. Állattani Közlemények **XLII**, 14—19 (1945).
2. Ábrahám, A.: Receptors in the wall of bloodvessels. Hung. Acta Biol. **I**, 157—175 (1949).
3. Ábrahám, A.: Further investigations on the structure and the endings of the nervus depressor in man. Acta Biol. **I**, 165—178 (1950).
4. Ábrahám, A.: Die Innervation der Blutgefässe. Acta Biol. **IV**, 69—160 (1953).
5. Ábrahám, A.: The Innervation of Blood Vessels. Acta Morph. Hung. **I**, 250 (1951).
6. Ábrahám, A.: Blood pressure and peripheral nervous system. Acta Biol. **IV**, 307—365 (1953).
7. Ábrahám, A.: Die intramuralen Nerven der Kranzgefässe. Acta Zool. **III**, 13—29 (1951).
8. Ábrahám, A.: Az aortaideg szerkezete és végződésformái a kutya arteriás törzseiben. Struktur und Endigungsformen des Aortennerven in den arteriellen Stämmen des Hundes. Annales Biol. Univ. Hung. **I**, 325—340 (1951).
9. Ábrahám, A.: The comparative histology of the stellate ganglion Acta Biol. **II**, 311—354 (1951).
10. Bersch A.: Histologische Untersuchungen über den Ursprung des Nervus depressor in der Intima aortae des erwachsenen Kaninchens. Ztsch. f. mikr. anatom. Forschung, Bd. **60**, H. 2, 289—307. Leipzig (1954).
11. Koch, E.: Die reflektorische Selbststeuerung des Kreislaufes. Ergebnisse der Kreislaufforschung, 234. Dresden und Leipzig (1931).
12. Permann, E.: Anatomische Untersuchungen über die Herznerven bei den höheren Säugetieren und beim Menschen. Ztschr. f. Anat. u. Entwicklungs geschichte, **LXXI**, 382—457 (1924).

Tafel 1.

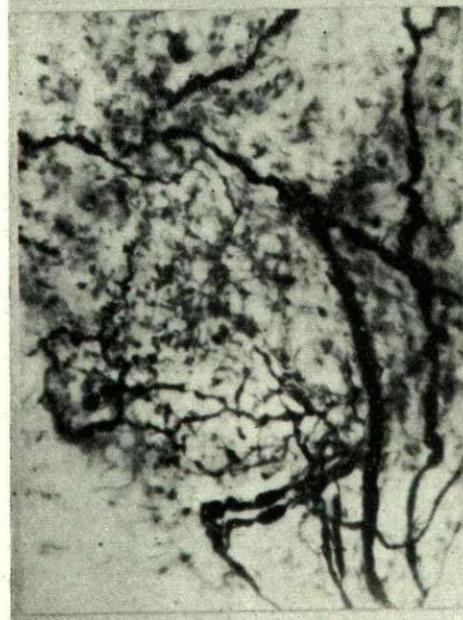
I. Tábla.



1



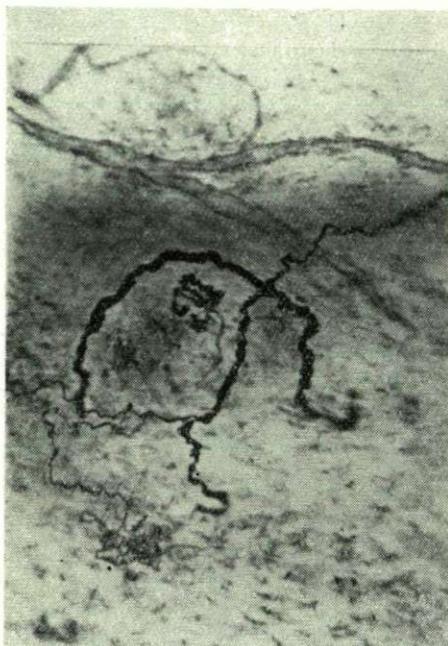
2



3



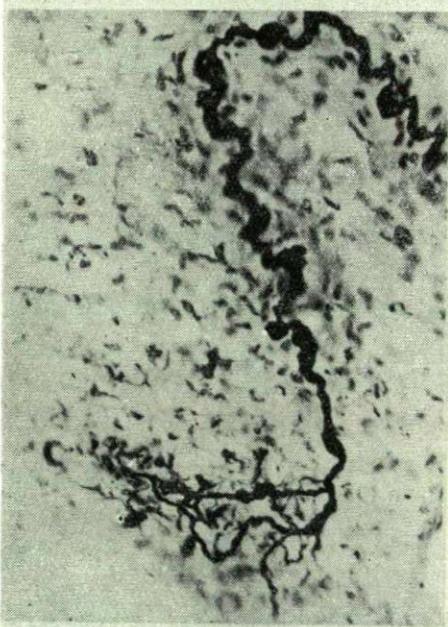
4

Tafel II.

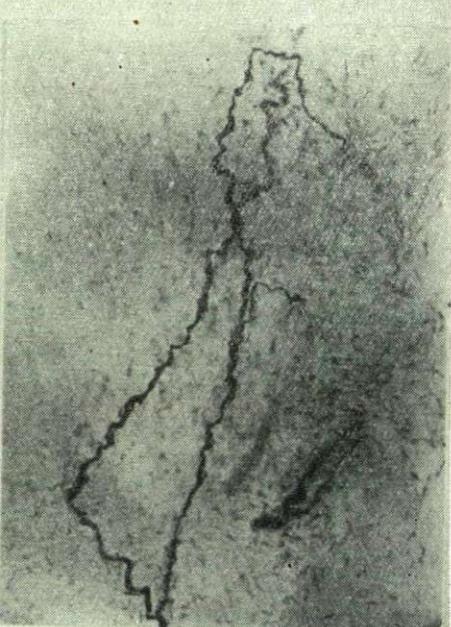
5



6



7

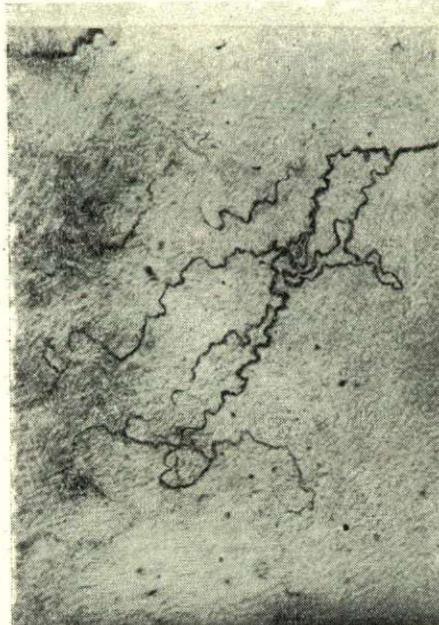


8

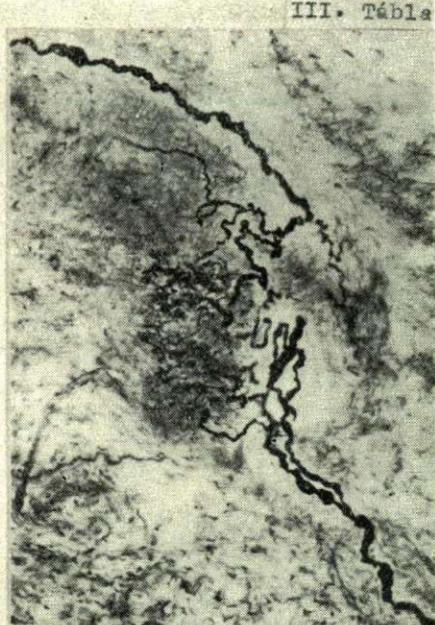
II. Tábla.

Tafel III.

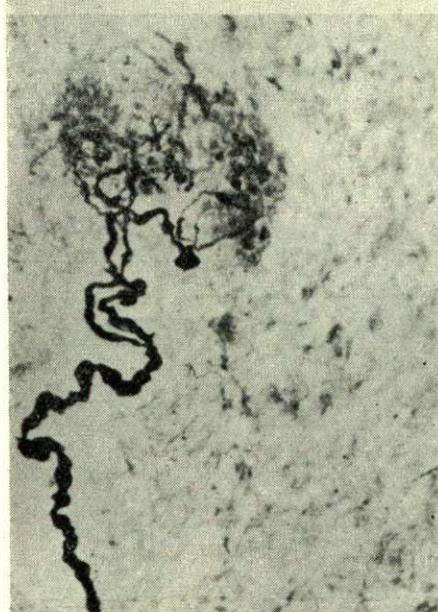
III. Tábla



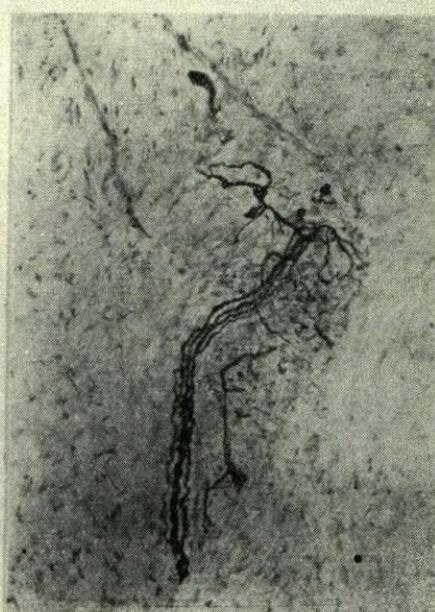
9



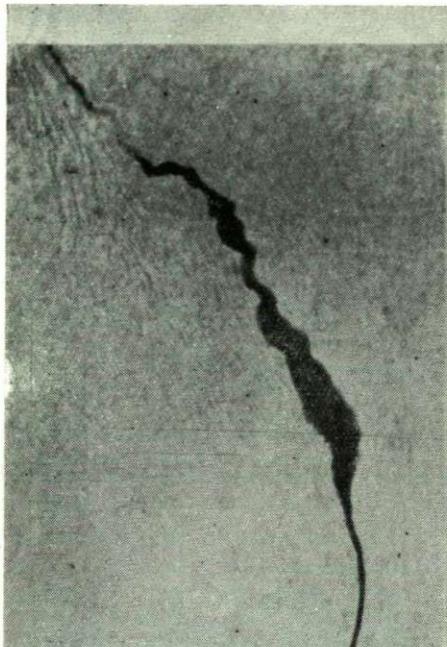
10



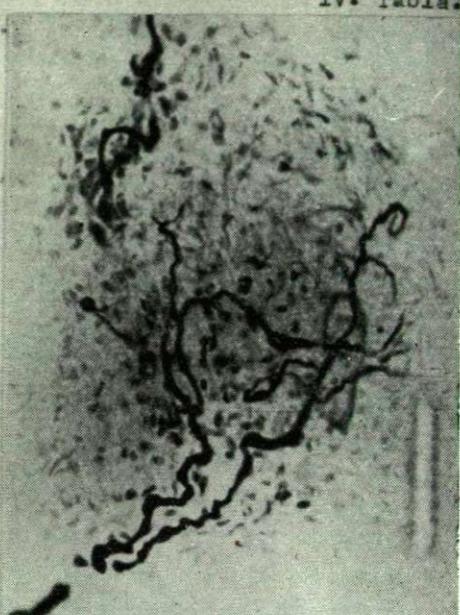
11



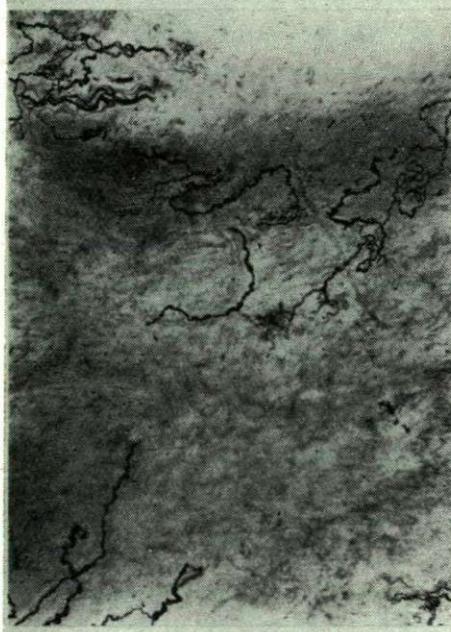
12

Tafel IV.

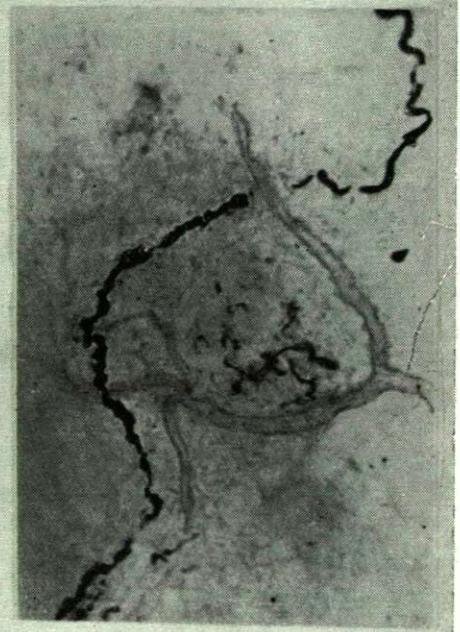
13



14



15



16

IV. Tábla.

Erklärung der Photographien

Tafel I.

1. *Bos taurus*: Nervenendkörperchen aus der Wand der Aorta.
2. *Bos taurus*: Nervenendknäuel in der Wand der Aorta.
3. *Bos taurus*: Nervengeflecht aus der Wand der Aorta.
4. *Bos taurus*: Nervenendkörperchen aus der Wand der Aorta.

Tafel II.

5. *Bos taurus*: Nervenendknäuel aus der Wand der Aorta.
6. *Bos taurus*: Nervenendorgansystem aus der Wand der Aorta.
7. *Bos taurus*: Nervenendbaum aus der Wand der Aorta.
8. *Bos taurus*: Nervenverzweigungen aus der Wand der Aorta.

Tafel III.

9. *Bos taurus*: Nervenfasern aus der Wand der Aorta.
10. *Bos taurus*: Nervenendorgane aus der Wand der Aorta.
11. *Bos taurus*: Nervenendorgan aus der Wand der Aorta.
12. *Bos taurus*: Nervenendkörperchen aus der Wand der Aorta.

Tafel IV.

13. *Bos taurus*: Eine eigenartige Nervenfaser aus der Wand der Aorta.
14. *Bos taurus*: Nervenendkörperchen aus der Wand der Aorta.
15. *Bos taurus*: Nervenendknäuel aus der Wand der Aorta.
16. *Bos taurus*: Endlamellen aus der Wand der Aorta.