

Zur näheren Kenntniss der Blut- und Lymphbahnen der Dura mater cerebialis.

Von

Dr. J. Michel.

Mit 4 Tafel in Farbendruck.

Die von verschiedenen Seiten angestellten Untersuchungen über den vorliegenden Gegenstand scheiterten zumeist an der Schwierigkeit, eine bestimmte Entscheidung darüber zu treffen, ob das nahe der inneren Oberfläche der Dura gelegene Gefässnetz dem Lymph- oder Blutgefässsystem zuzurechnen sei. ¹⁾ So spricht sich v. *Recklinghausen* ²⁾ für die wahrscheinliche lymphatische Natur der an der innern Schichte der Dura des Menschen und Hundes befindlichen Gefässe aus. *Böhm* ³⁾ sieht sich durch seine experimentellen Studien über die Dura zur Annahme eigenthümlicher Verhältnisse hinsichtlich des Gefässnetzes an der Innenfläche veranlasst. Die Communicationen des letzteren mit der Cavity serosa cranii, seine unregelmässige Gestaltung, die sehr deutlich ausgesprochenen knotigen Anschwellungen an den Verzweigungsstellen seien geeignet, die Auffassung zu begünstigen, als handle es sich hier um ein selbstständiges Lymphsystem. Dasselbe müsse sich wegen gleichzeitig stattfindender

1) *Mascagni* lässt die Lymphgefässe der Dura mater sich nach dem Laufe der Blutgefässe richten und mit ihnen durch das Foramen spinosum zu den Drüsen gehen, welche an der Theilungsstelle der Drosselader liegen. »Neue Theorie der Absonderungen durch anorganische Poren und dessen Geschichte der Lymphgefässe«, aufs Neue herausgegeben von *Peter Lupi*, Leipzig 1799, §. 345, p. 209 und 210.

2) »Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe«. Berlin 1862. p. 56.

3) »Experimentelle Studien über die Dura mater des Menschen und der Säugethiere«. *Virchow's Archiv* Bd. 47.

Füllung von venösen Verzweigungen der Dura an vielen Stellen mit denselben in directe Verbindung setzen. Durch Injection von der Arter. mening. med. aus könne aber ebenfalls eine vollständige Füllung der fraglichen Gefässe hergestellt werden. Es dürfe daher dieses Netz mit Wahrscheinlichkeit als »eine Art accessorischen Capillarsystems der Dura« angesprochen werden, welches dazu bestimmt sei, einerseits bei abnormen intracraniellen Blutstauungen sich zu füllen, andererseits in Folge der offenen Communication mit der Cavitas serosa cranii eine Rolle bei der Resorption krankhafter Exsudate und Flüssigkeitsansammlungen zu übernehmen. ¹⁾ Key ²⁾ und Retzius ²⁾ betrachten das Capillarnetz an der Innenfläche der Dura als Blutbahn, die sich durch eigenthümliche, bei verschiedenen Thieren in verschiedener Weise auftretende Formen auszeichne; den Eintritt einer Füllung der venösen Verzweigungen und Sinus der Dura, im Weiteren der Venen des Schädels und sogar derjenigen der Kopfhaut bei den subarachnoidealen und subduralen Injectionen schreiben sie der Vermittelung der sog. *Pacchioni'schen* Granulationen oder Arachnoidealzotten zu. Letztere werden als physiologische Bildungen von hoher Dignität bezeichnet. Die Ansicht von Key und Retzius über die Natur des Capillarnetzes an der Innenfläche theilt Paschkewicz. ³⁾ Nach Einwirkung einer Silberlösung auf die Innenfläche der Dura, welcher Manipulation eine Blutgefässinjection vorausgegangen ist, zeigt die mikroskopische Untersuchung »ausser einem System von Saftkanälchen Kanälchen, welche Blutgefässe begleiten und den His'schen perivascularären Räumen auf der Arachnoidea analog sich verhalten. In der Dicke der Dura sind Lymphgefässe oder Lymphräume in grosser Menge vorhanden, welche daselbst als kleine mit einander communicirende Räume auftreten und sich allmählig in ebensolche von mehr begrenzter Form und grösserem Caliber ergiessen. Letztere sind zwischen den länglichen Schlingen der Gefässe gelagert, oder Begleiter von Blutgefässen, indem sie gleichsam Gefässscheiden bilden«.

1) l. c. p. 45 und 46.

2) Referat, Virchow und Hirsch. 70. p. 28—34.

3) »Zur Histologie der harten Hirnhaut«. St. Petersburger Medic. Zeitschr. 1874. 4. und 5. Heft.

I. *Arterielle Injection.*

Eine vollkommene Füllung der Blutgefässe der Dura zu erreichen ist mit einigen Schwierigkeiten verknüpft, und es bedarf einer öftern Wiederholung der Injectionen, um endlich denjenigen Druck und die Modification der Steigerung desselben herauszufinden, welche ein vollkommenes Resultat zu erzielen erlaubt. Ich bediente mich hierzu fast ausschliesslich der bereits von *Prussak* ¹⁾ angegebenen Methode. Indem die Haut des Halses vermittels einer um denselben herumgeführten und stark angezogenen Messingdrahtschlinge fest umschnürt werden konnte, vermied man jegliches Ausfliessen von Injectionsmasse aus den Gefässen der Haut, aus denjenigen von Muskeln und Knochen durch die Erzeugung eines Brandschorfes auf der abgetrennten Fläche. Eine vollkommene Injection nahm immer eine Zeitdauer von 40 bis 45 Minuten in Anspruch; dieselbe wurde unter einem Drucke von 60^{mm} begonnen, nach successiver Steigerung desselben bis auf 200^{mm} diese Druckhöhe 5 Minuten lang beibehalten und alsdann die Canüle abgebunden. Als Injectionsmasse diente Carmin- oder Chromgelbleim, und als Versuchsthier hauptsächlich der Hund, dessen Dura wegen ihrer Dünne für nachherige mikroskopische Untersuchung sich sehr eignet und hinsichtlich der Menge und Mannichfaltigkeit der Blutbahnen der menschlichen Dura am ähnlichsten ist. Die Blutgefässe der letzteren wurden von der Art. mening. med. aus injicirt.

Die Arterien, Arteria mening. media und Aeste derselben verlaufen, was ihre Hauptvertheilung betrifft, an der Aussenfläche der Dura, sind von einer dünnen Schichte von Durageewebe umschlossen und in Furchen der Innenfläche des Schädels eingelagert. Ihre Theilung trägt im Wesentlichen einen dichotomen Character. Von diesen durch regelmässige dichotome Theilung gebildeten Aesten treten manchmal isolirte Stämmchen ab, welche ein relativ schwaches Caliber aufzuweisen haben, eine grosse Strecke weit und nicht selten rücklaufend auf der Aussenfläche bleiben, bis sie meistens in das Gewebe der Dura selbst eintretend allmählig sich zwischen die Bindegewebsbündel

1) »Zur Physiologie und Anatomie des Blutstroms in der Trommelhöhle«. Arbeiten aus der phys. Anstalt zu Leipzig 1868. p. 92.

einsenken oder manchmal plötzlich nahezu rechtwinklig umbiegen. Die Capillarendvertheilung ist eine ziemlich spärliche, und findet, abgesehen von den Aesten, die sich in Knochen und in äusserer Kopfhaut verbreiten, zum grössten Theil auf der Aussenfläche, weit geringer im Gewebe der Dura selbst statt. In beiden Fällen münden die endlichen Verzweigungen direct in Venen (s. Fig. I. b), in letzterem Falle, nachdem sofort nach ihrem Eintritt in das Gewebe der Dura ihre Theilung stattgefunden hat, ausserdem noch in ein Gefässnetz an der Innenfläche (s. Fig. I. a), welches gleich ausführlicher beschrieben werden wird. Solange die Arterien auf der Aussenfläche der Dura verlaufen, sind sie meistens von je zwei Venenstämmen begleitet, die auf der von der Arterie abgewandten Seite die zahlreichsten Verästelungen zeigen und sich in ein äusserst complicirtes, aus einer Menge kleinerer sinusartiger Räume zusammengesetztes Netz auflösen, das nur wenige schmale Zwischenräume freilässt. ¹⁾

An zahlreichen Stellen gehen breite Venenstämmе über und unter der Arterie durch und stellen somit ebenso viele Verbindungsbrücken zwischen den beiden die Arterie begleitenden Venen dar (s. Fig. I.). An Breite übertrifft ihr Durchmesser den der Arterie um das 3- bis 6fache; doch sind die Venen öfters nicht von gleichem Durchmesser, sondern differiren um das 2- bis 3fache. Ueberdies zeigen sie stellenweise An- und Abschwellungen. Nicht selten ist auch die Vene der einen Seite ganz kümmerlich entwickelt und die auf der andern Seite verlaufende hat einen 9- bis 10fach breiteren Durchmesser wie die Arterie. Zahlreiche Verbindungen der Venennetze der Aussenfläche der Dura existiren mit den Venen des Schädels und der Kopfhaut. Oben wurde bereits die Einmündung von arteriellen Capillaren in Venen erwähnt, ferner eine solche mit einem an der Innenfläche vorhandenen Gefässnetz; mit diesem stehen nun auch die venösen Verzweigungen der Dura in Communication, wie? soll nach der Beschreibung des Gefässnetzes an der Innenfläche dargestellt werden. Dieses Netz, dessen Füllung ziemlich selten ganz vollständig gelingt, ist äusserst mannigfaltig und unregelmässig gestaltet (s. Fig. I.); bald ist es mit lymphgefässähnlichen knotigen Anschwellungen versehen, von

1) Böhm, l. c. p. 3.

welchen aus gewöhnlich nach beiden Seiten hin zwei Aeste divergirend ausstrahlen, bald besteht es aus zierlich geschlängelten Verzweigungen, welche in Folge vielfacher Communicationen untereinander nur schmale Felder zwischen sich freilassen. An manchen Stellen ist die letztere Art und Weise der Verästelung sehr stark ausgeprägt, so an der Basis cranii. Die Menge der Gefässbahnen ist nach der Localität eine ziemlich wechselnde. Die Form ist häufig eine korkzieherartig gewundene oder mehr zackige. Der bei weitem grösste Theil der Verästelungen ist zwischen diejenigen Bindegewebsfibrillenbündel gelagert, welche die innere Oberfläche zusammensetzen, nur ein Theil, bestimmt, in Verbindung mit den Venen auf der Aussenfläche zu treten, verbreitet sich im Gewebe der Dura selbst. Diese Verbindungsäste sind theilweise von grosser Feinheit, etwas geschlängelt, und durchsetzen das Gewebe der Dura in schiefer Richtung, theilweise von starkem Caliber und senkrecht die Dicke der Dura durchlaufend. Im Vergleich mit der Zahl der arteriellen Capillaren, welche mit dem Netze an der Innenfläche in Verbindung treten, (und zwar geschieht Letzteres meistens in der Weise, dass unter Bildung eines kurzen, schwachen Bogens gerade vor der Einmündungsstelle als solche die kleinen knötigen Erweiterungen [s. Fig. I. a] vorzugsweise aufgesucht werden,) dürfte die der Verbindungsäste des Netzes an der Innenfläche mit Venen eine grössere sein (s. Fig. I. c). Analog unserer Beschreibung verhält sich die *Böhm's*¹⁾ hinsichtlich benannten Netzes, besonders des Zusammenhanges dieses mit den Venen der Aussenfläche, die aber auf Untersuchungen von durch Einstich in das Gewebe der Dura erhaltenen Füllungen basirt ist. In der Leiche findet sich dieses Netz grösstentheils gar nicht oder nur schwach gefüllt, während es bei Stauungen augenblicklich durch die stärkere Füllung sehr auffällig wird. Die Eigenthümlichkeit der anatomischen Anordnung der Blutbahnen der Dura besteht daher darin, dass das arterielle Capillarnetz in zwei venöse Systeme einmündet, von denen das stärkere auf der Aussen-, das schwächere auf der Innenfläche sich befindet, und welche mit einander durch von dem Netze der Innenfläche abgehende und das Gewebe der Dura durchsetzende Aeste communiciren. Der Menge und dem Caliber der Verzweigungen der beiden ve-

1) l. c. p. 44.

nösen Systeme entspricht die Zahl und die Durchmesser der in sie einmündenden arteriellen Capillaren. In Folge der Menge und grossen Ausdehnbarkeit der venösen Verzweigungen sind die beiden Oberflächen der Dura im Stande, jedenfalls grosse Blutquantitäten aufzunehmen. Der Nutzen der ganzen anatomischen Einrichtung des Kreislaufes möchte sich dann besonders geltend machen, wenn es sich darum handeln wird, rasch Ausgleichungen zu ermöglichen und so z. B. bei Stauungen die eine oder andere Bahn in höherem oder geringerem Grade zu entlasten. Es ist noch hinzuzufügen, dass selbst bei der prallsten Injection des Gefässnetzes an der Innenfläche nie eine Spur der Injectionsmasse in dem Raume zwischen Dura und Arachnoidea gefunden wurde.

II. *Controlle der Böhmschen Versuche.*

Auf die Innenfläche des durch einen horizontalen Sägeschnitt getrennten Schädeldaches eines Schafes oder Hundes wurde, indem man durch die passende Lagerung des Versuchsobjectes diejenigen Stellen möglichst zu vermeiden suchte, an welchen sich durch Herausnahme des Gehirns eröffnete Venen befanden, eine gewisse Menge Milch gebracht, das Stehenlassen derselben auf der Innenfläche in Bezug auf Zeit vielfach variirt, $\frac{1}{2}$ Stunde bis 7 Stunden, die Milch alsdann mit der Pipette entfernt oder durch sorgfältiges Abspülen mit der Spritzflasche und hierauf durch Essigsäure zum Gerinnen gebracht. Der grösseren Deutlichkeit willen zog man vor, die Präparate für die mikroskopische Untersuchung mit Osmiumsäure zu behandeln, nachdem man zuvor die überschüssige Milch einfach abgespült hatte. In den meisten Versuchen waren Milchkügelchen weder in den venösen Verzweigungen der Dura noch auf ihrer Aussenfläche nachzuweisen. Das Letztere konnte man nur einigemal, und dazu in geringer Anzahl, constatiren, ohne dass irgend welche Milchkügelchen in den Duralgefässen vorhanden gewesen wären, eine Erscheinung, die sich nur daraus erklären liesse, dass durch die Präparation sämtliche Milchkügelchen, die in den Gefässen vorhanden waren, aus denselben herausgetreten wären. Allein die Garantien gegen allenfallsige Verunreinigung durch Uebertragung sind äusserst unsicher, da ausserdem die Präparation dadurch erschwert wird, dass makroskopisch die Differenz

zwischen Farbe der Milch und des Duragewebes eine geringe ist. Es wurden daher die Versuche in gleicher Weise und aller Sorgfalt mit Berliner Blau ausgeführt; sämmtliche waren von einem negativen Resultat begleitet: keine Füllung von Gefässen, keine Spur der blauen Flüssigkeit auf der Aussenfläche. Auch die menschliche Dura zeigte die nämlichen Verhältnisse, wie die der Säugethiere. Nur in einem Falle trat eine ganz circumscribte Injection von Gefässen ein, wo man als Ursache eine deutliche Verletzung der Innenfläche nachweisen konnte.

Im Weiteren wurde vom Duralsacke des Rückenmarkes aus in der von Böhm ¹⁾ angegebenen Weise die Injection sowohl von Milch als von Berliner Blau vorgenommen, doch mit einigen Modificationen, die wesentlich bessere Garantien gegen Füllungen von Gefässen zu bieten im Stande waren. Entweder trennte man vor dem Versuche den Oberkörper in der Höhe des Zwerchfellansatzes ab, oder man erhielt die Continuität, um nicht eine zu grosse Fläche, auf welcher sich eine Menge durchschnittener Gefässlumina findet, vor sich zu haben, und legte die Dura spinalis durch Trepanation des Wirbelbogens und Erweiterung der Trepanationsöffnung vermittels eines feinen Meisels bloß. Bei dieser Manipulation werden augenblicklich die colossalen venösen Netze in der Umgebung der Wirbelknochen auffällig, und man ist oft zur Unterbindung genöthigt, um die Reinlichkeit des Experiments nicht zu stören. Dann führte man eine feine Glascanüle mit möglichst stumpfem Ende und passender Krümmung in eine durch eine schmale Scheere gemachte Oeffnung der Dura, nachdem man zu diesem Zwecke eine kleine Falte derselben mit der Pincette gefasst hatte. Beim Einführen der Canüle ist mit grösster Vorsicht zu verfahren, da das Gewebe der Arachnoidea und Pia des Rückenmarkes ungemein zart und leicht zerreisslich ist. Die Lagerung des Thieres war immer die gleiche, der Kopf desselben hing nach unten u. s. w. Das Einstromen der Flüssigkeiten geschah nun theils unter dem Drucke ihrer eigenen Flüssigkeitssäule, theils unter einem Drucke von 60 bis 80^{mm} Quecksilber. Die zur Injection verwandte Zeit variirte man in verschiedener Weise. Nach Beendigung des Versuches wurde das Präparat, je nach der gewählten Injectionsflüssigkeit, frisch oder nach vorheriger Aufbewahrung in dünnem

1) l. c. p. 40.

Alkohol untersucht. Es zeigte sich alsdann der Raum zwischen Dura und Arachnoidea, sowie der subarachnoidealen Räume des Rückenmarkes (von der Injectionsstelle an) und des Gehirns prall gefüllt, ebenso diejenigen Bahnen und Räume, welche *Schwalbe*¹⁾ nach seinen Injectionen in den subduralen Raum des Schädels beschrieben hat, und worüber an einem andern Orte bereits von mir²⁾ ausführlicher berichtet worden ist. Immer blieben diese Resultate die nämlichen, so oft auch die Injectionen, ob an verbluteten oder nicht verbluteten Thieren, wiederholt wurden, nie wurden irgend welche Füllungen von Gefässen der Dura beobachtet. Zu bemerken ist noch, dass Todtenstarre wesentlich die Vollkommenheit der Füllungen hindert. Conform diesen Beobachtungen war das Verhalten der Jugularvenen; während *Böhm* makroskopisch sowohl als mikroskopisch in dem aus diesen Venen aufgefangenen Blute Injectionsflüssigkeit i. e. Milch nachweisen konnte, wurde nur bei Anfang eines Versuches oder besonders bei Anwendung einer mässigen Druckhöhe bemerkt, dass etwas Blut aus den Venen, in welche man rechtwinklig gebogene, offene Canülen eingebunden hatte, herausfloss, ohne je eine Beimengung von Injectionsflüssigkeit zu zeigen, selbst wenn man den Versuch noch 5 bis 6 Stunden lang nach dem Eintritt des Blutaussfliessens fortsetzte. Letztere Erscheinung lässt sich, abgesehen von der durch die Lagerung bedingten Schwere, leicht aus dem Drucke erklären, der im subduralen Raum durch Einfliessen der Flüssigkeit erzeugt wird und auf die Gefässwandungen übertragen natürlich zur Austreibung des Gefässinhaltes führen muss.

Da in den so eben beschriebenen Versuchen keine Füllungen von Gefässen stattfanden, so fragt es sich, welche Momente zu dem *Böhm'schen* Befunde Veranlassung geben konnten. Es ist bereits oben und auch von *Böhm* darauf aufmerksam gemacht, dass man leicht in der ersten Kategorie von Versuchen Continuitätstrennungen von Gefässen bekomme, in der zweiten Kategorie auf die zahlreichen venösen Netze der Wirbelsäule, die nicht zu umgehende Verletzung derselben bei dem Versuche und die Nothwendigkeit der Unterbindung. Die Gefahr, Fül-

1) Archiv f. mikroskop. Anatomie von *M. Schultze*, Bd. VI.

2) »Beiträge zur näheren Kenntniss der hintern Lymphbahnen des Auges«. *Graefe's Archiv f. Ophth.* Bd. 18, 4. p. 431.

lungen von Gefässen bei diesen Versuchen zu erhalten, ist daher eine sehr grosse und gewiss nur mit genauer Beachtung aller Cautelen zu vermeiden. Eine noch gefahrvollere Klippe in dieser Hinsicht bildet die Einstichsmethode, deren Resultate von *Böhm* als directer Beweis für eine offene Communication der Venen mit dem subduralen Raum angesehen werden, und die nunmehr einer Prüfung unterzogen werden sollen. Zuvörderst dürften hier die allgemeinen Bedingungen aufgestellt werden, die für das Gelingen einer reinlichen Einstichsinjection von sehr wesentlichem Vorthail sind. Vor Allem ist auf die Wahl einer möglichst feinen Cantile Bedacht zu nehmen, deren Lumen im Durchmesser den dritten bis fünften Theil eines Millimeters beträgt, ferner darf man nur eine geringe Druckhöhe anwenden und dann nur allmählig, sehr langsam injiciren und muss nach kurzer Zeit schon aufhören. Hauptsächlich für die Injection geeignete Flüssigkeiten sind Alkannin in Terpentinöl gelöst, Berl. Blau oder gleiche Theile Berl. Blau und 2% Kochsalzlösung. Mit Leimmassen verschiedener Concentration oder grobkörnigen Flüssigkeiten angestellte Versuche blieben resultatlos, indem das Gewebe der Dura sich dafür nicht durchgängig erwies, und bei Steigerung des Druckes Zerreibungen ausgesetzt worden wäre, die zu falschen Bildern hätten Veranlassung geben können. Für den Einstich selbst ist eine möglichst gefässlose Stelle auszusuchen, sei es dass man denselben in das Gewebe der Dura oder in den Raum zwischen Knocheninnenfläche und Aussenfläche der Dura vollführt. Auf letztere Manipulation machte mich Herr Professor *Schwalbe* aufmerksam, da sich zwischen Dura und Knochen bei Erwachsenen ein System grösserer und kleinerer Räume befände, welche wenigstens auf der Aussenfläche der Dura von einem Endothel ¹⁾ begrenzt seien. Der Vorthail dieser Modification des Einstichs liegt hauptsächlich darin, dass man viel seltener in die Lage kömmt, dabei das Lumen eines Blutgefässes zu eröffnen, besonders wenn man die feine Cantile durch entsprechende Biegung ganz fest dem Knochen entlang führt. Wegen ihres verhältnissmässig geringeren Reichthums an Blutgefässen ist die Dura des Schafes derjenigen des Hundes

1) Auch *Wiensky*, »Ueber die Verbreitung des falschen Epithels im Organismus der Wirbelthiere« (*Virchow und Hirsch*, Referat, 1868. p. 25) erwähnt bereits das Vorhandensein eines Endothels auf der Aussenfläche der Dura.

und Menschen vorzuziehen. Die Erscheinungen einer sorgfältig ausgeführten Injection zwischen Dura und Knochen sind nun folgende: Fast augenblicklich, nachdem man einen gelinden Druck mit dem Stempel der *Pravas'schen* Spritze ausgeübt hat, findet schon ein Austritt von Injectionsflüssigkeit auf der innern Oberfläche statt. Rings um die Injectionsstelle tritt zuerst ein leichtes Hervorwölben, womit zugleich einige farblose Tropfen auf der Oberfläche erscheinen, dann bald in grösserer bald in geringerer Entfernung von der Injectionsstelle ein Anschliessen von nach verschiedenen Richtungen sich kreuzenden grösseren und kleineren streifigen Figuren ein, aus welchen sich die betreffende Flüssigkeit zuerst in kleinen Tropfen, dann in einem nahezu continuirlichen Strome ergiesst. Dabei kann man ganz deutlich bemerken, dass die Flüssigkeit nicht aus rundlichen, sondern aus mehr länglich geformten, spaltähnlichen Oeffnungen austritt. Wird die Injection beendet, sobald ein Austritt in Tropfen stattgefunden hat, so erhält man eine Fläche von 3 bis 4 Quadratmillimetern injicirt. Führt man dagegen mit der Injection fort, so wird nur wenig an injicirter Fläche hinzugefügt; die ganze Fläche wird vielmehr nach und nach diffus gefärbt und von der Flüssigkeit überströmt, so dass ein Austreten an distincten Stellen nicht mehr unterscheidbar ist. Macht man den Einstich in das Gewebe der Dura, so findet, je nachdem man näher der äussern oder innern Oberfläche eingestochen hat, ein rascherer Austritt auf der betreffenden Oberfläche statt. Da in einer grossen Anzahl von Einstichsversuchen es kaum möglich ist, die Mitverletzung von Gefässen zu vermeiden, besonders bei der Wahl der menschlichen oder Hundedura, erhält man häufig Blutbahnen gefüllt, besonders das Capillarnetz an der Innenfläche und die venösen Verzweigungen, und man kann natürlich durch Fortsetzung der Injection grosse Gefässbezirke füllen. Thut man dies etwas rasch und brüsk, so treten an einzelnen Stellen des bereits injicirten grössern oder kleinern Gefässbezirkes an der Innenfläche kleine Tropfen aus, welche allmählig mit Steigerung des Druckes an Grösse zunehmen und an vielen Orten zum Vorschein kommen; besonders scheinen die Wandungen der knotigen Anschwellungen dieses Netzes den geringsten Druck aushalten zu können, da hier hauptsächlich der Austritt stattfindet. Uebrigens steht diese Erscheinung in grosser Abhängigkeit von der Frische des Präparates, abgesehen

von dem Drucke. Es dürfte daher der von *Böhm* beobachtete Austritt auf der Innenfläche lediglich einem Bersten der Wandungen von Gefässen zuzuschreiben sein, was auch *Paschkewicz* vermuthet hat. Nie zeigen die Gefässe eine offene Communication mit der Cavitas serosa, wenn man unter geringem Druck injicirt. Man kann auch sehr bald erkennen, ob man das Unglück hatte, ein Blutgefäss zu verletzen, indem der Durchtritt durch das Gewebe selbst gar nicht oder nur äusserst langsam erfolgt; die Flüssigkeitsmenge schlägt augenblicklich den weniger Widerstand darbietenden Weg in den Blutbahnen ein und füllt dieselben rasch in praller Weise. Bevor wir nun nach denjenigen Bahnen forschen, welche die Flüssigkeit bei dem Einstich zwischen Knochen und Dura in dem Gewebe der letzteren einschlägt, wollen wir betrachten

III. Die histologische Beschaffenheit der Dura.

Die Oberfläche der Dura cerebialis, sowohl die innere als die äussere, sind mit einem Endothelhäutchen von sehr grosser Feinheit versehen. Es gelingt schwer, dasselbe in Continuität zur Anschauung zu bringen, immer bleiben grössere oder kleinere Fetzen theils auf der Arachnoidea, theils auf dem Knochen zurück, selbst beim vorsichtigsten Abheben. Am besten überzeugt man sich von dem Vorhandensein desselben, wenn man eine ganz frische Dura ein oder mehrere Tage in 3 bis 5 % Kal. bichromic.-Lösung einlegt. Das Endothel erscheint dann bei der Isolirung in Gestalt eines zusammenhängenden, oft stark gefalteten zarten Häutchens; die Kerne sind ziemlich gross, von elliptischer Form, über die Fläche prominirend, und granulirt. An der Aussenfläche fehlt das Endothelhäutchen da, wo eine Verwachsung der Dura mit dem Knochen vorhanden ist, so bei Kindern, am grössten Theil der Basis und an denjenigen Stellen der Convexität, wo Verwachsungen mit den zahlreichen Knochenvorsprüngen bestehen. Den Wandungen der Gefässe, welche als Verbindungsäste von Gefässen der Dura mit denen des Knochens und der Kopfhaut ihren Weg durch den Knochen nehmen, sitzt das Endothelhäutchen an. An der Innenfläche ist die Lage eine einfache, nicht doppelte, wie *Paschkewicz* ¹⁾ annimmt

1) l. c. p. 387.

und irrthümlich diese Annahme auch *Heule*¹⁾ zuschreibt. Bei Anwendung einer $\frac{1}{4}\%$ Silberlösung auf die Innenfläche erhält man epitheloide Zeichnungen, die in derselben Weise zu erklären sind, wie die auf der Oberfläche der Gelenkknorpel durch *Hüter* beschriebenen und durch *Schweigger-Seidel* richtig gedeuteten. Das Gewebe der Dura besteht im Allgemeinen aus vielfach durchflochtenen Bindegewebsfibrillenbündeln, die zwei mächtige sich kreuzende Lagen darstellen. Dadurch dass sie an einzelnen Stellen ziemlich lose miteinander verbunden sind, scheint eine Trennung in zwei Blätter möglich. Es hängt dies natürlich von der Menge und der Dichtigkeit der sich überall austauschenden Bindegewebsfibrillenbündel des äussern und innern Blattes ab. Beide Blätter besitzen ziemlich die gleiche Dicke und halten im Wesentlichen den Typus der Kreuzung in ziemlich regelmässiger Weise inne, und zwar so, dass auf jeder Seite der Convexität die einer Schädeldiagonale von vorn aussen nach hinten innen entsprechenden Bündeln des äussern Blattes sich mit solchen in entgegengesetzter Richtung laufenden des innern Blattes verbinden (s. Fig. 3). An der Basis nehmen die Bündel allmählig einen der Transversalaxe parallelen Verlauf an und verweben mit einander auf das mannigfaltigste. Hinzu treten, besonders an Stellen hervorspringender Knochenleisten, accessorische Verstärkungs-bündel von irregulärem Verlauf, die nach allen Richtungen hin ausstrahlend angeordnet sind. Dem Verlaufe der Bindegewebsfibrillenbündel folgend, bald etwas näher, bald etwas weiter von einander gelagert, finden sich dann zahlreich vorhandene sog. Bindegewebskörperchen, ausserdem eingestreut zwischen die Bindegewebsfibrillenbündel eine ziemlich grosse Menge elastischer Fasern.

In meiner Abhandlung: »Beiträge zur näheren Kenntniss der hinteren Lymphbahnen des Auges«,²⁾ wurden die sog. Bindegewebskörperchen in der äussern Opticusscheide und Sclera als Lücken beschrieben, deren durch die einzelnen Bindegewebsfibrillenbündel gebildeten Wand Zellplatten ankleben; letztere sind alsdann die einzig vorkommenden zelligen Elemente in diesen Geweben, wenn man von sporadisch vorkom-

1) »Handbuch d. syst. Anatomie d. Menschen«, 3. Band, 2. Abtheilung p. 311.

2) *Graefe's Archiv f. Ophth.* Bd. 48, 1. p. 143.

menden Wanderzellen absieht. Da die äussere Opticusscheide nur eine Fortsetzung der Dura bildet, so wäre in Bezug auf das Gewebe der letzteren nur dasjenige zu wiederholen, was über das Verhältniss der Bindegewebsfibrillenbündel und Zellplatten der Opticusscheide dort gesagt wurde. Es sind dagegen einige Zusätze zu machen; es ist bei der Untersuchung des Gewebes der Dura noch wahrscheinlicher geworden, dass die Zellplatten die Fibrillenbündel in toto umscheiden, indem es gelungen ist, dieselben auf eine grössere Strecke weit mit dem Bündel in Zusammenhang zu isoliren (s. Fig. 5), so dass es oft den Anschein hat, als habe die Spitze der Präparirnadel die Platte einfach auf dem Bündel zerrissen (s. Fig. 6) und zu beiden Seiten auseinander gelegt. Ferner spricht dafür die Grösse der Platten (s. Fig. 7), für die Verbindung der Platten untereinander die Darstellung mehrerer zusammenhängender Platten.

Die Resultate der Einstichsinjection, die wir jetzt betrachten wollen, sind vollkommen in Einklang mit denjenigen der Sclera und der äussern Opticusscheide. Flächenschnitte eines Stückes der Dura, auf dessen Innenfläche nach Injection von Alkannin zwischen Dura und Knochen die Flüssigkeit hervorgetreten ist, und die etwas entfernt von der Injectionsstelle selbst angefertigt wurden, zeigen daher die Flüssigkeit in regelmässigster Weise durch die ganze Dicke der Dura vertheilt und zwar an solchen Stellen, wo sonst die Kerne der sog. Bindegewebskörperchen zu erkennen sind (s. Fig. 4). Auf gleiche Weise ausgeführte Injectionen mit Berl. Blau zeigen die Masse in ganz gleicher Vertheilung und besonders instructiv werden die Bilder, welche man bei nachfolgender Carminfärbung bekommt (s. Fig. 2). Die injicirten Stellen sind im Allgemeinen verschieden lang und breit zu beobachten, und machen vollkommen den Eindruck von Spalten oder Lücken; die in verschiedenen Graden der Füllung sich befinden. Diese Spalten sind in der Mitte am breitesten und spitzen sich an beiden Enden etwas zu (s. Fig. 2. d). Bei einer ungenügenden Füllung verkürzt sich der Querdurchmesser der Lücke. Es wird zugleich der durch Carmin gefärbte Kern theilweise sichtbar, und manchmal so vollständig, dass sich nur an derjenigen Wand, an welcher sich der Kern befindet, ein ganz schmaler Streifen der Injectionsflüssigkeit findet (s. Fig. 2. c). An der Peripherie der injicirten Partie der Dura wechseln oft gefüllte Spalten und ge-

färbte Kerne in regelmässiger Weise mit einander ab. Auf senkrechten Schnitten ist die Injectionsmasse entweder um den ganzen Bündel herum angeordnet, oder nur theilweise, so dass das Bild genau demjenigen entspricht, wie es sich nach einer Einstichs-injection in die Sclera findet (siehe l. c. Fig. 7). Die Gefässe in der Dura verlaufen in Spalten, die sowohl einen grössern Längs- als Querdurchmesser wie die soeben beschriebenen besitzen und mit Endothel ausgekleidet sind; es hat daher nicht selten den Anschein, als sei das Gefäss in toto von einem Endothelhäutchen umscheidet. Doch ist das Gefäss nur stellenweise damit versehen, so dass man bei verschiedener Schnittführung die gleiche Füllung von Spalten um die Gefässe beobachten kann, wie um die Bündel (s. Fig. 2. a).

Mit einigen Worten ist noch die diffuse Färbung der fibrillären Grundsubstanz zu berühren (s. Fig. 2. b); sie tritt immer an denjenigen Stellen ein, wo ein starker Druck herrscht, ausnahmslos bei der Injection in das Gewebe an der betreffenden Einstichsstelle. Auch bei Injectionen zwischen Dura und Knochen kommt es nicht selten zur diffusen Färbung der in der Mitte gelegenen Stellen, selbst wenn das Präparat vollkommen frisch gewesen ist. Die diffuse Färbung ist am wenigsten zu befürchten bei Benutzung von Alkannin; zweckmässig ist es bei Anwendung von Berl. Blau das Präparat 24 Stunden lang vor der Injection in dünnen Alkohol zu bringen. ¹⁾ In Folge dieser Manipulation scheint eine Gerinnung der Kittsubstanz der einzelnen Fibrillen einzutreten, wodurch die Bündel in den Stand gesetzt werden, einem Drucke bessern Widerstand zu leisten und so eine Sprengung abzuhalten. Ferner ist noch auf eine Täuschung aufmerksam zu machen, die leicht bei der Combination einer Einstichs-injection mit einer arteriellen entstehen kann. Eröffnet man nämlich durch den Einstich das Lumen eines Gefässes, so sieht man das mit Carminleim gefüllte Gefäss zu beiden Seiten von einem blauen Streifen eingefasst und wird lebhaft an die von His ²⁾ beschriebenen perivascularären Räume

1) F. Schweigger-Seidel, »Ueber die Grundsubstanz und die Zellen der Hornhaut des Auges«. Berichte der math.-phys. Classe der k. Sächs. Ges. der Wissenschaften. 42. December 1869. p. 345.

2) »Ueber ein perivascularäres Kanalsystem in den nervösen Centralorganen und über dessen Beziehungen zum Lymphsystem«. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie. 1865.

in den nervösen Centralorganen erinnert. Verfolgt man dann das betreffende Gefäss, so kann man bald Stellen finden, wo der Carminleim sich mit der blauen Flüssigkeit vermischt hat, und fast vollständig mit der letzteren gefüllte Gefässe, die von der arteriellen Injection nicht erreicht wurden.

IV. *Subdurale Injection nach Schwalbe und Methode von Genersich.* ¹⁾

Nachdem durch die beschriebene Einstichsmethode das Vorhandensein eines aus zahlreichen mit einander communicirenden Spalten bestehenden Systems sich erwiesen hatte, versuchte man auf dem Wege der *Schwalbe'schen* Injectionsmethode in den Raum zwischen Dura und Arachnoidea dieses System gefüllt zu bekommen. Man erhielt aber dabei nicht das ganze Spaltsystem der Dura injicirt, sondern nur stellenweise die zu innerst gelegenen Lücken; es ist dies bei der grossen Menge der Communicationswege des subduralen Raumes, bei der Leichtigkeit, mit welcher sie betreten werden können, kein auffallendes Ergebniss. Trotz einer sehr grossen Anzahl von Versuchen wurden in keinem Falle die venösen Verzweigungen der Dura injicirt gefunden, wie man nach den Versuchen von *Böhm* und den Angaben von *Key* und *Retzius* hätte erwarten müssen, sondern nur die von *Schwalbe* beschriebenen, mit dem subduralen Raume des Schädels in Verbindung stehenden Bahnen, wie es oben bereits für den des Rückenmarks angegeben ist. Die Annahme von *Key* und *Retzius*, dass die Arachnoidealzotten in ausgedehntester Weise die Function haben, die Communication des subduralen Raumes mit den Gefässen der Dura herzustellen, dürfte grossen Bedenken unterliegen im Hinblick auf die mannigfachen Schwankungen in der Anzahl der Zotten bei den verschiedenen Individuen, obwohl man die Möglichkeit einer solchen Communication in Folge der anatomischen Structur derselben nicht läugnen kann, die ich übereinstimmend mit den Angaben von *Key* und *Retzius* beim Menschen gefunden habe. Bei jungen Thieren sind die Zotten selten, und meine Versuche, die an solchen angestellt wurden, hatten nie eine Injection von Gefässen der Dura aufzuweisen. Wie sich dies beim Menschen

1) Arbeiten aus der physiol. Anstalt zu Leipzig. 4870. p. 53.

bei den subduralen Injectionen verhält, habe ich aus Mangel an frischem Material nicht eruiren können.

Es scheint, dass überhaupt der Injectionsflüssigkeit auf ihrem Wege durch die Dura von innen nach aussen grössere Widerstände entgegenstehen, wie von aussen nach innen, worauf die Leichtigkeit des Durch- und Austritts bei der Injection zwischen Dura und Knochen und die geringe Füllung der nur in der innersten Schichte der Dura gelegenen Spalten bei der subduralen hinweist. Dafür sprechen auch die Versuche, die nach der Methode angestellt wurden, welcher *Generisich* zur Darstellung der Lymphgefässe der Sehnen sich bedient hat. Nach 3 bis 4 Stunden war die betreffende Flüssigkeit (Alkannin) von den Spalträumen der Dura aufgenommen, und es fand sich unter sonst gleichen Bedingungen, dass von der Innenfläche aus nur die zu innerst gelegenen Lücken gefüllt wurden, während von der Aussenfläche aus fast das ganze Spaltsystem der Dura injicirt wurde. Füllungen von Lymphgefässen wurden nie beobachtet. Die geringste Läsion des Gewebes i. e. die Eröffnung des Lumens eines Gefässes führt dagegen zur ausschliesslichen Injection von Blutgefässen, wie es in einem Versuche geschehen ist.

V. *Schlussresultat.*

1. Der Raum zwischen Dura und Arachnoidea, der sog. subdurale Raum, communicirt nicht mit Gefässen der Dura, speciell nicht mit dem Blutgefässnetz an der Innenfläche.

2. Ein durch die ganze Dicke der Dura aus mit einander communicirenden Spalten bestehendes System steht dagegen mit benanntem Raume in Verbindung, sowie mit einer Anzahl grösserer und kleinerer Räume zwischen Dura und Knochen, die man der Kürze wegen als epidurale Räume bezeichnen könnte. Sowohl an der Aussen- als an der Innenfläche der Dura existirt ein Endothelhäutchen, das im ersten Falle die innere Begrenzung der epiduralen Räume, im zweiten die äussere des subduralen Raumes bildet; die Spalten selbst sind mit Endothel ausgekleidet.

Diese Thatsachen, sowie die Communication des Spaltsystems mit benannten Räumen, von welchen die lymphatische Natur des einen, nämlich des subduralen Raumes, feststeht, dürfte es rechtfertigen, sich dahin zu äussern, dass dieses System

zum Durchtritt von Lymphe benutzt wird. Dass dieser leichter von aussen nach innen als von innen nach aussen stattfindet, ¹⁾ darauf möchte wohl auch die klinische Beobachtung häufig eintretender meningealer Affectionen nach Kopfverletzungen aufmerksam machen, und zwar wahrscheinlich durch die auf diesen Wegen stattfindende Resorption eiterig-putrider Stoffe.

Erklärung der Figuren (1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.).

Fig. 1. Arterielle Injection (Carminleim). Hundedura von der Convexität. Hartnack Ocular 2. Objectiv 4.

Der bessern Uebersicht wegen wurden drei Farben gewählt:

blau = Venen,

roth = Arterien,

schwarz = Intermediäres Capillarsystem.

aaaaaa Verbindungen von arteriellen Capillaren mit dem Capillarnetz an der Innenfläche,

bbbbbb Verbindungen von arteriellen Capillaren mit Venen,

cccccccc Verbindungen von Aesten des Capillarnetzes der Innenfläche mit Venen.

Fig. 2. Flächenschnitt der Innenfläche nach Injection von Berl. Blau zwischen Dura und Knochen. Färbung des Schnittes mit Carmin. Menschliche Dura. Hartnack 2 und 8.

Roth = mit Carmin gefärbte Kerne,

Blau = mit Berl. Blau gefüllte Spalten.

a Gefäss des intermediären Capillarnetzes,

b diffus gefärbtes Fibrillenbündel,

c partiell gefüllte Spalten, in denen der mit Carmin gefärbte Kern noch sichtbar,

d vollständig gefüllte Spalten.

Fig. 3. Schnitt durch die ganze Dicke der Hundedura in paralleler Richtung mit den Bündeln des innern, und in senkrechter auf die des äussern Blattes.

1) Im Einklange mit dieser Erscheinung steht die von H. Quincke, »Zur Physiologie der Cerebrospinalflüssigkeit«, Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1872, Heft 2. Seite 164 gemachte Beobachtung, dass der Flüssigkeitsstrom im Leben vorwiegend vom Arachnoideutraum nach den Subarachnoidealräumen gerichtet sein muss.

Roth = Blutbahnen.

Blau = Lymphbahnen.

aa durch das Schädeldach hindurchtretende Venen.
Schematische Zeichnung.

- Fig. 4. Flächenschnitt der Innenfläche nach Injection von Alkannin zwischen Dura und Knochen. Schafdura. Hartnack 2 und 4.

Roth = mit Alkannin gefüllte Spalten,

Gefäße der Innenfläche der Dura sind durch einen dunkleren Ton bezeichnet.

- Fig. 5. Zerzupfungspräparat.

Zellplatte im Zusammenhang mit einem Bindegewebsfibrillenbündel.

Menschliche Dura. 72stündige Maceration in 3% Kal. bichromic.-Lösung. Hartnack 2 und 8.

- Fig. 6 und 7. Herstellung des Präparates wie bei Fig. 5.

Fig. 6. Zellplatten von einem Fibrillenbündel losgelöst.

Fig. 7. Vollständig isolierte Zellplatte (Endothelmembran).

Fig. 1

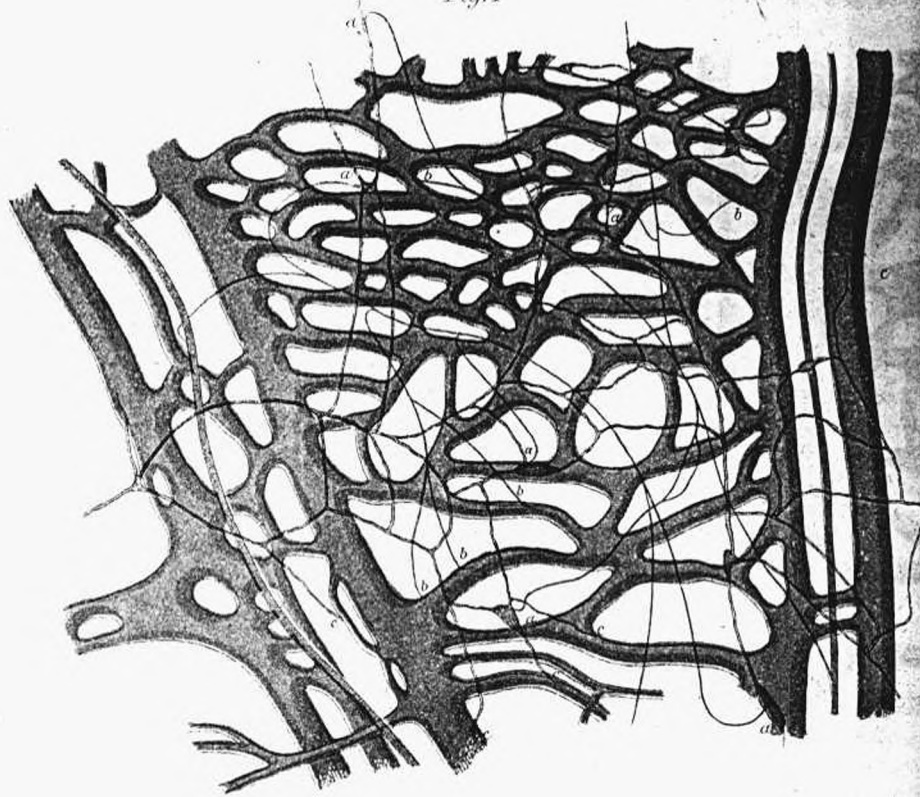


Fig. 2.

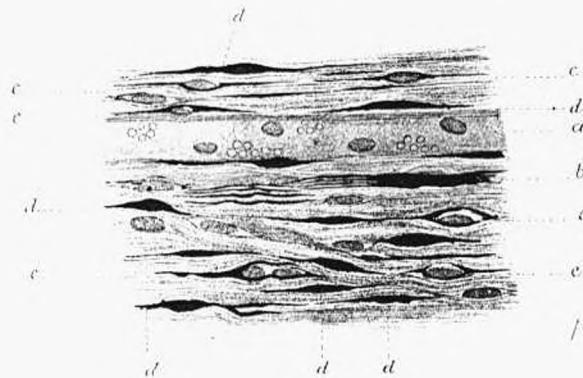


Fig. 3.

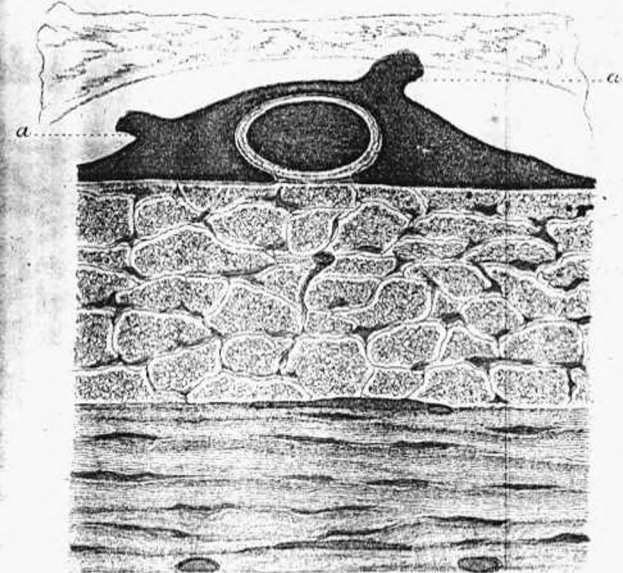


Fig. 4.



Fig. 6.

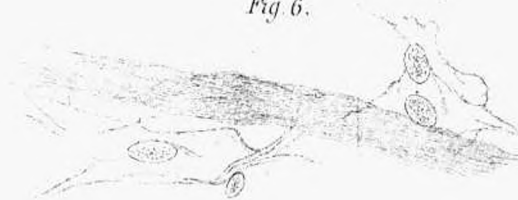


Fig. 5



Fig. 7.

