

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Graz
(Vorstand: Prof. Dr. ANTON HAFFERL)

Untersuchungen vermeintlicher und wirklicher Abflußwege aus dem Subdural- und Subarachnoidealraum*

Von

ERNST HOFFMANN und WALTER THIEL

Mit 12 Textabbildungen

(Eingegangen am 6. November 1955)

A. Der Subduralraum und seine Beziehungen zum Venensystem

Unwiderlegte Untersuchungen des Subduralraumes und seiner Abflußbedingungen wurden von den älteren Autoren wie G. SCHWALBE, KEY und RETZIUS und WALDEYER u. a. in ausführlichen Arbeiten veröffentlicht, während in der jüngeren Zeit, trotz der bemerkenswerten Ergebnisse obiger Autoren, seine Stellung im Rahmen der Liquorzirkulation kaum diskutiert wird. Als Abflußwege wurden reiche Verbindungen zum venösen System über die PACCHIONISCHEN Granulationen und der Weg über Lymphgefäße angegeben. Diese Ergebnisse würden die Vorstellung bahnen, daß dem Subduralraum eine wesentliche Rolle für die Liquorabfuhr zukomme, zumal dieser vom Subarachnoidealraum nur durch die zarte Arachnoidea getrennt wird. Es ist daher von Interesse, ob die Ergebnisse der älteren Autoren auf normale Bedingungen lebender Individuen übertragbar sind oder ob es sich um die Schaffung von Kunstprodukten handelt.

Wir setzen uns daher zum Ziele, hauptsächlich den Subduralraum durch Injektion an toten und lebenden Tieren, sowie an möglichst frischem Leichenmaterial zu untersuchen.

In diesem 1. Teil unserer Arbeit wollen wir uns auf die Untersuchung der Beziehungen des Subduralraumes zu dem Venensystem beschränken, während Verbindungen desselben zum Lymphgefäßsystem im 2. Teil berücksichtigt werden sollen.

Material und Technik. Unsere Untersuchungen wurden an 30 Erwachsenen, 10 Kindern, 15 Hunden und etwa 150 Katzen durchgeführt.

Das Material von Erwachsenen von 40—80 Jahren injizierten wir 6 bis maximal 15 Std post mortem. Hiervon wurde eine Hälfte für subarachnoideale, die andere für subdurale Injektionen verwendet. Die Leichen wurden in Bauchlage im unteren Halsbereich in einer Ausdehnung von etwa 10 cm laminektomiert, die freigelegte Dura mit einer Splitterpinzette angehoben und vorsichtig quer durchtrennt. Bei den subarachnoidealen Injektionen schnitten wir sodann in die Arachnoidea ein kleines Loch, während für die subdurale eine größere Läsion derselben möglichst vermieden wurde. In die entsprechenden Räume führten wir eine abgewinkelte Glaskanüle mit stark abgerundeter Spitze ein, wobei besonders bei der subduralen Injektion darauf geachtet wurde, daß die von der Arachnoidea zur Dura ziehenden Bälkchen nicht einreißen, da dadurch leicht kleine Löcher in der Arachnoidea entstehen. Die Kanüle banden wir durch eine den Duralsack umgreifende Ligatur ein. In Anbetracht der Weichheit des Rückenmarkes wurde der zur Ligatur verwendete Faden nicht zu dünn gewählt und auch nicht allzu stark zugezogen.

* Herrn Professor A. HAFFERL zum 70. Geburtstag gewidmet.

Als Injektionsmasse wurde die von TANDLER angegebene Jodgelatine mit einem Jodkaligehalt von 10 g Kaliumjodid auf 5 g Gelatine in 100 cm³ Wasser verwendet; dies entspricht einem doppelten Jodkaligehalt der bei 17° C noch flüssigen Gelatine. Wir verwendeten einen so hohen Jodkalizusatz, weil man dadurch auch bei Temperaturdifferenzen des Untersuchungsmaterials mit Sicherheit die Masse in dünnflüssigem und gleichartigem Zustand erhalten kann. Die Jodgelatine wurde im Verhältnis 3:1 mit der käuflichen Günther-Wagner-Tusche vermischt.

Anfangs verwendeten wir einen Druck von etwa 25 cm Wassersäule, reduzierten diesen aber bald auf etwa 10 cm, nachdem wir feststellen konnten, daß auch bei diesen niederen Drucken beste Füllungseffekte zu erzielen waren. Die Injektionszeit betrug 2 Std. Nach dieser Zeit prüften wir in jedem Falle auf das Gründlichste die Lage der Masse und entnahmen Material für histologische Auswertung. Um Zerstörungen irgendwelcher Art mit nachträglicher Verlagerung der Injektionsmasse auszuschließen, packten wir vor der Öffnung den Hirnschädel in eine mehrere Zentimeter dicke Lage von Kohensäureschnee ein, wodurch nach einer Zeit von etwa 1 Std eine völlige Erstarrung der Masse mit Einfrierung der oberflächlichen Hirnschichten eintrat.

Das kindliche Material wurde in der gleichen Weise verarbeitet. Leider gelang es nicht, dasselbe in so frischem Zustande zu erhalten, so daß wir uns mit einem Leichenalter von 2—3 Tagen begnügen mußten.

Das tierische Material injizierten wir hauptsächlich wenige Stunden bis maximal 1 Tag nach dem Tode, 30% der Katzen jedoch unmittelbar nach dem Tode, wobei die Injektionsvorbereitungen wie das Einbinden der Kanüle in Urethannarkose durchgeführt wurden. Wir töteten diese Tiere mittels Durchschneidung der Bauchorta. Die Kanüle wurde nach Durchschneidung des Rückenmarkes eingeführt und durch 2 Ligaturen eingebunden, die durch einen Spinalnervenausstritt voneinander getrennt waren. Bei der subduralen Injektion führten wir eine dünne, vorne abgerundete Glaskanüle der Dura entlang dorsal vom Rückenmark ohne Schwierigkeiten ein. Bei der subarachnoidealen Injektion schoben wir die Kanüle unter die austretenden dorsalen Wurzelfäden in den Subarachnoidealraum. Dieses Vorgehen verbürgt am sichersten die Auffindung des Subarachnoidealraums auch beim toten Tier und schließt eine Verletzung der Arachnoidea beim Verschieben der Kanüle aus. An diesem Tiermaterial arbeiteten wir hauptsächlich mit chinesischen Tuschelösungen, teils mit physiologischer Kochsalzlösung, teils mit obig angegebener Jodgelatine verdünnt. Außerdem wurde an diesem Material die Brauchbarkeit anderer Massen wie Gerota, Plastoid, wäßrige Berlinerblaulösung, Pferdeserum mit Tusche oder mit Berlinerblau untersucht. Als Injektionsdruck verwendeten wir 5—10 cm Wassersäule. Bei den Katzen, die unmittelbar nach ihrem Tode injiziert wurden, bedienten wir uns ausschließlich der Tusch-Jod-Gelatinelösung.

An 30 Katzen unternahmen wir Vitalversuche. $\frac{2}{3}$ injizierten wir subarachnoideal und $\frac{1}{3}$ subdural in Urethannarkose. Bei der subarachnoidealen Injektion wurde nach Freilegung der Membrana atlanto-occipitalis eine stark konische, ausgezogene Glaskanüle in die Cisterna cerebello-medullaris eingestochen und 2—3 cm³ Tusche in physiologischer Kochsalzlösung teils ohne, teils mit vorheriger Ablassung von Liquor in das Cavum subarachnoideale eingebracht. In jenen Fällen, bei welchen wir mehr Tuschelösung instillierten als wir Liquor abgelassen hatten, verwendeten wir einen Druck von etwa 10 cm Wassersäule. Bei der subduralen Injektion wurde dieselbe Injektionsflüssigkeit verwendet. Die Injektion wurde von einer Trepanationsstelle des oberen Anteils der Squama temporalis aus durchgeführt. An der freigelegten Dura wurde nach leichter Abhebung derselben eine kleine Öffnung gesetzt, durch welche wir in einigen Fällen eine abgebogene, stark konische, vorn abgerundete Glaskanüle einführten. In anderen Fällen verwendeten wir eine Vorrichtung aus Glas, die es gestattet, die Injektion ohne Einführung in den Subduralraum von der Außenfläche der Dura vorzunehmen. Das von uns Injektionsegel genannte Gebilde besteht aus 2 ineinandergesteckten Glasröhren, die an der einen Seite in derselben Ebene abschneiden. Der Spalt zwischen beiden Röhren ist oben abgeschlossen und mit einer Wasserstrahlpumpe in Verbindung. An das Innenrohr wird die Wasserleitung angeschlossen. Der Egel saugt sich schon bei einem geringen Vakuum mit dem Graben zwischen den beiden Röhren an seiner Unterlage fest und dichtet die Injektionsstelle ab.

Die Injektionen wurden fast ausschließlich mit dem von THIEL im Anatomischen Anzeiger 1955, Bd. 102, angegebenen Injektionsapparat durchgeführt.

Ergebnisse

Makroskopische Injektionsbefunde. Bei der subduralen Injektion von toten Tieren mit TANDLERScher Tusch-Jod-Gelatine zeigt sich, daß die Masse bereits nach kurzer Zeit in das Venensystem übergetreten war. Man konnte sie in reichlicher Menge in den gesamten Venen des Nasenrachenraumes sowie in den großen Halsgefäßen feststellen. Bei Eröffnung des Schädels sind auch die Sinus durae matris sowie die Venae diploicae mit derselben erfüllt. Die Füllung des Sinus sagittalis superior erweist sich bei der Hochlagerung deutlich abhängig von der Lage der Injektionsmasse im Subduralraum. Ist die Masse nicht bis zur Konvexität vorgedrungen, so wird dieser Sinus leer angetroffen. Aus dem Füllungseffekt der Venen am toten Tier ist man bereits in der Lage, ohne vorherige Eröffnung des Schädels eine subdurale Lage der Masse zu fordern, wie wir uns durch zahlreiche nachträgliche Explorationen überzeugen konnten. Bei subarachnoidealer Injektion fanden wir, wenn sich die Masse allein im Subarachnoidealraum befand, niemals eine stärkere Verunreinigung der Sinus und Venen auch bei vollständiger Füllung dieses Raumes. Um diesen Unterschied zu erhalten, war es notwendig, die Räume völlig getrennt zu injizieren. Eine Bedingung, welche im idealen Sinne äußerst schwer zu erreichen ist, wie man feststellen kann, wenn man das verarbeitete Material nur gründlich genug untersucht. Eine leichte Verunreinigung der Venen, die sich nur beim Aufstreichen des Blutes auf eine weiße Unterlage durch eine leichte Mißfärbigkeit desselben verrät, fanden wir manchmal auch bei reinen Füllungen des Subarachnoidealraumes. Bei der subduralen Injektion hingegen beherrschte eine tiefschwarze Verfärbung der Schädel- und Halsvenen das Bild, die Masse war meist, je nach Injektionszeit, bis in das Gebiet der Vena cava caudalis zu verfolgen. Es ist verständlich, daß bei einer so hochgradigen Auffüllung des Venensystems auch die Venen der Nasenhöhle und des Rachendaches injiziert waren. Die Vollständigkeit der Injektion bis hinein in die kleinsten Gefäße und das frühe Auftreten derselben ist etwas überraschend, läßt sich aber wohl durch die Zusammenhänge der Sinus durae matris an der Schädelbasis mit den tiefen Venen des Gesichtsschädels erklären, da gerade diese Sinus die ersten sind, welche bei der am toten Tier gewählten Injektionsstelle von der Masse erreicht werden. Unmittelbar vor der Injektion getötete Tiere verhielten sich ähnlich im Hinblick auf die Venenfüllung. Graduelle Unterschiede zeigten sich allein bei der Vollständigkeit der Füllung beider Räume und demzufolge auch der Venen, bei subduraler Injektion.

Die Untersuchungen von möglichst frischem Leichenmaterial Erwachsener wie Kinder ergaben das grundsätzlich gleiche Bild. Bei subduraler Injektion floß nach Entfernung der Kopfschwarte kurze Zeit nach dem Injektionsbeginn aus den Emissarien reichlich Masse ab. Nach Entfernung der Pericraniums in der Nähe des Sinus sagittalis superior trat die Masse aus zahlreichen kleinsten Öffnungen hervor, während sich an Stellen mit belassenem Pericranium feinste Netze füllten. Beachtlich war dabei, daß bei Einbringung der Kanüle im Bereich der Squama temporalis und Seitenlagerung des Kopfes die Masse früher und reichlicher aus Öffnungen austrat, die vom Sinus sagittalis noch weit entfernt waren und der Kanüle näher lagen. Daraus geht wohl hervor, daß es sich nicht um Auffüllungen über dem Sinus sagittalis superior handelt. Bei gut gelungener subduraler Injektion, von welcher Stelle auch immer aus, sieht man an der Außen-

fläche der Dura mater nach Entfernung des Knochens ein stark injiziertes Gefäßnetz, welches an vielen Stellen mit den Venae diploicae in Zusammenhang steht (Abb. 4). Bei den Neugeborenen findet man dieses Gefäßnetz auch in Verbindung mit den Venen der Stirnfontanelle.

Der starke Massengang bei subduraler Injektion läßt es unwahrscheinlich erscheinen, daß es sich um irgendwelche Diffusionsvorgänge handeln könnte.

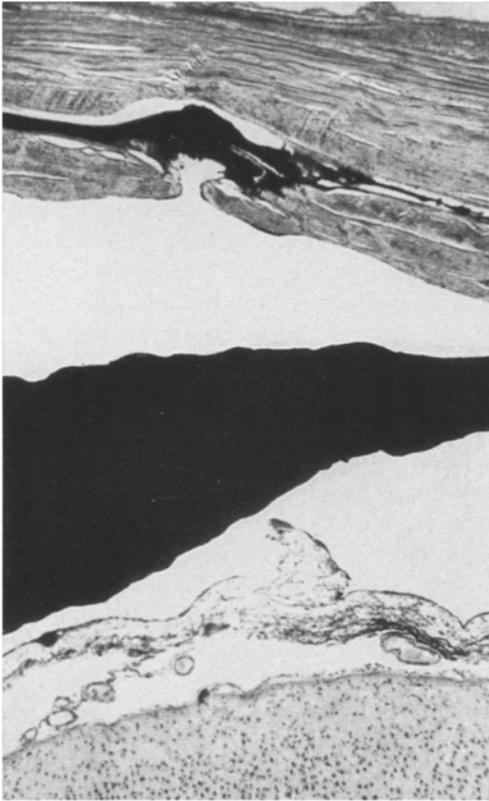


Abb. 1. Aus seinem Bett nach subduraler Injektion herausgezogener Villus arachnoidealis. (35fache Vergr.)

Außerdem stellten wir fest, daß sich die subdurale von der subarachnoidealen Injektion deutlich voneinander nicht nur in Hinblick auf die Menge der abgeführten Masse unterschieden, sondern auch durch Konstanz des Massenverbrauches in der Zeiteinheit bei subduraler Injektion und durch das allmähliche Absinken desselben bei subarachnoidealer Injektion, bis zum nahezu völligen Sistieren. Unsere Injektionsmasse ist auf Grund ihrer korpuskulären Elemente in der Lage, dünne Häutchen zu verlegen. Man kann aus obigen Ergebnissen nur den Schluß ziehen, daß es sich bei der subduralen Injektion um eine offene canaliculäre Verbindung zum Venensystem handelt, während der geringe Übertritt von Masse bei subarachnoidealer Injektion für einen allmählich zum Erliegen kommenden Diffusionsvorgang spricht. Da der Hauptanteil der verbrauchten Masse bei der subduralen Injektion in die Venen gelangt, konnte es in Anbetracht der engen Beziehungen zwischen

PACCHIONISCHER Granulation und dem Venensystem als sehr naheliegend erscheinen, daß der Übertritt im Bereich dieser Bildungen stattfand.

Der erhebliche Massengang ließ sich allerdings mit den Vorstellungen von KEY und RETZIUS kaum vereinbaren, die eine Durchsetzung intakter Endothelschichten angenommen hatten.

Mikroskopischer Befund. Bei der histologischen Untersuchung solcher Injektionspräparate sieht man, daß die großen PACCHIONISCHEN Granulationen in situ verblieben waren. Die kleinen fadenförmigen Villi arachnoideales jedoch und die kleinen PACCHIONISCHEN Granulationen, die noch eine geringgradige Auftreibung an ihrem Ende besitzen, fanden wir aus der Dura mater herausgezogen (Abb. 1). Es ist schwer, eine Grenze zwischen den Villi arachnoideales und den PACCHIONISCHEN Granulationen anzugeben, weil hier fließende Übergänge bestehen, die

darauf hinweisen, daß die Villi arachnoideales nur Vorstufen der PACCHIONISCHEN Granulationen sind, zumal letztere beim Neugeborenen nicht angetroffen werden, worauf schon TROLARD, LE GROS CLARK hingewiesen haben. Das Bett der kleinen arachnoidealen Bildungen in der Dura mater erweist sich in diesen Fällen als ein ampullenartiger Hohlraum, welcher oft mit dem Subduralraum nur durch einen sehr engen Kanal direkt verbunden ist, in dem ursprünglich der Hals der Zotte lag (Abb. 2). Die durch diesen Kanal in den Hohlraum eingedrungene Injektionsmasse läßt sich in zylindrische Kanälchen verfolgen, die ihrerseits mit den venösen Sinus zusammenhängen, aber auch in entgegengesetzte Richtung zu verfolgen

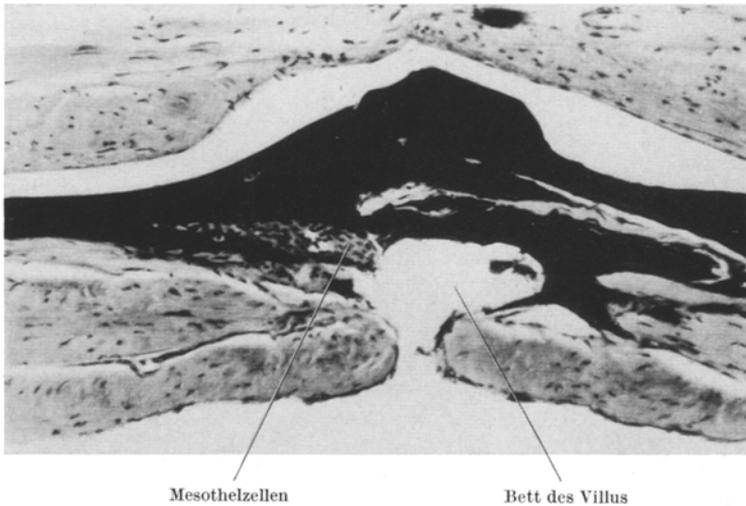


Abb. 2. Detailbild zu Abb. 1. Bett des Villus arachnoidealis mit Resten des Mesothelpolsters. Von Masse erfülltes Kanälchen des inneren Gefäßnetzes mit spindelförmiger Auftreibung. (75fache Vergr.)

sind. Der ampullenförmig erweiterte Hohlraum liegt daher nicht am Beginn eines derartigen Kanälchens, sondern ist in dessen Verlauf eingeschaltet. LE GROS CLARK (1920) hat in klarer und überzeugender Form den prinzipiellen Aufbau der PACCHIONISCHEN Granulation beim Menschen dargestellt, nachdem WEED auf ähnliche Verhältnisse an Villi arachnoideales beim Tier hingewiesen hatte. Aus diesen Beschreibungen geht hervor, daß die sonst aus einem fibrillären Grundgerüst bestehende PACCHIONISCHE Granulation an ihrer Spitze ein Polster aus proliferierten Mesothelzellen trägt, die sonst in einer einschichtigen Lage die übrigen Anteile der PACCHIONISCHEN Granulation bedecken. Diese Mesothelzellen besitzen ein leicht färbbares Protoplasma und einen ovalen Kern. Das mesotheliale Polster ist mit dem Endothel der Sinus durae matris direkt verwachsen (Abb. 3). An dieser Stelle befindet sich daher weder eine eigene Schichte der Dura mater noch ist hier eine Fortsetzung des Subduralraumes zu finden, welche sonst die Zotte als sog. Perigranulärraum umgibt. Diesen Sachverhalt fanden wir grundsätzlich auch an unseren Schnittserien, obwohl er in dieser reinen Form nur manchmal besonders an kleinen Zotten vorhanden war. Bei der Durchmusterung der großen Zotten zeigt sich, daß die Lage der spezifischen Mesothelzellen oft in einzelne Nester aufgelöst ist, die an irgendeiner Stelle der Circumferenz die Beziehung zum Endothel aufnehmen, oft sogar an den seitlichen Partien der Zotten

anzutreffen sind. Es liegt in der Natur des Sachverhaltes, daß diese Zellpolster in enge Beziehung zum Perigranulärraum kommen. Es war uns möglich, Schnittserien von Erwachsenen mittleren und hohen Lebensalters zu vergleichen. Es ist allgemein bekannt, daß die Größe der Zotten im Laufe des Lebensalters zunimmt. Setzt man aber die Größe der Zotte mit der Menge der polsterartig angeordneten Mesothelzellen in Beziehung, so findet man, daß die großen Zotten älterer Menschen relativ weniger Mesothelzellen besitzen. Da nach den Untersuchungen von WEED, die an lebenden Tieren durchgeführt wurden, ein Übertritt der nach ihm benannten Lösung in diesem Bereich stattfindet und in demselben

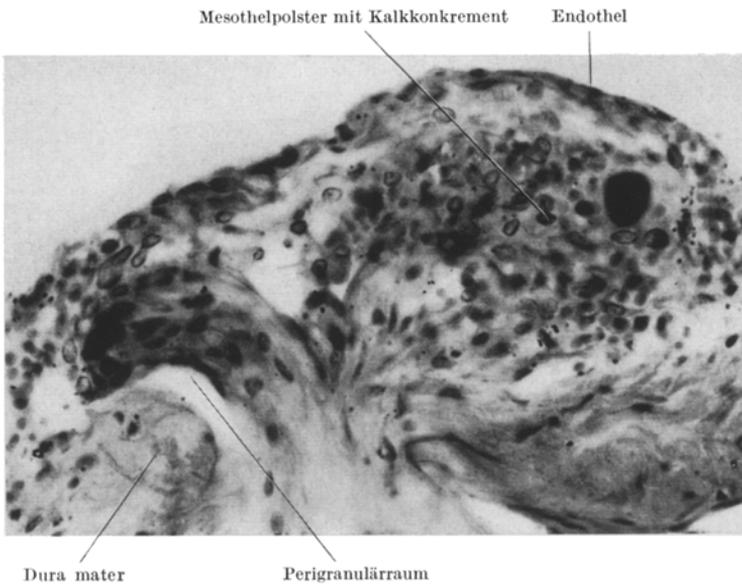


Abb. 3. Villus arachnoidealis. (330fache Vergr.)

gefunden wird, scheint diesen Zellen eine besondere funktionelle Bedeutung im Rahmen der Liquorabfuhr zuzukommen. Es kann daher die Größe der Zotte nicht als Maß für ihre funktionelle Bedeutung angesehen werden und das Fehlen größerer PACCHIONISCHER Granulationen bei Neugeborenen und Kleinkind ist nicht unbedingt verknüpft mit einer funktionellen Minderwertigkeit dieses Systems. Mißt man also der PACCHIONISCHEN Granulation eine Bedeutung für den Liquorabfluß bei, so kann dies sogar als indirekter Beweis für die spezifische Leistung der Mesothelzellen obengenannter Polster angesehen werden.

An Schnittserien von Blöcken mit subduraler Injektion läßt sich an den herausgezogenen Zotten feststellen, daß im Bereich der mesothelialen Zellpolster die Ablösung aufgetreten ist. An der Stelle ihrer ursprünglichen Verwachsung finden sich zurückgebliebene Mesothelzellen und es läßt sich gerade dort der Zusammenhang der in das Zottenbett eingedrungenen Masse mit dem venösen System feststellen. Auf Grund der histologischen Befunde ist es verständlich, daß es sich um eine Läsion handelt (Abb. 1 und 2).

Es ist nun die Frage aufzuwerfen, wieso bei Anwendung so niederer Drucke von etwa 10 cm Wassersäule, wie wir sie verwendeten, selbst bei frischstem

Leichenmaterial derartige Läsionen auftreten können, während bei Injektion zartester Gefäße durch diesen Druck keinerlei Zerstörungen gesetzt werden. Die Erklärung ist sicherlich in dem Umstande zu suchen, daß der Druck in breiter Fläche auf die Arachnoidea wirkt und die ganze Kraft sich in Form einer starken Zugspannung auf die Zotten überträgt. Es sind daher der Erweiterungsfähigkeit des Subduralraumes, ohne daß man den Abschluß desselben gegen das Venensystem zerstört, sehr enge Grenzen gesetzt.

Die subdurale Luftfüllung. In letzter Zeit werden aus diagnostischen Gründen Luftfüllungen des Subduralraums vorgenommen. PENFIELD und NORCROSS haben als erste auf diese Möglichkeit hingewiesen.

Da die Venenfüllungen bei subduralen Injektionen durch die früheren Untersucher nicht durch canaliculäre Verbindungen erklärt wurden, war ein Übertritt von Luft in entsprechender Menge je Zeiteinheit überhaupt undenkbar.

Obige Versuchsergebnisse scheinen daher in diesem Zusammenhange von Bedeutung zu sein, da sie eindeutig zeigen, daß bei Abhebung der Arachnoidea von der Dura über ein gewisses Maß hinaus eine offene Kommunikation des Subduralraumes mit dem Venensystem auftritt und eine Luftembolie entstehen könnte. Wir müssen aber darauf hinweisen, daß die Verhältnisse an der Leiche in Hinblick auf den angewandten Druck nicht unmittelbar auf den Lebenden übertragbar sind. Bei subduraler Injektion an der lebenden Katze mit Tusche in physiologischer Kochsalzlösung stellt man im Gegensatz zum toten Tier fest, daß die Auffüllung des Subduralraumes bei gleichen Druckverhältnissen wesentlich schwerer gelingt. Selbst bei einer Verdoppelung der Injektionszeit ist die Ausbreitungstendenz der Masse sehr gering und die Auffüllung des Raumes bleibt meist auf eine Hemisphäre beschränkt. Dies ist um so verwunderlicher, als man auf Grund unserer Technik durch die Wahl der Injektionsstelle eher bessere Füllungen erwarten müßte. Dies spricht für sehr geringe Abflußmöglichkeiten dieses Raumes unter normalen Bedingungen am lebenden Tier und für eine sehr geringe Entfaltbarkeit desselben. G. PENFIELD gibt an, daß nach isotoner Formalininjektion in die Carotis interna beim narkotisierten Hund unter einem Druck von 200 cm durch nachherige Einfrierung über längere Zeit Eis in einer Schichtdicke von 0,25—1 mm im Subduralraum vorgefunden wird. Unsere Ergebnisse am lebenden Tier wurden unter den gleichen Druckbedingungen gewonnen wie am toten, was darauf hinweist, daß Läsionen am Lebenden wesentlich schwerer zu setzen sind. Konkrete Zahlenangaben des Druckes, bei welchen Läsionen durch subdurale Injektionen beim Menschen auftreten, sind wir nicht in der Lage zu geben, da Untersuchungen aus begreiflichen Gründen nicht durchführbar waren. Wir sind jedoch imstande, uns gewisse Vorstellungen über die Faktoren des unterschiedlichen Verhaltens von totem und lebendigem Material zu machen. Am toten Material läßt sich durch Auspressen des Blutes das Gehirn in seinem Volumen verringern, außerdem findet man, daß bereits wenige Stunden nach dem Tode die Liquormenge im Subarachnoidealraum deutlich reduziert ist und sogar der Liquordruck im gesamten Raume negativ wird. Da das Volumen des Cavum cranii eine konstante Größe darstellt, wird es verständlich, daß die Injektion des Subduralraumes beim Lebenden nur dann mit einer entsprechenden Erweiterung desselben einhergeht, wenn wenigstens eine der veränderlichen Größen im Schädelvolumen (Liquor und Blut) entsprechend verringert werden.

Beim Lebenden leistet also das mit Blut gefüllte Gehirn und der ständig Nachschub erhaltende Liquor im Subarachnoidealraum dem auf die Außenfläche der Arachnoidea wirkenden Drucke einen entsprechenden Widerstand. Die bei unserem menschlichen Leichenmaterial angewendeten Drucke sind daher keine absoluten Größen, die unmittelbar auf den lebenden Menschen übertragen werden können. Aus obigen Überlegungen geht aber außerdem hervor, daß der zerstörungsauslösende Druck abhängig von der Füllung des Subarachnoidealraums sein dürfte. Da bei der subduralen Luftfüllung Liquor cerebrosppinalis abgelassen wird, um eine bessere Entfaltung des Subduralraumes zu bewirken, muß sich der Druck im Subduralraum stärker auf die Arachnoidea auswirken. Es kommt hierbei begrifflicherweise nicht auf den absoluten Wert des Druckes an, der von der Außenfläche auf die Arachnoidea wirkt, sondern auf die Druckdifferenz, die sich zwischen Subarachnoideal- und Subduralraum ergibt. Der Veröffentlichung von MAYR und MOSCHIK DE REYA, welche die Methode der subduralen Pneumographie ausgearbeitet haben, entnehmen wir, daß beachtliche Mengen von Luft notwendig sind, um brauchbare Füllungen zu erzielen. Diese führen zu einer starken Abhebung der Arachnoidea und es ist kaum vorstellbar, daß keine Läsionen im Bereich der Villi arachnoideales entstehen sollten. Zum Zustandekommen einer Luftembolie ist es allerdings notwendig, daß die Luft unter einem höheren Drucke steht als das venöse Blut. Da die Menge des entfernten Liquors ungefähr dem eingebrachten Luftvolumen entspricht, bewegt man sich wohl an der Grenze der Ungefährlichkeit.

B. Das Gefäßsystem der Dura mater

Unsere Ergebnisse werfen auch ein entscheidendes Licht auf die mit gleichen oder ähnlichen Methoden gewonnenen Beschreibungen der Lymphgefäße und Saftspalten der Dura mater. Die Frage, ob die Dura mater ein eigenes dem lymphatischen System zugehöriges Gefäß- und Spaltensystem besitzt, ist bis heute strittig. Bei unseren Untersuchungen des Gefäßsystems der Dura mater durch Injektion erhoben wir nachstehende Befunde.

In der Nähe der Innenfläche der Dura mater liegt das sog. innere Gefäßnetz. Es verbindet sich mittels schräg die Dura mater durchsetzenden Ästen mit einem äußeren Gefäßnetz, welches aus stärkeren Gefäßen besteht. Dieses äußere Gefäßnetz hängt seinerseits wieder mit den Venae diploicae zusammen (Abb. 4). Die Reichlichkeit dieser Zusammenhänge ist auf unserer Abbildung leicht ersichtlich. Das innere Gefäßnetz andererseits, welches aus zarteren Gefäßen besteht, nimmt beim Menschen Beziehungen zu kleineren PACCHIONISCHEN Granulationen oder zu den Villi arachnoideales auf (Abb. 5). An dieser Stelle besitzt es spindelförmige Auftreibungen, die den Eindruck einer starken Volumschwankung hervorrufen. Diese spindelförmigen Auftreibungen, die sich auch unabhängig von PACCHIONISCHEN Granulationen ab und zu vorfinden, beschrieben schon BÖHM, MICHEL und LANGER, ohne auf die Beziehung zu den PACCHIONISCHEN Granulationen hinzuweisen. Diese Gefäßnetze lassen sich beim Menschen sowohl durch subdurale Injektion als auch durch retrograde Veneninjektion leicht auffüllen. Auf Grund des obenerwähnten Zusammenhanges mit den Venae diploicae und mit den Sinus durae matris dringt die Masse auch in dieselben vor und darüber hinaus, wie z. B. in die pericraniellen Netze usw.

Hierbei besteht der grundsätzliche Unterschied, daß bei retrograder Veneninjektion eine Füllung des Subduralraums nicht möglich ist, während die Sinus und die duralen Gefäßnetze vom Subduralraum aus leicht aufgefüllt werden. Diese Injektionsergebnisse lassen sich durch das Auftreten der von uns nachgewiesenen Kunstprodukte erklären. Während, wie oben ausgeführt, bei subduraler Injektion eine Zugspannung an den Villi arachnoideales auftritt, die in keinem Verhältnis zum Druck je Flächeneinheit steht, wirkt dieser von der venösen Seite aus ohne Potenzierung. Es treten daher bei gleichem Druck die Läsionen nur bei subduraler Injektion auf.

Bei unseren subduralen Injektionen am Menschen

füllten sich neben den oben beschriebenen Netzen spaltförmige kleinste Kanälchen, die im Querschnitt Spindelform zeigen. Diese richten sich nach der lamellären Struktur der Dura mater. Wir konnten an einer Schnittserie eines injizierten Präparates eindeutig nachweisen, daß diese Kanälchen mit dem venösen Gefäßnetz in Zusammenhang stehen. Oft finden sich diese Kanälchen in enger Nachbarschaft zu einem Gefäß, welches auf Grund seines Wandaufbaues als ein kleines arterielles Gefäß anzusprechen ist. In der Nähe der Einmündung eines solchen spindelförmigen Kanälchens ist infolge des größeren Lumens eine auskleidende Endothelschicht eindeutig nachzuweisen.

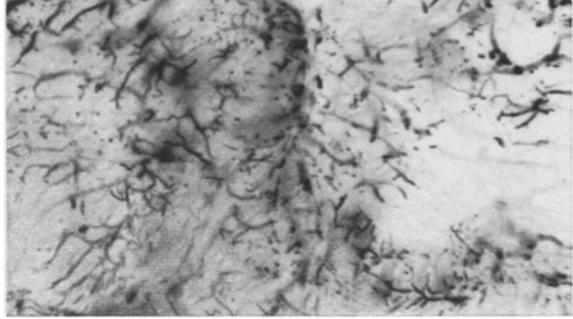


Abb. 4. Äußeres Gefäßnetz der Dura mater mit durchtrennten Verbindungen zu den Venae diploicae. (3fache Vergr.)

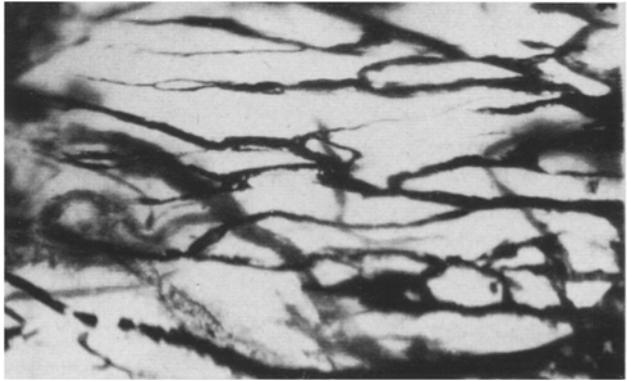


Abb. 5. Aufhellungspräparat des inneren Gefäßnetzes knapp vor der Einmündung in den Recessus lateralis mit einigen durchscheinenden Gefäßen des äußeren Netzes. (15fache Vergr.)

Diskussion

Diese Gefäß- und Kanälchensysteme wurden von vielen Autoren in irgendeiner Form beschrieben und ihnen die unterschiedlichste Bedeutung beigemessen. Die große Fülle von Untersuchungen, die diesem Thema gewidmet wurden, erlaubt uns nicht, auf alle Autoren speziell einzugehen, und wir verweisen auf die Literaturübersicht von JACOBI (1924), JOSSIFOW (1930), OSCHKADEROW (1936) und SCHALTENBRAND (1955). Am Schlusse wollen wir uns aber die Frage vorlegen, wieso man bei der Beurteilung der Gefäßnetze der Dura mater und ihrer feinsten Verzweigungen zu unterschiedlicher Auffassung kam.

Der Subduralraum besitzt, wie im 2. Teil unserer Arbeit näher beschrieben werden wird, tatsächlich abführende Lymphgefäße und gilt seit SCHWALBE als Lymphraum. Es war daher verständlich, daß von diesem Raume aus durch Injektion in der Dura darstellbare Gefäße als Lymphgefäße bezeichnet wurden. Während MASCAGNI Lymphgefäße der Dura mater und die Abflußwege über das Foramen spinosum zu Drüsen an der Teilungsstelle der Drosselader beschreibt, weisen spätere Autoren auf eine Venenverbindung dieses Netzes hin und sind nicht mehr in der Lage tributäre Knoten zu finden, wie R. BÖHM, der dem inneren Gefäßnetz der Dura mater als erster lymphatischen Charakter zuschreibt. Den Untersuchern, welche vom Subduralraum diese fraglichen Netze auffüllten, entging es, daß die Villi arachnoideales bei den angewendeten Techniken zerstörbare Beziehungen zu den kleinen Venen des inneren Gefäßnetzes haben. Der direkte Massenübergang in dieses Gefäßnetz wurde dahingehend gedeutet, daß die subdurale Flüssigkeit wie bei der Injektion der serösen Häute der Bauch-, Pleura- und Perikardialhöhle durch kleine Stomata in die Lymphgefäße gelangt, wie IWANOW und ROMODANOWSKY annehmen und wie es W. G. JOSSIFOW durch die Methode der passiven Bewegung nachzuweisen versuchte, oder sie forderten einen Endothelabschluß wie WALDEYER und G. M. JOSSIFOW. MICHEL beschreibt ebenfalls neben dem Blutgefäßnetz ein durch epidurale Injektion nachweisbares, die ganze Dicke der Dura durchsetzendes Spaltensystem und ist bemüht, diesem eine selbständige Bedeutung in dem Sinne beizumessen, daß es mit dem epiduralen und subduralen Raume komuniziert und der Abfuhr von Lymphe dient. Da sich bei diesen Injektionen besonders bei Hund und Mensch oft eine gleichzeitige Blutgefäßfüllung findet, betont er, daß man nur kurze Zeit injizieren darf. Es ist anzunehmen, daß bei epiduraler Injektion mit einer Pravazspritze durch die erzwungene Abhebung der Dura vom Knochen immer größere oder kleinere Verbindungsäste des meningealen Gefäßnetzes mit den Venae diploeticae verletzt werden und dank ihrer guten Fixierung der Masse reichlich Gelegenheit geben werden, einzutreten. Aus seinen Abbildungen entnehmen wir, daß sich sein Spaltensystem mit den von uns oben beschriebenen spaltförmigen Kanälchen deckt, dessen Zusammenhang mit dem Venensystem wir nachweisen konnten. Es liegt zweifellos an den besonders günstigen Bedingungen am Tier, besonders am Schafe, die eine gefäßarme Dura besitzen, daß die Auffüllung großer Venen nicht das gesamte Bild beherrscht. An diesen aber will der Verfasser seine eindeutigsten Ergebnisse erzielt haben. Bei seinen Füllungen des inneren Gefäßnetzes konnte er bei etwas stärkerem Drucke feststellen, daß besonders am Menschen und Hund an den knotenförmigen Anschwellungen leicht ein Austritt der Masse auftrat. Die Darstellung der Innenfläche der Dura zwecks Inspektion erklärt viele, wenn nicht alle Massenausstritte an derselben.

Bei der Deutung der aufgefüllten Gefäße mag unterstützend gewirkt haben, daß man in einer doch recht dicken, bindegewebigen Membran von vornherein Lymphgefäße erwartet hat. Nach der Aufklärung des Füllungsvorganges der Gefäßnetze der Dura auf Grund eines Kunstproduktes fällt die Veranlassung weg, dem so eng mit dem gesamten venösen System verbundenen inneren Gefäßnetz mit all seinen feinen Verzweigungen (Saftspalten) eine Sonderstellung einzuräumen. Die Unregelmäßigkeiten des Kalibers, wie sie besonders bei schlechten Füllungen auftreten, und ihre gewisse Ähnlichkeit mit Lymphgefäßen kann als kein hinreichender Grund betrachtet werden, auf ihren Inhalt in vivo zu schließen.

Wollte man diesen Gefäßen eine gewisse Sonderstellung einräumen, da sie wohl in ihrem venösen Blut ein Abscheidungsprodukt des Liquors führen, so könnte man sie unter Umständen Wasservenen nennen. Es ist daher als sicher anzunehmen, daß die Anschauung der Forscher, welche die gesamten Gefäße der Dura als Blutgefäße ansahen wie LANGER u. a., da sie sie durch retrograde Injektion darstellen konnten, die einzige richtige ist.

Auch bei Vitalversuchen an Katzen mit einer Injektionszeit bis zu 4 Std war es uns nicht möglich, vom Subduralraum aus eine Tuschesorption von der Durainnenfläche aus zu beobachten, obwohl ADA STÜBEL am Peritoneum eine Tuschaufnahme in Lymphgefäße schon nach einer halben Stunde fand. In diesem Zusammenhang ist das Ergebnis von MAGNUS und JACOBI bemerkenswert, denen es gelang, an einem Hunde nach Unterbindung der zuführenden Arterien folgende Beobachtung zu machen. Es erschien auf der Oberfläche der Dura ein warzenförmiges Gebilde und ein Gefäß. Beide zeichneten sich durch starke Reflexion aus. Diese Gebilde beschrieb der Verfasser als eine PACCHIONISCHE Granulation mit einem einmündenden Lymphgefäß und versuchten diese Beobachtung auch mit Photogrammen zu belegen. Wenn es sich in diesem Falle sicher um eine PACCHIONISCHE Granulation gehandelt hat, so geht daraus hervor, daß es diesen Autoren als ersten gelungen ist, den Abfluß des Liquor cerebrospinalis über eine PACCHIONISCHE Granulation direkt nachzuweisen. Die Bezeichnung „einmündendes Lymphgefäß“ erscheint auf Grund der Versuchsanordnung, bei der ein entsprechender Nachschub des Blutes in den Venen nicht mehr gewährleistet ist, als nicht hinreichend fundiert, weil dann die sich dem Blute beimischende Flüssigkeit allein das Gefäßlumen erfüllen würde. Auch die in ihrer weiteren Beschreibung unter denselben Kautelen gewonnenen Lymphgefäßnetze neben dem Blutgefäßsystem unterliegen denselben Einwänden. Die Verfasser vergleichen diese Befunde mit jenen, die JACOBI durch Betupfen der Dura mater mit Wasserstoffsperoxyd erhielt und erklären, daß es sich mit absoluter Sicherheit um dieselben Räume handelt. JACOBI verwendete als Untersuchungsmaterial von Sektionen gewonnene Durastücke und tierisches Material und es gelang ihm, röhrenförmige und kuppenförmige Hohlräume zur Darstellung zu bringen, die in wechselnder Größe und Gestalt einzeln oder in Gruppen liegen. Blutgefäße konnte er seiner Meinung nach nur von der Schnittfläche der Dura aus darstellen. Die Vorstellung, daß die Innenfläche der Dura mater nach Entfernung des Gehirnes mit seinen weichen Häuten selbst bei vorsichtiger Manipulation intakt geblieben sei, erweist sich nach unseren Untersuchungsergebnissen als unhaltbar und es erscheint unwahrscheinlich, daß sich die Blutgefäße von der Fläche her nicht füllen sollten. Außerdem lassen sich seine Abbildungen, die er durch Auflichtmikroskopie gewonnen hat, so interpretieren, daß die kuppen- und fingerförmigen Hohlräume nichts anderes darstellen als die leeren Höhlchen, in welche ursprünglich die Villi archnoideales eingelagert waren. Die Netze entsprechen daher dem inneren Gefäßnetz und seinen Ausläufern.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß Lymphgefäße mit den angewandten Methoden bis jetzt nicht dargestellt wurden und daß durch den Nachweis der Erzeugung von Kunstprodukten bei subduraler Injektion frühere Untersuchungsergebnisse zwanglos erklärt und ein Verständnis für unterschiedliche Auffassungen gewonnen werden konnte.

C. Die Nasenlymphgefäße und ihre Beziehungen zum Subarachnoideal- und Subduralraum

Die Existenz von Verbindungen der Nasenlymphgefäße mit den extracerebralen Meningealräumen ist seit SCHWALBE bekannt, jedoch bestehen über die Art der Verbindung unterschiedliche Ansichten. Da die Verbindung große klinische Bedeutung besitzt und ihre Art eng mit dem grundsätzlichen Problem des offenen und geschlossenen Beginns der Lymphgefäße verknüpft ist, sahen wir uns veranlaßt, diese zu untersuchen.

Für das Gelingen derartiger Injektionen ist frischestes Material von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grunde konnten wir nur tierisches Material ver-

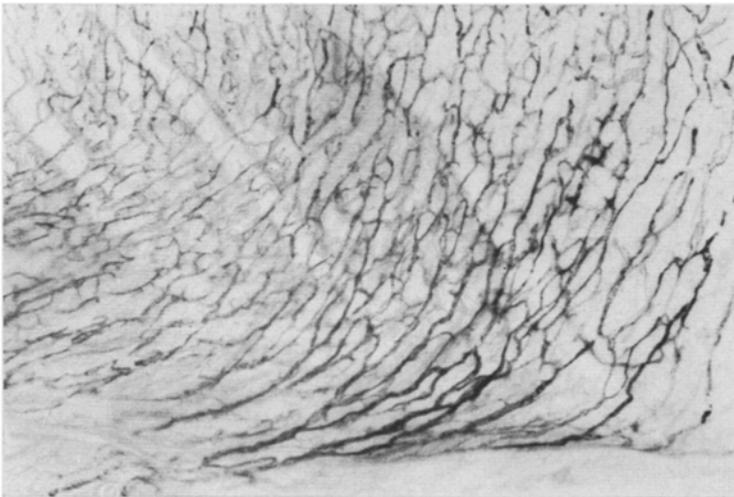


Abb. 6. Lymphgefäße am Septum nasi nach vitaler Subarachnoidealinjektion. (15fache Vergr.)

wenden. Zu diesem Zwecke wurden lebende und unmittelbar vor der Injektion getötete Katzen, wie im technischen Teil beschrieben wurde, verarbeitet.

Bei lebenden Katzen kann man bereits nach kurzen Injektionszeiten von etwa 20 min im Bereich der Regio respiratoria das Auftreten von Lymphgefäßen feststellen, die ohne weitere Kunstgriffe besonders schön am Septum nasi zur Darstellung kommen, sich aber auch, weniger gut verfolgbar, an den Nasenmuskeln vorfinden. Die Nasenlymphgefäße am Septum verlaufen als ein einschichtiges Netz von der Regio olfactoria beginnend, bogenförmig, mit ihrer Konvexität nach vorne gerichtet, gegen den unteren Rand des Vomers, wo sie sich zu etwas größeren Stämmen vereinigen (Abb. 6). Diese Stämme schlagen die Richtung gegen den Nasopharynx ein, wo sie schwer verfolgbar werden, und man könnte sich allein durch Abtragung des Palatum keine rechte Vorstellung von einer gelungenen Injektion schaffen. Bei diesen Injektionen finden sich die tiefen Halslymphknoten am Gefäßnervenstrang und die submandibularen gefüllt. An Aufhellungspräparaten erkennt man, daß die zuführenden Lymphgefäße für die submandibularen Knoten in Begleitung der Vena facialis verlaufen. Einige Gefäße kommen von dem oberen Anteil der lateralen Wand der Nasenhöhle und durchsetzen den Knochen in der Nähe der vorderen Umrandung der Orbita. Ein ziemlich starkes Gefäßchen sieht man von den Nares in geschlängeltem Verlauf ausgehen und sich

erst später den anderen Gefäßen anschließen. An einem aufgehellten Septum nasi wurde in der Regio olfactoria ein feines Netzwerk sichtbar, welches ursprünglich nicht zur Ansicht kam. Dieses Netz unterscheidet sich durch seinen Charakter deutlich von den Lymphgefäßen der Regio respiratoria (Abb. 7). Es ist nicht flächenhaft angeordnet, sondern durchsetzt mit seinen polygonalen Maschen die ganze Dicke der Schleimhaut. Dabei hat man im Stereomikroskop den Eindruck, als ob diese Maschen oft zylindrische Gebilde umspinnen. Die Netze weisen selbst noch bei einer 200fachen Vergrößerung in der Auflichtmikroskopie eine gute Konturierung auf und zeigen Kaliberschwankungen mit Erweiterungen an den

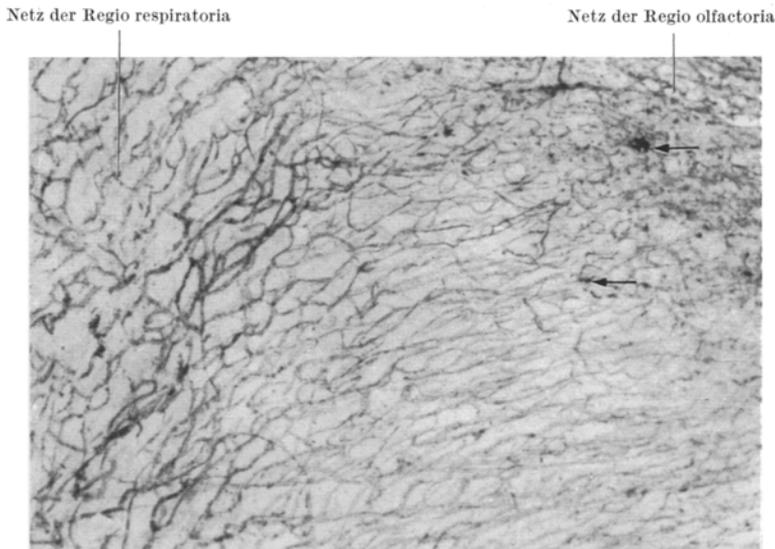


Abb. 7. Aufhellungspräparat der Übergangsregion des Netzwerkes der Regio olfactoria in das Lymphgefäßnetz der Regio respiratoria. Pfeile zeigen ein gegen das Epithel aufsteigendes kolbenförmiges Kanälchen und ein beginnendes Extravasat. (30fache Vergr.)

Knotenpunkten. Ab und zu sieht man von diesem Netze abzweigende, gegen die Oberfläche der Schleimhaut aufsteigende, kolbenförmige Fortsetzungen, die von KEY-RETZIUS zuerst beschrieben wurden. Diese scheinen eine besonders schwache Stelle im gesamten Netzwerk darzustellen, da man an manchen Präparaten dort den Eindruck eines beginnenden kleinen Extravasates gewinnt (Abb. 7). Niemals aber konnten wir von diesen *kleinen* Extravasaten aus, die knapp unter der Oberfläche der Schleimhaut gelegen sind, abführende Kanälchen füllen. Massenausstritte auf die freie Oberfläche der Schleimhaut sind bei diesen Präparaten allerdings nirgends zu finden. An der Grenze der Regio olfactoria läßt sich an mehreren Stellen der Aufhellungspräparate ein eindeutiger Zusammenhang dieser beiden Netze feststellen und es geht dort der mehr polygonale Charakter mit einer feinmaschig-scharfen Grenze in den mehr langmaschigen und gröberen der Regio respiratoria über. Eine klare Abbildung dieser Zusammenhänge, welche nur einigermaßen der Prägnanz unserer Präparate entsprechen würde, sind wir jedoch nicht in der Lage zu geben, da bei den hierzu notwendigen Vergrößerungen die Niveauunterschiede für eine photographische Darstellung zu groß sind. Die im Subarachnoidealraum oder Subduralraum gelegene Masse umhüllt die Bulbi

olfactorii und begleitet massiv das proximale Stück der Fila olfactoria, dieselben oft in der gesamten Cirkumferenz umhüllend (Abb. 9). An der Abb. 8 sieht man, daß dieses Massenlager ziemlich abrupt in das oben beschriebene Netzwerk der Regio olfactoria übergeht. Sowohl bei subarachnoidealer wie subduraler Injektion lassen sich die gleichen Netze füllen, so daß eine sich detaillierte Beschreibung erübrigt.

Bei den kurz vor der Injektion getöteten Tieren ergibt sich bei der subduralen Injektion auf Grund der Venenfüllungen, auf deren Zustandekommen wir im

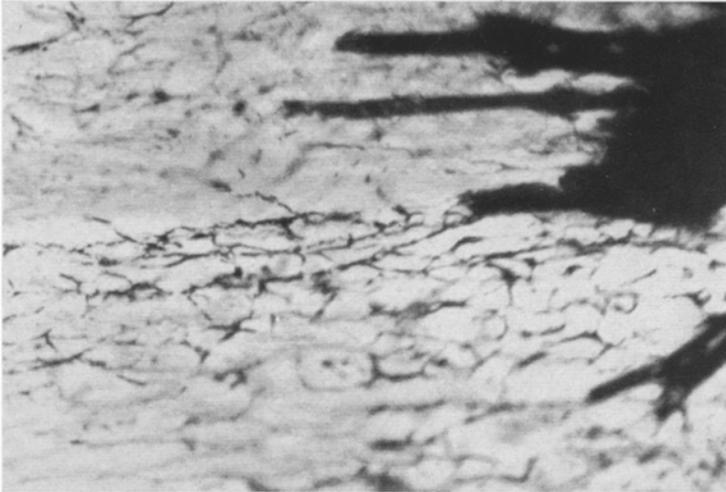


Abb. 8. Aufhellungspräparat des Überganges der massiv gefüllten Perineuralscheiden in das Netzwerk der Regio olfactoria. (90fache Vergr.)

1. Teil unserer Arbeit hingewiesen haben, meist eine derartige Überlagerung mit den Lymphgefäßfüllungen, daß wir auf die Auswertung dieser Präparate verzichtet haben.

Die Subarachnoidealraumfüllung bei unmittelbar vor der Injektion getöteten Tieren zeigt, wie zu erwarten ist, ein ähnliches Bild wie der Vitalversuch mit dem Unterschiede, daß die Füllungen kräftiger waren. Außerdem fiel uns auf, daß hier bei gleichen Druckbedingungen stärkere Extravasate in der Nasenschleimhaut auftreten, die in Form von größeren bis unter das Epithel reichenden Plaques besonders am Übergang von der Regio olfactoria und respiratoria und unter der Lamina cribrosa zu finden sind. Es scheinen daher Übergangsstellen des in der Regio olfactoria gelegenen Netzwerkes besonders gefährdet zu sein. In jenen Fällen, wo Extravasate in der Regio olfactoria auftreten, sieht man auch oberflächliche Lymphgefäße ohne Aufhellung schon aus der Gegend der Siebbeinplatte nach unten verlaufen und sich dem Lymphgefäßnetz der Regio respiratoria zugesellen. Diese Lymphgefäße fügen sich nicht in den Charakter des Netzwerkes der Regio olfactoria ein. Die Auffüllung dieser Gefäße kann im Effekt mit einer Einstichinjektion verglichen werden. Gute Injektionsergebnisse erfordern ein genaues Abwägen des Druckes, da die Füllung mit dem Ansteigen desselben kräftiger wird, aber gleichzeitig auch die Gefahr von Extravasatbildung auftritt. Gute Füllungen aber stellen die Voraussetzung dar, den Weg zusammenhängend

zu markieren. Schonendste und eigentlich ideale Bedingungen, wie sie der Ersatz des Liquors durch eine entsprechende Menge des Injektionsmittels geben würde, brachten uns keine Füllung, die eine Verfolgung des Abflußweges ermöglicht hätten. Unsere Drucke liegen bei brauchbaren Füllungen in der Höhe von etwa 13 cm Wassersäule und wir glauben auf Grund der gut begrenzten Injektionswege, Kunstprodukte vermieden zu haben.

Mikroskopischer Befund. Die Masse schlägt unterhalb der Lamina cribrosa bei subarachnoidealer und subduraler Injektion den gleichen Weg ein, so daß

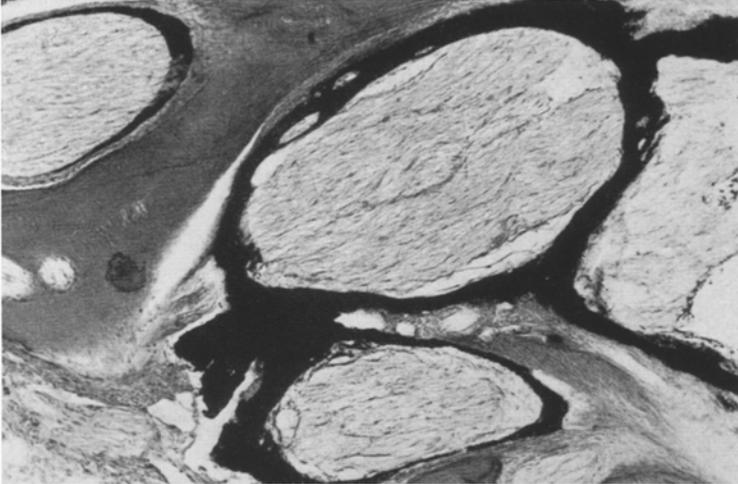


Abb. 9. Fila olfactoria im Bereich der Lamina cribrosa nach subduraler Injektion, quers getroffen. (van Gieson; 75fache Vergr.)

wir beide Rauminjektionen zugleich beschreiben können. Die Arachnoidea geht entlang den Fila olfactoria in die Perineuralscheide über und der Subarachnoidealraum setzt sich daher in das Maschenwerk zwischen der Perineuralscheide und dem Nervenstamm fort (FABER). Von der Dura mater ist zu sagen, daß sie im Bereich der Löcher der Lamina cribrosa mit dem dort befindlichen Periost verbunden ist. Da bei der subduralen Injektion die Masse letzten Endes in dieselbe Schicht zwischen Nervenstamm und Perineuralscheide gelangt, ist anzunehmen, daß auch die Dura mater einen direkten Zusammenhang mit der Perineuralscheide besitzt. Diesen Sachverhalt konnten wir auch histologisch erheben. Die innerhalb der Nervenscheide gelegene Masse zeigt gute Begrenzung und umgibt den Nervenstamm im proximalen Abschnitt, wie schon bei den Aufhellungspräparaten beschrieben wurde, oft in der ganzen Circumferenz (s. Abb. 9 und 10). In distalen Abschnitten der Fila olfactoria begleitet die Masse die Aufzweigung derselben in Form von zarten Bändern. Außerdem finden wir im Bindegewebe der Schleimhaut der Nasenhöhle, ohne eine Beziehung zum Nerven nachweisen zu können, kleine Tuscheablagerungen, deren Abgrenzung durch ein Endothel nicht festgestellt werden kann und denen eine völlig scharfe Begrenzung fehlt. Andererseits ist manchmal die eindeutige Identifizierung eines Lymphgefäßes nicht möglich. Ob es sich z. B. bei dem in der Abb. 11 innerhalb der Nervenscheide gelegenen Hohlraum um ein Lymphgefäß oder nur um einen gut begrenzten Gewebsspalt

handelt, ist schwer zu sagen; da am gleichen Schnitt aber Lymphgefäße eindeutig nachzuweisen sind, muß man doch zu der Auffassung neigen, daß es sich eher um eine Gewebsspalte handelt, an deren Begrenzung sich körnige Tuscheablagerungen finden. FABER konnte durch Vitalfärbung mit Methylenblau zeigen, daß die Verzweigung der Fila olfactoria mit ihren Endausbreitungen am Schnittpräparat ein ähnliches Bild erwecken wie die Verteilung von Thorotrast bei subarachnoidealer Injektion, und glaubt, daß sich daher die Masse entlang der Nerven bewegt.

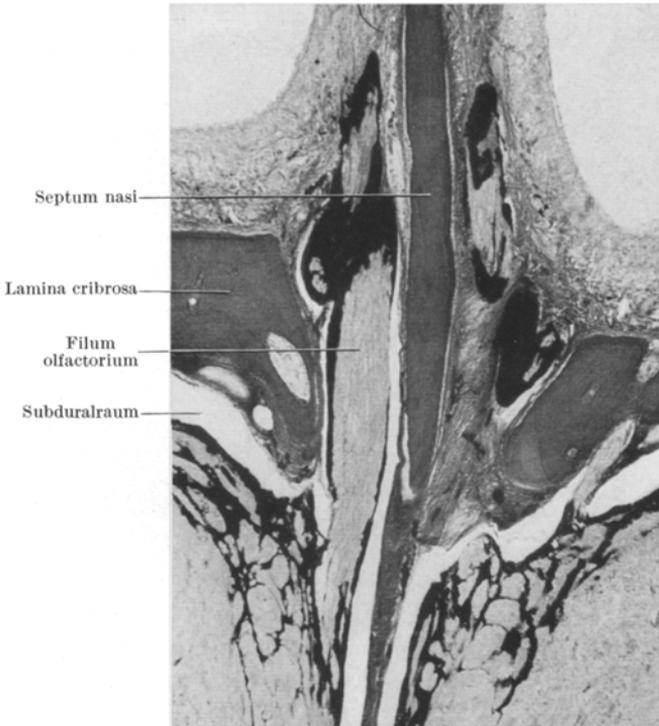


Abb. 10. Fila olfactoria nach subarachnoidealer Injektion längsgetroffen. Auf der rechten Seite Beginn der Perineuralscheide flach angeschnitten. (van Gieson; 30fache Vergr.)

Diese Vorstellung erscheint uns sehr wahrscheinlich, da die Äste der Fila olfactoria dicke bindegewebige Scheiden besitzen und von japanischen Autoren durch Injektion die feinsten Aufzweigungen peripherer Nerven sogar bis zu den Lamellenkörperchen dargestellt werden konnten. In denselben Abschnitten sind aber auch eindeutige Lymphgefäße feststellbar, deren Wand mit feinsten Tuschestäubchen bedeckt ist. Derartige Lymphgefäße kommen bis hinauf gegen die Lamina cribrosa hin vor und liegen oft in ziemlicher Nähe zu den Perineuralscheiden (Abb. 12). Diese Gefäße fanden wir besonders bei subduraler Injektion an der Schnittserie gut gefüllt, auch dann, wenn makroskopisch sichtbare Extravasate nicht vorhanden waren. Wir glauben aber darauf hinweisen zu müssen, daß bei diesen Schnitten verdächtige Überschreitungen der Gewebsgrenzen im Bereich der Lamina cribrosa zu beobachten sind, die einen direkten Zusammenhang vortäuschen können, wie er von KEY und RETZIUS, FLATAU und ZWILLINGER beschrieben wurde. Am

histologischen Präparat stößt die Verfolgung von eindeutig endothelfreien Spalten zu sicher endothelausgekleideten Kanälchen in Anbetracht der Mannigfaltigkeit des Netzwerkes auf große Schwierigkeiten. Es ist unmöglich, auf diese Art ein klares Bild dieser Netze und ihrer Zusammenhänge zu gewinnen. Wir versuchten

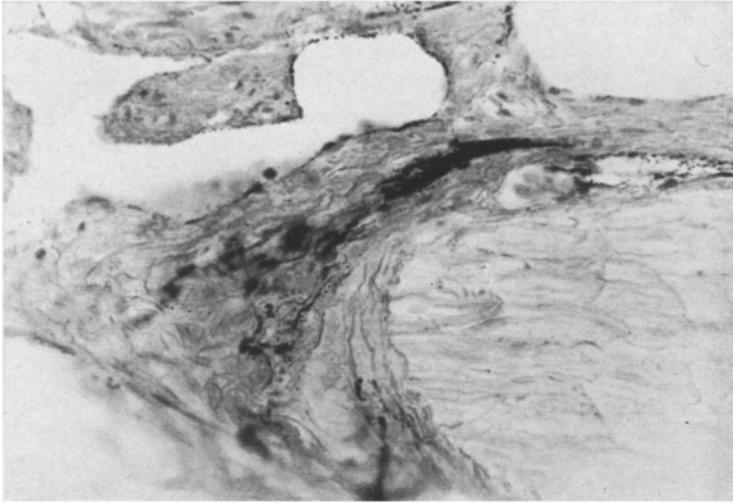


Abb. 11. Injizierte Perineuralscheide nach subduraler Injektion mit einem innerhalb derselben gelegenen Kanälchen. (van Gieson; 330fache Vergr.)

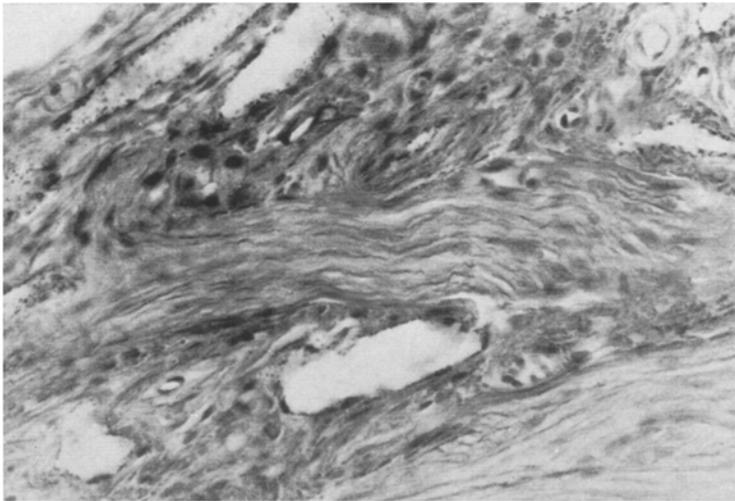


Abb. 12. Lymphgefäße mit leichten Tuschetingierungen in der Nähe eines Nerven der Regio olfactoria. (van Gieson; 330fache Vergr.)

uns durch vollständige Aufhellung eines Injektionspräparates, welches die flächenhafte Betrachtung unter starken Vergrößerungen erlaubt, einen Überblick zu verschaffen. Um nicht irgendwelchen injektionstechnischen Schwankungen zum Opfer zu fallen, kombinierten wir histologische Technik und Aufhellung nach DRAHN an einem Septumpräparat. Zu diesem Zwecke wurde das Septum in der

Mitte der Regio olfactoria zerschnitten und der obere Anteil samt Bulbi olfactorii der histologischen Verarbeitung zugeführt, während der untere für Auflichtmikroskopie vorbereitet wurde. Wir überzeugten uns außerdem an anderen Präparaten, daß ein Wechsel der prinzipiellen Verhältnisse im Abtrennungsbereich nicht stattfindet. Durch das Aufhellungspräparat kommt man zu der Überzeugung, daß nirgendwo selbständige Kanälchensysteme bestehen. Sie hängen alle mit dem gesamten Netzwerk zusammen. Nach diesen Vorstellungen gelangt also der Liquor Cerebrospinalis aus dem endothel ausgekleideten Subarachnoideal und Subduralraum über ein Spaltensystem wiederum in endothel ausgekleidete Kanäle. An welcher Stelle eine Gewebsspalte in ein Lymphgefäß übergeht, ist weder an der Aufhellung noch am histologischen Präparat sicher festzustellen. Doch muß man die Möglichkeit eines offenen Zusammenhanges von Gewebsspalte und Lymphgefäß im Gegensatz zu WEED und BRIERLY FIELD ernsthaft in Betracht ziehen, da nirgendwo diffus verteilte Tuscheartikelchen im Gewebe liegen, welche eine Brücke zwischen getrennten Netzbestandteilen geschlagen hätten. An wohl konturierten dickeren Kanälchen, von denen man annehmen kann, daß es Lymphgefäße sind, sieht man da und dort zipfelförmig ausgezogene Gebilde, an deren Spitze manchmal feinste Massenteilchen in das Gewebe überzutreten scheinen, ohne daß man auch hier eine nachbarschaftliche Beziehung grundsätzlich verschiedenwertiger Kanälchenbezirke finden würde. Diese Untersuchungen wurden unter Kontrolle einer 400fachen Vergrößerung bei Durchlichtmikroskopie an einem aufgehellten Septum durchgeführt. Für diese Untersuchungsergebnisse ist es von entscheidender Bedeutung, ob man Extravasate vermieden hat. Die Schwierigkeit dies zu beurteilen liegt darin, daß es mikroskopisch nicht möglich ist, Auffüllungen der Saftspalten ohne wesentliche Verformung der Gewebstruktur von kleinen Extravasaten zu trennen, da künstlich geschaffene Spalten von natürlich vorhandenen nicht zu unterscheiden sind. FABER, der die Befunde von LE GROS CLARK prinzipiell bestätigt, weist darauf hin, daß bei Einträufelung von WEEDScher Lösung in die Nasenhöhle lebender Tiere die Masse auf denselben Wegen gefunden wird, wo man sie nach subarachnoidealer Injektion feststellen kann. Dadurch wird gezeigt, daß der durch subarachnoideale Injektion darstellbare Weg als ein physiologischer zu betrachten ist. Auf die quantitative Bedeutung dieser Abflußmöglichkeit weist GALKIN hin, dem es aufzuzeigen gelang, daß die operative Ausschaltung des Nasenweges eine kompensatorische Erweiterung der spinalen lymphatischen Verbindungen, des Subarachnoidealraumes zur Folge hat. Im übrigen verweisen wir auf die Literaturübersichten von ZWILLINGER 1912 und FABER 1937/38.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß der Subarachnoideal- und Subduralraum über das Spaltensystem der Perineuralscheide der Fila olfactoria und seine Fortsetzungen in die abführenden Lymphgefäße der Nasenhöhle übergeht und es gelungen ist, das von der Perineuralscheide ausgehende Kanälchensystem in direkten Zusammenhang mit den Lymphgefäßen darzustellen.

Zusammenfassung

Die durch subdurale Injektion auftretenden Venenfüllungen wurden durch den histologischen Nachweis eines Kunstproduktes erklärt, dessen Entstehen eng mit dem Aufbau der PACCHIONISCHEN Granulation verknüpft ist. Auf die

Bedeutung dieses Befundes für die diagnostische subdurale Luftfüllung wird eingegangen. Durch das Auftreten dieser Kunstprodukte ist jeder bis jetzt geführte Nachweis von Lymphgefäßen in der Dura mater hinfällig und die oft als Saftspalten beschriebenen feinen Kanälchen erwiesen sich als venöse Gebilde.

Die Verbindung der Nasenlymphgefäße über die Perineuralscheide der Fila olfactoria mit beiden menigealen Räumen wurde an injizierten Aufhellungspräparaten kombiniert mit histologischer Technik untersucht und ein direkter Übergang der Gewebsspalten in Lymphgefäße wahrscheinlich gemacht.

Literatur

BARTELS, P.: Das Lymphgefäßsystem. In Handbuch der Anatomie des Menschen von K. BARDELEBEN, Bd. III. 1909. — BAUM, H., u. A. TRAUTMANN: Die Lymphgefäße in der Nasenschleimhaut des Pferdes, Rindes, Schweines und Hundes und ihre Kommunikation mit der Nasenhöhle. *Anat. Anz.* **60**, 161 (1925/26). — BÖHM, R.: Experimentelle Studien über die Dura mater des Menschen und der Säugetiere. *Virchows Arch.* **47** (1869). — BRIERLY, J. B., and E. J. FIELD: The connections of the spinal subarachnoid space with the lymphatic system. *J. of Anat.* **82**, 153 (1948). — CLARK, LE GROS W. E.: On the Pacchionian Bodies. *J. of Anat.* **55**, 40 (1920/21). — Zit. nach FABER. — DRAHN, FR.: Zit. nach ROMEIS: Mikroskopische Technik. 1948. — FABER, W. M.: The nasal mucosa and the subarachnoid space. *Amer. J. Anat.* **62**, 121 (1937/38). — FISCHER, FR. mitgeteilt von WALDEYER: Beiträge zur Kenntnis der Lymphbahnen des Centralnervensystems. *Schultze Arch.* **17**, 362 (1880). — FLATAU, TH. S.: Über den Zusammenhang der nasalen Lymphbahnen mit dem Subarachnoidealraum. *Dtsch. med. Wschr.* **1890**, 972. — GALKIN, W. S.: Über die Bedeutung der „Nasenbahn“ für den Abfluß aus dem Subarachnoidealraum. *Z. exper. Med.* **72**, 65 (1930). — IWANOW, G.: Über die Abflußwege aus dem submenigealen Räumen des Rückenmarkes. *Z. exper. Med.* **58**, 1 (1928). — Über die Abflußwege aus dem Subarachnoidealräumen des Gehirns und Rückenmarkes und über die Methodik ihrer intravitalen Untersuchung. *Z. exper. Med.* **64**, 356 (1929). — IWANOW, G., u. K. ROMODANOWSKY: Über den anatomischen Zusammenhang der cerebralen und spinalen submenigealen Räume mit dem Lymphsystem. *Z. exper. Med.* **58**, 596 (1928). — JACOBI, W.: Das Saftspaltensystem der Dura. *Arch. f. Psychiatr.* **70**, 269 (1924). — JOSSIFOW, G. M.: Das Lymphgefäßsystem des Menschen. Jena 1930. — Zur Frage des Einsaugens durch die Lymphgefäße des Diaphragmas und der Dura mater. *Anat. Anz.* **69**, 184 (1930). — KEY, A., u. G. RETZIUS: *Schultze Arch.* **9**, 308 (1873). — Zit. nach TROLARD und BAUM u. TRAUTMANN. — LANGER, K.: Über die Blutgefäße der Knochen des Schädeldaches und der harten Hirnhaut. Wien 1877. — MAGNUS, G., u. W. JACOBI: Über den Liquor cerebrospinalis und das Hirnödem. *Arch. klin. Chir.* **136**, 652 (1925). — MASCAGNI, P.: Zit. nach MICHEL. — MAYR, F., u. DE REYA N. MOSCHIK: Die subdurale Pneumographie und ihre Möglichkeiten. *Wien. Z. Nervenheilk.* **3**, 201 (1950). — MICHEL, J.: Zur näheren Kenntnis der Blut- und Lymphbahnen der Dura mater cerebialis. *Ber. Verh. sächs. Ges. Wiss.* **24**, 331 (1872). — OSCHKADEROW, W. J.: Beiträge zur Frage der Abflußwege der cerebrospinalen Flüssigkeit des Gehirns und Rückenmarkes. *Anat. Anz.* **82**, 481 (1936). — PENFIELD, W. G.: The cranial subdural space. *Anat. Rec.* **28** (1924). — PENFIELD, W. G., u. NORCROSS: Zit. nach MAYR u. MOSCHIK DE REYA. — SCHALTENBRAND, G.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie, Bd. IV/2. 1955. — SCHWAB, M.: Beitrag zur Morphologie der PACCHIONISCHEN Granulationen des Menschen. *Diss. Kiel* 1949. — SCHWALBE, G.: Der Arachnoidealraum, ein Lymphraum und sein Zusammenhang mit dem Perichorioidealraum. *Zbl. med. Wiss.* **30**, 465 (1869). — STÜBEL, A.: Zit. nach JACOBI. — TROLARD: Les granulations de PACCHIONI — Les lacunes veineuses de la dure-mère. *J. Anat.* **28**, 172 (1892). — THIEL, W.: Ein Injektionsapparat für anatomische Zwecke. *Anat. Anz.* **102**, 89 (1955). — WEED, L. H.: The absorption of cerebrospinal fluid into the venous system. *Amer. J. Anat.* **31**, 191 (1922/23). — Zit. nach FABER. — ZIEGLER: Beiträge zur Circulation in der Schädelhöhle. *Dtsch. Z. Chir.* **65**, 222 (1902). — ZWILLINGER, H.: Die Lymphbahnen des oberen Nasenabschnittes und deren Beziehungen zu den perimenigealen Räumen. *Arch. f. Laryng.* **26**, 66 (1912).

Dr. E. HOFFMANN, Dr. W. THIEL, Graz (Österreich), Harrachgasse 21,
Anatomisches Institut der Universität