

(Aus der Psychiatrisch-neurologischen Klinik der kgl. ung. Stefan Tisza-Universität in Debrecen [Vorstand: Prof. Dr. *Ladislaus Benedek*].)

Die gleichzeitige, kontinuierliche Messung des suboccipitalen und lumbalen Liquordruckes durch mit Kymographion aufgenommene Kurven.

Von

Dr. Eugen v. Thurzó und Dr. Andreas Piróth.

Mit 9 Textabbildungen.

(Eingegangen am 4. Mai 1932.)

Einleitung.

In der Diagnostik der Herzgefäßerkrankungen kann die Blutdruckbestimmung nicht entbehrt werden. Für die Liquordiagnostik ist die Kenntnis der in den Liquorräumen herrschenden physikalisch-dynamischen Verhältnisse von derselben Bedeutung, wie die der hämodynamischen Verhältnisse bei Erkrankungen des Kreislaufsystems. Die Orientierung über diese letzteren stößt auf keine besondere Schwierigkeiten, der jeweilige Blutdruck kann in den verschiedenen Abschnitten des Kreislaufs, in den Arterien, Venen und auch in den Capillaren leicht bestimmt, sein Verhalten unter verschiedenen Umständen und Einwirkungen leicht verfolgt werden. Die Liquorräume dagegen bilden zwar ein geschlossenes System, sind jedoch einer Untersuchung viel schwieriger zugänglich als das Kreislaufsystem. Darum verfügen wir über keine, den unblutigen Blutdruckmessungen ähnliche Liquordruckmessungsmethode. Das Liquorhöhlensystem zeichnet sich dem Blutgefäßsystem gegenüber, ferner durch eine größere Kompliziertheit in anatomischer Hinsicht aus. Die Kompliziertheit der anatomischen Verhältnisse wird von derjenigen der im Liquorsystem herrschenden physikalisch-dynamischen Verhältnisse, welche unter dem Einfluß ungemein zahlreicher, fast unüberblickbarer Faktoren stehen, noch weit übertroffen.

Man pflegt statt von physikalisch-dynamischen Verhältnissen in Anlehnung an die Hämodynamik einfach von Liquordynamik zu sprechen. Diesbezügliche Verhältnisse müßten über die Druckverhältnisse an den verschiedenen Stellen des Liquorsystems und sämtlicher Liquorbahnen und über ihre Veränderungen unter verschiedenen Einflüssen Auskunft erteilen.

Unter den wichtigsten Faktoren, welche modellierend auf den Liquor-druck an den verschiedenen Stellen des Liquorsystems einwirken, zählt *Weigeldt*⁴⁷ die folgenden auf: 1. Druck der elastischen Membranen, welcher aus der Wandspannung der Liquorräume resultiert, 2. arterieller Blutdruck, 3. der sog. Sekretionsdruck, welcher besagt, daß die Druckverhältnisse im Liquorsystem bis zu einem gewissen Grade von der Bildung und Resorption des Liquors abhängen, 4. venöser Blutdruck, 5. hydrostatischer Druck, 6. endlich der von zahlreichen physikalischen Faktoren bedingte Hirndruck.

Diese Aufzählung genügt an sich, um zu beweisen, welche komplizierte, physiologische Vorgänge bei Erklärung des Verhaltens des Liquordruckes mit in Betracht gezogen werden müssen. Eine weitere Rolle kommt der gegenseitigen Beeinflussung und Regulierung zwischen den erwähnten Faktoren zu. Auf die reflektorische Selbststeuerung des Kreislaufes weisen neuere hämodynamische Forschungen hin (*Koch*¹⁹). Es ist anzunehmen, daß die reflektorische Selbststeuerung der hämodynamischen Verhältnisse bis zu einem gewissen Grade auch im Liquorsystem ein Analogon findet. In bezug auf den *Plexus chorioideus* heben sehr viele Verfasser seinen Reichtum an Nervenfasern hervor. *Reichardt* und *Stöhr* weisen darauf hin, daß der Liquordruck der Beeinflussung eines im Mittelhirn sitzenden Zentrums untersteht, als dessen Endorgan der *Plexus chorioideus* samt seinem reichen Nervenplexus anzusehen sei. Als weitere Steuerungsorgane des Liquordruckes gelten die Epiphyse und Hypophyse laut Annahme mancher Verfasser (*Walter, Dixon, Hallihurton, Weed* und *Cushing*). Die Liquordynamik kommt nicht nur in theoretischer Hinsicht, bezüglich der Liquorneubildung, -Resorption und Strömung in Betracht, sondern sie ist für die Liquordiagnostik ebenfalls von Bedeutung.

Das Verhältnis zwischen Liquordruck und hämodynamischen Faktoren.

Außer vom Liquorsystem wird das Zentralnervensystem noch von einer anderen, ebenfalls in einem geschlossenen System strömenden Flüssigkeitsmasse umgeben. Die subarachnoidealen und extraduralen venösen Plexus bilden um das Zentralnervensystem, besonders um das Rückenmark echte venöse Kranzgeflechte. *Hovelaque* hat hinsichtlich der Druckverhältnisse der Liquorräume den erwähnten venösen Geflechten große Bedeutung beigemessen. Man muß nämlich in Betracht ziehen, daß die beiden Flüssigkeiten im Liquor- und Blutgefäßsystem durch die sie trennende elastische Wand zueinander in Beziehung treten, und daß zwischen beiden Systemen, was die Druckverhältnisse anbelangt, ein gewisser Gleichgewichtszustand hergestellt wird. *Tzank*⁴⁶ und *Renault* hatten auf Grund gleichzeitiger Untersuchung des Liquordruckes und des venösen Blutdruckes gleichfalls auf den erwähnten Zusammenhang hingewiesen. Die Dynamik der Liquordruckverhältnisse

und der Liquorströmung ist mithin bis zu einem gewissen Grade eine Funktion der Hämodynamik.

Es geht aber nicht an, zu glauben, daß man auf Grund dieses Zusammenhanges gegebenenfalls aus den hämodynamischen Verhältnissen auf den Liquordruck und auf seine Änderungen unter bestimmten Umständen schließen könnte. Die Blutgefäße, vor allem das Capillarnetz des Zentralnervensystems, namentlich des Gehirns besitzen den übrigen Gebieten des Kreislaufs gegenüber gewisse Eigentümlichkeiten. Deshalb beanspruchen die hämodynamischen Verhältnisse im Zentralnervensystem und besonders ihre Beeinflussung durch verschiedene Faktoren bis zu einem gewissen Grade eine besondere Beurteilung.

Unter den hämodynamischen Faktoren wird gewöhnlich der venöse Blutdruck erwähnt, zwischen dem arteriellen und dem Liquordruck dagegen werden keine allgemeingültigen Zusammenhänge angenommen. Dieser Satz kann aber in dieser Form nicht verallgemeinert werden. Die von den hämodynamischen Faktoren auf den Liquordruck ausgeübte Wirkung kommt vor allem auf dem Wege der arteriellen, venösen und capillaren Geflechte, als Resultante, aus den miteinander zusammenhängenden und reflektorisch sich selbststeuernden hämodynamischen Kräften zur Geltung. Andererseits gelangen an den verschiedenen Stellen des Liquorsystems die durch die arteriellen, venösen und capillaren Gefäßgeflechte vermittelten hämodynamischen Einwirkungen in dem einen, oder dem anderen Teil verschiedentlich zur Geltung. Näher zu der Wandung der subarachnoidealen Räume liegende Gefäßgeflechte üben eine größere, unmittelbare Wirkung auf den Liquordruck aus, als die tiefer in der Hirnsubstanz verlaufenden.

Monakows³⁰ Ansicht über den Liquorkreislauf können wir uns nicht vollkommen anschließen. Allgemein angenommen wird aber, daß die Liquorströmung unter normalen Verhältnissen von den Ventrikeln durch das *Foramen Magendi* und die *Aperturæ laterales* hindurch gegen das subarachnoideale Raumsystem gerichtet ist. Das Ventrikel- und das Subarachnoidealsystem verhalten sich hinsichtlich des Liquordruckes ebenfalls verschieden. Der ventrikuläre Liquordruck hängt teils von der Liquorbildung seitens des Plexus, teils von der im arteriellen Geflecht des *Plexus chorioideus* herrschenden hämodynamischen Wirkung ab. Das Hirnventrikelsystem kann als ein undehnbarer Behälter des Liquors angesehen werden, eben deshalb läßt der neugebildete Liquor von den Hirnventrikeln gegen das subarachnoideale System eine gewisse Strömung und in den Ventrikeln einen größeren Druck erkennen. Auch die Untersuchungen von Weigeldt⁴⁷ bestätigen, daß der Liquordruck im Liegen überall gleichmäßig ist, bloß in den Ventrikeln herrscht ein größerer Druck.

Die angeführten beiden Umstände spielen eine wichtige Rolle in bezug auf den Gleichgewichtszustand zwischen Blutdruck in den

Ventrikelgefäßen und Liquordruck der Ventrikel. Ein Hauptfaktor des intrakraniellen Druckes (Schädelinnenraumdruckes) ist die Gehirnpulsation, welche von dem in den Präcapillaren und Capillaren herrschenden Druck abhängt. Letzten Endes steht der Liquordruck in den subarachnoidealen Räumen mit den hämodynamischen Verhältnissen in den Präcapillaren und Capillaren des Gehirns in Abhängigkeit.

Die Vermittlung des Druckes im Schädelraum gegen die spinalen subarachnoidealen Räume hin, geschieht durch das Foramen magnum. Der bei der Lumbalpunktion gemessene Liquordruck hängt teils von dem vermittelten Druck des Schädelraumes, teils von dem Druck der die spinalen Subarachnoidealaräume umgebenden venösen Geflechte ab. Die Druckänderungen des lumbalen Liquors weisen deshalb einen näheren Zusammenhang mit dem venösen Blutdruck auf, als mit der arteriellen, welcher nur mittelbaren Einfluß ausübt.

Die Änderungen der Gehirnpulsation bei den einzelnen Beeinflussungsproben.

Die Blutfüllung des Gehirns ist während der Systole und Diastole, ferner während der Ein- und Ausatmung von wechselnder Stärke. Die periodischen Änderungen der Blutfülle geht mit einer Änderung des Gehirnvolumens einher. Bei der systolischen Pulswelle nimmt sein Volumen zu, bei der Diastole dagegen ab. Während der Einatmung folgt wieder eine Zunahme infolge Abdrosselung des venösen Abflusses, während der Ausatmung hingegen eine Abnahme. Der rhythmische Wechsel im Hirnvolumen führt zu der, bei den Säuglingen an den Fontanellen, bei Erwachsenen gelegentlicher Knochendefekte sichtbaren Gehirnpulsation. Sie wurde an trepanierten Stellen auch von *Mosso* u. a. beobachtet.

An der Debrecener Psychiatrischen und Nervenklirik hatten wir Gelegenheit, die Hirnpulsation bei zwei an traumatischer Epilepsie leidenden Kranken auf entsprechende Weise zu registrieren (Abb. 1a u. b). Bei beiden Kranken war an der Stelle der Schädelverletzung zwecks Behebung der Anfälle eine Operation ausgeführt worden. Die Trepanation ließ einen ziemlich großen nur von Bindegewebe und Haut überzogenen Knochendefekt zurück. Auf die Stelle des Knochendefektes setzten wir eine geeignete kleine Pelotte und nahmen mit Hilfe eines *Mareys*chen Trommelapparates die Gehirnpulsation auf ein Kymographion auf. Die gleichzeitige Registrierung des Sphygmogramms und in einem Falle der Atmungskurve erleichterten die Erklärung der Gehirnpulsationskurve. Das Zeitsignal lieferte die Registrierung der Schwingung eines Pendels aus Stahlplättchen von $\frac{1}{3}$ Sek. Schwingungsdauer. In 2 Fällen war die Beobachtung der Gehirnpulsation von um so größerem Interesse, weil

als Beeinflussungsproben auch die Wirkungen der tiefen Atemzüge und des Atemverhaltens registriert wurden.

Es würde zweckmäßig erscheinen, die Gehirnpulsation bei verschiedenen Krankheiten unter mehreren Beeinflussungsproben zu prüfen.

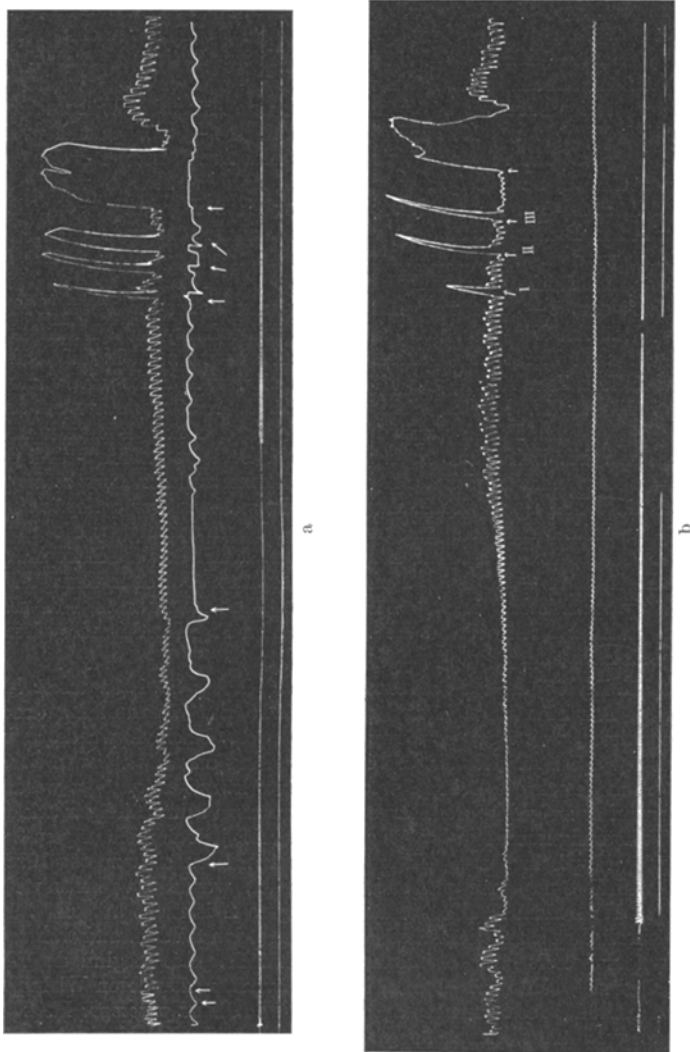


Abb. 1. Gehirnpulsationskurve, unten Radialskurve und Atmungskurve.

Zu solchen Untersuchungen bietet natürlich die klinische Praxis wenig Gelegenheit. Tierversuche können nicht in vollem Maße verwertet werden. Den Änderungen der Gehirnpulsation müssen wir beim klinischen Verlauf, beim Zustandekommen einiger Symptome, vor allem der Anfälle

der Epilepsie eine gewisse Bedeutung zuschreiben. Mögen hier die klinischen Beschreibungen von 2 Fällen kurz folgen.

Fall 1. F. Á., 29jährig, Landmann. Stand vom 10. 2. bis 12. 3. 30 unter klinischer Behandlung. Am 1. 1. 21 wurde ihm mit einem Bajonett ein Kopfhieb versetzt. Er verlor auf einige Augenblicke das Bewußtsein. Am nächsten Tag traten 3mal am Kopf, im rechten Arm, dann im ganzen Körper für einige Minuten Zuckungen auf. Das gleiche Unwohlsein wiederholte sich am nächsten Tag. Die Kopfwunde heilte in 1 Monat. 3 Monate hindurch war Patient anfallsfrei. Noch im selben Jahre 2 ähnliche Anfälle. Beim ersten Anfall verlor er das Bewußtsein nicht, bezüglich der übrigen Anfälle bestand vollkommene Amnesie. Während 5 Jahren bleibt er wieder anfallsfrei, 1927 kehrten die Anfälle 4—6 wöchentlich wieder. Im Januar 1928 Operation in der chirurgischen Klinik. Am 3. Tag nach der Operation neuerlich ein Anfall, nach $3\frac{1}{2}$ Monaten stellten sich die Anfälle wieder in 4- bis 6 wöchentlichen Abständen ein. *Status praesens:* Herz, Lungen o. B. Puls 90 pro Min. Maximaler Blutdruck 155 Hg/mm. Leberrand kann bei tiefer Einatmung eben getastet werden. Vom linken Tuber frontale zweifingerbreit nach rückwärts befindet sich eine fünfkronenstückgroße narbige Stelle. Nebst scharfen Knochenrändern kann eine 6—7 mm tiefe Einsenkung und fronto-parietaler Defekt festgestellt werden. An dieser Stelle ist der Schädel druckempfindlich. Neurologisch: Beim Zähneweisen bleibt der rechte Mundwinkel etwas zurück. Die reflexogene Zone der Patellarreflexe ist vergrößert. Links lebhafter Achilles- und tiefer Sohlenreflex. Stumme Sohle. Der Sensibilitätskreis o. B. Tastempfindungen an beiden Körperhälften gleich. Dermographie. Tremor an den Augenlidern und an den gespreizten Fingern. Pectorales Fächersymptom. Positive Aschner- und Czermak-symptome. *6 Min. nach Beginn des Hyperventilationsversuches zuerst rechts, $\frac{1}{2}$ Min. später auch links ausgesprochene Zuckungen, dann rudimentärer epileptischer Anfall.* Laut des Ergebnisses der encephalographischen Untersuchung ist die harte Hirnhaut an der Stelle des Knochendefektes verdickt. Nach der der Encephalographie folgenden Perkussion — Methode *Benedek* —, konnte über dem vorderen Teil der Narbe ein tympanitisch gefärbter Schall, über dem hinteren Teil derselben ein gedämpfter nachgewiesen werden. Bei Auskultation über der Sutura sagittalis kann die Ein- und Ausatmung gut gehört werden.

Fall 2. K. D., 37jährig, Kaufmann. Vom 6. 1. bis 23. 1. 31 unter klinischer Behandlung. Am hinteren Schädel erlitt er 1916 eine Verwundung durch einen Schrapnellsplitter, wobei er das Bewußtsein verlor. Nachher wurde er im Innsbrucker Spital operiert. Hier lag er 3 Monate lang angeblich bewußtlos, konnte weder die Arme, noch die Beine bewegen, mußte künstlich ernährt werden; nach 4 Mon. begann er zu gehen, die Körperkräfte kehrten allmählich zurück. 14 Mon. nach der Verletzung konnte er bereits gut gehen, litt jedoch an häufigem Schwindel und dumpfen Kopfschmerzen. Krampfanfälle meldeten sich zuerst 1918, er fiel ohne einleitende Symptome plötzlich zusammen, wurde bewußtlos und zuckte krampfhaft. Nach dem Anfall konnte er längere Zeit nicht sprechen. Ähnliche Anfälle wiederholten sich jedes halbe Jahr, dann jeden 3. Mon. und währten immer länger. In letzter Zeit hatte er wöchentlich Anfälle. Seit Beginn der Krankheit besteht Schwindel, schlechter Schlaf, Kriegsträume, unter deren Wirkung er aufschreit. Er ermüdet rasch und ist arbeitsunfähig. *Status praesens:* Herzdämpfung links etwas vergrößert, Herztöne dumpf. Sehnenreflexe lebhaft. Sohlenreflexe rechts träge, links stumme Sohle. Über dem Occiput links ist eine etwa 12 cm lange bogenförmige Operationsnarbe sichtbar, in deren Mitte eine ungefähr kinderhandtellergröße Einziehung und Hirnpulsation zu sehen ist. Der Schädel ist in der Umgebung dieser Stelle perkussionsempfindlich. Über der rechten temporalen Squamma oben ist ein Geräusch des gesprungenen Topfes hörbar. *Bei dem Hyperventilations-*

versuch melden sich bereits nach 2 Min. hochgradiger Kopfschmerz, Schwindel, ausgesprochene Aura, Patient weigert sich den Versuch fortzusetzen.

Die Registrierung der Gehirnpulsation nahmen wir bei beiden Kranken im Liegen vor. An der ersten Kurve ist ersichtlich (s. Abb. 1a), daß gleichzeitig mit dem anakroten und katakroten Schenkel des Sphygmogramms der Arteria radialis auch die Gehirnpulsationskurve plötzlichen Anstieg und eine etwas langsamere Senkung zeigt, nur manchmal etwas verspätet. Bei gewöhnlicher Atmung ist die Hirnpulsation lebhaft, am katakroten Schenkel gesellt sich zu der ersten Erhebung noch eine sekundäre zweite. *Tiefe Atemzüge bewirken die Herabsetzung der Hirnpulsation bereits nach 2—3 Atmungen. Sie kann so hochgradig sein, daß die Pulsation auf die Hälfte, ja das Fünftel der ursprünglichen Zahl zurückgeht.* Das Husten führt in jedem Falle zu einer schnellen und großen Elongation der Gehirnpulsation, die reflexartig erfolgt und sogar das 6fache der ursprünglichen ausmachen kann. Die Wirkung der Bauchpresse übersteigt die des stärksten Hustens und dauert länger. Beim Verhalten der Atmung sind die Hirnpulsationsschläge etwas kleiner als gewöhnlich, auch die sekundäre dikrote Erhebung am katakroten Kurvenschenkel ist kleiner und nähert sich eher dem radialen Sphygmogramm. Im 2. Fall zeigte die Kurve (Abb. 1b) der Hirnpulsation die gleichen Veränderungen. Nach einigen tiefen Atemzügen sinkt die Pulsation noch plötzlicher, die Elongationen machen $\frac{1}{6}$ ja $\frac{1}{7}$ der ursprünglichen aus. Diese geringere Hirnpulsation bleibt nach den tiefen Atemzügen noch eine Zeitlang bestehen.

Bei beiden Kranken haben wir mit dem Hyperventilationsversuch rudimentäre epileptische Anfälle auslösen können. Die Beeinflussungsprobe der Pulsationskurve durch tiefe Atemzüge bewies in beiden Fällen gleichsinnig, daß die Hyperventilation eine hochgradige Abnahme der Pulsation zur Folge hat. Diese Feststellung erlaubt gewisse Schlüsse auf den anfallauslösenden Mechanismus der Foersterschen Hyperventilation. Tiefe Atemzüge bewirken auf reflektorischem Wege sofortige Änderung in der Vasomotion des Gehirns. Die Blutdruckströmung des Gehirns wird lebhafter, die Arterien, vor allem die Präcapillaren und Capillaren erweitern sich den Gesichtsgefäßen gleich, der venöse Abfluß wird erleichtert, endlich erfolgt auch eine Blutdrucksenkung. Die beiden erwähnten Versuche weisen ebenfalls auf die Rolle der Vasomotoren im Mechanismus der Auslösung epileptischer Anfälle durch Hyperventilation hin. Nach der sich immer mehr durchsetzenden Ansicht von *Spielmeyer* haben bei dem epileptischen Anfall als einleitende Symptome vasomotorische, angiospastische Mechanismen eine Bedeutung. Die Grundlage des epileptischen Krampfmechanismus erblickt *Wuth* ebenfalls in vasomotorischen Störungen. Bezüglich der traumatischen Epilepsie, in Fällen von Verklebung der Meningen also, führt *Bonhoeffer* als Ursache der Krämpfe folgendes an: Das Gehirn muß wegen seiner Pulsations-

ausdehnung der harten Hirnhaut gegenüber beweglich sein, wie auch die peripheren Nerven in ihrer Scheide ungestört verlaufen müssen (da sonst die Summation der Zerrungen infolge der Fixationsnarben zu neuralgischen Anfällen führen). Ein solider Zusammenhang mit einer narbigen Durastelle ruft entweder epileptische Anfälle, oder cephalalgische Insulte hervor.

Die hochgradige Herabsetzung der Gehirnpulsation durch die Hyperventilation vertritt bei unseren beiden Fällen den gleichen Reiz, wie die Veränderung der Gehirnpulsation infolge einer Verklebung. In beiden Fällen wird der epileptische Anfall durch die Summation der aus der herabgesetzten Pulsation entstandenen Reize ausgelöst. Unsere kontinuierlichen Liquordruckmessungen bei epileptischen Individuen zeigten öfters nach tiefen Atemzügen eine Drucksenkung. Dieser Befund bestätigt allerdings die Berechtigung unserer früheren Darlegungen.

Die *Benedek'sche* Auslösungsmethode der Anfälle mittels *Adrenalin* bzw. *Tonogen* (*Richter*) weisen auf das vasomotorische Bedingtsein der epileptischen Anfälle hin. Die *Tsiminakische* Methode, nämlich die energische Kompression der Carotis, setzt ebenfalls eine Veränderung in der Vasomotion des Gehirns voraus, indem man hierdurch im Wege des *Heringschen* Carotis-Sinusreflexes eine Blutdrucksenkung in den Gehirngefäßen, eine Herabsetzung der Gehirnpulsation herbeiführt, was ebenfalls anfallsauslösend wirkt.

Gebräuchlichere Methoden der Liquordruckmessung.

Die der genaueren Kenntnis der im Liquorsystem herrschenden Druckverhältnisse dienenden experimentellen Untersuchungen, die Analyse der den Liquordruck bedingenden Faktoren, bezwecken vor allem die Klärung von theoretisch wichtigen Fragen, liefern dann Anhaltspunkte zur Bewertung der in der klinischen Praxis üblichen Liquordruckmessungen. Sie weisen gleichzeitig darauf hin, daß durch die Bestimmung des Lumbaldruckes nur wenig oder gar nicht verwertbare Resultate erhalten werden.

Über die Druckverhältnisse in den Liquorräumen orientieren die Messungen mit Hilfe einfacher Steigröhren und in Wassermillimeter nur sehr mangelhaft. Die diagnostische Verwertung des Liquordruckes wird auch durch den Umstand erschwert, daß verschiedene Verfasser sehr verschiedene Grenzwerte hinsichtlich des lumbalen Liquordruckes angegeben haben. Der Liquordruck kann in der Praxis mittels verschiedener Apparatur gemessen werden. Am einfachsten ist, wenn man bei der Lumbalpunktion beobachtet, ob der Liquor langsam oder rasch abtropft, oder im Strahl abfließt. Bei normalem Druck tropfen in der Horizontallage annähernd 60 Tropfen pro Minute ab. Langsameres Tropfen spricht für eine Herabsetzung, rascheres, oder eine strömende Entleerung für eine Steigerung des Druckes. Diese Methode genügt

nur zu einer groben Schätzung, keineswegs zur Messung. Die Nadellage im subarachnoidealen Raum, die Form der Nadelspitze, die Weite des Nadellumens sind mitbestimmend für die Tropfenzahl. Der Nadelspitze anliegende Gebilde, in das Nadellumen geratende Gewebspartikelchen, Blutgerinnsel vermögen den Druck derart zu verändern, daß die vorher erwähnte Schätzungsmethode ganz falsche Werte ergeben kann.

In der klinischen Praxis verwendet man überall geeignete Apparate, die der Druckmessung dienen. *Quincke*³⁶ hat zu diesem Behufe eine Glasröhre mittels Ansatz und Gummischlauch mit der Lumbalnadel in Verbindung gesetzt und beobachtet, wie hoch der sich entleerende Liquor in der Glasröhre steigt. Der Apparat gibt den Druck in Wassermillimeter an. *Kausch*¹⁶, *Krönig*²⁰, *Reichmann*, *Seeliger*, *Apt*, *Pappenheim* u. a. haben ebenfalls die Höhe der aufsteigenden Liquorsäule in einer mit Teilstriichen versehenen Glasröhre im Verhältnis zu der horizontalen Ebene gemessen, zu welchem Behufe sie handliche Apparaturen und Instrumentarien konstruierten. *Wilms* brachte die Lumbalnadel mit einem Quecksilbermanometer in Verbindung. Der Vorteil dieser Methode ist, daß sie mit geringerem Liquorverlust verbunden ist, der verschwindend kleine Luftraum in der engen Gummiröhre kommt als Fehlerquelle kaum in Betracht. *Krönig*²⁰ und *Bungart*² empfahlen gleichfalls dieses Verfahren. Das Instrumentarium von *Fleischer* besteht aus einem in einer U-förmigen Röhre untergebrachten Quecksilbermanometer, bei welchem man nach dem bestimmten Maßstab den Liquordruck auf Grund der Höhe der Quecksilbersäule abliest.

Bei den Aneroid-Manometerapparaten geschieht die Vermittelung des Liquordruckes mittels Zwischenschaltung eines Gummischlauches und einer geringen Luftsäule unmittelbar auf die empfindliche, elastische Membran. Der gebräuchlichste Apparat ist der von *Claude*, *Porak* und *Rouillard*⁸ empfohlene Manometer, bei welchem der Zeiger des sehr empfindlichen Aneroidsystems den Liquordruck sofort in Wassermillimeter an einer Skala anzeigt. Der *Rachimanometer* von *Ayala*¹ bezweckt die Messung des Anfangsdruckes, zu welchem Zwecke *Ayala* den druckvermittelnden Luftraum fortläßt; sein Apparat ist unmittelbar auf die Nadel applizierbar. Den auf die empfindliche Feder einwirkenden Liquordruck kann man auf dem einkalibrierten Maßstab in Wassermillimeter ablesen. Auf diese Weise entsteht nach *Ayala* kein Liquorverlust, man soll den gleich zu Beginn der Liquorentleerung bestehenden Druck erhalten können. Die geringe Drucksenkung, welche durch den zum Funktionieren nötigen minimalen Liquor verursacht wird, soll „vollkommen belanglos“ sein. Mit Recht bemerkt *Eskuchen*¹⁵, daß den absoluten Anfangsdruck kein einziger Apparat angeben kann, weil in die Lumbalnadel und in die Endteile des Ansatzes geringe Mengen von Liquor stets eindringen. *Kilgore*¹⁸ studierte jene Fehlerquelle, welche durch die Reibung des Liquors an der Glaswand des Manometers entsteht. Er

betont ebenfalls, daß man den absoluten Anfangsdruck praktisch tatsächlich nicht zu messen vermag, dies wäre nur möglich, wenn man den Liquordruck im subarachnoidealen Raum ohne Durchstechen der Dura, mittels einer Pelotte bestimmen könnte. Eine derartige Methode nämlich, eine der unblutigen Blutdruckmessung analoge liquorlose Liquormessung existiert nicht.

Weitere Fehlerquellen ergeben sich daraus, daß man in der Praxis die Bedingungen zur Bestimmung des Liquordruckes in der Ruhelage gar nicht verschaffen kann. *Raymond*, *Riser* und *Sorel*³⁸ betonten vor kurzem, daß die Ergebnisse der Manometermethode nur bei der Einhaltung gewisser Bedingungen verwertbar sind. Die Nadel müsse demnach genau liegen, die Punktion rasch und schmerzlos ausgeführt werden, der Kranke mit völlig entspannter Muskulatur liegen und keinerlei Angstgefühle und Beklemmungen haben. Nach Ablassen von 2—3 Tropfen wird der Liquordruck bestimmt und nach Abwarten einiger Minuten auch in der Ruhelage festgestellt. Selbstverständlich hat man bei verschiedenen Erkrankungen den Liquordruck nicht unter den gleichen Umständen und Einhaltung der erwünschten Bedingungen bestimmen können.

Die erwähnten Fehlerquellen machen die diagnostische Verwertung der Liquorsdruckmessung recht zweifelhaft; deshalb schreiben ihnen manche Autoren keine größere diagnostische Bedeutung zu und halten sie für überflüssig oder doch für fakultativ. In der Tat pflegt man in Mitteilungen den Liquordruck kaum anzugeben. *Lange* hält die Druckmessung für direkt nachteilig, weil sie die Punktion unnötigerweise verlängere und weil der Liquor in den Ansatzteilen eine Verunreinigung erführe.

In der Liquordiagnostik kommt der Kenntnis von den Durchschnittswerten des suboccipitalen Liquordruckes bei den verschiedenen Erkrankungen eine immer größere Bedeutung zu, nachdem die suboccipitale Punktion immer mehr Verbreitung gewinnt. Die meisten Verfasser lassen die Druckmessungen bei suboccipitalen Punktionen fort. Die Messung des in vertikaler Lage normalerweise vorhandenen negativen Druckes ist mit Hilfe der gebräuchlichen Apparate gar nicht möglich. Die meisten Autoren begnügen sich daher mit einer einfachen Schätzung, sie geben bloß an, ob sich der Liquor auf Ansaugen entleerte oder bemerken im Falle eines positiven Druckes, wie rasch er abtropfte. Eine derartige Schätzung kann bei Suboccipitalpunktionen laut unseren Erfahrungen besser verwertet werden als bei Lumbalpunktionen. Zahlenmäßige Angaben über den suboccipitalen Druck finden sich in der Literatur noch kaum. In vollkommen horizontaler Lage ist der Suboccipitaldruck normalerweise dem Lumbaldruck im allgemeinen gleich. Einige Verfasser erwähnen niedrigere Werte, 30—60 H₂O mm. Bezüglich der vertikalen Lage geben sie 20—60 H₂O mm Durchschnittswerte an. Die Angaben über den

Suboccipitaldruck unter krankhaften Umständen sind ebenfalls spärlich, deshalb dürften diesbezügliche Befunde an einem größeren Krankmaterial von Interesse sein. Auch bei den Suboccipitalmessungen müssen jene strengen Bedingungen eingehalten werden, wie bei Lumbalmessungen, um Ruhewerte erhalten zu können. Unseres Erachtens nach ist bei vertikaler Lage der Umstand wichtig, daß man mit Sicherheit absolute Anfangswerte erhalte. Die gleichzeitig ausgeführten Suboccipital- und Lumbalmessungen könnte man auch als kombinierte Druckmessung bezeichnen.

Neuere Grundsätze der Liquordruckmessung.

Über die Druckverhältnisse im Liquorsystem besagen die einfachen Bestimmungen des suboccipitalen und lumbalen Druckes auch bei möglichster Ausschaltung aller Fehlerquellen nicht viel. Der Liquordruck schwankt nämlich nicht nur in horizontaler und vertikaler Lage, sondern zeigt fortwährend gewisse Abweichungen. Pulsschlag, Atmung, verschiedene Kopf- und Körperhaltung, Husten, Weinen, im allgemeinen Gemütsbewegungen und noch andere Faktoren beeinflussen den Liquordruck fortwährend. Die sog. Beeinflussungsproben verändern ihn ebenfalls. In der Praxis pflegen wir meist vier Beeinflussungsproben auszuführen: Berühren und Kompression der Jugulares, Bauchpresse und Liquorpunktion. Die Bestimmung der Änderungen des Liquordruckes unter den Beeinflussungsproben gibt oft wichtigere Anhaltspunkte für die Diagnosestellung als die einfache Druckbestimmung.

Vom Gesichtspunkte der Liquordiagnostik kommt jenen Messungsmethoden die größte Bedeutung zu, welche nicht allein die Größe des Liquordruckes, gleichsam seinen *Querschnitt* allein angeben, sondern auch das Verhalten des Druckes unter dem Einfluß der Beeinflussungsproben längere Zeit hindurch, d. h. seinen *Längsschnitt* zu beobachten erlauben. Diesem Zwecke dienen die kontinuierlichen Druckmessungen und ihre Registrierung durch Kymographionkurven. Die auf diese Art gewonnenen kontinuierlichen Liquordruckkurven verhalten sich zu den einfachen Druckmessungen wie eine kinematographische Filmaufnahme zu einer Momentaufnahme.

Zweckmäßig erscheint auch die Bestimmung des kontinuierlichen Tensiogramms gleichzeitig an mehreren Punkten des Liquorsystems. Die gebräuchlichen einfachen Messungsmethoden sind nicht geeignet, um mit ihrer Hilfe durch Punktion zweier Stellen, an der *Cisterna magna* und *terminalis* die Änderungen des Liquordruckes gleichzeitig beobachten zu können, dies wäre nämlich zu umständlich. Bei der kontinuierlichen Druckmessung kann man nebst völlig identischer Anordnung sowohl den suboccipitalen, wie den lumbalen Druck und seine Änderungen aufnehmen und registrieren. Auf diese Weise erhält man ein dimensionales Bild über den Liquordruck, weil er an den zwei wichtigsten Punkten des

Liquorsystems gemessen wird. Im Sinne dieser Grundsätze konstruierten wir unseren, der kontinuierlichen, kombinierten Liquordruckmessung dienenden Apparat.

Die zur kontinuierlichen, kombinierten Liquordruckmessung verwendeten Apparate.

Wir hatten die Druckmessung zuerst mit Hilfe zweier aus U-förmigen Röhren bestehenden Quecksilbermanometern ausgeführt. Auf ein festes Gestell wurden die beiden Manometer unter einem Neigungswinkel von 45° befestigt, die U-förmigen Röhren waren von 4,5 mm Kaliber, 25 cm Länge und wurden bis 9 cm Höhe mit Quecksilber gefüllt. Der am rechten Schenkel angebrachte Maßstab war genau auf Wassermillimeter kalibriert, mit seiner Hilfe konnte man sowohl den positiven, wie auch den negativen Druck unmittelbar beliebig ablesen. Durch die Neigung des Manometers trachteten wir den Fehler der Trägheit nach Möglichkeit auszuschalten. An beiden Seiten endeten die Röhrenschenkel in je 10 cm langen, horizontal ausgezogenen Fortsetzungen, von denen die rechte mit der Punktionsnadel mittels eines Gummischlauches, die linke mit einer *Mareyschen* Trommel verbunden wurde, welche den Liquordruck kontinuierlich aufzeichnet.

Die Punktionsnadel wird schon vorher mit dem Meßapparat verbunden und beim Einstich, als die Nadelspitze in den Subarachnoidealraum gelangt, sieht man die Liquorkurve sofort ansteigen. Auf diese Weise kann der Anfangsdruck bestimmt werden. Die lumbale und suboccipitale Punktion führen wir nacheinander, bei dem auf einem hohen Untersuchungstisch sitzenden oder horizontal gelagerten Kranken aus, nach einer halben Minute wird man gewahr, daß die Druckkurve in gleicher Höhe verläuft, d. h. die Ruhelage sich einstellt. Mit Hilfe eines *Jaquet*-schen Zeitsignalapparates wird unter die beiden Kurven des lumbalen und suboccipitalen Druckes auch die Zeit in $\frac{1}{5}$ Sek. aufgezeichnet. Endlich kann mit Hilfe eines Schreibapparates, der mit einem *Morse*-schalter in Verbindung steht, über der Zeitkurve der Zeitpunkt eines beliebigen Eingriffes vermerkt werden. Diese Anordnung erlaubt die Bestimmung der Dauer und der Geschwindigkeit des Eintrittes einer Drucksteigerung oder Senkung mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{5}$ Sek.

Die Beeinflussungsproben können in kurzen Zeitabständen ausgeführt und die suboccipitalen und lumbalen Druckänderungen an der Manometerskala sofort abgelesen werden; die genaue Analyse der Kurven kann nach Beendigung der Versuche erfolgen. Zur Erleichterung der Analyse bedecken wir das mittels Kymographion aufgenommene und fixierte Tensiogramm mit einem durchsichtigen Celluloidblatt, auf dem der Zeitkurve entsprechend eine horizontale Linie verläuft und die Größe des suboccipitalen und lumbalen Druckes durch einen Maßstab

angegeben wird. Die Einstellung des Celluloidblattes ist recht einfach, der Druck läßt sich mit Hilfe des Maßstabes an einem beliebigen Punkt leicht bestimmen.

Im Laufe unserer Untersuchungen erschien die Konstruktion eines neuen Präzision-Liquordruckmessers für angezeigt. Letzterer ist ein Kapselmanometer (Abb. 2). Der Manometer, bestehend aus einer Metallkapsel (b) von 4,5 cm Durchmesser und 3 mm Höhe, ist mit einem Befestigungsteil (a) horizontal an einem Gestell befestigt. Den Liquordruck leitet man mittels eines Gummischlauches (g) an einen der beiden Enden, des nach 2 Richtungen verzweigenden mit Hahn verschließbaren

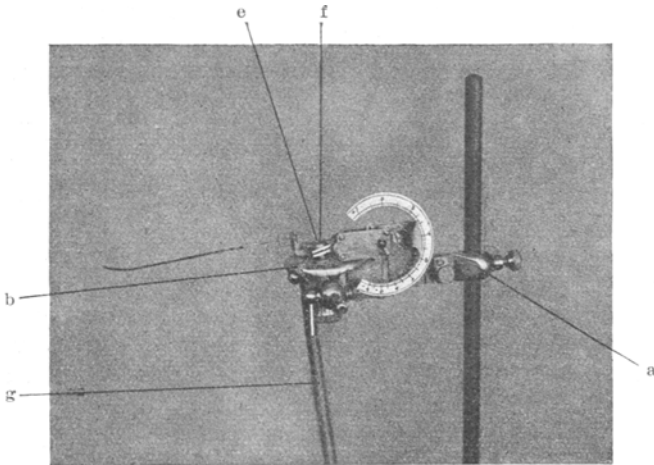


Abb. 2. Kapselmanometer mit Registrierapparat, Vorderansicht.

Metallansatzes, welcher sich unten in der Mitte der Metallkapsel befindet. Die zweite, ebenfalls mit einem Hahn versehene Verzweigung dient nach Öffnen des Hahnes als Ventil. Oben befindet sich an diesem Kapselmanometer eine knopfartige Erhebung (d), aus welcher nach beiden Seiten dünne, drahtartige Metallstäbchen (e und f) hinausragen; auf der einen Seite liegt dem Stäbchen der Heber des Schreibarmes auf, auf der anderen Seite steht das Stäbchen durch Arm- und Zahnradtransmission mit den, den Liquordruck anzeigenden, an einer kreisförmigen Skala sich bewegenden Zeigern in Verbindung. Die Erweiterung der Metallkapsel infolge des Liquordruckes geht mit einer Hebung des Knopfes einher, was ihrerseits zur Bewegung des Schreibapparates und des auf einer in H_2O mm genau eingeteilten Skala laufenden Zeigers führt. Die Einteilung dient natürlich der Messung sowohl des negativen, wie des positiven Druckes. Zwei solche Kapselmanometer werden auf dem festen Metallgestell übereinander plazierte, der untere dient zur Messung des lumbalen, der obere zur Messung des suboccipitalen Druckes. Die

Länge des Schreibarmes sichert, daß selbst die kleinsten Druckänderungen durch genügend große Exkurse registriert werden. Beide Manometer stecken in einer Messingschutzkapsel. Bei Liquordruckmessungen wird der ganze Apparat im Verhältnis zum Kymographion in dieselbe Stellung gebracht, damit die Kurven der verschiedenen Messungen miteinander vergleichbar seien.

Die Doppelpunktion wird entweder in sitzender oder in liegender Lage ausgeführt. Mit Ausnahme von Hirntumoren bevorzugen wir die vertikale Lage, auch die Beeinflussungsproben werden 1—2mal in dieser Stellung ausgeführt. Während des langsamen Niederlegens kann man dann die Steigerung des suboccipitalen und die Senkung des lumbalen Druckes gut verfolgen. Bei vollkommen horizontaler Lage sind die Druckwerte nach Erreichung des Ruhezustandes an beiden Stellen gleich. Lagert man den Kopf etwas höher, oder wird er vorwärts gebeugt, so bleibt der Lumbaldruck höher als der suboccipitale. In Fällen gesteigerten Liquordruckes sind diese Unterschiede unserer Erfahrung nach noch größer und hängen vermutlich nicht bloß von der höheren Kopflage ab. In horizontaler Lage werden die üblichen Beeinflussungsproben von neuem angestellt und auch der Einfluß der suboccipitalen und lumbalen Liquorentnahme beobachtet. Bei den Beeinflussungsproben müssen wir darauf achten, ob die Druckänderung suboccipital und lumbal gleichsinnig und gleichgradig erfolgt, ferner ob die Dauer und der Zeitpunkt der Druckänderungen an beiden Stellen der gleiche ist, oder ob hierin Unterschiede bestehen.

Aus dem Vergleich der lumbalen und suboccipitalen Liquordruckwerte läßt sich ein Liquorkoeffizient ableiten. Diesem neuen Begriff kommt insofern eine Bedeutung zu, daß mit seiner Hilfe die diagnostische Verwertung und der Vergleich der durch die kombinierte Messung gelieferten Zahlenwerte leichter vorgenommen werden können. Dieser Koeffizient wird auf Grund der Formel $C_n = \frac{T_1 - T_0}{T_1}$ berechnet, wobei C_n der Koeffizient des normalen Ruhedruckes, T_1 den lumbalen und T_0 den occipitalen Druck (Tension) bedeuten. Der Liquordruckkoeffizient unterliegt natürlich ebenfalls Schwankungen. Er ist in der horizontalen Lage anders als in der vertikalen, wird durch die Beeinflussungsproben ebenfalls verändert. Normalerweise muß er in horizontaler Lage 0 gleich sein. Kommt der Kopf etwas höher gelegen, dann erhält man bei normalen Individuen, wenigstens in bezug auf die Liquordynamik, eine sehr kleine Bruchzahl, in pathologischen Fällen kann sie dagegen bereits $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ ausmachen oder gar 1 sehr nahe kommen. In vertikaler Lage muß der Koeffizient normalerweise größer als 1 sein, weil der Suboccipitaldruck in solchen Fällen negativ ist. Ist der suboccipitale Liquordruck in der vertikalen Lage dem atmosphärischen Druck gleich, d. h. 0, dann ist $C_n = 1$. Kleinere Koeffizienten als 1 bedeuten bei vertikaler Körper-

lage stets pathologische Verhältnisse. Den Druckkoeffizienten kann man aus den kontinuierlichen Druckkurven bezüglich eines jeden Punktes bestimmen. Man wird also auf diese Weise die Wirkung einer jeden Beeinflussungsprobe durch den Koeffizienten ausdrücken und auch die Kurve des Koeffizienten zusammenstellen können.

Die Ergebnisse der verschiedenen Beeinflussungsproben werden miteinander am zweckmäßigsten verglichen, indem man mittels entsprechender Indexrechnung die Werte der Anfangsdrucke und der Druckveränderungen miteinander ins Verhältnis stellt. Z. B. berechnet man den Index der Berührungsprobe der Jugulares auf Grund der folgenden Formel: $I_{JB} = \frac{T_{JB} - T_n}{T_{JB}}$, wo I_{JB} Index der jugularen Berührung, T_{JB} den höchsten Liquordruck bei Berührung der Jugulares, T_n den Druck vor dem Versuch bezeichnen. Ähnliche Indices lassen sich bezüglich einer jeden Beeinflussungsprobe aufstellen.

Graphische Darstellung der Liquordruckänderungen und die diesbezüglichen Befunde im Tierversuche.

Die durch Doppelpunktionen vorgenommenen kontinuierlichen Liquordruckmessungen wenden wir an der Debrecener Nervenlinik seit der zweiten Hälfte 1929 an. In fast 100 Fällen hatten wir Liquordruckkurven bei an verschiedenen Nerven- und Geisteskranken aufgenommen. Der ersten Gruppe können jene Fälle zugezählt werden, bei welchen die Druckwerte normale Verhältnisse aufwiesen, so *Dementia praecox*, multiple Sklerose, *Trigeminusneuralgie*, *Tabes dorsalis*, *Dementia paralytica*, jene Fälle der *Encephalitis chronica* und der *Epilepsie*, welche normale Liquordruckwerte ergaben. Der zweiten Gruppe gehören jene Fälle an, die einen gesteigerten Druck zeigen, ohne raumeinengende Prozesse im Gehirn, demnach *Hydrocephalus*, *Epilepsie*, *Encephalitis chronica*, sowie gewisse Fälle der progressiven Paralyse. In die dritte Gruppe reihen wir die Hirntumoren ein. Gesondert müssen jene Fälle besprochen werden, die mit partiellem und jene, die mit totalem Zisternenverschluß einhergingen. In die vierte Gruppe endlich gehören die Fälle mit teilweiser oder völliger Rückenmarkssperre.

Die kontinuierlichen Liquordruckkurven können außer den erwähnten, noch aus anderen Gründen ein verschiedenes Verhalten aufweisen. In der ersten Gruppe sind die Änderungen des Liquordruckes suboccipital und lumbal gleichzeitig und im allgemeinen auch von gleichem Ausmaß. Die genaue Analyse der kontinuierlichen Druckkurven weist darauf hin, daß die Druckänderungen bei den Beeinflussungsproben, aber auch sonst nach Alter und Geschlecht, nach der Konstitution sich verschiedenartig verhalten, was ihre Größe und Verlaufszeit anbelangt. Bei Labilität der Gefäßinnervation sind die Liquordruckänderungen größer, bei mit

Verblödung einhergehenden Geisteskrankheiten, bei stumpfem Nervensystem und in höherem Alter sind sie dagegen geringer. Die Schwankungen infolge der Beeinflussungsproben sind im Falle eines höheren Liquordruckes größer als bei niedrigem. Die höheren Druckwerte führen nach unserer Erfahrung zu einer Labilität der Druckverhältnisse. Dies liegt wohl daran, daß der höhere Liquordruck dem arteriellen und venösen Blutdruck im Zentralnervensystem nähersteht, mithin empfindlicher auf die durch das Blutgefäßsystem vermittelten Einflüsse reagiert.

Mit den kombinierten und kontinuierlichen Liquordruckmessungen und ihrer kurvenmäßigen Darstellungsweise gingen wir nicht ganz unbekannte Wege. In der deutschen Literatur pflegt man nur die Druckwerte und das Verhalten des *Queckenstedtschen*^{34, 35} Symptoms anzuführen. Neuerdings hat *Eskuchen*¹⁴ die Aufmerksamkeit auf die kombinierten lumbalen und suboccipitalen Druckmessungen gelenkt*, als auf eine Methode, mit deren Hilfe man hinsichtlich der partiellen und totalen Rückenmarkokklusionen wertvolle Aufschlüsse erhalten könne.

Bezüglich der graphischen Darstellungsweise findet man in der französischen und amerikanischen Literatur Beispiele. *Claude*, *Porak* und *Rouillard*⁸ hatten sie bereits 1914 empfohlen. Sie stellten die Drucksenkung nach der Entnahme jedes Kubikzentimeters Liquors mittels kurzer Kurven auf einem Koordinatensystem dar. *Tzank* und *Renault*⁴⁶ hatten 1927 nicht nur die Senkung, sondern auch die Wirkung der *Queckenstedtschen* und anderer Beeinflussungsproben auf diese Weise zur Darstellung gebracht. Nach ihrer Behauptung sollten sie die ersten gewesen sein, die diese Methode in Anwendung brachten. Nach ihnen fand die graphische Darstellungsweise in der französischen Literatur und durch *Stookey*⁴⁴ in der amerikanischen eine stets größere Verbreitung. *Riser* und *Sorel*⁴³ bedienten sich einer ähnlichen Technik. In der klinischen Praxis haben sie Lumbalpunctionen, im Tierversuch auch Zisternenpunctionen angestellt und den Liquordruck pro Minute öfters an dem *Claudeschen* Manometer verfolgt. Auf dieser Grundlage konstruierten sie die Druckkurven, nachdem auch die Zeit berücksichtigt wurde. Auch die Wirkung der Beeinflussungsproben registrierten sie mittels Kurven, die Druckänderungen in 5—10 Sek. vermerkend.

In bezug auf die kontinuierliche graphische Darstellung des Liquordruckes im Tierversuch stellten *Loeper*, *Lemaire* und *Patel*²⁶ schon 1929 Untersuchungen an. In ihren ersten Versuchen verwendeten sie eine Mareytrommel mit Membranverstärkung und verlängertem Schreibarm. Die Kurven zeichneten sie auf das Papier des Kymographions auf. Sie arbeiteten hauptsächlich mit Hunden. Neuestens hat *Blavier* den venösen Blut- und den Liquordruck an Tieren mit noch feinerer Methode gemessen. Nach seinen Feststellungen sind nämlich die Druckmessungen

* *Eskuchen*: Die Zisternenpunction. Erg. inn. Med. 34, 286—291.

mit der *Mareys*chen Trommel und dem Aneroidmanometer viel zu wenig empfindlich, um jede Phase der Druckänderungen bei Flüssigkeiten von so geringem Druck, wie es das venöse Blut und der Liquor sind, genau zu verzeichnen. Die Wassermanometer, wie sie *Villaret*, *Saint Giraud* und *Justin Besançon* zur Messung des venösen Blutdruckes verwandten, sind zwar empfindlich, jedoch vermerkten die erwähnten Autoren die Druckverhältnisse nur periodisch und konstruierten daraus die Kurven. Auch die Messungen mit Wassermanometern vergrößern die Exkurse nicht genügend.

Blavier hat in Anbetracht dessen, zur Messung des venösen Blut- und des Liquordruckes einen neuen Apparat konstruiert, bei welchem er ähnlich dem Prinzip des Elektrokardiographen einen leuchtenden Punkt photographiert, welcher die Druckänderungen angibt. Diese Methode arbeitet mit einer 80fachen Vergrößerung, die Kurven stellen die feinsten und kleinsten Ausschläge genau dar. *Blavier* hat mit dieser ziemlich komplizierten und umständlichen Methode in einigen Fällen bei Tieren den Liquordruck bestimmt.

*Marinesco*³¹ und seine Mitarbeiter, ferner *Dragănescu* haben die kontinuierliche graphische Darstellungsweise in einigen Fällen auch bei Kranken zur Anwendung gebracht. In zwei Fällen von Rückenmarkskompression haben sie die Änderungen des Liquordruckes und die Wirkung der Jugulariskompression mit der *Mareys*chen Trommel registriert, worüber sie in der Dezembernummer 1930 der *Revue Neurologique* berichteten.

An der Debrecener Klinik haben wir die graphische Darstellung früher in der üblichen Weise vorgenommen, indem aus den Daten des Liquordruckes und der Beeinflussungsproben die Kurven nachträglich konstruiert wurden. Unabhängig von den französischen Autoren haben wir unsere leicht zu handhabende kontinuierliche Liquordruckmessungsmethode ausgearbeitet. Die Anwendung der nötigen beiden Kapselmanometer ist sehr einfach (zu beziehen durch die Firma *Marx & Mérey*, Budapest, VI. Bulcsú-G. 6). Die Technik bereitet keinerlei Schwierigkeiten. Das Kymographion, die Manometer, das *Jaquet*sche Zeitsignal und der die Eingriffe vermerkende elektrische Schreibapparat werden auf ein Gestell montiert zur Messung bereit gehalten. Nach der Doppelpunktion können die Beeinflussungsproben binnen 8–10 Min. von statten gehen. In der klinischen Praxis dürfte demnach diese Methode den Patienten keine Unannehmlichkeiten bereiten. Die Analyse und die diagnostische Beurteilung der Ergebnisse können nach Beendigung der Messungen in einem beliebigen Zeitpunkte erfolgen.

Änderungen des Liquordruckes während der Beeinflussungsproben.

Kleinere, mit der Gehirnpulsation und Atmung einhergehende Schwankungen des Liquordruckes können mit empfindlicheren Messungs-

methoden in normalen und pathologischen Fällen meist gut verfolgt werden. Es sind dazu eigentlich günstige Bedingungen nötig, da unter normalen Verhältnissen die Gehirnpulsation nur wenige Millimeter (4—5 mm) und auch die Atmung nur kleine 10—15 mm Schwankungen verursachen. Aus der verschiedenen Größe dieser beiden physiologischen Schwankungen wird man diagnostisch keinen Schluß ziehen können, höchstens ist der Umstand von Bedeutung, wenn diese Schwankungen lumbal ausbleiben und suboccipital weiterbestehen. Die Beeinflussungsproben liefern bereits besser verwertbare Anhaltspunkte.

Die Beobachtung des *Queckenstedtschen* Symptoms ist besonders bei der Doppelpunktion von Bedeutung. Zweckmäßig ist es nicht nur eine 15 Sek. währende Jugularkompression, sondern vorher eine einsekundige Berührungsprobe anzustellen. Normalerweise beobachtet man schon auf die Jugularisberührung eine rasch vorübergehende Drucksteigerung, sowohl suboccipital, wie lumbal. Über die Größe dieser Steigerung findet man in der Literatur kaum etliche Angaben. Nach *Riser*³⁷ kann die Drucksteigerung nach kurzer Jugulariskompression 10—20 mm, nach längerer sogar 30—50 mm betragen. Die Drucksteigerung erfolgt nach ihm schnell und bleibt bei beständiger Kompression auf dem Maximum. Nach der Kompression kehrt der ursprüngliche Zustand binnen Sekunden zurück, neuerliche Kompression wird von demselben Erfolg begleitet. Nach 4—5mal wiederholter Kompression beobachtete aber *Riser*, daß die Drucksenkung eine Verzögerung erfährt, ja ein etwas erhöhter Druck noch eine Zeitlang anhält. Nach *Lamache*²³ tritt die Drucksteigerung bei normalen Individuen auf die Jugulariskompression nur nach 5 Sek. ein. Diese Beobachtung kann jedoch als falsch gelten, da *Reymond* und *Riser* u. a. beim *Queckenstedtschen* Versuch die sofortige Drucksteigerung betonen.

In Fällen von vollkommener Rückenmarkssperre bleiben die Jugularisberührungs- und Kompressionsversuche unterhalb des Verschlusses, d. h. lumbal wirkungslos, suboccipital jedoch bestehen, wie dies die Untersuchungen von *Eskuchen*¹⁵, *Riser* und *Sorel*³⁹ beweisen. Bei partiellem Verschluß des Subarachnoidealraumes haben sie eine Verzögerung und Unvollkommenheit der Drucksteigerung beobachtet. Bei Zisternenblockade hat *Eskuchen*¹⁴ suboccipital Drucksteigerung, lumbal unveränderten Liquordruck, bei cerebraler Blockade das Ausbleiben der Drucksteigerung an beiden Stellen beobachtet. Außer den klinischen Beobachtungen sind auch die Tierversuche von Interesse.

Die Wirkung der Bauchpresse besteht in einer plötzlichen Drucksteigerung, welche das zwei-, sogar mehrfache des ursprünglichen Druckes ausmachen kann. Nach *Sicard*⁴² kann die Bauchpresse maximal 300 bis 500 mm Steigerung bewirken. Nach Aufhören des Pressens sinkt der Druck ebenfalls plötzlich. Der Wirkungsmechanismus der Bauchpresse ist viel komplizierter als der der Jugulariskompression. Nach *Sicard*⁴²

wird der venöse Abfluß nicht nur im Schädelraum, sondern auch unter dem Zwerchfell und infolge Zunahme des intrathorakalen Druckes auch in den Rückenmarksvenen gehindert. Die Beobachtungen von *Sicard*⁴² und *Stookey*⁴⁴ zeigten, daß auch in Fällen von vollkommener spinaler Blockade, obwohl das *Queckenstedtsymptom* positiv ist, die lumbale Drucksteigerung auf den Einfluß der Bauchpresse sich einstellt. Die Ursache hierfür sollte man nur in einer venösen Stauung in Rückenmarksvenen suchen.

Die diagnostische Bewertung der nach Liquorentnahme erfolgenden Drucksenkung erleichtert die Verrechnung des Residualquotienten von *Ayala*¹. Die Entnahme von 8—10 ccm Liquor bringt nach *Sicard* eine Senkung von 60—80 mm mit sich. Nach *Pappenheim* verursacht der Abfluß von jedem Kubikzentimeter Liquor 10 mm Druckabnahme. Diese Werte sind nur Durchschnittszahlen und beziehen sich auf den lumbalen Liquordruck. Das Husten und Weinen geben ebenfalls zu Drucksteigerungen Anlaß, welche ebenfalls sich sehr rasch einstellen und vergehen.

Der Index von *Ayala* hat besonders bei der Diagnose von gesteigertem Schädelndruck eine Bedeutung ($R_q = \frac{Q \times F}{I}$). Bei Hirntumoren hat *Ayala* einen niedrigen Residualquotienten bestimmt (2,24—4,55), dagegen hat er bei Meningitiden, Hydrocephalus, d. h. in Fällen von Liquorüberproduktion einen hohen (10—12), anstatt des Normalen 5,7 festgestellt. Bei Rückenmarkssperre kann man noch niedrigere Werte erhalten als 2,25. *Nunez*³² gibt die Wirkung der Liquorentnahme in dem *Druckunterschied*, welcher zwischen Anfangs- und Enddruck besteht, an (Tension differentielle), und zwar nach Entnahme von 5 ccm Liquor auf die horizontale Lage bezogen. Bei Normaldruck beträgt dieser auf Grund von 200 Fällen berechnet, durchschnittlich 4,6.

Kontinuierliche Liquordruckkurven in Fällen von normaler Liquordynamik.

Die allgemein gebräuchlichen Druckmessungsmethoden geben nur über den Grad der Druckänderung nach Beeinflussungsproben Aufschluß. Die mittels Doppelpunktion gewonnenen kontinuierlichen Kurven aber orientieren uns auch über die Art und Weise der Beeinflussungsproben, entwerfen gleichsam ein qualitatives Bild. Unter normalen Verhältnissen erfolgen die Abweichungen in der horizontalen Lage nach unserer Erfahrung suboccipital und lumbal nicht nur gleichzeitig und gleichsinnig, sondern auch in gleichem Grade.

Die Abb. 3 stellt die kontinuierliche Liquordruckkurve eines an progressiver Paralyse leidenden Kranken dar. Nach dem suboccipitalen Einstich war im Sitzen ein 5 mm großer negativer Druck vorhanden.

Nach dem lumbalen Einstich stieg dieser Druck bis 0 an, der Lumbaldruck erreichte fast 420 mm. An der Lumbalkurve sieht man Puls- und Atmungswellen von 4—6 mm Ausschlägen, an der occipitalen ist dies weniger ausgesprochen. Die Jugularisberührungsproben von je 1 Sek. Dauer führten an beiden Stellen zu gleichzeitiger Drucksteigerung, occipital 8—8 mm, lumbal 10—10 mm. Die Jugulariskompression bewirkte occipital 20 mm, lumbal 40 mm Drucksteigerung.

Bei normalen Individuen zeigen die kontinuierlichen Kurven nach Jugularisberührungs- und Kompressionsproben lumbal größere Schwankungen als occipital, wie dies unsere Untersuchungen von 16 Fällen bewiesen. Besonders in vertikaler Lage kommt die Wirkung der Jugulariskompression an der normalerweise einen negativen Druck zeigenden Occipitalkurve weniger zur Geltung. Übrigens fanden wir im allgemeinen die Wirkung der Jugulariskompression in Fällen mit bereits ursprünglich höherem Druck größer, als bei den ursprünglich niedrigeren Druckwerten. *Claude, Lamache* und *Aubry*⁹ berichten über die nämliche Beobachtung, dieselbe kann aber nicht für allgemeingültig angesehen werden.

Die Drucksteigerung geht nach der Jugularisberührung in 1,5—2 Sek., die Rückkehr in 3—4 Sek. vor sich, nach der Jugulariskompression betragen diese Werte 5 bzw. 9 Sek. Die Zeitdauer der Drucksteigerung ergab nach Jugulariskompressionen bei normalen Individuen im allgemeinen dieselben Werte, nach Jugularisberührung im allgemeinen 3—4 Sek. *Wichtig erscheint uns jene Feststellung, daß bei den erwähnten Beeinflussungsproben — normalen Liquor vorausgesetzt —, die Drucksenkung doppelt soviel Zeit beansprucht, wie die Drucksteigerung; länger jedoch pflegt sie nicht zu sein.* Die nach Husten erfolgenden Drucksteigerungen sind laut den kontinuierlichen Kurven meistens unterbrochen. Die Drucksenkung ist auch hier länger, im allgemeinen im Verhältnis von 1 : 2.

In unserem Falle, den wir als Beispiel für die Bauchpressenwirkung erwähnten, war die Steigerung lumbal etwas höher (60 mm) als occipital (50 mm). Die Steigerung, bzw. Senkung verlief rasch, binnen 2,5 bzw. 4 Sek. In normalen Fällen fanden wir die Wirkung der Bauchpresse sehr verschieden, je nachdem, wie lange und wie kräftig der Patient pressen konnte. Diagnostisch von Bedeutung ist, daß normal die Drucksenkung schnell erfolgen muß. In einigen Fällen sank der Druck plötzlich unter das ursprüngliche Druckniveau.

Zur Klärung der Frage, welche Faktoren die Drucksteigerung nach einer Berührung oder Kompression der Jugularis veranlassen, hatten wir vor allem bei normalen Fällen einige Versuche angestellt. Zu diesem Behufe haben wir Carotisberührungs- und Kompressionsversuche vorgenommen, indem die Carotis vor dem Kopfnicker in der Höhe der Schilddrüse mit einem Finger an beiden Seiten für 2 bzw. 15 Sek. komprimiert wurden. In den meisten Fällen erhielten wir bei der

Jugularisberührungs- und Kompressionsprobe ähnliche Drucksteigerungen (Abb. 3). Die Dauer der Drucksteigerung und Senkung zeigte bei den verschiedenen Kranken ziemlich große Unterschiede. Durch einen Druck

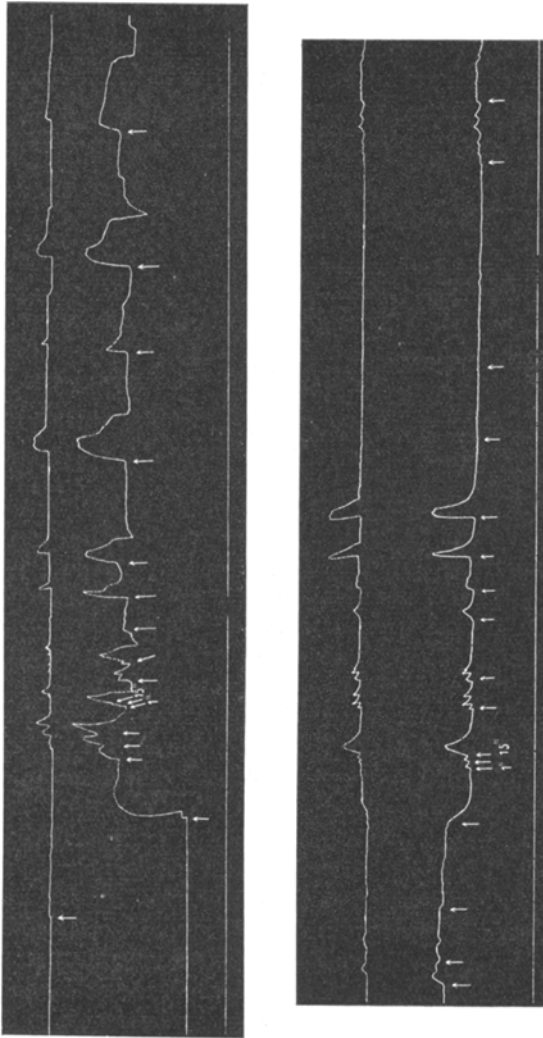


Abb. 3. Normale kontinuierliche Liquordruckkurve Plexus solaris-Kompression ergibt deutliche Erhöhungen.

auf den *Plexus solaris* bekamen wir ebenfalls meist ausgesprochene Drucksteigerungen, der Wirkung der Bauchpresse ähnlich. Die bei den verschiedenen Kranken auf diese Weise ausgelösten Drucksteigerungen zeigten betreffs Dauer und Grad verschiedenes Verhalten. Sie waren in einem Falle occipital 20, lumbal 40 mm in einem anderen jedoch occipital

80—100 und lumbal 140—160 mm. Die Steigerung verläuft plötzlich, reflexartig, die Senkung langsamer, oft verzögert, besonders nach in kurzen Intervallen öfters wiederholten Kompressionen des Plexus solaris. Die Drucksteigerung erreichte ihr Maximum in 6—10 Sek., die Senkung verzögerte sich oft 20—40 Sek.

Die bei den Carotisberührungs- und Kompressionsproben oft wahrgenommene Drucksteigerung scheint unserer Meinung nach darauf hinzuweisen, daß auch für die, bei den Jugularisproben entstehenden Druckerhöhungen in erster Reihe reflexartige Faktoren verantwortlich gemacht werden können. Bei der Jugulariskompression wird ja stets ein Druck auch auf die Carotis ausgeübt, welcher ja mutmaßlich in dem Hirngefäßnetz reflexartige Vorgänge zur Folge hat, wobei auch dem Carotis-Sinusreflex eine Rolle zugeschrieben werden muß. Bezüglich dieses letztgenannten Reflexes treffen wir in der Literatur verschiedene Ansichten. Nach *Hering* bewirkt der von dem *Sinus caroticus* her auslösbare Kreislaufreflex eine Blutdrucksenkung, ähnlich wie im Tierversuch die Abklemmung des *Sinus caroticus*. *Koch*¹⁹ führt in seiner Monographie über die Selbststeuerung der Kreislaufreflexe aus, daß der Carotis-Sinusreflex durch einen auf die Gegend des *Sinus caroticus* ausgeübten Fingerdruck ausgelöst werden kann. Infolge der durch diesen Reflex bedingten arteriellen Blutdrucksenkung im Hirngefäßsystem kann es zu einer venösen Blutdrucksteigerung kommen, welche ihrerseits die Erhöhung des Liquordruckes herbeiführen kann. Der letztere ist an dem lumbalen Abschnitt ausgesprochener, weil hier sein Zusammenhang mit dem venösen Blutdruck ein innigerer ist. *Danielopolu*²⁸ ist in bezug auf den Carotis-Sinusreflex anderer Meinung, nach ihm würden die reflexvermittelnden Nerven nicht nur depressorische, sondern auch pressorische Fasern mitführen, aus welchem Grunde man „beim Menschen beim Carotisversuche allerdings auch bei richtigem Vorgehen eine Drucksteigerung erhält“.

Man sieht, daß die Frage von dem Wirkungsmechanismus des Carotis-Sinusreflexes auf das arterielle, venöse und capillare System des Gehirns und auf dem Wege dieses auf das Liquorsystem noch bei weitem nicht geklärt ist. Diesbezügliche experimentelle Untersuchungen wären von großer Wichtigkeit. Unseres Erachtens muß man beim Zustandekommen der Liquordrucksteigerung beim Carotis- und Jugularisdruckversuch dem Blutgefäßreflex eine bedeutende Rolle zuerkennen. Auch der Umstand spricht dafür, daß sich die Druckerhöhung reflexartig sofort einstellt, ihr Nachlassen aber schon langsamer vor sich geht. Die Verhinderung des venösen Abflusses hat beim *Queckenstedtschen*³⁴ Versuch unbedingt eine Rolle. *Claude, Lamache* und *Aubry*⁹ erwähnen hierfür einen ihrer Fälle, wo auf der einen Seite eine Thrombose der *Vena jugularis* bestand. Der Fall bot Gelegenheit zur experimentellen Vergleichung der Wirkung des Jugularisdruckes an beiden Seiten. An der kranken Seite löste der Druck keine Liquordrucksteigerung aus, jedoch erfolgte

dies an der gesunden Seite. *Claude*⁵ bemerkt aber gleich, daß außer mechanischen Faktoren auch Reflexerscheinungen mitverantwortlich gemacht werden müssen, bedingt zum Teil durch die Reizbarkeit des neurovegetativen Systems. Nach *Claude* sind die Beziehungen zwischen venösem und Liquordruck viel komplizierter, als die meisten Verfasser annehmen, man müsse auch nervöse Steuerungsvorrichtungen neben mechanischen und hydraulischen supponieren.

Die Rolle des Gefäßreflexes erweist unser Versuch, da wir durch Druck auf den Plexus solaris die Liquordruckänderungen ausgelöst haben (Abb. 3). Die Untersuchungen von *Montassut* und *Lamache*²³ zeigten, daß durch die Auslösung des Solarreflexes in den meisten Fällen der venöse Blutdruck um 3—7 mm ansteigt, und parallel zu ihm der arterielle abnimmt. Nach *Montassut* und *Lamache* handelt es sich bei dem Plexus solaris-Druckversuch um einen thorako-abdominalen Reflex. *Claude*, *Lamache* und *Targowla*⁶ hatten die Wirkung des Solarreflexes auf den Liquordruck bereits 1926 untersucht und fanden, daß der Plexus solaris-Druckversuch erhebliche Drucksteigerungen nach sich zieht, und zwar in Abhängigkeit von seiner mehr oder weniger starken Ausprägung. Manche Verfasser haben schon früher beobachtet, daß der Druck auf die Bauchwand Liquordrucksteigerungen hervorruft. Auf Grund dieser Beobachtung empfahl *Giraud* schon 1921 die unangenehm empfundenen Nebenerscheinungen nach Lumbalpunktionen durch einen Druckverband auf den Bauch zu bekämpfen. Im Wirkungsmechanismus der Bauchpresse müssen wir unseres Erachtens dem sympathischen abdomino-thorakalen Reflex, bzw. den Kreislaufreflexen ebenfalls eine Rolle zuschreiben. Im Liegen erfolgen in Fällen von normalem Liquordruck die lumbale Drucksenkung und die occipitale Drucksteigerung ganz gleichzeitig. Die Wirkung der Beeinflussungsproben ist im Liegen grundsätzlich ganz dieselbe wie im Sitzen, nur haben wir geringere Schwankungen beobachtet. Nach Liquorentnahme rufen die Jugularis-berührungs- und Druckversuche geringere Änderungen hervor als vor ihnen, wie wir dies durch die Analyse der kontinuierlichen Druckkurven feststellen konnten. Unter normalen Verhältnissen verursacht die Bauchpresse nach Liquorentnahme im Vergleich zu der vorherigen, eine geringere Wirkung.

Das Verhalten der kontinuierlichen Liquordruckkurven im Falle von höherem Drucke, ohne raumeinengende Prozesse.

Ein höherer Liquordruck kommt außer bei Gehirntumoren, besonders bei Meningitiden, Hydrocephalus und Epilepsie vor. Die kontinuierlichen Liquordruckkurven zeigen im Falle höheren Druckes im allgemeinen ausgesprochenere Wirkung der Beeinflussungsproben (Abb. 4). Bei einem Epilepsiekranken ergab die Analyse der kontinuierlichen Kurven nebst erhöhtem Liquordruck folgende Ergebnisse: In vertikaler

Lage ist auch der suboccipitale Druck positiv. Die Jugularisberührungsprobe rief occipital 10—20 mm, lumbal 30—40 mm Drucksteigerung hervor. Auf den Jugularisdruckversuch stellte sich occipital eine Erhöhung von 130 bzw. 200 mm, lumbal eine solche von 155 bzw. 140 mm ein. Bezüglich des zeitlichen Verlaufs waren ähnliche Verhältnisse wie beim normalen Liquordruck vorhanden, nur die Rückkehr des Druckes erfolgte schneller.

Die Wirkung der Bauchpresse war occipital und lumbal sehr ausgeprägt und an beiden Stellen ungefähr gleich, nämlich 190, bzw. das zweitemal 220 mm. Der Grad der Druckänderung ist besonders bei Epilepsie an beiden Stellen oft ungleich. Die Wirkung der Beeinflussungs-

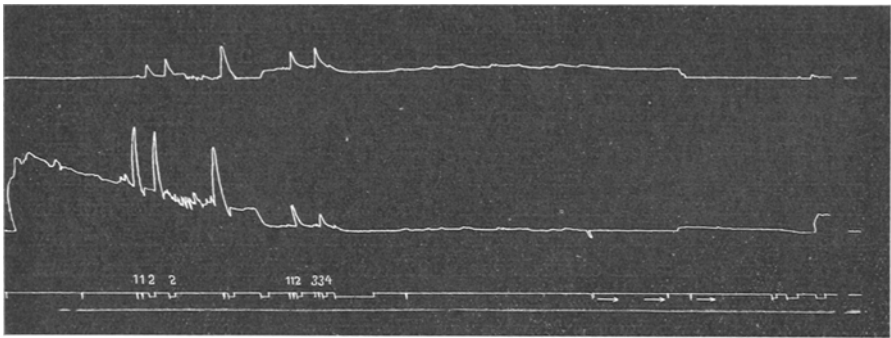


Abb. 4. Kontinuierliche Liquordruckkurve bei erhöhtem Liquordruck. Diagnose Epilepsie. Occipitale und lumbale Kurve zeigt ausgesprochen die Labilität des Liquordruckes.

proben ist lumbal gewöhnlich größer. Nach der Bauchpresse zeigte die Rückkehr besonders suboccipital eine Verzögerung, indem sie im erwähnten Falle sogar 15—18 Sek. in Anspruch genommen hat. In Fällen von Epilepsie geht der Druck nach den Jugularisdruck- und Bauchpressenversuchen unter die ursprünglichen Werte, wie wir dies öfters beobachteten. Dieses Symptom könnte man als *reaktive Druckerniedrigung* bezeichnen. Bei normalem Liquordruck kommt dies nicht vor, bloß bei erhöhten, in erster Reihe bei der Epilepsie.

Die Berührung und der Druck der Carotis communis führt ebenfalls zur Druckschwankung. Das Liegen bewirkt eine erhebliche Erhöhung des suboccipitalen und eine Abnahme des lumbalen Druckes. Die Wirkung der Beeinflussungsproben war im Liegen schwächer. Auf Hyperventilation stellte sich schon nach 1 Min. 12 Sek. eine allmähliche Drucksenkung ein, welche suboccipital 30 mm, lumbal 50 mm ausmachte. 1 ccm einer 1%igen Adrenalinlösung subcutan gegeben, hat bereits nach einer Minute eine Drucksteigerung zur Folge gehabt, welche vor allem suboccipital in Erscheinung trat. Einen sehr hohen Liquordruck sahen wir bei einem anderen Epilepsiekranken, bei dem wir die kontinuierliche

Druckmessung im Chloräthylrausch vorgenommen haben. Nach dem sehr beträchtlichen Anfangsdruck bewirkte der tiefe Schlaf eine erhebliche Druckverminderung. Die Wirkung der Beeinflussungsproben war sehr ausgesprochen, die reaktive Drucksenkung nach dem Jugularisversuch konnte gut beobachtet werden. Es dürfte von Interesse sein, daß nach Jugulariskompression im Liegen auf eine gewisse Zeit eine ausgesprochenere Pulskurve auftritt.

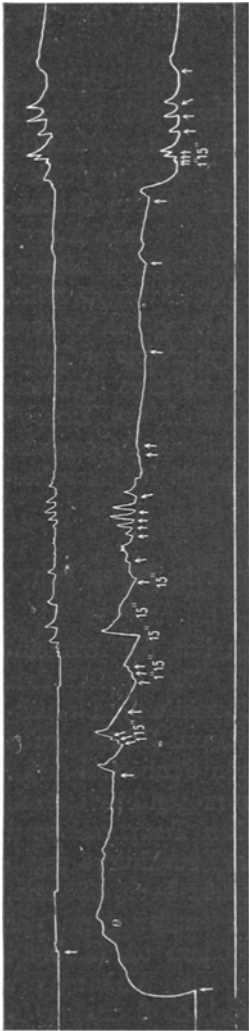
Die Analyse der kontinuierlichen Druckkurven scheint bei Epilepsie darauf hinzuweisen, daß nicht so sehr der erhöhte Druck, als vielmehr eine spontan auf jede Einwirkung empfindlicher reagierende Drucklabilität für diese Krankheit charakteristisch ist. Plötzliche größere Exkurse treten bei Epileptikern leichter ein als bei anderen Erkrankungen. Wahrscheinlich hat dieser durch jeden Eingriff, demnach auch durch die Liquorentnahme leicht beeinflussbare epileptische Liquordruck, den für charakteristisch gehaltenen erhöhten Druck vorgetäuscht. Dies kommt besonders bei dem Anfangsdruck zur Geltung. In unseren Epilepsiefällen haben wir nach Einstellung des Anfangsdruckes im Laufe der ganzen kontinuierlichen Druckmessung ausgesprochenere spontane Druckschwankungen beobachten können. *Claude, Lamache* und *Dansy*⁷ halten auf Grund ihrer genauen Messungen an Epileptikern die spontane und provozierte Instabilität des Liquordruckes ebenfalls für charakteristisch.

Kontinuierliche Druckkurven bei Hirntumoren und in Fällen von Rückenmarkssperre.

Die kontinuierliche Messung des Liquordruckes hat bei raumeinengenden Prozessen eine große Bedeutung. Wenn es für den Kranken keine Gefahr mit sich bringt, ist hierfür die Doppelpunktion am zweckmäßigsten. Die Tumoren in der vorderen und mittleren Schädelgrube geben anders geartete Kurven als die in der hinteren Grube sitzenden. Einige für Gehirntumoren charakteristische Kurven mögen hier stehen. Im ersten Falle handelt es sich um einen im linken Temporallappen sitzenden Tumor; die Analyse der kontinuierlichen Druckkurve ergab folgendes: In vertikaler Lage ist der Lumbaldruck sehr hoch, 520 mm, derselbe stieg durch den suboccipitalen Einstich, entsprechend der größeren Labilität bei hohen Druckwerten bis 580 mm an (Abb. 5). Der occipitale Druck war auch im Sitzen positiv. Die Wirkung der Beeinflussungsproben war occipital weniger ausgesprochen. Sehr charakteristisch war, daß nach dem Jugularisdruckversuch der Druck sowohl lumbal wie suboccipital sehr verzögert in die Ruhelage zurückkehrte; die Drucksteigerung brauchte bis zur Erreichung des Maximums 8 bis 10 Sek., die Rückkehr 5—6mal soviel Zeit. Die Senkung nach der durch den Plexus solaris ausgelösten Drucksteigerung verlief verhältnismäßig

ziemlich rasch. Die Wirkung der Beeinflussungsproben war im Liegen occipital und lumbal quantitativ und qualitativ die gleiche.

In Fällen von Tumoren der Gehirnbasis pflegt die charakteristische Verzögerung der Drucksenkung ebenfalls ausgesprochen zu sein, wie wir



das bei einem an Hypophysentumor leidenden Kranken beobachteten. Der Lumbaldruck steigerte sich hier auf Jugularisdruckversuche von 410 auf 720 mm. Die occipitalen Druckänderungen sind erheblich kleiner, im Liegen können die occipitalen und lumbalen Druckveränderungen quantitativ für gleich angesehen werden. Wir hatten insgesamt 8 Tumorfälle untersucht und fanden mit Ausnahme eines einzigen, daß die Drucksteigerung nach Bauchpressenwirkung viel geringer ist als z. B. nach einem 15 Sek. dauernden Jugularisdruckversuch.

Für die Tumoren in der hinteren Schädelgrube ist der Umstand charakteristisch, daß an den kontinuierlichen Liquorkurven die Wirkung der Beeinflussungskurven occipital sehr gering, oder gar nicht ersichtlich ist. Bei einem Kleinhirntumor erhielten wir eine solche Kurve nebst mäßiger Drucksteigerung (Abb. 6). In vertikaler Lage ist der Lumbaldruck 150 mm, in horizontaler 90 mm. Der Occipitaldruck ist auch im Sitzen positiv, und zwar 15 mm. Die Jugulariskompression führte binnen 6—8 Sek., also schnell zu einer lumbalen Drucksteigerung bis zu 360 mm, occipital jedoch zu einer allmählichen bis 35 mm. Die Drucksenkung ist lumbal nach dem erwähnten Versuch sehr langsam, dauert 18—25 Sek., occipital stellt er sich überhaupt nicht ein. Die Wirkung der Bauchpresse tritt lumbal weniger in Erscheinung als die der Jugulariskompression, occipital erfolgt auf die Bauchpresse überhaupt keine Steigerung. Die Entnahme von 10 cem Liquor in horizontaler Lage führte

zur raschen und erheblichen Abnahme des lumbalen Druckes. Während der fraktionierten Liquorentnahme und Lufteinblasung vermochten wir den Liquordruck auf der gleichen Höhe zu halten.

Die ausgesprochene Dissoziation des lumbalen und occipitalen Liquor-

druckes bei Hirntumoren bedeutet unserer Meinung nach die Abnahme des Tiefendurchmesseres der *Cisterna magna*, d. h. ihre Abflachung. Dies kommt in erster Reihe bei Kleinhirntumoren vor, in derartigen Fällen spricht man von einer *partialen Zisternenblockade*. Ein anderes Symptom

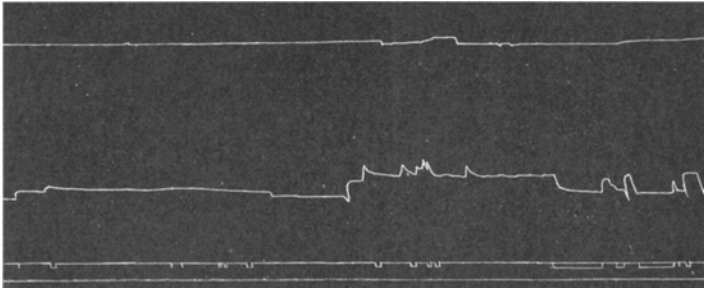


Abb. 6. Kontinuierliche Liquordruckkurve bei Kleinhirntumor. Dissoziation der occipitalen und lumbalen Liquordruckkurve.

hierfür ist laut der Beobachtung von einem von uns, daß anlässlich der Punktion im Sitzen der Liquor zwar von selbst tropft, auf Ansaugen jedoch erhält man keinen Tropfen. Der Spritzenstempel schnell zurück. Es werden nämlich beim Ansaugen Gewebsteilchen an die Nadelöffnung gepreßt. In solchen Fällen entleert sich der Liquor spontan oder auf

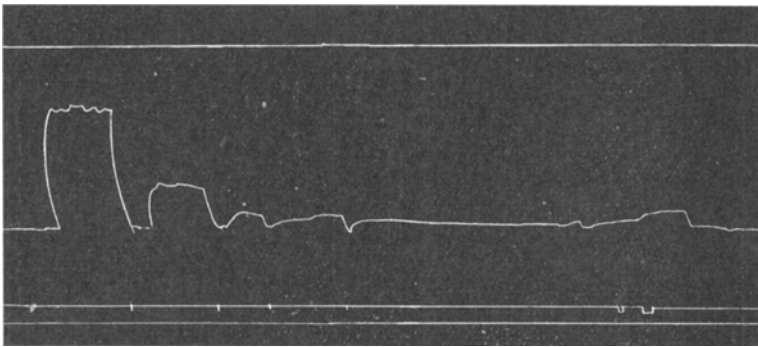


Abb. 7. Kontinuierliche Liquordruckkurve bei Kleinhirnbrückenwinkeltumor und Zisternen-Blockade.

Jugulariskompression tropfenweise, oder man erhält durch Ansaugen mittels einer 1 cm fassenden Pravazspritze Liquor, dagegen durch Ansaugen mit einer 10 cm Spritze nicht.

Für die vollkommene Blockade der *Cisterna magna* ist bei der kontinuierlichen Liquordruckmessung charakteristisch, daß man aus der Zisterne höchstens einige Tropfen Liquor gewinnen kann und, daß nach

Beeinflussungsproben die lumbale Drucksteigerung langsam erfolgt, die nachherige Senkung dagegen verhältnismäßig viel rascher eintritt. Occipital bleiben diese Proben ganz unwirksam. Wir haben Kurven in 2 solchen Fällen von Zisternenblockade aufgenommen: Bei dem einen

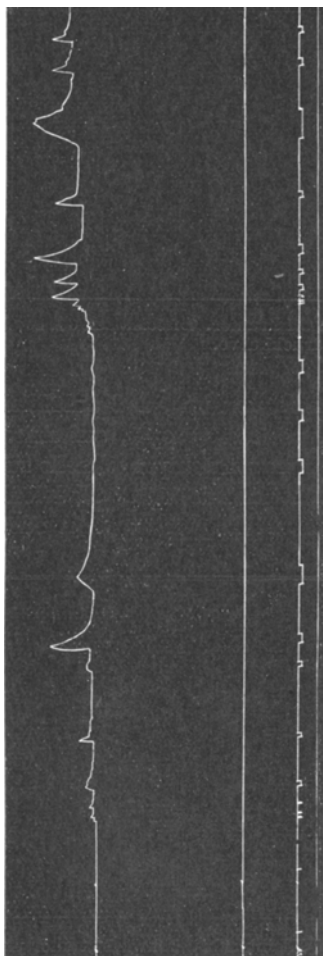


Abb. 8. Kontinuierliche Liquordruckkurve bei medullärer Kompression.

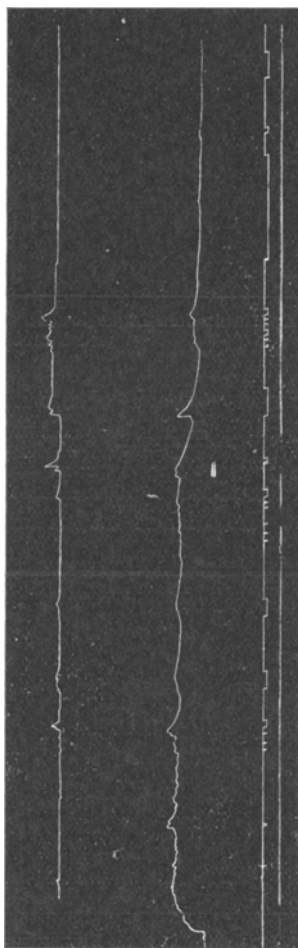


Abb. 9. Kontinuierliche Liquordruckkurve bei Myelitis e compressione. Partielle spinale Blockade.

handelte es sich um einen cerebellaren Acusticustumor von ungewöhnlich großem Umfang (Abb. 7), im 2. Fall hat die Zisternenblockade ein in der linken Hemisphäre des Kleinhirns sitzender Tumor verursacht. Die Diagnose wurde in beiden Fällen auch durch die Sektion bestätigt. Aus den Druckkurven geht hervor, daß nach Jugulariskompression eine sehr verzögerte (30—50 Sek.) Drucksteigerung erfolgte.

In Fällen von völliger Rückenmarksperrre sind die kontinuierlichen

Liquordruckkurven sehr charakteristisch. Der Liquordruck weist unseren Beobachtungen nach ein entgegengesetztes Verhalten auf, wie bei der Zisternenblockade. Der Lumbaldruck kann bereits nach Entleerung von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ ccm Liquor stark sinken. In 2 Fällen entleerte sich mehr Liquor überhaupt nicht. Die Beeinflussungsproben waren occipital der Norm entsprechend, lumbal blieb ein Erfolg aus (Abb. 8). Die Drucksteigerung nach Jugularisberührungs- und Druckversuch, wie auch nach dem Carotisdruckversuch ist eine rasche, die Senkung zuerst eine rasche, sodann eine verzögerte. Bei partialem Verschuß führen zwar Jugularisdruckversuch und Bauchpresse auch lumbal zu einer Drucksteigerung, die Senkung ist jedoch viel verzögerter als occipital, wie dies die Druckkurven von an Spondylitis tuberculosa und Myelitis compressione leidenden Kranken schön zeigen (Abb. 9).

Beeinflussung des Liquordruckes mittels Arzneimittel, tiefen Atemzügen, Verhalten der Atmung und Narkose.

Eine Beeinflussung erreicht man am leichtesten durch Adrenalin-einspritzung. 13mal hatten wir während der kontinuierlichen Druckmessung je 1 ccm einer 1 $\frac{0}{100}$ igen Adrenalinlösung subcutan gespritzt. Mit Ausnahme von 2 Fällen erfolgte eine allmähliche Drucksteigerung, welche durchschnittlich binnen 1 $\frac{1}{4}$ —2 $\frac{1}{2}$ Min. sich einstellte, und zwar occipital und lumbal in gleichem Ausmaß. Die Drucksteigerung betrug 10—30 mm. In 2 Fällen injizierten wir Adrenalin intravenös, und zwar $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{20}$ ccm, die Drucksteigerung war in beiden Fällen eine sofortige und occipital bedeutender. In einem Falle machte sie occipital nach 1 Min. bereits 30 mm, lumbal aber nur 20 mm aus. Die Dauer der Drucksteigerung haben wir nicht beobachtet, da wir den Kranken den Unannehmlichkeiten einer langwierigen Messung nicht aussetzen wollten. Intravenöse Injektionen hypertonischer Lösungen führten unserer Beobachtung nach binnen 1—2 Min. zu keiner Drucksenkung.

Hyperventilationsversuche hatten wir im Laufe der kontinuierlichen Liquordruckmessung in 28 Fällen angestellt. Die Kranken führten die Hyperventilation 1—2 Min. lang aus. Mit Ausnahme von 4 Fällen meldeten sich 10—12 Sek. nach Beginn der forzierten Atmung lumbal und occipital allmähliche Drucksenkungen, welche nach $\frac{3}{4}$ —1 Min. in einigen Fällen selbst 70—80 mm im Durchschnitt 40—50 mm betrugen. Bei jüngeren Individuen, wie auch bei labileren Personen (Epilepsie, vasomotorische Neurose) war die Wirkung der Hyperventilation ausgesprochener. Bei 2 an traumatischer Epilepsie leidenden Kranken fanden wir, daß auch die Gehirnpulsation auf Hyperventilation erheblich abnimmt (Abb. 1 a u. b).

Die kontinuierlichen Liquorkurven zeigen in der Chloräthylnarkose sehr unregelmäßige, jedoch lumbal und occipital gleichzeitige Verände-

rungen. Im Stadium der Erregung erfolgt eine Drucksteigerung, nachher eine hochgradige Drucksenkung, wobei der Druck selbst auf die Hälfte des ursprünglichen sinken kann. Im tiefen Schlaf dürfen wir demnach eine Liquorsenkung annehmen. Dabei kann außer dem geänderten Kreislauf auch der tiefe Atmungstyp von Einfluß sein.

Zusammenfassung.

1. Über die Druckverhältnisse im Liquorsystem geben unter den bisher gebräuchlichen Methoden die kontinuierlichen Liquordruckmessungen nach Doppelpunktionen am ehesten Aufschluß. Diagnostisch erhalten wir auf diese Weise die wichtigsten Anhaltspunkte; den zeitlichen Verlauf der Druckveränderungen vermögen wir mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{5}$ Sek. zu verfolgen.

2. Die Beeinflussungsproben: a) Berührung der Venae jugulares für die Dauer von 1 Sek., b) Kompression derselben für 15 Sek., c) Bauchpresse, d) Ablassung von 10 ccm Liquor (und anderes mehr), üben auf den Liquordruck qualitativ und quantitativ charakteristische Veränderungen aus, und zwar bei Erkrankungen, die mit erhöhtem Liquordruck einhergehen, d. h. bei Epilepsie, Tumoren in der vorderen, mittleren und hinteren Schädelgrube, bei totaler und partialer Blockade der Zisterne und des Rückenmarks.

3. Im allgemeinen wurde festgestellt, daß bei mit höherem Liquordruck einhergehenden Fällen die Wirkung der Beeinflussungsproben deutlicher zum Ausdruck gelangt.

4. Das Verhalten des Liquordruckes bei den Beeinflussungsproben weist auch in Hinsicht auf Alter, Geschlecht und neuropathische Konstitution bedeutende qualitative und quantitative Unterschiede auf.

5. Bei normalem Längsschnitt des Liquordruckes können wir an den kontinuierlichen Liquordruckkurven die Beobachtung machen, daß der Anstieg des Druckes bei der Berührungs- und Kompressionsprobe der Venae jugulares 1,5—2 Sek., das Absinken desselben jedoch doppelt so viel Zeit, d. i. 3—4 Sek. in Anspruch nimmt.

6. Für die Gehirntumoren ist die Verzögerung der Drucksenkung bei den Beeinflussungsproben charakteristisch, sowie der Umstand, daß die Drucksteigerung nach Bauchpressen viel geringer ist als die, welche beim Jugularisdruckversuch erfolgt. Eine ausgesprochene Dissoziation des lumbalen und occipitalen Liquordruckes bei den Beeinflussungsproben bedeutet Abnahme des Tiefendurchmessers der Cisterna magna.

7. Für die Epilepsie ist die Instabilität des Liquordruckes charakteristisch, wie auch die sog. reaktive Druckerniedrigung des Liquordruckes.

8. Der Steuerungsmechanismus des Liquordruckes ist sehr kompliziert und läßt bei verschiedenartigen Erkrankungen verschiedene Faktoren zur Geltung kommen. In der Beeinflussung des Liquordruckes durch die hämodynamischen Verhältnisse muß auch den Blutgefäßreflexen eine Bedeutung zugeschrieben werden.

Literaturverzeichnis.

- ¹ *Ayala*: Über den diagnostischen Wert des Liquordruckes und den Apparat zu seiner Messung. Z. Neur. **84**, 42. — ² *Bungart, J.*: Die Messung des Hirn- bzw. Lumbaldruckes mittels Quecksilbermanometers. Psychiatr.-neur. Wschr. **1916/17**, H. 51/52. — ³ *Bungart, J.*: Psychiatr.-neur. Wschr. **1917**, 391. — ⁴ *Benedek u. Thurzó*: Münch. med. Wschr. **1916**, 2214. — ⁵ *Claude*: La mesure de la pression du liquide céphalo-rachid. Bull. Soc. méd Hôp. Paris **28**, No 30 (1912). — ⁶ *Claude et Lamache*: C. r. Soc. Biol. Paris **1927 I**, 325. — ⁷ *Claude, Lamache et Dansy*: C. r. Soc. Biol. Paris **1927 II**, 122. — ⁸ *Claude, Porake et Rouillard*: Rev. Méd. **1924**. — ⁹ *Claude, Lamache et Aubry*: Compression des veines du con. et tum. céph.-rach. C. r. Soc. Biol. Paris **2**, 261. — ¹⁰ *Claude, Targowla et Lamache*: Recherches sur la press. veineuse dans les malad. ment. C. r. Soc. Biol. Paris **106**, No 5, 390 (1931). — ¹¹ *Claude, Tinel et Lamache*: C. r. Soc. Biol. Paris **1927 I**, 324. — ¹² *Danielopolu*: Der normale und pathologische Tonus des Zirkulationsapparates. Wien. Arch. inn. Med. **20**, H. 1/2 (1930). — ¹³ *Danielopolu u. Manescu*: Reflexogene Zonen der Carotis. I.—V. Abh. Z. exper. Med. **63** (1928); **70** (1930); **75** (1931). — ¹⁴ *Eskuchen*: Liquoruntersuchung. Aus der neuen deutschen Klinik, Bd. 6. Wien-Berlin: Urban & Schwarzenberg 1930. — ¹⁵ *Eskuchen*: Die Zisternenpunktion. Erg. inn. Med. **34**. Berlin: Julius Springer 1928. — ¹⁶ *Kausch*: Dtsch. med. Wschr. **1928**, 2217. — ¹⁷ *Kausch*: Ein Instrument zur lumbalen Punktion, Injektion und Druckmessung. Dtsch. med. Wschr. **51** (1908). — ¹⁸ *Kilgore, Eugene*: Cerebrospinal fluid pressure. Critical examination of mesuration methods and description of a new instrument. J. amer. med. Assoc. **89**, Nr 22 (1856). — ¹⁹ *Koch, E.*: Die reflektorische Selbststeuerung des Kreislaufes. Dresden: Theodor Steinkopff 1931. — ²⁰ *Krönig*: Histologische und physiologische Lumbalpunktionsbefunde und ihre Deutung. 17. Kongr. inn. Med. — ²¹ *Jacobi, Walter*: Gefäß- und Liquorstudien am Hirn des lebenden Hundes. Arch. f. Psychiatr. **73**, 125 (1925). — ²² *Lamelle*: Manometrie céphalo-rachidién. Scalpel **2**, 1349 (1928). — ²³ *Lamache*: Étude s. l. tension d. liquide céphalo-rachid. Paris: Arneth 1926. — ²⁴ *Loeper, Lemaire et Patel*: Action de l'adrénalin e. d. l'acétylcholine s. l. pression rachid. C. r. Soc. Biol. Paris **1930**. — ²⁵ *Loeper, Lemaire et Patel*: Les variations resp. d. l. press. rachid. et d. l. press. vereuse s. l'influence d. l'adrén. C. r. Soc. Biol. Paris **1930**. — ²⁶ *Loeper, Lemaire et Patel*: Action d. l'adrén. s. l. press. rachid. e. ven. d. chien vomibinisé. C. r. Soc. Biol. Paris **102 III**, 989 (1921). — ²⁷ *Loeper, Lemaire et Patel*: Inscription graphique de l'épreuve de Queckenstedt chez l'animal. C. r. Soc. Biol. Paris **103 I**, 208 (1930). — ²⁸ *Loeper, Lemaire et Patel*: Action d. nitrite d'amyle s. l. press. rachid. C. r. Soc. Biol. Paris **103 I**, 1186 (1930). — ²⁹ *Monakow, v.*: Schweiz. Arch. Neur. **1918**, H. 4/5 u. 8; **1920**, H. 6. — ³⁰ *Monakow, v.*: Der Kreislauf des Liquor cerebrospinalis. Schweiz. Arch. Neur. **8**, H. 2, 233 (1929). — ³¹ *Marinesco, Kreindler et Grigoresco*: Inscription graphique directe d. variations d. press. d. liq. cerebr. C. r. Soc. Biol. Paris **930 I**, 1750. — ³² *Nunez*: Encéphale **7** (1927). — ³³ *Pappenheim*: Über Druckmessung bei dem Lumbalpunkt. Med. Klin. **45** (1918). — ³⁴ *Queckenstedt*: Dtsch. Z. Nervenheilk. **55**. — ³⁵ *Queckenstedt*: Zur Diagnose der Rückenmarkskompressionen. Dtsch. Z. Nervenheilk. **1916**, H. 4/6. — ³⁶ *Quincke*: Verh. Kongr. inn.

Med. 1891, 321. — ³⁷ *Riser*: Presse méd. 1930, No 64. — ³⁸ *Riser*: Le liquide céph.-rachid. Paris: Marson & Cie. 1929. — ³⁹ *Riser* et *R. Sorel*: Presse méd. 5. Sept. 1928. — ⁴⁰ *Riddell, D. O.* and *R. M. Stewart*: Pressure changes i. the cerebrosp. fluid. J. ment. Sci. 70, Nr 289, 224 (1924). — ⁴¹ *Sepp*: Die Dynamik der Blutzirkulation im Gehirn. Berlin: Julius Springer 1928. — ⁴² *Sicard*: Le liquide céph.-rach. Paris: Marson & Cie. 1902. — ⁴³ *Sorel*: La tension d. liqu. céph.-rachid. dans l. compres. d. l. moelle. Presse méd., März 1928. — ⁴⁴ *Stookey, Byron, H. R. Merwarth* a *A. M. Frantz*: A manometric study o. the cerebrospinal fluid in suspected spinal cord tumors. Surg. etc. 41, Nr 5, 429. — ⁴⁵ *Tzank, Arnault* et *Paul Renault*: Des rapports entre la tension veineuse et l. tens. d. liqu. céph.-rach. C. r. Soc. Biol. Paris 96, No 3, 157 (1922). — ⁴⁶ *Tzank* et *P. Renault*: Les hypertensions rachid. d'orig. circulatoire. C. r. Soc. Biol. Paris 96, No 9, 583. — ⁴⁷ *Weigeldt*: Studien der Physiologie und Pathologie des Liquor cerebrospinalis. Jena: Gustav Fischer 1932.
