

MORPHOLOGISCHE BEITRÄGE ZUM KREISLAUF DES GASSERSCHEN GANGLIONS

T. Donáth und I. Munkácsi

(Eingegangen am 22. Juni 1954)

Zur Durchführung vorliegender Untersuchungen veranlasste uns die Überlegung, dass die eingehende Untersuchung der Gefäßstruktur des Gasserschen Ganglions die Möglichkeit bietet, die physiologische Funktion des Nervus trigeminus bzw. die darin zustande kommenden pathophysiologischen Kreislaufstörungen kennenzulernen. Das Verständnis der Pathogenese und des Pathomechanismus der Kreislaufstörungen ist nur dann möglich, wenn man die normale Gefäßstruktur und den Kreislauf des Organs oder des entsprechenden Gebietes kennt. Die Systematisierung der hinleitenden und ableitenden Gefäße, Untersuchung und Beschreibung der Anomalien halten wir vom chirurgischen Gesichtspunkt für wichtig. Die auf die Morphologie des Gasserschen Ganglions bezüglichen Angaben können der Literatur entnommen werden [18, 25, 15, 22, 4, 7, 3, 17, 1]; in chirurgischer Beziehung [10, 11, 26]; entwicklungsgeschichtliche Daten [12]; Blutversorgung [12, 27, 23, 2].

Material und Methodik

1. An frischem und in Formalin fixiertem menschlichen Material untersuchten wir mit der Präparierlupe in situ 80 Gassersche Ganglien (in 40 Fällen bilateral an Personen verschiedenen Alters) hinsichtlich der makroskopischen Topographie der Gefäße. Den Schädel öffneten wir in mehreren Fällen vor der Eröffnung des Thorax, wodurch die intrakranialen Gefäße blutgefüllt blieben. Bei der Untersuchung der Hirngefäße ist stets — insbesondere bei den Blutfärbungsmethoden — dieses Verfahren anzuwenden, und zwar im Hinblick darauf, dass im entgegengesetzten Falle bei Öffnung des Thorax durch Verletzung der Halsgefäße infolge der Saugwirkung sich das innere Gefäßsystem des Schädels sofort entleert. An unseren Präparaten untersuchten wir die in der oberen Dura verlaufenden ableitenden Venen, sodann entfernten wir die Hirnhaut, hoben nach Öffnung des Cavum das Ganglion ab und untersuchten die an dessen Basis verlaufenden Gefäße.

2. In einem Falle wurde von den beiderseitigen Arteria carotis communis aus eine Filmstoffmasse (Zelluloid) in die Leiche eines Erwachsenen injiziert. Verarbeitet wurde weiterhin das Tuscheinjektionsmaterial von drei Säuglingen.

3. Zur Untersuchung der Gefäßstruktur des Ganglions behandelten wir 8 menschliche Gassersche Ganglien in Gefrierschnitten von 100—200 μ mit der von Romhányi modifizierten Pickworthschen (Benzidin-)Reaktion. Vor der Herstellung des Gefrierschnittes erwies sich — zur Zusammenhaltung des Plexus triangularis — die Gelatineeinbettung als nützlich. Nachdem wir den Plexus triangularis in Fasern zerlegt hatten, wurde die Benzidinreaktion auch an den einzelnen Fasern gesondert vorgenommen.

4. Die histologische Struktur der Gefäße untersuchten wir an 3 menschlichen Ganglien in Schnitten, die nach Paraffineinbettung mit Hämatoxylin-Eosin, Van Gieson und Azan gefärbt worden waren. Die Ganglien wurden zusammen mit dem Durasack frontal und horizontal in Serie geschnitten.

5. Zur Untersuchung der Gefäße des Gasserschen Ganglions von Tieren stellten wir 4 Hunde- und 3 Katzen-Tuscheinjektionen her. Die zur Hälfte verdünnte erwärmte Tusche injizierten wir unmittelbar nach der durch Gas erfolgten Tötung des Tieres und Waschen mit Natriumchloridlösung vom Herzen her. Die Ganglien untersuchten wir teils mit der Präparierlupe, teils in Gaultheria-Öl aufgehell (nach *Spalteholz*). Einige mit Tusche injizierte Ganglien bewerteten wir nach Paraffineinbettung nur in deparaffinierten Schnitten bzw. mit Van Giesonscher Färbung.

6. Einen besonderen Teil der Untersuchungen bildete die Alkaliphosphatase-Untersuchung der frischen Gasserschen Ganglien von Hunden und Katzen. Im Hinblick darauf, dass zu dieser Reaktion nur unmittelbar nach dem Tode fixiertes Material verwendet werden kann, vermochten wir dieses Verfahren an menschlichem Material nicht durchzuführen.

Ergebnisse

Unsere Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenfassen :

Die regelrechte Bestimmung der das Gassersche Ganglion versorgenden Arterien ist nicht möglich. In Zahl und Stärke der hinleitenden Arterien ist eine sehr grosse Variation wahrnehmbar. An der Blutversorgung des Ganglions können folgende Arterien teilnehmen :

1. *Arteria carotis interna*. Von dieser gehen im *Sinus cavernosus* zahlreiche kleine Zweige aus (*Art. sinus cavernosi*), von denen jedoch nur zwei Zweige — ein vorderer und ein hinterer — an der Blutversorgung des Gasserschen Ganglions teilnehmen. Der vordere zweigt sich vor der Ursprungsstelle der *Arteria ophthalmica* ab, verläuft schräg nach aussen und hinten und schliesst sich dem *Nervus ophthalmicus* an. An der Oberfläche des Nerven teilt er sich in T-Form, und sein nach vorn verlaufender Zweig ist der Hauptblutversorger des Nerven V/1. Sein nach hinten verlaufender Zweig (*Ramus recurrens*) begleitet zentral den *Nervus ophthalmicus* und nimmt an der Vaskularisation des Ganglions teil. Der hintere Zweig der *Art. carotis interna* geht vom hinteren Teil des *Sinus cavernosus* aus, verläuft unter dem *Nervus abducens*, durchbohrt die Sinuswand und zweigt sich an der unteren (medialen) Fläche des Ganglions ab. In zahlreichen Fällen umfasst er das Ganglion gabelförmig und versorgt auch dessen obere und untere Fläche. In allen Fällen anastomosiert er mit den Zweigen der *Art. meningea media*. In einigen Fällen hat das Gefäss seinen Ursprung noch vor dem Eintritt der *Art. carotis interna* in den *Sinus cavernosus*, durchbohrt die das *Foramen lacerum* verschliessende Membran und erreicht so den medialen Rand des Ganglions.

2. *Art. meningea media*. Tritt etwa 3 mm vom lateralen Rand des Ganglions durch das *Foramen spinosum* in die Schädelhöhle ein. Sie entsendet an der Schädelbasis feine Zweige nach dem Ganglion hin, die sich an dessen unterer und oberer Fläche verzweigen.

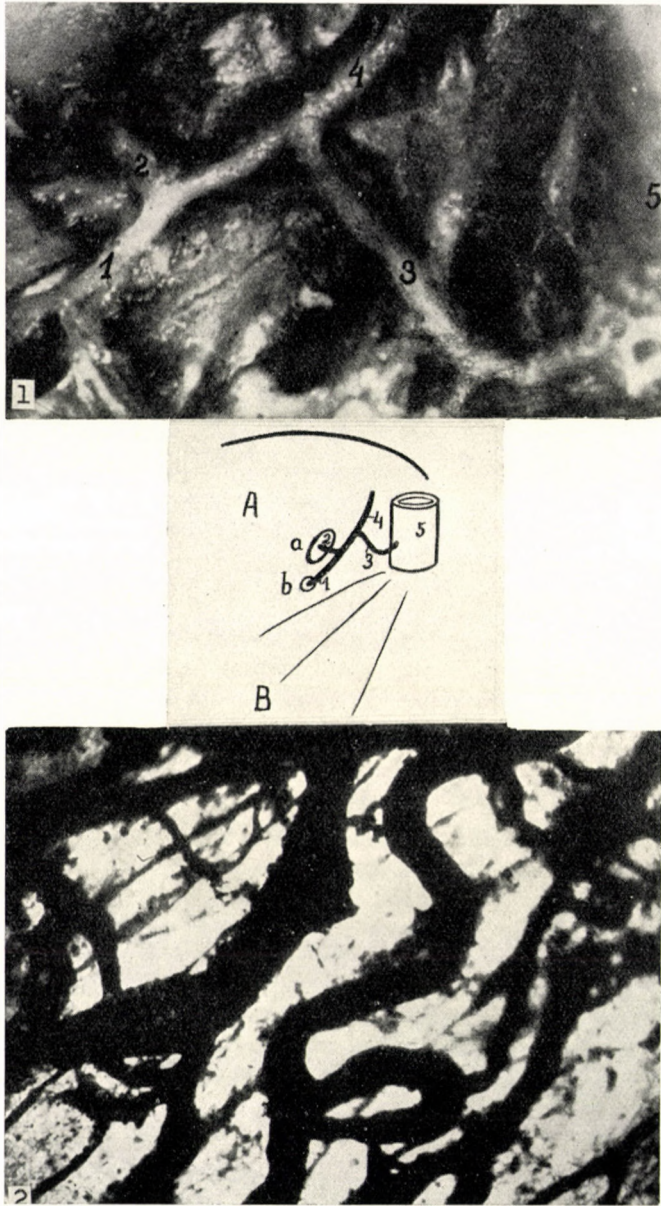


Abb. 1. Arterienbogen (plein canal-Verbindung) an der Unterlage des linksseitigen Gasserschen Ganglions. Originalpräparat (Mensch). An seiner Bildung nehmen die Art. meningea media, Art. meningea accessoria und die Art. carotis interna teil. Skizze des Präparates: A: Mittlere Schädelgrube. B: Linkes Felsenbein. a: For. ovale sin. b: For. spinosum sin. 1: Art. meningea media. 2: Art. meningea acc. 3: Art. sinus cav. post. 4: Ramus ophthalmicus. 5: Art. carotis int.

Abb. 2. Dickere durale Venen in der Duplikatur der oberen Duramembran des Cavum Meckeli. Darunter ein dünneres Venennetz (vom Menschen). Säugling, Tuscheinjektion. Die ausgebreitete Membran in Benzol aufgeheilt. Vergrößerung 10 x

3. Art. meningea accessoria. Diese ist in einem beträchtlichen Teil der Fälle feststellbar. Durch das Foramen ovale tritt sie in den Schädel ein und hat ihren Ursprung entweder in dem extrakranialen Abschnitt der Art. meningea media oder unmittelbar in der Art. maxillaris interna. An der unteren Fläche des Ganglions entzweigt sie sich. In den Fällen, in denen die Art. meningea media nicht unmittelbar an der Blutversorgung des Ganglions teilnimmt, ist die Art. meningea accessoria stark entwickelt und sichert in erster Linie die Blutversorgung des Ganglions.

4. Art. pharyngea ascendens. Mit dem Injektionsverfahren vermochten wir nachzuweisen, dass die feinsten Endzweige der Art. pharyngea ascendens durch das Foramen lacerum bzw. durch die dieses verschliessende knorpelige Membran in die mittlere Schädelgrube eindringen und an der Blutversorgung des Ganglions teilnehmen.

5. Art. basilaris. Die von ihr ausgehenden Zweige nehmen nur an der Blutversorgung der Trigeminiwurzel teil. Zum Teil gehen sie unmittelbar vom vorderen Drittel des Gefässes aus, zum Teil von der Art. cerebellaris inferior anterior. Die Gefässe treten auch noch in das Cavum Meckeli ein, erreichen jedoch nicht das Ganglion.

Als wichtigstes Ergebnis unserer Präparierarbeit betrachten wir die Beobachtung, dass sich an der Basis des Ganglions ein starker arterieller Bogen befindet (Abb. 1). Bei 28 (35%) der 80 Präparate liegt auf der Knochenbasis ein gut sichtbarer arterieller Bogen, der eine Wurzel in der Art. carotis interna, die andere im System der Art. carotis externa hat. Letztere war in 12 Fällen ein Zweig der Art. meningea media, in 16 Fällen ein Zweig der Art. meningea accessoria. Auf die untere Fläche des Gasserschen Ganglions projiziert, fällt der Bogen im allgemeinen auf den nach vorn fallenden Rand der Konvexität des halbmondförmigen zelligen Teils. In 21 Fällen (26%) waren die beiden kleinen Arterien sichtbar, doch kam kein Bogen zustande. In 31 Fällen (39%) war makroskopisch keine Arterie präparierbar.

Bei Anwesenheit der Bogen, welche plein canal-Verbindungen darstellen, ist die Blutversorgung des Ganglions gut gesichert. Die Verbindung ist von Bedeutung, ebenso wie auch das Anastomosengebiet der Art. carotis interna und der Art. carotis externa.

Die Gefässe im intrakranialen Abschnitt der Trigemini-zweige fanden wir mit den Angaben von *Libersa—Voisin* völlig übereinstimmend. Der Nervus ophthalmicus wird hauptsächlich von dem vom vorderen Teil des oben erwähnten Sinus cavernosus ausgehenden Zweig der Art. carotis interna versorgt, sowie von dem aus der Art. ophthalmica zurücklaufenden unbedeutenden ramus recurrens. Der Nervus ophthalmicus erhält demnach von den Gefässen des Gasserschen Ganglions keine Zweige. Der Nervus maxillaris erhält seine Gefässe bereits teilweise — auf dem Gebiet des Zusammentreffens mit dem Ganglion — vom Gefässnetz des Ganglions. Seine mehr peripheren Teile ganz bis zum Canalis

rotundus werden teils von dem auch den Nervus ophthalmicus versorgenden Zweig der Art. carotis interna, teils von der Art. meningea accessoria ernährt. Der intrakraniale Abschnitt des Nervus mandibularis erhält seine Blutversorgung ausschliesslich von den Gefässen des Gasserschen Ganglions.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass jener Zweig des Trigemini, der einen langen intrakranialen Abschnitt hat, über selbständige Gefässe verfügt (V/1), während der Kreislauf des über einen kurzen intrakranialen Abschnitt verfügenden Nervenzweiges mit dem des Gasserschen Ganglions zusammenhängt (V/3).

In bezug auf die venöse Ableitung ist das Gassersche Ganglion von einem ungewöhnlich reichen Gefässplexus umgeben. Das Ganglion liegt zwischen dem Sinus cavernosus, dem Sinus petrosus superior und inferior sowie dem System des Plexus pterygoideus, gleichsam an deren Treffpunkt. Das Knochenbett des Ganglions und die aus dem Schädel hinausleitenden Öffnungen seiner Nervenzweige sind von bedeutenden Plexus umgeben, die das System der intra- und extrakranialen Venen verbinden (Rete venosum foraminis ovalis, Emissarium foraminis laceri, Rete venosum canalis carotici). Bei der gründlichen Untersuchung der über dem Ganglion gelegenen, die obere Wand des Cavum Meckeli bildenden Duramembran fanden wir teils mit Hilfe der Benzidinreaktion, teils mit Tuscheinjektion einen reichen Gefässplexus, der aus einem dickeren, gröberen, oberflächlichen (Abb. 2) und einem dünneren, tiefer gelegenen Gefässnetz besteht (Abb. 3). Die in der Dura-Duplikatur gelegenen Gefässe verlaufen parallel schräg zur Seite und nach hinten, aus der Richtung des Sinus cavernosus nach dem Sinus petrosus superior hin. In 3 Fällen haben einige durale Venen makroskopisch sichtbar das Ganglion zwischen dem Sinus cavernosus und dem Sinus petrosus superior quer überbrückt.

Bei Öffnung des Cavum ziehen sich auf dem Gebiet des Plexus triangularis auch mit freiem Auge, aber mit der Lupe gut sichtbar zahlreiche kleine blutgefüllte Venulae nach hinten, wobei sie die Fasern unregelmässig kreuzen und sodann die Duramembran durchbohren. Diese Stellen sind auf der Dura als winzige nadelstichgrosse Punkte zu sehen. Die Venulae überqueren die Duramembran schräg. Die Hauptableitungsrichtung liegt teils nach dem Sinus petrosus superior, teils nach dem Sinus cavernosus hin. Das auf der Knochenbasis gelegene mächtige Venennetz hat ausserdem reiche Verbindungen zu dem extrakranial gelegenen Plexus pterygoideus. Auf Grund unserer Untersuchungen unterscheiden sich diese in den Knochenkanälen verlaufenden Venen von den unter dem Namen Emissarium zusammengefassten ableitenden Verbindungsblutbahnen darin, dass sie mit der die Knochenöffnung auskleidenden Periost nicht in enger Verbindung stehen, sondern über eine selbständige Gefässwand verfügen. Diese venöse Kanälchen ermöglichen die Verbreitung infektiöser Prozesse zwischen dem Mittelohr, Pyramidenbein und dem Gasserschen Ganglion, worauf *Pietrantonì* [29] die Aufmerksamkeit gelenkt hat.

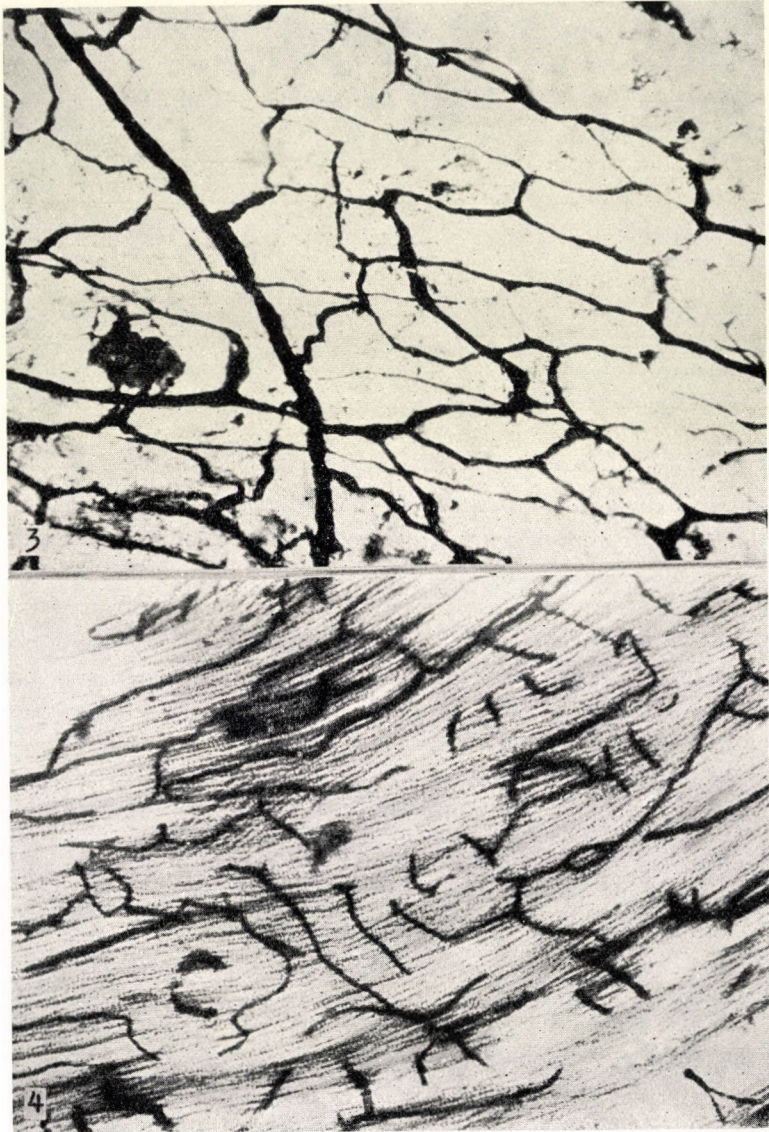


Abb. 3. Dasselbe Material wie *Abb. 2.* Tiefer liegendes Venennetz in der Duplikatur des Cavum Meckeli. Vergrößerung 10 x

Abb. 4. Gefäßstruktur des Plexus triangularis (Hund). Alkaliphosphatase, 20 μ . Scheinbar unregelmässiges Kapillarbild, das den lockeren Faserbündeln des Plexus triangularis entspricht. Bei einzelnen Fasern ist die charakteristische T-förmige Verzweigung der Kapillaren zu sehen, wo die ascendierenden und descendierenden Zweige netzartig miteinander zusammenhängen (oben in der Mitte). Vergrößerung 80 x

Mikroskopische Ergebnisse

Das Kapillarbild lässt sich auf Grund der Tuscheinjektionen sowie der Benzidin- und Alkaliphosphatase-Reaktionen sowohl in der Wurzel als auch im Ganglion und in dessen Zweigen als charakteristisch bezeichnen.

Die auf dem Gebiet des Plexus triangularis gelegenen Gefässe sind sehr zahlreich, und ihre grösseren Stämme verlaufen anfangs neben den Bündeln der sich zerfasernden Radix nervi trigemini. Über dem Plexus triangularis befindet sich, wie *Ferner* [8] beschrieben hat, ein Liquorraum: die Cisterna trigemini. Die Gefässe sind also von einem Liquormantel umgeben, und ihr Verlauf ist dem der sich an der Hirnoberfläche entlangziehenden Piagefässe ähnlich. In dem Raum zwischen den Faserbündeln zeigen die Gefässe ein sehr gedrehtes und gewundenes Bild; wenn sie ein Faserbündel erreicht haben, zerstreuen sich einzelne an dessen Oberfläche, andere schräg eingebohrt, der inneren Fasernachse entsprechend in T-Form. Die aufsteigenden und absteigenden Zweige der T-Form anastomosieren mit ähnlichen Teilungen anderer Kapillaren und bilden in der Länge des Muskelfaserbündels eine Kette (Abb. 4). Aus den an der Oberfläche des Faserbündels der Längsachse entsprechend verlaufenden aufsteigenden und absteigenden Zweigen gehen zirkulär Kapillaren aus, welche die Längsachse des Faserbündels vertikal umfassen (Abb. 5).

An der konkaven Begegnungslinie des Plexus und Ganglions fanden wir in einzelnen Fällen einen aus der Verbindung schmaler Gefässe entstandenen Bogen. Häufiger kommt es jedoch vor, dass die aufsteigenden Zweige der in der Nähe des Ganglions auf oben beschriebene Weise in die Faserbündel eintretenden Gefässe in das Ganglion eindringen und an der Ernährung der am Rand befindlichen Nervenzellen teilnehmen.

Die mit Alkaliphosphatase am Hund durchgeführten histochemischen Reaktionen zeigten infolge der Zusammenwirkung der Aktivität der Endothelzellen ein noch reicheres Kapillarbild als die Blutfärbungsverfahren und Injektionen. Die Gefässe lassen sich hier auch in ihren Zusammenhängen besser verfolgen. Wir haben den Eindruck, dass sich dieses Verfahren zum Nachweis der Gefässe ausgezeichnet, vielleicht sogar am besten eignet. Während die Benzidinreaktion infolge der Blutleere der Kapillaren ein ungenügendes Bild gibt und die Injektion wegen ihrer Unvollkommenheit oder gegebenenfalls wegen Überdruck einmal Gefässarmut, ein andermal möglicherweise ein nicht erkanntes Extravasatum zeigt, bietet die Phosphatasereaktion klare Orientierung über Verlauf und Dichte der Kapillaren. Es gibt in der Literatur Hinweise auf die Phosphataseaktivität der Gefässe des Zentralnervensystems, doch wird bestritten, dass diese auch in den peripheren Nerven vorhanden sei. Wir fanden, dass die Gefässe der Trigeminusäste auf dem unmittelbar nach dem Ganglion gelegenen Abschnitt Phosphataseaktivität aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass diese Gefässe zum Gefässnetz des Ganglions gehören. Bei unseren Untersuchungen konnten wir

feststellen, dass dasselbe Gebiet bei verschiedenen Tieren jeweils eine andere Phosphataseaktivität aufweist. Während z. B. beim Hund die Kapillaren sowohl auf dem Gebiet der Wurzel als auch des Ganglions und auch der Zweige gut

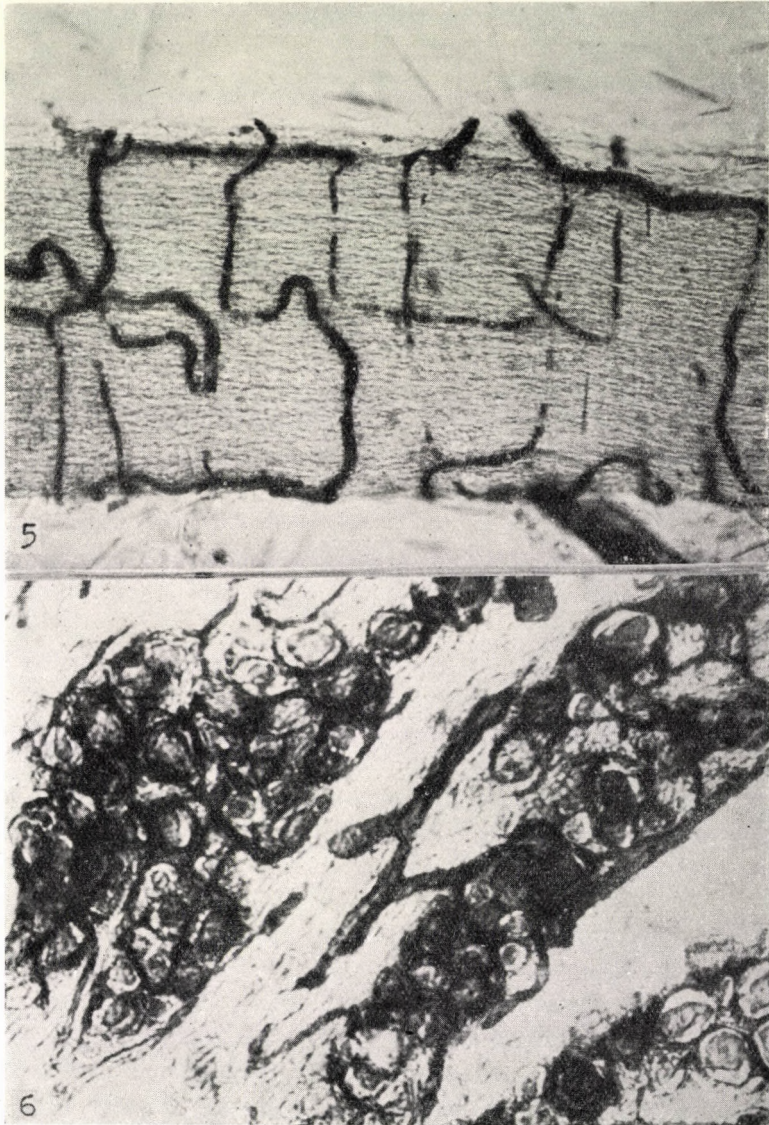


Abb. 5. Kapillarstruktur eines Faserbündels des Plexus triangularis vom Menschen. Kapillaren mit zirkulärem und längsgerichtetem Verlauf. Benzidinreaktion. Vergrößerung 140 x
Abb. 6. Kapillarbild des Gasserschen Ganglions (Hund). Alkaliphosphatase, 20 μ . In der Mitte dringt in Begleitung der durchlaufenden Fasern ein stärkeres Gefäß in den zelligen Teil ein; das hiervon stammende reiche Kapillarnetz umgibt die einzelnen Nervenzellen. Die Kapillaren des ganglionären Teils weisen kräftige Phosphataseaktivität auf

reagieren, zeigen die Kapillaren bei der Katze keinerlei Phosphataseaktivität; es reagieren lediglich die perizellulären Satellitenzellen auf dem Gebiet des Ganglions.

Auf dem Gebiet des Gasserschen Ganglions ist ein sehr reiches Gefäßnetz zu sehen. Die Kapillaren umgeben sozusagen jede Nervenzelle; dies bedeutet topographisch, dass sie diese korbartig umfassen. Am mittleren Gebiet ist das Netz nicht so reich und die Kapillaren umschlingen zwei, ja auch drei Zellen (Abb. 6). Die Zellen der Randteile bekommen auch Gefäße vom Plexus triangularis bzw. vom Gebiet der Trigeminusäste, was ihre bessere Blutversorgung sichert. Die Hauptgefäße des ganglionären Gebietes dringen von der dieses umgebenden Duramembran herein. Bei Anwesenheit des Arterienbogens (siehe oben) gehen die versorgenden Arterien vom Bogen aus und bohren sich von unten in die Ganglionssubstanz. In den anderen Fällen erhält das Ganglion von den über und unter dem Ganglion befindlichen Membranen her Arteriolen von ungefähr gleicher Stärke.

Während die vom Plexus triangularis kommenden Gefäße im begleitenden Stützgewebe mit den durch das Ganglion führenden Fasern gemeinsam verlaufen, sind die von der Dura kommenden Gefäße nur in das Stützgewebe zwischen den Zellen eingebettet. Die Arteriolen des Ganglions sind ausserordentlich verschlungen und unterscheiden sich nach *Bergmann* [2] von den im Nervensystem des erwachsenen Menschen anzutreffenden korkzieherartigen Arteriolen nur darin, dass ihre Wand aus einer einfachen Endothelschicht besteht. Die für die Arteriolen charakteristische Muskelschicht fehlt. Die terminalen Verzweigungen der Arteriolen bilden um die Zellen ein enges Geflecht und geben ein plexiformes Bild (Abb. 7).

Bergmann, der sich bekanntlich mit der Blutversorgung der Ganglien eingehend beschäftigte, beschrieb auf dem Gebiet des Ganglions sich bis zu 20–90 μ erstreckende ampulläre Erweiterungen (hauptsächlich am spinalen und Gasserschen Ganglion). Er erhielt diese Bilder mit der Blutfärbungsreaktion. Bei unseren Untersuchungen in dieser Richtung konnten wir an den Kapillaren derartige Erweiterungen am Injektionsmaterial nicht ein einziges Mal, auf den mit der Benzidinreaktion behandelten Schnitten indessen in mehreren Fällen beobachten. Unserer Ansicht nach lassen sich diese jedoch keinesfalls als Ampullen bewerten, und zwar im Hinblick darauf, dass sich an diesen Stellen postmortal rote Blutkörperchen zusammengeballt haben, deren Färbung den Anschein der Erweiterung hervorruft.

Bei der Alkaliphosphatase-Reaktion lässt sich der Verlauf der Gefäße des ganglionären Teils am besten an Schnitten von 20–40 μ untersuchen. Es ergibt sich das gleiche Bild wie bei den Tuscheinjektionen. Die perizellulären Kapillaren weisen hochgradige Phosphataseaktivität auf.

Das Gebiet der Trigeminusäste (V/1, V/2, V/3) ist im Vergleich zu den vorhergehenden ausserordentlich gefässarm. Zahl und Stärke der Gefäße ist

auch im Vergleich zur Wurzel (Plexus triangularis) weit geringer. Am zentralen Abschnitt dringen die Gefäße vom Ganglion her, am distalen Abschnitt von der den Nerv bedeckenden Dura her zwischen die Fasern ein. Den dichtgelagerten Nervenfasern entsprechend ist der Verlauf der Kapillaren gerade, im Gegensatz

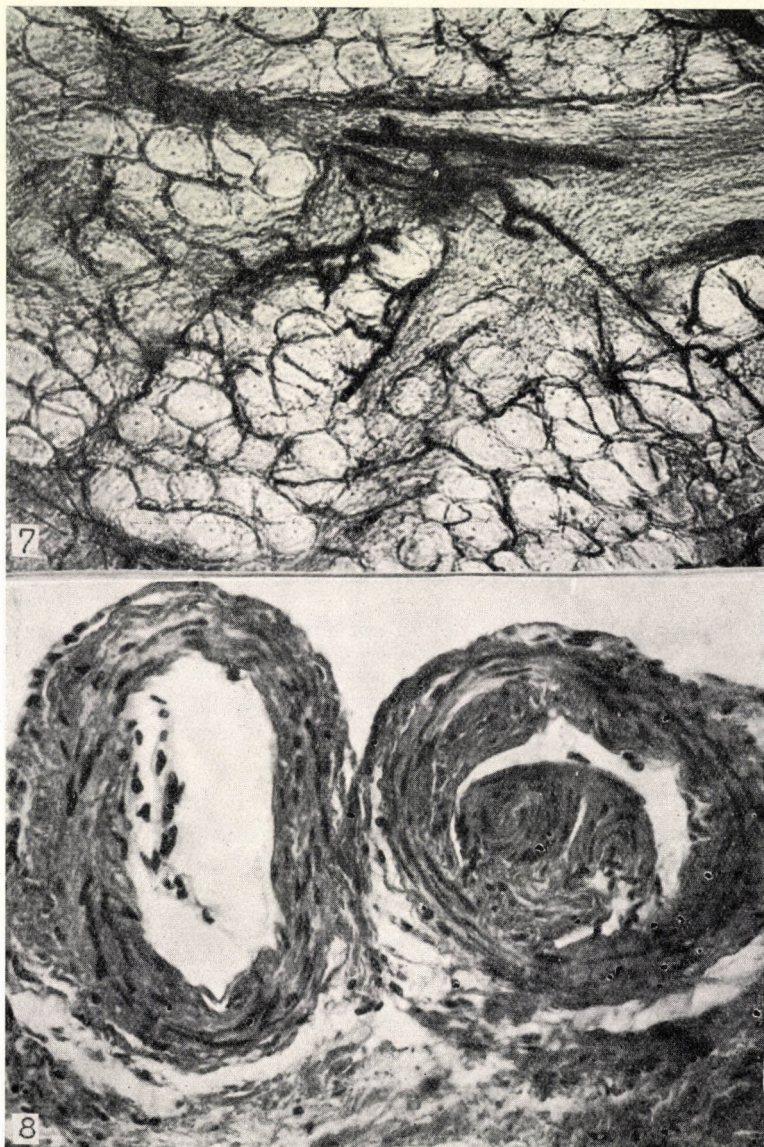


Abb. 7. Tuscheinjektionsbild der Gefäße des ganglionären Teils. *Van Gieson*-Färbung (Hund). Vergrößerung 80 x

Abb. 8. Histologisches Bild einer zum Gasserschen Ganglion verlaufenden Arteriole. Lumenregulierender Mechanismus (Mensch). *Van Gieson*-Färbung. Vergrößerung 140 x

zu den manchmal ganz korkzieherartigen Gefässen im Gebiet des Plexus triangularis. Die charakteristische T-förmige Teilung der Gefässe und das gesamte Kapillarbild entspricht vollständig den Blutversorgungsverhältnissen der peripheren Nerven, wie sie von *Petrovics* und *Szabó* [28] beschrieben wurden.

Wir untersuchten auch die Gefässstruktur der Portio minor. Die Portio minor verläuft an der unteren Fläche der Wurzel und des Ganglions. Anfangs befindet sie sich an der medialen Seite der Radix, kreuzt sodann die untere Fläche des Ganglions und schliesst sich dem Nervus mandibularis an. Sie verfügt über eine besondere Bindegewebescheide, die sich in der Scheide des Nervus mandibularis fortsetzt. Die als Hülle dienende Bindegewebescheide ist ausserordentlich gefässreich, ihre Gefässe erhält sie von der motorischen Radix. Ihre Gefässstruktur zeigt genau dasselbe Bild, das vorstehend beschrieben wurde.

Schliesslich untersuchten wir die histologische Struktur der Wand der zuführenden Arteriolen. Wir fanden, dass in zahlreichen Fällen, insbesondere im Querschnitt der an der Bildung des Bogens (*Arcus ganglionaris*) teilnehmenden Arterien die Anwesenheit von Intimapolstern beobachtet werden kann, die wir jedoch nur im von erwachsenen Menschen stammenden Material festzustellen vermochten. Die lumenregulierenden Einrichtungen der Arteriolen befinden sich unmittelbar vor dem Eintritt ins Ganglion (Abb. 8).

Diese Intimapolster sind denjenigen ähnlich, die *F. Kiss* [20, 21] in den Gefässen der Geschlechtsorgane (präkavernöse Zweige) und neuestens auch im Hirn (präkortikale Gefässe) fand. Laut *Kiss* enthält in der Struktur der Arterien die meisten Variationen die Intima, was mit der Lumenregulation zusammenhängt. Nach unserem heutigen Wissen wird der Kreislauf in den Organen im allgemeinen vom Zustand der Kapillaren und Präkapillaren bestimmt. An den grösseren Kreislaufschwankungen ausgesetzten Stellen kommt diese Regulation bereits in den höheren Abschnitten (Arteriolen, mittelgrosse Arterien) zustande. Dies wurde z. B. im Gehirn und in den Genitalien festgestellt.

Besprechung

Auf Grund morphologischer Untersuchungen konnten wir feststellen, dass in der Blutversorgung des Gasserschen Ganglions weite Variationen möglich sind. Bei einzelnen Individuen ist die reichliche arterielle Blutversorgung des Ganglions durch die *plein canal*-Verbindung einzelner stärkerer Zweige von zwei Gefässsystemen, des Systems der *arteria carotis externa* und *interna*, gesichert, bei anderen sorgen zahlreiche kleinere Arteriolen gemeinsam für die Ernährung des Gasserschen Ganglions.

Grundbedingung für die ungestörte Funktion eines Organs sind gute Kreislaufverhältnisse. Wenn wir auch diese Regel gründlich verarbeitet und bekräftigt bisher nur bei grösseren Organen (Herz, Niere, Leber usw.) bestätigt

finden, so bedeutet dies nicht, dass sie nicht auch für kleinere Einheiten, wie z. B. ein Ganglion, ebenso gültig wäre. Dies zeigt nur, dass die pathologischen Anatomen die Gefässveränderungen dieser Gebiete noch nicht eingehend untersucht haben, und dass auch die Forscher, die sich mit dem Kreislauf befassen, noch nicht zu derart lokalen Fragen des Kreislaufes gelangt sind. Neuerdings wurden die bei Hypertonie in den Ganglien zustande kommenden (teils intervertebralen, teils sympathischen) Zellveränderungen von mehreren Autoren untersucht, doch ist bisher die Untersuchung der Gangliengefäße unberücksichtigt geblieben. Allein *Truex* [33] und *Schaltenbrand* [31] haben bisher Mitteilungen über gefässpathologische Veränderungen im Gasserschen Ganglion veröffentlicht, als deren Folge eine Störung in der Trigeminafunktion auftritt.

Gefäßstruktur und Kreislaufverhältnisse eines Organs stehen miteinander in engem Zusammenhang. Es ist schwer, auf Grund anatomischer Untersuchungen die Frage zu beantworten, bei welcher Gefäßstruktur des Ganglions unter pathologischen Verhältnissen eher eine Kreislaufstörung zustandekommen kann. Wahrscheinlicher ist — obwohl wir im vorstehenden darauf hingewiesen haben, dass bei Anwesenheit des *Arcus ganglionaris* die Blutversorgung des Ganglions besser gesichert ist —, dass beim Verschluss des Bogens oder bei der Schädigung der Wand der den Bogen bildenden Arterien im Ganglion schwerere Zellveränderungen entstehen können als in jenen Fällen, in denen die Blutversorgung von mehreren Stellen her gewährleistet ist.

Als sehr wichtig erscheinen uns die Angaben von *Schaltenbrand* [31], der den Sektionsbefund einer weiblichen Kranken mit schwerer Trigemina neuralgie mitteilte. An der Kranken war kein operativer Eingriff vorgenommen worden. Die Serienschnitte wiesen weder am Thalamus noch im Gehirnstamm noch an den Schädelbasisknochen Veränderungen auf, die als Erklärung der Neuralgie dienen konnten. Demgegenüber war die Wand der *Arteria carotis interna* — neben dem Ganglion — verdickt und hyalinisiert. Die kleinen Gefäße des Ganglions waren sklerotisch, und im Ganglion waren Kalkkonkremente zu sehen. Infolge der Sklerose waren die Ganglionzellen zu einem beträchtlichen Teil zerstört. Die Trigemina neuralgie war in diesem Falle durch die Kreislaufstörung des Gasserschen Ganglions verursacht worden. Die Sklerose der Kapillaren war primär, die Zellzerstörung sekundär. Nach *Schaltenbrand* ist die Trigemina neuralgie die *Claudicatio intermittens* des Gasserschen Ganglions. Der Schmerz wird durch die verminderte Zufuhr des arteriellen Blutes, durch den Sauerstoffmangel verursacht, während sich sein intermittierender Charakter mit den Schwankungen der Blutversorgung erklären lässt, die pathologisch immer der kritischen Grenze nahe sind.

Auf Grund der Untersuchung der Gefäßstruktur nehmen wir an, dass die lokale Kreislaufstörung sowohl vom arteriellen als auch vom venösen Zweig ausgehen kann. Die von uns nachgewiesenen — in der Literatur, soweit uns bekannt, noch nicht beschriebenen — Sperrmechanismen der zuführenden

Gefäße können anfangs funktionell (pathohistologisch nicht nachweisbar), später jedoch durch organische Gefässveränderungen auf dem Gebiet des Gasserschen Ganglions Ischämie hervorrufen. In der Pathologie des Nervensystems ist wohlbekannt, dass manchmal der Angiospasmus eines einzigen Gefäßes jahrelang lokalisiert bleibt. Selbstverständlich tritt die funktionelle und später pathologisch-anatomische Veränderung des Gefäßes zuerst in den komplizierter innervierten Sperrapparaten in Erscheinung. «Mit der pathologischen Anatomie der Sperrmechanismen hat sich jedoch bisher sozusagen niemand regelmässig befasst» (*Rivkind*, 30]. Neuerdings schreibt *Kajtor* [19] in einer klinischen Arbeit, dass der neuralgische Mechanismus von wiederholten Reizen gebildet wird, von denen der lokalen chronischen Ischämie die grösste Bedeutung zukommt. Auf Grund unserer Gefässuntersuchungen denken wir an die Möglichkeit, dass bei der Entstehung der essentiellen neuralgischen Schmerzen zu Beginn der Erkrankung den funktionellen arteriellen Spasmen eine wichtige Rolle zufällt.

Die Morphologie der venösen Ableitung ermöglicht unter pathologischen Verhältnissen leicht eine Störung im Abfluss des Blutes. Diese Möglichkeit lässt sich mit den speziellen Hirnhautverhältnissen in der Umgebung des Trigemini und des Gasserschen Ganglions erklären. *Burr* und *Robinson* [3] haben sich eingehend mit dieser Frage befasst, ebenso auch *Ferner* [8, 9]. Mittels im Subarachnoidealraum vorgenommenen Tuscheinjektionen konnten sie nachweisen, dass sich im Cavum Meckeli, welches nur beim Menschen vorkommt, ein Liquorraum befindet, der mit den basalen Zisternen kommuniziert. In ihren Untersuchungen konnten sie beweisen, dass das Cavum mit Flüssigkeit ausgefüllt ist und die Pia und Arachnoidea einschliesst.

Unsere Untersuchungen haben folgendes ergeben:

1. Die ableitenden Gefäße verlaufen in einem geschlossenen Liquorraum (Cisterna radialis nervi trigemini). Veränderung und Schwankung des Liquordruckes üben daher auf die Gefässwand eine Wirkung aus.

2. Wir messen dem in der periganglionären Hirnhaut befindlichen reichen venösen Netz Bedeutung bei. Auf Grund unserer morphologischen Daten nehmen wir — per analogiam zur perichiasmalen Arachnitis — die Möglichkeit einer isolierten Arachnitis bzw. zirkumskripten Meningitis in der Umgebung des Gasserschen Ganglions an. Auch sowjetische Autoren [*Warschawskaja*, 34] erwähnen neuestens, dass die entzündlichen Erkrankungen der Hirnhaut häufig Ursache der Trigemineuralgie sein können.

Zusammenfassung

1. Bei der in situ-Präparation von menschlichen Gasserschen Ganglien, die von Personen verschiedenen Alters stammten, wurde in 28 von 80 Fällen (35%) auf der Knochenbasis (*Impressio trigemini*, *Fibrocartilago foraminis laceri*) ein gut sichtbarer arterieller Bogen (*plein canal*-Verbindung) festgestellt. In 21 Fällen (26%) sind die Arterien anzutreffen, bilden aber keinen Bogen. In 31 Fällen (39%) konnte makroskopisch keine Arterie präpariert werden.

2. Die periganglionäre Duramembran enthält ein kräftiges Venennetz. Die nach hinten (in Richtung der Radix) ableitenden Gefäße verlaufen in einem Liquorraum.
3. Die mikroskopische Kapillarstruktur der Radix, des Ganglions und der Zweige ist auf Grund der mit Benzidin-, Alkaliphosphatase-Reaktion und Tuscheinjektionen vorgenommenen Untersuchungen an menschlichem und Hundematerial als charakteristisch zu bezeichnen.
4. Die Kapillaren des Ganglions und der Wurzel zeigen starke Phosphataseaktivität, unter den Kapillaren der Trigeminusäste nur diejenigen, die zu den Kapillaren des Ganglions gehören. Die Alkaliphosphatase-Reaktion ist ein ausgezeichnetes Verfahren zur Darstellung des Verlaufes und der Dichte der Kapillaren.
5. Bei verschiedenen Tieren ist die Alkaliphosphatase-Aktivität des gleichen Gebietes (Gassersches Ganglion) verschieden.
6. In den zum Gasserschen Ganglion führenden Arterien befinden sich lumenregulierende Einrichtungen, die seine Blutversorgung regeln. Aus deren Funktions- bzw. Innervationsstörung kann darauf geschlossen werden, dass den entstehenden funktionell-arteriellen Spasmen im Zustandekommen des essentiellen trigeminalen Schmerzes eine Rolle zukommt.
7. Auf Grund der morphologischen Daten besteht die Möglichkeit, dass im Zustandekommen der in der Umgebung des Trigeminus entstehenden Kreislaufstörungen die Zunahme des Liquordruckes von Bedeutung ist, ferner dass die lokale Entzündung der periganglionären Hirnhaut — per analogiam zur perichiasmalen Arachnitis — in der Pathogenese der Trigeminusneuralgie eine Rolle spielt.

LITERATUR

1. **Barnhill, J. F. :** (1931) *Surgical Anatomy of Head and Neck*. W. Wood & Co. Baltimore. — 2. **Bergmann, L. :** (1942) Studies on the Blood Vessels of the Human Gasserian Ganglion. *Anat. Rec.* 82, 609—629. — 3. **Burr, H. S. u. Robinson, G. B. :** (1925) An Anatomical Study of the Gasserian Ganglion with Particular Reference to the Nature and Extent of Meckel's cave. *Anat. Rec.* 29, 269—282. — 4. **Cajal, Ramon Y. :** (1906) zit. *Dogiel*. — 5. **Cunningham, D. J. :** (1931) *Textbook of Anatomy*. 9th ed. James Couper Brash. Oxford University. London. — 6. **Cushing, H. :** (1917) Tumors of the Nervus Acusticus. Saundels Co. Philadelphia. — 7. **Dogiel, A. S. :** (1908) *Der Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere*. Fischer G. Jena. — 8. **Ferner, H. :** (1940) Über den Bau des Ganglion semilunare (Gasseri) und der Trigeminuswurzel beim Menschen. *Ztschr. Anat. Entwgsch.* 110, 391—404. — 9. **Ferner, H. :** (1948) zit. *Scóhaltenbrand*. — 10. **Frazier, C. H. :** (1925) Subtotal Resection of the Sensory Root for Relief of Major Trigeminal Neuralgia. *Surg. Arch. Neurol. Psych.* 13, 610—624. — 11. **Frazier, C. H. :** (1928) An Operation for the Radical Cure of Trigeminal Neuralgia. *Ann. Surg.* 88, 314—330. — 12. **Frazier, C. H. u. Whitehead, E. :** (1925) The Morphology of the Gasserian Ganglion. *Brain* 48, 458—476. — 13. **Gray, H. u. Lewis, W. H. :** (1936) *Anatomy of the Human Body*, 23rd ed. Lea and Febiger, Philadelphia. — 14. **Hamby, W. B. :** (1947) zit. *Rivkind*. — 15. **Henle, F. G. J. :** (1871) *Handbuch der Nervenlehre des Menschen*. Vieweg, Braunschweig. — 16. **Horányi, B. :** (1953) Félrevezető tünetek, állapotképek agydaganat esetekben. (Irreführende Symptome bzw. Zustandsbilder bei Hirntumoren) (ungar.) *Orvosi Hetilap* 90, 534—539. — 17. **Hovelacque A. :** (1927) *Anatomie des nerfs craniens et rachidiens et du système grand sympathique chez l'homme*. Paris, Octave Doin. — 18. **Hyrtil, J. :** (1867) *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. 10. Aufl. Braumüller, Wien. — 19. **Kajtor, F. :** (1954) Az idült fejfájás fájdalom-mechanismusai. (Schmerzmechanismen der chronischen Kopfschmerzen) (ungar.) *Orvosi Hetilap* 95, 253—262. — 20. **Kiss, F. :** (1921) Anatomisch-histolog. Untersuchungen über die Erektion. *Ztschr. Anat. Entwgsch.* 61, 455—521. — 21. **Kiss, F. :** (1950) *Histology of the Blood Vessels*. *Acta Morph. Hung.* 1, 244—254. — 22. **Krause, F. :** (1896) *Die Neurologie des Trigeminus nebst der Anatomie und Physiologie des Nerven*. Vogel, Leipzig. — 23. **Libersa u. Voisin :** (1952) Vascularisation arterielle du ganglion de Gasser. *C. R. Ass. Anat.* 69, 663—670. — 24. **Lockhardt, R. D. :** (1927) The Dural Relations of the Gasserian Ganglion with Reference to a New Method of Surgical Approach. *J. Anat.* 62, 105—107. — 25. **Meckel, J. F. :** (1817) *Handbuch der menschlichen Anatomie*. Bd. 3. Halle—Berlin. Waisenhaus. — 26. **Nouhuys, F. :** (1932) *The Anatomy of the Gasserian Ganglion. Its Relation to Tic Douloureux*. *Arch. Surg.* 24, 451—458. — 27. **Ostrowsky, N. :** (1914) Beobachtung an Fällen von Exstirpation des Ganglion Gasseri und der Occipitalnerven. *Inaug. Diss.* Berlin. — 28. **Petrovics, L. u. Szabó, Z. :** (1939) Die arterielle Versorgung der Gliedmassennerven. *Anat. Anz.* 88, 392—404. — 29. **Pietrantoni, L. :** (1927) Sulle vie di processi infiammatori dell'orecchio medio all'apice della rocca petrosa, al seno cavernoso al VI° paio e al ganglio di Gasser; la via venosa. *Arch. Ital. oto-rin-lar.* 38, 296—318. — 30. **Ривкинд, А. В. :** (1953) Патология замыкающих артерий и артериовенозных анастомозов. *Архив Патологии* 1. 181—183. —

31. **Schaltenbrand, G.:** (1953) Über den anatomischen Befund bei Trigemineuralgie. Deutsche Ztschr. Nervenhe. 170, 95—105. — 32. **Testut, L.:** (1894) Traité d'anatomie humaine. Paris, Octave Doin. — 33. **Truex, R. C.:** (1940) Alternations in the Gasserian Ganglion Cells and their Association with Senescence in Man. Am. J. Path. 16, 255—268. 34. **Варшавская, Д. И.:** (1952) Ближайшие и отдаленные результаты тректомии и причины рецидивирования болей. Вопросы нейрохирургии 4, 4—15.

МОРФОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ ГАССЕРОВОГО (ПОЛУЛУННОГО) УЗЛА

Т. ДОНАТ и Я. МУНКАЧИ

1. В течение изготовления препаратов восьмидесяти человеческих Гассеровых узлов *in situ* хорошо видимая дуга артерии (соединение *plein canal*) лежит в 28 случаях (35%) на костном основании (*impressio trigemini, fibrocartilago for. laceri*). В 21 случае (26%) обнаружены артерии, но они не образуют дуги. В 31 случае (39%) макроскопическая препаровка артерии не удалась.

2. В пластинке твердой оболочки головного мозга (*dura mater*) находится около Гассерова узла густая сеть мозговых вен. В обратном направлении (в сторону корешка) кровеносные сосуды проходят в ликворном пространстве.

3. На основании бензидиновой, щелочной и фосфатазной реакций, а также и инъекций тушью, микроскопическая капиллярная структура является характерной, как на человеческом материале, так и на материале собак.

4. Капилляры узла и корешка проявляют сильную щелочно-фосфатазную активность, но из капилляров веточек тройничного нерва только те, которые принадлежат к капиллярам узла. Щелочно-фосфатазная реакция является превосходным методом для выявления прохода и густоты капилляров.

5. Щелочно-фосфатазная активность одной и той же области (Гассеров узел) проявляется у различных животных в различной степени.

6. В артериях, ведущих к Гассеровому узлу, имеются приспособления для регуляции просвета, регулирующие кровоснабжение Гассерова узла.

7. Исследованиями сосудистой структуры подтверждаются те клинические наблюдения, согласно которым невралгии объясняются расстройством кровообращения.

8. Морфологические данные выдвигают значение повышения давления спинно-мозговой жидкости в возникновении расстройств кровообращения около тройничного нерва, а также возможность местного воспаления мозговых оболочек около Гассерова узла в патогенезе невралгии тройничного нерва.

Tibor *Donáth*, Budapest, IX., Tűzoltó-u. 58. Ungarn.

István *Munkácsi*, Budapest, IX., Tűzoltó-u. 58. Ungarn.