

(Aus dem allg. zoologischen und biologischen Institut der kgl. ungarischen Horthy Miklós-Universität Szeged. Direktor: Prof. Dr. *Ambrosius Ábrahám*).

Über das Nervensystem des Glomus Caroticum beim Menschen.

(Mit 12 Textabbildungen.)

Von

Ambrosius Ábrahám.

Das Glomus caroticum erhält, wie aus älteren Untersuchungen bekannt, seine Nerven aus dem Ramus caroticus des N. glossopharyngeus, dem N. laryngeus superior des Vagus oder direkt aus dem Vagus. Ausserdem kommen Fasern aus dem obersten Halsganglion des Truncus sympathicus und es ist sogar wahrscheinlich, dass das Glomus caroticum hie und da auch vom N. glossopharyngeus noch einige Fasern erhält. Diese, verschiedenen Systemen angehörenden Nerven bilden um das Organ ein Geflecht, den sog. Plexus periglandularis. Dieses Geflecht besteht aus verschieden dicken, sich fest aneinanderschliessenden Bündeln, deren Fasern sich vielfach gegenseitig austauschen. Die Bündel bildenden Fasern sind jeweils dünner oder dicker, verlaufen gewöhnlich wellenförmig und werden in ihrer Bahn von vielen länglichen, an beider Enden zugespitzten Kernen begleitet. Letztere entsprechen den Kernen der *Schwann'schen* Scheide. Nach Angaben früherer Forscher sind im Verlauf der Nervenbündel kleinere oder grössere Ganglien eingeschaltet. In eigenen Untersuchungen fand ich dagegen absolut keine Ganglien, vertrete aber entgegen der Lehre von *Wilson* und *Billingsley*, entschieden den Standpunkt, dass in den Geflechten vereinzelt Ganglienzellen tatsächlich vorhanden sind.

Die erwähnten Verfasser fanden nach Färbung mit Haematein u. Eosin keine Ganglienzellen. Ich dagegen beobachtete bei Färbung mit den zwei obengenannten Farbstoffen in meinen Präparaten, sowie auch in versilberten Schnitten alleinstehende Nervenzellen in die Nervenbahn eingeschaltet. Ihrer äusseren Struktur nach zu urteilen, scheinen sie dem sympa-

thischen Nervensystem anzugehören. *Watzka* fand beim Studium des Glomus caroticum der Gans im Plexus periglandularis zwei Arten von Nervenzellen: unipolare grosse Zellen, die angeblich dem Zentralnervensystem angehören und daneben Zellen sympathischen Ursprungs. Bei der Untersuchung menschlichen Materials konnte ich aus dem Zentralnervensystem stammende Zellen nicht finden und es werden solche auch in der einschlägigen Literatur nicht erwähnt.

Aus dem Plexus periglandularis winden sich kleinere, aus ganz wenig Fasern bestehende Aeste zu den Oberflächen der Glomeruli. Hier, fast ganz an der Zelloberfläche, verlaufen sie meistens kreisrund und bilden das periglomerulare Geflecht. Auch nach *Riegele* ist in diesen Aesten eine dichotomische Verzweigung der Fasern häufig zu beobachten. Besonders an gewissen Knotenpunkten stösst man des öfteren auf eine Anzahl von Fasern, die sich gabelförmig verzweigen und zwar so, dass an der Stelle der Verzweigung ein kleiner, gewöhnlich dreieckiger Knoten zu beobachten ist. Diese Knoten gleichen sehr den dreieckigen Gebilden, die von älteren Neurohistologen, bes. *Bethe*, in den Gefässwänden als Nervenzellen, beschrieben wurden. Nebenbei wurde ich auf eine sehr interessante Erscheinung aufmerksam, die ich später bei stärkerer Vergrößerung untersuchte und auf Abb. 1. veranschaulichte. (Abb. 1.) Wie aus der Abbildung deutlich ersichtlich, besteht dieses Phänomen darin, dass die Fasern tatsächlich hakenförmig ineinandergreifen und zwar in einem Knotenpunkt. Diese Feststellung konnte an fast allen Fasern gemacht werden und wahrscheinlich liegt dieser Tatsache eine physiologische Ursache zugrunde. Eventuell haben wir es hier mit einer bisher nicht bekannten Form des Parallelkontaktes, bzw. der Reizübertragung zu tun, deren Anwesenheit vielleicht garnichts so Auffälliges darstellt in einem Organ, wie es das Glomus caroticum ist, in dem Nervenfasern so verschiedenen Ursprungs in der Auslösung einer heute schon experimentell bewiesenen Reflexverkettung zusammenwirken.

Die erwähnten kleineren Bündel verlaufen an der Oberfläche der Glomeruli, um dann abzuzweigen und oberhalb der verschiedenen Glomeruli, und auch in diesen selbst, den Grund für ein so ausserordentlich reiches Nervengeflecht zu legen,

wie wir es in keinem andern, den menschlichen Körper aufbauenden Organ finden (Abb. 2.) Die Zahl dieser Fasern des Plexus ist so überaus gross, dass eine Orientierung vollkommen unmöglich ist. Nur soviel ist festzustellen, dass der überwiegende Teil dieser Fasern ausserordentlich dünn ist und wellenförmig verläuft, während die dickeren eher gerader Richtung sind. Unter beiden Arten dieser Fasern sind auch bei kleiner Vergrösserung abzweigende zu finden und auch solche, die aus dem Plexus in die Glomeruli eintreten.

Die Mehrzahl der Fasern des periglomerularen Plexus verläuft konzentrisch, ein Teil läuft parallel nebeneinander, während die übrigen, teils unter starken Windungen, gleichsam hüllenartig je ein Glomerulus umschliessen (Abb. 3.) Ebenfalls nicht selten zu beobachten ist die Tatsache, dass einzelne Fasern parallel laufen und sich mit andern, konzentrisch geordneten Fasern kreuzen. Ausserdem ist Form und Struktur dieser reichen Flechtwerke so verschieden und oft so abweichend, dass der Beobachter in einem einzigen Präparat die verschiedensten Gebilde vor Augen geführt bekommt.

Die Fasern des periglomerularen Plexus verlaufen gewöhnlich in Form von Einzelgeflechten, zeitweise den ganzen Glomerulus überschreitend und gehen dann weiter, oder aber, was häufiger der Fall ist, wenden sich zurück. Die innerhalb der Glomeruli bleibenden, so wie die nach starker Kurven zurückkehrenden Fasern bilden im Innern der Glomeruli ein ausserordentlich dichtes und sehr abwechslungsreiches Geflecht, den interstitiellen Plexus (Abb. 4.) Die Fasern desselben gehen häufig übereinander hinweg und kommen wiederholt in Berührung mit den die Glomeruli durchwebenden Blutgefässen und Zellen. Wie aus Abb. 5 erhellt, ist die Berührung oft so innig, dass die Fasern fast an der Oberfläche des Zellkernes durchbrechen. Auch scheint es oft, als ob diese, bei starker Vergrösserung stark gekörnt erscheinenden, bzw. fibrillierten Fasern im Zellkern, bzw. an der Oberfläche desselben endeten. Wie ich schon in mehreren neurologischen Arbeiten ausführte, stehen wir hier einer ausserordentlich schwierigen Frage gegenüber, da wir uns nie davon überzeugen können, ob das diesbezüglich Festgestellte den Tatsachen entspricht, oder aber auf Versehen bzw. auf falscher Beurteilung der Dinge infolge Mangels an

entsprechenden optischen Einrichtungen beruht. Es ist nämlich die Frage, ob eine Faser an der Zelloberfläche, am Protoplasma der Zelle, am oder im Zellkern endet, endgültig und mit Sicherheit heute noch nicht zu entscheiden. Wie gute Präparate und wie klare Bilder uns auch zur Verfügung stehen mögen, bleibt uns doch nur ein Kriterium, nämlich, dass wir bei einer gewissen Einstellung die Fasernendigung und die entsprechende Stelle der Zelle in einer Ebene sehen. Meines Erachtens ist jedoch selbst dies nicht immer ausreichend, denn auch so ist dem Versehen und der Phantasie freie Hand gelassen, wofür aber in der mikroskopischen Anatomie absolut kein Bedarf ist. Im Gegenteil, dies ist derjenige Wissenschaftszweig, in dem wir mit allen uns zur Verfügung stehenden Mitteln dahin streben, die Phantasie, die in anderen Gebieten der Wissenschaft durchaus nützlich sein mag, ganz auszuschalten. Es ist nicht selten der Fall, dass einzelne, in die Glomeruli eintretende Fasern ausgesprochene Knäuel bilden, die in ihrer Erscheinung entschieden als identisch angesehen werden können mit denjenigen lockeren Knäueln, die aus der Bindegewebsschicht der Zungenpapillen, dem subkutanen Bindegewebe der Haut, und insbesondere der äusseren Genitalien in grosser Zahl und reichen Abwandlungen bekannt sind.

Abbildung 5 zeigt das Bild solcher interglomerularen lockeren Knäuelchen. Diese sind aber, im Gegensatz zu den an den erwähnten Stellen vorkommenden Tastkörperchen nicht vollkommen geschlossen, sondern es geht, wenn die Beobachtungen nicht trügen, von diesen ein sehr dünnes ultraterminales Fäserchen aus, das in der Nähe der Glomerulizellen, ebenso wie die sensiblen Endigungen, in einem verlängerten End-Kölbchen endet. Eine andere Besonderheit dieses scheinbaren Endkörperchens ist, dass sich in dem einen Winkel zwei Fasern befinden, von denen die dickere — am Ende gabelförmig verzweigt — ein sekundäres verlängertes Knäuel bildet, während die dünnere — ihre ursprüngliche Form beibehaltend — in einem ähnlichen Gebilde endet. Sowohl das erste Knäuel, wie auch die beiden anderen, in einem Organ, wie dem Glomus caroticum, ist meines Erachtens ungewöhnlich. In Anbetracht der geheimnisvollen Funktion dieses Organes da-

gegen ist es möglich, dass dieser Umstand richtunggebend für die Funktion desselben ist.

Noch vollständiger wird das Bild des interstitialen Knäuels und sein Verhältnis zu den Zellen in Abbildung 6. wiedergegeben (Abb. 6.) Hier sind bei 1800-facher Vergrößerung nur die Kerne einzelner Zellen sichtbar, die vom Plexus der stark varikösen und fibrillierten Fasern in regelrechten Knäueln umgeben sind. Ein Teil der Fasern verteilt sich dichotomisch und die so entstehenden Zweige umfassen sozusagen die grossen Zellkerne. Dies ist ebenfalls ein sehr ungewöhnliches Bild und an sich den typischen sensiblen Knäueln sehr ähnlich, in denen auch Tastzellen vorhanden sind. Diese Gebilde weisen sehr grosse Ähnlichkeit auf mit den bei kleiner Vergrößerung und oberflächlicher Untersuchung gefertigten Zeichnungen, die die Fachliteratur von den *Meissner'schen* Körperchen bringt. Zeitweise sind diese knäuelartigen Gebilde so zahlreich, dass an eine Zeichnung derselben — von Photographieren kann gar keine Rede sein — selbst bei grösstem Sachverständnis und Talent kaum gedacht werden kann. Meines Erachtens haben aber derartige Bemühungen auch nur wenig Zweck, denn Material und Untersuchungsmethoden, bzw. optische Hilfsmittel stehen dem Interessenten jederzeit zur Verfügung. Sollte aber jemand der Methoden und der Instrumente nicht Herr sein, so wird er doch immer die Möglichkeit haben, Originalpräparate, die dem Fachmann stets zur Verfügung stehen, zu besichtigen.

Dennoch möchte ich in diesem Falle des Knäuelreichtums, wo alles bisher Bekannte und sogar die kühnste Phantasie übertroffen wird, von einer eingehenden Schilderung einiger weiterer Knäueltypen zwecks Orientierung nicht absehen. Es sei aber betont, dass — obwohl alle vom *Glomus caroticum* gefertigten Schnitte überreich sind an Knäuelformen verschiedenster Art und Fasernsysteme — ein schier unübersehbarer Reichtum an besonderen Knäuelgebilden doch eher in denjenigen Schnitten zu finden ist, die die Randgebiete des Organes einschließen, und zwar unmittelbar dort, wo die Fasern der Bindegewebskapsel an die Glomerulioberfläche grenzen. Die folgende Abbildung zeigt nicht weniger als fünf solcher ineinandergreifenden Knäuelsysteme eines solchen

Schnittes (Abb. 7.) Dieses mit kleiner Vergrößerung hergestellte Bild stellt nur einen Teil des Knäuelsystemes dar, das im ganzen Präparat nicht weniger als zehn voneinander gut abgegrenzte Knäuel ganz klar und in ununterbrochenem Zusammenhang zeigt. Wie Abbildung 7. zeigt, gehören diese Knäuel dem Fasernsystem eines einzigen periglandularen Bündels an. Dieses Bündel schliesst, wie an dem Präparat ersichtlich, mit seinen zwei dichotomischen Aesten zwei voneinander nicht scharf abgegrenzte Glomeruli ein. Aus dem einen Ast laufen kleinere Bündel, die längs der Glomeruli zu zweit oder dritt Fasern abgeben, die später im mikroskopischen Bild ausgezeichnet sichtbar werden und zur Entstehung knäuelartiger Gebilde führen, die aber wegen ihrer Reichhaltigkeit weder schriftlich noch gezeichnet einwandfrei wiedergegeben werden können.

An irgend einem Pole nähern sich jedem dieser Knäuel Fasern, die dann, ab und zu etwas verdünnt, fein zugespitzte Varizen bildend, kreuz und quer durch die Zellen der Glomeruli laufen. Später führen dieselben infolge der gesteigerten Abnahme ihres Kalibers zur Entstehung sehr feiner und komplizierter Knäuel, zu deren genauer Auflösung sich selbst die stärkste mikroskopische Vergrößerung als zu schwach erwies (Abb. 7. a.)

Mit stärkerer Vergrößerung ist zu beobachten, dass von dem Knäuel in verschiedener Richtung feine Fasern ausgehen, in deren auffallend grossen Varikositäten häufig kleine Höhlen sichtbar werden. Daneben treten ebenfalls aus dem Knäuel, aber in anderer Richtung, auch solche Fasern in das benachbarte Bindegewebe über, die selbst bei stärkster mikroskopischer Vergrößerung eben nur an der Grenze der Sichtbarkeit bleiben. Diese ausserordentlich feinen Fasern bilden am Rande der Knäuel ein längliches, an Varizen überaus reiches Geflecht.

Von den auf Abbildung 7. wiedergegebenen Knäueln ist als besonders eigenartig das mit *b* bezeichnete zu nennen. Wie bei stärkerer Vergrößerung einwandfrei sichtbar, und auch durch die Zeichnung fabelhaft wiedergegeben wird, erhält dies Knäuel Fasern aus zweierlei Systemen. Das eine besteht aus zwei Fasern und das andere bildet eigentlich eine alleinstehende dickere Faser, die von zwei aus verschiedenen Richtun-

gen kommenden feineren Färschen begleitet wird. Von diesen Fasern treten die zwei des ersten Systems in das Knäuel ein, wo die dünnere, massive Faser bei gleichbleibender Dicke einen Halbkreis beschreibt, um sich dann in zwei Aeste, einen dünneren und einen dickeren zu teilen. Der stärkere Ast tritt aus dem Knäuel heraus und verdickt sich nach einiger Zeit noch mehr. Dann teilt derselbe sich wiederum in einen dickeren und einen dünneren Zweig und verlässt nach längerem parallelen Verlauf die Gegend des Knäuels, um sich einem andern Knäuel zu nähern. Die zweite Faser des ersten Systems, deren Wurzel stark fibrilliert ist, biegt nach ihrem Eintritt in das Knäuel knieartig nach rechts ab, nimmt dann nach starker Linksschwenkung gerade Richtung an und endet nach vorübergehender starker Verdickung in dünnerer Form im Zentrum des Knäuels. Die auf Abbildung 7. in das Knäuel *b* tretende, dem anderen System angehörende Faser ist, wie dies auch an der bei verhältnismässig kleiner Vergrösserung vorgenommenen Zeichnung gut sichtbar ist, eine dicke, an ihrem periferen Teil stark fibrillierte Faser, die sich nach Erreichen der Knäuelgrenze in zwei Aeste teilt, von denen der linke das Knäuel zu dreiviertel seines Umfanges umwandert und, nachdem er das gegenüberliegende Fasernbündel erreicht hat, ohne sich zu teilen, im Innern des Glomeruls verschwindet. Der andere Ast biegt nach rechts ab und tritt, nachdem er an der Gestaltung der scharfen Aussenwand des Knäuels teilgenommen, als ultraterminale Faser aus dem Körper heraus und verläuft dann im Bindegewebe. Als interessante Erscheinung möchte ich noch hervorheben, dass die Wurzel des nach links abbiegenden Zweiges der eben besprochenen Hauptfaser von einem ganz feinen Fäserchen umarmt wird und dann mit beiden Zweigen in der rechten Wand des Knäuels weiter geht. Diese Erscheinung ist als eine äusserst feine Form des Parallelkontaktes zu betrachten.

Neben den Fasern, die zum Hauptfasernsystem des eben beschriebenen Knäuels gehören, sind — wie an Abbildung 7. ersichtlich, noch zwei ganz feine Fasernbündel vorhanden, die gleichfalls parallel verlaufend die Bahn der dicken Faser verfolgen. Später aber tritt ein Teil derselben in die Wand des Knäuels ein, während der andere zu den am Knäuelrand befind-

lichen Zellen hingeht. Eine andere Gruppe der zum Knäuelrand strebenden dünnen Fasern geht geradewegs in den Körper des Knäuels ein, und bildet dort ein so dichtes Flechtwerk, dass an eine Beschreibung bzw. Zeichnung desselben garnicht gedacht werden kann. Am rechten unteren Rande des Knäuels gesellt sich diesem ein anderes, recht grosses Knäuel zu, von dem aus nach rechts oben verlaufend ein ausserordentlich feines, längliches Knäuel mit sehr dichtem Fasernsystem sichtbar wird.

Wie Abbildung 7. zeigt, gehen von dem mit *b* bezeichneten Knäuel zwei ultraterminale Fasern aus, eine dickere und eine dünnere, die dann in ein anderes Knäuel eintreten (*c* in Abb. 7.) Die dünnere Faser umkreist das Knäuel zu einem Viertel seines Umkreises, um dann unten nach rechts abzubiegen und — zeitweise stark verbreitert — wieder zurückzulaufen und kehrt nachher, wieder schmaler geworden, zum Knäuel *b* zurück. Die dickere Faser teilt sich in zwei Aeste, von denen der stärkere aufwärts schwenkt, um sich dann nach links zu wenden und verschwindet dann in dem aus dicken Fasern bestehenden System des Knäuels. Die dünnere Faser geht abwärts, biegt nach links um und bildet später mit mehreren länglichen varikösen, seitlich kommenden, ebenfalls dünnen Fasern gemeinsam das dichte Flechtwerk des unteren Knäuelteiles. Aus diesem Geflecht treten sowohl von oben, wie auch von unten her zahlreiche Fasern in das Knäuelinnere, die dort ein sehr dichtes Geflecht bilden. In den Maschen desselben sind die Glomerulizellen deutlich sichtbar und von den Fasern ganz umspinnen.

Dem oberen, aus dicken Zweigen bestehenden Fasernkomplex des *c*-Knäuels schliessen sich ein kleineres, ebenfalls dickfaseriges Knäuel und oberhalb diesem nach links schwenkend, ein aus sehr feinen Fasern bestehendes Nervengeflecht an, dessen Fasern in sehr engem Zusammenhang mit den Glomerulizellen stehen. Aus dem *c*-Knäuel auf Abb. 7. kommen auf der linken Seite drei Fasern, zwei dickere und eine aussergewöhnlich dünne. Letztere verliert sich und die zwei dickeren führen zu einem neuen, weit ausgebreiteten Knäuel lockerer Struktur, das sich aber in verschiedener Hinsicht von den bisher beschriebenen unterscheidet (*d* auf Abbildung 7.). Die

aus den benachbarten Knäueln kommenden Fasern werden hier plötzlich dünner und verlaufen dann in divergierender Richtung. Sie umfassen oben und unten bogenförmig das Knäuel, dessen umrahmende Fasern von der entgegengesetzten Seite kommen, während die Nervenfasern der inneren Substanz von unten her, bzw. seitlich kommen. (Abb. 8.) Letztere verändern ihr Kaliber auffallend und es ist hier keine seltene Erscheinung, dass eine dicke Faser sich übergangslos so stark verdünnt, dass es aussieht, als ob der dünne Fortsatz nichts anderes wäre, als die Substanz der zentralen Fibrillen. Interessant und im Präparat nicht häufig zu beobachten ist die Tatsache, dass eine Nervenfaser im Innern des Knäuels ein ganz eigenartiges, dickfaseriges kleines Knäuel bildet und zwar so als ob zahlreiche Ringe sich fest aneinanderreichten, das dann mit 4—5 ultraterminalen Fasern am Aufbau des peripheren Teiles dieses Knäuels teilnimmt. Im Innern desselben sind häufig Verzweigungen, Berührungen und mehr oder wenig grosse Parallelkontakte zu beobachten, die — wie aus dem eingehenden Studium des mikroskopischen Bildes erhellschliesslich zu einem so verzwickten Gefüge führen, in dem sich auszukennen fast unmöglich ist (Abb. 9).

Nach der Beschreibung der Geflechte und der innerhalb der Glomeruli befindlichen Knäuelgebilde bleibt noch eine ungeheuer wichtige Frage offen, deren Beantwortung auch vom Standpunkte der Physiologie dieses wichtigen Organes von grosser Bedeutung ist. Es fragt sich, ob die Nervenfasern im Glomus caroticum enden und wenn ja, wie, bzw. in welcher Beziehung die Glomerulizellen zum Nervensystem stehen. Es besteht nämlich heute kein Zweifel mehr darüber, dass — obwohl zwischen den Neuronen morphologisch kein Unterschied gemacht werden kann — aus ihren Endigungen stets ihre Natur festgestellt und im grossen und ganzen auch auf ihre Funktion Schlüsse gezogen werden können. Eben deshalb ist die einwandfreie Klärung der Frage von grosser Wichtigkeit, ob die Nervenfasern, die aus dem auf das Gebiet der Glomeruli fallenden Endgeflechte austreten, zwischen den Zellen enden, und wenn ja, welcher Art diese Endigungen sein mögen bzw. in welchem Verhältnis sie zu den Zellen stehen. Die in der einschlägigen Literatur veröffentlichten, mit modernen

Untersuchungsmethoden erzielten Ergebnisse sprechen dafür, dass die Nervenfasern tatsächlich im Glomus caroticum, und hier naturgemäss in den Glomeruli enden. Die Feststellung dieser Tatsache, ich möchte sagen, die kategorische Sicherstellung derselben ist besonders darum sehr wichtig, weil wir auch heute von Organen bzw. Geweben wissen, in denen die Endigungen des Nervensystems bisher mit keinerlei Methoden nachzuweisen waren. Hierher gehören die Herzmuskulatur und das glatte Muskelgewebe, in denen das Nervensystem zweifellos enden muss und doch gelang es selbst in den mit hervorragendsten Methoden verfertigten besten Präparaten nicht, den einwandfreien Beweis hierfür zu erbringen. Der Grund hierfür ist vielleicht, dass das, was wir für Nervenendigungen zu halten geneigt sind, möglicherweise wirklich Endigungen sein können, es können aber ebensogut geschwollene Enden durchschnittener Fasern sein, oder gar Varikositäten besonderer Grösse, wie sie im Verlauf der Nervenfasern ausserordentlich häufig sind. Von den Endigungen können wir uns mit Bestimmtheit nur dann überzeugen, wenn wir — ebenso wie im Epithel, im Bindegewebe und in der quergestreiften Muskulatur — am Ende der Rezeptoren bzw. Effektoren solche, in jedem Fall untrüglich erkennbaren Endgebilde finden, die zweifellos das Ende des Nervenfortsatzes bedeuten und daneben auch Ursprung und Natur der Nervenfaser wahrheitsgetreu erklären. Solche Endgebilde kómen aber leider nach den bisherigen Untersuchungen weder in der Herzmuskulatur oder der glatten Muskulatur, noch in den Drüsen vor. Da im Falle des Glomus caroticum die Verhältnisse bzgl. der Nervenendigungen denen in den letztgenannten Organen gleichen, müssen wir mit grösster Aufmerksamkeit die Frage verfolgen, ob im Glomus caroticum gut erkennbare und abgegrenzte Nervenendigungen vorkommen und wenn ja, in welchem Verhältnis diese zu den Glomerulizellen stehen. Diesbezüglich geben die nach *Bielschowsky* hergestellten Präparate die beste und präziseste Antwort. In diesen Präparaten können wir uns mit Bestimmtheit davon überzeugen, dass zwischen dem interstitialen Endgeflecht und den Glomeruli sehr enge Zusammenhänge bestehn. Die meisten Präparate lassen erkennen, dass die Zellen von feinen varikösen Endfasern des Geflechtes korb-

artig ganz umspinnen werden und zwar so, dass die Zellen fast an der ganzen Oberfläche mit dem Nervensystem in Berührung stehen. Dies ist, wie die gründliche mikroskopische Untersuchung einwandfrei ergibt, keineswegs eine sporadische Erscheinung, sondern ein Grundsatz im Bauplan dieses Organs. Tatsächlich ist jede Zelle eingeschlossen in ein genau für sie zugeschnittenes perizelluläres Nervengeflecht (Abb. 10.) So reichlich ist dieses perizelluläre Nervengeflecht und die Bindung zwischen Zellplasma und Nervensystem so innig, dass es fast als überflüssig erscheint, nach Endigungen der Nervenfasern zu forschen. Ausser diesen perizellulären Nervengeflechten stossen wir zwischen den Zellen häufig auf ganz kleine Knäuelchen, die kaum grösser sind als die Zelle selbst. Diese kleinen Knäuel kommen dadurch zustande, dass die ganz feinen, nur mit starker Vergrösserung sichtbar zu machenden Fasern sich wiederholt teilen. Die kleinen Aeste umarmen einander und winden sich dann zwischen die Zellen des Zellennestes, um mit diesen in innige Beziehungen zu treten.

Wenn wir nach diesen Feststellungen Lage und Verhältnisse der Glomuszellen und der in das Glomus caroticum tretenden Nervenfasern konkret darstellen wollen, muss gesagt werden, dass einerseits die feinen Endzweige des interstitialen Geflechtes ein korbartiges Geflecht um die Zellen weben und andererseits zwischen den Zellen ganz feine interzelluläre Knäuelchen bilden, die die gegenseitigen Beziehungen zu ganz innigen gestalten. Es ist allerdings nicht ganz ausgeschlossen, dass letztere nichts anderes sind, als eine bzw. mehrere Glomerulizellen einschliessende, feine Endgebilde. Wie stark die Beziehung zwischen dem Zellen und den beiden erwähnten Endgebilden ist, beweisen am besten die mikroskopischen Bilder, an denen wir sehen, dass eine zur Zelle laufende Faser dieselbe in Form eines Fasernkreises umgrenzt und mit dem gesammten Kreisumfang das Plasma berührt. An dem Nervenfasernkreis ist hie und da ein kleines Knötchen sichtbar und es lässt sich leicht feststellen, aus welcher Richtung die kreisbildende Faser kommt. Dieser Umstand und die oben beschriebene innige Beziehung beweisen deutlich, dass der bisher in keinem anderen menschlichen Organ beobachtete Nervenreichtum ganz berechtigt ist und lassen auch Schlüsse ziehen auf den innigen Einfluss,

den das Nervensystem auf dieses Organ ausüben muss oder umgekehrt. Es kann natürlich auch angenommen werden, und dies ist wohl das Wahrscheinlichere, dass beide Prozesse nebeneinander zur Geltung kommen, wenn auch nicht in gleich grossem Ausmasse. Es ist auch anzunehmen, dass in den grossen Zellen der Glomeruli entstehende Stoffe eine Wirkung auf das Nervensystem ausüben und andererseits, dass vielleicht das Nervensystem die Absonderung der Glomerulizellen reguliert. Die Annahme ist nicht unwahrscheinlich, dass — wie ich schon vorher erwähnte — diese zwei wichtigen physiologischen Vorgänge einander antagonistisch beeinflussen.

Ausser den eben beschriebenen Nervenendformen, die — abgesehen von ihrer korbähnlichen Struktur — in gewissem Masse an die im Herzen und in der glatten Muskulatur gefundenen Verhältnisse erinnern, mangelt es nicht an besonders mit starker Vergrösserung hergestellten mikroskopischen Bildern, die entschieden für die Auffassung sprechen, dass sich zwischen den Zellen des Glomus caroticum auch freie Nervenendigungen befinden. Dass dem wirklich so ist, davon überzeugt uns folgende Abbildung (Ab. 11).

Diese mit starker Vergrösserung hergestellte Abbildung, die bei möglichster Genauigkeit in der Zeichnung einen Teil des interglomularen Geflechtes wiedergibt, lässt erkennen, dass 2—3 dicke Fasern sich nebeneinander winden, in denen der parallele Verlauf der Neurofibrillen überaus deutlich zutage tritt. Neben den dicken sehen wir auch ganz feine Fäserchen, die in ihrem ganzen Verlauf stark varikös sind. Zwischen den zwei Fasernarten finden sich auch solche, die nach kürzerem oder längerem Verlauf zwischen den Zellen des Glomus frei enden. Die Zeichnung bringt nicht weniger als vier solcher freier Nervenendigungen, die in ihrer äusseren Form einander gleichen und eigentlich nichts anderes sind, als verlängerte, sich plattenartig verbreiternde Teile der Nervenfasern, die uns nach eingehender Untersuchung mit Sicherheit davon überzeugen, dass wir es hier wirklich mit Endigungen und nicht etwa mit Faserngebilden zu tun haben, die künstlich von ihrem Fortsatz beraubt wurden. Allerdings dürfen wir deshalb, wie ich schon oben erwähnte, nicht alle Zweifel beiseite schieben,

da wir uns mangels spezifischer, terminaler Formen und Gewebsabgrenzungen nicht 100%-ig davon überzeugen können, ob wir es tatsächlich mit Endigungen zu tun haben oder nicht. Der Anschein und die uns zur Verfügung stehenden Mittel, sowie die an der Zeichnung zutage tretende Mannigfaltigkeit der Endformen sprechen dafür, dass in diesem Falle wirklich von freien Nervendigungen die Rede ist. Sollte dies so sein, so ist auch anzunehmen, dass zwischen den Zellen des Glomus caroticum eigentlich zweierlei Nervendbeziehungen vorhanden sind: 1. die schon erwähnten korbartigen perizeellularen Geflechte und 2. die eben beschriebenen freien Nervenendigungen. Von dieser Annahme ausgehend könnte man die Hypothese aufstellen, dass diesen mikroskopischen Bildern eigentlich eine zweifache Innervierung des Organes entspricht, welche Vorstellung an und für sich ziemlich wahrscheinlich ist. In diesem Sinne spricht auch meine Feststellung, dass ausser den verschiedenen Nervenfasern zerebralen Ursprungs, die mit den oben beschriebenen Nerven in ausserordentlicher Menge in das Mark des Glomus caroticum eintreten, auch sympathische Fasern vorhanden sind. Hiervon überzeugen uns ausser der Form der Fasern auch die in den periglandulären Geflechten gefundenen Nervenzellen sympathischen Typs. Dass die Innervierung der Glomeruli ebenfalls eine zweifache ist, darauf lässt einerseits die Anwesenheit dieser sympathischen Fasern, die sicherlich in die verschiedenen Geflechte eintreten, schliessen und andererseits die Tatsache, dass im Innern der Glomeruli auch Fasern vorkommen, deren Markscheiden in nach *Bielschowsky* versilberten und nachvergoldeten Präparaten einwandfrei sichtbar werden. Sollte dies den Tatsachen entsprechen, und das ist wohl kaum zu bezweifeln, dann sind die Endverbindungen der Nervenfasern im Innern der Glomeruli wirklich zweifacher Natur und spiegeln die terminalen Züge verschiedenen Nervensystemen entspringender Fasern wieder.

Es stellt sich nun von selbst die Frage, welche Rolle wohl dieses komplizierte, entlegene Organ spielen möge. Obwohl diese Frage schon eine sehr alte ist, haben wir doch auf eine befriedigende Antwort bis zum heutigen Tage vergebens gewartet. Wie wir sahen, hielt *Haller*, der es entdeckte, dasselbe

für ein Ganglien und zeigte so auch kein weiteres Interesse dafür. Spätere Forscher gaben ihm den Namen „Glandula carotica“ bzw. „Glandula intercarotica“ und sprachen ihm demgemäß eine Drüsentätigkeit zu. *Arnold* qualifizierte es als Haemangiom und erwartete so auch keine besondere Funktion von ihm. *Kose* und *Watzka* halten es für ein chromaffines Organ und *Kose* reiht es, ebenso wie *Kohn*, den Paraganglien ein.

Neuere Forscher, besonders *Vassale*, *Lansilotta* u. *Masaglia* zerstörten in ihren Versuchen das Gl. caroticum und stellten gleich darauf Glycosurie fest. *Frugoni* injizierte Glomusextrakt i. v., worauf Hypotonie und Bradycardie eintrat. Diese Ergebnisse wurden auch von *Vincent* bestätigt. Von gerade entgegengesetzten Ergebnissen berichtet *Mullen*, der nach Injizieren von Glomusextrakt bei Pferden eine Steigerung des Blutdrucks beobachtete. Die Versuche wurden von *Lansilotta* mit gleichen Ergebnissen wiederholt.

Widersprechende Resultate zeitigten auch die allerneuesten Untersuchungen. *Fischer* wie auch *Betge* entfernten bei jungen Katzen beiderseitig die Teilungspartien der Carotis und fanden 6 Wochen nach der Exstirpation Appetitlosigkeit, schlechte Dentition und Wachstumshemmung. Weiters fanden sie die Knochen sehr porös und kalkarm und vermisten regelmässige Verknöcherungskerne. Im Gegensatz hierzu fand *Klug*, der nicht nur die Teilungsgegend der Carotis communis, sondern auch die Carotis selbst entfernte, bei den Versuchstieren weder psychische noch körperliche Veränderungen und schloss daraus, dass das Glomus caroticum zum Leben nicht unbedingt notwendig sei und nennt es deshalb ein akzessorisches Organ, das bzgl. seiner Bedeutung zwischen Nebenniere und Thymusdrüse stehe.

F. de Castro, der zuerst 1926 das Gl. caroticum in den Kreis seiner Untersuchungen zog, kam zu der Ansicht, dass dieses Organ eigentlich eine Drüsentätigkeit entfalte, da seine Zellen nicht chromaffine, sondern epitheloide Zellen sind, in deren Plasma Vakuolen vorkommen. Das in ihnen enthaltene Chondriom, so wie die in ihren Kernen wahrnehmbaren Veränderungen zeigen, dass wir es hier tatsächlich mit funktionierenden Drüsenzellen zu tun haben. De *Castro* konnte seine Auf-

fassung aber auch durch einen weiteren Befund unterstützen. Seinen Untersuchungen zufolge enthalten nämlich die Arterienwände des Gl. caroticum spezifische sensible Nervenendigungen, wie sie sonst in den Blutgefässwänden des ganzen Körpers nirgends vorkommen. Diese Endigungen gehören dem N. glossopharyngeus bzw. dem Vagus an. Bei Veränderungen des Blutdruckes bzw. des Blutchemismus werden diese sensiblen Nervenendigungen gereizt und die Erregung gelangt über die Fasern des Glossopharyngeus centripetal in das verlängerte Mark und von hier aus geht durch die efferenten Fasern eben dieses Nerven eine Zentralerregung zu den Zellen des Gl. caroticum und setzt hier die Sekretionstätigkeit in Gang. Das entstehende Sekret gelangt in die Blutbahn und übt von hier aus seine auf die Organe gerichtete allgemeine Wirkung aus.

F. de *Castro* machte 1928 das Gl. caroticum wiederum zum Gegenstand seiner Untersuchungen und gab dann auf Grund seiner neueren Resultate seinen alten Standpunkt auf. Seiner neueren Auffassung nach enthält der von N. glossopharyngeus stammende N. intercaroticus keine zentrifugalen sekretorischen Fasern, sondern ausschliesslich Rezeptoren und es kann demzufolge das Gl. caroticum nicht eine Drüse sein, sondern es stellt einfach ein sensibles Endorgan dar, das zur Wahrnehmung der im Blute vor sich gehenden „qualitativen Veränderungen“ dient.

Sunder Plassmann (1930), der Aufbau und Innervierung der verschiedenen Gl. carotica mit einfachen Färbungsmethoden und auch mit Imprägnierungsverfahren untersuchte, äusserte sich in Hinsicht auf die widersprechenden Ergebnisse dahin, dass die Funktion des Gl. caroticum heute „noch keineswegs restlos geklärt“ sei. Er betont, dass das Gl. caroticum nicht als die anatomische Grundlage für die *Hering'schen* Sinusreflexe angesehen werden kann, weil die spezifischen Empfangsapparate nicht im Gl. caroticum selbst, sondern in der Wand des Sinus caroticus enthalten sind; betont aber auch, dass dieses Organ mit seiner Struktur und seinen Gefäss- und Nervenreichtum keineswegs ein unwichtiges sein kann.

Einen grossen Fortschritt in der Gl. caroticumforschung bedeuten die 1939 von *Heymans* und *Bouckaert* I. J. bekanntgegebenen Versuchsserien, nach denen im Gl. caroticum Em-

pfangsapparate vorhanden sind, die auf Veränderungen im CO_2 -gehalt des Blutes hin reflektorisch entweder anspornend oder hemmend auf das im verlängerten Mark gelegene Atmungszentrum wirken. *Heymans* C. und I. J. *Bouckaert* gingen bei ihren Untersuchungen von der Tasche aus, dass unter den chemischen Faktoren bei der Regulierung der Blutkreislauf-funktion Kohlendioxyd und Sauerstoff die wichtigste Rolle spielen, indem das CO_2 -reiche Blut das Atmungszentrum des verlängerten Marks stimuliert, das CO_2 -arme Blut dagegen sogar bis zur Apnoe hemmt. Die Forscher nahmen ihre Untersuchungen an Hunden vor und kamen durch geistreich erdachte Versuchsanordnungen zu dem Ergebnis, dass, wenn durch den bzgl. des Kreislaufes isolierten, betreffs des Innervierung aber intakt erhaltenen Sinus caroticus CO_2 -reiches Blut durchgeströmt wurde, der Sinus caroticus das Atmungszentrum stimulierte, bei Durchströmung CO_2 -armen Blutes aber weitgehend, sogar bis zum Eintritt einer Apnoe dämpfte. Diese Wirkung war selbst dann zu beobachten, wenn der CO_2 -gehalt unterhalb der physiologischen Grenze blieb. Auf Grund dieser Experimente wurde also festgestellt, dass im Sinus caroticus spezifische Rezeptoren enthalten sind, die unter der Einwirkung von Veränderungen im CO_2 -gehalt des Blutes das Atmungszentrum des verlängerten Marks reflektorisch beeinflussen. Experimentell wurde weiters bewiesen, dass die chemische Sensibilität des Sinus caroticus tatsächlich in das Niveau des Gl. caroticum fällt, wie de *Castro* dies bereits auf Grund morphologischer Untersuchungen behauptete, während die druckempfindlichen Rezeptoren der Sinusreflexe in den Gefässwänden selbst liegen. Es gelang nämlich der Nachweis, dass nach Ausschaltung des Gl. caroticum durch Embolizierung die chemische Sensibilität der Sinusgegend aufhört, während die Druckempfindlichkeit auch weiterhin erhalten bleibt. Von den so gesonderten Rezeptoren wurden diejenigen, die infolge Druckes auf die Blutgefässe reflektorisch arterielle Hypotonie und Bradycardie verursachen, Pressrezeptoren und die Rezeptoren des Gl. caroticum, die auf die Zusammensetzung des Blutes reagieren, Chemorezeptoren genannt. Diese Versuchsreihen ergaben, dass im Sinus caroticus ein ausserordentlich ausgedehntes Rezeptorenfeld vorhanden ist, das auf die Funktion der Kreislaufs- und Atmungs-

systeme reflektorisch entscheidenden Einfluss ausübt. In dem einen Teil des Rezeptorenfeldes, namentlich im Gl. caroticum, befinden sich die oben eingehend besprochenen Chemorezeptoren und in der Wand des Sinus caroticus sind die Pressorezeptoren enthalten, die im Grunde nichts anderes sind, als reiche Verzweigungen der baumartigen Nervenfasern des Sinusnerven. (Abb. 12) Die Pressorezeptoren sind nach den Untersuchungen von de *Castro*, *Sunder Plassmann*, *Riegele* und *Abraham* zur Genüge bekannt, nur zum Vergleich sei auf Abb. 12. ein Pressorezeptor gezeigt. Der ausserordentlich reich verzweigte Endbaum ist die Abzweigung einer einzigen Faser des Sinusnerven. Die Nervenfasern treten aus dem periarteriellen Bindegewebe gewöhnlich zu viereñ oder fünfen in die Adventitia ein, wo sie sich dann trennen und einzeln laufend weit in die innere Schicht der Adventitia hinein und dann mehr an die Media herantreten. Sobald sie den äusseren Rand der Tunica media erreichen, bilden sie so unglaublich reiche Verzweigungen, dass die Wand kaum eine Stelle aufzuweisen hat, wo die Nervenfasern nicht dicht nebeneinander und übereinander liegen. Der Durchmesser der Fasern ist nicht immer gleich: zeitweise sind sie dicker, werden dann ganz übergangslos dünner, um sich nachher wieder zu verdicken. An den dünneren Zweigen sind häufig plattenähnliche Verbreiterungen, in denen die Neurofibrillen deutlich hervortreten. Die aus den Verzweigungen entstehenden terminalen Fasern enden in ganz eigenartigen, umfangreichen neurofibrillären Endplättchen, die in so grosser Zahl gebildet werden, dass an der Grenze zwischen Media und Adventitia sozusagen fast ein zusammenhängendes neurofibrilläres Geflecht entsteht. Die zahlreichen neurofibrillären Endplatten erklären die ausserordentlich grosse Sensibilität der Sinuswand sowie auch den Umstand, dass auf geringste innere oder äussere Druckschwankungen hin die *Hering'schen* Sinusreflexe in Erscheinung treten, besonders, wenn die Wand Zeichen von Arteriosklerose aufweist. Die Pressorezeptoren kennen wir bisher vorwiegend aus der Wand des Sinus caroticus. Ich beginne aber der Ansicht zu sein, dass im Verlauf der Blutgefässe auch noch andere Stellen vorkommen, die ähnliche Aufgaben besitzen.

Zweifellos ist durch die Versuche von *Heymans* und *Bouckaert* die Rolle des Gl. caroticum geklärt und es wurde

auch der Beweis erbracht, dass die sensiblen Nervendigungen der *Hering'schen* Sinusreflexe sich in der Wand des Sinus caroticus befinden. Demgegenüber bleibt aber meines Erachtens die Struktur des Gl. caroticum auch weiterhin unverständlich. Für den komplizierten Aufbau und die zweifache Innervierung gibt lediglich die Annahme, dass dieses Organ einen einfachen Chemorezeptor der Atmung darstelle, keine ausreichende Erklärung.

Zusammenfassung.

1. Die aus den verschiedenen Hirnnerven und dem Ganglion cervicale supremum kommenden Nervenbündel bilden in der Kapsel des Glomus caroticum ein dichtes Geflecht, in dessen Knotenpunkte zuweilen hier und da sympathische Nervenzellen eingeschaltet sind.

2. Die Fasern des interstitiellen Geflechtes bilden viele komplizierte Knäuel, deren ultraterminale Fasern die ähnlichen Gebilde der benachbarten Glomeruli miteinander verbinden.

3. Die Endfasern des interstitiellen Geflechtes umrahmen teils als perizelluläre Körbe die chromaffinen Zellen, teils dagegen enden sie als längliche Platten mit abgeflachten Enden frei zwischen den Zellen.

4. Die perizellulären Geflechte gehören wahrscheinlich dem sympathischen Nervensystem an, während die freien Nervendigungen die Enden der Fasern der Hirnnerven darstellen.

5. Die komplizierte Struktur und die zweifache Innervierung sprechen entschieden gegen die Annahme, dass das Glomus caroticum nur ein einfacher Chemorezeptor sei, aber diese Feststellung steht keineswegs mit der experimentell bewiesenen Atemregulierung im Widerspruch.

Irodalom. — Literatur.

1. *Abrahám Ambrus*: Adatok a Hering-féle sinusreflexek érző talpajnak ismeretéhez. A Jászóvári Premontrei Kanonokrend Gödöllői Szent Norbert gimnáziumának évkönyve. Gödöllő, 1941.

2. *Berkelbach H. van der Sprenkel, Bolk, Göppert* etc.: Handbuch

der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Band II. 1. Hälfte. Berlin—Wien, 1934. p. 806.

3. *F. de Castro*: Sur la structure et l'innervation du sinus carotidien d l'home et des mammiferes. Nouveaux faits sur la innervation et la fonction du glomus caroticum. Trav. Labor. rech. biol. Univ. Madrid. 25. 1928.

4. *Heimanns C.* et *I. J. Bouckaert*: Les chemorecepteurs du Sinus Carotidien. Ergebnisse der Physiologie biol. Chemie und exp. Pharmakologie. Jahrgang 41. 1939.

5. *Riegele L.*: Die Nerven des Glomus caroticum beim Menschen mit kurzer Übersicht über den histologischen Aufbau des Organs. Zeitschr. für Anat. und Entwicklungsgeschichte. Band 86, 1928. p. 142.

6. *Sunder Plasmann P.*: Untersuchungen über den bulbus carotidis bei Mensch und Tier im Hinblick auf die „Sinusreflexe“ nach H. E. Hering; ein Vergleich mit anderen Gefäßstrecken; die Histopathologie des bulbus carotidis; das glomus caroticum. Zeitschr. für Anat. und Entwicklungsgeschichte. Band. 93. 1930.

7. *Watzka Max*: Von Paraganglion caroticum. Anatomischer Anzeiger. Ergänzungsheft zum 78. Band 1934. p. 108.