

BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DES GANGLION CILIARE DES HUNDES

Von
A. STAMMER.

Aus dem Institut für Allgemeine Zoologie und Biologie der Universität
Szeged, Ungarn.

Eingegangen am 27. August 1956.

Zahlreiche Forscher haben versucht, mit Hilfe der verschiedensten Methoden einen Einblick in die Struktur, Entwicklung und Funktion der vegetativen Ganglien zu gewinnen und auch das hinter dem Auge gelegene, ziemlich kleine, gewöhnlich flache *Ganglion ciliare* ist seit langem Gegenstand eingehender Untersuchungen. Die Frage nach der Struktur des Ganglions konnte weder mit den alten Methoden, noch mit den modernen Versilberungsverfahren endgültig beantwortet werden, im Gegenteil, es tauchen immer mehrere und neue Probleme auf. Neben den früheren Untersuchungen, die sich vorwiegend mit der Anatomie des Ganglions, der Morphologie seiner Zellen und der Natur seiner Fasern befassen, treten die heutigen Probleme des Nervensystems, die Fragen der Synapsen, der bei der synaptischen Transmission sich abspielenden chemischen Prozesse, der sensiblen Elemente des Ganglions sowie der durch Degeneration und Alter bedingten Veränderungen in den Vordergrund. Die im folgenden zu erörternden Untersuchungen bzgl. der Struktur des *Ggl. ciliare* des Hundes wurden unter Berücksichtigung dieser letzteren Probleme durchgeführt.

Material und Methoden

Das Untersuchungsmaterial stammt zum grössten Teil aus erwachsenen 3—8 jährigen Hunden, daneben wurden aber auch Ganglien von 2—4 Tage bzw. 4—5 Wochen alten und einem infolge von Altersschwäche eingegangenen Hunde untersucht. Von den Silbermethoden schien mir das BIELSCHOWSKY—ABRAHÁMSche Verfahren am besten geeignet [1]. Besonders gute Resultate erhielt ich, wenn ich anstatt der vorgeschriebenen NaOH-haltigen ammoniakalischen Silberlösung Silberkarbonatlösung benützte. Zum Nachweise der Cholinesterase-Aktivität bediente ich mich des KOELLE—FRIEDENWALDschen Verfahrens [11] in der Modifikation von GERBETZOFF [8]. Die besten Präparate erhielt ich nach 12-stündiger Inkubation in Acetylcholin bei 40° C und pH 5.

Makroskopische Anatomie des Ganglions

In Bezug auf die Anatomie des Ganglions gehen die Meinungen stark auseinander. Während die einen Autoren es als spinales Ganglion betrachten, hal-

ten andere es für dem *Trigeminus* angehörend, die meisten aber sprechen sich für eine sympathische Natur desselben aus [5, 6, 14, 17]. Manche Forscher schreiben ihm eine eingenartige, allein stehende Struktur zu, oder halten es für ein gemischtes Ganglion [13, 14]. Alle diese Ansichten werden mit anatomischen, histologischen, embryologischen und physiologischen Argumenten unterstützt, aber die Frage ist auch heute noch nicht zum Abschluss gekommen. SZAKÁLL [17] hält das *Ggl. ciliare* des Hundes für ein gemischtes Ganglion mit drei Wurzeln, welche Meinung heutzutage auch von verschiedenen anderen Autoren vertreten wird. Seine diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse sind auch von ELLENBERGER—BAUM [9] übernommen worden. Auf Grund der meinerseits untersuchten Ganglien habe ich bezüglich der anatomischen Lage Abweichungen von den von SZAKÁLL mitgeteilten Bildern festgestellt. Der *Nervus oculomotorius* verläuft nach seinem Eintritt in die Orbita etwa 7—8 mm einheitlich neben dem *Nervus opticus* und zerfällt dann in zwei Äste. Der *Ramus superior* innerviert den *Musculus rectus superior*, der *Ramus inferior* den *Musculus rectus medialis*, den *M. rectus inferior* und den *M. obliquus inferior*. Ganz nahe der Gabelung schließt sich mit ganz kurzem Halsstück oder auch ohne ein solches das *Ggl. ciliare* dem *Ramus inferior* an. Es ist ein nahezu ovales, etwas dreieckiges Ganglion, an der einen Seite konkav, an der anderen konvex. Aus dem Ganglion treten in der Regel zwei (manchmal aber auch ein) Äste heraus, die den *N. opticus* begleiten und an dessen Hülle auch inserieren [10]. Nach einer Strecke von etwa 2—2,5 cm erreichen sie die Sklera und treten — in mehrere kleine Äste zerfallend — als *Nervi ciliares breves* in den Bulbus ein.

Der *Trigeminus* gibt — nach meinen Untersuchungen — herauspräparierbare Wurzeln an das Ganglion nicht ab. Der aus dem *Ramus ophthalmicus* entspringende *Nervus nasociliaris*, der die sensiblen Äste der *Iris*, des *M. ciliaris*, der Sklera und der Cornea enthält, tritt als *Nervus ciliaris longus* — als vom *Nervus oculomotorius* vollkommen unabhängiger und isolierbarer Ast — über die Sklera hinweg. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sich hiervon ein ganz feiner Verbindungsast innerhalb des *Ggl. ciliare* den Fasern des das Ganglion verlassenden postganglionären Bündels anschliesst. Von 120 Längsschnitten gabem zwei Veranlassung zu dieser Annahme, wo nämlich in der Mitte einige Fasern in das Ganglion eintraten. Dieser dünne Verbindungsast schloss sich gleich den postganglionären Fasern an und nimmt so — auch wenn er vom *Trigeminus* stammt — am strukturellen Aufbau des Ganglions nicht teil und ist nicht als eine der oculomotorischen Wurzel des *Ggl. ciliare* gleichwertige Wurzel zu betrachten.

Die Anwesenheit der sympathischen Wurzel war von jeher ein umstrittenes Problem. Im Falle des Menschen wird sie von den meisten Autoren als ständiges Element betrachtet, was LENHOSSÉK [13] aber bezweifelt. Beim Hunde habe ich diese sympathische Wurzel niemals auffinden können. Nach meinen eigenen Befunden und den Angaben von BRADLEY [6] halte ich das *Ggl. ciliare* für ein zum *N. oculomotorius* gehörendes parasymphathisches Ganglion.

In anatomischer Hinsicht weist das Ganglion je nach dem Alter der Tiere mehr oder minder grosse individuelle Unterschiede auf, die sich folgendermassen zusammenfassen lassen:

1. Das Ganglion ist bei ausgewachsenen Tieren länglich-oval (1,8x8 mm), bei jungen dagegen rund und flach (0,7x0,8 mm).

2. *Nervi ciliares breves*-Äste finden sich bei ausgewachsenen Tieren gewöhnlich zwei, bei jungen aber nur einer. Die ciliaren Äste zerfallen bei ausgewachsenen Tieren vor dem Überschreiten der Sklera in mehrere dünne Äste, treten bei jungen Tieren aber in Form eines einheitlichen Stammes in den Bulbus ein.

3. Das Ganglion schliesst sich sowohl bei jungen, wie auch bei ausgewachsenen Tieren meistens ohne, zuweilen aber mit einem kaum verjüngten Halsstück dem *N. oculomotorius* an. Nur in einem von acht Fällen war das Ganglion mit einem dünnen, etwa 1 mm langen Hals mit dem III. Gehirnnerven verbunden. Hier war auch das Ganglion von stark länglicher Form (2,2x0,6 mm).

4. 4 von 16 Ganglien waren doppelte Ganglien, wie sie zuerst von LECCO [12] als *Ggl. maius* und *Ggl. minus* beschrieben werden, der es beim Hunde regelmässig nachweisen konnte. Meinen Untersuchungen zufolge ist dies keine ständige Erscheinung, sondern nur eine ziemlich häufig zu beobachtende Variation.

5. ANTHONY und ERNYEI [10] haben bzgl. des Menschen schon früher darauf hingewiesen, dass für das *Ggl. ciliare* charakteristisch ist, dass in seiner Nähe akzidentelle kleine Ganglien bzw. zerstreute Ganglienzellen erscheinen. Dies trifft nach meinen Untersuchungen auch beim Hunde zu. Aus 3—5 Zellen bestehende Zellgruppen oder alleinstehende Zellen kommen in der Bindegewebskapsel des *Ggl. ciliare*, und zwar zwischen den präganglionären Fasern oder in den nahe des Ganglion gelegenen postganglionären Faserabschnitten, häufig vor. Auffallend ist, dass die jungen Ganglien stets einheitlich gebaut sind und umliegende Zellen nie vorkommen.

Histologie des Ganglion ciliare

a) Zelltypen, Form-, Grössen- und altersbedingte Besonderheiten.

Wie alle vegetativen Ganglien, stellt auch das *Ggl. ciliare* einen von Bindegewebe umgebenen Nervenzellenverband dar. Vorwiegend handelt es sich um multipolare und nur zu einem kleineren Prozentsatz um uni- oder bipolare Zellen, die von Amphyocyten bzw. Gliazellen kapselartig umgeben sind. Die Nervenfasern des Ganglions werden von den Fortsätzen seiner Zellen bzw. den präganglionären Fasern des *Oculomotorius* gebildet. Hinsichtlich der Zelltypen des *Ggl. ciliare* habe ich das gleiche feststellen können wie PINES und FRIEDMAN [16]. Aus den von diesen Autoren mitgeteilten Zeichnungen wird ersichtlich, dass sie nur Ganglien ausgewachsener Hunde untersucht haben. Sie arbeiteten mit den CAJALSchen Verfahren, welches gröber gefärbte Bilder liefert. Auf Grund meiner vergleichenden Untersuchungen an Ganglien von jungen und ausgewachsenen Tieren habe ich die acht Zelltypen dieser Autoren folgendermassen modifiziert: Die ersten drei Typen, die PINES und FRIEDMAN auf Grund der Dendritverzweigungsformen unterscheiden, halte ich nicht für gesonderte Zelltypen. Meinen Beobachtungen nach wäre es richtiger, hier anstatt von drei Typen von multipolaren Zellen von Zellen mit freien Fortsätzen zu sprechen (Tafel I, Abb. 1). An Stelle ihrer uni-, bipolaren und T-förmig verzweigenden Zellen möchte ich nur einen unipolaren Zelltyp aufnehmen. Diese unipolaren Zellen färben sich — in Abweichung von anderen Zellen stets viel dunkler (Tafel I, Abb. 2). Die im *Ggl. ciliare* des Hundes in grosser Zahl vorkommenden Fensterzellen lassen sich in zwei Gruppen teilen: solche, bei denen sich die Fenster auf die ganze Zellfläche erstrecken (Tafel I, Abb. 3.) und solche, bei denen sie nur an der einen Seite der Zellen zu liegen kommen (Tafel I, Abb. 4). Die letzteren, sogenannten »Halbfensterzellen« habe ich in viel grösserer Zahl (etwa dreimal so häufig) angetroffen als die Ganzfensterzellen.

Die Fensterzellen gruppieren sich in erster Linie an der Peripherie der Ganglien und die Fenster nehmen manchmal ganz eigentümliche Gestalt an (Tafel I, Abb. 6.). Ausser den obigen Zelltypen sind noch zwei weitere zu unterscheiden, nämlich Dendritlamellen enthaltende und degenerierte Zellen. Beide werden auch von PINES erwähnt, und zwar die dendritlamellenhaltigen bei dem subkapsularen Typ, während die degenerierte Form beim Hunde nicht, sondern nur beim Menschen angetroffen wurde. Da bei ausgewachsenen Hunden die dendritlamellenhaltigen Zellen (Tafel I, Abb. 2 b und 5.), bei alten aber die degenerierten Formen dominieren, möchte ich diese zwei Zellformen als besondere Typen aufnehmen.

Die prozentuelle Verteilung der Zelltypen lässt in verschiedenen Lebensaltern interessante Unterschiede feststellen (S. Tabelle 1.). Die Ziffern geben die aus verschiedenen alten Ganglien auf 1 mm² Fläche auf Grund der feststellbaren Zelltypen erhaltenen prozentuellen Werte an.

Tabelle 1.

Alter der untersuchten Tiere	Multipolare Zellen			Unipolare Zellen	In Degeneration begriffene Zellen
	mit freien Fortsätzen	mit Fenstern	mit Dendritlamellen		
2 Tage	77,2	—	—	22,8	—
4 Wochen	46,2	40,4	—	13,4	—
3-8 Jahre (ausgewachsen)	7,3	53,5	35,7	3,5	—
18 Jahre (alt)	5,2	12,1	9,0	3,0	70,7

Wie ersichtlich, stellen die Fortsätze enthaltenden Zellen den Haupttyp der Ganglienzellen junger Tiere dar, während die lamellenhaltigen für die adulten und die degenerierenden für die Ganglien alter Tiere charakteristisch sind. Die Zahl der bipolaren Zellen ist bei jungen Hunden eine weit grössere als bei älteren. Die Durchsicht zahlreicher Präparate ergab, dass Übergangsformen unter den verschiedenen Zelltypen häufig sind. Diese Übergangsformen habe ich denjenigen Typen zugezählt, denen sie am nächsten standen. In jungen Ganglien sind Übergangsformen vorwiegend zwischen freie Fortsätze enthaltenden und Fensterzellen, in ausgewachsenen zwischen Fenster- und dendritlamellenhaltigen Zellen häufig.

Das Lebensalter bedingt Abweichungen nicht nur in der prozentuellen Verteilung der Zelltypen, sondern auch Form, Grösse und Zahl der Fortsätze der einzelnen Zelltypen weisen mannigfaltige Unterschiede auf. Die Ganglienzellen der 2—4 Tage alten Hunde haben nur 2—3 Fortsätze. Bei den 4—5 Wochen alten Hunden haben die Zellen runde Kerne und weisen die Anfangsstadien der Fensterung auf. In diesem Alter sind Übergangsformen zwischen Zellen mit freiem Fortsatz und Fenstertypen häufig. Die Ganglienzellen der ausgewachsenen Tiere zeigen die abwechslungsreichsten Formen, die sich in der Gestaltung der Fortsätze manifestieren. Die Zellen alter Tiere sind grösstensteils abgerundet, der Zellkörper geschrumpft, die Dendriten im Verschwinden begriffen und das

Plasma bzw. die zugrundegehenden Dendriten granuliert. Auch das Ausmass der Zellkörper der Zellkerne, und Zellkörperchen sowie die Zahl der Nucleoli lassen altersbedingte Unterschiede feststellen. Die Zahl der Kernkörperchen ist bei den ausgewachsenen und alten Tieren 1, manchmal 2, bei den 4—5 Wochen alten Tieren sind 3—4 Kernkörperchen vorhanden. (S. Tabelle 2.). Die Zahlen geben Mittelwerte von je 20 Zell- bzw. Kernaussmassen in Mikron und die Nucleus und Nucleolusgrössen die kleinsten und grössten Werte an.

Tabelle 2.

Alter der untersuchten Tiere.	Multipolare Zellen		Unipolare Zellen	degenerierende Zellen	Nucleus	Nucleolus
	mit freien Fortsätzen	mit Fenstern und Dendritlamellen				
2 Tage	22,5	—	18,5	—	4,5-5,5	—
4 Wochen	28,0	30	24,0	—	6,0-8,5	0,8-2,2
3-8 Jahre (ausgewachsen)	40,5	48,5	29,0	—	7,5-10	0,8-2,2
18 Jahre (alt)	36,5	42,0	28,0	33,0	7,0-9,5	0,7-2,0

b) Die Frage der Zellteilung.

Im Laufe der Untersuchung der prozentuellen Verteilung der Zellformen und Zellgrösse, bzw. der Zelltypen habe ich auch ein Problem des vegetativen Nervensystems berücksichtigt. Einige Autoren haben neuerdings zweikernige Ganglienzellen beschrieben und diese als das Ergebnis einer mitotischen oder amitotischen Zellteilung gedeutet. Auf meinen Schnitten habe ich ausschliesslich unter den Ganglienzellen eines zweitägigen Hundes eine Zelle gefunden, die deutlich zwei Kerne beobachten liess (Tafel II, Abb. 8.). Sehr selten sind auch in den Ganglienzellen erwachsener Hunde zwei Zellkerne anzutreffen. Diese wenigen Ausnahmefälle liefern aber keineswegs einen Beweis für eine wirkliche Teilung der Ganglienzellen und zwar um so weniger, als fast alle vegetativen Ganglienzellen des Kaninches zwei Kerne enthalten.

Besonders in den jungen Ganglien finden sich solche Gebilde, wo zwei Zellen innigst miteinander verbunden und von einer Gliakapsel umgeben sind. Eine ähnliche Erscheinung ist ganz selten auch in den Ganglien ausgewachsener Tiere zu beobachten. Wahrscheinlich sind diese während der embryonalen Entwicklung aus der Zweiteilung einer Zelle entstanden und beisammen geblieben, sind aber keineswegs als Überbleibsel der Zweiteilung während des post-embryonalen Lebens aufzufassen, denn es besteht keinerlei Beweis dafür, dass von den vieltausend durchgesehenen Ganglienzellen auch nur eine einzige ein mit der mitotischen oder amitotischen Zellteilung übereinstimmendes oder ihr ähnliches Bild aufwiese. Im erwachsenen Alter ist das Ganglion natürlich bedeutend grösser als bei jungen Tieren, jedoch ist hier die Vergrösserung mit dem Wachstum der Zellkörper, nicht aber mit einer Vermehrung der Ganglienzellen zu erklären.

Ein weiteres Problem des vegetativen Nervensystems ist, ob die Zellfortsätze voneinander unterschieden werden können. Auf Grund der durchgesehenen Schritte konnte ich feststellen, dass bei den Ganglienzellen ausgereiften Hunden die Dendriten von den Neuriten gut zu unterscheiden sind. Erstere treten an den meisten Zellen Fenster oder Lamellen oder treten eventuell als freie Fortsätze heraus, um innerhalb der von Satellitenzellen umgebenen Kapsel oder auf derselben zu endigen. Diese Dendriten entsprechen den PINNACHE-sub- und extrakapsulären Dendriten.

Interessant sind Zellen, in denen der Dendrit in einen langen dicken Fortsatz neurofibrillärer Struktur übergeht, welcher dann baumartig reich verzweigt und auf den nahegelegenen Zellen oder auf der Kapsel endet (Tafel II, Abb. 7). Eine spirale Anordnung der Dendriten findet sich selten und ist in charakteristischer Form nur an den zwischen den postganglionären Fasern liegenden Zellen zu beobachten, was mir aber nur bei Ganglienzellen erwachsener, und hauptsächlich des alten Hundes zu Gesichte kam (Tafel II, Abb. 9). Die Dendriten waren in unseren Schnitten stets körniger und dicker und etwas heller gefärbt als die Neuriten. Bei den Neuriten handelt es sich um aus dem Zellkörper heraus tretende dünne Fasern, welche als postganglionäre Fasern ohne Verzweigung im Mittelteil des Ganglions zusammen treten und als *Nervi ciliares breves* aus dem Ganglion heraustreten. Eine solche Unterscheidung ist bei den Ganglienzellen junger Tiere nicht möglich. Hier sind die weinigen austretenden Fortsätze gewöhnlich von gleichem Umfang und gleicher Struktur. An den alten Ganglienzellen ist die Isolierung von Dendriten und Neuriten ebenfalls schwer, aber bis zu einem gewissen Grade dennoch möglich, weil die als postganglionäre Bündel zusammen tretenden Fasern nichts anderes sind, als die an den meisten Zellen noch vorhandenen Neuriten. Die Dendriten gehen in alten Tieren zugrunde, statt ihrer finden sich meistens nur Granulationen (Tafel III, Abb. 10).

d) Die Nervenverbindungen des Ganglions, Synapsen.

Die makroskopischen Beobachtungen werden auch durch histologische Untersuchungen bestätigt. Das Ganglion liegt dem *Ramus inferior* des *Nervus oculomotorius* auf (Tafel III, Abb. 11). Der eine Teil der Fasern des *Ramus inferior* liefert die präganglionären Fasern der Ganglien (Tafel III, Abb. 12), welche auf den Zellen synaptisch endigen. Die eintretenden Oculomotoriusfasern sind bei älteren und alten Tieren stets dick und marktscheidenhaltig, während bei denen junger Tiere noch keine Spur einer Markscheide zu erkennen ist.

Auffallend ist, dass bei den 4—5 Wochen alten Hunden entlang der sehr feinen Oculomotoriusfasern zahlreiche SCHWANN'sche Kerne so dicht aneinander gereiht stehen, dass sie sich fast berühren. Es drängt sich dabei der alte Gedanke auf, dass sie in der Entstehung der Markscheide irgendeine Rolle spielen müssen. Die postganglionären Fasern, die Neuriten der Ganglienzellen sind — in Unabhängigkeit von dem Alter der Tiere — stets sehr dünn. Silberimpregnation ist keinerlei Markscheide an ihnen zu erkennen, obwohl BOTAR mit dem WEIGERT-PAL'schen Verfahren auch an diesen eine dünne Markscheide nachzuweisen meinte [5]. Nicht ein einziger SCHWANN'scher

Kern ist neben den postganglionären Fasern zu entdecken. Da ich dicke Fasern unter den postganglionären Fasern nicht beobachtet habe, scheint die Auffassung, dass eventuell Oculomotoriusfasern das Ganglion, auch ohne Synapsen zu bilden, überschreiten können, nicht bewiesen.

Die präganglionären Fasern bilden auf den Ganglien Synapsen, welche stets die Form perizellulärer Körbchen haben. Diese Körbchen sind auch meines Erachtens Doppelgebilde, wie sie PINES bei menschlichen Ganglienzellen beschrieb [15]. Sie endigen entweder auf der Kapsel oder aber auf der Zelle selbst (kapsuläre und zelluläre Körbchen). Da von Schnitten die Rede ist, können die beiden Formen sehr oft auch gesondert erhalten werden; es ist aber wahrscheinlich, dass die beiderlei Endigungsformen auch auf ein und derselben Zelle anzutreffen sind. Die Fasern der auf der Zelle befindlichen perizellulären Körbchen sind etwas feiner und dünner als die der kapsulären Körbchen. Es ist möglich, dass die tiefer vordringenden Fasern der ausserhalb der Kapsel liegenden Körbchen die auf den Zellen befindliche perizelluläre Endigung liefern. Aus der Lokalisation der Amphizytenkerne ist immer leicht festzustellen, welche Art der perizellulären Körbchen wir auf der eben untersuchten Stelle vor uns haben.

Wahrscheinlich sind an der Gestaltung eines perizellulären Körbchens nicht nur eine, sondern mehrere präganglionäre Fasern beteiligt oder aber die zweierlei Körbchen werden von verschiedenen Fasern gebildet. Da von Schnitten die Rede ist, werden die Reste des perizellulären Geflechtes nur an der Peripherie der Zellen sichtbar, aber gerade die Querschnitte derartiger Ganglienzellen liefern den Beweis dafür, dass die beiden Arten von perizellulären Körbchen an den meisten Zellen vorhanden sind (*Tafel II, Abb. 6 b*). Interessant sind die Doppelsynapsen, wenn nämlich zwei nebeneinanderliegende Zellen je ein besonderes Körbchen haben und diese perizellulären Körbchen noch von einem gemeinsamen perizellulären Körbchen umgeben sind (*Tafel III, Abb. 13*). Höchstwahrscheinlich müssen an der Gestaltung einer solchen komplexen Synapse mehrere Fasern beteiligt sein. *Es ist sehr bemerkenswert, dass in den 2—4 Tage bzw. 4—5 Wochen alten Ganglien keine Spur von perizellulären Synapsen ist, während sie bei ausgewachsenen und alten Tieren in den schönsten und verschiedensten Formen in Erscheinung treten* (*Abb. 1. und 2.*). Das Altern bringt in der Gestaltung der Synapsen keinerlei Änderung zustande, sie sind auch an alten degenerierenden Zellen stets nachweisbar.

Auch durch die Cholinesteraseaktivität werden die Synapsen einwandfrei bewiesen. Die Cholinesteraseaktivität kann — wie nach den bisherigen Untersuchungen in dieser Richtung auch zu erwarten war — an den Zellen des *Ggl. ciliare* des Hundes sehr gut nachgewiesen werden. Nach den erhaltenen Präparaten tritt die Cholinesteraseaktivität an jeder einzelnen Zelle des Ganglions zutage, wodurch der überzeugende Beweis erbracht ist, dass auf den Ganglienzellen die präganglionären Fasern des *N. oculomotorius* endigen, d. h. sämtliche Ganglienzellen Synapsen enthalten. Mit der Frage der Cholinesteraseaktivität des *Ggl. ciliare* haben sich zuerst SZENTÁGOTHAÏ und Mitarbeiter (18) beschäftigt, die die Cholinesteraseaktivität und ihre Lokalisation am *Ggl. ciliare* von Vögeln (Huhn, Ente) untersuchten.

Da sich nach den Ergebnissen mit Versilberungsverfahren in der Form der Synapsen des *Ggl. ciliare* von Vögeln und Säugern Verschiedenheiten ergeben

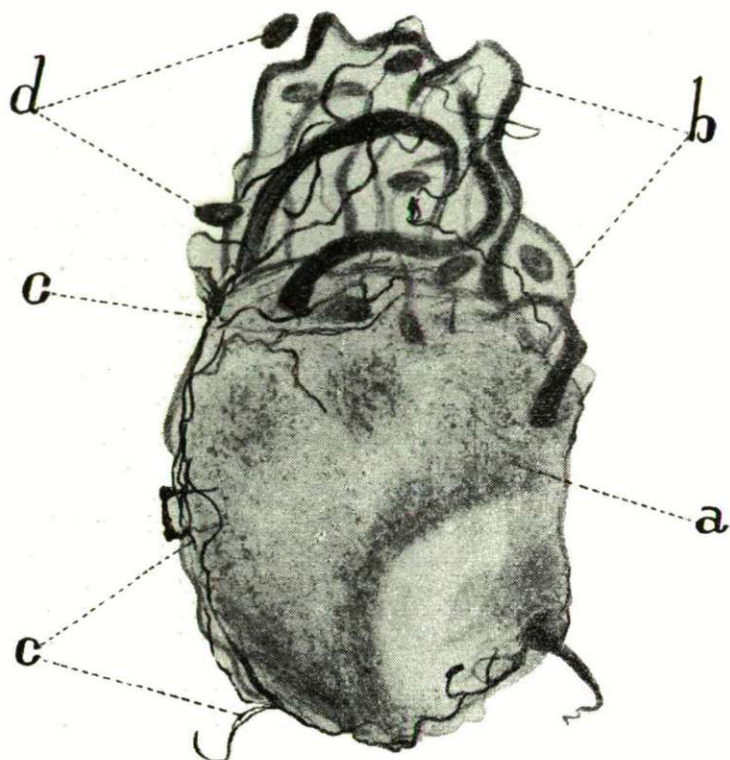


Abbildung 1. *Canis familiaris* (ausgewachsen). Synapse an einer Halbfensterzelle. a) Zellkörper, b) fensterbildende Dendriten, c) präganglionäre Fasern, d) Gliazellen. BIELSCHOWSKY—ABRAHÁMSches Verfahren. Vergrößerung 800 x.

(4), erhob sich die Frage, ob nicht auch in der Cholinesteraseaktivität irgendwelche Abweichungen in Erscheinung treten.

Als Ergebnis der Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die von SZENTÁGOTHAI und Mitarbeitern nachgewiesene Lokalisation auch an den Ganglienzellen des Hundes nachweisbar ist (Abbildung 3), wenn auch in weit geringerem Grade als bei Vögeln. In den meisten Fällen erhielten wir den Imprägnationsbildern entsprechende Aktivitätsbilder. Die Cholinesterase erscheint an der Oberfläche bzw. — da meistens von Schnitten die Rede ist — an der Peripherie der Zellen. Aller Wahrscheinlichkeit nach tritt die Aktivität dort, wo die präganglionäre Faser die Zelle zuerst berührt, am intensivsten in Erscheinung; im übrigen aber findet an der Zelloberfläche überall dort, wo die Endäste der präganglionären Fasern an die Zelle herantreten, eine Acetylcholinabgabe statt. Besonders an den Querschnittbildern wird gut ersichtlich, dass sich an der ganzen Zelloberfläche das synaptische Trogsystem herausbildet, von dem COUTEAUX (7) bei den motorischen Endigungen und SZENTÁGOTHAI (18) im Falle der Ganglienzellen des Huhnes spricht. Beide Autoren halten die trogartigen Vertiefungen für die postsynaptische Stelle der Cholinesterase-

lokalisation. Diejenigen Bilder, wo an den Ganglienzellen des Hundes selbst an 3—4 Stellen eine stärkere Aktivität zu verzeichnen ist, scheinen die Annahme zu rechtfertigen, dass in der Hervorbringung der komplizierten perizellulären Synapsen des Hundes auch mehrere Nervenfasern beteiligt sein können.

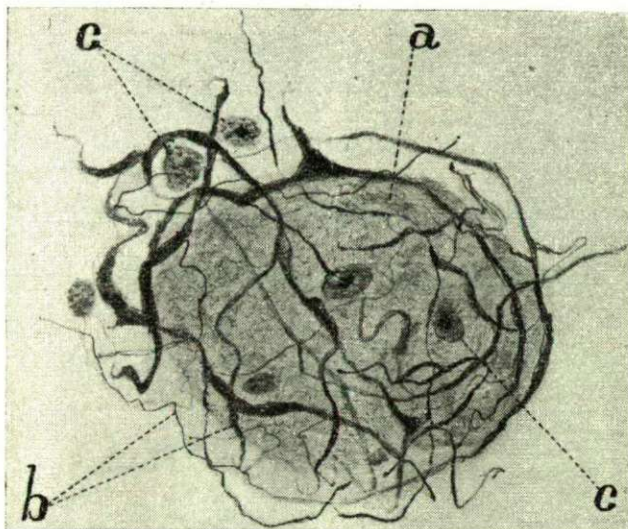


Abbildung 2. *Canis familiaris* (ausgewachsen). Ganglion ciliare, perizelluläres Körbchen an einer Ganglienzelle. a) Zellkörper, b) Gliazellen, c) präganglionäre Fasern. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÁMSches Verfahren. Vergrößerung 800 x.

e) Die sensiblen Elemente des Ganglions.

Der in das Ganglion eintretende *Nervus oculomotorius* enthält neben zahlreichen markhaltigen Fasern auch einige besonders dicke, stark variköse Fasern (Tafel III. Abbildung 12). Es erhebt sich nun die Frage, welcher Natur diese Fasern sind. Nach ihrer Struktur zu urteilen, dürfte es sich um sensible Elemente handeln. Aber woher stammen sie dann? Unsere bisherigen, sich auch auf die Augenmuskeln erstreckenden Untersuchungen (4) lassen als wahrscheinlich annehmen, dass, wenn zur Innervierung der Augenmuskeln der *N. oculomotorius* sensible und auch motorische Fasern abgibt, er den Ganglienzellen ebenfalls ausser den zahlreichen effektorischen Fasern auch sensible Fasern zuführen kann.

Was die Endigungen anbetrifft, so waren im periganglionären Bindegewebe baumartige Verzweigungen (Abb. 4) im Ganglion des 4 Wochen alten Hundes ebenso nachweisbar, wie bei denen des ausgewachsenen bzw. des alten Hundes. Ausserdem fanden wir in dem zwischen den Ganglienzellen liegenden interstitiellen Bindegewebe bzw. in der periganglionären Gewebekapsel in beträchtlicher Zahl ziemlich umfangreiche Endlamellen und Endkolben, die ebenfalls sensibler Natur sein dürften (Abb. 5). Derartige Endigungen hat ÄBRAHÁM (2) aus dem *Ggl. stellatum* der Katze beschrieben und auch in den

Augenmuskeln der Vögel kamen sie unter den sensiblen Endigungen des *N. oculomotorius* vor (4). Die sensiblen Lamellen erreichen eine Länge von 16—18 und eine Breite von 8—9 μ . In der Regel haben sie ovale Form, aber auch birnförmige Endigungen sind nicht selten. Da die sensiblen Endkolben im

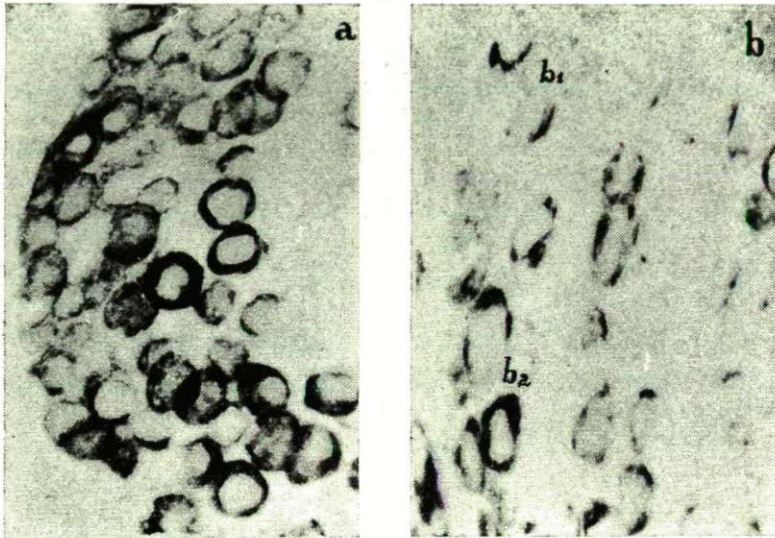


Abbildung 3a. *Canis familiaris* (3 Jahre alt). Cholinesteraseaktivität des Ganglion ciliare (Tangentialschnitte). a) Cholinesteraseaktivität an der Oberfläche der Ganglienzelle, b) Cholinesteraseaktivität an der Oberfläche der Ganglienzelle. KOELLE—FRIEDENWALD'sches Verfahren in der Modifikation von GEREBTZOFF. Mikrophotogramm.

Abbildung 3b *Canis familiaris* (6—7 Jahre alt). Ganglion ciliare (Längsschnitt). a) Intensivere Aktivität an dem einen Pol, b) Aktivität an drei Stellen. KOELLE—FRIEDENWALD'sches Verfahren in der Modifikation von GEREBTZOFF. Mikrophotogramm.

Ganglion des 18-jährigen Hundes viel häufiger vorkommen als in denen der jungen oder ausgewachsenen Tiere, ist anzunehmen, dass dieselben parallel mit der Degeneration an Zahl zunehmen. Derartige kolbenförmige Endigungen haben wir auch auf den Ganglienzellen selbst beobachten können (Tafel I, Abb. 4). Hinsichtlich Grösse und Gestalt stehen sie denjenigen sehr nahe, die von ÁBRAHÁM (3) in den Lumbalganglien Gangrän-Kranker mitgeteilt wurden.

Zusammenfassung

Die anatomischen, histologischen und histochemischen Untersuchungen des *Ggl. ciliare* verschieden alter Hunde haben zu folgenden Feststellungen geführt.

1. Die anatomische Lokalisation des Ganglions beweist seine Zugehörigkeit zum parasympathischen System des *N. oculomotorius*.
2. In der Anatomie des Ganglions treten altersbedingte und individuelle Abweichungen in Erscheinung.

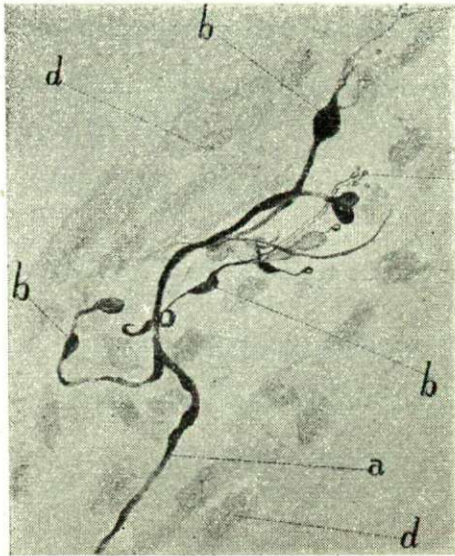


Abbildung 4. *Canis familiaris* (5 Wochen alt). *Ganglion ciliare*. Sensible Endigung aus der Bindegewebskapsel des Ganglions. a) Sensible Faser, b) Varikosität, c) Endringe, d) Bindegewebszellen, BIELSCHOWSKY—ÁBRAHÁM'sches Verfahren. Vergrößerung 900 x. Photographisch auf $\frac{1}{2}$ verkleinert.

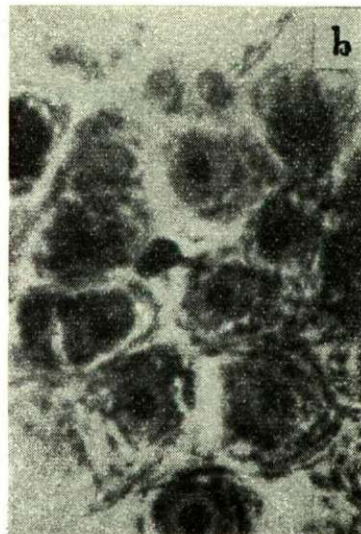


Abbildung 5a. *Canis familiaris* (18 Jahre alt). *Ganglion ciliare*. Sensible Endkolben aus der Bindegewebskapsel des Ganglions. BIELSCHOWSKY—ÁBRAHÁM'sches Verfahren. Mikrophotogramm.

Abbildung 5b. *Canis familiaris* (3—4 Jahre alt). *Ganglion ciliare*. Synapse mit sensibler Endsohle zwischen den Ganglienzellen BIELSCHOWSKY—ÁBRAHÁM'sches Verfahren. Mikrophotogramm.

3. In den Typen der die Ganglien aufbauenden Zellen werden durch das Alter Veränderungen im Umfang des Zellkörpers und des Kernes, sowie in der Zahl der Nukleolen hervorgerufen. Die Zellfortsätze lassen sich bei ausgewachsenen Tieren sehr wohl als Dendriten und Neuriten unterscheiden.

4. In den untersuchten Ganglien waren in Teilung begriffene Nervenzellen nicht nachweisbar.

5. Zwischen den prä- und postganglionären Fasern des N. oculomotorius und auch neben dem Ganglion sind in erwachsenen Tieren verstreute Ganglienzellen, bzw. aus einigen Zellen bestehende Nebenganglien nicht selten.

6. Die in das Ganglion eintretenden Oculomotorius-Fasern sind grösstenteils dünne, und nur in geringer Zahl dicke, markhaltige Fasern.

7. Die dünnen Oculomotorius-Fasern endigen mit perizellulären Körbchen, Synapsen bildend, auf den Zellen. Die perizellulären Synapsen werden auch durch die Cholinesteraseaktivität in überzeugender Weise bewiesen.

8. Das Auftreten und die Form der Synapsen lassen in den verschiedenen Altersstufen Abweichungen erkennen.

9. Die dicken Fasern bilden in der Bindegewebskapsel des Ganglions sensible Lamellen, sowie baumförmige freie Nervenendigungen.

Herrn Akadamer Prof. Dr. A. ÁBRAHÁM, Vorstand unseres Institutes, der mir bei der Durchführung der Untersuchungen und der Auswertung der Ergebnisse stets mit Ratschlägen zur Seite stand, möchte ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Schrifttum

- (1) *Ábrahám, A.*: Acta Biol. Acad. Scient. Hung. **4**, 69—160 (1953).
- (2) *Ábrahám, A.*: Acta Biol. Acad. Scient. Hung. **2**, 331—354 (1951).
- (3) *Ábrahám, A.*: Acta Biol. Acad. Scient. Hung. **4**, 307—365 (1953).
- (4) *Ábrahám, A.—Stammer, A.*: Állattani Közlemények **44**, 115—134 (1954).
- (5) *Botár, Gy.*: F. J. Tud. Egy. Leíró és Tájébonctani Közl. **5**, 102—109 (1935).
- (6) *Bradley, O. Ch.*: Topographical Anatomy of the dog. Edinburg—London, 1948.
- (7) *Couteaux, R.*: Rev. Canad. de Biol. **6**, 563—569 (1947).
- (8) *Gerebtzoff, M. A.*: Acta Anat. **19**, 366—369 (1953).
- (9) *Ellenberger, W.—Baum, H.*: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Berlin, 1926.
- (10) *Ernyei, J.*: F. J. Tud. Egy. Leíró és Tájébonctani Közl. **5**, 156—162 (1935).
- (11) *Koelle, G. B.—Friedenwald, J. S.*: Proc. Soc. Exper. Biol. Med. **70**, 617—623 (1949).
- (12) *Lecco, J.*: Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. **42**, (1907).
- (13) *Lenhossék, M.*: Az ember anatómiája. Budapest, 1922.
- (14) *Lenhossék, M.*: Arch. f. mikr. Anat. **76**, 745—770 (1910—11).
- (15) *Pines, L.*: Zeitschr. f. mikr. Anat. Forsch. **10**, 313—381 (1925).
- (16) *Pines, L.—Friedman, E.*: Zeitschr. f. mikr. Anat. Forsch. **16**, 259—272 (1929).
- (17) *Szakáll, Gy.*: Arch. f. wiss. und prakt. Tierheilkunde **28**, 476—489 (1902).
- (18) *Szentágothay, J.—Donhoffer, Á.—Rajkovits, K.*: Acta Histochemica **1**, 272—281 (1954).

Tafel I.

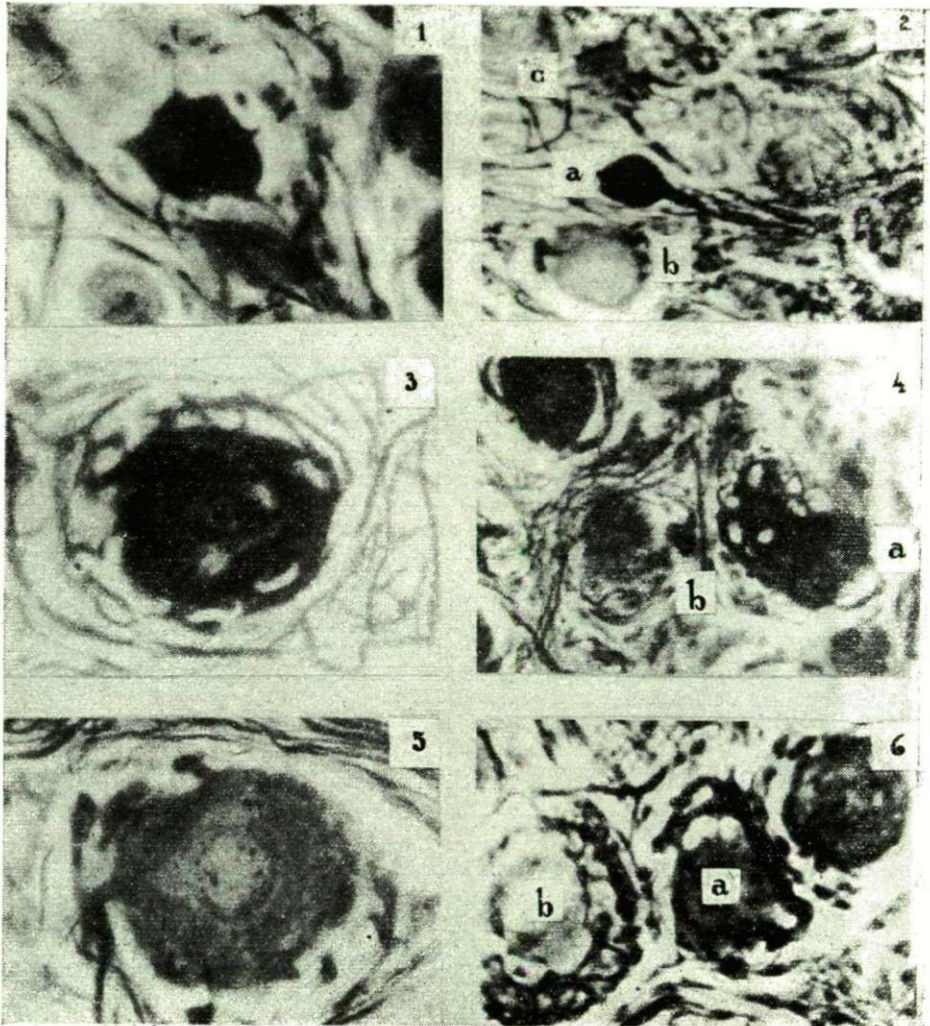
- Abbildung 1. *Canis familiaris* (5 Wochen alt). Multipolare Zelle mit freien Fortsätzen. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 2. *Canis familiaris* (ausgewachsen). Eine dunkelgefärbte unipolare Zelle zwischen multipolaren. a) unipolare Zelle, b) dendritlamellenhaltige Zelle, c) Zelle mit freien Fortsätzen. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 3. *Canis familiaris* (ausgewachsen). *Ganglion ciliare*. Fensterzelle. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 4. *Canis familiaris* (ausgewachsen). *Ganglion ciliare*. Teilstück des Ganglions. a) Halbfensterzelle, b) Synapse mit sensibler Endsohle. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 5. *Canis familiaris* (ausgewachsen). *Ganglion ciliare*. Dendritlamellenhaltige Zelle. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 6. *Canis familiaris* (ausgewachsen). *Ganglion ciliare*. a) eigentümliche Fensterzelle, b) Querschnitt eines perizellulären Körbchens BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.

Tafel II.

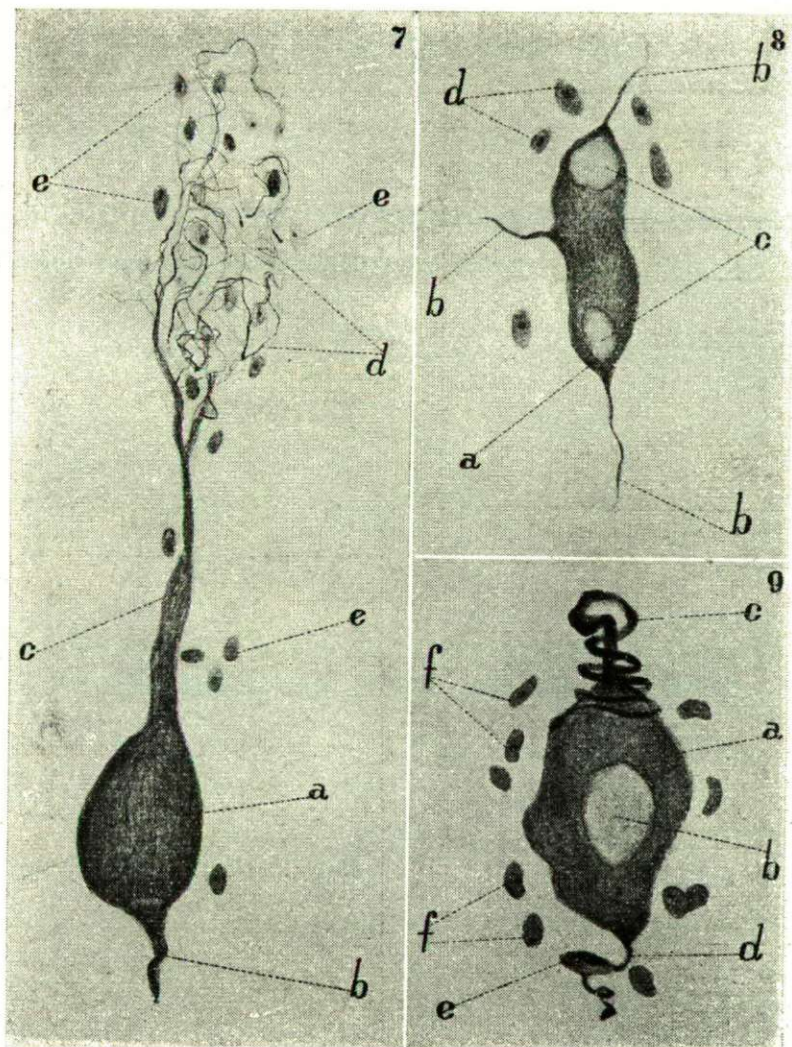
- Abbildung 7. *Canis familiaris* (18 Jahre alt). Ganglienzelle. a) Zellkörper, b) Neurit, c) Dendrit, d) Dendritenverzweigung, e) Gliazellen. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Vergrößerung 600 x.
- Abbildung 8. *Canis familiaris* (4 Tage alt): *Ganglion ciliare*. Zweikernige Ganglienzelle. a) länglicher Zellkörper, b) freie Fortsätze, c) Nucleus Vergrößerung 600 x.
- Abbildung 9. *Canis familiaris* (18 Jahre alt). *Ganglion ciliare*. Zwischen postganglionären Fasern eingeschlossene Ganglienzelle. a) Zellkörper, b) Nucleus, c) spirale Rückwindung des Neuriten, d) Dendrit, e) Dendritlamelle, f) Gliazellen. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Vergrößerung 600 x.

Tafel III.

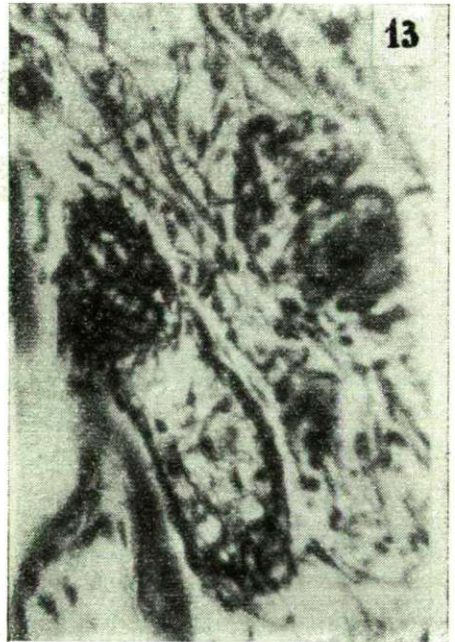
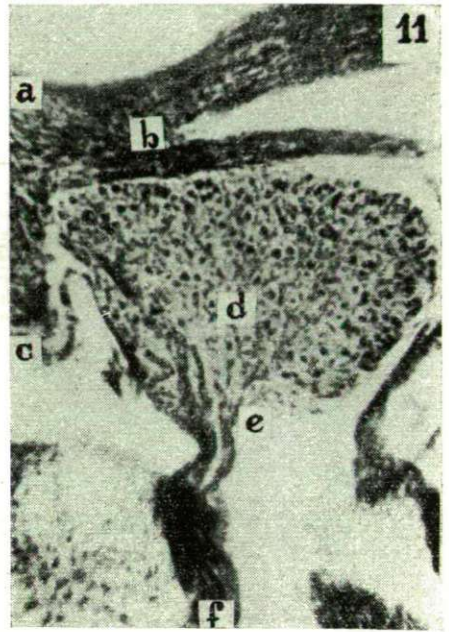
- Abbildung 10. *Canis familiaris* (18 Jahre alt). *Ganglion ciliare*. Teilstück eines Ganglions. In Degeneration begriffene Zellen. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Vergrößerung 600 x.
- Abbildung 11. *Canis familiaris* (5 Wochen alt). Nervenverbindungen des *Ganglion ciliare*. a) Nervus oculomotorius, b) Ramus inferior nervi oculomotorii, c) Ramus superior nervi oculomotorii, d) *Ganglion ciliare*, e) postganglionäre Fasern, f) postganglionärer Nerv. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 12. *Canis familiaris* (ausgewachsen). *Ganglion ciliare*. In das Ganglion eintretende präganglionäre Fasern des Nervus oculomotorius. a) dünne Fasern, b) dicke Fasern, c) alleinstehende Ganglienzelle im Ramus inferior nervi oculomotorii. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.
- Abbildung 13. *Canis familiaris* (ausgewachsen). *Ganglion ciliare*. Doppel-Synapse. BIELSCHOWSKY—ÄBRAHÄMSches Verfahren. Mikrophotogramm.



Tafel I.



Tafel II.



Tafel III.