

Untersuchungen über die histologische Struktur des Mandelkerngebietes

1. Mitteilung

Cytologie und Involution des *Amygdaleum profundum*

Von

Friedrich Sanides

Mit 52 Abbildungen im Text¹⁾

Einleitung

1

Diese Untersuchung geht von der von Brockhaus durchgeführten cytoarchitektonischen Gliederung des Mandelkerngebietes aus und hat sich die cytologische Vertiefung der bisher vorwiegend bei schwächerer — bis zu 250-facher — Vergrößerung erarbeiteten Cytoarchitektonik zum Ziel gesetzt. Die erste Mitteilung beschäftigt sich dabei mit dem Hauptkomplex des Mandelkerns, dem sogenannten *Amygdaleum profundum* nach Brockhaus, dessen Cytologie und Involution sie erschließt.

Eine zweite Mitteilung wird dann das Problem des ventrodorsalen Entwicklungsgefälles des *Amygdaleum profundum* zum Gegenstand haben. In einer weiteren Mitteilung soll die cytologische Gliederung einer vergleichend-morphologischen Untersuchung unterzogen werden.

2

An Hand einer schematischen Umrißzeichnung, die einen Querschnitt auf der Höhe der vollen Entfaltung des Mandelkerns wiedergibt (**Abb. 1**), sei zunächst die von Brockhaus durchgeführte Einteilung und Nomenklatur des vielgestaltigen Kerngebietes erläutert.

Ventral bzw. ventrolateral grenzt der Mandelkern an das Unterhorn des Seitenventrikels bzw. seine medianwärts gerichtete Ventrikelverklebung, die ihn von dem ventral davon liegenden *Alveus des Ammonshorns* trennt. Medioventral grenzt das Gebiet an die *Regio entorhinalis* (*Gyrus ambiens*). Medial bildet es mit seinem zugehörigen periamygdalären Rindenabschnitt den *Gyrus semilunaris*. Dorsal erstreckt

¹⁾ Unserer Institutsphotographin, Frl. Margarete Grosse, gilt mein besonderer Dank für ihre sachkundige Arbeit.

sich das Mandelkerngebiet im weiteren Sinne bis zum *Nucleus basalis*, während es dorsolateral an das Marklager des Temporallappens und in dem gegebenen Querschnitt an die in diesen einstrahlende *Commissura anterior* grenzt.

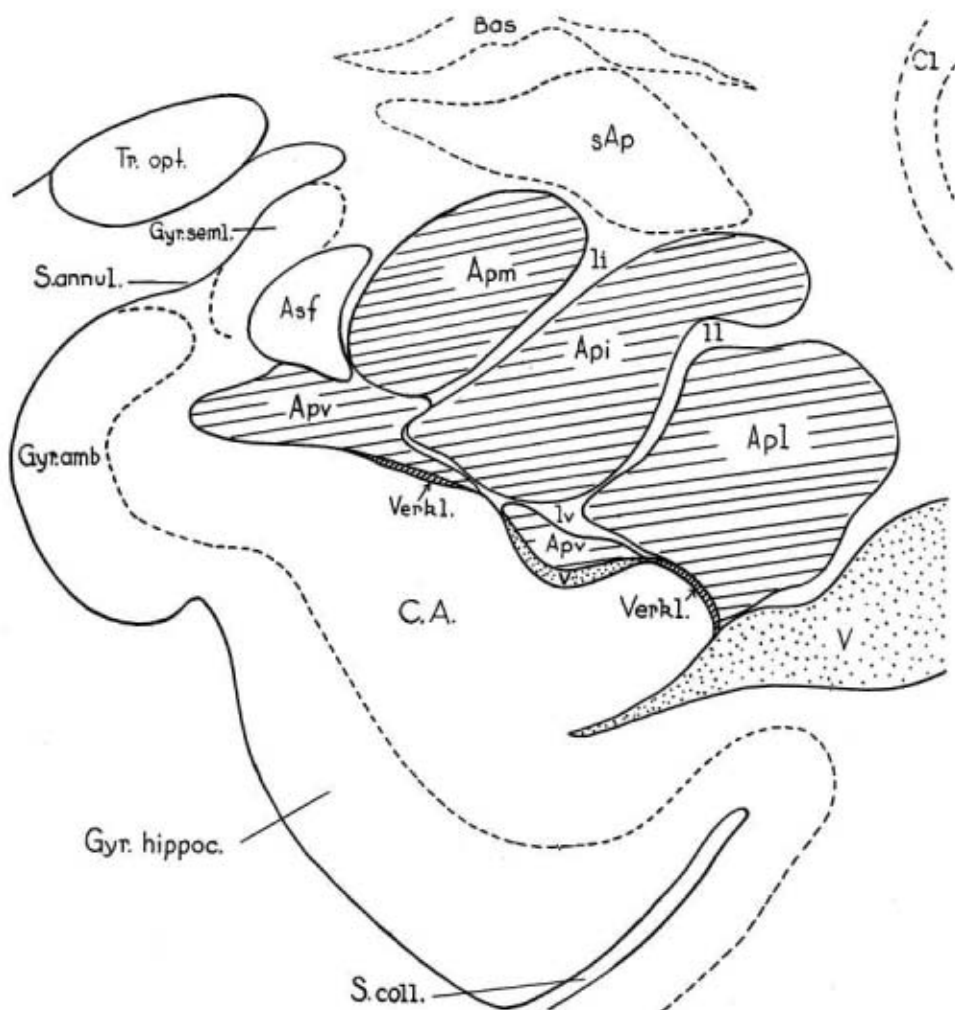


Abb. 1. Schematische Darstellung eines Querschnittes durch den Mandelkern. Vergr. 6 : 1.

Schraffiert: Hauptkomplex des Amygdaleum profundum

Api = Amygd. profundum intermedium; Apl = Amygd. profundum laterale; Apm = Amygd. profundum mediale; Apv = Amygd. profundum ventrale; Asf = Amygd. superficiale; Bas = Nucleus basalis; C.A. = Cornu Ammonis; Cl = Claustrum; Gyr. amb = Gyrus ambiens; Gyr. hippoc. = Gyrus hippocampus; Gyr. seml. = Gyrus semilunaris; li = Lamella intermedia; ll = Lamella lateralis; lv = Lamella ventralis; S. annul. = Sulcus annularis; S. coll. = Sulcus collateralis; sAp = Supraamygdaleum profundum; Tr. opt. = Tractus opticus; V. = Ventrikel; Verkl. = Verklebung.

In dem so begrenzten Raum unterscheidet Brockhaus neben dem Mandelkern im engeren Sinn (*Amygdaleum proprium* = A) das locker gefügte, dorsal liegende *Supraamygdaleum* (sA). In beiden Bezirken wird von einem subkortikalen Haupt-

komplex ein rindennahe Nebenkomplex mit dem Attribut *superficialis* (**sf**) abgetrennt. Der rindennahe Nebenkomplex wird mit seinen Subgrisea periamygdalären Rindenfeldern zugeordnet. Diese Zuordnung stützt sich beim Nebenkomplex des Amygdaleum selbst (**Asf**) nicht nur auf die topographische Nähe, sondern auch auf die cytologische Verwandtschaft mit den angrenzenden periamygdalären Feldern. Der subkortikale Hauptkomplex, der das kennzeichnende durch Marklamellen untergliederte makroskopische Bild des Mandelkernes bietet, wird von Brockhaus als *Amygdaleum profundum* (**Ap**) bezeichnet.

In diesem Hauptkomplex, der Gegenstand unserer vorliegenden Untersuchung ist, sind folgende vier Grisea zu unterscheiden:

- 3 dorsale: *Amygdaleum profundum mediale* (**Apm**),
Amygdaleum profundum intermedium (**Api**),
Amygdaleum profundum laterale (**Apl**) und
 1 ventrales Griseum: *Amygdaleum profundum ventrale* (**Apv**).

Das mediodorsale der drei dorsalen Grisea (**Apm**) ist das kleinste und reicht zugleich am weitesten caudal. Von dem mittleren, **Api**, ist es durch die intermediale, in ventromedialer Richtung verlaufende Marklamelle (**li**) deutlich geschieden. **Api** ist gekennzeichnet durch einen hakenförmigen Kopfteil, der sich in lateraler Richtung über das ventrolateral davon liegende **Apl** hinwegneigt, von dem es wiederum durch eine in ventromedialer Richtung verlaufende Marklamelle (**li**) geschieden ist. **Apl** ist das größte der drei dorsalen Grisea und reicht zugleich am weitesten oral, wo es von einer eigenen Markkalotte (**k**) umgeben ist. Es grenzt hier an die von Brockhaus dem Mandelkerngebiet im weiteren Sinne zugeteilte Zone des *Clastrum praeamygdaleum*, das topographisch ein Verbindungsgebiet zwischen *Clastrum* und *Amygdaleum* darstellt und ebenfalls eigene zugeordnete Rindenfelder besitzt. Dieses orale Verbindungsgebiet, das nicht in diese Untersuchung einbezogen wird, konnte auf dem gegebenen Querschnitt nicht zur Darstellung kommen.

An der ventromedial gerichteten Basis dieser drei dorsalen Kerne befindet sich das in einen größeren medialen und einen kleineren lateralen Abschnitt gegliederte *Amygdaleum profundum ventrale* (**Apv**), das ventral, soweit es nicht an den Ventrikel bzw. seine median gerichtete Verklebung grenzt, in einer sehr ausgeprägten Grenzlinie an den *Alveus des Ammonshorns* stößt. Das kleinere laterale dieser beiden Subgrisea, das wegen seiner vorherrschenden Neigung zur Inselbildung das Attribut „glomerulare“ (**Apvgl**) erhalten hat, ist durch eine Marklamelle (**lv**) dorsal klar von der Basis von **Apl** geschieden, während das größere mediale *Amygdaleum profundum ventrale granulare* (**Apvgr**) direkt mit seinem dorsalen etwas größerzelligen Abschnitt **Apvpy** an **Apm** grenzt.

Auch **Apm**, **Api** und **Apl** sind von Brockhaus auf Grund von Variationen der Zellgröße- und Dichte noch in Subgrisea untergliedert worden, so daß bei **Api** und **Apl** jeweils ein ventraler, parvocellulärer Abschnitt von einem mediocellulären Abschnitt gefolgt ist und dorsal je ein magnocelluläres Subgriseum anschließt, während in **Apm** nur ein ventrales, mediocelluläres und ein dorsales, magnocelluläres Subgriseum aufeinanderfolgen.

Material

Unseren histologischen Untersuchungen liegen neben Vergleichsmaterial insbesondere die Serienschritte von sieben formolfixierten in Paraffin eingebetteten Gehirnen des hiesigen Institutes zugrunde, die mit Kresylviolett gefärbt wurden. Es handelt sich um Gehirne, die schon bei früheren Untersuchungen dieses Institutes mit ähnlicher Thematik verwendet wurden, da sie sich in bezug

auf den Involutionsverlauf als für die betreffenden Lebensalter repräsentativ erwiesen hatten.

E 106, 12jähriges Mädchen, an Herzinsuffizienz gest.

A 58, 24jähriger Mann, tödlich verunglückt.

A 74, 40jähriger Mann, decapitiert.

Fro 6, 53jähriger Mann, decapitiert.

A 75, 58jähriger, geistig sehr hochstehender Mann, der im Gefolge einer Hypertonie einer Herzruptur erlag.

Ru, 86jähriger Mann, geistig bis zuletzt rege, Tod durch Herzinsuffizienz.

A 76, 100jährige Frau, die bis zu ihrem Lebensende geistig und motorisch rege war.

Die an Frontalschnittserien gewonnenen cytologischen Befunde wurden außerdem an einer Sagittalschnittserie (51/37) und einer Horizontalschnittserie (A 66) einer Kontrolle unterzogen.

Die Abbildungen der Einzelzellen wurden grundsätzlich in einer Vergrößerung von 1000 : 1 wiedergegeben. Bei Übersichten ist die Vergrößerung im einzelnen vermerkt.

Befunde

Als erste Aufgabe war die Ausgliederung der *Zellarten* der einzelnen Grisea unter Hinzuziehung aller Charakteristika von Kern und Cytoplasma durchzuführen, um an Hand der gefundenen Zellarten ihren Involutionsvorgängen mit zunehmendem Lebensalter nachzugehen. Es ist grundsätzlich hervorzuheben, daß die Beschreibung einer Nervenzellart sich nicht nur an die einzelne hier wiedergegebene Abbildung hält, sondern die in dem Griseum gefundenen übrigen Vertreter der betreffenden Zellart, die stets eine gewisse Variationsbreite aufweisen, mit hinzuzieht. Ebenso bieten die einzelnen Nervenzellarten eines Griseum bei den Involutionsvorgängen in Form des Tigroidaufbrauchs und der Lipofuscineinlagerung kein absolut einheitliches Bild. Für die Beschreibung wird auch hier das Durchschnittsbild der betreffenden Art zugrunde gelegt.

Amygdaleum profundum mediale

Im **Apm** hat es sich als zweckmäßig erwiesen, seinen dorsalen magnocellulären Abschnitt der Artenausgliederung zugrunde zu legen. Demgegenüber zeigt der medio-celluläre Abschnitt nur eine allmähliche Verkleinerung und eine dichtere Lagerung der Zellen.

In **Apm** konnten zwei Nervenzellarten ausgegliedert werden (**Abb. 2—12**).

I. Eine mittelgroße, etwas gedrungene *Pyramidenzelle*. Zwischen den beiden Eckendriten an der Basis befinden sich nicht selten ein oder zwei Gliakerne (**Abb. 2 u. 11**). Die Nisslsubstanz ist über den ganzen Zelleib feinnetzig verteilt und begleitet den Spitzendendriten nur auf eine kurze Strecke. An der Basis kommt es zu einer schmalen dunklen Verdichtungszone der Nisslsubstanz. Dieser sitzt der große, helle Kern auf, der meist einer Seitenwand der Zelle angelagert ist. Die Kernmembran ist fein gezeichnet und hebt sich gut vom Cytoplasma ab. Der große, dunkle Nucleolus besitzt mehrere Randkörperchen (**Abb. 2, 5, 7, 8, 11**).

II. Eine rundlich bis oval geformte Zelle¹⁾ mit ebenfalls feinnetziger etwas dunklerer Nisslstruktur, die sich an der Zellperipherie zu schmalen Streifen und Schollen

¹⁾ Zum Problem der Rundformen siehe die grundlegende Stellungnahme in der Besprechung, S. 73.

verdichtet. Die Zelle besitzt etwa 3 tigroidfreie Dendriten, deren Abgänge ihre Form kaum beeinflussen. Der große helle Kern ist wandständig. Seine Kernmembran ist etwas dichter gezeichnet. Der dunkle Nucleolus weist mehrere Randkörperchen auf.

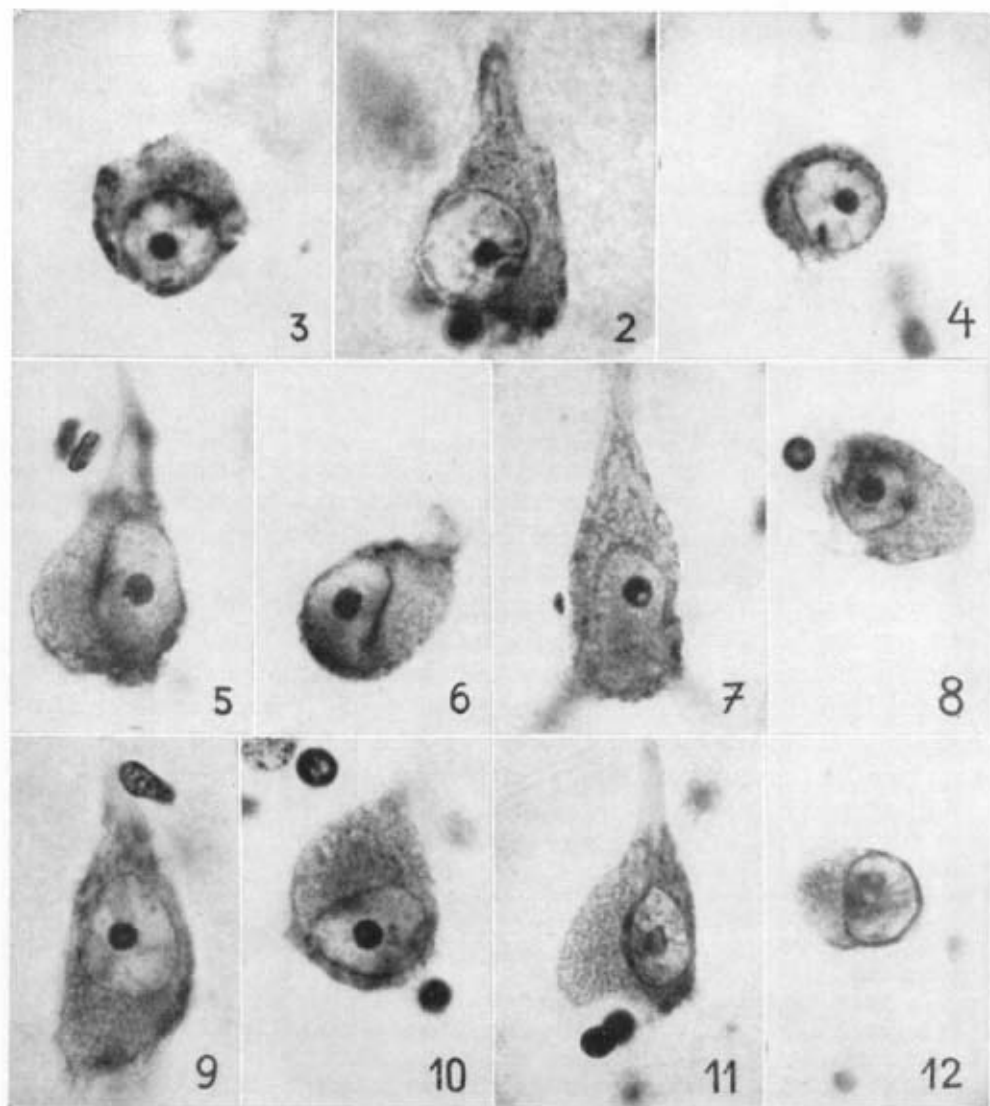


Abb. 2—12. Die Zellarten des **Apm**. Involution. Abb. 2—4: 24jgr. Abb. 5 u. 6: 40jgr. Abb. 7 u. 8: 58 jgr. Abb. 9 u. 10: 86jgr. Abb. 11 u. 12: 100jge, mPh. 23311; 23173; 23174; 23588; 23592; 23685; 23687; 23709; 23716; 23772; 23765.

Diese Zellart ist viel weniger häufig als der erste. Ihre Größe schwankt zwischen den beiden Extremen der Abb. 3 u. 4, wobei alle Übergänge vorhanden sind, so daß die Abtrennung einer weiteren Zellart nicht gerechtfertigt erscheint.

Die Involutionsveränderungen

I. Die Pyramidenzelle der 12jährigen enthält noch kein Lipofuscin. Bei dem 24jährigen (Abb. 2) kommt es nur in einzelnen Zellen apical vom Kern zu einer beginnenden Lipofuscineinlagerung; im Durchschnitt sind die Zellen noch frei davon. Bei dem 40jährigen (Abb. 5) besteht in allen Pyramidenzellen eine feinwabige Lipofuscineinlagerung vorwiegend im apicalen Bereich oder seitlich vom Kern, zuweilen auch basal, so daß der chromatinreichere Kern etwas von der Basis abgedrängt erscheint. Das Tigroid ist noch wenig beeinträchtigt. Bei dem 58jährigen (Abb. 7) kommt es zu einer weiteren Zunahme der Lipofuscinwaben und einer Reduzierung der Nisslstruktur, so daß außer dem feinen Netzwerk auch basal kaum noch Verdichtungen vorkommen. In einzelnen Pyramidenzellen ist der Kern noch etwas chromatinreicher. Bei dem 86jährigen (Abb. 9) ist das Lipofuscin etwas dunkler gelb gefärbt. Der Kern erscheint bisweilen vom Lipofuscin an die Wand gedrängt bzw. deutlich von der Basis abgehoben. Im allgemeinen kommt es jedoch noch zu keiner Deformierung der Zelle. Bei der 100jährigen (Abb. 11) ist eine weitere Lipofuscinzunahme auf Kosten der nur noch spärlichen Nisslsubstanz zu verzeichnen. Die Seitenwände der Pyramidenzelle sind nun häufig sackartig aufgebläht. Der Kern hat vermehrtes Chromatin mit Kernwandhyperchromasie (= Ein- und Anlagerung). Dagegen ist der Nucleolus blasser, wobei sich die Randkörperchen dunkel hervorheben.

II. Die Rundzellenart der 12jährigen enthält noch kein Lipofuscin. Bei dem 24jährigen (Abb. 3 u. 4) zeigen erst einzelne Zellen im größeren Plasmaabschnitt etwas Lipofuscin in Wabenform. Bei dem 40jährigen (Abb. 6) ist die Lipofuscineinlagerung weiter fortgeschritten, so daß der chromatinreichere Kern nun von dem lipofuscinhaltigen Plasmaabschnitt häufig an die Wand gedrückt erscheint. Die Nisslsubstanz ist insofern etwas reduziert, als die Schollen und Streifen der Zellperipherie bis auf den kernnahen Bereich kaum noch nachweisbar sind. Bei dem 58jährigen (Abb. 8) kommt es zu einer weiteren Zunahme des Lipofuscins und gleichzeitig nimmt das Tigroid weiter ab. In einzelnen Zellen fällt eine weitere Zunahme des Chromatins der Kerne auf. Bei dem 86jährigen (Abb. 10) nimmt das Lipofuscin weiterhin zu, das hier durch seinen dunkelgelben Ton auffällt. Die Nisslsubstanz erfährt eine weitere Abnahme. Die Zellkontur erscheint nun häufig sackartig vorgebuckelt. Bei der 100jährigen (Abb. 12) ist der ganze Plasmaleib von Fettwaben erfüllt. Es tritt nur noch ein ganz blasses Netzwerk von Tigroid in Erscheinung. Am besten hält sich das Tigroid noch in dem schmalen Cytoplasmastreifen, der den Kern an der der Zellwand zugewandten Seite säumt. Die Kerne zeigen reichlich Chromatin im Kernsaft wie in der Membran, während der Nucleolus wiederum abgebläht ist und die Randkörperchen dunkel hervortreten. Die Verformung der Zellen hat bei einigen Elementen weitere Fortschritte gemacht.

Amygdaleum profundum intermedium

Api fällt durch seine Großzelligkeit auf. Auch hier halten wir uns mit unserer Beschreibung an den dorsalen magnocellulären Abschnitt.

In **Api** konnten ebenfalls zwei Nervenzellarten ausgegliedert werden (Abb. 13 bis 24).

I. Eine große Zellart, die nur in einem Teil der Fälle bei Kontrolle des Raumbildes eine reine Pyramidenform zeigt (Abb. 13), meist jedoch durch Abgang mindestens eines weiteren starken Dendriten polygonal ist (Abb. 19). Da diese starken Dendriten obendrein meist wurzelförmig gekrümmt sind, ist das Raumgebilde dieser Zellart nicht ganz in eine Bildfläche zu bannen. Auf Abb. 14 ist jedoch eine Vorstellung zu gewinnen, wie oberhalb des Kernes in einer tieferen Ebene ein weiterer starker Dendrit wurzelartig nach links abgeht, der hier nur als Schatten in Erscheinung tritt.

Die Innenstruktur der großen Zellart ähnelt weithin derjenigen der Pyramidenzellen von **Apm**. Die Nisslsubstanz ist über den ganzen Zelleib feinnetzig verteilt und

begleitet die starken Dendriten auf einem längeren Abschnitt. Basal kommt es wiederum zu einer Anreicherung und scholligen Verdichtung des Tigroids, die Tingierung bleibt jedoch meist etwas hinter den Pyramidenzellen von **Apm** zurück. Der große Kern erfüllt fast die ganze Zellbreite. Er besitzt einen großen dunklen Nucleolus und

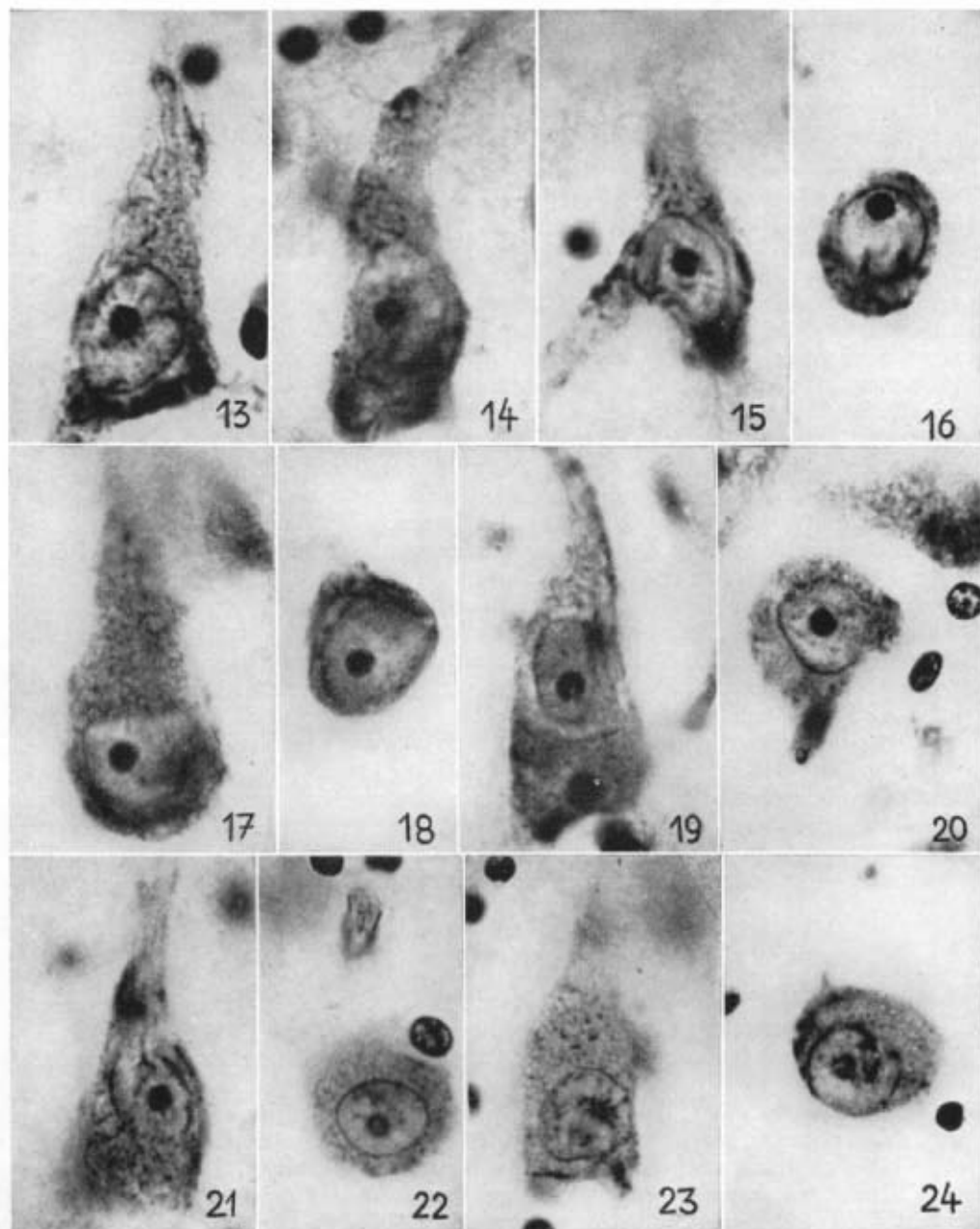


Abb. 13—24. Die Zellarten des **Api**. Involution. Abb. 13—16: 24jgr. Abb. 17 u. 18: 40jgr. Abb. 19 u. 20: 58jgr. Abb. 21 u. 22: 86jgr. Abb. 23 u. 24: 100jge. mPh. 23155; 23146; 23247; 23255; 23540; 23543; 23624; 23638; 23745; 23734; 23812; 23815.

reichlich Chromatin als Membrananlagerung und einzelne Verbindungsmassen zwischen dieser und dem Nucleolus.

Diese Zellart weist nun darüber hinaus noch eine topische Variante auf, die vorwiegend in caudalen Abschnitten des **Api**-Kopfes vorkommt und die darin besteht, daß das Zellbild von drei bizarr auseinanderstrebenden, starken Dendriten bestimmt ist (Abb. 15). Da die Innenstruktur dieser Zellen mit den weniger verformten übereinstimmt und auch formale Übergänge vorhanden sind, besteht keine Berechtigung, für diese topische Variante eine besondere Zellart anzunehmen. Überdies stimmen die beiden Zellformen auch im Involutionsverlauf überein.

II. Eine kreisrund bis oval geformte Zelle, die mit der oben beschriebenen Zellart von **Apm**, was Form und Innenstruktur betrifft, identisch ist bis auf einen geringen Unterschied in der Färbbarkeit: die Zellen von **Apm** sind etwas stärker tingiert.

Diese Zellart ist in **Api** sehr viel weniger vertreten als in **Apm** und ist oft schwer von Anschnittformen der großen Zellart zu unterscheiden (Abb. 16, 18, 20, 22, 24).

Die Involutionsveränderungen

I. Die große Zellart enthält bei der 12jährigen noch kein Lipofuscin. Bei dem 24jährigen kommt es nur in wenigen Zellen apical vom Kern zu einer beginnenden Lipofuscineinlagerung (Abb. 13, 14). Bei dem 40jährigen (Abb. 17) ist in allen Zellen feinwabiges Lipofuscin zu finden, das sich vorwiegend zwischen Kern und Spitze, zum Teil bis in die Dendriten hinein, ausbreitet. Seltener ist auch basal vom Kern Lipofuscin zu finden. Das Tigroid erscheint noch nicht vermindert. Bei dem 58jährigen (Abb. 19) kommt es zu einer weiteren starken Zunahme des Lipofuscin, so daß seine Waben nun fast den ganzen Zelleib erfüllen unter deutlicher Abnahme der Nisslsubstanz. Etwas öfter ist jetzt auch eine Verdrängung des Kernes nach apical durch basal sich sammelndes Lipofuscin zu beobachten. Auffallend häufig kommt es zu einer Chromatinanreicherung des Kernes. Bei dem 86jährigen (Abb. 21) erfolgt eine weitere Zunahme des Lipofuscin, so daß der Kern nun häufig an die Basis bzw. an die Seitenwand gedrängt erscheint und die Zelle durch sackartige Blähung deformiert ist. Bei der 100jährigen (Abb. 23) kommt es zu einem weiteren Vorherrschen des Lipofuscin bei Reduktion des Tigroids auf spärliche Reste, die sich vorwiegend in Kernnähe halten. Der Kern selbst ist chromatinreicher, seine Membran ist hyperchromatisch, während der Nucleolus abgeblaßt ist und die Randkörperchen stärker hervortreten. Die Deformierung der Zellart macht weitere Fortschritte, so daß kaum noch typisch geformte Vertreter zu finden sind. Die Involution erreicht hiermit noch größere Grade als bei der Pyramidenzelle von **Apm**.

II. Auch in der Involution verhält sich die Rundzelle des **Api** gleichartig mit der des **Apm**. Während bei der 12jährigen noch kein Lipofuscin nachweisbar ist, kommt es bei dem 24jährigen (Abb. 16) zu den ersten Anfängen einer solchen Einlagerung und bei dem 40jährigen (Abb. 18) zu einem stärkeren Fortschreiten. Im weiteren Verlauf führt die Involution gleichzeitig mit der die Zelle zunehmend erfüllenden Lipofuscinausbreitung zu einem Aufbrauch des Tigroids (Abb. 20 u. 22) und schließlich bei der 100jährigen (Abb. 24) zur Zelldeformierung und den oben beschriebenen Kernveränderungen.

Amygdaleum profundum laterale

Auch bei **Api** halten wir uns mit unserer Beschreibung an den magnocellulären Teil des Griseum, der hier den dorsolateralen Abschnitt ausmacht, da in diesem die Zellarten von **Api** besonders gut ausgestaltet sind (Abb. 25—36).

Im ganzen fällt **Api** gegenüber den beiden bisher beschriebenen, eine gewisse Ähnlichkeit verratenden Kernen (**Apm** und **Api**) durch die größere Grazilität seiner Zellen und durch ihre blässere Nisslzeichnung auf. Darüber hinaus weist **Api** im Gegensatz zu den beiden andern Grisea auch einen Reichtum an Trabanzellen im Rahmen

einer allgemeinen Zunahme der Oligodendroglia auf, die weitgehend durch den Durchzug von Faserzügen erklärt werden kann. Diese adventitiellen Fasern und damit die Gliazellen sind im oralen Bereich des *Amygdaleum profundum* am stärksten vertreten.

An Nervenzellarten konnten wiederum *zwei* ausgegliedert werden.

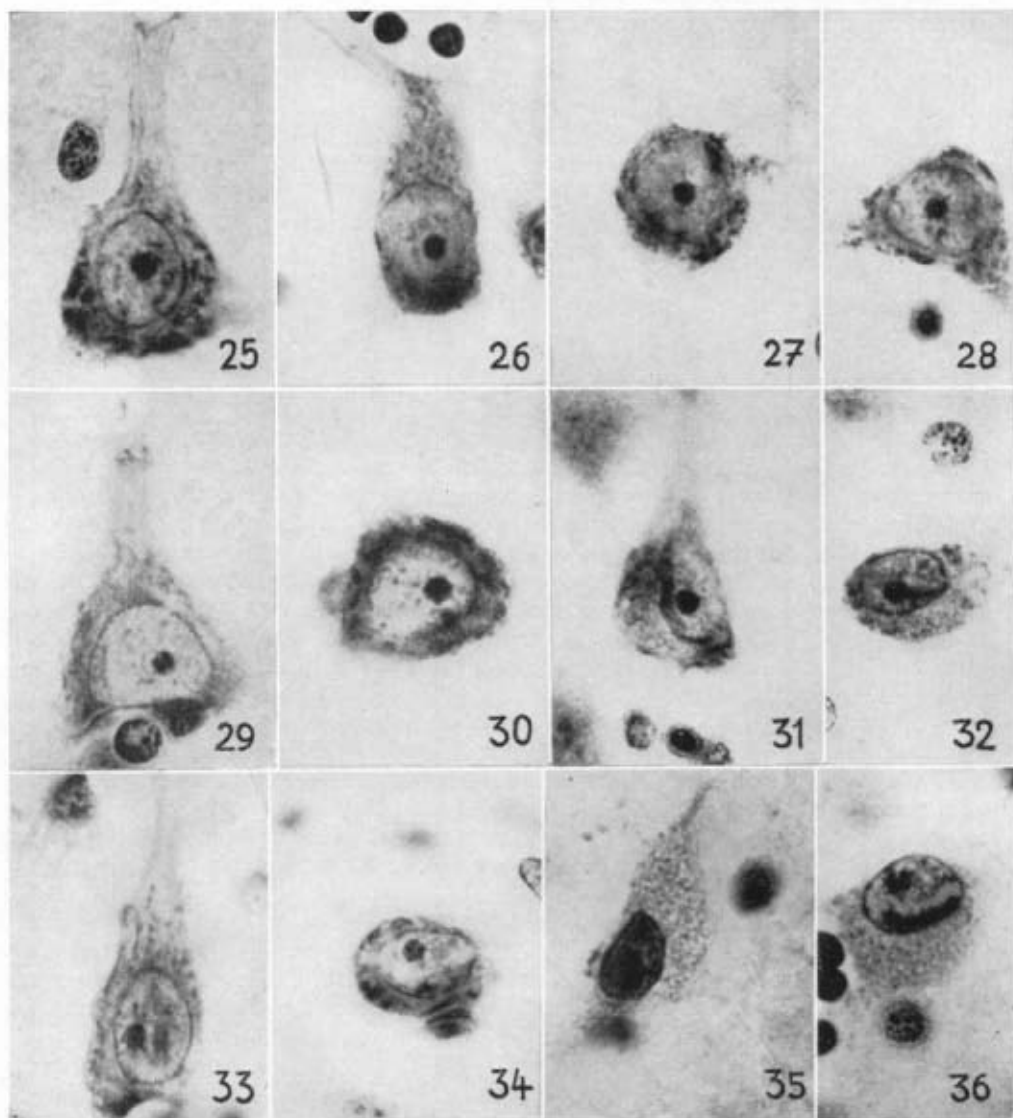


Abb. 25—36. Die Zellarten des **Apl.** Involution. Abb. 25—28: 24jgr. Abb. 29 u. 30: 40 jgr. Abb. 31 u. 32: 58 jgr. Abb. 33 u. 34: 86jgr. Abb. 35 u. 36: 100jge. mPh. 23384; 23400; 23406; 23405; 23570; 23568; 23615; 23607; 23665; 23669; 23830; 23817.

I. Eine mittelgroße, grazile Pyramidenzelle (Abb. 25) mit nicht sehr starkem Spitzendendrit, der häufig die Neigung zur Dichotomie zeigt, wobei in der zarten Dendritengabel oft ein oder mehrere Gliakerne zu finden sind (Abb. 26). Die Pyramidenzellen der beiden anderen dorsalen Grisea zeigen demgegenüber viel seltener die Neigung zur Dichotomie ihres Spitzendendriten. Aber auch in der Innenstruktur unter-

scheidet sich die Pyramidenzellart des **Apl** grundlegend. Das Cytoplasma ist lockerer, wabig gefügt. Die Nisslsubstanz ist noch feiner strukturiert. Das von ihr gebildete Netzwerk ist schwächer tingiert, und es kommt nur zu geringen Verdichtungen an der Zellbasis. Der etwas tingierte Zellkern ist von einer feingezeichneten, sich gut abhebenden Membran umgeben. Der Nucleolus ist relativ klein, Vakuole und Randkörperchen sind unauffällig.

II. Eine rundlich bis oval geformte Zelle, die ebenfalls meist etwas kleiner ist als die entsprechenden Rundzellen von **Apl** und **Api**, abgesehen von der zarteren Innenstruktur. Dagegen entspricht die Innenstruktur weitgehend derjenigen der eben beschriebenen Pyramidenzelle des gleichen Kerns: locker wabig gefügtes Cytoplasma, sehr fein strukturiertes Nisslnetzwerk, das in der Peripherie der Zelle etwas stärker zu scholligen Verdichtungen neigt. Der etwas tingierte Kern ist von einer gut gezeichneten Membran umgeben, der Nucleolus wieder relativ klein mit mehreren Randkörperchen (Abb. 27).

Bei solch weitgehender Ähnlichkeit der Innenstruktur lassen sich Anschnittformen der Pyramidenzellen nicht mit Sicherheit ausschließen.

In Abb. 28 ist im Gegensatz dazu noch eine häufig vorkommende Dreieckform wiedergegeben, bei der es sich mit *Bestimmtheit* um einen Schrägschnitt der Pyramidenzelle handelt, wobei die beiden starken basalen Dendriten mitgetroffen sind.

Die Involutionsveränderungen

I. Die Pyramidenzelle der 12jährigen enthält ebenso wie die des 24jährigen (Abb. 25, 26) noch kein Lipofuscin. Erst bei dem 40jährigen (Abb. 26) kommt es zu einer geringen Einlagerung von Lipofuscin vorwiegend apical vom Kern ohne Abnahme der Nisslsubstanz. Auch bei dem 58jährigen (Abb. 31) nimmt die Lipofuscineinlagerung noch keinen stärkeren Grad an. Es ist jedoch nun ein Verlust an Tigroid zu verzeichnen. Bei dem 86jährigen (Abb. 33) führt die zunehmende Lipofuscineinlagerung dazu, daß der Kern häufig an die Basis oder an die Seitenwand gedrängt wird. Es kommt jedoch noch zu keiner Verformung der Zelle. Auch sind noch immer einzelne Zellen mit geringem Lipofuscingehalt zu beobachten. Bei der 100jährigen erst (Abb. 35) wird das gleiche Verfettungsstadium wie bei den Pyramidenzellen der anderen beiden Grisea erreicht, so daß nun die Zelle ganz mit Lipofuscinwabern erfüllt und im ganzen verformt ist und kaum noch Spuren von Tigroid nachgewiesen werden können. Der Kern befindet sich im Übergang zur Pyknose.

II. Die Rundzelle der 12jährigen enthält ebenso wie die des 24jährigen (Abb. 27) noch kein Lipofuscin. Erst bei dem 40jährigen (Abb. 30) beginnt die noch geringgradige Einlagerung desselben in Kernnähe, ohne daß schon ein Verlust an Nisslsubstanz einträte. Auch bei dem 58jährigen (Abb. 32) ist die Lipofuscineinlagerung noch nicht beträchtlich, zugleich kommt es jedoch zu einem Verlust an Tigroid. Bei dem 86jährigen (Abb. 34) führt die weiter zunehmende Lipofuscineinlagerung dazu, daß der Kern häufig an die Zellwand gedrängt wird, ohne daß diese jedoch verformt wird. Bei der 100jährigen wird dann ebenfalls wie bei der Pyramidenzelle des gleichen Griseum erst der Verfettungsgrad der Zellarten von **Apm** und **Api** erreicht, so daß nun die ganze Zelle mit Lipofuscin erfüllt ist und kaum noch Spuren von Tigroid nachzuweisen sind. Zugleich ist es wieder zu einer Zunahme der Chromatinstruktur des Kernes gekommen. Der Nucleolus ist so stark abgeblaßt, daß eine Vakuole nicht mehr sicher zu erkennen ist, während sich winzige Randkörperchen abheben.

Apl zeigt nun über die beschriebene Zellgliederung hinaus noch eine bemerkenswerte örtliche Veränderung, auf die schon Brockhaus aufmerksam gemacht hat. Es handelt sich hierbei nicht um eine Variation nur einer Zellart, sondern aller Zellen eines bestimmten Bereiches. Für diese Erscheinung prägten C. und O. Vogt bei der Hirnrinde den Begriff der „topischen Differenz“ im Gegensatz zu den topistischen Veränderungen, die die cytoarchitektonische Gliederung ausmachen. Bei der Hirnrinde

sind es die allen Arealen gemeinsamen, gleichsinnigen Veränderungen in Abhängigkeit von ihrer Lage zur Furche.

Die topische Differenzierung des **Apl** tritt am ventrolateralen Rande desselben und insbesondere in Ventrikelnähe auf. Sie besteht darin, daß sämtliche Zellen dieses Bereiches eine stärkere Tingierung insbesondere ihrer Ränder erfahren, was Hand in Hand mit einer stärkeren Zeichnung der dünnen Dendriten geht, die weithin sichtbar werden und stellenweise in der Grundsubstanz ein zartes Flechtwerk bilden. Die Zellen erfahren dabei im Gegensatz zu den beiden das Griseum bildenden, beschriebenen

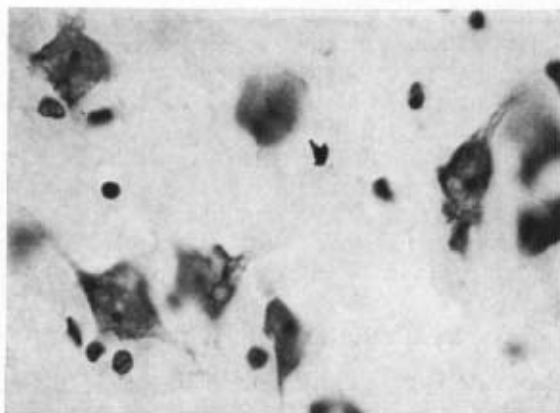


Abb. 37. Topische Differenz des **Apl**.
Örtlich abgewandelte Nervenzellen. 24jgr. Vergr. 500 : 1. mPh. 23468.

Zellarten (Pyramidenzelle und Rund- bzw. Dreieckszelle) eine Verformung ins Polygonale, die durch die Entwicklung weiterer Dendriten bedingt erscheint (Abb. 37).

Der Begriff der topischen Differenz ist hier insbesondere deswegen anwendbar, weil der ventrale Kern des *Amygdaleum profundum* (**Apv**) in seinem lateralen Abschnitt, also im gleichen ventrikelnahen Bereich (vgl. Abb. 1), wie wir noch sehen werden, eine ähnliche Variation aufweist.

Amygdaleum profundum ventrale

Wir kommen nun zu der Beschreibung des letzten, ventral gelagerten Griseum (**Apv**) des *Amygdaleum profundum*, das gegenüber den drei dorsalen Grisea einen ganz anderen eigengearteten Charakter besitzt. Als erstes wenden wir uns seinem medialen größeren Abschnitt zu, der von Brockhaus noch in zwei ventrale und ein dorsales Subgriseum untergliedert wurde. Das dorsale Subgriseum (**Apvpy**) soll, wie in der Diskussion begründet werden wird, hier außer acht bleiben. Die beiden ventralen Subgrisea, das orale *Amygdaleum profundum ventrale supergranulare* (**Apvsgr**) und das caudale in dieses übergehende *Am. prof. ventr. granulare* (**Apvgr**) unterscheiden sich cytologisch nicht grundlegend voneinander und können daher gemeinsam besprochen werden.

Wie schon aus dem Attribut *granulare* hervorgeht, handelt es sich um ein kleinzelliges Griseum. Es besteht aus einer einzigen wenig differenzierten Zellart, die jedoch insbesondere durch ihre Lagerungsform in hohem Maße auffällig ist: die Zellen sind sehr häufig, stellenweise vorherrschend, im Verband gelagert, d. h. sie bilden kleine Konglomerate von zwei, drei und mehr Zellen, bei denen die Zelleibgrenzen auch bei stärkster Vergrößerung nicht immer gefunden werden können, so daß zum Teil scheinbar mehrkernige Gebilde vorliegen. Diese Konglomeratbildung ist im

oralen Abschnitt (**Apvsg**r) am stärksten verbreitet, findet sich jedoch auch im caudalen Abschnitt (**Apvgr**). Abb. 38 zeigt einige typische Beispiele dieser Konglomeratbildungen. Nun zur Beschreibung der Einzelzelle:

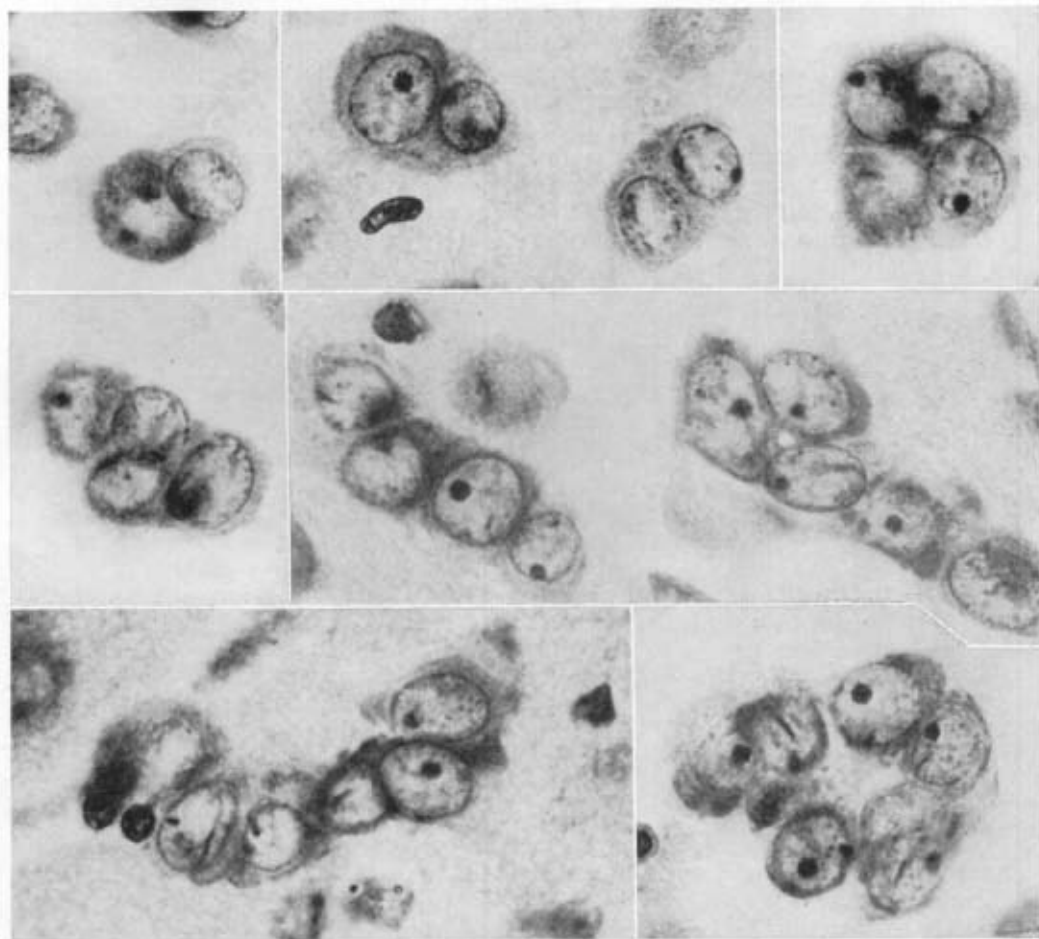


Abb. 38. Zellkonglomerate des **Apv**. 53jgr. u. 40jgr. mPh. 23352; 23351; 23349; 23565; 23374; 23567; 23353; 23345.

Eine etwa eiförmige kleine Zelle mit sehr locker wabig strukturiertem, unscharf begrenztem Plasmaleib, der den hellen Kern in einem schmalen Saum umgibt. Vereinzelte etwas größere Zellelemente lassen zwei bis drei Dendritenansätze erkennen und nehmen eine sehr unscharf begrenzte Dreiecks- oder Pyramidengestalt an. Die Nisslsubstanz bildet ein aus sehr feinen Körnchen bestehendes lockeres Netzwerk, wobei die vereinzelteren größeren Zellen etwas dunkler tingiert sind, trotz allem jedoch in der Tingierung gegenüber den dorsalen Grisea stark zurückbleiben.

Der Kern besitzt eine zarte Chromatinstruktur, die Membran hebt sich deutlich vom Cytoplasma ab. Häufig findet man körnig strukturierte „Kernfalten“. Der dunkle, mittelgroße Nucleolus hat eine winzige Vakuole und relativ große, dunkle Randkörperchen. Der Nucleolus liegt regelmäßig exzentrisch, häufig randständig. Nur bei den etwas größeren Zellelementen liegt er zentral.

Die Involutionsveränderungen

Die 12jährige, der 24jährige und 40jährige zeigen in den Zellen von **Apv** nicht das geringste Lipofuscin. Beim 58jährigen beginnen erst die wenigen größeren Zellen mit der Einlagerung von etwas Lipofuscin. Die Kleinzellen und Konglomerate sind noch vollständig frei. Bei dem 86jährigen kommt es auch in diesen zu einer schwachen Einlagerung von Lipofuscin, während zugleich das Plasmagefüge lockerer und fetziger wird. Auch der Kern erleidet Veränderungen: er wird merklich kleiner, der Kernsaft stärker tingiert, der Nucleolus blasser und die Randkörperchen treten stärker hervor. Diese Involutionsveränderungen haben zur Folge, daß die Zellen der Konglomerate ihren Plasmazusammenhang verlieren und auseinanderweichen, so daß die früheren Konglomeratbildungen nur noch an den Gruppierungen der Zellen zu erkennen sind (**Abb. 39 u. 40**). Bei der 100jährigen ist kein weiteres Fortschreiten der Involutionsveränderungen zu verzeichnen; Zelleib und Kern bieten das gleiche Bild (**Abb. 41 u. 42**).

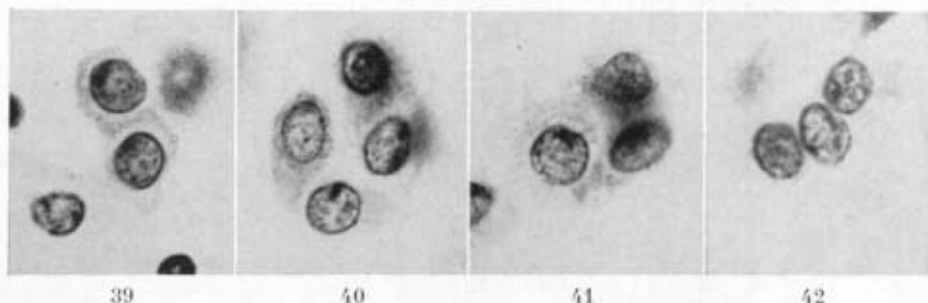


Abb. 39—42. Involution der Zellkonglomerate des **Apv**. Abb. 39 u. 40: 86jgr. Abb. 41 u. 42: 100 jge. mPh. 23702; 23699; 23777; 23796.

Um den bei **Apv** sehr späten Zeitpunkt dieser stärkeren Involutionsveränderungen genauer zu erfassen, wurden zur Kontrolle noch drei Gehirne von im Alter von 71 Jahren (El 10), 74 Jahren (El 11) und 84 Jahren (El 3) Gestorbenen herangezogen. Sie zeigten alle drei schon die gleiche, relativ leichte Lipofuscineinlagerung der obigen Befunde. Dagegen ist die Auflockerung des Plasmas und die Schrumpfung des Kernes noch nicht überall in dem Maße eingetreten. Diese Veränderungen sind bei dem 74jährigen am schwächsten, bei dem 84jährigen etwas stärker und bei dem 71jährigen noch etwas stärker ausgeprägt. Ihr Eintritt dürfte danach an das 8. Lebensjahrzehnt gebunden sein.

Eine cytoarchitektonische Besonderheit von **Apv**, wie sie schon von Brockhaus beobachtet wurde, ist noch festzuhalten. Es handelt sich um seine Neigung zur Inselbildung. Diese Inseln treten erstens in Form von haufenförmigen, dichteren Zelllagerungen mit vermehrten Zellkonglomeraten und verstärkter Anfärbung der Grundsubstanz vereinzelt innerhalb des oralen Abschnittes des **Apv** selbst auf. Außerdem häufen sie sich am vorderen Pol des *Amygdaleum profundum* als selbständige Inseln. Sie säumen hier das diesen Pol bildende **Apl**. Kleinere solcher Inseln — jeweils aus einigen Zellen und einigen kleineren Konglomeraten zusammengesetzt — kommen in den tiefen Schichten der praeamygdalären Rinde (*Claustrocortex praeamygdaleus* nach Brockhaus) vor, und zwar insbesondere in **PrAm**, einem an den *Sulcus annularis* grenzenden Feld, das **Apv** benachbart ist. Sie haben häufig noch ein sehr prägnantes Merkmal: sie sind mit einer Anzahl besonders kerndichter, an Oligodendroglia erinnernder nackter Kerne¹⁾ wie überstreut. Eine starke Häufung solcher dunkel gefärbter Kerne besteht nun auch an der ventralen Grenze von **Apv** längs der Verklebung des Ventrikependyms (**Abb. 43**). Stellenweise kommen an dieser

¹⁾ Das Problem dieser gliaähnlichen Zellelemente wird in einer im nächsten Heft des J. f. Hirnforschung erscheinenden Mitteilung behandelt.

Grenze auch derartige Haufen nackter Kerne vor, ohne daß Spuren einer Verklebung noch vorhanden wären. Abb. 44 zeigt einen solchen in die *Hippocampusformation* reichend.

Wir haben nun noch den lateralen Abschnitt von **Apv** zu beschreiben, der vollständig in größere Inseln und Stränge aufgeteilt ist und daher die Bezeichnung **Apv**



Abb. 43. Saum gliaähnlicher Kerne längs der Ventrikelverklebung an der Basis des **Apv**. CA = Ammonshorn, E = Ependym- 24jgr. Vergr. 200 : 1. Ph. 34768.

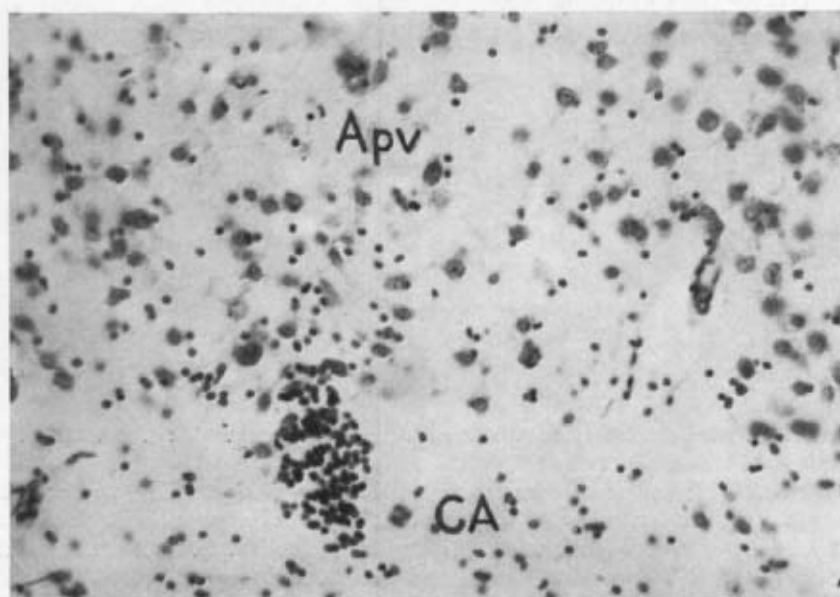


Abb. 44. Haufen gliaähnlicher Kerne an der Basis des **Apv**, in die Hippocampus-Formation (CA) reichend. 24jgr. 200 : 1. Ph. 34765.

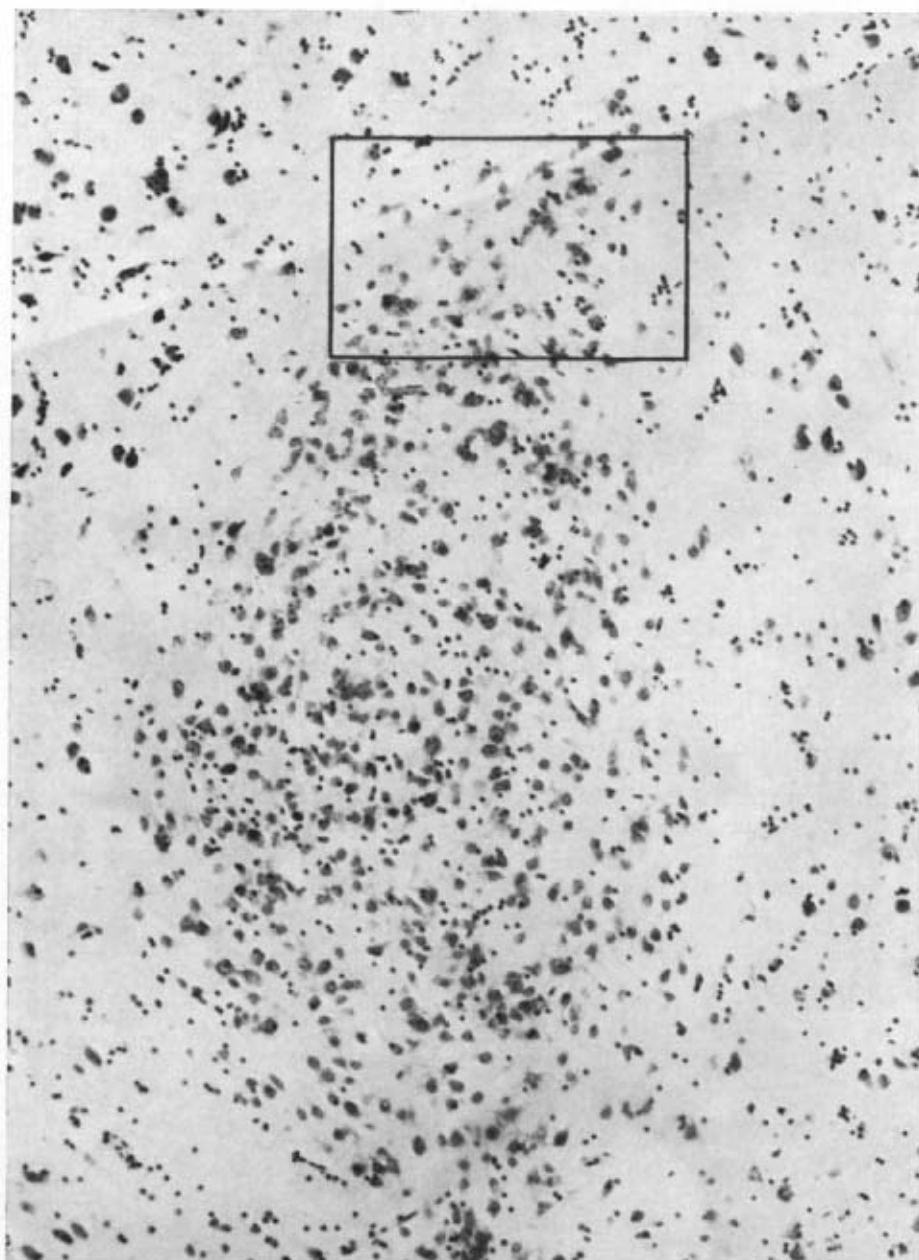


Abb. 45. Insel des lateralen Abschnittes des *Apv*. Vergr. 150 : 1. Ph. 35 059.

glomerulare von Brockhaus erhalten hat. Die größte, regelmäßig wiederkehrende dieser Inseln taucht ventral schalenförmig in den Ventrikel ein und ist dorsal durch eine Marklamelle von der Basis von *Apl* getrennt (vgl. Abb. 1). Größere Inseln findet man weiter lateral in dorsaler Richtung in *Apl* hineinragend (Abb. 45), und am häufigsten sind kleinere Inseln am ventrolateralen Rand von *Apl* längs des Ventrikels. Die Ausbreitung von *Apv* *glomerulare* deckt sich also im wesentlichen mit dem Bereich, wo in *Apl* die oben beschriebene topische Differenzierung dieses Griseum auftritt.

Die ganz ähnlichen Veränderungen, die **Apv** in diesem Glomerular-Abschnitt erfährt, seien anhand einer Insel (Abb. 45) nun beschrieben:

Die Insel besitzt als Ganzes eine stärker angefärbte, blaßrosaviolette Grundsubstanz, durch die sie sich von dem zellarmen Markfaserring, der sie umgibt, deutlich abhebt. Diese Grundsubstanz ist, wie wir es von der topischen Differenz des **Apl** her kennen, mit einem zarten Dendritengeflecht durchsetzt. Wie überhaupt die Zellen insbesondere in den Außenbezirken eine sehr deutliche, eigentümlich faserige Zeichnung ihrer Dendriten besitzen. Nur im mittleren Bereich der Inseln finden sich noch einzelne Konglomeratbildungen, ganz wie im medialen Abschnitt des **Apv**. Im übrigen finden wir neben Einzelzellen von der Größe und Struktur der oben beschriebenen eiförmigen noch etwas größere Elemente bei gleicher Kern- und etwas dunklerer, feinerer Nisslstruktur, die durch ihre gut gezeichneten Dendriten ein vielgestaltiges Bild von Spindel-, Dreiecks- bis zu polygonalen Zellen annehmen. Bemerkenswert ist noch, daß ebenso wie im medialen Abschnitt des **Apv** nur die kleineren Zellen den Nucleolus exzentrisch im Kern gelagert haben. Die besonders ausgeprägte, eigentümlich faserige Dendritenzeichnung der Zellen in den Insel-Außenbezirken ist in dem die Spitze der beschriebenen Insel wiedergebenden Ausschnitt (Abb. 46) dargestellt.

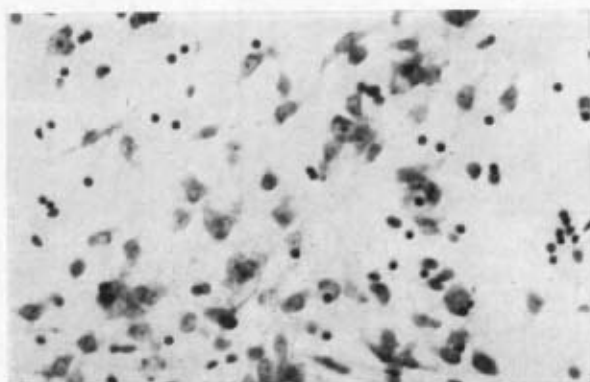


Abb. 46. Ausschnitt aus Abb. 45. Vergr. 250 : 1. Ph. 34800.

Abb. 47 gibt nun noch eine der häufigen kleineren Inseln zwischen Ventrikel-ependym und ventrolateralem Rand von **Apl** wieder. Es läßt sich erkennen, daß die hier noch etwas stärkere Nisslzeichnung von Zelle und Dendriten zu ähnlichen Zellbildern wie bei der topischen Differenzierung von **Apl** (vgl. Abb. 37) führt. Darüber hinaus zeigt diese Insel wieder die im medialen Abschnitt von **Apv** beschriebene Erscheinung der Ausstreuung dunkler gliaähnlicher Kerne. Sie ist bei diesen kleineren lateralen, ventrikelnahen Inseln besonders häufig zu beobachten.

Die cytologische Gliederung der einzelnen Grisea des *Amygdaleum profundum* ist nun noch dahingehend zu ergänzen, daß zwei Zellarten allen vier Grisea gemeinsam sind. Es handelt sich erstens um die etwa eiförmige kleine **Apv**-Zellenart mit ihrer zarten Nisslzeichnung, die in geringer Häufigkeit auch in den drei dorsalen Grisea vertreten ist und dort keinerlei Variationen ihres Typus zeigt.

Die zweite allen vier Grisea gemeinsame Zellart, eine sehr langgestreckte Zelle, ist noch etwas seltener vertreten, so daß in einem Schnittpräparat des *Amygdaleum* jeweils nur wenige Exemplare aufgefunden werden können. Sie fällt als einzige *stichochrome* Zelle des Mandelkerns jedoch völlig aus dem Rahmen und ist daher trotz ihrer Seltenheit und der selten idealen Lage der langgestreckten Zelle zur Bildebene relativ gut auffindbar. Es handelt sich um eine schmale, sehr langgestreckte Zelle, deren eine Ausprägung eine schmale Basis besitzt, aus deren Ecken je ein dünner

Dendrit hornartig gebogen entspringt, während der Spitzendendrit sich ganz allmählich verjüngt und daher weit sichtbar ist und sich häufig dichotom aufspaltet (Abb. 49, 50, 52). In einer andern Ausprägung kommt die Zelle als reine, sehr langgestreckte Spindelzelle vor, die ebenfalls zur Dichotomie neigt (Abb. 48, 51). Die

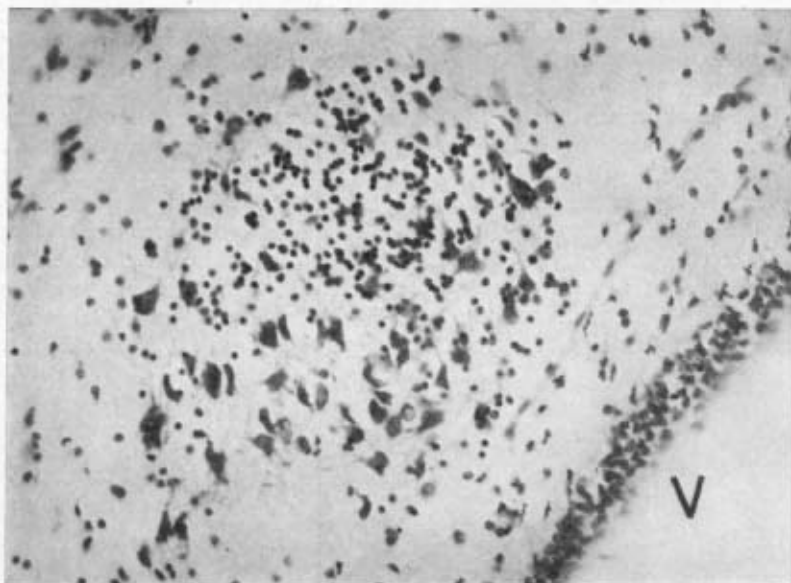
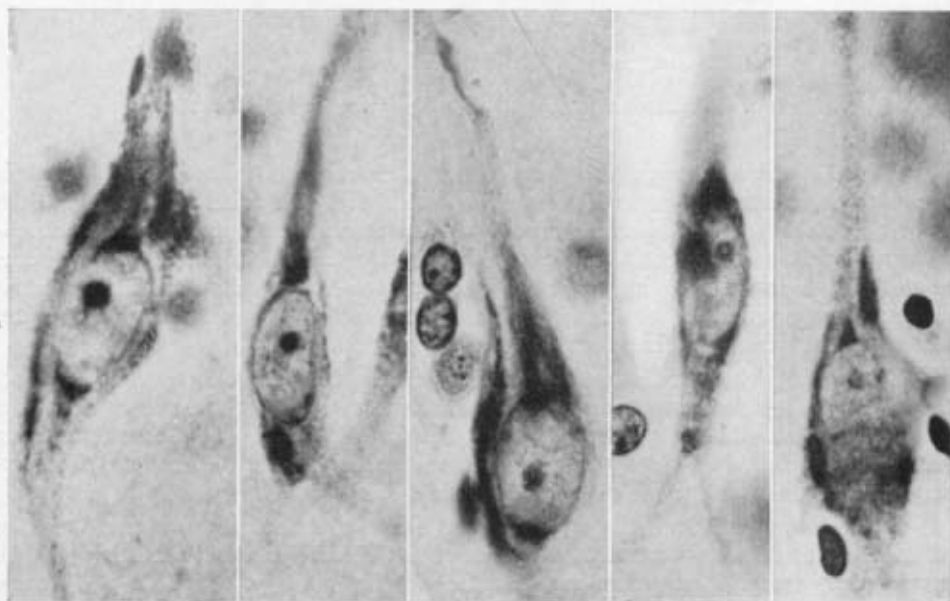


Abb. 47. Anhäufung gliaähnlicher Kerne in einer Insel des lateralen Abschnittes von Apv. V = Ventrikel. 24jgr. Vergr. 200 : 1. mPh. 24 101.



48

49

50

51

52

Abb. 48—52. Langgestreckte stichochrome Zellart des *Amygdaleum profundum*. 24—100jge. mPh. 23382; 23309; 23591; 23684; 23675.

Nisslsubstanz bildet lange dunkle Streifen, die zu dem sehr hellen Cytoplasma kontrastieren. Der lichte große Kern hat eine feingezeichnete Kernmembran und ist von Polkappen besetzt, wobei die Spindelzelle zwei Polkappen besitzt, während die andere Zellausprägung eine Polkappe nur an der der Zellspitze zugewandten Seite des Kernes besitzt. Der Nucleolus ist mittelgroß und dunkel.

Gegen die Involution erweist sich diese Zellart als äußerst resistent. Die Zellen des 40jährigen (Abb. 50), 58jährigen (Abb. 51) und 86jährigen sind noch vollständig frei von Lipofuscin, und auch die Nisslsubstanz ist in keiner Weise beeinträchtigt. Selbst bei der 100jährigen (Abb. 52) zeigt diese Zellart nur eine mäßige Lipofuscineinlagerung im basalen Bereich bei gut erhaltener Nisslstruktur.

Besprechung

Die Ausgliederung der Nervenzellarten und das genaue Erschließen von deren Involution, das mit stärksten Vergrößerungen erarbeitet wird, kann tiefere histologische Einblicke vermitteln und so bisherige cytoarchitektonische Ergebnisse ergänzen und neue Gesichtspunkte eröffnen.

Bei der Ausgliederung von Zellarten stehen zunächst nur morphologische Gesichtspunkte zur Verfügung. Dabei ist neben der Außenform der Zelle besonders auf ihre Innenstruktur zu achten, da sie sich als zuverlässigerer Merkmalskomplex erwiesen hat. Bei der Außenform müssen Größen-, aber auch Gestalt-Variationen in die Art einbezogen werden, wenn Übergangsformen zu finden sind und auch kein Unterschied der Formvarianten in bezug auf die Involution besteht.

Bei den Variationen der Außenform ist entsprechend den alten histologischen Erfahrungen immer wieder darauf zu achten, daß man nicht durch die durch Anschnitt der relativ zur Schnittdicke großen Nervenzellen häufig erzeugten Schnittbildergetäuscht wird¹⁾. Im Gegensatz zur Hirnrinde haben wir es bei unsern Untersuchungen bekanntlich nicht mit gewissermaßen in Reih und Glied ausgerichteten Zellelementen zu tun, sondern ihre Richtung im Raum ist vielfältig, wie es sich uns wiederum für alle gefundenen Zellarten ergab. Für die Kontrolle der Gesamtform einer Zellart findet man jedoch stets auch günstig zur Schnittebene gelagerte Elemente, d. h. solche, deren gedachte Längsachse zu dieser parallel verläuft, deren Raumgestalt man im Spiel der Mikrometerschraube genau erfassen und damit sichern kann. Was das Problem rundlicher Zellformen in unserem Fall betrifft, so ist festzustellen, daß von Zellgebilden, die einen Durchmesser von der Schnittdicke des Präparates haben oder annähernd erreichen, wie es für unsere Rundformen der Fall ist — die größeren von ihnen haben einen Durchmesser von 20μ = Schnittdicke — überhaupt nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, ob sie nicht Anschnitte größerer Zellen sind. Auch der Vergleich mit Sagittal- und Horizontalschnitten hilft nicht mit Sicherheit weiter. Nur mit Hilfe von Siberimprägnations-Methoden könnte hier eine sichere Klärung erreicht werden.

Die bei den bisherigen cytoarchitektonischen Untersuchungen gefundene Ähnlichkeit von **Apm** mit **Api** konnte durch unsere Untersuchungen genau be-

¹⁾ Die ganze Problematik ist durch W. Wünscher in einer Arbeit dieses Institutes kürzlich ausführlich behandelt worden (8).

gründet und damit bestätigt werden. Beide Grisea setzen sich — abgesehen von den zwei seltenen Zellarten, die allen vier Grisea des *Amygdaleum profundum* gemeinsam sind — aus je zwei Zellarten, einer größeren und einer kleineren, zusammen, deren Innenstruktur sich wenig unterscheidet; ja die Rundzellenart von **Apm** ist mit der von **Api** identisch. In **Api** tritt jedoch im Gegensatz zu **Apm** die Rundzellenart gegenüber der großen Pyramiden- bzw. polygonalen Zelle an Zahl noch stärker zurück. Diese große **Api**-Zellart erreicht bei gleichem Zeitpunkt des Beginns der Lipofuscineinlagerung — beim 24jährigen — wie die Pyramidenzellart von **Apm** gegenüber dieser den höheren Grad der involutionsbedingten Deformierung bei dem 86jährigen und der 100jährigen.

Wohl ist auch **Api** aus einer Pyramiden- und einer Rundzellenart zusammengesetzt. Diese Zellelemente unterscheiden sich jedoch sowohl durch die Grazilität ihrer Gesamtform als auch durch die viel zartere Innenstruktur auffällig von den Zellarten der beiden anderen dorsalen Grisea. Und hier bewährt sich wieder die lebensgeschichtliche Betrachtungsweise von C. und O. Vogt, denn beide, in ihrer Innenstruktur so verwandten Zellarten von **Api** haben einen gleichartigen und gegenüber den Zellarten von **Api** und **Apm** verzögerten Involutionsverlauf. Die Lipofuscineinlagerung beginnt hier deutlich verspätet erst beim 40jährigen, schreitet auch beim 58jährigen nur wenig fort, um erst beim 86jährigen etwas stärkere Grade zu erreichen. Aber erst bei der 100jährigen werden gleiche Bilder der Lipofuscininvolution wie in **Apm** und **Api** erreicht. Als weiteres Merkmal besitzt **Api** noch einen besonderen Reichtum an Trabanzellen, der durch die Stärke adventitieller Faserung erklärt werden kann.

Trotz dieser Unterschiede in Zellartung und Involution wahren die drei dorsalen Grisea im ganzen jedoch eine gewisse Verwandtschaft des histologischen Aufbaues, wenn wir sie dem ganz anders gearteten, ventralen Grau (**Apv**) gegenüberstellen. Das *Amygdaleum profundum ventrale* ist ein ausgesprochen klein- und dichtzelliges Grau, dessen Einförmigkeit der Zellartung aber durch eine auffallende Besonderheit der Zellagerung aufgewogen wird. Es handelt sich um das häufige Persistieren im Zellverband der kleinen, annähernd eiförmigen, wenig differenzierten Zellen, die Konglomerate von zwei, drei und mehr Zellen bilden, die zum Teil wie mehrkernige Gebilde anmuten, da auch bei stärkster Vergrößerung Zellgrenzen oftmals nicht festzustellen sind (vgl. Abb. 38).

Auch in seiner Involution fällt dieses Griseum aus dem Rahmen, da seine Zellen erst sehr verspätet — bei dem 86jährigen — mit der Lipofuscineinlagerung beginnen und die Pigmentinvolution bei ihnen auch bei der 100jährigen nicht annähernd den Grad der dorsalen Grisea erreicht.

Auffallend ist noch die regelmäßige Exzentrizität der Nucleoli dieser **Apv**-Kleinzellen gegenüber der zentralen Lage in den etwas größeren hier vorkommenden Zellelementen sonst gleicher Zellstruktur, ohne daß heute schon funktionelle Rückschlüsse aus dieser Besonderheit gezogen werden können.

Brockhaus hat nun im medialen Abschnitt des **Apv** noch einen dorsalen, etwas größerzelligen Streifen als **Apvpy** abgetrennt, der dorsal an das wiederum etwas größerzellige, mediocelluläre Subgriseum des **Apm** stößt, das dorsal von

dem magnocellulären Subgriseum des **Apm** abgelöst wird. Wir erkennen also hier eine von ventral nach dorsal fortschreitende Steigerung der Zellgröße und nicht nur das, es kommt darüber hinaus noch zu einer gleichgerichteten Abnahme der Zelldichte und einer gleichzeitigen Zunahme der Nisslzeichnung. Das gleiche gilt jedoch auch für **Api** u. **ApI** mit ihren Subgrisea. Auch hier besteht ein gleichsinniges Gefälle in bezug auf Zellgröße, -dichte und Färbbarkeit. Nur daß an die Stelle des **Apvpy** in **Api** und **ApI** in der Brockhausschen Untergliederung je ein eigenes parvocelluläres Subgriseum tritt. Auf die cytologische Verwandtschaft dieser drei kleinzelligen Subgrisea soll im Rahmen der nächsten Mitteilung eingegangen werden.

Die Eigenart des auf dem Ventrikel bzw. seiner Verklebung, also dem Ort der alten, zugehörigen Matrix aufsitzenden ventralen Kerns mit seinen persistierenden Zellkonglomeraten läßt in diesem Gefälle ein Entwicklungs- bzw. Differenzierungsgefälle erkennen, wie es in dieser Spannweite am erwachsenen Gehirn sonst nirgends zu finden ist. Dieses Phänomen soll daher Gegenstand einer besonderen Untersuchung und Mitteilung sein.

Es bleibt noch die im ventrolateralen Grenzbereich des *Amygdaleum profundum* in Ventrikelnähe zu beobachtende Variation des ventralen (**Apv**) und des ventrolateralen (**ApI**) Griseum zu besprechen. Wir möchten hierfür den von C. und O. Vogt geprägten Begriff der „topischen Differenz“ zur Anwendung bringen. Handelt es sich doch hier in Form von verstärkter Dendritenentwicklung und Dendritenzeichnung mit stärkerer Färbung der Grundsubstanz um eine gleichsinnige Veränderung, der zwei Grisea im gleichen örtlichen Bereich unterliegen.

Ohne die Einflüsse, die diese topische Differenzierung bewirken, damit genau fixieren zu wollen, liegt die Annahme nahe, daß es sich hierbei um entwicklungsphysiologische Wirkungen handelt, die vom Ventrikel, seinem Ependym oder von der subependymären Glia ausgehen.

Mit dieser Charakterisierung als topische Differenzierung entfällt aber die Abgliederung des lateralen Abschnittes des **Apv** als Subgriseum, d. h. einer topistischen Einheit, wie sie Brockhaus durchgeführt hatte, der den Begriff der topischen Differenzierung nur auf die Veränderungen des **ApI** beschränkt hatte.

Außer den bisher besprochenen Zellarten, die jeweils für ein Griseum charakteristisch waren, konnten noch zwei Nervenzellarten in allen vier Grisea nachgewiesen werden. Es handelt sich erstens um die annähernd eiförmigen Kleinzellen des **Apv**, die auch über die drei dorsalen Grisea, wenn auch in geringer Zahl, verstreut sind. Dazu ist noch zu ergänzen, daß im dorsalen Grenzbereich des *Amygdaleum profundum* verschiedene Stränge und Inseln, die aus ähnlichen Kleinzellen zusammengesetzt sind, regelmäßig vorkommen. Sie sollen noch Gegenstand einer näheren cytologischen Untersuchung werden.

Die zweite Zellart, die in allen vier Grisea vorkommt, ist wohl noch seltener vertreten, zugleich aber ungleich auffallender. Es handelt sich um eine langgestreckte stichochrome Zellart, die in zwei Ausprägungen nachgewiesen werden kann: erstens als Spindelzelle mit zwei Polkappen und zweitens mit einer schmalen Basis mit Eckdendriten und nur einer Polkappe. Diese Zellart kommt

nun interessanterweise etwas häufiger dorsal vom *Amygdaleum profundum* im Bereich des sogenannten *Supraamygdaleum dorsale* bis zum *Nucleus basalis* vor. Ihre Sonderart kommt nun noch darin zum Ausdruck, daß sie sich am frühesten unter allen Zellarten des Mandelkerngebietes ausdifferenziert. Bei einem Föt von 49,8 cm Gesamtlänge (F 79, angeblich Frühgeburt im 8. Monat) ist diese Zellart bereits gut mit Nisslsubstanz ausgestattet wie im gesamten Bereich sonst nur die Zellen des *Nucleus basalis*. Zugleich unterliegt diese Zellart am wenigsten von allen beteiligten Zellarten involutiven Veränderungen. Diese Eigenschaften lassen doch auf eine besonders lebenswichtige Funktion dieser an sich nicht häufig vertretenen Zellart schließen.

O. Vogt danken wir noch die wesentliche Mitteilung, daß beide beschriebenen Zellformen in der Schicht *Vb* des Proisokortex des *Gyrus cinguli* ebenfalls nebeneinander vertreten sind: eine langgestreckte Spindelzelle mit zwei Polkappen und eine ähnlich langgestreckte Zelle mit schmaler Basis mit Eckdendriten und einer Polkappe, dort *Pallisadenzelle* genannt. Die Innenstruktur dieser Zellen ist jedoch nicht die gleiche wie die der unsrigen, so daß wir es nicht mit der gleichen Zellart zu tun haben.

Das Vorkommen der zwei gleichartigen Formausprägungen bei den verschiedenen Zellarten an verschiedenem Ort läßt immerhin auf Entwicklungszusammenhänge zwischen den beiden Formausprägungen schließen, wobei in unserm Fall gefundene, angedeutete vereinzelte Übergangsformen daran denken lassen, daß die Spindelzelle sich aus der schmalbasigen Zelle entwickelt hat.

Zusammenfassung

Der aus drei dorsalen (**Apm**, **Api** u. **Apl**) und einem ventralen, quergelagerten Griseum (**Apv**) bestehende Hauptkomplex des *Amygdaleum profundum* (Brockhaus) wurde einer cytologischen Untersuchung unterzogen.

In den drei dorsalen Grisea wurde je eine große und eine kleinere Zellart ausgegliedert: Pyramiden- bzw. polygonale Form einerseits und Rundzellenform andererseits. Die beiden Grisea **Apm** und **Api** besitzen eine größere cytologische Verwandtschaft ihrer Zellen. Ihre Rundzellen gehören der gleichen Zellart an, wenn auch ein gewisser Unterschied in der Tingierbarkeit zugunsten von **Apm** besteht. Auch die Pyramiden-Zellart von **Apm** ist etwas dunkler tingiert als die große Zellart von **Api**, eine größere Pyramiden- bzw. polygonale Zelle mit sonst gleicher Innenstruktur.

Auch in der Lipofuscininvolution stimmen die Zellen von **Apm** und **Api** weitgehend überein. Schon bei dem 24jährigen findet sich eine leichte Lipofuscineinlagerung, die bei der 100jährigen unter Aufbruch der Nisslsubstanz den ganzen Zelleib erfüllt. Den höchsten Grad der involutionsbedingten Zelldeformierung im 9. und 10. Lebensjahrzehnt erreichen dabei die Pyramiden- bzw. polygonalen Zellen von **Api**.

Von dieser Zellart gibt es im caudalen Bereich von **Api** eine topische Variante mit gleicher Innenstruktur und Involution, deren Form durch drei starke, divergierende Dendriten bestimmt ist.

Das ventrolaterale der drei dorsalen Grisea (**Apl**) besitzt gegenüber den beiden anderen eine viel zartere Nisslzeichnung, auch sind seine Pyramiden- und Rundzellen graziler gebaut und ihre Involution weicht deutlich ab. Sie beginnt erst beim 40jährigen.

Das ventrale Griseum, **Apv**, hat einen ganz anderen Charakter. Es ist aus einer kleinen, wenig differenzierten, etwa eiförmigen Zellart zusammengesetzt, die besonders durch ihre *Lagerung im Verband* auffällig ist. Bei diesen Konglomeraten von zwei, drei und mehr Zellen handelt es sich um ein Persistieren früher Entwicklungsformen in diesem, im Bereich der ehemaligen zugehörigen Matrix gebildeten Griseum. Involutione Veränderungen treten hier erst sehr spät — im 8. Lebensjahrzehnt — in Erscheinung.

Apv ist außerdem durch seine Neigung zur Inselbildung charakterisiert, die in seinem lateralen Abschnitt noch ausgeprägter ist.

In diesem lateralen ventrikelnahen Bereich erleiden beide sich hier begegnenden Kerne **Apv** und **Apl** eine gleichsinnige Variation ihrer Zellen, die als *topische Differenz* (C. und O. Vogt) im Gegensatz zu *topistischen Veränderungen* anzusehen ist. Es wird in Erwägung gezogen, daß entwicklungsphysiologische Einwirkungen, die vom Ventrikel, seinem Ependym oder der subependymären Glia ausgehen, diese topischen Veränderungen bewirken.

Zwei Nervenzellarten wurden in allen vier Grisea angetroffen: 1. Die etwa eiförmige Kleinzelle von **Apv**, die in geringer Zahl auch in den drei dorsalen Grisea vertreten ist.

2. Eine langgestreckte, stichochrome Zellart, die in zwei Formausprägungen als Spindelzelle und als schmalbasige schlanke Zelle vorkommt. Diese seltene Zellart ist dorsal vom *Amygdaleum profundum* bis zum *Nucleus basalis* (Bereich des *Supraamygdaleum dorsale* nach Brockhaus) etwas häufiger vertreten. Ihre Sonderart kommt noch darin zum Ausdruck, daß sie sich als erste der Zellarten des Mandelkerngebietes — beim Föt von 8 Monaten — ausdifferenziert und Involutionsvorgänge erst bei der 100jährigen nachweisbar werden.

Literatur

1. Altschul, R., Über das sogenannte „Alterspigment“ der Nervenzellen. Virch. Arch. **301**, 273—286 (1938).
2. Brockhaus, H., Zur normalen und pathologischen Anatomie des Mandelkerngebietes. J. Psychol. u. Neur. **49**, 1 u. 2, 1938.
3. Foix-Nicolesco, Anatomie cérébrale. Noyaux gris centraux. 1925.
4. Hilpert, P., Der Mandelkern des Menschen. J. Psychol. u. Neur. **36**, 1928.
5. Vogt, C. und O., Morphologische Gestaltungen unter normalen und pathogenen Bedingungen. J. Psychol. u. Neur. **50**, 3—6, 1942.
6. —, Allgemeinere Ergebnisse unserer Hirnforschung. J. Psychol. u. Neur. **25**, Erg.-H. 3, 1920.
7. Wünscher, W., Zum normalen und krankhaften Altern des Gehirns. Psychiatr., Neurol. und med. Psychol. H. 6, 161—174 (1955).
8. — J. f. Hirnforsch. **2**, H. 5 (1956).