

(Aus dem Hirnforschungs-Institut der Psychiatrischen- und Nervenklinik
der Universität Leipzig.)

Über die Angioarchitektonik des Nucleus hypothalamicus*.

Von
Rolf Denkhaus.

Mit 10 Textabbildungen.

(Eingegangen am 25. Juni 1942.)

A. Einleitung und Problemstellung.

So gut wir jetzt durch die *Pfeiferschen* Arbeiten über die Angioarchitektonik der Großhirnrinde orientiert sind⁵⁶⁻⁶⁰, so spärlich sind heute noch die Untersuchungen über die Angioarchitektonik des Hirnstammes. Verdienste darum haben sich in neuester Zeit *Finley*¹⁶, *Fazio*¹²⁻¹⁴ und *Fazzari*¹⁵ erworben. Bei der zunehmenden Bedeutung, die der Nucleus hypothalamicus für das klinische Bild des Hemiballismus gewonnen hat, lag es nahe, die bisher vorliegenden zytoarchitektonischen, myelogenetischen und histopathologischen Untersuchungen durch eine autochthon angioarchitektonische zu ergänzen und zu versuchen, bisher noch ungelöste Fragen zu klären. So schien es nicht ausgeschlossen, auf diesem Wege festzustellen, ob es sich beim Nucleus hypothalamicus um ein motorisches oder vegetatives Organ handelt oder ob es beide Funktionen in sich vereint.

B. Historisches.

Ich stelle der Arbeit einen historischen Abriß voran. Erstmalig erwähnt wird der Nucleus hypothalamicus von *Luys* 1865⁴³. Er beschreibt seine Lage richtig und nennt ihn Bandelette accessoire de l'olive supérieure. Er bringt ihn also in Zusammenhang mit dem Roten Kern (nach *Luys* olive supérieure), dessen Fasern (in der Iconographie 1873^{44, 45} sind es Fasern direkt aus den Bindearmen, die sich nur der lateralen Wand des Roten Kerns anlegen) sich im Nucleus hypothalamicus sammeln, an dessen beiden Enden ausströmen und dann in die medialen Anteile des Linsenkernes eintreten, um sich dort mit den kleineren Zellen zu verbinden und die Laminae medullares des Linsenkernes zu bilden.

Meynert scheint ihn zunächst als Unterabteilung der Substantia nigra angesehen zu haben⁷¹, später⁵⁰ bezeichnet er ihn als Discus lentiformis.

Genauer bekannt wurde das Corpus Luysi erst durch *Forel* 1876^{21, 22}, der ihm auch diesen Namen gab. Nach näheren Angaben über die topographischen Beziehungen und Masse folgt eine Beschreibung des feineren Baues.

* D. 15.

„Erstens enthält es ein dichteres Netzwerk feinster, stark gewundener Capillargefäße als jeder andere Hirnteil, dichter sogar als das vom Roten Kern und der Hirnrinde. Die Grundsubstanz sieht wie diejenige der grauen Substanz im übrigen Gehirn aus; sie ist aber von einem so reichlichen regellosen Gewirr allerfeinster markhaltiger Nervenfasern durchsetzt, daß man nicht weiß, ob der *Luyssche* Körper zur grauen oder weißen Substanz zu rechnen ist Außerdem enthält dieses eigenthümliche Gebilde ganz gleichmäßig vertheilte und beschaffene, ziemlich kleine und ziemlich dünn gesäte, multipolare, ab und zu spindelförmige, mäßig hellbräunlich pigmentirte Ganglienzellen“ (21, S. 472).

Vergleichend anatomisch fand *Forel* das Corpus Luysi bei Mensch und Affe (Hapale), während sich bei Hund, Kaninchen und allen anderen von ihm untersuchten Säugetieren nur eine ziemlich flache, undeutlich begrenzte Zellanhäufung zeigte.

*Stilling*⁷⁰ nennt das Corpus Luysi Nucleus amygdaliformis und behauptet, daß ein beträchtlicher Teil der Opticusfasern aus diesem Kern entspringe, seiner Lage nach soll es ein reflektorische Erregungen vermittelndes Ganglion sein.

Die Existenz der *Stillingschen* Fasern wird von *Kölliker*³⁹, der auch bei Ratte, Maus, Katze und Kaninchen ein gut entwickeltes Corpus Luysi fand, durch Untersuchungen an menschlichen Embryonen und von *Sano*⁶⁴ nach Beobachtungen am Fledermausgehirn und dem anderer Säuger bestätigt. Die genaueren anatomischen Verhältnisse dieses Faserverlaufes — es handelt sich offenbar um die in das optische System eingelagerten nicht optischen Fasern — wurden mehrfach beschrieben.

*Dejerine*⁹ bestreitet die Deutung der obigen Autoren ebenso wie *v. Monakow*⁵⁴ und weist auf ein reiches System von „radiations strioluyssiennes“ hin, sowie zahlreiche Fasern zur Decussatio subthalamica posterior von *Ganser*²³ (vgl. dessen ausführliche Untersuchungen am Maulwurf) und spärliche Rindenfasern aus dem hinteren Schenkel der inneren Kapsel.

*Henle*³⁰ führt die auch später noch oft gebrauchte Bezeichnung Corpus subthalamicum ein, während die anatomische Nomenklatur-Kommission (1895) den endgültigen Namen Nucleus hypothalamicus bestimmt.

*Cajal*⁷ beschreibt erstmalig akzessorische *Luyssche* Körper, die bei Hund und Katze dadurch entstehen, daß einzelne Zellgruppen durch stärkere Faserbündel abgespalten werden.

In einer vergleichend anatomischen Studie fand *Marburg*⁴⁸ eine nahezu vollkommene Homologie des Nucleus hypothalamicus und seiner Verbindungen bei allen Mammaliergruppen.

„Das Corpus Luysi steht offenbar in einer Reihe mit der Substantia reticularis und dem *Meynertschen* Ansaganglion, welche abhängig sind von einem gemeinsamen Hauptkern, dem Striatum“ (48, S. 194).

Auch konnte er zeigen, daß die phylogenetische Entwicklungsreihe von den Monotremen zum Menschen keine kontinuierliche ist, sondern die genannten drei Organe ein gewisses Vikariieren aufweisen, an denen die Substantia nigra keinen Anteil hat.

Was nun die Funktion des Nucleus hypothalamicus anlangt, so sind neben einer Angabe von *Döllken*¹⁰, der im Corpus Luysi ein subcorticale Hemmungszentrum für die Wärmeregulation, das in Verbindung mit der lateralen Seite des Gyrus cruciatus steht, die Experimente an der Katze von *Karplus* und *Kreidl*³⁵ für die Folgezeit richtunggebend. Sie erzielten bei Reizung einer bestimmten Stelle des Hypothalamus Effekte, die einer peripheren Sympathicusreizung gleichkommen, nämlich maximale Pupillenerweiterung, Erweiterung der Lidspalte und Zurückziehen des dritten Lides, außerdem noch Tränen- und Speichelsekretion, profuse Schweißsekretion an allen vier Pfoten, anhaltende Kontraktionen der leeren und gefüllten Blase, Vasokonstriktion und gelegentlich Schreien der Tiere. Wörtlich heißt es in der II. Mitteilung:

„Es ist ohne weiteres zu erkennen, daß die Reizstelle im Corpus subthalamicum, und zwar dessen frontalem und medialem Anteil entsprechend gelegen war“ (II, S. 410). Und weiter:

„Nach diesen Versuchen ist nicht daran zu zweifeln, daß der im Hypothalamus gelegene zentrale Sympathikusmechanismus in den Weg vom Frontalhirn zum Sympathikus eingeschaltet ist, hebt doch schon eine zirkumskripte Verätzung der grauen Substanz des Hypothalamus die Verbindung zwischen Cortex und Hals-sympathikus auf“ (II, S. 413).

Sie fanden also im Hypothalamus ein subcorticale Reflexzentrum für den Sympathicus. Später aber sagt *Karplus*³⁴ vorsichtigerweise:

„Wir haben uns keineswegs auf das Corpus Luysi festgelegt, sondern nur von der Gegend gesprochen, in die das frontomediale Ende des Corpus Luysi hineinreicht“ (34, S. 432).

Diese Ergebnisse werden bestätigt und teils weiter ausgeführt von *Gerstmann*²⁴, der die Faserverbindung dazu angibt: Centrum ciliospinale-Corpus Luysi-Thalamus-Striatum-Frontalhirn und auf ein Experiment v. *Monakows*⁵⁴ hinweist (bei Zerstörung des Frontalhirns sekundäre Degeneration des Corpus Luysi), *Schrottenbach*⁶⁷, *Spiegel*⁶⁹ u. a.

Dieser Gruppe von Autoren steht eine andere gegenüber, die dem Nucleus hypothalamicus motorische Funktionen zuschreibt und ihn in das extrapyramidal-motorische System einreihrt, bzw. vegetative und motorische Funktionen gleichzeitig für möglich hält.

Für die Zuordnung des Nucleus hypothalamicus zu extrapyramidal-motorischen Zentren ist das Krankheitsbild des Hemiballismus* von ausschlaggebender Bedeutung:

Eine Hyperkinese wurde erstmalig von *Greiff*²⁶ mit Läsion des Corpus Luysi in Verbindung gebracht; dabei bestanden Schmerz (Mitschädigung des Thalamus ? d. Verf.), Rötung und Temperaturerhöhung auf der hyperkinetischen Seite (möglicherweise gleichzeitige motorische und vegetative Störungen durch Läsion des Corpus Luysi ? d. Verf.).

* Die Bezeichnung Hemiballismus stammt von *Kussmaul*, der zuerst eine Hemichorea mit diesem Namen belegte [vgl. *Neur. Zbl.* 17, 603 (1898)].

Die besondere Bedeutung einer Schädigung des kontralateralen Corpus Luysi für die Ausbildung des Hemiballismus erkannte erst *Jakob*³². Er geht in seinem Werk ausführlich auf die Anatomie und Physiologie des Corpus Luysi ein. Der wesentliche Inhalt ist folgender: Es enthält zahlreiche mittelgroße Ganglienzellen von ungefähr gleicher Größe in ziemlich unregelmäßiger Lage eingestreut, die ihrer ganzen Form nach motorisch sind und nach *Cajal*⁷ und *Mirto*⁵² zum 1. *Golgi*-Typ gehören. Von den Pallidumzellen unterscheiden sie sich nur durch geringere Größe und feinere Struktur der *Nissl*-Schollen*. Es besteht ein enger faseranatomischer Zusammenhang mit dem Pallidum und dem Roten Kern. Aus diesem Grunde und wegen des Hemiballismus schließt er auf eine motorische Funktion des Corpus Luysi.

„Es stellt sich dar als ein in die Pallidum-Regulation eingeschaltetes graues Zentrum, erhält Anregungen vom Thalamus (wie das Striopallidum), wird vom Pallidum beherrscht und wirkt vornehmlich auf die Substantia nigra und den Roten Kern ein Der Hemiballismus deutet darauf hin, daß das Corpus Luysi die Bewegungssynergien ganzer Körperabschnitte regelt, mit besonderer Betonung von cerebellaren Gleichgewichtskomponenten“ (32, S. 380).

Allerdings läßt er die Frage noch offen, ob es sich beim Hemiballismus um ein Reiz- oder Ausfallssymptom handelt.

*Kleist*³⁷ hingegen hält es für unerwiesen, daß das Corpus Luysi in die motorischen Bahnen vom Pallidum zum Nucleus ruber und der Substantia nigra eingeschaltet ist, und bei seiner Zerstörung eine besondere Art choreiformer Unruhe — Hemiballismus — entsteht, da angeblich bei den bisher angeführten Fällen (vgl. auch *Fischer*¹⁷ und *Economo*¹¹) stets der Rote Kern mitgeschädigt war.

Spätere Arbeiten stellen aber die Richtigkeit der *Jakobschen* Behauptung von der Beziehung des Corpus Luysi zum Hemiballismus eindeutig unter Beweis (u. a. auch *Kashida*³⁸, *Matzdorf*⁴⁹, *Bonhöffer*⁶ und *Wendrović*⁶⁸, der im Hemiballismus ein Reizsymptom des Corpus Luysi sieht).

Einen weiteren Beitrag zu diesem Thema bringen *Uiberall* und *Samet-Ambrus*⁷², die das seltene Vorkommen von isolierten Erweichungen des Corpus Luysi aus der Versorgung dieses Gebietes durch drei Arterien erklären, nämlich wie *Foix* und *Hillemand*¹⁹ und später *Abbie* (s. bei *Hiller*³¹) zeigten, der Arteria cerebri posterior, der Arteria chorioidea und der Arteria communicans posterior. Auch Hämorrhagien in das Corpus Luysi sind selten und kommen nur vor bei Individuen mit stärker fortgeschrittener Arteriosklerose der Cerebralgefäße, bei denen bereits mehrere hämorrhagische oder malacische anderweitige Herde vorhanden sind.

Daß der Hemiballismus aber nicht nur durch Blutungen in das Corpus Luysi ausgelöst wird, zeigen die Veröffentlichungen von

* Nach *Malone*⁴⁶ sind die Zellen des Corpus Luysi nicht sicher von denen des Nucleus communis thalami (nach *Malone*) zu unterscheiden.

*Bonhöffer*⁶ (Tumormetastase), *Helge Wulff*⁷⁶ (käsiger Solitär tuberkel), *Bodechtel* und *Hickl*⁵ (lokale Gliose bei metastastischer zur Abscedierung neigender Herdencephalitis), *Hampel*²⁹ (durch luische Endarteriitis) und *Baumann*³ (auf Grund eines degenerativen Nervenleidens).

Bodechtel und *Hickl*⁵ beschreiben einen Fall von doppelseitiger Schädigung des Corpus Luysi, bei dem es aber wegen eines gleichzeitig bestehenden großen Blutungsherdes im linken Pallidum nicht zur doppelseitigen Ausbildung des Hemiballismus — dem sog. Paraballismus — sondern nur zu linksseitigem Hemiballismus auf Grund schweren Zellausfalles und Zelluntergangs im rechten Corpus Luysi kam. Daraus ergibt sich, daß zur Ausbildung des Hemiballismus das zugehörige Pallidum intakt sein muß. Sie nehmen an, daß bei Zerstörung des Corpus Luysi eine Enthemmung der pallidären Eigenreflexe den kontralateralen Hemiballismus bedingt. Weiterhin ist hier ein Beweis für die Ausfalls-natur des Hemiballismus gegeben. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch *Balthasar*¹ und *Bing*⁴:

„Die Physiopathologie dieses Phänomens beruht unter Ausschaltung jedes irritativen Momentes auf einem Freigeben von extrapyramidal-motorischen Impulsen“⁴, S. 39).

v. Santha^{65, 66} und *Juba*³³ fanden außerdem eine somatotopische Gliederung im Corpus Luysi ähnlich der des Striopallidums (vgl. *Goodhart* und *Balser*²⁵), wobei der Kopf und die obere Extremität dem frontalen Abschnitt des Corpus Luysi entsprechen, der Rumpf dem mittleren und die untere Extremität dem occipitalen Anteil.

*Balthasar*² hält es für möglich, daß ebenso wie die Kerngebiete selbst auch die zu ihnen hin- bzw. wegführenden Bahnen bei Reizung oder Läsion einen Ballismus zur Auslösung bringen können.

Nach Beschreibung eines eigenen Falles fassen *Moersch* und *Kernohan*⁵³ das Wichtigste bisher über die motorische Funktion des Corpus Luysi und den Hemiballismus Gesagte zusammen:

Das Pallidum reguliert den Dauertonus, das Corpus Luysi den Bewegungstonus. Im Corpus Luysi besteht eine somatotopische Gliederung. Völlige Zerstörung des Corpus Luysi ist wegen der guten Blutversorgung aus 3 Arterien selten. Das Krankheitsbild des Hemiballismus ist von der Chorea wie folgt unterschieden:

1. Es betrifft nur ältere Personen.
2. Es setzt akut ein.
3. Das Leiden ist progressiv und führt meist in Wochen zum Tode.
4. Sehr selten betrifft es beide Seiten.

Hervorgerufen wird es meist durch umschriebene Zirkulationsstörung, seltener durch Tuberkulose, Lues, Tumormetastase oder Absceß.

*Grevig*²⁸ (und vorher²⁷) erwähnt noch einmal die Experimente von *Karplus* und *Kreidl* u. a.; da er aber weder im Corpus Luysi noch im Tuber cinereum vegetative Zellformen erkennen konnte, spricht er von einer Diskrepanz zwischen Histologie und experimenteller Forschung.

„Da das Corpus Luysi auch zu den Zentren des extrapyramidal-motorischen Nervensystems gerechnet wird ..., so müßte zum mindesten erwartet werden, daß

bei der histologischen Untersuchung mindestens zwei verschiedene Zelltypen nachgewiesen werden. Doch das ist nicht der Fall“ (38, S. 1044).

(Vgl. hierzu auch *Mingazzini*⁵¹). Er erwägt deshalb die Möglichkeit, daß nicht das Corpus Luysi selbst, sondern eine oral vorgelagerte Zellgruppe das gesuchte vegetative Zentrum beherbergt (vgl. auch *Lotmar*^{41, 42}).

Dem steht nun die sehr ausführliche und eingehende Arbeit von *Kodama*³⁸ gegenüber, dessen Ergebnisse in bezug auf den Nucleus hypothalamicus folgende sind:

Beim 2,4 cm langen menschlichen Embryo findet man schon eine zirkumskripte Zellanhäufung an der Außenfläche der Grundplatte des subthalamischen Teiles, welche die erste Anlage des Corpus Luysi darstellt. Beim Embryo von 3 cm Länge ist es schon linsenförmig, lateral scharf begrenzt, während der mediale Teil allmählich in die Trichterregion übergeht. Bei 7 cm Länge zeigt sich lateral die erste Differenzierung der Neuroblasten, etwa auf gleicher Stufe mit dem Globus pallidus. Im Alter von 4 Monaten zerfallen die Zellen des Corpus Luysi in zwei Gruppen, lateral sind sie gut differenziert und scheinen dem Globus pallidus zuzustreben. Die medialen Zellen sind noch undifferenziert und hängen mit denen des Tuber cinereum zusammen. Im 5. Monat sind beide Teile gut gebildet, die lateralen Zellen sind größer und protoplasmareicher als die medialen, weiter caudal liegen abgesprengte Inseln des Corpus Luysi zwischen Globus pallidus internus und Pedunculus. Am Gehirn der Erwachsenen und vieler Säugern sind diese Inseln konstant (vgl. *Cajal*⁷). Beim 8 Monate alten Fetus hat das Corpus Luysi beinahe seine endgültige Gestalt erreicht, es ist deutlich in zwei Teile geschieden, der laterale Teil enthält große polygonale Zellen mit zahlreichen Fortsätzen, die dicht zusammengedrängt und von einem feinen Fasernetz umspannen sind. Die Zellen des medialen Teils sind viel kleiner und oft nicht gut von denen des Tuber cinereum zu trennen.

Parallel dazu geht die Myelinisation (vgl. *Flechsig*¹⁸). Im 5. Monat findet man Fasern vom Globus pallidus zum Corpus Luysi. Beim 6 Monate alten Fetus führt bereits der laterale Teil markreiche Fasern. Im 7. Monat beginnt die Markkreifung im medialen Teil, und im 8. Monat zeigen sich Kommissurenfasern zwischen beiden Corpora Luysi, besonders zwischen den medialen Teilen (ventraler Teil der Commissura supramammillaris).

Die Zweiteilung der Zellstruktur wird vom gleichen Autor noch durch Degenerationsversuche belegt, indem nämlich der mediale Abschnitt des Corpus Luysi bei ausgedehnten Läsionen des Putamen und Pallidum keine so starken Veränderungen erfährt wie der laterale.

*Winkler*¹⁴ bestätigt im wesentlichen die Arbeiten *Kodamas*, auch er fand bei Abtragung des Striatum und Zerstörung des Kammsystems Atrophie der großen Zellen in der lateralen Region des Corpus Luysi, während der mediale Anteil weitgehend erhalten blieb, wahrscheinlich wegen Verbindungen mit dem zentralen Höhlengrau. Beim Menschen nimmt er eine Verbindung des Corpus Luysi mit dem Frontalhirn, insbesondere dem frontalen Operculum an.

Zusammenfassend ist über den bisherigen Stand der Kenntnisse vom Nucleus hypothalamicus folgendes zu sagen:

Der Nucleus hypothalamicus hat annähernd die Gestalt einer bikonvexen Linse. Mit seiner Basis liegt er der dorsomedialen Fläche des

Der pedunculi ziemlich dicht an. Nach dessen Übergang in die Capsula interna trennt diese seine laterale Fläche vom Pallidum. Das *Forelsche Feld H₂* sitzt ihm dorsal als Kappe auf. Vom Thalamus trennt ihn die Zona incerta, die ihrerseits vom *Forelschen Bündel H₁* dorsal bedeckt ist. Seine größte Ausdehnung auf dem Frontalschnitt gewinnt der Kern in Höhe der Corpora mammillaria. Höhen- und Querdurchmesser betragen in dieser Gegend beim Menschen: 3—4 : 10—12 mm, beim Pavian: 2—2,5 : 7 mm bei *Macacus rhesus*: 1,5 : 5—5,5 mm, bei der Katze: 1—1,5 : 4—4,5 mm (*Forel*²¹, *Kölliker*³⁹, *Obersteiner*⁵⁵, *Marburg*⁴⁷, *Foix* und *Nicolesco*²⁰ u. a.).

Er findet sich bei allen Säugetieren (*Marburg*⁴⁸).

Histologisch unterscheidet man einen lateralen Abschnitt mit großen Zellen, der früher entwickelt ist, und einen medialen Abschnitt mit kleineren Zellen (*Kodama*³⁸, *Winkler*⁷⁴).

Von den Faserverbindungen sind sichergestellt (*Kodama*³⁸, *Rose*⁶²):

- a) Zentripetal: vom Putamen und Pallidum.
- b) Zentrifugal: zum Thalamus, Substantia nigra, Tuber cinereum, Stratum intermedium und zum Corpus Luysi der Gegenseite im mittleren Teil der Commissura supramammillaris.

Nicht sicher dagegen sind folgende Verbindungen:

a) Zentripetal: von der Hirnrinde (*v. Monakow*⁵⁴, *Gerstmann*²⁴, *Spiegel*⁶⁹, *Winkler*⁷⁴ u. a.), vom Pallidum zum Corpus Luysi der Gegenseite in der *Meynert-schen Commissur* (*Riese*⁶¹).

b) Zentrifugal: zum Roten Kern (*Jakob*³²).

Es unterliegt keinem Zweifel mehr, daß der Nucleus hypothalamicus dem extrapyramidal-motorischen System zugehört und bei seinem Ausfall das Bild des Hemiballismus entsteht.

Die Frage, ob der Nucleus hypothalamicus neben dieser motorischen Funktion auch noch eine vegetative hat, oder ob diese ausschließlich den frontal und medial angrenzenden Bezirken zukommt, ist noch nicht entschieden.

C. Bemerkungen zur Methodik.

Der Untersuchung liegen geschlossene Serien vollkommen injizierter Hirnpräparate von *Macacus rhesus*, *Cynocephalus hamadryas* und *Felis domesticus* aus der *Pfeiferschen Sammlung* des Institutes zugrunde.

Die opake Injektion mit Tusche war seinerzeit von der Aorta aus vorgenommen worden. Einzelne dünnerne Schnitte wurden nach *Nissl* mit Kresylviolett nachgefärbt. Die Schnittrichtung war im wesentlichen bifrontal. In den Abbildungen sind die Präparate in der Betrachtung von hinten her dargestellt, so daß die linke Bildseite im Bifrontalschnitt der linken Hemisphäre entspricht. Infolge der Verwendung des stereoskopischen Mikroskopes entstanden niemals Zweifel darüber, ob Gefäßabschnitte sich nur überschneiden oder kontinuierlich zusammenhängen.

D. Darlegung der eigenen Untersuchung.

Abb. 1 zeigt einen ungefärbten Bifrontalschnitt aus dem Gehirn der Katze in vollkommener Gefäßinjektion. Dieses Präparat läßt in der Übersicht sehr gut die bevorzugte Durchblutung des Nucleus hypothalamicus erkennen. Die kontrastreiche Dunkelfärbung wird allein durch die Capillardichte hervorgerufen, Zellgehalt, Pigment- und Eisenreichtum

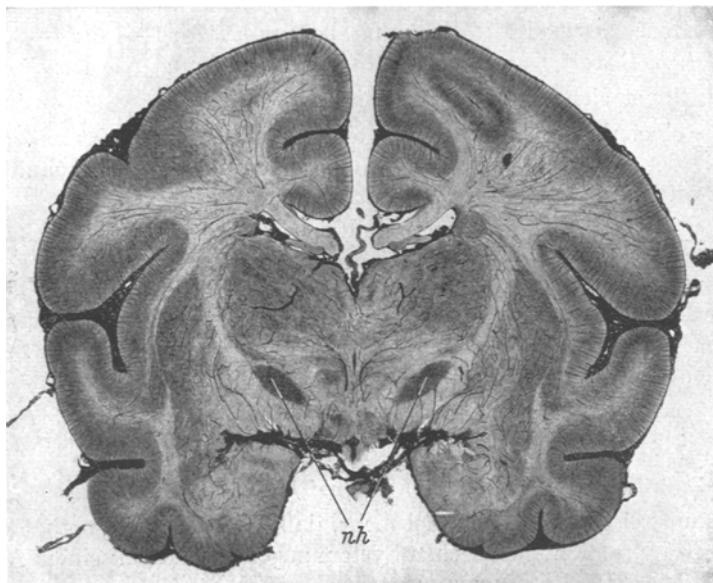


Abb. 1 (K 93). Vollkommen gefäßinjizierter Bifrontalschnitt aus dem Gehirn der Katze. Der Nucleus hypothalamicus (nh) hebt sich infolge der Injektion allein durch seine Gefäßdichte deutlich ab. Vergr. linear 2,1fach.

oder andere Unterschiede in der Gewebsdichte kommen daher für ihre Entstehung nicht in Betracht.

Dieses läßt deutlich die Abb. 2 erkennen. Man sieht wie das Gefäßfiligran des Nucleus hypothalamicus in das übrige allgemeine Gefäßkontinuum des Gehirns eingewebt ist. Die Auflockerung des Capillargeflechtes an den Begrenzungsfächern des Kernes entspricht der Faserkapsel. Es liegen hier ganz analoge Verhältnisse vor wie an der Rinden-Markgrenze des Großhirns.

Bei näherer Betrachtung ist das Capillargeflecht des Kernes von ungleicher Dichte, was dadurch zustande kommt, daß die Evolution der Capillaren bezirksweise in verschiedener Entfernung vom Gefäßstamm erfolgt, in gewissen Abständen dicht am Stamm, in anderen weiter davon entfernt. Auf die Bedeutung dieser Verdichtungs- und Lichtungsbezirke, die schon aus der größeren mikroskopischen Anatomie zu ersehen sind,

wird weiter unten noch ausführlich einzugehen sein. Der Nucleus hypothalamicus ist überall so scharf gegen seine Umgebung abgegrenzt, daß man den Eindruck erhält, es handele sich hier um ein besonderes Organ mit ganz bestimmten Feldeigenschaften. Die Dichte des Capillarnetzes läßt sich aus der Zellzahl nicht erklären; man muß also auf eine besondere Funktionshöhe des Parenchyms mit spezifischem Nahrungsbedarf schließen.

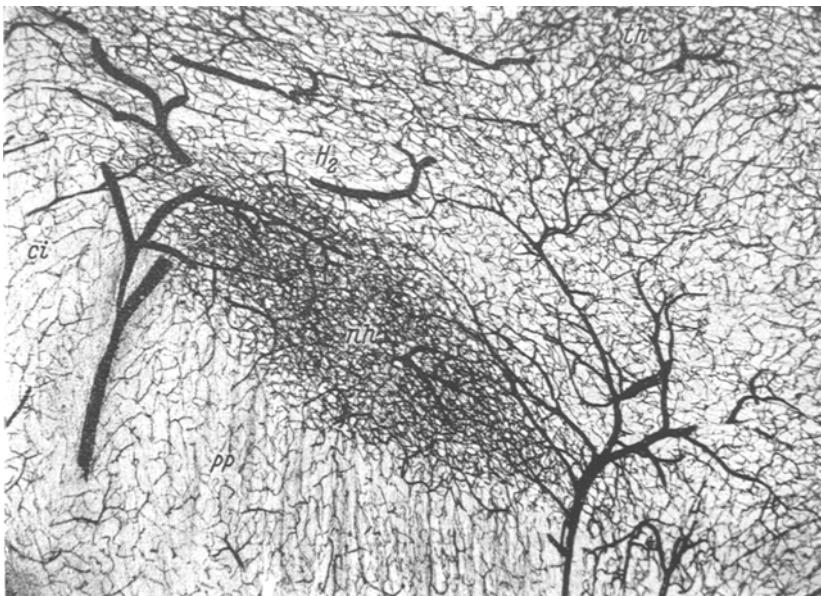


Abb. 2 (K 98 li.). Frontalschnitt aus dem Gehirn der Katze mit dem Nucleus hypothalamicus (nh). Man sieht, daß sich der Kern nur infolge seiner Capillardichte so dunkel von der Umgebung abhebt. Pes pedunculi (pp), Capsula interna (ci), Forelsches Feld H₂ (H₂), Thalamus (th). Vergr. linear 26,1fach.

Was den Zustrom an stärkeren Gefäßen betrifft, so kann man sich an Hand der Präparate leicht davon überzeugen, daß die Angaben älterer Autoren (Foix und Hillemand¹⁹ und Abbie³¹) zu Recht bestehen, nach denen die Arteriae cerebri posterior, communicans posterior und chorioidea Äste dahin abgeben.

Daraus geht also hervor, daß das Blut aus der Richtung der Hirnbasis zuströmt. Bei den von dorsal herantretenden Gefäßen handelt es sich, wie die Betrachtung der geschlossenen Serie zeigt, um rückläufige Äste jener von der Basis aufsteigenden Gefäße.

In oralen Abschnitten erreichen stärkere Gefäße den Nucleus hypothalamicus nur am lateralen und medialen Pol (vgl. Abb. 2). Verfolgt man die Schnitte in caudaler Richtung, so sieht man an der ganzen ventralen Fläche Gefäße eintreten. Oft sind es relativ starke Arterien, die bis in den Thalamus hinaufreichen und deren im Vergleich zum

Arterienstamm sehr dünne Äste eine auffallende Spreizung in Richtung der größten Ausdehnung des linsenförmigen Kernes auf dem Frontalschnitt zeigen. Ein solches Gefäß ist in Abb. 3 dargestellt. Das dichte Gefäßgeflecht, das sich von links oben nach rechts unten zieht, entspricht dem Kerngebiet des Nucleus hypothalamicus. In der rechten oberen Bildecke ist das *Forelsche Feld* H_2 , in der linken unteren der Hirnschenkelfuß zu suchen.



Abb. 3 (Mn II 105 li.). Durchtritt einer Arterie durch den mittleren Abschnitt des Nucleus hypothalamicus mit Spreizung der Äste in der Längsrichtung des linsenförmigen Querschnittes. Bezeichnungen wie in Abb. 2. Vergr. linear 75,8fach.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß der Nucleus hypothalamicus keine isolierte Gefäßversorgung beansprucht, sondern daß gleichzeitig mit ihm auch andere Gebiete aus ein und demselben Gefäß gespeist werden. Davon zeugt insbesondere die Abb. 4.

Eine relativ kräftige Arterie steigt geradlinig von der Hirnbasis zum medialen Pol des Corpus Luysi auf und biegt nach Abgabe zahlreicher Äste nach lateral und dorsal hin in medialer Richtung ab. Dieser halbkreisförmige Verlauf entspricht durchaus Gestaltungsvorgängen, wie sie aus der Dynamik des strömenden Blutes entstehen, und auf die seinerzeit schon *Roux*⁶³ hingewiesen hat: An der Stelle des Astursprunges wird der Stamm in entgegengesetzter Richtung abgelenkt. Bei bevorzugter Astabgabe nur nach einer Seite hin resultiert daher ein halbkreisförmiger Verlauf des Stammes.

Ein Vergleich der Abb. 2 und 4 kann über die Mechanik von Zirkulationsstörungen im Hypothalamus Aufschlüsse geben, die aus der Histopathologie nicht ohne weiteres zu ersehen sind. Allein aus dem anatomischen Bau, wie er sich im gefäßinjizierten Präparat darstellt, wird eine isolierte Schädigung des Nucleus hypothalamicus dadurch begreiflich, daß sich bei einer Gefäßruptur innerhalb des Kerngebietes das austretende

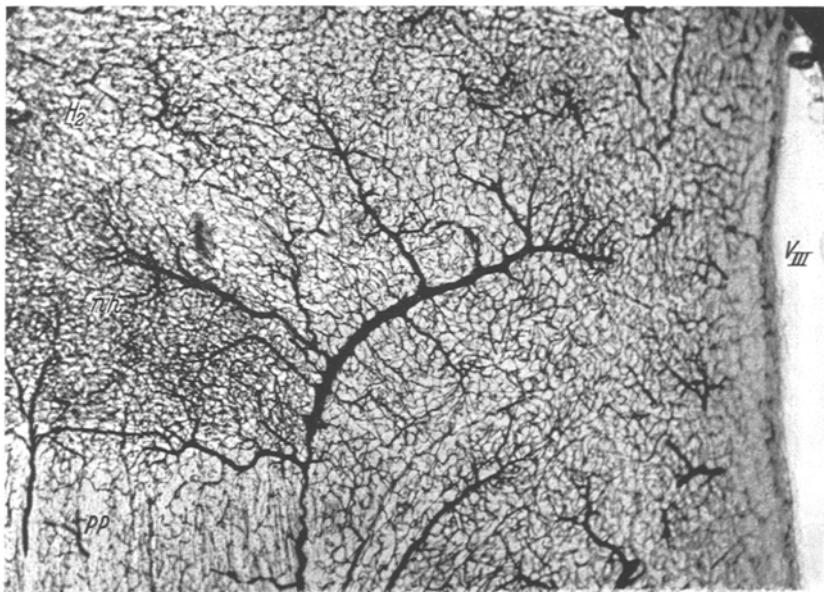


Abb. 4 (Mn II 110 li.). Gemeinsame Blutversorgung des Nucleus hypothalamicus und medial davon gelegener vegetativer Kerne. Das Gefäß verläuft quer durch den Pes pedunculi, tangiert den medialen Pol des Nucleus hypothalamicus und biegt halbkreisförmig in Richtung des 3. Ventrikels (VIII) ab. Vergr. linear 25,0fach.

Blut in den dichten Maschen des Capillargeflechtes verfährt und durch die besonders dorsal sehr starke Faserkapsel seine natürliche Abgrenzung erhält. Ebenso verständlich sind Zirkulationsstörungen in medial gelegenen hypothalamischen Kerngebieten wegen des Durchtrittes von Gefäßen durch das Corpus Luysi bzw. einer gemeinsamen Blutversorgung mit diesem. Daraus erklären sich wenigstens zum Teil die vegetativen Begleitsymptome, wie sie gelegentlich beim Hemiballismus beobachtet werden. Ob diese Erklärungsweise der vegetativen Störungen aus sekundärer Mitbeteiligung der Umgebung in allen Fällen ausreicht, erscheint aber fraglich.

Es ist nämlich noch eine zweite Denkrichtung möglich, auf die man schon durch die Zyroarchitektonik und die Myelogenese hingewiesen wird. Danach besteht das Corpus Luysi aus 2 Abteilungen, einer lateralen großzelligen, die eher markreif wird, und einer kleinzelligen medialen. Es müssen

hier noch einmal die experimentellen Untersuchungen von *Karplus* und *Kreidl*³⁵ erwähnt werden, in denen vegetative Störungen bei der Kernläsion im Vordergrund standen. Obwohl die chirurgische Läsion seinerzeit einwandfrei im medialen, also zytoarchitektonisch kleinzelligen Kernabschnitt lag, hat *Karplus*³⁴ nach Bekanntwerden des Hemiballismus und dessen Lokalisation im Corpus Luysi gemeint, dieselben aus Mitverletzung der Umgebung ableiten zu müssen.

Diese Ansicht ist heute mit autochthon angioarchitektonischen Hilfsmitteln revisionsfähig.

Würden nun den beiden zytoarchitektonischen Kernanteilen auch getrennte Funktionen entsprechen, so könnte das möglicherweise wegen der vielfach sehr engen Beziehung zwischen Gefäßbau und Leistung in der Gefäßmorphologie zum Ausdruck kommen. Das war der objektiven Feststellung wert und führte zu den folgenden Ergebnissen.

Charakteristisch für den Hypothalamus sind nach *Pfeifer*⁶⁰ besonders gestaltete Venen, die er nach ihrem örtlich begrenzten Vorkommen als Hypothalamusvenen bezeichnet hat. Ihre Eigenart besteht darin, daß die feinen Ursprungsgefäße dieser Venen gleich „Rutenbündeln“ zusammenfließen (60, S. 18 und Abb. 16). An dieser Venenform nimmt die Kernsubstanz des Corpus Luysi ebenso teil wie der übrige Hypothalamus. Es erweist sich damit angioarchitektonisch als integrierender Bestandteil des Hypothalamus und bleibt offenbar funktionell in dessen Verband wirksam, obwohl es histologisch spontan den Eindruck eines besonderen Organs macht.

In Abb. 5 ist eine solche Hypothalamusvene zu sehen, deren Gestalt durchaus jener entspricht, die *Pfeifer* in Abb. 16 seiner angioarchitektonischen arealen Gliederung der Großhirnrinde dargestellt hat. Die helle Zone in der linken unteren Bildecke liegt am Übergang vom Pes pedunculi in die Capsula interna, das capillardichste Gebiet entlang dem oberen und rechten Bildrande gehört zum Nucleus hypothalamicus.

Was nun die Morphologie der Arterien anlangt, so ist das Kerngebiet in sich deutlich gegliedert. Der mediale Abschnitt zeigt in der mikroskopischen Anatomie durchaus vom lateralen verschiedene Gefäßformen. Zwischen beiden ist stellenweise eine Trennungsschicht mit einer anders gearteten Gefäßausstattung erkennbar. Die anatomische Darstellung dieser Verhältnisse ist aus den Abb. 6, 7 und 8 zu erschen. Die Mikrophotogramme stammen aus dem gleichen Präparat und sind in gleicher Vergrößerung wiedergegeben.

Der Unterschied liegt weniger in der Formung des Stammes und der größeren Äste der Gefäße als vielmehr in einer unterschiedlichen Entwicklung der präcapillären Gefäßstrecke. In dem einen Fall, und zwar vorwiegend im medialen Kernabschnitt, liegt die Capillarevolution dicht am Stamm, im anderen Falle, und zwar besonders im lateralen Kernabschnitt, beginnt diese erst in weiterer Entfernung vom Stamm.

Aus dem Reichtum an stattlich entwickelten Präcapillaren erklärt sich die schon oben erwähnte Tatsache, daß der laterale Bezirk dichter erscheint, während das feine Capillarfiligran des medialen Teiles einen lichteren Eindruck macht.



Abb. 5 (Mn s 87 li.). Schrägfrontalschnitt aus dem Gehirn des *Macacus rhesus*. Typische Hypothalamusvene am ventrolateralen Rande des Nucleus hypothalamicus. Vergr. linear 95,7fach.

Bemerkenswert ist, daß also die präcapilläre Gefäßstrecke nicht kontinuierlich und beliebig gradatim abgestuft variiert, sondern gegensätzlich das eine Mal die Capillaren mit düsenähnlichem Ursprungskonus direkt aus dem Gefäßstamm oder aus ganz kurzen Aststummeln entspringen (vgl. Abb. 6), das andere Mal unter zunehmender Verjüngung der Äste eine stattliche Entwicklung der Präcapillaren zustande kommt (vgl. Abb. 7). Demzufolge liegt das Capillargeflecht entsprechend dicht am Stamm oder weiter davon entfernt, und man kann mit Rücksicht

auf die Längsentwicklung der Präcapillaren von Kurzstrecken- und Langstreckengefäßen sprechen. Die Kurzstreckengefäße sind identisch mit *Pfeifers* Kraushaararterien (60, Abb. 14) und ähnlich den Stummelarterien (60, Abb. 20 und 22), die Langstreckengefäße mit dessen Peitschenarterien (60, Abb. 19 und 21).

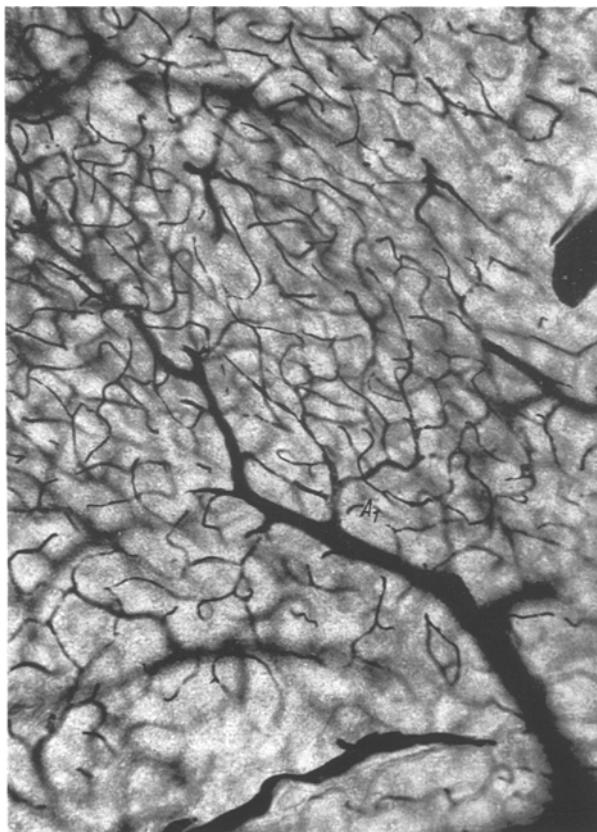


Abb. 6 (Pav. 109 II.). Kurzstreckengefäß aus dem medialen Abschnitt des Nucleus hypothalamicus mit Evolution des Capillargeflechtes dicht am Stamm. Typisches Gefäßbäumchen bei A_1 . Vergr. linear 95,0fach.

Es ist notwendig, sich hier der Ansicht *Sepps*⁶⁸ zu erinnern, nach welcher der Gasaustausch im Gehirn durch die Capillaren und der Flüssigkeitsaustausch durch die Präcapillaren erfolgt, ferner der Ansicht *Pfeifers*⁶⁰; nach welcher es aerophile, d. h. auf erhöhten Gasaustausch, und serophile, d. h. auf erhöhten Flüssigkeitsaustausch angewiesene Zellelemente gibt. Endlich sei hier nochmals die zytoarchitektonische Feststellung erwähnt, daß der laterale Kernabschnitt vorwiegend große, der mediale vorwiegend kleine Zellen enthält. Es scheint also in dieser

Hinsicht eine unterschiedliche Hydratationsfähigkeit des Nervengewebes ortsgebunden vorzuliegen, worin motorische und sensorische bzw. vegetative Hirnabschnitte voneinander abweichen.

Aus einer folgerichtigen Erwägung heraus wird man nunmehr schließen dürfen, daß der Nucleus hypothalamicus keiner einheitlichen

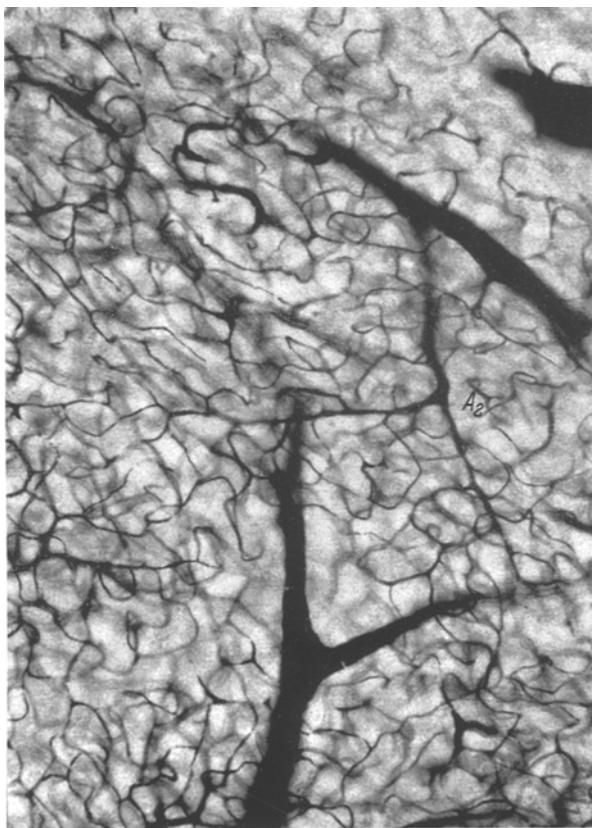


Abb. 7 (Pav. 109 li.). Langstreckengefäße aus dem lateralen Abschnitt des Nucleus hypothalamicus mit Elongation der präcapillären Gefäßstrecke. Typisch bei A_2 . Vergr. linear 95,0fach.

Funktionsleistung dient, sondern getrennten Ansprüchen für das extrapyramidalmotorische System einerseits und das vegetative System andererseits genügt.

Damit steht die aus der Pathologie und experimentellen Physiologie bekannte Erfahrung im Einklang, daß Hemiballismus ohne vegetative Störungen und umgekehrt vegetative Störungen ohne Hemiballismus klinisch als Folge einer Kernläsion beobachtet werden, je nachdem der laterale oder mediale Abschnitt vorwiegend betroffen ist.

Das Problem der Funktionsleistung des Nucleus hypothalamicus dürfte also vorläufig dahin gelöst sein, daß der laterale Abschnitt motorisch und der mediale vegetativ ist.

Allerdings darf man keine scharfe Trennungslinie zwischen den beiden Gebieten erwarten, sondern dieselben sind im Grenzgebiet vielfach miteinander verzapft.

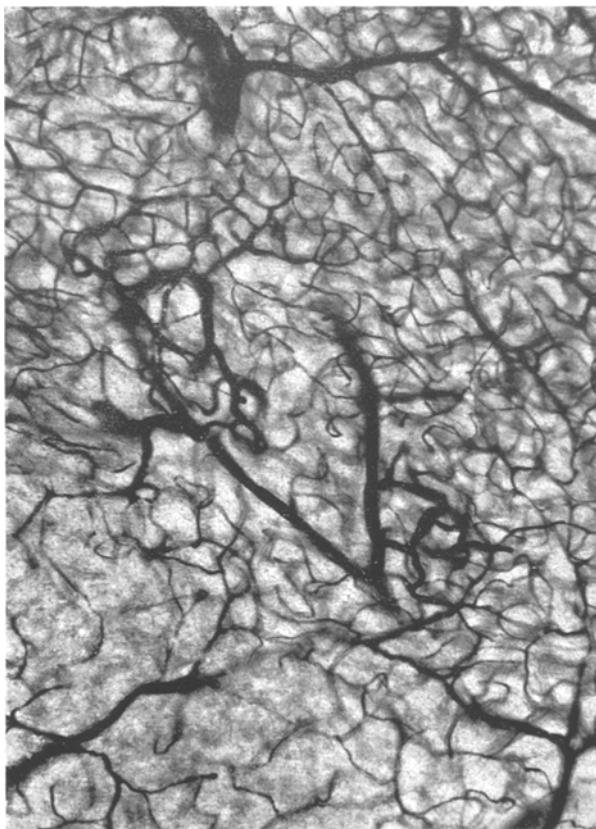


Abb. 8 (Pav. 109 li.). Knäuelgefäße an der Grenze zwischen medialem und lateralem Abschnitt des Nucleus hypothalamicus. Vergr. linear 95,0fach.

Auffällig ist, daß an dieser Stelle die Gefäßäste nicht geradlinig vom Stamm abgehen, sondern spiralförmig gedreht und in Form gewundener Kehren verlaufen (vgl. Abb. 8). Diese besonderen Gefäßformen entsprechen durchaus Pfeifers Knäuel- und Mäandergefäßen (vgl.⁶⁰, Abb. 51 bis 53 und 183). Sie sind sicher nicht pathologischer Herkunft, wie Fazio seinerzeit angenommen und für Arteriosklerose charakteristisch abgebildet hat (vgl.¹², Fig. 9).

Unsere Serien stammen von normalen Tieren ohne krankhaften Befund. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß die genannten Gefäße dem

regulativen Kreislaufabschnitt (nach *Pfeifer*) angehören und dem Ausgleich von Druckdifferenzen dienen.

Die gleiche Bedeutung kommt sicher auch den Anastomosen zu, die häufig anzutreffen sind. Gefäßbrücken als extracapillär gelegen und damit als echte Anastomosen zu erweisen ist im Injektionspräparat schwieriger

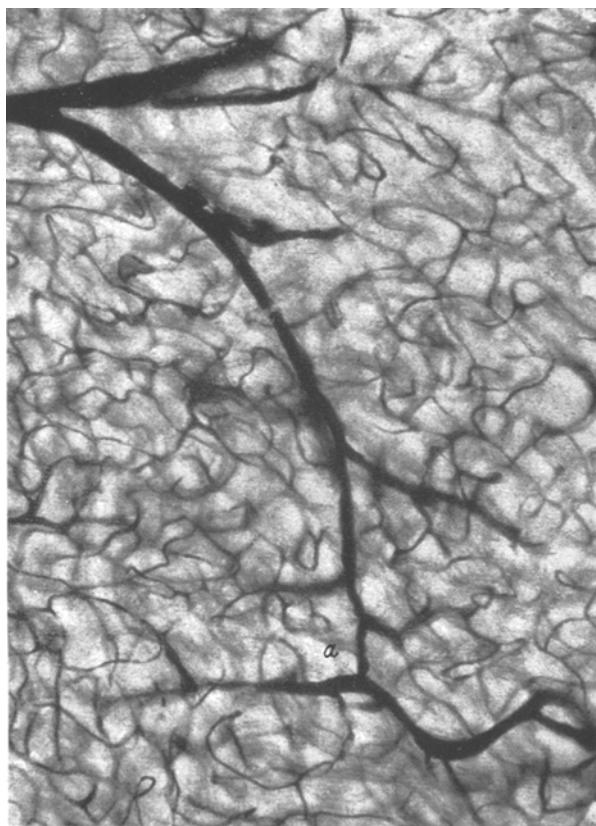


Abb. 9 (Pav. 114 li.). Mit Sicherheit das Capillarvolumen weit übersteigende Anastomose (a) zwischen stärkeren Gefäßen. Vergr. linear 121,0fach.

als mit der von *Clara*⁸ angewandten Methode, die den Anastomosencharakter aus dem histologischen Bau der Gefäßwand ermittelt. Das Gefäßinjektionspräparat schließt trotz seiner Vollkommenheit diese Art der Erkennung aus. Die Capillaren erscheinen vielmehr als Gefäße von feinstem Kaliber. Die Schwierigkeit liegt nun darin, daß Anastomosen gerade im Bereich der Präcapillaren und Postvenulen am häufigsten angetroffen werden, die Volumendifferenz unter Umständen also sehr gering ist. Ihre Eigenschaft als solche kann aber noch aus zwei anderen Merkmalen

erschlossen werden. Die Querbrücke zwischen zwei Gefäßen ist oft so kurz, daß sie für die Nutrition bedeutungslos erscheint. Solche Kürzestverbindungen sind meist von stärkerem Kaliber und auch aus diesem Grunde leicht von Capillaren zu unterscheiden.

In Abb. 9 ist eine solche Kurzverbindung anatomisch dargestellt. Es handelt sich um eine Anastomose aus dem mittleren Abschnitt des

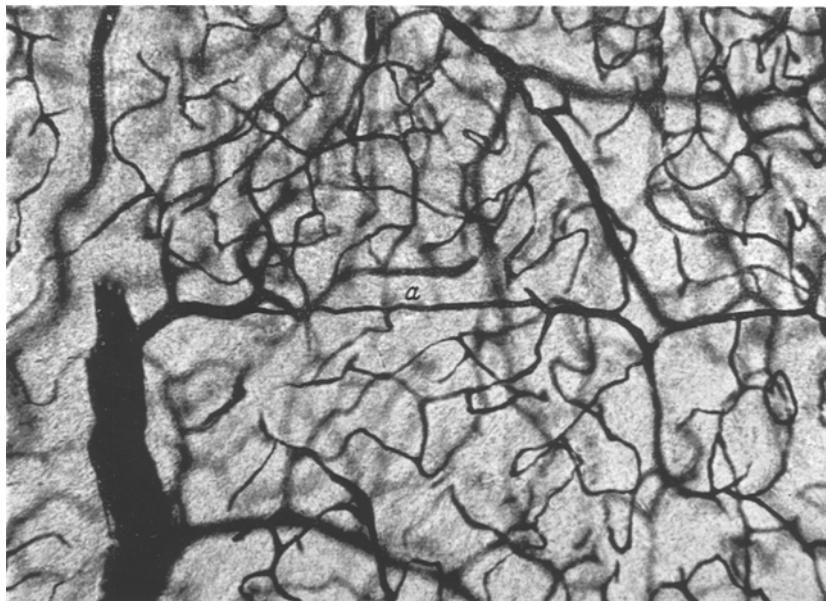


Abb. 10 (Mn II 102 re.). Im Gefäßkaliber den Capillaren nahestehendes Verbindungsstück, das Gefäß fällt durch seinen gestreckten Verlauf aus dem Kringel des Capillarfiligrans völlig heraus und darf deshalb wohl als Anastomose bezeichnet werden.

Vergr. linear 134,4fach.

Corpus Luysi vom Pavian. Die verschwommenen Gefäßkonturen entstehen notgedrungen aus der mikroskopischen Scharfeinstellung der im Raum etwas gewunden verlaufenden Gefäße. Die Gefäßbrücke ist aber deutlich. Andere Anastomosen weichen im Kaliber nicht sehr stark von den Capillaren ab, erweisen sich aber als extracapillär durch ihren langgestreckten und geradlinigen Verlauf, während die Capillaren gelockt und gekringelt im Gewebe liegen. Ein Beispiel dafür ist in Abb. 10 zu sehen. Das Präparat entstammt dem medialen Gebiet des Nucleus hypothalamicus eines *Macacus rhesus*.

Es könnte außergewöhnlich erscheinen, daß innerhalb eines so kleinen Hirnabschnittes, wie es der Nucleus hypothalamicus beim Tier ist, die Notwendigkeit eines regulativen Kreislaufabschnittes besteht. Nach den obigen Ausführungen ist es aber keineswegs befremdlich und bestätigt

sogar unsere Auffassung von der Funktion des Organs, die zweigeteilt ist und aus entgegengesetzten Zirkulationsansprüchen heraus Druckdifferenzen entstehen läßt, die des Ausgleichs bedürfen.

Es bleibt noch übrig, zu der Frage nach *Cohnheimschen* Endarterien kurz Stellung zu nehmen. Für den Menschen und für höhere Säuger hat *Pfeifer*⁵⁸⁻⁶⁰ das Vorkommen *Cohnheimscher* Endarterien in der Großhirnrinde mit Sicherheit ausschließen können. Ein neuerlicher Rettungsversuch der Theorie *Cohnheims* durch *Lindgren*⁴⁰ beansprucht keine Geltung, da er sich nicht auf die anatomische Darstellung stützt. Daß eine solche Beweisführung möglich ist, haben *Wislocki* und *Campbell*⁷⁵ für das Marsupialiergehirn und *Fazio* für die menschliche Hypophyse¹³ und das Corpus pineale¹⁴ gezeigt. Im Nucleus hypothalamicus waren *Cohnheimsche* Endarterien nicht auffindbar.

Zusammenfassung.

Konfiguration und Morphologie der Gefäße sprechen dafür, daß der laterale Abschnitt des Nucleus hypothalamicus dem extrapyramidal-motorischen System zugehört, und der mediale vegetative Funktionen hat. Hier finden sich vorwiegend Kurzstreckengefäße mit Lagerung der Capillaraufteilung dicht am Stamm, dort vorwiegend Langstreckengefäße mit prolongierter Evolution des feineren präcapillären Gefäßabschnittes und Verlagerung der Capillaraufteilung weiter weg vom Stamm. Daraus würde sich ergeben, daß die Läsion des lateralen Abschnittes mit den Langstreckengefäßen genügt, um das klinische Bild des Hemiballismus hervorzurufen, während die Läsion des medialen Abschnittes mit den Kurzstreckengefäßen vegetative Störungen bedingt. Im Grenzgebiet beider werden häufig stark gewundene Mäander- und Knäuelgefäße angetroffen. Diese besonderen Gefäßveranstaltungen entsprechen wahrscheinlich unterschiedlichen Blutdruckverhältnissen in beiden Abschnitten, so daß sie dem regulativen Gefäßabschnitt (nach *Pfeifer*) zuzuweisen sind. Die Deutung der aus der Zyroarchitektonik bekannten getrennten Verteilung von kleinen und großen Zellen auf die beiden Gebiete konvergiert einerseits mit der von *Sepp*⁶⁸ geäußerten Ansicht, daß nur die Capillaren dem Gasaustausch dienen und die Präcapillaren dem Flüssigkeitsaustausch, und andererseits mit der Ansicht *Pfeifers*, daß motorische Gebiete vorwiegend serophile Pyramidenzellen, sensible und vegetative Gebiete vorwiegend aerophile Kleinzellen bzw. Körner enthalten.

Für das Vorhandensein *Cohnheimscher* Endarterien waren keine Anhaltspunkte gegeben.

Literaturnachweis.

¹ *Balthasar, K.*: Z. Neur. **128**, 702 (1930). — ² *Balthasar, K.*: Dtsch. Z. Nervenheilk. **148**, 243 (1939). — ³ *Baumann, C.*: Z. Neur. **162**, 126 (1938). — ⁴ *Bing, R.*: Gehirn (Allgemeine Anatomie, Physiologie, Pathologie und Symptomatik). In

- Handbuch der inneren Medizin, Bd. V/1, S. 33. Berlin: Springer 1939. — ⁵ *Bodech-tel, G. u. W. Hickl*: Arch. f. Psychiatr. **102**, 654 (1934). — ⁶ *Bonhoeffer, K.*: Mschr. Psychiatr. **77**, 127 (1930). — ⁷ *Cajal, R. y*: Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Paris: A. Meloine 1909—1911. — ⁸ *Clara, M.*: Die arterio-venösen Anastomosen. Anatomie, Biologie und Pathologie. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1939. — ⁹ *Dejerine, I.*: Anatomie des centres nerveux, Tome 2. Paris: J. Rueff 1901. — ¹⁰ *Döllken, A.*: Neur. Zbl. **18**, 50 (1899). — ¹¹ *Economio, C. v.*: Wien. klin. Wschr. **1910 I**, 429. — ¹² *Fazio, C.*: Riv. Pat. nerv. **51**, 125 (1938). — ¹³ *Fazio, C. e A. Carpaneto*: Riv. Pat. nerv. **53**, 391 (1939). — ¹⁴ *Fazio, C. e L. Perria*: Riv. Pat. nerv. **56**, 79 (1940). — ¹⁵ *Fazzari, I.*: Riv. Pat. nerv. **41**, 588 (1933). — ¹⁶ *Finley, K. H.*: Arch. of Neur. **36**, 118 (1936). — ¹⁷ *Fischer, O.*: Z. Neur. **7**, 463 (1911). — ¹⁸ *Flechsig, P.*: Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarks auf myelogenetischer Grundlage, Bd. 1. Leipzig: Georg Thieme 1920. — ¹⁹ *Foix, Ch. et P. Hillemand*: Revue neur. **32**, 6, 705 (1925). — ²⁰ *Foix, Ch. et J. Nicolesco*: Les noyaux gris centraux et la région mésencéphalo-sous-optique. Paris: Masson et Cie 1925. — ²¹ *Forel, A.*: Arch. f. Psychiatr. **7**, 393 (1876). — ²² *Forel, A.*: Gesammelte hirnanatomische Abhandlungen. München: Ernst Reichert 1907. — ²³ *Ganser*: Gegenbauers Jb. **7** (1882). — ²⁴ *Gerstmann, J.*: Jb. Psychiatr. **34**, 287 (1913). — ²⁵ *Goodhart, S. and H. Balser*: Arch. of Neur. **39**, 1043 (1938). — ²⁶ *Greiff, F.*: Arch. f. Psychiatr. **14**, 598 (1883). — ²⁷ *Greving, R.*: Z. Neur. **99**, 231 (1925). — ²⁸ *Greving, R.*: Die zentralen Anteile des vegetativen Nervensystems. In *W. v. Möllendorffs* Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. 4, Teil I, S. 917. Berlin: Springer 1928. — ²⁹ *Hampel, E.*: Dtsch. Z. Nervenheilk. **141**, 77 (1936). — ³⁰ *Henle, J.*: Handbuch der Nervenlehre, 1879. — ³¹ *Hiller, F.*: Die Zirkulationsstörungen des Gehirns und Rückenmarks. In *Bumke-Försters* Handbuch der Neurologie, Bd. XI, S. 178. Berlin: Springer 1936. — ³² *Jakob, A.*: Die extrapyramidalen Erkrankungen mit besonderer Berücksichtigung der pathologischen Anatomie und Histopathologie der Bewegungsstörungen. Berlin: Springer 1923. — ³³ *Juba, A. u. E. Rakonitz*: Arch. f. Psychiatr. **106**, 629 (1937). — ³⁴ *Karplus, J. P.*: Die Physiologie der vegetativen Zentren. In *Bumke-Försters* Handbuch der Neurologie, Bd. II, S. 402. Berlin: Springer 1937. — ³⁵ *Karplus, J. P. u. A. Kreidl*: Pflügers Arch. **129**, 138 (1909); **135**, 401 (1910); **143**, 109 (1911); **171**, 192 (1918). — ³⁶ *Kashida*: Z. Neur. **94**, 659 (1925). — ³⁷ *Kleist, K.*: Dtsch. med. Wschr. **1925 II**, 1725, 1768, 1813. — ³⁸ *Kodama, S.*: Schweiz. Arch. Neur. **18**, 179 (1926); **19**, 152 (1926); **20**, 209 (1927); **23**, 38, 179 (1929). — ³⁹ *Kölliker, A.*: Handbuch der Gewebelehre des Menschen, Bd. II. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1896. — ⁴⁰ *Lindgren, A. G. H.*: Die kapillare Angioarchitektonik der isogenetischen Großhirnrinde des erwachsenen Menschen. Mercator's Tryckeri. Helsingfors 1940. — ⁴¹ *Lotmar, F.*: Die Stammganglien und die extrapyramidal-motorischen Syndrome. Berlin: Springer 1926. — ⁴² *Lotmar, F.*: Symptomatologie der Erkrankungen des Hirnstamms. Allgemeine Symptomatologie der Stammganglien. In *Bumke-Försters* Handbuch der Neurologie, Bd. V, S. 404. Berlin: Springer 1936. — ⁴³ *Luys, J.*: Recherches sur le système cérébro-spinal. Paris: J. B. Bailliére & Fils 1865. — ⁴⁴ *Luys, J.*: Iconographie photographique des centres nerveux. Paris: J. B. Bailliére & Fils 1873. — ⁴⁵ *Luys, J.*: Études de physiologie et de pathologie cérébrales. Paris: J. B. Bailliére & Fils 1874. — ⁴⁶ *Malone, E.*: Abh. preuß. Akad. Wiss. **1910**, 1. — ⁴⁷ *Marburg, O.*: Mikroskopisch topographischer Atlas des menschlichen Zentralnervensystems. Leipzig-Wien: Franz Deuticke 1910. — ⁴⁸ *Marburg, O.*: Jb. Psychiatr. **38**, 184 (1917). — ⁴⁹ *Matzdorff, P.*: Z. Neur. **109**, 538 (1927). — ⁵⁰ *Meynert, Th.*: Psychiatrie. Wien 1884. — ⁵¹ *Mingazzini, G.*: Das Mittelhirn. In *W. v. Möllendorffs* Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, Bd. 4, Teil I, S. 644. Berlin: Springer 1928. — ⁵² *Mirto, G.*: Riv. Pat. nerv. **1896**, 58. — ⁵³ *Moersch, F. P.* and *W. Kernohan*: Arch. of Neur. **41**, 365 (1939). — ⁵⁴ *Monakow, C. v.*: Arch. f. Psychiatr. **27**, 1, 386 (1895). — ⁵⁵ *Obersteiner, H.*: Anleitung beim Studium des

Baues der nervösen Zentralorgane. Leipzig-Wien: Franz Deuticke 1901. — ⁵⁶ *Pfeifer, R. A.*: Die Angioarchitektonik der Großhirnrinde. Berlin: Springer 1928. — ⁵⁷ *Pfeifer, R. A.*: Grundlegende Untersuchungen für die Angioarchitektonik des menschlichen Gehirns. Berlin: Springer 1930. — ⁵⁸ *Pfeifer, R. A.*: Anastomosen der Hirngefäße. Dargestellt am asphyktisch-hyperämischen Kindergehirn. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1931. — *Pfeifer, R. A.*: Kreislauf und Hirntuberkulose. Untersuchung zur Pathoangioarchitektonik der entzündlichen Hirnkrankheiten. Dresden: Theodor Steinkopff 1935. — ⁶⁰ *Pfeifer, R. A.*: Die angioarchitektonische areale Gliederung der Großhirnrinde. Auf Grund vollkommenen Gefäßinjektionspräparate vom Gehirn des Macacus rhesus anatomisch dargestellt. Leipzig: Georg Thieme 1939. — ⁶¹ *Riese, W.*: J. Psychol. u. Neur. **31**, 81 (1925). — ⁶² *Rose, M.*: Anatomie des Großhirns (End- und Zwischenhirn). In *Bumke-Försters Handbuch der Neurologie*, Bd. I, S. 541. Berlin: Springer 1935. — ⁶³ *Roux, W.*: Jena. Z. Naturwiss. **6**, 321 (1879). — ⁶⁴ *Sano, T.*: Mschr. Psychiatr. **27**, 110 (1910); **28**, 367 (1910). — ⁶⁵ *Santha, K. v.*: Arch. f. Psychiatr. **84**, 665 (1928). — ⁶⁶ *Santha, K. v.*: Z. Neur. **141**, 321 (1932). — ⁶⁷ *Schrottenbach, H.*: Z. Neur. **23**, 431, 497 (1914); **33**, 207, 229 (1916). — ⁶⁸ *Sepp, E.*: Die Dynamik der Blutzirkulation im Gehirn. Berlin: Springer 1928. — ⁶⁹ *Spiegel, E.*: Z. Neur. Ref. **22**, 142, 229 (1920). — ⁷⁰ *Stilling, J.*: Zbl. med. Wiss. **1878**, 385. — ⁷¹ *Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben*, Bd. 2. Leipzig 1872. — ⁷² *Uiberall, H. u. V. Samet-Ambrus*: Z. Neur. **131**, 502 (1931). — ⁷³ *Wenderovič, E.*: Z. Neur. **114**, 78 (1928). — ⁷⁴ *Winkler, C.*: Anatomie du système nerveux. Quartière partie, la pars intermedia du trone cérébral. Haarlem: De Erven F. Bohn 1929. — ⁷⁵ *Wislocki, G. B. and A. C. P. Campbell*: Anat. Rec. **67**, 177 (1936/37). — ⁷⁶ *Wulff, H.*: Acta Psychiatr. (København) **7**, 999 (1932).

An dieser Stelle ist es mir ein Bedürfnis, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. phil. et med. *Richard Arwed Pfeifer* für die Überlassung des Themas und des Materials sowie für das große Interesse, das er dem Fortgang der Arbeit stets entgegenbrachte, aufs herzlichste zu danken.