

(Aus der Hirnhistologischen Abteilung der psychiatrisch-neurologischen Klinik der Universität zu Budapest [Vorstand: Prof. Dr. *Karl Schaffer*].)

Beiträge zum Kleinhirnanteil der Pyramidenbahn.

Drei Fälle von Fasciculus arcuatus.

Von
Adolf Juba.

Mit 6 Textabbildungen.

(Eingegangen am 26. August 1931.)

Im Bereich des menschlichen Pons und der Oblongata kommen zahlreiche „aberrierende“ Pyramidenbündel vor. Unter aberrierenden Pyramidenbündeln verstehen wir solche Faszikel, die sich von den Pyramidenbahnen abzweigend, einen kürzeren oder längeren selbständigen Verlauf aufweisen. *Ziehen*¹¹ teilt die erwähnten Faszikel nach ihrer topographischen Anordnung in 4 Gruppen ein. Diese sind: 1. Das *Picksche* Bündel, 2. die im Hinterstrang, 3. die im Spatium interolivare und 4. die im Seitenstrang, auf der ventrolateralen Oblongatafläche verlaufenden aberrierenden Bündel. Zu diesen letzteren ist nach seinen morphologischen Eigenschaften auch der in Frage kommende Fasciculus arcuatus zu rechnen.

Den *Fasciculus arcuatus* haben schon *Barnes* und *Elliot Smith* beschrieben. Ausführlich berichtet über ihn *Hajós*², der in seiner Arbeit „Über ein scheinbar abnormes Bündel der menschlichen Oblongata“ seine genaue makro- und mikroanatomische Beschreibung gibt. Der Fasciculus arcuatus ist von charakteristischem Verlauf. An ihm ist ein absteigender und ein aufsteigender Schenkel und ein Bogen zu unterscheiden, von dem ventrolateralen Teil der Pyramidenbahn sondert er sich in der Höhe der Oliva inferior ab, umarmt den unteren Pol der Oliva inferior, gelangt in das Corpus restiforme und verschwindet in diesem in der Richtung des Kleinhirns verlaufend. Verfasser weist darauf hin, daß der Fasciculus arcuatus sich unter 20 Fällen 12mal bei Paralytikern vorfand. So hält Verfasser das Bündel für ein „Degenerationsstigma“; da aber nach Beobachtungen an Tieren ähnliche Fasern in jeder Oblongata, wenn auch nicht makroskopisch, feststellbar vorhanden sein müssen, kann man ihrer Erklärung als Stigma nicht zustimmen.

All diese Beschreibungen sind mehr von morphologischer Natur. Für die Bedeutung, namentlich für das Verhältnis zur Pyramidenbahn und seine Endigung, geben uns *Schaffers* Untersuchungen Aufschluß. *Schaffer* ^{6, 7, 8} behandelt zuerst an Hand von 8 Oblongaten, in seiner späteren Arbeit an Hand von 40 Gehirnen, die auf der Oblongatafläche verlaufenden „aberrierenden“ Pyramidenbündel. Verfasser beschreibt auf Grund von *Weigert*-Serien den Fasciculus pontis medialis (seine ältere makroskopische Beschreibung stammt von *Lenhossék*), den Fasciculus pontis lateralis und den Fasciculus bulbi lateralis, den *Spiller-Burness*schen Faszikel, und endlich ausführlich den Fasciculus arcuatus. Für die Häufigkeit des Fasciculus arcuatus macht *Schaffer* genaue zahlenmäßige Angaben: An 100 nicht von Paralytikern stammenden Gehirnen war er 39mal, an 90 neueren Gehirnen 51mal vorzufinden, d. h. der Faszikel ist als ein fast normaler Bestandteil des menschlichen Gehirns anzusehen, dies um so mehr, da er auch seine Form als periolivarer Bogenstrang konstant beibehält. *Schaffer* hat den Fasciculus arcuatus auch in 2 solchen Fällen studiert, in denen die Pyramidenbahnen infolge einer kapsulären Läsion degeneriert waren. Bei dem einen Gehirn war eine auf arteriosklerotischer Grundlage entstandene subinsuläre Blutung die Ursache der sich im *Weigert*-Stadium befindenden Degeneration. Der ebenfalls degenerierte Fasciculus arcuatus wurde durch *Fibrae arciformes externae* in der Höhe des Nervus XII von der degenerierten Hauptmasse der Pyramide abgespalten. Das entartete Bündel gelangt auf seinem charakteristischen, um die Oliva inferior herum caudal verlaufenden Wege in das Corpus restiforme, in welchem er bis zur Höhe der Acusticus-Gegend, d. h. bis zum Eintritt des Corpus restiforme in das Kleinhirn, zu verfolgen war. Beim anderen Falle war eine sich im *Marchi*-Stadium befindende Pyramidenläsion vorhanden infolge einer auch den hinteren Schenkel der Capsula interna betreffenden Thalamusblutung. Der Fasciculus arcuatus ist ebenfalls degeneriert; die degenerierten Bündel gelangen in das Corpus restiforme, wo man sie später wegen der Vermischung mit normalen Nervenfasern nicht mehr verfolgen kann.

Diese 2 Fälle erscheinen bedeutungsvoll. Durch sie wird es unzweifelhaft, daß in dem Fasciculus arcuatus Pyramidenfasern verlaufen und es sich *nicht* etwa um ein Abzweigen von nur hospitierenden Fasern aus den Pyramidenbahnen handelt; sie deuten auch auf die Endigung der fraglichen Bündel hin. Daß der Fasciculus arcuatus im Corpus restiforme bis zu seinem Eintritt in das Kleinhirn zu verfolgen ist, macht es unzweifelhaft, daß die Endigung im Cerebellum sich befindet. Es handelt sich hier also um einen Pyramidenanteil, der im Kleinhirn endigt, um eine die präzentrale Region mit dem Kleinhirn durch bulbare Gegenden verbindende Bahn, die von *Schaffer* als „*Kleinhirnanteil der Pyramidenbahn*“ bezeichnet wird. Pyramidenbündel gelangen aber nicht nur auf dem Wege des Fasciculus arcuatus, sondern auch durch andere aberrierende

Pyramidenbündel, wie auch durch selbständige, die Gehirnoberfläche jedoch nicht erreichenden Bündel in das Cerebellum; alle diese Formationen werden in den Arbeiten *Schaffers* bei der Beschreibung der cerebellaren Pyramide ausführlich erörtert. *Schaffer* betont, daß als Ergebnis dieser Untersuchungen *in den Pyramiden neben den corticobulbären und corticospinalen Bestandteilen auch eine dritte, corticocerebellare Komponente anzunehmen sei*. Der Kleinhirnanteil der Pyramide bringt gegenüber den indirekten corticopontinen Kleinhirnbahnen zwischen dem motorischen Cortex und dem Kleinhirn eine direkte Verbindung zustande, welche in der tonischen Muskelinnervation eine Rolle spielen dürfte.

Diese Feststellungen *Schaffers* werden durch Tierversuche völlig bestätigt. *Probst*⁵ hat an Hunden und Katzen nach durch seine Hackenkanüle verursachten Gehirnläsionen die hervorgerufene Pyramidendegeneration verfolgt. Er weist in der Medulla ein gekreuztes und ein ungekreuztes akzessorisches Pyramidenbündel nach, beide vereinigen sich, von dem lateralen Rande der bulbären Pyramide abgespalten und endlich in die Region des Nucleus lateralis gelangend mit der Seitenpyramide. Wichtig ist, daß von diesem akzessorischen Bündel sich Faszikel abspalten, welche mit den *Fibrae arciformes externae* in das Corpus restiforme gelangen und im Vermis superior des Kleinhirns endigen. *Economo* und *Karplus*¹ verfolgten an Affen und Hunden experimentell verursachte Pyramidendegenerationen. Die von *Probst* beschriebenen akzessorischen bulbären Pyramidenbündel hatten auch sie angetroffen. In 2 Fällen konnte man von diesem Bündel Fasern in das Corpus restiforme verfolgen, welche Verfasser als „Pyramidenbahn-Corpus restiforme-Kleinhirnfasern“ bezeichnen. Sie nehmen weiterhin an, daß auch im Falle der Ermangelung eines kompakten, corticobulbocerebellaren Bündels zerstreut solche Fasern anzutreffen sind, welche die erwähnte Richtung verfolgen.

Tierversuche und die faser-histologische Analyse des menschlichen Gehirns wiesen eindeutig auf das Vorhandensein einer die motorische Region durch die Oblongata mit dem Kleinhirn verbindenden Bahn hin. In der Literatur sind jedoch betreffs der Bedeutung des Fasciculus arcuatus auch andere Feststellungen anzutreffen. So bringt *Marburg*³ das fragliche Bündel mit dem Corpus pontobulbare in Zusammenhang. *Marburg* hält die *Fuseschen Striae* für eine vom Corpus pontobulbare zum Cerebellum verlaufende Bahn, in welche auch noch Kerne unbekannter genauerer Verhältnisse (Nucleus eminentiae teretis) eingeschaltet sind. Das zentrale Neuron der Bahn erblickt *Marburg* hauptsächlich im *Schafferschen* Fasciculus arcuatus, da dieser nicht in das Kleinhirn, sondern in dem Corpus restiforme nur bis zur Höhe des Corpus pontobulbare zu verfolgen ist. Auf eine Verwandtschaft des Fasciculus arcuatus mit den temporopontinen Bahnen und nicht mit den Pyramiden deutet der Umstand, wonach bei einem Falle von *Barnes* nebedem degenerierten

Fasciculus arcuatus und der Pyramide auch der Tractus temporopontinus degeneriert war. Darauf erwidert *Schaffer* 9, daß er auch in solehem Falle, bei welehem keine Spinⁿ eines Corpus pontobulbare vorhanden war, gut entwickelten Fasciculus arcuatus antreffen konnte; dies allein schließt den Zusammenhang des fraglichen Biindels mit der *Marburgsehen* Bahn aus. *Marburg* nimmt jedoch die Pyramidennatur und die Verbindung des Fasciculus arcuatus mit dem Cerebellum nicht an und äußert sich in seinem bekannten Atlas: „Ob, wie *Schaffer* meint, auch Pyramidenfasern mit den Hittsenstrs ins Kleinhirn gelangen, Kleinhirnp^yramide, ist fraglich.“

Auch *Ziehen* erw^s mehrere gegen die Pyramidennatur des Fasciculus arcuatus sprechende Einwände *: „Mit Bezug auf das S. 195 besprochene ventrolaterale Pyramidenbⁱndel trage ich naeh, daß *K. Schaffer* mit Recht hervorhebt, daß dieses Biindel gelegentlich schon makroskopisch auf der Oberfl^äche der Oblongata zu erkennen, und bis fiber die erste Cervicalwurzel dist^mws zu verfolgen ist. Zuweilen geht es, wie gleichfalls *Schaffer* beschreibt, zusammen mit einem bogenförmig den distalen Olivenpol umfassenden Biindel, dem Fasciculus bulbi arcuatus (s. ventrolateralis) aus der Pyramide hervor.... Der Fasciculus arcuatus lsst sich naeh *Schaffer* in das Corpus restiforme und in diesem zum Kleinhirn verfolgen. Wenn ihn *Schaffer* trotzdem zur Pyramidenbahn als ihrem ‚Kleinhirnanteil‘ rechnet, so scheint mir dies nicht zulsst; der Terminus ‚Pyramidenbahn‘ sollte ausschließlieh für diejenigen Fasern reserviert werden, die aus der motorischen Region zu motorischen Nerven^kernen oder Vorderwurzelzellen gelangen. Man wird also nur von einem ‚Hospitieren‘ des Fasciculus arcuatus sprechen dürfen. Ueberdies scheint mir der Ursprung im Kleinhirn noch nicht gesichert.“

Bevor wir diese Einwände eingehender erörtern, geben wir die makroskopische und histologische Beschreibung der drei in vorliegender Arbeit zu besprechenden Fasciculi arcuati. Infolge ihrer m^seh^tigen Ausprägung sind die stark entwickelten Fasciculi arcuati in jedem unserer F^älle fasernatomisch leicht zu verfolgen, so daß die Untersuchung besonders zwei unserer F^älle annähernd zu Resultaten führt, wie solche durch ein Studium von degenerierten Fasciculi arcuati zu erzielen sind. Infolge seiner einseitig überstarken Entwicklung ermöglicht es das Biindel, auf Grund der Symmetrieverhältnisse der beiden Oblongatahälften besonders mit Rücksicht auf die Pyramiden und Corpora restiformia diese Frage vergleichend zu studieren. Verschiebungen in den Größenverhältnissen der beiden genannten Bahnen ermöglichen nämlich das Verfolgen der Fasern des Fasciculus arcuatus bei einer Schnitterichtung, welche genau senkrecht auf die Längsachse der Oblongata geführt ist und beim Vorhandensein eines stark entwickelten Fasciculus arcuatus auf Grund der Untersehiede, die sich an der Seite des Biindels befindenden

* *Ziehen*: 1.e., S. 620.

Pyramide und Corpus restiforme zeigen, auch noch in dem Falle, in welchem die Fasern des Bündels von der Umgebung (Pyramide, Corpus restiforme) morphologisch nicht zu trennen sind. Aus diesem Gesichtspunkt ist der Fall I ein sehr geeigneter: Außer einem sehr stark entwickelten Fasciculus arcuatus entspricht auch die Schnittrichtung praktisch den obenerwähnten Forderungen. Die Schnitte wurden nach *Weigert* gefärbt und an Serien verfolgt.

Fall 1. Makroskopische Beschreibung. An der linken Oblongatahälfte entwickelt sich unmittelbar unter dem caudalen Ende des Pons von der ventralen

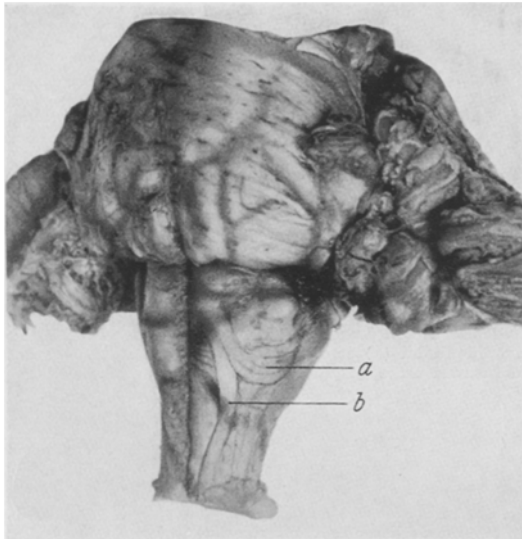


Abb. 1. Makroskopisches Bild des Falles 1. a Fasciculus arcuatus; b aus dem Fasciculus arcuatus hervortretendes aberrierendes Pyramidenbündel.

Fläche der Pyramide und teils auch aus der Fissura mediana anterior ein stark hervortretender Fasciculus arcuatus; nach unten und lateral zu gelangt er zum medialen Rande der Oliva, teilt sich in mehrere, nebeneinanderliegende parallele Fasern, verläuft um den distalen Pol der Oliva inferior herum in das Corpus restiforme hinein, an dessen Oberfläche er eine Strecke weit in proximaler Richtung zu verfolgen ist. Unmittelbar vor seiner Biegung um den unteren Olivenpol herum tritt aus ihm ein anderes Bündel heraus, das zuerst geradeaus in caudaler Richtung, dann nach unten und etwas medial zieht; seine Grenzen verwischen sich allmählich (Abb. 1). Histologischer Befund. Es fällt schon an den Schnitten der unteren Ponsgegenden auf, daß die linksseitige Pyramidenbahn dicker ist als die rechtsseitige. An der linken Seite ist sie gleichzeitig in 2 Teile gespalten (Abb. 2); an einzelnen Schnitten ist mehr, an anderen weniger gut ein größerer medialer und ein kleinerer lateraler Teil der Pyramide zu unterscheiden, während die rechtsseitige Pyramide ein einheitliches Bündel bildet. An den Oblongataschnitten von der Mitte der Oliva fällt diese Zweiteilung der linken Pyramide nicht so deutlich auf, doch erscheint die linksseitige im Verhältnis zur rechtsseitigen Pyramide

auch in diesem Niveau zweifellos dicker. Beachtenswert ist außerdem noch, daß das linke Corpus restiforme bedeutend voluminöser ist als das der Gegenseite.

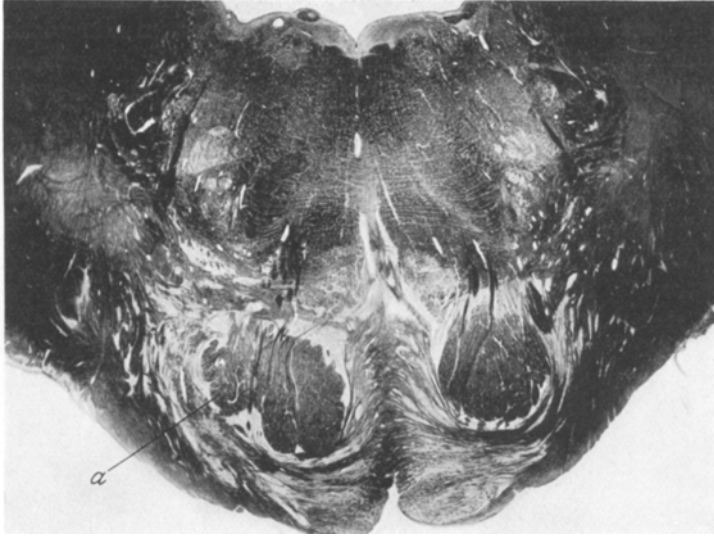


Abb. 2. Querschnitt des Pons aus dem Fall 1 in der Höhe der Facialis abducens-Gegend; die linksseitige Pyramidenbahn (a) erscheint im Vergleich mit der rechten voluminöser und in zwei Teile gespalten. *Weigert-Präparat.*

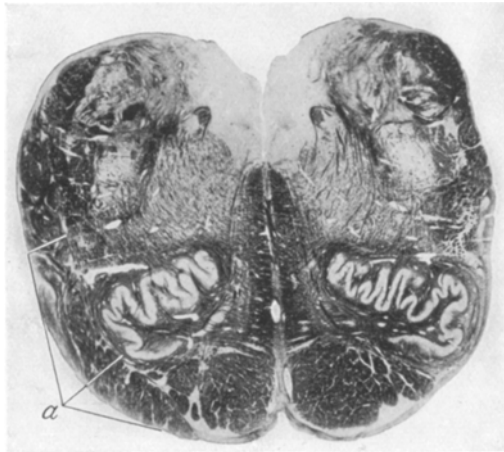


Abb. 3. Fall 1. Umbiegung des Fasciculus arcuatus (a) in den Strickkörper; Querschnitt der Oblongata aus dem Niveau des caudalen Olivenpols. *Weigert-Präparat.*

Der Nucleus arcuatus trennt links mit seinem Auftreten von der Pyramidenbahn eine beträchtliche Fasermasse ab, diese entspricht dem vom Pyramidenbündel abzweigenden Fasciculus arcuatus. Mit dem Selbständigwerden dieses letzteren

Bündels nimmt die Masse der linken Pyramide plötzlich ab, wird fast gleichgroß mit der gegenseitigen, denn das im Fasciculus arcuatus gegebene Plus in der pontinen Pyramidenbahn lenkt hier gegen den Striekkörper ab. Caudalwärts biegt der Fasciculus arcuatus zum Teil noch den unteren Olivenpol bedeckend, zum Teil um ihn herum, hinter der Olive auf die Oberfläche des Corpus restiforme um. Hier in der Umgebung zeigt sich das besonders stark entwickelte Bündel in seiner vollen Ausprägung (Abb. 3a). Der auf dem Corpus restiforme in cerebellarer Richtung verlaufende Schenkel des Fasciculus arcuatus sondert sich an *Weigert-Präparaten* durch graueren Farbe von den übrigen Fasern des Corpus restiforme scharf ab. Die scharfe Grenze verschwindet allmählich caudal vor dem Beginn der Acusticusgegend. Hier ist gut zu beobachten, wie sich der Fasciculus arcuatus



Abb. 4. Querschnitt der Oblongata aus dem Fall 1 vor dem Beginn der Pyramidenkreuzung; zu beachten das aus dem Fasciculus arcuatus entsprungene aberrierende Pyramidenbündel (b). *Weigert-Präparat*.

mit den übrigen Fasern der Corpus restiforme vermenget. Beim Übertreten des Corpus restiforme in das Cerebellum unterscheidet sich das Corpus restiforme nur in seiner größeren Ausdehnung von dem rechtsseitigen Corpus restiforme. Noch vor der Umbiegung unter der Oliva sondern sich die medialen Bündel des Fasciculus arcuatus von der Hauptmasse des Bündels ab und bilden einen kleinen isolierten Faszikel, der sich zwischen den Fasciculus arcuatus, Nucleus arcuatus und endlich den Fibrae arciformes externae anteriores befindet. An caudaleren Schnitten wird dieser kleine Faszikel durch den Nucleus arcuatus von der linken Pyramide abgetrennt (Abb. 4b); in der Höhe des Beginnes der Pyramidenkreuzung fällt seine isolierte Lage in der Umgebung noch auf. Noch caudaler schmilzt er mit der Pyramidenbahn allmählich zusammen.

Fall 2. Die Abb. 5 zeigt die anatomischen Verhältnisse des stark entwickelten linksseitigen Bündels sehr deutlich; der Verlauf des starken Fasciculus arcuatus ist typisch, teils transolivar (Abb. 5a und a'). Der Faszikel befindet sich auf der linken Seite. An histologischen Bildern ist der absteigende Schenkel des Fasciculus arcuatus gut zu unterscheiden, der Bogen und der im Corpus restiforme an der Oberfläche verlaufende aufsteigende Schenkel unterscheidet sich ebenfalls scharf von den übrigen Fasern des Corpus restiforme und ist in diesem cerebellarwärts noch eine Strecke weit zu verfolgen.

Fall 3. Linksseitiger, gut ausgeprägter Fasciculus arcuatus. Histologischer Befund: In der Höhe der 8. Gegend spaltet sich durch die Einschaltung der Fibræ arciformes externæ und des Nucleus arcuatus der Fasciculus arcuatus von der linken Pyramide ab. Mit seiner mächtigen Fasermasse tritt er um den mittleren Olivenpol (Abb. 6a) in das Corpus restiforme hinein, und in diesem ist er an einer ziemlich langen Strecke in kranialer Richtung zu verfolgen, vermengt sich jedoch noch vor dem Beginn der VIII. Gegend mit den übrigen Fasern des Corpus restiforme.

Das Ergebnis unserer 3 Fälle fassen wir im folgenden zusammen: Die Endigung des Fasciculus arcuatus befindet sich im Kleinhirn; er ist nicht nur bis zum Corpus restiforme, sondern in diesem kranialwärts

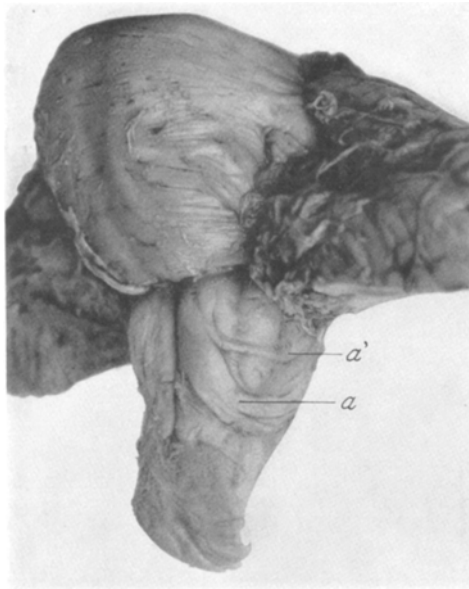


Abb. 5. Makroskopisches Bild des Falles 2. a Fasciculus arcuatus.

fast bis zur Acusticusgegend zu verfolgen, so daß er dem Übertritt des Corpus restiforme in das Cerebellum ziemlich angenähert ist. In die Tiefe des Corpus restiforme versenkt er sich niemals; er befindet sich immer an der dorsolateralen Oberfläche des Corpus restiforme, bis er sich mit der Umgebung vermengt. Die Asymmetrie des Strickkörpers ist besonders in unserem Fall 1 auffallend, obwohl die 2 Hälften des Schnittes sonst praktisch symmetrisch anzusehen sind. Links, wo der mächtige Fasciculus arcuatus im Corpus restiforme in proximaler Richtung eine ganze Strecke lang zu verfolgen ist, ist der Strickkörper auch noch bei seinem Eintritt in das Kleinhirn zweifellos voluminöser als an der Gegenseite. All diese Beobachtungen können zu der Feststellung führen, daß der Fasciculus arcuatus weder im Bereiche

des Corpus restiforme endigt, noch dieses vor seinem Eintritt in das Kleinhirn verläßt, sondern in das Cerebellum gelangt.

Ebenso ist anzunehmen, daß der Fasciculus arcuatus Pyramidenfasern enthält. Hier verweisen wir auf die Pyramidenverhältnisse unseres I. Falles. An der Seite des Fasciculus arcuatus, d. h. links, ist die Pyramide schon im Pons auffallend größer als rechts. Dieses Verhältnis besteht so lange, bis das Bündel sich von der Pyramide absplattet; hier erreicht die linke Pyramide die Größe der rechten, sie erscheint vielleicht sogar etwas kleiner. Dies können wir nur so erklären, daß in

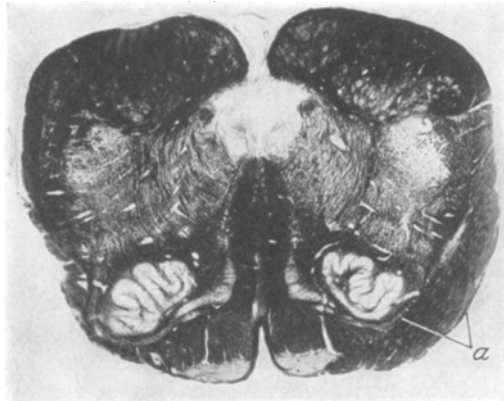


Abb. 6. Weigert-Präparat aus der Oblongata des Falles 3. Umbiegung des Fasciculus arcuatus (a) in den Strickkörper.

der linken Pyramide ein Plus an solchen Fasern verläuft, welche mit den spinalen Fasern der Pyramidenbahn nicht identisch sind und durch welche sie als Fasciculus arcuatus in das Kleinhirn gelangen. Sobald dieses Plus ausscheidet, verändern sich auch die Größenverhältnisse, dabei spaltet sich bei unserem Fall I vom Fasciculus arcuatus ein im Sinne *Ziehens* aberrierendes Pyramidenbündel ab, welches an der ventralen Fläche der Medulla verlaufend, bald völlig mit der Pyramide verschmilzt. Die angeführten zwei Beobachtungen können nur so gedeutet werden, daß im Fasciculus arcuatus Pyramidenfasern verlaufen, beweisen dies jedoch nicht völlig. Es wäre nämlich denkbar, daß aberrierende fremde Fasern hoch, schon oberhalb des Pons, in die Pyramide gelangen, welche dann in der Oblongata als Fasciculus arcuatus diese wieder verließen. Diese Möglichkeit schließt jedoch die zwei oben erwähnten Fälle *Schaffers* aus, bei denen außer den infolge kapsulärer Läsion degenerierten Pyramiden auch die Fasciculi arcuati gleichsinnig (im *Weigert-* bzw. *Marchi-* Stadium) entartet waren. Ebenso sind die experimentellen Beobachtungen *Probsts* und *Economus* bezüglich der erörterten Fragestellung

von großer Bedeutung. Wenn wir die erwähnten Feststellungen berücksichtigen, so ist es naheliegend, daß die Fasern des Fasciculus arcuatus ebenso der motorischen Rinde entstammen, wie die übrigen, corticobulbären und corticospinalen Fasern der Pyramide.

Das Ergebnis unserer Untersuchungen, ergänzt mit den oben-erwähnten Angaben der genannten Autoren, ist also, daß die Pyramidenbahn außer den bekannten corticobulbären und corticospinalen Fasern noch eine corticocerebellare Komponente enthält. So sehen wir das Vorhandensein der von *Schaffer* sogenannten „Kleinhirnpyramidenbahn“, richtiger Pyramidenkleinhirnbahn, als völlig bewiesen an.

Im Gegensatz zu der oben zitierten Bemerkung *Marburgs*, nach welcher das Bestehen eines corticocerebellaren Pyramidensystems nicht bewiesen sei, kamen wir auf Grund unserer Untersuchungen zu einem völlig abweichenden Ergebnis. Die Untersuchung des Fasciculus arcuatus selbst zeigt, daß die Pyramide eine cerebellare Komponente besitzt. Teils zu ähnlichem Ergebnis führte auch die Beobachtung der übrigen aberrierenden, an der ventrolateralen Oblongatafläche verlaufenden Pyramidenbündeln. Da in der einschlägigen Literatur (z. B. bei *Spitzer* ¹⁰) festgestellt wird, daß die sog. abnormen, variabel starken Bündel nur eine individuelle Verstärkung von einem normalen Faserbestandteil jedes Gehirnes darstellen, daher sog. essentielle abnorme Bündel nicht vorkommen, können wir folgern, daß den Fasern des Fasciculus arcuatus entsprechende Fasern in jeder menschlichen Oblongata vorhanden sind. Wir verweisen weiterhin auf statistische Angaben (s. oben), nach denen durchschnittlich bei jedem zweiten Menschen ein makroskopisch feststellbarer Fasciculus arcuatus vorhanden ist. Also ist das Bündel an und für sich kaum als ein abnormes zu betrachten, wogegen auch seine konstante bulbäre Lokalisation und Bogenform spricht. Es ist zu erwarten, daß ausgedehnte histologische Untersuchungen die Häufigkeit des Fasciculus arcuatus in noch größerer Zahl ergeben dürften.

Ziehen hält es für unzutreffend, daß die im Fasciculus arcuatus verlaufenden corticocerebellaren Fasern als „Pyramide“ bezeichnet werden: „... der Terminus ‚Pyramidenbahn‘ sollte ausschließlich für diejenigen Fasern reserviert werden, die aus der motorischen Region zu den motorischen Nervenkerneln oder Vorderwurzelzellen gelangen“, sagt der Autor und verwahrt sich dagegen, daß man „hospitierende“ Fasern zur Pyramidenbahn rechne: „Man wird also nur von einem ‚Hospitieren‘ des Fasciculus arcuatus in der Pyramide sprechen dürfen.“

Hierauf ist zu erwidern, daß diese von *Ziehen* nur als hospitierend betrachteten Fasern aber ihre Pyramidenbahnnatur durch ihre gleichzeitige Degeneration mit der legitimen Pyramidenbahnerkrankung

dokumentieren, dadurch ihren Ursprung aus der vorderen Zentralwindung beweisen; *sie sind daher im Kleinhirn endigende echte Pyramidenfasern*, gleichwie die um die bulbospinalen motorischen Kerne endigenden degenerierten Pyramidenfasern und als solche sind sie keine wesensfremde, vielmehr wesensgleiche Fasern mit den Pyramidenfasern. Allerdings erfährt der Charakter der Pyramidenbahn eine Erweiterung dadurch, daß die Centralis anterior doppelte Abladungsstelle: 1. eine bulbospinal-motorische und 2. eine cerebello-koordinatorische enthält. Die cerebello-koordinatorische Wirkung kann anatomisch durch die Funktion zweier cerebraler Bahnen erfolgen; diese sind 1. die *Schaffersche* Kleinhirnpyramidenbahn — eine cerebrobulbo-cerebellare Bahn —, 2. die von *Cajal* beschriebenen und in der Literatur allgemein angenommenen, im Bereich der Ponszellen endigenden Pyramiden-Kollateralen, welche durch die Vermittlung des Brückenarmes mit dem Cerebellum in indirekter Verbindung stehen; diese stellen eine cerebropontocerebellare Bahn dar. Die Kleinhirnpyramidenbahn *Schaffers* wäre als eine *direkte*, nach den Experimenten (*Probst*) im Paleocerebellum, im Vermis endigende Bahn als einheitliches Neuronensystem anzusehen, während die *Cajalschen* Kollateralen einen *indirekten*, mit einer Umschaltung unterbrochenen Zusammenhang zwischen dem motorischen Cortex und Neocerebellum (Kleinhirnhemisphären) darstellen, daher ein doppeltes Neuronensystem bilden.

Freilich ist darin *Ziehen* recht zu geben, daß die um die subcorticalen motorischen Zentren endigenden Pyramidenfasern einen anderen unmittelbaren Effekt bewerkstelligen als die im Kleinhirn endigenden Pyramidenfasern; ob aber dieser Umstand uns dazu nötigen sollte, diese dem Ursprung nach *identischen* Fasern anders zu bezeichnen, erscheint sehr fragwürdig, da wir doch unter „Pyramidenbahn“ die aus dem Gyrus centralis anterior entspringenden corticofugalen Fasern verstehen, von welchen die um die bulbospinalen motorischen Kernen endigenden Fasern eben durch ihre Endigung ihren motorischen Charakter erhalten. Dabei ist es nicht zu leugnen, daß wir bisher gewohnt waren, mit dem Namen „Pyramidenbahn“ eine willkürlich-motorische Funktion zu verbinden; gegen diese althergebrachte Auffassung bedeutet es allerdings ein Novum, wenn *Schaffer* dieser Bahn noch eine zweite Funktion, die Koordination, vielleicht noch mit einer tonischen Komponente, zuschrieb, und zwar vermöge deren Endigung im Kleinhirn. Es wäre noch mit Nachdruck zu bemerken, daß der Kleinhirnanteil der Pyramidenbahn seinen Ursprung im Gyrus centralis anterior hat und keineswegs im Kleinhirn, wie dies *Ziehen* meint: „Überdies scheint mir der *Ursprung* im Kleinhirn doch noch nicht gesichert.“ Im Gegenteil, der Ursprung *aus dem Gyrus centralis anterior* wird durch die corticofugale Degeneration bewiesen, wie dies die oben angeführten zwei Fälle *Schaffers* und die Untersuchungen *Probsts* und *Economos*

darlegen. *Schaffer* spricht in seinen einschlägigen Arbeiten nirgends von einem Ursprung, vielmehr von einer Endigung im Kleinhirn, wie dies ja aus der von ihm vertretenen Pyramidennatur des Fasciculus arcuatus von selbst folgt.

Literaturverzeichnis.

¹ *Economou u. Karplus*: Arch. f. Psychiatr. **46** (1910). — ² *Hajós*: Hirnpathologische Beiträge, Bd. 1. — Z. Neur. **21**. — ³ *Marburg*: Schweiz. Arch. Neur. **13**. — ⁴ *Marburg*: Mikroskopisch-topographischer Atlas des medialen Zentralnervensystems **1927**, 61. — ⁵ *Probst*: Mschr. Psychiatr. **6** (1899). — ⁶ *Schaffer*: Hirnpathologische Beiträge, Bd. 1. — Z. Neur. **27**. — ⁷ *Schaffer*: Hirnpathologische Beiträge, Bd. 2. — Z. Neur. **46**. — ⁸ *Schaffer*: Neur. Zbl. **34** (1915). — ⁹ *Schaffer*: Hirnpathologische Beiträge, Bd. 4. — ¹⁰ *Spitzer*: *Obersteiners Arbeiten*, Bd. 11. 1904. — ¹¹ *Ziehen*: Anatomie des Zentralnervensystems. Bd. 2, S. 192 und 620. 1926.
