

(Aus der Hirnforschungsanstalt der Universität zu Szeged.)

Die Endigungsweise der olivo-cerebellaren Faserung¹.

Von
D. Miskolczy.

Mit 6 Textabbildungen.

(Eingegangen am 16. April 1934.)

In Form von Moos- und Kletterfasern besitzt die Kleinhirnrinde zweierlei zuführende Systeme. Die Korbzellenfaserung repräsentiert ein intracorticale Assoziationssystem der Molekularschicht. Während die Korb- und Kletterfasern ihre Erregungen unmittelbar den Purkinjezellen zuführen, zeigen die Moosfasern bezüglich der Fortpflanzung der Erregungen ein eigenständiges Verhalten, wie dies uns die bekannten Untersuchungen *Cajals* gezeigt haben. Die kollateralen und terminalen Moosfaseräufsplitterungen artikulieren nämlich in den sog. Glomeruli cerebellosi mit zahlreichen Körnerzellen, deren Axone als Parallelfasern, mit der Achse der Kleinhirnwindungen gleichverlaufend, eine lange Reihe der Purkinjezellen beeinflussen können. Wenn wir in Betracht ziehen, daß eine einzige Moosfaser 20—30 Sekundär- und Tertiärästen Entstehung geben kann (*Cajal*), und außerdem das Ausbreitungsgebiet einer Moosfaser sich nicht nur auf eine, sondern zu gleicher Zeit auf zwei Kleinhirnlamellen erstrecken kann, und dadurch eine einzige Moosfaser eine Unmenge von Glomeruli zu innervieren vermag, so wird es klar, daß die Erregung einer einzigen Moosfaser sich auf die ganze Ausdehnung von mehreren gleichverlaufenden Windungen, sogar von einer Hemisphäre in die andere ausbreiten kann. *Estable* spricht daher ganz berechtigt von dem omnizellulären Moosfasersystem, dem er das Kletterfaser-Purkinjezellsystem gegenüberstellt, wo eine zuführende Faser nur eine einzige Nervenzelle innerviert. Die Ausbreitung der intracorticalen Impulse in sagittaler Richtung besorgt das Korbafersystem, dessen Fasern bekanntlich eine Reihe von nebeneinander liegenden Purkinjezellen mit ihren Endpinseln umhüllen und von einer Windung auf die nächste hinüberziehen.

So klar und einfach die Artikulationsverhältnisse der zu- und abführenden Bahnen der Kleinhirnrinde liegen, so stoßen wir in der reichen Literatur über die Herkunft der Moos- und Kletterfasern auf die schroffsten Widersprüche. Wie *Jakob* bemerkt², herrscht in dieser wichtigen Frage keine Klarheit.

¹ Herrn Prof. Karl Schaffer zum 70. Geburtstage.

² *Jakob*: In *Möllendorffs Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen*, Bd. 4, S. 811. Berlin 1928.

Bezüglich der Endigungsweise der aus dem Rückenmark in die Kleinhirnrinde aufsteigenden Bahnen konnte ich¹ mit Hilfe einer einfachen Methodik feststellen, daß die Fasern der *Flechsig'schen* und der *Gowers'schen* Bahn als Moofasern in der Körnerschicht endigen. Nach Durchschneidung der spino-cerebellaren Bahnen wurde nämlich mit Hilfe der *Cajal'schen* Silber-Hydrochinonmethode am Gefrierschnitt diese Faserart degeneriert gefunden.

Meine nächste Aufgabe war nun, die Endigungsweise der olivo-cerebellaren Verbindungen zu ermitteln. Über die Endigungsstätte dieser Faserung im Kleinhirn, sowie über die topische Projektion der Olive im Kleinhirn sind wir dank der Arbeiten von *Holmes* und *Stewart* (1908), *Brouwer* (1919, 1927), *Haehnel* und *Bielschowsky* (1915), *Brun* (1917—1918), *Kubo* (1924) u. a. genügend unterrichtet. Neuerdings führte *Lüthy*² eingehende Untersuchungen auf Grund von isolierten Zerstörungen der unteren Olive bei Katzen mit Hilfe der *Marchischen* Methode aus. Er konnte feststellen, daß bei weitem die meisten Olivenfasern im Lobus anterior und im cl (*Bolk*) der Pyramis enden. Etwas weniger beschickt ist der Lobus simplex, noch weniger der paramedianus. Die Flocke enthält ziemlich reichlich Olivenfasern. Die Olivenfaserung lehnt sich somit eng an die Kleinhirnseitenstrangfaserung an, greift aber im Kleinhirn etwas nach lateral. Die Endaufsplitterungen der olivo-cerebellaren Bahn müssen wir also in erster Reihe in den Kleinhirnhemisphären suchen, da die im Wurm befindlichen afferenten Fasern beim Degenerationsversuch auch evtl. mit den spino-cerebellaren Systemen verwechselt werden können.

Unser Vorgehen war folgendes: Nach Freilegung der dorsalen Oberfläche des Bulbus medullae oblongatae haben wir in der Höhe der unteren Oliven medial vom Corpus restiforme einen seitlichen Einstich angebracht, um auf diese Weise die aus den Oliven zum Strickkörper hinziehenden Fibrae arcuatae internae zu unterbrechen. Diese Operation wurde an 10 Hunden ausgeführt. Die Tiere haben den operativen Eingriff 36 Stunden bis 12 Tage überlebt bzw. sie wurden nach 7—12 Tagen getötet. Die topographische Ausbreitung der angebrachten Verletzung wurde an Zell- und Markscheidenpräparaten kontrolliert. Die letzteren zeigten uns an, ob die betreffenden inneren Bogenfasern tatsächlich unterbrochen waren; die Nisslbilder lieferten uns den Beweis dafür, daß die Durchtrennung des Axons auch die Ursprungszelle in starke Mitteidenschaft zog. Tatsächlich fanden wir in den Zellbändern der unteren Olive zahlreiche charakteristische Bilder der *Nissl'schen* axonalen Zellschwellung mit zentral beginnender Tigrolyse, Kernverlagerung usw. Wir trafen auf diese pathologisch veränderten Zellen nicht nur in der Verletzung gegenüberliegenden Seite, sondern auch in der gleich-

¹ *Miskolczy: Z. Anat.* **96** (1931).

² *Lüthy: Ber. internat. neurol. Kongr. Bern,* **1931**, 239.

seitigen Olive, da bekanntlich die olivo-cerebellare Faserung der einen Seite sich aus homo- und kontralateralen Fasern zusammensetzt.

Das Kleinhirn wurde mit Hilfe der bewährten Cajalschen Silberreduktionsmethode untersucht. Schon bei schwacher Vergrößerung ließ



Abb. 1.



Abb. 3.



Abb. 5.



Abb. 2.



Abb. 4.



Abb. 5.

Abb. 1–6. Hund. *Cajal*-Imprägnation. Verschiedene Degenerationsformen der Moosfasern nach Unterbrechung der olivo-cerebellaren Faserung. 2 schlechte Imprägnierbarkeit und Schwellung einer kollateralen und 3 einer terminalen Moosfaseraufspiliterung. 4, 5 Degenerationsbilder nach 7 Tagen. 6 Mächtige Endanschwellung einer Moosfaser. Tötung des Tieres nach 7 Tagen. 1 Zum Vergleich eine normale Moosfaser. Immersionsbild.

sich feststellen, daß in den von *Lüthy* erwähnten Hemisphärenteilen, und zwar hauptsächlich in den oberen Kleinhirnlamellen die Moosfasern einer unzweideutigen Degeneration anheimfielen. Die Degenerationserscheinungen ließen sich am besten bei Immersionsvergrößerung studieren. Ich möchte dabei betonen, daß die Kletterfasern keine Zeichen irgendwelcher pathologischer Veränderungen darboten. Die Moosfaser-

endigungen zeigen verschiedene Stadien der Fragmentation, der ungleichmäßigen Anschwellung, Kolbenbildung (Abb. 2—6). Manche Fasern sind enorm verdickt (Abb. 6). Da ich derartige Bilder aus der menschlichen Pathologie als eine besondere Degenerationsform der Moosfasern schon kennengelernt habe, so hatte ich keine Zweifel über die Natur dieser Fasern. Die hier abgebildete mächtige Endanschwellung übertrifft mehrfach die Größe sowohl der Purkinje- als auch der in der Lamina granularis liegenden Golgizellen. Es ist interessant, daß die Imprägnierbarkeit der degenerierten Moosfasern mit der Zeit zunimmt. So sind an Präparaten, die aus einer 36stündigen Verletzung stammen, die fragmentierten und geschwollenen Moosfaserendigungen nur dunkelbraun tingiert (Abb. 2 und 3). Nach einigen Tagen nehmen die erkrankten Axone und Endaufsplitterungen eine tiefschwarze Imprägnation an (Abb. 4 und 5).

Durch diese Versuche wurde also der Beweis erbracht, daß die olivo-cerebellare Bahn mit Hilfe der Moosfasern ihre Wirkung auf die effektorischen Elemente der Cerebellarrinde ausübt.

Bei unseren Experimenten konnte manchmal die Mitverletzung des Corpus restiforme selbstverständlich nicht ganz vermieden werden. Es ist nun sehr merkwürdig, daß in diesen Fällen die Moosfaserdegenerationen, hauptsächlich im Wurm und in den benachbarten Hemisphärenteilen, in besonders großer Zahl vorkommen. Doch ist es bemerkenswert, daß auch bei Versuchen, wo der Strickkörper der einen Seite beinahe vollständig durchschnitten wurde, nicht alle Moosfasern degeneriert waren, sondern eine gewisse Zahl dieser Fasergattung verschont blieb. Dieser Befund kann auf zweierlei Weise gedeutet werden: Entweder bezieht das Kleinhirn auch von anderen, extra-restiformialen Systemen noch Moosfasern, oder die Faserzüge der einen Seite verteilen sich auf beide Hemisphären. Es können aber auch beide Möglichkeiten zugleich bestehen. Weitere diesbezügliche Untersuchungen wären erwünscht.

Da auch bei ausgedehnten Strickkörperläsionen nur die Moosfasern einer sekundären Axondegeneration anheimfielen, ist vielleicht der Schluß berechtigt, daß die durch den hinteren Kleinhirnarm ins Kleinhirn gelangenden Bahnen als Moosfasern zu den efferenten Kleinhirnneuronen in Beziehung treten. Diese Anschauung stimmt mit Cajals embryologisch gewonnenen ähnlichen Folgerungen sehr gut überein.

Unsere weitere Aufgabe ist es, über die Endigungsweise der vestibulären und pontinen Kleinhirnverbindungen Aufschluß zu gewinnen. Bevor wir diese näher kennen lernen, wäre es freilich verfrüht, uns auf weitgehende physiologische Folgerungen einzulassen. Würde sich aber im Verlaufe unserer Untersuchungen herausstellen, daß z. B. die ponto-cerebellaren Bahnen in der Molekularschicht als Kletterfasern enden, so würde dies folgendes bedeuten: Während eine durch den Strickkörper ins Kleinhirn gelangende Moosfaser propriozeptiver oder auch

exterozeptiver Natur infolge ihres ausgedehnten Wirkungsbereiches weite Bezirke des Kleinhirns zu induzieren vermag, können die von gewissen Stellen der Großhirnrinde oder der Brücke herrührenden Impulse nur eine beschränkte Zahl der effektorischen Kleinhirnneuronen erregen. Dadurch wäre aber die anatomische Möglichkeit gegeben, gerade nur die zur geplanten Tonus- und Bewegungsregulation notwendigen Neuronengruppen einzuschalten.

Unsere Versuche haben daneben auch gewisse unklare Fragen der Kleinhirnpathologie beleuchtet. *Cajal* wies ausgedehnte Moosfaserdegeneration bei progressiver Paralyse nach. Ich selbst sah solche bei *Wilsonscher Krankheit*, *Alzheimerscher Psychose* und auch bei Psychose septischen Ursprungs. Ziehen wir nun in Betracht, daß die untere Olive bekanntlich durch eine erhöhte Vulnerabilität gekennzeichnet ist (*Braunmühl*), so wird es uns künftig nicht überraschen, wenn man bei Fällen von Olivenerkrankung mit Hilfe von geeigneten Methoden an topistisch entsprechenden Stellen degenerierte Moosfasern als Ausdruck der Nekrose eines lebensunfähig gewordenen Neurons findet.
