

Aus der Neurochirurgischen Universitätsklinik Freiburg i. Br.  
(Direktor: Prof. Dr. T. RIECHERT)

## Variationen der oralen Ventralkerne des Thalamus. Untersuchungen zur Stereotaxie extrapyramidal-motorischer Erkrankungen

Von  
**F. MUNDINGER** und **O. ZINSSER**

Mit 8 Textabbildungen

(Eingegangen am 1. April/20. September 1965)

Extrapyramidal Bewegungsstörungen werden heute sehr häufig durch stereotaktische Ausschaltung in den ventralen Oralkernen des Thalamus (Abb. 1) symptomatisch behandelt. Auf Vorschlag und zusammen mit HASSLER haben RIECHERT u. MUNDINGER 1952 erstmals dieses Zielsubstrat angegangen. Inzwischen hat der eine von uns (MUNDINGER zusammen mit RIECHERT) mit dem Zielgerät von RIECHERT u. WOLFF, modifiziert nach RIECHERT u. MUNDINGER (II. Modell 1956, 1959) über 2700 stereotaktische Eingriffe am menschlichen Gehirn ausgeführt, davon 2324 (23. 11. 1965) bei extrapyramidalen Bewegungsstörungen (MUNDINGER 1963; MUNDINGER u. RIECHERT 1961, 1963, 1965). Bei 1311 Eingriffen (= 56%) wurden die V.o.-Kerne des Thalamus als Zielsubstrat gewählt. Die überwiegende Zahl dieser Operationen erfolgte in Zusammenarbeit mit HASSLER.

Unsere Erfahrungen bei stereotaktischer Thalamotomie zeigt, daß der therapeutische Effekt von der Läsionsgröße abhängig ist, wobei sich für die einzelnen Patienten ganz unterschiedliche individuelle Relationen ergeben. Der Grund hierfür dürfte vor allem in der Variabilität der Kerngröße liegen, während eventuelle geringfügige Abweichungen vom Zielpunkt durch ungenügende encephalographische Darstellung zur Bestimmung der Koordinaten, vereinzelte Berechnungs-, Einstellungs- und röntgenographische Fehler (MUNDINGER u. UHL 1965) sich vermeiden lassen und daher nur eine untergeordnete Rolle spielen. Dies wurde schon früh erkannt. Deshalb empfehlen manche Autoren für die einzelnen Zielpunkte Sicherheitsgrenzen oder -koordinaten oder eine bestimmte Läsionsgröße nicht zu überschreiten (SPIEGEL u. WYCIS 1952, 1960; TALAIRACH u. Mitarb. 1957; FENELON 1955; DELMAS u. PETRUISET 1959; VAN BUREN u. MACCUBIN 1962 u. a.). Solche Maßnahmen geben eine wertvolle Hilfe, bedeuten jedoch noch keine individuelle Anpassung an die Verhältnisse der Patienten.

Wir lokalisieren daher subcorticale Zielpunkte, indem wir mit Hilfe eines intracerebralen Koordinatensystems erhaltene Modellhirnmaße individuell korrigieren (HASSSLER u. RIECHERT 1954; MUNDINGER u. RIECHERT 1961, 1963; RIECHERT u. MUNDINGER 1956, 1959) (siehe auch S. 344).

Auch dieses Verfahren ist durch einen gewissen Unsicherheitsfaktor noch vom Idealfall der absolut sicheren intravitalen Zielsubstrat- Lokalisation entfernt, da wir fremde, wenn auch korrigierte Abmessungen einer bestimmten Hirnstruktur als für den Individualfall gegeben betrachten, ohne dies beweisen zu können. Zu einer noch genaueren Lokalisation des Zielsubstrates kämen wir, wenn es gelänge, ein Idealbild dieser Struktur zu entwerfen, in das sich alle gefundenen Einzelfälle einordnen ließen, und das wir dann als Modell benutzen könnten. Die Möglichkeit der Konstruktion eines solchen Idealbildes wird weitgehend bestimmt von der Variationsbreite, der die Größe und Gestalt der Struktur unterworfen ist. Noch wichtiger für die möglichst genaue Lokalisation einer subcorticalen Struktur erscheint ihre Position innerhalb der basalen Ganglien des Gehirns und ihr Verhältnis zu markanten anderen Strukturen, die intravital sichtbar gemacht werden können.

So schien es geboten, Untersuchungen über die Größe und Lage der V.o.-Kerne des Thalamus anzustellen. Es sollte einerseits ein Überblick über die Variabilität der Nuclei ventrales orales anterior et posterior thalami in Form, Größenausdehnung und Lageverhalten zum intracerebralen Koordinatensystem gewonnen werden, darüber hinaus auch geprüft werden, inwieweit das von uns verwendete Lokalisationsverfahren der Zielgenauigkeit gerecht wird.

### Material

Als Grundlage des Vergleiches der Abmessungen mehrerer verschiedener V.o.a und V.o.p dienten uns sechs Gehirnhemisphären, und zwar das von uns für stereotaktische Eingriffe verwendete Modellgehirn, das wir als Gehirn I bezeichnen, ein von HASSSLER zur Verfügung gestelltes Gehirn (Gehirn II)<sup>1</sup>, sowie die Abbildungen von vier weiteren Gehirnhemisphären (Gehirne III—IV) aus dem Atlas von SCHALTENBRAND u. BAILEY (1959).

Präparation und Abbildungstechnik schienen uns in ausreichendem Maße einen Vergleich von intracerebralen Strukturen dieser sechs Gehirnhemisphären zu gestatten. Im einzelnen können dazu noch folgende Angaben gemacht werden: Über das Gehirn I konnten wir keine genauen Auskünfte über Alter, Geschlecht, Todesursache etc. erhalten. Das Gehirn zeigt äußerlich sowie auf den Schnitten keinerlei Zeichen einer größeren Deformierung oder sonstiger Auffälligkeiten in Größe, Gewicht oder Form. Die von uns zur Messung verwendete Gehirnhälfte ist in Frontalschnitte zerlegt.

Das Gehirn II stammt von einer 30jährigen Frau mit der typischen Symptomatologie einer temporalen Epilepsie, weshalb wir auf stereotaktischem Wege im

<sup>1</sup> Prof. Dr. R. HASSSLER, Direktor der Neuroanatomischen Abteilung des Max Planck-Institutes für Hirnforschung, Frankfurt a. M.

Abstand von 11 Monaten eine zuerst rechtsseitige, dann linksseitige Fornicotomy durchgeführt haben. Am 8. Tage nach der zweiten Operation verstarb die Patientin plötzlich an einer Hyperthermie auf der Grundlage einer zentralen vegetativen Dysregulation. Post mortem konnte die Epilepsie auf ein haselnußgroßes Astrocytom in der medialen Fläche des rechten Stirnhirns zurückgeführt werden, das keinerlei Verdrängungsscheinungen in der Nachbarschaft hervorgerufen hatte. HASSLER u. RIECHERT (1957) haben über diesen Fall ausführlich berichtet. Im Bereich des für unsere Messungen verwendeten linksseitigen Thalamus und seiner Nachbarstrukturen waren keine makroskopisch erkennbaren, topographisch-anatomischen Veränderungen festzustellen, insbesondere auch nicht als Folge der vorher stattgehabten Operationen. Unsere Messungen wurden an Hand von Frontalschnitten mit Zell- und Markscheidenfärbung vorgenommen.

Gehirn III stammt von einem 51 jährigen Mann, der an einer pulmonalen Tuberkulose verstorben war. Im Atlas von SCHALTENBRAND u. BAILEY ist es mit der Nr. LXVIII bezeichnet und in einer Serie von Frontalschnitten mit Markscheidenfärbung im Maßstab 1:4 abgebildet.

### Methodik

Vorangestellt sei, daß unser Lokalisationsverfahren bei stereotaktischen Eingriffen auf der Errichtung eines intracerebralen Koordinatensystems für die drei Dimensionen des Raumes mit Hilfe encephalographisch gut darstellbarer Bezugsgrößen, die dann mit identischen Strukturen eines Modell-(Leichen- oder Atlas-) gehirns in Relation gesetzt werden, beruht.

Mit dem daraus resultierenden Korrekturfaktor einer jeden Koordinate werden die Abstandsmaße zum Zielpunkt auf die jeweiligen korrespondierenden individuellen Größenmaße des Patienten korrigiert. Als Relations- bzw. Abstandsmaße wählen wir punkt- oder linienartig sich darstellende Strukturen, die möglichst in der Nähe der anzuzielenden Kerngebiete und in einer möglichst konstanten Beziehung zu diesen liegen und durch die aussparende Kontrastfüllung im Encephalogramm darzustellen sind, d. i. Foramen Monroe (FM) und Comissura posterior (CP), die die Basislinie bilden.

Für die genannten sechs Gehirne wurden zuerst die jeweils größten Ausdehnungen der Nc. v.o.a und v.o.p in den drei räumlichen Ebenen gemessen. Da bei den Abbildungen im Atlas von SCHALTENBRAND u. BAILEY für die Gehirne ein auf der Comissura anterior (CA)-CP-Linie als Grundlage aufgebautes Koordinatensystem verwendet ist, haben wir dieses System für den Vergleich der beiden Thalamuskerne übernommen. Die zwei anderen Gehirne wurden diesem System unterworfen. Die von uns verwendete Basislinie (FM-CP-Linie) lag in fünf der untersuchten Gehirne in einem Winkel von  $8^\circ$  zur CA-CP-Linie. Lediglich das Gehirn III zeigte einen solchen Winkel von  $9^\circ$  (siehe Abb. 2-7).

Die drei Ebenen, parallel zu welchen die größten Ausdehnungen der Kerne gemessen wurden, sind also

1. Die Mittsagittalebene.
2. Die CA-CP-Ebene als Horizontalebene.
3. Die auf diesen beiden senkrecht stehende Frontalebene.

Die bei den einzelnen Gehirnen je sich entsprechenden Distanzen wurden dann miteinander verglichen und auf ihre Variationsbreite untersucht. Dies geschah, wie schon bemerkt, einsteils mit den wirklich gemessenen Werten, andernteils auch mit den durch die Korrekturfaktoren korrigierten Werten, um so diese Faktoren einer Prüfung zu unterziehen. Zu diesem Zweck wurden die Gehirne II-VI je mit dem bei über 2000 Operationen verwendeten Gehirn I in Relation gesetzt, dessen Abmessungen als gemeinsamer Nenner verwendet wurden. Der Vorgang gestaltete

sich entsprechend dem genannten Berechnungsverfahren so, daß für jede der drei Ebenen des Raumes ein Korrekturfaktor aus dem Vergleich zweier sich entsprechender intracerebraler Bezugsgrößen gebildet wurde, mit welchen die Abmessungen der beiden Thalamuskerne multipliziert wurden.

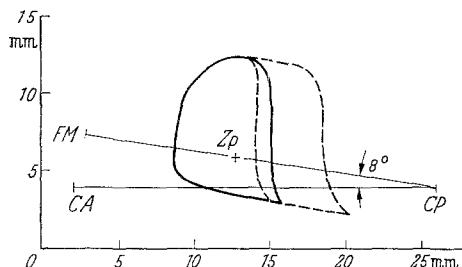


Abb. 1

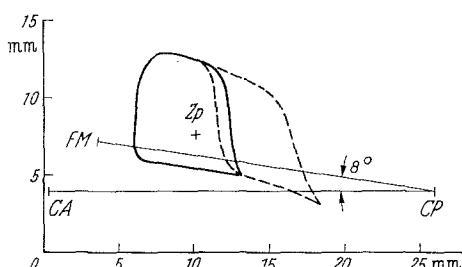


Abb. 2

Abb. 1. Darstellung des V.o.a und V.o.p von Gehirn I im sagittalen (oben) und frontalen (unten) Projektionsbild. CA Commissura anterior (Hinterrand); CP Commissura posterior (Vorderrand); FM Foramen Monroe (Hinterer unterer Rand); MS Mittsagittalebene; III. VR Lateraler Rand des III. Ventrikels; ZP Zielpunkt im V.o.a V.o.a-Umrisse: — Maßstab 1:5; V.o.p-Umrisse: - - - Maßstab 1:5

Abb. 2. Darstellung des V.o.a und V.o.p von Gehirn II im sagittalen (oben) und frontalen (unten) Projektionsbild (Abkürzungserklärungen wie bei Abb. 1)

Als intracerebrale Bezugsgrößen wurden gewählt:

1. Für die Horizontalebene die CA-CP-Distanz.
2. Für die Sagittalebene die Distanz CA-CP-Ebene — oberer Rand des Thalamus, gemessen auf einer in der Mitte zwischen CA und CP stehenden Senkrechten.
3. Für die Frontalebene die Distanz Mittsagittale — Außenrand des Thalamus, gemessen in der CA-CP-Ebene, 3 mm rostral von CP<sup>1</sup>.

Um die Position der Nc. v.o.a und v.o.p der sechs Gehirne im Gehirnganzen miteinander vergleichen zu können, war es notwendig, einen Punkt innerhalb der Kerne festzulegen, den wir zu markanten Nachbarstrukturen in Relation setzen konnten. Wir wählten dazu unseren Zielpunkt für stereotaktische Eingriffe am V.o.a im Modellgehirn (= Gehirn I) (Abb. 1).

<sup>1</sup> Diese Bezugsgrößen stimmen mit denen von uns zur encephalographischen Zielpunktslokalisierung verwendeten nicht überein. Es war aber notwendig, diese Größen hier so zu wählen, um die Abbildungen im Atlas von SCHALTENBRAND u. BAILEY verwenden zu können.

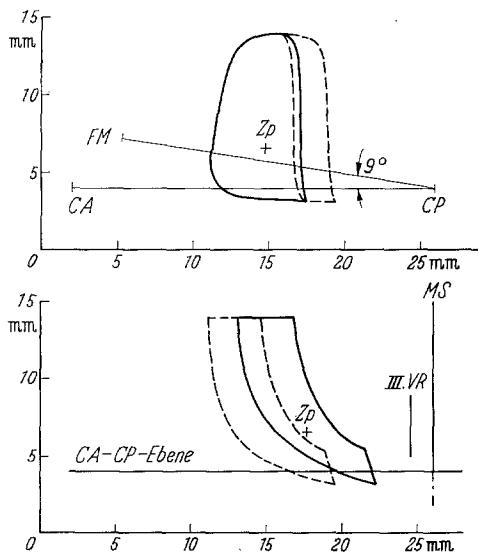


Abb. 3

Abb. 3. Darstellung des V.o.a und V.o.p von Gehirn III im sagittalen (oben) und frontalen (unten) Projektionsbild (Abkürzungserklärungen wie bei Abb. 1)

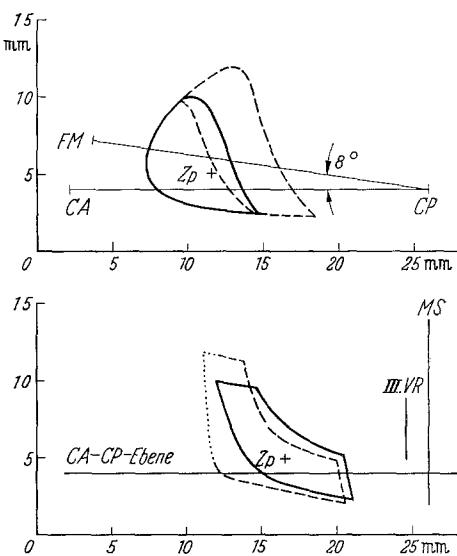


Abb. 4

Abb. 4. Darstellung des V.o.a und V.o.p von Gehirn IV im sagittalen (oben) und frontalen (unten) Projektionsbild (Abkürzungserklärungen wie bei Abb. 1)

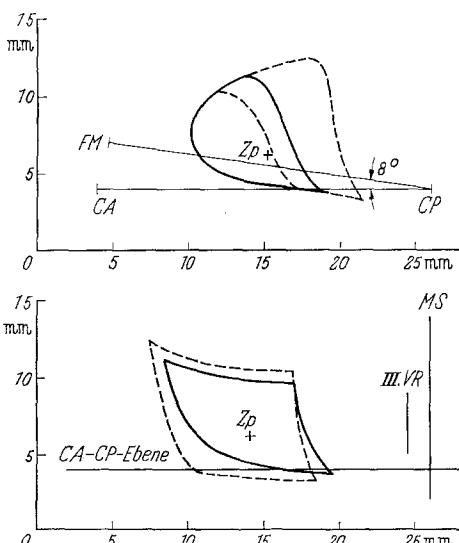


Abb. 5

Abb. 5. Darstellung des V.o.a und V.o.p von Gehirn V im sagittalen (oben) und frontalen (unten) Projektionsbild (Abkürzungserklärungen wie bei Abb. 1)

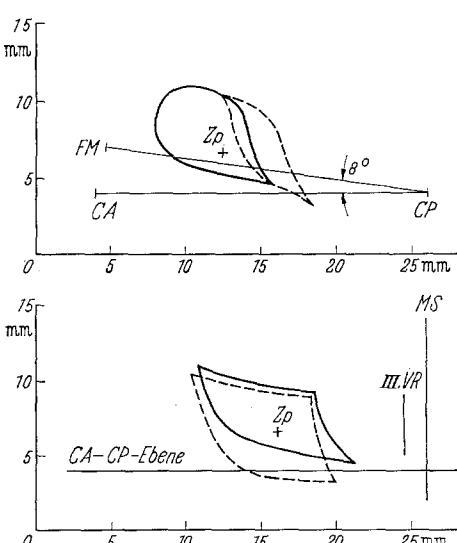


Abb. 6

Abb. 6. Darstellung des V.o.a und V.o.p von Gehirn VI im sagittalen (oben) und frontalen (unten) Projektionsbild (Abkürzungserklärungen wie bei Abb. 1)

Die Lage dieses Punktes innerhalb des V.o.a kann definiert werden durch ein bestimmtes Entfernungsverhältnis zu den größten Ausdehnungen des Kernes in den drei räumlichen Ebenen des genannten Koordinatensystems. Mittels dieses Verhältnisses war es möglich, einen korrespondierenden Punkt innerhalb der V.o.a der anderen fünf Gehirne zu bestimmen, den wir hier ebenso Zielpunkt (Zp) nennen wollen, da er im Falle der Verwendung des jeweiligen Gehirns als Modell für stereotaktische Eingriffe am V.o.a und V.o.p als solcher in Frage käme<sup>1</sup>. Für den V.o.p wurde ein solcher Punkt nicht gewählt, da dieser Kern sich dem V.o.a in caudaler Richtung unmittelbar anschließt, so daß die Bestimmung des Zielpunktes im V.o.a auch etwas über die Position des V.o.p im Gehirn aussagt.

Für den im V.o.a liegenden Zielpunkt wurden parallel zum genannten Koordinatensystem folgende Abstände gemessen:

1. In der Horizontalebene der Abstand zum Vorderrand von CP.
2. In der Sagittalebene der Abstand zur CA-CP-Ebene.
3. In der Frontalebene der Abstand zur Mittsagittalebene des Gehirns.

Die erhaltenen Werte wurden miteinander verglichen und auf ihre Variationsbreite untersucht, wobei wie vordem für die Größe der Kerne auch hier der Vergleich einmal mit den wirklich gemessenen Werten, ein zweites Mal mit den durch die Korrekturfaktoren korrigierten Werten geführt wurde.

Ein Vergleich der Form und Gestalt von V.o.a und V.o.p ist verständlicherweise auf rechnerische Art und mit Zahlenangaben nicht zu führen. Wir haben deshalb für die sechs Gehirne die Umrisse der beiden Thalamuskerne im sagittalen und frontalen Schnittbild bestimmt und aufgezeichnet (Abb. 2-7), damit dieser Vergleich durch eigene Beobachtung geführt werden kann. Die Abbildungen entsprechen den beiden Kernen in der nicht durch Korrekturfaktoren korrigierten Form. Innerhalb der V.o.a wurde der dem Zielpunkt beim Gehirn I je entsprechende Punkt (Zp) wie oben beschrieben gewählt und eingetragen. Ebenso wurde auch die FM-CP-Linie eingezeichnet, auf der dieser Punkt bei Gehirn I liegt. Wir werden abschließend den Versuch einer topometrischen Bestimmung beider Kerne am Beispiel eines der untersuchten Gehirne darstellen.

### Meßergebnisse

#### a) Meßergebnisse am V.o.a und ihre Variationen

Die gefundenen Dimensionen des V.o.a in Länge, Höhe und Breite bei den untersuchten sechs Gehirnhemisphären sind in ihrer absolut gemessenen und ihrer durch die Korrekturfaktoren korrigierten Form in Tab. 1 in Millimeter wiedergegeben. Die Tabelle enthält außerdem die ermittelten statistischen Variationswerte: Mittelwert und Standardabweichung. Die in der Tabelle verwendeten Abkürzungen bedeuten: I-VI = Gehirne I-VI, MW = Statistischer Mittelwert, StA = Standardabweichung, L = Länge, H = Höhe, B = Breite (die absolut gemessenen Werte sind mit  $\alpha$ , die durch die Korrekturfaktoren korrigierten Werte mit  $k$  gekennzeichnet).  $f_L$ ,  $f_H$ ,  $f_B$  stehen für die individuellen Korrekturfaktoren in den der Länge, Höhe und Breite entsprechenden räumlichen Ebenen.

<sup>1</sup> Für die vier Gehirnhemisphären aus dem Atlas von SCHALTENBRAND u. BAILEY geben wir am Schluß des Beitrages die genaue Definition des Zielpunktes im V.o.a, damit auch diese Gehirne als Modell verwendet werden können.

Tabelle 1

	I	II	III	IV	V	VI	MW	Sta
$f_L$	1,0	0,933	1,0	1,01	1,09	1,09		
$L_a$	7,2	7,1	6,2	7,5	8,8	7,75	$7,43 \pm 0,86$	
$L_k$	7,2	6,6	6,2	7,6	9,6	8,5	$7,62 \pm 1,26$	
$f_H$	1,0	0,933	0,85	0,928	0,85	0,9		
$H_a$	9,4	7,9	10,8	7,65	7,5	6,4	$8,28 \pm 1,57$	
$H_k$	9,4	7,4	9,2	7,1	6,4	5,75	$7,54 \pm 1,48$	
$f_B$	1,0	1,195	1,265	— <sup>1</sup>	1,165	1,145		
$B_k$	13,0	8,5	9,25	9,0	11,0	10,25	$10,4 \pm 1,74$	
$B_a$	13,0	10,1	11,5	—	12,8	11,75	$11,87 \pm 1,15$	

b) *Meßergebnisse am V.o.p und ihre Variationen*

In analoger Weise enthält die Tab. 2 die für den V.o.p gefundenen Dimensionen der untersuchten sechs Gehirnhemisphären und die dazu ermittelten Variationswerte. Die verwendeten Abkürzungen sind dieselben wie bei Tab. 1. Bei Gehirn IV konnte hier auch keine absolute V.o.p-Breite gemessen werden, da dieses Gehirn nicht weit genug nach lateral geschnitten worden war.

Tabelle 2

	I	II	III	IV	V	VI	MW	Sta
$f_L$	1,0	0,933	1,0	1,01	1,09	1,09		
$L_a$	6,7	7,75	3,4	9,0	9,5	6,0	$7,06 \pm 2,23$	
$L_k$	6,7	7,25	3,4	9,1	10,4	6,5	$7,23 \pm 2,41$	
$f_H$	1,0	0,933	0,85	0,928	0,85	0,9		
$H_a$	10,0	9,05	10,8	9,7	9,2	7,2	$9,33 \pm 1,21$	
$H_k$	10,0	8,45	9,2	9,0	7,8	6,5	$8,49 \pm 1,23$	
$f_B$	1,0	1,195	1,265	—	1,165	1,145		
$B_a$	13,0	9,8	8,5	—	11,0	9,5	$10,36 \pm 1,72$	
$B_k$	13,0	11,7	10,8	—	12,8	10,9	$11,84 \pm 1,03$	

c) *Lageverhalten des Zielpunktes und seine Variationen*

Zum Vergleich der Position der beiden Kerne im Gehirn haben wir bei den sechs untersuchten Gehirnhemisphären die Entfernung des im V.o.a gelegenen Zielpunktes zu markanten Nachbarstrukturen gemessen. Die gefundenen Meßwerte und ihre statistischen Variationswerte sind in Tab. 3 niedergelegt, wobei hier sinngemäß unter den mit

<sup>1</sup> Bei Gehirn IV konnte die intracerebrale Bezugsgröße für die Frontalebene aufgrund der Abbildungen im Atlas nicht festgestellt werden. Es mußte deshalb auf die Aufstellung eines Korrekturfaktors in dieser Ebene und die entsprechenden Messungen bei diesem Gehirn verzichtet werden.

*L*, *H* und *B* bezeichneten Rubriken die Distanzen in der Länge, Höhe und Breite entsprechenden Ebene des verwendeten Koordinatensystems (horizontal, sagittal und frontal) zu verstehen sind, d. h. die Entfernung zur CP (*L*), zur CA-CP-Ebene (*H*) und zur Mittsagittalebene (*B*). Die übrigen Abkürzungen haben dieselbe Bedeutung wie in den Tab. 1 und 2.

Tabelle 3

	I	II	III	IV	V	VI	MW	StA
<i>f<sub>L</sub></i>	1,0	0,933	1,0	1,01	1,09	1,09		
<i>L<sub>a</sub></i>	13,4	15,9	11,25	14,4	10,8	13,6	$13,23 \pm 1,92$	
<i>L<sub>k</sub></i>	13,4	14,8	11,25	14,55	11,8	14,8	$13,43 \pm 1,58$	
<i>f<sub>H</sub></i>	1,0	0,933	0,85	0,928	0,85	0,9		
<i>H<sub>a</sub></i>	1,9	3,6	2,6	1,0	2,2	2,6	$2,32 \pm 0,87$	
<i>H<sub>k</sub></i>	1,9	3,35	2,2	0,93	1,87	2,35	$2,1 \pm 0,79$	
<i>f<sub>B</sub></i>	1,0	1,195	1,265	—	1,165	1,145		
<i>B<sub>a</sub></i>	12,0	9,75	8,4	9,5	12,0	9,9	$10,41 \pm 1,57$	
<i>B<sub>k</sub></i>	12,0	11,65	10,6	—	14,0	11,35	$11,92 \pm 1,27$	

### Diskussion

Zu den dargestellten Meßergebnissen können folgende Feststellungen getroffen werden:

Die *Variationsbreiten* der größten Ausdehnungen der *Nc. v.o.a* und *v.o.p* in den drei Ebenen des Raumes halten sich, absolut gesehen, in engen Grenzen. Der geringste Wert wurde mit  $\pm 0,86$  mm für die absolut gemessene rostro-caudale Ausdehnung des *V.o.a* ermittelt, der größte mit  $\pm 2,41$  mm für den *V.o.p* in der korrigierten rostro-caudalen Ausdehnung. In Relation zu dem jeweiligen statistischen Mittelwert jedoch entsprechen diese Standardabweichungen einem Prozentsatz von 11,5 bzw. 33,3%. Innerhalb dieser Grenzen zeigen die Variationen bei einer Gegenüberstellung untereinander recht unterschiedliche Werte und ohne Beziehung zueinander. Lediglich in der medio-lateralen Richtung findet sich eine weitgehende Übereinstimmung der Streuung in der Ausdehnung des *V.o.a* und *V.o.p*.

Die starke individuelle Verschiedenheit der Kerngröße wird eindrucksvoll am Beispiel der Hemisphären V und VI veranschaulicht, die beide von dem gleichen Verstorbenen stammen. Hier fanden wir teilweise große Unterschiede in den Kerngrößen zwischen links und rechts, wobei die linken Kerne größer waren. Es ist uns nicht bekannt, ob der Verstorbene Rechtshänder war!

Bei einer Gegenüberstellung der gefundenen Werte für den *V.o.a* zu denen des *V.o.p* können gewisse Aussagemöglichkeiten über die Größe der Kerne im gegenseitigen Verhältnis gemacht werden. So zeigt der

V.o.p in fünf von sechs Fällen eine größere Höhe als der V.o.a. Die Größe scheint entsprechend der relativ geringen Streubreite dieser Abmessungen sehr konstant zu sein. Im sechsten Fall (Gehirn III) sind beide Kerne gleich hoch. In der *Längsrichtung* ergibt sich aus den Mittelwerten eine größere Ausdehnung des V.o.a gegenüber dem V.o.p, wobei auch hier diese Abmessung beim V.o.a eine geringere Streuung aufweist als die entsprechende des V.o.p. Bei Betrachtung im einzelnen finden wir jedoch je zur Hälfte einen längeren V.o.a bzw. V.o.p. In der *Breite* zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung der Abmessungen beider Kerne in den Mittelwerten, die auch im einzelnen durch Gleichheit der Werte in zwei von fünf Fällen zum Ausdruck kommt. Auffallend ist, daß beide Kerne auch eine nahezu gleiche Streubreite in dieser Richtung aufweisen.

Wie zu ersehen ist, gelten auch für das von uns meist verwendete Modellgehirn (= Gehirn I) in allen drei räumlichen Ebenen diese Aussagen, das gegenseitige Verhältnis von V.o.a und V.o.p betreffend.

Bei Verwendung der Korrekturfaktoren werden die Variationsbreiten für die Größe der Kerne in zwei der drei Ebenen größer, anstatt, wie anzunehmen gewesen wäre, geringer. Diese Annahme trifft für die Breite der beiden Kerne sowie für die Höhe des V.o.a zu, während bei den anderen Dimensionen keine Abhängigkeit der Kernausdehnung von der entsprechenden intracerebralen Bezugsgröße im Sinne einer Parallelität besteht.

Einer relativ großen Variationsbreite unterliegt auch die Position der beiden Kerne innerhalb der Stammganglien, d. h. die Entfernung eines definierten Punktes ( $Zp$ ) innerhalb des V.o.a zur Commissura posterior, der CA-CP-Ebene und der Mittsagittalebene. In der ventro-dorsalen Richtung zeigt sich hier mit  $\pm 0,87$  mm ein zwar an der unteren Grenze aller erhaltenen absoluten Streuungen liegender Wert, der aber in Relation zu dem dazugehörigen statistischen Mittelwert einem Anteil von 37,5% entspricht. In den beiden anderen Ebenen bewegen sich diese Werte mit  $\pm 1,57$  mm (= 15%) und  $\pm 1,92$  mm (= 14,5%) etwa in der Mitte.

Sehr wichtig ist hierzu die Feststellung, daß bei Verwendung der Korrekturfaktoren die Variationsbreiten der Kernposition innerhalb der Stammganglien in allen drei räumlichen Ebenen geringer werden, im Gegensatz zur Variationsbreite für die Höhe und Breite der Kerne.

Somit können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Es erscheint nach den vorliegenden Ergebnissen nicht möglich, ein Idealbild der Nc. v.o.a und v.o.p des Thalamus zu konstruieren. Die Variationsbreite der Größe dieser Kerne liegt zwar in den engen Grenzen von etwa 5 mm, bei der geringen absoluten Größe der untersuchten Kerne entspricht dieser Wert aber doch einem recht erheblichen Kern-

anteil. Dasselbe gilt auch für die Position dieser beiden Kerne innerhalb der Stammganglien, d. h. ihre Entfernung zu markanten röntgenologisch darstellbaren intracerebralen Strukturen, obwohl die Streubreite dieser Position in den Grenzen von ca. 4 mm etwas geringer ist als diejenige der Kerngröße. Es ist dies insofern von Bedeutung, als die Konstanz der Position einer Hirnstruktur für ihre stereotaktische Lokalisation wichtiger ist als die Konstanz ihrer Größe.

Diese Aussage ist nicht sehr überraschend. Schon wiederholt haben wir (MUNDINGER u. POTTHOFF 1961; MUNDINGER u. RIECHERT 1963) und andere Autoren auf die großen individuellen Schwankungen hingewiesen, denen alle Strukturen des menschlichen Gehirns unterworfen sind, und die die exakte Festlegung intracerebraler Zielsubstrate bei stereotaktischen Operationen zum Teil erschweren.

2. Ungewöhnlich erscheint die Feststellung, daß die Verwendung der Korrekturfaktoren in zwei der drei räumlichen Ebenen die Variationsbreite der Kerngrößen nicht geringer werden läßt. Dies bedeutet, die Annahme, ein anderes, größeres Gehirn habe auch entsprechend größere Einzelstrukturen, trifft jedenfalls für den Fall der *Nc. v.o.a* und *v.o.p* des Thalamus nicht zu. Allerdings erlaubt dies keinen Hinweis darauf, wie das Verhältnis anderer Einzelstrukturen zur Gehirngröße beschaffen ist, was jeweils für jede Struktur gesondert untersucht werden müßte. Für die Dimension in der Frontalebene gilt diese Feststellung jedoch nicht. Durch die Korrekturfaktoren erfährt nämlich die Streuung dieser Kerngrößen eine bemerkenswerte Verminderung. Dies könnte dafür sprechen, daß die natürliche Breitendimension der Kerne geringeren Schwankungen unterworfen ist als die beiden anderen Ebenen.

3. Es könnte nun der Einwand gemacht werden, die Verwendung der Korrekturfaktoren ist durch die unter Nr. 2 getroffene Aussage ad absurdum geführt. Für die Konstruktion der Größe des *V.o.a* und *V.o.p* eines individuellen Patientengehirns ist dies zweifelohne richtig. Zur Zielpunktlokalisation bei stereotaktischen Hirnoperationen ist jedoch, wie schon bemerkt, die Position des Zielpunktes (Zielsubstrat) ungleich wichtiger als seine Größe. Überdies lassen wir uns bei der Ausdehnung der therapeutischen Läsion in praxi vom reizphysiologischen Ergebnis, der lokalen, reversiblen Unterkühlung und vom Operationseffekt und nicht nur vom konstruierten Bild des Zielpunktes leiten. Für die Position des *V.o.a* und damit auch des *V.o.p* zu markanten intracerebralen Strukturen, die durch die encephalographische Röntgentechnik intravital sichtbar gemacht werden können, ergibt die Verwendung der Korrekturfaktoren jedoch in allen drei Ebenen des Raumes eine eindeutige Minderung der Variationsbreite bei den sechs untersuchten Hemisphären. In der Sagittalebene ist diese Verminderung zwar nur gering, doch beeinträchtigt dies nicht die Feststellung, daß die Einschaltung von

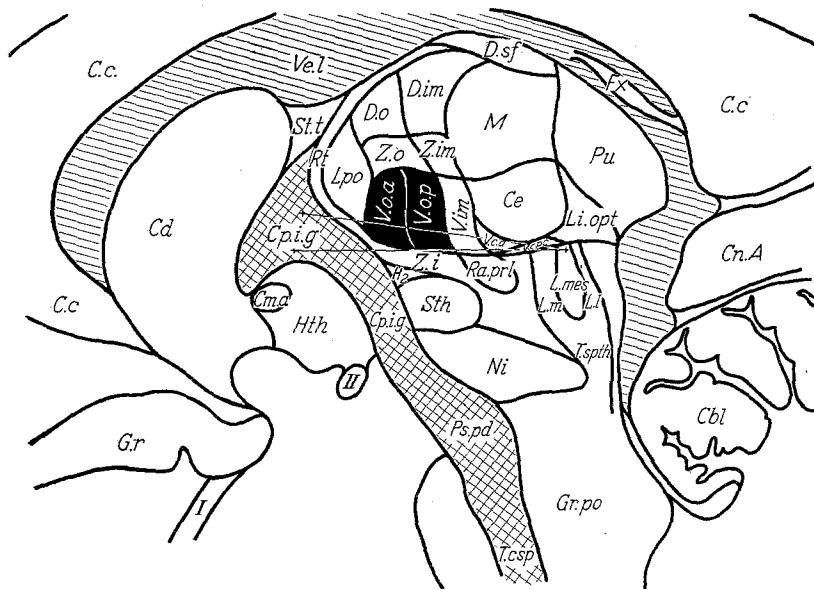


Abb. 7. Schematischer Sagittalschnitt durch den Thalamus ca. 10 mm lateral der Mittsagittalebene (modifiziert nach SCHALTENBRAND u. BAILEY). In die Abbildung ist die laterale Projektion der  $FM \diagdown CP$ -Linie und der  $CA \triangle CP$ -Linie eingezeichnet

Abkürzungen zu Abb. 7 und 8

<i>A.prte</i>	Area praetectalis	<i>M</i>	Territorium mediale thalami
<i>C.c</i>	Corpus callosum	<i>M.i</i>	Massa intermedia thalami
<i>Cbl</i>	Cerebellum	<i>Ni</i>	Nc. niger
<i>Cd</i>	Caudatum	<i>P.e</i>	Pallidum externum
<i>Ce</i>	Centrum medianum thalami	<i>P.i</i>	Pallidum internum
<i>Cl</i>	Clastrum	<i>Pf</i>	Nc. parafascicularis thalami
<i>Cm.a</i>	Commissura anterior	<i>P.s.pd</i>	Pes pedunculi
<i>Cm.p</i>	Commissura posterior	<i>Pt</i>	Putamen
<i>Cn.A</i>	Cornu Ammonis	<i>Pu</i>	Nucleus pulvinar thalami
<i>Co.s</i>	Colliculus superior laminae quadrigeminae	<i>Ra.prl</i>	Radiatio praemniscalis
<i>Cp.i.a</i>	Capsula interna, pars anterior	<i>Rt</i>	Reticulum thalami
<i>Cp.i.g</i>	Capsula interna, genu	<i>s.Hb</i>	Nc. subhabenularis thalami
<i>Cp.i.p</i>	Capsula interna, pars posterior	<i>S.t</i>	Stria terminalis
<i>D.dim</i>	Nucleus dorsalis intermedium thalami	<i>Sth</i>	Corpus subthalamicum Luyssi
<i>D.o</i>	Nucleus dorsalis oralis thalami	<i>T.csp</i>	Tractus corticospinalis
<i>D.sf</i>	Nucleus dorsalis superficialis thalami	<i>T.mth</i>	Tractus mammillo-thalamicus (Vicq d'Azur)
<i>Edy</i>	Nucleus endymalis thalami	<i>T.sph</i>	Tractus spinothalamicus (Edinger)
<i>Fa</i>	Nucleus fasciculus thalami	<i>V.c.a</i>	Nc. ventralis caudalis anterior thalami
<i>F.M</i>	Foramen Monroi	<i>V.c.pc</i>	Nc. ventralis caudalis parvocellularis thalami
<i>Fx</i>	Fornix	<i>V.im</i>	Nc. ventralis intermedius thalami
<i>G.r</i>	Gyrus rectus	<i>V.o.a</i>	Nc. ventralis oralis anterior thalami
<i>Gr.po</i>	Griseum pontis	<i>V.o.m</i>	Nc. ventralis oralis medialis thalami
<i>Gr.se</i>	Griseum septi pellucidi	<i>V.o.p</i>	Nc. ventralis oralis posterior thalami
<i>H.s</i>	Campus Forelli	<i>V.t</i>	Ventriculus lateralis
<i>Hth</i>	Hypothalamus	<i>Z.i</i>	Zona incerta
<i>L.l</i>	Lemniscus lateralis	<i>Z.im</i>	Nc. centralis intermedium thalami
<i>L.m</i>	Lemniscus medialis	<i>Z.o</i>	Nc. centralis oralis thalami
<i>L.mes</i>	Nucleus lateralis mesencephali	<i>I</i>	Tractus olfactarius
<i>Li</i>	Nucleus limitans thalami	<i>II</i>	Fasciculus opticus
<i>Lpo</i>	Nucleus lateropolaris thalami		

individuellen Korrekturfaktoren in das Berechnungsverfahren den Unsicherheitsfaktor bei der Zielpunktlokalisation verkleinert.

4. Bei Betrachtung der Gestalt der Kerne ist eine weitgehende Ähnlichkeit in den sechs untersuchten Fällen zu erkennen. Sie ergeben

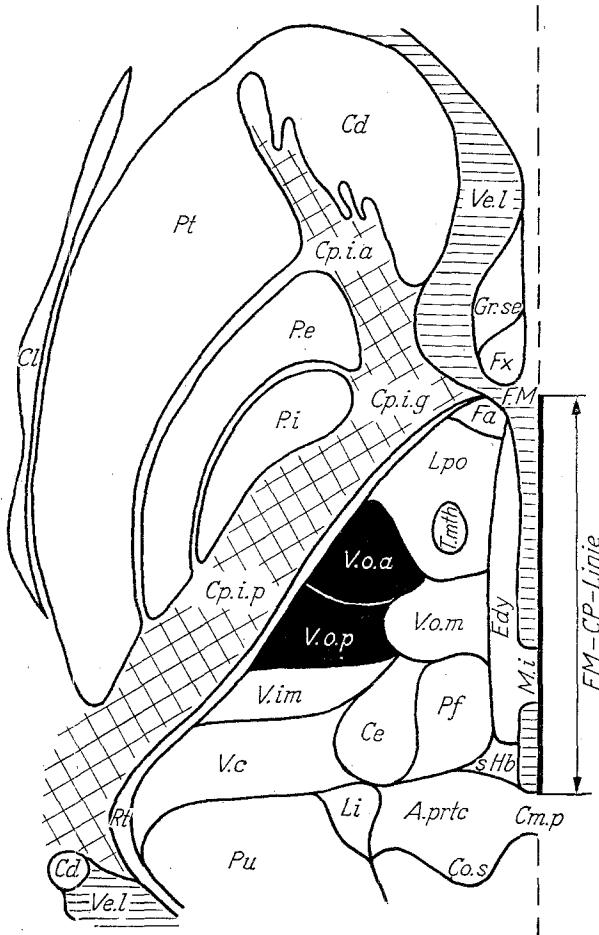


Abb. 8. Schematischer Horizontalschnitt durch den Thalamus entlang der FM-CP-Linie (Abkürzungen siehe Abb. 7)

zusammengenommen ein ca. kleinhaselnußgroßes Gebilde, das zu etwa gleichen Teilen jedem der beiden Kerne angehört. Der V.o.a nimmt den rostralen, der V.o.p den caudalen Teil ein. Die Grenze zwischen beiden verläuft derart, daß der V.o.p den V.o.a lateral und dorsal etwas nach rostral zu umfaßt, während der V.o.a auf den gegenüberliegenden Seiten, nämlich medial und ventral in ähnlicher Weise spitz zulaufend

etwas nach caudal reicht. Die Stellung der beiden Kerne im Bereich des Thalamus, d. h. an dessen seitlichem unterem vorderen Rand bedingt, daß entsprechend der nach caudal breiter werdenden Gestalt des Thalamus der V.o.p gegenüber dem V.o.a etwas nach lateral zu verschoben ist. Im frontalen Schnittbild zeigen beide Kerne eine Krümmung, deren Konvexität nach lateral gerichtet ist, sowie eine nach ventral zunehmende Einengung ihrer Konturen. Daraus resultiert eine kommaförmige Gestalt, wobei das „Kommashwänzchen“ nach medial gerichtet ist. Diese Ausziehung, die dem spitzen caudal-ventralen Ausläufer eines jeden Kernes im sagittalen Schnittbild entspricht, ist auch bei beiden Kernen die Einstrahlungsstelle der extrapyramidal-motorischen wichtigen Faserverbindungen. Für den V.o.a kommen sie vom gleichseitigen Globus pallidus internus ( $H_2$ ,  $H_1$  von Forel) und strahlen von medial, caudal und ventral in den Kern ein, in welchem sie sich aufteilen. Der V.o.p erhält seine Faserverbindungen vom gleichseitigen Nc. dentatus des Kleinhirns. Sie strahlen, die Zona incerta durchziehend, von caudal ventral her in der ganzen Breite des Kernes ein. Schließlich ist zu erkennen, daß in allen Fällen die FM-CP-Linie im sagittalen Schnittbild beide Kerne in ihrer ventralen Hälfte etwa parallel der ventralen Begrenzung schneidet, wobei sich die dadurch entstehenden zwei Teile etwa wie 1:2 bis 1:5 verhalten. So bietet sich diese Linie, die im Encephalogramm darstellbar ist, als Orientierungsmerkmal bei der Zielpunktbestimmung für die Nc. v.o.a und v.o.p des Thalamus geradezu an.

*Die Topometrie und Nachbarschaftsbeziehungen des V.o.a und V.o.p* (siehe Abb. 8 und 9). Die oben beschriebenen Formeigentümlichkeiten des V.o.a und V.o.p haben wir im großen und ganzen bei allen sechs untersuchten Gehirnen gefunden. Allerdings verhindert es die Variationsbreite der Kernausdehnung und -position, aus den erhaltenen Meßwerten allgemeingültige topometrische Angaben über die beiden Kerne zu machen. Wenn wir im folgenden am Beispiel des Gehirns I (Abb. 2) eine topometrische Beschreibung beider Kerne zusammengenommen geben, so deshalb, weil wir es für vorteilhafter halten, eine beispielhafte topometrische Vorstellung über die beiden Thalamuskerne zu haben als gar keine. Gerade für den Elektrodenzugangswinkel sowie Form und Größe der Ausschaltung stellt dies eine große Hilfe dar. Wir haben dazu das Gehirn I deswegen gewählt, weil es uns innerhalb der sechs untersuchten Gehirne, insbesondere was die Kernposition betrifft, eine Mittelstellung einzunehmen scheint, vor allem aber, weil die von uns erhaltene große Anzahl von guten therapeutischen Resultaten nach stereotaktischer Thalamotomie seine Verwendung als Modellgehirn rechtfertigt.

Die größte Breite (= Frontalebene) unter Berücksichtigung der Kernkrümmung ist mit ca. 13 mm am ganzen Gebilde (beide Kerne zusammengenommen) dieselbe. Am vorderen Ende (V.o.a) findet sich

eine Verjüngung von 11 mm oben auf 3 mm unten, während das hintere Ende (V.o.p) keine derartige Verschmälerung, sondern eine gleichmäßige Breite von ca. 10 mm aufweist. In anderen Fällen konnten wir aber auch am V.o.p eine Verjüngung nach ventral beobachten. Die laterale Begrenzung weist zur Mittsagittalen einen Abstand von dorsal caudal ca. 20 mm, rostral ca. 18 mm auf. Etwa parallel dazu verläuft die mediale Begrenzung mit einer Distanz von caudal ventral ca. 7 mm, rostral ca. 5 mm zur Mittsagittalebene.

In rostro-caudaler Richtung (= Sagittalebene) dehnen sich beide Kerne maximal über etwa 12 mm aus, von einem Punkt etwa 6 mm hinter FM bis zu einem Punkt ca. 6 mm vor CP (= 18 mm hinter FM). Durch den caudal-ventralen Ausläufer des V.o.p sind die dorsalen Partien der Kerne nicht ganz so lang wie die ventralen.

Die ventrodorsale Ausdehnung (= Vertikalebene) ist mit ca. 9 mm am ganzen Gebilde die gleiche, wenn man sie senkrecht zur FM-CP-Linie mißt. Diese Linie verläuft etwa parallel zur dorsalen und ventralen Begrenzung der Kerne und schneidet sie im sagittalen Schnittbild in der ventralen Partie etwa im Verhältnis 1:2,5. Bezogen auf die CA-CP-Ebene liegt das vorderste Ende des V.o.a etwa 1,5 mm darüber (= dorsal), der hinterste Ausläufer des V.o.p etwa 1,5 mm darunter (= ventral davon).

Bis auf die ventrale und laterale Seite sind die Nc. v.o.a und v.o.p vollständig von anderen Thalamuskernen umgeben. Nach rostral zu schließt sich der Nc. lateropolaris an, nach caudal der Nc. ventralis intermedius und das Centre médian. Dorsal ist der Nc. zentrolateralis oralis gelegen, nach medial zu die Nc. ventrales orales medialis und internus. Die laterale Seite von V.o.a und V.o.p grenzt dagegen, nur durch die schmale Schicht des Rete thalamicum (Reticularis) getrennt, an den hinteren Schenkel der inneren Kapsel, auf dessen gegenüberliegender Seite nach lateral der Globus pallidus internus folgt. Ventral zu liegen die Zona incerta, caudal davon der Lemiscus medialis und weiter entfernt im Griseum centrale mesencephali das Corpus subthalamicum Luysi und der Nucleus niger.

Da die beiden Kerne zusammengenommen am ehesten einem Würfel ähneln, dessen rostrale, ventrale, laterale Ecke abgeschnitten ist, kann man bei diesem Gebilde von mehreren Längsachsen sprechen. Die längste gerade Strecke, die in beiden Kernen zusammen Platz fände und dabei gleichzeitig deren Zentrum durchquert, verläuft von der lateralen, dorsalen, rostralen Ecke des V.o.a zur medialen, ventralen, caudalen des V.o.p. Im Sagittalbild liegt sie in einem nach vorne oben offenen Winkel von etwa  $30^\circ$  zur FM-CP-Ebene ( $38^\circ$  zur CA-CP-Ebene). Im Frontalbild bildet sie einen nach oben offenen Winkel von ca.  $45^\circ$  und in der FM-CP-Ebene einen nach rostral zu offenen Winkel von etwa  $34^\circ$  zur Mittsagittalebene und hat eine Länge von ungefähr 19 mm.

V.o.a und V.o.p im einzelnen ähneln dagegen eher einem Rhombenquader. Die längsten Strecken innerhalb jedes einzelnen der beiden

Kerne verlaufen gleichartig, ebenfalls von der lateralen, dorsalen, rostralen Ecke zur jeweils diagonal gegenüberliegenden, wobei sie auch in etwa die Kernzentren durchqueren. Beim V.o.a zeigt diese Strecke im Sagittalbild einen Winkel von etwa  $45^\circ$  zur FM-CP-Ebene ( $53^\circ$  zur CA-CP-Ebene) und im Frontalbild einen Winkel von ca.  $50^\circ$  zur Mittsagittalebene und hat eine Länge von etwa 15 mm. Beim V.o.p verläuft diese Strecke etwas steiler: Ca.  $50^\circ$  zur FM-CP-Ebene ( $58^\circ$  zur CA-CP-Ebene) im Sagittalbild und  $48^\circ$  zur Mittsagittalebene im Frontalbild. Ihre Länge beträgt hier etwa 18 mm.

Da diese drei genannten Strecken gleichzeitig auch den Einstrahlungsstellen der Nervenfaserverbindungen der Kerne am nächsten kommen und dabei auch in etwa parallel zu diesen die pathologischen Impulse bei extrapyramidalen Bewegungsstörungen leitenden Fasersystemen liegen, können sie als grundlegendes Modell einer Elektrodenführung für gemeinsame bzw. isolierte stereotaktische Destruktion der Ne. v.o.a und v.o.p des Thalamus angeschen werden.

### !Anhang

Zum Abschluß geben wir für den stereotaktischen Gebrauch noch eine genaue Definition des im V.o.a gelegenen Zielpunktes bei den oben bearbeiteten vier Gehirnen, die dem Atlas von SCHALTENBRAND u. BAILEY entstammen. Die angegebenen Distanzen sind parallel zu dem im Atlas verwendeten Koordinatensystem gemessen.

Für das in Frontalschnitte geteilte Hirn Nr. LXVIII liegt der Zielpunkt 0,8 mm rostral des auf Tafel 38 abgebildeten Schnittes Fp 1,5. In den anderen beiden Ebenen liegt er dabei auf der Abbildung (Maßstab 1:4) 10,5 mm dorsal der CA-CP-Ebene und 33,5 mm lateral der Mittsagittalebene.

Für die in Sagittalschnitte geteilte linke Hemisphäre des Gehirns Nr. LXXVIII ist der Zielpunkt 1 mm lateral des auf Tafel 46 abgebildeten Schnittes Sl 11,0 gelegen. Auf diese Abbildung bezogen (Maßstab 1:4) hat er in den beiden anderen Ebenen folgende Maße: 9 mm dorsal der CA-CP-Ebene und 1 mm caudal der in der Mitte zwischen CA und CP errichteten Frontalebene.

Die rechte Hemisphäre des Gehirns LXXVIII ist in Horizontalschnitte geteilt, die zur CA-CP-Ebene einen nach rostral oben offenen Winkel von  $7,5^\circ$  bilden. Der Zielpunkt liegt genau auf dem auf Tafel 55 abgebildeten Schnitt Hd + 2,0 (Maßstab 1:4), 10,5 mm rostral der Mittfrontalebene zwischen CA und CP und 39,5 mm lateral der Mittsagittalen. Der nächst basalere Schnitt Hd + 1,5 gibt in etwa die Verhältnisse dieses Gehirns in der FM-CP-Ebene wieder.

Bei Gehirn LXXXVI liegt der Zielpunkt 0,5 mm lateral des auf Tafel 73 abgebildeten Sagittalschnittes und auf diese Abbildung bezogen (Maßstab 1:20) 53 mm rostral der Mittfrontalebene zwischen CA und CP und 20 mm dorsal der CA-CP-Ebene.

### Zusammenfassung

1. An zwei Leichen- und vier Atlasgehirnen werden Größe, Gestalt und Position der Nuclei ventrales orales anterior und posterior des Thalamus einer variationsstatistischen Untersuchung unterzogen.

2. Alle Gehirne zeigen eine charakteristische ähnliche Kerngestalt, die beschrieben wird. Die Streubreite der Kerngröße und -position er-

weist sich jedoch als relativ groß. Dies bedeutet, daß die Verwendung eines Modellgehirns zur Zielpunktlokalisation bei stereotaktischer Thalamotomie nur als Beispiel, nicht als Idealbild verstanden werden darf.

3. Die gleichzeitig durchgeführte Prüfung des cerebralen Lokalisationsverfahrens nach HASSSLER, RIECHERT u. MUNDINGER auf seine Zielgenauigkeit ergibt eine eindeutige Verbesserung der Kernlokalisierung bei Verwendung der dieses Verfahren kennzeichnenden individuellen Korrekturfaktoren.

4. Am Beispiel eines Gehirns wird eine Beschreibung der Topometrie und Nachbarschaftsbeziehungen der beiden Thalamuskerne gegeben. Für die vier Atlasgehirne (Atlas des menschlichen Gehirns von SCHALTENBRAND u. BAILEY) wird der Zielpunkt im V.o.a, von dem wir üblicherweise für die stereotaktische Ausschaltung ausgehen, definiert.

### Literatur

- BENZ, R. A., H. T. WYCIS, and E. A. SPIEGEL: Studies in stereoecephalotomy XI. Variability studies of the nucleus ventralis lateralis thalami. *Confin. neurol.* (Basel) **20**, 366—374 (1960).
- BUREN, J. M. VAN, and D. A. MACCUBBIN: An outline atlas of the human basal ganglia with estimation of anatomical Variants. *J. Neurosurg.* **19**, 811—839 (1962).
- DELMAS, A., and B. PERTUSET: Crano-cerebral topometry in man. Location and variation in position of cerebral subcortical structures with special reference to neurology, neurosurgery, and neuroradiology. Springfield, Ill.: Ch. C. Thomas 1959.
- GILLINGHAM, F. I.: Stereotaxic surgery in Parkinsonism. *Proc. roy. Soc. Med.* **54**, 11—14 (1961).
- GILLINGHAM, F. A., and S. KALYANARAMAN: Bilateral stereotactic lesions in the management of Parkinsonism and the dyskinesia. *Excerpta med.* **60**, 115—116 (1963).
- GROS, C., F. SERRATS, ABIB-YAZDI, and A. PARKER: Value of bilateral thalamotomy for Parkinson's syndrome. *Excerpta med.* **60**, 116—117 (1963).
- GUIOT, G.: Le traitement des syndromes parkinsoniens par la destruction du pallidum interne. *Neurochirurgia (Stuttg.)* **1**, 94—98 (1958).
- HASSSLER, R.: Gezielte Operationen gegen extrapyramidale Bewegungsstörungen — Stereotactic brain surgery for extrapyramidal motor disturbances. In: *Einführung in die stereotaktischen Operationen*, S. 472—488. Hrsg.: G. SCHALTENBRAND u. P. BAILEY. Stuttgart: G. Thieme 1959.
- , and R. JUNG: Extrapyramidal motor system. *Handbook Physiol. Neurophysiol.*, Vol. II, pp. 863—927 (1960).
- , u. T. RIECHERT: Indikationen und Lokalisationsmethode der gezielten Hirnoperationen. *Nervenarzt* **25**, 441—447 (1954).
- KRAYENBÜHL, H., and M. G. YASARGIL: Bilateral thalamotomy in Parkinsonism. *J. nerv. ment. Dis.* **130**, 538—541 (1960).
- , u. M. G. YASARGIL: Ergebnisse der stereotaktischen Operationen beim Parkinsonismus, insbesondere der doppelseitigen Eingriffe. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **182**, 530—541 (1961).

- LAITINEN, L.: Ergebnisse stereotaktischer Hirnoperation beim Parkinson-Syndrom. Vortrag: Societas Neurochirurg. Fennica, Helsinki, 5. Mai 1964.
- LEKSELL, L.: A stereotaxic apparatus for intra-cerebral surgery. *Acta chir. scand.* **99**, 229—233 (1949).
- MUNDINGER, F.: Technik und Methodik stereotaktischer Eingriffe mit dem Zielgerät. *Kongr. Dtsch. Ges. Neurochir. Bad Ischl* 7.—11. 9. 1954.
- Geräte für stereotaktische Hirnoperationen. *Medizinalmarkt* **8**, 127—130 (1960).
- Langzeitergebnisse der stereotaktischen Radio-Isotopenbestrahlung von Hypophysentumoren. *Strahlentherapie* **116**, 523—535 (1961).
- Die stereotaktisch-operative Behandlung des Parkinson-Syndroms. Pathophysiologie, Ergebnisse und Indikationsstellung. *Med. Klin.* **29**, 1181—1186 (1963).
- Ergebnisse der primär- und kombiniert operativ-stereotaktischen Radioisotopenbestrahlung von Hypophysenadenomen. Vortrag: I. Jahrestag. d. Ges. f. Nucl.-Med. 10.—19. 10. 1963 Freiburg. In: *Radio-Isotope in der Endokrinologie*. Hrsg.: G. HOFFMANN, S. 397—416. Stuttgart: Schattauer 1965.
- , u. P. POTTTHOFF: Messungen im Pneumenzephalogramm zur intrazerebralen Korrelationstopographie bei stereotaktischen Hirnoperationen, unter besonderer Berücksichtigung der stereotaktischen Pallidotomie. *Acta neurochir. (Wien)* **9**, 196—214 (1960).
- Encephalographische und klinische Untersuchungen zur funktionellen Somatotopik des Pallidum internum bei stereotaktischen Pallidotomien. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **201**, 151—164 (1960).
- , u. T. RIECHERT: Ergebnisse der stereotaktischen Hirnoperationen bei extrapyramidalen Bewegungsstörungen auf Grund postoperativer und Langzeituntersuchungen. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **182**, 542—576 (1961).
- Die stereotaktischen Hirnoperationen zur Behandlung extrapyramidalen Bewegungsstörungen (Parkinsonismus und Hyperkinesen) und ihre Resultate. Teil A. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* **31**, 1—65 (1963).
- Die stereotaktischen Hirnoperationen zur Behandlung extrapyramidalen Bewegungsstörungen (Parkinsonismus und Hyperkinesen) und ihre Resultate. Teil B: Postoperative und Langzeitergebnisse der stereotaktischen Hirnoperationen bei extrapyramidal-motorischen Bewegungsstörungen. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* **31**, 70—120 (1963).
- Indikation und Langzeitergebnisse von 1500 uni- und bilateralen stereotaktischen Eingriffen beim Parkinson-Syndrom. *Wien. Z. Nervenheilk.* (im Druck).
- , u. E. GABRIEL: Untersuchungen zu den physikalischen und technischen Voraussetzungen einer dosierten Hochfrequenzkoagulation bei stereotaktischen Hirnoperationen. *Zbl. Chir.* **85**, 1051—1063 (1960).
- , u. H. UHL: Über die Genauigkeit der röntgenologischen Zielpunktsbestimmung bei stereotaktischen Hirnoperationen. *Fortschr. Röntgenstr.* **103**, 419—431 (1965).
- NARABAYASHI, H.: Pallidotomy for Athetosis and cerebral palsy. I. int. Symp. on Stereoencephalotomy, Philadelphia, Pa. 11.—12. 10. 1961.
- POTTTHOFF, P., u. F. MUNDINGER: Der operative Zugangsweg bei stereotaktischer Pallidotomie mit encephalographischen und klinischen Untersuchungen zur Bestimmung einer optimalen Winkelposition der Elektrode. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **201**, 313—327 (1960).
- RIECHERT, T., u. F. MUNDINGER: Beschreibung und Anwendung eines Zielgerätes für stereotaktische Hirnoperationen (II. Modell). *Acta neurochir. (Wien) Suppl.* **III** 308—337 (1956).

- RIECHERT, T., u. F. MUNDINGER: Ein kombinierter Zielbügel mit Bohragsregat zur Vereinfachung stereotaktischer Hirnoperationen. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **199**, 377—385 (1959).
- — Stereotaktische Geräte. In: *Einführung in die stereotaktischen Operationen mit einem Atlas des menschl. Gehirns*, S. 437—469. Hrsg.: G. SCHALTENBRAND u. P. BAILEY. Stuttgart: G. Thieme 1959.
- — Indications, technique and results of the stereotactic hypophysis operations by means of radioisotopes. *J. nerv. ment. Dis.* **131**, 1—9 (1960).
- , u. M. WOLFF: Über ein neues Zielgerät zur intrakraniellen elektrischen Ableitung und Ausschaltung. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **186**, 225—230 (1951).
- SPIEGEL, E. A., and H. T. WYCIS: *Stereocoencephalotomy. I. Methods and stereotaxic atlas of the human brain*. New York: Grune & Stratton 1952.
- — *Stereocoencephalotomy. II. Clinical and physiological applications*. New York: Grune & Stratton 1962.
- YASARGIL, M. G., A. M. WYSS u. H. KRAYENBÜHL: Beitrag zur Behandlung extra-pyramidaler Erkrankungen mittels gezielter Hirnoperationen. *Schweiz. med. Wschr.* **89**, 143 (1959).

Prof. Dr. F. MUNDINGER,  
Wissenschaftlicher Rat und Oberarzt der Neurochirurgischen Universitätsklinik,  
78 Freiburg i. Br., Hugstetter Str. 55