

Aus der Neurochirurgischen Klinik und Poliklinik-Großhadern

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. J.-C. Tonn

**DER SUBTEMPORALE ZUGANG ZUR INCISURA TENTORII –
EINE MORPHOMETRISCHE STUDIE**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Ardeshir Ardeshiri

aus

Teheran

2006

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

1. Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. univ. Peter A. Winkler

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Th. Heinzeller

Mitberichterstatter: Prof. Dr. J. Herms
Prof. Dr. U. Büttner

Mitbetreuung durch den
Promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof. Dr. med. Dietrich Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.2006

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | EINLEITUNG..... | 6 |
| 1.1. | EINFÜHRUNG..... | 6 |
| 1.2. | EMBRYOLOGIE..... | 7 |
| 1.3. | EINTEILUNG DER INCISURA TENTORII..... | 8 |
| 1.4. | MIKROCHIRURGISCHE ZUGÄNGE ZUR INCISURA TENTORII..... | 10 |
| 1.5. | HÄUFIGE LÄSIONEN IM BEREICH DER INCISURA TENTORII..... | 12 |
| | | |
| 2. | ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN..... | 13 |
| 2.1. | MIKROANATOMIE..... | 13 |
| 2.2. | MORPHOMETRIE..... | 13 |
| 2.3. | FOLGERUNG FÜR MIKROCHIRURGISCHE OPERATIONSTECHNIK.. | 14 |
| | | |
| 3. | MATERIAL UND METHODEN..... | 15 |
| 3.1. | MIKROANATOMIE..... | 15 |
| 3.1.1. | Untersuchungsmaterial (Präparate)..... | 15 |
| 3.1.2. | Dissektionen | 15 |
| 3.1.3. | Landmarken und Vermessungen..... | 16 |
| 3.1.4. | Statistische Analyse..... | 18 |
| 3.2. | MORPHOMETRIE..... | 18 |
| 3.2.1. | Untersuchungsobjekte..... | 18 |
| 3.2.2. | Landmarken und Vermessungen..... | 20 |
| 3.2.2.1. | <i>Median-sagittaler Schnitt</i> | 20 |
| 3.2.2.2. | <i>Axialer Schnitt</i> | 22 |
| 3.2.2.3. | <i>Koronare Schnitte</i> | 23 |
| 3.2.3. | Statistische Analyse..... | 25 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4. | ERGEBNISSE..... | 26 |
| 4.1. | MIKROANATOMIE..... | 26 |
| | 4.1.1 Crus cerebri..... | 26 |
| | 4.1.2 Trigonum lemnisci..... | 29 |
| 4.2. | MORPHOMETRIE..... | 33 |
| | 4.2.1. Median-sagittaler Schnitt..... | 33 |
| | 4.2.2. Axialer Schnitt..... | 36 |
| | 4.2.3. Koronare Schnitte..... | 40 |
| | 4.2.3.1. Vermessung des chirurgischen Korridors..... | 40 |
| | 4.2.3.2. Einteilung des Temporallappens anhand der Daten..... | 48 |
| | | |
| 5. | DISKUSSION..... | 54 |
| 5.1. | METHODIK..... | 54 |
| | 5.1.1. Mikroanatomie..... | 54 |
| | 5.1.2. Morphometrie..... | 54 |
| 5.2. | MIKROANATOMIE..... | 55 |
| | 5.2.1. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur..... | 55 |
| | 5.2.2. Ärztliche und Implikationen für die Mikroneurochirurgie..... | 56 |
| 5.3. | MORPHOMETRIE..... | 57 |
| | 5.3.1. Median-sagittaler Schnitt..... | 58 |
| | 5.3.2. Axialer Schnitt..... | 59 |
| | 5.3.3. Koronare Schnitte..... | 61 |
| | 5.3.4. Wissenschaftliche und klinische Bedeutung der Morphometrie..... | 62 |
| 5.4. | SUBTEMPORALER ZUGANG ZUR INCISURA TENTORII..... | 65 |
| | 5.4.1. Vor- und Nachteile..... | 65 |
| | 5.4.2. Spezielle subtemporale Zugänge..... | 66 |

| | | |
|------------|----------------------------------|-----------|
| 6. | ZUSAMMENFASSUNG..... | 68 |
| 7. | LITERATURVERZEICHNIS..... | 70 |
| 8. | CURRICULUM VITAE..... | 87 |
| 9. | DANKSAGUNG..... | 89 |
| 10. | ERKLÄRUNG..... | 91 |

1. EINLEITUNG

1.1. Einführung

Die Incisura tentorii stellt anatomisch und chirurgisch gesehen eine komplexe Region dar. Operationen in diesem Gebiet stellen nach wie vor hohe Anforderungen an den Neurochirurgen.

Durch moderne bildgebende Verfahren wie der Computertomographie und vor allem der Magnetresonanztomographie und der verbesserten mikrochirurgischen Techniken durch den Einsatz des Operationsmikroskops ist es für den Neurochirurgen möglich, Prozesse in diesem schwer zugänglichen Bereich zu operieren. Das Indikationsspektrum konnte dadurch stark ausgeweitet werden.

Es stellt sich in der heutigen Zeit für den Neurochirurgen auch die Herausforderung, dass nicht nur eine Läsion radikal operiert wird, sondern auch der Patient postoperativ möglichst keine oder nur geringe neuropsychologische Schäden davon trägt. Um dies zu erreichen, sind exakte anatomische Kenntnisse der zu operierenden Region und die verschiedenen Zugangswege von herausragender Bedeutung, damit Operationen genau geplant und neurale Strukturen geschont werden können.

Die vorliegende Studie befasst sich mit dem subtemporalen Zugang zur Incisura tentorii. Sie basiert auf zwei Säulen:

1. Genaue Beschreibung der mikroanatomischen Größenverhältnisse im Bereich des Mesencephalon.
2. Exakte morphometrische Erfassung des chirurgischen Korridors.

Mit dem ersten Punkt möchten wir dem Neurochirurgen die Größenverhältnisse der neuralen Strukturen im Gebiet des Mittelhirns, zu nennen sind das Crus cerebri und das Trigonum lemnisci, aufzeigen, damit er sich eine präzise Vorstellung von der Anatomie und einer möglichen Veränderung davon durch einen raumfordernden Prozess machen kann.

Der zweite Punkt beschäftigt sich mit der Ausmessung des Temporallappens und weiterer den Zugang betreffend wichtiger Strukturen an MRT-Bildern. Diese Messungen wurden bisher in dieser Art noch nicht durchgeführt. Wir sind der Ansicht, dass neben der Mikroanatomie auch die Morphometrie einer Region einen bedeutenden Beitrag zur optimalen Operationsplanung

leistet. Unsere Messungen führten wir an vier definierten Schnitten von MRT-Bildern, zwei koronaren, einem axialen und einem median-sagittalen Schnitt, durch.

Durch unsere Daten versuchen wir, neben der Beschreibung der Mikroanatomie durch die Morphometrie den subtemporalen Zugang zur Incisura tentorii genau zu analysieren. Die Ergebnisse können dann klinisch angewandt werden. Ein Neurochirurg kann dadurch präoperativ durch die Betrachtung der MRT-Bilder leichter entscheiden, ob der subtemporale Zugang geeignet ist oder nicht.

Anhand dieses Konzeptes möchten wir die oben genannten Ziele, nämlich die radikale Entfernung eines raumfordernden Prozesses und die weitgehende Schonung neuraler Strukturen, erreichen.

1.2. Embryologie

Um die genaue Anatomie und die pathologischen Prozesse einer Region genau zu verstehen, sind embryologische Kenntnisse von großer Bedeutung. Daher folgt an dieser Stelle ein kurzer Überblick zur Embryologie des Hirnstamms, speziell des Mittelhirns, und des Temporallappens.

Am Ende der 4. Woche vereinigen sich die ausladenden Neuralfalten zum Neuralrohr. Es werden nun die drei primären Hirnbläschen sichtbar: Vorderhirn (Prosencephalon), Mittelhirn (Mesencephalon) und das Rautenhirn (Rhombencephalon).

Das Vorderhirn lässt sich von der 5. Woche an wiederum in zwei Abschnitte gliedern, nämlich die paarigen Endhirnbläschen (Telencephalon) und das unpaare Zwischenhirn (Diencephalon). Das Rautenhirn wird in das Nachhirn (Metencephalon) und das verlängerte Mark (Myelencephalon) eingeteilt. So sind fünf sekundäre Hirnbläschen entstanden.

Weiter von Interesse sind die sogenannten Hirnbeugen (siehe Abb. 1). Das embryonale Gehirn wächst in der 4. Woche sehr schnell und krümmt sich, ähnlich wie der Embryonalkörper, als ganzes. Im Mittelhirnabschnitt ist die stärkste Krümmung, die als Scheitelbeuge bezeichnet wird. Am Übergang vom Rautenhirn zum Rückenmark entsteht die Nackenbeuge. Später entsteht durch ungleichmäßige Wachstumsvorgänge am Metencephalon die nach ventral vorspringende Brückenbeuge (Moore, 1996).

In der 4. Woche wird im mesencephalen Abschnitt das Tegmentum erkennbar. Kaudal des Mesencephalons entwickelt sich der Isthmus. Das Mittelhirn selbst erstreckt sich kaudal der mamillären Region. Die Wurzeln des III. und IV. Hirnnerven entwickeln sich in der 5. Woche

im Mesencephalon. In der folgenden Woche ist das Wachstum des Mittelhirns durch eine weitere Verdickung des Tegmentums charakterisiert. Der dorsale Abschnitt (Tectum), die Lamina quadrigemina, zeigt im 3. Monat Erhebungen der Wand als Anlage der superioren und inferioren Colliculi. Im gleichen Monat wird das Ventrikellumen im Mesencephalon verlängert und enger. Diese Bildung entspricht dem Aquaeductus cerebri der späteren Stadien. Weiterhin sind die Umrisse des Tectum deutlicher zu erkennen (Kostović, 1990).

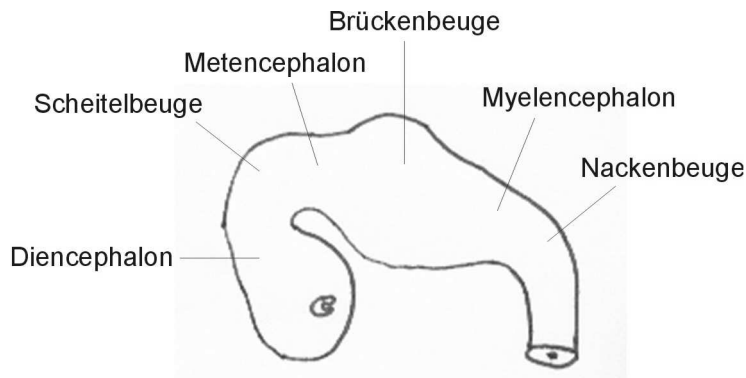


Abb. 1: Menschlicher Embryo Ende 5. Woche (nach Moore, 1996)

Da der Schläfenlappen beim subtemporalen Zugang eine zentrale Rolle einnimmt, wird kurz auf seine Entwicklung eingegangen.

Während der 9.-12. Woche wachsen die Hemisphären in die verschiedenen Richtungen und bilden so die Umrisse der verschiedenen Hauptlappen. Die Lappen treten durch das Wachstum im vierten Monat stärker hervor. Im sechsten Monat sind Fissuren und primäre Sulci erkennbar. In der Folgezeit entwickeln sich die Sulci weiter, so dass im 7. Monat die oberen, mittleren und unteren temporalen Sulci den Temporallappen in seine Gyri begrenzen. Im Folgemonat entstehen sekundäre Sulci und Gyri. Die letzten zwei Monate (9.-10. Monat) sind durch die weitere Entwicklung des temporofrontalen Operculums und dem Auftreten von tertiären Sulci charakterisiert (Kostović, 1990).

1.4. Einteilung der Incisura tentorii

Um die morphometrischen Verhältnisse der Incisura tentorii systematisch erfassen zu können, bedarf es einer Einteilung dieser komplexen Region. Selbstverständlich ist eine genaue Gliederung der Incisura auch von Interesse bei pathologischen Prozessen und ihren operativen Zugangswegen. Die Einteilung sollte logisch, leicht nachzuvollziehen und von klinischem

Nutzen sein. In dieser Arbeit wurde das unten genannte Konzept konsequent eingehalten. Die Messungen orientierten sich daran.

Wie auch von weiteren Autoren vorgeschlagen (Ono, 1984; Rhoton, 2000) teilen wir die Incisura tentorii in einen vorderen, mittleren und hinteren Bereich ein (siehe Abb. 2). Dabei befindet sich der vordere Bereich vor einer gedachten Grenze am Hirnstamm und erstreckt sich bis zum Clivus. Lateral zieht es in den medialen Teil der Sylvischen Fissur. Eine wichtige Struktur in diesem Bereich ist das Chiasma opticum. Oberhalb hiervon reicht das Gebiet bis zum Rostrum des Corpus callosum, Lamina terminalis und lateral bis zu den medialen Flächen der Frontallappen.

Der mittlere Teil der Incisura liegt seitlich des Hirnstammes und zieht im kranialen Bereich vom Mesencephalon zum Temporallappen und im kaudalen Bereich vom Hirnstamm zum Kleinhirn. Die mediale Wand, die durch den Sulcus pontomesencephalicus in Höhe des freien Randes des Tentoriums geteilt wird, wird hierbei von der lateralen Fläche des Mittelhirns und des Pons gebildet. Die mesencephale Oberfläche wird durch den Sulcus lateralis mesencephali in einen größeren vorderen Teil, Pedunculus cerebri, und einen kleineren hinteren Teil, Tegmentum, unterteilt. Die Oberfläche des Tegmentums besteht aus dem Trigonum lemnisci und dem Brachium colliculi inferioris, das sich vom Colliculus inferior bis zum Corpus geniculatum mediale erstreckt. Der hintere Bereich des Tractus opticus und die inferiore Fläche des Pulvinars schließen die mittlere Incisura nach kranial ab. Nach kaudal verbindet sich diese Region mit dem vorderen Teil der Fissura cerebellomesencephalica. Die dorsale Begrenzung, eine gedachte Linie am dorsalen Rand des Hirnstammes, also der Vierhügelplatte, trennt den mittleren vom hinteren Bereich der Incisura tentorii.

Dieser Raum liegt also dorsal des Mesencephalon. Oberhalb der Colliculi superiores bilden das Corpus pineale, die Commissa habenularum und das Trigonum habenulae die anteriore Grenze, unterhalb der Colliculi inferiores die Lingula der Vermis in der Mitte und seitlich die Pedunculi cerebellares superiores. Die Unterfläche des Spleniums und die Commissura hippocampalis grenzen den Raum nach oben ab. Den Boden formt der anterior-superiore Teil des Kleinhirns. Nach dorsal reicht dieser hintere Bereich der Incisura tentorii bis zum Apex tentorii. Die laterale Grenze stellen das Pulvinar, Crura fornicum und die mediale Fläche der Hemisphären.

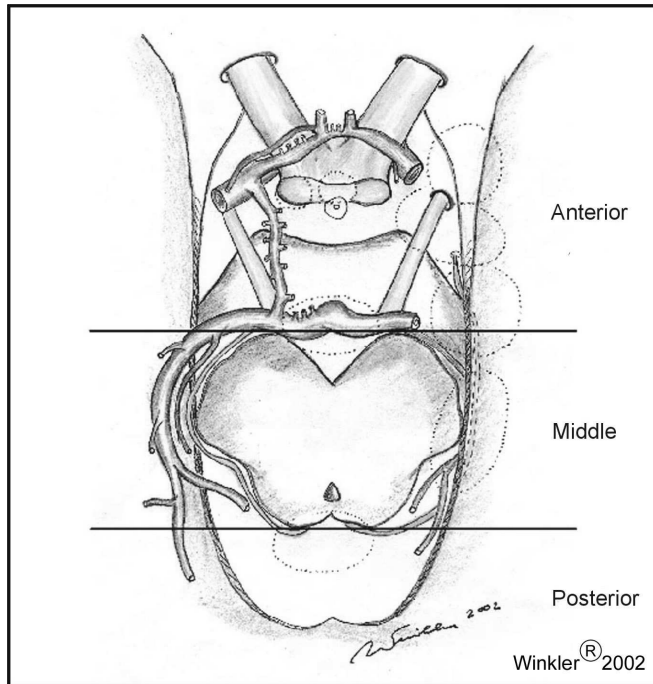


Abb. 2: Einteilung der Incisura tentorii in den vorderen, mittleren und hinteren Bereich

1.5. Mikrochirurgische Zugänge zur Incisura tentorii

Im Zuge der Neuerungen in der Neurochirurgie können viele Prozesse im Bereich der Incisura tentorii erfolgreich operiert werden. Unsere Messungen beziehen sich auf den subtemporalen Zugang. Jedoch sollen an dieser Stelle weitere mögliche Zugänge (siehe Abb. 3) und einige klinische Beispiele erläutert werden. Dabei wird die obige Einteilung beibehalten.

Vorderer Bereich der Incisura tentorii

Dieses Gebiet kann durch einen *frontotemporalen*, *transsphenoidalen*, *vorderen interhemisphärischen* oder einen *subfrontalen* Zugang erreicht werden, wobei letzterer in den *Lamina terminalis*, *optico-carotiden*, *subchiasmatischen* und den *transfrontal-transsphenoidalen* Zugang unterteilt wird.

Der frontotemporale Zugang eignet sich zum Beispiel für Aneurysmen der Arteria carotis interna oder der Arteria cerebri media. Die transsphenoidale Kraniotomie wird bei Tumoren angewandt, die suprasellär gewachsen sind. Tumore, die im Bereich des Genu oder Rostrum des Corpus callosum liegen, erreicht man gut durch den interhemisphärischen Zugang. Der subfrontale Weg wird für Raumforderungen zwischen dem Chiasma opticum und dem Diaphragma sellae oder auch paraselläre Prozesse benutzt.

Mittlerer Bereich der Incisura tentorii

Für diesen Raum werden der *lateral-suboccipitale*, der *temporal-transventrikuläre*, der *posterior-frontotemporale* und der in dieser Arbeit beschriebene *subtemporale* Zugang angewandt.

Entsprechende Pathologien, die über obige Zugänge operiert werden, sind zum Beispiel im Bereich der Trigeminiwurzel für die lateral-suboccipitale oder im Bereich des oberen Teils der mittleren Inzisa für die transventrikuläre Kraniotomie lokalisiert. Subtemporal können Tumore um die Zisternen der Incisura tentorii oder in Kombination mit einem suboccipitalen Zugang Läsionen im Gebiet von präpontinen Zisternen angegangen werden.

Hinterer Bereich der Incisura tentorii

Die operativen Zugänge sind der *infratentoriell-supracerebelläre*, der *occipital-transtentorielle*, der *posterior-transcallosale* und der *posterior-transventrikuläre* Zugang.

Die ersten beiden genannten werden für Pinealstumore benutzt, wobei der infratentoriell-supracerebelläre Weg sich vor allem für solche eignet, die in der unteren Hälfte dieser Region gelegen sind, und der occipital-transtentorielle Zugang eher für Raumforderungen oberhalb des Tentoriumrandes oder der Galenischen Vene (Lazar, 1974; Martin, 1982; Poppen, 1966; Yaşargil, 1976). Posterior-transcallosal operiert werden Läsionen, die ins Splenium über der Galenischen Vene wachsen (Dandy, 1936). Der zuletzt genannte Weg wird auch für Prozesse besprochen, die sich im Bereich des Pulvinars oder des Glomus des Plexus choroideus der Seitenventrikel (Van Wagenen, 1931) befinden.

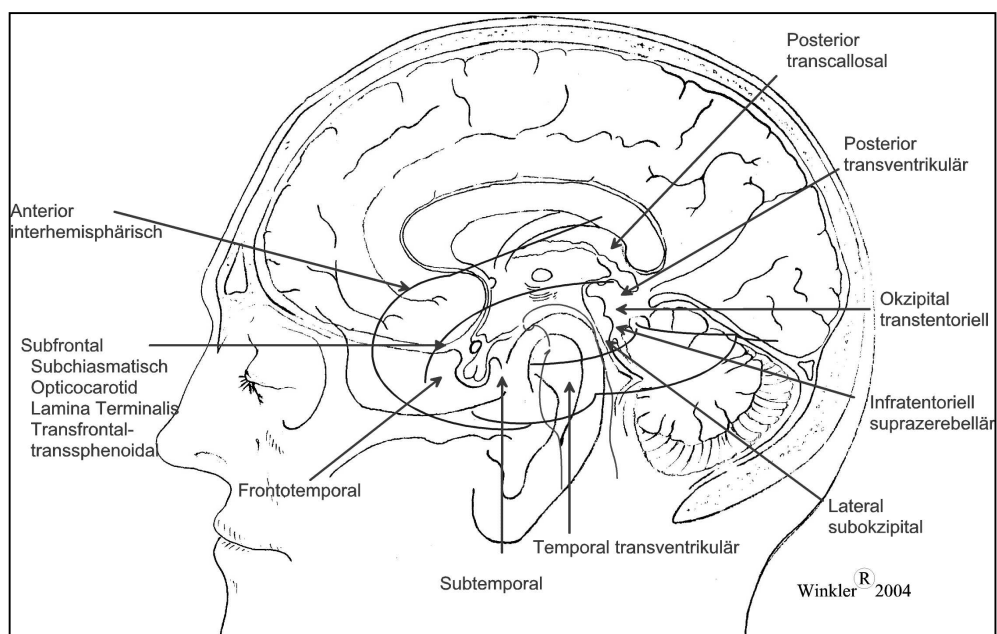


Abb. 3: Zugänge zur Incisura. Blau wird der Temporallappen und rot der Hirnstamm angedeutet.

1.6. Häufige Läsionen im Bereich der Incisura tentorii

Die Tumoren der Incisura tentorii sind sehr vielfältig. Um eine Gliederung von ihnen zu erreichen, wird zu ihrer Beschreibung die obige Aufteilung der Incisura tentorii beibehalten.

Vorderer Bereich der Incisura tentorii

Bei Gefäßprozessen sind vor allem Aneurysmen (Rhoton, 1980) und arteriovenöse Malformationen (AVM's) (Drake, 1979) zu nennen. Hypophysenadenome, Meningeome des Tuberculum sellae, des Clivus und mediale Keilbeinflügelmeningeome, Clivuschordome, Kraniopharyngeome, Dermoidzysten, Teratome, Neurinome des Nervus oculomotorius (Rhoton, 1981) und Gliome des Nervus opticus und Hypothalamus stellen die wichtigsten Tumore dieser Region dar.

Mittlerer Bereich der Incisura tentorii

In diesem Teil der Incisura tentorii sind folgende Läsionen von Bedeutung: AVM's des medialen Temporallappens, Aneurysmen der A. cerebri posterior oder A. cerebelli superior (Papo, 1977; Pia, 1977), Meningeome des Meckelschen Cavum, des vorderen Teils des freien Tentoriumrandes, der Felsenbeinspitze, Gliome des Temporallappens und des Thalamus und Neurinome des Nervus trigeminus und trochlearis (Ho, 1981; Potts, 1963; Schisano, 1960; Schubinger, 1980).

Hinterer Bereich der Incisura tentorii

Aneurysmen der Galenischen Vene, AVM's des medialen Occipitallappens und oberen Kleinhirns, Meningeome der Verbindung des Tentoriums mit der Falx cerebri und Meningeome der Tela choroidea des Velum interpositum und Atriums, Gliome des Spleniums, des Pulvinars, des Kleinhirns und der Vierhügelplatte (Lanz & Wachsmuth, 1979) und Pinealistumore stellen die bedeutenden Tumore dieses Bereiches dar.

2. ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN

Der subtemporale Zugang stellt einer der möglichen Zugangswege zur Incisura tentorii dar. Wie bei jedem Zugang sind exakte Kenntnisse der Anatomie wichtig, um Schäden am Gehirn zu vermeiden. Der Operateur muss wissen, welche Strukturen ihm den Zugang erschweren und auf welche er besonders zu achten hat. Natürlich gibt es Variationen von der normalen Anatomie und über diese muss sich der Neurochirurg selbstverständlich bewusst sein.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Standardisierung des subtemporalen Zugangs zur Incisura tentorii anhand von mikroanatomischen Messungen des Mesencephalon und der Morphometrie des chirurgischen Korridors. Diese Daten können klinisch angewandt werden und dem Operateur exakte Details über die Mikroanatomie und die Morphometrie dieser wichtigen Region geben, damit er eine Operation optimal planen kann. Er kann darüber entscheiden, ob er anhand der präoperativen Untersuchungen, die Magnetresonanztomographie hier als wichtigste diagnostische Maßnahme zu nennen, den subtemporalen Zugang für geeignet hält oder andere besser sind.

2.1. Mikroanatomie

Wir haben uns bei unseren mikroanatomischen Untersuchungen zum Ziel gesetzt, die anatomischen Strukturen im Bereich des Mesencephalon genau auszumessen. Durch die Angabe von Längen, Distanzen und Flächen möchten wir eine exakte Beschreibung der topographischen Verhältnisse erreichen.

2.2. Morphometrie

Der Begriff „Morphometrie“ stammt aus dem Griechischen (μορφη = Gestalt, Form; μετρειν = vermessen) und meint die mathematisch exakte Erfassung und Berechnung von Objekten (Winkler, 2000). Wir verstehen nun in der Medizin damit die Erfassung von Strukturen, die eine große Streubreite besitzen.

Durch diese Methode ist es möglich, die anatomischen Variationen im CT oder MRT genau einzuordnen und auch eventuell zu klassifizieren. Der Neurochirurg kann anhand von Landmarken in der Bildgebung den geplanten Zugang einschätzen, um so präoperativ mögliche Risiken zu erkennen und möglicherweise den Zugangsweg zu modifizieren.

Wir haben uns bemüht, unsere Messungen an möglichst leicht nachvollziehbaren MRT-Schnittbildern (zwei koronaren Schnitten an den unter 1.4. genannten Grenzen der Incisura tentorii, einem axialen am Sulcus pontomesencephalicus und einem median-sagittalen Schnitt) durchzuführen, um so dem Operateur ein einfaches Werkzeug in die Hand zu geben. Daten über derartige Messungen liegen bislang nicht vor, so dass wir mit unserer Studie diese Lücke in der bestehenden Literatur schließen möchten.

Die morphometrischen Untersuchungen geschahen in Zusammenarbeit mit Herrn Dipl. Ing. Emanuel Wenger aus der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Kommission für Wissenschaftliche Visualisierung, in Wien.

Es sollten folgende Fragen beim subtemporalen Zugang geklärt werden:

- Inwieweit kann die Morphometrie dem Operateur bei der Operationsplanung helfen?
- Welche Entscheidungshilfen bietet sie ihm?
- Können anhand unserer Daten die anatomischen Strukturen klassifiziert werden?

2.3. Folgerung für mikrochirurgische Operationstechnik

Durch unsere mikroanatomischen und morphometrischen Untersuchungen haben sich folgende Fragen ergeben:

- Kann aus unseren Daten eine verbesserte Operationsplanung und -technik erreicht werden (benötigte Spatelretraktion, lumbale Liquordrainage) ?
- Welche Grenzen des subtemporalen Zugangs können aufgezeigt werden?
- Was sind die Vor- und Nachteile dieses Zugangsweges?
- Können Komplikationen im voraus vermieden werden (Zugang geeignet oder nicht) ?

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. Mikroanatomie

3.1.1. Untersuchungsmaterial (Präparate)

Für den mikroanatomischen Teil dieser Studie untersuchten wir im Zeitraum von September 2001 bis Oktober 2002 27 Gehirne ohne pathologische Veränderungen. Die Präparate wurden uns freundlicherweise vom Rechtsmedizinischen Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München zur Verfügung gestellt und im Labor für Neurochirurgische Mikroanatomie unter der Leitung von Privatdozent Dr. P.A. Winkler präpariert.

Nach der Entnahme der Gehirne wurden diese sofort in einer 4%igen Formalinlösung fixiert. Bei den Präparaten wurden das Alter, das Gewicht, das Geschlecht und die Präparatnummer festgehalten. Das Alter betrug im Durchschnitt 34,3 Jahre (20-55 Jahre) und das Gewicht 1460 g (1204-1634 g). 85,2 % der Gehirne stammten von Männern, 14,8 % von Frauen.

3.1.2. Dissektionen

Innerhalb von zwei Wochen nach der Fixierung der Gehirne wurden diese präpariert.

Wir lagerten das Präparat hierbei in einer Schale, die die Form der Hirnoberfläche besaß. Wir präparierten ausschließlich unter einem Operationsmikroskop der Firma Zeiss (OPMI®; Zeiss, Oberkochen) mit mikroneurochirurgischem Operationsinstrumentarium.

Bei subtemporalem Zugang musste der Temporallappen nach oben retrahiert werden. Nachdem die vaskulären Strukturen im Bereich der Incisura tentorii im Rahmen einer anderen Dissertationsarbeit exakt beschrieben und vermessen wurden, wurden diese vorsichtig zur Seite geschoben. Die Arachnoidea wurde inzidiert und ebenfalls stumpf von der Hirnoberfläche entfernt. Um die Messungen durchzuführen, wurden die oberflächlichen Landmarken aufgesucht. Hierfür wurde das Kleinhirn an seinen Stielen abgesetzt.

3.1.3 Landmarken und Vermessungen

Nach der Präparation der vaskulären Strukturen und der Arachnoidea konnten nun die oberflächlichen Landmarken im Bereich des Mesencephalon aufgesucht werden, die anhand der Abbildung 4 verdeutlicht werden.

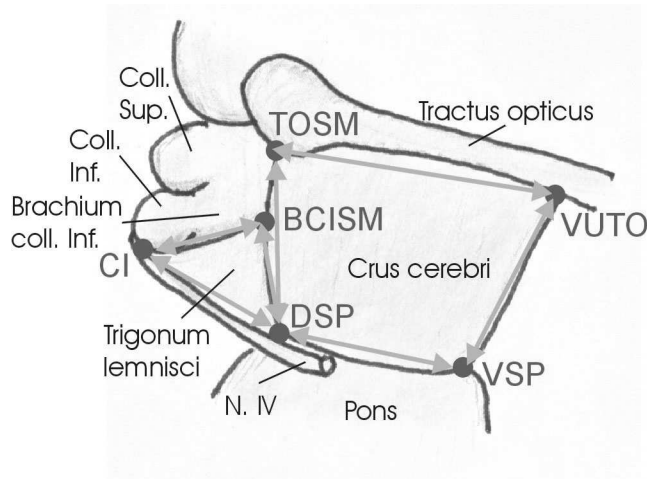


Abb. 4: Landmarken und zu messende Strecken des Mesencephalon (Abkürzungen siehe weiter unten)

Zur Ausmessung des Crus cerebri dienten folgende vier Punkte:

1. Dorsale Begrenzung des Sulcus pontomesencephalicus (DSP)
2. Ventrale Begrenzung des Sulcus pontomesencephalicus (VSP)
3. Ventraler Unterrand des Tractus opticus (VUTO)
4. Schnittpunkt des Tractus opticus mit Sulcus lat. mesencephali (TOSM)

Für die Erfassung des Trigonum lemnisci verwendeten wir folgende drei Punkte:

1. Dorsale Begrenzung des Sulcus pontomesencephalicus (DSP)
2. Schnittpunkt des Brachium Colliculi inf. mit dem Sulcus lat. mesencephali (BCISM)
3. Unterrand des Colliculi inf. (CI)

Es wurden nun mithilfe einer digitalen Mikrometerschraube (Mitutoyo[®], Digimatic CD-15B, Andover, UK) folgende Strecken unter dem Operationsmikroskop bestimmt:

1. KABCC : Kaudale Begrenzung des Crus cerebri (DSP – VSP)
2. VBCC : Ventrale Begrenzung des Crus cerebri (VSP – VUTO)
3. KRBCC : Kraniale Begrenzung des Crus cerebri (VUTO – TOSM)
4. DBCC : Dorsale Begrenzung des Crus cerebri (TOSM – DSP)

5. KABTL : Kaudale Begrenzung des Trigonum lemnisci (CI – DSP)
6. VBTL : Ventrale Begrenzung den Trigonum lemnisci (DSP – BCISM)
7. KRBTL : Kraniale Begrenzung des Trigonum lemnisci (BCISM – CI)

Wir bestimmten auch die Flächen des Vierecks, das durch die Strecken KABCC, VBCC, KRBCC und DBCC gebildet wird, als Maß für die laterale Flächengröße des Crus cerebri, und auch die Fläche des Dreiecks, das durch die Strecken KABTL, VBTL und KRBTL gebildet wird, als Größe des Trigonum lemnisci (siehe Abb. 4).

Das Trigonum lemnisci wurde in dieser Art noch nicht vermessen, so dass wir mit unseren Untersuchungen diese fehlenden Daten liefern möchten.

Das Crus cerebri wurde vereinfachend als Trapez angesehen. Über die allgemeine Flächenformel für ein Trapez konnte die seitliche Fläche A des Crus cerebri nun bestimmt werden (Barth, 1998):

$$A = \frac{a+c}{2} \cdot h$$

Die Höhe h wurde zur Berechnung mit der Strecke DBCC gleichgesetzt. Die Strecken in die Formel eingesetzt ergibt dann folgende Gleichung für die Fläche:

$$A = \frac{KABCC + KRBCC}{2} \cdot DBCC$$

Zur Bestimmung der Fläche des Trigonum lemcisci bedienten wir uns folgender Formel für die allgemeine Fläche eines Dreiecks (Barth, 1998):

$$A = \sqrt{s \cdot (s-a) \cdot (s-b) \cdot (s-c)} \quad \text{mit } s = \frac{a+b+c}{2}$$

Eingesetzt in die Formel ergibt sich für das Trigonum lemnisci:

$$A = \sqrt{s \cdot (s - KABTL) \cdot (s - VBTL) \cdot (s - KRBTL)} \quad \text{mit } s = \frac{KABTL + VBTL + KRBTL}{2}$$

Alle Schritte und Messungen wurden tabellarisch im Programm Microsoft[®] Excel und photographisch mit einer Digitalkamera der Firma Nikon D1[®] festgehalten.

3.1.4. Statistische Analyse

Die verschiedenen Messwerte wurden mit dem Computerprogramm Microsoft® Excel analysiert. Es wurden die Minimal- und Maximalwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen, Varianzen und eventuelle signifikante Seitenunterschiede (t-test) herausgearbeitet.

3.2. Morphometrie

3.2.1. Untersuchungsobjekte

Die Grundlagen der morphometrischen Untersuchungen entstanden durch eine seit Jahren bestehende fruchtbare Kooperation zwischen Priv. Doz. Dr. Peter A. Winkler, Prof. Dr. Serge Weis (derzeit am Stanley Research Institute, Washington D.C.) und Dipl. Ing Emanuel Wenger (Kommission für Wissenschaftliche Visualisierung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien). Unsere morphometrischen Untersuchungen führten wir an 53 MPRAGE-Sequenzen von gesunden Probanden durch, wobei 32 Sequenzen (60,4%) von Männern und 21 (39,6%) von Frauen stammten. Das Alter der Probanden betrug im Durchschnitt 38,47 (17-75) Jahre.

Bei diesen MPRAGE-Sequenzen (TR: 11.4, TE: 4.4, flip angle: 15°, matrix: 256 x 256, acquisition time: 14 min 13 s, 160 partitions, Magnetom Vision®, Siemens Medical Systems, Erlangen, Deutschland) handelte es sich um 3D-Datensätze des Schädels, so dass das gesamte Gehirn beurteilt werden konnte. Die Schichtdicke betrug 1 mm mit einer Pixelgröße von 1 mm x 1 mm.

Die einzelnen Sequenzen wurden in das Computersystem eingespeist und in ein f3d-Format umgewandelt. Durch diese Konvertierung konnte ein Datensatz als Quader angesehen werden, so dass jeder beliebige Schnitt erzeugt werden konnte. Anschließend wurden die Datensätze mit einem sogenannten f3d-Viewer angeschaut und an vier definierten Stellen geschnitten. Bei diesen Schnitten handelte es sich um folgende (Abb. 5-8):

1. Median-sagittaler Schnitt
2. Axialer Schnitt am Sulcus pontomesencephalicus
3. Zwei koronare Schnitte an den oben genannten Grenzen zwischen dem vorderen und mittleren Teil der Incisura tentorii bzw. zwischen dem mittleren und hinteren Teil der Incisura tentorii.

Die folgenden Abbildungen (5-8) verdeutlichen die Schnitte noch einmal:

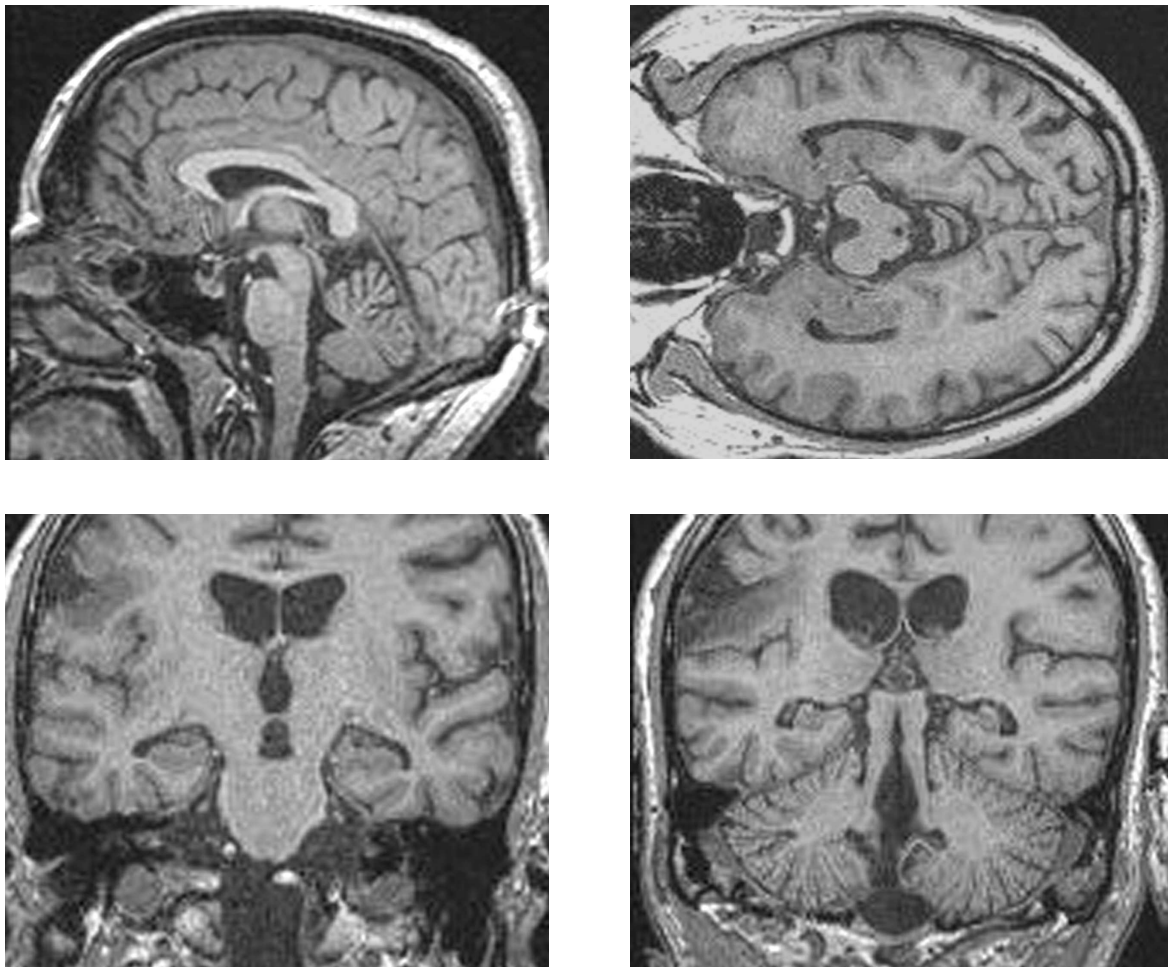


Abb. 5-8: MRT-Schnitte; Abb. 5 (links oben) median-sagittal, Abb. 6 (rechts oben) axial am Sulcus pontomesencephalicus (Ansicht von oben), Abb. 7 (links unten) und 8 (rechts unten) koronar an der vorderen bzw. hinteren Grenze der Incisura tentorii (Ansicht von ventral)

Nach Festsetzen der Schnittebenen wurden sie als .jpg-Bilder abgespeichert. Mit dem Programm Corel Draw[®] 10.0 wurden die Bilder zunächst weiter bearbeitet. Wir definierten zu den entsprechenden Schnitten bestimmte Punkte, die bei einer starken Vergrößerung der MRT-Bilder eingetragen wurden. Diese Punkte wurden nochmals von zwei Personen mit langjähriger Erfahrung in Morphometrie (Privatdozent Dr. med. P.A. Winkler und Dipl. Ing. E. Wenger) unabhängig voneinander auf ihre Richtigkeit überprüft. Außerdem wurde ein Maßstab mit einer Länge von 230 mm in das Bild eingetragen.

Nun wurden nur noch die eingetragenen Punkte und der Maßstab und nicht mehr die Kernspinaufnahmen weiter untersucht. Dafür entfernten wir das Kernspinbild, so dass nur noch die Punkte und der Maßstab blieben. Diese Bilder wurden dann als sogenanntes .svg-Format (simple vector graphics) abgespeichert. Hierdurch wurden die Daten mithilfe von

Vektoren definiert. Im nächsten Schritt wurden die .svg-Daten durch ein eigens geschriebenes Programm (Linux-System) in ein .tep-Format umgewandelt. Dieses Format zeigte exakt die Koordinaten der Punkte und des Maßstabes für jedes Bild an. Die .tep-Daten wurden mithilfe eines zweiten Programms (Linux-System) analysiert, wobei für die verschiedenen Schnitte – median-sagittal, axial und koronar – jeweils ein eigenes Programm geschrieben wurde. Das Programm konnte nun – in Kenntnis der Pixelgröße, des definierten Maßstabes und der Koordinaten der Punkte – die Strecken zwischen den Punkten, Flächen und Winkel (genauer unter 3.2.2.) berechnen.

Die Ergebnisse der verschiedenen Messungen wurden in vier Tabellen, für jeden Schnitt eine, ausgegeben. Diese Tabellen konnten dann in eine Microsoft[®] Excel-Tabelle kopiert werden.

Die Programme zur Konvertierung der Daten in ein .tep-Format und zur Berechnung der Größen wurden von Herrn Dipl. Ing. Emanuel Wenger in der Sprache C geschrieben.

3.2.2. Landmarken und Vermessungen

3.2.2.1. Median-sagittaler Schnitt

Als erster Schnitt wurde ein median-sagittales Bild erzeugt. Wir definierten die sechs folgenden Punkte, die eingezeichnet wurden (siehe Abb. 9 und 10) :

1. CA : Commissura anterior
2. CP : Commissura posterior
3. AT : Apex tentorii (entspricht der Einmündung der V. cerebri magna in den Sinus rectus)
4. CS : Confluens sinuum
5. DS : Dorsum sellae
6. SP : Sulcus pontomesencephalicus

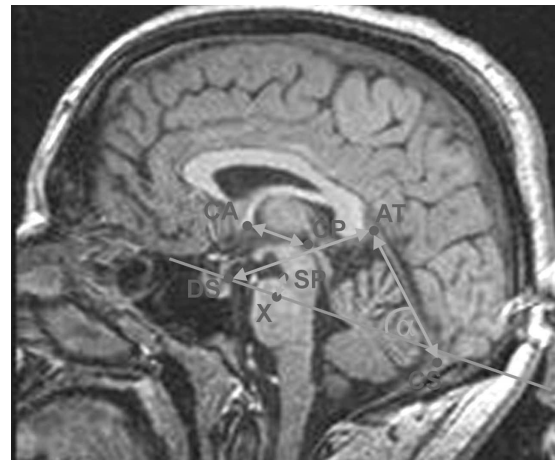
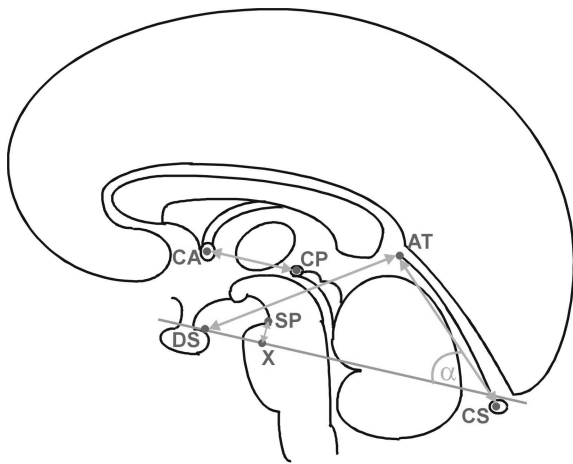


Abb. 9 (links) und 10: Landmarken und zu messende Größen (blau) im median sagittalen Schnitt: Skizze (links) und MRT-Bild (Abkürzungen siehe Text)

Mit diesen Punkten wollten wir solche nehmen, die bei jedem Patienten auch leicht zu finden sind.

Zunächst wurde die sogenannte Bikommissurallinie (Commissura anterior-Commissura posterior-Linie [CA-CP-Linie]) als Referenzlinie erzeugt (Winkler, 2000; Talairach & Tournoux, 1988). Zu dieser Strecke wurde eine Parallele durch DS gezogen. Das Programm konnte nun den Schnittpunkt (Punkt X) dieser Parallelen und der rechtwinkligen Strecke zu ihr zum Sulcus pontomesencephalicus bestimmen. Das Dorsum sellae wurde ausgesucht, da hier die Basis bzw. der vordere Rand der Incisura tentorii liegt (Rhoton, 2000).

Es wurden nun folgende Werte gemessen (siehe Abb. 9 und 10):

1. CA – CP : Abstand zwischen Commissura anterior und Commissura posterior
2. AT – CS : Abstand zwischen Tentoriumansatz und Confluens sinuum
3. DS – AT : Querer Durchmesser der Incisura
4. Winkel α : Winkel zwischen der Fortsetzung der Strecke AT – CS und der Parallelen der CA-CP-Linie durch DS
5. SP – X : Höhe des Sulcus pontomesencephalicus über der Parallelen der CA – CP – Linie durch DS.

Mit der Strecke SP – X wollten wir sehen, wie hoch das Mesencephalon über unserer Parallelen zu der Referenzlinie (CA-CP-Linie) steht, um so einen Aussage treffen zu können,

ob ein eventuell zu hoch stehendes Mittelhirn für einen subtemporalen Zugang ungeeignet erscheint. Der Winkel α stellt ein Maß für die Steilheit des Tentoriums dar.

3.2.2.2. Axialer Schnitt

Unseren axialen Schnitt setzten wir mithilfe des Programms am Sulcus pontomesencephalicus, um auch hier eine Referenzierung zu erreichen.

Es wurden nun die genannten Grenzen zwischen der vorderen und mittleren bzw. der mittleren und hinteren Incisura tentorii eingezeichnet. Außerdem trugen wir auch die Mittellinie durch den Hirnstamm ein. Wir erzeugten dann folgende Punkte für jede Hemisphäre (siehe Abb. 11 und 12):

1. MTV : Medialer Schnittpunkt des Temporallappens mit der vorderen Begrenzung
2. LTV : Lateraler Schnittpunkt des Temporallappens mit der vorderen Begrenzung
3. MTH : Medialer Schnittpunkt des Temporallappens mit der hinteren Begrenzung
4. LTH : Lateraler Schnittpunkt des Temporallappens mit der hinteren Begrenzung
5. VT : Am meisten ventral gelegene Stelle des Temporallappens.

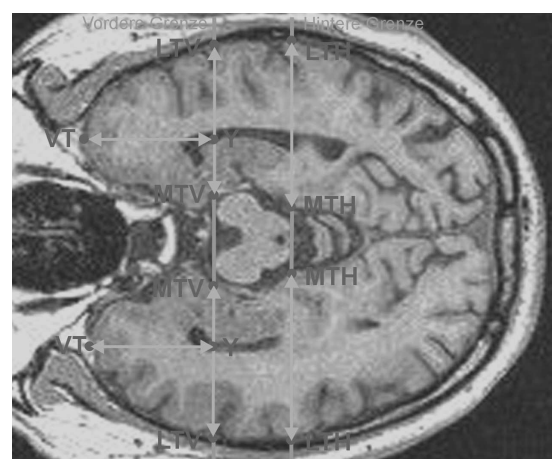
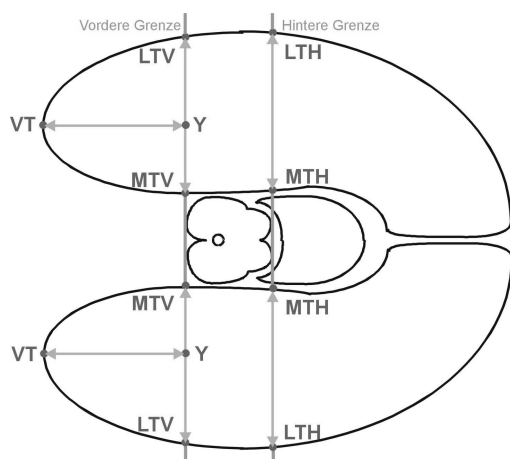


Abb. 10 (links) und 11: Landmarken und zu messende Größen im axialen Schnitt: Skizze und MRT-Bild (Abkürzungen siehe Text); in grün eingezeichnet die vordere bzw. hintere Grenze der Incisura tentorii (Ansicht von oben)

Außerdem wurde noch von der Software der Schnittpunkt der Strecke MTV – LTV mit der zu ihr im rechten Winkel stehenden Strecke zu VT ermittelt (Punkt Y).

Nun wurden folgende Abstände (siehe Abb. 10 und 11) gemessen:

1. MTV – LTV : Breite des Temporallappens an der vorderen Begrenzung
2. MTH – LTH : Breite des Temporallappens an der hinteren Begrenzung
3. VT – Y : Abstand der am meisten ventral gelegenen Stelle des Temporallappens zur vorderen Begrenzung.

Mit diesen Daten wollten wir die Breite des Temporallappens an den genannten Grenzen in einem axialen Schnitt am Sulcus pontomesencephalicus, und wie weit der Temporallappen noch nach ventral von der vorderen Grenze reicht, bestimmen und so dem Operateur zeigen, wie tief ein subtemporaler Zugang zum Hirnstamm reicht.

3.2.2.3. Koronare Schnitte

Selbstverständlich sind koronare Schnittbilder sehr wichtig für die Operationsplanung bei einem subtemporalen Zugang. Für unsere Messungen nahmen wir zwei koronare Schnitte an den Begrenzungen zwischen der vorderen und mittleren Inzisur bzw. zwischen der mittleren und hinteren Inzisur. So hatten wir Schnitte, die leicht zu reproduzieren sind. Für den chirurgischen Korridor bildeten wir an beiden Schnitten auf jeder Hemisphäre ein Dreieck, bestehend aus folgenden Punkten 1 bis 3, und einem vierten Punkt (Punkt 4) (s. Abb. 12-15):

1. LBPMSG : Lateraler basaler Punkt der mittleren Schädelgrube
2. SP : Sulcus pontomesencephalicus
3. KGM : Kraniale Grenze des Mittelhirns
4. BPT : Am weitesten basal gelegener Punkt des Temporallappens

Weiterhin wurde noch eine Strecke zum Punkt BPT gebildet, die im rechten Winkel zur Strecke LBPMSG – SP stand. Der Schnittpunkt dieser Strecken bildete den Punkt Z. Die Gründe für die Wahl dieser Punkte sind:

- SP und KGM markieren die seitliche Begrenzung des Mittelhirns
- LBPMSG ist die Stelle des Gehirns, die es bei einem subtemporalen Zugang als erstes zu überwinden gilt, da man unter ihm nach medial präparieren muss
- BPT stellt die am weitesten nach basal reichende Stelle des Temporallappens dar, d. h. er zeigt an, wie weit nach kaudal der Zugang reicht.

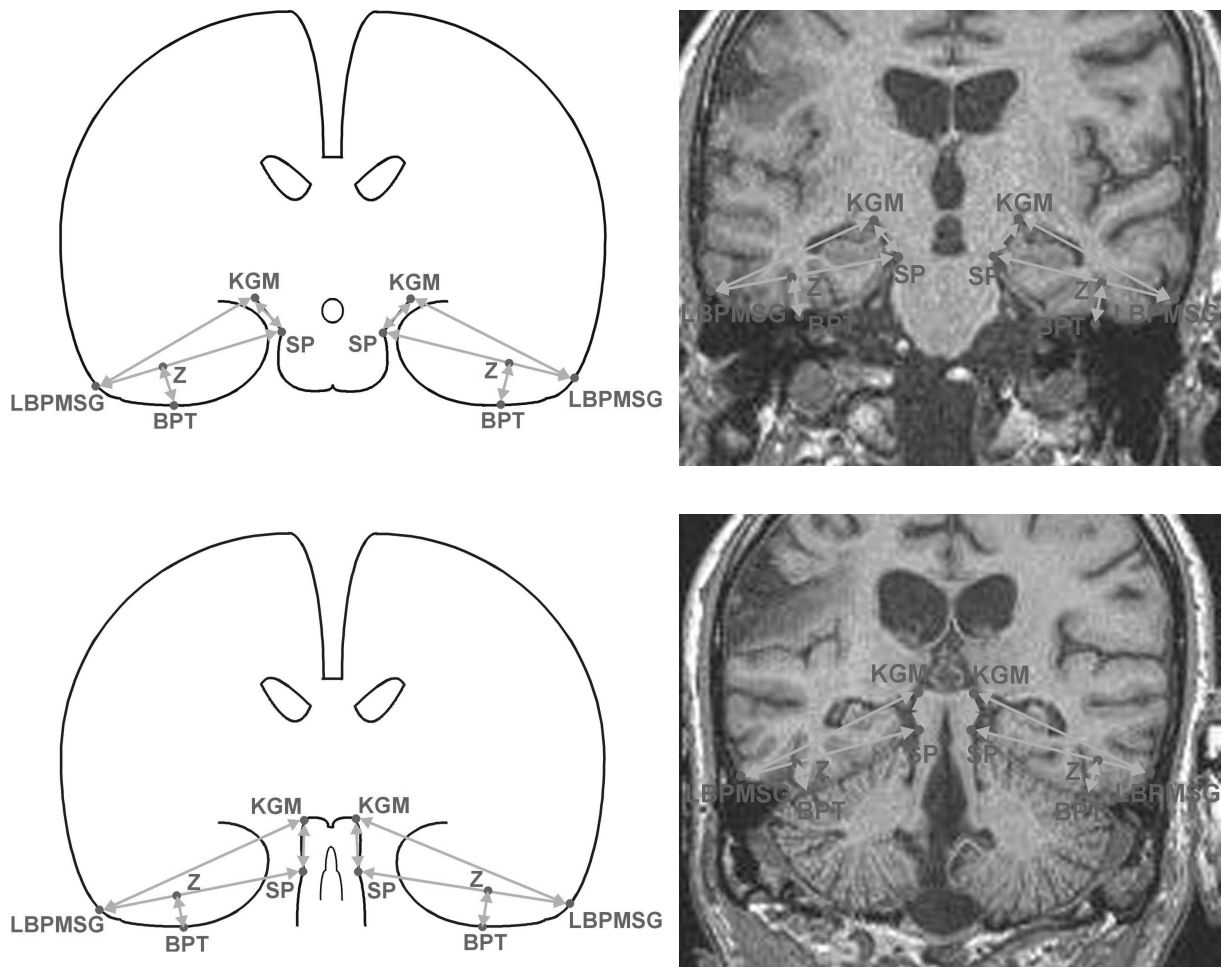


Abb. 12 (links oben) – 15 (rechts unten): Landmarken und zu messende Größen in den koronaren Schnitten 1 (oben) und 2 (unten): Skizze und MRT-Bild (Abkürzungen s. Text, Ansicht von ventral)

Wir bestimmten folgende Strecken und Flächen (siehe Abb. 12-15):

1. LBPMSG – SP : Abstand zwischen dem lateralen basalen Punkt der mittleren Schädelgrube und dem Sulcus pontomesencephalicus
2. LBPMSG-KGM: Abstand zwischen dem lateralen basalen Punkt der mittleren Schädelgrube und der kranialen Grenze des Mittelhirns
3. SP – KGM : Abstand zwischen dem Sulcus pontomesencephalicus und der kranialen Grenze des Mittelhirns
4. BPT – Z : Abstand zwischen der am weitesten basal gelegenen Stelle des Temporallappens und der unteren Dreiecksseite
6. Δ LBPMSG, SP, BPT : Fläche des Dreiecks aus den genannten Punkten

Die Strecken LBPMSG – SP und LBPMSG – KGM sollten verdeutlichen, wie weit die Tiefe des Hirnstammes bei einem subtemporalen Zugang ist. Mit der Strecke SP – KGM wollten wir die Höhe des Mittelhirns messen. Ganz wichtig ist jedoch auch die Größe von BPT – Z. Das Ziel dieser Messung war zu zeigen, wie stark die Konvexität des Temporallappens und seine Ausdehnung nach kaudal ist. Anhand der Werte könnte man eventuell eine Klassifikation des Temporallappens vornehmen. Der Operateur könnte durch die verschiedenen Typen des Schläfenlappens sehen, wie stark ein subtemporaler Zugang behindert ist. Die Flächengröße des Dreiecks vervollständigt die Daten zum mikrochirurgischen Korridor.

3.2.3. Statistische Analyse

Sämtliche Minimal- und Maximalwerte, Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzen wurden mit dem Programm Microsoft® Excel berechnet. Außerdem ermittelten wir mit der gleichen Software eventuelle signifikante Unterschiede zwischen der rechten und linken Seite und zwischen Männern und Frauen, wobei hier die Werte insgesamt verglichen wurden und nicht mehr nach Seiten getrennt.

4. ERGEBNISSE

4.1. Mikroanatomie

4.1.1. Crus cerebri

Um die genauen topographischen Verhältnisse im Bereich des Mesencephalon zu verdeutlichen, haben wir es bei lateraler Betrachtung, also der bei einem subtemporalen Zugang, vermessen. Dabei haben wir zwei Abschnitte genauer analysiert, und zwar das Crus cerebri und das Trigonum lemnisci, die durch den Sulcus lateralis mesencephali getrennt werden.

Als erstes werden die Werte zum Crus cerebri dargelegt. Wie schon im Abschnitt „Methoden“ beschrieben, dienten folgende Strecken als Begrenzung:

1. KABCC : Kaudale Begrenzung des Crus cerebri (DSP – VSP)
2. VBCC : Ventrale Begrenzung des Crus cerebri (VSP – VUTO)
3. KRBCB : Kraniale Begrenzung des Crus cerebri (VUTO –TOSM)
4. DBCC : Dorsale Begrenzung des Crus cerebri (TOSM – DSP).

Unsere Messungen konnten an allen Präparaten durchgeführt werden. Die einzelnen Werte sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Crus cerebri: Seitenlängen (mm) und Flächengröße (mm²)

| Präparat | DSP - VSP | | VSP - VUTO | | VUTO -TOSM | | TOSM - DSP | | Fläche Crus c. | |
|----------|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|----------------|---------|
| | re | li | re | li | re | li | re | li | re | li |
| 1 | 15,28 | 14,48 | 13,64 | 13,35 | 19,53 | 18,63 | 17,02 | 17,86 | 296,23 | 295,67 |
| 2 | 14,05 | 13,75 | 12,72 | 13,98 | 17,08 | 17,01 | 15,04 | 15,03 | 234,10 | 231,16 |
| 3 | 12,42 | 12,39 | 12,92 | 13,57 | 17,21 | 19,61 | 16,54 | 17,59 | 245,04 | 281,44 |
| 4 | 13,51 | 13,74 | 16,48 | 13,44 | 18,22 | 18,98 | 16,86 | 17,23 | 267,48 | 281,88 |
| 5 | 13,94 | 14,61 | 14,38 | 12,43 | 18,74 | 19,49 | 17,16 | 16,54 | 280,39 | 282,01 |
| 6 | 15,37 | 16,94 | 12,10 | 13,24 | 18,67 | 18,32 | 15,32 | 17,12 | 260,75 | 301,83 |
| 7 | 13,89 | 14,10 | 9,89 | 11,00 | 17,30 | 15,71 | 18,32 | 16,74 | 285,70 | 249,51 |
| 8 | 14,36 | 14,08 | 11,67 | 13,36 | 18,81 | 19,90 | 16,12 | 16,91 | 267,35 | 287,30 |
| 9 | 14,02 | 13,43 | 13,25 | 10,33 | 16,96 | 16,05 | 15,34 | 17,57 | 237,62 | 258,98 |
| 10 | 14,61 | 14,73 | 15,27 | 14,43 | 19,38 | 19,14 | 15,89 | 18,43 | 270,05 | 312,11 |
| 11 | 14,37 | 13,22 | 16,74 | 15,92 | 20,73 | 18,42 | 16,32 | 17,23 | 286,42 | 272,58 |
| 12 | 18,27 | 17,76 | 16,92 | 13,67 | 18,97 | 18,97 | 18,10 | 17,21 | 337,02 | 316,06 |
| 13 | 14,02 | 14,12 | 13,60 | 13,04 | 20,92 | 19,40 | 19,12 | 18,86 | 334,20 | 316,10 |
| 14 | 15,54 | 14,97 | 15,87 | 15,29 | 19,72 | 19,95 | 18,53 | 17,21 | 326,68 | 300,49 |
| 15 | 16,08 | 14,54 | 13,99 | 17,12 | 18,82 | 20,29 | 17,21 | 16,21 | 300,31 | 282,30 |
| 16 | 14,83 | 15,98 | 20,74 | 19,72 | 20,77 | 21,27 | 16,43 | 17,16 | 292,45 | 319,61 |
| 17 | 16,52 | 14,10 | 16,85 | 15,56 | 21,08 | 21,17 | 16,21 | 15,10 | 304,75 | 266,29 |
| 18 | 17,41 | 17,57 | 10,95 | 10,69 | 21,22 | 20,32 | 16,72 | 16,78 | 322,95 | 317,90 |
| 19 | 14,47 | 16,84 | 21,91 | 21,83 | 22,73 | 23,15 | 17,12 | 18,02 | 318,43 | 360,31 |
| 20 | 14,25 | 16,50 | 13,15 | 12,01 | 18,89 | 17,00 | 15,59 | 14,34 | 258,33 | 240,20 |
| 21 | 16,90 | 18,58 | 14,40 | 14,93 | 22,87 | 22,26 | 18,12 | 20,13 | 360,30 | 411,01 |
| 22 | 17,54 | 17,76 | 10,93 | 14,71 | 25,29 | 24,62 | 16,47 | 16,12 | 352,71 | 341,58 |
| 23 | 14,48 | 13,51 | 14,25 | 12,42 | 19,63 | 19,05 | 15,53 | 15,13 | 264,86 | 246,32 |
| 24 | 14,74 | 14,70 | 15,71 | 16,12 | 18,36 | 19,57 | 17,12 | 16,19 | 283,34 | 277,42 |
| 25 | 16,88 | 17,56 | 14,03 | 14,06 | 19,65 | 18,72 | 17,21 | 17,11 | 314,34 | 310,38 |
| 26 | 16,68 | 15,73 | 14,55 | 15,58 | 19,62 | 18,18 | 16,24 | 16,12 | 294,76 | 273,31 |
| 27 | 14,81 | 15,73 | 14,20 | 14,44 | 18,91 | 20,71 | 16,31 | 16,45 | 274,99 | 299,72 |
| | | | | | | | | | | |
| n | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| | 54 | | 54 | | 54 | | 54 | | 54 | |
| x | 15,16 | 15,24 | 14,49 | 14,31 | 19,63 | 19,48 | 16,74 | 16,90 | 291,54 | 293,83 |
| | 15,20 | | 14,40 | | 19,56 | | 16,82 | | 292,69 | |
| MIN | 12,42 | 12,39 | 9,89 | 10,33 | 16,96 | 15,71 | 15,04 | 14,34 | 234,10 | 231,16 |
| | 12,39 | | 9,89 | | 15,71 | | 14,34 | | 231,16 | |
| MAX | 18,27 | 18,58 | 21,91 | 21,83 | 25,29 | 24,62 | 19,12 | 20,13 | 360,30 | 411,01 |
| | 18,58 | | 21,91 | | 25,29 | | 20,13 | | 411,01 | |
| STABWN | 1,39 | 1,64 | 2,65 | 2,46 | 1,87 | 1,94 | 1,02 | 1,21 | 32,99 | 37,60 |
| | 1,52 | | 2,56 | | 1,90 | | 1,12 | | 35,39 | |
| VAR | 1,94 | 2,70 | 7,03 | 6,04 | 3,48 | 3,76 | 1,04 | 1,45 | 1088,53 | 1413,74 |
| | 2,32 | | 6,54 | | 3,63 | | 1,25 | | 1252,45 | |

Bei der Darlegung der Daten muss erwähnt werden, dass zunächst der Wert für beide Seiten zusammen genannt wird, in Klammern werden dann die Zahlen für rechts und links einzeln aufgezählt. Bei den Minima und den Maxima wird jeweils nur ein Wert angegeben, da dieser logischerweise entweder der rechten oder der linken Seite gleicht.

Es ergab sich bei der kaudalen Begrenzung (siehe Abb. 16) des Crus cerebri KABCC, die durch die Strecke DSP – VSP gebildet wird, insgesamt ein Mittelwert von 15,20 mm (rechts 15,66 mm, links 15,4 mm). Der Minimalwert war 12,39 mm, der Maximalwert 18,58 mm. Die Standardabweichung betrug 1,52 mm (rechts 1,39 mm, links 1,64 mm), die Varianz lag bei 2,32 mm (rechts 1,94 mm, links 2,70 mm).

Der Mittelwert der ventralen Begrenzung (siehe Abb. 17) des Crus cerebri VBCC (VSP – VUTO) lag bei 14,40 mm (rechts 14,49 mm, links 14,31 mm). Wir ermittelten ein Minimum von 9,89 mm und ein Maximum von 21,91 mm. Die Standardabweichung lag bei 2,56 mm (rechts 2,65 mm, links 2,46 mm), die Varianz bei 6,54 mm (rechts 7,03 mm, links 6,04 mm).

Nach kranial begrenzt die Strecke VUTO – TOSM das Crus cerebri (siehe Abb. 18). Ihr Mittelwert betrug 19,56 mm (rechts 19,63 mm, links 19,48 mm). Der kleinste Wert war 15,71 mm, der größte 25,29 mm. Es ergab sich eine Standardabweichung von 1,90 mm (rechts 1,87 mm, links 1,94 mm) und eine Varianz von 3,63 mm (rechts 3,48 mm, links 3,76 mm).

Die vierte Größe, die gemessen wurde, ist die dorsale Begrenzung (siehe Abb. 19) DBCC (TOSM – DSP). Ihr Mittelwert betrug 16,82 mm (rechts 16,74 mm, links 16,90 mm). Das Minimum lag bei 14,34 mm, das Maximum bei 20,13 mm. Es ergab sich eine Standardabweichung von 1,12 mm (rechts 1,02 mm, links 1,21 mm) und eine Varianz von 1,25 mm (rechts 1,04 mm, links 1,45 mm).

Bei der seitlichen Fläche, die nach obiger Formel berechnet wurde, ermittelten wir einen Mittelwert von 292,69 mm² (rechts 291,54 mm², links 293,83 mm²). Der Minimalwert war 231,16 mm², der Maximalwert 411,01 mm². Die Standardabweichung betrug 35,39 mm² (rechts 32,99 mm², links 37,60 mm²), die Varianz 1252,45 mm² (rechts 1088,53 mm², links 1413,74 mm²).

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Seiten.

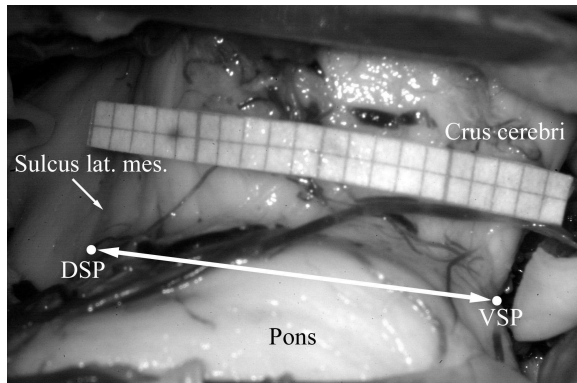


Abb. 16: Kaudale Begrenzung des Crus cerebri

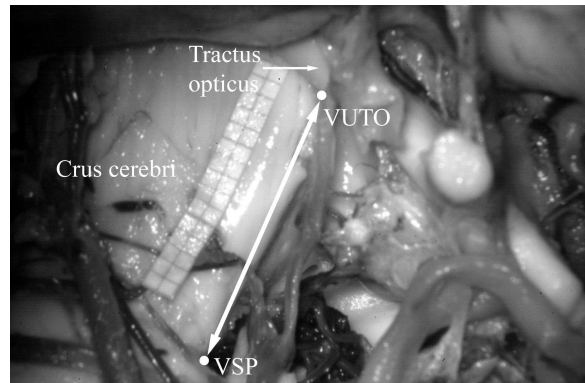


Abb. 17: Ventrale Begrenzung des Crus cerebri

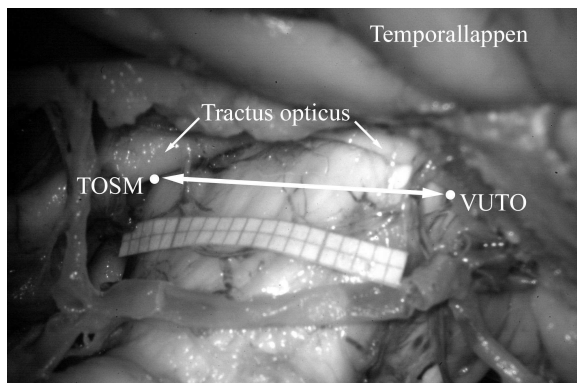


Abb. 18: Kraniale Begrenzung des Crus cerebri

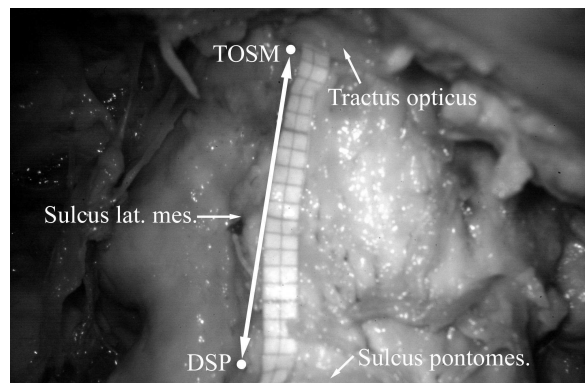


Abb. 19: Dorsale Begrenzung des Crus cerebri

4.1.2. Trigonum lemnisci

Die zweite anatomische Struktur, auf die wir unser Augenmerk legten, war das Trigonum lemnisci (siehe Tab. 2). Hierbei handelt es sich um ein Dreieck im Bereich des Tegmentum mesencephali. In der Literatur sind bisher keine exakten Daten über seine Vermessungen zu finden. Durch unsere Studie soll diese Lücke geschlossen werden.

Die Werte sollen dem Operateur die Größenverhältnisse dieses Gebietes verdeutlichen. Nur durch die genaue Kenntnis der Anatomie kann er sich auch eine Vorstellung über Veränderungen durch einen raumfordernden Prozess machen.

Zunächst definierten wir drei Punkte (s. Methoden) und bestimmten dann folgende Strecken:

1. KABTL : Kaudale Begrenzung des Trigonum lemnisci (CI – DSP)
2. VBTL : Ventrale Begrenzung den Trigonum lemnisci (DSP – BCISM)
3. KRBTL : Kraniale Begrenzung des Trigonum lemnisci (BCISM – CI).

Tab. 2: Trigonum lemnisci: Seitenlänge (mm) und Flächengröße (mm²)

| Präparat | CI - DSP | | DSP - BCISM | | BCISM - CI | | Fläche Trig. lem. | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|
| | re | li | re | li | re | li | re | li |
| 1 | 7,94 | 10,03 | 11,24 | 11,59 | 11,59 | 11,76 | 42,45 | 52,87 |
| 2 | 8,43 | 8,90 | 8,32 | 9,86 | 12,87 | 12,17 | 34,49 | 43,30 |
| 3 | 8,99 | 9,40 | 9,76 | 9,65 | 12,87 | 11,76 | 43,79 | 44,05 |
| 4 | 8,84 | 8,51 | 9,58 | 11,16 | 11,86 | 11,93 | 41,71 | 45,48 |
| 5 | 9,19 | 8,82 | 12,09 | 9,77 | 12,28 | 11,69 | 51,85 | 42,10 |
| 6 | 11,24 | 10,99 | 10,27 | 11,06 | 12,05 | 10,98 | 53,50 | 52,49 |
| 7 | 10,71 | 10,33 | 10,83 | 10,96 | 12,46 | 11,78 | 54,73 | 52,15 |
| 8 | 9,17 | 8,81 | 10,43 | 10,33 | 10,28 | 11,17 | 42,56 | 43,00 |
| 9 | 8,10 | 12,03 | 11,03 | 11,76 | 11,89 | 12,08 | 43,17 | 61,88 |
| 10 | 8,61 | 7,69 | 8,78 | 11,56 | 11,95 | 13,86 | 37,74 | 44,45 |
| 11 | 8,76 | 9,89 | 8,57 | 11,03 | 11,52 | 12,16 | 37,28 | 51,52 |
| 12 | 8,24 | 8,50 | 11,05 | 10,15 | 10,12 | 11,63 | 39,91 | 41,96 |
| 13 | 9,61 | 8,92 | 10,28 | 9,54 | 10,81 | 10,85 | 45,03 | 40,44 |
| 14 | 7,58 | 8,93 | 9,65 | 10,94 | 11,84 | 12,56 | 36,48 | 47,72 |
| 15 | 8,29 | 10,03 | 10,56 | 10,72 | 11,58 | 13,74 | 42,22 | 53,34 |
| 16 | 10,50 | 8,99 | 11,02 | 11,07 | 10,86 | 12,12 | 50,38 | 47,71 |
| 17 | 8,85 | 10,13 | 10,15 | 11,06 | 11,67 | 12,19 | 43,47 | 52,67 |
| 18 | 8,19 | 10,05 | 9,85 | 10,86 | 11,72 | 12,79 | 39,78 | 52,79 |
| 19 | 9,87 | 8,26 | 10,26 | 11,31 | 12,98 | 12,13 | 49,91 | 45,07 |
| 20 | 8,46 | 8,61 | 10,23 | 10,59 | 11,16 | 11,23 | 41,30 | 43,04 |
| 21 | 8,21 | 8,90 | 12,59 | 12,05 | 12,86 | 13,12 | 49,42 | 52,01 |
| 22 | 9,09 | 10,15 | 10,92 | 9,73 | 12,45 | 12,54 | 48,23 | 48,33 |
| 23 | 8,09 | 8,02 | 10,48 | 10,76 | 11,26 | 12,87 | 40,62 | 43,00 |
| 24 | 10,81 | 9,69 | 11,75 | 11,85 | 9,89 | 9,95 | 49,91 | 46,39 |
| 25 | 9,62 | 9,36 | 11,43 | 11,23 | 11,56 | 13,07 | 50,21 | 51,45 |
| 26 | 9,31 | 9,70 | 9,53 | 10,25 | 9,87 | 9,93 | 39,59 | 42,89 |
| 27 | 8,71 | 8,94 | 11,56 | 10,68 | 9,92 | 10,12 | 41,99 | 41,89 |
| | | | | | | | | |
| n | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| | 54 | | 54 | | 54 | | 54 | |
| x | 9,02 | 9,35 | 10,45 | 10,80 | 11,56 | 11,93 | 44,14 | 47,56 |
| | 9,19 | | 10,62 | | 11,75 | | 45,85 | |
| MIN | 7,58 | 7,69 | 8,32 | 9,54 | 9,87 | 9,93 | 34,49 | 40,44 |
| | 7,58 | | 8,32 | | 9,87 | | 34,49 | |
| MAX | 11,24 | 12,03 | 12,59 | 12,05 | 12,98 | 13,86 | 54,73 | 61,88 |
| | 12,03 | | 12,59 | | 13,86 | | 61,88 | |
| STABWN | 0,93 | 0,93 | 1,01 | 0,69 | 0,93 | 1,00 | 5,39 | 5,08 |
| | 0,94 | | 0,88 | | 0,98 | | 5,51 | |
| VAR | 0,86 | 0,86 | 1,01 | 0,47 | 0,86 | 1,00 | 29,10 | 25,79 |
| | 0,89 | | 0,77 | | 0,97 | | 30,37 | |

Der Mittelwert der Strecke CI – DSP (s. Abb. 20), entsprechend der kaudalen Dreiecksseite, betrug 9,19 mm (rechts 9,02 mm, links 9,35 mm). Das Minimum lag bei 7,58 mm, das Maximum bei 12,03 mm. Es ergab sich eine Standardabweichung von 0,94 mm (rechts 0,93 mm, links 0,93 mm) und eine Varianz von 0,89 mm (rechts 0,86 mm, links 0,86 mm).

Die entsprechenden Werte betragen für die ventrale Grenze (DSP – BCISM, s. Abb. 21): Mittelwert von 10,62 mm (rechts 10,45 mm, links 10,80 mm), Minimum 8,32 mm, Maximum 12,59 mm, Standardabweichung von 0,88 mm (rechts 1,01 mm, links 0,69 mm) und eine Varianz von 0,77 mm (rechts 1,01 mm, links 0,47 mm).

Die gleichen Werte wurden auch für die kraniale Begrenzung des Trigonum lemnisci (BCISM – DSP, s. Abb. 22) bestimmt. Hierbei kamen wir zu folgenden Ergebnissen: Mittelwert 11,75 mm (rechts 11,56 mm, links 11,93 mm), Minimum 9,87 mm, Maximum 13,86 mm, Standardabweichung 0,98 mm (rechts 0,93 mm, links 1,00 mm) und Varianz 0,97 mm (rechts 0,86 mm, links 1,00 mm).

Wie oben erläutert, berechneten wir auch die Flächengröße dieses Dreiecks. Der Mittelwert betrug $45,85 \text{ mm}^2$ (rechts $44,14 \text{ mm}^2$, links $47,56 \text{ mm}^2$). Der Minimalwert war $34,49 \text{ mm}^2$, der Maximalwert $61,88 \text{ mm}^2$.

Es ergab sich eine Standardabweichung von $5,51 \text{ mm}^2$ (rechts $5,39 \text{ mm}^2$, links $5,08 \text{ mm}^2$). Die Varianz lag bei $30,37 \text{ mm}^2$ (rechts $29,10 \text{ mm}^2$, links $25,79 \text{ mm}^2$).

Zwischen rechts und links gab es keine signifikanten Unterschiede.

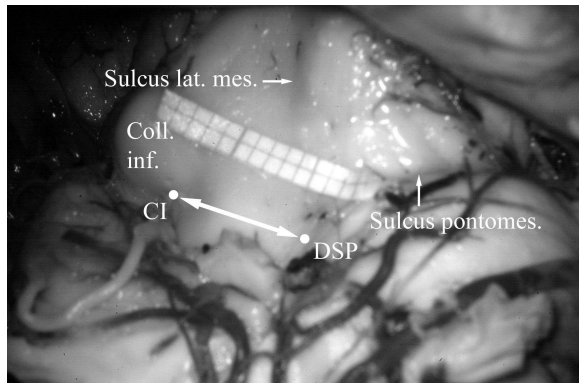


Abb. 20: Kaudale Grenze des Trig. lemnisci

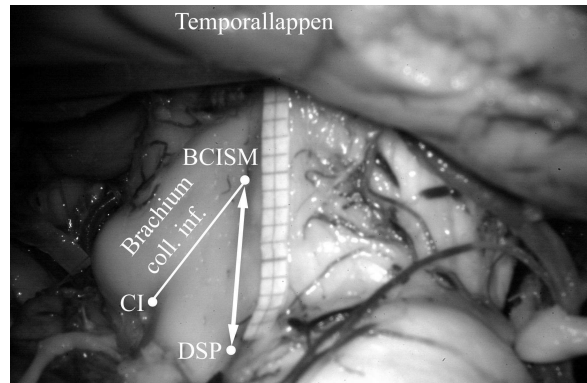


Abb. 21: ventrale Grenze des Trig. lemnisci

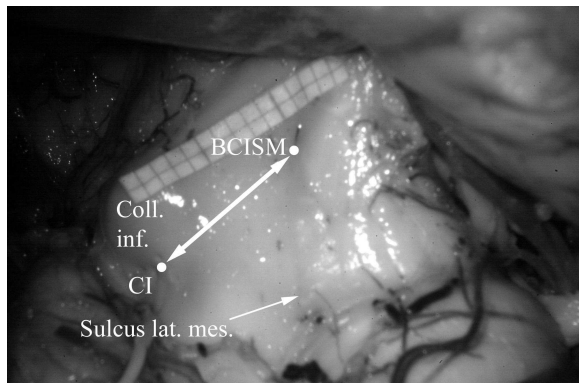


Abb. 21: Kraniale Grenze des Trig. lemnisci

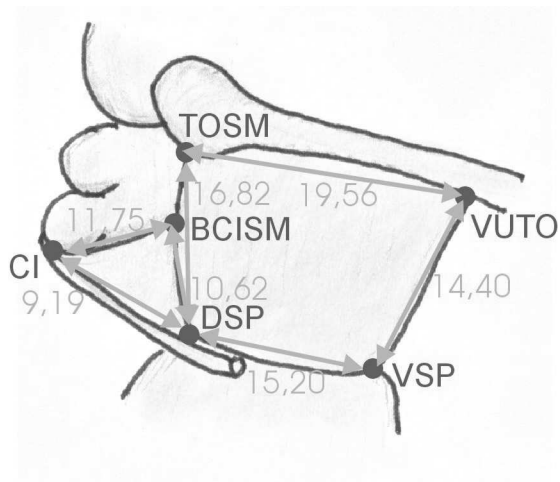


Abb. 22: Mittelwerte der Distanzen der zu messenden Strukturen des Mittelhirns (in mm)

4.2. Morphometrie

4.2.1. Median-sagittaler Schnitt

Wie schon im Abschnitt „Methoden“ erklärt, wurde als erstes der median-sagittale Schnitt untersucht. Dabei stellt die CA-CP-Linie die Referenzlinie dar. Wir bestimmten ihre Länge und den Abstand des Sulcus pontomesencephalicus zu einer Parallelen der CA-CP-Linie durch das Dorsum sellae. Hiermit sollte die Höhe des Mesencephalon über der Parallelen gemessen werden. Für uns war interessant, ob die Höhen sehr variabel waren und ob das Mesencephalon eventuell auch unter der Parallelen lag.

Zwei weitere Parameter waren der Abstand des Apex tentorii zum Confluens sinuum und der Winkel α zwischen dieser Strecke und der oben genannten Parallelen der CA-CP-Linie. Der Winkel stellt ein Maß für die Steilheit des Tentoriums sein.

Die einzelnen Werte sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Alle MPRAGE-Sequenzen konnten an diesem und auch den weiteren Schnitten vermessen werden.

Tab. 3: Morphometrie des median-sagittalen Schnittes (Strecken in mm, Winkel in °)

| MPRAGE | CA - CP | AT - CS | DS - AT | Winkel α | SP - X |
|--------|---------|---------|---------|-----------------|--------|
| 1 | 24,63 | 47,92 | 54,76 | 45,86 | 1,39 |
| 2 | 26,73 | 60,55 | 52,87 | 43,68 | 4,14 |
| 3 | 28,49 | 44,61 | 58,36 | 45,35 | 3,70 |
| 4 | 27,92 | 48,71 | 57,35 | 48,34 | 3,71 |
| 5 | 27,02 | 56,92 | 56,53 | 55,02 | 2,39 |
| 6 | 30,83 | 56,51 | 59,00 | 53,31 | 3,01 |
| 7 | 25,53 | 54,84 | 54,11 | 52,71 | 0,37 |
| 8 | 26,52 | 55,80 | 54,67 | 46,99 | 3,03 |
| 9 | 28,00 | 50,56 | 57,83 | 42,55 | 0,48 |
| 10 | 27,82 | 50,81 | 56,71 | 45,48 | 1,19 |
| 11 | 32,36 | 49,22 | 55,95 | 36,29 | 4,30 |
| 12 | 25,20 | 63,65 | 66,31 | 59,56 | 4,24 |
| 13 | 29,88 | 50,07 | 60,44 | 52,07 | 4,29 |
| 14 | 25,65 | 60,69 | 56,93 | 43,04 | 4,48 |
| 15 | 29,67 | 60,83 | 60,01 | 45,65 | 2,84 |
| 16 | 27,09 | 56,25 | 50,40 | 40,50 | 4,39 |
| 17 | 27,14 | 51,79 | 51,36 | 48,17 | -1,90 |
| 18 | 29,59 | 68,49 | 53,72 | 44,34 | 3,66 |
| 19 | 25,21 | 55,71 | 43,38 | 39,37 | -0,39 |
| 20 | 28,59 | 47,21 | 49,99 | 41,21 | -0,06 |
| 21 | 26,56 | 64,01 | 53,19 | 43,55 | -1,35 |

| MPRAGE | CA - CP | AT - CS | DS - AT | Winkel α | SP - X |
|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|---------------|
| 22 | 26,47 | 47,05 | 51,82 | 42,88 | -2,78 |
| 23 | 24,87 | 43,96 | 51,19 | 36,15 | 4,03 |
| 24 | 23,62 | 51,77 | 57,76 | 43,61 | 4,01 |
| 25 | 28,06 | 48,71 | 53,96 | 37,02 | 1,64 |
| 26 | 30,19 | 50,00 | 53,49 | 36,95 | 1,12 |
| 27 | 28,46 | 53,30 | 53,89 | 44,79 | -1,06 |
| 28 | 26,32 | 45,53 | 54,39 | 46,08 | 5,04 |
| 29 | 28,41 | 65,07 | 59,64 | 51,00 | 1,28 |
| 30 | 26,39 | 60,27 | 58,26 | 51,72 | 5,39 |
| 31 | 26,27 | 48,99 | 61,13 | 43,64 | 1,28 |
| 32 | 23,81 | 40,94 | 54,31 | 48,30 | 3,94 |
| 33 | 26,06 | 44,27 | 45,59 | 44,31 | 1,75 |
| 34 | 27,51 | 50,34 | 53,92 | 43,30 | 1,50 |
| 35 | 27,94 | 53,19 | 55,14 | 46,08 | 6,10 |
| 36 | 23,39 | 49,21 | 54,24 | 54,83 | 1,52 |
| 37 | 30,02 | 57,90 | 60,73 | 44,03 | 1,82 |
| 38 | 28,65 | 48,69 | 61,43 | 44,55 | 0,66 |
| 39 | 26,64 | 50,26 | 57,77 | 42,80 | 1,81 |
| 40 | 26,28 | 53,80 | 50,51 | 43,66 | 0,75 |
| 41 | 24,73 | 48,17 | 50,94 | 48,50 | -0,46 |
| 42 | 25,60 | 55,53 | 61,58 | 53,80 | 2,32 |
| 43 | 27,02 | 54,42 | 57,52 | 45,49 | 5,11 |
| 44 | 30,13 | 50,08 | 59,13 | 59,54 | 0,53 |
| 45 | 26,02 | 49,58 | 55,18 | 51,89 | 6,90 |
| 46 | 29,38 | 55,53 | 55,76 | 60,14 | 1,44 |
| 47 | 24,84 | 50,95 | 46,53 | 48,68 | 3,56 |
| 48 | 25,72 | 50,32 | 47,37 | 43,59 | 0,57 |
| 49 | 25,42 | 55,98 | 55,48 | 51,99 | 6,22 |
| 50 | 25,69 | 46,35 | 54,29 | 37,81 | 2,43 |
| 51 | 23,85 | 52,41 | 51,11 | 45,28 | -1,05 |
| 52 | 27,32 | 46,89 | 51,95 | 43,75 | 2,85 |
| 53 | 24,80 | 52,91 | 54,58 | 37,27 | 5,27 |
| | | | | | |
| n | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| x | 26,99 | 52,59 | 54,99 | 46,16 | 2,94 / -1,13 |
| MIN | 23,39 | 40,94 | 43,38 | 36,15 | 0,37 / -0,06 |
| MAX | 32,36 | 68,49 | 66,31 | 60,14 | 6,90 / -2,78 |
| STABWN | 1,99 | 5,75 | 4,33 | 5,79 | 1,73 / 0,83 |
| VAR | 3,94 | 33,09 | 18,79 | 33,49 | 3,00 / 0,69 |

Die CA-CP-Linie (Commissura anterior-Commissura posterior-Linie) betrug im Mittel 26,99 mm lang (Minimum 23,39 mm, Maximum 32,36 mm). Die Standardabweichung belief sich auf 1,99 mm mit einer Varianz von 3,94 mm.

Bei der Strecke AT – CS (Apex tentorii – Confluens sinuum) zeigte sich ein Mittelwert von 52,58 mm ermittelt. Das Minimum lag bei 40,94 mm, das Maximum bei 68,49 mm. Es ergab sich eine Standardabweichung von 5,75 mm und eine Varianz von 33,09 mm.

Die Verbindung DS – AT stellt den queren Durchmesser der Incisura dar, da sie am Dorsum sellae beginnt und bis zum Apex tentorii reicht. Der Mittelwert lag bei 54,99 mm (Minimum 43,38 mm, Maximum 66,31 mm) mit einer Standardabweichung von 4,33 mm und einer Varianz von 18,79 mm.

Der Winkel α zeigte einen Mittelwert von $46,16^\circ$. Dabei gab es einen Minimalwert von $36,15^\circ$ und einen Maximalwert von $60,14^\circ$, also einen Unterschied von fast 25° . Die Standardabweichung betrug $5,79^\circ$, die Varianz lag beim $33,49^\circ$.

Als letztes interessierte uns, wie hoch der Sulcus pontomesencephalicus über der Parallelen der CA-CP-Linie durch das Dorsum sellae lag. Dabei wurde der Abstand im rechten Winkel zu dieser Parallelen gemessen. Bei einer Lage des Sulcus unterhalb dieser Parallelen – in 8 von 53 Fällen (15,1%) – wurde das Ergebnis mit einem Minuszeichen versehen. Daher sind in der Tabelle immer zwei Werte für den Mittelwert, das Minimum, das Maximum, die Standardabweichung und die Varianz zu sehen. An dieser Stelle wird der Wert bei negativem Ergebnis in Klammern angegeben. Der Mittelwert betrug 2,94 mm (-1,13 mm). Das Minimum lag bei 0,37 mm (-0,06 mm), das Maximum bei 6,90 mm (-2,78 mm). Es wurde eine Standardabweichung von 1,73 mm (0,83 mm) und eine Varianz von 3,00 mm (0,69 mm) ermittelt.

Beim Vergleich zwischen Männern und Frauen ergab sich insgesamt ein signifikant ($p < 0,05$) größerer Abstand vom Apex tentorii zum Confluens sinuum bei den Männern.

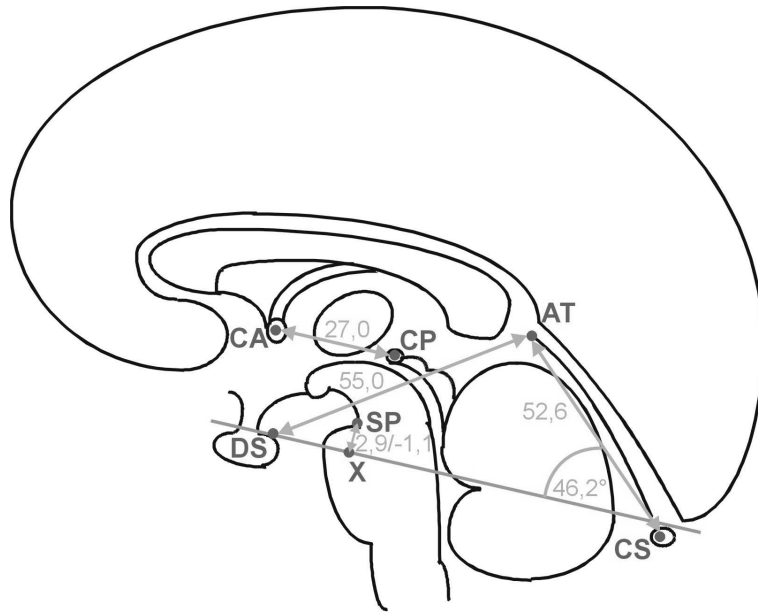


Abb. 23: Mittelwerte der Distanzen der zu messenden Größen im median-sagittalen Schnitt (in mm)

4.2.2. Axialer Schnitt

Bei einem subtemporalen Zugang zum Hirnstamm ist es von Interesse, wie tief dieser Zugang zu planen ist. Mit den morphometrischen Messungen an einem axialen Schnitt sollte diese Frage geklärt werden. Dabei wählten wir einen definierten Schnitt am Sulcus pontomesencephalicus, um eine Reproduzierbarkeit zu erreichen, und ermittelten die Breite des Temporallappens.

Weiterhin ergeben sich auch Unterschiede, ob ein Zugang eher weiter von ventral oder dorsal erfolgt. Hierfür wurden die Messungen sowohl an der Grenze zwischen dem vorderen und mittleren Bereich der Incisura tentorii und der Grenze zwischen dem mittleren und hinteren Bereich der Incisura tentorii durchgeführt. Der letzte Parameter war der Abstand des vordersten Punkt des Temporallappens zur vorderen Begrenzung der Inzisur. Tabelle 4 zeigt die Messwerte.

Tab. 4: Morphometrie des axialen Schnittes (Werte in mm)

| MPRAGE | MTV - LTV | | MTH - LTH | | VT - Y | |
|--------|-----------|-------|-----------|-------|--------|-------|
| | re | li | re | li | re | li |
| 1 | 51,25 | 51,29 | 48,63 | 48,59 | 37,68 | 40,37 |
| 2 | 50,18 | 52,81 | 45,35 | 50,62 | 38,70 | 33,72 |
| 3 | 47,61 | 49,43 | 60,62 | 50,39 | 32,95 | 32,36 |
| 4 | 46,94 | 51,05 | 49,44 | 48,48 | 33,52 | 33,51 |
| 5 | 53,23 | 54,66 | 52,32 | 52,83 | 41,37 | 39,77 |
| 6 | 58,89 | 54,86 | 61,12 | 62,63 | 43,01 | 45,03 |
| 7 | 49,11 | 48,23 | 53,35 | 48,72 | 37,50 | 34,36 |
| 8 | 56,09 | 53,59 | 57,91 | 56,38 | 37,18 | 40,47 |
| 9 | 44,57 | 45,34 | 38,39 | 47,17 | 34,03 | 38,24 |
| 10 | 44,57 | 46,63 | 39,30 | 46,60 | 33,93 | 38,44 |
| 11 | 47,80 | 50,24 | 49,73 | 47,55 | 41,71 | 41,05 |
| 12 | 46,77 | 48,98 | 58,31 | 58,92 | 38,82 | 40,54 |
| 13 | 46,57 | 45,18 | 49,25 | 50,26 | 36,76 | 33,43 |
| 14 | 58,13 | 55,49 | 58,77 | 53,43 | 40,89 | 37,47 |
| 15 | 55,92 | 53,24 | 56,63 | 50,98 | 42,51 | 40,34 |
| 16 | 51,38 | 53,49 | 58,77 | 58,54 | 41,48 | 43,68 |
| 17 | 51,99 | 54,27 | 50,89 | 57,37 | 40,18 | 36,85 |
| 18 | 61,27 | 63,19 | 59,32 | 61,08 | 38,42 | 43,18 |
| 19 | 51,85 | 50,69 | 57,71 | 55,14 | 38,47 | 39,80 |
| 20 | 52,80 | 50,55 | 53,39 | 53,81 | 36,26 | 40,37 |
| 21 | 54,11 | 52,22 | 54,74 | 58,06 | 35,22 | 37,32 |
| 22 | 47,65 | 47,90 | 47,06 | 43,95 | 36,92 | 36,78 |
| 23 | 47,65 | 47,90 | 47,06 | 43,95 | 36,92 | 36,78 |
| 24 | 46,60 | 44,40 | 46,07 | 47,75 | 40,69 | 35,47 |
| 25 | 49,53 | 53,42 | 49,24 | 53,80 | 34,27 | 39,37 |
| 26 | 44,97 | 52,66 | 43,86 | 48,52 | 39,09 | 34,29 |
| 27 | 53,66 | 53,88 | 57,41 | 57,66 | 41,43 | 37,55 |
| 28 | 50,09 | 49,35 | 50,91 | 52,17 | 39,31 | 38,11 |
| 29 | 51,94 | 52,85 | 56,43 | 51,55 | 40,39 | 42,28 |
| 30 | 50,95 | 47,74 | 56,72 | 58,55 | 38,87 | 31,31 |
| 31 | 49,47 | 44,07 | 53,33 | 51,49 | 38,85 | 27,04 |
| 32 | 51,37 | 52,97 | 54,90 | 58,06 | 36,47 | 36,23 |
| 33 | 50,72 | 50,01 | 48,01 | 48,90 | 31,60 | 33,14 |
| 34 | 51,14 | 49,66 | 52,48 | 53,24 | 38,36 | 41,82 |
| 35 | 49,85 | 53,27 | 38,63 | 44,71 | 35,51 | 39,73 |
| 36 | 46,48 | 47,39 | 54,24 | 58,08 | 38,82 | 36,25 |
| 37 | 57,25 | 60,12 | 62,98 | 62,32 | 42,14 | 38,40 |
| 38 | 50,87 | 50,62 | 57,05 | 50,54 | 41,10 | 42,96 |
| 39 | 51,12 | 52,15 | 49,13 | 52,57 | 42,00 | 38,58 |
| 40 | 51,97 | 54,45 | 51,74 | 57,51 | 36,01 | 40,70 |
| 41 | 47,61 | 50,91 | 50,53 | 49,62 | 33,18 | 37,57 |

| MPRAGE | MTV - LTV | | MTH - LTH | | VT - Y | |
|---------------|------------------|-------|------------------|-------|---------------|-------|
| 42 | 53,73 | 51,37 | 58,56 | 60,41 | 41,81 | 39,16 |
| 43 | 52,82 | 50,91 | 56,34 | 58,05 | 35,11 | 35,59 |
| 44 | 48,07 | 47,53 | 50,66 | 53,84 | 37,33 | 34,27 |
| 45 | 51,08 | 51,14 | 52,79 | 55,66 | 36,42 | 36,03 |
| 46 | 56,97 | 58,50 | 54,55 | 58,73 | 36,44 | 38,89 |
| 47 | 52,08 | 53,63 | 53,61 | 55,79 | 37,52 | 31,48 |
| 48 | 44,51 | 42,77 | 51,61 | 52,51 | 36,01 | 39,33 |
| 49 | 57,57 | 46,43 | 35,39 | 43,27 | 35,03 | 28,14 |
| 50 | 45,55 | 50,74 | 50,43 | 53,36 | 36,69 | 32,81 |
| 51 | 51,38 | 48,93 | 51,38 | 49,56 | 35,53 | 33,85 |
| 52 | 51,91 | 49,61 | 51,82 | 54,98 | 35,22 | 34,08 |
| 53 | 47,58 | 52,26 | 51,64 | 52,76 | 34,73 | 32,69 |
| | | | | | | |
| n | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| | 106 | | 106 | | 106 | |
| x | 50,85 | 51,04 | 52,08 | 53,04 | 37,74 | 37,19 |
| | 50,94 | | 52,56 | | 37,46 | |
| MIN | 44,51 | 42,77 | 35,39 | 43,27 | 31,60 | 27,04 |
| | 42,77 | | 35,39 | | 27,04 | |
| MAX | 61,27 | 63,19 | 62,98 | 62,63 | 43,01 | 45,03 |
| | 63,19 | | 62,98 | | 45,03 | |
| STABWN | 3,88 | 3,81 | 5,85 | 4,84 | 2,81 | 3,81 |
| | 3,85 | | 5,39 | | 3,36 | |
| VAR | 15,07 | 14,50 | 34,24 | 23,46 | 7,89 | 14,50 |
| | 14,80 | | 29,08 | | 11,27 | |

Die Breite des Temporallappens betrug im Mittel an der vorderen Begrenzung (MTV – LTV) 50,94 mm (rechts 50,85 mm, links 51,04 mm). Das Minimum lag bei 42,77 mm, das Maximum bei 63,19 mm. Es ergab sich eine Standardabweichung von 3,85 mm (rechts 3,88 mm, links 3,81 mm) und eine Varianz von 14,80 mm (rechts 15,07 mm, links 14,50 mm).

An der hinteren Grenze ergaben sich folgende Werte für die Breite des Temporallappens (MTH – LTH): Mittelwert 52,56 mm (rechts 52,98 mm, links 53,04 mm), Minimum 35,39 mm, Maximum 62,98 mm, Standardabweichung 5,39 mm (rechts 5,85 mm, links 4,84 mm), Varianz 29,08 mm (rechts 34,24 mm, links 23,46 mm).

Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen rechts und links. Falls man aber die Breite des Temporallappens einer Seite einmal an der vorderen mit der hinteren Grenze vergleicht, so ist der Wert auf der linken Seite an der hinteren Grenze signifikant größer als an der

vorderen Grenze ($p < 0,05$). Dieser Tatsache sollte bei linksseitigen Zugängen Beachtung geschenkt werden. Rechts gab es keinen signifikanten Unterschied.

Die letzte Messung sollte den Abstand zwischen der vorderen Grenze und den am weitesten ventralsten Punkt des Temporallappens ermitteln, um zu sehen, wie weit der Lappen nach vorne reicht. Der Mittelwert betrug 37,46 mm (rechts 37,74 mm, links 37,19 mm) mit einem Minimum von 27,04 mm und einem Maximum von 45,03 mm. Die Standardabweichung lag bei 3,36 mm (rechts 2,81 mm, links 3,81 mm), die Varianz bei 11,27 mm (rechts 7,89 mm, links 14,50 mm). Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Es stellte sich außerdem heraus, dass alle Größen bei den männlichen Probanden signifikant ($p < 0,05$) größer waren.

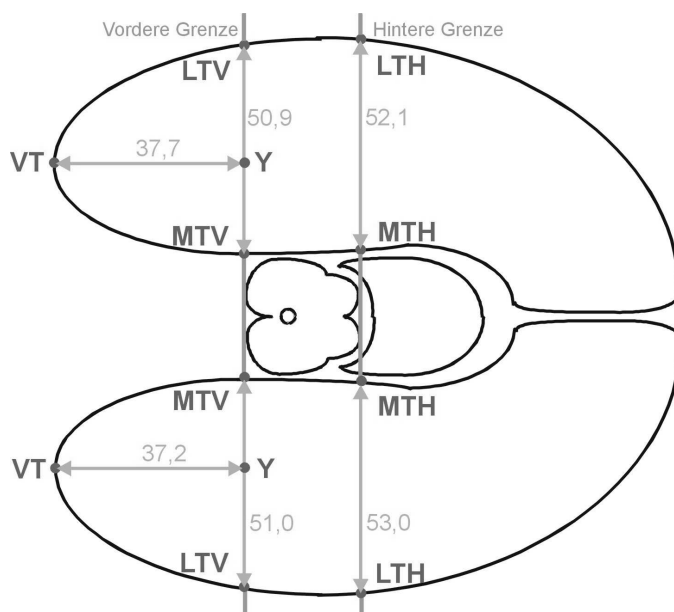


Abb. 24: Mittelwerte der Distanzen der zu messenden Größen im axialen Schnitt (Ansicht von oben, in mm)

4.2.3. Koronare Schnitte

4.2.3.1. Vermessung des chirurgischen Korridors

Die zwei letzten Schnitte, die untersucht wurden, waren zwei koronare Schnitte an den zwei Grenzen der Incisura tentorii, die den vorderen vom mittleren Bereich (koronarer Schnitt 1) und den mittleren vom hinteren Bereich (koronarer Schnitt 2) der Incisura tentorii trennen.

An diesen Schnitten sollte der mikrochirurgische Korridor bei vorderen und hinteren Zugängen verdeutlicht und vermessen werden. Dem Operateur sollten gezeigt werden, wie groß der Korridor ist und welche Schwierigkeiten sich durch die basale Konvexität des Temporallappens ergeben.

Wie schon bei den Methoden genauer erläutert, spannten wir ein Dreieck – bestehend aus dem lateralen basalen Punkt der mittleren Schädelgrube (LBPMSG), Sulcus pontomesencephalicus (SP) und der kranialen Grenze des Mittelhirns (KGM) – auf. Außerdem war der basale Punkt des Temporallappens (BPT) von großem Interesse. Es wurden die Seitenlängen dieses Dreiecks, der Abstand von BPT zum unteren Schenkel des Dreiecks und die Fläche zwischen LBPMSG, SP und BPT bestimmt. Letzteres ist eine angenäherte Größe und verdeutlicht, wie groß ungefähr die Fläche des Temporallappens ist, die einen subtemporalen Zugang behindert. Die Seitenlängen sollten die Größenverhältnisse des Korridors aufzeigen. Die Strecke BPT – Z war für uns von Bedeutung. Sie ist ein Maß für die basale Konvexität des Temporallappens und als Hinweis für eventuelle Schwierigkeiten beim Zugang zu sehen.

Der Tabelle 5 sind die Werte für Schnitt 1 und der Tabelle 6 die Werte für Schnitt 2 zu entnehmen.

Tab. 5: Morphometrie des koronaren Schnittes 1 (Längen in mm, Fläche in mm²)

| MPRAGE | LBMSG - SP | | LBMSG - KGM | | SP - KGM | | BPT - Z | | Dreiecksfläche | |
|--------|------------|-------|-------------|-------|----------|-------|---------|-------|----------------|--------|
| | re | li | re | li | re | li | re | li | re | li |
| 1 | 48,71 | 50,46 | 45,33 | 47,78 | 11,82 | 10,93 | 7,90 | 10,06 | 192,36 | 253,82 |
| 2 | 47,50 | 46,68 | 44,72 | 45,28 | 10,57 | 10,38 | 11,14 | 9,63 | 264,60 | 224,80 |
| 3 | 43,35 | 43,14 | 46,26 | 44,83 | 10,48 | 8,53 | 6,96 | 6,99 | 150,72 | 150,82 |
| 4 | 41,03 | 43,26 | 44,41 | 44,58 | 10,75 | 8,65 | 7,46 | 5,64 | 153,09 | 121,96 |
| 5 | 52,00 | 51,34 | 46,65 | 48,50 | 14,42 | 13,21 | 5,40 | 5,37 | 140,27 | 137,80 |
| 6 | 58,73 | 55,84 | 53,23 | 51,34 | 13,12 | 12,24 | 9,09 | 7,17 | 266,92 | 200,31 |
| 7 | 44,12 | 45,17 | 43,02 | 44,86 | 10,59 | 10,44 | 8,51 | 5,94 | 187,70 | 134,08 |
| 8 | 55,42 | 52,30 | 51,95 | 50,60 | 10,83 | 10,66 | 13,26 | 11,23 | 367,39 | 293,66 |
| 9 | 44,49 | 44,23 | 40,56 | 42,35 | 15,48 | 12,89 | 7,43 | 4,55 | 165,29 | 100,58 |
| 10 | 43,91 | 44,29 | 40,53 | 41,37 | 16,15 | 13,31 | 8,00 | 5,06 | 175,66 | 111,96 |
| 11 | 49,07 | 51,25 | 44,29 | 46,54 | 13,74 | 13,32 | 8,13 | 9,87 | 199,51 | 252,85 |
| 12 | 48,83 | 49,55 | 48,39 | 49,13 | 10,35 | 10,15 | 7,06 | 5,72 | 172,22 | 141,63 |
| 13 | 46,41 | 46,88 | 46,23 | 45,78 | 10,62 | 11,13 | 8,02 | 8,31 | 186,06 | 194,75 |
| 14 | 50,92 | 55,63 | 50,03 | 56,75 | 10,49 | 8,54 | 6,59 | 4,65 | 167,88 | 129,37 |
| 15 | 53,08 | 57,32 | 52,36 | 54,98 | 10,88 | 9,80 | 8,12 | 9,28 | 215,49 | 266,02 |
| 16 | 54,41 | 54,16 | 51,56 | 49,70 | 9,88 | 10,50 | 9,03 | 9,19 | 245,62 | 248,87 |
| 17 | 58,94 | 59,56 | 55,45 | 57,76 | 10,41 | 9,11 | 8,69 | 7,88 | 255,96 | 234,58 |
| 18 | 57,96 | 58,28 | 52,45 | 53,97 | 14,64 | 11,49 | 10,23 | 7,68 | 296,35 | 223,82 |
| 19 | 55,48 | 53,91 | 50,74 | 51,10 | 14,39 | 12,96 | 11,10 | 9,01 | 308,01 | 242,73 |
| 20 | 51,76 | 51,46 | 47,70 | 46,15 | 11,02 | 11,21 | 6,00 | 5,66 | 155,30 | 145,68 |
| 21 | 51,62 | 51,84 | 51,59 | 51,79 | 10,64 | 11,01 | 6,56 | 8,54 | 169,31 | 221,32 |
| 22 | 48,22 | 48,80 | 46,67 | 45,14 | 12,28 | 11,64 | 5,54 | 5,90 | 133,62 | 143,90 |
| 23 | 54,62 | 52,49 | 54,33 | 54,61 | 10,83 | 9,77 | 6,87 | 6,95 | 187,68 | 182,42 |
| 24 | 46,55 | 46,08 | 42,83 | 44,56 | 13,57 | 12,34 | 7,08 | 6,66 | 164,86 | 153,33 |
| 25 | 47,86 | 51,51 | 45,78 | 48,44 | 12,52 | 12,48 | 5,70 | 9,24 | 136,31 | 237,94 |
| 26 | 46,78 | 50,00 | 46,27 | 49,95 | 10,80 | 9,11 | 4,12 | 6,68 | 96,33 | 166,95 |
| 27 | 52,06 | 54,06 | 50,92 | 53,14 | 8,38 | 8,15 | 8,82 | 8,80 | 229,50 | 237,95 |
| 28 | 47,94 | 51,07 | 47,60 | 51,40 | 10,72 | 9,26 | 13,08 | 8,68 | 313,46 | 221,52 |
| 29 | 53,57 | 52,55 | 48,77 | 50,99 | 11,95 | 10,09 | 19,11 | 10,35 | 511,85 | 271,85 |
| 30 | 48,14 | 50,26 | 48,73 | 51,33 | 9,11 | 8,84 | 8,37 | 10,12 | 201,35 | 254,35 |
| 31 | 45,31 | 42,05 | 45,97 | 45,67 | 10,06 | 10,54 | 6,79 | 5,36 | 153,72 | 112,72 |
| 32 | 53,18 | 51,66 | 50,68 | 53,83 | 11,61 | 10,37 | 11,17 | 5,74 | 296,96 | 148,16 |
| 33 | 45,99 | 47,66 | 45,77 | 45,68 | 10,80 | 9,07 | 9,80 | 4,57 | 225,34 | 108,91 |
| 34 | 48,40 | 47,78 | 46,86 | 46,72 | 10,78 | 10,15 | 6,18 | 6,88 | 149,42 | 164,28 |
| 35 | 47,15 | 45,31 | 43,15 | 45,82 | 13,03 | 9,83 | 7,79 | 7,69 | 183,61 | 174,22 |
| 36 | 46,69 | 47,00 | 46,08 | 46,88 | 10,16 | 9,43 | 6,18 | 7,23 | 144,23 | 169,95 |
| 37 | 56,54 | 54,75 | 53,38 | 52,55 | 13,13 | 10,80 | 5,75 | 8,49 | 162,55 | 232,54 |
| 38 | 50,34 | 51,40 | 49,80 | 52,11 | 11,12 | 9,74 | 8,79 | 8,30 | 221,15 | 213,24 |
| 39 | 52,74 | 51,39 | 53,39 | 51,31 | 11,12 | 10,85 | 7,31 | 5,57 | 192,73 | 143,09 |
| 40 | 55,59 | 53,01 | 52,65 | 51,39 | 11,79 | 11,59 | 8,69 | 5,93 | 241,62 | 157,06 |
| 41 | 50,80 | 47,13 | 49,98 | 45,87 | 11,77 | 12,33 | 7,74 | 9,48 | 196,47 | 223,40 |

| MPRAGE | LBPMSG - SP | | LBPMSG - KGM | | SP - KGM | | BPT - Z | | Dreiecksfläche | |
|---------------|--------------------|-------|---------------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|-----------------------|---------|
| 42 | 52,53 | 51,78 | 51,03 | 49,81 | 11,17 | 10,90 | 11,23 | 12,09 | 294,95 | 313,10 |
| 43 | 47,37 | 47,19 | 47,31 | 46,88 | 10,75 | 10,66 | 5,55 | 8,22 | 131,48 | 193,86 |
| 44 | 45,28 | 45,65 | 39,03 | 41,74 | 15,33 | 12,02 | 10,67 | 8,22 | 241,59 | 187,70 |
| 45 | 53,87 | 49,87 | 47,10 | 47,47 | 13,04 | 10,90 | 13,69 | 10,86 | 368,80 | 270,86 |
| 46 | 56,09 | 56,07 | 56,68 | 55,32 | 11,02 | 10,01 | 6,21 | 9,59 | 174,21 | 268,89 |
| 47 | 50,96 | 51,52 | 50,51 | 50,34 | 8,56 | 9,57 | 8,36 | 7,24 | 213,03 | 186,45 |
| 48 | 44,09 | 44,57 | 43,76 | 41,75 | 13,07 | 12,81 | 8,78 | 9,85 | 193,64 | 219,46 |
| 49 | 41,28 | 44,42 | 40,91 | 41,24 | 11,25 | 8,36 | 9,47 | 10,32 | 195,38 | 229,15 |
| 50 | 47,19 | 44,10 | 47,72 | 43,92 | 10,82 | 11,02 | 6,85 | 7,67 | 161,51 | 169,05 |
| 51 | 44,65 | 45,21 | 43,20 | 42,75 | 12,68 | 12,93 | 6,90 | 7,37 | 154,08 | 166,70 |
| 52 | 51,93 | 52,63 | 49,87 | 49,78 | 12,76 | 12,99 | 9,15 | 9,08 | 237,53 | 238,80 |
| 53 | 48,27 | 48,67 | 45,70 | 46,43 | 12,32 | 11,62 | 9,19 | 7,30 | 221,68 | 177,53 |
| | | | | | | | | | | |
| n | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| | 106 | | 106 | | 106 | | 106 | | 106 | |
| x | 49,81 | 49,89 | 47,92 | 48,49 | 11,69 | 10,77 | 8,41 | 7,81 | 210,69 | 195,67 |
| | 49,85 | | 48,21 | | 11,23 | | 8,11 | | 203,18 | |
| MIN | 41,03 | 42,05 | 39,03 | 41,24 | 8,38 | 8,15 | 4,12 | 4,55 | 96,33 | 100,58 |
| | 41,03 | | 39,03 | | 8,15 | | 4,12 | | 96,33 | |
| MAX | 58,94 | 59,56 | 56,68 | 57,76 | 16,15 | 13,32 | 19,11 | 12,09 | 511,85 | 313,10 |
| | 59,56 | | 57,76 | | 16,15 | | 19,11 | | 511,85 | |
| STABWN | 4,42 | 4,18 | 4,01 | 4,11 | 1,68 | 1,43 | 2,52 | 1,86 | 72,14 | 52,37 |
| | 4,30 | | 4,07 | | 1,62 | | 2,24 | | 63,48 | |
| VAR | 19,57 | 17,45 | 16,11 | 16,90 | 2,81 | 2,03 | 6,37 | 3,47 | 5204,23 | 2742,31 |
| | 18,51 | | 16,58 | | 2,63 | | 5,01 | | 4029,61 | |

Die Strecke LBPMSG – SP war im Mittel 49,85 mm lang (rechts 49,81 mm, links 49,89 mm). Das Minimum lag bei 41,03 mm, das Maximum bei 59,56 mm. Es wurden eine Standardabweichung von 4,30 mm (rechts 4,42 mm, links 4,18 mm,) und eine Varianz von 18,51 mm (rechts 19,57 mm, links 17,45 mm) ermittelt.

Die nächste zu vermessende Strecke war LBPMSG – KGM. Es ergaben sich folgende Werte: Mittelwert 48,21 mm (rechts 47,92 mm, links 48,49 mm), Minimum 8,15 mm, Maximum 57,76 mm, Standardabweichung 4,07 mm (rechts 4,01 mm, links 4,11 mm), Varianz 16,58 mm (rechts 16,11 mm, links 16,90 mm).

Die Strecke SP – KGM gibt die seitliche Länge des Mesencephalon von kaudal nach kranial wieder. Sein Mittelwert betrug 11,23 mm, wobei die rechte Seite (11,69 mm) signifikant ($p < 0,05$) größer war als die linke (10,77 mm). Der kleinste gemessene Wert lag bei 8,15 mm,

der größte bei 16,15 mm. Es ergaben sich eine Standardabweichung von 1,62 mm (rechts 1,68 mm, links 1,43 mm) und eine Varianz von 2,63 mm (rechts 2,81 mm, links 2,03 mm).

Der Abstand des basalsten Punktes des Temporallappens bis zum unteren Schenkel des Dreiecks lag im Mittel bei 8,11 mm (rechts 8,41 mm, links 7,81 mm). Der Minimalwert betrug 4,12 mm, der Maximalwert betrug 19,11 mm). Es wurden eine Standardabweichung von 2,24 mm (rechts 2,52 mm, links 1,86 mm) und eine Varianz von 5,01 mm (rechts 6,37 mm, links 3,47 mm) ermittelt.

Als letztes wurde beim koronaren Schnitt die Fläche des Dreiecks LBPMSG, SP und BPT gemessen. Es ergaben sich folgende Werte: Mittelwert 203,18 mm² (rechts 210,69 mm², links 195,67 mm²), Minimum 96,33 mm², Maximum 511,85 mm², Standardabweichung 63,48 mm² (rechts 72,14 mm², links 52,37 mm²), Varianz 4029,61 mm² (rechts 5204,23 mm², links 2742,31 mm²).

Bis auf den Abstand vom Sulcus pontomesencephalicus bis zur kranialen Grenze des Mittelhirns waren alle anderen Messungen bei den Männern signifikant ($p < 0,05$) größer als bei den Frauen.

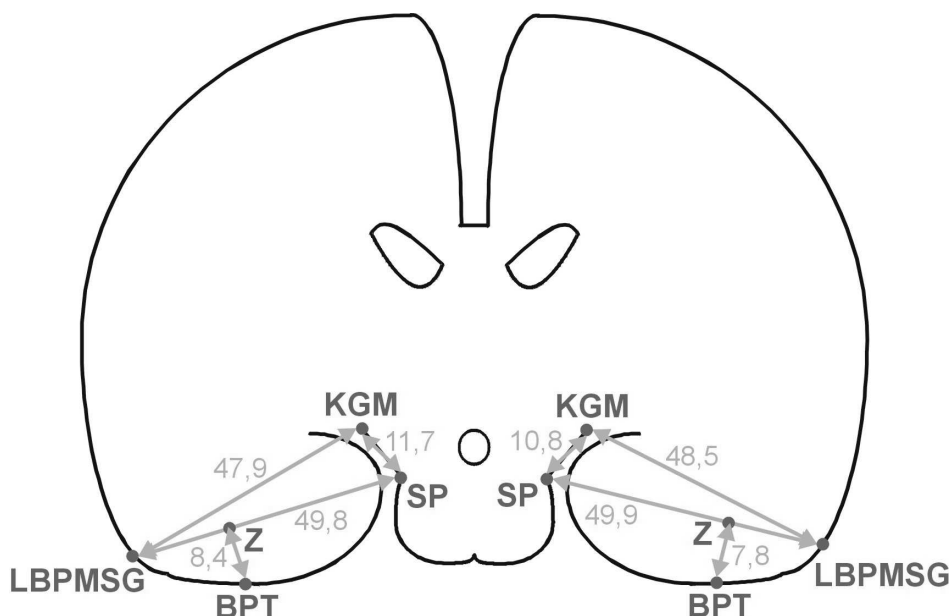


Abb. 25: Mittelwerte der Distanzen der zu messenden Größen im koronaren Schnitt 1 (vorne, Ansicht von ventral, in mm)

Tab. 6: Morphometrie des koronaren Schnittes 2 (Längen in mm, Fläche in mm²)

| MPRAGE | LBMSG - SP | | LBMSG - KGM | | SP - KGM | | BPT - Z | | Dreiecksfläche | |
|--------|------------|-------|-------------|-------|----------|-------|---------|-------|----------------|--------|
| | re | li | re | li | re | li | re | li | re | li |
| 1 | 51,91 | 53,52 | 56,79 | 58,42 | 9,38 | 8,67 | 5,08 | 6,04 | 131,91 | 161,52 |
| 2 | 49,75 | 54,85 | 54,47 | 57,57 | 10,01 | 9,36 | 5,87 | 7,45 | 145,88 | 204,19 |
| 3 | 53,97 | 50,99 | 54,22 | 54,35 | 6,96 | 9,08 | 7,75 | 8,43 | 209,09 | 214,92 |
| 4 | 52,45 | 51,43 | 52,70 | 54,92 | 8,39 | 9,22 | 7,12 | 7,18 | 186,72 | 184,60 |
| 5 | 53,10 | 53,23 | 56,53 | 56,81 | 9,92 | 9,57 | 7,59 | 9,24 | 201,55 | 245,88 |
| 6 | 55,74 | 52,22 | 59,03 | 56,07 | 9,16 | 9,36 | 7,55 | 6,13 | 210,45 | 160,02 |
| 7 | 44,12 | 45,17 | 43,02 | 44,86 | 10,59 | 10,44 | 8,51 | 5,50 | 187,70 | 124,23 |
| 8 | 60,60 | 56,48 | 62,07 | 59,09 | 10,79 | 12,00 | 9,61 | 9,00 | 291,12 | 254,03 |
| 9 | 53,07 | 54,48 | 54,75 | 56,43 | 8,61 | 8,58 | 9,82 | 10,58 | 260,57 | 288,16 |
| 10 | 47,41 | 49,71 | 51,05 | 53,83 | 9,02 | 9,52 | 4,61 | 3,65 | 109,37 | 90,67 |
| 11 | 49,71 | 50,89 | 53,07 | 54,96 | 11,71 | 12,81 | 7,10 | 7,98 | 176,51 | 203,14 |
| 12 | 49,27 | 49,68 | 50,61 | 50,81 | 9,02 | 9,21 | 7,56 | 4,93 | 186,19 | 122,34 |
| 13 | 43,84 | 45,90 | 49,56 | 52,36 | 12,27 | 12,28 | 2,68 | 4,09 | 58,73 | 93,91 |
| 14 | 55,54 | 60,67 | 55,14 | 61,25 | 7,01 | 6,90 | 8,10 | 8,60 | 224,87 | 260,95 |
| 15 | 55,95 | 58,54 | 57,01 | 59,71 | 8,56 | 10,02 | 7,43 | 7,20 | 207,77 | 210,71 |
| 16 | 55,99 | 54,75 | 56,28 | 56,43 | 9,48 | 8,87 | 7,74 | 8,99 | 216,61 | 246,21 |
| 17 | 54,10 | 55,54 | 56,86 | 58,45 | 7,72 | 8,03 | 4,46 | 2,52 | 120,59 | 70,05 |
| 18 | 63,01 | 64,31 | 66,78 | 69,36 | 9,14 | 9,22 | 5,66 | 8,30 | 178,32 | 266,74 |
| 19 | 53,74 | 57,65 | 56,30 | 60,01 | 9,96 | 9,77 | 6,36 | 5,83 | 170,88 | 168,02 |
| 20 | 53,21 | 55,54 | 53,81 | 56,95 | 7,42 | 7,32 | 4,60 | 5,39 | 122,43 | 149,56 |
| 21 | 51,16 | 50,34 | 50,01 | 50,26 | 8,90 | 7,46 | 8,53 | 5,65 | 218,30 | 142,08 |
| 22 | 47,86 | 46,47 | 49,83 | 49,90 | 8,23 | 8,40 | 4,68 | 4,60 | 111,91 | 106,98 |
| 23 | 56,92 | 57,93 | 57,08 | 57,00 | 9,82 | 9,64 | 6,46 | 10,60 | 183,79 | 306,98 |
| 24 | 50,70 | 50,53 | 52,33 | 52,14 | 7,31 | 7,49 | 5,47 | 7,21 | 138,71 | 182,18 |
| 25 | 51,11 | 52,33 | 53,99 | 55,09 | 8,41 | 8,91 | 6,13 | 8,61 | 156,55 | 225,29 |
| 26 | 47,79 | 54,79 | 50,76 | 58,34 | 8,06 | 8,41 | 5,03 | 8,40 | 120,19 | 230,14 |
| 27 | 54,55 | 57,98 | 58,32 | 60,90 | 10,39 | 7,71 | 5,25 | 2,80 | 143,04 | 81,29 |
| 28 | 48,71 | 48,83 | 51,93 | 50,70 | 10,30 | 7,70 | 8,50 | 7,65 | 206,98 | 186,68 |
| 29 | 56,15 | 55,71 | 58,35 | 58,72 | 10,23 | 10,82 | 8,27 | 6,60 | 232,31 | 183,75 |
| 30 | 54,74 | 55,49 | 58,84 | 58,77 | 8,11 | 7,78 | 8,33 | 9,38 | 227,88 | 260,24 |
| 31 | 47,43 | 46,03 | 46,00 | 42,48 | 10,31 | 10,85 | 5,43 | 5,71 | 128,72 | 131,43 |
| 32 | 60,98 | 62,33 | 63,70 | 64,97 | 10,15 | 9,40 | 12,39 | 11,68 | 377,68 | 363,99 |
| 33 | 47,87 | 50,79 | 50,65 | 53,19 | 9,18 | 8,08 | 7,60 | 8,95 | 181,86 | 227,26 |
| 34 | 53,00 | 51,65 | 54,83 | 53,75 | 9,29 | 8,78 | 10,07 | 8,22 | 266,90 | 212,24 |
| 35 | 53,56 | 53,20 | 56,16 | 55,27 | 8,87 | 8,42 | 9,99 | 8,68 | 267,38 | 230,79 |
| 36 | 52,71 | 52,44 | 55,50 | 56,16 | 10,50 | 10,05 | 9,84 | 10,64 | 259,27 | 278,95 |
| 37 | 63,70 | 60,23 | 67,23 | 64,79 | 12,10 | 11,00 | 11,65 | 12,01 | 371,06 | 361,71 |
| 38 | 57,56 | 56,19 | 58,76 | 58,67 | 8,53 | 8,74 | 8,47 | 11,50 | 243,75 | 323,13 |
| 39 | 60,75 | 56,64 | 63,31 | 60,28 | 7,88 | 8,10 | 8,85 | 7,25 | 268,71 | 205,29 |
| 40 | 60,04 | 57,05 | 63,26 | 60,84 | 10,51 | 9,39 | 9,26 | 7,45 | 278,09 | 212,43 |
| 41 | 51,27 | 51,26 | 54,96 | 53,80 | 10,49 | 10,56 | 7,92 | 7,69 | 202,98 | 197,19 |

| MPRAGE | LBPMMSG - SP | | LBPMMSG - KGM | | SP - KGM | | BPT - Z | | Dreiecksfläche | |
|---------------|---------------------|-------|----------------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|-----------------------|---------|
| 42 | 58,98 | 58,12 | 62,10 | 60,31 | 10,18 | 9,40 | 12,92 | 8,15 | 380,99 | 236,84 |
| 43 | 56,93 | 52,45 | 59,57 | 55,48 | 10,49 | 9,74 | 9,03 | 10,44 | 256,97 | 273,81 |
| 44 | 51,28 | 49,78 | 53,26 | 53,37 | 10,50 | 9,43 | 14,46 | 8,70 | 370,87 | 216,57 |
| 45 | 57,74 | 52,33 | 60,70 | 56,43 | 10,52 | 10,43 | 9,98 | 8,59 | 288,10 | 224,71 |
| 46 | 59,81 | 60,01 | 60,92 | 59,12 | 8,53 | 7,87 | 13,81 | 14,77 | 413,14 | 443,14 |
| 47 | 58,53 | 55,76 | 58,88 | 55,41 | 8,14 | 7,54 | 9,47 | 12,77 | 277,19 | 356,14 |
| 48 | 52,70 | 51,64 | 54,05 | 53,25 | 9,84 | 9,43 | 10,09 | 10,69 | 265,77 | 275,97 |
| 49 | 50,46 | 49,65 | 53,22 | 52,07 | 8,53 | 8,08 | 9,89 | 9,39 | 249,48 | 233,02 |
| 50 | 51,24 | 49,24 | 54,67 | 51,67 | 8,58 | 7,75 | 7,74 | 10,71 | 198,26 | 263,65 |
| 51 | 50,22 | 53,29 | 53,25 | 55,42 | 9,84 | 8,75 | 8,55 | 12,34 | 214,70 | 328,86 |
| 52 | 56,81 | 54,64 | 59,32 | 57,36 | 9,19 | 8,73 | 8,28 | 11,94 | 235,11 | 326,09 |
| 53 | 53,87 | 55,46 | 58,33 | 58,88 | 11,49 | 10,08 | 9,00 | 11,98 | 242,45 | 332,27 |
| | | | | | | | | | | |
| n | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| | 106 | | 106 | | 106 | | 106 | | 106 | |
| x | 53,65 | 53,70 | 55,93 | 56,18 | 9,41 | 9,15 | 8,05 | 8,28 | 218,42 | 224,17 |
| | 53,68 | | 56,05 | | 9,28 | | 8,16 | | 221,29 | |
| MIN | 43,84 | 45,17 | 43,02 | 42,48 | 6,96 | 6,90 | 2,68 | 2,52 | 58,73 | 70,05 |
| | 43,84 | | 42,48 | | 6,90 | | 2,52 | | 58,73 | |
| MAX | 63,70 | 64,31 | 67,23 | 69,36 | 12,27 | 12,81 | 14,46 | 14,77 | 413,14 | 443,14 |
| | 64,31 | | 69,36 | | 12,81 | | 14,77 | | 443,14 | |
| STABWN | 4,50 | 4,12 | 4,75 | 4,53 | 1,23 | 1,26 | 2,40 | 2,61 | 74,85 | 78,67 |
| | 4,31 | | 4,65 | | 1,25 | | 2,51 | | 76,84 | |
| VAR | 20,21 | 16,98 | 22,57 | 20,56 | 1,52 | 1,58 | 5,74 | 6,82 | 5602,98 | 6188,76 |
| | 18,59 | | 21,58 | | 1,57 | | 6,29 | | 5904,13 | |

Bei diesem Schnitt war die Strecke LBPMMSG – SP im Mittel 53,68 mm (rechts 53,65 mm, links 53,70 mm) lang. Der kleinste gemessene Wert war 43,84 mm, der größte 64,31 mm. Die Standardabweichung lag bei 4,31 mm (rechts 4,50 mm, links 4,12 mm). Es wurde eine Varianz von 18,59 mm (rechts 20,21 mm, links 16,98 mm) ermittelt.

Beim oberen Schenkel des Dreiecks (LBPMMSG – KGM) wurde ein Mittelwert von 56,05 mm (rechts 55,93 mm, links 56,18 mm) gemessen, wobei das Minimum 42,48 und das Maximum 69,36 mm betragen. Die Standardabweichung lag bei 4,65 mm (rechts 4,75 mm, links 4,53 mm), die Varianz lag bei 21,58 mm (rechts 22,57 mm, links 20,56 mm).

Bei der seitlichen Länge des Mittelhirns (SP – KGM) ergaben sich folgende Werte: 9,28 mm (rechts 9,41 mm, links 9,15 mm), Minimum 6,90 mm, Maximum 12,81 mm,

Standardabweichung 1,25 mm (rechts 1,23 mm, links 1,26 mm), Varianz 1,57 mm (rechts 1,52 mm, links 1,58 mm).

Für den Abstand BPT – Z wurde ein Mittelwert von 8,16 mm (rechts 8,05 mm, links 8,28 mm) gemessen. Der kleinste Wert betrug 2,52 mm, der größte 14,77 mm. Die Standardabweichung lag bei 2,51 mm (rechts 2,40 mm, links 2,61 mm), die Varianz lag bei 6,29 mm (rechts 5,74 mm, links 6,82 mm).

Der Mittelwert der Dreiecksfläche betrug 221,29 mm² (rechts 218,42 mm², links 224,17 mm²). Der Minimalwert war 58,73 mm², der Maximalwert war 443,14 mm². Es ergaben sich eine Standardabweichung von 76,84 mm² (rechts 74,85 mm², links 78,67 mm²) und eine Varianz von 5904,13 mm² (rechts 5602,98 mm², links 6188,76 mm²).

Wie bei koronar 1 waren bei koronar 2 bis auf SP – KGM alle anderen Messungen bei den Männern signifikant ($p < 0,05$) größer.

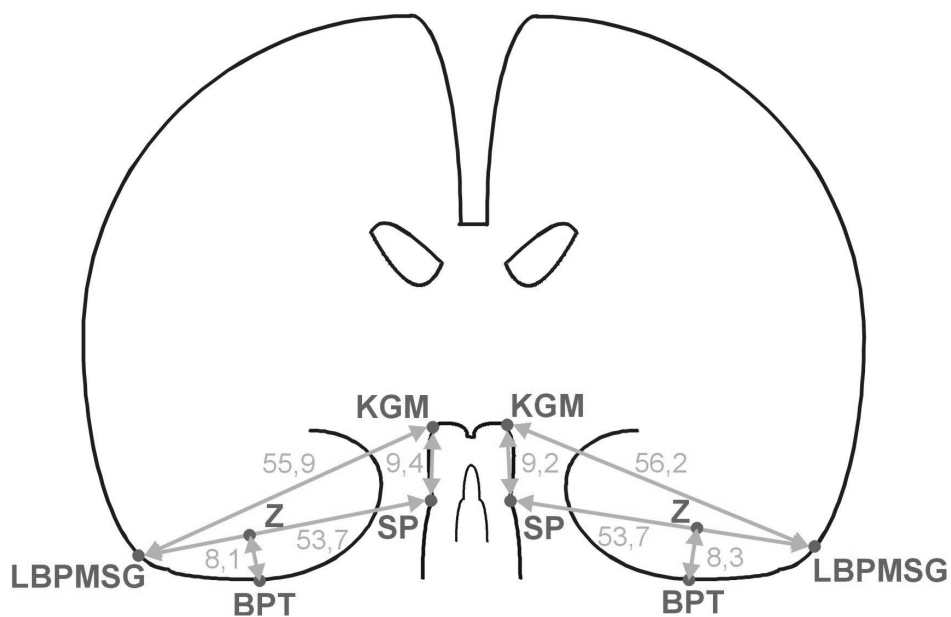


Abb. 26: Mittelwerte der Distanzen der zu messenden Größen im koronaren Schnitt 2 (hinten, Ansicht von ventral, in mm)

Die Unterschiede zwischen den beiden koronaren Schnitten sollten unter zwei Fragestellungen herausgearbeitet werden:

1. Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen den Einzelwerten – also rechts und links für sich einzeln betrachtet (53 Werte jeweils gegeneinander) – der verschiedenen Schnitte koronar 1 gegen 2 ?
2. Gibt es einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Schnitten, wenn man die Werte für die rechte und linke Seite zusammen nimmt – also 106 Werte jeweils gegeneinander – und dann koronar 1 gegen 2 vergleicht?

Es ergaben sich folgende Ergebnisse ($p < 0,05$):

- ad 1:
- a) LBPMSG – SP: Längen bei rechts und links signifikant größer bei koronar 2
 - b) LBPMSG – KGM: Längen bei rechts und links signifikant größer bei koronar 2
 - c) SP – KGM: Längen bei rechts und links signifikant größer bei koronar 1
 - d) BPT – Z: kein signifikanter Unterschied zwischen koronar 1 und 2
 - e) Fläche: Dreiecksfläche nur auf linker Seite signifikant größer bei koronar 2
- ad 2:
- a) LBPMSG – SP: Längen insgesamt signifikant größer bei koronar 2
 - b) LBPMSG – KGM: Längen insgesamt signifikant größer bei koronar 2
 - c) SP – KGM: Längen insgesamt signifikant größer bei koronar 1
 - d) BPT – Z: kein signifikanter Unterschied zwischen koronar 1 und 2
 - e) Fläche: kein signifikanter Unterschied zwischen koronar 1 und 2.

Diese Ergebnisse sind von neurochirurgischem Interesse, wenn es darum geht, ob die Operation von rechts oder links erfolgt oder ob der Zugang im vorderen oder hinteren Bereich der Incisura liegt. Im Abschnitt „Diskussion“ wird genauer darauf eingegangen.

4.2.3.2. Einteilung des Temporallappens anhand der Daten

Wie schon oben erwähnt, war die Strecke BPT – Z von großem Interesse. Sie zeigt auf, wie weit nach kaudal der Temporallappen reicht, also ein Maß für seine basale Konvexität. Anhand dieser Strecke wurde der Temporallappen wie folgt eingeteilt: Der Mittelwert der Strecke beträgt sowohl bei koronar 1 als auch bei koronar 2 ungefähr 8 mm. Daran orientierten wir uns und halbierten 8 mm noch einmal, so dass 4 mm die Spanne für einen Typ darstellte. Es ergaben sich folgende vier Typen (siehe Tab. 7):

Tab. 7: Typisierung des Temporallappens

| Typ | BPT - Z (mm) |
|--------------|---------------------|
| Typ 1 | $BPT - Z < 4$ |
| Typ 2 | $4 < BPT - Z < 8$ |
| Typ 3 | $8 < BPT - Z < 12$ |
| Typ 4 | $BPT - Z > 12$ |

Typ 1 geht bis zu 4 mm, Typ 2 zwischen 4 und 8 mm, Typ 3 bis 12 mm und Typ 4 größer als 12 mm.

Diese Einteilung kann dem Operateur präoperativ behilflich sein. Anhand eines koronaren Schnittes kann er sehen, ob der Schläfenlappen weit nach kaudal reicht und einen subtemporalen Zugang behindert. Weiterhin kann erahnt werden, ob eine starke Spatelretraktion des Gehirns während der Operation wahrscheinlich nötig sein wird und ob präoperativ eine lumbale Liquordrainage angelegt werden sollte, um bessere Verhältnisse zu schaffen. Die folgenden Abbildungen 26-29 verdeutlichen die verschiedenen Typen.

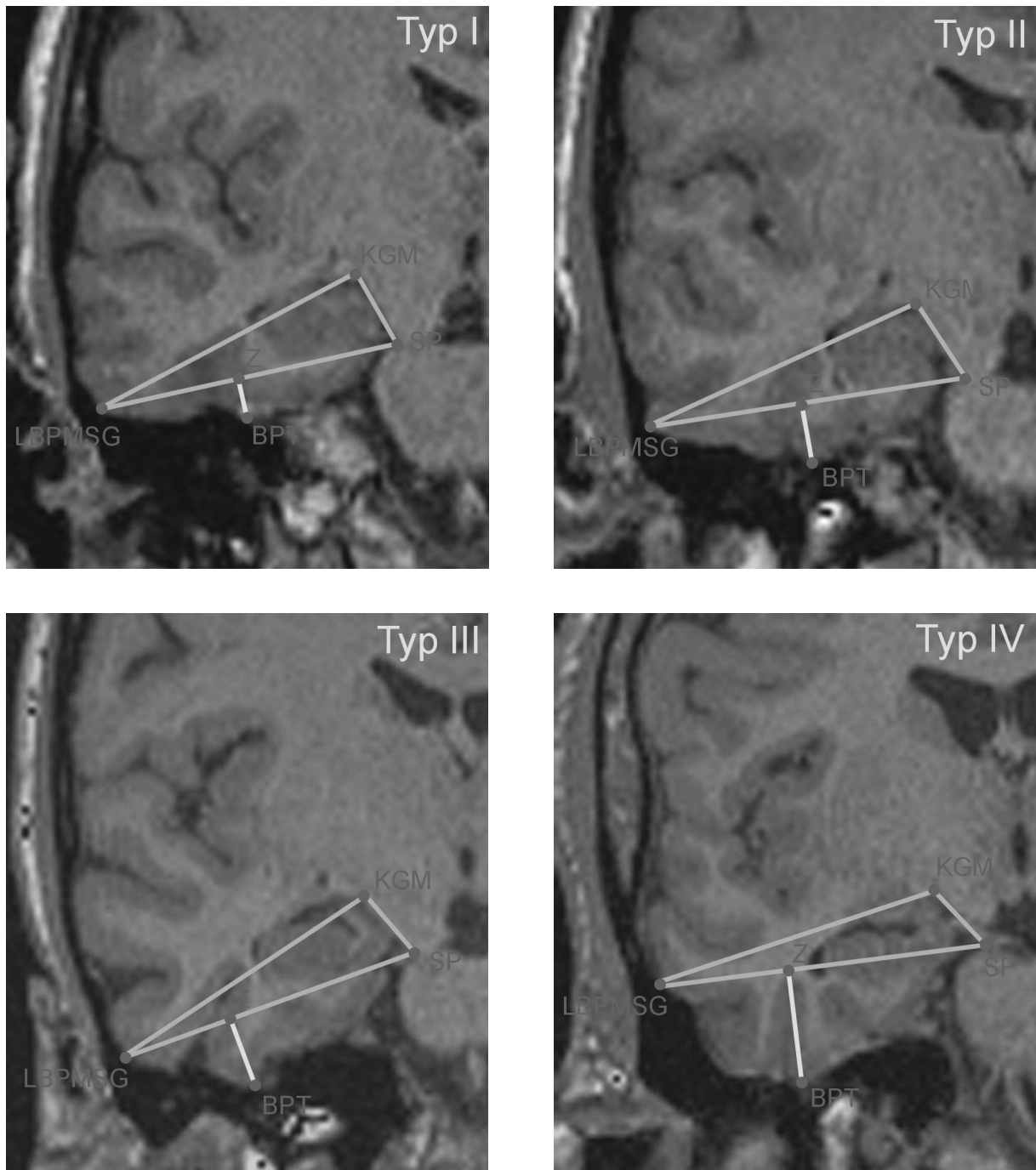


Abb. 26 (links oben) – 29 (rechts unten): Die vier verschiedenen Typen des Temporallappens anhand des Abstandes (gelb) BPT – Z zum unteren Schenkel des Dreiecks LBPMMSG, SP, OGM (blau)

Es lassen sich nun drei Vergleiche anstellen:

1. Wie häufig sind die verschiedenen Typen bei koronar 1 und 2 ?
2. Wie häufig sind die verschiedenen Typen, wenn man koronar 1 und 2 zusammen nimmt und die rechte und linke Seite miteinander vergleicht ?
3. Wie häufig sind die Typen bei Männern und Frauen bei koronar 1 und 2 ?

Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

Tab. 7 (links) und 8 (rechts): Häufigkeiten der verschiedenen Typen in (in Klammern Anzahl)

| | koronar 1 | koronar 2 | | re | li |
|-------------|------------------|------------------|-------------|--------------|--------------|
| Typ1 | 0,00 % (0) | 3,77 % (4) | Typ1 | 0,94 % (1) | 2,83 % (3) |
| Typ2 | 50,00 % (53) | 42,45 % (45) | Typ2 | 47,17 % (50) | 45,28 % (48) |
| Typ3 | 45,28 % (48) | 46,23 % (49) | Typ3 | 44,34 % (47) | 47,17 % (50) |
| Typ4 | 4,72 % (5) | 7,55 % (8) | Typ4 | 7,55 % (8) | 4,72 % (5) |

Aus der Tabelle 7 (auch Abb. 30) werden die Häufigkeiten der vier Typen bei den zwei koronaren Schnitten ersichtlich. Dabei gab es den Typ 1 nur beim koronaren Schnitt 2, und zwar in 3,77 % (=4) der Fälle. Typ 2 war wesentlich häufiger zu finden: 50 % bei koronar 1 und 42,45 % bei koronar 2. Typ 3 wurde beim vorderen Schnitt in 45,28 % und beim hinteren Schnitt in 46,23 % der Fälle gefunden. Der letzte Typ, also wenn die Strecke BPT – Z größer als 12 mm war, ließ sich bei koronar 1 in 4,72 % (=5) und mit 7,55 % (=8) fast zweimal häufiger bei koronar 2 ausmachen.

Insgesamt lassen die Zahlen erkennen, dass Typ 3 und 4 im hinteren Bereich der Incisura tentorii häufiger vertreten waren.

In Tabelle 8 (auch Abb. 31) werden die rechte und linke Seite miteinander verglichen. Typ 1 ließ sich auf der rechten Seite in 0,94 % und auf der linken in 2,83 % der Fälle ausmachen. Typ 2 und 3 waren auf beiden Seiten fast gleich häufig vertreten: Typ 2 auf der rechten Seite in 47,17 %, auf der linken in 45,28 % aller Fälle und Typ 3 auf der rechten Seite in 44,34 % und auf der linken in 47,17 %. Der vierte Typ war mit 4,72 % deutlich weniger auf der linken als auf der rechten Seite (7,55 %) vertreten.

Insgesamt fällt beim Vergleich beider Seiten die auffällig häufigere Frequenz von Typ 4 auf der rechten Seite auf.

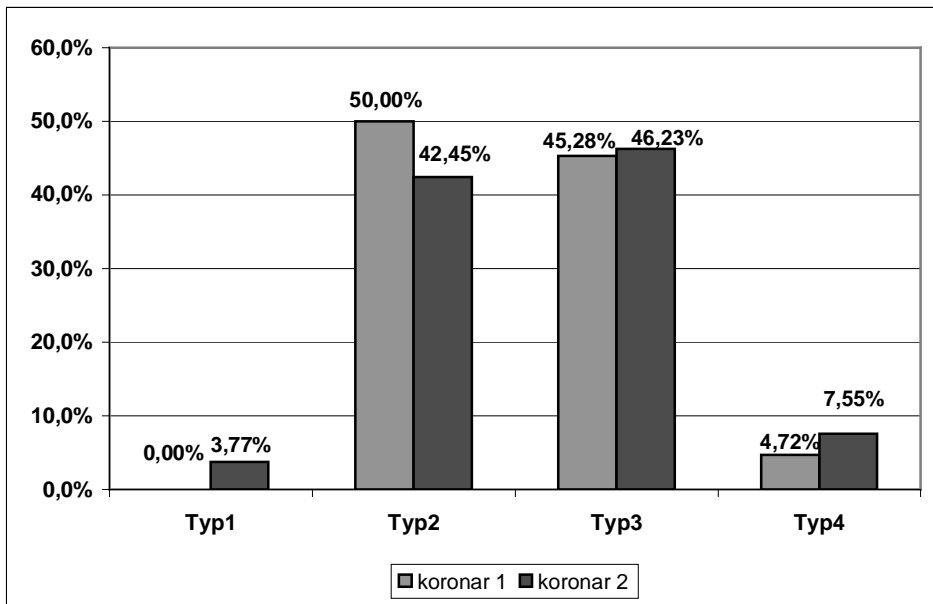


Abb. 30: Häufigkeiten der verschiedenen Typen bei koronar 1 und 2

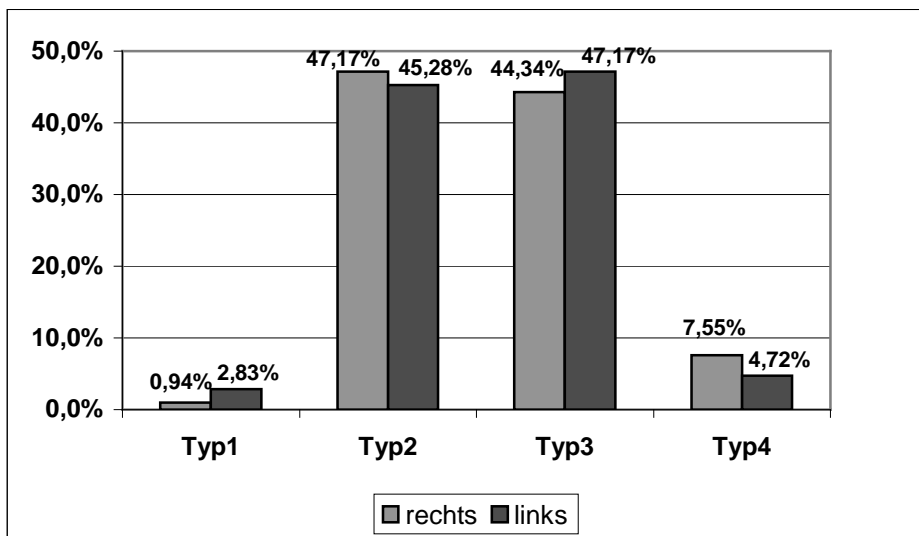


Abb. 31: Häufigkeiten der verschiedenen Typen auf der rechten und linken Seite

Beim Vergleich zwischen Mann und Frau, kamen wir zu folgenden Ergebnissen, die in Tabelle 9 und 10 und Abb. 32 und 33 dargestellt sind, wobei hier keine Trennung mehr nach den Seiten erfolgte und die Werte für rechts und links zusammen genommen wurden.

Tabelle 9 (li) und 10: Häufigkeiten der Typen bei Mann und Frau in koronar 1 (li) und 2 (re)

| | Mann (n=64) | Frau (n=42) | | Mann (n=64) | Frau (n=42) |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Typ 1 | 0% (0) | 0 % (0) | Typ 1 | 1,56 % (1) | 7,14 % (3) |
| Typ 2 | 40,63 % (26) | 64,29 % (27) | Typ 2 | 34,38 % (22) | 54,76 % (23) |
| Typ 3 | 51,56 % (33) | 35,71 % (15) | Typ 3 | 53,13 % (34) | 35,71 % (15) |
| Typ 4 | 7,81 % (5) | 0 % (0) | Typ 4 | 10,94 % (7) | 2,38 % (1) |

Aus den Tabellen wird ersichtlich, dass Typ 1 nur bei koronar 2 in drei Fällen bei den Frauen und in einem Fall bei den Männern zu finden war. Typ 2 und 3 waren wieder am häufigsten vertreten: bei koronar 1 konnten wir Typ 2 bei den Männern in 40,63 % (34,38 % bei koronar 2) und bei den Frauen in 64,29 % (54,76 % bei koronar 2) ermitteln, Typ 3 fanden wir bei koronar 1 bei den männlichen Probanden in 51,56 % (53,13 % bei koronar 2) und bei den weiblichen Probanden in 35,71 % (35,71 % bei koronar 2), also öfters bei den Männern. Bei Typ 4 dagegen differieren die Daten stark. Bei den Männern konnte er in 7,81 % bei koronar 1 und in 10,94 % bei koronar 2 beschrieben werden, bei den Frauen aber nur in einem Fall bei koronar 2. Dies zeigt, dass ein stark nach kaudal reichender Temporallappen vor allem bei Männern zu erwarten ist.

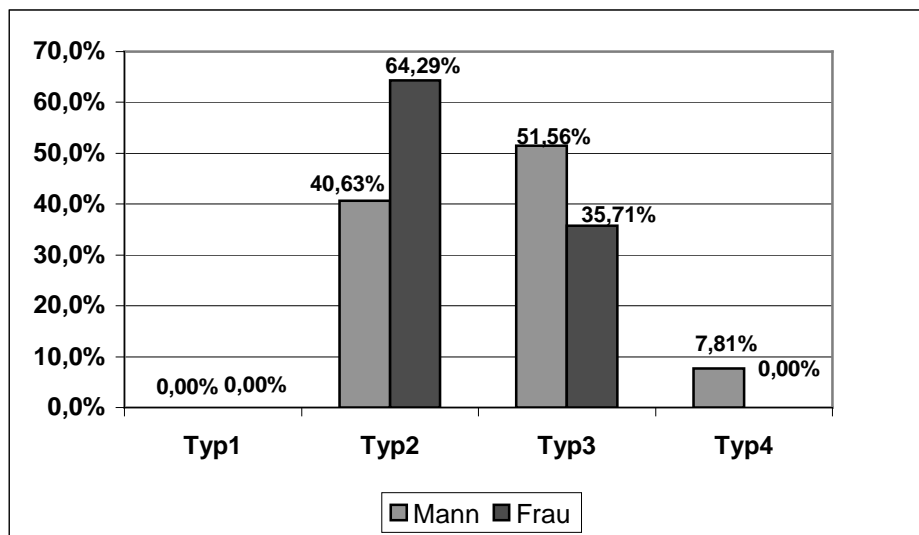


Abb. 32: Die verschiedenen Typen bei Mann und Frau bei koronar 1

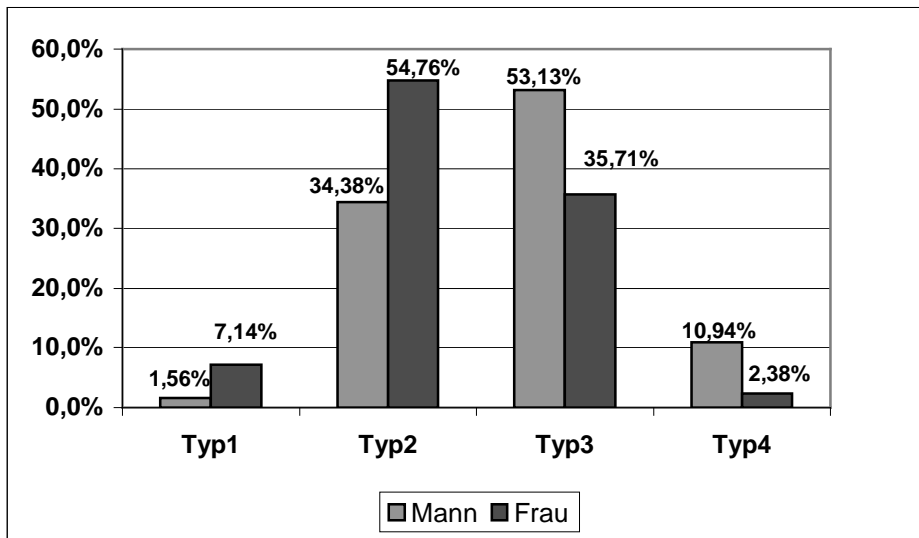


Abb. 33: Die verschiedenen Typen bei Mann und Frau bei koronar 2

5. DISKUSSION

5.1. Methodik

5.1.1. Mikroanatomie

Für den mikroanatomischen Teil dieser Studie wurden 27 Hirne verwendet. Diese wurden innerhalb weniger Stunden post mortem entnommen, so dass lytische Prozesse und dadurch bedingte Volumenveränderungen weitgehend vermieden wurden. Die Präparate wurden sofort in einer 4%igen Formalinlösung fixiert. Dadurch können signifikante Schrumpfungartefakte verhindert werden, wie viele Untersuchungen gezeigt haben (Beck, 1991; Cammermeyer, 1956; Fischer, 1958; Frontera, 1958; Frydl, 1998; Leibniz, 1971/72).

Unsere Messungen bezogen sich auf das Crus cerebri und das Trigonum lemnisci, wobei alle Einzelwerte an allen Gehirnen gemessen werden konnten. Die Daten sollen die Größenverhältnisse im Bereich des Mittelhirns bei pathologisch nicht veränderten Gehirnen aufzeigen. Selbstverständlich können bei Raumforderungen die Werte erheblich von diesen Daten abweichen, jedoch müssen die Normwerte bekannt sein, um eventuelle Abweichungen einschätzen zu können.

5.1.2. Morphometrie

Der Schwerpunkt der vorliegenden Studie lag auf der morphometrischen Beschreibung des subtemporalen Zugangs zur Incisura tentorii. Hierbei wurden vier definierte Schnittbilder (median-sagittal, axial am Sulcus pontomesencephalicus und zwei koronare Schnitte an den beiden Grenzen der Incisura tentorii) von 53 Probanden verwendet.

Die Daten wurden digital gespeichert und weiter analysiert. Dadurch wurden Fehler durch Scannen der Bilder vermieden. Zunächst wurden bestimmte Punkte in die vier Schnitte eingetragen. Hierdurch können die Ergebnisse reproduziert und auch im Nachhinein erneut beurteilt werden. Anders ist es bei Messungen von MRT-Bilder mit üblichen Softwareprogrammen (z.B. e-film[®]). Hierbei werden Abstände vermessen, ohne dass der Anfangs- und Endpunkt eingetragen werden, so dass die Messungen von anderen nicht beurteilt werden können. Ein weiterer Vorteil unserer Methode liegt darin, dass die Dokumentation der

Ergebnisse vom Computerprogramm erfolgt. Es sind nicht wie bei den üblichen Messungen nötig, dass eine Person misst und eventuell eine zweite die Werte notiert.

Ein ganz wichtiger Punkt solcher Messungen liegt selbstverständlich in der Messgenauigkeit. Unsere morphometrischen Messungen beruhen darauf, dass das Programm durch die Angabe der Pixelgröße, die 1 mm x 1 mm war, die Messungen durchführte. Aufgrund dessen liegen eventuelle Fehler in einer Größenordnung von maximal 1 mm, falls ein Punkt um einen Pixel versetzt eingetragen wurde. Diesem Problem versuchten wir dadurch entgegenzutreten, indem die Punkte bei so starker Vergrößerung eingetragen wurden, dass die Pixel sichtbar waren, und dadurch sehr genau markiert werden konnten.

Durch die Weiterentwicklung in der MRT-Technik und der besseren Bildverarbeitung lassen sich sicherlich in der Zukunft noch eine bessere Auflösung und damit eine noch höhere Genauigkeit erreichen.

Ergänzend ist zu erwähnen, dass mit dieser Methodik nicht nur Strecken, sondern zum Beispiel auch Winkel, Flächen und Lage von Krümmungen vermessen werden können.

Eine Fortführung der Morphometrie im zweidimensionalen Raum ist die volumetrische Erfassung von Strukturen oder die voxel-basierte Morphometrie (Ashburner, 2000). Dabei können zum Beispiel kortikale Atrophien (Brenneis, 2003; Andreasen, 1996) nachgewiesen und Kerngebiete (Szabo, 2003; Whalley, 2001) oder gesamte Lappen (Bhatia, 1993) vermessen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Vorteile dieser Methodik in der digitalen Auswertung, der Reproduzierbarkeit, der Bedienung durch eine Person, der hohen Genauigkeit und der Möglichkeit zur Messung verschiedener Parameter liegen.

5.2. Mikroanatomie

5.2.1. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

Daten zur Größe des Mesencephalon sind sehr spärlich. Blinkov (1968) gibt nur die Höhe des Mesencephalon mit etwas über einem cm an. Weitere Werte gibt er nicht an. Exakte Außenmaße des Crus cerebri und des Trigonum lemnisci lassen sich in der Literatur nur bei einer Arbeit finden, und zwar bei Lang (1984). Mit seinen Daten sollen die Ergebnisse verglichen werden.

Lang verwendete beim Crus cerebri die gleichen Punkte wie wir und führte seine Messungen an 72 Hemisphären durch, wobei nicht alle Messungen an jeder Hemisphäre gemacht werden konnten. Für die kaudale Begrenzung des Crus ermittelte er einen Mittelwert von 13,64 mm wohingegen wir bei unseren Präparaten einen Wert von 15,20 mm – ca. 1,5 cm größer – fanden. Auch bei der ventralen Begrenzung lag unser Wert mit 14,40 mm über Langs Wert (13,03 mm), wobei Lang einen signifikanten Unterschied zwischen rechts (13,46 mm) und links (12,56 mm) fand. Für die kraniale Begrenzung kam Lang zu einer Länge von 18,54 mm, unsere Messungen ergaben einen Mittelwert von 19,56 mm. Zur dorsalen Begrenzung und der seitlichen Fläche des Crus sind bei Lang keine Angaben zu finden. Es wird deutlich, dass unsere Werte immer über Langs Werte lagen. Es stellt sich daher die Frage nach dem Grund hierfür. Es könnte vielleicht an der Anzahl der Präparate (72 gegen 54) liegen, wobei, wie oben erwähnt, bei Lang nicht angegeben wurde, wie viele Messungen für jeden Wert gemacht wurden. Ein anderer Grund könnte daran liegen, dass Langs Präparate eventuell länger fixiert waren, so dass stärkere Schrumpfungprozesse einsetzen konnten.

Das Trigonum lemnisci teilt Lang in einen superioren und inferioren, wobei er nur Angaben zum superioren macht, der sich seitlich vom Brachium colliculi inf. zum Sulcus lat. mesencephali und in der Längsrichtung vom Velum medullare craniale zum Corpus geniculatum laterale erstreckt. Dabei betrug die seitliche Länge 2,86 mm und die Längsausdehnung 9,39 mm (rechts mit 9,94 mm signifikant größer als links mit 8,81 mm). Die zwei unteren Punkte des Dreiecks waren bei unseren Messungen anders, und zwar nahmen wir den unteren Rand des Colliculus inf. und den dorsalen Punkt des Sulcus pontomesencephalicus, so dass alle drei Seiten gemessen werden konnten: Kaudal 9,19 mm, ventral 10,62 mm und kranial 11,75 mm. Die Fläche wurde bei Lang nicht ermittelt. Wir berechneten eine Fläche von 45,85 mm².

5.2.2. Ärztliche Bedeutung und Implikationen für die Mikroneurochirurgie

Form und Größe der Mittelhirnstrukturen sind vor allem für Tentoriumhernien von Interesse (Lang, 1984). So können supratentorielle Raumforderungen den Inhalt der mittleren Schädelgrube durch die Incisura drücken und verschiedene Schädigungen verursachen. Die A. calcarina kann komprimiert werden mit einer Hemianopsie als Folge (Mayer, 1920). Mayer betonte auch, dass der kontralaterale Tractus pyramidalis geschädigt werden kann. Sunderland (1957/58) wies darauf hin, dass das aufsteigende retikuläre System des Mittelhirns verletzt

werden kann. Die Kaudalverlagerung hypothalamischer Gebiete könnte zu kardiovaskulären, respiratorischen oder thermoregulatorischen Störungen führen. Es besteht weiterhin die Gefahr eines Hydrocephalus durch Kompression des Aqueductus mesencephali. Bedeutend bei Tentoriumhernien ist selbstverständlich auch die Kompression des N. oculomotorius. Schäden der pupillokonstriktorischen Fasern haben zunächst eine Verengung, dann eine Erweiterung der Pupille mit Verlust der Pupillenreflexe zur Folge. Mayer (1967 & 1968) unterstrich, dass bei Schädel-Hirn-Traumen am häufigsten Schädigungen des Mittelhirns sowie Arterien- und Venenbeeinträchtigungen aufgefunden wurden. Pfenninger (1982) betonte, dass bei 10% aller Schädelhirnverletzten Pupillenveränderungen nachgewiesen werden können. Auch kann nach Kontusion der N. III komplett durchtrennt werden. Bei gedeckter Hirnschädigung beobachtete Tönnis (1968) in 79% eine gleichseitige Pupillenveränderung. Bei zunehmenden Drücken entsteht das sogenannte Mittelhirnsyndrom mit Bewusstlosigkeit, einseitiger Pupillenstörung, spastischen Paresen oder Streckreaktionen. Zu erwähnen ist noch, dass das Kleinhirn und der Hirnstamm bei infratentoriellen Prozessen nicht nur durch das Foramen magnum, sondern auch nach kranial durch die Incisura tentorii nach oben verdrängt werden können. Die V. cerebri magna und deren Zuflüsse können dadurch geschädigt werden.

Die Bedeutung des Trigonum lemnisci besteht darin, dass unter ihm der Lemniscus medialis und lateralis (im hinteren Gebiet) und Fasern der Großhirnrinde verlaufen (Lang, 1984; Clara, 1942).

Die Kenntnis der Größen des Mittelhirns dient nicht nur zur Beurteilung von Traumen oder raumfordernden Prozessen und wie sie das Mittelhirn verdrängen und dadurch die Maßen verändern. Für den Neurochirurgen ist es auch bei mikrochirurgischen Operationen wichtig, die Topographie und Größenverhältnisse dieser Region zu kennen und wie sich die Anatomie bei pathologischen Prozessen verändert, um Schäden zu vermeiden. Das Ziel unserer mikroanatomischen Messungen bestimmter Mittelhirnstrukturen lag darin, dem Neurochirurgen die exakten Größen dieses Gebietes zu verdeutlichen.

5.3. Morphometrie

Die Bedeutung der Mikroanatomie für den Neurochirurgen steht selbstverständlich außer Frage. Für die Operationsplanung sind auch Läsionsart und Lage entscheidend. Zu einer optimalen Planung, vor allem für schwer zugängliche Regionen, sind aber auch morphometrische Kenntnisse wichtig. Bei pathologischen Prozessen sind die Verhältnisse

natürlich verändert. Mit der vorliegenden Studie sollten deshalb normative morphometrische Daten für einen subtemporalen Zugang zur Incisura tentorii erhoben werden. Dabei sollten eventuelle Seiten- und Geschlechterunterschiede herausgearbeitet werden. Daten zu den meisten Messungen dieser Studie sind bisher in der Literatur nicht zu finden, so dass unsere Daten die ersten dieser Art sind.

5.3.1. Median-sagittaler Schnitt

Der erste Schnitt, der morphometrisch analysiert wurde, war ein median-sagittaler Schnitt. Der Schnitt wurde an besonderen Strukturen wie dem Corpus callosum, der Fornix oder der Pinealis ausfindig gemacht. Es wurden die Commissura anterior und posterior eingetragen und ihr Abstand (27 mm) gemessen. Diese Linie diente als Referenzlinie. Zu ihr zogen wir eine Parallele durch das Dorsum sellae und bestimmten den Abstand des Sulcus pontomesencephalicus zu dieser Linie und den Winkel, den sie mit der ebenfalls gemessenen Strecke zwischen dem Apex tentorii und dem Confluens sinuum bildete. Weiterhin interessierte uns auch die Strecke Dorsum sellae – Apex tentorii.

Die Länge der Incisura in der Mittellinie bzw. der quere Diameter – die Strecke zwischen dem Dorsum sellae und dem Apex tentorii – beträgt bei Lang (1991) 47,05 mm, bei Ono (1984) 52,0 mm, bei Klintworth (1967) 58,1 mm und schwankt bei Plaut (1963) zwischen 39 und 61 mm, wobei er beschreibt, dass sie nur geringfügig von der Schädellage abhängt. Wir haben bei unseren median-sagittalen Schnitten einen Mittelwert von 54,99 mm (43,38 mm – 66,30 mm) bestimmt. Lang gibt auch noch eine andere Länge an, und zwar den Abstand der Plica petrogenoidea anterior zur Einmündung der V. cerebri magna in den Sinus rectus (entspricht der Stelle des Apex tentorii), der im Schnitt 49,33 mm beträgt. Der Unterschied zu Ono und Lang könnte darin liegen, dass ihre Messungen auf Kadaver beruhten und unsere in vivo an MRT-Bildern.

Der Abstand des Apex zum Confluens sinuum lag bei unseren Untersuchungen im Durchschnitt bei 52,6 mm. Saxena (1974) ermittelte für diese Strecke 50 mm, Krauss (1987) dagegen 63,3 mm, wobei er aber nicht das Confluens als Endpunkt nahm, sondern das Innere des Schädelknochens, daher auch der größere Wert.

Der Winkel α wurde in dieser Art noch nicht vermessen. Nur Lang (1991) gibt den Winkel der Strecke AT – CS mit der Frankfurter Horizontalen an, wobei er den größeren Winkel mit $128,5^\circ$ bestimmt. Von 180° abgezogen käme ein Wert von $61,5^\circ$ heraus, also größer als unsere $46,2^\circ$. Der Unterschied liegt natürlich an den verschiedenen Referenzlinien, einmal der

Frankfurter Horizontalen bei Lang und der Parallelen der CA-CP-Linie durch das Dorsum sellae bei uns. Das Tentorium ist bei normalen bildgebenden Verfahren schwer zu beurteilen. Dieser Winkel sollte die Steilheit des Tentoriums anhand unserer Landmarken verdeutlichen. Dabei ist das Tentorium im vorderen Teil steiler, also weiter nach kranial gerichtet, je kleiner der Winkel ist. Ein sehr kleiner Winkel zeigt, dass die Incisura weiter oben liegt. Hiermit kann dem Operateur wiederum präoperativ ein Hinweis auf die Lage der Incisura gegeben werden.

Beim Abstand des Sulcus pontomesencephalicus zu der Parallelen gab es zwei Varianten, und zwar war der Sulcus in 8 Fällen mit einem Mittelwert von 1,1 mm unterhalb der Linie und in den weiteren Fällen mit einem Abstand von 2,9 mm oberhalb der Parallelen. Das zeigt, dass das Mesencephalon in einigen Fällen doch eher weit kaudal in der mittleren Incisura zu finden ist. So kann es sein, dass bei Operationen der freie Tentoriumrand nicht wie sonst am pontomesencephalen Übergang liegt, sondern weiter kranial und dadurch könnte die Gefahr bestehen, dass es zu Schäden, wie einer Verletzung des N. trochlearis wegen seiner topographischen Beziehung zum freien Tentoriumrand, kommen kann, falls das OP-Gebiet im unteren Mesencephalonbereich liegt oder das Tentorium müsste dann eventuell gespalten werden.

Interessant hierzu sind die Daten bei Ono (1984). Er gibt nämlich die Höhe des freien Tentoriumrandes zum Sulcus pontomesencephalicus an, wobei er einmal ventral und einmal ungefähr in der Mitte des Sulcus misst. Im ersten Fall steht der Sulcus im Schnitt 3,2 mm oberhalb des Tentoriums (alle Präparate oberhalb), im zweiten Fall gibt Ono Werte von 3,0 mm oberhalb bis 2,5 mm unterhalb des Tentoriums an, wobei der Mittelwert 0,2 mm unterhalb ist. Die Werte weisen ebenfalls auf die verschiedenen Höhenmöglichkeiten des Mittelhirns hin.

Man erkennt, dass durch morphometrische Untersuchungen solche Probleme schon im Vorfeld aufgezeigt werden können.

5.3.2. Axialer Schnitt

Die Messungen bei diesem Schnitt erfolgten an einem axialen am Sulcus pontomesencephalicus, um auch eine Referenzierung zu haben, da sowohl beim median-sagittalen als auch bei den koronaren Schnitten der Sulcus pontomesencephalicus als fixe Struktur diente. Es wurde die Breite des Temporallappens an den zwei Grenzen der Incisura tentorii

für beide Seiten bestimmt. Wir ermittelten außerdem noch den Abstand der am meisten ventral gelegenen Stelle des Temporallappens (VT) zur vorderen Grenze (Schnittpunkt Y). Die Breite des Temporallappens sollte als ein Maß für die Tiefe eines subtemporalen Zugangs dienen und es sollte herausgefunden werden, ob Seiten- oder Geschlechterunterschiede bestehen.

Für die Strecke VT – Y lag der Mittelwert bei 37-38 mm, ohne einen Seitenunterschied, jedoch größer bei den Männern.

Die Breite des Temporallappens an der vorderen Grenze betrug ungefähr 50-51 mm, an der hinteren Grenze 52-53 mm. Diese Werte decken sich gut mit der Länge der unteren Dreieckseite bei den koronaren Schnitten (50 bzw. 54 mm, s. 5.3.3.). Es zeigten sich keine Seitenunterschiede. Aber auf der linken Seite war der Wert an der hinteren Grenze signifikant größer als an der vorderen Grenze. Auch waren die Werte bei den Männern signifikant größer. Es zeigte sich also, dass ein Zugang im hinteren Bereich der Incisura und bei Männern tiefer zu planen ist als im vorderen Bereich. Dieses Problem wird bei den koronaren Schnitten (s. 5.3.3.) noch deutlicher gezeigt.

Zur Vollständigkeit werden die Daten zur Größe der Incisura tentorii bei axialer Betrachtung bei anderen Autoren genannt. Lang (1991) maß die Breite der Incisura ebenfalls an den beiden Grenzen. So ermittelte er einen Wert von 30,25 mm an der vorderen und 25,60 mm an der hinteren Grenze. Bei Klintworth (1967) wird die Breite im Mittel mit 30,5 mm und bei Ono (1984) mit 29,6 mm angegeben. Die Werte zur Länge der Incisura in der Mittellinie – die Strecke zwischen dem Dorsum sellae und dem Apex tentorii – stehen unter dem Abschnitt „median-sagittale Schnitte“ (s. 5.3.1.)

Ono gibt in seiner Arbeit weitere interessante Daten zur Incisura und dem Tentorium, z. B. die maximale Breite des Tentoriums (110,8 mm), den Abstand des freien Randes zum Processus clinoideus posterior (6,5 mm), oder zum zum N. trochlearis (2,0 mm) oder den Abstand des Apex zur Protuberantia occipitalis interna (53,5 mm). Bei ihm beträgt der Abstand des freien Tentoriumrandes zum Mittelhirn im Durchschnitt 0,7 mm. Das Dorsum sellae liegt im Mittel 18,5 mm vom Pedunculus auf Höhe des Sulcus pontomesencephalicus und 12,1 mm von der Substantia perforata posterior entfernt.

Die Fläche der Incisura läuft nach hinten oben spitz zu und ist nach vorne und oben konkav durchgebogen. Sie ist im Durchschnitt $12,76 \text{ cm}^2$ (8,7-15,8 cm^2) groß (Dausacker, 1974).

5.3.3. Koronare Schnitte

Bei den koronaren Schnitten, die auf der Höhe der Grenze zwischen dem vorderen und mittleren und zwischen dem mittleren und hinteren Bereich der Incisura tentorii erfolgten, wurde zunächst ein Dreieck – bestehend aus den Punkten: lateraler basaler Punkt der mittleren Schädelgrube (LBPMMSG), Sulcus pontomesencephalicus (SP) und kraniale Grenze des Mittelhirns (KGM) – aufgespannt. Als ein vierter Punkt diente der am weitesten basal gelegene Punkt des Temporallappens (BPT). Es wurden alle Seiten des Dreiecks und der Abstand zwischen BPT und der unteren Dreiecksseite vermessen. Durch diese Daten sollte gezeigt werden, wie weit ein subtemporaler Zugang zu Hirnstrukturen in der Incisura zu planen ist und wie stark die Variabilität ist, um Probleme beim Zugang schon präoperativ abschätzen zu können.

Die untere Seite des Dreiecks betrug insgesamt ca. 50 mm bei koronar 1 und ca. 54 mm bei koronar 2. Größer waren die Werte bei koronar 2 auch bei der oberen Dreiecksseite: 56 mm (koronar 2) gegen 48 mm (koronar 1). Der Abstand SP – KGM war mit 11-12 mm bei koronar 1 jedoch größer als bei koronar 2 mit etwa 9 mm. Diese Unterschiede zwischen beiden Schnitten waren immer signifikant, sowohl für die rechte als auch für die linke Seite und auch wenn man die Werte für die rechte und linke Seite eines Schnittes zusammennahm und gegen den anderen Schnitt verglich. Weiterhin waren bei Männern bis auf die Strecke SB–KGM die beiden anderen Dreiecksseiten bei koronar 1 und 2 signifikant größer, wobei hier nicht mehr nach Seiten unterschieden wurde, sondern die entsprechenden Werte beider Seiten zusammengenommen wurden. Dies deckt sich mit den Beobachtungen beim axialen Schnitt (s. 5.3.2.). Die Werte zeigen, dass bei hinteren Zugängen (koronar 2) die Entfernung zu den tieferen Hirnstrukturen größer ist als bei vorderen Zugängen und auch bei Männern insgesamt die Strecken größer sind. Dieser Tatsache sollte sich der Neurochirurg bewusst sein und bei entsprechenden Operationen bedenken.

Von besonderer Bedeutung für uns war der Abstand BPT zur unteren Dreiecksseite (Punkt Z). Diese Strecke sollte verdeutlichen, wie weit nach basal der Temporallappen reicht. Dies ist bei einem subtemporalen Zugang von enormer Wichtigkeit. Eine weit kaudal liegende basale Temporalfläche könnte den Zugang behindern oder ihn unmöglich machen bzw. eine starke Retraktion des Temporallappens wäre nötig mit der möglichen Folge einer hämorrhagischen Infarzierung. Durch das Schärfen des Blickes des Operators für dieses Detail könnte schon präoperativ das Risiko abgeschätzt werden. Wir ermittelten einen Mittelwert von ca. 8 mm. Zwischen koronar 1 und 2 gab es keinen signifikanten Unterschied, jedoch war der Wert bei

koronar 1 und 2 signifikant größer bei den Männern. Anhand dieses Wertes schlagen wir eine Klassifikation des Temporallappens bei koronaren Schnitten vor:

Typ 1: $BPT - Z < 4 \text{ mm}$

Typ 2: $4 \text{ mm} < BPT - Z < 8 \text{ mm}$

Typ 3: $8 \text{ mm} < BPT - Z < 12 \text{ mm}$

Typ 4: $BPT - Z > 12 \text{ mm}$

Mit höherem Typ steigt die Länge der Strecke und damit wird ein Zugang stärker behindert. Die Daten zeigen, dass Typ 3 und 4 vor allem bei koronar 2 und bei Männern zu erwarten sind.

Die Fläche des Temporallappens unterhalb der unteren Dreiecksseite wurde ebenfalls morphometrisch abgeschätzt. Dabei ergab sich ein Wert von ca. $210\text{-}220 \text{ mm}^2$, wobei die linke Seite bei koronar 2 signifikant größer war als bei koronar 1.

Anhand sämtlicher Ergebnisse lässt sich sagen, dass ein subtemporaler Zugang schwieriger bei hinteren Zugängen und vor allem bei Männern erscheint.

5.3.4. Wissenschaftliche und klinische Bedeutung der Morphometrie

Die Morphometrie kann zur Beschreibung der normalen Anatomie und Größenverhältnisse (Aherne, 1982; Yucel, 2002) dienen und Alters- und Geschlechterunterschiede (Giedd, 1996) und Atrophieprozesse (Coffey, 1992; Pfefferbaum, 1994; Blatter, 1995; Matsumae, 1996) herausarbeiten. Weiterhin kann sie auch zu diagnostischen Zwecken (Baak, 1983) eingesetzt werden, zum Beispiel bei neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen. Aber nicht nur neurale, sondern auch vaskuläre Strukturen (Rottenberg, 1985) können morphometrisch dargestellt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass durch exakte morphometrische Studien Operationen besser geplant werden können (Winkler, 1999), was das Ziel der vorliegenden Studie war.

An dieser Stelle sollen als erstes die verschiedenen Möglichkeiten der Morphometrie zur Darstellung anatomischer Verhältnisse vor allem im Bereich des Hirnstamms und anschließend der Einsatz der Morphometrie bei pathologischen Veränderungen besprochen werden.

Die Morphometrie des Hirnstammes betreffend wurden verschiedene Arbeiten publiziert (Chida, 1989; Oguro 1998; Shah, 1991; Hayakawa, 1989; Sohmiya, 2001; Raininko, 1994; Doraiswamy, 1991 & 1992; Murshed, 2003). So fand Chida keine Geschlechter- oder

Alterskorrelation bei der Atrophie des Pons. Oguro konnte keine signifikanten altersabhängigen Änderungen in der median-sagittalen Fläche des Pons nachweisen, wobei er eine signifikante altersabhängige Atrophie des Tectums und Prätectums bei Männern und des Prätectums bei Frauen zeigen konnte. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen einmal Shah bei der Untersuchung des Pons und der Medulla oblongata und Hayakawa, der auch das Pons und die Vermis analysierte. Sohmiya konnte eine signifikante altersabhängige Abnahme des Mesencephalon finden und Raininko betonte, dass es zu einer minimalen Reduktion des median-sagittalen Durchmessers des Mittelhirns und des Volumens des Pons ab einem Alter von 50 Jahren kommt. Doraiswamy (1992) konnte morphometrisch die Abnahme des gesamten Volumens des Mesencephalon im höheren Alter bei Männern und Frauen – aber ohne einen Geschlechterunterschied – nachweisen. Murshed verwendete für seine Messungen folgende Methodik: er teilte seine Probanden in drei Altersgruppen (13-25, 26-50, 51-77 Jahre) und zeichnete die Konturen des Hirnstamms und der Vermis von median-sagittalen MRT-Aufnahmen auf transparentes Papier und speicherte die Bilder auf dem Computer. Er berechnete dann die Flächen, wobei für jeden Probanden der richtige Vergrößerungsfaktor in die Berechnung mitging. Dabei wurde bei Männern insgesamt und bei der dritten Altersgruppe bei den Männern eine größere median-sagittale Fläche des Hirnstamms ermittelt. Bei unseren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass diverse Messungen am Temporallappen bei Männern größer waren.

Der Unterschied zwischen Männern und Frauen könnte durch den Einfluss von Hormonen (Jernigan, 1991) oder Hypertension (Strassburger, 1997) erklärt werden. Auch Traumen und Toxine können zu Parenchymverlust führen (Pfefferbaum, 2000).

Adler führte 2002 morphometrische Untersuchungen an 100 Autopsiegehirnen durch, indem er das Mesencephalon auf Höhe des freien Tentoriumrandes horizontal durchtrennte und verschiedene Längen, die vor allem die Länge und Breite der Incisura tentorii und die Stellung des Hirnstamms in bezug zur Incisura betrafen, maß. Er teilte dann die Incisura in 8 Typen ein (eng, weit, kurz, lang, typisch, groß, klein und gemischt). Die Daten können zur Erklärung von Variationen bei Herniationen eingesetzt werden.

Satoh (1987) verwendete für seine Messungen am Hirnstamm vier Schnitte des Pons formalinfixierter Gehirne, wobei er zunächst das Bild der Oberfläche der Gehirne in den Computer einspeiste und mit dem Digitizer die gesamte Fläche und Länge des Pons und Tegmentums vermessen konnte.

Es soll noch erwähnt werden, dass das Kleinhirn ebenfalls im Mittelpunkt morphometrischer Untersuchungen steht (Escalona, 1991; Raz, 1992 & 1998; Luft, 1999; Rhyu, 1999; Salat, 1997).

Die Bedeutung der Morphometrie bei pathologischen Prozessen konnte in zahlreichen Publikationen unterstrichen werden.

Im Bereich des Hirnstamms und Temporallappens kann sie zur Diagnostik von bestimmten Erkrankungen, wie der Parkinsonschen Erkrankung (Pujol, 1992; Huber, 1990; Laakso, 1996), des Morbus Wilson (Grimm, 1991), Temporallappenepilepsie (Cendes, 1993; Gullap, 1999; Cook, 1992; Marsh, 1997; Kuzniecky, 1999; Salmenpera, 2001; Ng, 1997) oder Ataxien (Gallucci, 1990), eingesetzt werden. Vielversprechend sind auch die Ergebnisse von morphometrischen Messungen bei Traumen. So können Ventrikeldilatationen (Gale, 1995) objektiviert oder der Effekt einer subduralen Blutung auf den Hirnstamm (Inao, 1993) beurteilt werden. Inao verwendete hierfür einen axialen und koronaren Schnitt und konnte zeigen, dass bei einer subduralen Blutung im Bereich des Mittelhirns im axialen Schnitt eine seitliche Verschiebung und bei der Brücke sowohl eine seitliche Verschiebung als auch eine Rotation zu sehen war. Koronar war ein Knick und eine kaudale Verschiebung des Mesencephalon zu erkennen. Interessant ist es, dass mit der Morphometrie auch mikrostrukturelle Läsionen nach Hirnverletzungen (Lee, 2003) nachgewiesen werden können. Lee verglich normale MRT-Bilder gegen diffusionsgewichtete bei zwei pädiatrischen Traumafällen und kam zu dem Ergebnis, dass die diffusionsgewichteten Bilder mikrostrukturelle Abnormitäten im rechten Pedunculus cerebri in einem und im hinteren Anteil der Capsula interna im anderen Fall zeigen konnten.

Auch bei komplexen Fehlbildungen, wie der Arnold-Chiari-Malformation, können Messungen an MRT-Bildern hilfreich sein. Es können die Unterentwicklung des Occipitalknochens (Nishikawa, 1997) oder das Ergebnis eines operativen Eingriffs bei dieser Erkrankung (Sahuquillo, 1994) verdeutlicht werden. Morphometrisch kann das Gehirn nicht nur an MRT-Bildern beurteilt werden, sondern auch zum Beispiel bei Neugeborenen durch die Ultrasonographie. Hashimoto konnte 1994 sonographisch zeigen, dass bei Kindern mit Trisomie 18 in einem transversalen Schnitt die Fläche des Mesencephalon deutlich kleiner war.

Sehr bedeutend ist der Einsatz der Morphometrie bei psychiatrischen Erkrankungen, wie der Alzheimerschen Erkrankung (Lehericy, 1994; Maunoury, 1996), der Depression (Mervaala,

2000; Bremner, 2000) oder des Autismus (Aylward, 1999; Hardan, 2001). Zur Schizophrenie wurden diverse morphometrische Studien vorgestellt, die sich entweder mit der Fornix, dem Hippocampus und dem Corpus amygdaloideum (Davies, 2001; Niemann, 2000; Zahajsky, 2001) beschäftigten. Weitere Autoren untersuchten vor allem das Kleinhirn (Coffman, 1989; Nasrallah, 1991). Coffman konnte keinen Unterschied zwischen Patienten mit einer Schizophrenie und gesunden Probanden finden, wogegen Nasrallah berichtet, dass bei Schizophrenen die zerebellären Strukturen größer seien. Andere Studien konnten keinen signifikanten Unterschied der Vermisgröße bei Patienten mit einer Schizophrenie nachweisen (Mathew, 1985; Uematsu 1985 & 1989; Aylward, 1994).

An diesen Beispielen sollte gezeigt werden, dass die Morphometrie einen wichtigen Platz in der Beschreibung der Anatomie und der Diagnostik einnimmt. Um pathologische Veränderungen richtig einschätzen und Operationen besser planen zu können, sind zunächst normative Daten nötig. Durch diese Studie sollten morphometrische Basisdaten zum Hirnstamm, Temporallappen und dem subtemporalen Zugang zur Incisura tentorii geliefert werden. Weiterhin sind ergänzende longitudinale Studien sinnvoll, um eventuelle Altersveränderungen darzustellen.

5.4. Subtemporaler Zugang

5.4.1. Vor- und Nachteile

Der subtemporale Zugang stellt einer der möglichen Zugänge zur Incisura tentorii dar. Die Indikationen sind sehr weitreichend. Wie jeder Zugang hat auch der subtemporale seine Vor- und Nachteile.

Vorteile

In der Literatur wird auf die Schwierigkeiten eines Zugangs zum Hirnstamm hingewiesen (Inoue, 1983; Morimoto, 1990). Ein großer Vorteil einer subtemporalen Kraniotomie ist, dass die ventrale Region des Hirnstammes direkt dargestellt werden kann. Dieser Raum kann vergrößert werden, wenn der Temporallappen intradural eleviert und das Tentorium hinter dem Eintrittspunkt des N. trochlearis und lateral über der Trigeminiwurzel gespalten wird (Sen, 1990). Weiterhin werden die Basilarisregion und die perforierenden Gefäße durch eine Kombination mit einem praesigmoidalen Zugang besser kontrolliert (Samii, 1996). Wen

(1993) betont, dass anteriore oder anterolaterale Prozesse des oberen Pons oder Mesencephalon gut über einen subtemporalen Zugang operiert werden können.

Der posterolaterale Bereich des Mesencephalons und Tentoriums sind von posterior subtemporal zugänglich (Smith, 2003).

Man sieht, dass durch den subtemporalen Zugang sehr bedeutende Bereiche der Incisura tentorii erreicht werden können.

Nachteile

Beim subtemporalen Zugang gibt es vor allem zwei Hauptprobleme: zum einen kann es zu Schäden des Temporallappens (Knosp, 1991) kommen, zum anderen kann es durch die Retraktion des Temporallappens zu venösen Infarzierungen und Ödemen kommen (Rhoton, 2000). Die V. Labbé ist hier besonders gefährdet (Koperna, 1992; Samii, 1996).

Knosp (1991) beschreibt zwei Methoden, mit denen Schäden am Temporallappen durch Retraktion verringert werden können. Bei der ersten erfolgt eine temporäre Resektion des Arcus zygomaticus, so dass der M. temporalis weiter nach kaudal gebracht werden kann und dadurch der Zugang von weiter anterior erfolgen kann mit dem Ergebnis einer geringeren Retraktion. Bei der zweiten Variante erfolgt die Resektion der Felsenbeinspitze nach der Inzision des Tentoriums. Hierdurch wird eine bessere Sicht der Fossa posterior ermöglicht. Abe (1981) berichtet auch, dass durch intermittierendes Lösen des Retraktors und der Anwendung von hyperosmotischen Lösungen Temporalschäden verhindert werden können.

Es zeigt sich, dass man durch kleine Modifikationen und Hilfen den Problemen eines subtemporalen Zugangs entgegensteuern kann.

5.4.2. Spezielle subtemporale Zugänge

An dieser Stelle sollen noch zwei spezielle subtemporale Zugänge dargestellt werden: der subtemporal-transtemporale Zugang zum Meatus acusticus internus und dem Kleinhirnbrückenwinkel und der subtemporal-transtentorielle Zugang zum Kleinhirnbrückenwinkel.

House (1961) sowie Kurze und Doyle (1962) waren die Erstbeschreiber des erstgenannten Zugangs. Auf diesem Weg konnten kleine Tumore des N. vestibulocochlearis im Meatus acusticus internus oder Neurinome der Pars labyrinthica des Fazialisnerven entfernt werden (Isamat, 1975; Di Tullio, 1978; Fisch, 1978; Glasscock und Dickins, 1982). Wigand (1982 &

1985) modifizierte diesen Zugang, um größere Neurinome des 8. Hirnnerven ohne größere Risiken zu entfernen.

Der subtemporal-transtentorielle Zugang zum Kleinhirnbrückenwinkel wurde 1971 von Rosomoff vorgeschlagen. Er betonte dass, dass die Distanz zum Rand des Meatus acusticus internus deutlich kürzer sei als beim suboccipitalen Zugang. Er setzte die Kraniotomie direkt über und vor den superioren Rand der Pars petrosa des Os temporale. Der entfernte Knochen bleibt am Temporalmuskel hängen. Der Temporallappen muss nach oben retrahiert werden. Einige größere Venen müssten eventuell ligiert werden, was zu einer temporären Dysphasie führen könnte. Das Tentorium wird seitlich des N. trochlearis und nah des Sinus petrosus superior geöffnet. Der vordere Teil des Tentoriums wird anschließend nach vorne geschoben, um den Tumor am Kleinhirnbrückenwinkel darzustellen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Zugänge zur Incisura tentorii stellen nach wie vor eine große Herausforderung für die Neurochirurgie dar. Es gibt gerade bei Zugängen im Bereich von hochsensiblen Regionen laufend Verbesserungsvorschläge und sinngemäß auch längere Diskussionen, wobei sich die Grundlagen der Diskussion häufig nicht auf morphometrischen und mikroanatomischen Fakten aufbauen. Aus diesem Grunde sollte gerade diese Arbeit mit ihrer exakten morphometrischen und mikroanatomischen Grundlage einen substantiellen Beitrag für diese Diskussion liefern.

Die vorliegende Studie beschäftigte sich mit einer der möglichen Zugänge zu dieser Region, nämlich mit dem subtemporalen Zugang. Dieser bietet einige Vorteile, wie zum Beispiel eine gute Übersicht der ventralen Hirnstammregion, aber auch posteriore Bereiche des Mesencephalons werden gut erreicht. Die Hauptnachteile sind mögliche Schäden am Temporallappen und die Gefahr einer venösen Infarzierung durch eine Retraktion des Temporallappens.

Bei Operationen im Bereich der Incisura tentorii sind exakte Kenntnisse der Anatomie und Topographie dieser Region unerlässlich. Mit dem ersten Teil der Arbeit sollten die Größenverhältnisse des Mesencephalons verdeutlicht werden, um eventuelle Veränderungen durch pathologische Prozesse einordnen zu können. Wir verwendeten hierfür 27 ganze Gehirne.

Der Hauptteil der Studie befasste sich mit der Morphometrie des Temporallappens und des subtemporalen Zugangs zur Incisura tentorii. Daten zu Messungen dieser Art fehlten bisher in der Literatur. Anhand unserer Arbeit sollte diese Lücke in der Literatur geschlossen werden. Die morphometrischen Messungen führten wir an vier definierten MRT-Schnittbildern (median-sagittal, axial am Sulcus pontomesencephalicus, zwei koronaren an beiden Grenzen der Incisura tentorii) von 53 Probanden durch.

Im median-sagittalen Schnitt diente die CA-CP-Linie als Referenzlinie. Interessant waren hier vor allem der quere Durchmesser der Incisura (Mittelwert: 55 mm) und der Winkel zwischen einer Parallelen der CA-CP-Linie durch das Dorsum sellae und der Strecke Apex tentorii – Confluens sinuum (Mittelwert: $46,2^\circ$). Dieser Winkel stellt ein Maß für die Steilheit des Tentoriums dar.

In axialen Schnitt wurde die Breite des Temporallappens an der vorderen Grenze der Incisura mit ca. 51 mm und an der hinteren Grenze mit ca. 52-53 mm im Durchschnitt gemessen.

In den beiden koronaren Schnitten wurde ein Dreieck aus den Punkten Sulcus pontomesencephalicus, kraniale Grenze des Mittelhirns und dem lateralen basalen Punkt der

mittleren Schädelgrube aufgespannt. Es wurden alle Strecken auf beiden Seiten gemessen. Außerdem wurde der Abstand des am weitesten basal liegenden Punktes des Temporallappens zum unteren Schenkel des Dreiecks gemessen. Diese Strecke zeigte auf, wie weit nach kaudal der Temporallappen reichte. Der Mittelwert schwankte um 8 mm, abhängig von der Seite und dem Schnitt 1 bzw. 2. Anhand dieser Strecke typisierten wir den Temporallappen in bezug eines subtemporalen Zuganges. Von **Typ 1** sprechen wir, wenn die Strecke **kleiner als 4 mm** ist, von **Typ 2**, wenn sie **zwischen 4 und 8 mm** liegt, bis **12 mm** liegt **Typ 3** vor und bei **größeren Werten** sprechen wir von **Typ 4**. Statistisch zeigte sich, dass größere Werte vor allem an der hinteren Grenze der Incisura tentorii und bei Männern zu verzeichnen waren. Diese Typisierung ist sinnvoll, da höhere Werte auf eine mögliche stärkere Retraktion des Temporallappens – damit auch der Gefahr von Schäden am Gehirn – hinweisen.

Anhand unserer Untersuchung wurden zum ersten Mal normative morphometrische Daten zum subtemporalen Zugang erhoben.

Wir sind der Ansicht, dass neben der Kenntnis der Anatomie auch die Morphometrie eine wichtige Rolle spielt und einen entscheidenden Beitrag zur Operationsplanung beitragen kann. Der Operateur kann sich anhand von einfachen Landmarken in der präoperativen Bildgebung orientieren und mögliche Schwierigkeiten des subtemporalen Zugangs erkennen und die Frage, ob der Zugang geeignet ist, kann besser beurteilt werden.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. Abe H, Tsuru M, Ito T, Nakagawa Y, Kaneko S, Iwasaki Y, Aida T, Kamiyama H, Echizenya K. [Temporal lobe damage as pitfalls at subtemporal transtentorial approach]. *No Shinkei Ggeka* 1981; 9(7): 819-827. Japanese.
2. Adler DE, Milhorat TH. The tentorial notch: anatomical variation, morphometric analysis, and classification in 100 human autopsy cases. *J Neurosurg* 2002; 96(6): 1103-1112.
3. Aherne WA, Dunnill MS. *Morphometry*. Edward-Arnold-Verlag 1982.
4. Andreasen NC, Rajarethinam R, Cizadlo T, Arndt S, Swayze VW 2nd, Flashman LA, O` Leary DS, Ehrhardt JC, Yuh WT. Automatic atlas-based volume estimation of human brain regions from MR images. *J Comput Assist Tomogr* 1996; 20(1): 98-106.
5. Ashburner J, Friston KJ. Voxel-based morphometry – the methods. *Neuroimage* 2000; 11(6 Pt 1): 805-821.
6. Aylward E, Reiss A, Barta PE, Tien A, Han W, Lee J, Pearlson GD. Magnetic resonance imaging measurement of posterior fossa structures in schiziphenia. *Am J Psychiatry* 1994; 151: 1448-1452.
7. Aylward EH, Minshew NJ, Goldstein G, Honeycutt NA, Augustine AM, Yates KO, Barta PE, Pearlson GD. MRI volumes of corpus amygdaloideum and hippocampus in non-mentally retarded autistic adolescents and adults. *Neurology* 1999; 53: 2145-2150.
8. Baak JPA. *A Manual of Morphometry in Diagnostic Pathology*. Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1983.

9. Barth F, Mühlbauer P, Nikol F, Wörle K. Mathematische Formeln und Definitionen. Bayerischer Schulbuch-Verlag München. J. Lindauer Verlag (Schaefer) München 1998.
10. Beck S. Arteria communicans posterior und Arteria chorioidea anterior. Dissertationsschrift, Hannover 1991.
11. Bhatia S, Bookheimer SY, Gaillard WD, Theodore WH. Measurement of whole temporal lobe and hippocampus for MR volumetry: normative data. Neurology 1993; 43: 2006-2010.
12. Blatter DD, Bigler ED, Gale SD, Johnson SC, Anderson CV, Burnett BM, Parker N, Kurth S, Horn SD. Quantitative volumetric analysis of brain MR: normative database spanning 5 decades of life. Am J Neuroradiol 1995; 16: 241-251.
13. Blinkov S. Das Zentralnervensystem in Zahlen und Tabellen Gustav Fischer Verlag 1968; S. 137.
14. Bremner JD, Narayan M, Anderson ER, Staib LH, Miller HL, Charney DS. Hippocampal volume reduction in major depression. Am J Psychiatry 2000; 157: 115-118.
15. Brenneis C, Seppi K, Schocke MF, Muller J, Luginger E, Bosch S, Loscher WN, Buchel C, Poewe W, Wenning GK. Voxel-based morphometry detects cortical atrophy in the Parkinson variant of multiple system atrophy. Mov Disord 2003; 18(10): 1132-1138.
16. Cammermeyer J. Changes in volume of cat spinal cord induced by formalin fixativs. J Neuropath Exp Neurol 1956; 15: 221-214.

17. Cendes F, Andermann F, Gloor P, Lopes-Cendes I, Andermann E, Melanson D, Jones-Gotman M, Robitaille Y, Evans A, Peters T. Atrophy of mesial structures in patients with temporal lobe epilepsy: cause or consequence of repeated seizures?.
Ann Neurol 1993; 34: 795-801.

18. Chida K, Goto N, Kamikura I, Takasu T. Quantitative evaluation of pontine atrophy using computer tomography.
Neuroradiology 1989; 31: 13-15.

19. Clara M. Das Nervensystem des Menschen. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte.
Barth 1942, Leipzig.

20. Coffey CE, Wilkinson WE, Parashos IA, Soady SA, Sullivan RJ, Patterson LJ, Figiel GS, Webb MC, Spritzer CE, Djang WT. Quantitative cerebral anatomy of the aging human brain: a cross-sectional study using magnetic resonance imaging.
Neurology 1992; 42: 527-536.

21. Coffmann JA, Schwarzkopf SB, Olson SC, Nasrallah HA. Midsagittal cerebral anatomy by magnetic resonance imaging. The importance of slice position and thickness.
Schizophr Res 1989; 2: 287-294.

22. Cook MJ, Fish DR, Shorvon SD, Straughan K, Stevens JM. Hippocampal volumetric and morphometric studies in frontal and temporal lobe epilepsy.
Brain 1992; 115: 1001-1015.

23. Dandy WE. Operative experiences in cases of pineal tumor.
Arch Surg 1936; 33: 19-46.

24. Dausacker J. Praktisch-anatomische Befunde an der mittleren und hinteren Schädelgrube. Medizinische Dissertation, Würzburg 1974

25. Davies DC, Wardell AM, Woolsey R, James AC. Enlargement of the fornix in early-onset schizophrenia: a quantitative MRI study.
Neurosci Lett 2001; 301: 163-166

26. Di Tullio MV, Malkasian D, Rand RW. A critical comparison of neurosurgical and otolaryngological approaches to acoustic neuromas.
J Neurosurg 1978; 48:1-12.

27. Doraiswamy PM, Escalona PR, Shah SA, Husain MM, Figiel GS, Krishnan KR. Magnetic resonance imaging (MRI) – morphometric study.
J Child Neurol 1991; 6(4): 372.

28. Doraiswamy PM, Na C, Husain MM, Figiel GS, McDonald WM, Ellinwood EH, Boyko OB, Krishnan KR. Morphometric changes of the human midbrain with normal aging: MR and stereologic findings.
Am J Neuroradiol 1992; 13: 383-386.

29. Drake CG. Cerebral arteriovenous malformations: considerations for and experience with surgical treatment in 166 cases.
Clin Neurosurg 1979; 26: 145-208.

30. Escalona PR, McDonald WM, Doraiswamy PM, Boyko OB, Husain MM, Figiel GS, Laskowitz D, Ellinwood EH Jr, Krishnan KR. In vivo stereological assessment of human cerebellar volume: effects of gender and age.
Am J Neuroradiol 1991; 12: 927-929.

31. Fisch U. Otochirurgische Behandlung des Akusticusneurinoms. In: Plester D, Wende S, Nakayama N (Hrsg). Kleinhirnbrückelwinkeltumoren. Springer 1978, Berlin Heidelberg New York.

32. Fischer G, Köhler C, Röthig W, Rojewski H. Die Gewichtsveränderungen von Gehirnen während einer 4 wöchigen Formalinfixierung in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Liegezeit post mortem.
Zentralbl Allg Path 1958; 117: 400-407.

33. Frontera JG. Evaluation of the immediate effects of some fixatives upon the measurements of the grains of macaques.
J Comp Neurol 1958; 109: 417-438.
34. Frydl V, Koch R, Zavodska H. The effects of formalin fixation on several properties of the brain.
Zentralbl Allg Pathol 1989; 135: 649-655.
35. Gale SD, Johnson SC, Bigler ED, Blatter DD. Trauma-induced degenerative changes in brain injury: a morphometric analysis of three patients with preinjury and postinjury MR scans.
J Neurotrauma 1995; 12(82): 151-158.
36. Gallucci M, Splendiani A, Bozzao A, Baldassare M, Zobel BB, Masciocchi C, Passariello R. MR imaging of degenerative disorders of brainstem and cerebellum.
Magn Reson Imaging 1990; 8(2): 117-122.
37. Giedd Jn, Snell JW, Lange N, Rajapakse JC, Casey BJ, Kozuch Pl, Vaituzis AC, Vauss YC, Hamburger SD, Kaysen D, Rapoport JL. Quantitative magnetic resonance imaging of human brain development: ages 4-18.
Cereb Cortex 1996; 6(4): 551-560.
38. Glasscock ME, Dickins JRE. Complications of acoustic tumor surgery.
Otolaryngol Clin North Am 1982; 15: 883-895.
39. Grimm G, Prayer L, Older W. Comparison of functional and structural brain disturbances in Wilson's disease.
Neurologa 1991; 41: 272-276.
40. Gullap S. Temporal lobe epilepsyinde hipokampusum volumetric MR incelemesi. Specialization thesis.
Department of Neurology, Gazi University Medical School, Ankara, 1999, 25.

41. Hardan AY, Minshew NJ, Harenski K, Keshavan MS. Posterior fossa magnetic resonance imaging in autism.
J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 2001; 40(6): 666-672.
42. Hashimoto K, Takeuchi Y, Takashima S, Takeshita K. Morphometric evaluation of neonatal brainstem development by means of the ultrasonographic method.
Brain Dev 1994; 16(83): 209-212.
43. Hayakawa K, Konishi Y, Matsuda T, Kuriyama M, Konishi K, Yamashita K, Okumura R, Hamanaka D. Development and aging of brain midline structures: assessment with MR imaging.
Radiology 1989; 172: 171-177.
44. Ho KL. Schwannoma of the trochlear nerve.
J Neurosurg 1981; 55: 132-135.
45. House WF. Surgical exposure of the internal auditory canal and its contents through the middle cranial fossa.
Laryngoscope 1961; 71: 1363-1385.
46. Huber SJ, Chakares DW, Paulson GW, Khanna R. Magnetic resonance imaging in Parkinson`s disease.
Arch Neurol 1990; 47: 735-737.
47. Inao S, Kuchiwaki H, Kanaiwa H, Sugito K, Banno M, Furuse M. Magnetic resonance imaging assessment of brainstem distortion associated with a supratentorial mass.
J Neurol Neurosurg Psychiatry 1993; 56(3): 280-285.
48. Inoue Y, Sato O. Successful removal of pontine haematoma due to a rupture of cryptic arteriovenous malformation of the brain stem. A successfully operated case. Case report.
Acta Neurochir 1983; 69: 69-75.

49. Isamat F, Bartumeus F, Miranda AM, Prat J, Pons LC. Neurinomas of the facial nerve. *J Neurosurg* 1975; 43: 608-613.
50. Jernigan TL, Trauner DA, Hesslink JR, Tallal PA. Maturation of human cerebrum observed in vivo during adolescence. *Brain* 1991; 114: 2037-2049.
51. Klintworth GK. The ontogeny and growth of the human tentorium cerebelli. *Anat Rec* 1967; 158: 433.
52. Knosp E, Tschabitscher M, Matula C, Koos WT. Modifications of Temporal Approaches: Anatomical Aspects of a Microsurgical Approach. *Acta Neurochir Suppl (Wien)* 1991; 53: 159-165.
53. Koperna T, Tschabitscher M, Knosp E. The Termination of the Vein of „Labbé” and its Micrisurgical Significance. *Acta Neurochir* 1992; 118: 172-175.
54. Kostović I. Zentralnervensystem. In: Hinrichsen KV. Humanembryologie. Lehrbuch und Atlas der vorgeburtlichen Entwicklung des Menschen. Springer Verlag 1990.
55. Krauss J. Messungen zur cranio-cerebralen Topographie. Medizinische Dissertation, Würzburg 1987.
56. Kurze T, Doyle JB Jr. Extradural intracranial (middle fossa) approach to the internal auditory canal. *J Neurosurg* 1962; 19: 1033-1037.
57. Kuzniecky R, Bilir E, Gilliam F, faught E, Martin R, Hugg J. Quantitative MRI in temporal lobe epilepsy: evidence for fornix atrophy. *Neurology* 1999; 53: 496-501.

58. Laakso MP, Partanen K, Riekkinen P, Lehtovirta M, Helkala EL, Hallikainen M, Hanninen T, Vainio P, Soininen H. Hippocampal volumes in Alzheimer`s disease, Parkinson`s disease, with and without dementia, and in vascular dementia: An MRI study.
Neurology 1996;46: 678-681.
59. Lang J, Deymann-Bühler B. Über die Größe bestimmter Mittelhirnstrukturen.
J Hirnforschung 1984; 25/4: 375-384.
60. Lang J. Clinical anatomy of the Posterior Cranial Fossa and its Foramina.
Thieme Verlag Stuttgart New York 1991.
61. Lang J. Skull base and related structures.
Schattauer Verlag Stuttgart New York 1995.
62. Lanz T, Wachsmuth W. Praktische Anatomie. Band 1, Teil B.
Springer Verlag 1979.
63. Lazar ML, Clark K. Direct surgical management of masses in the region of the vein of Galen.
Surg Neurol 1974; 2: 17-21.
64. Lee Zi, Byun WM, Jang SH, Ahn SH, Moon HK, Chang Y. Diffusion tensor magnetic resonance imaging of micristructural abnormalities in children with brain injury.
Am J Phys Med Rehabil 2003; 82(7): 556-559.
65. Leibniz L. Untersuchungen zur Optimierung der Gewichts- und Volumenveränderungen von Hirnen während der Fixierung, Dehydrierung und Aufhellung sowie über Rückschlüsse vom Gewicht des behandelten auf das Volumen des frischen Gehirns.
J Hirnforsch 1971/72; 13: 321-329.

66. Lehericy S, Baulac M, Chiras J, Pierot L, Martin N, Pillon B, Deweer B, Dubois B, Marsault C. Amygdalohippocampal MR volume measurements in the early stages of Alzheimer disease.
AJNR Am J Neuroradiol 1994; 15: 927-937.
67. Luft AR, Skalej M, Schultz JB, Welte D, Kolb R, Bürk K, Klockgether T, Voigt K. Patterns of age-related shrinkage in the cerebellum and brainstem observed in vivo using three-dimensional MRI volumetry.
Cereb Cortex 1999; 9: 712-721.
68. Marsh L, Morrell MJ, Shear PK, Sullivan EV, Freeman H, Marie A, Lim KO, Pfefferbaum A. Cortical and hippocampal volume deficits in temporal lobe epilepsy.
Epilepsia 1997; 38: 576-587.
69. Martin NA, Wilson CB. Medial occipital arteriovenous malformations. Surgical treatment.
J Neurosurg 1982; 56: 798-802.
70. Mathew RJ, Partian CL. Midsagittal sections of the cerebellar vermis and fourth ventricle obtained with magnetic resonance imaging of schizophrenia patients.
Am J Psychiatry 1985; 142: 970-971.
71. Matsumae M, Kikinis R, Morocz IA, Lorenzo AV, Sandor T, Albert MS, Black PM, Jolesz FA. Age-related changes in intracranial compartment volumes normal adults assessed by magnetic resonance imaging.
J Neurosurg 1996; 84: 982-991.
72. Maunoury C, Michot JL, Caillet H, Parlato V, Leroy-Willig A, Jehenson P, Syrota A, Boller F. Specificity of temporal corpus amygdaloideum atrophy in Alzheimer`s disease: quantitative assessment with magnetic resonance imaging.
Dementia 1996; 7: 10-14.
73. Mayer A. Herniation of the Brain.
Arch Neurology u. Psychia. 1920; 4: 387-400.

74. Mayer ET. Zentrale Hirnschäden nach Einwirkung stumpfer Gewalt auf den Schädel. Hirnstammläsionen.
Arch Psychiat 1967; 210: 238-262.
75. Mayer ET. Zur Klinik und Pathologie des traumatischen Mittelhirn- und apallischen Syndroms.
Ärztl Forschung 1968; 22/75: 163-172.
76. Mervalaa E, Fohr J, Kononen M, Valkonen-Korhonen M, Vainio P, Partanen K, Partanen J, Tiihonen J, Viinamaki H, Karjalainen AK, Lehtonen J. Quantitative MRI of the hippocampus and corpus amygdaloideum in severe depression.
Psychol Med 2000; 30: 117-125.
77. Moore KL, Persaud TVN. Embryologie.
Schattauer Verlag Stuttgart, New York, 4. Auflage 1996.
78. Morimoto T, Hashizume K, Kono T, Saito H, Sasaki T, Saito I, Takakura K. Cavernous angiomas of the brain stem and spinal cord: report of five cases.
Surgery for Cerebral Stroke 1990; 18: 67-71.
79. Murshed KA, Ziylan T, Seker M, Cicekcibasi AE, Acikgozoglul S. Morphometric assessment of brain stem with midsagittal MRI : the gender differences and effects of age.
Neuroanatomy 2003; 2: 35-38.
80. Nasrallah HA, Schwarzkopf SB, Olson SC, Coffmann JA. Perinatal brain injury and cerebral vermal lobules I-X in schizophrenia.
Biol Psychiatry 1991; 29: 567-574.
81. Ng SE, Lau TN, Hui FK, Chua GE, Lee WL, Chee MW, Chee TS, Boey HK. MRI of the fornix and mamillary body in temporal lobe epilepsy.
Neuroradiology 1997; 39: 551-555.

82. Niemann K, Hammers A, Coenen VA, Thron A, Klosterkotter J. Evidence of a smaller left hippocampus and left temporal horn in both patients with first episode schizophrenia and normal control subjects.
Psychiatry Res 2000; 99: 93-110.
83. Nishikawa M, Sakamoto H, Hakuba A, Nakanishi N, Inoue Y. Pathogenesis of Chiari malformation: a morphometric study of the posterior cranial fossa.
J Neurosurg 1997; 86(1): 40-47.
84. Oguro H, Okada K, Yamaguchi S, Kobayashi S. Sex differences in morphology of the brain stem and cerebellum with normal aging.
Neuroradiology 1998; 40: 788-792.
85. Ono M, Ono M, Rhoton AL Jr, Barry M. Microsurgical anatomy of the region of the tentorial Incisura.
J Neurosurg 1984; 60: 365-399.
86. Papo I, Caruselli G, Salvolini U. Aneurysm of the superior cerebellar artery.
Surg Neurol 1977; 7: 15-17.
87. Pfefferbaum A, Mathalon DH, Sullivan EV, Rawles JM, Zipursky RB, Lim KO. A quantitative magnetic resonance imaging study of changes in brain morphology from infancy to late adult-hood.
Arch Neurol 1994; 51: 874-887.
88. Pfefferbaum A, Sullivan EV, Swan GE, Carmelli D. Brain structure in men remains highly heritable in the seventh and eight decades of life.
Neurobiol Aging 2000; 21: 63-74.
89. Pfenninger E, Kilian J, Schleinzer W. Differentialdiagnose des Leitsymptoms „Pupillenveränderung“.
Klinikerzt 1982; 11: 1188-1201.

90. Pia HW, Fontana H. Aneurysms of the posterior cerebral artery. Locations and clinical pictures.
Acta Neurochir 1977; 38: 13-35.
91. Plaut HF. Size of the tentorial Incisura related to cerebral herniation.
Acta Radiol 1963; 1: 916.
92. Poppen JL. The right occipital approach to a pinealoma.
J Neurosurg 1966; 25: 706-710.
93. Potts DG, Taveras JM. Differential diagnosis of space-occupying lesions in the region of the thalamus by cerebral angiography.
Acta Radiol (Diagn) 1963; 1: 373-384.
94. Pujol J, Junque c, Vendrell P, Grau JM, Capdevila A. Reduction of the substantia nigra width and motor decline in aging in Parkinson`s disease.
Arch Neurol 1992; 49: 1119-1122.
95. Raininko R, Autti T, Vanhanen SL, Ylikos A, Erkinjuntti T, Santavuori P. The normal brain stem from infancy to old age.
Neuroradiology 1994; 36: 364-368.
96. Raz N, Torres IJ, Spencer WD, White K, Acker JD. Age-related regional differences in cerebellar vermis observed in vivo.
Arch Neurol 1992; 49: 412-416.
97. Raz N, DupuisJH, Briggs SD, McGavran C, Acker JD. Differential effects of age and sex on the cerebellar hemispheres and the vermis: a prospective MR study.
Am J Neuroradiol 1998; 19: 65-71.
98. Rhoton AL Jr. Anatomy of saccular aneurysms.
Surg Neurol 1980; 14: 59-66.

99. Rhoton AL Jr, Yamamoto I, Peace DA. Microsurgery of the third ventricle: part 2. Operative approaches. *Neurosurgery* 1981; 8: 357-373.
100. Rhoton AL Jr. Tentorial Incisura. *Neurosurgery* 2000; 47(3 Suppl): 131-153.
101. Rhyu IJ, Cho TH, Lee NJ, Uhm CS, Kim H, Suh YS. Magnetic resonance image-based cerebellar volumetry in healthy Korean adults. *Neurosci Lett* 1999, 270: 149-152.
102. Rosomoff HL. The subtemporal-transtentorial approach to the cerebello-pontine angle. *Laryngoscope* 1971; 81: 1448-1454.
103. Rottenberg N, Minciu E, Rottenberg F, Matusz P, Poenaru D, Corneanu D, Valceanu D. The vascular morphometry of some brain stem parts. *Morphol Embryol (Bucur)* 1985; 31(4): 239-243.
104. Sahuquillo J, Rubio E, Poca MA, Rovira A, Rodriguez-Baeza A, Cervera C. Posterior fossa reconstruction: a surgical technique for the treatment of Chiari I malformation and Chiari I/syringomyelia complex – preliminary results and magnetic resonance imaging quantitative assessment of hindbrain migration. *Neurosurgery* 1994; 35(5): 874-884; discussion 884-885.
105. Salat D, Ward A, Kaye JA, Janowsky JS. Sex differences in the corpus callosum with aging. *Neurobiol Aging* 1997; 18: 191-197.
106. Salmenpera T, Kalviainen R, Partanen K, Pitkanen A. Hippocampal and amygdaloid damage in partial epilepsy: a cross-sectional MRI study of 241 patients. *Epilepsy Res* 2001; 46: 69-82.

107. Samii M, Carvalho GA, Tatagiba M, Matthies C, Vorkapic P. Meningiomas of the tentorial notch: surgical anatomy and management.
J Neurosurg 1996; 84(3): 375-381.
108. Satoh J, Mizutani T, Morimatsu Y. [Morphometry of the brainstem with transverse section of the upper pons].
No To Shinkei 1987; 39(2): 163-168. Japanese.
109. Saxena RC, Beg MAQ, Das AC. The straight sinus.
J Neurosurg 1974; 41: 724.
110. Schisano G, Olivecrona H. Neurinomas of the Gasserian ganglion and trigeminal root.
J Neurosurg 1960; 17: 306-322.
111. Schubinger O, Valavanis A, Hayek J, et al. Neuroma of the cavernous sinus.
Surg Neurol 1980; 13: 313-316.
112. Sen CN, Sekhar LN. The subtemporal and preauricular infratemporal approach to intradural structures ventral to the brain stem.
J Neurosurg 1990; 73(3): 345-354.
113. Shah SA, Doraiswamy PM, Husain MM, Figiel GS, Figiel GS, McDonald WM, Ellinwood EH, Krishnan KR. Assessment of posterior fossa structures with midsagittal MRI: the effects of age.
Neurobiol Aging 1991; 12: 371-374.
114. Smith ER, Chapman PH, Ogilvy CS. Far posterior subtemporal approach to the dorsolateral brainstem and tentorial ring: technique and clinical experience.
Neurosurgery 2003; 52(2): 364-368.
115. Sohmiya M, Tanaka M, Aihara Y, Hirai S, Okamoto K. Age-related structural changes in the human midbrain: An MR image study.
Neurobiol Aging 2001; 22: 595-601.

116. Strassburger TL, Lee HC, Daly EM, Szczpanik J, Krasuski JS, Mentis MJ, Salerno JA, DeCarli S, Schapiro MB, Alexander GE. Interactive effects of age and hypertension on volume of brain structures.
Stroke 1997; 28: 1410-1417.
117. Sunderland S. The tentorial notch and complications produced by herniation of the brain through that aperture.
Br J Surg 1957/58; 45: 422-438.
118. Szabo CA, Lancaster JL, Xiong J, Cook C, Fox P. MR imaging volumetry of subcortical structures and cerebellar hemispheres in normal persons.
Am J Neuroradiol 2003; 24(4): 644-647.
119. Tönnis W, Frowein RA, Loew F, Grote W, Hemmer R, Klug W, Finkemeyer H. Organisation der Behandlung schwerer Schädel-Hirn-Verletzungen.
Arbeit und Gesundheit 1968; 79: 33-58. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
120. Uematsu M, Kaiya H. Cerebellar vermis size predicts drug response in schizophrenic patients: a magnetic resonance imaging (MRI) study.
Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry 1988; 12: 837-848.
121. Uematsu M, Kaiya H. Midsagittal cortical pathomorphology of schizophrenia: a magnetic resonance imaging study.
Psychiatry Res 1989; 30: 11-20.
122. Van Wagenen WP. A surgical approach for the removal of certain pineal tumors. Report of a case.
Surg Gynecol Obstet 1931; 53: 216-220.
123. Wen DY, Heroes RC. Surgical approaches to the brain stem.
Neurosurg Clin N Am 1993; 4(3): 457-468.

124. Whalley HC, Wardlaw JM. Accuracy and reproducibility of simple cross-sectional linear and area measurements of brain structures and their comparison with volume measurements.
Neuroradiology 2001; 43(4): 263-271.
125. Wigand ME, Rettinger G, Haid T, Berg M. The enlarged transtemporal approach to the cerebello-pontine angle. Technique and indications.
Acta Otorhinolaryngol (Ital) 1982; 2: 5712-5782.
126. Wigand ME, Haid T, Berg M, Rettinger G. Die Ausräumung von Oktavusneurinomen des Kleinhirnbrückenwinkels mit transtemporalem Zugang über die mittlere Schädelgrube.
HNO 1985; 33: 11-16.
127. Winkler PA, Weis S, Wenger E, Herzog C, Dahl A, Reulen HJ. The transcallosal approach to the third ventricle: normative morphometric data based on magnetic resonance imaging scans, with special reference to the fornix and forniceal insertion.
Neurosurgery 1999; 45: 309-319.
128. Winkler PA. Mikroneurochirurgie pathologischer Prozesse im Bereich des dritten Ventrikels unter besonderer Berücksichtigung des vorderen transcallosalen Zugangsweges – morphometrische, neuroanatomische und neuropsychologische Untersuchungen.
Habilitationsschrift, München 2000.
129. Yaşargil MG, Antic J, Laciga R, et al. Arteriovenous malformations of vein of Galen : microsurgical treatment.
Surg Neurol 1976; 6: 195-200.
130. Yucel K, Hakyemez B, Prlak M, Oygucu IH. Morphometry of some elements of limbic system in normal population: a quantitative MRI study.
Neuroanatomy 2002; 1: 15-21.

131. Zahajsky, J, Dickey CC, McCarley RW, Fischer IA, Nestor P, Kikins R, Shenton ME.
A quantitative MR measure of the fornix in schizophrenia.
Schizophr Res 2001; 47: 87-97.

8. CURRICULUM VITAE

Persönliche Daten

Name: ARDESHIRI
Vorname: Ardeshir
Geburtsdatum /-ort: 23.11.1978 in Teheran (Iran)
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig

Schulischer Werdegang

12/85 – 06/95 Grunds Schule und Gymnasium in Flensburg (bis Ende 10. Klasse)
09/95 – 06/98 Gymnasium in Schwabmünchen (11. – 13. Jahrgangsstufe)
Abschluss: Abitur (Note: 1,2)

Studium

11/98 – 04/05 Medizinstudium an der LMU München
08/00 Physikum (Note: 1,33)
08/01 1. Staatsexamen (Note: 1,0)
09/03 2. Staatsexamen (Note: 1,0)
04/05 3. Staatsexamen (Note: 1,0)
Gesamtnote: 1,0

Famulaturen

09/00 – 10/00 Famulatur in der Chirurgie, Krankenhaus Schwabmünchen
02/01 – 03/01 Famulatur in der Klinik für Allgemein- und Visceralchirurgie
am Zentralklinikum Augsburg (Prof. Witte)
03/02 – 04/02 Allgemeinmedizinische Praxis

07/02 – 08/02 Neurochirurgische Klinik des Universitätsklinikums Großhadern
München (Prof. Tonn)
08/02 – 09/02 Neurochirurgie am International Neuroscience Institute
Hannover (Prof. Samii)

Praktisches Jahr

04/04 – 08/04 Chirurgie am Universitätsklinikum Großhadern München
04/04 – 06/04 Gefäßchirurgie (Prof. Lauterjung)
06/04 – 08/04 Neurochirurgie (Prof. Tonn)
08/04 – 11/04 Innere Medizin (Kardiologie) am Zentralklinikum Augsburg
(Prof. v. Scheidt)
11/04 – 03/05 Radiologie am Universitätsklinikum Großhadern (Prof. Reiser)

Beruflicher Werdegang

18.05.05 – 31.08.05 Assistenzarzt an der Chirurgischen Klinik Dr. Rinecker
München
seit 01.11.06 Assistenzarzt an der Neurochirurgischen Klinik, Klinikum
Großhadern, LMU München

Weitere Tätigkeiten

10/03 – 04/04 Aushilfskraft bei der medizinischen Beratungsfirma 4Sigma
in Oberhaching
09/04 – 10/04 Tutor beim Intensivkurs Neuroanatomie in München
(Leitung: Prof. A. Danek), speziell Hirnpräparation

9. DANKSAGUNG

Ich möchte innig Herrn Privatdozenten Dr. Peter A. Winkler danken, der mir die vorliegende Arbeit anvertraut hat. Er hat mich während dieser Zeit intensivst betreut, unterstützte mich und half mir jederzeit bei Problemen. Dr. Winkler hat mich in das faszinierende Gebiet der Neurochirurgie eingeweiht und mich vor allem mit der Mikroanatomie und der Morphometrie des Gehirns vertraut gemacht. Während meiner Famulatur und meines Praktischen Jahres an der Neurochirurgischen Klinik Großhadern nahm er sich meiner besonders an und brachte mir verschiedene klinische und operative Fähigkeiten bei. Er war aber für mich auch ein Lehrer im Umgang mit Patienten. Ich habe viel von Herrn Dr. Winkler während dieser klinischen Zeit gelernt und bin fest davon überzeugt, dass mir diese Erfahrungen für den Arztberuf von unschätzbarem Wert sind. Ich möchte Dr. Winkler auch für seine ästhetischen Zeichnungen danken. Ich hoffe, dass unsere Zusammenarbeit weiter fruchten kann.

Herrn Prof. Dr. Jörg-Christian Tonn, Direktor der Neurochirurgischen Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München, möchte ich meinen besonderen Dank aussprechen, da er mir die Möglichkeit gab, die Dissertation am Labor für Neurochirurgische Mikroanatomie (Leitung: Priv. Doz. Dr. Winkler) der Neurochirurgischen Klinik durchzuführen. Ich möchte ihm auch dafür danken, dass ich eine Famulatur und ein Teil meines Praktischen Jahres an der Neurochirurgischen Klinik verbringen durfte. Während dieser Zeit habe ich klinische Erfahrung sammeln dürfen und dabei viel von Prof. Tonn gelernt. Prof. Tonn hat dabei große Begeisterung in mir für dieses Fach wecken können.

Mein großer Dank gilt Herrn Dipl. Ing. Emanuel Wenger von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien. Durch seine Hilfe bei der Programmierung der Software für die morphometrischen Ausmessungen und seine tatkräftige Unterstützung war es uns möglich, die Messungen so genau durchzuführen. Ich danke ihm für seine tatkräftige Hilfe während der gesamten Zeit.

Herrn Dr. Markus Holtmannspötter (Neuroradiologische Klinik der LMU München) und Herrn Dr. Christian Vollmar (Neurologische Klinik der LMU München) danke ich sehr für die Unterstützung bei der Akquirierung der MPRAGE-Sequenzen für die Morphometrie.

Herrn Prof. Eisenmenger, Direktor des Rechtsmedizinischen Instituts der LMU München, und seinen Mitarbeitern möchte ich für die Hilfe bei der Besorgung der Präparate danken.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinen lieben Eltern Jaleh Davar und Homayoun Ardeshiri und meinem Bruder Ardavan Ardeshiri. Sie haben mich während meines bisherigen Lebens stets unterstützt und standen mir immer zu Hilfe. Meine Eltern haben mir mein Studium und alles weitere in meinem Leben ermöglicht. Ich bin ihnen dafür auf immer und ewig zu

tiefstem Dank verpflichtet. Ohne Ihre Unterstützung hätte ich vieles in meinem Leben nicht erreicht. Wenn ich Ihnen auch nur einen Teil, von dem, was sie für mich getan haben, zurückgeben könnte, würde ich sehr glücklich werden. Meinem Bruder, der gleichzeitig mein bester Freund und auch ein Teil von mir selbst ist, in Worten zu danken, kann ich nicht, da mir keine entsprechenden Worte bekannt sind, die meinen Dank zum Ausdruck bringen könnten. Er ist in vielen Belangen ein Vorbild für mich und seine Unterstützung mir gegenüber ist kaum zu beschreiben. Ich danke ihm von tiefstem Herzen für alles, was er für mich getan hat.

10. ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig angefertigt habe. Ich habe mich außer der angegebenen Hilfsmittel keiner weiteren Hilfsmittel bedient und habe alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter der Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen.

Ich habe bisher keine Dissertation eingereicht und keine Doktorprüfung abgelegt. Die hier vorliegende Dissertation ist nicht in gleicher oder ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht worden.

Ardeshir Ardeshiri