

**Aus der Neurochirurgischen Klinik und Poliklinik**

**der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Vorstand: Prof. Dr. med. J.-C. Tonn**

**DER SUBFRONTALE TRANS-LAMINA TERMINALIS-ZUGANG  
ZUM III. VENTRIKEL – EINE MIKROANATOMISCHE STUDIE**

**Dissertation**

**zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin**

**an der Medizinischen Fakultät der**

**Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

**vorgelegt von**

**Susanne Rötzer**

**aus**

**Cham (Oberpfalz)**

**Jahr**

**2003**

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

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

Mitberichterstatter: Prof. Dr. W. Lange  
Priv. Doz. Dr. K. Bötzel

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Priv. Doz. Dr. med. Peter A. Winkler

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 05. Juni 2003

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1 EINFÜHRUNG.....	1
1.2 HISTORISCHES .....	2
1.3 EMBRYOLOGISCHE ENTWICKLUNG.....	3
1.4 HÄUFIGE LÄSIONEN IM BEREICH DES VORDEREN III. VENTRIKELS.....	5
1.5 MIKROCHIRURGISCHE ZUGANGSWEGE ZUM VORDEREN TEIL DES III. VENTRIKELS.....	6
1.5.1 <i>Der subfrontale trans-lamina terminalis-Zugang</i> .....	6
1.5.2 <i>Andere Zugänge</i> .....	7
<b>2. ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN</b> .....	<b>9</b>
2.1 MORPHOMETRISCHE STANDARDISIERUNG .....	9
2.2 EINFÜHRUNG ZUVERLÄSSIGER LANDMARKEN FÜR DIE MIKRONEUROCHIRURGIE .....	9
2.3 EXAKTE TOPOGRAPHISCH-MORPHOLOGISCHE BESCHREIBUNG DES OLFAKTORISCHEN SYSTEMS .....	9
2.4 MORPHOMETRISCHE UND TOPOGRAPHISCHE ERFASSUNG VON CHIASSMA OPTICUM, LAMINA TERMINALIS UND ARTERIA COMMUNICANS ANTERIOR (ACoA) .....	9
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>10</b>
3.1 UNTERSUCHUNGSMATERIAL (PRÄPARATE).....	10
3.2 MEßTECHNIK UND MEßINSTRUMENTARIUM .....	10
3.3 PRÄPARATION .....	10
3.3.1 <i>Oberflächliche Landmarken</i> .....	11
3.3.2 <i>Dissektionen</i> .....	12
3.3.3 <i>Vermessungen</i> .....	13
3.4 DETAILERFASSUNG DER MIKROANATOMISCHEN PRÄPARATION .....	15
3.5 DOKUMENTATION .....	15
3.6 STATISTISCHE ANALYSE.....	15
<b>4. ERGEBNISSE</b> .....	<b>16</b>
4.1 ANATOMISCHE LANDMARKEN .....	16
4.1.1 <i>Sulcus frontomarginalis (SFM)</i> .....	16
4.1.2 <i>Das olfaktorische System - Bulbus olfactorius (BO) und Tractus olfactorius (TO)</i> .....	19
4.1.3 <i>Weitere neurale Strukturen</i> .....	24
4.1.4 <i>Vaskuläre Strukturen</i> .....	28
4.2 DISTANZEN .....	28

<b>5. DISKUSSION .....</b>	<b>36</b>
5.1 METHODIK.....	36
5.2 ANATOMISCHE LEITSTRUKTUREN.....	37
5.2.1 <i>Sulcus frontomarginalis</i> .....	37
5.2.2 <i>Olfaktorisches System</i> .....	39
5.3 NEURALE STRUKTUREN .....	44
5.4 VASKULÄRE STRUKTUREN .....	47
5.5 KLINISCHE ANWENDBARKEIT DES SUBFRONTALEN ZUGANGSWEGES.....	49
5.5.1 <i>In der Mikrochirurgie</i> .....	49
5.5.2 <i>Prä- und postoperative Anosmie</i> .....	51
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>53</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>55</b>
<b>8. DANKSAGUNG .....</b>	<b>66</b>
<b>9. ERKLÄRUNG.....</b>	<b>68</b>
<b>10. CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>69</b>

# 1. EINLEITUNG

## 1.1 Einführung

Neurochirurgische Eingriffe an Läsionen und raumfordernden Prozessen im Bereich des III. Ventrikels stellen nach wie vor hohe Anforderungen an den Neurochirurgen und verlangen deshalb exakte Planung und detaillierte Kenntnisse dieser Region und ihrer Zugangswege. Die Einführung verbesserter Operationstechniken und vor allem die Mikroneurochirurgie haben eine Erweiterung des Indikationsspektrums zur operativen Therapie dieser Läsionen nach sich gezogen; gleichzeitig aber wird eine neurologisch und neuropsychologisch unauffällige oder gebesserte postoperative Situation des Patienten postuliert. Aus diesem Grunde ist es nötig, ein Konzept zur Vermeidung von Komplikationen zu erstellen. Unser Konzept besteht aus drei Säulen:

1. Erfassen der mikroanatomischen Details und der Topographie der neuralen und vaskulären Strukturen entlang eines Zugangsweges sowie Einführung von Landmarken.
2. Morphometrie auf der Basis von bildgebenden Verfahren für den individuellen Patienten.
3. klinische Anwendung der mikroanatomischen und bildgebenden Daten in Studien und Auswertung der Daten zur Verbesserung der Operationstechnik und Vermeidung von Komplikationen.

Die vorliegende Studie befasst sich mit dem subfrontalen Zugangsweg über die Lamina terminalis zum III.Ventrikel. Ziele der Studie waren, die enthaltenen neuralen und vaskulären Strukturen, die funktionell und für das Behandlungsergebnis des Patienten von Bedeutung sind, zu identifizieren, regelmäßig vorhandene Strukturen als Landmarken auszuweisen und diese Strukturen miteinander in räumliche Beziehung zu setzen. Dabei haben wir besonderes Augenmerk auf das olfaktorische System, die Commissura anterior, das Chiasma opticum und den Sulcus frontomarginalis sowie die Arteria communicans anterior gelegt. Denn die entsprechenden Komplikationen sind Anosmie, neuropsychologische Defizite, Sehstörungen und Blutungen. Der Sulcus frontomarginalis sollte als topographisch zuverlässige Landmarke bei diesem subfrontalen Zugangsweg zum ersten Male untersucht werden.

## 1.2 Historisches

Bereits im Jahre 1910 unternahm Dean D. Lewis von der Northwestern University in Chicago den ersten Versuch, einen Tumor aus dem vorderen Teil des III. Ventrikels auf dem erwähnten subfrontalen Wege zu entfernen. Den Mittelpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit bildete zu jener Zeit die makroskopische und histologische Einordnung einer Vielzahl von Tumoren der Hypophyse, deren Beschreibung in der Literatur uneinheitlich war, und die deshalb keiner bis dahin geläufigen Kategorie zugeordnet werden konnten. Sein Verdienst war es, den gemeinsamen Ursprung jener Tumoren zu finden und sie als *Kraniopharyngeome* zu klassifizieren.

Ein unbestrittener Pionier in der systematischen Erforschung der Region des III. Ventrikels war Walter Dandy. Neben zahlreichen Untersuchungen der Hypophyse (1913) und des Liquor cerebrospinalis (1914) revolutionierte er die diagnostischen Möglichkeiten des Neurochirurgen mit der Einführung von Ventrikulographie und Pneumencephalographie (1918 über direkte Instillation von Luft in das Ventrikelsystem und 1919 über spinale Luftinstillation, die sich schließlich durchgesetzt hat). Schon im Jahre 1921 beschrieb er einen transcallosalen Zugang zum III. Ventrikel, später, 1945, eine rechts-frontale Exzision und Zugang über das Foramen interventriculare von Monro.

Gordy et al. schafften es 1949 zum ersten Mal, ein Kraniopharyngeom im Bereich des III. Ventrikels vollständig zu entfernen; danach wurden Versuche der Totalexzision dieser Tumoren weltweit in Angriff genommen, jedoch mit dem Preis einer anfangs enorm hohen Mortalitätsrate von bis zu 57%.

Mit dem Einzug der Steroidersatztherapie Anfang der 50-er Jahre (Ingraham, 1952) und den sich neu eröffnenden Möglichkeiten der Ende der 60-er Jahre etablierten Mikroneurochirurgie (Yasargil, 1969) sowie mit konsequenter Einführung des Operationsmikroskopes 1967 konnte die Operationsmortalität erheblich gesenkt werden. Seither konnten zahlreiche Zugangswege zum III. Ventrikel beschrieben, verbessert und standardisiert werden.

Im Zuge des technischen Fortschrittes, der Verfeinerung des Operationsinstrumentariums und nicht zuletzt der detaillierten mikroanatomischen Kenntnisse wurde es möglich, minimal invasive Techniken auszuarbeiten sowie die Endoskopie und Stereotaxie in den klinischen Alltag des Neurochirurgen einzuführen.

### 1.3 Embryologische Entwicklung

Der Aufbau des III. Ventrikels und seiner umgebenden Strukturen ist sehr komplex. Es bietet sich deshalb an, durch Einblick in deren Entwicklungsgeschichte die Strukturierung und Schichtung der vorliegenden Gewebe zu veranschaulichen, um daraus Folgerungen für die Zugangsplanung zu ziehen.

Der Ursprung des III. Ventrikels entstammt dem Diencephalon, von dem er sich etwa in der dritten Gestationswoche am rostralen Ende des Neuralrohres in das umgebende Mesoderm absondert. Am distalen Ende bildet sich die Rathke'sche Tasche aus, die den Ursprung des Hypophysenvorderlappens bildet und stets getrennt von den umgebenden, rasch proliferierenden, cerebralen Vesikeln bleibt. Dorsal der Rathke'schen Tasche wird das Infundibulum mit Hypophysenhinterlappen aus dem Vorderhirnbläschen ausgestülpt. Letzteres erhält an den lateralen Wänden Anschluß zum III. Ventrikel - die späteren Foramina von Monro. Ebendort bilden sich aus rasch wachsenden Zellen aus Diencephalon und angrenzender Hemisphärenventrikelwand Thalamus und Hypothalamus, während sich die Basalganglien lateral davon als Teil der Hemisphären entwickeln.

Das Dach des Diencephalonbläschens bildet eine U-förmige Einsenkung, das spätere Velum interpositum, dessen Stroma den Ursprung des Plexus chorioideus sowohl der Seitenventrikel als auch des Daches des III. Ventrikels bildet.

Das Corpus callosum entsteht aus einer sich von frontal nach occipital entwickelnden Faserplatte aus den beiden Hemisphärenvesikeln. Darunter bildet sich der Fornix aus, dazwischen persistiert das Septum pellucidum.

Die Lamina terminalis ist, entwicklungsgeschichtlich gesehen, der Abschluss der vorderen Begrenzung des Vorderhirnbläschens (Prosencephalon) bzw. des gesamten Neuroporus anterior. Sie bleibt im Wachstum zurück und wird von den Hemisphärenbläschen gleichermassen umstülpt und verschwindet in der Versenkung im späteren Interhemisphärenspalt. Die Lamina terminalis ist als Verbindung zwischen dem Rostrum corporis callosi und der vorderen, oberen Begrenzung des III. Ventrikels, dem Recessus supraopticus, zu sehen. Im adulten Gehirn stellt die Lamina terminalis damit den rostralen Abschluss dieses Ventrikels dar; betrachtet man seine Silhouette als Sagittalschnitt eines Vogelkopfes, stellt sich die Lamina terminalis als sein „oberer Schnabelanteil“ dar. Damit enthält die Lamina terminalis entwicklungsgeschichtlich keine Kommissurenfasern und kann bei diesem Zugangsweg durchtrennt werden.

In der Lamina terminalis enthalten ist das Organon vasculosum laminae terminalis (OVLT). Es ist eines der zirkumventrikulären Organe und hat als charakteristisches Merkmal eine aufgehobene Blut-Hirn-Schranke. Es besteht aus zwei Schichten, einer glialen, mehr dem Lumen des III. Ventrikels zugewandten, und einer vaskulären, die mehr im Zentrum der Lamina terminalis liegt. Beim Menschen ist die Funktion dieses Organs weitestgehend

unbekannt. Es liegen keine Untersuchungen vor, die beim Menschen neuropsychologische oder neuroendokrinologische Funktionen dieses Organs nachweisen, so dass eine Verletzung oder Zerstörung des Organs keine Defizite in diesem Bereich zur Folge haben sollte. Ebenso ungeklärt ist die Funktion der übrigen Zirkumventrikulärorgane. Dazu gehört das Subfornicalorgan, welches in Höhe der Foramina Monroi an der vorderen Begrenzung zwischen Corpus fornycis und Columna fornycis lokalisiert ist, die Area postrema im Bereich des lateralen Recessus des IV.Ventrikels, die Paraphyse und das Subkommissuralorgan.



## **1.4 Häufige Läsionen im Bereich des vorderen III. Ventrikels**

Das Spektrum an Tumoren in und um den vorderen Teil des III. Ventrikels ist sehr vielfältig (Allen & Lovell, 1932; Stein, 1980; Konovalov, 1992). Aus neurochirurgisch-technischen Gründen kann man diese Tumoren nach Apuzzo (1998) in drei Gruppen einteilen:

### 1. Primär intraventrikuläre Prozesse

Primär intraventrikuläre Prozesse haben per definitionem ihren Ursprung in intraventrikulären Strukturen, können jedoch sekundär Anschluß an die Ventrikelwände haben. Hierzu zählen Kolloidzysten, Plexuspapillome oder -karzinome, Ependymome, Kraniopharyngeome (rein intraventrikuläre), Riesenzellastrozytome, Zystizerkosezysten und Meningeome. Auch Blutungen aus Aneurysmen, cavernösen Angiomen, Cavernomen oder arterio-venösen Malformationen (AVM) sind nicht selten.

### 2. Primär von den Ventrikelwänden ausgehende Prozesse

Sie haben ihren Ursprung in Strukturen der Ventrikelwände und können sich nach intraventrikulär ausbreiten. Hierzu zählen Astrozytome, Lymphome, Subependymome, Kraniopharyngeome, Abszesse, Karzinometastasen, cavernöse Angiome und arterio-venöse Malformationen.

### 3. Primär extraventrikuläre, basal gelegene Prozesse

Diese letzte Gruppe von Tumoren hat ihren Ursprung in basal und außerhalb des III. Ventrikels gelegenen Strukturen. Sie schließt ein: Meningeome (Olfaktorius-, Diaphragma sellae- oder Plenum sphenoidale-Meningeome), Hypophysenadenome, Kraniopharyngeome, Epidermoide, Dermoide, supraselläre Germinome, Arachnoidzysten und Aneurysmen des Circulus arteriosus Willisii.

## 1.5 Mikrochirurgische Zugangswege zum vorderen Teil des III. Ventrikels

### 1.5.1 Der subfrontale trans-lamina terminalis-Zugang

Der subfrontale Korridor als Zugang zu Prozessen im Bereich der vorderen Schädelbasis wird nach der Erstbeschreibung durch Lewis (1910) bereits seit Jahrzehnten in der einschlägigen Literatur erwähnt und empfohlen (Poppen, 1964; Shillito, 1980; Suzuki, 1984; Konovalov, 1992; Patterson, 1998). Verschiedenste Arten von Raumforderungen wie supraselläre Meningeome, Arteria communicans anterior-Aneurysmen, Kraniopharyngeome und eine Vielzahl von Prozessen in und um den vorderen III.Ventrikel können auf diesem Wege operativ entfernt werden.

Neben detaillierten Beschreibungen der Operationstechnik ist jedoch bisher keine systematische mikroanatomische Studie über diesen Zugangsweg veröffentlicht worden; dies war uns Anlaß dafür, die spezielle Topographie der entlang dieses Korridors gelegenen Strukturen näher zu untersuchen, reproduzierbare Landmarken zu finden und damit anatomisches Detailwissen im klinischen Alltag anwendbar zu machen.

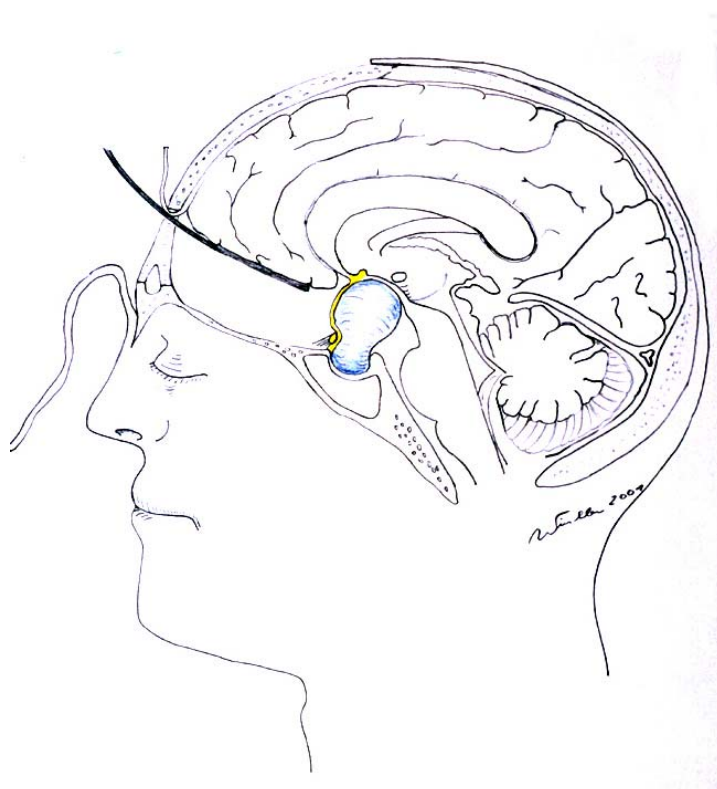


Abb. 1 zeigt einen medianen Sagittalschnitt zur schematischen Darstellung des subfrontalen Zugangsweges. Dabei wird der Frontallappen mit einem Spatel eleviert.

### **1.5.2 Andere Zugänge**

Der Vollständigkeit halber sollen hier alle weiteren Zugänge zum vorderen III.Ventrikel erwähnt werden:

#### **■ Bifrontaler vorderer interhemisphärischer Zugang**

Ein Vorteil dieses Zuganges ist das weite Operationsfeld mit sehr guter Einsehbarkeit. Er ist geeignet für Prozesse am Frontalhirn, der vorderen Schädelgrube, der Chiasmaregion und dem vorderen Abschnitt des III.Ventrikels (Suzuki, 1984).

#### **■ Vorderer transcallosaler und transcorticaler Zugang**

Dieser Zugang ist besonders geeignet für größere Prozesse im vorderen und mittleren Bereich des III.Ventrikels, vor allem wenn sie dessen Dach in Mitleidenschaft ziehen (Shucart, 1978).

#### **■ Transcallosal-interfornicealer sowie transcallosal-transforaminaler Zugang**

Auch dieser Zugang ist besonders für Läsionen im vorderen Abschnitt des III.Ventrikels geeignet; er besticht durch eindeutige anatomische Landmarken und gute Einsehbarkeit in das Lumen des III.Ventrikels (Apuzzo, 1982; Winkler, 1997, 1999 und 2000).

#### **■ Transnasaler transsphenoidaler Zugang**

Indikation für diesen Weg sind intraselläre Prozesse, besonders Hypophysentumoren, sowie über die Sellaebene hinausreichende Läsionen (Guiot, 1978).

#### **■ Pterionaler Zugang**

Er findet hauptsächlich Anwendung in der Aneurysmachirurgie (Yasargil, 1975). Vorteil ist die kurze Strecke zwischen Eintritts- und Zielpunkt, Nachteil ist die schlechte und nur seitliche Exposition des Operationsfeldes (Patterson, 1998).

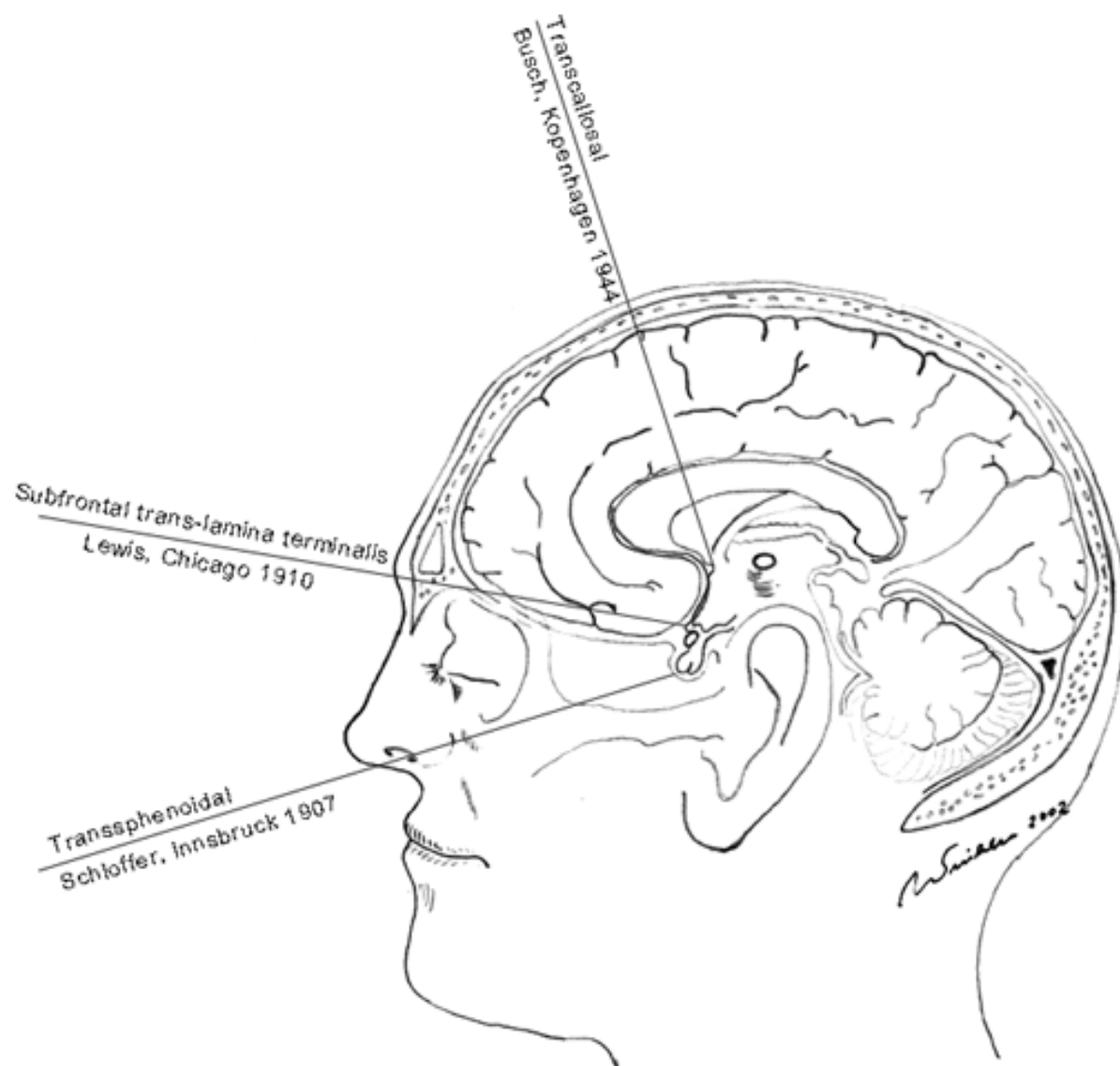


Abb. 2: Medianer Sagittalschnitt zur schematischen Darstellung der wichtigsten mikrochirurgischen Zugangsarten zum vorderen III.Ventrikel, jeweils mit Erstbeschreiber.

## **2. ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN**

### **2.1 Morphometrische Standardisierung**

Ziel ist die Beschreibung bzw. Neubeschreibung anatomischer Strukturen entlang des subfrontalen Korridors über die Lamina terminalis in den III.Ventrikel. Dabei soll deren Topographie durch exakte Vermessung und Angabe von Distanzen, Längen- und Größenverhältnissen veranschaulicht und eine gewisse Standardisierung des Zugangsweges erreicht werden.

### **2.2 Einführung zuverlässiger Landmarken für die Mikroneurochirurgie**

Im Rahmen der mikroanatomischen Präparation war geplant, einzelne anatomische Strukturen als Landmarken zu erfassen und auf ihre Konstanz, Reproduzierbarkeit und leichte Auffindbarkeit hin zu überprüfen.

### **2.3 Exakte topographisch-morphologische Beschreibung des olfaktorischen Systems**

Das olfaktorische System, besonders die beim subfrontalen Zugang im Mittelpunkt des Interesses stehenden Strukturen des Bulbus und Tractus olfactorius, deren topographische Lage und Einbettung in die Arachnoidea sollen hier eingehend beschrieben und diskutiert werden.

### **2.4 Morphometrische und topographische Erfassung von Chiasma opticum, Lamina terminalis und Arteria communicans anterior (AcoA)**

als Strukturen im Eingangsbereich zum III.Ventrikel.

### **3. MATERIAL UND METHODEN**

#### **3.1 Untersuchungsmaterial (Präparate)**

Wir untersuchten im Zeitraum von August 1998 bis August 1999 42 formalinfixierte (5% Formalin), ganze Erwachsenengehirne ohne pathologische Veränderungen aus dem Obduktionsgut der Anatomischen Anstalt und des Pathologischen Instituts der Ludwig-Maximilians-Universität München. Die Gehirne wurden unmittelbar nach der Entnahme in Formalinlösung fixiert. Das durchschnittliche Alter betrug 64.8 Jahre (43 bis 91), wobei 57% weiblich und 43% männlich waren. Das Gewicht der Gehirne wurde nicht bestimmt, da aufgrund der Fixierung Gewichtszunahmen von bis zu 50% vorkommen können (Blinkov, 1968). Aufgrund von naturgemäß auftretenden Schädigungen bei der Entnahme der Präparate konnten vereinzelte Daten nicht erhoben werden (Einzelheiten im Kapitel „Ergebnisse“).

#### **3.2 Meßtechnik und Meßinstrumentarium**

Für Distanzmessungen an Strukturoberflächen verwendeten wir Millimeterpapierstreifen, die straff angelegt wurden, so daß keine Einsenkungen im Gewebe in das Meßergebnis einfließen konnten. Für Distanzmessungen im Raum bedienten wir uns entweder Folienstreifen mit Millimeterskala oder des Zirkels. Dickemessungen - wie z.B. Dicke des Chiasma opticum - wurden ebenfalls mit Zirkel vorgenommen und das Ergebnis anschließend an einer Millimeterskala abgelesen.

#### **3.3 Präparation**

Zur Präparation entlang des subfrontalen Korridors erfolgte die Lagerung der Gehirne gemäß der intraoperativen, d.h. in ca. 45° Extension (45° Winkel mit der Vertikallinie), um eine möglichst authentische Situation zu simulieren (Raimondi, 1998). Dabei wurden die Präparate in eine speziell konstruierte Plastikschaale gelegt, die als Boden den Ausguß einer Hirnoberfläche darstellt. Wir verwendeten ausschließlich mikroneurochirurgisches Operationsinstrumentarium, sowie ein Operationsmikroskop der Firma Zeiss (OPMI; Zeiss, Oberkochen).



*Abb. 3: Der subfrontale Zugangsweg in der Übersicht mit Interhemisphärenspalt, olfaktorischem System, Chiasma opticum, Gyri recti und Sulcus frontomarginalis, der in Abb. 4 deutlicher zur Darstellung kommt. Beigefügt sind Messskala und Kennzeichnung des Präparats.*

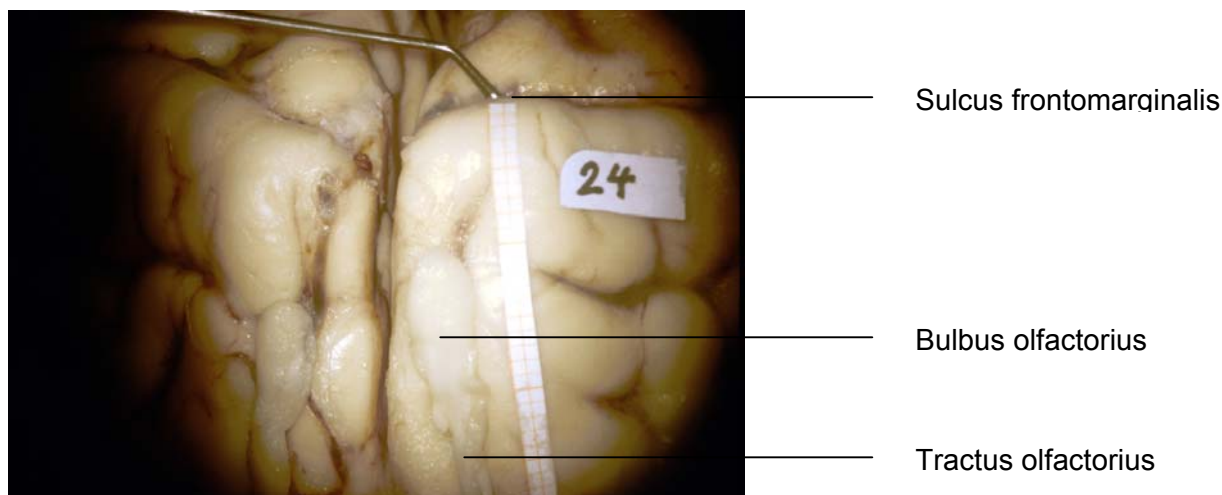
### **3.3.1 Oberflächliche Landmarken**

Der Sulcus frontomarginalis wurde als oberflächliche Leitstruktur wie folgt identifiziert:

Bei Betrachtung des Frontalpols wurden die Gyri frontopolaris transversus superior, medius und inferior aufgesucht. Sie erstrecken sich rostral des Gyri frontalis superior jeweils in horizontaler Ausrichtung medial bis zum Interhemisphärenspalt.

Der rostral des Gyri frontopolaris transversus inferior gelegene Sulcus entspricht dem Sulcus frontomarginalis.

Dieser ist, von basal betrachtet, der erste Sulcus, der sich in Verlängerung des Sulcus olfactorius in horizontaler Richtung (medial häufig bis zum Interhemisphärenspalt) erstreckt und nach lateral einige Zentimeter verfolgt werden kann, bis er entweder in den Sulcus frontalis medialis übergeht, diesen überkreuzt oder blind endet. Der Sulcus frontomarginalis wurde in allen untersuchten Gehirnen aufgefunden und diente daher als erste Landmarke am Frontalpol und als Orientierungsstruktur für die weitere Präparation.



*Abb. 4 zeigt den Sulcus frontomarginalis, der bei unseren Messungen an der Frontobasis des Gehirns als Ausgangsstruktur entlang des subfrontalen Präparationsweges und am weitesten frontal gelegene Landmarke verwendet wurde.*

### **3.3.2 Dissektionen**

Die Dissektionen wurden sämtlich unter dem Operationsmikroskop durchgeführt. Nach entsprechender Lagerung des Gehirnes wurde der Frontalpol mit dem Sulcus frontomarginalis - wie unter 3.3.1 beschrieben - identifiziert. Ausgehend von dieser Landmarke wurden in Richtung Frontobasis der Gyrus rectus und der Sulcus olfactorius beidseits aufgesucht. Anschließend wurden die Bulbi olfactorii dargestellt und die rostrale Begrenzung der Arachnoidea-Umschlagfalte, die eine „Cisterna olfactoria“ um den Riechnerven herum bildet, freigelegt. Diese wurde exemplarisch lateral des Tractus olfactorius bis zum Trigonum olfactorium inzidiert, um eine Ablösung des Riechnerven von der Frontobasis zu gewährleisten. Im folgenden wurden die Arteria communicans anterior (ACoA), die Arteria cerebri anterior (ACA) und die Arteria carotis interna (ACI) identifiziert und stumpf freipräpariert. Nachdem die Gefäße übersichtlich dargestellt worden waren, wurde die Area subcallosa bis zum Sulcus paraolfactorius posterior (Duvernoy, 1991) freigelegt und das Chiasma opticum aufgesucht. Letzteres wurde vorsichtig angehoben und damit der Blick auf die Lamina terminalis ermöglicht, deren Ansatzlinie am Chiasma opticum identifiziert und mit dem Skalpell waagrecht in ca. 1-1,5 cm Länge inzidiert wurde. Nach Eröffnung des III.Ventrikels wurden jeweils lateral die Columnae fornicis, medial die Commissura anterior und, falls möglich, die Venae cerebri internae am Dach des III.Ventrikels aufgesucht.



### 3.3.3 Vermessungen

Bei der Auswahl der zu vermessenden Strukturen und Distanzen legten wir besonderes Augenmerk auf jene, die entlang des Präparationsweges potentiell Schaden nehmen können, sich als Orientierungspunkte anbieten und – dies gilt im speziellen für die Distanzen – die helfen können, in besonders kritischen und unübersichtlichen Bereichen des Operationsfeldes einen sicheren Überblick zu schaffen.

Sie sind in folgender Tabelle aufgeführt. Dabei bedeuten „Pars tecta“ bzw. „Pars libera“ der von Arachnoidea umhüllte bzw. freie Abschnitt des Riechnerven (Details siehe Kapitel „Ergebnisse“).

- A) Sulcus frontomarginalis bis Bulbus olfactorius
- B) Sulcus frontomarginalis bis Beginn der “Pars tecta” N.olfactorii ( Arachnoidea-Umschlagfalte )
- C) Beginn der “Pars tecta” N.olfactorii bis Trigonum olfactorium
- D) “Pars libera” N.olfactorii
- E) Sulcus frontomarginalis bis Sulcus paraolfactorius posterior (Duvernoy, 1991)
- F) Breite des Chiasma opticum
- G) Chiasma: Länge bis zur Insertion der Lamina terminalis
- H) Insertion der Lamina terminalis bis Arteria communicans anterior
- I) Gesamtlänge des Chiasma opticum
- K) Insertion der Lamina terminalis bis Commissura anterior
- L) Arteria communicans anterior bis Commissura anterior

Folgende Skizzen zeigen, mit Pfeilen markiert, die einzelnen Messungen:

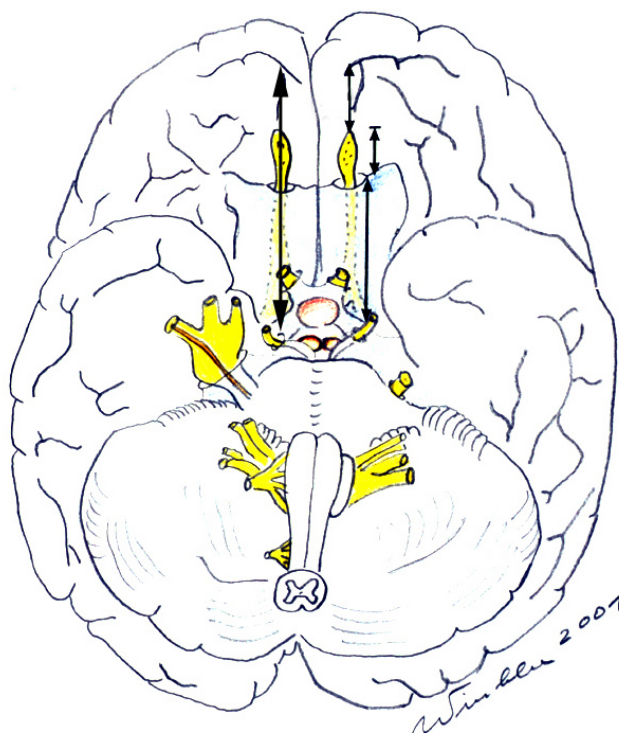


Abb. 5 zeigt schematisch die Messungen entlang des subfrontalen Korridors an der Frontobasis

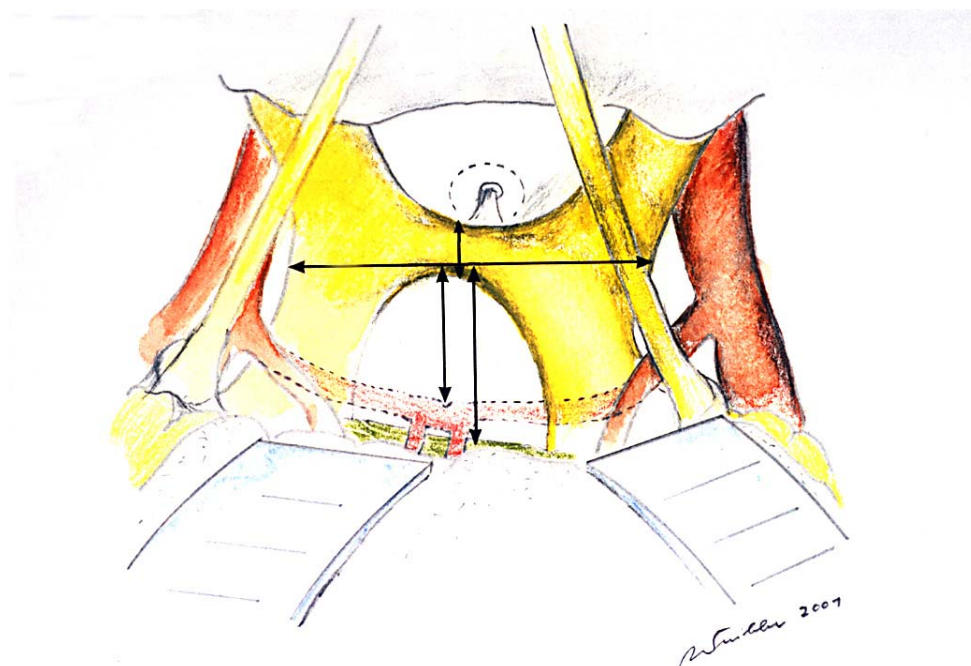


Abb. 6 zeigt schematisch die Messungen am Eingangsbereich zum III. Ventrikel

### **3.4 Detailerfassung der mikroanatomischen Präparation**

Bei der systematischen mikroanatomischen Präparation wurden sowohl anatomisch in der Norm liegende als auch Variationen und insbesondere valide, neu erfasste Landmarken photographisch und tabellarisch dokumentiert. Dabei galt unser Interesse besonders den folgenden Strukturen:

- dem Sulcus frontomarginalis als potentielle Landmarke für den subfrontalen Zugangsweg,
- dem olfaktorischen System und
- dem Eingangsbereich zum III.Ventrikel mit den Strukturen Lamina terminalis, Arteria communicans anterior (ACoA), Chiasma opticum und Commissura anterior.

### **3.5 Dokumentation**

Wir haben folgende Daten in unser Protokoll aufgenommen:

- Alter und Geschlecht der/des Verstorbenen
- Datum der Präparation
- Identifizierung des Präparates

Des weiteren wurde jedes Präparat photographisch festgehalten. Unsere Standardaufnahmen zeigen jedes Gehirn von beidseits lateral, von cranial und basal. Zur Hervorhebung anatomischer Einzelstrukturen wurden zusätzlich Mikrophotos angefertigt.

### **3.6 Statistische Analyse**

Alle Meßdaten wurden in tabellarischer Form für jedes einzelne Präparat dokumentiert. Mittels des statistischen Programmes Microsoft Excel wurden von jeder Meßgröße die Anzahl der Messungen, der Minimal- und Maximalwert, der Mittelwert, die Standardabweichung und die Varianz bestimmt.

## 4. ERGEBNISSE

### 4.1 Anatomische Landmarken

#### 4.1.1 *Sulcus frontomarginalis (SFM)*

Als erste wichtige Landmarke nach entsprechender Lagerung des Gehirnes fanden wir den Sulcus frontomarginalis. Er konnte in allen 42 Präparaten beiderseits aufgefunden werden. Damit stellt er eine konstante Struktur dar, die direkt am Frontalpol in horizontaler Ausdehnung als erster Sulcus rostral des Bulbus olfactorius zu finden ist.

Zur näheren Beschreibung der anatomischen Lage und des Verlaufs dieses Sulcus führten wir an 13 Präparaten weitergehende Untersuchungen durch. Diese 13 Präparate werden in den folgenden Tabellen 1 und 2 mit Nummer 1 bis 13 benannt. Da diese Präparate *nicht* mit den 13 ersten Präparaten aller folgenden Tabellen identisch sind, sollen sie hier der Einfachheit halber im voraus identifiziert werden:

<i>Präparat-Nummer</i>	<i>entspricht Präparat</i>
1	TLT22
2	TLT23A
3	TLT24
4	TLT25
5	GS 2316/94
6	GS 2113/94
7	TLT28
8	TLT29
9	GS 2274/94I
10	TLT 31
11	TLT32
12	33/91
13	GS 2274/94II

Aus Tabelle 1 und 2 wird ersichtlich, welche Lage- und Struktureigenschaften wir dabei in den Mittelpunkt unserer Betrachtungen stellten: Die vertikale Versetzung der Sulci beider Seiten gegeneinander, den Verlauf bis zum Interhemisphärenspalt, seine Länge und Charakterisierung der Gabelungen.

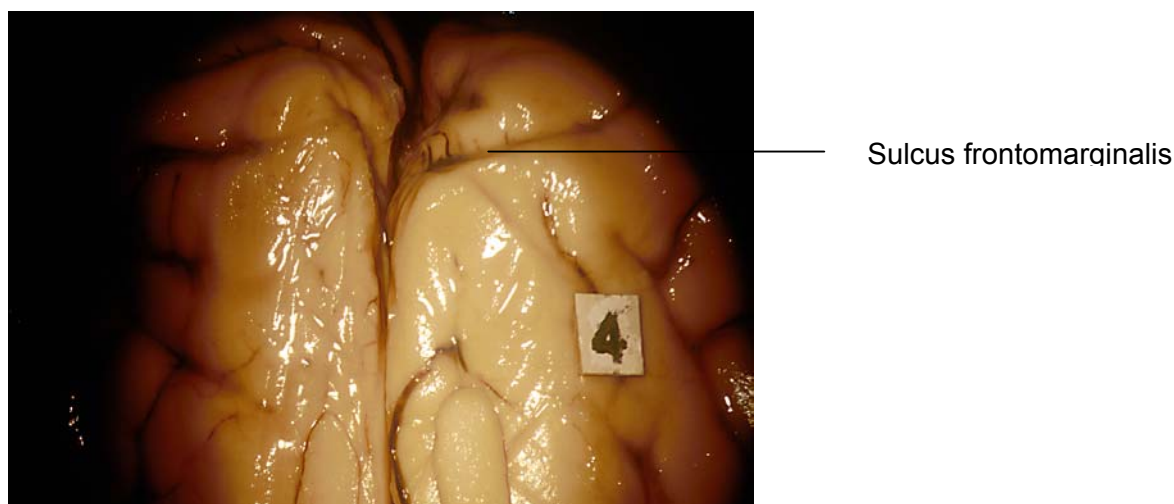
Im Abschnitt „Versetzung gegeneinander“ wurde der jeweils dem Bulbus olfactorius näher liegende Sulcus frontomarginalis als Ausgangsstruktur definiert und mit Null bezeichnet. Dabei galt als Kriterium seine Lage am Interhemisphärenspalt oder seine Hauptachse im Falle einer Gabelung direkt am Interhemisphärenspalt.

Die gemessenen Werte geben an, ob und wie weit die beiden Sulci in vertikaler Ausdehnung gegeneinander versetzt lagen (siehe Abb.7)

In 4 von 13 Fällen (30,8%) befanden sich beide Sulci in gleicher Höhe. Dabei fiel auf, dass der Verlauf der beiden Sulci in diesen 4 Fällen weitgehend spiegelbildlich war, vor allem im Bereich der medialen Abschnitte.

Linksseitig höher lagen die Sulci frontomarginales in 4 von 13 (30,8%), rechtsseitig in 5 von 13 Gehirnen (38,5%). Dabei befand sich der Mittelwert des Lageunterschiedes bei 6,3 mm. Bemerkenswert war zudem, dass die Abweichungen der rechten Seite eine größere Streuung zeigten als die der linken Seite, die sich im Bereich von 5 und 6 mm befanden.

Anschließend wurde der Verlauf des Sulcus frontomarginalis bis zum Interhemisphärenspalt ermittelt. Dabei bedeutet „ja“, dass der Sulcus mindestens bis zur Mantelkante reichte oder sich darüber hinaus in den Interhemisphärenspalt fortsetzte. Dies war in genau der Hälfte der Hemisphären (13 von 26) der Fall, wobei rechts 8 und links 5 Sulci diesen Verlauf zeigten. Jeweils 5 von 13 Gehirnen (38,5%) wiesen das Merkmal „ja“ und das Merkmal „nein“ gleichzeitig auf beiden Seiten auf, in 3 von 13 Fällen (23%) bestand Seitendifferenz.



*Abb. 7 zeigt den Sulcus frontomarginalis. Dabei soll besonderes Augenmerk auf die Eigenschaften „Versetzung gegeneinander“ und „Verlauf bis zum Interhemisphärenspalt“ gelegt werden. Der linksseitige, waagrecht verlaufende Sulcus (hier rechts im Bild) verläuft bis zum Interhemisphärenspalt und ist der am nächsten liegende Sulcus zum Bulbus olfactorius. Die beiden Sulci sind also versetzt gegeneinander.*

Tabelle 1: Der Sulcus frontomarginalis, Teil I (Werte in mm)

Präparat	Versetzung gegeneinander nach rostral		Verlauf bis zum Interhemisphärenspalt	
	re	li	re	li
1	5	0	nein	nein
2	0	5	ja	ja
3	0	5	ja	nein
4	10	0	nein	nein
5	0	0	nein	nein
6	0	6	nein	nein
7	0	0	ja	nein
8	6	0	ja	ja
9	0	0	nein	nein
10	0	0	ja	nein
11	0	6	ja	ja
12	11	0	ja	ja
13	3	0	ja	ja

Die Länge des Sulcus frontomarginalis wurde wie folgt bestimmt:

Im Falle einer Kreuzung mit einem anderen Sulcus wurde zunächst diese Strecke vermessen; der zweite Wert gibt die Gesamtlänge an. Meist jedoch war das laterale Ende des Sulcus identisch mit dem oben erwähnten Kreuzungspunkt. Im Falle einer Gabelung des Sulcus wurde der nach der Gabelung längere Sulcusabschnitt vermessen. Lag die Gabelung medial, wurde dort der Gabelungspunkt als Messpunkt festgelegt.

Damit ergaben sich die in *Tabelle 2* gezeigten Werte. Zur Bestimmung des Mittelwertes verrechneten wir in den Fällen, in denen zwei Werte angegeben sind, den jeweils höheren Wert. Der Mittelwert lag demnach auf der rechten Seite bei 33,6 mm (Minimum 18 mm, Maximum 52 mm), auf der linken Seite bei 29,2 mm (Minimum 11 mm, Maximum 48 mm). Der Gesamtmittelwert betrug 31,4 mm.

Bei der Angabe des Ortes der Gabelung unterschieden wir: medial, im Verlauf, lateral und keine Gabelung.

Eine mediale Gabelung fand sich in 7 von 26 Sulci (27%). Im Verlauf gabelten sich 5 von 26 Sulci (19%). Eine laterale Gabelung konnte in 10 Fällen (38,5%) festgestellt werden, keine Gabelung fanden wir in 6 Fällen (23%). Zwei Sulci wiesen dabei je zwei Gabelungen auf. Auch diese Werte sind der *Tabelle 2* zu entnehmen.



Abb. 8 zeigt den Sulcus frontomarginalis, wie er sich rechts (hier links im Bild) medial gabelt und nicht bis zum Interhemisphärenspalt reicht. Links reicht er ebenfalls nicht bis zum Interhemisphärenspalt, gabelt sich allerdings nicht.

Tabelle 2: Der Sulcus frontomarginalis, Teil II (Werte in mm)

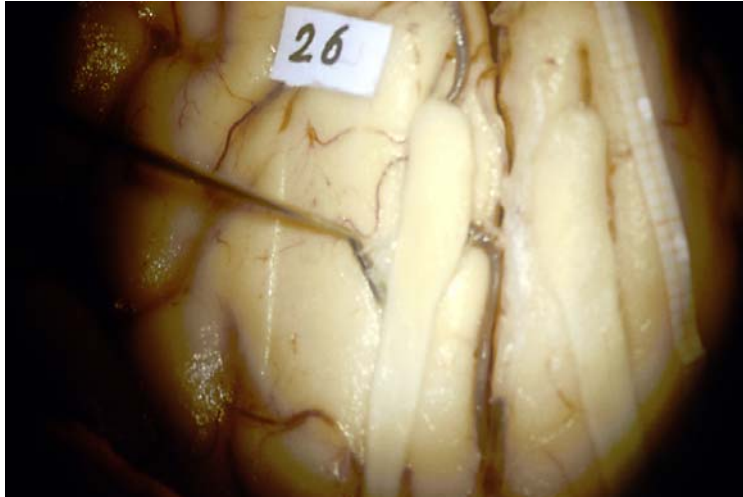
Präparat	Länge bis Kreuzung / bis Ende		Gabelung	
	re	li	re	li
1	26	26	lateral	medial und lateral
2	46	29	im Verlauf	lateral
3	18	32	lateral	lateral
4	26	27/31	keine	medial
5	52	39	medial	lateral
6	33	30	im Verlauf	keine
7	29	26/43	medial	im Verlauf
8	31	20	keine	keine
9	37	16	keine	medial
10	28/47	23/42	im Verlauf und lateral	lateral
11	39	18/26	medial	lateral
12	29	35	medial	im Verlauf
13	24	11	keine	lateral

#### 4.1.2 Das olfaktorische System - Bulbus olfactorius (BO) und Tractus olfactorius (TO)

Der Bulbus olfactorius war durch die Entnahme der Gehirne bei der Obduktion in 3 von 42 (7,1%) Präparaten beiderseits, in 2 Präparaten linksseitig (4,8%) und in einem Präparat rechtsseitig (2,4%) nicht vorhanden oder stark beschädigt. Damit fehlten 9 von insgesamt 84 möglichen Bulbi (entspricht 10,7%). Keiner der verbleibenden 75 Bulbi olfactorii war

makroskopisch missgebildet oder fehlte anlagebedingt, so dass wir den Bulbus olfactorius als konstante Bezugsstruktur in unsere Messungen einbeziehen konnten.

Der Tractus olfactorius war in keinem der Präparate zerstört worden. Er war weder fehlangelegt noch missgebildet und diente damit als Leitstruktur bei allen durchgeführten Präparationen entlang des subfrontalen Korridors.



*Abb. 9 zeigt die Bulbi und Tractus olfactorii im jeweiligen Sulcus olfactorius liegend, dazwischen der Interhemisphärenspalt. Mit dem Häkchen wird die Arachnoidea dargestellt.*



*Abb. 10 zeigt den Tractus olfactorius sowie das Trigonum olfactorium beidseits. Messpunkt für die Länge des Riechnervs ist die Spitze des Dreiecks, an dem die beiden Schenkel auseinanderweichen.*

#### Arachnoidea-Duplikatur um den Riechnerv

Bei der näheren Untersuchung des olfaktorischen Systems an der Frontobasis fand sich eine interessante anatomische Gegebenheit im Bereich des Riechnerven. Es zeigte sich, dass sein vorderer Abschnitt – und damit hauptsächlich der Bulbus – frei von arachnoidaler Umhüllung war. Dahinter jedoch wies die Arachnoidea eine schlauchartige Konstruktion auf,



in der sich der gesamte Tractus olfactorius nach okzipital bis zum Trigonum olfactorium erstreckte. In diesem Bereich bildete die Arachnoidea also eine Duplikatur.

Die *Abbildungen 11, 12 und 13* zeigen den makroskopischen Befund. Es ist deutlich die zisternenartige, schlauchförmige Duplikatur zu erkennen.



*Abb. 11*



*Abb. 12*



*Abb. 13*

*Die Abb. 11, 12 und 13 zeigen die arachnoidale Umhüllung des Riechnervs. Dabei wird deutlich, dass die Arachnoidea eine schlauchartige Umhüllung bildet, die den Bulbus nicht mit einbezieht. Sie ist die Grundlage dafür, dass der Riechnerv während der subfrontalen Präparation vorsichtig von der Frontobasis abgelöst werden kann. Damit kann die postoperative Anosmie als wichtige Komplikation dieses Zugangs vermieden werden.*

In 14 von 94 Fällen (17%) konnten wir den Aufbau der Arachnoidea am olfaktorischen System aufgrund ihrer Zerstörung nicht beurteilen. Die restlichen 70 Hemisphären zeigten durchgehend dieses Phänomen.

Da in der einschlägigen Literatur dieser Befund bislang nicht eingehend beschrieben wurde, bezeichneten wir den nicht umhüllten Teil des Riechnervs als „*Pars libera*“ und den bedeckten Teil als „*Pars tecta*“ (Siehe dazu auch *Abb.11*). Diese Einteilung und Bezeichnung stellt somit eine Erstbeschreibung dar.

Wir bestimmten nun die Länge der *Pars libera* und der *Pars tecta* nervi olfactorii. Die Werte sind der *Tabelle 3* zu entnehmen.

Die Bestimmung der Länge der *Pars libera* gelang in 65 von 84 Fällen (77%), in 19 Fällen (23%) waren somit Bulbus oder Arachnoidea zerstört. Im Mittel ergab sich ein Wert von 16,2 mm mit einer Standardabweichung von 4,5 mm und einer Varianz von 20,0 mm. Der Maximalwert betrug 26,5 mm, der kleinste gemessene Wert 6 mm. Im Präparat Nr.42 waren beidseits, im Präparat Nr. 40 auf der rechten Seite (bei fehlendem linksseitigem Wert) proximale Anteile der Bulbi olfactorii in die arachnoideale Umhüllung mit einbezogen. In den übrigen Gehirnen war der gesamte Bulbus frei.

Wir konnten 70 Messungen zur Bestimmung der *Pars tecta* durchführen. Der Mittelwert lag hier bei 24,0 mm, die Standardabweichung bei 7,0 mm, die Varianz bei 48,5 mm. Der größte bzw. kleinste Meßwert betrug 63 bzw. 17 mm.

Aus dem Vergleich der Mittelwerte ergibt sich, dass das Verhältnis freier Anteil zu bedecktem Anteil 2:3 ist.

Unter Zuhilfenahme dieser beiden Messungen ergibt sich die Gesamtlänge des Nervus olfactorius bis zum Trigonum olfactorium. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 4* aufgeführt. Aus 65 Messungen ergab sich ein Durchschnittslänge von 40,5 mm.

Tabelle 3: Pars libera und Pars tecta nervi olfactorii (Werte in mm)

Präparat	Pars tecta N. olfactorii		Pars libera N. olfactorii	
	re	li	re	li
1	17	17	15	15
2	26	23	-	
3	23	22	18	21,5
4	26	23,5	15	17
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	19	18	18	25
11	27	-	10	-
12	22	25	17	15
13	22	24	15	19
14	22	26	22	21
15	26	26	10	16
16	28	26	10	10
17	25	26	12	12
18	31	-	11	-
19	24	25	17	17
20	56	63	14	12
21	20,5	20,5	19	20
22	34	-	12,5	-
23	20	19	20,5	26,5
24	24,5	23,5	9,5	14
25	26	25	12,5	10
26	18	21	18	16
27	21,5	24	19	20
28	23	20	19,5	-
29	24	25	17	18
30	27,5	28	20	19
31	18	19	21,5	19,5
32	26,5	22	15	26
33	21	29	21	15
34	19	19	-	-
35	19	24	18	15
36	23	20	21	19
37	22	21	14	18
38	22	21	11	10
39	22	22	21	19
40	22	-	9	-
41	17	21	19	15
42	24	26	6	7
<b>n</b>	<b>70</b>	<b>65</b>		
<b>x</b>	<b>24,0</b>	<b>16,2</b>		
<b>STABWN</b>	<b>7,0</b>	<b>4,5</b>		
<b>VAR</b>	<b>48,5</b>	<b>20,0</b>		

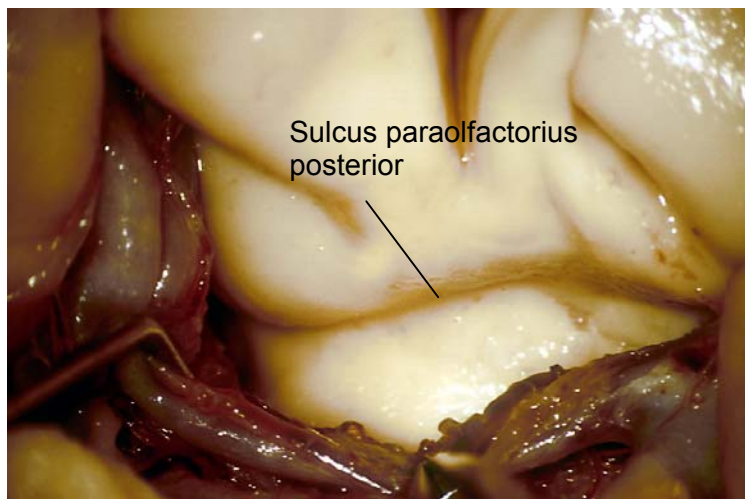
Tabelle 4: Länge des Riechnerven (Werte in mm)

Präparat	re	li	Präparat	re	li
1	32	32	22	46,5	-
2	-	-	23	40,5	45,5
3	41	43,5	24	34	37,5
4	41	40,5	25	38,5	35
5	-	-	26	36	37
6	-	-	27	40,5	44
7	-	-	28	42,5	-
8	-	-	29	41	43
9	-	-	30	47,5	47
10	37	43	31	39,5	38,5
11	37	-	32	41,5	48
12	39	40	33	42	44
13	37	43	34	-	-
14	44	47	35	37	39
15	36	42	36	44	39
16	38	36	37	36	39
17	37	38	38	33	31
18	42	-	39	43	41
19	41	42	40	31	-
20	70	75	41	36	36
21	39,5	40,5	42	30	33
n	65				
x	40,5				

#### 4.1.3 Weitere neurale Strukturen

##### Sulcus paraolfactorius posterior (SPOP) (nach Duvernoy, 1991)

Als okzipitale Begrenzung des subfrontalen Korridors wählten wir den Sulcus paraolfactorius posterior. Wir identifizierten diesen Sulcus entsprechend den Vorgaben von Duvernoy (1991). Er liegt horizontal verlaufend rostral der Substantia perforata in der Septalregion. Er konnte in jedem der 25 untersuchten Gehirne aufgefunden werden und diente uns als dorsale Begrenzung des subfrontalen Korridors an der Hirnoberfläche.



*Abb. 14 zeigt den Sulcus paraolfactorius posterior als Endpunkt zur Längenbestimmung des subfrontalen Korridors an der frontalen Hirnoberfläche. Abgebildet ist der linksseitige Sulcus paraolfactorius posterior. Die basalen Gefäße sind mit dem Häkchen zur Seite gehalten. Zu sehen ist auch der Interhemisphärenspalt, in den die frontalen Gefäße ziehen.*

### Commissura anterior (CA)

Die Commissura anterior befindet sich an der Vorderwand des III.Ventrikels knapp oberhalb des Ursprungs der Lamina terminalis aus dem Rostrum corporis callosi. Die Commissura anterior wurde in jedem der 22 untersuchten Gehirne aufgefunden. Sie befand sich in allen Präparaten bei gegebener Lagerung *nicht* in der gleichen Axialebene wie die Arteria communicans anterior (ACoA), sondern, bei coronarer Schnittführung betrachtet, immer cranial davon. Sie kann unseren Ergebnissen zufolge daher bei Eröffnung des III.Ventrikels über die Lamina terminalis sicher geschont werden.



*Abb. 15: Der eröffnete III.Ventrikel mit der sich waagrecht ausdehnenden Commissura anterior, die sehr knapp hinter und oberhalb der Lamina terminalis gelegen ist. Oben im Bild zu sehen ist das Chiasma opticum. Das Bild zeigt die Ausdehnung des Eingangsbereichs des III.Ventrikels mit den Distanzen der Commissura anterior einerseits zum Chiasma opticum und andererseits zur Arteria communicans anterior.*

### Chiasma opticum

Wir legten unser Augenmerk auf die Länge und Breite des Chiasma opticum, wobei mit Länge der okzipito-rostrale und mit Breite der temporo-temporale Durchmesser bezeichnet werden. Zudem erschien uns zur Verdeutlichung der Ausbreitung der Lamina terminalis die Ansatzlinie derselben am Chiasma opticum (LTC) ein geeigneter Parameter zu sein, um Distanzen und Größenverhältnisse im dreidimensionalen Raum veranschaulichen zu können.

Die Messergebnisse am Chiasma opticum werden in *Tabelle 5* gezeigt.

Bei 42 Messungen ergab die Breite des Chiasmas einen Mittelwert von 11,6 mm mit einer Standardabweichung von 1,9 mm und einer Varianz von 3,7 mm. Der Minimalwert lag bei 6 mm, der Maximalwert bei 17 mm. Die durchschnittliche Länge betrug bei 41 erhaltenen Werten 5,3 mm (Standardabweichung 1,7 mm, Varianz 2,7 mm), minimal 3,5 mm und maximal 13 mm.

Zusätzlich führten wir eine Messung vom rostralen Scheitelpunkt des Chiasmas bis zur Insertionslinie der Lamina terminalis (LTC) durch. Aus 22 Messungen ergab sich ein Mittelwert von 3,9 mm (Standardabweichung 1,1 mm, Varianz 1,1 mm), ein Minimalwert von 1,5 mm und ein Maximalwert von 7,0 mm. Bis zu dieser Linie liegt das Chiasma folglich außerhalb des III.Ventrikels.

Schematisch dargestellt sind die Messungen am Chiasma opticum bereits in *Abb. 6*.

Tabelle 5: Chiasma opticum: Breite, Gesamtlänge und Länge bis zur Insertion der Lamina terminalis am Chiasma opticum (LTC) (Werte in mm)

Präparat	Breite Chiasma opticum	Gesamtlänge des Chiasma opticum	
1	14	-	
2	13	6	
3	14	9,5	
4	17	6	
5	12	5	
6	10,5	4	
7	13	4	
8	11	5	
9	13,5	4,5	
10	11,5	4,5	
11	11,5	3,5	
12	14,5	4	
13	10	4	
14	12	4	
15	9,5	4	
16	10,5	4	
17	12	6	
18	10	5	
19	11,5	5	
20	10,5	6	<b>Chiasma: Länge bis LTC</b>
21	10,5	8,5	5,5
22	12	5,5	7
23	10	5	3,5
24	6	5	4
25	14	6	4
26	12,5	4,5	4
27	11	5	4
28	12,5	13	3,5
29	11	4	4,5
30	13	5,5	4,5
31	9,5	5,5	1,5
32	11,5	6	3
33	13	4	3
34	11	5,5	3,5
35	9,5	5	4
36	9	5	3
37	12	4,5	3,5
38	10	6	4
39	13	5	4
40	8,5	5	3
41	13	4,5	5
42	14	5	3
<b>n</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>22</b>
<b>x</b>	<b>11,6</b>	<b>5,3</b>	<b>3,9</b>
<b>STABWN</b>	<b>1,9</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>
<b>VAR</b>	<b>3,7</b>	<b>2,8</b>	<b>1,1</b>

#### **4.1.4 Vaskuläre Strukturen**

##### Arteria communicans anterior (ACoA)

Als konstante Struktur etwa in Höhe des rostralen Abschnitts der Substantia perforata anterior diente die Arteria communicans anterior uns als Zielpunkt für mehrere Messungen. Sie ist durch ihre Lage unweigerlich ein Hindernis bei der subfrontalen Präparation zum III.Ventrikel und damit besonders gefährdet. Sie war in zwei Fällen doppelt angelegt und in weiteren 2 Fällen so kurz, dass es schien, als ob die beiden Aa. cerebri anteriores sich ohne weitere Verbindungsarterie berühren würden. Keine der Arteriae communicantes anteriores war aplastisch.

#### **4.2 Distanzen**

##### Abstand zwischen Sulcus frontomarginalis (SFM) und Bulbus olfactorius (BO)

Die Intention für die Durchführung dieser Messung liegt in der Tatsache, dass wir den Sulcus frontomarginalis am Frontalpol als erste Landmarke nach Eröffnung des Schädels und der Dura für den subfrontalen Korridor eingeführt haben. Nun geht es darum zu untersuchen, wie weit der Bulbus olfactorius als nächstgelegene zu schonende Struktur von dieser ersten Landmarke entfernt liegt.

Wir konnten 75 Messungen durchführen. Der Mittelwert betrug 21,0 mm mit einem Maximalwert von 38 mm und einem Minimalwert von 11 mm. Die Standardabweichung betrug 6,2 mm, die Varianz 38,0 mm. In *Tabelle 6* sind die Messungen aufgelistet.

##### Abstand zwischen Sulcus frontomarginalis (SFM) und Beginn der „Pars tecta“ nervi olfactorii

Wichtig für die Ablösung des Riechnerven von der Frontobasis bei der Retraktion des Frontalhirns ist das Auffinden der bereits oben beschriebenen Arachnoideaduplikatur. Diese schlauchartige Umhüllung bietet durch laterale Längsinzision und vorsichtige Präparation die Möglichkeit der Befreiung des Bulbus und Tractus olfactorius von der Unterseite des Frontallappens. Aufgrund von Zerstörung der Arachnoidea bei der Auslösung der Präparate aus dem Schädel konnten 70 von 84 (83,3%) möglichen Messungen durchgeführt werden. Der errechnete Mittelwert lag bei 38,2 mm, die Standardabweichung betrug 8,6 mm und die Varianz 73,2 mm bei einem Maximalwert von 62 mm und einem Minimalwert von 20,5 mm. *Tabelle 6* zeigt die erhobenen Meßdaten.



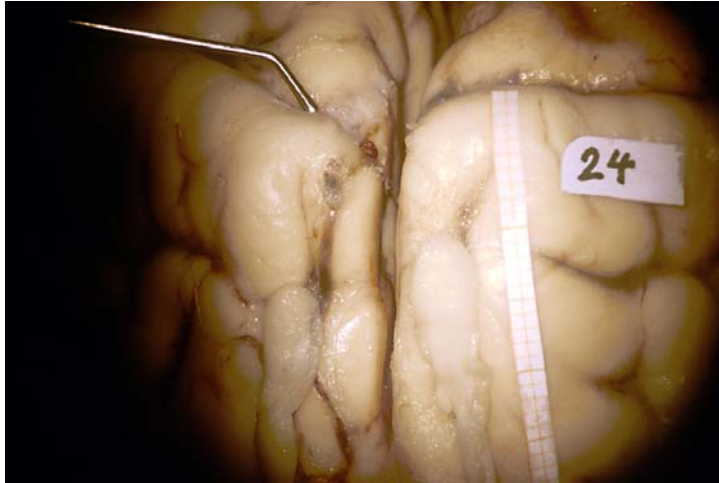


Abb. 16 zeigt die Messungen zwischen Sulcus frontomarginalis und Spitze des Bulbus olfactorius sowie Beginn der „Pars tecta“ des Riechnerven. Das Häkchen deutet auf den Sulcus frontomarginalis.

Abstand zwischen Sulcus frontomarginalis (SFM) und Sulcus paraolfactorius posterior (SPOP)

Zur Abschätzung der Ausdehnung des gesamten subfrontalen Korridors entlang der Frontobasis legten wir als rostrale Bezugsstruktur den Sulcus frontomarginalis, als hintere Begrenzung den Sulcus paraolfactorius posterior fest. Den letzteren suchten wir nach Duvernoy (1991) auf. Er befindet sich in der Area subcallosa rostral der Substantia perforata anterior und im Anschluß an das Trigonum olfactorium. Seine Ausdehnung ist medial leicht bogenförmig, während er lateral immer mehr als horizontaler Sulcus ausläuft.

Bei 50 Messungen fanden wir eine mittlere Distanz von 65,2 mm mit einer Standardabweichung von 9,3 mm und einer Varianz von 85,6 mm, wobei der Maximalwert 90 mm und der Minimalwert 48 mm betragen. Auch diese Werte sind aus *Tabelle 6* ersichtlich.

Tabelle 6: Distanzen zum Sulcus frontomarginalis: Sulcus frontomarginalis bis Bulbus olfactorius (SFM – BO), Sulcus frontomarginalis bis Pars tecta n. olfactorii (SFM – PTNO), Sulcus frontomarginalis bis Sulcus paraolfactorius posterior (SFM – SPOP); (Werte in mm)

Präparat	SFM - BO		SFM - PTNO		SFM - SPOP	
	re	li	re	li	re	li
1	15	18	28	31		
2	-	-	36	38		
3	23	17	60	56		
4	23	15,5	38	31		
5	20	26	-	-		
6	-	10,5	-	-		
7	-	-	-	-		
8	13	13,2	-	-		
9	23	19,5	-	-		
10	14	13	32	38		
11	19	17	29	-		
12	27	25	44	40		
13	33	30	48	49		
14	20	17	42	38		
15	21	20	31	36		
16	18	23	28	33		
17	18	23	31	35		
18	20	26	31	-	52	56,5
19	22	16	39	33	53,5	57,5
20	20	24	34	40	51	48
21	28,5	24	48	41,5	68	67
22	14,5	-	26	-	62	64
23	12,5	12,5	32	37	56,5	62
24	31,5	21,5	42	37	71	63,5
25	11	11	21,5	20,5	55	52
26	37,5	30	55	46	84	74
27	20	22,5	38,5	42,5	67,5	74
28	24	-	42	36	72	68
29	24	29	42	46	62	71
30	19	20	38	39	71	74
31	18	21	37	38	60	61,5
32	29	30	44	56	77	83
33	19	18	38	32	66	64
34	-	-	54	62	78	90
35	23	26	40	39	61	67
36	18	30	39	49	72	74
37	29	28	41	42	72	68
38	21	16	32	26	53	53
39	12	12	33	31	62	56
40	14	23	23	-	54	57
41	15	19	34	34	68	64
42	38	21	44	28	76	67
<b>n</b>	<b>75</b>		<b>70</b>		<b>50</b>	
<b>x</b>	<b>21,0</b>		<b>38,2</b>		<b>65,2</b>	
<b>STABWN</b>	<b>6,2</b>		<b>8,6</b>		<b>9,3</b>	
<b>VAR</b>	<b>38,0</b>		<b>73,2</b>		<b>85,6</b>	

Abstand zwischen Arteria communicans anterior (ACoA) und Insertion der Lamina terminalis am Chiasma (LTC)

Wir führten Messungen an 42 Gehirnen durch, wobei die ACoA in zwei Fällen doppelt angelegt war, so dass wir insgesamt 44 Werte erhalten haben, die in *Tabelle 7* aufgelistet sind. Der erhaltene Mittelwert betrug 6,2 mm bei einer Standardabweichung von 2,8 mm und einer Varianz von 8,0 mm. Der Maximalwert lag bei 16 mm, der Minimalwert bei 2 mm.



*Abb. 17 zeigt die ACoA sowie das Chiasma opticum und die Ansatzlinie der Lamina terminalis an selbigem.*

Abstand zwischen Commissura anterior (CA) und Insertion der Lamina terminalis am Chiasma (LTC)

Bei 22 Messungen ergab sich ein Mittelwert von 13,7 mm mit einer Standardabweichung von 2,5 mm und einer Varianz von 6,5 mm. Die maximale Distanz betrug 20 mm, der minimale Abstand 10 mm (*Tabelle 7*). Siehe dazu auch *Abb. 15 und 23*.

Abstand zwischen Arteria communicans anterior (ACoA) und Commissura anterior (CA)

Auch hier wurden 22 Messungen durchgeführt, wobei in den beiden Fällen von doppelt angelegter Arteria communicans anterior der jeweils zur Commissura anterior nähere Abschnitt in die Wertung genommen wurde. Es ergab sich ein Mittelwert von 12,1 mm mit einer Standardabweichung von 3,3 mm und einer Varianz von 11 mm. Der Maximalwert belief sich auf 20 mm, der Minimalwert auf 6,5 mm. *Tabelle 7* zeigt die Einzelergebnisse.

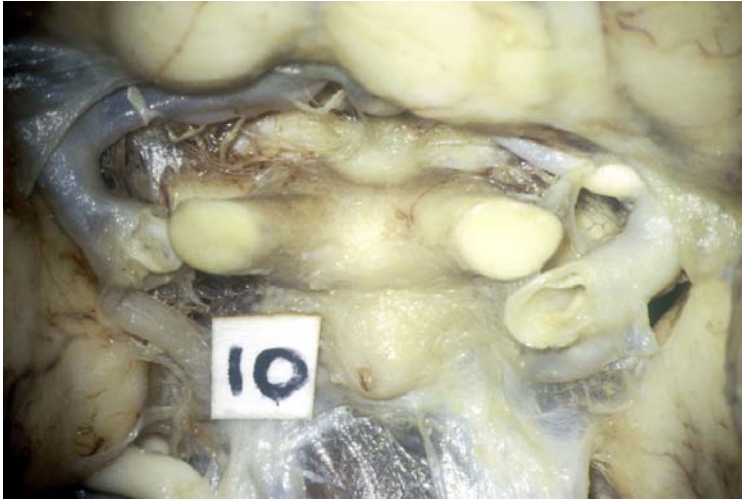


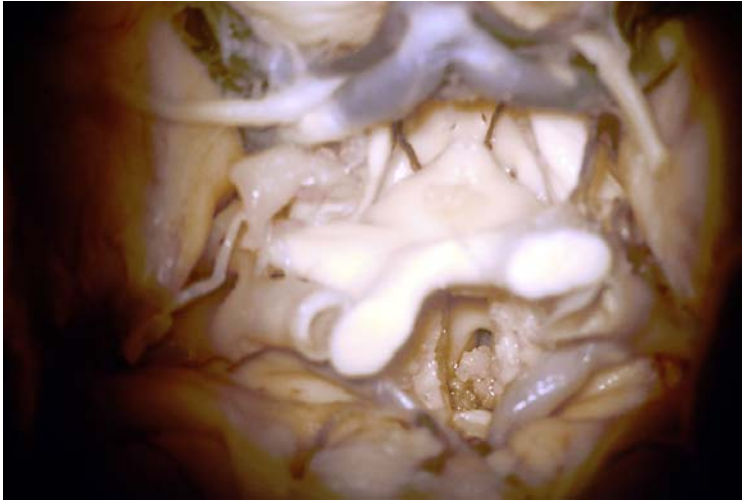
Abb. 18 zeigt die basalen Zisternen um die Lamina terminalis, die seitlich in die Carotiszisternen übergehen und nach frontal in die Olfactoriuszisternen.



Abb. 19 zeigt die Lamina terminalis vor Eröffnung des III.Ventrikels.



Abb. 20: Der Eingangsbereich zum III.Ventrikel mit Darstellung der Arteria communicans anterior und der Arteria cerebri anteriores.



*Abb. 21: Eröffneter III.Ventrikel mit Commissura anterior, Chiasma opticum und Arteriae cerebri anteriores (A1-Abschnitte).*

Tabelle 7: Messungen zwischen der Insertionslinie der Lamina terminalis am Chiasma (LTC), Commissura anterior (CA) und Arteria communicans anterior (ACoA)

Präparat	LTC - ACoA	LTC - CA	ACoA – CA
1	5,5		
2	5,5		
3	6,5		
4	5,5		
5	2		
6	6		
7	5,5		
8	4		
9	5		
10	5		
11	4		
12	4		
13	6		
14	5		
15	16		
16	4		
17	8		
18	8		
19	5		
20	3		
21	4	11,5	9,5
22	8	12	15,5
23	6,5	14	12
24	4	14	15
25	12	16,5	6,5
26	8,5	15,5	10
27	4,5	14	9
28	8	11	9,5
29	7,5	14,5	13,5
30	6,5	16,5	12,5
31	5/6	18	16
32	7/8	15,5	12,5
33	8	12,5	14
34	9	12	7
35	13	20	20
36	8	15	14
37	8	11	15
38	4	14	9,5
39	3	12,5	10,5
40	7,5	10,5	11,5
41	4	10	16
42	2	11	8
n	44	22	22
x	6,2	13,7	12,1
STABWN	2,8	2,5	3,3
VAR	8,0	6,5	11

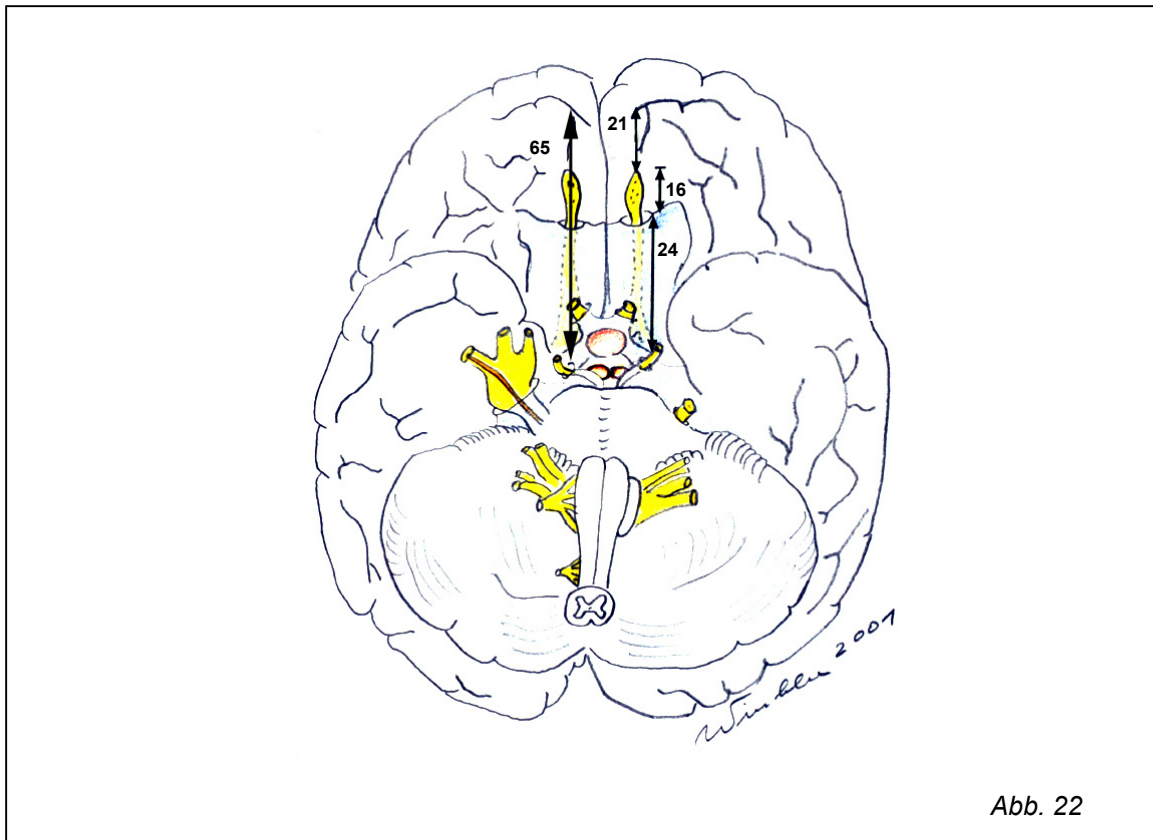


Abb. 22

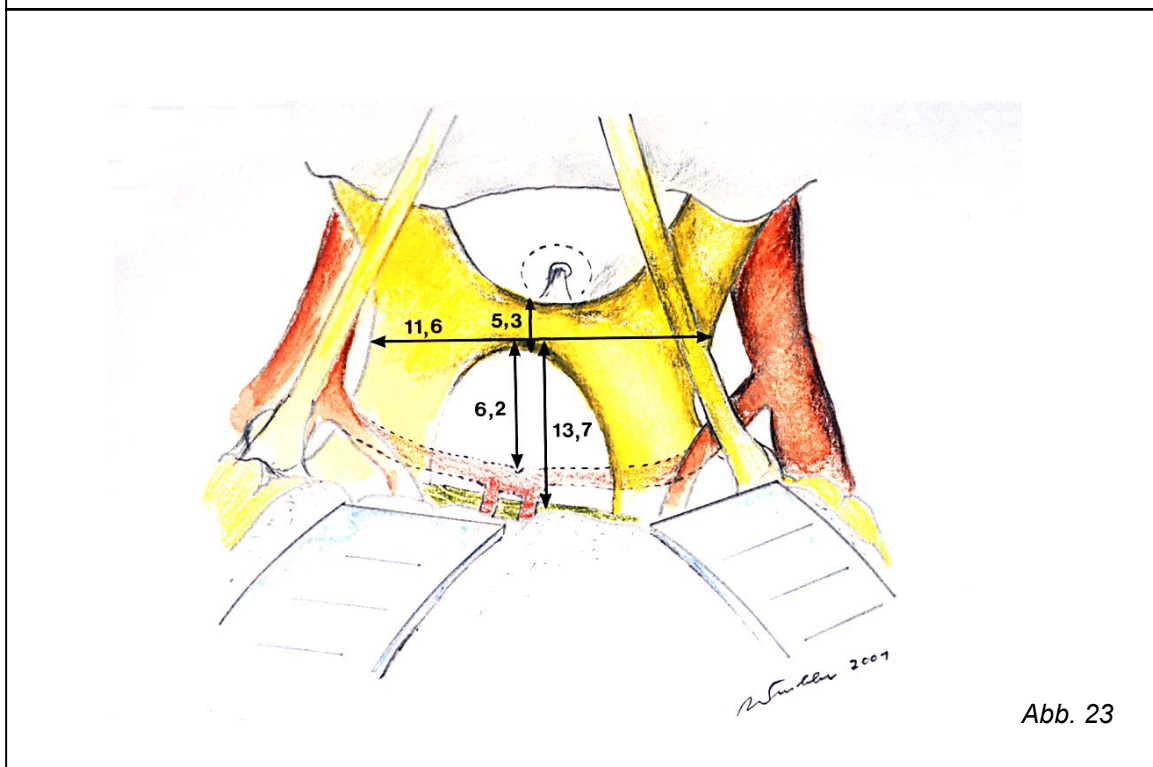


Abb. 23

Abb. 22 und 23 zeigen – analog zu den Abb. 5 und 6 – die schematische Darstellung aller Messungen, diesmal als Übersicht aller Mittelwerte der Messergebnisse.

## 5. DISKUSSION

### 5.1 Methodik

Die für die Studie zur Verfügung gestellten Gehirne wurden 6–24 Stunden post mortem entnommen, so dass Volumenveränderungen durch lytische Prozesse weitestgehend ausgeschlossen werden konnten. Nach der Entnahme wurden die Gehirne sofort in 5%iger Formalinlösung fixiert. Diese Art der Fixierung erzeugt keine signifikanten Schrumpfungartefakte, wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben ( Frydl, 1989; Beck, 1991; Cammermeyer, 1956; Fischer, 1958; Frontera, 1958; Leibniz, 1971/72 ).

Da der Rahmen der vorliegenden Studie zunächst auf die Erfassung der Daten um den Sulcus frontomarginalis, den Nervus olfactorius und das Chiasma beschränkt war, fehlen bei der ersten Hälfte der Gehirne die Vermessungen im Eingangsbereich des III.Ventrikels. Diese Werte, die Arteria communicans anterior, Commissura anterior und Lamina terminalis miteinbeziehen, sind daher für die 21 zuletzt untersuchten Gehirne erhoben worden und konnten aufgrund anderweitiger Nutzung der 21 ersten Gehirne auch nicht mehr nachgemessen werden. Die exakte Zahl der Vermessungen ist aus dem Kapitel „Ergebnisse“ ersichtlich.

Die genauere Beschreibung des Sulcus frontomarginalis bezüglich seiner Lage, Länge, Verlauf zum Interhemisphärenspalt und Gabelung wurde ebenfalls zusätzlich durchgeführt, und die Daten konnten schließlich an 13 Gehirnen erhoben werden.

Die vorliegende Studie hat sich in erster Linie die mikroanatomische Beschreibung der entlang des subfrontalen Korridors gelegenen neuralen und vaskulären Strukturen am gesunden Erwachsenen Gehirn zum Ziel gesetzt. Durch pathologische Prozesse veränderte Gehirne wurden nicht untersucht. Es steht außer Frage, dass in diesen Fällen eine zum Teil erhebliche Abweichung der anatomisch-topographischen Verhältnisse stattfinden kann. Dennoch ist die Kenntnis der nicht-pathologischen Topographie und wegweisenden Landmarken enorm wichtig, um krankhafte Veränderungen genauer einschätzen und sich an definierten Strukturen orientieren zu können.



## 5.2 Anatomische Leitstrukturen

### Der mikrochirurgische subfrontale Korridor über die Lamina terminalis zum III.Ventrikel und umgebende höchst sensible Strukturen

Hier sollen zunächst alle markanten und unbedingt schonungsbedürftigen neuronalen und vaskulären Strukturen von der Eröffnung der Dura bis zum Eintritt in den III.Ventrikel aufgelistet und diskutiert werden.

#### 5.2.1 *Sulcus frontomarginalis*

Der Sulcus frontomarginalis erstreckt sich am Frontalpol des menschlichen Gehirnes in annähernd horizontaler Ausdehnung direkt unterhalb der Gyri frontales transversi als erster Sulcus oberhalb des Sulcus olfactorius. Wir konnten ihn in allen untersuchten Präparaten identifizieren.

In der einschlägigen Literatur wurde diesem Sulcus bislang nur wenig Bedeutung beigemessen. Lang (1995) dokumentiert in seiner Beschreibung des bifrontalen und frontolateralen Zugangs die Hirnoberflächenstrukturen der Frontobasis und des Frontalpol eher spärlich, so dass der Sulcus frontomarginalis dort gar nicht erwähnt wird.

Duvernoy (1991) hat im Rahmen seiner anatomischen Untersuchungen an 18 menschlichen Gehirnen in seinem Kapitel „Oberflächenanatomie des Gehirnes“ die Existenz und Lage dieses Sulcus dokumentiert (insbesondere auf den Seiten 48-54). An vielfältigen Schnittpräparaten wird sein Verlauf am Frontalpol veranschaulicht. Er begrenzt den direkt darunter liegenden Gyrus frontomarginalis, der sich wiederum von medial – lateral des Gyrus rectus beginnend – nach lateral bis etwa in Höhe des Sulcus frontalis intermedius oder inferior erstreckt. Er trennt gleichzeitig den Frontallappen vom orbitalen Cortex. Dieser Gyrus ist somit die ventrale Begrenzung des Sulcus frontomarginalis, während die Gyri frontopolaris transversi die dorsale Begrenzung darstellen. Duvernoy beobachtete zudem, dass der Sulcus frontomarginalis z.T. aus dem Sulcus frontalis superior hervorgeht, an anderen Präparaten jedoch als völlig eigenständiger Sulcus vorliegt. Weiter wird ein Sulcus zwischen Frontal- und Orbitallappen beschrieben, den der Autor als Sulcus orbitalis lateralis benennt, der wiederum ebenfalls in Verbindung mit dem Sulcus frontomarginalis stehen oder selbständig sein kann.

Die besten Daten zum Verlauf des Sulcus frontomarginalis lieferten Ono, Kubik und Abernathy 1990. Sie erstellten einen Atlas der cerebralen Sulci, der sehr detailliert die Topographie aller Sulci mit entsprechender Häufigkeitsverteilung ihres Verlaufes deutlich macht. In ihrem Untersuchungsgut lag der Sulcus frontomarginalis in 80% (bei n = 25) als

kontinuierliche Struktur vor, während er in 20% in zwei oder drei Segmente unterteilt war. Weiter fanden sie, dass der Sulcus in 25-32% keine Verbindung zu anderen Sulci aufwies, im Falle einer Verbindung diese rechts zu 60% mit dem Sulcus frontalis intermedius, links zu 44% mit dem Sulcus frontalis superior hergestellt war (jeweils häufigste Verbindung). Einige wenige Verbindungen bestanden zum Sulcus fronto-orbitalis und den Sulci orbitales.

Lanz und Wachsmuth (1979) erwähnen den Sulcus frontomarginalis nicht namentlich. Ihre Beschreibung des Frontalpols beschränkt sich auf die Orbitaregion, Sulci und Gyri frontales und Gyrus rectus sowie Sulcus olfactorius.

Auch Seeger (1978) erwähnt diesen Sulcus in seinen mikrochirurgischen Beschreibungen des subfrontalen und frontolateralen Zugangsweges zum III. Ventrikel nicht.

Bemerkenswert ist zudem, dass in den während des Studiums bei Medizinstudenten gängigen Anatomie-Atlanten oder Lehrbüchern wie Netter (1994) und Rauber/Kopsch (1987) dieser Sulcus nicht benannt wird. Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit, mikroanatomische Strukturen gezielt und detailliert zu untersuchen, um damit die Aufnahme dieser Strukturen in Standardlehrbücher der Anatomie zu erreichen und einen Beitrag zur Erweiterung anatomischen Detailwissens bereits in der ärztlichen Ausbildung zu leisten.

Bisher wurde demnach dem Sulcus frontomarginalis sowohl in anatomischen Beschreibungen, aber vor allem in seiner Funktion als erste reproduzierbare Landmarke entlang des subfrontalen mikrochirurgischen Korridors wenig Bedeutung beigemessen. Dies mag zum einen daran liegen, dass der Schwerpunkt der oben genannten Untersuchungen auf der Verifizierung und Beschreibung von eloquenten und im Rahmen eines neurochirurgischen Eingriffs gefährdeten Strukturen und Hirnarealen liegt und nicht auf der Suche nach strukturellen Landmarken für einen solchen Zugangsweg. Des weiteren hängt die Einsehbarkeit des Frontalpols bei der uni- bzw. bifrontalen Kraniotomie vom Ermessen des Operateurs ab und somit davon, wie weit die Eröffnung in parietaler Richtung erfolgt. Es ist daher möglich, dass bei sehr kleinen frontalen Kraniotomien der Frontalpol einschließlich des Sulcus frontomarginalis nicht zur Darstellung kommen und dass letztgenannter damit nicht bei allen durchgeführten Kraniotomien dieser Art als Ausgangsstruktur auf der Hirnoberfläche dienen kann.

Unsere Ergebnisse an 42 formalinfixierten menschlichen Gehirnen belegen, dass der Sulcus frontomarginalis als konstante anatomische Struktur eingeordnet werden kann, denn er konnte in allen untersuchten Präparaten bilateral identifiziert werden. Sein Verlauf ist immer zumindest annähernd horizontal, und er markiert die Mitte des Frontalpols, wie bereits sein Name besagt.

Mit einer Länge von durchschnittlich 31,4 Millimetern deckt er bei frontaler Kraniotomie einen breiten Eingangsbereich ab und kann so nach unserer Meinung als zuverlässige Langmarke beim subfrontalen Zugangsweg betrachtet werden. Tendenziell zeigte sich eine kürzere

Ausdehnung auf der linken Seite mit einem Mittelwert von 29,2 mm gegenüber 33,6 mm rechtsseitig. Bis auf insgesamt drei von 26 Messungen, und damit in mehr als 88% der Fälle, betrug die Länge mehr als 20 mm.

Nach Auffinden des Sulcus frontomarginalis auf einer Seite im medialen Bereich kann man in maximal einem Drittel der Fälle (unser Ergebnis 30,8%) davon ausgehen, den gegenseitigen Sulcus auf gleicher Höhe zu finden. Im Mittel sind die Sulci ca. 6 mm gegeneinander höhenversetzt.

Als inkonstantes Merkmal muss unseren Ergebnissen zufolge sein Verlauf bis zum Interhemisphärenspalt eingeordnet werden. In lediglich 50% unseres Untersuchungsgutes grenzte der Sulcus frontomarginalis an den Hemisphärenrand oder setzte sich in den Interhemisphärenspalt fort. Damit eignet sich diese Landmarke nicht unbedingt für frontale interhemisphärische Zugangswege.

Ebenfalls nicht einheitlich zeigte sich der Ort der Gabelungen, die zufällig vorzukommen scheinen. In nur zwei von 13 Gehirnen waren die Gabelungsmerkmale auf beiden Hemisphären gleich ausgebildet (im Präparat TLT 24 lateral, im Präparat TLT 29 keine Gabelung).

### **5.2.2 Olfaktorisches System**

Eine der wegweisenden und gleichzeitig vulnerablen neuralen Strukturen an der Frontobasis ist das olfaktorische System, bestehend aus den Fila olfactoria, dem Bulbus olfactorius und dem Tractus olfactorius sowie einer „Cisterna olfactoria“, die als Arachnoidea-Duplikatur große Anteile des Tractus olfactorius umhüllt (siehe nachfolgende Abschnitte).

Wegen seiner Lage ist dieses Riechsystem eines der Hauptkomponenten und gleichzeitig Leitstruktur beim subfrontalen Zugangskorridor über die Lamina terminalis zum III.Ventrikel. Besonders im Hinblick auf die iatrogen bedingte postoperative Anosmie stellte sich uns die Aufgabe, dieses olfaktorische System genaueren anatomischen Betrachtungen zu unterziehen. Wie bereits im Abschnitt „Ergebnisse“ berichtet, waren die 9 von 84 fehlenden Bulbi oder auch Teile des Tractus durch die Entnahme bei der Obduktion verursacht und fehlten nicht anlagebedingt. Die übrigen 75 waren zumindest makroskopisch nicht fehlgebildet oder atrophisch. Ganz im Gegensatz dazu steht die Studie von Smith (1941), wo aus einer Serie von 163 Bulbi 22 vollständig degeneriert waren und lediglich 29, zumindest histologisch, keine Atrophien zeigten.

### Messungen direkt am olfaktorischen System

Die Länge des Bulbus olfactorius wurde bereits mehrfach bestimmt. 1973 ermittelte Schmidt einen Wert von 10 (6-15) mm, einige Jahre später, 1984, bestimmte Lang an 74 Kopfhälften eine mittlere Länge von 12,27 (7-24) mm, also einen Wert, der mehr als 2 mm höher lag als der erstere. Möglicherweise bietet die Art der Vermessung eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse. Schmidt verwendete Pathologiegehirne, Lang dagegen führte seine Messungen am N. olfactorius in situ durch, d.h. in seiner Lage an der Schädelbasis fixiert (Schmidt, 1973 und Lang, 1984).

Interessant und wichtig für den Neurochirurgen ist auch der Abstand der Bulbuspitze von der Schädeldvorderwand. Lang (1984) fand an 59 Präparaten einen Wert von 9,21 mm, wobei die meisten Werte zwischen 7 und 11 mm lagen. Anzumerken ist hierbei, dass in immerhin 5 Fällen (8,5%) der Bulbus direkt an die vordere Schädelwand reichte und damit bereits bei Eröffnung der Dura mater enorme Verletzungsgefahr für den Nerven besteht.

Schmidt bestimmte 1973 auch die Breite des Bulbus olfactorius mit 4,5 mm und die Dicke mit 2,1-2,3 mm sowie die Länge des Tractus olfactorius mit 25 mm. Damit ergäbe sich nach Schmidt eine Gesamtlänge des N. olfactorius von 35 mm. Aus 65 Messungen erhielten wir einen Mittelwert für die Gesamtlänge des Riechnervs von 40,5 mm. Woraus sich dieser immerhin mehr als 5 mm große Längenunterschied ergibt, bleibt letztlich fraglich. Am ehesten ist wohl anzunehmen, dass Unterschiede in der Meßtechnik bestanden. Nach unserer Methodik endet die Messung nicht an der Verbreiterung des Tractus zum Trigonum olfactorium, sondern erst an der Spitze des Dreiecks, an der die beiden Schenkel definitiv auseinanderweichen. Möglicherweise hat Schmidt seinen Endpunkt früher gesetzt.

### Cisterna olfactoria

Einer der Schwerpunkte bei unseren Betrachtungen am olfaktorischen System war es festzustellen, welcher Anteil des N. olfactorius innerhalb des Subarachnoidealraumes liegt und damit umhüllt bzw. frei von Arachnoidea ist. Aufgrund unserer mikroanatomischen Ergebnisse, die zeigen, dass regelmäßig Teile des Riechnerven in einer arachnoidealen Zisterne eingebettet und andere frei sind, führten wir die Begriffe *Pars tecta* und *Pars libera* nervi olfactorii ein. In der Literatur sind beide Begriffe bisher nicht zu finden, deshalb stellt diese Einteilung eine Erstbeschreibung dar. Diese Zisterne – die im folgenden *Cisterna olfactoria* genannt werden soll - hat große Bedeutung bei der mikrochirurgischen Präparation und soll deshalb an dieser Stelle detailliert beschrieben werden.

Schon Key und Retzius untersuchten 1875 die Ausdehnung von Arachnoidea und Dura mater. Sie entwickelten Vorstellungen über die Verbreitung der Subarachnoidalräume, die zum großen Teil heute noch gültig sind. Schon damals stellten sie fest, dass die Fila olfactoria von Ausläufern der Dura mater und Arachnoidea in ihrem Weg durch die Lamina cribrosa des Os ethmoidale begleitet werden.

1924 unternahmen Locke und Naffziger Korrosionspräparationen zur Darstellung der Subarachnoidalräume und erhielten exzellente Resultate.

Liliequist veröffentlichte 1959 eine Studie über die anatomischen und radiologischen Befunde der subarachnoidealen Zisternen. Radiologische Untersuchungen führten Lewtas und Jefferson 1966 sowie Wackenheim 1973 vorwiegend an der Carotiszisterne durch. Lang stellte 1973 die Zisternen des Subarachnoidalraumes mittels Injektion mit selbst polymerisierendem Plastik dar. Er fand damals heraus, dass Tractus und Bulbus olfactorius in der vorderen Schädelgrube innerhalb eines Kanals aus Subarachnoidalraum liegen. Lang beobachtete, dass sich ein schmaler Raum zwischen Tractus und Sulcus olfactorius befindet. Er erkannte, dass der Tractus olfactorius von einer Cisterna olfactoria umhüllt wird, die nach proximal hin immer breiter wird und in allen untersuchten Präparaten vorhanden war.

Die Bedeutung der Zisternen für den Neurochirurgen hob Yasargil bereits 1976 hervor. Er propagierte, dass intrakranielle Operationen am sichersten durchgeführt werden können, wenn man die gesuchte Zielstruktur in den entsprechenden Leitzisternen aufzufinden versucht. Dazu ist es natürlich notwendig, dass dem Operateur die genaue Topographie und der Inhalt der einzelnen Zisternen bestens vertraut sind. 1984 benennt Yasargil die arachnoideale Umhüllung des Riechnerven als „olfactory cistern“ und stellt sie zeichnerisch so dar, dass deutlich ein freier Anteil des Nervus olfactorius zu sehen ist (in „Microneurosurgery“ Vol. I; Yasargil, 1984), der der im Rahmen der vorliegenden Studie charakterisierten „*Pars libera*“ entspricht.

Obwohl die Cisterna olfactoria demnach bereits mehrfach in Form und Ausdehnung beschrieben wurde, konnten wir bisher keine exakten Meßwerte dazu entlang des Tractus und Bulbus finden.

Auch wir haben an unseren formalinfixierten Gehirnen die Existenz der Cisterna olfactoria nachweisen können. Sie beginnt – in unserem Untersuchungsgut bis auf drei Ausnahmen von insgesamt 70 – in 95,7% dorsal des Bulbus olfactorius und erstreckt sich, nach dorsal breiter werdend, über den gesamten Tractus olfactorius bis zu unserem Meßpunkt am Trigonum olfactorium, wo sie medial in die Cisterna chiasmatis und weiter in die Cisterna laminae terminalis und lateral in die „Carotiszisterne“ übergeht.

Diesen in Arachnoidea eingeschlossenen Teil des Riechnerven möchten wir hier als *Pars tecta* nervi olfactorii bezeichnen. Bei 70 möglichen Messungen betrug der Mittelwert 24,0

Millimeter. Der größte Wert von 63 mm liegt bei einer Standardabweichung von 7 mm weit außerhalb der Gaußschen Normalverteilung. Die kürzeste Strecke betrug 17 mm; bis auf einige wenige Ausnahmen bewegte sich die vermessene Länge zwischen 20 und 30 Millimetern. Nach Lang (1995) trifft man im Mittel nach 21,2 (12-33,5) mm auf den Kreuzungspunkt des Tractus olfactorius mit dem Nervus opticus. Die genaue Kenntnis um diese Zisterne ist wichtig, denn ihre Eröffnung im Rahmen der subfrontalen Präparation zum III.Ventrikel ist aus mehreren Gründen sinnvoll:

Bereits zu Beginn des Präparationsweges kann dadurch Liquor abgelassen werden, um bessere Platzverhältnisse zu schaffen. Zudem bleibt der Riechnerv durch Freipräparieren aus der Zisterne in der vorderen Schädelgrube liegen, so dass das Frontalhirn vorsichtig retrahiert werden kann, ohne die Fila olfactoria zu zerstören. Und letztlich wird die Übersicht und Orientierung dadurch verbessert, dass der Operateur sich bereits von Anfang an im Subarachnoidealraum befindet und dadurch weitere schonungsbedürftige Strukturen leichter auffinden und identifizieren kann.

Parallel dazu führten wir den Terminus *Pars libera* nervi olfactorii für den nicht umhüllten Anteil des Riechnerven ein. Dieser freie Anteil besteht hauptsächlich, aber eben nicht nur, aus dem Bulbus olfactorius. In 65 möglichen Messungen konnte für die *Pars libera* ein Mittelwert von 16,24 Millimetern errechnet werden. Die beiden Extremwerte mit maximal 26,5 mm und minimal 6 mm lagen bei einer Standardabweichung von 4,5 mm knapp außerhalb der Gaußschen Normalverteilung. In drei von 65 Fällen waren eindeutig Teile des Bulbus olfactorius in die Zisterne mit einbezogen.

Vergleicht man die Mittelwerte der *Pars libera* und *Pars tecta* und setzt sie zueinander in Beziehung, so läßt sich ein Längenverhältnis *Pars libera* : *Pars tecta* von 2:3 ermitteln. Klinische Relevanz hat diese Beobachtung insofern, dass man bei Auffinden und Längenabschätzung der *Pars libera* eine etwa um die Hälfte längere *Pars tecta* erwarten kann.

#### Messungen mit Bezug auf das olfaktorische System

Wir haben den Sulcus frontomarginalis als erste Landmarke nach Eröffnung der Dura beim subfrontalen Zugang favorisiert. Er gilt also als unsere Ausgangsstruktur für weitere Messungen zu Strukturen, die ihm auf dem Wege zur Lamina terminalis am nächsten liegen. Während Lang (1984) die Strecke von der Schädelvorderwand zur Spitze des Bulbus olfactorius mit im Mittel 9,21 mm angegeben hat, errechneten wir aus 75 Messungen zwischen Sulcus frontomarginalis und Bulbuspitze einen Mittelwert von 21,0 mm. Das bedeutet, dass der Sulcus frontomarginalis mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit oberhalb der Geraden liegt, die in Verlängerung des Sulcus olfactorius zur Schädelvorderwand gezogen

werden kann. Damit wird wiederum bestätigt, dass bei sehr klein und flach gehaltenen Kraniotomien der Sulcus möglicherweise nicht eingesehen werden kann. Zudem sind unsere Messungen nicht in situ durchgeführt worden, sondern an entnommenen Gehirnen. Lang und Wachsmuth (1979) haben herausgefunden, dass die Fossa olfactoria ossea mit der Lamina cribrosa im Schnitt rechts 2,5 mm, links 2,3 mm unterhalb des Levels des Planum sphenoidale liegen. In nur 17% der Fälle liegen beiderseits die Laminae cribrosae in einer Ebene, in 53% steht sie links höher, in 30% rechts. Das bedeutet wiederum, dass die Bulbi olfactorii in situ nicht direkt – wie am Präparat – der Hirnoberfläche anliegen, sondern in die vordere Schädelgrube abgesenkt sein können, so dass die in situ-Distanzen in manchen Fällen von unseren Werten leicht abweichen können.

Der rostrale Beginn der Cisterna olfactoria ist – wie vorhergehend bereits diskutiert – ein sehr wichtiger struktureller Anhaltspunkt für den Mikrochirurgen. Wir haben also den Abstand zwischen Sulcus frontomarginalis und Beginn der *Pars tecta* nervi olfactorii vermessen und erhielten bei 70 Messungen einen Mittelwert von 38,2 Millimetern. Auch hier – wie bei der Distanzmessung zwischen Sulcus frontomarginalis und Bulbusspitze – war der Messpunkt am Sulcus in etwa der Schnittpunkt mit einer gedachten Verlängerungslinie auf den Sulcus olfactorius; er befand sich zwischen 5 und 15 mm lateral der Fissura longitudinalis. Kann dieser Anhaltspunkt vom Operateur sicher aufgefunden werden, so wird die Präparation entlang der basalen Zisternen zur Lamina terminalis erheblich erleichtert.

### 5.3 Neurale Strukturen

In einem gesondertem Abschnitt wurden bereits zwei wichtige neurale Strukturen – der Sulcus frontomarginalis und das olfaktorische System – entlang des subfrontalen Korridors zum III.Ventrikel diskutiert. Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit Strukturen, die im Eingangsbereich des III.Ventrikels liegen. Dazu zählen das Chiasma opticum, die Lamina terminalis, die Commissura anterior sowie die Septalregion. Besonderes Augenmerk legen wir dabei auf die Ausdehnung des subfrontalen Korridors und die Distanzen der genannten Strukturen zueinander, um die topographischen Verhältnisse anschaulich darstellen zu können.

#### Ausdehnung des subfrontalen Korridors

Um die Länge des subfrontalen Korridors entlang der Hirnoberfläche anzugeben, haben wir zwei Strukturen als Anfangs- und Endpunkt ausgewählt. Da wir den Sulcus frontomarginalis als erste Landmarke bestimmt haben, stellte er die Anfangsstruktur dar. Als Endpunkt wählten wir den Sulcus paraolfactorius posterior, der sich in der Septalregion rostral der Substantia perforata anterior und dorsal des Trigonum olfactorium gering bogenförmig und konkav zu letzterem erstreckt. Die Septalregion gliedert sich nach Mark et al. (1994) von anterior nach posterior in Sulcus paraolfactorius anterior, Area subcallosa, Sulcus paraolfactorius posterior, Gyrus paraterminalis. Dahinter folgen die Substantia perforata rostralis, die Lamina terminalis und schließlich der III.Ventrikel (Näheres zur Septalregion in v. Cramon, 1998).

Wir erhielten zwischen Sulcus frontomarginalis und Sulcus paraolfactorius posterior eine mittlere Distanz von 65,2 (48-90) Millimetern. Zieht man die Ergebnisse der Messungen von Lang (aus Samii, 1986) bezüglich der Ausdehnung des subfrontalen Korridors zum Vergleich heran, so ergibt sich von der Schädelfvorderwand bis zur Lamina terminalis eine mittlere Strecke von 59,3 mm. Diese Länge entspricht gleichsam der „Luftlinie“ und ihre Minimal- bzw. Maximalwerte mit 52 bzw. 65 mm zeigen demnach wesentlich geringere Abweichungen vom Mittelwert als die an der Hirnoberfläche gemessenen Werte von 48-90 mm. Insgesamt jedoch ist eine Strecke von 59,3 bzw. 65 mm ein vergleichsweise langer Korridor, vergegenwärtigt man sich, dass der pterionale Korridor bis zum Nervus opticus nur 38,5 (33-43) mm misst (Lang, 1984). Jedoch hat der subfrontale Zugang den Vorteil sehr guter Einsehbarkeit des Operationsgebietes, vor allem der großen Gefäße (Patterson, 1998), und



er erlaubt eine weitläufige Eröffnung des III.Ventrikels, so dass er sich vor allem für größere Prozesse in dessen vorderem Bereich anbietet.

### Chiasma opticum und Commissura anterior

An der Bedeutung der Nervi optici und des Chiasma opticum und der Wichtigkeit deren Schonung bei operativen Eingriffen besteht kein Zweifel. Gesichtsfeldausfälle jeglicher Art belasten den betroffenen Patienten enorm und schränken wesentlich seine Lebensqualität ein. Dennoch können eine Vielzahl von Raumforderungen jeglicher Art bereits präoperativ die Ursache von Gesichtsfeldausfällen oder Blindheit sein, so dass ein operativer Eingriff eine Besserung in Aussicht stellen kann. Ursachen für eine Sehfeldbeeinträchtigung können tuberkulöse Meningitiden (Feld & Sicard, 1947; Yuhl & Rand, 1951; Coyle, 1969; Scott, 1977), Hydrocephalus (Block, 1971; Samii 1981), supraselläre Hypophysenadenome (Cushing, 1929; Fahlbusch & Marguth, 1981), Meningeome (Schürmann, 1981) und Aneurysmen (Suzuki, 1979; Optikusschaden bei Arteria communicans anterior-Aneurysmen in 0,7%, bei Arteria carotis interna-Aneurysmen in 0,6%) sein. Hooper berichtete 1952, dass Schädigungen der intra- und extrakraniellen Sehbahn in 10% aller schweren Hirntraumata auftreten.

Die Nervi optici und das Chiasma opticum bilden zusammen mit dem Tuberculum sellae ein Dreieck, das den Eingangsbereich zum III.Ventrikel darstellt. Renn und Rhoton bestimmten 1975 den Winkel zwischen den beiden Nervi optici und fanden, dass er zwischen 50 und 80° beträgt. Ihr Mittelwert zwischen Vorderrand des Chiasma und Tuberculum sellae betrug 4 (2-6) mm, Lang fand 1984 einen Wert von 5,51 (2-10) mm. Es gibt jedoch sog. „prefixed chiasms“, wobei das Tuberculum sellae bis zu 2 mm hinter dem Vorderrand des Chiasma liegen kann. Eine solche Konstellation muss vor einem geplanten operativen Eingriff ausgeschlossen werden, denn in diesem Falle ist ein subfrontaler Zugang zum III.Ventrikel nicht möglich. Bei den sog. „postfixed chiasms“ beträgt der Abstand im Mittel 7 (5-9) mm. Wir fanden eine durchschnittliche antero-posteriore Länge des Chiasma opticum von 5,3 mm, während Lang einen Wert von 6,57 mm beschreibt. Unser Werteintervall von 3,5-13 mm stimmt in etwa mit der von Lang beobachteten (4,0-11 mm) überein. Zudem lagen 90% unserer Werte zwischen 4 und 6 mm.

Die Breite des Chiasma bestimmten wir mittels Vermessung mit dem Zirkel. Dabei achteten wir besonders darauf, dass die Messung genau im Überkreuzungsbereich, und damit an der schmalsten Stelle, durchgeführt wurde. Unser Wert von 11,6 (6-17) mm im Mittel stimmt nicht mit dem Mittelwert von Wagner et al. überein, die mittels Auswertung von T1-gewichteten coronaren MR Bildern einen Wert von 14,0 mm ermittelten.

Wie bereits unter 5.1 diskutiert, kann diese Differenz nicht allein von der Formalinfixierung herrühren. Vielmehr scheint der Unterschied darin zu liegen, dass der Bildabstand jeweils 3 mm betrug und somit nie mit Sicherheit genau der Überkreuzungs- und damit der schmalste Bereich erfasst werden konnte.

Für die Bestimmung der extraventrikulären Länge des Chiasma opticum haben wir die Strecke zwischen Chiasmavorderrand und Insertionslinie der Lamina terminalis am Chiasma vermessen und fanden bei 21 Messungen einen Mittelwert von 3,9 mm. Die Werte variierten zwischen 1,5 und maximal 7 mm, wobei 86% von ihnen zwischen 3 und 5 mm lagen. Wir konnten keine Angaben dazu in der Literatur finden.

Die Commissura anterior ist die bedeutendste Verbindungsbahn zwischen der temporomesialen Region und eines Teils der frontalen Region beider Hemisphären, also hauptsächlich eine Kommissurenbahn des Paleokortex. Ihr rostraler Abschnitt verbindet Teile der Bulbi olfactorii, ihr kaudaler die Lobi piriformes des Temporalhirns (Mishkin, 1978; Apuzzo, 1998; Wilson, 1990 & 1991; Tomasch, 1957, zit. nach Blinkov & Lezer, 1968). Ihre Schädigung kann vielfältige neuropsychologische Defizite hervorrufen, so dass die Commissura anterior als dringend schonungsbedürftig angesehen werden muss. Die vordere Kommissur befindet sich nach Eintritt in den III.Ventrikel direkt am oder knapp oberhalb des Beginns der Lamina terminalis aus dem Corpus callosum. An dieser Stelle war sie in allen 42 untersuchten Gehirnen zu finden. Das bedeutet, dass bei Eröffnung der Lamina terminalis in mittlerer Position – etwa in Höhe der Arteria communicans anterior – die Commissura anterior nicht gefährdet wird und geschont werden kann. Ihre Höhe misst im Mittel 4,3 mm und ihre Breite 2,1 mm (Lang, 1986). Zur Abschätzung der Entfernung des Chiasma opticum nach Durchtritt durch die Lamina terminalis zur Commissura anterior haben wir die Strecke von der Insertion der Lamina auf dem Chiasma bis zum dorsalen Rand der vorderen Kommissur vermessen. Bei 22 Messungen fanden wir einen Mittelwert von 13,7 mm, wobei die maximale Distanz 20 mm und die kürzeste 10 mm betrug. Lang (1986) gibt die Länge der Lamina terminalis mit 10,85 (5-16) mm an; der Unterschied der beiden Werte liegt am ehesten darin begründet, dass wir unsere Messung nicht in situ durchgeführt haben, sondern an entnommenen Gehirnen und dass dadurch das Chiasma nicht an der Fossa cranialis anterior fixiert war. Zum zweiten haben wir die Strecke nicht bis zum Unterrand der Kommissur, sondern bis zu ihrem hinteren Ende vermessen.

## 5.4 Vaskuläre Strukturen

Von besonderem Interesse beim subfrontalen Zugangsweg zum III.Ventrikel sind die arteriellen Gefäße des vorderen Abschnitts des Circulus arteriosus Willisii. Im Vordergrund stehen die Arteria communicans anterior (ACoA) und die Arteria cerebri anterior (ACA) mit ihren beiden Abschnitten A1 und A2. Eine immens hohe Anzahl an Gefäßstudien wurde bereits durchgeführt, so dass wir auf neuerliche Untersuchungen zu diesen beiden Gefäßen verzichtet haben. Wir haben uns darauf konzentriert, den Eingangsbereich zum III.Ventrikel über die Lamina terminalis mittels Distanzmessungen zu explorieren und haben als distales, markantes Gefäß die Arteria communicans anterior gewählt, die uns als in der Mittellinie gelegene, konstante Struktur am besten geeignet erschien. Von der ACoA aus haben wir zwei Messungen durchgeführt, zum einen zur Insertionslinie der Lamina terminalis und zum anderen zur Commissura anterior nach Eröffnung des III. Ventrikels.

Zunächst aber gilt es, die Anatomie der ACoA und ACA und ihrer wichtigsten Abgänge zu beschreiben.

Der Abstand der Arteria carotis interna (ACI) zur Mittellinie variiert stark und kann bis auf 5mm reduziert sein (Renn & Rhoton, 1975), so dass enge Platzverhältnisse im Eingangsbereich des Ventrikels vorherrschen können. Auch die Lage der ACI zum Sehnerv ist unterschiedlich, so dass der Abgang der Arteria cerebri anterior entweder lateral des dorsalen Bereichs des Nervus opticus, lateral des Chiasma opticum oder lateral des rostralen Anteils des Tractus opticus zu liegen kommt (Seeger, 1978).

Die ACA ist in ihrem Verlauf nach anteromedial gerichtet. Nach einem durchschnittlich 13,5 (8-18,5) mm langen, geradlinigen oder geschlängelten Verlauf (Lang & Brunner, 1978), der als A1-Segment bezeichnet wird, verbindet sie sich etwa in Höhe zwischen Substantia perforata rostralis und Trigonum olfactorium über die Arteria communicans anterior mit der gegenseitigen ACA und setzt sich als A2-Segment nach frontal hin in den Interhemisphärenspalt der beiden Frontallappen fort. Ihre wichtigsten Äste dort zur Versorgung der medialen und basalen Anteile des Frontallappens und des Frontalpols sind der Ramus (R) frontobasalis medialis, der R. frontopolaris und der R. frontalis anteromedialis. Ausführliche Untersuchungen dazu führte u.a. Marino 1976 durch.

Die A. centralis longa (Synonyma: A. recurrens anterior, A. Heubneri) wollen wir an dieser Stelle näher betrachten, denn sie versorgt eine Vielzahl neuraler Strukturen entlang des subfrontalen Korridors (Heubner, 1874). Brunner (1978) fand, dass sie in einem Abschnitt der ACA zwischen 8 mm proximal und 3 mm distal des Abgangs der A. communicans anterior entspringt. Sie war in 30% doppelt angelegt, und hatte einen mittleren Durchmesser von 0,57 mm. Lazorthes (1961), Jain (1964), Dunker und Harris (1976) erhielten ähnliche Resultate. Den Verlauf der A. centralis longa beschrieb Kollmannsberger 1961. Sie verläuft von ihrem Ursprungsort etwa 1cm weiter posterior und nach lateral, im Normalfall lateral und

nahe der A. cerebri anterior. Nach Überkreuzen dieses Gefäßes tritt sie in den medialen Abschnitt (meist nach mehreren Aufzweigungen) der Substantia perforata rostralis ein. In etwa 66% der Fälle versorgt die A. Heubneri auch den Bulbus und Tractus olfactorius sowie die Pars orbitalis des Lobus frontalis. Desweiteren versorgt sie die Lamina terminalis, den rostralen Anteil der Commissura anterior sowie Teile der Capsula interna, des Nucleus caudatus und Putamen (Saeki & Rhoton, 1977; Westberg, 1963; Dunker & Harris, 1976). Die A. communicans anterior verläuft nach Perlmutter und Rhoton (1976) zu 70% über dem Chiasma opticum, zu 30% in Höhe der Nn. optici. Yasargil et al. (1984) fanden, dass eine einfach angelegte ACoA in 58%, eine doppelt angelegte in etwa 20% und eine dreifach angelegte in annähernd 17% der Fälle vorlag. Sie berichteten über eine durchschnittliche Länge von 0,1-3 mm und einen Durchmesser von 1-3 mm, während die Gruppe um Lang (1987) einen äußeren Durchmesser von 1,3 (0,3-3,5) mm und einen inneren Durchmesser von 0,99 (0,2-2,6) mm fand. Riggs und Rupp beobachteten 1963 hypoplastische ACoA in 9,3% der Fälle. Von 42 Gehirnen, an denen wir die folgenden Untersuchungen durchführten, waren in zwei Fällen die Aa. communicantes anteriores doppelt angelegt, in zwei weiteren Fällen waren sie so kurz, dass es den Anschein hatte, als ob die beiden Arteriae cerebri anteriores sich ohne Zwischenstück verbinden würden.

Unsere Messungen ergaben einen mittleren Abstand der Arteria communicans anterior von der Insertionslinie der Lamina terminalis am Chiasma von 6,2 mm. Beachtenswert erscheint, dass der minimale Abstand nur 2 mm betrug. Lang beschrieb 1995 einen Abstand der ACA, gemessen in Höhe der ACoA, von der Lamina terminalis von durchschnittlich 4,9 (0-10) mm. Jedoch ist nicht geklärt, ob es sich dabei um den kürzesten Abstand handelt bzw. wo der Messendpunkt an der Lamina terminalis angesetzt wurde.

Eine ebenso wichtige Distanz ist die Strecke zwischen der ACoA und der Commissura anterior, die sich im Eingangsbereich des III.Ventrikels in allen 42 Präparaten direkt oder leicht oberhalb des Beginns der Lamina terminalis befindet. Wir haben (bei 22 Messungen) einen Mittelwert von 12,14 mm gefunden, wobei die kürzeste Distanz 6,5 mm, die längste 20 mm betrug.

Diese Zahlen belegen, dass der Eingangsbereich zum III.Ventrikel genauer anatomischer Kenntnisse bedarf, um bei sehr engen Verhältnissen wichtige vaskuläre und neurale Strukturen schonen zu können, die bei Vorhandensein pathologischer Prozesse in ihrer Topographie zusätzlich verkomplizierend verschoben sein können. Unsere anatomischen Beschreibungen, Messungen und Hinweise sollten helfen, dem Mikrochirurgen einen detaillierten Strukturplan entlang des Korridors beim subfrontalen trans-lamina terminalis-Zugang zu vermitteln.

## 5.5 Klinische Anwendbarkeit des subfrontalen Zugangsweges

### 5.5.1 In der Mikrochirurgie

Tumoren entlang der Frontobasis, im Bereich der Fossa cranialis anterior, supra- oder paraselläre Tumoren sowie Raumforderungen im vorderen Teil des III.Ventrikels sind seit mehr als hundert Jahren bekannt und erforscht worden. Bereits 1910 schrieb Lewis eine Abhandlung über Tumoren der Hypophyse, wobei er drei Gruppen unterteilte: Tumoren, die sich aus dem Infundibulum entwickeln (damit beschrieb er erstmals detailliert die Kraniopharyngeome), Tumoren der Pars intermedia und Tumoren des Hypophysenvorderlappens. Er beschrieb operativ gewonnenes Gewebe, und propagierte bereits 1910 den subfrontalen Weg als chirurgischen Zugang. 1932 berichteten Allen und Lovell ebenfalls über klinische Erscheinungsbilder und Diagnostik von Tumoren des III.Ventrikels, vor allem von Kraniopharyngeomen und der neuen diagnostischen Methode der Ventrikulographie; Behandlungsstrategien wurden nicht diskutiert. Grant resumierte 1948 seine Erfahrungen mit Hypophysentumoren und Kraniopharyngeomen. Therapieoptionen waren zu jener Zeit die Bestrahlung von Adenomen oder alternativ die chirurgische Entfernung via eines extraduralen(!), subfrontalen Zugangsweges mit einer Operationsmortalität von 9,2%. Einzige Indikation für die Operation war die rasche und kontinuierliche Sehverschlechterung. Die alleinige Behandlungsmethode für Kraniopharyngeome war die Operation, da dieser Tumor als nicht strahlensensibel bekannt war. Die Operationsmortalität lag bei 25% (Grant, 1948). Hirsch, der einen Kommentar zu Grants Arbeit verfaßte, benutzte für Hypophysenadenome auch damals bereits den transnasalen, transsphenoidalen Zugang. 1950 veröffentlichte Love eine Arbeit über Kraniopharyngeome, deren Pathogenese (embryologische Entwicklung der supra- und parasellären Regionen), Klinik und Therapie. Dabei stand im Vordergrund der operativen Behandlung der transfrontale Zugangsweg, wobei die komplette Tumorentfernung in nur 15 von 96 Fällen gelang; die Angabe über die Operationsmortalität fehlte. Poppen (1964) und Stein (1980) beschreiben den transfrontalen Zugangsweg zu Tumoren der vorderen Schädelgrube oder Tumoren des III.Ventrikels, der mittels kortikaler Inzision zum Ort der Raumforderung führt. Auch hier wird noch kein subfrontaler oder interhemisphärischer Zugang erwähnt.

Aufgrund fortschreitender anatomischer und funktioneller Untersuchungen am Frontallappen und vorderer Schädelgrube sowie Eingangsbereich des III.Ventrikels und hoher Komplikationsraten transkortikaler Eingriffe ist man dazu übergegangen, natürliche Spalträume als Zugangswege zu nutzen. 1980 stellte Shillito seine Behandlungsstrategie für

Kraniopharyngeome vor und benutzte den subfrontalen Zugang als „Explorationsweg“, um die Operabilität zu testen und eine Dekompression der Sehnerven zu erreichen; seinen Erfahrungen zufolge kam es bei dem Eingriff regelmäßig zu uni- oder bilateraler Anosmie. Er warnte vor zuviel Radikalität auf Kosten von postoperativer Mortalität und Morbidität. 1984 berichtete Suzuki über gute Ergebnisse bei Operationen über den interhemisphärischen Zugang über die Lamina terminalis zum III.Ventrikel. Er konnte bereits in 13 von 17 Fällen die Totalentfernung des Tumors erreichen; keiner der operierten Patienten starb während des Eingriffs. Ransohoff berichtete 1993 vom Rückgang peri- und postoperativer Mortalität von 22,7% im Jahre 1938 auf 6,1% im Jahre 1991 und einer gleichzeitigen Erhöhung des Anteils der Radiakalentfernung (hier bei Meningeomen der vorderen Schädelgrube) von 60% auf 95%. Eine exzellente Beschreibung der subfrontalen bzw. interhemisphärischen Zugangswege über die Lamina terminalis zum III.Ventrikel liefern Patterson und Suzuki (1998).

1992 gab Konovalov noch immer eine postoperative Mortalität bei Kraniopharyngeomen von 19% bei Kindern und 22% bei Erwachsenen an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch Patienten mit sehr ausgedehnten Tumoren und bereits vorbestehenden schweren Elektrolytstörungen operiert wurden. Der weitaus größte Teil der Komplikationen war hämorrhagisch oder infarktbedingt, neben schwersten Elektrolytentgleisungen. Im Vergleich der Zugangswege ist auffällig, dass mittels des transcallosalen Weges 86% der Patienten total oder subtotal operiert werden konnten, im Falle des subfrontalen Zuganges dies nur in 53% der Fälle möglich war. Der Autor liefert keine Erklärung für dieses Phänomen, denn er schreibt dem subfrontalen Zugang gute Übersichtlichkeit und ein weites Operationsfeld zu, der vor allem für kleinere Prozesse im vorderen Abschnitt des III.Ventrikels geeignet sei (Konovalov, 1992).

Apuzzo (1998) evaluierte Komplikationen bei den verschiedensten Zugängen zu parasellären Meningeomen. Hier soll besonders der subfrontale Zugangsweg erwähnt werden. Dabei stehen die Anosmie, epileptische Anfälle und Visusverlust im Vordergrund. Daneben kommen vaskuläre Komplikationen wie Infarkt und Hämorrhagie sowie Hemiparesen und viele Arten von Persönlichkeits- und Bewußtseinsstörungen vor. All diese Komplikationen verbesserten sich im Laufe der Zeit erheblich; dies konnte zum großen Teil aufgrund moderner diagnostischer Methoden, der Einführung des Operationsmikroskops und des verbesserten Operationsinstrumentariums geschafft werden. Doch die anatomischen Details bei der Ausarbeitung und Verfeinerung der Zugangswege und die dadurch erheblich verbesserte Möglichkeit der Schonung von gefährdeten Strukturen oder die Eröffnung alternativer Präparationswege sind den Ergebnissen anatomischer und mikroanatomischer Untersuchungen zu verdanken.

### **5.5.2 Prä- und postoperative Anosmie**

Verschiedene operative Methoden, die vordere Schädelgrube und supra- sowie paraselläre Regionen zu erreichen, wurden in der Literatur beschrieben. Die bifrontale Kraniotomie ist eine sichere und gern verwendete Alternative, die ein breites und übersichtliches Operationsfeld für die Behandlung verschiedenster Läsionen in diesen Bereichen bietet (Bini, 1991; Yasui, 1992; Sekhar, 1993; Pool, 1972 u.a.). Leider war und ist bei diesem Zugangsweg oder modifizierten Zugängen einer der größten Nachteile die Gefahr der Verletzung des olfaktorischen Systems, so dass die postoperative Anosmie als sehr häufige Komplikation hingenommen werden musste bzw. noch immer muss (Eriksen, 1990; Patterson, 1993; Fujiwara, 1996; Sekhar, 1999).

Durch ein besseres Verständnis der Anatomie und Topographie der vorderen Schädelbasis konnten bereits neue operative Methoden entwickelt werden, die zur Reduktion der Häufigkeit des postoperativen Riechverlusts beigetragen haben (Suzuki, 1981; Samii, 1994; Sepehrnia, 1999). Dabei stand im Mittelpunkt der mikrochirurgischen Präparationen die Ablösung des Tractus olfactorius von der Basis des Frontallappens. So konnte der Riechnerv in der vorderen Schädelgrube zu liegen kommen und das Frontalhirn bei Bedarf retrahiert werden, ohne die sehr dünnen und empfindlichen Fila olfactoria, die durch die Lamina cribrosa des Os ethmoidale zur Nasenschleimhaut laufen, zu zerstören. Die entscheidende Voraussetzung und das anatomische Korrelat für die stumpfe (Suzuki, 1981) oder scharfe (Sepehrnia, 1999) Ablösung des Riechnervs ist die Cisterna olfactoria, die laut unserer Ergebnisse ab etwa 16 mm von der Bulbuspitze entfernt den Tractus olfactorius großzügig schlauchartig umhüllt und sich bis zum Trigonum olfactorium fortsetzt. So kann gefahrlos sogar scharf präpariert werden. Der Beginn der Zisterne kann sehr gut anhand der Arachnoidea-Umschlagfalte erkannt werden, die zu einem wesentlich dichteren Aspekt arachnoidaler Umhüllung führt. Die Zisterne kann problemlos sondiert werden.

Suzuki (1981) konnte bei 110 behandelten Patienten mit Aneurysmen der ACoA beide Riechnerven in 35%, einen Riechnerv in 32% erhalten; eine Verletzung beider Riechnerven kam in 29% der Fälle vor, wobei 53% dieser Verletzungen bereits im ersten Jahr der Studie erfolgten (von insgesamt 4 Jahren). Die Riechtestung erfolgte lediglich postoperativ und war objektiv nicht mit der präoperativen Riechsituation vergleichbar. Anzumerken ist hierbei, dass 42% der befragten Patienten mit objektiv bilateraler Erhaltung des Riechsystems subjektiv Anosmie angaben, dass aber umgekehrt 3 von 8 Patienten mit objektiv bilateral geschädigtem Riechsystem subjektiv ein erhaltenes Riechvermögen berichteten. Daraus ist ersichtlich, dass umso mehr Vorsicht bei der Präparation entlang der Riechstrukturen walten muss. Möglicherweise werden der Bulbus selbst oder die Fila olfactoria oder die arterielle Blutversorgung durch die Manipulationen beeinträchtigt. Spetzler berichtete 1993 von 4 Patienten, die sich Operationen via anteriorer craniofacialer Zugänge unterziehen mussten.

Aus den postoperativen Riechtestungen folgerte er, dass in allen 4 Fällen das Riechvermögen erhalten werden konnte bzw. wiedergekehrt ist, dass jedoch eine Zeitspanne von bis zu 8 Wochen abgewartet werden muss. Er verwendete eine völlig andere Methode zur Riecherhaltung, bedingt durch den völlig unterschiedlichen Operationsbereich. Er hob die Bulbi samt knöcherner Anteile des Os ethmoidale bis einschließlich der Mucosa der Nasenschleimhaut ab. Über die diesbezüglichen besten Ergebnisse berichtete Sepehrnia, der prospektiv 12 Patienten prae- und postoperativ testete. Auch er verwendete eine bifrontale Kraniotomie für Läsionen verschiedener Art der vorderen Schädelgrube und der supra- und parasellären Regionen. Die praeoperative Riechtestung – separat für jedes Nasenloch – ergab in lediglich einem Fall einseitigen Riechverlust; alle übrigen Patienten hatten keinerlei Einschränkung des Riechvermögens. Die postoperative Testung zeigte bei keinem der Patienten eine Verschlechterung (Sepehrnia, 1999).

Abschließend ist zu sagen, dass die Wichtigkeit anatomischer Detailstudien keineswegs, auch nicht im 21. Jahrhundert, an Bedeutung für den Mikrochirurgen verloren hat. Die postoperative Lebensqualität des Patienten steht mehr denn je im Vordergrund jedes neurochirurgischen Eingriffs. Die beschriebenen Ergebnisse verschiedenster Autoren bezüglich erheblich gesenkter und noch immer sinkender Mortalität und Morbidität nach neurochirurgischen Eingriffen ist nicht zuletzt Verdienst anhaltender mikroanatomischer Forschungsarbeit. In weiteren klinischen Studien soll gezeigt werden, dass die systematische Anwendung der hier neu gewonnenen mikroanatomischen Details bei der neurochirurgischen Präparation entlang des olfaktorischen Systems dauerhaft zur Vermeidung iatrogen induzierter, postoperativer Anosmie führen kann. Daneben ist die klinische Verwertung der anatomischen Daten zum Eingangsbereich des III. Ventrikels sehr hilfreich, neurale und vaskuläre Verletzungen zu vermeiden. Durch Schonung besonders der Commissura anterior können auch neuropsychologische Defizite vermieden werden, die in standardisierten Testungen evaluiert werden können.

Die Philosophie unserer Arbeit ist es, mikroanatomische Details, morphometrische Daten und prae- und postoperative neuropsychologische Untersuchungen zu erheben, auszuwerten und miteinander in Verbindung zu setzen. Mit diesem Studiendesign geben wir auch für andere mikrochirurgische Präparationswege vor, wie beispielsweise den subtemporalen Zugang. Ähnliche Protokolle zu erstellen und damit einen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität bei Patienten nach neurochirurgischen Eingriffen leisten zu können ist Aufgabe des Labors für Neurochirurgische Mikroanatomie der Neurochirurgischen Klinik an der Ludwig-Maximilians-Universität München.



## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Der III.Ventrikel ist aufgrund seiner Lage im Zentrum des Gehirnes eine chirurgisch schwer zugängliche Region und stellt daher besondere Anforderungen an den Neurochirurgen. Der subfrontale trans-lamina terminalis-Zugang ist eine der Alternativen, um Raumforderungen und Läsionen im vorderen Teil des III.Ventrikels zu erreichen. Vorteile dieses Zugangsweges sind ein weites Operationsfeld und gute Einsehbarkeit der supra- und parasellären Region und der großen umliegenden Gefäße. Sein Nachteil ist der lange Korridor von 5-6 cm bis zur Lamina terminalis.

Wir führten anatomisch-topographische Untersuchungen entlang des subfrontalen Korridors an 42 formalinfixierten Gehirnen durch. Dabei fanden wir den Sulcus frontomarginalis als konstante erste Landmarke am Frontalpol des Gehirnes bei uni- und bifrontaler Kraniotomie. Er dehnt sich in annähernd horizontaler Richtung im Mittel 31,4 mm aus, verläuft in der Hälfte der Fälle bis zum Interhemisphärenspalt und ist im Mittel 5-6 mm zur Gegenseite höhenversetzt. Nach etwa 21 mm wird die Bulbuspitze erreicht. Der Bulbus olfactorius liegt in der Fossa olfactoria in der vorderen Schädelgrube und ist nicht von der Cisterna olfactoria umgeben, deren Beginn – von der Bulbuspitze aus – nach im Mittel 16 mm durch eine deutliche Arachnoidea-Umschlagfalte gekennzeichnet ist. Diese Zisterne umhüllt nach dorsal den Tractus olfactorius auf ca. 24 mm Länge. Wir haben den nicht intrazisternalen Teil des Riechnervs als *Pars libera* und den zisternalen Teil als *Pars tecta* bezeichnet. Diese anatomischen Gegebenheiten bieten dem Neurochirurgen die einzige Möglichkeit, das Riechvermögen zu erhalten, indem der Nervus olfactorius aus dieser arachnoidealen Umhüllung freipräpariert wird und damit frei auf der vorderen Schädelgrube zu liegen kommt. So kann er durch Retraktion des Frontalhirnes, durch Spateldruck und andere Manipulationen nicht geschädigt werden. Auf diese Art und Weise ist bei nicht in der vorderen Schädelgrube liegenden Prozessen eine Erhaltung des Riechvermögens in einer einzigen Studie bei allen Patienten möglich (Sepehrnia, 1999).

Die Gesamtausdehnung des subfrontalen Korridors, die wir in unserer Arbeit als Distanz zwischen Sulcus frontomarginalis und Sulcus paraolfactorius posterior definierten, betrug im Mittel 65 mm, gemessen an der Hirnoberfläche. Der Abstand von der Schädelvorderwand bis zur Lamina terminalis beträgt laut Lang (1986) im Mittel 59 mm.

Das Chiasma opticum war im Mittel 5,3 mm lang, 11,6 mm breit und lag mit 3,9 mm Länge außerhalb des III.Ventrikels, gemessen von ventral bis zur Insertionslinie der Lamina terminalis. Im Eingangsbereich zum III.Ventrikel lag das Chiasma opticum – gemessen von der Ansatzlinie der Lamina terminalis am Chiasma – zur Arteria communicans anterior (ACoA) im Mittel 6,2 mm, zur Commissura anterior (CA) 13,7 mm entfernt. Der Abstand der ACoA zur CA betrug knapp über 12 mm. Vergleicht man in der Literatur die topographischen

Verhältnisse bei konkurrierenden Zugangswegen zum III.Ventrikel, so kann man feststellen, dass der sufrontale Zugang über die Lamina terminalis unter physiologischen Bedingungen eine im Vergleich zu anderen Zugängen große Übersichtlichkeit und Einsehbarkeit bietet. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sollen dem Neurochirurgen durch Validierung von mikroanatomischen Landmarken und durch die Erarbeitung von wertvollen mikropräparatorischen Details eine Hilfestellung zum besseren Verständnis des subfrontalen Zugangsweges sein.

## 7. LITERATURVERZEICHNIS

1. Allen SS, Lovell HW. Tumors of the third ventricle.  
Arch Neurol Psychiatry 1932; 28: 991-1006.
2. Apuzzo MLJ, Chikovani OK, Gott PS, Teng EL, Zee CS, Gianotta SL, Weiss MH.  
Transcallosal, interforniceal approaches for lesions affecting the third ventricle: surgical considerations and consequences.  
Neurosurgery 1982; 10: 547-555.
3. Apuzzo MLJ. Surgery of masses affecting the third ventricular chamber: techniques and strategies.  
Clin Neurosurg 1988; 34: 499-522.
4. Apuzzo MLJ, Litofsky NS. Surgery in around the anterior third ventricle.  
Aus: Surgery of the third ventricle.  
Apuzzo MLJ (ed), Williams & Wilkins, Baltimore 1998; S. 541-579.
5. Apuzzo MLJ, Amar AP. Transcallosal interforniceal approach. In: Surgery of the Third Ventrikel. Apuzzo MLJ, ed. Williams & Wilkins, Baltimore 1998; S. 421-452.
6. Beck S. Arteria communicans posterior und Arteria choroidea anterior.  
Dissertationsschrift, Hannover 1991.
7. Bini W, Sepehrnia A, Samii M. Some technical considerations regarding craniopharyngioma surgery: The bifrontal approach. In: Samii M (ed): Surgery of the Sellar Region and Paranasal Sinuses.  
Springer Verlag Berlin 1991; S. 381-386.
8. Blinkov SM, Glezer II. Das Zentralnervensystem in Zahlen und Tabellen.  
Fischer Verlag Jena 1968; S. 21-24.
9. Block J. Visual impairment in „low pressure“ hydrocephalus.  
J Neurol Neurosurg Psychiat 1971; 34: 107 (Abstract).

10. Brunner FX. Über die Arterien des Hirnstammes: Vorkommen, Zahl, Durchmesser und Variationen.  
Medizinische Dissertation, Würzburg 1978.
11. Cammermeyer J. Changes in volume of cat spinal cord induced by formalin fixatives.  
J Neuropath Exp Neurol 1956; 15: 212-214.
12. Coyle JT. Chiasmatic arachnoiditis. Case report and review.  
Am J Ophthalmol 1969; 68: 345-349.
13. Cramon von DY, Müller U. The septal region and memory.  
In: Cohadon F, Dolenc VV, Lobo Antunes J, Nornes H, Pickard JD, Reulen HJ, Strong AJ, Tribolet de N, Tulleken CAF eds. Advances and Technical Standards in Neurosurgery.  
Springer Wien, New York 1998; S. 3-40.
14. Cushing H. The chiasmal syndrome of primary optic atrophy and bitemporal field defects in adult patients with a normal sella turcica.  
XII Concilium Ophthalmologicum (Hollandia) 1929; 13: 97-198.
15. Dandy WE. Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles.  
Ann Surg 1918; 68: 5-11.
16. Dandy WE. Roentgenography of the brain after the injection of air into the spinal canal.  
Ann Surg 1919; 70: 397-403.
17. Dandy WE. An operation for the removal of pineal tumors.  
urg Gynecol Obstet 1921; 33: 113-119.
18. Dandy WE. Benign tumors in the third ventricle of the brain: Diagnosis and treatment.  
Charles C Thomas: Springfield, Illinois 1923; S. 136-169.
19. Dunker RO, Harris AB. Surgical anatomy of the proximal anterior cerebral artery.  
J Neurosurg 1976; 44: 359-367.
20. Duvernoy HM. The human brain: Surface, three-dimensional sectional anatomy and MRI.

- Springer Vienna, Austria 1991; S. 25 und 36-45.
21. Eriksen KD, Boge-Rasmussen T, Kruse-Sarsen C. Anosmia following operation for cerebral aneurysms in the anterior circulation.  
J Neurosurg 1990; 72: 864-865.
  22. Fahlbusch R, Marguth F. Optic nerve compression by pituitary adenomas.  
In: The Cranial Nerves. Samii M, Jannetta PJ (eds). Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1981.
  23. Feld R, Sicard J. Sur deux cas de tubercule du chiasma.  
Rev Neurol 1947; 79: 664-666.
  24. 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.
  25. Frontera JG. Evaluation of the immediate effects of some fixatives upon the measurements of the brains of macaques.  
J Comp Neurol 1958 ; 109: 417-438.
  26. Frydl V, Koch R, Zavodska H. The effect of formalin fixation on several properties of the brain.  
Zentralbl Allg Pathol 1989; 135: 649-655.
  27. Fujiwara J, Yasui N, Nathal-Vera E, Suzuki A. Anosmia after anterior communicating artery aneurysm surgery: Comparison between the anterior interhemispheric and basal interhemispheric approaches.  
Neurosurgery 1996; 38: 325-328.
  28. Grant FC. Surgical experience with tumors of pituitary gland.  
JAMA 1948; 136: 668-672.
  29. Guiot G. Considerations on the surgical treatment of pituitary adenomas.  
Aus: Fahlbusch R, Werder KV (eds). Treatment of pituitary adenomas.  
Thieme-Verlag, Stuttgart 1978; S. 202-218.

30. Heubner JBO. Die luetische Erkrankung der Hirnarterien.  
FCW Vogel, Leipzig 1874; S. 238 ff.
31. Hooper R. Orbital complications of head injury.  
Brit J Surg 1952; 39: 126-138.
32. Ingraham FD, Matson DD, McLaurin RL. Cortisone and ACTH as an adjunct to the surgery of craniopharyngiomas.  
N Eng J Med 1952; 246: 568-571.
33. Jain KK. Some observations of the anatomy of the middle cerebral artery.  
Can J Surg 1964; 7: 134-139.
34. Key A, Retzius G. Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes.  
Bd. 1. Stockholm: Samson & Wallin 1875; S. 57-111.
35. Kier EL, Truwit CL. The lamina rostralis: Modification of concepts concerning the anatomy, embryology, and MR appearance of the rostrum of the corpus callosum.  
NJR 1997; 18: 715-722.
36. Kollmannsberger A. Vergleichende Studien über die A. Heubneri und die Aa. choroideae an anatomischen Präparaten, an Korrosionspräparaten und Angiogrammen der Hirngefäße.  
Gegenbaurs Morphol Jahrb 1961; 102: 180-199.
37. Konovalov AN, Gorelyshev SK. Surgical treatment of anterior third ventricle tumors.  
Acta Neurochir 1992; 18: 33-39.
38. Lang J, Nadjmi M. Anatomie und Radiologie der zerebralen Subarachnoidealräume.  
Rö-BI (26. Jg.) 1973; 3: 107-112.
39. Lang J, Brunner FX. Über die Rami centrales der Aa. cerebri anterior und media.  
Gegenbaurs Morphol Jahrb 1978; 124: 364-374.

40. Lang J, Wachsmuth W. Praktischen Anatomie. Teil 1, Band 1 Kopf, Teil B Gehirn- und Augenschädel.  
Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1979; S.31ff.
41. Lang J, Reiter U. Über die intrazisternale Länge von Hirnbahn- und Nervenstrecken der Hirnnerven I-IV.  
Neurochirurgia 1984; 27: 125-128.
42. Lang J. Über die Pterionengegend und deren klinisch wichtigen Abstand zum Nervus opticus. 2. Pterionengegend, Abstände zum Nervus opticus. Maße und Form der Bucht für den Polus temporalis.  
Neurochirurgia 1984; 27: 31-35.
43. Lang J. Microanatomy of and around the Brain Stem and the Third Ventricle.  
Aus: Samii (ed). Surgery in and around the Brain Stem and the Third Ventricle. Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokyo 1986; S. 9-45.
44. Lang J. Schaffrath H, Fischer G. Weitere Befunde zu den Rami diencephalici.  
Neurochirurgia 1987; 30: 103-107.
45. Lang J. Skull base and related structures. Atlas of clinical anatomy.  
Schattauer 1995; S. 94-112.
46. Lanz T, Wachsmuth W. Praktische Anatomie. Band 1, Teil B.  
Springer Verlag 1979 ; S. 33-48.
47. Lazorthes G. Vascularisation et circulation cérébrales.  
Paris: Masson 1961.
48. 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.
49. Lewis DD. A contribution to the subject of tumors of the hypophysis.  
JAMA 1910; 55: 1002-1008.

50. Lewtas NA, Jefferson AA. The carotid cistern. (A source of diagnostic difficulties with suprasellar extensions of pituitary adenoma).  
Acta Radiol Diagn 1966; 5: 675-690.
51. Lillequist B. The subarachnoid cisterns. An anatomic and roentgenologic study.  
Acta Radiol 1959 (Suppl. 185); 1-108.
52. Locke CE, Naffziger HC. The cerebral subarachnoid system.  
Arch Neurol Psychiat 1924; 12: 411-418.
53. Love JG, Marshall TM. Craniopharyngiomas (Pituitary Adamantinomas).  
Surg Gynecol Obstet 1950; 90: 591-601.
54. Marino R Jr. The Anterior Cerebral Artery: I. Anatomico-radiological Study of its Cortical Territories.  
Surg Neurol 1976; 5: 81-87.
55. Mark LP, Daniels DL, Naidich TP, Hendrix LE, Maas E. The Septal Area.  
AJNR 1994; 15: 273-276.
56. Mishkin M. Memory in monkeys severely impaired by combined, but not by separate removal of amygdala and hippocampus.  
Nature 1978; 273: 297-298.
57. Netter F. Atlas of human anatomy.  
Ciba-Geigy Corporation 1994; S. 94-140.
58. Ono M, Kubik S, Abernathey CD. Atlas of the cerebral sulci.  
Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York 1990; S. 90-91.
59. Patten BM. Human Embryology.  
3<sup>rd</sup> ed. New York, NY: Hafner 1967; S. 28-49.
60. Patterson RH. Parasellar meningiomas.  
Aus: Apuzzo MLJ (ed). Brain Surgery. Complication avoidance and management.  
Churchill Livingstone Verlag New York 1993; S. 219-230.



61. Patterson RH, Danylevich A. Surgical removal of craniopharyngiomas by a transcranial approach through the lamina terminalis and sphenoid sinus.  
Neurosurgery 1980; 7: 111-117.
62. Patterson RH. Subfrontal transsphenoidal and trans-lamina terminalis approach.  
Aus Apuzzo MLJ (ed): Surgery of the third ventricle. Baltimore, Williams & Wilkins 1998; Kap. 16, S. 398-412.
63. Perlmutter D, Rhoton A L jr. Microsurgical anatomy of the anterior cerebroanterior communicating-recurrent artery complex.  
J Neurosurg 1976; 43: 288-298.
64. Poppen JL. Operative techniques for removal of olfactory groove and suprasellar meningiomas.  
Clin Neurosurg 1964; 11: 1-7.
65. Pool J. Bifrontal craniotomy for anterior communicating artery aneurysms.  
J Neurosurg 1972; 36: 212-220.
66. Raimondi AJ. Pediatric Neurosurgery.  
Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1998; Kap.1, S. 1-35.
67. Ransohoff J, Nockels RP. Olfactory Groove and Planum Meningiomas.  
Aus: Apuzzo MLJ (ed). Brain Surgery. Complication avoidance and management.  
Churchill Livingstone Verlag New York, 1993; S. 203-219.
68. Rathke H. Über die Entstehung der Glandula pituitaris.  
Arch Anat Physiol Wissen Med 1838; 5: 482-486.
69. Rauber/Kopsch. Anatomie des Menschen. Band 3 und 4.  
Thieme Verlag Stuttgart 1987; Band 3, S. 120-173; Band 4, S. 24-45.
70. Renn WH, Rhoton ALJr. Microsurgical anatomy of the sellar region.  
J Neurosurg 1975; 43: 288-298.

71. Riggs HE, Rupp C. Variation in form of the circle of Willis. The relation of the variations to collateral circulation; anatomic analysis.  
Arch Neurol 1963; 8: 24-30.
72. Saeki N, Rhoton AL Jr. Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of Willis.  
J Neurosurg 1977; 46: 563-578.
73. Samii M. Optic nerve compression by other intracranial etiology. In: The Cranial Nerves. Samii M, Jannetta PJ, eds.  
Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1981.
74. Samii M. Preservation of olfactory nerve function during bifrontal craniotomies for craniopharyngiomas. Presented at the International Symposium on Craniopharyngiomas, Hannover, Germany. June 11-17, 1994.
75. Schmidt H-M. Über Größe, Form und Lage von Bulbus und Tractus olfactorius des Menschen.  
Gegenbaurs morph. Jahrb. Leipzig 1973; 119/2: 227-237.
76. Scott RM, Sonntag VKH, Wilcox LM, Adelman LS, Rockel TH. Visual loss from optochiasmatic arachnoiditis after tuberculous meningitis.  
J Neurosurg 1977; 46: 524-526.
77. Seeger W. Atlas of Topographical Anatomy of the Brain and Surrounding Structures.  
Springer Verlag Wien/New York 1978; S. 111-195.
78. Sekhar LN, Nanda A, Sen CN. The extended frontal approach to tumors of the anterior, middle, and posterior skull base.  
J Neurosurg 1993; 76: 198-206.
79. Sekhar LN. Kommentar zu: Sepehrnia A et al: Preservation of the Olfactory Tract in Bifrontal Craniotomy for Various Lesions of the Anterior Cranial Fossa.  
Neurosurgery 1999; 44: 113-117.

80. Sepehrnia A, Knopp U. Preservation of the olfactory tract in bifrontal craniotomy for various lesions of the anterior cranial fossa.  
Neurosurgery 1999; 44: 113-117.
81. Shillito J. Craniopharyngiomas: The subfrontal approach, or none at all.  
Clin Neurosurg 1980; 27:188-205.
82. Shucart WA, Stein BM. Transcallosal approach to the anterior ventricular system.  
Neurosurgery 1978; 3: 339-343.
83. Smith CG. Incidence of atrophy of the olfactory nerve in man.  
Arch Otolaryngol 1941; 34: 533.
84. Spetzler RF, Herman JM, Beals S, Joganic E, Milligan J. Preservation of olfaction in anterior craniofacial approaches.  
J Neurosurg 1993; 79: 48-52.
85. Stein BM. Third ventricular tumors.  
Clin Neurosurg 1980; 27: 315-331.
86. Streeter GL. The development of the nervous system.  
Aus: Keibel F, Mall FP (eds). Manual of the human embryology.  
Philadelphia, Pa: Lippincott 1912; S. 90-94 und 104.
87. Suzuki J, Ohara H. Origin and growth of cerebral aneurysms. A clinicopathological study. In: Cerebral aneurysms, advances in diagnosis and therapy. Pia H, Langmaid WC, Zierski J (eds).  
Springer Verlag Berlin 1979.
88. Suzuki J, Yoshimoto T, Mizoi K. Preservation of the olfactory tract in bifrontal craniotomy for anterior communicating artery aneurysms, and the functional prognosis.  
J Neurosurg 1981; 54: 342-345.
89. Suzuki J, Katakura R, Mori T. Interhemispheric approach through the lamina terminalis to tumors of the anterior part of the third ventricle.  
Surg Neurol 1984; 22: 157-163.

90. Suzuki J. Bifrontal anterior interhemispheric approach.  
Aus Apuzzo MLJ (ed): Surgery of the third ventricle. Baltimore, Williams & Wilkins 1998; Kap.17, S. 413-439.
91. Wackenheim A, Braun JP, Babin E, Megret M. The carotid cistern.  
Neuroradiology 1973; 5: 82-84.
92. Wagner AL, Murtagh FR, Hazlett KS, Arrington JA. Measurement of the Normal Optic Chiasm on Coronal MR Images.  
Acta Radiol 1963; 58: 946-948.
93. Westberg G. Anatomic casts made by a corrosion method.  
AJNR Am J Neuroradiol 1997; 18: 723-726.
94. Wilson CL, Isokawa M, Babb TL, Crandall PH. Functional connections in the human temporal lobe: I – Evidence for a loss of functional linkage between contralateral limbic structures.  
Exp Brain Res 1990; 82: 279-292.
95. Wilson CL, Isokawa M, Babb TL, Crandall PH, Levesque MF, Engel J Jr. Functional connections in the human temporal lobe. II – Evidence for a loss of functional linkage between contralateral limbic structures.  
Esp Brain Res 1991; 85: 174-187.
96. Winkler PA, Weis, S, Büttner A, Raabe A, Amiridze N, Reulen HJ. The transcallosal interforneal approach to the third ventricle: anatomic and microsurgical aspects.  
Neurosurgery 1997; 40: 973-981.
97. Winkler PA, Weis S, Wenger E, Herzog C, Dahl A, Reulen HJ. 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.

98. Winkler PA, Ilmberger J, Krishnan KG, Reulen HJ. The transcallosal interforaminal / transforaminal approach for removing lesions occupying the third ventricular space – clinical and neuropsychological results.  
Neurosurgery 2000; 46: 879-890.
99. Yasargil MG. Microsurgery applied to neurosurgery.  
Thieme Verlag Stuttgart 1969.
100. Yasargil MG, Fox JL. The microsurgical approach to intracranial aneurysms.  
Surg Neurol 1975; 3: 7-14.
101. Yasargil MG, Kasdaglis K, Jain KK, Weber H-P. Anatomical observations of the subarachnoidal cistern of the brain during surgery.  
J Neurosurg 1976; 44: 298-302.
102. Yasargil MG, Smith RD, Young PH, Teddy PJ. Microsurgical anatomy of the basal cisterns and vessels of the brain, diagnostic studies, general operative techniques and pathological considerations of the intracranial aneurysms.  
Thieme Verlag Stuttgart-New York 1984.
103. Yasargil MG. Microneurosurgery. Vol I.  
Thieme Verlag Stuttgart-New York 1984; S.5-53.
104. Yasui N, Nathal E, Fujiwara H, Suzuki A: The basal interhemispheric approach for acute anterior communicating artery aneurysms.  
Acta Neurochir (Wien) 1992; 118: 91-97.
105. Yuhl ET, Rand CW. Tuberculous opticochiasmatic arachnoiditis.  
J Neurosurg (Illinois) 1951; 8: 441-443.

## 8. DANKSAGUNG

Mein inniger Dank gilt Herrn PD Dr. Peter A. Winkler, der mir die Bearbeitung des vorliegenden Themas zur Dissertation anvertraut hat. Er hat mich in die Geheimnisse der Mikroanatomie und Morphometrie des Gehirns eingeweiht und damit meine Leidenschaft für die Neurochirurgie geweckt. Ich danke ihm herzlich für die tatkräftige Unterstützung und den Einsatz seiner langjährigen Erfahrung bei der Fertigstellung dieser Arbeit, insbesondere durch die Anfertigung aller darin enthaltenen Zeichnungen. Zum anderen hat mich Herr Dr. Winkler in den klinischen und operativen Bereich der Neurochirurgie eingewiesen und mir dabei grundlegende Fähigkeiten beigebracht, insbesondere auf dem Gebiet der Epilepsiechirurgie. Auch dafür gebührt ihm mein voller Dank.

Herrn Prof. Dr. Hans-J. Reulen danke ich für die Unterstützung unserer Arbeit im Labor für Mikroanatomie. Während seiner Zeit als Direktor der Neurochirurgischen Klinik konnte die hier vorliegende Arbeit initiiert werden.

Herrn Prof. Dr. Jörg-Christian Tonn, dem Direktor der Klinik für Neurochirurgie, möchte ich meinen besonderen Dank für sein Interesse an unserer Arbeit im Labor für Neurochirurgische Mikroanatomie aussprechen. Desweiteren war er für mich ein hervorragender und geduldiger Lehrer bei meinen anfänglichen Schritten in der Neurochirurgie. Durch seine positive Unterstützung konnte er eine enorme Begeisterung für dieses Fachgebiet in mir wecken.

Herrn Prof. Dr. Parviz Mehraein (emerit. Vorstand des Instituts für Neuropathologie an der LMU München) und seinen Mitarbeitern danke ich für die stets freundliche Zusammenarbeit und insbesondere für die Bereitstellung der von mir untersuchten Gehirne. Ohne seine Unterstützung wäre die Durchführung dieser Arbeit unmöglich gewesen.

Den Zivildienstleistenden im Labor, Herrn Matthias Enzler und Herrn Wolfgang Stöckl, möchte ich für die logistische Hilfe bei meiner Arbeit aufrichtig danken.

Herrn Dr. Graham Figgen, Attending Neurosurgeon an der University of Cape Town aus Südafrika, danke ich für die Mitwirkung bei der Initiierung dieser Arbeit zusammen mit Priv. Doz. Dr. Peter A. Winkler und für den Einsatz, den er diesbezüglich geleistet hat.

Recht herzlich danken möchte ich auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Medienabteilung im Hause für die Einbringung der Präparationsaufnahmen in die Arbeit.

Herrn Christoph Barth bin ich zu tiefem Dank verpflichtet, da er entscheidend bei Gestaltung und Layout dieser Doktorarbeit mitgewirkt hat.

Letztlich gilt mein ganz besonderer Dank meinen lieben Eltern Anna-Maria und Ernst Rötzer, die mich in meinem beruflichen und privaten Werdegang stets unterstützt haben und mir das Medizinstudium erst ermöglicht haben. Meinen beiden Schwestern und Freundinnen Martina

und Maja möchte ich innigst danken, dass sie während meines gesamten Studiums für mich da waren und mir all die Jahre nie ihre Hilfe versagt haben.

Meinem Freund und Partner Kai danke ich aus ganzem Herzen für seine bedingungslose Unterstützung meiner Arbeit und die Kraft, die er mir gibt.

## 9. 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 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.

Susanne Rötzer



## 10. CURRICULUM VITAE

### Persönliche Daten:

Name: Rötzer  
Vorname: Susanne (Regina)  
Geboren am: 23. Januar 1975 in Cham/Oberpfalz  
Wohnort: München  
Nationalität: deutsch

### Schulbildung:

1981-85: Besuch der Staatlichen Grundschule Pemfling  
1985-94: Besuch des Robert-Schuman-Gymnasiums Cham mit  
humanistisch-neusprachlicher Ausrichtung  
1. Juli 94: Erlangen der Allgemeinen Hochschulreife nach regulärer  
neunjähriger Gymnasialzeit

### Studium:

Mai 1995: Beginn des Hochschulstudiums im Fach Humanmedizin an der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
März 1997: Ablegen der Ärztlichen Vorprüfung (Physikum) in München  
August 1998: Ablegen des Ersten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung in München  
April 2000: Ablegen des Zweiten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung in  
München  
August 2000: Beginn des Praktischen Jahres

### Famulaturen:

01.10. – 31.10.1997: Radiologie, Strahlentherapie und Nuklearmedizin  
(Praxis in München)

- 02.10. – 31.10.1998: Anaesthesiologische Abteilung des Klinikums Grosshadern (operativer Bereich) in München
- 01.03. – 21.03.1999: Neurochirurgie im Klinikum Grosshadern in München
- 09.08. – 05.09.1999: Herzchirurgische Intensivstation des Klinikums Augustinum in München
- 04.10. – 22.10.1999: Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde im Klinikum Grosshadern in München

### **Praktisches Jahr:**

- 14.08. – 08.10.2000: Allgemein- und Unfallchirurgie im Städtischen Krankenhaus München-Harlaching
- 09.10. – 03.12.2000: Neurochirurgie im Klinikum Großhadern in München
- 04.12.2000 –  
25.03.2001: Innere Medizin (Hämatologie, Onkologie) im Städtischen Krankenhaus München-Harlaching
- 26.03. – 15.07.2001: Neurologie im Klinikum Großhadern in München

### **Ärztin im Praktikum**

Seit November 2001 Tätigkeit als Ärztin im Praktikum in der Neurochirurgischen Klinik des Klinikums Großhadern der LMU in München.

### **Nebentätigkeiten** während des Studiums:

- 1994-96: Pflegedienst in der Urologischen Klinik des Klinikums Rechts der Isar
- 1996-00: Pflegedienst auf der Chirurgischen Intensivstation des Klinikums Rechts der Isar
- 2000-dato: Pflegedienst im Klinikum Großhadern
- 06-08 2000: 2-monatige Vollzeitbeschäftigung als Briefzustellerin in München
- 2001: Verfassen mehrerer populärwissenschaftlicher medizinischer Artikel für die med-on-net AG. Thema: Organe und Körperregionen (Insgesamt 22 Artikel).