

Aus der Neurochirurgischen Klinik
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. H.-J. Steiger

**Die transorbitale Minikraniotomie: Eine Analyse der Morbidität
und die kosmetischen Resultate**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von

Sabrina Lodes

2012

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez. : Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: Prof. Dr. med. Daniel Hänggi

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c. Jörg Schipper

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Beseoglu, K., Lodes, S., Stummer, W., Steiger, H.-J., Hänggi, D., (2010), The transorbital keyhole approach: early and long-term outcome analysis of approach-related morbidity and cosmetic results. *J Neurosurgery*, 114 (3) S. 852-6

Zusammenfassung

Einleitung: Im Jahr 2001 wurden erste Ergebnisse der transorbitalen Minikraniotomie (syn.: Orbitokraniotomie), einem weiteren minimalinvasivem Zugangsweg zur vorderen Schädelbasis, publiziert. Diese wurden sehr kritisch betrachtet, da aufgrund der notwendigen partiellen Entfernung des Orbitadaches und der Orbitawand schlechte kosmetische Ergebnisse vermutet und eine erhöhte Verletzungsgefahr intraorbitaler Strukturen angenommen wurden. Aus diesem Grund erfolgte die Reevaluation der zugangsbedingten Morbidität und der kosmetischen Ergebnisse.

Material und Methoden: Bei 71 Patienten (41 Frauen, 30 Männer) wurde im Zeitraum Januar 2004 bis Dezember 2008 eine Orbitokraniotomie durchgeführt. Sie diente der Versorgung perichiasmatischer Läsionen, wurde aber hauptsächlich für das Clipping von Aneurysmen der A. communicans anterior verwandt. Es erfolgte die Dokumentation der zugangsbedingten Frühkomplikationen während der Hospitalisationsphase, sowie die Erfassung der Spätkomplikationen und der kosmetischen Ergebnisse mittels eines vordefinierten Fragebogen und einer standardisierten Untersuchung in der Ambulanzsprechstunde.

Ergebnisse: 51 Patienten (72%) wiesen keine zugangsbedingten Komplikationen auf. Bei 12 Patienten (16,9%) wurden leichte Komplikationen wie subgaleale Liquorkissen (7%), leichte periorbitale Hämatome (2,8%), Hyposphagma (2,8%) eine Ptosis (1,4%), sowie eine passagere periphere Fazialisastschwäche (1,4%) beobachtet. Schwere Komplikationen, als deren Folge eine Reoperation erforderlich war, traten in 4 Fällen auf (5,6%). 2 Patienten wiesen eine Liquorfistel auf (2,8%), ein Patient bot einen Pneumocephalus und ein weiterer erlitt ein großes, epiorbitales Hämatom, welches einer operativen Entlastung bedurfte. 55 der 71 Patienten evaluierten ihr kosmetisches Ergebnis. Dabei bewerteten 50 dieser 55 Patienten (90,9%) das kosmetische Resultat als sehr gut bis gut. Die zugangsbedingte Spätmorbidität war sehr gering und umfasste vor allem eine Hyp-, und Anosmie, sowie eine Hypästhesie im Narbenbereich.

Schlussfolgerung: Bei insgesamt geringer zugangsbedingter Morbidität und sehr guten kosmetischen Ergebnissen stellt die Orbitokraniotomie eine weitere Bereicherung minimalinvasiver Zugangswege zur vorderen Schädelbasis dar. Im Vergleich zu anderen Zugangswegen bietet sie den Vorteil einer deutlich reduzierten Hirnrektion und Gyrus rectus Resektion. Geringfügig erhöht stellt sich die Rate intraoperativ eröffneter Sinus frontalis dar, welche nachteilig bei unzureichendem Wiederverschluss zu einer Fistelung führen können.

Abkürzungen

A.	Arteria
ACI	Arteria carotis interna
AVM	arteriovenöse Malformation
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
M.	Musculus
N.	Nervus
N. V	Nervus trigeminus
S.	Sinus
SAB	Subarachnoidalblutung
V.	Vena
VPS	ventrikuloperitonealer Shunt
ACOM	Arteria communicans anterior
WFNS	World Federation of Neurologic Surgeons
MRT	Magnetresonanztomographie
CCT	kranielle Computertomographie
GCS	Glasgow Coma Scale
EVD	externe Ventrikeldrainage

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Grundlagen chirurgischer Zugänge zur vorderen Schädelbasis.....	3
1.2	Anatomische Gegebenheiten.....	4
1.3	Die transorbitale Minikraniotomie (syn. Orbitokraniotomie)	7
1.3.1	Technik und Durchführung.....	7
1.3.2	Intraoperative Verletzung anatomischer Leitstrukturen – Probleme und Komplikationen der transorbitalen Minikraniotomie (Orbitokraniotomie).....	10
1.3.3	Anwendungsbereiche	12
1.3.4	Wann ist eine Orbitokraniotomie nicht indiziert?	15
1.4	Fragestellung und Zielsetzung der Dissertation	15
2	Material und Methoden	16
2.1	Patientenkollektiv.....	16
2.2	Studiendesign.....	16
2.3	Anwendungsbereiche	17
2.4	Erfassung des frühen postoperativen Ergebnisses	18
2.5	Erfassung der Langzeitergebnisse.....	18
2.5.1	Ambulanzsprechstunde, neurologische Untersuchung und Evaluation des kosmetischen Ergebnisses.....	19
2.5.2	Telefonische Auskünfte	22
2.5.3	Fragebogen per Briefpost.....	22
3	Ergebnisse	23
3.1	Kurzfristige Ergebnisse.....	23
3.1.1	Leichte Komplikationen.....	23
3.1.2	Schwere Komplikationen.....	25
3.1.3	Mortalität.....	25
3.1.4	Revisionen.....	26
3.2	Langzeitergebnisse.....	27
3.2.1	Morbidität.....	27
3.2.2	Kosmetische Ergebnisse.....	29

4	Diskussion	37
4.1	Einleitung.....	37
4.2	Vor-, und Nachteile gegenüber anderen Zugängen.....	37
4.2.1	Hirnretraktion und Gyrus rectus Resektion:.....	37
4.2.2	Anosmie:	38
4.2.3	Reclipping:	39
4.2.4	Eröffnung des Sinus frontalis.....	40
4.2.5	Intraorbitales Hämatom, Risiko einer Verletzung intraorbitaler Strukturen.....	42
4.2.6	N. fazialis Parese, Muskelatrophie, kosmetische Ergebnisse.....	42
4.2.7	Zugangsbedingte Spätmorbidität.....	44
4.3	Minimalinvasivität	44
4.3.1	Keyhole Konzept versus Standard Kraniotomie	44
4.3.2	Vergleich der konventionellen pterionalen Kraniotomie mit der transorbitalen Minikraniotomie.....	46
5	Schlussfolgerung:	48
6	Tabellenverzeichnis:	49
7	Abbildungsverzeichnis	50
8	Anhang	51
8.1	Fragebogen Ambulanzsprechstunde	51
8.2	Per Briefpost versandter Fragebogen	53
8.3	Einverständniserklärung.....	55
	Literaturverzeichnis	56

1 Einleitung

1.1 Grundlagen chirurgischer Zugänge zur vorderen Schädelbasis

Yasargil führte um 1965 die Mikrochirurgie in die Neurochirurgie ein und erweiterte somit das Behandlungsspektrum enorm [1-2]. Er legte die Grundsteine zur Behandlung zerebraler Aneurysmen und entwickelte den Clip für Aneurysmata [3]. Mit der Entwicklung mikrochirurgischer Techniken sowie der Einführung des Operationsmikroskops wurden nicht nur die Grundlagen der funktionserhaltenden Neurochirurgie, sondern auch der minimalinvasiven Operationsverfahren geschaffen. Moderne bildgebende Verfahren wie Computertomographie und Kernspintomographie ermöglichten eine weitere Verbesserung inklusive exakter präoperativer Planung des operativen Eingriffs.

Um die Ausschaltung eines Aneurysmas unter den bestmöglichen Sichtverhältnissen durchführen zu können, gibt es in Abhängigkeit von seiner Lokalisation zahlreiche operative Zugangsmöglichkeiten.

Dabei hatte sich die pterionale (frontotemporale) Trepanation, die einen Überblick über die frontale Schädelbasis, den Lobus frontalis und temporalis und die Fissura sylvii erlaubt, zur Darstellung von Aneurysmen des vorderen Hirnkreislaufes (A. carotis interna, A. cerebri media und anterior) bewährt. Sie wurde erstmals von Yasargil und Fox 1975 beschrieben und ersetzte die bifrontale und frontolaterale Kraniotomie [2, 4]. Es folgten viele weitere Zugangswege zur vorderen Schädelbasis die im Allgemeinen Variationen der orbitozygomatischen, pterionalen und supraorbitalen Kraniotomien darstellten [5-11]. Dabei gewannen die minimalinvasiven Zugänge zusehends mehr an Bedeutung, da mit Ihnen eine geringere Morbidität, schnellere postoperative Erholung, sowie bessere kosmetische Ergebnisse verbunden wurden. Auf der Suche nach einem weiteren minimalinvasiven und vergleichbar der pterionalen Kraniotomie standardmäßig einsetzbarem Zugangsweg zur vorderen Schädelbasis entwickelte Steiger und seine Mitarbeiter 1998 die transorbitale Minikraniotomie (synonym: Orbitokraniotomie) zur Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior [12]. Hier sollten die Vorteile der Minimalinvasivität kombiniert werden mit optimalen Sichtverhältnissen auf den Arteria communicans anterior Komplex. Die fehlende Notwendigkeit einer Hirnrektion und Resektion des Gyrus rectus stellten weitere zentrale Aspekte dieser Kraniotomie dar und wurden als enorme Vorteile gegenüber der pterionalen Kraniotomie gewertet.

1.2 Anatomische Gegebenheiten

Die genaue Kenntnis der Anatomie der Schädelbasis mitsamt ihrer Leitungsbahnen und Durchtrittsstellen ist für die operative Versorgung von Aneurysmen sehr wichtig. Die Stromgebiete der vier hauptversorgenden Hirnarterien sind an der Schädelbasis durch einen großen Anastomosenkreis, dem Circulus Willisii (synonym: Circulus arteriosus cerebri) miteinander verbunden. Hier finden sich die meisten Aneurysmen, wobei sie mit 86% bevorzugt im Bereich der vorderen Zirkulation auftreten. Dabei entfallen allein 30% auf die A. communicans anterior [13].

Die Schädelbasis ist anatomisch gesehen, diejenige knöcherne Grenzregion, welche Gehirn von Gesichtsschädel und Hals trennt. Dabei unterscheidet man die vordere, mittlere und hintere Schädelbasis. Die knöcherne Grundlage der vorderen Schädelbasis bildet anterior und lateral das Os frontale und posterior das Os sphenoidale. Median ist die Lamina cribrosa des Os ethmoidale eingelagert. Auf ihr liegt der Bulbus olfactorius, der die hier eintretenden Riechfäden (Filae olfactoriae) aufnimmt. Die Grenze zur mittleren Schädelbasis bilden die Alae minores des Os sphenoidale (siehe Abbildung 1).

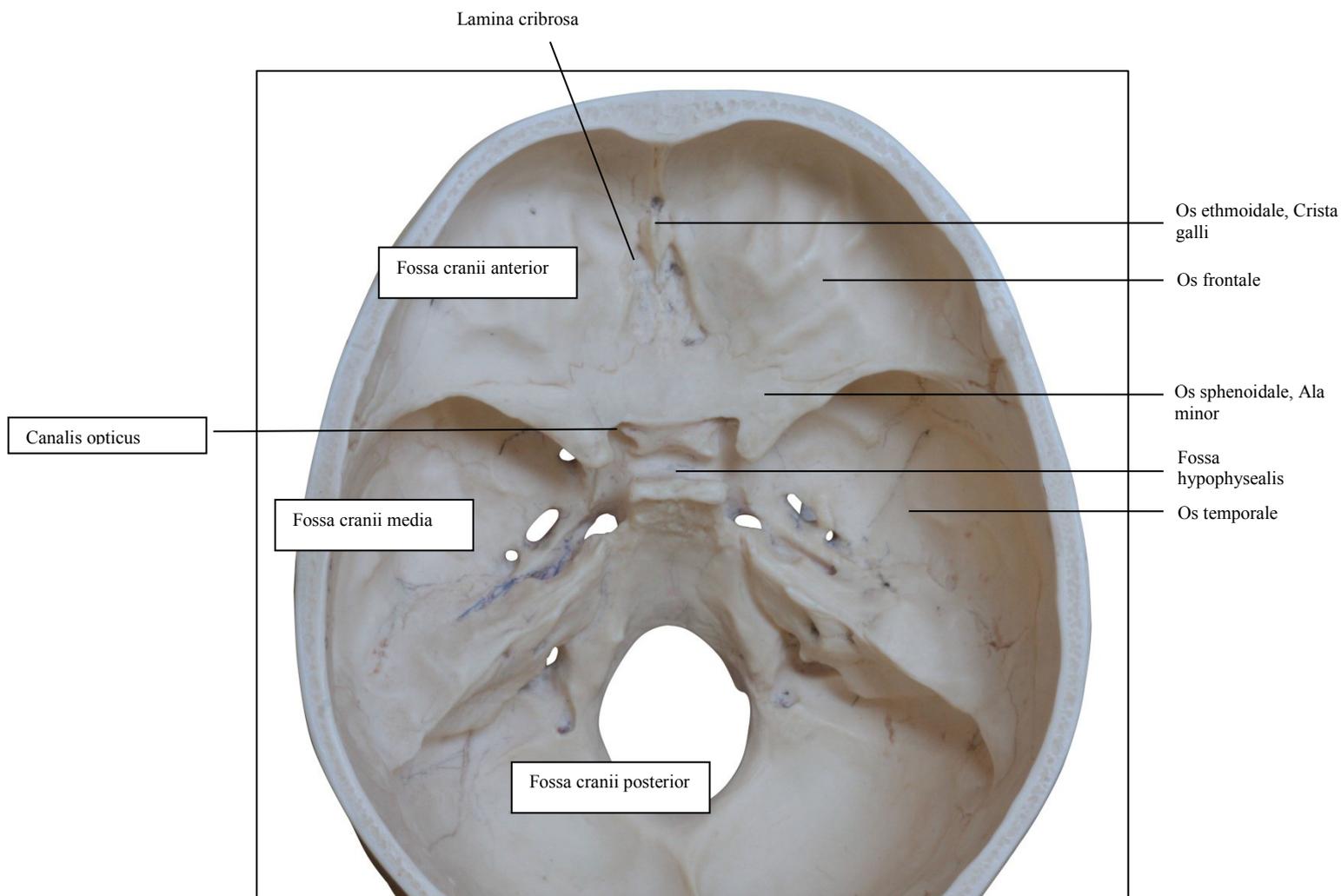


Abbildung 1: knöcherner Schädelbasis von innen

Die genaue Kenntnis der Anatomie der Orbita ist für den Neurochirurgen, der eine transorbitale Minikraniotomie durchführt, ebenso wichtig und wird daher in Kürze dargestellt.

Am Aufbau der Orbitawände sind sieben verschiedene Knochen beteiligt:

- Os frontale
- Os zygomaticum
- Maxilla
- Os lacrimale
- Os ethmoidale
- Os sphenoidale
- Os palatinum

Durch den Canalis opticus und die Fissura orbitalis superior steht die Orbita mit der mittleren Schädelgrube in Verbindung. Durch den Canalis opticus tritt der N. opticus und die

A. ophtalmica, durch die Fissura orbitalis superior der N. oculomotorius (N. III), N. trochlearis (IV), N. abducens (VI), N. ophtalmicus (N. V1), sowie die V. ophtalmica superior. Der N. ophtalmicus teilt sich in seinem weiteren Verlauf in drei Äste auf, u.a. den N. frontalis, welcher zusammen mit der A. supraorbitalis durch das Foramen supraorbitale tretend sensibel die Stirnhaut versorgt. Über das Foramen ethmoidale anterius steht die Orbita mit der vorderen Schädelgrube in Verbindung. Durch dieses treten A., V. und N. ethmoidalis anterior. Über die Fissura orbitalis inferior treten der N. infraorbitalis (N. V2), der N. zygomaticus (N. V2), die V. ophtalmica inferior, sowie die A. und V. infraorbitalis in die Orbita ein. Orbita und Nasenhöhle stehen durch den Canalis nasolacimalis miteinander in Verbindung [14].

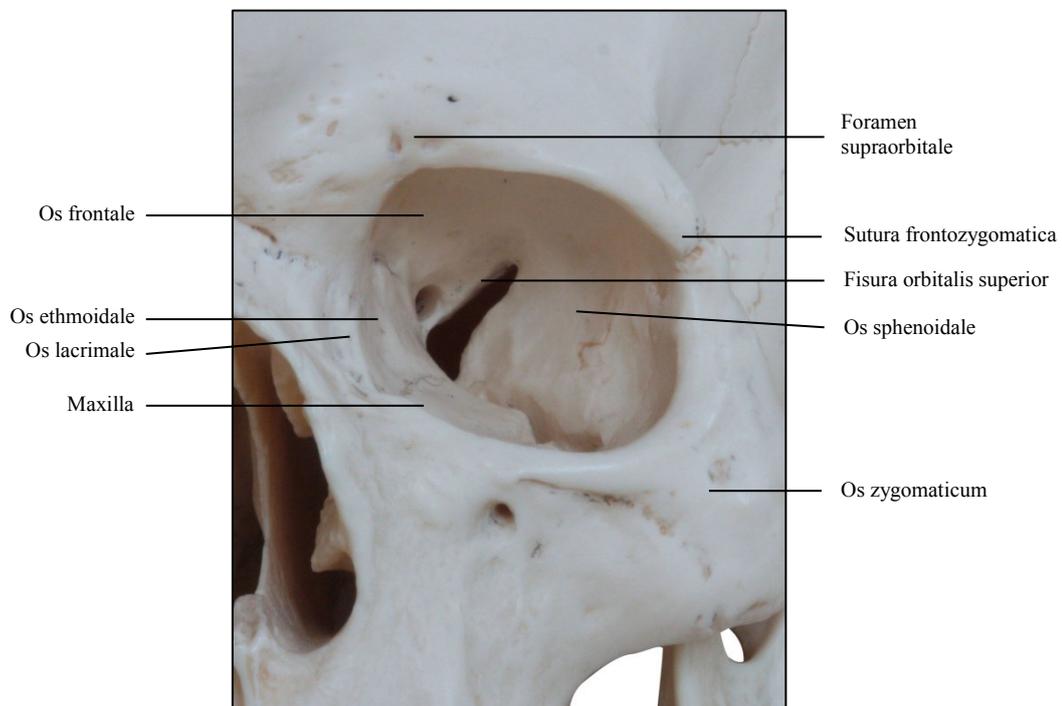


Abbildung 2: Ansicht auf die linke Orbita

1.3 Die transorbitale Minikraniotomie (syn. Orbitokraniotomie)

1.3.1 Technik und Durchführung

Die für den Neurochirurgen wichtigen anatomischen Leitstrukturen dienen primär der Orientierung, stellen aber gleichzeitig auch Strukturen dar, auf deren Unversehrtheit intraoperativ geachtet werden muss (s. Kapitel 1.3.2) [15]:

- A. temporalis superficialis
- temporale Äste des N. facialis (VII)
- M. temporalis
- Os zygomaticum
- Frontozygomatische Sutur
- N. frontalis
- Sinus frontalis
- Orbitabogen
- Periorbita

Lagerung und Hautinzision:

Die Operation erfolgt in Rückenlage, der Kopf wird ca. 30-40° rotiert, leicht rekliniert und mittels stählerner Kopfhalterung (sogenannte Mayfield-Klemme) in dieser Position fixiert. Die Hautinzision erfolgt an der Stirn-Haar-Grenze, das heißt 5 mm oberhalb des Tragus beginnend bis zur Mittellinie im Haaransatz. Der Hautgalealappen wird gelöst und reflektiert. Dabei ist darauf zu achten, dass die A. temporalis superficialis nicht verletzt wird. Der Temporalmuskel wird im vorderen Bereich seines Ursprungs (Linea temporalis) vom Processus frontalis des Zygomas abgelöst und nach hinten mobilisiert. Die temporalen Äste des N. facialis müssen geschont werden. Der supraorbitale Knochenrand ist darzustellen, das Foramen supraorbitale wird aufgesucht um austretende Leitungsbahnen (N. frontalis und A. supraorbitalis) vor einer Verletzung zu schonen.

Orbitokraniotomie:

Das erste Bohrloch wird am Punctum frontozygomaticum gesetzt, das Zweite lateral des Foramen supraorbitale auf den Orbitalrand. Die mittels Trepan gesetzten ca. 8 mm durchmessenden Bohrlöcher werden mittels Kraniotom supraorbital bogenförmig miteinander verbunden, das Zygoma wird durchtrennt. Das Orbitadach wird mittels Säge

durch die Bohrlöcher eingeschnitten und der Knochendeckel herausgeholt, so dass das Orbitadach möglichst weit zum Konus hin bricht.

Verschluss:

Nach wasserdichter Duranaht wird das Orbitadach rekonstruiert. Der Knochendeckel wird wieder eingesetzt und fixiert. Dabei wird dieser mit 3 Mikroplatten und Schrauben stabilisiert. Eine Platte wird lateral so platziert, dass sie vom readaptierten Temporalmuskel verdeckt wird.

Die Muskelreadaptation erfolgt durch Nahtfixierung an vorgelegten kleinsten Bohrlöchern. Mittels Knochenzement werden die beiden größeren Bohrlöcher aufgefüllt. Es erfolgt der schichtweise Wundverschluss mit Subkutan-, und Hautnaht.

Wird während der Kraniotomie der medial angrenzende Sinus frontalis eröffnet, ist ein Wiederverschluss erforderlich. Dies geschieht in der Regel mit homologem Muskelmaterial (aus dem M. temporalis) und fibrinbenetztem Schwamm (z.B. Tachosil).

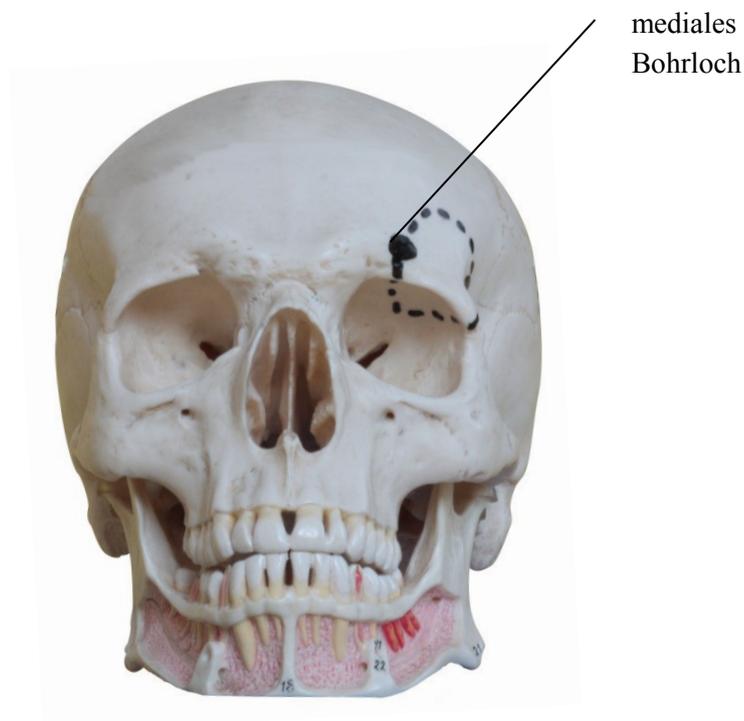


Abbildung 3: Die frontale Sicht zeigt den medialen Aspekt der Kraniotomie. Das Bohrloch wurde lateral des Foramen supraorbitale positioniert.

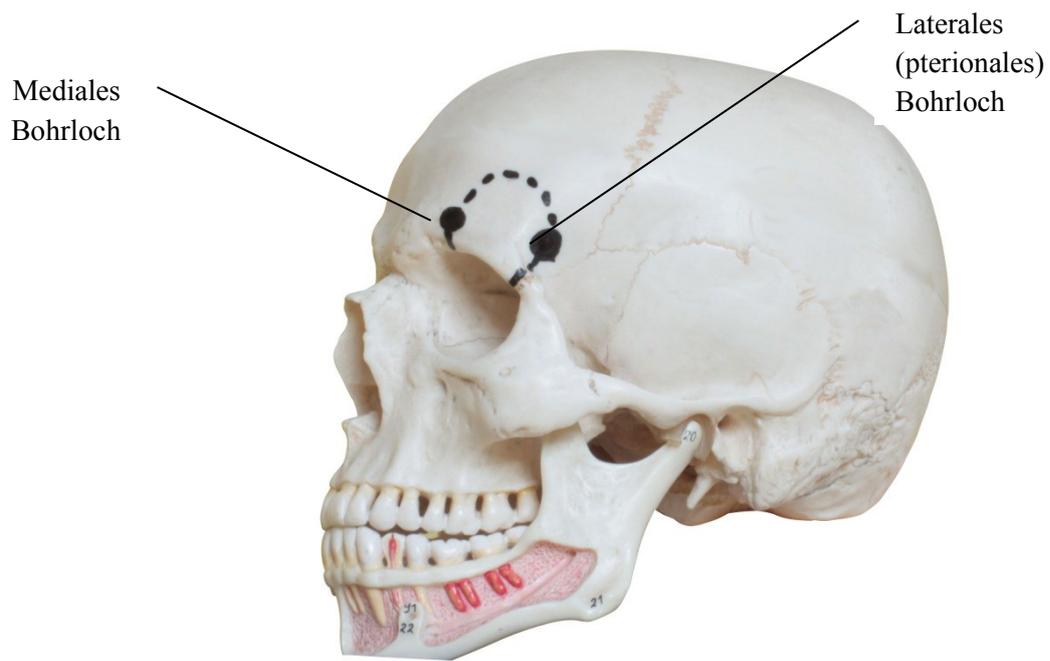


Abbildung 4: Die laterale Sicht zeigt die Position des pterionalen Bohrloches am Punctum frontozygomaticum



Abbildung 5: Die Sicht von unten zeigt den dreieckförmigen Anteil des Orbitadaches, welcher einen Teil des entnommenen Knochendeckels darstellt.

1.3.2 Intraoperative Verletzung anatomischer Leitstrukturen – Probleme und Komplikationen der transorbitalen Minikraniotomie (Orbitokraniotomie)

In diesem Kapitel sollen die Zusammenhänge zwischen intraoperativer Verletzung anatomischer Leitstrukturen und der daraus resultierenden postoperativen zugangsbedingten Morbidität geknüpft, sowie auf Probleme und Komplikationen der Orbitokraniotomie hingewiesen werden.

Eine Komplikation frontotemporaler Zugänge ist eine vorübergehende oder andauernde periphere Fazialisparese oder eine Astschwäche mit Teilparesen. Ursache ist meist nicht die Kraniotomie selbst, sondern die Hautinzision und die Dissektion des M. temporalis. Die Muskeldissektion beschränkt sich bei der Orbitokraniotomie auf den vorderen Muskelbereich, das heißt Mobilisation vom Processus frontalis des Zygomas.

So sind aufgrund des anatomischen Verlaufes vor allem die temporalen Äste des N. facialis gefährdet. Der N. facialis spaltet sich in der Glandula parotis in den Plexus intraparotideus auf, dessen Rami temporales, buccales und zygomatici die Gl. parotidea an ihrem Vorderrand verlassen und in die mimische Gesichtsmuskulatur ziehen, die sie innervieren. Die Rami temporales teilen sich nochmals in 3 Äste auf: R. orbicularis, R. frontalis und R. auricularis. Der R. orbicularis innerviert den M. orbicularis oculi, der R. frontalis innerviert den M. frontalis und der R. auricularis versorgt den M. temporoparietalis und den M. auricularis anterior und superior [16].

Klinische Kennzeichen einer intraoperativen Verletzung der temporalen Äste sind eine verstrichene Stirnfalte, ein unvollständiger Lidschluss (= pos. Bell-Phänomen) und im Falle einer Durchtrennung der buccalen Äste ein hängender Mundwinkel [17].

Zur Verhinderung einer Verletzung der Fazialisäste gibt es bezüglich der Muskeldissektion genaue technische Anweisung an den Chirurgen. Es erfolgt eine interfasziale retrograde Muskeldissektion. Das oberflächliche Temporalisfaszienblatt wird eingetrennt, das untere Faszienblatt aufgesucht und auf diesem entgegen der Muskelfaserrichtung in Richtung Jochbogen präpariert.

Ein weiteres Problem der erforderlichen Dissektion des M. temporalis stellt seine postoperative Atrophie dar. Ursachen einer postoperativen Temporalisatrophie können eine Denervierung, mangelhafte Blutversorgung, inadäquate Muskelspannung nach Readaptation und die Verletzung von Muskelfasern selbst sein. Die Innervation des M. temporalis erfolgt über die Nervi temporales profundi, motorischen Äste des N. mandibularis (N. V3). Die Blutversorgung gewährleisten Äste der A. temporalis superficialis. Diese entspringen aus der

A. carotis externa und unterliegen insbesondere bei Hautinzision einer erhöhten Verletzungsgefahr.

Vor der Bohrlochtrepanation werden die aus dem Foramen supraorbitale kommenden Leitungsbahnen aufgesucht und identifiziert. Der N. supraorbitalis stammt aus dem N. frontalis (Ast des N. V1) und versorgt sensibel die Stirnhaut, so dass es bei Verletzungen zu Parästhesien und Hypästhesien in diesem Bereich kommen kann.

Während der Kraniotomie müssen Periorbita und Inhalt unversehrt bleiben. Eine Verletzung von Nerven, welche die Augenmuskeln innervieren (N. III, N. IV und N. VI) können Fehlstellung und Mobilitätsstörungen des Bulbus oculi zur Folge haben. Eine korrekte Rekonstruktion des Orbitadaches ist wichtig, um einen Enophthalmus und Gesichtsasymmetrien zu vermeiden.

Eine postoperativ beobachtete Ptosis ist Folge eines direkten Traumas des M. levator palpebrae oder einer Schädigung des ihn innervierenden Nervens (Anteile des N. oculomotorius). Letztere wird auch als paralytische Ptosis bezeichnet. Eine Verletzung der V. ophthalmica superior oder anderer intraorbitaler Gefäße kann eine orbitovenöse Stauungsblutung mit Hyposphagma oder die Ausbildung eines intraorbitalen Hämatoms, welches gegebenenfalls operativ entlastet werden muss, verursachen.

Weiterhin wird aufgrund der engen anatomischen Beziehung im Rahmen einer Orbitokraniotomie der Sinus frontalis medial sehr häufig eröffnet. Er ist lediglich durch eine dünne Knochenlamelle von der Orbita getrennt. Ein eröffneter Sinus frontalis erhöht das Infektionsrisiko und das Risiko eine Liquorfistel zu entwickeln, so dass ein sorgfältiger Verschluss erforderlich ist (Kapitel 1.3.1).

Ein weiteres postoperatives Problem stellt die Hyposmie oder Anosmie dar (Kapitel 3.2), die nach frontotemporalen Kraniotomien auftritt. Das Ausmaß der Hirnrektion, die zu einem Ausriss der Filae olfactoriae bei ihrem Durchtritt durch die Lamina cribrosa führt, und die Kompression des N. olfactoris während des Clippings spielen wahrscheinlich die größte Rolle. Weitere Risikofaktoren und die Annahme einer letztlich multifaktoriellen Genese der Anosmie werden in Kapitel 4.2.2 diskutiert.

1.3.3 Anwendungsbereiche

Die Orbitokraniotomie wird hauptsächlich zur chirurgischen Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior angewandt. Dies können sowohl nichtrupturierte, asymptomatische Aneurysmen, die als Folge der steigenden Frequenz kraniieller kernspintomographischer Untersuchungen, nur zufällig entdeckt wurden, als auch bereits rupturierte Aneurysmen mit Subarachnoidalblutung sein. Hier wird in der Regel die Frühoperation bis zum dritten Tag nach Subarachnoidalblutung angestrebt. Grund hierfür ist eine 1992 angelegte Studie zum Timing der Aneurysmachirurgie, in welcher nachgewiesen wurde, dass bei Patienten mit Operationen bis maximal 72 Stunden nach Aneurysmaruptur ein signifikant besseres Outcome vorlag.[18].

Die Orbitokraniotomie lässt sich außerdem zur operativen Versorgung aller perichiasmatischer Läsionen verwenden. Dies können z.B. Tumore, wie Epidermoide, Kraniopharyngeome oder Gefäßmalformationen wie Kavernome und arteriovenöse Malformationen sein (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7).

Unter arteriovenösen Malformationen versteht man ein pathologisches Gefäßkonvolut, welches eine Kurzschlussverbindung zwischen Arterien und Venen darstellt und somit über kein Kapillarnetz verfügt. Eine AVM äußert sich wie das Aneurysma am häufigsten durch eine Blutung.

Epidermoide sind angeborene Fehlbildungen, bei denen es sich um versprengte epidermale Zellen handelt. Kraniopharyngeome sind benigne Tumore, die von entdifferenzierten Plattenepithelzellen der Rathke-Tasche ausgehen. Bei beiden ist die Therapie der Wahl die chirurgische Extirpation. Der operative Zugangsweg ist individuell in Abhängigkeit von der Lokalisation der Pathologie zu wählen. So kann bei perichiasmatischer Lage auch eine Orbitokraniotomie in Frage kommen.



Abbildung 6: Postoperatives MR-Schädel von Mai 2009

2 Jahre nach Clipping eines Aneurysmas der A. communicans anterior über eine rechtsseitige Orbitokraniotomie. Durch einen basalen Einblickwinkel erhält der Neurochirurg optimale Sicht auf den zu versorgenden ACOM-Komplex.



Abbildung 7: Präoperatives MR-Schädel von Mai 2007

Perichiasmatische Läsion in Form eines Kraniopharyngeoms bei einem 12 jährigen Jungen mit erfolgreicher Extirpation über eine linksseitige Orbitokraniotomie

1.3.4 Wann ist eine Orbitokraniotomie nicht indiziert?

Eine Orbitokraniotomie sollte nicht bei Patienten durchgeführt werden, welche unter einem Exophthalmus, z.B. im Rahmen einer endokrinen Orbitopathie, leiden. Hier käme es durch die Schwellung des periorbitalen Gewebes und der Augenmuskeln zu Problemen beim Wiederverschluss.

Auch Aneurysmen anderer Lokalisationen, wie z.B. Aneurysmen der A. cerebri media oder des hinteren Hirnkreislaufes, können wegen unzureichender Sichtverhältnisse nicht über eine Orbitokraniotomie versorgt werden. Nicht selten kommen multiple Aneurysmen zur Darstellung. Hier ist zur operativen Ausschaltung meist ein anderer und größerer Zugangsweg notwendig.

1.4 Fragestellung und Zielsetzung der Dissertation

Die transorbitale Minikraniotomie (syn. Orbitokraniotomie) wurde vor dem Hintergrund entwickelt, die Vorteile minimalinvasiver Zugangswege zur vorderen Schädelbasis mit optimalen Sichtverhältnissen auf den A. communicans anterior Komplex zu kombinieren. 2001 publizierte Steiger et al. erste Ergebnisse des bis dahin routinemäßig eingesetzten Zugangsweg zur Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior. Innerhalb einer Studiengruppe von 33 Patienten traten keine relevanten, zugangsbedingten Komplikationen auf; die kosmetischen Ergebnisse beurteilte man als sehr gut [12].

Trotz guter Ergebnisse betrachtete man diesen Zugangsweg kritisch. Es wurden schlechtere kosmetische Resultate und eine höhere zugangsbedingte Morbidität vermutet. Gründe waren die während der Kraniotomie erforderliche partielle Entfernung des Orbitadaches und der Orbitawand mit schwieriger Rekonstruktion, sowie ein erhöhtes Verletzungsrisiko intraorbitaler Strukturen mit Hirnnervenausfällen, Visusminderung und Visusverlust. Auch das Verletzungsrisiko des N. frontalis und der Äste des N. facialis mit postoperativen Hypästhesien und Teilparesen erschien größer.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die frühe und späte postoperative zugangsbedingte Morbidität der Orbitokraniotomie zu erfassen und die kosmetischen Langzeitergebnisse kritisch zu werten.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Universitätsklinikum Düsseldorf wurde zwischen Januar 2004 und Dezember 2008 bei insgesamt 71 Patienten eine Orbitokraniotomie durchgeführt. Dabei handelte es sich um 41 weibliche und 30 männliche Patienten im Alter von 12 bis 81 Jahren. Das Durchschnittsalter lag bei 53,6 Jahren. Eine rechtsseitige Orbitokraniotomie wurde in 30 Fällen und eine Linksseitige in 41 Fällen durchgeführt.

2.2 Studiendesign

Bei diesen 71 Patienten wurden zunächst retrospektiv die zugangsbedingten Frühkomplikationen während der Hospitalisationsphase erfasst. Die Hospitalisation umfasste den Zeitraum zwischen OP-Termin und Entlassung. Die Erstellung einer Datenbank sollte der Strukturierung dienen und gliederte sich wie folgt:

- Aufnahmenummer
- Name, Vorname
- Geburtsdatum
- Alter zum Zeitpunkt der Operation
- Geschlecht
- OP-Datum
- Präoperative Diagnose
- Frühkomplikationen/ alle Komplikationen während der Hospitalisationsphase

Die zugangsbedingten Langzeitkomplikationen und die kosmetischen Ergebnisse wurden in dieser Datenbank entsprechend ergänzt. Diese wurden prospektiv mittels Wiedervorstellung und Nachuntersuchung der Patienten in unserer Ambulanz einige Zeit nach der Operation erfasst (s. Kapitel 2.4 und 2.5).

2.3 Anwendungsbereiche

Hauptsächliche OP-Indikationen stellten die vaskulären Pathologien dar. 59 Patienten erlitten eine Subarachnoidalblutung durch Ruptur eines A. communicans anterior Aneurysmas. Dabei wurde die Einteilung der World Federation of Neurologic Surgeons (WFNS) zur Graduierung des klinischen Schweregrades bei SAB sowie die CT-Graduierung nach Fisher verwendet. Die Aneurysmaausschaltung erfolgte in allen 71 Fällen frühzeitig innerhalb der ersten 24 h nach stattgehabter Blutung.

In 8 Fällen wurde ein inzidentelles Aneurysma der A. communicans anterior via Orbitokraniotomie versorgt. Diese waren asymptomatisch und wurden nur zufällig im Rahmen einer kernspintomographischen Untersuchung festgestellt. Weiterhin wurden zwei Gefäßmalformationen, ein Epidermoid und ein Kraniopharyngeom, welche nahe des A. communicans anterior Komplex gelegen waren, über eine Orbitokraniotomie ausgeschaltet bzw. reseziert. Tabelle 1 fasst die Anwendungsbereiche der Orbitokraniotomie in der Studiengruppe zusammen.

Anwendungsbereich	Anzahl	Anteil
SAB bei ACOM-Aneurysma	59	83,1%
inzidentelles Aneurysma	8	11,3%
AVM	1	1,4%
Kavernom	1	1,4%
Epidermoid	1	1,4%
Kraniopharyngeom	1	1,4%
Summe	71	100,0%

Tabelle 1: Anwendungsbereiche der Orbitokraniotomie

2.4 Erfassung des frühen postoperativen Ergebnisses

Die Analyse der frühen zugangsbedingten Komplikationen erfolgte retrospektiv mit Hilfe einer angelegten Datenbank. Alle darin enthaltenen Informationen stammten aus den jeweiligen Patientenakten, Entlassungsbriefen und OP-Berichten. Frühe postoperative Komplikationen umfassten den gesamten Zeitraum der Hospitalisation, das heißt vom Operationstermin beginnend bis zum Entlassungszeitpunkt.

Es wurden zunächst alle Frühkomplikationen erfasst, wobei eine spätere Differenzierung zwischen zugangsbedingter Morbidität und Komplikationen der Subarachnoidalblutung selbst erfolgen musste.

Zugangsbedingt war jede Komplikation, welche die Wunde, die Kraniotomie, den Duraverschluss, den Orbitainhalt oder die Funktion des Auges betraf. Dabei wurde nochmals zwischen leichten und schweren zugangsbedingten Komplikationen unterschieden.

Leichte Komplikationen waren zu keiner Zeit bedrohlich für den Patienten und erforderten keine chirurgische Intervention. Die Aufenthaltsdauer wurde durch sie nicht verlängert.

Dahingegen war bei den schweren Komplikationen eine chirurgische Revision erforderlich, die Aufenthaltsdauer verlängerte sich.

2.5 Erfassung der Langzeitergebnisse

Um die späte zugangsbedingte Morbidität zu erfassen, wurden alle Patienten nach der Operation nochmals kontaktiert. Ziel war es, diese nach Möglichkeit persönlich in der ambulanten Sprechstunde zu sehen. Die Nachuntersuchung sollte insbesondere der Beurteilung des postoperativen kosmetischen Ergebnisses und des neurologischen Status dienen.

Vier der insgesamt 71 Patienten verstarben im Laufe des stationären Aufenthaltes an den Folgen der Subarachnoidalblutung, so dass für die Erfassung der Langzeitergebnisse 67 Patienten zur Verfügung standen. Von diesen erschienen 42 Patienten (62,7%) im Zeitraum November 2008 bis August 2009 zur Nachuntersuchung in der ambulanten Sprechstunde der Neurochirurgischen Klinik der Universität Düsseldorf. 3 Patienten (4,5%) lehnten eine Nachuntersuchung in unserer Ambulanz ab, waren aber mit einer telefonischen Befragung einverstanden. 12 weitere Patienten (17,9%) konnten lediglich per Briefpost erreicht werden und sandten einen von mir erstellten Fragebogen bis September 2009 ausgefüllt zurück (s.

Kapitel 8.2, Abbildung 15 und Abbildung 16). 10 weitere Patienten (14,9%) waren auf keinem der genannten Wege erreichbar oder lehnten die Studienteilnahme gänzlich ab.

Die prospektive Datenerhebung und die Erfassung der Langzeitergebnisse beziehen sich somit auf 57 Patienten (85,1%). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die verschiedenen Wege der Erfassung der späten postoperativen Morbidität.

Erfassungsart	Anzahl	Anteil
Ambulanzsprechstunde	42	62,7%
telefonische Auskunft	3	4,5%
Auskunft per Post	12	17,9%
nicht erreichbar	10	14,9%
Insgesamt	67	100%

Tabelle 2: Erfassung der Spätkomplikationen

2.5.1 Ambulanzsprechstunde, neurologische Untersuchung und Evaluation des kosmetischen Ergebnisses

Die Vorstellung in der Ambulanz erfolgte im Rahmen der Studie frühestens 3 Monate und spätestens 63 Monate postoperativ, so dass sich ein Mittel von ca. 25 Monaten ergab. Diese Variabilität entstand dadurch, dass die ersten in die Studie eingeschlossenen Patienten Anfang Januar 2004 operiert wurden, die Nachuntersuchungen aber erst im Zeitraum Oktober 2008 bis August 2009 stattfanden.

Insgesamt waren 42 Patienten (62,6%) ambulant vorstellig. Sie wurden von mir untersucht und befragt, wobei ein vordefinierter Fragebogen (Abbildung 13 und Abbildung 14, Kapitel 8.1) die Möglichkeit zur Standardisierung bot.

Zu Beginn der Konsultation stand die Anamnese im Vordergrund, in welcher die Patienten zunächst allgemein über noch bestehende Probleme erzählen konnten. Im Verlauf wurden sie gezielt nach zugangsbedingten Komplikationen und der Zufriedenheit mit dem postoperativen kosmetischen Ergebnis befragt.

Initial wurde nach Sensibilitätsstörungen gefragt. Dazu zählten sowohl Hyp-, als auch Dysästhesien. Von Interesse war dabei auch die genaue Lokalisation, z.B. im Bereich der Narbe, der Augenpartie oder des Gesichtes.

Von weiterem Interesse war die Funktion des Auges, so dass nach veränderter Tränenproduktion, Visusminderung und Doppelbildern gefragt wurde. Zur Untersuchung des

Auges gehörte die Überprüfung des Pupillenreflexes, der Augenmotilität und des Lidschlusses. Gleichzeitig musste auf das Vorliegen einer Ptosis und eines Enopthalmus oder Exopthalmus geachtet werden.

Die Narbe wurde hinsichtlich ihrer Länge, Breite, Farbe und Oberfläche bewertet. Ebenso wurde darauf geachtet, ob Entzündungszeichen vorlagen.

Die Orbitalränder wurden auf Symmetrie hin genauestens inspiziert und der Knochen auf mögliche Defektzonen hin untersucht.

Weiterhin wurde auf eine Temporalisatrophie und deren Ausmaß geachtet.

Im Anschluss erfolgte die systematische Untersuchung der Hirnnerven. Damit auch diese standardisiert ablief, galt die in Tabelle 3 zusammengefasste Vorgehensweise.

Auf die ersten 7 Hirnnerven richtete sich das Hauptaugenmerk, da diese im Rahmen der Orbitokraniotomie der größten Verletzungsgefahr ausgesetzt waren. Die kaudalen Hirnnerven wurden der Vollständigkeit halber ebenfalls untersucht.

Hirnnerven	Untersuchung
N. olfactorius (I)	Frage nach vermindertem bis fehlenden Geruchssinn?
N. opticus (II)	Prüfung der direkten und konsensualen Reaktion auf Licht, Frage nach Visusverschlechterung
N. oculomotorius (III)	Augenmotilität, Konvergenzreaktion; Doppelbilder?
N. trochlearis (IV)	s. N. III
N. abducens (VI)	s. N. III
N. trigeminus (V)	Überprüfung der Sensibilität und der Kaumuskulatur
N. facialis (VII)	Überprüfung der mimischen Gesichtsmuskulatur: Stirnrunzeln, Augen schließen, Zähne zeigen, Pfeifen und Wangen aufblasen
N. vestibulocochlearis (VIII)	Prüfung des Gehörs für Flüster-, und Umgangssprache, Gangbild und Gleichgewichtssinn, Nystagmus?
N. glossopharyngeus (IX)	Frage nach verändertem Geschmackssinn
N. vagus (X)	Beurteilung von Gaumensegel und Uvula: (Gaumensegelparese?)
N. accessorius (XI)	Überprüfung des M. sternocleidomastoideus und M. trapezius
N. hypoglossus (XII)	Herausstrecken der Zunge (Abweichung zur erkrankten Seite?)

Tabelle 3: Untersuchung der Hirnnerven

An die Untersuchung schloss sich die Evaluation des kosmetischen Ergebnisses an. Hierzu sollte der Patient seine eigene Zufriedenheit vier vorgegebenen Kategorien zuordnen:

- sehr gut (1)
- gut (2)
- moderat (3)
- schlecht (4)

Wenn möglich wurde der Patient gebeten, seine Entscheidung zu erklären, insbesondere wenn er unzufrieden war. Zur Dokumentation und Präsentation des kosmetischen Ergebnisses wurden Fotos des Gesichtes in verschiedenen Ansichten aufgenommen. Vorausgesetzt war die Einverständnis des Patienten, die schriftlich festgehalten wurde (s. Kapitel 8.3 Einverständniserklärung).

2.5.2 Telefonische Auskünfte

Da 3 Patienten eine Nachuntersuchung in unserer Ambulanz ablehnten, wurden sie telefonisch befragt. Trotz der Umstände, diese Patienten nicht gesehen zu haben, war eine gute Einschätzung des neurologischen Outcomes, eine Bewertung zugangsbedingter Komplikationen inklusive Auskunft über die Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis möglich. Dazu wurden systematisch diejenigen Fragen gestellt, die sich auch im Fragebogen, der per Briefpost an die nicht erreichbaren Patienten verschickt wurde, befanden (Kapitel 8.2).

2.5.3 Fragebogen per Briefpost

12 Patienten konnten aufgrund ihres schlechten Outcomes nach Subarachnoidalblutung mit Unterbringung in einer Pflegeeinrichtung nicht in die ambulante Sprechstunde kommen. Um trotzdem einen Eindruck von der zugangsbedingten Morbidität und des kosmetischen Ergebnisses zu erhalten, wurde ein Fragebogen im Juli 2009 via Post verschickt. Diesen beantworteten die Patienten mit Hilfe Ihrer Angehörigen und schickten ihn ausgefüllt bis spätestens Oktober 2009 zurück. In Kapitel 8.2 zeigen Abbildung 15 und Abbildung 16 die gestellten Fragen.

Insgesamt konnten über die genannten Wege 57 (85,1%) der insgesamt 67 Patienten erreicht werden. In allen Fällen war eine Beurteilung des neurologischen Status möglich; 55 Patienten (82%) evaluierten ihr kosmetisches Ergebnis.

3 Ergebnisse

3.1 Kurzfristige Ergebnisse

Die kurzfristige postoperative Morbidität und Mortalität wurde hauptsächlich durch das Ausmaß der Subarachnoidalblutung und ihrer Komplikationen bestimmt. Zu Ihnen gehörten die Entwicklung eines intrazerebralen Hämatoms, subduralen Hämatoms und eines akuten Verschlusshydrozephalus, die Rezidivblutung, die Vasospasmen mit der Folge von Hirninfarkten und Hirnödemen, der chronische Hydrozephalus malresorptivus, die Epilepsie und bleibende neurologische Defizite, sowie die intensivmedizinischen Komplikationen wie Pneumonie, Sepsis etc.

Von diesen abzugrenzen sind die frühen zugangsbedingten Komplikationen, die im Folgenden näher betrachtet werden.

Bei insgesamt 51 von 71 Patienten (71,8%) wurden keine zugangsbedingten Komplikationen während des gesamten stationären Aufenthaltes beobachtet. 12 Patienten (16,9%) wiesen leichte Komplikationen auf, die konservativ behandelt wurden.

In 4 Fällen (5,6%) traten schwerwiegende Komplikationen auf, die eine Reoperation erforderlich machten.

4 weitere Patienten (5,6%) verstarben im Laufe des stationären Aufenthaltes an den Folgen der Subarachnoidalblutung.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über alle Komplikationen.

3.1.1 Leichte Komplikationen

Insgesamt kam es bei 12 Patienten (16,9%) einige Stunden bis Tage nach der Operation zu leichten zugangsbedingten Komplikationen. 2 Patienten (2,8%) wiesen ein Hyposphagma aufgrund einer orbitalvenösen Abflussstörung auf. Es zeigte sich eine Unterblutung der Konjunktiva ohne Beteiligung der Kornea. Eine visuelle Beeinträchtigung lag nicht vor. Ursachen eines Hyposphagmas sind ein direktes Trauma des Bulbus, Gefäßruptur z.B. durch arterielle Hypertonie oder Arteriosklerose und wie in diesen beiden Fällen ein venöser Blutstau. Eine spezifische Therapie war in beiden Fällen nicht erforderlich, da sich das Hämatom binnen einer Woche von selbst resorbierte.

Ein Patient (1,4%) klagte über eine neu aufgetretene Doppelbildsymptomatik, welche durch eine postoperative Ptosis verursacht wurde. Eine Ptosis hat vielfältige Ursachen, z.B. direktes Trauma, Paralyse, Schädigung des Halssympathikus im Sinne eines Horner-Syndroms, Vorliegen einer Systemerkrankung etc.

Als weitere Komplikation trat in 2 Fällen (2,8%) eine inkomplette periphere Fazialisparese auf. Insbesondere war der frontale Ast des N. VII betroffen, was zu einer reduzierten Augenbrauenbeweglichkeit führte. Davon abzugrenzen ist immer die Symptomatik der zentralen Fazialisparese. Diese zeigte sich als Folge der Subarachnoidalblutung bei 2 Patienten (2,8%). Klinisch lassen sie sich unterscheiden, indem man den Patienten bittet die Stirn zu runzeln. Bei Patienten mit kompletter peripherer Fazialisparese ist dies im Vergleich zur zentralen Fazialisparese nicht mehr möglich.

5 Patienten (7%) zeigten ein subgaleales Liquorkissen, wobei das gleichzeitige Vorliegen einer Liquorfistel ausgeschlossen werden konnte. Ein subgaleales Liquorkissen ist eine subkutane Liquoransammlung und wird meist durch einen insuffizienten Duraverschluss verursacht, wobei immer auch eine begleitende Liquorresorptionsstörung (Hydrocephalus) als zusätzlicher Faktor ausgeschlossen werden muss. Eine einmalige sterile Punktion mit Anlage eines Kompressionsverbandes war in einem Fall therapeutisch ausreichend. Durch Anlage einer lumbalen Liquordrainage konnte das Liquorkissen der anderen 4 Patienten beseitigt werden, wobei durch die Anlage selbst keine Komplikationen auftraten. Da sich der stationäre Aufenthalt hierdurch nicht verlängerte, wurde das Auftreten eines subgalealen Liquorkissens den leichten Komplikationen zugeordnet.

Ein Patient (1,4%) zeigte in der postoperativen CCT-Kontrolle ein kleines subdurales Hämatom ohne raumfordernden Aspekt. In der Verlaufskontrolle nach 3 Tagen war dieses nicht mehr nachweisbar.

2 Patienten (2,8%) wiesen ein periorbitales Hämatom mit begleitender epiorbitaler Schwellung auf, die über das normale Ausmaß hinausgingen. In der Regel werden ein leichtes periorbitales Hämatom und eine leichte epiorbitale Schwellung nicht als Komplikationen angesehen, sofern sie sich innerhalb von 3- 5 Tagen zurückbilden. Der Lidschluss oder die Augenbeweglichkeit waren in beiden Fällen nicht beeinträchtigt, so dass keine Therapie erforderlich war.

3.1.2 Schwere Komplikationen

In 4 Fällen (5,6%) traten schwere zugangsbedingte Komplikationen auf, die eine operative Revision erforderten. 2 Patienten zeigten eine Liquorfistel mit Liquorrhoe aus dem Mund und Rhinoliquorrhoe. Als Ursache stellte sich ein unzureichender Verschluss des intraoperativ eröffneten Sinus frontalis dar. Es erfolgte eine umgehende Wundrevision mit Abdichtung des Sinus frontalis.

Die Eröffnung des Sinus frontalis im Rahmen einer Orbitokraniotomie ist relativ häufig. Insgesamt wurde eine Eröffnung des Sinus frontalis in 27 Fällen (38%) beobachtet, wobei er in 24 Fällen (88,8%) intraoperativ korrekt verschlossen wurde und postoperativ keinerlei Komplikationen auftraten.

Ein weiterer Patient (1,4%) zeigte - ebenfalls als Folge eines unzureichenden Wiederverschlusses des eröffneten Sinus frontalis - einen Pneumozehalus bei Luftfistel. Klinisch war der Patient unauffällig, erst in einer Kontroll-CCT Untersuchung 10 Tage postoperativ zeigten sich ausgeprägte subgaleale und subdurale Lufteinschlüsse. Da von einem traumatischen Leck aus dem Sinus frontalis ausgegangen werden musste, wurde die Indikation zur operativen Revision gestellt. Die Reoperation und der weitere stationäre Aufenthalt gestalteten sich komplikationslos.

Ein Patient (1,4%) wies ein großes subgaleatisches und epiorbitales Hämatom auf, welches aufgrund der zunehmenden Kompression intraorbitaler Strukturen am 3. postoperativen Tag einer operativen Entlastung bedurfte. Begleitet wurde es von einem Hyposphagma auf dem Boden einer venösen Blutstauung. Die Reoperation verlief problemlos. Der Knochendeckel wurde entnommen (Reorbitokraniotomie) und das Hämatom ausgeräumt. Die Blutungsquelle konnte allerdings nicht eruiert werden. Der weitere Verlauf gestaltete sich inklusive vollständiger Hämatomrückbildung komplikationslos.

3.1.3 Mortalität

4 Patienten verstarben im Laufe des stationären Aufenthaltes 6 bis 34 Tage nach Orbitokraniotomie.

Eine 44 jährige Patientin erlitt unter durchgeführter Therapie bei schweren Vasospasmen einen akuten Vorderwandinfarkt mit komplettem Linksherzversagen. Bei einer 71 jährigen Patientin mit schwerer SAB kam es ebenfalls zu Vasospasmen, die multiple Infarkte und die

Entwicklung eines Hirnödems zur Folge hatten. Intensivmedizinische Komplikationen mit Entwicklung einer Sepsis und folgendem Multiorganversagen traten bei einem 70-jährigen Patienten und einer 76-jährigen Patientin auf.

Der eingetretene Tod war somit in jedem Fall Folge der Subarachnoidalblutung und unabhängig vom gewählten operativen Zugangsweg. Die Operation selbst verlief bei allen 4 Patienten komplikationslos.

3.1.4 Revisionen

Insgesamt war bei 8 Patienten (11,6%) die Durchführung einer erneuten Operation erforderlich. In 4 Fällen (5,6%) war sie aufgrund zugangsbedingter Komplikationen notwendig; in anderen 4 Fällen (5,6%) aufgrund eines unzureichenden Aneurysmaverschlusses. Eine postoperative Kontroll-Angiographie konnte einen Aneurysmarest feststellen, so dass die Indikation zur operativen Revision zur Aneurysmarestausschaltung gestellt wurde.

Das Reclipping des A. communicans anterior Aneurysmas erfolgte über den vorbestehenden Zugang (Reorbitokraniotomie); auf eine Erweiterung der Kraniotomie konnte in allen 4 Fällen verzichtet werden. Die korrekte Positionierung des Aneurysmaclips und die vollständige Aneurysmaausschaltung waren nun ohne Schwierigkeiten möglich.

keine Komplikationen	51	71,8%
Reoperation (ohne Bezug zum operativen Zugang)	4	5,6%
leichte Komplikationen:	12	16,9%
Hyposphagma und orbitovenöse Abflussstörung	2	2,8%
Liquorkissen	5	7,0%
periphere Fazialisparese	1	1,4%
periphere Fazialisparese und Ptosis	1	1,4%
Subduralhämatom	1	1,4%
Periorbitales Hämatom und epiorbitale Schwellung	2	2,8%
schwere Komplikationen mit erforderlicher Reoperation	4	5,6%
Liquorfistel	2	2,8%
Pneumocephalus	1	1,4%
Revision aufgrund eines subgalealen und epiorbitalen Hämatoms	1	1,4%
Verstorben	4	5,6%

Tabelle 4: Überblick Komplikationen

3.2 Langzeitergebnisse

Die klinischen Langzeitergebnisse beziehen sich auf 57 (85,1%) der insgesamt 67 Patienten. Wie bereits erwähnt verstarben 4 Patienten während des stationären Aufenthaltes; 10 Patienten konnten nicht erreicht werden oder lehnten die Studienteilnahme ab.

3.2.1 Morbidität

Um die zugangsbedingte Spätmorbidität zu erfassen, war die Beurteilung des neurologischen Status erforderlich, s. Kapitel 2.5. Dies gelang bei allen 57 Patienten durchschnittlich 23 Monate nach Orbitokraniotomie, wobei 42 (73,7%) Patienten zur Nachuntersuchung in der neurochirurgischen Ambulanz erschienen; die anderen 15 Patienten wurden telefonisch oder per Post erreicht und gaben Auskunft über einen vordefinierten Fragebogen (Abbildung 15 und Abbildung 16).

35 Patienten (61,4%) wiesen keine fokale neurologische Defizite auf, die in Zusammenhang mit dem operativen Zugangsweg standen. 10 Patienten (17,5%) klagten über eine Anosmie, 4 Patienten (7,0%) über eine partielle Anosmie. Hypästhesien und Dysästhesien um den Narbenbereich herum wurden von 8 Patienten (14%) angegeben. Es wurden keine Beeinträchtigungen des Visus und der Augenbewegungen nachgewiesen. Auch der N. supraorbitalis, der intraoperativ einer erhöhten Verletzungsgefahr ausgesetzt ist, blieb bei allen Patienten verschont. Tabelle 5 ermöglicht einen Überblick über die Langzeitergebnisse.

Bei 2 Patienten zeigte sich während des stationären Aufenthaltes (s. Kapitel 3.1.1) eine partielle periphere Fazialisparese. Diese war in der neurologischen Untersuchung nicht mehr nachweisbar, so dass es sich lediglich um eine vorübergehende Parese gehandelt hat. Auch die beschriebene Ptosis war nicht mehr sichtbar und hat sich vollständig zurückgebildet.

Ein Patient klagte über eine weiterhin bestehende Doppelbildsymptomatik und Parese der linksseitigen Gesichtsmuskulatur. Ursache war wie bereits stationär diagnostiziert, eine zentrale Fazialisparese und N. abducens Schwäche als Folge der Subarachnoidalblutung, die sich nicht zurückgebildet hatten.

Als weitere Folgeerscheinungen der Subarachnoidalblutung klagten alle befragten Patienten über Einbußen kognitiver Funktionen wie z.B. Konzentrations-, und Gedächtnisstörungen. Das Ausmaß variierte dabei in Abhängigkeit vom Schweregrad der Blutung. Weitere Beschwerden waren Verhaltensänderungen, Sprachprobleme im Sinne einer Dysarthrie oder motorischen Aphasie und weitere persistierende neurologische Defizite, insbesondere Paresen. Nicht selten litten die Patienten an einem chronischen Verschlusshydrozephalus, welcher eine VPS-Anlage notwendig machte. Ein VPS oder ventrikuloperitonealer Shunt wird zur permanenten Liquorableitung angelegt. Komplikationen durch den Shunt traten in weiteren 4 Fällen auf. Probleme waren eine Infektion oder eine Dysfunktion, so dass eine Shuntrevision erforderlich war.

keine Beschwerden	35	61,4%
Anosmie	10	17,5%
partielle Anosmie	4	7%
Hyp-, und Dysästhesie im Narbenbereich	8	14%
Summe	57	100%

Tabelle 5: Langzeitergebnisse

3.2.2 Kosmetische Ergebnisse

55 der insgesamt 67 Patienten (82,1%) evaluierten ihr postoperatives, kosmetisches Ergebnis und ordneten es 4 vorgegebenen Kategorien zu: sehr gut (1), gut (2), moderat (3) und schlecht (4), s. Tabelle 6. Gleichzeitig sollten die Patienten ihre Wahl begründen und konkretisieren, was als störend empfunden wurde, s. Tabelle 7. Exemplarische Patientenfotos sind für jede gewählte Kategorie in Abbildung 9, Abbildung 10, Abbildung 11 und Abbildung 12 zu sehen.

Bewertung	Anzahl	Anteil
sehr gut	36	65,5%
Gut	14	25,5%
Moderat	4	7,3%
Schlecht	1	1,8%
Summe	55	100%

Tabelle 6: Evaluation des kosmetischen Ergebnisses

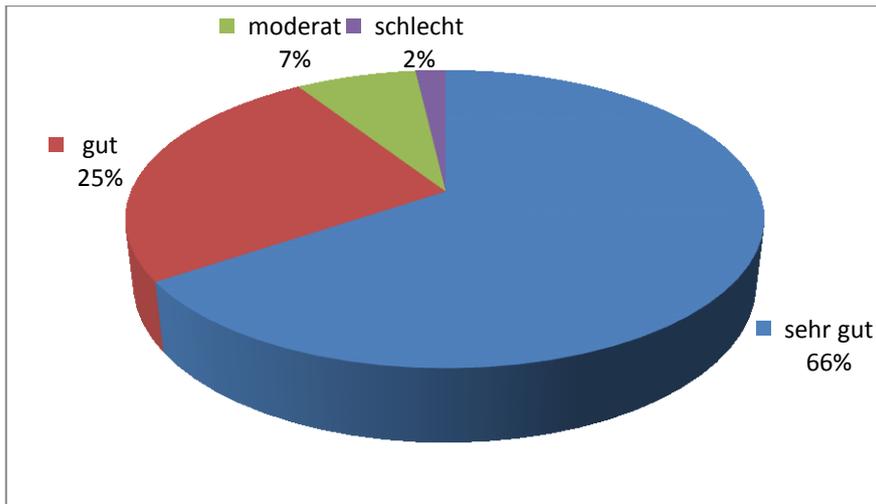


Abbildung 8: Evaluation des kosmetischen Ergebnisses

36 der 55 Patienten (65,5%) waren mit dem kosmetischen Ergebnis der Operation sehr zufrieden und äußerten keinerlei Kritik. 14 Patienten (25,5%) entschieden sich für ein „gutes“ kosmetisches Resultat. 4 Patienten (7,3%) waren nur moderat zufrieden und eine Patientin (1,8%) bewertete ihr Ergebnis als sehr schlecht.

Die Hauptbeschwerde der Patienten betraf eine Einziehung am äußeren Orbitarand als Ausdruck einer Atrophie des M. temporalis. Diese war in 8 Fällen (14,5%) sehr leicht ausgeprägt und in 5 Fällen (9,0%) deutlich sichtbar. Ein weiterer Kritikpunkt war eine kosmetisch nicht ansprechende Narbe.

14 Patienten (25,5%) entschieden sich für ein „gutes“ kosmetisches Resultat. 8 von Ihnen (14,5%) klagten über eine leicht ausgeprägte Muskelatrophie. 4 weitere Patienten (7,2%) empfanden die Narbe als kosmetisch störend, da sie durch den Haaransatz nicht verdeckt werden konnte oder sich farblich von der Gesichtshautfarbe abhob. 2 Patienten (3,6%) empfanden die Narbe als zu lang.

4 Patienten (7,2%) waren nur moderat zufrieden. Bei Ihnen war die Muskelatrophie ausgeprägter und in einem Fall zeigten sich kosmetisch störende Hauteinziehungen über den gesetzten Bohrlöchern.

Ursache des in einem Fall evaluierten sehr schlechten kosmetischen Ergebnisses war eine starke Muskelatrophie, sowie ein lateral der Orbita gelegener, eingezogener Knochendefekt, s. Abbildung 12. Eine operative Korrektur zur Verbesserung des kosmetischen Ergebnisses wurde von Seiten der Patientin bereits in Erwägung gezogen.

Insgesamt lassen sich dennoch in der Mehrzahl der Fälle sehr gute kosmetische Ergebnisse nachweisen. Vor allem diejenigen Patienten, deren neurologisches Outcome sehr gut war, legten großen Wert auf ein ansprechendes kosmetisches Ergebnis, wohingegen die Bewertung derjenigen mit schlechterem Outcome von deutlich geringerem Interesse war. So kam es aus diesem Grunde auch vor, dass 2 der 57 Patienten keine Beurteilung abgaben.

Bewertung	Anzahl	Anteil	Beschwerden	Anzahl
sehr gut	36	65,5%	Keine Beschwerden	36
gut	14	25,5%	Narbe zu lang	2
			Narbe nicht im Haaransatz	2
			Deutliche Farbunterschiede Narbe – gesunde Haut	3
			Leichte Muskelatrophie	8
			Keine Begründung	1
moderat	4	7,3%	Ausgeprägte Muskelatrophie	4
			Hauteinziehung über den Bohrlöchern	1
			Narbe nicht im Haaransatz	1
schlecht	1	1,8%	Stark ausgeprägte Muskelatrophie	1
			Deutlich sichtbarer Knochendefekt	1

Tabelle 7: Konkretisierung

Im Folgenden werden die Fotos von vier unterschiedlichen Patienten in 2 verschiedenen Ansichten gezeigt. Eine Aufnahme steht wie bereits erwähnt repräsentativ für eine Gruppe von Patienten, die das kosmetische Ergebnis der gleichen Kategorie zuordnete. Die ersten beiden Fotos (Abbildung 9) zeigen eine Patientin, die ihr postoperatives kosmetisches Resultat mit „sehr gut“ bewertete. Es besteht keine Atrophie des M. temporalis, die Narbe ist im Haaransatz verschwunden und nicht sichtbar. Die Orbitalränder sind beidseits symmetrisch.

Abbildung 10 steht repräsentativ für ein „gutes“ kosmetisches Resultat. Hier zeigt sich rechts eine leichte Muskelatrophie. Die Narbe ist nicht sichtbar und die Orbitalränder sind ebenfalls symmetrisch.

Abbildung 11 zeigt ein „moderates“ kosmetisches Ergebnis. Die Muskelatrophie links ist deutlich sichtbar. Die Hauteinziehungen über dem Bohrloch der ehemaligen externen Ventrikeldrainage und im Bereich des Oberrandes der Kraniotomie (siehe Markierungen) werden als kosmetisch störend empfunden.

Dennoch ist die Kosmetik für diesen Patienten laut eigener Angabe unerheblich; vielmehr leidet er unter einer spastischen Hemiparese, einer zentralen Fazialisparese und einer linksseitigen N. abducens Schwäche als Folge der schweren Subarachnoidalblutung.

Abbildung 12 zeigt eine Patientin, die aufgrund der bestehenden Hauteinziehung über dem rechts lateral der Orbita gelegenen Knochendefekt, mit dem kosmetischen Ergebnis sehr unzufrieden ist und eine operative Korrektur in Erwägung zieht.

Folgende Abbildungen dürfen bei vorliegender Einverständniserklärung publiziert werden (s. Kapitel 8.3)



Abbildung 9: Orbitokraniotomie rechts: Beispiel für ein sehr gutes kosmetisches Resultat.*

* Fotos dürfen aufgrund einer vorliegenden Einverständniserklärung publiziert werden



Leichte
Muskel-
atrophie

Abbildung 10: Orbitokraniotomie rechts: Beispiel eines „guten“ kosmetischen Ergebnisses*

* Fotos dürfen aufgrund einer vorliegenden Einverständniserklärung publiziert werden

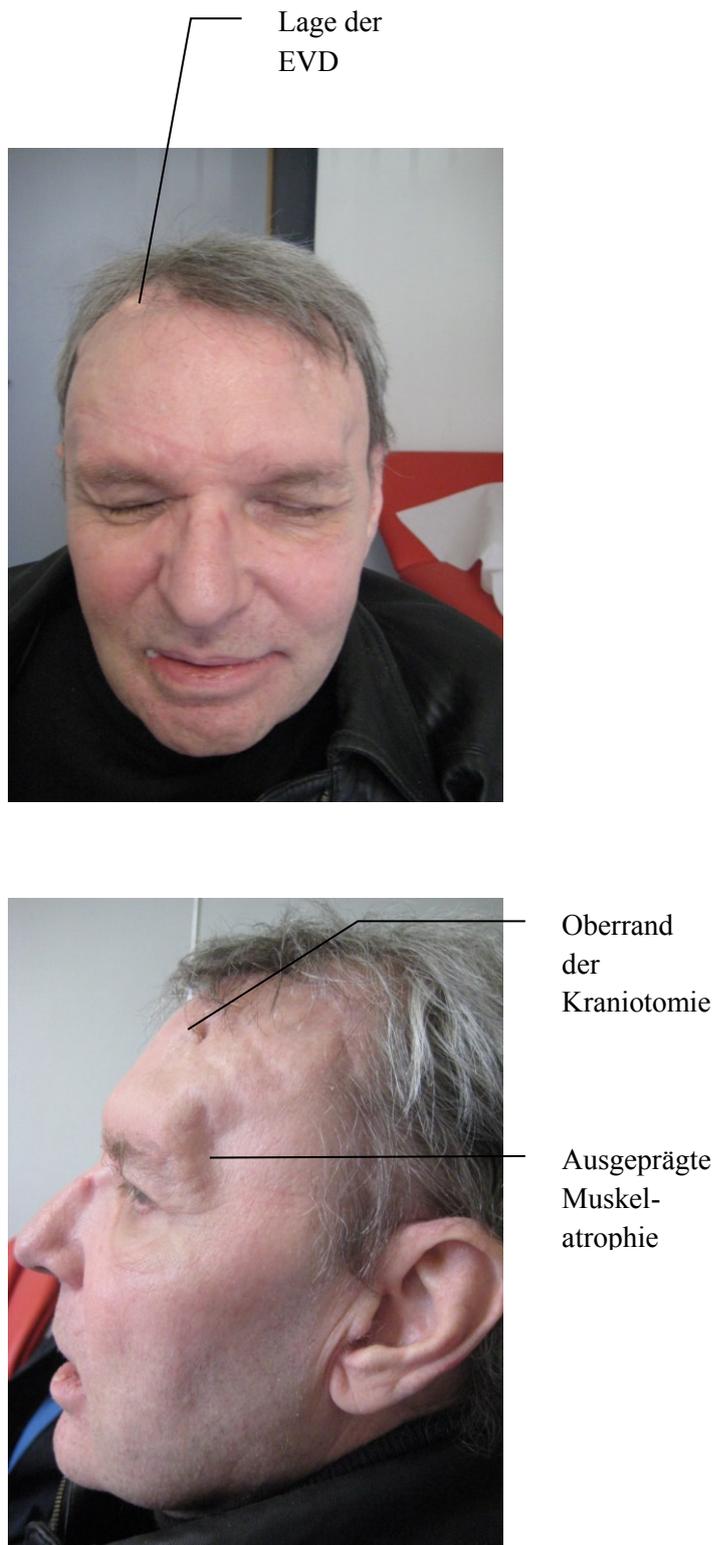


Abbildung 11: Orbitokraniotomie links: „mäßiges“ kosmetisches Ergebnis*

* Fotos dürfen aufgrund einer vorliegenden Einverständniserklärung publiziert werden

Muskelatrophie
und
Knochendefekt



Abbildung 12: Orbitokraniotomie rechts: Beispiel eines „schlechten“ kosmetischen Ergebnisses*

* Fotos dürfen aufgrund einer vorliegenden Einverständniserklärung publiziert werden

4 Diskussion

4.1 Einleitung

In den letzten Jahren wurde es durch Verbesserung der technischen Hilfsmittel und der bildgebenden Verfahren ermöglicht, intrakranielle Läsionen mit immer kleineren Schädelöffnungen zu therapieren, sog. „keyhole“ Techniken [12] [6, 10, 19-24]. Die Vorteile der Minimalinvasivität, wie geringere perioperative Morbidität, Reduktion des Weichteiltraumas und somit Reduktion der postoperativen Schmerzintensität, schnellere Genesung mit kürzerer Hospitalisation und damit verbundener Kostenreduktion, gewannen zunehmend an Bedeutung.

Die Orbitokraniotomie erweitert die therapeutischen Optionen des Neurochirurgen um einen weiteren minimalinvasiven Zugangsweg zur vorderen Schädelbasis. Dabei soll sie die Vorteile der Minimalinvasivität mit geringerer zugangsbedingter Morbidität und sehr guten kosmetischen Ergebnissen kombinieren.

4.2 Vor-, und Nachteile gegenüber anderen Zugängen

4.2.1 Hirnretraktion und Gyrus rectus Resektion:

Im Vordergrund stand die Idee einen Zugangsweg zur vorderen Schädelbasis, insbesondere zur Versorgung von Communicans-Anterior Aneurysmen zu finden, welche eine Retraktion des Lobus frontalis und eine Resektion des Gyrus rectus minimiert bzw. gänzlich nicht erforderlich macht. Ziel war demnach eine parenchymchonendere Operation mit gleich optimaler Einsicht auf das zu versorgende Aneurysma.

Hirnretraktion ist bei intrakraniellen Operationen zur Verbesserung der Sichtverhältnisse und einer adäquaten Exposition der entsprechenden Läsionen teilweise unumgänglich. Folgen der Hirnretraktion können Hirnkontusionen mit Ödemausbildung, postoperative intrazerebrale Hämatomate und Perfusionsminderung mit folglich Hirninfarkten sein [25].

Studien haben gezeigt, dass ca. 10% der Komplikationen bei Schädelbasiseingriffen mit dem Einsatz des Hirnspatels in Zusammenhang stehen [26-27]. Daher ist es umso wichtiger parenchymchonend zu operieren, sowie die Hirnretraktion auf das Nötigste zu beschränken. Die Orbitokraniotomie erlaubt durch ihren basalen Einblickwinkel auf den ACOM-Komplex

eine deutliche Minimierung der Hirnretraktion und somit eine Reduktion der perioperativen Morbidität. Somit ist das Ausmaß der Hirnretraktion auch vom jeweilig gewählten operativen Zugangsweg abhängig [28]. Beispielsweise ist bei der pterionalen Kraniotomie der Blickwinkel auf den ACOM-Komplex kleiner als bei der orbitopterionalen oder orbitozygomatischen Kraniotomie [29]. Um dieses Defizit auszugleichen, wäre eine ausgeprägte Hirnretraktion notwendig. Da dies vermieden werden muss, ist im Rahmen einer pterionalen Kraniotomie teilweise eine Resektion des Gyrus rectus erforderlich.

Das heißt, dass im Rahmen herkömmlicher Zugänge zu ACOM-Aneurysmen zur Schaffung optimaler Sichtverhältnisse entweder eine Gyrus rectus Resektion oder eine große Kraniotomie bzw. Knochendeckelentnahme notwendig sind. Die Orbitokraniotomie bietet durch einen basalen und flachen Einblickwinkel gute Sichtverhältnisse auf den ACOM-Komplex, so dass auch bei kleiner Kraniotomie eine Resektion des Gyrus rectus in der Regel nicht notwendig ist. Welche Nachteile eine Gyrus rectus Resektion mit sich bringt und ob diese letztlich mit neuropsychologischen Defiziten in Zusammenhang gebracht werden kann, wird kontrovers diskutiert. Einige Studien haben gezeigt, dass die Gyrus rectus Resektion das neuropsychologische Outcome nicht beeinflusst [30-31]. Allerdings sollten diese Ergebnisse kritisch betrachtet werden, da letztlich das postoperative neuropsychologische Outcome von multiplen Faktoren beeinflusst wird und daher die Korrelation eines einzelnen Aspektes statistisch schwierig zu überprüfen ist. Zusammenfassend kann jedoch festgehalten werden, dass eine Resektion gesunden Hirnparenchyms - auch wenn es möglicherweise im Bereich des Gyrus rectus keine Konsequenzen für das neurologische Outcome dieser Patienten hat - so gering wie möglich gehalten werden muss.

4.2.2 Anosmie:

In unserer Patientengruppe gaben 10 Patienten (17,5%) eine Anosmie und 4 (7,0%) Weitere eine Hyposmie an. Die Hälfte der Patienten fühlte sich durch diesen Umstand im täglichen Leben beeinträchtigt; die andere Hälfte der Patienten empfand keine Einschränkungen.

Die Inzidenz einer postoperativen Anosmie liegt bei pterionalen Kraniotomien im Schnitt zwischen 14 und 39% [32-34] und ist somit vergleichbar mit unserer Datenerhebung. Reisch und Perneckzy, die einen supraorbitalen und subfrontalen Zugang zur Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior durchführten, berichteten von einer geringeren Inzidenz von 2-6% [19]. Bei genauerer Betrachtung fällt allerdings auf, dass bei ungefähr der Hälfte dieser Studienpatienten andere Pathologien wie Meningeome und Kraniopharyngeome mittels diesen Zugangsweges behandelt wurden. Da man - wie im Folgenden näher beschrieben- davon ausgehen muss, dass die Subarachnoidalblutung selbst

eine große Rolle bei der Entstehung der Anosmie spielt, sind diese Studienergebnisse nicht mit denen unserer Studie vergleichbar.

Dass die Genese der Anosmie als multifaktoriell angesehen werden muss, zeigen mehrere Studien, in welcher sowohl operative, als auch endovaskuläre Verfahren zur Ausschaltung des Aneurysmas genutzt wurden [33, 35-36]. Während des Clippings spielen die Retraktion des Frontallappens und die mechanische Kompression des Bulbus olfactorius eine Rolle. Da es auch im Rahmen des Coilings zu olfaktorischen Dysfunktionen kommt, ist anzunehmen, dass die Subarachnoidalblutung selbst entscheidend bei der Pathogenese beteiligt ist. Weitere Faktoren, welche die Entstehung einer Anosmie begünstigen, sind intrazerebrale Blutungen und erhöhte Hirndrücke, Ischämien i.B. von Hirnarealen, die an der Verarbeitung olfaktorischer Reize beteiligt sind, sowie Aneurysmen des vorderen Hirnkreislaufes, wie ACOM-Aneurysmen, aufgrund der engeren anatomischen Beziehung zum Bulbus olfactorius [33].

Insgesamt handelt es sich also um eine multifaktorielle Genese der Anosmie, tendentiell ist eine höhere Inzidenz im Rahmen des Clippings erkennbar, allerdings gibt es keine eindeutigen Hinweise auf eine Beeinflussung der Inzidenzrate durch den jeweiligen operativen Zugangsweg.

4.2.3 Reclipping:

Kritiker der Orbitokraniotomie verweisen auf eine hohe Revisionsrate. Insgesamt war eine Reoperation in unserer Studie in 8 Fällen (11,9%) notwendig (s. Kapitel 3.1.4). In 4 Fällen handelte es sich um zugangsbedingte Komplikationen, in den anderen 4 Fällen (5,6%) um ein notwendiges Reclipping bei inkorrekt positioniertem Clip. Ob es sich bei diesen unvollständig ausgeschalteten Aneurysmen tatsächlich um eine zugangsbedingte Komplikation handelt, ist schwierig zu sagen. Einige Operateure sind überzeugt, dass die Fehlpositionierung des Aneurysma-Clips bei Nutzung einer größeren Kraniotomie hätte vermieden werden können [37].

Nach Rekapitulation der 4 Einzelfälle handelte es sich bei 2 Patienten um ein unvollständig ausgeschaltetes Aneurysma durch einen abgerutschten Clip. Bei einem anderen Patienten war bereits im ersten Operationsbericht ein erschwertes Clipping bei schwierigen anatomischen Verhältnissen beschrieben. In einem weiteren Fall wurde in der postoperativen DSA eine Stenosierung der linken A. cerebri anterior durch den Clip vermutet. Intraoperativ

stellten sich allerdings massive Vasospasmen als Ursache heraus. Der Clip war lediglich leicht gelöst bei sehr weitem Aneurysmasack und wurde neu platziert.

In der Literatur ist die Rate inkorrekt positionierter Clips ohne intraoperative DSA im Allgemeinen mit 5-8% angegeben [38]. Somit ist die Rate inkorrekt positionierter Clips im Rahmen der Orbitokraniotomie vergleichbar mit denjenigen, anderer standardmäßig einsetzbarer Kraniotomien, so dass der Zugangsweg als solches nicht für die Revision verantwortlich gemacht werden sollte.

4.2.4 Eröffnung des Sinus frontalis

Basale Zugangswege zum ACOM-Komplex bieten wie bereits erwähnt den Vorteil, dass die Notwendigkeit der Hirnrektion minimiert wird. Nachteilig erhöhen diese Zugangswege allerdings aufgrund der anatomischen Gegebenheiten das Risiko, den Sinus frontalis intraoperativ zu eröffnen und somit postoperative Komplikationen wie die Ausbildung einer Liquorfistel, einer Knocheninfektion und Meningitis zu begünstigen [39]. Wie in Kapitel 3.1.2 dargestellt, wurde der Sinus frontalis im Rahmen der Orbitokraniotomie in insgesamt 27 Fällen (38%) eröffnet, wobei damit verbundene postoperative Komplikationen in 3 Fällen (4,2%) auftraten. Dabei handelte es sich um Liquorfisteln (2,8%) und eine Luftfistel mit Pneumocephalus (1,4%). Eine Knocheninfektion oder Meningitis traten nicht auf.

Diese Ergebnisse sind insgesamt vergleichbar mit Daten, die man in der Literatur zu anderen frontobasalen Kraniotomien findet. Eine Penetration des Sinus frontalis findet sich beispielsweise bei der supraorbitalen, orbitozygomatischen oder orbitopterionalen Kraniotomie in 30-60% der Fälle [7, 40-41]. Die Ausbildung von Liquorfisteln in 4,2 % der Fälle in unserer Studie ist vergleichbar mit Ergebnissen anderer Studien [19, 41]. Im Rahmen der pterionalen Kraniotomie zeigt sich in 20% der Fälle ein Einbruch in die Orbita und in 10% d.F. eine S. frontalis Eröffnung, eine Liquorfistel wurde in dieser Studie als Komplikation nicht beobachtet [42].

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass die Inzidenzrate intraoperativ eröffneter Sinus frontalis im Rahmen der Orbitokraniotomie und anderer orbitobasaler Zugangswege höher ist als bei standardmäßigen pterionalen Kraniotomien. Eine Reduktion dieser Inzidenzrate lässt sich bei orbitofrontalen Zugängen aufgrund der anatomischen Gegebenheiten kaum erreichen, allerdings kann die Komplikationsrate durch sorgfältigen Wiederverschluss des Sinus frontalis wie bei pterionalen Kraniotomien auf ein Minimum gesenkt werden. Somit ist ein zufriedenstellendes Handling dieses Problems möglich.

Eine sorgfältige Rekonstruktion des Sinus frontalis erfolgte mittels Abdichtung mit homologem Muskelmaterial (aus dem M. temporalis) und fibrinbenetztem Schwamm (z.B. Tachosil). Diese Vorgehensweise war in 24 von 27 (88,8%) intraoperativ eröffneten Sinus frontales ausreichend, um einen adäquaten Verschluss zu gewährleisten. In der Literatur wird vor Abdichtung mit Muskelmaterial und Fibrinkleber eine Mukosaexenteration empfohlen. Nach Abdichtung wurde die posteriore Sinus-Wand entfernt und zwischen Dura und Sinus ein vaskularisierter Hautgalealappen gelegt [43]. Dieses Vorgehen gewährleistete bei allen 200 Patienten einen adäquaten Wiederverschluss und zog keinerlei Komplikationen nach sich.

Ein Pneumocephalus trat in unserer Studie postoperativ bei einem Patienten auf. Dieser bot klinisch keine Auffälligkeiten, eine operative Revision wurde zur Minimierung eines Infektionsrisikos bei persistierender Fistel und Verhinderung der Ausbildung eines Spannungspneumocephalus durchgeführt. Im Allgemeinen ist das Auftreten eines Pneumocephalus nach neurochirurgischen Operationen nicht ungewöhnlich. Computertomographisch lassen sich sogar nach fast jeder intrakraniellen Operation geringe Luftmengen nachweisen [44]. In der Regel sind diese im Laufe der Zeit spontan rückläufig und eine spezifische Therapie ist nicht erforderlich. Sollte allerdings - wie im vorliegenden Fall- eine Fistel durch unzureichenden intraoperativen Wiederverschluss des eröffneten Sinus frontalis, vorliegen, kann es durch kontinuierlichen Lufteinstrom zur Ausbildung eines gefährlichen Spannungspneumocephalus mit raumfordernder Wirkung kommen [45]. Gleichzeitig besteht die Gefahr einer aufsteigenden Infektion, so dass die Indikation zur operativen Revision gestellt werden sollte [46].

Weitere Risikofaktoren für die Entstehung eines Pneumocephalus sind ein vorausgehendes Trauma, eine Neoplasie, die zu Knochenerosion der Schädelbasis führen kann, eine Operation in sitzender Position, Operationen mit Eröffnung des IV. Ventrikels, eine Überdrainage eines liegenden Lumbalkatheters oder infolge von Lumbalpunktionen oder Spinalanästhesien [47-48].

4.2.5 Intraorbitales Hämatom, Risiko einer Verletzung intraorbitaler Strukturen

Eine weitere operative Revision war aufgrund eines ausgeprägten intraorbitalen Hämatoms erforderlich (s. Kapitel 3.1.2). Ein solches Ausmaß mit beginnender Kompression intraorbitaler Strukturen und sofortiger Notwendigkeit einer Entlastung ist nach einer Orbitokraniotomie sehr ungewöhnlich. In diesem Fall konnte die Ursache auch intraoperativ nicht eruiert werden, die Blutungsquelle war nicht sichtbar.

Ein leichtes periorbitales Hämatom findet sich nach einer Orbitokraniotomie jedoch relativ häufig. Normalerweise bildet sich dieses innerhalb weniger Tage zurück, so dass die alleinige Beobachtung ausreichend ist.

Eine postoperativ beobachtete Ptosis ist meist Folge eines direkten Traumas des M. levator palpebrae oder einer Paralyse. Im Rahmen einer paralytischen Ptosis ist der den M. levator palpebrae innervierenden Nerven (Anteile des N. oculomotorius) geschädigt. Eine Ptosis trat postoperativ in einem Fall auf, wobei eine spontane Remission einsetzte.

Eine orbitovenöse Stauungsblutung mit Hyposphagma trat in 2 Fällen auf. Auch hier konnte aufgrund der Beschwerdefreiheit der Patienten abgewartet werden und auf eine Intervention aufgrund spontaner Remission verzichtet werden. Dieser Verlauf stellt die Regel dar; sollten allerdings Symptome wie persistierende Ptosis, ein großes epiorbitales Hämatom, eine Protrusion des Bulbus oculi, hinzukommen, ist die Indikation zur operativen Revision zu stellen.

Außerdem wurde angenommen, dass die Orbitokraniotomie aufgrund der intraoperativen Entfernung von Teilen des Orbitadaches und der lateralen Orbitawand ein höheres Risiko für die Verletzung des N. supraorbitalis und der intraorbitalen Strukturen mit sich bringt [12]. Diese Vermutung lässt sich unter Berufung auf die in Kapitel 3 beschriebenen Studienergebnisse nicht bestätigen. Keiner der 57 untersuchten Patienten gab eine Hypästhesie im Versorgungsbereich des N. supraorbitalis an oder wies Augenmuskelparesen auf.

4.2.6 N. facialis Parese, Muskelatrophie, kosmetische Ergebnisse

Eine Parese des N. facialis oder einer seiner Äste ist eine typische Komplikation frontotemporaler Kraniotomien. Dabei ist aufgrund der anatomischen Gegebenheiten (s. Kapitel 1.3.2) weniger die Kraniotomie selbst die Ursache der Parese, sondern vielmehr die

Lage der Hautinzision und die notwendige Präparation des M. temporalis, welche insbesondere zu einer versehentlichen Durchtrennung der frontotemporalen Äste des N. facialis führen können [49]. Seither gibt es diverse Studien mit Entwicklung unterschiedlicher Techniken der M. temporalis Dissektion [50-52]. Gemeinsames Ziel ist die Schonung peripherer Fazialisäste und somit die Reduktion postoperativer Fazialisparesen.

Im Rahmen der Orbitokraniotomie erfolgt die interfaziale Dissektion im Bereich des vorderen Anteils des M. temporalis [12]. Diese wurde erstmals 1987 von Yasargil beschrieben [53]. Erfreulicherweise zeigen sich hierunter sehr gute Langzeitergebnisse; keiner der 71 operierten Patienten wies im Verlauf eine Fazialisparese oder eine Astschwäche auf. Es kam lediglich in 2 Fällen einige Tage postoperativ zu einer leichten Fazialis-Astschwäche, die sich im Verlauf vollständig zurückbildete.

Ein weiteres Problem frontotemporaler Kraniotomien stellt die postoperative Atrophie des M. temporalis dar. Diese tritt insbesondere auf, wenn eine ausgedehnte Ablösung des M. temporalis von seinem Ansatz an der Linea temporalis erfolgt. So ist der größte Nachteil der pterionalen Kraniotomie die komplette Muskeldissektion mit folglich schlechterem kosmetischen und funktionellen Ergebnis [2, 54-55]. Weitere Ursachen einer postoperativen Temporalisatrophie können eine Denervierung durch Verletzung der versorgenden Nn. Temporales (aus N. V 3), mangelhafte Blutversorgung durch Verletzung der A. temporalis superficialis bzw einer ihrer Äste, inadäquate Muskelspannung nach Readaptation und die Verletzung der Muskelfasern selbst sein [56]. Um das Risiko einer Muskelatrophie zu reduzieren, wurden im Laufe der letzten Jahre verschiedene operative Methoden zur Prävention einer Atrophie entwickelt; dabei sind eine minimale Muskeldissektion, Erhalt der versorgenden Leitungsbahnen, minimales Muskeltrauma und anatomische Rekonstruktion, sowie spannungsfreie Readaptation entscheidend [52, 56-57].

Bei Durchführung der Orbitokraniotomie ist lediglich eine minimale Ablösung des Temporalis-Muskels im vorderen Bereich an der Linea temporalis für das pterionale Bohrloch erforderlich, so dass erstens die Äste des N. facialis vor Verletzung besser geschützt werden, das Muskeltrauma selbst reduziert und die spätere Refixation erleichtert wird. Für die Temporalisrekonstruktion werden kleinste Bohrlöcher entlang der Linea temporalis gesetzt, durch welche die Muskelannaht erfolgen kann [57]. Ziel ist hierbei die anatomische und spannungsfreie Readaptation des Muskels. Auf diese Weise wird das Risiko einer postoperativen Muskelatrophie und somit die Unzufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis der Operation minimiert.

Insgesamt sind die kosmetischen Ergebnisse dieser Studie als sehr gut zu bewerten. Mehr als 90% der befragten Patienten gaben keine oder nur geringfügige Beschwerden an und

bewerteten ihr kosmetisches Ergebnis mit „sehr gut“ oder „gut“. Hauptbeschwerde war eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Eindellung am äußeren Orbitalrand auf dem Boden einer postoperativen Muskelatrophie. Eine diskrete Atrophie fand sich bei 8 Patienten (14,5%) eine ausgeprägte Atrophie bei 5 Patienten (9%). Letztere waren diejenigen, die ihr kosmetisches Resultat mit moderat oder schlecht bewerteten (s. 3.2.2). So lässt sich erkennen, dass das Ausmaß der Muskelatrophie auch in dieser Studie einer der entscheidenden Faktoren für die Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses ist. Zweitrangig sind Beschwerden über die Lage, Form und Farbe der Narbe (12,7%), sowie sichtbare Hauteinziehungen über den Bohrlöchern (1,8%). Zur Minimierung dieser störenden Hauteinziehungen werden die Bohrlöcher und auch der Spalt zwischen wiedereingesetztem Knochendeckel und Os frontalis mit Methylmethacrylat-Knochenzement aufgefüllt, so dass diese nicht sichtbar sind.

4.2.7 Zugangsbedingte Spätmorbidität

Die zugangsbedingte Spätmorbidität war sehr gering und umfasste hauptsächlich Beschwerden wie Hyp-, oder Dysästhesien im Narbenbereich. Die häufiger aufgetretene An-, bzw. Hyposmie ist aufgrund der multifaktoriellen Genese nur teilweise zugangsbedingt. Die meisten Beschwerden der befragten Patienten sowie das neurologische Outcome waren hauptsächlich durch die Folgen der Subarachnoidalblutung geprägt. Die zugangsbedingte Spätmorbidität spielt somit nur eine untergeordnete Rolle.

4.3 Minimalinvasivität

4.3.1 Keyhole Konzept versus Standard Kraniotomie

Die Verbesserung der präoperativen Diagnostik, Bildgebung und der intraoperativen Technik ermöglicht es, dass minimal invasive Zugänge oder endoskopisch assistierte Kraniotomien, immer mehr an Bedeutung gewinnen [58-63]. Die Trepanation soll einen möglichst kurzen, schonenden und risikolosen Zugang zu Aneurysmen gewährleisten. Das größte intraoperative Blickfeld auf den ACOM-Komplex hat bisher die orbito-pterionale Kraniotomie, also eine Kombination beider Zugangswege geboten [7]. Nachteil ist hier allerdings die Größe der Kraniotomie. Neben größeren Weichteildefekten kommt es zu einer enormen Exploration des Hirnparenchyms mit erhöhter iatrogenen Verletzungsgefahr und

unphysiologischer Umgebungssituation, was eine Erhöhung der perioperativen Morbidität zur Folge hat. Erhöhte perioperative Morbidität steigt auch mit der Dauer der Operation, die bei konventionellen Operationen aufgrund aufwendigerer Weichteilpräparation deutlich länger ist.

Ziel des sogenannten „keyhole“ Konzeptes ist es, einen minimal-invasiven Zugangsweg mit gleich optimaler Einsicht auf die zu versorgende Läsion zu entwickeln. Minimalinvasivität impliziert eine Reduktion des Weichteiltraumas und Verringerung der Traumatisierung von Hirngewebe mit geringerer perioperativer Morbidität. Damit verbunden ist eine schnellere Genesung und kürzere Hospitalisation, was sicherlich nicht nur aus Patientensicht von Vorteil ist, sondern auch wirtschaftliche/ finanzielle Anreize mit sich bringt. Minimal-invasiven Zugängen sind allerdings auch Grenzen gesetzt. Beispielsweise ist es im Rahmen einer ausgedehnten Hirnschwellung immer vorteilhafter auf eine konventionelle, große Kraniotomie mit ggf. Möglichkeit einer dekompressiven Kraniektomie zurückgreifen zu können [64].

Um oben genannte Vorteile objektivieren zu können, sind Belege durch Studien notwendig. Erste Ergebnisse einer vergleichenden Studie „keyhole versus standard craniotomy“ im Jahr 2005 zeigten allerdings keine statistisch signifikanten Unterschiede [65]. Das Outcome und die zugangsbedingten Komplikationen waren bei minimalinvasiven Zugängen vergleichbar mit konventionellen Kraniotomien. Hier ist allerdings kritisch anzumerken, dass ein Vergleich des postoperativen neurologischen Outcomes aufgrund einer vorab ungleichen Verteilung der klinischen Schweregrade der Subarachnoidalblutung auf die beiden Gruppen (Standard vs. Keyhole) nur bedingt aussagefähig ist. In der keyhole-Gruppe sind wesentlich mehr Patienten mit klinisch schlechten Graden. Die Beurteilung des postoperativen Outcomes mittels Glasgow Outcome Scale berücksichtigt diese ungleiche Verteilung nicht. Um ein aussagekräftigeres Ergebnis zu erreichen, hätte das Abschneiden der beiden Patientengruppen mit dem gleichen präoperativen klinischen Schweregrad der Subarachnoidalblutung verglichen werden müssen.

Anfang 2011 erfolgte die Veröffentlichung einer weiteren Studie, in welcher über einen Zeitraum von 20 Jahren 1000 Patienten mit Aneurysmen verschiedenster Lokalisationen minimalinvasiv oder konventionell operiert wurden. Hier zeigte sich, dass die zugangsbedingten Komplikationen im Rahmen minimalinvasiver Operationsverfahren geringer ausfielen als bei konventionellen Eingriffen, aber letztlich die Differenz als Solches keine statistische Signifikanz erreichte [66].

Unter Berücksichtigung oben genannter Vorteile und vorliegender Studienergebnisse sollten minimalinvasive Verfahren vorgezogen werden, solange keine Einbußen von Sicherheit und

Effizienz in der Aneurysmaversorgung bestehen oder Nachteile für den Patienten gegeben sind.

Mit der transorbitalen Minikraniotomie ist ein weiteres minimalinvasives alternativ der pterionalen Kraniotomie einsetzbares Operationsverfahren zur Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior entwickelt worden. Daher sollen diese ebenfalls im Folgenden vergleichend diskutiert werden.

4.3.2 Vergleich der konventionellen pterionalen Kraniotomie mit der transorbitalen Minikraniotomie

Die pterionale Kraniotomie ist der am häufigsten genutzte neurochirurgische Zugangsweg, da er ein breites Sichtspektrum auf den vorderen und hinteren Circulus Willisii, die supra- und paraselläre Region, die Keilbeinflügelregion, den Temporal-, und Frontallappen bietet [55]. So kann er genutzt werden zur Therapie verschiedenster Entitäten. Dieser häufige Gebrauch wird desöfteren als enormer Vorteil gegenüber anderen Kraniotomien angesehen, da hierdurch auch unerfahrenen Kollegen eine gewisse Sicherheit und Vertrautheit gegeben wird ([12] [37]). Die pterionale Kraniotomie zeigt aber auch einige Nachteile. Zur Verbesserung der Einsicht, z.B. auf den ACOM-Komplex ist eine Dissektion der Fissura Sylvii sowie die Hirnretraktion notwendig, welche Risiken für weitere Komplikationen mit sich bringen (s. Kapitel 4.2.1). Weiterhin ist eine ausgedehnte Temporalisdissektion erforderlich. Diese stellt die Ursache einer mehr oder weniger stark ausgeprägten postoperativen Muskelatrophie dar und geht mit einem schlechteren kosmetischen Ergebnis einher. Vergleichend mit der Orbitokraniotomie liegt hier zwar ein geringeres Behandlungsspektrum und eine niedrigere Anwendungsfrequenz vor, allerdings kann parenchymschonender im Sinne einer geringeren Temporalisdissektion und verminderten bis fehlenden Hirnretraktion/ Gyrus rectus Resektion operiert werden. Vergleichbar war die Inzidenzrate der postoperativen Anosmie und des Reclippings. Die intraoperative Eröffnung des Sinus frontalis und die damit verbundenen postoperativen Komplikationen sind bei der transorbitalen Minikraniotomie bzw. anderer frontobasaler Zugänge aufgrund der anatomischen Gegebenheiten höher.

Die konventionelle pterionale Kraniotomie durchlief zahlreiche Modifikationen, insbesondere zur weitgehenden Reduktion erwähnter Nachteile. Mit Entwicklung der pterionalen Minikraniotomie sollten die Vorteile der Minimalinvasivität genutzt werden können [24, 67-68]. Studienergebnisse zeigen bei gleich guter Sichtweise auf die zu versorgende Läsion im Vergleich zur konventionellen Kraniotomie geringere

Gewebetraumatisierung, kürzere Operationsdauer und ein besseres kosmetisches Ergebnis [68]. Interessant wäre eine aktuelle Studie zum Vergleich der transorbitalen und pterionalen Minikraniotomie. In der Literaturdatenbank ist eine Studie zu finden, welche die supraorbitale mit der pterionalen Minikraniotomie vergleicht [69]. Tendentiell waren bei der supraorbitalen Kraniotomie bessere kosmetische Ergebnisse und weniger Beschwerden beim Kauen angegeben worden.

Welchen operativen Zugangsweg der Neurochirurg letztlich wählt, hängt von vielen verschiedenen Faktoren, wie z.B. der Lokalisation und Größe der zu versorgenden Läsion, Schweregrad der Erkrankung/ begleitende Hirnschwellung, individuelle Fähigkeiten des Neurochirurgen/ Sicherheit im Umgang mit bestimmten Kraniotomien etc. ab. Trotz enormer Vorteile minimalinvasiver Zugangswege sind diese nicht für jeden Patienten geeignet und so sollte immer individuell von Fall zu Fall entscheiden werden, welches Verfahren und welcher operative Zugangsweg für den Patienten das bestmögliche Ergebnis mit sich bringt.

5 Schlussfolgerung:

Die transorbitale Minikraniotomie ist ein minimalinvasiver und sicherer Zugangsweg zur Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior und anderer perichiasmatischer Läsionen. Die vorliegende retrospektive Studie zeigt eine geringe zugangsbedingte Morbidität und insgesamt sehr gute kosmetische Ergebnisse. Die Orbitokraniotomie bietet eine deutliche Reduktion der Hirnretraktion und Gyrus rectus Resektion. Die Vermutung eines erhöhten Risikos einer Verletzung intraorbitaler Strukturen und Häufung peripherer Fazialispareesen kann nicht bestätigt werden. In Kenntnis einer erhöhten Rate intraoperativ eröffneter Sinus frontales, sollten Komplikationen durch entsprechenden sorgfältigen Wiederverschluss vermieden werden können.

Die Orbitokraniotomie stellt aufgrund guter Studienergebnisse eine weitere Bereicherung minimalinvasiver Zugangswege zur vorderen Schädelbasis dar und kann zur Versorgung von Aneurysmen der A. communicans anterior empfohlen werden. Welcher operative Zugangsweg letztlich für den Patienten das bestmögliche Ergebnis erzielt, muss individuell von Fall zu Fall entschieden werden.

6 Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Anwendungsbereiche der Orbitokraniotomie	17
Tabelle 2: Erfassung der Spätkomplikationen	19
Tabelle 3: Untersuchung der Hirnnerven.....	21
Tabelle 4: Überblick Komplikationen.....	27
Tabelle 5: Langzeitergebnisse.....	29
Tabelle 6: Evaluation des kosmetischen Ergebnisses	29
Tabelle 7: Konkretisierung.....	31

7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: knöcherner Schädelbasis von innen	5
Abbildung 2: Ansicht auf die linke Orbita	6
Abbildung 3: Die frontale Sicht zeigt den medialen Aspekt der Kraniotomie. Das Bohrloch wurde lateral des Foramen supraorbitale positioniert.	8
Abbildung 4: Die laterale Sicht zeigt die Position des pterionalen Bohrloches am Punctum frontozygomaticum	9
Abbildung 5: Die Sicht von unten zeigt den dreieckförmigen Anteil des Orbitadaches, welcher einen Teil des entnommenen Knochendeckels darstellt.....	9
Abbildung 6: Postoperatives MR-Schädel von Mai 2009.....	13
Abbildung 7: Präoperatives MR-Schädel von Mai 2007	14
Abbildung 8: Evaluation des kosmetischen Ergebnisses	30
Abbildung 9: Orbitokraniotomie rechts: Beispiel für ein sehr gutes kosmetisches Resultat.	33
Abbildung 10: Orbitokraniotomie rechts: Beispiel eines „guten“ kosmetischen Ergebnisses	34
Abbildung 11: Orbitokraniotomie links: „mäßiges“ kosmetisches Ergebnis.....	35
Abbildung 12: Orbitokraniotomie rechts: Beispiel eines „schlechten“ kosmetischen Ergebnisses.....	36
Abbildung 13: Fragebogen Ambulanzsprechstunde, Seite 1	51
Abbildung 14: Fragebogen Ambulanzsprechstunde, Seite 2	52
Abbildung 15: per Post versandter Fragebogen, Seite 1	53
Abbildung 16: per Post versandter Fragebogen, Seite 2	54

8 Anhang

8.1 Fragebogen Ambulanzsprechstunde

Patientenname:

Datum:

Fragebogen zur Erfassung der Spät komplikationen nach Orbitokraniotomie

1. Anamnese:

2. Eigenbewertung durch den Patienten:

- Zufriedenheit mit dem kosmetischen Resultat der OP; Einteilung in 4 Kategorien:
 - sehr gut (1)
 - gut (2)
 - moderat (3)
 - schlecht (4)

- Konkretisierung, falls das kosmetische Ergebnis mit 2 oder schlechter bewertet wird:
 - Muskelatrophie
 - Orbitastand
 - Narbe
 - ...

- Sensibilitätsstörungen
 - Wo (Gesicht, i.B. der Narbe, ges. OP-Gebiet)?
 - seit wann?
 - Schmerzen i.B. des operativen Zugangs?

Abbildung 13: Fragebogen Ambulanzsprechstunde, Seite 1

3) Bewertung durch den Arzt

- Narbe:
reizlos – gerötet, Narbenniveau (z.B. hypertroph?), -breite , - farbe
- Muskel:
Atrophie?
- Orbitastand:
Symmetrie? Knochendefekt?
- Auge:
trocken, gerötet, Lidspalte: Verschmälerung/Asymmetrie?, Exophthalmus?
Visusminderung? Doppelbilder
- Untersuchung Hirnnerven:

Hirnnerven	Pathologie?
N. I	
N. II	
N. III, IV und VI	
N. V	
N. VII	
N. VIII	
N. IX	
N. X	
N. XI	
N. XII	

Abbildung 14: Fragebogen Ambulanzsprechstunde, Seite 2

8.2 Per Briefpost versandter Fragebogen

Fragebogen	Name: Geburtsdatum:
-------------------	------------------------

1) Wie geht es Ihnen aktuell?

2) Bestehen weiterhin Beschwerden, wenn ja welche?

3) Wie zufrieden sind Sie mit dem kosmetischen Ergebnis der Operation?
Zutreffendes bitte ankreuzen:

(1) sehr gut, ich bin sehr zufrieden

(2) gut, ich bin zufrieden

(3) mäßiges Ergebnis

(4) ich bin unzufrieden

(5) sehr schlecht, ich bin sehr unzufrieden

Sollten Sie ihr Kreuz nicht bei (1) sehr gut gemacht haben, würden wir gerne wissen was Sie konkret stört:

Weitere Bsp: (bitte nur Zutreffendes ankreuzen)

unschöne Narbe

Eindellung am äußeren Rand der Augenhöhle

Asymmetrie im Bereich des oberen Knochens der Augenhöhle

Wenn ja, **welche Seite?** rechts Links

Abbildung 15: per Post versandter Fragebogen, Seite 1

Name:

Geburtsdatum:

4) Haben Sie Sensibilitätsstörungen im Bereich des Gesichts oder der Kopfhaut? Das heißt, haben Sie irgendwo ein

Taubheitsgefühl

Kribbeln

oder gar

Schmerzen wenn ja, wo? _____

5). bestehen bei Ihnen Doppelbilder? Ja nein

6). Hat sich seit der Operation Ihr Geschmacksinn verändert?

Ja nein

7). Hat sich Ihr Geruchsinn verändert? Ja nein

Wenn ja, riechen Sie **nichts** mehr oder lediglich **weniger**

8). Hat sich im Bereich der Gesichtsmimik etwas verändert?

Weitere Bsp.: (Nur zutreffendes ankreuzen!)

Hängender Mundwinkel

Unzureichender Lidschluss

Stirn runzeln nicht möglich

Vielen Dank für ihre Hilfe!

Abbildung 16: per Post versandter Fragebogen, Seite 2

8.3 Einverständniserklärung

„Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie Fotos von meinem Gesicht ohne Abdeckung der Augen gemacht werden dürfen. Gleichzeitig willige ich unter der Bedingung eines jederzeit möglichen Rückzuges ein, dass diese zu wissenschaftlichen Zwecken publiziert werden dürfen“.

Datum , Unterschrift des Patienten

Literaturverzeichnis

1. Krayenbuhl, H.A., et al., Microsurgical treatment of intracranial saccular aneurysms. *J Neurosurg*, (1972). 37(6): S. 678-86.
2. Yasargil, M.G. and J.L. Fox, The microsurgical approach to intracranial aneurysms. *Surg Neurol*, (1975). 3(1): S. 7-14.
3. Yasargil, M.G., Personal considerations on the history of microneurosurgery. *J Neurosurg*, (2010). 112(6): S. 1163-75.
4. Pool, J.L., Bifrontal craniotomy for anterior communicating artery aneurysms. *J Neurosurg*, (1972). 36(2): S. 212-20.
5. Kanaan, I.N., Trans-eyebrow mini-orbitozygomatic pterional approach for minimally invasive skull base surgery. *Minim Invasive Neurosurg*, (2005). 48(1): S. 34-8.
6. Mori, K., et al., Lateral supraorbital keyhole approach to clip unruptured anterior communicating artery aneurysms. *Minim Invasive Neurosurg*, (2008). 51(5): S. 292-7.
7. Andaluz, N., et al., Anatomic and clinical study of the orbitopterional approach to anterior communicating artery aneurysms. *Neurosurgery*, (2003). 52(5): S. 1140-8; discussion 1148-9.
8. Sekhar, L.N., et al., Cranial base approaches to intracranial aneurysms in the subarachnoid space. *Neurosurgery*, (1994). 35(3): S. 472-81; discussion 481-3.
9. Andaluz, N., et al., The One-Piece Orbitopterional Approach. *Skull Base*, (2003). 13(4): S. 241-245.
10. Jho, H.D., Orbital roof craniotomy via an eyebrow incision: a simplified anterior skull base approach. *Minim Invasive Neurosurg*, (1997). 40(3): S. 91-7.
11. Harland, S.P., A. Hussein, and R.W. Gullan, Modification of the standard pterional approach for aneurysms of the anterior circle of Willis. *Br J Neurosurg*, (1996). 10(2): S. 149-53; discussion 153.
12. Steiger, H.J., et al., Transorbital keyhole approach to anterior communicating artery aneurysms. *Neurosurgery*, (2001). 48(2): S. 347-51; discussion 351-2.
13. M.C.Spendel, Die aneurysmatische Subarachnoidalblutung: Epidemiologie, Ätiologie, Klinik und Komplikationen. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, (2008). 9 (2)(20-30).
14. Schünke, M., *Prometheus Kopf, Hals, und Neuroanatomie*. Vol. 2. Auflage. 2009: Thieme.
15. Steiger, R., *Manual Neurochirurgie*. Vol. 2. 2006: ecomed Medizin.
16. Schiebler, T.H., *Anatomie*. Vol. 9. Auflage. 2005: Springer.

17. Karl F. Masuhr, M.N., *Neurologie - Duale Reihe*. Vol. 6. Auflage. **2007**: Thieme.
18. Haley, E.C., Jr., N.F. Kassell, and J.C. Torner, The International Cooperative Study on the Timing of Aneurysm Surgery. The North American experience. *Stroke*, **(1992)**. 23(2): S. 205-14.
19. Reisch, R. and A. Perneczky, Ten-year experience with the supraorbital subfrontal approach through an eyebrow skin incision. *Neurosurgery*, **(2005)**. 57(4 Suppl): S. 242-55; discussion 242-55.
20. Reisch, R., A. Perneczky, and R. Filippi, Surgical technique of the supraorbital keyhole craniotomy. *Surg Neurol*, **(2003)**. 59(3): S. 223-7.
21. Sanchez-Vazquez, M.A., et al., Transciliary subfrontal craniotomy for anterior skull base lesions. Technical note. *J Neurosurg*, **(1999)**. 91(5): S. 892-6.
22. Shanno, G., et al., Image-guided transorbital roof craniotomy via a suprabrow approach: a surgical series of 72 patients. *Neurosurgery*, **(2001)**. 48(3): S. 559-67; discussion 567-8.
23. van Lindert, E., et al., The supraorbital keyhole approach to supratentorial aneurysms: concept and technique. *Surg Neurol*, **(1998)**. 49(5): S. 481-9; discussion 489-90.
24. Cheng, W.Y., et al., A pterion keyhole approach for the treatment of anterior circulation aneurysms. *Minim Invasive Neurosurg*, **(2006)**. 49(5): S. 257-62.
25. Fukamachi, A., H. Koizumi, and H. Nukui, Postoperative intracerebral hemorrhages: a survey of computed tomographic findings after 1074 intracranial operations. *Surg Neurol*, **(1985)**. 23(6): S. 575-80.
26. Andrews, R.J. and J.R. Bringas, A review of brain retraction and recommendations for minimizing intraoperative brain injury. *Neurosurgery*, **(1993)**. 33(6): S. 1052-63; discussion 1063-4.
27. Sekhar, L.N., et al., The extended frontal approach to tumors of the anterior, middle, and posterior skull base. *J Neurosurg*, **(1992)**. 76(2): S. 198-206.
28. Yokoh, A., K. Sugita, and S. Kobayashi, Clinical study of brain retraction in different approaches and diseases. *Acta Neurochir (Wien)*, **(1987)**. 87(3-4): S. 134-9.
29. Figueiredo, E.G., et al., Quantitative anatomic study of three surgical approaches to the anterior communicating artery complex. *Neurosurgery*, **(2005)**. 56(2 Suppl): S. 397-405; discussion 397-405.
30. Horikoshi, T., et al., Partial resection of the gyrus rectus in pterional approach to anterior communicating artery aneurysms. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, **(1992)**. 32(3): S. 136-9.
31. Bottger, S., et al., Neurobehavioural disturbances, rehabilitation outcome, and lesion site in patients after rupture and repair of anterior communicating artery aneurysm. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, **(1998)**. 65(1): S. 93-102.

32. Aydin, I.H., et al., Postoperative anosmia after anterior communicating artery aneurysms surgery by the pterional approach. *Minim Invasive Neurosurg*, **(1996)**. 39(3): S. 71-3.
33. Wermer, M.J., et al., Anosmia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery*, **(2007)**. 61(5): S. 918-22; discussion 922-3.
34. Park, J., et al., Olfactory dysfunction after ipsilateral and contralateral pterional approaches for cerebral aneurysms. *Neurosurgery*, **(2009)**. 65(4): S. 727-32; discussion 732.
35. Bor, A.S., et al., Anosmia after coiling of ruptured aneurysms: prevalence, prognosis, and risk factors. *Stroke*, **(2009)**. 40(6): S. 2226-8.
36. Moman, M.R., et al., Anosmia after endovascular and open surgical treatment of intracranial aneurysms. *J Neurosurg*, **(2009)**. 110(3): S. 482-6.
37. Beseoglu, K., et al., The transorbital keyhole approach: early and long-term outcome analysis of approach-related morbidity and cosmetic results. Technical note. *J Neurosurg*, **(2011)**. 114(3): S. 852-6.
38. Barrow, D.L., K.L. Boyer, and G.J. Joseph, Intraoperative angiography in the management of neurovascular disorders. *Neurosurgery*, **(1992)**. 30(2): S. 153-9.
39. Ponde, J.M., et al., Anatomic variations of the frontal sinus. *Minim Invasive Neurosurg*, **(2003)**. 46(1): S. 29-32.
40. Dare, A.O., et al., Eyebrow incision for combined orbital osteotomy and supraorbital minicraniotomy: application to aneurysms of the anterior circulation. Technical note. *J Neurosurg*, **(2001)**. 95(4): S. 714-8.
41. Zabramski, J.M., et al., Orbitozygomatic craniotomy. Technical note. *J Neurosurg*, **(1998)**. 89(2): S. 336-41.
42. Patel, R.S., et al., Incidence and clinical significance of frontal sinus or orbital entry during pterional (frontotemporal) craniotomy. *AJNR Am J Neuroradiol*, **(2000)**. 21(7): S. 1327-30.
43. Caroli, E., et al., Management of the entered frontal sinus. *Neurosurg Rev*, **(2004)**. 27(4): S. 286-8.
44. Reasoner, D.K., et al., The incidence of pneumocephalus after supratentorial craniotomy. Observations on the disappearance of intracranial air. *Anesthesiology*, **(1994)**. 80(5): S. 1008-12.
45. Alibai, E.A., et al., Tension pneumocephalus following pterional craniotomy for treatment of intracavernous internal carotid artery aneurysm. *Emerg Radiol*, **(2008)**. 15(6): S. 441-4.
46. DelGaudio, J.M. and A.P. Ingley, Treatment of pneumocephalus after endoscopic sinus and microscopic skull base surgery. *Am J Otolaryngol*, **(2010)**. 31(4): S. 226-30.
47. Schirmer, C.M., C.B. Heilman, and A. Bhardwaj, Pneumocephalus: case illustrations and review. *Neurocrit Care*, **(2010)**. 13(1): S. 152-8.

48. Walker, F.O. and B.A. Vern, The mechanism of pneumocephalus formation in patients with CSF fistulas. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, **(1986)**. 49(2): S. 203-5.
49. Ammirati, M., et al., An anatomicosurgical study of the temporal branch of the facial nerve. *Neurosurgery*, **(1993)**. 33(6): S. 1038-43; discussion 1044.
50. Coscarella, E., et al., Subfascial and submuscular methods of temporal muscle dissection and their relationship to the frontal branch of the facial nerve. Technical note. *J Neurosurg*, **(2000)**. 92(5): S. 877-80.
51. Spetzler, R.F. and K.S. Lee, Reconstruction of the temporalis muscle for the pterional craniotomy. Technical note. *J Neurosurg*, **(1990)**. 73(4): S. 636-7.
52. Miyazawa, T., Less invasive reconstruction of the temporalis muscle for pterional craniotomy: modified procedures. *Surg Neurol*, **(1998)**. 50(4): S. 347-51; discussion 351.
53. Yasargil, M.G., M.V. Reichman, and S. Kubik, Preservation of the frontotemporal branch of the facial nerve using the interfascial temporalis flap for pterional craniotomy. Technical article. *J Neurosurg*, **(1987)**. 67(3): S. 463-6.
54. Aydin, I.H., et al., Pitfalls in the pterional approach to the parasellar area (review). *Minim Invasive Neurosurg*, **(1995)**. 38(4): S. 146-52.
55. Figueiredo, E.G., et al., Perspective of the frontolateral craniotomies. *Arq Neuropsiquiatr*, **(2010)**. 68(3): S. 430-2.
56. Oikawa, S., et al., Retrograde dissection of the temporalis muscle preventing muscle atrophy for pterional craniotomy. Technical note. *J Neurosurg*, **(1996)**. 84(2): S. 297-9.
57. Bowles, A.P., Jr., Reconstruction of the temporalis muscle for pterional and cranio-orbital craniotomies. *Surg Neurol*, **(1999)**. 52(5): S. 524-9.
58. Menovsky, T., et al., Endoscope-assisted supraorbital craniotomy for lesions of the interpeduncular fossa. *Neurosurgery*, **(1999)**. 44(1): S. 106-10; discussion 110-2.
59. Paladino, J., et al., Eyebrow keyhole approach in vascular neurosurgery. *Minim Invasive Neurosurg*, **(1998)**. 41(4): S. 200-3.
60. Wiedemayer, H., I.E. Sandalcioglu, and D. Stolke, The supraorbital keyhole approach via an eyebrow incision for resection of tumors around the sella and the anterior skull base. *Minim Invasive Neurosurg*, **(2004)**. 47(4): S. 221-5.
61. Czirjak, S. and G.T. Szeifert, Surgical experience with frontolateral keyhole craniotomy through a superciliary skin incision. *Neurosurgery*, **(2001)**. 48(1): S. 145-9; discussion 149-50.
62. Cohen, A.R., et al., Endoscope-assisted craniotomy: approach to the rostral brain stem. *Neurosurgery*, **(1995)**. 36(6): S. 1128-9; discussion 1129-30.
63. Berhouma, M., T. Jacquesson, and E. Jouanneau, The fully endoscopic supraorbital trans-eyebrow keyhole approach to the anterior and middle skull base. *Acta Neurochir (Wien)*, **(2011)**.

64. Dorfer, C., et al., Decompressive hemicraniectomy after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *World Neurosurg*, **(2010)**. 74(4-5): S. 465-71.
65. Paladino, J., et al., The keyhole concept in aneurysm surgery--a comparative study: keyhole versus standard craniotomy. *Minim Invasive Neurosurg*, **(2005)**. 48(5): S. 251-8.
66. Fischer, G., et al., The keyhole concept in aneurysm surgery: results of the past 20 years. *Neurosurgery*, **(2011)**. 68(1 Suppl Operative): S. 45-51; discussion 51.
67. Lan, Q., et al., Microsurgical experience with keyhole operations on intracranial aneurysms. *Surg Neurol*, **(2006)**. 66 Suppl 1: S. S2-9.
68. Figueiredo, E.G., et al., The minipterional craniotomy: technical description and anatomic assessment. *Neurosurgery*, **(2007)**. 61(5 Suppl 2): S. 256-64; discussion 264-5.
69. Park, H.S., S.K. Park, and Y.M. Han, Microsurgical experience with supraorbital keyhole operations on anterior circulation aneurysms. *J Korean Neurosurg Soc*, **(2009)**. 46(2): S. 103-8.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. D. Hänggi für die freundliche Überlassung des Themas sowie für die gute Betreuung und Durchsicht der vorliegenden Arbeit danken.

Dank gilt auch Herrn Dr. K. Beseoglu für die Betreuung und Durchsicht dieser Arbeit. Ferner möchte ich mich bei allen Assistenzärzten und Schwestern der NC-Ambulanz bedanken, die mich während der Zeit der postoperativen Nachuntersuchungen in der Ambulanz unterstützten. Ein Dank gilt ebenfalls dem Team der EDV-Abteilung für die Unterstützung während der retrospektiven Datenerfassung.

Ein besonderer Dank gilt meinem Freund und meinen Eltern, deren ermutigende Worte und Unterstützung das Erstellen der Arbeit enorm erleichterte.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Düsseldorf, den 15.08.2012

Sabrina Lodes