

Zum Risiko der postoperativen Liquorfistel bei der Mikrochirurgie des Akustikusneurinoms

Analyse der Anatomie beim retrosigmoidalen Zugang

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Fingerle Ramina, Kristofer Luiz

2015

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. M. Tatagiba

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. M. Schenk

FÜR MEINE ELTERN UND MEINE LIEBE EHEFRAU

1	Einleitung	1
1.1	Historischer Überblick über die VS-Therapie	3
1.2	„State of the Art“-VS-Therapie	6
1.3	Craniale Computertomografie	7
1.3.1	Geschichte der Computertomografie	7
1.3.2	Die Schädelbasis in der Computertomografie	8
1.4	Die postoperative Liquorfistel	8
1.5	Zielsetzung	10
2	Patienten und Methodik	11
2.1	Kasuistik	11
2.2	Prä- und postoperative Diagnostik	12
2.3	Klassifikation der Tumorgröße	13
2.4	Retrosigmoidaler Zugang	13
2.4.1	Anatomie	15
2.4.2	Technik	18
2.5	Geräte und Materialien	22
2.6	Messungen	22
2.7	Statistische Methoden	25
3	Ergebnisse	26
3.1	Demografische Daten	26
3.1.1	Studienpopulation	26
3.1.2	Erste Symptome	27
3.2	Evaluation der präoperativen kranialen Computertomografien	29
3.2.1	Länge des IAC	29
3.2.2	Pneumatisation des IAC	33
3.2.3	Pneumatisation der Pars squamosa des Os temporale	35
3.3	Operationsverfahren	36
3.3.1	Lagerung der Patienten	36
3.3.2	Operationsverlauf und Tumorresektion	36
3.3.3	Komplikationen	36
3.4	Postoperative klinische Funktion des N. facialis und des Gehörs	37
3.5	Evaluation der postoperativen kranialen Computertomografien	39
3.5.1	Länge des ausgefrästen IAC	39
3.5.2	Öffnung der Pars squamosa des Os temporale	40
3.6	Liquorfisteln	40

3.7	Follow-up-Zeiten.....	42
4	Diskussion	43
4.1	Liquorfistel bei der VS-Chirurgie.....	43
4.2	Techniken, um eine Liquorfistel zu vermeiden	45
4.3	Mögliche Fehlerquellen	45
4.4	Schlussfolgerungen	46
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	47
6	Abbildungen und Tabellen.....	48
6.1	Abbildungsverzeichnis.....	48
6.2	Tabellenverzeichnis.....	49
7	Literaturverzeichnis	50

Abkürzungsverzeichnis

AEP	akustisch evoziertes Potenzial
CCT	cerebrale Computertomografie
GKRS	<i>Gamma Knife Radiosurgery</i>
HB	House-und-Brackmann-Klassifikation
HN	Hirnnerven
IAC	<i>internal acoustic canal</i> (Meatus acusticus internus)
IOM	intraoperatives Monitoring
ITN	Intubationsnarkose
l	links
m	männlich
M.	Musculus
max.	maximal
MEP	motorisch evoziertes Potenzial
MF	<i>middle fossa</i> , transtemporaler Zugang
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomografie
N.	Nervus
n. m.	nicht messbar
n. v.	nicht verfügbar
NF II	Neurofibromatose Typ II
Nn.	Nervi
Nr.	Nummer

OP	Operation
Oss.	Ossis
Pat.	Patient
Pat.-Nr.	Patientennummer
postop	postoperativ
präop	präoperativ
r	rechts
Rel.	Relation
RS	retrosigmoidaler Zugang
VS	Vestibularisschwannom
w	weiblich

Neben den hier aufgeführten Abkürzungen wird für physikalische Größen das Internationale Einheitensystem SI [1] verwendet. Für dezimale Teile werden die SI-Vorsätze verwendet.

1 Einleitung

Das Vestibularisschwannom (VS) ist ein gutartiger Tumor, der aus den Schwann-Zellen der Nervenscheide der Pars vestibularis des N. vestibulocochlearis hervorgeht und meist im distalen Teil des Meatus acusticus internus seinen Ursprung hat [2]. Unbehandelt kann diese relativ seltene Erkrankung bei weiterem Fortschreiten letztlich aufgrund einer Hirnstammkompression zum Tod führen.

Erste Symptome eines VS sind meist Hörminderung mit einhergehendem Tinnitus, Schwindel und Gleichgewichtsstörungen. Beim Fortschreiten der Erkrankung treten oft zusätzlich Facialisparesen, Hypästhesien im Bereich des Gesichtes und Kopfschmerzen auf [3]. Übelkeit und Erbrechen sind eher seltenere Symptome, die sich im fortgeschrittenen Stadium bei großem Tumolvolumen einstellen [4]. Anhand der klinischen Symptomatik sowie durch bildgebende Diagnostik (MRT, siehe Abbildung 1) kann die Diagnose eines VS gesichert werden.

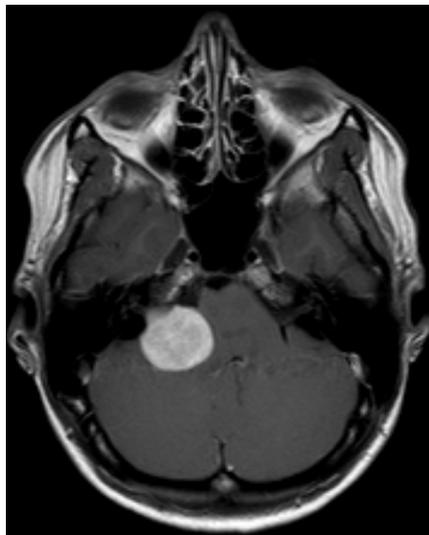


Abbildung 1: Rechtsseitiges Vestibularisschwannom.

Das VS kann sporadisch oder im Rahmen einer Neurofibromatose Typ 2 (NF II) auftreten. Die Inzidenz der sporadisch auftretenden VS wird um 2 : 100.000 beschrieben [5].

Die beidseitige Manifestation von VS gilt als krankheitsdefinierend für eine NF II [4]. Die Prävalenz dieser Erkrankung, die ursprünglich auf 1 : 200.000 geschätzt wurde, wird heute mit 1 : 60.000 angegeben. NF II ist ein dominant vererbtes Tumorprädispositionssyndrom, das auf einer Mutation des NF-II-Gens auf dem Chromosom 22 beruht [6, 7]. Bei über 50 % der Patienten liegen neue Mutationen vor, bei über einem Drittel der Patienten liegt eine Mosaikform vor. In vielen Fällen treten *frameshift*- oder *nonsense*-Mutationen auf. Diese ziehen den schwersten Krankheitsverlauf nach sich [4, 8, 9].

Weitere Manifestationen der Schwannome bestehen in der Regel im Bereich anderer Hirnnerven, spinaler und peripherer Nerven [10–12]. Ebenso kommen Meningeome, sowohl intrakraniell als auch intraspinal, vor. Bei über 70 % der Patienten treten außerdem intrakutane oder subkutane Hauttumoren auf. Typisch sind *Café-au-Lait*-Flecken im Bereich der Haut [4].

NF II geht einher mit substanzieller Morbidität und reduzierter Lebensqualität. Obwohl aktives Beobachten und Radiotherapie in der Behandlung durchaus einen Stellenwert haben, stellt die Chirurgie häufig die Therapie der Wahl dar. Das Risiko einer unvollständigen Resektion oder eines Tumorrezidivs ist durch die Grunderkrankung bei NF-II-Patienten deutlich höher als bei Patienten mit sporadischem VS. Außerdem ist das Risiko einer Facialisparesie durch mikrochirurgische Resektion aufgrund der speziellen Tumorbeschaffenheit selbst in den Händen erfahrener Chirurgeteams größer als bei sporadisch auftretenden VS [9]. Aufgrund der genetischen Ursache dieser Erkrankung kann durch neurochirurgische Resektion der VS bei NF II keine Heilung der Erkrankung erzielt werden, wie dies jedoch der Fall bei sporadisch auftretenden VS ist.

1.1 Historischer Überblick über die VS-Therapie

Einen genauen Überblick über die historische Entwicklung der VS-Therapie stellt William Pellet in [13] vor. Er berichtet, dass die erste Resektion eines VS bereits im Jahr 1777 von Sandifort beschrieben wurde. Trotzdem waren eine systematische In-vivo-Diagnostik und die Anerkennung des VS als eigene Tumorentität erst am Ende des 19. Jahrhunderts Standard. Am 19. November 1894 gelang es erstmals Sir Charles Ballance, ein VS durch Ablösen des Tumors mit dem Finger von der Pons erfolgreich zu reseziieren. Bis dahin galten Resektionen dieser Tumorentität als durchaus abenteuerlich.

Die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts war dominiert von Harvey Cushing und später ebenfalls von Walter Dandy, die sich neben der Resektion von VS hauptsächlich mit der Problematik der Senkung der Mortalität des Eingriffes beschäftigten. Die halbsitzende Lagerung des Patienten wurde erstmals von Cushing beschrieben, um den Situs möglichst sauber und frei von Blut zu halten. Außerdem entwickelte Cushing die Strategie des Aushöhlens des VS während der Tumorsektion, die er auch an seinen Schüler Walter Dandy weitergab. Cushings bevorzugter Zugangsweg bestand in einer bioccipitalen Kraniektomie, totaler Resektion des hinteren Randes des Foramen magnum sowie des hinteren Anteiles des Atlasbogens. Dandy entwickelte die erlernten Strategien weiter und kam zu dem Schluss, dass die vollständige Resektion des VS einen wesentlichen Aspekt in Bezug auf das klinische Ergebnis des Patienten darstelle. Dementsprechend höhle er den Tumor erst aus und entfernte dann die Kapsel. So wird von 23 Patienten berichtet, die operativ von Dandy versorgt wurden und bei denen eine Mortalitätsrate von 30 % bestand. Im Verlauf entwickelte er einen unilateralen Zugang vom Mastoid bis zum Tuber occipitale, der ebenfalls im Gegensatz zur Philosophie seines Lehrers Cushing stand, seine Anwendung jedoch bis heute findet. 1941 berichtete Dandy von 41 Fällen mit 2,4 % perioperativer Mortalität. Ebenfalls war es Dandy zu dieser Zeit bereits möglich, die Funktion des N. facialis durch Eröffnen der posterioren Wand des IAC zu erhalten.

William House, der den translabyrinthären Zugang bevorzugte und bereits mit Hilfe eines Operationsmikroskopes arbeitete, berichtete 1968 von 200 VS-Fällen, bei denen 72 % eine vollständig erhaltene Funktion des N. facialis hatten. Diese hohen Raten der Erhaltung der Facialisfunktion spornten einige Neurochirurgen, vor allem in den USA, zur Nachahmung an. So entstand im Verlauf offiziell der suboccipitale transmeatale Zugang mit Eröffnung der posterioren Wand des IAC, der aber im Prinzip lt. Bucy bereits früher von Dandy beschrieben wurde [14].

In den 1970er-Jahren wurde dem neuen Fokus auf funktionelle Erhaltung des N. facialis durch die Einführung eines intraoperativen Monitorings des N. facialis Rechnung getragen [15], wodurch das postoperative Ergebnis verbessert wurde. Brackmann, der über eine Serie von 500 Fällen berichtete, die von House [16] operiert wurden, beschreibt bei einer Mortalität von 2,6 % eine normale oder fast normale Facialisfunktion in 86,5 % der Fälle. Zu dieser Zeit wurde auch eine einheitliche Tumorklassifikation immer wichtiger. Diese wurde erstmals von Koos beschrieben [17] und ist bis heute gültig. Während OP-Methoden immer präziser, Mortalitätsraten immer geringer und die Erhaltung der Funktion des N. facialis zu einem immer größeren Prozentsatz umgesetzt werden konnte, wandte man sich nun der Erhaltung des Gehörs zu. Erstmals gelang es House 1964, eine Patientin unter Erhaltung von 80 % ihres Gehörs zu operieren [18]. Um hierbei möglichst gute Ergebnisse zu erzielen, stellte der suboccipitale Zugang die Strategie der Wahl dar.

Neben der Verbesserung der mikrochirurgischen Therapiestrategien wurde 1969 die erste „Gamma Knife Radiosurgery“ (GKRS) mit der von Leksell 1968 entwickelten Technik an einem Patienten mit VS in Stockholm durchgeführt [19]. Leksells stereotaktische Bestrahlungsmethode, deren Grundprinzipien er bereits 1951 erforschte und therapeutisch nutzte [20, 21], basierte auf der Protonenstrahlung mehrerer Kobaltquellen und war die Weiterentwicklung des *Horsley-Clarke apparatus*, der bereits 1908 von Horsley für Tierversuche entwickelt worden war. Anstelle des von Horsley benutzten kartesischen Koordinatensystems verwendete Leksell allerdings Polarkoordinaten, wodurch jegliches

intrakranielle Ziel von allen Bereichen der Konvexität des Schädels aus erreicht werden konnte [19]. Die von Leksell entwickelte GKRS-Strategie findet auch aktuell in der Therapie verschiedenster intrakranieller Prozesse aufgrund ihrer geringen Mortalität bei hoher therapeutischer Effektivität breite Anwendung [22].

In den 1980er-Jahren wurde die MRT-Untersuchung im Klinikalltag etabliert. Dies ermöglichte im Vergleich zu vorher eine sehr frühe und genaue Diagnosestellung. Bezüglich der Vergleichbarkeit der klinischen Evaluation der Funktion des N. facialis herrschte bis dahin noch große Heterogenität, bis John House eine nahe liegende Klassifikation beschrieb, die später von Derald Brackmann veröffentlicht wurde [23, 24] und bis heute unter dem Namen beider Autoren bekannt ist und hohe klinische Relevanz hat.

In den 1990er-Jahren gab es bezüglich der mikrochirurgischen OP-Methoden keine bahnbrechenden Neuerungen, allerdings wurden Fortschritte im Bereich der Radiotherapie gemacht [25–28]. Außerdem wurde herausgefunden, dass VS von den Schwann-Zellen des N. vestibularis ausgehen, was somit ihren Namen rechtfertigt [13]. Ebenfalls fanden einige Studien in Bezug auf das natürliche Wachstumsverhalten der VS statt, die zeigten, dass etwa ein Drittel der VS extrem langsam wächst und als größenstabil angesehen wird. Bei weiteren zwei Dritteln wachsen zwei von drei unter 2 mm/Jahr. Bei den restlichen Tumoren wird allerdings eine Wachstumsrate von über 10 mm/Jahr nachgewiesen [13]. Gleichzeitig wurde ebenfalls gezeigt, dass ein Hörverlust sehr langsam progredient ist [13].

In der Folge entstanden Tendenzen der konservativen Therapiestrategien, da aufgrund der frühen Möglichkeit zur Diagnosestellung mittels MRT und Untersuchungen des Gehörs ein zuverlässiges Follow-up-Regime bestand. Zusätzlich wurde allerdings auch die Unvermeidbarkeit des potenziellen Hörverlustes dieser Tumorentität bewusst.

Aktuell bestehen drei verschiedene Therapiestrategien bei der Behandlung von VS. Diese sind:

- aktiv beobachtende konservative Strategie (*wait-and-scan*),
- Radiochirurgie/Radiotherapie,
- Mikrochirurgie.

Je nach Größe des Tumors, Beeinträchtigung des Patienten durch den Tumor sowie dessen Alter und Gesundheitszustand wird entweder eine dieser Therapiestrategien gewählt oder verschiedene Strategien kombiniert.

1.2 „State of the Art“-VS-Therapie

Die korrekte VS-Therapie ist von verschiedenen Faktoren abhängig und deshalb patientenspezifisch zu entscheiden. Bei jungen Patienten (unter 50 Jahre) bestehen zwei Therapieoptionen, zum einen eine konservative Therapie mit regelmäßigen MRT-Kontrollen, zum anderen eine chirurgische Resektion mit Entfernung des Tumors unter elektrophysiologischer Kontrolle der Hirnnerven (HN). Die erste Option sollte nur bei kleinen Tumoren angewendet werden. Eine GKRS-Therapie wird nicht gerne an jungen Patienten angewendet aufgrund der möglichen Spätfolgen der Radiation. Bei älteren Patienten besteht jedoch abhängig von der Größe des VS diese Therapieoption. Die Radiotherapie sollte hauptsächlich bei kleinen Tumoren indiziert werden, da größere Tumoren ein höheres Risiko neurologischer Ausfälle aufweisen und eine höhere Strahlenbelastung für den Patienten bedeuten. Bezüglich der chirurgischen Therapie sollte die am wenigsten invasive und mit höherer Möglichkeit zur Erhaltung der neurologischen Strukturen gewählt werden. Nach der Meinung des Autors ist der retrosigmoidale transmeatale Zugang die beste Wahl, da ein Erhalt aller Strukturen (Kleinhirn, Temporallappen, N. vestibulocochlearis und N. facialis) besteht mit hoher Möglichkeit der kompletten Resektion des VS. Der Zugang und seine Alternativen werden im Kapitel 2.3 näher beschrieben.

1.3 Craniale Computertomografie

Die Computertomografie ist eine sehr verbreitete nicht invasive Methode, um das Gehirn und vor allem die knöchernen Strukturen des Schädels darzustellen. Die Computertomografie basiert auf Röntgenstrahlungen, die zirkulär um den Kopf akquiriert werden und mittels mathematischer Berechnungen zu einem Gesamtbild errechnet werden. Da die Methodik Röntgenstrahlungen nutzt, ist die Darstellung von Weichteilen wie z. B. des Gehirns nicht sehr präzise; sie erlaubt hauptsächlich die Darstellung von Strukturen, die einen hohen Kontrastunterschied aufweisen wie z. B. Blut. Auf der anderen Seite sind Röntgenstrahlen ideal, um knöcherne Strukturen darzustellen, und deshalb die Untersuchungsmethode der Wahl, um die komplexe Anatomie der Schädelbasis zu studieren. Die Computertomografie ist somit unerlässlich bei der chirurgischen Therapie des VS.

1.3.1 Geschichte der Computertomografie

Die Grundlagen der Computertomografie basieren auf einem Rechenmodell des österreichischen Mathematikers Radon, der im Jahre 1917 eine mathematische Formel zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Objekts aus zahlreichen zweidimensionalen Projektionen dieses Objektes ermittelte. Dieses Rechenmodell wurde initial nur im Bereich der Physik eingesetzt. Erst 1964 publizierte der südafrikanische Physiker Allen M. Cormarck eine Arbeit, in der er die Dichte einzelner Punkte in einem Volumen ermittelte, indem er die Röntgenröhre um ein Objekt rotieren ließ und alle 7,5 Grad ein Bild anfertigte. (Representation of a function by its Line integrals, with some radiological applications. II, J. Appl. Phys. 35, 2908 (1964)). Godfrey Hounsfield, ein englischer Ingenieur der Firma EMI, entwickelte 1968 den ersten mit Röntgenstrahlung arbeitenden Experimental-Scanner, der nur für anatomische Präparate verwendet werden konnte und eine Messungszeit von ca. 9 Stunden hatte, plus 2,5 Stunden für die Bildrekonstruktion. 1972 wurde durch die Firma EMI der erste kommerzielle Computertomograf (EMI Mark I) für die klinische Anwendung im Londoner Akti-

son Morley Hospital installiert. 1979 erhielten Cormarck und Hounsfield gemeinsam den Nobelpreis für Medizin für ihre Arbeiten.

Die ersten Gerätegenerationen enthielten einen einzigen Röntgendetektor und konnten nur sehr grobe Bilder akquirieren. Mit der Weiterentwicklung der Technologie sind heutzutage hochdefinierte Bilder in sehr kleinem Abstand (bis zu 0,3 mm) und in sehr schneller Zeit möglich. Die neuesten Scanner haben mehr als 4000 Detektoren und können den gesamten Schädel in weniger als 2 Min. scannen.

1.3.2 Die Schädelbasis in der Computertomografie

Da die Schädelbasis und die hintere Schädelgrube sehr viele verschiedene, wichtige und nah nebeneinanderliegende Strukturen in einen relativ kleinen Raum aufweisen, ist die Darstellung mittels eines Dünnschichtverfahrens mit guter knöcherner Darstellung erforderlich. Dabei ist das CCT die Untersuchung der Wahl. Deshalb werden in der Schädelbasischirurgie routinemäßig CCTs durchgeführt, um die komplexen knöchernen Strukturen darzustellen. Beim retrosigmoidalen Zugang zur Resektion eines VS ist ein präoperatives Dünnschicht-CCT essenziell für den Operateur zur Planung der Operation. Mehrere Aspekte werden dabei analysiert, wie die Präsenz von Emissarienvenen und die Belüftung des Knochens. Diese anatomischen Variationen können, falls nicht beachtet, zu schweren Komplikationen führen wie z. B. einem großen Blutverlust oder einer Liquorfistel.

1.4 Die postoperative Liquorfistel

Eine chirurgische Resektion des VS weist verschiedene Risiken auf. Außer allgemeinen OP-gebundenen Risiken wie z. B. einer Nachblutung, Infektion oder anästhesiologischen Komplikationen, sind einige spezifisch für den retrosigmoidalen transmeatalen Zugang wie die interne postoperative Liquorfistel. Bei der mikrochirurgischen Resektion eines VS über einen retrosigmoidalen transmea-

talen Zugang besteht das Risiko von zwei Arten von Liquorfisteln. Eine Liquorfistel kann „intern“ sein, falls sie durch das eröffnete IAC entsteht. Falls eine Fistel durch das Öffnen der Pars squamosa des Os temporale und eine undichte Naht der Dura mater entsteht, wird sie als „äußere“ Liquorfistel bezeichnet. Beide Liquorfisteln fallen durch eine Rhinoliquorrhoe auf, da die eröffneten Luftzellen des Os temporale mit dem Mittelohr und dieses mit der Eustachi-Röhre kommuniziert (Abbildung 2).

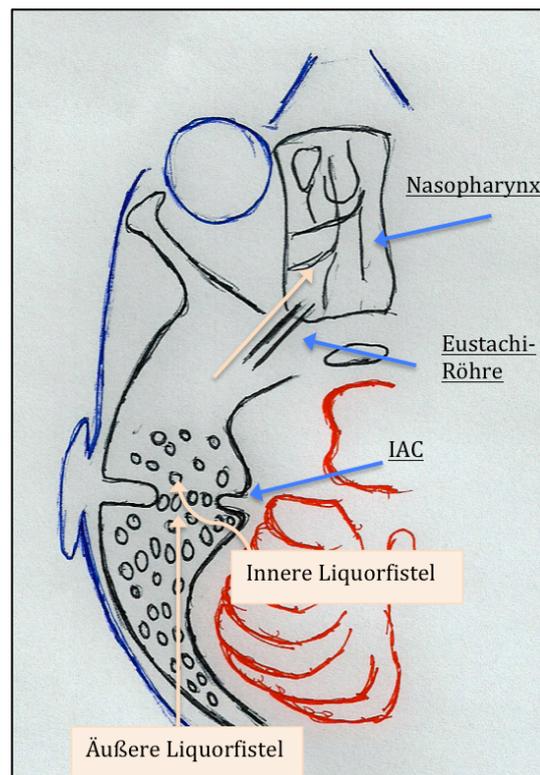


Abbildung 2: Darstellung einer inneren und einer äußeren Liquorfistel.

Das hauptsächlich mit einer Liquorfistel verbundene Risiko ist die Entwicklung einer Meningitis, die fatale Folgen haben kann. Zusätzlich hat der Liquor antiphlogistische Eigenschaften, sodass eine Liquorfistel nicht spontan sistieren kann.

Die Behandlung einer Liquorfistel erfolgt meist durch die Anlage einer lumbalen Liquordrange, die den Liquorfluss und somit den intrakraniellen Druck reduziert, sodass der Liquor nicht mehr durch die undichte Stelle fließen kann und diese verschließt. Bei größeren Defekten ist diese Therapie jedoch nicht immer erfolgreich und eine erneute Operation mit mechanischer Abdichtung der undichten Stellen muss erfolgen. Diese Maßnahmen sind mit einem längeren stationären Aufenthalt und mit einer zusätzlichen psychischen und finanziellen Belastung verbunden.

1.5 Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Ausdehnung der Pneumatisation des Felsenbeins und des Gehörgangs bezuglich des Risikos einer postoperativen Liquorfistel nach Resektion eines VS über einen retrosigmoidalen transmeatalen Zugang zu beurteilen.

Darüber hinaus sollen die der mikrochirurgischen Therapiestrategie vorbehaltenen diagnostischen Möglichkeiten des Dünnschicht-CCTs mit dem Ziel der Optimierung dieser Therapiestrategie analysiert werden. Insbesondere soll gezeigt werden, ob aus einer detaillierten Analyse der präoperativen Dünnschicht-CCTs bezuglich der knöchernen Pneumatisation im Zusammenhang mit einer entsprechenden mikrochirurgischen Technik eine prädiktive Aussage bezuglich einer postoperativen Liquorfistel abgeleitet werden kann.

2 Patienten und Methodik

In diesem Kapitel werden die Auswahlkriterien für das untersuchte Patientengut beschrieben und es wird erläutert, welche weiteren Daten für die Auswertung erhoben wurden. Weiterhin werden die im Rahmen der mikrochirurgischen Therapie angewendeten Methoden und Klassifikationen beschrieben.

2.1 Kasuistik

Das Screening der Patienten für die vorliegende Studie erfolgte zunächst durch Suche nach dem ICD-10-Code D33.3 [29] in der Patientendatenbank des Universitätsklinikums Tübingen. Die radiologischen Untersuchungen (CCT) wurden aus der Datenbank der neuroradiologischen Abteilung der Universität Tübingen gewonnen. Die Suche wurde auf den Zeitraum zwischen Januar 2007 und Juni 2010 eingeschränkt. Seit 2004 bestehen bedingt durch einen Wechsel der Leitung der neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Tübingen eine einheitliche Therapiestrategie sowie ein einheitliches OP-Team. Das Screening erfolgte bis Juni 2010. Später operierte Patienten wurden nicht berücksichtigt.

In dem genannten Zeitraum wurden laut Datenbankabfrage 426 Patienten mit der Diagnose eines VS operiert. Für diese Patienten wurden die OP-Berichte und Arztbriefe, die bis zum September 2010 erstellt wurden, bezüglich der Erfüllung der Einschlusskriterien der vorliegenden Studie durchsucht:

- Vorhandensein eines präoperatives Dünnschicht-CCTs,
- Vorhandensein eines postoperativen Dünnschicht-CCTs,
- keine Rezidivoperation der betroffenen Seite,
- Durchführung eines retrosigmoidalen transmeatalen Zugangs zur Resektion des Tumors.

133 Patienten (31 %) erfüllten die genannten Kriterien.

In dieser Studie sind NF-II-Patienten, die die vorgenannten Einschlusskriterien erfüllen, eingeschlossen.

Zur Auswertung der Patientendaten wurden anhand der OP-Berichte, Arztbriefe und CCTs die in Tabelle 1 aufgeführten Parameter erhoben.

Tabelle 1: Erhobene Daten der vorliegenden Studie.

demografische Daten	Vor- und Nachname Geburtsdatum Geschlecht
operationsbezogene Daten	OP-Datum betroffene Seite Größe des VS Komplikationen
präoperative Befunde	Vorliegen von NF II erste Symptome zur OP-Indikation führende Symptome
postoperative Befunde	Vorhandensein einer Liquorfistel
CCT-Daten	Länge des inneren Gehörgangs präoperative Belüftung der Felsenbeinspitze präoperative Belüftung des Mastoids postoperative Eröffnung des Mastoids postoperative Eröffnung des inneren Gehörgangs

2.2 Prä- und postoperative Diagnostik

Alle Patienten erhielten präoperative Bildgebungen mittels Kontrastmittel-MRT und Dünnschicht-Knochen-CCT, um die Tumorgöße, die Ausdehnung der Pneumatisation der Felsenbeinspitze und des Mastoids im retrosigmoidalen Bereich, die Länge des inneren Gehörgangs sowie die Präsenz einer Emissarienvene zu objektivieren. Die postoperative Diagnostik erfolgte am ersten postoperativen Tag mittels Dünnschicht-CCT zur Beurteilung einer möglichen Kom-

plikation (z. B. Nachblutung). Es erfolgte prä- und postoperativ eine klinische Untersuchung des N. facialis.

Die Patienten wurden poststationär im Abstand von 3, 6 und 12 Monaten sowohl klinisch als auch bildgebend (MRT) nachuntersucht.

2.3 Klassifikation der Tumorgröße

In der Literatur wird für die Einteilung der Tumorgröße der VS nach Größe häufig die Klassifikation nach Samii [17] verwendet. Diese ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Klassifikation der Tumorgröße nach Samii [17].

Klasse	Beschreibung
I	rein intrakanalikulärer Tumor
II	intra- und extrameataler Tumor
IIIa	den Kleinhirnbrückenwinkel ausfüllender Tumor bis zum Hirnstamm reichend
IIIb	den Kleinhirnbrückenwinkel ausfüllender Tumor mit Pelottierung des Hirnstamms
IVa	großer Tumor mit Hirnstammkompression
IVb	großer Tumor mit extremer Hirnstammkompression und Verlagerung des IV. Ventrikels

2.4 Retrosigmoidaler Zugang

Neben der möglichst vollständigen Tumorresektion mit einhergehender geringer Morbiditäts- und Mortalitätsrate stellen der Erhalt des Hörvermögens sowie der Erhalt einer normalen Funktion des N. facialis wichtige Ziele der Behandlung

von VS dar. Zur Erreichung dieser Ziele existieren drei mögliche mikrochirurgische Zugangsarten:

- transtemporaler Zugang,
- translabyrinthärer Zugang,
- retrosigmoidaler transmeataler Zugang.

Bezüglich der klinischen Ergebnisse der postoperativen Facialisfunktion geben einige Autoren keinem der Zugänge einen eindeutigen Vorzug [30–32]. Anhand der Erfahrungen des Operateurs der vorliegenden Studie kann allerdings konstatiert werden, dass bei transtemporalem Zugang eine erhöhte Gefahr einer anatomisch bedingten Facialisläsion besteht, da der Tumor den N. facialis häufig nach kranial verdrängt und dieser somit direkt im Zugangsgebiet liegt. Dies bedingt gleichzeitig, dass sich dieses Risiko bei zunehmender Tumorgröße erhöht. Diese Theorie wird auch von den klinischen Ergebnissen anderer Autoren gestützt [33, 34].

Beim translabyrinthären Zugang ist prinzipiell keine hörerhaltende Tumorresektion möglich. Bei den hörerhaltenden Zugängen kann laut einigen Autoren bezüglich des transtemporalen und des retrosigmoidalen Zugangs keine signifikante Aussage über bessere postoperative Ergebnisse gemacht werden [31], wenn auch einige Autoren den retrosigmoidalen Zugang favorisieren [33, 35]. In Tabelle 3 sind die Charakteristika der einzelnen Zugangsarten zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 3: Charakteristika der Zugangsarten für die Resektion eines VS.

Zugangsvariante	Facialisfunktion	Hörvermögen	Eignung für große Tumore
transtemporal	—	+	—
translabyrinthär	+	—	+
retrosigmoidal transmeatal	+	+	+

Aufgrund der Überlegenheit des retrosigmoidalen Zuganges bezüglich Hörerhalt, Facialisfunktion und größenunabhängiger Möglichkeit der Tumorresektion im Vergleich zum transtemporalen und translabyrinthären Zugang wurde diese Zugangsart bei allen Patienten in dieser Studie gewählt. Dieser wird im Folgenden beschrieben.

2.4.1 Anatomie

Der retrosigmoidale Zugang wird, wie der Name bereits beschreibt, hinter dem Sinus sigmoideus durchgeführt. Die Grenzen der Kraniotomie/Kraniektomie sind im lateralen Bereich der Sinus sigmoideus, im oberen Bereich der Sinus transversus, im unteren Bereich die Abflachung des Schädels und im medialen Bereich der Abstand von ca. 3 cm vom vorderen Bereich. Die Kraniotomie/Kraniektomie betrifft typischerweise den Os temporale, den Os occipitale und teilweise den Os parietale im Bereich ihres Treffpunkts (Asterion) (Abbildung 3).

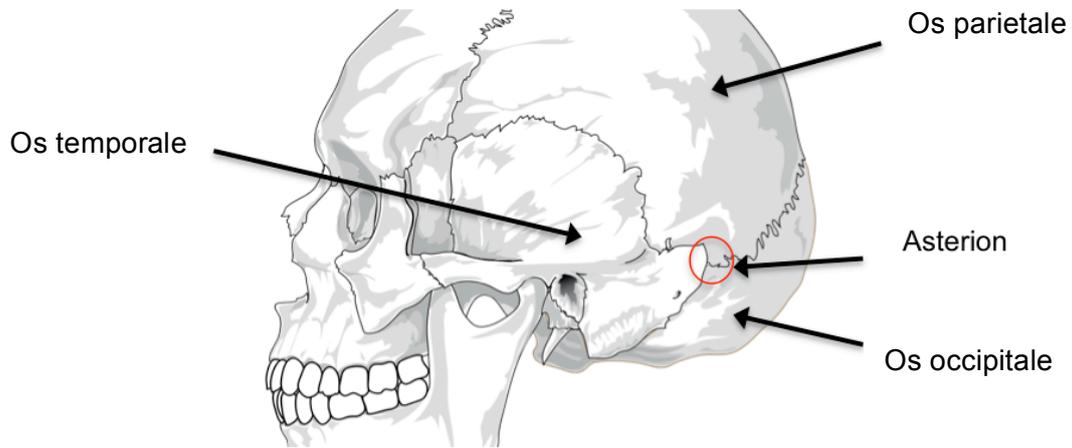


Abbildung 3: Seitliche Abbildung des Schädels.

Der Os temporale ist bei Erwachsenen typischerweise pneumatisiert. Diese Pneumatisation ist in der Bevölkerung sehr unterschiedlich und kann zwischen kleinen Luftzellen im Warzenteil (Pars mastoidea) bis zu einer ausgedehnten Pneumatisation im Schuppenteil (Pars squamosa) des Os temporale variieren [53]. Zusätzlich kann das Felsenbein (Pars petrosa des Os temporale) im Bereich des IAC ebenfalls pneumatisiert sein (Abbildung 4 und 5). Diese pneumatisierten Areale des Os temporale kommunizieren mit dem Mittelohr und dieses mit der Eustachi-Röhre.

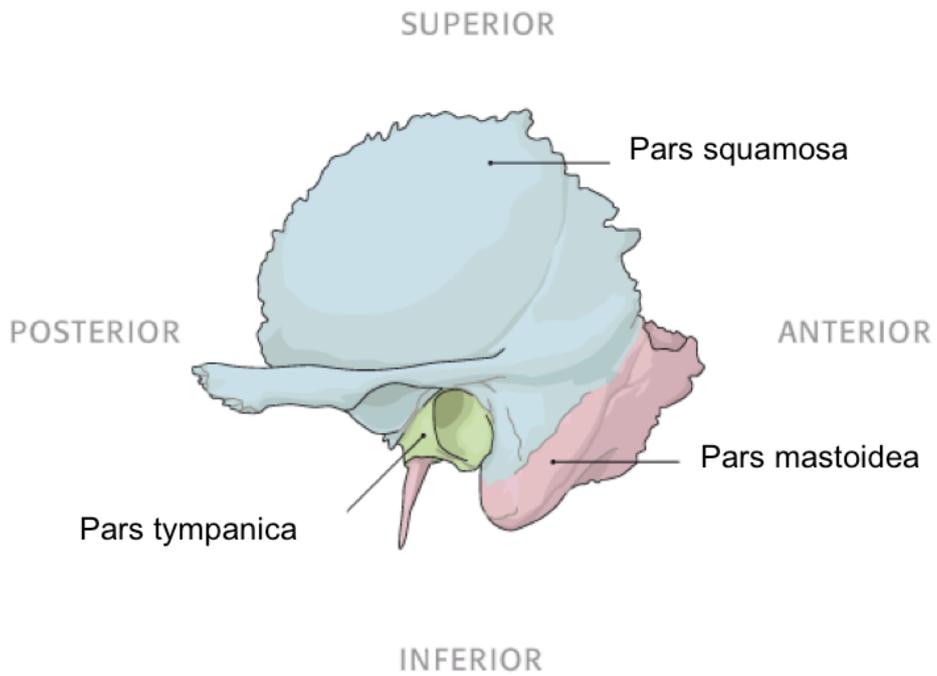


Abbildung 4: Laterale Ansicht des Os temporale.

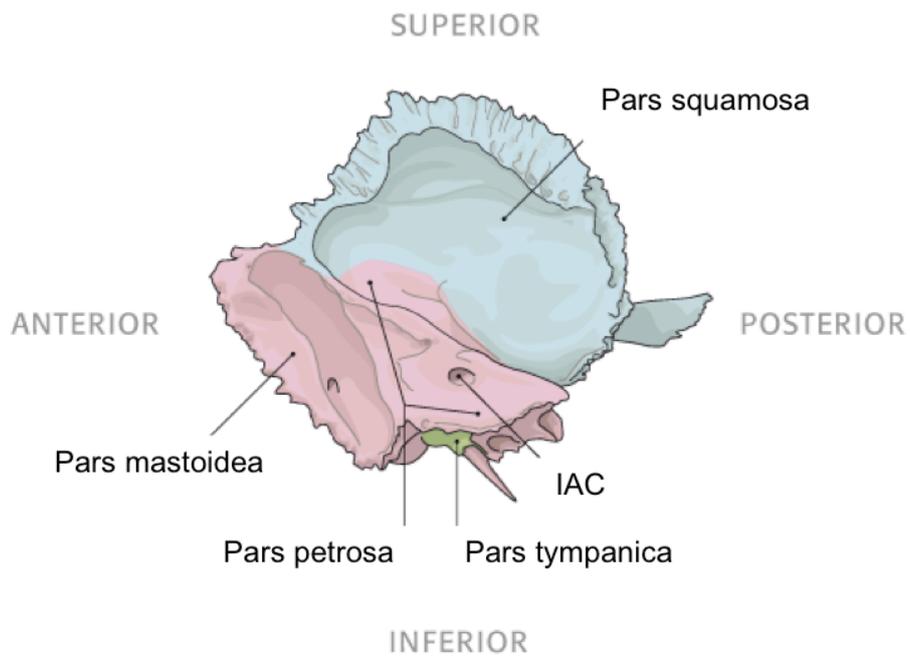


Abbildung 5: Mediale Ansicht des Os temporale.

Die pneumatisierten Bereiche der Pars squamosa und der IAC im Felsenbein können bei der retrosigmoidalen Kraniotomie/Kraniektomie und Resektion eines VS eröffnet werden. Falls die Eustachi-Röhre patent ist, die Luftzellen im Operationsgebiet geöffnet und nicht abgedichtet wurden, kann eine Rhinoliquorrhoe entstehen.

2.4.2 Technik

Für den retrosigmoidalen Zugang [36] werden die Patienten entweder halbsitzend oder in Rückenlage mit Drehung des Kopfes gelagert (siehe Abbildung 6).

Nach Anlage des leicht bogenförmigen retroaurikulären Hautschnittes wird eine retrosigmoidale Kraniektomie oder Kraniotomie durchgeführt. Hiermit werden der Sinus transversus und der Sinus sigmoideus (Abbildung 7) dargestellt, um diese Strukturen bei der nachfolgenden Duraeröffnung nicht zu verletzen.

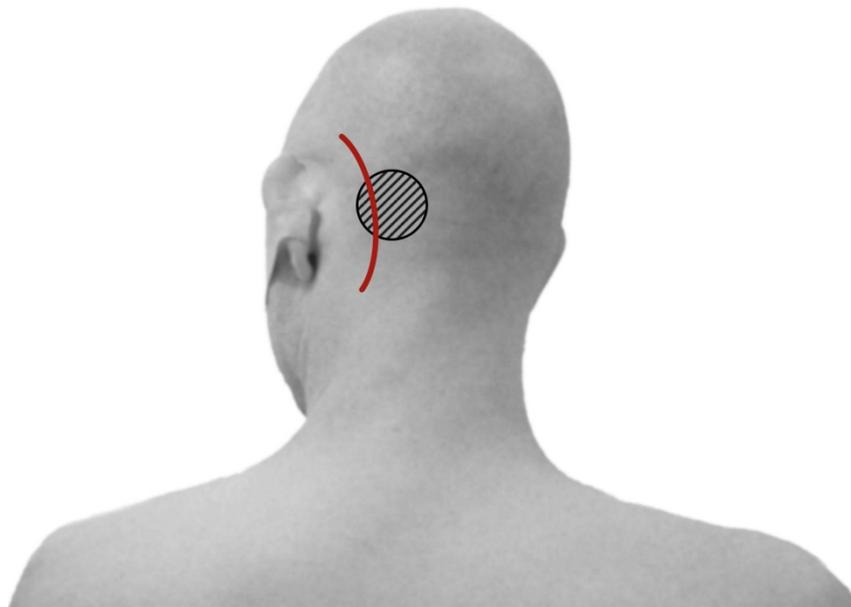


Abbildung 6: Retrosigmoidaler transmeataler Zugang: Schnittführung (rot) und anzulegender Trepanationsdefekt (schwarz schraffiert).

Nach Duraeröffnung kann das Kleinhirn mit einem Kleinhirnspatel vorsichtig nach medial verlagert werden, um Zugang zum KHBW zu haben. Um einen intrakanalikulären Tumor darstellen zu können, wird die Hinterwand der IAC bedeckende Dura mater koaguliert und C-förmig mit der Basis am Foramen ovale eingeschnitten. Bei größeren Tumoren ist der IAC häufig durch den Tumor bedeckt, deshalb wird in diesem Fall zuerst ein Tumor-Debulking mit Entfernung des Haupttumors durchgeführt mit anschließender Koagulation und Einschneiden der Hinterwand der IAC bedeckende Dura mater. Im Anschluss wird der so dargestellte Knochen mit dem Diamantbohrer unter kontinuierlicher Ringer-Spülung von lateral nach medial entfernt. Um eine Verletzung des Gleichgewichtsorgans zu vermeiden, wird eine ca. 2 mm dünne Schuppe nahe dem Fundus intakt gelassen. Die Tiefe des verbleibenden IAC wird wiederholt mit dem Mikronervenhäkchen getastet.

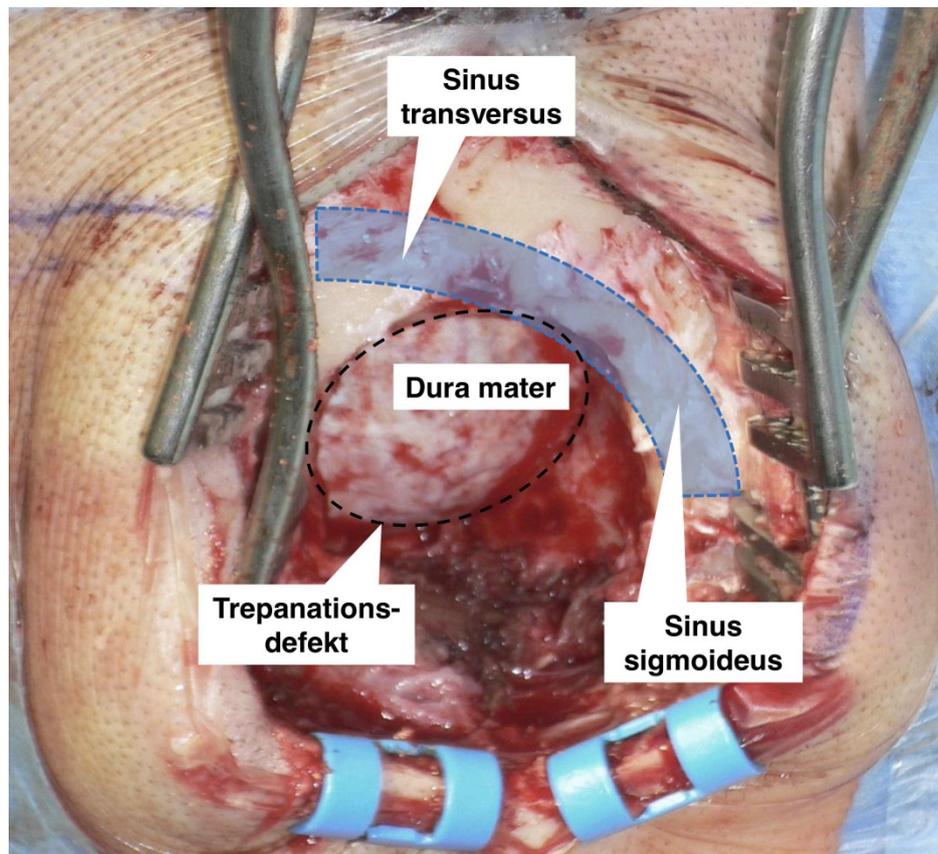


Abbildung 7: Sinus transversus und Sinus sigmoideus nach osteoklastischer Trepanation.

Nach Eröffnung des IAC wird der Tumor bis zu seiner lateralen Begrenzung im Fundus des IAC dargestellt. Der laterale Teil des Tumors wird nun vorsichtig mit dem Mikrodissektor mobilisiert (Abbildung 8). Nun können der N. facialis und der N. vestibulocochlearis im Fundus identifiziert werden. In der Folge wird der intrameatale Tumor stückweise von lateral nach medial entfernt. Anschließend wendet man sich dem extrameatalen Anteil des Tumors zu, der vom Hirnstamm gelöst wird. Der restliche extrameatale Tumor wird nun von medial nach lateral entfernt. Der N. facialis befindet sich nach ventral verlagert und wird vorsichtig epiarachnoidal vom Tumor freipräpariert. Nach Entfernung des extrameatalen Anteils bis zum Eintritt im IAC wendet man sich erneut dem intrameatalen Anteil

des Tumors zu, der jetzt von lateral nach medial komplett entfernt wird. Bei kleineren Tumoren geschieht die Resektion in der Regel unter Erhalt der N. facialis und N. vestibulocochlearis [36] und bei größeren Tumoren unter Erhalt des N. facialis.

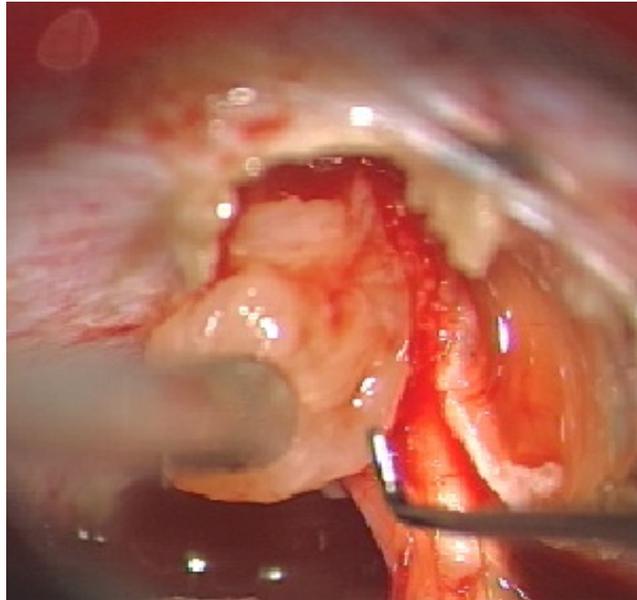


Abbildung 8: Darstellung des VS nach Eröffnung des IAC.

2.5 Geräte und Materialien

Die für diese Arbeit analysierten Aspekte sind die Belüftung des Oss. temporalis im Bereich der Pars squamosa und Pars petrosa, die, falls sie während einer Operation geöffnet wurden, ein erhebliches Risiko einer Liquorfistel darstellen. Dafür wurden die präoperativen Dünnschicht-CCTs mit den postoperativen Dünnschicht-CCTs bezüglich der Öffnung der knöchernen Luftzellen verglichen. Alle Patienten dieser Arbeit haben ein prä- und ein postoperatives Dünnschicht-CCT mit ein Siemens-SOMATOM®-Gerät mit 32 Kanälen der Abteilung für Neuroradiologie der Universität Tübingen erhalten. Die Schichten variierten zwischen 3 mm und 0,8 mm und wurden im Knochenfenster bearbeitet. Die Messungen und Analyse der CCTs wurden mit dem RadiAnt®-DICOM-Betrachter ver. 1.2 durchgeführt.

2.6 Messungen

Primär wurde die Länge des inneren Gehörgangs auf beiden Seiten in den präoperativen Dünnschicht-CCTs gemessen. Dazu wurde eine Schicht gewählt, in der der gesamte innere Gehörgang dargestellt war, und der Abstand vom Fundus bis zur Felsenbeinspitze (Anfang des inneren Gehörgangs) gemessen (Abbildung 5).

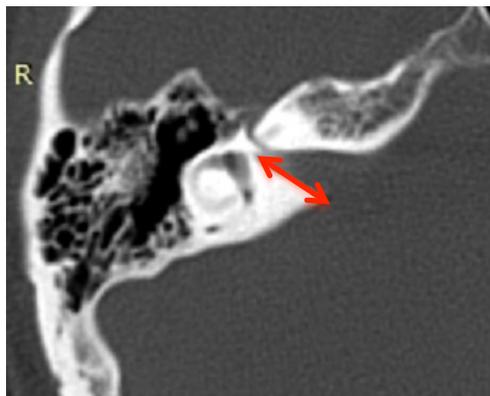


Abbildung 9: Länge des inneren Gehörgangs.

Anschließend wurde beurteilt, ob die Felsenbeinspitze im Bereich des inneren Gehörgangs belüftet ist. Falls die Felsenbeinspitze belüftet war, wurde sie in 3 gleich große Teile eingeteilt, um die Ausdehnung der Belüftung zu quantifizieren (Abbildung 10).

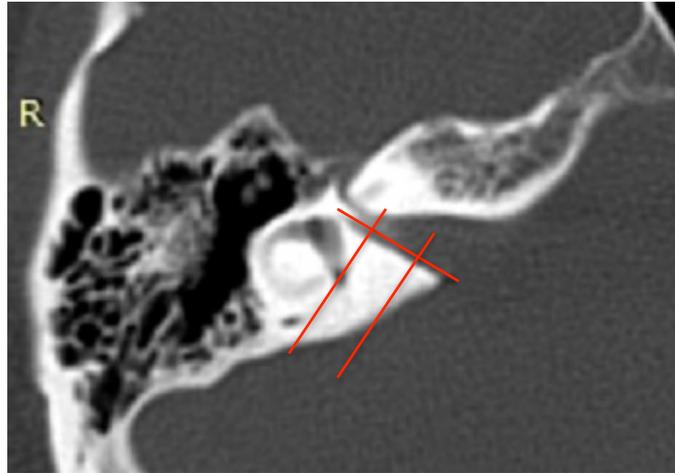


Abbildung 10: Belüftung der Felsenbeinspitze.

Die Pneumatisation der Pars squamosa wurde in ähnlicher Weise durchgeführt, indem zuerst beobachtet wurde, ob der Knochen medial vom Sinus sigmoideus belüftet ist. Falls der Knochen belüftet war, wurde der Abstand vom knöchernen Anfang des Sinus sigmoideus bis zum Ende der Pneumatisation gemessen (Abbildung 11).

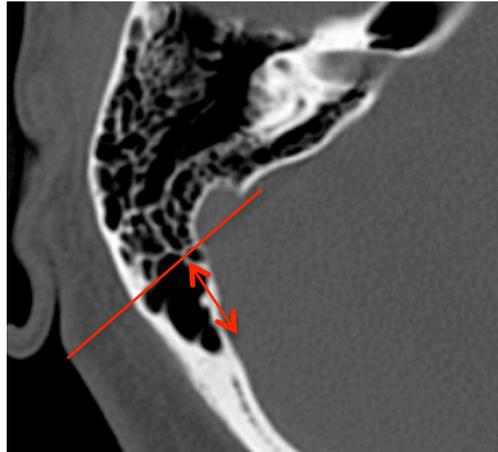


Abbildung 11: Belüftung der Pars squamosa.

Die postoperativen Computertomografien wurden wie folgt beurteilt. Zuerst wurde erneut die Länge des jetzt aufgefrästen inneren Gehörgangs gemessen. Dieser Abstand wurde wie in den präoperativen CCTs vom Fundus bis zum Ende der ausgefrästen Felsenbeinspitze gemessen (Abbildung 12).

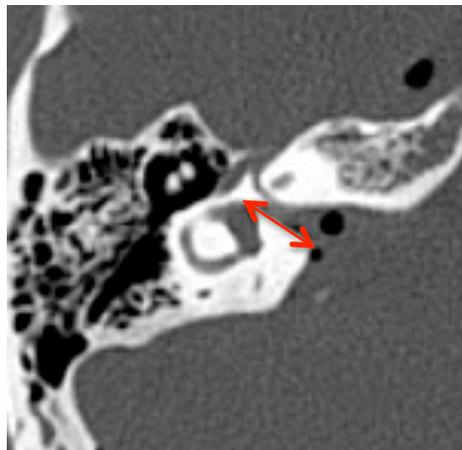


Abbildung 12: Länge des aufgefrästen inneren Gehörganges.

Die Pars squamosa wurde beurteilt, indem beobachtet wurde, ob sich eine Luftzelle im postoperativen CCT offen zeigte (Abbildung 13).



Abbildung 13: Aufgefräste Pars squamosa.

2.7 Statistische Methoden

Die statistische Untersuchung der Daten dieser retrospektiven Studie wurde anhand von Kontingenztafeln durchgeführt und so das relative Risiko berechnet.

3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden alle in der Studie erarbeiteten Ergebnisse dargestellt und erläutert.

3.1 Demografische Daten

3.1.1 Studienpopulation

Von 133 Patienten litten 7 Patienten an NF II. Die Relation m : w betrug 66 : 67, das Durchschnittsalter der gesamten Patienten zum Behandlungszeitpunkt lag bei 44 Jahren (39 bis 76 Jahre). Innerhalb der NF-II-Gruppe betrug das Durchschnittsalter zum Behandlungszeitpunkt 28 Jahre (20 bis 42 Jahre). Das Durchschnittsalter der Patienten mit sporadisch aufgetretenem VS betrug zum Behandlungszeitpunkt 45 Jahre (21 bis 76 Jahre). 65 der zu operierenden Tumoren befanden sich auf der rechten Seite, 68 auf der linken Seite. Es gab einen Todesfall nach einer postoperativen Blutung. Eine Übersicht findet sich in Tabelle 4.

Tabelle 4: Studienpopulation.

Diagnose	Anzahl	Geschlecht (m : w)	Durchschnittsalter zum Behandlungszeitpunkt	Tumorseite (r : l)
sporadisches VS	126	63 : 63	45 Jahre	63 : 63
NF II-VS	7	3 : 4	28 Jahre	2 : 5
gesamt	133	66 : 67	44 Jahre	65 : 68

Im Folgenden werden anstelle von Vor- und Nachname sowie Geburtsdatum der Patienten die Patientennummern 1 bis 133 verwendet. Die Zuordnung erfolgte in alphabetischer Reihenfolge.

3.1.2 Erste Symptome

Folgende Symptome führten zur Kontaktaufnahme mit dem Behandler: Bei insgesamt 74 Patienten bestand eine Schwindelsymptomatik, 68 Patienten litten im Vorfeld an Tinnitus, bei 122 Patienten bestand eine subjektive Hörminderung, bei 15 Patienten bestand eine intermittierende Facialisparesie. Die beschriebenen Symptome lagen bei den Patienten teilweise kombiniert vor. Eine Übersicht der beschriebenen Symptome findet sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Übersicht der ersten Symptome.

Symptom	Häufigkeit absolut	Häufigkeit [%]
Tinnitus	68	51,1
klinische Hörminderung	122	91,7
Schwindel	74	55,6
intermittierende Facialisparesie	15	11,3

Das zeitliche Intervall zwischen erstmals aufgetretener Symptomatik und Durchführung einer Tumorresektion variierte bei 133 Patienten zwischen 2 Monaten und 30 Jahren. Die ermittelbaren Intervalle und deren arithmetischer Mittelwert von 38 Monaten (Median 24 Monate) sind in der Abbildung 14 dargestellt.

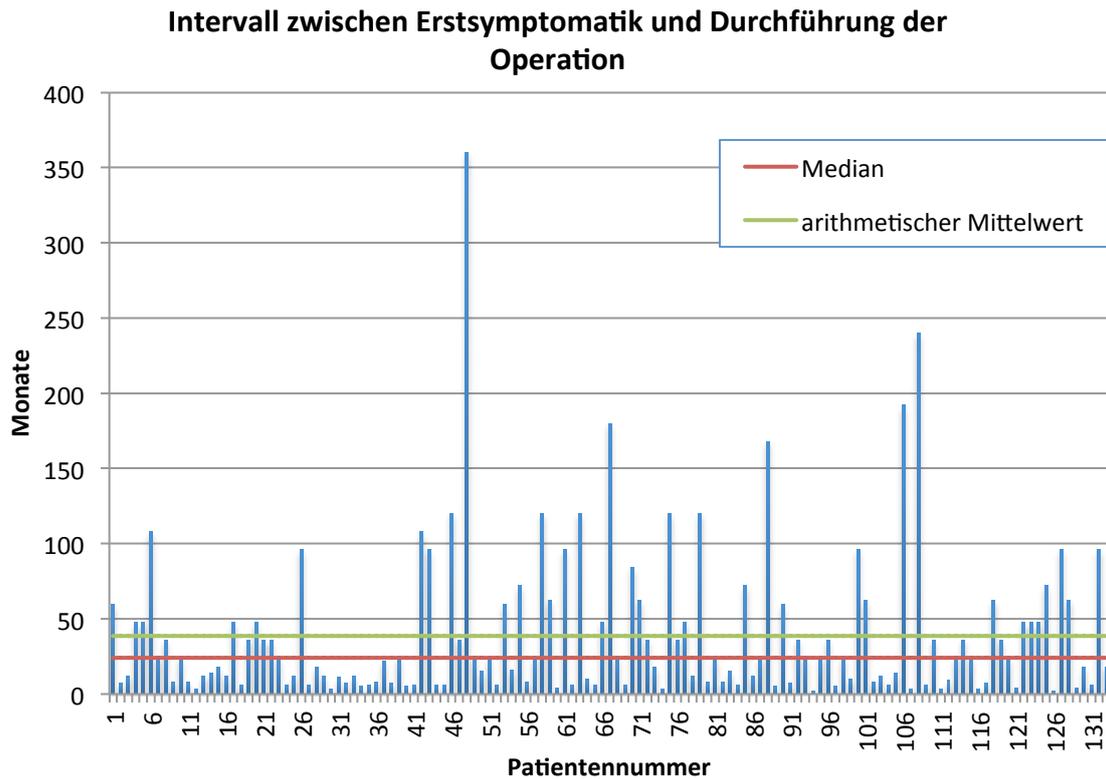


Abbildung 14: Intervall zwischen Erstsymptomatik und Durchführung der Operation. Die Patienten sind von links nach rechts in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

3.2 Evaluation der präoperativen kranialen Computertomografien

3.2.1 Länge des IAC

Die gemessenen Längen des IAC des gesamten Patientenguts ohne Rücksicht auf die operierte Seite sind in Abbildung 15 (rechte Seite) und in Abbildung 16 (linke Seite) dargestellt. Auf der rechten und der linken Seite waren jeweils 2 Patienten bereits voroperiert. Die 4 Patienten haben NF II und waren an der Gegenseite an einem VS operiert. Die in dieser Studie evaluierte Seite war jedoch noch nicht voroperiert. Der arithmetische Mittelwert rechts beträgt 9,6 mm und der Median 9,2 mm. Der arithmetische Mittelwert links beträgt 9,3 mm und der Median 9,1 mm. Der arithmetische Mittelwert der Länge des IAC rechts bei den Frauen beträgt 9,6 mm mit einem Median von 9,3 mm und bei den Männern 9,7 mm mit einem Median von 9,1 mm. Dieser war der einzige statistisch relevante Unterschied zwischen den Geschlechtern.

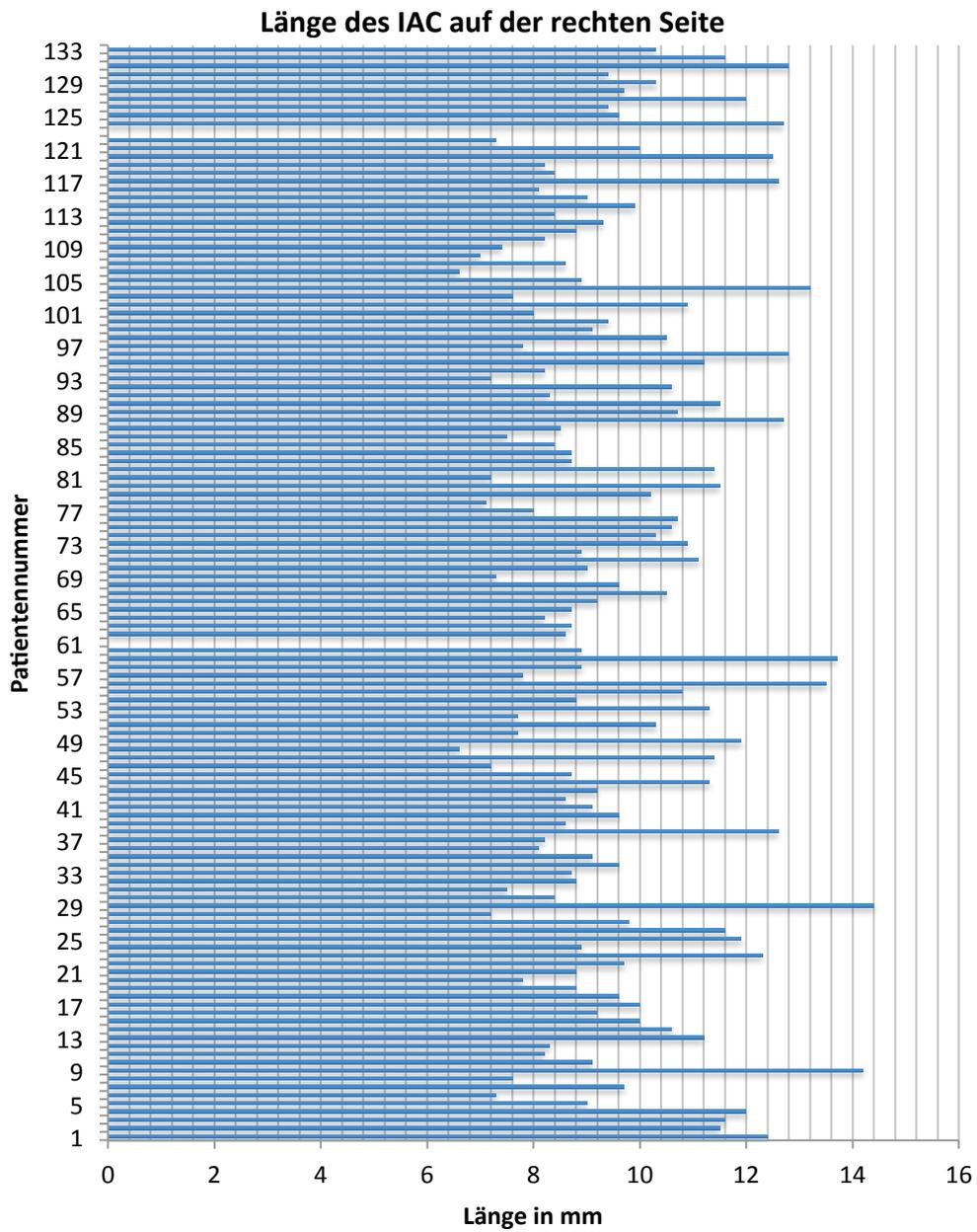


Abbildung 15: Darstellung der Länge des IAC auf der rechten Seite in Millimetern.

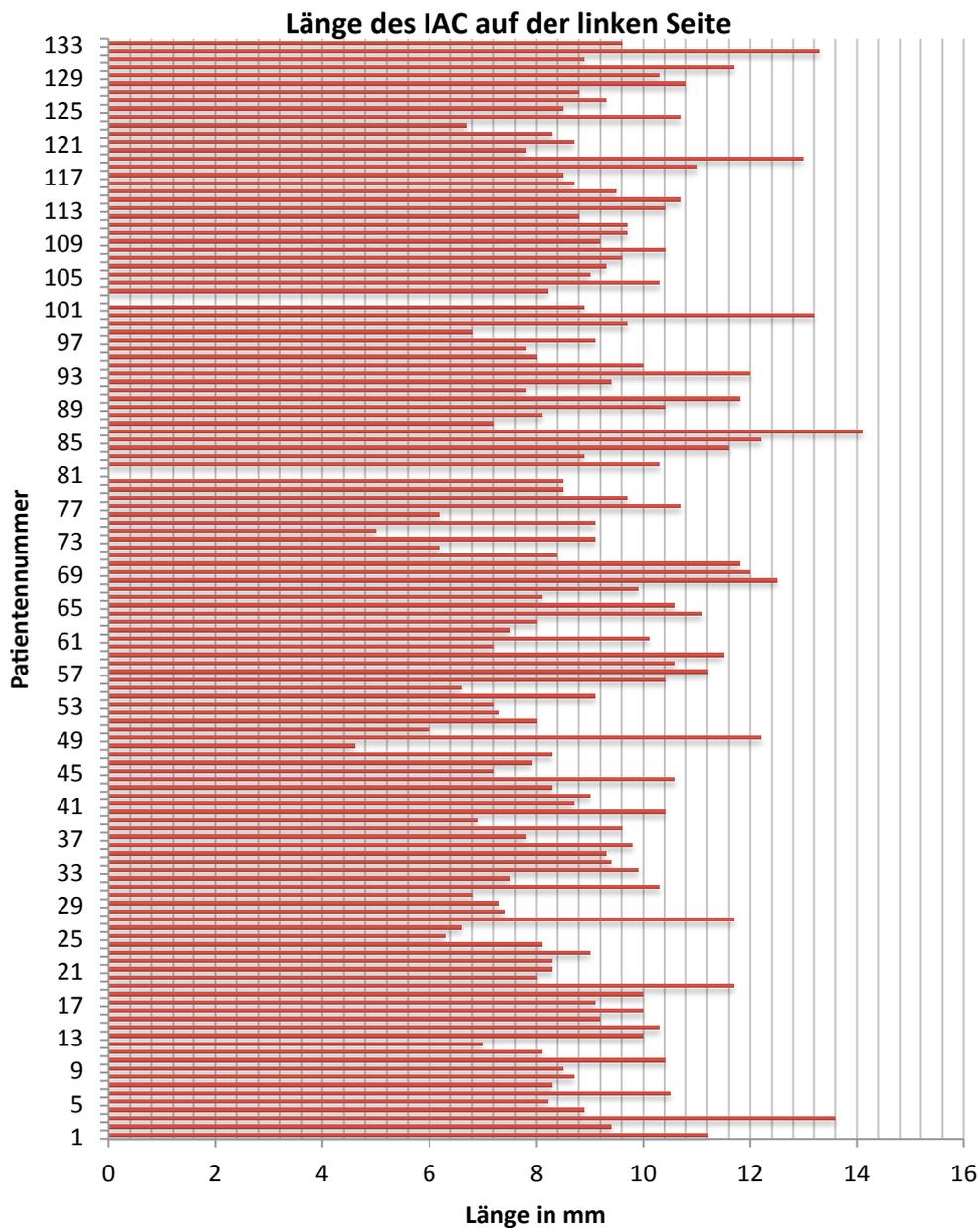


Abbildung 16: Darstellung der Länge des IAC auf der linken Seite in Millimetern.

Die Länge des IAC gemessen auf derjenigen Seite, auf der der Patient operiert wurde, ist in den Abbildungen 17 und 18 dargestellt. Der arithmetische Mittelwert der rechts operierten Patienten beträgt 9,7 mm und der Median 9,3 mm.

Der arithmetische Mittelwert der Median der links operierten Patienten beträgt 9 mm.

Länge des IAC der rechts operierten Patienten

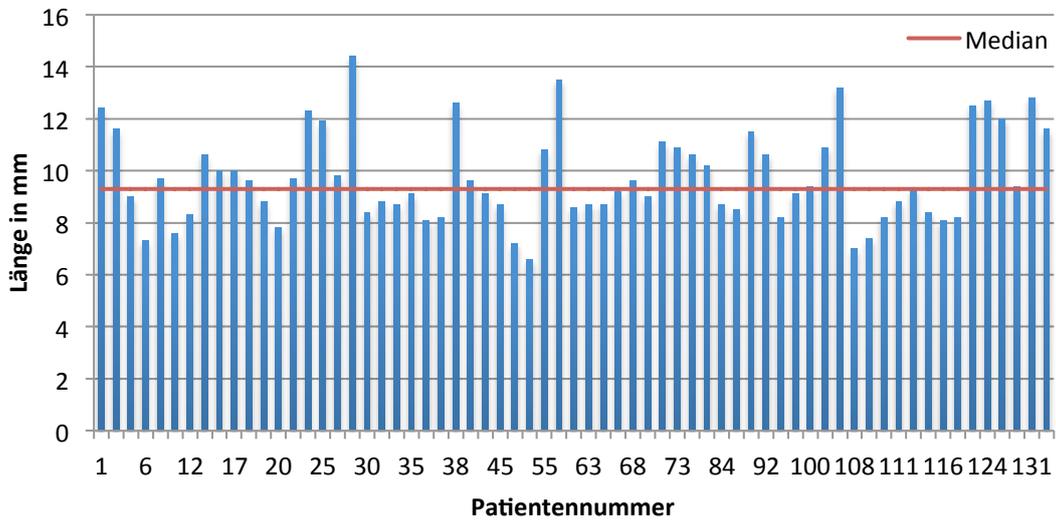


Abbildung 17: Länge des IAC bei den Patienten, die rechts an einem VS operiert wurden.

Länge des IAC der links operierten Patienten

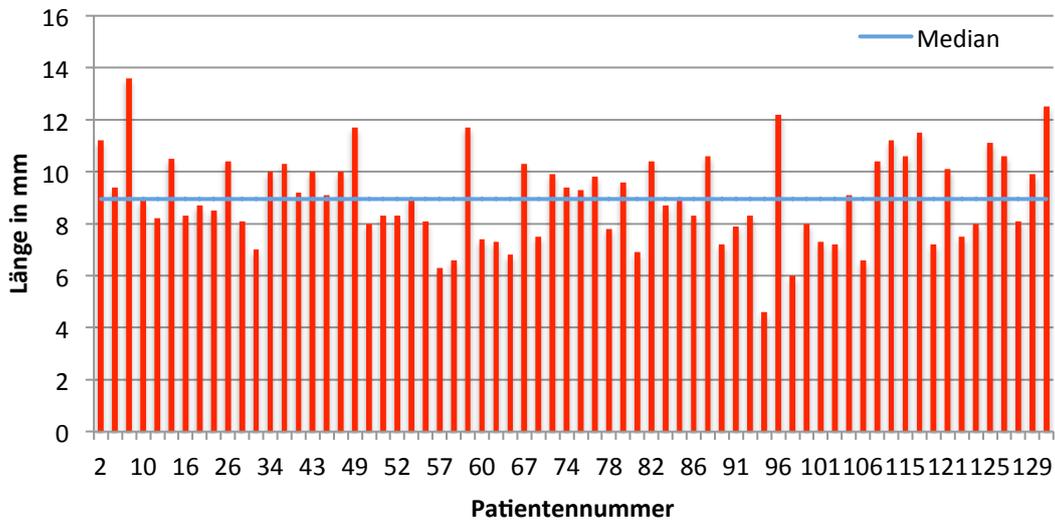


Abbildung 18: Länge des IAC bei den Patienten, die links an einem VS operiert wurden.

3.2.2 Pneumatisation des IAC

Um die Pneumatisation des IAC zu beurteilen, wurde diese wie folgt in 2 Kategorien eingeteilt. Bei einer Pneumatisation bis zur Hälfte des IAC wurde die Bezeichnung P1 verwendet, falls mehr als die Hälfte pneumatisiert war, die Bezeichnung P2 (Abbildung 19).

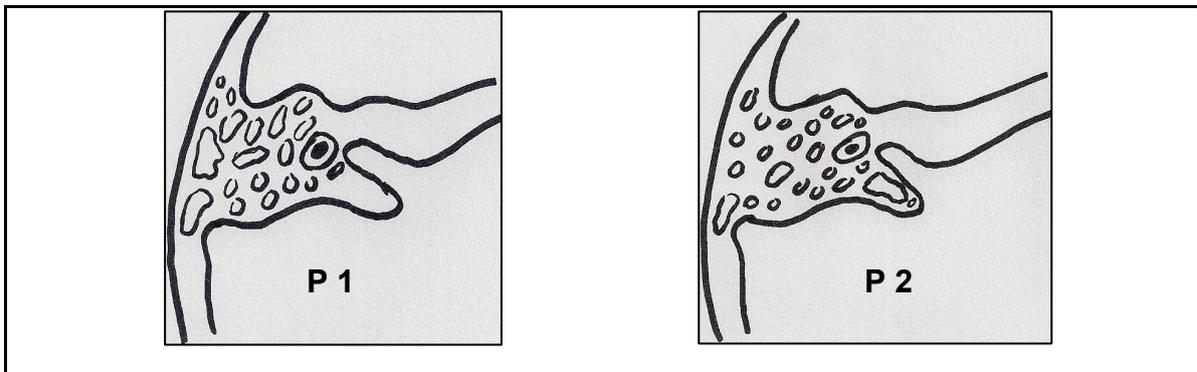


Abbildung 19: Verwendete Klassifikation der Pneumatisation des IAC.

In Abbildung 20 sind Beispiele der verwendeten Klassifikation zu sehen.

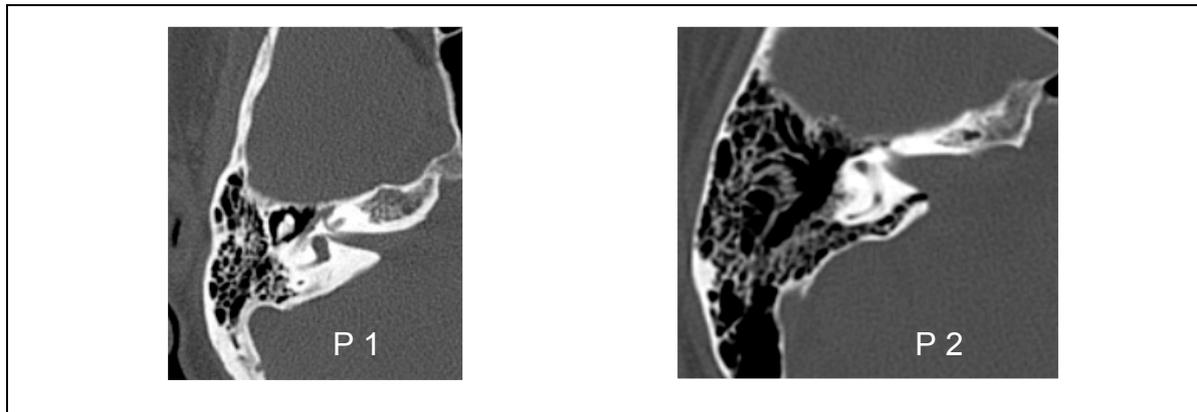


Abbildung 20: Klinische Beispiele der Pneumatisation des IAC.

Die meisten untersuchten Patienten hatten eine Klassifikation P 1 der Pneumatisation des IAC. Einen Unterschied zwischen Frauen und Männern war nicht zu erkennen. Die Klassifikation zwischen den rechts und den links operierten Patienten ergab ebenfalls keinen wesentlichen Unterschied. Eine Übersicht zwischen rechts und links bietet Tabelle 6. Tabelle 7 zeigt die Distribution zwischen Männern und Frauen.

Tabelle 6: Übersicht der Pneumatisation des IAC an der zu operierenden Seite.

Klassifikation	Häufigkeit absolut rechts	Häufigkeit [%]	Häufigkeit absolut links	Häufigkeit [%]
P1	42	64	48	70
P2	23	36	20	30

Tabelle 7: Übersicht der Pneumatisation des IAC bei Männern und Frauen.

Klassifikation	Männer	Männer	Frauen	Frauen
	[absolut]	[%]	[absolut]	[%]
P1	45	68	45	67
P2	21	32	22	33

3.2.3 Pneumatisation der Pars squamosa des Os temporale

Die Pars squamosa des Os temporale der operierten Seite war in 57 Patienten über dem Sinus-sigmoideus-Niveau pneumatisiert. Ein Unterschied zwischen den Seiten zeigte sich nicht. Bei den Frauen hatte fast die Hälfte eine ausgeprägte Pneumatisation der Pars squamosa des Os temporale. Eine Übersicht der Belüftung des Os temporale bei Männern und Frauen bietet Tabelle 8.

Tabelle 8: Übersicht der Pneumatisation der Pars squamosa des Os temporale bei Männern und Frauen.

	Männer	Männer	Frauen	Frauen
	[absolut]	[%]	[absolut]	[%]
Pneumatisiert	25	38	32	48
Nicht Pneumatisiert	41	62	35	52

3.3 Operationsverfahren

3.3.1 Lagerung der Patienten

In der vorliegenden Studie wurden von 133 Patienten 126 Patienten in halbsitzender Lagerung und 7 Patienten in Rückenlage mit Drehung des Kopfes zur Gegenseite operativ versorgt. Es kam in keinem der Fälle zu lagerungsbedingten Komplikationen.

3.3.2 Operationsverlauf und Tumorresektion

Bei allen Patienten wurde die Operation wie in Abschnitt 2.4 beschrieben durchgeführt. Bei 124 Patienten mit sporadischen VS war eine komplette Tumorresektion möglich. Bei 2 Patienten wurde ein minimaler Resttumor am N. facialis belassen, um diesen zu erhalten. Innerhalb der NF-II-Population (7 Patienten) wurde erwartungsgemäß bei 6 Patienten eine inkomplette Tumorresektion durchgeführt. Bei 1 Patient mit NF II wurde der Tumor komplett entfernt, der N. facialis konnte jedoch nicht erhalten werden, weswegen eine Anastomose mittels N.-suralis-Transplantat durchgeführt wurde.

3.3.3 Komplikationen

16 Patienten entwickelten unmittelbar postoperative Komplikationen. In 15 Fällen entwickelte sich eine Rhinoliquorrhoe. In 14 Fällen konnte die Rhinoliquorrhoe mit einer Lumbaldrainage über einige Tage suffizient behandelt werden, in 1 Fall war eine Reoperation mit Abdichtung des IAC notwendig. Ein Patient (Pat.-Nr. 54) erlitt eine gravierende Komplikation aufgrund einer Thrombopathie. Dieser Patient entwickelte ein spontanes intraventrikuläres Hämatom, das primär mit einer externen Ventrikeldrainage behandelt wurde. Aufgrund der Thrombopathie kam es jedoch zu weiteren intrakraniellen Blutungen und einer Lungenarterienembolie, die zum Tod des Patienten führte.

3.4 Postoperative klinische Funktion des N. facialis und des Gehörs

Die postoperative Funktion des N. facialis wurde anhand der House-&-Brackmann(HB)-Klassifikation (Tabelle 9) erhoben. 63 Patienten entwickelten postoperativ eine Facialisparese. Die Parese erholte sich komplett bei 38 Patienten (60 %). Bei 24 Patienten erholte sich die Facialisparese nicht komplett, wobei 2 Patienten eine Anastomose mittels N. suralis erhielten und 1 Patient eine N.-occipitalis-major-Anastomose. Der verstorbene Patient wird in den postoperativen Analysen nicht berücksichtigt. Tabelle 10 zeigt einen Überblick der klinischen Funktion des N. facialis.

Tabelle 9: House-&-Brackmann-Klassifikation.

	Beschreibung	Befund in Ruhe	Aktive Bewegung für		
			Stirn	Lidschluss	Mund
HB I	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
HB II	Schwäche nur bei genauer Beobachtung erkennbar	Normal	Reduziert	Fast normal	Gering
HB III	Offensichtliche Seitendifferenz	Normal	Noch vorhanden	Vollständig	Asymmetrie
HB IV	Geringe Restbewegung erkennbar	Asymmetrie	Keine	Inkomplett	Asymmetrie
HB V	Keine Restbewegung erkennbar	Tonusverlust	Keine	Keine	Keine

Tabelle 10: Überblick der klinischen Funktion des N. facialis.

HB	Postoperativ	Ende des Follow-ups
HB I	69 (52 %)	108 (82 %)
HB II	47 (36 %)	9 (7 %)
HB III	10 (7,5 %)	9 (7 %)
HB IV	2 (1,5 %)	3 (2 %)
HB V	4 (3 %)	3 (2 %)

Von 80 Patienten, die präoperativ ein funktionelles Hören hatten, konnte bei 67 Patienten (83,8 %) ein funktioneller Hörerhalt erreicht werden. Abbildung 21 zeigt eine Übersicht des klinischen Hörerhalts.

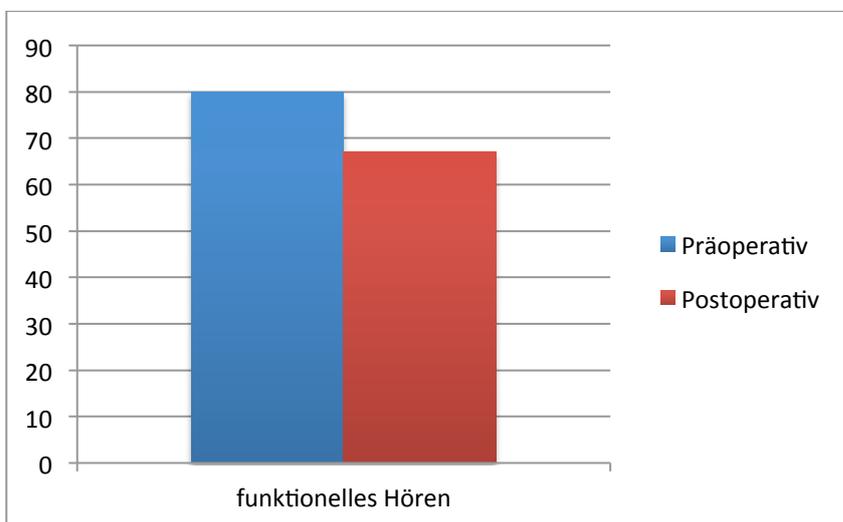


Abbildung 21: Übersicht der präoperativ und der postoperativ hörenden Patienten.

3.5 Evaluation der postoperativen kranialen Computertomografien

3.5.1 Länge des ausgefrästen IAC

Bei allen Patienten wurde der IAC aufgefräst, um den intrakanalikulären Tumorteil zu entfernen. Der arithmetische Mittelwert der aufgefrästen Länge des IAC ist 5,8 mm, mit einem Median von 5,7 mm. Der arithmetische Mittelwert der Länge des IAC nach der Operation ist 3,5 mm, mit einem Median von 3,4 mm.

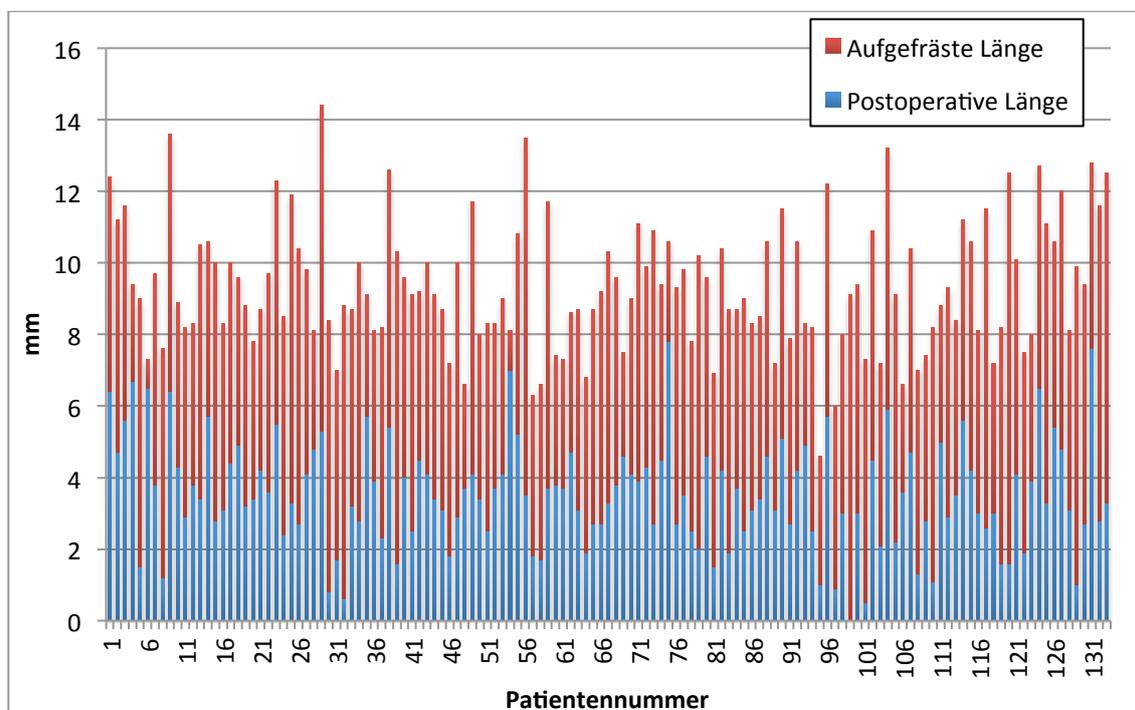


Abbildung 22: Relation zwischen der Länge des IAC und des gefrästen Anteils.

3.5.2 Öffnung der Pars squamosa des Os temporale

Bei 90 Patienten wurde die Pars squamosa des Os temporale bei Durchführung der Kraniektomie eröffnet. In Tabelle 11 ist eine Übersicht der Daten gegeben.

Tabelle 11: Übersicht der Öffnung der Oss. Temporalis.

	Patienten [absolut]	Patienten [%]
Pars squamosa eröffnet	90	68
Pars squamosa nicht eröffnet	42	32

3.6 Liquorfisteln

Das Vorkommen einer Liquorfistel wurde in Bezug auf die Pneumatisation des IAC, der Pneumatisation der Pars squamosa, der Extension der Pneumatisation des IAC (Klassifikation P1 und P2), der Länge des aufgefästen IAC, der Länge der Pneumatisation der Pars squamosa und des Alters der Patienten evaluiert. Die multivariate Analyse zwischen den einzelnen Variablen zeigte ein statistisch relevantes Risiko für eine Liquorfistel in Bezug auf die Pneumatisation der Pars squamosa ($p < 0.05$), zur Extension der Pneumatisation des IAC (Klassifikation P1 und P2) ($p < 0.001$) und der Länge der Pneumatisation der Pars squamosa ($p < 0.05$).

Die weitere statistische Auswertung der relevanten Daten in der multivariablen Analyse zeigte keine Relevanz im Chi-Quadrat-Test oder in der Fischer-Analyse zwischen Liquorfistel und der Pneumatisation des IAC. Die Pneumatisation der Pars squamosa zeigte sich jedoch statistisch signifikant (Chi-Quadrat-Test $p < 0.05$ und Fischer-Test $p < 0.05$) mit einem 3-fach erhöhten

Risiko zur Entwicklung einer Liquorfistel. Die Klassifikation der Pneumatisation des IAC zeigte eine starke statistische Relevanz bezüglich des Vorkommens einer Liquorfistel (Chi-Quadrat-Test $p < 0.01$, Fisher-Test $p < 0.05$).

Die stetigen Variablen (Länge des aufgefrästen IAC und Länge der Pneumatisation der Pars squamosa) wurden mittels eines logistischen Regressionsmodells analysiert. Diese Analyse zeigte keine Korrelation zwischen der Länge des aufgefrästen IAC und einer Liquorfistel. Die Länge der Pneumatisation der Pars squamosa ergab jedoch ein exponentiell wachsendes Risiko einer Liquorfistel, je ausgeprägter die Pneumatisation der Pars squamosa war. Um diese Hypothese zu bestätigen, wurde die Methode der kleinsten Quadrate angewendet. Diese zeigte ein Risiko von 35 % der Entwicklung einer Liquorfistel bei einer pneumatisierten Länge von 15 mm der Pars squamosa und nur 10 % bei einer Länge von 2 mm.

3.7 Follow-up-Zeiten

Von 4 Patienten gibt es keinen klinischen Verlauf da sie sich nicht zur Routine Kontrolle vorstellten und 1 Patient, wie bereits erwähnt, starb nach dem chirurgischen Eingriff. Die Follow-up-Zeiten der restlichen Patienten lagen vom Zeitpunkt der Behandlung bis August 2013 zwischen 2 und 60 Monaten. Die einzelnen Zeiten und deren arithmetischer Mittelwert von 18 Monaten (Median 5,5 Monate) sind in Abbildung 23 dargestellt.

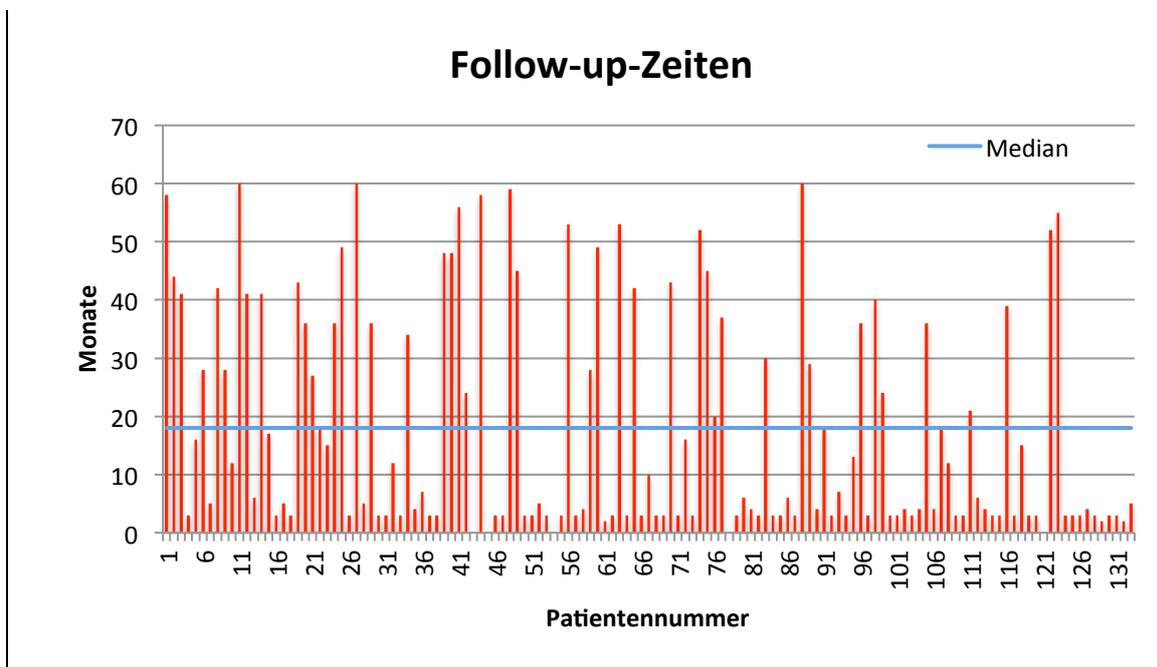


Abbildung 23: Follow-up-Zeiten und arithmetischer Mittelwert (blau).

4 Diskussion

Ziel dieser retrospektiven Studie bezüglich der Korrelation von postoperativen Liquorfisteln und der Pneumatisation des Oss. temporalis bei der Resektion eines VS über einen retrosigmoidalen transmeatalen Zugang ist es, die Wichtigkeit der peniblen präoperativen Planung einer Operation durch Analyse der CCTs bezüglich des Risikos einer Liquorfistel einzuordnen sowie die Möglichkeiten und Maßnahmen darzustellen, um diese zu vermeiden. Hierbei werden die verfügbare Literatur und die Techniken zur Abdichtung der Luftzellen genauer diskutiert.

Im Folgenden wird zunächst der Literaturkontext dargestellt. Im nächsten Schritt werden die in dieser Studie erhobenen Daten in den Kontext der aktuellen Literatur gesetzt. Im Anschluss werden die aktuell verfügbaren Techniken zur Vermeidung einer Liquorfistel vorgestellt.

4.1 Liquorfistel bei der VS-Chirurgie

Die Inzidenz von Liquorfisteln in der Literatur wird zwischen 2 % und 28,2 % beschrieben [37–51]. Tabelle 12 zeigt eine Übersicht der Inzidenz von Liquorfisteln bei der VS-Chirurgie über einen retrosigmoidalen suprameatalen Zugang.

Die Inzidenz einer Liquorfistel nach einer VS-Chirurgie in dieser Arbeit entspricht 11,5 % und liegt somit im mittleren Bereich der in der Literatur gefundenen Ergebnisse. In der vorpräsenzierte Literatur sind extrem unterschiedliche Methoden zur Abdichtung des IAC benutzt worden wie z. B. Knochenwachs, freies Muskeltransplantat mit und ohne Fibrinkleber, Fett und Knochenzement. Deshalb ist diesbezüglich keine sichere Aussage möglich. Eine genauere Evaluation der Pneumatisation des IAC oder der Pars squamosa im CCT wurde in den vorherigen Arbeiten nicht durchgeführt.

Tabelle 12: Übersicht der Inzidenz von Liquorfisteln in der Literatur.

Autor	Jahr	N	Liquorfisteln [%]
Bryce et al.	1991	76	10,5
Symon and Pell	1991	38	5
Hoffman	1994	235	16
Fishman et al.	1996	91	21
Samii and Matthies	1997	1000	9,2
Gormley et al.	1997	175	13,7
Wu et al.	1999	39	28,2
Tonn et al.	2000	508	12,3
Brennan et al.	2001	75	5,3
Bani and Gilsbach	2002	224	7,5
Becker et al.	2003	100	10
Fishman et al.	2004	71	8,5
Sanna et al.	2004	38	18,4
Baird et al.	2007	130	2,3
Lüdemann et al.	2008	283	2,2
Stieglitz	2009	420	4,5

4.2 Techniken, um eine Liquorfistel zu vermeiden

In der Geschichte der chirurgischen Technik des VS wurden mehrere Maßnahmen zur Vermeidung einer Liquorfistel entwickelt. Die wichtigste Maßnahme, nicht nur in der Schädelbasischirurgie, ist ein wasserdichter Verschluss der Dura mater. Dieser kann mittels einer peniblen mikrochirurgischen dichten und engen Naht der eröffneten Dura mater erreicht werden. Eine wasserdichte Naht der Dura mater kann eine äußere Liquorfistel (Abbildung 2) vermeiden. Um jedoch das Risiko einer inneren Liquorfistel erfolgreich zu vermeiden, sind aufwendigere Methoden notwendig. Die am meisten benützte Methode ist die Abdichtung des IAC mit einem freien Transplantat (z. B. Muskel mit oder ohne Fibrinkleber, Knochenwachs oder Fett). Welche Art von Transplantat verwendet werden soll, ist in der Literatur noch nicht geklärt, obwohl es Hinweise gibt, dass das Fett eine bessere Abdichtung als ein Muskeltransplantat liefert [52]. Häufig sind jedoch sehr viele und zum Teil kleine Luftzellen im Bereich des aufgefärschten IAC vorhanden und somit eine komplette Abdichtung nicht zu gewährleisten. Mit der Entwicklung des Endoskops wurde die Abdichtung mittels eines freien Transplantats weiterentwickelt, sodass heute die Abdichtung der einzelnen Luftzellen unter Sicht möglich ist. Diese Methode scheint die sicherste und effektivere gegenüber ein freien Transplantat zu sein.

4.3 Mögliche Fehlerquellen

Fehlerquellen bezüglich der verschiedenen Abdichtungsmethoden des IAC können ausgeschlossen werden, da alle in dieser Arbeit präsentierten Operationen vom selben Operateur durchgeführt wurden. Bezüglich der Messmethoden können kleinere Fehler im mm-Bereich entstehen, da minimale Unterschiede in der Kippung der Computertomografie sowie der Genauigkeit des verwendeten Messprogramms nicht auszuschließen sind. Die Präzision ist jedoch gewährleistet, da nur Dünnschichten der Computertomografie verwendet wurden und alle Messungen durch denselben Untersucher durchgeführt wurden.

4.4 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mittels einer genauen präoperativen Evaluation des Dünnschicht-CCT bezüglich der Pneumatisation der Schädelbasis, vor allem der Pars squamosa und des IAC, die Inzidenz einer postoperativen Liquorfistel reduziert werden kann. Sicherlich kann aber lediglich anhand der Pneumatisation der Schädelbasis eine Liquorfistel nicht vermieden werden. Die unterschiedlichen Ursachen sowie individuelle chirurgische Erfahrung und Tumoranatomie sind ebenfalls relevante zu berücksichtigende Aspekte.

Die Computertomografie ist eine verbreitete und billige Diagnostikmethode, die zum Standard in der VS-Chirurgie gehört und als wichtige Zusatzuntersuchung zur Planung und Optimierung sowie zur Reduzierung der Komplikationen, vor allem der Liquorfistel, genutzt werden sollte.

Sehr wichtig ist ohne Zweifel die verwendete chirurgische Technik. Diese Technik sollte in einem geeigneten Schädelbasiszentrum erlernt und im Laufe der Jahre stetig verbessert werden. Da die Schädelbasischirurgie und vor allem die VS-Operation immer höhere Standards fordern, ist eine regelmäßige Praxis unerlässlich.

Die Abdichtung des IAC spielt eine sehr wichtige Rolle bei der Vermeidung einer postoperativen Liquorfistel und sollte in Verbindung mit den neuesten Technologien wie dem Endoskop weiterentwickelt werden.

Letztendlich ist die Weiterentwicklung der eingesetzten Technik, gemäß den aktuellen Standards, kombiniert mit den neuesten verfügbaren Technologien, die beste Möglichkeit zur optimalen Versorgung des Patienten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Fortschritte in der Neuroradiologie sowie in der operativen Technologie haben sich die postoperativen klinischen Ergebnisse der VS-Therapie sehr gebessert. Die Entwicklung neuer Computertomografien, die schneller und bessere Bilder aufzeichnen mit geringerer Strahlenbelastung für die Patienten stellt den Chirurgen ein immer wichtigeres Instrument zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass anhand einer Dünnschicht-Computertomografie der Schädelbasis das Risiko einer postoperativen Liquorfistel bei der chirurgischen Behandlung des VS besser eingeschätzt werden kann und wie mittels entsprechenden Vorgehens die richtige Abdichtung des IAC vorgenommen werden kann. Die Patienten mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung einer postoperativen Liquorfistel können somit bereits vor der Operation identifiziert und die entsprechenden Maßnahmen zur Vorbeugung einer Komplikation ergriffen werden.

In weiterführenden Arbeiten sollte vor allem die bessere Technik zur Abdichtung der Pars squamosa und des IAC untersucht werden. Neue Technologien wie ein 3-D-Endoskop oder neue Abdichtungsmaterialien, die die Dura mater oder den Knochen ersetzen, können die Inzidenz der postoperativen Liquorfisteln deutlich senken.

Anhand der untersuchten Patientendaten konnte eine einfache Klassifikation zur Einteilung der Pneumatisation des IAC entworfen werden mit Prädiktionsstärke für das postoperative Auftreten einer Liquorfistel.

Nicht zuletzt bilden eine reibungslose und aufeinander abgestimmte Teamarbeit bei der Resektion solcher Tumore sowie großes Fachwissen vonseiten der Anästhesie, der Neuroradiologie und des Operateurs die Grundlage für ein optimales postoperatives klinisches Ergebnis.

6 Abbildungen und Tabellen

6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rechtsseitiges Vestibularisschwannom.....	1
Abbildung 2: Darstellung einer inneren und einer äußeren Liquorfistel.....	9
Abbildung 3: Seitliche Abbildung des Schädels.....	16
Abbildung 4: Laterale Ansicht des Os temporale.....	17
Abbildung 5: Mediale Ansicht des Os temporale.....	17
Abbildung 6: Retrosigmoidaler transmeataler Zugang: Schnittführung (rot) und anzulegender Trepanationsdefekt (schwarz schraffiert).....	18
Abbildung 7: Sinus transversus und Sinus sigmoideus nach osteoklastischer Trepanation.....	20
Abbildung 8: Darstellung des VS nach Eröffnung des IAC.....	21
Abbildung 9: Länge des inneren Gehörgangs.....	22
Abbildung 10: Belüftung der Felsenbeinspitze.....	23
Abbildung 11: Belüftung der Pars squamosa.....	24
Abbildung 12: Länge des aufgefrästen inneren Gehörganges.....	24
Abbildung 13: Aufgefräste Pars squamosa.....	25
Abbildung 14: Intervall zwischen Erstsymptomatik und Durchführung der Operation. Die Patienten sind von links nach rechts in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.....	28
Abbildung 15: Darstellung der Länge des IAC auf der rechten Seite in Millimetern.....	30
Abbildung 16: Darstellung der Länge des IAC auf der linken Seite in Millimetern.....	31
Abbildung 17: Länge des IAC bei den Patienten, die rechts an einem VS operiert wurden.....	32
Abbildung 18: Länge des IAC bei den Patienten, die links an einem VS operiert wurden.....	33
Abbildung 19: Verwendete Klassifikation der Pneumatisation des IAC.....	33
Abbildung 20: Klinische Beispiele der Pneumatisation des IAC.....	34

Abbildung 21: Übersicht der präoperativ und der postoperativ hörenden Patienten.....	38
Abbildung 22: Relation zwischen der Länge des IAC und des gefrästen Anteils.	39
Abbildung 23: Follow-up-Zeiten und arithmetischer Mittelwert (blau).....	42

6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erhobene Daten der vorliegenden Studie.....	12
Tabelle 2: Klassifikation der Tumorgöße nach Samii [17].	13
Tabelle 3: Charakteristika der Zugangsarten für die Resektion eines VS.	15
Tabelle 4: Studienpopulation.	26
Tabelle 5: Übersicht der ersten Symptome.	27
Tabelle 6: Übersicht der Pneumatisation des IAC an der zu operierenden Seite.	34
Tabelle 7: Übersicht der Pneumatisation des IAC bei Männern und Frauen.....	35
Tabelle 8: Übersicht der Pneumatisation der Pars squamosa des Os temporale bei Männern und Frauen.	35
Tabelle 9: House-&-Brackmann-Klassifikation.	37
Tabelle 10: Überblick der klinischen Funktion des N. facialis.....	38
Tabelle 11: Übersicht der Öffnung der Oss. Temporalis.	40
Tabelle 12: Übersicht der Inzidenz von Liquorfisteln in der Literatur.....	44

7 Literaturverzeichnis

1. Bureau international des poids et mesures. *Le système international d'unités*. 8. Dezember 2009 [cited 2011, 10. Feb.]; Available from: <http://www.bipm.org/fr/si/>.
2. Khrais, T., G. Romano, and M. Sanna, *Nerve origin of vestibular schwannoma: a prospective study*. J Laryngol Otol, 2008. **122**(2): p. 128-31.
3. Harner, S.G. and E.R. Laws, Jr., *Clinical findings in patients with acoustic neurinoma*. Mayo Clin Proc, 1983. **58**(11): p. 721-8.
4. Evans, D.G., *Neurofibromatosis type 2 (NF2): a clinical and molecular review*. Orphanet J Rare Dis, 2009. **4**: p. 16.
5. Sughrue, M.E., et al., *The natural history of untreated sporadic vestibular schwannomas: a comprehensive review of hearing outcomes*. J Neurosurg, 2010. **112**(1): p. 163-7.
6. Rouleau, G.A., et al., *Genetic linkage of bilateral acoustic neurofibromatosis to a DNA marker on chromosome 22*. Nature, 1987. **329**(6136): p. 246-8.
7. Seizinger, B.R., R.L. Martuza, and J.F. Gusella, *Loss of genes on chromosome 22 in tumorigenesis of human acoustic neuroma*. Nature, 1986. **322**(6080): p. 644-7.
8. Baser, M.E., et al., *Genotype-phenotype correlations for nervous system tumors in neurofibromatosis 2: a population-based study*. Am J Hum Genet, 2004. **75**(2): p. 231-9.
9. Evans, D.G., et al., *Management of the patient and family with neurofibromatosis 2: a consensus conference statement*. Br J Neurosurg, 2005. **19**(1): p. 5-12.
10. Kanter, W.R., et al., *Central neurofibromatosis with bilateral acoustic neuroma: genetic, clinical and biochemical distinctions from peripheral neurofibromatosis*. Neurology, 1980. **30**(8): p. 851-9.
11. Parry, D.M., et al., *Neurofibromatosis 2 (NF2): clinical characteristics of 63 affected individuals and clinical evidence for heterogeneity*. Am J Med Genet, 1994. **52**(4): p. 450-61.
12. Mautner, V.F., et al., *The neuroimaging and clinical spectrum of neurofibromatosis 2*. Neurosurgery, 1996. **38**(5): p. 880-5; discussion 885-6.
13. Pellet, W., *History of vestibular schwannoma surgery*. Prog Neurol Surg, 2008. **21**: p. 6-23.
14. Bucy, P.C., *Surgical treatment of acoustic tumors*. J Neurosurg, 1951. **8**(6): p. 547-55.
15. Delgado, T.E., et al., *Intraoperative monitoring of facila muscle evoked responses obtained by intracranial stimulation of the facila nerve: a more accurate technique for facila nerve dissection*. Neurosurgery, 1979. **4**(5): p. 418-21.
16. House, W.F. and M.D. Graham, *Surgery of acoustic tumors*. Otolaryngol Clin North Am, 1973. **6**(1): p. 245-66.

17. Koos, W.T., et al., *Clinical microneurosurgery*, 1976, Stuttgart: Thieme.
18. House, W.F., *Transtemporal Bone Microsurgical Removal of Acoustic Neuromas. Report of Cases*. Arch Otolaryngol, 1964. **80**: p. 617-67.
19. Wikipedia. *Lars Leksell*. 5. Oktober 2010 [cited 2011, 22. Feb.]; Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Lars_Leksell.
20. Leksell, D.G., *Stereotactic radiosurgery. Present status and future trends*. Neurol Res, 1987. **9**(2): p. 60-8.
21. Backlund, E.O., *Radiosurgery in intracranial tumors and vascular malformations*. J Neurosurg Sci, 1989. **33**(1): p. 91-3.
22. Florida Hospital Gamma Knife Center. *Leksell Gamma Knife Surgery Technology for Brain Tumors, Lesions and Disorders at Florida Hospital*. 2006 [cited 2011, 22. Feb.]; Available from: <http://www.gamma-knife-surgery.com/gammaKnife/index.asp>.
23. House, J.W., *Facial nerve grading systems*. Laryngoscope, 1983. **93**(8): p. 1056-69.
24. House, J.W. and D.E. Brackmann, *Facial nerve grading system*. Otolaryngol Head Neck Surg, 1985. **93**(2): p. 146-7.
25. Ito, K., et al., *Analyses of neuro-otological complications after radiosurgery for acoustic neurinomas*. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1997. **39**(5): p. 983-8.
26. Ito, K., et al., *Neuro-otological findings after radiosurgery for acoustic neurinomas*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 1996. **122**(11): p. 1229-33.
27. Pollock, B.E., L.D. Lunsford, and G. Noren, *Vestibular schwannoma management in the next century: a radiosurgical perspective*. Neurosurgery, 1998. **43**(3): p. 475-81; discussion 481-3.
28. Flickinger, J.C., et al., *Evolution in technique for vestibular schwannoma radiosurgery and effect on outcome*. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1996. **36**(2): p. 275-80.
29. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI). *ICD-10-WHO Version 1.3*. 15. September 2010 [cited 2011, 23. Jan.]; Available from: <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/htmlamtl/fr-icd.htm?gd10.htm+d333>.
30. Arriaga, M.A. and D.A. Chen, *Facial function in hearing preservation acoustic neuroma surgery*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2001. **127**(5): p. 543-6.
31. Mangham, C.A., Jr., *Retrosigmoid versus middle fossa surgery for small vestibular schwannomas*. Laryngoscope, 2004. **114**(8): p. 1455-61.
32. Mamikoglu, B., C.R. Esquivel, and R.J. Wiet, *Comparison of facial nerve function results after translabyrinthine and retrosigmoid approach in medium-sized tumors*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2003. **129**(4): p. 429-31.
33. Colletti, V. and F. Fiorino, *Is the middle fossa approach the treatment of choice for intracanalicular vestibular schwannoma?* Otolaryngol Head Neck Surg, 2005. **132**(3): p. 459-66.

34. Irving, R.M., R.K. Jackler, and L.H. Pitts, *Hearing preservation in patients undergoing vestibular schwannoma surgery: comparison of middle fossa and retrosigmoid approaches*. J Neurosurg, 1998. **88**(5): p. 840-5.
35. Tringali, S., et al., *Hearing preservation in retrosigmoid approach of small vestibular schwannomas: prognostic value of the degree of internal auditory canal filling*. Otol Neurotol, 2010. **31**(9): p. 1469-72.
36. Tatagiba, M., C. Matthies, and M. Samii, *Microendoscopy of the internal auditory canal in vestibular schwannoma surgery*. Neurosurgery, 1996. **38**(4): p. 737-40.
37. Samii, M., V. Gerganov, and A. Samii, *Improved preservation of hearing and facial nerve function in vestibular schwannoma surgery via the retrosigmoid approach in a series of 200 patients*. J Neurosurg, 2006. **105**(4): p. 527-35.
38. Samii, M. and C. Matthies, *Management of 1000 vestibular schwannomas (acoustic neuromas): surgical management and results with an emphasis on complications and how to avoid them*. Neurosurgery, 1997. **40**(1): p. 11-21; discussion 21-3.
39. Tonn, J.C., et al., *Acoustic neuroma surgery as an interdisciplinary approach: a neurosurgical series of 508 patients*. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2000. **69**(2): p. 161-6.
40. Fishman, A.J., et al., *Prevention and management of cerebrospinal fluid leak following vestibular schwannoma surgery*. Laryngoscope, 2004. **114**(3): p. 501-5.
41. Stieglitz, L.H., et al., *Factors affecting postoperative cerebrospinal fluid leaks after retrosigmoidal craniotomy for vestibular schwannomas*. J Neurosurg, 2009. **111**(4): p. 874-83.
42. Baird, C.J., et al., *Reduction of cerebrospinal fluid rhinorrhea after vestibular schwannoma surgery by reconstruction of the drilled porus acusticus with hydroxyapatite bone cement*. J Neurosurg, 2007. **107**(2): p. 347-51.
43. Bani, A. and J.M. Gilsbach, *Incidence of cerebrospinal fluid leak after microsurgical removal of vestibular schwannomas*. Acta Neurochir (Wien), 2002. **144**(10): p. 979-82; discussion 982.
44. Becker, S.S., R.K. Jackler, and L.H. Pitts, *Cerebrospinal fluid leak after acoustic neuroma surgery: a comparison of the translabyrinthine, middle fossa, and retrosigmoid approaches*. Otol Neurotol, 2003. **24**(1): p. 107-12.
45. Brennan, J.W., et al., *Cerebrospinal fluid leak after acoustic neuroma surgery: influence of tumor size and surgical approach on incidence and response to treatment*. J Neurosurg, 2001. **94**(2): p. 217-23.
46. Bryce, G.E., et al., *Cerebrospinal fluid leaks and meningitis in acoustic neuroma surgery*. Otolaryngol Head Neck Surg, 1991. **104**(1): p. 81-7.
47. Gormley, W.B., et al., *Acoustic neuromas: results of current surgical management*. Neurosurgery, 1997. **41**(1): p. 50-8; discussion 58-60.
48. Hoffmann, G.F., R.A. Surtees, and R.A. Wevers, *Cerebrospinal fluid investigations for neurometabolic disorders*. Neuropediatrics, 1998. **29**(2): p. 59-71.

49. Sanna, M., et al., *Perioperative complications in acoustic neuroma (vestibular schwannoma) surgery*. Otol Neurotol, 2004. **25**(3): p. 379-86.
50. Symon, L. and M.F. Pell, *Cerebrospinal fluid rhinorrhea following acoustic neurinoma surgery. Technical note*. J Neurosurg, 1991. **74**(1): p. 152-3.
51. Wu, H., et al., *Comparison of different wound closure techniques in translabyrinthine acoustic neuroma surgery*. Skull Base Surg, 1999. **9**(4): p. 239-42.
52. Ludemann, W.O., et al., *Fat implant is superior to muscle implant in vestibular schwannoma surgery for the prevention of cerebrospinal fluid fistulae*. Neurosurgery, 2008. **63**(1 Suppl 1): p. ONS38-42; discussion 42-3.
53. Dietzel K., *The normal pneumatization of the temporal bone*, HNO, 1989 Feb:37(2):39.47

Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Marcos S. Tatagiba für die Überlassung des Themas, die ausgezeichnete Unterstützung und die freundliche Motivation zu jeder Zeit. Er förderte durch seine enorme fachliche und menschliche Kompetenz als Mentor meine berufliche und persönliche Weiterentwicklung über die Betreuung dieser Arbeit hinaus.

Mein herzlicher Dank gilt ebenfalls meinem Kollegen und sehr gutem Freund PD Dr. med. Guilherme Lepski für die freundliche, geduldige und kompetente Hilfe bei statistischen Fragen rund um die Erstellung der Doktorarbeit. Er hatte immer ein offenes Ohr bei alle Fragen und Schwierigkeiten. Außerdem möchte ich meinem Kollegen und Freund PD Dr. med. Florian Ebner für seine ständige Unterstützung danken.

Besonders danken möchte ich meiner Ehefrau Sabrina Bettio für ihre ständige Geduld, ihren unermüdlichen Glauben an meine Arbeit und ihre liebevolle Unterstützung.

Kristofer Luiz Fingerle Ramina

Im Winkelrain, 36, 72076 Tübingen

**Ehrenwörtliche Erklärung zu meiner Dissertation
mit dem Titel: „Zum Risiko der postoperativen Liquorfistel bei der Mikro-
chirurgie des Akustikusneurinoms“**

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit erkläre ich, dass ich die beigefügte Dissertation selbstständig verfasst habe. Herr Professor Dr. med. Marcos Tatagiba und PD Dr. med. Florian Ebner waren an der Konzeption der Studie beteiligt und haben die Arbeit betreut. Herr Professor Dr. med. Marcos Tatagiba hat das Manuskript korrigiert. Alle wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen habe ich als solche gekennzeichnet.

Ich versichere außerdem, dass ich die beigefügte Dissertation nur in diesem und keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht habe und dass diesem Promotionsverfahren keine endgültig gescheiterten Promotionsverfahren vorausgegangen sind.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name: Kristofer Luiz Fingerle Ramina

Geburtsdatum: 15.04.1981

Geburtsort: Curitiba, Brasilien

Familienstand: verheiratet

Ausbildung

1988–1998 Colegio Suico Brasileiro – Curitiba, Brasilien

2001–2004 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Unimar –
Universidade de Marilia, Brasilien

2005–2007 Fortsetzung und Abschluss des Studiums der Humanmedizin
an der FAMEMA – Faculdade de Medicina de Marilia, Brasilien

07/2008 Erwerbung der deutschen Approbation

2007–2014 Assistenzarzt an der Neurochirurgischen Klinik, Universitäts-
klinikum Tübingen

Seit 04/2014 Facharzt für Neurochirurgie an der Neurochirurgischen Klinik,
Universitätsklinikum Tübingen

Zusammenfassung der Dissertation

Kristofer Luiz Fingerle Ramina: Zum Risiko der postoperativen Liquorfistel bei der Mikrochirurgie des Akustikusneurinoms. (Dissertation Medizinische Fakultät der Eberhard Karls Universität zu Tübingen, 2014)

Kurzfassung

Die allgemeine Zielsetzung dieser Arbeit besteht darin, die Ausdehnung der Pneumatisation des Felsenbeins und des inneren Gehörgangs bezüglich das Risikos einer postoperativen Liquorfistel nach Resektion eines Akustikusneurinoms über einen retrosigmoidalen transmeatalen Zugang zu beurteilen. Die diagnostischen Möglichkeiten des Dünnschicht-CCTs sowie die chirurgischen Therapiestrategien wurden analysiert, um eine prädiktive Aussage bezüglich einer postoperativen Liquorfistel abzuleiten. Zwischen 2007 und 2010 wurden 133 Patienten, die die Kriterien erfüllten, analysiert. Die Pneumatisation des Felsenbeins, des inneren Gehörgangs und der Pars. squamosa wurden in präoperativen und postoperativen Dünnschicht-CCTs evaluiert und mit dem Vorkommen einer Liquorfistel verglichen. Zudem wurde eine Klassifikation der Pneumatisation des inneren Gehörgangs zur besseren Einschätzung bezüglich des Risikos einer postoperativen Liquorfistel entwickelt. Die statistische Auswertung zeigte sich signifikant bezüglich der Pneumatisation der Pars. squamosa mit einem 3-fach erhöhten Risiko zur Entwicklung einer Liquorfistel sowie einer starken Relevanz der Klassifikation der Pneumatisation des inneren Gehörgangs. Somit bildet die prä- und postoperative bildgebende Diagnostik bezüglich der Pneumatisation des Felsenbeins in Kombination mit der chirurgischen Technik die Grundlage für ein optimales postoperatives klinisches Ergebnis.

Prof. Dr. med. Marcos Tatagiba

Kristofer Luiz Fingerle Ramina