

**Komplikationen und Evaluierung der chirurgischen Technik nach
Eingriffen im Kleinhirnbrückenwinkel und der hinteren Schädelbasis
über den retrosigmoidalen Zugang - eine Übersichtsarbeit**

Sandra Daniela Hillebrand

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen Universität München zur Erlangung einer Doktorin der Zahnheilkunde (Dr. med. dent.) genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Herbert Deppe

Prüfer*innen der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Jens Gempt
2. Priv.-Doz. Dr. Benedikt Wiestler

Die Dissertation wurde am 15.06.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Medicine and Health am 20.12.2023 angenommen.

Meiner Familie gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
1.1 Anatomie des Kleinhirnbrückenwinkels und der hinteren Schädelbasis	1
1.2 Pathologien im Kleinhirnbrückenwinkel.....	4
1.2.1 Tumorerkrankungen	4
1.2.2 Neurovaskuläre Kompressionssyndrome	10
1.2.3 Sonstige Läsionen	11
1.2.4 Therapieansätze	12
1.3 Meilensteine in der Geschichte des retrosigmoidalen Zugangs	14
1.4 Ablauf des operativen Eingriffes und technische Details	16
2. Zielsetzung	20
3. Material und Methode	22
3.1 Erhebung patientenbezogener Daten.....	22
3.2 Erhebung tumorbezogener Daten.....	26
3.3 Erhebung operationsbezogener Daten.....	28
3.4 Erhebung postoperativer und Outcome-bezogener Daten.....	30
3.5 Auswertung der Daten.....	33
4. Ergebnisse.....	34
4.1 Gesamtkollektiv	34
4.1.1 Deskriptive statistische Auswertung	34
4.1.1.1 Patientenbezogene Daten	34
4.1.1.2 Tumorbezogene Daten	38
4.1.1.3 Operationsbezogene Daten.....	42
4.1.1.4 Postoperative und Outcome-bezogene Daten.....	44
4.1.2 Induktive statistische Auswertung	57
4.1.2.1 Patientenbezogene Daten	57
4.1.2.2. Tumorbezogene Daten	57
4.1.2.3 Operationsbezogene Daten.....	59
4.1.2.4 Postoperative und Outcome-bezogene Daten.....	61
4.2 Vergleichende statistische Analyse des onkologischen vs. non-onkologischen Kollektivs...	63
4.2.1 Onkologisches Kollektiv	63
4.2.1.1 Deskriptive statistische Auswertung	63

4.2.1.2 Induktive statistische Auswertung.....	69
4.2.2 Non-onkologisches Kollektiv.....	73
4.2.2.1 Deskriptive statistische Auswertung	73
4.2.2.2 Induktive statistische Auswertung.....	78
4.2.3 Vergleich onkologisches vs. non-onkologisches Patientenkollektiv.....	82
4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	84
5. Diskussion	92
5.1 Interpretation der Ergebnisse	92
5.2 Grenzen der Studie und Fazit	102
5.3 Wissenschaftlicher Ausblick und Anstoß für weiterführende Forschung	104
6. Zusammenfassung	105
Literaturverzeichnis	108
Liste der Vorveröffentlichungen	125
Danksagung	126

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Darstellung der wichtigsten Strukturen der hinteren Schädelbasis, des Bereichs der hinteren Schädelbasis und des rechten Kleinhirnbrückenwinkels (Ansicht von kranial) (Basierend auf der Zeichnung von Dr. Kaywan Aftahy, 2021, mit freundlicher Genehmigung).....	1
Abbildung 2a)	Darstellung des rechten Kleinhirnbrückenwinkels bzw. der rechten lateralen hinteren Schädelgrube mit den zugehörigen neurovaskulären Strukturen unter Retraktion des Kleinhirns nach medial (Ansicht von posterior) (Rodriguez Rubio et al., 2021).....	3
Abbildung 2b)	Darstellung des superioren Anteils des rechten Kleinhirnbrückenwinkels mit den zugehörigen neurovaskulären Strukturen (Aufsicht von oben) (Rodriguez Rubio et al., 2021).....	3
Abbildung 3	Bildgebung eines linksseitigen Vestibularisschwannoms der Hannover-Klasse T4a mit intra- und extrameataler Ausdehnung sowie Pelottierung des Hirnstamms und des linken Kleinhirnpedunkels (axiale Schnittebene links, coronale Schnittebene rechts, MRT, T1-Wichtung, Kontrastmittelgestützt)...	5
Abbildung 4	Meningeome der hinteren Schädelbasis und des Kleinhirnbrückenwinkels (Aufsicht von oben); (Basierend auf der Zeichnung von Dr. Kaywan Aftahy, 2021, mit freundlicher Genehmigung).....	7
Abbildung 5	Darstellung der C-förmigen Hautinzision, des Kraniotomiedefektes und des Tumors im Kleinhirnbrückenwinkel (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Kaywan Aftahy).....	18
Abbildung 6	Tumorzvolumenvermessung via Origin Server 3.1 der Firma Brainlab (Origin Server 2018) in 3 Ebenen (axial, sagittal und coronal) sowie die dreidimensionale Darstellung des Tumors	28
Abbildung 7	Vermessung des Kraniotomiedefektes via Sectra Workstation IDS7 (Sectra Workstation 2020) bei Rekonstruktion des Defektes mit a) einem Knochen-deckel, b) in Sandwich-Technik und c) mit Titanmesh.....	29
Abbildung 8	Übersicht über die präoperativen Symptome unterteilt in gesamtneurologisch und hirnervenbezogen.....	36
Abbildung 9	Übersicht zu den statistischen Ergebnissen zum Einfluss der getesteten Variablen auf das chirurgische Outcome des Patienten.....	91

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Einteilung von Vestibularisschwannomen nach ihrer Ausdehnung gemäß der Hannover-Klassifikation (Samii & Matthies, 1997).....	4
Tabelle 2	Übersicht der in der statistischen Auswertung berücksichtigten Vorerkrankungen.....	23
Tabelle 3	Graduierung von Fazialispareesen durch die House-Brackmann-Klassifikation (House & Brackmann, 1985).....	24
Tabelle 4	Klassifizierung nach ASA (American Society of Anaesthesiologists, 2020).....	24
Tabelle 5	Definition des Karnofsky Performance Status Scale (Karnofsky et al., 1948)....	25
Tabelle 6	Einteilung von Gehirn- und Rückenmarkstumoren nach WHO-Grad (Louis et al., 2016).....	26
Tabelle 7	Einteilung des Resektionsgrades bei Meningeomen nach Simpson (Simpson, 1957).....	31
Tabelle 8	Klassifikation postoperativer Komplikationen nach Clavien-Dindo (Dindo et al., 2004).....	32
Tabelle 9	Demographische und klinische präoperative Informationen für das Gesamtkollektiv und in die einzelnen Entitäten unterteilt mit absoluten und relativen Häufigkeiten.....	37
Tabelle 10	Übersicht über die absoluten und relativen Häufigkeiten der Entitäten sowie deren WHO-Grad nach (Louis et al., 2016, 2021) soweit Informationen dazu aus dem histopathologischen Befund vorlagen.....	38
Tabelle 11	Absolute und relative Häufigkeiten der Metastasen eingeteilt nach Primarius und Form ihres Auftretens.....	39
Tabelle 12	Absolute und relative Häufigkeiten der operierten Meningeome unterteilt nach der anatomischen Lage ihres Ursprungs.....	40
Tabelle 13	Absolute und relative Häufigkeiten der tumorbezogenen Daten unterteilt in die einzelnen Entitäten sowie das Gesamtkollektiv (stattgefundene Vorbehandlungen und die Seite der Pathologie auch für nicht-onkologischen Entitäten).....	41
Tabelle 14	Absolute und relative Häufigkeiten der operationsbezogenen Variablen für das Gesamtkollektiv sowie entitätsbezogen.....	43
Tabelle 15	Übersicht der stationären Liegedauer, des Zeitraums der Nachuntersuchung in Monaten ab Entlassung (Follow-Up) sowie des postop. KPSS für das Gesamtkollektiv und nach Entitäten sortiert.....	45
Tabelle 16	Prozentuale Veränderung des postop. KPSS im Vergleich zum präop. KPSS....	46
Tabelle 17	Absolute und relative Häufigkeiten der postoperativen Komplikationen während des stationären Aufenthaltes und nach Entlassung für das Gesamtkollektiv sowie die einzelnen Entitäten.....	48

Tabelle 18	Absolute und relative Häufigkeiten zu den postoperativen Revisionen sowie Einordnung der postoperativen Komplikationen entsprechend der Clavien-Dindo-Klassifikation.....	49
Tabelle 19	Absolute und relative Häufigkeiten zu postoperativen Tumorprogressen/-rezidivierungen sowie deren operative Nachbehandlung für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten.....	50
Tabelle 20	Absolute und relative Häufigkeiten zu postoperativen Behandlungsformen für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten.....	51
Tabelle 21	Absolute und relative Häufigkeiten zum Resektionsgrad für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten.....	51
Tabelle 22	Übersicht zu den postoperativen neuen permanenten Defiziten für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten mit absoluten und relativen Häufigkeiten..	52
Tabelle 23	Entwicklung der Hörfunktion bei Patienten mit Vestibularisschwannom durch die Operation.....	54
Tabelle 24	Postoperative Verbesserung präoperativer Symptome für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten mit absoluten und relativen Häufigkeiten.....	55
Tabelle 25	Postoperative Verschlechterung präoperativer Symptome für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten mit absoluten und relativen Häufigkeiten....	56
Tabelle 26	Demographische und klinische präoperative Informationen mit absoluten und relativen Häufigkeiten (onkologisches Kollektiv).....	65
Tabelle 27	Tumor-, zugangs- und resektionsbezogene Daten mit absoluten und relativen Häufigkeiten (onkologisches Kollektiv).....	66
Tabelle 28	Postoperative sowie Outcome-bezogene Daten insbesondere zu den postoperativen Komplikationen während des stationären Aufenthaltes bzw. nach Entlassung (onkologisches Kollektiv).....	67
Tabelle 29	Postoperative neue permanente Defizite mit absoluten und relativen Häufigkeiten (onkologisches Kollektiv).....	68
Tabelle 30	Demographische und klinische präoperative Informationen mit absoluten und relativen Häufigkeiten (non-onkologisches Kollektiv).....	75
Tabelle 31	Zugangs- und rekonstruktionsbezogene Daten mit absoluten und relativen Häufigkeiten (non-onkologisches Kollektiv).....	76
Tabelle 32	Postoperative neue permanente Defizite mit absoluten und relativen Häufigkeiten (non-onkologisches Kollektiv).....	76
Tabelle 33	Postoperative sowie Outcome-bezogene Daten insbesondere zu den postoperativen Komplikationen während des stationären Aufenthaltes bzw. nach Entlassung (non-onkologisches Kollektiv).....	77

Abkürzungsverzeichnis

A. = Arterie

Abb. = Abbildung

ASA = Klassifikation der American

Society of Anesthesiologists zur Einteilung der OP- und Narkosefähigkeit

bzw. = beziehungsweise

CN = Hirnnerv (cranial nerv)

CUP = cancer of unknown primary

(engl. für Krebserkrankung mit unbekanntem Primärtumor)

CT = Computertomographie

ggf. = gegebenenfalls

GTR = gross total resection (engl. für vollständige Tumorentfernung)

HB = House-Brackmann-Grad

intraop.= intraoperativ

k.A. = keine Angabe

KHBW = Kleinhirnbrückenwinkel

KPSS = Karnofsky Performance Status Scale

LAE = Lungenarterienembolie

Mean = Mittelwert

MRT = Magnetresonanztomographie

N. = Nervus

NF2 = Neurofibromatose Typ 2

OP = Operation

präop. = präoperativ

postop. = postoperativ

ROI = region of interest (engl. für Bereich von Interesse)

s. = siehe

SD = Standardabweichung

SVT = Sinusvenenthrombose

Tab. = Tabelle

TVT = Tiefe Beinvenenthrombose

V. = Vena

v.a. = vor allem

vgl. = vergleiche

vs. = versus

ZNS = Zentrales Nervensystem

WHO = World Health Organisation

1. Einleitung

1.1 Anatomie des Kleinhirnbrückenwinkels und der hinteren Schädelbasis

Betrachtet man die Schädelbasis (s. Abb. 1), so stellt die hintere Schädelgrube die größte der drei Schädelgruben dar. Sie wird primär durch das Os occipitale und die Ossa temporalia sowie durch kleinere Anteile der Ossa parietalia und des Os sphenoidale gebildet. Nach vorne grenzt die zwischen Dorsum sellae und Foramen magnum abfallende Knochenfläche des Clivus an. Hinten bildet die Einziehung für den venösen Sinus transversus die knöcherne Begrenzung. Als Durchtrittsstellen finden sich das Foramen magnum, der Hypoglossus-Kanal, der Meatus acusticus internus und das Foramen jugulare. (Paulsen & Waschke, 2017; Schünke et al., 2018)

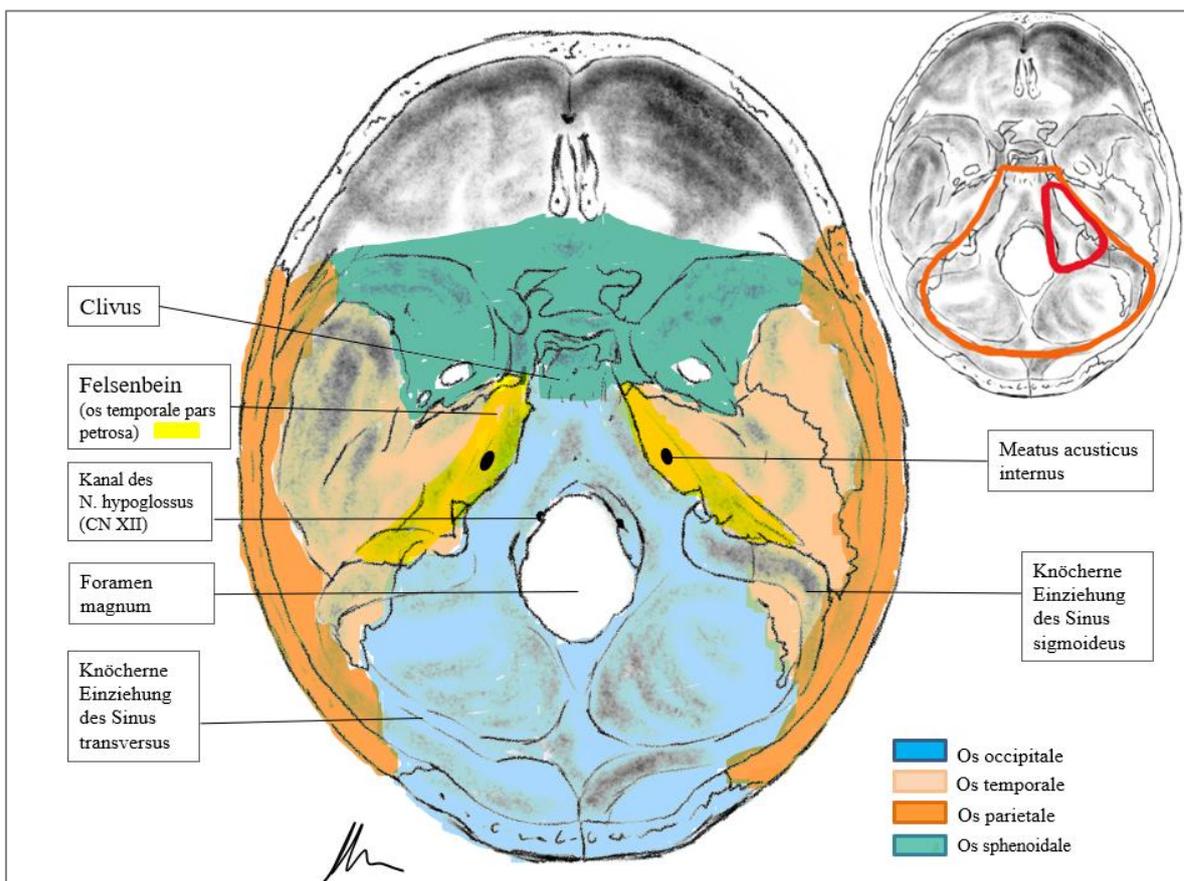


Abb 1: Darstellung der wichtigsten Strukturen der hinteren Schädelbasis (Ansicht von kranial) Kleine Abbildung oben rechts: Bereich der hinteren Schädelbasis (orange), Bereich des rechten Kleinhirnbrückenwinkels (rot); (Basierend auf der Zeichnung von Dr. Kaywan Aftahy, 2021, mit freundlicher Genehmigung)

Umfassende Kenntnisse über die komplexe Anatomie des Kleinhirnbrückenwinkels sind eine Voraussetzung für gute chirurgische Ergebnisse. Als Kleinhirnbrückenwinkel wird eine V-förmige, multidimensionale Region im Bereich der hinteren Schädelbasis bezeichnet, welche durch den Hirnstamm auf Höhe des Pons bzw. der Medulla oblongata sowie durch das Kleinhirn begrenzt wird. In dieser oder in unmittelbarer Nähe dieser Region erstrecken sich auf engstem Raum Anteile von 10 der 12 Hirnnerven insbesondere des N. trigeminus (CN V), N. facialis (CN VII) und N. vestibulocochlearis (CN VIII) aus dem pontomedullären Übergang des Hirnstamms sowie die für die Hirnversorgung entscheidenden Blutgefäße A. inferior anterior cerebelli (AICA), A. inferior posterior cerebelli (PICA), gelegentlich absteigende Äste der A. cerebelli superior und Hirnvenen zum Sinus petrosus superior. Der Nervus trigeminus verläuft anterior zum Cavum meckeli, wo er sich in seine 3 Äste N. ophthalmicus (V1), N. maxillaris (V2) und N. mandibularis (V3) aufteilt. Der N. facialis und der N. vestibulocochlearis verlassen den Hirnstamm nebeneinander und ziehen zum Porus acusticus internus als gemeinsamen Eintrittspunkt in den inneren Gehörgang, wobei der N. facialis anterior und medial zum N. vestibulocochlearis verläuft. Im superioren Anteil des Winkels finden sich retrosellar der N. oculomotorius (CN III), infratentoriell der N. trochlearis (CN IV) und N. abducens (CN VI). Im kaudalen Anteil durchziehen der N. glossopharyngeus (CN IX), der N. vagus (CN X) und der N. accessorius (CN XI) den Kleinhirnbrückenwinkel. Inferomedial ziehen hier auch die A. vertebralis sowie der N. hypoglossus (CN XII) zum Foramen magnum. (Grunwald et al., 2006; Heller et al., 2018; Perneczky et al., 2008; Samii & Gerganov, 2012) Abbildung 2 zeigt die beschriebenen neurovaskulären Strukturen zwischen Pons und Kleinhirn sowie eine gedachte strukturelle Unterteilung in die verschiedenen Ebenen, um die Multidimensionalität des Kleinhirnbrückenwinkels aufzuzeigen (auf Abbildung 2a) angedeutet als Dreieck; Abbildung 2b) entspricht dem superioren Anteil des KHBW)

Raumforderungen, vaskuläre oder auch entzündliche Prozesse im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels führen aufgrund der Komplexität der Anatomie häufig zu einem ebenso komplexen Symptommuster, welches sich sowohl als Funktionsausfall der hier laufenden Hirnnerven, jedoch auch als Beeinträchtigung des Kleinhirns sowie als erhöhten intrakraniellen Druck darstellen kann. Pathologien können innerhalb dieses eng umschriebenen Raumes Erkrankungen hervorrufen, die klinisch als Kleinhirnbrückenwinkel-Syndrom beschrieben werden. Eine Auflistung der dazugehörigen Symptome findet sich im Ergebnisteil unter Abschnitt 4.1.1.1. (Dittmann, 2021; Maurer et al., 2000)

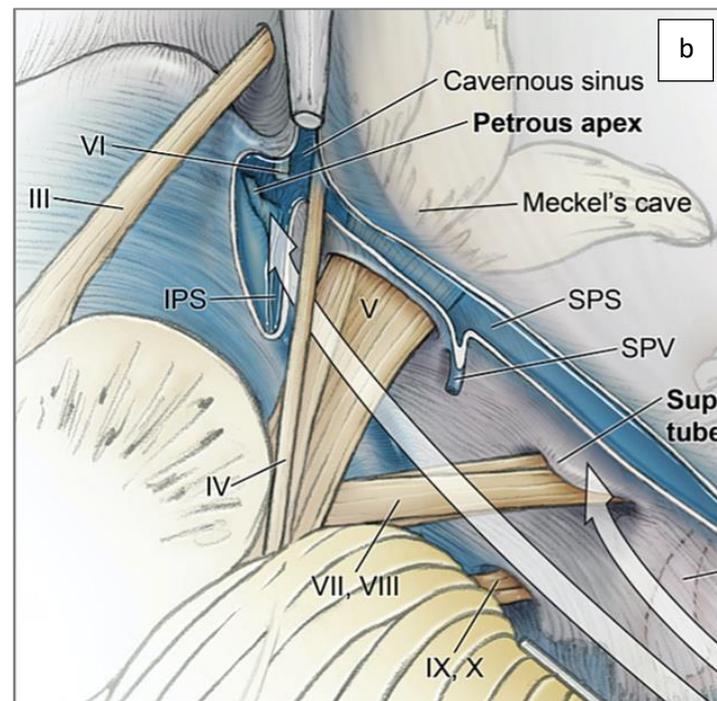
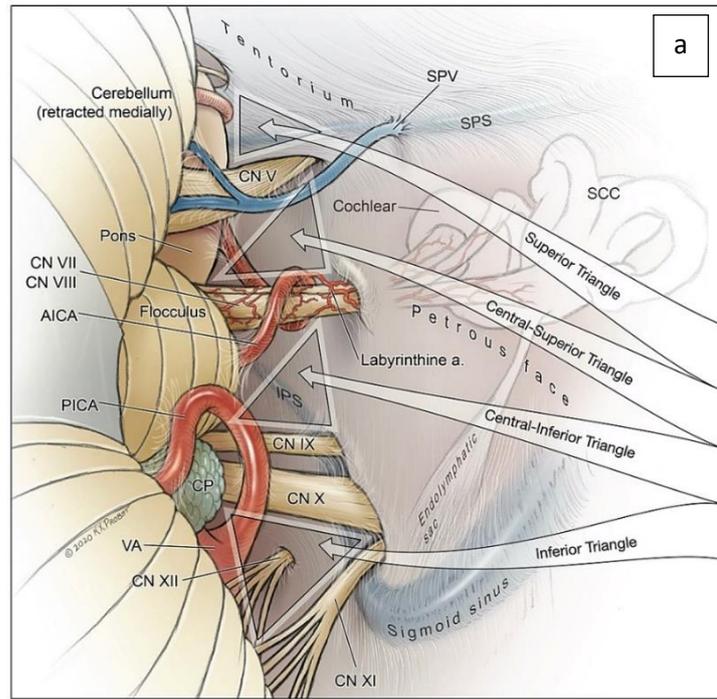


Abb.2 a) Darstellung des rechten Kleinhirnbrückenwinkels bzw. der rechten lateralen hinteren Schädelgrube mit den zugehörigen neurovaskulären Strukturen unter Retraktion des Kleinhirns nach medial (Ansicht von posterior) b) Darstellung des superioren Anteils des rechten Kleinhirnbrückenwinkels mit den zugehörigen neurovaskulären Strukturen (Aufsicht von oben) (Rodriguez Rubio et al., 2021). AICA: A. inferior anterior cerebelli; CN: Hirnnerv; CN V: N. trigeminus, CN VII: N. facialis, CN VIII: N. vestibulocochlearis, CN IX: N. glossopharyngeus, CN X: N. vagus, CN XI: N. accessorius, CN XII: N. hypoglossus; CP: Plexus choronoideus; IPS: Sinus petrosus inferior; PICA: A. inferior posterior cerebelli; SPS: Sinus petrosus superior; SPV: V. petrosa superior (Dandy Vene); VA: A. vertebralis ; III: N. oculomotorius, IV: N. trochlearis, VI: N. abducens, V: N. trigeminus, VII,VIII: N. facialis und N. vestibulocochlearis beim Eintritt in den Meatus acusticus internus, IX,X: N. glossopharyngeus und N.vagus

1.2 Pathologien im Kleinhirnbrückenwinkel

1.2.1 Tumorerkrankungen

Vestibularisschwannome

Vestibularisschwannome werden oft auch als Akustikusneurinome bezeichnet, gehen jedoch eigentlich von den Schwann'schen Zellen des Vestibularis-Anteils des N. vestibulocochlearis (CN VIII) aus (Masuhr et al., 2013). Sie sind mit bis zu 86% die häufigsten im KHBW vorzufindenden Tumore, machen zugleich aber auch 6-8% aller intrakraniellen Tumore und ca. 30% aller Tumore der hinteren Schädelbasis aus (Briggs et al., 2000; DeMonte & Al-Mefty, 1993). Histopathologisch benigne und langsam wachsend, treten sie in ca. 95% der Fälle sporadisch bei Patienten zwischen dem 50. bis 60. Lebensjahr und auf einer Körperseite auf, können aber auch mit einer Neurofibromatose Typ 2 (s. Abschnitt 1.2.1.1 „Neurofibromatose Typ 2“) assoziiert sein (Samii & Gerganov, 2012). Der Nachweis eines Vestibularisschwannoms erfolgt idealerweise über eine Bildgebung durch MRT (Antoniadis et al., 2021) (vgl. Abb. 3). Die gängige Einteilung von Vestibularisschwannomen erfolgt nach der klinisch relevanten intra- und extrameatalen Tumorausdehnung, also der Ausdehnung in Bezug zum inneren Gehörgang (Meatus acusticus internus). Die Hannover-Klassifikation nach Samii und Matthies beschreibt diese Ausdehnung sowie die Relation des Tumors zum Hirnstamm und ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Klasse	Tumorausdehnung
T1	intrameatal
T2	intra- und extrameatal
T3a	Ausfüllen des KHBW
T3b	Ausfüllen des KHBW + Hirnstammkontakt
T4a	Kompression des Hirnstamms
T4b	Hirnstammverlagerung + Kompression des IV. Ventrikel

Tab. 1: Einteilung von Vestibularisschwannomen nach ihrer Ausdehnung gemäß der Hannover-Klassifikation (Samii & Matthies, 1997)

Vestibularisschwannome der Klasse T1 wachsen ausschließlich innerhalb des Meatus acusticus internus. Bei beginnender Ausbreitung des Tumors nach extrameatal in den KHBW handelt es sich um einen Tumor der Klasse T2. Bei Klasse T3 ist eine Ausdehnung im KHBW vorhanden, wobei T3a-klassifizierte Tumore diesen ausfüllen und T3b-klassifizierte Tumore dabei bereits den Hirnstamm erreichen. Tumore der Klasse T4a

komprimieren den Hirnstamm (vgl. Abb. 3), während die Klasse T4b eine Hirnstamm-Verlagerung sowie eine Kompression des IV. Ventrikels aufweist. Zu den Behandlungsoptionen von Vestibularisschwannomen zählen neben der neurochirurgischen Entfernung auch die abwartende Beobachtung sowie die Strahlentherapie (Samii & Gerganov, 2012; Schick & Unterberg, 2011). Eine ausführlichere Beschreibung zu den Therapieoptionen findet sich im Abschnitt 1.2.4.

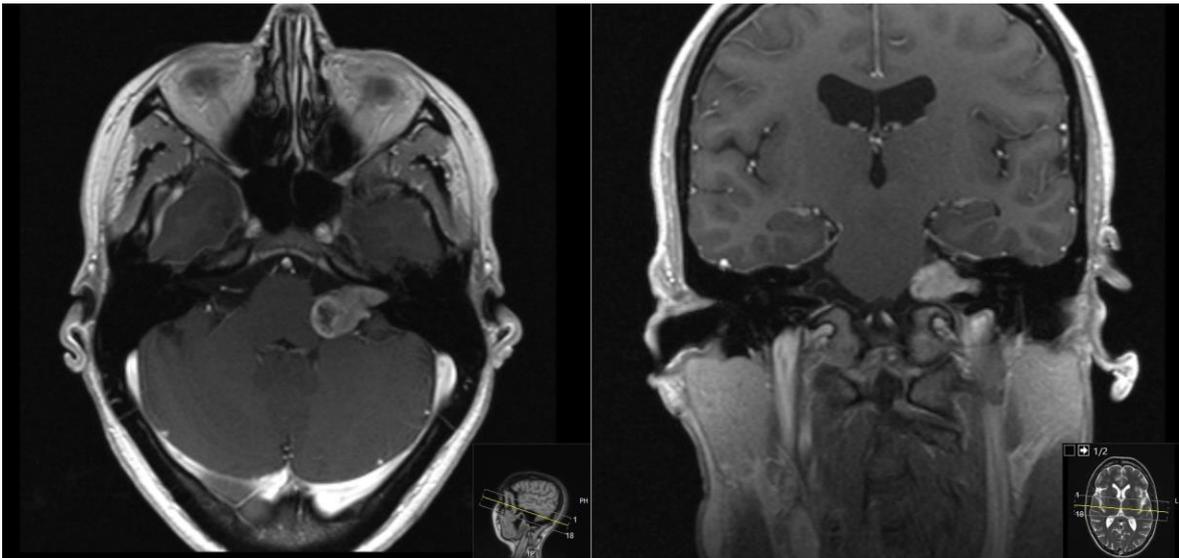


Abb.3: Bildgebung eines linksseitigen Vestibularisschwannoms der Hannover-Klasse T4a mit intra- und extrameataler Ausdehnung sowie Pelottierung des Hirnstamms und des linken Kleinhirnpedunkels (axiale Schnittebene links, coronale Schnittebene rechts, MRT, T1-Wichtung, kontrastmittelgestützt)

Neurofibromatose Typ 2 (NF2)

Ein bilateral auftretendes Akustikusneurinom ist pathognomonisch für eine vorliegende Neurofibromatose Typ 2 und entsteht bei etwa 90-95% der betroffenen Patienten. Diese Erkrankung wird autosomal-dominant vererbt und durch einen Gendefekt auf Chromosom 22 ausgelöst, der mit einer Inaktivierung des Tumorsuppressorproteins “Merlin“ verbunden ist. Etwas seltener treten darunter auch Schwannome anderer Hirnnerven sowie Meningeome auf. (Farschtschi et al., 2020) Die Patienten sind oft bedeutend jünger als der Durchschnitt der Patienten, bei welchen die Tumore sporadisch auftreten und weisen eine Prädisposition zur Bildung multipler Tumore des zentralen Nervensystems auf (Samii & Gerganov, 2012).

Sonstige Schwannome

Nicht-vestibuläre Schwannome sind deutlich seltenere intrakranielle Tumore. Auch sie entspringen aus den Schwann-Zellen, sind gutartig und weisen ein langsames Wachstum auf. 60% aller Schwannome finden sich ausgehend von Hirnnerven (Schlote et al., 2004). Am häufigsten von ihnen findet man Trigeminiusschwannome, dann in absteigender Reihenfolge Schwannome des N. glossopharyngeus (CN IX), des N. vagus (CN X), des N. facialis (CN VII), des N. accessorius (CN XI), N. hypoglossus (CN XII), des N. oculomotorius (CN III), des N. trochlearis (CN IV) und des N. abducens (CN VI) (Sarma et al., 2002).

Meningeome

Meningeome sind mit 5-15% die zweithäufigsten Tumore des KHBW und gehen von den Deckzellen der Arachnoidea, der mittleren Schicht der drei Hirnhäute, aus (Nakamura et al., 2005). Vergleichbar zu anderen intrakraniellen Meningeomen stellen auch die des KHBW gutartige, langsam wachsende Raumforderungen dar, welche sporadisch im mittleren Lebensalter auftreten. Doch auch Meningeome können mit einer Neurofibromatose Typ 2 in Verbindung stehen. Meist weisen sie einen breiten Kontakt zum Felsenbein oder dem Tentorium auf und wachsen selten in den Meatus acusticus internus ein. (Voss et al., 2000) Anders als bei Vestibularisschwannomen wird der knöcherne Meatus dann jedoch nicht aufgeweitet. Häufig lassen sich außerdem zystische Veränderungen sowie Verkalkungen finden. Ein sogenannter „dural tail“, eine schweifartig auslaufende Kontrastmittelaufnahme der an das Meningeom angrenzenden Dura, ist zwar nicht pathognomonisch, aber in kontrastmittelgestützten Bildgebungen bei ca. zwei Dritteln der Fälle sichtbar. (Samii & Gerganov, 2012; Wallace, 2004) Meningeome der hinteren Schädelbasis und des KHBWs stellen eine heterogene Gruppe mit variablen Ansatzstellen dar und variieren auch in ihrer Wachstumsrichtung, worunter sie Gefäße und Hirnnerven variabel verlagern können. Sie machen etwa 9% aller intrakraniellen Meningeome aus (Castellano & Ruggiero, 1953) und lassen sich nach ihrer Ansatzstelle in drei Kategorien unterteilen - petroclivale Meningeome, Felsenbein- und Tentoriumsmeningeome (vgl. Abb. 4) (Desgeorges & Sterkers, 1994; Magill et al., 2018; Seifert & Basiouni, 2010).

Felsenbeinmeningeome sind dabei zusätzlich nach ihrer zentralen Befestigungsstelle an der Dura und deren Lokalisation in Bezug auf den Meatus acusticus internus in anteriore, mittlere und posteriore Tumore sowie bei Überlappung in Mischformen zu unterteilen. Diese

Unterteilung spielt vor allem aufgrund der zahlreichen im KHBW verlaufenden Hirnerven in Bezug auf die Symptomatik aber auch für die Planung des operativen Vorgehens eine wichtige Rolle (Magill et al., 2018). Auch Tentoriumsmeningeome lassen sich genauer klassifizieren. In Hinblick auf die chirurgische Anatomie erscheint dabei die Unterteilung nach Yasargil in die Untergruppen T1-T7 am sinnvollsten (Yasargil, 1996), wobei genau genommen nur die Gruppen T1-T2, welche „mediale“ Meningeome im Bereich der Incisura Tentorii zusammenfasst, und T6-T7, die „laterale“ Meningeome im Bereich des äußeren tentorialen Rings bezeichnet, zu Meningeomen der hinteren Schädelgrube und des KHBW gezählt werden sollten.

Die Therapiestrategie für Meningeome des KHBWs und der hinteren Schädelgrube ist vergleichbar mit der Therapie von Vestibularisschwannomen und beinhaltet im Wesentlichen Beobachtungs-, operative Entfernungs- und strahlentherapeutische Maßnahmen sowie Kombinationen (Samii & Gerganov, 2012).

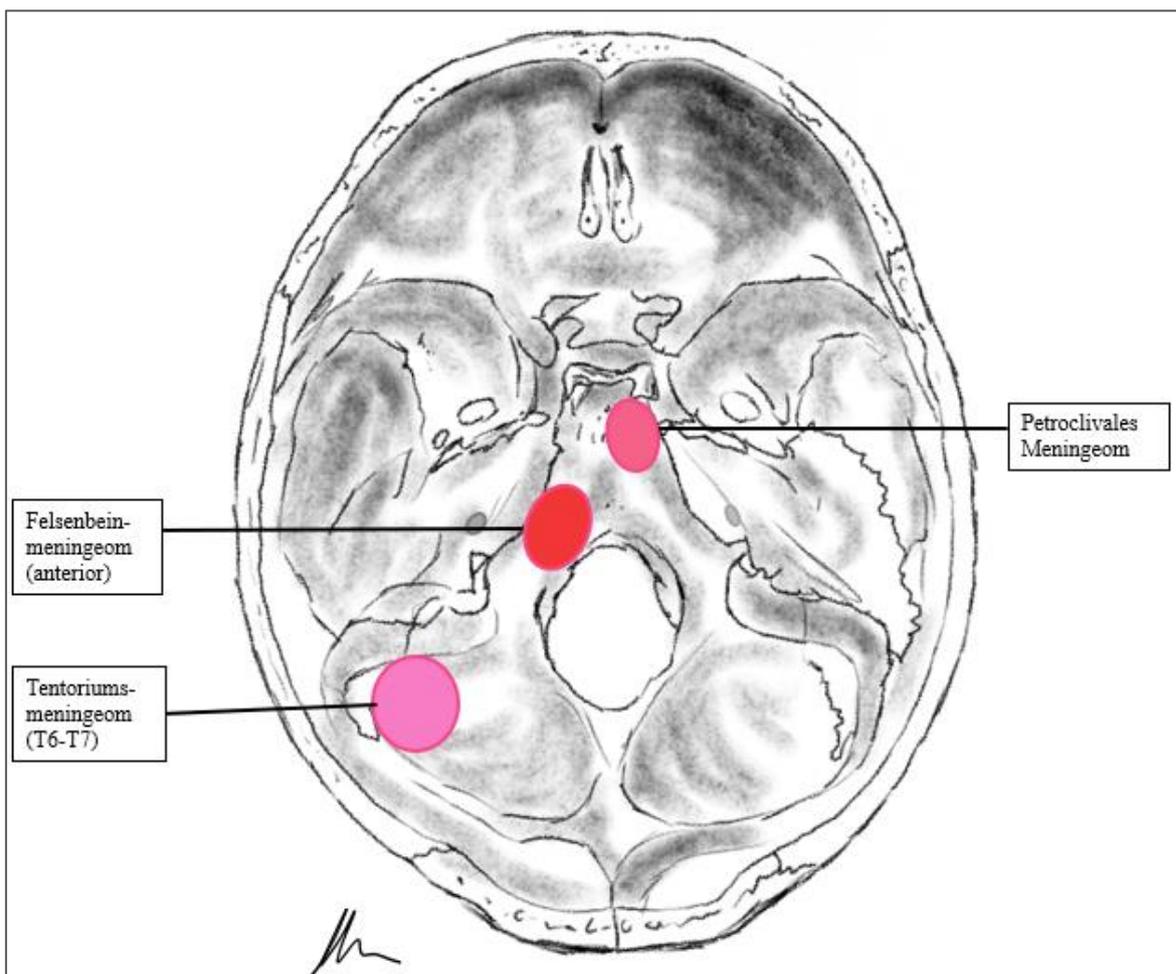


Abb. 4: Meningeome der hinteren Schädelbasis und des Kleinhirnbrückenwinkels (Aufsicht von oben) (Basierend auf der Zeichnung von Dr. Kaywan Aftahy, 2021, mit freundlicher Genehmigung)

Epidermoidzysten

Epidermoidzysten, auch Epidermoide genannt, machen zwischen 4-6 % aller Tumore des KHBW aus (Yamakawa et al., 1989). Die Lokalisation im KHBW gilt als Prädilektionsstelle, in selteneren Fällen sind sie im IV. Ventrikel zu finden (Holst et al., 2004). Epidermoidzysten entstehen bei der Hirnentwicklung, genauer bei Verschluss des Neuralrohrs durch verlagerte Epithelzellen und stellen damit eine eigentlich nichtneoplastische tumoröse Raumforderung dar (Samii et al., 1996). Nennenswert ist ihr perlmuttartiges Äußeres sowie ihr langsames Wachstum (Linn et al., 2011). Die Therapie der Wahl ist die operative Entfernung, wobei im Falle einer inkompletten Resektion Rezidive auch noch nach 20-30 Jahren auftreten können und so eine engmaschige postoperative Langzeitkontrolle nötig ist (Samii & Gerganov, 2012).

Hämangioblastome

Als Hämangioblastome werden benigne Tumoren bezeichnet, die übermäßiges Gefäßreichtum aufweisen und häufig Zysten enthalten. Sie machen etwa 2% aller intrakraniellen Tumore sowie bis zu 10% der Tumore der hinteren Schädelgrube aus. Ihre Hauptlokalisationsstellen sind die Kleinhirnhemisphären, wo sie ein verdrängendes Wachstum aufweisen. (Grunwald et al., 2007) Durch ihre reiche Durchblutung kann es zu akuten Einblutungen mit bedrohlicher klinischer Symptomatik kommen. Hämangioblastome treten sowohl sporadisch im mittleren Lebensalter auf, als auch in 20-40% im Rahmen des Von-Hippel-Lindau-Syndroms. Deshalb sollte zum Ausschluss weiterer Hämangioblastome zusätzlich zur kranialen Bildgebung auch eine Bildgebung der gesamten Wirbelsäule erfolgen. (Linn et al., 2011)

Von- Hippel-Lindau-Syndrom

Das von Hippel-Lindau-Syndrom beschreibt eine autosomal-dominant vererbte Erkrankung, die wie die NF2 durch Genmutation eines Tumorsuppressor-Gens ausgelöst wird. Betroffene Patienten entwickeln im Laufe ihres Lebens gut- und bösartige Tumore, darunter Hämangioblastome der Netzhaut und des ZNS sowie Nierenzellkarzinome, Phäochromozytome oder Tumore der Bauchspeicheldrüse. (Chittiboina & Lonser, 2015)

Metastasen

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Tumorentitäten stellen intrazerebrale Metastasen keinen primär intrakraniellen Tumor dar, sondern weisen einen extrakraniellen Primarius oder auch primären Hirntumor auf. Metastasen machen mehr als die Hälfte aller Hirntumoren bei Erwachsenen aus (Cebula et al., 2020; Gerrard & Franks, 2004), im Bereich des KHBW jedoch nur ca. 1 % aller Tumore (Friedmann et al., 2015). Am häufigsten findet man Absiedlungen ausgehend von Tumoren der Lunge und der Mamma, aber auch von malignen Melanomen, Nierenzellkarzinomen und gastrointestinalen Tumoren. Bei bis zu 10% liegt jedoch ein unbekannter Primarius vor, wobei die streuende extrakranielle Tumorerkrankung zu diesem Zeitpunkt noch nicht erkannt oder bemerkt worden ist. Das multiple Auftreten von Metastasen kann häufig beobachtet werden. Zudem können sie zentrale Nekrosen, Verkalkungen und Einblutungen zeigen. (Gerrard & Franks, 2004; Grunwald et al., 2007; Linn et al., 2011).

Die Therapie von Hirnmetastasen ist sehr komplex, bedarf einer multidisziplinären Abstimmung und des Abwägens der gesamtgesundheitlichen Prognose sowie der Wünsche des Patienten. Bei Patienten mit radiologisch nachgewiesenen solitären Hirnmetastasen, also einer einzeln auftretenden Metastase im Gehirn ohne weitere Absiedlungen im restlichen Körper, sollte entweder eine primäre chirurgische Exzision oder eine Radiochirurgie in Betracht gezogen werden, in der Regel in Kombination mit einer adjuvanten Bestrahlung. Eine Ganzhirnbestrahlung bleibt die primäre Behandlung der Wahl bei multiplen Metastasen. Da Metastasen jedoch ein deutlich schnelleres Wachstum aufweisen als andere KHBW-Tumore und damit auch deutlich häufiger eine akute Symptomatik entwickeln, stellt ein chirurgischer Eingriff bei allen Formen der Metastasierung eine zu erwägende Therapieoption dar, schon allein zum Zwecke einer Gewebediagnostik und zur Dekompression, um intrakranielle Strukturen für eine Verbesserung des neurologischen Status zu entlasten. (Cebula et al., 2020; Friedmann et al., 2015; Gerrard & Franks, 2004; Schackert, o. J.)

1.2.2 Neurovaskuläre Kompressionssyndrome

Sucht man die Ursache für die Symptomatik eines Kleinhirnbrückenwinkel-Syndroms, so stellen Gefäß-Malformationen gegenüber den in dieser Region deutlich häufiger auftretenden Tumoren eher Ausnahmen dar. Doch für eine Beeinträchtigung der Funktion des N. trigeminus (CN V) oder des N. facialis (CN VII), seltener des N. vestibulocochlearis (CN VIII), können auch atypische Schlingenbildungen von Blutgefäßen infrage kommen, welche eine Kompression im Bereich der Austrittszonen der Hirnnerven am Hirnstamm hervorrufen und damit für eine Trigeminalneuralgie und einen Hemispasmus facialis ursächlich sein können. Typische dafür verantwortliche Gefäße sind Venen, die A. cerebelli inferior posterior (PICA), A. cerebelli superior (SUCA), eine fusiform erweiterte A. basilaris, auch Megadolichobasilaris genannt, sowie die A. labyrinthi aus der A. basilaris oder der A. cerebelli inferior anterior (AICA). Für die Differentialdiagnostik, also um Tumore, Infarkte oder Aneurysmen auszuschließen sowie eine Gefäßschlingenbildung bzw. einen pathologischen Kontakt zwischen Gefäß und Nerv zu bestätigen, ist die Magnetresonanztomographie (MRT) die Methode der Wahl. Zum Nachweis der Gefäßkompression sollte dabei idealerweise eine CISS-Sequenz (constructive interference in steady-state) gefahren werden. (Baldauf et al., 2019; Maurer et al., 2000; Ramina & Samii, 2008)

Trigeminalneuralgie

Als Trigeminalneuralgie oder Tic douloureux bezeichnet man einseitige, heftige und blitzartige Schmerzattacken im Versorgungsgebiet eines oder mehrerer Trigeminusäste im Gesicht. Sie stellt die häufigste Form von neurovaskulären Kompressionssyndromen der hinteren Schädelgrube dar. Frauen ab 40 Jahren sind in der Regel am häufigsten betroffen. Deutlich gehäuft findet man Trigeminalneuralgien bei Multiple-Sklerose-Patienten, dann auch beidseits. Teilweise treten die Schmerzserien bis zu hundert Mal pro Tag auf, dauern bis zu mehreren Minuten an und können klassischerweise durch Alltagsgesten, Sprechen, Kauen oder Kältereize getriggert werden, seltener treten sie spontan auf. Dazwischen finden sich in der Regel auch schmerzfreie Episoden. Ursächlich für diese Attacken ist im überwiegenden Teil der Fälle eine Demyelinisierung des Trigeminusnervs durch Pulsation im Bereich eines pathologischen Gefäß-Nerven-Kontaktes. Eine seltenere Form der Gesichtsnerv-Neuralgie stellt die Glossopharyngeusneuralgie dar, bei welcher die Patienten Schmerzattacken im Bereich des Zungengrundes und des Rachenrings verspüren, klassischerweise ausgelöst durch Sprechen oder Schlucken. Als Therapie der Wahl gilt zunächst

die Einnahme von Carbamazepin oder anderer Antikonvulsiva. Aufgrund der starken Nebenwirkungen oder bei Pharmakoresistenz kommt eine mikroneurochirurgische vaskuläre Dekompression nach Janetta, meist als Mikrovaskuläre Dekompression bezeichnet, in Frage, bei welcher intraoperativ ein kleines Stück Teflon zwischen Gefäß und Nerv eingebracht wird. Alternativ kann eine perkutane Destruktion des Ganglion Gasseri oder eine sogenannte Gammaknife-Radiochirurgie durchgeführt werden (Baldauf et al., 2019; Crucu et al., 2020; Masuhr et al., 2013).

Hemispasmus facialis

Patienten mit Hemispasmus facialis, auch als Spasmus hemifacialis bezeichnet, leiden unter unilateraler und unwillkürlicher tonisch-klonischer Kontraktion der Gesichtsmuskulatur und des Platysmas. Die Dauer der Kontraktionen beträgt Sekunden bis Minuten. Ihre Ursache ist identisch zu der einer Trigeminusneuralgie, lediglich mit Wirkung auf den siebten Hirnnerv, den N. facialis. Die Therapieoptionen bestehen primär aus Botulinumtoxin-Injektionen, welche meist zu einer deutlichen Reduktion der Spasmen führen können. Antikonvulsiva-Therapien helfen dagegen meist nur unzureichend. Bei Versagen dieser Behandlungsvarianten ist auch im Falle des Hemispasmus eine operative mikrovaskuläre Dekompression das Mittel der Wahl. (Baldauf et al., 2019; Lu et al., 2014; Wang & Jankovic, 1998)

1.2.3 Sonstige Läsionen

Zusätzlich zu den bereits aufgezählten neoplastischen sowie vaskulären Pathologien, finden sich auch entzündliche Veränderungen im Kleinhirnbrückenwinkel. Unter anderem kann eine unbehandelte oder therapierefraktäre Mittelohrentzündung zu Komplikationen der malignen Otitis führen. Hierzu zählen Mastoiditiden, Thrombosen der Sinus oder intrakranielle Abszesse. Auch Beeinträchtigung der Hirnnerven durch Varizella-Zoster-Viren oder Meningitiden verursachen Symptome des KHBW-Syndroms. Weitere Raumforderungen, wie Arachnoidalzysten, Plexuspapillome, Paragangliome oder Astrozytome, Medulloblastome, maligne Gliome und Chordome lassen sich ebenfalls im Kleinhirnbrückenwinkel und der hinteren Schädelgrube lokalisieren, wenn auch deutlich seltener. Als zusätzliche vaskuläre Pathologien sind unter anderem Aneurysmen oder Kavernome zu nennen. (Holst et al., 2004; Linn et al., 2011; Samii & Gerganov, 2012)

Die hier angeschnittenen weiteren möglichen Pathologien des KHBW werden im Rahmen der Einleitung nicht weiter beschrieben, um deren Umfang nicht zu sprengen. Pathologien, welche in der für diese Dissertation untersuchten Stichprobe zu finden waren, werden mit den entscheidenden Attributen Wachstumsgeschwindigkeit sowie Benignität und Malignität über den WHO-Grad beschrieben. Eine kurze Übersicht dazu findet sich im Methodenteil in Abschnitt 3.2 sowie im Ergebnisteil in Abschnitt 4.1.1.2.

1.2.4 Therapieansätze

Es ist nicht möglich, eine allgemeine Therapie für alle zuvor genannten und sehr heterogenen Läsionen zu beschreiben. Eine kurze Übersicht zu den Therapieoptionen wurden jedoch oben für die jeweiligen Pathologien zusammengefasst. Für die neoplastischen Läsionen gelten grundsätzlich die 3 Säulen der Tumorthherapie: Operation, Bestrahlung und Chemotherapie (Hiddemann & Bartram, 2010). Im Falle des Managements der Patienten mit hinteren Schädelbasis-Tumoren bzw. KHBW-Tumoren variiert das gängige Säulenkonzept jedoch zur mikrochirurgischen Tumorresektion, Radiotherapie sowie einer Wait-and-Scan-Strategie (Rosahl & Eßer, 2017; Yildiz et al., 2022). Die Komplexität der Anatomie des KHBW, die unterschiedliche Histologie der Tumore, unterschiedliche lokale Aggressivität im Wachstum und abweichende Wahrscheinlichkeiten eines Rezidivs erfordern auf den entsprechenden Fall zugeschnittene Diagnostik und Therapieschritte. Je nach vorliegender Erkrankung erfolgt eine alleinige kurative, zusätzlich adjuvante oder palliative Therapie bzw. eine Kombination der therapeutischen Verfahren. Grundsätzlich gilt es, eine Balance zwischen Effizienz der Behandlung bzw. Aggressivität des therapeutischen Vorgehens und der Lebensqualität des Patienten bzw. Funktionserhalt wichtiger neurologischer Strukturen zu finden. (König & Spetzger, 2018; Samii & Gerganov, 2012; Yildiz et al., 2022) Wie aus dem vorausgehenden Abschnitt herauszulesen ist, überwiegen benigne und verdrängend wachsende Tumore im KHBW deutlich, weshalb die weitaus seltener vorkommenden Metastasen oder malignen Tumore mit ihrem schnellen und aggressiveren Wachstum therapeutisch gesondert zu betrachten sind. Abhängig von der Tumorentität kommen bei malignen Tumorformen dann auch Chemo-, Immun- und Antikörpertherapien in Betracht, welche die Tumorzellfunktion stören und letztendlich zum Untergang der Tumorzellen führen (DeMonte, 2020). In Hinblick auf die hinteren Schädelbasis- und KHBW-Tumore spielt diese Therapieform jedoch im Vergleich zu Radiotherapie und Operation

eine untergeordnete Rolle. Da der Fokus dieser Arbeit auf der neurochirurgischen Therapie liegt, werden die weiteren Therapieoptionen im Folgenden nur knapp zusammengefasst.

Wait-and-Scan

Raumforderungen des Kleinhirnbrückenwinkels müssen nicht immer umgehend behandelt werden. Vor allem bei jungen Patienten, fehlender Symptomatik und kleinen Tumoren empfiehlt sich zunächst ein konservatives Management mit regelmäßigen ambulanten Verlaufskontrollen. Eine jeweils zeitaktuell erstellte Bildgebung sowie eine Überprüfung von Funktionseinschränkungen über augen- sowie HNO-ärztliche Begleitkontrollen ist dabei zusätzlich erforderlich. Neu auftretende Symptomaten oder eine radiologisch nachgewiesene signifikante Größenzunahme gelten dann als Zeichen des Tumorwachstums und markieren den Zeitpunkt zur Einbeziehung weiterer interventioneller Therapiemaßnahmen. (Kaschke, 2017; Rosahl & Eßer, 2017; Yildiz et al., 2022)

Radiotherapie

Neben der Operation stellt die perkutane Radiotherapie eine aktive Form der Tumorbehandlung dar, welche standardmäßig mit Photonen durchgeführt wird und in eine fraktionierte Radiotherapie, bei der in der Regel eine Gesamtdosis von 54 Gy über mehrere Sitzungen in viele Einzeldosen abgegeben wird, sowie eine Radiochirurgie, bei der einzeitig eine von der bestrahlten Hirnregion abhängige Höchstdosis verabreicht wird, unterteilt (Fossati et al., 2016; Schmoll et al., 2006). Sowohl die Radiotherapie, als auch die Radiochirurgie werden als primäre Behandlungsoption für kleinere Tumore, aber auch als adjuvante Therapie bei bereits vorliegenden Rezidiven oder postoperativen Tumorresiduen eingesetzt, um dann das Intervall bis zu einer Resektion zu verlängern oder um deren Größenzunahme idealerweise ganz zu vermeiden (Samii & Gerganov, 2012; Stafford et al., 2001).

Operative Resektion

Der stark überwiegende Teil der im KHBW vorkommenden Neoplasien ist benigne und langsam wachsend, sodass nahezu alle Eingriffe elektiv und mit ausführlicher Operationsplanung möglich sind. Bei perakut auftretenden neurologischen Symptomen durch Kompression lebenswichtiger neurovaskulärer Strukturen, z.B. aufgrund einer akuten Einblu-

tung, kann die Entfernung der Schädelbasistumore auch als Notfalleingriff erfolgen. Der operative Eingriff dient jedoch nicht nur der Entfernung des Tumors zur Dekompression der umliegenden Strukturen, sondern auch zur Sicherung einer Probe zur histopathologischen Untersuchung, welche für den Therapieverlauf sowie die Prognose des Patienten maßgeblich ist (Hiddemann & Bartram, 2010; Mattle & Fischer, 2021). Als einer der führenden operativen Zugänge zur hinteren Schädelbasis gilt der retrosigmoidale Zugang, welcher in den nachfolgenden Abschnitten im Detail dargestellt wird (Gulec et al., 2019).

1.3 Meilensteine in der Geschichte des retrosigmoidalen Zugangs

Der retrosigmoidale Zugang als Form des operativen Herangehens einer Freilegung von hinteren Schädelbasis-Tumoren wurde 1903 von dem deutschen Anatomen und Chirurgen Fedor Krause als unilateral subokzipitalen Zugang beschrieben (Krause, 1908). Die von ihm gewählten Kraniotomiegrenzen orientierten sich dabei bereits wie heute an den venösen Blutleitern Sinus sigmoideus und Sinus transversus (Perneckzy et al., 2008). Wie er auf dem internationalen Medizinkongress 1913 berichtete, belief sich die Mortalitätsrate seiner Eingriffe auf knapp 85% (Wilkins, 1965), unter anderem aufgrund unzureichender präoperativer Diagnostik, aber auch wegen eingeschränkter optischer Kontrolle während der Operation sowie der Entfernung des Tumors mit den bloßen Fingern (Perneckzy et al., 2008). Cushing machte den ersten großen Fortschritt in der Akustikusneurinom-Chirurgie und senkte die operative Sterblichkeit durch einen bilateralen Zugang auf 15 %. Dabei legte er zusätzlich zum Tumorgebiet beide Kleinhirnhemisphären frei und erreichte über diese Entlastung ein Absinken des erhöhten intrakraniellen Drucks (Cushing, 1917). Cushing führte auch das Konzept der intrakapsulären subtotalen Tumorentfernung ein, um den Hirnstamm und lebenswichtigen Gefäße zu schonen (Wilkins, 1965). Er postulierte jedoch 1917, dass es nicht möglich sei, Akustikusneurinome auf sichere Art und Weise vollständig zu entfernen. 1925 beschrieb darauf Dandy in seinem Artikel „An operation for the total removal of cerebellopontine (acoustic) tumors“ einen aggressiveren chirurgischen Ansatz zur nun vollständigen Tumorentfernung. Dieser Ansatz bestand aus einer einseitigen subokzipitalen Kraniektomie, einer internen Tumordekompression und der vollständigen Entfernung der Neurinomkapsel. (Dandy, 1925) Es folgten zahlreiche Chirurgen, die ihre Erfahrungsberichte auf Basis des unilateralen subokzipitalen Zugangs teilten, alle mit vergleichbaren Ergebnissen sowie kaum verbesserten Mortalitäts-

raten (Pernecky et al., 2008). Eine bedeutende Verbesserung der postoperativen Ergebnisse ergab sich erst durch Weiterentwicklungen in der präoperativen Diagnostik, vor allem aber durch Entwicklung der Neurochirurgie hin zu mikroneurochirurgischen Techniken nach Einführung des Operationsmikroskops. Durch dessen Verwendung gelang es Rand und Kurze 1965 über einen mikrochirurgischen transmeatalen-retrosigmoidalen Zugang Vestibularisschwannome zu entfernen. In der von ihnen beschriebenen Serie über 140 Patienten gelang ihnen ein vollständiger Erhalt des Gesichtsnervs bei kleinen Tumoren (Rand & Kurze, 1965) aber auch Gehörerhalt und eine bedeutende Herabsenkung der perioperativen Morbidität (Koerbel et al., 2005). Sie stellten dadurch mit eine der ersten Operateure dar, die eine Entwicklung von „Preservation of Life“ zu einer „Preservation of Function“ bei Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang zur Tumorentfernung verfolgten. (Akard et al., 2009) Auch andere Pioniere der modernen Mikroneurochirurgie, wie Yasargil, Koos und Samii veröffentlichten zu dieser Zeit ihre ersten Ergebnisse, die sie mit dem lateralen subokzipitalen Zugang erzielt hatten (Koos et al., 1976; Oppel et al., 1981; Yaşargil et al., 1977). Der lateral subokzipitale Zugang wurde dabei von ihnen auch für andere Raumforderungen im Bereich der seitlichen hinteren Schädelgrube wie beispielweise bei Meningeomen oder Epidermoiden verwendet. Weiter wurden so, wenn auch mit leichten Variationen, Läsionen in benachbarten anatomischen Bereichen, wie im Bereich des Felsenbeins, des Clivus, des Foramen magnum und des Tentoriums erfolgreich behandelt. (Oppel et al., 1981; Pernecky et al., 2008; Yaşargil et al., 1980) Heute wird der Begriff „lateral-subokzipital“ synonym zum Begriff „retrosigmoidal“ verwendet (Rhoton, Albert L. & Ribas, Guilherme L., 2013; Rosahl & Eßer, 2017).

Eine stetige Weiterentwicklung des retrosigmoidalen Zugangs im Sinne von technischen und anatomischen Modifikationen setzt sich kontinuierlich fort, um allen voran noch funktionserhaltender operieren zu können. Um den Rahmen dieser Dissertation nicht zu sprengen, beziehen sich die Ergebnisse und Beschreibungen auf die Methodik des klassischen retrosigmoidalen Zugangs, welche im nachfolgenden Abschnitt beschrieben wird. Ein kurzer Ausblick zu weiteren Zugangsmodifikationen bzw. Erweiterungen des Zugangs findet sich im Diskussionsteil Abschnitt 5.1.

1.4 Ablauf des operativen Eingriffes und technische Details

Seit Jahrzehnten haben zahlreiche Autoren unterschiedlich komplizierte Methoden als Ergänzungen zum retrosigmoidalen Zugang beschrieben, um Pathologien im Bereich des KHBW sowie der petroclivalen Region zu erreichen, welcher darunter immer wieder Änderungen und Weiterentwicklungen erfahren hat. Der retrosigmoidale Zugang stellt einen der führenden Zugänge in der Chirurgie der hinteren Schädelgrube und einen vielseitig einsetzbaren Zugangsweg dar, da er eine hervorragende Visualisierung des Kleinhirnbrückenwinkels mit seinen Gefäßen und Hirnnerven, des Hirnstamms und des Meatus acusticus internus bietet. (Basma et al., 2021; DeMonte & Al-Mefty, 1993; Gulec et al., 2019) Um an die verschiedenen anatomischen Strukturen des Kleinhirnbrückenwinkels zu gelangen, sind dabei auch geringfügige Variationen bei Form, Platzierung und Größe der retrosigmoidalen Kraniotomie erforderlich (Perneckzy et al., 2008; Rosahl & Eßer, 2017). Dennoch findet sich ein standardisierter Ablauf wieder.

Lagerung

Die optimale Patientenpositionierung für laterale subokzipitale Zugänge ist immer wieder Inhalt kontroverser Diskussionen. Beschrieben sind sowohl eine sitzende oder halbsitzende Position, die Positionierung in Rückenlage sowie eine sogenannte Parkbankposition. (Ramina & Samii, 2008; Yaşargil, 1984) Diese bieten für die Freilegung der seitlichen hinteren Schädelgrube unterschiedliche Vor- und Nachteile. Die halbsitzende Position weist beispielsweise ein erhöhtes Risiko von Luftembolisationen und postoperativen Pneumocephali auf (Rosahl & Eßer, 2017). Die Positionierung des Patienten hat jedoch keinen besonderen Einfluss auf die chirurgischen Optionen, die der laterale subokzipitale Zugang bietet und richten sich letztlich nach Erfahrungen und den Vorlieben des Operateurs (Perneckzy et al., 2008). Am Klinikum rechts der Isar hat es sich bewährt, die Patienten fast ausschließlich in Rückenlage zu operieren, da es sowohl Komfort für den Patienten, aber auch für den Operateur, die OP-Schwester und das Anästhesie-Team bietet. Hierbei wird der Kopf um ca. 75-90 Grad auf die kontralaterale Seite gedreht und mit einer 3-Punkt-Mayfield-Klemme fixiert. Mit Verwendung eines Kissens oder einer Gelrolle zur Unterpolsterung der ipsilateralen Schulter kann durch die Drehung des Körpers bei Bedarf eine größere Seitendrehung des Kopfes ermöglicht werden. Dabei ist zu beachten, dass eine Unterrotation des Kopfes die Sichtbarkeit des KHBW einschränken kann, eine Über-

drehung des Kopfes jedoch das Risiko eines Venenverschlusses der V. jugularis interna am Hals birgt (Heller et al., 2018; Perneczky et al., 2008).

Neuromonitoring

Intraoperatives neurophysiologisches Monitoring (IONM) kann vor allem bei Operationen von Vestibularisschwannomen entscheidende Informationen für das postoperative funktionelle Ergebnis liefern (Prell et al., 2019). Dabei wird die motorische Funktion des Gesichtsnervs (N. facialis) durch Elektroden an der mimischen Muskulatur überwacht (Fazialis-EMG) (Yildiz et al., 2022) und über Ableitung akustisch evozierter Potentiale (AEP) via BERA-Monitoring die Hörfunktion (N. cochlearis) während der Operation überprüft (Matthies & Samii, 1997). Bei besonders großen Tumoren oder Pathologien im unteren Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels kann gegebenenfalls auch eine neurophysiologische Überwachung der kaudalen Hirnnerven geboten sein (Ramina & Samii, 2008). Eine detaillierte Erörterung der intraoperativen Überwachung der Nervenfunktionen übersteigt ebenfalls den Rahmen der Doktorarbeit und wird aus diesem Grund hier nicht weiter fortgeführt.

Zugang zur Läsion

Über präoperative bildgestützte Navigation werden sowohl der Sinus transversus als auch der Sinus sigmoideus bereits vor der ersten Inzision als Hauptbegrenzungen der Kraniotomie in ihrer Lage bestimmt und der operative Zugangsweg geplant (vgl. Abb. 5) (Gharabaghi et al., 2008). Intraoperativ stellt dann vor allem das Asterion als Schnittpunkt dreier Suturen die Landmarke des Übergangs der beiden Sinus dar, dessen Lage sich kranial über der tastbaren Spitze des Mastoids ermitteln lässt (Lang & Samii, 1991). Nach sterilem Einzeichnen erfolgt am Klinikum rechts der Isar eine C-förmige Hautinzision, ca. 2cm hinter der Ohrmuschel durch das Asterion laufend bis ca. 1-2 cm medial der Spitze des Processus Mastoideus (Ramina & Samii, 2008), um darauf einen zum Sinus sigmoideus hin gestielten Lappen zu bilden. Je nach Lage der Läsion kann die Ausdehnung der Schnittführung nach etwas weiter superior oder kaudal erfolgen (vgl. Abb. 5).

Als gängige Alternativen können die Hautinzisionen für einen retrosigmoidalen Zugang als umgekehrtes U, linear oder S-förmig gesetzt werden, wobei letztere beide Varianten ein erhöhtes Risiko einer Verletzung der A occipitalis und der Okzipitalnerven bergen. Die Muskeldissektion folgt danach der Schnittführung der Haut, um einen myokutanen Lappen bilden zu können (Rodriguez Rubio et al., 2021).

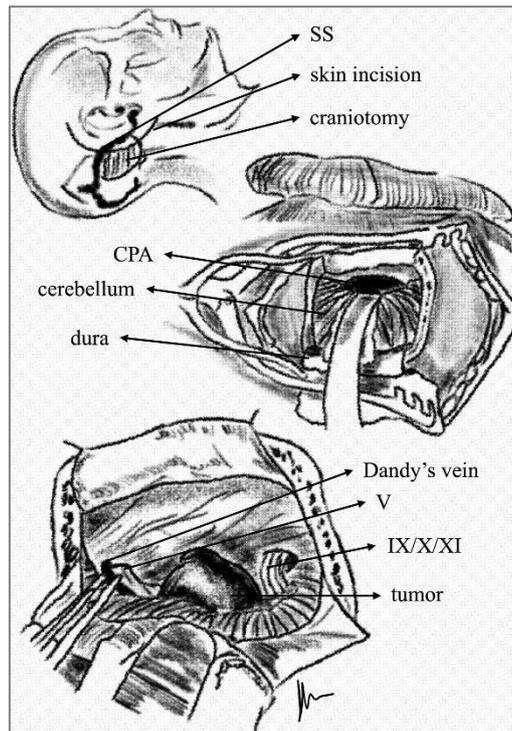


Abb. 5: Darstellung der C-förmigen Hautinzision und des Kraniotomiedefektes, dessen vorderer Rand sich unmittelbar hinter dem Sinus sigmoideus und knapp unterhalb des unteren Randes des Sinus transversus befindet. Nach Kraniotomie und Retraktion des Kleinhirns wird der Tumor im Kleinhirnbrückenwinkel sichtbar (mit freundlicher Genehmigung von Dr. Kaywan Aftahy).

Mit einem Hochgeschwindigkeitsbohrer werden darauf zunächst einzelne Bohrlöcher und anschließend eine Rinne durch den Schädelknochen gebohrt. Die Kraniotomie kann sowohl osteoplastisch, also mit Einsetzen des Knochendeckels am Ende der Operation, als auch osteoklastisch, ohne Replantation des Deckels, erfolgen (Antoniadis et al., 2021; Rosahl & Eßer, 2017). Sie wird dabei vom Sinus transversus am oberen Rand und dem Sinus sigmoideus am seitlichen Rand begrenzt (Ramina & Samii, 2008) und erstreckt sich ca. 3 bis 5 cm nach medial (Heller et al., 2018). Die Emissarvenen sowie Luftzellen des Mastoidknochens werden drauf mit Knochenwachs oder Fibrinkleber kontrolliert. Die Dura kann entlang des Sinus sigmoideus und Sinus transversus ebenfalls C-förmig eröffnet werden, so dass eine kleine Manschette zum Vernähen beim späteren Verschließen entsteht. (Samii et al., 1989) Alternativ dazu, aber seltener angewandt, kann eine Y- oder X-förmige Inzision der Dura erfolgen (Rodriguez Rubio et al., 2021). Nach Eröffnung der Dura folgt das Ablassen des Liquors aus der Cisterna magna durch Eröffnung der Arachnoidea und bringt eine deutliche Entspannung und ein Zurücksinken des Kleinhirns herbei, was durch die schwerkraftbegünstigende Rückenlage des Patienten unterstützt wird (Perneczky et al., 2008). Dies reduziert die Notwendigkeit einer übermäßigen Kleinhirnretraktion und damit das Risiko eines nachfolgenden Ödems. Anschließend wird ein Spa-

tel entlang der Kleinhirnhemisphäre angebracht, um den KHBW freizulegen (vgl. Abb. 5). Nun ist es entscheidend, zwischen dem Tumor und dessen umgebenden Strukturen die arachnoidale Grenzschicht aufzufinden und auch unter dem weiteren Präparieren stets zu verfolgen. Dafür wird der Tumor zunächst von intrakapsulär reduziert. (Rosahl & Eßer, 2017) Eine sorgfältige Identifizierung der Hirnnerven bereits zu Beginn der Operation ist dabei ausschlaggebend für die Erhaltung ihrer Funktion (Heller et al., 2018). Es folgt die Entfernung des Tumors gegebenenfalls mit Entfernung der hinteren Wand des Meatus acusticus externus oder aber bei Dekompression eines Gefäß-Nerven-Kontaktes das Einbringen eines Teflon-Patches zwischen Gefäß(-schlinge) und Nerv.

Verschluss des Defektes

Nach Beendigung des intrakraniellen Vorgehens und nach sorgfältiger Inspektion und Blutstillung wird die Dura wasserdicht verschlossen, teils mit xenogenen oder autogenen Faszien-Transplantaten bzw. Lappen sowie Fibrinkleber (Rodriguez Rubio et al., 2021; Samii & Matthies, 1997). Anschließend wird der Knochendefekt und das darüberliegende Weichgewebe wieder schichtweise verschlossen. Zum Verschließen des Trepanationsdefektes bieten sich dabei verschiedene Möglichkeiten der Kranioplastik an. Vorherrschend Anwendung fand am Klinikum rechts der Isar eine sogenannte Sandwichtechnik, bei welcher autologes Schädel-Knochenmehl zwischen Kollagenschwammschichten gelagert wird. Im Laufe der letzten Jahre wurde diese Art der Defektrekonstruktion zunehmend durch die Verwendung autologer Knochendeckel abgelöst. Deutlich seltener erfolgen Rekonstruktionen mithilfe von Titanmesh oder Palacos-Knochenzement.

2. Zielsetzung

Im Rahmen meiner Literaturrecherche über die biomedizinische Online-DatenBank PubMed fanden sich rund 1300 Beiträge zum retrosigmoidalen Zugang. Bei extendierter Suche fiel jedoch schnell auf, dass nahezu alle Artikel darunter lediglich eine einzelne Tumorentität beleuchten. Allen voran findet man Fallstudien zum im Kleinhirnbrückenwinkel vorherrschenden Vestibularisschwannom (Agarwal et al., 2013), seltener zu KHBW-Meningeomen oder anderen Tumoren der hinteren Schädelbasis. Die Anzahl der in PubMed verfügbaren Beiträge reduziert sich deutlich, filtert man die Suche auf ergänzende Stichworte wie „outcome“, „long-term outcome“, „technical aspects“, „extend of approach“ oder deren sinngemäße Alternativen. Im Rahmen der Betrachtung von intraoperativen Abläufen und technischen Details beziehen sich die Beiträge in fast allen Fällen nur auf singuläre Aspekte wie Patientenlagerung oder Neuromonitoring, in Bezug auf das Outcome meist auf einzelne Läsionen von Hirnnerven oder deren Funktionserhalt, dabei zeitlich gesehen überwiegend auf die umgehend postoperative Phase und selten in Form einer Langzeitkontrolle. Auch zu erwähnen ist die eher geringe Fallzahl der meisten Studien, da oft nur sehr ausgesuchte Tumorformen, sei es in Größe, Lokalisation oder neurologischen Auswirkungen, in die Studien aufgenommen wurden.

Ziel dieser Doktorarbeit ist es nun, eine möglichst große Serie von Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang zu untersuchen. Daraus ergibt sich ein heterogenes Kollektiv in Bezug auf die Pathologie und Tumorentität. Ich habe im Rahmen dieser Doktorarbeit alle im Zeitraum von Januar 2007 bis September 2020 über den retrosigmoidalen Zugang behandelten Pathologien miteinbezogen, da sich diese Arbeit mehr auf die mit dem operativen Vorgehen verbundenen Befunde und weniger auf die onkologischen Ergebnisse konzentriert. Mit Blick auf die zugangsbedingten Komplikationen habe ich mich entschieden, nicht nur Tumore zu betrachten, sondern auch neurovaskuläre Kompressionssyndrome und entzündliche Entitäten miteinzubeziehen, da die Zugangstechniken absolut vergleichbar waren und diese Arbeit vor allem die Untersuchung des zugangsbedingten Outcomes der Patienten in den Fokus stellt.

Durch die Fokussierung auf operationstechnische Aspekte möchte ich sowohl die Notwendigkeit des Ausmaßes des Zugangs beleuchten, als auch die mit dem Zugang verbundenen Komplikationen, den chirurgischen Erfolg und das postoperative Ergebnis. Anhand der Evaluierung der prä-, intra- und postoperativen Daten soll untersucht werden,

ob gewisse Leitlinien aufgestellt werden können, um die perioperative Morbidität und so das Outcome der Patienten zu verbessern.

Das im Rahmen dieser Dissertation analysierte Kollektiv umfasst 540 Eingriffe, welche über eine Zeitspanne von bis zu 12,5 Jahren nach OP im Rahmen von standardisierten Nachsorgeprotokollen untersucht wurden. Somit berechtigt es dazu, Langzeitergebnisse im Hinblick auf das therapiebezogene Outcome der operierten Patienten darzustellen. Darüber hinaus soll diese Arbeit als Übersichtsarbeit zu einem vorherrschenden Zugang zur hinteren Schädelbasis an einem großen neurochirurgischen Universitätszentrum fungieren.

3. Material und Methode

Bei der durchgeführten Studie handelt es sich um eine nicht-interventionelle, retrospektive und monozentrische Studie der Abteilung für Neurochirurgie des Klinikums rechts der Isar. Dabei wurden die klinischen Dokumentationen, neuropathologischen Aufzeichnungen sowie entsprechende prä- und postoperative Bildgebungen von Patienten ab 18 Jahren, die sich zwischen Januar 2007 und September 2020 einer Schädelbasis-Operation über den retrosigmoidalen Zugang unterzogen hatten, untersucht. Die lokale Ethikkommission der Technischen Universität München, Fakultät für Medizin, hat die Studie geprüft und genehmigt (231/20 S-EB). Sie wurde in Übereinstimmung mit den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki von 1964 und ihren späteren Änderungen durchgeführt (World Medical Association, 2013).

3.1 Erhebung patientenbezogener Daten

Als Grundlage für die folgende statistische Auswertung erfolgte die Datenerhebung im Rahmen einer Analyse der klinikinternen, elektronischen und SAP-basierten Patientenakten (SAP GUI for Windows 2018). Zuvor wurden die passenden Patientenfälle anhand einer klinikinternen neurochirurgischen Datenbank, welche patienten- und therapiebezogene Daten enthält und welche von Forschungsgruppen der neurochirurgischen Abteilung des Klinikums rechts der Isar erstellt wurden, aus über 10.000 Fällen herausgefiltert. Im Anschluss erfolgte zuerst der Ausschluss einer Mehrfachnennung in SAP und darauf die detaillierte Fallanalyse und Datensammlung. Final konnten 540 Eingriffe bei 517 Patienten in das Kollektiv dieser Arbeit aufgenommen werden.

Als patientenbezogene Daten wurden das Geschlecht sowie das Alter des Patienten zum Operationszeitpunkt erhoben. Um allgemeingesundheitliche Risikofaktoren mitzuerfassen, wurden Informationen über den Konsum von Nikotin, Alkohol und Drogen, die Einnahme blutverdünnender sowie immunsuppressiver Medikamente sowie das Vorliegen einer für den Operations- bzw. den Heilungsverlauf bedeutenden Vorerkrankung aufgenommen (s. Tab.2).

Vorerkrankungen	Darunter erfasste Erkrankungen
Kardiovaskuläre Erkrankung (KVE)	<ul style="list-style-type: none"> - arterielle Hypertonie - periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) - koronare Herzerkrankungen (KHK) - abgelaufene Myokardinfarkte - abgelaufener Apoplex/transitorisch ischämische Attacke (TIA) - Arteriosklerose bzw. Carotisstenose - Herzrhythmusstörungen - Herzklappenerkrankungen - Chronisch venöse Insuffizienz
Stoffwechselerkrankung (SE)	<ul style="list-style-type: none"> - Diabetes mellitus - Hypercholesterinämie - Hyperlipidämie - Adipositas
Onkologische Vorerkrankung (OV)	<ul style="list-style-type: none"> - maligne Tumorerkrankungen - benigne Tumorerkrankungen im Bereich des ZNS
Gerinnungsstörung (GS)	<ul style="list-style-type: none"> - Von-Willebrand-Syndrom - Faktor-V-Leiden-Mutation - Hämophilie A und B - Thrombozytopathien - Leberzirrhose mit verschobenen Blutwerten - Polycythaemia vera

Tab. 2: Übersicht der in der statistischen Auswertung berücksichtigten Vorerkrankungen

Um den präoperativen Zustand des Patienten beschreiben zu können, wurde die klinische Patientenakte auf die ASA-Klasse des Patienten, den Karnofsky Performance Status Scale (KPSS) zum Aufnahmezeitpunkt, präoperative neurologische Symptome sowie die Dauer deren Bestehens untersucht. Bei den präoperativen Symptomen wurden sowohl gesamtneurologische, also beispielsweise durch Kompression des Hirnstamms oder erhöhten Hirndruck bedingte, als auch hirnervenbezogene Symptome erfasst. Das Symptom "Schwindel/Gleichgewichtsstörungen" kann sowohl dem 8. Hirnnerven (N. vestibularis) jedoch auch zentralen Beeinträchtigungen im Bereich des Hirnstamms und des Kleinhirns zugeordnet werden und wurde deshalb nicht zu den rein hirnervenbezogenen Symptomen hinzugezählt (Strupp et al., 2013). Zur Beschreibung von Fazialisparesen, also vor allem Lähmungen der mimischen Gesichtsmuskulatur, hat sich die Klassifizierung nach House-Brackmann durchgesetzt (s. Tab. 3), welche auch bei dieser Studie angewendet wurde.

Da nicht bei allen Patienten standardmäßig eine tonaudiometrische Untersuchung durchgeführt wurde, wurde bei Patienten, bei welchen ein zu operierendes Vestibularisschwannom vorlag, die prä- bzw. postoperative Hörminderung in useful- und non-useful-hearing eingeteilt. Dazu wurden die Patienten nach der Fähigkeit des Telefonierens auf dem Ohr der betroffenen Seite gefragt.

HB-Grad	Beschreibung
I	Normale Funktion aller innervierten Bereiche
II	Geringe Schwäche bei genauer Betrachtung, minimale Bewegungsstörung
III	Offensichtliche Schwäche, beginnende Asymmetrie, kompletter Lidschluss nur mit Anstrengung möglich
IV	Offensichtliche Asymmetrie, inkompletter Lidschluss
V	Restbewegungen
VI	Vollständige Paralyse

Tab. 3: Graduierung von Fazialispareesen durch die House-Brackmann-Klassifikation (House & Brackmann, 1985)

Als ASA-Klassifikation (vollständig ASA Physical Status Classification System) wird eine weltweit verbreitete Risikoklassifikation zur Einteilung von zu operierenden Patienten nach ihrer OP- und Narkosefähigkeit bezeichnet. Die Einteilung wurde durch die American Society of Anesthesiologists entwickelt. (Böhmer et al., 2021) Eine Kurzfassung ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

ASA-Klasse	Definition
I	Normal gesunder Patient
II	Patient mit milder systemischer Erkrankung
III	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung
IV	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung, die konstant lebensbedrohlich ist
IV	Moribunder Patient, der voraussichtlich ohne operativen Eingriff nicht überleben wird
VI	Hirntoter Patient; Operation erfolgt zur Organentnahme

Tab. 4: Klassifizierung nach ASA (American Society of Anaesthesiologists, 2020)

Der Karnofsky Performance Status Scale (KPSS) oder Karnofsky-Index beschreibt den körperlichen Zustand im Hinblick auf die Lebensqualität und Einschränkungen im Alltag bei onkologischen Patienten mit malignen Tumoren. Die durch den Index betrachteten Umstände können jedoch bei jedem Patienten erfragt werden und sind Teil der standardisierten Untersuchungsprotokolle am Klinikum rechts der Isar. Deshalb wurde der Index im Fall dieser Studie ebenso für Patienten mit benignen Tumoren bzw. anderen nicht-onkologischen intrakraniellen Läsionen erhoben, um für die statistische Auswertung vergleichbare Werte zu generieren und somit entitätsübergreifende Aussagen zum postoperativen Outcome und der Morbidität treffen zu können. (Schiavolin et al., 2018) Die Karnofsky-Skala reicht von 100 Prozent (Patient ohne Einschränkungen) bis 0 Prozent (toter Patient). Die Einstufung erfolgt in 10er-Schritten (s. Tab. 5).

Karnofsky-Index (%)	Definition
100	Normaler Gesundheitszustand; keine Beschwerden; keine Zeichen einer Erkrankung
90	Normale Aktivität möglich; kaum bis milde Symptome
80	Normale Aktivität mit Anstrengung möglich; deutliche Symptome
70	Selbstversorgung möglich; normale Aktivität oder Arbeit nicht möglich
60	Auf gelegentliche Hilfe angewiesen; Selbständigkeit in den meisten Bereichen
50	Häufige Inanspruchnahme von Hilfe und medizinischer Versorgung
40	Behinderung; qualifizierte Hilfe notwendig
30	Schwere Behinderung; Hospitalisation notwendig
20	Schwere Krankheit; Intensiv medizinische Versorgung notwendig
10	Moribund; körperlicher Verfall unaufhaltsam
0	Tod

Tab 5.: Definition des Karnofsky Performance Status Scale (Karnofsky et al., 1948)

Bei Patienten, die sich dem Eingriff aufgrund einer Trigeminalneuralgie unterzogen haben, wurde ebenfalls notiert, ob bis zum Operationszeitpunkt Antikonvulsiva und/oder Analgetika eingenommen wurden.

3.2 Erhebung tumorbezogener Daten

Im Rahmen der Datenerhebung wurde bei onkologischen Patienten die Tumorentität, das Tumolvolumen, die betroffene Seite, das Vorliegen einer Erstdiagnose oder eines Rezidivs sowie der WHO-Grad betrachtet. Handelte es sich um ein Tumorrezidiv, wurde darüber hinaus auch die Dokumentation der Vorbehandlung(-en) durchgeführt, also ob vor der Operation bereits eine Radiotherapie, Chemotherapie und/oder operative Resektion stattgefunden hat.

Die Einteilung der Tumore nach WHO-Graden beruht dabei auf der Klassifikation der Tumore des Zentralen Nervensystems durch die World Health Organisation (s. Tab. 6). Deren Graduierung erfolgt nach histologischen, immunhistochemischen sowie seit 2016 auch molekularpathologischen Eigenschaften des Tumors und liegt seit 2021 in der 5. Auflage vor. Die Rolle molekularer Biomarker nimmt in der 5. Einteilung zu. Allgemein spielt der Grad des Tumors eine wichtige Rolle bei der Auswahl der postoperativen Therapie und für die Prognose des Patienten. (Louis et al., 2007, 2021)

WHO-Grad	Beschreibung des Tumors
I	Benigner Tumor, Heilung durch operative Resektion
II	Benigner Tumor jedoch mit infiltrativem bis destruirendem Wachstum, erhöhte Rezidivneigung, Neigung zur malignen Entartung, bei erfolgreicher Therapie normale Lebenserwartung
III	Maligner Tumor, reduzierte Lebenserwartung
IV	Hochmaligner Tumor, deutlich reduzierte Lebenserwartung, häufig keine effektive Therapie möglich

Tab. 6: Einteilung von Gehirn- und Rückenmarkstumoren nach WHO-Grad (Louis et al., 2016)

Ergänzend wurden die Unterlagen im Hinblick auf eine mögliche Syndrom-Assoziation des Tumors untersucht. Dabei wurde das Vorliegen einer Neurofibromatose Typ 2 sowie eines Von-Hippel-Lindau-Syndroms bei der späteren Auswertung miteinbezogen. Die Erklärung der beiden syndromalen Erkrankungen finden sich im Abschnitt 1.2.1.

Metastasen, welche im definierten Zeitraum über den retrosigmoidalen Zugang entfernt wurden, wurden nach ihrem Primarius sowie zusätzlich nach ihrem Auftreten in solitär, singulär und multiple unterteilt. Dabei versteht man unter einer solitären Metastase eine einzeln auftretende und ausschließlich im Gehirn befindliche Metastase bei fehlender Absiedlung weiterer Metastasen im restlichen Körper. Eine singuläre Metastase bezeichnet eine einzelne Metastase im Gehirn, jedoch mit zusätzlichen weiteren Metastasen mit Lokalisation in anderen Organen. (Schackert, o. J.) Multiples Auftreten der Metastasen beschreibt Fälle, bei welchen mehrere Metastasen im Gehirn vorlagen.

Zu den radiologischen Ergebnisparametern gehört im Hinblick auf die Tumorbeschreibung die Einteilung nach der anatomischen Lage des Ursprungs bei Meningeomen bzw. nach Ausbreitung im Kleinhirnbrückenwinkel bei Vestibularisschwannomen. Diese erfolgte anhand einer präoperativen kranialen 3,0-T-Magnetresonanztomographie (MRT). Unter Betrachtung der axialen Schnittebene T1-gewichteter und kontrastmittelbasierter Datensätze (Seifert & Basiouni, 2010) wurden dazu Meningeome und Vestibularisschwannome nach den in Abschnitt 1.2.1 beschriebenen Klassifikationen nach Desgeorges & Sterkers, Yasargil bzw. nach der Hannover-Klassifikation unterteilt.

Die Vermessung der Tumorumfänge erfolgte mit dem Programm Origin-Software (Brainlab, Version 3.1, BrainlabAG, München, Deutschland) unter Verwendung von T1-Sequenzen mit und ohne Kontrastmittel. Dabei wurde über die Funktion „Smart Brush“ eine zweidimensionale manuelle Konturen-Markierung des Tumors in drei verschiedenen Ebenen (axial, sagittal, coronal) in einer unmittelbar präoperativen MRT-Bildgebung durchgeführt. Darauf basierend errechnet das Programm das Tumorumfang in Kubikzentimetern (s. Abb. 6).

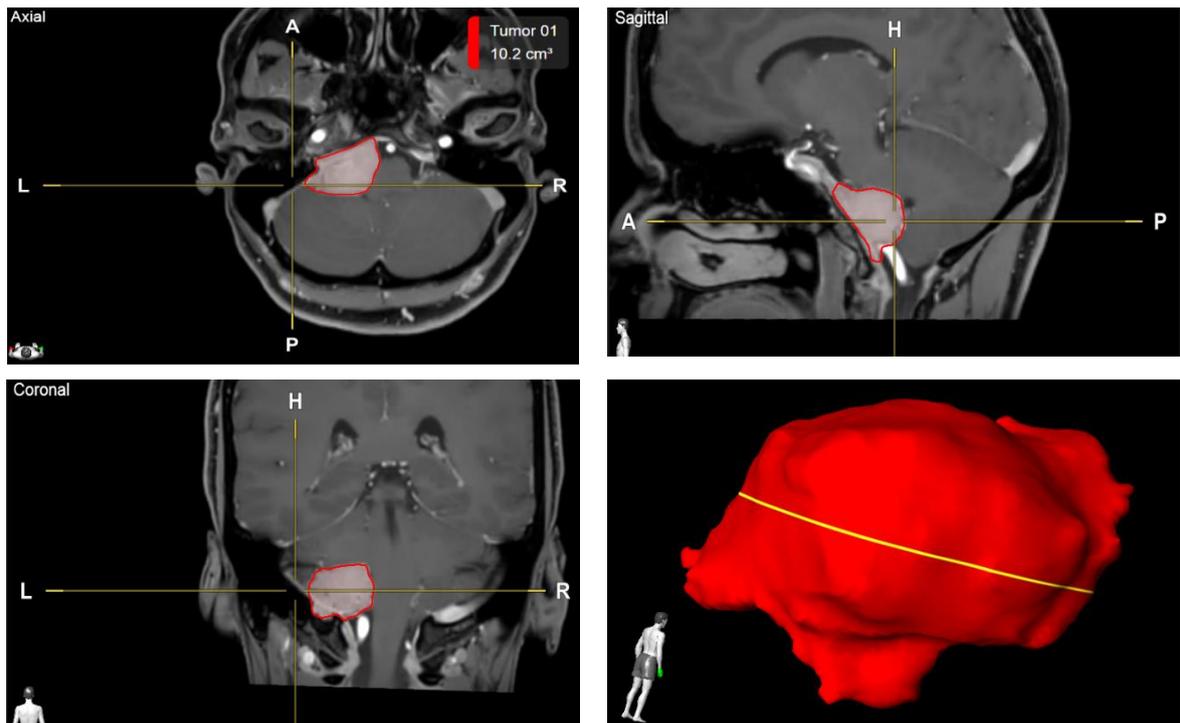


Abb.6 : Tumolvolumenvermessung via Origin Server 3.1 der Firma Brainlab (Origin Server 2018) in 3 Ebenen (axial, sagittal und coronal) sowie die dreidimensionale Darstellung des Tumors (unten rechts)

3.3 Erhebung operationsbezogener Daten

Für die retrospektive Ermittlung der Größe des Knochendefektes, welcher für den Zugang gesetzt wurde, wurden postoperative Bildgebungen analysiert. Die Vermessung der Fläche des Kraniotomiedefektes im Schädelknochen erfolgte mit dem Programm Sectra Workstation IDS7 (Sectra Workstation 2020) an bereits vorhandenen MRT-Bildern der Patienten. Unter der Voraussetzung, dass mehrere postoperative MRT-Datensätze vorlagen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden, war es bei der Wahl des Datensatzes wichtig, einen möglichst nicht unmittelbar nach der Operation erstellten Bildsatz zu verwenden, um das Auftreten von Artefakten (beispielsweise durch Ödeme) möglichst gering zu halten und so die Grenzen möglichst exakt bestimmen zu können. Darüber hinaus empfahl es sich, Sequenzen für die Vermessung auszuwählen, welche in T1-Wichtung sowie mit Kontrastmittel und Fettsättigung gefahren wurden. Um einen dreidimensionalen Eindruck des Kraniotomiedefektes zu erhalten, wurde dieser zunächst in zwei zweidimensionalen Ansichten - axial und coronal - mit einem aus den jeweiligen zwei anderen Ebenen bestehenden Fadenkreuz markiert.

In der sagittalen Ansicht (auf den nachfolgenden drei Screenshots (s. Abb. 7) jeweils links oben zu sehen) erscheint der Defekt darauf in annähernd dreidimensionaler Darstellung, welcher mit einem ROI-Flächenmessungs-Instrument im größten Durchmesser in Quadratmillimetern bestimmt werden konnte.

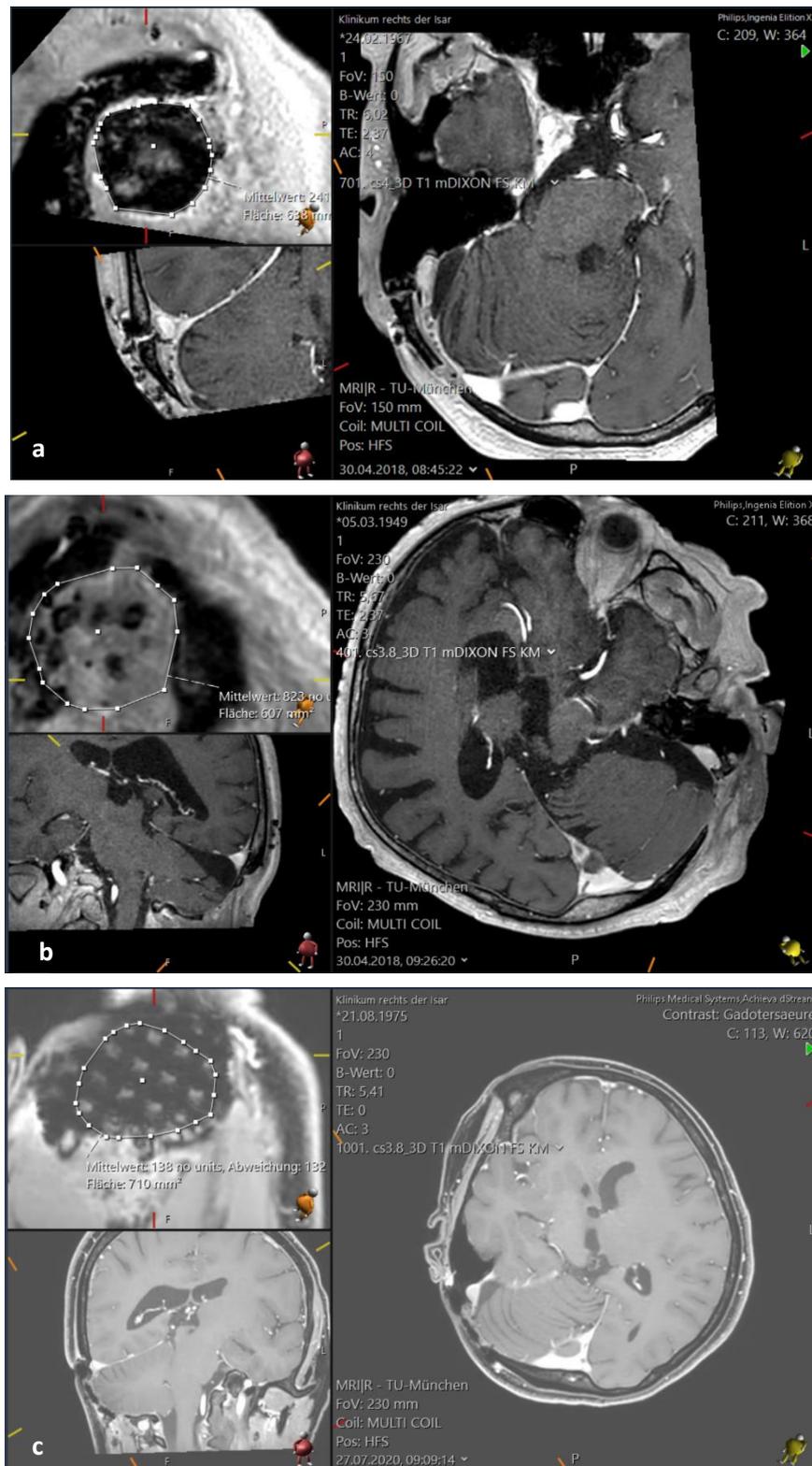


Abb.7: Vermessung des Kraniotomiedefektes via Sectra Workstation IDS7 (Sectra Workstation 2020) bei Rekonstruktion des Defektes mit a) einem Knochendeckel, b) in Sandwich-Technik und c) mit Titanmesh

Zusätzlich wurde die Art der Kraniotomie, die Rekonstruktion des Knochendefektes nach Beendigung des operativen Eingriffs und aufgetretene Besonderheiten beim operativen Zugang zur Läsion erfasst. Ebenso Eingriffe, welche zweizeitig, also in zwei mit zeitlichem Abstand geplanten und stattfindenden Operationen durchgeführt wurden. Eine Kraniotomie konnte dabei sowohl osteoplastisch, also mit Einsetzen des Knochendeckels am Ende der Operation, als auch osteoklastisch in Form einer Kraniektomie, ohne Replantation des Deckels, erfolgen (Antoniadis et al., 2021; Rosahl & Eßer, 2017). Die Erläuterung der Rekonstruktionsmöglichkeiten findet sich im Abschnitt 1.4.

3.4 Erhebung postoperativer und Outcome-bezogener Daten

Für die Erhebung der postoperativen Daten wurde überlegt, welche Variablen Einfluss auf ein gutes neurochirurgisches Outcome des Patienten nehmen. Dazu zählen in erster Linie der Resektionsgrad, der postoperative Karnofsky-Index (KPSS), postoperative Komplikationen mit ggf. notwendigen Revisionen, neue permanente neurologische Defizite sowie die Verbesserung präoperativer neurologischer Symptome.

Zusätzlich wurde auch die Verschlechterung der präoperativen Symptome, die Liegedauer in Tagen sowie die Follow-Up-Zeit in Monaten, also der Zeitraum, in welchem Nachuntersuchungen ab Entlassung des Patienten durchgeführt wurden, erhoben, um den Gesundheitszustand des Patienten im Verlauf, also die vom Entlassungszeitpunkt bis zum Auswertungszeitpunkt jüngste Untersuchung in der neurochirurgischen Ambulanz, zu erfassen. Als postoperativer KPSS wurde der KPSS-Wert dokumentiert, welcher dem Zustand des Patienten bei soeben beschriebener letzter Vorstellung entsprach. Ebenso wurde der Zustand des Patienten zu diesem Zeitpunkt für die Bewertung einer dauerhaften Verbesserung oder Verschlechterung präoperativ vorhandener neurologischer Symptome herangezogen. Neue postoperativ auftretende Defizite wurden als permanent definiert, wenn sie bis zur letzten zum Auswertungszeitpunkt vorliegenden Nachuntersuchung beim Patienten fortbestanden.

Der Resektionsgrad wurde im Erreichen einer durch MRT bestätigten und/oder intraoperativ makroskopisch vollständigen Tumorentfernung auch als gross total resection (GTR) bezeichnet. Im Fall der Meningeome wurde der Resektionsgrad durch den entsprechenden Simpson-Grad (s. Tab. 7) beschrieben. Das Ergebnis im Rahmen der bildgebungsbasierten Verlaufskontrollen überwog dabei den intraoperativen makroskopischen Befund. Dieser wurde verwendet, falls keine Angaben zu postoperativen Bildgebungen vorlagen. Als vollständig reseziert wurden Tumore mit Simpson-Grad I und II oder einer erreichten GTR definiert. (Han et al., 2020; Kramm et al., 2006; Simpson, 1957)

Simpson Grad	Bedeutung
I	Makroskopisch vollständige Entfernung inklusive Entfernung des Duraansatzes
II	Makroskopisch vollständige Entfernung inklusive Koagulation des Duraansatzes
III	Makroskopisch vollständige Entfernung des Tumors ohne Koagulation des Duraansatzes
IV	Unvollständige Entfernung
V	Dekompression des Tumors mit und ohne Biopsie

Tab. 7: Einteilung des Resektionsgrades bei Meningeomen nach Simpson (Simpson, 1957)

Die postoperativen Komplikationen, durchgeführte Reinterventionen und unerwünschte Ereignisse wurden einzeln erhoben sowie zusätzlich gemäß der Clavien-Dindo-Skala (CDC) zusammengefasst. Für die statistische Auswertung wurden rein zugangsbedingte Komplikationen in den Berechnungen berücksichtigt. Als postoperative Komplikationen wurde das Auftreten von Nachblutungen, von Liquorlecks bzw. Liquorfisteln, von Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen, von Sinusvenenthrombosen (SVT), von intrakraniellen Abszessen, von Meningitiden, von Ischämien bzw. Infarktarealen sowie die Entwicklung eines Hydrocephalus zur Gesamtkomplikationsrate hinzugezählt.

Zur Beurteilung des Schweregrades der postoperativen Komplikationen wurde die Clavien-Dindo-Klassifikation herangezogen, deren Unterteilung sich dabei auf die benötigte Therapie zur Behandlung dieser Komplikationen stützt (Dindo et al., 2004) (s. Tab. 8). Für die hier durchgeführte Studie wurde auf die weitere Unterteilung des Grades IV in Dysfunktion eines einzelnen Organs (Grad IVa) sowie Dysfunktion multipler Organe (Grad IVb) verzichtet.

Grad	Definition
I	Jegliche Abweichung vom normalen postoperativen Verlauf ohne Notwendigkeit der pharmakologischen, chirurgischen, endoskopischen oder radiologischen Intervention Erlaubt sind Therapien mit Antiemetika, Antipyretika, Analgetika, Diuretika und Elektrolyte, Physiotherapie sowie Wundbehandlung am Patientenbett.
II	Komplikationen, die einer pharmakologischen Therapie mit anderen Medikamenten als den oben genannten bedürfen - eingeschlossen Bluttransfusionen und parenteraler Ernährung
III	Komplikationen, die einer chirurgischen, endoskopischen oder radiologischen Intervention bedürfen
IIIa	Ohne Vollnarkose
IIIb	Mit Vollnarkose
IV	Lebensbedrohliche Komplikationen, die intensivmedizinisch behandelt werden müssen, einschließlich ZNS-Komplikationen
V	Tod

Tab. 8: Klassifikation postoperativer Komplikationen nach Clavien-Dindo (Dindo et al., 2004)

Im Rahmen der Follow-Up-Untersuchungen wurde anhand von MRT-Bildgebungen sowie neuroradiologischen Berichten das Vorliegen oder der nachweisliche Progress verbliebener Tumorreste oder die Entwicklung eines Rezidivs nach zunächst vollständiger Resektion untersucht und dokumentiert. Erfolgte im Anschluss an die Tumorsektion oder bei Progress bzw. Rezidiv eine adjuvante Behandlung im Sinne einer postoperativen Chemotherapie, einer chirurgischen Revision oder postoperativen Form der Radiotherapie, so wurde dies ebenfalls erfasst.

3.5 Auswertung der Daten

Die statistische Analyse, einschließlich der deskriptiven Datenanalyse, wurde mit IBM SPSS Statistics Version 26.0 (SPSS Inc., IBM Corp., Armonk, NY, USA) durchgeführt. Die Patientendaten wurden dabei auf absolute und relative Häufigkeit, Mittelwert, Standardabweichung, Median sowie Maximum und Minimum untersucht. Die Gesamtraten wurden als die Anzahl der Ereignisse geteilt durch die Anzahl der Patienten bzw. durch die Anzahl der Patienten, zu welchen Informationen zur jeweiligen Fragestellung vorlagen, definiert. Da es sich um eine retrospektive Datenauswertung handelt, konnten lediglich die vorhandenen dokumentierten Informationen verwendet werden. Nicht vorhandene Daten bei einzelnen Fragestellungen wurden als fehlende Angaben registriert und das Kollektiv damit bei jeder Fragestellung über das Herausfiltern ungültiger Fälle mit SPSS individuell angepasst.

Der nichtparametrische Spearman-Rangkorrelationstest wurde zur Untersuchung der Beziehungen zwischen stetigen Variablen verwendet. Für ordinalskalierte oder intervallskalierte Variablen wurden nichtparametrische Mann-Whitney-U-Tests zur Untersuchung auf Gruppenunterschiede verwendet. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson diente dabei zur Effektstärkenberechnung. Proportionen und Zusammenhänge wurden mit der Chi-Quadrat-Statistik oder, wenn der Stichprobenumfang nicht ausreichte, dem Fisher-Test analysiert. Als Test auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test verwendet. $p < 0,05$ wurde als signifikant angesehen. (Bender & Lange, 2007; Bortz & Schuster, 2010; Schwarz & Bruderer Enzler, 2018)

Für die Auswertung der Daten wurden die Fälle pseudonymisiert. Patientendaten, wie Name oder Geburtsdatum, wurden durch einen Identifizierungscode ersetzt.

4. Ergebnisse

4.1 Gesamtkollektiv

4.1.1 Deskriptive statistische Auswertung

4.1.1.1 Patientenbezogene Daten

Tabelle 9 enthält detaillierte demografische und klinische präoperative Informationen, die zusätzlich nach den einzelnen Entitäten unterteilt sind und die die klinischen Symptome der jeweiligen Pathologie widerspiegeln.

Kollektiv

Diese Dissertation umfasst ein Kollektiv von n=540 Eingriffen an 517 Patienten im Alter von mindestens 18 Jahren, welche sich im Zeitraum zwischen Januar 2007 und September 2020 einem Eingriff über den retrosigmoidalen Zugang am Klinikum rechts der Isar unterzogen haben. 204 (37,8%) der Eingriffe wurden an männlichen und 336 (62,2%) an weiblichen Patienten durchgeführt. Das mediane Alter zum Operationszeitpunkt betrug 57,6 Jahre bei einer Altersspanne von 19 bis 90 Jahren.

Allgemeingesundheitliche Risikofaktoren

Bei 63 (12,6%) Eingriffen gaben die Patienten an, regelmäßig Nikotin, Alkohol oder Drogen zu konsumieren. Als genannte Droge fand sich dabei ausschließlich Cannabis. In 15,5% (77) der Fälle nahmen die Patienten blutverdünnende und in 5,2% (26) immun-supprimierende Medikamente ein. Da es sich bei den von uns analysierten Operationen, wie vorausgehend beschrieben, fast ausschließlich um elektive Eingriffe handelte, wurden die Medikamente nach aktuellen Leitlinien bzw. nach Absprache mit dem verordnenden Haus- oder Facharzt präoperativ abgesetzt sowie postoperativ pausiert. Bei 215 (43,3%) Fällen lag zum Operationszeitpunkt zudem eine kardiovaskuläre Vorerkrankung, bei 138 (27,2%) eine onkologische Vorerkrankung, bei 14 (2,8%) eine Störung der Blutgerinnung und bei 78 (15,4%) eine Stoffwechselerkrankung vor.

Präoperativer Zustand der Patienten

Die zu operierenden Patienten wurden bei oder kurz vor ihrer stationären Aufnahme neurologisch untersucht und zu ihren präoperativen Symptomen befragt. Die Symptome wurden dabei in gesamtneurologische sowie hirnervenbezogene Symptome unterteilt und die Dauer ihres Bestehens erfasst. Bei 42,5% der Fälle lagen die Symptome dabei bereits länger als 12 Monate vor. Eine Übersicht der präoperativen Symptome ist in Abbildung 8 dargestellt.

Schwindel und Gleichgewichtsstörungen (42,7%), Gangunsicherheit (21,2%), Kopfschmerzen (18,9%) sowie Formen von cerebellären Dysfunktionen (13,5%) waren häufige gesamtneurologische Symptome. Als cerebelläre Dysfunktionen wurden die Funktionsstörungen des Kleinhirns mit Symptomen wie Stand- und Gangataxie, Dysarthrie, Dysmetrie, Dysdiadochokinese, Nystagmus, Feinmotorikstörungen sowie eine schwindelunabhängige Fallneigung zusammengefasst.

Bei den hirnervenbezogenen Symptomen waren eine präoperative Hörminderung (36,5%), Gesichtsschmerzen (17,1%), Trigeminiushyp-, -par- und -dysästhesien (14,4%), Tinnitus (13,7%) sowie Fazialisparesen (10,2%) am häufigsten vorzufinden. Im Folgenden werden Störungen des N. trigeminus im Gesichtsbereich in Form von Hyp-, Par- und Dysästhesien einfachheitshalber meist als Trigeminiushypästhesien zusammengefasst. Am häufigsten fanden sich hier Störungen im Bereich des zweiten Trigeminiustastes N. maxillaris (V2) (45,0%). Bei den Fazialisparesen lag am häufigsten House-Brackmann-Grad 2 vor (41,8%).

Bei 30 Eingriffen (5,6%) zeigten sich die Patienten präoperativ vollständig asymptomatisch. Ihre Tumordiagnosen erfolgten als Zufallsbefund im Rahmen anderer Beschwerden im Bereich der oberen Halswirbelsäule, Traumata im Kopf- und Nackenbereich, einer Migräneabklärung oder Kiefergelenksbeschwerden und aufgrund dessen durchgeführten Bildgebungen. Bei anderen Patienten konnten hingegen zwischen einem und 9 verschiedene Symptome vorgefunden werden.

Der mediane Karnofsky-Index lag präoperativ bei 90. Die Spanne reichte dabei von 20 bis 100. Die mediane ASA-Klasse der zu operierenden Patienten lag bei II, wobei 88 (16,4%) einer Klasse I, 359 (67,1%) einer Klasse II, 86 (16,1%) einer Klasse III und lediglich 2 Patienten (0,4%) einer ASA-Klasse IV zugeordnet wurden (n=535).

Patienten mit Trigeminusneuralgie nahmen in 95,6% (66) der Fälle zum Operationszeitpunkt Antikonvulsiva und/oder Analgetika. (n=69)

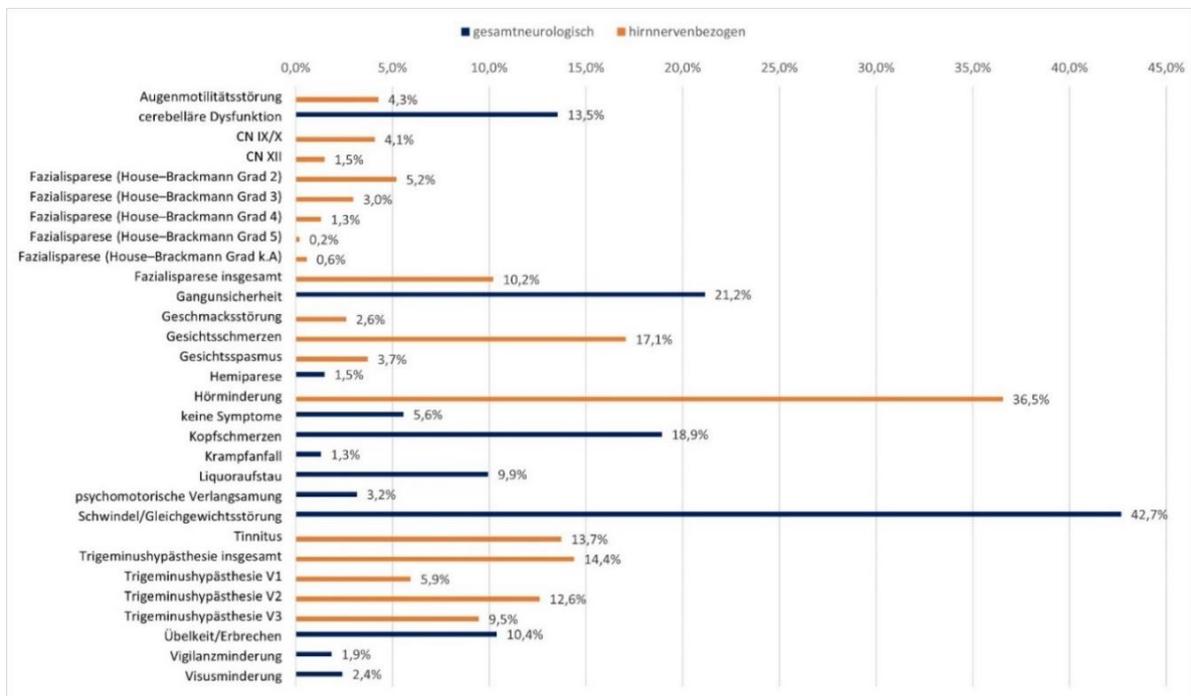


Abb.8: Übersicht über die präoperativen Symptome unterteilt in gesamtneurologisch (blau) und hirnnervenbezogen (orange)

	Epidermoidzyste		Hämangioblastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Vestibularis-schwannom		Total			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Alter (in Jahren)	15		9		9		157		49		14		36		71		180		540			
Mean	50,2		49,33		56		60,27		62,67		56,43		51,44		61,9		54,5		57,56			
SD	11,827		19,281		13,766		14,081		13,375		18,308		17,849		13,756		15,137		15,167			
Minimum	28		27		24		21		27		23		21		19		20		19			
Median	53		48		58		62		64		64		52,5		63		56		59			
Maximum	73		89		71		90		90		84		85		86		82		90			
Geschlecht	8	53,3%	5	55,6%	4	44,4%	39	24,8%	20	40,8%	7	50,0%	18	50,0%	29	40,8%	74	41,1%	204	37,8%	37	6,2%
Kardiovaskuläre Vorerkrankungen	7	46,7%	4	44,4%	5	55,6%	118	75,2%	29	59,2%	7	50,0%	18	50,0%	42	59,2%	106	58,9%	336	62,3%	62	11,3%
Onkologische Vorerkrankungen	3	21,4%	4	44,4%	4	44,4%	74	50,3%	17	34,7%	8	61,5%	10	28,6%	33	47,1%	62	37,8%	215	42,3%	15	2,8%
Gerinnungsstörungen	2	14,3%	3	33,3%	0	0,0%	32	21,8%	48	98,0%	4	30,8%	0	0,0%	11	15,7%	28	17,0%	138	27,2%	5	0,9%
Stoffwechselerkrankungen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	8	5,6%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	5	3,0%	14	2,8%	0	0,0%
Nikotin-/Alkohol-/Drogenabusus	3	21,4%	1	11,1%	2	33,3%	31	21,1%	7	14,3%	4	30,8%	2	5,7%	10	14,3%	18	10,9%	78	15,4%	14	2,8%
ASA-Klasse	3	21,4%	1	11,1%	1	11,1%	19	13,1%	4	9,1%	0	0,0%	3	8,8%	14	20,3%	18	10,9%	63	12,6%	14	2,8%
I	2	13,3%	1	11,1%	2	22,2%	22	14,3%	0	0,0%	2	14,3%	7	19,4%	10	14,5%	42	23,3%	88	16,4%	8	1,5%
II	11	73,3%	7	77,8%	6	66,7%	103	66,9%	27	55,1%	10	71,4%	23	63,9%	49	71,0%	123	68,3%	359	67,1%	8	1,5%
III	2	13,3%	1	11,1%	1	11,1%	29	18,8%	22	44,9%	2	14,3%	5	13,9%	10	14,5%	14	7,8%	86	16,1%	1	0,2%
IV	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,8%	0	0,0%	1	0,6%	2	0,4%	0	0,0%
Präoperative Symptome	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Keine Symptome	2	13,3%	0	0,0%	0	0,0%	17	10,8%	4	8,3%	0	0,0%	2	5,6%	0	0,0%	5	2,8%	30	5,9%	3	0,6%
Kopfschmerzen	4	26,7%	6	66,7%	1	11,1%	33	21,0%	21	43,8%	2	14,3%	10	27,8%	3	4,2%	22	12,2%	102	18,9%	10	1,9%
Schwindel/Gleichgewichtsstörung	8	53,3%	4	44,4%	1	11,1%	69	43,8%	31	64,6%	5	35,7%	12	33,3%	3	4,2%	97	53,9%	230	42,7%	23	4,3%
Übelkeit/Erbrechen	2	13,3%	1	11,1%	1	11,1%	12	7,6%	18	37,5%	2	14,3%	6	16,7%	0	0,0%	14	7,8%	56	10,4%	14	2,8%
Cerebelläre Dysfunktion	0	0,0%	1	11,1%	0	0,0%	22	14,0%	22	45,8%	2	14,3%	12	33,3%	0	0,0%	14	7,8%	73	13,5%	14	2,8%
Ganglionseichtel	4	26,7%	1	11,1%	0	0,0%	43	27,4%	16	33,3%	2	14,3%	7	19,4%	2	2,8%	39	21,7%	114	21,2%	14	2,8%
Liquoraustritt	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	18	11,5%	9	18,4%	0	0,0%	7	24,1%	0	0,0%	10	5,6%	45	9,9%	0	0,0%
Visusminderung	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	7	4,5%	1	2,1%	1	7,1%	1	2,8%	0	0,0%	2	1,1%	13	2,4%	0	0,0%
Hemiparese	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	0	0,0%	0	0,0%	2	5,6%	0	0,0%	2	1,1%	8	1,5%	0	0,0%
Vibrationsminderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	1	2,1%	0	0,0%	3	8,3%	0	0,0%	2	1,1%	10	1,9%	0	0,0%
Psychomotorische Verlangsamung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	3,2%	5	10,4%	1	7,1%	5	13,9%	0	0,0%	1	0,6%	17	3,2%	0	0,0%
Geschmacksstörung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	1	2,1%	3	21,4%	3	21,4%	1	2,8%	0	0,0%	7	3,9%	14	2,6%
Kraniptail	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	2	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	7	1,3%	0	0,0%
Trigeminusneuralgie V1	2	13,3%	0	0,0%	1	11,1%	10	6,5%	0	0,0%	1	7,1%	2	5,6%	2	2,8%	14	7,8%	32	5,9%	2	0,4%
Trigeminusneuralgie V2	4	26,7%	0	0,0%	0	0,0%	15	9,6%	1	2,1%	4	28,6%	4	11,1%	15	21,1%	24	13,3%	68	12,6%	10	1,9%
Trigeminusneuralgie V3	3	20,0%	0	0,0%	1	11,1%	10	6,5%	0	0,0%	3	21,4%	4	11,1%	7	9,9%	23	12,8%	51	9,5%	1	0,2%
Trigeminusneuralgie insgesamt	5	33,3%	0	0,0%	1	11,1%	17	10,8%	1	2,1%	4	28,6%	5	13,9%	16	22,5%	29	16,1%	78	14,4%	14	2,8%
Geschmacksstörung	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	15	9,6%	0	0,0%	1	7,1%	2	5,6%	7	10,0%	2	1,1%	92	17,1%	0	0,0%
Augenmotilitätsstörung	3	20,0%	0	0,0%	0	0,0%	13	8,3%	0	0,0%	0	0,0%	5	13,9%	0	0,0%	2	1,1%	23	4,3%	0	0,0%
Fazialisparese (HB-Grad 2)	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	5	3,2%	1	2,1%	1	7,1%	2	5,6%	0	0,0%	18	10,0%	28	5,2%	0	0,0%
Fazialisparese (HB-Grad 3)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	2	4,2%	1	7,1%	2	5,6%	1	1,4%	7	3,9%	16	3,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB-Grad 4)	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,2%	7	1,3%	0	0,0%
Fazialisparese (HB-Grad 5)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,2%	0	0,0%
Fazialisparese (HB-Grad k.A.)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	1	7,1%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%	3	0,6%	0	0,0%
Fazialisparese insgesamt	1	1,3%	0	0,0%	2	22,2%	9	5,7%	5	10,4%	3	21,4%	2	5,6%	2	2,8%	29	16,1%	55	10,2%	5	0,9%
Geschichtsspasmus	1	6,7%	0	0,0%	9	100,0%	1	0,6%	0	0,0%	0	0,0%	2	5,6%	3	4,2%	4	2,2%	20	3,7%	2	0,4%
Hörminderung	4	26,7%	1	11,1%	1	11,1%	28	17,8%	4	8,3%	6	42,9%	6	16,7%	0	0,0%	147	81,7%	197	36,5%	14	2,6%
useful-hearing																						
non-useful-hearing																						
Tinnitus	5	33,3%	0	0,0%	1	11,1%	11	7,0%	2	4,2%	2	14,3%	2	5,6%	1	1,4%	95	64,6%	74	13,7%	0	0,0%
CN IX/X (Störung der unteren Hirnnerven)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	16	10,2%	1	2,1%	0	0,0%	2	5,6%	0	0,0%	3	1,7%	22	4,1%	0	0,0%
CN XII (Störung des N. hypoglossus)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	0	0,0%	2	14,3%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,1%	8	1,5%	0	0,0%
KPSS präop.	Mean	92,67	91,11	88,13	80,28	81,04	85	80,28	85	80,28	85	80,28	85	80,28	77,61	88,86	88,86	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87
SD	9,612	9,28	11,713	13,901	11,713	11,713	10,919	11,713	11,713	11,713	10,919	11,713	10,919	11,713	8,53	12,867	12,867	13,787	13,787	13,787	13,787	13,787
Minimum	70	70	80	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	50	50	50	50	50	50	50	50
Median	100	100	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	80	80	80	80	80	80	80	80
Maximum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	90	90	90	90	90	90	90

Tab. 9: Demographische und klinische präoperative Informationen für das Gesamtkollektiv und in die einzelnen Entitäten unterteilt mit absoluten und relativen Häufigkeiten

4.1.1.2 Tumorbezogene Daten

Innerhalb des Kollektivs wurden zahlreiche Tumorentitäten diagnostiziert, darüber hinaus auch neurovaskuläre Kompressionssyndrome und entzündliche Entitäten. Tabelle 10 gibt einen Überblick über die im Rahmen der analysierten Fälle operierten Entitäten im Allgemeinen und vor allem Tumorentitäten. Unter dem Überbegriff „Sonstiges“ wurden drei anaplastische Astrozytome, eine Arachnoidalzyste, fünf Non-Hodgkin B-Zell Lymphome, vier intrakranielle Abszesse aufgrund durchgewanderter Otitiden mediae, ein Ependyom, zwei Glomus jugulare Tumore, zwei Fälle von Glossopharyngeusneuralgie, fünf kavernöse Gefäßmalformationen, drei Fälle cerebellärer Strahlennekrosen, ein Knochenhämangiom, ein malignes Gliom, zwei Medulloblastome, ein Superependyom, eine mikrovaskuläre Kompression des N. vestibularis, ein Plexuspapillom, eine reaktive Astroglieose sowie zwei diffuse Mittellinengliome zusammengefasst. Als „Sonstiges Schwannom“ wurden die deutlich selteneren nicht-vestibulären Schwannome beschrieben. Im Falle dieser Dissertation handelte es sich dabei um fünf Schwannome des N. trigeminus (CN V), vier Schwannome des N. glossopharyngeus (CN IX), drei Schwannome des N. hypoglossus (CN XII), ein Schwannom des N. vagus (CN X), eines des N. facialis (CN VII) und eines des N. abducens (CN VI).

Entität	N	%	WHO-Grad
Epidermoidzyste	15	2,8	-
Hämangioblastom	9	1,7	I
Hemispasmus facialis	9	1,7	-
Meningeom	157	29,1	I, 16x II (atypische Meningeome)
Metastase	49	9,1	-
Sonstiges Schwannom	14	2,6	I
Sonstiges	36	6,7	2x I, 1x II, 4x III, 4x IV
Trigeminusneuralgie	71	13,1	-
Vestibularisschwannom	180	33,3	I
Total	540	100,0	-

Tab. 10: Übersicht über die absoluten und relativen Häufigkeiten der Entitäten sowie deren WHO-Grad nach (Louis et al., 2016, 2021) soweit Informationen dazu aus dem histopathologischen Befund vorlagen

Das mediane Tumolvolumen betrug 5,78 cm³. 51,7 % (279) der Pathologien befanden sich (überwiegend) im linken Teil des Gehirns und wurden dementsprechend über einen Zugang auf der linken Patientenseite operiert, 48,3% (261) befanden sich (überwiegend) rechts und der Zugang wurde entsprechend über die rechte Kopfhälfte gewählt.

Bei 25 (4,6%) der operierten Tumore handelte es sich um ein Rezidiv. Eine Vorbehandlung der Entitäten im Sinne einer vorausgegangenen Operation fand sich bei 11,5% (62) der Fälle, eine präoperative Form der Radiotherapie in 6,1% (33) der Fälle, eine präoperative Chemotherapie lediglich bei zwei Patienten (0,4%). Eine Syndrom-Assoziation wurde bei 12 Eingriffen (2,2 %) dokumentiert, wovon acht Mal eine Neurofibromatose Typ 2 und vier Mal ein Von-Hippel-Lindau-Syndrom nachgewiesen werden konnte. Prozentual gesehen fand sich bei Meningeomen, nicht-vestibulären Schwannomen und Vestibularisschwannomen zusammen in 2,3% (8/351) eine Assoziation zu NF2 und bei Hämangioblastomen in 44,4% (4/9) eine Assoziation zum Von-Hippel-Lindau-Syndrom. In Tabelle 13 findet sich ein Überblick über die wichtigsten tumorbezogenen Daten sowohl für das gesamte Kollektiv als auch für die einzelnen Entitäten.

Bei weiteren Analysen zur Entität der Metastasen wurde auch deren Ursprung dokumentiert. Am häufigsten gingen die zu operierenden Metastasen von der Lunge oder der Mamma aus gefolgt von malignen Melanomen der Haut. Aus Protokollen des Tumorboards konnte auch die Unterteilung der Metastasen in singuläres, solitäres und multiples Auftreten in 47 von 49 Fällen erfolgen. In der nachfolgenden Tabelle (s. Tab. 11) findet sich eine Übersicht zu den Metastasen, welche sich im KHBW oder den angrenzenden Strukturen der hinteren Schädelbasis befanden und über den retrosigmoidalen Zugang operiert wurden.

	Ort des Primarius	N	%
	Lunge	12	24,5%
	Mamma	10	20,4%
	Haut	6	12,2%
	Darm	4	8,2%
	Prostata	3	6,1%
	Ösophagus	3	6,1%
	Magen	2	4,1%
	Ovar	2	4,1%
	CUP	2	4,1%
	Zervix	1	2,0%
	Larynx	1	2,0%
	Rektum	1	2,0%
	Niere	1	2,0%
	Urothel	1	2,0%
	Multiples Auftreten	10	21,3%
	Solitäres Auftreten	11	23,4%
	Singuläres Auftreten	26	55,3%

Tab. 11: Absolute und relative Häufigkeiten der Metastasen eingeteilt nach Primarius und Form ihres Auftretens

Die Einteilung der operierten Meningeome nach der anatomischen Lage ihres Ursprungs im Bereich des KHBW bzw. der hinteren Schädelbasis anhand von präoperativen MRT-Datensätzen nach Desgeorges & Sterkers (D&S) bzw. Yasargil konnte in 152 von 157 Fällen erfolgen und ist in Tabelle 12 dargestellt. Zur Unterteilung nach Yasargil fanden sich auch nach mehrfacher Überprüfung lediglich Tentoriumsmeningeome der Kategorie T1-T2 und T6-T7. Nach Seifert & Basiouni werden jedoch auch lediglich diese Formen über den retrosigmoidalen Zugang entfernt (Seifert & Basiouni, 2010). Felsenbeinmeningeome werden hingegen durchweg, also unabhängig von der Lage ihrer Befestigungsstelle zum Meatus acusticus internus über den retrosigmoidalen Zugang operiert. Die Grenzen zwischen lateralen Tentoriumsmeningeomen und posterioren Felsenbeinmeningeomen sind jedoch teils fließend und eine rein radiologische Unterscheidung nicht immer sicher möglich (Bassiouni et al., 2004).

Meningeomart		N	%
Petroclivales Meningeom		56	36,8%
Felsenbeinmeningeom		68	44,8%
Tentoriumsmeningeom		28	18,4%
	Einteilung nach D&S		
Felsenbeinmeningeom	anterior	9	14,1%
	Mitte	17	26,6%
	posterior	17	26,6%
	Mitte und anterior	12	18,8%
	Mitte und posterior	8	12,5%
	anterior, Mitte und posterior	1	1,6%
	Einteilung nach Yasargil		
Tentoriumsmeningeom	T1-T2	5	18,5%
	T6-T7	22	81,5%

Tab. 12: Absolute und relative Häufigkeiten der operierten Meningeome unterteilt nach der anatomischen Lage ihres Ursprungs

Analog dazu erfolgt die Einteilung der operierten Vestibularisschwannome nach deren Ausbreitung im KHBW im Sinne der Hannover-Klassifikation. (s. Tab. 13) Bei 42,6% (75) der Patienten lag dabei ein Vestibularisschwannom vor, welches bereits den Hirnstamm komprimierte bzw. verlagerte und somit einer zeitnahen Intervention bedurfte. Eine Erläuterung der Unterteilungen von Meningeomen und der Hannover-Klassifikation befindet sich in Abschnitt 1.2.1.

		Epidermoidzyste		Hämangioblastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase	
Tumor-volumen (cm³)	N		15		8				131		45
	Mean		20,3		16,9				16,1		16,4
	SD		21,510		17,265				17,362		16,479
	Minimum		1,2		0,8				0,2		0,7
	Median		13,2		12,9				8,6		13,0
	Maximum		79,4		49,9				74,4		99,1
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Hannover-Klassifikation	T1										
	T2										
	T3a										
	T3b										
	T4a										
	T4b										
Seite	rechts	8	53,3%	3	33,3%	6	66,7%	75	47,8%	22	44,9%
	links	7	46,7%	6	66,7%	3	33,3%	82	52,2%	27	55,1%
Rezidiv		2	13,3%	1	11,1%			5	3,2%	2	4,1%
Präoperative OP		4	26,7%	3	33,3%	0	0,0%	9	5,7%	0	0,0%
Präoperative Radiotherapie		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,9%	5	10,2%
Präoperative Chemotherapie		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,0%

		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Vestibularisschwannom		Total	
Tumor-volumen (cm³)	N		12		27				148		386
	Mean		12,7		7,5				6,1		11,8
	SD		22,063		9,125				7,585		14,921
	Minimum		0,5		0,1				0,1		0,1
	Median		7,2		3,8				3,0		5,8
	Maximum		81,1		38,5				38,3		99,1
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Hannover-Klassifikation	T1							12	6,8%		
	T2							25	14,2%		
	T3a							27	15,3%		
	T3b							37	21,0%		
	T4a							27	15,3%		
	T4b							48	27,3%		
Seite	rechts	8	57,1%	15	41,7%	39	54,9%	85	47,2%	261	48,3%
	links	6	42,9%	21	58,3%	32	45,1%	95	52,8%	279	51,7%
Rezidiv		0	0,0%	3	8,3%			12	6,7%	25	4,6%
Präoperative OP		2	14,3%	12	33,3%	17	24,3%	15	8,3%	62	11,5%
Präoperative Radiotherapie		0	0,0%	9	25,0%	1	1,4%	15	8,3%	33	6,1%
Präoperative Chemotherapie		0	0,0%	1	2,8%	0	0,0%	0	0,0%	2	0,4%

Tab. 13: Absolute und relative Häufigkeiten der tumorbezogenen Daten unterteilt in die einzelnen Entitäten sowie das Gesamtkollektiv (stattgefundene Vorbehandlungen und die Seite der Pathologie wurden auch bei nicht-onkologischen Entitäten hinzugefügt)

4.1.1.3 Operationsbezogene Daten

Im Median ergab sich durch die Vermessung postoperativer MRT-Datensätze eine Kraniotomiefläche von 771 mm². In 66,1% (355) der Eingriffe wurde eine osteoklastische Eröffnung der Schädeldecke durchgeführt. In 33,9 % (182) hingegen eine osteoplastische Kraniotomie. Die Schädeldecke wurde nach Beendigung des operativen Eingriffs im Großteil der Fälle (302/57,2%) im Sinne einer Sandwichtechnik, in 49 Fällen (9,3%) mithilfe eines Titangitters und in weiteren 12 Fällen (2,3%) mit Palacos-Knochenzement rekonstruiert. Bei 164 (31,1%) Fällen wurde der entnommene Knochendeckel replantiert. Bei 18 Patienten (3,3%) musste die Operation in zwei, mit zeitlichem Abstand voneinander geplanten Eingriffen (zweizeitig) durchgeführt werden. Im überwiegenden Teil der Fälle immer dann, wenn der Tumor zu groß und somit die Operationsdauer zu lang für einen Durchgang gewesen wäre oder zusätzlich zum retrosigmoidalen Zugang noch eine weitere Zugangstechnik nötig war, um beispielsweise alle Tumorreste zu entfernen. In 7,4% (39) der Fälle kam es im Rahmen des operativen Zuganges zum Tumor bzw. der Pathologie zu Besonderheiten bzw. zu intraoperativen Komplikationen. Dokumentiert wurde dazu, ob es zu einer Verletzung der Sinus, also des Sinus sigmoideus oder Sinus transversus, kam, ob der venöse Bulbus jugularis verletzt wurde oder ob intraoperativ eine Zugangserweiterung notwendig wurde. Diese und alle weiteren nach Entitäten gruppierte Informationen zur Operation und zum operativen Zugang sind Tabelle 14 zu entnehmen.

		Epidermoidzyste		Hämangioblastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase	
Kraniotomie- fläche (mm²)	N		13		7		4		134		47
	Mean		798,2		733,1		764,8		830,5		905
	SD		174,403		292,074		96,724		273,533		325,063
	Minimum		540		342		673		285		416
	Median		872		656		764		806		823
	Maximum		1036		1153		858		1921		1689
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Art der Kraniotomie	Osteoklastisch	10	66,7%	2	22,2%	8	88,9%	105	66,9%	23	46,9%
	Osteoplastisch	5	33,3%	7	77,8%	1	11,1%	52	33,1%	26	53,1%
Rekonstruktion	Knochendeckel- replantation	4	28,6%	6	66,7%	1	11,1%	48	30,6%	26	54,2%
	Sandwichtechnik	6	42,9%	1	11,1%	8	88,9%	89	56,7%	21	43,8%
	Titanmesh	2	14,3%	1	11,1%	0	0,0%	17	10,8%	1	2,1%
	Palacosdeckel	2	14,3%	1	11,1%	0	0,0%	3	1,9%	0	0,0%
Zweizeitigkeit des Eingriffes		1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	13	8,3%	0	0,0%
Intraoperative Komplikationen/ Besonderheiten beim Zugang	Insgesamt	2	13,3%	0	0,0%	0	0,0%	15	9,9%	4	8,2%
	Sinusverletzung	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	9	5,9%	2	4,1%
	Zugangs- erweiterung	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	6	3,9%	2	4,1%
	Bulbuseröffnung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Vestibularisschwannom		Total	
Kraniotomie- fläche (mm²)	N		11		26		32		141		415
	Mean		900,8		875,2		603,2		748,3		794,8
	SD		210,753		324,080		192,237		247,899		273,973
	Minimum		668		387		321		316		285
	Median		843		831,5		571		730		771
	Maximum		1448		1522		1035		1612		1921
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Art der Kraniotomie	Osteoklastisch	13	92,9%	22	61,1%	47	67,1%	125	70,2%	355	66,1%
	Osteoplastisch	1	7,1%	14	38,9%	23	32,9%	53	29,8%	182	33,9%
Rekonstruktion	Knochendeckel- replantation	3	21,4%	13	41,9%	19	27,1%	44	25,0%	164	31,1%
	Sandwichtechnik	9	64,3%	15	48,4%	41	58,6%	112	63,6%	302	57,2%
	Titanmesh	2	14,3%	2	6,5%	7	10,0%	17	9,7%	49	9,3%
	Palacosdeckel	0	0,0%	0	0,0%	3	4,3%	3	1,7%	12	2,3%
Zweizeitigkeit des Eingriffes		1	7,1%	2	5,6%	0	0,0%	1	0,6%	18	3,3%
Intraoperative Komplikationen/ Besonderheiten beim Zugang	Insgesamt	3	21,4%	3	8,3%	3	4,6%	9	5,1%	39	7,4%
	Sinusverletzung	0	0,0%	1	2,8%	2	3,0%	3	1,7%	18	3,4%
	Zugangs- erweiterung	3	21,4%	1	2,8%	1	1,5%	3	1,7%	17	3,2%
	Bulbuseröffnung	0	0,0%	1	2,8%	0	0,0%	3	1,7%	4	0,8%

Tab. 14: Absolute und relative Häufigkeiten der operationsbezogenen Variablen für das Gesamtkollektiv sowie entitätsbezogen

4.1.1.4 Postoperative und Outcome-bezogene Daten

Eine Übersicht über die postoperativen sowie Outcome-bezogenen Daten für das gesamte Kollektiv sowie für die einzelnen Entitäten ist den Tabellen 15 bis 23 zu entnehmen.

Im Median wurde nach stationärem Aufenthalt ein Follow-Up von 10 Monaten durchgeführt, wobei je nach operierter Entität und Wohnort der Patienten teils kein oder auch nur ein kurzes Follow-Up stattgefunden hat. Allerdings gelang es auch häufig, Follow-Up Daten von Patientenfällen über bis zu 150 Monate = 12,5 Jahre hinweg zu sammeln und so für die statistische Auswertung verwenden zu können. Im Hinblick auf die Liegedauer der Patienten im Klinikum ergab sich ein Median-Wert von 9 Tagen.

Der postoperative KPSS lag im Median bei 90 bei Werten zwischen 0 und 100. Bei Vergleich der prä- und postoperativen KPSS-Werte (s. Tab. 16) und deren prozentualer Veränderung fällt auf, dass diese für fast jede Entität im Median gleichbleiben. Lediglich für die, den neurovaskulären Kompressionssyndromen zuzuordnenden Entitäten Hemispasmus facialis und Trigeminusneuralgie, verbesserte sich der postoperative KPSS um gut einen 10er-Schritt.

Betrachtet man die Patienten mit Metastasen, so fällt auf, dass sich im Durchschnitt der postop. KPSS um gut einen 10er-Schritt verschlechtert hat. Diese Veränderung ist jedoch nicht strikt von der die Metastasen bedingenden Tumorerkrankung und deren Auswirkung auf die körperliche Verfassung der Patienten zu trennen.

		Epidermoidzyste	Hämangioblastom	Hemispasmus facialis	Meningeom	Metastase	Sonstiges Schwannom	Sonstiges	Trigeminusneuralgie	Vestibularis-schwannom	Total
Liegendauer (in Tagen)	N	15	9	9	157	49	14	36	71	180	540
	Mean	8,7	9,6	11,1	13,5	17,5	16,9	16,9	8,9	11,8	12,8
	SD	4,464	3,941	5,255	13,845	15,575	17,858	16,756	6,090	7,327	11,554
	Minimum	3,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0	4,0	3,0	4,0	3
	Median	8,0	8,0	10,0	10,0	12,0	11,5	11,5	7,0	9,0	9
Maximum	16,0	17,0	20,0	133,0	70,0	76,0	76,0	97,0	31,0	47,0	133
Follow-Up-Zeitraum (in Monaten)	N	15	9	9	157	49	14	36	71	180	540
	Mean	35,7	15,3	13,2	30,7	5,8	38,5	15,4	9,4	32,6	25,1
	SD	43,312	18,168	17,247	36,563	14,101	49,494	31,559	17,918	36,630	34,090
	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Median	12,0	4,5	4,0	15,0	0,0	16,0	3,8	3,0	17,3	10
Maximum	131,5	45,0	51,0	135,0	87,5	139,0	130,5	91,0	150,0	150	
KPSS präop.	N	15	9	9	155	48	14	36	71	176	533
	Mean	92,7	91,1	86,7	88,1	81,0	85,0	80,3	77,6	88,9	85,87
	SD	9,612	9,280	5,000	13,901	11,713	10,919	21,842	8,530	12,867	13,787
	Minimum	70	70	80	20	50	70	20	20	20	20
	Median	100	90	90	90	80	85	90	80	90	90
Maximum	100	100	90	100	100	100	100	100	90	100	100

Tab. 15: Übersicht der stationären Liegedauer, des Zeitraums der Nachuntersuchung in Monaten ab Entlassung (Follow-Up) sowie des postop. KPSS für das Gesamtkollektiv und nach Entitäten sortiert

Entität	N	Mittelwert	Std.- Abweichung	Minimum	Median	Maximum
Epidermoidzyste	14	-2,27	8,68	-25	0	14,29
Hämangioblastom	9	-3,05	12,26	-28,57	0	11,11
Hemispasmus facialis	9	10,49	7,42	0	11,11	25
Meningeom	151	-1,86	23,45	-100	0	100
Metastase	44	-11,83	30,54	-100	0	28,57
Sonstiges Schwannom	14	-5,29	12,56	-30	0	14,29
Sonstiges	35	1,78	42,71	-71,43	0	200
Trigeminusneuralgie	70	13,61	19,04	-57,14	12,50	100
Vestibularisschwannom	165	-2,01	17,31	-100	0	66,67
Total	511	-0,31	23,66	-100	0	200

Tab.16: Prozentuale Veränderung des postop. KPSS im Vergleich zum präop. KPSS (statistisch wichtige Werte wurden grau hinterlegt)

Bei Betrachtung der postoperativen Komplikationen ergab sich eine Komplikationsrate von 21,1%, also bei ca. jedem fünften Eingriff. Der Tod von Patienten in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit der OP wurde nicht in die Gesamt-Komplikationsrate miteingerechnet, da in diesen Fällen das Versterben der Patienten vornehmlich auf die allgemeingesundheitliche Beeinträchtigung und schwerwiegende Vorerkrankungen und weniger auf den spezifischen operativen Eingriff zurückzuführen war. In Tabelle 17 findet sich eine Übersicht zu den postoperativen Komplikationen. Ebenfalls dazu die Unterscheidung, ob die Komplikationen noch während des stationären Aufenthaltes auftraten oder bereits nach Entlassung in die Rehabilitationsklinik bzw. in das häusliche Umfeld. Ebenfalls sind in Tabelle 18 die dadurch ggf. notwendig gewordenen Revisionseingriffe sowie eine Einordnung der Komplikationen gemäß der Clavien-Dindo-Skala, welche in Abschnitt 3.4 erläutert wurde, zu finden. Die mediane Clavien-Dindo-Klasse betrug 2. Bei Einteilung gemäß der Clavien-Dindo-Klassifikation wurden auch allgemeine postoperative Komplikationen wie Lungen- oder Blasenentzündungen, das Auftreten von Lungenarterienembolien oder tiefen Beinvenenthrombosen oder das Auftreten von Paukenergüssen oder Hämatotympani beachtet.

Diese Art der Komplikationen wurde jedoch nicht in die allgemeine und rein zugangsbedingte Gesamt-Komplikationsrate miteinberechnet. Als häufige postoperative Komplikationen fanden sich Liquorlecks bzw. Liquorfisteln bei 7,5% (36) der Eingriffe, gefolgt von Meningitiden bei 5,0% (24) und Wundheilungsstörungen bzw. Wundinfektionen bei 4,6% (22) der Eingriffe.

Hydrocephali aufgrund von Aufstauungen im Liquorsystem kamen nach 18 (3,7%) der Operationen vor und mussten darauf in 77,8% (13) durch einen Shunt versorgt werden (shuntpflichtig). Betrachtet man die operationsbezogene Sterblichkeitsrate über bis zu 30 Tage nach dem Eingriff, so starben fünf (1,0%) Patienten. Diese Sterblichkeit fand sich nur bei Patienten, welche aufgrund von Vestibularisschwannomen oder Meningeomen operiert wurden. Bei diesen Entitäten ergibt sich daraus eine Mortalität von 1,3% bzw. 2,1%, wobei die oben beschriebenen Einschränkungen für die Mortalitätsrate nicht zu vernachlässigen sind.

In 14,8% (80) der Fälle musste nach dem retrosigmoidalen Eingriff eine operative Revision durchgeführt werden. In diesen Wert sind allerdings auch die Revisionen, welche aufgrund eines Rezidivs oder eines Progresses bei einem Tumorrest durchgeführt wurden, miteinbezogen. Rein komplikationsbedingte Revisionen wurden in 11,3% (61) der Fälle durchgeführt (s. Tab. 18).

	Epidermoid- zyste		Hämangio- blastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminus- neuralgie		Vestibularis- schwannom		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
postop. Komplikationen	4	28,6%	1	11,1%	1	11,1%	32	22,4%	9	21,4%	3	23,1%	7	21,9%	9	13,0%	36	23,4%	102	21,1%
Nachblutung in Resektions- höhle	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	6	3,9%	13	2,7%
im Zugangsweg	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	66,7%	7	53,8%
im hospital stay	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	2	33,3%	6	46,2%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	66,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	5	83,3%	10	76,9%
Liquorleck/ Liquorfistel	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	2	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	16,7%	3	23,1%
im hospital stay	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	8	5,6%	4	9,5%	2	15,4%	1	3,1%	2	2,9%	18	11,7%	36	7,5%
im Follow-Up	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	62,5%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	1	50,0%	10	55,6%	17	47,2%
Wundinfektio- nheilungsstörung	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	3	37,5%	4	100,0%	1	50,0%	1	100,0%	1	50,0%	8	44,4%	19	52,8%
im hospital stay	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	3,5%	4	9,5%	0	0,0%	2	6,3%	3	4,3%	7	4,5%	22	4,6%
im Follow-Up	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	40,0%	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	13,6%
Intrakranieller Abszess	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	60,0%	3	75,0%	0	0,0%	2	100,0%	3	100,0%	7	100,0%	19	86,4%
im hospital stay	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	2	4,8%	0	0,0%	1	3,1%	1	1,4%	1	0,6%	6	1,2%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	33,3%
Hydrocephalus	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	1	100,0%	1	100,0%	1	100,0%	4	66,7%
im hospital stay	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	7	4,9%	1	2,4%	2	15,4%	3	9,4%	1	1,4%	4	2,6%	18	3,7%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	71,4%	1	100,0%	0	0,0%	2	66,7%	1	100,0%	3	75,0%	12	66,7%
shurtpflichtig?	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	42,9%	0	0,0%	2	100,0%	1	33,3%	0	0,0%	1	25,0%	7	38,9%
SVT	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	6	85,7%	0	0,0%	2	100,0%	2	66,7%	1	100,0%	3	75,0%	14	77,8%
im hospital stay	1	100,0%	0	0,0%	1	14,3%	6	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,9%	11	2,3%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	6	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	10	90,9%
Meningitis	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	33,3%	1	9,1%
im hospital stay	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	10	7,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,1%	3	4,3%	9	5,8%	24	5,0%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	60,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	7	70,0%	16	64,0%
Ischämie/ Infarkt	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	40,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	1	33,3%	2	20,0%	8	32,0%
im hospital stay	0	0,0%	1	11,1%	0	0,0%	4	2,8%	2	4,8%	0	0,0%	2	6,3%	0	0,0%	1	0,6%	10	2,1%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	100,0%	1	50,0%	0	0,0%	2	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	7	70,0%
Tod	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%
im hospital stay	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%
im Follow-Up	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	100,0%	4	80,0%
	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	20,0%

Tab. 17: Absolute und relative Häufigkeiten der postoperativen Komplikationen während des stationären Aufenthaltes und nach Entlassung für das Gesamtkollektiv sowie die einzelnen Entitäten

	Epidermoid- zyste		Hämangio- blastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminus- neuralgie		Vestibularis- schwannom		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
postop. Revision	3	20,0%	0	0,0%	0	0,0%	21	13,4%	11	22,4%	4	28,6%	8	22,2%	5	7,0%	28	15,6%	80	14,8%
Revision bei Liquorleck	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	3,8%	4	8,2%	0	0,0%	1	2,8%	2	2,8%	13	7,2%	26	4,8%
Wundrevision	1	6,7%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,9%	4	8,2%	0	0,0%	0	0,0%	2	2,8%	5	2,8%	15	2,8%
Abszess- entlastung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	4,1%	0	0,0%	1	2,8%	0	0,0%	1	0,6%	4	0,7%
Hämatom- evakuierung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	5	2,8%	10	1,9%
EVD-Anlage	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	9	5,7%	1	2,0%	1	7,1%	2	5,6%	1	1,4%	3	1,7%	17	3,1%
Shunt-Anlage	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	3,8%	0	0,0%	2	14,3%	2	5,6%	1	1,4%	3	1,7%	14	2,6%
Clavien-Dindo- Klassifikation																				
CDC I	0	0,0%	1	100,0%	1	50,0%	6	18,8%	0	0,0%	3	75,0%	0	0,0%	1	12,5%	4	13,3%	16	18,0%
CDC II	3	100,0%	0	0,0%	1	50,0%	12	37,5%	3	50,0%	1	25,0%	0	0,0%	3	37,5%	10	33,3%	33	37,1%
CDC IIIa	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,1%	2	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,3%	4	4,5%
CDC IIIb	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	12,5%	1	16,7%	0	0,0%	0	0,0%	3	37,5%	11	36,7%	19	21,3%
CDC IV	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	18,8%	0	0,0%	0	0,0%	3	100,0%	1	12,5%	2	6,7%	12	13,5%
CDC V	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	9,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	6,7%	5	5,6%

Tab. 18: Absolute und relative Häufigkeiten zu den postoperativen Revisionen sowie Einordnung der postoperativen Komplikationen entsprechend der Clavien-Dindo-Klassifikation

Im Laufe der Follow-Up-Untersuchungen ergaben sich die in Tabelle 19 und 20 dargestellten Daten zur Rezidivierung, zum Wachstum von Tumorresten (Progress) und zu Nachbehandlungen der im Rahmen der Studie operierten Patienten. Die Nachbehandlung erfolgte mit Formen der Radiotherapie bzw. der Chemo- oder Immuntherapie oder durch operative Revisionen zur Entfernung von Rezidiven, Progressen oder Tumorresiduen. In 4,7% (16) der Fälle kam es postoperativ zu einem Rezidiv und in 13,5% (46) der Fälle zu einem postoperativen Weiterwachsen (Progress) eines intraoperativ verbliebenen Tumorrests. Eine postoperative Radiotherapie wurde in 109 Fällen (24,2%) durchgeführt. Bei zwei der untersuchten Fälle wurde eine Ganzhirnbestrahlung mit einer Radiochirurgie kombiniert. Eine Chemotherapie durchliefen 27 Patienten (5,8%) nach dem Eingriff durch den retrosigmoidalen Zugang.

Entität		Rezidiv postop.	Progress postop.	Rezidivresektion	Residuums- resektion
Epidermoidzyste	N	2	1	1	1
	%	14,3%	7,1%	6,7%	6,7%
Hämangioblastom	N	1	0	0	0
	%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%
Meningeom	N	4	12	1	2
	%	3,3%	10,0%	0,6%	1,3%
Metastase	N	3	2	1	3
	%	9,4%	6,3%	2,0%	6,1%
Sonstiges Schwannom	N	0	3	1	1
	%	0,0%	30,0%	7,1%	7,1%
Sonstiges	N	1	4	1	2
	%	5,6%	22,2%	2,8%	5,6%
Vestibularis- schwannom	N	5	24	2	3
	%	3,6%	17,1%	1,1%	1,7%
Total	N	16	46	7	12
	%	4,7%	13,5%	1,5%	2,6%

Tab.19: Absolute und relative Häufigkeiten zu postoperativen Tumorprogressen/-rezidivierungen sowie deren operative Nachbehandlung für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten

Entität		Postoperative Radiotherapie	stereotaktisch fraktioniert	Ganzhirnbestrahlung	Radiochirurgie	Bestrahlungsart nicht dokumentiert	Postoperative Chemotherapie
		N	%	N	%	N	%
Epidermoidzyste	N	1	1	0	0	0	0
	%	6,7%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hämangioblastom	N	0	0	0	0	0	0
	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Meningeom	N	38	20	0	3	15	1
	%	24,2%	12,7%	0,0%	1,9%	9,6%	0,6%
Metastase	N	36	19	11	0	8	17
	%	73,5%	38,8%	22,4%	0,0%	16,3%	34,7%
Sonstiges Schwannom	N	1	1	0	0	0	0
	%	7,1%	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Sonstiges	N	6	4	0	0	2	9
	%	23,1%	15,4%	0,0%	0,0%	7,7%	25,0%
Vestibularis-schwannom	N	27	13	0	6	8	0
	%	15,0%	7,2%	0,0%	3,3%	4,4%	0,0%
Total	N	109	58	11	9	33	27
	%	24,2%	12,9%	2,4%	2,0%	7,3%	5,8%

Tab.20: Absolute und relative Häufigkeiten zu postoperativen Behandlungsformen für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten

Die Angaben zum Resektionsgrad, genauer ob eine vollständige Tumorentfernung im Sinne einer gross total resection (GTR) bzw. ein Simpson Grad I oder II erreicht wurden, sind Tabelle 21 zu entnehmen. Es wurden 257 Operationen (57,2%) mit vollständig resezierten Tumoren dokumentiert.

	Epidermoid-zyste		Hämangioblastom		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Vestibularis-schwannom		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Simpson-Grad																
I					22	14,0%										
II					81	51,6%										
III					16	10,2%										
IV					38	24,2%										
GTR	5	33,3%	9	100,0%			31	63,3%	9	64,3%	11	42,3%	89	49,4%	154	52,7%
GTR+ Simpson I/II															257	57,2%

Tab. 21: Absolute und relative Häufigkeiten zum Resektionsgrad für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten

Analog der Einteilung präoperativer neurologischer Symptome sind in Tabelle 22 die dokumentierten neuen permanenten Defizite der operierten Patienten zu entnehmen. Die dabei betrachteten neurologischen Defizite sind ebenfalls in gesamtneurologische sowie hirnervenbezogene Funktionsdefizite zu unterteilen. Insgesamt traten in 43,2% der Fälle (221) postoperativ neue permanente Defizite auf. Als häufige neurologische Defizite stellten sich dabei Fazialispareisen (72/14,1%), besonders vom House-Brackmann-Grad 2 und 3, Hörminderungen (42/8,2%), Schwindel- und Gleichgewichtsstörungen (36/7,0%) und Kopfschmerzen (35/6,8%) heraus. Aber auch Beeinträchtigungen von Funktionen des

N. glossopharyngeus (CN IX) und des N. vagus (CN X) (27/5,3%), wie Schluckstörungen, Heiserkeit, ein abgeschwächter bzw. ausgefallener Würgereiz, Globusgefühl und Kulisphenomen sowie Trigeminiushyp-, -par- und -dysästhesien einzelner oder kombinierter Zonen V1-V3 waren häufiger zu finden.

	Epidermoidzyste		Hämangioblastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Vestibularis-schwannom		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
keine	10	71,4%	9	100,0%	6	66,7%	94	61,8%	33	78,6%	4	28,6%	19	59,4%	48	68,6%	67	39,6%	290	56,8%
Kopfschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	2	22,2%	8	5,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	7,1%	20	11,8%	35	6,8%
Schwindel/ Gleichgewichtsstörung	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	12	7,9%	2	4,8%	0	0,0%	1	3,1%	2	2,9%	18	10,7%	36	7,0%
Übelkeit/ Erbrechen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
cerebelläre Dysfunktion	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	3	2,0%	2	4,8%	1	7,1%	2	6,3%	0	0,0%	3	1,8%	12	2,3%
Gangunsicherheit	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	3	2,0%	0	0,0%	1	7,1%	1	3,1%	2	2,9%	6	3,6%	14	2,7%
Visusminderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	2,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	0,6%
Hemiparese	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	1	2,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	3	0,6%
Vigilanzminderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	2	4,8%	0	0,0%	1	3,1%	1	1,4%	1	0,6%	6	1,2%
psychomot. Verlangsamung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	2	4,8%	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,2%	6	1,2%
Geschmacksstörung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	6,3%	0	0,0%	4	2,4%	6	1,2%
Krampfanfall	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,2%
Trigeminushypästh. V1	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	6	3,9%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,1%	4	5,7%	5	3,0%	17	3,3%
Trigeminushypästh. V2	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	8	5,3%	0	0,0%	1	7,1%	1	3,1%	9	12,9%	9	5,3%	29	5,7%
Trigeminushypästh. V3	0	0,0%	0	0,0%	2	22,2%	6	3,9%	0	0,0%	2	14,3%	1	3,1%	7	10,0%	6	3,6%	24	4,7%
Gesichtsschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	7,1%	0	0,0%	1	1,4%	1	0,6%	3	0,6%
Augenmotilitätsstörung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	14	9,2%	0	0,0%	1	7,1%	1	3,1%	2	2,9%	2	1,2%	20	3,9%
verminderte Tränenproduktion	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,4%	5	1,0%
Fazialisparese HB2	1	7,1%	0	0,0%	1	11,1%	7	4,6%	0	0,0%	2	14,3%	1	3,1%	0	0,0%	25	14,8%	37	7,2%
Fazialisparese HB3	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,6%	0	0,0%	0	0,0%	1	3,1%	0	0,0%	15	8,9%	20	3,9%
Fazialisparese HB4	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	10	5,9%	11	2,2%
Fazialisparese HB5	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	1	0,2%
Fazialisparese HB6	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	1	0,2%
Fazialisparese HBk.A	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,2%	2	0,4%
Fazialisparese insg.	1	7,1%	0	0,0%	1	11,1%	12	7,9%	0	0,0%	2	14,3%	2	6,2%	0	0,0%	54	32,0%	72	14,1%
Gesichtsspasmus	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,8%	3	0,6%
Hörminderung	1	7,1%	0	0,0%	1	11,1%	17	11,2%	0	0,0%	1	7,1%	3	9,4%	2	2,9%	17	10,1%	42	8,2%
Tinnitus	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,8%	5	1,0%
CN IX/X	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	14	9,2%	0	0,0%	4	28,6%	5	15,6%	0	0,0%	3	1,8%	27	5,3%
CN XII	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	2,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	6,3%	0	0,0%	0	0,0%	5	1,0%

Tab. 22: Übersicht zu den postoperativen neuen permanenten Defiziten für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten mit absoluten und relativen Häufigkeiten

In Tabelle 24 und 25 findet sich eine detaillierte Übersicht zur postoperativen Entwicklung präoperativ vorhandener neurologischer Symptome, unterteilt in Verbesserungen (s. Tab. 24) und Verschlechterungen (s. Tab. 25) der Symptomatik.

In 81,6% der Fälle blieb eine Verschlechterung von postoperativen Symptomen aus. In 72,1% der Fälle verbesserte sich eines oder mehrere der präoperativen Symptome durch die Operation. Betrachtet man die Verbesserung präoperativer Symptome genauer, so sieht man, dass sich die präoperativ häufig aufzufindenden Symptome wie Schwindel und Gleichgewichtsstörungen in 81,5% der Fälle nach der Operation besserten. Gangunsicherheiten verbesserten sich in 70,7% der Fälle, Kopfschmerzen in 86,5%, cerebelläre Dysfunktionen in 75,5%. 100,0% der präoperativ vorhandenen Krampfanfälle verschwanden postoperativ vollständig oder verringerten sich eklatant in Häufigkeit und Intensität.

Weitere starke gesamtneurologische Beeinträchtigungen, wie eine psychomotorische Verlangsamung oder eine Vigilanzminderung, wiesen in 75,0 % bzw. 88,9 % eine postoperative Besserung auf. Gesichtsspasmen, wie sie vor allem bei Patienten mit Hemispasmus facialis zu finden waren, verbesserten sich postoperativ bei knapp 9 von 10 Patienten. Betrachtet man nur die Patienten mit Hemispasmus facialis, so liegt die Verbesserungsquote sogar bei 100,0%. Patienten mit Trigeminusneuralgie wiesen in knapp 7 von 10 Fällen eine dauerhafte Verbesserung der Gesichtsschmerzen auf und auch in 50-100% der Fälle eine Verbesserung ihrer Trigeminihyp-, -par- und -dysästhesien, in Abhängigkeit vom betroffenen Ast des N. trigeminus. Die präoperativ ebenfalls häufig zu findenden Fazialisparesen verbesserten sich in 40,4% der Fälle, wobei behauptet werden kann, dass je leichter die Ausprägung der präoperativen Fazialisparese bzw. je geringer der präoperative House-Brackmann-Grad, desto wahrscheinlicher war eine Verbesserung dieser Fazialisparese durch die Operation.

Eine postoperative Verschlechterung von Fazialisparesen war in 25,5% der Fälle zu finden, im Fall der Vestibularisschwannome sogar in 33,3% der Fälle.

Präoperative Funktionseinschränkungen des Hörnervs, wie sie vor allem bei Patienten mit Vestibularisschwannomen vorkamen, konnten, auf das Gesamtkollektiv bezogen, nur in 13,7% der Fälle durch die Operation verbessert werden. In 30,3 % fand sich postoperativ eine Verschlechterung. Im Fall der Vestibularisschwannome wurde der Aspekt der Hörminderung genauer beleuchtet, da hier eine im Vergleich zu anderen Läsionen des KHBW detailliertere klinische Dokumentation, sowohl über die prä- als auch postoperative Funktion des Gehörs, vorlag. Wie Tabelle 23 zu entnehmen ist, lag bei 81,7% (147) der Patienten, die sich aufgrund eines Vestibularisschwannoms der OP unterzogen, bereits vor OP eine Hypakusis aufgrund des Tumors vor. Bei 34,0% lag dazu die Information vor, dass sie auf der betroffenen Seite dennoch telefonieren konnten (useful-hearing

vorhanden). Bei 64,6% war dies bereits präoperativ nicht mehr möglich (non-useful-hearing vorhanden). Durch den Eingriff und die Tumorentfernung gelang bei lediglich 5,3% der Patienten eine Verbesserung des Hörens. Bei 35,1 % der Patienten kam es dadurch zu einer Verschlechterung. 10,1% der Patienten, welche vorher noch keine Beschwerden mit dem Hören aufwiesen, gaben postoperativ eine permanente neue Hypakusis an. Bei 59,5% der Patienten blieb das bereits präoperativ vorhandene reduzierte Hörvermögen durch die Operation unverändert. Eine Anakusis, also der vollkommene Hörverlust bei Patienten, die präoperativ uneingeschränkt oder zumindest noch in reduziertem Umfang hören konnten, wiesen 21 (11,7%) der Patienten auf.

	Entität Vestibularisschwannom	
	N	%
Hörminderung präop.	147	81,7%
davon useful-hearing	50	34,0%
davon non-useful-hearing	95	64,6%
postop. Verbesserung der Hörminderung	7	5,3%
postop. Verschlechterung der Hörminderung	46	35,1%
Hörminderung unverändert	78	59,5%
postop. Anakusis	21	11,7%

Tab. 23: Entwicklung der Hörfunktion bei Patienten mit Vestibularisschwannom durch die Operation

	Epidermoidzyste		Hämangioblastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Vestibularis-schwannom		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Kopfschmerzen	4	100,0%	3	100,0%	1	100,0%	18	72,0%	15	100,0%	1	50,0%	6	85,7%	1	100,0%	15	93,8%	64	86,5%
Schwindel/ Gleichgewichtsstörung	5	71,4%	2	100,0%	1	100,0%	54	94,7%	21	91,3%	3	75,0%	9	100,0%	1	50,0%	58	69,0%	154	81,5%
Übelkeit/ Erbrechen	2	100,0%	1	100,0%	1	100,0%	11	91,7%	17	100,0%	1	50,0%	3	75,0%	0	0,0%	8	100,0%	44	93,6%
cerebelläre Dysfunktion	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	11	78,6%	13	76,5%	1	50,0%	5	55,6%	0	0,0%	10	90,9%	40	75,5%
Gangunsicherheit	3	75,0%	1	100,0%	0	0,0%	28	73,7%	7	77,8%	1	50,0%	3	100,0%	1	100,0%	21	61,8%	65	70,7%
Liquoraufstau	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	13	72,2%	8	88,9%	0	0,0%	3	42,9%	0	0,0%	7	77,8%	32	72,7%
Visusminderung	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	5	71,4%
Hemiparese	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	40,0%
Vigilanzminderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	75,0%	1	100,0%	0	0,0%	3	100,0%	0	0,0%	1	100,0%	8	88,9%
psychomot. Verlangsamung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	75,0%	2	66,7%	1	100,0%	3	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	9	75,0%
Geschmacksstörung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	75,0%	4	66,7%
Krampf-anfall	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	100,0%	2	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	6	100,0%
Trigeminushyp. V1	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	62,5%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	100,0%	5	35,7%	12	41,4%
Trigeminushyp. V2	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%	10	71,4%	0	0,0%	0	0,0%	2	50,0%	10	71,4%	10	47,6%	33	53,2%
Trigeminushyp. V3	1	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	6	66,7%	0	0,0%	0	0,0%	2	50,0%	3	50,0%	10	50,0%	22	48,9%
Gesichtsschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	9	69,2%	0	0,0%	0	0,0%	2	100,0%	48	69,6%	2	100,0%	62	70,5%
Augenmotilitätsstörung	1	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	3	25,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	50,0%	0	0,0%	2	100,0%	8	38,1%
Fazialisparese HB2	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	2	66,7%	0	0,0%	0	0,0%	2	100,0%	0	0,0%	6	37,5%	11	47,8%
Fazialisparese HB3	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	2	100,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	5	33,3%
Fazialisparese HB4	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	25,0%	2	28,6%
Fazialisparese HB5	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese HBk.A	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%
Fazialisparese insges.	0	0,0%	0	100,0%	2	100,0%	5	83,3%	2	50,0%	1	50,0%	2	50,0%	1	100,0%	7	25,9%	19	40,4%
Gesichtsspasmus	0	0,0%	0	0,0%	9	100,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	100,0%	2	66,7%	3	75,0%	17	89,5%
Hörminderung	1	25,0%	1	100,0%	1	100,0%	9	37,5%	1	33,3%	0	0,0%	4	80,0%	0	0,0%	7	5,3%	24	13,7%
Tinnitus	2	40,0%	0	0,0%	1	100,0%	3	37,5%	1	50,0%	1	50,0%	1	50,0%	1	100,0%	9	26,5%	19	34,5%
CN IX/X	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	8	72,7%	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	1	33,3%	11	68,8%
CN XII	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	20,0%

Tab. 24: Postoperative Verbesserung präoperativer Symptome für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten mit absoluten und relativen Häufigkeiten

	Epidermoidzyste		Hämangioblastom		Hemispasmus facialis		Meningeom		Metastase		Sonstiges Schwannom		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Vestibularischwannom		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Kopfschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	6,3%	2	2,7%
Schwindel/ Gleichgewichtsstörung	1	14,3%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	0	0,0%	3	3,6%	6	3,2%
Übelkeit/ Erbrechen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
cerebelläre Dysfunktion	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	5,9%	0	0,0%	2	22,2%	0	0,0%	0	0,0%	3	5,8%
Gangunsicherheit	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,9%	1	1,1%
Liquor- aufstau	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	22,2%	0	0,0%	0	0,0%	1	14,3%	0	0,0%	2	22,2%	7	15,9%
Visus- minderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Hemiparese	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	20,0%
Vigilanz- minderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%
psychomot. Verlangsamung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Geschmacks- störung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Krampf- anfall	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Trigeminus- hyp. V1	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Trigeminus- hyp. V2	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,6%
Trigeminus- hyp. V3	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	11,1%	0	0,0%	1	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	4,4%
Gesichtsschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	0	0,0%	1	1,1%
Augen- motilitäts- störung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	16,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	9,5%
Fazialis- parese HB2	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	5	31,3%	6	26,1%
Fazialis- parese HB3	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	4	57,1%	5	33,3%
Fazialis- parese HB4	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	14,3%
Fazialis- parese HB5	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialis- parese HBk.A	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialis- parese insges.	1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	16,7%	0	0,0%	0	0,0%	1	25,0%	0	0,0%	9	33,3%	12	25,5%
Gesichtsspasmus	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Hör- minderung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	12,5%	0	0,0%	3	50,0%	1	20,0%	0	0,0%	46	35,1%	53	30,3%
Tinnitus	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	5,9%	2	3,6%
CN IX/X	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
CN XII	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Tab. 25: Postoperative Verschlechterung präoperativer Symptome für das Gesamtkollektiv und die einzelnen Entitäten mit absoluten und relativen Häufigkeiten

4.1.2 Induktive statistische Auswertung

4.1.2.1 Patientenbezogene Daten

Im Rahmen der induktiven Statistik wurde überprüft, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Stoffwechselerkrankung und einer Wundheilungsstörung bzw. einer Wundinfektion oder einem intrakraniellen Abszess als postoperative Komplikation vorlag. In beiden Fällen ergab sich kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,121$; $p=0,223$). Bei Patienten mit präoperativem Nikotin-, Alkohol- oder Drogenkonsum konnte ebenfalls kein signifikant häufigeres Auftreten dieser beiden postoperativen Komplikationen festgestellt werden ($p=0,196$; $p=0,579$); ebenso wenig bei Patienten, welche präoperativ immunsupprimierende Medikamente zu sich nahmen ($p=1,00$; $p=1,00$). Statistisch ergab sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von postoperativen Nachblutungen und der präoperativen Einnahme blutverdünnender Medikamente ($p=0,702$) oder dem Vorliegen einer Gerinnungsstörung ($p=0,053$) als Vor Erkrankung. Als statistisch signifikant zeigte sich hingegen der Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Gerinnungsstörung und dem Auftreten einer postoperativen Sinusvenenthrombose (SVT) ($p=0,032$). Im Zusammenhang mit dem Auftreten von postoperativen Lungenembolien (LAE) und tiefen Beinvenenthrombosen (TVT) spielten die Gerinnungsstörungen bei den von uns betrachteten Eingriffen hingegen keine statistisch signifikante Rolle ($p=1,00$).

4.1.2.2. Tumorbezogene Daten

Betrachtet man im Rahmen statistischer Tests das Tumolvolumen, so stellt sich heraus, dass kein signifikanter Unterschied im Tumolvolumen von Patienten mit und ohne postoperative Komplikationen im Allgemeinen, im Folgenden oft auch „bezogen auf die Gesamtkomplikationsrate“ genannt, vorliegt ($p=0,086$). Wohl aber, dass bei Patienten mit postoperativ aufgetretenen Nachblutungen signifikant größere Tumorumfänge gemessen wurden ($p=0,035$), ebenso bei Patienten mit postoperativen Hydrocephali ($p=0,019$). Bei getrennter Analyse der einzelnen Entitäten ergibt sich für Patienten, die aufgrund eines Vestibularisschwannoms operiert wurden und eine postoperative Meningitis entwickelten, dass signifikant höhere Werte beim Tumolvolumen ermittelt wurden ($p=0,025$). Für Patienten mit Meningeomen stellte sich heraus, dass im Fall eines auftretenden Hydrocephalus nach Tumorentfernung signifikant größere Meningeome (Tumorumfänge) operiert wurden

($p=0,001$). In Bezug auf postoperativ manifestierte neue permanente Defizite zeigte sich, dass sowohl für das Gesamtkollektiv als auch für die einzelnen Entitäten kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Tumorzvolumen und dem Auftreten oder der Anzahl der auftretenden neuen permanenten Defizite vorlag ($p=0,072/p=0,086$). Als signifikant ergab sich hingegen der Zusammenhang zwischen der Anzahl präoperativer neurologischer Symptome und dem Tumorzvolumen. Patienten mit großen Tumorzvolumina wiesen eine höhere Anzahl präoperativer Symptome auf als Patienten mit eher kleineren Tumoren. Dieser Zusammenhang zeigt sich für das Gesamtkollektiv ($p<0,001$) sowie im Speziellen für Patienten mit Hämangioblastomen ($p=0,030$), Vestibularisschwannomen ($p<0,001$) sowie mit Meningeomen ($p=0,001$).

Zusätzlich wurde die Auswirkung präoperativer Radiotherapien auf das Auftreten postoperativer Komplikationen untersucht. Statistisch konnte hier kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,434$) festgestellt werden. Besonderes Augenmerk lag in diesem Fall auf einer durch eventuelle postradiogene Minderdurchblutung herabgesetzten lokalen Immunabwehr und dadurch bedingte intrakranielle Abszesse ($p=0,321$), Meningitiden ($p=0,179$), Wundinfektionen/Wundheilungsstörungen ($p=0,639$) oder eine erhöhte Notwendigkeit von Wundrevisionen in Verbindung mit Wundheilungsstörungen ($p=0,590$).

Zu guter Letzt stellte sich in Bezug auf das Tumorzvolumen die Frage, ob das Volumen eine statistisch signifikante Auswirkung auf das Erreichen einer vollständigen Resektion (GTR + Simpson I/II) hat. Es zeigte sich dabei, dass das Tumorzvolumen und das Erreichen einer vollständigen Resektion für das Gesamtkollektiv keinen signifikanten Zusammenhang ($p=0,067$) ausweisen. Im Falle der Meningeome haben der Simpson-Grad und das Tumorzvolumen jedoch wohl einen signifikanten sowie gleichgerichteten Zusammenhang ($p=0,001$). Je größer demnach das zu operierende Meningeom (Tumorzvolumen groß), desto unwahrscheinlicher ist das Erreichen eines Simpson-Grades I oder II bei der operativen Resektion. Für die Entität der Vestibularisschwannome ergab sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Verfehlen einer GTR und einem großen Tumorzvolumen ($p=0,024$).

Eine zusätzliche Analyse wurde zur Entität der Meningeome durchgeführt. Kraniotomien, welche aufgrund einer Meningeom-Entfernung durchgeführt werden, wird ein erhöhtes thromboembolisches postoperatives Risiko nachgesagt, wie zum Beispiel für die Entstehung tiefer Beinvenenthrombosen oder Lungenarterienembolien (Levi et al., 1991).

Im Vergleich mit anderen Entitäten, fiel in dieser Studie jedoch eher auf, dass Meningeome eine geringere relative Häufigkeit für LAE/TVT (Gesamtkollektiv 3,1% vs. Meningeome 2,8%) aufwiesen. Betrachtet man postoperative Sinusvenenthrombosen (SVT), zeigt sich bei den Meningeomen (4,2%) im Vergleich zum Gesamtkollektiv (2,3%) zwar eine leicht erhöhte relative Häufigkeit, die Fallzahlen waren jedoch insgesamt sehr niedrig (bei SVT n=11; bei LAE/TVT n=15) und deren Häufigkeit wies im Vergleich zu den anderen Entitäten oder dem Gesamtkollektiv keinen signifikanten statistischen Unterschied auf ($p=0,880/p=0,203$).

4.1.2.3 Operationsbezogene Daten

Bei statistischen Analysen zur Rekonstruktionsart ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Art der Rekonstruktion und dem Auftreten postoperativer zugangsbedingter Komplikationen ($p=0,020$). Darauf wurde zusätzlich untersucht, ob es bezüglich einzelner Rekonstruktionsarten Auffälligkeiten im Vergleich zur Gesamtstichprobe gibt. Es stellte sich dabei für die Rekonstruktion des Schädelknochens unter Einsatz eines Titannetzes (Titanmesh) heraus, dass im Vergleich zur Gesamtstichprobe ein geringerer prozentualer Anteil der Patienten ohne postoperative Komplikationen resultiert. Das lässt darauf schließen, dass unter Verwendung von Titanmesh häufiger postoperative Komplikationen auftreten, als im Vergleich zu anderen Rekonstruktionsarten. Bei Anwendung der Sandwichtechnik zur Rekonstruktion fand sich hingegen ein höherer prozentualer Anteil ohne postoperative Komplikationen, was auf einen komplikationsärmeren postoperativen Verlauf hinweist. Bei den einzelnen postoperativen Komplikationen im Speziellen ließ sich diese Tendenz jedoch nicht nachweisen.

Die Analyse zum Einfluss der Art der Osteotomie auf das Auftreten postoperativer Komplikationen ergab ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang, sowohl für postoperative Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,131$), als auch für die einzelnen Komplikationen im Speziellen.

Betrachtet man das Auftreten intraoperativer Besonderheiten bzw. Komplikationen und deren Auswirkung auf das Vorhandensein postoperativer Komplikationen, so konnte auch hier kein statistisch signifikanter Zusammenhang ermittelt werden ($p=0,303$). Auch nicht bei statistischen Tests zu den einzelnen intraoperativen Besonderheiten, also bei Sinusverletzung, Bulbuseröffnung sowie intraoperativer Zugangserweiterung mit den einzelnen postoperativen Komplikationen. Testet man einen möglichen Zusammenhang zwischen den intraoperativen Besonderheiten bzw. Komplikationen mit dem Erreichen einer vollständigen Tumorsektion (GTR + Simpson I/II), so ergibt sich auch hier weder für das Auftreten von intraoperativen Besonderheiten im Allgemeinen noch für die einzelnen Besonderheiten im Speziellen eine statistische Signifikanz ($p=0,366$).

Des Weiteren wurden mögliche signifikante Zusammenhänge der Kraniotomiefläche mit den verschiedenen Variablen untersucht. Bei der Analyse auf einen möglichen signifikanten Zusammenhang mit dem Erreichen einer vollständigen Resektion (GTR + Simpson I/II) ergab sich keine Signifikanz ($p=0,155$); ebenso wenig bei Betrachtung des Einflusses der Fläche auf das Auftreten intraoperativer Besonderheiten bzw. Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,855$) oder für die einzelnen Besonderheiten im Speziellen, noch für das Auftreten postoperativer Verbesserungen ($p=0,788$) oder Verschlechterungen ($p=0,331$) von präoperativ vorhandenen, neurologischen Symptomen (die Verbesserungen/ Verschlechterungen wurden hier auch einzeln analysiert; $p>0,05$).

Für Vestibularisschwannome hingegen ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Verfehlen einer GTR und großen Kraniotomieflächen ($p=0,041$). Bei Untersuchung des Einflusses der Kraniotomiefläche auf das Auftreten postoperativer Komplikationen zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang ($p=0,016$) mit der Gesamtrate der Komplikationen, was aufzeigt, dass Patienten, die über einen größeren Zugang im Schädelknochen operiert wurden (Kraniotomiefläche groß), häufiger postoperative Komplikationen aufwiesen ($p=0,016$). Auch für das vermehrte Auftreten von postoperativen Liquorfisteln bzw. Liquorlecks bei größeren Kraniotomieflächen erwies sich dieser Zusammenhang als statistisch signifikant ($p=0,006$).

Bei der intraoperativen Wahl der Größe des knöchernen Zugangs (Kraniotomiefläche) zeigte sich, dass tendenziell ein größerer knöcherner Defekt gesetzt wurde, je größer das Volumen des zu operierenden Tumors war. ($p=0,009$; gleichgerichteter Zusammenhang)

4.1.2.4 Postoperative und Outcome-bezogene Daten

Im Rahmen der statistischen Tests zu den postoperativen und Outcome-bezogenen Daten nach Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang ergaben sich die nachfolgenden Ergebnisse:

Das Auftreten oder die Anzahl permanenter neuer Defizite korreliert nicht mit dem Tumolvolumen ($p=0,072$; $p=0,086$), der Kraniotomiefläche ($p=0,225$; $p=0,501$) oder dem Auftreten intraoperativer Besonderheiten bzw. Komplikationen ($p=0,275$; $p=0,146$). Ein stark signifikantes Ergebnis zeigte sich hingegen in Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen, sowohl für das Auftreten neuer permanenter Defizite an sich, als auch für eine höhere Anzahl der neuen permanenten Defizite ($p<0,001$; $p<0,001$). Dies ergab sich auch bei spezifischer Untersuchung für das Auftreten postoperativer Nachblutungen ($p=0,019/p=0,001$), postoperativer Liquorlecks bzw. Liquorfisteln ($p=0,026/p=0,039$) sowie eines postoperativen Hydrocephalus ($p=0,050/p=0,007$).

Insbesondere das neue und permanente Auftreten von Kopfschmerzen ($p=0,028$), Schwindel und Gleichgewichtsstörungen ($p=0,003$), Formen cerebellärer Dysfunktionen ($p=0,013$), psychomotorischer Verlangsamung ($p=0,002$) und Beeinträchtigungen von Funktionen, welche dem 9. bzw. 10. Hirnnerven (CN IX/X) zuzuordnen sind ($p=0,042$), stehen in statistisch signifikantem Zusammenhang mit der Gesamtrate der postoperativen Komplikationen. Im Speziellen ergab sich auch eine Korrelation für das Auftreten neuen permanenten Schwindels und Gleichgewichtsstörungen mit dem Auftreten postoperativer Liquorlecks bzw. Liquorfisteln ($p=0,002$) und Wundinfektionen bzw. Wundheilungsstörungen ($p=0,003$). Cerebelläre Dysfunktionen stehen in Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Nachblutungen ($p=0,028$), Liquorlecks bzw. Liquorfisteln ($p=0,040$) und Hydrocephali ($p=0,043$). Psychomotorische Verlangsamung stehen in Zusammenhang mit dem Auftreten von Nachblutungen ($p=0,008$), Wundinfektionen bzw. Wundheilungsstörungen ($p=0,027$) und Hydrocephali ($p<0,000$). Postoperative Gangunsicherheiten wiesen einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Sinusvenenthrombosen (SVT) ($p=0,028$) und postoperative Hemiparesen mit dem Auftreten von intrakraniellen Abszessen ($p=0,037$) sowie Ischämien/Infarkten ($p=0,001$) auf. Postoperative Trigemini-, -par- und -dysästhesien korrelierten mit dem gehäuften Auftreten von postoperativen Nachblutungen ($p=0,028$) und Funktionsstörungen des 9. und/oder 10. Hirnnervens (CN IX/X) mit Ischämien/Infarkten ($p=0,010$) als postoperative Komplikationen.

Postoperative Paukenergüsse bzw. das Auftreten eines Hämatotympanons wurden nicht in die Berechnung der Gesamtkomplikationsrate miteinbezogen. Erwähnenswert ist aber, dass ein signifikanter statistischer Zusammenhang ($p=0,020$) zwischen ihrem Auftreten und einer neuen permanenten postoperativen Hörminderung besteht.

Patienten mit postoperativer permanenter Funktionsstörung des N. glossopharyngeus oder N. vagus (CN IX/X) wurden über signifikant größere Kraniotomieflächen operiert ($p=0,002$) und bei Ihnen wurde signifikant häufiger eine intraoperative Zugangserweiterung durchgeführt ($p=0,001$). Patienten mit permanenten neuen Trigeminihyp-, -par- und -dysästhesien wiesen signifikant kleinere Kraniotomieflächen ($p=0,012$) auf. Patienten mit neuen permanenten Augenmotilitätsstörungen litten an signifikant größeren Tumoren ($p=0,037$), Patienten mit einer permanenten postoperativen Hörminderung hingegen zeigten signifikant kleinere Tumore ($p=0,020$).

Bei statistischen Analysen zur postoperativen Verbesserung präoperativer Symptome ergab sich kein signifikanter statistischer Einfluss der Größe der Kraniotomiefläche auf die Anzahl an Symptomen mit postoperativer Besserung ($p=0,788$). Ebenso wenig fand sich ein Einfluss des Alters der Patienten ($p=0,682$), des Auftretens von intraoperativen Besonderheiten im Allgemeinen ($p=0,774$) oder der einzelnen Besonderheiten im Speziellen, noch der postoperativen Komplikationen ($p=0,898$) im Allgemeinen oder der einzelnen Komplikationen im Speziellen darauf.

Abschließend wurde in diesem Abschnitt noch beurteilt, ob die Entwicklung von präoperativem KPSS-Wert zu postoperativem KPSS-Wert einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Kraniotomiefläche aufweist. Mit einem p-Wert von 0,012 stellte sich dabei heraus, dass eine Verschlechterung des postoperativen KPSS im Vergleich zum präoperativen Wert mit größeren Kraniotomieflächen in Verbindung gebracht werden kann. Betrachtet man die Tabelle 16, so ergibt sich jedoch für fast alle Entitäten keine Differenz zwischen prä- und postoperativem Medianwert. Dieser Fakt sollte bei der Aussagekraft nicht vernachlässigt werden.

4.2 Vergleichende statistische Analyse des onkologischen vs. non-onkologischen Kollektivs

Im Folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse einer vergleichenden Analyse nach Unterteilung des heterogenen Gesamtkollektivs (n=549) in ein rein onkologisches Kollektiv (n=449) sowie ein nicht-onkologisches Kollektiv (n=91), welches rein entzündliche Entitäten sowie neurovaskuläre Kompressionssymptome umfasst, dargestellt.

4.2.1 Onkologisches Kollektiv

Für die Analyse der Daten des rein onkologischen Patientenkollektivs, bzw. genauer gesagt die des onkologischen Teilkollektivs, sind die Eingriffe, welche aufgrund eines Hemispasmus facialis oder einer Trigeminalneuralgie durchgeführt wurden, aus dem Gesamtkollektiv aussortiert worden. Zudem wurde die Entitäts-Kategorie „Sonstiges“ demnach angepasst. Sie umfasst nun drei anaplastische Astrozytome, eine Arachnoidalzyste, fünf non-hodgkin B-Zell Lymphome, ein Ependymom, zwei Glomus jugulare Tumore, fünf kavernöse Gefäßmalformationen, ein Knochenhämangiom, ein malignes Gliom, zwei Medulloblastome, ein Superependymom, ein Plexuspapillom sowie zwei diffuse Mittelliniengliome.

4.2.1.1 Deskriptive statistische Auswertung

Die in den nachfolgenden Tabellen zur deskriptiven Statistik (s. Tab. 26 bis 29) dargestellten Werte für absolute und relative Häufigkeiten weichen nur für die, wie oben beschrieben, geänderte Kategorie „Sonstiges“ und für die alle onkologischen Patientenfälle zusammenfassende Spalte „Tumor total“ von den, unter deskriptiver Statistik zum Gesamtkollektiv zu findenden Werten ab. Der Übersicht wegen wurden die anderen onkologischen Entitäten hier dennoch erneut dargestellt.

Das Alter der onkologischen Patienten lag zum Operationszeitpunkt im Median bei 58 Jahren, der jüngste Patient wurde dabei im Alter von 20 und der älteste Patient im Alter von 90 Jahren operiert. 281 (62,6%) Patienten waren weiblich und 168 männlich (37,4%). Die mediane ASA-Klasse lag bei II. Der mediane präoperative KPSS lag bei 90, die Spanne reichte von Werten zwischen 20 bis 100. Die häufigsten präoperativen neurologischen Symptome bei Patienten, welche sich aufgrund eines Tumorleidens der Operation über den retrosigmoidalen Zugang unterzogen, sind im Folgenden aufgeführt:

Bei der Hälfte der Patienten (225/50,2%) lag ein Schwindel und/oder eine Gleichgewichtsstörung vor. Bei 193 (43,1%) Eingriffen klagten die Patienten präoperativ über eine Beeinträchtigung ihrer Hörfunktion, bei 110 (24,6%) über Gangunsicherheiten. Jeder 5. Patient (96/21,4%) gab präoperative Kopfschmerzen an. 16,1% (72) der Patienten beklagten Formen von cerebellärer Dysfunktion und 10,9% (49) Fazialisparesen. Ca. ein Drittel (30,4%) der Patienten berichtete über ein Andauern der Symptome seit weniger als 3 Monaten, ca. ein Drittel (35,60%) seit 3 Monaten bis zu einem Jahr und ein weiteres Drittel seit mehr als einem Jahr. Bei 29 Patienten (6,5%) lagen keine präoperativen Symptome vor.

Die für den operativen Zugang zum Tumor benötigte Fläche der Kraniotomie lag im Median bei 776 mm², der kleinste knöcherne Zugang lag dabei bei 285 mm² und der größte bei 1921mm². 65,3% (292) der Zugänge erfolgten über eine Kraniektomie (osteoklastisch) und 34,7% (155) über eine osteoplastische Kraniotomie. Die Rekonstruktion des knöchernen Defektes erfolgte bei mehr als der Hälfte der Eingriffe (56,6%) im Sinne einer Sandwich-Technik, bei knapp einem Drittel der Eingriffe (141/32,0%) wurde der entnommene Knochendeckel replantiert. In knapp jedem 10. Fall (41/9,3%) wurde der Defekt mittels Titanmesh versorgt und 9 Patienten erhielten eine Versorgung mit Knochenersatz durch Palacos-Knochenzement (2%).

Intraoperative Komplikationen oder Besonderheiten, wie eine Verletzung des Sinus transversus und/oder des Sinus sigmoideus, eine Eröffnung des Bulbus jugularis oder eine intraoperative Notwendigkeit zur Erweiterung des knöchernen Zugangs, traten bei 35 (8,0%) Patienten auf.

Postoperativ verbrachten die Patienten zwischen 3 und 133 Tage auf Station der Neurochirurgie. Der mediane Klinikaufenthalt lag bei 10 Tagen. Im Median wurden Folgeuntersuchungen (Follow-Ups) über 12 Monate postoperativ durchgeführt, wobei auch hier bei einigen Patienten keine Daten zu Nachuntersuchungen vorlagen. Die längste der erfolgten Nachuntersuchungen lag bei 12,5 Jahren bzw. 150 Monaten. Die Komplikationsrate lag bei 22,5%. Als häufigste postoperative Komplikation zeigten sich Liquorlecks (34/8,6%) gefolgt von Meningitiden (21/5,3%). Die mediane Clavien-Dindo-Klasse lag bei 2. Permanente neue neurologische Defizite fanden sich bei 45,8% der Patienten, am häufigsten zeigten sich darunter Fazialisparesen (71/16,9%), Hörminderungen (38/9,0%) und Schwindel/Gleichgewichtsstörungen (34/8,1%). Der postoperative KPSS lag im Median von 90, wobei sich Werte zwischen 0 und 100 finden ließen.

		Epidermoid- zyste		Hämangio- blastom		Meningeom		Metastase		sonstiges Schwannom		Sonstiges		Vestibularis- schwannom		Tumore total	
Alter (in Jahren)	N		15		9		157		49		14		25		180		449
	Mean		50,2		49,3		60,3		62,7		56,4		51,4		54,5		57,1
	SD		11,827		19,281		14,081		13,375		18,308		18,597		15,137		15,273
	Minimum		28		27		21		27		23		22		20		20
	Median		53		48		62		64		56,5		49		56		58
Maximum		73		89		90		90		84		85		82		90	
KPSS präop.	N		15		9		155		48		14		25		176		442
	Mean		92,7		91,1		88,1		81,0		85		79,2		88,9		87,3
	SD		9,612		9,28		13,901		11,713		10,919		22,898		12,867		13,964
	Minimum		70		70		20		50		70		20		20		20
	Median		100		90		90		80		85		90		90		90
Maximum		100		100		100		100		100		100		100		100	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Geschlecht	m	8	53,3%	5	55,6%	39	24,8%	20	40,8%	7	50,0%	15	60,0%	74	41,1%	168	37,4%
	w	7	46,7%	4	44,4%	118	75,2%	29	59,2%	7	50,0%	10	40,0%	106	58,9%	281	62,6%
ASA-Klasse	I	2	13,3%	1	11,1%	22	14,3%	0	0,0%	2	14,3%	6	24,0%	42	23,3%	75	16,8%
	II	11	73,3%	7	77,8%	103	66,9%	27	55,1%	10	71,4%	14	56,0%	123	68,3%	295	66,1%
	III	2	13,3%	1	11,1%	29	18,8%	22	44,9%	2	14,3%	4	16,0%	14	7,8%	74	16,6%
	IV	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,0%	1	0,6%	2	0,4%
präoperative Symptome																	
keine Symptome		2	13,3%	0	0,0%	17	10,8%	4	8,3%	0	0,0%	1	4,0%	5	2,8%	29	6,5%
Kopfschmerzen		4	26,7%	6	66,7%	33	21,0%	21	43,8%	2	14,3%	8	32,0%	22	12,2%	96	21,4%
Schwindel/ Gleichgewichts- störung		8	53,3%	4	44,4%	69	43,9%	31	64,6%	5	35,7%	11	44,0%	97	53,9%	225	50,2%
Übelkeit/ Erbrechen		2	13,3%	1	11,1%	12	7,6%	18	37,5%	2	14,3%	6	24,0%	14	7,8%	55	12,3%
cerebelläre Dysfunktion		0	0,0%	1	11,1%	22	14,0%	22	45,8%	2	14,3%	11	44,0%	14	7,8%	72	16,1%
Gangunsicherheit		4	26,7%	1	11,1%	43	27,4%	16	33,3%	2	14,3%	5	20,0%	39	21,7%	110	24,6%
Liquoraufstau		1	6,7%	0	0,0%	18	11,5%	9	18,4%	0	0,0%	6	24,0%	10	5,6%	44	9,8%
Visusminderung		1	6,7%	0	0,0%	7	4,5%	1	2,1%	1	7,1%	1	4,0%	2	1,1%	13	2,9%
Hemiparese		0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	0	0,0%	0	0,0%	2	8,0%	2	1,1%	8	1,8%
Vigilanz- minderung		0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	1	2,1%	0	0,0%	3	12,0%	2	1,1%	10	2,2%
psychom. Ver- langsamung		0	0,0%	0	0,0%	5	3,2%	5	10,4%	1	7,1%	3	12,0%	1	0,6%	15	3,3%
Geschmacks- störung		0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	1	2,1%	3	21,4%	1	4,0%	7	3,9%	14	3,1%
Krampfanfall		1	6,7%	0	0,0%	4	2,5%	2	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	7	1,6%
Trigeminushyp. V1		2	13,3%	0	0,0%	10	6,4%	0	0,0%	1	7,1%	2	8,0%	14	7,8%	29	6,5%
Trigeminushyp. V2		4	26,7%	0	0,0%	15	9,6%	1	2,1%	4	28,6%	3	12,0%	24	13,3%	51	11,4%
Trigeminushyp. V3		3	20,0%	0	0,0%	10	6,4%	0	0,0%	3	21,4%	3	12,0%	23	12,8%	42	9,4%
Gesichts- schmerzen		0	0,0%	0	0,0%	15	9,6%	0	0,0%	1	7,1%	2	8,0%	2	1,1%	20	4,5%
Augenmotilitäts- störung		3	20,0%	0	0,0%	13	8,3%	0	0,0%	0	0,0%	5	20,0%	2	1,1%	23	5,1%
Fazialisparese (HB2)		0	0,0%	0	0,0%	5	3,2%	1	2,1%	1	7,1%	0	0,0%	18	10,0%	25	5,6%
Fazialisparese (HB3)		0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	2	4,2%	1	7,1%	2	8,0%	7	3,9%	14	3,1%
Fazialisparese (HB4)		1	6,7%	0	0,0%	1	0,6%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,2%	7	1,6%
Fazialisparese (HB5)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	7,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,2%
Fazialisparese (HBk.A.)		0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	1	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	0,4%
Fazialisparese insg.		1	6,7%	0	0,0%	9	5,7%	5	10,4%	3	21,4%	2	8,0%	29	16,1%	49	10,9%
Gesichts- spasmus		1	6,7%	0	0,0%	1	0,6%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,2%	6	1,3%
Hörminderung		4	26,7%	1	11,1%	28	17,8%	4	8,3%	6	42,9%	3	12,0%	147	81,7%	193	43,1%
Tinnitus		5	33,3%	0	0,0%	11	7,0%	2	4,2%	2	14,3%	2	8,0%	50	27,8%	72	16,1%
CN IX/X		0	0,0%	0	0,0%	16	10,2%	1	2,1%	0	0,0%	2	8,0%	3	1,7%	22	4,9%
CN XII		0	0,0%	0	0,0%	4	2,5%	0	0,0%	2	14,3%	0	0,0%	2	1,1%	8	1,8%
Dauer der Symptome	< 3 Monate	4	33,3%	5	55,6%	34	28,1%	35	94,6%	2	20,0%	13	61,9%	19	12,0%	112	30,4%
	3-12 Monate	5	41,7%	4	44,4%	54	44,6%	2	5,4%	4	40,0%	5	23,8%	57	36,1%	131	35,6%
	>12 Monate	3	25,0%	0	0,0%	33	27,3%	0	0,0%	4	40,0%	3	14,3%	82	51,9%	125	34,0%

Tab. 26: Demographische und klinische präoperative Informationen mit absoluten und relativen Häufigkeiten (onkologisches Kollektiv)

		Epidermoid - zyste		Hämangioblastom		Meningeom		Metastase		sonstiges Schwannom		Sonstiges		Vestibularis - schwannom		Tumore total	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Tumorvolumen (in cm³)	N		15		8		131		45		12		23		148		382
	Mean		20,3		16,9		16,1		16,4		12,7		8,6		6,1		11,9
	SD		21,510		17,265		17,362		16,479		22,063		9,475		7,585		14,960
	Minimum		1,2		0,8		0,2		0,7		0,5		0,1		0,1		0,1
	Median		13,2		12,9		8,6		13,0		7,2		4,0		3,0		5,9
	Maximum		79,4		49,9		74,4		99,1		81,1		38,5		38,3		99,1
Kraniotomiefläche (in mm²)	N		13		7		134		47		11		21		141		374
	Mean		798,2		733,1		830,5		904,6		900,8		823,4		748,3		807,6
	SD		174,4		292,07		273,53		325,06		210,75		339,05		247,90		274,88
	Minimum		540		342		285		416		668		387		316		285
	Median		872		656		806		823		843		735		730		776
	Maximum		1036		1153		1921		1689		1448		1522		1612		1921
Art der Kraniotomie		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	Osteoklastisch	10	66,7%	2	22,2%	105	66,9%	23	46,9%	13	92,9%	14	56,0%	125	70,2%	292	65,3%
	Osteoplastisch	5	33,3%	7	77,8%	52	33,1%	26	53,1%	1	7,1%	11	44,0%	53	29,8%	155	34,7%
Rekonstruktion	Knochen - deckelre - plantation	4	28,6%	6	66,7%	48	30,6%	26	54,2%	3	21,4%	10	45,5%	44	25,0%	141	32,0%
	Sandwich - technik	6	42,9%	1	11,1%	89	56,7%	21	43,8%	9	64,3%	11	50,0%	112	63,6%	249	56,6%
	Titanmesh	2	14,3%	1	11,1%	17	10,8%	1	2,1%	2	14,3%	1	4,5%	17	9,7%	41	9,3%
	Palacos - Deckel	2	14,3%	1	11,1%	3	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,7%	9	2,0%
Intraop. Komplikationen/ Besonderheiten		2	13,30%	0	0,00%	15	9,90%	4	8,20%	3	21,4%	2	8,0%	9	5,1%	35	8,0%
GTR/Simpson I+II																257	57,2%

Tab. 27: Tumor-, zugangs- und resektionsbezogene Daten mit absoluten und relativen Häufigkeiten (onkologisches Kollektiv)

		Epidermoid- zyste		Hämangio- blastom		Meningeom		Metastase		sonstiges Schwannom		Sonstiges		Vestibularis- schwannom		Tumore total	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
postop. Komplikationen		4	28,6%	1	11,1%	32	22,4%	9	21,4%	3	23,1%	4	19,0%	36	23,4%	89	22,5%
Liquorleck/ Liquorfistel		1	7,1%	0	0,0%	8	5,6%	4	9,5%	2	15,4%	1	4,8%	18	11,7%	34	8,6%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	5	62,5%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	10	55,6%	16	47,1%
im Follow-Up		1	100,0%	0	0,0%	3	37,5%	4	100,0%	1	50,0%	1	100,0%	8	44,4%	18	52,9%
Wundinfektion/ Wundheilungs- störung		1	7,1%	0	0,0%	5	3,5%	4	9,5%	0	0,0%	1	4,8%	7	4,5%	18	4,5%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	2	40,0%	1	25,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	16,7%
im Follow-Up		1	100,0%	0	0,0%	3	60,0%	3	75,0%	0	0,0%	1	100,0%	7	100,0%	15	83,3%
intrakranieller Abszess		0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	2	4,8%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	4	1,0%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	50,0%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	2	50,0%
Hydrocephalus		0	0,0%	0	0,0%	7	4,9%	1	2,4%	2	15,4%	2	9,5%	4	2,6%	16	4,0%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	5	71,4%	1	100,0%	0	0,0%	2	100,0%	3	75,0%	11	68,8%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	3	42,9%	0	0,0%	2	100,0%	0	0,0%	1	25,0%	6	37,5%
shuntpflichtig?		0	0,0%	0	0,0%	6	85,7%	0	0,0%	2	100,0%	2	100,0%	3	75,0%	13	81,3%
SVT		1	7,1%	0	0,0%	6	4,2%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,9%	10	2,5%
im hospital stay		1	100,0%	0	0,0%	6	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	9	90,0%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	33,3%	1	10,0%
Meningitis		1	7,1%	0	0,0%	10	7,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,8%	9	5,8%	21	5,3%
im hospital stay		1	100,0%	0	0,0%	6	60,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	7	70,0%	14	63,6%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	4	40,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	2	20,0%	7	31,8%
Tod		0	0,0%	0	0,0%	3	2,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	5	1,3%
Ischämie		0	0,0%	1	11,1%	4	2,8%	2	4,8%	0	0,0%	1	4,8%	1	0,6%	9	2,3%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	4	100,0%	1	50,0%	0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	6	66,7%
im Follow-Up		0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	1	50,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	3	33,3%
Liegedauer (in Tagen)		N	15	9	157	49	14	25	180	449							
Mean		8,73	9,56	13,54	17,51	16,86	17,96	11,82	13,39								
SD		4,464	3,941	13,845	15,575	17,858	18	7,327	12								
Minimum		3	5	3	5	5	5	4	3								
Median		8	8	10	12	11,5	13	9	10								
Maximum		16	17	133	70	76	97	47	133								
Follow-Up Zeitraum (in Monaten)		N	15	9	157	49	14	25	180	449							
Mean		35,7	15,3	30,7	5,8	38,5	19,6	32,6	28,3								
SD		43,312	18,168	36,563	14,101	49,494	37,174	35,630	35,797								
Minimum		0	0	0	0	0	0	0	0								
Median		12	4,5	15	0	16	1,5	17,25	12								
Maximum		131,5	45	135	87,5	139	130,5	150	150								
KPSS postop.		N	14	9	151	44	14	24	167	423							
Mean		90,0	88,9	86,5	71,8	80,0	72,9	86,5	84,2								
SD		11,767	16,159	20,04	25,634	11,767	24,58	14,683	19,244								
Minimum		60	50	0	0	60	20	0	0								
Median		90	90	90	80	80	80	90	90								
Maximum		100	100	100	100	100	100	100	100								

Tab. 28: Postoperative sowie Outcome-bezogene Daten insbesondere zu den postoperativen Komplikationen während des stationären Aufenthaltes bzw. nach Entlassung (onkologisches Kollektiv)

	Epidermoid- zyste		Hämangio- blastom		Meningeom		Metastase		sonstiges Schwannom		Sonstiges		Vestibularis- schwannom		Tumore total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Neue permanente Defizite	4	28,6%	0	0,0%	58	38,2%	9	21,4%	10	71,4%	10	47,6%	102	60,4%	193	46%
Kopfschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	8	5,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	20	11,8%	28	7%
Schwindel/ Gleichgewichts- störung	1	7,1%	0	0,0%	12	7,9%	2	4,8%	0	0,0%	1	4,8%	18	10,7%	34	8%
Übelkeit/Erbrechen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
cerebelläre Dysfunktion	1	7,1%	0	0,0%	3	2,0%	2	4,8%	1	7,1%	2	9,5%	3	1,8%	12	3%
Gangunsicherheit	0	0,0%	0	0,0%	3	2,0%	0	0,0%	1	7,1%	1	4,8%	6	3,6%	11	3%
Visusminderung	0	0,0%	0	0,0%	3	2,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1%
Hemiparese	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	1	2,4%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	3	1%
Vigilanzminderung	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	2	4,8%	0	0,0%	1	4,8%	1	0,6%	5	1%
psychomotorische Verlangsamung	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	2	4,8%	1	7,1%	0	0,0%	2	1,2%	6	1%
Geschmackstörung	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,8%	4	2,4%	5	1%
Krampfanfall	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0%
Trigeminushyp. V1	0	0,0%	0	0,0%	6	3,9%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,8%	5	3,0%	12	3%
Trigeminushyp. V2	0	0,0%	0	0,0%	8	5,3%	0	0,0%	1	7,1%	1	4,8%	9	5,3%	19	5%
Trigeminushyp. V3	0	0,0%	0	0,0%	6	3,9%	0	0,0%	2	14,3%	1	4,8%	6	3,6%	15	4%
Gesichtsschmerzen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	7,1%	0	0,0%	1	0,6%	2	1%
Augenmotilitäts- störung	0	0,0%	0	0,0%	14	9,2%	0	0,0%	1	7,1%	1	4,8%	2	1,2%	18	4%
verminderte Tränenproduktion	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,4%	5	1%
Fazialisparese (HB2)	1	7,1%	0	0,0%	7	4,6%	0	0,0%	2	14,3%	1	4,8%	25	14,8%	36	9%
Fazialisparese (HB3)	0	0,0%	0	0,0%	4	2,6%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,8%	15	8,9%	20	5%
Fazialisparese (HB4)	0	0,0%	0	0,0%	1	0,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	10	5,9%	11	3%
Fazialisparese (HB5)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	1	0%
Fazialisparese (HB6)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	1	0%
Fazialisparese (HBk.A)	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	1,2%	2	1%
Fazialisparese insg.	1	7,1%	0	0,0%	12	7,9%	0	0,0%	2	14,3%	2	9,5%	54	32,0%	71	17%
Gesichtsspasmus	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,8%	3	1%
Hörminderung	1	7,1%	0	0,0%	17	11,2%	0	0,0%	1	7,1%	2	9,5%	17	10,1%	38	9%
Tinnitus	0	0,0%	0	0,0%	2	1,3%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	1,8%	5	1%
CN IX/X	1	7,1%	0	0,0%	14	9,2%	0	0,0%	4	28,6%	4	19,0%	3	1,8%	26	6%
CN XII	0	0,0%	0	0,0%	3	2,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	9,5%	0	0,0%	5	1%

Tab. 29: Postoperative neue permanente Defizite mit absoluten und relativen Häufigkeiten (onkologisches Kollektiv)

4.2.1.2 Induktive statistische Auswertung

Patientenbezogene Daten

Im Rahmen der induktiven Statistik wurde auch für das Kollektiv der rein onkologischen Patienten überprüft, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Stoffwechselerkrankung und einer Wundheilungsstörung bzw. einer Wundinfektion oder einem intrakraniellen Abszess als postoperative Komplikation vorlag. In beiden Fällen ergab sich kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,165$; $p=0,479$). Bei Patienten mit präoperativem Nikotin-, Alkohol- oder Drogenkonsum konnte ebenfalls kein signifikant häufigeres Auftreten dieser beiden postoperativen Komplikationen festgestellt werden ($p=0,260$; $p=0,413$), ebenso wenig bei Patienten, welche präoperativ immunsupprimierende Medikamente zu sich nahmen ($p=1,00$; $p=1,00$). Statistisch ergab sich auch für das onkologische Kollektiv kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von postoperativen Nachblutungen und der präoperativen Einnahme blutverdünnender Medikamente ($p=1,00$) bzw. dem Vorliegen einer Gerinnungsstörung ($p=0,057$).

Als statistisch signifikant zeigte sich hingegen der Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Gerinnungsstörung und dem Auftreten einer postoperativen Sinusvenenthrombose (SVT) ($p=0,040$). Im Zusammenhang mit dem Auftreten von postoperativen Lungenembolien (LAE) und tiefen Beinvenenthrombosen (TVT) spielten Gerinnungsstörungen bei den betrachteten Eingriffen keine statistisch signifikante Rolle ($p=1,00$). Zusätzlich wurde die Auswirkung präoperativer Radiotherapien auf das Auftreten postoperativer Komplikationen untersucht. Statistisch konnte hier kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,939$) festgestellt werden. Besonderes Augenmerk lag in diesem Fall auf einer durch eventuelle postradiogene Minderdurchblutung herabgesetzten lokalen Immunabwehr und dadurch bedingte intrakranielle Abszesse ($p=1,00$), Meningitiden ($p=0,152$), Wundinfektionen/Wundheilungsstörungen ($p=1,00$) oder einer erhöhten Notwendigkeit von Wundrevisionen in Verbindung mit Wundheilungsstörungen ($p=0,556$).

Tumorbezogene Daten

Die statistische Untersuchung tumorbezogener Daten findet sich bereits im Abschnitt der induktiven Statistik zum Gesamtkollektiv, allen voran die Analysen zum Tumorzvolumen.

Operationsbezogene Daten

Bei statistischen Analysen zur Rekonstruktionsart ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Art der Rekonstruktion und dem Auftreten postoperativer zugangsbedingter Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,014$). Darauf wurde auch für das onkologische Kollektiv untersucht, ob es bezüglich einzelner Rekonstruktionsarten Auffälligkeiten im Vergleich zur Gesamtstichprobe gibt. Es stellte sich auch hier für die Rekonstruktion des Schädelknochens unter Einsatz eines Titannetzes heraus, dass im Vergleich zur prozentualen Verteilung der Gesamtstichprobe ein kleinerer Anteil der Patienten ohne postoperative Komplikationen existiert. Das lässt ebenfalls darauf schließen, dass unter Verwendung von Titanmesh häufiger postoperative Komplikationen auftreten als im Vergleich zu anderen Rekonstruktionsarten. Bei Anwendung der Sandwichtechnik fand sich hingegen ein höherer prozentualer Anteil ohne postoperative Komplikationen, was auf einen komplikationsärmeren postoperativen Verlauf hinweist. Es stellte sich dabei für die Verwendung von Titanmesh auch heraus, dass im Vergleich zur prozentualen Verteilung der Gesamtstichprobe ein größerer prozentualer Anteil der onkologischen Patienten postoperative Wundheilungsstörungen/Wundinfektionen aufwies. ($p=0,044$)

Die Analyse des Einflusses der Art der Osteotomie auf das Auftreten postoperativer Komplikationen ergab, genau wie zuvor beim Gesamtkollektiv, keinen statistisch signifikanten Zusammenhang ($p=0,209$).

Betrachtet man das Auftreten intraoperativer Besonderheiten bzw. intraoperativer Komplikationen und deren Auswirkung auf das Entstehen postoperativer Komplikationen, so konnte auch hier kein statistisch signifikanter Zusammenhang ermittelt werden ($p=0,504$).

Des Weiteren wurde ein möglicher signifikanter Zusammenhang der Kraniotomiefläche auf verschiedene Variablen untersucht. Analysen dazu ergaben keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten intraoperativer Besonderheiten/Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,747$) oder für die einzelnen Besonderheiten/Komplikationen im Speziellen. Ebenfalls nicht für das Auftreten postoperativer Verbesserungen ($p=0,902$) oder Verschlechterungen ($p=0,181$) von präoperativ vorhandenen neurologischen Symptomen. (die Verbesserungen/Verschlechterungen wurden hier auch für die einzelnen Symptome analysiert; $p>0,05$) Untersuchungen zum Einfluss der Kraniotomiefläche auf das Auftreten postoperativer Komplikationen ergab für das onkologische Patientenkollektiv keinen signi-

fikanten Zusammenhang ($p=0,120$) bezogen auf die Gesamtkomplikationsrate - für das vermehrte Auftreten von postoperativen Liquorfisteln bzw. Liquorlecks bei größeren Kraniotomieflächen erwies sich dieser Zusammenhang hingegen als statistisch signifikant ($p=0,008$).

Postoperative und Outcome-bezogene Daten

Die Einflüsse der verschiedenen Variablen auf das Erreichen einer vollständigen Resektion (GTR+ Simpson I/II) und die Untersuchung auf statistische Signifikanz findet sich im Teil der induktiven Statistik zum Gesamtkollektiv.

Im Rahmen der statistischen Tests zu postoperativen und Outcome-bezogenen Daten nach Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang ergaben sich für das onkologische Kollektiv die nachfolgenden Ergebnisse:

Die Anzahl permanenter neuer Defizite korreliert nicht mit dem Tumolvolumen ($p=0,086$), der Kraniotomiefläche ($p=0,625$) oder dem Auftreten intraoperativer Besonderheiten/Komplikationen ($p=0,269$). Ein stark signifikantes Ergebnis zeigte sich hingegen in Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,002/p=0,003$), sowohl für das Auftreten neuer permanenter Defizite an sich, als auch für eine höhere Anzahl an neuen Defiziten, auch spezifisch für das Auftreten postoperativer Nachblutungen ($p=0,014 /p=0,008$) sowie eines postoperativen Hydrocephalus ($p=0,017 /p=0,015$). Insbesondere das neue und permanente Auftreten von Schwindel/Gleichgewichtsstörungen ($p=0,011$), cerebellärer Dysfunktionen ($p=0,017$), psychomotorischer Verlangsamung ($p=0,002$) und von Beeinträchtigungen des N.glossopharyngeus/N.vagus (CN IX/X) ($p=0,030$) steht im Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen; neue permanente Schwindel- und Gleichgewichtsstörungen auch spezifisch mit dem Auftreten postoperativer Liquorlecks/Liquorfisteln ($p=0,140$) sowie von Wundinfektionen/Wundheilungsstörungen ($p=0,002$). Postoperatives neues Auftreten von cerebellären Dysfunktionen korrelierten mit dem Auftreten von postoperativen Nachblutungen ($p=0,035$) und Hydrocephali ($p=0,048$), Hemiparesen mit dem Auftreten intrakranieller Abszesse ($p=0,031$) und postoperativer Ischämien bzw. Infarkte ($p=0,001$), psychomotorische Verlangsamung mit dem Auftreten von Nachblutungen ($p=0,010$), Wundinfektionen/Wundheilungsstörungen ($p=0,027$) und Hydrocephali ($p=0,001$) sowie Geschmacksstörungen mit dem Auftreten von Hydrocephali ($p=0,006$) als postoperative Komplikation.

Postoperative Paukenergüsse bzw. das Auftreten eines Hämatotympanon wurden, wie bereits erklärt, nicht in die Berechnung der Gesamtkomplikationsrate miteinbezogen. Es ist jedoch interessant zu sehen, dass auch bei den Tumorpatienten ein signifikanter statistischer Zusammenhang ($p=0,020$) zwischen ihrem Auftreten und einer neuen permanenten postoperativen Hörminderung besteht. Zudem stand bei diesem Teilkollektiv eine intraoperative Bulbuseröffnung mit einer signifikant gehäuften postoperativen neuen Hörminderung in Verbindung ($p=0,040$). Analog zum Gesamtkollektiv zeigten Patienten mit postoperativer permanenter Beeinträchtigung des 9. und/oder des 10. Hirnnervens (CN IX/X) signifikant größere Kraniotomieflächen ($p=0,004$) und bei ihnen wurde signifikant häufiger eine intraoperative Zugangserweiterung durchgeführt ($p=0,001$). Patienten mit permanenten neuen Trigeminiushyp-, -par- und -dysästhesien wiesen signifikant kleinere Kraniotomieflächen auf ($p=0,014$).

Bei statistischen Analysen zur postoperativen Verbesserung präoperativer Symptome ergab sich kein signifikanter statistischer Einfluss der Größe der Kraniotomiefläche auf die Anzahl an Symptomen mit postoperativer Besserung ($p=0,902$). Ebenso wenig fand sich ein Einfluss des Alters der Patienten zum Operationszeitpunkt ($p=0,482$), des Auftretens von intraoperativen Besonderheiten oder Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,571$), noch der einzelnen Besonderheiten im Spezifischen ($p>0,05$) oder der postoperativen Komplikationen ($p=0,863$) im Allgemeinen bzw. der einzelnen Komplikationen.

Abschließend wurde auch hier beurteilt, ob die Entwicklung von präoperativem zu postoperativem KPSS-Wert einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Kraniotomiefläche aufweist. Mit einem p-Wert von 0,624 stellte sich dabei heraus, dass eine Veränderung des postoperativen KPSS im Vergleich zum präoperativen Wert nicht mit der Kraniotomiefläche bei Eingriffen aufgrund von onkologischen Läsionen in Verbindung gebracht werden kann.

4.2.2 Non-onkologisches Kollektiv

Das non-onkologische Kollektiv, bzw. genauer das non-onkologische Teilkollektiv, setzt sich aus Patientenfällen zusammen, bei welchen eine Operation aufgrund von Entzündungen oder neurovaskulären Pathologien notwendig wurde.

Die Entität „Sonstiges“ wurde auch hier angepasst und umfasst nun vier intrakranielle Abszesse aufgrund von nach intrakraniell durchgewanderter Otitiden mediae, zwei Fälle von Glossopharyngeusneuralgien, drei Fälle cerebellärer Strahlennekrosen, eine mikrovaskuläre Kompression des N. vestibularis sowie eine reaktive Astroglieose. Des Weiteren zählen die bereits umschriebenen Entitätskategorien „Trigeminusneuralgie“ und „Hemispasmus facialis“ in das Kollektiv. Die Stichprobengröße der Eingriffe, welche aufgrund nicht-onkologischer Pathologien durchgeführt wurden, beträgt damit n=91.

4.2.2.1 Deskriptive statistische Auswertung

In den nachfolgenden Tabellen 30 bis 33 findet sich die Darstellung der Werte für absolute und relative Häufigkeiten dieses Kollektivs.

Das mediane Alter der nicht-onkologischen Patienten lag bei 62 Jahren, der jüngste operierte Patient war hier 19 Jahre und der älteste operierte Patient 86 Jahre alt. 39,6% (36) waren männliche und 60,4% (55) weibliche Patienten. Der präoperative KPSS lag im Median bei 80, wobei dieses Kollektiv Werte zwischen 30 und 100 aufwies. Die mediane ASA-Klasse lag bei II.

Die präoperativen Symptome sind für dieses Kollektiv korrekterweise entitätsgebunden zu betrachten. Zwar handelt es sich bei allen 3 Entitäten um nicht-onkologische Entitäten, doch sind die mit den Krankheiten verbundenen Symptome stark heterogen und die Pathomechanismen der Entitäten divers. Einige Überschneidungen finden sich hingegen zwischen dem Hemispasmus facialis und der Trigeminusneuralgie. Dies kann durch größere Gefäßmalformationen im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels begründet werden, welche teils mehrere Hirnnerven an ihren Austrittsstellen aus dem Hirnstamm beeinträchtigen können. Vor allem bei Patienten mit Trigeminusneuralgie und Hemispasmus facialis beträgt die Dauer der Symptome beim überwiegenden Anteil der Patienten (82,6%/88,9%) über ein Jahr, da leitliniengerecht erst konservative Therapiemethoden ausgeschöpft werden.

Aufgrund nicht vorhandener Rezidivgefahr, wie sie bei Tumoren vorliegt, wird zudem v.a. bei beschwerdefreien Patienten häufig kein postoperatives MRT gefahren, sodass bei lediglich 41 Patienten eine Vermessung des knöchernen Kraniotomiedefektes anhand einer postoperativen Bildgebung möglich war. Die mediane Kraniotomiefläche dieses Kollektivs betrug 634mm², der kleinste gemessene Zugang lag bei 321mm² und der größte bemaß sich auf 1182mm². Die mediane Clavien-Dindo Klasse betrug 2.

Der mediane Klinikaufenthalt lag bei 7 Tagen. Der längste dabei dokumentierte Klinikaufenthalt bei 37 und der kürzeste bei 3 Tagen. Im Median wurden Folgeuntersuchungen (Follow-Ups) über 3 Monate postoperativ durchgeführt, wobei hier deutlich gehäuft keine Daten zu Nachuntersuchungen vorlagen. Die längste Nachuntersuchung lag bei 7,5 Jahren bzw. 91 Monaten.

Die postoperative Gesamtkomplikationsrate lag bei 14,9%. Als häufigste postoperative Komplikation zeigten sich Wundinfektionen/Wundheilungsstörungen mit 4,6%. Die mediane Clavien-Dindo-Klasse lag bei 2. Permanente neue neurologische Defizite fanden sich bei 31,1% der Patienten, am häufigsten zeigten sich Kopfschmerzen (7/7,8%) sowie Trigeminihypo-, -par- und -dysästhesien (je nach betroffenem Trigeminusast bei ca.10%).

Der postoperative KPSS lag im Median bei 90, wobei sich Werte zwischen 30 und 100 finden ließen.

		Hemispasmus facialis		Sonstiges		Trigeminus- neuralgie		Nicht-onkolog. Total	
Alter (in Jahren)	N		9		11		71		91
	Mean		56,0		51,4		61,9		60,1
	SD		13,766		16,884		13,756		14,459
	Minimum		24		21		19		19
	Median		58		56		63		62
	Maximum		71		78		86		86
KPSS präop.	N		9		11		71		91
	Mean		86,67		82,73		77,61		79,12
	SD		5,000		20,045		8,530		10,609
	Minimum		80		30		50		30
	Median		90		90		80		80
	Maximum		90		100		90		100
		N	%	N	%	N	%	N	%
Geschlecht	m	4	44,4%	3	27,3%	29	40,8%	36	39,6%
	w	5	55,6%	8	72,7%	42	59,2%	55	60,4%
ASA-Klasse	I	2	22,2%	1	9,10%	10	14,5%	13	14,6%
	II	6	66,7%	9	81,8%	49	71,0%	64	71,9%
	III	1	11,1%	1	9,10%	10	14,5%	12	13,5%
	IV	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
präoperative Symptome									
keine Symptome		0	0,00%	1	9,10%	0	0,00%	1	1,10%
Kopfschmerzen		1	11,1%	2	18,2%	3	4,2%	6	6,6%
Schwindel/ Gleichgewichtsstörung		1	11,1%	1	9,1%	3	4,2%	5	5,5%
Übelkeit/Erbrechen		1	11,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,1%
cerebelläre Dysfunktion		0	0,0%	1	9,1%	0	0,0%	1	1,1%
Gang-unsicherheit		0	0,0%	2	18,2%	2	2,8%	4	4,4%
Liquoraufstau		0	0,0%	1	9,1%	0	0,0%	1	1,1%
Visusminderung		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Hemiparese		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Vigilanzminderung		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
psychom. Verlangsamung		0	0,0%	2	18,2%	0	0,0%	2	2,2%
Geschmacksstörung		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Krampfanfall		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Trigeminushyp. V1		1	11,1%	0	0,0%	2	2,8%	3	3,3%
Trigeminushyp. V2		1	11,1%	1	9,1%	15	21,1%	17	18,7%
Trigeminushyp. V3		1	11,1%	1	9,1%	7	9,9%	9	9,9%
Trigeminushyp. insg.		1	11,1%	2	18,2%	15	21,1%	18	19,8%
Gesichtsschmerz		1	11,1%	0	0,0%	71	100,0%	72	79,1%
Augenmotilitäts- störung		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB2)		1	11,1%	2	18,2%	0	0,0%	3	3,3%
Fazialisparese (HB3)		1	11,1%	0	0,0%	1	1,4%	2	2,2%
Fazialisparese (HB4)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB5)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HBk.A)		0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	1	1,1%
Fazialisparese insg.		2	22,2%	2	18,2%	2	2,8%	6	6,6%
Gesichtsspasmus		9	100,0%	2	18,2%	3	4,2%	14	15,4%
Hörminderung		1	11,1%	3	27,3%	0	0,0%	4	4,4%
Tinnitus		1	11,1%	0	0,0%	1	1,4%	2	2,2%
CN IX/X		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
CN XII		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Dauer der Symptome	< 3 Monate	0	0,0%	4	50,0%	1	1,4%	5	5,8%
	3-12 Monate	1	11,1%	1	12,5%	11	15,9%	13	15,1%
	>12 Monate	8	88,9%	3	37,5%	57	82,6%	68	79,1%
Voroperiert		0	0,0%	4	36,4%	17	24,3%	21	23,3%
präop. Radiotherapie		0	0,0%	3	27,3%	1	1,4%	4	4,4%

Tab 30: Demographische und klinische präoperative Informationen mit absoluten und relativen Häufigkeiten (non-onkologisches Kollektiv)

		Hemispasmus facialis		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Nicht-onkolog. Total	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Kraniotomiefläche (in mm²)	N		4		5		32		41
	Mean		764,8		1093,0		603,2		678,7
	SD		96,724		90,945		192,237		238,601
	Minimum		673		984		321		321
	Median		764		1129		571		634
	Maximum		858		1182		1035		1182
Art der Kraniotomie		N	%	N	%	N	%	N	%
	Osteoklastisch	8	88,9%	8	72,7%	47	67,1%	63	70,0%
	Osteoplastisch	1	11,1%	3	27,3%	23	32,9%	27	30,0%
Rekonstruktion		N	%	N	%	N	%	N	%
	Knochendeckel-replantation	1	11,1%	3	33,3%	19	27,1%	23	26,1%
	Sandwichtechnik	8	88,9%	4	44,4%	41	58,6%	53	60,2%
	Titanmesh	0	0,0%	1	11,1%	7	10,0%	8	9,1%
	Palacos-Deckel	0	0,0%	0	0,0%	3	4,3%	3	3,4%
Intraop. Besonderheiten/ Komplikationen		0	0,0%	1	9,1%	3	4,5%	4	4,7%

Tab. 31: Zugangs- und rekonstruktionsbezogene Daten mit absoluten und relativen Häufigkeiten (non-onkologisches Kollektiv)

		Hemispasmus facialis		Sonstiges		Trigeminusneuralgie		Nicht-onkolog. Total	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Neue permanente Defizite		3	33,3%	3	27,3%	22	31,4%	28	31,1%
Kopfschmerzen		2	22,2%	0	0,0%	5	7,1%	7	7,8%
Schwindel/ Gleichgewichts- störung		0	0,0%	0	0,0%	2	2,9%	2	2,2%
Übelkeit/ Erbrechen		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
cerebelläre Dysfunktion		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Gangunsicherheit		1	11,1%	0	0,0%	2	2,9%	3	3,3%
Visusminderung		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Hemiparese		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Vigilanzminderung		0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	1	1,1%
psychomotorische Verlangsamung		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Geschmackstörung		0	0,0%	1	9,1%	0	0,0%	1	1,1%
Krampfanfall		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Trigeminushyp. V1		1	11,1%	0	0,0%	4	5,7%	5	5,6%
Trigeminushyp. V2		1	11,1%	0	0,0%	9	12,9%	10	11,1%
Trigeminushyp. V3		2	22,2%	0	0,0%	7	10,0%	9	10,0%
Gesichtsschmerzen		0	0,0%	0	0,0%	1	1,4%	1	1,1%
Augenmotilitäts- störung		0	0,0%	0	0,0%	2	2,9%	2	2,2%
verminderte Tränenproduktion		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB2)		1	11,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,1%
Fazialisparese (HB3)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB4)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB5)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HB6)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese (HBk.A)		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Fazialisparese insg.		1	11,1%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,1%
Gesichtsspasmus		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Hörminderung		1	11,1%	1	9,1%	2	2,9%	4	4,4%
Tinnitus		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
CN IX/X		0	0,0%	1	9,1%	0	0,0%	1	1,1%
CN XII		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Tab.32: Postoperative neue permanente Defizite mit absoluten und relativen Häufigkeiten (non-onkologisches Kollektiv)

		Hemispasmus facialis		Sonstiges		Trigeminus- neuralgie		Nicht-onkolog. Total	
		N	%	N	%	N	%	N	%
postop. Komplikationen		1	14,3%	3	27,3%	9	13,0%	13	14,9%
Liquorleck/Liquorfistel		0	0,0%	0	0,0%	2	2,9%	2	2,3%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	1	50,0%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	1	50,0%	1	50,0%
Wundinfektion/ Wundheilungsstörung		0	0,0%	1	9,1%	3	4,3%	4	4,6%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
im Follow-Up		0	0,0%	1	100,0%	3	100,0%	4	100,0%
intrakranieller Abszess		0	0,0%	1	9,1%	1	1%	2	2,3%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	0	0%	0	0,0%
im Follow-Up		0	0,0%	1	100,0%	1	100%	2	100,0%
Hydrocephalus		0	0,0%	1	9,1%	1	1,4%	2	2,3%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	1	50,0%
im Follow-Up		0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	1	50,0%
shuntpflichtig?		0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%	1	50,0%
SVT		1	14,3%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,1%
im hospital stay		1	100,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	100,0%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Meningitis		0	0,0%	0	0,0%	3	4,3%	3	3,4%
im hospital stay		0	0,0%	0	0,0%	2	66,7%	2	66,7%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	1	33,3%	1	33,3%
Tod		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Ischämie		0	0,0%	1	9,1%	0	0,0%	1	1,1%
im hospital stay		0	0,0%	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%
im Follow-Up		0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Liegedauer (in Tagen)	N		9		11		71		91
	Mean		11,1		14,6		9,4		9,8
	SD		5,255		12,644		6,090		7,25
	Minimum		5		4		3		3
	Median		10		8		7		7
	Maximum		20		37		31		37
Follow-Up-Zeitraum (in Monaten)	N		9		11		71		91
	Mean		13,2		5,8		9,4		9,3
	SD		17,246		4,875		17,918		16,788
	Minimum		0		0		0		0
	Median		4		4		3		3
	Maximum		51		13,5		91		91
KPSS postop.	N		9		11		70		90
	Mean		95,6		86,4		87,6		88,2
	SD		5,270		17,477		13,125		13,288
	Minimum		90		40		30		30
	Median		100		90		90		90
	Maximum		100		100		100		100

Tab.33: Postoperative sowie Outcome-bezogene Daten insbesondere zu den postoperativen Komplikationen während des stationären Aufenthaltes bzw. nach Entlassung (non- onkologisches Kollektiv)

4.2.2.2 Induktive statistische Auswertung

Patientenbezogene Daten

Im Rahmen der induktiven Statistik wurde für das non-onkologische Kollektiv ebenfalls überprüft, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Stoffwechselerkrankung und einer Wundheilungsstörung bzw. Wundinfektion oder einem intrakraniellen Abszess als postoperativer Komplikation vorlag. In beiden Fällen ergab sich auch für nicht-onkologische Entitäten kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,482$; $p=0,281$). Bei Patienten mit präoperativem Nikotin-, Alkohol- oder Drogenkonsum konnte ebenfalls kein signifikant häufigeres Auftreten dieser beiden postoperativen Komplikationen festgestellt werden ($p=0,542$; $p=1,00$). Auch nicht bei Patienten, welche präoperativ immunsupprimierende Medikamente zu sich nahmen ($p=1,00$; $p=1,00$).

Zudem ergab sich statistisch ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von postoperativen Nachblutungen und der präoperativen Einnahme blutverdünnender Medikamente ($p=1,00$) oder dem Vorliegen einer Gerinnungsstörung ($p=1,00$). Im Zusammenhang mit dem Auftreten von postoperativen Lungenembolien (LAE) und tiefen Beinvenenthrombosen (TVT) spielten Gerinnungsstörungen bei den von uns betrachteten Eingriffen ebenfalls keine statistisch signifikante Rolle ($p=1,00$). Der Einfluss von gerinnungsstörenden Vorerkrankungen auf das Auftreten von Sinusvenenthrombosen konnte für dieses Teilkollektiv nicht ermittelt werden.

Zusätzlich wurde die Auswirkung präoperativer Radiotherapien auf das Auftreten postoperativer Komplikationen untersucht. Im Falle der hier untersuchten nicht-onkologischen Patientengruppe, sind unter präoperativen Radiotherapien vor allem radiochirurgische Eingriffe, wie die sogenannte Gamma-Knife-Therapie, zu verstehen. Die Stichprobe ist hierzu allerdings sehr klein ($n=4$) und deshalb die Aussagekraft der statistischen Tests zurückhaltend zu betrachten. Statistisch konnte hier kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,100$) festgestellt werden. Besonderes Augenmerk lag in diesem Fall wieder auf einer durch potentiell postradiogene Minderdurchblutung herabgesetzten lokalen Immunabwehr und dadurch bedingte intrakranielle Abszesse ($p=0,088$), Meningitiden ($p=1,00$), Wundinfektionen/Wundheilungsstörungen ($p=0,171$) oder einer erhöhten Notwendigkeit von Wundrevisionen in Verbindung mit Wundheilungsstörungen ($p=1,00$). Auch hier ergab sich kein signifikanter statistischer Zusammenhang.

Operationsbezogene Daten

Bei statistischen Analysen zur Rekonstruktionsart ergab sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Art der Rekonstruktion und dem Auftreten postoperativer zugangsbedingter Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,713$). Darauf wurde untersucht, ob es bezüglich einzelner Rekonstruktionsarten Auffälligkeiten im Vergleich zur Gesamtstichprobe gibt. Es stellte sich dabei für die Rekonstruktion des Schädelknochens im Defektbereich mithilfe von Titanmesh heraus, dass im Vergleich zur prozentualen Verteilung der Gesamtstichprobe ein erhöhter prozentualer Anteil von Patienten postoperative Nachblutungen ($p=0,043$) aufwies.

Die Analyse zur Art der Osteotomie und dem Auftreten postoperativer Komplikationen ergab hier ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang, sowohl für postoperative Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,527$), als auch für die einzelnen Komplikationen im Speziellen. Betrachtet man das Auftreten intraoperativer Besonderheiten bzw. Komplikationen und deren Auswirkung auf die Entstehung postoperativer Komplikationen, so konnte auch hier kein statistisch signifikanter Zusammenhang ermittelt werden ($p=1,00$). Auch nicht bei Tests zu den einzelnen intraoperativen Besonderheiten Sinusverletzung, Bulbuseröffnung sowie intraoperative Zugangserweiterung mit den einzelnen spezifischen postoperativen Komplikationen.

Des Weiteren wurde auch für die nicht-onkologischen Läsionen ein möglicher signifikanter Zusammenhang der Kraniotomiefläche auf verschiedene Variablen untersucht:

Bei den Analysen dazu ergab sich kein signifikanter Zusammenhang mit dem Auftreten intraoperativer Besonderheiten/Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,099$) oder für einzelne Besonderheiten, ebenso wenig mit dem Auftreten postoperativer Verbesserungen ($p=0,339$) oder Verschlechterungen ($p=0,158$) präoperativ vorhandener neurologischer Symptome. (die Verbesserungen/Verschlechterungen wurden hier auch für die einzelnen Symptome analysiert; $p>0,05$). Bei Untersuchung des Einflusses der Kraniotomiefläche auf das Auftreten postoperativer Komplikationen ergab sich hingegen ein signifikanter Zusammenhang ($p=0,007$) für die Gesamtkomplikationsrate, was zeigt, dass angenommen werden kann, dass Patienten, die über einen größeren Zugang im Schädelknochen operiert wurden (Kraniotomiefläche groß), häufiger postoperative Komplikationen entwickelten. Jedoch ergab sich kein signifikanter Zusammenhang für die einzelnen Komplikationen im Speziellen.

Postoperative und Outcome-bezogene Daten

Im Rahmen der statistischen Tests zu postoperativen und Outcome-bezogenen Daten nach Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang, ergaben sich für das non-onkologische Teilkollektiv die nachfolgenden Ergebnisse:

Die Anzahl permanenter neuer Defizite korreliert nicht mit der Kraniotomiefläche ($p=0,917$) oder dem Auftreten intraoperativer Besonderheiten/Komplikationen ($p=0,873$). Ein signifikantes Ergebnis zeigte sich hingegen in Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen und einer höheren Anzahl neuer permanenter Defizite ($p=0,046$), jedoch nicht für das Auftreten neuer permanenter Defizite an sich ($p=0,202$). Nicht signifikant war hier der Zusammenhang mit den einzelnen postoperativen Komplikationen im Speziellen.

Das neue und permanente Auftreten von Kopfschmerzen ($p=0,008$) steht im Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen; neue permanente Schwindel- und Gleichgewichtsstörungen nur spezifisch mit dem Auftreten postoperativer Liquorlecks bzw. Liquorfisteln ($p=0,045$). Postoperative Gangunsicherheiten wiesen einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Sinusvenenthrombosen (SVT) ($p=0,034$) auf und postoperative Beeinträchtigungen der Funktionen des N.glossopharyngeus/N.vagus (CN IX/X) mit Ischämien/Infarkten ($p=0,011$) als postoperative Komplikation. Postoperative neue Fazialispareesen wiesen keinen signifikanten Zusammenhang mit intraoperativen Besonderheiten ($p=1,00$) oder postoperativen Komplikationen im Allgemeinen ($p=1,00$) auf. Ebenso wenig postoperative neue Hörminderungen ($p=1,00/p=0,100$).

Postoperative Paukenergüsse bzw. das Auftreten eines Hämatotympanon stehen nicht in einem signifikanten statistischen Zusammenhang ($p=1,00$) mit einer neuen permanenten postoperativen Hörminderung (Fallzahl sehr klein $n=4$).

Bei statistischen Analysen zur postoperativen Verbesserung präoperativer Symptome ergab sich keine statistische Signifikanz der Größe der Kraniotomiefläche für die Anzahl an Symptomen mit postoperativer Besserung ($p=0,891$). Ebenso wenig fand sich ein Einfluss des Alters der Patienten zum Operationszeitpunkt ($p=0,896$), des Auftretens von intraoperativen Besonderheiten bzw. Komplikationen im Allgemeinen ($p=0,339$) bzw. der einzel-

nen Besonderheiten oder der postoperativen Komplikationen ($p=0,329$) im Allgemeinen oder der einzelnen Komplikationen im Spezifischen.

Abschließend wurde für Patienten, welche aufgrund von nicht-onkologischen Pathologien operiert wurden, analysiert, ob die Entwicklung von präoperativem zu postoperativem KPSS-Wert einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Kraniotomiefläche aufweist. Mit einem p-Wert von 0,034 stellte sich dabei heraus, dass eine Verschlechterung des postoperativen KPSS im Vergleich zum präoperativen Wert mit größeren Kraniotomieflächen in Verbindung gebracht werden kann.

4.2.3 Vergleich onkologisches vs. non-onkologisches Patientenkollektiv

Betrachtet man die präoperativen bzw. demographischen Parameter, so ergeben sich für beide Patientengruppen vergleichbare statistische Ergebnisse mit wenigen Ausnahmen. Die präoperativen neurologischen Symptome lassen sich schwer vergleichen, da sich die Pathomechanismen zwischen onkologischer und nicht-onkologischer Patientengruppe stark unterscheiden. Sogar die einzelnen Entitäten des nicht-onkologischen Kollektivs weichen untereinander in den Symptomen teils deutlich voneinander ab. Operationen symptomloser Patienten gab es nur im onkologischen Patientenkollektiv. Für Patienten mit einer Gerinnungsstörung als Vorerkrankung ergab sich innerhalb des onkologischen Kollektivs ein statistischer Zusammenhang mit dem postoperativen Auftreten von Sinusvenenthrombosen (SVT). Dieser ergab sich, vermutlich aufgrund zu kleiner Fallzahlen, für das nicht-onkologische Patientenkollektiv nicht. Der mediane präoperative KPSS lag mit einem Wert von 80 durch den hohen Anteil deutlich schmerzgeplagter Patienten mit Trigeminusneuralgie-Leiden etwas geringer als der des onkologischen Kollektivs mit einem medianen präoperativen KPSS von 90.

Der Vergleich tumorbezogener Daten entfällt.

Im Vergleich der operationsbezogenen Daten ergab sich für beide Teilkollektive, dass die Art der Kraniotomie keinen statistisch signifikanten Einfluss für den weiteren Verlauf des Patienten hat. In Bezug auf die Rekonstruktionsart wurden alle Formen von Rekonstruktionen prozentual gesehen nahezu gleich häufig eingesetzt. Für beide Kollektive ist jedoch die Annahme zu treffen, dass die Rekonstruktion unter Verwendung von Titanmesh mehr Risiken für postoperative Komplikationen birgt, als andere Rekonstruktionsarten des knöchernen Defektes. Für das onkologische Patientenkollektiv stellte sich die Sandwich-Technik darüber hinaus als überdurchschnittlich komplikationsärmere Rekonstruktionsform dar.

Die Größe des knöchernen Defektes (Kraniotomiefläche) wurde im Median für non-onkologische Pathologien kleiner gewählt. Für das non-onkologische Patientenkollektiv ergab sich ein signifikanter Zusammenhang mit einer erhöhten postoperativen Komplikationsrate unter Verwendung größerer Kraniotomieflächen. Auch eine Verschlechterung des postoperativen KPSS im Vergleich zum präoperativen KPSS zeigt bei ihnen eine potentielle Verbindung zu größeren Kraniotomieflächen. Beide Zusammenhänge zeigten sich nicht für Patienten, die aufgrund eines Tumors operiert wurden. Ebenso ergab sich für beide

Teilkollektive kein statistisch nachweisbarer Zusammenhang der Kraniotomiefläche mit der Entstehung neuer permanenter Defizite. Intraoperative Besonderheiten bzw. Komplikationen ergaben sich im Falle zu operierender Tumore in 8% der Eingriffe, im Falle non-onkologischer Läsionen in 4,7% der Fälle.

Bei Vergleich der postoperativen und Outcome-bezogenen Daten ergaben sich die folgenden Aspekte: Das nicht-onkologische Patientenkollektiv wies eine geringere Komplikationsrate auf als das onkologische Patientenkollektiv (14,9% vs. 22,5%). Vor allem das Auftreten von Liquorlecks bzw. Liquorfisteln zeigte sich mit 2,3% im Vergleich zu 8,6% bei den onkologischen Patienten als deutlich seltener auftretende postoperative Komplikation. Die mediane Clavien-Dindo-Klasse ergab hingegen den gleichen Wert.

Ebenfalls waren neue permanente Defizite in der nicht-onkologischen Gruppe seltener vorzufinden (31,1% vs. 45,8%), als in der onkologischen Gruppe. Für die operative Zugangsform bekannte Risiken wie die postoperative Entstehung von Fazialisparesen, Hörminderungen sowie Schwindel und Gleichgewichtsstörungen fanden sich bei Eingriffen aufgrund von nicht-onkologischen Pathologien bedeutend seltener. Fazialisparese in 1,1% der Fälle (vgl. onkologisches Kollektiv in 16,9% der Fälle), Hörminderung in 4,4% der Fälle (vgl. onkologisches Kollektiv in 9,0% der Fälle) und Schwindel bzw. Gleichgewichtsstörungen in 2,2% (vgl. onkologisches Kollektiv in 8,1% der Fälle). Das postoperative Aufkommen von Trigemiusfunktionsstörungen fand sich hingegen gehäuft bei nicht-onkologischen operierten Läsionen ($>10\%$ vs. $\leq 5\%$ bei onkologischen Patienten). Statistisch ergab sich für beide Kollektive ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten neuer permanenter Defizite mit Vorhandensein postoperativer Komplikationen im Allgemeinen. Im Falle der onkologischen Patientengruppe auch für Hydrocephali und Nachblutungen als spezifische postoperative Komplikationen.

Die postoperative Komplikation „Tod“ im Speziellen, also das Versterben des Patienten innerhalb von 30 Tagen nach Operation über den retrosigmoidalen Zugang, fand sich lediglich bei Patienten, welche aufgrund einer tumorösen Läsion operiert wurden (n=5). Im nicht-onkologischen Kollektiv fand sich dazu hingegen kein Fall. Bei genauer Recherche zu diesen Patienten stellte sich heraus, dass diese aufgrund ihrer schlechten gesamtgesundheitlichen Konstitution oder schweren Ausprägung des Tumors verstarben und nicht aufgrund zugangsbedingter postoperativer oder intraoperativer Komplikationen. Die Mortalität während der ersten 30 Tage nach der Operation wurde deshalb, wie im Methodenteil erklärt, nicht in die Gesamtkomplikationsrate miteinberechnet.

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Studienpopulation und präoperative Daten

Im Zeitraum von Januar 2007 bis September 2020 wurden 540 Eingriffe an 517 Patienten im Alter zwischen 19 und 90 Jahren durchgeführt. Das mediane Alter zum Operationszeitpunkt betrug 57,6 Jahre. Der überwiegende Anteil (62,6%) der Patienten war weiblich. Operiert wurde aufgrund heterogener Pathologien. Darunter befanden sich 180 Vestibularisschwannome, 14 nicht-vestibuläre Schwannome, 157 Meningeome, 71 Fälle von Trigeminalneuralgie, neun Fälle von Hemispasmus facialis, 49 Metastasen, 15 Epidermoidzysten, neun Hämangiome sowie 36 sonstige Fälle von Erkrankungen, welche im Kleinhirnbrückenwinkel bzw. in angrenzenden Strukturen der hinteren Schädelbasis lokalisiert waren. Auch wenn aufgrund unterschiedlicher Pathomechanismen der Entitäten die einzelnen präoperativen Symptome differieren können, fanden sich insgesamt als häufigste gesamtneurologische Symptome Schwindel und/oder Gleichgewichtsstörungen in 42,7% der Fälle, Gangunsicherheiten bei 21,2%, Kopfschmerzen bei 18,9% sowie Formen cerebellärer Funktionsstörungen bei 13,5% der Patienten. Bei den hirnnervenbezogenen präoperativen Symptomen waren Beeinträchtigungen des Gehörs (36,5%) am häufigsten zu finden, gefolgt von Gesichtsschmerzen (17,1%), Formen von trigeminalen Funktionsstörungen wie Hyp-, Par- und Dysästhesien (14,1%), Tinnitus-Leiden (13,7%) und Fazialispareesen in 10,2% der Fälle. Knapp die Hälfte der Patienten (42,5%) litt seit mehr als einem Jahr unter Symptomen. Als medianer Karnofsky-Index (KPSS) wurde der Wert 90 ermittelt. Die mediane ASA-Klasse des untersuchten Gesamtkollektivs lag bei II.

Tumorbezogene Daten

Das mediane Volumen der Tumore, die durch Eingriffe über den retrosigmoidalen Zugang behandelt wurden, lag bei einem Wert von 5,78 cm³. Bei den operierten Metastasen ergab sich als häufigster Ursprungsort (Primarius) dieser Metastasen ein Lungen-Karzinom (24,5%), gefolgt von Mamma-Karzinomen in 20,4% der Fälle und malignen Melanomen der Haut (12,2%). Operierte Meningeome waren ihrem Ursprungsort nach den petroclivalen Meningeomen, Felsenbein- oder Tentoriumsmeningeomen zuzuordnen. Bei Tumoren, welche den Vestibularisschwannomen zuzuordnen waren, konnte knapp die Hälfte (42,6%) einer Hannover-Klasse T4a oder b zugeordnet werden, was einer Hirnstammkompression beziehungsweise bereits örtlicher Verlagerung des Hirnstamms entsprach.

Intraoperative Daten und technische Details

Im Median wurde für den Zugang ein knöcherner Defekt von 771mm² geschaffen (Kraniotomiefläche). In 66,1% der Eingriffe wurde eine osteoklastische und in 33,9% eine osteoplastische Kraniotomie durchgeführt. Zur anschließenden Rekonstruktion des knöchernen Defekts entschieden sich die Operateure in 57,2% der Fälle für eine Sandwichtechnik, in 31,1% für das Einsetzen des zu Beginn des Eingriffs entnommenen Knochendeckels (Knochendeckelreplantation). In 9,3% der Fälle wurde ein Verschluss mithilfe eines Titanetztes und in 2,3% der Fälle mithilfe des Knochenersatzes durch Palacos-Knochenzement gewählt. Zu einer intraoperativen Verletzung des Sinus sigmoideus und/oder des Sinus transversus kam es in 3,4% der Eingriffe, zu einer Eröffnung des Bulbus jugularis in 0,8% der Fälle. Eine intraoperative Zugangserweiterung wurde in 3,2% der Fälle während des Eingriffs notwendig.

Postoperative und Outcome-bezogene Daten

Der mediane Klinikaufenthalt nach Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang betrug 9 Tage. Nach ihrer Entlassung aus dem Klinikum wurde bei den Patienten im Median Nachuntersuchungen (Follow-Ups) über 10 Monate durchgeführt. Die längste zum Untersuchungszeitpunkt der Dissertation durchgeführte Nachuntersuchungs-Sequenz fand über 12,5 Jahre statt. Der mediane postoperative Karnofsky-Index (KPSS) lag, ebenso wie der präoperative KPSS, bei 90. Eine Änderung zwischen präoperativem zu postoperativem Medianwert des KPSS fand sich bei Eingriffen, welche aufgrund von Trigemineuralgien sowie Hemispasmus facialis durchgeführt wurden. Es ergab sich dabei eine Besserung des Index um 10 Wertungspunkte. Auch bei Metastasen-Patienten fand sich eine Änderung. Bei ihnen nahm der KPSS zum präoperativen Wert im Median um 10 Wertungspunkte ab.

In den Wert der Gesamtkomplikationsrate (im Nachfolgenden auch als postoperative Komplikationen im Allgemeinen beschrieben) wurden postoperativ aufgetretene Komplikationen eingerechnet, welche der Durchführung und den technischen Details des operativen Zugangs zugeordnet werden konnten. Darunter fanden sich Liquorlecks, Meningitiden, Nachblutungen, Wundheilungsstörungen bzw. -infektionen, Hydrocephali, Ischämien, intrakranielle Abszesse und Sinusvenenthrombosen. Am häufigsten fanden sich Liquorlecks nach 7,5% und Meningitiden nach 5,0% der operativen Eingriffe.

Bei gut jedem fünften Patienten (21,1%) fanden sich postoperative Komplikationen, welche den zugangsbedingten Komplikationen zuzuordnen waren. Operative Revisionen aufgrund dieser Komplikationen wurden nach 11,3% der Operationen durchgeführt. Die ermittelte mediane Clavien-Dindo-Klasse betrug 2. Die Mortalitätsrate während der ersten 30 Tage nach Operation belief sich auf 1,0%.

Bei Eingriffen, welche aufgrund von Tumorerkrankungen durchgeführt wurden, konnte eine vollständige Resektion des Tumors, also eine gross total resection bzw. im Falle der Meningeome ein Simpson-Grad I oder II, in 57,2% der Fälle erreicht werden. Ein postoperatives Rezidiv wurde in 4,7% der Fälle dokumentiert, das erneute Wachstum (Progress) eines intraoperativ verbliebenen Tumorrestes in 13,5% der Eingriffe. Ein erneuter operativer Eingriff zur Tumorsektion wurde darauf bei 30,6% dieser Rezidiv-/Progress-Aufkommen durchgeführt. 24,2% der über den retrosigmoidalen Zugang operierten Patienten mussten sich postoperativ einer Radiotherapie unterziehen.

Bei 72,1% der Patienten verbesserte sich mindestens ein präoperatives Symptom nach der Operation dauerhaft, v.a. bei akuten neurologischen Symptomen wie Vigilanzminderung oder psychomotorische Verlangsamung. Patienten, welche unter Gesichtsspasmen aufgrund eines Hemispasmus facialis litten, berichteten in 100,0% der Fälle von einer nachhaltigen Besserung. Bei Patienten mit Trigeminalneuralgie wurde eine dauerhafte Besserung der im Gesicht lokalisierten Schmerzen in knapp 7 von 10 Fällen dokumentiert. Auch 40,4% der präoperativen Fazialispareesen zeigten sich postoperativ in gemilderter Ausprägung oder verschwanden vollständig. Eine postoperative Verbesserung des Hörvermögens wurde lediglich in 13,7% der Fälle erzielt. Eine postoperative Verschlechterung von bereits präoperativ bestehenden Symptomen wurde bei 25,5% der Fazialispareesen nachgewiesen. Ebenso fand sich nach 30,3% der Eingriffe eine Verschlechterung des Hörens auf der betroffenen Seite. Bei 11,7% der Patienten, welche unter einem Vestibularisschwannom litten und welche präoperativ noch Hörvermögen aufzeigten, fand sich nach operativer Entfernung eine Anakusis.

Nach 43,2% der Eingriffe trat mindestens ein neues therapierefraktäres neurologisches Defizit auf. Am häufigsten fanden sich darunter Fazialisparesen mit 14,1%, die meistens einem House-Brackmann Grad 2 oder 3 zuzuordnen waren, gefolgt von einem verminderten Hörvermögen mit 8,2%. Auch Schwindel und Gleichgewichtsstörungen (7,0 %), Kopfschmerzen (6,8%) und Beeinträchtigung der Funktion von N. glossopharyngeus bzw. N. vagus (CN IX/X) (5,3%), wie Schluckbeschwerden oder Heiserkeit etc., waren als neue Defizite zu finden.

Induktive Statistik

Bei der statistischen Analyse zu bestehenden Vorerkrankungen im Zusammenhang mit vermehrt auftretenden postoperativen Komplikationen fand sich ein relevanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Gerinnungsstörung und dem Auftreten einer postoperativen Sinusvenenthrombose ($p=0,032$). Andere thromboembolische Ereignisse, wie das postoperative Auftreten einer Lungenarterienembolie oder tiefen Beinvenenthrombose, zeigten diesen Zusammenhang nicht ($p=1,00$). Das Vorliegen einer Stoffwechselerkrankung zeigte ebenfalls keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das Auftreten postoperativer Komplikationen wie Wundheilungsstörungen bzw. Wundinfektionen ($p=0,121$) oder intrakraniellen Abszessen ($p=0,223$), ebenso wenig das anamnestische Vorliegen von Nikotin-, Alkohol- oder Drogenkonsum ($p=0,196$; $p=0,579$). Auch die Einnahme immunsupprimierender Medikamente ($p=1,00$) oder eine präoperativ stattgefundene Radiotherapie ($p=0,434$) führte nicht zu statistisch gehäuften postoperativen Komplikationen. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen der isolierten Analyse für das rein onkologische und nicht-onkologische Teilkollektiv. Lediglich der Zusammenhang zwischen Gerinnungsstörung und postoperativer Sinusvenenthrombose zeigte sich für das nicht-onkologische Kollektiv nicht, die Stichprobe fiel hier jedoch klein aus ($n=4$).

Tumorvolumen (induktive Statistik)

Die statistischen Ergebnisse zeigten, dass das Vorhandensein einer größeren Anzahl präoperativer Symptome einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit großen Tumorumvolumina ($p < 0,001$) aufweist. Das Erreichen einer vollständigen Resektion hängt hingegen nicht unmittelbar statistisch mit dem Tumorvolumen zusammen ($p = 0,067$). Ausnahmen stellten hierbei die Entitäten der Meningeome und Vestibularisschwannome dar. Je größer ein Meningeom, desto wahrscheinlich wurde lediglich ein Resektionsgrad Simpson III oder IV erreicht. ($p = 0,001$, gleichgerichteter Zusammenhang) Auch für die Entität der Vestibularisschwannome sprach ein großes Tumorvolumen tendenziell gegen das Erreichen einer GTR ($p = 0,024$). In Bezug auf die postoperative Komplikationsrate zeigte sich keine Korrelation des Tumorvolumens mit postoperativen Komplikationen im Allgemeinen ($p = 0,086$), allerdings konnte ein gehäuftes Auftreten von Nachblutungen ($p = 0,035$) und Hydrocephali ($p = 0,019$) bei Vorliegen größerer Tumorumvolumina aufgezeigt werden. Das Auftreten permanenter neuer Defizite oder die Anzahl permanenter neuer Defizite korrelierten hingegen nicht mit der Größe des Tumors ($p = 0,072/p = 0,086$). Ein größeres Tumorvolumen führte nachweislich zu größeren Kraniotomieflächen ($p = 0,009$; gleichgerichteter Zusammenhang).

Technische Details und Kraniotomiefläche (induktive Statistik)

Betrachtete man die Arten der Rekonstruktion des knöchernen Defektes im Schädel, so zeigte sich ein Zusammenhang mit der Gesamtkomplikationsrate ($p = 0,020$). Rekonstruktionen mithilfe von Titannetzen zeigten dabei im Vergleich mit der Gesamtstichprobe statistisch gehäuft postoperative Komplikationen, Rekonstruktionen in Form einer Sandwichtechnik hingegen seltener. Auf welche Art die Kraniotomie davor durchgeführt wurde, korrelierte hingegen weder mit den postoperativen Komplikationen im Allgemeinen ($p = 0,131$) noch mit den einzelnen Komplikationen im Speziellen ($p > 0,05$). Auch intraoperative Komplikationen bzw. Besonderheiten waren nicht entscheidend für das vermehrte Auftreten postoperativer Komplikationen ($p > 0,05$). Vergleichbare Ergebnisse zeigten sich auch bei der getrennten statistischen Analyse für das non-onkologische sowie onkologische Teilkollektiv. Ein allgemeiner Zusammenhang zwischen der Rekonstruktionsart und einer erhöhten postoperativen Komplikationsrate ergab sich für das non-onkologische Teilkollektiv aber nicht. Dennoch zeigte sich auch hier eine Verwendung von Titanmesh in Ver-

bindung mit vermehrtem Auftreten postoperativer Komplikationen - für die beiden Teilkollektive auch spezifisch mit dem Auftreten postoperativer Nachblutungen sowie Wundinfektionen bzw. Wundheilungsstörungen.

Die Analysen zur Kraniotomiefläche ergaben keinen statistischen Zusammenhang mit dem Resektionsgrad ($p=0,155$). Nur im Falle der Vestibularisschwannome spielte die Größe der Kraniotomie eine Rolle für die GTR ($p=0,041$). Mit dem Auftreten intraoperativer Besonderheiten oder Komplikationen ($p=0,855$), der postoperativen Verbesserung oder Verschlechterung der Symptome ($p=0,788$; $p=0,331$) oder dem Auftreten permanenter neuer Defizite nach dem Eingriff ($p=0,225$) konnte die Kraniotomiefläche nicht in einen Zusammenhang gestellt werden. Interessant ist aber, dass größere Kraniotomieflächen in Korrelation mit einer erhöhten Gesamtkomplikationsrate ($p=0,016$) gebracht werden konnten, im Speziellen auch mit dem Auftreten von Liquorfisteln ($p=0,006$). Der Zusammenhang mit der postoperativen Komplikationsrate im Allgemeinen zeigte sich für das Gesamtkollektiv und für das non-onkologische Teilkollektiv ($p=0,007$), jedoch nicht für das onkologische Teilkollektiv ($p=0,120$). Die Auswirkung auf das vermehrte Auftreten von Liquorlecks bzw. Liquorfisteln zeigte sich hingegen auch bei Tumorpatienten. Zuletzt ergab sich auch ein Zusammenhang einer großen Kraniotomiefläche mit der Verschlechterung des postoperativen Karnofsky-Index (KPSS) im Vergleich zum präoperativen Wert ($p=0,012$), welcher ebenfalls nur für das nicht-onkologische Teilkollektiv sowie das Gesamtkollektiv ermittelt werden konnte.

Postoperative und Outcome-bezogene Daten (induktive Statistik)

Traten intraoperativ Besonderheiten oder Komplikationen auf, so ergab sich kein statistisch relevanter Zusammenhang mit dem späteren Auftreten neuer permanenter neurologischer Defizite ($p=0,275$). Einen starken Einfluss hingegen zeigte das Vorhandensein postoperativer Komplikationen im Allgemeinen auf das Auftreten und die erhöhte Anzahl permanenter neuer Defizite ($p<0,001/p<0,001$), spezifisch für das Auftreten postoperativer Nachblutungen ($p=0,019/p=0,001$), postoperativer Liquorlecks bzw. Liquorfisteln ($p=0,026/p=0,039$) sowie eines postoperativen Hydrocephalus ($p=0,050/p=0,007$). Liquorlecks/Liquorfisteln korrelierten dabei besonders mit dem Auftreten von Schwindel und Gleichgewichtsstörungen sowie cerebellärer Dysfunktionen als neue Defizite. Dies zeigte sich auch für das nicht-onkologische sowie onkologische Teilkollektiv.

Das postoperative Auftreten von Paukenergüssen sowie Hämatotympani wurde nicht in die Gesamtkomplikationsrate miteingerechnet. Bei gesondert durchgeführter statistischer Analyse dazu ergab sich jedoch für diese postoperative Komplikation ein signifikant erhöhtes Aufkommen von permanenten neuen Hörminderungen ($p=0,020$). Dies galt ebenfalls für das onkologische Teilkollektiv.

Das Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen oder der einzelnen Komplikationen im Speziellen zeigte keinen Einfluss auf die Anzahl postoperativ verbesserter oder verschlechterter Symptome ($p=0,898/p=0,322$). Ebenso wenig die Kraniotomiefläche ($p=0,788/p=0,359$). Für das Tumolvolumen ergab sich zwar ein statistisch signifikanter Zusammenhang, jedoch auch, wie oben beschrieben, mit der Anzahl der präoperativen Symptome.

Das Alter der Patienten spielte weder für die postoperative Komplikationsrate noch für die Verbesserung oder Verschlechterung von Symptomen, den postoperativen KPSS oder das Auftreten neuer neurologischer Defizite eine statistisch relevante Rolle ($p>0,05$).

Wie bereits in Abschnitt 3.4 zu lesen ist, wurde festgelegt, welche Parameter ein gutes Outcome des Patienten definieren. Bezieht man sich auf chirurgisch relevante Variablen, so zählen dazu in erster Linie der Resektionsgrad, der postoperative Karnofsky-Index (KPSS), das Auftreten postoperativer Komplikationen, die Entstehung neuer permanenter Defizite sowie die Verbesserung oder Verschlechterung präoperativer neurologischer Symptome. In der nachfolgenden Graphik (s. Abb. 9) findet sich eine Darstellung der wichtigsten Ergebnisse der induktiven statistischen Auswertung dieser Dissertation in Bezug auf das Outcome des Patienten, welche genauer im Diskussionsteil dieser Arbeit erörtert bzw. interpretiert wird.

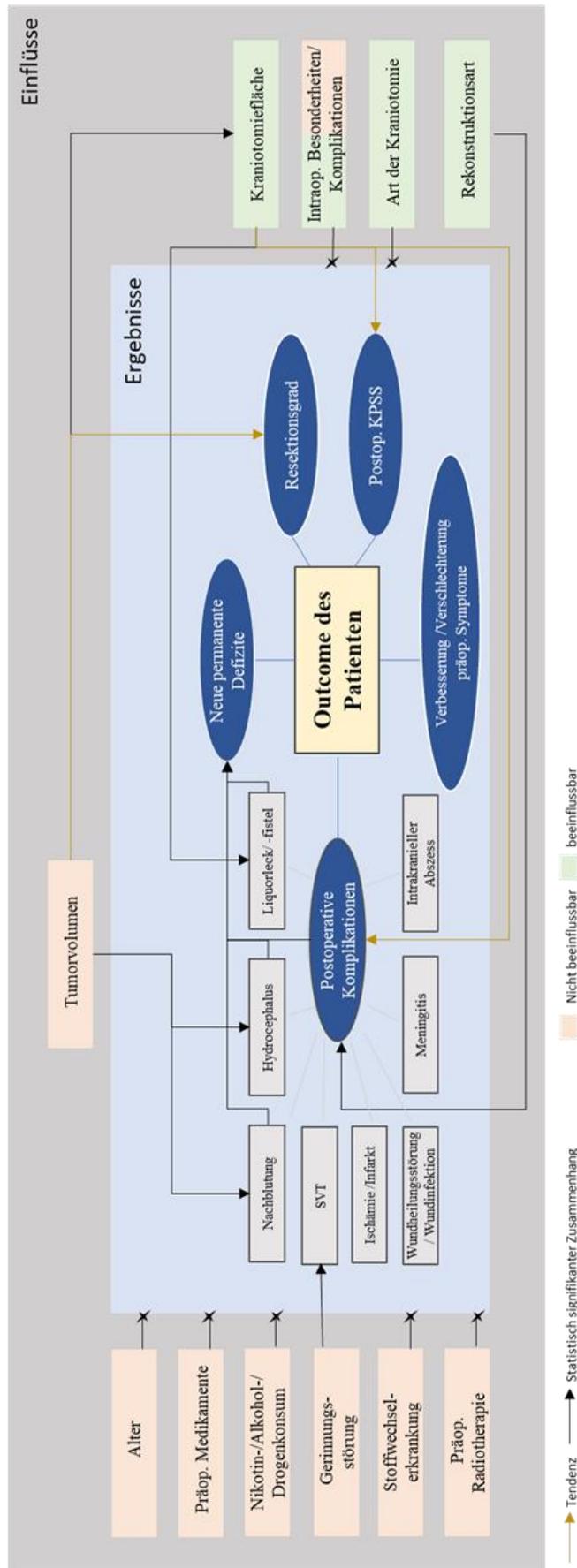


Abb.9: Übersicht zu den statistischen Ergebnissen zum Einfluss der getesteten Variablen auf das chirurgische Outcome des Patienten

5. Diskussion

5.1 Interpretation der Ergebnisse

Publikationen zu Zugängen zur hinteren Schädelbasis und dem Kleinhirnbrückenwinkel, auch zum retrosigmoidalen Zugang, haben in Bezug auf sogenannte „Schlüsselloch-Zugänge“ und vor allem basierend auf der Arbeit von Perneckzy et al. (Perneckzy et al., 2008) zugenommen (Caballero-García et al., 2021). Minimalinvasivität ist das Stichwort, was mich, neben dem Erstellen einer Übersichtsarbeit, dazu bewogen hat, den Einfluss verschiedener Variablen auf das chirurgische Ergebnis und das Outcome des Patienten zu untersuchen. Abbildung 9 zeigt die wichtigsten der statistischen Zusammenhänge, welche im Rahmen dieser Arbeit analysiert wurden. Der Fokus lag dabei vor allem auf den zugangsbezogenen Details, insbesondere der Kraniotomiefläche. Insgesamt zeigt sich der Trend, die operativen Zugänge weiter zu verkleinern und so die schädelbasischirurgischen Eingriffe in Ihrer Invasivität zu minimieren (König & Spetzger, 2018), da so mutmaßlich bessere postoperative Ergebnisse erzielt werden können (Samii, M. et al., 2004). Für die hier durchgeführten Untersuchungen in Form einer retrospektiven Studie über 13,5 Jahre wurde eigens eine Methode zur Vermessung der Fläche des knöchernen Zugangs anhand postoperativer MRT-Bilddatensätze, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, entwickelt. Die Ergebnisse zeigten, dass größere Kraniotomieflächen in Bezug auf das Auftreten postoperativer Komplikationen in Verbindung mit dem gehäuften Auftreten von Liquorlecks bzw. Liquorfisteln standen. Auch Kehler et al. berichteten in ihrer prospektiven Studie zu gemischten operativen Zugängen von einem signifikanten statistischen Zusammenhang der Größe des knöchernen Defekts mit dem Auftreten von Liquorfisteln (Kehler et al., 2013). Der Zusammenhang größerer Kraniotomieflächen mit einer allgemein erhöhten Komplikationsrate konnte zwar nur für das Gesamtkollektiv und das non-onkologische Teilkollektiv aufgezeigt werden, eine Tendenz lässt sich jedoch auch hier vermuten. Trat wiederum ein Liquorleck im postoperativen Verlauf auf, so zeigten die Patienten dieser Studie im Nachgang ein statistisch gehäuftes Auftreten neuer permanenter Defizite sowie auch eine erhöhte Anzahl an permanenten neuen Defiziten. Im Speziellen konnte hier auch eine statistische Korrelation mit Formen cerebellärer Dysfunktion sowie Schwindel und Gleichgewichtsstörungen festgestellt werden. Auch eine Verschlechterung des postoperativen Karnofsky-Index (KPSS) bei Verwendung größerer Kraniotomieflächen konnte für das Gesamtkollektiv sowie das non-onkologische Teilkollektiv nachgewiesen werden, jedoch nicht für das onkologische Kollektiv. Die Medianwerte zwischen prä- und postoperativem KPSS unter-

schieden sich dabei jedoch nicht oder nur geringfügig, sodass dieses Ergebnis ebenfalls mehr eine Tendenz beschreibt als eine wirkliche Regel. Hoshide et al. postulierten in ihrem Paper „Keyhole retrosigmoid approach for large vestibular schwannomas: strategies to improve outcomes“, dass ein „Schlüssellochzugang“ nicht wirklich mit einer kleineren Kraniotomiefläche an sich gleichgesetzt werden kann. Vielmehr ist es ein Konzept, den chirurgischen Zugang anhand präoperativer Bilddatensätze so exakt zu planen und intraoperativ über Neuronavigation zu steuern, dass ein größerer knöcherner Defekt schlichtweg nicht notwendig wird, um eine ideale Sicht und einen guten Angriffswinkel zur Pathologie zu erhalten. (Hoshide et al., 2018) So kann eine übermäßig große Kraniotomiefläche durch ausreichende präoperative Planung vermieden werden, um vor allem die Entstehung von Liquorlecks mit den negativen Folgen für das Outcome des Patienten zu verhindern. Jedoch gilt es ebenso das Notwendigwerden einer nachträglichen intraoperativen Zugangsvergrößerung bei zu kleiner Wahl des Zugangs, wie es ebenfalls in dieser Studie analysiert wurde, zu vermeiden. Die nachträgliche Erweiterung konnte zwar nicht in Verbindung mit einem gehäuftem Auftreten von postoperativen Komplikationen oder neuen permanenten Defiziten gebracht werden, sollte aber aufgrund der verlängerten Operationsdauer und des ggf. komplizierteren Wundverschlusses umgangen werden, um beispielsweise das Risiko für postoperative Meningitiden so gering wie möglich zu halten (Huang et al., 2019; Patir et al., 1992). Zu Bedenken gilt es zusätzlich, dass in tiefen OP-Gebieten unter Verwendung des Operations-Mikroskops eine zu klein gewählte knöcherne Eröffnung zu verminderter Beleuchtung und Übersicht im Operationsgebiet führen könnte (Caballero-García et al., 2021), sodass hierfür eher endoskopie-assistierte oder rein endoskopische Operationsformen zu wählen wären (Rodriguez Rubio et al., 2021). Möglichst kleinflächige Zugänge sind dementsprechend gezielt einzusetzen und richten sich nach der zu behandelnden Pathologie. In den meisten Studien werden sie vor allem für mikrovaskuläre Dekompressionen sowie für kleine oder zystische Tumore verwendet (Hoshide et al., 2018). Auch in der hier durchgeführten Studie fiel die Kraniotomiefläche für die non-onkologischen Läsionen im Median kleiner aus als bei onkologischen Läsionen (634 mm² vs. 776mm²). Die Kraniotomiefläche stand zudem in einem signifikanten und gleichgerichteten Zusammenhang mit dem Tumolvolumen. Große Tumore wurden also über größere knöcherne Zugänge operiert.

Das Tumolvolumen stellte einen weiteren zentralen Untersuchungspunkt dieser Studie dar. Zwar ist es nicht direkt durch die Neurochirurgie beeinflussbar, doch sind die statistisch relevanten Zusammenhänge für die Operationsplanung und den chirurgischen Erfolg ebenfalls entscheidend. In vielen vorangehenden Studien beziehen sich statistische Untersuchungen zur Tumorgroße auf den größten Durchmesser des Tumors (Gurgel et al., 2012; Jung et al., 2000; Kane et al., 1995). Wir meinen hingegen, dass das Tumolvolumen aufgrund seiner Dreidimensionalität die geeignetere Art ist, Untersuchungen zur Größe des Tumors durchzuführen, da so die Morphologie des Tumors und der Bezug zu seinen umgebenden anatomischen Strukturen mehr berücksichtigt werden kann. Die hier zur statistischen Analyse verwendeten Tumorumfänge wurden eigens für die Studie vermessen. Die genauen Details zum Ablauf der Messungen werden in Abschnitt 3.2 erläutert. Das Tumolvolumen zeigte einen großen Einfluss auf die Anzahl der präoperativen Symptome sowie die postoperativen Komplikationen Nachblutung und Hydrozephalus. Beide dieser Komplikationen zeigten wiederum einen signifikanten statistischen Zusammenhang mit dem Auftreten und der erhöhten Anzahl neuer permanenter neurologischer Defizite, im Speziellen Formen cerebellärer Dysfunktion, psychomotorische Verlangsamung und Funktionsstörungen des N. trigeminus (CN V). Ob das Tumolvolumen Einfluss auf das postoperative Austreten cerebrospinaler Flüssigkeit im Sinne eines Liquorlecks hat, ist in der Literatur umstritten (Brennan et al., 2001; Hoffman, 1994). In unserer Studie konnte dieser Zusammenhang statistisch nicht bestätigt werden.

Obwohl das Tumolvolumen auch die Signifikanz für eine vollständige Resektion (GTR + Simpson I/II) knapp verfehlte, kann hier ein Zusammenhang angenommen werden, denn für die Entitäten der Meningeome und Vestibularisschwannome zeigte sich eine statistische Korrelation. Betrachtet man die Fallzahl der beiden Entitäten zusammen (337/449; 75,1%), so machen diese den überwiegenden Anteil der operierten Patienten aus. Für beide Entitäten stehen große Tumorumfänge in Zusammenhang mit dem Verfehlen einer vollständigen Resektion. Im Falle der Vestibularisschwannome zeigte sich noch ein weiteres interessantes Ergebnis. Ein großes Tumolvolumen korrelierte hier mit dem vermehrten Auftreten von postoperativen Meningitiden. Auch Huang et al. stellten diesen Zusammenhang fest, jedoch in ihrem Fall anhand der Ausdehnung des Tumors klassifiziert über den Koos-Grad, welcher vergleichbar mit der Hannover-Klassifikation zu sehen ist. Als mögliche Begründung könnte die Verunreinigung des Liquor cerebrospinalis durch Knochenstaub bzw. Knochenspäne sein, die beim Aufbohren bzw. Abschleifen des Meatus acusticus externus bei der Entfernung großer Vestibularisschwannome vermehrt entstehen und

somit die Entwicklung einer aseptischen Meningitis begünstigen (Huang et al., 2019; Rahimpour et al., 2016).

Die knöcherne Eröffnung des Schädels für retrosigmoidale Zugänge wurde in der Vergangenheit meist in Form einer Kraniektomie durchgeführt (Koperer et al., 1999; Sheikh, 2006). Die aktuelle Tendenz geht jedoch hin zur osteoplastischen Kraniotomie. Diese Entwicklung zeigt sich innerhalb des von uns untersuchten Dokumentationszeitraums mit der darin von unterschiedlichen Operateuren im Verlauf gewählten Technik. In dieser Studie spielt die Art der Kraniotomie keine statistisch signifikante Rolle für das Auftreten postoperativer Komplikationen, sodass die Wahl der Methode am ehesten den Erfahrungen und Vorlieben des Operateurs bzw. der neurochirurgischen Institution entspricht.

Die Art der Rekonstruktion des knöchernen Defektes hingegen hatte einen statistisch relevanten Einfluss auf den postoperativen Verlauf und den chirurgischen Erfolg. Unter den vier verschiedenen dokumentierten Rekonstruktionsarten zeigte die Verwendung von Titanmesh einen im Vergleich zur Gesamtstichprobe erhöhten Prozentsatz an Patienten mit postoperativen Komplikationen. Im Fall des onkologischen Teilkollektivs sogar speziell mit vermehrten Wundinfektionen bzw. Wundheilungsstörungen und bei den non-onkologischen Patienten mit gehäuften Nachblutungen im postoperativen Verlauf. Die Anwendung einer sogenannten Sandwich-Technik zeigte im Vergleich überdurchschnittlich wenig postoperative Komplikationen, sodass eine Anwendung dieser Rekonstruktionsform für einen bestmöglichen postoperativen Verlauf zu empfehlen und wenn möglich auf den Einsatz von Titannetz als Rekonstruktionsmaterial zu verzichten ist. Jedoch fand sich kein passender Vergleich zu bestehenden Studien, sodass die Aussage im weiteren Verlauf genauer zu überprüfen ist.

Pathologien im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels und der hinteren Schädelbasis gelten schon immer als eine große chirurgische Herausforderung und ihre operative Therapie hat im Laufe des vergangenen Jahrhunderts viele Phasen durchlaufen (Caballero-García et al., 2021). Wie in Abschnitt 1.3 (Meilensteine in der Geschichte des retrosigmoidalen Zugangs) beschrieben, war die Chirurgie zunächst von hoher Mortalität und Morbidität gekennzeichnet, was Cushing in seinem therapeutischen Pessimismus dazu veranlasste, diesen anatomischen Bereich als "die düstere und blutige Ecke der Neurochirurgie" zu bezeichnen (Cushing, 1917). Die Chirurgie im Kleinhirnbrückenwinkel bzw. in den angrenzenden Strukturen der hinteren Schädelbasis, wurde über die Jahrzehnte interdisziplinär jedoch allen voran auf dem Feld der Neurochirurgie weiterentwickelt und perfektioniert. Der retrosigmoidale Zugang kann als Standardverfahren innerhalb der

posterolateralen neurochirurgischen Operationstechniken bezeichnet werden. Er bietet dabei eine herausragende Sicht auf verschiedene Strukturen der hinteren Schädelgrube und des Kleinhirnbrückenwinkels, inklusive des Meatus acusticus internus, des petroclivalen Bereichs sowie der seitlichen und vorderen Anteile des Foramen magnum. Durch intrakranielle Variantionen ist eine Extension nach intradural bis in die mittlere Schädelgrube möglich, unter anderem durch Entfernung des suprameatalen Knochentuberkels oder der Felsenbeinspitze, um so z.B. an Tumore im Bereich des Cavum Meckeli zu gelangen oder den anteromedialen Hirnstamm bis hin zum N. oculomotorius zu visualisieren, dann jedoch unter Zuhilfenahme eines Endoskops. Zusätzlich kann er nach inferior in einen weit lateralen (far-lateral) Zugang erweitert werden. (Basma et al., 2021; Rodriguez Rubio et al., 2021; Samii, M. & Greganov, V.M., 2010; Tatagiba M. & Acioly, M.A., 2014) Somit ermöglicht der retrosigmoidale Zugang die Resektion von Läsionen nahezu jeder Größe einschließlich intrameataler Komponenten. Obwohl die Retraktion des Kleinhirns ein potenzieller Risikofaktor für postoperative Ödeme und Kleinhirnfarkte ist und als einer der Nachteile des retrosigmoidalen Zugangs gegenüber beispielsweise dem translabyrinthären Zugang genannt wird (Mamikoglu et al., 2003; Zou et al., 2014), haben wir bisher keine schwerwiegenden postoperativen Folgen erlebt.

Betrachtet man andere postoperative Komplikationen, so sind ein funktionell beschädigter Hörnerv gefolgt von Fazialispareesen am häufigsten in Verbindung mit dem retrosigmoidalen Zugang dokumentiert. An dritter Stelle der häufigsten Komplikationen werden Liquorfisteln genannt. (Matthies & Samii, 1997; Sanna et al., 2004) Diese entstehen durch eine ungewollte postoperative Verbindung des Subarachnoidalraums mit der äußeren Umwelt bzw. der Wunde (Misra et al., 2009). Der Austritt von Cerebrospinalflüssigkeit aus der Nase, auch Rhinorrhoe genannt, ist meist auf eine iatrogene Verbindung mit dem Mittelohr und als Folge mit der Eustachischen Röhre durch pneumatisierte Luftzellen des Mastoidknochens zurückzuführen. Wie in Abschnitt 1.4 beschrieben, ist deshalb das intraoperative Abdichten dieser Zellen mit Knochenwachs sowie ein wasserdichter schrittweiser Wundverschluss gegebenenfalls unter Zuhilfenahme zusätzlicher Transplantate entscheidend. (Hoffman, 1994; Saliba et al., 2011; Zou et al., 2014) In einigen Studien wird die Inzidenz von Liquorfisteln nach der Operation von Vestibularisschwannomen über den retrosigmoidalen Zugang mit bis zu 30% angegeben (Jun et al., 2020; Maurer et al., 2000). Die Studie von Sathaporntheera und Saetia beschreibt für ein gemischtes Kollektiv mit 286 sowohl onkologischen als auch nicht-onkologischen Patienten eine Inzidenz von 14,0%. In unserer Studienreihe zeigte sich eine deutlich geringere Rate von 11,7% für die Entität der

Vestibularisschwannome. Als prozentualer Anteil für das Gesamtkollektiv ergab sich ein Anteil von 7,5%. Häufig steht das Auftreten von Liquorfisteln in Verbindung mit weiteren Komplikationen im Verlauf, sodass die oben beschriebenen Maßnahmen mit äußerster Sorgfalt durchzuführen sind und sich das chirurgische Team stets der Risikofaktoren für ein Liquorleck bewusst sein sollte. (Sathaporntheera & Saetia, 2020) Als weitere Komplikationen im Verlauf werden in der Literatur Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen sowie intrakranielle Infektionen wie Meningitiden oder Abszessbildung genannt. Teilweise werden Revisionseingriffe notwendig, was den stationären Aufenthalt verlängern und so die Gefahr für nosokomiale Infektionen erhöhen, jedoch nicht zuletzt auch die Wirtschaftlichkeit des Eingriffs für das Klinikum herabsetzen kann. Mindestens temporär sinkt auch die Lebensqualität des Patienten dadurch deutlich. (Alattar et al., 2018; Ha et al., 2016; Hutter et al., 2014; Kehler et al., 2013; Misra et al., 2009; Muszynski et al., 1994; Obaid et al., 2018)

Fazialispareesen sind eine der meist diskutierten postoperativen Komplikationen. Hoshide et al. dokumentierten in Ihrer Studie zur Entfernung großer Vestibularisschwannome, dass 84% der Patienten maximal eine leichte Fazialisparese nach Entfernung des Tumors durch den retrosigmoidalen Zugang aufwiesen. Eine Beeinträchtigung des Lidschlusses zeigte sich bei 9% der Patienten. Vollständige Lähmungen in Bezug auf den N. facialis kamen in ihrer Studie nicht vor. Umgehend postoperativ litt ein deutlich höherer Anteil der Patienten unter temporären Fazialispareesen. Diese bilden sich meist noch während des stationären Aufenthaltes, spätestens bis zur ersten Kontrolluntersuchung zurück. (Hoshide et al., 2018) In unserer Studie zeigten die Patienten nach Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang in 14,1 % der Fälle eine Fazialisparese als neues permanentes Defizit, davon lag bei 79,2% ein House-Brackmann-Grad II oder III vor, sodass ein Lidchluss für die Patienten auf der betroffenen Seite noch möglich war und so eine akzeptable Erhaltung des Fazialisnervs erreicht wurde. Im Fall der Vestibularisschwannome hatten 30,3% der Patienten eine postoperative neue permanente Fazialisparese, 74,1% jedoch im Sinne eines House-Brackmann-Grades II oder III.

Eine postoperative neue Hörminderung fand sich nach dem Eingriff in 8,2% für das Gesamtkollektiv und in 10,1% für Patienten mit Vestibularisschwannomen. Fazialispareesen (30,3%) und Hörminderungen (25,5%) stellen in dieser Studie auch die Symptome mit dem größten Anteil an Verschlechterungen nach dem operativen Eingriff dar. Weder Hörminderungen noch Fazialispareesen als postoperative neue Defizite konnten in Verbindung mit dem Auftreten intraoperativer Komplikationen oder zugangsbedingter postoperativer

Komplikationen im Allgemeinen noch mit einzelnen spezifischen Komplikationen an sich gebracht werden, sodass anhand dieser Studie keine Empfehlung für ein folglich besseres funktionelles Outcome der Patienten in Bezug auf diese neurologischen Defizite gegeben werden kann. Jedoch konnte für das Gesamtkollektiv sowie das onkologische Kollektiv ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem postoperativen Auftreten von Hämatotympani bzw. Paukenergüssen mit einer neuen permanenten Hörminderung festgestellt werden. Für das non-onkologische Kollektiv zeigte sich dieser Zusammenhang nicht, jedoch war hier die Fallzahl der Paukenergüsse sehr klein (n=4). Diese statistische Korrelation gilt es weiter innerhalb der postoperativen stationären Überwachung zu beobachten, um eine maximal frühzeitige Behandlung der Paukenergüsse bzw. Hämatotympani einleiten zu können und weitere Dokumentationen zu den möglichen Ursachen durchzuführen.

Innerhalb des intraoperativen Procederes wird eine Fazialisschonung bzw. eine generelle Schonung der nervalen Strukturen während des Eingriffes im Sinne einer Varianz des Resektionsgrades für bessere funktionelle Ergebnisse immer wieder diskutiert (Gurgel et al., 2012). Spätestens seit der Weiterentwicklung der Operationstechnik hin zur Mikrochirurgie und zu einem intraoperativen Neuromonitoring wurde eine vollständige Tumoresektion zunächst zum obersten Ziel vieler Operateure ernannt (Matthies & Samii, 1997). Auf der anderen Seite steht die Meinung, dass zur Minimierung der Gefährdung des postoperativen funktionellen Outcomes bei Residualtumor gegebenenfalls auf eine spätere postoperative Radiotherapie zurückgegriffen werden sollte (Goldbrunner et al., 2020). Eine vollständige chirurgische Entfernung des Tumors stellt an sich die optimale Behandlung dar, jedoch nicht auf Kosten der Lebensqualität durch potentiell vermeidbare postoperative neurologische Funktionsstörungen (Samii & Gerganov, 2012). Stichwort hierzu ist das funktionserhaltende Operieren. Im stark überwiegenden Anteil handelte es sich bei den in dieser Studie behandelten Entitäten um benigne und langsam sowie verdrängend wachsende Tumore. Die Möglichkeit der postoperativen Nachbestrahlung sowie ein engmaschiges watch-and-wait-Konzept blieben als postoperative Optionen. Das Abwägen erfolgte dabei auch in Abstimmung mit dem Patienten vor dem Eingriff, um mögliche notwendige Behandlungsschritte wie eine postoperative Nachbestrahlung oder ggf. einen Revisionseingriff unter maximalem Funktionserhalt auf der einen Seite, oder aber ein erhöhtes Verletzungsrisiko der neurovaskulären Strukturen mit dem Versuch der maximalen Tumorentfernung auf der anderen Seite zu besprechen. In unserer Studie wurde eine vollständige Tumoresektion in 57,2% der onkologischen Eingriffe erreicht, im Fall der Vestibularis-

schwannome sogar nur in 49,9%. Es wurde sich im stark überwiegenden Teil der Fälle bewusst für ein Stehenlassen eines Rests der Tumorkapsel adhärent zu Hirnnerven, meist dem Fazialisnerv, entschieden. Auch aufgrund von Ergebnissen des intraoperativen Neuromonitorings. Die Resektion der Kapsel ist häufig mit einer höheren Rate an Hirnnervenausfällen verbunden. Der Tumor wird dann vollständig entfernt, die Tumorkapsel jedoch im Zweifelsfall partiell belassen. Auch beispielsweise im Fall von Epidermoidzysten kann eine aggressive Entfernung eine hohe postoperative Morbidität zur Folge haben, wenn die Zysten kapsel an entscheidenden neurovaskulären Strukturen haftet (Kalani & Couldwell, 2018).

Gurgel et al. verglichen in ihrer Studie 30 Paper zur Entfernung großer Vestibularis schwannome. In den meisten Studien lagen die Anteile der vollständigen Tumorresektion zwischen 86% und 100% (Darwish et al., 2005; Misra et al., 2009; Samii et al., 2010; Yamakami et al., 2004). Der intraoperative Resektionsstatus wurde jedoch nur bei 2 der 30 Studien mit postoperativen MRT- oder CT-Bilddatensätzen verglichen. Die GTR-Anteile dieser beiden Studien bewegten sich deutlich unterhalb der Anteile der anderen Studien mit 42,7% (Zhao et al., 2010) bzw. 30,6% (Lee et al., 2002) (Gurgel et al., 2012) und damit auch unterhalb des Anteils der hier durchgeführten Studie. Wie in Abschnitt 3.4 erklärt, wurden in dieser Studie die intraoperativen Einschätzungen zum Resektionsstatus auch mit postoperativen Bildgebungen im Verlauf verglichen.

Zu ergänzen ist, dass mehrere Variablen für eine vollständige Tumorresektion unabhängig von dem gewählten chirurgischen Ansatz oder sogar unabhängig vom chirurgischen Können und den Erfahrungen des Operateurs sind. Diese Variablen sind gut beschrieben und umfassen eine Adhäsion am Hirnstamm, die Beteiligung nervaler Strukturen, eine Invasion des Sinus cavernosus und nicht zuletzt auch die Konsistenz des Tumors. (DiLuna & Bulsara, 2010; Martínez et al., 1983) Ein gutes funktionelles Outcome ist somit im Zweifelsfall über eine vollständige chirurgische Tumorresektion zu stellen, solange die Tumorentität bzw. Benignität und Wachstumscharakteristika dies zulassen (Seol et al., 2006). Erforderlichenfalls, z.B. bei Tumoren mit WHO-Grad > 1 , müssen dann auch andere Ansätze mit höheren Resektionsraten bzw. aggressivere Resektionsvorgehen gewählt werden.

Nach 43,2% der durchgeführten Eingriffe ergab sich für die Patienten dieser Studie mindestens ein neues permanentes neurologisches Defizit. Auch Sekhar et al. dokumentierten in ihrer Studie zu Zugängen zu petroclivalen Pathologien einen ähnlichen Gesamtwert von 47%. Ihre Gesamtrate bezog sich dabei auf rein hirnnervenbezogene Defizite. (Sekhar et al., 1999) In dieser Studie wurden funktionelle Ausfälle, welchen den Hirnnerven zuzuord-

nen aber auch gesamtneurologisch zu bewerten waren, zusammengefasst. Der Vergleich der Gesamtrate neuer permanenter Defizite mit anderen Vergleichswerken gestaltete sich schwierig, da viele Autoren sowohl technische als auch funktionelle Komplikationen in einen Gesamtwert zusammenfassten oder nur einzelne Funktionsdefizite thematisierten. Innerhalb dieser Studie zeigte das Auftreten oder die Anzahl neuer permanenter Defizite keinen statistischen Zusammenhang mit dem Tumolvolumen, der Kraniotomiefläche oder dem Vorliegen intraoperativer Besonderheiten bzw. Komplikationen. Jedoch sollte das Auftreten postoperativer Komplikationen im Allgemeinen aber auch im Speziellen v.a. von Liquorfisteln, Nachblutungen sowie Hydrocephali verhindert werden, da diese in einem signifikanten Zusammenhang mit den neuen Defiziten standen.

Abschließend sollen die präoperativen Variablen betrachtet werden, welche im linken Anteil von Abbildung 9 dargestellt sind. Sie sind zwar zum Großteil nicht durch die Neurochirurgie beeinflussbar, statistisch signifikante Korrelationen zu intra- oder postoperativen Variablen sind aber dennoch entscheidend für ein geschärftes Bewusstsein des Operationsteams. Der Einfluss präoperativer Medikation spielte in unseren Untersuchungen keine Rolle für das Entstehen postoperativer Komplikationen. Stoffwechselstörungen, allen voran ein Diabetes mellitus, stehen den Ergebnissen dieser Studie nach ebenfalls in keinem signifikanten Zusammenhang mit postoperativen Komplikationen wie vor allem Wundheilungsstörungen oder -infektionen. Auch Sastry et al. konnten dementsprechend keine statistische Signifikanz eines Diabetes mit dem Auftreten postoperativer Infektionen nach Eingriffen im Bereich der hinteren Schädelbasis feststellen (Sastry et al., 2022).

Mastronardi et al. untersuchten in ihrer Studie unter anderem den Einfluss des Alters der Patienten auf das Outcome nach Eingriffen über den retrosigmoidalen Zugang zur mikrovaskulären Dekompression bei Trigeminalneuralgien. Sie konnten dabei keine statistische Korrelation feststellen. (Mastronardi et al., 2020) Auch in der hier vorliegenden Studie spielte das Patientenalter zum Operationszeitpunkt keine signifikante Rolle für die postoperative Komplikationsrate. Auch nicht für die Verbesserung oder Verschlechterung präoperativ vorhandener neurologischer Symptome, den postoperativen KPSS oder das Auftreten neuer permanenter Defizite. Obwohl Patienten höheren Alters nach operativen Eingriffen vermehrt zu allgemeinen postoperativen Komplikationen neigen, konnten auch andere Autoren keine erhöhten Raten an spezifischen Komplikationen in Bezug auf die Entfernung von Vestibularisschwannomen, wie ein postoperatives Auftreten funktioneller Hirnnervendefizite oder Liquorlecks, feststellen (Helal et al., 2021; Luryi et al., 2021).

Im Bereich der hinteren Schädelbasischirurgie sind Sinusvenenthrombosen eine nicht unbekannte Komplikation und werden dennoch kaum in der Literatur zum retrosigmoidalen Zugang thematisiert. In dieser Studie ergab sich ein Zusammenhang zwischen dem präoperativen Vorliegen von Gerinnungsstörungen und dem postoperativen Entstehen von Sinusvenenthrombosen. Kryskiewicz et al. konnten diesen Zusammenhang nicht feststellen. In ihrer Studie fand sich hingegen eine Korrelation zwischen einer intraoperativen Verletzung der Sinus und der Entstehung von postoperativen Sinusvenenthrombosen. (Kryskiewicz et al., 2022) Diese Korrelation konnte wiederum durch unsere Studie nicht bestätigt werden. Auch wenn das Vorliegen postoperativer Sinusvenenthrombosen nicht mit dem Auftreten neuer neurologischer Defizite oder der Verschlechterung präoperativ vorliegender Symptome in statistischer Verbindung stand, sollten Sinusvenenthrombosen verhindert werden. In Konsequenz zu unserer Studie heißt dies, die Blutwerte der Patienten präoperativ auf ein breites Feld an Koagulopathien zu untersuchen. Dass eine intraoperative Sinusverletzung unter allen Umständen zu vermeiden sein sollte, liegt auf der Hand.

Bei der Wahl des retrosigmoidalen Zugangs ist, wie in der Einleitung beschrieben, das anatomische Wissen über die zugangsbedingten Schwierigkeiten und Hürden dieser Region die wichtigste Grundvoraussetzung, um eine unnötige Erhöhung der intra- und postoperativen Komplikationen und somit eine Gefährdung des chirurgischen Erfolges und eines guten postoperativen Outcomes des Patienten zu vermeiden. Abschließend ist zu erwähnen, dass ein direkter Vergleich mit den Ergebnissen anderer Studien schwierig blieb, da sich diese oft auf bestimmte einzelne Tumorentitäten oder Gefäßläsionen und weniger auf den Zugang bzw. technische Aspekte (vgl. Abschnitt Zielsetzung) konzentrierten, sodass nur einzelne Teilaspekte miteinander verglichen werden konnten, nicht zuletzt auch aufgrund der Heterogenität dieses Kollektivs. Weitere Einschränkungen dieser Studie finden sich im nachgehenden Abschnitt 5.2.

5.2 Grenzen der Studie und Fazit

Betrachtet man die beiden Hauptziele dieser Arbeit, welche in Abschnitt 2 definiert wurden, so kann das erste Ziel, das Erstellen einer Übersichtsarbeit, klar als erfolgreich erreicht angesehen werden. Die Studie stellt eine bedeutende Datensammlung dar. Bei 540 Eingriffen, welche an 517 Patienten durchgeführt wurden, wurden 38 Variablen im Sinne von prä-, intra- und postoperativen relevanten Details über einen Zeitraum von 13,5 Jahren dokumentiert und statistisch analysiert. Die Daten wurden anhand der Operationberichte, prä- und postoperativer Bilddatensätze, Radiologieberichte und detaillierter klinischer Untersuchungen im Rahmen eines standardisierten Vor- und Nachsorgeprotokolls erhoben, einschließlich Scores, um den neurologischen und funktionellen Zustand der Patienten zu beschreiben. Das Protokoll wurde dabei auf Grundlage eines zertifizierten neurologischen Expertengremiums entworfen.

Nicht alleine durch den retrospektiven Charakter der Arbeit sind jedoch für diese Arbeit einige Limitationen zu beachten, hier gerade in Bezug auf die Follow-Up-Untersuchungen. Partiiell zeigten sich beim Erheben der Daten Lücken in der Dokumentation und folglich für die Auswertung fehlende Informationen, was jedoch in den statistischen Auswertungen vollumfänglich berücksichtigt wurde.

Die Methodik zur Vermessung der Kraniotomiefläche anhand bestehender postoperativer MRT-Datensätze, wie sie in Abschnitt 3.3 beschrieben wird, wurde für die Untersuchung zur operativen Technik des retrosigmoidalen Zuganges eigens mithilfe der Abteilung für Neuroradiologie am Klinikum rechts der Isar entwickelt und entspricht keiner bestehenden etablierten Methodik, was einen Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren erschwert. Obwohl sie einigen Einschränkungen unterliegt, ist die Methodik als innovativ zu bewerten und erfüllt den Zweck der Untersuchung potentiell statistisch relevanter Zusammenhänge mit anderen in Verbindung mit der Operation untersuchten Variablen. Als oben genannte Einschränkungen sind zum einen umgehend postoperativ auftretende Artefakte zu nennen, welche die Beurteilbarkeit der Defektgrenzen punktuell erschwert. Die Artefakte, wie beispielweise Ödeme, erscheinen genauso wie der in MRT-Aufnahmen in T1-Wichtung untersuchte Knochen als schwarze Bereiche. Wie im Methodenteil beschrieben, wurde deshalb, wenn vorhanden, nicht das umgehend postoperative MRT zur Vermessung verwendet, sondern der nach einigen Wochen bis Monaten erstellte Kontroll-Bilddatensatz. Ebenso wurde zur Vermessung der Fläche eine zweidimensionale Darstellung des dreidimensionalen Schädeldefekts verwendet, sodass die sphärische Krümmung des

Schädelknochens vernachlässigt wird. Da diese Krümmung jedoch in einem gewissen Ausmaß von Patient zu Patient variiert und alternativ mit einem Durchschnittswert dieser Krümmungen gerechnet werden müsste, wurde sich dazu entschieden, diesen Wert zu vernachlässigen, da er für die induktive statistische Auswertung keine Rolle spielte. Für die Kraniotomieflächenwerte der relativen Statistik wird dieser Sphärik aufgrund der geringen Dicke des Schädelknochens eine untergeordnete Rolle zugeteilt.

Als letzten Punkt ist eine fehlende Systematik in der Erstellung der MRT-Datensätze zu nennen. Diese wurden nicht nach einem festgelegten zeitlichen Abstand zur Operation und je nach Entität in leicht voneinander abweichenden Modi erstellt. Wie oben erwähnt, fehlen die Datensätze bei manchen Patienten, wenn beispielsweise kein Follow-Up durchgeführt wurde. Abschließend ist auch zu erwähnen, dass computertomographische Aufnahmen (CT) zur Beurteilung von Knochendefekten dem MRT überlegen sind. Sie stehen jedoch aufgrund ihrer Strahlungsbelastung, bei den in dieser Studie untersuchten Fällen, selten in einem Verhältnis zur diagnostischen Aussagekraft.

Nicht zuletzt ist die bereits in Abschnitt 5.1 beschriebene Heterogenität des Kollektivs und die Vielzahl der untersuchten Variablen innerhalb der Analysen und somit eine erschwerte Einordnung in den wissenschaftlichen Stand zu nennen. Lässt man all die beschriebenen Aspekte in eine Gesamtbewertung fließen, so sind die meisten Ergebnisse mit Bedacht zu betrachten. Das zweite Hauptziel dieser Arbeit, das Aufstellen definierter Leitlinien für die operative Technik oder das Patientenmanagement zur Verringerung der mit der Operation verbundenen Morbidität anhand der statistischen Ergebnisse dieser Studie, gestaltete sich schwieriger. Insgesamt sind jedoch deutliche Tendenzen zu erkennen, welche in 5.1 erörtert wurden. Unumstritten ist, dass es sich bei diesem Kollektiv, vor allem für die Schädelbasischirurgie, als ein Randfeld der Neurochirurgie, um ein großes und multivariat untersuchtes Kollektiv handelt, weswegen die Ergebnisse zweifellos von wissenschaftlicher Wichtigkeit sind und ihre Teilaspekte Grundlagen bzw. Ausgangspunkt für weitere Studien bilden sollten.

5.3 Wissenschaftlicher Ausblick und Anstoß für weiterführende Forschung

Wie bereits im ersten Teil der Diskussion (Abschnitt 5.1) angedeutet, definiert sich ein weniger invasives Operieren nicht allein über die Größe der Inzision und der Kraniotomie. In Folge einer präoperativen exakten Planung des chirurgischen Zugangs müssen diese schlichtweg einfach nicht größer sein. Doch basiert auf dieser präzisen Planung vermutlich eine mindestens genauso entscheidend reduzierte intrakranielle Gewebemanipulation, welche für verbesserte funktionelle Ergebnisse sorgt. Yasargil behauptete bereits 1975, dass sich der Begriff der Minimalinvasivität nicht auf die Kraniotomie, sondern auf das intrakranielle Vorgehen beziehen würde (Yasargil & Fox, 1975). Ergänzend zu den hier in der Studie untersuchten statistischen Korrelationen zwischen den chirurgischen Ergebnissen und der Größe, Art und Versorgung der Kraniotomie könnte eine volumetrische Vermessung des Zugangs anhand postoperativer Bildgebungen durchgeführt werden. Methodisch wäre diese vergleichbar mit der Vermessung des Tumorumfanges (s. Abschnitt 3.2) durchzuführen und ermöglichte die statistische Untersuchung auf Zusammenhänge mit den postoperativen sowie Outcome-bezogenen Variablen. Auch die Tumorkonsistenz wurde kurz im vorherigen Abschnitt (s. Abschnitt 5.1) erwähnt. Ein weicher, zystischer Tumor kann dementsprechend schonender und über kleinere Zugänge entfernt werden als ein kalzifizierter oder derber Tumor. Es bleibt zu hinterfragen, ob große Tumore wirklich über größere Kraniotomieflächen operiert werden müssen, wenn ihre Konsistenz eigentlich kleinflächigere Zugänge zulassen würde. Eine Dokumentation der Konsistenz des Tumors und die Untersuchung des Outcomes der Patienten in Bezug darauf wären ein wichtiger und interessanter Ansatzpunkt für eine weitere Studie.

Bei den Analysen der Operationsberichte für die hier durchgeführte Studie gelang es leider nicht, ausreichend Informationen zur intraoperativen Durarekonstruktion für eine statistische Auswertung zu generieren. Eine entscheidende Voraussetzung für zukünftige Analysen der Eingriffe ist deshalb eine umfangreiche standardmäßige Dokumentation innerhalb der Operationsberichte, da zum Beispiel Liquorfisteln und die eventuell daraus resultierenden Infektionen so entscheidende postoperative Komplikationen und damit auch eine Gefährdung des chirurgischen Erfolgs für den retrosigmoidalen Zugang darstellen.

Die Tendenzen bzw. Aussagen der hier durchgeführten Studie sollten aufgrund ihres retrospektiven Charakters und der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Einschränkungen durch zukünftige Studien weiter verfolgt werden.

6. Zusammenfassung

Einleitung

Pathologien im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels und der hinteren Schädelbasis gelten seit jeher als eine große chirurgische Herausforderung und ihre operative Therapie hat im Laufe des vergangenen Jahrhunderts viele Phasen durchlaufen. Raumforderungen, vaskuläre oder auch entzündliche Prozesse im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels, führen aufgrund der Komplexität der Anatomie häufig zu ebenso komplexen Symptommustern. Der retrosigmoidale Zugang kann als Standardverfahren innerhalb der dafür eingesetzten neurochirurgischen Operationstechniken bezeichnet werden. Er ermöglicht dabei eine herausragende Sicht auf verschiedene Strukturen der hinteren Schädelgrube und des Kleinhirnbrückenwinkels und bietet durch extra- und intrakranielle Variationen die Möglichkeit zur Resektion von Läsionen nahezu jeder Größe.

Zielsetzung

Im Sinne der Minimalinvasivität zeigt sich die allgemeine Entwicklung der neurochirurgischen Zugänge hin zu möglichst kleinen Inzisionen und knöchernen Defekten. Deshalb war das Ziel dieser Arbeit, zusätzlich zur Einordnung der gesammelten prä-, intra- und postoperativen Daten in einer großen Übersichtsarbeit, den Einfluss verschiedener Variablen, allen voran der technischen Aspekte und der Kraniotomiefläche, auf das chirurgische Ergebnis und das Outcome des Patienten zu beleuchten. Daraus ergab sich ein heterogenes Kollektiv in Bezug auf die Pathologie und Tumorentität, die operativen Zugangstechniken waren jedoch vergleichbar.

Material und Methode

Bei der durchgeführten Studie handelt es sich um eine nicht-interventionelle, retrospektive und monozentrische Studie der Abteilung für Neurochirurgie. Dafür wurden die klinischen Dokumentationen im Rahmen von standardisierten Protokollen, neuropathologischen Aufzeichnungen sowie entsprechende prä- und postoperative Bildgebungen bei 540 Eingriffen an 517 Patienten untersucht und die gesammelten Daten einer induktiven sowie deskriptiven statistischen Analyse unterzogen, sowohl für das Gesamtkollektiv als auch in ein onkologisches und nicht-onkologisches Teilkollektiv unterteilt. Miteinbezogen wurden die im Zeitraum zwischen Januar 2007 und September 2020 durchgeführten Operationen über den retrosigmoidalen Zugang am Klinikum rechts der Isar.

Ergebnisse

Ein Einfluss präoperativer Faktoren auf das postoperative Outcome konnte nicht festgestellt werden. Lediglich für das Vorliegen einer Koagulopathie erwies sich eine statistische Korrelation mit dem postoperativen Auftreten von Sinusvenenthrombosen.

Während die Art der Rekonstruktion des knöchernen Defektes einen statistischen Zusammenhang mit postoperativen Komplikationen aufwies, zeigte die Art der Kraniotomie in dieser Studie keinen Einfluss auf den postoperativen Verlauf.

Die Kraniotomiefläche sollte zur Vermeidung postoperativer Komplikationen, insbesondere von Liquorlecks und deren negativen Auswirkungen auf das Outcome des Patienten möglichst klein gewählt werden. Die intraoperativen Sichtverhältnisse, vor allem unter Verwendung des OP-Mikroskops, und eine ausreichende Möglichkeit zur Ausleuchtung des Operationsgebietes sind dabei jedoch nicht zu vernachlässigen.

Das Tumolvolumen zeigte einen gleichgerichteten statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Kraniotomiefläche. Große Tumore wurden dabei also über große knöcherne Defekte operiert. Ob dies notwendig ist, hängt von vielen Faktoren ab, unter anderem von der Tumorkonsistenz, welche einen wichtigen weiteren Ansatzpunkt für zukünftige Studien darstellen sollte. Das Tumolvolumen zeigte außerdem einen großen Einfluss auf die Anzahl der präoperativen Symptome sowie auf das Entstehen von Nachblutungen und Hydrocephali als postoperative Komplikationen. Beide dieser Komplikationen standen wiederum in einem signifikanten statistischen Zusammenhang mit dem Auftreten und der erhöhten Anzahl neuer permanenter neurologischer Defizite. Obwohl das Tumolvolumen die Signifikanz für eine vollständige Resektion knapp verfehlte, kann hier ein Zusammenhang angenommen werden. Für die Entität der Vestibularisschwannome korrelierte zudem ein großes Tumolvolumen mit dem vermehrten Auftreten von postoperativen Meningitiden.

Beeinträchtigungen des N. facialis und des N. vestibulocochlearis sind die häufigsten funktionellen Defizite nach Operationen über den retrosigmoidalen Zugang. Im deutlich überwiegenden Anteil handelte es sich bei den über diesen Zugang behandelten Entitäten um benigne und langsam sowie verdrängend wachsende Tumore. Die Resektion der Tumorkapsel ist dabei häufig mit einer höheren Rate an diesen und weiteren Hirnnervenausfällen verbunden. Ein gutes funktionelles Outcome sollte deshalb im Zweifelsfall über eine vollständige chirurgische Tumorresektion gestellt werden.

Fazit

Umfassende anatomische Kenntnisse sowie eine detaillierte präoperative Planung des operativen und damit auch des knöchernen Zugangs anhand von Bilddatensätzen stellen eine *conditio sine qua non* für gute chirurgische Ergebnisse sowie ein zufriedenstellendes Outcome für den Patienten dar. Die Arbeit zeigt deutliche Ansätze zur Verbesserung des postoperativen Ergebnisses auf. Aufgrund des heterogenen Kollektivs und des retrospektiven Charakters der Arbeit sind die Aussagen jedoch durchaus kritisch zu bewerten und sollten durch zukünftige Studien genauer überprüft werden.

Literaturverzeichnis

- Agarwal, V., Babu, R., Grier, J., Adogwa, O., Back, A., Friedman, A. H., Fukushima, T. & Adamson, C. (2013). Cerebellopontine angle meningiomas: Postoperative outcomes in a modern cohort. *Neurosurgical Focus*, 35(6). <https://doi.org/10.3171/2013.3.FOCUS.17473>
- Akard, W., Tubbs, R. S., Seymour, Z. A., Hitselberger, W. E. & Cohen-Gadol, A. A. (2009). Evolution of techniques for the resection of vestibular schwannomas: From saving life to saving function: Historical vignette. *Journal of Neurosurgery*, 110(4), 642–647. <https://doi.org/10.3171/2008.3.17473>
- Alattar, A. A., Hirshman, B. R., McCutcheon, B. A., Chen, C. C., Alexander, T., Harris, J. & Carter, B. S. (2018). Risk Factors for Readmission with Cerebrospinal Fluid Leakage Within 30 Days of Vestibular Schwannoma Surgery. *Neurosurgery*, 82(5), 630–637. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx197>
- American Society of Anaesthesiologists. (2020). *ASA Physical Status Classification System*. <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/statement-on-asa-physical-status-classification-system>
- Antoniadis, G., Brentrup, A., Hansch, M., Heidecke, V., Jünger, S., Messing-Jünger, M. & Santos Piedade, G. (2021). *Neurochirurgie* (M. Schirmer, Hrsg.; 11. Auflage). Elsevier.
- Baldauf, J., Rosenstengel, C. & Schroeder, H. W. S. (2019). Nerve Compression Syndromes in the Posterior Cranial Fossa. *Deutsches Ärzteblatt international*, 116(4), 54–60. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2019.0054>
- Banan, R. & Hartmann, C. (2017). The new WHO 2016 classification of brain tumors—What neurosurgeons need to know. *Acta Neurochirurgica*, 159(3), 403–418. <https://doi.org/10.1007/s00701-016-3062-3>
- Basma, J., Anagnostopoulos, C., Tudose, A., Harty, M., Michael, L. M., Teo, M. & Porter, D. G. (2021). History, Variations, and Extensions of the Retrosigmoid Approach: Anatomical and

- Literature Review. *Journal of Neurological Surgery. Part B, Skull Base*, 83(Suppl 2), e324–e335. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1729177>
- Bassiouni, H., Hunold, A., Asgari, S. & Stolke, D. (2004). Meningiomas of the posterior petrous bone: Functional outcome after microsurgery. *Journal of Neurosurgery*, 100(6), 1014–1024. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.100.6.1014>
- Bender, R. & Lange, S. (2007). Was ist der *p*-Wert? *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 132(S 01), e15–e16. <https://doi.org/10.1055/s-2007-959030>
- Böhmer, A., Defosse, J., Geldner, G., Rossaint, R., Zacharowski, K., Zwißler, B., & Wappler, F. (2021). Die aktualisierte Version der ASA-Klassifikation. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 62, 223–228. <https://doi.org/10.19224/ai2021.223>
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Springer.
- Brennan, J. W., Rowed, D. W., Nedzelski, J. M. & Chen, J. M. (2001). Cerebrospinal fluid leak after acoustic neuroma surgery: Influence of tumor size and surgical approach on incidence and response to treatment. *Journal of Neurosurgery*, 94(2), 217–223. <https://doi.org/briggs>
- Briggs, R. J. S., Fabinyi, G. & Kaye, A. H. (2000). Current management of acoustic neuromas: Review of surgical approaches and outcomes. *Journal of Clinical Neuroscience*, 7(6), 521–526. <https://doi.org/10.1054/jocn.2000.0728>
- Caballero-García, J., Morales-Pérez, I., Michel-Giol-Álvarez, A., Aparicio-García, C., López-Sánchez, M. & Huanca-Amaru, J. (2021). Endoscopic retrosigmoid keyhole approach in cerebellopontine angle tumors. A surgical cohort. *Neurocirugía (English Edition)*, 32(6), 268–277. <https://doi.org/10.1016/j.neucir.2020.10.001>
- Castellano, F. & Ruggiero, G. (1953). Meningiomas of the posterior fossa. *Acta Radiologica. Supplementum*, 104, 1–177.
- Cebula, H., Todeschi, J., Le Fèvre, C., Antoni, D., Ollivier, I., Chibbaro, S., Noël, G. & Proust, F. (2020). Quelle est la place de la chirurgie dans la prise en charge des métastases cérébral-

- es en 2020? *Cancer/Radiothérapie*, 24(6–7), 470–476.
<https://doi.org/10.1016/j.canrad.2020.05.008>
- Chittiboina, P. & Lonser, R. R. (2015). Von Hippel-Lindau disease. *Handbook of Clinical Neurology*, 132, 139–156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62702-5.00010-X>
- Crucchi, G., Di Stefano, G. & Truini, A. (2020). Trigeminal Neuralgia. *New England Journal of Medicine*, 383(8), 754–762. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1914484>
- Cushing, H. (1917). *Tumors of the nervus acusticus and the syndrome of the cerebellopontine angle*. WB Saunders.
- Dandy, W. E. (1925). An operation for the total removal of cerebellopontile (acoustic) tumors. *Surg. Gynec. Obstet.*, 41, 129–148.
- Darwish, B. S., Bird, P. A., Goodisson, D. W., Bonkowski, J. A. & MacFarlane, M. R. (2005). Facial nerve function and hearing preservation after retrosigmoid excision of vestibular schwannoma: Christchurch Hospital experience with 97 patients. *ANZ Journal of Surgery*, 75(10), 893–896. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2005.03544.x>
- DeMonte, F. (2020). Management considerations for malignant tumors of the skull base. *Journal of Neuro-Oncology*, 150(3), 361–365. <https://doi.org/10.1007/s11060-020-03637-y>
- DeMonte, F. & Al-Mefty, O. (1993). Neoplasms and the cranial nerves of the posterior fossa. In Barrow, Daniel Louis (Hrsg.), *Surgery of Cranial Nerves of the Posterior Fossa* (1. Aufl., Bd. 13, S. 253–274). American Association of Neurological Surgeons Neurosurgical Topics.
- Desgeorges, M. & Sterkers, O. (1994). [Anatomo-radiological classification of meningioma of the posterior skull base]. *Neuro-Chirurgie*, 40(5), 273–295.
- DiLuna, M. L. & Bulsara, K. R. (2010). Surgery for Petroclival Meningiomas: A Comprehensive Review of Outcomes in the Skull Base Surgery Era. *Skull Base*, 20(5), 337–342.
<https://doi.org/10.1055/s-0030-1253581>
- Dindo, D., Demartines, N. & Clavien, P.-A. (2004). Classification of Surgical Complications. *Annals of Surgery*, 240(2), 205–213. <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae>

- Dittmann, A. (2021). *Kleinhirnbrückenwinkel-Syndrom*. Psyhyrembel Online.
<https://www.psyhyrembel.de/Kleinhirnbr%C3%BCckenwinkel-Syndrom/K0BQG>
- Farschtschi, S., Mautner, V.-F., Lawson McLean, A. C., Schulz, A., Friedrich, R. E. & Rosahl, S. K. (2020). The Neurofibromatoses. *Deutsches Ärzteblatt international*, 117(20), 354–360.
<https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0354>
- Fossati, P., Vavassori, A., Deantonio, L., Ferrara, E., Krengli, M. & Orecchia, R. (2016). Review of photon and proton radiotherapy for skull base tumours. *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy*, 21(4), 336–355. <https://doi.org/10.1016/j.rpor.2016.03.007>
- Friedmann, D. R., Grobelny, B., Golfinos, J. G. & Roland, J. T. (2015). Nonschwannoma Tumors of the Cerebellopontine Angle. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 48(3), 461–475.
<https://doi.org/10.1016/j.otc.2015.02.006>
- Gerrard, G. E. & Franks, K. E. (2004). Overview of the diagnosis and management of brain, spine, and meningeal metastases. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 75(suppl_2), ii37–ii42. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.040493>
- Gharabaghi, A., Rosahl, S. K., Feigl, G. C., Liebig, T., Mirzayan, J. M., Heckl, S., Shahidi, R., Tatagiba, M. & Samii, M. (2008). Image-guided lateral suboccipital approach: Part 1-individualized landmarks for surgical planning. *Neurosurgery*, 62(3 Suppl 1), 18–23.
<https://doi.org/10.1227/01.neu.0000317369.07641.9c>
- Goldbrunner, R., Weller, M., Regis, J., Lund-Johansen, M., Stavrinou, P., Reuss, D., Evans, D. G., Lefranc, F., Sallabanda, K., Falini, A., Axon, P., Sterkers, O., Fariselli, L., Wick, W. & Tonn, J.-C. (2020). EANO guideline on the diagnosis and treatment of vestibular schwannoma. *Neuro-Oncology*, 22(1), 31–45. <https://doi.org/10.1093/neuonc/noz153>
- Grunwald, I. Q., Papanagiotou, P., Nabhan, A., Politi, M. & Reith, W. (2006). Anatomie des Kleinhirnbrückenwinkels. *Der Radiologe*, 46(3), 192–196. <https://doi.org/10.1007/s00117-006-1341-3>

- Grunwald, I. Q., Veith, C., Backens, M., Roth, C., Papanagiotou, P. & Reith, W. (2007). Infratentorielle Tumoren. *Der Radiologe*, 47(6), 486–491. <https://doi.org/10.1007/s00117-007-1515-7>
- Gulec, S., Spedicato, F., Senjaya, F. & July, J. (2019). Lateral Suboccipital Approach (Retrosigmoid). In J. July & E. J. Wahjoepramono (Hrsg.), *Neurovascular Surgery: Surgical Approaches for Neurovascular Diseases* (1. Aufl., S. 43–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8950-3_7
- Gurgel, R. K., Dogru, S., Amdur, R. L. & Monfared, A. (2012). Facial nerve outcomes after surgery for large vestibular schwannomas: Do surgical approach and extent of resection matter? *Neurosurgical Focus*, 33(3), E16. <https://doi.org/10.3171/2012.7.FOCUS12199>
- Ha, B.-J., Cheong, J. H. & Yi, H.-J. (2016). Risk Factors for Cerebrospinal Fluid Leakage after Craniotomy and the Efficacy of Dural Sealants Application versus Dural Suturing Alone. *The Nerve*, 2(2), 22–25. <https://doi.org/10.21129/nerve.2016.2.2.22>
- Han, Q., Liang, H., Cheng, P., Yang, H. & Zhao, P. (2020). Gross Total vs. Subtotal Resection on Survival Outcomes in Elderly Patients With High-Grade Glioma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Oncology*, 10:151. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00151>
- Helal, A., Graffeo, C. S., Perry, A., Van Abel, K. M., Carlson, M. L., Neff, B. A., Driscoll, C. L. W. & Link, M. J. (2021). Differential Impact of Advanced Age on Clinical Outcomes After Vestibular Schwannoma Resection in the Very Elderly: Cohort Study. *Operative Neurosurgery*, 21(3), 104–110. <https://doi.org/10.1093/ons/opab170>
- Heller, R. S., Silveira, L. & Heilman, C. B. (2018). Cerebellopontine Angle Tumors. In R. G. Ellenbogen, N. Kitchen, & L. N. Sekhar (Hrsg.), *Principles of Neurological Surgery* (4. Aufl., S. 622–631). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-43140-8.00043-3>
- Hiddemann, W. & Bartram, C. R. (Hrsg.). (2010). *Die Onkologie* (2. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-79725-8>

- Hoffman, R. A. (1994). Cerebrospinal fluid leak following acoustic neuroma removal. *The Laryngoscope*, *104*(1 Pt 1), 40–58. <https://doi.org/10.1288/00005537-199401000-00009>
- Holst, B., Grunwald, I. Q., Brill, G. & Reith, W. (2004). Differenzialdiagnose von Raumforderungen im Kleinhirnbrückenwinkel. *Der Radiologe*, *44*(11), 1113–1137. <https://doi.org/10.1007/s00117-004-1131-8>
- Hoshida, R., Faulkner, H., Teo, M. & Teo, C. (2018). Keyhole retrosigmoid approach for large vestibular schwannomas: Strategies to improve outcomes. *Neurosurgical Focus*, *44*(3), E2. <https://doi.org/10.3171/2017.11.FOCUS17607>
- House, J. W. & Brackmann, D. E. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *93*(2), 146–147. <https://doi.org/10.1177/019459988509300202>
- Huang, B., Ren, Y., Wang, C., Lan, Z., Hui, X., Liu, W. & Zhang, Y. (2019). Risk factors for postoperative meningitis after microsurgery for vestibular schwannoma. *PLOS ONE*, *14*(7), e0217253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217253>
- Hutter, G., von Felten, S., Sailer, M. H., Schulz, M. & Mariani, L. (2014). Risk factors for postoperative CSF leakage after elective craniotomy and the efficacy of fleece-bound tissue sealing against dural suturing alone: A randomized controlled trial. *Journal of Neurosurgery*, *121*(3), 735–744. <https://doi.org/10.3171/2014.6.JNS131917>
- Jun, W., Gao, Y., Yu, H., Huang, Q., Long, X., Liu, G., Ting, X., Zhong, X. & Zhou, Y. (2020). Comparison of translabyrinthine and retrosigmoid approach for treating vestibular schwannoma: A meta-analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, *196*, 105994.
- Jung, S., Kang, S. S., Kim, T. S., Kim, H. J., Jeong, S. K., Kim, S. C., Lee, J. K., Kim, J. H., Kim, S. H. & Lee, J. H. (2000). Current surgical results of retrosigmoid approach in extralarge vestibular schwannomas. *Surgical Neurology*, *53*(4), 370–378. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(00\)00196-8](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(00)00196-8)

- Kalani, M. & Couldwell, W. (2018). Retrosigmoid Craniotomy for Resection of an Epidermoid Cyst of the Posterior Fossa. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, 79(Suppl 5), 411–412. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1669980>
- Kane, N. M., Kazanas, S., Maw, A. R., Coakham, H. B., Torrens, M. J., Morgan, M. H., Stranjalis, G. & Butler, S. R. (1995). Functional outcome in patients after excision of extracanalicular acoustic neuromas using the suboccipital approach. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 77(3), 210–216.
- Karnofsky, D. A., Abelmann, W. H., Craver, L. F. & Burchenal, J. H. (1948). The use of the nitrogen mustards in the palliative treatment of carcinoma. With particular reference to bronchogenic carcinoma. *Cancer*, 1(4), 634–656. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(194811\)1:4<634::AID-CNCR2820010410>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1097-0142(194811)1:4<634::AID-CNCR2820010410>3.0.CO;2-L)
- Kaschke, O. (2017). Diagnostik und Behandlung des Vestibularisschwannoms. *HNO Nachrichten*, 47(4), 34–42. <https://doi.org/10.1007/s00060-017-5370-5>
- Kehler, U., Hirdes, C., Weber, C., Spuck, S., Tronnier, V., Kundt, G. & Piek, J. (2013). CSF leaks after cranial surgery—A prospective multicenter analysis. *Innovative Neurosurgery*, 1(1), 49–53. <https://doi.org/10.1515/ins-2012-0002>
- Koerbel, A., Gharabaghi, A., Safavi-Abbasi, S., Tatagiba, M. & Samii, M. (2005). Evolution of vestibular schwannoma surgery: The long journey to current success. *Neurosurgical Focus*, 18(4), e10. <https://doi.org/10.3171/foc.2005.18.4.11>
- König, A. & Spetzger, U. (Hrsg.). (2018). *Schädelbasischirurgie*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54672-7>
- Koos, W. T., Spetzler, R. F. & Böck, F. W. (Hrsg.). (1976). *Clinical microneurosurgery*. Thieme Verlag.
- Koperer, H., Deinsberger, W., Jödicke, A. & Böker, D.-K. (1999). Postoperative Headache after the Lateral Suboccipital Approach: Craniotomy versus Craniectomy. *Minimally Invasive Neurosurgery*, 42(04), 175–178. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1053393>

- Kramm, C. M., Wagner, S., Gool, S. V., Schmid, H., Sträter, R., Gnekow, A., Rutkowski, S. & Wolff, J. E. A. (2006). Improved Survival after Gross Total Resection of Malignant Gliomas in Pediatric Patients from the HIT-GBM Studies. *Anticancer Research*, 26(5B), 3773–3779.
- Krause, F. (1908). *Die Chirurgie des Gehirns und Rückenmarks nach eigenen Erfahrungen*. Urban und Schwarzenberg.
- Krystkiewicz, K., Wrona, D., Tosik, M., Birski, M., Szyłberg, Ł., Morawska, A., Furtak, J., Wałęsa, C., Stopa, K. & Harat, M. (2022). Dural sinus thrombosis after resection of vestibular schwannoma using suboccipital retrosigmoid approach-thrombosis classification and management proposal. *Neurosurgical Review*, 45(3), 2211–2219.
<https://doi.org/10.1007/s10143-022-01741-3>
- Lang, J. & Samii, A. (1991). Retrosigmoidal approach to the posterior cranial fossa. An anatomical study. *Acta Neurochirurgica*, 111(3–4), 147–153. <https://doi.org/10.1007/BF01400505>
- Lee, S. H., Willcox, T. O. & Buchheit, W. A. (2002). Current results of the surgical management of acoustic neuroma. *Skull Base*, 12(4), 189–195. <https://doi.org/10.1055/s-2002-35750-1>
- Levi, A. D., Wallace, M. C., Bernstein, M. & Walters, B. C. (1991). Venous thromboembolism after brain tumor surgery: A retrospective review. *Neurosurgery*, 28(6), 859–863.
<https://doi.org/10.1097/00006123-199106000-00012>
- Linn, J., Wiesmann, M. & Brückmann, H. (2011). *Atlas klinische Neuroradiologie des Gehirns* (1. Aufl). Springer.
- Louis, D. N., Ohgaki, H., Wiestler, O. D., Cavenee, W. K., Burger, P. C., Jouvet, A., Scheithauer, B. W. & Kleihues, P. (2007). The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system. *Acta Neuropathologica*, 114(2), 97–109. <https://doi.org/10.1007/s00401-007-0243-4>
- Louis, D. N., Perry, A., Reifenberger, G., von Deimling, A., Figarella-Branger, D., Cavenee, W. K., Ohgaki, H., Wiestler, O. D., Kleihues, P. & Ellison, D. W. (2016). The 2016 World Health Or-

- ganization Classification of Tumors of the Central Nervous System: A summary. *Acta Neuropathologica*, 131(6), 803–820. <https://doi.org/10.1007/s00401-016-1545-1>
- Louis, D. N., Perry, A., Wesseling, P., Brat, D. J., Cree, I. A., Figarella-Branger, D., Hawkins, C., Ng, H. K., Pfister, S. M., Reifenberger, G., Soffietti, R., von Deimling, A. & Ellison, D. W. (2021). The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: A summary. *Neuro-Oncology*, 23(8), 1231–1251. <https://doi.org/10.1093/neuonc/noab106>
- Lu, A. Y., Yeung, J. T., Gerrard, J. L., Michaelides, E. M., Sekula, R. F. & Bulsara, K. R. (2014). Hemifacial spasm and neurovascular compression. *The Scientific World Journal*, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2014/349319>
- Luryi, A. L., Babu, S., Bojrab, D. I., Kveton, J. F. & Schutt, C. A. (2021). Surgical Outcomes After Conservative Resection of Vestibular Schwannoma in the Elderly. *Otology & Neurotology*, 42(9), e1358–e1361. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003251>
- Magill, S. T., Rick, J. W., Chen, W. C., Haase, D. A., Raleigh, D. R., Aghi, M. K., Theodosopoulos, P. V. & McDermott, M. W. (2018). Petrous Face Meningiomas: Classification, Clinical Syndromes and Surgical Outcomes. *World neurosurgery*, 114, e1266–e1274. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.03.194>
- Mamikoglu, B., Esquivel, C. R. & Wiet, R. J. (2003). Comparison of facial nerve function results after translabyrinthine and retrosigmoid approach in medium-sized tumors. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 129(4), 429–431. <https://doi.org/10.1001/archotol.129.4.429>
- Martínez, R., Vaquero, J., Areitio, E. & Bravo, G. (1983). Meningiomas of the posterior fossa. *Surgical Neurology*, 19(3), 237–243. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(83\)80007-x](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(83)80007-x)
- Mastronardi, L., Caputi, F., Rinaldi, A., Cacciotti, G., Roperto, R., Scavo, C. G., Stati, G. & Sufianov, A. (2020). Typical Trigeminal Neuralgia: Comparison of Results between Patients Older and Younger than 65 Years Operated on with Microvascular Decompression by Retrosig-

- moid Approach. *Journal of Neurological Surgery. Part A, Central European Neurosurgery*, 81(1), 28–32. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1693126>
- Masuhr, K. F., Masuhr, F. & Neumann, M. (2013). *Neurologie: 147 Tabellen* (7., vollst. überarb. und erw. Aufl). Thieme.
- Matthies, C. & Samii, M. (1997). Management of vestibular schwannomas (acoustic neuromas): The value of neurophysiology for intraoperative monitoring of auditory function in 200 cases. *Neurosurgery*, 40(3), 459–468. <https://doi.org/10.1097/00006123-199703000-00007>
- Mattle, H. & Fischer, U. (2021). *Kurzlehrbuch Neurologie* (5. Aufl.). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b000000093>
- Maurer, J., Ecke, U., Schmidt, C. L., Stoeter, P. & Mann, W. (2000). Vaskuläre Ursachen des „Kleinhirnbrückenwinkel-Syndroms“? *HNO*, 48(2), 142–146. <https://doi.org/10.1007/s001060050022>
- Misra, B. K., Purandare, H. R., Ved, R. S., Bagdia, A. A. & Mare, P. B. (2009). Current treatment strategy in the management of vestibular schwannoma. *Neurology India*, 57(3), 257–263. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.53263>
- Muszynski, C. A., Laurent, J. P. & Cheek, W. R. (1994). Effects of Ventricular Drainage and Dural Closure on Cerebrospinal Fluid Leaks after Posterior Fossa Tumor Surgery. *Pediatric Neurosurgery*, 21(4), 227–231. <https://doi.org/10.1159/000120840>
- Nakamura, M., Roser, F., Dormiani, M., Matthies, C., Vorkapic, P. & Samii, M. (2005). Facial and cochlear nerve function after surgery of cerebellopontine angle meningiomas. *Neurosurgery*, 57(1), 77–90. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000154699.29796.34>
- Obaid, S., Nikolaidis, I., Alzahrani, M., Moumdjian, R. & Saliba, I. (2018). Morbidity Rate of the Retrosigmoid versus Translabyrinthine Approach for Vestibular Schwannoma Resection. *Journal of Audiology and Otology*, 22(4), 236–243. <https://doi.org/10.7874/jao.2018.00164>

- Oppel, F., Mulch, G., Brock, M. & Zühlke, D. (1981). Indications and Operative Technique for Endoscopy of the Cerebellopontine Angle. In M. Samii & P. J. Jannetta (Hrsg.), *The Cranial Nerves* (S. 429–437). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67980-3_55
- Patir, R., Mahapatra, A. K. & Banerji, A. K. (1992). Risk factors in postoperative neurosurgical infection. A prospective study. *Acta Neurochirurgica*, 119(1–4), 80–84. <https://doi.org/10.1007/BF01541786>
- Paulsen, F. & Waschke, J. (2017). *Sobotta: Atlas der Anatomie* (24. Aufl., Bd. 3). Urban und Fischer.
- Perneckzy, A., Reisch, R. & Tschabitscher, M. (2008). *Keyhole approaches in neurosurgery*. Springer Wien NewYork.
- Prell, J., Strauss, C., Rampp, S. & Szelenyi, A. (2019). Neurophysiologisches Monitoring des Nervus facialis bei Operationen an Vestibularisschwannomen: Der aktuelle Stand. *Klinische Neurophysiologie*, 50(04), 213–219. <https://doi.org/10.1055/a-1009-4083>
- Rahimpour, S., Friedman, A. H., Fukushima, T. & Zomorodi, A. R. (2016). Microsurgical resection of vestibular schwannomas: Complication avoidance. *Journal of Neuro-Oncology*, 130(2), 367–375. <https://doi.org/10.1007/s11060-016-2260-4>
- Ramina, R. & Samii, M. (Hrsg.). (2008). *Samii's essentials in neurosurgery*. Springer.
- Rand, R. W. & Kurze, T. (1965). Micro-neurosurgical resection of acoustic tumors by a transmeatal posterior fossa approach. *Bulletin of the Los Angeles Neurological Society*, 30, 17–20.
- Rhoton, Albert L. & Ribas, Guilherme L. (2013). Suboccipital and retrosigmoid approaches. In N. C. Bambakidis, C. A. Dickman, R. F. Spetzler, & V. K. H. Sonntag (Hrsg.), *Surgery of the Craniovertebral Junction* (2. Aufl., S. 411–430). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-002-85485>
- Rodriguez Rubio, R., Xie, W., Vigo, V., Lee, A., Tomasi, O. S., El-Sayed, I. H. & Abla, A. (2021). Immersive Surgical Anatomy of the Retrosigmoid Approach. *Cureus*, 13(6), e16068. <https://doi.org/10.7759/cureus.16068>

- Rosahl, S. & Eßer, D. (2017). Chirurgische Techniken zur Behandlung des Vestibularisschwannoms. *HNO*, 65(5), 395–403. <https://doi.org/10.1007/s00106-017-0353-9>
- Saliba, I., Shinghal, T., Nehme, J. & Dufour, J.-J. (2011). Eustachian tube obliteration in translabyrinthine vestibular schwannoma excision: Cerebrospinal fluid rhinorrhea and middle ear status. *Journal of Otolaryngology - Head & Neck Surgery*, 40(5), 367–375. <https://doi.org/10.2310/7070.2011.100307>
- Samii, M., Draf, W. & Lang, W. (1989). Surgery of the Internal Auditory Canal and Cerebellopontine Angle. In *Surgery of the Skull Base An Interdisciplinary Approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-73061-0>
- Samii, M. & Gerganov, V. M. (2012). Tumors of the cerebellopontine angle. In *Handbook of Clinical Neurology* (Bd. 105, S. 633–639). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53502-3.00013-6>
- Samii, M., Gerganov, V. M. & Samii, A. (2010). Functional outcome after complete surgical removal of giant vestibular schwannomas. *Journal of Neurosurgery*, 112(4), 860–867. <https://doi.org/10.3171/2009.7.JNS0989>
- Samii, M. & Greganov, V.M. (2010). Suboccipital lateral approaches (Retrosigmoid). In P. Cappabianca, G. Iaconetta, & L. Califano (Hrsg.), *Cranial, Craniofacial and Skull Base Surgery* (S. 143–150). Springer Milan. <http://link.springer.com/book/10.1007/978-88-470-1167-0>
- Samii, M. & Matthies, C. (1997). Management of 1000 vestibular schwannomas (acoustic neuromas): Surgical management and results with an emphasis on complications and how to avoid them. *Neurosurgery*, 40(1), 11–23. <https://doi.org/10.1097/00006123-199701000-00002>
- Samii, M., Tatagiba M. & Greganov, V.M. (2004). Basic principles of skull base surgery. In Winn, R.H. (Hrsg.), *Youman's Neurological Surgery* (6. Aufl., S. 1267–1284). Elsevier Saunders.

- Samii, M., Tatagiba, M., Piquer, J. & Carvalho, G. A. (1996). Surgical treatment of epidermoid cysts of the cerebellopontine angle. *Journal of Neurosurgery*, *84*(1), 14–19.
<https://doi.org/10.3171/jns.1996.84.1.0014>
- Sanna, M., Khrais, T., Piccirillo, E., Russo, A. & Augurio, A. (2004). Hearing Preservation surgery in vestibular schwannoma: The hidden truth. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, *113*(2), 156–163. <https://doi.org/10.1177/000348940411300215>
- Sarma, S., Sekhar, L. N. & Schessel, D. A. (2002). Nonvestibular Schwannomas of the Brain: A 7-Year Experience. *Neurosurgery*, *50*(3), 437–449. <https://doi.org/10.1097/00006123-200203000-00002>
- Sastry, R. A., Walek, K., Leary, O. P., Rex, N., Shaaya, E. A., Poggi, J. A. & Cielo, D. (2022). Incidence, Characteristics, and Outcomes of Pseudomeningocele and Cerebrospinal Fluid Fistula after Posterior Fossa Surgery. *World Neurosurgery*, *164*, e1094–e1102.
<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.05.102>
- Sathaporntheera, P. & Saetia, K. (2020). Risk factors associated with CSF leakage and complications after retrosigmoid surgery. *Interdisciplinary Neurosurgery*, *22*.
<https://doi.org/10.1016/j.inat.2020.100865>
- Schackert, G. (o. J.). *Neurochirurgische Therapie der Hirnmetastasen*. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie. Abgerufen 3. April 2022, von <https://www.dgnc.de/gesellschaft/fuer-patienten/hirnmetastasen/>
- Schiavolin, S., Raggi, A., Scaratti, C., Leonardi, M., Cusin, A., Visintini, S., Acerbi, F., Schiariti, M., Zattra, C., Broggi, M. & Ferroli, P. (2018). Patients' reported outcome measures and clinical scales in brain tumor surgery: Results from a prospective cohort study. *Acta Neurochirurgica*, *160*(5), 1053–1061. <https://doi.org/10.1007/s00701-018-3505-0>
- Schick, U. & Unterberg, A. (2011). Akustikusneurinome (Vestibularisschwannome): Behandlung aus neurochirurgischer Sicht. *HNO*, *59*(1), 16–21. <https://doi.org/10.1007/s00106-010-2189-4>

- Schlote, W., Riede, U. N. & Wiestler, O. D. (2004). Nervensystem. In U. N. Riede, M. Werner, & H. Schaefer (Hrsg.), *Allgemeine und spezielle Pathologie* (5. Aufl.). Thieme.
- Schmoll, H.-J., Höffken, K. & Possinger, K. (Hrsg.). (2006). Prinzipien der Strahlentherapie. In *Kompendium Internistische Onkologie* (S. 541–650). Springer.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. & Wesker, K. (2018). *PROMETHEUS Kopf, Hals und Neuroanatomie: LernAtlas der Anatomie* (5. Aufl.). Thieme.
<https://eref.thieme.de/10.1055/b-006-149644>
- Schwarz, J. & Bruderer Enzler, H. (2018). *Datenanalyse mit SPSS*. Methodenberatung; Universität Zürich. http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss.html
- Seifert, V. & Basiouni, H. (2010). Tentorial and Falcotentorial Meningiomas. In M. N. Pamir, P. M. Black, & R. Fahlbusch (Hrsg.), *Meningiomas* (S. 519–527). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-5654-6.00041-6>
- Sekhar, L. N., Schessel, D. A., Bucur, S. D., Raso, J. L. & Wright, D. C. (1999). Partial labyrinthectomy petrous apicectomy approach to neoplastic and vascular lesions of the petroclival area. *Neurosurgery*, 44(3), 537–552. <https://doi.org/10.1097/00006123-199903000-00060>
- Seol, H. J., Kim, C., Park, C.-K., Kim, C. H., Kim, D. G., Chung, Y.-S. & Jung, H.-W. (2006). Optimal extent of resection in vestibular schwannoma surgery: Relationship to recurrence and facial nerve preservation. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 46(4), 176–181.
<https://doi.org/10.2176/nmc.46.176>
- Sheikh, B. Y. (2006). Simple and safe method of cranial reconstruction after posterior fossa craniectomy. *Surgical Neurology*, 65(1), 63–66.
<https://doi.org/10.1016/j.surneu.2005.03.017>
- Simpson, D. (1957). The recurrence of intracranial meningiomas after surgical treatment. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 20(1), 22–39.
<https://doi.org/10.1136/jnnp.20.1.22>

- Stafford, S. L., Pollock, B. E., Foote, R. L., Link, M. J., Gorman, D. A., Schomberg, P. J. & Leavitt, J. A. (2001). Meningioma radiosurgery: Tumor control, outcomes, and complications among 190 consecutive patients. *Neurosurgery*, *49*(5), 1029–1038.
<https://doi.org/10.1097/00006123-200111000-00001>
- Strupp, M., Dieterich, M. & Brandt, T. (2013). The Treatment and Natural Course of Peripheral and Central Vertigo. *Deutsches Ärzteblatt international*, *110*(29–30), 505–515.
<https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0505>
- Tatagiba M. & Acioly, M.A. (2014). Retrosigmoid approach to the posterior and middle fossae. In R. Ramina, P. H. Pires de Aguiar, & M. Tatagiba (Hrsg.), *Samii's Essentials in Neurosurgery* (2. Aufl., S. 217–235). Springer.
- Voss, N. F., Vrionis, F. D., Heilman, C. B. & Robertson, J. H. (2000). Meningiomas of the cerebellopontine angle. *Surgical Neurology*, *53*(5), 439–447. [https://doi.org/10.1016/s0090-3019\(00\)00195-6](https://doi.org/10.1016/s0090-3019(00)00195-6)
- Wallace, E. W. (2004). The Dural Tail Sign. *Radiology*, *233*(1), 56–57.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2331021332>
- Wang, A. & Jankovic, J. (1998). Hemifacial spasm: Clinical findings and treatment. *Muscle & Nerve*, *21*(12), 1740–1747. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-4598\(199812\)21:12<1740::aid-mus17>3.0.co;2-v](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4598(199812)21:12<1740::aid-mus17>3.0.co;2-v)
- Wilkins, R. H. (1965). Neurosurgical Classic—XXXIV. *Journal of Neurosurgery*, *22*(6), 622–641.
<https://doi.org/10.3171/jns.1965.22.6.0622>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191–2194.
<https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yamakami, I., Uchino, Y., Kobayashi, E., Yamaura, A. & Oka, N. (2004). Removal of large acoustic neurinomas (vestibular schwannomas) by the retrosigmoid approach with no mortality

- and minimal morbidity. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 75(3), 453–458. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2003.010827>
- Yamakawa, K., Shitara, N., Genka, S., Manaka, S. & Takakura, K. (1989). Clinical course and surgical prognosis of 33 cases of intracranial epidermoid tumors. *Neurosurgery*, 24(4), 568–573. <https://doi.org/10.1227/00006123-198904000-00013>
- Yaşargil, M. G. (1984). *Microsurgical anatomy of the basal cisterns and vessels of the brain, diagnostic studies, general operative techniques and pathological considerations of the intracranial aneurysms*. Thieme.
- Yasargil, M. G. (1996). Meningiomas. In *Microneurosurgery, vol. IVB* (S. 134–157). Thieme.
- Yasargil, M. G. & Fox, J. L. (1975). The microsurgical approach to intracranial aneurysms. *Surgical Neurology*, 3(1), 7–14.
- Yaşargil, M. G., Mortara, R. W. & Curcic, M. (1980). Meningiomas of Basal Posterior Cranial Fossa. In H. Krayenbühl, J. Brihaye, F. Loew, V. Logue, S. Mingrino, B. Pertuset, L. Symon, H. Troupp, & M. G. Yasargil (Hrsg.), *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* (Bd. 7, S. 3–115). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7051-9_1
- Yaşargil, M. G., Smith, R. D. & Gasser, J. C. (1977). Microsurgical Approach to Acoustic Neuromas. In H. Krayenbühl, J. Brihaye, F. Loew, V. Logue, S. Mingrino, B. Pertuset, L. Symon, H. Troupp, & M. G. Yaşargil (Hrsg.), *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* (Bd. 4, S. 93–129). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7073-1_5
- Yildiz, E., Dahm, V., Matula, C. & Arnoldner, C. (2022). Vestibularisschwannome: Diagnose – Therapie – Nachsorge. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 172(1–2), 2–7. <https://doi.org/10.1007/s10354-020-00800-y>
- Zhao, X., Wang, Z., Ji, Y., Wang, C., Yu, R., Ding, X. & Wei, S. (2010). Long-term facial nerve function evaluation following surgery for large acoustic neuromas via retrosigmoid transmeatal approach. *Acta Neurochirurgica*, 152(10), 1647–1652. <https://doi.org/10.1007/s00701-010-0705-7>

Zou, P., Zhao, L., Chen, P., Xu, H., Liu, N., Zhao, P. & Lu, A. (2014). Functional outcome and postoperative complications after the microsurgical removal of large vestibular schwannomas via the retrosigmoid approach: A meta-analysis. *Neurosurgical Review*, 37(1), 15–21.
<https://doi.org/10.1007/s10143-013-0485-7>

Liste der Vorveröffentlichungen

Teile der Dissertation wurden unter

Aftahy, A. K., Jörger, A.-K., Hillebrand, S., Harder, F. N., Wiestler, B., Bernhardt, D.,

Combs, S. E., Meyer, B., Negwer, C., & Gempt, J. (2022). The Bigger the Better?

Analysis of Surgical Complications and Outcome of the Retrosigmoid Approach in

449 Oncological Cases. *Frontiers in Oncology*, 12, 938703.

<https://doi.org/10.3389/fonc.2022.938703>

veröffentlicht.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Personen bedanken, die mich in der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Mein Dank gilt meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. Jens Gempt für die Überlassung des Themas, dem mir entgegengebrachten Vertrauen sowie die Gewährung der Freiheiten in der Gestaltung meiner Doktorarbeit.

Ebenso danke ich meinem Mentor Herrn PD Dr. Benedikt Wiestler für sein Feedback und die Beratung im Umgang mit neuroradiologischen Daten und der Methodenentwicklung.

Ganz besonders möchte ich Herrn PD Dr. Kaywan Aftahy für die hervorragende fachliche Unterstützung durch alle Arbeitsphasen hindurch danken. Der stetige Austausch auf fachlicher und persönlicher Ebene war mir immer eine große Hilfe. Vielen Dank auch für die Überlassung der Zeichnungen für die Verwendung in meiner Dissertation.

Auch danke ich Herrn Dr. Felix Harder für die Unterstützung bei der Methodenentwicklung zur Vermessung der Kraniotomiedefekte.

Vielen Dank an Mario für sein liebevolles Zureden, die stetige Motivation sowie die geduldigen Erklärungen zu Formatierung und Datenverarbeitung.

Zu guter Letzt möchte ich mich vor allem bei meinen Eltern Irene und Ralph Hillebrand, meinem Bruder Fabian und meinen Großeltern Angela und Karl-Heinz Hillebrand für ihre uneingeschränkte und liebevolle Unterstützung während dieser Arbeit und meinem bisherigen Weg durch Studium und Beruf bedanken.