

1 Zusammenfassung

Bei der mikrochirurgischen Operation in der hinteren Schädelgrube kann die Neuroendoskopie zur Gewinnung zusätzlicher Informationen beitragen. Das Ziel dieser Studie ist es, die Technik bei Operationen verschiedener Pathologien in der hinteren Schädelgrube zu analysieren und dadurch die Bedeutung der Technik für das operative Ergebnis zu beurteilen.

Insgesamt 107 mikrochirurgische Operationen in der hinteren Schädelgrube wurden zwischen Februar 2003 und Juni 2013 mit Einsatz des Endoskops durchgeführt. Das Neuroendoskop mit verschiedenen gewinkelten Optiken wurde als zusätzliches Hilfsmittel für die Inspektion oder die endoskopisch-assistierte Operation eingesetzt. Operationsberichte, diagnostische Bildgebung sowie intraoperative Videoaufnahmen wurden retro- sowie ab 2011 prospektiv analysiert. Ein besonderes Augenmerk lag auf endoskopisch erhobenen Befunden, welche zu einer Veränderung der Operationsstrategie führten, z.B. endoskopischer Nachweis von Resttumor, endoskopische Identifikation eines verbliebenen Gefäß-Nervenkontakts etc.

Die 107 endoskopischen Operationsindikationen gliederten sich auf in 47 Akustikusneurinome, 16 Trigeminusneuralgien (1x gleichzeitig PICA Aneurysma Clipping), 12 Meningiome, je 6 Spasmus Hemifacialis und Epidermoidtumore, 5 Hämangioblastome, 4 Kavernöse Hämangiome, 3 Aneurysmen (1x gleichzeitig Trigeminusneuralgie), je 2 Trigeminusneurinome und Metastasen, 1 Pinealiszyste, 1 Hypoglossusneurinom, 1 Dermoidtumor, 1 Plexuskarzinom, 1 Arachnoidalzyste. In den meisten Fällen wurde das Endoskop nur für die endoskopische Inspektion verwendet und in 21% der Operationen wurde endoskopisch-assistiert operiert.

Durch den Einsatz der Winkeloptiken wurde in 17 von 107 Operationen (16%) die Operationsstrategie geändert (Resttumor, Gefäßnervenkontakt etc.). Insbesondere konnte nach mikrochirurgischer Resektion endoskopisch ein intrameataler Tumorrest in 16,3% der Akustikusneurinome (7 von 43) nachgewiesen werden. Ein mikroskopisch nicht erkennbarer Gefäß-Nervenkontakt wurde mit dem Endoskop bei 25% der Trigeminusneuralgien (4 von 16) und 17% der Spasmus Hemifacialis Operationen (1 von 6) beobachtet.

Zusammenfassend ermöglichte der Einsatz der Endoskopie eine endoskopische Inspektion und endoskopisch-assistierte Manipulation in einer

signifikanten Anzahl der Operationen der hinteren Schädelgrube. Insbesondere bei Erkennung von Resttumor und Gefäßnervenkontakten konnte das operative Ergebnis durch den Einsatz der Technik verbessert werden.

1.1 Englisch übersetztem Titel

**Endoscopy in microneurosurgery of pathologies in the posterior cranial fossa:
A detailed analysis of 107 procedures.**

1.2 Abstract

During microsurgery in the posterior cranial fossa, neuro-endoscopy may be important giving additional information to the microscopic view. The aim of this study is to evaluate the relevance of this technique in the treatment of different pathologies in the posterior fossa.

Between February 2003 and June 2013, 107 Patients were operated on pathologies in the posterior cranial fossa; the neuro-endoscope with different angled optics was used as an adjunctive tool for inspection or for endoscopic-assisted surgery. Surgical reports, diagnostic imaging and intraoperative video-recordings were retrospectively and from 2011 on prospectively analyzed. Special attention was paid to the collected findings that led to a modification of the surgical strategy, e.g. the presence of remnant tumor, the identification of nerve-compressing vessels, etc.

The 107 endoscopic surgery indications were composed of 47 vestibular schwannomas, 16 trigeminal neuralgias (one time concomitant with a posterior inferior cerebellar artery aneurysm clipping), 12 meningiomas, 6 hemifacial spasms and 6 epidermoid tumors, 5 hemangioblastomas, 4 cavernomas, 3 aneurysms (one time concomitant with a trigeminal neuralgia), 2 trigeminal neurinomas and 2 metastasis, 1 pineal cyst, 1 hypoglossal neurinoma, 1 dermoid tumor, 1 choroid plexus carcinoma and 1 arachnoid cyst. In the most part of cases the endoscope was used for inspection and in 21% of the cases for endoscopic-assisted surgery.

Through the use of angled optics, a modification of the surgical strategy occurred in 17 out of 107 surgeries (remnant tumor, neurovascular conflict, etc); this represented 16 % of the cases. Notably, after microsurgical resection of vestibular schwannomas, intrameatal remnant tumor was found in 16.3% of cases (7 out of 43) during final endoscopic inspection. A neurovascular conflict that could not be detected through the microscopic view could be recognized using the endoscope in 25% of the cases of trigeminal neuralgia (4 out of 16) and in 17% of the hemifacial

spasm surgeries (1 out of 6). In summary, the use of the endoscope permitted the inspection and the endoscopic-assisted surgery by a significant number of procedures in the posterior fossa. The surgical results could be improved, particularly through the recognition of remnant tumor and neurovascular conflicts.

2 Einleitung

Neurochirurgisches Operieren in der hinteren Schädelgrube erfordert die exakte Kenntnis der sehr komplexen Neuroanatomie. Zehn der zwölf Hirnnerven befinden sich hier. Die knöcherne Schädeloberfläche wird durch das Foramen magnum, das Foramen jugulare, den Meatus acusticus internus, den Canalis nervi hypoglossi und mehreren Foramina für die Venae emissariae unterbrochen^{46, 49}. Operationen in der hinteren Schädelgrube können technisch sehr anspruchsvoll sein. Eine gute intraoperative Sicht auf das relevante OP-Feld ist nicht immer leicht zu erreichen und eine relevante Retraktion des Kleinhirns oder des Hirnstamms ist häufig kaum vermeidbar²⁷.

Das Endoskop wurde in den letzten Jahren eingesetzt um jegliche natürliche Öffnung und Höhle des menschlichen Körpers zu explorieren. Der Name Endoskop entstand aus zwei griechischen Wörtern – endon, was „innen“ bedeutet und skopein für „beobachten“¹².

Nach ersten Erfahrungen zu Beginn 20. Jahrhunderts mit eher ernüchternden Resultaten und einer sehr hohen Morbidität und Mortalität bei der Operation des Hydrozephalus spielte die Endoskopie in der Neurochirurgie als operative Technik bis Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts eine vernachlässigbare Rolle. Erst mit Entwicklung moderner Hochleistungskameras, besserer Lichtquellen und brillanter Stablinsoptiken erlebte die Endoskopie eine Renaissance. Die endoskopische Technik wurde nun zur Kauterisierung oder zur Entfernung des Plexus chorioideus für die Behandlung des Hydrozephalus eingesetzt²¹. Mit sehr guten Erfolgen, so dass die endoskopischen Techniken bei der Therapie des Hydrozephalus heute eine entscheidende Rolle spielen und ihre Anwendung allgemein akzeptiert ist³⁴⁻³⁶.

Ebenso wie in der Hydrozephalustherapie führte die Einführung der Technik in die endoskopische transnasale transsphenoidale Chirurgie zu einer raschen weiteren Verbreitung, so dass heute nicht mehr die Frage „ob“ sondern eher die Frage „wie“ das Endoskop eingesetzt wird auf den wissenschaftlichen Tagungen im Vordergrund steht³².

Im Gegensatz zur endoskopischen transsphenoidalen Operation und zur intraventrikulären Operation stellt der Einsatz des Endoskops bei transkraniellen mikrochirurgischen Operation – vor allem in der hinteren Schädelgrube – immer noch

eine Rarität dar. Mögliche Vorteile sowie Nachteile des Einsatzes werden lebhaft auf den entsprechenden Fachtagungen diskutiert. Ein allgemeiner Konsens liegt bislang nicht vor. Unstrittig ist allerdings, dass mit Einführung der High-Definition (HD) Endoskopkameras erstmals eine Bildauflösung zur Verfügung steht, die dem nicht digital nachbearbeiteten Mikroskopbild kaum nachsteht^{8, 41}. Die neuen Endoskop-Generationen erlauben Neurochirurgen, diese Instrumente im Subarachnoidalraum zu verwenden und ihre exzellente Lichtqualität und optische Auflösung in der Tiefe während mikrochirurgischen Vorgehens zu nutzen. Die Kombination dieser Vorteile wird als „Endoskopisch-assistierte Mikrochirurgie“ bezeichnet^{21, 40}. In der modernen Schädelbasis-Chirurgie gewinnt das Endoskop damit zunehmend an Bedeutung und wird immer häufiger für verschiedene Pathologien und bei verschiedenen Gelegenheiten eingesetzt. Durch die wachsende Verwendung dieser Technik in der Neurochirurgie und insbesondere in der Chirurgie der hinteren Schädelgrube wurden unterschiedliche Anwendungen für diese Technik entdeckt und entworfen, sowohl als supplementäres Werkzeug als auch als Hauptinstrument.

Einige wichtige theoretische Vorteile des Neuro-Endoskops sind: 1) Es liefert eine bessere Beleuchtung des OP Feldes, 2) „Weitwinkelsicht“ und die Möglichkeit „um die Ecke zu schauen“ (Abbildung 1) und 3) niedrigere Invasivität mittels Reduktion der Notwendigkeit von Retraktion von wichtigen angrenzenden Strukturen.

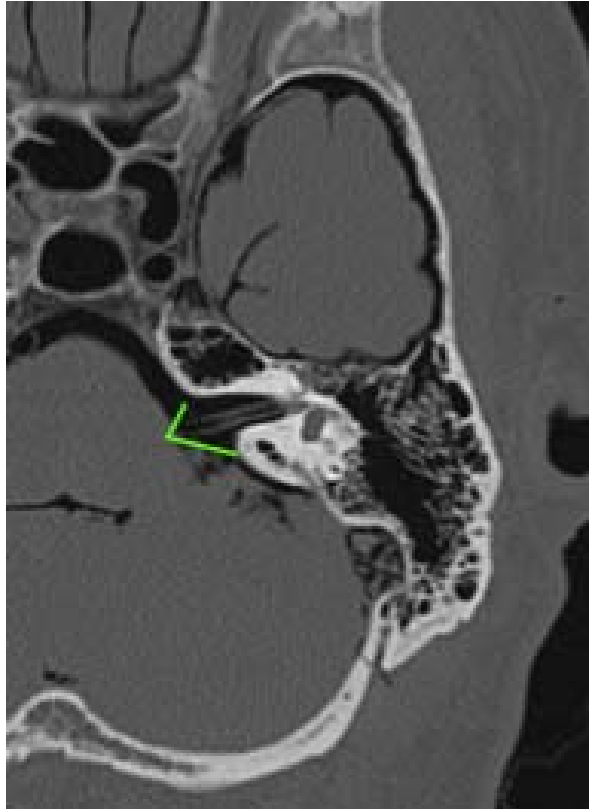


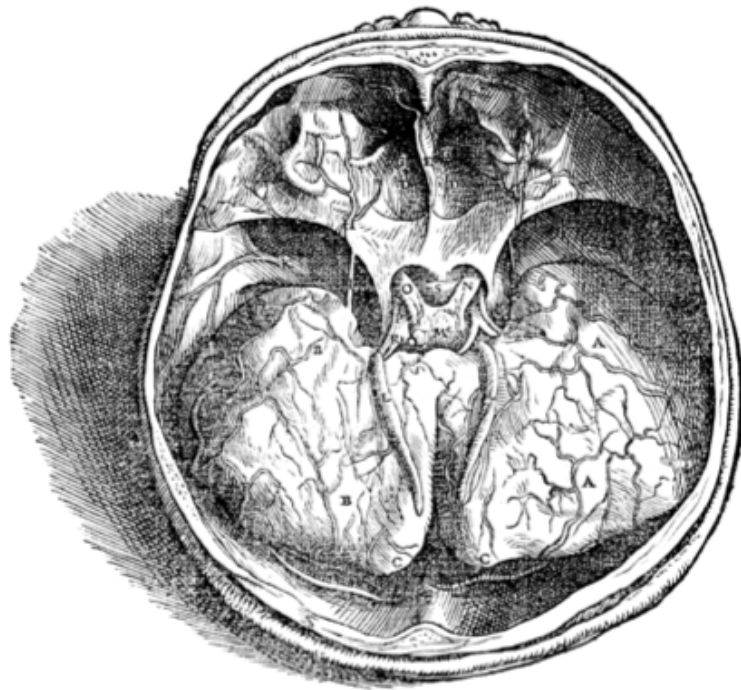
Abb. 1 CCT mit Darstellung des Meatus acusticus internus und Erläuterung der Begriff „Um die Ecke schauen“.
(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

Anders als in der intraventrikulären Endoskopie, sind in der hinteren Schädelgrube keine vorbestehenden Hohlräume für das Endoskop vorhanden und der Bedarf einer Retraktion von Strukturen ist nicht selten. Während viel über den endonasalen transphenoidalen Zugang publiziert wurde, gibt es nur sehr begrenzte Daten über eine standardisierte Technik und operative Konzepte für die Anwendung der endoskopischen Technik bei transkraniellen Schädelbasis-Operationen ^{11, 13, 21, 40, 55, 57}.

2.1 Hintere Schädelgrube

Die hintere Schädelgrube erstreckt sich von der Incisura tentorii, wodurch sie mit dem supratentoriellen Raum kommuniziert, bis zum Foramen magnum, wo sie sich mit dem Canalis vertebralis verbindet. Umgeben wird sie von Os occipitale, Os temporale, Os parietale und Os sphenoidale. Diese Grube wird vom Dorsum sellae, dem hinteren Teil der Corpus ossis sphenoidalis und dem Clivus ossis occipitalis nach vorne; von der Squama occipitalis nach hinten; von der Pars petrosa und Pars mastoidea des Os temporale und von der Pars lateralis des Os occipitale nach lateral begrenzt ⁴⁷.

ANDREAE VESALII BRUXELLENSIS
DECIMA TERTIA SEPTIMI LIBRI
FIGVRA.



DECIMAE TERTIAE FIGVRAE, EIVSDEM QV B
characterum Index.

Abb. 2 Andreas Vessalius zeigt in der Humani Corporis Fabrica. Basel, Ex officinal Ioannis Oporini, 1543 die hintere Schädelgrube mit ihren Strukturen einschließlich Kleinhirn und Hirnnerven.

(Rhoton AL, Jr. Jugular foramen. Neurosurgery. 2000;47(3 Suppl):S267-85.) ⁴⁸

Sehr wichtige Strukturen sind in dieser Region lokalisiert und die neurochirurgische Anatomie ist hier komplex. Der Aufbau und die Verteilung von Nerven und Gefäßen mit äußerst enger Lagebeziehung zueinander sowie die Präsenz des Hirnstamms erfordern bei Operationen in diesem Bereich ein herausragendes manuelles Geschick bei gleichzeitig präziser Kenntnis der anatomischen Lagebeziehungen.

Im Weiteren wird zur besseren Verdeutlichung die Anatomie des Kleinhirnbrückenwinkels nochmals detailliert dargestellt.

2.1.1 Der Kleinhirnbrückenwinkel

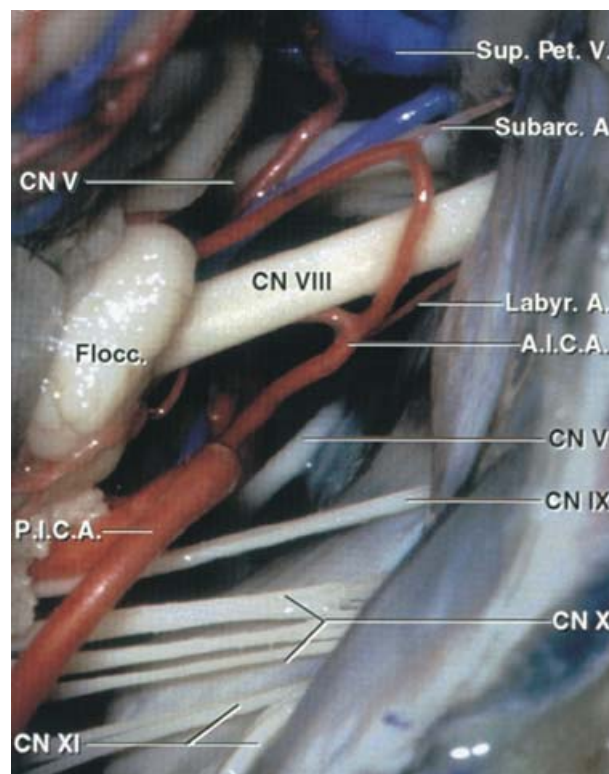


Abb. 3 Darstellung der rechten Kleinhirnbrückenwinkel über eine subokzipitale retrosigmoidale Zugang. Sup. Pet. V., Vena petrosa superior; Subarc. A., Arteria subarcuata; CN VIII, Nervus vestibulocochlearis; Labyr. A., Arteria labyrinthi; A.I.C.A., Arteria inferior anterior cerebelli; Flocc., Flocculus; CN VI, Nervus abducens; CN IX, Nervus glossopharyngeus; P.I.C.A., Arteria posterior inferior cerebelli; CN X, Nervus accessorius. (Rhoton AL, Jr. The cerebellopontine angle and posterior fossa cranial nerves by the retrosigmoid approach. Neurosurgery. 2000;47(3 Suppl):S93-129.)⁴⁶

Die Definition des Kleinhirnbrückenwinkels wurde erstmals 1902 bei Privatdozent Dr. Henneberg und seinem Assistenten Dr. Max Koch beschrieben ⁴⁹. Dieser Winkel ist eine Fissur in V-Form und wird durch das Umwickeln des Kleinhirns rund um den mittleren Kleinhirnstiel und die Hirnbrücke gebildet ^{22, 46, 49}. Der obere Rand des Kleinhirnbrückenwinkels wird durch den Lobulus simplex und einen Teil der Brücke und der untere Rand durch den Lobulus biventer und der Tonsilla cerebelli begrenzt. Die Hirnnerven IV bis XI befinden sich innerhalb oder in der Nähe dieses Raumes zwischen dem oberen und unteren Rand. Das Foramen Iuscka mündet in diesen Winkel und andere Strukturen wie der Flocculus und Plexus chorioideus befinden sich auch in diesem Bereich.

Chirurgen beschäftigen sich seit Jahrzehnten mit der optimalen Strategie bei Tumoren im Kleinhirnbrückenwinkel. Die erste erfolgreiche Resektion eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors ist wahrscheinlich 1894 erfolgt. Sir Charles Balance führte die Resektion eines Tumor unter dem Verdacht auf Akustikusneurinom bei einer 49-jährigen Patientin mit seit etwa einem Jahr aufgetretenem Schwindel, Kopfschmerzen, Erbrechen, Gangunsicherheit, progrediente Visusminderung und einseitiger Taubheit durch. Die Operation wurde über eine Kraniektomie in der hinteren Schädelgrube durchgeführt. Postoperativ erholte sich die Patientin und lebte noch mindestens 18 Jahren danach. Sie entwickelte nach der Operation eine komplette Facialisparese und ihr rechtes Auge musste im Verlauf aufgrund von Ulzerationen entfernt werden ⁴⁹.

Anfang des 20. Jahrhundert war die Mortalität einer Akustikusneurinomoperation bei „erfahrenen“ Chirurgen bei ca. 77%, wie in der International Congress of Medicine in London in 1913 vorgestellt ⁴⁹. Diese dramatische Mortalitätsrate konnte in den darauffolgenden Jahren und mit der Einführung der modernen Operationstechniken und Intensivverfahren erheblich reduziert werden, so dass sie heute bei unter 2% liegt ^{51, 63}. Zwischen anderen Entwicklungen in der Chirurgie des Kleinhirnbrückenwinkels war auch die geringere Invasivität während der Operationen sowie eine geringere Retraktion intrakranieller Strukturen und kleinere Kraniotomien für die Verbesserung der Resultate ausschlaggebend.

2.2 Schlüsselloch Zugang

Der Begriff „Schlüsselloch-Chirurgie“ mithilfe kleiner Kraniotomien wurde Mitte der neunziger Jahre entwickelt. Die Benutzung dieser Technik in der endoskopisch-assistierten Neurochirurgie bedeutet nicht unbedingt, dass der Zugang die Größe eines Schlüssellochs haben sollte. Es bedeutet, dass die Auswahl der richtigen Kraniotomie eine „Schlüssel“-Funktion hat ^{14, 40, 45}. Die präoperative Beurteilung der diagnostischen Bilder ist wichtig, um die optimale Zugangsmöglichkeit für jeden einzelnen Fall erkennen zu können ⁴⁰.

2.3 Dreidimensionales Empfinden

Der Begriff „stereoskopische Sicht“ kommt aus dem Griechisch und bedeutet „Solider Blick“. Er bezeichnet die optische Vorstellung dreidimensionaler Strukturen, die mit einem oder zwei Augen gesehen werden ²⁴.

Der monookulare Eindruck der Tiefe ist durch die Größe, Parallaxe, etc., die von einem erfahrenen Chirurgen wahrgenommen werden können, möglich ²⁴. Eine einäugige Person etwa entwickelt die Fähigkeit zur Empfindung der räumlichen Tiefe nach einer bestimmten Zeit nach dem Verlust eines Auges. Ein Chirurg entwickelt mit der Zeit ebenso die Fähigkeit, die Entfernung während der Anwendung des Endoskops zu erkennen.

2.4 Zielsetzung

Die Frage „Trägt das Endoskop zur Erzielung besserer Ergebnisse bei Operationen in der hinteren Schädelgrube bei?“ stellt die zentrale Fragestellung dieser Arbeit dar.

Der Wunsch nach dem Einsatz des Endoskops in der hinteren Schädelgrube tritt aufgrund der diffizilen Anatomie bei vielen Operationen in diesem Bereich und der engen Lagebeziehung von wichtigen Strukturen wie Hirnnerven und Gefäße in der Region auf. Im Prinzip liegt durch die Konfiguration des Kleinhirnbrückenwinkels in den meisten Fällen bei Operationen in diesem Gebiet eine erhebliche Begrenzung der mikroskopischen Sicht auf das gesamte OP-Feld vor. Die begrenzte Möglichkeit der Eröffnung des Meatus acusticus internus bei Patienten mit intrameatalen Tumoren und hochstehende Bulbus jugularis und in Fällen, in denen der Meatus acusticus aufgrund der Bogengängekonfiguration nicht komplett eröffnet werden sollte, schränken das komplett intrameatale mikrochirurgische Ansicht in einer Vielzahl der Fälle weiter ein ⁵⁹.

In der Theorie könnte die Anwendung des Endoskops in diesen Fällen wegen der möglichen erweiterten Darstellung der Sicht die mikroskopischen Einschränkungen beheben. Die Erfahrung der Anwendung des Endoskops in der Neurochirurgie bei verschiedenen Prozeduren zeigt einen eindeutigen Vorteil bei ausgewählten Indikationen ^{15, 55, 57}. Die Anwendung des Neuroendoskops für die transsphenoidale Schädelbasischirurgie hat sich als Standardmethode für die Operation diverser Pathologien (z.B. Hypophysentumorenresektion) etabliert. Bei diese Operationen hat sich der erweiterte Sichtwinkel des Endoskops als eindeutiger Vorteil erwiesen ^{6, 32, 66}. Auch bei der intraventrikulären Chirurgie zeigten sich die Funktionen des Neuroendoskops bei mehreren Eingriffen ganz klar. Die Drittventrikulostomie bei Behebung eines Hydrocephalus oclusus oder Biopsien bei Läsionen, die mit einem mikroskopischen Zugang schwer zugänglich sind, sind heute klare Indikationen für die Nutzung des Endoskops in der Neurochirurgie ^{9, 10}.

In der hinteren Schädelgrube ist die Bedeutung des Neuroendoskops für das operative Ergebnis umstritten. Die endoskopische Inspektion des OP-Feldes erscheint auf den ersten Blick aufgrund der anatomischen Konfiguration der hinteren Schädelgrube in Ergänzung zum Mikroskop sehr sinnvoll. Allerdings liegen praktisch keine speziellen Endoskopieinstrumente für die hintere Schädelgrube vor, so dass auch immer wieder negative Effekte durch die Hitze der Lichtquelle sowie

Verletzungen des Hirngewebes durch die schwierige Endoskophandhabung diskutiert werden. Noch umstrittener ist der Einsatz des Endoskops als primäre Sichtquelle während Tumorresektion, Gefäßmanipulation, oder chirurgischen Präparation, hier in dieser Arbeit als Endoskopisch-Assistierte Technik definiert. Mögliche Vorteile dieser Technik sind noch nicht definiert. Die endoskopische Assistenz ist keineswegs bei allen erfahrenen Operateuren akzeptiert.

Die Ergebnisse nach mikroskopischen Operationen Pathologien in der hinteren Schädelgrube sind zumeist zufriedenstellend ^{3, 4, 33, 50, 52}, bleiben aber in manche Aspekte limitiert und müssten in klar definierten Situationen unbedingt verbessert werden. Einige diese Probleme sind: 1) Bedeutende Retraktion von Strukturen zur suffizienten Darstellung des OP-Feldes. 2) Erweiterte Eröffnung des Meatus acusticus internus und erhöhtes Risiko einer Läsion des Labyrinthsystems bei tief gelegenen intrameatalen Tumoren. 3) Die fehlende Erkennung von Gefäßen, die einen neuro-vaskulären Konflikt verursachend, bei insuffizienter Darstellung der ventralen Aspekte des Eintritts- oder Austrittsbereichs der Nervenwurzel (z.B. Nervus Trigemini und Facialis. 4) Insuffiziente Darstellung der ventralen Aspekte des Hirnstamms während Operationen von Tumoren mit einer ausgedehnten Wachstumeigenschaft (z.B. Epidermoidtumoren). 5) Unvollständige Darstellung von Perforatoren oder der Aneurysma-Anatomie bei vaskulären Operationen. Der Kernpunkt der Problematik liegt hier in der ausschließlich geradlinigen Sicht des Mikroskops (Abbildung 4).

Die Weitwinkelsicht des Endoskops, die verschiedenen gewinkelten Optiken, und das Potenzial, die Spitze der Optik tief in das Operationsgebiet einzuführen, können in der Theorie die Problematik der geradlinigen Sicht reduzieren und einen unterstützenden Vorteil zur mikrochirurgischen Technik bieten.

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Anwendung des Neuroendoskops während mikrochirurgischer Operationen in der hinteren Schädelgrube zu analysieren und die Bedeutung dieser Methode zu evaluieren.

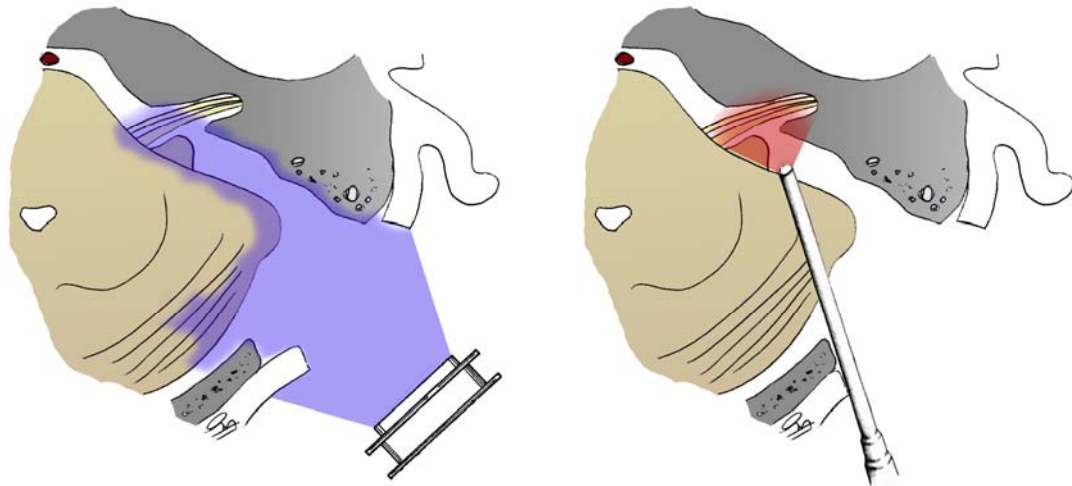


Abb. 4a und 4b. In (a) sieht man die mikroskopische Darstellung des Kleinhirnbrückenwinkels und der geradlinigen Sicht des Mikroskops. In (b) wird das Potenzial die Spitze des Endoskops tief in das Operationsgebiet einzuführen und der Weitwinkelsicht des Endoskops repräsentiert.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes – Dr. Erasmo Barros da

Silva Junior)

3 Material und Methodik

Bei der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz des Endoskops bei mikrochirurgischen Operationen der hinteren Schädelgrube über einen Zeitraum von 10 Jahren ausgewertet. Die Analyse erfolgte retrospektiv bis März 2011, ab April 2011 wurden alle hier eingeschlossenen Operationen prospektiv ausgewertet.

3.1 Patientenkollektiv

Alle Operationen in der hinteren Schädelgrube eines Operateurs (J. O.) an 3 verschiedenen Krankenhäuser (Krankenhaus Nordstadt Klinikum Region Hannover, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und Universitätskliniken des Saarlandes), in welchen das Endoskop verwendet wurde, wurden retrospektiv sowie prospektiv analysiert (Tabelle 1). Zusätzlich wurden rein mikrochirurgisch operierte Akustikusneurinompatien ausgewertet, die durch selbigen Operateur operiert wurden. Der Erfassungszeitraum lag zwischen Februar 2003 und Juni 2013. Alle Operationen wurden konsekutiv erfasst.

Nur Patienten mit kompletten mikroskopischen und endoskopischen Videoaufnahmen, kernspintomographische sowie computertomographische Bildgebungen, Operationsberichten und prä- und postoperativen Patientenakten/-unterlagen wurden in die Untersuchung eingeschlossen.

Tab. 1 Patientenkollektiv, mikroskopische Operationen mit zusätzlichem endoskopischen Einsatz

Erkrankung	n	Durchschnittsalter (in Jahren)	W/M (Anzahl)	Seite der Pathologie L/R/M (Anzahl)
Akustikusneurinom	47	53	24/23	21/26/0
Aneurysma	3	66	2/1	0/2/1
Arachnoidalzyste	1	36	1/0	1/0/0
Dermoid Tumor	1	68	1/0	1/0/0
Epidermoidtumor	6	42	4/2	4/2/0
Hämangioblastom	5	50	3/2	3/1/1
Kavernöses Hämangiom	4	42	1/3	2/0/2
Meningeom	12	62	11/1	3/9/0
Metastase	2	56	2/0	1/1/0
Neurinom des Nervus Hypoglossus	1	50	0/1	1/0/0
Pinealiszyste	1	15	1/0	0/0/1
Plexus Choroideus Karzinom	1	54	0/1	0/1/0
Spasmus Hemifacialis	6	55	4/2	2/4/0
Trigeminusneuralgie	16	57	7/9	6/10/0
Trigeminusneurinom	2	54	1/1	1/1/0

n: Patientenzahl, W: weiblich, M: männlich, L: links, R: rechts, M: median

3.2 Klassifizierung des Akustikusneurinoms

Das in Hannover entwickelte Graduierungssystem wurde für die Klassifizierung der Tumorextension bei Akustikusneurinomen wie folgt eingesetzt: Klasse T1, rein intrameatal; Klasse T2, intra- und extrameatal; Klasse T3a, Füllung der Cisterna pontocerebellaris; Klasse T3b, Tumor erreicht den Hirnstamm; Klasse T4a, Verdrängung des Hirnstamms; Klasse T4b, starke Verschiebung des Hirnstamms und Verdrängung des vierten Ventrikels ⁵⁰.

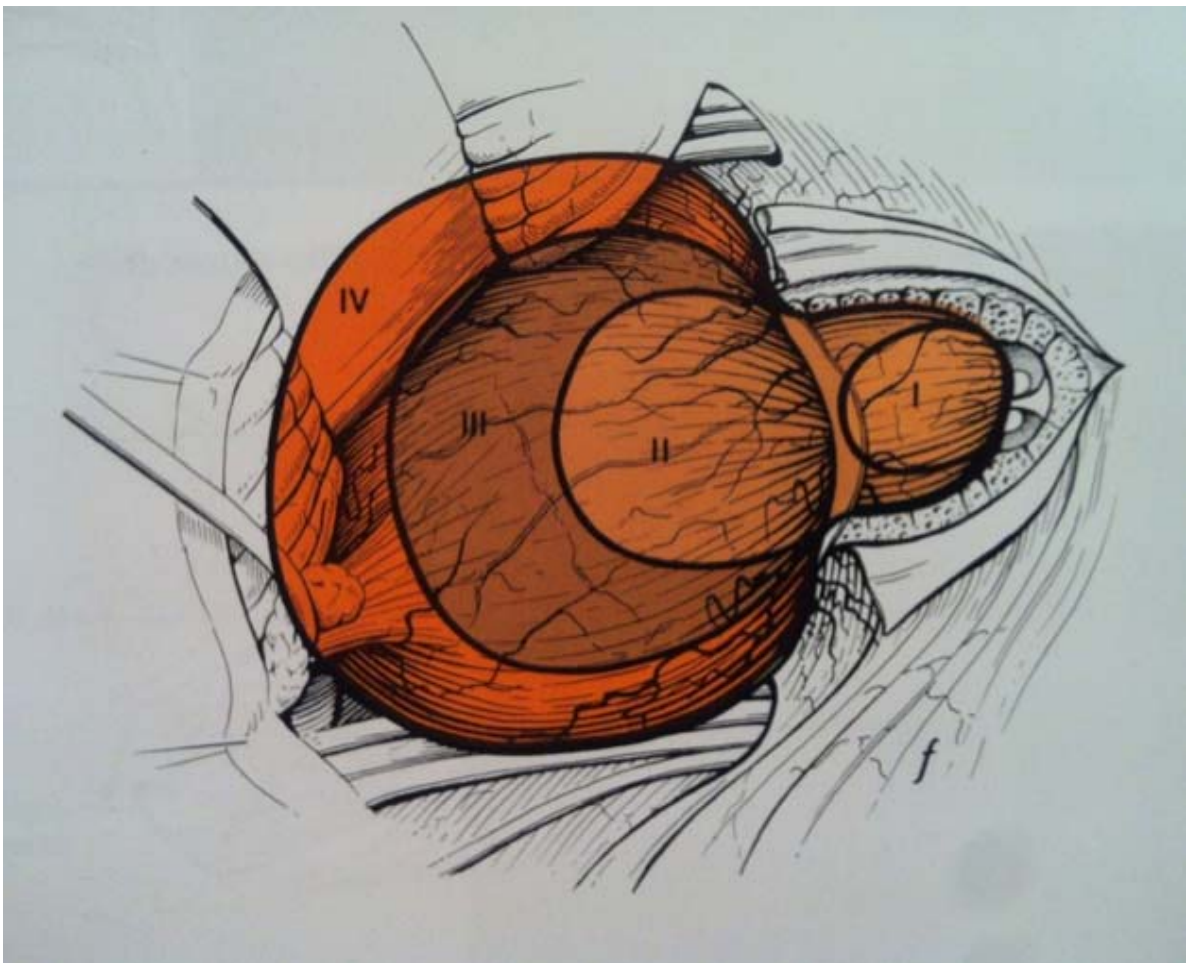


Abb. 5 Diese Skizze gibt einen Überblick über die Graduierung Akustikusneurinome nach Tumorausweitung.
(Koos WT, Spetzler RF, Lang JU. Color atlas of microneurosurgery. 1. Intracranial tumors: Thieme Medical Publishers; 1993.) ²⁸

3.3 Subjektive Auswertung der endoskopischen Technik

Ein Fragebogen für die direkt anschließende postoperative Beurteilung über die Anwendung und den Nutzen der endoskopischen Technik während aller Operationen wurden vom Operateur ausgefüllt. Die Einteilung der Klassifikation ist an der Tabelle 2 erläutert.

Tab. 2 Wertigkeit der endoskopischen Verfahren bei Operationen der hinteren Schädelgrube

Einteilung	Definition
Entscheidend	Das Endoskop hat eine Information geboten, die man mit dem Mikroskop nicht erreichen konnte und diese Information hat das Operationsergebnis und / oder die Operationsstrategie beeinflusst.
Hilfreich	Das Endoskop hat eine Information geboten, die mit dem Mikroskop nicht zu erhalten war. Diese Information hat der Operateur als bedeutsam eingeschätzt ohne, dass eine Veränderung des Operationsablaufs eingetreten ist (z.B. Nachweis eine kompletten Tumorsektion in einem Bereich der nicht mikroskopisch eingesehen werden konnte).
Indifferent	Die Endoskopie brachte keine zusätzliche Information in vergleich mit der mikrochirurgischen Technik.

3.4 Chirurgische Technik

3.4.1 Allgemeine chirurgische Technik

Bei den meisten untersuchten Operationen wurde der retrosigmoidale Zugang verwendet. Die Patienten wurden in halbsitzender Lagerung operiert. Bei Trigemiusneuralgie erfolgt zur mikrovaskulären Dekompressionen des Nervus Trigemius eine Operation in Rückenlage. Ebenso in Rückenlage erfolgten Operationen bei Aneurysma der Arteria basilaris und Zugang über fronto-temporal und pterionale erweiterte Kraniotomie. Bei Patienten, die in halbsitzender Position operiert werden sollten, wurde ein persistierendes Foramen ovale präoperativ durch eine transthorakale Echokardiographie oder durch eine transkraniale Dopplersonographie ausgeschlossen. Häufig wurden Patienten trotz eines

persistierenden Foramen ovale aufgrund der entscheidenden Vorteile einer Operation in halbsitzender Lagerung dennoch halbsitzend operiert.

Bei der Operation von Tumoren wurde nach chirurgischer Präparation die initiale Tumorresektion mikroskopisch durchgeführt. Das Endoskop wurde sorgfältig unter Mikroskopsicht in das OP-Feld in unterschiedlichen Operationsphasen eingeführt. Es wurde dann hauptsächlich nach Tumorrest gesucht. In manchen Fällen, wenn das Endoskop eine bessere Sicht ermöglicht hat, wurde die Tumorresektion unter endoskopischer Sicht durchgeführt.

Bei mikrovaskulären Dekompressionen wurde das Endoskop sowohl für eine diagnostische Inspektion der anatomischen Situation vor sowie auch nach der mikrovaskulärer Dekompression benutzt. Das Endoskop wurde nur dann eingesetzt, wenn eine klare Ursache für den neurovasculäre Konflikt nicht gefunden werden konnte.

Bei der Operation von Aneurysmen in der hinteren Schädelgrube wurde das Endoskop dann eingesetzt, wenn die Anatomie des Aneurysmas nicht komplett mikroskopisch darstellbar war (z.B. Basilarisaneurysma) oder bei Aufsuchen/Darstellung von Perforatoren vor und nach Clipping.

3.4.2 Chirurgische Technik bei Akustikusneurinom Operationen

Da ein erheblicher Teil der Patienten an einem Akustikusneurinom litt und dieser Eingriff besonders standardisiert ist, soll im Folgenden die spezielle Technik der Akustikusneurinomoperation nochmals detaillierter erläutert werden.

Alle Patienten mit Akustikusneurinom wurden mit identischer Technik operiert. Es wurde eine subokzipitale retrosigmoidale Kraniotomie oder Kraniektomie durchgeführt und die Grenze des Sinus transversus sowie des Sinus sigmoideus dargestellt. Nach Eröffnung der Dura mater durch einen gebogenen Schnitt entlang des Sinus und einer leichten Retraktion des Kleinhirns, wurde die Cisterna cerebellomedullaris eröffnet und der Ablauf von Liquor cerebrospinalis ermöglicht. Die Dura mater, welche die hintere Wand des Meatus acusticus internus überzieht, wurde reseziert und der freiliegende Knochen entfernt. Es wurde ein Tumor-Debulking durchgeführt, die Dissektion vom neuralen und vaskulären Strukturen mit Rücksicht auf die arachnoidale Grenzschicht folgte. Anschließend wurden

Endoskope mit verschiedenen Winkeln sorgfältig unter Mikroskopsicht in den Kleinhirnbrückenwinkel in unterschiedlichen Operationsphasen eingeführt. Während der Operation am Akustikusneurinom wurden die anatomischen Schlüsselstrukturen des Kleinhirnbrückenwinkels dargestellt. Zu Überwachung des Nervus cochlearis und des Nervus facialis wurde ein elektrophysiologisches Monitoring während der gesamten Operation durchgeführt. Bei Patienten mit funktionellen Hören auf dem betroffenen Ohr wurden die akustisch evozierten Potentiale während der Anwendung des Endoskops kontinuierlich beobachtet. Sobald irgendeine Änderung festgestellt wurde, erfolgte eine Pause oder manchmal je nach Gesamtkonstellation des Falles, eine Änderung der Operationsstrategie. Wenn immer noch Resttumor nachgewiesen werden konnte und eine weitere Resektion sinnvoll erschien, wurde der Tumor weiter reseziert. Das Endoskop wurde nur dann eingesetzt, wenn der Chirurg vermutete, dass ein potentieller Vorteil für die Operation durch die Technik erreicht werden konnte. Eröffnete Mastoidzellen wurden nach Tumorsektion mit Fetttransplantat abgedichtet. Eine Duraplastik mit Tachosil und Muskelgewebe folgte ebenso wie eine Palakoskranioplastik.

3.5 Eingesetzte endoskopische Ausstattung

Bei allen Operationen wurde ausschließlich Stablinsen-Hopkins-Optiken verwendet. Die Endoskope zeigten entweder Bajonettform mit 4mm Durchmesser und 18 cm Länge. Diese Optiken waren mit Winkeln von 0, 30, 45 und 70 Grad verfügbar. Alternativ wurden gerade Optiken mit 90° abgewinkelten Ansatz ebenfalls als Stablinsenoptik mit 15cm Länge eingesetzt. Hersteller ersterer Optiken ist die Firma Karl Storz Endoskope, Tuttlingen, Deutschland. Die geraden Optiken werden von der Firma Aeskulap, Tuttlingen, Deutschland vertreiben.

Die Endoskope von der Bajonettform ermöglichen auf diese Weise für die Handbewegungen mehr Platz und erlauben einen einfachen Einsatz der mikrochirurgischen Instrumente (Abbildungen 6 und 7).

Um die Stabilität der Position des Endoskops zu gewährleisten, wurde in den meisten Fällen, in denen die chirurgische Manipulation unter endoskopischer Sicht durchgeführt wurde, ein Halterungssystem für das Endoskop benutzt (sog. Retraktorarm) (Abbildung 7).



Abb. 6 Freihand-Technik während Endoskopisch Inspektion. a) Position von Chirurg und Mikroskop. b) Position des Endoskopie-Turmes.
(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes – Klinikfotograf: Rüdiger Koop)



Abb. 7 Endoskopisch-assistierte Operation. a) Der Chirurg positioniert das Endoskop unter mikroskopische Sicht. b) Die zweihändige endoskopisch-assistierte Technik wird hier gezeigt.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes – Klinikfotograf: Rüdiger Koop)

Mikrochirurgische Standardinstrumente wie Scheren, Haken, Punktionsnadeln, Biopsie- und Faszangen wurden für die endoskopisch assistierte Operation eingesetzt. Für die intraoperative Hämostase wurde eine bipolare Pinzette eingesetzt.

Eine Xenon Lichtquelle lieferte die dem Sonnenlicht ähnlichste Illumination. Das Licht wird in Glasfaser oder Flüssigkeit (bessere Lichtübertragung, aber knickenempfindlicher) enthaltende Kabel von der Lichtquelle zu dem Endoskop übertragen. Obwohl dieses System „Kaltlichtquelle“ genannt wird, kann die Endoskopspitze extrem heiß werden. In den meisten Fällen wurde ein hochauflösendes (HD) Kamerasystem verwendet. Alle Operationen wurden digital aufgezeichnet. Das eingesetzte Kameraequipment in dieser Serie wurde von der Firma Karl Storz Endoskope, Tuttlingen, zur Verfügung gestellt. Ein Beispiel mit einer möglichen Anordnung der Equipments im Operationssaal ist in Abbildung 8 dargestellt.

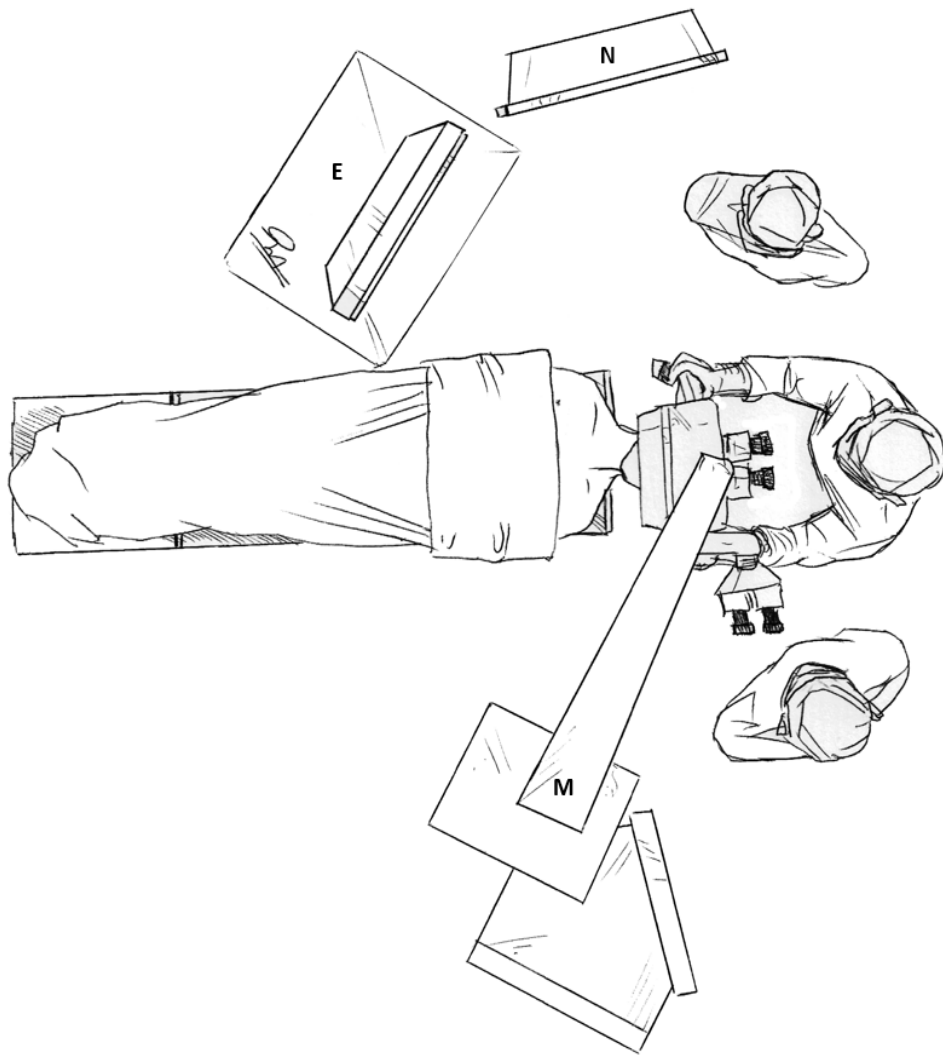


Abb. 8 Mögliche Verteilung der Equipments im Operationssaal die eine benutzerfreundliche Bewegung des Chirurgen gewährleistet. E, Endoskopie Bildschirm; N, Navigationsbildschirm ; M, Mikroskop (Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes – Dr. Erasmo Barros da Silva Junior)

3.6 Definition von endoskopische Inspektion und Endoskopisch-assistierte Operation

Viele Autoren benutzen die Bezeichnung „Endoskopisch-assistierte Operation“, um solche Operationen zu beschreiben, in denen das Endoskop als zusätzliches Instrument zur Visualisierung des Operationsfelds eingesetzt wird. Nach unserem Ermessen teilen wir nach anderen angewendeten Bezeichnungen ein und klassifizieren lieber wie folgt: Zum einen „Endoskopische Inspektion“, wenn das Neuroendoskop verwendet wurde, um ergänzende Informationen am Ziel zu gewinnen und zum anderen „endoskopisch assistierte Operation“, wenn es für die Visualisierung während der Manipulation einer Läsion oder Dissektion von Strukturen mit chirurgischen Instrumenten angewendet wird.

3.7 Angewandte endoskopische Technik

Das Endoskop wurde nur in solchen Fällen verwendet, in denen der Operateur durch den Einsatz des Endoskops einen Vorteil erwartete. Bei der Auswertung wurde ein besonderes Augenmerk gelegt auf die Indikation für den Einsatz des Endoskops wie z.B. V.a. Resttumor hinter Strukturen (Gefäße, Nerven, Tentorium, Knochen etc.), oder eine ungenügende Tumordarstellung aufgrund der kleinen Trepanation (minimal-invasive Technik, kleine Trepanation wegen anatomischer Besonderheiten etc.), oder eine Tumorausdehnung jenseits des Kleinhirnbrückenwinkels etc. Andere Indikationen für den Einsatz des Endoskops konnten u.a. sein: mikrovaskuläre Operationen mit unklarer Darstellung des neurovaskulären Konflikts, Aneurysmen mit einer komplexen Konfiguration, komplizierte Beziehung des Tumors und neurovaskuläre Strukturen, Patienten mit hochstehender Bulbus venae jugularis bei intrameataler Tumor, tiefer intrameataler Tumor.

3.8 Datenauswertung / Statistik

Die möglichen Vor – und Nachteile dieser Technik während der Anwendung des Endoskops wurden bezüglich intraoperativer chirurgischer Aspekte sowie Schwierigkeiten und „Fallen“ getrennt analysiert.

Die Tabellen und Grafiken wurden mit dem Programm Microsoft® Excel 2008 angefertigt und analysiert. Mittelwerte, Minimal- und Maximalwerte sowie Prozentualwerte wurden bestimmt. Eine Auswertung bzgl. statistischer Signifikanzen wurde nicht durchgeführt.

4 Ergebnisse

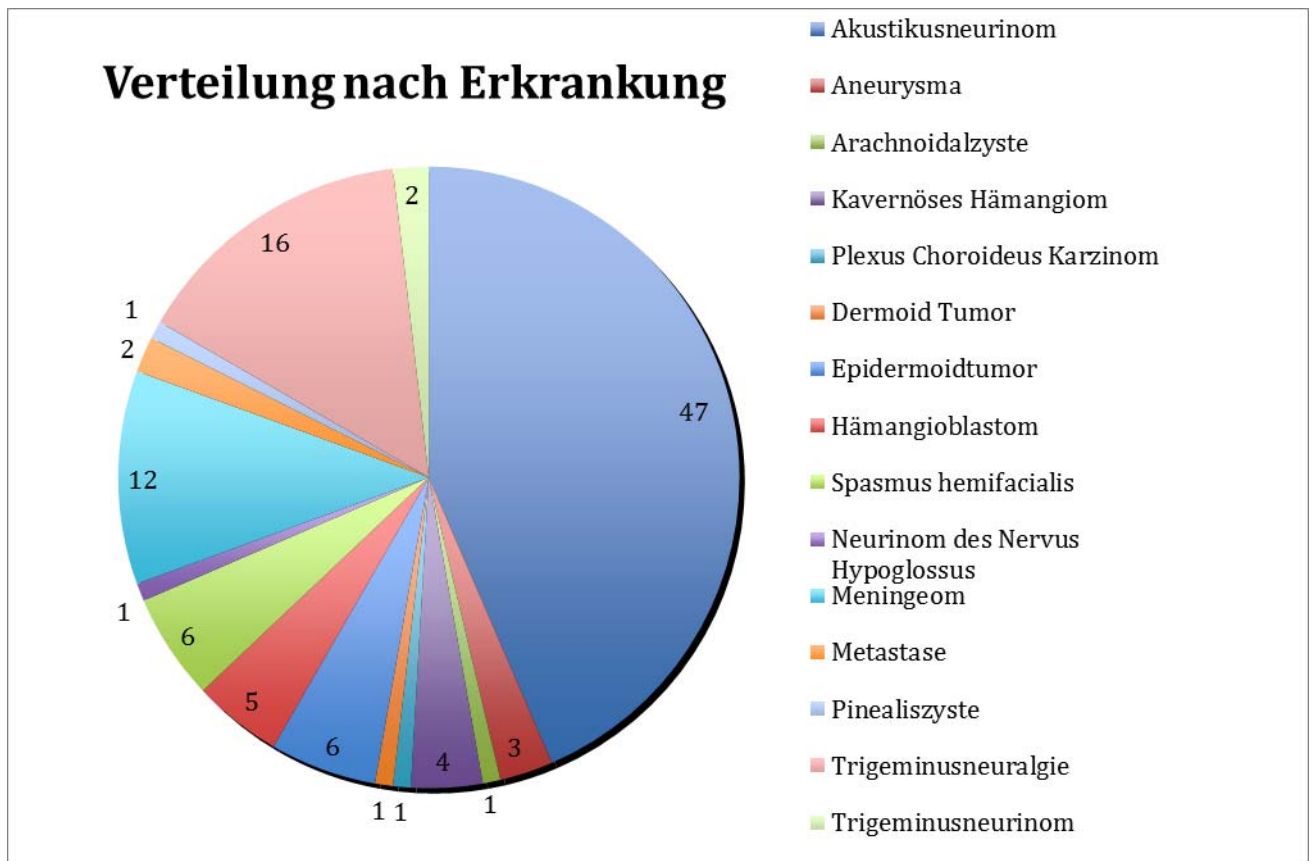
Das Endoskop wurde in dieser Studie entweder für die Inspektion des OP-Feldes eingesetzt oder während neurochirurgischer Manipulation im Wechsel mit der mikroskopischen Sicht genutzt. In den meisten Fällen wurde das Endoskop nach einer initialen mikroskopischen Präparation und einem Teil der Operation für die Inspektion in den Situs eingeführt. Die Einführung des Endoskops erfolgte immer unter mikroskopischer Sicht aufgrund des Risikos, eine Verletzung von Nerven oder Gefäßen in diesem Bereich hervorzurufen. Verschiedene gewinkelte Optiken wurden je nach Anatomie der jeweiligen Region und nach Fragestellung verwendet. Für die Inspektion nach Resektion von intrameatalen Tumoren wurde am meisten die um 45 Grad gewinkelte Optik eingesetzt. In diesen Fällen wurde immer eine endoskopische Kontrolle nach der mikroskopischen Tumorsektion durchgeführt. Bei den Operationen von Epidermoidtumoren erfolgt das Aufsuchen von Resttumor während der mikroskopischen Resektion im Wechsel von endoskopischer und mikroskopischer Technik. Die endoskopische Inspektion von kavernen Hämangiomen und Hämangioblastomen erfolgt immer nach mikrochirurgischer Resektion am Ende der Operation. Bei Nachweis von Resttumor wurde dieser mikroskopisch oder unter endoskopischer Sicht (endoskopisch assistiert) weiter entfernt. Während der Dekompression bei neurovaskulären Kompressionssyndromen wurde die endoskopische Technik nach einer anfänglich mikrochirurgischen Präparation und Darstellung der involvierten Nerven und Gefäßen eingesetzt. Bei Operationen mit Clipping eines Aneurysma wurde das Endoskop für die Inspektion verwendet. Hier wurde nach der Anordnungsbeziehung von Perforatoren sowie benachbarten Strukturen sowie nach der intraoperativen Beschaffenheit des Aneurysma geschaut. Nach dem Clipping wurde das Endoskop zur Beurteilung der Position des Clips, der Vollständigkeit des Aneurysmaverschlusses und zur Überprüfung von eventuellen Perforatoren-Arterien bzgl. Okklusion oder Einengung benutzt.

4.1 Patientengut

Das Endoskop wurde in 107 durchgeführten mikrochirurgischen Operationen in der hinteren Schädelgrube eingesetzt. Es wurden zusätzlich rein mikrochirurgische Akustikusneurinom-Operationen ausgewertet, die durch den oben genannten Operateur durchgeführt wurden.

Insgesamt wurden 105 Akustikusneurinom-Operationen an 103 Patienten mit der Anwendung des Mikroskops durchgeführt. In bestimmten Fälle (47 Operationen) wurde auch das Neuroendoskop während der Operation eingesetzt. Das Endoskop wurde nur dann eingesetzt, wenn der Chirurg glaubte, dass die Technik einen möglichen Vorteil für die Operation bringen könnte (Tabelle 3).

Die restlichen 60 endoskopischen Operationsindikationen unterteilten sich in 16 Trigemini neuralgien (davon ein gleichzeitiges PICA-Aneurysma-Clipping), 12 Meningiome, je 6 Spasmus Hemifacialis und Epidermoidtumore, 5 Hämangioblastome, 4 Kavernöse Hämangiome, 3 Aneurysmen (davon eine gleichzeitige Trigemini neuralgie), je 2 Trigemini neurinome und Metastasen, 1 Pinealiszyste, 1 Hypoglossusneurinom, 1 Dermoidtumor, 1 Plexuskarzinom, 1 Arachnoidalzyste (Graphik 1).



Graph. 1 Verteilung der Operationen nach Erkrankung in der hinteren Schädelgrube in denen das Endoskop eingesetzt wurde.

4.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung der Patientinnen

Das durchschnittliche Patientenalter betrug am Tag der Operation in dieser retro- und prospektiven Studie 54 Jahre (13-80 Jahre). Die Geschlechterverteilung betrug 61 Frauen und 46 Männern.

Das Durchschnittsalter der Patienten, die an einem Akustikusneurinom operiert wurden, war 53 Jahre (13 bis 80 Jahre). Das Durchschnittsalter in der Gruppe, die nur mit dem Mikroskop operiert wurde, war 53 Jahre (13 bis 77 Jahre), die Geschlechterverteilung war 30 Frauen und 28 Männern. In der Gruppe, in der auch das Endoskop eingesetzt wurde, war das Durchschnittsalter 53 Jahre mit einer Spanne von 22 bis 80 Jahre, In der Endoskop-Gruppe lag die Geschlechterverteilung bei 24 Frauen und 23 Männern. Die durchschnittliche Nachfolgezeit betrug 49,9 Wochen (1 bis 270 Wochen).

Das Durchschnittsalter der Patienten, die wegen einer Trigeminusneuralgie mit der endoskopischen Technik operiert wurden, betrug am Tag der Operation 57 Jahre. Die Geschlechtsverteilung dieser Patienten war 7 Frauen und 9 Männer. Das Durchschnittsalter der Patienten, die an einem Meningeom mit der endoskopischen Technik operiert wurden, betrug 62 Jahre. Die Geschlechtsverteilung lag bei 11 Frauen und 1 Mann. Die detaillierte Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten ist nach endoskopischen Operationsindikationen getrennt in Tabelle 1 erfasst.

4.2 Operationszahlen

Die eingesetzten Optiken hatten Winkel von 0, 30, 45, 70 und seltener auch 90 Grad. Insgesamt wurde die 30 Grad-Optik am häufigsten angewendet gefolgt von der 45 und 70 Grad Optik.

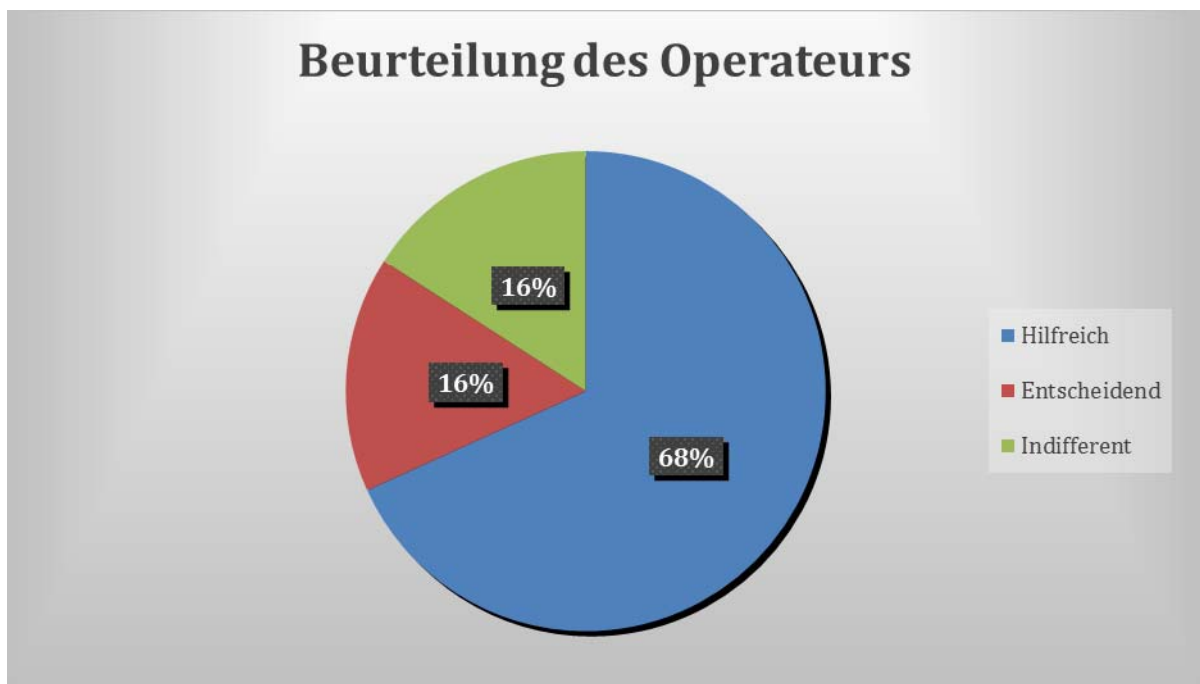
Bei den meisten Operationen (85 Fällen) wurde das Endoskop für die reine Inspektion und in 22 Fällen als Hauptvisualisierungstechnik in mindestens einem Schritt während der Operation verwendet (Tabelle 4).

In 17 von 107 Operationen zeigte sich der Vorteil des Einsatzes des Endoskops so eindeutig und objektiv, dass die Operationsstrategie nach Einsatz der Winkeloptiken geändert wurde. Von diesen 17 Fällen wurde bei 7 Resttumor nach mikrochirurgischer Resektion eines Akustikusneurinoms identifiziert. In 4 mikrovaskulären Dekompressionsoperationen bei Trigeminusneuralgie und einer Dekompressionsoperation bei Hemispasmus facialis wurde ein mikroskopisch nicht erkennbarer Gefäß-Nervenkontakt mit dem Endoskop erkannt. In 5 weiteren Fällen (Epidermoidtumor, Hämangioblastom, Meningeom des Kleinhirnbrückenwinkels mit Infiltration des Meatus acusticus internus, Intranurale Zyste des Nervus Trigeminus und Trigeminusneurinom) konnte während der endoskopischen Inspektion Resttumor bzw. Restgewebe nach mikrochirurgischer Resektion erkannt werden.

Mit Hilfe einer Bewertungstabelle stufte der Chirurg den Wert der endoskopischen Technik als indifferent, hilfreich oder entscheidend ein (Tabelle 2), um die Bedeutung der Endoskopie während aller Operationen zu objektivieren. Eine Einschätzung als indifferent erfolgte, wenn keine Zusatzinformation durch das Endoskop erhoben werden konnte, eine Einschätzung als hilfreich, wenn Zusatzinformationen erhoben werden konnte, sich dadurch aber nicht die

Operationsstrategie änderte. Schließlich als entscheidend wurde die endoskopische Technik eingeschätzt, wenn die Zusatzinformation aus Verwendung des Endoskops zu einer Veränderung des operativen Vorgehens führte (z.B. Clippreposition, Tumornachresektion etc.).

Die Endoskopie wurde als hilfreich in 73 Fällen (68%) und entscheidend in 17 Fällen eingestuft (Graphik 2).



Graph. 2 Bedeutung des Endoskops während mikrochirurgischer Operationen der hinteren Schädelgrube – Beurteilung des Operateurs.

4. 3 Prä- und Intraoperativen Kriterien für die Anwendung des Endoskops

Das Endoskop wurde nur dann in eine mikrochirurgische Operation einbezogen, wenn ein potentieller Vorteil für den Eingriff zu erkennen war. Die präoperativen chirurgischen Kriterien für die Anwendung dieses Instruments waren: 1) hochstehender Bulbus venae jugularis und intrameataler Tumor (13 Fälle), 2) Tumorausdehnung in alle Recessus etc. des Situs (alle Epidermoid Tumore, 6 Fälle), 3) Aneurysmen mit einer in der Angiographie nachgewiesenen komplexen Konfiguration (3 Fälle).

Die intraoperativen Kriterien für die Anwendung des Endoskops waren: 1) mikrovaskuläre Operationen mit unklarem oder ungenügender mikroskopischer Darstellung des neurovaskulären Konflikts (22 Fälle), 2) komplexe Korrelation des Tumors und neurovaskuläre Strukturen (74 Fälle), 3) tiefer intrameataler Tumoren (51 Fälle) (Tabelle 3).

Tab. 3 Gründe für die Nutzung des Endoskops während mikroskopischer Operationen

Pathologie	Präoperativ	Intraoperativ
Akustikusneurinom	Hoch gelegener Bulbus jugularis, intrameataler Tumor	Tief intrameataler Tumor
Aneurysma	Komplexe Anatomie in der Angiographie	Ungenügende Darstellung von Perforatoren/Anatomie des Aneurysmas
Epidermoid tumor	Wachstumsverhalten des Tumors – in allen Fällen Angewendet	In allen Fällen Angewendet
Kavernöses Hämangiom und Hämangioblastom	Tief gelegene Läsionen	Kleine Resektionshöhle
Meningeom	Beziehung mit neurovaskulären Strukturen	Ungenügende Darstellung der Anatomie/ungenügender Sichtwinkel
Spasmus hemifacialis	Keine	Undeutliche oder schlechte Darstellung des neurovaskulären Konflikts
Trigeminusneuralgie	Keine	Undeutlich oder schlechte Darstellung des neurovaskulären Konflikts

4.4 Ergebnisse bei den einzelnen Indikationen

Tab. 4 Anwendung der Endoskopie während der Mikrochirurgie in der hinteren Schädelgrube.

Pathologie	Lokalisation	n	Endoskopisch-assistierte Operation	Endoskopische Inspektion	Neue Information am Ziel änderte das chirurgische Ergebnis
Akustikusneurinom		47	4	43	7
Aneurysma	PICA(2) Arteria basilaris	3	—	3	—
Arachnoidalzyste	Subokzipital, Foramen magnum	1	1	—	—
Dermoid Tumor	Von Incisura tentorii bis Foramen Magnum	1	1	—	—
Epidermoidtumor	Pinealisbereich Präpontin und KHBW(4) Mittelhirn	6	6	—	1
Hämangioblastom	Hirnstamm Kleinhirn(2) KHBW(2)	5	3	2	1
Kavernöses Hämangiom	Hirnstamm(2) Kleinhirnwurm Mittelhirn, Mittelhirndach	4	—	4	—
Meningeom	Cavum Meckeli und Felsenbeinspitze(2) KHBW(7) Foramen jugulare Tentorium(2)	12	1	11	1
Metastase	KHBW	2	2	—	—
Neurinom des Nervus Hypoglossus		1	1	—	—
Pinealiszyste		1	—	1	—
Plexus Choroideus Karzinom	Foramen Luschkae	1	—	1	—
Spasmus hemifacialis		6	1	5	1
Trigeminusneuralgie	Intraneural Zyste* PICA Aneurysma+	16	—	16	4+1*
Trigeminusneurinom	Cavum Meckeli	2	2	—	1
Gesamt		108+	22	86	17

n: Patientenzahl, PICA: Arteria inferior posterior cerebelli, KHBW: Kleinhirnbrückenwinkel. + bei einem Patienten mit Trigeminusneuralgie wurde ein PICA-Aneurysma als Zufallsbefund gefunden. * bei einem Patienten mit Trigeminusneuralgie und einer Intraneuralen Zyste wurde ein Rest der Zyste nach endoskopischer Inspektion gefunden und weiter reseziert.

4.4.1 Akustikusneurinom

Insgesamt wurden 105 Operationen bei Akustikusneurinom zwischen Februar 2003 und Juni 2013 analysiert. Das Endoskop wurde in 47 operierten Fällen eingesetzt. Die Tabelle 5 zeigt die Verteilung der Fälle nach Tumorgöße gemäß dem Hannover Graduierungssystem.

Tab. 5 Tumorgößenverteilung der Gesamtheit aller Akustikusneurinompatienten nach dem Hannover Graduierungssystem.

Grad	Verteilung der Patienten in %
T1	11%
T2	18%
T3a/b	27%
T4a/b	44%

Das Endoskop wurde nur dann eingesetzt, wenn der Chirurg einen möglichen Vorteil während des Eingriffs bei der Anwendung des Endoskops sah. Es wurde in den meisten Fällen für die Inspektion und häufig am Ende der Operation verwendet, um die Entleerung des Meatus acusticus internus nach der mikrochirurgischen Resektion zu überprüfen. Bei insgesamt 4 Fällen wurde das Endoskop von Anfang der Operation an für die Tumorsektion verwendet. Das geschah aufgrund einer besseren Sicht während der Operation oder wegen eines sehr hoch liegenden Bulbus jugularis bei bestehender Kontraindikation einer erweiterten Eröffnung der hinteren Wand des Meatus acusticus internus bei einem Patienten.

In 7 von 43 Operationen (ohne die 4 rein endoskopischen Fälle) wurde ein intrameataler Resttumor während der endoskopischen Inspektion des Meatus acusticus internus nach mikroskopischer Resektion entdeckt. Das entspricht 16,3% der Fälle, in denen die Endoskopie nur nach Abschluss der mikrochirurgischen Resektion angewendet wurde. In diesen Fällen wurde der Resttumor in der Regel unter endoskopischer Sicht entfernt. Der Prozentsatz der Entdeckung von etwaigem Resttumor während der endoskopischen Inspektion nach mikrochirurgischer Resektion war bei allen Tumorgößen relativ einheitlich. In der Gruppe mit einer

Tumorgröße T2 wurden 4 Fälle ausgeschlossen, weil das Endoskop für diese Operationen von Anfang an eingesetzt wurde. Daher wurden nur 10 Patienten statt 14 für den Resttumornachweis analysiert. Diese Verteilung gemäß Tumorgröße nach dem Hannover Graduierungssystem kann zusammenfassend an Tabelle 6 beobachtet werden.

Tab. 6 Tumorrest endoskopisch nachgewiesen nach mikrochirurgischer Resektion gemäß Tumorgröße verteilt.

Tumorgrößenverteilung nach Hannover Graduierungssystem	Resttumornachweis nach endoskopischer Inspektion	Resttumornachweis in Prozent für jede Tumorgröße-Klasse
T1	1/7	14,3%
T2*	1/10	10%
T3a	1/3	33,3%
T3b	2/8	25%%
T4a	2/12	16,7%

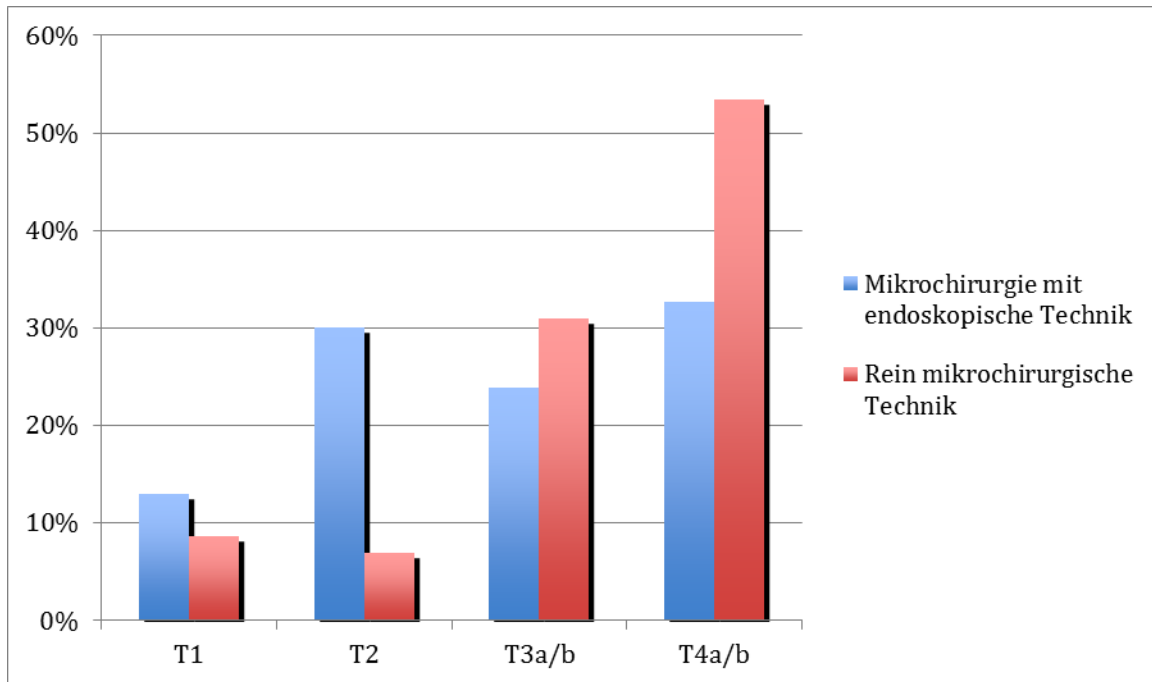
*Unter Ausschluss von 4 Fällen der Größe T2, weil in denen das Endoskop zu Beginn und während der Resektion verwendet wurde.

Insgesamt wurde die endoskopische Technik bei kleinen Tumoren häufiger eingesetzt (Tabelle 7 und Graphik 3).

Tab. 7 Tumorgrößenverteilung der Akustikusneurinompatienten nach dem Hannover Graduierungssystem und getrennt nach angewendeter Technik.

Tumorgröße Verteilung nach Hannover Graduierungssystem	Mikrochirurgie mit endoskopische Technik	Rein mikrochirurgische Technik
T1	13% (n=7)	8,6% (n=5)
T2	30% (n=14)	6,9% (n=4)
T3a/b	23,9% (n=11)	31% (n=18)
T4a/b	32,6% (n=15)	53,4% (n=31)

n: Patientenzahl



Graph. 3 Angewendete Operationstechnik bei Akustikusneurinomoperationen nach Tumorgrößenverteilung nach dem Hannover Graduierungssystem.

Die Technik war relevant bei Operationen von Patienten mit kleinen und tief gelegenen intrameatalen Tumoren und Patienten mit hochstehendem Bulbus venae jugularis.

Sowohl für die Inspektion, als auch für assistierte Operationen wurden an erster bzw. an zweiter Stelle Optiken mit einem Winkel von 45 (29 Fälle oder 61,7%) bzw. 30 Grad (18 Fälle oder 38,2%) benutzt.

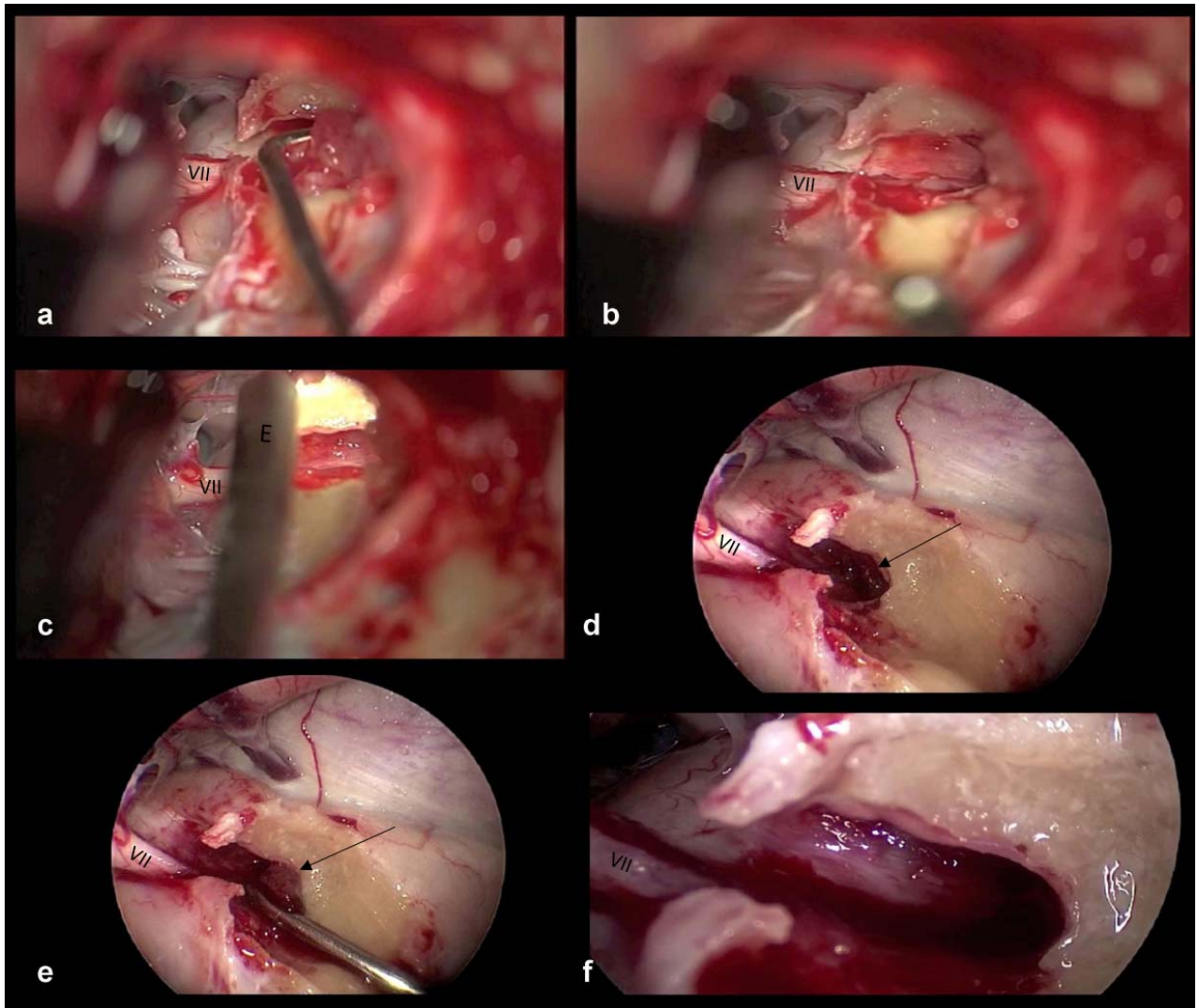


Abb. 9 40-jährige Frau, die rechtsseitig an einem intrameatalen Akustikusneurinom Hannover Grad T1 operiert wurde. Resektion des Tumors unter Benutzung der endoskopisch assistierten Operationstechnik. a) Resektion von Tumor im Meatus acusticus internus mit Benutzung des Mikroskops. b) Inspektion nach mikrochirurgischer Resektion. Tumor wurde variierendem Sichtwinkels des Mikroskops nicht gefunden. c) Einführung des Endoskops mit der 0°-Optik in den Kleinhirnbrückenwinkel unter mikroskopischer Sicht. d) Endoskopische Inspektion und Detektion von Resttumor im Meatus acusticus internus. e) Resektion von Resttumor im Meatus acusticus internus unter endoskopischer Sicht (0°-Optik). f) Finale Inspektion des Meatus acusticus internus in Nahaufnahme, welcher keine Hinweise auf Tumorreste aufweist. VII, Nervus facialis; E, Endoskop; Pfeil, intrameataler Resttumor.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.4.1.1 Radiologische Ergebnisse

Bei den Akustikusneurinompatienten, die in der neurochirurgischen Abteilung in Homburg operiert wurden (insgesamt 30 Patienten), wurden noch zusätzliche neuroradiologische Daten ausgewertet. Die Größe der Kraniektomie, die Eröffnung des Meatus acusticus internus in Prozent und die Höhe des Bulbus jugularis im Vergleich zum Meatus acusticus internus wurden analysiert.

In dieser kleineren Patientengruppe wurden 15 von diesen rein mikrochirurgisch operiert und die anderen 15 Patienten wurden mit dem zusätzlichen Einsatz des Endoskops operiert.

Die durchschnittliche Größe der Kraniektomie lag bei einer Breite von 3,14cm und bei einer Höhe von 3,61cm bei den rein mikroskopisch operierten Patienten und bei einer Breite von 3,09cm und einer Höhe von 3,51cm bei den zusätzlich endoskopisch operierten Patienten (Tabelle 8).

Die Eröffnung des Meatus acusticus internus der Akustikusneurinompatienten, die mit dem Endoskop operiert wurden, war im Vergleich mit denen, die nicht endoskopisch operiert wurden, im Durchschnitt um 12,3% geringer (Tabelle 8).

Patienten mit einem hochstehenden Bulbus jugularis (13,33%) wurden immer unter Einsatz des Endoskops operiert (Tabelle 8). Diese Patienten wurden nach Höhe des Bulbus jugularis im Vergleich zum Meatus acusticus internus unterteilt. Bei einem Patienten lag der Bulbus jugularis 1 mm über dem Meatus acusticus internus, bei 2 Patienten 2 mm und bei 1 Patient 3 mm über dem Meatus acusticus internus.

Tab. 8 Radiologische Messungen von Akustikusneurinompatienten in der neurochirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums des Saarlandes.

Radiologische Messungen	Kraniektomie		MAI Eröffnung	Hochstehender Bulbus jugularis
	Breite	Höhe		
Operationen mit endoskopischem Einsatz	3,09cm	3,51cm	46,9%	4 Fälle
Operationen ohne endoskopischem Einsatz	3,14cm	3,61cm	53,5%	Keine

MAI: Meatus acusticus internus

4.4.2 Trigeminalneuralgie

Das Endoskop hat sich für die Inspektion des Operations-Bereichs während der mikrochirurgischen Dekompression des Nervus Trigeminal bei Patienten mit Trigeminalneuralgie (insgesamt 16 Patienten) als wertvoll gezeigt. In drei Fällen (18,75%, 3 von 16), wobei ein für das Problem verantwortliches Gefäß mikroskopisch nicht identifizierbar war, konnte die Arteria cerebelli superior als Ursache für die Nervenkompression nach endoskopischer Darstellung des neurovaskulären Konflikts angesehen werden. In einem Fall (6,25%, 1 von 16) wurde bei der endoskopischen Überprüfung der verdächtigen Bereiche eine Vene, die den fünften Hirnnerven komprimierte, gefunden (Abbildung 10).

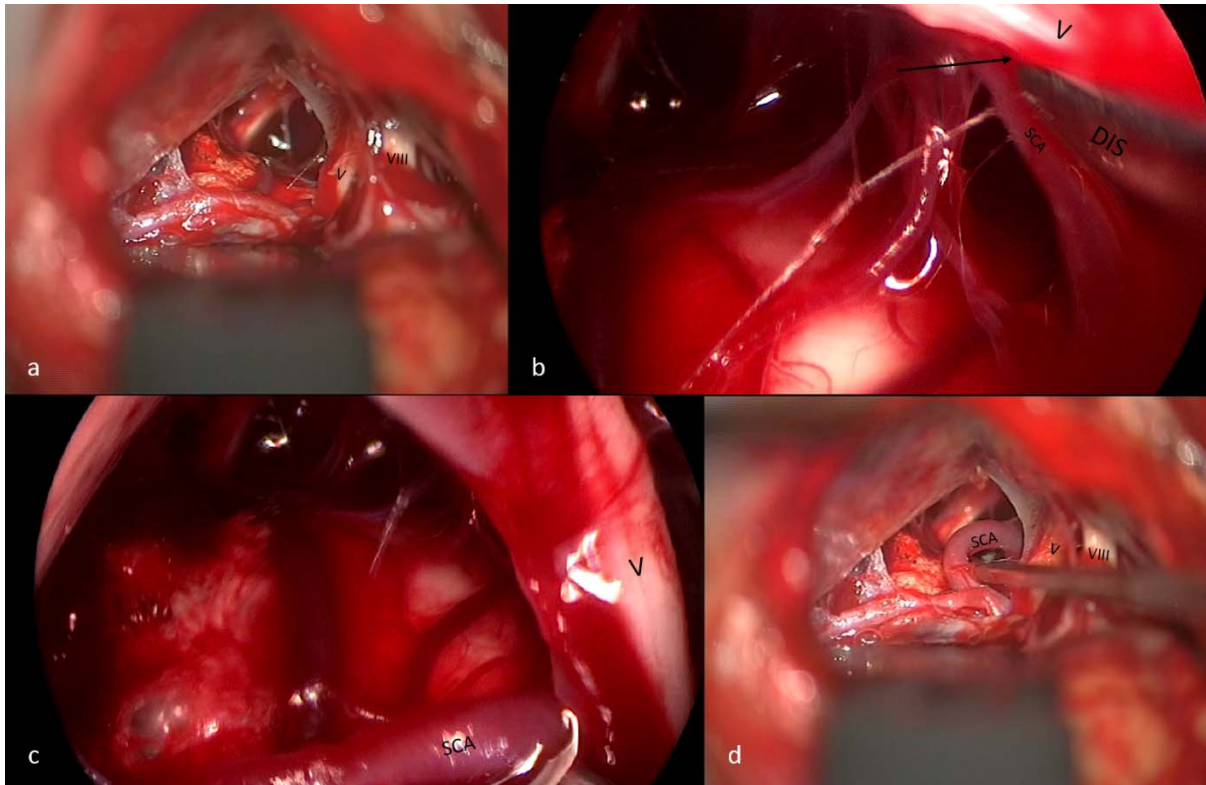


Abb. 10 62-Jährige Patientin mit Trigemiusneuralgie rechtsseitig. a) Ein eindeutiger neurovaskulärer Konflikt konnte in diesem Fall während initialer mikroskopischer Inspektion und Dissektion des OP-Situs nicht identifiziert werden. b) und c) Endoskopische Freilegung einer verlängerten Arteria superior cerebelli und Kontakt mit der Wurzeleintrittsstelle des Nervus trigeminus (obere rechte Ecke in b) und rechte Seite in c). d) Weitere mikroskopische Dissektion und Dekompression des fünften Hirnnervs. V, Nervus trigeminus; VIII, Nervus vestibulocochlearis; Pfeil, Gefäß-Nerven-Kontaktstelle; SCA, Arteria superior cerebelli; DIS, Dissektor.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.4.3 Meningeom

Zwölf Patienten wurden mit der Anwendung dieser Technik an Meningeomen in der hinteren Schädelgrube operiert. Sieben Tumoren befielen den Kleinhirnbrückenwinkel, die restlichen 5 Tumoren befanden sich im Cavum Meckeli und an der Felsenbeinspitze (2 Fälle), Tentorium (2 Fälle) sowie am Foramen jugulare (1 Fall). In einem dieser Fälle mit Tumorinvasion des Meatus acusticus internus, konnte Resttumor im Fundus während der Inspektion mit der um 30 Grad gewinkelten Optik nach mikrochirurgischer Resektion nachgewiesen werden (8,33%, 1 von 12) und dann weiter entfernt werden (Abbildung 11).

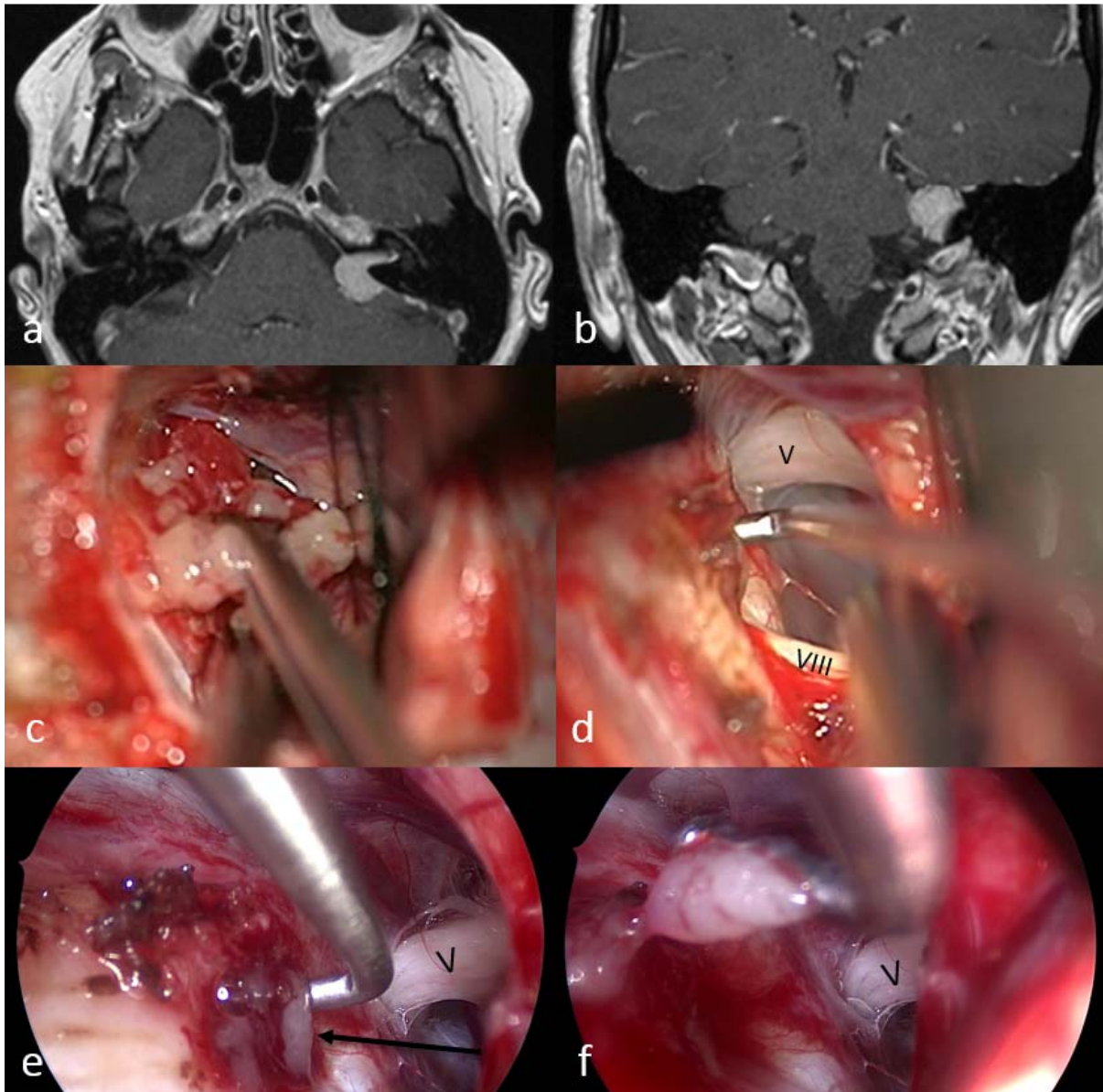


Abb. 11 50-jährige Frau mit Diagnose eines linksseitigen Meningeoms im Kleinhirnbrückenwinkel mit intrameataleer Beteiligung. a) Axiale und b) Coronare T1-gewichtete MRT-Aufnahmen mit Kontrastmittelanreicherung, die die erwähnte Läsion zeigt. c) Mikrochirurgische Resektion des Meningeoms. d) Tumorresektion im Meatus acusticus internus unter mikroskopischer Sicht. e) und f) Detektion von Tumorrest im Meatus acusticus internus und weitere Resektion unter endoskopischer Sicht. V, Nervus trigeminus; VIII Nervus vestibulocochlearis, Pfeil, Resttumor im Meatus acusticus internus.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.4.4 Spasmus Hemifacialis

In vier von insgesamt sechs operierten Fällen mit Spasmus hemifacialis, war eine deformierte oder verlängerte Arteria inferior anterior cerebelli die Ursache der Dekompression (66,7%, 4 von 6). In einem Fall konnte die endoskopische Inspektion ein Gefäß, das die Symptome wahrscheinlich verursachte und nicht mikrochirurgisch darstellbar war, finden (16,7%, 1 von 6) (Abbildung 12).

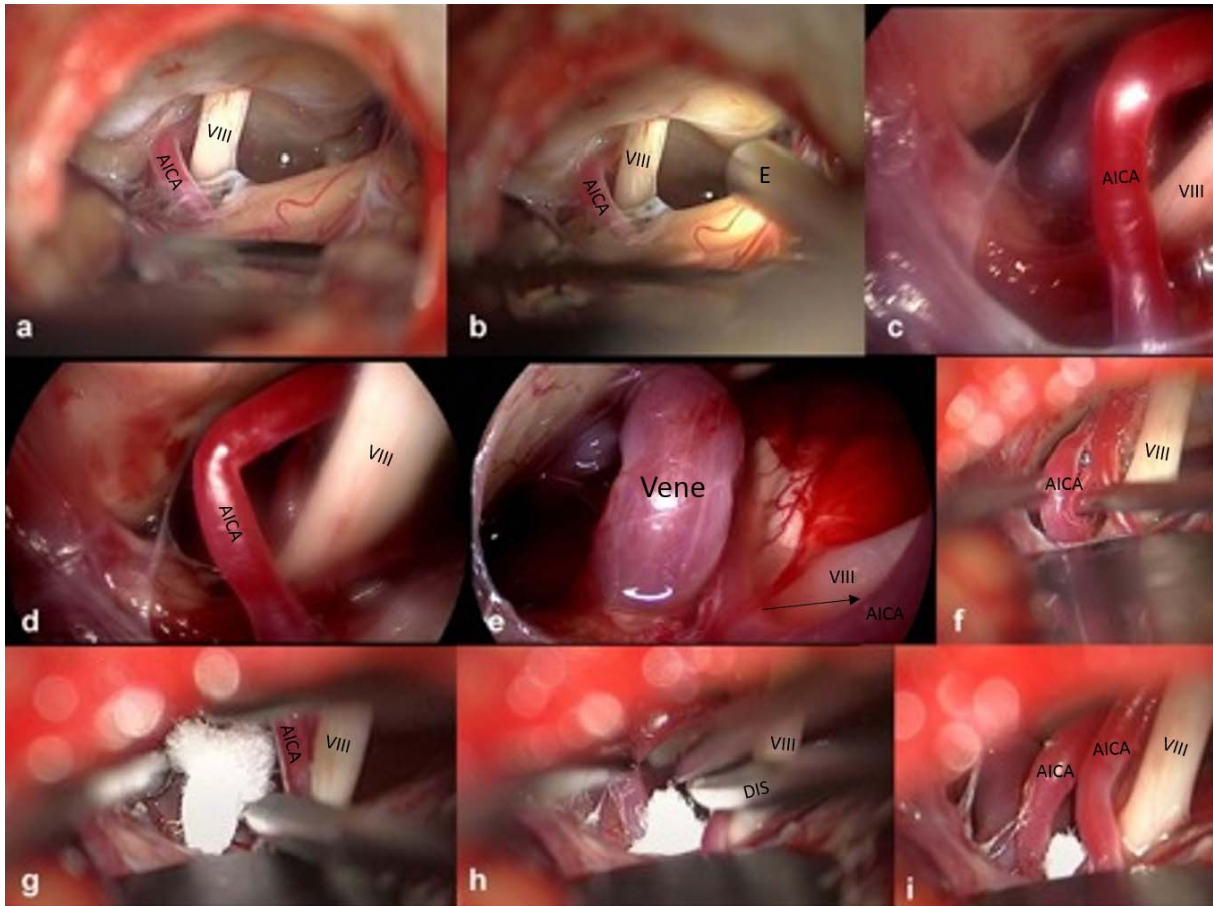


Abb. 12 Fall eines Spasmus hemifacialis bei einer 49-Jährigen unter Mitbenutzung der endoskopischen Technik für die Inspektion. a) Anfänglich mikroskopische Inspektion und Präparation des umliegenden Gewebes. b) Einführung des Endoskops unter mikroskopischer Sicht. c), d) und e) Endoskopische Inspektion und Freilegung des Wurzelaustritts und des neurovaskulären Konflikts. f) Erneute mikrochirurgische Präparation und Luxation problematischer Gefäße nach Demonstration des neurovaskulären Konflikts. g) und h) Polsterung des neurovaskulären Konflikts mit Teflon. i) Abschließende mikroskopische Inspektion des operativen Feldes. AICA, Arteria inferior superior cerebelli; VIII, Nervus vestibulocochlearis; E, Endoskop; Pfeil, Gefäß-Nerven-Kontaktstelle; DIS, Dissektor.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.4.5 Epidermoidtumor

Bei insgesamt 6 Operationen von Patienten im Kleinhirnbrückenwinkel um Pons und Mittelhirn wachsende Epidermoidtumoren erwies sich das Endoskop ebenfalls in jedem Fall als entscheidend (100%). Die Endoskopie im Wechsel mit dem Mikroskop wurde während der Resektion in allen Fällen benutzt (100% endoskopische Assistenz).

Resttumor konnte bei einem Patienten endoskopisch nachgewiesen werden, wobei das Endoskop am Ende der mikrochirurgischen Operation für die Inspektion eingesetzt wurde. Der Resttumor wurde dann endoskopisch weiter reseziert (Abbildung 13).

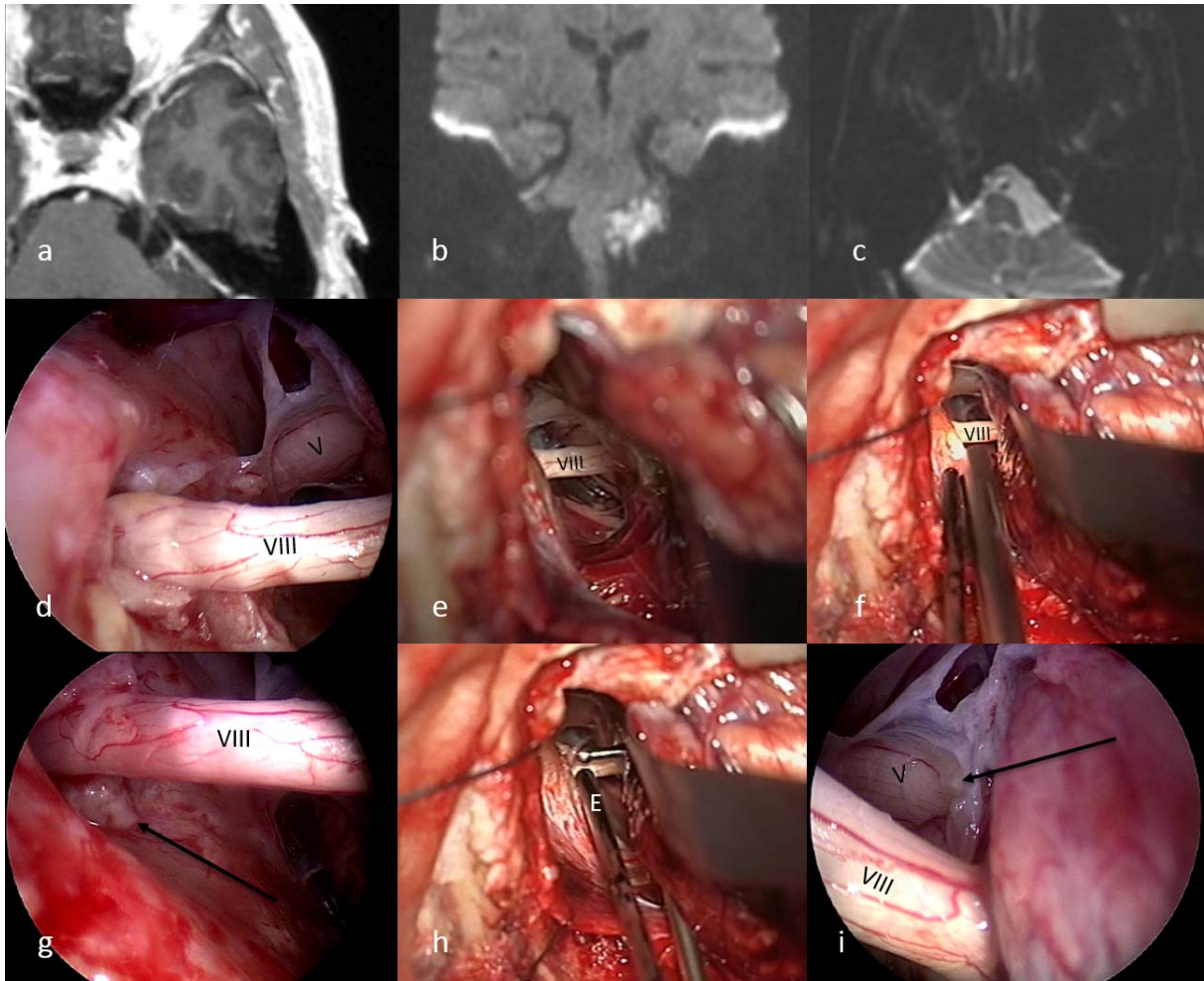


Abb. 13 37-jähriger Mann mit Epidermoidtumor des Kleinhirnbrückenwinkels. a),b),c) T1-gewichtete axiale, diffusionsgewichtete coronare und T2-gewichtete axiale MRT-Aufnahmen. d) Initiale endoskopische Übersicht des mit Tumor gefüllten Meatus acusticus internus. e) und f) Mikrochirurgische Tumorresektion und Inspektion. g) Endoskopische Inspektion und Auffinden von Tumorrest (Pfeil) im ventrocaudalen Bereich des Meatus acusticus internus. h) Wechsel von mikroskopischer und endoskopischer Tumorresektion im Kleinhirnbrückenwinkel. i) Tumorrest (Pfeil), welcher hinter dem fünften Hirnnerv während der endoskopischen Inspektion gefunden wurde. V, Nervus trigeminus; VIII, Nervus vestibulocochlearis; Pfeil, Resttumor; E, Endoskop.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.4.6 Kavernöses Hämangiom und Hämangioblastom

Es wurden vier Patienten mit Kavernöse Hämangiome im Hirnstamm (2 Fälle), Mittelhirn (1 Fall) und Kleinhirn (1 Fall) und fünf Fälle von Patienten mit Hämangioblastom in Hirnstamm (1 Fall), Kleinhirn (2Fälle) und Kleinhirnbrückenwinkel (2 Fälle) operiert. Ein Hämangioblastomnidusrest wurde bei einer Operation eines Patienten mit zystischem Hirnstammhämangioblastom bei der endoskopischen Inspektion der Resektionshöhle nach mikrochirurgischer Resektion gefunden und weiter reseziert. Aufgrund der sehr kleinen Eröffnung nach Entfernung eines Hirnstammkavernoms wurde in einem Fall die Endoskopspitze in die Resektionshöhle zur Inspektion eingeführt, ein Kavernomrest wurde dabei ausgeschlossen (Abbildung 14).

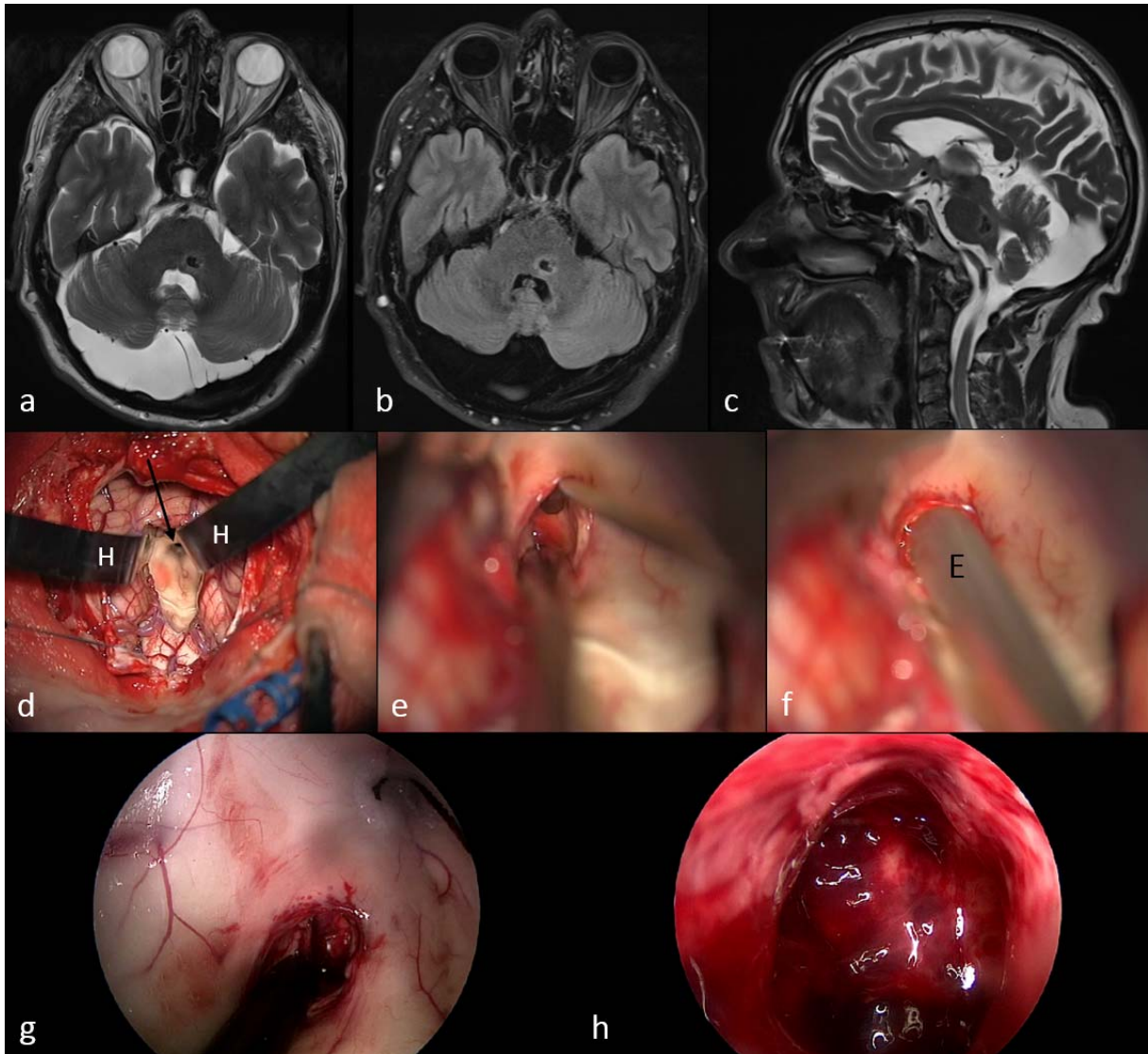


Abb. 14 63-jähriger Mann mit kavernösem Hämangiom des Hirnstammes. a),b),c) T2-gewichtete axiale, FLAIR-gewichtete axiale und T2-gewichtete axiale MRT-Bildgebung. d) Mikroskopische Sicht in den vierten Ventrikel und Lokalisation der Läsion. e) Resektion des Kavernösen Hämangioms unter mikroskopischer Sicht. f) Aufgrund der sehr engen Resektionshöhle erfolgt die Einführung des Endoskops zur Inspektion des OP-Gebiets. Endoskopische Darstellung, die g) einen Überblick und h) das Innere der Höhle nach Tumorresektion zeigt. In diesem Fall wurden keine Tumorreste gefunden. H, Hirnspatel; Pfeil, Aquaeductus cerebri; E, Endoskop.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.4.7 Aneurysma

Die Endoskopische Inspektion wurde vor und nach Clipping bei Aneurysma-Operationen durchgeführt und zeigte ein regelrechtes Clipping von allen behandelten Aneurysmen. In einem Fall eines Patienten mit Trigeminusneuralgie und Kompression des Trigeminusnervs wurde ein Aneurysma der Arteria inferior posterior cerebelli als Zufallsbefund gefunden und versorgt. Insgesamt wurden 2 Fälle von Aneurysmen der Arteria inferior posterior cerebelli mit dieser Technik behandelt. Bei der Operation eines Arteria basilaris-Aneurysma konnte die genaue Konfiguration des Aneurysma vor dem mikrochirurgischen Clipping dargestellt werden (Abbildung 15).

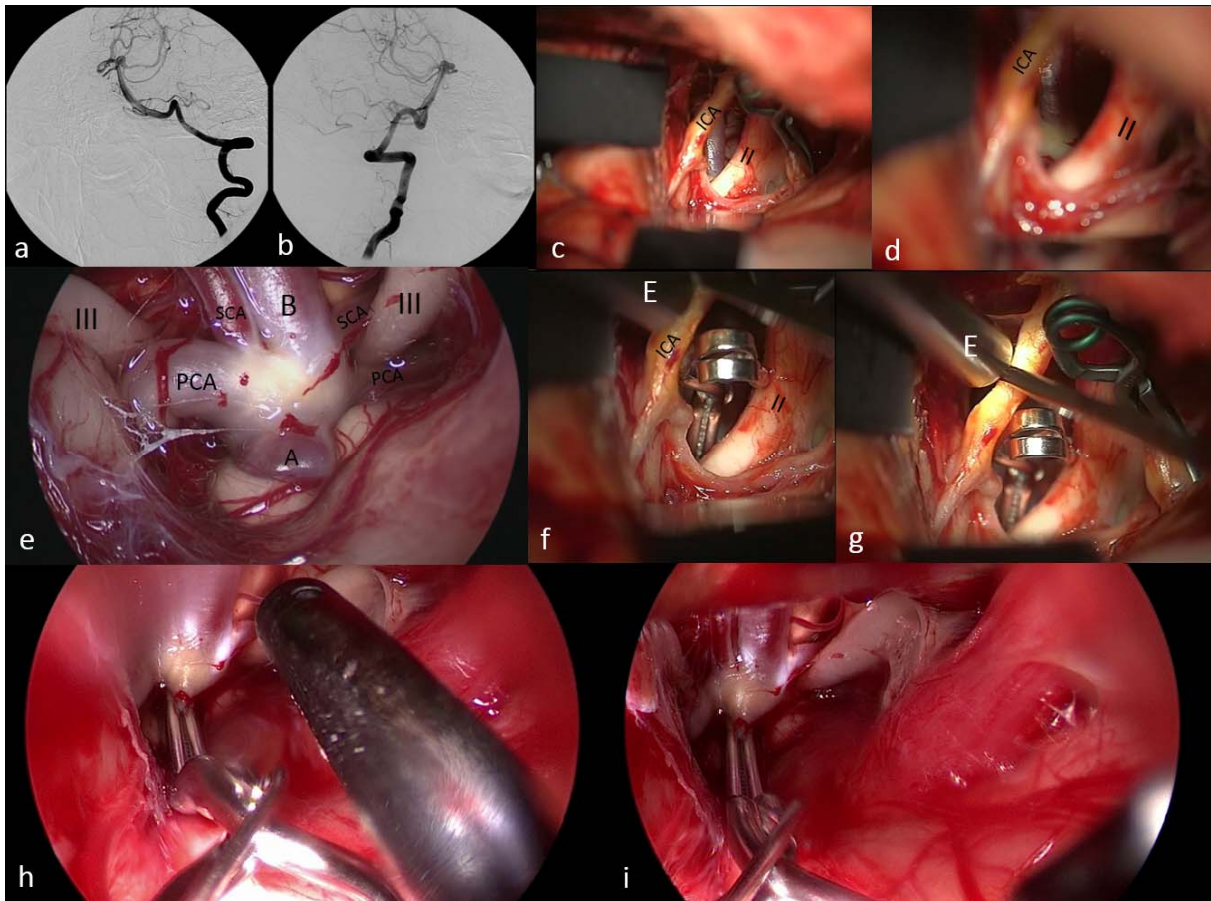


Abb. 15 52-Jährige Patientin mit zwei Hirnaneurysmata, der Arteria communicans anterior und der Arteria basilaris. a) und b) Das Aneurysma der Arteria basilaris wird in der Hirngefäß-Angiographie dargestellt. c) und d) Eingeschränkte mikrochirurgische Freilegung der Basilarisarterie nach Clipping des Aneurysmas der Arteria communicans anterior. e) Deutlich verbesserte Darstellung des Basilarisaneurysmas vor dem Clipping unter Benutzung des Endoskops. f) Clipping des Basilarisaneurysmas unter mikroskopischer Sicht. g) Erneuts Einführung des Endoskops zur Inspektion nach Clipping. h) und i) Endoskopische Sicht, um die richtige Position des Clips auf dem Basilarisaneurysma zu sichern. In diesem Fall ermöglichte das Endoskop dem Chirurgen eine Sicht, die das Mikroskop nicht bieten konnte. ICA, Arteria carotis interna; II, Nervus opticus; III, Nervus oculomotorius; PCA, Arteria cerebri posterior; SCA, Arteria superior cerebelli; B, Arteria basilaris; A, Aneurysma; E, Endoskop.

(Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes)

4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt wurden 107 Operationen in der hinteren Schädelgrube, in denen das Endoskop als supplementäres Werkzeug oder seltener als Hauptvisualisierungstechnik eingesetzt wurde, analysiert. Zusätzlich wurden 58 rein mikrochirurgische Akustikusneurinomoperationen ausgewertet.

Das Endoskop wurde immer unter mikroskopischer Sicht im OP-Feld eingeführt und Optiken mit verschiedenen Winkeln wurden je nach Bedarf und Fragestellung der Operation verwendet. Die meisten untersuchten Patienten wurden an einem Tumor / Raumfordernden Prozess (83 Fälle) operiert, gefolgt von neurovaskulären Dekompressionen (22 Fälle) und Aneurysma-Clipping (3 Fälle). Von den insgesamt durchgeführten Operationen, in denen das Endoskop eingesetzt wurde, betragen Akustikusneurinomoperationen 44% der Fälle. Die Anwendung des Endoskops lieferte neue Informationen, welche das chirurgische Ergebnis in 15,88% der Fälle (17 Fälle) beeinflusst haben. Andere hilfreiche Informationen wurden, gemäß der Beurteilung des Operateurs, durch die endoskopische Sicht in 68 % der Fälle geliefert. Die Endoskopisch-assistierte Technik wurde insgesamt häufiger während Tumorresektionen eingesetzt (21 Fälle, 25,3%) und nur einmal bei einer mikrochirurgischen Dekompressionsoperation (Spasmus Hemifacialis) (4,5%). Während Aneurysma-Operationen spielt das Endoskop lediglich bei der Inspektion des OP-Feldes eine Rolle.

Komplikationen im direkten Zusammenhang mit dem Einsatz des Endoskops konnten in dieser Serie nicht beobachtet werden. Belastbaren Daten über die Funktion des Nervus facialis sowie des Nervus vestibulocochlearis konnten aufgrund von sehr unterschiedlichen Dokumentationen in den verschiedenen Kliniken nicht erhoben werden. Diese Einzelheit sollte aber nicht die Analyse der weiteren Daten beeinträchtigen, auch weil ein Vergleich der Ergebnisse beider Techniken bei nicht randomisierten Patienten nicht sinnvoll wäre.

5 Diskussion

Die Rolle endoskopischer Verfahren bei Operationen in der hinteren Schädelgrube hat in den letzten Jahren enorm an Bedeutung gewonnen. Aufgrund der Tiefe der hinteren Schädelgrube und der komplexen Anatomie dieses Bereiches ist es manchmal schwierig, wenn nicht gar unmöglich, den gesamten Operationsbereich mit den Standardtechniken unter mikroskopischer Sicht darzustellen. Das Mikroskop kann die Strukturen, die sich in einer gerade Linie befinden, gut darstellen, sobald aber wichtige anatomische Strukturen ein Hindernis für die Sicht bilden oder bei kleineren Kraniektomien, wie bei Operationen der hinteren Schädelgrube, gelangt die mikroskopische Technik an ihre Grenzen. So dann stellt das Endoskop eine interessante Option dar.

Obwohl endoskopische Techniken immer häufiger in der Neurochirurgie eingesetzt werden, gibt es bis heute in der Literatur nur wenige Studien über den Einsatz des Endoskops in der hinteren Schädelgrube.

Die vorliegende Studie analysiert eine konsekutive Fallserie eines Operateurs über ein Jahrzehnt und stellt die wichtigen Punkte der Anwendung dieser Technik bei Operationen in der hinteren Schädelgrube dar.

Einige Arbeitsgruppen konnten deutliche Vorteile der endoskopische Technik bei der Resektion von Tumoren oder bei der mikrovaskulären Dekompression in der hinteren Schädelgrube nachweisen^{1, 2, 5, 11, 17-19, 23, 27, 30, 31, 43, 57, 60, 67} (Tabellen 9 und 10). Schroeder et al. berichteten 2011 über die Vorteile des Endoskops bei der Inspektion von „*blinden Ecken*“, die mit dem Mikroskop über eine gerade Linie nicht visualisiert werden können⁵⁶.

Zu Operationen von Akustikusneurinomen^{20, 26, 58} oder mikrovaskulären Dekompressionen^{2, 43} finden sich in der Literatur eine Vielzahl von Arbeiten zur endoskopischen Technik. Diese Autoren haben häufig über endoskopisches Auffinden von Resttumor oder den Nachweis von einem durch das Mikroskop nicht entdeckten neurovaskulären Konflikt berichtet. Seltener wurde in der Literatur die Anwendung dieser Technik bei Meningeomen⁵⁶ und Epidermoidtumoren⁵⁷ beschrieben. Bei selteneren Tumoren oder Indikationen zu Operationen in der hinteren Schädelgrube wurde die Anwendung dieser Methode kaum oder gar nicht beschrieben.

Die vorliegende Arbeit hat die Applikation der endoskopischen Technik in der hinteren Schädelgrube bei verschiedenen Operationsindikationen untersucht. Dabei wurde die Anwendung dieser Technik je nach Pathologie in der hinteren Schädelgrube getrennt analysiert. Tabelle 3 (Kapitel Ergebnisse) fasst die prä- und intraoperativen Kriterien für die Nutzung des Endoskops zusammen.

Durch den Einsatz des Endoskops in der hinteren Schädelgrube konnten in der vorliegenden Studie mehrere Patienten von den Vorteilen dieser Technik profitieren. In 17 von 107 endoskopisch operierten Fällen waren die Vorteile des Einsatzes des Endoskops objektivierbar. Die erhaltenen Informationen im Operationsgebiet die über die endoskopische Sicht erreicht wurden, haben in diesen Fällen konsequent die Operationsstrategie beeinflusst und das chirurgische Ergebnis verändert. Bei den weiteren Patienten waren dieser Vorteile zum Teil weniger deutlich.

Ein zusätzlicher wichtiger Parameter für die Analyse von möglichen Vorteilen, ist zudem die operative Empfindung des Operateurs. Eine Einteilung der intraoperativen Beurteilung der Technik seitens des Operateurs wurde in der Literatur noch nicht beschrieben. Infolgedessen wurde eine Klassifizierung zur intraoperativen Bewertung erarbeitet. Diese ist im Kapitel „Material und Methodik“ erläutert (Tabelle 2).

Die vorgestellte Bewertungstabelle der Endoskopie bei den unterschiedlichen Eingriffen ergab, dass nur in einem geringen Prozentsatz (16% - 17 von 107) der Einsatz des Endoskops indifferent gewertet wurde. Häufiger (68% der Fälle - 73 von 107) wurde die Technik als hilfreich und in 16% der Fälle (17 von 107), in denen das Operationsergebnis direkt beeinflusst wurde, als entscheidend bewertet (Graphik 2).

Diese Daten weisen darauf hin, dass die Anwendung des Endoskops bei Operationen der hinteren Schädelgrube, als ergänzende Technik in ausgewählten Fällen in Betracht gezogen werden sollte.

Die Vorteile der endoskopischen Technik zeigten sich in unterschiedlicher Relevanz bei den verschiedenen Pathologien. Die häufigsten Pathologien, die mit dieser Technik operiert wurden, werden im weiteren Verlauf getrennt diskutiert.

5.1 Tumorenresektion

Akustikusneurinome sind die häufigsten Tumore im Kleinhirnbrückenwinkel und werden daher ausführlich im nächsten Absatz diskutiert. Bei den anderen Tumoroperationen in der hinteren Schädelgrube zeigte das Endoskop in einigen Situationen auch besondere Vorteile. Teilweise wurde das Endoskop für die Inspektion, teilweise für die assistierte Operation angewendet.

Seitdem das Konzept des Endoskops als zusätzliches Instrument in der Mikrochirurgie der Schädelbasis eingesetzt wird, berichten mehrere Autoren über die Vorteile dieser Technik während Tumorresektion und -inspektion^{15, 18, 56, 57}.

In den hier vorgestellten Fällen war das Endoskop sowohl für die Inspektion, als auch für die assistierte Tumorresektion sehr wertvoll. Bei der Inspektion nach Mikrochirurgie konnte gelegentlich Resttumor nachgewiesen werden. Des Weiteren konnte die Resektion von einigen schwer zugänglichen Tumoren durch Anwendung des Endoskops deutlich erleichtert werden.

5.1.1 Akustikusneurinom

Akustikusneurinome sind gutartige Tumoren, die vom vestibulären Anteil des Nervus vestibulocochlearis ausgehen. Die Region, in der sich dieser Tumor bildet, liegt direkt in oder ganz nah an der Meatus acusticus internus. Die Operation dieser Tumoren wurde 1941 von Dandy als „schwierigste Operation“ in der Neurochirurgie beschrieben⁴⁴. Aufgrund des Einwachsens dieser Tumore in den Meatus acusticus internus ist eine Resektion bis heute häufig erschwert. Die Sicht des gesamten Resektionsbereiches bei intrameatalen Tumoren ist mit dem Mikroskop nur nach Eröffnung der hinteren Wand des Meatus möglich. Die Eröffnung des Meatus acusticus internus stellt sich oft prekär dar, weil sich in diesem Bereich das Labyrinth System befindet und ein Schaden dieses Systems die Hörfunktion bis zur kompletten Taubheit beeinträchtigen kann. Ein anderes Risiko dieser Operation ist die Verletzung des Nervus facialis, der auch in den Meatus acusticus internus eintritt. Zusätzlich ist die komplette Eröffnung des Meatus acusticus internus bei einigen Patienten mit einem hochstehenden Bulbus jugularis schwer oder nahezu unmöglich. Da es sich um gutartige Tumore handelt, sollte eine komplette Resektion und die

Möglichkeit einer vollständigen Heilung angestrebt werden. Nach Abwägen dieser Argumentation kann man die Aussage machen, dass die endoskopische Technik für die Resektion dieser Tumore eine erhebliche Verbesserung darstellen kann.

Tatagiba et al. (1996) ⁵⁸ konnte nach endoskopischer Inspektion nach mikrochirurgischer Resektion von Akustikusneurinomen kein Resttumor mehr nachweisen. Trotz des guten Konzeptes dieser Studie, ist die Anzahl von 8 Patienten sehr gering. Größere Studien von Gerganov et al. 2005 ¹⁸ (18 Patienten), Chovanec et al. 2013 ⁷ (27 Patienten) und Wackym et al. 1999 ⁶⁵ (68 Patienten) zeigten einen Resttumornachweis nach mikrochirurgischer Resektion und endoskopischer Inspektion von jeweils 11,1%, 12,8% und 16,2% (vgl. Tabelle 9).

Tab. 9 Anwendung des Endoskops in Studien von Akustikusneurinomoperationen.

Serie	n	Resttumornachweis im MAI nach endoskopischer Inspektion	Endoskopisch-assistierte Resektion
Tatagiba et al. 1996 ⁵⁸	8	Nein	Nein
King et al. 1999 ²⁶	10	20%	?
Göksu et al. 1999 ¹⁹	32	?	Ja (8)
Wackym et al. 1999 ⁶⁵	68	16,2%	Ja (11)
Gerganov et al. 2005 ¹⁸	18	11,1%	Nein
Göksu et al. 2005 ²⁰	60	?	Ja
Hori et al. 2006 ²³	33	Ja, ?%	Ja
Kumon et al. 2012 ³⁰	27	48,1%	Ja
Chovanec et al. 2013 ⁷	39	12,8%	?

n: Patientenzahl, MAI: Meatus acusticus internus, ?: Unbekannt

In der vorliegenden Arbeit wurde in 16,3% der Fälle (7 von 43) nach erfolgter mikroskopischer Resektion intrameataler Resttumor mit Hilfe der Endoskopie nachgewiesen. Das Auffinden von Resttumor war in diesen Fällen mit der 30° Winkeloptik möglich.

Insgesamt analysiert die vorliegende Studie 105 Operationen von Akustikusneurinomen. Dabei wurde das Endoskop in 47 Fällen eingesetzt. Die meisten Tumoren wurden als Größe T4a/b, gefolgt von T3a/b, T2 und T1 eingeteilt (Ergebnisse). Die kleineren Tumoren wurden häufiger mit der endoskopischen Technik operiert (Tabelle 7). Bei größeren, langsam wachsenden Tumoren ist häufig eine Erweiterung des Meatus acusticus internus zu beobachten. Bei kleineren Tumoren ist der Meatus acusticus in der Regel enger. In diesen Fällen ist

wahrscheinlich die schwierige intrameatale Darstellung bei kleineren Tumoren für die häufigere Anwendung des Endoskops verantwortlich.

Dennoch war das Auffinden von Resttumor mittels endoskopischer Inspektion nach mikrochirurgischer Resektion gemäß den vorliegenden Daten unabhängig von der initialen Tumorgöße (Tabelle 6).

Bei 4 Fällen wurde das Endoskop von Beginn der Operation an aufgrund eines hoch liegenden Bulbus jugularis und daher bestehender Kontraindikation einer erweiterten Eröffnung der hinteren Wand des Meatus acusticus internus für die Tumorresektion verwendet. Vachata et al. wies hinsichtlich eines hochstehenden Bulbus jugularis eine Prävalenz von 16% in anatomischen und radiologischen Untersuchungen nach ⁶¹.

Bei Akustikusneurinomoperationen sind die frühzeitige Identifikation der Hirnnerven, die Möglichkeit "um die Ecke zu schauen" und die Inspektion des Meatus acusticus internus als Vorteile dieser Technik zu nennen ^{17, 23, 30}. Gerganov et al. haben beschrieben, dass sowohl der Nervus facialis als auch der Nervus abducens bei der Anwendung des Endoskops, schon zu einem frühen Zeitpunkt während der Operation größerer Akustikusneurinome visualisiert werden konnte ¹⁸.

Anders als in der intraventrikulären Endoskopie gibt es in diesen Fällen keine präformierten Hohlräume und die Notwendigkeit der Retraktion von Strukturen ist häufig. Ein anderer möglicher Vorteil dieser Technik ist die Erkennung von Nerven und Gefäßen bei der Resektion voroperierter Tumoren, in denen Adhäsionen vorhanden sind und die Identifikation umgebender Strukturen schwieriger ist ¹⁸. Über einen wesentlich verbesserten Erhalt des Nervus facialis während der Operation großer Akustikusneurinome mit der endoskopischen Technik wurde bereits vorher berichtet ¹⁸.

Gerganov et al. hat den zeitlichen Verlauf für die Nutzung dieser Technik analysiert und kam zu dem Resultat, dass etwa 20 Minuten zusätzliche OP-Zeit notwendig waren ¹⁸. Die akkurate zusätzlich benötigte Zeit für die Nutzung dieser Technik ist unserer Meinung nach sehr schwierig zu berechnen. Die Vorbereitung des endoskopischen Sets und die Positionierung des Turms im Operationssaal vor Operationsbeginn bei jeder Operation in der hinteren Schädelgrube könnte die erforderliche Zeit für die Nutzung des Endoskops minimieren. Wir glauben daran, dass, wenn ergänzende Informationen, die durch das Endoskop akquiriert werden, vorliegen, sogar die OP-Zeit verkürzt werden kann.

Valtonen et al.⁶² beschrieben die Identifizierung eröffneter pneumatisierter Räume im Bereich des Meatus acusticus internus nach Akustikusneurinom-Operation und endoskopischer Inspektion. Dadurch konnte in dieser Studie das Auftreten eines Liquorlecks von 18,4% auf 0 reduziert werden. Im Gegensatz zu Valtonen wurden in der vorliegenden Arbeit eröffnete Mastoidzellen lediglich bei einer einzigen Operation während der Endoskopie neu entdeckt. Eine mögliche Ursache dafür könnte eine bereits beim primären Ansatz minimal-invasive reduzierte Eröffnung des Meatus acusticus internus in der vorliegenden Arbeit sein.

5.1.1.1 Radiologische Bildgebung

Bei den Patienten, die in der neurochirurgischen Abteilung in Homburg operiert wurden, wurden noch zusätzliche neuroradiologische Daten ausgewertet. Die Größe der Kraniektomie, die Eröffnung des Meatus acusticus internus in Prozent und die Höhe des Bulbus jugularis im Vergleich zum Meatus acusticus internus wurden analysiert (Tabelle 8).

Die mögliche Durchführung kleinerer Kraniotomien bei endoskopisch assistierten Operationen der Schädelbasis wurde bereits in der Literatur beschrieben⁵⁶. Die Kraniektomie bei den zusätzlich endoskopisch operierten Patienten zeigte sich, im Vergleich zu den ausschließlich mikroskopisch durchgeführten Operationen, durchschnittlich etwas kleiner (Tabelle 8). Diese Daten sollten aber hier als Zufallsbefund interpretiert werden, zudem weil bei den meisten Operationen über die Nutzung des Endoskops erst nach der Kraniotomie entschieden wurde.

Pillai et al. beschrieben in 2004 über die mögliche endoskopisch assistierte minimale Eröffnung mit Exposition der gesamte Länge des Meatus acusticus internus in einer experimentellen Untersuchung⁴². Die Eröffnung des Meatus acusticus internus war bei den Patienten, die mit dem Endoskop operiert wurden, im Durchschnitt geringer (Tabelle 8). Die Ursache für eine reduzierte Eröffnung des Meatus acusticus internus in diesen Fällen könnte eine verbesserte Visualisierung des Fundus mit der endoskopischen Technik sein. Wenn eine weniger aggressive Eröffnung des Meatus acusticus internus notwendig wird, kann das Neuroendoskop als eine gute Alternative, auch für den unerfahrenen Neurochirurgen, empfohlen werden.

5.1.2 Meningeom

Die Bedeutung der Anwendung des Endoskops in der hinteren Schädelgrube bei mikrochirurgischen Operationen von Meningeomen wurde bis dato selten untersucht. Die wichtigsten Vorteile dieser Technik bei Meningeomoperationen wurden als Inspektion des Meatus acusticus internus sowie des Cavum Meckeli oder Inspektion von mikroskopisch unsichtbaren Bereichen hinter dem Tuberculum jugulare und der Incisura tentorii beschrieben ⁵⁶.

In der vorliegenden Studie wurde das Endoskop meistens für die Inspektion nach mikrochirurgischer Resektion eingesetzt. Intrameataler Resttumor wurde in einem Fall endoskopisch nachgewiesen und mit der 30° Optik weiter reseziert. Hier zeigte sich die Technik während der Inspektion des Fundus bei Tumoren mit Invasion des Meatus acusticus internus als besonders hilfreich.

5.1.3 Epidermoidtumor

Der Nutzen des Endoskops als ergänzendes Instrument bei der Behandlung von Epidermoidtumoren wurde schon im Vorfeld beschrieben ^{11, 29, 57, 60}. Schroeder et al. (2004) analysierte in einer Serie von acht Patienten, die an Epidermoidtumoren im Kleinhirnbrückenwinkel operiert wurden den Einsatz des Endoskops. Ein Resttumor konnte mit Hilfe des Endoskops in solchen Fällen identifiziert werden, in denen die geradlinig mikroskopische Sicht die komplette Darstellung nicht ermöglichen konnte. Die Technik zeigte sich besonders wertvoll bei der Darstellung und Entfernung von Epidermoidtumoren, die sich im Cavum meckeli ausgedehnt hatten ⁵⁷. Andere Autoren haben auch über die Vorteile bei der Epidermoid Tumorresektion mit dieser Technik berichtet ^{11, 60}.

Bei der Operation von Epidermoidtumoren in unserer Serie, erwies sich das Endoskop als besonders nützlich während der Inspektion sowie Resektion in Verwinkelungen und hinter Nerven und Gefäßen. Aufgrund der komplexen Anatomie der hinteren Schädelgrube und des Kleinhirnbrückenwinkels und des charakteristisch

wachsenden Musters dieser Läsion stellte die endoskopische Methode ein zusätzliches hilfreiches Instrument für den Chirurgen dar.

Resttumor um den Nervus trigeminus, Nervus abducens und den Nervus vestibulocochlearis und facialis konnten in unserer Studie endoskopisch nachgewiesen werden. Genau so konnte Resttumor im Meatus acusticus internus mit dieser Technik erkannt werden. Der Vorteil bei der Erkennung von Resttumor bei Epidermoidtumor-Operationen lag hauptsächlich in zwei Aspekten. Zum einen die Möglichkeit zu Einführung des Endoskops nahe an Nerven und Gefäßen und der Weitwinkelblick dieses Instruments. Andererseits war die bessere Ausleuchtung des OP-Bereiches und dadurch eine bessere Erkennung von Resttumor in der Nähe zum Beispiel von Nerven- oder Hirngewebe möglich. Die Entfernung von Resttumorgewebe wurde häufig unter endoskopischer Sicht in diesen Fällen weiter durchgeführt. Die zurzeit zur Verfügung stehenden chirurgischen Instrumente stellen in bestimmten Situationen einen Nachteil für die Technik dar. In manchen Fällen war es möglich, Resttumor mit dem Endoskop zu visualisieren, obwohl diese Bereiche (zum Beispiel vor dem Hirnstamm) mit den normalen mikrochirurgischen Instrumenten nicht unbedingt erreichbar waren.

Die Zukunft der endoskopischen Technik in der hinteren Schädelgrube ist nicht nur an die Entwicklung besserer Endoskope sondern auch an die Entwicklung neuer Instrumente, die eine Verbesserung der Erreichbarkeit einiger OP-Gebiete anbieten können, gebunden.

5.1.4 Kavernöses Hämangiom und Hämangioblastom

Der Zugang im Hirnstamm bei tief gelegenen Läsionen sollte so klein wie möglich sein, um zusätzlichen Schaden zu vermeiden. In diesen Fällen ist eine eingeschränkte Visualisierung des gesamten Operations-Feldes aufgrund von Blutung oder der kleinen Eröffnung zur Resektionshöhle häufig. Aufgrund dessen konnte eine inkomplette Resektion unter mikroskopischer Sicht vorkommen.

Bertalanffy et al. beschrieben in 1991 eine erhöhte Gefahr von Nachblutungen nach inkompletter Resektion tief gelegener Hirnstammkavernomen. In dieser Serie haben Reste eines kavernösen Hämangioms in 2 Fällen Nachblutungen verursacht³.

Um Defizite des Mikroskops in der Darstellung eines Hohlraums über eine kleine Eröffnung zu umgehen, konnte das Endoskop nützlich sein. Nach bestem Wissen wurde die Anwendung des Endoskops zur Inspektion nach Resektion von Kavernösen Hämangiomen in der Literatur lediglich einmal beschrieben⁵³.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Endoskop in Fällen mit tief gelegenen Läsionen und kleiner Zugangseröffnung und einer insuffizienten Darstellung des gesamten OP-Feldes mit dem Mikroskop eingesetzt. Das Einführen des Weitwinkel-Endoskops lieferte einen umfassenden Blick des Operations-Feldes und konnte die vollständige Resektion und Hämostase der Resektionshöhle sicherstellen (Abbildung 14).

Die Nutzung des Endoskops bei Hämangioblastom-Operationen wurde nach unserem derzeitigen Wissensstand noch nicht beschrieben. Hier zeigte sich die Technik von großer Bedeutung bei der Inspektion von Resttumoren oder Tumornidusresten. Ein Hämangioblastomnidusrest konnte bei der endoskopischen Inspektion in einem Fall eines zystischen Hirnstammhämangioblastoms nach mikrochirurgischer Resektion nachgewiesen werden. Die endoskopisch assistierte Tumorsektion konnte auch durchgeführt werden (in 3 von 5 Fällen). Bei Fällen, in denen sich die Eröffnung der Resektionshöhle sehr klein zeigte, konnte die Technik den gänzlich operierten Bereich darstellen und dem Chirurg eine zusätzliche Sicherheit während der Operation anbieten. Das Endoskop zeigte sich hier bedingt durch die erhebliche Ausleuchtung der Resektionshöhle ebenfalls sehr nützlich für die Kontrolle der Hämostase.

5.2 Mikrovaskuläre Dekompression bei kranialen Neuropathien (Trigeminusneuralgie und Spasmus Hemifacialis)

Die Häufigkeit der Identifikation eines neurovaskulären Konflikts bei einer mikrovaskulären Dekompressionsoperation nach mikrochirurgischer Exploration schwankt zwischen 25 und 98% in größeren Studien^{2, 38, 43}. Das Unvermögen zur Erkennung eines neurovaskulären Konflikts könnten negative Explorationen sein, wobei diese Quote bei erfahrenen Operateuren sinkt^{2, 43}. In manchen Fällen wurde eine unzureichende Visualisierung des Wurzelaustrittspunkts in Cavum Meckeli oder eine unzureichende inferiore oder anteriore Ansicht des Nervus trigeminus als

mögliche Ursache für negative Explorationen bei der Kompressionsentlastung beschrieben⁴³.

Die Anwendung des Endoskops in mikrovaskulären Dekompressions-Operationen wurde für verschiedene Indikationen in der Literatur berichtet (Tabelle 10). In allen hier ausgestellten Studien wurde die Erkennung der Gefäß-Nerven-Kontaktstelle mit der Aushilfe des Endoskops in jedem Fall identifiziert.

Tab. 10 Anwendung des Endoskops in Studien von mikrovaskulären Dekompression.

Serie	Kraniale Neuropathien	N	Neue endoskopisch Information nach mikroskopisch Versagen	Erkennung des Konflikts
King et al. 2001 ²⁷	HN V, VII und VIII	19	26%	100%
Badr-El-Dine et al. 2002 ²	HN VII	80	?	100%
Rak et al. 2004 ⁴³	HN V, VII und VIII	28	11,7% (HN V) + ? (HN VII)	100%
Charalampaki et al. 2008 ⁵	HN V und VII	67	?	100%

n: Patientenzahl, HN: Hirnnerv

In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls in 100% der Fälle eine Kontaktstelle zwischen Nerv und Gefäß identifiziert werden. Das Endoskop stellte in 22,7% der Fälle (5 von 22) ein zuständiges Gefäß für die Nervenkompression dar, nachdem diese Darstellung mit dem Mikroskop nicht gelang. Dies war nur möglich weil eine gewinkelte endoskopische Optik im Situs eingeführt wurde. Das Endoskop konnte die Kompressionsstelle hinter dem Nerven (trigeminus oder facialis) deutlich zeigen, was mit der geradlinigen Sicht des Mikroskops nicht möglich war. Sowohl für die Dekompression des Nervus trigeminus als auch des Nervus facialis zeigte sich die endoskopische Technik bei den hier untersuchten Fällen als überaus nützlich. Nach vorliegenden Daten sollte die Anwendung von der beschriebenen endoskopischen Technik zur Inspektion des Situs bei allen Mikrovaskulären Dekompressionen in Erwägung gezogen werden. Dadurch ist eine erhöhte Erkennung des für die Nervenkompression zuständigen Gefäßes bei kranialen Neuropathien zu erwarten.

Die Durchführung von Operationen in der hinteren Schädelgrube zur Behandlung kranialer Neuropathien ist unter sehr geringer Morbidität möglich. Die meisten bedeutenden Komplikationen treten normalerweise wegen einer zerebellären Retraktion auf und bestehen aus einem zerebellärem Infarkt oder einer

Schwellung, einem Hörverlust und sogar dem Tod des Patienten ²⁷. Diese Technik erlaubt Chirurgen, die ventrale Region des Hirnstamms und Hirnnerven zu explorieren ohne dass eine übermäßige Retraktion ausgeübt wird ^{1, 43}.

Der Bedarf an zerebellären, Hirnstamm- und Hirnnervenretraktionen bei diesen Operationen ist schwierig zu quantifizieren und wurden in der vorliegenden Studie nicht gemessen. Es ist aber plausibel, dass mit der Verwendung eines Endoskops und die Möglichkeit der Einführung der Endoskopspitze nahe am untersuchten Bereich eine geringere Retraktion von Strukturen verursacht wird.

5.3 Aneurysmen

Bei Aneurysmaoperationen kann das Endoskop vor allem bei tief gelegenen Läsionen oder wenn der Verdacht auf Perforatoren auf der Gegenseite des Zugangs besteht einen ganz entscheidenden Vorteil bieten ³⁹. Aufgrund der engen und tiefen Zugänge für Aneurysmen der hinteren Schädelgrube ist der Einsatz des Endoskops sehr günstig, sodass ein besserer Überblick der Anatomie vor dem Clipping und eine bessere Inspektion des Clips nach dem Clipping erworben werden kann ⁵⁴. In manchen Fällen kann eine wichtige ergänzende Information über den Aneurysmaverschluss und die Durchgängigkeit von Haupt-, Seitenast- und perforierenden Arterien gewonnen werden ¹³.

Die endoskopische Technik wurde in dieser Studie bei Clipping von Aneurysmen der Arteria inferior posterior cerebelli und der Arteria basilaris angewendet. Das Endoskop wurde hier nur für die Inspektion benutzt und die Hauptschritte der Operation wurden unter mikroskopischer Sicht durchgeführt. Der Grund dafür waren eine bessere dreidimensionale Empfindung und mehr Raum für die chirurgischen Instrumente durch Nutzung des Mikroskops.

In Fällen, in denen der Aneurysma-Hals und dessen Äste mit dem Mikroskop nicht gut dargestellt werden konnten, war das Endoskop besonders hilfreich. Zur Inspektion bei der Operation eines Aneurysma der Arteria basilaris wurde das Endoskop durch das optokarotische Fenster eingesetzt. Hier waren die Darstellung des Aneurysma-Halses und seine Konfiguration sowie die Darstellung beider Arteriae cerebri posterior und superior cerebelli vor dem Clipping äußerst hilfreich. Die

Inspektion nach dem Clipping konnte durch die Einführung des Endoskops seitlich der Arteria carotis interna durchgeführt werden (Abbildung 15).

In den hier vorgestellten Fällen zeigte sich das Endoskop bei der Darstellung der Anatomie des Aneurysmas als sehr hilfreich und bot dem Chirurgen eine weitere Sicherheit während der Operation unter mikroskopischer Sicht.

5.4 Erforderliche chirurgische Technik

Spezielle mikrochirurgische Instrumente und Techniken sind genauso erforderlich wie Erfahrungen in der Mikrochirurgie. Der Sichtwechsel zwischen Mikro- und Endoskop verlangt Aufmerksamkeit vom Chirurgen und seinem Assistenten. Es wurden mehrfach Modalitäten für die gleichzeitige Beobachtung des endoskopischen und mikroskopischen Bildes beschrieben⁴⁰. Abwechselnd zwischen dem Mikroskopokular und dem Bildschirm des Endoskops sind mehrere Variationen möglich. Hier wurden die Mikroskopokulare für das mikroskopische Bild und ein vor dem Chirurgen platziertes Bildschirm für die Darstellung der endoskopischen Bilder gewählt. Die Position des Equipments und des Teams im Operationssaal ist sehr wichtig und sollte eine ergonomische und benutzerfreundliche Bewegung des Chirurgen gewährleisten und damit eine Maximierung seiner Koordination. Ein Beispiel mit einer möglichen Anordnung im Operationssaal ist in Abbildung 8 dargestellt.

Die gewinkelten Optiken bieten häufig einen falschen Eindruck von ihrer Position. Es kann schwierig und manchmal sogar gefährlich sein, die Bewegung der Instrumentenspitze ohne eine korrekte Kontrolle ihrer Lokalisation zu verwenden. Bei transkraniellen Schädelbasisoperationen sollte das Endoskop immer unter mikroskopischer Sicht im Operationsfeld eingeführt werden (Abbildung 6). Aufgrund der Gewährleistung von Präzision und völliger Kontrolle bei dem Eingriff werden ausschließlich starre Endoskope für die Operationen in der Schädelbasis verwendet. Diese können freihändig oder an einem Haltesystem (Retraktorarm) befestigt verwendet werden. Wenn dieser an den Operationstisch befestigt wird, ist die bimanuelle Operation unter gleichzeitig endoskopischer und mikroskopischer Sicht möglich.

5.5 Komplikationen und Einschränkungen

Von Komplikationen und Einschränkungen dieser Technik wurde in der Literatur berichtet ^{17, 23, 43, 56-58}. Das Risiko bei der Anwendung dieses Instruments, vor allem mit den um 30°, 45° und 70° gewinkelten Optiken in einem derart empfindlichen Gebiet wie dem Kleinhirnbrückenwinkel sollte durchaus berücksichtigt werden.

Die Endoskopie während Akustikusneurinom-Operationen kann mit iatrogener Schädigung von Nerven und Gefäßen korrelieren ¹⁷. Hori et al. berichtete über die Verletzung des Nervus facialis bei der Inspektion mit dem Endoskop in einem Fall aus seiner Serie. Außerdem hat er die mögliche lokale Temperaturerhöhung in der Nähe der Endoskopspitze mit einer Infrarotkamera untersucht. Die Untersuchung zeigte keine signifikanten Änderungen der lokalen Temperatur während der Nutzung des Endoskops, allerdings jedoch beim Fräsen der Hinterwand des Meatus acusticus internus ²³.

Verletzungen von Nerven, Gefäße oder anderen Strukturen wurden im direkten Zusammenhang mit dem Einsatz des Endoskops in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen. Andere auf diese Technik bezogenen Komplikationen konnten in dieser Serie ebenso nicht identifiziert werden.

6 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie unterstützten die methodische Anwendung des Endoskops in der Mikrochirurgie der hinteren Schädelgrube, besonders in manchen spezifischen Gegebenheiten wie mikrovaskulärer Dekompression, Epidermoidtumorresektion oder intrameataler Tumoroperationen. Auch bei im Hirnstamm lokalisierter Pathologien wie dem kavernösen Hämangiom oder dem Hämangioblastom zeigte sich diese Technik in unserer Studie sehr nützlich.

In vielen Fällen ermöglichte das Endoskop die Erkennung neuer Informationen. In einigen Fällen unterstützte diese neue Information den Chirurgen während der Operation und hat so das operative Ergebnis des Vorgehens maßgeblich beeinflusst.

Andere Arbeiten haben die Anwendung des Endoskops in der hinteren Schädelgrube bei spezifischen Erkrankungen bereits im Vorfeld beschrieben. Eine detaillierte Untersuchung und Beschreibung dieser Technik bei einer derartigen umfangreichen Operationsindikation in der Form, wie in der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurde, ist jedoch unseres Wissens nach bis heute noch nicht in der Literatur vorhanden.

Unterstützt durch einen auf dem Gebiet der Endoskopie sehr ausgewiesenen Chirurgen^{8, 13, 16, 25, 35-37, 57, 64} konnte eine sehr weite Exploration dieser Methode durchgeführt werden und deren Einsatz bis zur Limitierung der Technik getestet werden. Somit konnte der bestmögliche Nutzen der endoskopischen Applikation in der hinteren Schädelgrube erreicht werden.

Das Endoskop hat das Mikroskop in dieser Serie nicht ersetzt, sondern es hat eine zusätzliche wichtige Bedeutung während der klassischen operativen Technik gezeigt. Beide Methoden haben sich bei der Darstellung des operativen Feldes ergänzt.

Mehrere Patienten konnten von den Vorteilen durch den Einsatz des Endoskops in der hinteren Schädelgrube in unserer Studie profitieren.

In Zukunft könnte eine prospektive randomisierte Untersuchung für den Vergleich rein mikroskopischer versus durch Endoskopie unterstützter Operationen interessant sein. Anatomische Studien könnten ebenfalls die zukünftige Entwicklung dieser Technik vorantreiben. Studien dieser Art werden aktuell durch unsere Arbeitsgruppe durchgeführt.

7 Anhang

Video (DVD) mit Operationen in der hinteren Schädelgrube in denen den Vorteil der endoskopischen Technik gezeigt wird.

8 Literaturverzeichnis

- 1 K. Abdeen, Y. Kato, N. Kiya, K. Yoshida, T. Kanno, 'Neuroendoscopy in Microvascular Decompression for Trigeminal Neuralgia and Hemifacial Spasm: Technical Note', *Neurol Res*, 22 (2000), 522-6.
- 2 M. Badr-El-Dine, H. F. El-Garem, A. M. Talaat, J. Magnan, 'Endoscopically Assisted Minimally Invasive Microvascular Decompression of Hemifacial Spasm', *Otol Neurotol*, 23 (2002), 122-8.
- 3 H. Bertalanffy, J. M. Gilsbach, H. R. Eggert, W. Seeger, 'Microsurgery of Deep-Seated Cavernous Angiomas: Report of 26 Cases', *Acta Neurochir (Wien)*, 108 (1991), 91-9.
- 4 A. C. Cardoso, Y. B. Fernandes, R. Ramina, G. Borges, 'Acoustic Neuroma (Vestibular Schwannoma): Surgical Results on 240 Patients Operated on Dorsal Decubitus Position', *Arq Neuropsiquiatr*, 65 (2007), 605-9.
- 5 P. Charalampaki, A. M. Kafadar, P. Grunert, A. Ayyad, A. Perneczky, 'Vascular Decompression of Trigeminal and Facial Nerves in the Posterior Fossa under Endoscope-Assisted Keyhole Conditions', *Skull Base*, 18 (2008), 117-28.
- 6 P. Charalampaki, R. Reisch, A. Ayad, J. Conrad, S. Welschehold, A. Perneczky, C. Wuster, 'Endoscopic Endonasal Pituitary Surgery: Surgical and Outcome Analysis of 50 Cases', *J Clin Neurosci*, 14 (2007), 410-5.
- 7 M. Chovanec, E. Zverina, O. Profant, J. Skrivan, O. Cakrt, J. Lisy, J. Betka, 'Impact of Video-Endoscopy on the Results of Retrosigmoid-Transmeatal Microsurgery of Vestibular Schwannoma: Prospective Study', *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 270 (2013), 1277-84.
- 8 J. Conrad, M. Philipps, J. Oertel, 'High-Definition Imaging in Endoscopic Transsphenoidal Pituitary Surgery', *Am J Rhinol Allergy*, 25 (2011), e13-7.
- 9 S. Constantini, A. Mohanty, S. Zymberg, S. Cavalheiro, C. Mallucci, D. Hellwig, Y. Ersahin, H. Mori, C. Mascari, J. A. Val, W. Wagner, A. V. Kulkarni, S. Sgouros, S. Oi, 'Safety and Diagnostic Accuracy of Neuroendoscopic Biopsies: An International Multicenter Study', *J Neurosurg Pediatr*, 11 (2013), 704-9.
- 10 J. Di Vincenzo, D. Keiner, M. R. Gaab, H. W. Schroeder, J. M. Oertel, 'Endoscopic Third Ventriculostomy: Preoperative Considerations and Intraoperative Strategy Based on 300 Procedures', *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* (2013).
- 11 F. H. Ebner, F. Roser, F. Thaher, J. Schittenhelm, M. Tatagiba, 'Balancing the Shortcomings of Microscope and Endoscope: Endoscope-Assisted Technique in Microsurgical Removal of Recurrent Epidermoid Cysts in the Posterior Fossa', *Minim Invasive Neurosurg*, 53 (2010), 218-22.
- 12 M. Epstein, 'Endoscopy: Developments in Optical Instrumentation', *Science*, 210 (1980), 280-5.
- 13 G. Fischer, J. Oertel, A. Perneczky, 'Endoscopy in Aneurysm Surgery', *Neurosurgery*, 70 (2012), 184-90; discussion 90-1.
- 14 G. Fischer, A. Stadie, R. Reisch, N. J. Hopf, G. Fries, H. Bocher-Schwarz, E. van Lindert, K. Ungersbock, E. Knosp, J. Oertel, A. Perneczky, 'The Keyhole Concept in Aneurysm Surgery: Results of the Past 20 Years', *Neurosurgery*, 68 (2011), 45-51; discussion 51.
- 15 G. Fries, A. Perneczky, 'Endoscope-Assisted Brain Surgery: Part 2--Analysis of 380 Procedures', *Neurosurgery*, 42 (1998), 226-31; discussion 31-2.

- 16 Schroeder HWS Gaab MR, Oertel J, *Neuroendoscopic Approach to Intraventricular Tumors. In: Schmidek & Sweet Operative Neurosurgical Techniques: Indications, Methods, and Results.* (Philadelphia: W.B. Saunders, 2006).
- 17 V. M. Gerganov, M. Giordano, C. Herold, A. Samii, M. Samii, 'An Electrophysiological Study on the Safety of the Endoscope-Assisted Microsurgical Removal of Vestibular Schwannomas', *Eur J Surg Oncol*, 36 (2010), 422-7.
- 18 V. M. Gerganov, K. V. Romansky, V. A. Bussarsky, L. T. Noutchev, I. N. Iliev, 'Endoscope-Assisted Microsurgery of Large Vestibular Schwannomas', *Minim Invasive Neurosurg*, 48 (2005), 39-43.
- 19 N. Goksu, Y. Bayazit, Y. Kemaloglu, 'Endoscopy of the Posterior Fossa and Dissection of Acoustic Neuroma', *J Neurosurg*, 91 (1999), 776-80.
- 20 N. Goksu, M. Yilmaz, I. Bayramoglu, U. Aydil, Y. A. Bayazit, 'Evaluation of the Results of Endoscope-Assisted Acoustic Neuroma Surgery through Posterior Fossa Approach', *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 67 (2005), 87-91.
- 21 P. Grunert, M. R. Gaab, D. Hellwig, J. M. Oertel, 'German Neuroendoscopy above the Skull Base', *Neurosurg Focus*, 27 (2009), E7.
- 22 I. Grunwald, P. Papanagiotou, A. Nabhan, M. Politi, W. Reith, '[Anatomy of the Cerebellopontine Angle]', *Radiologe*, 46 (2006), 192-6.
- 23 T. Hori, Y. Okada, T. Maruyama, M. Chernov, W. Attia, 'Endoscope-Controlled Removal of Intrameatal Vestibular Schwannomas', *Minim Invasive Neurosurg*, 49 (2006), 25-9.
- 24 I. P. Howard, B. J. U. Rogers, *Perceiving in Depth, Volume 2: Stereoscopic Vision* (Oxford University Press, USA, 2012).
- 25 D. Keiner, M. Tschabitscher, S. Welschehold, J. Oertel, 'Anterior Interosseous Nerve Compression Syndrome: Is There a Role for Endoscopy?', *Acta Neurochir (Wien)*, 153 (2011), 2225-9.
- 26 W. A. King, P. A. Wackym, 'Endoscope-Assisted Surgery for Acoustic Neuromas (Vestibular Schwannomas): Early Experience Using the Rigid Hopkins Telescope', *Neurosurgery*, 44 (1999), 1095-100; discussion 100-2.
- 27 W. A. King, P. A. Wackym, C. Sen, G. A. Meyer, J. Shiau, H. Deutsch, 'Adjunctive Use of Endoscopy During Posterior Fossa Surgery to Treat Cranial Neuropathies', *Neurosurgery*, 49 (2001), 108-15; discussion 15-6.
- 28 W. T. Koos, R. F. Spetzler, J. U. Lang, *Color Atlas of Microneurosurgery. 1. Intracranial Tumors* (Thieme Medical Publishers, 1993).
- 29 J. Krass, Y. Hahn, K. Karami, S. Babu, D. R. Pieper, 'Endoscopic Assisted Resection of Prepontine Epidermoid Cysts', *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* (2013).
- 30 Y. Kumon, S. Kohno, S. Ohue, H. Watanabe, A. Inoue, S. Iwata, T. Ohnishi, 'Usefulness of Endoscope-Assisted Microsurgery for Removal of Vestibular Schwannomas', *J Neurol Surg B Skull Base*, 73 (2012), 42-7.
- 31 S. S. Lang, H. I. Chen, J. Y. Lee, 'Endoscopic Microvascular Decompression: A Stepwise Operative Technique', *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 74 (2012), 293-8.
- 32 S. Linsler, M. R. Gaab, J. Oertel, 'Endoscopic Endonasal Transsphenoidal Approach to Sellar Lesions: A Detailed Account of Our Mononostril Technique', *J Neurol Surg B Skull Base*, 74 (2013), 146-54.

- 33 M. R. McLaughlin, P. J. Jannetta, B. L. Clyde, B. R. Subach, C. H. Comey, D. K. Resnick, 'Microvascular Decompression of Cranial Nerves: Lessons Learned after 4400 Operations', *J Neurosurg*, 90 (1999), 1-8.
- 34 J. M. Oertel, J. Baldauf, H. W. Schroeder, M. R. Gaab, 'Endoscopic Cystoventriculostomy for Treatment of Paraxial Arachnoid Cysts', *J Neurosurg*, 110 (2009), 792-9.
- 35 J. M. Oertel, Y. Mondorf, M. R. Gaab, 'Endoscopic Third Ventriculostomy in Obstructive Hydrocephalus Due to Giant Basilar Artery Aneurysm', *J Neurosurg*, 110 (2009), 14-8.
- 36 J. M. Oertel, Y. Mondorf, M. R. Gaab, 'A New Endoscopic Spine System: The First Results with "Easy Go"', *Acta Neurochir (Wien)*, 151 (2009), 1027-33.
- 37 J. M. Oertel, W. Wagner, Y. Mondorf, J. Baldauf, H. W. Schroeder, M. R. Gaab, 'Endoscopic Treatment of Arachnoid Cysts: A Detailed Account of Surgical Techniques and Results', *Neurosurgery*, 67 (2010), 824-36.
- 38 P. Papanagiotou, I. Q. Grunwald, M. Politi, T. Struffert, F. Ahlhelm, W. Reith, '[Vascular Anomalies of the Cerebellopontine Angle]', *Radiologe*, 46 (2006), 216-22.
- 39 A. Perneczky, H. G. Boecher-Schwarz, 'Endoscope-Assisted Microsurgery for Cerebral Aneurysms', *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 38 Suppl (1998), 33-4.
- 40 A. Perneczky, G. Fries, 'Endoscope-Assisted Brain Surgery: Part 1--Evolution, Basic Concept, and Current Technique', *Neurosurgery*, 42 (1998), 219-24; discussion 24-5.
- 41 M. Philipps, J. Oertel, 'High-Definition Imaging in Spinal Neuroendoscopy', *Minim Invasive Neurosurg*, 53 (2010), 142-6.
- 42 P. Pillai, S. Sammet, M. Ammirati, 'Image-Guided, Endoscopic-Assisted Drilling and Exposure of the Whole Length of the Internal Auditory Canal and Its Fundus with Preservation of the Integrity of the Labyrinth Using a Retrosigmoid Approach: A Laboratory Investigation', *Neurosurgery*, 65 (2009), 53-9; discussion 59.
- 43 R. Rak, L. N. Sekhar, D. Stimac, P. Hechl, 'Endoscope-Assisted Microsurgery for Microvascular Compression Syndromes', *Neurosurgery*, 54 (2004), 876-81; discussion 81-3.
- 44 R. Ramina, P. H. Aguiar, M. Tatagiba, *Samii's Essentials in Neurosurgery* (Springer, 2007).
- 45 R. Reisch, A. Perneczky, R. Filippi, 'Surgical Technique of the Supraorbital Key-Hole Craniotomy', *Surg Neurol*, 59 (2003), 223-7.
- 46 A. L. Rhoton, Jr., 'The Cerebellopontine Angle and Posterior Fossa Cranial Nerves by the Retrosigmoid Approach', *Neurosurgery*, 47 (2000), S93-129.
- 47 A. L. Rhoton, Jr., 'Cerebellum and Fourth Ventricle', *Neurosurgery*, 47 (2000), S7-27.
- 48 A. L. Rhoton, Jr., 'Jugular Foramen', *Neurosurgery*, 47 (2000), S267-85.
- 49 M. Samii, and V. Gerganov, *Surgery of Cerebellopontine Lesions* (Springer London, Limited, 2013).
- 50 M. Samii, C. Matthies, 'Management of 1000 Vestibular Schwannomas (Acoustic Neuromas): Hearing Function in 1000 Tumor Resections', *Neurosurgery*, 40 (1997), 248-60; discussion 60-2.

- 51 M. Samii, C. Matthies, 'Management of 1000 Vestibular Schwannomas (Acoustic Neuromas): Surgical Management and Results with an Emphasis on Complications and How to Avoid Them', *Neurosurgery*, 40 (1997), 11-21; discussion 21-3.
- 52 M. Samii, C. Matthies, 'Management of 1000 Vestibular Schwannomas (Acoustic Neuromas): The Facial Nerve--Preservation and Restitution of Function', *Neurosurgery*, 40 (1997), 684-94; discussion 94-5.
- 53 I. E. Sandalcioglu, H. Wiedemayer, S. Secer, S. Asgari, D. Stolke, 'Surgical Removal of Brain Stem Cavernous Malformations: Surgical Indications, Technical Considerations, and Results', *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 72 (2002), 351-5.
- 54 H. W. Schroeder, 'Transcranial Endoscope-Assisted Skull Base Surgery - Posterior Fossa', *Innovative Neurosurgery*, 1 (2013), 5-13.
- 55 H. W. Schroeder, M. R. Gaab, 'Intracranial Endoscopy', *Neurosurg Focus*, 6 (1999), e1.
- 56 H. W. Schroeder, A. K. Hickmann, J. Baldauf, 'Endoscope-Assisted Microsurgical Resection of Skull Base Meningiomas', *Neurosurg Rev*, 34 (2011), 441-55.
- 57 H. W. Schroeder, J. Oertel, M. R. Gaab, 'Endoscope-Assisted Microsurgical Resection of Epidermoid Tumors of the Cerebellopontine Angle', *J Neurosurg*, 101 (2004), 227-32.
- 58 M. Tatagiba, C. Matthies, M. Samii, 'Microendoscopy of the Internal Auditory Canal in Vestibular Schwannoma Surgery', *Neurosurgery*, 38 (1996), 737-40.
- 59 M. Tatagiba, M. Samii, C. Matthies, M. el Azm, R. Schonmayr, 'The Significance for Postoperative Hearing of Preserving the Labyrinth in Acoustic Neurinoma Surgery', *J Neurosurg*, 77 (1992), 677-84.
- 60 A. Tuchman, A. Platt, J. Winer, M. Pham, S. Giannotta, G. Zada, 'Endoscopic-Assisted Resection of Intracranial Epidermoid Tumors', *World Neurosurg* (2013).
- 61 P. Vachata, P. Petrovicky, M. Sames, 'An Anatomical and Radiological Study of the High Jugular Bulb on High-Resolution Ct Scans and Alcohol-Fixed Skulls of Adults', *J Clin Neurosci*, 17 (2010), 473-8.
- 62 H. J. Valtonen, D. S. Poe, C. B. Heilman, E. C. Tarlov, 'Endoscopically Assisted Prevention of Cerebrospinal Fluid Leak in Suboccipital Acoustic Neuroma Surgery', *Am J Otol*, 18 (1997), 381-5.
- 63 R. J. Veronezi, Y. B. Fernandes, G. Borges, R. Ramina, 'Long-Term Facial Nerve Clinical Evaluation Following Vestibular Schwannoma Surgery', *Arq Neuropsiquiatr*, 66 (2008), 194-8.
- 64 S. Vulcu, J. Oertel, 'Therapy of Obstructive Hydrocephalus Due to Intraventricular Hemorrhage: Is There a Need for Neuroendoscopy?', *Neurol India*, 59 (2011), 846-7.
- 65 P. A. Wackym, W. A. King, D. S. Poe, G. A. Meyer, R. G. Ojemann, F. G. Barker, P. R. Walsh, H. Staecker, 'Adjunctive Use of Endoscopy During Acoustic Neuroma Surgery', *Laryngoscope*, 109 (1999), 1193-201.
- 66 M. A. Wagenmakers, J. D. Boogaarts, S. H. Roerink, H. J. Timmers, N. Stikkelbroeck, J. W. Smit, E. J. van Lindert, R. T. Netea-Maier, A. J. Grotenhuis, A. Hermus, 'Title: Endoscopic Transsphenoidal Pituitary Surgery: A Good and Safe Primary Treatment Option for Cushing's Disease, Even in Case of Macroadenomas or Invasive Adenomas', *Eur J Endocrinol* (2013).

- 67 Y. R. Yadav, V. Parihar, M. Agarwal, S. Sherekar, P. Bhatele, 'Endoscopic Vascular Decompression of the Trigeminal Nerve', *Minim Invasive Neurosurg*, 54 (2011), 110-4.

9 Publikationen

Montibeller, GR; Oertel, J

Endoskopisch assistierte Operationen der hinteren Schädelgrube.

Abstractband "Hintere Schädelgrube und kraniozervikaler Übergang - innovative Techniken". 2013; 30-30.-21. Jahrestagung der Gesellschaft für Schädelbasischirurgie e.V. (GSB); OCT 11-12, 2013; Tübingen, GERMANY. (ISBN: 978-3-9816002-5-4)

Montibeller, GR; Gaab, MR; Oertel, J

What is the role of the endoscope during microsurgical removal of vestibular schwannomas?

Abstractband 63. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC), Leipzig, 13.-16.06.2012. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2012. DocFR.12.04 (DOI: 10.3205/12dgnc269, URN: urn:nbn:de:0183-12dgnc2692)

10 Vorträge

21. Jahrestagung der Gesellschaft für Schädelbasischirurgie (GSB), Tübingen, Deutschland: **“Endoskopisch assistierte Operationen der hinteren Schädelgrube.”** 2013.

Montibeller, GR; Oertel, J

XV. Kongress der Brasilianischer Akademie für Neurochirurgie, Belem, Brasilien: **“What is the role of endoscope during microsurgical removal of vestibular schwannomas?”** 2013.

Montibeller, GR; Gaab, MR; Oertel, J

11 Danksagung

Prof. Dr. med. Joachim Oertel, Chef und Mentor, danke ich herzlich für die Überlassung des Themas, die unbegrenzte Unterstützung, freundliche Anregungen und die Möglichkeit, diese Arbeit schreiben zu dürfen.

Prof. Dr. med. Wolfgang Reith, Direktor der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie, danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens und für wertvolle Anregungen beim Schreiben dieser Arbeit.

Meiner Mutter Regina Ramina Montibeller danke ich dafür, dass sie mir zeigte, wie man mit den ernstesten Dingen des Lebens umgeht.

Meinem Vater João Carlos Montibeller danke ich dafür, dass er mir zeigte, dass man über die ernstesten Dinge auch lachen kann.

PD Dr. rer. nat. Steffi Urbschat danke ich dafür, dass sie mir zeigte, was strukturiertes Denken bedeutet und ich danke ihr für ihre wertvolle Beratung.

PD Dr. med. Christoph A. Tschan, Freund und Kollege danke ich für die Unterstützung und seine freundliche und jederzeitige Hilfsbereitschaft.

Daniel Meier, Freund und Kollege, danke ich für die Korrektur der deutschen Grammatik.

Ein besonderer Dank für ihre Geduld und fürs Durchhalten meiner unregelmäßigen Arbeitszeit gilt meiner Freundin Regine Spring.