

Ruhr-Universität Bochum  
Prof. Dr.med. Martin Scholz  
Dienstort: Sana Klinikum Duisburg Wedau  
Abteilung für Neurochirurgie

Reduktion der Komplikationsrate bei Operationen an der hinteren  
Schädelgrube durch eine doppelte Duraverschluss-Methode  
(Sandwich)

Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
einer  
Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von  
Anne Verena Heymanns  
aus Bremerhaven  
2019

Dekan: Prof. Dr.med. Ralf Gold  
Referent: Prof. Dr.med. Martin Scholz  
Koreferent: PD. Dr.med. Ulrich J. Knappe

Tag der mündlichen Prüfung: 06.06.2019

## Abstract

Einleitung: Operationen an der hinteren Schädelgrube sind sehr anspruchsvoll und bergen viele Risiken, beginnend von der Wahl des Zugangsweges bis hin zum Wundverschluss. Das Risiko einer Liquorleckage bei Operationen an der hinteren Schädelgrube liegt dabei laut Literatur bei 8%. Die von uns veröffentlichte Studie hatte zum Ziel, den positiven Einfluss einer doppelten Duraverschlussmethode auf das Gesamtaufreten dieser Komplikation zu zeigen. Diese trat bei den in Duisburg behandelten Patienten in 3,8% der Fälle auf.

Material und Methode: In die retrospektive Studie wurden dreihundertzehn (n=310) Patienten aufgenommen, welche in den Jahren 2009 bis 2014 in Duisburg durch Eingriffe an der hinteren Schädelgrube behandelt wurden. Die Duraverschlussmethode war dann wie folgt: Lyophilisierte Dura wurde unter die körpereigene Dura eingebracht und mittels Naht und Fibrinkleber geschlossen. Die Dura selbst wurde per adaptierender Naht vernäht. Dann erfolgte das Aufbringen von Tachosil sowie Gelfoam und schlussendlich noch PMMA zwecks Verschlusses des Knochendefektes.

Das Vorkommen von postoperativen Komplikationen wie Liquorleckage, Wundinfektion und Blutung wurde in Zusammenhang mit der gewählten Verschlussmethode ausgewertet und in den Vergleich zu Metaanalyseergebnissen der Literaturrecherche gestellt.

Resultat: Nur 3,8% der Patienten zeigten eine Duraleckage, von denen nur 0,5% einer Revision bedurften. Zwei Prozent hatten cerebelläre Blutungen ohne den Bedarf einer erneuten Operation. Bei 3% trat eine Wundinfektion auf, welche durch antibiotische Therapie behandelt wurde.

Zusammenfassung: Die doppelte Duraverschlussmethode (Sandwich), welche wir in Duisburg anwendeten, zeigte eine deutliche Reduktion des Auftretens einer Liquorleckage im Vergleich zur aktuellen Literatur.

Widmung

Diese Arbeit widme ich meinem Mann und meinen Kindern.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	7
1.1 Geschichtlicher Rückblick	7
1.2 Allgemein	8
1.2.1 Lagerung	11
1.2.2 Zugangsweg	12
1.2.3 Operationsgebiet	13
1.3 Erwartete Komplikationen	14
1.3.1 Blutung	15
1.3.2 Infektionen	16
1.3.3 Liquorzirkulationsstörung	19
1.4 Duraverschluss	21
2. Zielsetzung	23
3. Methoden	26
3.1 Allgemein	26
3.1.1 Patientengut	26
3.1.2 Entitäten	27
3.1.3 Erstellung Metaanalyse	28
3.1.4 Dateneinschluss	29
3.1.5 Ethikvotum	30
3.2 Operationsverfahren	33
3.3 Genutzte Materialien	33
3.3.1 Neodura	33
3.3.2 Versiegelungsmatrix	34

3.3.3 PMMA	36
3.3.4 Nahtmaterial und Naht	36
3.4 Vorgehen bei beobachteten Komplikationen	37
3.4.1 Liquorleckage	39
3.4.2 Nachblutung	39
3.4.3 Wundinfektion	40
3.5 Datenverarbeitung und -auswertung	41
4. Ergebnisse	42
4.1 Allgemein	42
4.1.1 Liquorleckage	44
4.1.2 Wundinfektion	45
4.1.3 Nachblutung	45
4.1.4 Aufstau	46
4.1.5 Luftembolische Ereignisse	46
4.2 Komplikationen spezieller Gruppen	47
4.2.1 Komplikationen bei prim. Kleinhirnblutungen	48
4.2.2 Komplikationen nach Alter und Geschlecht	49
4.3 Operationsdauer, Erfahrung und Materialverbrauch	52
5. Diskussion	54
5.1 Allgemein	54
5.1.1 Handhabung des Duraverschlusses im Laufe der Zeit	54
5.2 Metaanalyseergebnisse	57
5.3 Komplikationen im direkten Vergleich zu Metaanalysedaten	64

5.3.1 Liquorleckagen	68
5.3.2 Wundheilungsstörungen	69
5.3.3 Nachblutungen	70
5.3.4 Gegenüberstellung der Metaanalyseinhalte	77
5.4 Luftembolien und Lagerung als gesonderte Komplikation	78
5.5 Postoperatives Procedere	78
5.6 Äußere beeinflussende und beeinflussbare Faktoren	78
5.6.1 Erfahrung des Operateurs	79
5.6.2 Operationsdauer	80
5.6.3 Kosten der stationären Unterbringung	81
5.6.4 Materialkosten	82
5.7 Patientenzufriedenheit	84
6. Zusammenfassung	85
7. Literaturverzeichnis	88

## Verzeichnis der Abkürzungen

A	Arteria
Aa	Arteriae
cCT	craniale Computertomographie
cMRT	craniale Magnetresonanztomographie
CSF	Cerebrospinal fluid
N	Nervus
NSAID	non-steroidal anti-inflammatory drugs
OP	Operation
OR	Odds Ratio
PMMA	Polymethylmethacrylat
PEG	Polyethylenglycolhydrogel
PFO	Persistierendes Foramen Ovale
Post	posterior
Occ	occipital
RKI	Robert Koch Institut
Sup	Superior
TEE	Transoesophageal echocardiography
TPD	TissuePatchDural
V	Vena
VAE	Venus Air Embolism
ZNS	Zentrales Nervensystem

## Verzeichnis der Abbildungen

Abb.1	Skizze Sitzende Lagerung	S. 11
Abb.2	Schematische Darstellung des Zugangswegs	S. 13
Abb.3	Einteilung der Schädelgrube	S. 14
Abb.4	CT Angiogramm des gemischt arterio-venösen Systems	S. 15
Abb.5	Liquorzirkulation	S. 20
Abb.6	Entitäten	S. 28
Abb.7	Skizze Duraverschlussmethode	S. 32
Abb.8	LyoPlant®	S. 34
Abb.9	DuraGuard®	S. 34
Abb.10	Tachosil®	S. 35
Abb.11	Intraoperative Bilder des Duraverschlusses mit Sandwichmethode	S. 43
Abb.12	Komplikationen nach Vorkommen	S. 47
Abb.13	Komplikationen bei prim. Kleinhirnblutung	S. 48
Abb.14	Komplikationen Frauen	S. 50
Abb.15	Komplikationen Männer	S. 51
Abb.16	Komplikationen nach Alter	S. 52
Abb.17	Komplikationen nach Operationsjahr	S. 53
Abb.18	Anteilswerte der Metaanalyse nach Gesamtstudien	S. 67
Abb.19	Anteilswerte Metaanalyse Studienarme	S. 68

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Wundinfektionen und ihre Erreger nach Fachrichtung	S. 18
Tabelle 2	Hygienemanagement	S. 18
Tabelle 3	Methodenübersicht	S. 23
Tabelle 4	Metaanalyseergebnisse Übersicht	S. 63

## 1. Einleitung

### 1.1. Geschichtlicher Rückblick

Operationen an der Schaltstelle des Lebens beschäftigen und faszinieren die Menschheit bereits seit Jahrtausenden und das immer mit neuen Blickwinkeln, Schwerpunkten und Möglichkeiten. Insbesondere das letzte Jahrhundert zeigt sich hierbei richtungsweisend.

So mögen die Forschungen von Harvey Cushing für die Neurochirurgie der Beginn einer effektiveren und filigraneren Auseinandersetzung mit Operationsbedingungen und -techniken gewesen sein. Stellte er sich doch als einer der ersten an den Operationstisch, wechselte auf ein moderneres Narkosemittel und testete die Elektrokoagulation von Bovie. [56,57]

Einer seiner Wegbegleiter war Percival Bailey, der sich ebenfalls den intensiven Studien der Hirnforschung verschrieben hatte und gemeinsam mit Cushing unermüdlich die Forschung antrieb. In den 1930er Jahren setzte er sich z.B. bereits mit einer möglichen Toxizität des Liquors auseinander. [12]

In Deutschland fanden sich in Tönnies und Zülch ähnlich engagierte Ärzte, die nicht zuletzt durch die Bildung der Gesellschaft für Neurochirurgie für einen Austausch der Disziplinen und ein Voranbringen der medizinischen Entwicklung sorgten. Sie setzten sich z.B. auch ausführlich mit Problemen der Liquorzirkulation auseinander. [37]

Mit dem Auftreten und Verschließen von Liquorleckagen befassten sich in den 1930er und 1940er Jahren insbesondere Dandy und

Cairus. Letzterer berichtet in seinen Kasuistiken von ersten Versuchen des Einbringens von Fasziengewebe zum verbesserten Duraverschluss. Dandy forcierte ein frühzeitiges operatives Vorgehen - mit der Feststellung, dass dieses allein einer möglichen Meningitis nicht entgegenwirke. [10]

In den folgenden Jahren widmeten sich beide weiterhin diesem Thema. Ein wichtiges Anliegen dabei: das Finden eines Konsensus. Dieses gilt bis heute, denn mit weiterwachsendem Wissen und Materialangebot steigt auch die Anzahl an Möglichkeiten der Nutzung selbiger.

## 1.2 Allgemein

Liquor kann aufgrund verschiedener Ursachen aus dem von der Dura wasserdicht verschlossenen zentralen Nervensystem austreten - traumatisch als auch nicht-traumatisch. Traumatisch erfasst hierbei ein accidentelles Geschehen aber auch eine iatrogen zugefügte Verletzung bzw. unzureichenden intraoperativen Verschluss der Dura. Als spontan gelten hierbei aufgrund von Tumoren, Malformationen oder Infektionen auftretende Liquorausstritte. Sowohl bei traumatisch als auch nicht-traumatisch bedingten Liquorausstritten kann man akute Verläufe als auch verzögert auftretende (oder auch spät diagnostizierte) Leckagen feststellen. [42]

Jedwede Form der Liquorleckage birgt unterschiedliche Risiken: das Risiko einer fortschreitenden Infektion ist dann offensichtlich, wenn Liquor aus der Haut ausstritt bzw. mit der Außenwelt in Kontakt kommt. Dann können Bakterien, welche die Haut besiedeln, in kürzester Zeit in das ZNS einwandern. Besonders

diese Variante bedarf einer sehr raschen, gut evaluierten Behandlung mit dem Ziel, das Zentralnervensystem wieder von der Außenwelt zu trennen, also den Liquoraustritt sofort zu unterbinden.

Die Vorstufe davon, nämlich die Bildung eines Liquorkissens unter der Haut oder subcutan/subgaleal, ist ebenfalls ein ernstzunehmendes Problem, auch wenn noch kein Liquor aus der Haut austritt. In diesen Fällen ist die Duragrenze bereits überschritten und der Liquor sammelt sich in einem neuen Cavum z.B. unter der Haut oder im Muskel. Die Haut kann durch den chronischen Liquordruck immer mehr ausgedehnt werden und es kann dann sekundär zum Liquoraustritt und damit zur Meningitis kommen. In einigen Fällen entsteht aber auch ein neues Gleichgewicht zwischen Resorption und Liquoraustrittsmenge und die Liquorkissen bleiben konstant ohne Wachstum. Wenn dies lang genug erfolgt, entwickelt sich so etwas wie eine Pseudomeningozele, d.h. diese neue Cavum wird von einer sehr glatten Grenzschicht ausgekleidet.

Dem Gebiet der iatrogen verursachten Liquorleckagen kommt dabei aufgrund des Fortschritte im Bereich der Operationstechniken und Materialien eine besondere Bedeutung zu. Hier ist das oberste Ziel zu erkennen, die Versorgung des Patienten komplikationsärmer, weniger invasiv und zeitlich optimiert zu gestalten. Daneben gilt es, neue Materialien und Instrumentarien einzusetzen und zu erproben, welche es dem Operateur ermöglichen, o.g. Ziele zu erreichen sowie seine eigene Handfertigkeit und deren Umsetzung zu verbessern.

In den vergangenen hundert Jahren ist die operative Medizin durch vielerlei technische Fortschritte deutlich revolutioniert worden. Waren zu Beginn des letzten Jahrhunderts noch hohe Zahlen der Morbidität oder Mortalität zu beklagen, so konnte z.B. durch ein schnelleres Verschließen von Blutungsquellen durch das Kauterisieren mittels Elektrokoagulation eine nicht geringe Anzahl an Komplikationen reduziert werden. Diese Technik stellte Bovie 1926 erstmals Cushing für eine Operation zur Verfügung. In den Jahrzehnten danach ist bis heute lediglich eine Anpassung der Technologie notwendig gewesen. Ihr Einsatz aber konnte die Komplikationsraten intra- und auch postoperativ deutlich reduzieren. [57]

Die vorliegende Arbeit setzt sich mit der Thematik der Operationen an der hinteren Schädelgrube und insbesondere mit einer Verbesserung der Komplikationsrate auseinander. Viele Faktoren sind aufgrund des vulnerablen OP-Gebietes hierbei zu berücksichtigen. Enge Lagebeziehungen zwischen Gefäßen und Nervenbahnen, funktional entscheidende Hirnareale oder räumliche Begrenzungen durch den Schädelknochen selbst machen Operationen am hinteren Kranium zu einer für den Operateur außerordentlichen Herausforderung. Und all diese Rahmenbedingungen bergen natürlich auch spezielle Risiken in der Operationsdurchführung.

Unser Hauptaugenmerk liegt hierbei am Endpunkt der Operation und beschäftigt sich mit dem Verschluss der Dura. Deren suffizienter Verschluss stellt gerade zum Abschluss eines Eingriffes nochmals eine Filigranarbeit dar, die einen hohen Anteil am Gesamtergebnis des Eingriffes hat.

Neben der Verschlusstechnik der Dura werden noch weitere potentielle Komplikationsbereiche betrachtet. Hierbei werden das Procedere im Bereich der Lagerung, der Prävention der Wundheilung sowie die Blutungsgefahr betrachtet.

### 1.2.1 Lagerung

Wenn man sich der oben beschriebenen Fragestellung widmet, steht man bereits zu Beginn einer Operation vor einer wichtigen Entscheidung: wie lagere ich meinen Patienten, um eine gute Sicht auf mein Operationsgebiet zu erhalten und gleichzeitig so wenig beeinträchtigend als möglich zu agieren? Die Frage der Lagerung des Patienten unterliegt in den letzten Jahrzehnten immer wieder einer breiten Diskussion. So ist die sitzende bzw. halbsitzende Position bei den in dieser Arbeit gezielt betrachteten Operationen an der hinteren Schädelgrube eine der präferierten Lagerungen zur Erlangung eines besseren Ergebnisses peri- sowie postoperativ. Auch der Verband der Neuroanästhesiologen empfiehlt diese Lagerungswahl, dann allerdings unter anästhesiologischen Anpassungen sowie erweiterten Voruntersuchungen. [9,18]



Abb.1 Skizze Sitzende Lagerung

Neben den normalen operativen Risiken birgt die sitzende Position allerdings auch einige spezielle Komplikationsmöglichkeiten, so sind z.B. das Auftreten einer Luftembolie, hämodynamische Instabilität oder auch kompressionsbedingte periphere Neuropathien beschrieben. [49, 51]

Dem gegenüber steht eine sehr gute Einsicht in das Operationsgebiet durch schwerkraftbedingtes nach unten Fließen von Blut und Spülflüssigkeit sowie ein guter Zugang zur Mittellinienregion, insbesondere z.B. bei Pinealistumoren, bedingt durch den Abfall des Kleinhirns - ebenfalls schwerkraftbedingt. Geringere Schwellung der Kleinhirnregion am Ende der Operation kann dem Duraverschluss zuträglich sein [8].

### 1.2.2 Zugangsweg

In der von uns durchgeführten retrospektiven Studie haben wir ausschließlich Operationen gewählt, welche einen suboccipitalen Zugang zum Operationsgebiet ermöglichen. Im Jahr 2012 berichteten Velho et al. in ihrer Studie von unterschiedlichsten Zugangswegen bei Meningeomoperationen sowie deren Vor- und Nachteilen in Bezug zu den zu operierenden Strukturen. Wir schließen uns ihrer Aussage bzgl. des einfachen und sicheren Weges zu Tumoren an der von uns betrachteten hinteren Schädelgrube an. Hierbei wird der Hautschnitt linear, medial oder lateral, je nach Lokalisation der zu operierenden Entität, geführt. Die zumeist osteoplastische Trepanation erfolgt dann nach zirkumzischer Bohrlochanlage sowie Verbindung dieser durch Säugung. Die unterhalb der Kalotte liegende Dura mater wird mittels

Dissektoren gelöst, bevor diese dann vorsichtig eröffnet wird.  
[38,58]

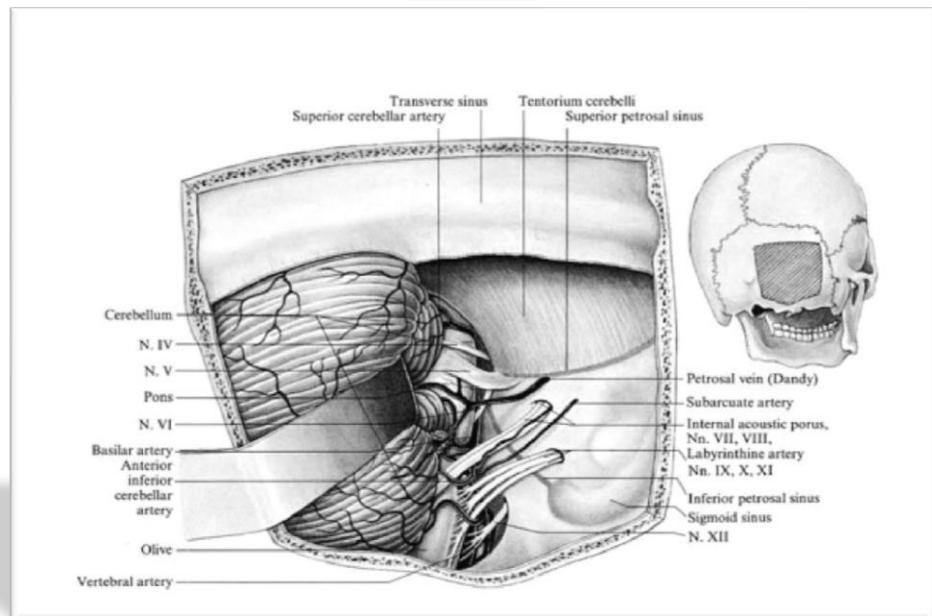


Abb. 2 Schematische Darstellung des Zugangswegs, aus Helms J et al., Surgical Anatomy of Head and Neck (1988), Springer Verlag, mit freundlicher Genehmigung des Verlages

### 1.2.3 Operationsgebiet

Als Operationsgebiet betrachten wir in unserer Studie ausschließlich Operationen an der hinteren Schädelgrube.

Diese stellt ein sehr komplexes anatomisches Gebiet dar. Durch sehr enge Lagebeziehungen von Nerven und Gefäßen sowie ein dichtes intraoperatives Heranreichen an den Hirnstamm bedürfen Operationen in diesem Gebiet einer ausgeprägt feinen Handfertigkeit und diffiziler anatomischer Kenntnisse bzw. deren dreidimensionaler Vorstellungsfähigkeit.

Die hintere Schädelgrube reicht vom Foramen magnum, an dem es sich mit dem Canalis vertebralis verbindet, bis zur Incisura tentorii, an welcher sie mit dem supratentoriellen Raum in Kontakt tritt. Den knöchernen Anteil stellt insbesondere das Os occipitale. Das Os temporale, Os parietale sowie das Os sphenoidale komplettieren die Knochenstruktur. Die Grube wird nach vorne vom Dorsum sellae als hinterem Teil des Corpus ossis sphenoidalis und dem Clivus ossis occ., nach hinten von der Squama occ., seitlich von der Pars petrosa und Pars mastoidea des Os temporale und der Pars lateralis des Os occipitale begrenzt. [36,48]

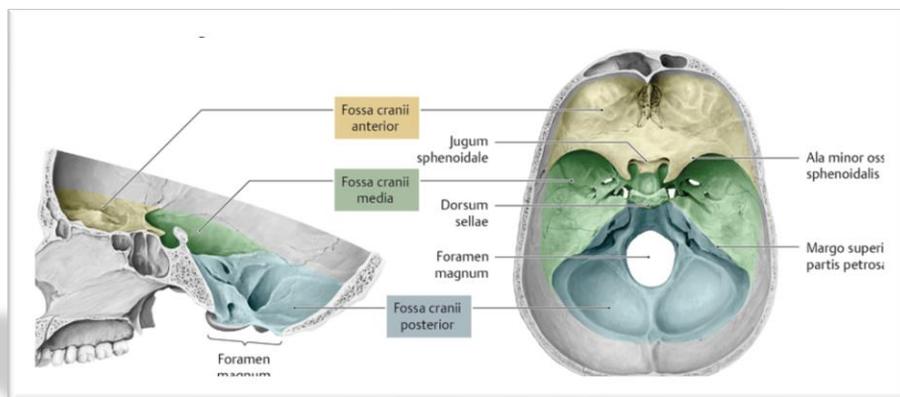


Abb. 3 Schematische Darstellung der Schädelbasis mit hinterer Schädelgrube, nach Schulte, Erik; Schumacher, Udo; Schünke, Michael aus PROMETHEUS Kopf, Hals und Neuroanatomie, Thieme Verlag, 2015.

### 1.3 Erwartete Komplikationen

Aufgrund der oben genannten räumlichen Bezüge finden sich in diesem Operationsgebiet spezielle Komplikationsrisiken, die einer genaueren Betrachtung unterzogen werden sollen.

### 1.3.1 Blutungen

Akute Blutungen sowie Nachblutungen stellen, insbesondere im so gut vaskularisierten Bereich des Kraniums, eine häufig auftretende Komplikation dar.

So können Blutungen bereits im Rahmen der Trepanation aus Brückenvenen oder dem Knochenrand entstehen. Aber auch jedes Gefäß auf dem Weg zum Resektionsort stellt eine individuelle Gefahr dar: so zum Beispiel das arterielle Netz um das Cerebellum, die Aa. cerebelli inferiores oder die A. cerebelli sup. Bei Operationen an der hinteren Schädelgrube kommt dem Sinus sagittalis und dem Sinus occipitalis bzgl. einer fulminanten Blutung eine besondere Bedeutung zu. Auch der venöse Plexus um das Foramen Magnum kann zu größeren Blutungen führen. [38,39]



Abb.4 CT-Angiogramm des gemischt arterio-venösen Systems bei einem Pat. mit Pinealistumor-Rezidiv. Mit freundlichem Dank an Prof. Scholz.

Diesen Blutungen kann je nach Lokalisation mit verschiedenen Techniken entgegengetreten werden. Blutungen aus dem Knochendefekt nach Trepanation kann mit Knochenwachs Einhalt geboten werden. Findet sich die Blutungsquelle in der Dura mater, so ist die bipolare Verödung eine denkbare Methode. Finden sich größere venöse Blutungsquellen, so kann auf Gelatinschaum, fibrinbelegte Matrix oder Oxyzellulose zurückgegriffen werden.

Allgemein sollte der Duralappen zum Entgegenwirken epiduraler Blutungen, bedingt durch das Ablösen der Dura nach intraoperativer Druckentlastung von der Kalotte, durch Anlegen von Hochnähten und Fixierung insbesondere in Richtung vulnerabler Strukturen zur Freilegung des Operationsgebietes hinzugezogen werden. [38,40]

In unserer Studie haben wir diese Komplikationen ebenfalls betrachtet und in Vergleich mit den in der aktuellen Datenauswertung der Metaanalyse angegebenen Zahlen anderer Studien gesetzt.

### 1.3.2 Infektionen

Auch Wundinfektionen, welche bei jedem operativen Eingriff zu entstehen drohen, sind immer wieder im Fokus der aktuellen Studien, sodass sie ebenfalls in unserer Auswertung einer genaueren Betrachtung unterliegen. Sie dienen uns allerdings zusätzlich als ein wichtiger Aussagefaktor bzgl. der Vergleichbarkeit unserer Daten, da aufgrund standardisierter Hygienemaßnahmen eine große Vergleichbarkeit von Fallzahlen zu erwarten sein dürfte. So haben sich Wundinfektionen z.B. durch

moderne Hygiene- und Antibiotikaregime deutlich in ihrer Ausprägung eingrenzen lassen.

Das Robert Koch-Institut hat hierzu eine Kommission gebildet, welche Empfehlungen zur genauen Handhabung zur Eindämmung iatrogenen oder endogener Infektionen im prä-, peri- und postoperativen Verlauf ausspricht. Durch eine genaue Dokumentation und konsequente Anwendung einer Stratifizierung von Risikofaktoren und deren Behebung ist eine deutlich reduzierte Anzahl an Wundheilungsstörungen erreicht worden. Klar definierte Hygienestandards im prä-, peri- als auch postoperativen Procedere dienen neben einer Eindämmung der Keimverschleppung einer unterstützenden Wundheilung und -pflege. [42]

Für Meningitiden, welche nach einem neurochirurgischen Eingriff auftreten, werden bei Steiger und Reulen insbesondere *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus epidermidis* angegeben. Des Weiteren sollen *Escherischia coli*, *Klebsiella pneumoniae* und *Pseudomonas aeruginosa* für eine solche Infektion verantwortlich sein. [52]

Tabelle 1 Wundinfektionen und ihre Erreger nach Fachrichtung, modifiziert nach RKI, Prävention postoperativer Infektionen im Wundgebiet (2007) [43]

Isolate	Allgemein/Thorax- chirurgie (n=2527)	Orthopädie/Traumatologie (n=1631)	Herz- chirurgie (n=714)	Gefäß- chirurgie (n=653)
<b>S.aureus</b>	11,4	42,7	39,6	39,0
<b>Enterokokken</b>	12,9	10,9	8,7	10,7
<b>E.coli</b>	22,6	4,1	2,7	6,7
<b>P. aeruginosa</b>	3,8	3,2	3,6	2,6
<b>Klebsiella</b>	3,7	1,2	0,8	3,0
<b>Koa.neg.Stap</b>	4,2	19,4	21,1	9,3
<b>Enterobacter</b>	12,9	2,4	4,3	3,3
<b>Streptokok</b>	4,8	4,8	1,5	5,3
<b>Candida</b>	1,4	0,2	0,5	0,2

Tabelle 2 Hygienemanagement, modifiziert nach Bundesgesundheitsblatt Präambel zum Kapitel D, Hygienemanagement, Richtlinien der Infektionsprophylaxe S.949 (2009) [31]

Wesentlich sind Aspekte		
der Krankenhaushygiene	der mikrobiologischen Diagnostik	des Einsatzes von Antibiotika
Präsenz einer angemessenen Zahl von Hygienefachpersonal (infection control nurse/doctor)	Definition von Problemerregern	Erfassung und Rückkopplung des Antibiotikaverbrauchs
Surveillance nosokomialer Infektionen	Screening von Risikopatienten auf definierte Problemerreger. Erstellen regelmäßiger Erreger- und Resistenzstatistiken	Vorgaben zum Einsatz von Antibiotika zur perioperativen Prophylaxe
Monitoring der Compliance mit den Händehygieneregimen	Verfügbarkeit/Zugang zu geeigneten Laboratorien für die klinisch-mikrobiologische Diagnostik	Therapiestandards zur Vermeidung nicht indizierter Antibiotikagaben
Schulungsprogramme für das Personal	Adäquate mikrobiologische Diagnostik von Antibiotikagaben	
Regelmäßige Auditierung der Strategien und Präventionsstandards		

### 1.3.3 Liquorzirkulationsstörungen

Die Duraeröffnung selbst stellt einen iatrogenen Einfluss auf die Zirkulation des Liquors dar. Durch die enge Beziehung zwischen dem 4. Ventrikel, dem Foramen Magendii sowie dem Aquädukt ist dieses Areal jedoch auch anatomisch besonders anfällig für liquorfluss-beeinträchtigende Ereignisse. Dies bedeutet sowohl die Möglichkeit einer Leckage durch das Eröffnen der Dura sowie eines Aufstaus des Liquors posttraumatisch. Den Aufstauungsereignissen wird allerdings in dieser Arbeit nur am Rande Beachtung geschenkt werden.

Der Liquor cerebrospinalis umschließt die craniospinale Achse in ihrer Gänze. Er erfüllt Aufgaben wie diese sonst von Lympflüssigkeit, also dem Stoffwechsel der Nervenzellen dienend, erbracht werden. Des Weiteren bietet er einen gewissen Schutz vor z.B. Erschütterung. Auch ermöglicht er durch einen relativen Gewichtsverlust des Gehirns eine Reduktion der Druckbelastung an der Schädelbasis durch Eigengewicht. Er ist Medium von Immunzellen wie z.B. Lymphozyten. Er wird im Plexus choroideus gebildet und zirkuliert durch alle Ventrikel, den Zentralkanal sowie im Subarachnoidalraum und den Cisternen des Kraniums. Über eine Ausstülpung der Arachnoidea in den Sinus sagittalis sup. kann das venöse Blut dann abdrainierten Liquor resorbieren. Weitere Anteile werden über das Perineurium in die Peripherie transportiert und dort resorbiert. Täglich werden im Ventrikelsystem etwa 500-700ml Liquor gebildet, die tatsächlich zirkulierende Menge wird dabei physiologisch auf ca. 150ml begrenzt. [36]



Die Möglichkeit einer Reduktion dieser Komplikation bedeutet also eine gleichzeitige Reduktion der Morbidität und Mortalität. [50]

Dem Verschluss der Dura kommt somit ein in seiner Bedeutung nicht zu unterschätzender Faktor am Ende einer Operation an der hinteren Schädelgrube zu.

#### 1.4. Duraverschluss

Um die oben genannten fortschreitenden Beeinträchtigungen des Patienten zu verhindern, gilt es, einen suffizienten Verschluss der Dura am Ende der Operation herzustellen. Die klare Vorgabe hierbei ist: „wasserdicht, spannungsfrei und lückenlos“. [40]

Neue Materialien wie Fibrinkleber oder künstliche Dura ermöglichen eine Unterstützung beim Verschluss der Dura, welche das sonst oftmals genutzte körpereigene Material wie Muskelresektat ersetzen können. Hierbei gibt es je nach Operateur und Klinik verschiedenste Herangehensweisen. So ließen sich in unserer Metaanalyse bei pubMed veröffentlichter Studien bzgl. Operationen an der hinteren Schädelgrube verschiedene Methoden des Verschlusses finden, welche von der einfachen Suture der Dura als Matratzennaht über PEG-Kleber oder Kunstdura auch verschiedenste Materialien einbeziehen. Allen gemein sein sollte eine geringe inflammatorische Neigung und eine gute Sterilisierbarkeit des genutzten Materials. [3,14,21,31,32,47,55,58,]

So berichten Jito et al. von einer reinen Anwendung von PEG-Kleber nach Verschluss der Dura durch fortlaufende Naht - in diesem Fall auch mit einer deutlich erhöhten Anzahl von CSF

Leckagen. In der von ihnen ebenfalls parallel durchgeführten Metaanalyse wird aber auch von Studien mit Angaben deutlich geringerer Komplikationsraten berichtet. [30]

Kehler et al. stellten in einer Studie über CSF Leckagen fest, dass sich neben allgemeinen Risikofaktoren wie der Größe des Operationsgebietes oder das Operationszielgebiet im Speziellen auch die insuffiziente Verschlussnaht der Dura als Gefahrenquelle für das Auftreten eines solchen Liquorlecks vermuten lässt. [57]

Das Verwenden körpereigener Verschlussmaterialien wie Muskelgewebe, der Galea oder Teile der Fascia lata sollte insbesondere bei onkologischen Patienten diskutiert werden, da das Gewebe selbst vielfach durch Chemotherapie und/oder Bestrahlung beschädigt und nur bedingt für eine Defektdeckung und gute Wundheilung geeignet ist. Des Weiteren zeigen sich die Entnahmestellen selbst durch ein erhöhtes Risiko einer Wundheilungsstörung als das postoperative Ergebnis negativ beeinflussend. In Tabelle 3 wird eine Übersicht gängiger angewandter Methoden des Duraverschlusses und dabei genutzter Materialien sowie der damit verbundenen zu erwartenden Vor- und Nachteile gegeben.

Das Schließen der Dura mittels direkter Naht ohne zusätzliche Hilfsmittel erscheint ebenfalls diskussionswürdig, da aufgrund der vielfach langen Operationszeiten die Duraränder oft trotz des Versuchs des Feuchthaltens eintrocknen und schrumpfen und sich das Gewebe zusammenzieht, was einem suffizienten Verschluss mit überlappenden Gewebeanteilen entgegensteht und somit oftmals einer Leckage zuträglich ist. [5,21,29]

Tabelle 3 Methodenübersicht

Methoden	Art	Vorteil/Nachteil
<b>Naht</b>	Vorlaufend, Einzelstich	Einzelner Arbeitsschritt/ Duraränder schlecht adaptierbar?
<b>Muskel</b>	z.B. Trizeps surae	Körpereigen/ Vorschädigung Gewebe?
<b>Fett</b>	z.B. Oberbauch	Körpereigen/ Vorschädigung Gewebe?
<b>Fibrinkleber</b>	Physiologischen Ursprungs aus Biomaterial	Leichte Handhabung/ Allergische Reaktion?
<b>Durapatch</b>	z.B. Kunststoff, bovin	Gute Verschlussfläche/ Je nach Material Körperreaktion? Fähigkeit?
<b>PEG</b>	Polymer	Flüssig/ Allergische Reaktion?

Je nach Technik und Material kann zwischen einer Underlay-, Onlay- oder Overlay-Technik unterschieden werden. Wird bei der Underlay-Methode das Transplantat zwischen die vom Knochen gelöste Dura und selbigen geschoben, so erfolgt bei der Overlay-Variante das Aufbringen des Transplantates von außen Richtung Knochen. Die Onlay-Technik stellt ein direktes Deckeln des Substanzdefektes dar. Eine Kombination verschiedener Methoden und Materialien ist möglich und je nach Operateur und Erfahrung durchführbar. [3,40]

## 2. Zielsetzung

Der Schwerpunkt der vorliegenden Doktorarbeit liegt in der Beurteilung einer möglichen Reduktion von Komplikationen bei Operationen an der hinteren Schädelgrube durch die bei uns in Duisburg angewandte Verschlussmethodenkombination sowie einer Einschätzung der Vor- und Nachteile dieses Verfahrens im Rahmen einer Literatur-Metaanalyse.

Mit der gezielten Auswahl von Operationen an der hinteren Schädelgrube soll zudem ein Operationsfeld betrachtet werden, welches aufgrund seiner anatomischen Begebenheiten noch weiter erschwerende Operationsbedingungen beinhaltet. So sind die Frage der Lagerung und die damit verbundenen Umgebungssituationen am Rande ebenfalls in unsere Untersuchungen mit eingeflossen.

Unsere Hauptfrage lautet: „Kann die von uns angewandte Methodenkombination eine deutliche Reduktion der Liquorleckagen ermöglichen?“

Eine weitere Minimierung der Komplikationsraten liegt aus verschiedenen Gründen im Interesse des Operateurs sowie der Klinik und nicht zuletzt des Patienten selbst.

So kann durch eine dauerhafte Reduktion der Operationskomplikationen die Liegedauer reduziert werden. Die Kosten einer längeren Unterbringung würden sich somit verringern lassen. Folgebehandlungen schlagen oftmals ebenfalls mit hohen Behandlungskosten zu Buche. Bei einer Reduktion selbiger wäre auch dies ein ökonomisch relevanter Punkt.

Ein besonderer und unserer Meinung nach der wichtigste Punkt ist aber sicherlich auch die steigende Zufriedenheit des Patienten bei insgesamt sehr guten postoperativen Ergebnissen.

Durch Auswertung der in unserer Klinik gewonnen Daten bzgl. eingetretener postoperativer Komplikationen soll die von uns angewandte Methode des Sandwichverschlusses im Vergleich mit anderen internationalen Studien und Veröffentlichungen der letzten

Jahre genauer betrachtet werden. Die klinikintern gewonnenen Zahlen werden mit diesen Daten der Metaanalyse verglichen, um eine gezieltere Aussage des Einflusses der Operationstechnik unseres Hauses auf die Komplikationsrate treffen zu können. Für diese Metaanalyse werden Studien aus den letzten Jahrzehnten, welche bei PubMed veröffentlicht wurden, hinsichtlich ihrer Angaben bzgl. CSF Leaks sowie deren genaues operatives Vorgehen, sofern angegeben, ausgewertet.

Um unsere Zahlen allgemein besser vergleichen zu können, wird neben den Zahlen der Liquorleckagen noch eine Auswertung der allgemeinen Komplikationsraten von Wundinfektionen sowie Blutungen durchgeführt und mit den ebenfalls in der Metaanalyse festgestellten Daten anderer Studien verglichen.

Aufgrund von aktuellen Studien mit Schwerpunkt zur Beurteilung der sitzenden Position bei Operationen an der hinteren Schädelgrube erfolgt des Weiteren die Suche nach Aufzeichnungen von intraoperativen luftembolischen Ereignissen.

Unsere Fragestellung ist, ob das in Duisburg angewandte Verfahren vergleichbare oder gar reduzierte Komplikationsraten ermöglicht und welche Unterschiede die jeweils beschriebenen Verfahren beinhalten. Des Weiteren erfolgt eine konstruktive Betrachtung der Vor- und auch Nachteile der angewandten Verschlussmethodik und soll so eine Eigenreflektion des angewandten Verfahrens ermöglichen.

### 3. Methode

#### 3.1 Allgemein

Die Studie ist retrospektiv gewählt. Es werden alle Operationen an der hinteren Schädelgrube der Jahre Ende 2008 bis Anfang 2015 als Erfassungszeitraum anhand der Operationsberichte, Briefe und weiterer Untersuchungsbefunde inklusive Bildgebung sowie der follow-up-Untersuchungen bzgl. der aufgetretenen Komplikationen bewertet, die in der Neurochirurgie des Klinikums Duisburgs durchgeführt wurden. Besagte Folgeuntersuchungen fanden nach drei und/oder sechs Monaten statt. Hierbei erfolgte eine körperliche Untersuchung nebst erneuter Kontroll-cMRT-Untersuchung. Im Vorfeld der Operation wurden ausführliche Untersuchungen mittels TEE zum Ausschluss eines PFO durchgeführt. Obligat wurde eine sowohl neurochirurgisch als auch anästhesiologisch fundierte Anamnese und Aufklärung über den geplanten Eingriff durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im Verlauf publiziert, wobei der Eigenanteil insbesondere in der vollständigen Datenerhebung und -auswertung sowie in Anteilen in der Konzeption und Abfassung des Artikels besteht. [26]

##### 3.1.1 Patientengut

Es werden nach Durchsicht von 441 Fällen in der veröffentlichten Studie 310 Patienten berücksichtigt. Davon sind 156 Patienten weiblich und 154 Patienten männlich. Das Altersspektrum befindet sich bei den davon 288 erwachsenen Patienten zwischen 18 und 85 Jahren. 22 Patienten waren zum Zeitpunkt des Eingriffes noch unter 18 Jahren; das Alter lag hier zwischen 0-14 Jahre.

Bezieht man die Patienten mit einem Blutungsereignis, sprich einem primären Hämatom als OP Indikation, welche die vorgegebenen Einschlusskriterien einhalten, in die Beurteilungen mit ein, so erhöht sich die Fallzahl um 52 Patienten. Davon sind 25 Patienten weiblich und 27 Patienten männlich.

### 3.1.2 Entitäten

Die operierten Entitäten beinhalten Metastasen von Kolon-, Mamma-, Bronchial-Carzinomen sowie Melanom-Metastasen. Weitere hirneigene Raumforderungen waren Akustikusneurinome, Kleinhirnbrückenwinkeltumoren, Astrozytome, Cavernome, Glioblastome, Teratoidtumor, Ependymome, Lymphome, Hämangiome, Meningeome, Medulloblastome, Meningozelen, Abszeße, Zysten, amyloide Angiopathien, Gangliome, infiltrierender Knochentumor sowie Tumoren unklarer Genese. Des Weiteren werden Operationen bei intrakraniellm Infarktgeschehen einbezogen. Diese werden allerdings aufgrund der zu erwartenden erhöhten Komplikationsrate wie z.B. höherer Nachblutungsgefahr oder Aufstau gesondert bzgl. des Auftretens von Komplikationen bewertet, indem eigens für diese Risikogruppe eine Auswertung der Komplikationsvorkommnisse erstellt wurde. Dabei muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass nicht die gesamte Anzahl der Operationen an Blutungen im Bereich der hinteren Schädelgrube ausgewertet werden konnte, da die Einschlusskriterien nicht erfüllt wurden.

Insgesamt wird die operierte Entität nicht in den Fokus der Untersuchung gesetzt. So erfolgt keine genaue und vollständige Unterscheidung z.B. bei Metastasen nach Primärtumor. Es erfolgt

eine Aufschlüsselung nach Operationen an Raumforderungen oder bei Blutungsereignissen. Dies wird in den Auswertungen genau dargestellt.

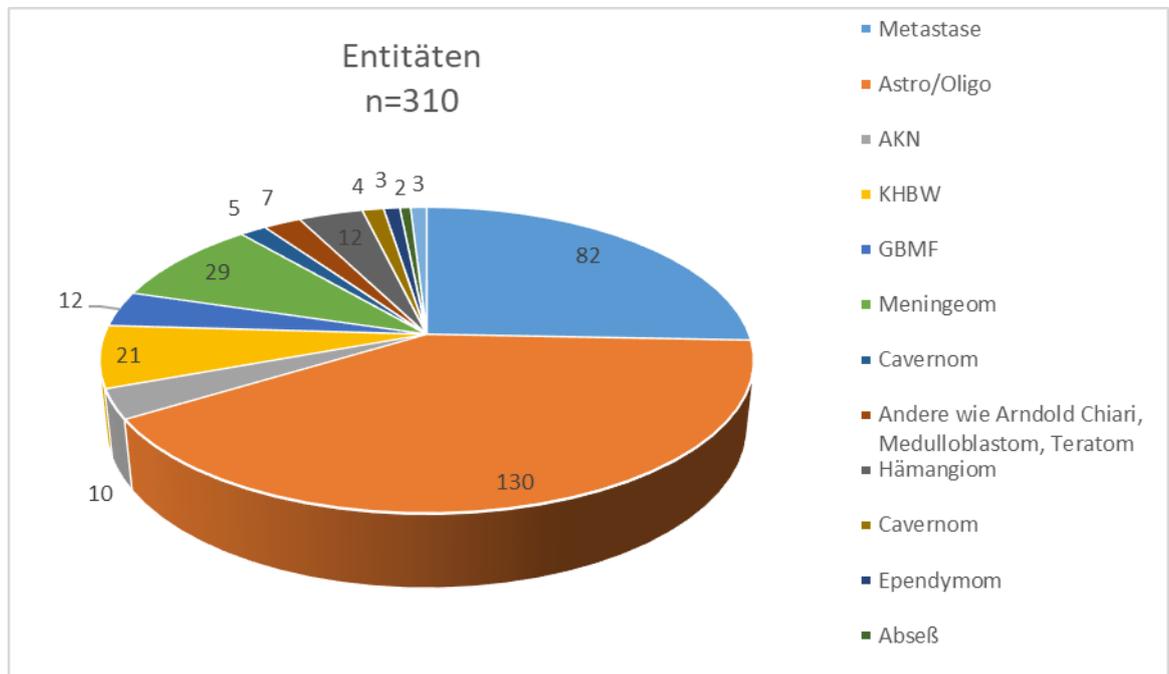


Abb.6 Entitäten

### 3.1.3 Erstellung der Metaanalyse

In der Metaanalyse werden andere Studien mit ähnlichen Fragestellungen auf die angegebenen Verschlussverfahren sowie deren Fallzahlen geprüft. Des Weiteren werden allgemeine Komplikationen sowie deren Behandlung, sofern angegeben, ausgewertet. Neben den für uns hauptsächlich betrachteten Komplikationen im Bereich des Liquorflusses stehen hierbei Nachblutungen und Wundinfektionen im Fokus. Auf Grund aktueller Fragestellungen bzgl. Luftembolien, insbesondere bei Operationen in der sitzenden Position, lassen wir diese ebenfalls in unsere Betrachtungen einfließen.

Zur Suche besagter Studien erfolgt eine Recherche bei PubMed mit den Schlagworten „CSF leak“ und „posterior fossa surgery, complication“. Es finden sich so im Suchzeitraum 2013 bis 2015 43 Artikel. Die hierbei unserer Ansicht nach geeigneten Artikel werden dann nach den darin benannten Fallzahlen, Komplikationen und, sofern angegeben, Behandlungsmethoden ausgewertet. Es werden Studien bevorzugt, welche eine höhere Patientenzahl aufweisen; nach Möglichkeit mit  $n \geq 100$ . Es wird weiterhin auf vergleichbares Operationsgebiet, Angabe der genutzten Methode und Materialien geachtet. Zusätzlich werden aktuell diskutierte Artikel ähnlicher Thematik insbesondere bzgl. der Fragestellung der sitzenden Position gezielt in die Bewertung aufgenommen.

#### 3.1.4 Dateneinschlüsse

Es werden Operationen an der hinteren Schädelgrube eingeschlossen, welche in unserem Hause nach der Sandwichmethode durchgeführt wurden und einen suboccipitalen Zugangsweg benötigten. Eine Unterscheidung nach Operateur erfolgt nicht.

Nur Patienten mit kompletter Patientenakte inklusive Bildgebung, Voruntersuchung, OP-Bericht, Entlassungsbrief sowie Folgeuntersuchung werden in die Studie eingeschlossen.

#### 3.1.5 Ethikvotum

Es wurde mit der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein Kontakt aufgenommen, um die mögliche Notwendigkeit eines Votums durch diese zu klären. Aufgrund der aktuellen Statuten sei ein solches bei der hier gewählten Studienwahl einer retrospektiven

Datenauswertung ohne erneuten Patientenkontakt nicht notwendig. (AZ 235/2018).

### 3.2 Operationsverfahren

Da alle betrachteten Operationen an der hinteren Schädelgrube durchgeführt wurden, erfolgten die Eingriffe im nachfolgend schematisch dargestellten chirurgischen Verfahren.

Die Lagerung des Patienten erfolgt in sitzender oder halbsitzender Position. Der Kopf wird in einer Mayfield-Klemme je nach Lokalisation linksseitig oder rechtsseitig gedreht und fixiert. Nach Rasur, Desinfektion und sterilem Abdecken erfolgt dann die Durchführung des Hautschnitts, gerade oder bogenförmig. Der Zugang liegt entweder suboccipital medial oder lateral. Nach dem Hautschnitt wird dann mit dem Abschieben der Galea und Einsetzen von Wundsperrern fortgefahren. Es folgt die Trepanation über mehrere Bohrlöcher mit anschließender Entfernung des Knochendeckels. Die Dura wird je nach Pathologie oder individuellen Patientenvorbedingungen in Y-Schnitt, bogenförmig oder gerade eröffnet und hochgenäht. Die Duraränder werden mittels feuchter Watten umschlagen, um diese so gut als möglich in ihrer natürlichen Elastizität erhalten zu können. Bei komplizierten Eingriffen erfolgt eine Entnahme von Liquor aus der Zisterna magna zur Druckreduktion sowie Zirkulationskontrolle. Die Pathologie wird aufgesucht und je nach Möglichkeit und Begebenheiten so weit wie möglich entfernt. Dies erfolgt mit mikrochirurgischen Standardinstrumenten wie Scheren, Punktionsnadeln, Biopsie- und Faszangenzangen. Bei Blutungen wird zur intraoperativen Hämostase eine bipolare Pinzette verwendet. Nach

erfolgreicher Entfernung erfolgt dann der Verschluss mit wasserfester Einnah der Kunstdura in die Ecken und Unterkanten der körpereigenen Dura. Dann wird mittels fortlaufender Naht der Verschluss letzterer zusätzlich auf der eingenähten Kunstdura vollzogen. Darauf werden dann die Versiegelungsmatrix und der Fibrinkleber aufgebracht. Bei einer osteoklastischen Schädelöffnung folgt dann das Anlegen eines x-förmigen oder spinnennetzartigen Fadenkreuzes als Anker für das Einbringen und Fixieren des Knochenzements. Bei einer osteoplastischen Eröffnung wird der Deckel mit Seitenfäden eingebracht und der Knochenzement zum Verfugen der Knochenfragmente genutzt. Der Verschluss der Wunde mittels Muskelfasziennaht, Subcutannaht und Hautnaht schließt die mechanische Wundversorgung ab. Dann erfolgt eine erneute Desinfektion des Wundgebietes und die Anlage eines sterilen Druckverbandes. Die intraoperative Gabe einer Single-Shot-Antibiose mittels eines Cephalosporins zur Infektionsprophylaxe wird standardisiert im Rahmen der Anästhesieeinleitung vollzogen. Intraoperativ findet ein rechts-ventrikuläres Doppler-Echo als Monitoring durch die Anästhesie statt. Das postoperative Tragen einer weichen Halskrawatte bis zum Fadenzug gehört obligat zum Heilungsprozess, um einen mechanischen Gegendruck auf das Operationsgewebe zu geben. Die Fäden werden frühestens zehn Tage postoperativ entfernt. Es erfolgt eine zeitnahe Bildgebung, zumeist als cCT, zur Kontrolle innerhalb der ersten 24 Stunden. Die Wundverhältnisse werden täglich überprüft, um einer möglichen Kissenbildung durch Liquor als auch einer inflammatorischen Reaktion frühzeitig entgegenzutreten zu können.

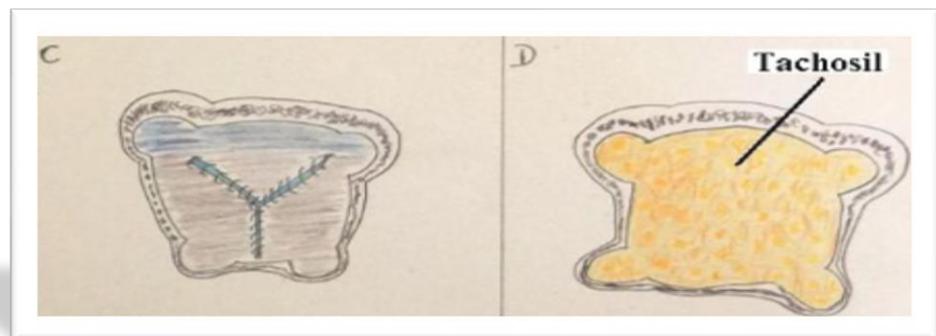
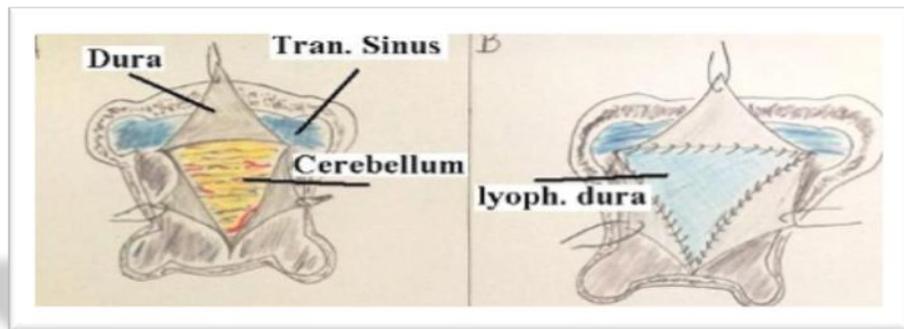


Abb. 7 Skizze Duraverschluss, A) Y-förmige Eröffnung der Dura, B) Einbringen der Neodura unter der natürlichen Dura, Skizze Duraverschluss, C) Nach Einnahme dieser dann Verschließen der körpereigenen Dura, D) Epidurales Einbringen des Fibrinklebers, E) X-Naht über der verschlossenen Dura als Anker für Knochenfragment, F) Aufbringen von PMMA, zusätzlich Naht zur Knochenfixation. Mit freundlichem Dank an PD Dr. med. A. Petridis sowie freundlicher Genehmigung von Clinics and Practice

### 3.3 Genutzte Materialien

#### 3.3.1 Neodura

Zur Einnaht in die körpereigene Dura wird eine lyophilisierte, biologische Neodura als Underlay genutzt. Je nach Größe des Defektes wird zwischen zwei Präparaten gewählt: DuraGuard® der Firma Baxter oder Aesculap®LyoPlant der Firma B. Braun. Beiden Anbietern gemein ist der bovine Ursprung des Gewebes. Das kollagenöse Material wird durch gezielte Verarbeitungsverfahren soweit von nicht-kollagenösen Anteilen befreit, dass aufgrund des Ursprunggewebes sowie der entfernten Proteine, Enzyme und Fette eine mögliche niedrige Immunreaktion zu erwarten ist. Durch Lyophilisierung ist es möglich, die recht lockere Faserung aufrecht zu erhalten. Dies solle einem zügigen Einwachsen der körpereigenen Zellen zuträglich sein. Da die Neodura nach Einsatz durch körpereigene Enzyme abgebaut werden kann, wird sie im weiteren Verlauf bindegeweblich umgebaut. Beide Produkte sollen mit fortlaufender Naht gut wasserdicht schließend vernäht werden können. Die durch die Nadel verursachten Stichkanäle sollen sich zügig wiederanschließend an das Nahtmaterial darstellen, sodass nur eine geringe Leckagegefahr durch die Verarbeitung bestehen solle. Ebenfalls sind beide Produkte dem Duradefekt in der Größe durch Zuschneidbarkeit anpassbar. [6,11]



Abb. 8 LyoPlant® der Firma Braun, mit freundlicher Genehmigung der Firma Braun



Abb.9 DuraGuard® der Firma Baxter, mit freundlicher Genehmigung der Firma Baxter

### 3.3.2 Versiegelungsmatrix

Als Onlay wird, wie bereits oben beschrieben, auf die verschlossenen körpereigenen Durananteile Fibrinkleber samt Versiegelungsmatrix aufgebracht. Hierbei wird als Produkt Tachosil® der Firma Takeda benutzt. Tachosil® ist ein aus menschlichem Thrombin und Fibrinogen hergestelltes

Versiegelungsmaterial, welches neben dem sicheren Verschließen der Dura nach neurochirurgischen Eingriffen auch zum Gefäßverschluss, zur Hämostase und zum Gewebeverschluss unterstützend eingesetzt wird.

Auf einer kollagenen Trägerplatte sind Fibrinogen und Thrombin in getrockneter Form so aufgetragen, dass sie nach Kontakt mit physiologischen Materialien wie z.B. Liquor gelöst werden und zu einer Fibrinogen-Thrombin-Reaktion führen, welche die körpereigene physiologische Thrombusbildung initiiert. Die Kollagenmatrix wird hierbei durch das gebildete Fibringerinnsel fest in den Wundbereich eingesetzt. Durch körpereigenen Faktor XIII bildet das Fibrin noch ein zusätzliches Netz, sodass in Summe ein versiegeltes, gut bewegliches Netzwerk entsteht, welches einer Leckage protektiv entgegenwirken soll. [54]



Abb. 10 Tachosil® der Firma Takeda, [www.takeda.de](http://www.takeda.de), links die gelbe Seite mit den aktiven Bestandteilen Fibrinogen und Thrombin, rechts die wirkstofffreie Schwammoberfläche, mit freundlicher Genehmigung der Firma Takeda

### 3.3.3 PMMA

Zur Auffüllung der Knochenfragmente bzw. zur vollständigen Ausfüllung des Trepanationsloches wird, wie beschrieben, in eine spinnennetzartige Aufnahme das Knochenstück, sofern vorhanden, eingesetzt und/oder mit Knochenzement verfüllt: hier genutzt Palacos® der Firma Zimmer. Dies ist ein auf Basis von Polymethylmethacryl (PMMA) hergestellter Zwei-Komponenten Knochenzement. Hierbei werden ein Härter und ein Binder angemischt und in den Defekt eingebracht. Unter endogener Wärmebildung härtet das Substanzgemisch dann aus. PMMA sollte so eine bereits gut erprobte Re-Deckelung des Substanzdefektes bzw. Auffüllung des Defektes ermöglichen, um eine normale Schädelkonfiguration zu erhalten und somit auch eine Wiederherstellung der Schutzfunktion der Kalotte zu gewährleisten. [60]

### 3.3.4 Nahtmaterial und Naht

Dem Prinzip des wasserdichten, spannungsfreien und lückenlosen Verschließens folgeleistend wird eine drehrunde Nadel mit einer eher kleineren Nadel und einer engeren Biegung mit einem resorbierbaren Faden der Fadenstärke 4x0 oder auch 5x0 bevorzugt. Die genaue Wahl, ob z.B. atraumatisch oder traumatisch und welche genaue Größe, obliegt aber der jeweiligen Operationssituation. Hierbei muss der individuelle Zustand der Dura oder auch der Abstand zwischen Dura und Kalotte beachtet werden. Der Verschluss erfolgt dann mittels Einzelknopfnäht zur Randadaptation, gefolgt von einer fortlaufenden Naht zum suffizienten Verschluss. [38]

### 3.4 Vorgehen bei beobachteten Komplikationen

Wird nach dem Eingriff eine der von uns für die Studie betrachteten Komplikationen beschrieben, so erfolgt deren Behandlung nach nachfolgender Verfahrensanweisung:

#### 3.4.1 Liquorleckage

Jedweder Leckage postoperativ liegt ein insuffizienter Duraverschluss zugrunde; erschwerend können hier noch Resorptionsstörungen hinzukommen.

Bei einem Liquoraustritt kann man drei Arten unterscheiden;

- Die Kissenbildung als subgaleale Liquoransammlung; ob nun klinisch durch Palpation oder in der Bildgebung darstellbar. Diese ist zumeist eher temporärer Natur, bedarf aber trotzdem aufgrund des unklaren Verlaufs einer engmaschigen Überwachung als auch Behandlung.
- Die Rhinoliquorrhoe, welche zumeist klinisch durch Liquoraustritt nasal auffällt. Der Weg des Liquors wäre hier aus der Dura der hinteren Schädelgrube über eröffnete Mastoidzellen ins Mittelohr und von dort über die Eustachsche Röhre in den Rachen und schließlich sichtbar als Austritt aus der Nase. Diese ist durch ihre Fistelbildung deutlich gefährlicher, da hierdurch eine aufsteigende Infektion zu Meningitis führen kann oder zu einem Pneumocephalus. Hier sind eine rasche Behandlung sowie Verlaufsbeobachtung von großer Bedeutung. Die Otoliquorrhoe, d.h. der Austritt von Liquor aus dem Ohr, kann traumatisch bei Felsenbeinfrakturen auftreten oder aber

durch operative Eröffnung des äußeren Gehörgangs bei komplexen Zugängen oder in Verbindung mit destruktiven Prozessen des Felsenbeins und ist postoperativ sehr selten.

- Die Liquorfistelbildung durch das Wundgebiet; zumeist eine Kombination aus erhöhtem Druck sowie einer insuffizienten Naht. Auch hier gilt ein rasches Handeln als obligat um eine fortschreitende Infektion zu vermeiden.

Als Liquorleckage werten wir jedweden Austritt von Liquor, ob nun als Kissen, Fistel oder Rhinoliqorrhoe, da sie jeweils ihren Ursprung in einer unzureichend verschlossenen Duranaht haben. Auch das mögliche Auftreten einer wie in der Literatur vielfach genannten Pseudomeningozele wird ebenso miteinbezogen; deren Definition als extradurale Liquoransammlung nach Duraschädigung ist allerdings wenig konkret. Der Verlauf ist teilweise initial evtl. auch nicht absehbar; so kann sich z.B. eine subgaleale Liquoransammlung im Verlauf als Fistel präsentieren.  
[52]

Um den Gefahren einer solchen Komplikation entgegenzutreten wurde in dieser Studie nach nachfolgendem Schema verfahren.

Bei Auftreten eines Liquorlecks wird die Wundnaht zunächst übernäht. Des Weiteren wird eine lumbale Drainage angelegt, welche für mindestens fünf Tage verbleibt. Diese soll max. 250ml/d bzw. 12,5ml/h drainieren. Bei einer alleinigen Kissenbildung, sprich ohne Austritt von Liquor, soll nur eine Drainage gelegt werden. Bei ausgeprägter Kissenbildung wird zuvor steril abpunktiert sowie ein Druckverband angelegt. Bei ausbleibender Besserung oder bei anderweitiger Begründung erfolgt eine Re-Operation.

### 3.4.2 Nachblutung

Insbesondere bei Operationen im Bereich der hinteren Schädelgrube sowie bei inkompletter Tumorexstirpation ist ein erhöhtes Nachblutungsrisiko zu erwarten. Klinische Zeichen können hier eine verlängerte Aufwachphase, Atembeschwerden, Schluckstörungen oder Schluckauf sein. [40]

Für ein Auftreten einer Nachblutung wurde folgendes Procedere durchgeführt:

Bei Nachblutungen erfolgt bei kleineren, versorgten Raumforderungen bzw. bei stabilem Allgemeinzustand und nur geringem Blutungsanteil ein aktives Zuwarten, gefolgt von einer zeitnahen Kontrollbildgebung. Wird der Fortbestand der Blutung oder einer Zunahme der selbigen bemerkbar, wird eine Zweitoperation durchgeführt. Im Falle einer großen intracraniellen Raumforderung, welche Zeichen für eine Blutung bietet oder eine Verschlechterung des Gesamtbefindens zeigt, soll eine sofortige Zweitoperation erfolgen. Die Blutungen, welche im Rahmen unserer Studie verzeichnet wurden, waren alle konservativ behandelbar.

### 3.4.3 Wundinfektion

Wundinfektionen kann man in oberflächliche und tiefe Infektionen unterteilen, zumeist treten erstere auf. Die klassischen Zeichen einer Infektion sind Rötung, Sekretion, Überwärmung, Schwellung, Wundheilungsstörungen. Bei tieferreichenden Infektionen kann es aber gar zur Abszessbildung oder Meningitis kommen. [40]

Zur Vermeidung einer solchen Infektion wurde wie folgt vorgegangen:

Bei Wundinfektionen wird nach Abstrich als erste Maßnahme eine intravenöse Antibiose mit kalkulierter Substanzwahl durchgeführt. Intraoperativ erfolgt bereits eine einmalige Antibiotikagabe mittels Cephalosporin durch die Anästhesie. Bei Weiterbestehen der Infektionszeichen wird eine Revisionsoperation durchgeführt, welche einem Debridement dient. Je nach Lage kann auch eine Entfernung des Knochendeckels in Frage gekommen. Dies war allerdings nicht notwendig.

#### 3.4.4 Luftembolisches Ereignis

Eine vaskuläre Luftembolie ist der Luft- oder Gaseintritt durch Verbindungen einer Vene (oder Arterie, selten) mit der Umgebung, z.B. im Operationsgebiet, mit unterschiedlichsten klinischen Auswirkungen auf die kardio-pulmonale Situation des Patienten bis hin zum Kreislaufstillstand.

Sollte sich eine solche Situation intraoperativ dem Anästhesisten zeigen, wurde wie folgt vorgegangen:

Die Patienten werden zügig in eine tiefere Kopfposition gebracht bzw. nach hinten positioniert, um das OP-Feld mit Kochsalzlösung zu bspülen. Durch einen erhöhten PEEP wird eine venöse Blutungsquelle so besser sichtbar und somit auch besser behandelbar. Der Anästhesist versucht durch Manipulation über einen zentralen Katheter Luft zu aspirieren. Das weitere Vorgehen richtet sich dann nach der individuellen Ausprägung der

Symptomatik, letztendlich mit der Gefahr eines frühzeitigen Operationsabbruchs. [25]

### 3.5 Datenverarbeitung und -auswertung

Die Auswertung der gewonnenen Daten erfolgt mit Hilfe des Programms Microsoft Excel 2016 und berücksichtigt deskriptive statistische Werte wie Minimal-, Maximal- sowie Mittelwerte, Median und Prozentzahlen. Diese werden dann auch in Vergleich zu den gewonnenen Daten der Metanalyse gesetzt.

Die statistische Auswertung erfolgte durch die Berechnung der Odds Ratio, des p-Wertes zur Beurteilung der Signifikanz sowie des 95% Konfidenzintervalls; dabei wird ausgenutzt, dass letzterer für unbekannte Anteilswerte bei hinreichend großem Stichprobenumfang durch die Standardnormalverteilung berechnet werden kann. Die genutzte Formel lautet wie folgt:

$$\hat{p} \pm 1.96 \cdot \sqrt{\frac{\hat{p} \cdot (1 - \hat{p})}{n}}$$

Wobei  $\hat{p}$  der geschätzte Anteilswert der jeweiligen Studie für CSF-Leckage ist und  $n$  dem Stichprobenumfang der jeweiligen Studie entspricht.

Der p-Wert wurde bei Werten  $\leq 0,05$  nach einseitiger Testung als signifikant gewertet.

Das Konfidenzintervall wurde als statistisches Mittel gewählt, um eine eindeutige Aussage bzgl. der Relevanz eines möglichen statistischen Unterschiedes zu ermöglichen sowie die

Berücksichtigung der großen Fehlervarianz aufgrund der unterschiedlichen Studiengrundlagen zu gewährleisten.

Die Null-Hypothese wurde mit der Aussage getroffen:

Das Ergebnis der Komplikationsrate für Liquorleckagen der von uns durchgeführten Studie sind vergleichbar mit denen der Gesamtergebnisse der in die Metaanalyse einfließenden Studien.

Die Alternativ-Hypothese wird wie folgt definiert:

Das Ergebnis der Komplikationsrate für Liquorleckagen in der von uns durchgeführten Studie ist relevant kleiner als in der Gesamtzahl der Angaben der in die Metaanalyse einfließenden Studien.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Allgemein

Zur Gewinnung der Daten erfolgt nach oben genannter Fragestellung und Zielsetzung die Durchsicht der in unserer Klinik vorhandenen Datensätze und Operationsbücher nach vorgegebenen Kriterien.

Sind die Patientenakten vollständig und dem gesuchten Operationsgebiet zugehörig sowie mittels bevorzugt betrachteter Zugangswege operiert, betrachten wir zuerst die einzelnen beobachteten Komplikationen, welche laut Datenlage feststellbar waren. In den Bildern A bis J der Abbildung 11 ist die operative Umsetzung des Verschlusses, welcher in der Vorstellung des Operationsverfahrens bereits als Skizze dokumentiert wurde, festgehalten.

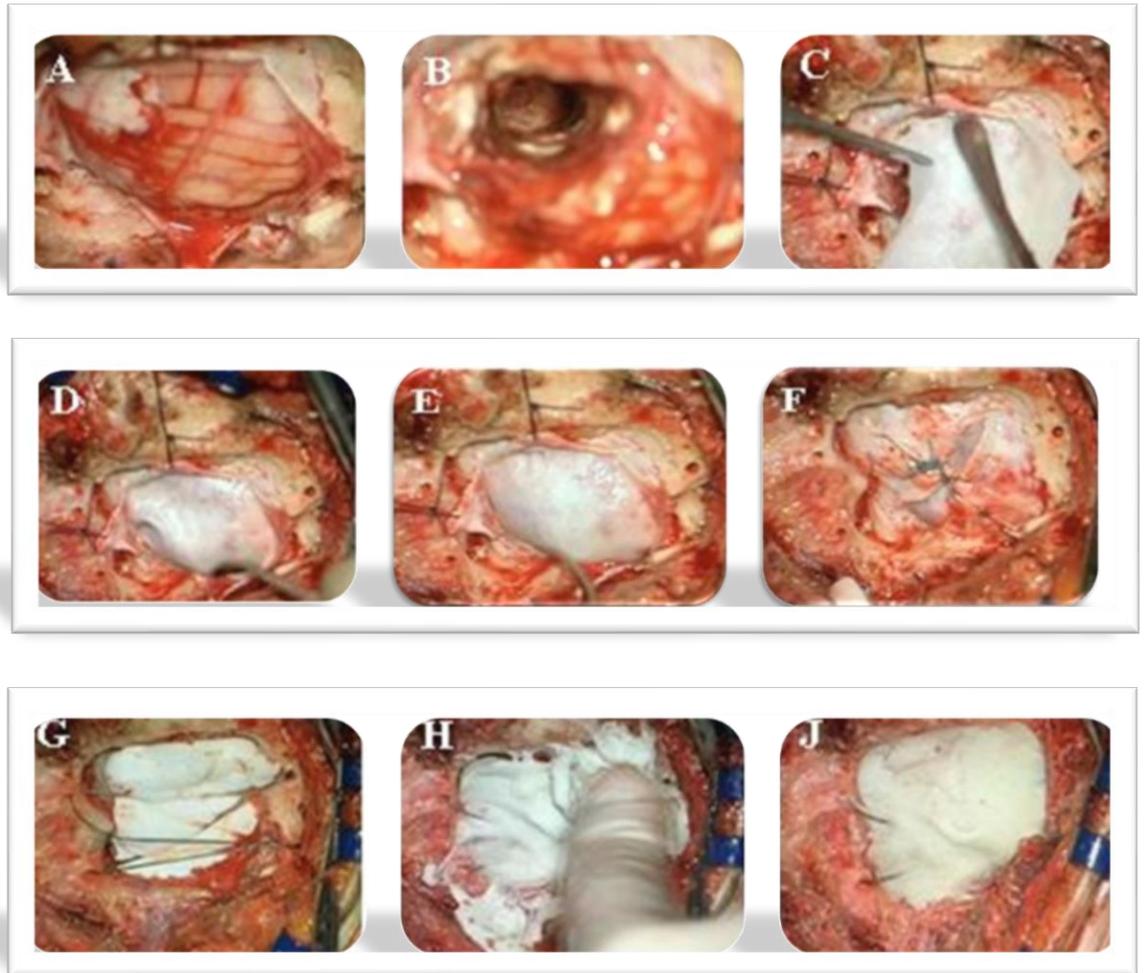


Abb. 11 Intraoperative Bilder des Duraverschlusses mit Sandwichmethode, A) Y-förmige Eröffnung der Dura B) Cerebelläre Defekthöhle nach Resektion C) -E) Phasen der Einnahm der Kunstdura unter die körpereigene Dura F) Naht der körpereigenen Dura auf Kunstdura G) Fibrinkleber wird auf die geschlossene Dura aufgebracht; Beginn der x-Ankernaht sichtbar H) -J) Einbringen des PMMA. Mit freundlichem Dank an PD Dr. med. A. Petridis sowie mit freundlicher Genehmigung von Clinics and Practice.

Allgemeine Symptome wie übergangsweiser Kopfschmerz oder temporärer Schwindel mit Gangunsicherheit als Folge des Eingriffs werden hierbei bei fehlender weitergehender Kasuistik als dem Eingriff geschuldete Nebenwirkungen gewertet.

Wie bereits in der Zielsetzung beschrieben, gilt unsere Aufmerksamkeit insbesondere der Beurteilung von Liquorleckagen, Infektionen und Blutungen. Liquoraufstau sowie Luftembolien werden bzgl. ihres Vorkommens betrachtet, ohne auf das genauere Procedere bei Auftreten einzugehen.

#### 4.1.1 Liquorleckage

In den 310 Fällen, die wir betrachtet haben, wurden in 3,8% der Fälle Liquorausstritte festgestellt. Dies entspricht zwölf Patienten, wovon vier weiblich und acht männlich waren. Im Zusammenhang mit einem Blutungsereignis wurde in drei weiteren Fällen eine Leckage festgestellt. Dies entspricht hierbei 5,5% der 52 betrachteten Operationen bei Blutungsereignissen. Zusammen ergibt sich ein Auftreten von Liquorleckagen in 4,1% der ausgewerteten Operationen.

Die beobachteten Leckagen setzten sich aus 10 subgalealen Liquoransammlungen und zwei Fistelbildungen zusammen.

Wurde eine solcher Liquorleckage bemerkt, wurde nach dem im vorherigen beschriebenen Verfahren vorgegangen.

Eine Revisionsoperation war nur einmalig notwendig (0,5% der Fälle); dies war im Rahmen einer Fistelbehandlung notwendig, welche auch nach Übernacht, Lumbaldrainage über 5 Tagen und Druckverband keinen dauerhaften Behandlungserfolg zeigte.

#### 4.1.2 Wundinfektion

Im Bereich der Wundheilungsstörungen wurden bei acht Patienten Anzeichen einer oberflächlichen Wundinfektion nach einer Operation an der hinteren Schädelgrube ohne Blutungsereignis im betrachteten Zeitraum beschrieben. Dies entspricht 2,5% der Fälle. Davon waren drei Patienten weiblichen und fünf männlichen Geschlechts. Nimmt man hier ebenfalls die Anzahl der blutungsbedingten Eingriffe hinzu, so finden sich zwei weitere Fälle mit Infektionszeichen im Wundbereich. Zusammen wurde damit in 2,7% der Operationen im postoperativen Verlauf eine Nachbehandlung aufgrund einer Infektion notwendig.

Die konservative Nachbehandlung bestand in allen Fällen in einer zusätzlichen antibiotischen Therapie mit einem Cephalosporin über fünf bis zehn Tage. Eine Nachoperation zum Wunddebridement war allerdings in keinem Fall notwendig.

#### 4.1.3 Nachblutung

Eine cerebelläre Blutung zeigte sich bei 3,2% der 310 Patienten ohne akutes Blutungsereignis. Dies sind zehn Fälle, wovon sechs weiblichen und vier männlichen Geschlechts waren. Rechnet man die drei weiteren Fälle in der Gruppe der Patienten mit einem akuten Blutungsereignis hinzu, ergibt sich eine Gesamtprozentzahl von 3,2% an im CT-sichtbaren Nachblutungen postoperativ.

Den beobachteten Blutungen wurde aufgrund des geringen Volumens, wie bereits oben beschrieben, zunächst mit aktivem Zuwarten und zeitnaher Kontrollbildgebung begegnet. Da weder eine Zunahme an neurologischen Defiziten noch in der erneuten

Bildgebung eine Größenzunahme der Blutung selbst zu verzeichnen waren, konnte in allen Fällen auf eine Revision verzichtet werden.

#### 4.1.4 Aufstau

Ein Hydrocephalus post-interventionell zeigte sich in vier Fällen. Dies entspricht 1,2% der Gesamtzahl an beobachteten Operationen ohne Blutungsereignis. In der Gruppe der Operationen mit Blutung war kein Patient von einem verspäteten Aufstau betroffen. Das Auftreten eines Hydrocephalus fiel in unserer Patientengruppe nicht mit einer Liquorleckage zusammen. Über einen Zusammenhang können wir in dieser Studie daher keine Aussagen treffen.

In einem Fall zeigte sich neben dem Liquoraufstau auch eine Wundheilungsstörung. Diese konnten allerdings nicht in einen kausalen Zusammenhang gebracht werden.

#### 4.1.5 Luftembolisches Ereignis

Ein luftembolisches Ereignis der Lunge wurde lediglich in einem Fall festgestellt. Intraoperativ wurde durch den Anästhesisten eine venöse Luftembolie Grad I-II nach Lobato und Girard et al. mit positivem Dopplersignal und mildem Abfall des EtCO<sub>2</sub>. Postinterventionell zeigte sich keine ausgeprägte Klinik; die Dyspnoe war im Verlauf vollständig rückläufig. Die Luftembolie war in der Patientengruppe ohne akutes Blutungsereignis zu finden. Das entspricht 0,3% der Operationen dieser Beobachtungsgruppe. Eine Luftaspiration per Vene zeigte sich zwar bei 15% der Operationen, aber lediglich in zwei Fällen bedurfte es der

Entfernung eines größeren Volumens Luft aus dem rechten Ventrikel durch den Anästhesisten. In keinem der beobachteten Fälle zeigten sich neurologische Defizite oder bleibende Beeinträchtigungen.

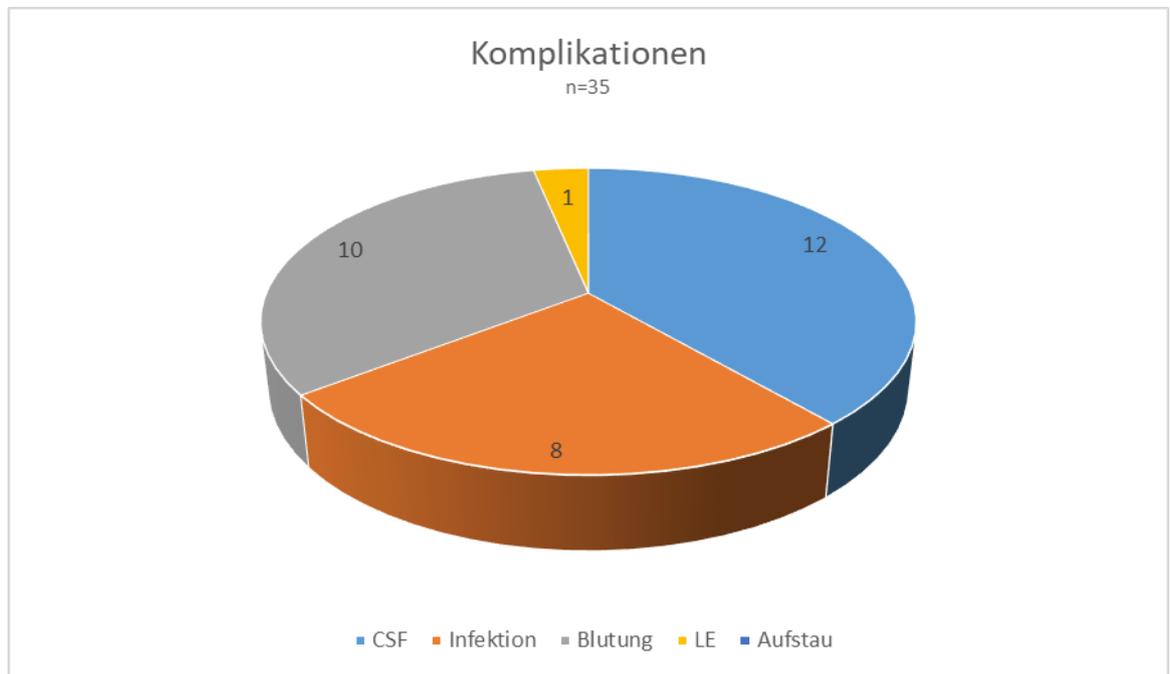


Abb.12 Komplikationen nach Vorkommen

#### 4.2 Komplikationen spezieller Gruppen

Bei der Betrachtung anderer Studien zu diesem Themenkomplex findet sich dabei oftmals noch eine Untergruppierung in bestimmte Themengebiete und deren mögliche Bedeutung für eine Komplikationsneigung.

#### 4.2.1 Komplikationen bei primärer Kleinhirnblutung

Die Fallgruppe mit primärer Kleinhirnblutung wurde von uns zur besseren Beurteilbarkeit separat ausgewertet, um einer Verschiebung der Komplikationsbilder entgegen zu wirken. Da bei vielen Patienten mit Blutungsereignis aufgrund fehlender Unterlagen die von uns vorgegebenen Einschlusskriterien nicht eingehalten werden konnten, sind diese nicht in die Bewertung aufgenommen worden.

Bei den 54 Fällen aus dieser Gruppe zeigten sich in drei Fällen postoperative Liquorleckagen. Dies entspricht 5,5% der Fallgruppe. Wundinfektionen zeigten sich bei drei Patienten, was 3,7% der Gesamtfallzahl entspricht. Blutungen konnten in drei Fällen in der postoperativen Bildgebung festgestellt werden; wieder entsprechend 5,5% ( $p=0,32$ ) der untersuchten Patienten dieser Gruppe.

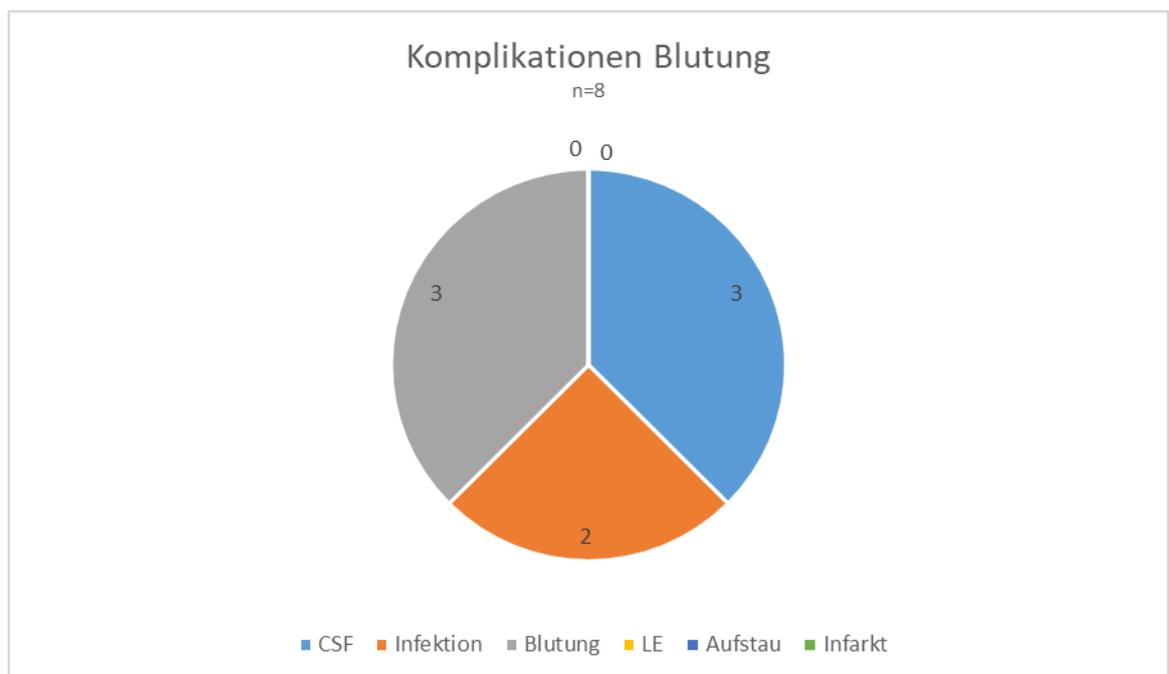


Abb. 13 Komplikationen bei primärer Kleinhirnblutung

Das Auftreten eines Hydrocephalus oder eines lufttembolischen Vorfalles war bei keinem Patienten der Gruppe mit primärer Kleinhirnblutung zu verzeichnen. Dabei ist zu berücksichtigen, wie bereits oben angemerkt, dass eine große Anzahl an Fällen mit Blutungen aufgrund der fehlenden Follow-up-Untersuchung oder anderer Zugangswege oder Lagerung nicht in die Auswertung mit einfließen konnten; dies waren 52 Patienten.

Setzt man die Zahlen mit denen der Patienten ohne akutes Blutungsereignis in Bezug, so ist nur eine geringe Differenz der Daten ohne Signifikanz festzustellen. Eine Abweichung im Bezug des Auftretens bestimmter Komplikationen zur Operationsursache lässt sich daraus somit nicht ableiten.

#### 4.2.2 Komplikationen nach Alter und Geschlecht

Die beobachteten Komplikationen wurden ebenfalls nach dem Vorkommen bzgl. des Geschlechtes sowie des Alters ausgewertet, da in einigen Studien der Metaanalyse die Geschlechterfrage als Risikofaktor in Betracht gezogen wurde.

Das Auftreten einer CSF-Leckage wurde mit acht Fällen bei männlichen Patienten und lediglich vier Fällen bei weiblichen Patienten verzeichnet; dies entspricht 5,2% der männlichen Patienten aus der Gruppe ohne Blutungsereignis bzw. 2,6% der weiblichen Patienten.

Die Zahl der Wundinfektionen weicht mit fünf männlichen Betroffenen, entsprechend 3,1% der Fälle, und drei weiblichen Patienten, 2,0% der beobachteten Frauen, in geringem Maße geschlechtsspezifisch auseinander.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für das Auftreten von Nachblutungen. Hier wurden sechs Fälle (3,8%) bei weiblichen Patienten beschrieben. In der Gruppe der Männer war diese Komplikation in vier Fällen (2,5%) vermerkt worden.

Bei jeweils zwei Patienten der Geschlechtergruppen wurde ein Hydrocephalus diagnostiziert. Dies entspricht 1,3% der jeweiligen Gesamtgruppe.

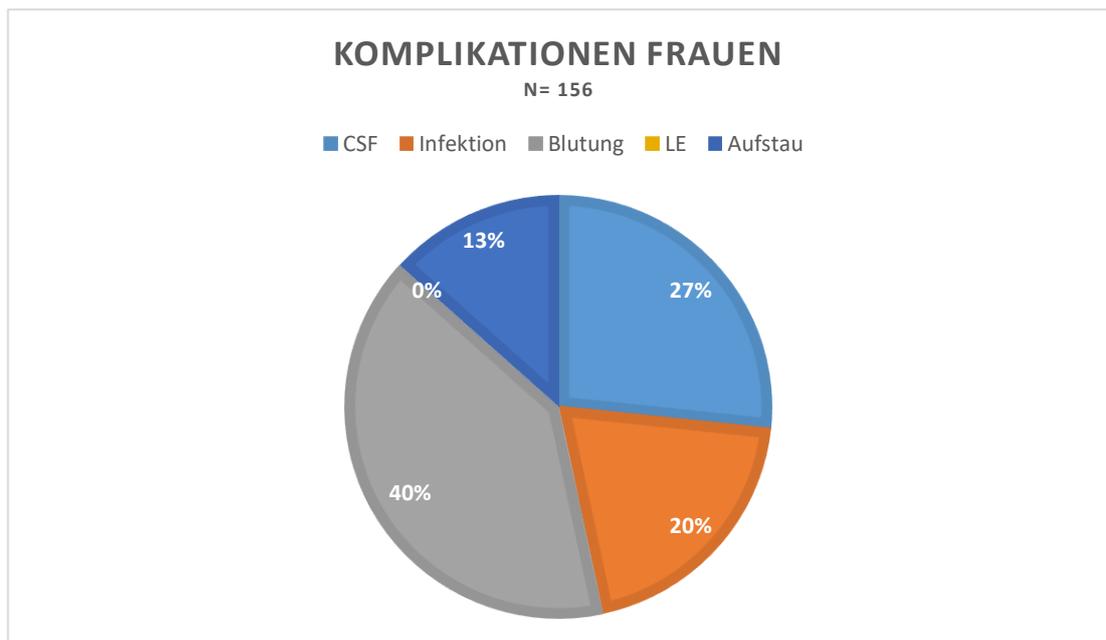


Abb. 14 Komplikationen Frauen

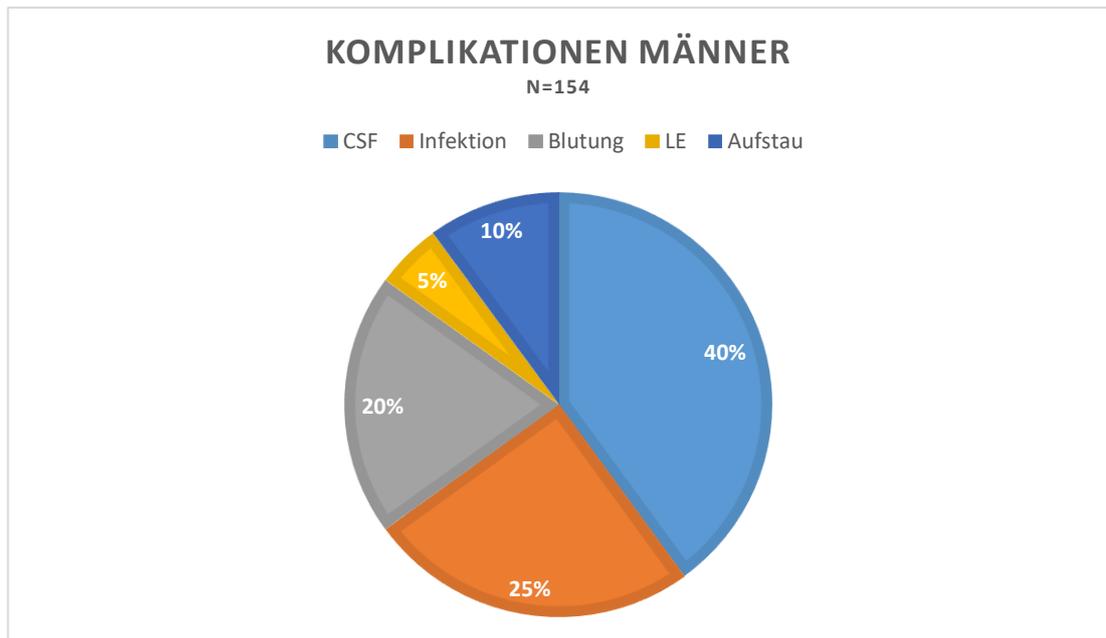


Abb. 15 Komplikationen Männer

Schlüsselt man das Auftreten von Komplikationen nach Alter auf, so erscheint die Gruppe der Patienten unter 18 Jahren besonders wenig anfällig für solche zu sein. Lediglich ein Liquoraufstau ist hier zu verzeichnen.

Am anfälligsten zeigen sich in der Patientengruppe von 18-85 Jahren die Patienten der Gruppe 60-80 Lebensjahre. Hier finden sich jeweils vier Fälle mit einem Liquorleck sowie einer mit Wundinfektion. Fünf Patienten erlitten eine Nachblutung. Ein Hydrocephalus wurde in zwei Fällen diagnostiziert. Ebenfalls in diese Gruppe fiel der einzige Fall einer Luftembolie.

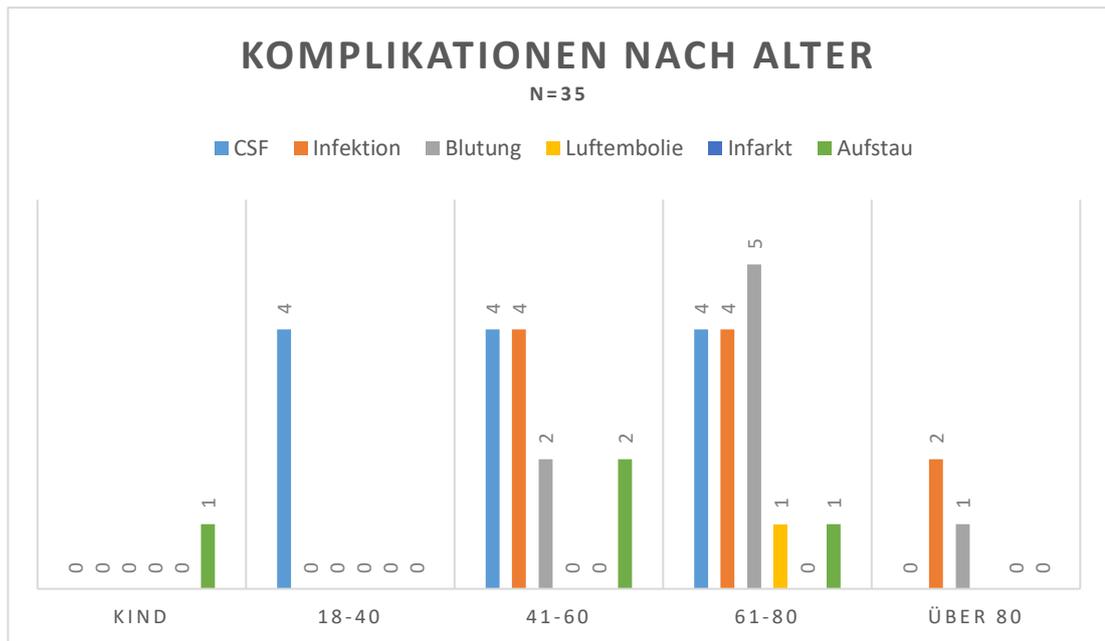


Abb. 16 Komplikationen nach Alter

#### 4.3 Operationsdauer, Erfahrung und Materialbedarf

Die Operationsdauer kann nur bedingt als Kriterium für das jeweilige Ergebnis betrachtet werden, weil diese doch immer vielen Variablen unterliegt. Die Größe und Lokalisation der Entität können eine deutliche Verzögerung des Operationsverlaufes bedingen, ebenso der Lagebezug zu den vielen vulnerablen Strukturen wie Nervensträngen und Gefäßnetz.

Zusätzlich ist sicherlich auch die Erfahrung des Operateurs und seines Teams eine zeitbestimmende Größe, insbesondere bei besagter Komplexität des Operationsgebietes. Sieht man sich die Verteilung der Komplikationen nach Jahrgängen an, so zeigt sich keine deutliche Varianz des Auftretens dieser, was für eine konstante Leistungsfähigkeit des operierenden Teams spricht.

Der in dieser Arbeit betrachtete Verschluss der Dura erfordert im Vergleich zu anderen Methoden wie der einfachen Duraübernaht oder dem alleinigen Anlegen einer Onlay- oder Underlay-Plastik einen zeitlichen Mehraufwand, den wir im Median mit 15 Minuten beziffern. Dieser Wert ergibt sich aus 15 Stichproben bei Eingriffen mit der Sandwichmethode und zeigte Werte zwischen 9 und 24 Minuten. Dieser variiert, wenn auch nicht hiernach ausgewertet, ebenfalls je nach individueller Erfahrung und bisherigem Operationsverlauf.

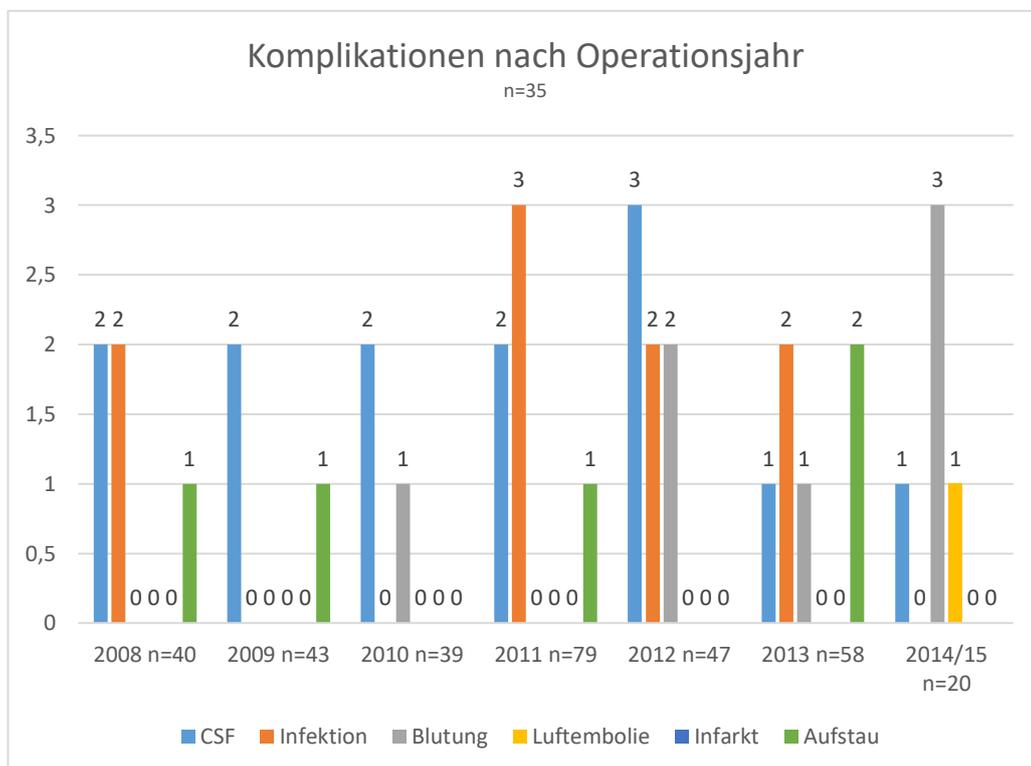


Abb. 17 Komplikationen nach Operationsjahr

Der Materialverbrauch richtet sich nach dem individuellen Substanzdefekt und ist somit ebenfalls variabel. Ein Mehrverbrauch steht insbesondere der exklusiven Anlage einer reduzierten Komponentenwahl gegenüber.

## 5. Diskussion

### 5.1 Allgemein

Die Operationstechniken haben sich im Zeitalter endoskopisch unterstützter Eingriffe sowie durch Herstellung immer ausgefeilterer Materialien deutlich weiterentwickelt. Das Leistungsspektrum ist immer größer und diffiziler geworden. Somit ist auch der Anspruch an den Operateur und „sein“ Ergebnis gewachsen. Mit dieser Entwicklung geht also auch das Streben nach einer Reduktion der Komplikationen prä-, peri- und postoperativ einher.

Operationen an der hinteren Schädelgrube mit ihren speziellen Anforderungen stellen hierbei eine besondere Gruppe der Eingriffe dar. Den letzten Schritten dieser Eingriffe kommt dabei eine wichtige Rolle für einen erfolgreichen Verlauf der Operation zu. Abhängig ist dies von viele Faktoren wie der Wahl des Verschlusses, der passenden Materialien sowie der technischen Umsetzung. Und trotz aller Entwicklungen findet sich je nach Quelle eine Varianz von 2% bis 21,9% an Liquorleckagen bei Operationen an der hinteren Schädelgrube. [3,5,13,14,29,30,33,35,41,47,50,55,58,57]

#### 5.1.1 Handhabung des Duraverschlusses im Laufe der Zeit

In den vergangenen Jahren hat sich eine Vielzahl an Verschlussstechniken der Dura etabliert. Dazu wurden auch neue Produkte entwickelt, welche dem Ziel eines suffizienten Verschlusses zuträglich sein sollen.

Wurde die Dura, nachdem zur Eröffnung ein gerader Schnitt geführt wurde, zunächst insbesondere mit einer einfachen, geraden Übernaht überlappend vernäht, so hat sich mit der Änderung der Schnittführung bei Duraeröffnung und Nahtvarianz bereits eine erste Entwicklung der Technik gezeigt. Diskutiert wurde und wird hierbei der Vorteil einer durchgehenden Nahtführung im Vergleich zu einer Einzelstichnaht. Die Inzision der Dura erfolgt mittlerweile oftmals y- oder x-förmig, um eine bessere Aufsicht auf das darunterliegende Operationsgebiet zu erlangen und die jeweiligen ECKelemente gut zurückklappen und hochnähen zu können. Es wurde und wird immer wieder festgestellt, dass die natürliche Struktur der Dura intraoperativ durch Austrocknung, das Nutzen der Bipolaren oder physiologische Vorbedingungen wie z.B. Cortisontherapie soweit verändert sein kann, dass ein Überlappen nicht oder nur bedingt möglich wäre oder die Durchstechung mit dem Nahtmaterial bereits große Löcher reißen könnte, welche eine Leckage begünstigen könnten. [29,30,38,40]

Um dem entgegenzutreten, fanden nun Grafts und Patches Eingang in die Operation. Als Graft-Grundlage gibt es mittlerweile ein mannigfaltiges Angebot: autolog aus z.B. Faszie, Pericranium, Fett oder Muskelbiopsat; allogon aus der Dura eines Verstorbenen; Xenografts aus, wie von uns genutzt, Rinderperikard oder vom Schwein; oder synthetisch aus Polyester oder ähnlich hergestellten Patches. [8,13,14,29,33,47,55]

Doch auch diese haben ihre Tücken. So zeigten sich in Untersuchungen je nach Präparat allergische oder entzündliche Reaktionen; die Einnahnt erfordert je nach Erfahrung des Operateurs viel Zeit und je nach Defekt steht gerade dieser selbst

einer Nutzung von allogenen oder autologen Material entgegen.  
[3,5,8,13,14,29,30,35,36,41,47,55,58]

Auch die Nutzung von Klebern wie Fibrinkleber bringt neben dem Benefit des Verschlusses kleinerer Läsionen die Gefahr einer körpereigenen Reaktion auf das Fremdmaterial mit sich. Des Weiteren soll es durch Nutzung desselbigen dauerhaft zu Infektionsneigung und Verwachsungen kommen können.  
[14,33,41,47]

Allen gemein ist eine Unterstützung des angestrebten stabilen Duraverschlusses, ohne aber einen klaren Vorteil für das eine oder andere der genutzten Verfahren verzeichnen zu können, wenn auch einige Materialien oder Verfahren je nach Studie ansatzweise Vorteile vermuten lassen. So variiert die Anzahl an CSF-Leckagen je nach Studie weiter zwischen 2% bis 10%; bei genauer Auswertung der Metaanalyse kommt diese Varianz bei gleichem Verschlussverfahren oder gleichen genutzten Materialien vor und scheint somit auch anderen Faktoren zu unterliegen.  
[3,5,13,14,29,33,35,41,47,55,58]

Die oben genannten Herangehensweisen können nun natürlich auch verschiedenartig kombiniert werden. Dies wird von uns oder Arlt et al. z.B. in Form einer Sandwichmethode mit Einbringen eines Underlays, klassischer Duranaht sowie Aufbringen eines Klebers präferiert. Dieses Zusammenspiel der Komponenten zeigt bei uns in der Auswertung eine weitere Reduktion der postoperativen Fallzahlen mit Leckagen der Dura. Lediglich in 3,8% ( $p=0,00055$ ) der Fälle zeigte sich nach dem Eingriff ein solches Austreten von Liquor. [3]

## 5.2 Metaanalyseergebnisse

Die Suche unserer Metaanalyse ergibt eine Vielzahl von Casereports, Studien und Abstracts, welche nur kleine Fallzahlen publizierten. Die Anzahl an größeren Studien mit Patientenzahlen über 100 ist deutlich geringer. Um eine Vergleichbarkeit der Daten mit unseren Ergebnissen zu gewährleisten, soll das beschriebene Verfahren nach Möglichkeit bereits an einer statistisch aussagekräftigen Population angewandt worden sein. Zusätzlich wurden allerdings auch Studien mit kleineren Fallzahlen aufgrund ihrer relevanten Aussageinhalte mit in die Auswertung eingeschlossen.

Die Inhalte der in die Metaanalyse einfließenden Artikel werden im Folgenden kurz skizziert:

Moskowitz et al. zeigen in ihrer Veröffentlichung von 2009 erstmalig eine Übersichtsarbeit über verschiedene genutzte Verschlusstechniken und -materialien bei Operationen der hinteren Schädelgrube. In der ebenfalls retrospektiv durchgeführten Studie finden sich 128 Patientendaten, welche als Verschluss von direkter Naht über collagene Matrix boviner Herkunft, körpereigene Grafts bis hin zum Durakleber auf Fibrin- oder Polyethylen-Basis vielfältigste Möglichkeiten des wasserdichten Schließens der Dura berücksichtigen. Die betrachteten Entitäten sind ähnlich zu den in unserer Studie vorgefundenen und haben einen Schwerpunkt in primären Raumforderungen und bei Metastasenbildung. Die Zahl

der operierten Arnold-Chiari-Malformationen liegt allerdings deutlich höher als in unserer Fallgruppe, in welcher wir lediglich einen Patienten mit dieser Entität einschließen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen eine Gesamtkomplikationsrate von 21,9% ( $p=0.00005$ ). Insbesondere für einnähbare Kollagenmatrix bovinen Ursprungs, wie von uns genutzt, liegen die Komplikationsraten mit bis zu 50% in einem sehr hohen Bereich. Eine deutlich geringere Komplikationsrate zeigt sich bei einem Verzicht auf einen Duraersatz mit einem Prozentsatz vom 16,7%. Moskowitz et al. können zu dieser auffälligen Anzahl nur Hypothesen als Erklärung anbieten, welche z.B. ein verändertes Vorgehen des Operateurs nach einer vermeintlich bereits sicheren Verschlussmethode im weiteren Abschluss der Operation vermutet. [41]

Lam FC et al. veröffentlichen 2013 in ihrem Artikel Daten zu 22 Patienten bei Patienten mit Arnold Chiari 1 als Fallserie; im Jahr zuvor bereits wurde von Lam et Kasper ein Abstract zu einer Studie mit 100 Patienten mit gemischten Entitäten ähnlich zu unserer Studie veröffentlicht. In beiden Fällen wurde zum Verschluss Perikranium, welches auf die fortlaufende Naht aufgebracht wird, genutzt. Diesem folgt dann das Auftragen von Fibrinkleber und Gelfoam® als Onlay.

Laut der Auswertung zeigt sich in beiden Veröffentlichungen in der Gesamtpopulation lediglich ein NSAID-bedingter Fall einer aseptischen Meningitis, entsprechend 4,5% der Fälle in der ausführlichen Publikation ( $p= 0,435$ ). Weitere Komplikationen seien nicht aufgetreten. Bezüglich von ihnen zitierter Studien mit deutlich

höheren Komplikationsraten geben Lam et al. zu bedenken, dass dabei vielfach Allografts genutzt wurden. Darin sehen die Autoren dieser Studie eine Unterstützung ihrer These, dass insbesondere autologes Material zu einem komplikationsärmeren Outcome führt. [33,34]

In 2008 bereits berichten Than et al. in ihrem Report von den Vorzügen von PEG-Kleber. In 100 Fällen setzen sie diesen bei Operationen an der hinteren Schädelgrube ein, um die Eckbereiche der verschlossenen körpereigenen Dura zusätzlich wasserdicht zu verschließen. In 100 weiteren Operationen wird Fibrinkleber zum Verschluss einer nicht suffizient schließbaren Dura genutzt. Hierbei ist in der PEG-Gruppe lediglich in 2% der Fälle ein Liquorleck postoperativ aufgetreten ( $p= 0,63$ ). In der Vergleichsgruppe liegt das Vorkommen einer CSF-Leckage bei 10% ( $p= 0,009$ ). Andere Komplikationen wie Infektionen oder Pseudomeningozele sind ohne Relevanz. [55]

Schianriti M et al. veröffentlichen 2014 eine vergleichende Arbeit zwischen TissuePatchDural und DuraSeal an 141 Patienten mit Operationen an der hinteren Schädelgrube. Hierbei werden Entitäten wie Raumforderungen, Chiari-Malformation oder Gefäßmalformationen eingeschlossen. Das Follow up findet ähnlich zu dem in unserer Studie gewählten Verfahren statt. Im Verlauf finden sich bei 7,8% der Patienten, die mit TPD behandelt wurden, CSF-Leckagen ( $p= 0,48$ ). Wurde DuraSeal genutzt, steigt der Prozentsatz auf 17,4% ( $p= 0,019$ ). Es wird ein Patient mit Wundinfektion in der TPD-Gruppe beschrieben. [47]

Von Bayazit YA et al. wird 2009 ein Paper bzgl. des Managements von CSF-Leckagen publiziert. Es wird bei 412 Patienten mit Operationen der hinteren Schädelgrube mit retrosigmoidalem Zugang bei 7,7% (32 Patienten) ein CSF Leck festgestellt ( $p=0,0001$ ). Diese werden alle bei Eingriffen im Bereich des Nervus vestibularis verzeichnet. Als Verschlussmethode geben sie eine wasserdichte Naht gefolgt von einer suffizienten Hautnaht an. Das Mastoid wird mittels Knochenwachs abgedichtet. Das Handling bei Auftreten von Komplikationen umfasst ein rein konservatives Procedere in zehn Fällen, das Anlegen einer Lumbaldrainage bei zwölf Patienten sowie eine Revisionsoperation in weiteren zehn Fällen. [5]

2011 befassen sich dann Arlt F et al. mit genau der oben genannten betroffenen Gruppe der Vestibularis-Operationen, welche mittels retrosigmoidalem oder suboccipitalem Zugang in 81 Fällen operiert werden - hier im Schwerpunkt bei Schwannomexstirpation. Sie legen zwei verschiedene Verschlussstechniken zugrunde: zum einen eine Sandwichmethode mit subduralem Einbringen von TissuFleece® bzw. Spongostan®, einer darauffolgenden Durasatur und dem folgenden epiduralem Auflegen von Tachosil®, zum anderen eine Kombination aus Duranaht und Tachosilfixierung. Insgesamt wird von ihnen bei sieben Patienten (8,6%) von einer Liquorzirkulationsstörung berichtet. Diese teilen sich in drei Fälle der Patientengruppe mit Sandwichmethode ( $p=0,15$ ) und vier Fälle in der Gruppe mit alleiniger Anwendung von Kleber nach Naht auf ( $p=0,045$ ). In keinem Fall bedarf es einer Folgeoperation; konservatives Behandeln oder das Anlegen einer Drainage zeigen sich als ausreichend. [3]

Im gleichen Jahr stellen Chauvet D et al. ihre Daten zu einer experimentellen Studie an 25 humanen Duraproben von Körperspendern vor, welche unter verschiedenen Druckeinwirkungen mittels zwei verschiedener Nahttechniken sowie durch vier unterschiedliche Kleber verschlossen werden sollen. Hierbei zeigt sich zwischen der fortlaufenden sowie der unterbrochenen Einzelnaht kein Unterschied. Die verwendeten Kleber senken alle das Auftreten von CSF-Leckagen, allerdings mit sehr individuellem Vorgehen und großen Ergebnisvariationen. Die Autoren resümieren, dass DuraSeal® als Kleber und Tachosil® als hämostatisches Verschlussmaterial allem Anschein nach zu besseren Ergebnissen führen. [13]

Kehler U et al. präsentieren 2012 eine eher allgemein gefasste, aber großen Studie mit 545 Patienten, die sich als eine der ersten an einen prospektiven, multizentrischen Vergleich wagt. Eingeschlossen werden elektive als auch traumatische Operationen, welche in einem Zeitraum von zwölf Monaten in den beteiligten Kliniken durchgeführt werden.

Es werden hierbei in 42 Fällen (7,7%,  $p=0,01345$ ) CSF -Leckagen diagnostiziert; allerdings wurde hiervon nur ein Fall nach einer Operation mit occipitalem Zugang festgestellt ( $n=24$ ,  $p=0,32$ ).

Die Autoren setzen sich in dieser Arbeit insbesondere mit der Frage nach zu erwartenden Risikofaktoren auseinander.

So unterschieden sie z.B. nach Zugangswegen, Alter, Geschlecht, Erst-Eingriff oder Revision oder auch nach genutzten Materialien oder Vorbehandlungen. [31]

Der Thematik des knöchernen Zugangs bzw. Verschlusses widmen sich 2013 dann Legnani FG et al. Sie vergleichen in ihrer Arbeit das Auftreten postoperativer Komplikationen nach Kraniektomien und Kraniotomien bei tumorbedingten OPs der hinteren Schädelgrube. 152 Patienten werden hierbei den jeweiligen Verfahren zugeordnet. Nach der Knochenentfernung selbst findet sich in keinem Fall eine Duraleckage. Der Verschluss der Dura erfolgt dann nach vorgegebenem Verfahren mittels Naht sowie unter Nutzung eines Hämostyptikums und humanen Fibrinklebers. In der Gruppe der Kraniotomien (n=100) zeigen sich post -operativ nach diesem Procedere in 2% der Fälle CSF-Leckagen (p= 0,63) und in 4% Pseudomeningozelen und in 1% Wundinfektionen. Ein Hydrocephalus findet sich in 4%. Wurde die Operation mittels Kraniektomie (n=52) durchgeführt, so werden in 11,5% der Fälle CSF Leckagen diagnostiziert (p= 0,00965). Das Auftreten einer Pseudomeningozele findet sich gar bei 19,2% und ein Hydrocephalus bei 9,6% der Patienten dieser Gruppe. Wundinfektionen zeigen sich mit 1,9% ähnlich zu den Ergebnissen der Vergleichsgruppe. Bemerkenswert erscheint eine um zwei Tage längere Liegezeit für Patienten mit Kraniektomie. [35]

Danish SF et al. untersuchten 2006 in ihrer Studie mit 100 Patienten den Einsatz von acellulärer menschlicher Dermis (AlluDerm®) sowie eine Gruppe mit synthetischer Collagenmatrix (DuraGen®). In der Gruppe der AlluDerm®-behandelten Patienten fällt bei einem Patienten (2,2%) ein CSF Leak auf. 11,1% (n=5) zeigen eine Pseudomeningozele, 2,2% (n=1) eine Wundinfektion und zwei Revisionsoperationen. Wird DuraGen® genutzt, so finden sich ebenfalls ein Fall eines Liquorlecks (2,2%), fünf

Pseudomeningozelen (8,9%), zwei Wundinfektionen (3,6%). Vier Patienten müssen sich einer Re-Operation unterziehen.

Bzgl. der Operationsdauer ergeben die Auswertungen, dass eine Duraplastik mit AlloDerm® und akkurater Duranaht eine deutlich längere Operationszeit nach sich zieht als das Einbringen von DuraGen®. [14]

Tabelle 4 Metaanalyseergebnis Übersicht

<i>Studie</i>	<i>Procedere</i>	<i>CSF Leckage</i>	<i>Andere Komplikationen</i>
<i>Alle</i> <i>n=2.074</i>		197/9,5%	
<i>Than et al.</i> <i>2008</i> <i>n=200</i>	PEG auf Naht vs. Naht	mit PEG 2/2% ohne PEG 10/10%	
<i>Schianriti et al.</i> <i>2014</i> <i>n=141</i>	DuraSeal vs. TPD	DuraSeal 8/17,4% Pseudomeningozele bei 8 TPD 9/7,8% Kissenbildung bei 8 Pseudomeningozele bei 9	Hydrocephalus n=3  Hydrocephalus n= 6
<i>Lam et al.</i> <i>2013</i> <i>n=22</i>	Fibrinkleber +Duraplastik	1/4,5%	Infektionen n=0
<i>Vernon et al.</i> <i>2012</i> <i>n=64</i>	Verschiedene Zugänge	8/12,5%	Hydrocephalus n=28
<i>Legnani et al.</i> <i>2013</i> <i>n=152</i>	Craniotomie vs. Craniektomie	C 2/2% Pseudomeningozele 4/4% CE 6/11,5% Pseudomeningozele 10/19,2%	Infektionen: C 1%, CE 1,9% Liquoraufstau: C 4%, CE 9,6%
<i>Danish et al.</i> <i>2006</i> <i>n=100</i>	Collagen vs. Alloderm	Collagen 1/1,8% Pseudomenigocele 5/8,9% Alloderm 1/2,2% Pseudomeningozele 5/11,1%	Infektionen Collagen 3,6% Alloderm 2,2%
<i>Kehler et al.</i> <i>2012</i> <i>n=545</i>	Übersichtsstudie	42/7,7% overall	

<i>Bayazit et al.</i> 2009 <i>n=412</i>	Post-operatives Procedere	32/7,7% Pseudomeningozele 16/3,8%	
<i>Moskowitz et al.</i> 2009 <i>n= 128</i>	Übersicht Hintere Schädelgrube	28/21,9%	
<i>Hutter et al.</i> 2014 <i>n=229</i>	Tachosil vs. Naht	Tachosil 9,7% Naht 17,2% Alle 30/13,5%	Infektionen 17,2%
<i>Arlt et al.</i> 2011 <i>n=81</i>	Sandwich vs. Naht mit Kleber	Sandwich 3/7,3% Naht 4/9,8% Gesamt 7/8,6%	Keine Infektionen
<i>Heymanns et al.</i> <i>n=310</i>	Sandwich	12/3,8% Kissen 10/12 Fistel 2/12	8 Wundheilungsstörungen 10 Nachblutungen 4 Aufstau

### 5.3 Komplikationen im direkten Vergleich zu Metaanalysedaten

#### 5.3.1 Liquorleckagen

Betrachtet man nun die Fallzahlen von Liquorleckagen, welche nach Durchführung unserer Verschlusstechnik registriert werden, mit denen der anderen betrachteten Studien, so zeigt sich im direkten Vergleich zu der Anwendung einer Sandwichmethode wie von Arlt et al. eine prozentuale Halbierung der Komplikationsrate von 8,6% auf 3,8% ( $p=0,0379$ ). [3] Bei Nutzung von TPD, wie von Than beschrieben, ist auch im Vergleich zu unseren Zahlen eine deutlich höhere Komplikationsrate insbesondere bei Operationen mit Kraniotomie als knöchernem Zugangsweg zu erkennen. In diesem Fall zeigen sich bei Einbringen von TPD in 13,2% der Fälle Liquorleckagen. Wird der Zugang in Form einer Kraniektomie gewählt, so wird eine Komplikationsrate von 3,2% angegeben. [55]

Da wir in unserer Methodik nur Fälle mit einer Kraniotomie als *Procedere* des knöchernen Zugangsweges vorsehen, ist ein Vergleichen zwischen Kraniektomie und Kraniotomie nicht möglich. Jedoch können wir bzgl. erster unsere Zahlen vergleichen und stellen fest, dass unsere Daten hier deutlich andere Werte angeben; so liegt unsere Komplikationsrate mit 3,8% CSF Leckagen im Rahmen einer Kraniotomie deutlich niedriger als bei Than beschrieben. Dem gleichen Aspekt zwischen Auftreten einer CSF- Leckage je Eröffnung des Knochens widmen sich auch Legnani et al., allerdings mit genau umgekehrtem Ergebnis. So zeigen sich hier im Falle einer Kraniotomie mit 2% der Fälle deutlich geringere Zahlen als bei einer Kraniektomie mit 10%. Der Bedeutung des Umgangs mit den knöchernen Strukturen sollte also in Zukunft ein besonderes Augenmerk zukommen. [35]

Wir halten es für wahrscheinlich, dass die großen Unterschiede der Komplikationsraten zwischen Kraniotomie und Kraniektomie durch die unterschiedlichen Operationsursachen bedingt sind, welche ein jeweiliges *Procedere* mit sich bringt. [47] oder aber mit der Tatsache, dass ein wiedereingebrachter Knochen eine Art Gegenlager für die Dura darstellt.

In unserer Auswertung findet sich als ein weiterer möglicher Einflussfaktor das Geschlecht. 5,1% der männlichen Patienten erleiden eine postoperative Leckage; während dies nur bei 2,5% der weiblichen Patienten der Fall war ( $p=0,49$ , OR 2,08). In keiner der von uns in der Metaanalyse aufgenommenen Studien ist dies ebenso vermerkt. Kehler et al. geben vielmehr ein ausgeglichenes Verhältnis eines genderspezifischen Einflusses an. [31] Lam et al. berichten gar von einem Auftreten eher bei weiblichem Geschlecht.

[33] Wir halten es für möglich, dass individuell begleitende, nicht näher bekannte Risikofaktoren dieses Ergebnis in vorliegender Form beeinflusst haben, auch wenn diese nicht signifikant ist; eine wirkliche Beeinflussung durch das Geschlecht erachten wir als nicht wahrscheinlich.

Betrachtet man das Alter, so zeigt sich in unserer Studie, dass besonders junge Patienten einem geringeren Risiko für das Auftreten postoperativer Komplikationen ausgesetzt sind. Evtl. ist dies auch dadurch verursacht, dass speziell kinderneurochirurgische Fälle nur von drei darin erfahrensten Operateuren mit jeweils mehr als 25 Jahren NC-Tätigkeit vorgenommen werden. Vielmehr finden sich in der älteren Gruppe der Patienten im Alter zwischen 60-80 eine Vielzahl der verzeichneten Auffälligkeiten: vier Fälle eines Liquorlecks, eine Wundinfektion, fünf Nachblutungen, zwei Fälle eines Hydrocephalus sowie der einzige Fall einer Luftembolie der Lunge. Diese Altersgruppe wird auch von Kehler et al. als besondere Risikogruppe angegeben. [31]

Durch die von uns angewandte Technik des Duraverschlusses kann also eine signifikant reduzierte Anzahl an CSF-Leckagen mit einem Prozentsatz von 3,8% im Vergleich zu den von uns betrachteten veröffentlichten Daten erreicht werden, in welcher eine Gesamt-Komplikationsrate von 9,48% zu finden ist ( $p=0,00055$ ).

Das Vorgehen, sollte doch eine Leckage auftreten, stellt sich in den Studien, die sich hierzu äußern, sehr ähnlich dar. So wird zuerst immer ein konservatives Vorgehen gewählt, welches neben

Oberkörperhochlagerung und Vermeidung von Druckaufbau intracerebral auch eine Übernaht der Wunde vorsieht. Das Anlegen einer Lumbaldrainage kann zusätzlich in Erwägung gezogen werden und reicht in der Vielzahl der Fälle aus, um den Heilungsprozess zu unterstützen und eine Revisionsoperation zu umgehen. [5,47] Lediglich Jito et al. verzeichnen in allen aufgetretenen Fällen mit Liquorleck auch die Notwendigkeit einer Revisionsoperation. Diese ist in unserer Studie lediglich in drei Fällen notwendig, was 0,5% der Gesamtfallzahlen entspricht. [30]

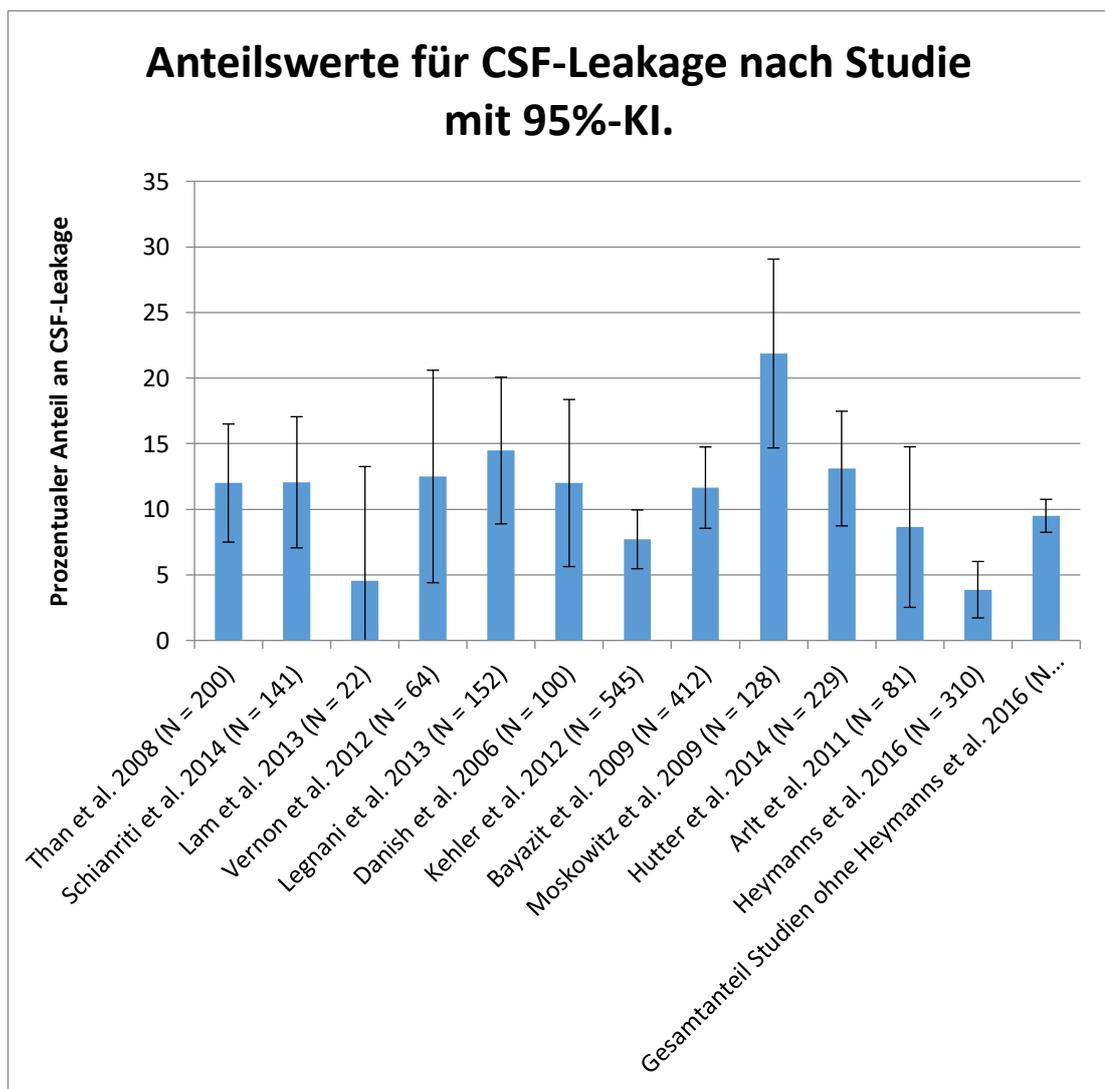


Abb. 18 Anteilswerte der Metaanalyse nach Gesamtstudien, Anteilswert für Formen von CSF-Leckage pro Studie mit 95%-Konfidenzintervallen mittels Normalverteilungsapproximation.

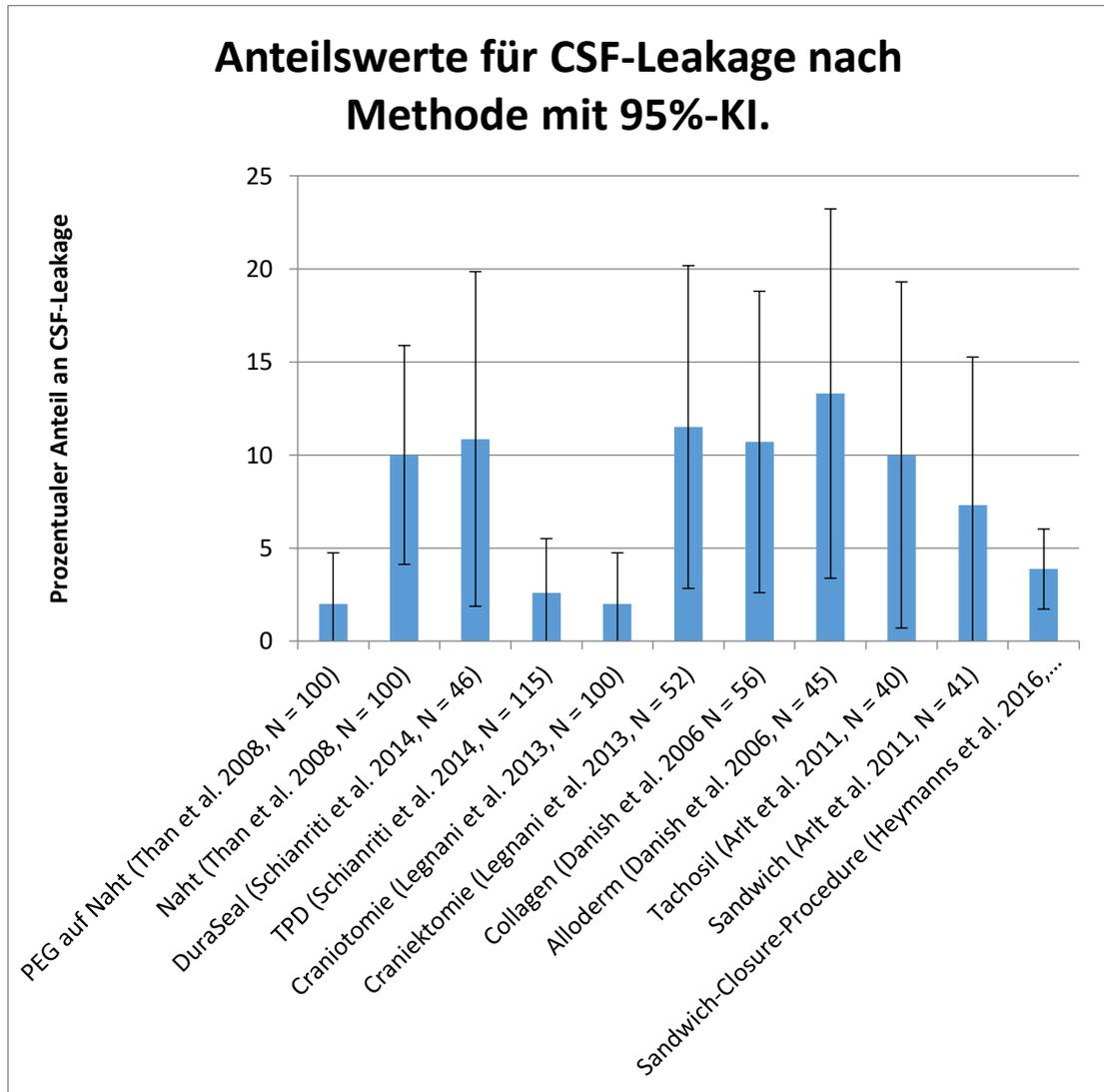


Abb. 19 Anteilswert der Metaanalyse nach Studienarm, CSF-Leckage pro Methode mit 95%-Konfidenzintervallen mittels Normalverteilungsapproximation.

### 5.3.2 Wundheilungsstörungen

Die Wundinfektion ist eine weitere von uns in den Fokus gesetzte Komplikation, die wir in der Metaanalyse ebenfalls betrachten. In unserer Patientengruppe ohne akute Blutungsereignisse finden wir in 2,5% der Fälle eine Wundheilungsstörung durch Infektion. Diese sind alle konservativ behandelbar. Die Angaben von Legnani et al. sind mit 1,5% im Mittel bei beiden Zugangswege ohne relevanten Unterschied. [35] Arlt et al. geben an, es sei in ihrer Studie zu keiner Wundinfektion gekommen. Bei einer Gesamtfallzahl von nur 81 Patienten erachten wir dies als eine der dem Studiendesign geschuldete Tatsache. [3] Danish et al. geben ebenfalls Zahlen von 2,5% in der Gesamtgruppe ihrer betrachteten Verschlussstechniken an. [14] Aufgrund der zu unseren Ergebnissen vergleichbaren Angaben halten wir das angewandte Procedere sowohl perioperativ als postinterventionell als qualitativ gut.

### 5.3.3 Nachblutungen

Aufgrund des gut vaskularisierten Operationsgebietes erscheint uns eine Auswertung nach Nachblutungen als sinnvoll. Leider werden in den von uns gezielt betrachteten Artikeln zu dieser Komplikation keine Angaben gemacht. In der allgemeinen Literatur finden sich Zahlen von bis zu 10% für die Gefahr einer Nachblutung postoperativ. [22,28] In unserer Studie finden wir in 3,5% der Fälle bei postoperativ angefertigten cCTs Anzeichen für eine Blutung. Eine Revision ist aber in keinem der Fälle notwendig. Sofern neurologische Defizite oder Beeinträchtigungen des Kreislaufes auftreten, sind diese im Verlauf rückläufig. Eine direkte Vergleichbarkeit gibt es aufgrund der mangelnden Informationen

bzgl. der Fallzahlen zwar nicht, es ergeben sich allerdings aus teilweise angegebenen Managementangaben Rückschlüsse, die Anlass dazu geben, unser Vorgehen mit zeitnaher Bildgebung und großzügigem Zuwarten bei geringer Symptomatik als bestätigt anzusehen.

#### 5.3.4 Gegenüberstellung der Metaanalyseinhalte

Betrachtet man die Studien nun jeweils nach ihren Ergebnissen, so sind zu Beginn die prospektiven Studien zu nennen.

Hierbei bieten insbesondere Kehler et al. mit ihrer multizentrischen Studie einen gute Übersichtsarbeit unter Berücksichtigung vieler Aspekte. Es werden verschiedene Faktoren begutachtet und jeweils auf ein erhöhtes Risiko für das Auftreten einer Duraleckage bewertet. Es wird ein erhöhtes Vorkommen von selbigen bei infratentorieller Trepanation festgestellt. Des Weiteren werden ein Alter < 65 Jahre (dies vermuten die Autoren aufgrund der jeweiligen Operationsursache), die Größe der Schädelöffnung, die Art der Schädelöffnung - hierbei die Kraniotomie risikoreicher denn Kraniektomie - bereits bestehende Duraverletzungen ab einer Größe über 1cm sowie ein fehlendes Decken mit Muskelmaterial und die Art der Duranaht als komplikationssteigernd angeben.[31]

Insbesondere letzteres wird immer wieder auch in anderen Arbeiten als ursächlich für das Auftreten eines CFS-Lecks angegeben; hier wird die vorlaufende Naht als besonders dicht schließend hervorgehoben. [5,31] Zusätzlich sei die suffiziente Hautnaht von wichtiger Bedeutung.

Interessanterweise scheinen vorbestehende Behandlungen mittels Radiotherapie oder Chemotherapeutika keinen Einfluss auf das Ergebnis zu haben. Gleiches gilt für Reoperationen, die behandelte Entität oder verschiedene genutzte Verschlussmaterialien.

Die Autoren geben in ihrer Auswertung somit zu Diskussion, auf eine gute Naht sowohl im Bereich der Dura als auch der Haut zu achten. Der Knochendefekt sollte so klein als möglich gehalten werden; es sollten hierzu aber noch weitergehende Studien erfolgen. Den Nutzen einer Augmentation, in dieser Studie insbesondere Tachosil®, wird ihrerseits gesehen, bedürfe aber einer noch größeren Datenzahl, um für die jeweiligen Operationsgebieten ein genau angepasstes Procedere zu entwickeln. [31]

Bayazit et al. geben bei ihrer Bewertung der Ergebnisse bzgl. des Auftretens einer Liquorleckage insbesondere die Dauer der Operation an; so trockne die Dura bei langer Operationszeit vermehrt aus und mache einen suffizienten primären Duraverschluss schwieriger. Den Einfluss der operierten Tumorgröße und somit den Substanzdefekt sehen sie eher als fraglich an. Vielmehr habe der postoperative Druck von Liquor aufgrund veränderter Produktions- und Absorptionsmengen einen Einfluss auf das Auftreten einer Leckage. Diese Theorie sehen sie im Bereich der Vestibularnerv-Operationen unterstützt, da dort aufgrund geringerer Operationsdauer und wenig Blutungsgefahr auch deutlich weniger CSF-Leckagen postoperativ aufgetreten seien. [5]

Das Procedere bei Auftreten einer Leckage wird bei ihnen im Rahmen der konservativen Behandlung durch Bettruhe mit Kopfhochlagerung und Druckverband durch Azetazolamid ergänzt, welches aufgrund seiner Eigenschaft der Reduktion der Liquorproduktion druckmindernd wirken soll. Bayazit et al. geben an, dass das konservative Procedere sowohl in der Gruppe der Rhinoliqorrhoeen als auch im Rahmen eines incisional-auftretenden Liquorlecks gleichwertige Ergebnisse erreicht werden konnten. [5]

Legnani et al. berichten in ihrer Studie bzgl. des Auftretens von CSF Leckagen je nach knöchernem Procedere ebenfalls von den Vorteilen der sitzenden Lagerung für das Operationsergebnis. Die Operationen seien komplett durch zwei Operateure und ihr eingespieltes Team durchgeführt worden, womit in dieser Studie insbesondere die Erfahrung des Operateurs als Variable sehr klein gehalten wurde. Die angewandte Technik zur Trepanation sei im Verlauf durch eine Mikrooszillationssäge sowie ein Osteotom durchgeführt worden, da insbesondere in der Anwendung dieser Methode ein geringeres Auftreten bereits intraoperativer Substanzdefekte bemerkt worden sei. Das Aufbringen eines Muskellappens auf die verschlossene Dura verhindere postoperativ einen erhöhten Druck auf die verschlossene Dura und fülle einen möglichen Substanzdefekt dahingehend aus, dass dieser nicht zu einer Liquoransammlung führen könne. [35]

Hutter et al. weisen in ihrer Studie auf mögliche vorbestehende Risikofaktoren hin, welche sie insbesondere bei Diabetes mellitus sowie erhöhten Entzündungswerten, hier CrP-Höhe, sehen. Zusätzlich sei die intraoperative Notwendigkeit des Anwendens

eines Durapatches ebenfalls durch eine erhöhte postoperative Komplikationsrate gekennzeichnet. Im Auftreten von CSF Leckagen waren die verglichenen Gruppen mit alleiniger Naht und Anwendung von Tachosil® nach Naht ohne Unterschied; jedoch sei ein deutlich kürzerer Aufenthalt in der Überwachungsstation nach Tachosil® -Nutzung bemerkbar gewesen. Letzteres habe sich aufgrund der Ergebnisse als ein sicher anzuwendendes Produkt gezeigt. [29]

Arlt et al. haben in ihrer Studie eine lange Nachuntersuchungszeit mit einem Jahr angeben. In dieser Zeit zeigte sich kein Fall einer aufsteigenden Infektion, die von ihnen verglichenen Methoden einer Sandwichmethode mit Spongostan® oder Tissufleece® und Tachosil® sowie der alleinigen Anwendung von Tachosil® ergab keinen signifikanten Unterschied für das Auftreten einer Liquorleckage. Eine Erklärung wird dafür nicht gegeben, aber nochmals auf die Bedeutung einer Behandlung bei Auftreten einer Leckage bzw. der Vermeidung einer solchen hingewiesen, um postoperative Infektionen zu vermeiden. [3]

In einer Mischung aus prospektiver Studie mit Anwendung von PEG-Kleber sowie einer retrospektiven Auswertung gleicher Fallzahl, in welcher Fibrinkleber genutzt wurde, geben Than et al. ihre Daten an. Hierbei ergibt sich ein deutlicher Vorteil für PEG-Kleber (DuraSeal®), welcher auch statistisch signifikant sei, auch im Vergleich zu unseren Ergebnissen. Eine Erklärung hierfür wird nicht angegeben. Steinbok et al. setzen sich in ihrer Arbeit hiermit auseinander und erwägen einen Zusammenhang der hohen Komplikationsrate bei Nutzung von Fibrinkleber aufgrund der

angewandten Hautnahttechnik oder des subcutanen Vorgehens. [55,59]

Dieses Ergebnis von Than greifen Schianriti et al. in ihrer retrospektiven Studie auf, in welcher ein Vergleich zwischen TPD und DuraSeal erstellt wird. Hierbei zeigte TPD mit 2,6% insbesondere bei bestehenden Risikofaktoren wie Cortisontherapie, Voroperationen und Strahlentherapie sowie dem postoperativen Auftreten eines Hydrocephalus als Risikofaktor ein deutlich selteneres Auftreten einer Leckage als im Vergleich zur DuraSeal-Gruppe mit 10,8% auch im Vergleich zu unseren Ergebnissen ( $p=0,48$  zu  $p=0,019$ ). Hier ist auf die Anwendung der Augmentation erst bei sichtbarem Liquorleck intraoperativ nach Valsalvamanöver hingewiesen; wir sehen hierin eine mögliche Erklärung der besseren Ergebnisse durch ein noch gezielteres Verschließen der Dura aufgrund des bereits ersichtlichen Liquoraustritts. Zu bemerken ist, dass in dieser Studie die Unterteilung in Liquorleckage und Pseudomeningozele -wie von uns ebenfalls bevorzugt- nicht erfolgt, da die Autoren ebenso wie wir jedweden Austritt von Liquor in den extraduralen Raum als im Rahmen einer insuffizienten Duraverschluss aufgetreten werten, aus welchem dann im Verlauf sowohl ein persistierendes Liquorleck als auch eine Pseudomeningozele entstehen kann. [47]

Ein Unterschied bzgl. Kraniotomie oder Kraniektomie in Verbindung mit dem Auftreten einer Liquorleckage war nicht feststellbar, allerdings regen die Autoren eine Diskussion bzgl. der Präparation der Dura an. Hierin sehen sie einen weiteren wichtigen Schritt für einen suffizienten Verschluss der Dura am Ende der Operation. [47]

Bei Operationen an Meningeomen im Bereich der hinteren Schädelgrube zeigten sich Velho et al. zwei Hauptkomplikationen: neurologische Defizite sowie eben das anhaltende Auftreten von Liquorleckagen. Letztere seien hierbei besonders bei petroclivialen oder tentoriellen Tumoren aufgetreten; hierfür wird durch die Autoren neben der Lage des Operationsgebietes auch eine zumeist längere Operationsdauer als ursächlich vermutet. Bei totaler Tumorexstirpation fand sich ebenfalls eine höhere Inzidenz für CSF Lecks. Es zeigte sich eine hohe Rate an Hydrocephalus mit 28 Fällen. Durch eine sehr lange Verlaufskontrollzeit mit 4 Jahren wurden bei zehn Patienten noch anhaltende Komplikationen festgestellt; dies unterstützt das Vorgehen einer langen Nachkontrollphase um eben die dauerhaft beeinträchtigten Fälle von temporär auftretenden Komplikationen zu unterscheiden; sind diese doch deutlich beeinträchtigender für den Patienten. [ 58]

In ihrer Studie zu Arnold Chiari Malformationen Typ I geben Lam et al. in ihrer Fallstudie nur eine Leckage durch Dehiszenz an. Diese geringe Komplikationsrate führen sie auf ein Nutzen von autologem Material zurück sowie das konsequente Beachten einer wasserdichten Naht. Ergänzt werden könne dieses durch einen Durakleber. Das perfekte Material solle weniger inflammatorisch, natürlich wasserdicht, leicht zur Verfügung stehend, wenig kostenintensiv und leicht sterilisierbar sein soll – am ehesten treffe dies nach Meinung der Autoren eben auf autologes Material zu. Sie geben ebenfalls an, dass nach Operationen mit Nutzung von Duraplastiken zwar weniger Re-Operationsbedarf entstünde, dafür aber ein vermehrtes Aufkommen von Liquorleckagen. Diese Feststellung können wir mit unseren Daten nicht unterstützen;

vielmehr zeigten sich bei beiden Methoden mit 3,8% und 4,5% vergleichbare Prozentwerte für das Auftreten von CSF Lecks ( $p=0,435$ ). Erwähnenswert ist die Nutzung von Fragebögen bzgl. der Entwicklung der präinterventionellen Symptomatik im postoperativen Verlauf; hier zeigt sich eine 100%ige Besserung der Symptomatik und damit wohl einhergehend eine zu erwartende hohe Patientenzufriedenheit. [33,34]

Die Studien stellen bei Auswertung gezielter Material- und Technikvergleiche in einigen Fällen zwei Verfahren gegenüber. Eine weitere Betrachtung von anderen möglichen Vorgehensweisen findet zumeist nur am Rande Eingang in eine Auswertung.

Dies gilt auch für die Angabe zum Auftreten von Komplikationen. Hierbei werden insbesondere Probleme im Zusammenhang mit einer Eröffnung des Duraraumes bewertet. Andere mögliche Beeinträchtigungen postoperativ finden sich nur bedingt dargestellt.

Gerade die Studien von Kehler et al. und Bayazit, welche durch die vergleichbar hohen Gesamtfallzahlen einer ähnlichen statistischen Bedeutsamkeit entsprechen, zeigen aber bei völlig unterschiedlichen Vorgehensweisen mit je 7,7% CSF-Leckagen erstaunlich ähnliche Komplikationsraten bei ähnlicher Bandbreite an Kasuistiken der Eingriffe. Die kleine Fallstudie von Jito et al. zeigt sich dabei wiederum mit der geringen Fallzahl sowie der hohen Komplikationsrate als zwar nicht statistisch relevant dar, legt aber durch Einbeziehung anderer Studien sowie deren Ergebnisse mögliche Problemquellen offen und zeigt als wichtigen Hinweis den

veränderten Zustand des PEG-Klebers im Operationsgebiet bei Re-Operation auf. In dieser Hydrolysierung finden die Autoren einen Ansatz zur Erklärung für das Auftreten von Liquorleckagen in allen drei Fällen bei alleinigem Nutzen von PEG Kleber nach Duranaht [5,30,31].

Stellt man alle in der angefertigten Metaanalyse betrachteten Studien einander gegenüber, so zeigt sich, dass sie, trotz großer Abweichungen bei den Ergebnissen insbesondere bzgl. der Liquorleckagen eines gemeinsam haben: sie weisen auf die Notwendigkeit einer genaueren Betrachtung eben dieser zusätzlichen Komplikationsrisiken wie Vorbehandlungen, Defektgröße, Zugangsweg oder Operationsdauer hin. [30,31,47]

In kommenden Studien sollte also eine noch diffizilere Aufschlüsselung nach Procedere und Risikofaktoren erfolgen, um ein relevantes Zusammenspiel einzelner Komponenten zu entdecken und dann gezielt deren Einfluss auf das Ergebnis positiv zu beeinflussen.

#### 5.4 Luftembolien und Lagerung als gesonderte Komplikation

Da während der Auswertung der Patientendaten in aktuellen Publikationen die Fragestellung der Lagerung und deren Zusammenhang mit luftembolischen Ereignissen aufkommen, werden sämtliche Datensätze nochmals bzgl. eines solchen bewertet.

Eine Auswertung von Publikationen aus den Jahren 1976 bis 1994 zeigt, dass ein VAE im Mittel bei 28,4% der Patienten, welche in sitzender Position operiert werden, auftreten. Im Vergleich dazu

findet sich eine solche VAE lediglich bei 5,5% der Patienten, welche in horizontaler Lagerung operiert werden. Setzt man unser Ergebnis des Auftretens einer solchen Lungenembolie mit 0,6% den Daten der Reviews entgegen, so scheint unser Vorgehen präoperativ zur Detektion von Risikofaktoren, welche gegen eine OP in der sitzenden Lagerung sprechen, ebendiese gut herauszufiltern. [43,49,51] Eine höhere Gefahr für den Patienten können wir somit aus unserer Sicht negieren. Vielmehr erscheint das gut einsehbare Operationsfeld mit den Vorteilen der Reduktion anderer Komplikationen wie z.B. einer geringeren Retraktion des Cerebellums sowie die bessere Zugänglichkeit des Patienten für den Anästhesisten für die Wahl einer sitzenden Lagerung des Patienten zu sprechen. [1,18,19,51]

### 5.5 Postoperatives Procedere

Zwar ist ein Vergleich zur Literatur nicht möglich, da in den ausgewerteten Studien hierzu keine Angaben gemacht wurden, allerdings sprechen wir der postoperativen Handhabung eine wichtige Bedeutung zur Vermeidung einer Leckage zu. So soll durch das Tragen der weichen Halskrawatte, welche allerdings in den bisherigen Veröffentlichungen nicht erwähnt wurde, über mindestens 10 Tage eine äußere Kompression und ein Schutz des Wundgebietes gewährleistet werden. Das Belassen der Fäden über min. 10 Tage soll einer Nahtdehiszenz entgegenwirken. Legen doch auch Steinbok et al. und die Ergebnisse von Than et al. bzgl. des vermehrten Auftretens von CSF-Leckagen nach Nutzung von Fibrinkleber eher einer insuffizienten Nahtführung beim Verschluss der Haut bzw. des subcutanen Gewebes als

einem wirklichen Versagen des Verschlussmaterials zu Lasten.  
[53,55]

## 5.6 Äußere beeinflussende und beeinflussbare Faktoren

Wie bereits in der Betrachtung der Metaanalyseergebnisse erwähnt, so sind gerade auch äußere Faktoren zu berücksichtigen, will man Rückschlüsse bzgl. der Kosten-Nutzen-Rechnung eines angewandten Operationsverfahrens ziehen.

### 5.6.1 Erfahrung des Operateurs

Auch wenn in dieser Studie keine Auswertung bzgl. des Operateurs stattfand, so ist ein wichtiger Faktor sicherlich der Ausführende bzw. das gesamte Team, denn seine Erfahrung und sein handwerkliches Geschick sind für den Gesamtverlauf der Operation mit von entscheidender Bedeutung. So gehen Moskoop und Wassmann in ihrem Buch „Weiterbildung Neurochirurgie“ bei Operationen intracranieller Tumoren auf die Operationsmorbidity in Abhängigkeit von der Erfahrung des Operateurs ein. Sie verzeichnen hier ein deutlich besseres Ergebnis sowohl was Resektion als auch postoperativen Verlauf anbelangt in Korrelation zur wachsenden Zahl der durchgeführten Operationen eines Operateurs. [7,40] Ähnliche Rückschlüsse zieht die Bundesärztekammer bei einer Auswertung von Studien bzgl. der Vor- und Nachteile einer Zentrenbildung. Ist ein Operateur mit dem Eingriff und den genutzten Materialien vertraut, so sind auftretende Komplikationen intraoperativ schneller und effektiver gelöst und postoperativ seltener. [2,40] Legnani et al. folgen diesem Gedanken und stellen eine Studie eben mit nur zwei Operateuren, welche bereits sehr erfahren mit Operationen an der

hinteren Schädelgrube sind, vor; mit einem Insgesamt-Auftreten von 3,9%. [ 35] In weiteren Studie erachten auch wir eine solche Unterscheidung als sinnvoll.

#### 5.6.2 Operationsdauer

Betrachtet man die Einflussfaktoren für das postoperative Ergebnis, so muss auch die Zeit, welche der Patient einem solchen Eingriff ausgesetzt ist, berücksichtigt werden – sowohl seitens der Kosten als auch der körperlichen Belastung.

Danish et al. vergleichen in ihrer Studie die Effizienz zwei synthetische Duraplastiken: DuraGen® als Kollagenmatrix und AlloDerm® als azelluläre Humandura. Hierbei achten sie neben dem Auftreten von Komplikationen auch auf einen möglichen Zeitmehraufwand je nach Verfahren. Es wird von ihnen festgestellt, dass das Einbringen der Kollagenmatrix eine signifikant kürzere Operationsdauer bedeutet. Wird AlloDerm® zum Vernähen der Dura genutzt, so benötigt der Operateur 36 Minuten länger, um die Operation zu einem Abschluss zu bringen (92 Minuten mit DuraGen® vs. 128 Minuten bei AlloDerm®). [14]

Wir haben für unsere Studie stichprobenartig bei verschiedenen Operateuren die Zeiten für das Einbringen der zusätzlichen Verschlüsse im Vergleich zur alleinigen Duranaht; daraus ergibt sich eine Operationsverlängerung von 15 Minuten im Median durch das zusätzliche Einnähen dieser sowie das Einbringen von TachoSil®. Berücksichtigt wird hierbei der Gesamtablauf von Anreichen bis Ablegen der dazugehörigen Materialien.

Das Deutsche Ärzteblatt beziffert die Kosten einer Operationsminute unter Berücksichtigung der anteiligen Ausstattungskosten, Personal- und Betriebskosten mit 40-50€ je Minute. Legt man als Wert das Mittel mit 45€ zu Grunde, so ergeben sich daraus Mehrkosten von 675€ je Operation mit Einbringen einer Kunstdura. [20]

Die Auswirkungen der längeren Sedierungszeit auf den Patienten erscheinen bei so geringem Zeitmehraufwand der Operation im Vergleich zur Gesamtoperation vernachlässigbar.

### 5.6.3 Kosten der stationären Unterbringung

Ein Eingriff, welcher komplikationsärmer ist, bedeutet zugleich auch immer eine kürzere Liegezeit stationär – ob auf der Normalstation oder in der Überwachungseinheit.

Das konservative Vorgehen allein bedeutet bereits eine Verlängerung der Liegedauer um mindestens zwei Tage, um einen dauerhaften Effekt sicher beurteilen zu können. Sollte gar eine Lumbaldrainage gelegt werden, so steigt die Liegezeit direkt um weitere drei Tage.

Eine direkte Revisionsoperation bedeutet zwar evtl. keine Verlängerung der Liegezeiten im Vergleich zum konservativen Procedere, beinhaltet aber min. eine Nacht mehr auf der Intermediate Care Station. Zusätzlich zu dieser kommen wahrscheinlich weitere zwei Tage auf der peripheren Station.

Legt man für eine Betreuung konservativer Art Mehrkosten von 500€ je Tag allein für Bett und Pflege zugrunde, so ergibt sich für

fünf zusätzliche stationäre Tage ein Mehrkostenaufwand von 2.500€. [23]

Sollte nun noch eine Revisionsoperation erfolgen, so kommt durch die Intensivbetreuung und weitere Beobachtungszeit stationär für insgesamt ebenfalls fünf Tage im Anschluss daran eine Kostensteigerung von ca. 3.500€ zusätzlich zusammen. Nicht berücksichtigt sind hierbei die erneuten Operationskosten sowie Ausgaben für benötigte Bildgebung und Laboruntersuchungen. Hutter et al. geben in ihrer Arbeit zur Effektivität von TachoSil® als Suturaufgabe an, dass dadurch eine Reduktion der Liegezeit auf einer IMC um im Mittel einen Tag erreicht werden konnte. [4,29]

Eine Erhöhung der Kosten wird ebenfalls von Schianriti et al. berichtet. Sie geben an, nach Auswertung ihrer Daten eine Kostensteigerung von im Mittel 141% bei Patienten mit Operationen an der hinteren Schädelgrube verzeichnet zu haben und führen dies auf die deutlich höheren Folgekosten durch Nachbehandlung von Komplikationen zurück. [47]

#### 5.6.4 Materialkosten

Da eine Sandwichmethode zwei Techniken bzw. Materialien kombiniert, welche evtl. auch exklusiv genutzt werden könnten, erscheint es sinnvoll, den finanziellen Mehraufwand auch für das Material zu benennen.

Die von uns verwandten Produkte der bovinen Neodura sind hierbei mit einem Preis je Stück von 100€ bis 415€ für Aesculap®lyoplant der Firma B. Braun, je nach Größe (zwischen 2cm x 10cm bis 6cm x 14cm) verzeichnet. Für Duraguard® der Firma Baxter wird durch

die Apotheke unseres Hauses ein Preis zwischen 235€ bis sogar 940€ angegeben. Die Größen reichen hier von 2cm x 9 cm bis zu 10cm x 16 cm; wenn auch insbesondere für das von uns gewählte Operationsgebiet eher die kleineren Größen von Relevanz sind.

Der von uns verwandte Fibrinkleber TachoSil® der Firma Takeda kostet je nach Matrixgröße, welche von 3cm x 2,5 cm bis zu 9,5cm x 4,8 cm variieren kann, zwischen 90-320€.

Daraus ergibt sich ein Mehraufwand durch Material zwischen 190€ bis 380€, vorausgesetzt, dass der Duradefekt einer Größe entspricht, welche durch ein Maß von 4cm x 5cm zu decken ist und durch beide Materialien verschlossen werden soll.

Allen aufgeführten Zusatzkosten steht eine deutlich längere Unterbringungszeit mit zusätzlichen Behandlungskosten bei Auftreten von Komplikationen gegenüber, welche einen Material- und Zeitmehraufwand unseres Erachtens nach mehr als rechtfertigen.

Die Gefahr für den Patienten, welche allein aus einer Verschlussmethode entstehen kann, wenn diese sich als insuffizient und komplikationsanfällig darstellt, stehen in keinem Vergleich zu den o.g. finanziellen Beeinflussungen. Bei einem Kleinkind z.B. ist aufgrund der anatomischen Bedingungen in dieser Altersgruppe eine Anlage einer Lumbaldrainage limitiert; jede Leckage also somit eine Gefahr, welcher ein konservativer Handlungsspielraum nur begrenzt zur Verfügung steht. Sicherheit für den Patienten sollte im Fokus stehen, denn jede aufsteigende Infektion bedeutet die Gefahr einer Meningitis und somit des Todes. So geben Moskopp et al. in ihrem Handbuch eine Letalität

von 5-10% in einem solchen Falle an; die Morbidität mit schwersten neurologischen Beeinträchtigungen wird mit 20-30% angegeben. [40]

Ein sicherer Verschluss ist neben der finanziellen Belastung also vielmehr eine aktive Senkung der Sterblichkeit und damit unbezahlbar.

## 5.7 Patientenzufriedenheit

Auch wenn diese keine eigene Auswertung in unserer Studie erhalten hat, so sei ein kurzer Hinweis diesbezüglich erlaubt.

Der Patient steht bei jedweder Überlegung zur Verbesserung der Versorgung im Mittelpunkt. Seine Zufriedenheit mit dem Ergebnis sowie der Versorgung stellen neben den medizinisch-ökonomischen Aspekten einen wichtigen Anhaltspunkt für eine erfolgreiche Behandlung dar. Ziesche stellt in ihrem Buch fest, dass gerade die Patientenbeurteilung und die Zufriedenheit von großer Bedeutung seien, soll sie doch der Heilung zuträglich sein. Ein hohes Maß an Zufriedenheit gäbe auch ein Gefühl von Sicherheit. [59]

Auch das Deutsche Ärzteblatt hat sich 2016 mit dem Thema der Patientenzufriedenheit beschäftigt. Hierbei stellen die Autoren fest, dass Patienten ein gutes Bauchgefühl für strukturelle und qualitative Fähigkeiten einer Klinik haben. Unterstützt wird diese Aussage durch eine bereits durch Hall und Dornan 1988 getätigte Aussage über Patienten, dass für diese in der Behandlung die drei wichtigsten Faktoren aus medizinischer Sicht folgende seien:

Menschlichkeit (65%), Information (50%) und technische Qualität (43%). [16,24]

Somit stellt also eine innovative operative Leistung mit einem sicheren Endergebnis eine wichtige Grundlage für die Zufriedenheit eines Patienten dar.

## 6. Zusammenfassung

In der hier vorliegenden Arbeit kann nach genauer Auswertung aller uns zur Verfügung stehenden Daten gezeigt werden, dass die im Sana Klinikum Duisburg durchgeführte Technik des Sandwichverschlusses bei Operationen an der hinteren Schädelgrube eine relevante Reduktion der Komplikationsrate insbesondere in Bezug auf Liquorleckagen im Vergleich zum Gesamtanteil in den betrachteten Studien ermöglicht.

Die Vorteile der angewandten Methode sehen wir in verschiedenen Bereichen. So liegt einer sicherlich in einer durchgehend und wasserdicht gewählten Naht beim primären Duraverschluss. Durch die Sandwichmethode sprechen wir dieser eine Kompressionsfunktion auf das Operationsgebiet zu, welche sich positiv auf temporäre Beeinträchtigungen des Liquorsystems auswirkt.

Zusätzlich erachten wir die genutzten Einzelmethoden als wenig aufwendig, welche aber insgesamt zu einem guten Effekt führen und durch eine Reduktion der Komplikationsrate positive Auswirkungen auf den postoperativen Verlauf und Folgekosten hat.

Kritisch ist sicherlich anzumerken, dass in unserer Studie keine genaue Betrachtung von prä-, peri- oder postoperativen

Risikofaktoren erfolgte. Ebenso ist aufgrund des Fehlens einer kontrollierten Vergleichsgruppe eine Aussage nur bedingt auf andere Kliniken übertragbar. Auch wäre in einer weiteren Betrachtung der Thematik sicherlich die Aufschlüsselung nach Operateur und Team sowie deren Erfahrung mit jeweils genutzten Komponenten sinnvoll.

Für die Zukunft stellen sich nun folgende Aspekte nach unserem Dafürhalten als wichtig heraus:

Es sollten weitere Studien mit hohen Fallzahlen, nach Möglichkeit auch multizentrisch erfolgen - Ideal wäre z.B. eine Registerstudie. Diese sollten Risikofaktoren, genutzte Materialien und auch genaue Verfahrensabläufe berücksichtigen. Ebenso sollten die Zahlen Operateuren zuordbar sein. Im Procedere sollte auf die Bedeutung des Zugangsweges, des Operationsgebietes mit seinen individuellen Anforderungen sowie auf die Art der Durapräparation geachtet werden. Bzgl. der Duranaht sollte auf die Bedeutung eines konsequent dichten Primärverschlusses sowie einer suffizienten Hautnaht hingewiesen werden. Das Anwenden einer postoperativen Kompression lokal im Wundgebiet sollte ebenfalls betrachtet werden.

Alle weiteren Komplikationen wie Wundinfektionen, Blutungen und Luftembolien zeigen sich in unserer Datenerhebung als ähnlich zu den in der Metaanalyse gewonnenen Daten. Dies spricht für eine gut vergleichbare Operationstechnik ohne Verschiebung der Komplikationsraten in andere Bereiche, sodass auch hier ein für den Patienten hoch anzusetzender Standard erreicht wird.

Das von uns angewandte Procedere bei Auftreten einer Komplikation stellt sich als effektiv dar und ist als solches auch in der Literatur sinnvoll nachvollziehbar.

Mit einer jeden Verbesserung bzgl. des Auftretens einer Komplikation ist man dem obersten Ziel, welches uns Mediziner antreiben sollte -das Wohl des Patienten- einen Schritt nähergekommen.

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Albin MS, Babinski M, Maroon JC, Jannetta PJ (1976). Anesthetic management of posterior fossa surgery in the sitting position. *Acta Anaesthesiol Scand* **20**: 117-128A
- [2] Arbeitsgruppe „Gute Zentrumszertifizierung“ der BÄK (2015). Einfluss der Zentrenbildung auf die Versorgung (Zugriff vom 16.11.2017)  
[www.bundesaerztekammer.de/aerzte/qualitaetssicherung/zentren-und-zertifizierung/einfluss/](http://www.bundesaerztekammer.de/aerzte/qualitaetssicherung/zentren-und-zertifizierung/einfluss/)
- [3] Arlt F, Trantakis C, Krupp W, Renner C, Winkler D, Strauss G, Meixensberger J (2011). Cerebrospinal fluid leak after microsurgical surgery in vestibular schwannomas via retrosigmoidal craniotomy. *Neurol Res.* **33(9)** 947-952, [doi.org/10.1179/1743132811Y.0000000042](https://doi.org/10.1179/1743132811Y.0000000042)
- [4] Bauer M, Martin J, Neurohr C, Weiß M, Schleppers A (2008). Kosten der intensivmedizinischen Versorgung in einem deutschen Krankenhaus. *Der Anästhesist* **05/2008**, 0003-2417
- [5] Bayazit YA, Celenk F, Goksu N (2009). Management of cerebrospinal fluid leak following retrosigmoid posterior cranial fossa surgery. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.* **71(6)**, 329-33
- [6] Baxter, Produktinformation DuraGuard. (Zugriff vom 15.08.2017).  
[www.baxterbiosurgery.com/us/products/duraguard](http://www.baxterbiosurgery.com/us/products/duraguard)

- [7] Bethge, J, (2013). Schnitt-Naht-Zeit. (Zugriff vom 16.11.2017)  
[www.op-inside.de/page18/page18.html](http://www.op-inside.de/page18/page18.html)
- [8] Black,P (2000). Cerebrospinal fluid leaks following spinal or posterior fossa surgery: use of fat grafts for prevention and repair. *Neurosurg Focus* **9 (1)** Article 4
- [9] Black S, Ockert DB, Oliver WV Jr, Dash HH, Chouhan RS, Mohanty B, Padhy N (1988). Comparative incidence of venous air embolism and associated hypotension in adults and children operated for neurosurgery in the sitting position. *Anesthesiology* **69**: 49-56
- [10] Boahene K, Dagi TF (2012). Management of Cerebrospinal Fluid Leak. In Schmidek und Sweet: Operative Neurosurgical Techniques: Indications, Methods und Results: Sixth Edition. Vol. 2, Elsevier Inc., 1579-1595
- [11] Braun, Produktinformation LyoPlant (Zugriff 15.08.2017).  
<https://www.bbraun.de/de/products/b0/lyoplant.html>
- [12] Bucy PC (1989). Biographical Memorials Volume 58, National Academy of Science, Chapter Percival Bailey
- [13] Chauvet D, Tran V, Mutlu G, George B, Allain JM, (2011). Study of dural suture watertightness: an in vitro comparison of different sealants. *Acta Neurochir (Wien)* **153**: 2465-72
- [14] Danish SF, Samdani A, Hanna A, Storm P, Sutton L (2006). Experience with acellular human dura and bovine collagen matrix for malformation after posterior fossa decompression for Chiari malformations. *J Neurosurgeon* **104(1)**, 16-20

- [15] De Martel T (1931). Surgical Treatment of cerebral tumors: technical considerations. *Surg Gynecol Obstet* **52**, 381-385
- [16] Deutsches Ärzteblatt Kurz notiert (2016). Studie attestiert Patienten gutes Gespür für Qualität. *DÄB* **43**, 4
- [17] Duke DA, Lynch JJ, Harner SG, Faust RJ, Ebersold MJ (1998). Venous air embolism in sitting and supine patients undergoing vestibular schwannoma resection. *Neurosurgery* **42**, 1282-1286, diss 6-7
- [18] Elton RJ, Howell SC, (1994). The sitting position in neurosurgical anaesthesia: a survey of practice in 1991. *Br J Anaesth* **73**, 247-248
- [19] Engelhardt M, Folkers W, Brenke C, Scholz M, Harders A, Fidorra H, Schmieder K (2006) Neurosurgical operations with the patient in sitting position: analysis of risk factors using transcranial Doppler sonography. *Br J Anaesth* **96**, 467-472
- [20] Fleischer W (2012). Erste Hilfe für das Herzstück *DÄB* **109(50)** A-2555
- [21] Fishmann AJ, Marrian MS, Golfinos JG, Cohen NL, Roland JT Jr. (2004). Prevention and management of cerebrospinal fluid leak following vestibular schwannoma surgery. *Laryngoscope* **114 (3)**, 501-505
- [22] Fukamachi A, Kiozumi H, Nagaseki Y, Nukui H (1985). Immediate postoperative seizure: incidence and computer tomographic finding. *Surg Neurol* **24**, 671-676

- [23] Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2017). (Zugriff vom 15.06.2017) Kosten je Krankenhaus. [http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd\\_init?gbe.isgbetol/xs\\_start\\_neu/&p\\_aid=i&p\\_aid=80226172&nummer=592&p\\_sprache=D&p\\_indsp=-&p\\_aid=40994369](http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=i&p_aid=80226172&nummer=592&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=40994369)
- [24] Hall JA, Dornan MC (1988). Metaanalysis of satisfaction with medical care; description of research domain und analysis of overall satisfaction levels. *Social science and medicine* **27 (6)**, 639-644
- [25] Heymanns V, Jung S, Tallo A, Cheko A, Alyeldien A, Tsogkas A, Doukas A, Daemi-Attaran P, Alsharif M, Mahyvash M, Scholz M, Petridis A (2015). Experiences with the Sitting Postion in Posterior Fossa Surgery in 310 Patients. *Journal of Neurol Disord* **S1:002** dio:10.4172/2329-6895.S1-002
- [26] Heymanns V, Oseni AW, Alyeldien A, Maslehaty H, Parvin R, Scholz M, Petridis AK (2016) Sandwich Wound Closure Reduces the Risk of Cerebrospinal Fluid Leaks in Posterior Fossa Surgery. *Clin Pract.* **4;6(2):824**. doi: 10.4081/cp.2016.824.
- [27] Horsley V (1906). On the techniques of surgeries of the central nervous system. *BMJ* **2**, 411-423
- [28] Hussain SA, Selway R, Harding C, Polkey CE (2001). The urgent postoperative CT scan: a critical appraisal of its impact. *Br J Neurosurg* **15(2)**, 116-118

- [29] Hutter G, von Felten S, Sailer MH, Mariani L (2014). Risk factors for postoperative CSF leakage after elective craniotomy and the efficacy of fleece-bound tissue sealing against dural suturing alone: a randomized controlled trial. *J Neurosurgeon* **121(3)**, 735-44
- [30] Jito J, Nitta N, Nozaki K (2013). Delayed Cerebrospinal Fluid Leak after Watertight Dural Closure with a Polyethylene Glycol Hydrogel Dural Sealant in Posterior Fossa Surgery: Case Report. *Neurol MedChir* **54 (8)**, 634-639
- [31] Kehler U, Hirdes C, Weber, C, Spuck, S, Tronnier V, Kindt G, Piek J (2013) CSF leaks after cranial surgery- a prospective multicenter analysis. *Innovative Neurosurgery* **1(1)** 49-53, DOI: 10.1515/ins-2012-0002
- [32] Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (2009). Präambel zum Kapitel D Hygienemanagement, der Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, *Bundesgesundheitsblatt* 2009 **52**, 949-950
- [33] Lam FC, Kasper E (2012). Augmented autologous pericranium duraplasty in 100 posterior fossa surgeries – a retrospective case series. *Neurosurgery* **71(2)**, 302-307
- [34] Lam FC, Penumaka A, Chen C, Fischer E, Kasper E (2013). Fibrinsealant augmentation with autologous pericranium for duraplasty after suboccipital decompression in Chiari 1 patients: A case series. *Surg Neurol Int.* **4,6** Doi: 10.3102/2152-7806.106262

- [35] Legnani FG, Saladino A, Casali C, Vetrano IG, Varisco M, Mattei L, Prada F, Perin A, Mangraviti A, Solero CL, DiMeco F (2013). Craniotomy vs. Craniectomy for posterior fossa tumors: a prospective study to evaluate complications after surgery. *Acta Neurochir* **155 (12)**, 2281-2286
- [36] Lippert H (2000). *Lehrbuch der Anatomie*. Urban&Fischer, München Jena
- [37] Mennel HD (2002). Klaus Joachim Zülch: Neurochirurgie, Neurologie und die neuropathologischen Grundlagen, *Zentralbl Neurochir* **63 (1)**, 29-35
- [38] Merrem G, Goldhahn WE (1981) *Neurochirurgische Operationen*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 130-135
- [39] Moniz E (1940). *Die cerebrale Angiographie und Phlebographie*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg
- [40] Moskopp D, Wassmann H (2004) *Neurochirurgie: Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk*. Verlag Schattauer, Stuttgart, 534-538, 624, 657, 820
- [41] Moskowitz SI, Lui J, Krishnaney AA (2009). Postoperative complications associated with dural substitutes in suboccipital craniotomies. *Neurosurgery* **64(3)**, 28-33
- [42] Ommaya AK (1996) Cerebrospinal fluid fistula and pneumocephalus, in Wilkens RH, Rechargary RS, *Neurosurgery*, McGraw-Hill, New York

- [43] Rath GP, Bithal PK, Chaturvedi A, Dash HH (2007). Complications related to positioning in posterior fossa craniotomy. *J Clin Neurosci* **14**, 520-525
- [44] Rhoton AL (2000). Jugular Foramen. *Neurosurgery* **47**, 267-85
- [45] Robert Koch Institut (2015). Grundlagen qualitätssichernder Maßnahmen und des Ausbruchmanagements. (Zugriff vom 15.06.2017).  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Ergaenzende\\_Informationen](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Ergaenzende_Informationen)
- [46] Robert Koch Institut (2007). Prävention postoperativer Infektionen im Operationsgebiet. (Zugriff vom 08.06.2017).  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Ergaenzende\\_Informationen/Vortrag](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Ergaenzende_Informationen/Vortrag)
- [47] Schianriti M, Acerbi F, Broggi M, Tringali G, Raggi A, Broggi, Ferroli (2014). Two alternative dural sealing techniques in posterior fossa surgery: (Polyacetide-co-glycolide) self adhesive resorbable membran versus polyethylene glycol hydrogel. *Surg Neurol Int* **5**, 171
- [48] Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K (2009). *Prometheus Lernatlas der Anatomie: Kopf Hals und Neuroanatomie*. Thieme Verlag, Stuttgart New York
- [49] Schwarz G, Fuchs G, Weihs W, Tritthart H, Schalk HV, Kaltenbock F (1994). Sitting position for neurosurgery: experience with preoperative contrast echocardiography in 301 patients. *J Neurosurg Anaesthesiol* **6**, 83-88

- [50] Selesnick SH, Lui JC, Jen A, Newman J (2004). The incidence of cerebrospinal fluid leak after vestibular schwannoma surgery. *Otol Neurotol* **25 (3)**, 387-393
- [51] Standefer M, May JW, Trusso R (1984). The sitting position in neurosurgery: a retrospective analysis of 488 cases. *Neurosurgery* **14**, 705-712
- [52] Steiger HJ, Reulen HJ (2006) *Manual Neurochirurgie*. ecomed MEDIZIN Verlagsgruppe Hüthig, 281, 457-458
- [53] Steinbok P, Singhal A, Mills J, Cochrane DD, Price AV (2007). CSF leak and pseudomeningocele formation after posterior fossa tumor resection in children: a retrospective analysis. *Childs Nerv Sys.* **23 (2)**, 171-174
- [54] Takeda, Produktinformation Tachosil® (Zugriff vom 15.08.2017).  
<https://www.takeda.com/newsroom/newsreleases/2016/european-commission-approves-surgical-patch-tachosil-human-thrombin-human-fibrinogen-for-use-in-neurological-surgery/>
- [55] Than KD, Baird CJ, Olivi A (2008). Polyethylene glycol hydrogel dural sealant may reduce incisional cerebrospinal fluid leak after posterior fossa surgery. *Neurosurgery* **63(1 supp 1)**, 182-186
- [56] Thorwald J (1956) *Das Jahrhundert der Chirurgen*. Europäischer Buchklub, Stuttgart Zürich Salzburg

- [57] van der Laar A (2015) Schnitt! Die ganze Geschichte der Chirurgie. Pattloch, München
- [58] Velho V, Agarwal V, Mally R, Palande DA (2012). Posterior fossa meningioma „our experience“ in 64 cases. Asian J Neurosurg **7 (3)**, 116-124
- [59] Ziesche A (2008). Patientenzufriedenheit im Krankenhaus: Maßnahmen zur Verbesserung. In Wismarer Schriften zu Management und Recht, Band 11, Salzwasser Verlag, Paderborn
- [60] Zimmer, Produktinformation Palacos® (Zugriff vom 05.08.2017). <http://www.zimmerbiomet.com/medical-professionals/cement/palacos-bone-cements>

## Danksagung an Beteiligte

Ich danke meinem Betreuer PD Dr. med. Athanasios Petridis.

Ebenso danke ich meinem Doktorvater Prof. Dr. med. Martin Scholz für die Möglichkeit, diese Arbeit verfassen zu dürfen und für seinen Beistand mit Rat und Tat.

Dr. med. Kurt. W. Becker danke ich ebenso, denn ohne ihn hätte ich die Flinte sicher manches Mal bereits im Studium ins Korn geworfen.

Meinen Eltern und meiner Schwester danke ich für ihre Unterstützung, egal wie kurvig der Weg war.

Meinem Mann danke ich für seine unendliche Geduld mit mir – er ist mein Entschleuniger.

Und unseren Kindern danke ich, dass sie so fröhlich sind, so bedingungslos lieben und unser Leben so unfassbar bereichern.

## Lebenslauf

Anne Verena Heymanns geb. Kerber

geb. 15.10.1980 in Bremerhaven

Verheiratet, zwei Kinder.

## Schulische und berufliche Ausbildung sowie therapeutische Tätigkeit

2000 Abitur Amandus-Abendroth-Gymnasium Cuxhaven

Vorpraktikum zur späteren Ausbildung in Integrativem Kindergarten

2001-2004 Ausbildung zur Logopädin bei der AWO in Oldenburg

2004-2005 Logopädische Praxis Kleinenbroich

2005-2007 Logopädische Praxis Selders, Willich

2007-2010 Logopädische Praxis Welsch, Saarbrücken

2010-2013 Logopädische Praxis Linde, Düsseldorf

## Studium und beruflicher Werdegang im Anschluss

- 2007-2010 Vorklinischer Abschnitt sowie erstes klinisches Semester Humanmedizin an der Universität des Saarlandes
- Frühjahr 2010 Erstes Staatsexamen Humanmedizin
- 2010-2014 Fortführung klinischer Abschnitt des humanmedizinischen Studiums sowie Durchführung des Praktischen Jahres an der Universität Duisburg-Essen
- Herbst 2014 Zweites Staatsexamen Humanmedizin
- November 2014 Approbation
- 2015 Assistenzärztin am Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für pädiatrische Hämatologie und Onkologie, Direktor: Prof. Dr.med. A. Borkhardt
- 2015-2016 Assistenzärztin am Sana Klinikum Duisburg Wedau, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Chefarzt: Prof. Dr.med. Th. Rosenbaum
- Ab Juni 2017 Assistenzärztin im Städtischen Klinikum Mönchengladbach, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Chefarzt: Prof. Dr. med. W. Kölfen