

Aus der Neurochirurgischen Klinik und Poliklinik
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Retrospektive Beurteilung des Überwachungsbedarfs der Patienten mit elektiver
Kraniotomie im Jahre 2018/2019 in Gegenüberstellung zum COVID-Pandemiejahr
2021

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Melek Bulut
aus Lahnstein

Mainz, 2026

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. med. Philipp Drees

Tag der Promotion: 04.08.2026

Nachnutzungslizenz: CC-BY-4.0

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG</u>	1
1.1	ALLGEMEINE EINFÜHRUNG	1
1.2	EPIDEMIOLOGIE	4
1.3	THERAPIE	5
1.3.1	HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER ELEKTIVEN KRANIOTOMIE	6
1.3.2	ELEKTIVE KRANIOTOMIE UND POSTOPERATIVE ÜBERWACHUNG	7
1.3.3	SCORES UND INDICES	14
1.3.4	KOMPLIKATIONEN	21
2	<u>ZIELSETZUNG</u>	23
3	<u>MATERIAL UND METHODEN</u>	24
3.1	PATIENTENKOLLEKTIV UND STUDIENDESIGN	24
3.2	DATENERHEBUNG	26
3.3	STATISTISCHE METHODEN	27
4	<u>ERGEBNISSE</u>	27
4.1	STUDIENPOPULATION	27
4.1.1	PATIENTENZAHL, GESCHLECHT, ALTER UND BMI	27
4.1.2	ASA-SCORE, <i>CHARLSON-COMORBIDITY-INDEX</i> UND <i>FRAILITY-SCORE</i>	31
4.1.3	OP-DIAGNOSEN UND LOKALISATION	33
4.2	GEPLANTER ÜBERWACHUNGORT VERSUS REALISierter ÜBERWACHUNGORT	34
4.3	INTRAOPERATIVE VARIABLEN	36
4.3.1	OP-DAUER UND BLUTVERLUST	36
4.4	POSTOPERATIVE VARIABLEN	37
4.4.1	ÜBERWACHUNGSTUNDEN	37
4.4.2	AUFTRITT DER POSTOPERATIVEN KOMPLIKATIONEN UND CCT-BEFUNDE	38
4.5	POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN UND DEREN KLINISCHE PRÄSENTATION	39
4.6	WEITERES PROZEDERE DER PATIENTENGRUPPEN	41
4.7	ÜBERWACHUNGORT	43
4.7.1	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON GESCHLECHT, ALTER UND BMI	43
4.7.2	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON ASA-SCORE, CCI UND <i>FRAILITY-SCORE</i>	44
4.7.3	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON OPERATIONS-DIAGNOSEN UND LOKALISATION	44
4.7.4	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON INTRAOPERATIVEN VARIABLEN	45
4.7.5	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON POSTOPERATIVEN FAKTOREN	46
4.8	ÜBERWACHUNGSDAUER	46
4.8.1	ÜBERWACHUNGSDAUER IN ABHÄNGIGKEIT VON PATIENTENALTER UND BMI	46
4.9	KOMPLIKATIONEN	46
4.9.1	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON GESCHLECHT, ALTER UND BMI	46
4.9.2	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON ASA-SCORE, CCI UND <i>FRAILITY-SCORE</i>	47
4.9.3	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON OPERATIONS-DIAGNOSEN UND LOKALISATION	47
4.9.4	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON INTRAOPERATIVEN VARIABLEN	47

4.9.5	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ÜBERWACHUNGSDAUER UND DEM ÜBERWACHUNGORT	47
4.10	TABELLENÜBERSICHT ÜBER DIE UNABHÄNGIGEN VARIABLEN UND DEREN SIGNIFIKANZ IN BEZUG AUF ÜBERWACHUNGORT, ÜBERWACHUNGSZEIT UND POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN	48
5	DISKUSSION	51
5.1	EINFÜHRUNG.....	51
5.2	GESCHLECHT, ALTER UND BMI	51
5.2.1	ZUSAMMENSETZUNG DER STUDIENPOPULATION	51
5.2.2	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON GESCHLECHT, ALTER UND BMI.....	52
5.2.3	ÜBERWACHUNGSZEIT IN ABHÄNGIGKEIT VON ALTER UND BMI.....	53
5.2.4	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON GESCHLECHT, ALTER UND BMI.....	53
5.3	ASA-SCORE, CCI UND FRAILTY-SCORE	54
5.3.1	PRÄOPERATIVER ALLGEMEINZUSTAND INNERHALB DES STUDIENKOLLEKTIVS.....	54
5.3.2	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT DES ASA-SCORES, CCIS UND FRAILTY-SCORES	55
5.3.3	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT DES ASA-SCORES, CCIS UND FRAILTY-SCORES	56
5.4	OP-DIAGNOSEN UND LOKALISATION.....	58
5.4.1	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON OP-DIAGNOSEN UND LOKALISATION.....	58
5.4.2	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON OP-DIAGNOSEN UND LOKALISATION.....	60
5.5	INTRAOPERATIVE VARIABLEN	62
5.5.1	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON OP-DAUER UND BLUTVERLUST	62
5.5.2	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON OP-DAUER UND BLUTVERLUST	63
5.6	POSTOPERATIVE VARIABLEN	63
5.6.1	ÜBERWACHUNGORT IN ABHÄNGIGKEIT VON ÜBERWACHUNGSZEIT UND RADIOLOGISCHEN BEFUNDEN.....	63
5.6.2	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ÜBERWACHUNGSZEIT.....	65
5.6.3	KOMPLIKATIONEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM ÜBERWACHUNGORT	66
5.7	ANSCHLUSSPROZEDERE.....	68
5.8	BEHANDLUNGSERFOLG, LEBENSQUALITÄT UND ÜBERLEBEN	70
6	LIMITATIONEN	71
7	ZUSAMMENFASSUNG	72
8	LITERATURVERZEICHNIS	75
9	TABELLENVERZEICHNIS	82
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	83
11	LEBENS LAUF	84

Abkürzungsverzeichnis

ABR	Hirnstammaudiometrie
APACHE	<i>Acute Physiology And Chronic Health Evaluation</i>
ARUBA	<i>A randomized trial of unruptured brain arteriovenous malformations</i>
ASA	<i>American Society of Anaesthesiologists</i>
AVM	Arteriovenöse Malformation
BMI	<i>Body Mass Index</i>
CAM-ICU	<i>Confusion Assesment Method for the ICU</i>
CCI	<i>Charlson-Comorbidity Index</i>
cCT	Kraniale Computertomographie
CHF	Chronische Herzinsuffizienz
COVID	<i>Coronavirus Disease</i>
CRP	kardiopulmonale Reanimation
dAVF	Durale arteriovenöse Fistel
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
E-PREPOD-NS	<i>Early Prediction Model for Postoperative Delirium in Neurosurgical Patients</i>
ERAS	<i>Enhanced Recovery after Surgery</i>
EVD	Externe Ventrikeldrainage
FDG-PET	Fluorodeoxyglucose Positronenemissionstomographie
FIESTA	<i>Fast Imaging Employing Steady-State Acquisition</i>
GCS	<i>Glasgow Coma Scale</i>
HCT-CI	<i>Hematopoietic Cell Transplantation-Specific Comorbidity Index</i>
ICB	Intrakranielle Blutung
ICP	Intrakranieller Hirndruck

ICU	Intensivstation (engl. <i>Intensive Care Unit</i>)
IMBEI	Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik
IMC	Überwachungsstation (engl. <i>Intermediate-Care-Station</i>)
LAE	Lungenarterienembolie
LKHG	Landeskrankenhausgesetz
MI	Myokardinfarkt
MNA	<i>Mini Nutritional Assessment</i>
MRA	Magnetresonanztomographie der Arterien
MRT	Magnetresonanztomographie
MVD	Mikrovaskuläre Dekompression
NICE	<i>Non-Intensiv-Care</i>
NIV	Nicht-invasive Beatmung
NSTEMI	Nicht-ST-Strecken-Elevations-Myokardinfarkt
NTCU	Neuro-transitorische Überwachungseinheit
PACU	Aufwachraum (engl. <i>Post Anaesthesia Care Unit</i>)
POD	Postoperatives Delirium
PONV	Postoperative Übelkeit & Erbrechen
RAI-A	<i>Risk Analysis Index - Administrative</i>
(a)SAB	Aneurysmatische Subarachnoidalblutung
SCLC	kleinzelliges Bronchialkarzinom (engl. <i>small-cell lung cancer</i>)
SD	Standardabweichung
SDH	Subdurales Hämatom
SOS	<i>Surgical Outcome Risk Score</i>
TERT	Telomerase-Reverse-Transcriptase
TOF	<i>3D-Time of Flight</i>
VP	Ventrikulo-Peritoneal

WHO *World Health Organization*

ZNS Zentrales Nervensystem

Um das Verständnis zu erleichtern, wird in der gesamten Arbeit für alle Personen die männliche Form verwendet, wenngleich stets beide Geschlechter gemeint sind.

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung

Routinemäßig werden Patienten, die sich einer elektiven Kraniotomie zur intrakraniellen Chirurgie unterziehen, in den meisten neurochirurgischen Abteilungen hinsichtlich respiratorischer Parameter, neurologischem Status und auch der Hämodynamik auf einer Intensivstation oder Überwachungsstation (*Intermediate-Care Station* [IMC]) beobachtet (1). Hintergrund ist das Risiko früher postoperativer Komplikationen wie intrakranieller Ödeme oder Hämatome mit potenzieller klinischer Verschlechterung. Überwiegend manifestieren sich diese chirurgischen Komplikationen in der frühen postoperativen Phase. Laut Literatur benötigen lediglich etwa 2% der elektiv operierten Patienten eine Revisionsoperation oder eine andere Intervention (2-4).

Im Hinblick auf postoperative Komplikationen und die damit verbundene Anforderung an intensivmedizinischer Überwachung, wurden verschiedene Gruppen neurochirurgischer Patienten, in früheren Arbeiten untersucht (4, 5). In einigen Veröffentlichungen wurden Parameter wie *Body-Mass-Index* (BMI), Operationsdauer und intraoperativer Blutverlust als vorhersagend erläutert (6-8). Bei Patienten mit intrakraniellen Tumoren zeigten vorhandene Scores zur Vorhersage von Reoperationen, Infektionen und anderen unerwünschten Ereignissen eine hohe Wirksamkeit und auch eine hohe prognostische Aussagekraft (9). Einige Publikationen weisen darauf hin, dass der Überwachungsbedarf nach elektiver Kraniotomie geringer sein könnte als in den meisten neurochirurgischen Abteilungen üblich, und legen somit die potenzielle Eignung alternativer postoperativer Managementstrategien nahe (10-13). In der Arbeit von Rhondali et al. und Badenes et al. wurden prädiktive Faktoren sowie postoperative Komplikationen nach elektiver Kraniotomie untersucht (14, 15). Sie beschäftigten sich mit der Frage, ob es valide sei, eine selektive Nutzung der Intensivstation durchführen zu können. Sie nutzten die Intensivbetten ausschließlich für Risikopatienten. In der Arbeit von Quasem et al. wird analysiert, wie effektiv und valide ein „*NO-ICU-Unless*“-Ansatz im postoperativen Management nach einer elektiven Kraniotomie ist (16).

Für die postoperative Überwachung neurochirurgischer Patienten wurden in früheren Arbeiten bereits verschiedene Ansätze zur Entwicklung von Richtlinien vorgestellt. Dazu zählen das von Ruiz Colon et al. beschriebene „*Non-Intensiv-Care*“ (NICE)-Protokoll (17), das *Fast-Track-Pathway* Protokoll von Perez-Vega et al. (18), das von Young et al. entwickelte *Safe Transition Pathway*-Modell (19) sowie die Anwendung des *Enhanced Recovery after Surgery* (ERAS)-Protokolls durch Elayat et al. (20). Eine breite Implementierung in der Routineversorgung ist bislang nicht erfolgt.

Das NICE-Protokoll von Ruiz Colon et al. beschreibt ein Verfahren, bei dem sorgfältig ausgewählte Patienten nach elektiver Kraniotomie unter definierten Einschluss- und Ausschlusskriterien postoperativ nicht auf der Intensivstation, sondern zunächst im Aufwachraum und anschließend auf einer Normal- bzw. neurochirurgischen Station überwacht werden. Die Nutzung von Intensivressourcen soll dabei reduziert werden, ohne die Patientensicherheit zu beeinträchtigen. Die aktuelle Arbeit von Ruiz Colon

et al. verzeichnet positive Resultate, u. a. hinsichtlich Kosteneffizienz, Signifikanz in der Reduktion von Nutzung der Intensivstation und Verkürzung der postoperativen Verweildauer. Die Studie zeigt ebenfalls keinen Anstieg an Wiedereingriffen auf. Es lassen sich verschiedene Gründe identifizieren, die eine breite Implementierung des Protokolls bislang verhindert haben. Der Einschluss in das NICE-Protokoll erfolgte unter anderem durch die individuelle Einschätzung des Chirurgen. Dies ist schwer zu standardisieren und auch nicht einfach auf andere Häuser zu übertragen. Zu Beginn der Studie wurden in das NICE-Protokoll primär Patienten mit extra-axialen Tumoren (u.a. Meningeome) eingeschlossen. Im Verlauf durften dann auch „low-risk“-Eingriffe eingeschlossen werden, basierend auf der Einschätzung des jeweiligen Operateurs. Low-Risk-Eingriffe waren u.a. Biopsien, ventrikuloperitoneale (VP)-Shunts, und auch die mikrovaskuläre Dekompression (MVD). Erst über die Jahre und mit zunehmender Erfahrung wurden auch komplexere Eingriffe in die Arbeit eingeschlossen, u. a. intraaxiale Läsionen, Aneurysmata und auch arteriovenöse Malformationen (AVM), jedoch selektiv und bei geeigneter Patientenkonstellation. Von den geplanten 2.535 Patienten (nach Implementierung des „NICE“-Protokolls 2018-2021) wurden 534 (21%) Patienten in das Protokoll eingeschlossen. Die restlichen 79% hatten komplexere Diagnosen, höhere Komorbiditäten und/ oder erfüllten andere Ausschlusskriterien. Der Einbezug von primär extra-axialen Tumoren, erschwert die Übertragung des Protokolls auf die Gesamtbevölkerung, da nur die extra-axialen Tumoren beleuchtet werden und selektiv im Verlauf komplexere Diagnosen hinzukommen. Ebenfalls ist der Ressourcenmangel ein wichtiger Grund, dass sich die Durchsetzung des Protokolls erschwert, da nicht jede Einrichtung einen 1: 3 Pflegeschlüssel vorweisen kann (17).

Das *Fast-Track Pathway*-Protokoll aus der Arbeit von Perez-Vega et al. bezeichnet ein Versorgungsprotokoll, bei dem ausgewählte, als stabil eingeschätzte Patienten nach einer Kraniotomie die intensivmedizinische Nachbetreuung umgehen. Stattdessen werden sie auf einer Überwachungsstation versorgt. Ziel ist es, die Belegung von Intensivbetten zu reduzieren, ohne die Patientensicherheit zu beeinträchtigen und gleichzeitig Ressourcen- und Kosteneffizienz zu steigern. Die Arbeit von Perez-Vega et al. untersuchte jedoch ein Gesamtkollektiv von 57 Patienten, was die Übertragung auf die Gesamtbevölkerung einschränkt. Das *Fast-Track Pathway*-Protokoll entstand als eine Krisenreaktion auf die Ressourcenknappheit der Intensivstation, bedingt durch die *Coronavirus Disease* (COVID)-Pandemie. Es ist ein Überlaufmodell und nicht als Standardversorgung anzusehen. Das Modell ist auf hochqualifizierte neurologische Pflegekräfte angewiesen und sieht eine Bereitstellung pflegeintensiver 1: 1 oder auch 1: 2 Betreuung vor, was ebenfalls eine organisatorische Herausforderung darstellt. Trotz valider Ergebnisse zeigt dieses Modell keine stabile strukturelle Verankerung, sondern wurde als temporäre Zwischenlösung genutzt und hat sich daher nicht breitflächig durchsetzen können (18).

Das *Safe Transition Pathway*-Modell von Young et al. bezeichnet ein Versorgungskonzept, bei dem ausgewählte Patienten nach einer Kraniotomie zunächst im Aufwachraum, der „*Post Anaesthesia Care Unit*“ (PACU) und anschließend in einer Neuro-transitorischen Überwachungseinheit (NTCU) betreut werden, anstatt routinemäßig auf die Intensivstation verlegt zu werden. Ziel ist es, eine sichere postoperative Überwachung zu gewährleisten, gleichzeitig aber Intensivressourcen freizuhalten und Kosten sowie Aufenthaltsdauer zu reduzieren. Die Arbeit von Young et al. untersucht ein Gesamtkollektiv von 314 Patienten, wovon

94 Patienten (29,9 %) direkt auf eine NTCU verlegt wurden. Somit erschwert auch hier die Anzahl und die Prozentzahl, die tatsächlich auf die NTCU verlegt wurde, die Übertragung auf die Gesamtbevölkerung. Das Modell war erfolgreich, konnte aber nicht flächendeckend etabliert werden. In dieser Studie wurden supratentorielle Tumore (n = 53, 63 %), mikrovaskuläre Dekompression (MVD, n = 18, 19 %) und Chiari-Malformation Dekompressionen (n=17, 18%) versorgt. Später kamen kleine Tumore der hinteren Schädelgrube hinzu. Komplexere Diagnosen wurden nicht miteingeschlossen (19).

Bei dem ERAS-Protokoll aus der Arbeit von Elayat et al. handelt es sich um ein multimodales, evidenzbasiertes perioperatives Behandlungskonzept für elektiv kraniotomierte Patienten, welches durch strukturiertes Schmerzmanagement, metabolische Optimierung und frühe Mobilisation die postoperative Erholung beschleunigen soll. Ziel ist es Komplikationen zu minimieren und die Aufenthaltsdauer auf Intensiv- oder Überwachungsstationen sowie im Krankenhaus insgesamt zu verkürzen. Die Arbeit von Elayat et al. umfasst ein Gesamtkollektiv von 70 Patienten. Dies ist eine geringe Auswahl, um eine breite Umstellung klinischer Standards rechtfertigen zu können. Die Studie ist nicht randomisiert, was die Evidenzschaffung schwächt. Das Protokoll wurde in einem 800-Betten-Universitätsklinikum in Indien, einem Land mit mittlerem oder niedrigem Einkommen, welches zu den Entwicklungsländern gehört, getestet. Hier herrschen andere Bedingungen als in westlichen Gesundheitssystemen. Dort fungieren u.a. Angehörige als Pflegekräfte, und auch die Kapazitäten einer Intensivstation sind stark begrenzt. Daher ist eine 1: 1 Übertragung auf Deutschland nicht möglich. Die Krankheitsentitäten beliefen sich vor allem auf supratentorielle Tumortypen (Meningeome, Gliome, Kraniopharyngeome) und schlossen keine infratentoriellen Tumore in das Protokoll ein (20).

Lohmann et al. erarbeiteten einen *Surgical Outcome Risk Score* (SOS) zur Vorhersage von postoperativen Komplikationen bei neuroonkologischen Patienten mit intrakraniellen Tumoren. Der Score beinhaltet den BMI, die Zeitspanne von der Inzision bis zum Verschluss sowie die Tumorgöße. Die Autoren untersuchten die bestehenden Scoresysteme an einer Patientengruppe mit spinalen oder kraniellen Tumoren, mit dem Ziel Infektionen, das Risiko einer Reoperation sowie unerwünschte Ereignisse vorhersagen zu können. Zur Vorhersage des Auftretens unterschiedlicher Komplikationen erwiesen sich die Scoringssysteme NonInfECT (Pflegeaufwand, Verweildauer auf der Intensivstation, Pflegeaufwand und kardiopulmonale Reanimation [CRP] bei Aufnahme) als effektiv. Jedoch steht eine externe Validierung dieser Scores zur Bewertung des prädiktiven Wertes noch aus (9).

Bislang existieren keine Empfehlungen für eine effiziente und angemessene Zuteilung von Intensiv- oder IMC-Betten bei neurochirurgischen Patienten nach elektiven Kraniotomien.

Es fehlen Vergleiche zwischen der Versorgungssituation vor und während der COVID-Pandemie, da sich in dieser Zeit Bettenkapazitäten und organisatorische Abläufe wesentlich verändert haben. Viele bisherige Untersuchungen konzentrieren sich überwiegend auf supratentorielle Tumore, während infratentorielle Tumoren selten berücksichtigt werden.

Weltweit führte die COVID-Pandemie zu einer erheblichen Belastung intensivmedizinischer Ressourcen und machte eine kritische Neubewertung der

Allokation von Überwachungs- und Behandlungskapazitäten erforderlich. Mehrere, während der Pandemie publizierte Studien untersuchten die Auswirkungen veränderter Versorgungsstrukturen auf neurochirurgische Patienten, wobei der Schwerpunkt überwiegend auf notfallmäßigen oder dringlichen Eingriffen lag. Fiore et al. zeigten in einer prospektiven Single-Center-Studie, dass trotz pandemiebedingter organisatorischer Einschränkungen und verlängerter Operationszeiten bei notfallmäßigen neurochirurgischen Eingriffen keine signifikante Verschlechterung des funktionellen Outcomes oder der Mortalität zu beobachten war (21). Gleichzeitig verdeutlicht diese Arbeit, dass standardisierte Protokolle eine sichere Versorgung auch unter Ressourcenknappheit ermöglichen.

Aus der ersten Pandemiewelle berichten registerbasierte Analysen hingegen über einen signifikanten Rückgang chirurgischer Fallzahlen bei gleichzeitig erhöhter Inanspruchnahme intensivmedizinischer Ressourcen und steigender Gesamtmortalität, ohne dass für Kraniotomien im Einzelnen ein eindeutiger, statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Intensivüberwachung und verbessertem Outcome gezeigt werden konnte (22).

Insgesamt verdeutlichen diese Arbeiten, dass die pandemiebedingte Ressourcenknappheit zwar zu einer veränderten Nutzung intensivmedizinischer Kapazitäten führte, die routinemäßige intensivmedizinische Überwachung jedoch nicht konsistent mit einer Outcome-Verbesserung assoziiert war. Aussagen zum differenzierten postoperativen Überwachungsbedarf nach elektiver Kraniotomie bleiben jedoch limitiert.

Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Arbeit ein Gesamtkollektiv von 860 Patienten aus den Jahren 2018, 2019 und 2021, um sowohl die Versorgungssituation vor der Pandemie als auch die Veränderung im Pandemie-Jahr 2021 darzustellen und damit einen Beitrag zur Einschätzung des Überwachungsbedarfs nach elektiven Kraniotomien zu leisten.

Ziel dieser Arbeit ist es unsere Kohorte elektiv kraniotomierter Patienten im Hinblick auf unerwünschte Ereignisse zu evaluieren und Prädiktoren für ein hohes Risiko sekundärer postoperativer Morbidität zu erkennen, die eine Intensiv- oder IMC-Überwachung sinnvoll und essenziell machen. Wir beabsichtigen, auf Grundlage dieser Resultate, eine Leitlinie für die postoperative Überwachung nach elektiver Kraniotomie zu generieren.

1.2 Epidemiologie

Die elektive Kraniotomie wird in der Literatur in der Regel unter den allgemeinen neurochirurgischen stationären Fällen subsumiert. In einer aktuellen Arbeit von Kamp et al. wurden hierfür bundesweite Krankenhausabrechnungsdaten gemäß § 21 KHEntgG ausgewertet. Insgesamt gingen 222.158 stationäre neurochirurgische Fälle in Deutschland im Jahr 2023 in die Analyse ein. An der Publikation waren mehrere universitäre und nicht-universitäre Einrichtungen beteiligt, unter anderem die Brandenburg Medical School (Rüdersdorf/ Berlin), die Universitätsmedizin Heidelberg, die Universitätsklinik Bonn, sowie weitere Zentren (23). Aus der Arbeit von Kamp et al. geht hervor, dass die Mortalitätsrate bei 3,8% (222.158 Fällen) liegt.

Während Kamp et al. bundesweite Mortalitätsraten berichten, erhebt die vorliegende Arbeit Komplikationsraten im monozentrischen Setting.

Öffentliche Register zu elektiven Kraniotomien liegen für Deutschland nicht vor. Einzelzentrumsdaten können jedoch eine Annäherung bieten, wie die Studie von Neumann et al. zeigt. In Heidelberg wurden zwischen Januar 2019 und Juli 2020 insgesamt 1.000 elektive Kraniotomien durchgeführt, was entsprechend etwa 632 Eingriffen pro Jahr entspricht (24). In der Arbeit von Jan-Oliver Neumann et al. wird auf die Komplikationsrate eingegangen, 15,8 % der Patienten erlitten postoperativ Komplikationen, welche eine erneute Intervention erforderlich machten.

Die Krankheitsentitäten, die für eine elektive Kraniotomie indizierend sind, sind u.a. vaskuläre Erkrankungen, wie (Aneurysmata, Kavernome, durale arteriovenöse Fistelungen und auch arteriovenöse Malformationen) sowie supra- und infratentoriell lokalisierte, hirneigene Tumore (1). Zu den hirneigenen Tumoren gehören Gliome, darunter Glioblastome, Astrozytome, Ependymome und auch Oligodendrogliome. Meningeome, Neurinome und sekundäre Hirntumore, wie Hirnmetastasen, sind ebenfalls Krankheitsentitäten, die eine elektive Kraniotomie indizieren können.

1.3 Therapie

Bei verschiedenen neurochirurgischen Krankheitsentitäten ist die elektive Kraniotomie indiziert. Bei Aneurysmata kommt sie insbesondere bei anteriorer Lokalisation infrage (26). AVMs werden vor allem bei oberflächlicher Lage oder kleinerer bis mittlerer Größe reseziert, da hier eine komplette Entfernung möglich ist (28). Bei hohem Rupturrisiko oder schweren neurologischen Symptomen besteht die Indikation auch bei duralen AV-Fisteln (30).

Bei wiederholten Blutungen, neurologischen Defiziten sowie bei Temporallappen- oder Hirnstammlokalisierung wird die mikrochirurgische Resektion bei Kavernomen empfohlen (54). Eine Option bei therapieresistenter Trigeminalneuralgie stellt die mikrovaskuläre Dekompression nach Jannetta dar, mit Erfolgsraten von 62 bis 89 % bei niedriger Komplikationsrate (55).

In der Regel erfordern hirneigene Tumore wie Glioblastome eine chirurgische Resektion, kombiniert mit einer Strahlentherapie (56). Hirnmetastasen werden operiert, wenn es sich um solitäre, symptomatische, gut abgrenzbare und nicht eloquent lokalisierte Läsionen handelt. Multiple Metastasen sind meist nicht operativ zugänglich (42).

Mit dem Ziel einer möglichst vollständigen Entfernung ist die Resektion bei Symptomatik oder schnellem Wachstum bei Meningeomen indiziert (57). Vestibularisschwannome werden ab einer Größe von > 3 cm oder bei klinisch relevanten Symptomen wie progredientem Hörverlust oder Hirnstammkompression operiert (51).

Die postoperative Überwachung dieser Patienten erfolgt nicht mehr routinemäßig auf der Intensivstation, da hierfür kein gesicherter Nutzen besteht und Ressourcen

limitiert sind. Studien zeigen, dass eine selektive Nutzung der Intensivstation nach unkomplizierter elektiver Kraniotomie sicher und kosteneffektiv ist und eine frühzeitige Verlegung auf Aufwach- oder Normalstation zu kürzeren Krankenhausaufenthalten führt (58).

1.3.1 Historische Entwicklung der elektiven Kraniotomie

Der Ursprung der Neurochirurgie reicht bis in die vorchristliche Zeit zurück. Die mechanische Eröffnung des Schädels oder auch als Trepanation (Eröffnung einer festumschlossenen Körperhöhle) bezeichnete Kraniotomie gehört zu den ältesten chirurgischen Eingriffen überhaupt (59).

Werkzeuge aus archäologischen Ausgrabungen, die zu trepanierten Schädeln passen, deuten darauf hin, dass in weit vorchristlicher Zeit (bis zu 10.000 v. Chr.) weltweit, verschiedene Volksgruppen, darunter europäische steinzeitliche Stämme, präkolumbianische und arabische Stämme, amerikanische Indigene sowie die Hochkulturen des Altertums schon diese Art von chirurgischen Eingriffen durchführten (60, 61).

Besondere Aufmerksamkeit in den wissenschaftlichen Fachkreisen erregte ein zweifach trepanierter Männerschädel, der ungefähr auf 5.000 v. Chr. datiert wurde, und 1996 im elsässischen Ensisheim gefunden wurde (62). Es handelt sich um den ältesten bekannten trepanierten Schädel West- und Mitteleuropas.

Die hippokratische Schrift „Über die Kopfverletzungen“ (vermutlich um 400 v. Chr. entstanden) ist die erste bekannte Abhandlung über Kraniotomie zur medizinischen Versorgung von Menschen, in der bei einer schweren Kopfverletzung in den ersten drei Tagen nach dem Ereignis eine prophylaktische Trepanation empfohlen wird. Hippokrates wurde zwar als Autor dieser Schrift genannt, jedoch deuten weitere Untersuchungen darauf hin, dass es sich vermutlich um einen Anhänger oder Schüler des Hippokrates handeln muss, der durch die Gallier, einer Untergruppe der Kelten, sein Wissen erworben hat, da diese um das Jahr 2.000 v. Chr. die Technik der Trepanation bereits durchgeführt haben (63).

In Mittelalter und Renaissance wurden Trepanationen nicht nur nach Kopfverletzungen durchgeführt, sondern auch bei Epilepsieiden vorgenommen. Aus dieser Zeit gibt es Darstellungen von Instrumenten zur Eröffnung der Schädelkalotte, u. a. von Peter Treveris. Das Gemälde des niederländischen Malers Hieronymus Bosch mit dem Titel „Die Heilung der Torheit“ (ca. 1494) stellt ebenfalls eine Schädelöffnung, sprich eine Trepanation, dar (64).

1.3.2 Elektive Kraniotomie und postoperative Überwachung

Das Ziel einer Kraniotomie ist es, im intrakraniellen Raum eine chirurgisch-therapeutische Maßnahme durchzuführen. Die Kraniotomie wurde Ende des 19. Jahrhunderts eingeführt und seitdem stets weiterentwickelt. 1889 wurde von Wagner der erste weite kraniale Zugang eingeführt und als „temporäre Schädelresektion“ bezeichnet. In der heutigen Zeit könnte dieses Verfahren sogar als „osteoplastische Kraniotomie mit gestieltem Knochendeckel“ beschrieben werden. Weltweit verbreitet ist das endgültige Ergebnis der prozeduralen Entwicklung der Kraniotomie, die „osteoplastische Kraniotomie mit freiem Knochendeckel“ (65).

Wilhelm Wagner (1848 - 1900) beschrieb im Jahr 1889 die temporäre Schädelresektion und leitete somit den Paradigmenwechsel der Schädelöffnung von der Trepanation zur Kraniotomie ein. Man erhielt dadurch weite Öffnungen im Schädel und konnte den Schädellappen mit den Weichteilen verbinden (Abb. 1), um die Vitalität des Knochens weiterhin aufrecht zu erhalten. In dieser Arbeit werden die Vorteile dieser Technik gegenüber der Trepanation beschrieben, darunter u. a. größere und sicherere chirurgische Zugänge, schnellere und einfachere Durchführung mit wenigen Instrumenten und eine verbesserte Heilung durch Erhalt des Knochendeckels (66).



Abbildung 1: González-Darder et al., 2023: Das Bild von Wagners temporärer Resektion, wie von Chipault dargestellt, zeigt die **Inzision des Weichgewebes (A)**, den **Raum zwischen der Weichgewebezision und der Knochenresektion (B)** und schließlich den **Knochenschnitt mit den Lamellen der inneren Knochentafel, die weiterhin haften bleiben (C)**

Gonzalez-Darder et al. beschreiben eine experimentelle Rekonstruktion, in der sie Wagners Techniken an einem kadaverischen Präparat durchführen und bestätigen die Durchführbarkeit dieser Technik. In den folgenden Jahrzehnten wurde Wagners Verfahren weiter modifiziert und führte zur heutigen weltweit bekannten und verwendeten „osteoplastischen Kraniotomie mit freiem Knochendeckel“. Diese Arbeit zeigt die historische Entwicklung der Kraniotomie aus technischer Sicht auf und verdeutlicht, wie Wagners Innovation die moderne Neurochirurgie maßgeblich beeinflusste.

Neben der elektiven Kraniotomie als Teil der Therapie der oben besprochenen Krankheitsentitäten wurden alle Patienten, die diese Operation durchliefen, postoperativ auf der Intensivstation überwacht. Bei Aneurysmata beträgt die 90-Tage-Sterblichkeit etwa 30 %. Eine intensivmedizinische Behandlung verbessert die Prognose durch intrakraniellen Hirndruck (ICP) Kontrolle, Blutdruckmanagement zur Reblutungsvermeidung, Behandlung eines Hydrozephalus mittels externer Ventrikeldrainage (EVD) sowie Vasospasmusprophylaxe mit oralem Nimodipin und

adäquates Volumenmanagement (26). In der Arbeit von Chiara Robba et al. wird erwähnt, dass Langzeitfolgen zeigen, dass 30 % der Überlebenden eine verzögerte intrazerebrale Ischämie entwickeln und eine beeinträchtigte Lebensqualität sowie neurokognitive Defizite vorweisen, welche keine Seltenheit sind. Daher ist es umso wichtiger, eine spezialisierte Neurointensivmedizin als Überwachungsort auszuwählen, da es eine signifikante Outcome-Verbesserung zeigt.

Patienten mit AVMs benötigen bezüglich der Überwachung ein engmaschiges und strukturiertes Management, um Komplikationen zu minimieren, daher sollten auch diese Patienten eine intensive, neurologische Überwachung erhalten, vor allem Patienten mit erhöhtem Risiko für Blutungen, hämodynamische Instabilitäten und neurologische Komplikationen. Eine valide Patientenselektion bezüglich der Risiken ist essenziell (27).

Die Intensivstation ist in der postoperativen Versorgung bezüglich der Patienten mit dAVF ebenfalls wichtig, vor allem für Patienten mit hohem Komplikationsrisiko wie Nachblutungen, venösen Hypertensionen oder Ischämien. Die Empfehlung in der Literatur besagt, diese Patienten die ersten 24 bis 48 Stunden durch engmaschige, neurologische Untersuchungen zu überwachen (30). Shuling Wan et al. erwähnen, dass bei unkomplizierten Fällen auch eine Normalstation mit neurologischer Überwachung in Frage kommen würde. Die Verlegung auf eine Intensivstation würde von präoperativen Symptomen, der Lokalisation der Fistel und dem Restvolumen abhängen. Die mögliche hämodynamische Instabilität, Blutdruckkontrollen und das Risiko von venösen Stauungen sind u.a. dann entscheidende Faktoren für eine intensivmedizinische Nachsorge und Überwachung.

Patienten mit Kavernomversorgung, welche eine komplexere Lokalisation im Hirnparenchym vorweisen, sollten eine Überwachung auf einer Intensivstation erhalten. Eine komplexere Lokalisation bedeutet ein höheres Risiko für postoperative Komplikationen wie z. B. Nachblutungen und/ oder auch neurologische Verschlechterungen (34). Die vorliegende Arbeit legt dar, dass eine normale, neurologische Überwachung bei Patienten mit supratentoriellen Kavernomen ohne Hirnstamm oder tieferer subkortikaler Beteiligung ausreicht und somit Patienten mit hohem Risiko auf der Intensivstation überwacht werden sollten. Stabile Patienten mit oberflächlichen Kavernomen sollten auf einer Normalstation versorgt werden.

Bei Patienten mit einer Trigeminusneuralgie besteht keine generelle Notwendigkeit, nach einer elektiven Kraniotomie auf der Intensivstation überwacht zu werden. Die postoperative Überwachung kann auch auf Normalstation mit neurologischen Kontrollen ausreichend sein. Die Überwachung auf einer Intensivstation sollte nur bei komplexen Fällen und/ oder bei intraoperativen Komplikationen in Betracht gezogen werden. Dazu gehören Patienten mit mehrfacher vaskulärer Kompression oder auch sekundäre Ursachen wie Tumoren der hinteren Schädelgrube, vorherige Rezidiveingriffe und Patienten mit intraoperativen Komplikationen wie z. B. Blutungen im Operationsgebiet, Nervenschäden und Liquorfisteln (36).

Eine Überwachung auf der Intensivstation bei Patienten mit hirneigenen Tumoren wäre indiziert, wenn Patienten Tumoren in kritischen Regionen, z.B. Hirnstamm, Basalganglien oder tiefen subkortikalen Strukturen, vorweisen. Patienten mit intraoperativen Komplikationen, etwa massive intraoperative Blutungen, Ödeme mit

Gefahr der Einklemmung oder neurovaskuläre Verletzungen mit ischämischen Folgen sollten ebenfalls eine Überwachung auf der Intensivstation erhalten (39). Rasheed et al. beschreiben die Kriterien für eine Überwachung auf Normalstation. Dazu gehören Patienten mit vollständig reseziertem Tumor, geringer intraoperativer Blutung und stabilem neurologischem Befund. Die Studie erwähnt, dass Patienten mit günstiger Lokalisation, beispielsweise supratentoriell, oberflächlichen Gliomen ohne Hirnstambeteiligung, sowie Patienten ohne Hinweise auf akute Liquorzirkulationsstörung oder Hydrozephalus ebenfalls auf Normalstation überwacht werden können. Spezifische postoperative Überwachungsmaßnahmen in Bezug auf die hämodynamische Stabilität durch strenge Blutdruckkontrollen zur Vermeidung von Nachblutungen und die Überwachung des ICPs werden in der Arbeit von Rasheed et al. beschrieben. Es wird u.a. bei Patienten mit Ödemrisiko oder Tumoren, in kritischen Lokalisationen eine EVD platziert. *Glasgow Coma Scale* (GCS)-Kontrollen zur frühzeitigen Erkennung von Verschlechterungen sollten regelmäßig erfolgen (39).

Bei Patienten mit Hirnmetastasen ist eine intensivmedizinische Überwachung indiziert, wenn diese einen erhöhten ICP, beispielsweise durch ein ausgeprägtes Hirnödem, vorweisen. Patienten mit Nachblutungsrisiko oder vaskulären Komplikationen sollten intensivmedizinisch überwacht werden. Dies gilt ebenso für Patienten mit ungünstiger Prognose oder multiplen Hirnmetastasen, die schwere neurologische Beeinträchtigungen wie Bewusstseinsstörungen, progrediente fokale Defizite oder Anzeichen eines erhöhten intrakraniellen Drucks aufweisen (42). Nayak et al. erwähnen, dass Patienten mit einer chirurgisch schwer zugänglichen Hirnmetastase, z. B. in der hinteren Schädelgrube und/ oder tiefen subkortikalen Region, ebenfalls eine Überwachung auf der Intensivstation erhalten sollen. Die Dauer wurde auf mindestens 24 bis 48 Stunden angesetzt. Die postoperative Überwachung auf Normalstation hingegen wird bei vollständiger komplikationsloser Resektion empfohlen.

Bei den Meningeomen wird der Ort der postoperativen Überwachung von der Lage des Meningeoms, dem Schweregrad der Operation und dem individuellen Patientenzustand abhängig gemacht (67). Buerki et al. empfehlen, dass Patienten mit höherem ZNS WHO-Grad oder auch komplexeren Operationen, wie z.B. Operationen im Sinus sagittalis superior und/ oder auch infratentoriell intensivmedizinisch überwacht werden sollen. Patienten mit kleineren, unkomplizierteren Meningeomen und einer vollständigen Resektion können hingegen auf einer Normalstation oder auch einer IMC überwacht werden. Eine intensive Überwachung, insbesondere in den ersten 24 Stunden nach dem Eingriff, wird als vorteilhaft beschrieben, um mögliche Komplikationen wie z.B. Nachblutungen oder neurologische Verschlechterungen frühzeitig zu erkennen.

Nach einer MVD ist eine Aufnahme auf die Intensivstation nach einem unkomplizierten Eingriff nicht immer notwendig. Patienten mit stabilen intraoperativen Verläufen könnten stattdessen in einer Postanästhesie-Überwachungseinheit (PACU) oder auch auf einer IMC betreut werden. Die Überwachung auf der Intensivstation wäre dann empfohlen, wenn intraoperative Komplikationen und/ oder schwerwiegende Risikofaktoren wie z. B. Blutdruckinstabilität und/ oder persistierende neurologische Defizite auftreten. Auch dann wird die Überwachung für 12 bis 24 Stunden empfohlen (68). Es wird zudem berichtet, dass neuere Studien

zeigen, dass Patienten, die innerhalb von 4 bis 6 Stunden stabil sind, auch auf eine Normalstation oder auch auf eine IMC verlegt werden können.

Zusammenfassend zeigt sich, dass postoperativ bei den Krankheitsentitäten der Überwachungsbedarf auf der Intensivstation unter den Patienten selektiert angewendet werden kann, vor allem für Patienten, die u. a. intraoperative Komplikationen vorweisen (z. B. hohen Blutverlust) oder auch Patienten, die generell eine komplexere Lokalisation der Krankheitsentität haben.

Vaskuläre Erkrankungen

Intrakranielle Aneurysmata

Intrakranielle Aneurysmata treten in der Allgemeinbevölkerung relativ häufig auf (25). Aus der Metaanalyse von Brown et al. geht hervor, dass 83 Studien eine Prävalenz von 3,2 % aufzeigten. Bezüglich der Geschlechterverteilung waren Frauen häufiger betroffen als Männer (3: 1). Überwiegend zeigte sich eine Lokalisation der Aneurysmata zu 85 % anterior. Posterior lokalisierte Aneurysmata sind mit einem höheren Rupturrisiko assoziiert. Brown et al. haben ebenfalls herausgearbeitet, dass neben den nicht-beeinflussbaren Risikofaktoren auch beeinflussbare Risikofaktoren wie z. B. die Hypertonie oder auch ein niedriges Körpergewicht, die Aneurysmenentstehung begünstigen kann. Durch die Ruptur eines intrakraniellen Aneurysmas entsteht eine Subarachnoidalblutung.

Die Inzidenz für diese schwerwiegende Erkrankung liegt bei 6 bis 10 Fällen pro 100.000 Personen pro Jahr. Die Mortalitätsrate liegt bei bis zu 50 % bei einer Ruptur. Nach elektiver Kraniotomie, welches u. a. ein chirurgisches Clipping beinhaltet, liegt die Sterblichkeitsrate bei 2 bis 3 % und die Morbidität bei 12 bis 17 % (25).

Subarachnoidalblutungen sind zwar selten, jedoch ist es eine sehr stark beeinträchtigende Erkrankung und kommt mit einer hohen weltweiten Sterblichkeits- und Morbiditätsrate einher (26). Aneurysmatische Subarachnoidalblutungen machen 2 bis 5 % aller Schlaganfälle aus, und die globale Inzidenz ist in den Jahren 1980 bis 2010 von 10,2 % pro 100.000 Personenjahre auf 6,1 % pro 100.000 Personenjahre gesunken. Dies liegt u. a. daran, dass über die Jahre eine Reduktion der Rauchergewohnheiten und auch eine Reduktion der potenziellen Folgen einer arteriellen Hypertonie durch die Hypertonietherapie stattfand (26).

Arteriovenöse Malformation

Die arteriovenöse Malformation ist selten und potenziell lebensbedrohlich, da es sich um schnell-fließende vaskuläre Anomalien handelt, die zu Blutungen oder auch neurologischen Komplikationen führen können (27). Die Inzidenzrate der arteriovenösen Malformationen ist 1,42/ 100.000 Personenjahre und treten am häufigsten supratentoriell im Gehirn auf (28). Junge Erwachsene sind häufiger betroffen, und das Medianalter liegt bei $28,3 \pm 12,8$ Jahre. 95% der Patienten aus der Studie von Luo et al. waren unter 50 Jahre, zudem waren Männer häufiger betroffen als Frauen (62,3 % vs. 37,7 %).

Bei unrupturierten zerebralen arteriovenösen Malformationen ist die Rolle invasiver Therapien umstritten. In der randomisierten ARUBA-Studie wurden 226 Patienten entweder konservativ oder interventionell (Neurochirurgie, Embolisation und/ oder

Radiochirurgie) behandelt. Von den 114 Patienten im Interventionsarm wurden lediglich 5 Patienten (4,4%) primär mikrochirurgisch operiert. Nach einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 33 Monaten trat der kombinierte Endpunkt aus Tod oder symptomatischem Schlaganfall bei 30,7% der interventionell behandelten Patienten im Vergleich zu 10,1 % unter konservativer Therapie auf. Die Gesamtmortalität lag bei 2,6% im Interventionsarm gegenüber 1,8% im konservativen Arm. Zudem zeigte sich eine deutlich höhere Morbidität mit neurologischer Behinderung nach interventioneller Behandlung (29).

Durale Arteriovenöse Fistel (dAVF)

Durale arteriovenöse Fisteln (dAVF) sind pathologische Shunts zwischen duralen Arterien und venösen Sinus bzw. kortikalen Venen und machen etwa 10-15% der intrakraniellen Gefäßfehlbildungen aus (30). Die Inzidenzrate liegt <1 pro 100.000 Personenjahre. Verglichen mit AVMs sind die duralen AV-Fisteln ca. 10-mal seltener als arteriovenöse Malformationen (31). In der Studie von Blumentritt et al. lagen die meisten Fälle im Alter von 40 bis 60 Jahren. Männer waren häufiger betroffen als Frauen (11: 9). Durale AV-Fisteln können erworben oder auch angeboren sein. Häufige Lokalisationen sind der transversosigmoidale Sinus (30,7 %), gefolgt vom Tentorium Cerebelli (26,3%) und auch der Carotis-Kavernosus-Fistel (16,7 %) (32). In der multizentrischen CONDOR-Registerstudie wurden 1077 Patienten mit kraniellen duralen arteriovenösen Fisteln retrospektiv erfasst. Davon wurden 85% behandelt, überwiegend endovaskulär (55%), gefolgt von multimodaler Therapie (17%), operativer Therapie (10%) und Radiochirurgie (3%). Die behandlungsassoziierte permanente neurologische Morbidität lag bei 2% (33).

Kavernome

Kavernome (zerebrale kavernöse Malformationen) sind vaskuläre Malformationen des zentralen Nervensystems, welche aus dilatierten, blutgefüllten Kapillaren ohne intervenierendem Gehirnparenchym bestehen (34). A. Akers et al. schlussfolgern aufgrund der epidemiologischen Daten, dass die Prävalenz zwischen 0,16 % und 0,5 % in der Gesamtbevölkerung liegt und die jährliche Inzidenz bei 0,56 pro 100.000 Personenjahren liegt. Die vaskuläre Erkrankung der Kavernome ist eine seltene Erkrankung. Die Lokalisation ist mit > 80 % supratentoriell, vor allem im Frontallappen (35%) und den Temporallappen (34%). Infratentoriell liegen < 20 % der Kavernome. Meist befinden diese sich im Hirnstamm oder Kleinhirn (34). In einer systemischen Übersichtsarbeit von Kearns et al. zu Operationsergebnissen bei Hirnstamm-Kavernomen wurden 86 Studien mit insgesamt 2493 operativ behandelten Patienten eingeschlossen. Eine vollständige Resektion wurde in 92,3% erreicht. Postoperative neu aufgetretene neurologische Defizite traten in 34,8% auf. Am häufigsten wurden kranialnervale Defizite berichtet (29,4%), gefolgt von motorischen Defiziten (11,0%) und sensiblen Defiziten (6,7%). Die Mortalität betrug 1,6%. Bei der Abschlussnachbeobachtung zeigten 57,9% eine Besserung und 25,9% eine Stabilität der präoperativen Symptomatik (35).

Trigeminusneuralgie

Die Trigeminusneuralgie ist eine Form des Gesichtsschmerzes, die durch wiederkehrende, paroxysmale Attacken gekennzeichnet ist. Diese Gesichtsschmerzen beschränken sich dabei auf eine Gesichtsseite und auf die Versorgungsgebiete des Nervus trigeminus (36). Überwiegend ist die

Trigeminusneuralgie vaskulären Ursprungs, insbesondere bedingt durch neurovaskuläre Kompression. Der Nervus trigeminus wird durch Arterien und/ oder Venen komprimiert. Die Erkrankung ist primär eine Erkrankung des älteren Menschen. In der Studie von den Autoren F. Yu et al. wird erwähnt, dass < 15 % der Patienten jünger als 50 Jahre alt sind. Nur 1 % der Fälle treten hingegen vor dem zwanzigsten Lebensjahr auf. Frauen sind häufiger betroffen als Männer. Die Inzidenzrate der Erkrankung lag bei 4 bis 5 pro 100.000 Personenjahre (36). Die medikamentöse Therapie stellt die Erstlinienbehandlung dar. Bei unzureichender Wirksamkeit oder Unverträglichkeit wird gemäß Leitlinie eine frühzeitige Evaluation für ein neurochirurgisches Verfahren empfohlen. Bei klassischer Trigeminusneuralgie mit nachgewiesener neurovaskulärer Kompression gilt die mikrovaskuläre Dekompression (MVD) als bevorzugtes operatives Verfahren. Registerbasierte Daten zeigen nach MVD eine niedrige 30-Tage-Mortalität (0,3%) und seltene schwere neurologische Komplikationen (0,4%). Wundinfektionen traten in 1,7% der Fälle auf (37, 38).

Intraaxiale Tumore

Hirneigene Tumoren sind primäre Tumoren des zentralen Nervensystems und umfassen u.a. Gliome, Ependymome, Meningeome sowie weitere neuroepitheliale Tumoren (39). Die Einteilung erfolgt nach der WHO-Klassifikation der Tumoren des zentralen Nervensystems (ZNS) in WHO-Grade 1 – 4. Dabei handelt es sich bei Grad 1 und 2 um niedriggradige Tumore (*low-grade*), als benigne angesehene Tumore. Grad 3 und 4 wird als hochgradig (*high-grade*) und maligne klassifiziert. Glioblastome werden als ZNS-WHO-Grad 4 klassifiziert und gelten als die aggressivsten Tumore (39). Rasheed et al. erläutern, dass Glioblastome 50,8 % aller malignen ZNS-Tumore ausmachen.

Bei den intraaxialen Hirntumoren, insbesondere bei den Glioblastomen besteht das operative Vorgehen je nach klinischer Situation in einer Resektion oder, bei ungünstiger Lage bzw. hohem Risiko, in einer Biopsie zur Diagnosesicherung. In einer populationsbasierten niederländischen Qualitätsregisteranalyse von 2409 erwachsenen Patienten mit erstmaliger Glioblastom-Operation zeigten sich deutliche Unterschiede im Versorgungsmodus zwischen Kliniken, mit einem Biopsieanteil von 16- 73%. Postoperative 30-Tage-Outcomes wurden in einer ACS-NSQIP-Analyse für Kraniotomien bei primären Hirntumoren u.a. mit einer Rate schwerer Komplikationen von 12,9%, Reoperationen von 5,1%, venösen Thromboembolien von 3,5% und einer 30-Tage-Mortalität von 2,6% beschrieben. Als klinisch relevante postoperative Morbiditätsmarker wurden zudem ein verlängerter Krankenhausaufenthalt >10 Tage (15,6%) sowie Wiederaufnahme innerhalb von 30 Tagen (11,5%) berichtet (40, 41).

Hirnmetastasen

Hirnmetastasen sind sekundäre ZNS-Tumoren aus extrakraniellen Primärtumoren (42). 8,5 bis 9,6 % aller Krebspatienten entwickeln Hirnmetastasen. Die Inzidenz liegt bei 8,3 bis 14,3 pro 100.000 Personenjahre. Das Risiko variiert nach Primärtumor: Lungenkarzinom 19,9 %, Melanom 20 bis 30 % bereits bei Erstdiagnose und etwa 50% im Verlauf, Mammakarzinom 5,1%, Nierenzellkarzinom 6,5%, kolorektrales Karzinom 1,8% sowie kleinzelliges Bronchialkarzinom (SCLC) 24% bereits bei Diagnose (43). Die Lokalisation ist überwiegend supratentoriell (80%), gefolgt von Kleinhirn (15%) und Hirnstamm (5%) (42). Die Geschlechterverteilung zeigt, dass Männer häufiger Hirnmetastasen haben, was mit der höheren Inzidenz in Bezug auf

den Lungenkrebs zurückzuführen ist (9,7 vs. 7,1 pro 100.000 Personenjahre). Die Inzidenz steigt bis zum 74. Lebensjahr und sinkt danach wieder, da weniger Diagnosen im hohen Alter vorhanden sind. Die operative Resektion ist bei selektionierten Patienten eine etablierte Therapieoption. Rogne et al. haben in ihrer Arbeit 316 Kraniotomien wegen Hirnmetastasen erfasst. Die Inzidenz der Erst-Kraniotomie lag bei 2,6/100.000 Einwohner/Jahr, und die 30-Tage-Mortalität betrug 3,8% (44). Niedermeyer et al. haben in ihrer monozentrischen Kohorte zur simultanen Resektion multipler Hirnmetastasen (insgesamt 47 Patienten, 73 Kraniotomien zur Resektion von 104 Metastasen) perioperative Komplikationen in 29,8% beobachtet. Davon waren 19,2% transient und 10,6% gingen mit persistierenden neurologischen Defiziten einher. Die 30-Tage-Mortalität lag in dieser Kohorte bei 2,1% (45).

Meningeome

Meningeome sind meist langsam wachsende, von den Deckzellen der Arachnoidea mater ausgehende Tumore. Nach der aktuellen ZNS WHO-Klassifikation der ZNS-Tumoren (5.Auflage 2021) erfolgt die Einteilung in 3 Grade (Grad 1 bis 3). Neben histologischen Kriterien werden zunehmend auch molekulare Marker berücksichtigt. Insbesondere eine *Telomerase-Reverse-Transcriptase* (TERT)-Promotor-Mutation, sowie die homozygote Deletion von CDKN2A/B gelten als unabhängige Parameter für ein WHO-Grad-3-Meningeom, auch wenn die Histologie keinen hohen Malignitätsgrad zeigt (46).

In der Arbeit von Wiemels et al. lag die Inzidenz bei 8,36/100.000 Personenjahre bei Frauen und 3,61/100.000 Personenjahre bei Männern, mit einem höheren Verhältnis in der Altersgruppe 35-44 Jahre. Meningeome sind überwiegend supratentoriell lokalisiert. Häufige Lokalisationen sind Konvexität (25-30%), parasagittal (20-25%), Keilbeinregion (15%), suprasellär (4,1%) und Kleinhirnbrückenwinkel (2,7%) (47).

Bei symptomatischen, wachsenden oder raumfordernden Meningeomen stellt die mikrochirurgische Tumoresektion über einen kraniotomischen Zugang die Standardbehandlung dar. Ziel ist eine maximal sichere Resektion, bei kritisch gelegenen Tumoren ggf. als bewusst limitierte Resektion (häufig dokumentiert nach Simpson) (48). Corell et al. zeigten in einer schwedischen, landesweiten Registerkohorte von 2324 operierten Patienten (2009-2015) eine Simpson-I/II-Resektion in 78,1% der Fälle bestand. Innerhalb von 30 Tagen traten neue neurologische Defizite bei 14,8% und neu aufgetretene Anfälle bei 4,5% auf, postoperative Hämatoeme bei 9,4%, Infektionen bei 6,4% sowie venöse Thromboembolien bei 3,0%. Aufgrund von Komplikationen mussten 5,2% der Patienten erneut operiert werden. Die 30-Tage-Mortalität lag in diesem unselektierten Kollektiv bei 1,5% und verdeutlicht damit die frühe postoperative Mortalität nach Meningeomchirurgie in der Routineversorgung (48). Karhade et al. zeigen in der Auswertung der ACS-NSQIP-Datenbank (3743 Kraniotomien aufgrund von Meningeomen) eine Gesamtkomplikationsrate von 13,6% innerhalb von 30 Tagen und unterstreichen die klinische Relevanz perioperativer Morbidität auch in großen multizentrischen Datensätzen (49).

Neurinome

Schwannome (Neurinome) sind gutartige Tumoren aus den Schwann-Zellen der Hirn- oder Spinalnerven. Vestibularisschwannome entstehen am N. vestibulocochlearis (VIII) und machen 6 bis 8 % aller intrakraniellen Tumore aus. Sie befinden sich zu 25 bis 33 % in der hinteren Schädelgrube und auch zu 80 bis 94 %

im Kleinhirnbrückenwinkel (50). Schwannome anderer Hirnnerven (z.B. N. trigeminus, N. facialis, kaudale Hirnnerven) sind seltener. Gerganov et al. berichten, dass vestibuläre Schwannome nach der aktuellen ZNS WHO-Klassifikation (5.Auflage, 2021) als benigne Tumoren des WHO-Grades 1 eingestuft werden (51). Die frühere Entität des melanotischen Schwannoms wird nun als eigenständiger Tumortyp unter der Bezeichnung *malignant melanotic nerve sheath tumor* geführt. Die Inzidenz vestibulärer Schwannome liegt bei etwa 1,1 pro 100.000 Personenjahre, das mittlere Erkrankungsalter beträgt 53,1 Jahre und die Geschlechterverteilung ist weitgehend ausgeglichen. Die mikrochirurgische Resektion ist eine etablierte Therapieoption. Geprägt ist die frühe postoperative Morbidität dabei vor allem durch neue neurologische Defizite sowie infektiöse und liquorassozierte Komplikationen (52). Bartek et al. zeigten in ihrer Arbeit mit 348 operierten Erwachsenen (2009-2015), dass 28,7% postoperativ neue Defizite entwickelten. Als spezifische 30-Tage-Komplikationen wurden u.a. Infektionen (10,1%), Hämatome (3,2%) und venöse Thromboembolien (2,9%) berichtet, und 6,6% mussten erneut, aufgrund von Komplikationen operiert werden (52). In der Arbeit von Gelfand et al. zeigte eine unabhängige US-Analyse der ACS-NSQIP-Datenbank mit 993 Resektionen (2012-2016), dass die 30-Tage-Mortalität bei 0,4% und die komplikationsbedingte Morbidität bei 7,0% lag. Die ungeplanten Reoperationen beliefen sich auf 7,4% (53).

In der vorliegenden Arbeit wird auch ein kleiner Prozentteil von Patienten eingeschlossen, die eine elektive Kraniotomie aufgrund von Hämangioblastomen, Abszessen, Kolloidzysten, zentralen Liponeurozytomen, Kraniopharyngeomen, Arachnoidalzysten, Lymphomen, Hämangioperizytomen, Zysten zerebellär, Plexus-Papillom, Cholesteatom, Liquorfisteln, Epidermoid präpontin, Pinealzysten und Hämangiomen erhalten haben.

1.3.3 Scores und Indices

1.3.3.1 ASA-Score und Body Mass Index

1941 wurde ein Komitee aus drei Ärzten von der *American Society of Anaesthesiologists* (ASA) beauftragt, ein System zu entwickeln, welches zur Erfassung und tabellarischen Darstellung statistischer Daten in der Anästhesie dienen soll. Der allgemeine Gesundheitszustand eines Patienten vor einer Operation sollte dadurch dokumentiert werden. Darüber hinaus sollte eine Stratifizierung der Ergebnisse anhand einer allgemeinen Einschätzung des Schweregrades der Erkrankung erfolgen. Der ASA-Score dient also der Beurteilung des präoperativen Gesundheitsstatus und zur Einschätzung des Operationsrisikos (69).

ASA-Klassifikation	Definition	Beispiele
ASA I	gesunder Patient	fitter, nicht übergewichtiger, nichtrauchender Patient ohne zugrundeliegende Erkrankung und mit guter körperlicher Belastbarkeit
ASA II	Patient mit einer leichten systemischen Erkrankung	Patient ohne funktionelle Einschränkungen und mit gut kontrollierter Erkrankung, Fettleibigkeit mit einem BMI von 30- 40, häufiger Alkoholkonsum oder aktiver Zigarettenkonsum
ASA III	Patient mit einer schweren, aber nicht lebensbedrohlichen systemischen Erkrankung	Patient mit funktionellen Einschränkungen aufgrund einer schlecht kontrollierten mittelschweren/schweren Erkrankung(en), morbider Adipositas mit einem BMI von 40 oder mehr, Substanzmissbrauch, terminaler Niereninsuffizienz mit regelmäßiger Dialyse, implantiertem Herzschrittmacher oder einer zurückliegenden koronaren oder zerebralen ischämischen Erkrankung (nicht in den letzten 3 Monaten)
ASA IV	Patient mit einer „schweren systemischen Erkrankung, die eine ständige Bedrohung für das Leben darstellt“	Patient mit erheblichen funktionellen Einschränkungen aufgrund schwerer, lebensbedrohlicher Erkrankung wie einem koronaren oder zerebralen ischämischen Ereignis in den letzten 3 Monaten, schwerer Endorgandysfunktion (Herz, Lunge, Niere), fortschreitender

		Gerinnungsstörung oder Schockzuständen
ASA V	komatöser Patient, der „ohne eine Operation nicht überleben würde“	Patient mit rupturiertem Aneurysma, Multiorgantrauma oder ausgedehnter intrakranieller Blutung mit Masseneffekt
ASA VI	hirntoter Patient, dessen Organe für eine Transplantation entnommen werden	-

Tabelle 1: ASA-Score nach (nach Hendrix und Garmon et al., 2025).

Der Zusatz des Buchstaben “E“ kennzeichnet Notfälle. ASA II E steht z. B. für einen Notfallpatienten mit leichter, systemischer Erkrankung. Der ASA-Score ist einfach anzuwenden und weit verbreitet. Er hat eine hohe Vorhersagekraft für postoperative Komplikationen und Mortalität und unterstützt die interprofessionelle Kommunikation im OP-Team. Der Score weist zudem eine hohe *Interrater*-Variabilität auf, was bedeutet, dass unterschiedliche Anästhesisten den Patienten uneinheitlich beurteilen. Im ASA-Score wird das Alter, explizit das Gewicht, Schwangerschaft und der operative Eingriff selbst nicht berücksichtigt, und die Schwere einer Erkrankung kann innerhalb einer Kategorie stark variieren (70).

Body Mass Index

Aus der Anthropometrie ist der *Body Mass Index* (BMI) ein einfaches Verfahren zur Einschätzung des Ernährungszustandes eines Menschen. Das Verhältnis des Gewichts in Kilogramm wird zum Quadrat der Größe in Metern (kg/m²) für den BMI berechnet. In der deutschsprachigen Literatur wird es auch als Körpermassezahl oder auch als Körpermasseindex bezeichnet. Erst 1972 wurde der Begriff des *Body Mass Index* durch A. Keys geprägt (71).

Seit 1995 legt die WHO die Grenzen für Unter-, Norm- und Übergewicht zur Ermittlung und Beurteilung der Ernährungslage weltweit fest (72).

Body Mass Index	Ernährungszustand
<18,5	Untergewicht
18,5-24,9	Normalgewicht
25,0-29,9	Grenzwertig Übergewicht
30,0-34,9	Adipositas Klasse I
35,0-39,9	Adipositas Klasse II

>40	Adipositas Klasse III
-----	-----------------------

Tabelle 2: BMI Tabelle (2010) der WHO: Healthy Lifestyle Recommendations.

Aus einer Metaanalyse von 239 prospektiven Studien mit mehr als 10,6 Millionen Teilnehmern aus dem Jahre 2016 wurden Zusammenhänge zwischen dem BMI und der Gesamtmortalität festgestellt. Es ergab sich eine erhöhte Mortalität in der Kategorie Übergewicht (HR: 1,11, 95 % CI 1,09-1,13) und in der Kategorie Adipositas (HR: 1,44, 95 % KI 1,40-1,49) im Vergleich zur Normalgewicht-Gruppe (BMI 20-25). Die höchste Mortalität ergab sich bei starkem Untergewicht und auch bei starker Adipositas. Die geringste Mortalität wurde bei Teilnehmern im BMI-Bereich 20-25 beobachtet. Die Adipositas (BMI > 30) ist mit einem bis zu 40 % höheren Sterberisiko bei Männern und 30% höheren Risiko bei Frauen assoziiert. Kritiker des BMI vertreten die Ansicht, dass die Fitness (kardiovaskuläre Ausdauer) eine wichtige, wenn nicht sogar noch wichtigere Rolle als das Körpergewicht spiele und der BMI nicht als alleiniger Risikofaktor für die Mortalität angesehen werden dürfe (73).

Der BMI wird auch als unvollkommene Messgröße beschrieben, da er nicht zwischen Muskelmasse und Fettmasse unterscheidet. Bei sportlich trainierten Personen kann daher der BMI sehr irreführend sein (74).

Andere Indikatoren könnten genauere Aussagen über das Gesundheitsrisiko liefern, wie z.B. das Taille-Hüft-Verhältnis oder auch der Körperfettanteil (75).

Sowohl der ASA-Score als auch der BMI sollten aufgrund der in den vorherigen Abschnitten erwähnten Aspekte, nicht alleinig, sondern kombiniert mit weiteren Scores, genutzt werden, um ein optimiertes Ergebnis bezüglich des Allgemeinzustandes und des Ernährungszustandes des Patienten zu erhalten.

1.3.3.2 Charlson Comorbidity Index

1987 wurde der *Charlson Comorbidity-Index* (CCI) entwickelt, um das Langzeitüberleben bei Patienten mit Komorbiditäten vorherzusagen. Um das Sterberisiko abschätzen zu können, wird im Index bestimmten Erkrankungen eine bestimmte Gewichtung zugeschrieben. Der Index ist in der klinischen Forschung das am häufigsten genutzte Instrument zur Komorbiditätsbewertung und wurde seit seiner Einführung schon vielfach modifiziert (76).

Erkrankungen (Komorbiditäten)	Zugewiesene Gewichtung für jede Erkrankung
Myokardinfarkt (MI)	1
Chronische Herzinsuffizienz (CHF)	1
Periphere Gefäßerkrankung	1
Zerebrovaskuläre Erkrankung	1
Demenz	1
Chronische Lungenerkrankung	1
Bindegewebserkrankung	1
Magengeschwür	1
Leichte Lebererkrankung	1
Diabetes	1

Hemiplegie	2
Mäßige oder schwere Nierenerkrankung	2
Diabetes mit Endorganschäden	2
Jeglicher Tumor ohne Metastasen	2
Leukämie	2
Lymphom	2
Mäßige oder schwere Lebererkrankung	3
Metastasierter solider Tumor	6
AIDS	6

Tabelle 3: CCI nach Charlson et al., 2022.

Legende: MI= Myokardinfarkt; CHF= chronische Herzinsuffizienz (engl. Congestive heart failure).

Der CCI wurde erfolgreich in zahlreichen Langzeitstudien validiert und ist hoch zuverlässig, da er u. a. das Langzeitüberleben von Patienten mit chronischen Erkrankungen signifikant vorhersagen kann. Es wurde herausgearbeitet, dass höhere CCI-Werte mit einer erhöhten Mortalitätsrate assoziiert sind. Der Index ist auch u. a. dem *Acute physiology and chronic health evaluation* (APACHE)-Score, der bei Intensivpatienten angewendet wird, unterlegen. Der APACHE-Score gewichtet akutmedizinische Faktoren stärker. Daher empfiehlt es sich, eine Kombination des CCI mit anderen Scores vorzunehmen, um die Vorhersagegenauigkeit zu verbessern (76).

Charlson et al. haben den ursprünglichen CCI mit dem Faktor des Alters kombiniert, um verbesserte Vorhersagewerte für Langzeitprognosen zu erhalten. Die Validierung eines kombinierten Alter-und Komorbiditätenindizes wurde zur Prognose des Sterberisikos von Patienten mit Vorerkrankungen untersucht. Es zeigte sich, dass dieser kombinierte Index ein starker Prädiktor für die Langzeitmortalität war. Mit jeder zusätzlichen Lebensdekade stieg das Sterberisiko um das 1,42-Fache. In der Studie wurden 226 Patienten untersucht: Von den 76 verstorbenen Patienten waren 42 Todesfälle kardiovaskulär bedingt (Myokardinfarkt, Herzinsuffizienz, Schlaganfall). Weitere 34 Patienten starben an nicht-kardiovaskulären Ursachen, einschließlich Krebserkrankungen (19 Fälle), Pneumonie, Sepsis und anderen medizinischen Komplikationen. Die Kombination des CCIs bestätigt, dass dieser ein brauchbares Instrument zur Risikostratifizierung von Patienten mit Vorerkrankungen ist. Vor allem auch in der klinischen Praxis kann der CCI, erweitert um den Altersfaktor, Patienten mit erhöhtem Sterberisiko adäquat identifizieren (77).

1.3.3.3 Frailty Score (G8)

Der *Frailty*- oder auch G8-Score genannt, wurde von Bellera et al. am Institut Bergonié in Bordeaux entwickelt und evaluiert. Er wurde entwickelt, um ältere Krebspatienten zu selektieren, die von einer umfassenden geriatrischen Beurteilung profitieren würden. Er ist somit ein geriatrisches *Screening-Tool*. Der Score besteht aus acht Einzelkriterien:

- 1) Alter des Patienten
- 2) Appetitveränderungen
- 3) BMI
- 4) Gewichtsverlust

- 5) Mobilität
- 6) Neuropsychologische Probleme
- 7) Medikamenteneinnahme
- 8) Selbsteinschätzung der Gesundheit

In diesem Tool gehen die Punktzahlen von 0 (starke Beeinträchtigung) bis zur Punktzahl 17 (keine Beeinträchtigungen). Die Patienten die einen Score von ≤ 14 haben, gelten als unfit, während Patienten mit einem Wert > 14 als fit bezeichnet werden. Der *Frailty*-Score basiert auf den Elementen des *Mini Nutritional Assessment* (MNA), welches bei älteren Menschen die Mangelernährungszustände erkennen soll (78).

Fragen (Items)	Mögliche Antworten (Punktzahlen)
A: Hat die Nahrungsaufnahme in den letzten 3 Monaten, aufgrund von Appetitverlust, Verdauungsproblemen, Kau- oder Schluckbeschwerden abgenommen?	0= starke Abnahme der Nahrungsaufnahme 1= mäßige Abnahme der Nahrungsaufnahme 2=keine Abnahme der Nahrungsaufnahme
B: Gewichtsverlust in den letzten drei Monaten?	0= Gewichtsverlust $> 3\text{kg}$ 1= weiß es nicht 2= Gewichtsverlust zwischen 1 und 3 kg 3= kein Gewichtsverlust
C: Mobilität	0= bettlägerig oder an einen Stuhl gebunden 1= kann aus dem Bett/Stuhl aufstehen, geht aber nicht nach draußen 2= geht nach draußen
E: Neuropsychologische Probleme	0= schwere Demenz oder Depression 1= leichte Demenz 2= keine psychischen Probleme
F: BMI? (Gewicht in kg) / (Größe in m ²)	0= BMI <19 1=BMI 19 bis <21 2=BMI 21 bis <23 3= BMI ≥ 23
H: Nimmt der Patient mehr als drei verschreibungspflichtige Medikamente pro Tag ein?	0= ja 1= nein
P: Im Vergleich zu anderen Menschen gleichen Alters, wie schätzt der Patient seinen Gesundheitszustand ein?	0,0=nicht so gut 0,5= weiß es nicht 1,0=so gut 2,0=besser
Alter	0: >85 Jahre 1: 80-85 Jahre

	2: <80 Jahre
Gesamtpunktzahl:	0-17 Punkte

Tabelle 4: *Frailty-Score* nach Bellera et al., 2012.

Um das Risiko lebensbedrohlicher Ereignisse zu identifizieren, wurde dieses schnelle, einfache und praktikable *Screening-Tool* für ältere Krebspatienten entwickelt. Für das Gesamtüberleben hatte der *Frailty-Score* eine sehr starke Vorhersagekraft ($p < 0,001$). Ebenfalls wurde er mit anderen Scores kombiniert, u.a. mit dem *Hematopoietic Cell Transplantation-Specific Comorbidity Index* (HCT-CI). Es zeigte sich, dass die Trennung zwischen „fitten“ und „unfitten“ Patienten noch präziser und deutlicher gestellt werden konnte ($p < 0,001$). Der *Frailty-Score* verhilft zur Optimierung der Therapieentscheidungen und verbessert die Überlebensraten (79).

2014 wurde die multizentrische, prospektive Kohortenstudie ONCODAGE veröffentlicht, in der 1.435 Krebspatienten über 70 Jahren aus 23 Gesundheitszentren eingeschlossen wurden. Untersucht wurde die Eignung des *Frailty-Scores* zur Identifikation von Patienten, die von einer umfassenden geriatrischen Bewertung (CGA) profitieren würden. Ein niedriger *Frailty-Score* ist signifikant mit einer reduzierten 1-Jahres-Überlebensrate assoziiert ($p < 0,0001$; HR=2,72). Die durchschnittliche Bearbeitungszeit für den *Frailty-Score* belief sich auf circa 4,4 Minuten, und der Score kann auch von Pflegekräften und/ oder Ärzten durchgeführt werden, ohne spezifische geriatrische Schulungen. Die häufigsten Defizite der Patienten waren die Mangelernährung, eingeschränkte Mobilität und auch die kognitiven Einschränkungen. Das Scoring trägt dazu bei, fitte von unfitten älteren Krebspatienten zu unterscheiden, um die Therapieentscheidungen gezielt anzupassen (80).

Der *Frailty-Score* hat eine signifikante Korrelation mit dem CCI ($p < 0,001$). Der *Frailty-Score* führt häufiger zu positiven Ergebnissen, da der Score bereits bei einem Alter von über 80 Jahren, Polypharmazie (>3 Medikamente) und Gewichtsverlust Punkte abzieht und somit zu einer hohen Rate an positiven Tests führt (81).

Leo et al. untersuchten 289 Krebspatienten. Es zeigte sich dort, dass 95,9 % der Patienten zwar einen BMI > 19,5 kg/m² hatten, aber 27,1 % von ihnen dennoch einen *Frailty* ≤ 14 vorwiesen. Der BMI reicht demnach nicht aus, um Ernährungsprobleme valide zu erkennen (82).

Gomez et al. verglichen in ihrer Studie ebenfalls u. a. den *Frailty-Score* mit weiteren Scores. Der *Frailty-Score* wird bevorzugt zur Identifikation von Hochrisikopatienten für eine umfassende geriatrische Bewertung genutzt (83).

Kunz et al. untersuchten Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren präoperativ, u. a. den *Frailty-Score*, auf die Gebrechlichkeit. Ziel war es, die Aussage zu überprüfen, ob der *Frailty-Score* das Risiko für schwere postoperative Komplikationen vor einem elektiven Eingriff zuverlässig vorhersagen kann. Es wurden 104 Patienten mit (≥ 65 Jahre) eingeschlossen. Es stellte sich heraus, dass der *Frailty-Score* ≤ 14 eine signifikante Vorhersagekraft für jegliche postoperative Komplikationen erzielte ($p = 0,018$). Es wurde auch ein signifikanter Zusammenhang zwischen Komorbiditäten wie Bluthochdruck und Diabetes und einem schlechten *Frailty-Score* festgestellt. Der

Frailty-Score ist ein wertvolles *Screening-Tool*, um präoperativ gefährdete Patienten zu identifizieren. Denn durch die Identifikation vulnerabler Patienten ermöglicht er es, eine bessere präoperative Risikobewertung durchzuführen und somit eine individuelle Therapieanpassung erfolgen zu lassen (84).

Gracie et al. zeigten in ihrer Metaanalyse, dass die präoperative Gebrechlichkeit auch ein signifikanter Risikofaktor für das postoperative Delirium (POD) bei Patienten ≥ 65 Jahren darstellt. Ein routinemäßiges *Frailty-Screening* vor elektiven Operationen kann also dazu verhelfen, Hochrisikopatienten frühzeitig zu erkennen und präventive Maßnahmen einzuleiten (85).

Der *Frailty*-Score wurde eigentlich für onkologische Patienten entwickelt, um deren Bedarf bezüglich einer umfassenden geriatrischen Bewertung herauszuarbeiten. Doch stellt sich die Frage, ob er nicht auch in der generellen Nutzung bei elektiven Operationen, vor allem in der elektiven Kraniotomie, präoperativ genutzt werden kann, um Hochrisikopatienten bezüglich postoperativer Komplikationen zu identifizieren und um Therapieentscheidungen und somit das postoperative Management zu optimieren.

1.3.4 Komplikationen

Postoperative Komplikationen und die daraus resultierende klinische Präsentation sind sehr verschieden und werden hier in 3 Gruppen klassifiziert:

(1) internistischen bzw. medizinischen Komplikationen, (2) neurologischen Komplikationen und (3) das postoperative Delirium.

1.3.4.1 Neurologische versus internistische postoperative Komplikationen und das postoperative Delirium (POD)

Zu den **neurologischen** postoperativen Komplikationen zählen zunehmende Schläfrigkeit, Vigilanzminderung, Hemiparesen, Aphasien, Übelkeit, Schluckstörungen, Neglect, Fazialis- und Abduzenspareisen, Okulomotoriuspareisen und Krampfanfälle.

Zu den **internistischen** postoperativen Komplikationen zählen die Lungenarterienembolie (LAE), die hypertensive Entgleisung, die Pneumonie und der Nicht-ST-Strecken Elevationsmyokardinfarkt (NSTEMI).

Beauregard et al. untersuchten insgesamt 429 Patienten. 120 Patienten entwickelten postoperative Komplikationen (69 Patienten medizinische und 94 Patienten neurologische Komplikationen) nach elektiver Kraniotomie. Die medizinischen Komplikationen umfassten u.a. respiratorisches Versagen, Pneumonie, Harnwegsinfekt, LAE und unkontrollierter Hypertonie. Die neurologischen Komplikationen waren Hemiparesen, Vigilanzminderung, Fazialispareisen, Aphasien und auch der Hydrozephalus. Infratentorielle Lokalisationen der Krankheitsentitäten waren ein Prädiktor für neurologische Komplikationen. Prädiktoren für medizinische Komplikationen waren u.a. präoperatives Asthma ($p=0,05$), Diabetes Mellitus ($p=0,05$) und auch psychische Erkrankungen ($p=0,01$) (58).

31 % der Patienten entwickelten mindestens eine Komplikation innerhalb der ersten 24 Stunden. Die meisten neurologischen Komplikationen traten innerhalb der ersten 2 Stunden auf (86). Lonjaret et al. berichteten über neurologische Komplikationen wie motorische Defizite (7 %), Bewusstseinsstörungen (6 %), Dysphasie (4 %) und Krampfanfälle (1 %). Die nicht-neurologischen Komplikationen waren postoperative Übelkeit & Erbrechen (PONV) (25 %), Hämorrhagien (1 %) und Schmerzen (7 %). Jha et al. beschreiben die neurologische Verschlechterung wie den Status epilepticus, das Hirnödem und die intrakranielle Blutung als häufigste Komplikationen nach elektiver Kraniotomie (87).

Franko et al. zeigten, dass aus dem Gesamtkollektiv von 300 Patienten, 9,5 % Komplikationen auf Intensivstation entwickelten, darunter waren 3 % Krampfanfälle, 1 % Hämatome, 1 % die unter respiratorischem Versagen litten, und 1,5 %, welche neurologische Defizite aufzeigten. Insgesamt waren bei circa 9 % der Patienten intensivmedizinische Maßnahmen erforderlich (88).

Beauregard et al. erläutern, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit von medizinischen/ internistischen oder neurologischen Komplikationen zwischen den Patienten, die direkt auf Normalstation verlegt wurden, und jenen, die auf Intensivstation überwacht wurden, gegeben hat (58).

Die Arbeit von Quasem et al., welche auch die COVID- Pandemie berücksichtigt, teilte das Gesamtkollektiv von 171 Patienten in eine *No-ICU-Unless* (NIU)- Gruppe und in eine Kontrollgruppe ein, die nach elektiver Kraniotomie direkt auf Intensivstation überwacht worden ist. Postoperative Komplikationen traten bei der NIU-Gruppe bei 16 % (15 von 96) Patienten und bei der Kontrollgruppe bei 17 % (13 von 75) Patienten auf, und es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der postoperativen Komplikationen ($p=0,786$). Die Komplikationen beliefen sich auf Hämorrhagien (intrazerebral, epidural, subdural), Krampfanfälle, LAE und Hydrozephalus. Die Studie zeigte, dass die meisten Komplikationen erst nach den ersten postoperativen Überwachungsstunden auftreten, unabhängig von der Überwachung auf der Intensivstation als Ort. Es gab keine Zunahme schwerer Komplikationen bei Patienten, die direkt auf die Normalstation oder auch auf die Überwachungsstation (IMC) verlegt wurden (16).

Das POD wird als akute, neurokognitive Störung definiert (85).

Huang et al. betrachten die postoperative Agitation als eine Form des postoperativen Deliriums und zeigen, dass dies mit schlechteren neurologischen Outcomes assoziiert ist. In dieser Studie wird der bifrontale Pneumocephalus, der nach elektiver Kraniotomie auftreten kann, mit einem erhöhten Risiko für Agitationen verbunden. Da die Stirnlappen für kognitive und emotionale Regulation zuständig sind, könnte das Vorhandensein von Luft in diesem Bereich die Entstehung von Agitation oder Delirium begünstigen. Die Gesamtinzidenz bezüglich des bifrontalen Pneumocephalus nach elektiver Kraniotomie belief sich auf 22,5 %. Eine höhere Inzidenz lag bei frontalen Zugängen (35,8%) und bei supratentoriellen Tumoren (27,8 %) vor (89).

Wang et al. nannten das POD als Komplikation und erwähnten Risikofaktoren wie höheres Alter, Gebrechlichkeit, intraoperativer Blutverlust, maligne Tumore und intraoperative Hypotension, die diesen Zustand begünstigen (90).

Nach neurochirurgischen Eingriffen trat das POD bei 11 bis 51 % der Patienten als eine häufige Komplikation auf. Es führte zu höheren Morbiditäten, Mortalitäten, längerem Krankenhausaufenthalt und auch zu höheren Kosten (91). Huang et al. verfolgten das Ziel, ein frühes Vorhersagemodell für das POD bei neurochirurgischen Patienten, die nach elektiver Kraniotomie auf der Intensivstation überwacht wurden, zu entwickeln. Das POD wurde anhand der *Confusion Assessment Method for the ICU* (CAM-ICU) an den postoperativen Tagen 1 bis 3 diagnostiziert. Sie fanden 9 unabhängige Risikofaktoren für das POD, u.a. das Alter > 65 Jahre, Diabetes mellitus, supratentorielle Läsionen, lange Operationsdauer (>360 Minuten) und auch das Vorhandensein einer neurochirurgischen Drainage. Bis zu 40 % der Deliriumfälle hätten durch präventive Maßnahmen verhindert werden können. Dieses Verfahren soll bei der Identifikation von Hochrisikopatienten bzgl. des POD helfen, um präventive Maßnahmen frühzeitig einleiten zu können. Die Autoren entwickelten das *Early Prediction Model for Postoperative Delirium in Neurosurgical Patients* (E-PREPOD-NS) -Modell. Es ist das erste frühzeitige Vorhersagemodell für POD bei neurochirurgischen Patienten auf Intensivstation (91).

Die postoperativen Komplikationen, ob internistische/ medizinische, neurologische und/ oder auch das postoperative Delirium, entstehen vor allem in den ersten 24 Stunden nach dem elektiven Eingriff und sollten eng evaluiert und durch Optimierung des präoperativen Managements frühzeitig erkannt werden.

2 Zielsetzung

In den meisten neurochirurgischen Abteilungen werden Patienten, die sich einer elektiven Kraniotomie unterziehen, postoperativ zur engmaschigen Überwachung auf einer Intensivstation oder einer IMC aufgenommen. Eine Leitlinie für eine angemessene und effiziente Überwachungsdauer bezüglich dieser Patienten mit neurochirurgischen Eingriffen fehlt. Aufgrund der COVID- Pandemie, welche das Gesundheitswesen belastete, wurden wertvolle Ressourcen wie die Überwachungskapazitäten der Intensivbetten neu zugewiesen (92).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach dem Ausmaß der erforderlichen postoperativen Überwachung bei elektiven intrakraniellen Eingriffen. In der vorliegenden Arbeit wird zur Beantwortung dieser Fragestellung die postoperative Überwachungskapazität der Jahre 2018, 2019 (präpandemische Phase) mit der Situation im Jahr 2021 (postpandemische Phase) verglichen. Um eine mögliche Anpassung des Überwachungsalgorithmus nach elektiver Kraniotomie zu ermöglichen, wird zudem das Auftreten neurologischer und/ oder kardiopulmonaler Komplikationen in der frühen postoperativen Phase untersucht.

Ziel dieser Arbeit war es, im Hinblick auf unerwünschte Ereignisse eine Kohorte elektiv kraniotomierter Patienten zu analysieren und Prädiktoren für ein erhöhtes Risiko sekundärer postoperativer Morbidität zu identifizieren, die eine Überwachung auf der Intensivstation oder IMC erforderlich machen.

Für die postoperative Überwachung nach elektiver Kraniotomie soll eine Leitlinie auf Grundlage dieser Ergebnisse entwickelt werden.

Ergänzend wurde untersucht, inwieweit Patientendaten und präoperative Scores (u.a. die ASA-Klassifikation, BMI, CCI und *Frailty*-Score) mit der klinischen

Präsentation, sowie der Zuweisung des postoperativen Überwachungsortes assoziiert sind. Ziel ist hierbei, das präoperative Management zu optimieren, um Therapieentscheidungen zu verbessern und postoperative Komplikationen frühzeitig zu erkennen oder bereits in ihrer Entstehung zu verhindern.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv und Studiendesign

Diese Arbeit erfasst die retrospektiven Daten von allen elektiv kraniotomierten Patienten, die im Zeitraum vom 01.01.2018 bis 31.12.2019, sowie vom 01.01.2021 bis 31.12.2021 in der neurochirurgischen Fakultät an der Universitätsmedizin Mainz behandelt wurden.

Die Anzahl der Patienten, die einer elektiven Kraniotomie unterzogen wurden, betrug vom 01.01.2018 bis 31.12.2019 insgesamt 547 Patienten. Vom 01.01.2021 bis zum 31.12.2021 waren es 313 Patienten.

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, die in dem oben genannten Zeitraum einer elektiv geplanten Kraniotomie zugeführt wurden.

Die Ausschlusskriterien beinhalteten Patienten mit notfallmäßiger Behandlung mittels Hemikraniektomie, Patienten mit operativer Versorgung der Hypophyse, u. a. aufgrund von Hypophysen-Vorderlappenadenomen, Patienten mit subduralem Hämatom/ intrazerebraler Blutung sowie diejenigen, die eine Biopsie bzw. eine *Varioguide* gesteuerte Operation erhielten.

Es wurden zudem Patienten ausgeschlossen, die eine Thermokoagulation erhielten, sowie Patienten, die an der Wirbelsäule operiert wurden. Patienten, die eine tiefe Hirnstimulation erhielten, wurden ebenfalls ausgeschlossen.

Wir untersuchten alle klinischen, radiologischen und interventionellen Daten, die zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken erhoben wurden. Wir analysierten den Einfluss von prä-, intra- und postoperativen Variablen auf die Überwachungsstundenzahl, sowie den Überwachungsort (Intensivstation vs. IMC). Neben den oft genutzten ASA-Klassifikationen, dem BMI und/ oder auch dem CCI, wird in dieser Studie auch auf den *Frailty*-Score eingegangen.

Während der Erhebungsphase der Patientendaten wurden diese pseudonymisiert, verwaltet und nach Abschluss der Studie vollständig anonymisiert.

Ethikvotum

In Rheinland-Pfalz regelt §15 Abs. 1 Satz 2 des Landeskrankenhausgesetzes (LKHG), dass bei retrospektiven Studien, die ausschließlich anonymisierte Daten verwenden, keine Ethikkommissionspflicht besteht. Dies bedeutet, dass die Ethikkommission für diese Studie nicht involviert werden muss, solange die Daten vollständig anonymisiert bleiben und keine Rückschlüsse auf Einzelpersonen

möglich sind und die Studie keine neuen Eingriffe oder Behandlungen erfordert. Diese zuvor genannten Voraussetzungen liegen bei dieser Studie vor.

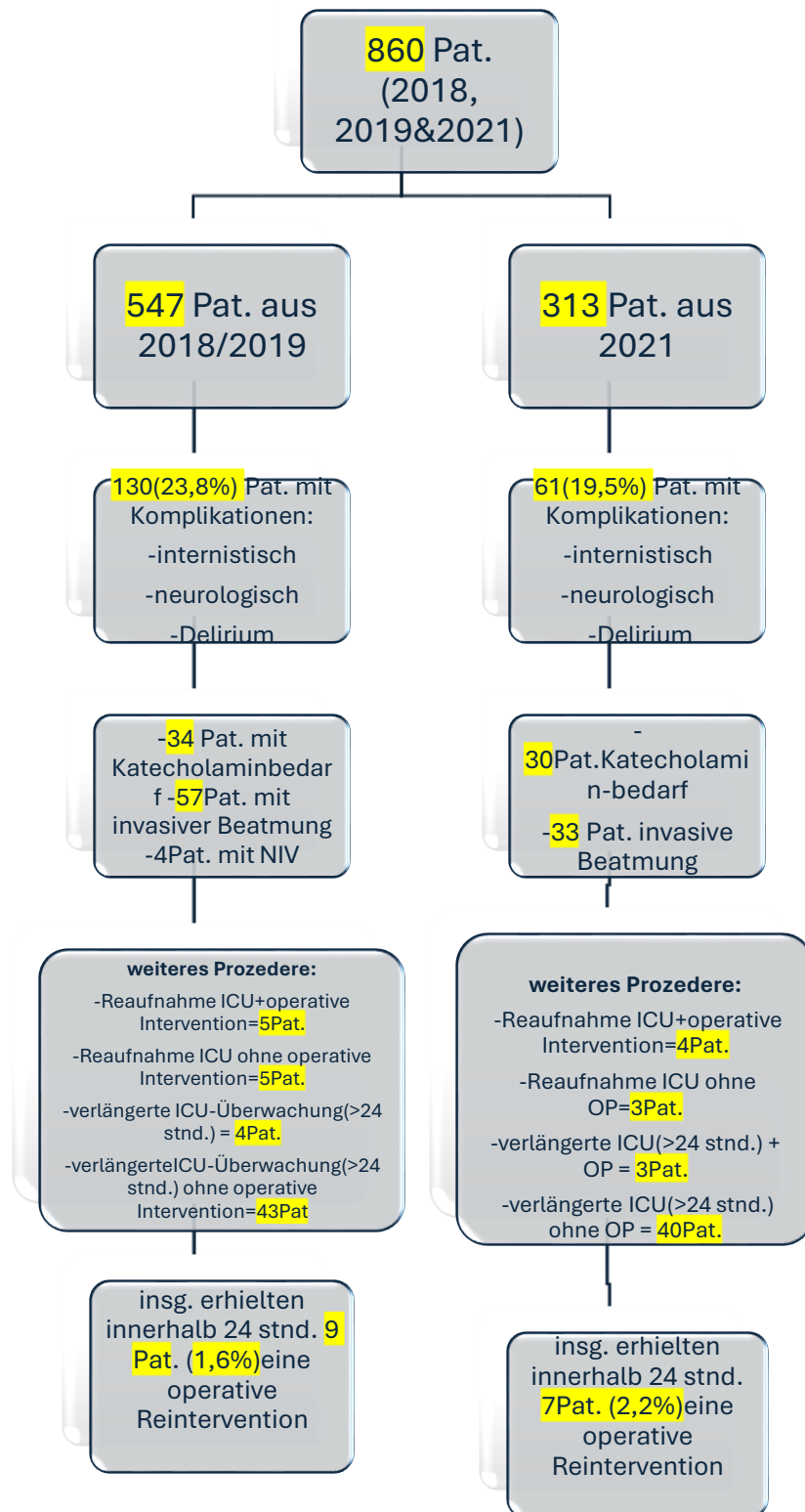


Abbildung 2: Patientenkollektiv und Studiendesign.

3.2 Datenerhebung

Die vorliegende Studie ist eine retrospektive Akten- und *Follow-up*-Studie mit einer Nachbeobachtungszeit von 24 Stunden. Alle Patienten, die in den Jahren 2018, 2019 und 2021 eine elektive Kraniotomie in der neurochirurgischen Fakultät an der Universitätsmedizin Mainz erhielten, wurden eingeschlossen.

Die Informationsgrundlage basiert auf den Patientendaten, den postoperativen Bildgebungen und den radiologischen Befunden sowie auf den Operationsberichten und allen weiteren vorhandenen Arztbriefen aus dem Verlauf der Behandlung. Die Therapieentscheidung zur geplanten elektiven Kraniotomie wurde in der Regel durch interdisziplinäre Konferenzen von Neurochirurgen, Radiologen und Intensivmedizinern einheitlich diskutiert und getroffen. In geringen Ausnahmefällen (16 Patienten [3,8 %] von 860 Patienten) erforderte das Auftreten von Komplikationen eine sofortige Entscheidung, welche durch den behandelnden neurochirurgischen Intensivmediziner alleinig bzw. in konsiliarischer Zusammenarbeit mit den Kollegen der Radiologie erfolgte.

Als Auswertungsbasis aller Daten dienten die im intraklinischen Datenverarbeitungssystem gespeicherten Dokumente aller Patienten, die in die Studie miteinbezogen wurden.

Es wurden folgende Daten retrospektiv erhoben:

- Alter
- Geschlecht
- geplanter Überwachungsort (Intensivstation oder IMC)
- ASA-Klassifikation
- *Charlson-Comorbidity* Index
- *Frailty*-Score
- BMI
- Diagnose
- Lokalisation
- Operationsdauer
- Blutverlust
- letztendlich postoperativer Überwachungsort (Intensivstation oder IMC)
- Überwachungszeit
- cCT-Durchführung innerhalb der ersten 24h nach Operation
- cCT-Befunde
- Komplikationen
- Reinterventionsbedarf

Die Patientenkollektive sind hinsichtlich der klinischen Merkmale, sowie der operativen interventionsrelevanten Merkmale vergleichbar.

3.3 Statistische Methoden

Alle Patientendaten wurden mit Hilfe des Programms SPSS statistisch ausgewertet und mittels Microsoft Office Excel tabellarisch erfasst. Die statistische Beurteilung der Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Universitätsmedizin Mainz.

Zusammengefasst und analysiert wurden die Daten der Studienkollektive mittels deskriptiver und statistischer Verfahren, u.a. dem Chi-Quadrat Test, dem ungepaarten zweiseitigen T-Test und Mann-Whitney-U-Test. Es wurden Balkendiagramme, Tabellen und Boxplots zur näheren Erläuterung erstellt. Der Mittelwert, Median, die Spanne mit Minimum und Maximum, sowie die Standardabweichung und das Konfidenzintervall für einzelne Variablen wurden ebenfalls angegeben.

Statistische Tests wurden explorativ durchgeführt, um mögliche Zusammenhänge und Muster in den Daten zu identifizieren. Um potenziell relevante und statistisch auffällige Ergebnisse einheitlich zu präsentieren, werden im Folgenden p-Werte unter 0,05 als statistisch signifikant bezeichnet. Es ist dabei wichtig zu beachten, dass diese explorativen Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren sind und keine kausalen Schlussfolgerungen zulassen.

4 Ergebnisse

4.1 Studienpopulation

4.1.1 Patientenzahl, Geschlecht, Alter und BMI

Insgesamt wurden 860 Patienten in diese Studie eingeschlossen. Die Patienten wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. 2018 und 2019 (Gruppe 1, präpandemische Phase) mit insgesamt 547 Patienten und 2021 (Gruppe 2, postpandemische Phase) mit insgesamt 313 Patienten. Alle von ihnen durchliefen eine elektive Kraniotomie. Die *Follow-Up* Zeit belief sich auf 24 Stunden nach der Operation.

Das Gesamtkollektiv umfasst 484 Frauen (56,28 %) und 376 Männer (43,72 %) (Abb. 3).

Das mittlere Alter der Gesamtgruppe liegt bei 60,58 Jahren, und die Standardabweichung beträgt 14,48 Jahre.

Nach der Aufteilung des Gesamtkollektivs in zwei Gruppen (2018/2019 und 2021) erfasst die Gruppe 1(2018/ 2019) 58,32 % weibliche Patienten und 41,68 % männliche Patienten. In der Gruppe 2 (2021) befanden sich 52,72% weibliche Patienten und

47, 28% männliche Patienten. In beiden Gruppen war die Prozentzahl an weiblichen Patienten demnach anteilig größer (Abb. 5 und 6).

Das mittlere Alter in der Gruppe 1(2018/ 2019) beträgt 60,35 Jahre und in Gruppe 2 (2021) 60,98 Jahre. Der Median beläuft sich in beiden Gruppen auf 61 Jahren. Die

Standardabweichung (SD) in Gruppe 1 (2018/ 2019) beträgt 14,48 Jahre und in Gruppe 2 (2021) beträgt die SD 14,51 Jahre (Abb. 7, 8 und Tab. 5).

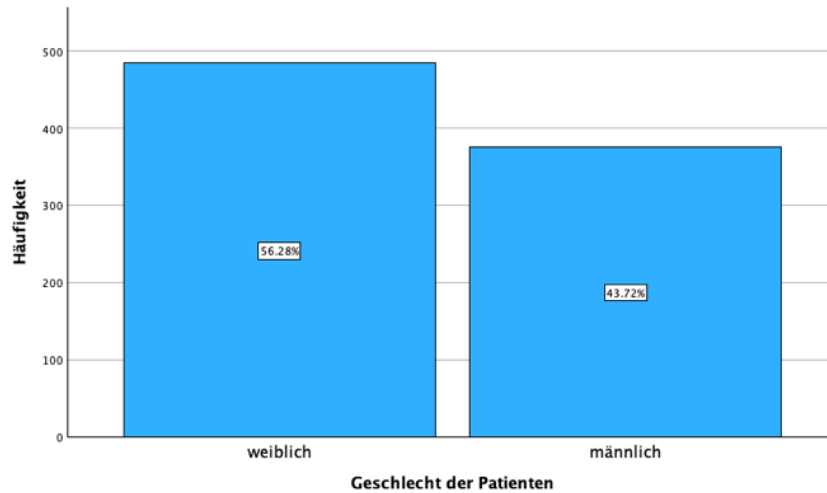


Abbildung 3: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechterverteilung im Gesamtkollektiv.

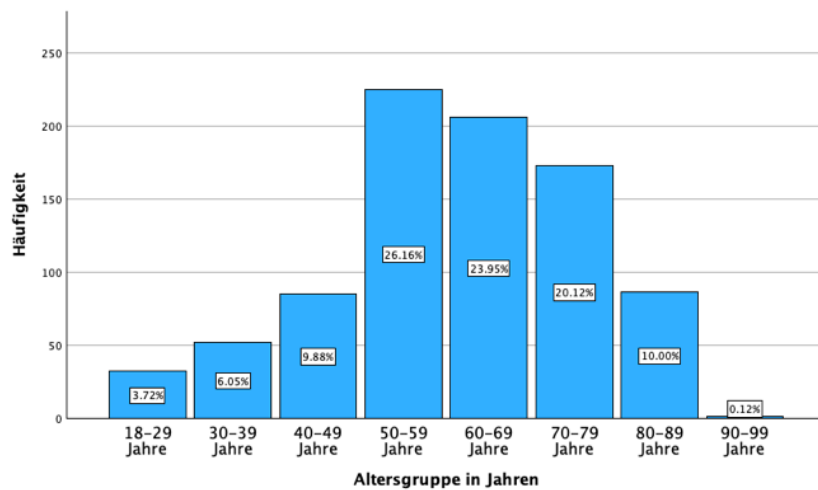


Abbildung 4: Balkendiagramm zur Darstellung des Patientenalters im Gesamtkollektiv.

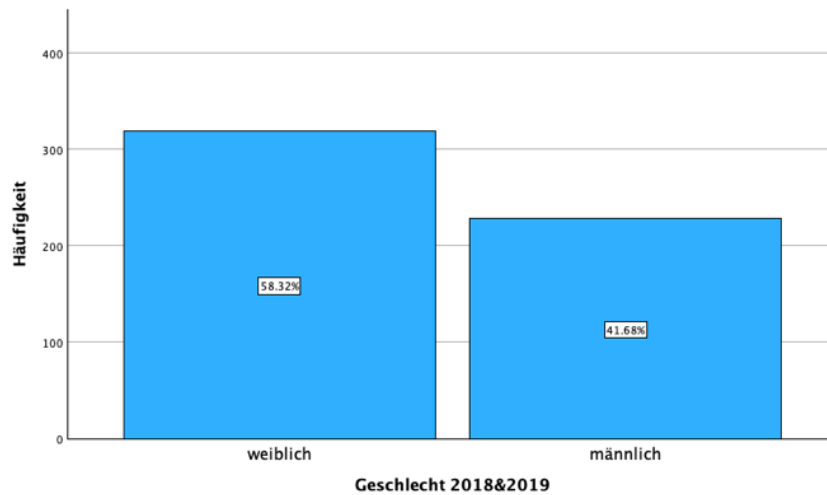


Abbildung 5: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechterverteilung in Gruppe 2018/2019.

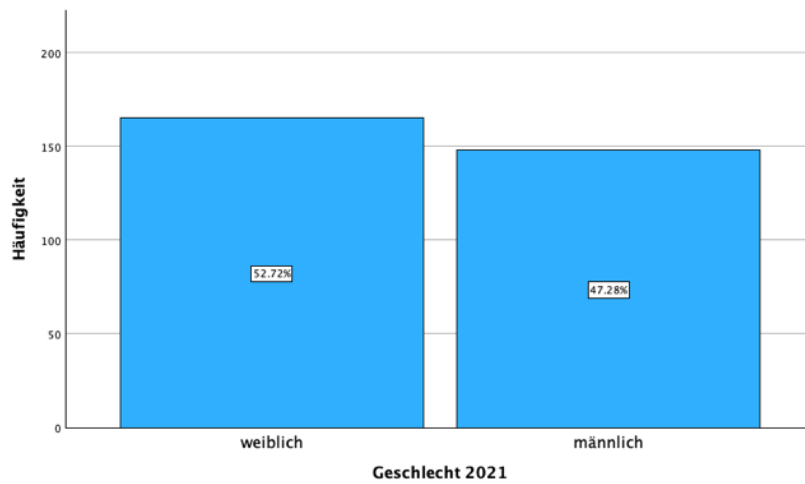


Abbildung 6: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechterverteilung in Gruppe 2021.

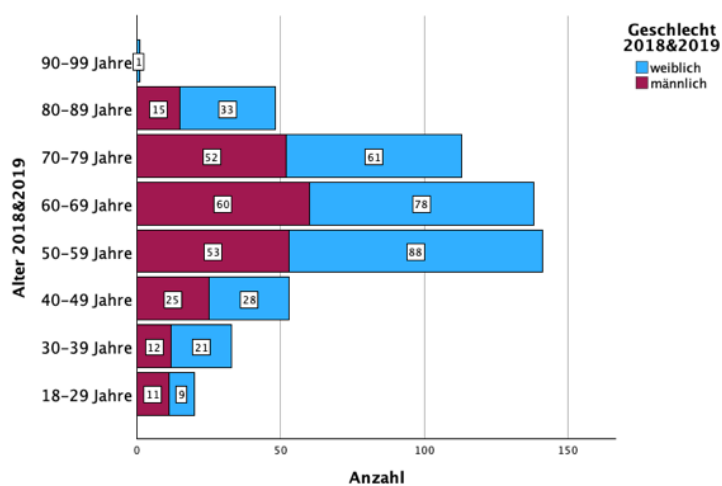


Abbildung 7: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechter- und Altersverteilung in Gruppe 2018/2019.

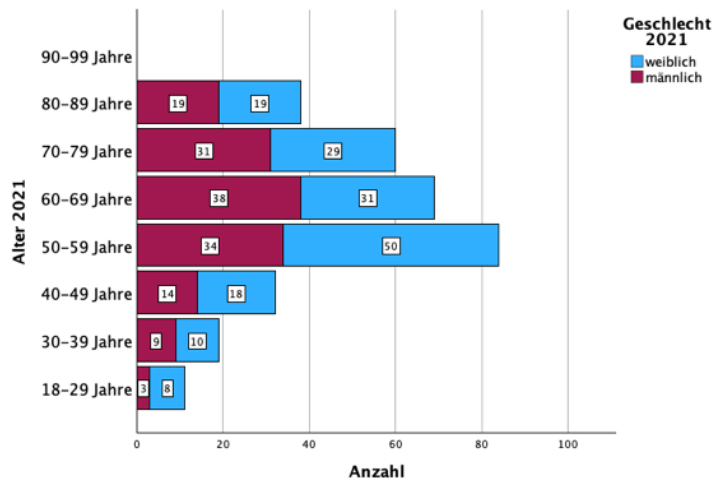


Abbildung 8: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechter- und Altersverteilung in den Gruppen 2021.

Statistiken		Patientenalter 2018&2019	Patientenalter 2021
N	Gültig	547	313
	Fehlend	0	0
Mittelwert		60,35	60,98
Median		61,00	61,00
Std.-Abweichung (SD)		14,484	14,514
Perzentile	25	52,00	53,00
	50	61,00	61,00
	75	71,00	72,00

Tabelle 5: Tabelle zur Darstellung des Patientenalters in Gruppe 2018/2019 und Gruppe 2021.

Der Median des BMI ist in beiden Gruppen 26 (2018/2019 und 2021). 75 % der Verteilungen liegen in beiden Gruppen unter dem Wert von 29 und 25% haben in beiden Gruppen einen Wert von 23 (s. Tab. 6).

Statistiken		BMI2018&2019	BMI2021
N	Gültig	547	313
	Fehlend	0	0
Mittelwert		26,50	26,49
Median		26,00	26,00
Std.-Abweichung		5,543	4,939
Perzentile	25	23,00	23,00
	50	26,00	26,00
	75	29,00	29,00

Tabelle 6: Tabellarische Darstellung zur BMI-Verteilung in beiden Stichproben (2018/2019 und 2021).

4.1.2 ASA-Score, *Charlson-Comorbidity-Index* und *Frailty-Score*

Die ASA-Klassifikation zeigt, dass der ASA III in beiden Gruppen am meisten vertreten ist: Gruppe 1 (2018/2019: ASA III= 47,17 %), Gruppe 2 (2021: ASA III= 48,88 %) (Abb. 9 und 10). Es zeigt sich, dass beide Kohorten in Bezug auf die ASA-Klassifikation vergleichbar waren.

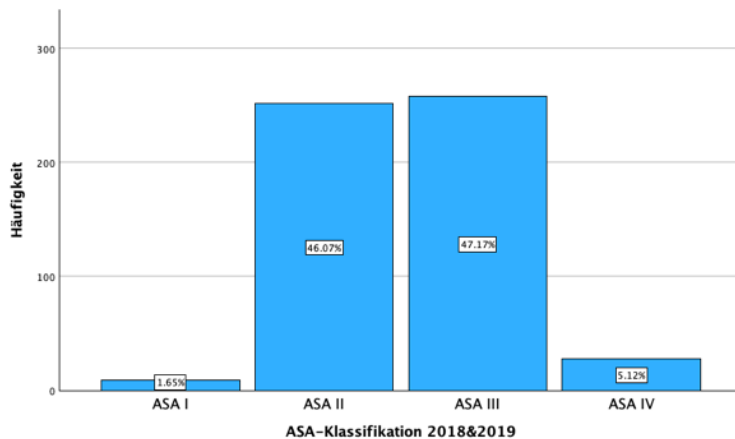


Abbildung 9: Balkendiagramm zur Darstellung der Verteilung bzgl. ASA-Klassifikation in Gruppe 2018/2019.

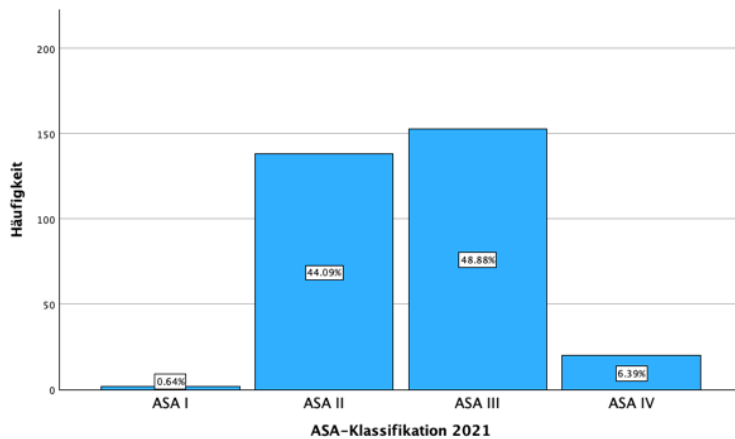


Abbildung 10: Balkendiagramm zur Darstellung der Verteilung bzgl. ASA-Klassifikation in Gruppe 2021.

Bezüglich dem Charlson Comorbidity Index (CCI) zeigten 252 von 547 Patienten aus der Kohorte von 2018/2019 einen CCI von 2 (45,8%). Ein CCI von 6 lag bei 102 von 547 Patienten (18,5%) vor. Der Boxplot zeigt einen Median von 2 bei einem IQR von 2-6 (Q1=2, Q3=6; IQR=4). Die Werte reichen von 1 bis 11. Zusätzlich bestand ein einfacher Ausreißer (Fall Nr. 5) mit einem CCI von 16 (Abb. 11).

In der Kohorte 2021 wiesen 148 von 313 Patienten einen CCI von 2 (47,3%) auf, gefolgt von einem CCI von 6 bei 78 von 313 Patienten (24,9%). Auch hier lagen Median und Quartil bei 2 bzw. 2-6. Die Spannweite betrug einen CCI von 1 bis 9 und Ausreißer traten nicht auf (Abb. 11).

Insgesamt waren die CCI-Werte in beiden Kohorten vergleichbar (Median 2; IQR 2-6 in 2018/2019 und 2021), was auf eine ähnliche präoperative Komorbiditätslast hindeutet.

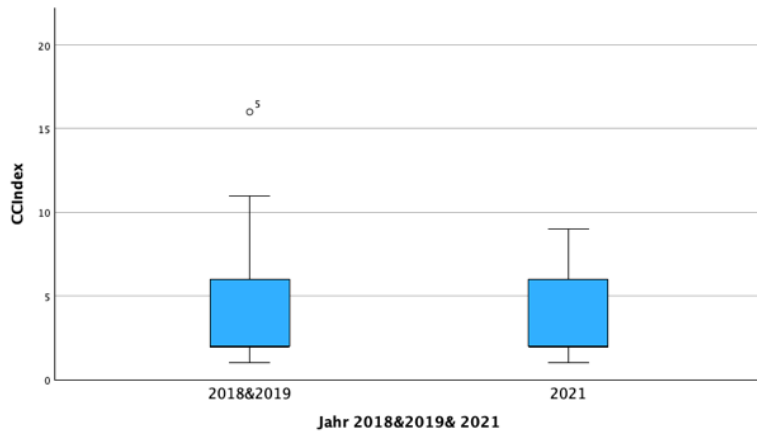


Abbildung 11: Boxplot zur Darstellung des CCI in den Jahren 2018/2019 und 2021.

Zur Abbildung des präoperativen Allgemeinzustands wurde u.a. auch der *Frailty*-Score erhoben. In beiden Kohorten (2018/2019 und 2021) zeigte sich ein vergleichbares Verteilungsmuster mit einem Median von 14 und IQR 13-15 (Q1=13, Q3=15; Abb. 12). Die Verteilungen unterschieden sich lediglich am oberen Rand (Maximalwerte 16 in 2018/ 2019 versus 15 in 2021). Es traten ausschließlich einfache Ausreißer auf, insgesamt 8 in 2018/2019 (Fälle 120, 483, 236, 34, 134, 324, 112, 341) und 3 in 2021 (Fälle 676, 664, 623), ohne Hinweis auf eine systematische Verschiebung des *Frailty*-Scores zwischen den Gruppen.

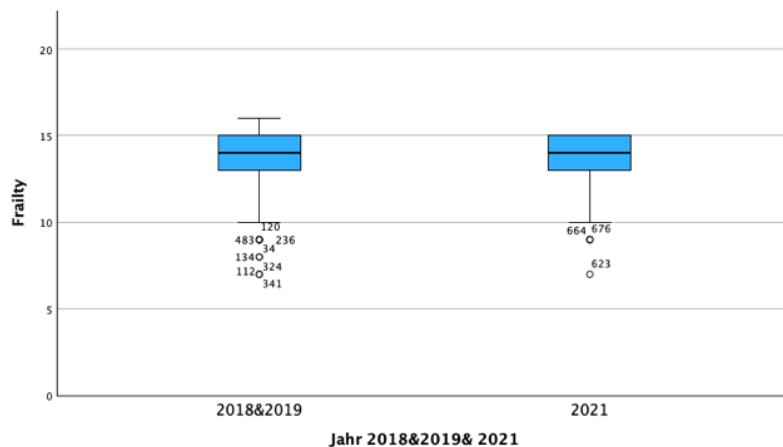


Abbildung 12: Boxplot zur Darstellung des Frailty-Scores in beiden Stichproben 2018/2019 und 2021.

4.1.3 OP-Diagnosen und Lokalisation

In beiden Kohorten ließen sich die Fälle in sechs Operationsdiagnose-Gruppen einteilen. 2018/2019 dominieren hirneigene Tumoren (27,6%), Hirnmetastasen (25,4%) und Meningeome (24,7%), gefolgt von vaskulären Diagnosen (z.B. Aneurysmata 13,3%), Neurinome (3,7%) und sonstigen Diagnosen (5,7%, u.a. Hämangioblastome, Abszesse, Kolloidzysten etc.; Tab. 7). In der Kohorte 2021 zeigte sich eine Verschiebung hin zu einem höheren Anteil hirneigener Tumoren (39,9%) und Hirnmetastasen (30,7%) bei zugleich geringerem Anteil an Neurinomen (1,0%) und sonstigen Diagnosen (Tab. 7).

OP-Diagnosen 2018/ 2019

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Vaskulär	73	13,3	13,3	13,3
	Hirneigen	151	27,5	27,6	41,0
	Metastase	139	25,3	25,4	66,4
	Neurinom	20	3,6	3,7	70,0
	Meningeom	135	24,5	24,7	94,7
	Sonstiges (z.B. Hämangioblastom etc.)	29	5,3	5,3	100,0
	Gesamt	547	99,5	100,0	
Fehlend	System	0	,0		
Gesamt		547	100,0		

OP-Diagnosen 2021

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Vaskulär	19	3,5	6,1	6,1
	Hirneigen	125	22,7	39,9	46,0
	Metastase	96	17,5	30,7	76,7
	Neurinom	3	,5	1,0	77,6
	Meningeom	56	10,2	17,9	95,5
	Sonstiges(z.B. Hämangioblastom etc.)	14	2,5	4,5	100,0
	Gesamt	313	56,9	100,0	
Fehlend	System	0	,0		
Gesamt		313	100,0		

Tabelle 7: Tabelle der OP-Diagnosen in 2018/2019 und 2021.

Zwischen den Kohorten sind die Lokalisationen weitgehend vergleichbar. Es zeigt sich keine relevante Verschiebung. Der Anteil supratentorieller Eingriffe war in beiden

Kohorten hoch und nahezu identisch (2018/ 2019: 81,54% vs. 2021: 83,71%), bei entsprechend ähnlichen infratentoriellen Anteilen (18,46% vs. 16,29%).

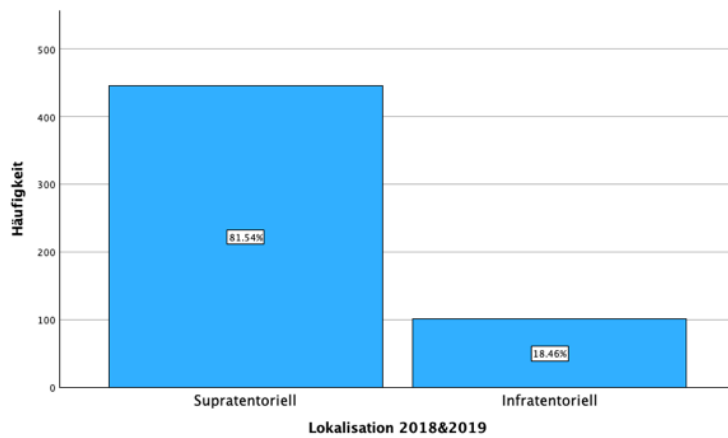


Abbildung 13: Balkendiagramm bzgl. der Lokalisationen 2018/2019

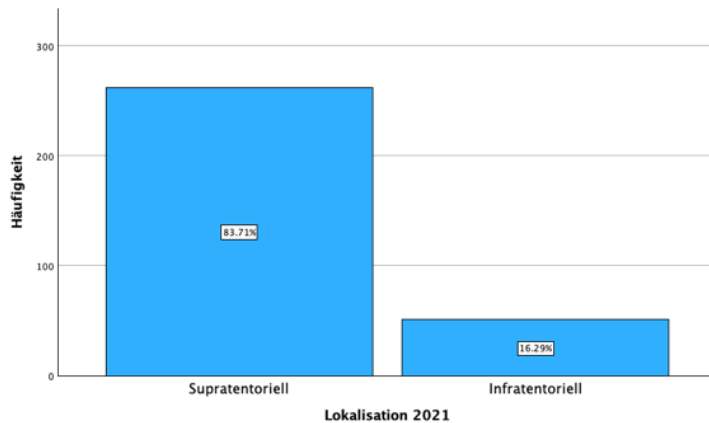


Abbildung 14: Balkendiagramm bzgl. der Lokalisationen 2021.

4.2 Geplanter Überwachungsort versus realisierter Überwachungsort

2018/2019 waren präoperativ 83,18% (n=547) für eine postoperative Überwachung auf der Intensivstation und 16,82% für die IMC vorgesehen (Abb. 15). Realisiert wurden 74,59% Intensivstation und 25,41 % IMC (Abb. 16).

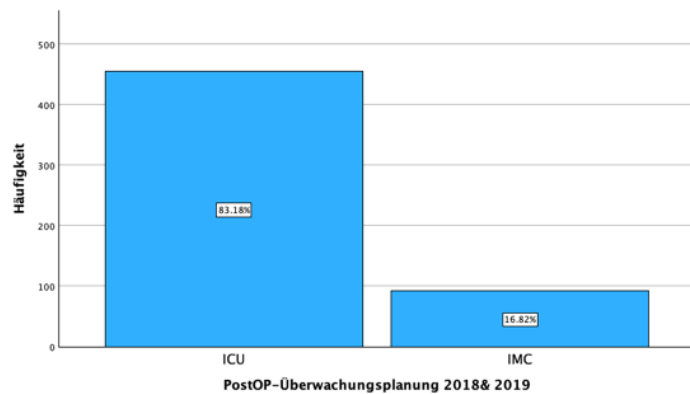


Abbildung 15: Balkendiagramm bzgl. geplantem Überwachungsort 2018/2019; ICU=Intensivstation; IMC=Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation.

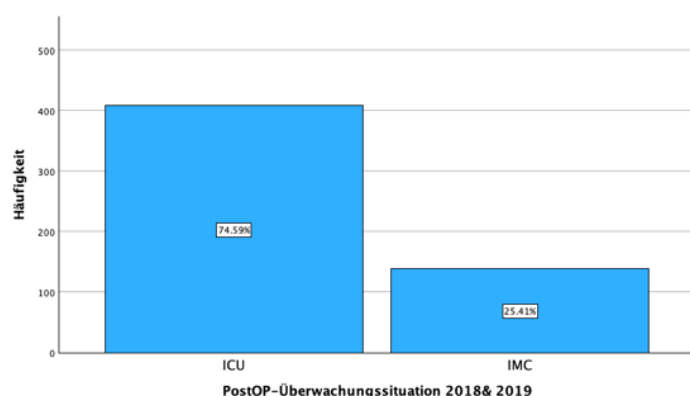


Abbildung 16: Balkendiagramm realisierter Überwachungsort 2018/2019; ICU=Intensivstation; IMC=Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation

In der Kohorte 2021 (n=313) war präoperativ überwiegend eine IMC-Überwachung geplant (IMC 55,91 % versus Intensivstation 44,09%; Abb. 17) und wurde postoperativ nahezu unverändert umgesetzt (IMC 56,23% versus Intensivstation 43,77%; Abb. 18).

Insgesamt zeigt sich damit eine Verlagerung des Überwachungskonzepts von einer überwiegend Intensivstation-orientierten Strategie (2018/2019) hin zu einer primär IMC-basierten Strategie (2021).

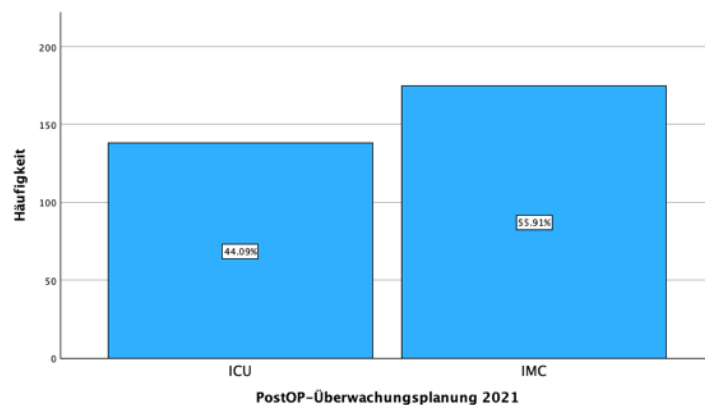


Abbildung 17: präoperativ geplante Überwachungssituation 2021; ICU=Intensivstation; IMC=Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation.

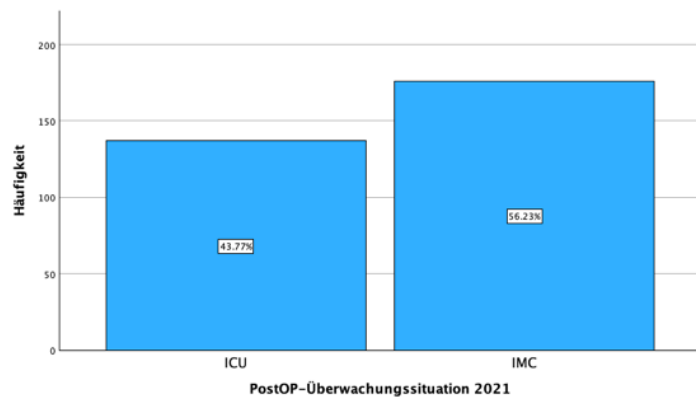


Abbildung 18: realisierte Überwachungssituation 2021; ICU=Intensivstation; IMC=Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation.

4.3 Intraoperative Variablen

4.3.1 OP-Dauer und Blutverlust

In der Kohorte 2018/2019 lag die Operationsdauer im Mittel bei 196 min. (Median 176 min.) und 2021 bei 184 min im Mittel (Median 171 min.). Es herrscht eine leicht kürzere OP-Dauer im Jahr 2021 (Tab. 8).

Statistiken

		OP-Dauer 2018/ 2019	OP-Dauer2021
N	Gültig	547	313
	Fehlend	0	0
Mittelwert		196,20	184,77
Median		176,00	171,00
Std.-Abweichung (SD)		96,052	80,553
Minimum		35	54
Maximum		780	659

Tabelle 8: Operationsdauer 2018/2019 und 2021.

Der Blutverlust zeigte in beiden Kohorten eine vergleichbare Verteilung mit dem Schwerpunkt in der Kategorie 0-500 ml (Abb. 19-20). Insgesamt ergeben sich damit weitgehend vergleichbare intraoperative Belastungsparameter bei nur geringfügig reduzierter OP-Dauer in der Kohorte 2021.

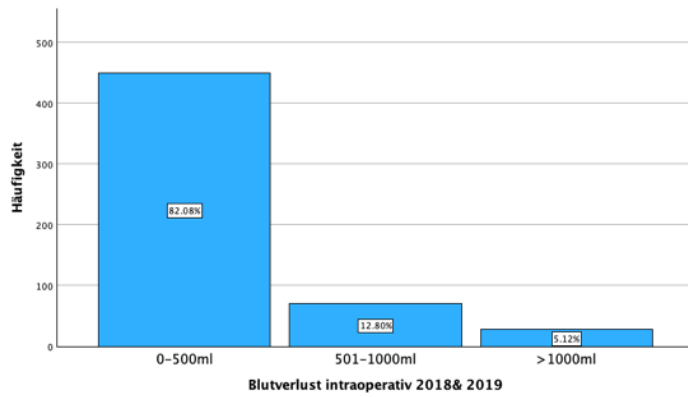


Abbildung 19: Balkendiagramm zur Darstellung des Blutverlustes 2018/2019.

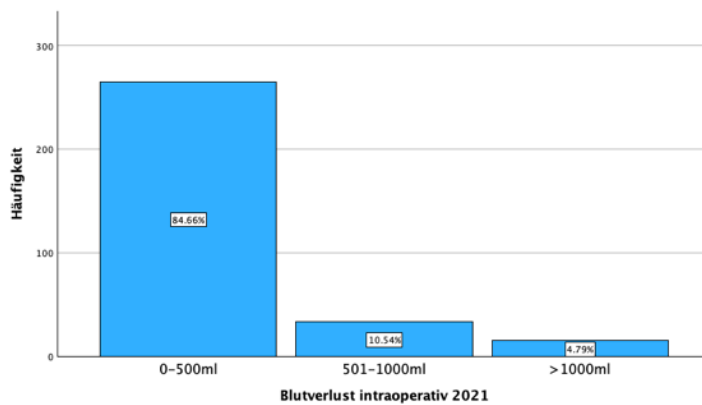


Abbildung 20: Balkendiagramm zur Darstellung des Blutverlustes 2021.

4.4 Postoperative Variablen

4.4.1 Überwachungsstunden

Ein weiterer wichtiger Parameter dieser Studie sind die postoperativen Überwachungsstunden auf der Intensivstation und/ oder IMC. In der Kohorte 2018/ 2019 betrug die mittlere Überwachungsdauer 29,73% Stunden, in der Kohorte 2021 lag sie bei 38,74 Stunden (Tab. 9). Trotz dieses höheren Mittelwertes zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Kohorten ($p=0,106$). Der Median war in beiden Gruppen identisch (21 Stunden), und auch die Streuung im zentralen Bereich war vergleichbar (IQR 2018/2019: 18-24 stnd. vs. 2021: 18-25 stnd.).

Statistiken

Überwachungs- zeit 2018/2019	Überwachungs- zeit 21
---------------------------------	--------------------------

N	Gültig	547	313
	Fehlend	0	0
Mittelwert		29,73	38,74
Median		21,00	21,00
Std.-Abweichung (SD)		48,780	91,173
Minimum		5	4
Maximum		720	1180
Perzentile	25	18,00	18,00
	50	21,00	21,00
	75	24,00	25,00

Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Überwachungsstunden in den Jahren 2018/2019 und 2021.

4.4.2 Auftritt der postoperativen Komplikationen und cCT-Befunde

Als Indikator für klinisch relevante postoperative Verschlechterungen wurde der Zeitpunkt der ersten bei klinischer Verschlechterung veranlassten kraniellen CT (cCT) herangezogen. Ergänzend wurden ärztliche und pflegerische Dokumentationen auf Intensivstation und IMC ausgewertet.

Der Zeitpunkt der ersten cCT unterschied sich nicht signifikant zwischen den Kohorten (2018/2019: Mittelwert 11,16 std., Median 9,0 std.; Kohorte 2021: Mittelwert 9,48 std., Median 6,5 std.; $p=0,143$; Tab. 10). Auch der Anteil der Patienten mit durchgeführtem cCT unterschied sich zwischen 2018/ 2019 (18,8%) und 2021(18,5%) nicht signifikant ($p=0,928$). Die Verteilung pathologischer cCT-Befunde zeigte ebenfalls keine relevanten Unterschiede. Der häufigste Befund waren die Nachblutungen (2,6% versus 2,2%), während andere Auffälligkeiten (z.B. Hirnödem, Hypodensitäten, Resttumor, hydrozephaler Aufsatz, Verdacht auf Vasospasmus) nur selten auftraten (Tab. 11-12). In beiden Kohorten blieb die Mehrzahl der bei klinischer Verschlechterung durchgeführten cCT unauffällig (2018/2019: $n=130$; 2021: $n=61$).

	Zeitpunkt der cCT 2018/2019 (in Std.nach OP)	Zeitpunkt der cCT 2021 (in Std. nach OP)
Mittelwert	11,16 Std.	9,48 Std.
Median	9,00 Std.	6,50 Std.
Std-Abweichung	8,023 Std.	7,612 Std.
Minimum	1 Std.	1 Std.
Maximum	24 Std.	24 Std.

Tabelle 10: tabellarische Darstellung, der cCT-Zeitpunkte im Jahr 2018/2019 und 2021.

cCT-Befunde 2018/ 2019

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	kein Befund o.kein cCT	517	94,0	94,5	94,5
	Nachblutung	14	2,5	2,6	97,1
	Ödem	6	1,1	1,1	98,2
	Hypodensität	5	,9	,9	99,1
	Hydrozephaler Aufsatz	1	,2	,2	99,3
	V.a. Vasospasmus	1	,2	,2	99,5
	Resttumor	3	,5	,5	100,0
	Gesamt	547	100,0	100,0	
Fehlend	System	0	,0		
Gesamt		547	100,0		

Tabelle 11: tabellarische Darstellung der cCT-Befunde 2018/2019.

CCT-Befunde 2021

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	kein Befund o. kein cCT	294	53,5	93,9	93,9
	Nachblutung	7	1,3	2,2	96,2
	Ödem	2	,4	,6	96,8
	Hypodensität	5	,9	1,6	98,4
	Hydrozephaler Aufsatz	2	,4	,6	99,0
	Resttumor	3	,5	1,0	100,0
	Gesamt	313	56,9	100,0	
Fehlend	System	0	,0		
Gesamt		313	100,0		

Tabelle 12: tabellarische Darstellung der cCT-Befunde 2021.

4.5 Postoperative Komplikationen und deren klinische Präsentation

Eine weitere, in dieser Studie erhobene Variable waren Komplikationen innerhalb von 24 Stunden sowie deren klinische Präsentation. In den Jahren 2018/ 2019 traten am häufigsten neurologische Komplikationen auf (21 %), darunter Schläfrigkeit,

Vigilanzminderung, Hemiparesen, Aphasien, Übelkeit, Schluckstörungen, Neglect, Fazialis- und Abduzensparese, Okulomotoriusparese sowie Krampfanfälle. Internistische Komplikationen wurden bei 1,46 % der Patienten dokumentiert, darunter Lungenarterienembolien, hypertensive Entgleisungen, Pneumonien und der Nicht-ST-Hebungsinfarkt (NSTEMI). Als interdisziplinäre Komplikation trat das Delirium bei 1,27 % der Patienten auf. Insgesamt lag die Komplikationsrate im Zeitraum 2018/ 2019 bei 23,8 % (547 Patienten; Tab. 13).

Klinische Präsentation 2018/2019	Absolute Häufigkeiten	Prozentualer Anteil
Keine Auffälligkeiten	417	76,2%
Internistische Komplikationen	8	1,46%
Neurologische Komplikationen	115	21,0%
Delirium	7	1,27%
Gesamt (Komplikationen)	130	23,8%
GESAMT(Fallzahl)	547	100%

Tabelle 13: Tabelle der Komplikationen im Jahr 2018/2019.

Von den 23,4 % (n=130) der Patienten, mussten 6,2% (n=34) durch Katecholamine unterstützt werden, 0,9% (n=4) benötigten eine nicht-invasive Beatmung (NIV) und 10,4% (n=57) wurden invasiv beatmet (Tab. 14).

Komplikationen 2018/ 2019	Häufigkeiten	Prozentzahl
Katecholaminbedarf	34	6,2%
Beatmung (NIV)	4	0,7%
Beatmung (invasiv)	57	10,4%

Tabelle 14: Tabelle des zusätzlichen Bedarfs an Katecholaminen und Beatmungen 2018/2019.

In der zweiten Gruppe von 2021 mit 313 Patienten, waren die häufigsten Komplikationen, die neurologischen Komplikationen mit 14,4% (n=45), gefolgt von den internistischen Komplikationen mit 2,6% (n=8) und dem Delirium, ebenfalls mit 2,6% (n=8). Insgesamt ergab sich eine Prozentzahl von 19,5% an Gesamtkomplikationen im Jahr 2021 (Tab. 15).

Klinische Präsentation 2021	Häufigkeiten	Prozentzahl
Keine Auffälligkeiten	252	80,5%
Internistische Komplikationen	8	2,6%

Neurologische Komplikationen	45	14,4%
Delirium	8	2,6%
Gesamt (Komplikationen)	61	19,5%
GESAMT(Fallzahl)	313	100%

Tabelle 15: Tabelle der Komplikationen 2021.

Von den 19,5 % (n=61) benötigten 9,58 % (n=30) Katecholamine und 10,54 % (n=33) eine invasive Beatmung (Tab.16).

Komplikationen2021	Häufigkeiten	Prozentzahl
Katecholaminbedarf	30	9,58%
Beatmung(invasiv)	31	9,90%

Tabelle 16: Tabelle des Katecholaminbedarfs und der invasiven Beatmung in 2021.

Im Vergleich der beiden Kohorten zeigte sich deskriptiv eine niedrigere Gesamtkomplikationsrate im Jahr 2021 (19,5%) gegenüber 2018/2019 (23,8%). Diese Differenz beruhte v.a. auf einem geringeren Anteil neurologischer Komplikationen (2021: 14,4% vs. 2018/2019: 21%), während internistische Komplikationen (2,6% vs. 1,46%) und Delirien (2,6% vs. 1,27%) in der Kohorte 2021 anteilig etwas häufiger dokumentiert wurden. Die klinische Präsentation war in beiden Kohorten überwiegend durch neurologische Symptome (u.a. Vigilanzminderung, fokale Defizite, epileptische Anfälle) geprägt und insgesamt vergleichbar. Internistische Ereignisse traten selten auf. Hinsichtlich des Unterstützungsbedarfs zeigte sich 2021 ein höherer Katecholaminbedarf (9,58% vs. 6,2%), während die Rate invasiver Beatmungen in beiden Kohorten ähnlich war (10,54% vs. 10,4%). Eine NIV wurde nur 2018/2019 in geringem Umfang dokumentiert (0,9%).

4.6 Weiteres Prozedere der Patientengruppen

In der Kohorte 2018/ 2019 (n=547) benötigten 43 Patienten (7,9%) eine verlängerte Überwachung auf Intensivstation von mehr als 24 Stunden ohne erneute operative Intervention. Eine Wiederaufnahme auf Intensivstation erfolgte bei 5 Patienten (0,9%) mit und bei 5 Patienten (0,9%) ohne erneute Operation. Eine verlängerte Überwachung auf Intensivstation von mehr als 24 Stunden mit erneuter operativer Intervention trat bei 4 Patienten (0,7%) auf. Insgesamt erhielten 9 Patienten (1,6%) innerhalb der ersten 24 Stunden eine erneute operative Intervention (Tab. 17). In der Kohorte 2021 (n=313) benötigten 30 Patienten (10,0%) eine verlängerte Überwachung von mehr als 24 Stunden auf der Intensivstation ohne eine erneute operative Intervention. Eine Wiederaufnahme auf der Intensivstation erfolgte bei 4 Patienten (1,28%) mit und bei 3 Patienten (1,0%) ohne erneute Operation. Eine verlängerte Überwachung von mehr als 24 Stunden auf der Intensivstation mit einer erneuten operativen Intervention trat bei 3 Patienten (1,0%) auf. Insgesamt erhielten aus der Kohorte 2021 7 Patienten (2,28%) innerhalb der ersten 24 Stunden eine

erneute operative Intervention (Tab. 18). Damit zeigten sich zwischen den Kohorten lediglich geringe deskriptive Unterschiede (u.a. häufiger ICU > 24 Stunden ohne Reintervention 2021), bei insgesamt niedrigen Raten von ICU-Wiederaufnahme und Reintervention.

Weiteres Prozedere (2018/2019)	Häufigkeiten	Prozentanteil
Keine Änderung	490	89,6%
Wiederaufnahme ICU+operative Intervention	5	0,9%
Wiederaufnahme ICU ohne operative Intervention (konservative Therapieerweiterung)	5	0,9%
Verlängerte ICU-Überwachung (>24 stnd.) + operative Intervention	4	0,7%
Verlängerte ICU-Überwachung (>24 stnd.) ohne operative Intervention (konservative Therapieerweiterung)	43	7,9%
Gesamt (Prozedereänderung bzw Erweiterung)	57	10,4%
GESAMT (Fallzahl)	547	100%

Tabelle 17: Tabelle des weiteren Prozederes im Jahr 2018/2019; ICU= Intensivstation.

Weiteres Prozedere (2021)	Häufigkeiten	Prozentanteil
Keine Änderung	273	87,2%
Wiederaufnahme ICU +operative Intervention	4	1,28%
Wiederaufnahme ICU ohne operative Intervention (d.h. konservative Therapieerweiterung)	3	1%
Verlängerte ICU-Überwachung (>24 stnd.) +operative Intervention	3	1%
Verlängerte ICU-Überwachung (>24 stnd.) ohne operative	30	10%

Intervention (d.h. konservative Therapieerweiterung)		
Gesamt (Prozedereänderung bzw. Erweiterung)	40	12,8%
GESAMT (Fallzahl)	313	100%

Tabelle 18: Tabelle zur Darstellung des weiteren Prozederes der Patientengruppe 2021; ICU= Intensivstation.

4.7 Überwachungsort

Einen zentralen Aspekt der Therapie nach elektiver Kraniotomie stellt sowohl in den Jahren 2018/ 2019 als auch im Jahr 2021 der Überwachungsort dar. An der Universitätsmedizin Mainz wurde die Intensivstation in diesen genannten Zeiträumen als neurochirurgisch geführte Einheit mit einer Kapazität von 10 Betten betrieben. Die Überwachungsstation der IMC, der neurochirurgischen Station verfügte in diesem Zeitraum über 4 Betten. Im Folgenden wird der Einfluss verschiedener Faktoren und Variablen auf die Wahl des Überwachungsortes untersucht.

4.7.1 Überwachungsort in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und BMI

Im Zeitraum 2018/ 2019 wurden 239 weibliche und 169 männliche Patienten auf der Intensivstation sowie 80 weibliche und 59 männliche Patienten auf der IMC überwacht. Der Vergleich des Überwachungsortes in Abhängigkeit vom Geschlecht mittels Chi-Quadrat-Test zeigte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlecht als unabhängige Variable und dem Überwachungsort als abhängige Variable ($p = 0,83$).

Für das Jahr 2021 wurden 67 weibliche und 70 männliche Patienten auf der Intensivstation sowie 98 weibliche und 78 männliche Patienten auf der IMC überwacht. Auch hier ergab die Analyse keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Geschlecht und Überwachungsort ($p = 0,25$).

Der BMI wurde in beiden Zeiträumen als unabhängige Variable untersucht. Im Zeitraum 2018/ 2019 zeigte der ungepaarte T- Test keinen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort ($p = 0,69$; KI: $-0,827 - [-1,249]$). Im Jahr 2021 ergab sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,42$; KI: $-1,546 - 0,648$).

Das Patientenalter zeigt im Zeitraum 2018/ 2019 hingegen einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort ($p = 0,05$; KI: $-5,740 - (-0,005)$). Im Jahr 2021 bestätigte sich dieser Zusammenhang jedoch nicht ($p = 0,12$; KI: $-5,723 - 0,684$).

4.7.2 Überwachungsort in Abhängigkeit von ASA-Score, CCI und *Frailty*-Score

Für den Zeitraum 2018/ 2019 zeigte sich, dass Patienten mit ASA II Klassifikation am häufigsten auf der Intensivstation überwacht wurden (74,2 % vs. 25,8 % auf IMC), gefolgt von ASA III Patienten (74,0 % auf der Intensivstation vs. 26,0 % auf IMC). Bei ASA I klassifizierten Patienten lag der Anteil auf der Intensivstation bei 66,7 % und auf der IMC bei 33,3 %. Der Chi-Quadrat-Test ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der ASA-Klassifikation als unabhängige Variable und dem Überwachungsort als abhängige Variable ($p = 0,53$).

Im Jahr 2021 wurden zwei ASA I Patienten auf der IMC und keiner der ASA I Patienten auf der Intensivstation überwacht. Für die ASA II Patienten zeigte sich eine Verteilung von 78 Patienten auf der IMC und 60 Patienten auf der Intensivstation. Von den ASA III Patienten wurden in dem Jahr 2021, 92 Patienten auf der IMC und 61 Patienten auf der Intensivstation überwacht. Bei ASA IV Patienten erfolgte die postoperative Überwachung bei 4 Patienten auf der IMC und bei 16 Patienten auf der Intensivstation. In dieser Kohorte bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen der ASA- Klassifikation und dem Überwachungsort (Chi-Quadrat- Test, $p = 0,004$). Der CCI wurde in beiden Zeiträumen als stetige unabhängige Variable in Bezug auf den Überwachungsort untersucht. Sowohl 2018/ 2019 ($p = 0,70$; KI: -0,573 – 0,389) als auch 2021 ($p = 0,38$; KI: -0,697 - 0,269) zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang.

Für den *Frailty*-Score ergab sich im Zeitraum 2018/ 2019 hingegen ein signifikanter Zusammenhang mit dem Überwachungsort ($p = 0,01$; KI: 0,087 – 0,639). Im Jahr 2021 konnte dieser Zusammenhang nicht bestätigt werden ($p = 0,23$; KI: -0,114 – 0,469).

4.7.3 Überwachungsort in Abhängigkeit von Operationsdiagnosen und Lokalisation

Die Operationsdiagnosen wurden in beiden Zeiträumen (2018/ 2019 und 2021) als unabhängige Variable in einem Chi-Quadrat-Test in Bezug auf den Überwachungsort analysiert. In beiden Analysen ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang (2018/ 2019: $p = 0,23$; 2021: $p = 0,21$).

Die Lokalisation der Krankenhausentität wurde ebenfalls in einem Chi-Quadrat-Test in Relation zum Überwachungsort untersucht. Für die Jahre 2018/ 2019 zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,012$), während im Jahr 2021 kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden konnte ($p = 0,95$).

Die graphische Darstellung verdeutlicht, dass in der Kohorte 2018/ 2019 die Überwachung überwiegend auf der Intensivstation erfolgte, während im Jahr 2021 eine deutliche Zunahme der Überwachung auf der IMC erkennbar war, insbesondere bei Patienten mit infratentoriellen Lokalisationen.

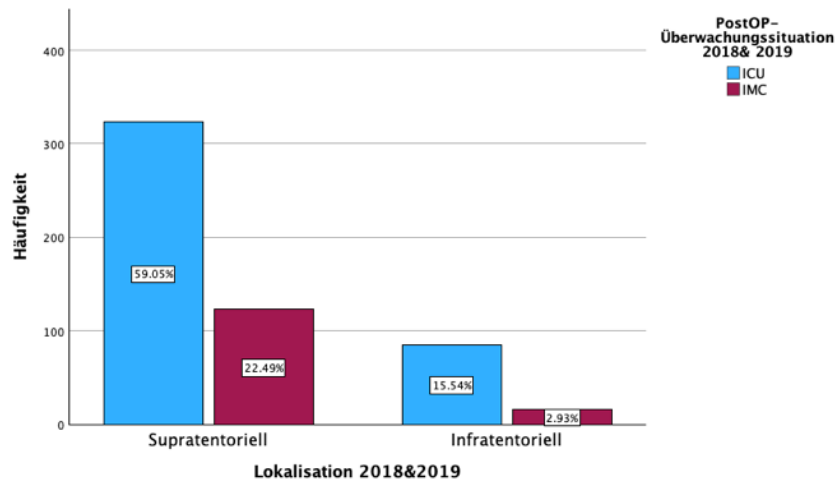


Abbildung 21: Balkendiagramm zur Lokalisation und Überwachungsort 2018/2019; ICU= Intensivstation; IMC=Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation.

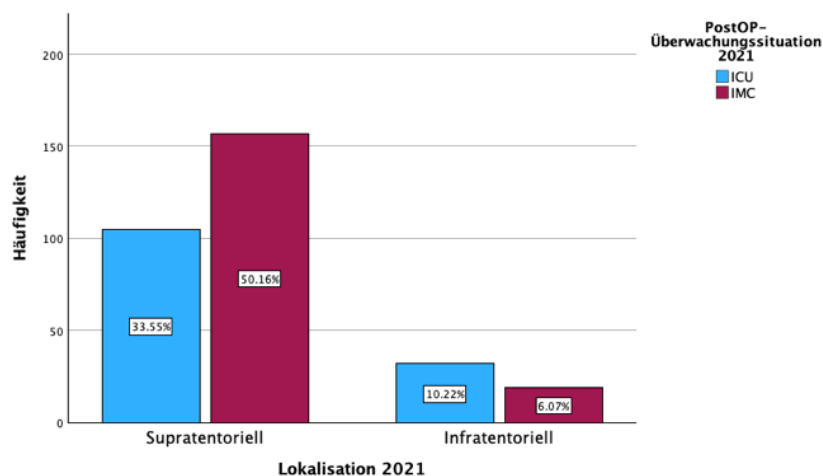


Abbildung 22: Balkendiagramm zur Lokalisation und Überwachungsort 2021; ICU=Intensivstation; IMC=Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation.

4.7.4 Überwachungsort in Abhängigkeit von intraoperativen Variablen

Die Operationsdauer und der Blutverlust wurden als intraoperative Variablen in beiden Kohorten (2018/ 2019 und 2021) in Bezug auf den Überwachungsort untersucht.

Für die Jahre 2018/ 2019 zeigte die Operationsdauer als unabhängige stetige Variable in einem ungepaarten, zweiseitigen T-Test einen signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort ($p < 0,001$; KI: -54,859 – [-23,566]). Auch der *Mann-Whitney-U-Test* bestätigte diesen Zusammenhang ($p < 0,001$). Im Jahr 2021 ergab sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang zwischen

Operationsdauer und Überwachungsort (ungepaarter zweiseitiger T-Test: $p < 0,001$; KI: -62,672 – (-25,835); *Mann-Whitney-U-Test*: $p < 0,001$).

Der intraoperative Blutverlust zeigte ebenfalls signifikante Zusammenhänge mit dem Überwachungsort. Für die Kohorte 2018/ 2019 ergab sich im Chi-Quadrat-Test ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,002$), ebenso für die Kohorte 2021 ($p = 0,03$).

4.7.5 Überwachungsort in Abhängigkeit von postoperativen Faktoren

Zu den postoperativen Faktoren wurden die Überwachungszeit sowie die cCT-Befunde in beiden Kohorten analysiert. Für die Jahre 2018/ 2019 zeigte die Überwachungszeit als unabhängige Variable einen signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort ($p = 0,01$; KI: -14,115 – [-1,809]). Im Jahr 2021 konnte hingegen kein signifikanter Zusammenhang zwischen Überwachungszeit und Überwachungsort nachgewiesen werden ($p = 0,164$; KI: -38,033 – 6,492).

4.8 Überwachungsdauer

4.8.1 Überwachungsdauer in Abhängigkeit von Patientenalter und BMI

Es wurde zudem untersucht, ob Patientenalter und BMI einen Einfluss auf die Anzahl der Überwachungsstunden haben. Für die Jahre 2018/ 2019 zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Patientenalter und Überwachungsdauer ($p = 0,007$). Im Jahr 2021 konnte hingegen kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden ($p = 0,51$). Weder für den BMI im Zeitraum 2018/ 2019 ($p = 0,74$) noch für den BMI im Jahr 2021 ($p = 0,59$) ergab sich ein signifikanter Zusammenhang mit der Überwachungsdauer.

4.9 Komplikationen

4.9.1 Komplikationen in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und BMI

Als abhängige Variable wurden die Komplikationen in die Analyse einbezogen. In beiden Kohorten wurde untersucht, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen und dem Auftreten von Komplikationen besteht. Für das Geschlecht konnte weder 2018/ 2019 ($p = 0,32$) noch 2021 ($p = 0,13$) ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Auch der BMI zeigte in beiden Zeiträumen keinen signifikanten Zusammenhang (2018/2019: $p = 0,51$; 2021: $p = 0,57$). Auch das Patientenalter zeigte weder 2018/ 2019 ($p = 0,13$) noch 2021 ($p = 0,78$) einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen auf.

4.9.2 Komplikationen in Abhängigkeit von ASA-Score, CCI und *Frailty*-Score

Für die ASA-Klassifikation konnte weder 2018/ 2019 ($p = 0,93$) noch 2021 ($p = 0,66$) ein signifikanter Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen nachgewiesen werden. Der CCI zeigte hingegen in den Jahren 2018/ 2019 einen signifikanten Zusammenhang ($p = 0,03$), während im Jahr 2021 kein signifikanter Zusammenhang vorlag ($p = 0,12$). Der *Frailty*-Score wies sowohl 2018/ 2019 ($p < 0,01$) als auch 2021 ($p = 0,04$) einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen auf.

4.9.3 Komplikationen in Abhängigkeit von Operationsdiagnosen und Lokalisation

Die Operationsdiagnosen zeigten sowohl im Zeitraum 2018/ 2019 ($p = 0,02$) als auch im Jahr 2021 ($p = 0,05$) einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen. Im Gegensatz dazu wiesen die Lokalisationen der Krankheitsentitäten in beiden Zeiträumen keinen signifikanten Zusammenhang mit der Komplikationsrate auf (2018/ 2019: $p = 0,20$; 2021: $p = 0,95$).

4.9.4 Komplikationen in Abhängigkeit von intraoperativen Variablen

Die intraoperativen Faktoren Operationsdauer und Blutverlust wurden ebenfalls in Bezug auf das Auftreten von Komplikationen untersucht. Für die Jahre 2018/ 2019 zeigte die Operationsdauer einen signifikanten Zusammenhang mit der Komplikationsrate ($p < 0,001$), ebenso im Jahr 2021 ($p < 0,001$). Auch der intraoperative Blutverlust wies in beiden Zeiträumen einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen auf (2018/ 2019: $p < 0,001$; 2021: $p = 0,02$).

4.9.5 Komplikationen in Abhängigkeit von der Überwachungsdauer und dem Überwachungsort

Die Überwachungszeit zeigte sowohl in den Jahren 2018/ 2019 als auch im Jahr 2021 einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen (2018/ 2019: $p < 0,001$; 2021: $p < 0,001$). Für den Überwachungsort konnte 2018/ 2019 kein signifikanter Zusammenhang mit der Komplikationsrate bzw. klinischen Präsentation nachgewiesen werden ($p = 0,08$). Im Jahr 2021 bestand hingegen ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Überwachungsort und dem Auftreten von Komplikationen ($p < 0,001$).

4.10 Tabellenübersicht über die unabhängigen Variablen und deren Signifikanz in Bezug auf Überwachungsort, Überwachungszeit und postoperative Komplikationen

Patientendaten	2018/2019	2018/2019 p-Werte	2021	2021 p-Werte
Patientenalter	61J. Median	p=0,05	61J. Median	p=0,12
Geschlecht	w=58,32% m=41,68%	p=0,83	w=52,72% m=47,28%	p=0,25
Body-Mass-Index	26 Median	p=0,69	26 Median	p=0,42
ASA-Score	ASA I (1,65%) ASA II (46,07%) ASA III (47,17%) ASA IV (5,12%)	p=0,53	ASA I (0,64%) ASA II (44,09%) ASA III (48,88%) ASA IV (6,39%)	p=0,004
Charlson-Comorbidity Index (CCI)	2 Median	p=0,70	2 Median	p=0,38
Frailty-Score	14 Median	p=0,01	14 Median	p=0,23
OP-Diagnosen	Vaskulär (13,3%) Hirneigen (27,6%) Hirnmetastasen (25,4%) Neurinome (3,7%) Meningeome (24,7%) Sonstiges (5,3%)	p=0,23	Vaskulär (6,1%) Hirneigen (39,9%) Hirnmetastasen (30,7%) Neurinome (1,0%) Meningeome (17,9%) Sonstiges (4,5%)	p=0,21
Lokalisation	Supratentoriell (81,35%) Infratentoriell (18,65%)	p=0,012	Supratentoriell (83,07%) Infratentoriell (16,93%)	p=0,95
OP-Dauer	176 Minuten Median	p<0,001	171 Minuten Median	P<0,001
Blutverlust	0-500ml (82,08%) 501-1000ml (12,80%) >1000ml (5,12%)	p=0,002	0-500ml (84,66%) 501-1000ml (10,54 %) >1000ml (4,79%)	p=0,03
Überwachungs-Zeit	21 Stunden Median	p=0,09	21 Stunden Median	p=0,13

Tabelle 19: Übersicht über unabhängige Variablen in Bezug auf den Überwachungsort.

Patientendaten	2018/2019	2018/2019 p-Werte	2021	2021 p-Werte
Patientenalter	61 Median	p=0,007	61 Median	p=0,51
Body Mass Index	26 Median	p=0,74	26 Median	p=0,59

Tabelle 20: Übersicht über unabhängige Variablen in Bezug auf die Überwachungszeit.

Patientendaten	2018/2019	2018/2019 p-Werte	2021	2021 p-Werte
Patientenalter	61 J. Median	p=0,13	61 J. Median	p=0,78
Geschlecht	w=58,32% m=41,68%	p=0,32	w=52,72% m=47,28%	p=0,13
Body Mass Index	26 Median	p=0,51	26 Median	p=0,57
ASA-Score	ASA I (1,65%) ASA II (46,07%) ASA III (47,17%) ASA IV (5,12%)	p=0,93	ASA I (0,64%) ASA II (44,09%) ASA III (48,88%) ASA IV (6,39%)	p=0,66
Charlson-Comorbidity Index (CCI)	2 Median	p=0,003	2 Median	p=0,12
Frailty-Score	14 Median	p<0,001	14 Median	p=0,03
OP-Diagnosen	Vaskulär (13,3%) Hirneigen (27,6%) Hirnmetastasen (25,4%) Neurinome (3,7%) Meningeome (24,7%) Sonstiges (5,3%)	p=0,002	Vaskulär (6,1%) Hirneigen (39,9%) Hirnmetastasen (30,7%) Neurinome (1,0%) Meningeome (17,9%) Sonstiges (4,5%)	p=0,051

Lokalisationen	Supratentoriell (81,35%) Infratentoriell (18,65)	p=0,20	Supratentoriell (83,07%) Infratentoriell (16,93%)	p=0,12
OP-Dauer	176 Minuten Median	p<0,001	171 Minuten Median	p<0,001
Blutverlust	0-500ml (82,08%) 501-1000ml (12,80%) >1000ml (5,12%)	P<0,001	0-500ml (84,66%) 501-1000ml (10,54 %) >1000ml (4,79%)	p=0,02
Überwachungs- zeit	21 Stunden Median	p<0,001	21 Stunden Median	p<0,001
Überwachungs- ort	IMC (25,41%) ICU (74,59%)	p=0,08	IMC (56,23%) ICU (43,77%)	p=0,001

Tabelle 21: Übersicht über unabhängige Variablen in Bezug auf die postoperativen Komplikationen; ICU= Intensivstation; IMC= Intermediate-Care-Station/Überwachungsstation.

5 Diskussion

5.1 Einführung

Seit jeher stellen Überwachungskapazitäten eine limitierte Ressource dar. Im klinischen Alltag ist eine effiziente risikobasierte Zuteilung nicht immer einfach. Nach elektiver Kraniotomie werden Patienten in den meisten neurochirurgischen Abteilungen routinemäßig auf eine Intensivstation oder auch auf einer IMC überwacht. Bezüglich Dauer und Art der postoperativen Überwachung dieser Patienten existieren allerdings keine Empfehlungen. Infolgedessen erfolgt die Überwachung von Risikopatienten nicht konsequent mit Vorrang. Die COVID-Pandemie verdeutlichte ebenfalls, wie begrenzt die Überwachungskapazitäten auf der Intensivstation sind und gab Anlass zu einer Neubewertung.

In dieser Studie konnten wir, im Hinblick auf unerwünschte Ereignisse, unsere Kohorte elektiv kraniotomierter Patienten evaluieren und Prädiktoren für ein hohes Risiko sekundärer postoperativer Morbidität erkennen. Die in dieser Arbeit identifizierten Prädiktoren können eine Grundlage für die Entwicklung eines prädiktiven Modells darstellen, das eine gezieltere Risikostratifizierung ermöglicht. Durch die Integration dieser Variablen in einen standardisierten Prädiktionsscore ließe sich die Priorisierung von Patienten mit erhöhtem Risiko für postoperative Komplikationen nach elektiver Kraniotomie verbessern. Gleichzeitig könnte dadurch eine effizientere Nutzung der vorhandenen Überwachungskapazitäten erreicht werden.

Es wurden bereits mehrere Ansätze unternommen, die Erforderlichkeit einer intensivmedizinischen Überwachung bei neurochirurgischen Patienten zu untersuchen, jedoch liegen bislang keine etablierten Empfehlungen vor (4, 5, 9, 17-20, 93).

Die vorliegende Analyse fokussiert sich auf das Auftreten von Komplikationen innerhalb der ersten 24 Stunden nach einer Kraniotomie. Die frühe postoperative Phase wird allgemein als eine Periode mit erhöhtem Risiko für postoperative Hämatome, Ödeme und einen möglichen Bedarf an hämodynamischer Unterstützung angesehen. Daher wurde dieser Zeitraum zur Analyse ausgewählt.

5.2 Geschlecht, Alter und BMI

5.2.1 Zusammensetzung der Studienpopulation

Die Analyse des Studienkollektivs zeigt hinsichtlich der Geschlechterverteilung, dass ein höherer Anteil weiblicher als männlicher Patienten operiert wurde. In der Gesamtstichprobe lag der Frauenanteil bei 56,28 %. Auch in den Einzelgruppen überwog das weibliche Geschlecht, mit 58,32 % in den Jahren 2018/2019 und 52,72

% im Jahr 2021. Ähnliche Beobachtungen wurden auch in anderen Studien zu elektiven Kraniotomien und der intensivmedizinischen Überwachung berichtet (17). Eine mögliche Erklärung für diese Verteilung ist die unterschiedliche Erkrankungshäufigkeit. Bestimmte Diagnosen, die eine Kraniotomie erforderlich machen, wie beispielsweise Meningeome, treten häufiger bei Frauen auf als bei Männern (94). Auch in der vorliegenden Untersuchung stellten Meningeome neben primären Hirntumoren und Metastasen die häufigste Indikation für eine elektive Kraniotomie dar. Eine Studie aus den USA berichtet ebenfalls, dass 41,6% aller Hirntumoren bei Männern und 58,4 % bei Frauen auftreten (95).

Das Gesamtkollektiv weist eine Altersspanne von 18 bis 99 Jahren auf, was verdeutlicht, dass Hirntumoren in allen Altersgruppen auftreten und elektive Kraniotomien in verschiedenen Lebensdekaden erforderlich sein können. In der vorliegenden Analyse lagen die am häufigsten durchgeführten elektiven Kraniotomien sowohl in den Jahren 2018/2019 als auch im Jahr 2021 in der Altersgruppe zwischen 50 und 59 Jahren. Der Median betrug in beiden Gruppen 61 Jahre. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Risiko für das Auftreten von Hirntumoren mit zunehmendem Lebensalter ansteigt (96). Vergleichbare Ergebnisse berichten Ostrom et al., die ebenfalls einen Median von 61 Jahren in ihrem Studienkollektiv ermittelten (95).

5.2.2 Überwachungsort in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und BMI

In Bezug auf den Überwachungsort zeigte sich in Abhängigkeit vom Geschlecht kein signifikanter Zusammenhang (2018/2019: $p=0,83$; 2021: $p=0,25$). Im Zeitraum 2018/2019 wurden 80 weibliche und 59 männliche Patienten auf einer IMC überwacht, während 239 weibliche und 169 männliche Patienten auf einer Intensivstation betreut wurden. Im Jahr 2021, nach Beginn der COVID-Pandemie, erfolgte die Überwachung von 98 weiblichen und 78 männlichen Patienten auf der Überwachungsstation, während 67 weibliche und 70 männliche Patienten auf einer Intensivstation überwacht wurden. Dies weist auf eine Verschiebung der Überwachungskapazitäten von der Intensivstation hin zur IMC im Jahr 2021 hin. Unabhängig davon zeigt die Variable des Geschlechts keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit einer 2022 publizierten Studie, die ebenfalls keinen signifikanten Einfluss des Geschlechts feststellen konnte (16).

In der vorliegenden Analyse zeigt sich für die Jahre 2018/2019 ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und dem Überwachungsort ($p=0,05$), während im Jahr 2021 kein signifikanter Zusammenhang nachweisbar war ($p=0,25$). Auch in den Arbeiten von Quasem et al. und Ruiz Colón et al. konnten kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und dem Überwachungsort festgestellt werden (16, 17). Im Gegensatz dazu beschreiben Badenes et al. das höhere Patientenalter als prädiktiven Faktor für eine Intensivstationsaufnahme. Das Medianalter lag in dieser Studie, wie auch in der vorliegenden Arbeit, bei 61 Jahren (15). Hanak et al. berichteten ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang zwischen Patientenalter und Überwachungsort ($p<0,0001$) bei einem Gesamtkollektiv von 400 Patienten (2). Das Fehlen einer Signifikanz im Jahr 2021 könnte auf methodische Verzerrungen zurückzuführen sein. Eine kleinere Stichprobengröße reduziert die statistische Power

und kann zu Sampling Bias führen. Ebenso ist ein Selection Bias nicht auszuschließen. Darüber hinaus ist ein Temporal Bias zu berücksichtigen, da externe Faktoren wie die COVID-Pandemie zu organisatorischen Veränderungen geführt haben können, beispielsweise einer verstärkten Nutzung der IMC.

Sowohl im Jahre 2018/2019 als auch im Jahre 2021 hat der BMI-Wert als unabhängige Variable keinen signifikanten Zusammenhang zum Überwachungsort (2018/2019: $p=0,69$; 2021 $p=0,42$). Der BMI stellt demnach keinen relevanten prädiktiven Faktor für die postoperative Überwachungsnotwendigkeit dar. Dieses Ergebnis wird durch weitere Untersuchungen, unter anderem von Rhondali et al., bestätigt (14).

5.2.3 Überwachungszeit in Abhängigkeit von Alter und BMI

In der Analyse der Jahre 2018/2019 zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und der Überwachungszeit als Ressource ($p=0,007$). Die Stichprobe von 2018/ 2019 ($n=547$) könnte hierbei eine repräsentative Abbildung der Gesamtpopulation ermöglichen. Auch Reponen et al. berichten von einem Zusammenhang zwischen höherem Patientenalter und einer verlängerten Inanspruchnahme medizinischer Ressourcen (6). Im Jahr 2021 hingegen bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Überwachungszeit ($p=0,51$), was ebenfalls durch weitere Studien bestätigt wird (97),(4).

Der BMI zeigte weder in den Jahren 2018/ 2019 ($p= 0,74$) noch 2021 ($p= 0,59$) einen signifikanten Einfluss auf die Überwachungszeit. Dieses Ergebnis wird durch die Untersuchung von Ziai et al. gestützt, die ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen BMI und Überwachungsdauer feststellen konnten (4).

5.2.4 Komplikationen in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und BMI

In beiden Untersuchungszeiträumen zeigte das Geschlecht keinen prädiktiven Wert für das Auftreten von Komplikationen. Weder in der Gruppe 2018/ 2019 ($p=0,32$) noch in der Gruppe 2021 ($p= 0,13$) bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Geschlecht als unabhängiger Variable und der Komplikationsrate. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Befunden mehrerer vorheriger Studien (14),(15),(98). Mögliche Erklärungen liegen unter anderem in methodischen Aspekten, beispielsweise einer größeren Variabilität innerhalb der Geschlechtergruppen, wodurch der Effekt des Geschlechts im Vergleich zu anderen Variablen weniger deutlich ausgeprägt sein könnte. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass präoperative Risikoscores, wie etwa der CCI, stärkere Assoziationen mit Komplikationen aufweisen und potenziell als *Confounder* wirken. Zudem entstehen neurologische Komplikationen nach elektiver Kraniotomie (z.B. Hirnödem, Nachblutung) primär durch mechanische oder vaskuläre Prozesse, die zwischen den Geschlechtern nur geringe Unterschiede aufweisen. Dies könnte ebenfalls zur fehlenden Signifikanz der Geschlechtervariable beigetragen haben.

Das Patientenalter zeigt in beiden Gruppen keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen (2018/ 2019: $p=0,13$; 2021: $p=0,78$). Diese Ergebnisse entsprechen den Befunden weiterer Untersuchungen, in denen ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter und der Komplikationsrate

festgestellt werden konnte (14, 58). Interessanterweise berichtete jedoch die Studie von Wang et al, dass das Patientenalter als unabhängiger Risikofaktor für die Entwicklung eines postoperativen Deliriums identifiziert wurde ($p=0,032$) (90). Da das postoperative Delirium eine relevante Komplikation nach elektiver Kraniotomie darstellt, unterstreicht dieses Ergebnis die Bedeutung, patientenspezifische Faktoren differenziert zu betrachten. Auch die Studie von Anthofer et al., die an einem größeren Patientenkollektiv von 1.800 Fällen durchgeführt wurde, beschreibt das Alter als Schlüsselfaktor für medizinische Komplikationen nach elektiver Kraniotomie (99). Diese Befunde verdeutlichen, dass die Größe des Studienkollektivs einen entscheidenden Einfluss auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse haben kann.

Der BMI wurde ebenfalls als unabhängige Variable in Bezug auf das Auftreten von Komplikationen analysiert. In beiden untersuchten Gruppen zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang (2018/2019: $p=0,51$; 2021: $p=0,57$). Der Median lag jeweils bei 26. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit weiteren Studien, die den BMI nicht als prädiktiven Faktor für postoperative Komplikationen nach elektiver Kraniotomie identifizieren konnten (2, 17, 24).

5.3 ASA-Score, CCI und Frailty-Score

5.3.1 Präoperativer Allgemeinzustand innerhalb des Studienkollektivs

Der präoperative Allgemeinzustand des Studienkollektivs wurde anhand der ASA-Klassifikation, des CCI sowie des *Frailty*-Scores beurteilt.

In beiden Gruppen befand sich die Mehrheit der Patienten in einem moderaten bis guten Allgemeinzustand, entsprechend einem ASA-Score von II oder III. In der Gruppe 2018/2019 wiesen 46,07% der Patienten einen ASA II und 47,17% einen ASA III auf. In der Gruppe 2021 lagen die Werte bei 44,09% (ASA II) und 48,88% (ASA III). Diese Verteilung deckt sich mit den Ergebnissen vorheriger Studien, in denen ebenfalls überwiegend Patienten mit einem präoperativ moderaten bis guten Allgemeinzustand beschrieben wurden (16, 17, 97).

Wie in Kapitel 1.4.4 beschrieben, dient der CCI als Instrument zur Abschätzung der langfristigen Mortalität und wurde in dieser Arbeit insbesondere zur Beurteilung des präoperativen Allgemeinzustandes herangezogen, da er die Komorbiditätslast abbildet. Der Median des CCI lag in beiden Gruppen (2018/ 2019 und 2021) bei 2 Punkten. Die mittleren 50% der Patienten wiesen Werte zwischen 2 und 6 auf. In der Studie von Franko et al. wurde ein durchschnittlicher CCI von 3,9 beschrieben (88). Die häufigsten dokumentierten Komorbiditäten waren arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus sowie kardiovaskuläre Erkrankungen, welche den Allgemeinzustand der Patienten wesentlich beeinflussten. Ein höherer CCI korrelierte in dieser und auch in anderen Studien mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer intensivmedizinischen Überwachung (15). Badenes et al. berichteten, dass Patienten mit einem CCI ≥ 5 , und damit einer höheren Komorbiditätslast, häufiger eine Überwachung auf der Intensivstation benötigten. Ergänzend zeigten die Ergebnisse von Young JS et al., dass Patienten der Standardgruppe, welche routinemäßig nach elektiver Kraniotomie auf eine Intensivstation verlegt wurden, einen durchschnittlichen CCI von 4,2

aufwiesen, während Patienten der „*Safe Transition Pathway*“-Gruppe, die nach der postanästhesiologischen Einheit (PACU) direkt auf eine neuro-transitorische Überwachungseinheit (NTCU) verlegt wurden, einen niedrigeren mittleren CCI von 3,7 hatten (19).

Wie in Kapitel 1.4.5 beschrieben, dient der *Frailty*-Score der Unterscheidung zwischen gebrechlichen und eher rüstigen Patienten. Im Gesamtkollektiv lag der Median bei 14 Punkten, was einer Einstufung als „vorgebrechlich“ entspricht und eine weiterführende Abklärung sinnvoll erscheinen lässt. Die Maximalwerte lagen in der Gruppe 2018/2019 bei 16 Punkten und in der Gruppe 2021 bei 15 Punkten, was auf einen insgesamt guten Allgemeinzustand einzelner Patienten hinweist. In der Arbeit von Thommen et al. wurde ebenfalls ein Instrument zur Erfassung der Gebrechlichkeit beschrieben, der *Risk Analysis Index – Administrative* (RAI-A) Risiken. Der dort berichtete Median von 25 Punkten entspricht überwiegend der Einstufung als vorgebrechlich (100). Diese Ergebnisse stimmen mit den vorliegenden Daten überein. Zudem konnte in der genannten Studie von 2022 gezeigt werden, dass ein höherer präoperativer RAI-A-Score, und damit eine ausgeprägte Gebrechlichkeit mit schlechteren postoperativen Ergebnissen assoziiert war (100).

Zusammenfassend lässt sich der präoperative Allgemeinzustand des Gesamtkollektivs in dieser Arbeit wie folgt charakterisieren: Die Patienten wiesen überwiegend einen moderaten bis guten ASA-Score (II-III), eine geringe Komorbiditätslast (CCI-Median 2) sowie eine Einstufung im *Frailty*-Score im Bereich vorgebrechlich auf, sodass sie insgesamt als fit einzuschätzen sind.

5.3.2 Überwachungsort in Abhängigkeit des ASA-Scores, CCIs und Frailty-Scores

In der Gruppe 2018/2019 zeigte der ASA-Score keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort ($p=0,534$), wohingegen in der Gruppe 2021 ein signifikanter Zusammenhang festgestellt wurde ($p=0,004$). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in den, durch die COVID-Pandemie bedingten Veränderungen der Überwachungsstrukturen liegen. Im Jahr 2021 erfolgte eine verstärkte Nutzung der IMC, während sich gleichzeitig zeigte, dass insbesondere Patienten mit einem ASA-Score von II bis III weiterhin häufig einer intensivmedizinischen Überwachung bedurften. Die pandemiebedingte Belastung durch zusätzliche Patientengruppen und limitierter Intensivkapazitäten erschwerte zudem die Versorgung neurochirurgischer Patienten mit intensivmedizinischem Überwachungsbedarf (18).

Auch in der Studie von Munari et al. wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem ASA-Score und dem Bedarf einer intensivmedizinischen Überwachung beschrieben (101). Dort wiesen ebenfalls 94 % der Patienten einen ASA-Score von II bis III auf, wobei dieser Wert signifikant mit dem Bedarf an intensivmedizinischer Überwachung korrelierte (24).

Der CCI zeigte in den Gruppen 2018/2019 ($p=0,70$) und 2021 ($p=0,38$) keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Überwachungsort. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass der Medianwert in beiden Gruppen bei 2 Punkten lag und somit die Mehrheit der Patienten keine schwerwiegenden Komorbiditäten aufwies, die eine intensivmedizinische Überwachung zwingend erforderlich gemacht

hätten. Zudem ist anzunehmen, dass andere Risikoparameter, wie präoperative Scores oder intraoperative Faktoren, einen stärkeren Einfluss auf die Entscheidung bezüglich des Überwachungsortes hatten als der CCI.

Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen von Franko et al. sowie Schweppe et al., die ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem CCI und dem Bedarf einer intensivmedizinischen Überwachung feststellen konnten (88, 102).

In der Arbeit von Schweppe et al., die sich mit Patienten mit Hirnmetastasen befasste, erwiesen sich vielmehr erhöhte CRP-Werte und die Anzahl der Hirnmetastasen als relevante Prädiktoren für eine erneute Aufnahme auf die Intensivstation. Auch in der Studie von Franko et al. zeigten sich andere Faktoren, insbesondere der klinische Zustand, das Auftreten früher postoperativer Komplikationen sowie der Notfallstatus der Aufnahme als ausschlaggebend für den Überwachungsbedarf.

In der Auswertung der Jahre 2018/ 2019 zeigte der *Frailty*-Score einen signifikanten Zusammenhang mit der postoperativen Zuweisung zu einer intensivmedizinischen Überwachung ($p=0,01$). Dies weist darauf hin, dass ein höheres Maß an Gebrechlichkeit als Prädiktor für die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung relevant sein kann. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch von Chung-Mei Wang et al. beschrieben, die den modifizierten *Frailty*-Index einsetzten. Dort konnte gezeigt werden, dass ein *Frailty*-Assessment zur Identifikation von Hochrisikopatienten geeignet ist und somit eine Anpassung des postoperativen Überwachungsmanagements ermöglicht. Patienten, die als „unfit“ klassifiziert wurden, wiesen längere Aufenthalte auf der Intensivstation auf und hatten dementsprechend auch einen erhöhten Überwachungsbedarf (90).

In der Kohorte von 2021 zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *Frailty*-Score und dem postoperativen Überwachungsort ($p= 0,23$). Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür liegt in der im Vergleich zu 2018/ 2019 geringeren Fallzahl, wodurch die Repräsentativität der Daten eingeschränkt sein könnte. Ähnliche Ergebnisse berichteten Phua et al., die die Verweildauer älterer Patienten nach elektiver Kraniotomie unter Verwendung der *Edmonton Frail Scale* untersuchten. Auch in dieser Studie konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen *Frailty* und Überwachungsort nachgewiesen werden. Die Autoren führen dies unter anderem auf die begrenzte Fallzahl von jeweils 50 Patienten pro Gruppe zurück, sodass die mangelnde Signifikanz möglicherweise durch die Größe des Patientenkollektivs bedingt ist (103).

5.3.3 Komplikationen in Abhängigkeit des ASA-Scores, CCIs und *Frailty*-Scores

Der Einfluss der ASA-Klassifikation auf das Auftreten von Komplikationen nach elektiver Kraniotomie wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Während einige Studien keinen klaren Zusammenhang feststellen konnten, berichten andere von einer signifikanten Assoziation. So zeigt die Untersuchung von Schär et al., die ein Gesamtkollektiv von 1452 Patienten einschloss, dass ein höherer ASA-Score einen relevanten Risikofaktor für das Auftreten postoperativer Komplikationen darstellt ($p < 0,05$) (104). Jha et al. untersuchten in einer Metaanalyse, ob nach elektiver Kraniotomie grundsätzlich eine intensivmedizinische Überwachung erforderlich ist. In die Analyse wurden 27 Studien mit insgesamt 4.647 Patienten eingeschlossen.

Dabei wurde unter anderem berichtet, dass ein höherer ASA-Score als Risikofaktor für das Auftreten postoperativer Komplikationen gewertet werden kann (87).

Daabiss et al. untersuchten den Zusammenhang zwischen dem ASA-Score und verschiedenen perioperativen Parametern, darunter Krankenhausaufenthaltsdauer, Operationszeit und Gesamtmorbidität, im Rahmen gastrointestinaler, kardialer und urogenitaler Eingriffe. In einer prospektiven Studie mit 295 Patientinnen, die sich einer totalen abdominalen Hysterektomie unterzogen, zeigte sich zudem eine Korrelation zwischen dem ASA-Score und dem intraoperativen Blutverlust. Insbesondere ein ASA-Score von III erwies sich als Prädiktor für erhöhten Blutverlust und damit verbundenem Transfusionsbedarf. In einer weiteren prospektiven Untersuchung an 168 Patienten mit geriatrischen Hüftfrakturen konnte ein ASA-Score von III oder höher als prädiktiver Faktor für das Auftreten eines postoperativen Delirs identifiziert werden (69). Zusammenfassend zeigen Studien aus verschiedenen chirurgischen Disziplinen, dass insbesondere höhere ASA-Scores ($\geq$ III) sowohl mit intraoperativen als auch mit postoperativen Parametern in Zusammenhang stehen. Diese Assoziationen lassen sich unter anderem durch die Art des Eingriffs sowie durch die bestehenden Komorbiditäten der Patienten erklären.

In der vorliegenden Analyse zeigte sich weder in der Kohorte von 2018/2019 ($p=0,93$) noch in der Kohorte von 2021 ($p=0,66$) ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem ASA-Score und dem Auftreten postoperativer Komplikationen. Auch nach Dichotomisierung des ASA-Scores (ASA I-II= niedriger ASA-Grad vs. ASA III-IV= hoher ASA-Grad) zeigte sich weder 2018/2019 ($p=0,689$) noch 2021 ($p=0,567$) ein signifikanter Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass andere Variablen einen stärkeren Einfluss auf das Komplikationsgeschehen ausüben, darunter der CCI-Wert, der *Frailty*-Score, die Operationsdauer, das Ausmaß des Blutverlusts und/ oder die Dauer der postoperativen Überwachung. Auch Phua et al. berichten in ihrer Untersuchung mit einem Gesamtkollektiv von 100 Patienten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen ASA-Score und postoperativen Komplikationen (103).

Anthofer et al. analysierten ein Gesamtkollektiv von 1.800 Patienten und zeigten, dass das Vorliegen von Komorbiditäten, gemessen anhand des CCI-Wertes, mit einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen assoziiert war ($p<0,001$) (99).

In der vorliegenden Untersuchung konnte ebenfalls für die Kohorte von 2018/2019 ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem CCI-Wert und dem Auftreten von Komplikationen nachgewiesen werden ($p=0,003$). Für die Kohorte von 2021 ergab sich hingegen kein signifikanter Zusammenhang ($p=0,12$). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der geringeren Fallzahl dieser Gruppe ($n=313$) im Vergleich zur Kohorte von 2018/2019 ($n=547$) liegen. Der Median des CCI-Wertes lag in beiden Gruppen bei 2.

In beiden Kohorten zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *Frailty*-Score und dem Auftreten postoperativer Komplikationen (2018/2019: $p<0,001$; 2021: $p=0,03$). Der *Frailty*-Score erweist sich damit als geeigneterer Prädiktor als beispielsweise das chronologische Alter, insbesondere im Hinblick auf Komplikationen wie das postoperative Delirium (90).

Auch in der multizentrischen Studie von Thommen R. et al. mit insgesamt 30.951 Patienten konnte gezeigt werden, dass *Frailty* einen starken Prädiktor für das Auftreten postoperativer Komplikationen darstellt (100).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die in dieser Arbeit untersuchten präoperativen Parameter, u. a. ASA-Score, CCI und der *Frailty*-Score, komplementäre Informationen zur Einschätzung des Allgemeinzustands des Patienten liefern. Vor allem den funktionellen Status und die perioperative Risikoeinschätzung spiegelt der ASA-Score wider, während der CCI eine systematische Bewertung bestehender Komorbiditäten wiedergibt. Der *Frailty*-Score ergänzt diese Instrumente, indem er Aspekte der Gebrechlichkeit erfasst, die in klassischen Risikoscores nur unzureichend berücksichtigt werden. In Kombination können diese Parameter dazu beitragen, Hochrisikopatienten nach elektiver Kraniotomie frühzeitig zu identifizieren und die Allokation limitierter Überwachungskapazitäten gezielter zu steuern.

5.4 OP-Diagnosen und Lokalisation

5.4.1 Überwachungsort in Abhängigkeit von OP-Diagnosen und Lokalisation

Im Gesamtkollektiv erfolgte die Einteilung der Operationsdiagnosen und damit der zugrunde liegenden Krankheitsentitäten in 6 Kategorien: vaskuläre Diagnosen, primäre hirneigene Tumoren (darunter Gliome wie Glioblastome, Astrozytome, Ependymome und Oligodendrogliome), sekundäre Hirntumoren (Hirnmetastasen), Neurinome, Meningeome sowie eine weitere Kategorie für sonstige Krankheitsentitäten, wie beispielsweise Hämangioblastome.

In der Kohorte von 2018/2019 entfielen 13,3 % der Operationen auf vaskuläre Diagnosen, 27,5 % auf primäre hirneigene Tumoren, 25,3% auf Hirnmetastasen, 3,6 % auf Neurinome, 24,5 % auf Meningeome und 5,3 % auf sonstige Diagnosen. In der Kohorte von 2021 zeigte sich eine veränderte Verteilung: 3,5% vaskuläre Diagnosen, 22,7 % hirneigene Tumoren, 17,5 % Hirnmetastasen, 0,5 % Neurinome, 10,2 % Meningeome und 2,5% sonstige Diagnosen (z.B. Hämangioblastome). Auffällig ist insbesondere die deutliche Abnahme der operierten Neurinome. Eine mögliche Ursache hierfür ist die pandemiebedingte Umverteilung von Ressourcen im Jahr 2021, wodurch elektive Eingriffe mit geringerer Dringlichkeit zurückgestellt und stattdessen komplexere Diagnosen wie hirneigene Tumoren oder Hirnmetastasen bevorzugt behandelt wurden.

Bei der Analyse der Operationsdiagnosen in Bezug auf den postoperativen Überwachungsort zeigte sich weder in der Kohorte von 2018/2019 ($p=0,23$) noch in der Kohorte von 2021 ($p= 0,21$) ein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen Variablen. Vergleichbare Ergebnisse berichteten auch Supbunrung et al., die in ihrer Untersuchung von Patienten mit Gliomen, meningealen Tumoren und weiteren intrakraniellen Tumoren ebenfalls keine signifikante Korrelation zwischen Operationsdiagnose und Überwachungsort feststellen konnten ($p= 0,57$) (105). In einer weiteren Studie von Shar et al. mit einem Gesamtkollektiv von 1452 Patienten konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen den

Operationsdiagnosen und dem postoperativen Überwachungsort nachgewiesen werden (104). In der genannten Studie entfielen die häufigsten Diagnosen auf Meningeome (30 %), Glioblastome (14 %), Hirnmetastasen (13 %) sowie vaskuläre Läsionen (14 %). Dabei zeigte sich, dass mit zunehmender Komplexität der Diagnose auch die Wahrscheinlichkeit für einen postoperativen Überwachungsbedarf auf der Intensivstation anstieg (87). In der genannten Metaanalyse mit einem Gesamtkollektiv von 4.647 Patienten aus 27 Studien wurde berichtet, dass komplexere Diagnosen häufiger mit einer intensivmedizinischen Verlegung assoziiert waren. Als ursächlich wird ein erhöhtes postoperatives Risikoprofil angenommen, das mit bestimmten Diagnosen und anatomischen Lokalisationen verbunden ist. So zeigten Patienten mit großen Meningeomen unter Beteiligung des Sinus sagittalis superior oder mit intraparenchymalen Glioblastomen im Bereich des Hirnstamms beziehungsweise Thalamus ein deutlich erhöhtes Risiko für postoperative sowie intraoperative, teils unvorhersehbare Komplikationen.

Die postoperative Risikostratifikation hängt in erheblichem Maße von der Tumorlokalisierung ab. So weist beispielsweise ein kleiner duraler Tumor im Okzipitallappen ein deutlich geringeres Risiko auf als ein komplexer Tumor in eloquenten Hirnarealen. Daher ist es essenziell, neben der Art der Diagnose auch deren Lokalisation zu berücksichtigen, um eine differenzierte Risikobewertung vornehmen zu können. Auf diese Weise lässt sich vermeiden, dass grundsätzlich alle Patienten nach elektiver Kraniotomie routinemäßig einer intensivmedizinischen Überwachung zugeführt werden (87).

Bei der Betrachtung der Lokalisationen zeigte sich in der Patientengruppe der Jahre 2018/ 2019 ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Tumorlokalisierung und dem postoperativen Überwachungsort ($p= 0,012$). Von den Patienten mit supratentorieller Lokalisation wurden 27,6 % auf der IMC und 72,4 % auf der Intensivstation überwacht. Bei Patienten mit infratentorieller Lokalisation erfolgte die Überwachung zu 15,7 % auf der IMC und zu 84,3 % auf der Intensivstation. Somit wurden anteilig mehr Patienten mit infratentorieller als mit supratentorieller Lokalisation intensivpflichtig überwacht. Obwohl nur 18,1 % ($n= 102$) des Gesamtkollektivs von 547 Patienten im Jahr 2018/2019 eine infratentorielle Lokalisation aufwiesen, mussten diese häufiger auf der Intensivstation überwacht werden (84,3 % infratentoriell vs. 72,4% supratentoriell). In der Patientengruppe des Jahres 2021 zeigte sich hingegen kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Tumorlokalisierung und dem Überwachungsort ($p= 0,92$). Ein möglicher Erklärungsansatz für das Ausbleiben eines signifikanten Zusammenhangs im Jahr 2021 könnte in der geringeren Fallzahl liegen. Das Patientenkollektiv umfasste in diesem Jahr 313 Fälle. Davon wiesen lediglich 53 Patienten (9,4%) eine infratentorielle und 260 Patienten (46,3%) eine supratentorielle Lokalisation auf. Die deutlich kleinere Anzahl an infratentoriellen Eingriffen könnte die statistische Aussagekraft eingeschränkt und somit das Ausbleiben einer signifikanten Korrelation zwischen Lokalisation und Überwachungsort beeinflusst haben. Franko et al. beschreiben ebenfalls, dass bei Patienten mit ausschließlich supratentoriellen Hirntumoren kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Lokalisation und der Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung bestand (88). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Patienten mit supratentorieller Lokalisation häufiger auf der IMC überwacht werden können. Dies lässt sich dadurch erklären, dass supratentorielle Eingriffe in der Regel eine geringere operative Komplexität und eine bessere chirurgische Zugänglichkeit aufweisen als infratentorielle Eingriffe.

In der folgenden Tabelle ist die Verteilung der Operationsdiagnosen verschiedener Studien über die Jahre dargestellt. Diese wird ergänzend mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit verglichen.

Operationsdiagnosen	Eigene Studie Gruppe 2018/2019 Anzahl n (%)	Eigene Studie Gruppe 2021 Anzahl n (%)	Beauregard et al., 2003 Anzahl in n (%)	Rhondali et al., 2011 Anzahl in n (%)	Badenes et al., 2017 Anzahl in n (%)	Munari et al., 2021 Anzahl in n (%)
Vaskulär	73 (13,3%)	19 (6,1%)	95 (22,1%)	14 (3,9%)	58 (11,6%)	-
Hirneigen	151 (27,6%)	125 (39,9%)	146 (34,1%)	86 (24%)	149 (29,9%)	217 (51,6%)
Hirnmetastasen	139 (25,4%)	96 (30,7%)	-	42 (11,7%)	83 (16,6%)	54 (12,9%)
Neurinom	20 (3,7%)	3 (1%)	30 (7%)	-	-	4 (0,9%)
Meningeom	135 (24,7%)	56 (17,9%)	81 (18,9%)	80 (22,3%)	126 (25,3%)	130 (30,9%)
Hypophysentumor	-	-	63 (14,7%)	-	-	8 (1,9%)
Kortektomie bei Lähmung	-	-	-	23 (6,4%)	-	-
Sonstige	29 (5,3%)	14 (4,5%)	9 (2,1%)	113 (31,5%)	83 (16,6%)	7 (1,7%)
GESAMT	547 (100%)	313 (100%)	429 (100%)	358 (100%)	499 (100%)	420 (100%)

Tabelle 22: Verteilung der Operationsdiagnosen in verschiedenen Studien über die Jahre.

5.4.2 Komplikationen in Abhängigkeit von OP-Diagnosen und Lokalisation

Im untersuchten Patientenkollektiv zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Operationsdiagnose und dem Auftreten postoperativer Komplikationen, jedoch ausschließlich in der Gruppe der Jahre 2018/2019 ($p = 0,002$). In der Patientengruppe des Jahres 2021 konnte hingegen kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden ($p = 0,051$). Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede könnte in den strukturellen Veränderungen während der COVID-Pandemie liegen. In den Jahren 2018/2019 wurden mehr Patienten auf der Intensivstation überwacht, wodurch Komplikationen aufgrund des engmaschigeren Monitorings möglicherweise häufiger erkannt und dokumentiert wurden.

Auch in der aktuellen Literatur wird der Zusammenhang zwischen Operationsdiagnose, Lokalisation und dem Auftreten postoperativer Komplikationen kontrovers diskutiert. In der Studie von Rhondali et al., in der verschiedene Operationsdiagnosen untersucht wurden, konnte kein signifikanter Zusammenhang

zwischen der Diagnose und dem Auftreten postoperativer Komplikationen festgestellt werden (14). In der erwähnten Studie wurden unter anderem Meningeome (26 %), maligne Gliome (29 %), Hirnmetastasen (14 %), Kortektomien bei Lähmung (7 %), kavernöse Angiome (6 %) sowie Aneurysmen (4 %) berücksichtigt. Ähnliche Ergebnisse zeigten Lonjaret et al., die mit einem vergleichbaren Diagnosespektrum (Meningeome 28 %, maligne Gliome 31 %, Hirnmetastasen 13 %) ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Operationsdiagnose und postoperativen Komplikationen nachweisen konnten (86). Im Gegensatz dazu berichteten Badenes et al., dass Patienten mit infratentoriellen Tumoren oder vaskulären Läsionen eine signifikant höhere Komplikationsrate aufwiesen (15). Ebenso zeigten Schweppe et al., dass Patienten mit multiplen Hirnmetastasen ein signifikant erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen hatten ($p = 0,004$) (102).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere komplexe Operationsdiagnosen, wie multiple Hirnmetastasen oder infratentorielle Läsionen, mit einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen assoziiert sind. Damit bestätigt sich auch, dass die Lokalisation des Eingriffs eine entscheidende Rolle im Auftreten postoperativer Komplikationen spielt.

Im Hinblick auf die Lokalisation und deren Einfluss auf postoperative Komplikationen zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung kein signifikanter Zusammenhang, weder in der Patientengruppe der Jahre 2018/2019 ($p = 20.202$) noch in der Gruppe von 2021 ($p = 0,94$). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass in dieser Studie andere Variablen stärker mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen korrelierten und dadurch der Effekt der Lokalisation überlagert wurde. Agboola et al. berichteten hingegen, dass Patienten mit Tumoren der hinteren Schädelgrube (posterior fossa) signifikant häufiger auf der Intensivstation aufgenommen wurden ($p = 0,036$), was auf ein erhöhtes Risiko für postoperative Komplikationen in dieser Patientengruppe hinweisen könnte (97). Bemerkenswert ist, dass infratentorielle Eingriffe aufgrund der komplexeren anatomischen Lage und der damit verbundenen höheren operativen Anforderungen in der Regel mit längeren Operationszeiten einhergehen (1). In der Studie von Henker et al. betrug die durchschnittliche Operationsdauer bei infratentoriellen Eingriffen 202 Minuten, während sie bei supratentoriellen Eingriffen lediglich 136 Minuten betrug. Zudem wurde dort ein höherer Anteil an Patienten mit infratentoriellen Lokalisationen auf der Intensivstation überwacht (75 % infratentoriell vs. 60 % supratentoriell) (1). Hecht et al. berichteten ebenfalls, dass Patienten mit infratentorieller Lokalisation häufiger postoperative Komplikationen entwickeln, was die höhere Vulnerabilität dieser Patientengruppe unterstreicht (106). Lonjaret et al. analysierten, dass Patienten nach Operationen in der hinteren Schädelgrube häufiger erneut auf die Intensivstation aufgenommen werden mussten und schlugen eine verlängerte intensivmedizinische Überwachung nach dieser Art von Eingriffen vor (86).

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass sowohl die Operationsdiagnose als auch die Lokalisation einen wesentlichen Einfluss auf das Risiko postoperativer Komplikationen haben und daher in die präoperative Planung des Überwachungsortes (Intensivstation oder IMC) einbezogen werden sollten. Dabei erscheint es sinnvoll, zwischen komplexeren und weniger komplexen Diagnosen zu differenzieren sowie die Lokalisation (supratentoriell vs. infratentoriell) in die Entscheidung einzubeziehen. Insbesondere Patienten mit komplexeren Diagnosen, wie multiplen Hirnmetastasen oder infratentoriellen Läsionen, sollten bevorzugt auf

einer Intensivstation überwacht werden, um eine frühzeitige Erkennung und Behandlung möglicher Komplikationen zu gewährleisten.

5.5 Intraoperative Variablen

5.5.1 Überwachungsort in Abhängigkeit von OP-Dauer und Blutverlust

Bei der Untersuchung relevanter Variablen im Zusammenhang mit dem postoperativen Überwachungsort sollte die Operationsdauer als potenziell entscheidender Faktor berücksichtigt werden. In der vorliegenden Arbeit betrug die mediane Operationsdauer in der Gruppe 2018/2019 176 Minuten, während sie in der Gruppe 2021 bei 171 Minuten lag. Es zeigte sich in beiden Gruppen ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Operationsdauer und dem postoperativen Überwachungsort (2018/2019: $p < 0,001$; 2021: $p < 0,001$). Ein plausibler Erklärungsansatz besteht darin, dass mit zunehmender Operationsdauer das Risiko für intra- und postoperative Komplikationen steigt, woraus ein erhöhter Überwachungsbedarf auf der Intensivstation resultieren kann. Diese Beobachtung wird auch durch andere Studien gestützt. Murani et al. beschrieben in ihrer Untersuchung zur Optimierung der postoperativen Überwachung nach elektiven Kraniotomien ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang zwischen längeren Operationszeiten und einem erhöhten Bedarf an intensivmedizinischer Überwachung ($p=0,044$) (101). In ihrer Analyse wurde ein Schwellenwert von 236 Minuten identifiziert, ab dem Patienten ein signifikant höheres Risiko für Komplikationen aufwiesen und entsprechend häufiger auf der Intensivstation überwacht werden mussten. Auch Hecht et al. beschrieben einen signifikanten Zusammenhang zwischen längeren Operationszeiten (> 240 Minuten) und der Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung (106).

Neben der Operationsdauer stellt auch der intraoperative Blutverlust eine bedeutsame Variable dar, die bei der Beurteilung des postoperativen Überwachungsbedarfs berücksichtigt werden sollte. In der vorliegenden Studie zeigte sich für den Blutverlust ein signifikanter Zusammenhang mit dem Überwachungsort sowohl in der Patientengruppe der Jahre 2018/2019 ($p= 0,002$) als auch in der Gruppe von 2021 ($p= 0,03$). In der Gruppe von 2018/2019 wurden 71,5 % der Patienten mit einem Blutverlust von 0 bis 500ml auf der Intensivstation und 28,5 % auf der IMC überwacht. Bei einem intraoperativen Blutverlust von 500 bis 1000ml stieg der Anteil der auf der Intensivstation überwachten Patienten auf 90 %, während nur 10 % auf der IMC betreut wurden. Diese Ergebnisse verdeutlichen die klinische Relevanz des intraoperativen Blutverlustes als Risikofaktor für einen erhöhten intensivmedizinischen Überwachungsbedarf.

Mehrere Studien unterstützen diese Beobachtung und betonen, dass intraoperative Risikofaktoren, wie der Blutverlust, in evidenzbasierte *Scoring*-Systeme integriert werden sollten, um den Schweregrad der Erkrankung besser einschätzen und die postoperative Überwachungsentscheidung fundierter treffen zu können (106).

Ebenfalls berichteten Hecht et al., dass Patienten mit einem intraoperativen Blutverlust von mehr als 500 ml signifikant häufiger auf die Intensivstation verlegt wurden. Hanak et al. zeigten, dass ein Blutverlust von über 1000ml einen signifikanten Risikofaktor für die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung darstellte ($p=0,0015$) (2). Auch Neumann et al. bestätigten diesen

Zusammenhang und beschrieben, dass Patienten mit einem Blutverlust von mehr als 500ml signifikant häufiger einen intensivmedizinischen Überwachungsbedarf aufwiesen ($p=0,01$) (24).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit zunehmender Operationsdauer und steigendem intraoperativem Blutverlust die Wahrscheinlichkeit für die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung postoperativ zunimmt. Als mögliche Richtwerte können eine Operationsdauer von etwa 170 bis 200 Minuten sowie ein intraoperativer Blutverlust zwischen 500 und 1000 ml als Indikator für eine postoperative Überwachung auf der Intensivstation herangezogen werden.

5.5.2 Komplikationen in Abhängigkeit von OP-Dauer und Blutverlust

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, sind eine verlängerte Operationsdauer sowie ein erhöhter intraoperativer Blutverlust mit einem gesteigerten Bedarf an intensivmedizinischer Überwachung assoziiert. Eine wesentliche Ursache hierfür könnte im Auftreten postoperativer Komplikationen liegen. Auch in der vorliegenden Studie zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den intraoperativen Variablen und dem Auftreten postoperativer Komplikationen. Für die Operationsdauer ergab sich sowohl in der Gruppe 2018/2019 als auch in der Gruppe 2021 ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,001$). Der Median der Operationsdauer lag, wie zuvor beschrieben, bei 176 (2018/2019) bzw. 171 Minuten (2021).

Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen von Rhondali et al., die ebenfalls eine signifikante Korrelation zwischen einer längeren Operationsdauer (> 240 Minuten) und dem Auftreten postoperativer Komplikationen beschrieben ($p = 0,01$) (14). Auch der intraoperative Blutverlust zeigte sich in der Literatur als relevanter Risikofaktor. Jha et al. zeigten in einer Metaanalyse mit 4.647 Patienten aus 27 Studien einen signifikanten Zusammenhang zwischen erhöhtem Blutverlust und einer gesteigerten Rate postoperativer Komplikationen auf (87).

5.6 Postoperative Variablen

5.6.1 Überwachungsort in Abhängigkeit von Überwachungszeit und radiologischen Befunden

Der Median der postoperativen Überwachungszeit betrug in beiden Gruppen, sowohl in den Jahren 2018/2019 als auch 2021, jeweils 21 Stunden bis zur Verlegung der Patienten auf eine Normalstation. Das Maximum der Überwachungszeit lag in der Gruppe von 2018/2019 bei 720 Stunden und in der Gruppe von 2021 bei 1.180 Stunden. Auffällig ist, dass im Jahr 2021 mehr als die Hälfte der Patienten, 56,23 % auf der IMC und 43,77 % auf der Intensivstation überwacht wurden. Dies könnte darauf hindeuten, dass Patienten, die postoperativ auf einer IMC betreut werden, tendenziell eine längere Überwachungszeit

benötigen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die diagnostischen und therapeutischen Überwachungsmöglichkeiten auf einer IMC im Vergleich zur Intensivstation begrenzter sind. Dadurch könnte eine längere Beobachtungszeit erforderlich sein, um postoperative Komplikationen zuverlässig auszuschließen. In der vorliegenden Studie konnte weder in der Gruppe 2018/2019 ($p = 0,09$) noch in der Gruppe 2021 ($p = 0,13$) ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überwachungsdauer und dem Überwachungsort festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass andere Variablen, u.a. das Auftreten postoperativer Komplikationen, in einem stärkeren Zusammenhang mit der Überwachungsdauer stehen und somit einen relevanteren Einfluss ausüben als der Überwachungsort an sich. In der Literatur wird ebenfalls darauf hingewiesen, dass nur ein Teil der Patienten einen verlängerten Aufenthalt auf der Intensivstation benötigt. So berichten Varelas et al., dass lediglich 15% der untersuchten Patienten eine intensivmedizinische Überwachung von mehr als einem Tag benötigten (4). In der Studie von Pendharkar et al., in der eine Reduktion des postoperativen Überwachungsbedarfs auf Intensivstation untersucht wurde, wird beschrieben, dass die Patienten zunächst mindestens 3 Stunden im postanästhesiologischen Bereich (PACU) überwacht wurden. Anschließend erfolgte eine stündliche neurologische Kontrolle, um potenzielle Komplikationen frühzeitig zu erkennen und eine sichere Verlegung auf die Normalstation zu ermöglichen (13).

In der Studie von Schär et al., in der 1.452 Patienten untersucht wurden, betrug die durchschnittliche postoperative Überwachungsdauer auf der Intensivstation 20,2 Stunden. Auch hier zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überwachungsdauer und dem Überwachungsort ($p = 0,171$) (104). In der vorliegenden Arbeit ergab sich ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen den radiologischen Befunden und dem postoperativen Überwachungsort, weder in der Gruppe der Jahre 2018/2019 ($p=0,69$) noch in der Gruppe von 2021 ($p = 0,14$).

Wie bereits im Kapitel 1.4 „Therapie“ erläutert, wurden die postoperativen cCT-Befunde in 7 Untergruppen eingeteilt. In der Patientengruppe der Jahre 2018/2019 zeigte sich in 94,5 % der Fälle kein pathologischer Befund. Nachblutungen traten in 2,6 %, Hirnödeme in 1,1 %, Hypodensität in 0,9 %, hydrozephaler Aufsatz in 0,2 %, Verdacht auf Vasospasmus in 0,2 % und Resttumoren in 0,5 % der Fälle auf. In der Gruppe von 2021 lag der Anteil unauffälliger Befunde bei 93,9 %. Nachblutungen wurden in 2,2 %, Hirnödeme in 0,6 %, Hypodensitäten in 1,6 %, hydrozephalen Aufsatz in 0,6 % und Resttumoren in 1,0 % der Fälle dokumentiert. Vasospasmus wurde in dieser Gruppe nicht beschrieben. In der vorliegenden Studie zeigte sich weder in der Gruppe 2018/2019 ($p = 0,69$) noch in der Gruppe von 2021 ($p = 0,14$) ein signifikanter Zusammenhang zwischen radiologischen Befunden und dem postoperativen Überwachungsort. Im Gegensatz dazu beschrieben Biswas et al. in einer Untersuchung mit 119 Patienten einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen radiologischen Befunden und der Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Überwachung ($p < 0,0001$). Dabei handelte es sich jedoch überwiegend um schwerwiegendere Befunde, wie eine Mittellinienverlagerung von mehr als 3 mm, die eine höhere klinische Relevanz aufweisen als Befunde wie Hirnödeme, Nachblutungen oder Resttumore (107).

5.6.2 Komplikationen in Abhängigkeit von der Überwachungszeit

Die postoperative Überwachungsdauer stellt nicht nur in vorherigen Studien, sondern auch in der vorliegenden Arbeit einen zentralen Parameter dar. Sie ermöglicht eine Einschätzung darüber, wie lange Patienten nach einer elektiven Kraniotomie in der Regel überwacht werden und in welchem Zeitraum postoperative Komplikationen typischerweise auftreten.

In diesem Studienkollektiv zeigte sich in beiden Gruppen ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überwachungsdauer und dem Auftreten postoperativer Komplikationen. In der Gruppe der Jahre 2018/2019 lag der p-Wert bei $< 0,001$, ebenso wie in der Gruppe von 2021 ($p < 0,001$). Auffällig war, dass postoperative Komplikationen im Zeitraum 2018/2019 durchschnittlich nach etwa 9 Stunden auftraten, während sie in der Gruppe von 2021 bereits nach durchschnittlich 6,5 Stunden beobachtet wurden. Eine mögliche Erklärung für das frühere Auftreten postoperativer Komplikationen im Jahr 2021 könnte in der veränderten Zusammensetzung des Patientenkollektivs liegen. An der Universitätsmedizin wurden in diesem Zeitraum vermehrt Patienten mit komplexeren Diagnosen, wie beispielsweise hirneigenen Tumoren oder Hirnmetastasen, operiert, während Eingriffe bei vergleichsweise benignen Pathologien, wie Neurinomen, seltener durchgeführt wurden. Diese höhere Krankheits- und Operationskomplexität könnte zu einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen geführt haben, die demnach früher im postoperativen Verlauf auftraten.

Auch in früheren Studien wurde die postoperative Überwachungsdauer ausführlich untersucht und hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit Komplikationen analysiert. Hecht et al. berichteten, dass postoperative Komplikationen überwiegend innerhalb der ersten 6 Stunden nach der Operation auftraten und ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überwachungsdauer und dem Auftreten postoperativer Komplikationen bestand (106). Neben dem früheren Auftreten postoperativer Komplikationen wurde in der Literatur auch beschrieben, dass bestimmte Risikofaktoren deren Auftreten signifikant beeinflussen können. In der Studie von Murani et al. wurde die postoperative Überwachungszeit unter anderem auf der PACU untersucht. Auch hier traten sämtliche Komplikationen innerhalb der ersten 5 Stunden nach der Operation auf (101). Dies deutet darauf hin, dass postoperative Komplikationen, wie beispielsweise Nachblutungen, in mehreren Fällen eine Verlegung der Patienten von der PACU auf die Intensivstation erforderlich machten. In der Studie wurde zudem beschrieben, dass die meisten Komplikationen auf der PACU nach etwa 6 bis 8 Stunden erkannt wurden. Auch andere Untersuchungen berichten, dass der Großteil der postoperativen Komplikationen in den ersten Stunden nach der Operation auftraten (2, 14). In der Studie von Hanak et al. wurde berichtet, dass der Großteil der postoperativen Komplikationen (85 %) innerhalb der ersten 2 Stunden nach der Operation auftraten und entweder noch im Operationssaal oder während der Überwachung auf der PACU erkannt wurde.

Ruiz Colón et al. kamen zu dem Ergebnis, dass kürzere postoperative Überwachungszeiten nicht mit einer erhöhten Rate an Komplikationen assoziiert waren (17). Wie bereits zuvor erläutert, gilt eine postoperative Überwachungsdauer von 24 Stunden auf der Intensivstation als Goldstandard nach elektiven Kraniotomien. In den letzten Jahren beschäftigten sich jedoch zahlreiche Studien mit der Frage, inwieweit diese Überwachungszeit verkürzt werden kann, ohne die Patientensicherheit zu beeinträchtigen. Dabei zeigt sich, dass verschiedene Ansätze

zur Reduktion der Überwachungsdauer verfolgt werden, unter anderem durch die Implementierung standardisierter Behandlungsprotokolle wie des ERAS-Protokolls (20) oder auch des NICE-Protokolls (13). Das ERAS-Protokoll verfolgt das Ziel, den physiologischen Stress durch den chirurgischen Eingriff zu minimieren, die postoperative Erholung zu beschleunigen sowie die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation und im Krankenhaus insgesamt zu verkürzen. Das NICE-Protokoll zielt hingegen auf eine selektive Vermeidung einer intensivmedizinischen Überwachung nach elektiver Kraniotomie ab. Im Fokus steht dabei die Bewertung der Sicherheit und Effizienz dieses Ansatzes, um Intensivkapazitäten gezielt zu entlasten. Auch hier zeigte sich in den entsprechenden Studien ein signifikanter Erfolg hinsichtlich der Reduktion des intensivmedizinischen Überwachungsbedarfs bei gleichbleibender Patientensicherheit.

Mirza et al. untersuchten in ihrer Arbeit 421 Patienten, von denen 25 eine geplante Indikation für eine Aufnahme auf die Intensivstation hatten. Aufgrund von Komplikationen, mussten nur 4 Patienten, die postoperativ direkt auf die Normalstation verlegt worden waren, erneut auf die Intensivstation aufgenommen werden. Die Komplikationen traten in den ersten postoperativen Stunden auf. Die Studie kam zu dem Erkenntnis, dass nach 4 Stunden Überwachung im Aufwachraum das Risiko einer schweren Komplikation sehr gering war (11).

Pendharkar et al. untersuchten in ihrer Studie, welche der vorher genannten ähnelt, 63 jüngere Patienten (Alter < 65 Jahre, ASA-Klasse I, II oder III) nach elektiver Kraniotomie, welche auf die Normalstation verlegt wurden und dort für 8 Stunden stündlich neurologisch untersucht wurden. 11 % der Patienten wurden auf die Intensivstation aufgenommen. Es traten keine Komplikationen nach 8 Stunden auf (13).

Zusammenfassend ist die postoperative Überwachungsdauer ein zentraler Faktor im Hinblick auf das frühzeitige Erkennen und Behandeln postoperativer Komplikationen. Diese treten nicht nur innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Eingriff, sondern häufig bereits in den ersten postoperativen Stunden auf. Daher ist eine engmaschige und strukturierte Überwachung – unabhängig davon, ob sie auf einer Intensivstation oder IMC erfolgt – von entscheidender Bedeutung. Standardisierte Behandlungsprotokolle, wie das ERAS- oder das NICE-Protokoll, können hierbei einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie eine effiziente, sichere und ressourcenschonende Patientenversorgung unterstützen.

Nicht zwingend erforderlich scheint eine Überwachungsdauer von mehr als 10 Stunden, unter der Berücksichtigung der Ergebnisse anderer publizierter Studien sowie der vorliegenden Arbeit. Um jedoch 90 % aller Zwischenfälle zu identifizieren, ist eine Überwachungszeit von 12 Stunden gerechtfertigt. Um wirklich 90% der Komplikationen zu erfassen, muss zur mittleren Zeit von 5,5 Stunden das Doppelte der Standardabweichung addiert werden (5,5 Stunden + [2x3,5 Stunden]). Erhebliche Auswirkungen auf die wertvollen Ressourcen an Intensiv- und IMC - Kapazitäten sowie auf spezialisiertes medizinisches Personal würde eine Einführung einer Leitlinie, welche die Dauer der Überwachung regelt und eine schnelle Verlegung auf die Normalstation vorsieht, ausüben.

5.6.3 Komplikationen in Abhängigkeit vom Überwachungsort

Ein routinemäßiges, standardisiertes Verfahren ist die postoperative Überwachung von Patienten nach elektiven neurochirurgischen intrakraniellen Eingriffen, was in den

meisten Abteilungen durchgeführt wird. In vielen Krankenhäusern bestehen standardisierte Arbeitsanweisungen, die als Grundlage für die Zuweisung von Überwachungsbetten sowie zur Festlegung der Überwachungsdauer dienen. Jedoch sind diese Abläufe nicht vereinheitlicht und unterscheiden sich im nationalen sowie im internationalen Vergleich. Der Entscheidungsprozess erfolgt in der Regel auf Grundlage interdisziplinärer Abstimmung sowie der klinischen Erfahrung von Neurochirurgen und Anästhesisten. Es wurden jedoch bislang keine klaren Empfehlungen etabliert. Sioshansi et al. untersuchten 200 Patienten nach lateralen Schädelbasiseingriffen und beobachteten, dass 17 von ihnen (8,5 %) ein unerwünschtes Ereignis erlitten. Dies ereignete sich im Rahmen einer verpflichtenden intensivmedizinischen Überwachung. Die Mehrheit der Komplikationen äußerten sich als hypertensive Krisen. Mortalität ließ sich nicht beobachten (5).

Zia et al. analysierten eine Kohorte von 158 Patienten nach kranieller Tumorresektion und beobachteten, dass 23 dieser Patienten eine intensivmedizinische Überwachung über einen Zeitraum von mehr als 24 Stunden benötigten. Als potenzielle Prädiktoren für die Notwendigkeit einer verlängerten Überwachungsdauer von mehr als 24 Stunden infolge postoperativer Komplikationen oder hämodynamischer Instabilität wurden pathologische bildgebende Befunde, ein erhöhter intraoperativer Blutverlust, ein gesteigerter Flüssigkeitsbedarf sowie die Entscheidung, den Patienten postoperativ weiterhin intubiert zu lassen, ermittelt (4).

Bui et al. fanden heraus, dass bei 12,5 % von 343 Patienten, die sich einer elektiven Kraniotomie unterzogen, aufgrund der Operationsdauer oder anästhesiologischen Risiken eine postoperative Überwachung auf der Intensivstation geplant werden musste. Durch eine verzögerte neurologische Erholung und einen ausgeprägten intraoperativen Blutverlust erfolgten nur bei 2 % der Fälle eine unerwartete Aufnahme oder Verlegung auf die Intensivstation. Ein medizinisches Notfallteam wurde in 3 % der Fälle zur Behandlung von Komplikationen auf der Normalstation angefordert (93). In der Arbeit von Lonjaret et al. zeigten 16 % der Patienten eine neurologische Komplikation auf, was eine Überwachung zur Früherkennung rechtfertigen kann (86). Azad et al. analysierten in einer systematischen Übersichtsarbeit aus den Jahren 2001 bis 2021, welche sich mit alternativen postoperativen Versorgungskonzepten ohne intensivmedizinische Überwachung befasste, dass lediglich 2 % von insgesamt 2.469 Patienten erneut einer intensivmedizinischen Behandlung zugeführt werden mussten (108).

Mit dem Ziel, Kriterien herauszuarbeiten, um Intensivbetten für neurochirurgische Patienten mit Komplikationsrisiko zuweisen zu können, beschäftigten sich auch Badenes et al. (15).

In der vorliegenden Studie konnte in der Gruppe der Jahre 2018/2019 kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten postoperativer Komplikationen und dem Überwachungsort festgestellt werden ($p=0,08$). In der Patientengruppe des Jahres 2021 zeigte sich hingegen ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten postoperativer Komplikationen und dem Überwachungsort. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in den besonderen Rahmenbedingungen während der COVID-Pandemie liegen. In diesem Zeitraum kam es sowohl auf den Intensivstationen als auch auf der IMC zu einer erheblichen Belastung der personellen und strukturellen Ressourcen infolge von Personalmangel, Krankheitsausfällen und einer allgemein erhöhten Arbeitsbelastung. Zudem wurden, wie zuvor dargestellt, vermehrt Patienten auf der Überwachungsstation überwacht, was die Kapazitäten zusätzlich beanspruchte und die frühzeitige Erkennung von

Komplikationen möglicherweise erschwerte. Da die IMC im Vergleich zur Intensivstation über eingeschränkere Überwachungs- und Interventionsmöglichkeiten verfügt, könnte dies eine Erklärung dafür sein, dass diese Variable im Jahr 2021 einen signifikanten Zusammenhang aufwies. Hinzu kommt, dass im genannten Zeitraum der Großteil der Patienten auf der IMC überwacht wurde. Unter den Bedingungen der COVID-Pandemie – insbesondere Personalmangel und erhöhte Arbeitsbelastung – war eine engmaschige, beispielsweise stündliche neurologische Kontrolle möglicherweise nicht durchgehend gewährleistet. Darüber hinaus ist anzunehmen, dass aufgrund der begrenzten Kapazitäten auf der Intensivstation auch komplexere Diagnosen und Hochrisikopatienten vermehrt auf der IMC betreut wurden, was das Risiko für postoperative Komplikationen zusätzlich erhöht haben könnte.

In den Studien von Beauregard et al. und Lonjaret et al. konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten postoperativer Komplikationen und dem jeweiligen Überwachungsort festgestellt werden. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass beide Untersuchungen in den Zeiträumen vor der COVID-Pandemie durchgeführt wurden und somit nicht unter den besonderen organisatorischen und personellen Bedingungen dieser Ausnahmesituation standen (58, 86). In der Studie von Beauregard et al. zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit medizinischer (16 %) oder neurologischer (22 %) Komplikationen zwischen Patienten, die postoperativ direkt auf die Normalstation verlegt wurden, und jenen, die auf der Intensivstation überwacht wurden (58). Ein Grund für die fehlende Signifikanz könnte darin liegen, dass insbesondere Patienten mit komplexeren Eingriffen oder höherem Risikoprofil bevorzugt auf der Intensivstation überwacht werden. Ein interessantes Ergebnis hierzu liefert die Metaanalyse von Jha et al., in der 27 Studien ausgewertet wurden. Die Autoren berichten, dass lediglich ein geringer Anteil der Patienten (< 10 %) nach elektiver Kraniotomie eine intensivmedizinisch spezifische Intervention benötigte. Patienten mit unkompliziertem postoperativem Verlauf konnten demnach sicher auf einer IMC oder Normalstation überwacht werden (87).

5.7 Anschlussprozedere

Im vorliegenden Studienkollektiv wurde das postoperative Anschlussprozedere nach elektiver Kraniotomie in 5 Kategorien unterteilt. In der Gruppe von 2018/2019 erhielten 89,6 % der Patienten keine Änderung im weiteren Prozedere. Bei 0,9 % erfolgte eine Wiederaufnahme auf die Intensivstation mit anschließender erneuter Intervention, während weitere 0,9 % ebenfalls erneut auf die Intensivstation verlegt wurden, jedoch ohne erneute Intervention. Bei 0,7 % der Patienten war eine verlängerte Überwachung auf der Intensivstation (> 24 Stunden) mit anschließender erneuter Intervention erforderlich, und 7,9 % wurden ebenfalls über 24 Stunden hinaus auf der Intensivstation überwacht, ohne dass eine erneute operative Intervention notwendig wurde. Insgesamt kam es somit bei 10,4 % der Patienten zu einer Änderung bzw. Erweiterung des postoperativen Prozederes. Innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Eingriff benötigten 1,6 % (n= 9 von 547) der Patienten eine erneute operative Intervention. Auch in der Gruppe des Jahres 2021 erfolgte eine Einteilung in 5 Untergruppen. Bei 87,2 % der Patienten war keine Änderung im

postoperativen Prozedere erforderlich. Eine Wiederaufnahme auf die Intensivstation mit anschließender erneuter operativer Intervention war bei 1,28 % notwendig, während 1 % erneut auf die Intensivstation verlegt wurden, jedoch ohne operative Maßnahme. Weitere 1 % der Patienten benötigten eine verlängerte Überwachung auf der Intensivstation (> 24 Stunden) in Kombination mit einer erneuten operativen Intervention, und 10 % wurden über 24 Stunden hinaus intensivmedizinisch überwacht, ohne dass eine erneute Operation erforderlich war. Insgesamt kam es somit bei 12,8 % der Patienten zu einer Änderung oder Erweiterung des postoperativen Prozederes. Innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Eingriff mussten 2,2 % (n= 7 von 313) der Patienten einer erneuten Operation unterzogen werden. Trotz der pandemiebedingten Verschiebung der Überwachungskapazitäten und des signifikanten Zusammenhangs zwischen Überwachungsort und Komplikationsrate stieg die erneute operative Interventionsrate im Vergleich zu 2018/2019 lediglich um 0,6 %.

In der Studie von Friedmann et al. wird berichtet, dass von insgesamt 430 untersuchten Patienten, 2 Patienten nach einer initialen Verlegung auf die Normalstation erneut auf die Intensivstation aufgenommen werden mussten. Beide Patienten erholten sich ohne Notwendigkeit einer erneuten operativen Intervention und ohne langfristige Folgen (58). In der Studie von Schär et al., in der 1.452 Patienten aus dem Zeitraum 2011 bis 2018 untersucht wurden, wurde eine Reoperationsrate von 1,4 % festgestellt. Die erneuten Eingriffe erfolgten vorwiegend aufgrund postoperativer Hämatome, die eine operative Hämatomausräumung erforderlich machten, oder infolge einer intrakraniellen Hirnschwellung (104). In der Metaanalyse von Jha et al., in der 4.647 Patienten aus 27 Studien untersucht wurden, benötigten lediglich 2,1 % eskalierende Maßnahmen wie eine mechanische Beatmung, die Anlage einer EVD oder eine antihypertensive Therapie. Insgesamt lag der Anteil der Patienten, die intensivmedizinisch spezifische Interventionen erforderlich machten, unter 10 %. Patienten mit einem unkomplizierten postoperativen Verlauf konnten demnach sicher auf einer IMC oder Normalstation überwacht werden (87). In der Studie von Neumann et al., in der 1.000 Patienten untersucht wurden, zeigte sich, dass lediglich 16 % der Intensivaufnahmen zu spezifischen intensivmedizinischen Interventionen führten. Das bedeutet, dass von insgesamt 917 auf die Intensivstation aufgenommenen Patienten nur 147 auch eine intensivmedizinische Behandlung benötigten (24). In der Studie von Biswas et al., in der 119 Patienten untersucht wurden, zeigte sich, dass weniger als die Hälfte der Patienten (38 %) eine intensivmedizinische Überwachung benötigte. Zudem trat der Großteil der postoperativen Komplikationen innerhalb der ersten 24 Stunden nach elektiver Kraniotomie auf (107). Mehrere Studien (18, 97, 109) betonen, dass durch eine gezielte präoperative Patientenselektion sowie eine sorgfältige postoperative Überwachung auf IMC-Einheiten die vorhandenen Intensivkapazitäten effizienter genutzt und für kritischere Fälle freigehalten werden können. Entscheidend ist hierbei ein individualisierter Ansatz in der postoperativen Versorgung, bei dem insbesondere Hochrisikopatienten engmaschiger kontrolliert und gegebenenfalls erweiterte Überwachungsmaßnahmen in Anspruch nehmen sollten (18).

5.8 Behandlungserfolg, Lebensqualität und Überleben

Die retrospektive Analyse weist auf mehrere positive Behandlungsergebnisse hin. Trotz einer Zunahme komplexerer Diagnosen im Jahr 2021 konnten Patienten frühzeitig auf die IMC oder die Normalstation verlegt werden. Dieses Ergebnis deutet auf eine Optimierung der postoperativen Betreuung und ein effektives präoperatives Patientenscreening hin. Die nahezu unveränderte Komplikationsrate mit lediglich einer Zunahme von 0,6 % an Re-Interventionen zwischen den Jahren 2018/ 2019 und 2021, trotz komplexerer Ausgangssituationen, spricht für eine konstante Behandlungsqualität.

Im Gesamtkollektiv von 860 Patienten, von denen 191 postoperative Komplikationen aufwiesen, lag das Zeitfenster für das Auftreten von Komplikationen überwiegend zwischen 6 und 9 Stunden postoperativ. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass Komplikationen vornehmlich in den ersten Stunden nach der Operation auftreten. Dies kann zur Präzisierung und Optimierung von Frühwarnsystemen und Überwachungsprotokollen herangezogen werden.

Der Vergleich der perioperativen Versorgung zwischen 2018/ 2019 und 2021 deutet darauf hin, dass durch frühzeitige Verlegung sowie die vermehrte Nutzung von IMCs eine effizientere Nutzung der Intensivkapazitäten erreicht werden konnte. Da in der Kohorte von 2021 trotz der gesteigerten Verlagerung auf die Überwachungsstation der IMC keine Zunahme postoperativer Komplikationen beobachtet wurde, spricht dies für eine Optimierung des postoperativen Managements.

Hinsichtlich der Lebensqualität können indirekte Indikatoren herangezogen werden, wie etwa die reduzierte Intensivstationsverweildauer bzw. die direkte Verlegung von Patienten nach elektiver Kraniotomie auf die IMC im Jahr 2021. Dies legt nahe, dass weniger invasive Maßnahmen erforderlich waren, darunter insbesondere eine geringere Rate invasiver Beatmungen (2018/ 2019: n= 55 versus 2021: n= 33). Dieser Umstand ist mit einer früheren Mobilisation assoziiert und kann langfristig zu einer verbesserten Erholung beitragen.

Jha et al. berichteten, dass 2,1 % der Patienten (n= 4.647 aus 27 Studien) eskalierende Maßnahmen wie die Anlage einer externen Ventrikeldrainage oder die Gabe von Antihypertensiva benötigten. Die häufigsten Komplikationen waren dabei neurologische Verschlechterungen. Gleichzeitig zeigte die Analyse, dass die Mehrheit der Patienten keine intensivmedizinisch spezifische Versorgung erforderte. Dies weist darauf hin, dass zahlreiche Patienten nach elektiver Kraniotomie außerhalb der Intensivstation sicher überwacht werden können. Hervorzuheben ist, dass ein standardisiertes und einheitlich angewandtes Risikobewertungssystem dazu beitragen kann, Intensivressourcen gezielt für Hochrisikopatienten vorzuhalten und somit eine effizientere Ressourcennutzung zu ermöglichen (87).

Quasem et al. berichteten in ihren Analysen keinen Anstieg schwerwiegender Komplikationen, was darauf hindeutet, dass die Mortalitätsrate nicht signifikant beeinflusst wurde. Die Autoren sprechen sich daher für eine selektive Verlegung auf Normal- oder IMC aus, anstelle einer routinemäßigen intensivmedizinischen Überwachung aller Patienten nach elektiver Kraniotomie. Die Gruppe mit dem Konzept, *No ICU- Unless* wies eine vergleichbare Komplikationsrate auf (16 versus 17 % in der Kontrollgruppe; p= 0,786) (16).

In der vorliegenden retrospektiven Analyse betrug die Komplikationsrate in der Gruppe 2018/ 2019 23,8 %, während sie im Jahr 2021 bei 19,5 % lag. Dies entspricht einer Abnahme der Gesamtkomplikationen bei gleichzeitigem Anstieg der operativen Reinterventionsmaßnahmen um lediglich 0,6 % im Vergleich der beiden Zeiträume.

Von Bedeutung ist, dass trotz einer höheren Krankheitslast im Jahr 2021 sowie der durch die COVID-Pandemie erschwerten Rahmenbedingungen eine frühzeitige Verlegung bzw. eine verstärkte Nutzung der IMC nach elektiver Kraniotomie ohne signifikante Zunahme der Komplikations- oder Reinterventionsrate möglich war. Dies weist auf eine effizientere Nutzung der Intensivkapazitäten hin, ohne dass eine Beeinträchtigung der Patientensicherheit erkennbar war. Zukünftige prospektive Studien sollten langfristige funktionelle Verläufe und Überlebensraten der Patienten untersuchen, um zu evaluieren, ob eine frühzeitige oder direkte Verlegung auf eine IMC mit einem nachhaltigen positiven Outcome und ohne Spätkomplikationen verbunden ist.

6 Limitationen

In dieser Arbeit bestehen mehrere Limitationen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen.

Zunächst ist der retrospektive Charakter der Studie zu nennen. Da die Datenerhebung ausschließlich auf bereits bestehenden Dokumentationen und Krankenakten beruht. Daher war weder eine Kontrolle über die Datenerfassung noch eine einheitliche Erhebung aller relevanten Parameter möglich. Dadurch können Informationslücken oder unvollständige Dokumentationen zu einem Selektions- oder Erfassungsbias führen.

Eine weitere Einschränkung liegt im Single-Center-Design dieser Untersuchung. Alle Patienten wurden an einer einzigen Universitätsklinik behandelt, wodurch institutionelle Besonderheiten, etwa im Hinblick auf personelle Ressourcen, Behandlungsabläufe oder postoperative Überwachungskonzepte, die Ergebnisse beeinflusst haben könnten. Die Übertragbarkeit der Resultate auf andere Kliniken oder Versorgungsstrukturen ist daher nur eingeschränkt möglich.

Die Heterogenität der eingeschlossenen Patientenkohorte stellt ebenfalls eine Limitation dar. Da sämtliche elektiv operierten kraniotomierten Patienten unabhängig von ihrer Grunderkrankung oder Operationsindikation berücksichtigt wurden, ergibt sich eine große Bandbreite an Diagnosen und Komorbiditäten. Diese Vielfalt kann die Vergleichbarkeit zwischen den untersuchten Zeiträumen erschweren und potenzielle Einflussfaktoren auf den postoperativen Verlauf überlagern.

Zudem variiert die Fallzahl zwischen den beiden untersuchten Gruppen (2018/2019: n = 547; 2021: n = 313). Die ungleiche Gruppengröße kann zu einer unterschiedlichen statistischen Aussagekraft führen und potenziell das Risiko eines Bias erhöhen. Besonders in der kleineren Gruppe kann dies die Detektion seltener Ereignisse oder Komplikationen einschränken.

Schließlich ist zu berücksichtigen, dass bestimmte Parameter, wie beispielsweise Langzeitverläufe, funktionelle Outcomes oder Mortalitätsraten, nicht in die Analyse einbezogen wurden. Dadurch bleibt die Aussagekraft hinsichtlich der langfristigen Prognose begrenzt. Dennoch liefert die Arbeit wichtige Hinweise auf Veränderungen in der postoperativen Versorgungssituation, während der COVID-Pandemie und trägt damit zum besseren Verständnis von Ressourcenverteilung und Patientenselektion in diesem Zeitraum bei.

7 Zusammenfassung

Patienten, die sich einer elektiven Kraniotomie unterziehen, werden in der Regel routinemäßig für 24 Stunden auf der Intensivstation überwacht. Dieser etablierte Standard wird jedoch in der aktuellen Literatur zunehmend kontrovers diskutiert (16). In der aktuellen Diskussion wird unter anderem die Annahme vertreten, dass ein Großteil der Patienten möglicherweise von einem verkürzten Aufenthalt auf der Intensivstation profitieren könnte, sofern adäquate alternative Überwachungsstrategien zur Verfügung stehen (4). Besonders hervorgehoben wird in diesem Zusammenhang die Bedeutung einer gezielten Patientenselektion für die postoperative Nutzung der Intensivstation. Stabile Patienten konnten demnach sicher auf einer IMC überwacht werden, ohne dass sich dies nachweislich negativ auf die klinischen Behandlungsergebnisse auswirkte (58). Patienten mit kurzen Operationszeiten, geringem intraoperativem Risiko und erfolgreicher Extubation im Anschluss an den Eingriff können in der Regel sicher ohne eine postoperative Überwachung auf der Intensivstation behandelt werden, wodurch eine effizientere Nutzung der verfügbaren Ressourcen ermöglicht wird (14).

Ziel dieser deskriptiven, retrospektiven Studie war es, die Nutzung und Belegung intensivmedizinischer Überwachungskapazitäten nach elektiven Kraniotomien in den Jahren 2018/2019 und 2021, also vor und nach Beginn der COVID-Pandemie, zu vergleichen. Dabei sollte insbesondere aufgezeigt werden, inwieweit sich die Verteilung der Überwachungskapazitäten zwischen Intensivstation und IMC im Jahr 2021 verändert hat. Darüber hinaus wurde der prognostische Einfluss verschiedener prä-, intra- und postoperativer Variablen auf den Überwachungsort (Intensivstation vs. Überwachungsstation) sowie auf das Auftreten postoperativer Komplikationen untersucht. Zu den präoperativen Variablen zählten unter anderem der ASA-Score, der *Frailty*-Score, der CCI, das Alter, der BMI, das Geschlecht, die zugrundeliegende Operationsdiagnose und die Lokalisation. Intraoperative Variablen umfassten die Operationsdauer und den Blutverlust, postoperative Variablen die Überwachungsdauer und radiologische Befunde. Zudem wurde der Zusammenhang zwischen dem Überwachungsort und der Häufigkeit postoperativer Komplikationen analysiert sowie der zeitliche Verlauf bis zum Auftreten dieser Komplikationen in beiden Gruppen (2018/2019 vs. 2021) und der Anteil der erneuten operativen Interventionen untersucht.

Zunächst ist festzuhalten, dass die Rate erneuter operativer Interventionen zwischen den Vergleichszeiträumen 2018/2019 und 2021 um 0,6 % anstieg. Diese Zunahme war statistisch nicht signifikant und ist insbesondere vor dem Hintergrund zu

bewerten, dass im Jahr 2021 vermehrt komplexere und prognostisch ungünstigere Diagnosen, wie hirneigene Tumoren und Hirnmetastasen, operiert wurden. In den Jahren 2018/2019 wurden häufiger gutartige Läsionen, wie beispielsweise Neurinome, behandelt. Darüber hinaus zeigte sich, dass postoperative Komplikationen im Zeitraum 2018/2019 im Median nach etwa 9 Stunden auftraten, während sie im Jahr 2021 bereits nach durchschnittlich 6,5 Stunden beobachtet wurden. Diese zeitliche Verschiebung könnte darauf zurückzuführen sein, dass im Jahr 2021 Patienten mit komplexeren Krankheitsbildern und einem höheren Risikoprofil häufiger operiert und postoperativ überwiegend auf IMC überwacht wurden, was ein früheres Auftreten von Komplikationen begünstigt haben könnte. Es zeigte sich, dass eine Überwachungszeit von 12 Stunden ausreicht, um 90 % aller Ereignisse zu registrieren.

In der Gruppe von 2018/2019 zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Überwachungsort und dem Auftreten postoperativer Komplikationen ($p = 0,086$). Im Jahr 2021 bestand hingegen ein statistisch signifikanter Zusammenhang ($p = 0,001$). Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür liegt in der veränderten Verteilung der Überwachungskapazitäten: Im Jahr 2021 erfolgte ein größerer Anteil der postoperativen Überwachung auf der IMC, deren personelle und apparative Ausstattung im Vergleich zur Intensivstation eingeschränkter ist. Auf der IMC betreut eine Pflegekraft in der Regel mehrere Patienten gleichzeitig, was die engmaschige Kontrolle insbesondere bei Hochrisikopatienten erschweren kann. Darüber hinaus sind auf der Überwachungsstation bestimmte intensivmedizinische Maßnahmen, wie die nichtinvasive oder invasive Beatmung bei respiratorischen Komplikationen, der Einsatz von kreislaufunterstützenden Medikamenten oder die Durchführung einer ICP-Messung nicht möglich. Die durch die pandemiebedingte Verlagerung vieler Patienten auf die Überwachungsstation im Jahr 2021 führte somit zu einer erhöhten Belastung der dortigen Ressourcen, was die Überwachungskapazitäten zusätzlich einschränkte. Vor allem erschwerte dies die Möglichkeit, dem Überwachungsbedarf der Hochrisikopatienten, die auf Intensivstation adäquater überwacht werden sollen, gerecht zu werden.

Unsere Überwachungszeiten scheinen mit dem allgemein akzeptierten Verständnis der frühen postoperativen Phase als einer Zeit mit erhöhtem Risiko übereinzustimmen, obwohl es keine Empfehlung für die Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation und auf der IMC gibt (3).

Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass eine Verkürzung der postoperativen Überwachungszeit nach elektiver Kraniotomie grundsätzlich möglich und sinnvoll sein kann, sofern definierte Rahmenbedingungen erfüllt sind. Eine unmittelbare postoperative Überwachung auf einer IMC stellt unter bestimmten Voraussetzungen eine sichere Alternative zur Intensivstation dar. Dadurch könnte nicht nur eine Entlastung der intensivmedizinischen Kapazitäten erreicht, sondern auch eine effizientere Ressourcennutzung in der postoperativen Versorgung etabliert werden. Im Hinblick auf die zukünftige Überwachungsplanung erscheint es daher nicht zwingend erforderlich, alle elektiv kraniotomierten Patienten routinemäßig für 24 Stunden auf der Intensivstation zu betreuen. Voraussetzung für eine sichere Umsetzung ist jedoch die Einführung standardisierter Risikobewertungssysteme, die Hochrisikopatienten zuverlässig identifizieren. Auf dieser Grundlage kann eine individuell angepasste postoperative Überwachungsstrategie entwickelt werden, die

sowohl die Patientensicherheit gewährleistet als auch eine ressourcenschonende und potenziell kosteneffiziente Versorgung ermöglicht.

Da die meisten Komplikationen in der frühen postoperativen Phase auftreten, zeigt die vorliegende Studie, dass eine postoperative intensivmedizinische Überwachung über 12 Stunden hinaus in den meisten Fällen nicht erforderlich ist. Um Hochrisikopatienten valide identifizieren zu können, müssen Komorbiditäten, Alter und weitere operationsbezogene Faktoren berücksichtigt und bewertet werden. Unter der Berücksichtigung dieser relevanten Faktoren könnte in Zukunft ein Risikobewertungssystem entwickelt werden, um diese Patientengruppe intern zu stratifizieren. Im Hinblick auf das Risikobewertungssystem könnte darunter ein Prädiktionsscore entwickelt werden, welcher die Nutzung der Intensivkapazitäten optimiert und einen beschleunigten Erholungsweg für Patienten ermöglichen könnte.

8 Literaturverzeichnis

1. Henker C, Schmelter C, Piek J. [Complications and monitoring standards after elective craniotomy in Germany]. *Anaesthesist*. 2017;66(6):412-21.
2. Hanak BW, Walcott BP, Nahed BV, Muzikansky A, Mian MK, Kimberly WT, et al. Postoperative intensive care unit requirements after elective craniotomy. *World Neurosurg*. 2014;81(1):165-72.
3. Taylor WA, Thomas NW, Wellings JA, Bell BA. Timing of postoperative intracranial hematoma development and implications for the best use of neurosurgical intensive care. *J Neurosurg*. 1995;82(1):48-50.
4. Ziai WC, Varelas PN, Zeger SL, Mirski MA, Ulatowski JA. Neurologic intensive care resource use after brain tumor surgery: an analysis of indications and alternative strategies. *Crit Care Med*. 2003;31(12):2782-7.
5. Sioshansi PC, Conway RM, Anderson B, Minutello K, Bojrab DI, Hong RS, et al. Risk Factors for Complications Following Lateral Skull Base Surgery and the Utility of ICU Monitoring. *Otol Neurotol*. 2021;42(9):e1362-e8.
6. Reponen E, Korja M, Niemi T, Silvasti-Lundell M, Hernesniemi J, Tuominen H. Preoperative identification of neurosurgery patients with a high risk of in-hospital complications: a prospective cohort of 418 consecutive elective craniotomy patients. *J Neurosurg*. 2015;123(3):594-604.
7. Ferroli P, Broggi M, Schiavolin S, Acerbi F, Bettamio V, Caldiroli D, et al. Predicting functional impairment in brain tumor surgery: the Big Five and the Milan Complexity Scale. *Neurosurg Focus*. 2015;39(6):E14.
8. Reponen E, Tuominen H, Korja M. Evidence for the use of preoperative risk assessment scores in elective cranial neurosurgery: a systematic review of the literature. *Anesth Analg*. 2014;119(2):420-32.
9. Lohmann S, Brix T, Varghese J, Warneke N, Schwake M, Suero Molina E, et al. Development and validation of prediction scores for nosocomial infections, reoperations, and adverse events in the daily clinical setting of neurosurgical patients with cerebral and spinal tumors. *J Neurosurg*. 2021;134(3):1226-36.
10. de Almeida CC, Boone MD, Laviv Y, Kasper BS, Chen CC, Kasper EM. The Utility of Routine Intensive Care Admission for Patients Undergoing Intracranial Neurosurgical Procedures: A Systematic Review. *Neurocrit Care*. 2018;28(1):35-42.
11. Mirza FA, Wang C, Pittman T. Can patients safely be admitted to a ward after craniotomy for resection of intra-axial brain tumors? *Br J Neurosurg*. 2018;32(2):201-5.
12. Altieri R, Cofano F, Agnoletti A, Fornaro R, Ajello M, Zenga F, et al. Postoperative Care of Patients with High-grade Glioma: Is There a Real Need for the Neurocritical ICU and Early CT Scan? *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2018;79(1):25-30.
13. Pendharkar AV, Shahin MN, Awsare SS, Ho AL, Wachira C, Clevinger J, et al. A Novel Protocol for Reducing Intensive Care Utilization After Craniotomy. *Neurosurgery*. 2021;89(3):471-7.
14. Rhondali O, Genty C, Halle C, Gardellin M, Ollinet C, Oddoux M, et al. Do patients still require admission to an intensive care unit after elective craniotomy for brain surgery? *J Neurosurg Anesthesiol*. 2011;23(2):118-23.
15. Badenes R, Prisco L, Maruenda A, Taccone FS. Criteria for Intensive Care admission and monitoring after elective craniotomy. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2017;30(5):540-5.

16. Qasem LE, Al-Hilou A, Zacharowski K, Funke M, Strouhal U, Reitz SC, et al. Implementation of the "No ICU - Unless" approach in postoperative neurosurgical management in times of COVID-19. *Neurosurg Rev.* 2022;45(5):3437-46.
17. Ruiz Colon GD, Ohkuma R, Pendharkar AV, Heifets BD, Li G, Lu A, et al. A Protocol for Reducing Intensive Care Utilization After Craniotomy: A 3-Year Assessment. *Neurosurgery.* 2023;92(5):1080-90.
18. Perez-Vega C, Sanghavi DK, Moreno Franco P, Chadha RM, Ardon AE, Bojaxhi E, et al. Safety and Feasibility of a Fast-Track Pathway for Neurosurgical Craniotomy Patients: Bypassing the Intensive Care Unit. *Mayo Clin Proc Innov Qual Outcomes.* 2023;7(6):534-43.
19. Young JS, Chan AK, Viner JA, Sankaran S, Chan AY, Imershein S, et al. A Safe Transitions Pathway for post-craniotomy neurological surgery patients: high-value care that bypasses the intensive care unit. *J Neurosurg.* 2021;134(5):1386-91.
20. Elayat A, Jena SS, Nayak S, Sahu RN, Tripathy S. "Enhanced recovery after surgery - ERAS in elective craniotomies-a non-randomized controlled trial". *BMC Neurol.* 2021;21(1):127.
21. Fiore G, Remore LG, Tariciotti L, Carrabba GG, Schisano L, Pluderi M, et al. Does COVID-19 Affect Survival and Functional Outcome in Emergency and Urgent Neurosurgical Procedures? A Single-Center Prospective Experience During the Pandemic. *World Neurosurg.* 2021;153:e187-e94.
22. Colosimo C, Ingram B, Weaver J, Offner P, Yon J. Increased Complications of Emergent Surgical Procedures During the First Wave of COVID-19. *J Surg Res.* 2023;286:16-22.
23. Kamp MA, Jungk C, Schneider M, Fehler G, Santacrose A, Dinc N, et al. Inpatient neurosurgical mortality in germany: a comprehensive analysis of 2023 in-hospital data. *Neurosurg Rev.* 2025;48(1):525.
24. Neumann JO, Schmidt S, Nohman A, Jakobs M, Unterberg A. Routine ICU admission after brain tumor surgery: retrospective validation and critical appraisal of two prediction scores. *Acta Neurochir (Wien).* 2023;165(6):1655-64.
25. Brown RD, Jr., Broderick JP. Unruptured intracranial aneurysms: epidemiology, natural history, management options, and familial screening. *Lancet Neurol.* 2014;13(4):393-404.
26. Robba C, Busl KM, Claassen J, Diringner MN, Helbok R, Park S, et al. Contemporary management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage. An update for the intensivist. *Intensive Care Med.* 2024;50(5):646-64.
27. Eerola I, Boon LM, Mulliken JB, Burrows PE, Dompmmartin A, Watanabe S, et al. Capillary malformation-arteriovenous malformation, a new clinical and genetic disorder caused by RASA1 mutations. *Am J Hum Genet.* 2003;73(6):1240-9.
28. Luo J, Lv X, Jiang C, Wu Z. Brain AVM characteristics and age. *Eur J Radiol.* 2012;81(4):780-3.
29. Mohr JP, Parides MK, Stapf C, Moquete E, Moy CS, Overbey JR, et al. Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations (ARUBA): a multicentre, non-blinded, randomised trial. *Lancet.* 2014;383(9917):614-21.
30. Wan S, Han G, Huang X, Guo Y, Chen J, Zhou D, et al. Dural Arteriovenous Fistulas With or Without Cerebral Venous Thrombosis: A Cross-Sectional Analysis of 511 Patients. *Neurosurgery.* 2024;94(4):771-9.

31. Blumentritt M, Simgen A, Naziri W, Reith W, Dietrich P. [Cerebral dural arteriovenous fistulas]. *Radiologie (Heidelb)*. 2022;62(8):659-65.
32. Starke RM, McCarthy DJ, Chen CJ, Kano H, McShane B, Lee J, et al. Evaluation of stereotactic radiosurgery for cerebral dural arteriovenous fistulas in a multicenter international consortium. *J Neurosurg*. 2020;132(1):114-21.
33. Guniganti R, Giordan E, Chen CJ, Abecassis IJ, Levitt MR, Durnford A, et al. Consortium for Dural Arteriovenous Fistula Outcomes Research (CONDOR): rationale, design, and initial characterization of patient cohort. *J Neurosurg*. 2022;136(4):951-61.
34. Akers A, Al-Shahi Salman R, I AA, Dahlem K, Flemming K, Hart B, et al. Synopsis of Guidelines for the Clinical Management of Cerebral Cavernous Malformations: Consensus Recommendations Based on Systematic Literature Review by the Angioma Alliance Scientific Advisory Board Clinical Experts Panel. *Neurosurgery*. 2017;80(5):665-80.
35. Kearns KN, Chen CJ, Tvrdik P, Park MS, Kalani MYS. Outcomes of Surgery for Brainstem Cavernous Malformations: A Systematic Review. *Stroke*. 2019;50(10):2964-6.
36. Yu F, Yin J. Young-onset trigeminal neuralgia: a clinical study and literature review. *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163(6):1617-21.
37. Bendtsen L, Zakrzewska JM, Abbott J, Braschinsky M, Di Stefano G, Donnet A, et al. European Academy of Neurology guideline on trigeminal neuralgia. *Eur J Neurol*. 2019;26(6):831-49.
38. Cote DJ, Dasenbrock HH, Gormley WB, Smith TR, Dunn IF. Adverse Events After Microvascular Decompression: A National Surgical Quality Improvement Program Analysis. *World Neurosurg*. 2019;128:e884-e94.
39. Rasheed S, Rehman K, Akash MSH. An insight into the risk factors of brain tumors and their therapeutic interventions. *Biomed Pharmacother*. 2021;143:112119.
40. De Witt Hamer PC, Ho VKY, Zwinderman AH, Ackermans L, Ardon H, Boomstra S, et al. Between-hospital variation in mortality and survival after glioblastoma surgery in the Dutch Quality Registry for Neuro Surgery. *J Neurooncol*. 2019;144(2):313-23.
41. Senders JT, Muskens IS, Cote DJ, Goldhaber NH, Dawood HY, Gormley WB, et al. Thirty-Day Outcomes After Craniotomy for Primary Malignant Brain Tumors: A National Surgical Quality Improvement Program Analysis. *Neurosurgery*. 2018;83(6):1249-59.
42. Nayak L, Lee EQ, Wen PY. Epidemiology of brain metastases. *Curr Oncol Rep*. 2012;14(1):48-54.
43. Valiente M, Ahluwalia MS, Boire A, Brastianos PK, Goldberg SB, Lee EQ, et al. The Evolving Landscape of Brain Metastasis. *Trends Cancer*. 2018;4(3):176-96.
44. Rogne SG, Ronning P, Helseth E, Johannesen TB, Langberg CW, Lote K, et al. Craniotomy for brain metastases: a consecutive series of 316 patients. *Acta Neurol Scand*. 2012;126(1):23-31.
45. Niedermeyer S, Schmutzer-Sondergeld M, Weller J, Katzendobler S, Kirchleitner S, Forbrig R, et al. Neurosurgical resection of multiple brain metastases: outcomes, complications, and survival rates in a retrospective analysis. *J Neurooncol*. 2024;169(2):349-58.
46. Louis DN, Perry A, Wesseling P, Brat DJ, Cree IA, Figarella-Branger D, et al. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Neuro Oncol*. 2021;23(8):1231-51.
47. Wiemels J, Wrensch M, Claus EB. Epidemiology and etiology of meningioma. *J Neurooncol*. 2010;99(3):307-14.

48. Corell A, Thurin E, Skoglund T, Farahmand D, Henriksson R, Rydenhag B, et al. Neurosurgical treatment and outcome patterns of meningioma in Sweden: a nationwide registry-based study. *Acta Neurochir (Wien)*. 2019;161(2):333-41.
49. Karhade AV, Fandino L, Gupta S, Cote DJ, Iorgulescu JB, Broekman ML, et al. Impact of operative length on post-operative complications in meningioma surgery: a NSQIP analysis. *J Neurooncol*. 2017;131(1):59-67.
50. Gerganov V, Petrov M, Sakelarova T. Schwannomas of Brain and Spinal Cord. *Adv Exp Med Biol*. 2023;1405:331-62.
51. Koester SW, Bishay AE, Rogers JL, Dambrino RJ, Liles C, Feldman M, et al. Cost considerations for vestibular schwannoma screening and imaging: a systematic review. *Neurosurg Rev*. 2024;47(1):59.
52. Bartek J, Jr., Forander P, Thurin E, Wangerid T, Henriksson R, Hesselager G, et al. Short-Term Surgical Outcome for Vestibular Schwannoma in Sweden: A Nation-Wide Registry Study. *Front Neurol*. 2019;10:43.
53. Gelfand Y, Longo M, Berezin N, Nakhla JP, De la Garza-Ramos R, Agarwal V. Risk Factors for 30-Day Non-Neurological Morbidity and Cerebrospinal Fluid Leak in Patients Undergoing Surgery for Vestibular Schwannoma. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2020;81(5):546-52.
54. Patet G, Bartoli A, Meling TR. Natural history and treatment options of radiation-induced brain cavernomas: a systematic review. *Neurosurg Rev*. 2022;45(1):243-51.
55. Bendtsen L, Zakrzewska JM, Heinskou TB, Hodaie M, Leal PRL, Nurmikko T, et al. Advances in diagnosis, classification, pathophysiology, and management of trigeminal neuralgia. *Lancet Neurol*. 2020;19(9):784-96.
56. Schaff LR, Mellinghoff IK. Glioblastoma and Other Primary Brain Malignancies in Adults: A Review. *JAMA*. 2023;329(7):574-87.
57. Salminen E, Pukkala E, Teppo L. Second cancers in patients with brain tumours--impact of treatment. *Eur J Cancer*. 1999;35(1):102-5.
58. Beauregard CL, Friedman WA. Routine use of postoperative ICU care for elective craniotomy: a cost-benefit analysis. *Surg Neurol*. 2003;60(6):483-9; discussion 9.
59. Lindekleiv H. [Neurosurgery in antique medicine]. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2005;125(24):3494-6.
60. Chauvet D, Sainte-Rose C, Boch AL. [The mystery of prehistoric trepanations: Is neurosurgery the world's oldest profession?]. *Neurochirurgie*. 2010;56(5):420-5.
61. Papagrigorakis MJ, Toulas P, Tsilivakos MG, Kousoulis AA, Skorda D, Orfanidis G, et al. Neurosurgery during the Bronze Age: a skull trepanation in 1900 BC Greece. *World Neurosurg*. 2014;81(2):431-5.
62. Alt KW, Jeunesse C, Buitrago-Tellez CH, Wachter R, Boes E, Pichler SL. Evidence for stone age cranial surgery. *Nature*. 1997;387(6631):360.
63. Martin G. Was Hippocrates a beginner at trepanning and where did he learn? *J Clin Neurosci*. 2000;7(6):500-2.
64. Faria MA, Jr. Violence, mental illness, and the brain - A brief history of psychosurgery: Part 1 - From trephination to lobotomy. *Surg Neurol Int*. 2013;4:49.
65. Gonzalez-Darder JM. [History of the craniotomy]. *Neurocirugia (Astur)*. 2016;27(5):245-57.
66. Gonzalez-Darder JM, Capilla-Guasch P. The temporary resection of the cranial vault by Wilhelm Wagner (1848-1900) instead of trepanation: the cornerstone of the modern craniotomy. *J Neurosurg*. 2023;139(2):573-8.

67. Buerki RA, Horbinski CM, Kruser T, Horowitz PM, James CD, Lukas RV. An overview of meningiomas. *Future Oncol.* 2018;14(21):2161-77.
68. Fortnum H, O'Neill C, Taylor R, Lenthall R, Nikolopoulos T, Lightfoot G, et al. The role of magnetic resonance imaging in the identification of suspected acoustic neuroma: a systematic review of clinical and cost effectiveness and natural history. *Health Technol Assess.* 2009;13(18):iii-iv, ix-xi, 1-154.
69. Daabiss M. American Society of Anaesthesiologists physical status classification. *Indian J Anaesth.* 2011;55(2):111-5.
70. Hendrix JM, Garmon EH. American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification System. StatPearls. Treasure Island (FL) with ineligible companies. Disclosure: Emily Garmon declares no relevant financial relationships with ineligible companies.2025.
71. Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ, Kimura N, Taylor HL. Indices of relative weight and obesity. *J Chronic Dis.* 1972;25(6):329-43.
72. Organisation WH. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry Report of a WHO Expert Committee. 1995.
73. Global BMIMC, Di Angelantonio E, Bhupathiraju Sh N, Wormser D, Gao P, Kaptoge S, et al. Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet.* 2016;388(10046):776-86.
74. Freigang R, Geier AK, Schmid GL, Frese T, Klement A, Unverzagt S. Misclassification of Self-Reported Body Mass Index Categories. *Dtsch Arztebl Int.* 2020;117(15):253-60.
75. Wild SH, Byrne CD. Body mass index and mortality: understanding the patterns and paradoxes. *BMJ.* 2016;353:i2433.
76. Charlson ME, Carrozzino D, Guidi J, Patierno C. Charlson Comorbidity Index: A Critical Review of Clinimetric Properties. *Psychother Psychosom.* 2022;91(1):8-35.
77. Charlson M, Szatrowski TP, Peterson J, Gold J. Validation of a combined comorbidity index. *J Clin Epidemiol.* 1994;47(11):1245-51.
78. Bellera CA, Rainfray M, Mathoulin-Pelissier S, Mertens C, Delva F, Fonck M, et al. Screening older cancer patients: first evaluation of the G-8 geriatric screening tool. *Ann Oncol.* 2012;23(8):2166-72.
79. Aydin S, Passera R, Cerrano M, Gial V, D'Ardia S, Iovino G, et al. Combining the HCT-CI, G8, and AML-Score for Fitness Evaluation of Elderly Patients with Acute Myeloid Leukemia: A Single Center Analysis. *Cancers (Basel).* 2023;15(4).
80. Soubeyran P, Bellera C, Goyard J, Heitz D, Cure H, Rousselot H, et al. Screening for vulnerability in older cancer patients: the ONCODAGE Prospective Multicenter Cohort Study. *PLoS One.* 2014;9(12):e115060.
81. Bouzan J, Stoilkov B, Nellas S, Horstmann M. Comparison of G8 and ISAR Screening Results in Geriatric Urology. *Medicines (Basel).* 2021;8(8).
82. Leo S, Marinelli F, Zurlo IV, Guarini V, Accettura C, Falco A, et al. Bioimpedentiometry parameters used as indicators of frailty and malnutrition: association between G8 score and Phase angle (PHA) in elderly cancer patients. *Aging Clin Exp Res.* 2023;35(10):2219-25.
83. Gomes B, Fernandes J. The challenge of predicting frailty in geriatric oncology: insights from the hospital frailty risk score (HFRS) and the geriatric 8 (G8) screening tools. *Age Ageing.* 2024;53(10).

84. Kunz V, Wichmann G, Wald T, Pirlich M, Zebralla V, Dietz A, et al. Frailty Assessed with FRAIL Scale and G8 Questionnaire Predicts Severe Postoperative Complications in Patients Receiving Major Head and Neck Surgery. *J Clin Med*. 2022;11(16).
85. Gracie TJ, Caufield-Noll C, Wang NY, Sieber FE. The Association of Preoperative Frailty and Postoperative Delirium: A Meta-analysis. *Anesth Analg*. 2021;133(2):314-23.
86. Lonjaret L, Guyonnet M, Berard E, Vironneau M, Peres F, Sacrista S, et al. Postoperative complications after craniotomy for brain tumor surgery. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2017;36(4):213-8.
87. Jha RM. Do We Need an ICU for All Elective Postcraniotomy Patients? A Critical Appraisal. *Crit Care Med*. 2022;50(9):1408-11.
88. Franko LR, Hollon T, Linzey J, Roark C, Rajajee V, Sheehan K, et al. Clinical Factors Associated With ICU-Specific Care Following Supratentorial Brain Tumor Resection and Validation of a Risk Prediction Score. *Crit Care Med*. 2018;46(8):1302-8.
89. Huang HW, Yan LM, Yang YL, He X, Sun XM, Wang YM, et al. Bi-frontal pneumocephalus is an independent risk factor for early postoperative agitation in adult patients admitted to intensive care unit after elective craniotomy for brain tumor: A prospective cohort study. *PLoS One*. 2018;13(7):e0201064.
90. Wang CM, Ma YL, Yang XY, Ji RQ, Gu WJ, Zhou JX. Association of preoperative frailty with postoperative delirium after elective brain tumor resection: Retrospective analysis of a prospective cohort. *Surgery*. 2021;170(6):1763-9.
91. Huang HW, Zhang GB, Li HY, Wang CM, Wang YM, Sun XM, et al. Development of an early prediction model for postoperative delirium in neurosurgical patients admitted to the ICU after elective craniotomy (E-PREPOD-NS): A secondary analysis of a prospective cohort study. *J Clin Neurosci*. 2021;90:217-24.
92. Elena Kurz DW, Harald Krenzlin, Melek Bulut, Darius Kalasauskas, Thomas Kerz, Florian Ringel, Naureen Keric. Postoperative Monitoring on ICU after elective craniotomies: How much monitoring is required? 2023.
93. Bui JQ, Mendis RL, van Gelder JM, Sheridan MM, Wright KM, Jaeger M. Is postoperative intensive care unit admission a prerequisite for elective craniotomy? *J Neurosurg*. 2011;115(6):1236-41.
94. Bailo M, Gagliardi F, Boari N, Spina A, Piloni M, Castellano A, et al. Meningioma and Other Meningeal Tumors. *Adv Exp Med Biol*. 2023;1405:73-97.
95. Ostrom QT, Cioffi G, Waite K, Kruchko C, Barnholtz-Sloan JS. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2014-2018. *Neuro Oncol*. 2021;23(12 Suppl 2):iii1-iii105.
96. Le Rhun E, Preusser M, Roth P, Reardon DA, van den Bent M, Wen P, et al. Molecular targeted therapy of glioblastoma. *Cancer Treat Rev*. 2019;80:101896.
97. Agboola OO, Idowu OO, Balogun JA. Post-Operative Intensive Care Unit Admission for Elective Brain Tumour Surgeries: A Nigerian Neurosurgical Unit Experience. *Ann Ib Postgrad Med*. 2023;21(2):44-52.
98. Sun MZ, Babayan D, Chen JS, Wang MM, Naik PK, Reitz K, et al. Postoperative Admission of Adult Craniotomy Patients to the Neuroscience Ward Reduces Length of Stay and Cost. *Neurosurgery*. 2021;89(1):85-93.
99. Anthofer J, Wester M, Zeman F, Brawanski A, Schebesch KM. Case-Control Study of Patients at Risk of Medical Complications after Elective Craniotomy. *World Neurosurg*. 2016;91:58-65.
100. Thommen R, Kazim SF, Rumalla K, Kassicieh AJ, Kalakoti P, Schmidt MH, et al. Preoperative frailty measured by risk analysis index predicts complications and poor

discharge outcomes after Brain Tumor Resection in a large multi-center analysis. *J Neurooncol.* 2022;160(2):285-97.

101. Munari M, De Cassai A, Sandei L, Correale C, Calandra S, Iori D, et al. Optimizing post anesthesia care unit admission after elective craniotomy for brain tumors: a cohort study. *Acta Neurochir (Wien).* 2022;164(3):635-41.

102. Schweppe JA, Potthoff AL, Heimann M, Ehrentraut SF, Borger V, Lehmann F, et al. Incurring detriments of unplanned readmission to the intensive care unit following surgery for brain metastasis. *Neurosurg Rev.* 2023;46(1):155.

103. Sae-Phua V, Tanasittiboon S, Sangtongjaraskul S. The Effect of Goal-directed Fluid Management based on Stroke Volume Variation on ICU Length of Stay in Elderly Patients Undergoing Elective Craniotomy: A Randomized Controlled Trial. *Indian J Crit Care Med.* 2023;27(10):709-16.

104. Schar RT, Tashi S, Branca M, Soll N, Cipriani D, Schwarz C, et al. How safe are elective craniotomies in elderly patients in neurosurgery today? A prospective cohort study of 1452 consecutive cases. *J Neurosurg.* 2021;134(3):1113-21.

105. Supbumrung S, Kaewborisutsakul A, Kitsiripant C, Kaewborisutsakul WK, Churuangasuk C. Effect of the enhanced recovery protocol in patients with brain tumors undergoing elective craniotomies: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Focus.* 2023;55(6):E7.

106. Hecht N, Spies C, Vajkoczy P. Routine intensive care unit-level care after elective craniotomy: time to rethink. *World Neurosurg.* 2014;81(1):66-8.

107. Biswas K, Agrawal S, Gupta P, Arora R. Evaluation of risk factors for postoperative neurologic intensive care admission after brain tumor craniotomy: A single-center longitudinal study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2024;40(2):217-27.

108. Azad TD, Shah PP, Kannapadi NV, Rincon-Torroella J, Xia Y, Bernhardt LJ, et al. Reexamining the Role of Postoperative ICU Admission for Patients Undergoing Elective Craniotomy: A Systematic Review. *Crit Care Med.* 2022;50(9):1380-93.

109. Hatipoglu Majernik G, Wolff Fernandes F, Al-Afif S, Heissler HE, Palmaers T, Atallah O, et al. Routine postoperative admission to the neurocritical intensive care unit after microvascular decompression: necessary or can it be abandoned? *Neurosurg Rev.* 2022;46(1):12.

9 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: ASA-Score nach (J.M. Hendrix and E.H. Garmon et al., 2025)</i>	16
<i>Tabelle 2: Body Mass Index Tabelle aus 2010 von der WHO: Healthy Lifestyle Recommendations</i>	17
<i>Tabelle 3: Charlson-Comorbidity Index nach Mary E. Charlson et al., 2022</i>	18
<i>Tabelle 4: G8-Score aus C.A. Bellera et al., 2012</i>	20
<i>Tabelle 5: Tabelle zur Darstellung des Patientenalters in Gruppe 2018/2019 und Gruppe 2021</i>	30
<i>Tabelle 6: Tabellarische Darstellung zur Body-Mass Index Verteilung in beiden Stichproben (2018/2019& 2021)</i>	30
<i>Tabelle 7: Tabelle der OP-Diagnosen in 2018/2019 und 2021</i>	33
<i>Tabelle 8: Operationsdauer 2018/2019 und 2021</i>	36
<i>Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Überwachungsstunden in den Jahren 2018/2019 und 2021</i>	38
<i>Tabelle 10: Darstellung tabellarisch, der CCT-Zeitpunkte im Jahr 2018/2019 und 2021</i>	38
<i>Tabelle 11: Tabellarische Darstellung der cCT-Befunde 2018/2019</i>	39
<i>Tabelle 12: Tabellarische Darstellung der cCT-Befunde 2021</i>	39
<i>Tabelle 13: Tabelle der Komplikationen im Jahr 2018/2019</i>	40
<i>Tabelle 14: Tabelle des zusätzlichen Bedarfs an Katecholaminen und Beatmungen 2018/2019</i>	40
<i>Tabelle 15: Tabelle der Komplikationen 2021</i>	41
<i>Tabelle 16: Tabelle des Katechomalinbedarfs und der invasiven Beatmung in 2021</i>	41
<i>Tabelle 17: Tabelle des weiteren Prozederes im Jahr 2018/2019</i>	42
<i>Tabelle 18: Tabelle zur Darstellung des weiteren Prozederes der Patientengruppe 2021</i>	43
<i>Tabelle 19: Übersicht über unabhängige Variablen in Bezug auf den Überwachungsort</i>	48
<i>Tabelle 20: Übersicht über unabhängige Variablen in Bezug auf die Überwachungszeit</i>	49
<i>Tabelle 21: Übersicht über unabhängige Variablen in Bezug auf die postoperativen Komplikationen</i>	50
<i>Tabelle 22: Verteilung der Operationsdiagnosen in verschiedenen Studien über die Jahre</i>	60

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: von José M. González-Darder et al., 2023: Das Bild von Wagners temporärer Resektion, wie von Chipault dargestellt, zeigt die Inzision des Weichgewebes (A) , den Zeitraum zwischen der Weichgewebeanzision und der Knochensektion (B) und schließlich den Knochenschnitt mit den Lamellen der inneren Knochentafel , die weiterhin haften bleiben (C)	7
Abbildung 2: Patientenkollektiv und Studiendesign	25
Abbildung 3: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechtsverteilung im Gesamtkollektiv	28
Abbildung 4: Balkendiagramm zur Darstellung des Patientenalters im Gesamtkollektiv	28
Abbildung 5: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechtsverteilung in der Gruppe 2018/2019	29
Abbildung 6: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechterverteilung in Gruppe 2021	29
Abbildung 7: Balkendiagramm zur Darstellung Geschlechts-und Alterverteilung in Gruppe 2018/2019	29
Abbildung 8: Balkendiagramm zur Darstellung der Geschlechts-und Altersverteilung in den Gruppen 2021	30
Abbildung 9: Balkendiagramm zur Darstellung der Verteilung bzgl. ASA-Klassifikation in 2018/2019	31
Abbildung 10: Balkendiagramm zur Darstellung der Verteilung bzgl. ASA-Klassifikation in 2021	31
Abbildung 11: Boxplot zur Darstellung des Charlson-Comorbidity Index in den Jahren 2018/2019 & 2021	32
Abbildung 12: Boxplot zur Darstellung des Frailty-Scores in beiden Stichproben 2018/2019 & 2021	32
Abbildung 13: Balkendiagramm bzgl. der Lokalisationen 2018/2019	34
Abbildung 14: Balkendiagramm bzgl. der Lokalisationen 2021	34
Abbildung 15: Balkendiagramm bzgl. geplanter Überwachungsort 2018/2019	35
Abbildung 16: Balkendiagramm realisierter Überwachungsort 2018/2019	35
Abbildung 17: Präoperativ geplante Überwachungssituation 2021	35
Abbildung 18: Realisierte Überwachungssituation 2021	36
Abbildung 19: Balkendiagramm zur Darstellung des Blutverlustes 2018/2019	37
Abbildung 20: Balkendiagramm zur Darstellung des Blutverlustes 2021	37
Abbildung 21: Balkendiagramm zur Lokalisation und Überwachungsort 2018/2019	45
Abbildung 22: Balkendiagramm zur Lokalisation und Überwachungsort 2021	45

11 Lebenslauf

Persönliche Informationen

Name: Melek Bulut
Geburtsdatum: 30. Juni 1992
Geburtsort: Lahnstein, Deutschland

Schulische und Akademische Ausbildung

03/2025	Ärztin in Weiterbildung in der Anästhesiologie Universitätsmedizin Mainz
01/2025	Erhalt der Approbation
12/2024	3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
10/2023	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
01/2023	Beginn der Dissertation mit dem Titel: <i>Retrospektive Beurteilung des Überwachungsbedarfs der Patienten mit elektiver Kraniotomie im Jahre 2018,2019 in Gegenüberstellung des COVID-Pandemiejahres 2021</i>
10/2020	Beginn des klinischen Studienabschnitts an der Universitätsmedizin Mainz
09/2020	1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
WS 18/19	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Johannes- Gutenberg Universität Mainz
2015-2018	Vollzeitstelle als Gesundheits-und Krankenpflegerin auf der Intensivstation am Gemeinschaftsklinikum Koblenz
2012-2015	Ausbildung zur Gesundheits-und Krankenpflegerin
03/2011	Allgemeine Hochschulreife
2008-2011	Marion-Dönhoff-Gymnasium Lahnstein
2002-2008	Realschule Lahnstein
1998-2002	Goethe-Grundschule Lahnstein

Praktisches Jahr/ Famulaturen

Praktisches Jahr

07/2024-10/2024	Tertial Chirurgie am Marienhaus Klinikum Mainz
03/2024-06/2024	Tertial Innere Medizin am Spital Uster-Schweiz
11/2023-03/2024	Wahltertial Radiologie am GPR Gesundheits-und Pflege- Zentrum Rüsselsheim

Famulaturen

03/2023	Hausarztfamulatur in der Allgemeinarztpraxis Schmitz Lahnstein
09/2022-10/2022	Famulatur in Ostafrika (Tansania) Krankenhaus Litembo
09/2021	Neurochirurgische Intensivstation Universitätsmedizin Mainz
03/2021	ambulante Famulatur in der Gemeinschaftspraxis Kardiologie Dr. med. Haeffner und Dr. med. Weyrich in Koblenz

