

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie der
Universitätsmedizin Rostock

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Daniel A. Reuter

**Eine internationale Querschnittsstudie zur
anästhesiologischen Praxis bei elektiven intrakraniellen
Eingriffen**

International survey of neurosurgical anesthesia (iSonata)

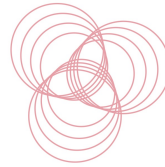
Inauguraldissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin
der
Universitätsmedizin Rostock

Vorgelegt von Theresa Lattau

04.10.1994 in Braunschweig

Braunschweig, 2023

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004917



Dekan: Prof. Dr. med. univ. Emil C. Reisinger

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Sebastian Haas, EDIC, DESA

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie,
Universitätsmedizin Rostock

Zweitgutachter: PD Dr. med. Daniel Dubinski M.Sc.

Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Universitätsmedizin Rostock

Drittgutachter: Prof. Dr. med. Henry W. S. Schroeder

Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie, Universitätsmedizin Greifswald

Jahr der Einreichung: 2023

Verteidigung: 21.01.2025

Publikation

Löser, B., Lattau, T., Sies, V. et al. International survey of neurosurgical anesthesia (iSonata). *Anaesthesist* 69, 183–191 (2020). doi:10.1007/s00101-019-00727-z

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis.....	I
II.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	III
III.	Abkürzungen.....	IV
1	Ziel der Arbeit.....	1
2	Einleitung.....	1
2.1	Anästhesie in der Neurochirurgie.....	1
2.2	ASA-Klassifikation.....	2
2.3	Präoperatives anästhesiologisches Vorgehen und Monitoring.....	3
2.3.1	Allgemeine präoperative Maßnahmen.....	3
2.3.2	Zentraler Venenkatheter.....	4
2.3.3	Hämodynamisches Monitoring.....	4
2.3.4	Relaxometrie.....	6
2.3.5	Bispektraler Index.....	7
2.3.6	Intraoperative Hypothermie.....	7
2.4	Narkose.....	8
2.4.1	Atemwegssicherung.....	8
2.4.2	Narkoseverfahren.....	9
2.4.3	Opioide.....	10
2.4.4	Intravenöse Hypnotika.....	11
2.4.5	Muskelrelaxantien.....	12
2.5	Neurochirurgische Eingriffe.....	12
2.5.1	Chirurgisches Vorgehen bei intrakraniellen Pathologien.....	12
2.6	Postoperatives Vorgehen.....	15
2.6.1	Extubation und Überwachung.....	15
3	Material und Methoden.....	17
3.1	Aufbau des elektronischen Fragebogens.....	17
3.2	Versand des Fragebogens.....	21
3.3	Auswertung der Fragebögen und Statistik.....	21
4	Ergebnisse.....	23
4.1	Rückmeldungen der Kliniken.....	23
4.2	Neuroanästhesiologisches Vorgehen bei elektiven intrakraniellen Operationen..	23
4.2.1	Allgemeine Praxis der Neuroanästhesie bei elektiven intrakraniellen Operationen.....	24

4.3	Nicht-vaskuläre supratentorielle Eingriffe	27
4.4	Vaskuläre supratentorielle Eingriffe.....	30
4.5	Nicht-vaskuläre infratentorielle Eingriffe.....	32
4.6	Vaskuläre infratentorielle Eingriffe	34
4.7	Statistischer Vergleich der anästhesiologischen Praktiken bei den unterschiedlichen Eingriffsarten.....	36
5	Diskussion	38
5.1	Gekreuzte Erythrozytenkonzentrate.....	38
5.2	Zentraler Venenkatheter.....	39
5.3	Hämodynamisches Monitoring.....	40
5.3.1	Arterielle Blutdruckmessung.....	40
5.3.2	Erweitertes hämodynamisches Monitoring.....	41
5.4	Neuromuskuläre Blockade und Monitoring.....	41
5.5	Kontrollierte Hypothermie.....	42
5.6	Atemwegssicherung.....	42
5.7	Narkoseverfahren	42
5.8	Intravenöse Anästhetika	43
5.9	Extubation und Überwachung.....	44
5.10	Limitation der Studie.....	45
6	Zusammenfassung.....	47
7	Literaturverzeichnis.....	50
8	Thesen.....	54
9	Danksagung.....	56
10	Eidesstattliche Versicherung.....	57
11	Lebenslauf.....	58

II. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1 Anschreiben.....	19
Abbildung 2 Fragebogen.....	20
Abbildung 3 Rücklauf der Fragebögen.....	23
Tabelle 1 ASA-Klassifikation.....	3
Tabelle 2 Software.....	17
Tabelle 3 Einteilung der Eingriffe.....	18
Tabelle 4 Statistischer Vergleich des neuroanästhesiologischen Managements bei unterschiedlichen Eingriffsarten.....	26
Tabelle 5 Nicht-vaskuläre supratentorielle Eingriffe.....	29
Tabelle 6 Vaskuläre supratentorielle Eingriffe.....	31
Tabelle 7 Nicht-vaskuläre infratentorielle Eingriffe.....	33
Tabelle 8 Vaskuläre infratentorielle Eingriffe.....	35

III. Abkürzungen

ASA	American Society of Anesthesiology/ Amerikanische Gesellschaft für Anästhesiologie
BIS	Bispektraler Index
CBF	Cerebral Blood Flow/ Zerebraler Blutfluss
cCT	Kraniale Computertomographie
CPP	Cerebral Perfusion Pressure/ Zerebraler Perfusionsdruck
EEG	Elektroenzephalographie
ERAS	Enhanced Recovery After Surgery/ Konzept für schnellere Genesung nach operativen Eingriffen
GABA _A	Gamma-Aminobutyric-Acid _A / Gamma-Aminobuttersäure _A
HMV	Herz-Minuten-Volumen
IBDM	Invasive Blutdruckmessung
ICP	Intracranial Pressure/ Intrakranieller Druck
MAD	Mittlerer arterieller Blutdruck
MRT	Magnetresonanztomographie
NIBDM	Nicht-invasive Blutdruckmessung
PONV	Postoperative Nausea and Vomiting/ Postoperative Übelkeit und Erbrechen
SAB	Subarachnoidalblutung
SOP	Standard Operation Procedures/ Standardvorgehensweise
TIVA	Totale intravenöse Anästhesie
WHO	World Health Organization/ Weltgesundheitsorganisation
ZNS	Zentrales Nervensystem
ZVD	Zentraler Venendruck
ZVK	Zentraler Venenkatheter

1 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, die routinemäßige anästhesiologische Vorgehensweise für Patienten mit ASA I und ASA II-Klassifikation bei elektiven intrakraniellen (supra- und infratentoriellen) Eingriffen international im Rahmen einer umfragenbasierten Querschnittsstudie zu evaluieren.

Da bislang keine einheitlichen Leitlinien bezüglich der anästhesiologischen Patientenversorgung während intrakranieller Operationen vorliegen, ist davon auszugehen, dass verschiedene Vorgehensweisen zwischen einzelnen Kliniken und Ländern bestehen. Die hier vorliegende Arbeit soll mit Hilfe einer umfragenbasierten Querschnittsstudie in verschiedenen europäischen Ländern die favorisierte Vorgehensweise evaluieren und diese in den Kontext der aktuellen Literatur einordnen. Die gewonnenen Ergebnisse können dazu beitragen, das anästhesiologische Management bei Patienten mit intrakraniellen Eingriffen weiter zu standardisieren, wodurch die Patientenversorgung verbessert werden kann [1].

2 Einleitung

2.1 Anästhesie in der Neurochirurgie

In der modernen Neurochirurgie rückt die Protektion gesunder Hirnstrukturen heute zunehmend in den Vordergrund, um postoperative Defizite zu minimieren und so das patientenorientierte Ergebnis zu optimieren [2]. Die Anästhesiologie gewährleistet dabei hauptsächlich die peri- und intraoperative Bewusstlosigkeit und Schmerzfreiheit des Patienten und ist bestrebt, durch innovative peri- und intraoperative Verfahren wie z.B. dem erweiterten hämodynamischen Monitoring einen Beitrag zur Neuroprotektion zu liefern [3]. So schrieb J. Dinsmore über die Bedeutung der Anästhesiologie für die Neurochirurgie im Jahr 2007 im Review „Anaesthesia for elective neurosurgery“ für das British Journal of Anaesthesia: „It is a speciality where

the knowledge and expertise of the anaesthetist can directly influence patients outcome“ [4].

Ausschlaggebend für die Qualität der Anästhesie sind die sorgfältige Auswahl der Monitoringverfahren und Medikamente sowie die Einhaltung der richtigen Reihenfolge der Maßnahmen. Bisher existiert lediglich eine Leitlinie mit geringer Evidenz für die sitzende/halbsitzende Lagerung bei neurochirurgischen Eingriffen [5], welche sich derzeit in Überarbeitung befindet.

Im allgemeinen perioperativen Management wird dieses evidenzbasierte Vorgehen durch die Enhanced Recovery after Surgery-Society (ERAS) umgesetzt. Die ERAS entwickelt fortlaufend Empfehlungen im Sinne der evidenzbasierten Medizin. Durch die praktische Anwendung derselben ist bereits gezeigt worden, dass unter anderem perioperative Komplikationen und die postoperative Liegedauer deutlich reduziert werden können [6].

Auch im Speziellen für den anästhesiologisch-neurochirurgischen Fachbereich zeigt sich bei Befolgen der Empfehlungen der ERAS bei Patienten mit Kraniotomien eine signifikante Verkürzung der Krankenhausaufenthaltsdauer. Zudem ergibt sich ein Benefit bezüglich Schmerzdauer und frühzeitigem Kostaufbau [7].

Für die in dieser Arbeit im Fokus stehenden elektiven Kraniotomien in Rücken- oder Bauchlage sind bislang keine Leitlinien publiziert. Ein standardisiertes und evidenzbasiertes Verfahren wäre ein Desiderat, um das patientenorientierte Ergebnis zu verbessern, wie andere Standard Operation Procedures (SOP) und Leitlinien bereits zeigen [1, 6, 7].

2.2 ASA-Klassifikation

Die American Society of Anesthesiologists (ASA) entwickelte 1941 die ASA-Klassifikation, die dazu dienen sollte, Patienten zur anästhesiologischen Risikoeinschätzung in verschiedene Risikogruppen einzuteilen [8]. Im Laufe der Jahre wurde diese Klassifikation immer wieder aktualisiert und angepasst.

Die letzte Aktualisierung erfolgte 2014 durch das ASA House of Delegates/ Executive Committee [9].

Mit zunehmender Verschlechterung des Gesundheitszustandes werden die Patienten in Gruppe 1 (gesunder Patient) bis Gruppe 5 (multimorbider Patient, der ohne Operation nicht überlebensfähig wäre) eingeteilt (siehe Tabelle 1). Gruppe 6 gilt für hirntote Patienten, deren Organe für eine Organspende entnommen werden sollen [9]. Hackett, Oliveira et. al untersuchten im Jahr 2015 den Zusammenhang zwischen der ASA-Klassifikation und dem postoperativen Komplikationsrisiko. Dabei zeigte sich, dass die ASA-Klassifikation ein unabhängiger und zuverlässiger Vorhersagewert für die postoperative Mortalität und Komplikationsraten ist. Bei der Differenzierung nach Eingriffsarten und chirurgischen Fächern belegte die Studie für vaskuläre Eingriffe und den neurochirurgischen Bereich einen besonders guten Vorhersagewert [10].

ASA I	Gesunder Patient
ASA II	Patient mit leichter Allgemeinerkrankung
ASA III	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung
ASA IV	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung darstellt
ASA V	Moribunder Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überleben wird
ASA VI	Patient mit dissoziiertem Hirntod, der zu Organspende vorgesehen ist

Tabelle 1 ASA-Klassifikation

2.3 Präoperatives anästhesiologisches Vorgehen und Monitoring

2.3.1 Allgemeine präoperative Maßnahmen

Um eine anästhesiologische Versorgung von Patienten gewährleisten zu können, werden präoperativ häufig mehrere Zugänge von unterschiedlicher Größe gelegt. Diese Maßnahme ermöglicht eine Medikamenten- und Volumengabe.

Werden hohe intraoperative Blutverluste erwartet oder besteht bereits präoperativ ein niedriger Hämoglobin-Wert, sollte die Verfügbarkeit von Erythrozytenkonzentraten gewährleistet sein. Damit diese individuell auf den Patienten abgestimmte- und Transfusionsreaktionen möglichst vermieden werden können, ist die Abnahme von Kreuzblut und die anschließende Durchführung einer Verträglichkeitsprobe im Labor notwendig [11].

Um bei langer Operationsdauer den Harnabfluss zu gewährleisten, wird häufig ein Blasenkatheter gelegt. Dies ermöglicht dem Anästhesisten darüber hinaus eine Diurese-Bilanzierung des Patienten. Bei neurochirurgischen Eingriffen wird die Anlage eines Blasenkatheters in den allermeisten Fällen als obligat betrachtet [12].

2.3.2 Zentraler Venenkatheter

Der Zentrale Venenkatheter (ZVK) dient durch mehrere Lumina der zentralen Gabe von Medikamenten und Flüssigkeit. Die Katheterspitze wird dabei unmittelbar vor dem rechten Vorhof platziert [13]. Es existieren mehrere Zugangswege zur Platzierung. Aufgrund geringerer Komplikationsraten wird in der Regel der Zugang über die Vena jugularis interna und anschließend über die Vena cava superior bevorzugt. Die Sondierung des Katheters erfolgt dabei mithilfe der Seldinger-Technik [14].

2.3.3 Hämodynamisches Monitoring

Das hämodynamische Monitoring dient der Überwachung des Herz-Kreislaufsystems. Erkenntnisse über die Herzfrequenz und den arteriellen Blutdruck werden aus der Elektrokardiographie und der nichtinvasiven (NIBDM) oder invasiven arteriellen Blutdruckmessung (IBDM) gewonnen.

Wesentlicher Vorteil der IBDM ist die kontinuierliche Erfassung des Blutdrucks, wodurch auf hämodynamische Veränderungen schnell reagiert werden kann. Die Anlage eines arteriellen Zugangs zur Blutdruckmessung kann sowohl vor, als auch nach Einleitung des Patienten erfolgen. Der Zeitpunkt der Anlage ist insbesondere bei blutdruckkritischen Erkrankungen wie zerebralen Aneurysmata mit Rupturgefahr von Interesse [15].

Das erweiterte hämodynamische Monitoring liefert dem Anästhesisten zusätzliche Parameter, wie beispielsweise den zentralen Venendruck, den Druck in der Pulmonalarterie, den pulmonalkapillären Verschlussdruck und das Herz-Minuten-Volumen (HMV). Für die Messung dieser Werte kommen unterschiedliche Verfahren in Frage.

Eine Möglichkeit ist das Einführen eines Pulmonalkatheters, wofür in der Regel eine venöse Schleuse notwendig ist, die, wie auch beim ZVK, mithilfe der Seldinger Technik eingeführt wird. Unterschied zum ZVK sind spezielle Eigenschaften des Pulmonalkatheters, auch Swan-Ganz-Katheter genannt. Er wird im Gegensatz zum ZVK bis in einen Ast der A. pulmonalis eingeführt. Zum Einschwemmen wird der sich an der Spitze des Katheters befindliche Ballon mit Luft gefüllt, so dass (während der kontinuierlichen Kontrolle der Druckverhältnisse über den distalen Schenkel) der Katheter über den rechten Vorhof und den rechten Ventrikel in der A. pulmonalis platziert wird. Bei geblocktem Ballon kommt es aufgrund des geringen Durchmessers der Pulmonalarterienäste schließlich zu einer Okklusion, wodurch der Blutfluss distal des Ballons verhindert wird. Die Druckschwankungen sistieren und der in den Lungenkapillaren herrschende Druck, der sogenannte pulmonalkapilläre Verschlussdruck, kann gemessen werden. Er entspricht annähernd dem Druck im linken Vorhof und ist damit ein Surrogatparameter für den Druck im linken Vorhof. Wird der Ballon wieder entlüftet, wird der Pulmonalarterienast wieder durchblutet und es ergeben sich die typischen Druckverhältnisse in der A. pulmonalis. Zudem besitzt der Katheter in den meisten Fällen einen proximalen Schenkel kurz vor dem rechten Vorhof, so dass hier der zentrale Venendruck (ZVD) gemessen werden kann. Das HMV kann mithilfe der Thermodilutionsmethode anhand der Stewart-Hamilton-Gleichung bestimmt werden. Werden über den proximalen Schenkel 10 ml eisgekühlte Kochsalzlösung injiziert, kommt es auf dem Weg durch das rechte Herz zur Pulmonalarterie zu einer Verdünnung und Erwärmung des injizierten Volumens. An der Spitze des Katheters können Temperaturänderungen in der A. Pulmonalis detektiert und aufgezeichnet werden. Diese Daten werden durch einen Computer gemittelt und ergeben durch Anwendung der Stewart-Hamilton-Gleichung das HMV [14].

Ein zweites, weniger invasives Verfahren zur Messung des HMV bedient sich der Pulskonturanalyse. Technisch erfolgt hierbei eine kontinuierliche Bestimmung des arteriellen Blutdrucks. Aus der Fläche unter dem gemessenen systolischen Anteil der arteriellen Druckkurve lässt sich das proportional hierzu stehende Schlagvolumen und die umgekehrt proportionale vaskuläre Impedanz ermitteln. Neben der arteriellen Blutdruckmessung erfolgt häufig eine Kombination der Pulskonturanalyse mit einer Kalibrierungsmethode wie dem Indikatorverdünnungsverfahren ähnlich der oben beschriebenen transpulmonalen Thermodilutionsmethode. Nach Injektion des Indikators (kalte Flüssigkeit) über einen ZVK wird am peripher arteriellen Katheter ein Temperaturverlauf aufgezeichnet [16, 17]. Hieraus können Parameter wie der systemische Gefäßwiderstand oder die Schlagvolumenvariation ermittelt werden. Diese dienen unter anderem dazu, Katecholamin- oder Volumengaben patientenindividuell anzupassen [14].

Insbesondere im Hinblick auf neurochirurgische Eingriffe kann das hämodynamische Monitoring durchaus von Interesse sein, da geringe Veränderungen der kardialen und hämodynamischen Parameter erheblichen Einfluss auf den zerebralen Blutfluss (CBF) und somit die Oxygenierung des Hirnparenchyms haben [18].

Die durch das erweiterte hämodynamische Monitoring zugänglichen physiologischen und metabolischen Parameter ermöglichen eine individuelle Zielgrößenfestlegung und somit eine Goal-Directed-Therapy [19, 20].

2.3.4 Relaxometrie

Die Relaxometrie ist ein objektives Verfahren für die Messung der neuromuskulären Übertragung und somit der „Tiefe“ der Muskelrelaxation. Sie kann zur Abschätzung des intraoperativen Bedarfs an Relaxantien und des Extubationszeitpunktes eine relevante Auskunft geben. Der Bedarf an Relaxantien ist bei verschiedenen Patienten sehr individuell. Zu hohe Dosen können nach Extubation einen Überhang provozieren, das Aspirationsrisiko erhöhen und zu Ateminsuffizienz führen [13].

Das Verfahren bedient sich der elektrischen Stimulation eines peripheren Nervens. Meist wird der Nervus ulnaris stimuliert und die dadurch ausgelöste Muskelkontraktion des Muskulus adductor pollicis erfasst. Bei der Umsetzung hat sich vor allem die Train-of-Four-Reizung etabliert. Hierfür wird der Nerv viermal in Folge in kurzen zeitlichen Abständen stimuliert und die jeweilige Reizantwort in Form von „Zuckungsamplituden“ gemessen. Die Train-of-four-Ratio (Quotient aus T4 und T1) ergibt die Relaxationstiefe. Bei unrelaxierten Patienten beträgt der Wert 1. Je niedriger der Wert ausfällt, desto höher ist die Relaxation [14].

Die Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland gab 2015 in ihren aktualisierten Monitoringstandards eine klare Empfehlung für die Durchführung des neuromuskulären Monitorings bei Einsatz von Muskelrelaxantien: „Peripheral nerve stimulator must be used whenever neuromuscular blocking drugs are given. A quantitative peripheral nerve stimulator is recommended“ [21].

Laut Brull und Kopman et al. ist das Train-of-Four-Monitoring das einzige sensitive Verfahren bei der Einschätzung der Relaxationstiefe vor Extubation [22].

2.3.5 Bispektraler Index

Der Bispektrale Index (BIS) bietet die Möglichkeit einer anschaulichen Darstellung vereinfachter nativer Elektroenzephalographie-Daten (EEG-Daten). Hierzu werden vier EEG-Elektroden an den Patienten angelegt und die Signale mithilfe einer mathematischen Formel, der Fast-Fourier-Transformation, sowie einem firmeneigenen Algorithmus bearbeitet, so dass ein einfach interpretierbarer Index als einheitsloser Zahlenwert entsteht. Dieser soll die Tiefe der Narkose beschreiben. Der BIS dient somit als Steuerungsmöglichkeit der „Narkosetiefe“ [23].

2.3.6 Intraoperative Hypothermie

Durch verschiedene additiv wirkende Mechanismen führt eine Hypothermie in der Theorie und in Tiermodellen zur Protektion von Hirngewebe [24].

Dies erfolgt dadurch, dass die Freisetzung exzitatorisch wirkender Transmitter heruntergefahren und die Stoffwechselaktivität der Neuronen reduziert wird. Durch die verminderte Stoffwechselaktivität lässt sich ein Schutz vor einer narkose- oder operationsbedingten Minderversorgung postulieren. Folglich kommt es zu einer Reduktion des CBF, des zerebralen Blutvolumens, des Sauerstoffverbrauchs und damit auch des intrakraniellen Drucks (ICP). Ein Nutzen der intraoperativen Hypothermie in der klinischen Anwendung bei Patienten konnte jedoch nicht belegt werden und ist umstritten [3, 12].

2.4 Narkose

2.4.1 Atemwegssicherung

Die Kontraktion der Atemmuskulatur, dessen wesentlicher Bestandteil das Zwerchfell (Diaphragma) ist, dient der Erzeugung eines Unterdrucks in den Atemwegen. Bei der Spontanatmung gelangt sauerstoffreiche Luft über den Rachen (Pharynx), den Kehlkopf (Larynx) und die Luftröhre (Trachea) zu den großen Bronchien. Nach diversen Verzweigungen kommt sie über die kleinen Atemwege zu den Alveolen und somit zum Ort des Gasaustausches. Hier befindet sich die Schnittstelle zwischen Ventilation und Perfusion der Lunge. Über Lungenkapillaren wird das sauerstoffreiche Blut über den kleinen Kreislauf zum Herzen transportiert und anschließend dem großen Kreislauf zugeführt.

Der Pharynx stellt nicht nur einen Teil des Atemwegs dar, er ist ebenfalls Bestandteil der Speisewege. Die Trennung von Atem- und Speiseweg erfolgt im Bereich des Larynx. Die Epiglottis deckt beim Schluckakt den Kehlkopfeingang ab und verhindert dadurch die Aspiration von Nahrung oder Flüssigkeiten. In Narkose ist dieser Reflex supprimiert.

Ziel der Beatmung ist es einerseits, die Oxygenierung des Patienten sicherzustellen und andererseits ein Verlegen dieser Atemwege zu verhindern.

Bei der künstlichen Beatmung kann der Zugang zum physiologischen Atemweg anhand unterschiedlicher Vorgehensweisen erfolgen. Im

Wesentlichen werden dabei supraglottische Atemwegshilfen vom Goldstandard der endotrachealen Intubation unterschieden. Bei der endotrachealen Intubation wird der Tubus infraglottisch in der Trachea platziert und liegt folglich distal der gemeinsamen Strecke von Speise- und Luftweg. Über einen Ballon am Ende des Tubus wird die Trachea blockiert, so dass er zusätzlich einen sicheren Aspirationsschutz bietet. Die Alternative stellen die supraglottischen Atemwegshilfen dar, wie die Intubation per Larynxmaske oder Larynx-tubus. Unterschied zum Endotrachealtubus ist die supraglottische Lage an der Trennstelle von Ösophagus und Larynx. Ein sicherer Aspirationsschutz ist dadurch nicht gegeben. Vorteile sind die vereinfachte Durchführbarkeit, beispielsweise bei schwierigem Atemweg, sowie die geringere Invasivität [14].

2.4.2 Narkoseverfahren

Typische Schritte der Narkoseeinleitung bestehen aus der Gabe eines Opioids, eines Einleitungshypnotikums und Muskelrelaxans. Nach der Intubation kann die Narkose durch unterschiedliche Methoden aufrechterhalten werden. Zwei typische Praktiken sind die balancierte Anästhesie einerseits und die totale intravenöse Anästhesie (TIVA) andererseits. Bei der balancierten Anästhesie wird die Narkose nach Einleitung mittels Inhalationsanästhetikums wie beispielsweise Isofluran, Sevofluran oder Desfluran aufrechterhalten. Die TIVA beschränkt sich auf die kontinuierliche Gabe von intravenösen Anästhetika und verzichtet dabei auf Inhalationsanästhetika [14].

Vor Etablierung der TIVA hatte die balancierte Anästhesie im Bereich der neurochirurgischen Operationen den größeren Stellenwert. Dies liegt maßgeblich an der guten Steuerbarkeit der Anästhetika, welche ein schnelles postoperatives Ausschleichen der Narkose ermöglicht. Dadurch ist die unmittelbare klinische Evaluation postoperativ möglich. Einen relevanten Nachteil stellt jedoch die mögliche signifikante Erhöhung des ICP und damit einhergehende Hirndruckkomplikationen dar [25]. Dem gegenüber werden bei der TIVA stabilere hämodynamische Parameter und ein damit einhergehend geringeres Risiko für einen ICP-Anstieg festgestellt.

Von besonderem anästhesiologischem Interesse im neurochirurgischen Bereich ist die Aufrechterhaltung der normalen Hirndurchblutung. Diese ergibt sich aus dem zerebralen Perfusionsdruck (CPP) der nach der Formel: $CPP = MAD - ICP$ errechnet wird. MAD steht hierbei für den mittleren arteriellen Druck. Im physiologischen Bereich kann der CBF durch Autoregulation nahezu konstant gehalten werden. Steigt der CPP, erfolgt eine durch Gefäßwanddehnung getriggerte zerebrale Gefäßkonstriktion, so dass der CBF gedrosselt wird. Durch diesen Mechanismus kann der Körper unter physiologischen Bedingungen ein Hirnödem bei steigendem CPP verhindern. Andererseits erfolgt eine Vasodilatation bei Absinken des CPP, so dass der CBF erhalten bleibt und eine Hirnischämie verhindert werden kann. Steigt der CBF jedoch infolge einer nicht mehr möglichen Autoregulation über die Norm an, erhöht sich das zerebrale Blutvolumen. Da sich das Hirngewebe aufgrund seiner knöchernen Hülle nicht ausdehnen kann, hat dies eine Steigerung des ICP zur Folge, wodurch es zu Einklemmungen oder Ischämien kommen kann. Opiode und intravenöse Anästhetika wie Propofol haben durch ihre zentral dämpfende Wirkung eine Verminderung des zerebralen Stoffwechsels und Sauerstoff-Verbrauchs zur Folge. Volatile Hypnotika hingegen können mit einer Erhöhung des CBF und des ICP einhergehen [26].

In mehreren Studien konnte dieser theoretische Vorteil der TIVA jedoch nicht nachgewiesen werden. Im Hinblick auf patientenrelevante Endpunkte wie hämodynamische Stabilität, Recovery-Time und funktionellem Outcome zeigte sich kein Unterschied [25, 27, 28]. Zusätzlich bestätigt eine aktuelle Veröffentlichung, dass kein signifikanter Unterschied zwischen TIVA und balancierter Anästhesie in Bezug auf das Überleben von Patienten nachweisbar ist [29].

2.4.3 Opiode

Opiode sind die am häufigsten intraoperativ verwendeten Analgetika. Sie wirken über eine Bindung an μ -, κ - und δ -Rezeptoren am Nervensystem und unterbrechen die Schmerzweiterleitung. Als Leitsubstanz gilt das Morphin.

Am häufigsten angewendete Substanzen sind die Vertreter der Opiode Fentanyl, Sufentanil und Remifentanyl. Fentanyl unterbricht die

Schmerzweiterleitung mit einer 100-mal stärkeren Potenz als Morphin. Intravenös gegeben hat es sein Wirkungsmaximum nach vier Minuten und eine klinische Wirkdauer von insgesamt etwa 30 Minuten. Sufentanil wirkt nochmals ca. achtmal potenter als Fentanyl. Zudem besitzt es eine schnellere Anschlagszeit, eine kürzere Halbwertszeit und wirkt zusätzlich stärker sedierend als Fentanyl.

Remifentanil ist im Gegensatz zu den oben beschriebenen Opioiden eine ultrakurzwirkende Substanz, welche aufgrund seiner chemischen Bindungen durch unspezifische Esterasen abgebaut wird und somit weitgehend unabhängig von der Elimination über Leber und Niere ist. Drei Minuten nach Infusionsende fällt die Plasmakonzentration auf die Hälfte ab. Durch sympatholytische und parasymphomimetische Effekte wirkt Remifentanil blutdruck- und herzfrequenzsenkend [14].

Martorano, Aljoj et al. verglichen 2008 die Opiode Sufentanil und Remifentanil bei neurochirurgischen Operationen. In der Patientenkohorte, welche intraoperativ Sufentanil als Analgetikum erhielt, zeigte sich ein signifikant niedrigerer Analgetikabedarf, sowie eine bessere postoperative Kognition [30].

2.4.4 Intravenöse Hypnotika

Propofol agiert als typisches Narkotikum aktivierend am inhibitorischen GABA_A-Rezeptor. Es hat eine vasodilatatorische und negativ inotrope Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System. Es senkt zugleich den Sympathikotonus und führt über diese Mechanismen zu einem verringerten HMV und einem Abfall des MAD. Im zentralen Nervensystem (ZNS) kommt es als Reaktion auf Propofol zu einem Absinken des ICP, indem das relative intrazerebrale Blutvolumen durch einen verminderten zerebralen Blutfluss und reduzierten zentralen Zellmetabolismus reduziert wird. Nach intravenöser Injektion klinisch verwendeter Dosierungen führt es innerhalb einer Minute zur Bewusstlosigkeit, die minutenlang anhält. Bei kontinuierlicher Gabe über einen Perfusor kann Propofol für die TIVA genutzt werden. Die Kombination mit einer analgetisch wirkenden Substanz wie z.B. Opioiden ist zu empfehlen, da Propofol ein analgetischer Effekt fehlt [31].

Neben Propofol findet häufig Midazolam als Vertreter der Benzodiazepine mit starker hypnotischer Wirkung klinische Anwendung. Das Hypnotikum hat eine hohe Wasserlöslichkeit, weshalb es sich gut zur intravenösen Gabe eignet und gut verträglich ist. Nach ein bis zwei Stunden verliert es seine Wirksamkeit. Auch Benzodiazepine besitzen keine ausreichende analgetische Wirkung, weshalb wie bereits oben erwähnt eine Kombination mit einem Analgetikum zu empfehlen ist [14].

2.4.5 Muskelrelaxantien

Die Muskelrelaxation führt zu einer Lähmung der Skelettmuskulatur. Sie ist für ein sicheres präoperatives Einleiten des Patienten mit endotrachealer Intubation und anschließender maschineller Beatmung notwendig [12].

Die intraoperative Muskelrelaxation kann in unterschiedlicher Weise gehandhabt werden. Der kontinuierlichen Medikamentengabe mittels Perfusor steht die intermittierende Gabe im Sinne einer diskontinuierlichen Relaxation gegenüber. Neuromuskulär blockierende Substanzen setzen an nikotinischen Acetylcholinrezeptoren der motorischen Endplatte an und zählen zu den peripher wirkenden Muskelrelaxantien. Man unterscheidet hierbei agonistisch wirkende, depolarisierende Muskelrelaxantien (z.B. Succinylcholin) von solchen, die antagonistisch, nicht depolarisierend wirken (z.B. Rocuronium) [31].

2.5 Neurochirurgische Eingriffe

2.5.1 Chirurgisches Vorgehen bei intrakraniellen Pathologien

Bei der operativen Therapie intrakranieller Pathologien wird der Patient möglichst so gelagert, dass das Operationsgebiet den höchsten Punkt darstellt. Dies erleichtert den venösen Abfluss. Nach Markierung der Haaransatzlinie erfolgt das Einspannen in einer Schädelklemme (Mayfield-Klemme), um eine gleichbleibende Position über die gesamte Operationsdauer zu gewährleisten.

Unter Schutz von subkutan liegenden anatomischen Strukturen erfolgt der Hautschnitt. Anschließend wird die Kraniotomie, sowie eine X- oder Y-förmige

Duraeröffnung durchgeführt. Je nach Lokalisation der Pathologie ist eine Kortikotomie notwendig, bei der umliegende Strukturen unbedingt zu schonen sind [32].

Um die Vielzahl an intrakraniellen Pathologien zu kategorisieren, kann zwischen vaskulären Erkrankungen mit Beteiligung des Gefäßsystems und non-vaskulären Erkrankungen unterschieden werden. Ein Beispiel für vaskuläre Erkrankungen stellt das Aneurysma dar, zu den non-vaskulären Pathologien zählen beispielsweise maligne oder benigne Hirntumoren.

2.5.1.1 Supratentorielle vaskuläre Erkrankungen

Die überwiegende Zahl supratentorieller Aneurysmata befindet sich mit etwa 36% im Bereich der A. communicans anterior. Die größte Komplikation dieser Gefäßwandaussackung ist die Ruptur. Das typische klinische Bild resultiert folglich in einer Subarachnoidalblutung (SAB). Auch Raumforderungszeichen der Aneurysmata selbst oder ischämische Symptome durch Spontanthrombosierung sind möglich. Die Diagnosestellung erfolgt meist durch eine digitale Subtraktionsangiographie oder die CT-Angiographie. Therapeutische Verfahren der Wahl sind einerseits das neurochirurgische Clipping und andererseits die interventionell-neuroradiologische Versorgung mittels Platin-Coils [33]. Die Auswahl des Verfahrens unterliegt fallspezifisch einer interdisziplinären Entscheidungsfindung. Therapieindikationen können sowohl primär- als auch sekundärprophylaktischer Art sein. Bei der Indikationsstellung zu primärprophylaktischen Eingriffen wird im deutschsprachigen Raum auf die Empfehlung der deutschen Gesellschaft für Neurologie von 2012 „Unrupturierte intrakranielle Aneurysmen“ verwiesen. Bei Aneurysmata des vorderen Stromgebietes ist insbesondere bei jungen Patienten sowohl ein Coiling als auch ein Clipping möglich [15]. Bei der operativen Versorgung wird das Aneurysma mikrochirurgisch aufgesucht. Anschließend wird es durch Verschluss mittels Titanclips vom Kreislauf abgehängt. Folglich kann eine mögliche spätere Ruptur mit klinischem Bild einer SAB verhindert werden. Besteht eine Indikation zur Operation mit sekundärprophylaktischem Ansatz, ist stets der frühestmögliche Zeitpunkt zu wählen [32].

2.5.1.2 *Supratentorielle non-vaskuläre Erkrankungen*

Typische supratentorielle non-vaskuläre neurochirurgische Operationsindikationen sind die hirneigenen Tumore, deren Einteilung nach der World Health Organization (WHO) erfolgt, zuletzt 2016 aktualisiert. Die Einteilung beruht auf histologischen Merkmalen und umfasst 4 Grade, welche die Therapie und Prognose maßgeblich vorgeben. Häufige neuroepitheliale Tumore sind die Gliome. Die Therapieplanung erfolgt in einer interdisziplinären Tumorkonferenz. Mögliche Therapieansätze bestehen in der Radiochemotherapie oder der mikrochirurgischen Resektion [34]. In der Gruppe der Lowgrade-Gliome werden die WHO Grade I und II zusammengefasst. Grundsatz der operativen Therapie ist die Komplettresektion, da verbleibende Tumorstückchen korreliert positiv mit möglichen malignen Entartungen und Rezidiven. Aufgrund einer hohen Suszeptibilität von Oligodendrogliomen auf Chemotherapeutika erfolgt in dieser Gruppe im Anschluss an die Operation eine Chemotherapie. Die Highgrade-Gliome umfassen die WHO Grade III und IV. Aufgrund eindeutiger Bildgebung wird häufig auf eine Biopsie zur Diagnosesicherung verzichtet. Auch hier wird eine komplette Tumoresektion angestrebt. Durch eine Färbung des Tumorgewebes mittels 5-Aminolävulininsäure wird eine Verbesserung des Resektionsausmaßes ermöglicht. Adjuvant erfolgt eine Radiochemotherapie mittels Temozolomid gemäß des Stupp-Schemas [32].

2.5.1.3 *Infratentorielle vaskuläre Erkrankungen*

Ein Beispiel für die infratentoriellen vaskulären Pathologien stellt das Aneurysma der A. cerebelli superior dar. Die A. cerebelli superior ist ein Abgang der A. basilaris unmittelbar vor der Teilung in die paarige A. cerebri posterior. Aneurysmata in diesem Bereich machen 1-2% aller Aneurysmata aus und gehen häufig mit infratentoriellen Hirnblutungen einher. Die unmittelbare Nähe zu Hirnstamm, Kleinhirn und den großen Hirnnerven, insbesondere dem N. oculomotorius und dem N. trochlearis erschweren den operativen Zugangsweg. Wie bereits bei den supratentoriellen Aneurysmata beschrieben, erfolgt die Entscheidung über die Therapie der Wahl (Clipping oder Coiling) fallspezifisch auf interdisziplinärer Ebene [35]. Jedoch wird bei

meist schwierigem operativem Zugangsweg das endovaskuläre Verfahren bevorzugt [15].

2.5.1.4 Infratentorielle non-vaskuläre Erkrankungen

Eine typische infratentorielle Raumforderung sind Tumore des Kleinhirnbrückenwinkels, namentlich zu 80% das Vestibularisschwannom. Frauen erkranken etwa doppelt so häufig wie Männer. Prädilektionsstelle für diese Tumore liegt am Übergang von zentraler zu peripherer Glia. Histopathologisch liegt meist ein WHO-Grad I vor, sodass eine Entfernung des Tumors eine Heilung ermöglichen kann. Symptomatisch liegt meist ein Kleinhirnbrückensyndrom vor, welches aus der Trias ipsilateraler progredienter Hörminderung, Tinnitus und Gleichgewichtsstörung besteht. Radiologisch erfolgt die Verdachtsbestätigung mittels Magnetresonanztomographie (MRT). Therapeutisch erfolgt eine operative Resektion, wobei der Zugangsweg meist retromastoidal liegt. Zur Schonung angrenzender Hirnnerven erfolgt ein Hirnnervenmonitoring. Alternativ kann bei sehr kleinen Tumoren eine radiochirurgische Resektion erfolgen [32].

2.6 Postoperatives Vorgehen

2.6.1 Extubation und Überwachung

Die Extubation der Patienten kann je nach Zustand des Patienten, Eingriffsart, Operationsverlauf und Präferenz des Anästhesisten unmittelbar postoperativ im Operationssaal oder auf der Intensivstation erfolgen. Die postoperative Verlegung sowohl ventilierter als auch extubierter Patienten auf eine Intensiv- oder Monitoringstation ermöglicht eine lückenlose Überwachung und erleichtert das Erfassen postoperativer Komplikationen wie (fokal-) neurologische Defizite. Eine klinische Beurteilung bezüglich neu aufgetretener neurologischer Defizite ist dabei bei extubierten und wachen Patienten einfacher umsetzbar.

In vielen Kliniken wird nach intrakraniellm Eingriff routinemäßig eine postoperative kraniale Computertomographie (cCT) durchgeführt, um intraoperative Komplikationen zu detektieren. Studien zu diesem Thema zeigen jedoch, dass ohne neue und nicht erklärbare postoperative

fokalneurologische Defizite eine routinemäßige cCT keinen Benefit ergeben [36–38].

3 Material und Methoden

Software		Hersteller
SPSS 22.0.0	Statistische Tests	SPSS Inc., IL, Chicago, USA
Excel 2016	Statistische Auswertung	Microsoft, Redmond, USA
Lucidcharts	Diagramme	Lucid Software, Utah, USA
Word 2019	Fragebogenmatrix/ Textbearbeitung	Microsoft, Redmond, USA

Tabelle 2 Software

Die hier vorliegende Arbeit beruht auf einer europaweiten Querschnittsstudie zum anästhesiologischen Vorgehen bei elektiven neurochirurgischen Operationen von erwachsenen Patienten. Die Erhebung erfolgte anhand eines elektronischen Fragebogens, der an die anästhesiologischen Abteilungen von Unikliniken und Kliniken der Maximalversorgung versendet wurde.

Um aussagekräftige und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten und um das Vorgehen einzelner Kliniken unabhängiger von schweren Vorerkrankungen der Patienten zu machen, beschränkt sich die Studie auf ein ähnliches Patientenkollektiv: Erwachsene Patienten ohne schwere Allgemeinerkrankungen im Sinne der ASA-Klassifikation I und II.

3.1 Aufbau des elektronischen Fragebogens

Für das Erlangen eines differenzierten und umfassenden Bildes des anästhesiologischen Vorgehens, deckte der Fragebogen die Bereiche präoperatives Vorgehen, Monitoring, Narkose und postoperative Routinemaßnahmen ab. Es ergaben sich hierfür insgesamt 26 Items, die anhand etablierter Standards in der Anästhesie ausgewählt wurden.

Da sich die anästhesiologische Vorgehensweise bei der Vielzahl an neurochirurgischen Operationen stark unterscheiden kann, wurden die Eingriffe in vier Gruppen kategorisiert. Zunächst lassen sich die Veränderungen anhand ihrer anatomischen Lage in supratentorielle und infratentorielle Pathologien einteilen. Darüber hinaus erfolgte die Kategorisierung in dieser Arbeit anhand der Beteiligung des Gefäßsystems. (siehe Tabelle 3). Als Beispiel für vaskuläre Pathologien wurde, wie bereits in

der Einleitung beschrieben, das Aneurysma thematisiert. Für nicht-vaskuläre Erkrankungen galt hier die Nennung des Glioms, als eine häufige Operationsindikation in der Neurochirurgie. Die Gruppierung der Eingriffe lässt sich aus der nachfolgenden Tabelle entnehmen.

Nicht-vaskulärer supratentorieller Eingriff	Nicht-vaskulärer infratentorieller Eingriff	Supratentorieller Gefäßeingriff	Infratentorieller Gefäßeingriff
---	---	------------------------------------	------------------------------------

Tabelle 3 Einteilung der Eingriffe

Für jede Eingriffsart wurden die entwickelten Items des Fragebogens separat abgefragt (siehe Abbildung 2). Die 26 Items wurden in Form von dichotomen Fragen mit den Antwortmöglichkeiten Ja und Nein verfasst. Durch „Single Choice“ sollte nur eine der beiden Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden.

Der Fragebogen wurde mithilfe von Excel (2016, Microsoft, Redmond, USA) erstellt. Um den unterschiedlichen technischen Voraussetzungen in Kliniken möglichst gerecht zu werden, wurden zwei Optionen zur Beantwortung des Fragebogens angeboten. Einerseits konnten die Fragen im Excel-Dokument selbst durch Anklicken eines Drop-Down-Menüs beantwortet werden. Andererseits konnte in einem PDF-Dokument die Antwort „Ja“ durch ein manuell eingetragenes Kreuz symbolisiert werden.

Um Verständnisprobleme als Ursache für eine verminderte Teilnahmebereitschaft zu minimieren, wurden Anschreiben und Fragebogen sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache formuliert. In den Abbildungen 1 und 2 finden sich die deutschsprachigen Versionen.

Die Rücksendung der beantworteten Fragebögen konnte per E-Mail, Fax oder auf postalischem Wege erfolgen.

Universitätsmedizin Rostock · PF 10 08 88 · 18055 Rostock

**Klinik und Poliklinik
für Anästhesiologie und
Intensivtherapie**
Schillingallee 35 · 18057 Rostock

Univ.-Prof. Dr. med. Daniel A. Reuter
Direktor

Sekretariat:
ka-ding@med.uni-rostock.de
Telefon: +49 381 494-6401
Teletax: +49 381 494-6402

**Anästhesie:
Oberarzt-Sekretariat:**
ka-oa@med.uni-rostock.de
Telefon: +49 381 494-6411
Teletax: +49 381 494-6412

Homepage:
www.kpai.med.uni-rostock.de

PD Dr. med. Sebastian Haas
Ltd. Oberarzt
sebastian.haas@med.uni-rostock.de

Dr. med. Benjamin Löser
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
benjamin.loeser@med.uni-rostock.de

Theresa Lattau
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
i-sonata@med.uni-rostock.de

22.04.2019

i-Sonata – Survey of Neurosurgical Anaesthesia

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit diesem Schreiben bitten wir Sie, an einem Projekt der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie der Universität Rostock teilzunehmen.

Bislang existieren keine Leitlinien/Standards in Bezug auf anästhesiologische Instrumentierung von Patienten, die sich einem elektiven intrakraniellen Eingriff unterziehen müssen. In unserer kurzen Umfrage, die diesem Schreiben beigelegt ist, wollen wir gerne evaluieren, welche lokalen anästhesiologischen Standards bei elektiven intrakraniellen Eingriffen in Allgemeinanästhesie Anwendung finden. Hierbei möchten wir erwachsene Patienten, die in die ASA-Klassifikation I und II eingruppiert werden, untersuchen.

Die Umfrage würde es ermöglichen, ein deutschlandweites Meinungsbild über das anästhesiologische Vorgehen bei intrakraniellen Eingriffen einzuholen.

Wir würden uns freuen, wenn Sie die dem Schreiben angehängte Erhebung im Excel-Format oder PDF-Format ausfüllen und an eine der folgenden Kontaktmöglichkeiten zu uns zurücksenden würden:

E-Mail: i-sonata@med.uni-rostock.de
Fax: +49 381 494-6412



Mit besten kollegialen Grüßen,

Ihr



PD Dr. med. Sebastian Haas
Ltd. Oberarzt der Klinik



Univ.-Prof. Dr. med. Daniel A. Reuter
Direktor der Klinik

Abbildung 1 Anschreiben

I-Sonata - Survey of Neurosurgical Anaesthesia
 Bitte füllen Sie die Tabelle mit Hilfe der Antwortmöglichkeiten "Ja" und "Nein" aus.

Name des Klinikums:	Nicht-vaskulärer supratentorieller Eingriff (z.B. Gliom)	Nicht-vaskulärer Infratentorieller Eingriff (z.B. Kleinhirnbrücken- winkeltumor)	Supratentorieller Gefäßeingriff (z.B. Aneurysma)	Infratentorieller Gefäßeingriff (z.B. Aneurysma)
Endotracheale Intubation				
Supraglottisches Verfahren				
Invasive Blutdruckmessung nach Narkoseinduktion				
Invasive Blutdruckmessung vor Narkoseinduktion				
Nicht invasive Blutdruckmessung (RR)				
Zentralvenöser Katheter				
Grosslumiger periphervenöser Zugang				
Blasenkatheter				
Erweitertes hämodynamisches Monitoring (z.B. Transpulmonale Übermodulation, Pulskonturanalyse)				
Totalintravenöse Anästhesie				
Balancierte Anästhesie				
Intraoperatives Opioid Remifentanyl				
Intraoperatives Opioid Sufentanyl				
Intraoperatives Opioid Fentanyl				
Intraoperatives Hypnotikum Propofol				
Intraoperatives Hypnotikum Midazolam				
Intraoperative diskontinuierliche Relaxierung				
Intraoperative kontinuierliche Relaxierung				
BIS-Monitoring				
Relaxometrie				
Postoperative Extubation im OP-Trakt				
Postoperative Verlegung beatmeter Patienten auf Intensivstation				
Postoperative Verlegung extubierter Patienten auf Überwachungsstation/ Intensivstation				
Routinemäßiges Bereitstellen gekreuzter Erythrozytenkonzentrate				
Routinemäßige postoperative cCT				
Intraoperative moderate Hypothermie				
Bemerkungen				

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.
 Bitte senden Sie die ausgefüllte Tabelle an eine der folgenden Kontaktmöglichkeiten zu uns zurück:
 E-Mail: i-sonata@med.uni-rostock.de, Fax : +49 381 494-6412

Abbildung 2 Fragebogen

3.2 Versand des Fragebogens

Sowohl durch ausführliche Internetrecherche, als auch auf telefonischem Weg, wurden die potentiellen Kliniken für die Studie ausfindig gemacht. Erste Grundlage für die Auswahl der deutschen Kliniken war das deutsche Krankenhausverzeichnis der Deutschen Krankenhausgesellschaft [39]. Für andere europäische Länder galt die List of University Hospitals als erste Orientierung [40]. Ausgeschlossen wurden die Kliniken, die keine neurochirurgische Abteilung vorzuweisen hatten. Die Kontaktdaten der verbliebenen Zentren mit neurochirurgischer Abteilung wurden über die offiziellen Internetseiten, E-Mail-Adressen und Telefonnummern der Ordinarien, Chefärzte und Sekretariate anästhesiologischer Abteilungen ausfindig gemacht. In einem weiteren Schritt wurden nicht universitäre Kliniken der Maximalversorgung mit neurochirurgischer Abteilung einbezogen. Es ergab sich daraus eine umfangreiche Kontakttablette mit 311 Universitätskliniken und Kliniken der Maximalversorgung, die sich auf 19 europäische Länder verteilten.

Der Zeitraum der Erhebung erstreckte sich von Februar bis Oktober 2018. Um die Rücklaufquote zu erhöhen, wurden bei ausbleibender Antwort insgesamt vier Erinnerungen per E-Mail verschickt, sowie telefonisch auf die Studie aufmerksam gemacht.

Der Fragebogen wurde zusätzlich in mehrere Landessprachen übersetzt und erneut verschickt. Ebenso wurde der Kontakt zu Fachgesellschaften gesucht, worüber der Fragebogen im Vereinigten Königreich (Neuro Anaesthesia & Neuro Critical Care Society) [41] und in Frankreich (Société Française d'Anesthésie et de Réanimation) [42] an die jeweiligen Mitglieder der Gesellschaften weitergeleitet wurde.

3.3 Auswertung der Fragebögen und Statistik

Die Auswertung der Erhebung erfolgte durch das Statistikprogramm SPSS 22.0.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Als Grundlage der deskriptiven Statistik und folgenden Tests diente eine Tabelle, die die Ergebnisse der Befragung nach Item, Eingriff und Klinik aufgeschlüsselt darstellte.

Die Prüfung auf Signifikanz der festgestellten Unterschiede im anästhesiologischen Vorgehen bei den vier abgefragten Eingriffsarten erfolgte anhand des Fisher-Exact-Tests mithilfe der Vier-Felder-Tafel. Dieser eignete sich für die hier vorliegenden nominalskalierten unverbindlichen Werte der Befragung. Ein statistisch signifikanter Unterschied wurde bei einem p-Wert $< 0,05$ angenommen.

4 Ergebnisse

4.1 Rückmeldungen der Kliniken

Die Befragung wurde an 311 Kliniken aus 19 europäischen Ländern adressiert und erstreckte sich über einen Zeitraum von 9 Monaten. Insgesamt nahmen 109 Kliniken an der Befragung teil, sodass sich eine Rücklaufquote von 35% ergab. 93 Antworten stammten aus universitären anästhesiologischen Abteilungen. Die 16 übrigen Fragebögen wurden von nicht-universitären Kliniken der Maximalversorgung beantwortet. Rücklauf aus Spanien (8 angeschriebene Kliniken), Irland (5 angeschriebene Kliniken), Luxemburg (2 angeschriebene Kliniken) und Finnland (6 angeschriebene Kliniken) blieb aus (Abbildung 3).

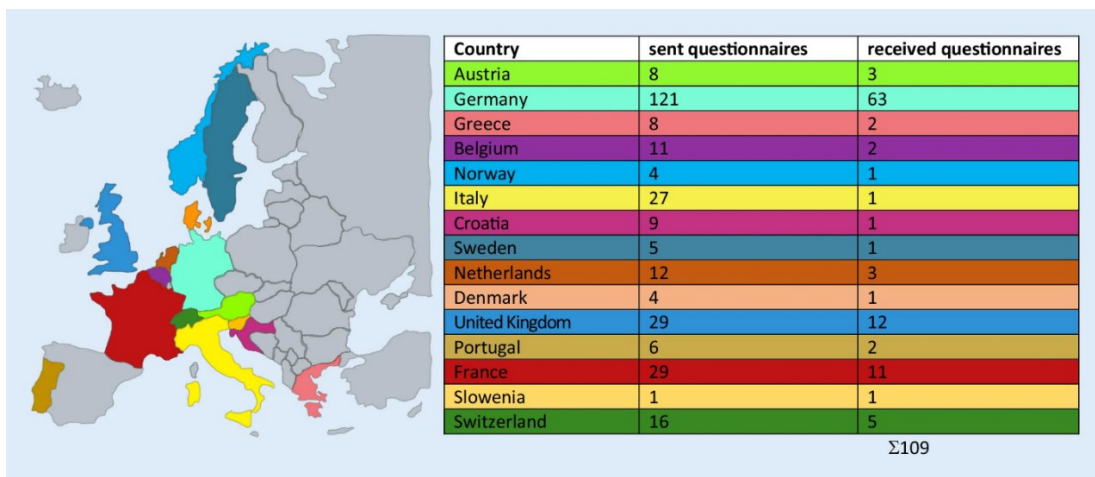


Abbildung 3 Rücklauf der Fragebögen, modifiziert nach Löser B, Lattau T, Sies V, Recio Ariza O, Reuter DA, Schlömerkemper N, Petzoldt M, Haas SA. International survey of neurosurgical anesthesia (iSonata): An international survey of current practices in neurosurgical anesthesia. *Anaesthesist*. 2020 Mar;69(3):183-191.

4.2 Neuroanästhesiologisches Vorgehen bei elektiven intrakraniellen Operationen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Querschnittsstudie nach dem typischen zeitlichen Ablauf der perioperativen anästhesiologischen Praxis bei intrakraniellen Eingriffen zunächst allgemein, also unabhängig von der Eingriffsart beschrieben. Angegeben sind die Häufigkeiten der Antworten in Prozent. Anschließend erfolgt eine länderübergreifende Aufschlüsselung der Daten nach der jeweiligen Eingriffsart und -lokalisierung. Zusätzlich werden

nach dem Fisher's exact test die signifikanten Abweichungen zwischen den Eingriffsarten und -lokalisationen berechnet.

4.2.1 Allgemeine Praxis der Neuroanästhesie bei elektiven intrakraniellen Operationen

In der präoperativen Vorbereitung werden in 90,6% der Kliniken großlumige periphervenöse Zugänge gelegt, um intraoperative Medikamenten- und Flüssigkeitsgaben gewährleisten zu können. 95,6% der Kliniken legen einen Blasenkatheter. In 60,4% der Institute wird den Patienten präoperativ routinemäßig Kreuzblut abgenommen, um eine perioperative Bereitstellung von Erythrozytenkonzentraten zu sichern.

ZVKs finden seltener Verwendung (63,3%) als periphervenöse Zugänge, wobei sich hier große Unterschiede zwischen den verschiedenen Eingriffsarten zeigen.

Die perioperative Blutdruckmessung erfolgt in 81,2% der Kliniken invasiv nach Narkoseeinleitung. Hierbei zeigen sich Unterschiede in der Häufigkeit der Verwendung zwischen den vaskulären und nicht-vaskulären Eingriffen.

Die NIBDM nach Riva-Rocci erfolgt in 58,5% der anästhesiologischen Abteilungen.

Das erweiterte hämodynamische Monitoring, wie beispielsweise über den Swan-Ganz-Katheter, findet hingegen in nur 4,9% der Kliniken Verwendung, vorwiegend in Frankreich.

Das neuromuskuläre Monitoring wird in 59,2% der Einrichtungen durchgeführt, der BIS-Index kommt in 37,6% der anästhesiologischen Abteilungen zur Anwendung.

Eine perioperative moderate Hypothermie wird in 12,8% der Kliniken angewendet.

Die Atemwegssicherung bei neurochirurgischen Operationen erfolgt in allen befragten Kliniken mittels endotrachealer Intubation (100%). Einige Kliniken kreuzten sowohl die endotracheale Intubation als auch supraglottische

Verfahren an. Spezifische Erläuterungen von Seiten der Kliniken ergaben, dass die supraglottische Intubation ausschließlich bei kleinen Eingriffen im nicht-vaskulären supratentoriellen Bereich, wie beispielsweise Biopsieentnahmen, verwendet wird.

83,8% der Kliniken gaben an, die Narkose mittels TIVA durchzuführen. Die Muskelrelaxation während der Operation erfolgt in der überwiegenden Zahl der Kliniken diskontinuierlich (61,6%). In 13,0% der Kliniken wird ein neuromuskulärer Block durch kontinuierliche Gabe eines Muskelrelaxans aufrechterhalten.

Für die Sedierung wird vorwiegend Propofol verabreicht (90,5%), in 4,2% der Kliniken findet Midazolam Verwendung. Daraus ergibt sich die Nutzung anderer, in der Erhebung nicht abgefragter Hypnotika in 5,3 % der Kliniken.

Bei der Analgesie spielt Remifentanyl mit 84,5% die führende Rolle in der Anwendung, gefolgt von Sufentanyl (35,9%) und Fentanyl (23,9%). Hieraus ergibt sich, dass pro Eingriff durchaus mehrere Analgetika zum Einsatz kommen können.

Die Extubation der Patienten erfolgt in 76,7% der Institutionen unmittelbar nach Abschluss der Eingriffe im Operationssaal. In 84,7% der Kliniken werden die Patienten postoperativ extubiert auf eine Überwachungsstation oder Intensivstation verlegt. Ventilierte Patienten werden postoperativ in 55,1% der Kliniken auf einer Intensivstation überwacht.

Eine postoperative Bildgebung mittels cCT innerhalb von 24 Stunden zur Beurteilung des Ergebnisses und dem frühzeitigen Erkennen von Komplikationen wird in 45,6% der Kliniken durchgeführt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse nach den vier abgefragten Eingriffsarten aufgeschlüsselt.

	P (a vs b)	P (a vs c)	P (a vs d)	P (b vs c)	P (b vs d)	P (c vs d)
Endotracheale Intubation	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Supraglottisches Verfahren	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Invasive Blutdruckmessung nach Narkoseinduktion	<0.001	0.408	<0.001	<0.001	1.00	<0.001
Invasive Blutdruckmessung vor Narkoseinduktion	<0.001	1.00	<0.001	<0.001	0.891	<0.001
Nicht invasive Blutdruckmessung (RR)	0.576	0.779	0.573	0.889	1.00	0.889
Zentralvenöser Katheter	0.002	0.014	<0.001	0.567	0.365	0.139
Grosslumiger periphervenöser Zugang	0.041	0.690	0.020	0.148	1.00	0.083
Blasenkatheter	0.135	0.135	0.252	1.00	0.721	0.720
Totalintravenöse Anästhesie	0.856	0.856	0.856	1.00	1.00	1.00
Balancierte Anästhesie	0.889	0.779	1.00	0.888	1.00	0.779
Intraoperatives Opioid Remifentanyl	1.00	1.00	1.00	0.851	1.00	0.851
Intraoperatives Opioid Sufentanyl	1.00	1.00	0.887	1.00	1.00	0.887
Intraoperatives Opioid Fentanyl	1.00	1.00	0.872	0.873	0.871	1.00
Intraoperatives Hypnotikum Propofol	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intraoperatives Hypnotikum Midazolam	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intraoperative diskontinuierliche Relaxation	1.00	0.889	0.889	0.779	1.00	0.675
Intraoperative kontinuierliche Relaxation	0.688	1.00	0.688	0.688	1.00	0.688
BIS-Monitoring	0.887	0.779	0.778	0.889	1.00	1.00
Relaxometrie	1.00	1.00	0.783	0.890	0.890	0.679
Erweitertes hämodynamisches Monitoring (z.B. Transpulmonale Thermodilution, Pulsokturanalyse)	0.081	1.00	0.328	0.081	0.594	0.328
Postoperative Extubation im OP-Trakt	0.062	0.165	0.009	0.752	0.447	0.280
Postoperative Verlegung beatmeter Patienten auf Intensivstation	0.218	0.336	0.096	0.890	0.673	0.576
Postoperative Verlegung extubierter Patienten auf Überwachungsstation/Intensivstation	0.711	1.00	1.00	0.711	0.852	1.00
Routinemäßiges Bereitstellen gekreuzter Erythrozytenkonzentrate	0.001	0.496	0.001	0.017	1.00	0.017
Routinemäßige postoperative cCT	0.783	1.00	1.00	0.783	0.889	1.00
Intraoperative moderate Hypothermie	0.108	1.00	0.106	0.066	1.00	0.065

Tabelle 4 Statistischer Vergleich des neuroanästhesiologischen Managements bei unterschiedlichen Eingriffsarten mittels Fisher's exact test. Als statistisch signifikant wurde $p < 0,05$ angenommen. A: Nicht-vaskuläre supratentorielle Eingriffe; b: Vaskuläre supratentorielle Eingriffe; c: Nicht-vaskuläre infratentorielle Eingriffe; d: Vaskuläre infratentorielle Eingriffe

4.3 Nicht-vaskuläre supratentorielle Eingriffe

Bei den nicht-vaskulären supratentoriellen Eingriffen werden in 85,2% der angeschriebenen Kliniken großlumige periphervenöse Zugänge gelegt. Blasenkatheter werden bei dieser Eingriffsart in 91,7% der Einrichtungen eingelegt. Gekreuzte Erythrozytenkonzentrate werden in 48,1% der Kliniken bereitgestellt. In 46,8% der Kliniken erfolgt bei dieser Eingriffsart die Anlage eines ZVKs. Im Hinblick auf die Blutdruckmessung entscheiden sich 91,7% der Einrichtungen für die IBDM nach Einleitung der Narkose.

Zusätzlich gaben 61,2% der Kliniken an, die NIBDM bei diesen Operationen anzuwenden. Ein erweitertes hämodynamisches Monitoring wird von 2,8% der Kliniken durchgeführt. Die Anwendung einer perioperativen moderaten Hypothermie wird von 9,2% der Institutionen angegeben.

Fünf Zentren geben an, neben der endotrachealen Intubation eine supraglottische Atemwegssicherung zu verwenden. Laut spezifischer Rückmeldung wird diese bei kleinsten Eingriffen, wie Entnahmen von Gewebeproben, verwendet. Bei allen anderen Eingriffen, wird auch hier zu 100% die endotracheale Intubation gewählt.

Eine TIVA erfolgt in 82,6% der Kliniken, wobei 42,9% der angeschriebenen Institute angeben, zusätzlich oder alternativ eine balancierte Anästhesie durchzuführen. Zur Einleitung und Aufrechterhaltung der Narkose wird in 90,7% der Kliniken Propofol verwendet. 4,6% der Kliniken wenden zudem oder alternativ Midazolam an. Als Analgetikum wird in 84,4% der Abteilungen Remifentanyl verwendet. 35,5% der Abteilungen wenden Sufentanyl oder Fentanyl(24,3%) alternativ oder in Kombination an. Die Narkosetiefe wird in 36,1% der Institute mittels BIS überwacht.

Eine diskontinuierliche Gabe eines Muskelrelaxans erfolgt in 61,1%, eine kontinuierliche Gabe in 11,9% der Kliniken. Eine Messung der Relaxation wird in 59,6% der Abteilungen mittels Relaxometrie durchgeführt.

Die Extubation erfolgt bei den nicht-vaskulären supratentoriellen Eingriffen in 85,2% der Kliniken im Operationssaal. In 85,3% der Kliniken werden die Patienten postoperativ extubiert auf eine Intensiv- oder Monitoringstation verlegt. Ventilierte Patienten werden nach dem Eingriff in 48,1% der angeschriebenen Kliniken auf einer Intensivstation betreut. Postoperativ erfolgt in 46,2% der Kliniken eine cCT-Verlaufskontrolle.

4.4 Vaskuläre supratentorielle Eingriffe

Periphervenöse Zugänge werden bei vaskulären supratentoriellen Eingriffen in 94,3% der Kliniken verwendet. Blasendauerkatheter werden in 97,2% eingelegt. 70,1% der Einrichtungen stellen präoperativ gekreuzte Erythrozytenkonzentrate bereit. Die Zahl der Kliniken, die bei dieser Eingriffsart einen ZVK anlegt, beträgt 68,2%. 52,8% der Kliniken geben an vor Narkoseeinleitung eine IBDM zu beginnen. 68% der Kliniken berichten demgegenüber von einer IBDM nach Einleitung der Narkose. In 57,3% der Einrichtungen wird ergänzend oder alternativ eine NIBDM durchgeführt. Das erweiterte hämodynamische Monitoring findet bei dieser Eingriffsart in 8,4% der Abteilungen Anwendung. Eine perioperative Hypothermie wird in 16,8% der Kliniken durchgeführt. 100% der Kliniken berichten, eine Atemwegssicherung mittels endotrachealer Intubation durchzuführen. Die TIVA wird dabei mit 84,1% häufiger als die ergänzende oder alternativ zur Verfügung stehende balancierte Anästhesie (41,7%) eingesetzt. Die Narkose wird nach Einleitung in den meisten Kliniken mit Remifentanyl (84,1%) und Propofol (90,5%) aufrechterhalten. Alternativ oder ergänzend wird von 3,7% Midazolam, von 24,8% Fentanyl und 36,2% Sufentanyl injiziert. Eine Muskelrelaxation findet in 60,4% diskontinuierlich und in 14,2% der Kliniken kontinuierlich statt. Eine Überwachung der Relaxation erfolgt in 58,9% der Kliniken. 37,7% der Kliniken setzen eine Überwachung der Narkosetiefe mittels BIS ein. Eine Extubation im Operationssaal findet in 74,8% der Einrichtungen statt. Ein Transport der noch ventilierten Patienten aus dem Operationssaal auf eine Überwachungsstation erfolgt in 56,7%. Eine postoperative Überwachung auf einer Intensivstation oder Monitorstation erfolgt in 83,2% der Kliniken. Eine routinemäßige postoperative CT-Verlaufskontrolle findet in 44,2% der Kliniken Anwendung.

4.5 Nicht-vaskuläre infratentorielle Eingriffe

In der Gruppe der nicht-vaskulären infratentoriellen Eingriffe wird in 88% der Einrichtungen ein großlumiger periphervenöser Zugang etabliert. In 97,2% der Kliniken wird ein Blasendauerkatheter eingelegt. Gekreuzte Erythrozytenkonzentrate werden in 53,7% der Abteilungen präoperativ zur Verfügung gestellt. In 95,3% der Kliniken erfolgt die IBDM bei nicht-vaskulären infratentoriellen Operationen nach Narkoseeinleitung. Lediglich 8,5% der Kliniken setzen die IBDM vor Narkoseeinleitung ein. Eine NIBDM wird ergänzend oder alternativ von 58,5% der Einrichtungen angelegt. Ein erweitertes hämodynamisches Monitoring wird von 2,8% der Abteilungen eingesetzt. Ein ZVK wird in 64,2% der Kliniken verwendet. Eine perioperative moderate Hypothermie führen 8,3% der Kliniken durch. 100% der Kliniken wenden eine endotracheale Intubation zur Atemwegssicherung an. Eine supraglottische Atemwegssicherung kommt nicht zur Anwendung. Die Patienten werden dabei in 84,4% mittels TIVA und in 40% der Kliniken mittels balancierter Anästhesie narkotisiert. Als Analgetikum wird in 85,3% der Einrichtungen Remifentanil, in 35,5% Sufentanil und in 23,4% Fentanyl eingesetzt. Propofol wird in 90,7% und Midazolam in 4,6 % der Abteilungen zur Aufrechterhaltung der Narkose appliziert. 63% der Kliniken führen eine diskontinuierliche und 11,9% eine kontinuierliche Muskelrelaxation durch. 60% der Einrichtungen ergänzen hierbei ein Monitoring der Relaxation. Die Narkosetiefe wird in 38,9% der Institute mittels BIS überwacht. 76,9% der Einrichtungen berichten, bei dieser Eingriffsart die Extubation bereits im Operationssaal durchzuführen. Alternativ werden in 55,7% der Abteilungen die noch ventilerten Patienten auf eine Überwachungs-/Intensivstation transportiert. 85,3% der Kliniken überwachen die Patienten auf einer Monitoring- oder Intensivstation. Eine routinemäßige postoperative cCT erfolgt in etwa 45% der Institute.

4.6 Vaskuläre infratentorielle Eingriffe

Für vaskuläre infratentorielle Eingriffe legen 95,2% der Kliniken einen großlumigen periphervenösen Zugang. 96,2% der Abteilungen führen einen Blasenkatheter ein. Erythrozyten-Konzentrate werden in 69,8% der Kliniken bereit gestellt. Vor Narkoseeinleitung etablieren 51,4% und nach Einleitung 68,6% der Kliniken eine arterielle Blutdruckmessung. Eine NIBDM wird in 56,9% der Institute angelegt. 74,3% der Kliniken verwenden neben oder alternativ zu einem großlumigen peripheren Zugang einen ZVK. Ein erweitertes hämodynamisches Monitoring wird in 5,7% der Einrichtungen durchgeführt. 17% der Kliniken berichten von einer perioperativen Hypothermie. Laut Rückmeldung der Einrichtungen erfolgt die Sicherung der Atemwege ausschließlich mittels endotrachealer Intubation (100%). Zur Einleitung der Narkose wird in 84% eine TIVA und in 42,2% eine balancierte Anästhesie durchgeführt. Hierzu wird zur Analgesie der Patienten Remifentanyl (84%), Sufentanyl (36,5%) oder Fentanyl (23,1%) appliziert. Als Narkotikum findet in 90,4% der Kliniken Propofol und in 3,8% der Kliniken Midazolam Anwendung. 60% der Einrichtungen nutzen eine diskontinuierliche Muskelrelaxation. 14,2% der Abteilungen setzen die Muskelrelaxation kontinuierlich ein. Ein Monitoring der neuromuskulären Übertragung erfolgt in 57,5% der Institute. Ein BIS-Monitoring zur Überwachung der Narkosetiefe wird in 38,1% der Einrichtungen angelegt. Postoperativ wird in 69,8% der Kliniken eine Extubation im Operationsaal angestrebt. Demgegenüber verlegen 60,2% der Kliniken noch ventilierte Patienten auf eine Intensivstation. Allgemein erfolgt eine Überwachung auf einer Monitoring-/Intensivstation in 84,8% der Kliniken. Eine postoperative cCT-Kontrolle erfolgt in 45,6% der Kliniken.

4.7 Statistischer Vergleich der anästhesiologischen Praktiken bei den unterschiedlichen Eingriffsarten

Signifikante Unterschiede im praktischen anästhesiologischen Vorgehen wurden mittels Fisher's exact test berechnet (Tabelle 4). Dabei wurde zwischen den Eingriffsarten und -lokalisationen unterschieden. Als signifikant wurde ein p-Wert von $<0,05$ angesehen.

Nach dieser Berechnung ergeben sich signifikante Unterschiede im Anwendungszeitpunkt der IBDM, der Anlage eines ZVKs, dem Legen eines großlumigen periphervenösen Zugangs sowie dem Zeitpunkt der Extubation und dem routinemäßigen Bereitstellen von gekreuzten Erythrozytenkonzentraten.

Präoperativ zeigt sich, dass gekreuzte Erythrozytenkonzentrate signifikant häufiger (non-vaskulär supratentoriell vs. vaskulär supratentoriell $p=0,001$; non-vaskulär supratentoriell vs. vaskulär infratentoriell $p=0,001$; vaskulär supratentoriell vs. non-vaskulär infratentoriell $p=0,017$; non-vaskulär infratentoriell vs. vaskulär infratentoriell $p=0,017$) in der Gruppe der vaskulären Eingriffe als in der Gruppe der non-vaskulären Eingriffe bereitgestellt werden. Innerhalb der beiden Gruppen der vaskulären Eingriffe liegt kein signifikanter Unterschied vor.

Auch die Anlage einer IBDM vor Einleitung der Narkose erfolgt signifikant häufiger bei vaskulären als bei nicht vaskulären Eingriffen (für alle Vergleiche $p<0,001$). Zwischen beiden vaskulären Eingriffsarten lässt sich kein signifikanter Unterschied eruieren.

Vice versa wird eine IBDM erst nach Narkoseeinleitung bei den non-vaskulären Eingriffen im Vergleich zu den vaskulären Eingriffen signifikant häufiger etabliert (für alle Vergleiche $p<0,001$). Auch hier zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden vaskulären Gruppen.

Bei den non-vaskulären supratentoriellen Eingriffen wird im Vergleich zu allen drei anderen Eingriffsarten signifikant seltener ein ZVK verwendet (non-vaskulär supratentoriell vs. vaskulär supratentoriell $p=0,002$; non-vaskulär

supratentoriell vs. non-vaskulär infratentoriell $p=0,014$; non-vaskulär supratentoriell vs. vaskulär infratentoriell $p<0,001$). Einen zusätzlichen oder ergänzenden großlumigen periphervenösen Zugang erhalten Patienten bei vaskulären supra- und infratentoriellen Eingriffen im Vergleich zu non-vaskulären supratentoriellen Eingriffen signifikant häufiger (non-vaskulär supratentoriell vs. vaskulär supratentoriell $p=0,041$; non-vaskulär supratentoriell vs. vaskulär infratentoriell $p=0,02$).

Postoperativ werden Patienten mit einem non-vaskulär supratentoriellen Eingriff signifikant häufiger im Operationssaal extubiert als Patienten mit einem vaskulär infratentoriellen Eingriff ($p =0,009$).

5 Diskussion

Bei der hier vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine internationale, europäische Querschnittsstudie, die das anästhesiologisch-perioperative Management während elektiver neurochirurgischer Eingriffe evaluiert. Zur Vermeidung einer zu großen Heterogenität in der Zielgruppe begrenzte sich die Befragung auf erwachsene Patienten der ASA-Klassifikation I und II. Ziel dieser Evaluation war es, ein Abbild der international angewandten anästhesiologischen Vorgehensweisen zu erfassen. Diese können dann eine Grundlage zur Diskussion und Erstellung einer nationalen oder auch einer internationalen Leitlinie darstellen. Ausgangspunkt hierfür ist, dass leitlinienbasiertes Handeln das patientenorientierte Outcome verbessert [1], da die Empfehlungen der Leitlinien zum Maßstab des ärztlichen Handelns werden [43, 44].

5.1 Gekreuzte Erythrozytenkonzentrate

Eine Transfusion von allogenen Erythrozytenkonzentraten ist mit einem erhöhten Risiko für schwerwiegende allergische Transfusionsreaktionen, sowie bakterielle Infektionen assoziiert und erhöht unabhängig hiervon die Sterblichkeit des Patienten [45, 46]. Daraus folgt, dass eine allogene Transfusion von Erythrozytenkonzentraten lediglich als Mittel der letzten Wahl zum Abwenden einer relevanten anämischen Hypoxie angewendet werden sollte [46]. Aufgrund dieser Überlegung geht der Trend zur Anwendung des multidisziplinären Patientenblut-Management-Konzeptes. Ziel laut Leitlinie „Präoperative Anämie“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin [47] ist die präoperative Anämiebehandlung, sowie die Einsparung der Ressource Fremdblut unter Nutzung patienteneigener (z. B. präoperative Anämiebehandlung) und technisch-operativer Ressourcen (z. B. maschinelle Autotransfusion, minimal-invasive Operationstechniken, etc.). Die Ergebnisse der hier präsentierten Querschnittsstudie zeigen, dass trotz dieser Bestrebungen in ca. 50 % der Zentren bei nicht vaskulären Eingriffen und ca. 70% aller Zentren bei vaskulären Eingriffen die Bereitstellung von gekreuzten Erythrozytenkonzentraten erfolgt, was für die

Transfusionswahrscheinlichkeit von unter 5% bei intrakraniellen Eingriffen als sehr hoch erscheint. Dies zeigt sich durch einen signifikanten Unterschied bei den beiden Gruppen (siehe 4.7). Dieses Vorgehen ist insbesondere unter Beachtung des Hintergrundes eines tendenziell geringen Blutverlustes bei neurochirurgischen Eingriffen kritisch zu sehen. Wobei hier die Einschränkung gilt, dass nicht die tatsächlich transfundierten Erythrozytenkonzentrate, sondern lediglich die Bereitstellung derselben erfragt worden ist.

5.2 Zentraler Venenkatheter

Für die Anwendungshäufigkeit des ZVKs zeigt sich gegenüber dem im Folgenden diskutierten Atemwegsmanagement eine deutlich größere Divergenz zwischen den Kliniken. Aus den oben präsentierten Daten lässt sich eine Abhängigkeit von Lokalisation und Gefäßbeteiligung der Pathologie erkennen. Am häufigsten erfolgt die Anlage bei vaskulären infratentoriellen Eingriffen wie Aneurysmata. Signifikant am seltensten im Vergleich zu den drei anderen Eingriffen wird der ZVK bei supratentoriellen nicht vaskulären Eingriffen verwendet. Bei den vaskulären Eingriffen ist eine genaue Blutdruckeinstellung notwendig, welche maßgeblich durch die zentrale herznahe Applikation von Vasopressoren durch einen ZVK ermöglicht werden kann [15]. Eine weitere Funktion eines ZVKs ist die Möglichkeit der Messung des zentralvenösen Drucks. Ein hoch normaler zentraler Venendruck wird in Operationen in sitzender oder halbsitzender Position bereits als potenziell protektiv gegenüber venöser Luftembolie aus dem Operationssitus angesehen. Zudem kann im Falle einer Luftembolie versucht werden, Luft über einen liegenden ZVK zu aspirieren [5]. Für neurochirurgische Eingriffe in Bauch- oder Rückenlagerung sind bislang keine Empfehlungen diesbezüglich formuliert worden.

Als Nachteile einer großzügigen standardmäßigen ZVK-Anlage ist stets das Risiko bspw. einer versehentlichen arteriellen Punktion, Fremdkörperinfektionen oder die intravasale Fehllage des Katheters anzuführen [48, 49].

Das Fehlen von einheitlichen Empfehlungen zur Anlage eines ZVKs spiegelt sich auch in den Daten der vorliegenden Arbeit. So zeigt sich bei vaskulären supratentoriellen Eingriffen eine tendenziell (statistisch nicht signifikante) geringere Anzahl an ZVK-Anlagen, obwohl das pathophysiologische Verständnis der blutdruckabhängigen Ruptur von Aneurysmata unabhängig ihrer Lokalisation ist [15]. Zudem verwendet eine signifikant geringere Anzahl an Kliniken bei supratentoriellen nicht vaskulären Eingriffen einen ZVK, obwohl auch hier Luftembolien auftreten können und, wie oben beschrieben, daher ein ZVK einen protektiven und therapeutischen Nutzen haben kann [50].

5.3 Hämodynamisches Monitoring

5.3.1 Arterielle Blutdruckmessung

Wie bereits oben beschrieben (siehe 2.3.3 Hämodynamisches Monitoring), bietet die IBDM den Vorteil einer kontinuierlichen Blutdrucküberwachung. Zudem ergibt sich aus dem arteriellen Zugang die Möglichkeit der einfachen arteriellen Blutentnahme und konsekutiv einer arteriellen Blutgasanalyse.

Generell wurde durch die meisten angeschriebenen Kliniken rückgemeldet, dass die Anlage einer IBDM unabhängig von Art und Lokalisation des neurochirurgischen Eingriffs nach Narkoseeinleitung erfolgt. Es ist anzunehmen, dass dadurch die arterielle Punktion und Annahm des Katheters für den Patienten komfortabler ist.

Bei neurochirurgischen Patienten mit vaskulären Eingriffen scheint die frühzeitige Anlage eines arteriellen Zugangs noch vor Applikation eines Anästhetikums von einem Teil der Kliniken als vorteilhaft eingestuft zu werden. Dies zeigt sich durch eine signifikant häufigere frühzeitige Anlage einer IBDM vor Narkoseeinleitung bei vaskulären versus nicht-vaskulären Eingriffen, ungeachtet der Lokalisation der Pathologie. Dieses Vorgehen spiegelt die Empfehlung der relevanten Blutdruckanpassung bei rupturierten Aneurysmata wider [51] und erlaubt es, die Blutdruckschwankungen während der Narkoseeinleitung zu überwachen. Eine frühzeitige Anlage einer IBDM wird in der hier zitierten Leitlinie [51] allerdings nicht explizit empfohlen. Für elektive vaskuläre Eingriffe, wie sie in der vorliegenden Arbeit untersucht worden sind,

existieren bislang keine derartigen Empfehlungen. Unklar ist darüber hinaus bislang, inwieweit während der Einleitung auftretende Schwankungen der hämodynamischen Parameter (siehe 2.4.2 Narkoseverfahren) einen signifikanten Einfluss auf das Outcome der Patienten haben.

5.3.2 Erweitertes hämodynamisches Monitoring

Wie bereits in der Literatur anerkannt, gilt die Implementierung des erweiterten hämodynamischen Monitorings bei neurochirurgischen Eingriffen nicht als anästhesiologischer Standard [12]. So zeigt Mutoh et. al. 2009, dass sich durch ein erweitertes hämodynamisches Monitoring keine statistisch signifikante Verbesserung des dreimonatigen funktionellen Outcomes der Patienten ergibt [52]. Ursachen die zu dieser Einschätzung führen könnten, sind die zu erwartenden geringen Blutverluste oder Volumenverlagerungen bei neurochirurgischen Eingriffen. Ebenso ist die Anwendung eines erweiterten hämodynamischen Monitorings mit erheblichen Mehrkosten verbunden. Diesen theoretischen Überlegungen folgend, zeigt sich in den hier erhobenen Daten eine geringe Anwendungshäufigkeit (4,9%) mit einer diskreten, jedoch nicht signifikanten Häufung bei vaskulären supratentoriellen Eingriffen.

5.4 Neuromuskuläre Blockade und Monitoring

Aus den erhobenen Daten zur kontinuierlichen und diskontinuierlichen Muskelrelaxation sowie zur Relaxometrie (siehe Tabelle 4) ergibt sich eine Diskrepanz zwischen Anwendungshäufigkeit einer Relaxation (74% der Kliniken) und der Überwachung dieser neuromuskulären Blockade (60% der Kliniken). In den daraus resultierenden Fällen, in denen keine Relaxometrie zur Anwendung kommt, besteht ein erhöhtes Risiko für Aspiration, Verlegung der Atemwege und Hypoxie [53, 54]. Aus diesen Gründen besteht bereits weitreichende Einigkeit darüber, ein neuromuskuläres Monitoring bei jeder Anwendung einer Relaxation durchzuführen [22, 55]. Die hier demonstrierten Daten legen somit nahe, dass eine eindeutige Handlungsempfehlung ein Desiderat wäre.

5.5 Kontrollierte Hypothermie

Obwohl bereits wissenschaftlich anerkannt ist, dass eine induzierte perioperative Hypothermie bei Patienten mit Indikation zur operativen Versorgung eines rupturierten Aneurysmas keinen Benefit hat [56], zeigt die hier durchgeführte Befragung, dass weiterhin ein geringer Anteil der Zentren eine milde Hypothermie bei vaskulären Eingriffen vornimmt. Dies beruht wahrscheinlich auf der theoretischen Überlegung, dass eine milde Hypothermie einen neuroprotektiven Effekt besitzt (siehe 2.3.6 Intraoperative Hypothermie). Dieser Effekt muss jedoch gegen ein erhöhtes Risiko an Infektionen, Gerinnungsstörungen und Lagerungsschäden aufgewogen werden [57, 58].

5.6 Atemwegssicherung

Unabhängig von der Lokalisation und der Gefäßbeteiligung zeigt sich eine ausnahmslose Präferenz der endotrachealen Intubation als praktischer Standard der Atemwegssicherung bei neurochirurgischen Eingriffen. Allerdings wurde bei nicht-vaskulären supratentoriellen Eingriffen zusätzlich die Anwendung von supraglottischen Atemwegssicherungen angegeben. Mangels wissenschaftlicher Literatur bezüglich der Anwendungsindikation von supraglottischen Atemwegssicherungen bei neurochirurgischen Eingriffen, scheint sich die Anwendung lediglich auf wenige kurze Eingriffe in einzelnen Zentren zu limitieren. Die Vorteile der supraglottischen Atemwegssicherung im Hinblick auf deren geringere Invasivität und einfache Anwendung (siehe 2.4.1 Atemwegssicherung) bleiben somit aufgrund fehlender Daten und Indikation zur sicheren Anwendung bei neurochirurgischen Eingriffen ungenutzt.

5.7 Narkoseverfahren

Für keines der zur Auswahl angebotenen Narkoseverfahren besteht in der Literatur eine klare Anwendungsempfehlung bei neurochirurgischen Eingriffen. Ein Cochrane Review aus dem Jahr 2016 zeigt bezüglich der Ausleitungsgeschwindigkeit und weiterer sekundärer Endpunkte keine

Unterschiede zwischen TIVA und balancierter Anästhesie. Allerdings ist das Risiko für postoperative Übelkeit und Erbrechen (PONV) bei Propofol niedriger, als bei der Verwendung von Sevofluran und Isofluran [59, 60], sodass sich bei bestehenden Risikofaktoren Empfehlungen zur Anwendung einer TIVA ergeben [61]. Entgegen der durch die Literatur suggerierten Gleichwertigkeit beider Verfahren zeigt sich in den hier präsentierten Daten eine deutliche Präferenz der TIVA gegenüber der balancierten Anästhesie. Mögliche Ursachen dieser Entscheidung sind die bereits oben erläuterten (2.4.2 Narkoseverfahren) theoretisch protektiven Einflüsse der TIVA auf den CPP und ICP sowie die Reduktion von PONV.

Ein geringer Teil der Kliniken gab an, eine balancierte Anästhesie als Narkoseverfahren anzuwenden, jedoch meist in Kombination mit der Angabe ebenfalls eine TIVA durchzuführen. Daraus lässt sich vermuten, dass einige Kliniken beide Möglichkeiten kombinieren, das Verfahren patientenindividuell anpassen oder dass unterschiedliche Handhabungen innerhalb der Klinik bekannt sind, sodass gerade in diesen Situationen eine standardisierte Empfehlung im Sinne einer Leitlinie evidenzbasierte Entscheidungen etablieren könnte.

5.8 Intravenöse Anästhetika

Nach Einleitung der Sedierung kann die Aufrechterhaltung der Narkose mittels verschiedener Narkotika erfolgen. Am häufigsten werden dabei aufgrund ihrer pharmakologischen Eigenschaften Propofol und Midazolam verwendet. Als Analgetikum kommen meist Remifentanil, Sufentanil oder Fentanyl zum Einsatz (siehe 2.4.4 Intravenöse Hypnotika).

In den meisten Kliniken (ca. 90%) wird Propofol gegenüber Midazolam unabhängig von Art und Lokalisation des Eingriffes präferiert. Propofol zeigt eine bessere Steuerbarkeit, ein zügigeres Ausleiten und den Erhalt eines stabileren ICP gegenüber Midazolam [62]. Außerdem ergibt sich ein geringerer dosisabhängiger Effekt im EEG als bei inhalativen Hypnotika, sodass ein akkurateres neurophysiologisches Monitoring möglich wird [63].

Ein besonderer Anspruch an die Anästhesie bei neurochirurgischen Eingriffen ergibt sich aus der Notwendigkeit eines schnellen Abklingens der Narkose [64]. Eine umfassende Untersuchung der Verwendung von Remifentanyl in der Neurochirurgie, speziell bei supratentoriellen Kraniotomien, wurde 1999 von Warner et al. durchgeführt. Sie zeigt durch Analyse klinischer Studien eine Stabilität hämodynamischer Parameter, eine sichere Ausleitung und uneingeschränkte Autoregulation der Arterien auf CO₂ bei den behandelten Patienten. Im Vergleich zwischen Fentanyl und Remifentanyl ergibt sich eine höhere Anzahl an Patienten mit rascher postoperativer Wiederherstellung kognitiver Fähigkeiten zugunsten von Remifentanyl [65]. Bilotta et al. untersuchten im Jahr 2007 die Zeit bis zum Wiedererlangen kognitiver Leistungen bei verschiedenen Anästhetika. Sie verglichen die beiden Kombinationen Propofol-Remifentanyl und Propofol-Sufentanyl. Bei Verwendung von Remifentanyl zeigte sich ein höherer Bedarf an blutdrucksenkender Therapie, jedoch eine signifikant kürzere Zeit bis zum Wiedererlangen kognitiver Fähigkeiten [66].

Diese wissenschaftliche Überlegung spiegelt sich in dem erhobenen breiten praktischen Konsens der angeschriebenen Kliniken in Europa wider. Zur Analgesie wird unabhängig von Art und Lokalisation des Eingriffs Remifentanyl gegenüber Sufentanyl und Fentanyl bevorzugt.

5.9 Extubation und Überwachung

Wie bereits beschrieben (2.6.1 Extubation und Überwachung), bietet die postoperative Überwachung der Vigilanz sowie die Untersuchung auf fokalneurologische Defizite am wachen und extubierten Patienten die effektivste Möglichkeit, frühzeitig postoperative Komplikationen wie beispielsweise durch einen erhöhten Hirndruck oder ein Hirnödem feststellen zu können [67, 68]. Daher wird neben einer schnellen Narkoseausleitung eine zeitnahe Extubation angestrebt [62, 69]. Entsprechend dieser Literatur erfolgt in einem Großteil der Kliniken die frühzeitige Extubation der Patienten (76,7%). Die Indikation zur Fortsetzung der Intubationsnarkose in den übrigen Kliniken ist aus den erhobenen Daten nicht ableitbar. Unabhängig von Art und Lokalisation des Eingriffs besteht zudem in mehr als 50% der Zentren der Standard, die

Überwachung in einem intubierten und beatmeten Zustand auf der Intensivstation fortzuführen. Im Hinblick auf die oben beschriebene Evidenz zur frühzeitigen Extubation könnte eine Leitlinie bezüglich des postoperativen Managements die Zentren bei dieser klinischen Entscheidung unterstützen. Unabhängig vom Extubationszeitpunkt werden die Patienten in 1/3 der Zentren postoperativ auf einer Intensivstation überwacht.

Entsprechend der Literatur zum postoperativen Management zeigt sich, dass eine frühzeitige klinisch-neurologische Untersuchung am wachen extubierten Patienten die Notwendigkeit zur radiologischen Beurteilung mittels cCT verringern kann (siehe 2.6.1 Extubation und Überwachung). Dennoch wurde von ca. 50% der angeschriebenen Kliniken rückgemeldet, dass eine routinemäßige cCT unabhängig von Art und Lokalisation des Eingriffs zur postoperativen Verlaufskontrolle erfolgt. Diese unterschiedlichen Handlungsweisen spiegeln das Fehlen einer Leitlinienempfehlung bezüglich der genauen Indikation zur postoperativen cCT wider. Die in dieser Arbeit dargestellten Daten zeigen, dass aus Sicht vieler Kliniker entgegen der oben angeführten publizierten Literatur (siehe 2.6.1 Extubation und Überwachung) eine Vorgabe zur routinemäßigen postoperativen cCT besteht.

Die aufgeführten Unterschiede in der perioperativen neuroanästhesiologischen Versorgung von elektiven supra- und infratentoriellen Eingriffen bei Erwachsenen der ASA-Klassifikation I und II in den verschiedenen Kliniken einerseits und die Diskrepanzen zwischen Praxis und Literatur andererseits könnten auf das Fehlen einheitlicher Standards wie Leitlinien zurückzuführen sein. Daher wären weitere Studien zur Steigerung der Evidenz in der neuroanästhesiologischen Versorgung bei elektiven intrakraniellen Operationen ein Desiderat. Die so gewonnen Erkenntnisse könnten genutzt werden, um nationale und internationale evidenzbasierte Leitlinien sowie SOPs für diese Art der Eingriffe zu entwickeln. Damit würde sowohl das Wohlbefinden des Patienten als auch das klinische Outcome optimiert werden.

5.10 Limitation der Studie

Die Limitation der Studie ergibt sich aus dem Aufbau des Fragebogens, sowie der Beantwortung und dem Rücklauf der Fragebögen aus den Kliniken.

Um das Standardvorgehen der Kliniken zu erfassen und vergleichbar zu machen, bezog sich der Fragebogen lediglich auf Erwachsene der ASA-Klassifikation I und II. Hierdurch erfolgte eine Homogenisierung des erfassten Patientenkollektivs, indem Kinder und Erwachsene mit anästhesiologisch relevanten Vorerkrankungen ausgeschlossen wurden. Das Abfragen der Anwendung herstellerepezifischer Produkte im Sinne von Markennamen wurde vermieden. Ausschließlich die Formulierung des BIS-Monitorings legt die spezifische Anwendung des BIS™ der Firma Medtronic nahe, welche jedoch nicht intendiert war.

Eine weitere Limitation ergibt sich aus der Art der Bearbeitung des Fragebogens durch die Kliniken. Der Fragebogen wurde aus dichotomen Einzelfragen im Sinne einer Nominalskala aufgebaut. Dadurch ergibt sich, dass ein Zutreffen beider Antwortmöglichkeiten ausgeschlossen war. Zudem zeigten sich einige Fragebogenitems abhängig voneinander. Eine Kombination bestimmter Antwortmöglichkeiten dieser voneinander abhängigen Fragebogenitems ergab kein logisches anästhesiologisches Vorgehen. Beispiele dafür fanden sich bei der Abfrage des Zeitpunktes der IBDM-Anlage (vor oder nach Narkoseeinleitung), bei der Auswahl des Narkoseverfahrens (TIVA oder balancierte Anästhesie), sowie bei der Atemwegssicherung (endotracheal oder supraglottisch). Von einigen Kliniken wurden bei diesen Fragepaaren dennoch beide Items ausgewählt, wodurch im Bereich mancher Prozeduren Häufigkeiten von über 100% erreicht wurden. Praktische Auflösungen sind für diesen Sachverhalt denkbar; beispielsweise durch unterschiedliche Standards innerhalb eines Hauses oder interindividuelles patientenorientiertes Vorgehen. Für die Wahl des Narkoseverfahrens wäre zusätzlich der intraoperative Wechsel zwischen TIVA und balancierter Narkose eine mögliche theoretische Erklärung.

Eine weitere Limitation folgt aus dem Rücklauf der angeschriebenen Kliniken. Bei der hier dargestellten Studie handelte es sich um eine Befragung von 15

europäischen Ländern, sodass beispielsweise US-amerikanische Standards nicht erfasst wurden. Zudem folgte aufgrund des verstärkten Rücklaufs aus Deutschland, dem Vereinigten Königreich und Frankreich eine absolute Überrepräsentation von 78,9%. Demgegenüber liegt eine absolute Unterrepräsentation von beispielsweise Slowenien und Kroatien vor. Aus beiden Ländern spiegelt der Rücklauf vermutlich nicht den nationalen Standard wider. Eine relative Gewichtung in Bezug auf die Einwohnerzahlen der Länder wurde nicht durchgeführt.

6 Zusammenfassung

Die hier präsentierte Arbeit ist eine Evaluation des perioperativen anästhesiologischen Managements bei elektiven neurochirurgischen intrakraniellen Eingriffen in Europa.

Eine standardisierte anästhesiologische perioperative Versorgung kann das Outcome von Patienten verbessern. Jedoch gibt es für den Fachbereich der Neuroanästhesie bei elektiven intrakraniellen Eingriffen in Bauch- oder Rückenlage bislang keine international gültigen Handlungsempfehlungen, die im Rahmen von Leitlinien publiziert sind. Zur Objektivierung der aktuell angewandten Verfahrensweisen wurde im Rahmen der hier präsentierten Arbeit ein dichotomer Fragebogen an europäische anästhesiologische Kliniken mit neurochirurgischer Versorgung versendet. Ziel ist es, hierdurch die angewandten Vorgehensweisen in den unterschiedlichen Kliniken abzubilden und Diskrepanzen zur wissenschaftlichen Literatur zu verdeutlichen. Der Fragebogen bezog sich auf erwachsene Patienten mit elektiven neurochirurgischen intrakraniellen Eingriffen der ASA Klassifikation I und II. Dabei erfolgte eine Einteilung nach Art des Eingriffs: vaskuläre (z.B. Aneurysmata) und nicht vaskuläre Eingriffe (z.B. Tumorsektion), sowie Lokalisation des Eingriffs: supra- und infratentorielle Eingriffe. Die Items des Fragebogens handelten die typischen Schritte einer perioperativen anästhesiologischen Patientenversorgung ab. Diese ließen sich in präoperatives Vorgehen und Monitoring, die Narkose sowie die postoperative

Versorgung gliedern. Insgesamt ergab sich ein Rücklauf von 109 Fragebögen (35% Rücklauf) aus 15 europäischen Ländern.

Eine europaweit übereinstimmende Präferenz der teilnehmenden Kliniken bezüglich Anwendungszeitpunkt bzw. Anwendungsstandards zeigte sich in Hinblick auf die Anwendung von großlumigen peripheren Venenkathetern sowie Blasenkathetern, die Implementierung der IBDM, die Atemwegssicherung mittels endotrachealer Intubation, das Narkoseverfahren mittels TIVA sowie die Bereitstellung gekreuzter Erythrozytenkonzentrate. So erfolgt unabhängig von Art und Lokalisation des Eingriffs die Narkose überwiegend mittels Propofol, Remifentanil und einer diskontinuierlichen Muskelrelaxation. Die Mehrheit der Kliniken implementiert die IBDM nach Narkoseeinleitung. Bei den vaskulären Eingriffen erfolgt die IBDM jedoch signifikant häufiger vor Narkoseeinleitung. Gekreuzte Erythrozytenkonzentrate werden bei vaskulären Eingriffen signifikant häufiger bereitgestellt, als bei nicht-vaskulären Prozeduren. Im postoperativen Management werden die Patienten in den meisten Kliniken im Operationssaal extubiert und auf einer Intensiv- oder Monitoringstation überwacht.

Hingegen zeigten sich Unterschiede in der perioperativen Anwendung von ZVK, moderater Hypothermie und neuromuskulärem Monitoring. Trotz klarer Empfehlung in der bislang veröffentlichten Literatur wurde das neuromuskuläre Monitoring nur von wenigen Kliniken als gängiges Verfahren zur Kontrolle der Relaxation angegeben.

Zudem zeigte sich, dass die vielfältigen Möglichkeiten des anästhesiologischen Patientenmanagements und der Instrumentierung (ZVK, erweitertes hämodynamisches Monitoring, Bereitstellung von Erythrozytenkonzentraten, intraoperative moderate Hypothermie) bei Gefäßoperationen umfangreicher ausgeschöpft werden, als bei den nicht-vaskulären Eingriffen.

Die aufgeführten Unterschiede in der Vorgehensweise der verschiedenen Kliniken einerseits und die Diskrepanzen zwischen Praxis und Literatur andererseits könnten auf das Fehlen einheitlicher Standards wie Leitlinien zurückzuführen sein. Daher wären weitere Studien bzgl. des

neuroanästhesiologischen Vorgehens bei elektiven intrakraniellen Operationen erforderlich. Die Ergebnisse könnten genutzt werden, um nationale und internationale Leitlinien sowie SOPs für diese Art der Eingriffe zu entwickeln. Dadurch könnte sowohl das Wohlbefinden des Patienten als auch das klinische Outcome optimiert werden.

7 Literaturverzeichnis

1. Grimshaw JM and IT Russell, *Effect of clinical guidelines on medical practice: a systematic review of rigorous evaluations*. Lancet. 1993;342. p. 1317–1322.
2. Jantzen J-P, Braun U, editors, *Neuroanaesthesie: Grundlagen - [Klinik] - Neuromonitoring - Intensivmedizin*; 50 Tabellen. Stuttgart u.a: Thieme; 2000.
3. Engelhard K, Tzanova I and T Kerz, *Anästhesie in der Neurochirurgie*. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, editors. *Die Anästhesiologie: Allgemeine und spezielle Anästhesiologie, Schmerztherapie und Intensivmedizin*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2017. p. 840–869.
4. Dinsmore J, *Anaesthesia for elective neurosurgery*. Br J Anaesth. 2007;99. p. 68–74.
5. Fritz G, Gösseln H-H von and U Linstedt, *Perioperatives Management bei neurochirurgischen Operationen in sitzender oder halbsitzender Position*. Anästhesiologie und Intensivmedizin. 2008. p. 47–51.
6. Ljungqvist O, Scott M and KC Fearon, *Enhanced Recovery After Surgery: A Review*. JAMA Surg. 2017;152. p. 292–298.
7. Wang Y, Liu B and T Zhao, et al., *Safety and efficacy of a novel neurosurgical enhanced recovery after surgery protocol for elective craniotomy: a prospective randomized controlled trial*. J Neurosurg. 2018. p. 1–12.
8. Meyer Saklad, *Grading of patients for surgical procedures*. Anesthesiology 1941;2(3):281-284.
9. ASA House of Delegates/Executive Committee, *ASA Physical Status Classification System*. 15. Oktober 2014. <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system>. Accessed 1 Jan 2021.
10. Hackett NJ, Oliveira GS de and UK Jain, et al., *ASA class is a reliable independent predictor of medical complications and mortality following surgery*. Int J Surg. 2015;18. p. 184–190.
11. Kiefel V, Greinacher A, *Transfusionsmedizin und Immunhämatologie*, <http://vkiefel.de/tmed.pdf>: <http://vkiefel.de/tmed.pdf>. Rostock; 28. Januar 2007.
12. Kretz F-J, Schäffer J, Terboven T, *Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*. 6th ed. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg; 2016.
13. Larsen R, *Anästhesie*. 11th ed. Philadelphia: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG; 2018.
14. Striebel HW, *Anästhesie - Intensivmedizin - Notfallmedizin: Für Studium und Ausbildung*. 9th ed. Stuttgart: Schattauer; 2016.
15. Hufschmidt A, Lücking CH, Rauer S, Glocker FX, *Neurologie compact*: Reinhard M, Hetzel A, Meckel S et al. *Aneurysmatische Subarachnoidalblutung (SAB)*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017.
16. Marit Habicher, Thomas Zajonz, Andreas Bauer, Andreas BöningJoachim Erb, Matthias Göpfert, Christian Hackmann, Sebastian Haas, Axel Heller, Matthias Heringlake, Marc Kastrup, Erich Kilger, Axel Kröner, Stephan Alexander Loer, Andreas Markewitz, Daniel Reuter, Uwe Schirmer, Claudia Spies, Sascha Treskatsch, Georg Trummer, Christoph Wiesenack, Michael Sander, *S3-Leitlinie Intensivmedizinische Versorgung herzchirurgischer Patienten - Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf*. 2017. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-016>. Accessed 28 Mar 2023.
17. Saugel B, Kouz K and TWL Scheeren, et al., *Cardiac output estimation using pulse wave*

- analysis-physiology, algorithms, and technologies: a narrative review.* Br J Anaesth. 2021;126. p. 67–76.
18. Lazaridis C, *Advanced hemodynamic monitoring: principles and practice in neurocritical care.* Neurocrit Care. 2012;16. p. 163–169.
 19. Lobdell KW, Chatterjee S and M Sander, *Goal-Directed Therapy for Cardiac Surgery.* Crit Care Clin. 2020;36. p. 653–662.
 20. Giglio M, Biancofiore G and A Corriero, et al., *Perioperative goal-directed therapy and postoperative complications in different kind of surgical procedures: an updated meta-analysis.* J Anesth Analg Crit Care. 2021;1.
 21. Checketts MR, Alladi R and K Ferguson, et al., *Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland.* Anaesthesia. 2016;71. p. 85–93.
 22. Brull SJ and AF Kopman, *Current Status of Neuromuscular Reversal and Monitoring: Challenges and Opportunities.* Anesthesiology. 2017;126. p. 173–190.
 23. Sigl JC and NG Chamoun, *An introduction to bispectral analysis for the electroencephalogram.* Journal of Clinical Monitoring. 1994 Nov;10. p. 392–404.
 24. Choi R, Andres RH and GK Steinberg, et al., *Intraoperative hypothermia during vascular neurosurgical procedures.* Neurosurg Focus. 2009;26. E24.
 25. Cole CD, Gottfried ON and DK Gupta, et al., *Total intravenous anesthesia: advantages for intracranial surgery.* Neurosurgery. 2007;61. 369-77; discussion 377-8.
 26. Roewer N, Thiel H, Wunder C, *Anästhesie compact: Leitfaden für die klinische Praxis.* 4th ed. s.l.: Georg Thieme Verlag KG; 2012.
 27. Magni G, Baisi F and I La Rosa, et al., *No difference in emergence time and early cognitive function between sevoflurane-fentanyl and propofol-remifentanyl in patients undergoing craniotomy for supratentorial intracranial surgery.* J Neurosurg Anesthesiol. 2005;17. p. 134–138.
 28. Talke P, Caldwell JE and R Brown, et al., *A comparison of three anesthetic techniques in patients undergoing craniotomy for supratentorial intracranial surgery.* Anesth Analg. 2002;95. 430-5, table of contents.
 29. Schmoch T, Jungk C and T Bruckner, et al., *The anesthetist's choice of inhalational vs. intravenous anesthetics has no impact on survival of glioblastoma patients.* Neurosurg Rev. 2021;44. p. 2707–2715.
 30. Martorano PP, Aloj F and S Baietta, et al., *Sufentanil-propofol vs remifentanyl-propofol during total intravenous anesthesia for neurosurgery. A multicentre study.* Minerva Anesthesiol. 2008;74. p. 233–243.
 31. Aktories K, Forth W, Henschler D, Rummel W, *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie.* 11th ed. München: Urban & Fischer in Elsevier; 2013.
 32. Piek J, editor, *Neurochirurgie für Einsteiger.* 1st ed. Berlin: De Gruyter; 2019.
 33. *Diagnosis and Evaluation of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage.* The Neurosurgical Atlas. 19.11.2014.
 34. Herrlinger U, Zentner J and A-L Grosu, et al., *Allgemeines: Hirntumoren.* In: Hufschmidt A, Lücking CH, Rauer S, Glocker FX, editors. Neurologie compact. 7th ed.: Georg Thieme Verlag; 2017.
 35. *Superior Cerebellar Artery Aneurysm.* The Neurosurgical Atlas. 29.07.2015.
 36. Alkhalili K, Zenonos G and Z Tataryn, et al., *The Utility of Early Postoperative Head Computed Tomography in Brain Tumor Surgery: A Retrospective Analysis of 755 Cases.* World Neurosurg. 2018;111. e206-e212.
 37. Benveniste RJ, Ferraro N and A Tsimpas, *Yield and utility of routine postoperative*

- imaging after resection of brain metastases.* J Neurooncol. 2014;118. p. 363–367.
38. Yang K, Landry AP and M Aljoghaiman, et al., *Postoperative CT scans after resection of brain metastases: neurosurgical routine or added value?* J Neurooncol. 2022.
 39. Deutsche Krankenhaus Gesellschaft, *Deutsches Krankenhausverzeichnis.* <https://dkg.promato.de/de/suche/Behandlung.html>. Accessed 2 Mar 2018.
 40. Wikipedia, *List of University Hospitals.* https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_university_hospitals. Accessed 2 Mar 2018.
 41. Neuro Anaesthesia & Neuro Critical Care Society. <https://naccs.org.uk>. Accessed 1 Nov 2018.
 42. Société Française d'Anesthésie et de Réanimation. <https://sfar.org>. Accessed 1 Nov 2018.
 43. Merry AF, Cooper JB and O Soyannwo, et al., *International Standards for a Safe Practice of Anesthesia 2010.* Can J Anaesth. 2010;57. p. 1027–1034.
 44. World Health Organization, *WHO guidelines for safe surgery.* Geneva: World Health Organization; 2009.
 45. Blajchman MA, *Immunomodulation and blood transfusion.* Am J Ther. 2002;9. p. 389–395.
 46. Goodnough LT and A Shander, *Patient blood management.* Anesthesiology. 2012;116. p. 1367–1376.
 47. Kaufner, L., Von Heymann, C., Pistner, H., *S3-Leitlinie Präoperative Anämie.* 2018.
 48. Ruesch S, Walder B and MR Tramèr, *Complications of central venous catheters: internal jugular versus subclavian access--a systematic review.* Crit Care Med. 2002;30. p. 454–460.
 49. Smit JM, Raadsen R and MJ Blans, et al., *Bedside ultrasound to detect central venous catheter misplacement and associated iatrogenic complications: a systematic review and meta-analysis.* Crit Care. 2018;22. p. 65.
 50. Michels P, Meyer EC and IF Brandes, et al., *Intraoperative vaskuläre Luftembolie : Evidenz bei Risiko, Diagnostik und Therapie.* Anaesthesist. 2021;70. p. 361–375.
 51. Connolly ES, Rabinstein AA and JR Carhuapoma, et al., *Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/american Stroke Association.* Stroke. 2012;43. p. 1711–1737.
 52. Mutoh T, Kazumata K and T Ishikawa, et al., *Performance of bedside transpulmonary thermodilution monitoring for goal-directed hemodynamic management after subarachnoid hemorrhage.* Stroke. 2009;40. p. 2368–2374.
 53. Murphy GS and SJ Brull, *Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part I: definitions, incidence, and adverse physiologic effects of residual neuromuscular block.* Anesth Analg. 2010;111. p. 120–128.
 54. McLean DJ, Diaz-Gil D and HN Farhan, et al., *Dose-dependent Association between Intermediate-acting Neuromuscular-blocking Agents and Postoperative Respiratory Complications.* Anesthesiology. 2015;122.
 55. Murphy GS, Szokol JW and JH Marymont, et al., *Intraoperative acceleromyographic monitoring reduces the risk of residual neuromuscular blockade and adverse respiratory events in the postanesthesia care unit.* Anesthesiology. 2008;109. p. 389–398.
 56. Todd MM, Hindman BJ and WR Clarke, et al., *Mild intraoperative hypothermia during surgery for intracranial aneurysm.* N Engl J Med. 2005;352. p. 135–145.
 57. Hart SR, Bordes B and J Hart, et al., *Unintended perioperative hypothermia.* Ochsner J. 2011;11. p. 259–270.

58. Seamon MJ, Wobb J and JP Gaughan, et al., *The effects of intraoperative hypothermia on surgical site infection: an analysis of 524 trauma laparotomies*. *Ann Surg*. 2012;255. p. 789–795.
59. Prabhakar H, Singh GP and C Mahajan, et al., *Intravenous versus inhalational techniques for rapid emergence from anaesthesia in patients undergoing brain tumour surgery*. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;9.
60. Dewinter G, Staelens W and E Veef, et al., *Simplified algorithm for the prevention of postoperative nausea and vomiting: a before-and-after study*. *Br J Anaesth*. 2018;120.
61. Kappen TH, *Risk-tailored prophylaxis for postoperative nausea and vomiting: has the big little problem gotten any smaller?* *Br J Anaesth*. 2018;120. p. 9–13.
62. McKeage K and CM Perry, *Propofol: a review of its use in intensive care sedation of adults*. *CNS drugs*. 2003;17.
63. Sloan TB, *Anesthetic effects on electrophysiologic recordings*. *J Clin Neurophysiol*. 1998;15. p. 217–226.
64. Lauti E, Abbinante C and A Del Gaudio, et al., *Emergence times are similar with sevoflurane and total intravenous anesthesia: results of a multicenter RCT of patients scheduled for elective supratentorial craniotomy*. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2010;22. p. 110–118.
65. Warner DS, *Experience with remifentanil in neurosurgical patients*. *Anesth Analg*. 1999;89. S33-9.
66. Bilotta F, Caramia R and FP Paoloni, et al., *Early postoperative cognitive recovery after remifentanil-propofol or sufentanil-propofol anaesthesia for supratentorial craniotomy: a randomized trial*. *Eur J Anaesthesiol*. 2007;24. p. 122–127.
67. Zetterling M and E Ronne-Engström, *High intraoperative blood loss may be a risk factor for postoperative hematoma*. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2004;16. p. 151–155.
68. Rangel-Castilla L, Rangel-Castillo L and S Gopinath, et al., *Management of intracranial hypertension*. *Neurol Clin*. 2008;26. 521-41, x.
69. Taylor WA, Thomas NW and JA Wellings, et al., *Timing of postoperative intracranial hematoma development and implications for the best use of neurosurgical intensive care*. *J Neurosurg*. 1995;82.

8 Thesen

1. Das Legen von großlumigen periphervenösen Zugängen und Blasenkathetern ist in den meisten europäischen Kliniken Standardprozedur bei elektiven intrakraniellen neurochirurgischen Eingriffen.
2. Gekreuzte Erythrozytenkonzentrate werden signifikant häufiger bei vaskulären Eingriffen angefordert, als bei nicht-vaskulären.
3. Der ZVK findet bei den vaskulär infratentoriellen Eingriffen die häufigste Verwendung.
4. Die IBDM wird in der überwiegenden Zahl der Kliniken nach Narkoseeinleitung implementiert.
5. Die IBDM nach Narkoseeinleitung wird bei nicht-vaskulären Eingriffen signifikant häufiger durchgeführt, als bei den vaskulären Eingriffen.
6. Bei den vaskulären Eingriffen wird die IBDM vor Narkoseeinleitung in signifikant mehr Kliniken angewendet, als bei den nicht-vaskulären Eingriffen.
7. Das erweiterte hämodynamische Monitoring findet entsprechend der wissenschaftlichen Literatur in der Neuroanästhesie selten Verwendung.
8. Das neuromuskuläre Monitoring gehört nur in wenigen europäischen Kliniken zur Routinemaßnahme bei elektiven intrakraniellen neurochirurgischen Operationen.
9. Die Atemwegssicherung bei elektiven intrakraniellen neurochirurgischen Eingriffen erfolgt in allen teilnehmenden Kliniken durch endotracheale Intubation.
10. Die überwiegende Zahl der Kliniken verwenden die TIVA bevorzugt mit Propofol, Remifentanyl und einer diskontinuierlichen Muskelrelaxation als Narkoseform.

11. Die meisten Kliniken überwachen die extubierten oder ventilierten Patienten postoperativ auf einer Intensiv- oder Monitoringstation und präferieren eine frühzeitige Extubation.

9 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie der Universitätsmedizin Rostock, namentlich meinem Doktorvater Prof. Dr. Sebastian Haas und meinem Betreuer Priv.-Doz. Dr. Benjamin Löser, die mir das Thema der Doktorarbeit überlassen haben. Durch den zuverlässigen Kontakt mit Priv.-Doz. Dr. Benjamin Löser, die intensive Betreuung sowie Hilfestellungen bei der Datenverarbeitung wurde die Querschnittsstudie, die Publikation und das Verfassen der Promotionsarbeit erst möglich.

Außerdem möchte ich mich bei Heike Lösecke und Dr. Juliane Klabunde bedanken, die mich bei der Datenerhebung und statistischen Arbeit tatkräftig unterstützt haben.

Für die konstante Unterstützung während der Anfertigung meiner Arbeit bin ich meiner Familie und meinen Freunden sehr dankbar.

10 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Braunschweig

(Abgabedatum)

(Vollständige Unterschrift)

11 Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name	Theresa Lattau
Geburtsdatum/Ort	04.10.1994, Braunschweig
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	verheiratet

Schulbildung

2014	Abitur an der Freien Waldorfschule Braunschweig
------	---

Hochschulbildung

2014-2020	Studium der Humanmedizin an der Universität Rostock
2016	Physikum, erstes Staatsexamen
2019	Zweites Staatsexamen
2020	Drittes Staatsexamen
2020	Publikation: Löser, B., Lattau, T. , Sies, V. et al. International survey of neurosurgical anesthesia (iSonata). <i>Anaesthesist</i> 69, 183–191 (2020) doi:10.1007/s00101-019-00727-z

Praktika

2017	Famulatur in der Anästhesie, Klinikum Eschwege
2018	Famulatur in der Allgemeinmedizin, Braunschweig
2018	Famulatur in der Gynäkologie, Addington Hospital Südafrika
2019	Famulatur in der Gynäkologie, Braunschweig
2019-2020	Praktisches Jahr im Klinikum Braunschweig

Berufserfahrung

Ab März 2021	Ärztin in Weiterbildung in der Frauenklinik Braunschweig
--------------	--