

Awake craniotomy

G.S. Joos

Wachkraniotomie

► **Zitierweise:** Joos GS: Wachkraniotomie. *Anästh Intensivmed* 2023;64:271–281.
DOI: 10.19224/ai2023.271

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

Interessenkonflikt

Der Autor gibt an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Anästhesiologie – Wachkraniotomie – Dexmedetomidin – Notfallmedizin – Intraoperatives Monitoring

Keywords

Anaesthesiology – Awake Craniotomy – Dexmedetomidine – Emergency Medicine – Intraoperative Monitoring

Zusammenfassung

Neurochirurgische Resektionen intrakranieller Raumforderungen sind sowohl aus chirurgischer als auch aus anästhesiologischer Sicht, aber vor allem auch aus Perspektive der PatientInnen eine große Herausforderung. Die Möglichkeiten der Mikrochirurgie, die Hinzunahme der Sonographie zur intraoperativen Bildgebung, die Durchführung der Eingriffe unter Neuronavigation, die Identifikation und Resektion von Tumorzellen mithilfe entsprechend fluoreszierender Substanzen und die Etablierung eines Neuromonitorings zur kontinuierlichen Überwachung stellen eine stetige Weiterentwicklung dar. Die Resektion an der Grenze zum Gesunden und vor allem nahe risikobehafteter Hirnareale unter Monitoring wacher, auf Aufforderung agierender PatientInnen bedeutet eine weitere, wichtige Optimierung. Dadurch ist es möglich, neben einer Verbesserung des operativen Ergebnisses auch die Sicherheit der PatientInnen zu erhöhen. Deren zuverlässige Mitarbeit ist essenziell für die Durchführung einer Wachkraniotomie. Um die bestmöglichen Voraussetzungen hierfür zu schaffen, braucht es ein erfahrenes und routiniert arbeitendes Anästhesie-Team, welches mit den Abläufen und Prozessen sowie den Besonderheiten auf anästhesiologischer und neurochirurgischer Seite vertraut und in ein funktionierendes, interdisziplinäres Behandlungsteam eingebunden ist. Es haben sich im Wesentlichen zwei Vorgehensweisen herausentwickelt: „asleep –

awake – asleep“ und „awake – awake – awake“. Dieser Artikel soll den LeserInnen entsprechende Einblicke in Bezug auf das Vorgehen im Rahmen der „awake – awake – awake“-Strategie liefern: Von der Auswahl der PatientInnen über das im Rahmen der Einleitung notwendige Equipment bis hin zum Umgang mit Komplikationen und der postoperativen Versorgung im Aufwachraum.

Summary

The resection of an intracranial brain tumour is challenging for anaesthetic and neurosurgical management as well as for the patient. The possibilities of microsurgery, the use of ultrasound for intraoperative imaging, neuronavigation, fluorescent dye and establishment of neuromonitoring represent an important advance. A further crucial step to discriminate the functional brain tissue from the brain tumour is the testing and monitoring of an awake and compliant patient during surgical resection. This allows optimising the surgical results as well as the patient safety. To improve patient cooperation, an experienced and qualified team of anaesthesiology experts is needed. There are two approaches: “asleep – awake – asleep” and “awake – awake – awake”. This article aims to present an overview of a craniotomy in the “awake – awake – awake”-procedure including the choice of patients, the necessary equipment, the management of complications and postoperative care.

Einleitung

Eine **intrakranielle Raumforderung**, ob benigner oder maligner Dignität, stellt nicht nur aus medizinischer Sicht eine große Herausforderung dar. Auf Seite der PatientInnen sind nicht selten therapieresistente Kopfschmerzen, plötzlich einsetzende, nicht-kardial bedingte Synkopen oder gar epileptische Entäußerungen als mögliche Erstmanifestation der Beginn eines längeren Krankheitsprozesses. All diese Symptome vereinnahmen neben den PatientInnen selbst in den meisten Fällen unweigerlich auch deren Umfeld in einem nicht unerheblichen Maße. Gerade die mit (Verdachts-)Diagnosestellung einhergehenden psychischen Belastungen spielen eine gewichtige Rolle.

Pro Jahr erkranken in Deutschland etwa 7.000 Menschen an einem Hirntumor [1].

Dabei zählen Gliome mit einer Inzidenz von 5–6 pro 100.000 Menschen mit zu den häufigsten primären Hirntumoren [2]. Zur **Therapie** dieser intrakraniellen Raumforderungen gehört aufgrund der besonderen Lage und der unterschiedlichen Wachstumscharakteristiken zu meist deren **Resektion**, um weitere Komplikationen oder gar einen Progress bis hin zu einer infausten Situation zu verhindern. Im Falle der Gliome kann eine vollständige Heilung nicht erreicht werden. Eine **RO-Resektion**, eine Resektion im Gesunden mit einem ausreichenden Sicherheitsabstand wie häufig im Rahmen anderer tumorchirurgischer Eingriffe angestrebt, ist im Rahmen intrakranieller Resektionen praktisch nicht sinnvoll möglich [3]. Die Möglichkeiten hinsichtlich der **Immuntherapie** erscheinen zumindest im Tiermodell aussichtsreich [4]. In den letzten Jahren haben sich verschiedene neue Möglichkeiten zur Optimierung der operativen Resektion intrakranieller Raumforderungen entwickelt und zunehmend etabliert. So zählen beispielsweise

- eine verbesserte Bildgebung mit der Möglichkeit zur **intraoperativen Navigation**,
- der Einsatz **intrakranieller Sonographie**,

- die **Anfärbung von Gliomen** mittels 5-Aminolävulinäure (5-ALA) zur intraoperativen Darstellung und
- die Resektion von Tumorgewebe unter Zuhilfenahme von **Ultraschallwellen** (Cavitron Ultrasonic Surgical Aspirator®, kurz: CUSA®)

in vielen Zentren zu den Standardverfahren [5]. Eine zunehmend wichtige Rolle spielt das intraoperativ etablierte **Neuro-monitoring**. Hierbei können einerseits neuronale Strukturen und Bahnen im Operationsgebiet mittels kortikalem und subkortikalem Mapping identifiziert werden und andererseits eine kontinuierliche Funktionsüberwachung mittels evozierter Potenziale erfolgen. Dabei werden **somatosensibel, motorisch, akustisch und auch visuell evozierte Potenziale** unterschieden. Durch die Ableitung dieser Potenziale können aufsteigende wie auch absteigende Leitungsbahnen überwacht werden [6,7].

Dennoch verbleibt trotz allen Fortschritts ein Problem: Die Resektionsgrenzen hin zu funktionell wichtigen Strukturen und Bahnen bleiben ein Risikobereich.

Einerseits kann es zu einer nur ungenügenden Resektion, andererseits zu einer Verletzung und damit möglichen Beeinträchtigungen relevanter Bereiche kommen. Etwa 10–15 % der Tumore liegen in der Nähe **risikobehafteter Gebiete** wie dem somatosensorischen Kortex, dem Motorkortex oder dem Broca- beziehungsweise Wernicke-Areal. Zudem gibt es eine **hohe individuelle Variabilität** bezüglich der Lage der kortikalen Sprachareale, und durch den Tumor selbst kann es zu einer weiteren Verschiebung der regulären Anatomie kommen [8,9]. Gerade bei der Sprache handelt es sich um eine komplexe Funktion, welche mittels Neuromonitoring nur schwer in ihrer Vollständigkeit zu erfassen ist und andere funktionelle Bereiche sind oftmals nicht klar definiert. Hier bietet die Möglichkeit zur **Resektion bei wachen, kooperativen PatientInnen** im Rahmen einer sogenannten **Wachkraniotomie** immense Vorteile. Tumorgewebe kann im Rahmen eines solchen Eingriffs selbst in grenznahen, risikobehafteten Arealen unter direkter neurologischer Beurteilung der PatientInnen reseziert werden. Die Gefahr einer funktionellen Schädigung wichtiger

Tabelle 1

Darstellung der anästhesiologischen Strategien zur Durchführung einer Wachkraniotomie.

	„asleep – awake – asleep“	„awake – awake – awake“
zeitlicher Ablauf		
Einleitung	Beginn der Allgemeinanästhesie	Beginn der Sedierung
anästhesiologische Vorbereitung	Allgemeinanästhesie	Sedierung
operative Vorbereitung		
operativer Zugang		
Testphase / Resektion	PatientIn im Wachzustand	
operativer Verschluss	Allgemeinanästhesie	Sedierung
Airway	intermittierende Atemwegsicherung, in der Regel mittels supraglottischer Atemwegshilfe	Sauerstoffbrille mit CO ₂ -Messung
Breathing	intermittierende Beatmung	durchgehende Spontanatmung
Circulation	ggf. Einsatz von Katecholaminen	ggf. Einsatz von Katecholaminen
Disability	PatientIn zur Testphase wach	PatientIn auf Ansprache erweckbar, zur Testphase wach
Environment	geringere Rate an epileptischen Entäußerungen [13]	geringere Komplikationsrate, kürzere Operationsdauer [13]

Strukturen mit einem bleibenden neurologischen Defizit, wie beispielsweise einem Verlust oder einer Einschränkung sensorischer und motorischer Sprachfunktionen, kann so gemindert werden. Damit ein solches Verfahren gelingt, ist ein **perfektes Zusammenspiel aller Beteiligten, die PatientInnen eingeschlossen**, notwendig [10–12]. Die zuständigen AnästhesistInnen nehmen dabei hinsichtlich Vorbereitung, Überwachung und Steuerung der Sedierungstiefe eine zentrale Rolle ein. Gleichsam gilt es, jederzeit auf etwaige Komplikationen vorbereitet zu sein.

Es haben sich in Bezug auf die Vorgehensweise verschiedene anästhesiologische Strategien entwickelt, um eine suffiziente, intraoperative Testung der PatientInnen zu ermöglichen. Die Verwendung der Begrifflichkeiten ist häufig nicht einheitlich. Grundsätzlich unterscheiden sich diese hinsichtlich des **Grades der Sedierung** und dahingehend, ob eine **Atemwegssicherung** erfolgt (Tab. 1). In der Folge wird das awake – awake – awake-Verfahren zur Wachkraniotomie näher dargestellt.

Präoperative Phase

Auswahl der PatientInnen

Im Rahmen einer Wachkraniotomie sind die PatientInnen als **Teil des Behandlungsteams** anzusehen. Die jeweilige Kooperativität ist mit ausschlaggebend für den Erfolg. Im Vorfeld des Eingriffs sind entsprechende individuelle Vorbereitungen zu treffen. Neben einer **neuropsychologischen Beurteilung** aufgrund der bevorstehenden prozedural bedingten Belastungen ist eine **Schulung** hinsichtlich der intraoperativ durchzuführenden Testungen erforderlich. Bei bestehenden **Sprachbarrieren** kann der Einsatz von DolmetscherInnen erwogen werden. Allerdings darf der Aspekt einer **vertrauensvollen und emotional stabilisierenden Beziehung**, die zwischen übersetzender Person und den jeweiligen PatientInnen aufgebaut werden sollte, nicht außer Acht gelassen werden. Im Rahmen der Vorbereitungen ist daher stets ein engmaschiger Austausch mit

den operativen PartnerInnen hinsichtlich jedweder Bedenken anzuraten.

Anästhesiologische Aufklärung

Neben der **Feststellung einer allgemeinen Narkosefähigkeit** für den jeweiligen Eingriff steht auch auf anästhesiologischer Seite die **psychische Eignung** mit im Vordergrund. Dabei ist ein vertrauensvolles Verhältnis zwischen PatientInnen und AnästhesistInnen essenziell. Das Aufklärungsgespräch sollte daher schon durch die Personen erfolgen, welche die PatientInnen am Tag der Operation betreuen werden. Im Rahmen dessen kann das den PatientInnen bevorstehende Prozedere („awake – awake – awake“) vorgestellt und erläutert sowie gemeinsam besprochen werden. Darunter ist zu verstehen, dass die PatientInnen die gesamte Operationsdauer über **sediert, aber jederzeit erweckbar und spontan atmend** sein werden. Individuelle Besonderheiten oder Wünsche können direkt geäußert werden und entsprechend Berücksichtigung finden. Für den Fall, dass intraoperativ ein **Verfahrenswechsel** hin zu einer Allgemeinanästhesie erforderlich sein sollte, ist es zwingend nötig, die PatientInnen vorab über die prinzipielle Notwendigkeit und die damit einhergehenden Maßnahmen zur Atemwegssicherung aufzuklären. Zudem sollten die PatientInnen über venöse und arterielle Kanülierungen, die temporäre Anlage eines Blasenkatheters, die Möglichkeit einer Bluttransfusion und die postoperative Überwachung auf einer entsprechenden Station aufgeklärt werden. Auf eine medikamentöse Prämedikation kann verzichtet werden, um die Testphase nicht zu beeinträchtigen. Kreislaufwirksame Medikamente, mit Ausnahme der Betablocker, werden bereits mit der Einnahme vom Vortag der Operation pausiert, um intraoperative, hämodynamische Komplikationen möglichst zu vermeiden [14]. Die Einnahme von **Antikonvulsiva** sollte unverändert fortgeführt werden [15].

Als **relative Kontraindikationen** für eine Wachkraniotomie können

- ein bereits vorbestehendes neurologisches Defizit,
- eine mangelnde Kooperationsbereitschaft,

- psychische Vorerkrankungen sowie
- Kommunikationseinschränkungen gelten.

Vorhersehbare Schwierigkeiten in Bezug auf eine gegebenenfalls nötig werdende Atemwegssicherung, wie beispielsweise ein vorbeschriebener schwieriger Atemweg mit der Notwendigkeit einer fiberoptischen Wachintubation, stellen eine absolute Kontraindikation dar.

Anästhesie-Team

Das die PatientInnen betreuende **Team der Anästhesiologie**, bestehend aus Anästhesiepflegekräften und AnästhesistInnen, sollte sich untereinander kennen, bereits im Vorfeld zusammengearbeitet haben und mit den Verfahren der Neuroanästhesie, insbesondere der Wachkraniotomie, vertraut sein.

Gemeinsam mit der Pflegekraft ist ein professionelles, ruhiges, empathisches und sicheres Auftreten sowie ein eng aufeinander abgestimmtes und harmonisches Vorgehen gegenüber den PatientInnen wichtig.

Einleitung

Allgemeines Vorgehen

Im Vorbereitungsraum der Anästhesiologie findet nach dem erfolgten Kennenlernen am Vortag das Wiedersehen mit den betreuenden AnästhesistInnen statt. Nach Vorstellung des weiteren Teams der Anästhesiologie und der routinemäßigen Durchführung des WHO-Sicherheitschecks kann mit den weiteren Vorbereitungen begonnen werden. Nach Inbetriebnahme der unter den PatientInnen befindlichen Wärmematte wird zunächst das Basismonitoring, bestehend aus Elektrokardiogramm, der nicht-invasiven Blutdruckmessung auf der ipsilateral zum Befund liegenden Seite und einem Fingerclip zur Messung der Sauerstoffsättigung, etabliert. Anschließend wird eine periphere Venenverweilkanüle gelegt, über die unmittelbar die kontinuierliche Gabe von Dexmedetomidin gestartet werden kann.

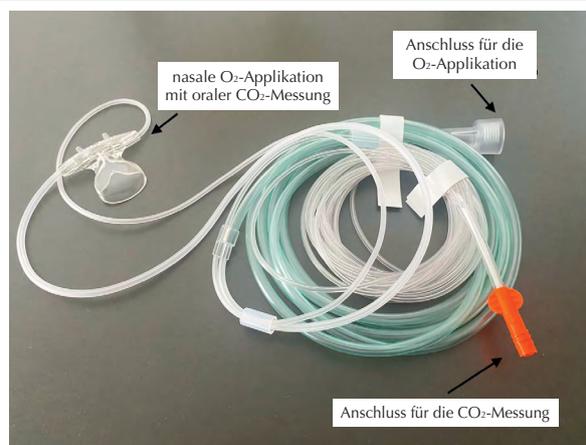
Für die genannten anästhesiologischen Vorbereitungen sollte ein großzügiges Zeitfenster von mindestens 30 Minuten für die sorgfältige Instrumentierung sowie die behutsame Eindosierung der Medikamente einkalkuliert werden.

Bei gleichzeitiger Verwendung eines Neuromonitorings und einiger Wärmegeräte ist zu beachten, dass **störende Interferenzen** entstehen können und dadurch möglicherweise die Messungen beeinträchtigt werden. Ein kurzzeitiges Pausieren der aktiven Wärmung in den jeweiligen Testphasen durch Trennen von der Spannungsquelle kann hier Abhilfe schaffen.

Medikamente: Dexmedetomidin und Remifentanyl (und Propofol)

Zu Beginn kann **Dexmedetomidin** beispielsweise mit einer Dosierung von 1,0 µg/kg/h gestartet werden. In Abhängigkeit der eintretenden Wirkung wird eine individuelle sowie situative Anpassung notwendig (0,2 bis 1,4 µg/kg/min laut Fachinformation). Das Imidazolderivat wirkt als selektiver Alpha-2-Agonist sympatholytisch und entwickelt eine sedierende Wirkung durch eine Abnahme der Aktivität im Locus coeruleus. Das Medikament wird mit 4 µg/ml auf 50 ml aufgezogen und mittels Spritzenpumpe verabreicht. Denkbar sind auch andere Verdünnungen, jedoch sollten die notwendigen Laufraten Beachtung finden. Bolusgaben können aufgrund der Neigung zu **Bradykardien**, gerade bei älteren PatientInnen, ein Risiko darstellen [16]. Da es sich um einen Elektiveingriff mit ausreichend Zeit im Rahmen der anästhesiologischen Einleitung handelt, kann auf eine sonst häufig übliche Loadingdose verzichtet werden. Die auftretende Problematik der **Mundtrockenheit**, die gerade auch durch die Zeit der Nüchternheit begünstigt wird, fällt meist im Rahmen der intraoperativen Testung auf. **Speichelersatzmittel**, die mittels Sprühstoß appliziert werden können, schaffen in den meisten Fällen Abhilfe. Die PatientInnen sollten lediglich gut

Abbildung 1



Nasale Sauerstoffsonde mit CO₂-Messung (hier: Philips Microsteam™ Advance). (Foto: UKM/G. Joos)

darauf vorbereitet werden und wissen, dass sie sich eine Applikation jederzeit einfordern können.

Bleibt der gewünschte Effekt von Dexmedetomidin innerhalb der ersten 15 Minuten aus, beispielsweise bei besonders aufgeregten PatientInnen, so kann additiv die Applikation von **Remifentanyl** erfolgen. Das hochpotente, kurzwirksame Opioid besitzt eine definierte Wirkdauer und ist daher eine gute Ergänzung zu Dexmedetomidin [17]. Es wird ebenfalls kontinuierlich appliziert. Aus rechnerischen Gründen, sofern keine automatische körperegewichtsadaptierte Dosiskalkulation verwendet wird, empfiehlt sich eine Verdünnung von 60 µg/ml. Meist genügt eine Dosierung von 0,05 bis 0,1 µg/kg/min.

Propofol sollte in jedem Falle bereitgehalten werden, falls es im Rahmen des weiteren Prozedere zu epileptischen Entäußerungen kommt, die nicht spontan sistieren.

CO₂-Monitoring

Der **Überwachung der Respiration** kommt eine besondere Bedeutung zu. Anders als meist üblich, ist in der Neuroanästhesie der Zugang zum Kopf und damit zum Atemweg operationsbedingt eingeschränkt, was sich bei einer Intubationsnarkose zumeist wenig problematisch darstellt. Im Rahmen einer Wachkraniotomie, bei der die PatientInnen

unter Sedierung und ohne Atemwegssicherung eine suffiziente Spontanatmung aufweisen sollen, gilt es, die Atemfunktion verlässlich zu überwachen. Hierfür empfiehlt es sich, neben einer suffizienten klinischen Überwachung eine **nasale Sauerstoffsonde mit der Möglichkeit zur Kohlenstoffdioxid-Messung** anzulegen (Abb. 1). Die Alarmgrenzen am Monitor sollten so gesetzt werden, dass eine sichere und suffiziente Überwachung gewährleistet ist, aber störende und unnötige Alarmierungen aufgrund des hohen Geräuschpegels vermieden werden.

Vervollständigung der anästhesiologischen Ausstattung und des Monitorings

Den PatientInnen wird mitgeteilt, dass nun die weiteren, bereits vorab besprochenen Vorbereitungen erfolgen, ein Einschlafen jedoch bedenkenlos möglich, ja sogar erwünscht ist. Das Licht wird gedämmt, um eine **ruhige, entspannte Atmosphäre** zu schaffen. Die **Anlage der arteriellen Kanüle** zur invasiven Blutdruckmessung, ebenfalls am ipsilateral zum Befund liegenden Arm, sowie die Anlage einer weiteren, großlumigen peripheren Venenverweilkanüle sollten unter vorheriger **örtlicher Betäubung** der jeweiligen Punktionsstellen erfolgen. Um den Komfort weiter zu steigern, können die Punktionen mit sonographischer Unterstützung erfolgen. Über die kleinlumigere der beiden

peripheren Venenverweilkanülen kann eine Spritzenpumpe mit Noradrenalin (20 µg/ml) konnektiert werden; in der Regel ist der Bedarf an Vasopressoren jedoch eher moderat. Über den großlumigeren Venenzugang sollten über eine verlängerte Infusionsleitung folgende Medikamente in einer klar definierten Reihenfolge (von proximal nach distal) angeschlossen werden:

1. Propofol (10 mg/ml),
2. Remifentanyl (60 µg/ml) und
3. Dexmedetomidin (4 µg/ml).

In diesem Kontext empfiehlt es sich, Infusionslösungen generell über **Infusionspumpen** mit einer automatischen Alarmierung zu applizieren, um unabsichtliche Bolusgabe (z. B. durch „Leerlaufen“ und verzögertem Wechsel einer Infusionslösung) effektiv zu vermeiden. Sämtliche Katheter und Leitungen sollten gut fixiert und gepolstert werden, damit es im Rahmen der noch folgenden Umlagerungen nicht zu Dislokationen kommt.

Die Anlage des **Blasenkatheters** (ggf. mit Temperatursonde) soll möglichst gleichgeschlechtlich unter Wahrung der Intimsphäre erfolgen, und es ist anzuraten, dass alle Unbeteiligten während dieser Prozedur den Raum verlassen. In besonderen Fällen kann man zur Anlage vorab einen Propofolbolus verabreichen. Alternativ kann auch die Verwendung eines **Urinalkondoms** in Erwägung gezogen werden.

Die PatientInnen befinden sich nun aus anästhesiologischer Sicht vollständig instrumentiert, in einer ausreichend tiefen Sedierung mit erhaltener suffizienter Spontanatmung und sind jederzeit auf Ansprache kontaktfähig.

Lokalanästhesie

Nach Information der neurochirurgischen KollegInnen erfolgt nun die **Lokalanästhesie der späteren Eintrittsstellen der Sporne der Mayfield-Klemme** sowie eine umfangreiche Skalp-Blockade mit einem langwirksamen Lokalanästhetikum [18]. Für die Anästhesie der Kopfhaut kann eine Mischung, aus 19 ml Ropivacain 0,2 % und 1 ml Adrenalin (100 µg/ml) verwendet werden. Dabei

ist zu beachten, dass im intraoperativen Verlauf weitere Applikationen erforderlich sein können und insbesondere die Trepanation unter Spülung mit Ropivacain 0,2 % erfolgt. Dabei ist zu beachten, dass die insgesamt applizierte Dosis von Ropivacain einen Maximalwert von 3 mg/kgKG nicht überschreitet.

Intraoperative Phase

Equipment im Operationssaal

Die Auswahl des Operationssaals sollte im Vorfeld den **hohen Platzbedarf** berücksichtigen. Um den sich im Zentrum befindlichen Operationstisch wird das für den Eingriff nötige Equipment untergebracht. Dazu zählen neben der anästhesiologischen Ausstattung und den Instrumententischen vornehmlich das neurochirurgische Mikroskop mit den dazugehörigen Monitoren, die Geräte für die Neuronavigation, das intraoperative Neuromonitoring, der Ultraschallabsauger und ein Sonographiegerät sowie eine Vielzahl an Lagerungshilfen. Die Eingriffe werden je nach Lokalisation des Tumors in einer Rechtsseiten-, Linksseiten- oder Rückenlagerung durchgeführt, wofür entsprechende Stützen, Halterungen und Polstermaterialien benötigt werden.

Vorbereitende Maßnahmen im Operationssaal und Verhaltensregeln

Noch bevor die PatientInnen in den Operationssaal verbracht werden, sollten alle vorbereitenden und potenziell lärmverursachenden Maßnahmen abgeschlossen sein und der Raum abgedunkelt werden. Die Zugangstüren zum Saal werden mit Hinweisschildern auf den stattfindenden Wacheingriff versehen. Fortan ist die **Kommunikation auf ein für den Eingriff notwendiges Maß zu reduzieren** und eine Kontaktaufnahme mit den PatientInnen ausschließlich durch die AnästhesistInnen oder die OperateurInnen anzuraten. Ziel ist es, in einer ruhigen Umgebung die für eine ausreichende Sedierung nötigen Medikamentendosierungen so gering wie möglich zu halten.

Lagerungsmaßnahmen

Zur Lagerung ist die Mitarbeit des gesamten Teams erforderlich. Mit geringfügiger Unterstützung der PatientInnen selbst wird unter Einsatz von verschiedenen Lagerungskissen und -decken eine für den Eingriff optimale und komfortable Position gefunden. Trotz aller Sorgfalt kann es zu jedoch gelegentlich zu lagerungs- und immobilisationsbedingten Schmerzen, insbesondere Rückenschmerzen, kommen. Sollte dafür keine andere Ursache ausgemacht werden können, so hat sich bewährt, frühzeitig ein **Nicht-Opioid-Analgetikum** wie Metamizol, Parecoxib bzw. Paracetamol – unter Beachtung der Kontraindikationen – intravenös zu applizieren. Bei ausbleibendem Therapieerfolg kann ein (Wieder-)Beginn der Applikation von Remifentanyl in Betracht gezogen werden. In Anbetracht des jeweiligen Zeitpunkts und dem Fortschreiten der Operation sollte dies jedoch unbedingt gemeinsam mit den OperateurInnen besprochen werden. Ist die Phase der Testung der PatientInnen bereits abgeschlossen, kann man hiervon, unter Berücksichtigung der Vitalparameter, großzügiger Gebrauch machen als bei noch laufender oder bevorstehender Testung. Nach Abschluss aller Lagerungsmaßnahmen sind sämtliche Monitorkabel und Infusionsleitungen erneut auf Erreichbarkeit, Fixierung, unbeabsichtigten Zug und Druckstellen hin zu überprüfen.

Anlage der Mayfield-Klemme

Zur Fixierung des Kopfes erfolgt die Anlage der **Mayfield-Klemme** (Abb. 2). Dabei werden die Sporne der Klemme exakt an den zuvor abgemessenen, markierten und anästhesierten Positionen gesetzt. Das Einspannen soll für die PatientInnen nicht schmerzhaft sein. Bei nicht ausreichender Wirkung kann eine erneute Applikation des Lokalanästhetikums erfolgen. In der Regel ist aufgrund der Wirkdauer von Ropivacain (5–8 Stunden) bei einer suffizienten Schmerzausschaltung nicht mit einem Abklingen innerhalb der voraussichtlichen Operationsdauer zu rechnen. Abschließend wird nun gemeinsam mit den KollegInnen der Neurochirurgie die

Abbildung 2



Patient in Rechtsseitenlagerung. Anbringen der Mayfield-Klemme.
(Foto: UKM/M. Heine)

korrekte und optimale Positionierung des fixierten Kopfes vorgenommen und die Mayfield-Klemme selbst am Operationstisch angebracht.

Der Kopf sollte so positioniert werden, dass die geplante Eröffnung des Schädels problemlos erfolgen kann, aber gleichzeitig eine Maskenbeatmung und notfallmäßige Atemwegsicherung im weiteren Verlauf jederzeit in der fixierten Stellung möglich ist. Dabei sollte auch nach Möglichkeit auf eine achsengerechte Lagerung sowie auf eine nicht zu starke Inklinierung geachtet werden.

Nach Anbringen der Mayfield-Klemme wird nun die Neuronavigation eingerichtet und der operative Zugangsweg bestimmt. Es erfolgt die Rasur der Kopfhare gemäß der Zugangsplanung und gegebenenfalls entsprechend vorheriger, individueller Absprachen mit den PatientInnen. Abschließend wird in den Bereichen der geplanten Eröffnung des Schädelknochens ausreichend Lokalanästhetikum injiziert.

Ein **intraoperatives Lösen der am Tisch befestigten Mayfield-Klemme** ist nur in einer absolut lebensbedrohlichen Situation indiziert und sollte als letztmögliche Maßnahme verbleiben. Sowohl Sterilitätsaspekte bei bereits erfolgter Kraniotomie als auch die kalibrierte Neuronavigation würden diesem Vorgehen im Wege stehen.

Beginn des Eingriffs

Nach Vertiefung der Sedierung kann mit dem Abwaschen und der Desinfektion des Operationsgebietes begonnen werden (Abb. 3 und 4). Zur Abdeckung

sollten im Bereich des Kopfes transparente Abdecktücher verwendet werden, um die PatientInnen, insbesondere deren mimische Muskulatur, suffizient beurteilen zu können und dem Komfort größtmögliche Rechnung zu tragen (Abb. 5 und 6). Gleichzeitig gilt es darauf zu achten, dass alle Schläuche, die durch das mögliche Sichtfeld der PatientInnen führen, sowie Absaugbehälter, die Sekrete und Blut beinhalten, abgedeckt werden. Sofern erforderlich kann gleichzeitig mit der Anlage des Neuromonitorings begonnen werden.

Präparation und Eröffnung der Dura mater

Unter Zuhilfenahme der **Neuronavigation** wird die Eröffnung des Schädelknochens geplant. Nach dem Hautschnitt und Präparation auf den Schädelknochen zu, erfolgt die Kraniotomie über meh-

Abbildung 3



Ansicht von ventral. Patient in Mayfield-Klemme. Abwaschen durch den Operateur.
(Foto: UKM/M. Heine)

Abbildung 4



Ansicht von dorsal.
(Foto: UKM/M. Heine)

Abbildung 5



Abdeckung des Patienten. Der Anästhesist hat alles im Blick.
(Foto: UKM/M. Heine)

Abbildung 6



Abgeschlossene Lagerung des Patienten. Möglichst freier Zugang zum Kopf für Testphase und bei Notfällen.
(Foto: UKM/M. Heine)

rere Trepanationen. Dabei können die PatientInnen aufgefordert werden, den Mund zu öffnen, um einen Druckausgleich zu erzeugen und die Geräuschbelastung zu senken. Es folgt die Präparation und schließlich die Eröffnung der Dura mater. Dabei können neben **kardialen Rhythmusereignissen** auch **epileptische Entäußerungen** getriggert werden. Diese können prinzipiell zu jedem Zeitpunkt der Operation auftreten, neben der Phase der kortikalen Stimulation und der intraoperativen Testung im Operationsgebiet mit nachfolgender Resektion zählt jedoch die Präparation und Eröffnung der Dura mater zu den Abschnitten mit der höchsten Vulnerabilität und dem größten Risiko. In diesen Phasen steht den AnästhesistInnen stets eine im Operationssaal anwesende Anästhesiepflegekraft zur Seite, um bei

Auftreten möglicher anästhesiologischer Komplikationen schnellstmöglich handeln zu können.

Vorgehen bei epileptischen Entäußerungen

In Bezug auf das **epileptogene Potenzial** gibt es unterschiedlich starke Ausprägungen und Variationen, bedingt durch die jeweilige Lage des zu resezierenden Gewebes. Zudem spielt dabei eine mögliche Prädisposition der PatientInnen und die zur Testung verwendete Stromstärke eine wichtige Rolle. Ab Werten von 7–8 mA bei einer Frequenz von 2 Hz (beziehungsweise 5–6 mA bei 3 Hz) im Rahmen von kortikalem Mapping oder kortikaler Stimulation ist die Gefahr zur Auslösung epileptischer Ereignisse deutlich erhöht. Bei direkter Stimulation sollte die verwendete Stromstärke nicht

mehr als 3 mA bei einer Frequenz von 2 Hz betragen. In Ausnahmefällen kann die kurzzeitige Verwendung von bis zu 5 mA erwogen werden. Bei bekannten Epilepsien sollte die Frequenz auf 0,5 bis 1 Hz reduziert werden. **Die klinische Beobachtung der PatientInnen ist in diesen Phasen von besonderer Bedeutung.**

Das **Spektrum der epileptischen Entäußerungen** reicht von einzelnen, zuckenden Gesichtsmuskeln oder eines einzelnen, zuckenden Fingers als Hinweis auf ein fokales Geschehen bis hin zu generalisierten Entäußerungen des gesamten Körpers. Seltener sind auch rein elektrisch über das Neuromonitoring ableitbare Potenziale. In solch einer Situation ist das operative Team unverzüglich zu informieren, zumal die PatientInnen durch die unkontrollierten Bewegungen auf dem schmalen Operationstisch in höchstem Maße gefährdet sind. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, die PatientInnen nicht auf dem Tisch zu fixieren, sondern die auf die Halswirbelsäule einwirkenden Kräfte zu minimieren. Die OperateurlInnen wiederum werden als erste Maßnahme jedwede Manipulation im OP-Gebiet unterbrechen. Sollte darunter die epileptische Entäußerung nicht sistieren, wird vorsichtig **eiskaltes Wasser** in das Operationsgebiet gegeben. Bleibt auch diese Maßnahme ohne Erfolg, wird ein Bolus von 10–20 mg **Propofol** titrierend intravenös verabreicht. Die Applikation über eine am weitesten proximal konnektierte Spritzenpumpe (s. o.) hat hier den Vorteil, dass das Medikament auf dem kürzesten Weg den Blutkreislauf erreicht. Dadurch soll die epileptische Entäußerung, möglichst unter **Erhalt der Spontanatmung**, terminiert werden.

Sollte die epileptische Entäußerung auch mittels Neuromonitoring feststellbar sistieren, kann man gemeinsam ein **Wiedererwachen der PatientInnen** sowie eine **Fortsetzung des Eingriffs** in Betracht ziehen. Andernfalls wäre auch eine Weiterführung der Operation unter fortgeführter Sedierung ohne weitere Wachphase denkbar.

Ist zur Terminierung der epileptischen Entäußerung allerdings eine **tiefe Sedierung mit der Gefahr der Ateminsuffizienz** nötig, so wird eine Atemwegssicherung erforderlich.

Notfallmäßige Atemwegssicherung

Sollte das Ausmaß der epileptischen Entäußerung eine tiefere Sedierung notwendig machen, kann dies durch die Gabe von Propofol erfolgen. Je nach Konstitution der PatientInnen und applizierter Menge an Propofol kann dies zu einer **relevanten Ateminsuffizienz** führen und damit eine **Sicherung des Atemwegs** erforderlich machen. Hilfreich hierzu sind die klinische Überwachung der PatientInnen und die Messung des CO₂ über die anliegende Nasenbrille. Über diese soll als erste Maßnahme der O₂-Fluss maximiert und die Problematik mit den neurochirurgischen KollegInnen kommuniziert werden. Diese decken umgehend das Operationsgebiet ab, so dass das Team der Anästhesiologie sich am Kopf platzieren und eine **Maskenbeatmung bzw. die Einlage einer supraglottischen Atemwegshilfe** vornehmen kann. Hierbei ist es von Vorteil, bereits vor Operationsbeginn eine **geeignete Positionierung des Kopfes** vorgenommen zu haben, da eine entsprechende Inklination die Atemwegssicherung deutlich erschweren kann. Sollte die Etablierung eines supraglottischen Atemwegs nicht erfolgreich sein, wäre die **Intubation unter Zuhilfenahme eines Videolaryngoskops** nach vorheriger Relaxation zu

erwägen. Unter Umständen kann die Intubation nicht aus der gewohnten Position hinter dem Kopf erfolgen, da sich hier das Operationsgebiet befindet.

Bei Wachkraniotomien ist es zwingend erforderlich, zur Sicherung des (schwierigen) Atemwegs kompetente pflegerische Assistenz sowie alle benötigten Hilfsmittel direkt vor Ort verfügbar zu haben.

Folgende Hilfsmittel müssen hierzu griffbereit vorbereitet sein (Abb. 7):

- größenadaptierte supraglottische Atemwegshilfen
- eine funktionstüchtige Absaugung
- ein Videolaryngoskop
- ein größenadaptierter Endotrachealtubus mit eingeführtem Führungsstab (für den Fall, dass die primäre Einlage der supraglottischen Atemwegshilfe nicht gelingt) sowie
- Notfallmedikamenten inklusive Suxamethonium (nach DIVI-Standard beschriftet).

Aufsuchen der Zielregion und Beginn der Wachphase

Der Eröffnung der Dura folgt das **Aufsuchen der Zielregion** unter Anwendung der Neuronavigation und unter Einsatz der Sonographie zur Identifizierung wichtiger und markanter intrakranialer Strukturen, wie beispielweise große Gefäße und Liquorräume. Gleichsam kann auch das etablierte Neuromonitoring mittels

(sub-)kortikalem Mapping hilfreich sein, um weitere relevante Formationen zu erkennen. Der Tumor selbst kann mittels 5-ALA identifiziert und reseziert werden. Die Resektion erfolgt unter Fortsetzung des Mappings. Nach Abschätzen des dafür nötigen Zeitaufwands durch die OperateurlInnen sollte rechtzeitig die Sedierung beendet werden. Bei Annäherung an relevante Randgebiete oder bei Unsicherheiten über vorliegende Strukturen kann nun im Rahmen der Wachphase die Testung beginnen.

Identifizierung und Resektion in der Wach- und Testphase

Im Folgenden wird nun beispielhaft auf das Testverfahren eingegangen, wie es am Universitätsklinikum in Münster durchgeführt wird:

Nach Beendigung der vertieften Sedierung sind die PatientInnen meistens innerhalb weniger Minuten kontaktfähig und können Aufforderungen nachkommen, was die Grundvoraussetzung für eine suffiziente Testung darstellt. Mittels Sprachmonitoring unter entsprechender elektrischer Stimulation per Sonde können Strukturen und Resektionsränder identifiziert werden. Eine Resektion erfolgt dann mittels Ultrashallabsauger und unter mikroskopischer Fluoreszenzkontrolle von 5-ALA.

Wie erwähnt wurden die PatientInnen schon im Vorfeld des operativen Eingriffs (in der Regel am Vortag) detailliert über den Ablauf der Testung informiert, und es wurden bereits einige Durchläufe simuliert. Intraoperativ positioniert sich nun eine vertraute Person mit einem Tablet im Sichtfeld der PatientInnen, auf dem unter der Textzeile „Dies ist...“ bekannte einfache Symbole und Bilder angezeigt werden. Die Aufgabe der PatientInnen ist es nun, auf Aufforderung einen vollständigen Satz aus der Textzeile und den angezeigten Symbolen und Bildern zu bilden (Abb. 8–12). Unter elektrischer Stimulation kommt es nun darauf an, diese Sätze möglichst korrekt und verzögerungsfrei zu entwickeln und wiederzugeben. Die betreuenden Personen müssen die Richtigkeit des Gesagten überprüfen und mögliche Verzögerungen oder Sprachstörungen

Abbildung 7



Vorbereitetes Notfall-equipment griffbereit im Operationsaal.
(Foto: UKM/M. Heine)

in dieser Phase bewerten und direkt an die ChirurgInnen rückmelden. Alternativ können auch Zahlenreihenfolgen abgefragt oder zu einfachem Zählen bzw. zum Lösen von Rechenaufgaben aufgefordert werden. In Ausnahmefällen wäre

auch ein durchgehend geführtes Gespräch ausreichend. Diese **Testphasen** sind für die meisten PatientInnen sehr **anstrengend und ermüdend** und sollten daher möglichst zielgenau und so kurz wie möglich eingesetzt werden.

Abbildung 8



Der Assistent widmet sich in der Testphase dem Patienten und führt die Testung, hier das Sprachmonitoring, durch. (Foto: UKM/M. Heine)

Abbildung 9



Mit Hilfe eines Tablets erfolgt die Sprachtestung. Hierfür benötigt der Patient ein freies Sichtfeld. (Foto: UKM/M. Heine)

Abbildung 10



Die die Testung durchführende Person steht in direktem Austausch mit dem Patienten und dem Operateur. (Foto: UKM/M. Heine)

Nach erfolgter Resektion kann die Sedierung wieder behutsam begonnen und vertieft werden. Bis zur abschließenden Hautnaht und nachfolgendem Lösen der Mayfield-Klemme sind keine weiteren Wachphasen mehr erforderlich. Um die Gefahr von **postoperativen Nachblutungen** zu senken, erfolgt ein kurzzeitiges Anheben des Blutdrucks unter einer sehr achtsam dosierten Katecholamingabe auf ein Niveau von etwa 20–30 mmHg über dem systolischen Ausgangsblutdruck der PatientInnen. Ist die Blutstillung unter diesen Werten akzeptabel, so wird der Blutdruck wieder auf das Ausgangsniveau abgesenkt und fortan im somit definierten Zielbereich gehalten.

Postoperative Phase

In der Regel werden die PatientInnen nach Hautnaht und Beendigung der Sedierung zügig kontaktfähig, sind direkt neurologisch beurteilbar und können in den **Aufwachraum** verbracht werden. Hier liegt der Fokus auf insgesamt vier Aspekten:

- **postoperative Überwachung hinsichtlich neurologischer Auffälligkeiten** als Zeichen einer intrakraniellen Druckerhöhung oder epileptischer Entäußerungen
- **adäquates Schmerzmanagement**, möglichst ohne sedierende Komponente
- **Blutdruckeinstellung** innerhalb eines Zielkorridors (individuell festgelegt anhand der Testung)
- **Lichtschutzmaßnahmen** für 24 Stunden aufgrund des Einsatzes von 5-ALA. Hierzu werden die PatientInnen in einen separierten, abgedunkelten Bereich des Aufwachraums verbracht. Auf Station ist ein ebenfalls abgedunkeltes Zimmer vorbereitet. Auch kann der Kopf in Absprache mit den PatientInnen abgedeckt werden.

Bei postoperativ neu aufgetretenen Auffälligkeiten oder Veränderungen muss direkt Kontakt mit den zuständigen NeurochirurgInnen und den betreuenden AnästhesistInnen aufgenommen werden, um das weitere Prozedere (z. B. die

Abbildung 11



Der Operateur reseziert Tumorgewebe und nutzt dabei Mikroskopie mit 5-ALA-Fluoreszenz, Neuronavigation, Ultraschallabsauger unter Sprachmonitoring des Patienten.
(Foto: UKM/M. Heine)

Abbildung 12



Während der Testphase: das Anästhesie-Team hat Patient und dessen Vitalparameter im Blick und verfolgen die Testung aus einer günstigen Position heraus.
(Foto: UKM/M. Heine)

Durchführung einer Computertomographie des Schädels oder einer Elektroenzephalographie) festzulegen. Bei einem unauffälligen postoperativen Verlauf können die PatientInnen im Anschluss auf eine Observationsstation verlegt werden.

Evidenz

Die Sedierung mit Hilfe von Dexmedetomidin („awake – awake – awake“) hat im Vergleich zum Vorgehen „asleep – awake – asleep“ in einer großen Untersuchung einige Vorteile gezeigt. Der Verbrauch an Opioiden, Katecholaminen, Antihypertensiva, Betablockern oder auch kristalloiden oder kolloidalen Flüssigkeiten zeigte sich bei PatientInnen unter Dexmedetomidin-Sedierung durchgehend reduziert. Zudem war die Dauer der Operation sowie die des stationären

Aufenthalts in dieser PatientInnengruppe geringer [10]. Weitere Untersuchungen stützen diese Feststellungen und sehen zudem eine reduzierte operative Komplikationsrate. Des Weiteren wird auch ein Trend zu kürzeren Krankenhausaufenthalten und einem verminderten Auftreten von postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) verzeichnet. Allerdings scheint in der „awake – awake – awake“-Gruppe die Häufigkeit eines Auftretens **epileptischer Entäußerungen** leicht erhöht zu sein [13].

Wachkraniotomien aus Sicht der PatientInnen

Es gibt nach wie vor wenig Daten, die Wachkraniotomien aus PatientInnen-sicht evaluieren. Man geht jedoch davon aus, dass die Durchführung von Wach-

kraniotomien bei guter perioperativer Betreuung und einer guten interdisziplinären Zusammenarbeit nicht zu einer erhöhten Rate an posttraumatischen Belastungsstörungen sowie der vermehrten Entstehung von Sorgen oder Ängsten führt. Dennoch sollten die möglichen psychischen Effekte nicht unterschätzt werden [20–22]. In regelhaft durchgeführten postoperativen Visitationen der PatientInnen im Verlauf der ersten Woche nach erfolgten Wachkraniotomien in unserer Klinik konnten diesbezüglich keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Die PatientInnen haben die Phase im Operations-Trakt nach erfolgter Einschleusung als sehr angenehm und warm wahrgenommen. An die Ereignisse im Operationssaal selbst konnte sich nur die Minderheit, meist nur schemenhaft, erinnern. Viele PatientInnen, bei denen erneute operative Eingriffe notwendig sind, entscheiden sich in den meisten Fällen erneut für das Prozedere mit den entsprechenden Wach-Phasen.

Klinisches Fazit

Wachkraniotomien stellen eine sinnvolle und sichere Intervention dar und werden bei der Resektion vieler intrakranieller Raumforderungen als Gold-Standard angesehen [23]. Mit Hilfe eines modernen anästhesiologischen Managements ist die Versorgung unterschiedlichster PatientInnen im Rahmen dieser Eingriffe möglich. Dabei stehen den behandelnden AnästhesistInnen mittlerweile gut evaluierte Strategien zur Verfügung. Die Wahl des jeweiligen Verfahrens sollte dabei sowohl PatientInnenfaktoren (z. B. Vorerkrankungen und Ausmaß der körperlichen Beeinträchtigungen) als auch operative Faktoren (z. B. Entität und Lokalisation der Raumforderung, chirurgische Erfahrungen und Fähigkeiten) berücksichtigen [13,24,25].

Danksagung

Mein großer Dank gilt den Herren Priv.-Doz. Dr. med. Markus Holling und Dr. med. Nils Warneke für die Ermöglichung der intraoperativen Fotoaufnahmen und die ausgezeichnete fachliche, neurochirurgische Beratung.

Gleiches gilt für Herrn Özer-Altan Toksöz für die Beantwortung neurophysiologischer Fragestellungen.

Für die Anfertigung und Bearbeitung der Fotoaufnahmen danke ich Herrn Marcus Heine.

Ganz besonders danken möchte ich Frau Prof. Dr. med. Nana-Maria Wagner für ihre Zeit und die liebevolle, konstruktive Unterstützung, sowie das wertvolle Feedback im Rahmen der Erstellung dieses Beitrages.

Mein abschließender Dank geht an den Patienten, der auch nach persönlicher Inaugenscheinnahme der Fotoaufnahmen sein Einverständnis zur Verwendung dieser nochmals bestätigt hat.

Literatur

1. Deutsche Krebsgesellschaft e. V. www.krebsgesellschaft.de/onko-internetportal/basis-informationen-krebs/krebsarten/hirntumor/definition-und-haeufigkeit.html (Zugriffsdatum: 01.05.2023)
2. Wick W et al: Gliome, S2k-Leitlinie. In: Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Hrsg.); 2021. AWMF Registernummer 030-099
3. Hofer S et al: Gliome im Erwachsenenalter. In: DGHO Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und Medizinische Onkologie e.V.; 2022. www.onkopedia.com/de/onkopedia/guidelines/gliome-im-erwachsenenalter
4. Kilian M, Friedrich M, Sanghvi K, Green E, Pusch S, Kawachi D, et al: T-cell Receptor Therapy Targeting MutantCapicua Transcriptional Repressor in Experimental Gliomas. *Clin Cancer Res* 2022;28:378–389
5. Certo F, Stummer W, Farah JO, Freyschlag C, Visocchi M, Morrone A, et al: Supramarginal resection of glioblastoma: 5-ALA fluorescence, combined intraoperative strategies and correlation with survival. *J Neurosurg Sci* 2019;63:625–632
6. Einarsson HB, Poulsen FR, Derejko M, Korshøj AR, Qerama E, Pedersen CB, et al: Intraoperative neuromonitoring during brain surgery. *Ugeskr Laeger* 2021;183:V09200712
7. Wong AK, Shils JL, Sani SB, Byrne RW: Intraoperative Neuromonitoring. *Neuro Clin* 2022;40:375–389
8. Mohile NA, Messersmith H, Gatson NT, Hottinger AF, Lassman A, Morton J, et al: Therapy for Diffuse Astrocytic and Oligodendroglial Tumors in Adults: ASCO-SNO Guideline. *J Clin Oncol* 2022;40:403–426
9. Weller M, van den Bent M, Preusser M, Le Rhun E, Tonn JC, Minniti G, et al: EANO guidelines on the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood. *Nature Rev Clin Oncol* 2021;18:170–186
10. Suero Molina E, Schipmann S, Mueller I, Wölfer J, Ewelt C, Maas M, et al: Conscious sedation with dexmedetomidine compared with asleep-awake-asleep craniotomies in glioma surgery: an analysis of 180 patients. *J Neurosurg* 2018;129:1223–1230
11. Meng L, Berger MS, Gelb AW: The Potential Benefits of Awake Craniotomy for Brain Tumor Resection: An Anesthesiologist's Perspective. *J Neurosurg Anesth* 2015;27:310–317
12. Sacko O, Lauwers-Cances V, Brauge D, Sesay M, Brenner A, Roux FE: Awake craniotomy vs surgery under general anesthesia for resection of supratentorial lesions. *Neurosurgery* 2011;68:1192–1198
13. Natalini D, Ganau M, Rosenkranz R, Petrincic T, Fitzgibbon K, Antonelli M, et al: Comparison of the Asleep-Awake-Asleep Technique and Monitored Anesthesia Care During Awake Craniotomy: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Neurosurg Anesth* 2022;34:e1–e13
14. Halvorsen S, Mehilli J, Cassese S, Hall TS, Abdelhamid M, Barbato E, et al: 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *Eur Heart J* 2022;43:3826–3924
15. Glantz MJ, Cole BF, Forsyth PA, Recht LD, Wen PY, Chamberlain MC, et al: Practice parameter: anticonvulsant prophylaxis in patients with newly diagnosed brain tumors. Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2000;54:1886–1893
16. Weerink MAS, Struys MMRF, Hannivoort LN, Barends CRM, Absalom AR, Colin P: Clinical Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Dexmedetomidine. *Clin Pharmacokin* 2017;56:893–913
17. Park S, Choi SL, Nahm FS, Ryu JH, Do SH: Dexmedetomidine-remifentanyl vs propofol-remifentanyl for monitored anesthesia care during hysteroscopy: Randomized, single-blind, controlled trial. *Medicine* 2020;99:e22712
18. Osborn I, Sebeo J: „Scalp block“ during craniotomy: a classic technique revisited. *J Neurosurg Anesth* 2010;22:187–194
19. Stevanovic A, Rossaint R, Veldeman M, Bilotta F, Coburn M: Anaesthesia Management for Awake Craniotomy: Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 2016;11:e0156448
20. Mofatteh M, Mashayekhi MS, Arfaie S, Chen Y, Hendi K, Kwan ATH, et al: Stress, Anxiety, and Depression Associated With Awake Craniotomy: A Systematic Review. *Neurosurgery* 2023;92:225–240
21. Manninen PH, Tan TK: Postoperative nausea and vomiting after craniotomy for tumor surgery: a comparison between awake craniotomy and general anesthesia. *J Clin Anesth* 2002;14:279–283
22. Chakrabarti R, Tewari A, Sinha A, Ghazanwy M: Awake craniotomy: A qualitative review and future challenges. *Saudi J Anaesth* 2014;8:529–539
23. Kulikov A, Lubnin A: Anesthesia for awake craniotomy. *Curr Opin Anaesthesiol* 2018;31:506–510
24. Flexman AM, Wang T, Meng L: Neuroanesthesia and outcomes: evidence, opinions, and speculations on clinically relevant topics. *Curr Opin Anaesthesiol* 2019;32:539–545
25. Sewell D, Smith M: Awake craniotomy: anesthetic considerations based on outcome evidence. *Curr Opin Anaesthesiol* 2019;32:546–552.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Gunther S. Joos**

Klinik für Anästhesiologie,
operative Intensivmedizin und
Schmerztherapie
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Campus 1,
Gebäude A1
48149 Münster, Deutschland
Tel.: 0251 83-47255
E-Mail: g_joos01@uni-muenster.de
ORCID-ID: 0009-0009-9964-3578