

Lärmabschirmung senkt nicht den Desfluranbedarf während Allgemeinanästhesien, führt aber zu einer Verminderung von BIS-Werten > 60

Noise suppression does not lower desflurane requirements during general anaesthesia with desflurane but reduces BIS-values > 60

M. Hübner · M. Becker · K. Groeger · M. Hecker · S. Walter · T. Koch

► **Zitierweise:** Hübner M, Becker M, Groeger K, Hecker M, Walter S, Koch T: Lärmabschirmung senkt nicht den Desfluranbedarf während Allgemeinanästhesien, führt aber zu einer Verminderung von BIS-Werten > 60. Anästh Intensivmed 2020;61:196–203. DOI: 10.19224/ai2020.196

Zusammenfassung

Hintergrund: Akustische Reize werden von Patienten auch unter Allgemeinanästhesien wahrgenommen. Entsprechend berichten Patienten mit Wachheitserlebnissen am häufigsten von auditorischen Erinnerungen. Einige Studien haben einen Zusammenhang zwischen Lärmabschirmung und der Sedierungstiefe bei Patienten nachgewiesen. Wir überprüften in einer Pilotstudie die Hypothese, ob eine Lärmabschirmung den Bedarf des Inhalationsanästhetikums Desfluran reduziert.

Methodik: Die Untersuchung wurde bei 100 Patienten, die eine Laparotomie erhielten, durchgeführt. Die intraoperative Analgesie erfolgte via Periduralkatheter. Nach Einleitung der Allgemeinanästhesie erhielten jeweils 50 Patienten randomisiert einen Kopfhörer mit einer Lärmabschirmung von 40 dB (INT) oder einen Kopfhörer ohne Lärmdämpfung (KONT). Die Allgemeinanästhesie wurde mit Desfluran aufrechterhalten. Zielgröße war ein bispektraler Index von 50–60. Die Messvariablen wurden minütlich über einen Zeitraum von 1 h erhoben. Postoperativ wurden die Patienten zweimal bezüglich möglicher intraoperativer Wachheitserlebnisse befragt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels zweiseitigem t-Test für unverbundene Stichproben, dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson bzw. dem exakten Test nach Fisher und dem Allgemeinen Linearen Modell für Messwiederholungen.

Ergebnisse: Der Effekt einer Lärmabschirmung auf den Desfluran-Bedarf war sehr gering und erreichte keine statistische Signifikanz. Als Nebenergebnis wurde eine hochsignifikante Abnahme von BIS-Werten > 60 in der Gruppe INT (39 Zeitpunkte) versus Gruppe KONT (86 Zeitpunkte) gemessen ($p=0,00003$). Kein Patient berichtete von einem Wachheitserlebnis.

Schlussfolgerungen: Lärmabschirmung während Allgemeinanästhesien mit Desfluran hat nur einen sehr geringen Effekt auf den Anästhetikabedarf, führt aber zu einer Abnahme von BIS-Werten > 60, die ein Risikofaktor für Wachheitserlebnisse darstellen. Unabhängig von diesen Ergebnissen scheint eine Lärmabschirmung der Patienten während Allgemeinanästhesien sinnvoll, da sie mit absoluter Sicherheit von einem vollständigen Bewusstseinsverlust ausgegangen werden kann.

Summary

Background: Anaesthetized patients are able to perceive acoustic stimuli. It is known that patients who experienced an awareness event during general anaesthesia later most often report of auditory memories. Some studies showed that there is a sedative-sparing effect whenever patients were guarded by noise-reducing measures. In this pilot study, we hypothesised that noise reduction decreases necessary desflurane concentrations to maintain a certain level of unconsciousness.

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, TU Dresden
(Direktor: Prof. Dr. T. Koch)

Interessenkonflikt

Die Finanzierung der eingereichten Arbeit erfolgte ausschließlich durch klinikinterne Mittel.

Die Arbeit war Teil der Dissertationsschrift von M. Becker.

Schlüsselwörter

Desfluran – Awareness –
Bispektral Index – Lärmabschirmung

Keywords

Desflurane – Awareness –
Bispectral Index – Noise Suppression

Methods: One hundred patients scheduled for laparotomies were enrolled in the study. Intraoperative analgesia was maintained using an epidural catheter. Following induction of general anaesthesia, patients were randomised to receive a noise reduction of 40 dB using headphones (group INT, n=50). Control patients (group KONT, n=50) received a sham headphone without noise reduction. General anaesthesia was maintained using desflurane aiming at bispectral index (BIS) values of 50–60. The study period lasted one hour and variables were registered every minute. Postoperatively, patients were interviewed on two occasions to obtain information regarding intraoperative awareness events. Statistics were done using 2-sided, unpaired t-test, chi-square-test, Fisher's test and the general linear model for repeated measures.

Results: The effect of noise suppression on desflurane requirements was only

minimal and did not yield statistical significance. Further analyses showed a highly significant reduction of BIS-values >60 when comparing the two groups (INT 39 events versus KONT 86 events; p=0.00003). No patient reported an awareness event.

Conclusions: Noise suppression during general anaesthesia with desflurane has no effect on desflurane requirements, but reduces events with BIS-values >60, which is considered as a risk factor for awareness. Irrespective of this result, it seems reasonable to use measures for noise suppression during every general anaesthesia because the patients' levels of unconsciousness very often remain uncertain.

Einleitung

In einem Operationssaal gibt es zahlreiche Geräuschquellen, die zum Teil erhebliche Schalldruckpegel erzeugen. So

generieren Gespräche Spitzenwerte bis zu 78 dB und chirurgische Instrumente Werte bis zu 120 dB [1]. Daneben sind auch Patientenanwärmesysteme eine wesentliche Geräuschquelle (bis zu 84 dB [2]) und entsprechen dem Lärm einer Hauptverkehrsstraße in 10 m Entfernung. Eine Allgemeinanästhesie kann natürlich nicht mit einem normalen Schlaf verglichen werden, aber zur Orientierung empfiehlt die WHO, dass der Geräuschpegel in den Nachtstunden 40 dB nicht übersteigen sollte [3].

Akustische Reize werden von Patienten auch unter Allgemeinanästhesien wahrgenommen. Entsprechend berichten Patienten mit Wachheitserlebnissen am häufigsten von auditorischen Erinnerungen. Einige Studien haben einen Zusammenhang zwischen Lärmabschirmung und der Sedierungstiefe bei Patienten nachgewiesen [4–6]. Eine an 22 Patienten unter Allgemeinanästhesie durchgeführte Pilotstudie aus dem

Jahr 2013 deutet darauf hin, dass die Inzidenz von Anstiegen des bispektralen Index (BIS) auf >60 durch den Gebrauch von Ohrstöpseln verringert werden kann [7].

Die hier vorgelegte Arbeit hat Pilotcharakter. Sie untersuchte die Fragestellung, ob Lärmabschirmung einen messbaren Effekt auf den Desfluranbedarf während Allgemeinanästhesien hat.

Methode

Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden genehmigt (EK 30012015). Die Registrierung erfolgte bei ClinicalTrials.gov (NCT02534285). Jeder Patient gab nach entsprechender Aufklärung sein schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme.

Die Untersuchung wurde als prospektive, randomisierte, kontrollierte Doppelblindstudie durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte bei 100 Patienten während elektiver urologischer Operationen. Einschlusskriterien waren Alter ≥ 18 Jahre, Geschäftsfähigkeit, Operation in Rückenlage, geplante intraoperative Nutzung eines thorakalen Periduralkatheters sowie klinisch unauffälliges Hörvermögen. Ausschlusskriterien waren – neben einer klinisch auffälligen Hörminderung – psychiatrische Vorerkrankungen oder ein Wachheitserlebnis in der Anamnese. Vor dem Transport in den Operationsbereich erhielten die Patienten eine medikamentöse Prämedikation mit 7,5 mg Midazolam (Hoffmann-La Roche, Basel, Schweiz). Die Anlage des thorakalen Periduralkatheters erfolgte vor Einleitung der Allgemeinanästhesie. Zur Induktion der Allgemeinanästhesie und endotrachealen Intubation erhielten die Patienten 1–2 mg/kg Propofol (Fresenius, Bad Homburg), 30 µg Sufentanil (Hameln pharmaceuticals GmbH, Hameln) und 0,5 mg/kg Rocuronium (Inresa, Freiburg). Zur Aufrechterhaltung der Hypnose wurde Desfluran (Baxter, Deerfield, USA) verwendet. Die Sicherstellung einer ausreichenden Analgesie erfolgte

mittels stündlicher periduraler Gabe von 10 µg Sufentanil ad 10 ml Ropivacainhydrochlorid 0,3% (Fresenius Kabi, Bad Homburg). Die 0,3%-Lösung wurde durch eine entsprechende Verdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung hergestellt. Die erste peridurale Medikamentengabe erfolgte mindestens 30 min vor Hautschnitt.

Das intraoperative Monitoring erfolgte gemäß dem klinikinternen Standard (5-Kanal-EKG, Pulsoxymetrie, invasive Blutdruckmessung, quantitative Relaxometrie). Zusätzlich erhielten die Patienten ein Neuromonitoring (BIS™ Quatro, Medtronic, Minneapolis, USA). Vor Platzierung der BIS-Elektroden wurde eine gründliche Entfettung der entsprechenden Hautareale durchgeführt. Zusätzlich wurden die chirurgischen Neuralelektroden stets am Oberschenkel platziert, um Interferenzen durch Elektrokoagulation zu minimieren. Das Verfahren erfasst EEG-Signale, aus denen mithilfe eines nicht-veröffentlichten Algorithmus ein BIS-Wert errechnet wird [8]. Der BIS-Wert besitzt keine Einheit und kann Werte zwischen 0 und 100 annehmen. Ein Wert von 100 entspricht einem wachen Patienten und ein Wert von 0 einer EEG-Nulllinie. Von einer ausreichenden Narkosetiefe wird bei einem BIS-Wert von 40–60 ausgegangen [9].

Die Steuerung der Hypnose tiefe erfolgte anhand des BIS-Monitorings. Ziel war ein BIS-Wert zwischen 50 und 60. Der betreuende Anästhesist erhöhte bzw. erniedrigte die Desfluran-Zufuhr unmittelbar, wenn der BIS-Wert außerhalb des vorgegebenen Zielkorridors lag. Es wurde nicht erfasst, wie oft eine Adjustierung erforderlich war. Die Muskelrelaxierung wurde Relaxometrie-gesteuert aufrecht gehalten. Die Patienten erhielten bei einem Train-of-Four (TOF)-Wert von 1–2 eine Gabe von 20% der Intubationsdosis von Rocuronium.

Nach Abschluss der Lagerung der Patienten im OP-Saal erfolgte die Randomisierung (Briefrandomisierung) durch einen nicht-beteiligten Anästhesisten, welcher anschließend den Patienten die Kopfhörer aufsetzte. Patienten der

Interventionsgruppe (INT) erhielten einen schallisolierten Kopfhörer (Peltor Optime III, 3M™, St. Paul, USA). In einer Kooperation mit dem Lehrstuhl für Kommunikationsakustik an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der TU Dresden waren im Vorfeld Kalibrationsmessungen am Kopf (Head Acoustics, Herzogenrath) im Hallraum durchgeführt worden. Die dabei verwendeten Messmikrofone (40AD, Fa. G.R.A.S. Sound & Vibration, Holte, Dänemark) hatten eine Sensitivität von ca. 50 mV/Pa. Der Kopfhörer bewirkte eine Dämpfung im Bereich 0,5–5 kHz von bis zu 40 dB. Patienten der Kontrollgruppe (KONT) erhielten einen baugleichen Kopfhörer, bei dem die schallisolierende Rückwand entfernt worden war. Die Kopfhörer wurden jeweils mittels OP-Hauben verkleidet, sodass die Gruppenzugehörigkeit rein visuell nicht erkennbar war. Der anästhesieführende Anästhesist verließ zum Anlegen und Entfernen der Kopfhörer jeweils den OP-Saal.

Der Zeitraum der intraoperativen Datenerfassung erfolgte über einen definierten Zeitraum von 60 Minuten. Das Messintervall betrug für alle erfassten Parameter eine Minute. Als Beginn war bei allen Eingriffen das Einsetzen der chirurgischen Retraktionshaken festgelegt. Die Kopfhörer wurden erst nach Beendigung des operativen Eingriffs entfernt.

Postoperativ wurden alle Patienten im Aufwachraum und am ersten postoperativen Tag zu möglichen Awareness-Ereignissen befragt. Die standardisierten Befragungen erfolgten mittels des modifizierten Fragebogens nach Brice [10]. Die Befragungen wurden durch eine Person durchgeführt, die keine Kenntnis über die Gruppenzugehörigkeit der Patienten hatte.

Es lagen keine Daten zur Planung der Gruppengröße vor. Wir schätzten die mittlere Reduktion der erforderlichen Desfluran-Konzentration auf 0,3 Vol.%, von 5,0 Vol.% ohne Lärmabschirmung auf 4,7 Vol.% mit Lärmabschirmung. Unter der Annahme einer Standardabweichung von 0,5 Vol.%, einer Power

von 80% und einem zweiseitigen α von 0,05 war eine Mindestgruppengröße von 45 erforderlich. Aufgrund entsprechend zu erwartender Drop-outs wurde eine Gruppengröße von 50 gewählt.

Die statistische Auswertung erfolgte in Kooperation mit dem Institut für medizinische Biometrie und Informatik der TU Dresden. An 4 Messzeitpunkten konnten artefaktbedingt keine BIS-Werte erhoben werden. Die fehlenden Werte wurden durch das arithmetische Mittel der benachbarten Werte ersetzt. Der Vergleich normalverteilter, kontinuierlicher Variablen wurde mit einem zweiseitigen t-Test für unverbundene Stichproben durchgeführt. Kategoriale Variablen wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson bzw. mit dem exakten Test nach Fisher verglichen. Die statistische Auswertung der intraoperativen Messdaten erfolgte mittels des Allgemeinen Linearen Modells (ALM) für Messwiederholungen. ALM testet folgende drei Nullhypotesen: (H_01) Der gruppenübergreifend berechnete Gesamtmittelwert verändert sich über die Zeit nicht, d.h. die Zeit hat keinen Einfluss auf den gemessenen Parameter; (H_02) Der zeitliche Verlauf der Mittelwerte der Gruppen ist nicht unterschiedlich, d.h. die Intervention hat keinen Einfluss auf Veränderungen der gemessenen Parameter über die Zeit und die Kurven verlaufen parallel; (H_03) Die zeitunabhängig berechneten Gesamtmittelwerte der beiden Gruppen unterscheiden sich nicht. Eine Verwerfung von H_03 ist am aussagekräftigsten bzgl. eines Interventionseffektes. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von 0,05 oder geringer festgelegt.

Ergebnisse

Es wurden in beiden Gruppen jeweils 50 Patienten untersucht. Unmittelbar postoperativ wurde die Periduralanalgie mittels Kalt-Warm-Diskriminierung überprüft. Kein Patient hatte eine unzureichende Wirkung. Bei 8 KONT- und bei 7 INT-Patienten kam es zu Verstößen gegen das Studienprotokoll. Sie erhielten zusätzliche intravenöse

Gaben von Propofol oder Sufentanil während der Datenerfassung. Die Daten dieser Patienten sind Teil der Auswertung (intention-to-treat-Analyse).

Die demografischen Daten der Patienten sind in Tabelle 1 dargestellt. Bei den Patienten wurde eine der folgenden Operationen durchgeführt: radikale Prostatektomie, radikale Zystektomie, transabdominelle Nephrektomie, Ileopouchanlage oder Blasenaugmentation. Bei der Verteilung der Operationen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Zu Beginn der Datenerfassung (Zeitpunkt t_0) fanden sich bei den erhobenen Parametern (Desflurankonzentration, MAC-

Wert, BIS, Herzfrequenz, Blutdruck, Pulsdruckvariation, SpO_2 , Atemminutenvolumen, expiratorisches CO_2) keine statistisch signifikanten Unterschiede im Gruppenvergleich. Auch der statistische Vergleich dieser Parameter während der eigentlichen Studienphase war – mit Ausnahme der BIS-Werte – nicht signifikant.

Der zeitliche Verlauf der Desflurankonzentrationen in den beiden Gruppen ist in Abbildung 1 graphisch dargestellt. Sowohl H_01 als auch H_03 wurden bestätigt. Der p-Wert von H_02 betrug 0,08 und erreichte somit zwar nicht das im Vorfeld festgelegte Signifikanzniveau, zeigt aber, dass die Verläufe der Desflurankonzentrationen nicht parallel waren. In Abbildung 1 sind die nicht-parallelen Trendlinien für beide Gruppen zu Veranschaulichung dargestellt.

Laut Studienprotokoll wurden BIS-Werte zwischen 50 und 60 angestrebt. Tatsächlich betrugen die mittleren BIS-Werte (\pm Standardabweichung) in der Gruppe KONT 49 ± 6 und in der Gruppe INT 47 ± 6 . Insgesamt wurden je Patient 60 bzw. je Gruppe 3.000 BIS-Werte erhoben. Bei der Analyse zeigt sich, dass in der Gruppe KONT signifikant häufiger BIS-Werte > 60 gemessen wurden als in der Gruppe INT (86 versus 39; $p=0,00003$). In Abbildung 2

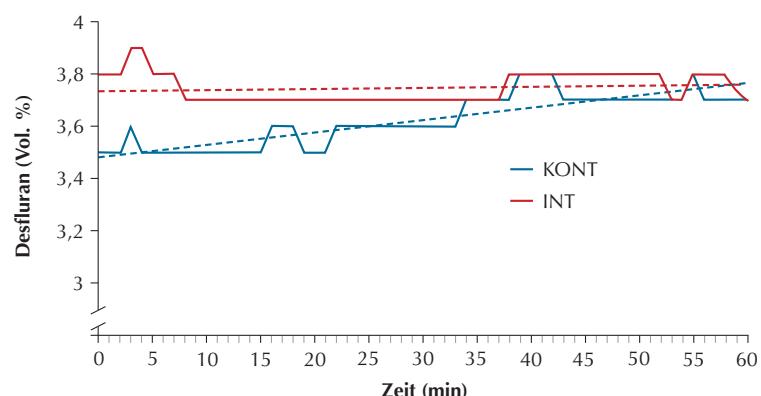
Tabelle 1

Demographische Daten.

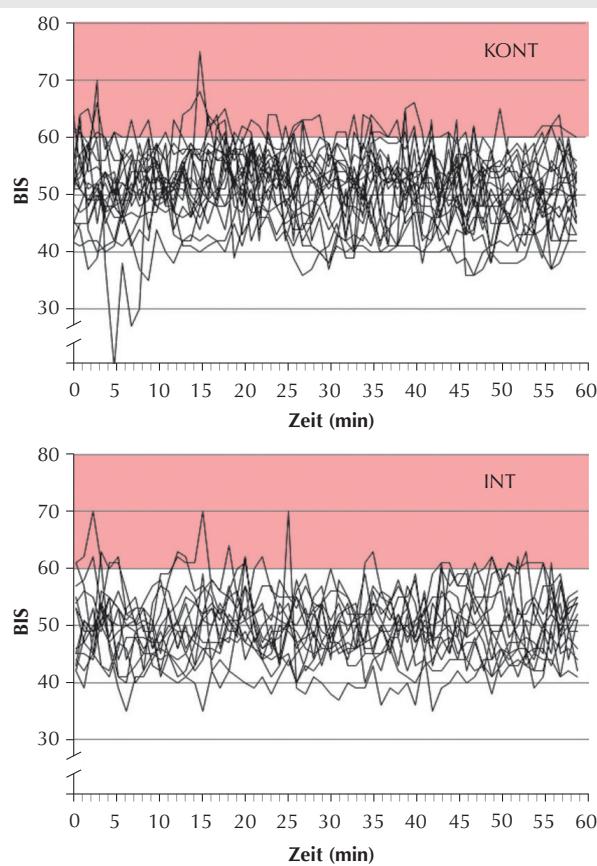
Parameter	KONT	INT	p-Wert
Alter (Jahre)	67 ± 9	66 ± 10	n.s.
Geschlecht (m/w)	46/4	47/3	n.s.
Größe (cm)	175 ± 8	177 ± 8	n.s.
Gewicht (kg)	84 ± 13	87 ± 15	n.s.
ASA (I/II/III)	1/37/12	1/31/18	n.s.

KONT = Kontrollgruppe, INT = Interventionsgruppe, ASA = American Society of Anesthesiologists-Klassifikation.

Abbildung 1



Zeitlicher Verlauf der Desflurankonzentrationen in Vol.% in der Kontrol (KONT)- und in der Interventionsgruppe (INT). Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit sind die Standardabweichungen nicht grafisch dargestellt. In der Gruppe KONT betrugen sie im Mittel $\pm 1,2$ Vol.% und in der Gruppe INT $\pm 1,0$ Vol.%. Die gestrichelten Linien sind die Trendlinien der Desflurankonzentration der jeweiligen Gruppe.

Abbildung 2

Zeitlicher Verlauf der BIS-Werte der Patienten in der Kontrol (KONT)- und in der Interventionsgruppe (INT), bei denen Werte >60 gemessen wurden. In der Gruppe KONT wurden insgesamt 86 Messwerte bei 20 Patienten und in der Gruppe INT 39 Messwerte bei 14 Patienten registriert.

sind die BIS-Kurven der betroffenen Patienten beider Gruppen dargestellt. In der Gruppe KONT waren 20 und in der Gruppe INT 14 Patienten betroffen. Der Anstieg der BIS-Werte war von kurzer Dauer, da gemäß dem Studienprotokoll stets mit einer Erhöhung der Desfluran-Gabe reagiert wurde.

Die zu zwei Zeitpunkten durchgeführten postoperativen Befragungen der Patienten zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Insbesondere berichtete kein Patient über ein Wachheitserlebnis.

Diskussion

Unsere Hypothese, eine Lärmabschirmung bewirke eine mittlere Desfluran-Reduktion von 0,3 Vol.%, wurde nicht bestätigt. Lediglich bei den Veränderungen der Desfluran-Konzentrationen über die Zeit gab es einen Unterschied

zwischen den Gruppen, der allerdings kein Signifikanzniveau erreichte.

Die Untersuchung wurde als Pilotstudie durchgeführt und entsprechend war der *a priori* geschätzte Effekt der Lärmabschirmung ohne Datengrundlage. Die bisher durchgeführten Arbeiten zu dem Thema Lärmabschirmung verwendeten ausnahmslos Propofol [4–7]. Wir wählten Desfluran, da die pharmakokinetischen Modelle zur Berechnung von Plasma-Propofolspiegeln nicht auf jeden Patienten angewendet werden können [11]. Desfluran hingegen wird kaum verstoffwechselt und als Routineparameter bei jeder Anästhesie gemessen. Die untersuchten Patienten erhielten alle eine Periduralanalgesie, da wir nur den Effekt der Lärmabschirmung auf die Hypnosetiefe untersuchen und mögliche Schmerzreize als Einflussgrößen ausschließen wollten. Wir wählten ein festes Untersuchungsintervall von 60

min beginnend mit dem Einsetzen der Retraktionshaken, da während dieser Zeit zuverlässig intraabdominell operiert wurde und keine Unterschiede in den chirurgischen Reizen zu erwarten waren.

Die Studien, die den Effekt einer Lärmabschirmung bei sedierten Patienten untersuchten [4–6], zeigten einen reduzierten Propofol-Bedarf oder eine verstärkte Sedierungstiefe. Bei einer Desfluran-Dosierung im anästhetischen Bereich konnten wir diesen Unterschied nicht nachweisen. Eine Beobachtungsstudie beschäftigte sich mit den Auswirkungen von Ohrstöpseln während Allgemeinanästhesien mit Propofol [7]. Das Studienprotokoll machte keine Vorgaben (z.B. BIS-Wert) für die Dosierung der Anästhetika, die entsprechend nach den üblichen klinischen Kriterien verabreicht wurden. Der mittlere BIS-Wert betrug 38. Die verwendeten Ohrstöpsel bewirkten eine Lärmreduktion von 29 dB und wurden alle 10 min für 10 min entfernt. Die Autoren fanden keinen Zusammenhang zwischen dem mittleren Geräuschniveau im OP und BIS-Werten. Allerdings stellten sie in einer Subgruppen-Analyse fest, dass die Ohrstöpsel zu einer signifikanten Reduktion um 32% von BIS-Werten >60 führten. In unserer Untersuchung betrug dieser Effekt über 45%. Mögliche Gründe für den größeren Effekt in unserer Studie waren die geringere Hypnosetiefe und der größere lärmabschirmende Effekt der von uns verwendeten Kopfhörer (40 dB). Eine Schlussfolgerung des B-Aware-Trials war, dass BIS-Werte >60 das Risiko für ein Wachheitserlebnis erhöhen [12]. Der Umkehrschluss hingegen, dass ein BIS-Wert <60 ein Wachheitserlebnis sicher verhindert, ist nicht zulässig, wie die Ergebnisse der B-Unaware- [13] und der BAG-RECALL-Studie [14] zeigten. Dieses Ergebnis überrascht insofern nicht, da es mittels der zurzeit zur Verfügung stehenden Methoden eines Neuromonitorings wie BIS nicht möglich ist, den genauen Bewusstseinszustand eines Patienten zu detektieren [15–17]. Allgemeinanästhesie ist deshalb nicht gleichzusetzen mit einem Abschalten übergeordneter Gehirnfunktionen, son-

dern es ist durchaus möglich, dass einzelne Funktionen bis zum Erreichen höherer Anästhetikakonzentrationen erhalten bleiben. Die in unserer Untersuchung gemessenen unvermittelten BIS-Anstiege >60 sind ein weiterer Beleg für dieses Phänomen.

Auch während Allgemeinanästhesien können akustisch-evozierte Potenziale abgeleitet werden. Das Niveau der Anästhesietiefe, ab der auditorische Reize bewusst (explizites Gedächtnis) wieder gegeben werden können oder ab der sie nur wiedererkannt werden (implizites Gedächtnis), unterliegt wahrscheinlich einer großen interindividuellen Varianz. So ist bekannt, dass bei BIS-Werten von 50–60 implizite Erinnerung möglich ist [18]. Die Ergebnisse der B-Unaware-[13] und der BAG-RECALL-Studie [14] zeigen, dass auch explizite Erinnerung bei niedrigen BIS-Werten auftreten kann. Die Tatsache, dass manche Patienten von intraoperativen Träumen berichten [19], zeigt ebenfalls, dass höhere Hirnfunktionen nicht vollständig ausgeschaltet werden.

Unsere Untersuchung wurde bei Patienten durchgeführt, bei denen abdominelle Weichteiloperationen vorgenommen wurden. Typischerweise ist das Geräuschniveau bei solchen Operationen relativ gleichbleibend. Spitzengel werden in der Regel generiert durch lautes Reden, Instrumentieren mit chirurgischen Instrumenten (insbesondere im Bereich des Instrumentiertischs) sowie durch Alarne der anästhesiologischen Überwachungsmonitore. Das menschliche Gehör adaptiert sich in lauten Umgebungen, allerdings ist nicht bekannt, ob der resultierende Gewöhnungseffekt durch Inhalationsanästhetika beeinflusst wird. Die Tatsache, dass das Auftreten von BIS-Werten >60 während des gesamten Untersuchungszeitraums beobachtet wurde, kann als ein Hinweis gegen einen Gewöhnungseffekt interpretiert werden.

Bei der Interpretation unserer Studienergebnisse muss ein wesentlicher Aspekt beachtet werden: Der gefundene Effekt auf BIS-Werte >60 kann durch die Lärmabschirmung bedingt worden

sein – muss es aber nicht. Zur Klärung der Frage, ob es sich nur um eine Assoziation oder aber um einen kausalen Zusammenhang handelt, ist eine Untersuchung mit zeitgleichen Lärmpegelmessungen erforderlich. Günstig wäre es, eine solche Untersuchung bei Operationen mit bekannt hohen Lärmpegeln (Orthopädie/Unfallchirurgie) durchzuführen. Zu beachten wäre dabei allerdings, dass das BIS-Monitoring erst mit einer gewissen zeitlichen Latenz reagiert und deshalb besser Roh-EEG-Kurven betrachtet werden sollten.

Eine weitere, noch zu klärende Fragestellung ist, ob sich durch eine Lärmabschirmung das Auftreten von Wachheitserlebnissen reduzieren lässt. Wachheitserlebnisse sind glücklicherweise selten, sodass eine sehr große Patientenzahl erforderlich ist, um hier eine Antwort geben zu können. In diesen seltenen Fällen berichten die betroffenen Patienten am häufigsten über auditorische, gefolgt von somatosensorischen Erlebnissen. Kopfhörer zur Lärmabschirmung sind in unserer Abteilung bereits seit einigen Jahren Standard. Anlass war die Überlegung, dass es unabhängig von wissenschaftlicher Evidenz sinnvoll ist, Patienten gegenüber akustischen Reizen aller Art abzuschirmen. Vereinzelt berichteten Patienten, die anamnestisch bereits häufiger Allgemeinanästhesien erhalten hatten, ungefragt davon, dass sie diesmal besonders tief geschlafen hätten. Diese Erzählungen motivierten uns, diese Pilotstudie durchzuführen. Auch wenn der Effekt einer Lärmabschirmung auf den Bedarf an Hypnotika während Allgemeinanästhesien wahrscheinlich vernachlässigbar ist, so zeigt die Abnahme an BIS-Werten >60 einen deutlichen Effekt, der die Sinnhaftigkeit dieser einfachen, nebenwirkungsfreien Maßnahme unterstreicht.

Schlussfolgerung

Lärmabschirmung während Allgemeinanästhesien mit Desfluran hat nur einen sehr geringen Effekt auf den Anästhetikabedarf, führt aber zu einer signifikanten Abnahme von BIS-Werten >60, die ein Risikofaktor für Wach-

heitserlebnisse darstellen. Unabhängig von diesen Ergebnissen scheint eine Lärmabschirmung der Patienten während Allgemeinanästhesien sinnvoll, da nie mit absoluter Sicherheit von einem vollständigen Bewusstseinsverlust ausgegangen werden kann.

Literatur

- Shankar N, Malhotra KL, Ahuja S, Tandon OP: Noise pollution: a study of noise levels in the operation theatres of a general hospital during various surgical procedures. *J Indian Med Assoc* 2001;99:244,246–247
- Katz JD: Noise in the operating room. *Anesthesiology* 2014;121:894–898
- Kim R, Berg Mv: Summary of night noise guidelines for Europe. *Noise Health* 2010;12:61–63
- Kim DW, Kil HY, White PF: The effect of noise on the bispectral index during propofol sedation. *Anesth Analg* 2001;93:1170–1173
- Kang JG1, Lee JJ, Kim DM, Kim JA, Kim CS, Hahn TS, et al: Blocking noise but not music lowers bispectral index scores during sedation in noisy operating rooms. *J Clin Anesth* 2008;20:12–16
- Tharahirunchot S, Tatiyapongpinij S, Uerpairojkit K: Effect of noise block using earplugs on propofol sedation requirement during extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Med Assoc Thai* 2011;94 Suppl 2:S103–S107
- Thiele RH, Knipper E, Dunn LK, Nemergut EC: Auditory stimuli as a contributor to consciousness while under general anesthesia. *Med Hypotheses* 2013;80:568–572
- Sigl JC, Chamoun NG: An introduction to bispectral analysis for the electroencephalogram. *J Clin Monit* 1994;10:392–404
- Kerssens C, Klein J, van der Woerd A, Bonke B: Auditory information processing during adequate propofol anesthesia monitored by electroencephalogram bispectral index. *Anesth Analg* 2001;92:1210–14
- Brice DD, Hetherington RR, Utting JE: A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *Br J Anaesth* 1970;42:535–542
- Engbers FHM, Dahan A: Anomalies in target-controlled infusion: an analysis after 20 years of clinical use. *Anesthesia* 2018;73:619–630

12. Myles PS, Leslie K, McNeil J, Forbes A, Chan MT: Bispectral index monitoring to prevent awareness during anaesthesia: the B-Aware randomised controlled trial. *Lancet* 2004;363:1757–1763
13. Avidan MS, Zhang L, Burnside BA, Finkel KJ, Searleman AC, Selvidge JA, et al: Anesthesia awareness and the bispectral index. *N Engl J Med* 2008;358:1097–1108
14. Avidan MS, Jacobsohn E, Glick D, Burnside BA, Zhang L, Villafranca A, et al: Prevention of intraoperative awareness in a high-risk surgical population. *N Engl J Med* 2011;365:591–600
15. Bonhomme V, Staquet C, Montupil J, Defresne A, Kirsch M, Martial C, Vanhaudenhuyse A, et al: General anesthesia: A Probe to explore consciousness. *Front Syst Neurosci* 2019;13:36
16. Sleigh J, Warnaby C, Tracey I: General anaesthesia as fragmentation of selfhood: insights from electroencephalography and neuroimaging. *Br J Anaesth* 2018;121:233–240
17. Hötzl A: Klinischer Stellenwert von total intravenöser Anästhesie (TIVA) und Inhalationsanästhesie. *Anästh Intensivmed* 2019;60:174–189
18. Iselin-Chaves IA, Willems SJ, Jermann FC, Forster A, Adam SR, Van der Linden M: Investigation of implicit memory during isoflurane anesthesia for elective surgery using the process dissociation procedure. *Anesthesiology* 2005;103:925–933
19. Leslie K, Sleigh J, Paech MJ, Voss L, Lim CW, Sleigh C: Dreaming and electroencephalographic changes during anesthesia maintained with propofol or desflurane. *Anesthesiology* 2009;111:547–555.

**Korrespondenz-
adresse**

**Prof. Dr. med. habil.
Matthias Hübler**

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus
Fetscherstr. 74
01307 Dresden, Deutschland
Tel.: 0351 458 4110
Fax: 0351 458 4336
E-Mail: matthias.huebler@uniklinikum-dresden.de
ORCID-ID: 0000-0002-7576-1782