

# Perioperatives CSI-Monitoring bei kleineren kinderchirurgischen Eingriffen – sinnvolles Instrument zur Überwachung der Hypnosetiefe bei Kleinkindern?\*

Perioperative CSI-Monitoring in minor pediatric surgery – is it a useful tool for supervising the level of sedation in infants?

C. Gernoth, I. Spiesberger-Heinrich, H. Ochmann, A. Schläfer und E. Thiel

Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Mannheim gGmbH (Direktor: Prof. Dr. M. Thiel)

► **Zusammenfassung:** Anästhesie in der täglichen Praxis setzt sich bekanntermaßen aus Hypnose, Analgesie und bedarfsweise der Muskelrelaxierung zusammen [1]. Die Erfassung der Narkose- im eigentlichen Sinne der Hypnosetiefe stellt ein unverändert interessantes und wichtiges Ziel der Anästhesiologie dar. Eine optimierte Hypnose bietet die unmittelbare Option zur Vermeidung einer zu oberflächlichen Anästhesie mit intraoperativer Wachheit und ihren Folgen bzw. im Falle einer inadäquat tiefen Narkose eines Burst-Suppression-EEG. Des Weiteren kann die adäquate angepasste Hypnosetiefe auch zur potentiellen Verhinderung kardiopulmonaler perioperativer Komplikationen sowie zur optimalen Steuerung der Narkosedauer mit kurzen Aufwachzeiten beitragen. Zur Beurteilung eines der kommerziell erwerblichen EEG-Monitoring-Verfahren wurde bei Kleinkindern im Alter zwischen 12 Monaten und 6 Jahren der Cerebral-State-Index (CSI™, Danmeter Odense Dänemark) verwendet. Um eine nahezu isolierte Betrachtung der Hypnosetiefe zu ermöglichen und den potentiellen Einfluss von unzureichender Analgesie zu minimieren, erhielten alle Kinder zur Analgesie eine gewichtsadaptiert dosierte Kaudalanästhesie. Eine Muskelrelaxierung war weder aus anästhesiologischer (Larynxmaske) noch chirurgischer (OP zur Hypospadiekorrekture/inguinaler Herniotomie) Sicht notwendig. Es traten unter der CSI-gesteuerten Induktion und Überwachung der Narkoseführung keine relevanten Komplikationen (Blutdruckabfälle, Bradykardien, Laryngospasmen) auf. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass unter adäquater regionaler Analgesie und ohne Muskelrelaxierung das hier verwendete Neuro-monitoring durchaus zur Beurteilung der Hypnosetiefe und einer Risikoreduktion kardiopulmonaler Ereignisse verwendbar zu sein scheint.

► **Schlüsselwörter:** Cerebral-State-Index – Perioperatives Neuromonitoring bei Kindern – Kaudalanästhesie.

► **Summary:** As is well known, anaesthesia comprises hypnosis, analgesia and, where indicated,

muscle relaxation [1]. Measuring the depth of anaesthesia, and especially the depth of hypnosis, continues to be an interesting and major objective of anaesthesiology. Optimised hypnosis avoids the danger of shallow anaesthesia with perioperative awareness and its consequences, or too deep anaesthesia as indicated by burst suppression EEG. Furthermore, the adequately adapted hypnosis level can potentially prevent perioperative cardiopulmonary complications and optimise the control of anaesthesia duration, and shorten recovery time. With the aim of evaluating a commercially available EEG-monitor, (CSI™, Danmeter, Odense Denmark), the Cerebral State Index was used in infants aged between 12 months and 6 years. With the aim of studying the depth of hypnosis as far as possible, while minimising the influence of inadequate analgesia, all children received weight-adapted caudal (epidural) analgesia. Muscle relaxation was not required, neither for anaesthesia-related (laryngeal mask) nor for surgical (inguinal herniotomy / correction of hypospadias) reasons. No complications (significant blood pressure drop, bradycardia, laryngospasm) occurred under CSI-controlled induction and monitoring of the anaesthetic depth. This indicates that monitoring of hypnosis with the CSI under adequate regional analgesia without muscle relaxation would appear to be an acceptable option.

► **Keywords:** Cerebral State Index – Perioperative Neuromonitoring in Children – Caudal Anaesthesia.

## Einleitung

Seit Einführung des Bispectral Index (BIS Firma Aspect, Newton, MA, USA) vor mehr als 13 Jahren wurden viele weitere Monitoringgeräte zur Quantifizierung der Narkosetiefe entwickelt. Als besonders nennenswerte kostengünstige Alternative zu dem BIS-Gerät wurde vor vier Jahren bei nach wie vor

\* Rechte vorbehalten

► hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Cerebral State Monitor (CSM, Danmeter, Odense, Dänemark) auf dem Markt auffällig. Der CSM misst über drei unihemisphärisch auf unbehaarter Haut aufgebrachte Klebeelektroden, seien es Original- oder konventionelle EKG-Elektroden [2] (frontal, temporal und mastoidal), ein Roh-EEG und analysiert dieses mittels Fast-Fourier-Transformation mit Frequenzbandrationierung und Burst-Suppression-Erkennung. Das Ergebnis dieser Berechnungen ist der mittels Fuzzylogic-Sortierung gebildete mit Werten von 0 bis 100 dimensionslose Cerebral-State-Index (CSI). Dieser CSI wurde so skaliert, dass eine chirurgische Narkosetiefe, ähnlich wie beim BIS, bei Werten zwischen 40 und 60 einzuordnen ist. Über dieses im Vergleich zum BIS-Monitoring vergleichsweise kostengünstige Monitoringverfahren existieren in der Literatur bislang nur wenige Arbeiten. In erster Linie stand in diesen Untersuchungen ein Vergleich des durch viele Studien untersuchten BIS mit dem CSI [3-5,6,7] im Vordergrund. Es fand sich bei Durchführung einer total-intra-venösen Anästhesie bei Erwachsenen eine ausreichende Korrelation des CSI zur Narkosetiefe, sodass

unter Anästhesie mit Propofol und Remifentanyl ein Neuromonitoring im Erwachsenenbereich sinnvoll erscheint. Dies führte in unserer Klinik vorwiegend zu dessen Anwendung bei Risikopatienten. Doch nicht nur kritisch kranke Erwachsene profitieren von einer optimierten Narkosetiefe, sondern insbesondere Kinder und Säuglinge können durch eine adäquate Narkosetiefe durch Reduktion von intraoperativer Wachheit oder inadäquat tiefer Anästhesie, sekundär hieraus resultierenden perioperativen hämodynamischen (Blutdruckabfälle, Bradykardien) und pulmonalen (Laryngo-Bronchospasmus) Komplikationen sowie einer möglicherweise verkürzten Aufwachphase eine Behandlungsoptimierung erfahren. Bei Beleuchtung dieser Fragestellung finden sich jedoch mehrere Problempunkte. Einerseits wurden die in den Geräten hinterlegten EEG-Berechnungsalgorithmen zumeist bei Erwachsenen gewonnen und sind aufgrund der neuronalen Entwicklung bei Kleinkindern und Kindern nicht unmittelbar übertragbar, andererseits muss die Anästhesie als Kombination aus Analgesie („analgetischem Block“), Hypnose („mentalem Block“) und optionaler Muskelrelaxierung angesehen werden. Alle ►

► drei Qualitäten in ihrer gemeinsamen Ausprägung mittels CSI zu erfassen, erscheint als endgültige Zielsetzung der Validierung des Monitoringverfahrens erstrebenswert, ist jedoch aufgrund der multiplen Einzelfaktoren primär nicht sinnvoll, sodass nach ersten Hinweisen auf eine verbesserte Korrelation zwischen CSI und Hypnosetiefe [23] letztere isoliert untersucht werden soll. Gegenstand der im folgenden dargestellten Untersuchung ist es, abgeleitet aus den o.g. Gründen, den CSI bei kleineren kinderchirurgischen Eingriffen als Messinstrument zur Hypnose bei regionalanästhetisch behandelten Kindern im Alter zwischen 12 Monaten und 6 Jahren zu evaluieren.

## Methodik

Nach Zustimmung der lokalen Ethikkommission und schriftlicher Einverständniserklärung der Eltern konnten 47 Kinder (beidseitige inguinale Hernien-OP bzw. Hypospadiekorrektur) der ASA I-II im Alter von 12 Monaten bis 6 Jahren in die Studie eingeschlossen werden. Kinder mit vorbestehend bekannten EEG-Veränderungen oder antikonvulsiver Medikation wurden nicht eingeschlossen.

Alle Patienten wurden 30 Minuten vor Abruf in den OP mit Midazolam 0,6 mg/kg KG rektal (orale Prämedikation altersbedingt nicht möglich) prämediziert und erhielten zeitgleich auf beide Handrücken ein EMLA-Pflaster. Nach Anlage eines präkordialen Stethoskops, einer Pulsoxymetrie und eines venösen Zuganges wurden gemäß Herstellerangaben die Elektroden unilateraler frontal, temporal und mastoidal aufgeklebt. Vor Induktion der Anästhesie wurde bei ausreichendem Signal-Qualitäts-Index (SQI) von mindestens 80 % der CSI-Ausgangswert dokumentiert (Zeitpunkt T1). Es wurde eine standardisierte intravenöse Induktion mittels Fentanyl 2 µg/kg KG und zwei Minuten später (Zeitpunkt T2) mit Propofol 2mg/kg KG/min via Perfusor durchgeführt. Die Propofolapplikation wurde mit Erreichen eines CSI von 50 gestoppt. Die notwendige Propofoldosis wurde dokumentiert und nach Durchführung eines standardisierten Kinnhebemanövers eine Larynxmaske platziert (Zeitpunkt T3). Hierbei wurde genau erfasst, inwieweit es zu Veränderungen der Hämodynamik oder des Auftretens spontaner motorischer Aktivitäten des Patienten kam. Eine kardiozirkulatorische Komplikation lag dann vor, wenn eine Veränderung des vor Manipulation bestehenden Wertes von mehr als 15 % auftrat. Die Hypnose wurde nach Lagekontrolle des supraglottischen Atemwegs mittels 1 MAC Sevoflurane in einem Luft/Sauerstoffgemisch und einer druckkontrollierten Beatmung mit einem endtidalen CO<sub>2</sub> von 35 mmHg aufrechterhalten. Nach Umlagerung des Kindes auf die linke Seite wurde eine Kaudalanästhesie mit Ropivacain ►

Tab. 1

	Zeitpunkt	MW	SD
CSI	1	91	5
	2	46	9
	3	41	8
	4	44	9
	5	45	9
	6	44	17
	7	50	10
	8	69	17
	9	80	18
SQI	1	74	
	2	88	
	3	86	
	4	87	
	5	93	
	6	91	
	7	87	
	8	79	
	9	65	

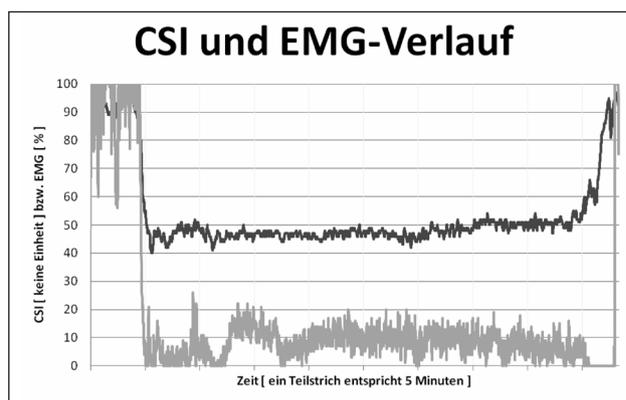


Abb. 1

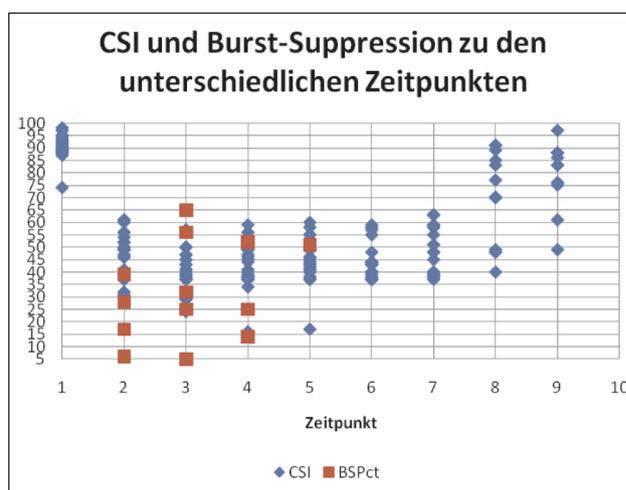


Abb. 2

► 0,2 % 1 ml/kg KG und 1 µg/kg KG Clonidin durchgeführt, einmalig ein Suppositorium mit maximal 1 mg/kg KG Diclofenac appliziert und nach zwei Minuten der CSI erfasst (Zeitpunkt T4). Hiernach wurde die Sevoflurane-Dosis auf einen mittels beatmungsgeräteinterner Berechnungsalgorithmen altersadaptierten halben MAC reduziert (Zeitpunkt T5). Die Dosierung des Sevoflurane wurde nur dann verändert, wenn der CSI ausserhalb der angestrebten Zielwerte von 40 und 60 lag oder spontane motorische Aktivitäten / kardiopulmonale Reaktionen (Veränderungen +/-15 % vom Ausgangswert) auf einen chirurgischen Stimulus (Desinfektion des Operationsgebietes) auftraten. Der CSI und die kardiopulmonalen Parameter wurden bei Schnitt (Zeitpunkt T6), Nahtende und Ende der Sevoflurane-Applikation (T7), der ersten motorischen Reaktion des Patienten (T8) und nach Entfernung der Larynxmaske erfasst (T9). Nach Verbringen in den Aufwachraum wurde in 15minütigem Abstand mittels der „University of Michigan Sedation Scale“ [8] der Wachheitsgrad des Kindes quantifiziert. Die Eltern erhielten bei Verlegung des Kindes auf die Normalstation einen Erhebungsbogen zur Erfassung des Zeitpunktes und der Intensität postoperativ aufgetretener Schmerzen sowie des Schlafverhaltens der Kinder.

## Ergebnisse

Das mittlere Alter der Kinder (Angaben als Mittelwert± einfache Standardabweichung) (43 Jungen/4 Mädchen) lag bei 28±6 Monaten, das mittlere Körpergewicht bei 15±3 kg. Die durchschnittliche Dauer der Operationen lag bei den inguinalen Herniotomien bei 38±9 Minuten, die Dauer der Hypospadiekorrektur lag im Mittel bei 48±10 Minuten und war damit vergleichbar. Zwischen Anlage der Kaudalanästhesie und Schnitt lagen durchschnittlich 12±3 Minuten (erster chirurgischer Stimulus ( Desinfektion ) im Mittel 8±2 Minuten nach Kaudalanästhesie). Die CSI-Werte, sowie die zugehörigen prozentualen Angaben zur Signalqualität bei den oben genannten Zeitpunkten sind in [Tabelle 1](#) ersichtlich. Während der standardisierten Induktion mittels Propofol-Perfusor war zum Erreichen des CSI von 50 eine mittlere Dosis von 3.8±0.6mg/kg Propofol notwendig. Bei CSI-Werten unter 90 vor Anästhesieinduktion war eine signifikant geringere Dosis an Propofol (4.1±0.6 mg/kg vs. 2.9±0.5 mg/kg (p<0.05)) zum Erreichen des CSI von 50 notwendig. Wie in [Abbildung 2](#) dargestellt, kam es trotz dieses Perfusor-gesteuerten Regimes bei 5 tendentiell kleineren Kindern zur Entwicklung von Burst-Suppression-Signalen im EEG (mittleres Alter 18±6 Monate, 12±2 kg); diese EEG-Zeichen hielten bei einem Kind sogar bis zur Dosisreduktion von Sevoflurane (Zeitpunkt T5) an.

Zwei der 47 Kinder bewegten bei dem durchgeführten Kinnanhebemanöver einen Arm oder ein Bein, ohne dass es zu signifikanten Veränderungen im CSI (46 bzw. 52) kam. Die ohne zusätzliche Medikation umgehend durchgeführte Platzierung der Larynxmaske verlief ohne relevante Komplikationen seitens der Hämodynamik (Anstieg der Herzfrequenz um im Mittel 11±2 %) oder der pulmonalen Situation. Die Sevoflurane-Dosis konnte bei allen Kindern auf einen altersadaptierten MAC von 0.5 reduziert werden, ohne dass ein CSI-Wert von 60 (Mittelwert 45±9) überschritten wurde ([Abb. 1](#)). Kein Kind zeigte zu Beginn oder während der chirurgischen Phase Komplikationen im Sinne von beginnender peripherer Spontanmotorik, eines gemessenen EMG von größer als 30, eines Laryngospasmus oder Blutdruckanstiege/-abfälle. Gegen Ende der Operation (Zeitpunkt T 7) fiel die Herzfrequenz im Vergleich zu dem Wert nach erfolgter Induktion (Zeitpunkt T2) im Mittel um 8±2 % ab, der Blutdruck fiel systolisch im Mittel um 7±3 %, diastolisch um 11±2 % gegenüber dem Ausgangswert ab. In den von den Eltern ausgefüllten Evaluationsbögen der ersten 24 Stunden nach dem operativen Eingriff zeigten sieben Kinder einen unruhigen Schlaf, jedoch ohne dass Alpträume oder Angstzustände im Sinne einer intraoperativen Wachheit mit expliziten Erinnerungen als Ursache genannt wurden. Nebenbefundlich ließ sich eine durchschnittliche Wirkdauer der mit Clonidin supplementierten Kaudalanästhesie von 9,5±0,7 Stunden ableiten (Zeitdauer von Punktion bis zur durch die Eltern dokumentierten ersten Schmerzäußerung des Kindes).

## Diskussion

Unter den vielen verfügbaren Monitoringsystemen bestehen - abgesehen vom BIS-Gerät [9,10] - nur wenig Daten über die Benutzung bei Kindern, hier bildet auch das CSM-Neuromonitoring (vier Frequenzbandanalysen mittels Fast-Fourier-Transformation und konsekutiver Fuzzy-logic-Sortierung [7,11]) keine Ausnahme. Das CSM bietet aufgrund der kompakteren Bauweise und des günstigeren Gerätepreises sowie der verwendbaren Klebeelektroden ökonomisch einige Vorteile gegenüber dem BIS-Monitoring, weswegen wir uns aufgrund des bislang nicht gelungenen Vorteilsbeweises für eines der erwerblichen EEG-Systeme in unserer Untersuchung für das CSM entschieden haben [1,11]. Darüber hinaus zeigte sich im Vergleich mit anderen Monitoringsystemen, wie wichtig es insbesondere im Bereich der Kinderanästhesie ist, mit geringer Invasivität und konsekutiv hoher Akzeptanz seitens der Kinder vor Narkoseeinleitung das Monitoring etablieren zu können. Denn erst dieses Vorgehen ermöglicht eine patientenbe- ►

▶ zogene, individuelle Verlaufsbewertung der intraoperativen Messwerte. Dies ist insofern von großer Bedeutung, als dass die gerätetechnisch zugrundeliegenden Berechnungsalgorithmen auf gemessenen Daten gesunder Erwachsener basieren, was die Bewertung der Absolutwerte für alle verfügbaren Systeme bei Kindern erschwert. Es wurden aus diesem Grund neben der Erfassung des CSI die Roh-EEG-Daten dieser neurologisch, soweit beurteilbar, gesunden Kinder aufgezeichnet, um Sie möglicherweise für zukünftige pädiatrische Algorithmen verwenden zu können.

Neben den oben genannten technischen Besonderheiten in der Anwendung des Neuromonitorings bei Kindern ist zu berücksichtigen, dass es sich immer um eine multimodal zusammengesetzte Anästhesie handelt (Hypnose, Analgesie, Muskelrelaxierung [12]). Um sich auf die Überwachung der Hypnosetiefe, des mentalen Blockes, zu konzentrieren, wurde in der vorliegenden Untersuchung lediglich die Überwachung einer initial intravenösen, im Verlauf inhalativen Sedierung gewählt. Die Analgesie wurde mittels Clonidin-supplementierter Kaudalanästhesie gewährleistet, um eine nozizeptive Beeinflussung des CSM weitestgehend zu verhindern.

Es erscheint aufgrund der intravenös geführten Narkoseeinleitung und der inhalativen Fortführung sinnvoll, die Ergebnisse der einzelnen Phasen getrennt voneinander zu diskutieren.

Die von uns gewonnenen Daten während der Narkoseeinleitung der rektal mit Midazolam prämedizierten Kinder zeigen einen stereotypen Verlauf analog zur Medikamentengabe von Propofol nach Fentanylbolus (Abb. 1 und 2). Zwei Kinder zeigten eine motorische Reaktion auf den von uns gewählten Kinnhebeversuch als einen standardisiert durchgeführten Stimulus. Da hierunter jedoch keinerlei signifikante Veränderungen der kardiopulmonalen Werte oder des im Zielbereich befindlichen CSI resultierten, wurde die Larynxmaske umgehend platziert. Dies konnte in allen Fällen atraumatisch beim ersten Mal und ohne unerwünschte Ereignisse durchgeführt werden. Diese Erfahrungen decken sich mit der in der Literatur beschriebenen Korrelation einer propofolbasierten Induktion [3]. Es erscheint gemäß unserer Daten in diesem Alterskollektiv weitgehend sicher zu sein, die Narkoseeinleitung mittels Propofol CSI-gesteuert durchzuführen. Insbesondere dann, wenn bereits vor Einleitung ein CSI von unter 90 vorliegt. Hier zeigte sich in unserer Patientengruppe ein signifikant reduzierter Propofolbedarf zum Erreichen einer anscheinend „sicheren“ Hypnosetiefe. Kritisch zu bewerten ist in diesem Zusammenhang jedoch der von uns gewählte Zielwert des CSI von 50, bei dem die Propofolzufuhr gestoppt wurde. Aufgrund der Trägheit des

Systems zeigten fünf der 47 Kinder Burst-Suppression-Muster, die in einem Fall über mehrere Minuten andauerten. Es wäre hier für künftige Untersuchungen zu überlegen, den Zielwert höher anzusetzen, um diese potentielle Komplikation zu vermeiden. Es liegen noch keine Daten über die neuropathologischen Konsequenzen eines kurzzeitigen Burst-Suppression-Musters bei Kindern vor, es erscheint jedoch nicht zielführend, dieses bewusst in Kauf zu nehmen. Insofern zeigte der CSI nicht nur bei der Steuerung der propofolbasierten Induktion an sich, sondern auch für die notwendige Dosis bei reduziertem Ausgangswert eine gute Korrelation. Dies unterstreicht die Forderung, das Konzept der ausschließlich gewichtsadaptierten Dosierungen zu überdenken bzw. den CSI hier einzusetzen, um konsekutive Burst-Suppression-EEG-Veränderungen zu vermeiden.

Trotz des Versuches, sich durch ein Regionalverfahren ein weitgehend nozizeptiv unbeeinflusstes Hypnosemonitoring zu erhalten, kann die durchgeführte Kaudalanästhesie nicht völlig außer Acht gelassen werden. In der vorliegenden Untersuchung zeigten sich zu den Zeitpunkten T5 und T6 keine signifikanten Veränderungen in der Hämodynamik oder den CSI-Werten. Zwischen diesen beiden Messpunkten wurde jedoch die Sevoflurandosis auf die Hälfte reduziert (endexpiratorisch 0,5 MAC). Ist dies als Effekt der Kaudalanästhesie, insbesondere des Clonidins, zu werten?

Eine Untersuchung der Arbeitsgruppe um Davidson fand eine deutliche Abnahme des BIS-Wertes infolge Kaudalanästhesie nach einer 15minütigen Wartezeit [13]. Für den Einfluss einer Kaudalanästhesie auf die Hypnosetiefe findet sich lediglich eine Arbeit von 2006, in der sich ein dosisabhängiger Effekt der Kaudalanästhesie auf die BIS-gesteuerte notwendige Dosis von Sevoflurane zeigen ließ. In unserem Fall war das Zeitintervall zwischen Punktion und Sevofluranreduktion sehr viel kürzer, was aufgrund der hypothetisch verzögerten systemischen Resorptionszeit von Medikamenten aus dem Periduralraum einen zusätzlichen zentrogen-sedierenden Effekt unwahrscheinlich erscheinen lässt. Dieser ist jedoch im weiteren Verlauf nicht sicher auszuschließen. Additiv zu Ropivacain wurde Clonidin in einer Dosierung von 1 µg/kg KG verwendet. Clonidin führt zu einer Wirkungsverlängerung nicht nur bei kaudaler Applikation [14,15,16], sondern auch bei peripheren Nervenblockaden [17] ohne bisherigen Nachweis einer neuropathischen bzw. neurotoxischen Wirkung. Untersuchungen über direkte EEG-Veränderungen durch eine kaudale Applikation von Clonidin finden sich in der Literatur nicht. Interessant ist in diesem Zusammenhang aber eine Arbeit von 2002, in der gezeigt werden konnte, dass die ▶

► Wirkung von Clonidin bei kaudaler Applikation zur Prophylaxe bzw. Behandlung der Sevoflurane-assoziierten Agitation ähnlich der intravenösen Gabe war [18]. Es fand sich eine Reduktion dieses Phänomens erst ab einer Dosierung von 3 µg/kg KG, sodass im Umkehrschluss bei dieser Dosis von einer systemisch wirksamen Konzentration ausgegangen werden kann. Die von uns gewählte Dosis lag deutlich unter der in dieser Arbeit nachweislich agitationsreduzierenden, zentralnervös wirksamen Dosis. Erfolgt eine Clonidinalgabe präoperativ im Rahmen der Prämedikation, führt dies nachweislich zu niedrigeren BIS-Ausgangswerten und weniger Agitation bei einer Maskeneinleitung; ein nachweislicher Effekt während des Eingriffs auf den BIS fand sich unter Sevoflurane jedoch nicht [19]. Trotz der vorliegenden Untersuchungen ist eine abschließende Beurteilung des Einflusses der durchgeführten Clonidin-supplementierten Kaudalanästhesie auf die Hypnosetiefe nicht möglich. Um dies besser beurteilen zu können, wäre es wünschenswert gewesen, ein Vergleichskollektiv ohne Clonidin-Supplementierung zu erfassen. Dies erschien uns aber aufgrund der hieraus resultierenden deutlich kürzeren Wirkdauer und des damit negativeren Risiko-Nutzen-Verhältnisses nicht vertretbar.

Während der chirurgischen Phase der Anästhesie wurde Sevoflurane in einer Dosierung von einem halben altersadaptiertem MAC verwendet. Bislang verfügbare Daten über die Korrelation der Hypnosetiefe mit Sevoflurane wurden alle unter BIS-Monitoring erhoben. Hier fand sich zum Teil eine gute Korrelation, aber auch Untersuchungen, die keine Korrelation darstellen konnten [20-22]. Zur Bewertung des CSI in diesem Zusammenhang liegen noch keine Studien bei Kindern vor. Es war in der vorliegenden Untersuchung eine Reduktion der Sevoflurane-Dosis ohne apparente negative Auswirkungen möglich. Unter dieser gewählten Dosierung zeigten alle untersuchten Kinder einen CSI zwischen 40 und 60. Nach Beendigung der Sevoflurane-Applikation und Abnahme der endexpiratorischen Konzentration zeigte sich eine gute Korrelation mit dem Aufwachverhalten des Kindes.

Um nun über die akuten möglichen Komplikationen hinaus auch auf die Reduktion der Gefahr einer intraoperativen Wachheit einzugehen, wurden die elterlich ausgefüllten Bögen verwendet. Hier fand sich bei einigen Kindern (7/47) ein unruhiges Schlafverhalten im Sinne einer möglichen impliziten Gedächtnisreaktion, explizite Alpträume oder Angstgefühle wurden von den Kindern jedoch nicht geäußert. Soweit aus der Fallzahl unserer Studie ableitbar, scheint der CSI in den vom Hersteller vorgeschlagenen Grenzen für Kinder zur Vermeidung von intraoperativer Wachheit geeignet zu sein. Es konnte in dem hier verwendeten Narkoseregime eine gute Korrelation zwischen Been-

digung der Inhalationsanästhetikagabe, endexpiratorisch abnehmender Konzentration und dem CSI beobachtet werden.

#### Literatur

- Schmidt GN, Muller J, Bischoff P.** Messung der Narkosetiefe. *Anaesthesist* 2008;57(1):9-36.
- Anderson RE, Sartipy U, Jakobsson JG.** Use of conventional ECG electrodes for depth of anaesthesia monitoring using the cerebral state index: a clinical study in day surgery. *Br J Anaesth* 2007;98(5): 645-648.
- Anderson RE, Barr G, Jakobsson JG.** Cerebral state index during anaesthetic induction: a comparative study with propofol or nitrous oxide. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49(6):750-753.
- Hoymork SC, et al.** Can the cerebral state monitor replace the bispectral index in monitoring hypnotic effect during propofol/remifentanyl anaesthesia? *Acta Anaesthesiol Scand* 2007 51(2):210-216.
- Zhong T, et al.** Comparative evaluation of the cerebral state index and the bispectral index during target-controlled infusion of propofol. *Br J Anaesth* 2005;95(6): 798-802.
- Jensen EW, et al.** Cerebral state index during propofol anaesthesia: a comparison with the bispectral index and the A-line ARX index. *Anesthesiology* 2006;105(1): 28-36.
- Cortinez LI, et al.** Performance of the cerebral state index during increasing levels of propofol anaesthesia: a comparison with the bispectral index. *Anesth Analg* 2007;104(3): 605-610.
- Malviya S, et al.** Depth of sedation in children undergoing computed tomography: validity and reliability of the University of Michigan Sedation Scale (UMSS). *Br J Anaesth*, 2002. 88(2): p. 241-245.
- Park HJ, et al.** Changes of bispectral index during recovery from general anaesthesia with 2% propofol and remifentanyl in children. *Paediatr Anaesth* 2007;17(4): 353-357.
- Kern D, et al.** The relationship between bispectral index and endtidal concentration of sevoflurane during anaesthesia and recovery in spontaneously ventilating children. *Paediatr Anaesth* 2007;17(3):249-254.
- Davidson, AJ.** Monitoring the anaesthetic depth in children - an update. *Curr Opin Anaesthesiol* 2007;20(3):236-243.
- Woodbridge PD.** Changing concepts concerning depth of anaesthesia. *Anesthesiology* 1957;18(4):536-550.
- Davidson AJ, et al.** The effects of caudal local anaesthesia blockade on the Bispectral Index during general anaesthesia in children. *Paediatr Anaesth* 2006;16(8):828-833.
- Tripi PA, et al.** Clonidine increases duration of bupivacaine caudal analgesia for ureteroneocystostomy: a double-blind prospective trial. *J Urol* 2005;174(3):1081-1083.
- Rochette A, et al.** Clonidine prolongs spinal anaesthesia in newborns: a prospective dose-ranging study. *Anesth Analg* 2004;98(1): 56-59, table of contents.
- Davis BR, Kopacz DJ.** Spinal 2-chloroprocaine: the effect of added clonidine. *Anesth Analg* 2005;100(2):559-565.
- Cucchiario G, Ganesh A.** The effects of clonidine on postoperative analgesia after peripheral nerve blockade in children. *Anesth Analg* 2007;104(3):532-537.
- Bock M, et al.** Comparison of caudal and intravenous clonidine in the prevention of agitation after sevoflurane in children. *Br J Anaesth* 2002;88(6):790-796.
- Constant I, et al.** Agitation and changes of Bispectral Index and electroencephalographic-derived variables during sevoflurane induction in children: clonidine premedication reduces agitation compared with midazolam. *Br J Anaesth* 2004;92(4):504-511.
- Katoh T, Ikeda K.** The effects of fentanyl on sevoflurane requirements for loss of consciousness and skin incision. *Anesthesiology* 1998;88(1):18-24.
- Song D, Joshi GP, White PF.** Titration of volatile anaesthetics using bispectral index facilitates recovery after ambulatory anaesthesia. *Anesthesiology* 1997;87(4):842-848.
- Rodriguez RA, et al.** The bispectral index does not correlate with clinical signs of inhalational anaesthesia during sevoflurane in-

- ▶ duction and arousal in children. Can J Anaesth 2004;51(5):472-480.
- 23. Disma N, Laretta D, Palermo F, Sapienza D, Ingelmo P, Astuto M.** Level of sedation evaluation with Cerebral State Index and A-Line Arx in children undergoing diagnostic procedures. Pediatric Anesthesia 2007;17(5):445-451.

### **Korrespondenzadressen:**

Dr. med. Christian Gernoth  
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Neckar-Odenwald-Kliniken gGmbH  
Kreiskrankenhaus Mosbach  
74821 Mosbach, Deutschland  
E-Mail: christian.gernoth@neckar-odenwald-kliniken.de

Dr. med. Elke Thil  
Klinik für Anästhesiologie und  
Operative Intensivmedizin  
Klinikum Mannheim gGmbH  
Theodor-Kutzer-Ufer 1 - 3  
68135 Mannheim, Deutschland  
E-Mail: elke.thil@umm.de

