

by anandic



COVIDIEN

*positive results for life™*



## Überwachung des Bewusstseinszustands mit dem Bispectral Index™ während der Anästhesie

*Eine Kurzanleitung für Kliniker*

Zweite Auflage  
Dr. Scott D. Kelley



# Überwachung des Bewusstseinszustands

MIT DEM BISPECTRAL INDEX™  
WÄHREND DER ANÄSTHESIE

Eine Kurzanleitung für Kliniker

ZWEITE AUSGABE

Dr. Scott D. Kelley  
Medizinischer Direktor  
Covidien

## LERNZIELE

Diese Kurzanleitung vermittelt Anästhesisten und Fachpflegekräften die folgenden Kenntnisse:

- Beschreiben der Verbindung zwischen Anästhesiewirkung, EEG-Signalen und BIS-Index
- Integrieren von BIS-Informationen während der Einleitung, Aufrechterhaltung und Ausleitung der Narkose
- Identifizieren von besonderen Situationen, die das BIS-Monitoring beeinflussen können
- Kenntnis der richtigen Reaktionen auf plötzliche BIS-Änderungen während der Anästhesie
- Zusammenfassen der evidenz-basierten Auswirkungen des BIS-Monitorings während der Anästhesie
- Eine Empfehlung geben, wie das BIS-Monitoring in eine Strategie zur Verminderung des Awareness-Risikos eingebunden werden soll
- Auflisten von Ressourcen und Wegen zu weiterer klinischer Unterstützung für das BIS-Monitoring

Diese Ressource ist ausschließlich für Schulungszwecke vorgesehen. Sie ist nicht dazu geeignet, umfassende oder patientenspezifische klinische Leitlinien für das BIS-Monitoring zu vermitteln. Die in diesem Dokument erläuterten klinischen Optionen müssen nicht zwangsläufig den Anforderungen Ihrer eigenen Patienten, Ihren klinischen Praktiken oder den Leitlinien entsprechen, die von Ihrer Institution oder Praxisgruppe befürwortet werden. Es obliegt der Verantwortung jedes einzelnen Arztes, klinische Entscheidungen nach eigenem Ermessen zu treffen, die die beste Lösung für Patienten darstellen. Es wird empfohlen, die aktuellen Produktinformationen mit den Indikationen für die Anwendung zu lesen, die gegenwärtig vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden. Weder der Verleger, der Autor, noch Covidien haften für Verletzungen oder Schäden an Personen oder an Eigentum, die auf Informationen in diesem Dokument zurückzuführen sind.

## INHALTSVERZEICHNIS

Übersicht und wichtige Punkte . . . . .	1
BIS™-Index – ein klinisch validierter, verarbeiteter EEG-Parameter. . . . .	5
BIS-Monitoring während einer typischen Vollnarkose. . . . .	11
Spezielle Probleme, die sich auf das BIS-Monitoring auswirken. . . . .	18
Klinischer Einsatz: Reagieren auf plötzliche BIS-Änderungen. . . . .	21
Klinische Bedeutung des BIS-Monitorings . . . . .	24
Verwenden des BIS-Monitorings zur Verminderung der intraoperativen Awareness. . . . .	25
Die immer bedeutendere Rolle der Überwachung der Gehirnfunktion. . . . .	35
Zusammenfassung . . . . .	37
Literaturhinweise. . . . .	38



## ÜBERSICHT UND WICHTIGE PUNKTE

Mit Bispectral Index (BIS™)-Monitoringsystemen können Anästhesieärzte und -fachpflegekräfte auf verarbeitete EEG-Daten zugreifen. Diese Daten dienen als Maßeinheit für die Wirkung bestimmter Anästhetika bei Patienten, die während der Anästhesie überwacht werden. Die klinische Bedeutung des BIS-Monitorings wurde in einer Vielzahl von randomisierten kontrollierten Studien nachgewiesen, die das Potenzial des BIS-Monitorings zur Verbesserung der Behandlung, insbesondere im Hinblick auf die Patientensicherheit während der Anästhesie zeigen.

Da möglicherweise nicht alle Anästhesieärzte und -fachpflegekräfte mit dem BIS-Monitoring vertraut sind, ist es wichtig, die grundlegenden Elemente der BIS-Technologie und die Verbindungen zwischen den Daten des BIS-Monitorings und dem klinischen Zustand des Patienten zu kennen. Bevor die Daten des BIS-Monitorings als zusätzliche Orientierung bei der Anästhesie verwendet werden, ist es außerdem wichtig, relevante Situationen und Einschränkungen zu bedenken, die den BIS-Wert beeinflussen können.

In dieser Anleitung werden die folgenden wichtigen Punkte ausführlicher besprochen:

- **BIS-Index:** Ein verarbeiteter EEG-Parameter mit klinischer Validierung (siehe Seite 5)
  - Der BIS-Index ist das Ergebnis einer fortschrittlichen EEG-Signalanalyse, die von Aspect Medical Systems entwickelt wurde. Während der Signalanalyse werden verschiedene EEG-Merkmale bestimmt. Der BIS-Algorithmus wurde zum Quantifizieren der Änderungen der EEG-Merkmale entwickelt, die am besten mit medikamentös induzierten Änderungen des klinischen Zustands korrelieren.
- **Klinischer BIS-Bereich:** Ein Konzept für den gesamten Versorgungsprozess (siehe Seite 7)
  - Der BIS-Index ist eine dimensionslose Zahl in einer Skala, die sich auf klinische Endpunkte sowie auf spezifische EEG-Merkmale bezieht. Menschen im unsedierten Wachzustand haben in der Regel einen BIS-Wert von  $>97$ .

Bei fortschreitender medikamentös induzierter Sedierung werden die BIS-Zahlen kleiner und die BIS-Werte sind vor dem Hintergrund dieses Kontinuums zu interpretieren. Ein BIS-Wert von 60 entspricht mit großer Wahrscheinlichkeit einer medikamentös induzierten Bewusstlosigkeit. Bei manchen Umständen und bei bestimmten Kombinationen von Sedativa und Analgetika können bei narkotisierten Patienten BIS-Werte von  $> 60$  vorliegen. BIS-Werte von 30 weisen auf eine zunehmende EEG-Suppression hin. Ein BIS-Wert von 0 stellt ein isoelektrisches EEG-Signal dar.

- Einsatz von BIS bei der Vollnarkose (siehe Seite 11)
  - Die Verabreichung einer Vollnarkose umfasst den Einsatz von Anästhesiemedikamenten zur Einleitung und Aufrechterhaltung des Narkosezustands sowie das anschließende Verringern und/oder Beenden der Anästhetikagabe, um die Ausleitung der Narkose und das Aufwachen zu ermöglichen. Für Anästhesisten ist es wichtig zu wissen, dass die Mehrzahl der klinischen Untersuchungen folgendes Ergebnis gezeigt hat: Wurde BIS bei der Dosierung der Anästhetika als Orientierungshilfe eingesetzt, wurden die primären Anästhetika so angepasst, dass während der Operation BIS-Werte kleiner als 60 beibehalten wurden.
  - Die Betrachtung der BIS-Daten kann in verschiedenen klinischen Situationen, die sich während der Narkose ergeben, hilfreich sein. Außerdem sollten Kliniker in der Lage sein, unerwartete Änderungen der BIS-Werte zu interpretieren und darauf zu reagieren. Idealerweise sollten BIS-Daten mit anderen verfügbaren Überwachungsdaten und Patientenuntersuchungsergebnissen gemeinsam betrachtet werden.
- Spezielle Probleme, die sich auf das BIS-Monitoring auswirken (siehe Seite 18)
  - Es ist wichtig zu wissen, dass bestimmte klinische Situationen die Genauigkeit des BIS-Werts als Indikator des anästhetischen Hypnoseeffekts beeinflussen können. Zu den vier Hauptbereichen gehören: der Einfluss des Muskeltonus (EMG) der Stirnmuskeln, elektrische und mechanische Artefakte von medizinischen Geräten,

anormale EEG-Zustände sowie bestimmte Anästhetika und Zusatzmedikamente – all dies kann zu erhöhten BIS-Werten führen. Bedrohliche klinische Zustände – die eine sofortige Intervention erfordern können – sind mit dem plötzlichen Auftreten von niedrigen BIS-Werten assoziiert worden.

- Klinische Auswirkung des BIS-Monitorings (siehe Seite 24)
  - Eine wesentliche Anzahl von randomisierten kontrollierten Studien haben die Auswirkung der BIS-gesteuerten Anästhesie auf das Patienten-Outcome gezeigt. Im Vergleich zu klinischen Standardpraktiken hat das Anpassen der primären Anästhetikadosierung mit dem Zweck, BIS-Werte innerhalb eines Zielbereichs beizubehalten (in der Regel BIS-Werte zwischen 45 und 60 während der Narkoseaufrechterhaltung), bei bestimmten Anästhetika zu einer Verringerung der Anästhetikadosis sowie der Ausleitungs- und Aufwachzeiten geführt. Die Steuerung der Anästhetikagabe mit Hilfe des BIS-Monitorings kann auch eine verringerte Häufigkeit von bewusster intraoperativer Wahrnehmung („Awareness“) bei Erwachsenen während der Vollnarkose und Sedierung bewirken.
- BIS-Monitoring und Verminderung der Awareness (siehe Seite 25)
  - Die unbeabsichtigte intraoperative Awareness kann bei 0,1 bis 0,2% der erwachsenen Patienten vorkommen, denen eine Vollnarkose verabreicht wird. Wegen der Gefahr von negativen psychologischen Folgen unterstützen zahlreiche Organisationen Bemühungen, das Auftreten von Awareness zu verringern. Die Effektivität des BIS-Monitorings hat sich in zwei prospektiven Studien gezeigt; Ärzte können diese Tatsache bei der Entwicklung von patientenspezifischen Strategien zur Vermeidung von Awareness-Fällen berücksichtigen.

Weitere aktuelle Informationen und zusätzliches klinisches sowie Ausbildungs- und Schulungsmaterial finden Sie unter [www.BISeducation.com](http://www.BISeducation.com).

## Wichtige Informationen zum Einsatz des BIS™-Monitorings

BIS-Monitoringsysteme sind für die Verwendung durch medizinisches Fachpersonal vorgesehen, das in die ordnungsgemäße Anwendung der Systeme eingewiesen wurde. Sie sind dazu vorgesehen, bei erwachsenen und pädiatrischen Patienten die Gehirntätigkeit durch Erfassung von EEG-Signalen zu überwachen.

**Das BIS-System kann unterstützend zur Überwachung der Wirkungen bestimmter Anästhetika verwendet werden. Die Verwendung im Zusammenhang mit bestimmten Anästhetika kann zu einem geringeren Verbrauch des primären Narkosemittels und einer kürzeren Ausleitungs- sowie Aufwachphase führen. Die Steuerung der Anästhetikagabe mit Hilfe des BIS-Monitorings kann eine verringerte Häufigkeit von bewusster intraoperativer Wahrnehmung („Awareness“) bei Erwachsenen während der Vollnarkose und Sedierung bewirken.**

BIS ist eine komplexe Überwachungstechnologie, die als Ergänzung zur klinischen Beurteilung und Erfahrung des Arztes vorgesehen ist. Die Interpretation und klinische Bewertung des BIS-Werts sollte immer in Verbindung mit anderen klinischen Parametern vorgenommen werden. **Der BIS-Wert als Einzelparameter ist zur intraoperativen Anästhesiesteuerung nicht ausreichend.** Artefakte und mangelnde Signalqualität können, wie bei jedem überwachten Parameter, zu fehlerhaften BIS-Werten führen. Mögliche Artefakte können durch schlechten Hautkontakt (hohe Impedanz), Muskelaktivität oder -rigidität, Bewegung des Kopfes und des Körpers, anhaltende Augenbewegungen, falsche Sensorplatzierung sowie durch außergewöhnliche oder übermäßige elektrische Interferenzen hervorgerufen werden. Die BIS-Werte sollten bei Kombination bestimmter Anästhetika ebenfalls mit Vorsicht interpretiert werden, zum Beispiel in Fällen, in denen die Bewusstlosigkeit vorrangig mit Ketamin oder Lachgas erreicht wird. Aufgrund unzureichender klinischer Erfahrung in den folgenden Anwendungen sollten BIS-Werte bei Patienten mit bekannten neurologischen Erkrankungen und solchen, die andere Psychopharmaka einnehmen, mit Vorsicht interpretiert werden.

## BIS™-INDEX – EIN KLINISCH VALIDIERTER VERARBEITETER EEG-PARAMETER

Der BIS-Index ist ein verarbeiteter EEG-Parameter mit umfangreicher Validierung und nachgewiesenem klinischen Nutzen. Er wird mithilfe eines Bündels von Messungen aus verschiedenen EEG-Signalverarbeitungstechniken abgeleitet, zu denen die bispektrale Analyse, die Power-Spektralanalyse und die Zeitdomänenanalyse gehören. Diese Messungen wurden über einen Algorithmus kombiniert, um die Korrelation zwischen dem EEG und den klinischen Auswirkungen der Anästhesie zu optimieren und mit Hilfe des BIS-Indexbereichs quantifiziert.

1996 hat die US-amerikanische Behörde für die Lebensmittelsicherheit und die Zulassung von Arzneimitteln (Food and Drug Administration) den BIS-Index als Hilfe bei der Überwachung der Wirkungen von Anästhetika freigegeben. Im Jahr 2003 hat diese Behörde die folgende zusätzliche Indikation verfügt: „Die Steuerung der Anästhetikagabe mit Hilfe des BIS-Monitorings kann mit einer verringerten Häufigkeit von bewusster intraoperativer Wahrnehmung („Awareness“) bei Erwachsenen während der Vollnarkose und Sedierung assoziiert werden.“ Der Einsatz des BIS-Monitorings als Unterstützung bei der Anästhetikagabe und der Überwachung des Patientenzustands ist eine klinische Entscheidung. Es obliegt der Verantwortung jedes einzelnen Arztes, klinische Entscheidungen zu treffen, die die beste Lösung für den Patienten darstellen.

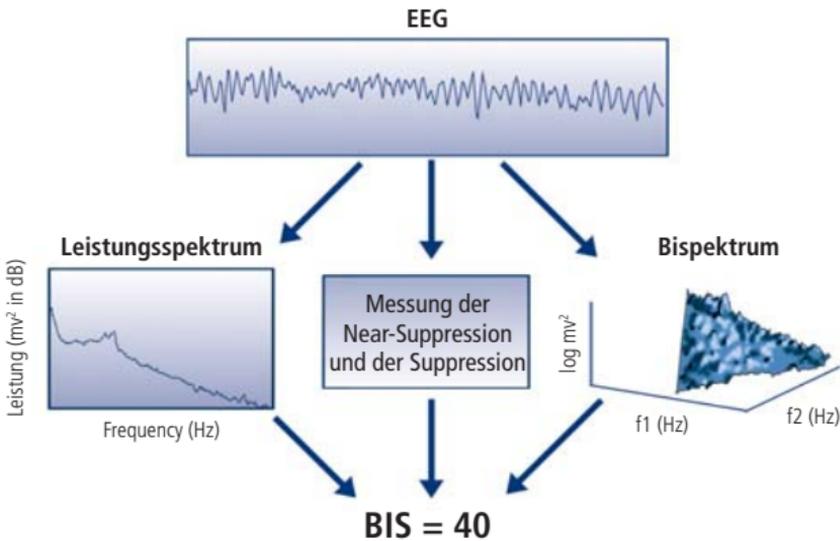
Noch heute ist der BIS-Index die am besten validierte Form der Überwachung von Bewusstseins- oder Gehirnfunktionen, die innerhalb des klinischen Anästhesie- und Sedierungskontextes verwendet werden. BIS-Indexwerte sind das Ergebnis von zwei besonderen Innovationen: der bispektralen Analyse und des BIS-Algorithmus.

Die *bispektrale Analyse* ist eine Signalverarbeitungsmethode, die die Beziehungen zwischen Signalkomponenten bewertet und die Synchronisierung innerhalb von Signalen, wie dem EEG, erfasst.

Durch Quantifizierung der Korrelation zwischen allen Frequenzen innerhalb des Signals wird mithilfe der bispektralen Analyse eine zusätzliche EEG-Facette der Gehirnaktivität erschlossen.<sup>1</sup>

Der *BIS™-Algorithmus* wurde entwickelt, um die EEG-Merkmale miteinander zu kombinieren (bispektrale Merkmale und andere), die in hohem Maße mit der Sedierung/Hypnose in den EEGs von mehr als 5.000 erwachsenen Probanden korrelierten. Die vier wichtigsten EEG-Merkmale, die das volle Spektrum der anästhetikainduzierten Änderungen charakterisierten, waren der Grad der Hochfrequenzaktivierung (14 bis 30 Hz), das Ausmaß der Niedrigfrequenzsynchronisierung, das Vorliegen von annähernd unterdrückten Perioden innerhalb des EEGs und das Vorliegen von vollständig unterdrückten (d. h. isoelektrischen) „Nulllinien“.

Perioden innerhalb des EEGs.<sup>2</sup> Der Algorithmus ermöglicht die optimale Kombination dieser EEG-Merkmale, um einen zuverlässig verarbeiteten EEG-Parameter der anästhetischen und sedativen Wirkung zu erzielen – den BIS-Index (Abbildung 1).

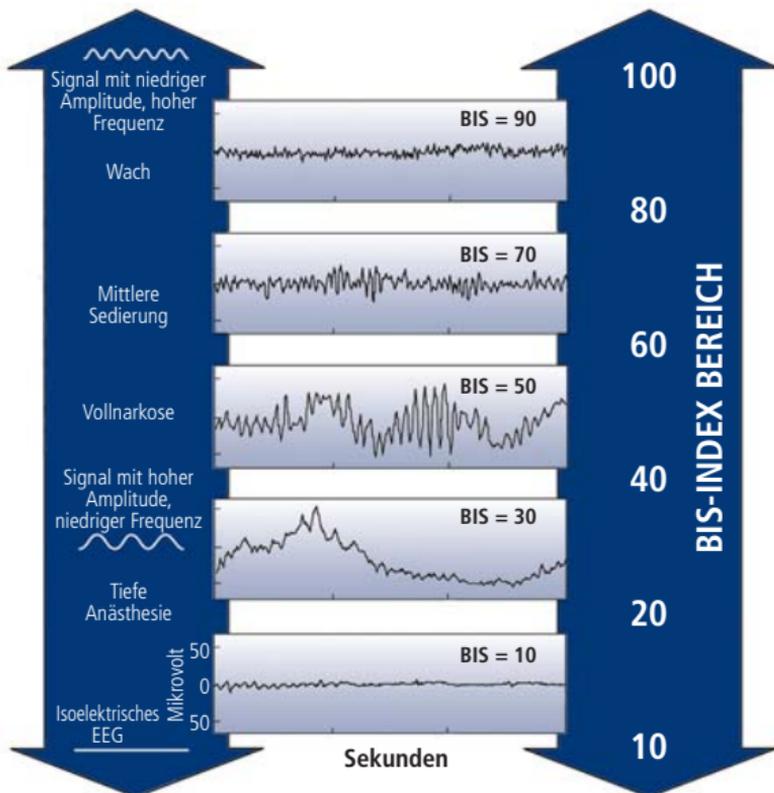


**Abbildung 1:** Der BIS-Algorithmus, der durch statistische Modellierung erstellt wurde, kombiniert die Einflüsse der wichtigsten EEG-Merkmale, um den skalierten BIS-Index zu generieren.

## Der BIS™-Index: Ein Kontinuum

Der BIS-Index ist eine Zahl zwischen 0 und 100, die so skaliert ist, dass sie mit wichtigen klinischen Endpunkten und EEG-Zuständen während der Verabreichung von Anästhetika korreliert (Abbildung 2).

BIS-Werte nahe 100 stellen einen „wachen“ klinischen Zustand dar, während 0 die maximal mögliche Wirkung auf das EEG bezeichnet (d. h. ein isoelektrisches EEG).



**Abbildung 2:** Der BIS-Index ist so skaliert, dass er während der Anästhetikagabe mit wichtigen klinischen Endpunkten korreliert.

Es ist wichtig zu wissen, dass der BIS -Indexbereich ein Kontinuum darstellt, das mit dem klinischen Zustand und den erwarteten Reaktionen korreliert (Abbildung 3).

BIS Indexbereich	100	<b>Wach</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reagiert auf normale Ansprache</li> </ul>
	80	<b>Leichte/moderate Sedierung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kann auf laute Anweisungen oder auf leichtes Stoßen/Schütteln reagieren</li> </ul>
	60	<b>Vollnarkose</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explizite Erinnerung unwahrscheinlich</li> <li>• Keine Reaktion auf verbalen Stimulus</li> </ul>
	40	<b>Tiefe Hypnose</b>
	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Burst Suppression</li> </ul>
	0	<b>Isoelektrisches EEG</b>

**Abbildung 3:** BIS-Indexbereich: Ein Kontinuum des klinischen Zustands und der EEG-Änderungen.

Diese Übersicht zeigt die allgemeine Beziehung zwischen dem klinischen Zustand und den BIS-Werten. Die Bereiche basieren auf den Ergebnissen einer multizentrischen BIS-Studie, bei der bestimmte Anästhetika verabreicht wurden.<sup>8</sup> Die BIS-Werte und -Bereiche setzen voraus, dass das EEG frei von Artefakten ist, die die Leistung beeinträchtigen können. Die Titration von Anästhetika auf bestimmte BIS-Bereiche sollte von den individuellen Zielen, die für den jeweiligen Patienten festgelegt wurden, abhängig gemacht werden. Diese Ziele und die damit verbundenen BIS-Bereiche können im zeitlichen Verlauf und im Zusammenhang mit dem Patientenstatus sowie dem Behandlungsplan variieren.

Wenn BIS-Werte niedriger als 70 sind, ist die Erinnerungsfunktion merklich eingeschränkt und die Wahrscheinlichkeit der expliziten Erinnerung drastisch verringert. Während der Sedierung können BIS-Werte von >70 beobachtet werden, während der Grad der Sedierung scheinbar ausreichend ist. Bei diesen Werten können jedoch die Wahrscheinlichkeit des Bewusstseins und die Möglichkeit der Erinnerung erhöht sein.<sup>3</sup>

Bei Studien mit freiwilligen Teilnehmern hat sich bei BIS-Werten von <60 eine hohe Wahrscheinlichkeit der Bewusstlosigkeit gezeigt. Wie bereits erwähnt, kann die Spezifität dieses Schwellenwerts in Abhängigkeit von der verwendeten Anästhesiemethode erheblich variieren – insbesondere in der Kombination mit Opioid-Analgetika. Obwohl eine Reihe von Reaktionen bei einem BIS-Wert von 60 auftreten kann, haben prospektive klinische Untersuchungen gezeigt, dass die Beibehaltung von BIS-Werten im Bereich zwischen 45 und 60 während der balancierten Anästhesie eine ausreichende hypnotische Wirkung gewährleistet und den Aufwachprozess verbessert.<sup>4</sup> Analog dazu wurden in zwei umfassenden prospektiven Untersuchungen BIS-Werte von kleiner als 60 beibehalten und diese klinische Strategie war mit einem verringerten Vorkommen der intraoperativen Awareness assoziiert.<sup>5,6</sup>

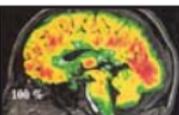
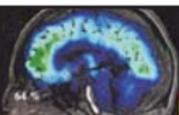
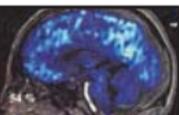
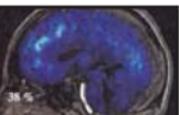
BIS-Indexwerte von kleiner als 40 weisen auf eine größere Wirkung des Anästhetikums auf das EEG hin. Bei sehr niedrigen BIS-Werten ist der Grad der EEG-Suppression die Hauptdeterminante des BIS-Werts.<sup>7</sup> Ein BIS-Wert von 0 tritt mit der Erkennung eines isoelektrischen EEG-Signals auf.

BIS-Reaktionen ähneln sich bei den meisten (aber nicht allen) Anästhetika, die in ansteigenden Dosierungen verabreicht werden. BIS-Reaktionen auf typische Hypnotika (Midazolam, Propofol, Thiopental, Isofluran) waren ähnlich.<sup>8,9</sup> Halothan zeigte jedoch höhere BIS-Werte bei einer äquipotenten minimalen alveolären Konzentration.<sup>10</sup> BIS-Reaktionen auf die Gabe von Ketamin sind atypisch.<sup>11</sup>

BIS-Reaktionen auf die Gabe von Analgetika – einschließlich Opioid-Analgetika und Lachgas – hängen vom Grad der begleitenden Stimulation ab.

BIS-Indexwerte können die verringerte Rate des Hirnstoffwechsels widerspiegeln, die durch die meisten Hypnotika produziert wird. Eine signifikante Korrelation zwischen den BIS-Indexwerten und der Verringerung der gesamten metabolischen Gehirnaktivität infolge der steigenden Anästhesiewirkung wurde durch Positronenemissionstomografie gemessen (Abbildung 4).<sup>12</sup>

Allerdings können auch andere Faktoren als die Medikamentengabe den Hirnstoffwechsel beeinflussen (z. B. Änderungen der Temperatur oder der physiologischen Homöostase) und Änderungen des BIS-Index bewirken.

PET				
% BMR	100	64	54	38
BIS	95	66	62	34

**Abbildung 4:** Es ist eine signifikante Korrelation zwischen abnehmender Stoffwechselrate des Gehirns (% BMR (Brain Metabolic Rate) = prozentualer Anteil des ursprünglichen Zuckerstoffwechsels des gesamten Gehirns, wie im PET-Scan gemessen) und steigender anästhetischer Wirkung (wie durch abnehmenden BIS-Wert gemessen) festzustellen. (Basiert auf Referenz 12)

Schließlich ist es wichtig zu wissen, dass der BIS-Wert den vom EEG abgeleiteten Gehirnstatus und nicht die Konzentration eines bestimmten Medikaments misst. Beispielsweise nehmen die BIS-Werte sowohl während des natürlichen Schlafs als auch während der Verabreichung von Anästhetika ab.<sup>13</sup>

## BIS™-MONITORING WÄHREND EINER TYPISCHEN VOLLNARKOSE

Das BIS-Monitoring liefert potenziell nützliche Informationen während aller drei Phasen einer „typischen“ Vollnarkose:

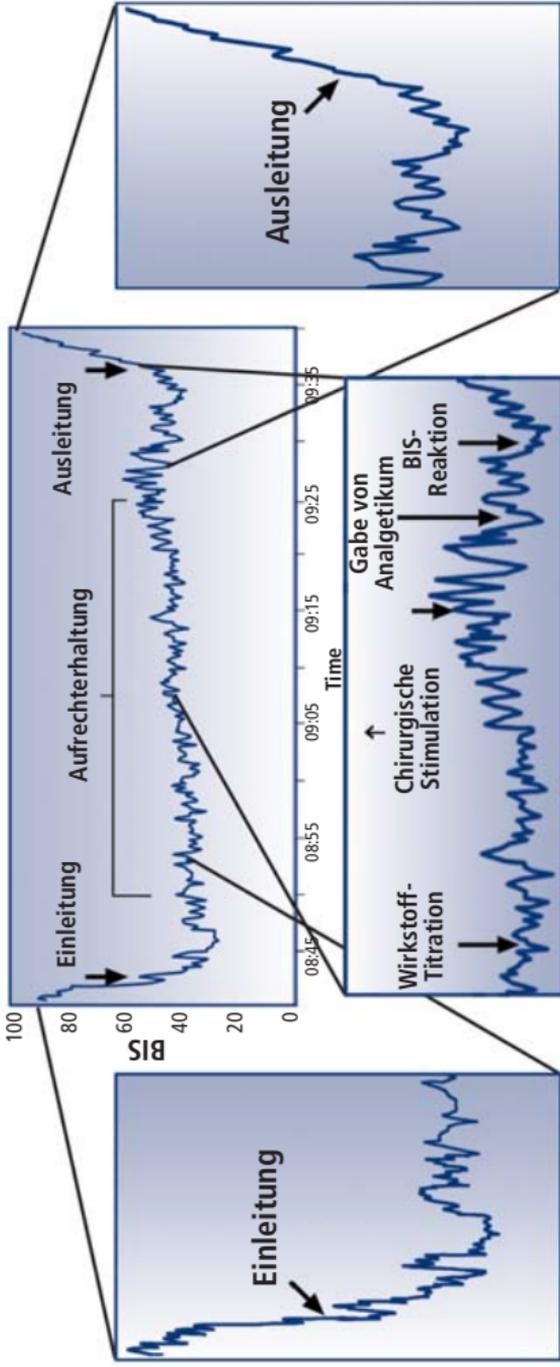
- Narkoseeinleitung (und typische Atemwegsversorgung)
- Narkoseaufrechterhaltung
- Narkoseausleitung

BIS-Systeme zeigen den BIS-Indexwert als Einzelwert an, der aus den über die letzten 15 bis 30 Sekunden der EEG-Aufzeichnung gesammelten Daten stammt und jede Sekunde aktualisiert wird. Durch das Ableiten des BIS-Indexwertes aus mehreren Sekunden von EEG-Daten findet eine effektive „Glättung“ der Daten statt, um eine übermäßige Fluktuation der BIS-Werte zu vermeiden. Durch diese Methode kann außerdem ein Wert auch dann bestimmt werden, wenn das EEG-Signal kurzzeitig unterbrochen wird. Die meisten BIS-Systeme ermöglichen dem Benutzer, die Glättungsrate im Einklang mit der klinischen Umgebung zu ändern.

BIS-Werte reagieren zwar äußerst sensibel, werden jedoch durch Änderungen des klinischen Zustands nicht unmittelbar geändert. Bei plötzlichen Änderungen des Hypnosezustands – zum Beispiel während der Einleitung oder einer schnellen Ausleitung – kann der BIS-Wert um etwa 5 bis 10 Sekunden nach der beobachteten klinischen Änderung verzögert sein.

Die meisten BIS-Systeme zeigen außerdem einen grafischen Trend an – den BIS-Trend (Tabelle 1) – der die aktuellen Berechnungen des BIS-Index während des Falles darstellt. Tabelle 1 verwendet den BIS-Trend, um die aus dem BIS-Monitoring verfügbaren Daten während aller drei Phasen einer Vollnarkose darzustellen.

**Tabelle 1:** BIS Monitoring während einer typischen Vollnarkose



### BIS™ während der Einleitung

- Das BIS-Monitoring kann von Nutzen sein, um die Reaktion auf die intravenöse Einleitungs-dosis zu bestimmen.<sup>14</sup>
- BIS-Werte reagieren sensibel auf verschiedene Zusatzmedikamente, die die intravenöse Narkoseeinleitung beeinflussen.<sup>15, 16</sup>

### BIS™ während der Aufrechterhaltung

- Als Reaktion auf Schmerzreize können BIS-Reaktionen entweder in Korrelation mit oder unabhängig von hämodynamischen Reaktionen erfolgen.<sup>22,23,14</sup>

### BIS™ während der Ausleitung

- Das BIS-Monitoring ermöglicht eine geringere Dosierung des Anästhetikums bei gleichzeitiger Verringerung der chirurgischen Stimulation und fördert so eine schnelle Ausleitung, die sowohl das vorzeitige Wiedererlangen des Bewusstseins, als auch eine verzögerte Ausleitung aus

- Während inhalativer Narkoseeinleitung zeigt das BIS-Monitoring Variabilität zwischen Patienten, sowohl in Bezug auf den Wirkbeginn als auch in Bezug auf die Wirkung anderer Medikamente oder Behandlungsstrategien.<sup>17, 18, 19</sup>
- Das BIS-Monitoring kann verschiedene Vorgehensweisen bei der Intubation oder dem Einsatz von Atemweghilfen (z. B. Larynxmasken) vereinfachen.<sup>20</sup>
- Auch BIS-Reaktionen während der Intubation sind wichtig. Der Verlauf der Intubation und mögliche Schwierigkeiten stellen Risikofaktoren für die intraoperative Awareness dar.<sup>21</sup> Langwierige Intubationsversuche können zu einer verringerten hypnotischen Wirkung des Einleitungsmittels führen, ohne dass dies durch offensichtliche somatische Bewegungen ersichtlich ist.
- Aufgrund dieser Überlegungen ist es sinnvoll, das BIS-Monitoring zusammen mit dem anderen, standardmäßigen Patientenmonitoring (EKG, Blutdruck, Sauerstoffsättigung, Kapnometrie) vor der Einleitung anzulegen, um die Patientenversorgung während der Einleitung und der Atemwegsversorgung zu individualisieren.
- Klinische Untersuchungen zeigen, dass die Anpassung der Anästhetikadosierung mit dem Ziel, BIS-Werte während der Aufrechterhaltung innerhalb eines Zielbereichs zwischen 45 und 60 beizubehalten, im Vergleich zu normalen Anästhesien zu verbessertem perioperativen Aufwachverhalten führt.<sup>4, 25</sup>
- BIS-Reaktionen auf Stimulation können dosierungsabhängig deutlich gedämpft erscheinen, wenn Opioide verabreicht werden, wie z. B. Fentanyl oder Remifentanyl.<sup>26</sup>
- Es kann von Nutzen sein, Schwankungen der BIS-Werte – die zyklische Oszillation der BIS-Werte während des Eingriffs – zu beobachten. Bei der Bewertung der angemessenen Analgesie für chirurgische Patienten haben sich sowohl kurzfristige Schwankungen der BIS-Werte, als auch vom BIS abgeleitete EMG-Aktivitäten als nützlich herausgestellt. Bei freiwilligen Testpersonen führte eine Opioid-Analgesie zu reduzierten Schwankungen der BIS-Werte.<sup>27, 28, 29, 30</sup>
- Plötzliche, unerwartete Änderungen des BIS-Trends ermöglichen zusätzliche Bewertungen und klinische Korrelationen. (Siehe Tabellen 4 und 5)
- Der Narkose verhindert.
- Der BIS-Trend spiegelt die abnehmende hypnotische Wirkung wider, wenn die Anästhetikazufuhr gegen Ende des Eingriffs verringert oder gestoppt wird.
- BIS-Werte während der Ausleitung sind variabel:
  - Können als Reaktion auf eine verringerte Anästhetikadosis (z. B. endtidale Narkosegaskonzentration) langsam ansteigen.
  - Können vor dem Wiedererlangen des Bewusstseins schnell auf Werte >60 ansteigen, insbesondere wenn der EMG-Tonus substanziiell ansteigt.
  - Sind direkt nach der Ausleitung typischerweise geringer als die Ausgangswerte, in Übereinstimmung mit der Restwirkung des Narkosemittels.
- Bei ausreichender Analgesie kann ein Patient bewusstlos bleiben und trotz einer geringen Hypnotikakonzentration BIS-Werte <60 aufweisen, solange ein zusätzlicher Stimulus andauert (z.B. oropharyngeale Absaugung, Umlagerung).
- Hohe BIS-Werte bei einem nicht reagierenden Patienten können aus EMG-Artefakten oder Relaxansüberhang resultieren.

## Integration von BIS™-Daten während der Anästhesie

Die Integration des BIS-Monitorings in andere traditionelle Überwachungsmethoden hat neue Paradigmen für die intraoperative Patientenbeurteilung und -behandlung geschaffen.<sup>31, 32, 33</sup>

Für balancierte Anästhesietechniken unter Verwendung von hypnotischen und analgetischen Komponenten zeigt Tabelle 2 konzeptionelle Behandlungsstrategien, die auf einer integrierten Betrachtung des klinischen Profils und der BIS-Daten beruhen.

Die Verwendung des BIS-Werts in Kombination mit hämodynamischen Daten und der Patientenbeurteilung kann die rationale Auswahl von Sedativa, Analgetika und das autonome System blockierenden Substanzen erleichtern.

Obwohl ein BIS-Wert von 40 bis 60 ein typisches Ziel während der Narkoseaufrechterhaltung ist, muss der Zielbereich des BIS-Werts auf die Anästhesietechnik abgestimmt werden. Beispielsweise kann bei einer Kombinationsnarkose mit Opioid-Gabe für die adäquate Analgesie ein Zielbereich von 45 bis 60 absolut angemessen sein.

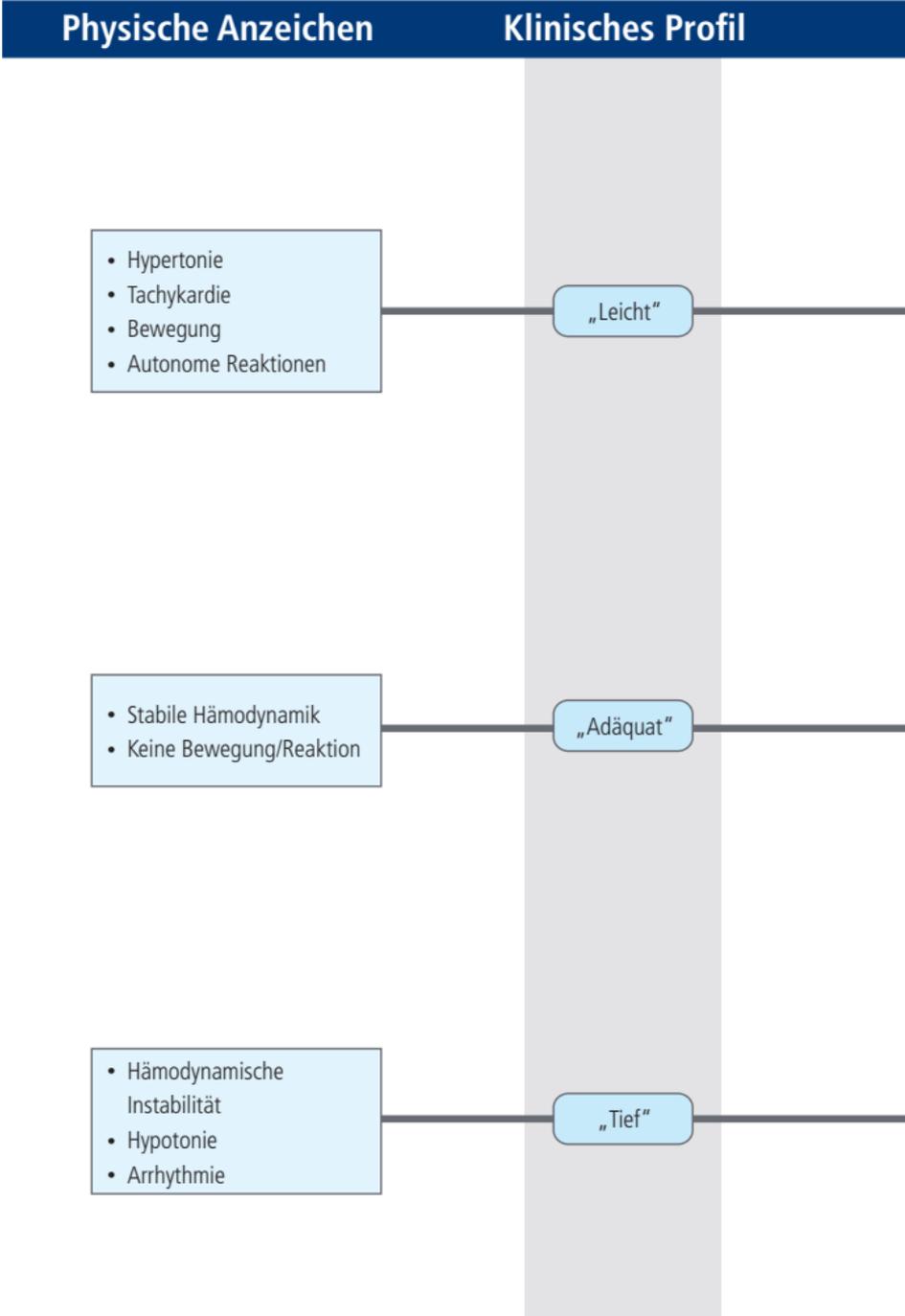
Bei einer Anästhesie mit nur wenig Opioid- oder Analgetikazugabe kann jedoch eine erhöhte Dosierung des Hypnotikums – in der Regel ein volatiles Anästhetikum – um eine akzeptable Suppression einer Reaktion auf einen Schmerzreiz (z. B. Bewegung) zu erreichen, zu einem geringeren BIS-Wert führen, der in der Regel in einem Bereich zwischen 25 und 35 liegt.

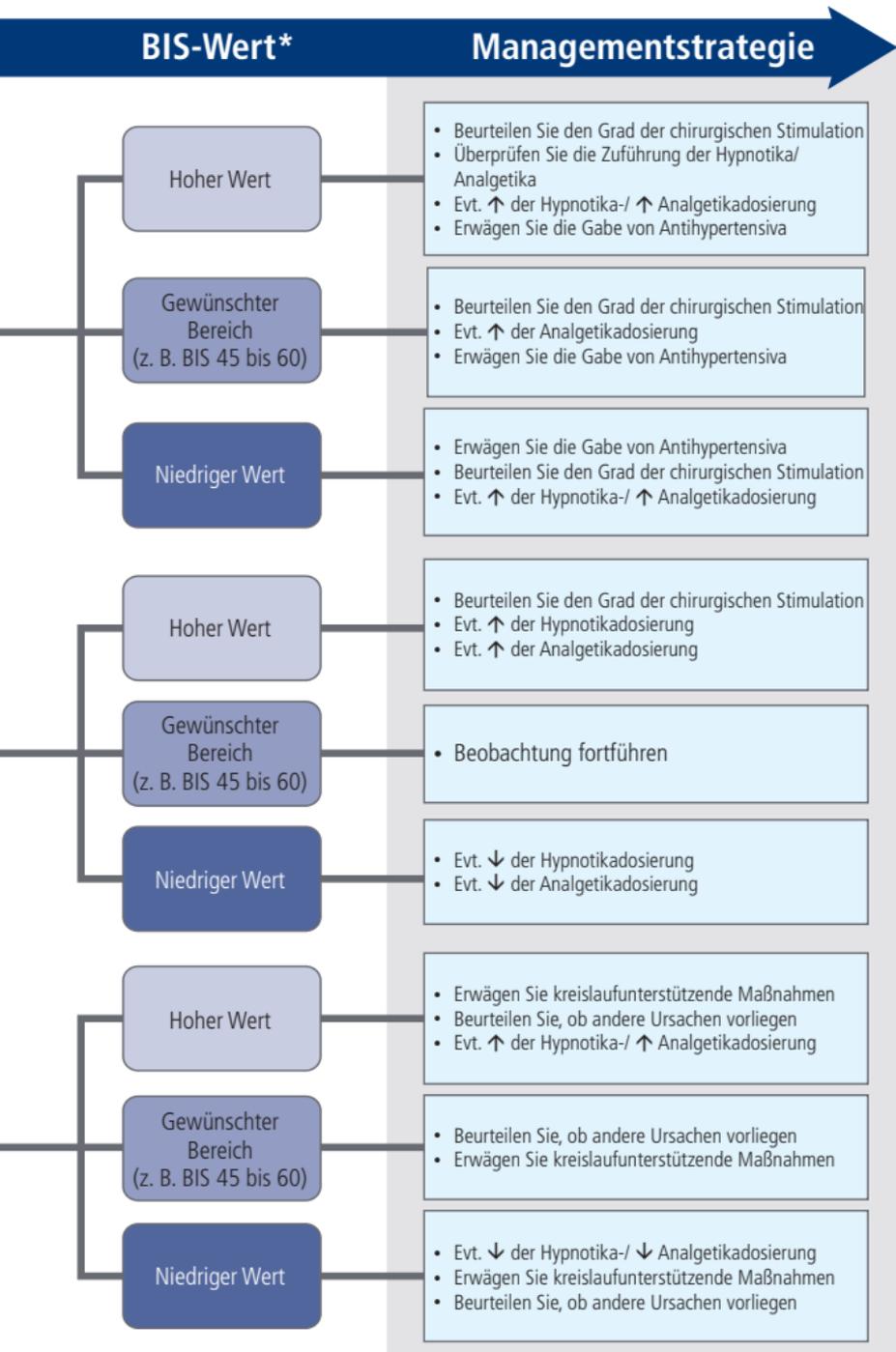
Da es keine einzelne Anästhesietechnik gibt, die für jeden Patienten und jede klinische Situation angemessen ist, hängt der optimale Einsatz des BIS-Monitorings als Anästhesie-Orientierungshilfe von den klinischen Zielen des Anästhesisten ab. Vor dem Hintergrund dieser Tatsache und den von den Wirkstoffen abhängigen BIS-Reaktionen (die bereits ausführlich besprochen wurden), ist es wichtig zu wissen, dass es keinen spezifischen BIS-Wert oder -Wertebereich gibt, der für alle Patienten, Bedingungen und Anästhesietechniken als geeignet empfohlen werden kann.

**Auf keinen Fall ist der BIS™ -Wert als Einzelparameter zur intraoperativen Anästhesieführung ausreichend. Beim Interpretieren von BIS-Daten ist die klinische Beurteilung entscheidend. Die Patientenbeurteilung sollte die Auswertung und Korrelation der BIS-Daten mit hämodynamischen und anderen Überwachungsdaten sowie die Beobachtung der klinischen Symptome umfassen.**

**Der BIS-Wert liefert zusätzliche Informationen, die gemeinsam mit anderen Daten für die Patientenbeurteilung herangezogen werden sollten.**

**Tabelle 2:** Anästhesieführungs-Strategien mit Hilfe des BIS-Index





\* Potenzielle Auswirkungen von Artefakten sollten bei der Interpretation von BIS-Werten berücksichtigt werden.

## **SPEZIELLE PROBLEME, DIE SICH AUF DAS BIS™-MONITORING AUSWIRKEN**

Zahlreiche prospektive Untersuchungen haben gezeigt, dass trotz der Möglichkeit von Artefakten und anderen Problemen zuverlässige BIS-Werte bei vielen Arten von klinischen Fällen ermittelt werden können.<sup>5, 34</sup> Unter bestimmten Umständen sind BIS-Werte jedoch keine genaue Reflexion des Hypnosezustands. Wie bereits erwähnt, ist das BIS-Monitoring eine Ergänzung zur klinischen Beurteilung und kein Ersatz dafür.

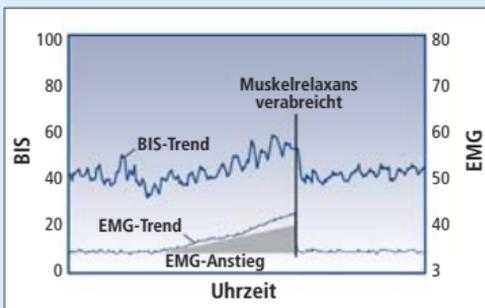
Der Kliniker muss Situationen, bei denen die zugrunde liegenden EEG-Signale – und somit der BIS-Wert – nicht genau die klinischen Endpunkte von Sedierung und Hypnose reflektieren, erkennen und entsprechend reagieren können. Beispielsweise können BIS-Werte von >60 als Ergebnis von externen Artefakten, bestimmten pharmakologischen Wirkstoffen oder anderen externen Ursachen auftreten, und müssen nicht zwangsläufig eine ungenügende Anästhesiewirkung und ein Potenzial für intraoperative Awareness widerspiegeln. Auf ähnliche Weise können sich BIS-Werte von <40 als Folge von bedrohlichen klinischen Zuständen ergeben, die nicht alleine auf zusätzliche Anästhesiewirkungen zurückzuführen sind. Wie bereits erwähnt, können Änderungen des physiologischen Zustands, die den Gehirnstoffwechsel verringern, zu verringerten BIS-Werten führen.

Ein Übersichtsartikel neueren Datums enthält eine umfassende Diskussion des Spektrums von möglichen Artefakten und klinischen Bedingungen, die den angezeigten BIS-Wert beeinflussen können.<sup>35</sup> Diese Bedingungen müssen von Klinikern berücksichtigt werden, wenn sie ungewöhnliche BIS-Werte oder Trends auswerten. Für einige dieser Bedingungen gibt es klinische Beispiele in Tabelle 3.

**Tabelle 3:** Bekannte Faktoren, die BIS-Werte beeinflussen

### EMG-Artefakte und Muskelrelaxanzien

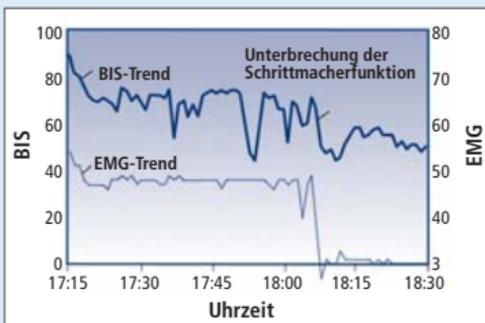
- Ein übermäßiger Muskeltonus der Stirnmuskeln kann BIS-Werte erhöhen („EMG-Artefakt“).
- Muskelrelaxanzien können die EMG-Aktivität verringern und zu niedrigen BIS-Werten führen.
- Während einer stabilen Anästhesie ohne EMG-Artefakte haben Muskelrelaxanzien wenig oder keine Wirkung auf die BIS-Werte.



### Medizinische Geräte

Elektromechanische Artefakte können unter bestimmten Bedingungen BIS-Werte erhöhen:

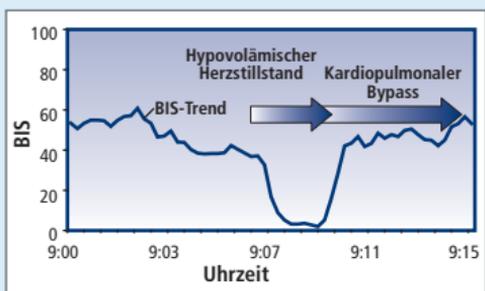
- Schrittmacher
- Warmluftgeräte, deren Luft über den Kopf strömt
- Chirurgische Navigationssysteme (Operation der Nasennebenhöhlen)
- Endoskopische Schneidewerkzeuge (Operation der Schulter oder Nasennebenhöhlen)
- Elektrokauterisation



### Bedrohliche klinische Zustände

Folgende Bedingungen wurden mit niedrigen BIS-Werten während des intraoperativen Zeitraums in Verbindung gebracht, insbesondere wegen deutlicher Verringerung des Hirnstoffwechsels:

- Herzstillstand, Hypovolämie, Hypotonie
- Hirnischämie/Hypoperfusion
- Hypoglykämie, Hypothermie



**Tabelle 3:** Bekannte Faktoren, die BIS-Werte beeinflussen (Forts.)

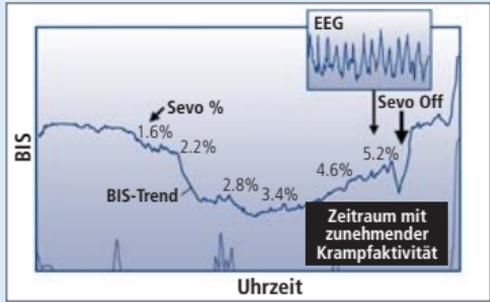
### Anormale EEG-Werte

Möglicher Zusammenhang mit niedrigen BIS-Werten:

- Postiktaler Zustand, Demenz, Zerebralparese, Niedervolt-EEG
- Schwerwiegende Hirnschäden, Hirntod
- Paradoxe Aufwachreaktion oder paradoxe Delta-Muster

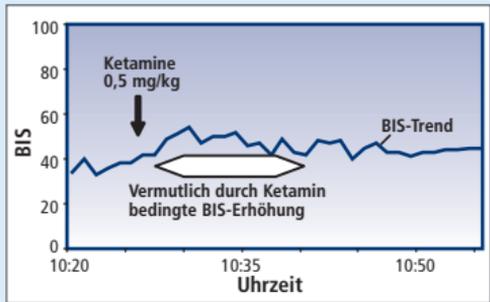
Möglicher Zusammenhang mit erhöhten BIS-Werten:

- Epileptiforme EEG-Aktivität



### Bestimmte Anästhetika und Zusatzmedikamente

- Ketamin – kann BIS-Werte durch EEG-Aktivierung vorübergehend erhöhen
- Etomidat – medikamentös induzierter Myklonus kann BIS-Werte vorübergehend erhöhen
- Halothan – führt zu höheren BIS-Werten als Isofluran oder Sevofluran bei äquipotenter MAC-Dosis
- Isofluran – es wurden vorübergehende paradoxe Reaktionen auf erhöhte Dosen berichtet
- Lachgas – kann minimale Auswirkung auf BIS-Werte haben
- Ephedrin kann BIS-Werte erhöhen, Phenylephrin jedoch nicht



## KLINISCHER EINSATZ: REAGIEREN AUF PLÖTZLICHE BIS™-ÄNDERUNGEN

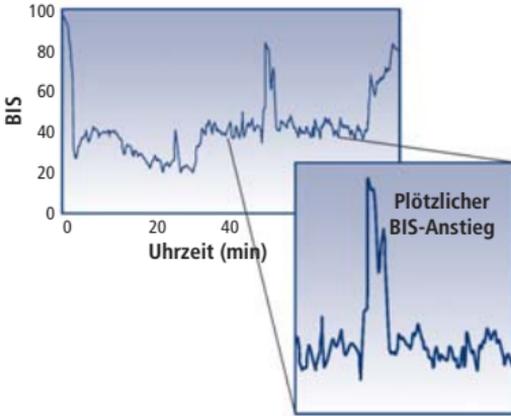
Wenn das BIS-Monitoring während der Anästhesie verwendet wird, sind Fluktuationen der BIS-Werte zu erwarten. Diese Variabilität, wie eine vereinzelte Fluktuation beim Blutdruck, ist nicht unbedingt klinisch signifikant. Bei plötzlichen BIS-Änderungen oder in Situationen, in denen der BIS-Wert unangemessen hoch oder niedrig ist, ist jedoch entsprechende Aufmerksamkeit erforderlich.

Beispielsweise kommt es bei Änderungen des Hypnosezustands durch Änderungen der Dosis und/oder der Art der Wirkstoffzufuhr zu Änderungen des BIS-Werts. Bei einer schrittweisen Änderung der Anästhetikadosierung – z. B. eine leichte Anpassung der Verdampfereinstellung – wären darauf folgende Änderungen der BIS-Werte in der Regel graduell. Dagegen wäre eine plötzliche und deutliche Änderung unerwartet und eine zusätzliche Beurteilung angemessen.

Die Tabellen 4 und 5 stellen einen Beurteilungsprozess bei plötzlichen Zu- oder Abnahmen der BIS-Werte dar.

Tabelle 4: BIS™-Erhöhung/Beurteilung hoher Werte

## Reagieren auf einen plötzlichen BIS-Anstieg



**Prüfen Sie das Vorhandensein von Artefakten (EMG, Elektrokauterisation oder Hochfrequenzsignale).**

Hochfrequenzartefakte, einschließlich der aufgeführten, können das EEG-Signal stören und zu nicht korrekten, hohen BIS-Werten führen.

**Vergewissern Sie sich, dass die anästhesiezuführenden Systeme einwandfrei arbeiten, so dass der Patient auch die beabsichtigte Anästhetikadosis erhält.**

Änderungen der Verdunstereinstellungen, Frischgasflussraten, intravenösen Infusionspumpeneinstellungen und intravenösen Zuleitungen können zu einer plötzlichen Änderung der Anästhetikawirkung und des daraus resultierenden BIS-Werts führen.

**Vergewissern Sie sich, dass die Anästhetikadosis ausreichend ist.**

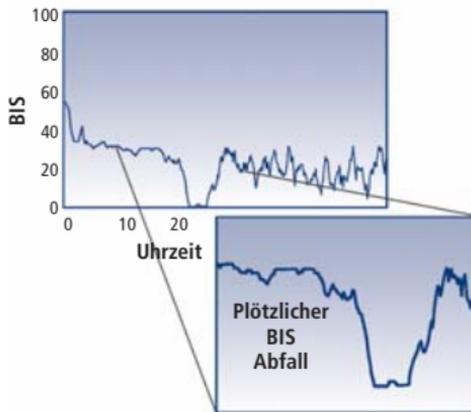
Eine plötzliche Veränderung des BIS kann auf einen neuen kortikalen Aktivitätszustand in Abhängigkeit von der Anästhetikadosierung und den chirurgischen Gegebenheiten hinweisen.

**Beurteilen Sie den aktuellen Grad der chirurgischen Stimulation.**

Der BIS kann als Reaktion auf gesteigerte Schmerzreize vorübergehend ansteigen.

Tabelle 5: BIS-Verringerung/Beurteilung niedriger Werte

## Reagieren auf einen plötzlichen BIS-Abfall



**Beurteilen Sie, ob pharmakologische Veränderungen vorliegen.**

Boluszufuhr intravenöser Anästhetika, vorangegangene Änderungen der Inhalationsanästhetikadosierung und Verabreichung von Zusatzmedikamenten (Betablocker,  $\alpha_2$ - Agonisten) können zu einem akuten Abfall des BIS führen.

**Beurteilen Sie den aktuellen Grad der chirurgischen Stimulation.**

Der BIS kann als Reaktion auf verminderte Schmerzreize abfallen.

**Ziehen Sie einen Abfall als mögliche Reaktion auf die Gabe von Muskelrelaxanzien in Betracht.**

In manchen Situationen sinkt der BIS als Reaktion auf die Gabe von neuromuskulären Blockern, insbesondere wenn vor der Gabe übermäßige EMG-Aktivität vorhanden war.

**Beurteilen Sie, ob eventuell andere physiologische Veränderungen vorliegen.**

Schwerwiegende Hypotonie, Hypothermie, Hypoglykämie oder Anoxie können zu einer Verringerung der Hirnaktivität führen.

**Beurteilen Sie, ob die Narkose gerade ausgeleitet wird.**

In der Literatur wird das Auftreten paradoxer Delta-Muster mit vorübergehenden plötzlichen Abfällen des BIS in der Aufwachphase von Inhalationsnarkosen beschrieben. Die klinische Signifikanz solcher Veränderungen ist jedoch noch unbekannt.

## Klinische Bedeutung des BIS™ Monitorings

Es gibt einen umfassenden und zunehmenden Fundus an wissenschaftlicher Literatur über das BIS-Monitoring, der von Praktizierenden studiert werden kann, um auf der Basis des Anästhetikums, der Dosierung und der individuellen Patientenparameter zu überprüfen, ob die Verwendung von BIS für einen Patienten indiziert ist.

Bisher wurde in mindestens 25 prospektiven, randomisierten klinischen Untersuchungen der Einfluss von BIS-gesteuerten Anästhesien gegenüber Standardverfahren gemessen. Bei den meisten dieser Studien wurde das Primäranästhetikum so angepasst, dass die BIS-Werte innerhalb einer „Zielzone“ lagen, in der Regel entweder zwischen 40 und 60 oder 45 und 60.

Zu den Vorteilen, die bei mindestens einer klinischen Untersuchung mit bestimmten Anästhetika beobachtet wurden, gehören:

- Verminderter Verbrauch des Primäranästhetikums<sup>4</sup>
- Verringerung der Ausleitungs- und Aufwachzeit<sup>4</sup>
- Höhere Patientenzufriedenheit<sup>36</sup>
- Verringertes Auftreten von intraoperativer Awareness und Erinnerungen<sup>5,6</sup>

Die ersten beiden oben genannten Vorteile wurden durch eine Studie von Gan und Mitarbeitern gezeigt, die Propofol/Alfentanil/Lachgas verwendeten. Sie haben herausgefunden, dass: 1) 13 bis 23% weniger Hypnotikum verwendet wurde; 2) um 35 bis 40% schnellere Aufwachzeiten erzielt wurden; 3) um 16% schnellere Verlegungen aus dem Aufwachraum durchgeführt werden konnten und 4) mehr Patienten beim Verlassen des Aufwachraums mit „ausgezeichnet – voll orientiert“ bewertet wurden (43% gegenüber 23%).<sup>4</sup>

Wie bereits erwähnt, ist das BIS-Monitoring außerdem als effektive Intervention zur Verringerung der intraoperativen Awarenessinzidenz anerkannt – ein Problem, das in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat.<sup>5,6</sup> Wie das BIS-Monitoring eingesetzt wird, um die intraoperative Awareness zu verringern, ist ausführlich im folgenden Abschnitt beschrieben.

## **VERWENDEN DES BIS™-MONITORINGS ZUR VERMINDERUNG DER INTRAOPERATIVEN AWARENESS**

Trotz aller Bemühungen gibt es einen kleinen Prozentsatz von Patienten, die während der Vollnarkose überraschend das Bewusstsein erlangen und sich an Teile ihrer intraoperativen Erfahrung erinnern können. In diesem Abschnitt wird die Rolle des BIS-Monitorings zur Verringerung dieser Nebenwirkung erläutert.

### **Vermeidung intraoperativer Awareness während der Anästhesie**

Bei mehreren prospektiven Untersuchungen in großem Umfang wurde festgestellt, dass es während Vollnarkosen bei 0,1 bis 0,2% der Patienten zum Auftreten einer intraoperativen Awareness kommt.<sup>37, 38, 39</sup> Im Jahr 2004 berichtete der „Sentinel Event Alert Nr. 32“ der JCAHO, dass jährlich 20.000 bis 40.000 Patienten während der Operation wach werden und sich an bestimmte Ereignisse erinnern können.<sup>40</sup>

Tabelle 6 enthält eine Übersicht der verschiedenen perioperativen Faktoren, die für Patienten ein erhöhtes Awareness-Risiko darstellen. Liegen derartige Risikofaktoren vor, wurde ein erhöhtes relatives Risiko der Awareness bei fast 1% der Patienten berichtet.

**Tabelle 6:** Potenzielle Risikofaktoren für Awareness: eine Übersicht

<b>Patienten- und Anästhesieamnese</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frühere Awareness-Episoden</li><li>• Anwendung oder Missbrauch von Medikamenten und anderen Substanzen</li><li>• Chronische Schmerzpatienten auf hohen Opioid-Dosen</li><li>• Bekannte oder erwartete Intubationsschwierigkeiten</li><li>• ASA-Status 4 bis 5</li><li>• Eingeschränkte Hämodynamik</li></ul>
<b>Chirurgische Eingriffe</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Herz-, Trauma- oder Notoperationen</li><li>• Kaiserschnitt</li></ul>
<b>Anästhesiesteuerung</b>	<p>Geplante Verwendung von:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Muskelrelaxanzien während der Narkoseführung</li><li>• Totale intravenöse Anästhesie</li><li>• Lachgas-Opioid-Anästhesie</li></ul> <p>Verringerte Anästhetikadosis während der Relaxierung</p>

Die angenommene Ursache der intraoperativen Awareness ist ein Zeitraum, in dem eine unzureichende Anästhesiewirkung vorliegt. Mögliche Gründe hierfür sind: ungenügende Anästhetikadosis, Unterbrechung der Anästhetikazufuhr oder eine potenzielle inhärente Anästhetikaresistenz.<sup>41</sup> Beispielsweise kann in bestimmten klinischen Situationen die Verabreichung einer sehr geringen Anästhetikadosis wegen hämodynamischer Probleme oder wegen anderer klinischer Ziele angemessen sein. Diese Dosen werden jedoch mit einer gesteigerten Häufigkeit der intraoperativen Awareness in Verbindung gebracht.

Patientenberichte enthalten erschreckende Beschreibungen der intraoperativen Awareness, in denen möglicherweise extrem belastende Wahrnehmungen und Gefühle aufgezeigt werden, die bei einer ungenügenden Anästhesiewirkung auftreten können.<sup>42</sup> Patienten, die eine intraoperative Awareness erlebt haben, können ein ganzes Spektrum von negativen psychologischen Folgen entwickeln, die von leichten, vorübergehenden Symptomen bis zu schweren, einschränkenden Symptomen reichen, die einem posttraumatischen Belastungssyndrom entsprechen.<sup>43</sup>

## ASA-Leitlinien

Die 2006 veröffentlichten „Practice Advisory for Intraoperative Awareness and Brain Function Monitoring“ (Leitlinien für intraoperative Awareness und Überwachung der Gehirnfunktion)<sup>21</sup> beschreiben den Einsatz verschiedener Überwachungsmodalitäten – klinische Techniken, konventionelle Überwachung und Überwachung der Gehirnfunktion – um die Anästhesietiefe zu überwachen und die Wahrscheinlichkeit der intraoperativen Awareness zu verringern.<sup>21</sup> Die übereinstimmende Meinung in den Leitlinien war, dass „die Entscheidung für den Einsatz einer Überwachung der Gehirnfunktion auf einer Fall-zu-Fall-Basis durch den jeweiligen Arzt für ausgewählte Patienten zu treffen sei“. Die Leitlinien besagen außerdem, dass die Überwachung der Gehirnfunktion nicht routinemäßig für alle Vollnarkosepatienten indiziert ist und dass die Überwachung der Gehirnfunktion aktuell denselben Status hat wie viele andere Überwachungsmethoden, die in verschiedenen Situationen durch den jeweiligen Arzt eingesetzt werden.

Die ASA-Leitlinien sollen Anästhesieärzte dabei unterstützen, eine klinische Strategie zu entwickeln, die das Auftreten von Awareness-Fällen minimiert. Zu einer solchen Strategie gehören verschiedene Maßnahmen während der perioperativen Phase – präoperative Beurteilung und Vorbereitung, intraoperative Überwachung und Intervention und postoperative Folgeaktivitäten. Eine Übersicht der resultierenden klinischen Strategie wird in Tabelle 7 dargestellt. Alternativ können Ärzte auch den Algorithmusansatz in Abbildung 5 implementieren, um das Awareness-Risiko zu minimieren.

Die Leitlinien weisen Anästhesieärzte außerdem darauf hin, dass die Dosierung des Anästhetikums zum Erreichen bestimmter Gehirnfunktionswerte, in einem Versuch, die intraoperative Awareness zu verhindern, zu Konflikten mit anderen medizinischen Belangen, wie vitale Organfunktion und vorhandene Komorbidität, führen kann.<sup>21</sup> Außerdem hat die JCAHO in ihrem Bericht „Sentinel Event Alert Nr. 32“ darauf hingewiesen, dass Anästhesieärzte die psychologischen Risiken einer Anästhesie-Awareness gegen die physiologischen Risiken einer zu tiefen Anästhesie abwägen müssen.<sup>40</sup>

**Tabelle 7:** Klinische Methode zum Minimieren der Awareness: eine Übersicht

<b>Präoperativer Zeitraum</b>	Risiko bewerten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Patient</li> <li>• Eingriff</li> <li>• Anästhesieverfahren</li> </ul> In Situationen mit hohem Risiko Einverständniserklärung einholen
<b>Intraoperativer Zeitraum</b>	Prämedikation zur Amnesie in Betracht ziehen Verschiedene Modalitäten zur Bewertung der Narkosetiefe heranziehen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klinische Anzeichen               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Maske und Einsatz von Muskelrelaxans</li> </ul> </li> <li>• Konventionelle Überwachung               <ul style="list-style-type: none"> <li>– BD, HF, endtidales Narkosegas</li> </ul> </li> <li>• Überwachung der Gehirnfunktionen (z. B. BIS)</li> </ul> Bei unbeabsichtigtem Bewusstsein amnestisch wirkende Substanzen in Betracht ziehen
<b>Postoperativer Zeitraum</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Patienten nach Awareness befragen</li> <li>• Dem Patienten angemessene Nachsorge bieten</li> <li>• Vorfall zu Qualitätssicherungszwecken festhalten</li> </ul>

## ALGORITHMUS ZUR VERMEIDUNG VON AWARENESS

### Präoperative Patientenbeurteilung

- Frühere Awareness-Episoden
- Erwartete Toleranz gegenüber Opioiden oder Sedativa
- Bekannte oder erwartete Atemwegsprobleme
- Bekannte oder erwartete hämodynamische Instabilität
- Chirurgischer Eingriff mit erhöhtem Awareness-Risiko

### Anästhesiesteuerungspläne

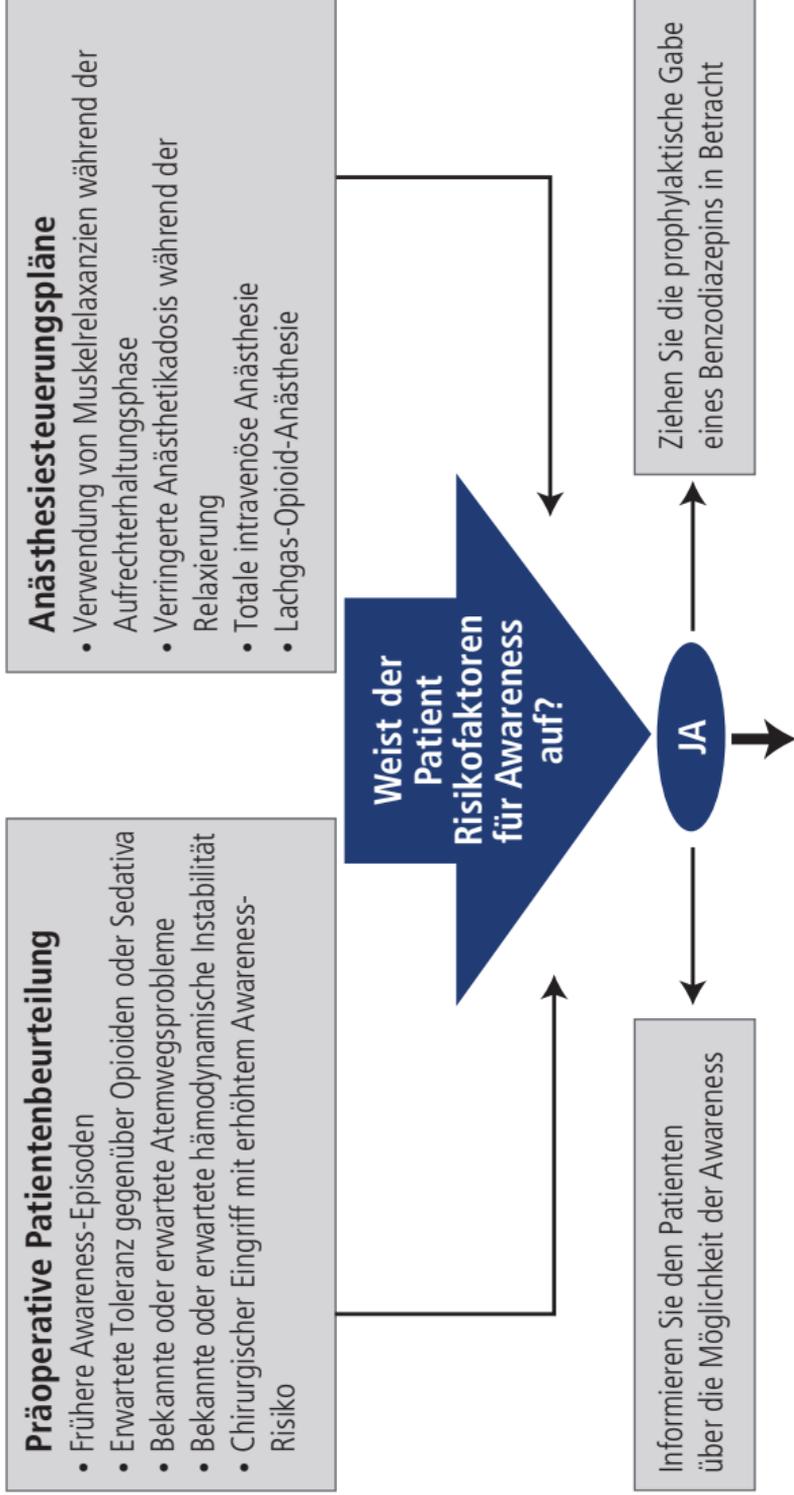
- Verwendung von Muskelrelaxanzien während der Aufrechterhaltungsphase
- Verringerte Anästhetikadosis während der Relaxierung
- Totale intravenöse Anästhesie
- Lachgas-Opioid-Anästhesie

Weist der Patient Risikofaktoren für Awareness auf?

Informieren Sie den Patienten über die Möglichkeit der Awareness

Ziehen Sie die prophylaktische Gabe eines Benzodiazepins in Betracht

JA



## Ziehen Sie verschiedene Modalitäten zur Überwachung der Narkosetiefe heran, um das Awareness-Risiko zu minimieren

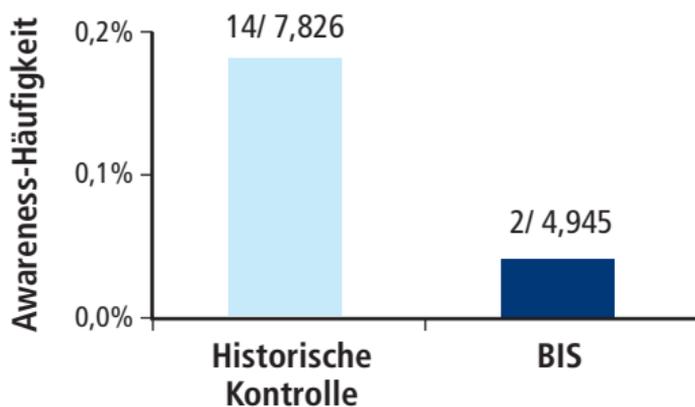
<p><b>Klinische Anzeichen</b></p> <p>Patientenbeobachtung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegung</li> <li>• Schwitzen, Tränensekretion</li> <li>• Augenlidreflex, Pupillen</li> </ul>	<p><b>Konventionelle Überwachung</b></p> <p>Blutdruck</p> <p>Herzfrequenz</p> <p>Atemfrequenz</p> <p>Endtidales Narkosegas</p>	<p><b>Überwachung der Gehirnfunktionen</b></p> <p>Mehrere Technologien verfügbar</p> <p>Nur für BIS ist eine Verringerung der Awareness um 80% belegt</p>
<p><b>Klinische Überlegungen</b></p>		
<p>Keine Studien vorhanden, die vermindertes Auftreten von Awareness belegen</p> <p>Die Anwendung von Muskelrelaxanzien kann somatische Anzeichen verschleiern</p> <p>Das Vermeiden der Relaxierung vermeidet nicht die Awareness</p>	<p>Keine Studien vorhanden, die vermindertes Auftreten von Awareness belegen</p> <p>Awareness kann bei normalen Vitalzeichen auftreten</p> <p>Kardiovaskuläre Medikamente (z. B. Betablocker) können Anzeichen verschleiern</p>	<p><b>ZIEL: BIS &lt;60</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor Narkoseeinleitung initiieren</li> <li>• Nicht-anästhetische Faktoren können den BIS-Wert beeinflussen</li> </ul> <p>Awareness mit BIS wurde berichtet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- typischerweise bei BIS &gt;60</li> </ul>

**Abbildung 5:** Algorithmusansatz zur Vermeidung intraoperativer Awareness

## BIS™-Monitoring und Awareness: Evidenz

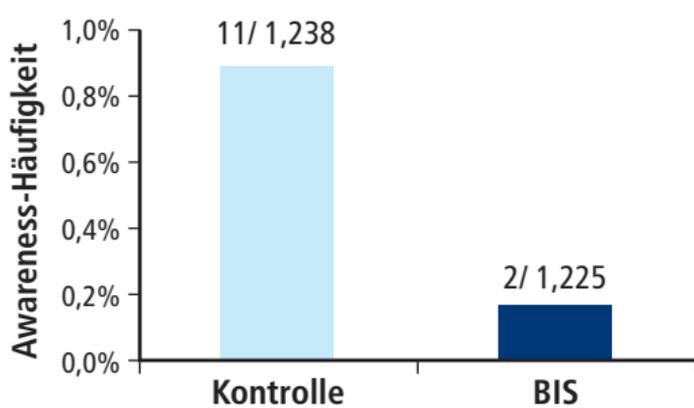
Nach heutigem Wissensstand ist der zusätzliche Einsatz des BIS-Monitorings die einzige monitortechnische Intervention, deren Beitrag zur Verringerung der intraoperativen Awareness wissenschaftlich nachgewiesen ist. In zwei umfangreichen, prospektiven Studien wurde festgestellt, dass sich bei Integration des BIS Monitorings in die routinemäßigen Überwachungsverfahren eine Verringerung des Auftretens von Awareness-Fällen um ca. 80% ergibt.<sup>5, 6</sup> Neben diesen beiden umfangreichen Untersuchungen gibt es weitere Berichte über BIS-Monitoring und intraoperative Awareness in der Fachliteratur. Dazu gehören eine kleine randomisierte Kontrollstudie,<sup>44</sup> eine umfangreiche Kohortenstudie<sup>37</sup> sowie verschiedene Fallberichte.<sup>45, 46, 47, 48</sup>

Die beiden umfangreichen prospektiven Studien stellen ein Rahmenwerk für den effektiven klinischen Einsatz des BIS-Monitorings dar. In einer Untersuchung wurde das Anästhesiepersonal angewiesen, BIS-Werte innerhalb eines Bereichs von 40 bis 60 beizubehalten und während der Einleitung und der Aufrechterhaltung Werte zu vermeiden, die größer als 60 sind.<sup>5</sup> Dieses Vorgehen führte zu einem signifikanten Vorteil: Nur zwei Patienten von 4,945 berichteten über eine Awareness, was eine Verringerung um 77% im Vergleich zur vorherigen Studie der Forscher darstellt (Abbildung 6).



**Abbildung 6:** BIS-Monitoring verringert Awareness um 77% bei Routinepatienten, die eine Vollnarkose mit Muskelrelaxierung erhielten.<sup>5</sup>

In der anderen randomisierten Studie mit Patienten mit einem erhöhten Awareness-Risiko wurde das BIS-Monitoring vor der Narkoseeinleitung initiiert und die Zufuhr des Anästhetikums titriert, um zwischen Laryngoskopie und Wundverschluss BIS-Werte zwischen 40 und 60 beizubehalten.<sup>6</sup> Diese Versorgung führte zu einer Verringerung des Auftretens von Awareness-Fällen um 82% (Abbildung 7).



**Abbildung 7:** BIS-Monitoring verringert Awareness um 82% bei Patienten, die ein erhöhtes Awareness-Risiko aufwiesen.<sup>6</sup>

Bei jeder Studie wurden trotz Durchführung des BIS-Monitorings zwei Awareness-Episoden von Patienten berichtet. Alle vier Fälle von Awareness traten während Perioden eines signifikanten Schmerzreizes (z. B. Intubation, mediane Sternotomie) auf und waren mit BIS-Werten um oder über 60 verbunden. Diese Fälle unterstreichen die Notwendigkeit für den Anästhesisten, BIS-Reaktionen auf Schmerzreize besonders aufmerksam zu betrachten und auf eine umgehende Intervention vorbereitet zu sein, wenn BIS-Werte über einen längeren Zeitraum höher als 60 sind.

## Intraoperative Awareness und Anästhesieleitlinien

Neben der ASA haben sich weltweit professionelle Vereinigungen des spezifischen Themas der Gehirnaktivitätsüberwachung angenommen, um das Auftreten von Awareness-Fällen zu verhindern. Die American Association of Nurse Anesthetists (Amerikanischer Verband des Anästhesiepflegepersonals),<sup>49</sup> das Royal College of Anaesthetists (Königliches Anästhesisten-Kollegium) und die Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (Verband der Anästhesisten Großbritanniens und Irlands)<sup>50</sup> und das Australian and New Zealand College of Anesthetists (Anästhesisten-Kollegium Australiens und Neuseelands)<sup>51</sup> betonen, dass eine Überwachung der Gehirnfunktion erwogen werden und/oder in klinischen Situationen verfügbar sein soll, in denen für den Patienten ein erhöhtes Awareness-Risiko besteht. Das Positionspapier des AANAs 2006 lautete z. B.: „Die Überwachung der Gehirnfunktion sollte, sofern verfügbar, besonders in Situationen erwogen werden, in denen das Risiko einer intraoperativen Awareness erhöht ist“.<sup>49</sup> Diese Aussagen stützen die Meinungen der ASA-Mitglieder. 69% der ASA-Mitglieder, die in den Leitlinien befragt wurden, stimmten der folgenden Aussage zu: „Die Überwachung der Gehirnfunktion ist wichtig und sollte durchgeführt werden, um das Risiko der intraoperativen Awareness bei Patienten zu verringern, deren Zustand ein Risiko für eine intraoperative Awareness darstellt.“

Es sollte zur Kenntnis genommen werden, dass es bei anderen Patienten ohne bekannte Risikofaktoren durch unerwartete oder nicht erkannte intraoperative Ereignisse zu Awareness-Fällen kommen kann. Wichtig ist, dass die Effizienz des BIS-Monitorings auch in dieser Situation klinisch nachweisbar ist.<sup>5</sup>

## DIE IMMER BEDEUTENDERE ROLLE DER ÜBERWACHUNG DER GEHIRNFUNKTION

Trotz beachtlicher Verbesserungen bei der Beurteilung der kardiovaskulären und respiratorischen Systeme während der Anästhesie, blieb die Bestimmung der Wirkung von Anästhetika auf das zentrale Nervensystem eine Herausforderung. Nun bieten Techniken, die die routinemäßige neurophysiologische Überwachung des zentralen Nervensystems ermöglichen, eine direkte Messung der Anästhesiewirkung während der Anästhesie.<sup>52</sup> Durch die Kombination der Überwachung der Gehirnfunktion und der Beurteilung der klinischen Symptome steht Anästhesieärzten und -fachpflegekräften ein vollständigeres Instrumentarium für die Optimierung der Auswahl und/oder Dosierung des Anästhetikums und der Zusatzmedikamente für jeden Patienten zur Verfügung.

Die Besorgnis über die Folgen einer unzureichenden oder übermäßigen Anästhesiewirkung hat in den letzten Jahren zugenommen. Wie bereits erwähnt, ist die unzureichende Anästhesiewirkung die primäre Ätiologie einer unbeabsichtigten intraoperativen Awareness.<sup>41</sup> Diese Nebenwirkung wurde ausführlich im vorhergehenden Abschnitt behandelt.

Eine übermäßige Anästhesiewirkung hat ebenfalls Konsequenzen. In manchen Situationen kann eine übermäßige Anästhesiewirkung zu einer kardiovaskulären Depression und in seltenen Fällen zum Herzstillstand führen.<sup>53</sup> In jüngster Zeit wurde erneut Besorgnis über die Folgen einer übermäßigen Anästhesiewirkung laut. Die Verabreichung von volatilen Anästhetika in hohen Dosen stellt ein Risiko für vorübergehende epileptiforme Änderungen im EEG dar.<sup>54</sup> Außerdem wird die übermäßige Anästhesiewirkung mit langfristigen Nebenwirkungen assoziiert.<sup>55,56</sup>

Es ist wichtig, dass durch Überwachung der Gehirnfunktion die Möglichkeit für Anästhesieärzte und -fachpflegekräfte gegeben ist, die spezifische Wirkung der Anästhesie auf

den Patienten zu überwachen. Durch Vermeiden einer übermäßigen Anästhesiewirkung wird das Auftreten einer verlängerten Aufwachzeit und einer verzögerten Orientierung verringert.<sup>4,36,57</sup>

Da zukünftige Untersuchungen und klinische Erfahrungen mögliche kurz- und langfristige Risiken einer übermäßigen Anästhesiewirkung aufzeigen, nimmt die Bedeutung einer besseren Modulierung der Anästhetikgabe an Patienten immer mehr zu. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Beachtung der Folgen einer übermäßigen – sowie einer unzureichenden – Anästhesiewirkung ist es wahrscheinlich, dass eine steigende Anzahl von Anästhesisten die Überwachung der Gehirnfunktion in die gesamte Anästhesieführung integriert.

## ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Kurzanleitung wurde besprochen, wie das BIS-Gehirnfunktionsmonitoring am effektivsten während der verschiedenen Anästhesiephasen eingesetzt werden kann. Anästhesieärzte und -fachpflegekräfte sollten mit den Anwendungen, Beschränkungen und speziellen Erwägungen beim Einsatz des BIS-Monitorings vertraut sein.

Während des letzten Jahrzehnts wurde das BIS-Monitoring bei der Versorgung von mehr als 18 Millionen Patienten mit gut dokumentierter Sicherheits- und Effizienzleistung eingesetzt. Daher hat sich das BIS-Monitoring gut als nützliche Maßnahme im Anästhesiebereich etabliert.

Der in der Literatur dargestellte Nachweis dokumentiert die Patientenvorteile im Bereich der Sicherheit und bei der Qualität der Anästhesieversorgung, die auf den Einsatz des BIS-Monitorings zurückzuführen sind. Diese klinischen Untersuchungen bieten eine belegte logische Grundlage für die Integration des BIS-Monitorings als Werkzeug für die Vereinfachung der intraoperativen Behandlung mit bestimmten Anästhetika.

Abhängig von den spezifischen Patientenmerkmalen, chirurgischen Verfahren und der geplanten Anästhesietechnik kann das BIS-Monitoring eine äußerst sinnvolle Entscheidung sein. Die Entscheidung für den Einsatz des BIS-Monitorings sollte jedoch durch den jeweiligen Arzt von Fall zu Fall entschieden werden.

Da klinische Erfahrungen und Forschungsarbeiten fortgesetzt werden, sollten sich Anästhesisten durch die verfügbare Literatur hinsichtlich Einsatz, Vorteile und Einschränkungen des BIS-Monitorings als Unterstützung bei der Patientenversorgung über den aktuellen Wissensstand informieren. Zusätzliche klinische Informationen und andere Schulungsressourcen finden Sie unter [www.BISeducation.com](http://www.BISeducation.com).

## LITERATURHINWEISE

1. Sigl J, et al. *J Clin Monit*. 1994;10:392-404.
2. Rampil I. *Anesthesiology*. 1998;89:980-1002.
3. Liu J, et al. *Anesth Analg*. 1997;84:185-9.
4. Gan T, et al. *Anesthesiology*. 1997;87:808-15.
5. Ekman A, et al. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2004;48:20-6.
6. Myles P, et al. *Lancet*. 2004;363:1757-63.
7. Bruhn J, et al. *J Clin Monit Comput*. 2000;16:593-6.
8. Glass P, et al. *Anesthesiology*. 1997;86:836-47.
9. Flaishon R, et al. *Anesthesiology*. 1997;86:613-9.
10. Schwab S, et al. *Anesth Analg*. 2004;99:1723-7.
11. Hans P, et al. *Br J Anaesth*. 2005;94:336-40.
12. Alkire M. *Anesthesiology*. 1998;89:323-33.
13. Nieuwenhuijs D, et al. *Anesth Analg*. 2002;94:125-9.
14. Gurses E, et al. *Anesth Analg*. 2004;98:128-31.
15. Agarwal A, et al. *Anesth Analg*. 2004;99:1684-8.
16. Altan A, et al. *Br J Anaesth*. 2005;94:438-41.
17. Lambert P, et al. *Eur J Anaesthesiol*. 2006;23:311-8.
18. Yamakage M, et al. *J Anesth*. 2004;18:185-9.
19. Fassoulaki A, et al. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006;50:475-80.
20. Kodaka M, et al. *Br J Anaesth*. 2004;92:242-5.
21. Practice Advisory for Intraoperative Awareness and Brain Function Monitoring: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness *Anesthesiology*. 2006;104:847-64.
22. Mi W, et al. *Can J Anaesth*. 1998;45:19-22.
23. Nakayama M, et al. *J Clin Anesth*. 2002;14:146-9.
24. Nakayama M, et al. *Can J Anaesth*. 2002;49:458-60.
25. Song D, et al. *Anesthesiology*. 1997;87:842-8.
26. Guignard B. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2006;20:161-80.

27. Bloom M, et al. *Anesthesiology*. 1996;85:A481.
28. Bloom M, et al. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2005;17:254-55.
29. Mathews D, et al. *Anesth Analg*. 2003;96:1062-4.
30. Greenwald S, et al. *Anesthesiology*. 2006;105:A1027.
31. Johansen J, et al. *J Clin Anesth*. 2000;12:433-43.
32. Mavoungou P, et al. *Ann Fr Anesth et de Reanim*. 2000;19:582-7.
33. Stanski D, et al. Measuring Depth of Anesthesia. In Miller's Anesthesia, 6th Edition. Edited by Miller RD. New York, Elsevier/Churchill Livingstone, 2005, 1227-64.
34. Liu S. *Anesthesiology*. 2004;101:311-5.
35. Dahaba A. *Anesth Analg*. 2005;101:765-73.
36. Luginbuhl M, et al. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2003;47:165-73.
37. Sebel P, et al. *Anesth Analg*. 2004;99:833-9.
38. Sandin R, et al. *Lancet*. 2000;355:707-11.
39. Myles P, et al. *Br J Anaesth*. 2000;84:6-10.
40. Preventing, and managing the impact of, anesthesia awareness. *Sentinel Event Alert*. 2004;32:1-3. (Accessed July 20, 2007, at <http://www.jointcommission.org/SentinelEvent>)
41. Ghoneim MM. *Anesthesiology*. 2000;92:597-602.
42. Rowan KJ. *Anaesth Intensive Care*. 2002;30:505-6.
43. Lennmarken C, et al. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2002;46:229-31.
44. Puri G, et al. *Eur J Anaesthesiol*. 2003;20:451-6.
45. Mychaskiw G, et al. *Anesth Analg*. 2001;92:808-9.
46. Luginbuhl M, et al. *Anesthesiology*. 2002;96:241-3.

47. Mathews D, et al. *Br J Anaesth*. 2005;95:193-6.
48. Rampersad S, et al. *Anesth Analg*. 2005;100:1363-4.
49. Position Statement 2.12: Unintended Awareness Under General Anesthesia. American Association of Nurse Anesthetists, 2006. (Accessed July 20, 2007, at [http://www.aana.com/resources.aspx?ucNavMenu\\_TSMMenuTargetID=51 &ucNavMenu\\_TSMMenuTargetType=4&ucNavMenu\\_TSMMenuID=6&id=1747](http://www.aana.com/resources.aspx?ucNavMenu_TSMMenuTargetID=51 &ucNavMenu_TSMMenuTargetType=4&ucNavMenu_TSMMenuID=6&id=1747))
50. Loss of Consciousness Monitoring: A Joint Statement by the Royal College of Anaesthetists and the Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland, 2006. (Accessed July 20, 2007, at [http://www.aagbi.org/release\\_lossofconsciousness.html](http://www.aagbi.org/release_lossofconsciousness.html))
51. Recommendations on Monitoring during Anaesthesia. Australian and New Zealand College of Anaesthetists, 2006. (Accessed July 20, 2007, at <http://www.medeserv.com.au/anzca/pdfdocs/PS18-2006.pdf>)
52. Tonner PH, et al. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2006;20:1-9.
53. Morray JP, et al. *Anesthesiology*. 2000;93:6-14.
54. Julliac B, et al. *Anesthesiology*. 2007;106:243-51.
55. Monk T, et al. *Anesth Analg*. 2005;100:4-10.
56. Cohen N. *Anesth Analg*. 2005;100:1-3.
57. Recart A, et al. *Anesth Analg*. 2003;97:1667-74.



COVIDIEN, COVIDIEN mit Logo, Covidien Logo und „positive results for life“ sind in der USA und/oder international eingetragene Warenzeichen der Covidien AG. Alle anderen Marken sind Warenzeichen eines Covidien-Unternehmens. ©2010 Covidien. Alle Rechte vorbehalten. C-MN-BISGuide/DE | 900654 - 07/2010



COVIDIEN

by anandic

COVIDIEN  
DEUTSCHLAND GmbH  
GEWERBEPARK 1  
D-93333 NEUSTADT/DONAU  
DEUTSCHLAND

+49 (0)9445 959 0 [T]  
+49 (0)9445 959 155 [F]

COVIDIEN AUSTRIA GmbH  
CAMPUS 21,  
EUROPARING F09402  
A-2345 BRUNN AM GEBIRGE  
AUSTRIA

+43 (0) 2236 37 88 39 [T]  
+43 (0) 2236 37 88 39 40 [F]

COVIDIEN SWITZERLAND LTD.  
ROOSSTRASSE 53  
CH-8832 WOLLERAU  
SWITZERLAND

+41 (0) 44 786 50 50 [T]  
+41 (0) 44 786 50 10 [F]

[WWW.COVIDIEN.COM](http://WWW.COVIDIEN.COM)