

DGAIInfo

Aus dem wiss. Arbeitskreis Neuroanästhesie:

Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin – Empfehlungen für eine berufsbegleitende modulare Fortbildung und Zertifizierung –*

Zusammenfassung

Die verschiedenen Methoden des klinischen und apparativen Neuromonitorings bieten die Möglichkeit, den Narkose- und Sedierungszustand zu objektivieren, bestimmte zentral- bzw. peripherenervöse Funktionseinbußen frühzeitig zu erkennen und gegebenenfalls zu vermeiden sowie eine weitestgehend verlässliche Prognose vorhandener Funktionsstörungen zu treffen. Um das große Potenzial des Neuromonitorings in Anästhesie und Intensivmedizin nutzen und Fehlinterpretationen der erhobenen Daten vermeiden zu können, sind eingehende Kenntnisse der anatomischen, physiologischen und technischen Grundlagen erforderlich.

Unter Federführung des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Neuroanästhesie (WAKNA) der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und der Österreichischen Gesellschaft für Anaesthesiologie, Reanimation und Intensivmedizin (ÖGARI) und im Benehmen mit der Deutschen Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie (DGKN) wurde deshalb von einer Ad-hoc-Kommission ein Curriculum erarbeitet, das Grundlagenwissen, methodenspezifische Kenntnisse, anwendungstechnische Besonderheiten und mögliche Indikationen beinhaltet. Der zeitliche Umfang der theoretischen Fortbildung sowie die Anzahl praktischer Einsätze unter entsprechender Supervision werden definiert. Aufgrund des breiten Spektrums des Neuromonitorings geschieht dies in verschiedenen Modulen. Dies erlaubt eine nach den individuellen Bedürfnissen ausgerichtete standardisierte Fortbildung und Zertifizierung. Die konsequente Umsetzung dieser Empfehlungen erleichtert eine zielgerichtete Diagnose und Therapie, schafft in bestimmten Situationen die Voraussetzung für eine Outcomeverbesserung und ermöglicht einen gezielten Ressourceneinsatz.

I. Ausgangssituation und Zielsetzung

Das Zentralnervensystem (ZNS) ist das Hauptziel-

organ für die Anästhesie. Zentral- und peripherenervöse Funktionen sind darüber hinaus aber auch bei zahlreichen Operationen durch eine Traumatisierung oder Minderperfusion gefährdet. Neben der Überwachung anästhesiologisch bedingter Funktionsänderungen des ZNS bestehen daher zahlreiche weitere Indikationen für ein Neuromonitoring in der Anästhesie und Intensivmedizin zum Wohl des Patienten. Ischämiedetektion während Operationen an den zuführenden Gefäßen zum Gehirn, die Identifikation des N. laryngeus recurrens bei Schilddrüsenoperationen, aber auch die Aufdeckung eines Status epilepticus nonconvulsivus nach SHT auf der Intensivstation sind einige wichtige Beispiele (Tab. 1).

Aus pathologischen Befunden ergeben sich im Operationssaal und auf der Intensivstation oft unmittelbar therapeutische Konsequenzen. Durch diese Handlungsimplikation unterscheidet sich ein meist kontinuierliches perioperatives Neuromonitoring von einer Momentaufnahme in der Neurologie, die primär auf die Diagnostik von Krankheiten ausgerichtet ist.

Die klinisch neurologische Untersuchung ist bei Eingriffen unter Analgosedierung oder Allgemeinanästhesie nur sehr eingeschränkt möglich. Apparative Verfahren ermöglichen in dieser Situation eine frühzeitige, umfassende Beurteilung wichtiger neurologischer Funktionen. Die verschiedenen Verfahren geben über die Morphologie, die Hämodynamik, den Metabolismus und über die Funktion Einblick in die Integrität des zentralen und peripheren Nervensystems (Tab. 2).

Mit Hilfe dieser Überwachungsverfahren können der Narkose- und Sedierungszustand objektiviert werden. Drohende Funktionseinbußen lassen sich frühzeitig erkennen und durch gezielte Interventionen verhindern. Das Ausmaß und die Prognose einer ein-

* Verabschiedet auf der Präsidiumssitzung der DGAI am 18.11.2006 in Weimar. ▶

Tab. 1: Indikationen für das Neuromonitoring bei operativen Eingriffen und während Intensivtherapie.

Intraoperatives Neuromonitoring:

Schwerpunkt: Erkennen der Notwendigkeit und Steuerung einer Akutintervention

Indikationsspektrum:

Narkosemonitoring (Objektivierung des Hypnosezustandes in Narkose)

Detektion drohender ischämischer ZNS-Läsionen bei

- Karotis-, Aorten-, und Kardiochirurgie, Operationen an zerebralen Gefäßen
- kontrollierter Hypotension
- Patienten mit zerebrovaskulären Begleiterkrankungen, z.B. TIA in der Anamnese, Hypertonikern etc.

Detektion interventionell bedingter Neuroläsionen bei

- Strumachirurgie
- Wirbelsäulen- und Rückenmarkschirurgie
- Operationen am Kleinhirnbrückenwinkel
- Eingriffen am N. acusticus
- neuroradiologischen Interventionen

Effektkontrolle CMRO₂ senkender, neuroprotektiver Maßnahmen

- pharmakologische Neuroprotektion (z.B. Barbiturat-Therapie)
- Hypothermie

Neuromonitoring während Intensivtherapie:

Schwerpunkte: Erkennung einer drohenden Gefährdung des ZNS, Therapiesteuerung, Dokumentation des Schweregrades einer neuronalen Schädigung

Kontinuierlich

- HT (Erkennung einer Funktionsverschlechterung und Gefährdung, z.B. bei Status epilepticus nonconvulsivus)
- Überwachung des Sedierungsgrades
- Frühdetektion einer zerebralen Mangelperfusion bzw. -oxygenation

Punktuell

- Komaprognose
- Neurophysiologische Verlaufskontrolle
- Diagnosesicherung (z.B. Septische Enzephalopathie, Critical Illness Polyneuropathie)

Tab. 2: Am anästhesiologisch-intensivmedizinischen Handlungsablauf orientierte Überwachungsverfahren.

a) Apparativ

prinzipiell kontinuierlich,

nicht invasiv

- Elektrophysiologie
 - EEG
 - Evozierte und ereigniskorrelierte Potenziale (SEP, AEP, VEP, Motorisch EP)
 - Monitoring des autonomen Nervensystems (z.B. Herzratenvariabilität)
 - EMG (spontan und evoziert)
- Neurosonologie
- NIRS

invasiv

- SjO₂, PtiO₂, ICP, zerebrale Mikrodialyse
- Elektrokortikogramm

nur punktuell möglich

- Bildgebende Verfahren (CT, NMR, PET, FMRI, Angio)

b) Nicht apparativ

- klinisch neurologische Exploration

▶ getretenen Hirnschädigung z.B. nach einer Reanimation können erfasst und weitere therapeutische Entscheidungen damit auf eine rationale Grundlage gestellt werden.

Es gibt in der Literatur zahlreiche Hinweise, dass durch das Neuromonitoring die Sicherheit für den Patienten erhöht, das Outcome verbessert und unnötiges Leid sowie sinnlose Ausgaben verhindert werden.

Aufgrund dieser Möglichkeiten, der zunehmenden Sensibilisierung der Öffentlichkeit gegenüber seltenen Komplikationen wie intraoperative Awareness, der Zunahme von Risikogruppen und -eingriffen für zerebrovaskuläre Ereignisse sowie der begrenzten Ressourcen, gewinnt das Neuromonitoring zunehmend an Bedeutung. Die Möglichkeit, Gefahr vom Patienten abzuwenden, rechtfertigt den Aufwand des Monitorings. ▶

► Eine zunehmend breitere klinische Anwendung findet die intraoperative und intensivmedizinische Neuroüberwachung durch die Verfügbarkeit einfach anzuwendender Monitore. Aufgrund der Technologieentwicklung ist das apparative Neuromonitoring längst aus der ausschließlich Experten vorbehaltenen Anwendung in der Grundlagenwissenschaft herausgetreten.

Allerdings sind fundierte Kenntnisse der anatomischen und physiologischen Grundlagen zum jeweiligen Verfahren, das Wissen um Artefakte und Paradoxa sowie praktische Fertigkeiten zur Optimierung der Ableitung und Interpretation notwendig, um ein brauchbares, aussagekräftiges Monitoring zu erhalten und für den Patienten ein Höchstmaß an Sicherheit zu erreichen. Diese Kenntnisse werden in verschiedenen Workshops und Kursen mit unterschiedlichem Umfang und verschiedenen Schwerpunkten vermittelt. Eine Verpflichtung zur Teilnahme besteht derzeit ebenso wenig wie ein standardisierter Lernzielkatalog oder eine systematische Erfolgskontrolle. Dies führt zu einer heterogenen Qualität in der Anwendung und unterschiedlichen Akzeptanz des Neuromonitorings.

Vor diesem Hintergrund wurde vom Arbeitskreis Neuroanästhesie beschlossen, Empfehlungen für eine berufsbegleitende Fortbildung „Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin“ zu erarbeiten. Mit Hilfe eines Curriculums sollen Mindestanforderungen für Grundkenntnisse und Fertigkeiten im Neuromonitoring definiert werden. Diese bilden die einheitliche Basis der Lehr- und Lerninhalte für bestehende und zukünftige spezifische Aus- und Weiterbildungsveranstaltungen. Ziel dieser wichtigen qualitätssichernden Maßnahme ist eine weitere Verbreitung des Neuromonitorings und eine Durchführung auf hohem Niveau. Nur ein Monitoring, das in einer nachweisbar hohen Qualität sach- und indikationsgerecht durchgeführt wird, rechtfertigt den Aufwand, der in fallpauschalierten Entgeltsystemen und nach der GOÄ abrechenbar sein muss, und führt zu einem echten Sicherheitsgewinn für den Patienten.

Zur Umsetzung dieses Konzeptes wurde unter Federführung des WAKNA eine Ad-hoc-Kommission gegründet, deren Mitglieder sich aus den Veranstaltern bisheriger Workshops zum Neuromonitoring sowie dem Vorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie rekrutieren. Bei der Ausarbeitung der theoretischen und praktischen Inhalte wurde nicht nur auf notwendige Kenntnisse und Fertigkeiten Wert gelegt, sondern bei der Definition des zeitlichen Umfangs und dem Nachweis praktischer Einsätze auch darauf, dass diese Fortbildung unter den immer enger werdenden

personellen und finanziellen Ressourcen in den Kliniken realisiert werden kann.

Wegen des breiten Spektrums verfügbarer Monitoringverfahren erfolgte eine Beschränkung auf diejenigen mit der größten Bedeutung und Verbreitung, nämlich auf die klinisch neurologische Befunderhebung und das elektrophysiologische Monitoring. Zudem wurden verschiedene Module (Tab. 3) definiert, die es erlauben, eine effiziente nach den individuellen Erfordernissen bedarfsgerechte Fortbildung in einzelnen Abschnitten und an verschiedenen Ausbildungsstellen durchzuführen.

II. Curriculum Neuromonitoring

Hinsichtlich der anatomischen, physiologischen und technischen Grundlagen wurden für eine standardisierte Fortbildung folgende Kenntnisse und Module im Konsens definiert (Tab. 3).

Das Curriculum orientiert sich an Vorgaben der Deutschen Gesellschaft für Klinische Neurophysiologie. Es wurde im Benehmen mit der DGKN an anästhesiologische Bedürfnisse adaptiert. Wegen der anatomischen und physiologischen Besonderheiten gilt dieses Curriculum explizit nur für die Anwendung bei Erwachsenen und nicht bei Kindern. Geplante weitere Module:

Bildgebende Verfahren, Intrakranielle Druckmessung, Transkranielle Dopplersonographie

Denkbare weitere Module:

Metabolisches Monitoring (zerebrovenöse Oximetrie, Nahinfrarotspektroskopie, Gewebe pO₂-Messung, Mikrodialyse)

III. Umsetzung Curriculum und Zertifizierung

Um ausreichende theoretische Kenntnisse der klinischen und neurophysiologischen Überwachung vermitteln zu können, sind für jedes Modul bis zu 4 Unterrichtseinheiten über jeweils 45 Minuten erforderlich. Ein Kompaktkurs ist daher für 3 Unterrichtstage vorzusehen. Dies ermöglicht einerseits eine ausreichende Vermittlung des Grundlagenwissens und eine Einführung in die Praxis des Neuromonitorings. Andererseits ist der Ausfall an Arbeitszeit gering. Insbesondere wenn Wochenendtage einbezogen werden, sollte es möglich sein, möglichst vielen Kolleginnen und Kollegen die Teilnahme zu ermöglichen und damit die Vorteile des Neuromonitorings umfassend in der Klinik zu nutzen.

Unterstützt und erleichtert wird dies dadurch, dass es möglich ist, die Module an verschiedenen definierten Ausbildungsstellen und zu verschiedenen ►

Tab. 3: Module des Curriculums Neuromonitoring.

Modul 1: Neuroanatomie, Bahnsysteme, klinische Untersuchung		
Hirnstamm:	<ul style="list-style-type: none"> • Diencephalon • Pons 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesenzephalon • Medulla oblongata
Großhirn:	<ul style="list-style-type: none"> • Frontallappen • Temporallappen 	<ul style="list-style-type: none"> • Parietallappen • Okzipitallappen
Bahnsysteme und funktionelle Einheiten:	<ul style="list-style-type: none"> • Pupillomotorik • Kornealreflex • Beuge und Streckesynergismen, Stadien der kraniokaudalen Hirnstammschädigung • Hörbahn • Somatosensorische Bahn • Bewusstsein und dessen morphologisches Korrelat 	<ul style="list-style-type: none"> • Okulomotorik • Reflexe der basalen Hirnnerven • Atemmuster und deren morphologisches Korrelat • Pyramidenbahn
Modul 2: EEG und EP: Grundlagen, Definitionen, Signalableitung		
<ul style="list-style-type: none"> • Nomenklatur • Physiologie der Signalgenerierung und -entstehung • EEG-Ableitetechnik, Verstärker, Filter, Kalibrierung, Funktionskontrollen, Signalableitungspositionen • Natives EEG (Graphoelemente mit Relevanz für Anästhesie und Intensivmedizin z.B. Spindeln, Spikes, K-Komplex etc.) • EP-Stimulationstechnik: Ort und Methodik der Reizapplikation (SEP, AEP, VEP) • EP-Ableitemethodik und Signaldarstellungsverfahren • Datenqualität und Fehlerquellen 		
Modul 3: EEG und EP: Signalverarbeitung und -interpretation, Artefakte		
<ul style="list-style-type: none"> • Spezielle Voraussetzungen in Anästhesie und Intensivmedizin • Computerisiertes EEG (Grundlagen, grafische Darstellung, prozessiertes EEG, Derivate der Spektralanalyse) • EEG und MLAEP-Parameter • spezielle Messwertinterpretation • Beurteilungsmethoden und Normwerte • Artefakte und Störquellen (EKG, EMG, Filter, elektrostatische Aufladungen, Bewegungsartefakte etc.) • Paradoxe Befunde • Kritische Analyse neuerer Studien 		
Modul 4: Intraoperatives Monitoring		
Narkosemonitoring:		
Methodische Grundlagen, spezielle Norm- und Zielwerte		
<ul style="list-style-type: none"> • Pharmakologische und nicht-pharmakologische Effekte • Natives EEG und evozierte Potentiale • EEG-Indizes • MLAEP und Indizes • Klinische Möglichkeiten und Konsequenzen 		
Eingriffsbezogenes Neuromonitoring zur Kontrolle der Strukturintegrität:		
Indikationen, interventionsbezogene Überwachungskonzepte		
<ul style="list-style-type: none"> • Intrakranielle Eingriffe (SEP, SEP-Phasenumkehr, AEP, Hirnnervenmonitoring) • Karotischirurgie (Klinisch-neurologische Überwachung, EEG, SEP, Vergleich mit anderen Verfahren) • Aorten chirurgie (Tibialis-SEP, epidurale SEP, MEP) • Strumachirurgie (Recurrensmonitoring) • Wirbelsäulen chirurgie (Tibialis-SEP, MEP) 		
Modul 5: Neuromonitoring auf der Intensivstation		
<ul style="list-style-type: none"> • Akutmonitoring Zerebrum und Rückenmark • Spezifische pathologische EEG- und EP-Muster • Verlaufsdokumentation • Sedierungseffekte • Elektrophysiologische Zeichen des Hirntodes und Dokumentation • Komaprognostik 		
Modul 6: Praxisvorbereitung		
<ul style="list-style-type: none"> • Phantomübungen • Angewandte Gerätelehre • Interaktives e-learning • Fallbeispiele 		

► Zeitpunkten zu absolvieren. Dafür ist es erforderlich, dass sich die verschiedenen Kursanbieter inhaltlich strikt am Curriculum orientieren. Außerdem muss die Teilnahme an den einzelnen Modulen durch Anwesenheitslisten kontrolliert und unter Angabe der ausbildenden Klinik/Organisation und der Stundenzahl im Ausbildungsnachweis bescheinigt werden. Dieser Ausbildungsnachweis gilt als Beleg für eine qualifizierte Ausbildung und kann unter www.dgai.de bestellt werden.

Um eine möglichst nachhaltige Wissensfestigung zu erzielen, wird Verantern empfohlen, wichtige Inhalte während eines Kurses zu wiederholen und z.B. durch TED-Abfragen zu vertiefen. Im Rahmen der Praxisvorbereitung (Modul 6) sollten darüber hinaus mindestens 15 Fallbeispiele erörtert werden. Diese Fallbeispiele sollen typische klinische Situationen und Fallstricke beinhalten. Die klinischen und elektrophysiologischen Befunde müssen von den Teilnehmern interpretiert und in ein therapeutisches Konzept eingeordnet werden. Inhalte der Fallbesprechungen müssen im Ausbildungsnachweis dokumentiert werden.

Im Ausbildungsnachweis können fakultativ Einweisungen nach dem Medizinproduktegesetz und die Geräte, mit denen die Gerätelehre durchgeführt und eingehende Kenntnisse erworben wurden, ebenfalls eingetragen werden.

Neben theoretischen Kenntnissen sind praktische Fertigkeiten und Erfahrungen eine weitere Voraussetzung für ein Neuromonitoring auf hohem Niveau. Mit dem Modul Praxisvorbereitung werden die Grundlagen geschaffen. Darüber hinaus sind Hospitationen in akkreditierten Kliniken mit der Möglichkeit zur Supervision nötig. Im Rahmen dieser Hospitationen oder der eigenen klinischen Tätigkeit unter qualifizierter Supervision sind folgende praktische Nachweise zu erbringen:

- Selbständige Ableitung von 20 computerverarbeiteten EEGs im Operationssaal bzw. auf der Intensivstation.
Eigenhändige Fixierung der Elektroden, Impedanzkontrollen, Artefakterkennung und Plausibilitätsprüfung anhand einer Roh-EEG-Kontrollableitung. 20 Ableitungen müssen von einer akkreditierten Ausbildungsklinik bestätigt werden. 10 müssen detailliert unter Angabe der technischen Voraussetzungen sowie der klinischen Situation und möglicher therapeutischer Konsequenzen dargelegt werden.
- Mitwirkung bei der Ableitung von fünf 12-Kanal EEGs (möglichst auf der Intensivstation).
- 20 eigenständige Ableitungen von evozierten Potenzialen unterschiedlicher Modalität (zumindest AEP und SEP) im Operationssaal bzw. auf der

Intensivstation. 20 Ableitungen müssen von einer akkreditierten Ausbildungsklinik bestätigt werden. 10 müssen detailliert unter Angabe der technischen Voraussetzungen sowie der klinischen Situation und möglicher therapeutischer Konsequenzen dargelegt werden.

Die verschiedenen Untersuchungen müssen in schriftlich dokumentierter patienten- und untersucherbezogener Form (z.B. Digitalfoto) auf Anforderung nachweisbar sein (siehe Ausbildungsnachweis). Voraussetzung für die Bescheinigung und Zertifizierung der Qualifikation Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin ist neben dem vollständigen Ausbildungsnachweis eine mündliche Individualprüfung im Rahmen eines kollegialen Dialogs, in der die eingehenden praktischen und theoretischen Kenntnisse nachzuweisen sind. Um die Akzeptanz zu erhöhen und den Aufwand zu minimieren, sollen diese Dialoge im Rahmen des Deutschen bzw. Österreichischen Anästhesiekongresses und der jährlichen wissenschaftlichen Sitzungen des WAKNA bzw. der ADNANI stattfinden. Die Prüfung wird nach Antrag über die DGAI-Geschäftsstelle von zwei Mitgliedern der Kommission Neuromonitoring aus verschiedenen anerkannten Weiterbildungsstätten vorgenommen. Prüfinhalte, -verlauf, und -ergebnisse werden schriftlich dokumentiert. Das Zertifikat wird nach bestandener Prüfung erteilt. Es wird nur an Personen vergeben, die die Genehmigung zur Ausübung des ärztlichen Berufes besitzen. Die genannten Veranstaltungen sollen auch als Impulsforum genutzt werden, um bei Bedarf Auszüge einzelner Module des Curriculums anzubieten. Allerdings soll die theoretische Fortbildung weiterhin überwiegend in etablierten Kursen curriculumkonform stattfinden. Anbieter neuer Kurse müssen nicht nur die Anforderungen des Curriculums, sondern auch folgende Qualifikationen erfüllen:

- mindestens 3-jährige Erfahrung auf dem Gebiet des Neuromonitorings
- Nachweis von insgesamt mindestens 100 EEG- bzw. EP-Ableitungen pro Jahr im eigenen Verantwortungsbereich
- Tätigkeit als Referent in Neuromonitoringkursen bzw. Nachweis entsprechender Expertise durch Publikationen.

Die Ausbildungsberechtigung wird ad personam durch die Kommission Neuromonitoring des WAKNA erteilt. In allen Kursen muss eine Evaluierung durch die Teilnehmer erfolgen. Diese ist nach Aufforderung der Kommission zur Qualitätssicherung zur Verfügung zu stellen.

Kliniken und Abteilungen, die Hospitationen anbieten, sollten nicht nur über Supervisoren verfügen, ►

► die die genannten Qualifikationen erfüllen. Sie brauchen auch eine entsprechende medizintechnische Ausstattung (Möglichkeit zur EEG-, AEP- und SEP-Aufzeichnung) und eine hohe Frequenz von Untersuchungen (mindestens 50 EEG- und EP-Ableitungen pro Jahr). Selbstverständlich muss die Ausbildung den Empfehlungen der Kommission Neuromonitoring des WAKNA entsprechen. Die Akkreditierung erfolgt ebenfalls durch die Kommission Neuromonitoring. Sie wird entzogen, wenn die Voraussetzungen nicht mehr gegeben sind. Eine aktuelle Liste ausbildungsberechtigter Kliniken wird auf der Homepage des WAKNA zur Verfügung gestellt.

Die qualifizierte Fortbildung Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin richtet sich nicht nur an Anästhesisten, sondern ausdrücklich auch an Ärzte anderer Fachrichtungen, an Nichtmediziner (z.B. Techniker) und an diplomierte (Fach-) Pflegekräfte bzw. Medizinisch-Technische-Assistenten. Besonders durch den Einsatz diplomierter Pflegekräfte wird eine breite, effiziente Anwendung des Neuromonitorings begünstigt. Allerdings ist das Zertifikat, das zu therapeutischen Entscheidungen befähigt, an die Approbation gebunden. Alle Nichtmediziner und Pflegekräfte erhalten einen gesonderten Ausbildungsnachweis.

Literatur

Wichtige Literatur zum Thema wird ständig aktualisiert auf der Homepage des WAKNA (www.neuroanaesthesie-online.de) publiziert. Im Folgenden ist eine Zusammenstellung von Basisliteratur aufgelistet:

Bücher

- Binnie C, Cooper R, Mauguière F, Osselton J, Prior P, Tedman B (eds.).** Clinical Neurophysiology, Volume 2. EEG, paediatric neurophysiology, special techniques and applications. Amsterdam Boston Heidelberg: Elsevier; 2003.
- Bogdahn U, Mertens H G.** Prognostik in der Intensivtherapie des Zentralnervensystems. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1989.
- Brandt L.** Cerebrales Monitoring in der Anästhesie. Melsungen: Bibliomed; 1988.
- Deuschl G, Eisen A (eds.).** Recommendations for the practice of clinical neurophysiology: Guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. Amsterdam Lausanne New York Oxford Shannon Singapore Tokyo: Elsevier; 1999 (= Electroenceph clin Neurophysiol 1999; Suppl 52).
- Ebe M, Homma I.** Leitfaden für die EEG-Praxis. Ein Bildkompendium. Stuttgart Jena New York: Gustav Fischer; 1992.
- Freye E.** Cerebral monitoring in the operating room and the intensive care unit. Dordrecht Boston London: Kluwer; 1990.
- Grundy BL, Villani RM.** Evoked Potentials. Intraoperative and ICU Monitoring. Wien New York: Springer; 1988.
- Jantzen JP, Löffler W (Hrsg.).** Neuroanaesthesie. Grundlagen - Klinik - Neuromonitoring - Intensivmedizin. Stuttgart New York: Thieme; 2000.
- Jörg J, Hielscher H.** Evozierte Potentiale in Klinik und Praxis. Eine Einführung in VEP, SEP, AEP, MEP, P 300 und PAP. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1997.

- List WF, Metzler H, Pasch T.** Monitoring in Anästhesie und Intensivmedizin. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1995.
- Litscher G.** Multivariable nicht-invasive Intensivüberwachung. Neue computergestützte Verfahren. Stuttgart Jena New York: Gustav Fischer; 1994.
- Lowitzsch K, Maurer K, Hopf HCh, Tackmann W, Claus D.** Evozierte Potentiale bei Erwachsenen und Kindern. VEP, ERG, AEP, P300, SEP, MEP. Stuttgart New York: Georg Thieme; 1993.
- Löffler WH, Rappelsberger P, Ty Smith N.** ZNS-Monitoring. Wien München Bern: Maudrich; 1994.
- Lütsch J.** Evozierte Potentiale bei komatösen Kindern. Methodik und klinische Anwendungen. Stuttgart New York: Gustav Fischer; 1985.
- Maurer K, Lowitzsch K.** Atlas mit Einführungen. Stuttgart: Enke; 1990.
- Neundörfer B.** EEG-Fibel. Das EEG in der ärztlichen Praxis. Stuttgart New York: Gustav Fischer; 1995.
- Pichlmayr I, Jeck-Thole S.** EEG-Leitfaden für Anästhesisten. Stuttgart New York: Georg Thieme; 1990.
- Pichlmayr I, Lehmkühl P.** EEG-Überwachung des Intensivpatienten. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1988.
- Prior PF, Maynard DE.** Monitoring cerebral function. Long term monitoring of EEG and evoked potentials. Elsevier, Amsterdam New York Oxford, 1986.
- Riffel B, Kroiß H, Stöhr M.** Diagnostik und Prognostik mit evozierten Potentialen in der Intensivmedizin. Stuttgart Berlin Köln: Kohlhammer; 1994.
- Russel GB, Rodichok LD.** Primer of intraoperative neurophysiologic monitoring. Boston Oxford Melbourne: Butterworth-Heinemann; 1995.
- Rügheimer E, Dinkel M.** Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1994.
- Schulte am Esch J, Kochs E.** Central nervous system monitoring in anesthesia and intensive care. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1994.
- Schwarz G.** Dissoziierter Hirntod. Computergestützte Verfahren in der Diagnostik und Dokumentation. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1990.
- Schwarz G, Litscher G (Hrsg.).** Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin. Kompendium. Wiesbaden: Wissenschaftliche Verlagsabteilung Abbott GmbH; 1998.
- Schwarz G, Kröll W, List WF.** Schädel-Hirn-Trauma: Prä-hospital Management – Hirntod: Medizinisch-ethisch-rechtliche Aspekte. Wien: Maudrich; 1995.
- Sebel PS, Fitch W.** Monitoring the central nervous system. Oxford: Blackwell Science; 1994.
- Studel WI, Lumenta CB, Klug N.** Evozierte Potentiale im Verlauf. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1993.
- Stöhr M, Riffel B, Pfadenhauer K.** Neurophysiologische Untersuchungsmethoden in der Intensivmedizin. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1991.
- Stöhr M, Wagner W, Pfadenhauer K, Scheglmann K (Hrsg.).** Neuromonitoring. Darmstadt: Steinkopff; 1999.
- Stöhr M, Dichgans J, Buettner UW, Hess ChW, Altenmüller E.** Evozierte Potentiale. SEP, VEP, AEP, EKP, MEP. 3. Auflage. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1996.
- Wijdicks EFM (ed.).** Brain Death. Philadelphia Baltimore New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.

Ausgewählte Originalarbeiten

- Kálmánchey R, Avila A, Symon L.** The use of brainstem auditory evoked potentials during posterior fossa surgery as a monitor of brainstem function. Acta Neurochir 1986;82(3-4):128-36.
- Apel DM, Marrero G, King J, Tolo VT, Bassett GS.** Avoiding paraplegia during anterior spinal surgery. The role of somatosensory evoked potential monitoring with temporary occlusion of segmental spinal arteries. Spine 1991;16(8 Suppl):S365-70.
- Dinkel M, Schweiger H, Goerlitz P.** Monitoring during carotid surgery: somatosensory evoked potentials vs. carotid stump pressure. J Neurosurg Anesthesiol 1992;4(3):167-75.
- Electrophysiological (EEG-SSEP) monitoring during middle cerebral aneurysm surgery. J Neurosurg Sci 1996;40(3-4):195-205.**
- Lopez JR, Chang SD, Steinberg GK.** The use of electrophysi-

- biological monitoring in the intraoperative management of intracranial aneurysms. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1999;66(2):189-96.
- 6. Guerit JM, Amodio P, Hafner H, Litscher G, Van Huffelen AC.** Neuromonitoring in the operating room and intensive care unit: an update. *Suppl Clin Neurophysiol* 2000;53:61-71.
- 7. Schwarz G.** Evoked potentials for coma diagnosis and prognosis. *ESA refresher courses* 2000; URL: http://www.euroanaesthesia.org/education/rc_vienna/07rc3.HTM
- 8. Kane NM, Butler SR, Simpson T.** Coma outcome prediction using event-related potentials: P3 and mismatch negativity. *Audiology Neuro-Otology* 2000;5:186-91.
- 9. Wada T, Yao H, Miyamoto T, Mukai S, Yamamura M.** Prevention and detection of spinal cord injury during thoracic and thoracoabdominal aortic repairs. *Ann Thorac Surg* 2001;72(1):80-4;discussion 85.
- 10. Van Dongen EP, Schepens MA, Morshuis WJ, ter Beek HT, Aarts LP, de Boer A, et al.** Thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair: use of evoked potential monitoring in 118 patients. *J Vasc Surg* 2001;34(6):1035-40.
- 11. Manninen PH, Tan TK, Sarjeant RM.** Somatosensory evoked potential monitoring during carotid endarterectomy in patients with a stroke. *Anesth Analg* 2001;93:39-44.
- 12. Litscher G, Schwarz G.** Noninvasive bioelectrical Neuromonitoring in anaesthesia and critical care. *Editorial. Eur J Anaesthesiol* 2001;18:785-8.
- 13. Guerit JM, Dion RA.** State-of-the-art of Neuromonitoring for prevention of immediate and delayed paraplegia in thoracic and thoracoabdominal aorta surgery. *Ann Thorac Surg* 2002;74(5):S1867-9;discussion S1892-8.
- 14. Kunath M, Marusch F, Horschig P, Gastinger I.** The value of intraoperative Neuromonitoring in thyroid surgery – a prospective observational study with 296 patients. *Zentralbl Chir* 2003;128(3):187-90.
- 15. MacDonald DB, Zayed Z, Khoudeir I, et al.** Monitoring scoliosis surgery with combined multiple-pulse transcranial electric motor and cortical somatosensory evoked potentials from lower and upper extremities. *Spine* 2003;28:194-203.
- 16. Manninen P, Sarjeant R, Joshi M.** Posterior tibial nerve and median nerve somatosensory evoked potential monitoring during carotid endarterectomy. *Can J Anesth* 2004;51(9):937-41.
- 17. 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(9423):1757-63.
- 18. Uberruck T, Meyer L, Schmidt H, Gastinger I.** Benefits and effectiveness of recording somatosensory evoked potentials in surgery on the carotid artery. *Zentralbl Chir* 2004;129(3):172-7.

19. Young GB, Wang JT, Connolly JF. Prognostic determination in anoxic-ischemic and traumatic encephalopathies. *J Clin Neurophysiol* 2004;21(5):379-90.

20. Salengros JC, Pandin P, Schuind F, Vandesteene A. Intraoperative somatosensory evoked potentials to facilitate peripheral nerve release. *Can J Anesth* 2006;53:40-5.

Mitglieder der Ad-hoc-Kommission:

Priv.-Doz. Dr. med. M. Dinkel MBA,
Bad Neustadt/Saale

Prof. Dr. med., Dipl.-Phys. E. Kochs, München

Priv.-Doz. Dr. med. U. Linsteadt, Flensburg

Univ.-Prof. Dr. techn., Dr. scient. med. G. Litscher,
Graz

Dr. med. E. Maurer, Sigmaringen

Priv.-Doz. Dr. med. G. Schneider, München

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. H. Schwilden, Erlangen

Univ.-Prof. Dr. med. G. Schwarz, Graz

Prof. Dr. med. C. Werner, Mainz

Prof. Dr. med. O. W. Witte, Jena, DGKN

Koordination:

Prof. Dr. med., Dipl.-Phys. E. Kochs

Klinik für Anaesthesiologie

Klinikum rechts der Isar

Technische Universität München

Ismaningerstraße 22

81675 München

Deutschland

E-Mail: E.F.Kochs@lrz.tu-muenchen.de

Priv.-Doz. Dr. med. M. Dinkel MBA

Abteilung für Anästhesie

Herz- und Gefäßklinik GmbH

Salzburger Leite 1

97616 Bad Neustadt/Saale

Deutschland

E-Mail: caan@herzchirurgie.de

www.neuroanaesthesie-online.de