

Spezielle Anwendungen des Neuromonitorings in Anästhesie und Intensivmedizin

1. Zielsetzung
2. Verfahren
3. Stellenwert

Klinik für Anästhesie
und Intensivmedizin
Chefarzt:
PD Dr M. Dinkel MBA



M. Dinkel, 22. Internationaler Workshop
Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin
Graz, 28.-30.9.2017

anaesthesie-bad-neustadt.de



Spezielle Anwendungen des Neuromonitorings in Anästhesie und Intensivmedizin



M. Dinkel, 22. Internationaler Workshop
Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin
Graz, 28.-30.9.2017

anaesthesie-bad-neustadt.de



Neuromonitoring: Warum?

- Hohe Vulnerabilität von Gehirn und Rückenmark

Ischämiezeit zerebr. Funktionsausfall

3-5 min	komplett reversibel
5-8 min	moderates Defizit
8-12 min	deutliches Defizit
>12 min	schwerstes Defizit

abhängig von:

Vorschädigung, Ischämieausmaß/-dauer
Reanimation/Perfusionssteigerung, Protektion (Hypothermie)



M. Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

Neuromonitoring: Warum?

- Hohe Vulnerabilität von Gehirn und Rückenmark
Ischämie und Traumatisierung
- Unsichere spinale und zerebrale Protektion
- Verspätete klinische Diagnose zentral- und peripherenervöser Komplikationen
- Unsichere Beurteilung des Narkosezustandes und der zerebralen Prognose



M. Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

Periop.Neurologische Komplikationen



■ Inadäquate Narkose

Awareness	0,1 -2 %
Delir, Letalität nach tiefer Narkose	1,2- 4 fach ↑

■ Neurologische und kognitive Defizite

Strumachirurgie	1,1-25 %
Karotischirurgie	1,9-6,6%
Aorten Chirurgie	0,2-38 %
Skoliosechirurgie	0,7-1,6%
Herzchirurgie	1,2-70%

■ Fehleinschätzung zerebrale Prognose

unbegründete Therapieausweitung	? %
unberechtigte Therapieeinstellung	? %

ECST 1991, GALA 2008, Kertai 2012, McKhann 2006, Rudolph 2010



Neuromonitoring: Zielsetzung



■ Anästhesiemonitoring

- Objektivierung des Hypnosezustandes

■ Erkennung einer Ischämie/Traumatisierung

- Identifikation und Lokalisation morphologisch unklarer Strukturen
- Früherkennung kritischer Ischämie/Traumatisierung
- Steuerung Hirnprotektion

■ Komaprognose

- Beurteilung zerebrale Prognose

... wenn klinische Zeichen nicht verfügbar oder unzuverlässig sind



Spezielle Anwendungen des Neuromonitorings in Anästhesie und Intensivmedizin

1. Zielsetzung
2. Verfahren
3. Stellenwert

Klinik für Anästhesie
und Intensivmedizin
Chefarzt:
PD Dr M. Dinkel MBA



M.Dinkel, 22. Internationaler Workshop
Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin
Graz, 28.-30.9.2017



Neuromonitoring: Anforderungen



Einfache Anwendung

(bedside, ungestörte Pat-Versorgung,
geringe Störanfälligkeit)

Keine verfahrensbedingten Risiken

(nicht invasiv, keine Nebenwirkungen)

Sichere Interpretation

(alle Altersgruppen, geringe Artefaktanfälligkeit,
eindeutige Interventionsgrenzen)

Hohe Sensitivität/Spezifität

(regional/global, wenig unspez. Einflüsse, kontinuierlich)

Vertretbare Kosten-Nutzen Relation

Es gibt kein ideales Verfahren



Neuromonitoring: Verfahren

Hämodynamik



- CBF-Messung
- Laserdoppler-flowmetrie
- ICP-Messung
- **Transkranielle Dopplersonographie**

Metabolismus



- PET/SPECT
- Mikrodialyse
- Gewebe - pO₂
- Jugularvenöse Oximetrie
- **Transkranielle Oximetrie**

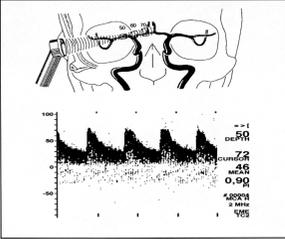
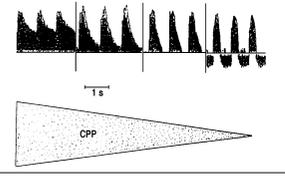
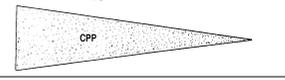
Funktion



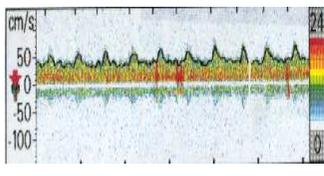
- Magnet-enzephalographie
- **periph. Nerven (Myographie)**
- **EEG**
- **Evozierte Potentiale**

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de

Transkranielle Dopplersonografie

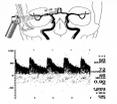
- Flußprofil und -richtung
- Zerebraler Zirkulationsstillstand
- Blutstromgeschwindigkeit
- CO₂-Reaktivität
- Autoregulationsreserve
- Embolieerkennung



Nicht invasiv, ubiquitär einsetzbar, beliebig wiederholbar

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de

Neuromonitoring: TCD vs. SEP



v-mean		Pathol. SSEP		v-mean		Pathol. SSEP		
MCA	ja	nein	MCA	ja	nein	MCA	ja	nein
0 cm/s	n = 5	n = 0	Kritisch	n = 11	n = 10			
> 0 cm/s	n = 0	n = 97	Nicht kritisch	n = 3	n = 73			

Dinkel et al.: VASA 23 (1994) 337 | Thiel et al.: Anesthesiology 82 (1995) 655

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de

Kardiochirurgie: Emboliedetektion

	mit EKZ	ohne EKZ	
Kognitive Störung	90%	0%	p < 0,0001
HITS	395 (0-2217)	11 (0-50)	p < 0,0001
Diegeler 2000			
	SKT path (n=18)	SKT nicht path (n= 13)	
HITS	814 (77- 4115)	552 (132-2716)	n.s.
	Herzoperationen unter EKZ	Dinkel, Messner 2003	

Problematic: punktuelle Messung, Differenzierung Embolietyp, Konsequenzen.....

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de

Karotischirurgie: TCD-Versagerrate

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

	Patienten	TCD Versager
Geschlecht		
weiblich	n = 58	n = 30 (51,7%)*
männlich	n = 123	n = 29 (23,6%)
Alter		
< 70 Jahre	n = 87	n = 19 (21,8%)*
> 70 Jahre	n = 94	n = 40 (42,6%)
Neurolog. Anamnese		
asymptotisch	n = 35	n = 13 (37,4%) *p < 0,05
TIA	n = 102	n = 31 (30,4%) **p < 0,01
Apoplex	n = 44	n = 15 (34,1%) ***p < 0,001
Kontralaterale A.carotis		
Stenose < 70%	n = 134	n = 45 (33,6%)
Stenose(> 70%	n = 44	n = 14 (31,8%)
SEP-Befund		
auslösbar	n = 162	n = 48 (29,6%)*
Verlust	n = 19	n = 11 (57,9%)
Gesamt	n = 181	n = 59 (32,6%)

Dinkel 1994

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de

Transkranielle Dopplersonografie

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

DGAInfo

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
Kardioanästhesie und Neuroanästhesie

Neuromonitoring in der Kardioanästhesie

Eine gemeinsame Stellungnahme der:
 Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
 Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group (CTA) der Schweizerischen Gesellschaft
 für Anästhesiologie und Reanimation (SGAR)
 Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

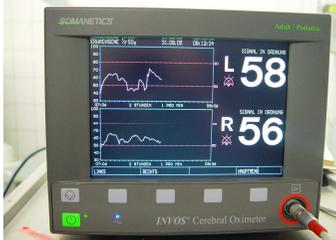
© Anästh Intensivmed 2014;55:2-19

Die Wissenschaftlichen Arbeitskreise Kardioanästhesie und Neuroanästhesie der DGAI, die Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group der SGAR, sowie die DGTHG sprechen **keine Empfehlung** zum generellen Einsatz der transkraniellen Dopplersonographie in der Kardioanästhesie aus. Vielmehr bleibt die TCD speziellen Fragestellungen, wie zum Beispiel dem Nachweis von HITS im Rahmen von Forschungsprojekten, vorbehalten.

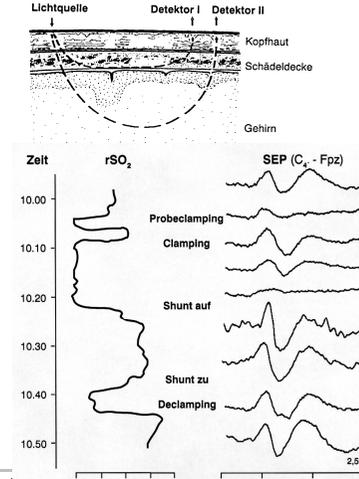
M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de

Transkranielle Oximetrie

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



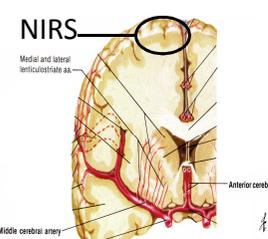
- Emission Nahinfrarotlicht
- Absorptionsmessung oxigeniertes./deoxigeniertes Hb
- Berechnung rSO2 (60-70%) (75% venös, 20%arteriell, 5% kapillär)



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de

NIRS: Limitationen

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

- rSO2 Berechnung (keine Messung)
- Kein Hb -Absolutwert
- Unklare Eindringtiefe/Kontamination
- Heterogene Kompartimente
- Unspezifische Absorption/Reflexion
- regionales, punktuell Verfahren (Region of Interest? Ischämie trotz Normalwert)
- Kaum PRCT
- Schwellenwert in Diskussion (<50% absolut, Abnahme >25% relativ; tolerable Entsaättigungsdauer?)

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de

NIRS: Karotischirurgie



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



		SSEP	
		Verlust (n=30)	auslösbar (n=287)
rSO ₂ nach XC	Median	56 %	61 %
	min./max	12 - 74 %	30 - 87 %
ArSO ₂	Median	9,8 %	4,1 %
	min./max.	0 - 32 %	-9 - 34 %

Kein kritischer Ischämie-Schwellenwert definierbar

Beese U, Dinkel M. Stroke29(1998)2032

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
17

Transkranielle Oximetrie



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

DGAInfo

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
Kardioanästhesie und Neuroanästhesie

Neuromonitoring in der Kardioanästhesie

Eine gemeinsame Stellungnahme der:
 Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
 Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group (CTA) der Schweizerischen Gesellschaft
 für Anästhesiologie und Reanimation (SGAR)
 Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

© Anästh Intensivmed 2014;55:2-19

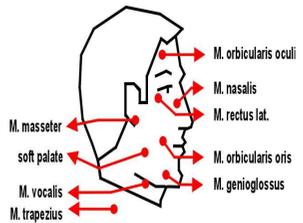
Bei Carotis-Thrombendartektomien wird die Ableitung von **somatosensiblen Potentialen (SSEP)** als Verfahren der ersten Wahl angeraten. Falls ein SSEP-Gerät nicht zur Verfügung steht, wird die Anwendung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) als Verfahren der zweiten Wahl empfohlen, wobei keine allgemein akzeptierten Grenzwerte für eine Shunteinlage vorliegen. ?

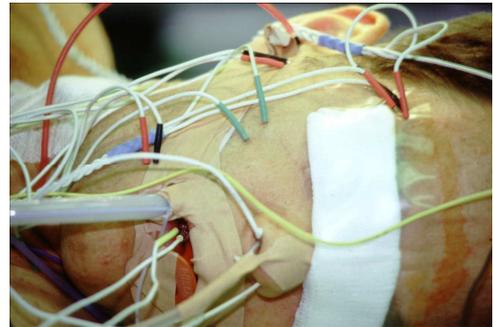
M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
18

Neuromonitoring: periphere Nerven



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition





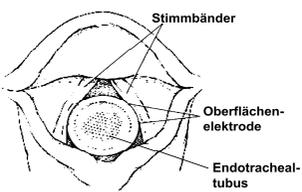
M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
19

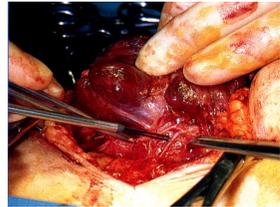
Recurrensmonitoring: Methodik

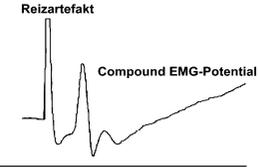


RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition









Intraoperatives Neuromonitoring in der Schilddrüsenchirurgie

Empfehlungen der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Endokrinologie
Chirurg 2013 · 84:1049–1056

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
20

EEG: Hypnosemonitoring

wach

Median Frequenz = 10 Hz

Schlafzustand

Median Frequenz = 2.5 Hz

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de 21

Medianus SEP: Meßprinzip

Stim. 1 µV 0 25 50 ms

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de 22

EEG und SEP: Ischämie monitoring

Funktionschwelle

EEG: Gesamtkortex
SEP: spezifische (vulnerable) Strukturen

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de 23

Ischämieschwellen: Penumbra

Figure 1 Brain perfusion thresholds as a function of time (modified from [49]).

Oligoemia (viable tissue)
 Penumbra
 Infarkt

Residualfluss unbekannt → sofortige Protektion (z.B. Shunt)

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthetie-bad-neustadt.de

EEG und SEP: Einflüsse

Hypoglykämie

Hämodilution

Hypo-/Hyperkapnie

Hypothermie

Anästhetika

zerebrale Ischämie

Medianus-SSEP
SEP C₃-Fpz

Nativ-EEG
EEG C₂-Ø

wach

300 mg Thiopental

1 min

2 min

5 min

10 min

SEP/MEP: Ischämiemonitoring EEG: Anästhesiemonitoring, Steuerung Hirnprotektion

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

EEG und EP: Empfehlung

DGAInfo

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
Kardioanästhesie und Neuroanästhesie

Neuromonitoring in der Kardioanästhesie

Eine gemeinsame Stellungnahme der:

- Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
- Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group (CTA) der Schweizerischen Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation (SGAR)
- Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

© Anästh Intensivmed 2014;55:2-19

Die Wissenschaftlichen Arbeitskreise Kardioanästhesie und Neuroanästhesie der DGAI, die Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group der SGAR, sowie die DGTHG empfehlen das **prozessierte EEG** bei totalintravenöser Anästhesie (TIVA), bei tiefem hypothermem Kreislaufstillstand und bei Risikopatienten für Awareness⁴¹⁻⁴³ anzuwenden (siehe **Tabellen 5**)

Steuerung optimale individuelle Hirnprotektion unter Hypothermie/Pharmaka
interindividuelle Unterschiede, schlechte Korrelation Plasmaspiegel/Wirkung

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

Neuromonitoring: Meilensteine

- Schlüssiges Gesamtkonzept
 - NM in Gesamtkonzept eingebettet
 - Klares Ziel, Therapeutische Konsequenzen
- Individuelles risikostratifiziertes Vorgehen
 - Kenntnis der Pathophysiologie
 - Optimierung der Ableitebedingungen
 - methodische Kenntnisse (Fehlerquellen)
 - gezielte Interventionen (Shuntanlage, Reop.)
- externe und interne Qualitätssicherung
 - interdisziplin. Absprachen, Standards, Dokumentation
- eingespieltes, erfahrenes Team
 - bedarfsgerechte Qualifikationen
 - Troubleshooter

BE CAREFUL

THIS MACHINE HAS NO BRAIN... USE YOUR OWN

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

Neuromonitoring: Praxis NES

- Basisqualifikation aller Anästhesieärzte/-pflegekräfte
 - wiederholte Fortbildung
 - Anästhesiecurriculum (Standard)
 - Praxisanleitung
- Vor Ort Information
 - Anästhesiecockpit (Infosystem)
 - Schautafeln (Booklet)
- NM Qualität/Sicherheit
 - Verantwortlicher mit „Facharztstandard“
 - Troubleshooter (DGAI Zusatzqualifikation)
- externe und interne Qualitätssicherung
 - standard. Protokoll
 - Fallbesprechungen

Trouble Shooter

Service

NEURO-M

IMPEDANZEN

IMPZ

C3 C4

HMK(E)

Ziel	Ampl	Latenz	Bemerkungen

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

EEG und EP: Narkoseführung



Narkoseverfahren Auswahlkriterien

- Potentialmodalität
- Begleiterkrankungen
- Ischämiekriterien

Narkose steady state in kritischen Operationsphasen

Optimierung der Ableitebedingungen:

- Relaxierung? (SEP↑, MEP↓)
- N₂O ab (SEP↑)
- Etomidatbolus (SEP↑)
- intravenöse Anästhesie (MEP↑)

balanzierte, lachgasfreie Anästhesie in der Karotischirurgie



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

Spezielle Anwendungen des Neuromonitorings in Anästhesie und Intensivmedizin



1. Zielsetzung
2. Verfahren
3. Stellenwert

Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin
Chefarzt:
PD Dr M. Dinkel MBA



M.Dinkel, 22. Internationaler Workshop
Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin
Graz, 28.-30.9.2017

anaesthesie-bad-neustadt.de



Neuromonitoring: Stellenwert



Luxus



oder



Notwendigkeit ?



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

EBM: Problematik



- Kosten und Mühen prospektiv randomisierter, kontrollierter Studien

SEP vs. RA bzw genereller Shunt

Apoplexrate 4% Reduktion 1% Power 90%

PRCT n= 7295 Eingriffe

350 Eingriffe/Jahr

21 Jahre Studiendauer

ethisch vertretbar ?



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

32

Neuromonitoring: Luxus?







SEITE 16
»ICH WARTE NUR NOCH AUF DEN TOD«
Seit einer Operation an der Halschlagader ist Johann Wilfers rechte Körperseite gelähmt, weil der Arzt nicht für eine ausreichende Durchblutung des Gehirns sorgte. Für den Kunstfehler bekam Wilfer bisher keinen Pfennig

Die Alternative heißt tatenlos zusehen

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
33

Anästhesiesteuerung: Problematik



Stadien	Atmung		Augen				Reflexe	Muskeltonus
	Thorax	Zwerchfell	Pupillen	Lid	Bindehaut	Hornhaut		
I Analgesie	●	●	●	●	●	●	●	●
II Toleranz	●	●	●	●	●	●	●	●
III Toleranz	1. Stufe	●	●	●	●	●	●	●
	2. Stufe	●	●	●	●	●	●	●
	4. Stufe	●	●	●	●	●	●	●
IV Asphyxie	●	●	●	●	●	●	●	●

Stadien der Äthernarkosen. (Nach Guedel)

Anästhesie ist, wenn ein Halbschlafender auf einen Halbwachen aufpasst

Chirurgenweisheit

- keine Anästhesiedefinition
- Wirkmechanismus unklar
- Traditionelle (Güdel-) Zeichen nicht verfügbar /unzuverlässig
- hämodynamische Parameter bei Herz-Kreislauf-erkrankungen und entsprechender Medikation unzuverlässig

X

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
34

Anästhesiemonitoring: Gefahren



Anaesthetie
(Analgesie- Hypnose)

zu tief

Kreislaufinstabilität
Protrah. Erwachen
Narkoseüberhang
Kosten↑ Outcome↓



Chirurgie
(Schmerz-Weckreaktion)

zu flach

Kardialer Streß
Awareness



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
35

Anästhesiemonitoring: Fazit



- Objektivierung des Hypnosezustandes und rationale Narkoseführung durch EEG-Monitoring/ETAG-Messung
- Vermeidung von Awareness gegenüber konventioneller Narkoseführung
- EEG Monitoring bei Risikopatienten, -eingriffen und -narkosen
- Hinweis auf besondere Anästhesieempfindlichkeit durch Neuromonitoring
- Risikoreduktion (Delir, Morbidität, Mortalität) durch Vermeidung (extrem) tiefer Narkosezustände
- Neuromonitoring Bestandteil eines Gesamtkonzeptes

Qualifikation nötig: Kenntnis von Artefakten und Fehlerquellen

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
36

Aspect A1000: Narkosemonitoring

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

100mg Succinylcholin

**Kenntnisse der Signalverarbeitung/Störeinflüsse notwendig!
Interpretation im klinischen Kontext!**

Messner, Dinkel et al Anest Analg 2003

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de 37

BIS A2000/Vista: Narkosemonitoring

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

Response of bispectral index to neuromuscular block in awake volunteers[†]

Department of Anaesthesia & Intensive Care, Cairns Hospital, PO Box 902, Cairns QLD 4870, Australia

Succinylcholin 1,5mg/kgKG E B

Time (min)

Conclusions: These results suggest that the BIS monitor requires muscle activity, in addition to an awake EEG, in order to generate values indicating that the subject is awake. Consequently, BIS may be an unreliable indicator of awareness in patients who have received neuromuscular blocking drugs.

Schuller PJ et al BJA (2015) i95-103

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de 38

Narkosesteuerung: Algorithmus

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

BIS	Blutdruck		
	>Referenz	Referenz	<Referenz
>60 <0,7MAC	Analg↑Hypno↑ Vasodilatator	Hypno↑Analg↑	Vasokonstriktor Hypno↑ Analg↑
40-60 0,7-1,3MAC	Analgesie↑ Vasodilatator	ideal	Vasokonstriktor
<40 >1,3MAC	Vasodilatator Analg↑ Hypno↓	Hypno↓Analg ↓	Hypno↓Analg ↓ Vasokonstriktor

Rationale Narkosesteuerung mit EEG/ETAG/RR-Richtwert

Vor Ort Verfügbarkeit und Kontrolle

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de 39

Anästhesiemonitoring: Empfehlung

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

DGAInfo

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
Kardioanästhesie und Neuroanästhesie

Neuromonitoring in der Kardioanästhesie

Eine gemeinsame Stellungnahme der:
Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group (CTA) der Schweizerischen Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation (SGAR)
Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

© Anästh Intensivmed 2014;55:2-19

Die Wissenschaftlichen Arbeitskreise Kardioanästhesie und Neuroanästhesie der DGAI, die Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group der SGAR, sowie die DGTHG empfehlen das **prozessierte EEG** bei totalintravenöser Anästhesie (TIVA), bei tiefem hypothermem Kreislaufstillstand und bei Risikopatienten für Awareness⁴¹⁻⁴³ anzuwenden (siehe **Tabellen 5 und 7**). Zu diesen Risikopatienten gehören solche mit einer Ejektionsfraktion (EF) < 30%, einem Cardiac Index < 2,1 l/min/m², einer hochgradigen Aortenklappenstenose, einer pulmonalen Hypertension, off-pump ACB, Operationen am offenen Herzen oder Zustand nach Awareness.

EEG zur Delirvermeidung in Diskussion

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de 40

Intraoperat. Recurrens-Monitoring




M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

IRM: Ergebnisse



Nervenidentifikation	98,9 - 99,5%
Stimulation hilfreich	62-73%
	58% Struma 82% SD-Karzinom 99% HPT
Paresen	transient permanent
mit IRM	3,5% 1,5% (0,3%)
ohne IRM	4,6% 2,6% (0,7%)* (n=7617)

*p<0,01

Recurrensparese aufgrund sequentiellen IONM möglich

Dralle 2013, Friedrich 2002, Hemmerling 2000, Jonas 2002, Stremmel 2002, Thomusch 1998

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

IRM: Ergebnisse



Paresen

ohne Recurrensdarstellung (n=6287, 1972-1985)

Benigne Struma	3,9%
Rezidive	25,3%
Maligne Struma	10,6%

Jatzko 1994

mit Recurrensdarstellung (n=7617, 1998)

Benigne Struma	1,1%
Rezidive	4,4%
Maligne Struma	6,8%

Thomusch 2001

Nach einseitigem Signalverlust: keine beidseitige Resektion bei benigner Struma (Struma maligna malignitätsabhängig)

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

IRM: Ergebnisse



Nicht anwendbar	1- (9.5)%
OP-Verlängerung	8,9 min
Materialkosten/Op	5 - 35 €
Komplikationen:	Cuffdefekt 1,7% Hämatom 7,7%

Hemmerling 2001, Timmermann 2002

Aber:

Falsch neg Befunde	2- 3,6%
Falsch pos. Befunde	0- 5,2%

Dralle 2013

Befund	Mögliche Ursachen
Richtig-negativ (Vagussignal und -EMG intakt, Stimmlippenbeweglichkeit intakt)	
Falsch-negativ (Vagussignal und -EMG intakt, Stimmlippenstillstand)	Extraneurale Ursachen Zentralnervöse Störungen
Richtig-positiv (Signalverlust, Stimmlippenstillstand)	
Falsch-positiv (Signalverlust, intakte Stimmlippenbeweglichkeit)	Medikamentöse Paralyse des N. vagus (narkosebedingt) Unzureichende Nervenstimulation Gerätedysfunktion Frühzeitige Erholung der Nervenfunktion

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie anaesthesie-bad-neustadt.de

IRM: Qualitätssicherung



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

- Präoperative Laryngoskopie (IRM nur bei intakter Stimmbandbeweglichkeit)
- Initiale Vagus und Recurrensstimulation (normale Anatomie)



Ausschluss:
neuromuskuläre Blockade
technische Probleme
Elektroden-Dislokation

Stimulation des N. vagus und des N. recurrens am laryngotrachealen Eintritt mit 1 – 2 mA

NR pos. und NV neg. → Typ 1, lokalisiert
Mapping der Läsionsstelle

NR neg. und NV neg. → Stimulation kontralateraler NV, wenn positiv → Typ 2, global

- EMG Dokumentation (Artefaktabgrenzung nur visuell möglich)
- Relaxansfreie Stimmationsphase, ausreichende Tubusgröße
- Algorithmus zum Ausschluß falsch positiver/negativer Befunde.....

Abb. 1 Algorithmus zum Vorgehen bei intraoperativem Signalverlust und zur Evaluation des Läsionstyps der Recurrens-funktionsstörung. NR N. recurrens, NV N. vagus

Intraoperatives Neuromonitoring in der Schilddrüsenchirurgie
Empfehlungen der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Endokrinologie
Chirurg 2013 · 84:1049–1056

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesia-bad-neustadt.de

IRM: Marketing



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

„Seitdem wir in unsere Arztbriefe schreiben
Schilddrüsen-Resektion mit Neuromonitoring
geht die Zahl der Einweisungen steil nach oben“

J. Kußmann, DMW 125(200)775



UNIVERSITÄTSKLINIKUM JENA

HNO-Klinik: Neuer Standort: Haus A, Am Klinikum 1, 07747 Jena

Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

Schilddrüsenvergrößerung und Schilddrüsenknoten

Recurrensmonitoring

In Deutschland werden jährlich etwa 100.000 Schilddrüsenentfernungen ausgeführt. Bei der Operation kann es zu einer Verletzung der Stimmbandnerven (Nervus laryngeus inferior = Nervus recurrens) kommen. Der Nerv zieht auf jeder Seite hinter der Schilddrüse bis an den Kehlkopf. Bei der Operation sollten dieser Nerv nicht verletzt werden, da es sonst zu einer anhaltenden Heiserkeit kommen kann.

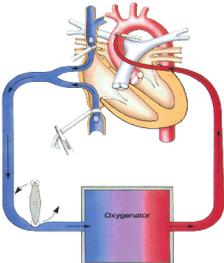
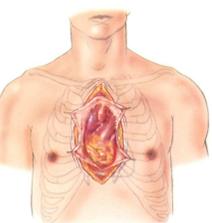
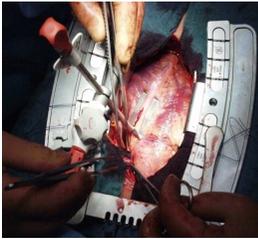
 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesia-bad-neustadt.de

Kardiochirurgie: Zerebrale Ischämien



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

- Hohe Rate (neuro)-kognitiver Defizite
- Viele potentielle Ursachen

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesia-bad-neustadt.de

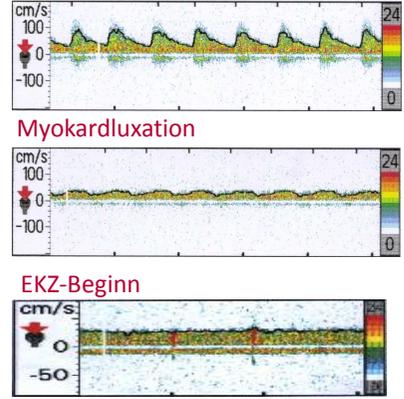
Kardiochirurgie: ZNS-Monitoring



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

75 Jahre,
LIMA-LAD, Karotisverschluß bds.





cm/s: 100, 0, -100

Myokardluxation

cm/s: 100, 0, -100

EKZ-Beginn

cm/s: 100, 0, -50

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesia-bad-neustadt.de

EEG ↓: Differentialdiagnostik

	Temp	RR	TCD	rSO ₂	Ursache	Maßnahme
ganze Op	-	-(↓)	-(↓)	↑	CMRO ₂ ↓	Narkose abflachen
Kanülierung	-	-	↓	↓	Malposition	Korrektur
EKZ-Beginn	-(↓)	-	-	↓	Hämodilution	Ery-Gabe?
EKZ	-	-	Emboli	↓	Embolisation	Emb.quelle?
EKZ	↓	-	-	↑	CMRO ₂ ↓	T-Kontrolle
EKZ-Ende	↑	-	-	↓	CMRO ₂ ↑	Relaxierung

332 koron. Bypassoperationen, retrospektive Kontrollgruppe, Edmonds HL 2005
 59% path Befunde 57% Korrektur 3% Neurodefizit (6,1% erwartet)

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de | 49

HCH: rSO₂-Algorithmus

Vermeidung minderperfusionsbedingter Defizite möglich
 Vor Ort Verfügbarkeit und Kontrolle

Denaut et al 2007

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de | 50

Kardiochirurgie: NIRS

Monitoring Brain Oxygen Saturation During Coronary Bypass Surgery: A Randomized, Prospective Study

200 Pat, kor. Bypassop, random Intervention bei rSO₂ < 75% Ausgangswert

Intervention	No. of patients	% Efficacy
Raise pump flow	39	67
Raise MAP	42	62
Normalize Paco ₂	34	50
Deepen anesthesia	27	48
Increase FiO ₂	28	43
Pulsatile perfusion	6	17

- rSO₂ als Indikator einer ausreichenden Organoxigenierung
- differenzierte Maßnahmen bei kritischem Grenzwert als rationales Konzept zur Outcomeverbesserung
- weniger schwerwiegende Komplikationen p=0,048

Murkin et al 2006

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de | 51

NIRS: Kanülenfehlage

Bilateral monitoring of cerebral oxygen saturation results in recognition of selective cerebral perfusion cannula malposition during aortic arch surgery

Paarmann et al 2010

Rapid Diagnosis of Cannula Migration by Cerebral Oximetry in Neonatal Arch Repair

Scholl et al 2006

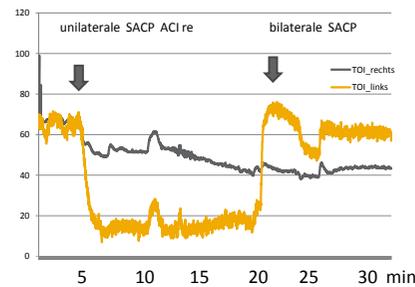
Fig 1. Graph demonstrates changes in cerebral oxygen saturation during the course of the operative procedure with letters indicating various highlights. (A = cardiopulmonary bypass initiation; B = application of the cross clamp; C = period of low-flow perfusion and deep hypothermia; D = cross clamp removed and rewarmed initiated; E = indication of malpositioned arterial cannula; F = cardiopulmonary bypass termination.)

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie | anaesthesie-bad-neustadt.de | 52

NIRS: Selektive Hirnperfusion



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



unilaterale SACP ACI re bilaterale SACP

— TOI_rechts
— TOI_links

5 10 15 20 25 30 min

33H.H, 71 J, weibl,
gedeckt rupturierte
Dissektion Aortenbogen

Initial SACP re, nach 5 min
SCAP li zusätzlich

Postop neurologische o.B

- Erkennung Kanülenfehlage, notwendige bilaterale SACP
- Steuerung Flußrate SACP

aber normale rSO₂ schließt Ischämie nicht aus

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
53

HCH: Transkranielle Oximetrie



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

Preoperative Cerebral Oxygen Saturation and Clinical Outcomes in Cardiac Surgery

1178 Pat vor Herzop mit HLM, minimale rSO₂ unter O₂-Gabe

Überlebende

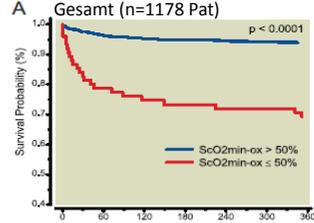
rSO₂ 64% (95%CI 64-65%)

Verstorbene (30Tage)

58,0% (95%CI 50-62%)

p<0,0001

A Gesamt (n=1178 Pat)



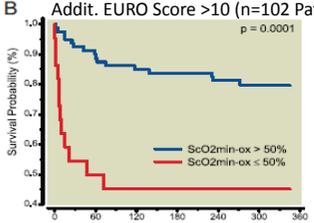
Survival Probability (%)

Time

— ScO₂min-ox > 50%
— ScO₂min-ox < 50%

p < 0.0001

B Addit. EURO Score >10 (n=102 Pat)



Survival Probability (%)

Time

— ScO₂min-ox > 50%
— ScO₂min-ox < 50%

p = 0.0001

- rSO₂ als Indikator der kardiopulmonalen Dysfunktion und Gefährdung, **Bedeutung zur Risikostratifizierung unklar**

Heringlake et al 2011

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
54

Kardiochirurgie: Empfehlung



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



DGA Info

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
Kardioanästhesie und Neuroanästhesie

Neuromonitoring in der Kardioanästhesie

Eine gemeinsame Stellungnahme der:

- Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
- Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group (CTA) der Schweizerischen Gesellschaft für Anästhesiologie und Reanimation (SGAR)
- Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

© Anästh Intensivmed 2014;55:2-19

Gesellschaften sprechen sich für den Einsatz von **NIRS** zur Erkennung einer fehlerhaften Kanülenlage bei der Korrektur angeborener Herzfehler im Kindesalter, sowie bei Operationen am Aortenbogen bei Kindern und Erwachsenen aus. Im Sinne einer Expertenmeinung wird die Anwendung von NIRS empfohlen bei Patienten mit stattgehabtem Apoplex, schwerer arterieller Hypertonie, hochgradigen Carotisstenosen, sowie bei Herz- oder Lungentransplantationen.

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
55

Gefäßchirurgie: Ziele



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

Vermeidung kardialer und neurologischer Komplikationen



SEITE 18
»ICH WARTETE NUR NOCH AUF DEN TOD«
Selt einer Operation an der Halschlagader ist Johann Wilfers rechte Körperseite gelähmt, weil der Arzt nicht für eine ausreichende Durchblutung des Gehirns sorgte. Für den Kunstfehler bekam Wilfer bisher keinen Pfennig

Karotischirurgie

1,9 - 6,6% Apoplex

Kombinierte Komplikationsrate

sympt. Patienten < 6%

asympt. Patienten < 3%

Aortenchirurgie

0,2 - 38% Querschnittslähmung

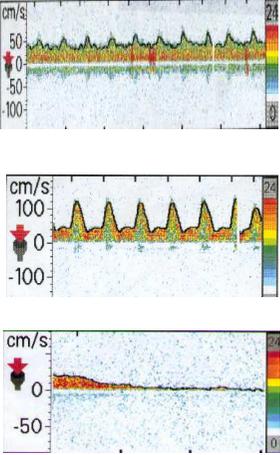
ECST, Crawford 1986 Jordening 1991

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesia-bad-neustadt.de
56

Karotischirurgie: Apoplexursachen

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

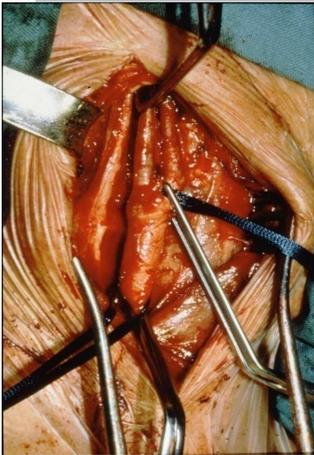
- **Embolie** (17, 29%, 3% Klinik)
 - No touch der A. carotis
 - (Cave: Lagerung, Shunt, RA)
 - Sorgfältige Desobliteration
- **Hyperperfusion**
 - Normotonie nach Declamping
- **Abklemmschämie**
 - Shuntanlage**



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de

Karotischirurgie: Shuntanlage

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



Shunt
wirksamste Maßnahme zur Aufrechterhaltung der Hirndurchblutung während Abklemmphase

aber

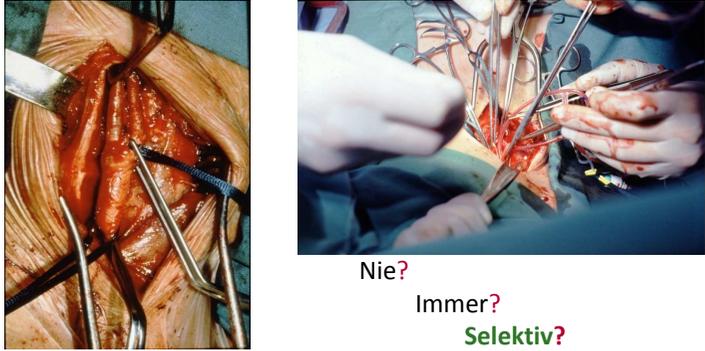
- Embolierisiko ↑
- Ungenügende Shuntfunktion
- Behinderung der Operation
- Intimaläsion (Gefahr Rezidivstenose)

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de

Gefäßchirurgie: Gretchenfrage

RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

Shuntanlage



Nie?
Immer?
Selektiv?

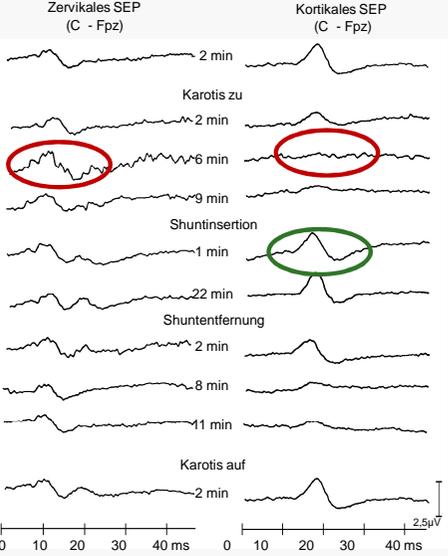
Identifikation einer Penumbra durch Neuromonitoring

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de

SEP: Fallbeispiel

Abklemmbedingte Ischämie (SEP-Verlust)

Ausreichender Shuntblutfluß (SEP Erholung)



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

Karotischirurgie: Ergebnisse



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

n=1944 SEP nicht möglich n=32 (1,6%)

SEP-Befund	Shuntanlage	Neurostatus postoperativ unauffällig TIA Apoplex		
SEP auslösbar n = 1753 (91,7%)	ohne Shunt (n=1753)	n = 1745	n = 3	n = 5
SEP-Verlust n = 159 (8,3%)	ohne Shunt (n = 26)	n = 14	n = 8	n = 4
	mit Shunt (n = 133)	n = 108	n = 22	n = 3

Dinkel et al 2004

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthetie-bad-neustadt.de
61

Neuromonitoring: Bewertung



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

Anforderung	SSEP	EEG	CSP	TCD	SjO ₂	rSO ₂
Unkomplizierte Anwendung	+	0	+	-	0	+
Geringe Störanfälligkeit	0	-	+	-	+	+
Kontinuierliche Überwachung	+	+	-	+	-	+
Einfache Interpretation	+	-	+	+	+	+
Ungestörter OP-Ablauf	+	0	0	-	0	+
Keine Risiken	+	+	+	+	+	+
Vertretbare Kosten	+	+	+	+	+	0
Hohe Sensitivität	+	0	+	+	0	0
Hohe Spezifität	+	0	-	+	-	-

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthetie-bad-neustadt.de
62

Neuromonitoring: EEG vs. SEP



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

EEG-Befund	SEP-Verlust (n=20)	SEP unauffällig (n=127)
BIS-ipsilateral Veränderung >10	1,9 (-12 bis 41) n = 3	2,6 (-24 bis 34) n.s. n = 36
BIS-Seitendifferenz Veränderung >10	1,2 (-6 bis 18) n = 4	3,8 (-16 bis 38) n.s. n = 30
Asymmetrieindex ≥ 20/40% (nach XC)	n = 11/3	n = 31/12 n.s.
≥ 20/40% (vor XC)	n = 6/1	n = 30/ 5

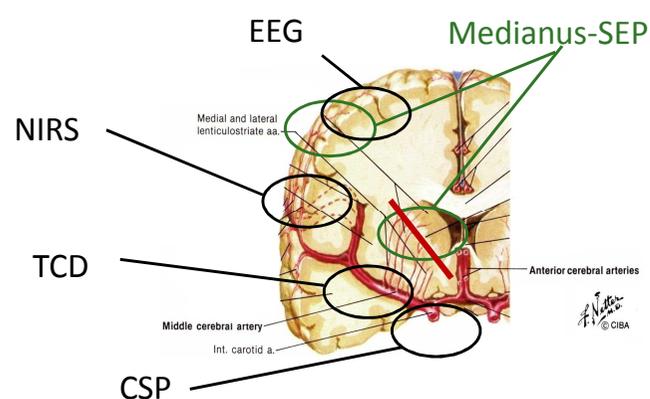
Permann R., Bauernschmitt K., Dinkel M. DAC 2011

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthetie-bad-neustadt.de
61

Karotischirurgie: Monitoring



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



The diagram illustrates the anatomical locations for various monitoring techniques during carotid surgery. EEG electrodes are placed on the cortical surface. Medianus-SEP (Median Nerve Somatosensory Evoked Potential) is shown with a red arrow pointing to the median nerve. NIRS (Near-Infrared Spectroscopy) is indicated in the brain tissue. TCD (Transcranial Doppler) is shown at the carotid artery level. CSP (Cerebral Spectroscopy) is also indicated at the carotid level. Other labeled structures include the medial and lateral lenticulostriate arteries and the anterior cerebral arteries.

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthetie-bad-neustadt.de
62

Neuromonitoring: SEP + MEP?



- Hohe Erfolgsrate bei mSEP und MEP Anwendung (tSEP >8% Versagerrate)
- Erhöhte Ischämie-Sensitivität bei kombiniertem Monitoring (Ischämiedetektion in unterschiedlichen Gefäßarealen)
- Auch bei multimodalem EP-Monitoring keine 100% Treffsicherheit
- Bessere Vermeidung **abklemmbedingter** Defizite durch mEP- Monitoring nicht belegt

Individuelle institutionelle Aufwand - Nutzen Abwägung
(mSEP obligat, MEP sinnvoll, tSEP entbehrlich)

Malcharek M. et al. Anesth Analg 2014

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
65

Karotischirurgie: GALA Trial





General anaesthesia versus local anaesthesia for carotid surgery (GALA): a multicentre, randomised controlled trial

*GALA Trial Collaborative Group**

Methods We undertook a parallel group, multicentre, randomised controlled trial of 3526 patients with symptomatic or asymptomatic carotid stenosis from 95 centres in 24 countries. Participants were randomly assigned to surgery under general (n=1753) or local (n=1773) anaesthesia between June, 1999 and October, 2007. The primary outcome was the proportion of patients with stroke (including retinal infarction), myocardial infarction, or death between randomisation and 30 days after surgery. Analysis was by intention to treat. The trial is registered with Current Control Trials number ISRCTN00525237.

	General anaesthesia	Local anaesthesia
Post-surgery or physician follow-up complete	1752	1771
Stroke*	70 (4.0%)	66 (3.7%)
Myocardial infarction	4 (0.2%)	9 (0.5%)
Fatal	1	3
Non-fatal	3	6
Death (any cause)	26 (1.5%)	19 (1.1%)
Stroke (including retinal infarction), myocardial infarction, or death	84 (4.8%)	80 (4.5%)

Lancet 2008; 372: 2132-42

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
66

Karotischirurgie: ITN vs. Regionale



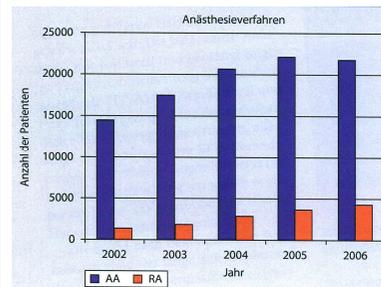
	Allgemein-anästhesie	Regional-anästhesie
Primäres Outcome		
Letalität, Apoplex, Herzinfarkt	n.s.	n.s.
Sekundäres Outcome		
Infektionen, Hämatome, Nervenläsion, Kh-dauer...	n.s.	n.s.
Patientenkomfort	++	-
Op-Bedingungen	++	-

ITN hohe Akzeptanz bei Patienten und Operateuren

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
67

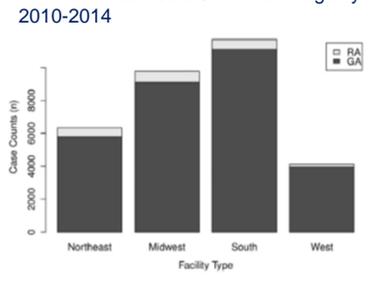
Karotischirurgie: Anästhesiepraxis





BQS 2007

National Anesthesia Outcomes Registry 2010-2014



■ RA n= 1968 (5,9%)
■ GA n= 31003

Gabriel RA et al. JCTVA 30(2016)23

M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
68

Allgemeinanästhesie: Vorteile

- immer durchführbar
kein Ausschluß, keine Versager
- optimale Operationsbedingungen
optimale Lagerung, kein Zeitdruck,
techn. Qualität, T-erweiterung, Ausbildung,...
- hoher Patientensicherheit
sichere Atemwege, Zerebroprotektion ↑
- hoher Patientenkomfort
Streßreduktion, geringere Myokardinfarktrate



gleiches primäres Outcome wie Regionalanästhesie



SEP-Monitoring: Vorteile

- abklemmbedingte Minderperfusion sicher erfasst
- unmittelbare Kontrolle einer ausreichenden Shuntfunktion
- Vermeidung des Embolierisikos einer generellen Shuntanlage
- „Protection of Brain and Heart“
- Operation ohne Zeitdruck
- klare Indikation zur operativen Revision



Karotischirurgie: Outcome

Neurologisches Defizit

Ohne Neuromonitoring

n= 2068

n=56

2,7%

EEG/SSEP Monitoring

n=1585

n=22

1,4%

Kommission Qualitätssicherung der DGG 2001



Karotis-/Aorten Chirurgie: Empfehlung

DGAInfo

Aus den Wiss. Arbeitskreisen
Kardioanästhesie und Neuroanästhesie

Neuromonitoring in der Kardioanästhesie

Eine gemeinsame Stellungnahme der:

Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group (CTA) der Schweizerischen Gesellschaft
für Anästhesiologie und Reanimation (SGAR)
Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG)

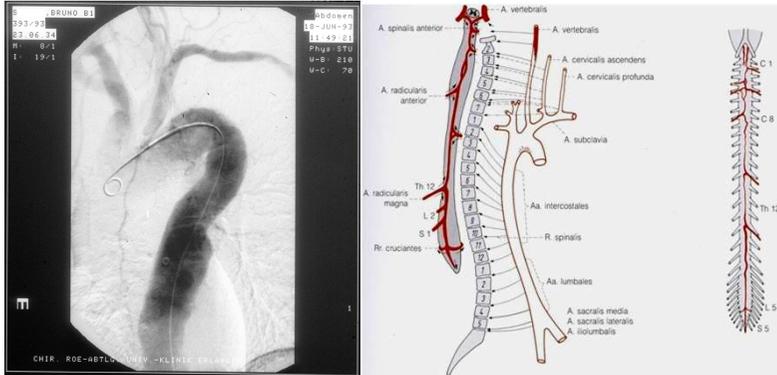
© Anästh Intensivmed 2014;55:2-19

Die Wissenschaftlichen Arbeitskreise Kardioanästhesie und Neuroanästhesie der DGAI, die Cardiovascular and Thoracic Anaesthesia Group der SGAR, sowie die DGTHG empfehlen **somatosensibel evozierte Potentiale (SSEPs)** bei Carotis-Endarterektomien in Vollnarkose als Verfahren der ersten Wahl zur Detektion zerebraler Ischämie einzusetzen (siehe **Tabellen 5 und 7**). Weiterhin wird empfohlen, **motorisch evozierte Potentiale (MEPs)** bei Operationen der thorakalen Aorta descendens zur Detektion spinaler Ischämien abzuleiten.



Aortenchirurgie: Neurologische Ausfälle

▪ Spinale Minderperfusion



Aortenchirurgie: Neurologische Ausfälle

- Spinale Minderperfusion
 - XC-Distale Aortenperfusion ↓
 - Fehlende Segmentarterien
 - Syst Blutdruck ↓
- Imbalance O₂-Angebot/Verbrauch
- Reperfusionstörung
 - SIRS
 - spinale Druckerhöhung >12mmHg

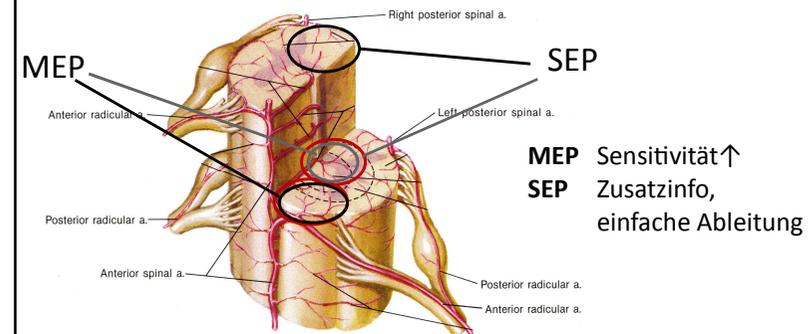
Immediate Neurologic Deficit vs. Delayed Neurologic Deficit

Aortenchirurgie: Protektive Maßnahmen

- Perfusionssteigerung **Proaktiv statt reaktiv**
 - HLM Anlage, (LA- A.desc. Shunt)
 - Segmentarterien reimplantieren
 - adäquater Blutdruck (MAP 90 mmHg)
 - Liquordrainage (ISP<10 mmHg)
- Vermeiden zytotoxischer Effekte
 - Syst./ lokale Hypothermie
 - Medikamentöse Protektion
(Methylprednisolon, Barbiturat, Naloxon, Papaverin..)

Aber: Effekt von Einzelmaßnahmen unklar, z.T erhebliche Risiken

Aortenchirurgie: MEP vs. SEP



MEP Sensitivität ↑
SEP Zusatzinfo,
einfache Ableitung

Ventrale Perfusion: unpaare A. spin. ant.; 6-8 interkostale Gefäße

Dorsale Perfusion: paarige Aa. spin. post.; 10-23 interkostale Gefäße

Aorten Chirurgie: Ergebnisse



n=210 thorakoabdominelle Aortenaneurysmen

MEP - Monitoring	n=210 (100%)
XC- Ischämie	n=72 (34%)
Reanastomosierung	n=50 (24%)
Paraplegie	n=5 (2,4%) (permanent n=3,passager n=2)

Jacobs et al. 2002



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

77

Aorten Chirurgie: Fazit



- Multifaktorielle neurolog. Defizite
- SEP alleine unzureichend
- MEP-Ableitung schwierig aber zuverlässig
- ggf postoperatives Monitoring
- Gezielte Interventionen
- Abstimmung mit Operateur

Effektive Verhinderung von Paraplegien



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

78

Methodik: Essentials



- Indikationsgerechte Modalität
Medianus-SEP Karotischirurgie
MEP (Tibialis-SEP) Aorten Chirurgie
- Multilevel-Monitoring
Kontrollpotentiale (Erkennung Artefakt ,techn. Fehler)
Aorten Chirurgie beidseitige Stimulation/Ableitung
- Kontrolle der Rahmenbedingungen
Narkose Steady State in krit. Phasen
Optimierung Ableitung (Relaxans?)
- Ggf postop. Monitoring (Aorten Chirurgie)
Tibialis SEP (fehlende Segmentarterien,
keine intraoperative Protektion)



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthesie-bad-neustadt.de

79

Orthopädie: Spinales Monitoring



SSEP-Befund n = 51 263

Falsch positiv 1,5 %

Falsch negativ 0,1 %

% Neurologisches Defizit

< 100 SEP 1,04 %

> 300 SEP **0,46 %**

Nuwer 1996



M.Dinkel, Neuromonitoring in Anästhesie und Intensivmedizin

anaesthesie-bad-neustadt.de

Orthopädie: Spinales Monitoring



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition



Scoliosis Research Society (SRS)
An International Organization Dedicated to the Education, Research and Treatment of Spinal Deformity

Patient & Family Professionals Meetings Research Supp

HOME > Professionals > Advocacy & Public Policy > Position Statements

SRS Position Statement
Position Statement on Somatosensory Evoked Potential Monitoring of Neurological Spinal Cord Function
September 1992

reports have been reported in which postoperative paraplegia occurred despite preserved intraoperative sensory evoked potentials (Ginsburg et al., 1985; Ben-David et al., 1986). The combined monitoring of sensory evoked potentials and neurogenic motor evoked potentials during spine surgery will decrease the false-negative rates of reporting.

In conclusion, a substantial body of research has demonstrated that neurophysiologic monitoring can assist in the early detection of complications and possibly prevent post-operative morbidity in patients undergoing operations on the spine. In view of the accumulated research and clinical experience demonstrating the effectiveness of neurophysiologic monitoring, the Scoliosis Research Society concludes that the use of intraoperative spinal cord neurophysiological monitoring during operative procedures including instrumentation is not investigational. The Scoliosis Research Society considers neurophysiological monitoring a viable alternative as well as an adjunct to the use of the wake-up test during spinal surgery.

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de

Komaprognose



RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

Medizin

IM VORZIMMER DES TODES

Organtransplantate in Not: Die Zahl der verfügbaren Organe sinkt, das Vertrauen der Bevölkerung schwindet. Jetzt wird auch noch die Grundlage ihres ganzen Metiers angezweifelt. Theologen, Hirnforscher und Intensivmediziner fragen: Sind Organspender mit totem Hirn und schlagendem Herzen wirklich tot?

DER SPIEGEL 24/1994

 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
82

Komaprognose: Fallbeispiel

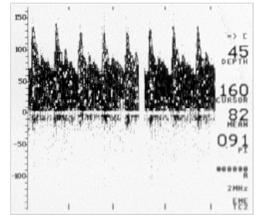
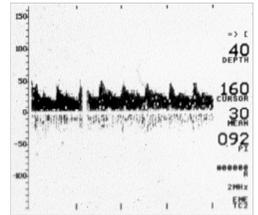


RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

F.S. 6 Jahre Weiteres Procedere?
Prot. Reanimation Zerebrale Prognose?

Klinik: Multiorganversagen
keine zerebrale Prognosebeurteilung
(Katecholamine, Analgosedierung)

TCD: MCA rechts MCA links

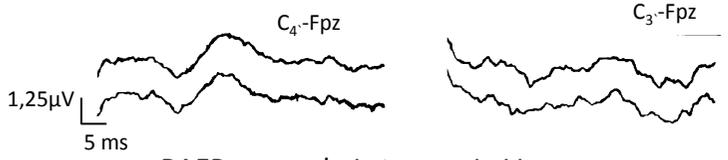
 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
83

Komaprognose: Fallbeispiel



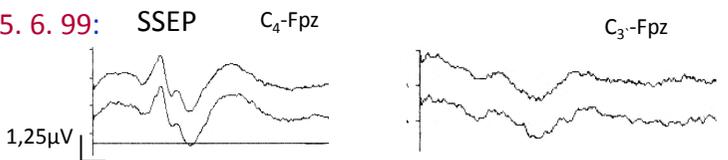
RHÖN-KLINIKUM
Campus Bad Neustadt
Medizinische Exzellenz aus Tradition

08. 6. 99: SSEP C₄-Fpz C₃-Fpz



BAEP normale Latenzen I - V

15. 6. 99: SSEP C₄-Fpz C₃-Fpz



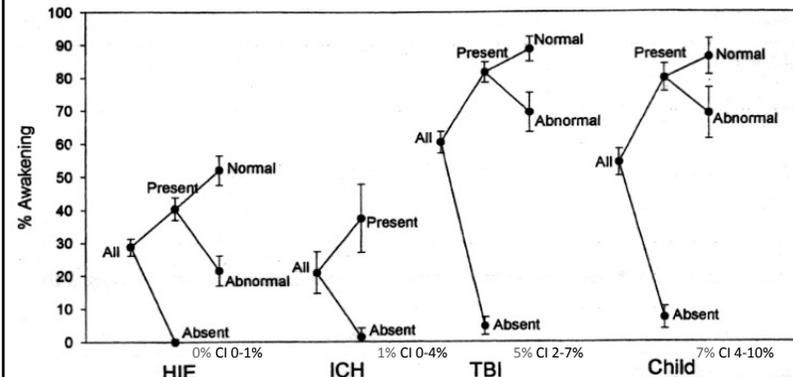
 M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie
anaesthesie-bad-neustadt.de
84

Komprognose: Fallbeispiel



- 18. 8. 99 Entlassung nach Hause
- 24. 9. 99 Rehaklinik Tannheim
- Neurologische Residuen: Spitzfuß
- 6. 12. 00 Besuch der Volksschule

Komprognose: SEP



Robinson 2003

Komprognose: SEP

441 komatöse Patienten

86 (20 %) beidseitiger kortikaler SSEP-Verlust

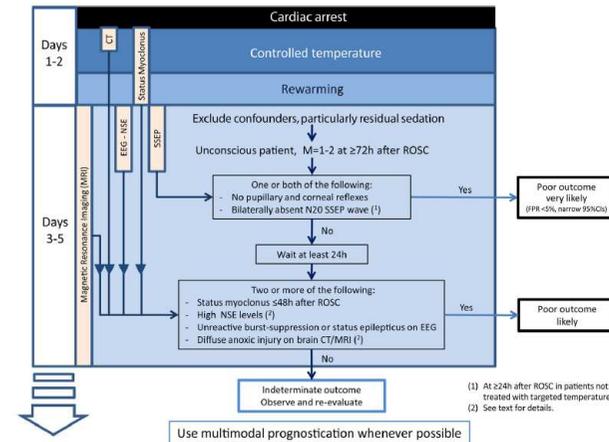
697 Pflgetage (x = 8,1 Tage)

1 324 300 \$ Kosten

100 % Mortalität

Madl 1996

Komprognose: Methoden



(1) At ≥24h after ROSC in patients not treated with targeted temperature
(2) See text for details.

Sandroni C. et al. Resuscitation 85(2014)1779

Komprognose: Konsequenzen

Hohe prognostische Sicherheit

- multimodales Monitoring
- Verlaufsdokumentation(24h)
- Erwachsene
- primär supratentorielle Läsion

Entscheidung über therapeutische Konsequenzen im Einzelfall unter Berücksichtigung der Gesamtsituation



Neuromonitoring: Kontroverse



Mangelnde Verbreitung trotz Outcomeverbesserung



Neuromonitoring: Kontroverse



- Fehlende PRCT
- Fehlende Investitionsmittel
- Fehlende Grundlagen (Kenntnisse)

Anatomie/Pathophysiologie Störung
Methodik (Möglichkeiten/ Grenzen/Fehler)
Einflußfaktoren/Rahmenbedingungen
Dokumentation/Meßprotokoll
Zielsetzung/therapeut.Konsequenzen

→ **ausreichende Qualifikation**

wertvolle Hinweise auf den Zustand und die Funktion des Gehirns. **Insgesamt kann ein apparatives Neuromonitoring nur so gut sein wie sein Anwender, da eine sinnvolle Interpretation der Neuromonitoring-Ergebnisse grundlegende Kenntnisse über das Meßverfahren und seine Limitationen erfordert**



Curriculum: Neuromonitoring



- **Ärzte(Zertifizierung)**
Dipl. Pflegekräfte, Med.Assistenten
- **6 Module Theorie (je 4 UE)** Anatomie, Klin.Untersuchung, EEG/EP Grundlagen, Ableitung, Signalinterpretation, Artefakte intraoperatives Monitoring
Monitoring auf der Intensivstation
Praxisvorbereitung, 15 Fallbeispiele
- **Prakt. Nachweise (dokument.)**
20 comp.EEG-Ableitungen
5 12-Kanal EEG (Mitwirkung)
20 EP-Ableitungen
- **Zertifizierung mündl. Prüfung** (kollegialerDialog), kostenlos, DAC, WAKNA Herbsttagung, je 5 EP und EEG Fälle des Kandidaten

© Anästh Intensivmed 2007;48:48-54



Curriculum: Organisatorisches



- Antrag auf persönliche Zertifizierung
- Anerkennung als Supervisor/ Ausbildungsstätte
- Curriculumkonforme Kursbescheinigung

Alle organisatorischen Anfragen:

Geschäftsführer
Dipl.-Sozw. Holger Sorgatz
Roritzerstraße 27
90419 Nürnberg
0911 - 93 37 80
dgai@dgai-ev.de



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthetie-bad-neustadt.de

93

HGK Bad Neustadt: Qualifikationen



- Hospitation Neuromonitoring
Praktische Nachweise für DGAI-Zertifikat
 - AFS Kurs 1-3, erweitertes Konzept nach DGAI und DEGUM
Hospitationen/Fellowship zur praktischen Vertiefung
 - TEE Grund- und Aufbaukurs incl AFS Kurs 4
Hospitationen/Fellowship zur praktischen Vertiefung
- Qualifikation Kardioanästhesie**



Weitere Informationen:

Michael Dinkel
Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin
Salzburger Leite 1
97616 Bad Neustadt/Saale
09771 662402
caan@herzchirurgie.de



M.Dinkel, Spezielles NM Anästhesie

anaesthetie-bad-neustadt.de

94

Neuromonitoring: Anästhesie/Intensivmedizin



Herzlich willkommen!



Herz- und Gefäß Klinik
Bad Neustadt/Saale

www.anaesthetie-bad-neustadt.de