

Manfred Stöhr

Johannes Dichgans

Ulrich W. Buettner

Christian W. Hess

Evozierte Potenziale

SEP – VEP – AEP – EKP – MEP

4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

Manfred Stöhr
Johannes Dichgans
Ulrich W. Buettner
Christian W. Hess

Evozierte Potenziale

SEP – VEP – AEP – EKP – MEP

Mit Beiträgen von
Michael Bach, Christian Gerloff, Thomas Haarmeier,
Hildegard Kroiß, Konrad Scheglmann, Rolf-Detlef Treede

4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 350 Abbildungen und 50 Tabellen

Prof. Dr. Manfred Stöhr

Fritz-Strassmann-Str. 35, 86156 Augsburg

Prof. Dr. Johannes Dichgans

Neurologische Universitätsklinik, Hoppe-Seyler-Str. 3, 72076 Tübingen

Prof. Dr. Ulrich W. Buettner

Neurologische Klinik, Kantonsspital Aarau, 5001 Aarau, Schweiz

Prof. Dr. Christian W. Hess

Neurologische Universitätsklinik, Inselspital, 3010 Bern, Schweiz

ISBN 3-540-01773-9

Springer Medizin Verlag Heidelberg

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin Verlag.

Ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005

Printed in The Netherlands

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Planung: Renate Scheddin

Projektmanagement: Meike Seeker; Gisela Zech-Willenbacher

Lektorat: Christine Bier, Nußloch

Design: deblik Berlin

SPIN 10880591

Satz: Fotosatz-Service Köhler GmbH, Würzburg

Druck: Krips BV, Meppel, Niederlande

Gedruckt auf säurefreiem Papier

2126 – 5 4 3 2 1 0

Vorwort zur 4. Auflage

Die klinische Neurophysiologie hat in den letzten Jahrzehnten eine faszinierende Ausweitung und Differenzierung ihres Methodenspektrums erfahren, wobei der Teilbereich der multimodal evozierten Potenziale eine besonders große Bedeutung gewonnen hat. In jüngster Zeit hat dieser zuweilen stürmische Entwicklungsprozess eine gewisse Verlangsamung erfahren, die zwei Gründe haben dürfte:

1. Eine ganze Reihe von neurophysiologischen Verfahren hat zwischenzeitlich eine Perfektionierung durchlaufen, die für Weiterentwicklungen nur noch wenig Platz lässt, so dass sich viele wissenschaftlich interessierte Neurowissenschaftler anderen Gebieten zuwenden, die ein größeres Entwicklungspotenzial versprechen. So verständlich diese Tendenz ist, darf sie doch nicht dazu führen, dass das zwischenzeitlich erreichte hohe Niveau der neurophysiologischen Diagnostik durch Vernachlässigung gefährdet wird, wie sich dies bereits in einigen Kliniken abzeichnet, in denen kein Mitarbeiter mehr über profunde Kenntnisse auf diesem Gebiet verfügt und niemand mehr in der Lage ist, eine hochqualifizierte Abklärung einer Epilepsie oder eines Guillain-Barré-Syndroms oder eine exakte Topodiagnostik von Hirnstammläsionen mittels neurophysiologischer Verfahren durchzuführen.
2. Die großartige Entwicklung der bildgebenden Diagnostik führt in Kombination mit der Bildgläubigkeit vieler Neurowissenschaftler zu einer sachlich unangemessenen Bevorzugung von CT-, MRT-, SPECT- und PET-Untersuchungen ohne zu bedenken, dass Krankheiten des Nervensystems zu strukturellen und funktionellen Änderungen führen und demgemäß einer komplementären Diagnostik bedürfen. Darüber hinaus lässt uns die bildgebende Diagnostik bei einer Vielzahl von Krankheiten im Stich, bei denen die Neurophysiologie eindrucksvolle Krankheitsmanifestationen aufzeigt – vom nonkonvulsiven Status epilepticus, über die Prognostik komatöser Zustände, bis hin zu Entmarkungen von Rückenmarksbahnen und Immunneuropathien.

Während die visuell- und die akustisch evozierten Reizantworten sowie die ereigniskorrelierten Potenziale in der Diagnostik diverser Hirnerkrankungen unverzichtbar sind, ermöglichen die somatosensibel-, motorisch- bzw. durch Schmerzreize evozierten Potenziale zusätzliche Funktionsprüfungen von spinalen Bahnen sowie von Anteilen des peripheren Nervensystems. Dies trifft z. B. bei spinalen Verlaufsformen von multipler Sklerose oder in der Frühdiagnose des Guillain-Barré-Syndroms zu.

Das nunmehr in der 4. Auflage erscheinende Standardwerk der evozierten Potenziale wurde in allen Abschnitten, unter Einbeziehung der neuesten Literatur, vollständig überarbeitet und durch verbessertes Bildmaterial noch anschaulicher gestaltet, wofür allen Mitarbeitern herzlich gedankt wird. Dank sei auch den neurophysiologischen Assistentinnen und den Sekretärinnen der beteiligten Kliniken sowie dem Springer Medizin Verlag (insbesondere Frau Bier, Frau Scheddin, Frau Seeker und Frau Zech-Willenbacher) für die gute Kooperation und die vorzügliche Ausstattung des vorliegenden Werkes.

Inhaltsverzeichnis

1	Physiologie und Pathophysiologie der Impulsleitung	1
	<i>M. Stöhr</i>	
2	Somatosensible Reizantworten von Nerven, Rückenmark und Gehirn (SEP)	21
	<i>M. Stöhr</i>	
3	Visuell evozierte Potenziale und Elektroretinogramm	253
	<i>M. Bach, T. Haarmeier, J. Dichgans</i>	
4	Akustisch evozierte Potenziale (AEP)	369
	<i>U. W. Buettner</i>	
5	Die Wertigkeit der evozierten Potenziale in der Diagnostik der multiplen Sklerose	433
	<i>T. Haarmeier, J. Dichgans</i>	
6	Evozierte Potenziale in der Intensivmedizin	447
	<i>H. Kroiß, K. Scheglmann, M. Stöhr</i>	
7	Ereignis-korrelierte Potenziale (EKP)	499
	<i>C. Gerloff</i>	
8	Motorisch evozierte Potenziale	539
	<i>C. W. Hess</i>	
9	Funktionsprüfung der nozizeptiven Bahnen durch SEP nach schmerzhaften Laser-Hitzereizen	599
	<i>R.-D. Treede</i>	
	Sachverzeichnis	623

Mitarbeiterverzeichnis

Bach, Michael, Prof. Dr.

Universitäts-Augenklinik, Killianstr. 5, 79106 Freiburg

Buettner, Ulrich W., Prof. Dr.

Neurologische Klinik, Kantonsspital Aarau, 5001 Aarau, Schweiz

Dichgans, Johannes, Prof. Dr.

Neurologische Universitätsklinik, Hoppe-Seyler-Str. 3, 72076 Tübingen

Hess, Christian W., Prof. Dr.

Neurologische Universitätsklinik, Inselspital, 3010 Bern, Schweiz

Gerloff, Christian, Priv.-Doz. Dr.

Neurologische Universitätsklinik, Hoppe-Seyler-Str. 3, 72076 Tübingen

Haarmeier, Thomas, Priv.-Doz. Dr.

Neurologische Universitäts-Klinik, Universität Tübingen, Hoppe-Seyler-Str. 3, 72076 Tübingen

Kroiß, Hildegard, Dr.

Neurologische Klinik und Klinische Neurophysiologie, Zentralklinikum Augsburg, Stenglinstr. 2, 86156 Augsburg

Scheglmann, Konrad, Dr.

Neurologische Klinik und Klinische Neurophysiologie, Zentralklinikum Augsburg, Stenglinstr. 2, 86156 Augsburg

Stöhr, Manfred, Prof. Dr.

Fritz-Strassmann-Str. 35, 86156 Augsburg

Treede, Rolf-Detlef, Prof. Dr.

Institut für Physiologie und Pathophysiologie, Fachbereich Medizin, Johannes Gutenberg Universität, Saarstr. 21, 55099 Mainz

Abkürzungsverzeichnis

Kapitel 1 und 2

ALS	Amytrophische Lateralsklerose
C ₂	Dornfortsatz des 2. Halswirbelkörpers
C ₃	Ableitpunkt von der Kopfhaut (► s. 10- bis 20-System)
EMAP	Evoziertes Muskelaktionspotenzial
EMG	Elektromyogramm
EP	1. Evoziertes Potenzial 2. Erb-Punkt
Fz	Ableitpunkt von der Kopfhaut (► s. 10- bis 20-System)
HWK	Halswirbelkörper
L ₁	Dornfortsatz des 1. LWK
LSEP	Lumbale somatosensible evozierte Potenziale
Med-SEP	Reizantwort nach Stimulation des N. medianus
MEP	Motorisch evozierte Potenziale
MNAP	Nervenaktionspotenzial nach Stimulation eines gemischten Nerven (»mixed nerve action potential«)
MRT	Magnetresonanztomographie
MS	Multiple Sklerose
MTA-F	Medizinisch-technischer Assistent für Funktionsdiagnostik
N ₂₀	International gebräuchliche Nomenklatur zur Kennzeichnung eines Potenzials aufgrund von mittlerer Latenz und Polarität
N ₂₀	Kennzeichnung eines Potenzials aufgrund von aktueller Latenz und Polarität (bei einer Einzelmessung)
NAP	Nervenaktionspotenzial
NLG	Nervenleitgeschwindigkeit
NSEP	Somatosensible Reizantworten vom Nacken (= zervikales SEP, neck-SEP)
P ₄₀	(► s. N ₂₀)
PNS	Peripheres Nervensystem
SEP	Überbegriff für alle spinalen, subkortikalen und kortikalen somatosensiblen Reizantworten
SNAP	Sensibles Nervenaktionspotenzial
SSEP	Somatosensible Reizantworten bei Ableitung von der Kopfhaut (Skalp-SEP)
Tib-SEP	Reizantworten nach Stimulation des N. tibialis
TOS	Thoracic-outlet-Syndrom
ZNS	Zentrales Nervensystem

Kapitel 3

CAR	»Cancer-associated-retinopathy«
CSNB	Kongenitale stationäre Nachtblindheit

DTL-Elektrode	Dawson-Trick-Litzkow-Fadenelektrode
EOG	Elektrookulogramm
ERG	Elektroretinogramm
Fpz	Frontopolar platzierte Elektrode
FRP	Frühe Rezeptorpotenziale
GABA	Gammaaminobuttersäure
IFCN	International Federation of Clinical Neurophysiology
LED	»Light-emitting diodes«
MERG	Musterelektroretinogramm
MRI	»Magnetic resonance imaging«
NNO	Neuritis Nervi optici
OHT	Okuläre Hypertension
OP	Oszillatorisches Potenzial
RBN	Retrobulbärneuritis
STR	»Scotopic threshold response«
VEP	Visuell evozierte Potenziale

Kapitel 4

AEHP	Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale
AEP	Akustisch evozierte Potenziale
BAEP	»Brain stem auditory evoked potentials«
BAER	»Brainstem auditory evoked response«
BER	»Brainstem evoked response«
BERA	»Brain stem electric response audiometry«
CAR	»Crossed acoustic response«
CERA	»Cortical electric response audiometry«
CGM	»Corpus geniculatum mediale«
CM	»Cochlear microphonics«
ECochG	Elektrocochleographie
FAEP	Frühe akustisch evozierte Potenziale
HMSN	Hereditäre motorisch-sensible Neuropathie
IC	Colliculus inferior
IPL	Interpeaklatenzen
LL	Lemniscus lateralis
MAEP	Akustisch evozierte Potenziale mittlerer Latenz
PAR	Postaurikularreflex
SAEP	Späte akustisch evozierte Potenziale
SEP	Sensible evozierte Potenziale
SOC	»Superior olivary complex«
SP	Summationspotenzial
VEP	Visuell evozierte Potenziale
VCN	Ventral cochlear nucleus

Kapitel 5

AEHP	Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale
CT	Computertomogramm
EP	Evozierte Potenziale
IgG	Immunglobulin-Index der Klasse G
MEP	Motorisch evozierte Potenziale
MRI	»Magnetic resonance imaging«
SEP	Sensible evozierte Potenziale
VEP	Visuell evozierte Potenziale

Kapitel 6

AEP	Akustisch evozierte Potenziale
CT	Computertomogramm
EEG	Elektroenzephalogramm
FAEP	Frühe akustisch evozierte Potenziale
KG	Körpergewicht
MAEP	Mittlere akustisch evozierte Potenziale
SEP	Somatosensorisch evozierte Potenziale
VEP	Visuell evozierte Potenziale

Kapitel 7

AEHP	Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale
BAEP	Brainstem acoustic evoked potentials
BP	Bereitschaftspotenzial
CNV	Kontingente negative Variation
Cz	Elektronenposition am Vertex
DC	»Direct current«
EEG	Elektroenzephalogramm
EP	Ereignis-korrelierte Potenziale
EOG	Elektrookulogramm
ERG	Elektroretinogramm
ERP	»Event-related potentials«
fMRT	funktionelle Kernspintomographie
LRP	»lateralized readless potential«
M ₁	primär motorischer Kortex
MAEP	Mittellatente akustisch evozierte Potenziale
MEG	Ganzkopf-Magnetenzephalographie
MMN	»Mismatch negativity«
MO	»Movement potential«
MP	»Motor potential«
Nd-Welle	»Negative difference-wave«
NS	»Negative slope«
PET	Positronen-Emissionstomographie

PMC	prämotorischer Kortex
ppMP	»parietal peak of MP«
S1	primär somatosensorischer Kortex
SEP	Somatosensibel evozierte Potenziale
SMA	supplementär-motorische Area
ssMRCP	»Steady-state Movement-Related Cortical Potentials«
VEP	Visuell evozierte Potenziale

Kapitel 8

ADCA	Autosomal-dominante zerebelläre Ataxien
ADM	Musculus abductor digiti minimi
AEHP	Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale
AL	Armlänge
ALS	Myatrophische Lateralsklerose
BB	Biceps brachii
CPEO	Chronische progressive externe Ophthalmoplegie
EMG	Elektromyogramm
EOCA	»Early onset cerebellar ataxy«
EPSP	Erregende postsynaptische Potenziale
HAM	HTLV-1-assoziierte Myelopathie
HTLV	Human T-lymphotropic virus
L	Kortiko-muskuläre Latenz
KG	Körpergewicht
MEP	Motorisch evozierte Potenziale
MS	Multiple Sklerose
OPCA	Olivopontozerebelläre Atrophie
PET	Positronen-Emissionstomographie
PLZ	Periphere Leitungszeit
SD	Standardabweichung
SEP	Sensible evozierte Potenziale
SPECT	»Single photon emission computer tomography«
Tibant, TA	Tibialis anterior
ZML	Zentrale motorische Leitungszeit

Kapitel 9

AEP	Akustisch evozierte Potenziale
CT	Computertomographie
EOG	Elektrookulogramm
LEP	Laser-evozierte Potenziale
MRT	Magnetresonanztomogramm
PNP	Polyneuropathie
SEP	Sensorisch evozierte Potenziale