
Evozierte Potentiale in Klinik und Praxis



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

J. Jörg · H. Hielscher (Hrsg.)

Evozierte Potentiale in Klinik und Praxis

**Eine Einführung in VEP, SEP, AEP, MEP,
P 300 und PAP**

Vierte, überarbeitete Auflage
mit 118 Abbildungen und 58 Tabellen



Springer

Prof. Dr. med. Johannes Jörg
Direktor der Neurologischen Klinik
der Universität Witten/Herdecke, Klinikum Wuppertal,
Heusnerstraße 40, 42283 Wuppertal

Prof. Dr. med. Horst Hielscher
Chefarzt der Neurologischen Klinik
des Evangelischen Krankenhauses Gelsenkirchen,
Munckelstraße 27, 45879 Gelsenkirchen

ISBN 978-3-540-61867-6

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Evozierte Potentiale in Klinik und Praxis : eine Einführung in VEP, SEP, AEP, MER, P300 und PAP ; mit 58 Tabellen / J. Jörg ; H. Hielscher (Hrsg.). – 4., überarb. Aufl. – Berlin ; Heidelberg ; New York ; Barcelona ; Budapest ; Hongkong ; London ; Mailand ; Paris ; Santa Clara ; Singapur ; Tokio : Springer, 1997

ISBN 978-3-540-61867-6 ISBN 978-3-642-59032-0 (cBook)

DOI 10.1007/978-3-642-59032-0

NE: Jörg, Johannes [Hrsg.]

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung des 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-Verlag Berlin Heidelberg 1989, 1993, 1997

Originally published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York in 1997

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1997

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung 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.

Vorwort zur 4. Auflage

In dieser neuen Auflage wurden alle Kapitel überarbeitet und – unter anderem durch Austausch von Abbildungen bzw. Tabellen – aktualisiert. Die kompetente Darstellung der Untersuchungsmethoden wird auch mittels zweier neu hinzugewonnener Autoren gewährleistet. Besonders berücksichtigt wurden der diagnostische und u. a. der prognostische Wert von evozierten Potentialen in der neurologischen Intensivmedizin. Die Wertigkeit und die Grenzen der ereigniskorrelierten (P 300), der peripher autonomen (PAP) wie der magnetisch evozierten Potentiale (MEP) konnten aufgrund neuerer Erfahrungen weiter präzisiert werden.

Wir sind überzeugt, daß alle Autoren dieser Neuauflage den aktuellen Wissensstand und die diagnostischen Einsatzbereiche anschaulich wiedergegeben haben. Bewußt haben wir den Umfang der Kapitel so begrenzt, daß der Leser weiterhin einen raschen Zugang findet zu den allgemeinen wie den speziellen Problemen des klinisch-neurophysiologischen Alltags. Nicht zuletzt wird mit der Aktualisierung dieses Taschenbuchs eine stetige Qualitätssicherung angestrebt.

Unser Dank gilt allen Autoren und ihren Mitarbeitern für ihr Engagement sowie Frau Adelheid Duhm und Frau Stephanie Benko vom Springer-Verlag für ihre unermüdliche Bereitschaft und Geduld bei der Produktionsvorbereitung.

Für kritische Anregungen unserer Leser sind wir immer dankbar.

Im Februar 1997

J. Jörg, Wuppertal
H. Hielscher, Gelsenkirchen

Vorwort zur 3. Auflage

In der vorliegenden 3. Auflage wurden alle bisherigen Kapitel aktualisiert und durch Austausch von Abbildungen oder Tabellen überarbeitet. Der diagnostische und besonders prognostische Wert bestimmter Modalitäten von evozierten Potentialen ist in der neurologischen Intensivmedizin in den letzten Jahren besonders deutlich geworden und wird in den entsprechenden Kapiteln ausreichend berücksichtigt. Neue Methoden, wie ereigniskorrelierte Potentiale (P 300) und die peripher autonomen Potentiale (PAP), wurden in besonderen Kapiteln aufgenommen, obgleich ihr Stellenwert im klinisch-neurophysiologischen Labor noch nicht klar umschrieben ist. Dazu werden sicher noch einige Jahre praktischer Erfahrung erforderlich sein.

Wir glauben, daß alle Autoren auch mit dieser Neuauflage den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand und die diagnostischen Einsatzbereiche anschaulich wiedergegeben haben. Trotz des größeren Umfangs ist mit der neuen Auflage ein handlicher Zugang zu allgemeinen und speziellen Problemen des klinisch-neurophysiologischen Alltags noch gewährleistet.

Wir danken allen Autoren und ihren Mitarbeitern für ihr Engagement sowie Herrn R.M.Kohl vom Springer-Verlag für seine unermüdliche Bereitschaft bei der zügigen Buchfertigstellung. Für kritische Anregungen unserer Leser sind wir immer dankbar.

Im Juli 1993

J. Jörg, Wuppertal
H. Hielscher, Gelsenkirchen

Inhaltsverzeichnis

1	Physiologische Grundlagen evozierter Potentiale	1
	(U. Eysel)	
1.1	Definition und Einleitung	1
1.2	Auslösung und Ableitung	1
1.2.1	Erregungsauslösung	1
1.2.2	Physikalische Grundlagen der Ableitung	4
1.3	Fortleitung der Erregung	4
1.4	Verschaltung und Verarbeitung	6
1.5	Grundlagen kortikaler Potentiale	9
1.6	Zusammenfassung	12
1.7	Literatur	13
2	Technische Voraussetzungen zur Ableitung evozierter Potentiale	15
	(K. Scholz und S. Schwalen)	
2.1	Einleitung	15
2.2	Aufbau des Meßplatzes	15
2.2.1	Ableitelektroden	15
2.2.2	Reizgeber	16
2.2.3	Verstärker und Filter	18
2.2.4	Digitaler Signalwandler	18
2.2.5	Speicher/Mittelwertbildner (Averager)	20
2.2.6	Ausgabereinheit	21
2.3	Plazierung der Elektroden	21
2.4	Applikation der Elektroden	22
2.4.1	Nadelelektroden	22
2.4.2	Oberflächenelektroden	23
2.5	Literatur	23

3	Visuell evozierte Potentiale (VEP) in der neurologischen Diagnostik	24
	(J. Jörg)	
3.1	Einleitung	24
3.2	Anatomische und physiologische Grundlagen	24
3.2.1	Anatomie	24
3.2.2	Physiologie und Pathophysiologie des optischen Systems	26
3.3	Methodik	28
3.3.1	Technische Voraussetzungen	28
3.3.2	Untersuchungsgang	29
3.3.3	Auswertung	34
3.4	Ergebnisse bei Normalpersonen	35
3.5	VEP-Ergebnisse in der neurologischen Diagnostik	41
3.5.1	VEP bei Retrobulbärneuritis und Entmarkungskrankheiten (MS)	41
3.5.2	VEP bei Augenerkrankungen und Intoxikation	49
3.5.3	VEP bei retrookulären Erkrankungen sowie im Bereich der Sehbahn und bei weiteren neurologischen Erkrankungen	51
3.5.4	Neuere Entwicklungen bei der VEP-Anwendung	57
3.6	Literatur	59
4	Visuell evozierte Potentiale in der ophthalmologischen Diagnostik	62
	(U. Kellner und M. H. Foerster)	
4.1	Einleitung	62
4.2	Anatomie und physiologische Grundlagen	62
4.3	Technische Voraussetzungen und praktische Untersuchung	64
4.3.1	EOG	64
4.3.2	ERG	65
4.3.3	VEP	67
4.4	Klinische Anwendung	70
4.5	Literatur	75

5	Akustisch evozierte Potentiale in der Diagnostik neurologischer Krankheitsbilder	76
	(H. Hielscher)	
5.1	Klassifikation akustisch evozierter Potentiale	76
5.2	Die frühen akustisch evozierten Potentiale (FAEP)	76
5.2.1	Anatomische Vorbemerkungen	77
5.2.2	Das Generatorenproblem	79
5.2.3	Untersuchungsmethodik	81
5.2.4	Klinische Anwendung der FAEP	95
5.3	Mittlere akustisch evozierte Potentiale (MAEP)	111
5.4	Literatur	114
6	AEP in der objektiven Audiometrie: Electric Response Audiometry	125
	(T. Lenarz)	
6.1	Einleitung	125
6.2	Allgemeine und spezifische Eigenschaften der AEP	127
6.3	Der akustische Reiz	134
6.4	Untersuchungsgang	136
6.5	Auswertung und Normwerte	136
6.6	Klinische Bedeutung der ERA	138
6.7	Literatur	143
7	SEP in der neurologischen Diagnostik und Therapie	145
	(J. Jörg)	
7.1	Einleitung	145
7.2	Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie	146
7.3	Methodik	152
7.3.1	Technische Voraussetzungen	152
7.3.2	Patientenvorbereitung	153
7.3.3	Reiztechnik	153
7.3.4	Ableitetechniken	159
7.3.5	Auswertung und Befundung	165
7.4	SEP-Normalbefunde	168
7.4.1	SEP nach Trigemiusstimulation	168
7.4.2	SEP nach Armnervenstimulation	168
7.4.3	SEP nach Beinnervenstimulation	176

7.4.4	Inter-peak-Latenzen und zentrale Leitungszeiten	181
7.4.5	Dermatom-SEP und N.-pudendus-SEP	181
7.4.6	Krankheitsunabhängige Beeinflussungen der SEP	183
7.5	SEP in der klinischen Anwendung	185
7.5.1	Erkrankungen des peripheren Nervensystems	186
7.5.2	SEP bei Encephalomyelitis disseminata	197
7.5.3	Erkrankungen des Rückenmarks	204
7.5.4	Zerebrale Erkrankungen	218
7.6	SEP im Verlauf von Therapiemaßnahmen	230
7.7	Literatur	234
8	Evozierte Potentiale in der intraoperativen	
	Überwachung	241
	(J. Schramm)	
8.1	Einleitung	241
8.2	Anatomische Vorbemerkungen	242
8.3	Apparative Ausstattung	243
8.4	Narkoseeinflüsse und Narkoseführung	243
8.4.1	Narkose für SEP- und Hirnstammonitoring	244
8.4.2	Narkose für MEP-Monitoring	246
8.5	Spontane intraoperative Potentialvariabilität	
	und Grenzen des Normalen	247
8.5.1	Bei spinalem Monitoring	247
8.5.2	Bei Aneurysmen- und Aorten Chirurgie	247
8.5.3	Bei Brückenwinkeloperationen	248
8.6	SEP-Monitoring	249
8.6.1	Rückenmarküberwachung	249
8.6.2	Interventionelle Neuroradiologie	253
8.6.3	Gefäßchirurgie	253
8.6.4	Aneurysmachirurgie	255
8.7	AEP-Monitoring	257
8.7.1	Technik	257
8.7.2	Einsatzgebiete	257
8.7.3	Ergebnisse	259
8.8	VEP-Monitoring	261
8.9	Motorisch evozierte Potentiale	261
8.10	Zusammenfassung	263
8.11	Literatur	263

9	Peripher Autonome Potentiale (PAP) in der neurologischen Diagnostik	268
	(S. Schwalen)	
9.1	Einleitung	268
9.2	Anatomie und physiologische Grundlagen	268
9.3	Methodik	269
9.3.1	Reiz- und Ableitetechnik	269
9.3.2	Auswertung	271
9.4	PAP-Normalbefunde und -Bewertung	273
9.4.1	PAP-Normalbefunde	273
9.4.2	PAP-Bewertung	275
9.5	PAP in der klinischen Anwendung	276
9.5.1	Erkrankungen des peripheren Nervensystems	276
9.5.2	Erkrankungen des zentralen Nervensystems	278
9.6	Literatur	280
10	Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) in Neurologie und Psychiatrie	282
	(R. Sadowski und W. Neukäter)	
10.1	EKP-Experiment	283
10.2	Variablen der EKP	285
10.2.1	Psychologische Variablen	285
10.2.2	Biologische Variablen	286
10.3	Generatoren der EKP	287
10.4	Wertigkeit der EKP angesichts methodischer Probleme und normativer Aspekte	287
10.4.1	Allgemeine Bedingungen	287
10.4.2	Reizparadigma	292
10.4.3	Technische Parameter	293
10.4.4	Auswertungskriterien	294
10.4.5	Gutachtenfragen	296
10.5	Wertigkeit der EKP in der klinischen Anwendung	297
10.5.1	Neurologische Erkrankungen	297
10.5.2	Psychiatrische Erkrankungen	301
10.6	Literatur	302

11	Trigeminus-SEP und Hirnstammreflexe in der Hirnstammdiagnostik	306
	(H. Hielscher)	
11.1	Somatosensorisch evozierte Potentiale bei Trigeminusreizung (TSEP)	306
11.1.1	Allgemeines	306
11.1.2	Untersuchungsmethodik	308
11.1.3	Klinische Anwendung der TSEP	313
11.2	Hirnstammreflexe	322
11.2.1	Allgemeines	322
11.2.2	Der elektrische Blinkreflex (BR)	324
11.2.3	Der Masseterreflex	335
11.2.4	Der Kieferöffnungsreflex	340
11.2.5	Der postaurikuläre Reflex	342
11.2.6	Trigeminozervikaler Reflex	343
11.3	Literatur	345
12	Transkranielle magnetische Stimulation	352
	(D. Claus)	
12.1	Zur Methode magnetischer Stimulation	352
12.1.1	Reizmethodik	356
12.1.2	Ableitungsmethodik	359
12.2	Physiologische Fragen	360
12.3	Vorsichtsmaßnahmen	362
12.4	Normalwerte	363
12.5	Untersuchungen bei Kranken	368
12.5.1	Multiple Sklerose	368
12.5.2	Amyotrophe Lateralsklerose (ALS)	370
12.5.3	Heredoataxien	372
12.5.4	Neurale Muskelatrophie, HMSN	374
12.5.5	Polyneuropathien, chronisch entzündliche Polyneuropathie (CIDP)	378
12.5.6	Zervikale Myelopathie, Strahlenmyelopathie, Morquio-Syndrom	379
12.5.7	Spinale Tumoren, Syringomyelie, Vitamin-B12-Mangel	381
12.5.8	Multisystematrophien	381
12.5.9	Fazialis, Hirnnerven	382

12.5.10	Schlaganfall	383
12.6	Operatives Monitoring	384
12.7	Konklusion	385
12.8	Literatur	386
13	Sachverzeichnis	391

Autorenverzeichnis

Prof. Dr. med. Detlev Claus
Neurologische Klinik
Klinikum Darmstadt
Grafenstraße 9
64283 Darmstadt

Prof. Dr. med. Ulf Eysel
Ruhr-Universität Bochum
Institut für Physiologie
Abteilung Neurophysiologie
Universitätsstraße 150
44789 Bochum

Prof. Dr. med. Michael H. Foerster
Freie Universität Berlin
Universitätsklinikum
Benjamin Franklin
Augenklinik
Hindenburgdamm 30
12200 Berlin

Prof. Dr. med. Horst Hielscher
Chefarzt der Neurologischen Klinik
des Evangelischen Krankenhauses
Gelsenkirchen
Munckelstraße 27
45879 Gelsenkirchen

Prof. Dr. med. Johannes Jörg
Direktor der
Neurologischen Klinik
der Universität Witten/Herdecke
Klinikum Wuppertal
Heusnerstraße 40
42283 Wuppertal

PD Dr. med. Ulrich Kellner
Freie Universität Berlin
Universitätsklinikum
Benjamin Franklin
Augenklinik
Hindenburgdamm 30
12200 Berlin

Prof. Dr. med. T. Lenarz
Universitäts-HNO-Klinik
Konstanty-Gutschow-Straße 8
30625 Hannover

Dr. Winfried Neukäter
Neurologische Klinik der
Universität Witten/Herdecke
Klinikum Wuppertal
Heusnerstraße 40
42283 Wuppertal

Dr. Rainer Sadowski
Neurologische Klinik der
Universität Witten/Herdecke
Klinikum Wuppertal
Heusnerstraße 40
42283 Wuppertal

Kurt Scholz
Medizinelektronik Scholz GmbH
Rumbachtal 53 a
45470 Mülheim

Prof. Dr. med. Johannes Schramm
Neurochirurgische Universitätsklinik
Sigmund-Freud-Straße 25
53127 Bonn

Dr. med. Susanne Schwalen
Neurologische Klinik der
Universität Witten/Herdecke
Klinikum Wuppertal
Heusnerstraße 40
42283 Wuppertal