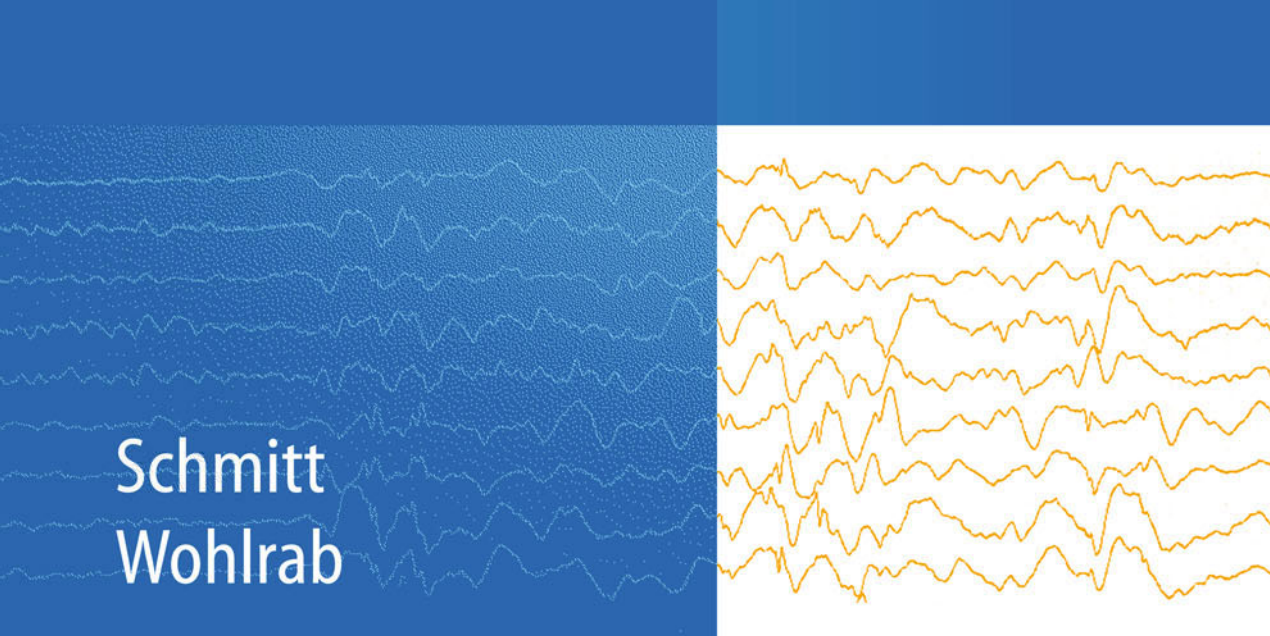


The top half of the cover features a decorative background of EEG waveforms. The left side has a blue background with faint, light blue waveforms. The right side has a white background with prominent, orange-yellow waveforms.

Schmitt
Wohlrab

EEG in der Neuropädiatrie

 Springer

EEG in der Neuropädiatrie

Bernhard Schmitt
Gabriele Wohlrab

EEG in der Neuropädiatrie

Mit 37 Abbildungen

Prof. Dr. Bernhard Schmitt

Kinderspital Zürich
Zürich
Schweiz

Dr. Gabriele Wohlrab

Kinderspital Zürich
Zürich
Schweiz

ISBN-13 978-3-642-39886-5

ISBN 978-3-642-39887-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-39887-2

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

Auszug aus: Zschocke, Hansen, Klinische Elektroenzephalographie, 3. Aufl., 2012, 978-3-642-19942-4

Springer Medizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

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 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.

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.

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 dürfen.

Planung: Dr. Christine Lerche, Heidelberg

Projektmanagement: Lisa Geider, Heidelberg

Projektkoordination: Heidemarie Wolter, Heidelberg

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Satz: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Vorwort

Das kindliche EEG unterscheidet sich in wesentlichen Punkten vom EEG des Erwachsenen. In jeder Altersgruppe finden sich parallel zur Hirnentwicklung spezifische EEG-Muster und Normvarianten, deren Kenntnis für die Beurteilung essentiell ist. Aber nicht nur das normale EEG, auch die pathologischen EEG-Veränderungen hängen von der Hirnentwicklung ab. So gibt es eine Vielzahl altersabhängiger Epilepsieformen und Krankheitsbilder, die im Erwachsenenalter unbekannt sind. Sie können neben unspezifischen Veränderungen auch recht spezifische EEG-Muster aufweisen, die dann auch Definitionsbestandteil des jeweiligen Epilepsiesyndroms sein können (z. B. Hypsarrhythmie bei West-Syndrom).

Eine besondere Herausforderung stellt die Beurteilung des Neu- und Frühgeborenen-EEGs dar. Pathologische und normale Muster liegen hier eng beieinander. Angaben zum chronologischen Alter und zum Gestationsalter bei Geburt, sowie die Kenntnis des entsprechenden reifungsabhängigen normalen EEGs sind eine unabdingbare Voraussetzung, um Fehlbeurteilungen zu vermeiden.

Das vorliegende Buch ist ein unveränderter Nachdruck des Kapitels »EEG in der Neuropädiatrie« im Lehrbuch »Klinische Elektroenzephalographie« (3. Auflage 2012), herausgegeben von Zschocke und Hansen. Das Kapitel wurde 2011/2012 auf Wunsch und Anregung von Herrn Priv.-Doz. Dr. Stephan Zschocke erstellt, da in diesem »Lehrbuch-Klassiker« bislang eine detaillierte Darstellung des Kinder-EEGs fehlte. Für uns war es eine Gelegenheit, eine im deutschsprachigen Raum bestehende Lücke zu füllen, ohne auf die EEG-Grundlagen eingehen zu müssen. Ältere Kolleginnen und Kollegen mögen sich noch an das längst vergriffene deutschsprachige EEG-Lehrbuch von Dumermuth, »Elektroencephalographie im Kindesalter« erinnern, letztmals aufgelegt 1976. Das vorliegende Buch erhebt keinen Anspruch darauf, die Nachfolge für dieses Buch anzutreten, da physiologische und methodische Grundlagen des EEGs fehlen. Ärzten und Studenten, die sich mit den Grundbegriffen des EEGs auseinandersetzen möchten, wird das EEG-Lehrbuch von Zschocke und Hansen oder ein entsprechendes englischsprachiges EEG-Standardwerk empfohlen. Wir betrachten unser Buch als eine Ergänzung, konzipiert für Kinderärzte und Neurologen, die entweder schon mit den EEG-Grundlagen vertraut sind oder lediglich einen Eindruck davon gewinnen wollen, wo und wann das EEG im Kindesalter einen Beitrag zur Diagnose leisten kann.

Besonderer Dank gebührt Herrn Dr. Zschocke für seine Anregungen und seine Unterstützung bei der Erstellung des ursprünglichen Kapitels und für seine Zustimmung zu dieser Wiederveröffentlichung. Dem Springer-Verlag danken wir für die großzügige Handhabung der EEG-Abbildungen und die Unterstützung durch Frau Dr. Lerche.

Bernhard Schmitt & Gabriele Wohlrab
Zürich im Juli 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Neonatales EEG (Früh- und Termingeborene)	1
1.1	Voraussetzungen für die EEG-Ableitung und -Beurteilung	2
1.1.1	Technik	2
1.1.2	Dokumentation und Beurteilungskriterien	3
1.1.3	Artefakterkennung	4
1.2	Normales EEG des Früh- und Termingeborenen	4
1.2.1	Kontinuität	4
1.2.2	Synchronie	8
1.2.3	Schlaf- und Wachaktivität	8
1.2.4	Reagibilität auf Stimulation	8
1.2.5	Wellenformationen	11
1.3	Pathologisches EEG des Früh- und Termingeborenen	13
1.3.1	Pathologische Diskontinuität	15
1.3.2	Fehlende Variabilität und gestörte Schlaf-Wach-Zyklen	16
1.3.3	Reifungsstörung	16
1.3.4	Amplitude	16
1.3.5	Symmetrie und Synchronie	16
1.3.6	Abnorme Frequenzen und Wellenkonfigurationen	17
1.3.7	Interiktale Spikes und Sharp-waves	17
1.3.8	Iktale und periodische Muster	20
1.4	Auswirkungen von Medikamenten auf das Früh- und Neugeborenen-EEG	22
1.5	Amplitudenintegriertes EEG (aEEG)	23
1.6	Fallstricke bei der Beurteilung des Neugeborenen EEG	26
2	EEG vom Säugling bis zur Adoleszenz	27
2.1	Technische Voraussetzungen	28
2.2	Normale Aktivität	28
2.2.1	Wachzustand	28
2.2.2	Müdigkeit	32
2.2.3	Schlaf	32
2.2.4	Verschiedene EEG-Phänomene und -Varianten	35
2.3	Provokationsmethoden	38
2.3.1	Hyperventilation	38
2.3.2	Fotostimulation	39
2.3.3	Schlafentzug	39
2.4	Pathologische EEG-Veränderungen	39
2.4.1	Grundrhythmus und Grundaktivität	39
2.4.2	Epileptiforme EEG-Veränderungen	41
2.5	Fallstricke in der Interpretation	43

3	EEG bei pädiatrischen Epilepsiesyndromen	45
3.1	Neugeborene	46
3.1.1	Frühe infantile epileptische Enzephalopathie und Frühe myoklonische Enzephalopathie	46
3.1.2	Benigne familiäre neonatale Epilepsie	46
3.1.3	Benigne familiäre neonatal-infantile Epilepsie	46
3.2	Säuglingsalter	47
3.2.1	Blitz-Nick-Salaam (BNS)-Epilepsie, West-Syndrom	47
3.2.2	Maligne fokale Anfälle des Säuglingsalters mit wandernden Foci (»malignant migrating partial seizures in infancy«)	53
3.2.3	Benigne familiäre infantile Epilepsie (PRRT2 Mutation)	53
3.2.4	Benigne myoklonische Epilepsie	53
3.2.5	Schwere myoklonische Epilepsie des Säuglingsalters (Dravet-Syndrom)	54
3.3	Klein-, Schulkinder und Jugendliche	55
3.3.1	Benigne fokale Epilepsien	55
3.3.2	»Electrical status epilepticus in slow wave sleep« (ESES/CSWS) und Landau-Kleffner-Syndrom	58
3.3.3	Abscenenepilepsie	60
3.3.4	Myoklonisch-astatische Epilepsie (Doose-Syndrom)	62
3.3.5	Lennox-Gastaut-Syndrom (LGS)	63
3.3.6	Juvenile Myoklonusepilepsie (Janz-Syndrom)	63
4	Neuropädiatrische Krankheiten	67
4.1	Genetische Syndrome	68
4.1.1	Autosomale chromosomale Krankheiten	68
4.1.2	X-chromosomale Krankheiten	70
4.2	Metabolische Krankheiten	73
4.2.1	Mitochondriale Krankheiten	73
4.2.2	Lysosomale Krankheiten	75
4.3	Kortikale Fehlbildungen	76
4.3.1	Proliferationsstörung	76
4.3.2	Migrationsstörung	77
4.3.3	Organisationsstörung	78
Serviceteil		
Literatur		80
Stichwortverzeichnis		86

Neonatales EEG (Früh- und Termingeborene)

- 1.1 Voraussetzungen für die EEG-Ableitung und -Beurteilung – 2
- 1.2 Normales EEG des Früh- und Termingeborenen – 4
- 1.3 Pathologisches EEG des Früh- und Termingeborenen – 13
- 1.4 Auswirkungen von Medikamenten auf das Früh- und Neugeborenen-EEG – 22
- 1.5 Amplitudenintegriertes EEG (aEEG) – 23
- 1.6 Fallstricke bei der Beurteilung des Neugeborenen EEG – 26

Die EEG-Ableitung bei Neugeborenen dient vorwiegend der Erfassung elektroklinischer und elektrophysiologischer Anfälle und deren Therapiesteuerung. Darüber hinaus hat es einen hohen Stellenwert in der Beurteilung der kortikalen Reifung, der Erkennung von fokalen oder allgemeinen Funktionsstörungen des Gehirns und für die neurologische Prognose.

1.1 Voraussetzungen für die EEG-Ableitung und -Beurteilung

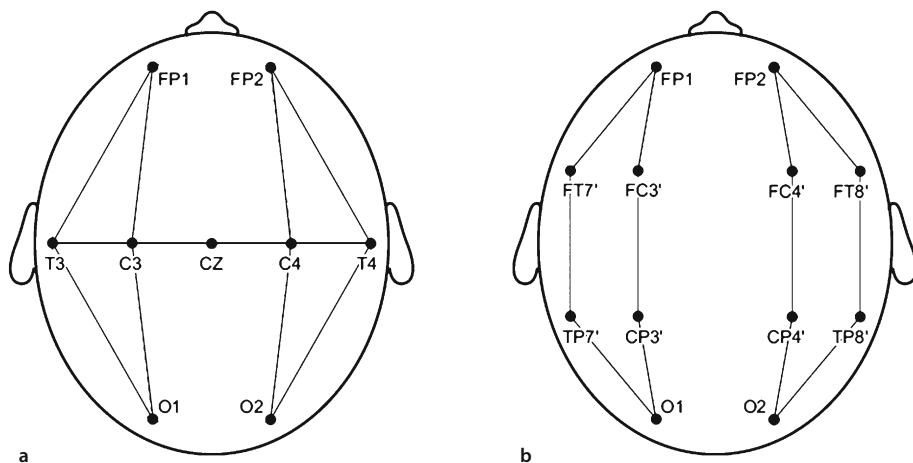
1.1.1 Technik

Die EEG-Ableitungen erfolgen oft auf einer Intensivstation mit zahlreichen Störungen, z. B. durch Infusomaten, Monitore oder Beatmungsgeräte. Für eine gute Ableitung bedarf es einer ausgebildeten und einfühlsamen EEG-Laborantin, die gemeinsam mit dem Pflegepersonal die entsprechenden Voraussetzungen schafft. Hygienevorschriften sind korrekt zu beachten.

Grundsätzlich ist auch bei Neugeborenen eine Ableitung mit dem 10–20-Elektrodensystem möglich. Aus Praktikabilitätsgründen kommt bei Neu- und Frühgeborenen aber meist ein reduzierter Elektrodensatz zur Anwendung. Die **American Clinical Neurophysiology Society** (www.acns.org) emp-

fehlt eine Ableitung mit mindestens 16 Kanälen: 9 EEG- (■ Abb. 1.1), 2 Referenz- (Ohr A1, A2 oder Mastoid M1, M2) und 4 Polygraphie-Kanäle (Atmung, EKG, Augenbewegungen, EMG; ■ Tab. 1.1). Mit dem reduzierten Elektrodensatz werden iktale Veränderungen mit einer Sensitivität von 96,8% und einer Spezifität von 100% und Störungen der Grundaktivität mit einer Sensitivität von 87% und einer Spezifität von 80% erfasst (Tekgul et al. 2005). Die Silber-Chlorid-Elektroden werden mit Paste befestigt (Impedanz <10 kΩ); Kolloidum und Aceton eignen sich im Inkubator nicht. Eine schonende Behandlung der Haut ist selbstverständlich. EOG-Elektroden (E1, E2) werden auf der einen Seite 0,5 cm oberhalb, auf der anderen Seite 0,5 cm unterhalb des äußeren Canthus befestigt und entweder miteinander (E1–E2) oder zum Ohr bzw. Mastoid (E1–A1/M1 und E2–A2/M2 oder E1–A1/M1 und E2–A1/M1) verschaltet. Die Elektroden für das EMG werden submental jeweils 1–2 cm von der Mittellinie entfernt befestigt, die für das EKG präkordial oder am rechten und linken Arm. Die Atmung wird entweder mit Atemgürtel (2 cm über dem Nabel) oder mit Thermistor (nasal oder bukkal) registriert. Körperbewegungen lassen sich mittels eines an den Extremitäten befestigten Aktimeters messen.

Bei digitaler Aufzeichnung wird eine Sampling-Rate von 256 Hz empfohlen. Eine synchrone Video-



■ Abb. 1.1 Modifikationen von Elektrodenmontagen a Empfehlung der American Clinical Neurophysiology Society (ACNS 2006), b Mod. nach Dumermuth 1976

■ **Tab. 1.1** Technische Grundlagen der Polygraphie bei Früh- und Termingeborenen

Parameter	Überträger	Elektrodenplatzierung	Verstärkung	Filter	
				Zeitkonstante (Hochpass-Filter)	Tiefpass- Filter
EEG	Silber-Chlorid-Elektroden	Fp1, Fp2, C3, C4, T3, T4, O1, O2, Cz, (Fz, Pz) oder nach Dumermuth	7–10 $\mu\text{V/mm}$	0,3 s (0,5 Hz)	70 Hz
EOG	Silber-Chlorid-Elektroden	0,5 cm 1-mal ober- und 1-mal unterhalb äußere Canthi	7 $\mu\text{V/mm}$	0,3 s (0,5 Hz)	30–70 Hz
EMG	Silber-Chlorid-Elektroden	Am Kinn, 1–2 cm von der Mittellinie	3 $\mu\text{V/mm}$	0,1–0,03 s (1,6–5 Hz)	70–120 Hz
EKG	Einmal-Elektroden	Präkordial oder beide Arme	200 $\mu\text{V/mm}$	0,3–0,1 s (0,5–1,5 Hz)	35–70 Hz
Atmung	Atemgürtel Thermistor	2 cm über Nabel Nasal oder bukkal	10 $\mu\text{V/mm}$	1 s (0,15 Hz)	15 Hz
Körperbewegung	Aktimeter	Extremität		0,1 s (1,5 Hz)	70 Hz

aufzeichnung ist hilfreich. Die Ableitung erfolgt, wenn möglich, nach einer Mahlzeit und dauert, um alle Schlafphasen zu erfassen, mindestens 1 h. Während der EEG-Registrierung sollten keine Manipulationen am Kind erfolgen, die Aufmerksamkeit der EEG-Laborantin ist ganz der Artefakterkennung und der Vigilanz gewidmet.

Neben dem ACNS-Schema (■ Abb. 1.1a) gibt es andere praktikable Varianten. So empfiehlt die »französische Schule« neben der Cz-Elektrode zusätzliche Elektroden über Fz und Pz zu platzieren (André et al. 2010). Im deutschsprachigen Raum wird häufig ein modifizierter Elektrodenatz (■ Abb. 1.1b) nach Dumermuth (Dumermuth 1976) verwendet. Hierbei entsprechen die Elektroden Fp1, Fp2, O1, O2 und Cz dem 10–20-Elektroden-system. Die anderen Elektroden werden nach Drittelung der Distanzen Fp1–O1, Fp2–O2 und T3–T4 an den anterioposterioren und transversen Kreuzungspunkten befestigt: FT7', FT8' (frontotemporal), TP7', TP8' (temporoposterior), FC3', FC4' (frontozentral) und CP3', CP4' (zentroparietal). Der Vorteil dieser Ableitung liegt in der höheren Elektrodenzahl und der dadurch erzielten besseren räumlichen Differenzierung.

Die Beurteilung des neonatalen EEG erfolgt in der Regel mit einer bipolaren Verschaltung (Längs- oder Querreihe). Die Verschaltung gegen die gemittelte Referenz (»average-reference«) eignet sich bei dem reduzierten Elektrodenatz nicht (André et al. 2010).

1.1.2 Dokumentation und Beurteilungskriterien

Zur Dokumentation einer EEG-Ableitung gehören:

- **Anamnese:** Familie, Schwangerschaft, Geburt (Apgar-Score, Nabelschnur-pH), Geburtsgewicht, Kopfumfang
- **Gestationsalter:** Zeit in Wochen berechnet vom 1. Tag der letzten Menstruation bis Geburt, Schwangerschaftswoche (SSW, Termingeburt >38 SSW, Frühgeburt ≤37 SSW), aktuelles Alter
- **Zustand bei Ableitung:** Vigilanz, Spontan- und Augenbewegungen, Atmung/Beatmung, Temperatur, Reaktivität, Ödem, Kopfdeformität, Kephalhämatom usw.
- Zeitlicher Abstand zum Krankheitsereignis (wenn bekannt)