

Inhaltsverzeichnis

1	Physiologie und Pathophysiologie der Impulsleitung	
	M. Stöhr. Mit 9 Abbildungen	
1.1	Einleitung	1
1.2	Physiologie der Impulsleitung	2
1.3	Pathophysiologie der Impulsleitung	4
1.3.1	Impulsleitung in demyelinisierten Axonen	4
1.3.1.1	Experimentelle Untersuchungen über Impulsleitungsstörungen in demyelinisierten Axonen	4
1.3.1.2	Klinische und elektrodiagnostische Konsequenzen der Impulsleitungsstörungen bei demyelinisierenden Prozessen	9
1.3.2	Impulsleitung bei Axondegeneration	13
1.4	Nahfeld- und Fernfeldaktivität	16
	Literatur	19
2	Somatosensible Reizantworten von Rückenmark und Gehirn (SEP)	
	M. Stöhr. Mit 144 Abbildungen und 18 Tabellen	
2.1	Einleitung	23
2.1.1	Klinische Bedeutung von SEP-Ableitungen	23
2.1.2	Übersicht über wichtige Stimulations- und Ableitetechniken	24
2.2	Anatomie und Physiologie des somatosensiblen Systems	26
2.2.1	Rückenmark und Hirnstamm	28
2.2.2	Thalamus	30
2.2.3	Cortex	30
2.2.3.1	Primäre sensible Rinde	30
2.2.3.2	Verbindungen zwischen sensiblem Cortex und anderen Hirnarealen	32
2.2.3.3	Evozierte Potentiale im somatosensiblen Cortex	32
2.2.3.4	Deszendierende Hemmung im somatosensiblen System	35
2.3	Methodik	35
2.3.1	Äußere und innere Untersuchungsbedingungen	35
2.3.2	Stimulationsorte	37

2.3.2.1	Obere Extremitäten	38
2.3.2.2	Untere Extremitäten	41
2.3.2.3	Gesicht	44
2.3.2.4	Rumpf- und Gliedmaßendermatome	45
2.3.2.5	Nervus pudendus	46
2.3.3	Reizparameter	46
2.3.4	Ableiteorte	51
2.3.5	Verstärker und Averager	57
2.3.6	Potentialregistrierung und -ausmessung	59
2.3.7	Klinische Daten	60
2.4	Normalbefunde	61
2.4.1	SEP nach Armnervenstimulation	62
2.4.1.1	Spinale und subkortikale Reizantworten	62
2.4.1.2	Kortikale Reizantworten	83
2.4.1.3	Anhang: SEP-Untersuchungen bei Neugeborenen und Kleinkindern	97
2.4.2	Somatosensible Reizantworten nach Beinnervenstimulation	98
2.4.2.1	Lumbosakrale Reizantworten (LSEP)	98
2.4.2.2	Zervikale Reizantworten	109
2.4.2.3	Kortikale Reizantworten (SSEP)	110
2.4.3	Kortikale Reizantworten nach Trigeminusstimulation	120
2.4.4	Somatosensible Reizantworten nach Nervus pudendus-Stimulation	126
2.4.5	Beeinflussung der somatosensiblen kortikalen Reizantworten durch physiologische, pharmakologische und untersuchungstechnische Faktoren	128
2.4.5.1	Einflüsse der Bewußtseinslage und sedierender Medikamente	128
2.4.5.2	Einflüsse reizinduzierter myogener Potentiale	129
2.4.5.3	Untersuchungstechnische Einflüsse	129
2.5	Somatosensible Reizantworten bei Erkrankungen des peripheren und zentralen Nervensystems	130
2.5.1	Erkrankungen des peripheren Nervensystems (PNS)	132
2.5.1.1	Pathophysiologische Vorbemerkungen	132
2.5.1.2	Kompressionssyndrome peripherer Nerven	134
2.5.1.3	Traumatische, operative und radiogene Nerven- und Plexusläsionen	140
2.5.1.4	Polyneuropathien	152
2.5.1.5	Systemerkrankungen des peripheren Nervensystems	155
2.5.1.6	Nervenzellläsionen	159
2.5.2	Myelopathien	167
2.5.2.1	Spinale Tumoren	170
2.5.2.2	Zervikale Myelopathie	178
2.5.2.3	Syringomyelie	181
2.5.2.4	Traumatische Rückenmarksläsionen	183
2.5.2.5	SEP-Ableitungen während Rückenmarks- und Wirbelsäulenoperationen	185
2.5.2.6	Vaskuläre Myelopathie	188
2.5.2.7	Entzündliche Rückenmarkserkrankungen (außer MS)	188
2.5.2.8	Friedreichsche Krankheit	198

2.5.2.9	Sonstige Rückenmarkserkrankungen	200
2.5.3	Multiple Sklerose	203
2.5.3.1	Einleitung	203
2.5.3.2	Kortikale und zervikale Reizantworten nach Armnervenstimulation	209
2.5.3.3	Somatosensible Reizantworten nach Beinnervenstimulation	214
2.5.3.4	SSEP nach Trigeminusstimulation	225
2.5.4	Enzephalopathien	228
2.5.4.1	Hirnstammerkrankungen	228
2.5.4.2	Thalamusläsionen	237
2.5.4.3	Zerebrale Prozesse	240
2.5.4.4	Epilepsie	256
2.5.4.5	Diffuse und multifokale Enzephalopathien	259
	Literatur	263

3	Visuell evozierte Potentiale (VEP) und Elektroretinogramm (ERG) E. Altenmüller, K. Ruether und J. Dichgans. Mit 55 Abbildungen und 10 Tabellen	
3.1	Einleitung	289
3.1.1	Historische Entwicklung, Prinzip der VEP und Begriffsbestimmungen	289
3.1.2	Apparative Ausstattung und Ableite-Methodik visuell evozierter Potentiale	293
3.1.2.1	Verschiedene Reize und ihre Darstellung	293
3.1.2.2	Ableitung visuell evozierter Potentiale	294
3.2.	Das normale VEP	299
3.2.1	Elektrophysiologische Grundlagen	299
3.2.2	Generatorstrukturen visuell evozierter Potentiale	300
3.2.3	Kritische Reizparameter	301
3.2.3.1	Leuchtdichte und Kontrast	301
3.2.3.2	Reizfeld, Fixationspunkt, Halbfeldstimulation	305
3.2.3.3	Einfluß der Reizmusterkonfiguration	308
3.2.3.4	Zeitliche Frequenz der Stimulation	312
3.2.4	Kritische Probandenparameter	312
3.2.4.1	Altersabhängigkeit der VEP	312
3.2.4.2	Geschlecht, Kopfgröße und Körpertemperatur	314
3.2.4.3	Aufmerksamkeit	314
3.2.4.4	Visus, Refraktion und Pupillenweite	314
3.2.5	Darstellung und Auswertung der VEP	315
3.2.6	Schwierigkeiten bei der Auswertung: auffallend konfigurierte Potentiale bei Normalpersonen	319
3.2.7	Reproduzierbarkeit der VEP	321
3.2.8	Praktischer Untersuchungsgang in einem VEP-Labor	324
3.3	Pathophysiologie des VEP	324
3.3.1	Reizspezifität	324
3.3.2	Topische Zuordnung von Läsionen	326
3.3.3	Latenzverzögerung und Amplitudenminderung des VEP	326

- 3.3.4 Ursachen der Demyelinisierung und der axonalen Degeneration 327
- 3.3.5 Überlegungen zur Pathophysiologie der Latenzverzögerung bei demyelinisierenden Erkrankungen 327
- 3.4 VEP bei demyelinisierenden Erkrankungen des ZNS 328**
 - 3.4.1 VEP bei Retrobulbärneuritis 329
 - 3.4.2 VEP bei multipler Sklerose 332
 - 3.4.2.1 Sensitivität der musterevozierten Potentiale bei MS 333
 - 3.4.2.2 Typische VEP-Befunde bei MS 333
 - 3.4.2.3 Wert der zusätzlichen fovealen Reizung in der Diagnostik der MS 335
 - 3.4.3 Wertigkeit weiterer VEP-Methoden in der Diagnostik der MS 337
 - 3.4.3.1 Detektion retrochiasmatischer Entmarkungsherde durch VEP 338
 - 3.4.3.2 Einfluß der Leuchtdichte auf die Sensitivität der VEP bei MS 338
 - 3.4.3.3 Einfluß der Körpertemperatur auf das VEP bei MS 339
 - 3.4.3.4 Einfluß der Hyperventilation auf das VEP bei MS 340
 - 3.4.3.5 Einfluß der Reizmustergröße auf die VEP bei MS 340
 - 3.4.3.6 Streifenmuster, Leuchtdioden, visuelle Ermüdbarkeit bei MS 341
 - 3.4.3.7 Kombination von VEP-Untersuchungen mit psychophysischen Methoden 341
 - 3.4.4 VEP bei Patienten mit ausschließlich spinaler Symptomatik 342
 - 3.4.5 Verlaufsuntersuchungen mit VEP bei multipler Sklerose 343
- 3.5 Visuell evozierte Potentiale bei anderen Störungen der zentralen Sehbahn 344**
 - 3.5.1 Gesichtsfelddefekte 344
 - 3.5.1.1 Halbfeldstimulation bei unklaren Latenzverzögerungen im Ganzfeld-VEP 345
 - 3.5.1.2 Halbfeldstimulation bei Posteriorinsulten 347
 - 3.5.2 VEP bei Kompression des Sehnervs 347
 - 3.5.3 VEP bei Kompression im Bereich des Chiasmas 349
- 3.6 VEP bei verschiedenen neurologischen Erkrankungen 350**
 - 3.6.1 Migräne 350
 - 3.6.2 Vitamin-B₁₂-Mangel 351
 - 3.6.3 Friedreich-Ataxie 351
 - 3.6.4 Andere Formen der Ataxie 352
 - 3.6.5 Hereditäre motorische und sensible Neuropathie Typ I (HMSN I) 352
 - 3.6.6 Parkinson-Syndrom 352
 - 3.6.7 Huntington Chorea 353
 - 3.6.8 Morbus Wilson 353
 - 3.6.9 Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung 353
 - 3.6.10 HIV-Infektionen 354
 - 3.6.11 Neurosyphilis 354
 - 3.6.12 Neuroborreliose 354
 - 3.6.13 Morbus Behçet 354
 - 3.6.14 Pseudotumor cerebri 355
 - 3.6.15 Hydrozephalus 355
 - 3.6.16 Schädelhirntraumen 355
 - 3.6.17 Neurofibromatosis Recklinghausen 355

3.6.18	Myotone Dystrophie	356
3.6.19	Myoklonusepilepsie	356
3.6.20	Epilepsie	356
3.6.21	Alzheimer-Krankheit	358
3.6.22	Kortikale Blindheit	358
3.6.23	Koma	359
3.6.24	Albinismus	360
3.7	VEP bei psychiatrischen und internistischen Erkrankungen	360
3.7.1	Psychogene Blindheit	360
3.7.2	Akute Alkoholintoxikation und chronischer Alkoholismus	361
3.7.3	Diabetes mellitus	361
3.7.4	Niereninsuffizienz	362
3.7.5	Veränderungen der VEP durch Medikamente	362
3.8	Intraoperatives Monitoring mit VEP	363
3.9	Das Elektroretinogramm in der Ophthalmologie	364
3.9.1	ERG und Netzhauttopographie	364
3.9.2	Reizmodalitäten beim Helligkeits-ERG	366
3.9.3	Apparative Voraussetzungen und Ableittechniken des Helligkeits-ERG	369
3.9.4	Untersuchungsgang beim Helligkeits-ERG	373
3.9.5	Das Musterelektroretinogramm	380
3.9.6	Indikationen für das Helligkeits-ERG	382
3.9.6.1	Tapetoretinale Degenerationen	382
3.9.6.2	Stationäre Netzhauterkrankungen	385
3.9.6.3	Kongenitaler Nystagmus, kongenitale Sehinderung	388
3.9.6.4	Sonstige ERG-Indikationen	388
3.9.7	Indikationen für das Muster-ERG	390
3.9.8	Kombination von Muster-ERG und VEP bei demyelinisierenden Erkrankungen	391
3.10	Das VEP in der Ophthalmologie	391
3.10.1	Indikationen für das Blitz-VEP in der Ophthalmologie	393
3.10.2	Muster-VEP bei Amblyopie	394
3.10.3	VEP bei Glaukom	396
3.10.4	VEP bei retinalen Erkrankungen und bei Nachtblindheit	397
3.10.5	Ischämische Optikusneuritis	397
3.10.6	Stauungspapillen und Papillitis	398
3.10.7	Optikusatrophie	398
3.11	Zusammenfassung	398
	Literatur	399

4 Akustisch evozierte Potentiale (AEP) U. W. Buettner. Mit 57 Abbildungen und 9 Tabellen

4.1	Einleitung	411
4.1.1	Geschichtlicher Rückblick	411
4.1.2	Anatomische Grundlagen	413

4.1.3	Physiologische Grundlagen	415
4.1.3.1	Schall, Schallmessung, Schalleitung	415
4.1.3.2	Elektrische Phänomene und Impulsverarbeitung	418
4.2	Apparative Voraussetzungen und Untersuchungstechnik am Menschen	419
4.3	Klassifizierung akustisch evozierter Potentiale	424
4.4	Frühe akustisch evozierte Potentiale (FAEP)	424
4.4.1	Elektrokochleographie (ECochG)	428
4.4.2	Akustisch evozierte Hirnstammpotentiale (AEHP, BAEP)	430
4.4.2.1	Definition und Indikation	430
4.4.2.2	Spezielle Methodik und Durchführung der Untersuchung	430
4.4.2.3	Normalbefunde und Beurteilungskriterien	431
4.4.2.4	Nichtpathologische Variabilität	435
4.4.2.5	Identifikation der Komponenten	442
4.4.3	AEHP bei Läsionen des Gehörs und der Hörbahn	444
4.4.3.1	Allgemeine Beurteilungskriterien	444
4.4.3.2	Schalleitungs- und Innenohrstörungen	447
4.4.3.3	Encephalomyelitis disseminata	447
4.4.3.4	Raumfordernde Prozesse im Kleinhirnbrückenwinkel und Hirnstamm	453
4.4.3.5	Gefäßmalformationen	460
4.4.3.6	Hirnstammischämien	462
4.4.3.7	Überwachung von Operationen in der hinteren Schädelgrube	465
4.4.3.8	Einzelbefunde	465
4.5	Akustisch evozierte Potentiale mittlerer Latenz (MAEP)	468
4.5.1	Myogene Reflexanteile	469
4.5.2	„Crossed acoustic response“ (CAR)	471
4.5.3	40-Hz-Antwort	475
4.5.4	Neurogene kortikale Komponenten mittlerer Latenz (MAEP)	475
	Literatur	477

5 Die Wertigkeit der somatosensorisch, visuell und akustisch evozierten Potentiale sowie der transkraniellen Magnetstimulation in der Diagnostik der multiplen Sklerose (MS)

E. Altenmüller und J. Dichgans. Mit 4 Tabellen

5.1	Einleitung	487
5.2	Häufigkeit pathologischer EP-Befunde bei der MS	488
5.3	Identifikation „stummer“ Demyelinisierungsherde mit Hilfe der evozierten Potentiale	490
5.4	Evozierte Potentiale bei rein spinaler Symptomatik	490
5.5	Evozierte Potentiale bei Retrobulbärneuritis	491
5.6	Evozierte Potentiale als prognostisches Zeichen	492
5.7	Wertigkeit evozierter Potentiale in der Diagnostik der MS im Vergleich zur Kernspintomographie	492

-
- 5.8 **Integration technischer Untersuchungsbefunde in die klinische Diagnose der multiplen Sklerose** 494
 - 5.9 **Priorität von Untersuchungsmethoden bei der Diagnostik der MS** 495
 - Literatur** 496

 - 6 **Evozierte Potentiale in der Intensivmedizin**
 H. Kroiß und M. Stöhr. Mit 24 Abbildungen und 3 Tabellen

 - 6.1 **Einleitung** 499
 - 6.2 **Allgemeine Wertigkeit der multimodal evozierten Potentiale** 499
 - 6.2.1 Akustisch evozierte Potentiale (AEP) 499
 - 6.2.2 Somatosensorisch evozierte Potentiale (SEP) 500
 - 6.2.3 Visuell evozierte Potentiale (VEP) 500
 - 6.3 **Medikamenten- und Temperatureinflüsse** 500
 - 6.4 **Intoxikationen und Stoffwechselentgleisungen** 506
 - 6.5 **Posttraumatisches Koma** 510
 - 6.5.1 Akustisch evozierte Potentiale (AEP) 511
 - 6.5.2 Somatosensorisch evozierte Potentiale (SEP) 514
 - 6.5.3 Visuell evozierte Potentiale (VEP) 521
 - 6.5.4 Wertigkeit der einzelnen Modalitäten 521
 - 6.6 **Globale hypoxische Hirnschädigung** 523
 - 6.7 **Intrakranielle Blutungen** 528
 - 6.8 **Ischämische Insulte** 530
 - 6.9 **Entzündliche Hirnerkrankungen** 532
 - 6.10 **Feststellung des Hirntodes** 533
 - 6.10.1 Klinische Diagnose 533
 - 6.10.2 Frühe akustisch evozierte Potentiale (FAEP) 534
 - 6.10.3 Frühe somatosensorisch evozierte Potentiale (SEP) 540
 - 6.10.4 Visuell evozierte Potentiale (VEP) 544
 - 6.10.5 Wertigkeit der einzelnen Modalitäten 544
 - Literatur** 545

 - 7 **Ereigniskorrelierte Potentiale**
 E. Altenmüller. Mit 11 Abbildungen und 1 Tabelle

 - 7.1 **Einleitung** 557
 - 7.1.1 Begriffsbestimmungen 558
 - 7.1.2 Nomenklatur ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) 559
 - 7.1.3 Besonderheiten der ereigniskorrelierten Potentiale im Vergleich zu evozierten Potentialen kurzer Latenz 561
 - 7.2 **Psychophysiologie ereigniskorrelierter Potentiale** 561
 - 7.2.1 Die N 100 als Korrelat der Orientierungsreaktion 561

7.2.2	Die N 200 als Ausdruck der Reizbewertung	564
7.2.3	Die N 400 bei Sprachleistungen	565
7.2.4	Langsame Potentiale als Indikatoren kortikaler Aktivierung vor und während komplexer Informationsverarbeitungsprozesse	566
7.3	Die P 300-Gruppe	569
7.3.1	Komponenten der P 3-Gruppe und ihre psychophysiologische Bedeutung	569
7.3.2	Generatorstrukturen der P 300	571
7.4	Methodik der P 300	571
7.4.1	Kritische Reizparameter	573
7.4.1.1	Sinnesmodalität	573
7.4.1.2	Physikalische Reizeigenschaften	573
7.4.1.3	Auftretenswahrscheinlichkeit der seltenen Reize	573
7.4.1.4	Interstimulus-Intervall	574
7.4.2	Kritische Probandenparameter	575
7.4.2.1	Einfluß von Aufmerksamkeit und Vigilanz	575
7.4.2.2	Einfluß der Aufgabenschwierigkeit	575
7.4.2.3	Alter	577
7.4.2.4	Andere Probandenparameter	577
7.4.3	Ableitung der P 300	577
7.4.4	Auswertung der P 300	579
7.5	Klinische Anwendung der P 300	579
7.5.1	Demenz	580
7.5.2	Schizophrenie	581
7.5.3	Andere Krankheitsbilder	582
7.6	Zusammenfassung	583
	Literatur	583

8 Die mittels Kortexreizung motorisch evozierten Potentiale (MEP) Ch. W. Hess. Mit 25 Abbildungen und 1 Tabelle

8.1	Einleitung	589
8.2	Physiologische Grundlagen	590
8.3	Methodische Grundlagen	593
8.3.1	Das Prinzip der Magnetstimulation	593
8.3.2	Die reizinduzierte kortikomuskuläre Impulsübermittlung	596
8.3.3	Konfiguration und Position der Reizspule auf dem Kopf	599
8.4	Eigenschaften der motorisch evozierten Potentiale (MEP)	602
8.4.1	Variabilität der Reizantworten	603
8.4.2	Fazilitierung der Reizantworten	603
8.4.3	Einfluß der Reizstärke	608
8.4.4	Medikamentöse Einflüsse auf die MEP	609
8.4.5	Bestimmung der kortikalen Reizschwelle	610

8.5	Messung der zentralen motorischen Erregungsleitung	611
8.5.1	Technik der Kortexreizung und Wahl der geeigneten Muskeln	611
8.5.2	Messung der peripheren Leitungszeit	614
8.5.2.1	Ermittlung der peripheren Leitungszeit mittels F-Wellen-Latenz	615
8.5.2.2	Ermittlung der peripheren Leitungszeit mittels Reizung der motorischen Wurzeln	615
8.5.2.3	Praktisches Vorgehen bei der Ermittlung der zentralen motorischen Leitungszeit	621
8.6	Die Elektrodiagnostik der kortiko-muskulären Bahnen zur zephalen Muskulatur (Hirnnerven)	622
8.6.1	Gesichtsmuskeln (N. facialis)	622
8.6.2	Kau- und Zungenmuskeln (N. trigeminus, N. hypoglossus)	623
8.7	Normalbefunde der MEP von den Extremitätenmuskeln	624
8.7.1	Kortiko-muskuläre Latenz und zentrale motorische Leitungszeit	624
8.7.2	Amplituden	628
8.7.3	Weitere Ableitparameter	631
8.8	Befunde bei Patienten	631
8.8.1	Grundsätzliches zur Interpretation pathologischer MEP	631
8.8.2	Multiple Sklerose	632
8.8.3	Myatrophische Lateralsklerose (ALS) und primäre Lateralsklerose	635
8.8.4	Spastische Spinalparalysen und spinale Muskelatrophie	635
8.8.5	Myelopathien	636
8.8.6	Heredoataxien, hereditäre Neuropathien und verwandte degenerative Krankheiten	638
8.8.7	Extrapyramidale Erkrankungen	639
8.8.8	Enzephalomyelopathien und chronische Enzephalitiden	640
8.8.9	Zerebrovaskuläre und residuelle Hirnschäden	640
8.8.10	MEP bei psychogener Lähmung	641
8.9	Sicherheitsfragen und Kontraindikationen	642
Literatur		644
9	Funktionsprüfung der nozizeptiven Bahnen durch SEP nach schmerzhaften Laser-Hitzereizen	
	R.-D. Treede. Mit 9 Abbildungen und 2 Tabellen	
9.1	Einleitung	655
9.2	Konventionelle SEP-Befunde bei veränderter Schmerz Wahrnehmung	656
9.3	Methodik der Laser-evozierten Potentiale (LEP)	656
9.3.1	Späte LEP-Komponenten	659
9.3.2	LEP-Komponenten mittlerer Latenz	661
9.3.3	Ultraspäte LEP-Komponenten	662
9.4	LEP bei Läsionen peripherer Nerven	663
9.5	LEP bei spinalen Läsionen	666

9.6	LEP bei Läsionen im Bereich des Hirnstamms	668
9.7	LEP bei Läsionen im Thalamus und somatosensorischen Kortex	668
9.8	Pathologisch vergrößerte LEP-Amplituden	671
9.9	Zusammenfassung und Ausblick	672
Literatur		673
Zusammenfassung der wichtigsten Tabellen		677
Sachverzeichnis		689