

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Hirnstimulation – Historischer Überblick .	3
	<i>Christian W. Hess</i>	
1.1	Historischer Überblick	4
1.1.1	Entwicklung der motorischen Kortexreizung in Tierexperimenten	4
1.1.2	Erste elektrische Reizversuche am menschlichen Gehirn	5
1.2	Der Beginn der Magnetstimulation nervöser Strukturen	7
1.2.1	Frühe Versuche mit alternierenden Magnetfeldern	7
1.2.2	Magnetstimulatoren für Einzelreize	7
1.3	Die Einführung der TMS in die klinische Neurologie	8
1.3.1	Technische Entwicklung der Magnetstimulation	8
1.3.2	Klinische Entwicklung der Magnetstimulation zu diagnostischen Zwecken	9
1.3.3	Hemmende Phänomene und Untersuchungen zur kortikalen Erregbarkeit	12
1.4	Therapieversuche mit rTMS	13
1.5	Gleichstromreizung des Kortex	14
	Literatur	14
2	Hirnstimulation – Technische Grundlagen	17
	<i>Thomas Weyh, Hartwig Roman Siebner</i>	
2.1	Einführung	18
2.2	Magnetische und elektrische Felder	18
2.2.1	Grundlagen – das magnetische Feld	18
2.2.2	Zeitabhängige Magnetfelder – das elektrische Feld	18
2.2.3	Optimale Pulsdauer bei der Magnetstimulation	19
2.3	Aufbau von Stimulationsgeräten	19
2.3.1	Monophasische Magnetstimulatoren	20
2.3.2	Biphasische Magnetstimulatoren	21
2.3.3	Repetitive Magnetstimulatoren	21
2.3.4	Angabe der Reizstärke	21
2.3.5	Geräte für Mehrfachpulse	21
2.4	Stimulationsspulen	22
2.4.1	Feld – Feldgradient	22
2.4.2	Spulenfeld – Spulengeometrie	23
2.4.3	Reizwirkung der Spulen – Tiefenreichweite	24
2.4.4	Spulenverluste – Spulenerwärmung	24
2.4.5	Akustisches Artefakt bei Spulen	25
2.5	Sicherheitsaspekte der transkraniellen Magnetstimulation	25
	Literatur	26

3	Hirnstimulation – Physiologische Grundlagen	27
	<i>Hartwig Roman Siebner, Ulf Ziemann</i>	
3.1	Einführung	28
3.2	Allgemeine Betrachtungen	28
3.2.1	Die periphere elektrische Neurostimulation	28
3.2.2	Neuroanatomische Grundlagen	31
3.2.3	Ankopplung des elektrischen Feldes an die kortikale neuronale Aktivität	33
3.3	Transkranielle Stimulation des primären motorischen Kortex	35
3.3.1	Transkranielle elektrische Stimulation des primären motorischen Handareals	37
3.3.2	Transkranielle Magnetstimulation des primären motorischen Handareals	38
3.3.3	Transkranielle Magnetstimulation des primären motorischen Beinareals	42
3.3.4	Kortikospinale Aktivierung der spinalen Motoneurone	42
	Literatur	44
4	Sicherheitsaspekte und Anwendungsrichtlinien	47
	<i>Walter Paulus, Hartwig Roman Siebner</i>	
4.1	Sicherheitsaspekte	48
4.1.1	Epileptische Anfälle	48
4.1.2	Akute sensorische Effekte	50
4.1.3	Akute kognitive Effekte	50
4.1.4	Unerwünschte Langzeitwirkungen	51
4.2	Anwendungsrichtlinien	52
4.2.1	TMS im Einzelreiz- oder Doppelreizmodus	52
4.2.2	Repetitive TMS	52
4.3	Transkranielle Gleichstromstimulation	54
	Literatur	55

II Routinediagnostik: Kochrezepte

5	Motorisch evozierte Potenziale – Eine Einführung	59
	<i>Alain Kaelin-Lang</i>	
5.1	Einleitung	60
5.2	Allgemeine Vorgehensweise bei der Ableitung des MEP	60
5.2.1	Schritt 1: Anbringen der Oberflächenelektroden	60
5.2.2	Schritt 2: Technische Einstellungen am Ableitegerät	61
5.2.3	Schritt 3: Platzierung der Stimulationsspule über dem motorischen Kortex	63
5.2.4	Schritt 4: Wahl der Reizintensität	63
5.2.5	Schritt 5: Willkürliche Anspannung des Zielmuskels	64

5.2.6	Schritt 6: Aufzeichnung der MEP	65	8.2	Radikuläre und distale Stimulation des unteren Motoneurons	92
5.2.7	Schritt 7: Ausmessen des MEP und Berechnung des Amplitudenquotienten	66	8.2.1	F-Wellen-Methode	93
5.3	Spezialuntersuchungen.	67	8.2.2	Transkutane Magnetstimulation der lumbalen Nervenwurzeln	93
5.3.1	Entladungsverhalten einzelner motorischer Einheiten	67	8.2.3	Transkutane elektrische Stimulation der lumbalen Nervenwurzeln	93
5.3.2	Aufzeichnung der TMS induzierten Bewegung oder Muskelkraft	68	8.3	Ableittechnik	94
Literatur		68	8.4	Normwerte.	95
6	Bestimmung der zentralmotorischen Leitungszeit.	71	8.4.1	Distale periphere Stimulation mit der F-Wellen-Methode	95
	<i>Florian Müller, Ulf Ziemann</i>		8.4.2	Proximale Magnetstimulation der lumbalen Nervenwurzeln	96
6.1	Bestimmung der kortikomuskulären Leitungszeit	72	8.4.3	Proximale elektrische Stimulation der lumbalen Nervenwurzeln	96
6.1.1	Schritt 1: Auffinden des optimalen Reizortes über dem Motorkortex	72	8.5	Fallbeispiel	97
6.1.2	Schritt 2: Bestimmung der erforderlichen Reizstärke.	72	Literatur		97
6.1.3	Schritt 3: Vorinnervation des Ziel Muskels	72	9	Motorisch evozierte Potenziale der kranialen Muskeln.	99
6.1.4	Schritt 4: Messwiederholungen und Auswertung	73		<i>Peter P. Urban</i>	
6.2	Bestimmung der peripheren motorischen Leitungszeit	73	9.1	Einführung	100
6.2.1	Messmethoden	73	9.2	Stimulation der Gesichtsmuskulatur (N. facialis)	100
6.2.2	Bewertung der Methoden	74	9.2.1	Indikationen und Möglichkeiten	100
6.2.3	Praktisches Vorgehen	75	9.2.2	Untersuchungstechnik	100
6.3	Berechnung der zentralmotorischen Leitungszeit	75	9.2.3	Zentrale Fazialisparese	102
6.4	Spezialuntersuchungen: fraktionierte Leitungszeitmessungen	76	9.2.4	Periphere Fazialisparese	102
6.5	Fallbeispiel	77	9.3	Fallbeispiele	103
Literatur		78	9.4	Stimulation der Zungenmuskulatur (N. hypoglossus)	104
7	Motorisch evozierte Potenziale der Arm- und Handmuskeln	79	9.5	Stimulation der Kaumuskulatur (N. trigeminus)	105
	<i>Helge Topka</i>		9.6	Stimulation der vom N. accessorius innervierten Halsmuskeln	106
7.1	Indikationen	80	Literatur		107
7.2	Durchführung der Untersuchung	80	10	Motorisch evozierte Potenziale der axialen und proximalen Muskeln	109
7.2.1	Vorbereitung	82		<i>Andreas Ferbert</i>	
7.2.2	Bestimmung der peripher-motorischen Leitungszeit	82	10.1	Einleitung	110
7.2.3	Transkranielle Stimulation des primären motorischen Handareals	85	10.2	Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen distalen, proximalen und axialen Muskeln	110
7.3	Probleme bei der Untersuchung	87	10.3	Ableitung von speziellen Muskeln	111
Literatur		88	10.3.1	M. deltoideus	111
8	Motorisch evozierte Potenziale der Bein- und Fußmuskeln.	89	10.3.2	M. erector spinae	111
	<i>Detlef Claus</i>		10.3.3	M. pectoralis und M. latissimus dorsi	113
8.1	Transkranielle Stimulation des primären motorischen Beinareals	90	10.3.4	Diaphragma	114
8.1.1	Auffinden des optimalen transkraniellen Reizortes	90	10.3.5	M. sphincter ani externus, M. sphincter urethrae und M. bulbocavernosus	114
8.1.2	Bestimmung der erforderlichen transkraniellen Reizstärke.	92	10.3.6	Quergestreifte Muskulatur des Pharynx und Ösophagus.	115
8.1.3	Vorinnervation des Ziel Muskels	92	Literatur		115
			11	Triple-Stimulationstechnik	119
				<i>Kai M. Rösler</i>	
			11.1	Neurophysiologischer Hintergrund	120
			11.1.1	Desynchronisation der induzierten Motoneuronentladungen	120
			11.1.2	Mehrfachentladungen von Motoneuronen	120

11.1.3	Prinzip der Triple-Stimulationstechnik	121
11.2	Praktisches Vorgehen	123
11.2.1	Voraussetzungen und Grundsätzliches	123
11.2.2	Ableitung	123
11.2.3	Periphere distale Stimulation	125
11.2.4	Proximale Nervenstimulation	125
11.2.5	Transkranielle Stimulation	126
11.2.6	Bestimmung der Reizintervalle	126
11.3	Messungen und Berechnungen	126
11.4	Klinische Anwendung der Triple-Stimulationstechnik	126
11.5	Limitationen der TST	128
11.6	Fallbeispiele	129
Literatur		131
12	Transkutane Magnetstimulation peripherer Nerven	133
	<i>Christian Bischoff</i>	
12.1	Magnetsimulation peripherer Nerven	134
12.1.1	Grundlagen der peripheren Magnetsimulation	134
12.1.2	Vorteil der Magnetstimulation peripherer Nerven	134
12.1.3	Nachteile der Magnetstimulation peripherer Nerven	134
12.1.4	Hinweise zur technischen Durchführung	135
12.2	Direkte Muskelstimulation	136
Literatur		136
13	Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter	139
	<i>Florian Heinen, Verena Brodbeck</i>	
13.1	Altersspezifische Besonderheiten	140
13.1.1	Neuroanatomische und neurophysiologische Besonderheiten	140
13.1.2	Konsequenzen für die MEP-Ableitung im Kindesalter	141
13.2	Elektrophysiologische Kennwerte und praktisches Vorgehen	141
13.2.1	Bestimmung der zentralmotorischen Leitungszeit (ZML)	142
13.2.2	Bestimmung der kortikalen motorischen Reizschwelle	142
13.2.3	Organisationstyp der kortikospinalen Bahn bei Zerebralparesen und kindlichem Schlaganfall	143
13.3	Spezielle elektrophysiologische Kennwerte und praktisches Vorgehen	143
13.3.1	Interhemisphärische Hemmung	143
13.3.2	Intrakortikale Hemmung und Bahnung	144
13.4	Klinische Fragestellungen	145
13.4.1	Fazialisparese	145
13.4.2	Multiple Sklerose	145
13.4.3	Rett-Syndrom	145
13.4.4	Lähmung im Rahmen einer somatoformen Störung	145
13.4.5	Entwicklungsneurologie der kindlichen Motorik	145
13.4.6	Zerebralparesen und kindlicher Schlaganfall	146
Literatur		146

III Spezielle Diagnostik: Kochrezepte

14	Kortikale Reizschwelle	149
	<i>Friedemann Awiszus, Helmut Feistner</i>	
14.1	Vorbemerkung	150
14.2	Grundlagen kortikaler Reizschwellen	150
14.2.1	TMS-induzierte Ereignisse	151
14.2.2	Vom physiologischen zum mathematischen Problem	151
14.3	Rezepte für die Schätzung kortikaler Reizschwellen	153
14.3.1	Nicht durchführbar, obsolet und ineffizient: Leitlinienrezepte	153
14.3.2	Durchführbar, aber ineffizient: Das Mills-Nithi-Verfahren	154
14.3.3	Effizient, aber grob: Schwellenjagd mittels Bisektion	154
14.4	Interpretation kortikaler Erregbarkeits-schwellenschätzungen	155
14.4.1	Physikalische Einflussfaktoren	155
14.4.2	Physiologische, pathologische und pharmakologische Einflussfaktoren	157
14.4.3	Schwellenschätzungen unterschiedlicher TMS-induzierter Ereignisse	157
Literatur		158
15	Kortikale Innervationsstile	159
	<i>Michael Orth, Reiner Benecke</i>	
15.1	Definition und Physiologie	160
15.2	Methoden und Protokolle	161
15.2.1	TMS-Versuchsprotokoll	161
15.2.2	Auswertung	162
15.2.3	Einflussgrößen	162
15.3	Fallbeispiele	163
Literatur		165
16	Kortikale Doppelpulsprotokolle	167
	<i>Mathias Wahl, Ulf Ziemann</i>	
16.1	Doppelpulsprotokolle, die zwei überschwellige Stimuli gleicher Intensität bei langen Interstimulusintervallen verwenden (10–250 ms)	168
16.1.1	Technische Voraussetzungen zur Bestimmung der LIC1 und LICF	168
16.1.2	Bestimmung der LIC1 und LICF	169
16.1.3	Physiologische Grundlagen	169
16.2	Doppelpulsprotokolle, die einen ersten unterschwelligen und einen zweiten überschweligen Stimulus bei kurzen Interstimulusintervallen verwenden (1–20 ms)	170
16.2.1	Technische Voraussetzungen zur Bestimmung von SIC1 und ICF	170
16.2.2	Bestimmung der SIC1 und ICF	170
16.2.3	Physiologische Grundlagen	172

16.3	Doppelpulsprotokolle, die einen ersten überschwelligen und einen zweiten unterschwelligen Stimulus bei sehr kurzen Interstimulusintervallen verwenden (0,5–5 ms)	173
16.3.1	Technische Voraussetzungen zur Bestimmung der SICF	174
16.3.2	Bestimmung der SICF	174
16.3.3	Physiologische Grundlagen	174
16.4	Fallbeispiel	175
Literatur		175
17	Afferente Konditionierung	177
	<i>Monika Pötter, Hartwig Roman Siebner</i>	
17.1	Einleitung	178
17.2	Afferente Konditionierung mittels peripherer elektrischer Stimulation.	178
17.2.1	Afferente sensomotorische Hemmung kurzer Latenz	178
17.2.2	Afferente sensomotorische Hemmung langer Latenz	183
17.2.3	Zentrale reziproke sensomotorische Hemmung	184
17.3	Sonstige afferente Konditionierungsparadigmen	185
17.3.1	Afferente Konditionierung durch nozizeptive Stimulation.	185
17.3.2	Afferente Konditionierung durch mechanische Stimulation.	185
17.3.3	Afferente Konditionierung durch akustische oder visuelle Reize	186
17.4	Fallbeispiel	187
17.5	Bewertung der Verfahren.	188
Literatur		188
18	Zerebrale Konnektivität	191
	<i>Tobias Bäumer, Alexander Münchau</i>	
18.1	Methodische Überlegungen.	192
18.2	Ipsilaterale Innervationsstille (engl. ipsilateral silent period, iSP)	192
18.2.1	Methodischer Ansatz und Durchführung.	192
18.2.2	Auswertung	193
18.2.3	Technischer Bedarf.	193
18.2.4	Kommentare.	193
18.3	Doppelpulsprotokolle.	194
18.3.1	Vorbemerkungen.	194
18.3.2	Interaktion von frontalen (prämotorischen) Arealen und ipsilateralem M1	195
18.3.3	Interhemisphärische Inhibition (IHI)	196
18.3.4	Interhemisphärische Fazilitierung	196
18.3.5	Inhibition nach Konditionierung über der hinteren Schädelgrube	198
18.4	Beispiele von rTMS-Konditionierungsprotokollen.	198
18.4.1	Methodische Ansätze und Durchführung	199
18.4.2	Fallbeispiel	200
Literatur		201

19	Stimulation des visuellen Kortex	203
	<i>Thomas Kammer</i>	
19.1	Überblick über die Phänomene.	204
19.1.1	Phosphene	204
19.1.2	Visuelle Maskierung	204
19.2	Protokolle	204
19.2.1	Phosphene	204
19.2.2	Visuelle Maskierung	206
19.3	Physiologische Grundlagen	208
19.4	Fallbeispiel	208
Literatur		208
20	Transkranielle elektrische Stimulation	211
	<i>Stephan Brandt, Jan Brocke, Kerstin Irlbacher</i>	
20.1	Physiologische Grundlagen der TES	212
20.2	Durchführung	212
20.2.1	Polarität	212
20.2.2	Ausrichtung	212
20.2.3	Reizstärke und Reizdauer.	214
20.3	Anwendungsgebiete von TES	215
20.4	Sicherheitsaspekte	215
20.4.1	Tierexperimentelle Grundlagen.	215
20.4.2	Nebenwirkungen und Kontraindikationen.	216
Literatur		216
21	Intraoperatives Monitoring/Intensivmedizin	219
	<i>Andrea Szélenyi</i>	
21.1	Intraoperatives Monitoring	220
21.1.1	Zielsetzung.	220
21.1.2	Physiologische Grundlagen	220
21.2	Evozierung motorischer Potenziale und Anästhesie	220
21.2.1	Interaktion mit Anästhetika	220
21.3	Praktische Durchführung.	221
21.3.1	Indikation zum intraoperativen MEP-Monitoring	221
21.3.2	Nebenwirkungen und Patientensicherheit.	221
21.3.1	Monitoring muskulärer MEP	221
21.3.2	Kranielle Eingriffe: Muskuläre MEP	222
21.3.3	Spinale Eingriffe: Kombination muskulärer und spinaler MEP	223
21.4	Fallbeispiel	224
21.5	MEP in der Intensivmedizin	225
Literatur		225

IV Spezielle Diagnostik: Wichtige Krankheitsbilder

22	Multiple Sklerose	229
	<i>Patrick Jung, Ulf Ziemann</i>	
22.1	Pathophysiologische Grundlagen	230
22.2	Diagnostische Wertigkeit von TMS-Messwerten	231
22.2.1	Sensitivität	231
22.2.2	Spezifität	232
22.2.3	Detektion subklinischer Läsionen	232
22.2.4	Prognostischer Wert	233

22.2.5	Surrogatmarker klinischer Krankheits- progression und therapeutischer Effekte	233	25	Myelopathien	255
22.3	Fallbeispiel	234		<i>Sven Schippling</i>	
Literatur		235	25.1	Einführung	256
23	Motoneuronerkrankungen	237	25.2	MEP-Kennwerte bei Myelopathien	256
	<i>Klaus Krampfl, Reinhard Dengler</i>		25.2.1	Peripher- und zentralmotorische Leitungszeit	256
23.1	Pathophysiologische Grundlagen	238	25.2.2	MEP-Amplitude	256
23.1.1	Degeneration des 1. Motoneurons	238	25.3	Myelopathien	257
23.1.2	Degeneration des 2. Motoneurons	238	25.3.1	Kompressive zervikale Myelopathie	257
23.2	Wesentliche TMS-Messwerte bei der Untersuchung von Patienten mit Motoneuronerkrankungen	239	25.3.2	Andere Myelopathien	258
23.2.1	Zentralmotorische Leitungszeit (ZML)	239	25.4	Praktisches Vorgehen und therapeutische Konsequenzen	258
23.2.2	Kortikale Reizschwelle	239	25.5	Fallbeispiel	259
23.2.3	MEP-Amplitude	239	Literatur		260
23.2.4	MEP/M-Wellen-Quotient	239	26	Epilepsien	261
23.2.5	Triple-Stimulationstechnik	240		<i>Janine Reis, Hajo M. Hamer, Felix Rosenow</i>	
23.2.6	Kortikale Innervationsstille	241	26.1	Pathophysiologie der Epilepsien	262
23.2.7	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulus-Intervallen	242	26.2	Durch TMS bestimmbare Kennwerte kortikaler Erregbarkeit in der Epileptologie	262
23.2.8	Intrakortikale Bahnung	242	26.3	TMS-Kennwerte kortikaler Erregbarkeit bei generalisierten Epilepsien	262
23.2.9	Elektromyographische Ableitungen von einzelnen motorischen Einheiten	242	26.3.1	Motorische Reizschwellen	262
23.2.10	Ipsilaterale MEP	242	26.3.2	MEP-Amplitude	263
23.3	Korrelation pathologischer TMS-Befunde zum klinischen Verlauf von Motoneuron- erkrankungen	242	26.3.3	MEP bei konditionierender afferenter Stimulation peripherer Nerven	263
23.4	Spezifische TMS Befunde bei genetischen definierten Varianten der ALS	243	26.3.4	Interhemisphärische Inhibition	263
23.5	TMS-Messwerte unter Therapie	243	26.3.5	Kortikale Innervationsstille	263
23.6	Fallbeispiel	244	26.3.6	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen und intrakortikale Bahnung	265
Literatur		244	26.3.7	Intrakortikale Bahnung und Hemmung bei langen Interstimulusintervallen	265
24	Schlaganfall	247	26.4	TMS Kennwerte kortikaler Erregbarkeit bei fokalen Epilepsien	266
	<i>Joachim Liepert</i>		26.4.1	Motorische Reizschwellen	266
24.1	Prognose-Abschätzung	248	26.4.2	MEP-Amplitude	266
24.1.1	Einzelreiz-Stimulation der ipsiläsionellen Hemisphäre	248	26.4.3	MEP bei konditionierender afferenter Stimulation peripherer Nerven	267
24.1.2	Einzelreiz-Stimulation der kontraläsionellen Hemisphäre	248	26.4.4	Interhemisphärische Inhibition	267
24.1.3	Doppelreiz-Protokolle: Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	249	26.4.5	Kortikale Innervationsstille	267
24.2	Untersuchungen zur Pathophysiologie mittels TMS	249	26.4.6	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen und intrakortikale Bahnung	268
24.2.1	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	249	26.4.7	Intrakortikale Bahnung und Hemmung bei langen Interstimulusintervallen	269
24.2.2	Kortikale Innervationsstille	250	26.5	Einflussfaktoren und praktische Hinweise	269
24.2.3	MEP-Intensitätskurven	250	26.6	Sicherheitsaspekte bei Epilepsiepatienten	269
24.2.4	MEP-Mapping	250	26.7	Fallbeispiel	270
24.2.5	Interhemisphärische Hemmung	251	Literatur		271
24.2.6	Virtuelle Läsionen	252	27	Bewegungsstörungen	273
24.3	Therapieinduzierte Änderungen der Erregbarkeit des motorischen Kortex	252		<i>Alexander Wolters</i>	
24.3.1	MEP-Mapping	252	27.1	Pathophysiologie	274
24.3.2	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	252	27.2	Morbus Parkinson	274
24.4	Fallbeispiel	253	27.2.1	Erregbarkeit des motorischen Kortex	274
Literatur		254	27.2.2	Konnektivität des motorischen Kortex	275
			27.3	Parkinson-Syndrome	275
			27.3.1	Parkinson-Syndrom mit Parkin-Mutation	275

27.3.2	Atypische Parkinson-Syndrome	275
27.4	Dystonien	276
27.4.1	Erregbarkeit und Konnektivität des motorischen Kortex	276
27.4.2	Sensomotorische Integration	277
27.4.3	Stimulations-induzierte Plastizität	277
27.5	Hyperkinetische Syndrome	277
27.5.1	Huntington-Chorea	277
27.5.2	Essenzieller Tremor und Parkinson-Tremor.	278
27.5.3	Gilles-de-la-Tourette-Syndrom	278
27.5.4	Myoklonus	278
27.6	Fallbeispiel	278
Literatur		279
28	Zerebelläre Erkrankungen	281
	<i>Karl Wessel</i>	
28.1	Einführung	282
28.2	Änderungen der zentralmotorischen Leitungszeit bei spinozerebellären Atrophien (SCA).	282
28.2.1	SCA 1 und Friedreich-Ataxie	282
28.2.2	SCA 2, 3, 6	282
28.3	Änderung der Erregbarkeit des motorischen Kortex	283
28.3.1	Kortikale Innervationsstille.	283
28.3.2	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen und intrakortikale Bahnung	283
28.4	Zerebelläre Konditionierung eines Test-MEP über dem kontralateralen Motorkortex	285
Literatur		285
29	Migräne	287
	<i>Michael Siniatchkin, Thorsten Bartsch</i>	
29.1	Pathophysiologische Konzepte der Migräne.	288
29.2	Erregbarkeit des visuellen Kortex bei Migräne	288
29.3	Erregbarkeit des motorischen Kortex bei Migräne.	290
29.4	Ausblick.	293
29.5	Fallbeispiel	293
Literatur		294
30	Psychiatrische Erkrankungen.	297
	<i>Malek Bajbouj</i>	
30.1	Depressionen	298
30.1.1	Neurobiologische Grundlagen	298
30.1.2	TMS-Befunde	298
30.2	Schizophrenien	299
30.2.1	Neurobiologische Grundlagen	299
30.2.2	TMS-Befunde	299
30.3	Demenz vom Alzheimer-Typ.	300
30.3.1	Neurobiologische Grundlagen	300
30.3.2	TMS-Befunde	300
30.4	Zwangsstörungen	301
30.4.1	Neurobiologische Grundlagen	301
30.4.2	TMS-Befunde	301
30.5	Fallbeispiel	302
Literatur		303

V Charakterisierung von Hirnfunktionen – Methoden

31	Passagere Funktionsunterbrechung mit der transkraniellen Magnetstimulation	307
	<i>Boris Hagen Schlaak, Alvaro Pascual-Leone, Hartwig Roman Siebner</i>	
31.1	Einführung	308
31.2	Prinzip der Funktionsunterbrechung	308
31.3	Effektive Stimulation des Zielareals	310
31.4	Läsionsmodus : Einzelreizung versus Reizserie	311
31.5	Spezifität der TMS-induzierten Läsionseffekte.	312
31.6	Prolongierte Läsionseffekte nach rTMS	313
31.7	Ausblick.	314
Literatur		315
32	Neuronavigation der transkraniellen Magnetstimulation	317
	<i>Uwe Herwig, Carlos Schönfeldt-Lecuona</i>	
32.1	Positionierungsstrategien	318
32.1.1	Konventionelle Methoden	318
32.1.2	Bildgebungsgestützte Nicht-Echtzeit- Positionierung	318
32.1.3	Neuronavigation der Spule in Echtzeit	318
32.2	Stereotaktische Spulenpositionierung	319
32.2.1	Komponenten.	319
32.2.2	Durchführung	320
32.2.3	Vorteile und Grenzen	321
Literatur		321
33	Kortikale Erregbarkeit und kortikokortikale Konnektivität.	323
	<i>Mathias Wahl, Günther Heide, Ulf Ziemann</i>	
33.1	Intrakortikale und kortikospinale Erregbarkeit	324
33.1.1	Allgemeines	324
33.1.2	Erregbarkeitsänderungen vor, während und nach einer Bewegung	324
33.1.3	Erregbarkeitsänderungen bei Beendigung und Unterdrückung einer Bewegung	325
33.1.4	Erregbarkeitsänderungen bei Vorstellung und Beobachtung einer Bewegung	326
33.1.5	Die ermüdende Kontraktion	326
33.2	Kortikokortikale Konnektivität	327
33.2.1	Allgemeines	327
33.2.2	Interhemisphärische Konnektivität zwischen den primären motorischen Handarealen	328
33.2.3	Interhemisphärische Konnektivität zwischen dem dorsalen prämotorischen und dem primär motorischen Kortex.	330
33.3	Ausblick.	331
Literatur		331

34	Neuropharmakologie	333	36.4.2	Fallbeispiele	361
	<i>Ulf Ziemann</i>		36.5	TMS und PET bei neuropsychiatrischen Erkrankungen	363
34.1	Einführung	334	36.6	Ausblick	364
34.2	Beeinflussung kortikaler Erregbarkeit durch Neuropharmaka mit bekanntem Wirkmechanismus	334	Literatur		365
34.2.1	Motorische Reizschwelle	334	37	Transkranielle Magnetstimulation und funktionelle Magnetresonanztomografie	367
34.2.2	Amplitude des motorisch evozierten Potenzials (MEP)	334		<i>Jürgen Baudewig, Sven Bestmann</i>	
34.2.3	Kontralaterale kortikale Innervationsstille	336	37.1	Einführung	368
34.2.4	Intrakortikale Hemmung bei kurzen Interstimulusintervallen	337	37.2	Funktionelle MRT im Anschluss an die rTMS	368
34.2.5	Intrakortikale Bahnung	337	37.3	Funktionelle MRT während der TMS	369
34.2.6	Intrakortikale Bahnung bei kurzen Interstimulusintervallen	337	37.3.1	Methodische Aspekte	369
34.2.7	Intrakortikale Hemmung bei langen Interstimulusintervallen	338	37.4	Anwendungsbeispiele für die TMS während der funktionellen MRT	371
34.2.8	Afferente sensomotorische Hemmung kurzer Latenz	338	37.4.1	Physiologische Auswirkungen von transkraniellen Einzelreizen oder kurzen Reizserien	371
34.2.9	Zusammenfassung	338	37.4.2	Darstellung intrakortikaler Konnektivität	371
34.2.10	Kortikale Erregbarkeitsänderungen als biologischer Marker neuropharmakologischer Effekte	339	37.4.3	Klinische und neuropharmakologische Anwendungen	372
34.3	Charakterisierung des Wirkmechanismus von Neuropharmaka	339	37.5	Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren	373
34.4	Kortikale Erregbarkeitsänderungen unter chronischer Gabe eines Neuropharmakons	340	37.6	Ausblick	373
34.5	Neuropharmakologische Modulation kortikaler Plastizität	341	Literatur		374
34.5.1	Stimulationsinduzierte Plastizität	341	38	Transkranielle Magnetstimulation und tiefe Hirnstimulation	377
34.5.2	Übungsabhängige Plastizität	342		<i>Andrea A. Kühn</i>	
Literatur		342	38.1	Einleitung	378
35	Transkranielle Magnetstimulation und Elektroenzephalografie	345	38.2	Sicherheitsaspekte zur TMS bei Patienten mit Hirnschrittmacher	378
	<i>Reto Huber</i>		38.3	Studien zur Kortex-Basalganglien-Interaktion	379
35.1	Zeitlich getrennte Durchführung von TMS und EEG/MEG	346	38.3.1	Einfluss der kontinuierlichen Hochfrequenz- stimulation auf die motorkortikale Erregbarkeit	379
35.2	Simultane Durchführung des EEG während der TMS	349	38.3.2	Kortikal und peripher induzierte Effekte der Einzelreizstimulation über die implantierten Stimulationselektroden	381
35.3	Vor- und Nachteile des TMS-EEG-Ansatzes	352	38.3.3	Effekte der transkraniellen Kortexstimulation auf die neuronale Aktivität in den Basalganglien	382
Literatur		352	Literatur		383
36	Kombination von transkranieller Magnetstimulation und Positronen- emissionstomografie	355	39	Tierexperimentelle Untersuchungen	385
	<i>Martin Peller, Hartwig Roman Siebner</i>			<i>Klaus Funke</i>	
36.1	Einführung	356	39.1	Einleitung	386
36.2	Methodische Aspekte	356	39.2	Einzelzellableitungen im visuellen Kortex der Katze	386
36.2.1	Zeitliche und räumliche Auflösung der PET	356	39.3	Verhaltensexperimente zur antidepressiven Wirkung der rTMS	388
36.2.2	Interaktion zwischen TMS und PET	356	39.3.1	Fallbeispiel	389
36.2.3	Methoden zur Spulenpositionierung über dem kortikalen Zielareal	357	39.4	Einfluss der rTMS auf Lernen und Gedächtnis	390
36.3	PET-Messungen während der TMS	357	39.5	Neurotransmitterfreisetzung, Rezeptordynamik und Genexpression	390
36.3.1	Allgemeine Aspekte	357	39.5.1	Fallbeispiel	391
36.3.2	Fallbeispiele	359	39.6	Sicherheitsaspekte der rTMS – Neurodegeneration und Neuroprotektion	392
36.4	PET-Messungen im Anschluss an die TMS	360	Literatur		392
36.4.1	Allgemeine Aspekte	360			

VI Charakterisierung von Hirn- funktionen – Funktionelle Systeme

40	Handmotorik	397			
	<i>Michael Martin Weiss, Hartwig Roman Siebner</i>				
40.1	Aufgabenabhängige Modulation der kortiko- motorischen Exzitabilität	398	42.4	Charakterisierung trainingsinduzierter Veränderungen	425
40.1.1	Bewegungsbeobachtung	398	42.4.1	Einzelpuls-TMS: Lernbedingte Änderungen der kortikospinalen Erregbarkeit	425
40.1.2	Bewegungsvorstellung	399	42.4.2	Doppelpuls-TMS: Lernbedingte Änderungen der intrakortikalen Erregbarkeit.	426
40.1.3	Bewegungsauswahl und Bewegungsinitiierung	400	42.5	Motorische Rehabilitation nach Schlaganfall . .	426
40.1.4	Bewegungsausführung	400	42.6	Ausblick.	427
40.2	Kartierung kortikomotorischer Repräsentationen	400	Literatur		427
40.2.1	Praktische Durchführung.	401	43	Sprache	429
40.2.2	Fallbeispiele	402		<i>Caterina Breitenstein, Stefan Knecht</i>	
40.3	Kontextabhängige Konnektivität	403	43.1	Neurowissenschaftliche Fragestellungen.	430
40.4	Passagere Funktionsunterbrechung	404	43.2	Funktionsfördernde Effekte der TMS.	432
40.4.1	Bewegungsauswahl im dorsalen prämotorischen Kortex	404	43.2.1	Stimulation während oder kurz vor der Durchführung einer Sprachaufgabe.	432
40.4.2	Greiffunktion und visuomotorische Integration im Parietallappen.	406	43.2.2	Längeranhaltende Förderung von Spachfunktionen mit der rTMS	433
40.4.3	Funktionsunterbrechung im supplementären motorischen Areal	406	43.3	Funktionshemmende TMS-Effekte	433
40.5	Konditionierung mit der rTMS.	407	43.3.1	Stimulation während oder kurz vor der Durchführung einer Sprachaufgabe.	433
Literatur		409	43.3.2	Längeranhaltende Störung von Spachfunktionen mit der rTMS	435
41	Okulomotorik	411	43.4	TMS zur Bestimmung der funktionellen Interaktion von Gehirnregionen	435
	<i>Thomas Nyffeler, René M. Müri</i>		43.5	Zusammenfassung und Ausblick.	436
41.1	Einleitung	412	Literatur		437
41.2	Funktionsunterbrechung während einer Augen- bewegungsaufgabe bei gesunden Probanden	413	44	Somatosensorik	439
41.2.1	Kartierungsexperimente zur Lokalisation okulomotorischer Funktionen.	413		<i>Hubert R. Dinse, Patrick Ragert, Martin Tegenthoff</i>	
41.2.2	Chronometrie von relevanten Funktionen einer okulomotorischen Region	414	44.1	Einführung	440
41.2.3	Funktionsunterbrechung mit Doppelpulsen und kurzen Reizserien.	415	44.2	Spulenpositionierung	440
41.3	Konditionierende rTMS bei gesunden Probanden	415	44.3	Akute Störung der somatosensorischen Wahrnehmung	440
41.4	Interferenz während einer Augenbewegungs- aufgabe bei Patienten.	415	44.3.1	Intramodale Reizverarbeitung	440
41.5	Ausblick.	417	44.3.2	Transmodale Reizverarbeitung	441
Literatur		418	44.4	Anhaltende Beeinflussung der somatosensorischen Wahrnehmung	441
42	Motorisches Lernen.	421	44.4.1	Frequenzabhängige Konditionierungseffekte der regelmäßigen rTMS.	441
	<i>Susan Koeneke, Lutz Jäncke</i>		44.4.2	Weitere transkraniale Konditionierungs- protokolle	444
42.1	Motorisches Lernen und TMS – eine Einführung.	422	44.5	Transkraniale Modulation von sensorischen Lernprozessen.	444
42.2	Konditionierende Effekte einer rTMS auf motorische Lernprozesse.	422	44.6	Fazit und Ausblick	445
42.2.1	Niederfrequente rTMS.	423	Literatur		446
42.2.2	Hochfrequente rTMS.	424	45	Visuelle Verarbeitung	449
42.3	Akute Funktionsunterbrechung während motorischer Lernaufgaben.	424		<i>Til Ole Bergmann, Hartwig Roman Siebner</i>	
			45.1	Einführung	450
			45.2	Mentale Chronometrie des primären visuellen Kortex	450
			45.3	Visuelle Verarbeitung in höheren visuellen Arealen	450
			45.3.1	Bewegungswahrnehmung.	450
			45.3.2	Objekterkennung.	451
			45.4	Funktionelle Interaktionen zwischen visuellen Arealen	452

45.4.1	Wechselwirkungen zwischen Areal V1 und V5	452
45.4.2	Einfluss des frontalen Augenfelds auf okzipitale visuelle Areale	453
45.5	Multimodale Wahrnehmung	454
45.6	Visuelle Vorstellung	454
45.7	Ausblick	455
Literatur		457
46	Aufmerksamkeit	459
	<i>Claus C. Hilgetag</i>	
46.1	Einführung	460
46.2	Einsatzmöglichkeiten der TMS zur Aufklärung von Aufmerksamkeitsprozessen	460
46.2.1	Lokalisierung involvierter Hirnregionen	460
46.2.2	Funktionelle Spezialisierung einzelner Hirnregionen	462
46.2.3	Funktionelle Lateralisierung von Aufmerksamkeit	462
46.2.4	Chronometrie von Aufmerksamkeitsprozessen	463
46.2.5	Interaktionen zwischen Regionen des Aufmerksamkeitsnetzwerks	464
46.3	Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen an gesunden Probanden	464
46.3.1	Akute Funktionsunterbrechung während einer Aufmerksamkeitsaufgabe	464
46.3.2	Länger anhaltende Modulation von Aufmerksamkeitsprozessen	465
46.4	Untersuchung von Aufmerksamkeitsleistungen an Patienten	465
46.5	Ausblick	466
Literatur		466
47	Gedächtnis	469
	<i>Felix M. Mottaghy, Roland Sparing</i>	
47.1	Einführung	470
47.2	Sensorisches Ultrakurzzeitgedächtnis	470
47.3	Arbeitsgedächtnis	471
47.3.1	Verbales Arbeitsgedächtnis	471
47.3.2	Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis	472
47.4	Langzeitgedächtnis	474
47.5	Untersuchung von Gedächtnisfunktionen bei Patienten	474
47.6	Zusammenfassung und Ausblick	475
Literatur		475
48	Transkranielle Magnetstimulation und Schlaf	477
	<i>Farid Salih, Pascal Grosse</i>	
48.1	Einleitung	478
48.2	Methodische Aspekte	480
48.3	Änderungen der kortikomotorischen Erregbarkeit im Schlaf bei Gesunden	481
48.4	TMS bei schlafbezogenen zerebralen Erkrankungen	483
48.5	Andere experimentelle Anwendungen	485
48.6	Ausblick	485
Literatur		488

49	Emotionen	487
	<i>Nicola Großheinrich, Kristina Fast, Frank Padberg</i>	
49.1	Einführung	488
49.2	Wirkung der rTMS auf die normale Affektlage bei Gesunden	489
49.2.1	Untersuchungen mit Selbstbeurteilungsskalen	489
49.2.2	Untersuchungen mit neurophysiologischen Variablen	492
49.2.3	Neuropsychologische Untersuchungen mit emotional-kognitiven Paradigmen.	493
49.3	Wirkung der rTMS auf induzierte Emotionen bei gesunden Probanden.	494
49.4	Methodische Beschränkungen	494
49.5	Diskussion und Ausblick	494
Literatur		495

VII Induktion von Plastizität – Methoden

50	Repetitive transkranielle Magnetstimulation	499
	<i>Nicolas Lang, Hartwig Roman Siebner</i>	
50.1	Einführung	500
50.2	Effekte der rTMS auf die kortikale Erregbarkeit im motorischen System.	501
50.2.1	Bahnung und Hemmung der kortikalen Erregbarkeit	501
50.2.2	Einfluss von Pulskonfiguration und Gerätetechnik	503
50.2.3	Effekte auf die kortikale Erregbarkeit in entfernten Hirnregionen	503
50.3	Konditionierende Effekte der rTMS auf Systemebene	503
50.4	Neue Stimulationsprotokolle	504
50.4.1	Repetitive Doppelpulsstimulation	504
50.4.2	Salvenartige rTMS	505
50.4.3	Paarig-assoziative rTMS.	507
50.5	Einfluss neurobiologischer Faktoren.	508
50.6	Ausblick.	509
Literatur		509
51	Gepaarte assoziative Stimulation	513
	<i>Ulf Ziemann</i>	
51.1	Einführung	514
51.2	Gepaarte assoziative Stimulation – Induktion LTP-ähnlicher Plastizität	514
51.2.1	Reizprotokoll	514
51.2.2	Physiologische Eigenschaften von PAS-induzierter LTP-ähnlicher Plastizität	515
51.2.3	Funktionelle Relevanz PAS-induzierter LTP-ähnlicher Plastizität	517
51.2.4	Klinische Relevanz PAS-induzierter LTP-ähnlicher Plastizität.	518
51.3	Gepaarte assoziative Stimulation – Induktion LTD-ähnlicher Plastizität.	519
51.3.1	Reizprotokoll	519

51.3.2	Physiologische Eigenschaften PAS-induzierter LTD-ähnlicher Plastizität	519
51.3.3	Funktionelle Relevanz PAS-induzierter LTD-ähnlicher Plastizität	520
51.3.4	Klinische Relevanz PAS-induzierter LTD-ähnlicher Plastizität	520
51.4	Ausblick.	521
Literatur		521

52 Übungsabhängiges motorisches Lernen . 523

Cathrin Bütefisch

52.1	Einleitung	524
52.2	Charakterisierung motorischer Lernvorgänge mit der TMS	524
52.2.1	Einfluss motorischen Lernens auf die transkranial ausgelöste Bewegung	524
52.2.2	Einfluss motorischen Lernens auf die kortikomotorische Erregbarkeit.	526
52.2.3	Einfluss motorischen Lernens auf die intrakortikale Doppelpulserregbarkeit	526
52.3	Neuropharmakologische Beeinflussung des motorischen Lernens	527
52.4	Ausblick.	529
Literatur		530

53 Transkranielle Gleichstromstimulation . . 533

Michael A. Nitsche, Walter Paulus

53.1	Technische Grundlagen.	534
53.2	Praktische Durchführung.	536
53.3	Neurobiologischer Wirkungsmechanismus	537
53.4	Auswirkungen auf motorische und visuelle Hirnfunktionen	539
53.5	Klinische Effekte	540
53.6	Ausblick.	540
Literatur		541

54 Metaplastizität. 543

Ulf Ziemann, Hartwig Roman Siebner

54.1	Einführung.	544
54.2	Modulation von Plastizität durch Disinhibition	545
54.2.1	Modulation stimulationsinduzierter Plastizität durch Disinhibition.	545
54.2.2	Modulation übungsabhängiger Plastizität durch Disinhibition.	546
54.3	Modulation von Plastizität durch neuromodulierende Medikamente	546
54.3.1	Modulation stimulationsinduzierter Plastizität durch neuromodulierende Medikamente	546
54.3.2	Modulation übungsabhängiger Plastizität durch neuromodulierende Medikamente	547
54.4	Homöostatische Metaplastizität	547
54.4.1	Homöostatische Metaplastizität stimulationsinduzierter Plastizität	547
54.4.2	Homöostatische Metaplastizität zwischen stimulationsinduzierter Plastizität und nachfolgender übungsabhängiger Plastizität	549

54.4.3	Homöostatische Plastizität zwischen übungsabhängiger Plastizität und nachfolgender stimulationsinduzierter Plastizität	549
54.5	Ausblick.	549
Literatur		550

VIII Modulation von Hirnfunktionen – Therapeutische Ansätze

55 Transkranielle Kortexstimulation 555

Ahmed A. Karim, Niels Birbaumer, Hartwig Roman Siebner

55.1	Einleitung	556
55.2	Messung der kortikalen Erregbarkeit mit der TMS.	556
55.3	Neuromodulatorische Effekte der transkraniellen Kortexstimulation	556
55.3.1	Lokale Effekte auf den stimulierten Kortex.	556
55.3.2	Netzwerkeffekte im stimulierten neuronalen System	557
55.4	Konzepte zur therapeutischen Wirkung der transkraniellen Kortexstimulation	559
55.4.1	Normalisierung des regionalen Erregbarkeits- oder Aktivitätsniveaus.	559
55.4.2	Neuromodulation funktionell intakter Hirnareale	560
55.5	Methodische Aspekte der therapeutischen transkraniellen Neurostimulation	561
55.5.1	Placebostimulation	561
55.5.2	Bestimmung der optimalen Stimulationsvariablen	561
55.5.3	Bedeutung des Funktionszustandes des Kortex	562
55.6	Strategien zur Optimierung der therapeutischen Effizienz.	563
55.6.1	Optimierung der Kortexstimulation	563
55.6.2	Manipulation der kortikalen Aktivität während der Kortexstimulation	563
55.7	Schlussfolgerung und Ausblick	564
Literatur		565

56 Schlaganfall. 567

Agnes Flöel, Friedhelm Hummel, Christian Gerloff

56.1	TMS und kortikale Erregbarkeit	568
56.2	Therapiestudien	569
56.2.1	Motorisches System	569
56.2.2	Aphasie	572
56.2.3	Neglekt und Extinktion	573
56.2.4	Depression nach Schlaganfall	574
56.3	Zusammenfassung.	574
56.4	Ausblick/offene Fragen	574
Literatur		575

57	Epilepsie.	577	61.5.5	Vergleich mit der Elektrokonvulsionstherapie (EKT)	615
	<i>Frithjof Tergau, Konrad J. Werhahn</i>		61.6	Magnetkonvulsionstherapie (MKT)	617
57.1	rTMS bei Epilepsie	578	61.7	Sicherheit der rTMS	618
57.1.1	Allgemeine Vorbemerkungen	578	61.8	Ausblick.	618
57.1.2	Pathophysiologische Konzepte	578	Literatur	618	
57.1.3	Therapeutische rTMS-Studien bei Epilepsien	578			
57.1.4	Ausblick.	581	62	Andere psychiatrische Erkrankungen	621
Literatur	582			<i>Peter Eichhammer, Göran Hajak</i>	
58	Bewegungsstörungen	583	62.1	Schizophrenie.	622
	<i>Martin Sommer, Hartwig Roman Siebner</i>		62.1.1	Klinik und Pathophysiologie.	622
58.1	Einleitung	584	62.1.2	rTMS bei Schizophrenie – Positivsymptomatik	622
58.2	Morbus Parkinson	584	62.1.3	rTMS bei Schizophrenie – Negativsymptomatik	625
58.2.1	Pathophysiologischer Hintergrund	584	62.2	Angststörungen – Panikstörung	625
58.2.2	Klinische Effekte einer einmaligen rTMS-Anwendung	585	62.2.1	Klinik und Pathophysiologie.	625
58.2.3	Kumulative Effekte wiederholter rTMS-Anwendungen	587	62.2.2	rTMS bei Panikstörung	625
58.3	Andere Bewegungsstörungen	588	62.3	Posttraumatische Belastungsstörung (PTSD)	626
58.4	Offene Fragen	589	62.3.1	Klinik und Pathophysiologie.	626
58.5	Ausblick.	590	62.3.2	rTMS bei posttraumatischer Belastungsstörung	626
Literatur	590		62.4	Zwangsstörung	627
59	Tinnitus	593	62.4.1	Klinik und Pathophysiologie.	627
	<i>Christian Plewnia, Christian Gerloff</i>		62.4.2	rTMS bei Zwangsstörung	628
59.1	Pathophysiologische Grundlagen	594	62.5	Craving	629
59.2	Funktionelle Topografie.	594	62.5.1	Klinik und Pathophysiologie.	629
59.3	Experimentelle Therapie	595	62.5.2	rTMS bei Craving	629
59.4	Ausblick.	597	Literatur	629	
Literatur	597		Farbtafeln	631	
60	Schmerz	599	Sachverzeichnis.	637	
	<i>Peter Schwenkreis, Burkhard Pleger, Martin Tegenthoff</i>				
60.1	Pathophysiologisches Konzept	600			
60.2	TMS und experimenteller Schmerz.	601			
60.3	TMS und chronischer Schmerz	601			
60.4	Ausblick.	605			
Literatur	606				
61	Depressive Erkrankungen.	609			
	<i>Frank Padberg, Nicola Großheinrich, Thomas E. Schlöpfer</i>				
61.1	Einführung.	610			
61.2	Grundlagen der funktionellen Neuroanatomie	610			
61.3	Wirkung auf dopaminerge und serotonerge Systeme	611			
61.4	Antidepressive Wirksamkeit der rTMS	612			
61.5	Spezifische Anwendungen bei depressiven Erkrankungen	612			
61.5.1	Kombinationsbehandlung mit rTMS in der Primärtherapie	612			
61.5.2	rTMS bei therapieresistenten Depressionen	614			
61.5.3	rTMS bei bipolaren Erkrankungen	615			
61.5.4	rTMS bei anderen depressiven Syndromen	615			

Das TMS-Buch

Handbuch der transkraniellen Magnetstimulation

Siebner, H.R.; Ziemann, U. (Hrsg.)

2007, XXVI, 652 S., Softcover

ISBN: 978-3-540-71904-5