

初版の発行にあたって

現在では、MRIやX線CTをはじめとするいろいろな画像診断機器が発達し、脳についても鮮明な断層像を見ることができるようになりました。しかし、画像診断機器は基本的に形態診断であり、機能表示が可能であっても活性化されているおおよその部位が示されるにすぎず、時々刻々と情報処理を行っているその働きまでは見ることはできません。

脳は、それを構成する神経細胞（ニューロン）の電気的活動として機能しています。したがって、その電気現象をリアルタイムに直接とらえる脳波は、脳の機能診断の手段として画像診断が脚光を浴びる現在でも、その価値が低くなっているとはいえません。むしろ、進歩した画像診断と組み合わせることによって、これまで以上に、複雑な脳の機能を解明できる可能性をもっているといえます。しかも、脳波検査は、装置も簡単でどこでもできます。被検者に対する侵襲の心配もなく何度でも行えます。また、最近ではコンピュータを利用したデジタル式の脳波計も普及し、脳波検査がより楽なものになってきています。

しかし、非常に微小な電気信号をとらえる脳波は、十分に注意深く行わないとアーチファクトの多い信頼性の低いものになってしまいます。また、記録された脳波を判読するための知識も必要です。

このテキストは、正しい方法でより信頼性の高い脳波検査ができるようになることを目標に、脳波の原理から、波形の読み方、具体的な検査の方法まで、脳波検査に必要な知識を網羅しています。NECメディカルシステムズ研修所は長年に渡って臨床脳波検査技師さんの養成を行ってきましたが、その教育コースでは「脳波の初歩」というテキストを数10年に渡って改版を重ねながら使用してきました。今回、これまでの教育の経験をふまえ、デジタル脳波計の解説など時代に沿った新しい内容も盛り込んでこれを全面的に書きなおし、当研修所が行っている初級レベルと中級レベルのふたつの脳波研修コースでの標準テキストとして再発行いたしました。

1998年秋 NECメディカルシステムズ研修所

第4版の発行にあたって

メディカルシステムズ研修所が行う、脳波基礎コースおよび脳波マスターコース用のテキストとして、初版発行以来15年、前回の改訂から8年が経過し、その間多くの方にご利用いただきました。初版発行時はまだアナログ脳波計が中心の時代でしたが、現在ではデジタル脳波計が主流となっています。デジタル脳波計の最大の特徴は、記録終了後にリモニタージュヤリフィルタリング機能を使って疑わしい波形を条件を変えて見直すことができることです。また、てんかんのスパイクの検査に威力を発揮するSD法が可能になったことも大きな利点です。しかし、これらの機能を駆使して、よりよい脳波検査を行うためには、原理を理解し正しい使い方をする必要があります。今回の改訂にあたっては、現在のデジタル脳波計の機能を最大限に発揮して使いこなしていただくことを中心に、現時点でのできるだけ最新の情報に基づいたものを意図しました。

2013年春 メディカルシステムズ研修所

おもな内容

第1章：脳波と脳波測定法の基礎

脳波の発生機序についての電気生理的説明と、脳の機能局在、脳波が記録できる原理、電極位置と導出法までの、脳波の基礎的事項について解説しています。

第2章：脳波の読み方(1) 正常脳波と境界領域脳波

脳波の読み方について、成人の正常・境界領域・小児に分けて解説している、つぎの第3章とともに、脳波判読の基本になる部分です。

第3章：脳波の読み方(2) 異常脳波

非突発性異常脳波と突発性異常脳波について、分類と特徴を解説し、おもなてんかんの脳波を紹介しています。

第4章：賦活法

開閉眼、光、過呼吸など日常のルーチン検査で行う方法を中心に解説しています。

第5章：睡眠脳波の測定法と読み方

覚醒時の脳波とは異なる特徴をもつ睡眠脳波について、測定法と見方、および睡眠時無呼吸症候群について解説しています。睡眠段階については、従来の国際基準(R&Kマニュアル)ではなく、新しい基準に基づいて分類しています。

第6章：アーチファクトとその対策

脳波検査でもっとも問題となるさまざまなアーチファクトの種類とその対処法について解説しています。

第7章：脳波測定のしくみと脳波計

脳波測定と脳波計のしくみ、保守管理から、ME機器の安全基準まで機器について解説しています。特に、デジタル脳波計については、その原理と使い方について詳しく説明しています。

第8章：脳波検査の手引

電極装着から手技・注意事項、検査後の報告書の書き方まで、日常の検査室での実際的な方法についての手引です。

第1章：脳波と脳波測定法の基礎

1. 脳波測定 of 歴史	10
1.1 脳波の発見と脳波研究の発展	10
1.2 わが国での研究の歴史	10
2. 脳波を測定するしくみ	11
2.1 脳波電流の流れと測定の原理	11
2.2 脳波計の入力と出力	12
差動増幅器	12
脳波計では入出力が逆極性	12
記録波形は2つの電極間の差	13
3. 脳波測定のための電気生理学	14
3.1 体表面に現れる電気	14
近接電場電位	14
遠隔電場電位	14
3.2 細胞の活動電位の発生	15
細胞膜電位	15
活動電位の発生	15
3.3 神経細胞	16
3.4 神経線維での伝導	16
3.5 シナプスでの伝導	17
化学シナプス	17
興奮性シナプスと抑制性シナプス	17
4. 脳波とはなにか(脳波の基本的な性質)	18
4.2 マクロ的電位変動	18
4.1 シナプス後電位の集合	18
4.3 ばらつきの程度	19
4.4 上行性賦活系の影響	19
4.5 変動電位成分と定常電位成分	20
4.6 頭皮脳波と皮質脳波の違い	20
4.7 脳波でなにが分かるか	21
臨床脳波検査では	21
人間工学では	21
覚醒状態が重要	21
4.8 脳の構造と働き	21
機能局在と脳波	23
5. 電極の配置法	24
5.1 10/20法	24
5.2 ギブス法の併用	24
5.3 電極の省略	25
5.4 ニュートラル電極	25
6. 誘導法(導出法)	26
6.1 基準電極誘導法(基準電極導出法:Referential derivation)	26
基準電極誘導法の種類	26
(1) 耳朶基準法	27
(2) AV法(Average referential derivation);平均基準電極法	27
(3) BNE(BN)法(Balanced noncephalic referential derivation);平衡型頭部外基準電極法	28
(4) SD法(Source derivation);電源(発生源)導出法	30
6.2 基準電極の活性化	31
基準電極の活性化に注意すべき場合	32
6.3 双極誘導法(双極導出法:Bipolar derivation)	33
極性反転法	33
日本臨床神経生理学会の標準モニタージュ	34
6.4 各誘導法の比較	35
6.5 デジタル脳波計の活用	44

第2章 脳波の読み方(1) 正常脳波と境界領域脳波

1. 脳波の波形の測り方と分類	48
1.1 脳波の極性	48
1.2 脳波の波形の計測法	48
1.3 周波数による分類	49
2. 成人の正常脳波	50
2.1 正常脳波の範囲	50
2.2 α 波	50
α 波と覚醒条件の関係	50
2.3 β 波	51
β 波の分布と増減	51
2.4 θ 波および δ 波	51
2.5 開閉眼時の各周波数成分の比較	55
2.6 開閉眼時の α 波と β 波の比較	58
3. 境界領域の脳波	60
3.1 正常脳波に分類される脳波	61
(1) posterior triangular waves (後頭三角波 または posterior slow waves:後頭部徐波)	61
(2) Fm θ (frontal midline θ rhythm(前頭正中中部 θ リズム))	61
(3) lambda wave (ラムダ波)	61
(4) Positive occipital sharp transient of sleep (POSTs) (睡眠時後頭部一過性陽性鋭波)	61
(5) Hypnagogic hypersynchronous θ wave (入眠期過同期性 θ 波)	61
(6) Alternate spindle(alternation)	61
(7) μ rhythm (μ リズム、 μ 波)	61
3.2 正常脳波に分類されやすい脳波(境界脳波)	62
(1) 左右差のある μ rhythm(ミューリズム、アルソー波)	62
(2) Mitten pattern	62
(3) sss(小鋭棘波:small sharp spike)	62
(4) Pseudo petit mal	62
(5) Diffuse α pattern (広汎性 α)	62
(6) Alternate spindle(alternation)	62
(7) Prolonged spindle (持続が長い紡錘波)	62
3.3 異常波なのに正常脳波に分類されることがある脳波	63
(1) 14&6Hz positive burst(14&6Hz 陽性群発)	63
(2) 前頭部陰性相 14&6Hz 陽性群発	63
(3) 6Hz spike & slow wave complex(6Hz 棘波徐波複合 Phantom S-W)	63
(4) Extreme spindles (過剰紡錘波)	63
(5) Irritable β wave	64
(6) Rhythmic temporal theta burst of drowsiness (入眠期律動性側頭部 θ 群発) Psychomotor variant (精神運動発作異型)	64
3.4 加齢に伴い出現率が増加する脳波	65
(1) kappa(κ)波 (κ 律動)	65
(2) 律動性側頭部 θ 群発 burst of rhythmical temporal theta(BORTT)	65
(3) Wicket spike (ウィケット棘波)	65
(4) Temporal slow waves of the elderly (TSE;側頭部間欠性徐波)	66
(5) TMSSA(Temporal minor slow and sharp activity)	66
(6) Subclinical rhythmic electroencephalographic discharge of adults (SREDA ; 成人潜在性律動性脳波発射)	66
(7) Anterior Bradyrhythmia (AB;律動性前頭部 δ 波)	66
4. 小児脳波	99
4.1 小児脳波の測定上の注意	99
4.2 各年齢の波形	99

第3章 脳波の読み方(2) 異常脳波

1. 異常脳波の分類	116
1.1 出現のしかたによる分類	116
1.2 出現する部位による分類	116
2. 非突発性異常脳波(基礎律動の異常)	117
2.1 α 波の異常	117
2.2 β 波の異常	117
2.3 θ 波の異常	117
2.4 δ 波の異常	117
IRDA	117
2.5 重篤な脳波	118
3. 周期性放電(Periodic discharges)	118
(1) 周期性同期性放電 periodic synchronus discharges (PSD)	118
(2) 周期性一側性てんかん様放電 periodic lateralized epileptic form discharges (PLEDs)	118
(3) 両側独立性周期性一側性てんかん様放電 bilateral independent periodic lateralized epileptic form discharges (BIPLDs)	118
(3) 三相性波 triphasic waves	118
4. 突発性異常脳波	129
4.1 スパイクの陰性と陽性	129
(1) 陰性スパイク群	129
(2) 陽性スパイク群	129
4.2 突発性異常脳波の種類と特徴	129
(1) 棘波 spike	129
(2) 棘徐波複合 spike & slow wave complex	129
(3) 多棘波 multiple spikes または poly spikes	129
(4) 鋭波 sharp wave	130
(5) 14&6Hz 陽性群発 14Hz&6Hz positive burst	130
(6) 6Hz 棘波徐波複合 6Hz spike & slow wave complex(Phantom s-w)	130
4.3 鏡像焦点 Mirror focus	131
5. てんかんの脳波	133
5.1 てんかんの定義	133
5.2 てんかんの脳波検査の注意点	133
5.3 てんかんの分類	133
5.4 おもなてんかんの脳波	133
乳児期 (infantile period = 言葉が喋れない時期 1ヶ月~18ヶ月)	134
(1) 早期ミオクロニー脳症	134
(2) 早期乳児てんかん性脳症	134
(3) West 症候群	134
(4) 良性乳児けいれん・胃腸炎に伴うけいれん	134
幼児期 (18ヶ月以降)	134
(5) 熱性けいれん (1~2才)	134
(6) Lennox-Gastaut 症候群	134
学童期	135
(7) 小児欠神てんかん(ピクノレプシー)	135
(8) パナイオトポーロス症候群	135
(9) 中心・側頭部に棘波をもつ良性小児てんかん	135
思春期以降	135
(10) 側頭葉性てんかん	135
(11) 若年ミオクロニーてんかん	135
(12) 光過敏性てんかん(TV てんかん)	136
(13) ジャクソンてんかん	136
(14) 覚醒時大発作てんかん	136
Negative myoclonus	136

第4章 賦活法

1. 賦活法の意味	154
2. 開閉眼試験(Eye opening test)	154
2.1 開閉眼の目的	154
2.2 開閉眼のやり方	154
40秒間開眼の根拠	154
2.3 開閉眼の効果	155
(1) α 波の抑制(α -attenuation, α -blocking)	155
(2) ミュー律動(μ -rhythm)の判定	155
(3) 光 on, off 反応	155
(4) リラクゼーション効果	155
(5) 瞬目関連後頭部棘波(Blink related occipital spike: BROS)の発見	155
3. 過呼吸賦活(Hyper ventilation:HV)	162
過呼吸賦活を行うタイミング	162
3.1 過呼吸のやり方	162
3.2 過呼吸の効果	163
(1) build up(高振幅徐波化)	163
(2) 3Hz spike & slow wave complex (3Hz 棘徐波複合)	163
(3) 棘波や不規則棘徐波複合の出現	163
4. 閃光刺激(Photic stimulation:PS)	170
4.1 閃光刺激のやり方	170
4.2 閃光刺激の効果	170
(1) 光駆動反応(Photic driving)	170
(2) 発作波の出現	170
5. 睡眠賦活	174
5.1 睡眠賦活のやり方	174
6. 薬物賦活	174
7. 音刺激	174
8. その他の賦活法	174

第5章 睡眠脳波の測定法と読み方

1. 睡眠脳波の検査法	182
1.1 睡眠脳波の検査法	182
1.2 電極配置と誘導	182
(1) 脳波 (EEG)	182
(2) 眼球運動 (EOG)	183
(3) 筋電図 (EMG)	183
1.3 記録法	183
2. 睡眠脳波の読み方	184
2.1 睡眠段階と睡眠周期	184
2.2 各睡眠段階と脳波	185
(1) Stage W (SW; 覚醒期)	185
(2) Stage NREM1 (N1; 入眠期)	185
(3) Stage NREM2 (N2; 軽睡眠期)	185
(4) Stage NREM3 (N3; 深睡眠期)	185
(5) Stage REM (SR; レム睡眠期)	185
3. 睡眠障害	190
3.1 睡眠時無呼吸症候群 SAS:sleep apnea syndrome	190
無呼吸の種類と判定	190
(1) 閉塞性無呼吸(obstructive apnea)	190
(2) 中枢性無呼吸 (central apnea)	190
(3) 混合性無呼吸 (mixed apnea)	190
(4) 低呼吸 (hypopnea)	190
(5) チェーンストークス呼吸 (Cheyen-Stokes breathing)	190

3.2 睡眠時周期性四肢運動 (PLMS:Periodic Limb Movements in Sleep).....	191
睡眠時周期性四肢運動の検査法.....	191
周期性脚動 (PLM) の定義.....	191
3.3 睡眠のリズムがずれる睡眠覚醒障害.....	191

第6章 アーチファクトとその対策

1. 生体に由来するアーチファクト.....	198
1.1 筋電図.....	198
1.2 心電図.....	201
1.3 脈波.....	205
1.4 眼球および眼瞼の動き.....	206
(1) 正常な動き.....	206
(2) 異常な動き.....	206
1.5 発汗.....	206
1.6 体動.....	206
1.7 入れ歯.....	206
2. 電極によるアーチファクト.....	212
2.1 電極の装着不良.....	212
2.2 分極電圧の影響.....	212
2.3 電極コードの断線しかかり.....	212
2.4 電極コードの揺れ.....	212
3. 外部から入るアーチファクト.....	213
3.1 交流障害 (ハム).....	213
(1) 現れ方による違い.....	213
全チャンネルに入る場合.....	213
特定のチャンネルに入る場合.....	213
(2) 入る原因による違い.....	214
洩れ電流.....	214
静電誘導.....	214
電磁誘導.....	214
3.2 他の機器からの影響.....	214
3.3 静電気.....	214

第7章 脳波測定のおくみと脳波計

1. 脳波測定のおくみ.....	218
1.1 脳波電流の流れとその検出.....	218
1.2 インピーダンスと抵抗.....	218
1.3 脳波計での増幅.....	218
2. 電極の性質と扱い方.....	219
2.1 接触インピーダンス.....	219
2.2 アーチファクトに対する電極の影響.....	219
2.3 交流障害に対する影響.....	219
2.4 分極電圧.....	220
銀電極のエージングの方法.....	220
3. アナログ脳波計の構成と原理.....	221
3.1 脳波信号の範囲.....	221
3.2 各部分の動作.....	221

4. 脳波計の要素	222
4.1 差動増幅器	222
4.2 同相分弁別比 (CMRR)	222
4.3 差動増幅器を生かすには	223
4.4 フィルタの特性と使い方	224
(1) 高域フィルタ (HFF)	224
(2) 低域フィルタ (LFF)	224
(3) RAPID フィルタ (RPD)	224
(4) 交流フィルタ (NOTCH, AC, HUM)	224
5. デジタル脳波計の特徴と原理	227
5.1 デジタル脳波計の特徴	227
5.2 デジタル脳波計活用のポイント	228
(1) リモニタージュの活用	228
(2) SD 法の活用	228
5.3 デジタル脳波計使用上の注意	229
5.4 デジタル脳波計の構成	229
5.5 脳波信号の取込みとシステムリファレンス	230
システムリファレンスの選択	230
5.6 信号のデジタル化とサンプリング	231
低域遮断フィルタ	231
サンプリング (標本化)	231
サンプリング周波数	231
エイリアシング	231
サンプリング周波数による制限	232
アンチエイリアシングフィルタ	232
記録媒体へのサンプリング周波数	233
データのビット数と振幅分解能	233
5.7 デジタル脳波計のその他の構成要素	234
記録媒体への記録方式とリモニタージュ	234
エレクトロードモード (電極モード)	234
モニタージュモード (チャンネルモード)	234
記録時のデータ量 (メモリ容量)	234
5.8 デジタル的な脳波の解析	235
(1) 周波数成分分析	235
(2) マッピング (トポグラフィ)	235
解析を行う時の注意	235
解析結果の例	235
5.9 電子媒体でのデータ保管の注意点	239
6. 脳波計の点検整備	239
6.1 測定前の準備	239
6.2 フィルタ特性の確認	239
6.3 デジタル脳波計のチェック	240
6.4 ペンの調整	241
6.5 測定後の後始末と日常の点検	241
7. 安全の知識	242
7.1 生体の電気的特性	242
7.2 マクロショックとマイクロショック	242
(1) 級 (クラス) 別分類	243
(2) 型別分類	243
7.3 機器の安全基準	243
7.4 アース	244
アースの役目	244
正しいアースの取り方	244

7.5 等電位化接地 (EPR システム)	245
7.6 図記号	245
7.7 携帯電話等の扱い	246
携帯電話の扱い	246
PHS の扱い	246
ペースメーカーに対する注意	246

第8章 脳波検査の手引

1. 脳波検査の注意	248
1.1 脳波記録の条件	248
よい脳波を記録するための10ヶ条	248
1.2 検査室の準備と被検者への接し方	249
(1) 検査室の雰囲気と準備	249
(2) 被検者への説明	249
(3) 賦活法の説明	249
(4) 女性の被検者	249
(5) 小児の被検者	249
(6) 抗てんかん薬	249
1.3 検査中の注意	249
(1) 被検者への注意	249
(2) 賦活中の注意	250
(3) 睡眠の注意	250
1.3 終了後の注意	250
(1) 検査後の注意	250
(2) 賦活後の注意	250
(3) 電極装着後の後始末	250
2. 電極の種類と装着法	250
2.1 皿電極	250
2.2 皿電極の装着法	251
2.3 10/20法の電極装着の手順	252
2.4 キャップ式電極	253
キャップ式電極の装着法	253
2.5 その他の電極	254
3. 脳波検査の手順	255
3.1 準備	255
3.2 記録	255
3.3 事後処理	257
3.4 検査終了	257
4. 脳波報告書の書き方	258
4.1 基礎律動 (背景活動)	258
4.2 基礎律動の異常	259
4.3 突発性異常波	259
4.4 賦活による変化	260
4.5 判定・コメント	260
脳波検査所見報告書の一例	260
5. 参考文献	262
5.1 引用および参考文献	262
5.2 参考図書	262

付録

日本臨床神経生理学会 改訂臨床脳波検査基準	264
索引	287