

脳波を楽しく読むためのミニガイド

臨床神経生理 飛松省三

2001年2月1日 全面改訂第2版

脳波をただの波形分析として捉えると退屈で面白くありません。脳機能のダイナミクスを知るには以下の最小限度の事を頭に入れておくと楽しく脳波を読めるようになるのではないのでしょうか。

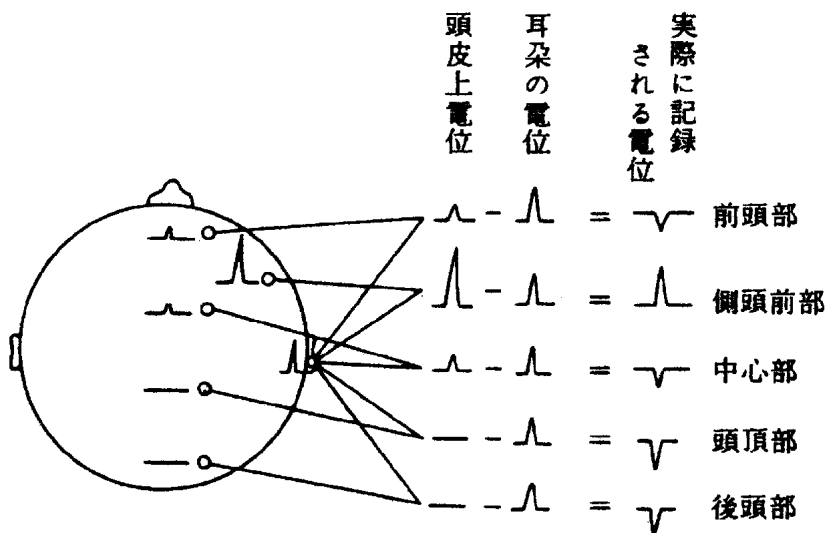
脳波でよく使われる表現を覚えましょう

- 1) 律動、律動的 rhythm, rhythmic
- 2) 活動 activity
- 3) 覚醒度 vigilance
- 4) 同期 vs 非同期 synchronous vs asynchronous
- 5) 間欠的 vs 持続的 intermittent vs continuous (persistent)
- 6) まれに rare, 時に occasional, しばしば frequent
- 7) 低振幅 (low amplitude) $< 20 \mu V$
 中等振幅 (moderate amplitude) $20 \mu V \sim 80 \mu V$
 高振幅 (high amplitude) $80 \mu V >$
- 8) 棘波 (spike): 持続 $< 80 \text{ msec}$ 、鋭波 (sharp wave) $80 \text{ msec} >$

導出法の特徴をつかみましょう

- 1) 基準電極導出 (referential or monopolar derivation)

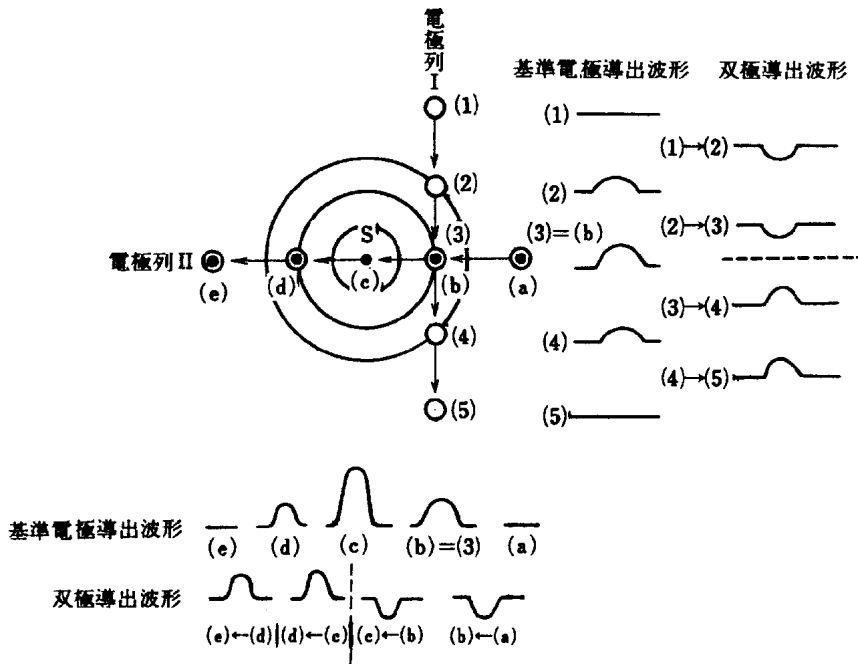
耳朶を基準とするので、左右差、半球性の異常をみつけやすい。必ずしも耳朶の電位は0ではない(活性化)！側頭葉てんかんでは耳朶の活性化が起こりやすい。



耳朶の基準電極の活性化を示す模式図

2) 双極導出(bipolar derivation)

2つの電極の電位差をみる(相対振幅)ので、位相反転(phase reversal)により局所性(or 限局性)の異常をみつけやすい。

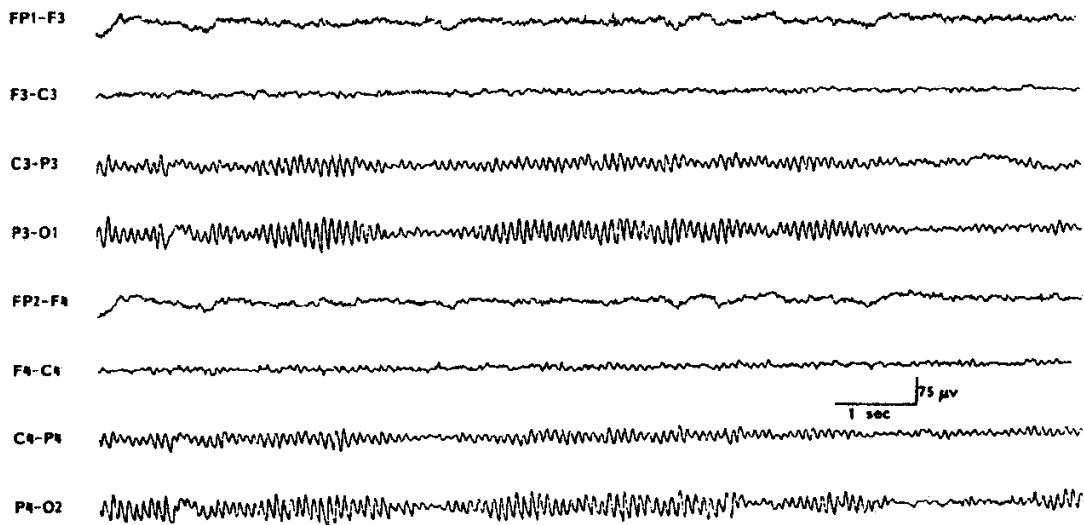


直交する二つの連続双極導出法による局在づけ(十字導出法)

以下の活動に注目してみましょう

1) 優位律動 (dominant rhythm)

正常成人(25~65歳)では、9~11Hzの波で後頭部優位に出現する。1Hz以内の変動で、それを超すと不規則に見える(organizationが不良)。



"Spindle-shaped" alpha rhythm in a 17-year-old boy.

2) 背景脳波活動 (Background activity)

優位律動以外の活動。正常では drowsy にならない限り、は出現しない。

3) 発作波 (Paroxysmal waves)

背景活動から浮き立つ波。棘波、鋭波、棘徐波結合、徐波バーストなど。

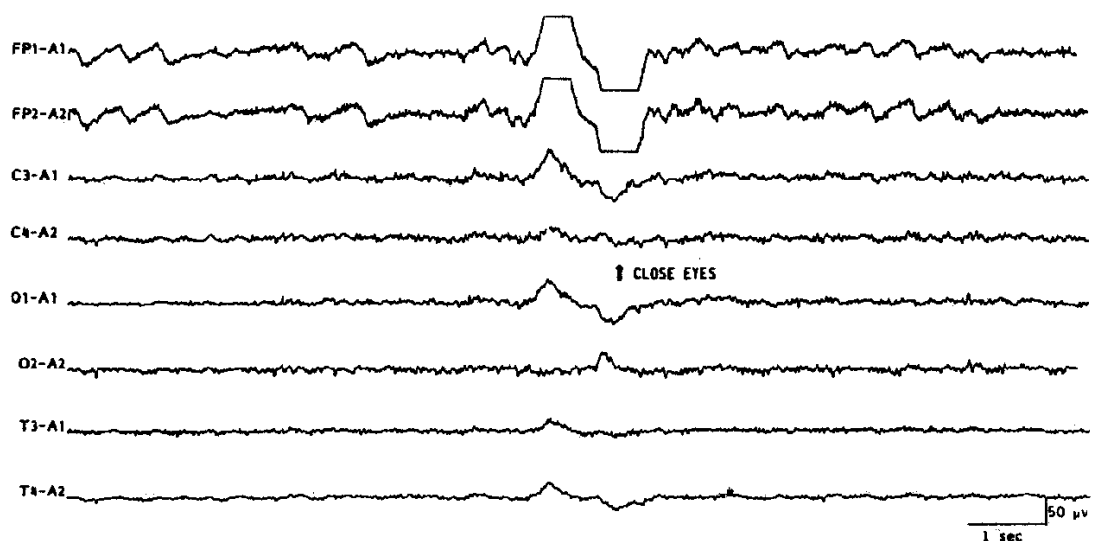
脳波判読の実際の手順は以下のようにしてみましょう

1) 較正(calibration)の確認

- (1) 紙送りスピード (paper speed): 3 cm/sec
- (2) 基線 (baseline)
- (3) ペンの配列 (pen alignment)
- (4) ペン圧 (damping): ペン圧が低いとオーバーシュートする。
- (5) 感度 (sensitivity): 振幅 50 μ V/5 mm
- (6) 時定数 (time constant, TC): 低周波数フィルター、TC= 1/2 F (F: 周波数)
0.3 秒の時 0.53Hz、0.1 秒の時 1.59Hz 以下の波がカットされる。
- (7) 高周波数フィルター (60 or 30 Hz)

2) 優位律動の分析

(1) 基準電極導出での O1, O2 のチャンネルをみる。振幅、周波数、左右差、modulation (waning & waxing)、organization をみる。この際、覚醒度が高いと思われる記録をみる。1 ページ目で 波がみられない時は病的意識障害か drowsy になっているので、開閉眼をさせたところをみる。徐波の混入がなければ正常とみなす。数%の人で 波に乏しい低振幅速波パターンを呈することがある。



Low-amplitude tracing with virtual absence of alpha rhythm in a 38-year-old woman with migraine headaches.

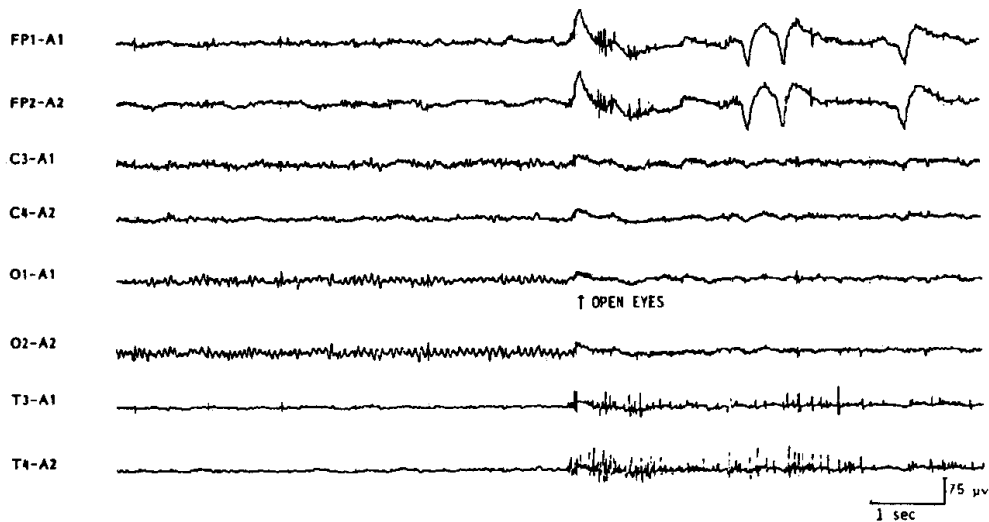
(2) 双極導出で分布をみる。正常の分布は双極導出により T5 (T6)、 P3 (P4) まで。

3) 背景脳波の分析

優位律動以外の活動がないかをみる。徐波あるいは棘波がある時はその分布が両側性か半球性か限局性かを 基準電極導出で大まかにつかんだ後、双極導出でその分布を検討する。

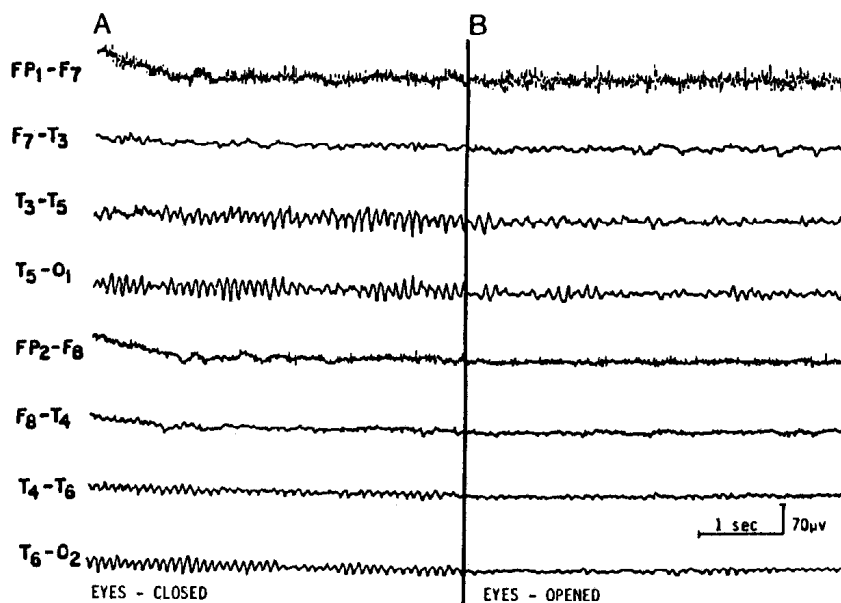
4) 脳波の賦活法

(1) 開閉眼: -blocking が起こる (脱同期 desynchronization による)。drowsy の時には paradoxical が出現。



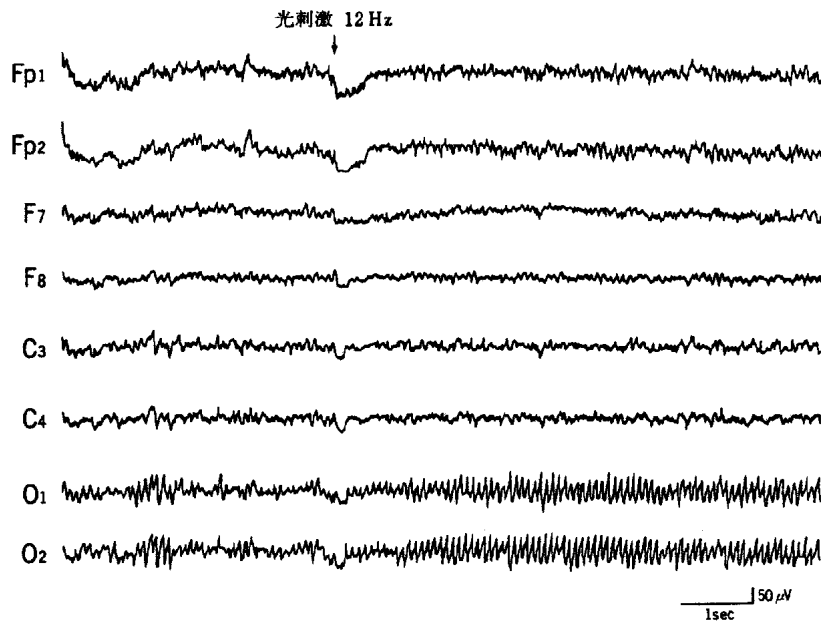
Fast frequency alpha rhythm (11-14 Hz) in a 34-year-old man shows slightly higher amplitude over right occipital region. Blocking is seen with opening of eyes.

一側で抑制が欠如する場合はその半球が異常。



Ipsilateral alpha activation in a 47-year-old man with left temporal low-grade glioma. Note the less well-modulated, sharply contoured, and slightly slow alpha on the left side showing reduced reactivity to eye opening.

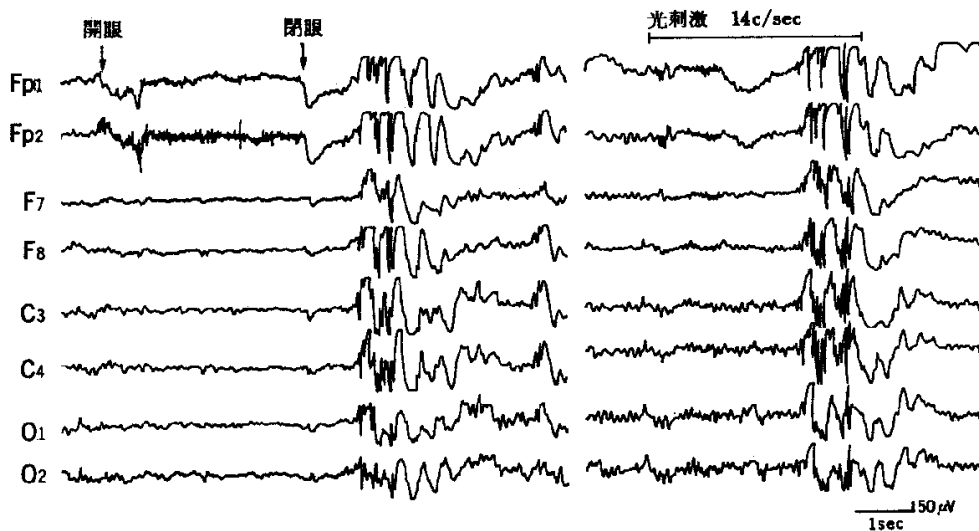
(2) 光刺激: 光駆動(photic driving)が起こる。誘発反応であり、刺激頻度と同じかもしくはその倍の反応がみられる。正常人でも出現しないことがある。一側性に出現しない時はその部の半球が異常。



正常人における光駆動反応

E. T. 22 歳男性. 12 Hz の閃光刺激により, 後頭部の α 波に著明な driving がみられる。

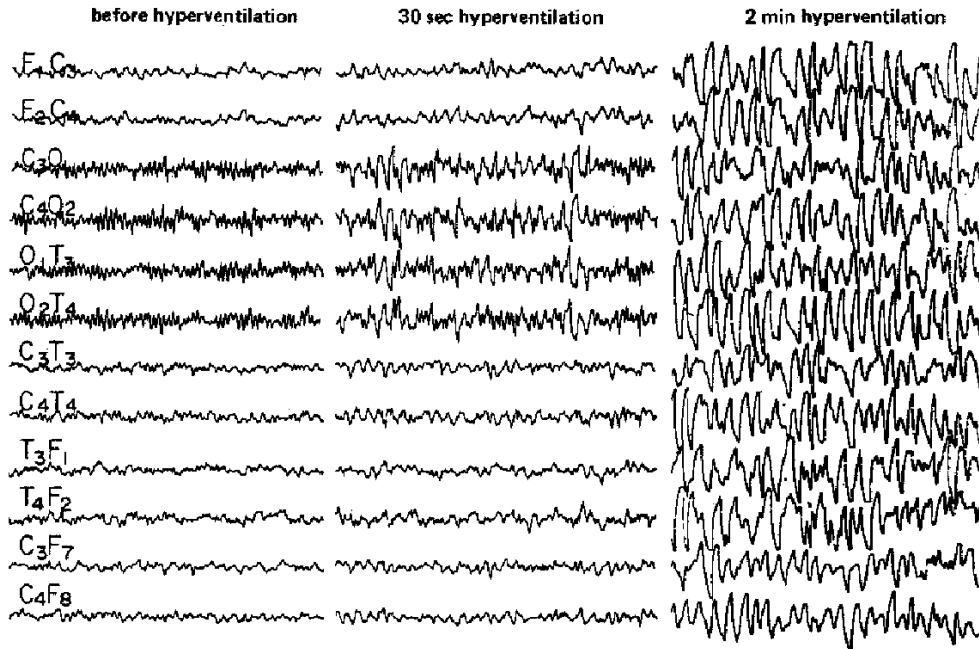
光過敏性がある場合は、photoparoxysmal response が出現。Photomyogenic response は病的意義なし。



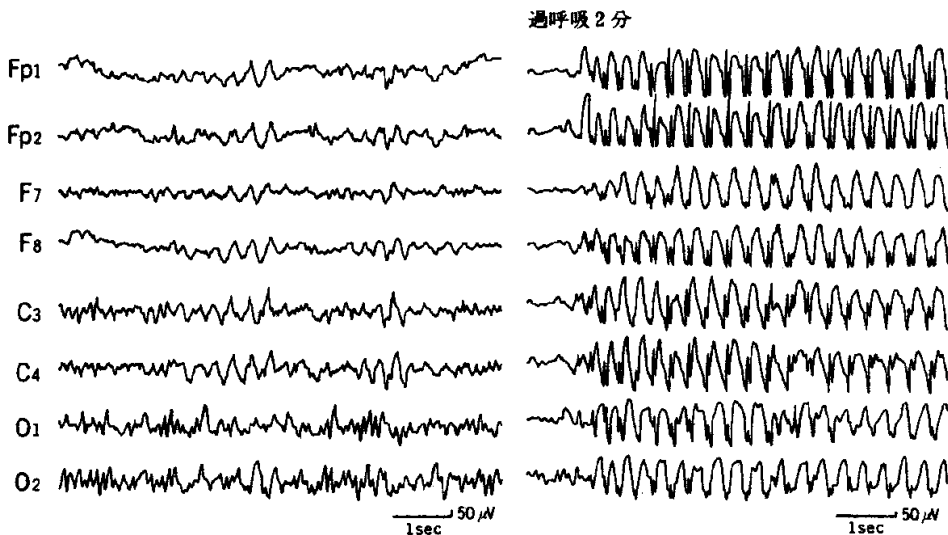
開閉眼および光刺激による突発波の賦活

S.A. 14 歳男子, 全般性強直間代発作. とくに光刺激により臨床発作が誘発されることは気づかれていない。安静時脳波には, 軽度の全般性徐化のほか異常はみられないが, 開眼したあと閉眼した直後に広汎性不規則性棘・徐波複合, 多棘・徐波複合が出現することが多い。同様な突発波は, 閃光刺激によっても誘発される。

(3) 過呼吸: 1 分間に 20 回、3 分間行う。呼吸性アルカロシースにより脳血管が収縮し、徐波化(build-up)。成人では小児に比べ build-up が少ない。モヤモヤでは rebuild-up。



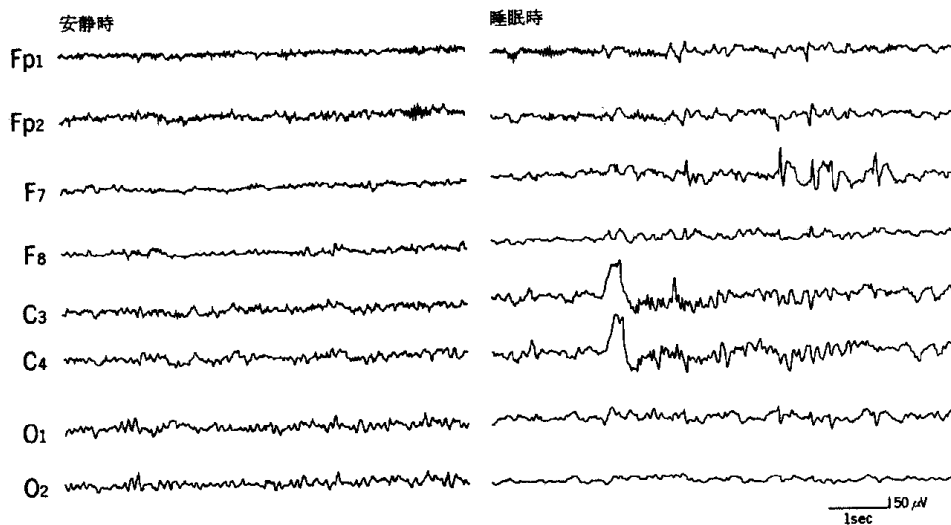
発作波の賦活などが起こる。



欠神発作における過呼吸賦活法の効果

S.I. 12 歳男子, 欠神発作 7 歳頃から 1 日数回の欠神発作があり, 発作中ときおり咀嚼運動がある。脳波の左図は安静時脳波で, 発作間欠時に出現する 3 Hz の律動性徐波を示し, 右図は臨床発作時の 3 Hz spike-and-slow-wave rhythm を示す。

(4) 睡眠賦活: 棘波が賦活されやすい。

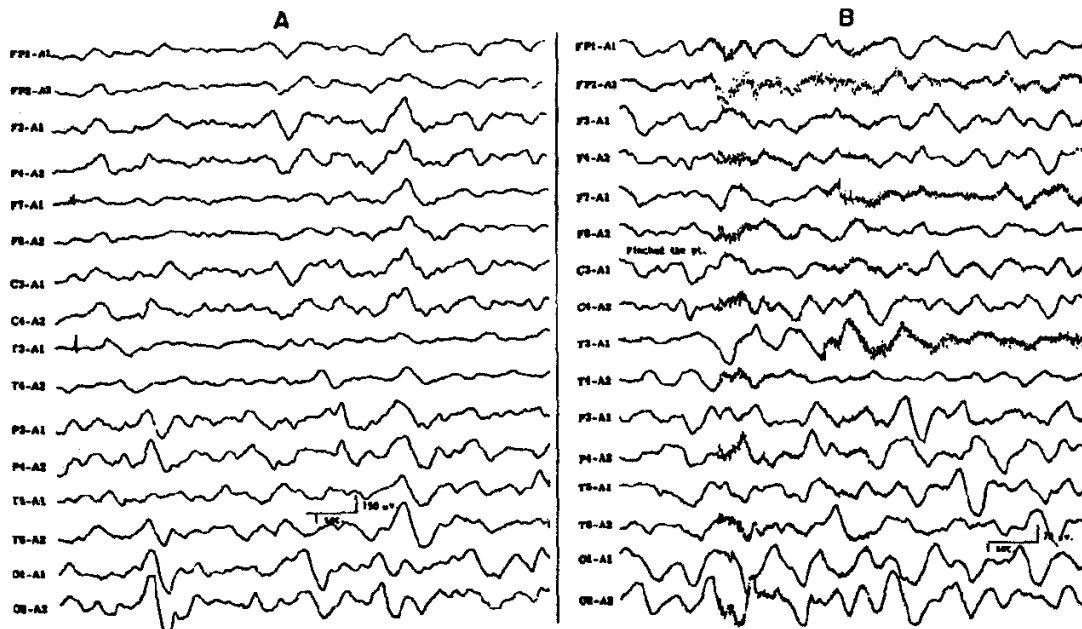


睡眠賦活法の効果

K. F. 10歳男子, 複雑部分発作+強直間代発作. 覚醒安静時(左)には突発波はみられないが, 自然睡眠時(右)には, 左側頭前部導出に陰性棘波, および棘・徐波複合が散発性に出現する.

(5) 音刺激: 背景脳波の変化などをみる。

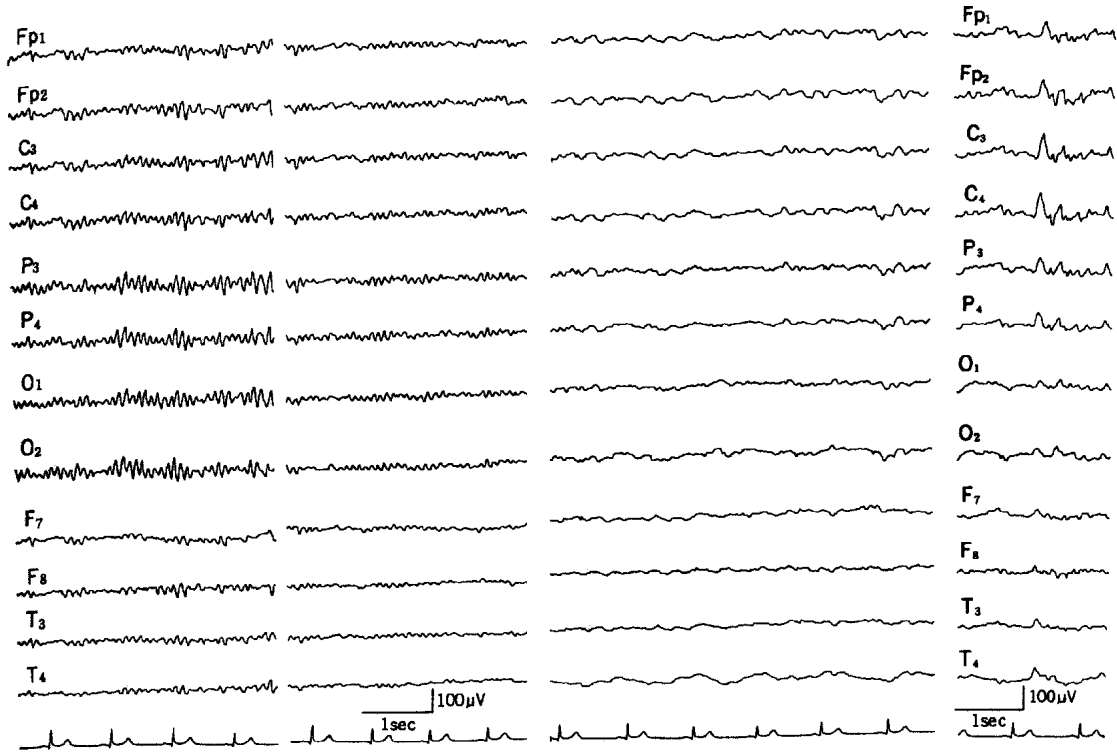
(6) 痛み刺激: 意識障害、脳死の時に行う。重篤な意識障害では、反応がない。軽い意識障害の時は paradoxical arousal pattern がみられる。



“Paradoxical” arousal or “alerting” response in a 3-year-old patient with viral meningoencephalitis. Painful stimulation produced more prominent slowing of the background (B).

異常と間違いやすい生理的リズム

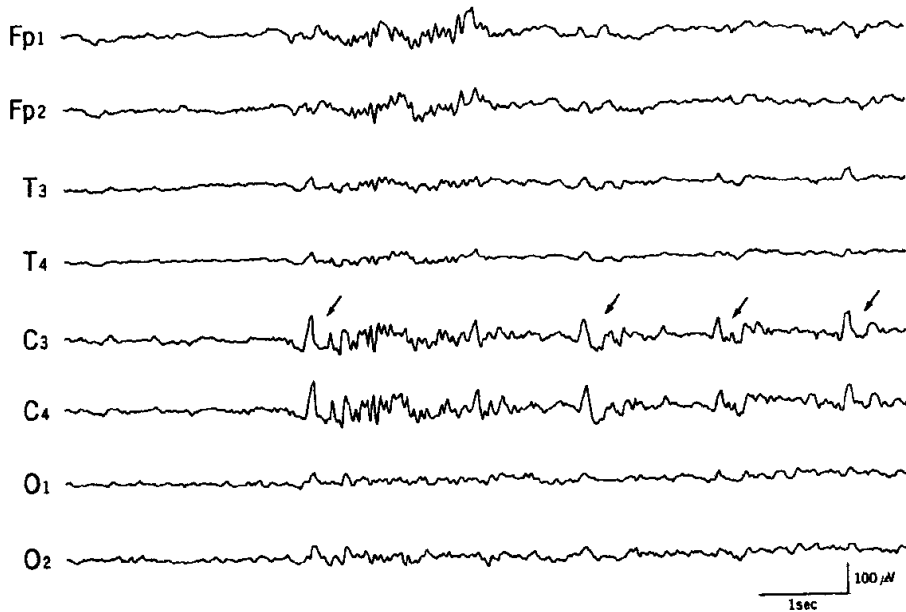
1) Vertex sharp transients: 睡眠 I 期に出現。Vertex を中心に高振幅の鋭波。



正常睡眠脳波 — 覚醒段階(左)と睡眠第1段階への移行期(入眠期)(右) α 波の振幅が低下し, α 波の周波数もやや遅くなり, α 波がしだいにとぎれてくる。

正常睡眠脳波 — 睡眠第1段階
右端では頭蓋頂鋭波が出現しはじめています。

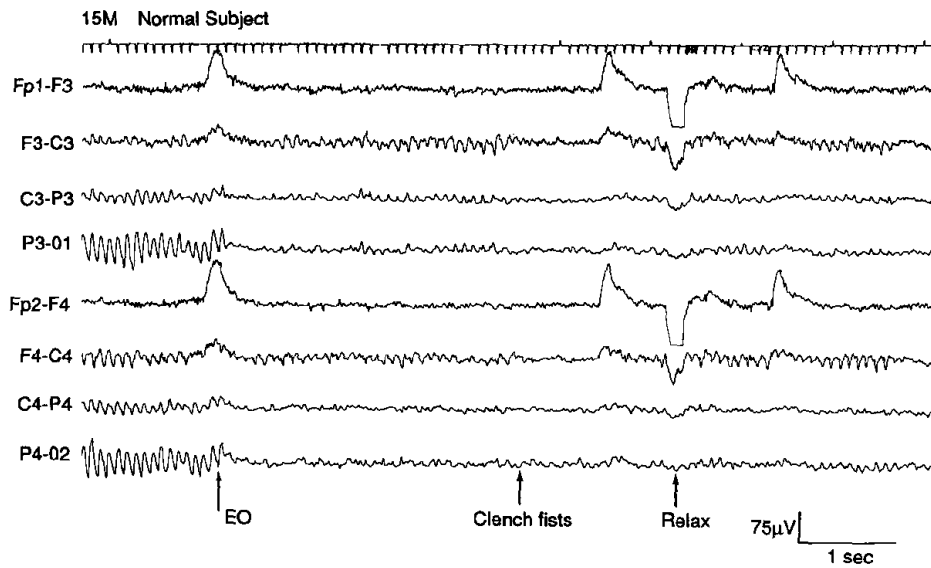
紡錘波(spindle: 14 Hz, 持続 0.5 ~ 1 秒)をともなうと 睡眠 II 期。



第1段階, 第2段階移行期

頭蓋頂鋭波(矢印)が連続的に出現する時期と, 比較的平坦な波型の時期とが交互に出現する。最初の鋭波には紡錘波を伴っている。

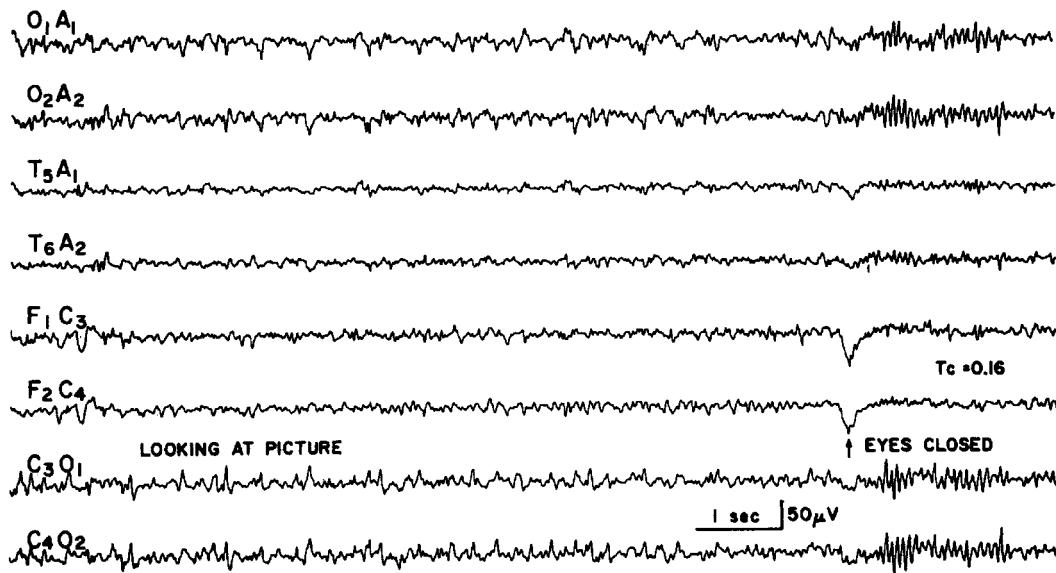
2) Mu rhythm: 開眼時に C3, C4 に非対称に出現。反対側の手を握らせると消失。



Mu activity in a normal 15-year-old subject. This segment demonstrates persistence of mu during alpha rhythm blocking by eye opening (EO). The mu rhythm attenuates when the youngster clenches his fists; it returns when he relaxes.

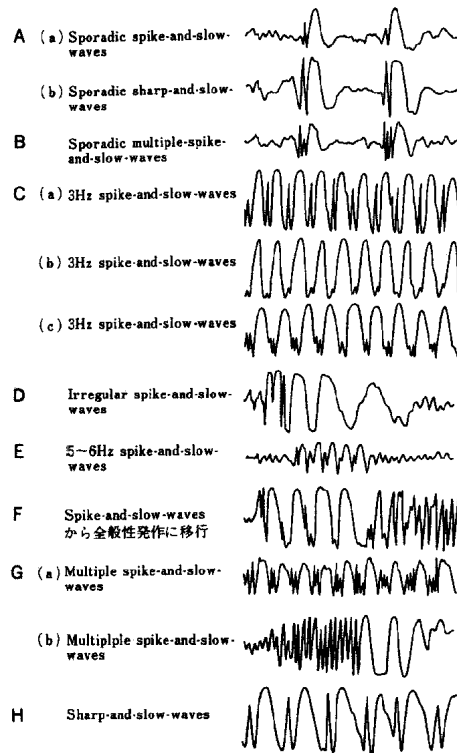
3) 若年性後頭部徐波 (posterior slow wave of youth): 後頭部にみられる徐波で開眼により抑制

4) ラムダ波: 開眼時に後頭部に出現



B: (See legend facing page.)

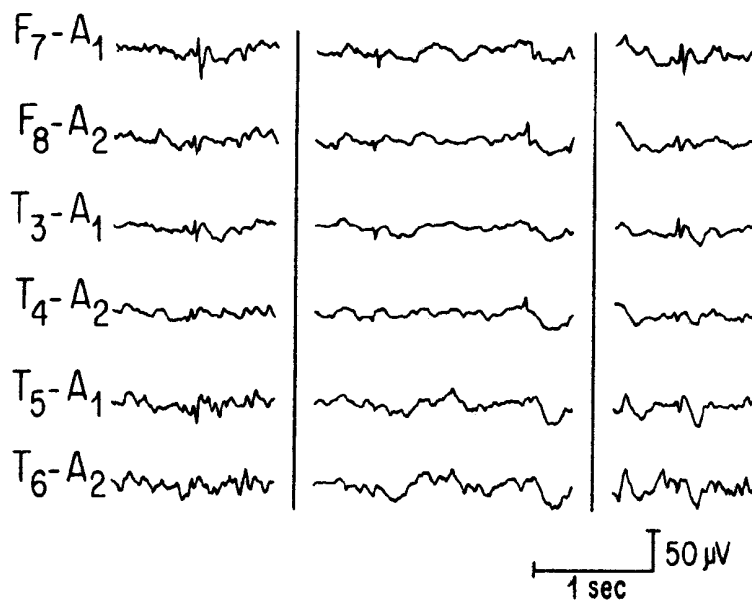
てんかん発作波



Spike-and-slow-wave complex と sharp-and-slow-wave complex の種類と出現様式

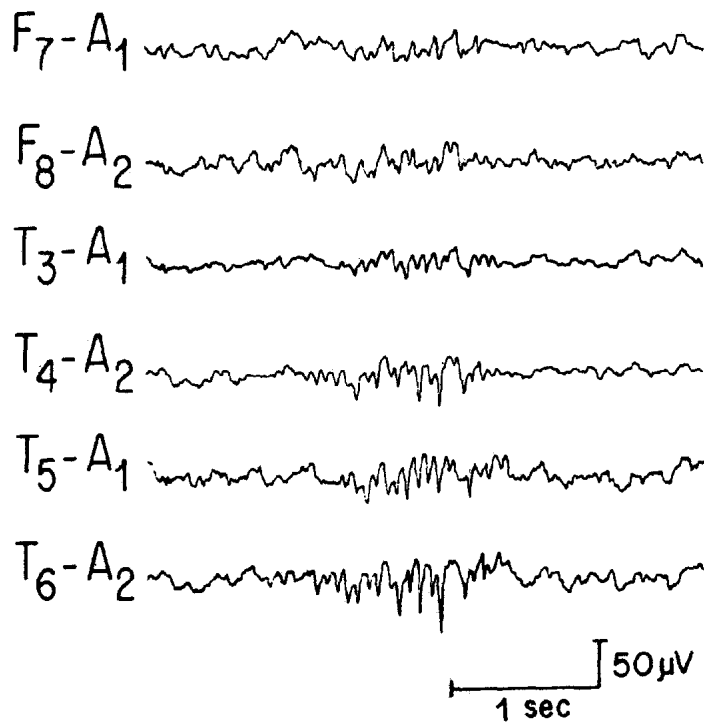
てんかん発作波と間違いやすいてんかん波形様活動(Epileptiform activity)

- 1) Small sharp spikes (or benign epileptiform transients of sleep) Drowsy ~ 軽睡眠期に出現。低振幅で持続短く徐波をともなわない。



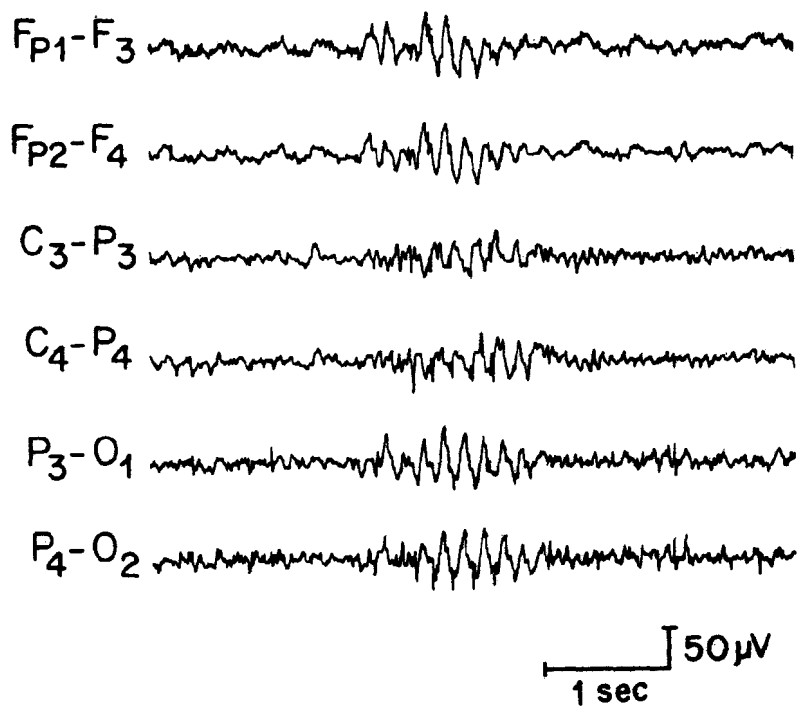
Examples of benign sporadic sleep spikes during sleep in a 65-year-old woman.

2) 14 & 6 Hz positive spikes



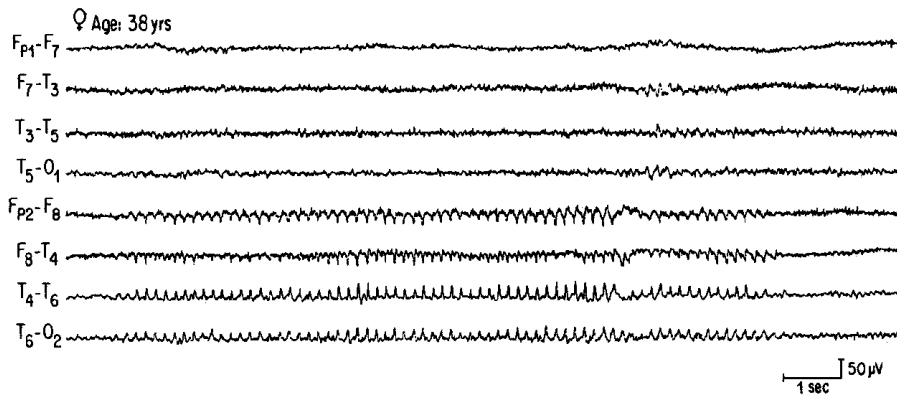
The 14- and 6-Hz positive burst pattern in a 12-year-old boy.

3) Phantom spike (6 Hz spike and wave)



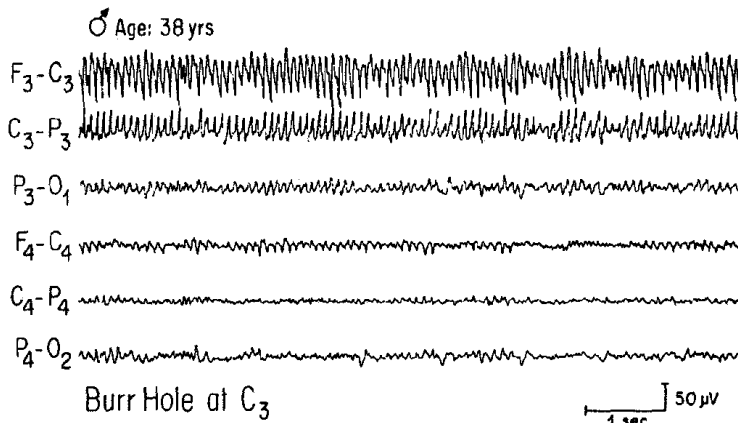
The 6-Hz spike-and-slow-wave pattern recorded from a 45-year-old woman with headaches and no seizures.

4) Rhythmic mid-temporal discharges (or psychomotor variant)



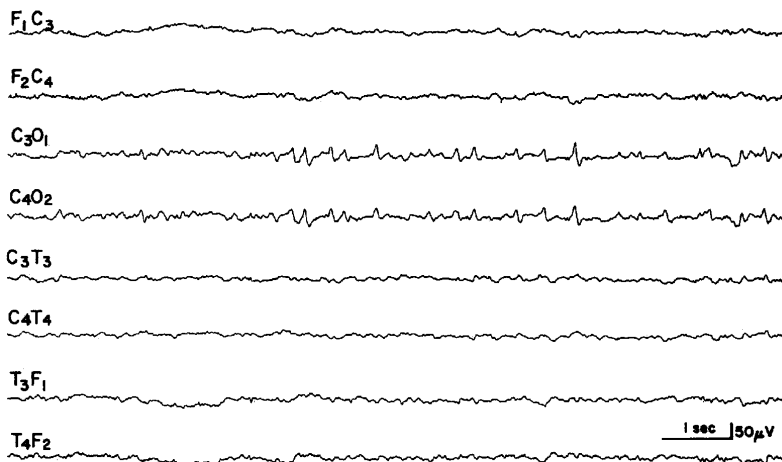
Rhythmic temporal theta activity of drowsiness (psychomotor variant pattern of Gibbs) consisting of notched theta components occurring predominantly over right temporal region in a 38-year-old woman referred for dizziness.

5) Breach rhythm (脳外科手術後の頭蓋骨の欠損による)



Breach rhythm in which there is enhancement of mu rhythm in left central electrode overlying site of a burr hole in a 38-year-old man.

6) POSTs (positive occipital slow transients)



POSTs, occurring after drowsiness but before spindle sleep had been reached, in asymptomatic 17-year-old female. Note the low-voltage, slightly slow or "drowsy" appearance of the record. Commonly, POSTs appear this way during daytime naps that may occur during routine studies in the typical EEG laboratory.

よく認められる異常脳波所見とその臨床的意義

1) 優位律動の徐波化 (slow dominant rhythm)

両側性なら軽度～中等度の脳機能低下、一側性ならその半球の機能低下

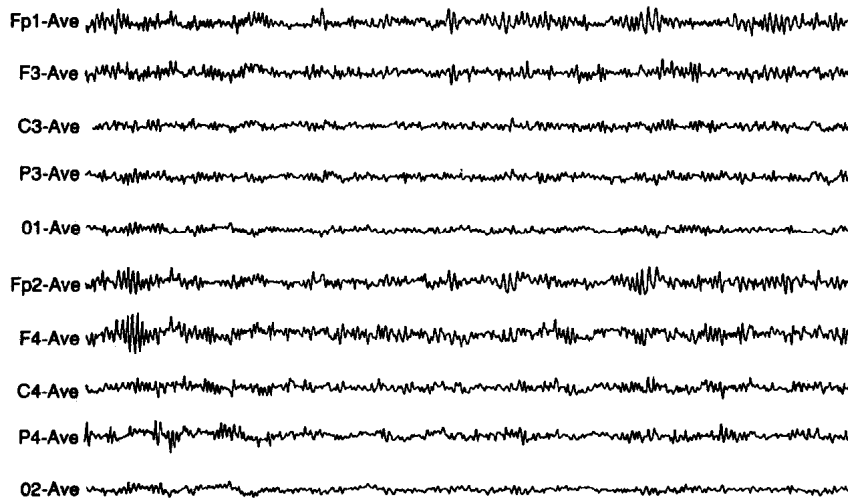
2) 優位律動の消失 (lack of dominant rhythm)

両側性なら中等度～高度の脳機能低下、一側性ならその半球の機能低下

3) 背景活動の徐波化 (diffuse slowing)

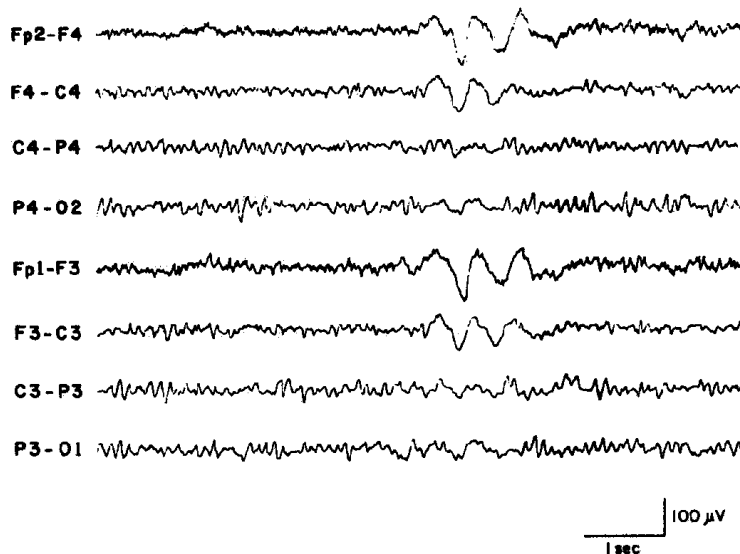
周波数が遅くなればなるほど、その振幅が大きくなるほど異常の程度が強くなる。例: 中等振幅 6 Hz 波より高振幅 2 Hz の方がより異常。開眼、音、光、痛み刺激に対する反応性(reactivity)がないとそれだけ異常の程度が強い。

4) 薬物速波: ベンゾジアゼピン系、バルビツール系薬剤の服用による。



Diffuse rhythmic beta activity related to phenobarbital in the waking (A) and sleep (B) states. The beta activity is augmented, and the frontal dominance is more evident during drowsiness (B).

5) Frontal intermittent rhythmic delta activity (FIRDA)

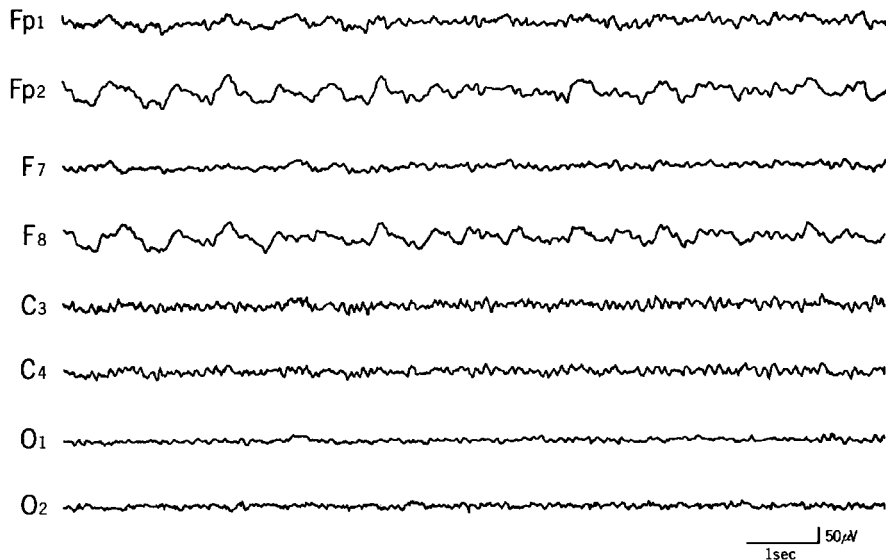


Example of bilateral paroxysmal slow activity with frontal predominance. This pattern is also referred to as monomorphic rhythmic delta activity, intermittent rhythmic delta, or FIRDA.

遠隔波で、脳深部正中部(第3脳室周囲など)の異常。刺激に対して反応性あり。小児～若年成人ではOIRDA(Occipital intermittent rhythmic delta activity)となる。

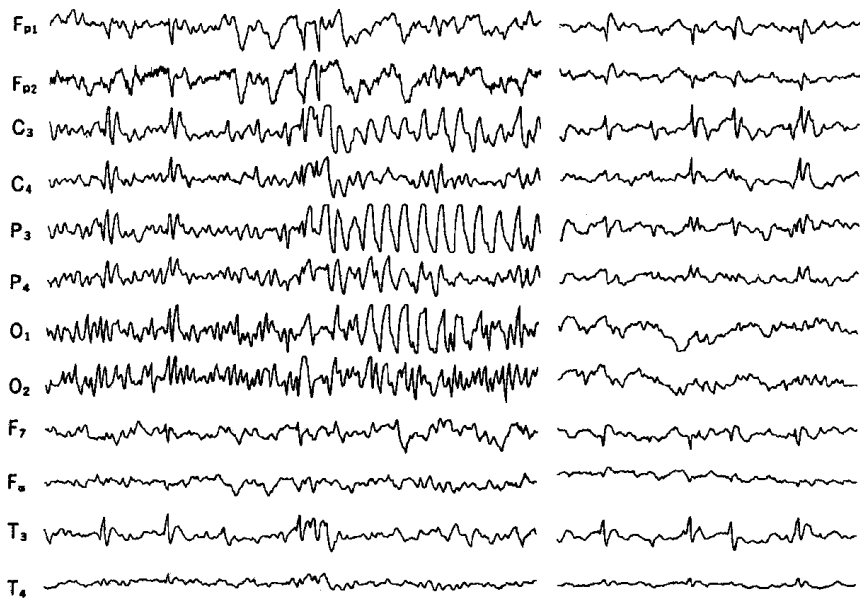
6) Persistent polymorphous delta activity (PPDA)

皮質に近い白質病巣。刺激に対して反応性に乏しい。



7) 棘波、鋭波

皮質の易興奮性(irritability)の指標。一般的にはてんかん原性である。



Benign childhood epilepsy with centro-temporal spike の脳波

7歳女子、てんかん。2歳のとき高さ約70cmのところからコンクリートの床に落ちたが意識障害はなかった。3歳頃から、入眠30分後右顔面のけいれんが起るようになった(年に2回くらい)。脳波には左の側頭中部(T3)、左右中心部(左>右)に棘波がみられ、入眠期(図右側)には局在がより明瞭にみられる。

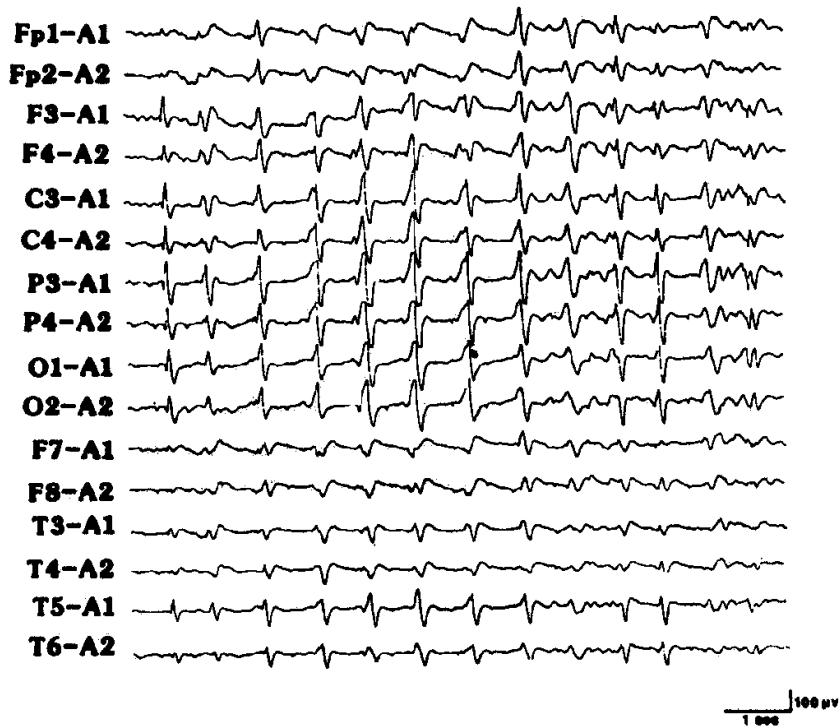
かなり特異的な異常脳波所見

1) Periodic lateralized epileptiform discharges (PLEDs): ヘルペス脳炎に特異的と言われるが、重篤な急性脳血管障害でもみられる。



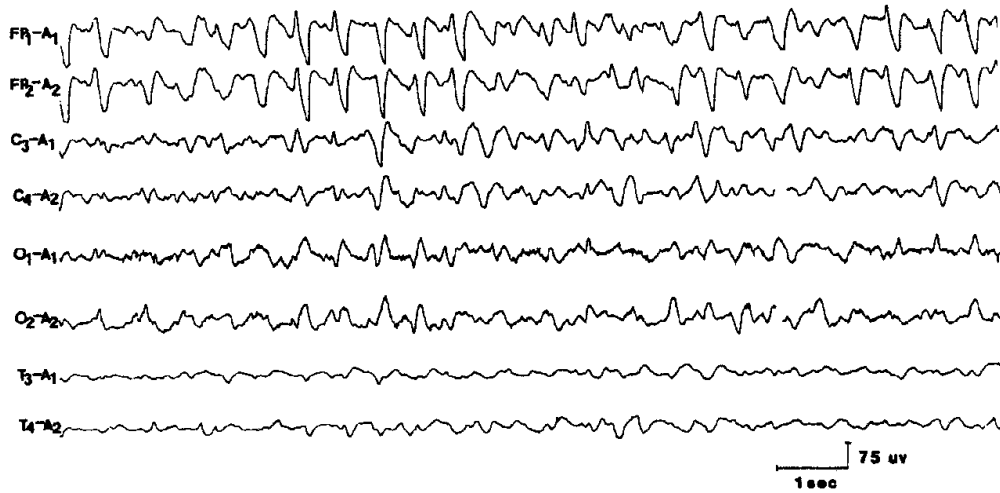
EEG of a 14-year-old patient with biopsy-proven herpes simplex encephalitis shows large-amplitude periodic sharp wave transients occurring every 2.0–2.5 s over the right temporal region. Also note absence of alpha rhythm on the right side.

2) Periodic synchronous discharges (PSD): CJD (SSPE では周期が遅い)



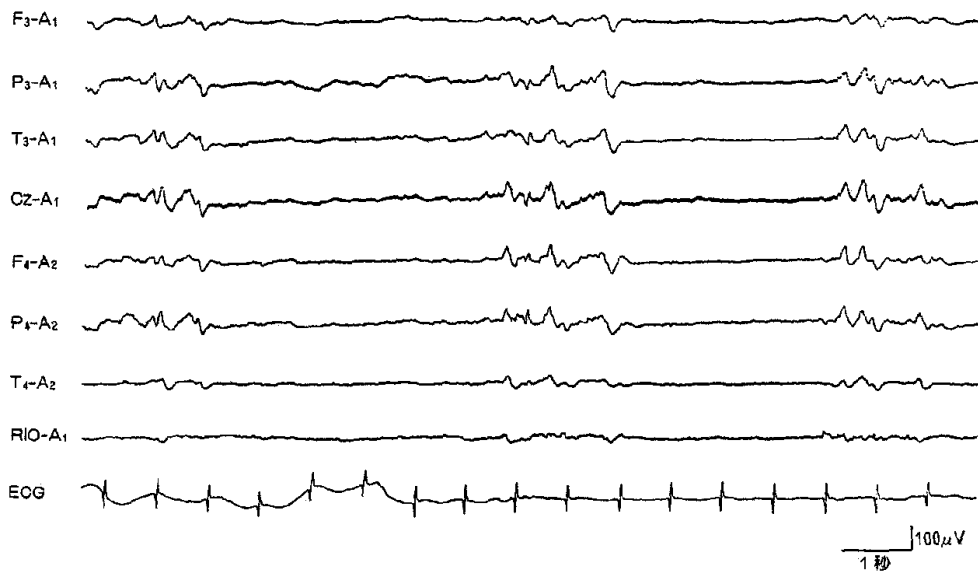
Generalized periodic sharp biphasic and triphasic complexes occurring in a 65-year-old man with CJD.

3) Triphasic waves: 肝性脳症に特異的と言われるが、他の代謝性脳症でもみられる。



EEG of a 36-year-old semicomatose patient with leukemia and acute renal failure shows triphasic waves mainly over anterior hemispheric leads superimposed on a very slow and disorganized background.

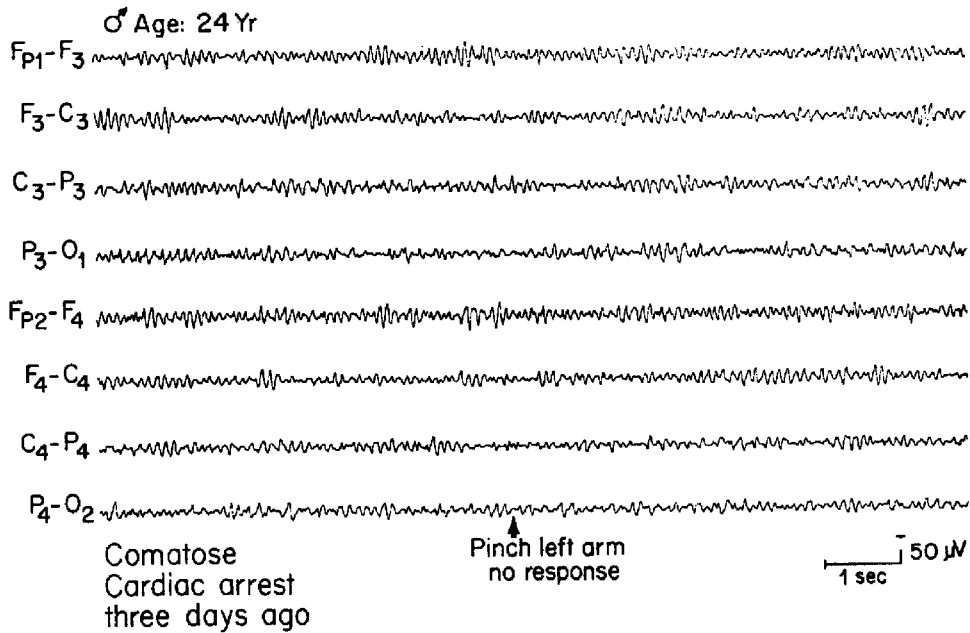
4) Burst suppression: 無酸素脳症(or バルビツール中毒)



Burst suppression

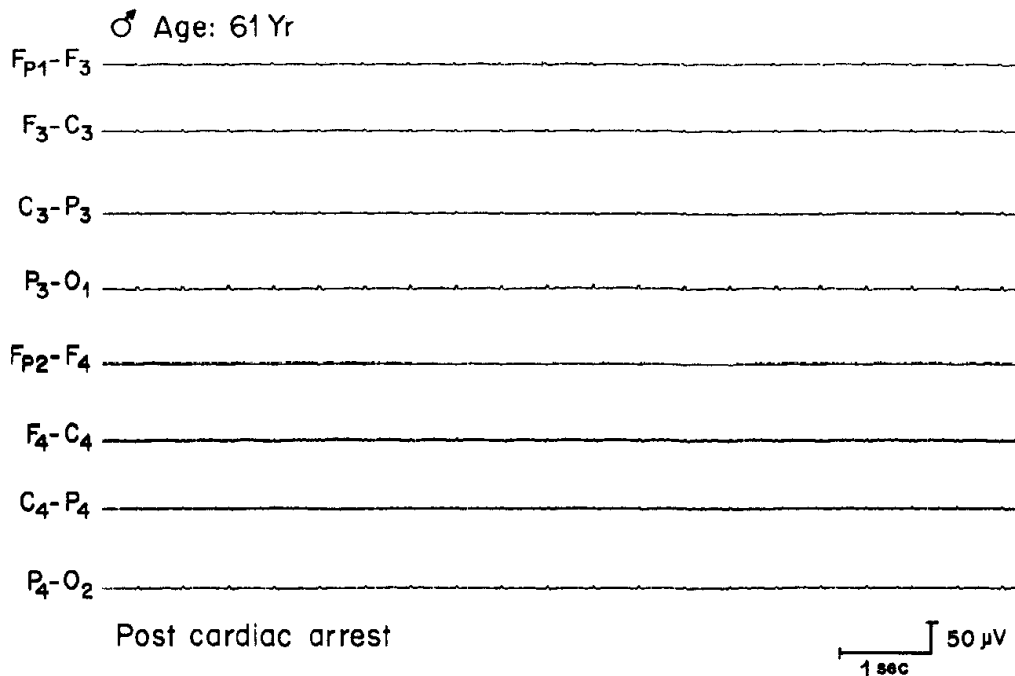
34歳、男。てんかん重積状態の治療のため麻酔用 barbiturate である thiamylal sodium 大量投与中に出現した。平坦脳波を背景として全誘導に不規則徐波および鋭波の burst が出現している¹²⁾。

5) 昏睡: 無酸素脳症や脳幹の血管障害などでみられる。



6) 平坦脳波 (Electrocerebral inactivity) : 脳死(or バルビツール中毒)

脳死では平坦脳波(必ず感度を4倍以上に上げて記録する)の確認に痛み刺激は重要。双極導出の電極間距離を長くする(例: Fp1-C3, C3-O1)



Electrocerebral inactivity in a patient who had had a cardiac arrest 2 days earlier. (The periodic deflections represent ECG artifact.)

総合所見

- 1) 軽度異常(mildly abnormal): 背景脳波または優位律動が軽度に異常である場合。健康人でもこの位の異常は20%位にあり得る。
- 2) 中等度異常(moderately abnormal): 軽度または高度異常を除いた異常脳波。臨床的相関がみられる。
- 3) 高度異常(markedly abnormal): 正常の背景脳波または優位律動が全くみられないか、著明な異常波がある場合

臨床相関

脳波所見から病的状態の鑑別診断を行なった後に、臨床所見と対比する。先に臨床情報を得ると bias がかかり誤りをおかしやすい。

参考文献

入門編

1. 柴崎 浩: 脳波の合理的な判読法. 臨床脳波, 16: 304-313, 1974.
2. 加藤元博: 脳波律動の発現機構 (I). 臨床脳波, 40: 399-405, 1998.
3. 加藤元博: 脳波律動の発現機構 (II). 臨床脳波, 40: 467-473, 1998.
4. 柿木隆介, 柴崎 浩: 意識障害と脳波. 内科, 51: 823-830, 1983.

上級者向け

1. Klass DW, Westmoreland BF: Nonepileptogenic epileptiform electroencephalographic activity. Ann Neurol, 18: 627-635, 1985.
2. Markand ON: Electroencephalography in diffuse encephalopathies. J Clin Neurophysiol, 1: 357-407, 1984.
3. Westmoreland BF, Klass DW: Unusual EEG patterns. J Clin Neurophysiol, 7: 209-228, 1990.
4. Schaul N: Pathogenesis and significance of abnormal nonepileptiform rhythms in the EEG. J Clin Neurophysiol, 7: 229-248, 1990.
5. Brenner RP, Schaul N: Periodic EEG patterns: Classification, clinical correlation, and Pathophysiology. J Clin Neurophysiol, 7: 249-267, 1990.
6. Engel J Jr: A practical guide for routine EEG studies in epilepsy. J Clin Neurophysiol, 1: 109-142, 1990.

