

「きれいにとれるシリーズ運動誘発電位(MEP)」

運動誘発電位 (Motor Evoked Potential : MEP) とは、大脳や神経根を刺激することによって骨格筋に誘発される活動電位を記録したものである。MEP を記録することにより錐体路 (大脳運動野-内包-脳幹-脊髄側索-脊髄前角細胞-運動神経-筋肉) の評価 (運動機能評価) が可能である。

主な疾患

頸椎症, 多発性硬化症 (MS), 筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 等

* 神経伝導検査では評価できない中枢の運動伝導路の評価に用いられる。

近年, 脳, 脊髄, 動脈瘤等の手術において術後運動麻痺のリスク軽減のために MEP の術中モニタリングがさかんに行われている。

経頭蓋外的刺激法

磁気刺激法

利点: 疼痛を伴わず非侵襲的

欠点: 刺激の固定が困難, 手術場には向かない

高電圧電気刺激法

利点: 刺激の固定が容易 (手術場向き)

欠点: かなりの痛みを伴う

磁気刺激法の原理

刺激コイルに急速に電流を流すと, その磁界変化に応じてコイルに流した電流と逆向きの渦電流がコイルの周りに誘発される。この渦電流により直下の生体を刺激する。磁場は電気とは異なり頭蓋骨による抵抗を受けないので容易に刺激が可能である (図 1)。

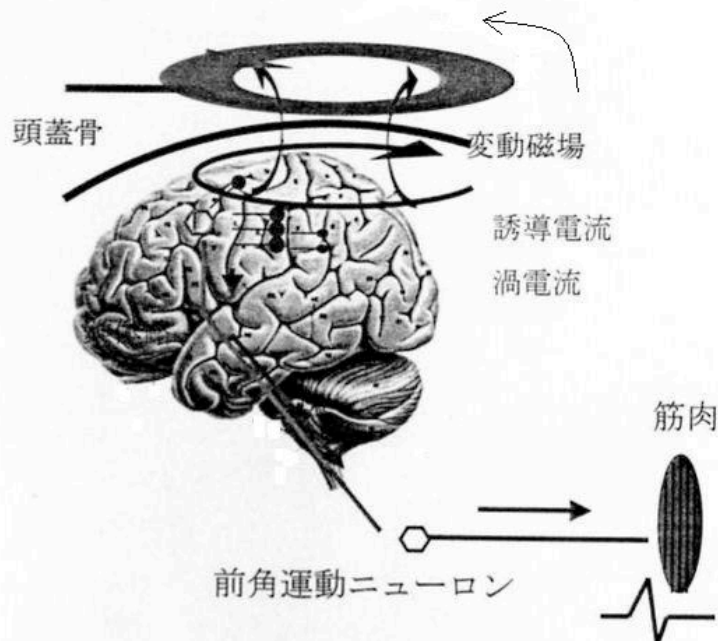
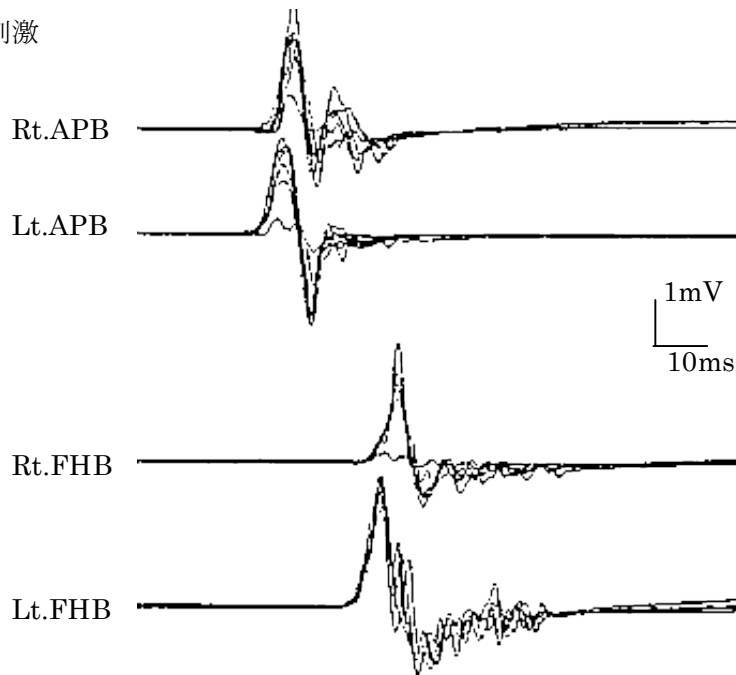


図 1 経頭蓋磁気刺激のメカニズム

正常記録波形 (図 2)

頭部刺激



正常値 (潜時)

頭部－上肢 (APB)	20ms 以下
頭部－下肢 (AH)	40ms 以下
頸部－上肢	13ms 以下
腰部－下肢	25ms 以下

*反応の消失, 潜時の延長, 明らかな左右差が異常所見となる.

術中における電気刺激法

興奮性シナプス後電位 (EPSP) の持続時間が 7~10msec であるので, この持続時間よりも短い速さで次の刺激を与えた場合, 麻酔によって抑制された電位が蓄積し発火閾値に到達できる. この刺激間隔は 2~3ms (500Hz 程度) が最も効果的とされている. 脳波の C3, C4 に刺激電極を装着し, 500Hz, 5 連発刺激が一般的に行われる. 電気極性が+側の脳が刺激される.

また, 手術によっては刺激電極が開頭の妨げとなる. この場合は開頭後に硬膜下電極を挿入し直接大脳を刺激することも可能である.

術中 MEP に影響を与える因子

麻酔薬による抑制

MEP は吸入麻酔薬 (イソフルラン, セボフルラン) や静脈麻酔薬のバルビツレートなどの大部分の麻酔薬により著名に抑制される. 一般的に術中 MEP モニタリングの際には静脈麻酔薬のプロポホール, ケタミン, フェンタニル等が用いられる. 一定の深度が保たれることが大切である.

筋弛緩薬による抑制

MEP は筋活動電位を記録するため筋弛緩薬が高濃度に投与されていると反応は消失する。そのため筋弛緩効果をモニターする必要がある。その方法としては、末梢神経を刺激しその支配筋より CMAP を記録し、CMAP の振幅が麻酔導入前の 25～50% に調整する。または 2Hz 程度で 4 連発の連続刺激を行い、4 発目の振幅 (T4) が 1 発目の振幅 (T1) の 30% 以上に調整する (図 3 ; TOF)。いずれにせよ筋弛緩薬の濃度調整であり、麻酔科医の協力が必要である。

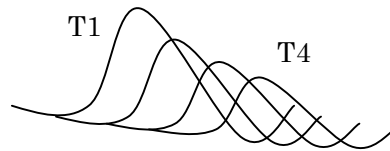


図 3 TOF (例 ; 刺激 : 正中神経手関節, 導出 : APB)

その他にも血圧の低下や低体温においても MEP が抑制されるので注意が必要である。

術中 MEP 変化

MEP の変化が麻酔や筋弛緩薬によるものかあるいは手術操作によるものかは手術と反体側の反応、もしくは下肢の場合であれば上肢の反応を見ればある程度判断が出来る。つまり手術操作によって変化しないと予想される部位を加えて測定することである。また可能であれば SEP を同時に測定するとより確実な判断が可能となる。MEP の反応低下が手術側のみならず反体側でも見られれば麻酔や筋弛緩薬による抑制を考え麻酔科医に確認を取る。MEP の反応低下が手術側のみであれば手術操作によるものと考え、術者に対して警告を発する。

MEP の警告レベル

MEP の反応低下がどの程度で警告を発するかは統一的な見解はなされていない。一般的には MEP の振幅が 50～25% に低下した時点で警告を発する場合が多い。通常 MEP の振幅が低下していても、MEP が記録できている場合は術後運動麻痺を来すことは少ないが、不可逆的に MEP が消失した場合は術後運動麻痺の発生を考慮しなければいけない。一過性に MEP が消失しても早期に手術操作の中断、血流再開などの処置を行えば、再び MEP が出現する場合もある。

術中モニタリングを行うものにとっては MEP 反応低下から MEP 消失までの間に、早急に警告を発することが求められる。しかし、反応低下が本当に手術操作によるものなのか、つまり麻酔や筋弛緩薬による抑制、検査操作の誤り、ノイズの混入、血圧、体温の変動などを考慮して警告を発するか否かの判断が必要であり。この判断が最も困難な部分である。

参考文献 川口昌彦 運動誘発電位 (MEP) モニタリング時の麻酔. Anet Vol.9 No.3 2005

中村耕一郎 宇川義一 磁気刺激法の基礎 臨床神経生理学 37 巻 6 号 2009