

0.1ミリケイ・色バタ

福岡 尚和  15g 新JM

29
2

13a
✓ 15年明朝
(w6)
要確認!!

10a
1971/明朝 (w3)

FUKUOKA, Naokazu
岐阜大学医学部附属病院 麻酔科疼痛治療科 <2H
東海中央病院 麻酔科 <1H

05:44. 色付. 天地 14:11

② 色ベタ (以下同)

126³¹ ↗
117³¹ (以内)

一色ハタ

75^시 ↗
105^시 (前後)

1234 • LISA VOL.11 NO.1 2004-1

徹底分析シリーズ 吸入麻酔と静脈麻酔 どちらを選ぶ？

ミニ知識 1

最大 MEP 振幅が得られる刺激強度である。刺激強度を上げて、それ以上に MEP の振幅増加がみられない刺激強度で刺激することを最大上刺激という。しかし本当は、一つの神経線維に対してそれ以上誘発電位の振幅が増大しない刺激強度と定義される。経頭蓋刺激では一度に多くの神経線維が刺激されてしまうので、最大上になっているのかわからない。経頭蓋刺激の MEP モニタリングでは適切な表現がないことから、それに近い表現として用いられている。最大上刺激という用語の使用にあたっては注意が必要である。最近では、体動に伴う合併症の問題から最大上刺激よりも低い刺激強度でモニタリングする施設もある。

ミニ知識 2

閾値上刺激

視認可能な MEP 波形 (20 ~ 50 μ V 以上の振幅) が得られる最小の刺激強度 (閾値) から 10 ~ 20% 程度強い刺激強度で刺激することをいう。主に脳外科手術で用いられる。

MEP 導出のための刺激条件の違い

基本的に刺激強度を強くすれば MEP の導出は容易で、振幅も大きくなる。脊椎・脊髄手術ではいわゆる最大上刺激 (ミニ知識 1) を用いることが可能である。特に注意すべき点は、脳外科手術では刺激強度が高すぎる場合、手術操作によって実際に神経障害が生じていても、頭蓋底の神経線維まで一度に刺激が伝わってしまう可能性がある、その結果、偽陰性を生じるという問題をはらんでいることである (図 3)。術中 MEP に変化がないにもかかわらず、術後全身麻酔から覚醒後に麻痺が確認されるといったことが十分起こり得ることである。これを刺激の波及 (current spread) 現象と呼び、経頭蓋刺激における重要なピットフォールである。脳外科手術では刺激強度をできる限り低下させ、モノフェーシックの閾値上刺激 (ミニ知識 2) とする。一方、脊椎・脊髄手術では current spread 現象の影響をほとんど受けないことから、刺激強度をより高く、バイフェーシック刺激にすることができ、MEP 導出が容易となること大きな違いで

図 3 脳外科手術では偽陰性の可能性がある

・刺激強度が強すぎると障害部位を超えて刺激が伝わってしまう→偽陰性をきたしやすい
・脳外科手術では術側を陽極にしたモノフェーシック刺激で強度はできるだけ小さくする (閾値上刺激)

ある。本稿では脊椎・脊髄手術に特化して述べていることを強調しておく。

脊椎・脊髄手術では吸入麻酔薬による MEP モニタリングは可能

2009 年に Wang ら⁵⁾は、脊椎手術における経頭蓋刺激 MEP モニタリングに関するレビューで、TIVA が MEP モニタリングに適しており、吸入麻酔薬は避けるべきだと結論づけている。海外の術中 MEP ガイドライン⁶⁾でも同様に TIVA が最適であるとしている。一方、日本麻酔科学会が発表しているプラクティカルガイド⁷⁾では、脊椎・脊髄手術の項目で「ベースラインの鎮静薬はプロポフォールによる静脈麻酔を第一選択とするが、初回ベースライン MEP が記録できるのであれば吸入麻酔薬 (セボフルランまたはデスフルラン) を用いてもよい」として、吸入麻酔薬による術中モニタリングを否定していない。もちろん、ベースライン MEP が記録できなければすみやかにプロポフォール麻酔に変更する。このような記載となったのは、脊椎・脊髄手術では脳外科手術と異なり、刺激強度を高くすることができ、刺激条件を工夫することで吸入麻酔薬での MEP

導出は可能となることが理由の一つとして挙げられる。また、過度にモニタリングファーストとならないよう、全身管理を担っている麻酔科医の視点から麻酔方法を限定しないことも意図している。

どのような症例が吸入麻酔薬の好適応か

脊椎・脊髄手術で吸入麻酔薬を使用した MEP モニタリングの報告はいくつかあり、小児の側弯・後弯手術においてデスフルラン麻酔下の MEP の経時変化をプロポフォール麻酔と比較した報告、デスフルラン 0.5 MAC (minimum alveolar concentration) にプロポフォールの少量持続投与を加えた群と TIVA 群とで MEP を比較して差がなかったとする報告⁷⁾、正中神経へのテタヌス刺激を応用して 0.5 MAC よりも高濃度のデスフルランによる MEP モニタリングが可能であったとする報告⁸⁾がある。例えば、小児でのプロポフォールの投与量は成人と比べて個体差が大きく、脳波モニターを用いても実際の波形を適切に評価する必要がある、麻酔深度を一定に保つには確かな知識と技術が必要である。一方、吸入麻酔薬は MAC と生体情報モニターに表示される呼吸麻酔ガス濃度から麻酔深度を一定に保つことが TIVA よりも容易である。小児に多い側弯症手術での MEP モニタリングは吸入麻酔薬での MEP モニタリングが好適応ではないだろうか。また、併存症に肝機能障害を有する患者においても吸入麻酔薬の好適応と考える。脊椎・脊髄手術では吸入麻酔薬による MEP モニタリングが好適応となることがある。も

ちろん、ベースライン MEP が導出できなければ TIVA に変更すればよい。

体動と筋弛緩

MEP の振幅を最大にするには筋弛緩がない状態が最も好ましい。しかしながら、術中の予期せぬ体動、パッキングを起こすと患者の安全性が損なわれる可能性があり筋弛緩薬の持続投与を行い、部分的な筋弛緩状態を一定に保つべきという意見もある。先に述べたように、脊椎・脊髄手術では刺激強度を高くすることができるので、部分的な筋弛緩状態を保つことは許容される。部分的な筋弛緩状態では MEP 振幅は確かに低下するが、MEP モニタリングに影響がなかったという報告⁹⁾もある。また、レミフェンタニルを効果的に使用して十分な鎮痛レベルを保ち筋弛緩がない状態でも体動を予防することができるという意見もあり、明確な結論は得られていない¹⁰⁾。いずれにせよ、筋弛緩レベルのモニタリングは必須で、一定にすることが重要である。また、側弯症手術などで術野展開を行うときに筋弛緩が適度に得られていないと、手術進行を困難にさせる可能性がある。筆者の経験では、このような場合、術者の要望に応える形で、一時的に筋弛緩薬のボラス投与を行ったことがある。多くの場合、術野展開が終わるころに筋弛緩レベルがおおむね回復しているので、その後の MEP モニタリングに影響が出ることはほとんどない。手術侵襲による神経障害がまず起こっていないと推定されるタイミングでベースライン、コントロール MEP を再度設定するのもよい。

文献 1/3a 見出し MB31

1. Kawaguchi M, Iida H, Tanaka S, et al. A practical guide for anesthetic management during intraoperative motor evoked potential monitoring. J Anesth 2020 ; 34 : 5-28.
2. Rampil IJ, King BS. Volatile anesthetics depress spinal motor neurons. Anesthesiology 1996 ; 85 : 129-34.
3. 垣花 学, 本永英治, 平良 豊ほか. 脊髄運動神経細胞 (α -motoneuron) 活動に及ぼす各種麻酔薬の影響. 麻酔 2000 ; 49 : 596-601.
4. Malcharek MJ, Loeffler S, Schiefer D, et al. Transcranial motor evoked potentials during anesthesia with desflurane versus propofol-A prospective randomized trial. Clin Neurophysiol 2015 ; 126 : 1825-32.
5. Wang AC, Than KD, Etame AB, et al. Impact of anesthesia on transcranial electric motor evoked potential monitoring during spine surgery: a review of the literature. Neurosurg Focus 2009 ; 27 : E7.
6. Macdonald DB, Skinner S, Shils J, et al. Intraoperative motor evoked potential monitoring - a position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. Clin Neurophysiol 2013 ; 124 : 2291-316.
7. Sloan TB, Toleikis JR, Toleikis SC, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during spine surgery with total intravenous anesthesia or balanced anesthesia with 3% desflurane. J Clin Monit Comput 2015 ; 29 : 77-85.
8. Kawasaki S, Shigematsu H, Tanaka M, et al. Utility of desflurane as an anesthetic in motor-evoked potentials in spine surgery and the facilitating effect in tetanic stimulation of bilateral median nerves. J Clin Monit Comput 2024 ; 38 : 663-70.
9. Ko MJ, Oh B, Jung JW, et al. Comparing the effect between continuous infusion and intermittent bolus of rocuronium for intraoperative neurophysiologic monitoring of neurointervention under general anesthesia. Medicine (Baltimore) 2018 ; 97 : e13816.
10. Phooowanakulchai S, Kawaguchi M. Updated review on the use of neuromuscular blockade during intraoperative motor-evoked potential monitoring in the modern anesthesia era. J Anesth 2024 ; 38 : 114-24.