

〈原著〉

腰椎手術における multi-modal monitoring の現況

北岡謙一¹⁾ 十河敏晴¹⁾ 内田理¹⁾ 後藤仁¹⁾
 濱慎悟¹⁾ 重清晶太¹⁾ 溝渕周平¹⁾
 坂本真一²⁾ 井村大器²⁾ 別府政則²⁾ 寺川一紀²⁾

要旨：近年、脊椎手術において術中脊髄モニタリングが一般化してきている。当院でも、麻酔科医、医療工学技士の協力をえて、積極的に脊椎手術でのモニタリングを行っており、年間100件以上の脊椎手術においてモニタリングを実施している。脊髄腫瘍症例や脊柱側弯症の矯正手術でのモニタリングの有用性についての報告はあるが、腰椎手術におけるモニタリングの意義については意見の一致をみていないのが現状である。そこで、2019年6月からの5か月間に経験した腰椎手術症例40例について、MEPとSEPの両方をモニタする multi-modal monitoring の現状と問題点について検討したので報告する。コントロール波はSEPのほうが、安定して記録できる傾向にあった。手術中の変動については、術中にMEPは波の増強が確認されるケースが多かったが、SEPは変動が少ない傾向にあった。MEPとSEPを両方測定することで、お互いの短所を補完し、腰椎手術においても、安定したモニタリングが可能となると思われた。multi-modal monitoring はセッティングに手間を要するが、当院では手技を画一化し、技士2名が対応することで、短時間での設置が可能となっていた。安全な手術のためには、腰椎手術においてもモニタリングはルーチンで行うことが望ましい。

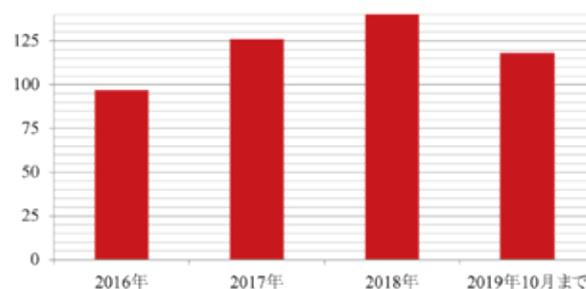
キーワード：腰椎手術、脊髄機能モニタリング、multi-modal monitoring

はじめに

我が国における術中脊髄機能モニタリングは、玉置、黒川らが開発した、脊髄刺激-脊髄記録誘発電位が1970年代初めより実用化されてきた¹⁾²⁾。1985年Barkerらが開発した磁気刺激は運動系のモニタリングを可能としたが、開発当初は麻酔の影響を受けやすく、記録は困難であった³⁾。その後、経頭蓋電気刺激法(TES-MEP; transcranial electrical stimulation motor evoked potentials)が開発され、近年、TIVA(total intravenous anesthesia)と呼ばれる静脈麻酔の普及と刺激方法の改良などにより、脊髄モニタリングが急速に普及することになった。しかし、セットアップが煩雑であるため、当初は、脊髄腫瘍や脊柱側弯症など、難しい症例のモニターとして使用されることが多かった。最近では、機器の改良などもあり、脊椎手術にルーチンとして術中モニタリングが施行されるようになってきた。脊髄

機能モニタリングとしては、運動神経と感覚神経の両方を検査することが合目的であり、multi-modal monitoring として有用性が報告されている。しかし、多くの神経を検査することには時間を要するため、運動神経だけをモニタリングしている施設も多いのが現状である。当院では、麻酔科医、医療工学技士(ME)の協力をえて、積極的に脊椎手術でのmulti-modal monitoring を行っており、近年100件以上の脊椎手術に実施している(表1)。今回、当科の腰椎手術における術中 multi-modal monitoring の現状、問題点と今後の展望について報告する。

表1. 当院における脊椎手術モニタリング数(件)



¹⁾ 高知赤十字病院 整形外科

²⁾ 〃 臨床工学技士

対象および方法

2019年6月以降に経験した腰椎手術症例40例、男性21例、女性19例、年齢は22-87歳（平均66.5歳）を対象とした。疾患別では、腰部脊柱管狭窄症29例、脊椎骨折6例、他5例であった。徒手筋力検査MMT3以下の重度筋力低下症例を3例に認めた。手術方法は40例中13例が腰椎除圧術、27例が腰椎除圧固定術であった。

方法



図1. NIHON KOHDEN 社製
ニューロマスターMEE1200



図2. モニタリング電極の設置

モニタリングはNIHON KOHDEN社製ニューロマスターMEE1200（図1）を使用し、全身麻酔安定後に、ME2名と医師により記録用電極のセットアップを行う。運動神経誘発電位（MEP）は経頭

蓋刺激により、大腿四頭筋3か所、前脛骨筋、腓腹筋で記録した。体性感覚誘発電位（SEP）は後脛骨神経、腓骨神経刺激により、頭頂葉にて記録した。電極の位置は国際標準電極位置（10-20法）に準じた（図2）。記録は、麻酔の挿管手技に使用される筋弛緩剤の影響が消失した後に、コントロール波を記録した。今回のモニタリングの評価として、以下の2点について調査した。

- 1) 術前コントロール波が問題なく記録できたか
- 2) 手術中の変動の有無（コントロール波高の50%以上の変動）

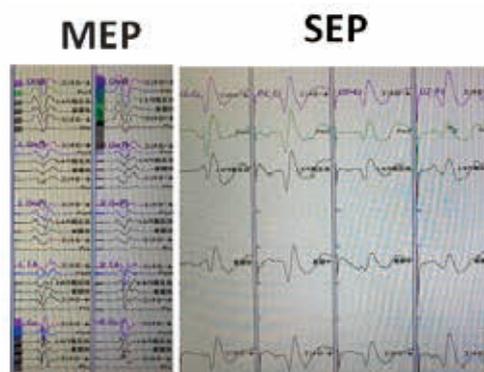


図3. MEPとSEP

結果

コントロール波はMEPで40例中22例（55%）、SEPで40例中30例（75%）が問題なく記録できしており、SEPのほうが、安定して記録できる傾向にあった（図3）。コントロール波の導出が不安定となる原因としては、多くの要因が関係することが知られているが、今回の症例の中では、脳挫傷合併例、重度麻痺、高位腰椎症例、糖尿病性神経障害、乾燥性皮膚炎などの要因が確認された。

手術中の変動については、術中にMEPは波の増強が確認されるケースが多かったが、SEPは変動が少ない傾向にあった。モニタリングは基本的に、手術侵襲による神経のダメージを捉える目的であり、コントロール波からの波高の減少に注目するものであるが、MEP、SEPともに振幅が増大した2例も経験した。逆に、MEP、SEPともに振幅が低下した1例を経験したが、術後神経症状の増悪は認めなかった（表2）。

	増大	不変	減少	不安定
MEP	12	17	3	8
SEP	2	32	1	5

表2. 術中モニタリングの変動(例)

症例提示

症例 1. 31歳男性, 腰椎椎間板ヘルニア症例. MRIではL5/Sレベルに巨大なヘルニア腫瘍を認めていた(図4). 腰痛と著明な右下肢痛があり, 手術目的に紹介となり, 鏡視下椎間板ヘルニア摘出術が施行された. MEP, SEPともに良好な波が導出されており, 手術中の波形の変化を認めなかった症例である(図5).

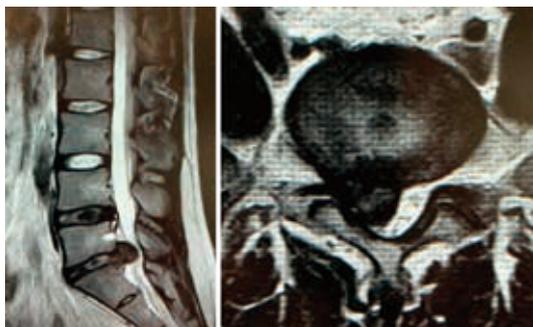


図4. MRI T2強調画像 巨大ヘルニア腫瘍

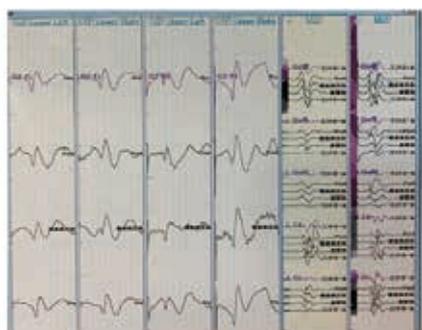


図5. コントロール波形と良好な術中記録

症例 2. 67歳男性, 高位腰椎椎間板ヘルニア症例. 一か月前からの腰痛と下肢痛を自覚していた. 当科紹介受診前日より急に下肢筋力低下が進行し, 初診時には, 右下肢筋力がMMT3レベル, 左下肢筋力は1レベル(完全麻痺)の状態であり, 排尿障害も認めた. MRIでL1/2レベルに著明な狭窄所見が確認された(図6). 入院翌日に準緊急的手術が施行された. 重度の麻痺症例であり, MEPのコン

トロール波が導出できず, SEPも不安定な記録であった(図7). 重症麻痺患者では, MEPでは十分なモニターができないことが判明した. 手術はSEPのモニター下に, 予定通り除圧固定術を施行した. 術後3か月において, 麻痺の回復は良好で独歩可能な状態となった.



図6. 術前MRIと術後Xp L1/2巨大ヘルニアを認める

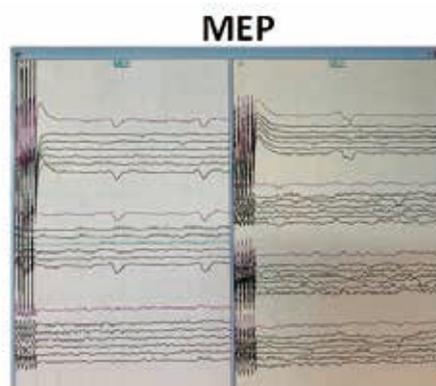
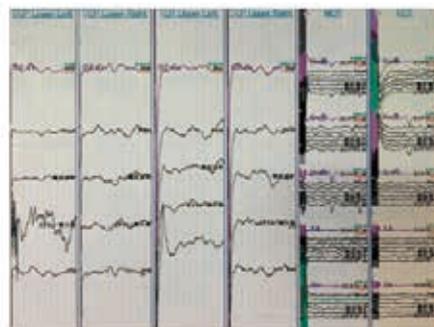


図7. MEPとSEP(上) MEP記録不良(下)

症例 3. 81歳女性, 腰部脊柱管狭窄症症例. 数年来におよぶ間欠性跛行と腰痛を主訴に手術目的で紹介受診となった. 術前脊髄造影で, L3/4レベルでの完全ブロック所見と第3腰椎の前方滑り所見を認めた. 腰椎不安定性を有する狭窄症であり, 手術は腰椎除圧固定術が施行された(図8). 手術中, 椎弓根スクリューの操作中にMEPの低下が確認され

た(図9中矢印). スクリュー間の開大操作を解除すると波の回復が確認され, 無事手術は問題なく完遂された. MEPは即時的な検査が可能であり, 腰椎手術においても, 脊椎矯正を行う際には, とくに有用と考えられた.



図8. 腰椎術前および術後画像所見(脊髄造影 MRI CT)



図9. 手術中 MEP 振幅低下と回復が確認された

考察

近年, 脊髄モニタリングは一般病院にも急速に普及してきている. 記録に際してのハードルが低いため, 初めて脊椎手術に術中モニタリングを導入する施設では, TES-MEPを単独で実施する形で導入されていることが多い(4)(5). しかし, MEPには表3に示す特徴があり, 腰椎手術においても麻痺が重度な症例や長時間に及ぶ手術では, その精度は低

下する. また, SEPにおいても表4のように, MEPとは異なった特徴があり, MEPとSEPを両方測定することで, お互いの短所を補完できるものと考えている. 複数の方式によるモニタリングはmulti-modal monitoring(MMM)と呼ばれ, 玉置(1)らも推奨している. ただし, MMMの複数部位の検査はセットアップが煩雑であり, マンパワーを要する. 当院では, 記録方法を標準化し, セットアップの時のみME2名体制で対応することにより, 麻酔導入後10分程度で設置できている.

従来, 術中脊髄モニタリングは脊髄腫瘍や高度側弯症例, 重度頸髄症例など, より重篤な症例に適応されてきた. 一方で, 頸椎疾患と比べて腰椎でのモニタリングは不安定であり, その評価は確定していない. 脊椎手術による術後神経合併症は, 手術操作のみならず, 手術中の体位や挿管状態など虚血性障害による場合も存在する. この観点からは, 腰椎手術におけるモニタリングは有用と考えられるが, 脊椎の矯正時や脊柱管の高度狭窄症例など神経への侵襲が加わる手術においても, モニタリングの意義はあると考えている. 術者の安心感に加え, 重度の後遺障害を回避することで患者本人に対するメリットだけでなく, 医療費抑制の観点からも必要性は高い.

今回の検討で, 手術中に明らかにMEPの波の高さが改善するケースも多く確認された. 従来の, 単なる合併症を回避するためのモニタリングだけではなく, 今後は臨床的予後との検討を行いたいと考えている.

今回の検討のlimitationとしては, モニター波形の増減をコントロール波の50%の変動と定義したが, もともとコントロール波高が低い場合には変動の評価は困難であるため, 正確な評価でない可能性がある. また, 症例数が最近の40例と少ない. 今後, さらに症例数を増やして検討することで, 評価の精度を向上させる必要がある.

MEPの長所・短所	
長所:	感度ほぼ100% 多くの筋を、時差なく検出可能
短所:	偽陽性が高い MMT2以下で検出低下 検査中は手術操作を中断 麻酔の影響を受けやすい 長時間手術で「fade」現象

表3. MEPの特徴

SEPの長所・短所	
長所:	オペ操作に無関係 感覚系の評価
短所:	偽陰性が高い 記録に時間がかかる 低振幅でノイズに弱い 末梢神経障害があると検出困難

表4. SEPの特徴

まとめ

1. 腰椎手術における術中神経モニタリングの現状について報告した。
2. MEP, SEPそれぞれ特徴があり, 両方の検査を行うことにより検査精度が向上すると考える。
3. 熟練すれば, 設定も短時間で可能であり, 脊椎手術をより安全に遂行するためには, ルーチンで行うことが望ましい。
4. 振幅改善を認めた症例の臨床的予後については, 今後の検討課題と考える。

参考文献

- 1) 玉置哲也ほか：わが国における脊髄モニタリングの現状—アンケート調査を中心として—。脊柱変形6(1): 5-9, 1991
- 2) 黒川高秀ほか：硬膜外腔における脊髄刺激による誘発脊髄電位・脳波と筋電図 1(1): 64-66, 1972
- 3) Barker AT et al. Non invasive magnetic stimulation of human motor cortex. Lancet 11(1), 1985
- 4) 斎藤貴徳ほか：脊椎疾患に対する術中モニタリングの現状と問題点。臨床神経生理学44(3): 149-159, 2016.

- 5) 東山巨樹ほか：脊髄脊椎手術における術中 MEP モニタリングの有用性と問題点。脊髄外科 28(1):40-46, 2014

