

神経モニタリング

徹底分析
シリーズ多職種チーム医療としての
神経モニタリング麻酔科医もメンバーとして
波形を確認しよう!

川口 昌彦 15a 新ゴM

精度の高い神経モニタリングを実施するためには、多職種チーム医療の推進が最も重要です。外科医、臨床検査技師や臨床工学技士に加え、麻酔科医もその一員です。波形記録、波形変化への対応、安全対策、そしてチーム内でのコミュニケーションに貢献することが患者のアウトカム改善にとって必須です。明日から多職種チームの一員として神経モニタリングの波形を確認してみましょう!

12a 新ゴM
19H 18w 諸
16a 新ゴM
17H 17w 諸

麻酔科医も
自分事として関与しよう

神経モニタリングは、術中の神経障害を早期に発見し、対応することで術後の神経学的予後を改善するためのものです。安全で質の高い神経モニタリングを実施するためには、必要な電位を記録できること、手術操作などに対応した電位の変化を発見できること、電位の変化を多職種で共有し、各職種で電位変化の原因を検索して電位の回復に努める必要があります。また、神経モニタリングによる有害事象を回避することも重要です。神経モニタリングの中でも最も使用される運動誘発電位 motor evoked potentials (MEP) は麻酔薬の影響を大きく受けるため、質の高い神経モニタリングのためには麻酔科医の協力は必須です。麻酔科医は、どの神経モニタリングをするのか、そのモニタリングに適した麻酔法は何か、術中に波形は記録できているのか、波形の変化はないかなど、外科医や神経モニター担当の技師さんとチームに

神経モニタリングには
どんな多職種が関与している?

現在、術中神経モニタリングには表1のような診療報酬がついています。したがって、脳外科手術、脊椎脊髄手術、大血管手術、食道癌手術、甲状腺・副甲状腺手術などが対象になります。2017年に日本麻酔科学会が行ったアンケート調査¹⁾では、脳外科手術は脳外科医と臨床検査技師または臨床工学技士と、脊椎脊髄手術は整形外科医と臨床検査技師または臨床工学技士と、大血管手術は麻酔科医と臨床検査技師または臨床工学技士で実施している場合が多いことが示されています。また、どんな神経モニタリングも麻酔による影響が大きいため麻酔科医も神経モニタリングの多職種メンバーの一人と考えられています。そのつもりで麻酔管理にあたる必要があります。

なぜ、神経モニタリングに
多職種チーム医療が必要か?

表2に術中神経モニタリングに必要な

主な職種と役割を示します。以前は、

1 脳、脊椎、脊髄、大動脈瘤又は食道の手術に用いた場合	3,630点
2 甲状腺又は副甲状腺の手術に用いた場合	3,130点

1234 LISA VOL.11 NO.1 2004-1

表2 術中神経モニタリングに必要な職種と役割

職種	役割
外科系医師: 脳外科医 整形外科医 心臓血管外科医 耳鼻科医 ほか	患者情報の把握 術中の神経障害のリスク評価 術中神経モニタリングの必要性評価 術中神経モニタリングのセッティング (電極装着など) 術中のハイリスク手技の共有 波形変化時の対応 術後神経機能評価
臨床検査技師 臨床工学技士	術中神経モニタリングの準備 術中神経モニタリングのセッティング 術中神経モニタリングの術中記録 波形変化時の対応
麻酔科医	術中神経モニタリングのセッティング 術中神経モニタリングのための麻酔管理 術中神経モニタリングの術中記録 波形変化時の対応

外科系医師を中心に神経モニタリングが実施される傾向にありましたが、近年は外科系医師に加え、臨床検査技師や臨床工学技士も技術的なサポートをするようになってきました。神経モニタリングのセッティング (電極の装着など) は、外科系医師と技師さんの共同で実施する場合もありますが、術中は技師さんが波形記録を行い、波形が記録できているか、波形に変化がないかを確認し、その情報をチームに共有するようになってきました。麻酔科医も神経モニタリングのセッティングや術中記録に関与する場合もありますが、少なくとも波形の記録状況を判断したうえで、麻酔薬の選択、麻酔薬の量、筋弛緩薬の拮抗薬の必要性などを判断する必要があります。定期的に神経モニターの画面を見に行き、波形を確認したうえで、現状の麻酔法でよいか技師さんと相談することが重要です。また、循環動態の変化などに対し麻酔薬を変更した場合は、技師さんにその旨をお伝えすると波形の変化を解釈する

うえでの参考になります。いずれの職種が欠けても適切な神経モニタリングは実施できません。

多職種で
共有しておくべき内容は?

外科系医師や麻酔科医は手術室という環境に慣れています。技師さんなどにとっては働きにくく、意見を言いにくい環境になっています。ただ、何か異常が発生した場合は、すぐに情報を共有してもらわないと、神経障害が非可逆的になってしまうかもしれません。コミュニケーションをしやすい環境を作るためにも、多職種で共有すべき内容は何かを理解しておく必要があります (表3)。どんな神経モニタリングを実施するのか、その中でもどのモニタリングをメインにするのか、ベースラインはいつ記録するのか、コントロールはこの記録とするのか、アラームポイントはどの程度にするのかなどをあらかじめ決めておくと、すみやかに情報共有ができるようになります²⁾。

徹底分析シリーズ 神経モニタリング 10a 新ゴR
色ベタ+スミ20% (以下同)

表3 多職種で共有しておくべき内容

- 本日の症例に必要な神経モニターは何か?
- どの神経モニターをメインとするか?
- 麻酔法は何か?
- ベースラインをいつ記録するか?
- コントロールはこの波形とするか?
- ベースラインを記録できない場合はどうするか?
- アラームポイントはどこに設定するか?
- 波形が低下した場合の対応は?

コラム

ベースラインMEPと
コントロールMEPは
何が違う?

ベースライン MEP は、手術操作によって波形が変化する可能性がある部位からの MEP で、侵襲的な操作が加わる前の MEP のことです。ベースラインは手術開始前に1回とるだけでなく、大きな手術操作が実施される場合はその度にベースライン MEP を記録することが重要です (floating baseline)。コントロール MEP とは、手術操作によって影響されない部位からの MEP のことで、麻酔法、血圧、体温など全身の MEP への影響の評価として用います。胸腰痛の手術では上肢からの MEP、片側の開頭手術では対側の MEP などが使用されます。

10a 新ゴM
17H 17w 諸
16a 新ゴM
17H 17w 諸

KAWAGUCHI, Masahiko
奈良県立医科大学 麻酔科学教室

0.5a 新ゴM・スミ14% (以下同)

1234 LISA VOL.11 NO.1 2004-1
色ベタ (以下同)

1234 LISA VOL.11 NO.1 2004-1

徹底分析
シリーズ

神経モニタリング

流用
色バタ+22.20% (14.1%)

▼表4 神経モニタリングのチェックポイント

- ・麻酔導入前（サインイン）
- ・手術開始前（タイムアウト）
- ・主要な手術操作開始前（モニタリングタイムアウト）
- ・モニター結果の異常出現時
- ・手術終了時（サインアウト）
- ・デブリーフィング

色バタ

29%
72%

ニタリングの結果を多職種で振り返ることも重要です。

波形異常時に
多職種で何をしたらよい？

ベースラインをいつ記録し、ベースラインからどの程度変化した場合（アラームポイント）に異常とするかは各施設・各手術であらかじめ決めておく必要があります。あまり頻繁にアラームを出すと手術の進行が遅れ、そのアラームが軽視されるなどの欠点もあります。逆にアラームポイントを波形消失とすると、アラームが出された時点ですでに非可逆的な損傷となっている可能性もあります。各施設で決められたアラームポイントになると情報を共有し、各職種で実施可能な対応を進めます。各職種が何を実施するかのチェックリストを作成しておくことも有用です^{2,3)}（表5）。Tewariら⁴⁾は、モニター医師から麻酔科医への波形に関する注意の80%、警告の91%が改善したと報告しています。チーム内でのコミュニケーションのための施設プロトコルの確立は麻酔管理や患者安全にとってとても重要です。Skinnerら⁵⁾によるメタ解析によると、チーム医療の充実により術後合併症が40%減少しています。

術中脳脊髄モニタリング認定医
および認定技術師って何？

日本臨床神経生理学会では2019年から術中脳脊髄モニタリング認定医制度を開始しています。整形外科専門医、脳神経外科専門医、麻酔科専門医、脳神経内科専門医など、関連領域の専門医資格を有しており、術中脳脊髄

色バタ+22.20% 13.1%新ゴM

メモ

MEPの波形が記録できない場合に、麻酔深度の評価、筋弛緩レベルの評価が必須です。技師さんから記録できないという相談を受けた場合は、麻酔深度と筋弛緩レベルを評価し、状況を共有します。TOF比の

ルーチンの
神経モニタリングの
チェックポイントは？

情報共有のきっかけとしてチェックポイントがあります。すでに手術ではWHOの手術安全チェックリストを実施していて、麻酔導入前のサインイン、手術開始前のタイムアウト、手術終了時のサインアウトなどがあります。奈良県立医科大学附属病院では、神経モニタリング用の手術安全チェックリストを作成し、主治医、麻酔科医、看護師に加え、技師さんにも参加してもらうようにしています（図1）。これに加えて、主要な手術操作開始前に外科医から、「そろそろ神経損傷の危険がある手術が始まります」というサインを出してもらいます。そこからは技師さんがモニタリングに専念し、異常が出現すれば情報を共有し、多職種で対応するという流れになります。また、手術終了後に術中の神経モニタリングの変化と術後神経障害の有無から神経モ

▼図1 神経モニタリング用の手術安全チェックリスト

手術安全チェックリスト（術中神経モニター用）		H27年7月改訂					
年	月	日	科	患者名	年齢	歳	（男・女）
麻酔導入前（サインイン） → （麻酔科医、看護師、主治医、検査技師で）							
<input type="checkbox"/> 患者確認：氏名、年齢 <input type="checkbox"/> 手術・麻酔同意書の確認 <input type="checkbox"/> 持参薬の確認（ない・ある）→ 内容は？ <input type="checkbox"/> 手術部位・手術体位の確認 <input type="checkbox"/> マーキング：（ない・ある）（左・右） <input type="checkbox"/> Infectionの確認（ない・ある） <input type="checkbox"/> 動揺歯・保護床の確認（ない・ある） <input type="checkbox"/> 取り外せる人工物の確認（ない・ある） （義歯、コンタクト、指輪など） <input type="checkbox"/> 麻酔器と薬剤のチェックは？（はい） <input type="checkbox"/> モニターの装着は？（はい） <input type="checkbox"/> アレルギーは？（ない・ある） <input type="checkbox"/> 気道確保困難・誤嚥のリスクは？（ない・ある） <input type="checkbox"/> 確保するラインは？ <術中神経モニター> <input type="checkbox"/> 必要なモニターは？（外科医） <input type="checkbox"/> 麻酔薬・筋弛緩薬は？（麻酔科医） <input type="checkbox"/> バイトブロックは？（麻酔科医） <input type="checkbox"/> 準備状況は？（検査技師）							
皮膚切開前（タイムアウト） → （看護師、外科医、麻酔科医、検査技師で）							
<input type="checkbox"/> すべてのメンバーが名前と役割の自己紹介をしたことを確認 <術者> <input type="checkbox"/> 患者氏名、年齢、性別、血液型 <input type="checkbox"/> 予定術式、手術部位（特に左右） <input type="checkbox"/> 画像の表示は？ <input type="checkbox"/> 予想手術時間 <input type="checkbox"/> 予想出血量 <input type="checkbox"/> 準備血液は？ <input type="checkbox"/> 術中に発生しうる問題は？ <麻酔科医> <input type="checkbox"/> ラインが確保されている <input type="checkbox"/> 術前抗菌薬の投与（60分以内の投与） <input type="checkbox"/> 術中の問題は？ <看護師> <input type="checkbox"/> 手術機器の滅菌の確認 <術中神経モニター> <input type="checkbox"/> 神経モニターのポイント（外科医） <input type="checkbox"/> 各モニターの記録状況は？（検査技師） <input type="checkbox"/> 麻酔薬・筋弛緩薬は？（麻酔科医）							
手術終了前（サインアウト） （看護師、外科医、麻酔科医、検査技師で）							
<看護師> <input type="checkbox"/> 病名・術式の確認 <input type="checkbox"/> ドレーン位置の確認 <input type="checkbox"/> 器具・ガーゼカウント・針のカウント完了 <input type="checkbox"/> 標本の確認：患者名、個数、標本内容 <外科医> <input type="checkbox"/> 術中術後の問題は？ <麻酔科医> <input type="checkbox"/> 術中術後の問題は？ <術中神経モニター> <input type="checkbox"/> 神経モニターの結果（検査技師） <input type="checkbox"/> 変化がある場合の原因は？（外科医・麻酔科医）							
上記のサインアウトの結果を4者で共有							
外科医		麻酔科医		検査技師		看護師	
備考：							

奈良県立医科大学附属病院

モニタリングに3年間以上従事した経験が必要になります。2024年から正式認定で認定試験も実施しています。2024年10月1日で149名が登録されています。内訳は、脳神経外科71名、整形外科・脊椎外科67名、麻酔科7名、他です。日本臨床神経生理学会認定技術師（術中脳脊髄モニタリング分野）の認定も2020年から開始され、2024年から認定試験を必要とする正式認定に移行しています。臨床検査技師、理学療法士、作業療法士、歯科医師、看護師、臨床工学技士など多くの職種が対象となっています。今後は、各職種を含め、このような認定医や認定技術師がチームとなって安全で

▼表5 術中神経モニタリング異常時（低下・消失・記録不能）の対応

A：検査技師 （記録開始時に セッティング表を記載）	<input type="checkbox"/> 筋弛緩状態（T1、TOF比）の確認：誘発筋電図の場合 <input type="checkbox"/> モニター場所確認（患側、健側の再確認） <input type="checkbox"/> 刺激電極・刺激設定・刺激強度の確認 <input type="checkbox"/> 記録電極・記録設定の確認
B：麻酔科医	<input type="checkbox"/> プロパールの投与量は？ <input type="checkbox"/> 吸入麻酔薬使用はないか？ <input type="checkbox"/> BISは低下していないか？ <input type="checkbox"/> 筋弛緩薬の追加投与はないか？ <input type="checkbox"/> 血圧は低下していないか？ <input type="checkbox"/> 体温の低下はないか？
C：外科医	<input type="checkbox"/> 手術の中断 <input type="checkbox"/> 原因となる手術操作が解除可能か？ <input type="checkbox"/> 治療として考慮すべきことはあるか？

質の高い神経モニタリングを実施することで、アウトカムの改善に寄与できればと思います。

表中ネーム
基本 1/a M#4 BBB (10a以下は、ロダM)
・太くするネーム 1/a 8太 1310 (10a以下は、ロダM)

▼表6 コミュニケーションサイクルの例

悪い例	技 師：波形の振幅が20%まで低下しました。 外科医：まだ危険な操作をしていないので、低下するはずがないよ。 技 師：そうですか…
良い例	技 師：波形の振幅が20%まで低下しました。 外科医：波形の振幅が20%まで低下してるの。少し手術操作を止めて、低下が続くか見てみましょう。コントロールの波形はどうか？ 技 師：コントロールの波形には変化がありません。 外科医：コントロールの波形は変化ないのですね。では手術操作の影響があるかもしれないので、もう少し様子を見てみます。何回か記録して結果を報告してください。 技 師：わかりました。再度記録しましたが、振幅が10%程度まで低下しています。

多職種チーム医療を
推進するために
どうしたらよい？

多職種チーム医療の推進のためには、コミュニケーションサイクルが重要と考えられています⁵⁾。コミュニケーションサイクルの基本構造は、送信 (sender)、受信 (receiver)、理解・解釈 (understanding)、フィードバック (feedback)、確認 (confirmation) です。単なる一方向の情報伝達ではなく、情報が正しく伝わり、理解され、確認されるまでの一連のやり取りのことです。神経モニタリングのような多職種チームでは、誤解や思い込みが重大なエラーやアウトカム不良につながるため、このサイクルを意識して実施することが重要です。コミュニケーションサイクルの悪い例とよい例を表6に示します。技師さんから波形変化の情報をもったら、麻酔科医もその情報を確認・理解し、麻酔や全身状態についての評価を技師さんにフィードバックするようにしてみましょう。また、近年は認定医や熟練した認定技術師も参加する遠隔診療の普及も期待されているところで、チーム医療の質的な改善に寄与できるかもしれません。

職種や部署も異なり、専門知識も異なる多職種メンバーでのチーム医療となるので、常日頃から仲間意識をもって接することが重要です。定期的な多職種カンファレンスなども効果的で、症例の振り返りをしたり、重要な情報を共有したりすることでモニタリングの精度が高まってきます。麻酔法が神経モニタリングの精度に大きく関与するにもかかわらず、あまり協力的でない施設もあると聞きます。患者の術後神経アウトカム改善のためには麻酔科医の関与が必須になりますので、是非、よいチームメンバーになってください。

文 献

1. 日本麻酔科学会 安全委員会 MEP モニタリングガイドライン作成 WG. MEP モニタリング時の麻酔管理のためのプラクティカルガイド. 2018 年 11 月. https://anesth.or.jp/files/pdf/mep_monitoring_practical_guide.pdf (2025 年●月▽日閲覧)
2. 川口昌彦. 多職種チームのためのチェックリスト. In: 術中神経モニタリングバイブル 改訂版: 術後神経合併症を防ぐ, 多職種チーム医療の実践法. 川口昌彦, 中瀬裕之編. 東京: 羊土社, 2020; 191-00.
3. Tamaki T, Ando M, Nakagawa Y, et al. Intraoperative spinal cord monitoring: focusing on the basic knowledge of orthopedic spine surgeon and neurosurgeon as members of a team performing spine surgery under neuromonitoring. Spine Surg Relat Res 2021; 5: 120-32.
4. Tewari A, Francis L, Samy RN, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring team's communiqué with anesthesia professionals. J Anaesthesiol Clin Pharmacol 2018; 34: 84-93.
5. Skinner SA, Holdefer RN. Chapter 44 - The intraoperative neurophysiological monitoring team. In: Deletis V, Shils JL, Sala F, et al, eds. Neurophysiology in Neurosurgery: A Modern Approach. 2nd ed. Cambridge: Academic Press, 2020; 623-35.