

筋弛緩薬投与時には 筋弛緩モニタリングによる 評価が必須である

日本大学医学部麻酔科学系麻酔科学分野 主任教授 鈴木 孝浩 先生

筋弛緩モニタリングはなぜ必要か？

1. 適切な筋弛緩深度の維持のために

本邦で用いられているロクロニウムは中時間作用性の非脱分極性筋弛緩薬に分類されるが、中時間とはどのくらい作用していることをイメージされるであろうか？「1時間くらい……」と答える方が多いのでは？もちろん投与量や性別、年齢、麻酔薬、測定する筋種などにより作用時間は変化するが、筋弛緩薬は本来、効き方に個人差の大きい薬物である。ロクロニウム1mg/kg^{*1}を気管挿管時に投与後、10%回復までの時間は20-120分と大きなバリエーションを呈する¹。各症例に合った適切な筋弛緩深度を提供するには、麻酔科医の長年の経験や勘のみに頼る時代は終えるべきである。

TOFウォッチ[®]の発売中止後のブランクを経て、新たな筋弛緩モニタの発展期がそれを後押ししてくれている。手術に合わせた適切な筋弛緩深度の評価や筋弛緩薬の追加投与のタイミング、持続投与の調整をより正確かつ容易にできるのであるから使わない手はない。筋弛緩薬の過少投与が手術環境や患者状態に悪影響を及ぼすこともあり、逆に過量投与が残存筋弛緩や再クラーレに加担することもあり、筋弛緩薬の安全な投与にはモニタリングが必須なのである。

2. 筋弛緩からの至適回復のために

最大吸気圧 $> -25\text{cmH}_2\text{O}$ は呼吸筋の筋力の十分な回復を示し、5秒間の頭部挙上、足挙上維持は最大吸気圧 $-50\text{cmH}_2\text{O}$ に相当するため、これらの臨床所見が筋弛緩からの十分な回復の指標とされてきた²。しかしこの指標は筋弛緩モニタリングにてTOF比 >0.7 が至適回復と認識されていた時代のものであるため、軽微な残存筋弛緩を回避できる指標ではない。TOF比が0.7-0.9の残存筋弛緩状態にあると、抜管後の上気道

閉塞、誤嚥、低酸素血症のリスクがあるため、TOF比 >0.9 が筋弛緩からの至適回復のゴールドスタンダードとなった経緯がある。

残存筋弛緩を回避するには、やみくもにスガマデクス1バイアルを投与するだけでは達成できず、筋弛緩モニタリングによる筋弛緩深度の評価とそれに合わせたスガマデクスの投与量の滴定が必須である。スガマデクスの過少投与が再クラーレ化を招くが、いったん筋力が回復後、少し時間をおいて生じるようである。帰棟後の不慮の患者呼吸停止、このような危機的状況は患者さんのみでなく、麻酔科医にも大きなダメージとなる。筋弛緩モニタリングによるスガマデクス投与前の筋弛緩深度評価、抜管前のTOF比 $\approx 100\%$ の確認と麻酔記録への記載を必須にすれば、残存筋弛緩と再クラーレは回避することが可能となる。

3. どんな筋弛緩モニタが求められるか？

もっとも重要となるのは神経刺激で得られるポストテタニックカウント、TOFカウント、TOF比などの客観的データの信頼性であり、その他として機能性、適応性、簡易性、携帯性、耐用性、経済性などが求められている。古くより力感知型筋弛緩モニタ(MMG)を主軸として、多くの臨床あるいは基礎研究のデータが蓄積されてきた。MMGは信頼性以外の条件は満たさず、一部の研究者にのみ使用されたが、それがデータの信頼性につながったものと推察される。よってそのデータとの相同性を示すか否かが、新しい筋弛緩モニタとしての評価につながってきた。

加速度感知型モニタ(AMG)であるTOFウォッチ[®]は、ニュートンの第2法則である「力=質量×加速度」を原理としており、一定の質量の物体が動く際の加速度は力と比例することを応用したが、得られるデータはMMGとは互換するものではなく、その差異、たとえば、コントロールの段階でT1からT4にかけて漸増し、TOF比が

>100%を示すため、回復時にノーマリゼーションを要したり、TOF比の回復がMMGより早いことを認識した上で使用する必要があった。しかしそれ以上に、携帯性、簡易性、機能性に優れていたために、臨床麻酔で受け入れられたのであろう。TOFウォッチ®の後継となる

AMGやカフ圧感知型や圧電気感知型などの機種もすでに臨床応用されており、さらに電位感知型モニタ（EMG）が参入し、喜ばしいことに麻酔科医は機種選択ができるまでになっている。筋弛緩モニタの代表格であるAMGとEMGのメリット、デメリットを表1に挙げた。

表1 AMGとEMGのメリット・デメリット

	AMG	EMG
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・使い慣れた使用方法 ・専用電極が不要 ・皺眉筋や眼輪筋にも応用可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・一体型電極の簡便性 ・体位に関係なく使用可能 ・キャリブレーションの速さ ・MMGとの互換性がありデータの信頼性が高い ・小指外転筋に応用可能
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・母指の運動方向とトランスデューサの向きの調整が必要 ・体位による使用制限 ・ハンドアダプタ装着の必要性 ・筋弛緩薬投与前のTOF比が100%以上となりやすい ・至適回復評価にはTOF比のノーマリゼーションが必要 ・コード断線時のコスト負担 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気メスなどのノイズ混入の可能性 ・電極のコスト負担

4. 日本光電製筋弛緩モジュール AF-101P※2/201P※3、筋弛緩表示ユニット VA-201R※4について

日本光電は、AMG、EMGそれぞれの測定原理を持つ筋弛緩モジュールを有しており、同社製生体情報モニタに接続することで使用可能であるとともに、筋弛緩表示ユニット VA-201Rに筋弛緩モジュールを接続することで、単体機としても使用可能で、トレンド画面の視認性やプログラムモードで刺激設定できる機能性を装備している点も評価が高い。施設の設備状況に合わせて選択できよう。AMGとEMG、どちらを選択するかは悩ましいが、メリットとデメリットを念頭に、実際の使用感を重視するとよいと思われる。

参考文献

1. 鈴木孝浩. 筋弛緩薬の投与量はしっかりしたモニタリングから一投与量への影響因子を探る— 日臨麻会誌 2010; 30: 759-63
2. Pavlin EG, Holle RH, Schoene RB: Recovery of airway protection compared with ventilation in humans after paralysis with curare. Anesthesiology 1989; 70: 381-5

※1 本邦におけるロクロニウム用法および用量として挿管用量の上限は0.9mg/kgまでとなっております。

※2 筋弛緩モジュール 医療機器認証番号:229ADBZX00035000

※3 筋弛緩モジュール AF-200シリーズ 医療機器認証番号:301ADBZX00047000

※4 ※2,3付属品