

---

 特集：ここまできた低侵襲性がん治療の進歩 Part2
 

---

## 全身麻酔における薬剤・器材の進歩

## Recent Progress of Drugs and Devices for General Anesthesia

富田 美佐緒 内藤 夏子 高田 俊和

高橋 隆平 丸山 洋一

Misao TOMITA, Natsuko NAITO, Toshikazu TAKADA

Ryuhei TAKAHASHI and Yoichi MARUYAMA

## 要 旨

近年、全身麻酔は、術中の鎮静・鎮痛・不動化を図るのみでなく、質の高い術後早期回復を目標とするという概念が広まっている。この十数年で新しく登場した麻酔薬・筋弛緩薬は、調節性に優れ、速やかな覚醒が得られ、術後の早期回復に寄与するであろう。また、声門上器具やビデオ喉頭鏡の発達は、従来の気管挿管に比べ、安全性を保ちながらより非侵襲的な気道確保を可能にした。他にも、より非侵襲的なモニター・手技が開発されている。ここでは、当科で使用している薬剤・器具のうち、全身麻酔の基本となる各種薬剤、気道確保に関する器具の進歩を中心に概説した。

## はじめに

1990年代後半以降、全身麻酔における薬剤や手技・器具が大きく進歩した。早期回復を目的とし、身体への負担が少ない低侵襲手術が発展する近年、麻酔科領域においても、術中の鎮静・鎮痛だけではなく、術後の回復、予後をも視野に入れた周術期管理の必要性が提唱されている。新しい麻酔薬・筋弛緩薬は、調節性に優れ、速やかな覚醒が可能で、術後の呼吸器合併症を減らし早期回復に役立つと考えられる。また、声門上器具やビデオ喉頭鏡の発達は、安全で、より非侵襲的な気道確保を可能にした。他にも、脳波解析による麻酔深度モニターや、神経ブロック・中心静脈穿刺に適した超音波診断装置、PCA (patient controlled analgesia) ポンプなどが開発され、患者個々に合わせた質の高い周術期管理が行われ始めている。ここでは、当科でも使用し、全身麻酔の基本となる各種薬剤、気道確保に関する器具を中心に紹介する。

## I 新しい麻酔薬・筋弛緩薬

日本では、1990年にセボフルラン、1995年にプロポフォールが登場して以来最近までは、この2者が全身麻酔の中心的存在だったが、2007年に麻薬レミ

フェンタニル、筋弛緩薬ロクロニウム、2010年に筋弛緩拮抗薬スガマデクス、2011年に吸入麻酔薬デスフルランが使用可能となり、全身麻酔に変化がみられている。当科でも、それぞれ2007年10月、2008年3月、2010年6月、2012年4月から使用を始めた。

腹腔鏡手術は、低侵襲性とはいえ、術中の全身管理においては、気腹や体位（頭高位・頭低位）の影響から侵襲が小さいとはいえない。また、視野確保のための筋弛緩薬の使用、体動（バッキング）による臓器・血管の損傷を避けるためにも十分な麻酔深度が必要である。これまでは、麻酔を深くすればそれだけ覚醒が遅くなったが、新しい麻酔薬・筋弛緩薬は、より作用時間が短く、体内からの排泄も速く、低侵襲手術の術後早期回復に寄与すると思われる。

## 1 レミフェンタニル

レミフェンタニル（アルチバ®）は、選択的 $\mu$ -オピオイド受容体アゴニストで、強力な鎮痛作用を持つ超短時間作用性のオピオイド鎮痛薬である。メチルエステル構造を有し、血漿や組織中に広く分布する非特異的エステラーゼによって速やかに加水分解され、代謝産物であるレミフェンタニル酸もほとんど効力を持たないため、レミフェンタニルの作用持続時間は数分以内とされている。薬物持続投与か

ら効果消失までの指標として、context-sensitive half-time (CSHT; 一定の流量で持続静注して、投与を止めた時に、血漿中濃度が50%に減少するまでの時間)がある。他のオピオイドは投与時間に正に相関するが、レミフェンタニルは投与時間にかかわらず約3分である<sup>1)</sup>(図1)。しかも、レミフェンタニルの代謝は、肝腎機能<sup>2,3)</sup>、加齢<sup>4)</sup>などの因子に依存しない。また、速やかに脳内に移行し、作用の発現がおよそ1分と速い<sup>5)</sup>。以上のことから、用量の調節性が優れている、投与量に関係なく速やかな覚醒が得られる、長時間投与においても蓄積する危険性がないといった利点を持つ<sup>6)</sup>。一方、術後疼痛の増強、シバリングの出現、声門上器具を使用した場合の声門閉鎖などが問題点として挙げられ、それぞれ、覚醒時の確実な鎮痛、保温、適切な麻酔深度の保持または筋弛緩薬の使用といった対処が必要である。当科で硬膜外麻酔併用全身麻酔下の開胸手術を対象に調べた結果では、比較的低用量のレミフェンタニル併用の有無による術後疼痛の差はなく、レミフェンタニル群でのシバリングもみられなかった<sup>7)</sup>。レミフェンタニルの併用により、全身麻酔からの覚醒が速く、半覚醒状態から起こる暴れや呼吸抑制といった問題が少なくなり、麻酔科医の抜管時のストレスが軽減したという実感を持っている。

## 2 ロクロニウム

筋弛緩薬においては、より副作用が少なく、より作用発現の速い非脱分極性筋弛緩薬の開発が進められてきた。1973年から本邦で使用可能となった長時

間作用性のバンクロニウムの時代は、禁忌症例以外は、気管挿管には脱分極性筋弛緩薬スキサメトニウムを使用した。1988年から中時間作用性のベクロニウムが使用可能となり、気管挿管時のスキサメトニウムの必要性は減り、筋弛緩薬の術中追加投与や抜管時のリバース薬投与のタイミングに困ることも少なくなった。それでも、作用発現がスキサメトニウムより遅い、蓄積性、リバース投与後の再弛緩といった問題が残存した。ロクロニウム(エスラックス<sup>®</sup>)はその名の通り(rapid onset curonium)短時間作用性の非脱分極性筋弛緩薬であり、アミノステロイド系に属するベクロニウムの誘導体である。

ステロイド系筋弛緩薬は力価が低いほど作用発現時間(薬剤投与終了から神経筋遮断効果が最大になるまで)が短いことが知られている。ロクロニウムのED<sub>95</sub>(四連続刺激の初回刺激に対する筋収縮反応(T1)を非投与時の95%抑制する量)は0.3mg/kgであり、ベクロニウムのED<sub>95</sub>は0.05mg/kgである。ロクロニウムの通常の気管挿管用量は0.6mg/kgであり、その作用発現時間は約90秒と、ベクロニウムの同等量の約3分と比べると速い<sup>8,9)</sup>。迅速気管挿管にはスキサメトニウムと同量の1mg/kgを使用すればよい<sup>10)</sup>。ロクロニウム0.6mg/kgまたは0.9mg/kg静注すると、前者では30-40分、後者では50-60分後に追加投与が必要となる<sup>11)</sup>。ロクロニウムは、主として肝臓から未変化体として排泄され、活性代謝産物がほとんど検出されないことから、蓄積性がなく、持続投与が可能である。

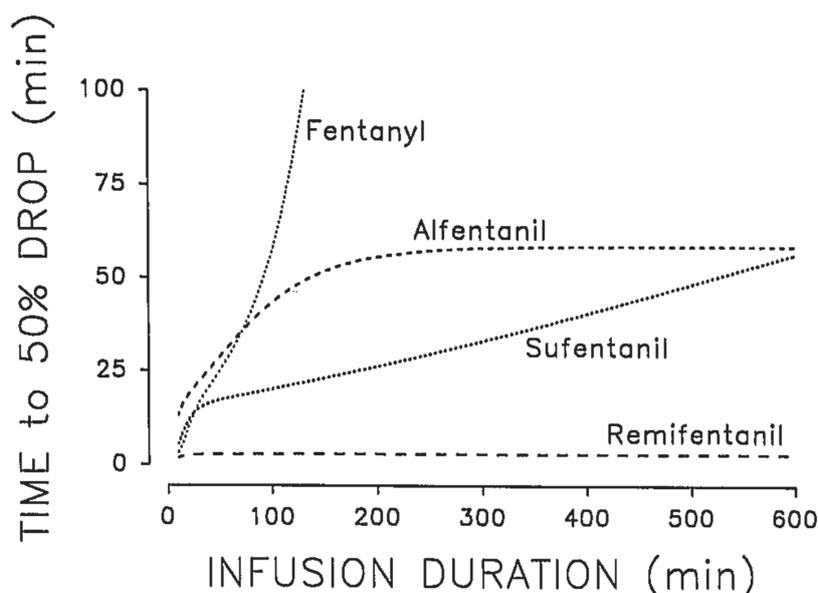


図1 各種オピオイドの持続静注終了後に血中濃度が50%低下するのに要する時間のシミュレーション(文献1より引用)

### 3 スガマデクス

これまで、非脱分極性筋弛緩薬の拮抗にはネオスチグミンが使用されてきた。抗コリンエステラーゼ薬による拮抗は、アセチルコリンエステラーゼの作用を抑制することで、神経筋接合部内のアセチルコリン量を増加させ、非脱分極性筋弛緩薬との競合作用を高めるといった間接的な作用である。ムスカリン作用を抑えるためにアトロピンを併用する必要があり、両者を2:1で混合したプレフィルドシリンジも発売されている。スガマデクス（ブリディオ<sup>®</sup>）はシクロデキストリンという構造を持ち、ロクロニウム及びベクロニウムと不可逆的に包接し、複合体を作る<sup>12)</sup>。スガマデクスを投与すると血中のロクロニウム分子は速やかに包接され、神経筋接合部の筋弛緩薬の濃度が減少し、神経筋伝達が回復する<sup>13)</sup>。ネオスチグミンで筋弛緩を拮抗するには、ある程度の筋弛緩の回復が必要であるが、スガマデクスは至適量を用いれば深い筋弛緩状態であっても1~2分で拮抗が可能である<sup>14)</sup>。このことから、換気不能や気管挿管不能（cannot ventilate, cannot intubate; CVCI）に対する緊急拮抗にも期待されている。使用量が不十分な場合再クラーレ化の危険があること、スガマデクス投与後短時間で再度筋弛緩が必要になった場合のロクロニウムの投与量と作用時間への配慮が必要なこと、気管支痙攣やアナフィラキシーなどの副作用があることなどに注意を要する。

### 4 デスフルラン

デスフルラン（スープレ<sup>®</sup>）は、欧米では1992年から臨床使用が始まった揮発性吸入麻酔薬で、イソフルランと同類のハロゲン化メチルエチルエーテルである。イソフルランと違い塩素原子を含ま

ず、ハロゲン原子はフッ素のみである（セボフルランはハロゲン原子がフッ素のみのイソプロピルメチルエーテル）。このデスフルランの特徴<sup>15, 16)</sup>（表1）は、①沸点が22.8℃と低く、蒸気圧が高い（摂氏20度で669mmHg）ので加熱加圧式の気化器が必要、②生体内代謝率が0.02%と低く代謝を受けにくい、③血液/ガス分配係数が0.45と低く導入・覚醒が速い、④MAC（minimum alveolar concentration；侵害刺激に対する反応としての体動を、50%の患者で阻止する最小肺胞濃度）が6~7%と高いため、低流量で用いたほうが経済的にはよい、⑤気道刺激性が強いため吸入麻酔薬による導入には向かない、⑥1 MACから1.5MACに濃度上げると一過性に心拍数・血圧が上昇する<sup>17)</sup>、などがあげられる。これまでの報告では、特に禁忌はない。しかし、気道刺激性が強い、覚醒は早いとセボフルランとの違いは数分である、覚醒時興奮の発生が比較的高い、動物実験ではあるが、脳の発達期に暴露されると、イソフルランやセボフルランよりも神経細胞のアポトーシスを誘導し学習障害を引き起こす可能性があるという報告などから、小児麻酔や帝王切開の際は積極的に使用する理由は見当たらない、という意見がある<sup>18, 19)</sup>。これまでの吸入麻酔薬との際立った違いはやはり覚醒の速さであろう。麻酔維持には3~5%の濃度で使用し、手術終了と同時に投与中止すると数分で覚醒が得られ、漸減していく必要がない。実際に使用した感触では、セボフルランの同MACと比べ、鎮痛・鎮静作用が強く、やや血圧低下が強い印象である。覚醒は予想以上に速やかで、年齢・性別によらずよく覚めるというのが実感である。

表1 吸入麻酔薬の物理化学的性質（文献15より引用・改変）

	亜酸化窒素	イソフルラン	セボフルラン	デスフルラン
分子量	44	184 Da	200 Da	168 Da
沸点		48.5℃	58.5℃	22.8℃
蒸気圧（20℃）		240mmHg	170mmHg	669mmHg
臭い	甘い	エーテル様	有機溶媒臭	エーテル様
気道刺激性	なし	強	弱	強
分配係数 血液/ガス	0.47	1.4	0.64	0.45
脳/血液	1.1	1.6	1.7	1.3
脂肪/血液	2.3	45	48	27
MAC（30~55歳）	104	1.17	1.8	6.6

## II 新しい器材

### 1 ビデオ喉頭鏡

1940年代にSir Robert Macintoshが考案したマッキントッシュ型喉頭鏡は、世界中で広く使用され、全身麻酔の安全性に多大な貢献を果たしてきた。マッキントッシュ型喉頭鏡は、施行者の視線と患者の声門が直線上に並ぶ必要があり、この喉頭展開には訓練と経験を要する。しかし、内視鏡・ビデオ光学機器の発達に伴い、声門を間接的に視認できる硬性ビデオ喉頭鏡が開発され、気管挿管の方法が大きく変わろうとしている。

ビデオ喉頭鏡は近年、多数の機種が開発され、機能の違いにより世代分類ができる<sup>20)</sup> (表2)。当科では、第3世代のAirway Scope, 第2世代のMcGRATH MACを採用した。

#### 1) エアウエイスコープ (Pentax-AWS®, HOYA製, 東京)

エアウエイスコープ (AWS) は、本邦で開発された間接声門視認型硬性ビデオ喉頭鏡で、CCDカメラとモニター画面を内蔵した本体部分と、ディスプレイの専用ブレード (イントロック®) から構成される (図2)。イントロック®は、咽頭・喉頭の解剖学的構造に適合するようにJ字型をしているため、硬・軟口蓋から咽頭後壁に沿わせて挿入すると、容易に声門の視認が可能である。イントロック®には誘導溝があり、この溝に沿って気管チューブを押し出すことで、容易に声門へ挿入できる。このように、口腔、咽頭への負荷が軽く、自然な頭位での挿入が可能のため、循環<sup>21)</sup>や頸椎<sup>22)</sup>に対する侵襲が小さく、意識下挿管も可能である。また、気管挿管の成功率や挿管時間を検討したメタ解析によると、マッキントッシュ

型喉頭鏡に比べ、通常気道患者においては、初心者における気管挿管の初回成功率が高く、気管挿管時間が短かった<sup>23)</sup>。熟練者の通常気道患者では有意差がないが、挿管困難の難易度が中等度以上では、挿管成功率が高く、挿管時間も短かったと報告されている<sup>24)</sup>。マッキントッシュ型喉頭鏡で気管挿管ができなかった症例の挿管にAWSが有用であったという報告も増えている<sup>25)</sup>。これまで、挿管困難症例に対しては気管支ファイバーが用いられてきたが、高い習熟度に加え器具の準備、使用後の洗浄・滅菌処理が煩雑であるため、使用頻度は減少するであろう。ただし、高度な開口障害などAWSでも挿管できない症例も存在し、ファイバー挿管に習熟する必要性がある。

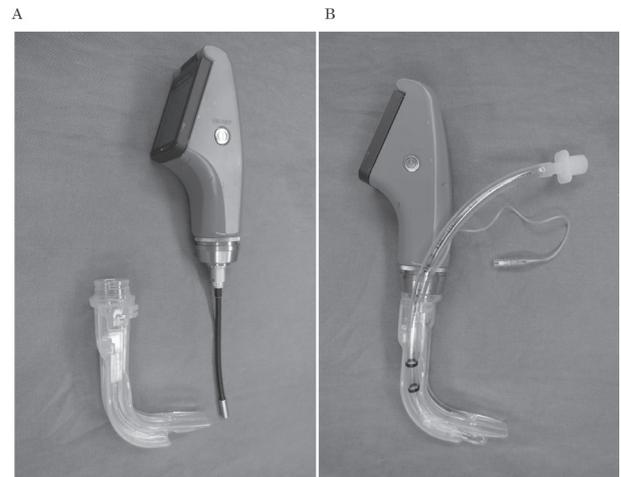


図2 エアウエイスコープ

- A. 本体とディスプレイブレード
- B. 気管チューブをブレードの誘導溝に装着したところ

表2 ビデオ喉頭鏡の世代分類

第1世代 従来型ブレードにビデオ機能をつけたもの	ファインビュー <b>ラリンゴビュー</b> C-MAC など
第2世代 ブレードに角度をつけ声門をビデオ画像上で間接的に確認するもの	グライドスコープ <b>McGRATH</b> など
第3世代 ブレードは口蓋・咽頭後壁に沿う形状で、気管チューブを誘導する溝構造をもつもの	ブレード喉頭鏡 <b>エアウエイスコープ</b> エアトラック など

太字：当院にあるもの (文献 20 より引用・改変)

## 2) McGRATH®MAC

McGRATHは、Aircraft Medical (United Kingdom) で開発されたビデオ喉頭鏡で、本邦では平成24年9月に承認され、当院では同年10月に購入した。従来のマッキントッシュ型喉頭鏡とほぼ同じ形状で、声門の直接視とモニター画面での間接視の両方が可能である(図3)。2.5インチLCDカラーディスプレイとの一体型であるが、200gと軽量小型で、手に持ちやすい。ブレード自体はディスプレイのポリカーボネイト製であるが、合金鋼の頑丈な本体が芯となるため、破損等の懸念無く安心して使える印象がある。声門の確認には、マッキントッシュ型と同様、前上方への拳上操作が必要となるが、それより軽度で済む。まだ報告が少ないが、挿管困難や病的肥満の患者の気管挿管に有用だったと紹介されており<sup>26)</sup>、筆者らも挿管困難例に使用している。口腔内に気管チューブを挿入したのち、画面に出てくるまでがブラインド操作になるため、声門が見えているのに気管チューブを声門に誘導できないといった事態が生じたり、口腔内組織を損傷したりする可能性がある。通常の気管挿管を習得した麻酔科医がマネキンでMcGRATHとAWSで気管挿管を試みた報告<sup>27)</sup>では、3分以内で気管挿管ができたのは、AWSでは100%だったのに対しMcGRATHでは48%であった。筆者の経験でも、挿管困難度(Cormackレベル)がより高い症例では、AWSでより挿管成功率が高い印象がある。



図3 McGRATH®MAC

## 2 声門上器具 i-gel®

ラリンジアルマスク (Laryngeal mask airway: LMA, 英国) は1983年英国の麻酔科医Archie Brainにより開発された。2000年に発売されたLMA ProSealは、LMA classicの進化型で、シール圧がより高く、胃管の挿入が可能なることから、筋弛緩を用いた陽圧換気も可能で、この製品の登場により声門上器具の地

位が確立された。声門上器具は、気道や生体への非侵襲性のほか、挿管困難時のレスキューとしても有用性が認められているが、食道と気道の分離が不十分であることが欠点とされてきた。しかし、2010年に発表されたシステマティックレビュー<sup>28)</sup>では、声門上器具は、気管挿管に比べ、嘔声、喉頭痙攣、咳、咽頭痛の発生が少なく、胃内容物の咽頭への逆流、悪心嘔吐の頻度に差がないことが示された。

i-gel (インターサージカル製、英国) は、2007年に英国で、2010年に本邦で発売された声門上気道確保器具である。当科でも2010年8月から使用し、2013年6月からは当院救急外来にも常備されている。i-gelは、LMAと形状は似ているが、カフ構造を持たない。ゴム様物質 (styrene ethylene butadiene styrene) でできており、熱可塑性を持ち、マスク部が喉頭周囲に密着するという特徴がある(図4)。LMA ProSealは全体に柔らかく挿入には専用のイントロデューサーまたは訓練が必要であるのに比べ、i-gelには適度な弾力があるため、硬口蓋に沿って滑らせるように挿入する操作がしやすい(図5)。非熟練者(麻酔科研修を修了した初期研修医、i-gelの使用経験なし)によるi-gel、LMA classic、気管挿管の比較検討<sup>29)</sup>では、30秒以内の気道確保のべ成功数はi-gelが他の2法に比べて高く、所要時間はi-gelがLMA classicに比べて短く、難易度のVAS値は、i-gelが他の2法に比べ低かった。また、i-gelの挿入は、LMAの挿入や気管挿管と比べ、眼圧や血行動態において安定していたと報告されている<sup>30)</sup>。

## 3 動脈圧心拍出量測定装置

これまで、周術期の心拍出量モニターとしては、肺動脈カテーテルを用いた熱希釈法を用いてきた。フロートラックシステムは、FloTrac® sensorとVigileo® Monitor (図6) から成るキャリブレーション

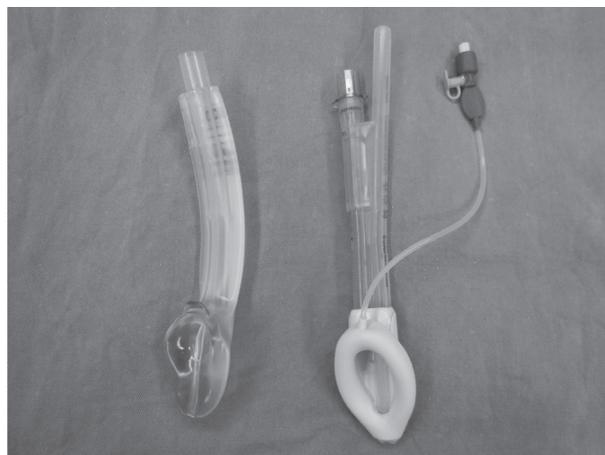


図4 i-gelと LMA-PS (どちらもサイズ3)

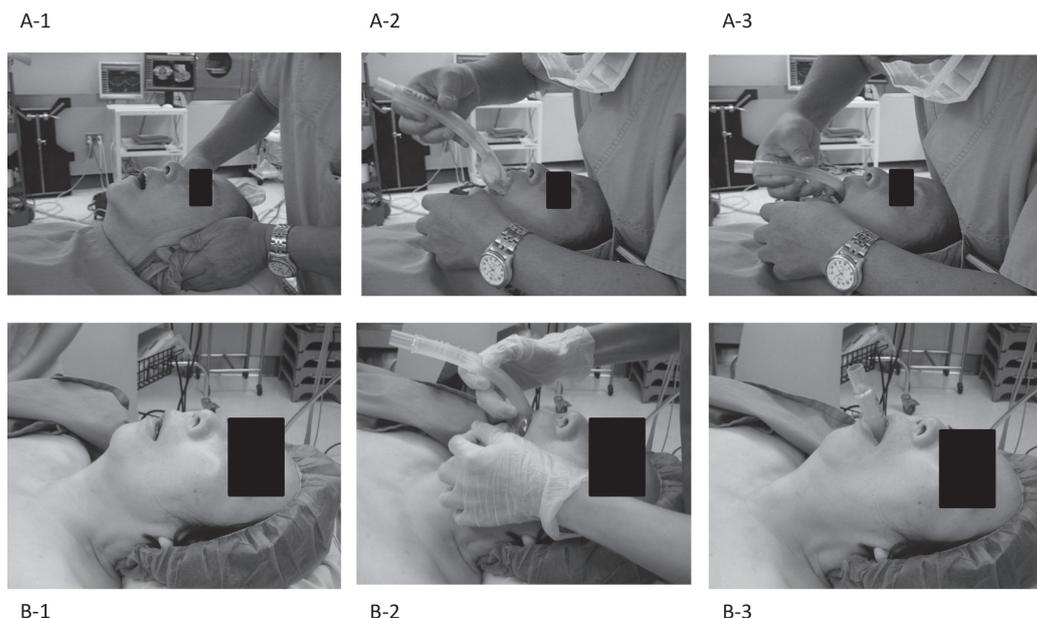


図5 i-gelの挿入

Sniffing positionをとったのち (A-1,B-1), i-gelを硬口蓋に沿わせ、弾力を利用して挿入する。この時のi-gelの向きに注目 (A-3,B-2)



図6 Vigileo® monitor

ンを必要としない連続的動脈圧心拍出量 (arterial pressure-based cardiac output: APCO) モニターで、橈骨動脈にカテーテルを挿入し、患者の年齢、身長、体重を入力するだけでAPCOが得られ、低侵襲モニターと考えられる<sup>31)</sup>。2006年4月から本邦で臨床使用が可能となり、当科では2011年11月から使用している。APCOの他に、1回拍出量変動 (stroke volume variation: SVV)、さらにオキシメトリを測定できる中心静脈カテーテルを用いれば中心静脈血酸素飽和度 (ScvO<sub>2</sub>) も測定できる。SVVは、人工呼吸に伴う胸腔内圧の吸気時の上昇などにより生じる1回拍出量の呼吸性変動を表すものである。循環血液量が不足した状態では呼気時の1回拍出量の減少につな

がり、SVVは輸液負荷によって1回拍出量の増加が見込めるかの予測指標となる可能性がある。SVVが13%前後以上になると輸液反応性があることが多いとされている<sup>32)</sup>。近年、中心静脈圧や肺動脈閉塞圧といった静的指標よりも、SVVのような動的指標の方が輸液負荷に対する個別的な反応に有用であるという報告がなされている<sup>33,34)</sup>。当科においては、食道切除術や肝切除術、心疾患合併患者等の循環管理に有効に使用したいと考えている。

### まとめ

新しい麻酔薬・筋弛緩薬や、器具・機械の登場は、全身麻酔に大きな変革をもたらし、麻酔の質や安全

性を高めるものとして期待できる。近年、周術期管理の目標として、手術患者の回復力強化 (Enhanced Recovery After Surgery; ERAS) が掲げられている。我々麻酔科医は、それらを適切に用い、術後回復の質の向上に貢献しなければならないと考える。

## 文 献

- 1) Egan TD, Lemmens HJ, Fiset P et al.: The pharmacokinetics of the new short-acting opioid remifentanyl (G187084B) in healthy adult male volunteers. *Anesthesiology* 79(5): 881-892, 1993.
- 2) Dumont L, Picard V, Marti T et al.: Use of remifentanyl in a patient with chronic hepatic failure. *Br J Anaesth* 81(2): 265-267, 1998.
- 3) Hoke JE, Shlungman D, Dershwitz M et al.: Pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl in persons with renal failure compared with healthy volunteers. *Anesthesiology* 87(3): 533-541, 1997.
- 4) Minto CF, Schnider TW, Shafer SL: Pharmacokinetics and pharmacodynamics of remifentanyl. II. Model application. *Anesthesiology* 86(1): 24-33, 1997.
- 5) Egan TD: The clinical pharmacology of remifentanyl: a brief review. *J Anesth* 12(4): 195-204, 1998.
- 6) 中山禎人: レミフェンタニルは必要である—レミフェンタニルが変えた麻酔管理の概念—。日本臨床麻酔学会誌32(3): 350-358, 2012.
- 7) 富田美佐緒, 内藤夏子, 高田俊和, 他: 開胸手術における硬膜外フェンタニルによる術後鎮痛効果のレミフェンタニル併用の有無による比較。日本麻酔科学会第56回学術集会抄録[引用2013-11-6] <https://member.anesth.or.jp/sm/56/>
- 8) Magorian T, Flannery KB, Miller RD: Comparison of rocuronium, succinylcholine, and vecuronium for rapid-sequence induction of anesthesia in adult patients. *Anesthesiology* 79(5): 913-918, 1993.
- 9) 新宮興, 増澤宗洋, 表圭一, 他: Org9426 (臭化ロクロニウム) の筋弛緩作用—臭化ベクロニウムとの比較—。麻酔55(9): 1140-1148, 2006
- 10) Andrews JI, Kumar N, van den Brom RH et al.: A large simple randomized trial of rocuronium versus succinylcholine in rapid-sequence induction of anaesthesia along with propofol. *Acta Anaesthesiol Scand* 43(1): 4-8, 1999.
- 11) 尾崎 眞: 病態・手術に応じたロクロニウムの使用方法。麻酔57(7): 831-837, 2008.
- 12) 大友重明, 笹川智貴, 国沢卓之, 他: スガマデクス。麻酔62(1): 27-37, 2013
- 13) Naguib M: Sugammadex: another milestone in clinical neuromuscular pharmacology. *Anesth Analg* 104(3): 575-581, 2007.
- 14) Pühringer FK, Rex C, Sielenkämper AW, et al.: Reversal of profound, high-dose rocuronium-induced neuromuscular blockade by sugammadex at two different time points: an international, multicenter, randomized, dose-finding, safety assessor-blinded, phase II trial. *Anesthesiology* 109(2): 188-197, 2008.
- 15) Eger EI II, Eisenkraft JB, Weiskopf RB: Physical Properties. The Pharmacology of Inhaled Anesthetics. The Distinguished Professor Program 2007, pp6-19.
- 16) Eger EI II, Eisenkraft JB, Weiskopf RB: MAC. The Pharmacology of Inhaled Anesthetics. The Distinguished Professor Program 2007, pp21-32.
- 17) Ebert TJ, Muzi M: Sympathetic hyperactivity during desflurane anesthesia in healthy volunteers. *Anesthesiology* 79(3): 444-453, 1993.
- 18) 有井貴子, 上園晶一: デスフルランと小児麻酔。臨床麻酔37(3): 510-518, 2013.
- 19) 田中 基: 周産期麻酔とデスフルラン。臨床麻酔37(3): 492-495, 2013.
- 20) 浅井 隆: 喉頭鏡の種類と気管挿管の性能: 麻酔科医のための気道・呼吸管理。廣田和美編。P31-56. 中山書店, 2013.
- 21) Nishiwaki K, Matsuoka H, Saito S: Tracheal intubation with the PENTAX-AWS (airway scope) reduces changes of hemodynamic responses and bispectral index scores compared with the Macintosh laryngoscope. *J Neurosurg Anesthesiol* 21(4): 292-296, 2009
- 22) Hirabayashi Y, Fujita A, Seo N et al.: Cervical spine movement during laryngoscopy using the Airway Scope compared with the Macintosh laryngoscope. *Anaesthesia* 62(10): 1050-1055, 2007.
- 23) 平林由広, 星島 宏, 蔵谷 紀文: 誘導溝型ビデオ喉頭鏡: メタ解析。麻酔。62(6): 886-893, 2013.
- 24) 平林由広, 星島 宏, 蔵谷 紀文: 挿管困難におけるエアウェイスコープの有用性: メタ解析。麻酔。62(6): 737-744, 2013.
- 25) Asai T, Liu EH, Matsumoto S et al.: Use of the Pentax-AWS in 293 patients with difficult airways. *Anesthesiology* 110(4): 898-904, 2009.
- 26) 新井丈郎, 齋間俊介, 田口飛鳥他: 挿管困難における新型ビデオ喉頭鏡McGRATH®MACの有用性。麻酔62(9): 1135-1138, 2013.
- 27) Sharma DJ, Weightman WM, Travis A: Comparison of the Pentax Airway Scope and McGrath Videolaryngoscope with the Macintosh laryngoscope in tracheal intubation by anaesthetists unfamiliar with videolaryngoscopes: a manikin study. *Anaesth Intensive Care* 38(1): 39-45, 2010.
- 28) Tu SH, Beirne OR: Laryngeal Mask Airways have a lower risk of airway complications compared with endotracheal intubation: a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg* 68(10): 2359-2376, 2010.
- 29) 桑原佳恵, 田口志麻, 楠 真二他: 非熟練者による緊急気道確保を想定したi-gelTM, ラリンジアルマスク, 気管挿管の比較検討。麻酔(5): 592-595, 2013.
- 30) Ismail SA, Bisher NA, Kandil HW et al.: Intraocular pressure and haemodynamic responses to insertion of the i-gel, laryngeal mask airway or endotracheal tube. *Eur J Anaesthesiol* 28(6): 443-448, 2011.
- 31) 小竹良文: 動脈圧心拍出量測定法。臨床麻酔30(7): 1165-1169, 2006.
- 32) Michard E: Changes in arterial pressure during mechanical ventilation. *Anesthesiology* 103(2): 419-428, 2005.
- 33) Bundgaard-Nielsen M, Holte K, Secher NH et al.: Monitoring of peri-operative fluid administration by individualized goal-directed therapy. *Acta Anaesthesiol Scand* 51(3): 331-340, 2007.
- 34) Parry-Jones AJD, Pittman JAL: Arterial pressure and stroke volume variability as measurements for cardiovascular optimization. *Int J Intensive Care* 10(2): 67-72, 2003.