

徹底分析
シリーズ

吸入麻酔と静脈麻酔 どちらを選ぶ?

困難気道を有する症例の
薬物選択気道管理戦略に適した
薬物を選ぼう!

齋藤 明之 15a 新3M

12a ロダンDB 19H 18w 詰
ビデオ喉頭鏡の登場により手術室内で困難気道に遭遇する機会は極めて少なくなった。しかしながら、困難気道を有する症例は存在し、気道確保器具の選択のみならず、適切な薬物の選択も含めた気道管理戦略が鍵を握る。13a トラギ/明朝 17w 詰
12a トラギ/明朝 17w 詰色ベタ+スミ20%
スミ・白スミ 13a 新3M 0.3ミリケイ
色ベタ+スミ20%
スミ・白スミ 13a 新3M 0.3ミリケイ

コメント

現代医療では、常に医療訴訟、医療過誤を意識しながら医療行為を行う必要がある。そのうえでガイドラインの存在、文言は極めて重要で、責任重大である。なぜなら医療裁判において、医療の素人である裁判官は、そのガイドラインなどを参考に、行われた医療行為が適切であったか否かを判断するからである。困難気道症例において、非外科的気道確保にすべて失敗したならば、多くの麻酔科医にとって経験が極めて少ない、もしくは経験したことがない緊急外科的気道確保をガイドラインに準じてすみやかに行わなければならない²⁾。筆者は、気道管理を含め判断に迷う医療行為はガイドラインや文献を参考に実行している。SAITO, Tomoyuki
獨協医科大学埼玉医療センター 麻酔科

0.5ミリケイ・色ベタ・天地 14ミ

16a ロダンB 17H (以下同)

薬物選択の前に
気道管理戦略を考えよう!

麻酔科医になり、まず技術的に習得すべきことは気道管理であろう。ビデオ喉頭鏡は困難気道、感染対策にも有用で、手術室内での使用は一般的となり、挿管困難に遭遇する頻度は1%を下回っている。気道管理の安全性は飛躍的に向上したが、経験の少ない麻酔科医にとって、ビデオ喉頭鏡で気管挿管できなかったときの対処の経験が少なく、いざ失敗したときの対処方法に苦慮する可能性がある。したがって困難気道に遭遇したときの気道管理戦略を、プランA、B、Cまで事前に考えておく必要がある。

気道管理ガイドラインと
医療訴訟対策

現在、小児から成人まで困難気道対策を含む多くの気道管理ガイドラインが世界中で公表されている。現代医療は医療訴訟にも対策を講じる必要があるため(コメント)、エビデンスにもとづいた対策を行うことは“100%絶対安全”がない医療において、自分自身を守る意味でも重要であろう。そうした観点から日本を含めた主要なガイド

ラインは一読すべきである。2022年に更新された米国麻酔科学会困難気道(ASA-DAM)ガイドライン³⁾は、麻酔科医を含む気道管理のエキスパートからなるタスクフォースによって作成された。主な特徴は、気道確保中と抜管を通しての酸素投与、カプノグラフィーの使用、経過時間に注意を払うこと、試行回数の制限、自発呼吸を温存した意識下挿管の重要性について明記されている。成人のアルゴリズムを図1に示す。意識下挿管と
静脈麻酔薬

図1のアルゴリズムの始めに、挿管を試みる前に覚醒下とするか導入後にするかを選択せよとあり、困難気道が疑われる場合や、誤嚥のリスク、急激な酸素飽和度の低下のリスクを有する場合、緊急の侵襲的気道確保困難が疑われる場合は、“INTUBATION ATTEMPT WITH PATIENT AWAKE”と記載されている。つまり、患者を覚醒させたままで、気管挿管を行うことを推奨している。自発呼吸を温存した意識下挿管、外科的気道確保、体外循環を利用した酸素化と換気の維持のいずれかを選択する。この中で意識下挿

徹底分析シリーズ 吸入麻酔と静脈麻酔 どちらを選ぶ? 10a 新3M
色ベタ+スミ20% (以下同)

図1 ASA-DAM 2022の成人ガイドライン (文献3より)

図中 ネーム

・基本 11a M中G BBB
(10a)以下は、ロダンM)

・太付るネーム

11a トラギ B101
(10a)以下は、ロダンDB)図版は、0.12ミリケイ
色ベタ+スミ20% (以下同)(以内)
185ミリ
165ミリ
(179ミリ以内)管は、麻酔科医にとって必須のテクニックである。意識下挿管は全気管挿管のうちわずか0.2%でしか行われず、まれな手技になりつつあるため⁴⁾、日々のトレーニングは重要である。局所麻酔のみ(上気道粘膜への局所麻酔

薬の直接噴霧、喉頭神経ブロック)でも施行可能であるが、プロポフォル、デクスメタミジン、レミマゾラム、レミフェンタニル、フェンタニルなどの静脈麻酔薬を積極的に使用することで患者の不快感を軽減させ、手技中

の協力を得ることが期待できる。また、高流量経鼻酸素療法(コラム1)を併用した意識下挿管は効果的な酸素供給のみならず、喉頭展開視野の改善(図2)にも役に立つことが示唆されている⁵⁾。

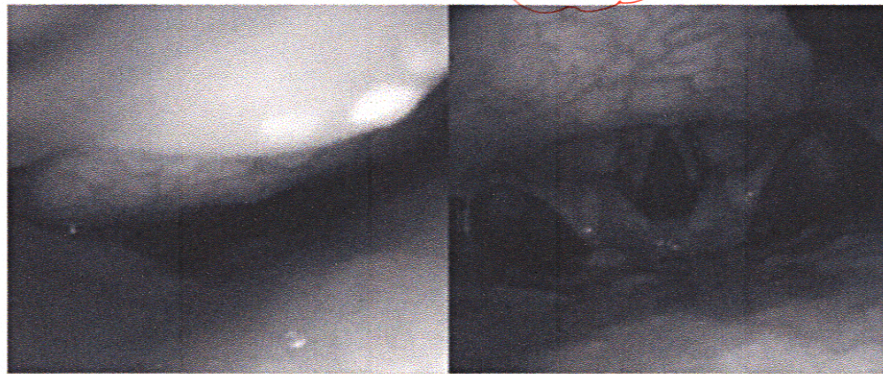
徹底分析
シリーズ吸入麻酔と静脈麻酔
どちらを選ぶ？

色ハタ
スミ20%
(以下同)

14a ロダンB
16 H

図2
気管支ファイバー補助下の
意識下挿管における
高流量経鼻酸素療法
(酸素 60 L/min) による
喉頭展開視野の変化
左：使用前，右：使用中

5H
11a MFG BB



コラム1

困難気道における高流量経鼻酸素療法の役割は主に三つある。一つ目は、麻酔導入時の気管挿管における無呼吸酸素化である。喉頭展開の気道確保手技中の無呼吸時に連続的に酸素供給を行う方法で、低酸素血症になる時間を延長し、血中二酸化炭素分圧の上昇を緩徐にする。二つ目は、呼吸終末陽圧 (PEEP) 効果による喉頭展開視野の改善と、上気道閉塞の解除である。意識下挿管時の気管支ファイバー操作による喉頭視野の同定を容易にする可能性がある。三つ目は、麻酔導入、気管挿管に伴う低血圧や徐脈などの血行動態の変動を最小限にし、生理学的安定に寄与することである。

各薬物の
気道、呼吸への影響と特性

静脈麻酔薬、吸入麻酔薬、麻薬の特性を知ることは、意識下挿管を含めた気道管理戦略を立てるうえで有益であろう。年齢や全身状態による個人差、薬物の相互作用もあるが、各薬物の特性を文献とともに示す。

プロポフォール
プロポフォールの持続静脈内投与により呼吸抑制が起きる効果部位濃度の EC₅ は 3.09 μg/mL, EC₁₀ は 3.18 μg/mL, EC₅₀ は 3.99 μg/mL であった⁶⁾ (コラム2)。効果部位濃度が 2.5~3 μg/mL で呼吸抑制や無呼吸は起こる可能性がある。単回投与も、急激な血中濃度の上昇による呼吸抑制や無呼吸が起こる可能性がある。言語応答が可能かつ鎮静を保つために必要な効果部位濃度は 1.5 μg/mL 程度である⁷⁾。意識下挿管をするときは、原則持続静脈内投与を行い、bispectral index (BIS) などの脳波モニターと上記効果部位濃度を目安に施行すれば安全であろう。麻酔導入時のプロポフォール使用の注意点は、換気困難、酸素化困難時に患者をすみやかに覚醒させ、自発呼吸を

再開させるための拮抗薬がないことである。筆者は、明らかな困難気道が予測される症例の麻酔導入では、プロポフォールは使用していない。

レミゾラム

レミゾラムの持続静脈内投与で、酸素飽和度 90% 未満で陽圧呼吸補助が必要な頻度は、効果部位濃度 0.5 μg/mL のときに 2.8%, 1 μg/mL のときに 48.6%, 1.5 μg/mL のときに 50% であった⁸⁾。また、レミゾラムの意識消失する際の血中濃度は 0.5~0.7 μg/mL である⁹⁾。したがって、効果部位濃度と血中濃度がほぼ同等と仮定するならば、意識消失し得る濃度の 0.5 μg/mL でも呼吸抑制を起こす可能性があるため、意識下挿管で使用する際には注意が必要であろう。レミゾラムの利点として、フルマゼニルによる拮抗が可能で、予期せぬ困難気道時に患者を覚醒させることが可能である。筆者は困難気道の予測される症例の麻酔導入時に使用している。

デクスメトミジン

デクスメトミジンは、呼吸抑制を伴わずに鎮静と鎮痛をもたらすため、困難気道症例の意識下挿管で使用しやす

い薬物である¹⁰⁾。一方で、α₂ 作動性鎮静薬の心血管作用は徐脈、低血圧、一過性高血圧、反射性徐脈をもたらすことがあるため、血行動態に注意を払う必要がある。

レミフェンタニルとフェンタニル

レミフェンタニルは非特異的な組織および血漿中のエステラーゼによってすみやかに加水分解されるため、呼吸抑制が起きたとしても投与中止により呼吸再開が期待できる。鎮痛・鎮咳作用があるため、意識下挿管では効果部位濃度 1.0~3.0 ng/mL を目安に単独で効果的に使用できる¹⁰⁾。フェンタニルの呼吸抑制の生じ得る効果部位濃度は 2.0 ng/mL で¹¹⁾、レミフェンタニルの力価が濃度換算で同程度であることから、レミフェンタニルでも 2.0 ng/mL 以上でも、呼吸抑制が起こる可能性がある。170 cm, 70kg, 40 歳、男性の薬物動態モデルでは、0.1 μg/kg/mL のときの血中濃度は 2.6 ng/mL であった¹²⁾。つまり、0.1 μg/kg/mL でも呼吸抑制は起こり得るため、意識下挿管では、高濃度での持続静脈内投与やボラス投与は避けるべきであろう。

気道確保時にフェンタニルを使用するか否かは議論のあるところであるが、筆者は、0.5 μg/kg を、呼吸状態の観察を行いながら投与している。困難気道が予測される症例の麻酔導入では、失敗したときの早期の呼吸再開が遅れることを懸念し使用していない。

両薬物とも疼痛を軽減するために必要な濃度には個人差があり、疼痛を感じている濃度では呼吸抑制は原則生じない。

その他の静脈麻酔薬

意識下挿管において、ミダゾラムはデクスメトミジン、レミフェンタニルの補助的な役割に位置付けられている。フルマゼニルにより拮抗可能であるが、過鎮静とそれに伴う合併症の可能性を増加させることも指摘されている。ケタミンは低用量であれば、呼吸抑制の少ない薬物であるが、注意点として気道分泌物を増加させ、気道閉塞・喉頭痙攣を誘発させる可能性がある。

吸入麻酔薬

吸入麻酔薬は、種類により差はあるものの、濃度依存性に 1 回換気量を減少させ、代償性に呼吸数を増加させ、二酸化炭素に対する換気応答反応を抑制する。静脈麻酔薬と異なり、吸気、呼気時の濃度が表示され、ダイヤルもしくはタッチパネルで容易に濃度を調整できることが利点である。

セボフルランは、呼吸抑制の指標となる 1 回換気量の抑制、あるいは動脈血二酸化炭素分圧の上昇の程度は比較的少なく、吸入麻酔薬の中でも自発呼吸が保たれやすい。気道刺激性は少なく、血液/ガス分配係数が低く、すみやかな導入が得られるため、導入から維持、覚醒まで同一薬物を使用する single agent anesthesia に適しており、自発呼吸を温存しながら麻酔導入が可能である。小児、成人の困難気道戦略として、本方法による緩徐な麻酔導入を用いて、自発呼吸を温存したまま声門上器具を挿入する方法を好む麻酔科医もいる。マスク換気が可能な症例であれば、本方法に利点は多いが、マスク換気が困難である症例においては不適であろう。

コラム2

色ハタ+スミ10% ECとは 14a 新3M

EC (effective concentration) とは薬物の効果を表す指標の一つである。EC₅₀ とは薬物の効果が最大効果の半分 (= 50%) の効果を示すときの薬物の濃度である。

効果の程度が連続的な値として計測できる場合。ある薬物を投与することで、心拍数が 150 bpm から 100 bpm まで低下するとき、この薬物の作用の最大値は 50 bpm の心拍数低下なので、最大値の半分 (25 bpm) 低下した心拍数である 125 bpm になるときの薬物の濃度が EC₅₀ ということになる。

効果が現れるか現れないかでのみ評価できる場合。ある薬物を投与することで、喘息が治るとき、薬物の効果は喘息が治る、もしくは治らない、のいずれかで評価する。100 人中 50 人が治るなど、薬物を投与した人数の半分に効果が出る薬物の濃度が EC₅₀ ということになる。

徹底分析
シリーズ 吸入麻酔と静脈麻酔
どっちを選ぶ？

表中 41
0.25~11ヶ
白ヌキ

33
93
(前後)

表1 小児の自発呼吸を温存した shared airway surgery での
静脈麻酔薬の投与量と速度の目安 (文献14より)

薬物	単回投与量	維持投与速度
デクスメトミジン	0.5~1 μg/kg	0.3~1 μg/kg/hr
ケタミン	1~2 mg/kg	15~90 μg/kg/min
ミダゾラム	0.05~0.1 mg/kg	0.1~0.5 μg/kg/min
プロポフォール	0.5~2 mg/kg	50~250 μg/kg/min
レミフェンタニル	0.3~1 μg/kg	0.05~0.15 μg/kg/min

色 50% + ス 20%
文 50% 白ヌキ 11a ロダンDB

39
2

デスフルランは、1 MAC を超えて
投与した場合に、咳や息ごらえを起こ
し、高濃度で気道刺激症状の頻度が増
加するとの報告がある¹³⁾ ため、自発
呼吸を温存した single agent anesthe-
sia には不向きである。覚醒の速さは
利点であるが、困難気道症例に有用な
薬物とはいえず、使用するメリット
は少ないかもしれない。

shared airway surgery と
静脈麻酔薬

shared airway surgery とは、外科医
と麻酔科医が同じ解剖学的空間を共
有しながら行う気道領域の手術であ
る。喉頭の局所麻酔と静脈麻酔を併用
し、自然気道を生かした自発呼吸を温
存した手術であるため、小児、成人を
問わず困難気道対策へ活用できること
が期待されている。参考までに小児の
shared airway surgery における静脈
麻酔薬の投与速度、量を表1に示す¹⁴⁾。

抜管時の
注意点

麻酔導入時より抜管を伴う覚醒時のほ
うが呼吸器関連の合併症の頻度が高
い¹⁵⁾。抜管時の気道、呼吸に関する合
併症は、再度の気道確保を要すること
がある。したがって、困難気道症例の
抜管は導入以上に注意が必要であらう。

浅麻酔での抜管は、声門閉鎖と喉頭痙
攣を引き起こすため、吸入麻酔薬、静
脈麻酔薬のいずれを使用したとしても、
浅麻酔での抜管は避けるべきである。

小児の気道管理において、プロポフ
ォールの使用はセボフルランに比べ、
周術期の喉頭痙攣、気管支痙攣の発生
頻度が低いとの結果となった¹⁶⁾。し
かしながら小児の抜管の安全性は、薬
物の選択のみならず、薬物の残存濃度、
使用している気道確保器具、患児の上
気道症状の程度、抜管方法（鎮静下、
もしくは覚醒下）などさまざまな要因
が関連する。麻酔導入のみならず、抜
管までの安全性を考慮した気道管理戦
略を立てる必要がある。

色 50%

文 50% 13a 見出し MB 31

1. Saito T, Taguchi A, Asai T. Videola-
ryngoscopy for tracheal intubation in
patients with COVID-19. Br J Anaesth
2020 ; 125 : e284-6.
2. 奥田泰久. 緊急時の気道確保困難への対
応—誰が緊急外科的気道確保を行うの
か? LiSA 2023 ; 30 ; 1224-31.
3. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis
RT, et al. 2022 American Society of
Anesthesiologists Practice Guidelines
for Management of the Difficult Air-
way. Anesthesiology 2022 ; 136 : 31-81.
4. Cook TM, Woodall N, Frerk C. Major
complications of airway management
in the UK: results of the Fourth Nation-
al Audit Project of the Royal College of
Anaesthetists and the Difficult Airway
Society. Part 1 : anaesthesia. Br J An-
aesth 2011 ; 106 : 617-31.

5. Osawa R, Asai T, Okuda Y. Efficacy of
high-flow nasal cannula in improving
the view of the glottis during flexible
bronchoscopy for tracheal intuba-
tion. Br J Anaesth 2024 : S0007-
0912(24)00577-4.
6. Le MH, Yang KH, Lee CS, et al. The ef-
fect-site concentration of propofol pro-
ducing respiratory depression during
spinal anesthesia. Korean J Anesthesiol
2011 ; 61 : 122-6.
7. Oei-Lim VL, White M, Kalkman CJ,
et al. Pharmacokinetics of propofol
during conscious sedation using tar-
get-controlled infusion in anxious pa-
tients undergoing dental treatment. Br
J Anaesth 1998 ; 80 : 324-31.
8. Park SJ, Min SK, Choi G, et al. The de-
gree of respiratory depression accord-
ing to the effect-site concentration in
remimazolam target-controlled infusion
: a randomised controlled trial. Eur J
Anaesthesiol 2024 ; 41 : 728-37.
9. 土井松幸. Neo-TIVA 時代へようこそ—
レミゾラムの活かし方. 日臨麻会誌
2021 ; 41 ; 359-64.
10. Ahmad I, El-Boghdady K, Bhargava R,
et al. Difficult Airway Society guide-
lines for awake tracheal intubation
(ATI) in adults. Anaesthesia 2020 ; 75 :
509-28.
11. Peng PW, Sandler AN. A review of the
use of fentanyl analgesia in the man-
agement of acute pain in adults. Anes-
thesiology 1999 ; 90 : 576-99.
12. ■■著者名■■. ■■項目名■■. In :
New Opioid 研究会監. レミフェンタニ
ル適正使用ガイドライン作成委員会編.
レミフェンタニル適正使用ガイド. ■■
版元■■, 2006 ; 10-1.
13. O'Keeffe NJ, Healy TE. The role of
new anesthetic agents. Pharmacol Ther
1999 ; 84 : 233-48.
14. Bradley J, Lee GS, Peyton J. Anes-
thesia for shared airway surgery in
children. Paediatr Anaesth 2020 ; 30 ;
288-95.
15. Asai T, Koga K, Vaughan RS. Respi-
ratory complications associated with
tracheal intubation and extubation. Br
J Anaesth 1998 ; 80 : 767-75.
16. von Ungern-Sternberg BS, Boda K,
Chambers NA, et al. Risk assessment
for respiratory complications in paedi-
atric anaesthesia : a prospective cohort
study. Lancet 2010 ; 376 : 773-83.