

# 2025-JSA 抜管から術後早期までの 安全な気道管理のための 臨床ガイドライン

2025-JSA clinical practice guideline  
for safe airway management  
from tracheal extubation to early postoperative period

磯野史朗: 千葉大学名誉教授 / 千葉大学真菌医学研究センター呼吸器生体制御学研究部門

加藤里絵: 昭和医科大学医学部 麻酔科学講座

小竹良文: 東邦大学医療センター大橋病院 麻酔科

鈴木康之: 東京女子医科大学 麻酔科

仙頭佳起: 東京科学大学大学院医歯学総合研究科 心肺統御麻酔学分野

全身麻酔からの覚醒・抜管を安全に行うための  
ガイドライン作成WGメンバー

2024年12月から2025年1月末 日本麻酔科学会パブリックコメント募集

2025年3月 日本麻酔科学会理事会承認

# 目次

<目次の各項目のページ数をクリックしますと、該当ページ数に移動できます>

<b>I</b>	<b>核心的メッセージとGood Practice Statement(GPS)、推奨事項</b>	<b>5</b>
	<b>II 総論</b>	<b>8</b>
1	2025-JSA抜管から術後早期までの安全な気道管理のための臨床ガイドラインの目的	8
2	覚醒・抜管の安全性確立の重要性と課題	10
3	4つのMUST達成を意識した覚醒・抜管のプロセス	13
4	ノンテクニカルスキルの重要性	14
4-1	覚醒・抜管の個別性、多様性、予測不能性と不確実性	14
4-2	覚醒・抜管プロセスでのノンテクニカルスキル実践	14
	<b>III 各論</b>	<b>17</b>
1	手術室退室までの達成すべきMUST	17
1-1	<b>MUST 1：筋収縮回復 17</b>	
1-1-1	TOFR > 90 %の筋収縮回復が必要な理由	17
1-1-2	覚醒・抜管プロセスにおける筋収縮回復のタイミング	18
1-1-3	完全な筋収縮回復を達成し確認する方法	18
1-2	<b>MUST 2：自発呼吸回復 20</b>	
1-2-1	退室前までに自発呼吸回復が必要な理由	20
1-2-2	どのように自発呼吸を再開させるか?	21
1-3	<b>MUST 3：従命可能 23</b>	
1-3-1	退室前までに従命可能な意識レベル達成が必要な理由と達成方法	23
1-3-2	抜管後に体動が大きく従命不可能であった場合の対処	23
1-3-3	麻酔深度や意識レベルによる気道反射パターンの変化	24
1-3-4	円滑な覚醒達成を妨げる気道反射の制御	25

1-4	<b>MUST 4：抜管後上気道維持</b>	25
1-4-1	退室前までに上気道維持達成が必要な理由	25
1-4-2	退室前までに上気道維持を達成する方法	27
<b>2</b>	<b>覚醒・抜管のリスクと対策</b>	<b>28</b>
2-1	覚醒・抜管過程での呼吸器合併症とそのリスクを高める因子、予防と対応	28
2-1-1	抜管前呼吸状態評価	28
2-1-2	手術侵襲による上気道の浮腫や機能障害の手術室内での評価	30
2-1-3	抜管後の上気道リスク患者の気道管理テクニック	30
2-2	抜管後上気道閉塞または呼吸パターン不良時の対応	32
2-2-1	スガマデクス投与後に再挿管が必要となった場合の筋弛緩管理	33
<b>3</b>	<b>手術室退室後の患者管理</b>	<b>35</b>
3-1	手術室退室後合併症発生の背景因子とメカニズム	35
3-1-1	術後数時間以内の回復過程と呼吸器合併症	36
3-1-2	術後 48 時間以内の呼吸器合併症	36
3-2	抜管済み患者の手術室退室後の患者管理	37
3-2-1	術後早期管理のための情報伝達	37
3-2-2	術後患者の全身状態評価：スコアリングとモニタリング	37
3-2-3	手術室退室後の患者管理体制	40
3-3	術後患者の呼吸管理・早期回復バンドル	42
3-3-1	残存麻酔薬、術後鎮痛薬、残存筋弛緩薬による呼吸器合併症の 対策	42
3-3-2	酸素吸入療法	43
3-3-3	呼吸機能と運動機能早期回復のための治療や介入	43
<b>4</b>	<b>未抜管退室となった症例の抜管</b>	<b>45</b>
4-1	手術室未抜管退室患者の気道管理アルゴリズム	45
4-2	抜管後気道浮腫の抜管前評価と予防法	45

4-3 抜管時のチューブエクステンジャーの活用 47

5 産科麻酔における覚醒・抜管 ..... 49

5-1 筋収縮回復遅延と再筋弛緩のリスク管理 49

5-2 胃内容逆流のリスク管理 49

5-3 自発呼吸の回復と評価 50

5-4 低酸素血症のリスク管理 50

5-5 上気道閉塞のリスク管理 50

6 小児麻酔における覚醒・抜管 ..... 51

6-1 小児麻酔における覚醒・抜管のリスクとノンテクニカルスキル 51

6-2 抜管時に投与されている麻酔薬と抜管の安全性 51

6-3 小児抜管ハイリスク症例の認識と対応：抜管の可否決定 52

6-4 乳児以降の小児における抜管方法の種類と判断基準 53

6-4-1 すべての抜管方法に共通する抜管前達成項目：筋収縮回復、自発呼吸回復／ 54

6-4-2 気道反射誘発刺激の制限と喉頭痙攣の予防／ 55

6-4-3 覚醒後抜管／ 55

6-4-4 深麻酔抜管／ 56

6-4-5 覚醒未確認抜管／ 56

6-5 新生児の抜管 57

6-6 抜管実施と退室前確認 57

6-7 抜管後の呼吸状態評価と合併症への対応 58

参考文献

59

# I

## 核心的メッセージと Good Practice Statement (GPS)、 推奨事項

### 本臨床ガイドラインの核心的メッセージ

- ◆ 覚醒・抜管を安全に実施するための、画一的な方法は存在しない (GPS)。
- ◆ **個々の患者評価**に基づいて、抜管に向けての準備と抜管後の気道管理計画を立てる (GPS)。
- ◆ 覚醒・抜管の過程で、麻酔科医は、**4つの MUST 項目 (筋収縮回復、自発呼吸回復、従命可能、抜管後上気道維持)** を手術室退室までに達成することを目標とする (GPS)。

### ノンテクニカルスキル

- ◆ 全身麻酔からの覚醒・抜管においては、麻酔科医をチームリーダーとするチーム全体で **ノンテクニカルスキル** を実践する (GPS)。
- ◆ 覚醒・抜管開始前に、チーム全体で覚醒・抜管方法と役割分担を情報共有する (GPS)。
- ◆ **小児の覚醒・抜管**においては、**単独ではなく他の医師のバックアップ**が可能な状態で実践する (GPS)。
- ◆ 覚醒・抜管時のシナリオを活用し、多職種で定期的にトレーニングを行うことを提案する。

## テクニカルスキル

### ステップ1：手術室での覚醒・抜管可否の決定

- ◆ 抜管により**危険な状態が予測**される患者は、手術直後には抜管せず呼吸管理を継続することを推奨する。
- ◆ 上気道浮腫による抜管後気道閉塞のリスクがある場合は、抜管前に**カフリークテスト**実施を提案する。

### ステップ2：覚醒・抜管方法の決定

- ◆ **覚醒後の抜管**を原則とする（GPS）。
- ◆ **深麻酔下に抜管**する際は、声門上器具の活用を推奨する。
- ◆ **チューブエクステンジャー**を使用する抜管は、このテクニックを熟知した麻酔科医が実施することを推奨する。

### ステップ3：覚醒の実施

- ◆ **口腔内吸引はルーチンで、気管内吸引は必要時に**、麻酔薬投与中止前に実施することを推奨する。
- ◆ 筋弛緩モニタが確実に使用できるように、**筋弛緩モニタは手術室ごとに配備**することを提案する。
- ◆ 筋弛緩薬による筋弛緩状態把握には、**筋弛緩モニタ**を使用する〔GPS〕（新生児など困難な場合もある）。
- ◆ 筋弛緩薬を使用する症例では、全身麻酔管理の**最初から最後まで筋弛緩モニタを装着**することを推奨する。
- ◆ 気道確保器具抜去前に、**筋弛緩モニタ評価に基づく適正量の筋収縮回復薬**を投与することを推奨する。
- ◆ 気道確保器具抜去前に、呼吸指示なしで**自発呼吸を確立**させることを推奨する。
- ◆ 覚醒後に抜管する場合は、**従命可能な意識レベル**まで回復させてから抜管することを推奨する（小児には当てはまらない）。
- ◆ 従命可能な意識レベル達成は、**開口維持、挺舌、離握手**などの指示動作で確認することを推奨する。
- ◆ 覚醒過程では、**気道反射の誘因**となる刺激を最小にすることを推奨する。
- ◆ 自発呼吸確立前に危険な体動や気道反射が発生し、従命可能な意識レベルが確認できない場合は、気道確保器具を抜去せず**再鎮静**することを推奨する。

## ステップ4：抜管の実施

- ◆呼吸や気道管理のリスクが存在する患者の覚醒・抜管は、**頭高位や半座位**で実施することを推奨する。
- ◆抜管直後に**上気道閉塞の有無を確認**する（GPS）。
- ◆抜管後に上気道閉塞や呼吸パターン不良を疑う場合は、**覚醒刺激と両手気道確保**の実施を推奨する。
- ◆**迅速にマンパワーを招集するシステムを整備**しておくことを提案する。

## ステップ5：退室前確認

- ◆退室時には、**4つの MUST 達成状況**や術後懸念事項を、退室後の患者管理に関わる医療スタッフと情報共有する（GPS）。
- ◆小児では、**小児特有の基準による覚醒を退室時には達成**することを推奨する。

## ステップ6：術後早期気道管理

- ◆手術室退室時および術後患者の全身状態評価に**早期警告スコア（Early Warning Score：EWS）の活用**を推奨する。
- ◆患者評価と治療介入が手術室内から**連続性をもって実施**されるための術後管理体制を構築することを推奨する。
- ◆少なくとも術後数時間の回復過程管理が可能な**麻酔後ケアユニット（post-anesthesia care unit：PACU）あるいは類似体制の設置**を提案する。
- ◆**呼吸機能と運動機能の早期回復**を指向した治療や介入は、手術室から移動して間もなく開始することを推奨する。
- ◆小児では、特に覚醒方法によらず**退室後でも気道合併症が発生**しうることを念頭に置くことを推奨する。

## 未抜管退室となった症例の抜管

- ◆**手術室外で再挿管リスクが高い患者を抜管**する場合は、麻酔科医または集中治療医の監視下に実施する（GPS）。
- ◆抜管後気道浮腫の抜管前評価として**カフリークテスト**を施行することを推奨する。
- ◆抜管後気道浮腫高リスク症例では**抜管4時間前にステロイドの全身投与**を行うことを推奨する。

# II

# 総論

## 1 2025-JSA 抜管から術後早期までの安全な気道管理のための臨床ガイドラインの目的

手術を受ける患者の命を守り、安全で快適な周術期医療を提供することは、周術期医療に関わる医療者の重要な使命である。本臨床ガイドラインは、全身麻酔からの覚醒・抜管から術後早期の気道管理を想定外の事態への対処も含めて、麻酔科医をチームリーダーとするチーム全体で患者の安全を最優先し、かつ円滑に実施することを目的としたエキスパートオピニオンである。本臨床ガイドラインを活用することで、より安全な覚醒・抜管を実施できると考える。もちろん、この場合の麻酔管理担当医師やチーム員はJSA会員に限定されるものではない。覚醒・抜管は、単に麻酔薬投与の中止と気道確保器具の抜去ではなく、麻酔管理の医学的知識と技術を有する医師を中心とするチームが、覚醒・抜管過程の多様性、予測不能性と不確実性にノンテクニカルスキルを応用し、安全に実施すべき医療行為である。本臨床ガイドラインで推奨されている内容は、現場での必要性や制約に応じて、そのまま適用されることも、修正されることも、あるいは、受け入れられず不履行とされることがあってよい。患者の安全が最優先であり、本臨床ガイドラインから逸脱することがより適切な場合もある。本臨床ガイドラインは、覚醒・抜管や術後管理における医療水準や絶対的必要条件となることを意図して作成されているわけではない。本臨床ガイドラインを遵守すれば患者予後の改善が保証されるわけではない。今後、周術期気道管理の知識・技術・施行方法が進歩することにより、この臨床ガイドラインの内容は改変されるべきものである。本臨床ガイドラインの内容は、日本麻酔科学会ホームページで募

集したパブリックコメントを参考に改変を行い、日本麻酔科学会で承認されたものである。

本臨床ガイドラインを作成するにあたり、「覚醒・抜管を安全に実施するための、画一的な方法は存在しないこと」、そのため「個々の患者評価に基づいて、抜管に向けての準備と抜管後の気道管理計画を立てる（GPS）」との大前提のもと、覚醒・抜管の過程で手術室退室までに達成することを目標とする4つの MUST 項目（筋収縮回復、自発呼吸回復、従命可能、抜管後上気道維持）を特に強調することとした。MUST 項目は“達成しなければならない”という絶対的達成義務を意味するものではなく、達成目標項目というメッセージを強調するために使用した。残念ながら現在の医療レベルでは、すべての患者で MUST 項目を 100% 達成できるわけではない。達成できない、あるいは達成できていない事実を認識することも同時に重要である。だからこそ、すべての患者でより安全な覚醒・抜管が実施できるようにノンテクニカルスキルを活用すべきである。

本臨床ガイドラインでは、臨床現場で実践することに益があると考えられる事項の推奨レベルとして、Good Practice Statementあるいは推奨度で表現した。これらはWGメンバーで全員が納得するまで議論した結果であり、エキスパートオピニオンである。

Good Practice Statement (GPS)：GPS は、診療上の重要度の高い医療行為について、新たにシステマティックレビューを行わなくとも、明確な理論的根拠や大きな正味の益があると判断できる医療行為を提示することと定義される<sup>1)</sup>。覚醒・抜管のプロセスには、その実施が明らかに益であるが、その臨床研究実施が困難、あるいは無用なため実施されていないことも多い。したがって、覚醒・抜管の方法として、以下の5つの条件すべてに当てはまる場合を GPS とした。① 提示が明確であり、実行可能であること、② 実臨床の場において真に必要なメッセージとなること、③ 関連するすべてのアウトカムと起こりうる結果を考慮したうえで、GPS を導入することが広範な有益性をもたらすと考えられること、④ エビデンスを収集して要約するのは、機会損失が大きいと考えられること、⑤ 間接的証拠を結びつける十分に裏付けされた明白な理論的根拠があること。

推奨度：覚醒・抜管の方法として、以下の推奨度レベルを設定した。

**1. 推奨する (recommend)**：方策によって得られる効果が確実で、かつ、方策によって生じうる負担などを上回ると考えられる場合。

**2. 提案する (suggest)**：方策によって得られる効果が期待されるが、生じうる負担などが大きい、または効果発現までに時間がかかると考えられる場合。

## 2 覚醒・抜管の安全性確立の重要性と課題

手術の終了に伴い、麻酔薬の投与を中止し、麻酔からの覚醒に向けた対応を開始することになる。全身麻酔からの覚醒過程においては、筋収縮回復、自発呼吸回復、そして麻酔からの覚醒を確認して気管チューブや声門上器具などの気道確保器具を抜去する流れとなる。この全身麻酔からの覚醒過程は、全身麻酔導入時に失った機能を順番に回復する過程ではあるが、単に全身麻酔導入と逆の過程というわけではない。全身麻酔導入時は、生理機能消失に対しては用手気道確保とマスクによる陽圧換気、さらに気道確保器具による人工呼吸管理によって安全が確保される状態に向かうのに対して、覚醒過程においては、その安全が確保された状態から、手術侵襲の影響、麻酔薬やオピオイド、筋弛緩薬などの薬剤の影響が残存している状態で、患者自らによる安定した全身状態の確立が求められる。本臨床ガイドラインは呼吸管理や気道管理関連の記述が多くを占めるが、あくまでも全身状態を安全に管理することが目的である。

残念ながら、全身麻酔からの覚醒・抜管を系統的に調査した前向き研究は少なく、多くは後ろ向き研究である。Asai ら<sup>2)</sup>の前向き研究では、麻酔導入時呼吸器関連合併症発生率 4.6% に対して、抜管直後は 12.6% であり、全身麻酔からの覚醒過程は、麻酔導入時よりも呼吸器合併症が発生しやすい。咳や喉頭痙攣、上気道閉塞や低酸素血症など、気道反射と上気道閉塞に関連する合併症がほとんどであり、これらの合併症を起こすリスク因子は、男性であることと抜管時の麻酔深度が深いことであった。より重篤な抜管後の再挿管は、抜管後 1 時間以内に発生することがほとんどで、約 0.1-0.45% の頻度で発生すると報告され、残存筋弛緩、鎮静薬やオピオイドの過量投与、上気道閉塞が独立危険因子や原因として同定されている<sup>3)4)</sup>。Mathew ら<sup>5)</sup>は、術後再挿管の 77% は防げたと結論づけている。覚醒・抜管時合併症の典型的なパターンでは、麻酔覚醒途中の浅麻酔時に咳反射と同時に激しい体動が生じ、麻酔科医がこの体動を覚醒と判断し、転落などのリスクを考慮し刺激の原因となっている気管チューブを抜去したものの喉頭痙攣や息こらえ、あるいはオピオイドによる無呼吸持続により高度の低酸素血症に至る。これらに關与するすべてのプロセスを包含し科学的にも支持される覚醒・抜管戦略の構築が求められる。呼吸器合併症の発生を予防し安全に覚醒・抜管を行うためには、覚醒前の自発呼吸パターンの確認、覚醒過程で気道反射を誘発させないこと、十分に覚醒してから抜管することで上気道閉塞を起こさせないことがポイントである。深麻酔下抜管にメリットのある症例の場合には、声門上器具を活用することで深麻酔下抜管の欠点をカバーすることができる<sup>6)</sup>。男性がリスクである点も注目すべきではあるが、すべての患者の麻酔管理において気道反射と上気道閉塞の回避に重点を置いた覚醒・抜管が重要である。抜管時に気道反射を制御する重要性は、英国困難気道学会のガイドラインでも強調されている<sup>7)</sup>。喉頭痙攣は、成人よりも、新生児や小児で発生頻度が 2 倍以上高い<sup>8)</sup>。小児では、覚醒の確認が困難であり、特に抜管の

タイミングに関して成人と異なる判断と対応が必要である<sup>9)</sup>。覚醒時興奮も抜管後の合併症である。成人では、男性、喫煙、尿道カテーテル留置と術後痛は、覚醒時興奮の独立危険因子として報告されている<sup>10)</sup>。小児では、就学前年齢、術前の不安や術後の痛みなどが危険因子とされている<sup>11)</sup>。特に小児において、デクスメトミジンやケタミン、少量のプロポフォール投与、全静脈麻酔がこの合併症予防に有用であると報告されている<sup>11)12)</sup>。

筋弛緩からの回復が不十分であっても、多くの場合、手術室内でその症状が臨床的に明らかになることは少なく、ネオスチグミンによる筋弛緩拮抗を行っても約40%は四連反応比 (train-of-four ratio : TOFR) < 90% レベルの残存筋弛緩状態である<sup>13)</sup>。スガマデクス使用前の米国からの前向き観察研究では、麻酔後回復室 (postanesthesia care unit : PACU) 入室15分以内に残存筋弛緩あるいは再筋弛緩による重篤な上気道閉塞や低酸素血症が約0.8%の患者で発生したことが報告されている<sup>14)</sup>。同じ研究グループは、高齢者ではより筋弛緩が残存しやすく、術直後の呼吸器合併症も多く発生すると報告している<sup>15)</sup>。スガマデクスが使用できるようになって、術後残存筋弛緩の発生率は大きく改善したものの未解決であることを、Kotakeら<sup>16)</sup>は多施設前向き研究で報告している。この実臨床を反映させた研究では筋弛緩モニタの使用を必須としておらず、自発呼吸回復などの臨床的判断でスガマデクスが投与されている。スガマデクス投与にもかかわらず術後再筋弛緩が発生した症例報告では、高齢、腎機能低下、肥満などが共通する背景因子であり、筋弛緩モニタを使用しない症例、推奨投与量以下である症例がほとんどである。これらの背景因子は、実験的にスガマデクスを過少投与した場合、再筋弛緩が発生する独立危険因子と一致する<sup>17)</sup>。スガマデクスが推奨量投与されていても再筋弛緩が手術室退室後数時間以内に発生した報告もある<sup>18)</sup>。スガマデクス使用により術後呼吸器合併症が減少したかどうかの大規模研究結果も多く報告されている<sup>19)~25)</sup>。残存筋弛緩が原因となりうる時期に限定した調査ではなく、筋弛緩モニタの使用率も不明であるが、多くの研究で術後呼吸器合併症が減少している点は注目に値する。

肥満、閉塞性睡眠時無呼吸、顎顔面奇形、慢性閉塞性肺疾患 (COPD)、喘息、虚血性心疾患、頭蓋内圧亢進、意識障害などを伴う患者や侵襲の大きな手術、頭頸部手術を受ける患者では、覚醒・抜管時合併症の発生リスクも高いと認識すべきであり、当然ながら疾患の病態や手術侵襲を個別に考慮した覚醒・抜管が必要である。熟練した麻酔科医や多くの症例を経験した施設での合併症発生率が低いのであれば、多くの患者が恩恵を享受しえる系統的な覚醒・抜管戦略を確立する余地があると考えられる。どのような合併症を有していても、許容できる安定した呼吸・循環、意識レベルを確認してから手術室を退室させる。入院患者の全身状態評価、容態急変予測のために、複数のバイタルサインを総合的に評価する早期警告スコア (Early Warning Score : EWS) の術後患者での有用性が報告されている<sup>26)27)</sup>。手術室退室前に評価する意義は評価されていないが、退室直前のEWS評価を術後管理につなげることを本臨床ガイドラインでは推奨する。

覚醒・抜管に関わる合併症発生の病態が十分に解明されているとはいえない。覚醒・抜管方法が、施設や症例ごとに大きく異なることが系統的な臨床研究を妨げる大きな要因かもしれない。今後、国内症例をすべてカバーできるような、あるいは国際的な大規模データベースの構築により、覚醒・抜管時の合併症の頻度、独立危険因子、予防因子などについて詳細に検討する必要があると考える。

### 3 4つの MUST 達成を意識した覚醒・抜管のプロセス

図1には多くの症例に共通する重要なステップとその経路選択の判断項目、全体の流れを模式化して示してある。多くの麻酔科医はこのプロセスを無意識下に同時に行っているかもしれないが、一つ一つのステップを意識的に状況把握し、ノンテクニカルスキルを実践しながら進むことが、安全な覚醒・抜管を完遂するために重要である。

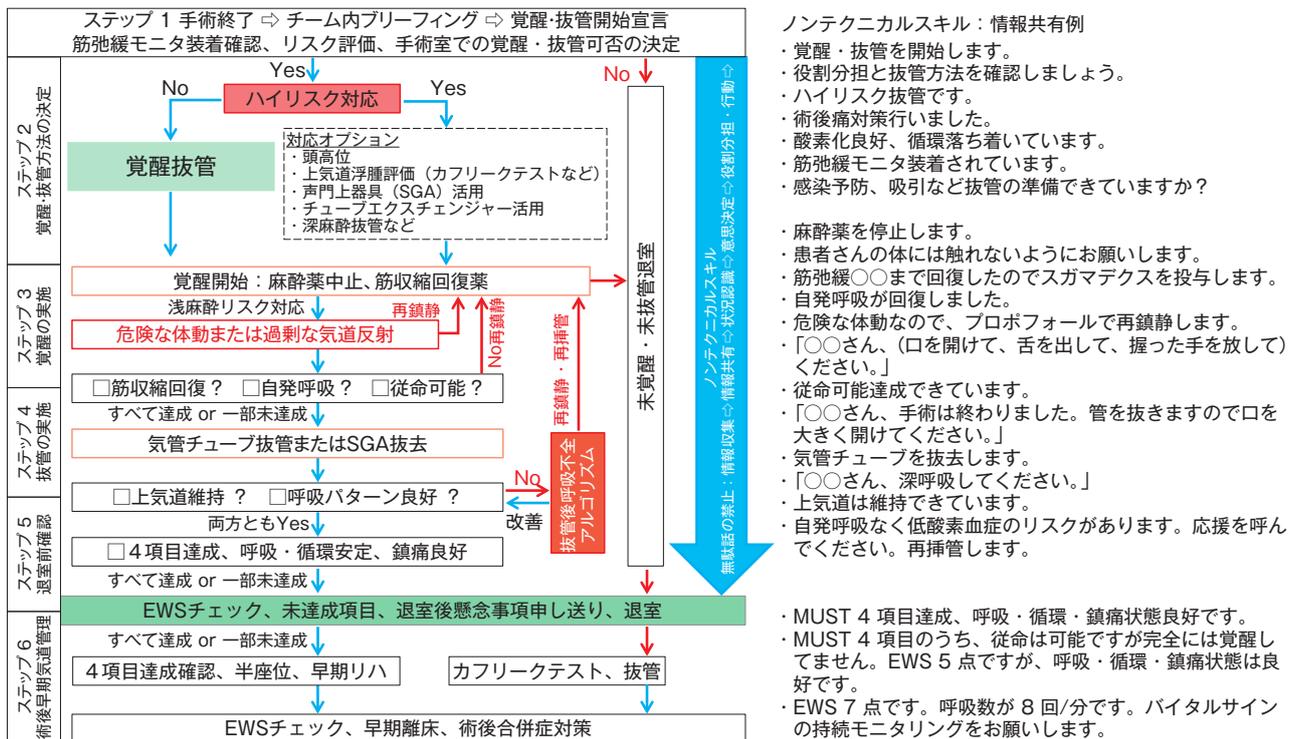


図1 全身麻酔覚醒・抜管の流れにおける重要な6つのステップとそれぞれのステップにおける判断・達成項目を模式化したアルゴリズム  
EWS=早期警告スコア (Early Warning Score)、SGA=声門上器具 (supra-glottic airway device)

## 4 ノンテクニカルスキルの重要性

### 4-1 覚醒・抜管の個別性、多様性、予測不能性と不確実性

手術や処置、検査などの目的で全身麻酔管理を受けたすべての患者は、目的の行為終了に伴い、全身麻酔からの覚醒・気道確保器具の抜去を行うこととなる。覚醒・抜管は、単に全身麻酔導入の逆のプロセスではなく、より多様性、予測不能性と不確実性が存在するため、全身麻酔導入時よりも合併症が発生しやすい。覚醒・抜管のプロセスは、個々の患者で最適の方法が異なり、かつ担当する麻酔科医の知識・能力・好みが反映されるため、ガイドラインによる統一や標準化は困難である。さらに、覚醒・抜管は計画したとおりに進行しないことも多い。例えば覚醒前の自発呼吸出現を計画していたところ、自発呼吸出現前に突然咳反射出現とともに覚醒し、自発呼吸を確認できないまま抜管する場合もある。このような個別性、多様性、予測不能性と不確実性のゆえに、この臨床ガイドラインでは、2つの重要ポイント実践を強調する。1つ目の重要ポイントは、プロセスの違いがあっても手術室退室時までは、筋収縮回復、自発呼吸回復、従命可能、抜管後上気道維持の確認の4つの重要項目（MUST）を達成することである。しかし、これらは100%術前レベルまでの回復を達成あるいは確認できないこともまれではない。この4つのMUSTの回復レベルや回復順序は個々の症例で大きく異なる。したがって、2つ目の重要なポイントは、この予測不能性と不確実性の大きな覚醒・抜管を、ノンテクニカルスキルを重視したチーム全体で対応することである<sup>28)29)</sup>。覚醒・抜管のステップにおいて、それぞれのMUST項目の達成レベルがどの程度であり、どのMUST項目が達成または確認ができていないかをチーム全体で情報共有する。その情報は、術後管理を行う医療者に確実に申し送られ、術後管理に反映される組織作りが重要である。

### 4-2 覚醒・抜管プロセスでのノンテクニカルスキル実践

麻酔科医のみで覚醒・抜管を実施するのではなく、介助する麻酔科医や看護師はもちろん手術室内すべての医療スタッフがチームを形成し、**図2**に示すようにチーム内でのノンテクニカルスキルを実践する<sup>28)~30)</sup>。まずは、麻酔管理責任医師をリーダーとするチーム内では、心理的安全性が確保され、権威勾配を意識せずに、上級者の誤りの指摘も含め、各自の考えや認知した事象を表出できる職場環境、手術室内の雰囲気作りが重要である。また、覚醒・抜管は静かな手術室内環境下で実施すべきである。手術室内での無駄話や大きな騒音は、チーム員の集中力を阻害し、情報共有や認知能力を低下させる原因になるので厳に慎むべきである。覚醒・抜管のチームリーダーは、手術室全体に覚醒・抜管を宣言するとともに、チーム内の役割分担、感染予防や抜管のための機材準備状況、覚醒・抜管方法と予測される経過などの情報を共有する。

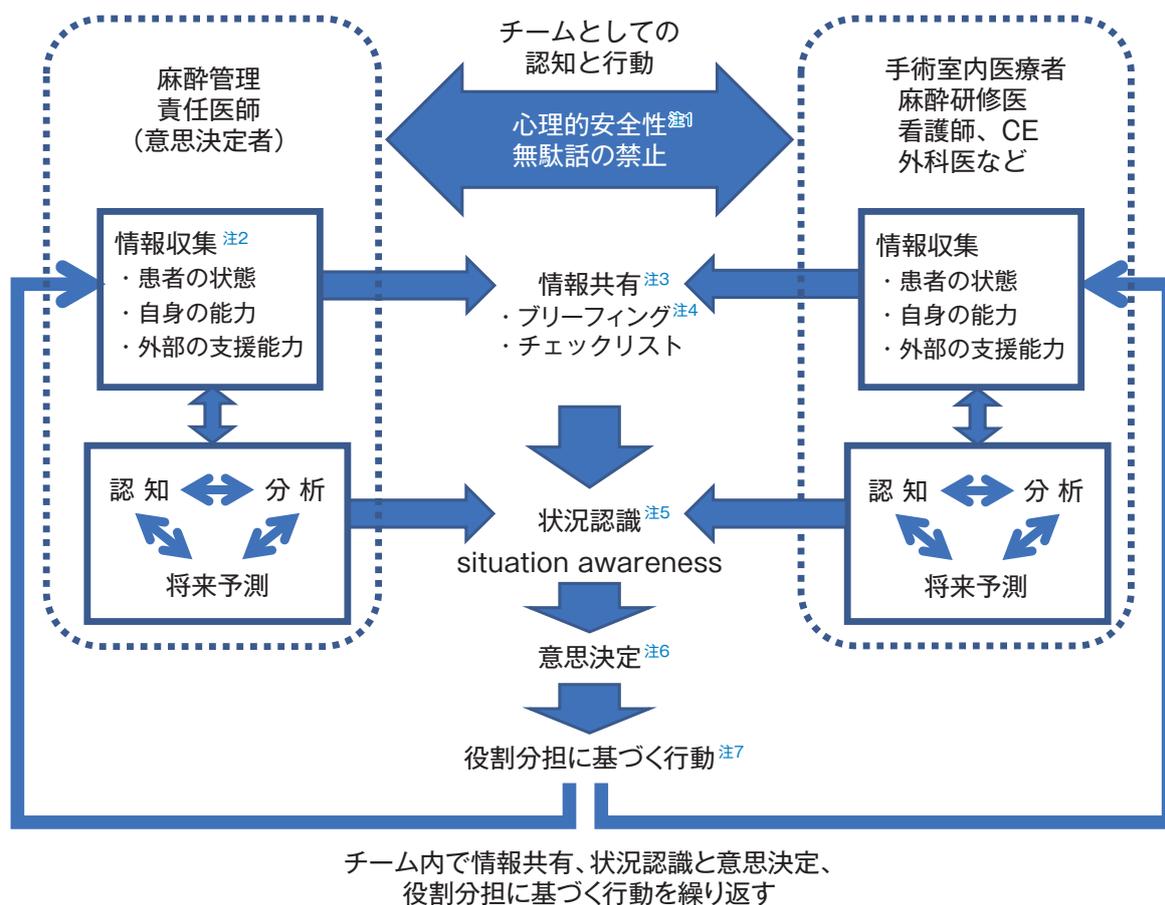


図2 全身麻酔覚醒・抜管時のノンテクニカルスキル

【注1】 心理的安全性：自分の考えや意見などを、組織のメンバーの誰とでも（立場の上下関係に関係なく）、率直に言い合える状態。心理的安全性の高い組織やチームほど、パフォーマンスが向上すると考えられている。例えば、覚醒・抜管時において、相手の認識、判断や行為に誤りがあると確信できない状況でも、率直に意見交換できることが重要。

【注2】 情報収集：情報収集は、課題に関するあらゆる対象から必要な情報を集めることである。覚醒・抜管のプロセスでは、患者からの情報ばかりでなく、自身の対応能力や外部からの支援をただちに受けられるかなどの情報収集も必要である。

【注3】 情報共有：情報共有は、課題に関する情報を収集することと他者へ提供することを含み、双方向性を持つ。ノンテクニカルスキルの中核であるが、両者は同義ではなくノンテクニカルスキルに含まれる。効果的な情報共有は、リーダーシップとチームのパフォーマンス向上の重要な要素である。

【注4】 ブリーフィング：スタッフ間で短時間に情報共有するための簡潔で的確な打ち合わせ。覚醒・抜管においては、短時間で患者の状態が変化するので、特に適した情報共有方法である。覚醒・抜管の流れに従って、お互いに確認できたことを言葉で表現する習慣が効率的・効果的なブリーフィングにつながる。系統的に作成されたチェックリストの活用も有用である。

【注5】 状況認識：situation awareness の日本語訳となるが、situation awareness には、perception（認知：周囲の関連情報の把握・理解）、comprehension（分析・判断：課題の目標に対しての意味や意義を分析し解釈・判断すること）、そしてprojection（近い将来のその状態の予測）の3つの要素が含まれ、狭義の状況認識（perception）だけではない。この3つの要素はこの順番に進む必要はなく、動的に相互に影響し合っていて、意思決定につなげる必要がある。覚醒・抜管の場面では、例えば、呼気終末セボフルラン濃度0.4%で患者の体動を認めた場合、これらの状況を認知し、安全に覚醒・抜管を達成するという目標に対して、0.4%セボフルラン濃度が覚醒できるレベルなのか、自発呼吸は確立しているのか、低酸素血症のリスクはないのかなどを理解・分析した結果、この段階での抜管は、従命不能の意識レベルで抜管後の低酸素血症発生のリスクが高いと判断できるかもしれない。もちろん、覚醒可能であり従命で深呼吸可能であろうという予測もありうる。この一連のプロセスが situation awareness である。

【注6】 意思決定：チームの責任者は、チーム全体で得られた情報からの situation awareness の結果として、行動を実施するために意思決定を行う必要がある。意思決定の内容はチーム全体で共有し、各自の行動に反映させることとなる。覚醒・抜管の場面では、手術室で抜管を行わない決定、再鎮静する決定、再挿管する決定などがある。

【注7】 役割分担に基づく行動：意思決定された内容をチーム全体で達成するため、各自の役割分担に従って行動する。行動した結果は次の行動内容を決定・実行するためにフィードバックさせる。

CE =臨床工学技士 (clinical engineer)

覚醒・抜管のチームリーダーである麻酔管理責任医師が意思決定を行い、チーム員がそれぞれの役割分担に基づいた行動をとる。麻酔管理責任医師は、同じ手術室内で覚醒・抜管を実施すべきである。通常は麻酔管理担当医師が麻酔管理責任者であるが、個々の症例において患者の安全管理上、ほかの麻酔科医が麻酔管理責任者となるべき状況もあり、誰が麻酔管理責任医師であるかをチーム内で明確に認識する必要がある。例えば、研修医などが麻酔管理を担当している場合や、想定外の事態が発生した場合には、麻酔担当医師以外の麻酔科医がリーダーとして機能すべきである。チームとして最善の行動を実施するためには、各自が常に情報収集を行い、チーム全体で情報共有する。各自で実施する情報収集の範囲は、患者の状態に限定されず、自身の業務への貢献能力、外部支援（手術室外麻酔科医など）の可能性なども含める。チームメンバー間で適切なタイミングでのブリーフィングやチェックリストを活用し情報共有することで、情報の認知・分析・理解に基づく将来予測（状況認識：situation awareness）がより正確で効果的となる。この将来予測も含めた状況認識に基づき、チームリーダーは適切な意思決定を行い、各自が役割に応じた行動を効果的に実施することができる。覚醒・抜管の開始から、患者の手術室退室まで、チーム内で情報共有、状況認識、意思決定、役割分担に基づく行動を繰り返すノンテクニカルスキルは、合併症発生リスクの高い患者や想定外の合併症が発生したときに特に効果を発揮する。そのためには、ノンテクニカルスキルを実践できる職場環境作りがもっとも重要である。外科医、看護師などすべての職場スタッフが、覚醒・抜管の場面ばかりでなく、平時から手術室内で行われる医療行為すべてにおいてノンテクニカルスキルを実践することで、危機的状況においてもその効果を発揮することとなる。さらに、覚醒・抜管時のイベントのシナリオ作りやシナリオを活用したシミュレーショントレーニングを多職種で定期的に行うことを提案する。平時から、あるいはシミュレーション訓練時に、チーム内の情報共有を可視化するために4つの MUST 項目達成のチェックリストを用いることもノンテクニカルスキル向上に有用である（表1）。

表1 全身麻酔覚醒・抜管時チェックリスト

<input type="checkbox"/> 覚醒・抜管宣言：役割分担確認
<input type="checkbox"/> 筋弛緩モニタ使用、筋収縮回復薬適正量投与
<input type="checkbox"/> 自発呼吸回復
<input type="checkbox"/> 従命可能な意識レベル回復
<input type="checkbox"/> 抜管後気道維持可能
<input type="checkbox"/> 抜管後指示なしでの自発呼吸パターン良好
<input type="checkbox"/> 退室前、4つの MUST 項目達成確認、バイタル安定確認
<input type="checkbox"/> 術後管理チームへ申し送り 早期警告スコア：意識レベル（完全覚醒、従命可能、従命不能） 呼吸数、血圧、心拍数、SpO <sub>2</sub> 、体温



# 各論

## 1 手術室退室までの達成すべき MUST

### 1-1 MUST 1：筋収縮回復

麻酔管理として筋弛緩薬、特に非脱分極性筋弛緩薬が使用されたすべての患者において、筋収縮回復の臨床的基準である 四連反応比 (TOFR)  $> 90\%$  を手術室退室までに達成することを目標とする (MUST 1：筋収縮回復)。そのためには、筋弛緩モニタを全身麻酔導入前に装着し、抜管前に筋弛緩モニタで評価した筋弛緩レベルに応じた適正量の筋収縮回復薬 (スガマデクスまたはネオスチグミン) を投与することを推奨する。特にネオスチグミン投与後は TOFR  $> 90\%$  達成を筋弛緩モニタで確認する。筋収縮の自然回復の判断も、筋弛緩モニタで TOFR  $> 90\%$  の回復を根拠とする。自発呼吸出現や臨床的筋収縮回復評価に基づいて筋収縮の回復判断や筋収縮回復薬の投与量を決定しない。

#### 1-1-1 TOFR $> 90\%$ の筋収縮回復が必要な理由

後述のとおり、筋弛緩薬の効果が残存した状態での手術室退室が麻酔後回復室 (postanesthetic care unit : PACU) での危機的呼吸イベント発生のリスク因子であることが米国の大規模前向き研究で報告されている<sup>14)</sup>。この残存筋弛緩による呼吸器合併症発生の背景には、横隔膜が他の筋よりも筋弛緩薬からの回復が早いことが関与する<sup>31)</sup>。気管挿管されている全身麻酔下の患者は、尺骨神経の単収縮刺激に対する拇指内転筋の収縮を認めない状態 (つまり TOF カウント 0) であっても、筋収縮回復薬の投与なしで自発呼吸が出現し、正常レベルの 1 回換気量を維持することが可能である<sup>32)</sup>。一方、気管チューブ

抜去後には、患者自身の気道を確保する必要があるが、その際に重要な咽頭筋は、横隔膜よりも筋弛緩薬に対する感受性が高いことが報告されている<sup>33)</sup>。嚥下機能、上気道開存性および上咽頭収縮筋の機能回復には拇指内転筋での TOFR > 90% が必要である<sup>34)~37)</sup>。横隔膜の収縮には影響がないレベルの筋弛緩状態でも末梢化学受容器の機能低下のため低酸素換気応答が低下することも報告されている<sup>38)~40)</sup>。麻酔科医が十分な自発呼吸確立を筋収縮回復の目安にする場合は、気管チューブ抜去後に咽頭筋麻痺のため上気道が閉塞し、高度の低酸素血症に陥り、再挿管が必要となる可能性が生じる。筋収縮 TOFR > 90% 回復に必要なスガマデクス投与量は、拇指内転筋の筋弛緩モニタ結果を基準に決定されている。したがって、自発呼吸を根拠にスガマデクス投与を行うと、一時的に筋収縮が回復しても再び筋弛緩状態となる再筋弛緩が発生する可能性も高くなる。このような生理学的薬力学的メカニズムにより、筋収縮回復薬（スガマデクスまたはネオスチグミン）は、筋弛緩モニタ結果を根拠とした適正量を投与すべきなのである。TOFR > 90% など定量的な筋弛緩モニタを使用した場合は、定性的な筋弛緩モニタを使用した場合に比較して術後低酸素血症の頻度が減少したという報告もある<sup>41)</sup>。

JSA 安全な麻酔のためのモニタ指針には、全身麻酔管理は筋弛緩状態のモニタリングが必須とされている。筋弛緩薬を使用する症例では、全身麻酔管理の最初から最後まで筋弛緩モニタを装着し、筋弛緩状態は筋弛緩モニタで把握する。気管挿管のタイミング、術中の筋弛緩管理、筋収縮回復薬投与を適切に実施することが可能となる。そのためには、各手術室ごとに筋弛緩モニタが確実に使用できるように、筋弛緩モニタを配備することを提案する。

### 1-1-2 覚醒・抜管プロセスにおける筋収縮回復のタイミング

覚醒・抜管を行う場合には、従命可能なレベルの意識回復に先行して筋収縮回復薬投与を行う<sup>7)42)</sup>。手術などのため筋弛緩状態維持が不要になれば、いつでもスガマデクスなどの筋収縮回復薬を投与できるが、実際の臨床では、例えば残存ガーゼやドレーン位置確認の X 線撮影を行う場合は、X 線撮影確認後に麻酔薬投与停止と筋収縮回復薬投与を同時に行うことが多い。どのような覚醒・抜管プロセスをとっても退室前までには筋弛緩から完全に回復させる必要がある。深麻酔抜管では、気管チューブ抜去時に完全に筋弛緩から回復していると喉頭痙攣などが発生しやすい。気管チューブ抜去後の陽圧呼吸で平坦なカプノグラム第 3 相 (JSA-V1) を認めることを確認後に筋収縮回復薬を投与する<sup>43)</sup>。

### 1-1-3 完全な筋収縮回復を達成し確認する方法

2024 年現在、日本で使用可能な非脱分極性筋弛緩薬はロクロニウムのみである。ロクロニウムによる筋弛緩からの回復には、自然回復、ネオスチグミン投与、スガマデクス投与の手段がある。日本で実施された前向き研究結果では、残存筋弛緩は、この順番で頻度が高く、スガマデクスを投与してもすべての患者が筋弛緩から完全に回復した状態で手術室を退室しているわけではない<sup>16)</sup>。筋弛緩効果の遷延する患者では、特に自然回復やネオス

チグミンでの筋収縮回復には予想以上に時間が必要である。遅延リスクのない患者の場合、スガマデクスでは完全回復まで約3分程度であるのに対し、ネオスチグミンで完全回復するには20分程度必要である<sup>44)</sup>。残存筋弛緩をなくし、退室時に筋弛緩薬からの完全回復に成功するためには、定量的筋弛緩レベル評価が可能な筋弛緩モニタを使用したうえで適正量のスガマデクスを投与する方法が現状ではもっとも有効な方法である<sup>45)</sup>。スガマデクス適正投与量は、尺骨神経刺激による拇指内転筋のPTC (post-tetanic count) 反応を認める場合には実体重で4 mg/kg、TOF カウントが2以上の場合には2 mg/kg とされており、多くの患者では投与後3分で完全回復が可能であるとされてきた。投与量が不十分であると、特に高齢者、肥満患者、腎機能低下患者、心拍出量低下患者などでは再筋弛緩が発生しやすい<sup>17)</sup>。さらに、これらのリスクが存在しない患者に適正量のスガマデクスを投与しても、不完全回復、完全回復の遅延、再筋弛緩などが起こりうることも報告されている<sup>46)</sup>。これらのデータからは適正量のスガマデクス投与後も筋弛緩モニタで完全回復を確認し、回復不十分の場合には追加投与を行う必要性が示唆される。スガマデクスに対してアナフィラキシーの既往がある患者ではネオスチグミンの使用が適切であるが、TOFR > 90% までの回復を筋弛緩モニタで確認する。

現時点では、筋収縮回復の目標は、尺骨神経最大上電気刺激による拇指内転筋の収縮が減衰 (fade) を認めず、咽頭筋収縮の回復が達成できる TOFR > 90% とするのが一般的である<sup>47)48)</sup>。ただし、加速度検知型筋弛緩モニタでは TOFR が 100% を上回る現象がしばしば見られることから、その回復基準として TOFR > 100% を用いることを推奨する専門家もいる。頭部挙上など臨床的な筋力評価は TOFR が低値であっても完全回復と誤認しがちであり、むしろ残存筋弛緩の原因となるので回復の根拠としない<sup>49)</sup>。従来 TOF 刺激による減衰現象の目視も行われてきたが、TOFR 40% 程度の回復であっても目視では減衰現象なし (つまり 100% 回復) と判断することが多い<sup>50)</sup>。定性的な筋弛緩モニタよりも定量的な筋弛緩モニタ使用で合併症が減少したとも報告されている<sup>41)</sup>。手術の内容によっては尺骨神経刺激が不可能な症例もあり、顔面神経刺激による皺眉筋や咬筋の収縮、下肢の脛骨神経刺激による短拇趾屈筋収縮などの筋弛緩モニタを実施する場合もあるが、特に皺眉筋は横隔膜同様に拇指内転筋よりも筋弛緩薬からの回復が早いので、スガマデクス投与量が少なくなる可能性があることを念頭に置くべきである<sup>51)</sup>。手術後に拇指内転筋での筋弛緩モニタが可能になった時点で電極の位置を変更する。以上から、「5秒間頭部挙上が可能であったから回復薬を投与しなかった」「自発呼吸が認められたからスガマデクス 2 mg/kg を投与した」「体重 60 kg の患者なのでとりあえずスガマデクス 200 mg を投与した」などの処置は Don't と認識すべきである。

筋収縮回復薬として有用なスガマデクスは、ロクロニウムと同等のアナフィラキシーショック発生の可能性がある<sup>52)</sup>。日本での発生頻度は、スガマデクス投与 10 万件に対して 5 件と報告されている。アナフィラキシーのリスクよりも筋収縮回復に対する臨床的有

用性が高いと考える。約90%のアナフィラキシーショックはスガマデクス投与後10分以内に発生するので、手術室退室までその可能性を念頭に置く必要がある。アナフィラキシーショックを疑った場合には、アドレナリンの適正量静脈内投与または成人では0.3から0.5 mg筋注を躊躇なく実施する<sup>53)54)</sup>。

## 1-2 MUST 2：自発呼吸回復

### 1-2-1 退室前までに自発呼吸回復が必要な理由

全身麻酔中にはほとんどすべての症例で陽圧人工呼吸管理が行われる。覚醒・抜管のプロセスでは、抜管前までに自発呼吸を確立すると覚醒・抜管をより安全に行うことができる。気道確保器具を抜去した患者では、自発呼吸確立を確認したのちに手術室を退室させる(MUST 2:自発呼吸回復)。人工呼吸により抑制された自発呼吸を再開させるためには、呼吸中枢での自律的な呼吸活動を刺激、維持する必要がある。覚醒・抜管のプロセスで安定した呼吸活動を再開させるためにもっとも重要なのはPaCO<sub>2</sub>上昇と意識レベル回復である。全身麻酔下覚醒前の患者がPaCO<sub>2</sub>の刺激で呼吸を再開する閾値は、安静時自発呼吸PaCO<sub>2</sub>より高くなる<sup>55)56)</sup>。セボフルランのみを使用した全身麻酔下手術開始前では、安静自発呼吸時ETCO<sub>2</sub> 42.6 mmHgからの人工呼吸過換気によりETCO<sub>2</sub> 38.7 mmHgで自発呼吸が停止するが、呼吸は45.4 mmHgで再開したと報告されている<sup>56)</sup>。呼吸抑制作用のあるオピオイドや麻酔薬が残存する全身麻酔終了時は、この呼吸再開の閾値はその抑制効果に依存してさらに高く、いったんETCO<sub>2</sub>を50-70 mmHg程度まで高値にしなければ自発呼吸が出現しないことは日常的に経験するところである。抜管前に自発呼吸を確立することで、呼吸維持に必要な自発呼吸と上気道維持のうち一つの条件を満たすことができ、より安全性の高い覚醒・抜管につながる。さらに抜管前に自発呼吸のパターンを評価することで、不十分な鎮痛(速い呼吸)、オピオイド過量(遅い呼吸)、呼吸不全(浅く速い呼吸、呼吸補助筋の使用)などを評価することも可能である。特に後述する覚醒・抜管時呼吸器合併症のリスクが高い患者ではメリットが大きい。自発呼吸パターンが正常でない場合には、気道を確保したまま原因を治療する、あるいは抜管を延期することができる。呼吸状態ばかりでなく、抜管により危険な状態が予測される患者は、手術直後には抜管せず呼吸管理を継続することを推奨する。

一方、確実な覚醒が可能になるまで気管挿管のまま人工呼吸を継続し、覚醒確認後に呼びかけに応じた呼吸運動を確認し抜管する方法も実施されている。この場合は、吸入麻酔からの速やかな覚醒が期待できる反面、上記の自発呼吸パターンから得られる情報を活用できないデメリットとリスクが存在する。自発呼吸は、無意識下での自律的な呼吸中枢活動の継続であり、呼びかけで実施する呼吸運動は自律的な自発呼吸ではない。この方法の場合、抜管前のPaCO<sub>2</sub>が呼吸を安定的に刺激し維持するレベルに達していない場合には、呼びかけを行わず患者が再び入眠したときには呼吸刺激がなくなり無呼吸・低呼吸になる

可能性がある<sup>57)58)</sup>。多くの場合は、覚醒刺激で呼吸が維持されている間に PaCO<sub>2</sub> が徐々に増加し、安定的な呼吸維持につながっていると考えられる<sup>59)</sup>。しかし、従命可能な鎮静状態の被験者でも自発的過換気後には無呼吸となること<sup>60)</sup>、さらに、覚醒が維持できた場合であっても人工呼吸による過換気によって無呼吸が誘発されうることも実験的に示されている<sup>57)58)61)</sup>。覚醒前に自発呼吸出現を確認しない方法であっても、多くの場合は低酸素血症などの呼吸器合併症は発生しないが、無呼吸が出現する患者は存在すること、さらには覚醒を維持しているかぎり、退室までに患者入眠時の呼吸状態を確認することはできないなど臨床的には注意が必要な覚醒方法である。

抜管前自発呼吸回復を目指したにもかかわらず、自発呼吸確認前に患者が覚醒あるいは激しい体動を示すことがある。この場合は、前述の人工呼吸下覚醒後抜管よりも注意が必要である。覚醒と判断したが、未覚醒であり抜管後に呼吸指示に反応しない可能性もある。この場合、抜管後無呼吸による低酸素血症に至る可能性も高くなる。可能であれば自発呼吸が出現するまで抜管をせずに観察する。息こらえや激しい咳反射、危険な体動を伴う場合、あるいは患者の苦痛を軽減したい場合は、気管チューブ抜去前に自発呼吸指示に従うことのできる覚醒レベルであることを確認し、抜管せざるをえない状況に遭遇することがある。ただし、この場合は抜管後に呼吸運動を促すこと、さらに呼吸指示なしで自発的な呼吸活動が継続できることを確認する。覚醒が十分でなく、抜管後の呼吸指示に従えないと判断する場合には、抜管せずプロポフォルなどでの再鎮静を行うことは安全な対応である。抜管前に自発呼吸を確認した場合でも、確認していない場合でも、手術室退室前には、タッピング刺激や呼びかけで呼吸を促すことなく患者が自発的に呼吸していることを確認する。

### 1-2-2 どのように自発呼吸を再開させるか？

**表2**に、覚醒前の自律的な自発呼吸運動確立と呼吸パターンに影響する主な要因をまとめた。低酸素血症や貧血、代謝性アシドーシス、高体温、痛み刺激など全身状態が不良であっても自発呼吸は促進される。このような状況にない患者の全身麻酔からの覚醒過程において、自発呼吸は PaCO<sub>2</sub> の呼吸中枢刺激によって出現する。PaCO<sub>2</sub> は連続的に測定できないため、覚醒・抜管プロセスでは、通常 PaCO<sub>2</sub> よりも 5 mmHg 程度低値である ETCO<sub>2</sub> をモニタしながら、人工呼吸の換気量を減少させ自発呼吸の出現を待つ。前述のように、術中から継続投与されているレミフェンタニルや術後痛のためのオピオイドには強い呼吸抑制作用があるため、呼吸再開の ETCO<sub>2</sub> レベルは、50-70 mmHg であることも多い。薬物動態シミュレーションを用いたオピオイド効果部位濃度を意識することも有用であるが、オピオイドの感受性には個人差があり、自発呼吸再開効果部位濃度を予測することは困難である。覚醒前に PaCO<sub>2</sub> を上昇させるために手動換気で低換気や無呼吸にした場合には、低酸素血症に陥る危険性や吸入麻酔薬の排出が遅延することにも注意が必要である。SpO<sub>2</sub> 低

表2 覚醒前の自発的な自発呼吸運動確立と呼吸パターンに影響する主な要因

要因	臨床での判断 マーカー	臨床的重要度	メカニズム	覚醒過程での臨床的意義
意識レベル	未覚醒 / 従命可能	+++	呼吸中枢への行動性調節	未覚醒では行動性調節不能。従命可能であれば深呼吸可能は当然。指示なしでの自発呼吸確認が重要。
PaCO <sub>2</sub>	ETCO <sub>2</sub> (呼吸終末二酸化炭素分圧)	+++	二酸化炭素換気応答	覚醒前自発呼吸出現 ETCO <sub>2</sub> は、主にオピオイド投与による呼吸抑制と痛みによる呼吸促進のバランスが影響する。
PaO <sub>2</sub>	SpO <sub>2</sub>	+	低酸素換気応答	SpO <sub>2</sub> 90%以上に維持する場合の影響は小さい。
血液 pH	pH, BE, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (動脈血)	++	呼吸中枢刺激	アシドーシスで促進、アルカローシスで抑制。
オピオイド	効果部位濃度	+++	呼吸中枢抑制 二酸化炭素換気応答低下 低酸素換気応答低下	個体差あり。呼吸刺激には通常より高いETCO <sub>2</sub> が必要。呼吸数減少や無呼吸出現。1回換気量は抑制されない。
吸入麻酔薬	呼気麻酔ガス濃度	+	二酸化炭素換気応答低下 低酸素換気応答抑制	深麻酔でも自発呼吸運動確立は可能。SpO <sub>2</sub> 90%以上に維持する場合の影響は小さい。呼吸数増加、1回換気量低下。
静脈麻酔薬	効果部位濃度	+	二酸化炭素換気応答 低酸素換気応答抑制	深麻酔でも自発呼吸運動確立は可能。呼吸数増加、1回換気量低下。
筋弛緩薬残存	筋弛緩モニタ	+	呼吸筋麻痺、筋力低下 低酸素換気応答抑制	TOFR 60%でも自発呼吸確立可能。上気道維持にはTOFR>90%必要。
痛み	鎮痛対策方法	++	呼吸中枢刺激	痛み刺激で、呼吸数増加、1回換気量増加。
高体温	体温	+	呼吸中枢刺激	代謝亢進のため、ETCO <sub>2</sub> は正常体温時よりやや低下する程度。
気道反射	外的刺激の有無、 分泌物	+++	気道反射誘発	咳反射、息こらえ、喉頭痙攣、激しい体動、低酸素血症発生のリスク。浅麻酔時に手術台や体に触れる処置などで誘発されるので覚醒過程では外的刺激は最小とする。
気道確保器具	気管チューブ 声門上器具 (SGA)	++	気道反射誘発	気管チューブであれば気道開通性は維持されるが呼吸パターン不良となる。SGAでは喉頭痙攣も同時に発生する。
気道閉塞性病態	カプノグラム波形 PaCO <sub>2</sub> 高値	++	気流制限	COPDは二酸化炭素換気応答は低下していない。呼吸数は少ないが1回換気量が維持されるパターンとなる。術前より高いPaCO <sub>2</sub> でも呼吸パターンと臨床症状から抜管する判断も適切である。頭高位での覚醒と術後管理が酸素化と換気に有利である。
呼吸拘束性病態	術前呼吸機能、 PaO <sub>2</sub> /FI <sub>O</sub> <sub>2</sub> 比低下	++	低コンプライアンスの肺・ 胸郭、無気肺、気胸、 気胸、肺水腫など	1回換気量は少なめ、呼吸数は多めの呼吸パターンとなる。酸素化改善のため頭高位での覚醒と術後管理が有利である。
呼吸不全			本臨床ガイドライン 図7参照	

下時に手動換気を開始しても、SpO<sub>2</sub>はただちには回復せず、特に手動換気開始の刺激で、患者の咳反射や息こらえを誘発してしまう場合には、SpO<sub>2</sub>回復が困難な場合もある。強い呼びかけやタッピング刺激で覚醒できる可能性の有無によって、覚醒させるか、再鎮静するかの選択も考慮すべきである。ポップオフ弁を調節し、呼吸回路内を持続的に陽圧とした状態では機能的残気量が維持できるため無換気であっても低酸素血症にはなりにくく、ETCO<sub>2</sub>を上昇させることが可能であり、患者への刺激も少ない。しかしこの場合、吸入麻酔薬は排出されない。覚醒過程に入る前に、人工呼吸器設定を低換気とし呼吸刺激が期待できるレベルまでETCO<sub>2</sub>を増加させておくことで覚醒前に自発呼吸を出現させることが可能であり、かつ吸入麻酔薬からの覚醒も促進される<sup>62)</sup>。

### 1-3 MUST 3：従命可能

#### 1-3-1 退室前までに従命可能な意識レベル達成が必要な理由と達成方法

全身麻酔薬投与中止後の全身麻酔薬の脳内濃度は連続的に低下する。一方で意識レベルの変化は、無意識から覚醒へと急激に変化する。覚醒時の脳波変化は、麻酔薬脳内濃度も反映するが、覚醒前後で大きく変化する<sup>63)64)</sup>。これら複雑な全身麻酔覚醒時からの意識レベル回復には、脳内のドーパミンなどの神経伝達物質が大きく関与しているようではあるが、依然として詳細は不明である<sup>65)</sup>。臨床現場で、覚醒可能な状態かどうかは、呼気麻酔ガス濃度、TCI (target controlled infusion) 効果部位予測濃度、脳波や麻酔深度モニタなどを参考に判断する。しかし、年齢や個体差さらには麻酔科医の経験にも、覚醒可能かどうかの判断と実際の覚醒レベルは大きく依存する<sup>66)</sup>。したがって、抜管前に達成できる覚醒レベルは一様ではないが、抜管後のリスクを軽減させるためには、従命可能な覚醒レベル回復 (MUST 3：従命可能) を目指す。体動や自発的動作のみでは安全な覚醒レベル達成を意味しない。開眼や開口は自発的に行われる場合もあり、開口維持、挺舌、離握手などの指示動作で確実に従命可能かを確認する。特に自発呼吸が確立していない状況では、従命可能を確認できていれば抜管直後に深呼吸ができる可能性も高くなる。さらに、覚醒前に自発的呼吸活動を再開できる PaCO<sub>2</sub> レベルでなくとも、覚醒そのものが呼吸の維持に大きく貢献するため、多くの患者で抜管後の呼吸再開や維持も期待できる<sup>67)</sup>。また、麻酔薬の効果部位濃度減少による上気道維持機能や気道防御機能改善は非常に小さく、覚醒により急激に回復することも報告されている<sup>68)69)</sup>。したがって、調節呼吸のまま覚醒させ、抜管する覚醒・抜管方法も多くの場合、安全に実施できる。しかしながら、前述のように、低 PaCO<sub>2</sub> 時に覚醒刺激のみで呼吸を維持できない患者も少なからず存在すること、自発呼吸から得られる情報、特にオピオイド過量を見逃すリスクが大きくなること、抜管後に再び意識レベルが低下する可能性も考慮し、本臨床ガイドラインでは抜管前に従命可能な覚醒と自発呼吸回復の両者を達成する覚醒・抜管方法を推奨する。抜管時に達成できなかった症例であっても、手術室退室までには、従命可能な意識レベル回復と自発呼吸確立を達成し、確認する。

#### 1-3-2 抜管後に体動が大きく従命不可能であった場合の対処

覚醒可能なレベルまで麻酔薬の効果が消失したと判断した場合は、患者への名前での呼びかけ、軽いタッピング刺激で覚醒を促す。覚醒後は、患者に手術終了を伝え、状況理解を促す<sup>70)71)</sup>。特に覚醒が十分でない場合は繰り返し伝えることも必要である。大きな体動はなくとも覚醒後は咬合力増加のため気管チューブを噛み気道閉塞状態になることもあるため、覚醒前にバイトブロックを挿入し、特に体動時は確実に気管チューブを保護できるように固定または手で保持する。覚醒過程で体動が生じ、意識レベル確認が不可能であり、

ベッドからの転落リスク（覚醒時興奮）があると判断する場合には、再鎮静実施も安全な対応である。しかし、覚醒時興奮の原因となっている可能性が高い気管チューブ抜去により従命可能になると判断する場合もある。この場合、期待どおりに抜管後に体動が減少し呼吸指示に応答できればよいが、従命不可能であった場合には、無呼吸持続による高度低酸素血症への進展も覚悟すべきである。ただちに、チーム全体での危機的状況共有とともに、より強い覚醒刺激にもなりうる気道確保手技で意識レベルを上げるか、あるいは全身麻酔を導入し再挿管または声門上器具挿入などを検討し実施する。

### 1-3-3 麻酔深度や意識レベルによる気道反射パターンの変化

図3には、麻酔深度や意識レベル変化に伴う気道反射パターンの変化を模式的に示す。生理学的に気道反射は、下気道内へ異物が侵入しないようにするための生体防御反射の一つあるが、全身麻酔覚醒過程では、その発生が円滑な覚醒を妨げ、さらには呼吸状態を悪化させ低酸素血症の原因となることもある有害反射ととらえることもできる。下気道内に異物が侵入しないように、特に喉頭や声門下気管粘膜内の受容器が異物の侵入（と同等の刺激）を検知すると、上喉頭神経を介して気道反射が誘発される<sup>72)</sup>。口腔内や咽頭内の分泌物が口頭や声門下に侵入した場合や、気管チューブなどによる機械的刺激などが気道反射を誘発する。積極的に異物を排除する動的反射（嚥下反射や咳反射など）と異物の下気道への侵入を防ぐ静的反射（無呼吸反射や喉頭痙攣）に大別可能である（図3）。全身麻酔薬は、鎮静レベルであっても嚥下反射を強く抑制するため誤嚥のリスクを高める<sup>73)</sup>。深い麻酔からの覚醒過程では、麻酔深度によって誘発される反射の表現型が異なる。深い全身麻酔状態では、咳反射など動的気道反射が強く抑制される。深い全身麻酔下であっても、無呼吸反射や喉頭痙攣は誘発されるが、反射発生の閾値も上昇し、喉頭閉鎖も部分的である<sup>74)</sup>。浅い麻酔状態になると、体動を伴う咳反射など強い動的反射が発生しやすくなる。喉頭痙攣や無呼吸反射（息こらえ）は、覚醒時には発生しない。気道反射による呼吸パターンの悪化や低酸素血症を防ぐためにも、従命可能な覚醒レベルでの抜管が安全となる根拠

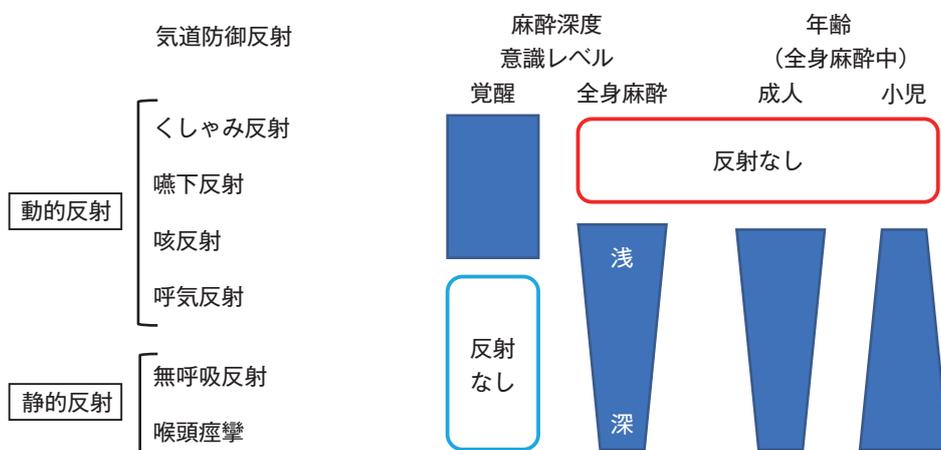


図3 麻酔深度や意識レベルによる気道反射パターンの変化

である。強い咳反射などの動的気道反射を抑制する目的で、深麻酔下抜管を選択することもあるが、覚醒の過程で浅麻酔状態となることを避けることはできず、気管チューブ以外の誘発刺激が加われば気道反射が発生する。覚醒過程で患者への刺激を最小にすべき原則を支持する生理学的背景である。全身麻酔中の気道反射は、同じ麻酔深度と気道刺激に対しても成人では咳反射などの動的反射、小児では喉頭痙攣などの静的反射が主たる表現型となる<sup>75)</sup>。覚醒過程で、成人では咳反射とともに大きな体動が出現するのに対し、小児では抜管後の無呼吸や喉頭痙攣が発生しやすくなる。喉頭痙攣発生時に両側顎関節部（laryngospasm notch）を強く刺激することで喉頭痙攣が改善する事実は、覚醒あるいは意識レベル変化による気道反射パターン変化が関与している可能性もある。

### 1-3-4 円滑な覚醒達成を妨げる気道反射の制御

抜管前の口腔内や気管内吸引は、気道内分泌物貯留が疑われる場合には有用である。しかしながら浅麻酔や筋収縮回復後の吸引操作は、分泌物排除や排出には有用ではあるが呼吸・循環などに大きく影響するとともに未覚醒状態での危険な体動を誘発する可能性がある。口腔内や気管内の分泌物吸引操作は麻酔薬投与中止前の深麻酔下で実施する。抜管直後は嚥下機能が抑制されており、口腔内分泌物が下気道内に流入する可能性が高いため、口腔内吸引はルーチンで深麻酔下を実施する。一方、気管内吸引は気道内陰圧や誘発された咳反射により機能的残気量低下や呼吸パターン悪化を招くため、ルーチンとして実施すべきではない。分泌物多量の所見や無気肺を認める場合には、気管支鏡の使用も有効な選択肢である。気管内吸引後は肺リクルートメントを実施し無気肺を予防する。覚醒過程の咳反射出現は、自発呼吸出現と評価の妨げとなるばかりでなく、指示動作による覚醒確認を困難とし、覚醒時体動や興奮の誘因となりうる。咳反射出現を覚醒あるいは自発呼吸出現と判断し、あるいは気管チューブ留置が咳反射の原因と判断し、気管チューブ抜去後に、未覚醒のまま無呼吸持続のため高度低酸素血症になることも少なくない。覚醒過程での咳反射を確実に抑制する方法はないが、その確率を少なくするためにもっとも有効な方法は、気管チューブの気道刺激による反射の誘発を避けることである。気管内や口腔内の吸引、気管チューブに触れる、体に触れる、手術台に触れるなどが誘因となりうる。咳反射を抑制する薬剤としては、オピオイド（フェンタニル、レミフェンタニル）、デクスメデトミジン（保険適用外）、リドカイン（気管内投与、静脈内投与）がある<sup>76)</sup>。またセボフルランよりプロポフォールのほうが抜管時の咳反射が少ないことも知られる<sup>77)</sup>。

## 1-4 MUST 4：抜管後上気道維持

### 1-4-1 退室前までに上気道維持達成が必要な理由

気管チューブ抜去後の上気道閉塞は、どのような患者でも発生する可能性があり、迅速に判断・対応しなければ重篤な低酸素血症に陥る合併症である。したがって、すべての患

者で抜管後の上気道閉塞のリスクを抜管前に最小とすることは、麻酔科医の重要な責務である（MUST 4：抜管後上気道維持）。しかしながら、現時点で抜管後の気道維持を確実に予測できる方法は存在しない。すべての患者において、抜管直後に上気道閉塞の有無を確認する。残念ながら、抜管後上気道閉塞に関する臨床研究が十分なされていない。抜管後上気道閉塞のメカニズムを理解し、そのリスクを高める原因や背景要因を明らかにする研究が必要である。覚醒・抜管を予定するすべての患者において、本臨床ガイドラインの目標である MUST 1 から 3 を抜管前に確実に達成しておくことは、抜管後上気道維持（MUST 4）を達成するために重要な前提条件となる。言い換えれば、抜管前に MUST 1 から 3 が未達成あるいは不十分である場合には、抜管後の解剖学的・機能的上気道閉塞のリスクが高まるため、抜管後の上気道閉塞発生を想定した評価と対応が必要となる。一方、抜管前に MUST 1 から 3 まで 3 項目すべてを達成していても、抜管後上気道閉塞は発生する。そのリスクを認知し、発生の可能性を評価したうえで、抜管するかどうかを判断することとなる。その際、リスクを冒して抜管するよりも、未抜管のまま ICU などでリスクを軽減したのちに抜管する選択をためらわないことも重要であり賢明である。

MUST 1（筋収縮回復）が不十分な状態で抜管したときには、MUST 2（自発呼吸回復）と MUST 3（従命可能）を達成していても、横隔膜などの呼吸筋よりも非脱分極性筋弛緩薬に感受性の高い咽頭筋収縮が不十分で咽頭閉塞が発生する可能性がある<sup>33)36)</sup>。喉頭筋は筋弛緩薬に抵抗性であるため、喉頭閉塞の可能性は低い<sup>78)</sup>。抜管直後に咽頭閉塞が発生した場合は、ただちにマスクによる人工呼吸を開始し、再挿管の必要性を考慮する。意識レベルが回復している場合には、抑制された咽頭筋の活動を代償性に高めることができるので、抜管直後に咽頭閉塞が臨床的に顕在化することは少ない<sup>37)</sup>。しかし、この代償機能の抑制または破綻によって手術室退室後 1 時間以内に残存筋弛緩や再筋弛緩のため咽頭閉塞による高度低酸素血症に陥る可能性がある<sup>14)</sup>。MUST 1 未達成による咽頭閉塞は、筋弛緩モニタの使用と筋弛緩レベルに対応した十分な筋収縮回復薬を抜管前に投与することで防ぐことが可能である。

MUST 1 と 3 は達成し MUST 2（自発呼吸回復）のみが達成できていない状態で抜管した場合、麻酔科医による深呼吸指示で呼吸運動を認めれば、横隔膜と同時に咽頭筋も活動を増加させることができるため、咽頭閉塞のリスクは少ない<sup>79)</sup>。意識レベルが十分回復している状態では喉頭痙攣などの気道反射による喉頭閉塞のリスクも少ない<sup>72)</sup>。しかし、自発呼吸の存在は、咽頭筋の吸気性活動増加や吸気開始前活動など咽頭気道維持のための生理的な活動パターンを同時に確立するため<sup>80)81)</sup>、MUST 2 の回復は上気道維持にも重要である。

MUST 3（従命可能）の未達成は、MUST 1 と 2 を達成しても抜管直後の上気道閉塞のリスクを大きく高める。この場合、未覚醒そのものが咽頭筋活動を大きく抑制するばかりでなく、残存麻酔薬が覚醒反応や咽頭筋の神経性代償機能を大きく抑制するため、抜管後

に部分的あるいは完全かつ持続的な咽頭閉塞が発生しやすい。MUST 3 未達成のときは気道反射による喉頭閉塞も発生しやすい。気道刺激により、深麻酔では喉頭閉塞、浅麻酔では咳反射に続き喉頭痙攣が発生する<sup>74)75)</sup>。意識レベル低下時の上気道閉塞は介入なしで解除される可能性が低く、高度低酸素血症や心停止発生リスクもある危機的状況である。上気道閉塞による低酸素血症は、閉塞解除のための介入によって速やかに改善するが、まれに気道閉塞による過度の気道内陰圧によって陰圧性肺水腫が引き起こされることもある<sup>82)83)</sup>。したがって、MUST 3 未達成の場合に抜管することは極力避けることがもっとも重要である。しかしながら、MUST 3 達成の判断が難しいことも少なくない。覚醒後抜管予定であっても、覚醒途中で MUST 3 未達成にもかかわらず覚醒と誤認し抜管の判断をする場合もある。小児においては、MUST 3 未達成の状況で抜管することがルーチンとして実施されることも多いが、小児は成人よりも MUST 3 未達成のリスクが低いわけではない。そのリスクを認識したうえでの未覚醒抜管実施と抜管後の呼吸状態の評価と対応が必要である。

### 1-4-2 退室前までに上気道維持を達成する方法

抜管後上気道維持 (MUST 4) の成功率を高めるためには、抜管前に MUST 1 から 3 を達成すること以外にも、有効と考えられるテクニックも存在する。頭高位や半座位で覚醒・抜管を実施することは、咽頭気道の維持に有効である<sup>84)85)</sup>。覚醒過程での患者への刺激を最小限とすることは、より高い意識レベルでの覚醒と喉頭痙攣を誘発する気道反射予防につながる<sup>7)72)</sup>。抜管直後の呼びかけやタッピングによる覚醒刺激、深呼吸指示も上気道維持に有効である。抜管直後に上気道閉塞の有無を診断することが困難であることも多く、視診では咽頭閉塞と喉頭閉塞を区別することは不可能である。抜管直後にマスクを密着させてカプノグラム波形出現を確認することも有効であり、本臨床ガイドラインでは、カプノグラム波形を認めないときの覚醒刺激や両手気道確保を推奨する。その後の対応は「2-2 抜管後上気道閉塞または呼吸パターン不良時の対応」 4 のアルゴリズムに従う。

## 2 覚醒・抜管のリスクと対策

### 2-1 覚醒・抜管過程での呼吸器合併症とそのリスクを高める因子、予防と対応

MUST 1 から 3 のすべてを達成した場合でも、抜管後に呼吸器合併症が発生することはまれではない。**表 3** に、抜管前後に発生する代表的な呼吸器合併症とそのリスクを高める因子、予防と対応をまとめた。抜管前には、呼吸中枢抑制や上気道以外の呼吸効果器（横隔膜、肺、下気道など）の病的機能不全などの合併症が、さまざまな原因で発生する。抜管前のルーチン評価で、これらに起因する特徴的な症状や所見を見逃さない管理が求められる。抜管後には、気管チューブがバイパスしていた上気道（咽頭・喉頭）閉塞、気道防御機能低下による誤嚥などの合併症が発生する。これらの合併症予防または早期対応のため、特に、抜管直後の呼吸パターン評価を実施する習慣が重要である。気管挿管下に人工呼吸管理されている患者の抜管については、手術室抜管よりも ICU 患者管理で多くの研究がなされ、エビデンスも蓄積している。手術室抜管においても患者の病態把握の方法や気道管理テクニックなど ICU 抜管と共通する部分はあるが、抜管後の高度低酸素血症や再挿管などの合併症予測に関する科学的エビデンスは、ICU 人工呼吸管理患者のようには確立されていない。さらに、麻酔薬の影響や病態が大きく変化している中で短時間での判断が求められる点は、ICU での抜管とは大きく異なる。単一の評価項目ではなく複数の評価項目から患者の状態把握を行うこと、患者要因ばかりでなく人的資源や時間帯も考慮すること、判断に迷う場合には手術翌日以降の ICU 抜管を選択すること、さらに手術室で抜管した場合は抜管後の呼吸状態が安定するまで手術室内で注意深く観察することなどが重要である。

#### 2-1-1 抜管前呼吸状態評価

抜管前後呼吸器合併症リスクの有無にかかわらず、麻酔科医は、覚醒・抜管前には術前情報・術中経過を振り返るとともに、聴診、カプノメータ、パルスオキシメータ、筋弛緩モニタなどの評価に基づき、自発呼吸出現後に抜管が可能かどうかを判断し、さらに覚醒後抜管か深麻酔下抜管かを選択する。自発呼吸が出現したら、自発呼吸数、1 回換気量、自発呼吸パターンとともに、SpO<sub>2</sub>、カプノメータ波形と呼気終末二酸化炭素分圧などの情報から、抜管可能かどうか、抜管後の呼吸管理方法を決定する。抜管前の呼吸器合併症リスクのある患者において、抜管前のワンポイント血液ガス分析は必須ではない。多くの場合は呼吸メカニクス評価、呼吸パターン（自発呼吸出現時）、パルスオキシメータとカプノメータの連続的評価で十分である。これらの評価で術後人工呼吸管理の必要性が示唆される場合には、血液ガス分析を実施する<sup>86)~89)</sup>。

表3 抜管前後に発生する代表的な呼吸器合併症とそのリスクを高める因子、予防と対応のまとめ

合併症	部位	リスクを高める要因、原因	管理と診断に有用な評価項目、検査	症状と特徴的所見	効果的な予防と治療
抜管前 呼吸不全	呼吸中枢	麻薬過量		無呼吸、徐呼吸	予防：抜管前自覚呼吸確認、治療：減量によるオピオイド投与量適正化、ナロキソン
	呼吸中枢	不十分な鎮痛		頻呼吸	予防：抜管前自覚呼吸確認、治療：適切な鎮痛対策
	横隔膜	残存筋弛緩、高 Mg 血症 (Mg 製剤、腎機能低下)、低 K 血症、神経筋疾患	【抜管前評価】術前合併症、現病歴、術中イベント、術中呼吸状態、薬剤投与量・タイミング再評価、自覚呼吸数、自覚呼吸パターン、カプノグラム、聴診、パルスオキシメータ、筋弛緩モニタ	浅く速い呼吸、呼吸補助筋使用、持続する低酸素血症・高二酸化炭素血症	予防：筋弛緩モニタ、治療：回復薬投与、呼吸補助、原因治療
	中枢気道	片肺挿管		低酸素血症、無気肺形成	治療：チューブ位置適正化、肺リクルートメント
	胸郭・胸腔・肺間質	胸郭変形、肺線維症、肥満、気胸、血胸、肺水腫、ARDS	【呼吸状態不良時】上記再チェック、血液ガス分析、電解質検査 (Mg, K)、胸部 X 線写真、気管支鏡	拘束性障害、持続する低酸素血症、浅く速い呼吸、呼吸補助筋使用	治療：酸素療法、HFNC、座位、胸腔ドレナージ
	下気道・末梢気道	喘息発作、アナフィラキシー、COPD		カプノグラム波形異常、高二酸化炭素血症、低換気量	予防：プレハビリテーション、術前ステロイド吸入、術前 LAMA/LABA 吸入、術中肺保護戦略、頭高位覚醒抜管、治療： $\beta_2$ 刺激薬吸入
末梢気道・肺胞	喫煙、気道内分泌物・出血、無気肺、肺炎、機能的残気量低下、肥満、頭低位手術		持続する低酸素血症	予防・治療：肺リクルートメント + PEEP、気道内分泌物吸引、頭高位覚醒抜管	
抜管後 解剖学的 気道閉塞	咽頭気道	頭頸部手術後、咽頭浮腫、頸部・咽頭の浮腫や血腫、咽頭内異物 (ガーゼや血腫)、閉塞性睡眠時無呼吸、肥満、小顎、顎顔面奇形		覚醒不良患者あるいは意識レベル低下時の気道閉塞、いびき様狭窄音、周期的低酸素血症	予防・治療：頭高位、座位、両手気道確保、経鼻エアウェイ、声門上器具挿入、酸素投与、CPAP、HFNC、原因への対応
	喉頭気道	喉頭浮腫、アナフィラキシー、長時間手術、頭頸部手術、頭低位手術、大量補液・輸血、喉頭軟化症	【抜管前評価】上記抜管前評価結果レビューに加えて、咽頭・喉頭浮腫のリスク評価、抜管前カプノグラムの有無、意識レベル	覚醒に依存しない狭窄音 (ストライダー)、抜管前カプノグラムの陽性、浮腫の画像確認、声門上器具無効	予防・治療：ステロイド投与、チューブエクステンジャー留置下抜管、抜管延期、再挿管、気管切開
	気管	血腫による気管膜様部圧迫、気管内異物・腫瘍、気道内出血、痰による閉塞、頭頸部手術後、気管軟化症	【抜管直後評価】閉塞性呼吸パターンの有無、気道狭窄音の有無と性状	抜管前の気道閉塞症状 (カプノグラム異常波形)、両手気道確保・声門上器具無効、気管支鏡所見	治療：再挿管 (先端位置適正化)、気管切開
抜管後 機能的 気道閉塞	咽頭筋	鎮静薬残存、未覚醒、意識レベル低下、閉塞性睡眠時無呼吸、肥満、小顎、顎顔面奇形	【気道閉塞出現時】高度の低酸素血症を避けるため、診断と治療には迅速性が求められる。まずは、適切な気道確保をしたのちに原因検索と対応を考える。ビデオ喉頭鏡、内視鏡、頸部超音波、頸部側面 X 線写真、声門上器具挿入後喉頭内視鏡検査 (呼吸パターン、声帯の浮腫・麻痺)	意識レベル低下時の気道閉塞、狭窄音 (いびき)、周期的低酸素血症	頭高位、座位、両手気道確保、経鼻エアウェイ、酸素投与、CPAP、HFNC、原因への対応
	咽頭筋	筋弛緩薬残存・再筋弛緩、高 Mg 血症、低 K 血症、神経筋疾患		覚醒時でも気道閉塞持続	用手気道確保、声門上器具挿入、再挿管、原因への対応
	喉頭筋	喉頭痙攣、喉頭反射、多系統萎縮患者、錐体外路症状		覚醒過程の気道閉塞、誘因となる気道刺激、一時的なストライダー出現	覚醒刺激、顎関節部刺激、鎮静薬投与、筋弛緩薬投与
	反回神経	反回神経不全麻痺、頸部郭清手術後、甲状腺手術後、食道がん手術後 (手術は既往も含む)		覚醒時でもストライダー持続	CPAP、再挿管、気管切開
末梢気道	喘息発作、アナフィラキシー、COPD 増悪		覚醒しても気道閉塞持続、喉頭痙攣との鑑別が困難なときもある、再挿管後も改善しない、呼吸時狭窄音	治療：再挿管、陽圧人工呼吸、気管支拡張薬吸入 ( $\beta_2$ 刺激薬、吸入麻酔薬)、アナフィラキシーへの対応 (アドレナリン)	
抜管後 誤嚥	下気道	フルストマック、イレウス、肥満、妊婦、高齢者、頭低位手術、意識レベル低下、筋弛緩残存、不適切な胃管留置、嘔吐反射誘発	【疑う場合】嘔吐反射の有無、口腔内胃液・腸液確認、咳反射持続、聴診、血液ガス分析、気管支鏡、胸部 X 線写真	低酸素血症、中枢気道閉塞、末梢気道閉塞、カプノグラム呼出障害、呼吸時狭窄音	予防：抜管前胃内容吸引、頭高位、座位、完全覚醒、治療：気管支鏡、術後人工呼吸

### 2-1-2 手術侵襲による上気道の浮腫や機能障害の手術室内での評価

抜管後上気道閉塞のリスクが高い患者では、抜管前に上気道の浮腫や機能異常による気道閉塞のリスクを評価する。気管チューブを留置したままであれば、カフリークテストが気管チューブ周囲の上気道浮腫の評価に有用である。手術侵襲により高度の浮腫形成の可能性がある頭頸部周囲手術後（頸椎、咽頭、喉頭、口腔内、顎顔面、甲状腺、頸部郭清、頸部膿瘍など）、頭低位手術、腹臥位手術、大量補液投与症例などで実施を考慮すべきである<sup>90)~92)</sup>。リークが多い場合（カフリークテスト陰性）の抜管成功予測の信頼性は高いが、リーク量が少ない場合（陽性）では偽陽性（抜管不成功予測の失敗）の場合も多い。そのため喉頭内視鏡による視覚的浮腫評価を同時に行う意義もある<sup>93)</sup>。集中治療領域に比べ、手術直後の患者で抜管後の吸気性喘鳴（ストライダー）発生や再挿管が正確に予測できるかどうかのエビデンスは少ない<sup>94)</sup>。本臨床ガイドラインでは、ICUでの抜管前カフリークテストは推奨事項としたが、エビデンスが蓄積されていない手術室では、上気道浮腫による抜管後気道閉塞のリスクがある患者に対して、抜管前にカフリークテスト実施を提案する。カフリークテスト実施方法の詳細は、後述の集中治療室管理の記載を参照してほしい。カフリークテストは、反回神経麻痺などの喉頭機能障害を予測できない。甲状腺手術や食道がん手術による反回神経麻痺の評価は、術中神経モニタリング結果を参考にしながらも<sup>95)</sup>、正確な機能的評価は声門上器具挿入による喉頭内視鏡による声帯可動性確認（特に後輪状披裂筋による外転機能）が有用である。気管チューブ挿入のまま声門上器具を挿入し、声門上器具の位置異常がないことを内視鏡で確認後に気管チューブを抜去し、声門上器具での気道管理を円滑に実施する方法は、次項の「抜管後の上気道リスク患者の気道管理テクニック」で詳述している。

### 2-1-3 抜管後の上気道リスク患者の気道管理テクニック

抜管後に上気道閉塞リスクのある患者は、後述図4のアルゴリズムを基本として上気道閉塞が実際に発生した場合の対応方法を複数検討し、チーム全体でその手順を共有しておく。循環動態を安定させたうえで、頭高位や半座位は、機能的残気量増加、咽頭気道維持、胃内容逆流予防に効果的であり、呼吸や気道管理のリスクが存在する患者の覚醒・抜管時の体位としてメリットが多い<sup>85)</sup>。本来フルストマック患者は誤嚥を回避するために意識レベルが十分回復してから抜管すべきである。やむをえず意識が十分には回復していないまま抜管を実施する際には、左側臥位での抜管が胃内容逆流や嘔吐時に誤嚥に至らないもっとも安全な体位と考えられている<sup>96)</sup>。全身麻酔中には機能的残気量が低下するので、特に肥満患者などでは覚醒前に肺リクルートメントを実施しておく<sup>97)98)</sup>。覚醒過程においても、人工呼吸中の呼気終末陽圧（positive end-expiratory pressure：PEEP）や自発呼吸時の持続気道陽圧呼吸（continuous positive airway pressure：CPAP）維持は機能的残気量低下予防には有利である。抜管前の最適な吸入酸素濃度には議論も多いが、吸入酸素濃度80%程度であれば吸収性無気肺の進展は軽度であり、むしろ抜管後の低酸素血症予防には有利

と考えられている<sup>99)</sup>。上気道閉塞や誤嚥のリスクがある場合は、原則として従命可能なレベルの覚醒達成後に抜管する。

深麻酔下抜管の方法として、従来、気管チューブ抜去後は自然気道のまま覚醒させる方法が実施されてきたが、用手的またはCPAP 負荷による気道確保に加えて、調節呼吸または補助呼吸が必要であり、技術的な難易度が高く合併症の発生頻度も高い<sup>6)100)</sup>。一方、気管チューブを留置したまま声門上器具を挿入し気管チューブを抜去する方法は、咽頭気道閉塞を避け、気管チューブ抜去後の呼吸再開が円滑である。声門上器具挿入後は、カプノグラム波形、1 回換気量を確認する。換気困難な場合は気管支ファイバースコープで声門を確認し、原因が喉頭痙攣かどうか判断できる。脳圧上昇予防や肺保護のため咳などの気道反射を避けたい場合、内視鏡を用いての喉頭浮腫や反回神経麻痺確認を実施する場合に有用なテクニックである<sup>6)100)</sup>。深麻酔かつ筋弛緩状態での実施が円滑かつ成功のコツである。浅麻酔時や筋弛緩から回復した状態で実施すると気管チューブ抜去時に喉頭痙攣を起こしやすい。声門上器具を活用する深麻酔下抜管の場合も、声門上器具は患者が筋弛緩状態から回復し従命可能となってから抜去する。咽頭気道も喉頭気道も、意識レベルが高いほうがより良好な気道開通が得られる。したがって、声門上器具留置下に喉頭浮腫や声門開大不全のためストライダーが発生しても、覚醒時に消失することがある。呼吸ドライブが大きく過大な気道内陰圧のためストライダーや吸気時声門狭窄が生じている場合には、CPAP や鎮静薬投与が奏効する可能性がある<sup>101)~103)</sup>。声門上器具が留置されていると、これらの処置をより有効に実施することが可能である。

気管チューブや声門上器具などの気道確保器具を抜去した直後には、患者に声をかけ深呼吸を促し気道閉塞パターンでないことの確認が重要である。しかし、胸郭の動きすら視認困難であることも多く、抜管直後から退室まで、正確に呼吸モニタリングできる方法の開発が望まれる。抜管直後に両手で気道確保する方法は、比較的多くの麻酔科医が実践している<sup>96)</sup>。マスクが密着していればカプノグラムで呼吸確認、CPAP 負荷も可能である。特に従命可能な意識レベルが確認できないまま抜管し、喉頭痙攣の発生が疑われる場合には、laryngospasm notch と呼ばれる両側顎関節部を強く刺激することが喉頭痙攣解除に有効とされている<sup>104)105)</sup>。機序は明らかではないが、刺激により意識レベルを高めるため喉頭痙攣が解除されている可能性がある。

抜管後の咽頭閉塞には、経鼻エアウェイが有効であることもあるが、周術期のエビデンスは少ない<sup>106)~109)</sup>。鼻出血のリスクがあることに加えて、患者にとっては快適とはいえない。成人であっても 6 mm から 4 mm 程度の内径での有効性が報告されているが、細いサイズの経鼻エアウェイは長さが足りず、太いサイズを挿入せざるをえない点が課題である<sup>109)</sup>。術後呼吸器合併症予防には、加湿高流量経鼻カヌラ療法 (high-flow humidified nasal cannula therapy : HFNC) や CPAP などが有効である<sup>110)~116)</sup>。特にハイリスク患者では、抜管直後に手術室内でその効果を活用・確認することも意義がある。

気管チューブカフ脱気後もリークを認めず（カフリークテスト陽性）喉頭浮腫が存在する状況で、あえて抜管を試みる場合には、再挿管が非常に困難であることも多い。ステロイド投与は、長期人工呼吸患者での喉頭浮腫軽減や抜管後のストライダー予防に有効と報告されているものの、手術侵襲による浮腫軽減のための術中全身投与はエビデンスがない<sup>117)118)</sup>。再挿管困難予測症例での抜管は、後述のように抜管時に気管チューブ内にチューブエクステンジャーを挿入し、気管チューブのみ抜去する方法もある。チューブエクステンジャー先端から酸素を持続的に送気することも可能である。1回で再挿管が成功する確率は87%と報告されているが、カテーテル逸脱や気管チューブ声門通過不能も報告されている<sup>119)</sup>。しかし、蓄積症例数も少なく、手術終了直後の患者では、このテクニックを使用する抜管よりも、浮腫軽減が期待できる翌日以降の抜管を選択するほうがより安全である。チューブエクステンジャーを活用する抜管は、このテクニックを熟知した麻酔科医が実施すべきである。抜管により危険な状態が予測される場合、手術直後には抜管せず呼吸管理を継続するという麻酔科医の選択肢はチーム内で共有され尊重されるべきである。

## 2-2 抜管後上気道閉塞または呼吸パターン不良時の対応

抜管後に上気道閉塞あるいは呼吸パターン不良を疑った場合には、抜管に関わるチーム全体でノンテクニカルスキルを活用しながら、迅速に状況を判断し、適切と考える対応を行う。さまざまな状況が存在しうるが、**図4**に典型的な場面を想定した対応アルゴリズムを示す。初期対応としては、患者呼びかけによる刺激を行いつつ、両手でマスクを密着させつつ、トリプルエアウェイマニューバー（下顎挙上、頭部後屈、開口）による気道確保を実施する。両側顎関節部（laryngospasm notch）を刺激することで覚醒効果、喉頭痙攣解除効果も期待できる。100%酸素を6-10 liter/min以上の高流量として、自発呼吸がある場合にはポップオフ弁を調整し、10 cmH<sub>2</sub>O程度のCPAPを維持する。呼吸補助が必要な場合は、PEEP 10 cmH<sub>2</sub>O程度を維持しつつ、最高気道内圧20 cmH<sub>2</sub>O以下の用手または麻酔器人工呼吸器を使用する陽圧（補助）人工呼吸を行う。カプノメータでJSA気道管理ガイドライン2014のV1またはV2の波形が確認できれば、原因検索に基づく治療を行う（イエローゾーン）。マスクからのリークなどでカプノメータ波形が確認できない場合でも、肺胞に酸素が供給されSpO<sub>2</sub>低下が抑止できている場合は同様の対応が許容される。

いずれの方法でも肺胞への酸素供給ができていないと判断される場合には、再挿管宣言を行い、再挿管の準備をチーム全体で進める。ここから先は、JSA気道管理ガイドライン2014に準じた対応を行う<sup>43)</sup>。危機的状況であり、全身麻酔導入なしでただちに気管挿管や声門上器具挿入を実施する選択肢も含め、麻酔科医の判断でさまざまな対応が選択肢となりうる。可能であれば、全身麻酔を導入し、筋弛緩薬の効果を確認してから気管挿管また

は声門上器具を挿入する。通常の全身麻酔導入よりもマスク換気困難、気道確保困難や低酸素血症のリスクが高いため、両手気道確保によるマスク換気を実施し、ビデオ喉頭鏡を使用し気管挿管する。迅速にマンパワーを招集するシステムを整備しておくことを提案する。

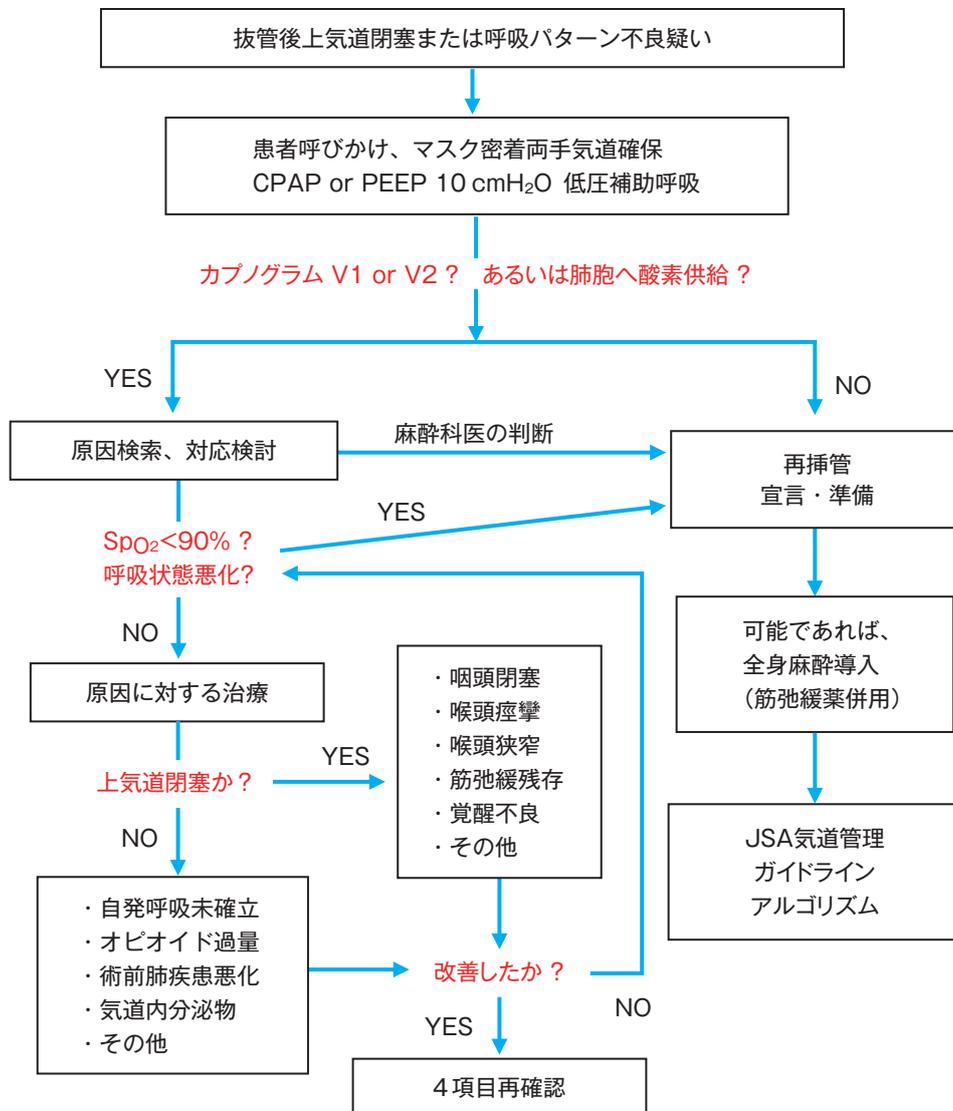


図4 抜管後呼吸不全（上気道閉塞または呼吸パターン不良）時の対応アルゴリズム

カプノグラムV1 = カプノグラム波形で第Ⅲ相を認める場合、カプノグラムV2 = カプノグラム波形で第Ⅱ相までは認める場合、CPAP = 持続気道陽圧呼吸（continuous positive airway pressure）

[Japanese Society of Anesthesiologists. JSA airway management guideline 2014: To improve the safety of induction of anesthesia. J Anesth 2014; 28: 482-93より転載]

### 2-2-1 スガマデクス投与後に再挿管が必要となった場合の筋弛緩管理

スガマデクス投与後に抜管した症例で再挿管が必要な場合、JSA 気道管理ガイドライン 2014 に従って筋弛緩薬を使用し気管挿管する<sup>43)</sup>。スガマデクス投与 24 時間以内の場合にロクロニウムを再投与する場合には、血中に遊離のスガマデクスが存在し、ロクロニウムによる筋弛緩効果発現が遅延、減弱する可能性がある。日本ではスガマデクスに包接され

ない非脱分極性筋弛緩薬を利用することはできないため、スキサメトニウム投与あるいはロクロニウム再投与のいずれかの方法を選択する。スキサメトニウムを用いる場合には、通常使用量の1 mg/kg 投与で気管挿管に適切な筋弛緩効果が得られる。一方、ロクロニウムの場合、至適ロクロニウム投与量を決定するには筋弛緩モニタが必要である。添付文書上の投与量上限は0.9 mg/kg であるが、迅速に筋弛緩状態を得たい場合は、1.2 mg/kg 程度の高用量ロクロニウム投与が必要である<sup>120)</sup>。スガマデクス投与後ロクロニウム再投与患者では、スガマデクス再投与で筋収縮回復が期待できる。至適スガマデクス投与量は決定されていないので、筋弛緩モニタで筋収縮回復を確認し、従命可能な意識レベル回復後に抜管を行う。術後24時間以内に、病棟や集中治療室などで全身状態悪化のため再挿管が必要な場合にも同様の戦略で気管挿管する。

### 3 手術室退室後の患者管理

#### 3-1 手術室退室後合併症発生の背景因子とメカニズム

手術侵襲や麻酔の影響により障害あるいは抑制された全身の生理学的機能は、手術室退室後も、依然として大きく障害されたままである（図5）。にもかかわらず、その患者を手術室内とは人的にも物的にも劣る体制で管理せざるをえない。術後数時間、術後48時間までは、それぞれの時期特有の呼吸器合併症が発生し、全身状態改善の流れが急激に減速あるいは逆流する可能性も高い。特に術前あるいは術中に呼吸器合併症を併発している患者では、術後48時間以内は急性増悪の可能性を念頭に置き管理すべきである。この過程で、

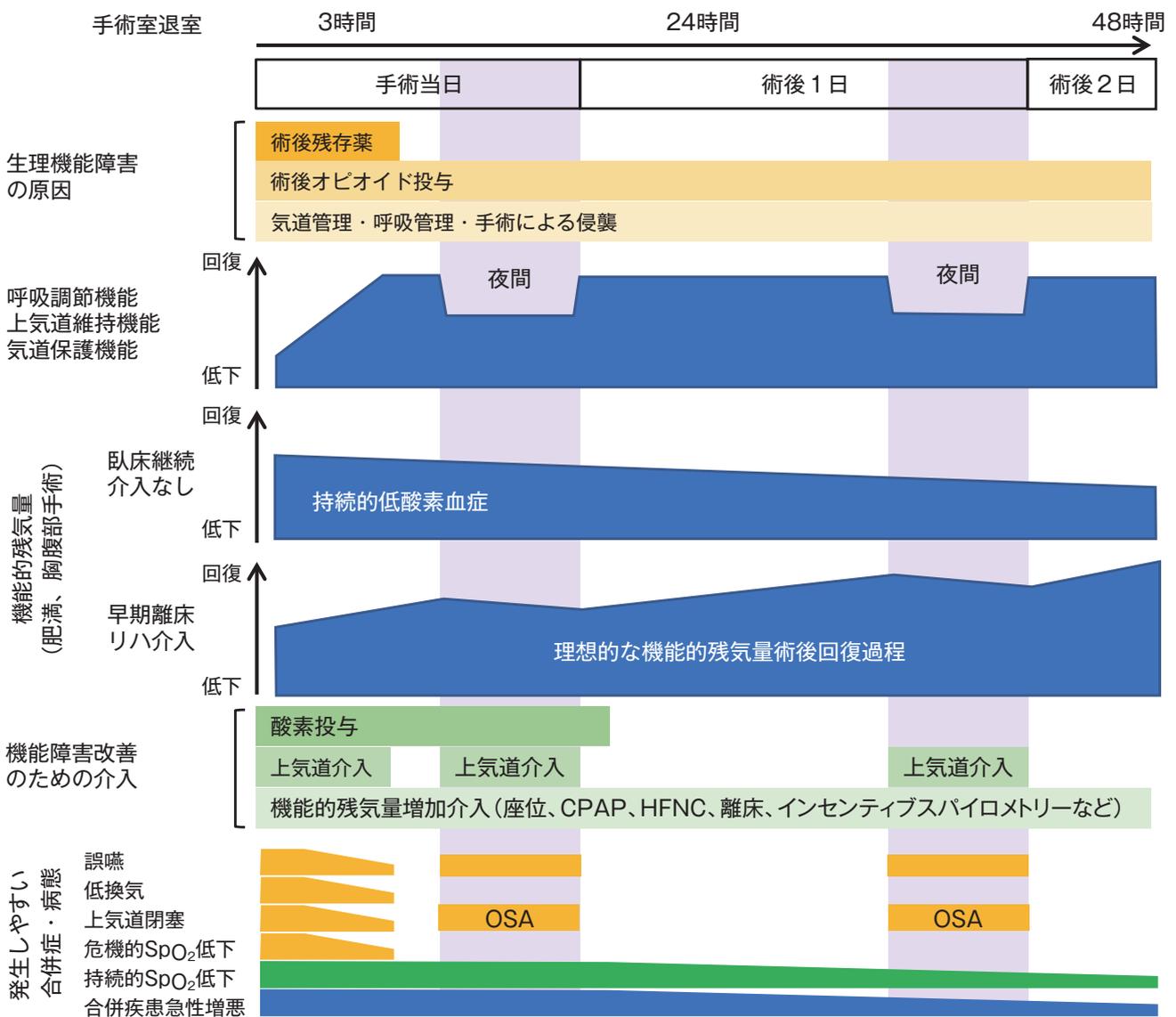


図5 手術室退室後合併症発生の背景因子とメカニズム

CPAP＝持続気道陽圧呼吸 (continuous positive airway pressure)、EWS＝早期警告スコア (Early Warning Score)、HFNC＝加湿高流量経鼻カヌー療法 (high-flow humidified nasal cannula)、OSA＝閉塞性睡眠時無呼吸 (obstructive sleep apnea)

患者要因や手術要因によって、治療が必要な呼吸器合併症あるいは循環器系合併症などを併発すれば、早期離床を妨げる悪循環を形成しうる。したがって、患者の全身状態を継続的にモニタリングし、近い将来の全身状態を患者個々に予測し、臨機応変な術後管理を行う必要がある。

### 3-1-1 術後数時間以内の回復過程と呼吸器合併症

術後数時間以内は、手術侵襲や麻酔管理によって障害あるいは抑制された呼吸調節機能、上気道維持、気道防御反射機能に起因する呼吸器合併症が発生しやすい<sup>121)</sup>。手術室退室時に達成できたと判断した4つの MUST 項目は、この時期の呼吸器合併症に密接に関連しているため、引き続き重要な注目ポイントである。特に筋収縮の回復を臨床的に判断した場合は、手術室退室後に再筋弛緩状態となり、上気道閉塞や呼吸筋収縮抑制による低換気から高度低酸素血症を来すこともある<sup>14)</sup>。従命可能なまでの意識レベルを達成できていたとしても、残存麻酔薬などの影響で容易に入眠し、意識レベル低下時には閉塞性睡眠時無呼吸やオピオイドによる無呼吸・低呼吸のため低酸素血症が発生する可能性もある。機能的残気量が大きく低下している肥満患者や胸腹部手術後患者は、より高度な持続的低酸素血症を来しやすい。原因治療ではないものの、酸素投与には予防的なメリットがある。この時期は、機能的残気量低下に加えて呼吸調節系の代償機能も抑制されているため、呼吸器合併症が高度低酸素血症に進展しやすい時期である。浅く速く、呼吸補助筋を使用した呼吸は、急性呼吸不全や病状増悪の特徴的な呼吸パターンであり、全身管理のエスカレーションや再挿管など迅速な対応が必要な状態である。早期の経口摂取再開は、静脈ライン抜去促進や消化管機能回復促進、栄養管理上のメリットも大きく、Enhanced Recovery After Surgery (ERAS<sup>®</sup>)では術後2時間での水分摂取再開、手術当日の軽食再開を推奨している<sup>122)123)</sup>。手術室内での経鼻胃管抜去は、術後肺合併症を減少させるが、同時に嘔吐の頻度増加も報告されている<sup>124)</sup>。特に高齢者などでは、咳反射や嚥下反射、胃内容逆流防止機能などが、通常より長く抑制されている可能性もある。術後の問題と認識せず、誤嚥のリスクを考慮した術中使用薬選択や覚醒レベルや嚥下機能評価など連続性のある術後管理が必要である。一方、低侵襲の体表手術などでは、この時期の回復を確認し、退院後の急変時対応体制が整っていれば日帰り手術なども可能である。

### 3-1-2 術後48時間以内の呼吸器合併症

肥満患者や高侵襲手術後の患者では、早期回復のための適切な介入が実施されないと、手術中に減少した機能的残気量はさらに減少し続け、低酸素血症が持続する可能性が高い。同様のリスクがあっても、早期離床やリハビリなどを開始することで、機能的残気量の回復、酸素化能の改善、呼吸器合併症の減少、さらには長期的予後改善も期待できる<sup>125)~127)</sup>。ERAS<sup>®</sup>では、術当日、術後1日目、術後2日目にはそれぞれ2時間、6時間、8時間以上の離床を推奨している<sup>122)123)</sup>。オピオイドの鎮痛作用や呼吸抑制作用には個人差や性差があり、術後痛に対するオピオイド持続投与において至適投与量を決定するのは困

難である<sup>128)~130)</sup>。オピオイドが相対的過量になった場合には、徐呼吸ばかりでなく、睡眠時に中枢性無呼吸や上気道閉塞が発生しやすい<sup>131)132)</sup>。日中の酸素療法が不要となった場合でも、閉塞性睡眠時無呼吸を合併する患者では、術前よりも重度の周期的低酸素血症が発生する懸念がある<sup>133)134)</sup>。術後48時間は、機能的残気量増加を目的とした積極的な早期離床とリハビリ介入、夜間の閉塞性睡眠時無呼吸への対応がポイントとなる。手術に関連した感染症、術後せん妄、腎障害や心不全などの循環器系合併症などなんらかの術後合併症が発生し臥床が継続された場合には、機能的残気量低下の遷延や肺炎併発により、病状増悪の負のスパイラルが形成されやすい。可能なかぎり、離床を促しつつ合併症に対応する。

## 3-2 抜管済み患者の手術室退室後の患者管理

### 3-2-1 術後早期管理のための情報伝達

手術や麻酔の侵襲からの回復は連続的な過程である。したがって、手術室内での術中管理と手術室から退室したあとの術後管理も連続性を維持すべきであり、麻酔科医は特に術後早期の管理に積極的に関与することが望ましい。外科医と病棟看護師が術後管理を行っている施設が多い現状ではあっても、術中担当麻酔科医からの表4にリストアップされた術後管理のポイントに関する提案は、患者ごとに異なる術後管理課題の認識と解決につながる。手術室退室時の患者情報を、術後管理を担当する医師や看護師に正確に情報伝達し、術後管理部署のルーチン業務を個々の患者に最適な形に調整（個別化）することは、患者管理の連続性を生み、リスクの軽減につながる可能性がある<sup>135)~138)</sup>。特に、4つのMUST項目のうち手術室退室時に達成できていない項目に関しては、その未達成項目およびその対応方法について、担当麻酔科医から術後管理スタッフに確実に情報提供すべきである。

表4 麻酔科医からの手術直後管理提案チェックリスト

- |  |
|--|
| <input type="checkbox"/> 4つの回復状況確認：懸念項目へ対応計画、継続フォロー              |
| <input type="checkbox"/> 監視モニター：モニタリング項目、終了基準                    |
| <input type="checkbox"/> 術後鎮痛：投与薬剤（持続、定期、必要時）、副作用対策              |
| <input type="checkbox"/> 全身評価：意識、呼吸、SpO <sub>2</sub> 、循環、体温、運動能  |
| <input type="checkbox"/> EWSの活用：スコア、チェック頻度、担当医師コール基準、MET/RRT起動基準 |
| <input type="checkbox"/> 術後酸素療法：投与方法、終了基準                        |
| <input type="checkbox"/> 術後体位：座位（30度）または仰臥位                      |
| <input type="checkbox"/> 手術に関する情報共有：ドレーン管理、外科医コール基準              |

EWS = 早期警告スコア（Early Warning Score）、MET = medical emergency team、RRT = rapid response team

### 3-2-2 術後患者の全身状態評価：スコアリングとモニタリング

多くの術後患者の全身状態は、術後24-48時間以内に大きく改善するが、この時期に病状の増悪（clinical deterioration）を来して、再挿管やICU管理が必要になる場合もある。

全身状態の推移を遅延なくモニタリングすることで、術後合併症を早期の段階で発見・対応することが可能となる。術後一定時間は、パルスオキシメータを含む生体情報モニタを装着することも広く実施されているが、不必要に装着を継続することで早期離床やリハビリによる術後回復促進を妨げることにもなる。本臨床ガイドラインでは、術後患者の全身状態評価に早期警告スコア Early Warning Score (EWS) の活用を推奨する。EWSにより、内科系・外科系の一般病棟において、病状増悪を早期に検出できるため、院内心停止発生頻度の減少が多く、先行研究で示されている<sup>26)139)140)</sup>。EWSを活用し、病状の増悪を適時にとらえ、medical emergency team(MET)/rapid response team (RRT)などの院内救急対応チームを要請できる体制の構築が求められている<sup>141)142)</sup>。術後患者においても、EWSで術後の重篤有害事象が予測できたこと<sup>27)143)</sup>だけでなく、積極的に活用することで術後合併症や予期せぬICU入室患者が減少したことも報告されている<sup>144)145)</sup>。麻酔後ケアユニット (post-anesthesia care unit : PACU) で、EWS評価のみの患者群よりもEWS評価に基づく看護のガイドアプリケーションを利用した患者群で術後の有害事象が少なかったことが報告されている<sup>145)</sup>。EWS評価は、生体情報モニタ装着を必要とせず、退院まで継続可能である。術後に評価されるバイタルサイン項目 (意識、呼吸、循環、体温) で算出可能なものが多く、総合スコアを用いて全身状態の経時的推移を評価できる。さらに、事前の指示に基づいて一定の固定間隔で実施するバイタルサイン測定よりも、患者の全身状態に基づいたタイムリーかつ効率的な人的資源配分が可能となる。EWSのひとつである National Early Warning Score 2 (表5 : NEWS 2) では、総合スコアに応じて以降のバイタルサイン測定頻度や対応が変化するので、急速に全身状態が変化する術後患者においても高い有用性が期待できる (表6)<sup>140)146)</sup>。

EWSに含まれるバイタルサインの中で、呼吸数は全身状態悪化をもっとも鋭敏に反映するパラメーターのひとつである<sup>147)</sup> が、多くの施設でルーチンには測定されていない<sup>148)~151)</sup>。目視による呼吸数測定、インピーダンス呼吸数測定、カプノメータによる呼吸数測定などが行われているが、それぞれのメリットとデメリットを認識しながら測定する。目視による呼吸数測定では、不正確に記録されることがあると指摘されている<sup>152)</sup>。一方で、心電図と同時に測定可能なインピーダンスあるいはカプノメータによる呼吸数の解釈にも注意が必要である。前者は気道閉塞の有無に依存しない呼吸努力回数であり、後者は実際に換気ができている呼吸数であるという違いや、計測の仕方や患者の状態によってはアーチファクトが混入して測定された呼吸数が正確でないことがある。術後の致命的な呼吸関連有害事象を早期発見するためのモニタとしてカプノメータの臨床的有用性が期待されている。肥満手術後にカプノメータを含むモニタリング強化群では心肺合併症が少なかったという報告<sup>153)</sup> や、高リスク患者では手術後にもカプノメータの継続使用を考慮すべきとしている団体もある<sup>154)</sup>。

術後患者の回復評価目的で使用されている修正 Aldrete Score の改訂版 (表7) には、

表 5 早期警告スコアのひとつであるNational Early Warning Score 2 (NEWS 2) 項目

	スコア						
	3	2	1	0	1	2	3
呼吸数 (/分)	≤8		9-11	12-20		21-24	≥25
SpO <sub>2</sub> (%) その1	≤91	92-93	94-95	≥96			
SpO <sub>2</sub> (%) その2 <sup>*</sup>	≤83	84-85	86-87	88-92 ≥93 (室内気)	93-94 (酸素 投与下)	95-96 (酸素 投与下)	≥97 (酸素投 与下)
酸素投与		あり		なし			
収縮期血圧 (mmHg)	≤90	91-100	101-110	111-219			≥220
心拍数 (/分)	≤40		41-50	51-90	91-110	111-130	≥131
意識				清明			清明 以外
体温 (°C)	≤35.0		35.1-36.0	36.1-38.0	38.1-39.0	≥39.1	

※：COPDなどの高二酸化炭素性呼吸不全で臨床的に推奨されるSpO<sub>2</sub>が88-92%である患者専用の項目

[出典：Royal College of Physicians. National Early Warning Score (NEWS) 2: Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS. Updated report of a working party. London: RCP, 2017.]

この翻訳の文言はRoyal College of Physiciansによって正式に承認されたものではありません。臨床的にこの情報を使用する前に、必ず英語版をご参照ください。

表 6 NEWSスコアに基づいたモニタリング頻度と対応

早期警告スコア	モニタリングの頻度	必要な対応
0点	最低 12 時間ごと	早期警告スコアのモニタリングを継続
合計 1-4 点	最低 4-6 時間ごと	アセスメントできる看護師に報告 看護師はモニタリングの頻度を増やすか、ケアのレベルを上げる必要があるかを判断
3 点 (レッドスコア) が 1 つでもある	最低 1 時間ごと	看護師は集中治療の介入が適切かを判断できる医師に報告
合計 5 点以上 緊急対応の判断が必要	最低 1 時間ごと	看護師はただちに医師に状態を報告 集中治療の介入が適切かを判断できる医師やチームに診察を依頼 急変対応やモニタリング可能な環境
合計 7 点以上 急変対応の判断が必要	バイタルサインの 持続モニタリング	看護師は治療判断が決定できる医師に報告 緊急で気道管理など急変対応ができるスタッフが含まれる 医師チームによるアセスメント HCUやICUへの移動を考慮 モニタリングと集中治療

[出典：Royal College of Physicians. National Early Warning Score (NEWS) 2: Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS. Updated report of a working party. London: RCP, 2017.]

この翻訳の文言はRoyal College of Physiciansによって正式に承認されたものではありません。臨床的にこの情報を使用する前に、必ず英語版をご参照ください。

表7 修正Aldrete Scoreの改訂版

項目	点数
<b>活動度</b>	
全四肢を自発的にもしくは指示により動かせる	2
四肢のうち2つを自発的にもしくは指示により動かせる	1
四肢を自発的にもしくは指示により動かせない	0
<b>呼吸</b>	
深呼吸と自由な咳嗽ができる	2
呼吸が困難もしくは制限されている	1
無呼吸である	0
<b>循環</b>	
血圧が麻酔前基準値±20%	2
血圧が麻酔前基準値±20-49%	1
血圧が麻酔前基準値±50%	0
<b>意識</b>	
完全覚醒している	2
呼びかけで覚醒できる	1
反応しない	0
<b>酸素飽和度</b>	
室内気で酸素飽和度>92%を維持できる	2
酸素飽和度>90%を維持するのに酸素吸入を要する	1
酸素吸入しても酸素飽和度<90%である	0
<b>術後痛の評価</b>	
なし、もしくは軽度の不快感	2
静注鎮痛薬で制御される中等度から高度の痛み	1
持続する高度の痛み	0
<b>術後の嘔吐症状</b>	
なし、もしくは活動性の嘔吐を伴わない軽度の悪心	2
一時的な悪心・嘔吐	1
持続する中等度から高度の悪心・嘔吐	0

[Aldrete JA. The post-anesthesia recovery score revisited. J Clin Anesth 1995; 7: 89-91およびWhite PF, Song D. New criteria for fast-tracking after outpatient anesthesia: A comparison with the modified Aldrete's scoring system. Anesth Analg 1999; 88: 1069-72を参照して作成]

EWSと共通する評価項目のほかに、呼吸様式、四肢運動能、術後痛、術後悪心・嘔吐の項目が含まれており、術後に特徴的な状態を評価できる点で有用である<sup>155)156)</sup>。

### 3-2-3 手術室退室後の患者管理体制

手術室退室後の術後患者は、重症系病床か一般病床に入ることになる。重症系病床には、集中治療室(intensive care unit:ICU)やハイケアユニット(high care unit:HCU)などがあり、人的にも物的にも資源をより多く投入した高度な全身管理が行われる。一般病棟で管理される場合、日本の現状では術後患者が手術室から一般病棟に直接帰室する場合

が多いが、手術室退室後の数時間、同じ手術部フロア内の麻酔後ケアユニット（post-anesthesia care unit：PACU）で麻酔科医が管理を継続する方法が今後構築されるべきである。前述したように（**図 5**）、術後数時間は、麻酔管理や手術侵襲の影響で術後呼吸器合併症が発生しやすいもっともリスクの高い時期である。低リスク患者では、この時期に酸素療法中止も行われるが、中止後には約 40% の患者で低酸素血症が発生したと報告され、呼吸機能が十分回復していないこの時期を PACU で管理する病態生理学的メリットは明らかである<sup>157)</sup>。しかし、PACU では、医師の監視のもと一般病棟よりも高い看護密度で管理されるため、コストやマンパワーの課題もある<sup>158)</sup>。にもかかわらず、国外の主要な複数の学会で PACU は標準的で必要不可欠なシステムとして定義されていることを踏まえて<sup>159)~162)</sup>、抜管後のより安全で質の高い管理のために、わが国でも一般病棟に帰室する患者は PACU を経由する術後管理体制を整備することが望ましいと考える。特に、米国麻酔科学会 Physical Status（ASA-PS）分類 3 以上の患者や緊急手術患者のほか、75 歳以上の高齢者、術前から腎機能障害、陳旧性心筋梗塞、肥満、オピオイド使用、中枢神経疾患を認めていた患者、術中に出血量過多、低血圧と昇圧薬の持続投与、徐脈を来した患者などでは術後の病状増悪のリスクが高いことが報告<sup>163)~165)</sup>されているため、PACU を経由する体制が優先的に適用されることが望ましい。現状では困難も多いが、本臨床ガイドラインでは、少なくとも術後数時間の回復過程管理が可能な PACU あるいは類似体制の設置を提案する。患者管理の場が移る際の適切な引き継ぎは有害事象や患者アウトカムと関連することが報告されており<sup>137)138)</sup>、本臨床ガイドラインでは、患者評価と治療介入が手術室内から連続性をもって実施されるための術後管理体制を構築することを推奨する。そのためにも、**表 4** で示したポイントに関する麻酔科医の視点が言語化された申し送りは重要である。術後管理に関わる医療者すべてが共通認識を持って患者管理を実践すべきである。

術後患者の回復過程は、患者ごとに大きく異なる。**図 6** には、想定される EWS の周術期変化を模式的に示した。手術室で抜管できた患者であっても、手術室退室時には NEWS 2 で 0-11 点程度と患者による違いが大きく、一般病棟では高度リスクに分類される 7 点以上の患者もまれではない。EWS は術直後患者に不向きと考えるよりは、それだけリスクがある全身状態と考え、さらにその状態から改善していく過程をスコアで確認できるメリットを活用すべきであろう。例えば図の想定患者（A）は、PACU を経由して一般病棟に帰室したとするが、手術室退室時（PACU 入室時）の EWS は高値であったものの、着実にスコアが減少し、期待どおりに回復したことが理解できる。この例では、図中の青矢印の時点で管理体制をデエスカレーションした。管理のデエスカレーションとは、良好な経過に合わせて、患者管理を緩めていくことである。すなわち、管理場所を PACU や ICU/HCU から一般病棟に移すことや、同じ一般病棟での管理であっても、持続モニタリングを中止すること、バイタルサイン測定や観察を含めた EWS 評価の頻度を減らすことである。ICU に予定入室した想定患者（B）は、EWS が高スコアの間は、ICU での濃厚な

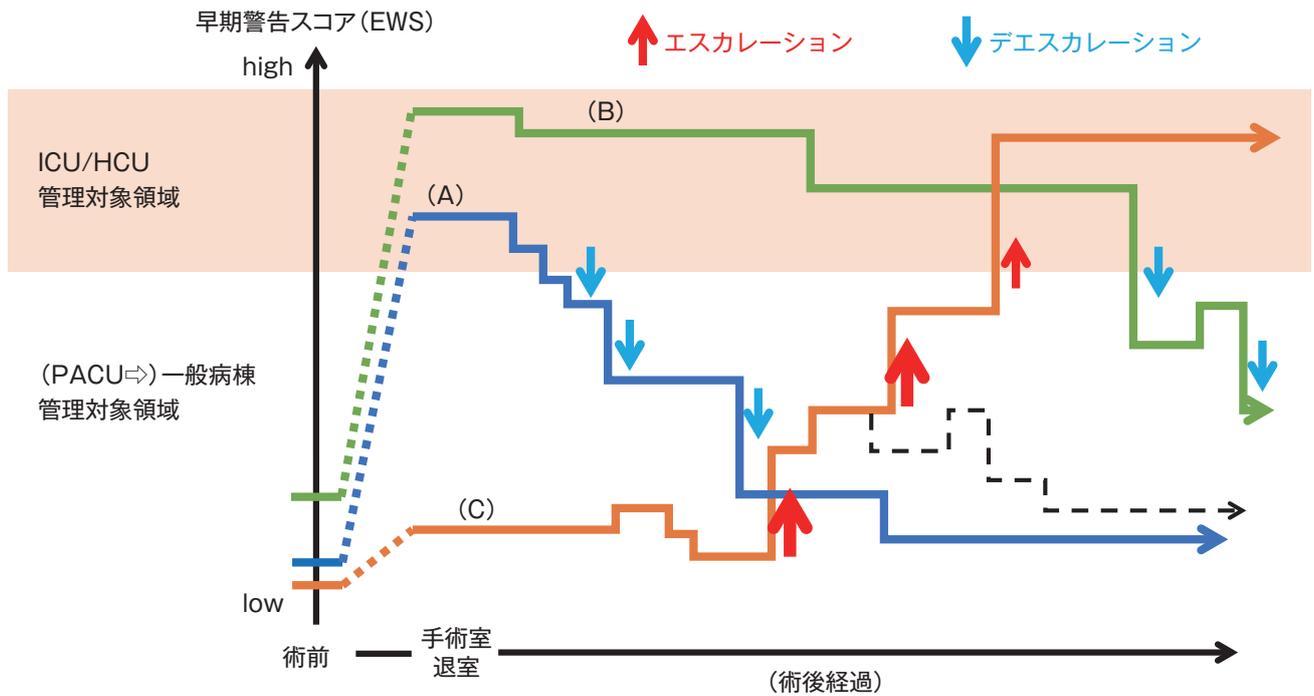


図6 早期警告スコア（EWS）の周術期変化

想定される典型的な3パターン（A）（B）（C）を模式的に示す。EWSの改善または悪化により、患者管理のデエスカレーション（青矢印）とエスカレーション（赤矢印）が実施されている。どの症例も術前EWS値まで改善していない。

管理を受け、EWSが低下してきた時点で一般病棟での管理に移行した。一方、想定患者（C）では、当初EWSは低スコアで一般病棟で管理されていたが、EWSが徐々に増加した。そのまま一般病棟で管理されていたが、EWSが増加し続けて高スコアとなり、ICU管理が開始された。この患者では、EWSが低かったとしても増加していく経過のいずれかの時点で、一般病棟で管理のエスカレーションがなされていれば、点線のように全身状態が改善した可能性もある。管理のエスカレーションとは、病状増悪に合わせて患者管理を強化することであり、PACUや一般病棟から予定外ICU/HCU入室とすることや、同じ場所でも、看護師配置を増員したり、モニタリングを強化したり、バイタルサイン測定や観察を含めたEWS評価の頻度を増やすことである。管理体制を修正するにあたって、EWSは絶対値だけでなく変化量も重要な判断根拠となる。

### 3-3 術後患者の呼吸管理・早期回復バンドル

#### 3-3-1 残存麻酔薬、術後鎮痛薬、残存筋弛緩薬による呼吸器合併症の対策

手術室からの退室後数時間は、残存麻酔薬や術後鎮痛薬、さらには残存筋弛緩効果が、全身状態や呼吸に大きく影響する。この時期には、十分な回復が確認できていない MUST 項目への対応が必要であるが、4つの MUST 達成項目が、運動機能の回復、良好な自発呼吸パターン、許容できる意識レベル、睡眠時での上気道維持として、引き続き良好に達成できているかを確認し続けることも重要である。特に、高齢者、腎機能低下患者、肥満患者などは、手術室内でスガマデクスが投与されても、術後に再筋弛緩状態となり、重篤な

低酸素血症や再挿管となることがある<sup>14)17)</sup>。疑わしい場合は、再筋弛緩を疑い、筋弛緩モニタで評価のうえスガマデクスを追加投与すべきである。術後長時間残存する鎮静薬は、術後早期の運動再開や離床を遅延させ、意識レベル低下のため誤嚥のリスクになる。手術室退室後の数時間は、呼吸パターンの観察が重要である。胸鎖乳突筋などの呼吸補助筋の使用や浅く速い呼吸パターンは、呼吸不全の徴候としてとらえ<sup>166)</sup>、酸素吸入の効果で低酸素血症が発生していないとしても、非侵襲的または侵襲的な呼吸補助を考慮すべきである。早期離床や運動再開のためには、鎮痛が重要である。オピオイドは高い鎮痛作用を有するが、過量投与では同時に呼吸抑制も強く、徐呼吸や無呼吸、上気道閉塞による高度低酸素血症のリスクとなる<sup>131)</sup>。オピオイドによる呼吸抑制の場合、刺激を与えれば呼吸が再び成立することが多いが、一般病棟には特定の患者にかかりきりで刺激を持続する人手はないため、刺激のない状態が継続しても呼吸が成立し続けるかどうかを手術部フロアから一般病棟に移動するにあたって評価しておくことが重要である。区域麻酔の併用を含むマルチモーダル鎮痛で、オピオイドの減量が可能であるが、区域麻酔効果の発現や消退の時間帯は呼吸抑制にも特別な注意を払う必要がある<sup>167)</sup>。オピオイド投与患者に、鎮静薬を併用すると単独よりも心停止の発生率が高いことが示されている<sup>168)</sup>。鎮静薬追加の必要性を十分評価し、呼吸の持続的モニタリング下で使用すべきである。

### 3-3-2 酸素吸入療法

全身麻酔中に低下した機能的残気量は、体表面の手術であっても正常に回復するには24時間必要であり、肥満患者や胸腹部手術などでは24時間経過しても正常までは回復しない<sup>169)</sup>。しかし低酸素血症への対応ではなく予防するためだけに酸素吸入を漫然と継続することは、早期離床を妨げることになる。さらに過剰に投与された酸素による過酸化物は細胞毒性があり、oxidative stressを誘発することとなる<sup>170)</sup>。術後の酸素吸入療法は、酸素濃度や投与経路や終了時期に関して、施設や管理部署ごとのルーチンを基本としながらも、個々の患者での回復状況を考慮して決定することが望ましい。術中・術後に60%以上の高濃度酸素投与と40%以下の酸素投与で管理した患者群でのメタ解析では、術後合併症全般に統計学的有意差は認めなかったが、高濃度酸素投与患者で術後死亡率増加の可能性が指摘されている<sup>171)</sup>。術後の酸素投与の適切な濃度や期間については、そのものを評価した研究が少なく、現状では確定的な結論が出ていない。術後低酸素血症のリスク患者に対しては、通常酸素投与よりも、機能的残気量を増加させる加湿高流量経鼻カヌラ療法（high-flow humidified nasal cannula：HFNC）や持続気道陽圧呼吸（continuous positive airway pressure：CPAP）の有用性が報告されている<sup>110)~116)172)~174)</sup>。これらは、低酸素血症の原因が、閉塞性無呼吸であっても有効である<sup>116)</sup>。

### 3-3-3 呼吸機能と運動機能早期回復のための治療や介入

手術侵襲や麻酔薬の影響で低下した呼吸機能や運動機能を早期に回復させることは、術後肺合併症の発生率低下に寄与する。そのために、有効と考えられるさまざまな治療や介

入を早期回復バンドルとして、手術室から移動して間もなく開始することを推奨する。施設のルーチンとして基本を設定したうえで、患者ごとに適切なタイミングや組み合わせで実施することが望ましい。それぞれの治療や介入は、術後アウトカム改善のエビデンスは明確ではないが、バンドルとして実施することで、より良好な術後アウトカムが期待できる<sup>175)176)</sup>。術後患者は、仰臥位よりも30度以上の頭高位（半座位）のほうが、血圧低下に対する注意は必要ではあるものの、機能的残気量改善、無気肺改善、上気道維持、誤嚥予防の観点から有利である<sup>116)177)</sup>。頭高位であると、ベッド上での早期運動再開も可能であり、早期離床とそれに伴う呼吸機能や運動機能の回復につなげることが期待できる<sup>178)</sup>。頭部前屈が生じないように枕を使用することは、上気道維持や睡眠の確保に重要である<sup>85)179)</sup>。術後患者での深呼吸や咳などの肺理学療法は、肺容量増加や酸素化能の改善が認められるが、呼吸器合併症の発生率に注目した臨床研究の結果はさまざまである<sup>180)181)</sup>。同様に、インセンティブスパイロメトリーには、肺容量を増加させる効果は認められるが、肺合併症発生率を減少させる臨床的有用性は確認できていない<sup>182)183)</sup>。術中の不動によって下側肺に無気肺が生じており、術後にも仰臥位で安静を続けることで、これをさらに増悪させてしまうことには注意が必要である。

## 4 未抜管退室となった症例の抜管

手術室で未抜管あるいは再挿管となった症例の手術翌日以降の抜管・再挿管予防には以下のような点に特に留意する。未抜管、再挿管となる理由が呼吸不全、循環不全の場合はこれらの病態の改善を待つ必要があり、短期間での抜管が困難な場合が多い。気管挿管が長期になる場合には、喉頭浮腫や喉頭機能不全の要素が抜管を検討する際に重要となってくる。一方、手術的要因で予防的に短期間の気道確保が実施された症例、麻酔薬あるいは筋弛緩薬の残存などが原因となって自発呼吸、従命、上気道維持が不十分となった症例では、翌日には抜管可能となる場合が多い。いずれの場合でも、挿管期間が24時間以上経過した場合は、抜管後の気道系の浮腫、特に喉頭浮腫による気道狭窄、さらには嚥下機能障害などの喉頭機能不全という新たな問題点が生じうる<sup>184)</sup>。これらは、いわゆる陽圧人工呼吸離脱困難とは異なり、気管チューブ留置に起因する上気道・下気道の機能的解剖学的異常である<sup>117)185)186)</sup>。

### 4-1 手術室未抜管退室患者の気道管理アルゴリズム

手術室外での再挿管は手術室における初回挿管と比較して技術的に困難であり<sup>187)</sup>、危機的な低酸素血症、低血圧も高頻度に発生すると報告されている<sup>188)</sup>。したがって抜管場所の人的・物的リスクを考慮した再挿管対策を講じる必要がある。手術室外で再挿管リスクが高い患者を抜管する場合は、麻酔科医または集中治療医の監視下に実施することを推奨する。特に、抜管後のマスク換気と再挿管いずれも困難が懸念される患者では、手術室に移動して抜管することも選択肢である。手術翌日以降に抜管を実施する患者での抜管後上気道の機能的・解剖学的狭窄に対する管理アルゴリズムを図7に示した<sup>117)</sup>。

### 4-2 抜管後気道浮腫の抜管前評価と予防法

抜管後気道浮腫は、抜管後1時間以内の発症が一般的であり、24時間経過後の発症はまれである<sup>3)189)~191)</sup>。24時間以上挿管された症例の75%で、喉頭内視鏡で喉頭浮腫が確認されたと報告されている<sup>184)</sup>。内腔が50%減少すると吸気性喘鳴（ストライダー）が出現するとされている。24時間以上挿管された症例でのストライダーの出現頻度は1-30%であり、高度のストライダーは再挿管のリスク因子である。抜管後気道浮腫を予測する方法として、喉頭内視鏡、喉頭鏡、ビデオ喉頭鏡が用いられる。気管チューブ存在下での観察には限界があり、評価も主観的とならざるをえない点が欠点となる<sup>192)</sup>。頸部超音波を用いた気道径を評価する場合は、カフ脱気時の声帯レベルでの気管径を音響陰影の幅およびカフ脱気前後での音響陰影の幅の差を用いる。ストライダーが発生した患者では、これらの測定値が有意に小さいとする報告もあるが、無関係とする報告もある<sup>117)</sup>。カフリークテストは、気管チューブ周囲の上気道浮腫（特に喉頭）を評価する方法で、具体的な実施方法は表8に示した<sup>3)193)194)</sup>。上気道浮腫のため気道軟部組織と気管チューブの間隙が少ない場合には、気管チューブのカフを脱気しても陽圧人工呼吸中であっても気管チューブ周囲か

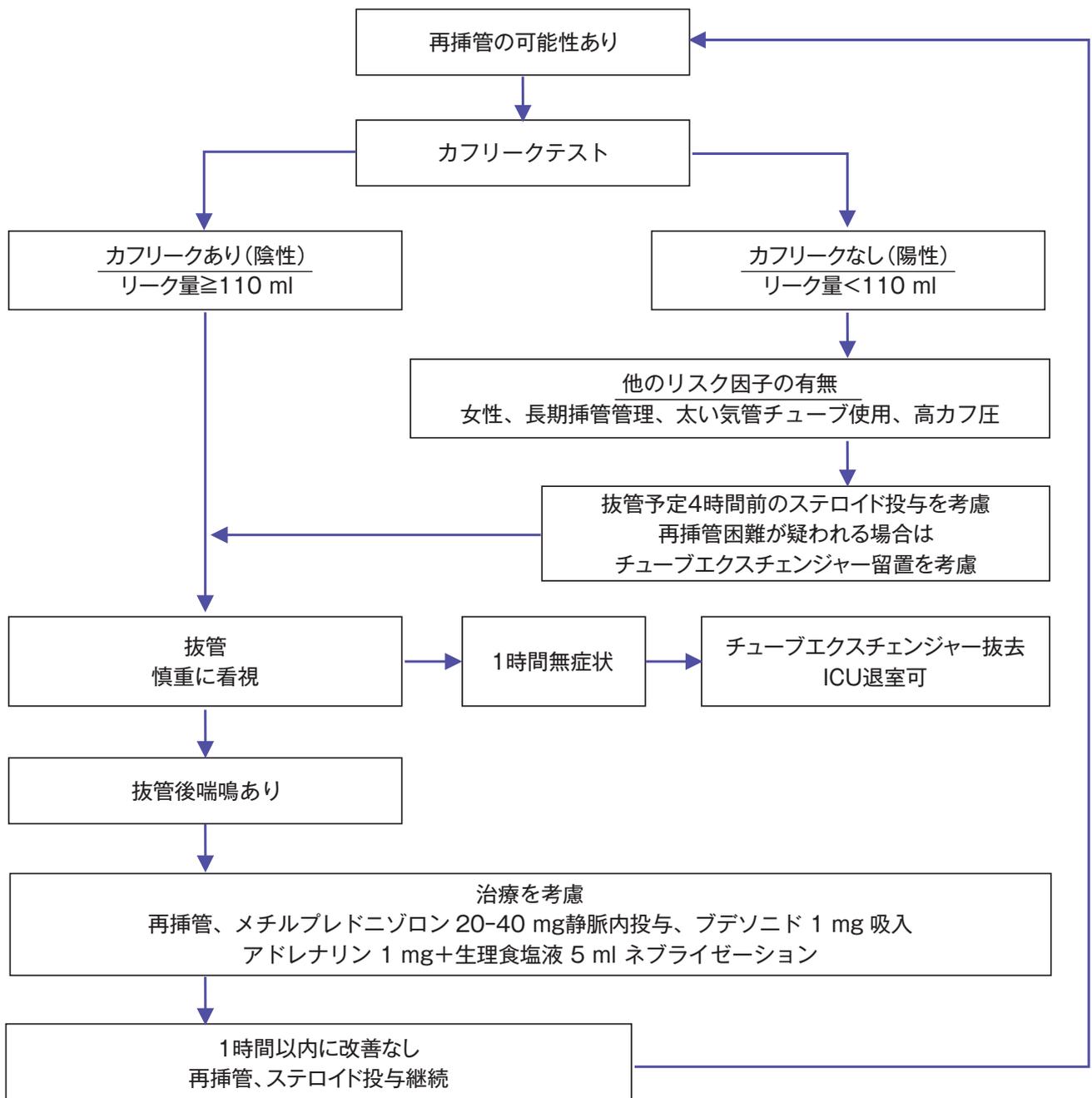


図7 未抜管のまま手術室を退室し、術後人工呼吸管理となった患者での抜管前後の気道管理アルゴリズム

[Pluijms WA, van Mook WN, Wittekamp BH, Bergmans DC. Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients: updated review. Crit Care 2015; 19: 295より一部改変転載]

らのガスリーク量は少なくなる。リーク量（1回換気量減少量）< 110 mlあるいは相対リーク量 10-25%未滿が、リークがない（カフリークテスト陽性）の客観的基準として用いられている。特異度が高く、低リスク症例の除外には有効であるが、感度、陽性的中率が低く、高リスク症例を選別する際の有用性は低い<sup>117)195)</sup>。抜管前のカフリークテスト実施は、米国胸部学会のガイドラインでは抜管後気道狭窄のリスクが高い症例で弱く推奨<sup>196)</sup>、フラン

表 8 カフリークテスト実施方法

適応：咽頭、喉頭の浮腫のため、気管チューブ抜去後の咽頭、喉頭閉塞のリスクがある場合
適応例：頭頸部周囲手術後（頸椎、咽頭、喉頭、口腔内、顎顔面、甲状腺、頸部郭清、頸部膿瘍など）、頭低位手術、腹臥位手術、大量補液投与など
原理：カフが脱気された気管チューブ外壁と気道内面との隙間の大きさを反映する。成人の場合は、声門部の気道抵抗を反映する。咽頭気道の浮腫が高度になると、咽頭部分の気道抵抗も反映する。用いる気管チューブサイズに影響されるので、手術前後など経時的変化も有用。
定性的聴診：陽圧人工呼吸中にカフを脱気したときのリーク音の有無を直接聴取、あるいは聴診器の頸部聴診で判断する。
カフリークボリューム（CLV）：従圧式陽圧人工呼吸で1回換気量約10ml/kgが安定している状態で、カフを脱気する。そのときの1回換気量減少が、110mlまたは25%を閾値として、それ以上または未満のリーク量を認めるときにはそれぞれ陰性、陽性と判断する。

ス麻醉蘇生学会のガイドラインでは、より弱い推奨レベルと記載されている<sup>194)</sup>。本臨床ガイドラインでは、気道浮腫のため手術室での抜管をしなかった患者、術後の気管挿管管理が長期間となった患者において、抜管後気道浮腫の抜管前評価としてカフリークテストを施行することを推奨する。

抜管後気道浮腫の予防方法を検討したメタ解析では、ステロイドの予防投与によって抜管後の気道症状および再挿管のリスクが有意に低下し、合併症のリスクは増加しないことが示されている<sup>195)</sup>。米国胸部学会のガイドラインでは、カフ周囲からのリークが少ない症例に対しては抜管4時間前にステロイドの全身投与が弱く推奨されているが、具体的な薬物、投与量は記載されていない<sup>196)</sup>。フランス麻醉蘇生学会のガイドラインではより弱い推奨であり、抜管の6時間前にプレドニゾロン1mg/kg/day投与と記載されている<sup>194)</sup>。抜管後に気道浮腫を治療する方法として、従来ステロイド全身投与とアドレナリンのネブライザ治療が用いられてきたが、最近では吸入用ステロイドであるブデソニドのネブライザ投与も行われている<sup>3)117)</sup>。英国困難気道学会のガイドライン<sup>7)</sup>では推奨されているが、米国胸部学会やフランス麻醉蘇生学会のガイドラインには記載されていない。抜管後気道浮腫高リスク症例では、抜管4時間前にステロイドの全身投与を行うことを提案する。

### 4-3 抜管時のチューブエクスチェンジャーの活用

チューブエクスチェンジャーは、本来は気管チューブの入れ替えを目的とした器具であるが、これを気管内に留置した状態で抜管し、再挿管が必要となった際のガイドとして用いることも可能である<sup>3)119)197)</sup>。英国困難気道学会のガイドラインでは再挿管リスクのある患者の手術室での抜管方法のオプション手段<sup>7)</sup>、米国麻醉科学会のガイドラインでは臨床的なメリットと実行可能性の考慮を推奨<sup>198)</sup>、フランス麻醉蘇生学会のガイドラインではinteresting<sup>194)</sup>など、さまざまな記載がなされている。本臨床ガイドラインでは、未抜管のまま手術室退室となった患者の手術翌日以降の抜管に際してのチューブエクスチェンジャー使用は、手術室同様、このテクニックを熟知した医師を中心としたチームで実施す

ることを推奨する。チューブエクステンジャーでの再挿管に失敗した場合、ただちに他の気管挿管方法を実施できる場所と時間帯で実施する。チューブエクステンジャーは成人と小児に対応したサイズがあり、先端が柔軟な構造となっている。中空構造であり内腔から酸素投与が可能であるが、チューブエクステンジャーを介した酸素投与、ジェット換気は圧外傷のリスクがあり、害と益のバランスを考慮して用いられるべきである。チューブエクステンジャーの適切な挿入長は気管チューブと同程度であり、気管分岐部と適切な距離を維持する必要がある。忍容性を向上させるため、さまざまな工夫が提案されているが局所麻酔薬を投与することで患者の忍容性が向上する。再挿管の可能性が低いと判断された時点でチューブエクステンジャーを抜去するが、リスク評価および留置期間に関して一定の見解は得られていない。チューブエクステンジャーを介して再挿管を行う際にはビデオ喉頭鏡を使用し、声門周囲の観察および確実な気管チューブ声門通過・留置を確認する。

## 5 産科麻酔における覚醒・抜管

妊産婦における覚醒・抜管は非妊娠成人における手順に準じて行うが、非妊娠時と比べて、胃内容物逆流、低酸素血症、上気道閉塞のリスクが高い。帝王切開や硫酸マグネシウム投与中の産婦では筋収縮回復遅延や再筋弛緩のリスクもある。そのため4つの MUST、すなわち筋収縮回復、自発呼吸回復、従命可能、抜管後上気道維持のすべてを達成することがより重要な意味を持つ。

### 5-1 筋収縮回復遅延と再筋弛緩のリスク管理

妊婦は胃内容物逆流のハイリスク群であるため、十分な筋収縮回復後の抜管が望ましい。そのために筋弛緩モニタを用いながら筋収縮回復を行うことを推奨する。帝王切開術の全身麻酔において迅速導入が選択されることが通常である。そのため高用量の非脱分極性筋弛緩薬を投与することが多いが、手術時間は比較的短いため、手術終了時に筋弛緩薬の効果部位濃度が高いことが予想される。また、妊娠高血圧症候群や切迫早産を合併する産婦においては、帝王切開術前や術中に硫酸マグネシウムの投与を受けている場合がある。マグネシウムは筋弛緩薬作用を遷延させるため<sup>199)</sup>、マグネシウム投与歴の確認、および抜管前の筋弛緩モニタによる筋収縮回復を行う。スガマデクスによる筋収縮回復後にマグネシウムが投与されると、再筋弛緩が起こる<sup>200)</sup>。全身麻酔後にマグネシウム投与を開始する際には、再筋弛緩に留意する。

妊娠継続にはプロゲステロンを必要とするが、スガマデクスはプロゲステロンを包接する危険性がある。妊婦中のプロゲステロン維持および胎児への安全性に関する確固たるエビデンスがないため、米国産科麻酔学会は2019年に妊娠初期のスガマデクス投与を避けることを勧告した<sup>201)</sup>。しかし流産リスクに関するエビデンスは乏しい<sup>202)~204)</sup>。動物実験では催奇形性の報告はない。なお、スガマデクスは分子量が大きく極性が高いため、母乳への移行はわずかと考えられる<sup>205)</sup>。スガマデクスの代替薬としてネオスチグミンが使用できるが、スガマデクスと比べて筋収縮回復までの時間を要するため、筋弛緩モニタで TOFR > 90% の回復を確認する。スガマデクスの普及に伴い、ネオスチグミン使用の経験が少ない麻酔科医も多いため、投与量やアトロピンの併用について事前に確認する。

### 5-2 胃内容逆流のリスク管理

妊娠初期より下部食道括約筋の機能が低下し<sup>206)207)</sup>、妊娠週数が進むに従い胃食道逆流が起こりやすい<sup>208)</sup>。胃液 pH については妊娠第3三半期に低下するという報告<sup>209)</sup>と変化しないという報告<sup>210)</sup>があり、意見の一致を見ない。飲水後の胃内滞留時間は妊娠によって延長はしない<sup>211)</sup>が、陣痛発来後には延長する<sup>212)</sup>。軽食についても、陣痛発来後の胃内容物滞留時間は延長する<sup>213)</sup>。したがって妊婦は、いずれの妊娠時期においても胃内容物逆流のリスクが高く、特に陣痛発来後のリスクが高い。そのため全身麻酔導入後には胃管を

挿入し抜管前までには胃内容を除去する。胃内容逆流防止に対して、頭高位での抜管は有利である。抜管前に十分な筋収縮と意識レベルの回復を得ておくことで誤嚥を防止しやすい。

### 5-3 自発呼吸の回復と評価

分時換気量は妊娠の進行とともに増加し、妊娠末期には非妊娠時の1.5倍となる。主に1回換気量の増加による<sup>214)215)</sup>。分時換気量の増加は二酸化炭素産生量を上回るため、妊娠初期よりPaCO<sub>2</sub>は減少し妊娠末期には30 mmHg程度となる<sup>214)~217)</sup>。pHは非妊娠時と変化はなく代償性代謝性アシドーシスとなる<sup>216)217)</sup>。PaCO<sub>2</sub>は分娩後数週間で非妊娠時の値に戻ることが知られる<sup>214)</sup>が、帝王切開術終了時にはまだ妊娠中と同程度と推測する。妊娠中は呼吸ドライブが亢進しており<sup>218)</sup>、さらにフェンタニルによる呼吸抑制も少ない<sup>219)</sup>。したがって、自発呼吸の回復において妊婦は非妊娠成人より有利と考えられる。

### 5-4 低酸素血症のリスク管理

妊娠中は酸素消費量が増加し<sup>214)</sup>、機能的残気量が減少するため<sup>215)220)</sup>、短時間の低換気や無呼吸で低酸素血症に陥りやすい。分娩後まもなくも酸素消費量は増加したままの状態である<sup>214)</sup>。分娩直後の子宮底は臍高であり非妊娠時と比較すると大きく、非妊娠時と比較して機能的残気量も少ないと推測される。抜管後の低酸素血症を避けるため、抜管前に筋収縮と意識レベルの十分な回復を図る。自発呼吸は調節呼吸よりも換気血流比を改善させ、酸素化には有利であり、抜管前の自発呼吸の回復が望ましい。頭高位は、機能的残気量回復に有利である。

### 5-5 上気道閉塞のリスク管理

妊娠中には口咽頭腔の容積が減少し<sup>221)~223)</sup>、分娩中にさらに減少する<sup>224)</sup>。鼻閉や鼻漏も増える<sup>225)</sup>。これらは上気道の浮腫性、充血性の変化により生じていると考えられる。妊娠中には閉塞性睡眠時無呼吸にもなりやすいことが知られる<sup>226)227)</sup>。したがって妊娠中、特に分娩中の産婦における緊急帝王切開術では非妊娠時と比べて抜管後の上気道閉塞のリスクが高い。

さらに妊娠高血圧腎症（preeclampsia）の患者は、正常妊婦よりも血管透過性が亢進し<sup>228)</sup>血漿膠質浸透圧が低下しており<sup>229)</sup>、浮腫が進行しやすい<sup>230)</sup>。妊娠高血圧腎症では正常妊婦よりも口咽頭容積が小さく<sup>223)231)</sup>、閉塞性睡眠時無呼吸にもなりやすい<sup>232)</sup>。胃管挿入によって鼻粘膜の浮腫増悪や鼻出血のリスクがある。経口の胃管挿入を第一選択とし、抜管後の鼻気道開通性を維持することに努める。妊婦、特に妊娠高血圧腎症では、上気道を確保しやすくするために従命可能な意識レベルに回復したのちに抜管する。頭高位は、上気道閉塞予防に有利である。

## 6 小児麻酔における覚醒・抜管

### 6-1 小児麻酔における覚醒・抜管のリスクとノンテクニカルスキル

ヨーロッパで実施された小児麻酔に関する前向き多施設大規模研究（APRICOT：261施設、31,127件）によれば、重篤な危機的イベントの発生率は5.2%、30日以内の院内死亡率は10,000に対して1であり、成人よりも麻酔管理のリスクは高い。危機的イベントの独立危険因子としては、患者背景因子に大きく依存し、麻酔管理チーム内の上級医師の小児麻酔経験年数が合併症発生低減に寄与すると報告されている<sup>233</sup>。麻酔管理方法、小児専門施設かどうか、麻酔科医が小児麻酔を専従とするかどうかは無関係であった。重篤な危機的イベントのうち呼吸器系、循環器系イベントの発生率はそれぞれ3.1%、1.9%であり、前者は全身麻酔導入時と抜管時、後者は手術中を中心に発生している<sup>234</sup>。呼吸器系合併症は、抜管時に導入時より約1.9倍高く発生し、喉頭痙攣0.53%、気管支痙攣0.54%、喉頭喘鳴0.50%、誤嚥0.03%の抜管時発生率であった<sup>234</sup>。北米の小児周術期心停止レジストリ（POCA 1994-1997）の解析では、小児の麻酔関連心停止の20%は全身麻酔からの覚醒や回復時に発生しており、喉頭痙攣に起因する気道閉塞がもっとも多い原因である<sup>235</sup>。Wake Up Safe データベース（2008-2015年）には手術室または処置室からの搬送中あるいはPACUで発生した心停止症例26症例が含まれるが、年少児が多く（67%が5歳以下、30%が1歳以下）、呼吸関連イベントからの心停止が73%（19症例）であった<sup>236</sup>。抜管方法の記載のあった8症例のうち、覚醒抜管が3症例、深麻酔抜管が5症例であった。呼吸関連心停止の場合、予後は比較的良好であったが95%は発生を予防できた可能性が高く、根本原因解析では、担当者の判断能力または経験の不足、監督の不十分さ、優先順位の競合などが原因と分析された。2019年までのWake Up Safe データベースを用いた深麻酔抜管に関与する重篤な呼吸器合併症64症例（喉頭痙攣55%、気道閉塞11%など）の分析では、約30%の症例が心停止となり、心停止症例の80%が予防可能であったと分析されている<sup>237</sup>。64症例は、ICU入室（38%）、気管挿管期間延長、一時的神経学的障害の転帰となっている。これらの大規模データ研究からは、気管チューブや声門上器具の抜去延期の判断や適切なタイミングでの抜去の必要性、抜管後の注意深い呼吸状態観察の必要性、手術室退室後でも喉頭痙攣や気道閉塞発生の可能性が強く示唆される。小児においても、抜管を実施するチーム（上級医、担当医、看護師など）内のノンテクニカルスキルが重要であり、本臨床ガイドラインでは、小児の覚醒・抜管においては、小児麻酔に熟練した麻酔科医であっても、単独ではなく他の医師の協働やバックアップが可能な環境で実践する<sup>238</sup>。

### 6-2 抜管時に投与されている麻酔薬と抜管の安全性

本臨床ガイドラインは、小児に使用可能な麻酔薬のうち特定の麻酔薬使用を推奨するものではない。麻酔科医は、それぞれの麻酔薬の特性を理解したうえで、個々の小児において適切な麻酔薬を選択すべきである。覚醒・抜管におけるそれぞれの全身麻酔薬の特性を

考慮することも、麻酔薬選択には重要である。現在、小児麻酔においてもっとも多く使用されているのはセボフルランであり、その他の全身麻酔薬あるいは併用薬使用における覚醒・抜管の安全性や特徴は、セボフルラン麻酔と比較した臨床研究が多い。麻酔管理中の呼吸器合併症に関する最新のメタ解析では、プロポフォールは、セボフルランに比較して、無呼吸発生のリスクは増加するが、喉頭痙攣や興奮の発生頻度が低く、麻酔時間や覚醒時間、嘔吐の発生頻度に違いがないと報告されている<sup>239)~241)</sup>。一方、深麻酔抜管において、イソフルランは、セボフルラン同様に重篤な合併症が発生しなかったが、覚醒スコアが低く、息こらえの発生頻度が高いと報告されている<sup>242)</sup>。デスフルランは、覚醒スコアが高値であるが呼吸器関連副作用が多く発生したと報告されている<sup>243)</sup>。

### 6-3 小児抜管ハイリスク症例の認識と対応：抜管の可否決定

小児であっても、成人同様に手術終了時の個々の患者評価に基づき、抜管の可否を判断し、抜管する場合は抜管方法を決定すべきである。小児の場合は、全身状態の悪化が呼吸状態の悪化に直結しやすいため、手術侵襲の大きさや循環動態の不安定さが懸念される場合の抜管延期は適切である。本臨床ガイドラインでは、小児であっても手術室退室までの4つの MUST 項目達成を推奨する。しかし、成人とは異なり、小児の場合は抜管前の意識レベルの回復に関しては、むしろ積極的には目標としないことも適切である。筋収縮回復、自発呼吸回復、抜管後上気道維持の3項目達成を抜管直後の MUST とし、手術室でこの3項目達成が期待できない症例では、抜管の延期を考慮すべきである。特に、表9に示すような呼吸器関連合併症が存在あるいは懸念される場合は、手術直後の抜管延期を考慮する<sup>244)</sup>。抜管を延期することで病態改善が見込めず、手術室内での覚醒・抜管を選択することで、より安全な抜管とその後の対応が可能と考えられる場合には、チーム全員で議論したうえで抜管を選択することも適切である。退室時には4つの MUST 項目達成を確認する。

表9 小児において手術直後の抜管延期を考慮する呼吸関連病態

既知の気道確保困難	
気道確保困難	頸椎不安定または頸椎固定（可動域制限） 顎間固定
上気道閉塞・機能障害	重度閉塞性睡眠時無呼吸 声門障害（狭窄、閉鎖不全） 反回神経障害（不全麻痺、完全麻痺） 喉頭浮腫および気道浮腫 頸部血腫または感染
下気道閉塞・異常	外的気道圧迫 気管軟化症または気管支軟化症 気道損傷（気道熱傷、ガス吸入損傷） 気道血腫または感染
呼吸筋機能不全	神経筋疾患の末期

その際に小児用チューブエクステンジャーを活用することも選択肢の一つであり、PICUでの使用経験も報告されているが手術室での有効性が証明されたわけではない<sup>245)</sup>。チューブエクステンジャーを活用する抜管は、成人同様このテクニックを熟知した小児麻酔科医が実施する。既存のガイドラインでは小児でのチューブエクステンジャー使用は推奨されていない<sup>198)246)</sup>。

### 6-4 乳児以降の小児における抜管方法の種類と判断基準

**表 10** に、小児における3つの異なる覚醒・抜管方法（深麻酔抜管、覚醒未確認抜管、覚醒後抜管）とそれぞれの判断基準を記載する。小児においても深麻酔抜管と覚醒抜管に大別されることが多いが、小児は覚醒の判断基準が成人と異なり、抜管時の麻酔深度も浅麻酔レベルであることも多い。したがって、本臨床ガイドラインでは、**表 10** に示すように、抜管時の麻酔深度によって、3つに分類した。つまり、深麻酔下に抜管する深麻酔抜管、浅麻酔下に抜管し抜管時に覚醒を確認しない方法は覚醒未確認抜管、覚醒を確認したあとに抜管する覚醒後抜管と定義した。いずれの方法で抜管を実施しても、覚醒状態で手術室を退室することを推奨する。小児では、従命可能を確認できない場合が多いので、**表 10** に示すように、目の動きや表情、四肢の動きを覚醒の目安とする。特に両眼で注視できる（共同注視）状態での判断は信頼性が高いと考えられる。小児における抜管は、小児麻酔に精通した麻酔科医やその指導下を実施されるべきであるが、特に覚醒未確認抜管と深麻酔抜管は、小児麻酔の豊富な経験が必要な抜管テクニックである。個々の患者において、それぞれの方法の長所・短所、麻酔チームの経験などを考慮したうえで、安全を最重視しつつ、小児へのストレスを最小とする方法での抜管を実施することになる。**表 11** には、これらの抜管方法を選択するうえで検討すべきリスクや病態、特に回避したい合併症・状

**表10** 小児における3つの異なる覚醒・抜管方法（深麻酔抜管、覚醒未確認抜管、覚醒後抜管）とそれぞれの判断基準

評価目的	乳児以降の小児での抜管条件となる臨床症状	深麻酔抜管	覚醒未確認抜管	覚醒後抜管	
筋収縮回復 (MUST)	筋弛緩モニタ活用と十分量の回復薬投与	◎	◎	◎	
自発呼吸回復 (MUST)	酸素化維持可能な自発呼吸確立、回復過程	◎	◎	◎	
麻酔深度 <sup>注1</sup> (SEV 麻酔時)	1.0 MAC 以上	◎	×	×	
	0.1-1.0 MAC	×	◎	×	
	0.1 MAC 以下	×	×	◎	
観察できる 上位中枢機能 (意識・運動)	目の動き	両眼で注視できる(共同注視)	×	×	◎
		開眼する	×	×	◎
	表情	周囲を見る	×	×	○
		顔をしかめる	×	○	◎
		啼泣、啼泣しそう	×	○	○
	四肢の動き	合目的な手足の動き	×	○	◎
		激しい四肢の動き	×	○	○

◎：必要、○：該当してもよい、×：不要（不適切）

注1：静脈麻酔時は、麻酔科医が総合的に判断する。

**表11** 小児において抜管方法を選択するうえで、特に回避したい合併症・状況、検討すべきリスクや病態

抜管方法を検討する病態	深麻酔抜管	覚醒未確認抜管	覚醒後抜管
誤嚥	×	○	◎
咽頭気道閉塞	×	○	◎
喉頭痙攣	○	×	◎
気管支喘息（気管支痙攣）	◎	○	○
強い咳嗽反射	◎	○	×
回避したい 合併症・状況			
頭蓋内圧上昇	◎	○	×
眼圧上昇	◎	○	×
覚醒時興奮	◎	○	×
術後出血	◎	○	×
手術部位安静維持困難	◎	○	×
頻脈・高血圧	◎	○	×
適応となる リスク・病態			
フルストマック	×	○	◎
新生児	×	×	◎
高度肥満	×	×	◎
重症閉塞性睡眠時無呼吸	×	×	◎
抜管後気道確保困難リスク	×	×	◎
急性上気道炎	○	○	○

◎：適切、○：可能、×：避けたほうがよい

況の違いを記載する。一般的な原則としては、気道確保や誤嚥予防を重視する場合は覚醒後抜管、より穏やかな覚醒を目指す場合は深麻酔抜管や覚醒未確認抜管を選択する。しかし、唯一絶対的に適切な抜管方法は存在しないことにも留意すべきである。例えば、重症閉塞性睡眠時無呼吸に対するアデノイド切除・口蓋扁桃摘出術の覚醒に対して、気道確保を優先させて覚醒後抜管を選択した場合には、術後出血による再手術などのリスクも高くなる。麻酔科医やチーム全体の対応能力も考慮し、深麻酔抜管や覚醒未確認抜管を選択することも適切な判断である。

#### 6-4-1 すべての抜管方法に共通する抜管前達成項目：筋収縮回復、自発呼吸回復

小児での抜管前は、少なくとも筋収縮回復と自発呼吸回復が MUST 項目である。非脱分極性筋弛緩薬を使用した場合には、スガマデクスなどの必要十分な筋収縮回復薬投与が必要である。小児での筋弛緩モニタリングによる筋弛緩レベルに対応したスガマデクス投与量に関するエビデンスは少ないが、本臨床ガイドラインでは、成人に準拠した方法でのスガマデクス投与を推奨する<sup>247)~249)</sup>。小児においてもスガマデクス投与後であっても再筋弛緩発生が報告されている<sup>250)251)</sup>。Cates ら<sup>248)</sup> は、2歳以下の小児（n=2,923）にスガマデクスを使用した場合、中央値 2.7[IQR 2-4]mg/kg が投与され、約4%の症例で約7分後に追加投与が必要であったと報告している。低年齢の小児であっても、可能なかぎり筋弛緩

モニタを活用することを推奨するが、Cates らの研究においてスガマデクス投与量 75 パーセントイルが 4 mg/kg であることより、筋弛緩モニタが使用できない状況では、スガマデクス 4 mg/kg 投与後に追加投与の必要性を注意深く観察することも適切である。

小児では、抜管後に深呼吸を促すことができないため、抜管前の自発呼吸の回復が必須である。年齢相当の適切な呼吸数、1 回換気量 5 ml/kg と SpO<sub>2</sub> 97 % 以上（チアノーゼ疾患では麻酔導入前 SpO<sub>2</sub> 以上）の達成確認が一般的に用いられる<sup>9)</sup>。オピオイドによる呼吸抑制などで ET-CO<sub>2</sub> が正常より高値であっても、減少過程にあれば抜管を実施してもよい。

#### 6-4-2 気道反射誘発刺激の制限と喉頭痙攣の予防

小児においても成人同様に、自発呼吸が安定するまでは、気道反射を誘発しないように気管チューブ、患者の体や手術台には触れない注意が必要である<sup>252)</sup>。反射的に誘発された激しい咳反射をきっかけに激しい体動や覚醒時興奮も誘発され、以下に述べる上位中枢機能回復の判断も困難になる。また、咳反射は喉頭痙攣に移行する場合も多く、気管チューブ抜管後あるいは声門上器具で気道確保されている場合には喉頭痙攣による低酸素血症、さらには陰圧性肺水腫に進展する場合もある。喉頭痙攣は、睡眠時や全身麻酔下の意識のない状態で発生し、覚醒時には通常発生しない<sup>72)</sup>。したがって、覚醒状態あるいは覚醒可能であることが、喉頭痙攣の予防にはもっとも効果的である。覚醒後抜管であっても喉頭痙攣の合併症が発生しているのは小児においての覚醒判断が困難なためかもしれない。麻酔科医は、どのような抜管方法を選択しても喉頭痙攣が発生する可能性があることを認識する。これらの気道反射を予防するため、麻酔薬投与中止後のデクスメトミジン<sup>253)</sup>、リドカイン (1 mg/kg)<sup>254)</sup>、プロポフォール (0.5 mg/kg)<sup>255)</sup> の投与で抜管時喉頭痙攣の発生率を減少できると報告されている。

#### 6-4-3 覚醒後抜管

成人では従命可能を確認後に抜管する覚醒後抜管が実施されるが、小児では従命可能を覚醒の基準として使用できない。まずは、覚醒が期待できるレベルまで麻酔薬濃度を減少させる。セボフルラン麻酔の場合には呼気終末濃度が 0.2% 以下までは、患者への刺激を避け、静かに観察を続ける。この過程で、表 10 に示すように、目の動きや表情、四肢の動きが上位中枢機能回復の目安になるが、麻酔科医の経験がもっとも必要な判断項目である<sup>9)</sup>。麻酔担当医は、チーム全体、特に上級麻酔科医と協議しながら適切なタイミングで抜管する。この項目の中で、開眼し両眼で注視できるかどうか（共同注視）は上位中枢機能回復を示す信頼できる所見である。覚醒後抜管は、抜管後の気道閉塞や誤嚥を予防できる可能性が高く、安全を重視した抜管方法である。しかし、覚醒の判断は主観的で麻酔科医によって覚醒判断のタイミングが異なる。抜管後あるいは声門上器具の場合は覚醒途中で喉頭痙攣が発生することもある。啼泣を確認する覚醒後抜管も不適切ではないが、激しく啼泣する覚醒状態をゴールとせず、小児へのストレスを可能なかぎり最小とする配慮も適切である。覚醒過程で、プロポフォール (1 mg/kg)<sup>256)</sup> やデクスメトミジン (0.5 μg/

kg/hour,  $0.5 \mu\text{g}/\text{kg}$ )<sup>257)258)</sup>、レミフェンタニル ( $0.05 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ )<sup>259)</sup> を投与すると、覚醒時興奮や激しい体動を抑制すると報告されている<sup>76)</sup>。手術室退室時には、覚醒を含む4つの MUST 項目すべてが達成されていることを確認する。

#### 6-4-4 深麻酔抜管

深麻酔抜管は、気道反射が抑制されている深麻酔下（セボフルランであれば1 MAC 以上）に抜管する方法であり、3つの抜管方法では小児へのストレスが最小となる。自発呼吸は再開していても、上気道拡大筋の活動が抑制されているので、抜管後にマスク保持で用手的に気道確保する必要がある。気道確保手技が過度の刺激とならないように麻酔深度と気道開通性にマッチした下顎挙上に加えて、マスク密着による CPAP 維持（10 cmH<sub>2</sub>O 程度）<sup>260)</sup>、気道確保のための体位（頭高位、側臥位）、頭位〔後屈、sniffing position（嗅ぐ姿勢）〕の工夫も有効である。成人同様、気管チューブ抜去時に声門上器具を活用することで、上気道閉塞のリスクを回避し円滑な麻酔覚醒も期待できるが、小児での有効性は検討されていない。覚醒時興奮や体動を減少させ、頭蓋内圧や眼圧の上昇、出血のリスクを下げ、脳神経外科、耳鼻科、形成外科手術などで手術部位の安静を維持するために有効とされている。急性上気道炎や気管支喘息などの気道過敏性のある患者でも選択されることが多い。最近のメタ解析などでは、術中麻酔管理に使用した気管チューブを深麻酔下に抜去する方法は、覚醒確認後に抜去する方法に比較して、頻度の多い咳反射などの発生が減少するため気道合併症全体の発生頻度と低酸素血症を減少させるが、喉頭痙攣や息こらえは同程度発生し、気道閉塞のリスクは3倍以上増加すると報告されている<sup>261)</sup>。声門上器具の抜去に関しても、喉頭痙攣と低酸素血症の頻度には差がないと分析されている<sup>262)</sup>。喉頭痙攣が誘発されにくい深麻酔の状態でも、その後の覚醒過程で浅麻酔となったときに喉頭痙攣を発生するリスクが高くなる。深麻酔抜管を実施する場合は、麻酔管理チームに喉頭痙攣と咽頭閉塞の両者に対応できる能力が必要である。再挿管や声門上器具挿入を含めた対応が必要なこともある。深麻酔抜管は、小児深麻酔抜管の豊富な経験と知識が必要であり、熟練者を含めたチームで実施すべき難易度の高いテクニックと認識すべきである。退室時には、覚醒を含む4つの MUST 項目すべてが達成されていることを確認する。

#### 6-4-5 覚醒未確認抜管

覚醒未確認抜管という用語は、本臨床ガイドラインで初めて用いた用語である。前述の小児における覚醒の判断基準で覚醒を確認する前に抜管する方法自体は、臨床現場でしばしば実施されている。この覚醒未確認抜管では、セボフルラン麻酔であれば1 MAC 未満の麻酔薬濃度に低下した浅麻酔状態で、十分な自発呼吸回復が認められれば覚醒を確認せずに抜管する方法である。抜管を実施する麻酔深度は、抜管後早期の覚醒を期待して気道閉塞リスク減少を目指す0.1 MAC 付近から、咳反射抑制に重点を置く1 MAC に近いレベルまでと幅広い。したがって、観察される上位中枢機能の回復レベルもさまざまである。覚醒後抜管と深麻酔抜管の長所を合わせ持つ抜管方法であるが、個々の症例に適した麻酔

深度での抜管を麻酔科医が判断する必要がある、かつ浅麻酔下での抜管は抜管後の喉頭痙攣が発生しやすいため、非常に難易度の高い抜管方法である。覚醒後抜管同様にデクスメデトミジンなどの活用で覚醒時興奮や体動を抑制し、深麻酔抜管のように体位や頭位、両手マスク保持による気道確保などの活用が気道閉塞予防に効果的である。

### 6-5 新生児の抜管

新生児での抜管基準に関するエビデンスは乏しい<sup>263)</sup>。非脱分極性筋弛緩薬の回復確認は、乳児よりもさらに臨床的判断に依存することが多く、十分量の筋収縮回復薬投与が重要である<sup>248)</sup>。新生児の上気道維持は全身麻酔薬で抑制されやすい神経性調節に大きく依存するため、深麻酔抜管を避け、可能なかぎり麻酔薬・オピオイドの影響を少なくすべきである<sup>264)</sup>。つまり、覚醒に近い意識レベルでの抜管が適切であるが、覚醒の判断は困難であり、**表 10**に示す上位中枢機能評価項目のうち、Bouldら<sup>263)</sup>は、1) 気管チューブで咳き込む、2) 開眼、3) 周囲を見る、4) 啼泣、啼泣しそう、5) 激しい四肢の動きの5つのうち2つを認めるときに覚醒としている。退室時には、より多くの覚醒項目が該当し、4つの MUST 項目すべてが達成されていることを確認する。抜管に関しては、覚醒の有無以外に修正週数や体重、原疾患など他の要因も加味したうえでのより慎重な判断が必要である。判断に迷う場合は手術室での抜管をせず、NICU などでの回復過程で適切な抜管のタイミングを決定する。

### 6-6 抜管実施と退室前確認

加圧抜管は、ほかのガイドラインでも推奨されている抜管テクニックである<sup>7)</sup>。COVID-19 パンデミック以降、加圧抜管を積極的に実施することは少なくなった。加圧抜管で、声門下分泌物を減少させることが *in vitro* の研究では報告されているが、成人での後ろ向き研究では術後肺炎を減少させる効果は確認されていない<sup>265) 266)</sup>。覚醒が抜管前の条件となる成人の場合は、患者自身で咽頭や口腔内分泌物の排除が可能であるが、小児には期待できないので、加圧抜管のメリットがあると考えられる。喉頭痙攣発生率を減少させるかなど、小児での研究はない。

小児においても、抜管直後に上気道閉塞の有無を確認する。咽頭が閉塞部位であれば用手的気道確保や意識レベル回復が効果的である。一方、喉頭閉塞は機械的狭窄や反射によって生じ、気道確保手技や意識レベル回復でも改善しないことがある。抜管方法によらず抜管直後に息こらえや短時間の喉頭痙攣が発生することは珍しくない。上気道閉塞によるシーソー呼吸、吸気性狭窄音や鎖骨上窩の陥没の有無も注意深く判断する。視診で呼吸パターンを判断しつつ、聴診器で呼吸音聴取を確認する。抜管直後にマスクを密着させてカプノグラム波形出現を確認することも有効である。激しい啼泣が続き合間に吸気を認める場合は、刺激せずに啼泣が落ち着くのを待つことも適切である。体動のため SpO<sub>2</sub> が測定できないこともあり、また SpO<sub>2</sub> 低下に至る前に判断できるように、目視による注意深い観察が重要である。気道閉塞のない自発呼吸が再開できるまで抜管に関与するすべての医

療者はその確認と対応に集中する。

小児の場合、抜管前には覚醒状態をあえて確認する必要はないが、退室時には筋収縮回復、自発呼吸回復、抜管後上気道維持、覚醒の4つの MUST 項目達成を確認する。上気道閉塞を認める場合は退室前に対応する。未覚醒であれば、側臥位で酸素投与を継続し経過観察する。オピオイドを使用した場合には、呼吸数が年齢相当の領域にあることを確認する。搬送中や PACU・病室到着後にも呼吸関連イベントが発生する可能性を念頭に置いた術後管理体制構築が望ましい。成人では手術室退室時からの EWS 活用を推奨するが、小児における EWS はその活用が拡大しつつあるものの成人ほどのエビデンスは報告されていない<sup>267)268)</sup>。今後、小児周術期での有用性を検証する臨床研究が推進されることを望む。

### 6-7 抜管後の呼吸状態評価と合併症への対応

抜管後に一時的に息こらえや無呼吸となる症例も多い。呼吸再開が長引くと予測された場合には、躊躇なくマスクを密着させて両手気道確保を行い、両側顎関節部 (laryngospasm notch) を刺激することで呼吸再開することも多い。呼吸パターン不良時の対応は、成人同様に **図 4** に示すアルゴリズムに準拠する。顎関節部刺激を継続しつつ、喉頭痙攣と判断した場合には、30-40 cm H<sub>2</sub>O の CPAP を試み、無効であればプロポフォール 0.5-1.0 mg/kg 静注、改善しない場合はスキサメトニウム 1-2 mg/kg 静注する。低酸素血症重症化に伴い徐脈となった場合には、アトロピン 0.02 mg/kg を静注する。抜管後呼吸不全に対してはチーム全体で迅速に対応する必要があり、定期的な危機管理シミュレーション訓練の実施が望ましい<sup>238)</sup>。

抜管後に、喉頭浮腫や声門開大障害による喉頭喘鳴 (ストライダー) が発生することもある。アドレナリン吸入 (アドレナリン 0.2-0.5 mg を生理食塩液 5 ml で希釈して吸入) は効果発現が早く有効であるが、持続時間が短い<sup>269)270)</sup>。リスク患者における予防的術中コルチコステロイド投与、あるいはストライダー発生時のアドレナリンとの併用も有効である (デキサメタゾン 0.25 mg/kg 静注)<sup>271)</sup>。早産児、新生児を含めた小児においても、抜管後の非侵襲的呼吸管理として、加湿高流量経鼻カヌラ療法 (HFNC) や CPAP、NIPPV (nasal intermittent positive pressure ventilation) の有効性が報告されている<sup>272)273)</sup>。ストライダー治療に対する治療効果は手術室内で確認し、ストライダーが改善しない場合は再挿管も含めた対応をチーム全体で協議し決定する。

# 参考文献

- 1) Dewidar O, Lotfi T, Langendam M, Parmelli E, Saz Parkinson Z, Solo K, Chu DK, Mathew JL, Akl EA, Brignardello-Petersen R, Mustafa RA, Moja L, Iorio A, Chi Y, Canelo-Aybar C, Kredo T, Karpusheff J, Turgeon AF, Alonso-Coello P, Wiercioch W, Gerritsen A, Klugar M, Rojas MX, Tugwell P, Welch VA, Pottie K, Munn Z, Nieuwlaat R, Ford N, Stevens A, Khabsa J, Nasir Z, Leontiadis GI, Meerpohl JJ, Piggott T, Qaseem A, Matthews M, Schünemann HJ; eCOVID-19 recommendations map collaborators. Which actionable statements qualify as good practice statements In Covid-19 guidelines? A systematic appraisal. *BMJ Evid Based Med* 2022; 27: 361-9.
- 2) Asai T, Koga K, Vaughan RS. Respiratory complications associated with tracheal intubation and extubation. *Br J Anaesth* 1998; 80: 767-75.
- 3) Cavallone LF, Vannucci A. Review article: Extubation of the difficult airway and extubation failure. *Anesth Analg* 2013; 116: 368-83.
- 4) Sofjan I, Vazquez S, Dominguez J, Sekhri N, Wecksell M, Samuel BM, Salik I. Risk factors for postoperative unplanned reintubation in a cohort of patients undergoing general anesthesia. *Cureus* 2023; 15: e38949.
- 5) Mathew JP, Rosenbaum SH, O'Connor T, Barash PG. Emergency tracheal intubation in the postanesthesia care unit: physician error or patient disease? *Anesth Analg* 1990; 71: 691-7.
- 6) Koga K, Asai T, Vaughan RS, Latta IP. Respiratory complications associated with tracheal extubation. Timing of tracheal extubation and use of the laryngeal mask during emergence from anaesthesia. *Anaesthesia* 1998; 53: 540-4.
- 7) Difficult Airway Society Extubation Guidelines Group; Popat M, Mitchell V, Dravid R, Patel A, Swampillai C, Higgs A. Difficult Airway Society Guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia* 2012; 67: 318-40.
- 8) Olsson GL, Hallen B. Laryngospasm during anaesthesia. A computer-aided incidence study in 136,929 patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1984; 28: 567-75.
- 9) Templeton TW, Goenaga-Diaz EJ, Downard MG, McLouth CJ, Smith TE, Templeton LB, Pecorella SH, Hammon DE, O'Brien JJ, McLaughlin DH, Lawrence AE, Tennant PR, Ririe DG. Assessment of common criteria for awake extubation in infants and young children. *Anesthesiology* 2019; 131: 801-8.
- 10) Wei B, Feng Y, Chen W, Ren D, Xiao D, Chen B. Risk factors for emergence agitation in adults after general anesthesia: A systematic review and meta-analysis. *Acta Anaesthesiol Scand* 2021; 65: 719-29.
- 11) Kanaya A. Emergence agitation in children: risk factors, prevention, and treatment. *J Anesth* 2016; 30: 261-7.
- 12) Chen Y, Li M, Zheng Y, Chen A, Li C. The preventive effect of dexmedetomidine on anesthesia complications in strabismus surgery: A systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol* 2023; 23: 253.
- 13) Bucheery BA, Isa HM, Rafiq O, Almansoori NA, Razaq ZAA, Gawe ZA, Almoosawi JA. Residual neuromuscular blockade and postoperative pulmonary complications in the post-anesthesia care unit: A prospective observational study. *Cureus* 2023; 15: e51013.

- 14) Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, Greenberg SB, Avram MJ, Vender JS. Residual neuromuscular blockade and critical respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesth Analg* 2008; 107: 130-7.
- 15) Murphy GS, Szokol JW, Avram MJ, Greenberg SB, Shear TD, Vender JS, Parikh KN, Patel SS, Patel A. Residual neuromuscular block in the elderly: Incidence and clinical implications. *Anesthesiology* 2015; 123: 1322-36.
- 16) Kotake Y, Ochiai R, Suzuki T, Ogawa S, Takagi S, Ozaki M, Nakatsuka I, Takeda J. Reversal with sugammadex in the absence of monitoring did not preclude residual neuromuscular block. *Anesth Analg* 2013; 117: 345-51.
- 17) Muramatsu T, Isono S, Ishikawa T, Nozaki-Taguchi N, Okazaki J, Kitamura Y, Murakami N, Sato Y. Differences of recovery from rocuronium-induced deep paralysis in response to small doses of sugammadex between elderly and nonelderly patients. *Anesthesiology* 2018; 129: 901-11.
- 18) 伊加真士, 清水一好, 川出健嗣, 金澤伴幸, 西谷恭子, 森松博史. スガマデクス投与後ロクロニウムの再クラレ化が疑われた1症例. *日臨麻会誌* 2016; 36: 1-6.
- 19) Kheterpal S, Vaughn MT, Dubovoy TZ, Shah NJ, Bash LD, Colquhoun DA, Shanks AM, Mathis MR, Soto RG, Bardia A, Bartels K, McCormick PJ, Schonberger RB, Saager L. Sugammadex versus neostigmine for reversal of neuromuscular blockade and postoperative pulmonary complications (STRONGER): A multicenter matched cohort analysis. *Anesthesiology* 2020; 132: 1371-81.
- 20) Suleiman A, Munoz-Acuna R, Azimaraghi O, Houle TT, Chen G, Rupp S, Witt AS, Azizi BA, Ahrens E, Shay D, Wongtangman K, Wachtendorf LJ, Tartler TM, Eikermann M, Schaefer MS. The effects of sugammadex vs. neostigmine on postoperative respiratory complications and advanced healthcare utilisation: A multicentre retrospective cohort study. *Anaesthesia* 2023; 78: 294-302.
- 21) Colquhoun DA, Vaughn MT, Bash LD, Janda A, Shah N, Ghaferi A, Sjoding M, Mentz G, Kheterpal S; Multicenter Perioperative Outcomes Group (MPOG) Perioperative Clinical Research Committee. Association between choice of reversal agent for neuromuscular block and postoperative pulmonary complications in patients at increased risk undergoing non-emergency surgery: STIL-STRONGER, a multicentre matched cohort study. *Br J Anaesth* 2023; 130: e148-59.
- 22) Li G, Freundlich RE, Gupta RK, Hayhurst CJ, Le CH, Martin BJ, Shotwell MS, Wanderer JP. Postoperative pulmonary complications' association with sugammadex versus neostigmine: A retrospective registry analysis. *Anesthesiology* 2021; 134: 862-73.
- 23) Carron M, Zarantonello F, Tellaroli P, Ori C. Efficacy and safety of sugammadex compared to neostigmine for reversal of neuromuscular blockade: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Anesth* 2016; 35: 1-12.
- 24) Liu HM, Yu H, Zuo YD, Liang P. Postoperative pulmonary complications after sugammadex reversal of neuromuscular blockade: A systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *BMC Anesthesiol* 2023; 23: 130.
- 25) Vaghiri S, Prassas D, Krieg S, Knoefel WT, Krieg A. The postoperative effect of sugammadex versus acetylcholinesterase inhibitors in colorectal surgery: An updated meta-Analysis. *J Clin Med* 2023; 12: 3235.
- 26) Goldhill DR, McNarry AF, Mandersloot G, McGinley A. A physiologically-based early warning score for ward patients: the association between score and outcome. *Anaesthesia* 2005; 60: 547-53.
- 27) Bartkowiak B, Snyder AM, Benjamin A, Schneider A, Twu NM, Churpek MM, Roggin KK, Edelson DP. Validating the electronic cardiac arrest risk triage (eCART) score for risk stratification of surgical inpatients in the postoperative setting: Retrospective cohort study. *Ann Surg* 2019; 269: 1059-63.
- 28) Prineas S, Mosier K, Mirko C, Guicciardi S. Non-technical skills in healthcare. *Textbook of Patient Safety and Clinical Risk Management*. London: Springer Nature; 2021. p.413-34.
- 29) Gaba DM. Anaesthesiology as a model for patient safety in health care. *BMJ* 2000; 320: 785-8.
- 30) Jones CPL, Fawker-Corbett J, Groom P, Morton B, Lister C, Mercer SJ. Human factors in preventing complications in anaesthesia: A systematic review. *Anaesthesia* 2018; 73 Suppl 1: 12-24.
- 31) Donati F, Antzaka C, Bevan DR. Potency of pancuronium at the diaphragm and the adductor pollicis muscle in humans. *Anesthesiology* 1986; 65: 1-5.
- 32) Astley BA, Hackett H, Hughes R, Payne JP. Recovery of respiration following neuromuscular blockade with atracurium and alcuronium. *Br J Anaesth* 1986; 58 Suppl 1: 75S-9S.
- 33) Isono S, Kochi T, Ide T, Sugimori K, Mizuguchi T, Nishino T. Differential effects of vecuronium on diaphragm and geniohyoid muscle in anesthetized dogs. *Br J Anaesth* 1992; 68: 239-43.
- 34) Isono S, Ide T, Kochi T, Mizuguchi T, Nishino T. Effects of partial paralysis on the swallowing reflex in conscious humans. *Anesthesiology* 1991; 75: 980-4.
- 35) Sundman E, Witt H, Olsson R, Ekberg O, Kuylenstierna R, Eriksson LI. The incidence and mechanisms of pharyngeal and upper esophageal dysfunction in partially paralyzed humans: Pharyngeal videoradiography and simultaneous

- manometry after atracurium. *Anesthesiology* 2000; 92: 977-84.
- 36) Eikermann M, Vogt FM, Herbstreit F, Vahid-Dastgerdi M, Zenge MO, Ochterbeck C, de Greiff A, Peters J. The predisposition to inspiratory upper airway collapse during partial neuromuscular blockade. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 175: 9-15.
- 37) Herbstreit F, Peters J, Eikermann M. Impaired upper airway integrity by residual neuromuscular blockade: Increased airway collapsibility and blunted genioglossus muscle activity in response to negative pharyngeal pressure. *Anesthesiology* 2009; 110: 1253-60.
- 38) Eriksson LI, Lennmarken C, Wyon N, Johnson A. Attenuated ventilatory response to hypoxaemia at vecuronium-induced partial neuromuscular block. *Acta Anaesthesiol Scand* 1992; 36: 710-5.
- 39) Igarashi A, Amagasa S, Horikawa H, Shirahata M. Vecuronium directly inhibits hypoxic neurotransmission of the rat carotid body. *Anesth Analg* 2002; 94: 117-22.
- 40) Christensson E, Ebberyd A, Hårdemark Cedborg A, Lodenius Å, Österlund Modalen Å, Franklin KA, Eriksson LI, Jonsson Fagerlund M. Hypoxic ventilatory response after rocuronium-induced partial neuromuscular blockade in men with obstructive sleep apnoea. *Anaesthesia* 2020; 75: 338-47.
- 41) Murphy GS, Szokol JW, Marymont JH, Greenberg SB, Avram MJ, Vender JS, Nisman M. Intraoperative acceleromyographic monitoring reduces the risk of residual neuromuscular blockade and adverse respiratory events in the postanesthesia care unit. *Anesthesiology* 2008; 109: 389-98.
- 42) Langeron O, Bourgain JL, Francon D, Amour J, Baillard C, Bouroche G, Chollet Rivier M, Lenfant F, Plaud B, Schoettker P, Fletcher D, Velly L, Nouette-Gaulain K. Difficult intubation and extubation in adult anaesthesia. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2018; 37: 639-51.
- 43) Japanese Society of Anesthesiologists. JSA airway management guideline 2014: To improve the safety of induction of anesthesia. *J Anesth* 2014; 28: 482-93.
- 44) Khuenl-Brady KS, Wattwil M, Vanacker BF, Lora-Tamayo JI, Rietbergen H, Alvarez-Gómez JA. Sugammadex provides faster reversal of vecuronium-induced neuromuscular blockade compared with neostigmine: A multicenter, randomized, controlled trial. *Anesth Analg* 2010; 110: 64-73.
- 45) Brueckmann B, Sasaki N, Grobara P, Li MK, Woo T, de Bie J, Maktabi M, Lee J, Kwo J, Pino R, Sabouri AS, McGovern F, Staehr-Rye AK, Eikermann M. Effects of sugammadex on incidence of postoperative residual neuromuscular blockade: A randomized, controlled study. *Br J Anaesth* 2015; 115: 743-51.
- 46) Bowdle TA, Haththotuwegama KJ, Jelacic S, Nguyen ST, Togashi K, Michaelsen KE. A dose-finding study of sugammadex for reversal of rocuronium in cardiac surgery patients and postoperative monitoring for recurrent paralysis. *Anesthesiology* 2023; 139: 6-15.
- 47) Klein AA, Meek T, Allcock E, Cook TM, Mincher N, Morris C, Nimmo AF, Pandit JJ, Pawa A, Rodney G, Sheraton T, Young P. Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia* 2021; 76: 1212-23.
- 48) Thilen SR, Weigel WA, Todd MM, Dutton RP, Lien CA, Grant SA, Szokol JW, Eriksson LI, Yaster M, Grant MD, Agarkar M, Marbella AM, Blanck JF, Domino KB. 2023 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for monitoring and antagonism of neuromuscular blockade: A report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology* 2023; 138: 13-41.
- 49) Engbaek J, Ostergaard D, Viby-Mogensen J, Skovgaard LT. Clinical recovery and train-of-four ratio measured mechanically and electromyographically following atracurium. *Anesthesiology* 1989; 71: 391-5.
- 50) Drenck NE, Ueda N, Olsen NV, Engbaek J, Jensen E, Skovgaard LT, Viby-Mogensen J. Manual evaluation of residual curarization using double burst stimulation: A comparison with train-of-four. *Anesthesiology* 1989; 70: 578-81.
- 51) Donati F, Meistelman C, Plaud B. Vecuronium neuromuscular blockade at the diaphragm, the orbicularis oculi, and adductor pollicis muscles. *Anesthesiology* 1990; 73: 870-5.
- 52) Takazawa T, Horiuchi T, Nagumo K, Sugiyama Y, Akune T, Amano Y, Fukuda M, Haraguchi T, Ishibashi C, Kanemaru E, Kato T, Katoh K, Kawano T, Kochiyama T, Kuri M, Kurita A, Matsuoka Y, Muramatsu T, Orihara M, Saito Y, Sato N, Shiraishi T, Suzuki K, Takahashi M, Takahashi T, Tanabe K, Tomioka A, Tomita Y, Tsuji T, Watanabe I, Yamada T, Yoshida N, Yamaguchi M, Saito S. The Japanese epidemiologic study for perioperative anaphylaxis, a prospective nationwide study: Allergen exposure, epidemiology, and diagnosis of anaphylaxis during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2023; 131: 159-69.
- 53) Takazawa T, Yamaura K, Hara T, Yorozu T, Mitsuhata H, Morimatsu H; Working Group for the Preparation of Practical Guidelines for the Response to Anaphylaxis, Safety Committee of the Japanese Society of Anesthesiologists. Practical guidelines for the response to perioperative anaphylaxis. *J Anesth* 2021; 35: 778-93.

- 54) 日本アレルギー学会アナフィラキシー対策委員会(委員長:海老澤宏). アナフィラキシーガイドライン2022. 東京:メディカルレビュー社; 2022.
- 55) Hanks EC, Ngai SH, Fink BR. The respiratory threshold for carbon dioxide in anesthetized man. Determination of carbon dioxide threshold during halothane anesthesia. *Anesthesiology* 1961; 22: 393-7.
- 56) Nishino T, Kochi T. Effects of surgical stimulation on the apnoeic thresholds for carbon dioxide during anaesthesia with sevoflurane. *Br J Anaesth* 1994; 73: 583-6.
- 57) Fink BR. The stimulant effect of wakefulness on respiration: Clinical aspects. *Br J Anaesth* 1961; 33: 97-101.
- 58) Meah MS, Gardner WN. Post-hyperventilation apnoea in conscious humans. *J Physiol* 1994; 477: 527-38.
- 59) Eldridge FL. Post-hyperventilation breathing and apnea evidence for a central neural mechanism which sustains respiration in the absence of continuing external stimuli. *Bull Physiopathol Respir (Nancy)* 1974; 10: 261-6.
- 60) Northwood D, Sapsford DJ, Jones JG, Griffiths D, Wilkins C. Nitrous oxide sedation causes post-hyperventilation apnoea. *Br J Anaesth* 1991; 67: 7-12.
- 61) Eldridge FL. Posthyperventilation breathing: Different effects of active and passive hyperventilation. *J Appl Physiol* 1973; 34: 422-30.
- 62) Shinohara A, Nozaki-Taguchi N, Yoshimura A, Hasegawa M, Saito K, Okazaki J, Kitamura Y, Sato Y, Isono S. Hypercapnia versus normocapnia for emergence from desflurane anaesthesia: Single-blinded randomised controlled study. *Eur J Anaesthesiol* 2021; 38: 1148-57.
- 63) Traast HS, Kalkman CJ. Electroencephalographic characteristics of emergence from propofol/sufentanil total intravenous anaesthesia. *Anesth Analg* 1995; 81: 366-71.
- 64) Long CW, Shah NK, Loughlin C, Spydell J, Bedford RF. A comparison of EEG determinants of near-awakening from isoflurane and fentanyl anaesthesia. Spectral edge, median power frequency, and delta ratio. *Anesth Analg* 1989; 69: 169-73.
- 65) Wang J, Miao X, Sun Y, Li S, Wu A, Wei C. Dopaminergic system in promoting recovery from general anaesthesia. *Brain Sci* 2023; 13: 538.
- 66) Katoh T, Suguro Y, Ikeda T, Kazama T, Ikeda K. Influence of age on awakening concentrations of sevoflurane and isoflurane. *Anesth Analg* 1993; 76: 348-52.
- 67) Fink BR. Influence of cerebral activity in wakefulness on regulation of breathing. *J Appl Physiol* 1961; 16: 15-20.
- 68) Hillman DR, Walsh JH, Maddison KJ, Platt PR, Kirkness JP, Noffsinger WJ, Eastwood PR. Evolution of changes in upper airway collapsibility during slow induction of anaesthesia with propofol. *Anesthesiology* 2009; 111: 63-71.
- 69) Sukanuma E, Ishikawa T, Kitamura Y, Hayashida T, Matsumura T, Fujie M, Nozaki-Taguchi N, Sato Y, Isono S. Recovery of lower oesophageal barrier function: A pilot study comparing a mixture of atropine and neostigmine and sugammadex: A randomised controlled pilot study. *Eur J Anaesthesiol* 2021; 38: 856-64.
- 70) Lee S, Sohn JY, Hwang IE, Lee HJ, Yoon S, Bahk JH, Kim BR. Effect of a repeated verbal reminder of orientation on emergence agitation after general anaesthesia for minimally invasive abdominal surgery: A randomised controlled trial. *Br J Anaesth* 2023; 130: 439-45.
- 71) Yang YY, Zhang MZ, Sun Y, Peng ZZ, Liu PP, Wang YT, Zheng JJ, Wu JZ. Effect of recorded maternal voice on emergence agitation in children undergoing bilateral ophthalmic surgery: A randomised controlled trial. *J Paediatr Child Health* 2020; 56: 1402-7.
- 72) Nishino T, Tagaito Y, Isono S. Cough and other reflexes on irritation of airway mucosa in man. *Pulm Pharmacol* 1996; 9: 285-92.
- 73) Nishino T, Takizawa K, Yokokawa N, Hiraga K. Depression of the swallowing reflex during sedation and/or relative analgesia produced by inhalation of 50% nitrous oxide in oxygen. *Anesthesiology* 1987; 67: 995-8.
- 74) Nishino T, Hiraga K, Yokokawa N. Laryngeal and respiratory responses to tracheal irritation at different depths of enflurane anaesthesia in humans. *Anesthesiology* 1990; 73: 46-51.
- 75) Ishikawa T, Isono S, Tanaka A, Tagaito Y, Nishino T. Airway protective reflexes evoked by laryngeal instillation of distilled water under sevoflurane general anaesthesia in children. *Anesth Analg* 2005; 101: 1615-8.
- 76) Tung A, Fergusson NA, Ng N, Hu V, Dormuth C, Griesdale DEG. Medications to reduce emergence coughing after general anaesthesia with tracheal intubation: A systematic review and network meta-analysis. *Br J Anaesth* 2020; 124: 480-95.
- 77) Hans P, Marechal H, Bonhomme V. Effect of propofol and sevoflurane on coughing in smokers and non-smokers awakening from general anaesthesia at the end of a cervical spine surgery. *Br J Anaesth* 2008; 101: 731-7.
- 78) Donati F, Meistelman C, Plaud B. Vecuronium neuromuscular blockade at the adductor muscles of the larynx and adductor pollicis. *Anesthesiology* 1991; 74: 833-7.

- 79) Brouillette RT, Thach BT. A neuromuscular mechanism maintaining extrathoracic airway patency. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1979; 46: 772-9.
- 80) Malhotra A, Pillar G, Fogel RB, Edwards JK, Ayas N, Akahoshi T, Hess D, White DP. Pharyngeal pressure and flow effects on genioglossus activation in normal subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165: 71-7.
- 81) Strohl KP, Hensley MJ, Hallett M, Saunders NA, Ingram RH Jr. Activation of upper airway muscles before onset of inspiration in normal humans. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1980; 49: 638-42.
- 82) Krodel DJ, Bittner EA, Abdunour R, Brown R, Eikermann M. Case scenario: Acute postoperative negative pressure pulmonary edema. *Anesthesiology* 2010; 113: 200-7.
- 83) Tsai PH, Wang JH, Huang SC, Lin YK, Lam CF. Characterizing post-extubation negative pressure pulmonary edema in the operating room-a retrospective matched case-control study. *Perioper Med (Lond)* 2018; 7: 28.
- 84) Isono S. Obstructive sleep apnea of obese adults: pathophysiology and perioperative airway management. *Anesthesiology* 2009; 110: 908-21.
- 85) Isono S. Optimal combination of head, mandible and body positions for pharyngeal airway maintenance during perioperative period: Lesson from pharyngeal closing pressures. *Semin Anesth Periop Med Pain* 2007; 26: 83-93.
- 86) Salam A, Smina M, Gada P, Tilluckdharry L, Upadya A, Amoateng-Adjepong Y, Manthous CA. The effect of arterial blood gas values on extubation decisions. *Respir Care* 2003; 48: 1033-7.
- 87) Pawson SR, DePriest JL. Are blood gases necessary in mechanically ventilated patients who have successfully completed a spontaneous breathing trial? *Respir Care* 2004; 49: 1316-9.
- 88) Liu Y, Wei LQ, Li GQ, Lv FY, Wang H, Zhang YH, Cao WL. A decision-tree model for predicting extubation outcome in elderly patients after a successful spontaneous breathing trial. *Anesth Analg* 2010; 111: 1211-8.
- 89) See KC, Phua J, Mukhopadhyay A. Monitoring of extubated patients: are routine arterial blood gas measurements useful and how long should patients be monitored in the intensive care unit? *Anaesth Intensive Care* 2010; 38: 96-101.
- 90) Bajaj JS, Sharma S, Mehta N, Shah A, Nimje G, Gorade M, Deshpande G. Frequency of positive cuff leak test before extubation in robotic surgeries done in steep trendelenburg position. *Indian J Surg Oncol* 2022; 13: 896-901.
- 91) Prasad C, Radhakrishna N, Pandia MP, Khandelwal A, Singh GP, Bithal PK. The effect of goal-directed fluid therapy versus standard fluid therapy on the cuff leak gradient in patients undergoing complex spine surgery in prone position. *J Neurosci Rural Pract* 2021; 12: 745-50.
- 92) Jan R, Alahdal A, Bithal PK. Effect of two regimens of fluid administration on airway edema in prone-position surgery. *Anesth Essays Res* 2020; 14: 467-73.
- 93) Dai JQ, Tu WF, Yin QS, Xia H, Zheng GD, Zhang LD, Huang XH. Cuff-leak test combined with interventional bronchoscopy benefits early extubation for patients who received tarp surgery. *Eur Spine J* 2017; 26: 840-6.
- 94) Engoren M. Evaluation of the cuff-leak test in a cardiac surgery population. *Chest* 1999; 116: 1029-31.
- 95) Wang X, Guo H, Hu Q, Ying Y, Chen B. Efficacy of intraoperative recurrent laryngeal nerve monitoring during thoracoscopic esophagectomy for esophageal cancer: A systematic review and meta-analysis. *Front Surg* 2021; 8: 773579.
- 96) Rassam S, Sandbythomas M, Vaughan RS, Hall JE. Airway management before, during and after extubation: A survey of practice in the United Kingdom and Ireland. *Anaesthesia* 2005; 60: 995-1001.
- 97) Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Kwiatkoski F, Jaber S, Bazin JE. Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy. *Anesthesiology* 2010; 113: 1310-9.
- 98) Aldenkortt M, Lysakowski C, Elia N, Brochard L, Tramèr MR. Ventilation strategies in obese patients undergoing surgery: A quantitative systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2012; 109: 493-502.
- 99) Edmark L, Kostova-Aherdan K, Enlund M, Hedenstierna G. Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 2003; 98: 28-33.
- 100) von Ungern-Sternberg BS, Davies K, Hegarty M, Erb TO, Habre W. The effect of deep vs. awake extubation on respiratory complications in high-risk children undergoing adenotonsillectomy: A randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 2013; 30: 529-36.
- 101) Shin YH, Song KL, Ko DC, Pin JW, Ryu KH, Kim HS. Effectiveness of applying continuous positive airway pressure in a patient with paradoxical vocal fold movement after endotracheal extubation: A case report. *Korean J Anesthesiol* 2016; 69: 84-7.
- 102) Roberts KW, Crnkovic A, Steiniger JR. Post-anesthesia paradoxical vocal cord motion successfully treated with midazolam. *Anesthesiology* 1998; 89: 517-9.
- 103) Isono S, Shiba K, Yamaguchi M, Tanaka A, Hattori T, Konno A, Nishino T. Pathogenesis of laryngeal narrowing in patients with multiple system atrophy. *J Physiol* 2001; 536: 237-49.

- 104) Shinjo T, Inoue S, Egawa J, Kawaguchi M, Furuya H. Two cases in which the effectiveness of “laryngospasm notch” pressure against laryngospasm was confirmed by imaging examinations. *J Anesth* 2013; 27: 761-3.
- 105) Abelson D. Laryngospasm notch pressure (‘Larson's maneuver’) may have a role in laryngospasm management in children: Highlighting a so far unproven technique. *Paediatr Anaesth* 2015; 25: 1175-6.
- 106) Zhang J, Guan S, Zhang C, Du X, Li T, Xiao S. Nasopharyngeal tube effects on alleviating sleep hypoxemia during the first night following velopharyngeal surgery in patients with obstructive sleep apnea syndrome. *J Clin Sleep Med* 2023; 19: 303-8.
- 107) Nahmias JS, Karetzky MS. Treatment of the obstructive sleep apnea syndrome using a nasopharyngeal tube. *Chest* 1988; 94: 1142-7.
- 108) Kumar AR, Guilleminault C, Certal V, Li D, Capasso R, Camacho M. Nasopharyngeal airway stenting devices for obstructive sleep apnoea: A systematic review and meta-analysis. *J Laryngol Otol* 2015; 129: 2-10.
- 109) Okuno K, Ono Minagi H, Ikai K, Matsumura Ai E, Takai E, Fukatsu H, Uchida Y, Sakai T. The efficacy of nasal airway stent (Nasent) on obstructive sleep apnoea and prediction of treatment outcomes. *J Oral Rehabil* 2019; 46: 51-7.
- 110) Nagappa M, Mokhlesi B, Wong J, Wong DT, Kaw R, Chung F. The effects of continuous positive airway pressure on postoperative outcomes in obstructive sleep apnea patients undergoing surgery: A systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg* 2015; 120: 1013-23.
- 111) Li R, Liu L, Wei K, Zheng X, Zeng J, Chen Q. Effect of noninvasive respiratory support after extubation on postoperative pulmonary complications in obese patients: A systematic review and network meta-analysis. *J Clin Anesth* 2023; 91: 111280.
- 112) Zaremba S, Shin CH, Hutter MM, Malviya SA, Grabitz SD, MacDonald T, Diaz-Gil D, Ramachandran SK, Hess D, Malhotra A, Eikermann M. Continuous positive airway pressure mitigates opioid-induced worsening of sleep-disordered breathing early after bariatric surgery. *Anesthesiology* 2016; 125: 92-104.
- 113) Ruan B, Nagappa M, Rashid-Kolvear M, Zhang K, Waseem R, Englesakis M, Chung F. The effectiveness of supplemental oxygen and high-flow nasal cannula therapy in patients with obstructive sleep apnea in different clinical settings: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Anesth* 2023; 88: 111144.
- 114) Tsai FC, Chen NL, Gobindram A, Singh PA, Hsu PP, Tan AKL. Efficacy of high flow nasal cannula as an alternative to continuous positive airway pressure therapy in surgical patients with suspected moderate to severe obstructive sleep apnea. *Am J Otolaryngol* 2022; 43: 103295.
- 115) Lee JH, Ji SH, Jang YE, Kim EH, Kim JT, Kim HS. Application of a high-flow nasal cannula for prevention of postextubation atelectasis in children undergoing surgery: A randomized controlled trial. *Anesth Analg* 2021; 133: 474-82.
- 116) Sakaguchi Y, Nozaki-Taguchi N, Hasegawa M, Ishibashi K, Sato Y, Isono S. Combination therapy of high-flow nasal cannula and upper-body elevation for postoperative sleep-disordered breathing: Randomized crossover trial. *Anesthesiology* 2022; 137: 15-27.
- 117) Pluijms WA, van Mook WN, Wittekamp BH, Bergmans DC. Postextubation laryngeal edema and stridor resulting in respiratory failure in critically ill adult patients: updated review. *Crit Care* 2015; 19: 295.
- 118) Emery SE, Akhavan S, Miller P, Furey CG, Yoo JU, Rowbottom JR, Bohlman HH. Steroids and risk factors for airway compromise in multilevel cervical corpectomy patients: A prospective, randomized, double-blind study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009; 34: 229-32.
- 119) Mort TC. Continuous airway access for the difficult extubation: the efficacy of the airway exchange catheter. *Anesth Analg* 2007; 105: 1357-62.
- 120) Iwasaki H, Renew JR, Kunisawa T, Brull SJ. Preparing for the unexpected: Special considerations and complications after sugammadex administration. *BMC Anesthesiol* 2017; 17: 140.
- 121) Ruscic KJ, Grabitz SD, Rudolph MI, Eikermann M. Prevention of respiratory complications of the surgical patient: actionable plan for continued process improvement. *Curr Opin Anaesthesiol* 2017; 30: 399-408.
- 122) Gustafsson UO, Scott MJ, Hubner M, Nygren J, Demartines N, Francis N, Rockall TA, Young-Fadok TM, Hill AG, Soop M, de Boer HD, Urman RD, Chang GJ, Fichera A, Kessler H, Grass F, Whang EE, Fawcett WJ, Carli F, Lobo DN, Rollins KE, Balfour A, Baldini G, Riedel B, Ljungqvist O. Guidelines for perioperative care in elective colorectal surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS<sup>®</sup>) Society Recommendations: 2018. *World J Surg* 2019; 43: 659-95.
- 123) Polle SW, Wind J, Fuhring JW, Hofland J, Gouma DJ, Bemelman WA. Implementation of a fast-track perioperative care program: what are the difficulties? *Dig Surg* 2007; 24: 441-9.
- 124) Rao W, Zhang X, Zhang J, Yan R, Hu Z, Wang Q. The role of nasogastric tube in decompression after elective colon

- and rectum surgery: A meta-analysis. *Int J Colorectal Dis* 2011; 26: 423-9.
- 125) Schaller SJ, Anstey M, Blobner M, Edrich T, Grabitz SD, Gradwohl-Matis I, Heim M, Houle T, Kurth T, Latronico N, Lee J, Meyer MJ, Peponis T, Talmor D, Velmahos GC, Waak K, Walz JM, Zafonte R, Eikermann M; International Early SOMS-guided Mobilization Research Initiative. Early, goal-directed mobilisation in the surgical intensive care unit: A randomised controlled trial. *Lancet* 2016; 388: 1377-88.
- 126) Nelson G, Wang X, Nelson A, Faris P, Lagendyk L, Wasylak T, Bathe OF, Bigam D, Bruce E, Buie WD, Chong M, Fairey A, Hyndman ME, MacLean A, McCall M, Pin S, Wang H, Gramlich L. Evaluation of the implementation of multiple enhanced recovery after surgery pathways across a provincial health care system in Alberta, Canada. *JAMA Netw Open* 2021; 4: e2119769.
- 127) Haines KJ, Skinner EH, Berney S; Austin Health POST Study Investigators. Association of postoperative pulmonary complications with delayed mobilisation following major abdominal surgery: An observational cohort study. *Physiotherapy* 2013; 99: 119-25.
- 128) Ray DC, Drummond GB. Continuous intravenous morphine for pain relief after abdominal surgery. *Ann R Coll Surg Engl* 1988; 70: 317-21.
- 129) Nozaki-Taguchi N, Hayashida T, Isono S. Qualitative measurement of opioid effects on pain and dyspnea: Gender difference in the sensitivity. *JA Clin Rep* 2020; 6: 85.
- 130) Dahan A, Sarton E, Teppema L, Olievier C. Sex-related differences in the influence of morphine on ventilatory control in humans. *Anesthesiology* 1998; 88: 903-13.
- 131) Catley DM, Thornton C, Jordan C, Lehane JR, Royston D, Jones JG. Pronounced, episodic oxygen desaturation in the postoperative period: Its association with ventilatory pattern and analgesic regimen. *Anesthesiology* 1985; 63: 20-8.
- 132) Brown KA, Laferrrière A, Moss IR. Recurrent hypoxemia in young children with obstructive sleep apnea is associated with reduced opioid requirement for analgesia. *Anesthesiology* 2004; 100: 806-10.
- 133) Isono S, Sha M, Suzukawa M, Sho Y, Ohmura A, Kudo Y, Misawa K, Inaba S, Nishino T. Preoperative nocturnal desaturations as a risk factor for late postoperative nocturnal desaturations. *Br J Anaesth* 1998; 80: 602-5.
- 134) Chung F, Liao P, Yegneswaran B, Shapiro CM, Kang W. Postoperative changes in sleep-disordered breathing and sleep architecture in patients with obstructive sleep apnea. *Anesthesiology* 2014; 120: 287-98.
- 135) Boat AC, Spaeth JP. Handoff checklists improve the reliability of patient handoffs in the operating room and postanesthesia care unit. *Paediatr Anaesth* 2013; 23: 647-54.
- 136) Weinger MB, Slagle JM, Kuntz AH, Schildcrout JS, Banerjee A, Mercaldo ND, Bills JL, Wallston KA, Speroff T, Patterson ES, France DJ. A multimodal intervention improves postanesthesia care unit handovers. *Anesth Analg* 2015; 121: 957-71.
- 137) Agarwal HS, Saville BR, Slayton JM, Donahue BS, Daves S, Christian KG, Bichell DP, Harris ZL. Standardized postoperative handover process improves outcomes in the intensive care unit: A model for operational sustainability and improved team performance. *Crit Care Med* 2012; 40: 2109-15.
- 138) Kaufman J, Twite M, Barrett C, Peyton C, Koehler J, Rannie M, Kahn MG, Schofield S, Ing RJ, Jaggars J, Hyman D, da Cruz EM. A handoff protocol from the cardiovascular operating room to cardiac ICU is associated with improvements in care beyond the immediate postoperative period. *Jt Comm J Qual Patient Saf* 2013; 39: 306-11.
- 139) Jones D, Bellomo R, Bates S, Warrillow S, Goldsmith D, Hart G, Opdam H, Gutteridge G. Long term effect of a medical emergency team on cardiac arrests in a teaching hospital. *Crit Care* 2005; 9: R808-15.
- 140) Williams B. The National Early Warning Score: from concept to NHS implementation. *Clin Med (Lond)* 2022; 22: 499-505.
- 141) Douglas NW, Coleman OM, Steel AC, Leslie K, Darvall JN. Triggers for medical emergency team activation after non-cardiac surgery. *Anaesth Intensive Care* 2023; 51: 281-7.
- 142) 日本集中治療医学会 RRS運用指針作成ワーキンググループ (中村京太, 飯尾純一郎, 鹿瀬陽一, 栗田健郎, 仙頭佳起, 武田 聡, 内藤貴基, 新津健裕, 森 一直, 森安恵実, 川崎達也, 坂本哲也, 野々木宏, 安宅一晃, 藤谷茂樹). Rapid Response System 運用指針. *日集中医誌* 2025; 32: R15.
- 143) Zhu Y, Chiu YD, Villar SS, Brand JW, Patteril MV, Morrice DJ, Clayton J, Mackay JH. Dynamic individual vital sign trajectory early warning score (DyniEWS) versus snapshot national early warning score (NEWS) for predicting postoperative deterioration. *Resuscitation* 2020; 157: 176-84.
- 144) Peris A, Zagli G, Maccarrone N, Batacchi S, Cammelli R, Cecchi A, Perretta L, Bechi P. The use of Modified Early Warning Score may help anesthesiologists in postoperative level of care selection in emergency abdominal surgery. *Minerva Anestesiol* 2012; 78: 1034-8.
- 145) Mert S, Kersu Ö, Cesur S, Topbaş Ö, Erdoğan S. The effect of modified early warning score (MEWS) and nursing

- guide application on postoperative patient outcomes: A randomized controlled study. *J Perianesth Nurs* 2024; 39: 596-603.
- 146) National Early Warning Score (NEWS) 2. <https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/national-early-warning-score-news-2>
- 147) Parr MJ, Hadfield JH, Flabouris A, Bishop G, Hillman K. The Medical Emergency Team: 12 month analysis of reasons for activation, immediate outcome and not-for-resuscitation orders. *Resuscitation* 2001; 50: 39-44.
- 148) McGain F, Cretikos MA, Jones D, Van Dyk S, Buist MD, Opdam H, Pellegrino V, Robertson MS, Bellomo R. Documentation of clinical review and vital signs after major surgery. *Med J Aust* 2008; 189: 380-3.
- 149) Chen J, Hillman K, Bellomo R, Flabouris A, Finfer S, Cretikos M; MERIT Study Investigators for the Simpson Centre; ANZICS Clinical Trials Group. The impact of introducing medical emergency team system on the documentations of vital signs. *Resuscitation* 2009; 80: 35-43.
- 150) Ansell H, Meyer A, Thompson S. Why don't nurses consistently take patient respiratory rates? *Br J Nurs* 2014; 23: 414-8.
- 151) Loughlin PC, Sebat F, Kellett JG. Respiratory rate: The forgotten vital sign-make it count! *Jt Comm J Qual Patient Saf* 2018; 44: 494-9.
- 152) Kallioinen N, Hill A, Christofidis MJ, Horswill MS, Watson MO. Quantitative systematic review: Sources of inaccuracy in manually measured adult respiratory rate data. *J Adv Nurs* 2021; 77: 98-124.
- 153) Tian C, Hawryluck L, Tomlinson G, Chung F, Beattie S, Miller M, Hassan N, Wong DT, Wong J, Hudson J, Jackson T, Singh M. Impact of a continuous enhanced cardio-respiratory monitoring pathway on cardio-respiratory complications after bariatric surgery: A retrospective cohort study. *J Clin Anesth* 2022; 77: 110639.
- 154) American Association of Nurse Anesthesiology. Postanesthesia Care Practice Considerations. [https://issuu.com/aaanapublishing/docs/12\\_-\\_postanesthesia\\_care?fr=sMWQxZTU2NDAxMjU](https://issuu.com/aaanapublishing/docs/12_-_postanesthesia_care?fr=sMWQxZTU2NDAxMjU)
- 155) Aldrete JA. The post-anesthesia recovery score revisited. *J Clin Anesth* 1995; 7: 89-91.
- 156) White PF, Song D. New criteria for fast-tracking after outpatient anesthesia: A comparison with the modified Aldrete's scoring system. *Anesth Analg* 1999; 88: 1069-72.
- 157) Daley MD, Norman PH, Colmenares ME, Sandler AN. Hypoxaemia in adults in the post-anaesthesia care unit. *Can J Anaesth* 1991; 38: 740-6.
- 158) Sento Y, Suzuki T, Suzuki Y, Scott DA, Sobue K. The past, present and future of the postanesthesia care unit (PACU) in Japan. *J Anesth* 2017; 31: 601-7.
- 159) Apfelbaum JL, Silverstein JH, Chung FF, Connis RT, Fillmore RB, Hunt SE, Nickinovich DG, Schreiner MS, Silverstein JH, Apfelbaum JL, Barlow JC, Chung FF, Connis RT, Fillmore RB, Hunt SE, Joas TA, Nickinovich DG, Schreiner MS; American Society of Anesthesiologists Task Force on Postanesthetic Care. Practice guidelines for postanesthetic care: An updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Postanesthetic Care. *Anesthesiology* 2013; 118: 291-307.
- 160) Membership of the Working Party; Whitaker Chair DK, Booth H, Clyburn P, Harrop-Griffiths W, Hosie H, Kilvington B, Macmahon M, Smedley P, Verma R; Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. Immediate post-anaesthesia recovery 2013: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia* 2013; 68: 288-97.
- 161) Vimlati L, Gilsanz F, Goldik Z. Quality and safety guidelines of postanaesthesia care: Working Party on Post Anaesthesia Care (approved by the European Board and Section of Anaesthesiology, Union Européenne des Médecins Spécialistes). *Eur J Anaesthesiol* 2009; 26: 715-21.
- 162) Australian and New Zealand College of Anaesthetists. PS04(A) Position statement on the post-anaesthesia care unit 2020. [https://www.anzca.edu.au/getattachment/7045495a-0f12-4464-852c-b93c0453e1ed/PS04\(A\)-Position-statement-on-the-post-anaesthesia-care-unit](https://www.anzca.edu.au/getattachment/7045495a-0f12-4464-852c-b93c0453e1ed/PS04(A)-Position-statement-on-the-post-anaesthesia-care-unit)
- 163) Sobol JB, Gershengorn HB, Wunsch H, Li G. The surgical Apgar score is strongly associated with intensive care unit admission after high-risk intraabdominal surgery. *Anesth Analg* 2013; 117: 438-46.
- 164) Kamath AF, McAuliffe CL, Baldwin KD, Lucas JB, Kosseim LM, Israelite CL. Unplanned admission to the intensive care unit after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2012; 27: 1027-32. e1-2.
- 165) Weingarten TN, Venus SJ, Whalen FX, Lyne BJ, Tempel HA, Wilczewski SA, Narr BJ, Martin DP, Schroeder DR, Sprung J. Postoperative emergency response team activation at a large tertiary medical center. *Mayo Clin Proc* 2012; 87: 41-9.
- 166) Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1991; 324: 1445-50.
- 167) Combes X, Cerf C, Bouleau D, Duvaldestin P, Dhonneur G. The effects of residual pain on oxygenation and breathing

- pattern during morphine analgesia. *Anesth Analg* 2000; 90: 156–60.
- 168) Overdyk FJ, Dowling O, Marino J, Qiu J, Chien HL, Erslon M, Morrison N, Harrison B, Dahan A, Gan TJ. Association of opioids and sedatives with increased risk of in-hospital cardiopulmonary arrest from an administrative database. *PLoS One* 2016; 11: e0150214.
- 169) Eichenberger A, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, Magnusson L. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: An underestimated problem. *Anesth Analg* 2002; 95: 1788–92.
- 170) Larvin J, Edwards M, Martin DS, Feelisch M, Grocott MPW, Cumpstey AF. Perioperative oxygenation—What’s the stress? *BJA Open* 2024; 10: 100277.
- 171) Wetterslev J, Meyhoff CS, Jørgensen LN, Gluud C, Lindschou J, Rasmussen LS. The effects of high perioperative inspiratory oxygen fraction for adult surgical patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 2015: CD008884.
- 172) Hernández G, Paredes I, Moran F, Buj M, Colinas L, Rodríguez ML, Velasco A, Rodríguez P, Pérez-Pedrero MJ, Suarez-Sipmann F, Canabal A, Cuena R, Blanch L, Roca O. Effect of postextubation noninvasive ventilation with active humidification vs high-flow nasal cannula on reintubation in patients at very high risk for extubation failure: A randomized trial. *Intensive Care Med* 2022; 48: 1751–9.
- 173) Girrbach F, Petroff D, Mols S, Brechtelsbauer K, Wrigge H, Simon P. Extubation with reduced inspiratory oxygen concentration or postoperative continuous positive pressure to improve oxygenation after laparoscopic bariatric surgery: A randomized controlled trial. *Anesthesiology* 2023; 139: 546–8.
- 174) Frassanito L, Grieco DL, Zanfini BA, Catarci S, Rosà T, Settanni D, Fedele C, Scambia G, Draisci G, Antonelli M. Effect of a pre-emptive 2-hour session of high-flow nasal oxygen on postoperative oxygenation after major gynaecologic surgery: A randomised clinical trial. *Br J Anaesth* 2023; 131: 775–85.
- 175) Liu Y, Fu M, Zhou Q, Tian M, Zhang X, Wang Z. The application of patient-centered care bundle significantly reduces incidence of perioperative respiratory complications in hip fracture patients aged 80 and over. *Geriatr Nurs* 2022; 43: 213–8.
- 176) Cassidy MR, Rosenkranz P, McCabe K, Rosen JE, McAneny D. I COUGH: Reducing postoperative pulmonary complications with a multidisciplinary patient care program. *JAMA Surg* 2013; 148: 740–5.
- 177) Zhu Q, Huang Z, Ma Q, Wu Z, Kang Y, Zhang M, Gan T, Wang M, Huang F. Supine versus semi-Fowler’s positions for tracheal extubation in abdominal surgery—A randomized clinical trial. *BMC Anesthesiol* 2020; 20: 185.
- 178) Svensson-Raskh A, Schandl AR, Ståhle A, Nygren-Bonnier M, Fagevik Olsén M. Mobilization started within 2 hours after abdominal surgery improves peripheral and arterial oxygenation: A single-center randomized controlled trial. *Phys Ther* 2021; 101: pزاب094.
- 179) Walsh JH, Maddison KJ, Platt PR, Hillman DR, Eastwood PR. Influence of head extension, flexion, and rotation on collapsibility of the passive upper airway. *Sleep* 2008; 31: 1440–7.
- 180) Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Friberg O, Hedenstierna G, Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest* 2005; 128: 3482–8.
- 181) Gomes Neto M, Martinez BP, Reis HF, Carvalho VO. Pre- and postoperative inspiratory muscle training in patients undergoing cardiac surgery: Systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2017; 31: 454–64.
- 182) Reychler G, Uribe Rodriguez V, Hickmann CE, Tombal B, Laterre PF, Feyaerts A, Roeseler J. Incentive spirometry and positive expiratory pressure improve ventilation and recruitment in postoperative recovery: A randomized cross-over study. *Physiother Theory Pract* 2019; 35: 199–205.
- 183) do Nascimento Junior P, Módolo NS, Andrade S, Guimarães MM, Braz LG, El Dib R. Incentive spirometry for prevention of postoperative pulmonary complications in upper abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 2014: CD00605.
- 184) Tadié JM, Behm E, Lecuyer L, Benhmamed R, Hans S, Brasnu D, Diehl JL, Fagon JY, Guérot E. Post-intubation laryngeal injuries and extubation failure: A fiberoptic endoscopic study. *Intensive Care Med* 2010; 36: 991–8.
- 185) Jaber S, Quintard H, Cinotti R, Asehnoune K, Arnal JM, Guitton C, Paugam-Burtz C, Abback P, Mekontso Dessap A, Lakhal K, Lasocki S, Plantefeve G, Claud B, Pottecher J, Corne P, Ichai C, Hajje Z, Molinari N, Chanques G, Papazian L, Azoulay E, De Jong A. Risk factors and outcomes for airway failure versus non-airway failure in the intensive care unit: A multicenter observational study of 1514 extubation procedures. *Crit Care* 2018; 22: 236.
- 186) Law JA, Duggan LV, Asselin M, Baker P, Crosby E, Downey A, Hung OR, Kovacs G, Lemay F, Noppens R, Parotto M, Preston R, Sowers N, Sparrow K, Turkstra TP, Wong DT, Jones PM; Canadian Airway Focus Group. Canadian Airway Focus Group updated consensus-based recommendations for management of the difficult airway: part 2. Planning and implementing safe management of the patient with an anticipated difficult airway. *Can J Anaesth* 2021; 68: 1405–36.

- 187) Taboada M, Rey R, Martínez S, Soto-Jove R, Mirón P, Selas S, Eiras M, Martínez A, Rial M, Cariñena A, Rodríguez I, Veiras S, Álvarez J, Baluja A, Atanassoff PG. Reintubation in the ICU following cardiac surgery: Is it more difficult than first-time intubation in the operating room?: A prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol* 2020; 37: 25-30.
- 188) Mosier JM, Sakles JC, Law JA, Brown CA 3rd, Brindley PG. Tracheal intubation in the critically ill. Where we came from and where we should go. *Am J Respir Crit Care Med* 2020; 201: 775-88.
- 189) Fan T, Wang G, Mao B, Xiong Z, Zhang Y, Liu X, Wang L, Yang S. Prophylactic administration of parenteral steroids for preventing airway complications after extubation in adults: Meta-analysis of randomised placebo controlled trials. *BMJ* 2008; 337: a1841.
- 190) Jaber S, Jung B, Chanques G, Bonnet F, Marret E. Effects of steroids on reintubation and post-extubation stridor in adults: Meta-analysis of randomised controlled trials. *Crit Care* 2009; 13: R49.
- 191) Thille AW, Harrois A, Schortgen F, Brun-Buisson C, Brochard L. Outcomes of extubation failure in medical intensive care unit patients. *Crit Care Med* 2011; 39: 2612-8.
- 192) Sturgess DJ, Greenland KB, Senthuran S, Ajvadi FA, van Zundert A, Irwin MG. Tracheal extubation of the adult intensive care patient with a predicted difficult airway—A narrative review. *Anaesthesia* 2017; 72: 248-61.
- 193) Wittekamp BH, van Mook WN, Tjan DH, Zwaveling JH, Bergmans DC. Clinical review: Post-extubation laryngeal edema and extubation failure in critically ill adult patients. *Crit Care* 2009; 13: 233.
- 194) Quintard H, l'Her E, Pottecher J, Adnet F, Constantin JM, De Jong A, Diemunsch P, Fesseau R, Freynet A, Girault C, Guitton C, Hamonic Y, Maury E, Mekontso-Dessap A, Michel F, Nolent P, Perbet S, Prat G, Roquilly A, Tazarourte K, Terzi N, Thille AW, Alves M, Gayat E, Donetti L. Intubation and extubation of the ICU patient. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2017; 36: 327-41.
- 195) Kuriyama A, Jackson JL, Kamei J. Performance of the cuff leak test in adults in predicting post-extubation airway complications: A systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2020; 24: 640.
- 196) Schmidt GA, Girard TD, Kress JP, Morris PE, Ouellette DR, Alhazzani W, Burns SM, Epstein SK, Esteban A, Fan E, Ferrer M, Fraser GL, Gong MN, L Hough C, Mehta S, Nanchal R, Patel S, Pawlik AJ, Schweickert WD, Sessler CN, Strøm T, Wilson KC, Truwit JD; ATS/CHEST Ad Hoc Committee on Liberation from Mechanical Ventilation in Adults. Official executive summary of an American Thoracic Society/American College of Chest Physicians clinical practice guideline: Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults. *Am J Respir Crit Care Med* 2017; 195: 115-9.
- 197) Duggan LV, Law JA, Murphy MF. Brief review: Supplementing oxygen through an airway exchange catheter: Efficacy, complications, and recommendations. *Can J Anaesth* 2011; 58: 560-8.
- 198) Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, Abdelmalak BB, Agarkar M, Dutton RP, Fiadjoe JE, Greif R, Klock PA, Mercier D, Myatra SN, O'Sullivan EP, Rosenblatt WH, Sorbello M, Tung A. 2022 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for management of the difficult airway. *Anesthesiology* 2022; 136: 31-81.
- 199) Kussman B, Shorten G, Uppington J, Comunale ME. Administration of magnesium sulphate before rocuronium: Effects on speed of onset and duration of neuromuscular block. *Br J Anaesth* 1997; 79: 122-4.
- 200) Germano-Filho PA, Cavalcanti IL, Micuci A, Velarde LGC, de Boer HD, Vercosa N. Recurarization with magnesium sulfate administered after two minutes sugammadex reversal: A randomized, double-blind, controlled trial. *J Clin Anesth* 2023; 89: 111186.
- 201) Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology. Statement on sugammadex during pregnancy and lactation. 2019 Apr 22. [https://www.soap.org/assets/docs/SOAP\\_Statement\\_Sugammadex\\_During\\_Pregnancy\\_Lactation\\_APPROVE\\_D.pdf](https://www.soap.org/assets/docs/SOAP_Statement_Sugammadex_During_Pregnancy_Lactation_APPROVE_D.pdf)
- 202) Richardson MG, Raymond BL. Sugammadex administration in pregnant women and in women of reproductive potential: A narrative review. *Anesth Analg* 2020; 130: 1628-37.
- 203) Singh S, Klumpner TT, Pancaro C, Rajala B, Kountanis JA. Sugammadex administration in pregnant women: A case series of maternal and fetal outcomes. *A A Pract* 2021; 15: e01407.
- 204) Noguchi S, Iwasaki H, Shiko Y, Kawasaki Y, Ishida Y, Shinomiya S, Ono Uokawa R, Mazda Y. Fetal outcomes with and without the use of sugammadex in pregnant patients undergoing non-obstetric surgery: A multicenter retrospective study. *Int J Obstet Anesth* 2023; 53: 103620.
- 205) National Institute of Health. Drugs and Lactation Database (LactMed). Sugammadex. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500924/> (2025年2月16日閲覧)
- 206) Bainbridge ET, Nicholas SD, Newton JR, Temple JG. Gastro-oesophageal reflux in pregnancy. Altered function of the barrier to reflux in asymptomatic women during early pregnancy. *Scand J Gastroenterol* 1984; 19: 85-9.

- 207) Vanner RG, Goodman NW. Gastro-oesophageal reflux in pregnancy at term and after delivery. *Anaesthesia* 1989; 44: 808-11.
- 208) Marrero JM, Goggin PM, de Caestecker JS, Pearce JM, Maxwell JD. Determinants of pregnancy heartburn. *Br J Obstet Gynaecol* 1992; 99: 731-4.
- 209) Hong JY, Park JW, Oh JI. Comparison of preoperative gastric contents and serum gastrin concentrations in pregnant and nonpregnant women. *J Clin Anesth* 2005; 17: 451-5.
- 210) O'Sullivan GM, Bullingham RE. The assessment of gastric acidity and antacid effect in pregnant women by a non-invasive radiotelemetry technique. *Br J Obstet Gynaecol* 1984; 91: 973-8.
- 211) Macfie AG, Magides AD, Richmond MN, Reilly CS. Gastric emptying in pregnancy. *Br J Anaesth* 1991; 67: 54-7.
- 212) Murphy DF, Nally Gardiner BJ, Unwin A. Effect of metoclopramide on gastric emptying before elective and emergency caesarean section. *Br J Anaesth* 1984; 56: 1113-6.
- 213) Bouvet L, Schulz T, Piana F, Desgranges FP, Chassard D. Pregnancy and labor epidural effects on gastric emptying: A prospective comparative study. *Anesthesiology* 2022; 136: 542-50.
- 214) Spätling L, Fallenstein F, Huch A, Huch R, Rooth G. The variability of cardiopulmonary adaptation to pregnancy at rest and during exercise. *Br J Obstet Gynaecol* 1992; 99 Suppl 8: 1-40.
- 215) McAuliffe F, Kametas N, Krampfl E, Ernsting J, Nicolaides K. Blood gases in pregnancy at sea level and at high altitude. *BJOG* 2001; 108: 980-5.
- 216) Zadek F, Giudici G, Ferraris Fusarini C, Ambrosini MT, Di Modugno A, Scaravilli V, Zanella A, Roberto Fumagalli R, Stocchetti N, Calderini E, Langer T. Cerebrospinal fluid and arterial acid-base equilibria in spontaneously breathing third-trimester pregnant women. *Br J Anaesth* 2022; 129: 726-33.
- 217) Fadel HE, Northrop G, Misenhimer HR, Harp RJ. Acid-base determinations in amniotic fluid and blood of normal late pregnancy. *Obstet Gynecol* 1979; 53: 99-104.
- 218) Jensen D, Duffin J, Lam YM, Webb KA, Simpson JA, Davies GA, Wolfe LA, O'Donnell DE. Physiological mechanisms of hyperventilation during human pregnancy. *Respir Physiol Neurobiol* 2008; 161: 76-86.
- 219) Cao X, Liu S, Sun J, Yu M, Fang Y, Ding Z. Fentanyl-induced respiratory depression is attenuated in pregnant patients. *Drug Des Devel Ther* 2017; 11: 3325-32.
- 220) Craig DB, Toole MA. Airway closure in pregnancy. *Can Anaesth Soc J* 1975; 22: 665-72.
- 221) Lawlor CM, Graham ME, Owen LC, Tracy LF. Otolaryngology and the pregnant patient. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2023; 149: 930-7.
- 222) Leboulanger N, Louvet N, Rigouzzo A, de Mesmay M, Louis B, Farrugia M, Girault L, Ramirez A, Constant I, Jouannic JM, Fauroux B. Pregnancy is associated with a decrease in pharyngeal but not tracheal or laryngeal cross-sectional area: A pilot study using the acoustic reflection method. *Int J Obstet Anesth* 2014; 23: 35-9.
- 223) Bala R, Budhwar D, Kumar V, Singhal S, Kaushik P, Sharma J. Clinical and ultrasonographic assessment of airway indices among non-pregnant, normotensive pregnant and pre-eclamptic patients: A prospective observational study. *Int J Obstet Anesth* 2023; 54: 103637.
- 224) Kodali BS, Chandrasekhar S, Bulich LN, Topulos GP, Datta S. Airway changes during labor and delivery. *Anesthesiology* 2008; 108: 357-62.
- 225) Ellegård EK. Clinical and pathogenetic characteristics of pregnancy rhinitis. *Clin Rev Allergy Immunol* 2004; 26: 149-59.
- 226) Middleton PG. Obstructive sleep apnoea and sleep disorders in pregnancy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* 2022; 85: 107-13.
- 227) Dominguez JE, Cantrell S, Habib AS, Izci-Balserak B, Lockhart E, Louis JM, Miskovic A, Nadler JW, Nagappa M, O'Brien LM, Won C, Bourjeily G. Society of Anesthesia and Sleep Medicine and the Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology consensus guideline on the screening, diagnosis, and treatment of obstructive sleep apnea in pregnancy. *Obstet Gynecol* 2023; 142: 403-23.
- 228) Jiang R, Cai J, Zhu Z, Chen D, Wang J, Wang Q, Teng Y, Huang Y, Tao M, Xia A, Xue M, Zhou S, Chen AF. Hypoxic trophoblast HMGB1 induces endothelial cell hyperpermeability via the TLR4/caveolin-1 pathway. *J Immunol* 2014; 193: 5000-12.
- 229) Heilmann L, Siekmann U. Hemodynamic and hemorheological profiles in women with proteinuric hypertension of pregnancy and in pregnant controls. *Arch Gynecol Obstet* 1989; 246: 159-68.
- 230) Chang KJ, Seow KM, Chen KH. Preeclampsia: Recent advances in predicting, preventing, and managing the maternal and fetal life-threatening condition. *Int J Environ Res Public Health* 2023; 20: 2994.
- 231) Izci B, Riha RL, Martin SE, Vennelle M, Liston WA, Dundas KC, Calder AA, Douglas NJ. The upper airway in

- pregnancy and pre-eclampsia. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 137-40.
- 232) Connolly G, Razak AR, Hayanga A, Russell A, McKenna P, McNicholas WT. Inspiratory flow limitation during sleep in pre-eclampsia: Comparison with normal pregnant and nonpregnant women. *Eur Resp J* 2001; 18: 672-6.
- 233) Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, Leva B, Morton NS, Vermeulen PM, Zielinska M, Boda K, Veyckemans F; APRICOT Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): A prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med* 2017; 5: 412-25.
- 234) Engelhardt T, Virag K, Veyckemans F, Habre W; APRICOT Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Airway management in paediatric anaesthesia in Europe-insights from APRICOT (Anaesthesia Practice In Children Observational Trial): A prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Br J Anaesth* 2018; 121: 66-75.
- 235) Bhananker SM, Ramamoorthy C, Geiduschek JM, Posner KL, Domino KB, Haberkern CM, Campos JS, Morray JP. Anesthesia-related cardiac arrest in children: Update from the Pediatric Perioperative Cardiac Arrest Registry. *Anesth Analg* 2007; 105: 344-50.
- 236) Christensen RE, Haydar B, Voepel-Lewis TD. Pediatric cardiopulmonary arrest in the postanesthesia care unit, rare but preventable: Analysis of data from wake up safe, The pediatric anesthesia quality improvement initiative. *Anesth Analg* 2017; 124: 1231-6.
- 237) Vitale L, Rodriguez B, Baetzel A, Christensen R, Haydar B. Complications associated with removal of airway devices under deep anesthesia in children: An analysis of the Wake Up Safe database. *BMC Anesthesiol* 2022; 22: 223.
- 238) Marcus R. Human factors in pediatric anesthesia incidents. *Paediatr Anaesth* 2006; 16: 242-50.
- 239) Li C, Zhu Y. Impact of sevoflurane and propofol on perioperative respiratory adverse events in pediatrics: A systematic review and meta-analysis. *J Perianesth Nurs* 2024; S1089-9472(24)00097-2.
- 240) Zhao Y, Qin F, Liu Y, Dai Y, Cen X. The safety of propofol versus sevoflurane for general anesthesia in children: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Surg* 2022; 9: 924647.
- 241) Kanaya A, Kuratani N, Satoh D, Kurosawa S. Lower incidence of emergence agitation in children after propofol anesthesia compared with sevoflurane: A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Anesth* 2014; 28: 4-11.
- 242) Valley RD, Ramza JT, Calhoun P, Freid EB, Bailey AG, Kopp VJ, Georges LS. Tracheal extubation of deeply anesthetized pediatric patients: A comparison of isoflurane and sevoflurane. *Anesth Analg* 1999; 88: 742-5.
- 243) Valley RD, Freid EB, Bailey AG, Kopp VJ, Georges LS, Fletcher J, Keifer A. Tracheal extubation of deeply anesthetized pediatric patients: A comparison of desflurane and sevoflurane. *Anesth Analg* 2003; 96: 1320-4.
- 244) Egbuta C, Evans F. Extubation of children in the operating theatre. *BJA Educ* 2022; 22: 75-81.
- 245) Wise-Faberowski L, Nargoizian C. Utility of airway exchange catheters in pediatric patients with a known difficult airway. *Paediatr Crit Care Med* 2005; 6: 454-6.
- 246) Disma N, Asai T, Cools E, Cronin A, Engelhardt T, Fiadjoe J, Fuchs A, Garcia-Marcinkiewicz A, Habre W, Heath C, Johansen M, Kaufmann J, Kleine-Brueggeney M, Kovatsis PG, Kranke P, Lusardi AC, Matava C, Peyton J, Riva T, Romero CS, von Ungern-Sternberg B, Veyckemans F, Afshari A; and airway guidelines groups of the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC) and the British Journal of Anaesthesia (BJA). Airway management in neonates and infants: European Society of Anaesthesiology and Intensive Care and British Journal of Anaesthesia joint guidelines. *Eur J Anaesthesiol* 2024; 41: 3-23.
- 247) Voss T, Wang A, DeAngelis M, Speek M, Saldien V, Hammer GB, Wrishko R, Herring WJ. Sugammadex for reversal of neuromuscular blockade in pediatric patients: Results from a phase IV randomized study. *Paediatr Anaesth* 2022; 32: 436-45.
- 248) Cates AC, Freundlich RE, Clifton JC, Lorinc AN. Analysis of the factors contributing to residual weakness after sugammadex administration in pediatric patients under 2 years of age. *Paediatr Anaesth* 2024; 34: 28-34.
- 249) Faulk DJ, Karlik JB, Strupp KM, Tran SM, Twite M, Brull SJ, Yaster M, Austin TM. The incidence of residual neuromuscular block in pediatrics: A prospective, pragmatic, multi-institutional cohort study. *Cureus* 2024; 16: e56408.
- 250) Salaün JP, Décary E, Veyckemans F. Recurarisation after sugammadex in children: Review of case reports and recommendations. *Br J Anaesth* 2024; 132: 410-4.
- 251) Iwasaki H, Takahoko K, Otomo S, Sasakawa T, Kunisawa T, Iwasaki H. A temporary decrease in twitch response following reversal of rocuronium-induced neuromuscular block with a small dose of sugammadex in a pediatric patient. *J Anesth* 2014; 28: 288-90.
- 252) Tsui BCH, Wagner A, Cave D, Elliott C, El-Hakim H, Malherbe S. The incidence of laryngospasm with a "no touch" extubation technique after tonsillectomy and adenoidectomy. *Anesth Analg* 2004; 98: 327-9.

- 253) Zhang J, Yin J, Li Y, Zhang Y, Bai Y, Yang H. Effect of dexmedetomidine on preventing perioperative respiratory adverse events in children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Exp Ther Med* 2023; 25: 286.
- 254) Mihara T, Uchimoto K, Morita S, Goto T. The efficacy of lidocaine to prevent laryngospasm in children: A systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia* 2014; 69: 1388–96.
- 255) Manouchehrian N, Jiryae N, Moheb FA. Propofol versus lidocaine on prevention of laryngospasm in tonsillectomy: A randomized clinical trial. *Eur J Transl Myol* 2022; 32: 10581.
- 256) van Hoff SL, O'Neill ES, Cohen LC, Collins BA. Does a prophylactic dose of propofol reduce emergence agitation in children receiving anesthesia? A systematic review and meta-analysis. *Paediatr Anaesth* 2015; 25: 668–76.
- 257) Huang L, Wang L, Peng W, Qin C. A comparison of dexmedetomidine and propofol on emergence delirium in children undergoing cleft palate surgery with sevoflurane-based anesthesia. *J Craniofac Surg* 2022; 33: 650–3.
- 258) Sun L, Guo R, Sun L. Dexmedetomidine for preventing sevoflurane-related emergence agitation in children: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Anaesthesiol Scand* 2014; 58: 642–50.
- 259) Choi EK, Lee S, Kim WJ, Park SJ. Effects of remifentanyl maintenance during recovery on emergence delirium in children with sevoflurane anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2018; 28: 739–44.
- 260) Abdel-Ghaffar HS, Youseff HA, Abdelal FA, Osman MA, Sayed JA, Riad MAF, Abdel-Rady MM. Post-extubation continuous positive airway pressure improves oxygenation after pediatric laparoscopic surgery: A randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand* 2019; 63: 620–9.
- 261) Koo CH, Lee SY, Chung SH, Ryu JH. Deep vs. Awake extubation and LMA removal in terms of airway complications in pediatric patients undergoing anesthesia: A systemic review and meta-analysis. *J Clin Med* 2018; 7: 353.
- 262) Mathew PJ, Mathew JL. Early versus late removal of the laryngeal mask airway (LMA) for general anaesthesia. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 2015: CD007082.
- 263) Bould MD, Sury MR. Defining awakening from anesthesia in neonates: A consensus study. *Paediatr Anaesth* 2011; 21: 359–63.
- 264) Isono S. Developmental changes of pharyngeal airway patency: implications for pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2006; 16: 109–22.
- 265) Hodd J, Doyle A, Carter J, Albarran J, Young P. Increasing positive end expiratory pressure at extubation reduces subglottic secretion aspiration in a bench-top model. *Nurs Crit Care* 2010; 15: 257–61.
- 266) Shimada K, Gosho M, Ohigashi T, Kume K, Yano T, Ishii R, Maruo K, Inokuchi R, Iwagami M, Ueda H, Tanaka M, Sanuki M, Tamiya N. Risk of postoperative pneumonia after extubation with the positive pressure versus normal pressure technique: A single-center retrospective observational study. *J Anesth* 2025; 39: 5–14.
- 267) Lambert V, Matthews A, MacDonell R, Fitzsimons J. Paediatric early warning systems for detecting and responding to clinical deterioration in children: A systematic review. *BMJ Open* 2017; 7: e014497.
- 268) Chapman SM, Maconochie IK. Early warning scores in paediatrics: an overview. *Arch Dis Child* 2019; 104: 395–9.
- 269) da Silva PS, Fonseca MC, Iglesias SB, Junior EL, de Aguiar VE, de Carvalho WB. Nebulized 0.5, 2.5 and 5 ml L-pinephrine for post-extubation stridor in children: A prospective, randomized, double-blind clinical trial. *Intensive Care Med* 2012; 38: 286–93.
- 270) 宮坂勝之訳, Lerman J., Cote CJ, Steward DJ. 小児麻酔マニュアル改訂7版. 東京: 南山堂; 2019, p.324.
- 271) Kimura S, Ahn JB, Takahashi M, Kwon S, Papatheodorou S. Effectiveness of corticosteroids for post-extubation stridor and extubation failure in pediatric patients: A systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care* 2020; 10: 155.
- 272) Manley BJ, Owen LS, Doyle LW, Andersen CC, Cartwright DW, Pritchard MA, Donath SM, Davis PG. High-flow nasal cannulae in very preterm infants after extubation. *N Engl J Med* 2013; 369: 1425–33.
- 273) Lemyre B, Deguise MO, Benson P, Kirpalani H, De Paoli AG, Davis PG. Nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for preterm neonates after extubation. *Cochrane Database Syst Rev* 2023; 7: CD003212.