

●解 説●

気道管理困難例への対処

佐藤大三

キーワード：difficult airway management, airway approach algorithm, 緊急気道確保, 気管狭窄

要 約

気道管理困難かどうかは患者に人工呼吸を施行しようとするときに、常に問題となります。挿管困難症に関してはアメリカ麻酔学会の Difficult Airway Management (DAM) があります。挿管前に患者の評価をできる限りすべきです。挿管前の3分以上の酸素投与は重要です。意識下挿管か麻酔導入後挿管か選択します。DAMでは麻酔導入後、換気できる場合と換気できない場合の方法に分かれています。普段からファイバー挿管も含めて挿管関連器具の使用に慣れておくべきでしょう。また、挿管困難症は抜管後も注意が必要です。声門より末梢に気道狭窄がある場合も問題になります。補助循環を使用する可能性も含めてスタッフや家族と十分な話し合いが必要になります。

はじめに

気道確保の方法は、患者に人工呼吸を施行しようとするとき、常に問題となります。気道管理困難症は人工呼吸管理を始める患者、人工呼吸中の患者、抜管後の患者において、常に考えなければならないことです。挿管困難症に対して、アメリカ麻酔学会の「Difficult Airway Management (DAM)」¹⁾と英国 Difficult Airway Society の「予期せぬ挿管困難症例に対するガイドライン」²⁾があります。

I. 気管挿管前の酸素投与

健康成人にそれぞれ100%酸素、80%酸素、60%酸素を5分間投与しながら、鎮静薬により呼吸を止めてから動脈血酸素飽和度が90%になるまで、どのくらいの時間になるかという研究では、それぞれ約7分、5分、3.5分であったとの報告があります³⁾。肺障害患者など critical care 患者ではその時間が短くなるので、酸素

濃度を十分に上げておいた方が安全です。EBMに基づいた検討では、3分間の preoxygenation がメタ解析で有効とされます^{1, 4)}。ただ、酸素濃度を上げるに従って吸収性無気肺が増えることも考慮に入れる必要があります³⁾。マスクによる酸素投与時から PEEP を使用することにより、無気肺が少なくなり、挿管時間に多少なりとも余裕が出るという報告があります⁵⁾。ただし、循環血液量減少患者では、PEEP 使用時に低血圧を起こすことがあるので注意します。

II. 気管挿管困難症の患者評価

(社)日本麻酔科学会の「原因別偶発症例数と発生率」(2004～2008年の集計)では、高度低酸素血症の原因は、導入時気道確保操作不適切、換気不適切、術前合併症としての気道狭窄が上位を占めました。繰り返し挿管を試みると喉頭浮腫や出血などを引き起こし、気道確保をますます困難とします。Kheterpal らは全身麻酔 53,041 例で換気不能は 77 例 (0.15%) と報告しています⁶⁾。

挿管前 (意識のある場合) の評価として、以下のよ

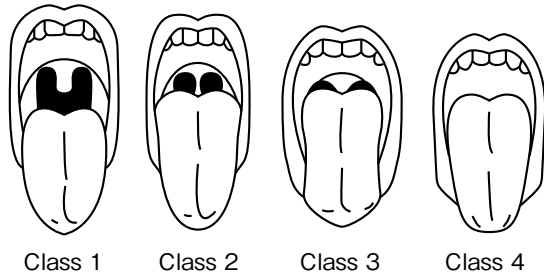


図 1 Mallampati 分類

- Class 1：口蓋弓、軟口蓋、口蓋垂が見える。
Class 2：口蓋弓、軟口蓋と一部の口蓋垂が見える。
Class 3：軟口蓋のみ見える。
Class 4：軟口蓋も見えない。



図 3 Cormack グレード

- グレード 1：声門部すべてが視認できる。
グレード 2：後部軟骨群のみが視認できる。
グレード 3：喉頭蓋のみが視認できる。
グレード 4：舌根部のみが視認できる。

うな分類やテストが用いられます。

1) Mallampati 分類 (図 1)⁷⁾

Class 1: 口蓋弓、軟口蓋、口蓋垂が見える。Class 2: 口蓋弓、軟口蓋と一部の口蓋垂が見える。Class 3: 軟口蓋のみ見える。Class 4: 軟口蓋も見えない。Mallampati score が 3 以上で喉頭展開のリスクがあります。

2) 3 の法則⁸⁾

開口の程度、舌骨から下顎までの距離、胸骨上窩から甲状軟骨までの距離がそれぞれ 3 横指以上あることを確認します。

3) Upper lip bite test (図 2)⁹⁾

下顎前歯で上口唇を噛んで上口唇が隠れるかのテスト。Class 1: 上口唇が完全に隠れる。Class 2: 上口唇が部分的に隠れる。Class 3: 上口唇を噛めない。Class 3 以上で気管挿管困難のリスクが高くなる。

4) Cormack グレード (図 3)

喉頭展開したときの喉頭の見え方により気管挿管困難を予測する方法。グレード 1: 声門部すべてが視認できる。グレード 2: 後部軟骨群のみが視認できる。グレード 3: 喉頭蓋のみが視認できる。グレード 4: 舌根部のみが視認できる。喉頭展開困難とは、グレイ

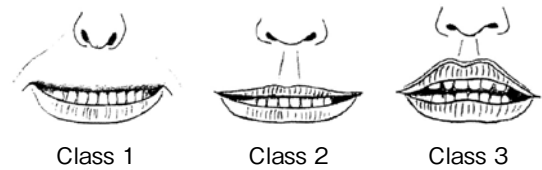


図 2 Upper lip bite test

- Class 1: 上口唇が完全に隠れる
Class 2: 上口唇が部分的に隠れる。
Class 3: 上口唇を噛めない

ド 3、4 の場合です。

なお、気管挿管前に次のことを確認しておきます。

- (1) 意識下挿管とするか、麻酔導入後挿管とするか。
- (2) 気道確保は非外科的方法か、外科的方法か。
- (3) 自発呼吸は残すか、止めてから行うか。

気道確保困難が予想される患者に対しては、自発呼吸を残し、意識下挿管とすることが原則です。

Ⅲ. 換気困難、挿管困難例への対応

1. 換気困難のリスクファクター

マスク換気困難のリスクファクターとして、1) 年齢 (55 歳以上)、2) 肥満 (BMI 30kg/m² 以上)、3) いびき (sleep apnea)、4) あごひげ、5) 歯の欠損、が挙げられます¹⁰⁾。他にマスクがフィットしない、少顎症、短頸、OSAS (obstructive sleep apnea syndrome) などがあります。

仰臥位による重力と意識レベルの低下によって舌や下顎を保持する力が弱まり、舌根沈下が起こります。さらに、舌根沈下により気道閉塞を生じます。頭部後屈あご先挙上法や、頸椎損傷が疑われる患者では下顎挙上法により気道確保が可能です。気道確保できない場合は経鼻または経口咽頭エアウェイを考慮します。バッグマスク換気もマスク保持とバッグ換気を 2 人で行う方法がより効果的です。

2. 挿管困難への対応

挿管困難例への対応として、以下の指標が用いられます。

1) Airway approach algorithm¹¹⁾ (図 4)

- (1) 気道管理が必要? : 挿管困難症かどうか十分検討する必要があります。NPPV など挿管しない方法はないか?
- (2) 喉頭鏡で挿管が難しい?
- (3) ラリンゲルマスクやコンビチューブなどの喉頭上

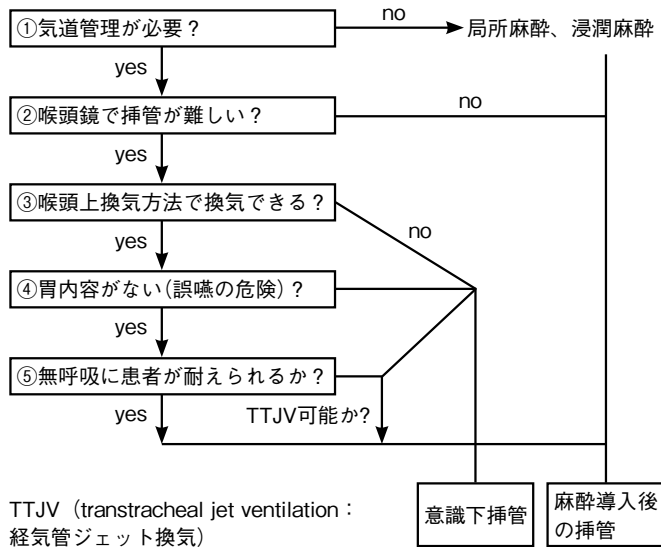


図4 Airway approach algorithm

換気器具で換気可能か？

(4) 誤嚥の危険性はあるか？

(5) 無呼吸に患者が一定の間耐えられるか？：経気道的ジェット換気（図5）は低酸素血症をすぐ改善できる可能性があります。

2) アメリカ麻酔科学会の Difficult Airway Management (DAM)¹⁾ (図6)

Primary strategy は、意識下挿管か全身麻酔をしてからの挿管かを決めることです。気道確保困難が予想される患者に対しては、自発呼吸を残し、意識下挿管を行うことが原則です。

挿管困難が予想される場合は、意識下気管支ファイバー挿管を考慮します。気管支ファイバーを口腔または鼻腔から喉頭を経て気管内に挿入し、気管チューブを挿入します。頸椎損傷が考えられる症例にも有効です。また、経口挿管ではファイバー挿管用エアウェイもあり、ファイバー挿管時の視野確保の補助になります（図7）。

喉頭展開時、声門部の視野が不良な場合には、喉頭展開時に甲状軟骨を右側、頭側、背側に圧迫します（BURP法：backward, upward, rightward pressure）（図8）¹³⁾。

BURP法によっても声門が見えず、気管挿管できない場合は、マスク換気を行います。DAMでは次のことを考慮することになっています。

(1) 助けを呼ぶ。



図5 ジェット換気

マニュアルジェットベンチレーターを酸素供給口に接続。圧力計は0.14Mpaに合わせる。気管内または気管チューブ内部に設置した細腔管に接続し、酸素を高流速で噴射させベンチュリー効果を用いて換気する¹²⁾。1～2秒間ボタンを押して酸素を送気する。胸郭の上下運動を観察して、十分な換気ができているかを観察。必要に応じて圧力計の圧を調節する（0.14～0.35Mpa）。（高頻度換気ではない）

(2) 自発呼吸を出現させる。

(3) 患者を覚醒させる。

再度、挿管を試みてもできない場合は、速やかに他の気道確保法へ切り替えます。

輪状軟骨圧迫法は甲状軟骨を圧迫する方法と同じように声門を見えやすくしますが、その他に胃の膨満を防ぎ、逆流と誤嚥の可能性を低下させますので、換気困難の時は重要です。

DAMでは挿管に失敗した場合、2つの経路を示しています。

マスク換気不可能な時：マスク換気不可能な時はラリングルマスク*¹を考慮または使用します。ラリングルマスクが不適切に挿入困難な時は、助けを呼びつつ、緊急気道確保の方法を選択します。緊急の非外科的気道確保は、硬性気管支鏡*²、コンビチューブ*³換気、経気管ジェット換気。緊急の外科的気道確保*⁴としては経皮的な気管切開術か輪状甲状間膜切開術を選択します。輪状甲状間膜穿刺では内径が狭いので、ジェット換気*⁵、高流量酸素換気*⁶、バック・バルブ換気*⁷を使用することとなります。

挿管できないがマスク換気はできる場合：異なるタイプの喉頭鏡ブレード使用*⁸、挿管用ラリングルマスク、ファイバー誘導挿管*⁹、スタイレットかチューブ交換具、光源付きスタイレット、逆行性挿管、盲目的経口または経鼻挿管があります。

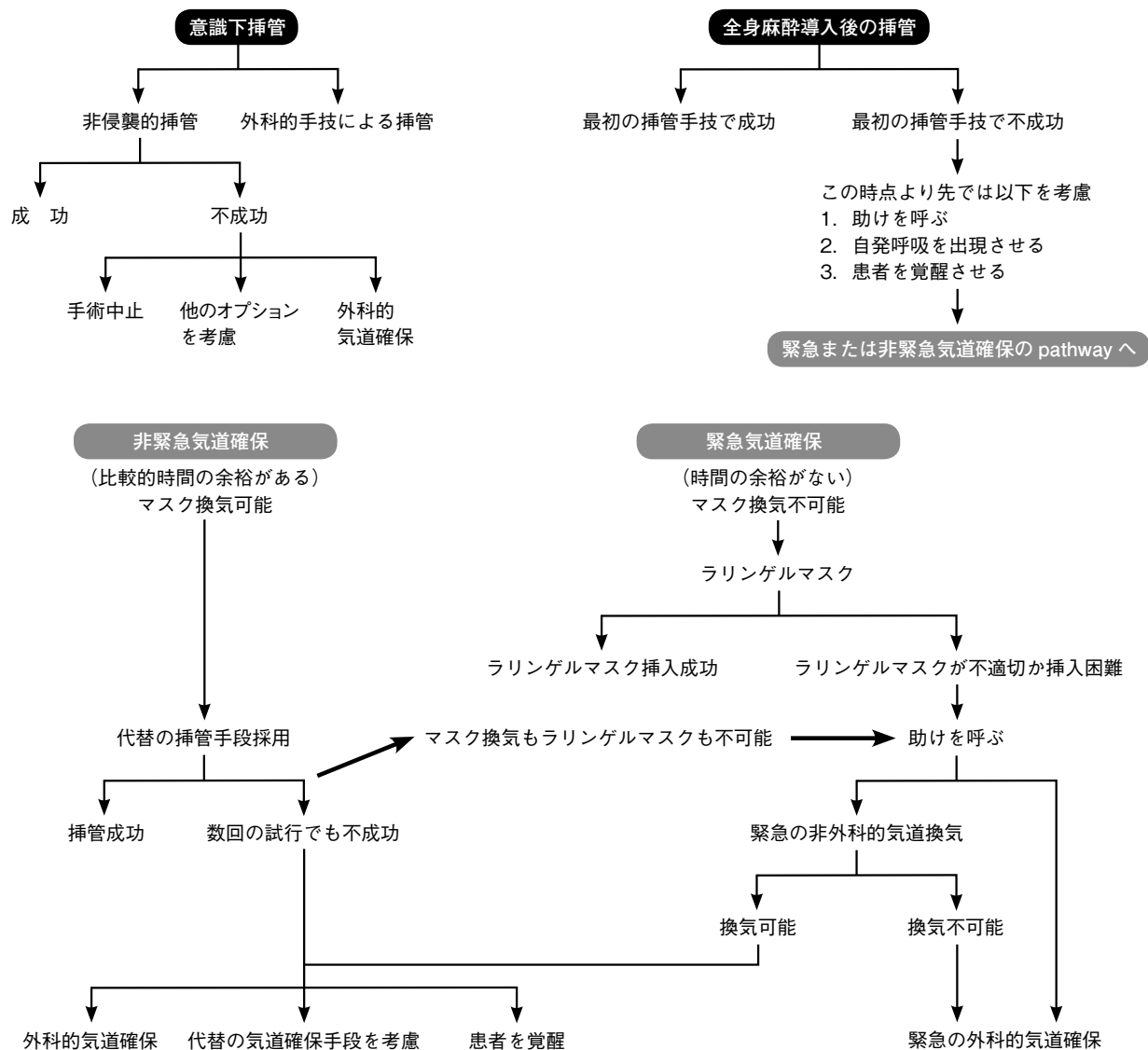


図 6 Difficult Airway Management (DAM)



図 7 ファイバー挿管用エアウェイの一つ
オバサビアンエアウェイ

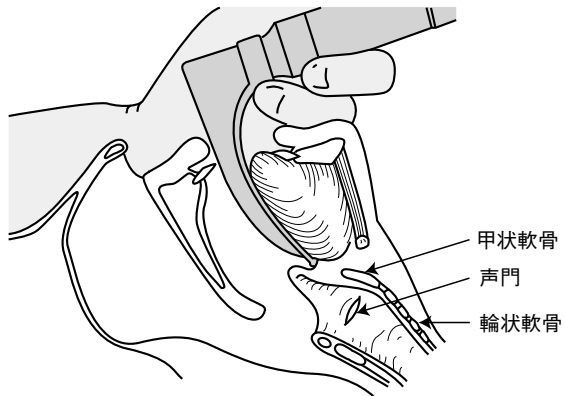


図 8 BURP 法

声門は甲状軟骨の位置に存在する。
喉頭展開時に甲状軟骨を右側、頭側、背側に圧迫して、声門を見えやすくする。



図9 内視鏡用マスク（エンドスコーピマスク）

換気しながらファイバー挿管を行う場合：内視鏡用マスク（エンドスコーピマスク、図9）で換気しながら気管挿管可能です。マスク換気により舌根が軟口蓋より持ち上がるので視野が得られます。適切な下顎上操作も大事です。

IV. 抜管時の問題点

挿管困難症患者は抜管時も問題になります。以下のよう手順で慎重に行います。

- 1) FiO₂ を 1.0 にする。
- 2) 口腔内吸引
- 3) 気管チューブのカフの空気を抜いて、カフ漏れがあるか確認する。カフ漏れがない時、浮腫によることが考えられたら、抜管を延期する。
- 4) 気管チューブにチューブエクステンジャーを挿入する。チューブエクステンジャーに酸素を投与できるコネクタがついているが外しておく。
- 5) 気管チューブを抜去する。
- 6) マスクで酸素投与。
- 7) チューブエクステンジャーを固定し、30～60 分経過観察後、問題がなければ抜去する。

換気不良で酸素飽和度が低下してきたら、チューブエクステンジャーよりジェット換気で酸素を送気します。チューブエクステンジャーをガイド下に気管チューブを気管に挿入します。もし、挿管困難なときは再び DAM のアルゴリズムに従います。

V. 声門より末梢に気道狭窄がある場合

声門より末梢に気道狭窄がある場合は、以下の点に注意する必要があります。

- (1) 自発呼吸が可能でも、調節呼吸にした場合に換気

できなくなることがある。

- (2) 気管挿管しても換気できる保証がない。
- (3) 最初は換気可能であっても換気困難、換気不能になることがある。
- (4) 上大静脈や肺動脈走行によっても気道狭窄になることがある。
- (5) 補助循環が必要になることがある¹⁴⁾。

成人の巨大縦隔腫瘍や気管支径が 50% 未満になっている場合には、麻酔導入前に局所麻酔下にて大腿動静脈にカニューレションしておくことを推奨しているものもあります¹⁵⁾。成人の気管内径の半分以下（男性 9 mm、女性 7.5mm）に狭窄してくると息苦しさが出るといわれています¹⁶⁾。やはり、多くの場合、挿管前に補助循環をスタンバイし、それに関係する医師や臨床工学技士も確保し、局所麻酔下に補助循環を開始してから行います。

補助循環には PCPS (percutaneous cardio-pulmonary support) と ECMO (extra corporeal membrane oxygenator) があります。PCPS の脱血管は右房近傍に置かれ、送血管は大腿動脈に置かれます。自己心拍出量が多い場合は脳への血液は肺からの血液が流れるので十分に酸素化されていない可能性があります。パルスオキシメータのプロベを右手に着け、動脈ラインも右手に取って動脈血の酸素化や血圧をモニタリングします¹⁴⁾。V-V ECMO は心機能に異常がないことが必要で、酸素化では PCPS より効率が悪いものの（流量を増やせば送血した血液も脱血してしまう）、酸素化した血液が肺を通して全身に同じ酸素含有量の動脈血を送ることができます。

生検のために挿管することもあります。この時も本人と家族に危険性を十分に説明してから行うべきです。組織型の決定のためにステロイドを使用しない場合（ステロイドによるアポトーシス）もあるので十分注意が必要です。

参考文献

- 1) American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway : Practice guidelines for management of the difficult airway. An update report by the American Society of Anesthesiologists. Task Force on management of the Difficult Airway. Anesthesiology. 2003 ; 98 : 1269-1277.
- 2) Henderson JJ, Popat MT, Latto IP, et al : Difficult Airway Society guidelines for management of unanticipated difficult

* 1 ラリゲルマスク

喉頭鏡を用いなくても気道確保が得られる。種類とサイズを選択する。カフを脱気する時にマスクがしわにならないようにする。マスクの背側に潤滑剤を塗る。通常は、右手の人差し指で硬口蓋に押しつけるようにして進め、咽頭まで抵抗があるまで進める。この際、マスクのめくれに注意する。そこで手を離し、カフをチューブに書いてある量まで膨らませる。ラリゲルマスクが少し押し戻されてくると、換気ができるようになる。ラリゲルマスクには、ClassicTM、FlexibleTM、FastrachTM、ProSealTM、UniqueTM、SupremeTM などいろいろな種類がある (図 10)。



図 10 ラリゲルマスクファーストトラック (ILMA)

ラリゲルマスクの機能に加え、その中を通して気管挿管が行えるように工夫されている。ILMA で換気できれば、真ん中の専用ロッドでスリップジョイントをはずした気管チューブを押し込みつつ、ILMA を抜いていく。

* 2 間接声門視認型硬性喉頭鏡 (rigid indirect laryngoscope)

Bullard 型喉頭鏡TM、エアウェイスコープTM (図 11)、エアトラックTM などがある。視界が声帯前になるので、喉頭がよく見える。Bullard 型喉頭鏡TM、エアウェイスコープTM は、先端を喉頭蓋に置いて挙上し、喉頭展開を行い、エアトラックTM は喉頭蓋谷に挿入して挙上し、喉頭展開を行う。エアウェイスコープTM は右上にターゲットマークがあるので、そこに声門を合わせる。エアトラックTM は視野の中心に声門をおき、挿管する。声門が見えていてチューブが入りにくいときには、ガムエラスチックブジーで誘導すると挿管可能なことがある。



図 11 エアウェイスコープ

* 3 コンビチューブ

このチューブは食道挿管し、咽頭カフ (約 100mL)、先端カフ (約 15mL) を膨らませる。2つのカフの間に側孔があり、換気される。また、先端が気管内にある場合も先端にも孔があるので換気が可能となる。チューブは硬いので長期留置には問題がある。

* 4 緊急の外科的気道確保

気管切開は時間がかかり、CVCI では時間の余裕がないため、解剖学的にわかりやすく、合併症が少ないことから、輪状甲状膜切開 (Cryothyroidotomy)、輪状甲状膜穿刺 (Needle cryothyroidotomy) が選択される。合併症として穿刺時の声帯 (甲状軟骨内に存在) 損傷、気管後壁の損傷がある¹⁷⁾。輪状甲状膜をメスで切開し、曲りペアン鉗子でガイドしながら

ら内径 5.5~6 mm のカフ付き気管チューブを挿入する輪状甲状膜切開もある。

輪状甲状膜 (靱帯) 穿刺は直接穿刺法とセルジンガー法がある。輪状甲状膜に穿刺し、針先が気管内に入ると空気の逆流がみられる。ガイドワイヤーを入れて、ダイレーター挿入後、カニューレを挿入するのがセルジンガー法。

* 5 ジェット換気

高圧酸素を高流量で送気する。通常 1 秒送気、3 秒停止。呼吸は上気道よりなされる。合併症として肺の圧損傷に注意する (上気道からの呼吸を確認、チューブの先端が気管支に密着しているかに注意)。

* 6 高流量酸素換気

酸素接続チューブをカニューレに接続し、酸素を 10L/分以上送気し、送気中は上気道を閉鎖し、呼吸中は送気を中止し、上気道を開放する。

* 7 バッグ・バルブ換気

穿刺カニューレに 25 mL シリンジ外筒を接続し、内径 7.5mm の気管チューブのスリップジョイントを接続し、バッグバルブに接続する。換気時に抵抗が強く、換気は不十分だが酸素を投与する一つの方法 (図 12)¹⁸⁾。



図 12 25mL シリンジ外筒に 7.5mm チューブのスリップジョイントを接続

* 8 異なるタイプの喉頭鏡ブレード使用

グライドスコープTM はブレードの中央が 60 度屈曲していて、モニターを見ながら挿管する。グライドスコープTM 専用のスタイレットの使用が勧められる。口腔の正中から挿入し、開口制限があっても通常の喉頭鏡より挿入しやすくなっている。頸椎を後曲させることが少なく¹⁹⁾、挿管困難症の患者には便利なグッズの一つ (図 13)。



図 13 グライドスコープTM : ブレードの中央が 60 度屈曲

* 9 ファイバー誘導挿管

CVCI が予想される患者では、意識下ファイバー挿管としても使用される。経鼻挿管、経口挿管でも可能。ファイバーを経口から入れる場合、ファイバー挿管用エアウェイ (オバサビアンエアウェイ、VBM ブロンコスコープバイトブロック、パーマンエアウェイ) があると便利 (図 7)。

- intubation. *Anaesthesia*. 2004 ; 59 : 675-694.
- 3) Edmark L, Kostova-Aherdan K, Enlund M, et al : Optimal oxygen concentration during induction of general anesthesia. *Anesthesiology*. 2003 ; 98 : 28-33.
 - 4) Tanoubi I, Drolet P, Donati F : Optimizing preoxygenation in adults. *Can J Anesth*. 2009 ; 56 : 449-466.
 - 5) Rusca M, Proietti S, Schnyder P, et al : Prevention of atelectasis formation during general anesthesia. *Anesth Analg*. 2003 ; 97 : 1835-1839.
 - 6) Kheterpal S, Martin L, Shanks AM, et al : Prediction and outcomes of impossible mask ventilation : a review of 50,000 anesthetics. *Anesthesiology*. 2009 ; 110 : 891-897.
 - 7) Mallampati SR, Gatt SP, Gugino LD, et al : A clinical sign to predict difficult tracheal intubation : a prospective study. *Can Anaesth Soc J*. 1985 ; 32 : 429-434.
 - 8) 救急救命士教育研究会 : 除細動・気管挿管. 救急救命士標準テキスト追補版. 東京, へるす出版, 2003.
 - 9) Khan ZH, Kashfi A, Ebrahimkhani E : A comparison of the upper lip bite test (a simple new technique) with modified mallampati classification in predicting difficulty in endotracheal intubation : a prospective blinded study. *Anesth Analg*. 2003 ; 96 : 595-599.
 - 10) 志賀俊哉 : 気管挿管困難の予測. 麻酔科学レクチャー. 2009 ; 3 : 579-584.
 - 11) Rosenblatt WH : Awake intubation made easy. In : 2010 Annual Meeting Refresher Course Lectures by American Society of Anesthesiologists. 2010, p114
 - 12) 野村岳志 : ジェット換気. 麻酔科学レクチャー. 2009 ; 3 : 735-739.
 - 13) Knill RL : Anaesthetic techniques. Difficult laryngoscopy made easy with a“BURP”. *Can J Anaesth*. 1993 ; 40 : 279-282.
 - 14) 萩平 哲 : 狭窄気道へのアプローチ. 日臨麻会誌. 2010 ; 30 : 727-734.
 - 15) Erdos G, Tzanova I : Perioperative anaesthetic management of mediastinal mass in adults. *Eur J Anaesthesiol*. 2009 ; 26 : 627-632.
 - 16) Baraka A, Muallem M, Jamhoury M, et al : Jet ventilation in a case of tracheal obstruction secondary to a retrosternal goiter. *Can J Anaesth*. 1993 ; 40 : 875-878.
 - 17) 内野哲哉 : 外科的気道確保. 麻酔科学レクチャー. 2009 ; 3 : 726-734.
 - 18) 菊池広子, 松田 潔 : 気管挿管以外の気道確保器具. 救急医学. 2009 ; 33 : 45-48.
 - 19) 松本早苗 : 非直視下挿管器具 : マッキントッシュ型以外の喉頭鏡 (トウルービュー、ブレード型、ベルスコープ、グライドスコープなど). 麻酔科学レクチャー. 2009 ; 3 : 619-625.

Management of patients with difficult airway

Daizoh SATOH

Department of Anesthesiology, Tohoku University School of Medicine

Corresponding author : Daizoh SATOH

Department of Anesthesiology, Tohoku University School of Medicine
2-1, Seiryō-cho, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8575, Japan

Key words : difficult airway, airway approach algorithm, narrowed airway

Abstract

The difficult airway presents a complex interaction between patients factors, the clinical setting, and the skills of the practitioner. Is airway management required? The pre-intubation evaluation of the patient is needed. Awake intubation or intubation attempts after induction of general anesthesia is choiced. Difficult airway management (DAM) algorithm (American society of anesthesiologists) showed pathway. Schematically, after induction of anesthesia, two concerning respiratory scenarios are distinguished : cannot intubate and cannot ventilate. Preanesthetic preoxygenation for 3 min and supplemental oxygen delivery by mask, blow-by, or nasal cannula after extubation were important. The techniques which have been recommended in the pathway. We should inform the patient (or responsible person) of the difficult airway. Intubation of the patient with narrowed airway has significant risk that complete airway occlusion could occur during induction of anesthesia, during surgery, or at time of extubation. Pre-intubated assessment is important. In the case of severe clinical symptoms, cannulation the femoral vessels before intubation under local anesthesia is considered to prepare extracorporeal circulation.