

外科的気道確保 マニュアル 第2版

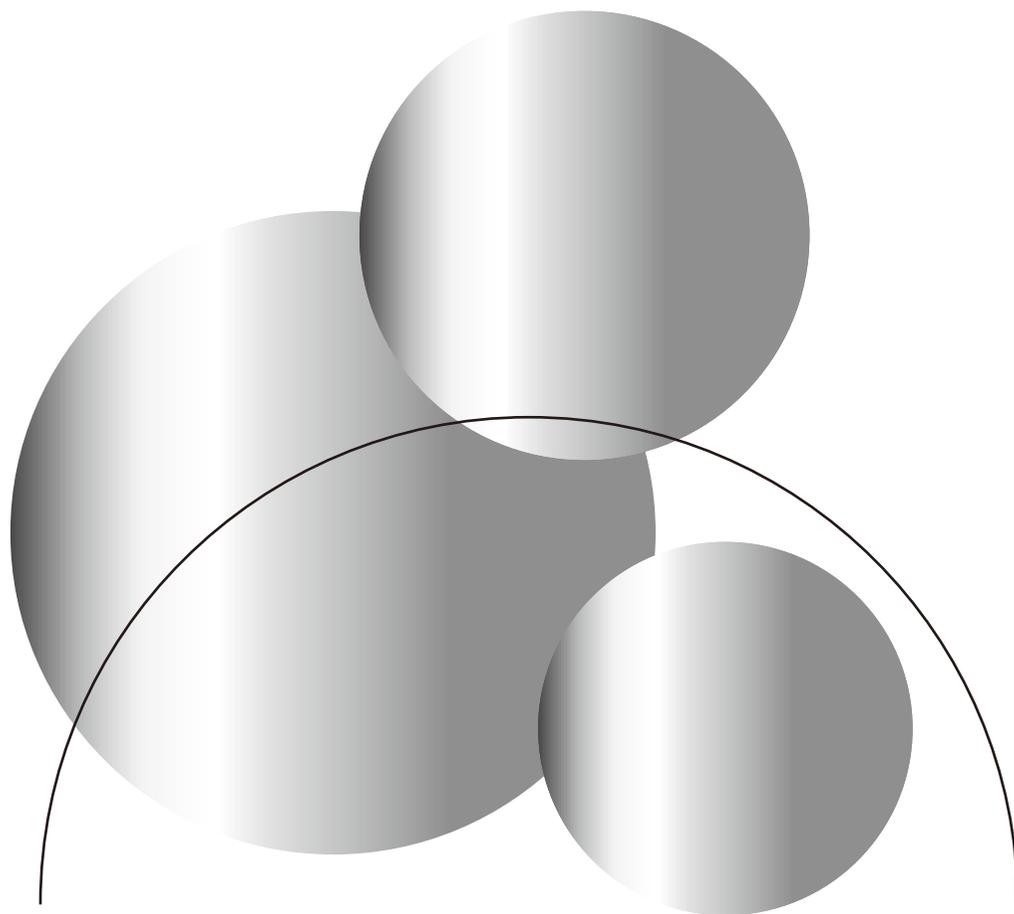


日本気管食道科学会 編

外科的気道確保 マニュアル 第2版



日本気管食道科学会 編



第2版発刊にあたって

このたび日本気管食道科学会では、外科的気道確保マニュアルの第2版を発刊します。

2009年の初版の作成では、気管食道領域で最も生命と直結し重要なテーマである「呼吸路の確保」に関して、学会員の知識と手技の整理を目的としたことが、当時の甲能直幸理事長の巻頭言に記されています。それから14年の間、初版は会員の診療ならびに生涯教育に大いに役立ちました。

今回のマニュアル改訂では、昨今の経皮的気管切開術の実施数の増加と運用時のトラブル、気管切開術後のケアの問題に、第5、6章で対応しています。また付属の項目として、医療現場でのカニューレ関連事故からの教訓と、本学会の臨床研究課題として実施された気管切開術とその術後管理に関する全国実態調査の結果が追加され、ともに教育的な内容・報告になっています。これにより、全編を通して読むと外科的気道確保とそのリスクに関する情報が網羅され、充実した内容で視認性が良く、普及しやすいPDF仕様のマニュアルが出来上がりました。作成を担当された藤本保志委員長をはじめガイドライン・マニュアル委員会の先生方に、心より感謝を申し上げます。

この外科的気道確保マニュアル第2版は、会員の方々に引き続き、一般向けに学会HPから公開される予定です。多くの治療者の方々の参考になり、外科的気道確保を受ける患者さんの安全な治療に役立てば、本学会としてこれにまさる喜びはございません。

診療科や職種の枠を超えて、このマニュアルが実践書として普及することを願っています。

2023年1月

日本気管食道科学会
理事長 香取幸夫

第2版発刊にあたって

本学会より初版の外科的気道確保マニュアルが2009年に刊行されております。本マニュアルは多科協同的、学際的な本学会の特性を生かし、各診療科の気道管理のエキスパートの知識や経験を集約したもので、臨床の場で大変役に立つものであります。刊行後約14年が経過しておりますが、現在でも内容は色褪せてはおりません。

しかしながら、アップデートや新規に追加すべき事柄が多くなって参りましたので、マニュアルの内容を更に充実化させるために、理事会の承認を経て改訂する運びになりました。改訂の目的は、さらにもうひとつあります。今まで本マニュアルは、金原出版を通じて販売されておりましたが、書籍販売という形式で会員以外への情報発信が不足していたためか、普及状況が今ひとつでありました。そこで現在のネット社会に合わせて、マニュアルをPDF化し本学会のホームページにアップロードして、無料で一般公開すれば、マニュアルを広く知っていただくことができ、本学会の存在感を高めることができると考えました。まずは段階を踏んで会員限定で公開し、次に一般公開を行う予定です。これが実現できたのは、金原出版の皆様のご理解が不可欠で、英断を下していただいたことに深く感謝いたします。

さあ、PDF化された新版の外科的気道確保マニュアルをご覧ください。大変充実した内容で、気管食道科や関連の診療科のみならず、どの診療科の先生方にもお役に立てるものと自負しております。

最後に本マニュアル改訂に際し、多大なるご尽力をいただいたガイドライン・マニュアル委員会の委員長藤本保志先生をはじめとする委員の先生方と執筆者の先生方に心から感謝申し上げます。

2023年1月

日本気管食道科学会
前理事長 塩谷彰浩

巻頭言

日本気管食道科学会診療ガイドライン委員会による外科的気道確保マニュアルの初版が発行されたのは2009年です。当時、外科的気管切開術に加えて輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術、経皮的気管切開術が普及しはじめ、それらを含めた手技の基本、周術期管理や合併症対応が整理されました。基本的な手技や解剖も含めて現在でも十分に通用するものでございます。しかし、10年余りを経て手技のみでなく気管切開チューブを含めて製品の変化や改良もみられました。また、2018年には医療事故の再発防止に向けた提言として“気管切開術後早期の気管切開チューブ逸脱・迷入に係る死亡事例の分析”が発行されたこともあり、より確実な手技、安全な周術期管理が求められています。そこで塩谷彰浩前理事長のご指示のもと2021年からマニュアルの改訂を行うこととなりました。本改訂の目的を委員会では“より確実で安全な外科的気道確保の普及”におき、気管カニューレ選択、小児の気管切開、術後管理と合併症予防、看護の立場からの周術期管理を掘り下げることとし、さらにカニューレ関連事故からの教訓、2020年度の日本気管食道科学会公認の疫学調査研究の結果についても追加しました。

また、今改訂における大きな変化は書籍販売でなく、e-Bookとして発行することです。近年は学生も若手医師からも書籍やハンドブックを手手に学習や診療に臨むことが減り、タブレット等で参照することが当たり前になってきています。これによって、関連する多くの科の医師・メディカルスタッフらにも本マニュアルが知られ、活用されることを期待しています。一方、病棟や外来の現場で直ぐに“手に取れる”利点も捨てがたいことから、e-Bookを印刷して紙媒体として使用することも可能といたしました。

本マニュアルはエビデンスに裏付けられたガイドラインの作成には至っていないことは今後の課題です。しかし、おかげさまで各領域のエキスパートが、豊富な経験に加えて、多くの裏付けとなる文献の再確認を経て、充実した内容となりました。ガイドライン・マニュアル委員会、執筆者の先生がたには多くのことをご指導いただきました。深甚なる感謝を申し上げます。

2023年1月

日本気管食道科学会 ガイドライン・マニュアル委員会
委員長 藤本保志

日本気管食道科学会 ガイドライン・マニュアル委員会

委員長

藤本 保志 愛知医科大学 耳鼻咽喉科・頭頸部外科

委員

岩永 賢司 近畿大学病院 総合医学教育研修センター

齋藤康一郎 杏林大学医学部 耳鼻咽喉科

中山 光男 埼玉医科大学総合医療センター 呼吸器外科

花井 信広 愛知県がんセンター 頭頸部外科

執筆者

岸本 誠司 亀田京橋クリニック院長

角 卓郎 角耳鼻咽喉科医院

木村百合香 東京都立荏原病院 耳鼻咽喉科

楠山 敏行 東京ボイスクリニック

田山 二郎 国立国際医療研究センター 耳鼻咽喉科・頭頸部外科

宮本 真 杏林大学医学部 耳鼻咽喉科

齋藤康一郎 杏林大学医学部 耳鼻咽喉科

二藤 隆春 埼玉医科大学総合医療センター 耳鼻咽喉科

守本 倫子 国立成育医療研究センター 耳鼻咽喉科

岩永 賢司 近畿大学病院 総合医学教育研修センター

大上 研二 東海大学医学部 耳鼻咽喉科・頭頸部外科

青山 寿昭 愛知県がんセンター 看護部

塚原 清彰 東京医科大学 耳鼻咽喉科・頭頸部外科

東野 正明 大阪医科薬科大学 耳鼻咽喉科・頭頸部外科

河田 了 大阪医科薬科大学 耳鼻咽喉科・頭頸部外科

発刊にあたって

このたび日本気管食道科学会より、外科的気道確保マニュアルが刊行される運びとなりました。診療ガイドライン委員長として長きにわたりご努力をいただいた岸本誠司理事、ご執筆をいただいた諸先生方および金原出版の方々に厚く御礼申し上げます。

3年前に、日本気管食道科学会の理事長を拝命し、また、時を同じくして専門医制度もスタート致しました。このときに、専門医制度充実のために学会内に委員会を設け、テーマを決めてガイドラインを作成することが理事会として検討されました。そして本学会で扱う分野の中で、最も生命と直結し重要なテーマである「呼吸路の確保」に関して学会員の知識、手技の整理を目的として取り組むこととなり、その方面に造詣の深い先生方に委員をお願い致しました。

2年半にわたり会議を重ね、討議が繰り返されました。その成果が1冊の冊子にまとめられました。また、この内容の一部は、2008年の第60回の区切りとなる記念の日本気管食道科学会総会学術講演会において発表していただきました。冊子としてまとめられた内容は非常に充実しており、学会員の中だけにとどめるのではなく、広く医師全体にも参考となる書物として発刊できればよいと考え、岸本先生のご努力でこのような立派な書物として出来上がりました。本学会で刊行される初めてのマニュアル書であります。ここに改めて関係各位のご努力に感謝するとともに、一人でも多くの医師に、日常の診療において有効に利用していただければと願っています。

2009年10月

日本気管食道科学会
理事長 甲能直幸

はじめに

従来、外科的気道確保の方法として、もっぱら外科的気管切開術が用いられてきた。しかし近年になり、より迅速・簡便な方法として、輪状甲状靭帯(膜)穿刺・切開術、経皮的気管切開術なども広く行われるようになってきたが、それらの手技は耳鼻咽喉科以外の診療科が行うことが多く、それに伴い新たな合併症なども生じるようになってきた。その原因の一つは、喉頭に関する解剖・生理などの知識が乏しいことにあるのではないかと思われる。

逆に、喉頭の専門家である耳鼻咽喉科医は外科的気管切開術以外の経皮的気道確保術についての知識が乏しく、合併症に対する対応も困難な場合が多いのが現状である。

これらの問題を解決するためには、経皮的気道確保を担当する各診療科が本治療法について共通認識を持つことが重要である。そこで、診療領域に上気道が含まれる耳鼻咽喉科、食道外科、呼吸器内科、呼吸器外科など複数の診療科が横断的に参加している日本気管食道科学会が、甲能直幸理事長の指示のもと各科のエキスパートを集めて、これら経皮的気道確保のガイドライン作りを行うこととなった。しかし、これらの手技は新しく、まだ確固としたエビデンスがないため、現状におけるマニュアルとしてまとめるにとどめることとした。このマニュアルを通じて、さまざまな経皮的気道確保術に関する基本的な喉頭解剖、術式の適応、手術手技、合併症の予防法などについての幅広い知識を持っていただければと願っている。

2009年10月

日本気管食道科学会診療ガイドライン委員会
委員長 岸本誠司

日本気管食道科学会 診療ガイドライン委員会

委員長

岸本 誠司 東京医科歯科大学 頭頸部外科

執筆者

大友 康裕 東京医科歯科大学 救急災害医学・救命救急センター

楠山 敏行 国際医療福祉大学 東京ボイスセンター

齋藤康一郎 慶應義塾大学医学部 耳鼻咽喉科

角 卓郎 青梅市立総合病院 耳鼻咽喉科

田山 二郎 国立国際医療センター戸山病院 耳鼻咽喉科・気管食道科

橋本 省 国立病院機構仙台医療センター 耳鼻咽喉科

編集協力者

赤柴 恒人 日本大学医学部 睡眠学・呼吸器内科

内田 修 東京医科大学 呼吸器外科

梶山 美明 順天堂大学医学部 上部消化管外科学

目次

I. 外科的気道確保とは	1
1. 気道確保の方法	1
2. 気道緊急	1
3. 外科的気道確保の種類	2
4. カニューレの種類	4
II. 頸部の解剖と生理	9
1. はじめに	9
2. 頸部の解剖	9
3. 喉頭の構造と機能	12
4. 合併症・障害を防止するための喉頭の臨床解剖	17
III. 輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術	21
A. 輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術の手技の実際	21
1. はじめに	21
2. 適 応	21
3. 輪状甲状靱帯(膜)穿刺術	22
4. 輪状甲状靱帯(膜)切開術	23
B. キットを用いる経皮的輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術	27
1. 適応と禁忌	27
2. 種 類	27
3. 手 技	31
C. 輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術に伴う合併症	34
1. はじめに	34
2. 合併症各論	34
3. 対 策	38
IV. 外科的気管切開術	39
1. はじめに	39
2. 適 応	39
3. 外科的気管切開術	40
4. 輪状軟骨切開(開窓)術	44

5. 幼小児の気管切開術	47
V. 経皮的気管切開術	51
1. はじめに	51
2. 適応と禁忌	51
3. 手 技	52
4. PDT vs ST	55
5. 経皮的気管切開術の位置付け	56
VI. 気管切開術後のケア	59
1. 気管切開による呼吸状態の変化とその対応	59
2. 術後管理	61
3. 早期合併症	63
4. 遅発性合併症	63
5. 病棟管理上の注意点(看護の立場から)	64
付 1 . 気管カニューレ関連の事故からの教訓	69
1. はじめに	69
2. 気管カニューレの逸脱・迷入	69
3. カニューレの閉塞	70
4. 気管切開下陽圧換気での管理トラブル	70
5. 気管腕頭動脈瘻	71
6. おわりに	71
付 2 . 気管切開術とその術後管理に関する全国実態調査 (2020 年臨床研究課題)	73
1. はじめに	73
2. 対 象	73
3. 結 果	74
4. ま と め	80
文 献	81
索 引	85

用語について

本マニュアルでは日本気管食道科学会用語委員会(2023年1月現在, 改訂作業が開始されている)とも連携して用語の統一を図った。外科的気道確保に関連した文書は多く, 複数の表現が混在しているため, 添付文書にあるものを原則として優先することとし, 公的提言文書等にある表現も許容した。

例えば, 気管チューブ, 気管カニューレ, 気管切開チューブについては以下のとおりの基準とした。気管チューブは経口(経鼻)での気管挿管用のチューブを意味し, 気管切開チューブと気管カニューレは同義とした。

また, 発声機能付き気管切開チューブに関連してはスピーチバルブの解説においても一方弁と一方通行弁の双方が見られるが, 初出部において一方弁(一方通行弁)と記載した。

1) 気道確保の方法

気道確保の方法として、気管挿管と外科的気道確保がある。

気管挿管は、口または鼻から経喉頭的に気管内に換気チューブを挿入留置するもので、最も広く普及している気道確保の方法である。迅速・簡便に気道を確保することが可能で、緊急気道確保や全身麻酔時などの気道確保の第一選択となっている。ただし、長期間の留置は上気道損傷や呼吸器感染の原因となり患者のアクティビティの低下につながるため、短期間の留置目的に行われる。また上気道の狭窄が生じた場合、気管挿管が不可能となることがある。

外科的気道確保は、気管挿管が不可能な場合の緊急気道確保と、長期気道管理、喀痰吸引さらに上気道手術時の一時的気道確保などに際して行われる待機的気道確保がある(図 I-1)。

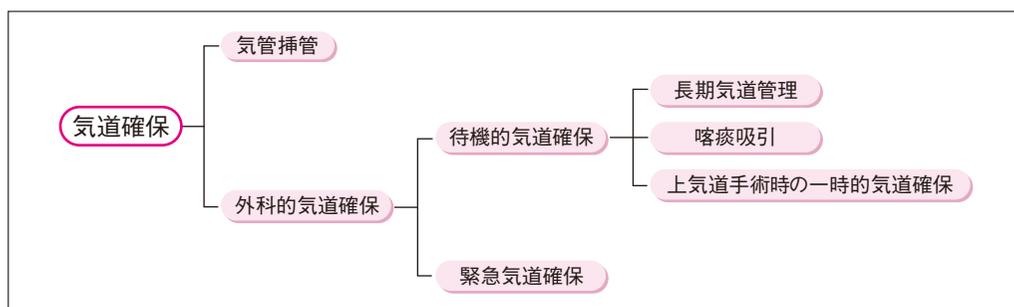


図 I-1 気道確保の方法

2) 気道緊急

気道緊急とは気道確保の適応があり、無反応・無呼吸・瀕死の呼吸状態をいうが、気道緊急でかつ気管挿管が不可能の状態(挿管困難)、すなわち挿管できない・換気できない状態(can't intubate/ can't ventilate)が緊急時の外科的気道確保の適応となる(図 I-2)¹⁾。ここでいう挿管困難とは、2回挿管を試みても不可能である場合を指す。

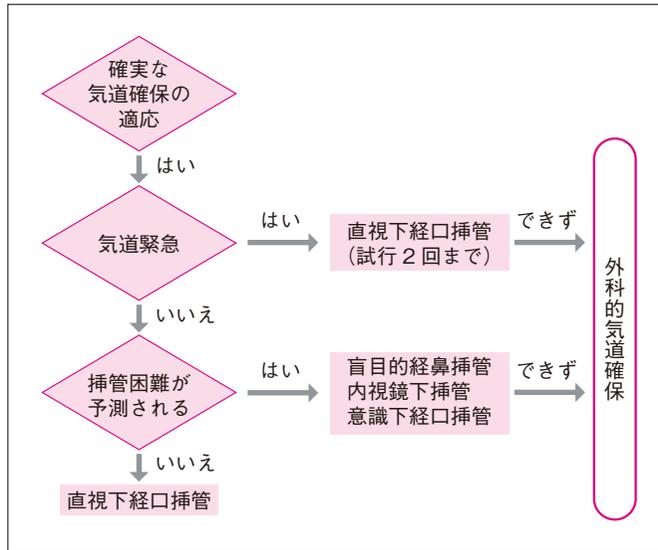


図 I-2 気道確保のアルゴリズム(文献1)より引用改変)

3) 外科的気道確保の種類

外科的気道確保にはアプローチ部位によって、輪状甲状靭帯(膜)経由のアプローチと、気管経由のアプローチがある(図 I-3 a, b)。

また手技によって、穿刺法(直接法)または経皮的アプローチ法(Seldinger法を含む)と、外科的切開法がある(表 I-1)。

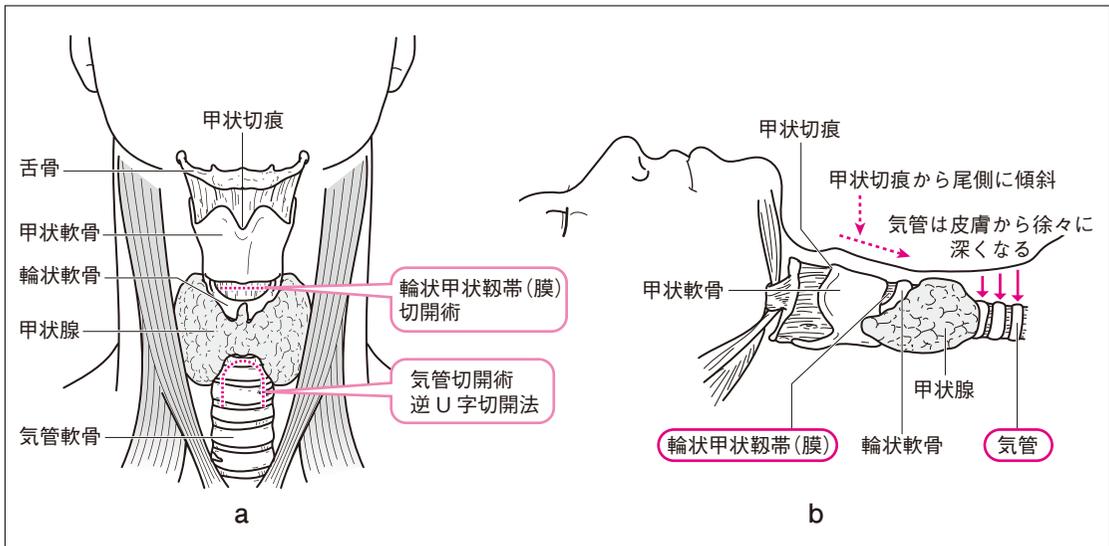


図 I-3 外科的気道確保の種類(文献1)より引用改変)

- a : 頸部正面図
- b : 頸部側面図

表 I-1 外科的気道確保法の種類

アプローチ部位	穿刺法(経皮的アプローチ法)	外科的切開法
輪状甲状靱帯(膜)	輪状甲状靱帯(膜)穿刺術	輪状甲状靱帯(膜)切開術
気管	経皮的気管切開術	外科的気管切開術

輪状甲状靱帯(膜)経由のアプローチは、手技は簡便であるが、輪状甲状靱帯(膜)の面積が小さいため、確保できる気道径に限界がある。また輪状・甲状軟骨損傷や喉頭損傷による遅発性合併症の可能性があるため、長期間の気道確保には気管切開術が推奨される。

経皮的気管切開術は気管挿管されている状況で行う術式で、気管切開に切り替える際に用いられるので、気道緊急時には適応がない。

各種の外科的気道確保アプローチの特徴と選択のアルゴリズムを図 I-4 に示す。

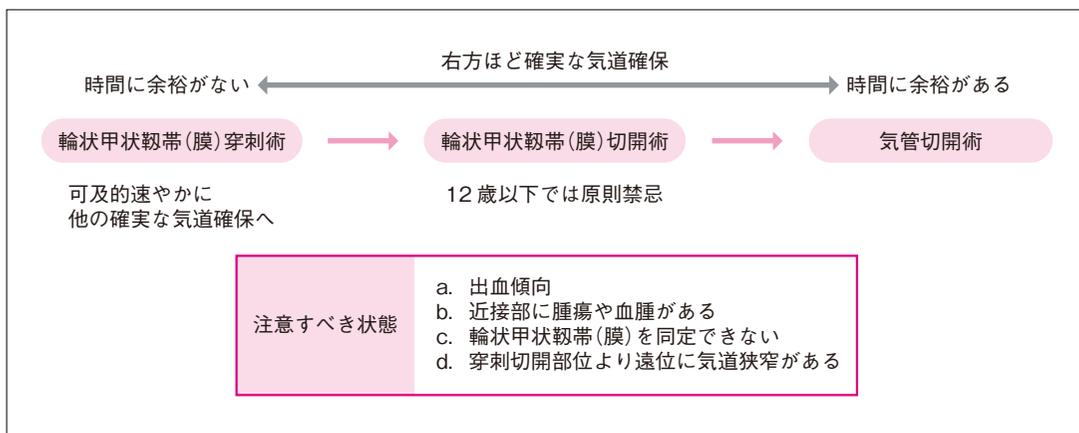


図 I-4 外科的気道確保法の選択

輪状甲状靱帯(膜)穿刺術は最も簡便であるが、確保できる気道径が最も細いため特殊な換気法を用いる必要があり、他のより確実な気道確保を引き続き行わなければならない。

また、輪状甲状靱帯(膜)経由のキットが市販されており、主に喀痰吸引に用いられている。キット製品は各種あるが、穿刺法と切開法の間中間的な特徴がある。製品により緊急気道確保により適するもの、喀痰吸引により適するものがある。

(岸本誠司・角 卓郎)

4) カニユーレの種類

気管カニユーレの種類は、気管切開の目的と患者の状態により選択する。

1 カニユーレの構造(図 I-5)

カニユーレの構造の中心をなすのは、呼吸路としてのパイプと、固定と脱落防止を目的としたフレームである。さらに使用の目的により「カフ」「内筒」「上部吸引ライン」「側孔」「発声用バルブ」がある(図 I-6)。



図 I-5 カニユーレの構造

- ① **パイプ**：呼吸路を形成する。内径(ID)で表示される場合と、外径(OD)で表示される場合があり注意を要する。また、同じ径・種類のカニユーレであっても、パイプの長さや弯曲が大きく異なることがあり、気管切開孔の性状と気管の太さ、気管切開孔の高さや深さ、腕頭動脈との位置関係を勘案して個々の患者に適したものを選択する必要がある。
- ② **フレーム**：綿テープや固定バンドで頸部に固定する。皮膚との接触による潰瘍形成に留意する。
- ③ **カフ**：カニユーレ先端にあるバルーンで、パイロットバルーンより空気を注入する。頭側では誤嚥物や分泌物のたれ込みを、尾側からは人工呼吸による陽圧換気のエアリークを防止する役割がある。
- ④ **内筒**：取り外して交換や洗浄することで、長期にわたるカニユーレ管理を可能にする。
- ⑤ **上部吸引ライン**：カフ上に溜まった唾液など上気道の分泌物を吸引除去する。
- ⑥ **側孔**：発声を可能とするためにスピーチバルブパイプの上方に呼気を導出する。下気管切

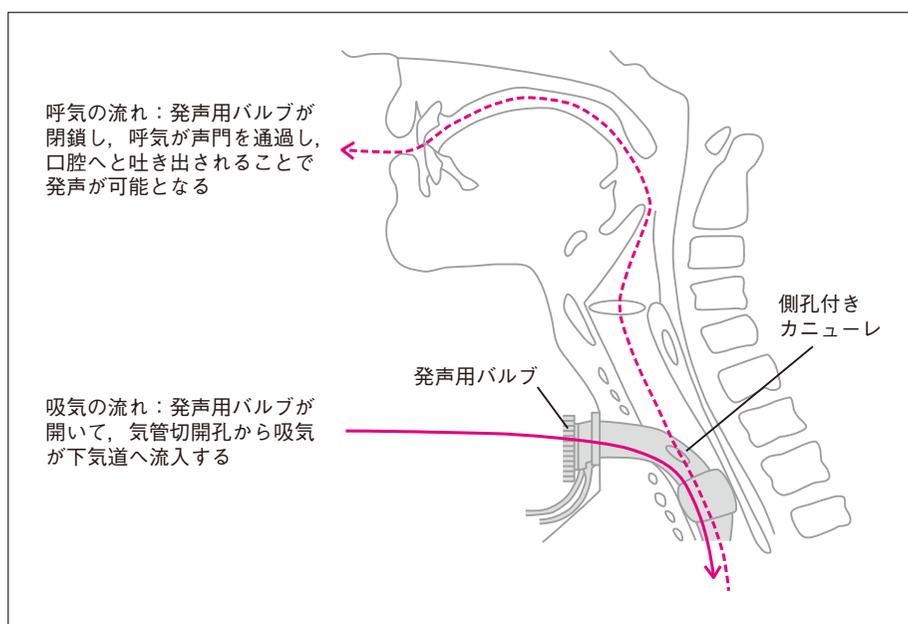


図 I-6 発声用バルブと側孔の役割

開でアプローチしている症例や肥満症例など、皮膚から気管前壁までの距離が長い場合や気管内肉芽が生じている場合は、側孔の狭窄や閉塞により呼吸困難を生じることがあるので、留意する。

7 発声用バルブ：パイプの出口に装着可能な一方弁(一方通行弁)を有する装置で、吸気時にはカニューレ内腔が陰圧となるため一方弁が開放され、バルブ部分より外気が体内に取り込まれる。一方、呼気時にはカニューレ内圧が陽圧となり一方弁が閉鎖し、呼気は声帯を経由して導出されるため、発声が可能となる。また、一方弁の使用は嚥下機能を改善し誤嚥を減少させる²⁾。

8 スタイレット：カニューレの形状を維持し、挿入を容易にする。スタイレットの抜き忘れによる窒息事故が報告されている。スタイレットはカニューレ挿入後、直ちに抜去する。

2 カニューレの種類

1 カフ付きカニューレ：人工呼吸管理を要する場合や、気管切開術直後の血液の気管内への流入防止、誤嚥が著しく誤嚥防止を要する場合に選択する。カフは誤嚥を完全にせき止めることはできないことに留意し、誤嚥の程度により適宜上方吸引ラインより吸引を行う。また、カフ圧があがると嚥下反射は減弱し³⁾、また上部吸引機能やパイロットバルーンの存在が嚥下機能に悪影響を与えうる。

- **一重管**：気管切開術直後や人工呼吸管理に頻用されるタイプである。単管であるため、外径と内径の差が小さく、内腔を広く保つ利点がある。一重管の特殊なタイプとしては可変式カニューレがある。シリコンなどの可塑性素材をらせん構造により内腔を支持し、圧迫やキンキングによるつぶれを防止することができる。肥満や気管の偏位など、既存のカ

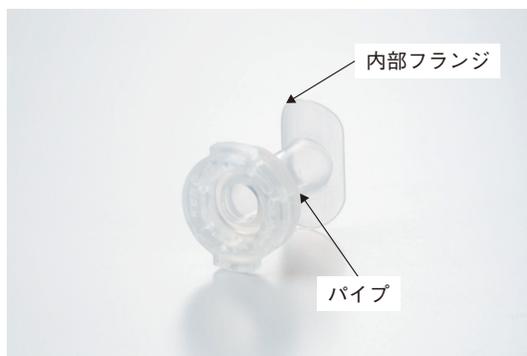
ニューレでは形状がフィットしない場合に良い適応となるが、保険償還価より高額であるというデメリットがある。

- 二重管側孔なし：分泌物が多い場合に内筒を洗浄したり、交換することができる。一方で、内筒を有することで、外径に比し内径が細く分泌物により閉塞しやすいことに留意する。
- 二重管側孔あり：内筒を抜去し発声用バルブを装着することにより側孔から上気道に呼吸を導出し、発声ができる。気管切開からの離脱を目指しながらも、誤嚥のリスクがある症例や、夜間などに人工呼吸を要する場合に使用する。

② カフなしカニューレ：誤嚥がほとんどなく、呼吸が自立していることが使用の必須条件である。シンプルな構造であるため、管理が容易で事故抜去が生じた場合も合併症のリスクを抑えることができる。定期的な気管内吸引を要する場合や、上気道狭窄に対する気道確保、気管切開からの離脱の前段階として気管切開孔の保持を目的として使用する。

- 一重管：側孔と発声バルブを有するタイプは気管切開からの離脱に向け、発声や呼吸訓練、嚥下訓練に有用である。
- 二重管：分泌物が多く、内筒の洗浄や交換を要する場合に使用する。

③ 保持用カニューレ(商品名レティナ[®]など、図I-7)：パイプ部を内外のフランジで皮膚と気管前壁で挟み込むように固定する形状のカニューレ。呼吸が自立しており、誤嚥がないかごく軽度で、痰の吸引や気管内の観察など気管孔を保持しておきたい場合、あるいは、気管切開孔閉鎖に向けての呼吸訓練や排痰訓練を行う場合に適応となる。パイプ部分の長さが短すぎると抜けやすい、潰瘍形成などのトラブルが生じ、長すぎると肉芽形成や呼吸困難の原因となるため、適正なサイズを選定する必要がある。



図I-7 保持用カニューレ(レティナ[®]など)の構造

④ 小児用カニューレ：気管が細いため、内腔をより広く確保するために人工呼吸管理を行う場合も、カフなしを使用することが多い。気管が短く、細い、また側弯などの解剖学的異常を有することが多いため、肉芽による閉塞や出血のリスクが高いことから、ファイバースコープによる観察やCTにより周囲組織との位置関係を把握し、適切なカニューレの選択を行うことで合併症を回避する。

3 カニューレの選択方法(図 I-8)

カニューレ選択の参考フローを図 I-8 に示す。一般的には、誤嚥の有無でカフや上部吸引機能を、内腔汚染の有無で一重管・二重管を、発声機能の有無で側孔・発声用バルブの使用を選択する。

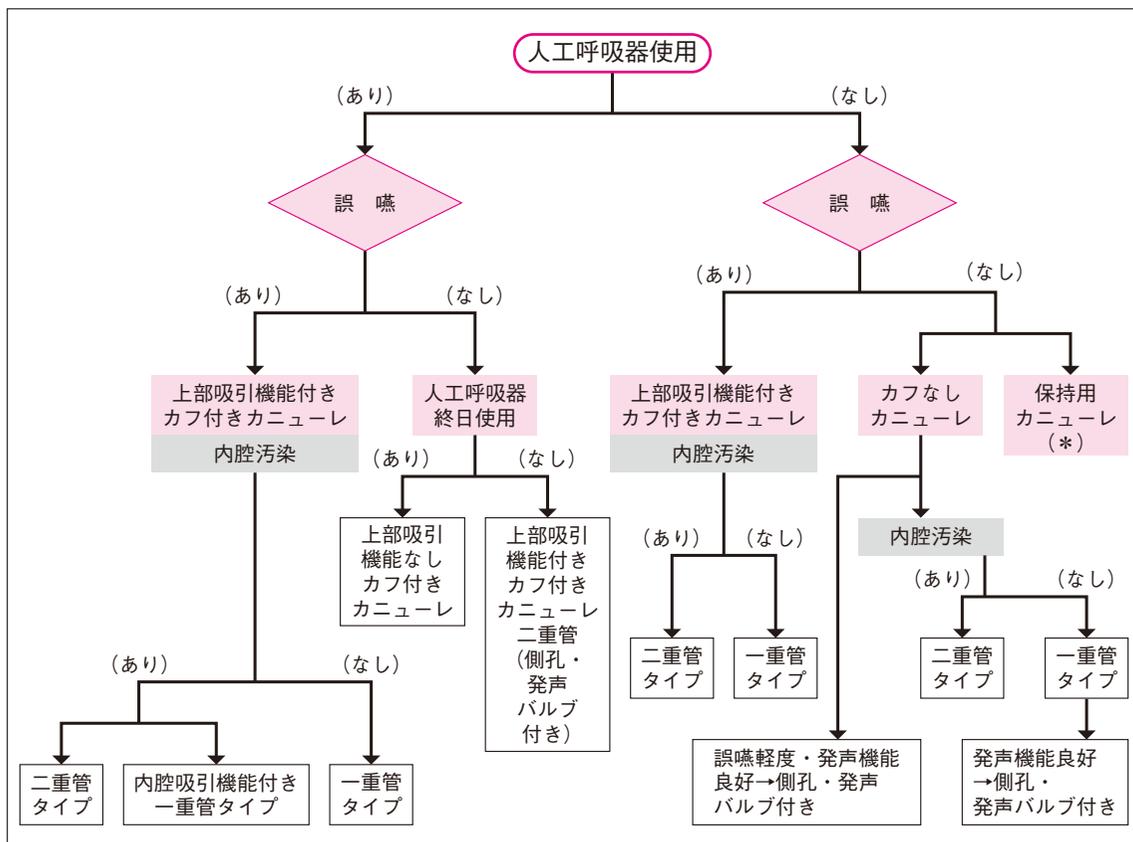


図 I-8 気管カニューレ選択の流れ

*気管切開孔の維持を目的とする場合に適応(レティナ® など)

4 カニューレ選択の観点からの合併症回避

本邦においては多数の会社から保険適用となる気管カニューレが発売されており、各施設によって採用される気管カニューレの種類も様々である。カニューレサイズとして内径を表示している製品が多いが、内径が同じカニューレであっても、外径、パイプの全長や直線部分の長さ、上部吸引機能の位置、静止カフ外径が異なる。気管切開管理で最も留意すべき気管腕頭動脈瘻が危惧される症例に対しては、前壁への刺激を防ぐために曲率半径の大きいものを選択する。肥満症例や下気管切開症例などの皮膚から気管前壁までの距離が長い場合には、気管までの深さが十分に確保できるタイプや、可変式カニューレを使用する。人工呼吸器による換気の際しエアリークの制御を要する症例においては、カフ圧で調整するのではなく、気管や食道の血流障害による気管食道瘻などの合併症を回避するために静止カフ外径の大きなカニューレが適応となる⁴⁾。

(木村百合香)

1) はじめに

外科的気道確保は、気管もしくは喉頭に直接的に手術侵襲を加える手技であるため、あらかじめ頸部、特に喉頭・気管の解剖・生理には精通しておくことが必須となる。そこで、本章では外科的気道確保に関連すると考えられる頸部の構造(解剖)・生理を取り上げ簡単に解説する^{1)~4)}。なお、本章では外科的気道確保の手技を行う際に直接関係する解剖学的構造物を赤字で示し、さらに本手技に関連する記述に赤下線を付けた。

2) 頸部の解剖

1 頸部気道(喉頭・気管)の特徴

頸部気道を構成する喉頭や気管は、体幹や頸椎に固定した器官ではない。舌骨を介して、下顎骨や頭蓋骨より筋肉でつり下げられており、頭部の回旋や、呼吸・咀嚼嚥下動作にて可動することを念頭に置くべきである。

外科的気道確保術を施行するうえでは、頸部の視診・触診により頸部気道の位置関係を把握することが重要になるが、喉頭、特に甲状軟骨がつくる喉頭隆起(いわゆる、のど仏)はその際の重要な指標とされる。しかし、成人男性では喉頭隆起は発達しているが、女性や小児においては喉頭隆起は未発達であるため、わかりにくい場合もある。また、甲状軟骨より輪状軟骨をよく触知し得る場合には、甲状軟骨と誤認されるおそれがある。さらに肥満傾向の症例においては喉頭や気管を皮膚から同定しにくくなる。

頸部における喉頭の高さは個人差が大きく、年齢によっても変化する。すなわち、小児において喉頭は比較的高位にあり、高齢者においては下方に位置する(図 I-3a : 2 頁参照)。

頸部において喉頭は気道の中では最も表面に位置する器官であるが、最も狭い部分(声門)でもあるため、外科的気道確保術は通常これより下方で行われる。しかし、喉頭より下方において気管は次第に体表から離れて走行するため、下方に行くほど気道への到達が困難になる(図 I-3b : 2 頁参照)。また、喉頭は気道としての役割のみならず、発声や嚥下において重要な器官である。

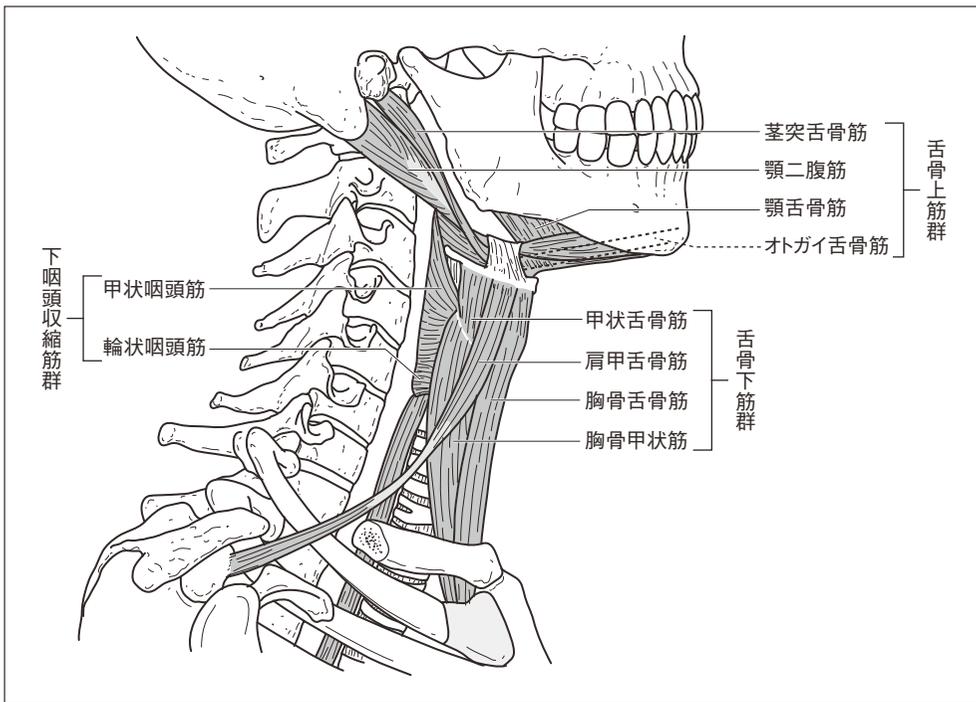
甲状軟骨をはじめ、舌骨、気管軟骨は馬蹄形をしているが、頸部気道の中で輪状軟骨のみがリング状に全周性に軟骨が存在している部分である。呼吸困難時に気管内腔が陰圧になり、気

管後壁が前方へ突出する際にでも、声門直下の輪状軟骨部は内腔を確保することができる。表面から近く、血管や臓器が少なく、また内腔が確実なことが、緊急時に輪状甲狀靱帯(膜)が気道確保ルートとして選択される理由であろう。ただし、輪状軟骨は喉頭の枠組みの土台であり、また気管との接合部として重要であることも認識されなければならない。

2 周囲臓器

1 頸部の筋肉(図Ⅱ-1)

胸鎖乳突筋、外喉頭筋群、舌骨上筋群、舌骨下筋群、下咽頭収縮筋群等がある。舌骨上筋群は喉頭を前上方に挙上し、舌骨下筋群と同時にはたらくと口を開く。舌骨下筋群は主に喉頭を下げる下制筋(甲狀舌骨筋は挙上筋、下制筋の両方)としてはたらく。下咽頭収縮筋群は甲狀咽頭筋と輪状咽頭筋の総称であり、前者は食塊の駆動筋として、後者は食道入口部括約筋として、および発声時の後方からの喉頭固定として機能する。なお、喉頭外の構造に一つの付着点を有し、喉頭の支持や上下運動を行う筋を外喉頭筋群という。



図Ⅱ-1 頸部の筋肉

2 頸部の血管

動脈は喉頭気管の左右に存在するため、手術操作が左右および下方に及ばなければ、問題になることはあまり多くはない。外頸動脈から分岐した上甲狀腺動脈、甲狀頸動脈から分岐した下甲狀腺動脈が喉頭および甲狀腺へ分布する。上甲狀腺動脈から分岐した上喉頭動脈と輪状甲狀枝のうち、輪状甲狀枝が輪状甲狀膜を貫き喉頭に入る(図Ⅱ-2)。

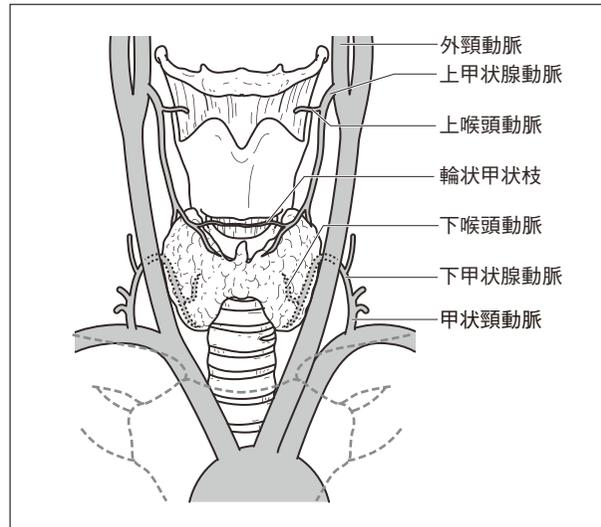


図 II-2 頸部の動脈

静脈は正中および周辺に走行しており，術中止血操作をするうえで注意が必要である。特に前頸静脈，輪状甲状静脈，下甲状腺静脈群は手術操作で問題となる。また，外側・下方に操作が及べば，大血管へ侵襲のおそれもある。

③ 喉頭の神経(図 II-3)

迷走神経より分岐する上喉頭神経と反回神経が内喉頭筋群を支配するが，外科的手技上で損傷されることは多くはない。

上喉頭神経は，迷走神経が頸静脈孔を通り頭蓋を去り節状神経節の直下に達した位置で分岐する。内外2枝に分かれ，内枝は知覚を司り，甲状舌骨膜を貫き声門上部の粘膜に分布する。外枝は前筋に達し，その運動を司る。

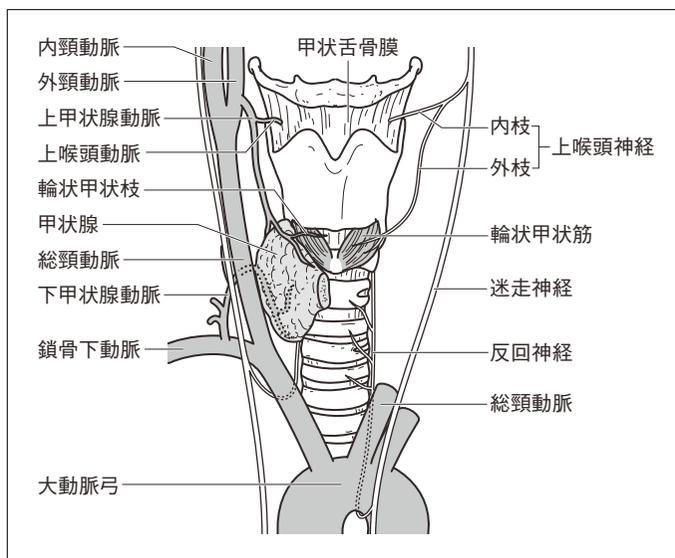


図 II-3 喉頭の神経

反回神経は縦隔内で左側は大動脈弓，右側は鎖骨下動脈のレベルで迷走神経から分岐する。反回神経はそれぞれの動脈の前から後ろに反回し，気管食道溝を上行して輪状甲状関節の直後方から喉頭に入る。知覚線維は声門下の粘膜に分布し，また上喉頭神経内枝とガレンの吻合をなす。運動線維は前筋を除くすべての内喉頭筋群に分布する。すなわち，後筋，横筋，側筋の順に枝を出し，最終枝が内筋に達する。

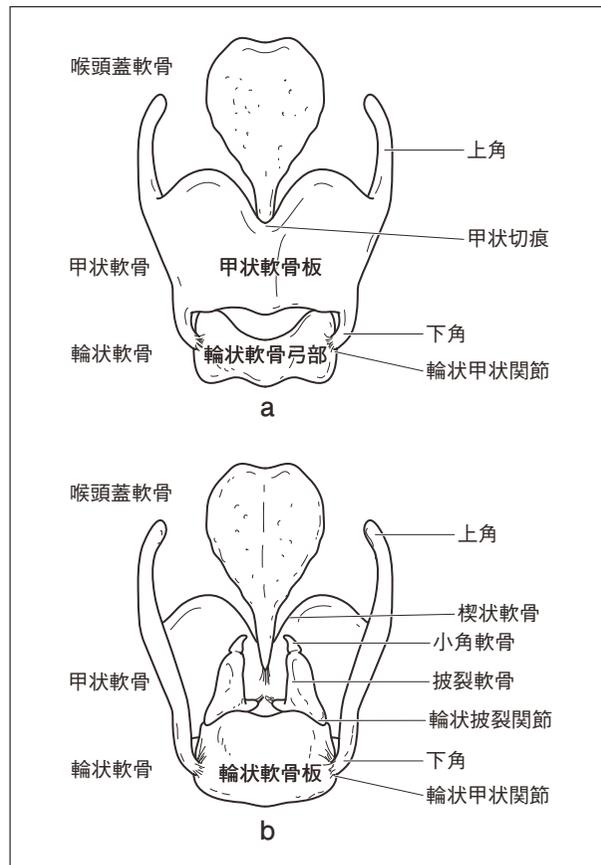
4 甲状腺

喉頭の下方で気管前壁に存在する。血流のよい臓器であり，周囲には静脈系が分布する。甲状腺の処理をいかに行うかは外科的気道確保を行ううえで重要な問題となる。

3 喉頭の構造と機能

1 喉頭軟骨群(図II-4)

喉頭の枠組みは喉頭軟骨群によりつくられ，それぞれの軟骨は靭帯と膜様構造により支持されている。喉頭には6種類の軟骨がある。一つの輪状軟骨，甲状軟骨，喉頭蓋軟骨と，左右一



図II-4 喉頭の軟骨群

a: 前面
b: 後面

対の披裂軟骨、小角軟骨、楔状軟骨であるが、本項では輪状甲状靭帯(膜)穿刺・切開術に係る輪状軟骨、甲状軟骨について解説する。これら二つの軟骨は硝子軟骨であり、20~30歳に至ると骨化するが、思春期以前の若年者では軟骨の性状のままである。

① 輪状軟骨

喉頭下端にあり、喉頭腔全周を囲む。下方は輪状気管靭帯を介し第1気管軟骨に連なる。指環状で前方から後上方に向かって高くなる。前方部分を輪状軟骨弓部、後方部分を輪状軟骨板という。

② 甲状軟骨

喉頭の軟骨群の中で最も大きい。左右の甲状軟骨板が前方正中で癒合し、喉頭前壁の大部分を形成する。両板のなす角を甲状軟骨角といい、成人男性では鋭的に突出し喉頭隆起として知られる。この癒合は上部において不完全でありV字型の深い甲状切痕として触れる。甲状軟骨板の後縁は上下に突起を出し、それぞれ上角、下角という。上角は長く上後内側に向かい、舌骨大角に靭帯で付着する。下角は下前方に向かい輪状甲状関節で輪状軟骨と連結している。

2 喉頭の関節

声帯の調節はすべて輪状披裂関節、輪状甲状関節の二対の関節により行われているが、外科的気道確保で注意しなければならないのは後者である。

① 輪状披裂関節

輪状軟骨関節面は輪状軟骨板上縁の両外側に位置し楕円形で凸面状となっている。披裂軟骨の関節面は筋突起下面にあり、小さな環状で凹面状である。主な運動は輪状軟骨関節面の長軸に対する回転運動であり、披裂軟骨の外転により声帯突起は上外側に、内転により内下方に回旋する。もう一つの運動は長軸方向での滑走運動である。

② 輪状甲状関節

両側輪状甲状関節を通過する直線を回転軸とする回転が基本的な運動である。前方で甲状軟骨と輪状軟骨弓の間の距離を減少させ、声帯緊張を高めることになる。

3 靭帯と膜様構造

喉頭軟骨群を連結し、枠組みの支持と運動の調整に役立っているのが靭帯および膜様構造である(図II-5)。このうち、輪状甲状靭帯(膜)穿刺・切開術に関与する靭帯、膜様構造について解説する。

a) 弾性円錐

声門下腔が漏斗状もしくは円錐形であることが弾性円錐の語源となっている。輪状軟骨内側下縁から始まり、声門下腔の全域を包む弾性に富む膜様構造で、その上縁は声帯遊離縁粘膜のレベルに及ぶ。下縁は輪状気管靭帯に移行している。

① 声帯靭帯

弾性円錐の肥厚した両側上端を声帯靭帯と呼び、声帯粘膜波動を支持している。

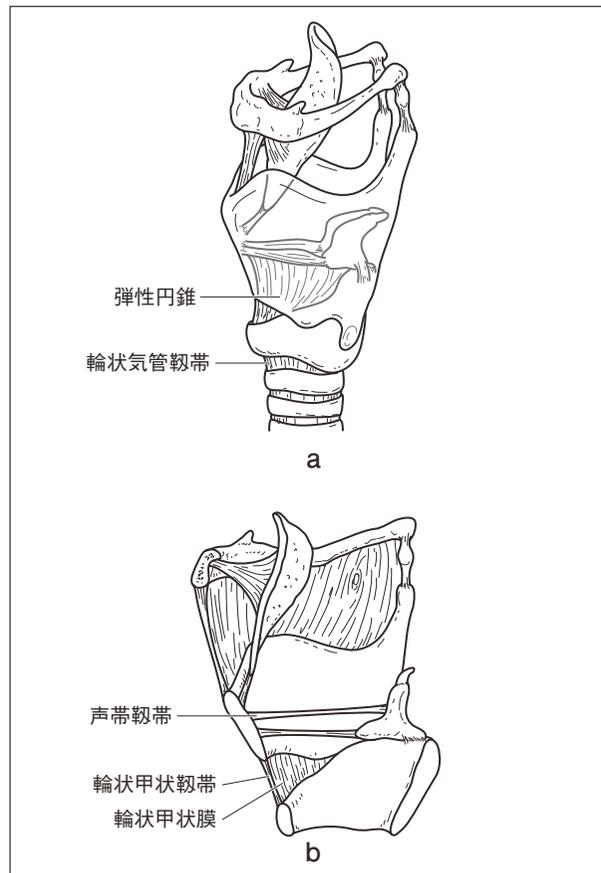


図 II-5 喉頭の軟骨と靱帯

a : 外側

b : 内側

② 輪状甲狀靱帯

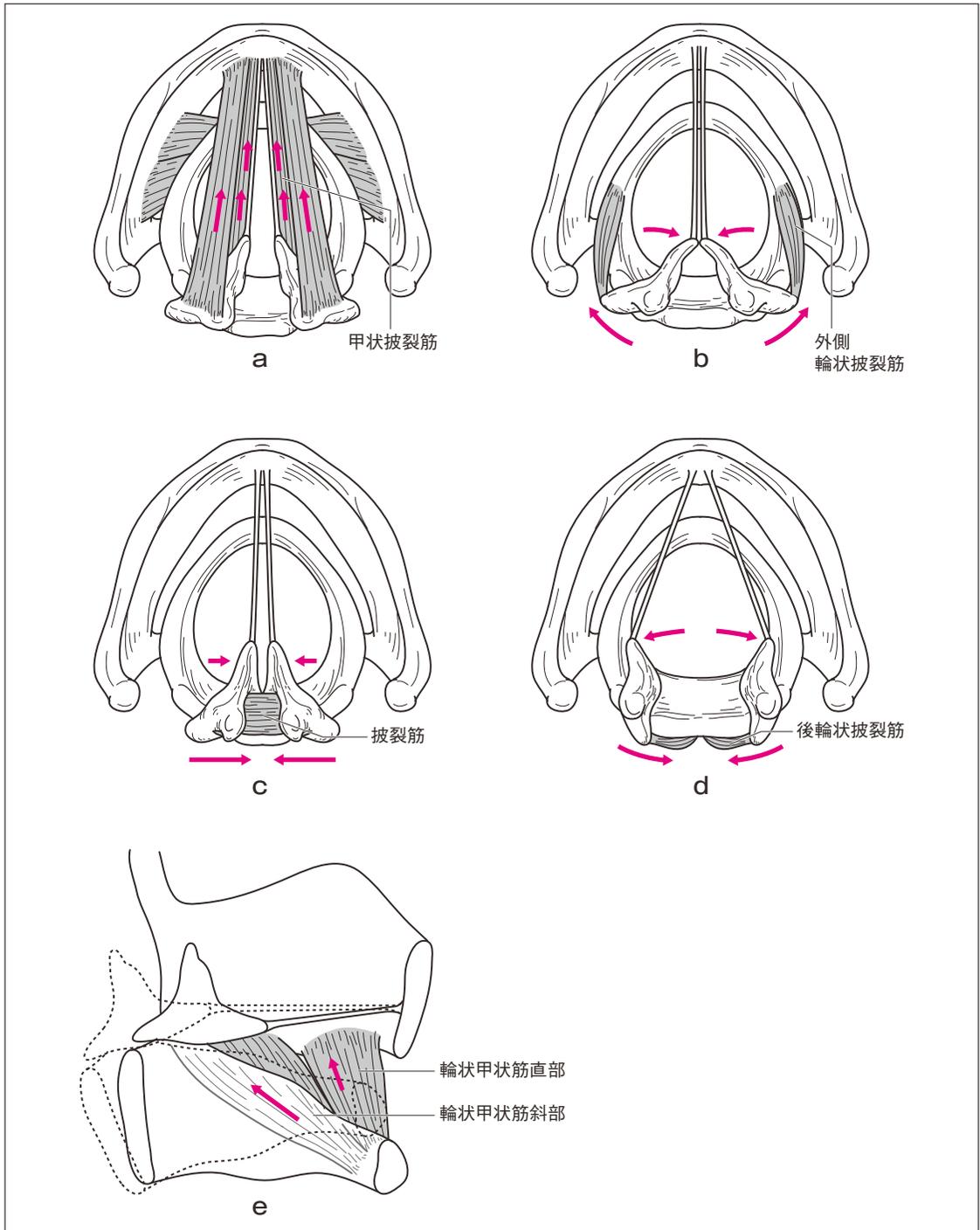
声門下の弾性円錐は前方の正中線で厚くなり、輪状軟骨と甲狀軟骨を前方で支持している。これを輪状甲狀靱帯と呼ぶ。

③ 輪状甲狀膜

弾性円錐の声門下外側部分は正中にある輪状甲狀靱帯部分より非常に薄く、輪状甲狀膜と呼ばれている。

b) その他の靱帯

- ① 甲狀舌骨膜・甲狀舌骨靱帯：舌骨と甲狀軟骨上縁を連結し、膜様構造を呈している。
- ② 舌骨喉頭蓋靱帯：喉頭蓋軟骨の前面と舌骨体の上縁を連結し、喉頭蓋を保持している。
- ③ 甲狀喉頭蓋靱帯：喉頭蓋軟骨茎と甲狀軟骨後面の甲狀切痕の直下を連結する。
- ④ 方形膜：喉頭蓋軟骨外側縁から披裂軟骨内側に至る膜様構造を方形膜という。
- ⑤ 室靱帯：方形膜は下方で分厚い辺縁として終わり、室靱帯と呼ばれ、仮声帯を支持する。



図Ⅱ-6 内喉頭筋群とその機能

- a: 甲状披裂筋の収縮により，声帯は内転し，短縮する。
- b: 外側輪状披裂筋の収縮により，声帯は内転し，声門閉鎖が起こる。
- c: 披裂筋の収縮により，声帯は内転し，声門閉鎖が起こる。
- d: 後輪状披裂筋の収縮により，声帯は外転し，声門は開大する。
- e: 輪状甲狀筋の収縮により，輪状軟骨は後上方に傾斜し，披裂軟骨は後方に移動する。これによって声帯は伸長し，緊張も強くなる。

4 内喉頭筋群

喉頭軟骨群同士を結ぶ筋群を内喉頭筋群と称する。上喉頭神経外枝に支配される**輪状甲状筋**を除いて反回神経に支配される。また両側同時に支配される披裂筋を除き、左右一対をなし、それぞれ左右の神経により支配されている。機能的に内転筋、外転筋、緊張筋に分かれる(図II-6)。

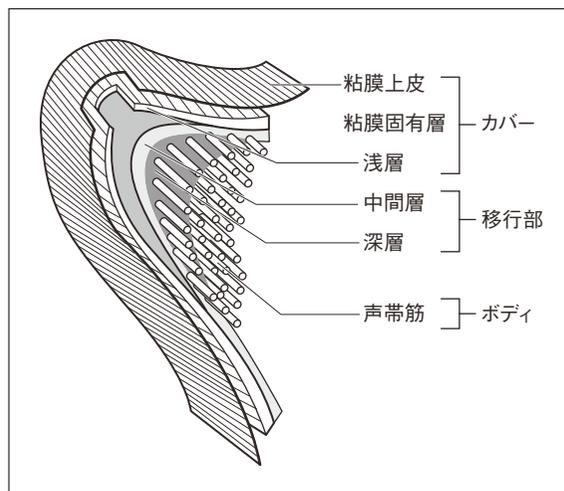
甲状披裂筋(内筋)、外側輪状披裂筋(側筋)、披裂筋(横筋)は、声帯を内転させ声門を閉鎖し、後輪状披裂筋(後筋)は声帯を外転させ声門を開く。

声帯を緊張させる役割をもつ**輪状甲状筋(前筋)**は、輪状軟骨弓前外側から生じ後上方に走行し甲状軟骨下角の前縁に入る斜部と、垂直に上方へ走行し甲状軟骨板下縁内側面に沿って入る直部からなる。直部の筋の収縮により両側輪状甲状関節を通過する軸を中心に輪状甲状関節の回転運動が起こり、輪状軟骨弓と甲状軟骨の間の距離が短縮する。斜部の収縮は輪状軟骨を後上方に傾斜させ、ともに甲状軟骨角と披裂軟骨声帯突起の間の距離が伸長する。声帯は伸展されて声帯緊張が高まる。すなわちカバーに対して甲状披裂筋と拮抗的にはたらくことになる。声を高くさせるための中心的役割を担っている。

なお、声を低くするメカニズムは未だに明らかではないが、頸椎の弯曲に沿って喉頭が下降する際に、輪状甲状関節の回転運動により声帯長が短縮することは効果的にはたらくと考えられている。

5 声帯の層構造

声帯は組織学的に上皮、粘膜固有層、筋層の3層からなる。さらに、声帯振動の観点から3層に再分類される。①カバー；上皮と粘膜固有層浅層、②移行部；粘膜固有層中間層および深層、および③ボディ；声帯筋の3つである。声帯振動は主にカバーが担う⁵⁾(図II-7)。



図II-7 声帯の層構造

人は一対の声帯を用いて多種多様な声を出すことができる。これは喉頭筋群の調節により声帯の物性が多様に変化することによる。声帯が層構造であり、かつ表層ほど柔らかいことは均質な構造と比較して振動を容易にし、また喉頭筋による調節を受けて声帯の物性すなわち振動体としての性質を変化させるうえでも有利であると考えられている⁵⁾。

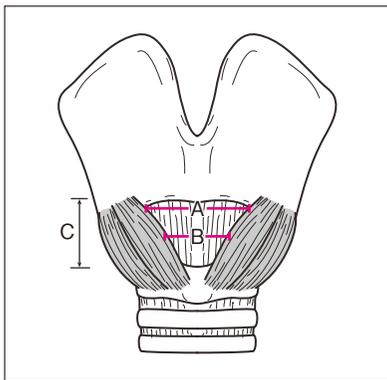
(楠山敏行・田山二郎)

4) 合併症・障害を防止するための喉頭の臨床解剖

輪状甲状間の幅は 30 mm と言われているが、この距離は甲状軟骨下縁で輪状軟骨上縁と交わる左右 2 点間の横幅であり⁶⁾、輪状甲状靭帯穿刺・切開術を行う場合には、左右の輪状甲状筋間の大きさが重要になる。

1 両側輪状甲状筋間の距離(中央部)×甲状軟骨前下縁・輪状軟骨前上縁間の距離 (図Ⅱ-8, 表Ⅱ-1)

Dover による解剖体を用いた検討では⁷⁾、男性の平均は 8.8(7.5~11.0)mm×10.9(10.0~13.0)mm, 女性の平均は 6.9(6.0~8.5)mm×9.5(7.5~10.5)mm, Bennett の検討では⁸⁾、平均 12.38mm×13.69mm と報告されている。宮本の日本人献体を用いた報告では、男性 9.2(6.5~14.5)mm×10.1(7.5~13.0)mm, 女性は 6.0(5.0~7.0)mm×9.3(9.0~9.5)mm となっている⁶⁾。



図Ⅱ-8 両側輪状甲状筋間の距離(A: 甲状軟骨直下, B: 中央部)と甲状軟骨前下縁・輪状軟骨前上縁間の距離(C: 高さ)

表Ⅱ-1 両側輪状甲状筋間の距離と甲状軟骨前下縁・輪状軟骨前上縁間の距離の一覧

	両側輪状甲状筋間の距離		C 甲状軟骨前下縁と輪状軟骨前上縁の間(mm)
	A 甲状軟骨直下(mm)	B 甲状軟骨前下縁と輪状軟骨前上縁の中央部(mm)	
Dover ⁷⁾ 1996	男性: 11.6 (8.2~14.0) 女性: 9.5 (8.0~10.5)	男性: 8.8 (7.5~11.0) 女性: 6.9 (6.0~8.5)	男性: 10.9 (10.0~13.0) 女性: 9.5 (7.5~10.5)
Bennett ⁸⁾ 1996		12.38 (9.0~19.0)	13.69 (8.0~19.0)
宮本 ⁶⁾ 2021	男性: 12.3 (10.0~17.0) 女性: 9.5 (9.0~10.0)	男性: 9.2 (6.5~14.5) 女性: 6.0 (5.0~7.0)	男性: 10.1 (7.5~13.0) 女性: 9.3 (9.0~9.5)

2 輪状甲状靱帯部分の血管走行, 甲状腺錐体葉やリンパ節 (図 II-9a, b, 表 II-2)

上甲状腺動脈から分枝した輪状甲状枝は, 輪状甲状靱帯部分で左右が吻合し, 上方 1/3~1/4 の部分を走行している。この輪状甲状枝には動脈のみ, 静脈のみ, 静脈と動脈の両方が存在している⁹⁾。輪状甲状枝を検討した6編によると 61.5~100%, 合計 163 献体中 146 献体 (89.6%) に存在している^{6)~9), 11), 12)}。左右の交通した輪状甲状枝から縦に走行する下降枝 (common vessel) が報告されており¹²⁾, 検討した4編によると 66.7~92.1%, 合計 136 献体中 112 献体 (82.4%) に存在している^{6), 9), 11), 12)}。血管以外では, 甲状腺錐体葉は5編で 5.9~65.0%, 合計 156 献体中 42 献体 (26.9%)^{6), 9)~12)}, リンパ節は2編で 0~30.0%, 39 献体中 9 献体 (23.1%) で報告されている^{6), 12)}。Develi は甲状腺錐体葉, リンパ節ともに左側に多いと報告している¹²⁾。輪

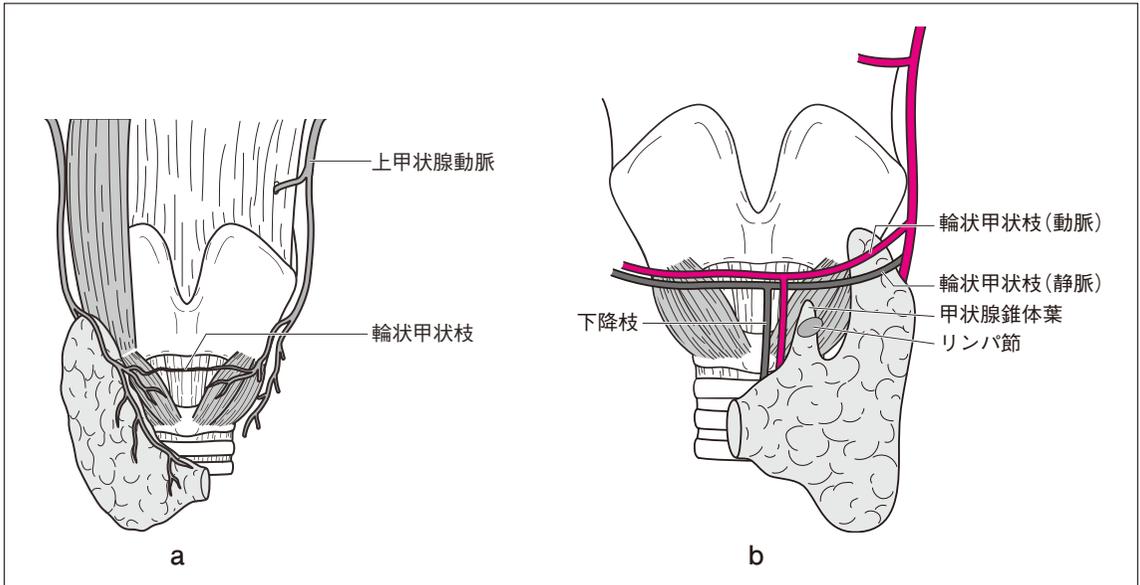


図 II-9 輪状甲状靱帯部分の解剖学的構造

a: 上甲状腺動脈と輪状甲状枝

b: 輪状甲状靱帯部分の血管 (輪状甲状枝と下降枝), 甲状腺錐体葉とリンパ節の位置

表 II-2 輪状甲状靱帯部分の血管 (輪状甲状枝と下降枝), 甲状腺錐体葉とリンパ節の存在割合

		輪状甲状枝	下降枝の存在	甲状腺錐体葉	リンパ節
Little ⁹⁾	1986	27/34 (79.4%)	27/34 (79.4%)	2/34 (5.9%)	
Dover ⁷⁾	1996	13/14 (92.9%)			
Bennett ⁸⁾	1996	8/13 (61.5%)			
Jianu ¹⁰⁾	2009			13/20 (65.0%)	
Prithishkumar ¹¹⁾	2011	62/63 (98.4%)	58/63 (92.1%)	10/63 (15.9%)	
Develi ¹²⁾	2016	27/30 (90.0%)	21/30 (91.9%)	13/30 (43.3%) 左 6/13	9/30 (30.0%) 左 6/9
宮本 ⁶⁾	2021	9/9 (100%)	6/9 (66.7%)	4/9 (44.4%)	0/9
合計		146/163 (89.6%)	112/136 (82.4%)	42/156 (26.9%)	9/39 (23.1%)

状甲状靱帯部分の中央から左側には、輪状甲状枝から下降する血管が存在し、甲状腺錐体葉やリンパ節が存在していることが多い。

以上より、輪状甲状靱帯穿刺・切開術を行う際には、血管や上下の軟骨の損傷を避けるために、輪状甲状間の中央より右下方が安全領域である。日本人での甲状軟骨、輪状軟骨、左右の輪状甲状筋で囲まれた部分は、一辺が10 mmほどの逆三角形であることから、使用する気管カニューレは男性ではIDが6 mm以下、女性ではさらに小さいサイズを使用するのが安全と考える⁶⁾。

(宮本 真)

A. 輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術の手技の実際

1) はじめに

輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術(以下、CT 穿刺・切開術)は、緊急時の気道確保の手段として、1921年 Jackson が初めて報告した¹⁾。しかし声門下狭窄などの合併症が問題視され普及しなかった。1976年の Brantigan と Grow による大規模調査の結果、待機的な CT 穿刺・切開術の安全性が報告された²⁾ことを受け、再び注目されるようになった。

CT 穿刺・切開術は、気管切開術と比較して、出血量が少なく、また患者を頭部後屈位とすることなく迅速・簡便に実施できることから、緊急時の特に外傷初療時の気道確保に適した手技とされる。

本項では、CT 穿刺術および切開術について、適応・禁忌・手順手技・合併症について解説する。なお、合併症については項目を挙げるのみとし、本章 C 項で詳述する。

2) 適 応

1 緊急気道確保目的

確実な気道確保の適応であるにもかかわらず、気管挿管が不可能*で、バッグバルブマスク換気や声門上器具により酸素化が維持できない場合。

*「気管挿管が不可能」の目安は、熟練した医師が2回試みても挿管できない場合³⁾。

2 喀痰自己排出困難症例における比較的短期間の吸痰ルート確保目的

肺炎、COPD 急性増悪、胸部/腹部手術後などの症例で、人工呼吸管理までは不要(もしくは人工呼吸離脱後)であるものの、喀痰の自己排出が不十分で、積極的に吸痰を実施することが望ましいと考えられる症例が対象となる。市販のキットを用いて、気管切開よりも低侵襲に、比較的短期間(数日から1週間程度まで)実施される。特に高齢者が良い適応となる。

3) 輪状甲状靱帯(膜)穿刺術

本項では14G程度の太さの血管留置針を用いる場合のCT穿刺術について解説する⁴⁾。なお、市販のキットを用いてカニューレを挿入する場合は、穿刺と切開の中間に位置するハイブリッドとする記述も見受けられるが⁵⁾、キットを使って気管前壁を一気に拡張する経皮的気管切開術という用語が一般的となった現在、本マニュアルでは、キットを用いたCT穿刺・切開術を、経皮的CT穿刺・切開術として記す⁶⁾。救急外来で使用可能な血管留置針の中で最も太い14~16Gの(複数本の針を刺入することもある)を用いるが、上気道完全閉塞の場合、十分な換気を得ることはできないため、強制的に陽圧をかけて酸素を送気する必要がある。なお、緊急避難的に低酸素による心停止を回避する処置であることから、引き続き外科的気管切開術などに移行して、十分な内径(6.0 mm 程度以上)のカフ付き気管チューブを挿入する必要がある。

1 禁忌

救命のための緊急処置であり、基本的に禁忌はない。

2 欠点

- 十分な換気を得ることが困難。
- 上気道出血時、気道内への血液・分泌物などの流入(たれ込み)の防止が困難。

3 手技

- ①患者を仰臥位にして右利きの術者は患者の左側に立つ。
- ②14Gの血管留置針を用意して5~10 mlの注射器につける。
- ③頸部を外科的に消毒滅菌して清潔操作で行う。
- ④甲状軟骨と輪状軟骨の間の前方で靱帯を触知し、左手の手指で甲状軟骨を固定する。
- ⑤14Gの血管留置針を輪状甲状靱帯(膜)の直上の皮膚正中に刺す。皮膚をメスで切開しておいてもよい。
- ⑥針を頭側に45度傾けた注射器に陰圧をかけながら注意深く皮下から輪状甲状靱帯(膜)へ針の先端を進める。上甲状腺動脈の分枝である輪状甲状枝(動脈)が輪状甲状靱帯の上方を走行している⁷⁾ことから、輪状軟骨直上を穿刺するとよい。
- ⑦空気が引ける時点で留置針の先端が気管内に入ったことを確認する。
- ⑧内筒を抜去し、外筒を尾側に進める。内筒を進めることで気管後壁を貫通しないように注意する。
- ⑨気道としては不十分であることがほとんどであり、可及的早期に他の確実な気道確保(気管切開等)へ移行する。

4 合併症

- 血液などの誤嚥
- 食道損傷
- 穿刺部の出血・血腫
- 気管後壁の損傷
- 皮下・縦隔・心嚢気腫，気胸，緊張性気胸
- 甲状腺穿刺
- 空気塞栓症(不適切な穿刺後の換気による)

5 輪状甲状靱帯(膜)穿刺術後の換気

CT 穿刺術は比較的簡便に実施できるものの，有効な換気を得ることが困難であるため，自発呼吸のない場合など，バッグバルブなど 15 mm コネクター対応の換気装置に接続するには，以下の工夫を要する。

- 穿刺針の外筒を，内径 3.5 mm の気管チューブのコネクターに接続する。
- 穿刺針の外筒を，2.5 ml シリンジを介して内径 7.5 mm の気管チューブのコネクターに接続する。

なお，バッグバルブによる換気は送気抵抗が大きく，換気量が少ないことから成人には不向きであるが，小児には試みる価値がある。

4 輪状甲状靱帯(膜)切開術

本項では，気管切開チューブあるいは気管チューブを挿置することができるため，血液や分泌物の気道への流入を防ぐことができ，換気回路との接続も比較的容易でただちに陽圧換気や気管内吸引を行うことのできる輪状甲状靱帯(膜)切開術について解説する⁴⁾。

1 禁忌

12 歳以下の患者：気道の径が小さく，軟部組織のコンプライアンスが大きいうえ，気管内腔開存に甲状軟骨が関与していることから，術後に声門下狭窄の危険があるため。ただ，他の方法が不可能な場合には施行せざるを得ないことがある。

2 手技

- ① カフ付きの気管チューブまたは気管切開チューブ内径 5~7 mm を準備する。
- ② 右利きの術者は患者の右側に立つ。
- ③ 消毒して滅菌操作を行う。
- ④ 患者の意識があれば局所麻酔を行う。
- ⑤ 左手の手指で甲状軟骨をしっかり固定する。その際，左手掌で患者の顎部を固定すると安定する。

- ⑥ 左手示指で輪状甲状靱帯(膜)を確認する(図Ⅲ-1)。



図Ⅲ-1 甲状軟骨・輪状甲状靱帯(膜)の確認

- ⑦ 輪状甲状靱帯(膜)上の皮膚に2~3 cmの横切開あるいは縦切開を加える(縦切開のほうが出血は少ない)(図Ⅲ-2)。



図Ⅲ-2 皮膚切開

- ⑧ 輪状甲状靱帯(膜)に約1.5 cmの切開を加える(図Ⅲ-3)。上甲状腺動脈の分枝である輪状甲状枝(動脈)が輪状甲状靱帯の上方を走行している⁷⁾ことから、輪状軟骨直上を切開するとよい。



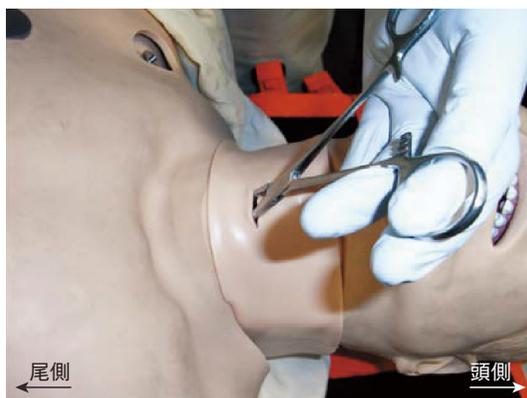
図Ⅲ-3 靱帯(膜)の切開

- ⑨ 曲がりベアン鉗子を創に入れて横方向に広げ、90度回転させて、縦方向に広げる(図Ⅲ-4)。



図Ⅲ-4 ベアン鉗子による拡大

- ⑩ 横方向に切開孔を開いた状態に戻し、鉗子を頭側に倒し、左手に持ち替えそのまま保持する(図Ⅲ-5)。



図Ⅲ-5 鉗子を傾け、切開孔を保持する

- ⑪ カフ付きの気管チューブ(あるいは気管切開チューブ)を切開部から挿入する。
その際、スタイレットを使うと先端が頭側の声門方向へ上行しにくい(図Ⅲ-6)。
- ⑫ カフが見えない程度の深さでカフを膨らませて換気を行い、チューブを固定する。



図Ⅲ-6 気管チューブの挿入

3 合併症

- 血液などの誤嚥
- 食道損傷
- 皮下組織へのチューブの誤挿入・出血・血腫
- 気管・喉頭・甲状腺の損傷
- 皮下・縦隔・心嚢気腫, 気胸, 緊張性気胸
- 喉頭の損傷・狭窄・浮腫(声門・声門下)
- 声帯麻痺

(齋藤康一郎)

B. キットを用いる経皮的輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術

1) 適応と禁忌

1 適 応

前項に準ずるが、各キットの仕様(表Ⅲ-1)や特徴(表Ⅲ-2)を理解して用いる。とくに、キットにより異なる小児適応の有無、15 mm コネクター接続の可否を含め、緊急気道確保と短期間の吸痰ルート確保のいずれに適応があるのか、あるいは両者に適応があっても基本的にどちらの目的に用いるべきとされているのかなど、添付文書を確認したうえで、慎重に臨床現場に採用して運用する必要がある。

2 禁 忌

キットの添付文書により異なるが、トラヘルパーとトラファインは、12歳以下の小児は禁忌である。その他、添付文書の内容を、安全性を重視する観点からまとめると、頸部の解剖学的ランドマークが明確に同定できない場合、輪状甲状靱帯(膜)より遠位に気管狭窄のある場合、声門下狭窄例、喉頭に腫瘍や狭窄がある場合、施術部位に腫瘍や血腫がある場合、血液凝固障害や出血傾向、咽喉頭の外傷や気管損傷といった症例は禁忌となる。また、気道確保目的に用いる場合は、緊急時の一時的な利用に留め、長期呼吸管理には用いない。

2) 種 類

輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術(CT 穿刺・切開術)時に気管内に挿入する器具として以下のものが挙げられるが、本項では、キットによる経皮的 CT 穿刺・切開術を中心に述べる。

1 気管チューブ

気道確保用には内径 6.0 mm の細径チューブが勧められる。カフが付いており、比較的長期に人工呼吸が可能である。

内径 6.0 mm のチューブの外径は 8~9 mm 程度であることから、これ以上太いチューブは解剖学的に挿入が困難であるうえ⁷⁾、輪状軟骨を損傷し、合併症を増加させる可能性がある。

2 血管留置針

気道緊急時に 16G の血管留置針を使用し、一時的に気道を確保する。小児の場合 14G を使用することもあるが、体重が 10 kg 以上であれば使用可能なキットを用いると屈曲や閉塞を起こしにくい⁴⁾。

3 穿刺・切開キット

現在本邦で入手可能なキットとして以下のものがある。

- クイックトラック[®](緊急用輪状甲状膜穿刺キット)
- トラヘルパー[®](輪状甲状靱帯穿刺針)
- Melker[®](緊急用輪状甲状膜切開用カテーテルセット)
- トラファイン[®](輪状甲状膜切開キット)

挿入方法には、イントロデューサーを直接気管に挿入しカテーテルを留置する直接法と、まずガイドワイヤーを気管に挿入しダイレーターにて刺入部を拡張させてカテーテルを留置する Seldinger 法がある。また、キットにより目的、カニューレのサイズや素材が異なる。

この中でクイックトラックと Melker は緊急気道確保にのみ用いられる。一方、トラヘルパーとトラファインは基本的に喀痰吸引ルート確保目的に用いられるが、15 mm コネクターでの換気器具への接続ができないことに留意したうえで、一時的な緊急気道確保に用いることもできる。

① クイックトラック(緊急用輪状甲状膜穿刺キット)(スミスメディカルジャパン)(図Ⅲ-7)

皮膚切開を入れずに皮膚と靱帯を一度に穿刺する。内径 2.0 mm と 4.0 mm の 2 サイズがあり、緊急気道確保に用いる。小さい規格のキットは、体重が 10 kg 以上あれば小児にも適応がある。



図Ⅲ-7 クイックトラック(緊急用輪状甲状膜穿刺キット)

② トラヘルパー(輪状甲状靱帯穿刺針)(トップ)(図Ⅲ-8)

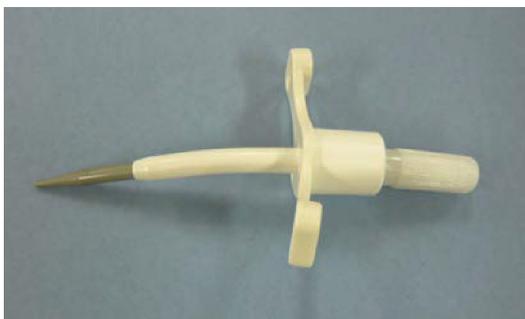
No.8(内径 3.0 mm)と No.10(内径 3.6 mm)の2サイズがあり, 基本的に短期間の吸痰ルート確保目的に用いる。比較的安価である。



図Ⅲ-8 トラヘルパー(輪状甲状靱帯穿刺針)

③ Melker(緊急用輪状甲状膜切開用カテーテルセット)(クックジャパン)(図Ⅲ-9)

内径 3.5 mm, 4.0 mm, 6.0 mm の3サイズがあり, 緊急気道確保に用いる。



図Ⅲ-9 Melker(緊急用輪状甲状膜切開用カテーテルセット)

4 トラファイン(輪状甲状膜切開キット)(トップ)(図Ⅲ-10)

内径 4.0 mm で、基本的に短期間の吸痰ルート確保目的に用いる。



図Ⅲ-10 トラファイン(輪状甲状膜切開キット)

キット一式(a), トラファイン本体(カニューレ)(b)と、カニューレにイントロデューサーを装着しガイドワイヤーを通した様子(c)を示す。

各キットの仕様を表Ⅲ-1に、適応と特徴を表Ⅲ-2にまとめる。

表Ⅲ-1 各種キットの仕様

商品名	クイックトラック	トラヘルパー	Melker	トラファイン
外径	小児：2.7 mm 成人：5.6 mm	No.8：3.8 mm No.10：4.5 mm	5.1 mm 5.9 mm 8.8 mm	5.0 mm
内径	小児：2.0 mm 成人：4.0 mm	No.8：3.0 mm No.10：3.6 mm	3.5 mm 4.0 mm 6.0 mm	4.0 mm
素材	ABS樹脂	テフロン	ポリ塩化ビニル	ポリ塩化ビニル
チューブ長	小児：53 mm 成人：63 mm	No.8：40 mm No.10：50 mm	38 mm 42 mm 75 mm	50 mm
価格	14,000 円	2,400 円	13,000 円	11,400 円

表Ⅲ-2 各種キットの適応と特徴

商品名		クイックトラック	トラヘルパー	Melker	トラファイン
適応	緊急気道確保	○	△	○	△
	喀痰吸引ルート確保	×	○	×	○
15 mm コネクター接続		○	×	○	×
手 技		直接法	直接法	Seldinger 法	Seldinger 法
小児への使用		2.0 mm : ○ 4.0 mm : ×	×	△ : 主治医の判断	×

3) 手 技

キットは手技により以下の2つに分類される。

① 直接法

- クイックトラック (緊急用輪状甲状膜穿刺キット)
- トラヘルパー (輪状甲状靱帯穿刺針)

② Seldinger 法

- Melker (緊急用輪状甲状膜切開用カテーテルセット)
- トラファイン (輪状甲状膜切開キット)

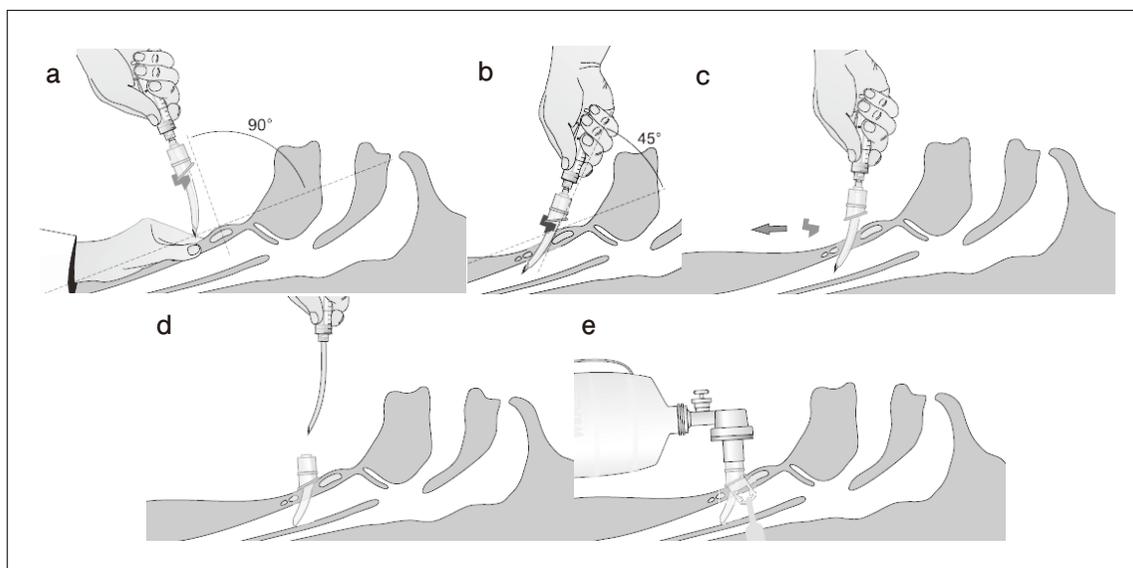
クイックトラックとトラファインを例に、それぞれ直接法と Seldinger 法による経皮的な穿刺・切開術の手技を紹介する。

① クイックトラック

- ① 患者を仰臥位に寝かせ、可能であれば肩枕等を使って患者の頸部を伸展させる。輪状軟骨と甲状軟骨を触診し、輪状甲状靱帯(膜)の位置を確認したうえで、皮膚を消毒して切開部位に局所麻酔を行う。
- ② 穿刺目的部位を手指でしっかりと保持する。シリンジとカニューレをセットした状態で、ニードルを輪状甲状靱帯(膜)に垂直に穿刺する(図Ⅲ-11a)。なお、クイックトラック以外のキットでは付属のメスを用い、輪状甲状靱帯(膜)の正中線上の皮膚を1 cm 程度縦切開した後、ニードルの先端が気道内に入ると抵抗がなくなり、咳嗽反射が誘発されて気道内の空気が吸引できる。ニードルを45度に傾け、ストッパーが頸部表面に接するまでニードルを気道内に進める(図Ⅲ-11b)。
- ③ カニューレからストッパーを外す(図Ⅲ-11c)。
- ④ カニューレのフランジが頸部表面に達するまでニードルに沿ってカニューレを気道内に進める。なお、ストッパーを外した後、ニードルはカニューレのガイドとして使用する。気道の

後壁損傷を避けるため、ニードルをそれ以上進めないように注意する。もし、肥満などで術野の皮下組織が厚く、ストッパーをつけた状態ではニードル先端が気道内に到達せず、シリンジ内に空気を吸引できない場合には、ストッパーを外してからニードルとカニューレを、シリンジ内に空気を吸引できるまで慎重に進める。次にカニューレからシリンジとニードルを一緒に引き抜く(図Ⅲ-11d)。

- ⑤ カニューレを固定し、カニューレの15 mm コネクターを適切な換気器具(バッグバルブ等)に接続して換気を行う(図Ⅲ-11e)。必要に応じて付属のカテーテルマウントをカニューレの15 mm コネクターに接続して利用する。



図Ⅲ-11 直接法による経皮的輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術

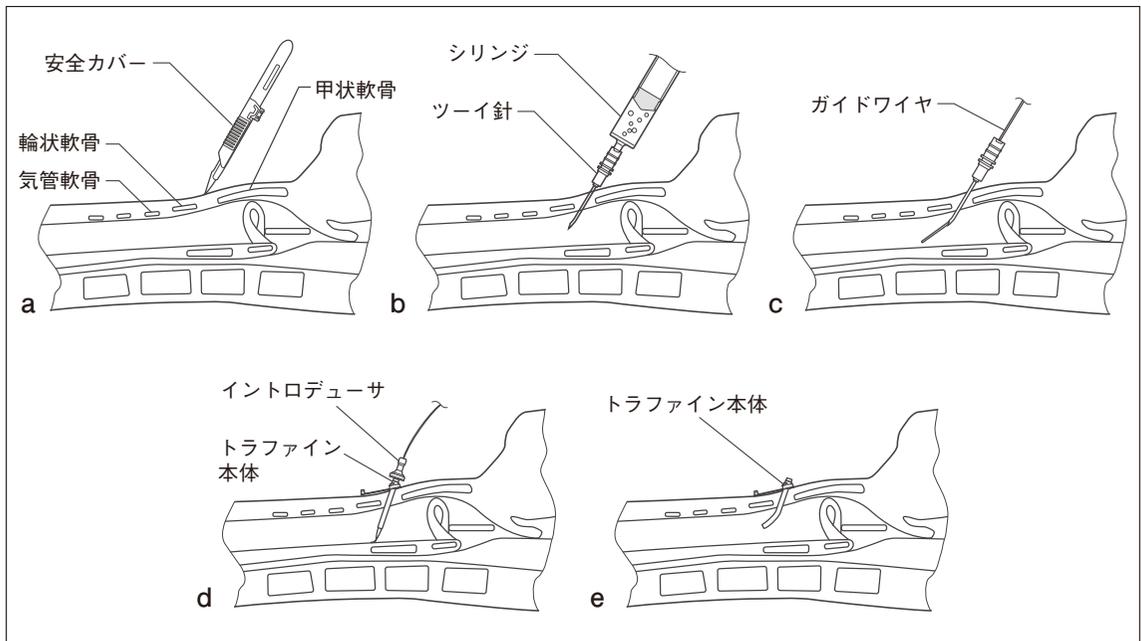
クイックトラック(緊急用輪状甲状靱帯膜穿刺キット)を例に示す。患者の頸部を伸展させて輪状軟骨と甲状軟骨を触診し、輪状甲状靱帯(膜)の位置を確認し手指で固定したうえで皮膚から靱帯(膜)を穿刺する(a)。続けてストッパーが頸部の皮膚に接する位置まで気道内にニードルとカニューレを進める(b)。ストッパーを外し(c)、ニードルをガイドとしてカニューレをさらに尾側に進める。シリンジとカニューレを一緒に抜去した後(d)、カニューレを固定して換気を行う(e)。(クイックトラック添付文書第9版より許可を得て転載)

2 トラファイン

- ① 患者を仰臥位に寝かせ、頸部を伸展させる。輪状軟骨と甲状軟骨を触診し、輪状甲状靱帯(膜)の位置を確認したうえで、皮膚を消毒して切開部位に局所麻酔を行う。
- ② 穿刺・切開目的部位を手指でしっかりと保持し、メスで正中線上に1 cm 程度の皮膚縦切開を行う(図Ⅲ-12a)。
- ③ ツーイ針にシリンジを取り付け、ツーイ針の先端孔が気管下部に向くように(ガイドワイヤーを患者の尾側方向に向けて挿入するため)輪状甲状靱帯(膜)を穿刺する。
- ④ 抵抗がなくなりシリンジに空気を吸引できることで、気道内に達したことを確認する(図

Ⅲ-12b)。

- ⑤ ツーイ針が動かないように注意して、シリンジを外し、ガイドワイヤーを柔軟な側からツーイ針を通して気管内に誘導して留置する(図Ⅲ-12c)。
- ⑥ ガイドワイヤーの位置が動かないように保持した状態でツーイ針を抜去する。
- ⑦ ガイドワイヤーを介して、ダイレーターを気管内へ進め、輪状甲状靱帯(膜)穿刺部をカニューレのサイズまで拡張した後にガイドワイヤーを残してダイレーターを抜去する。
- ⑧ ガイドワイヤーを介して、イントロデューサーを装着したトラファイン本体(カニューレ)を、気道内に挿入する(図Ⅲ-12d)。
- ⑨ トラファイン本体(カニューレ)が正しい位置まで挿入されたら、フランジ部を手で保持した状態で、イントロデューサーとガイドワイヤーを同時に抜去し、縫合糸あるいは固定紐で固定する(図Ⅲ-12e)。



図Ⅲ-12 Seldinger法による経皮的輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術

トラファイン(輪状甲状膜切開キット)を例に示す。患者の頸部を伸展させて輪状甲状靱帯(膜)を触知し、手指で目的部位を固定したうえで皮膚を縦切開する(a)。シリンジを取り付けたツーイ針を切開創から穿刺し、シリンジ内に空気が引けることでツーイ針の先端が気道前壁を穿刺したことを確認する(b)。ツーイ針からシリンジを外してガイドワイヤーを挿入し(c)、ガイドワイヤーを残してツーイ針を抜去後にイントロデューサーを装着したトラファイン本体(カニューレ)をガイドワイヤー経由で気道内に挿入する(d)。イントロデューサーとガイドワイヤーを抜去し、カニューレを固定する(e)。(トラファイン添付文書第4版より許可を得て転載)

なお、いずれのキットを用いるにせよ、上甲状腺動脈の分枝である輪状甲状枝(動脈)が輪状甲状靱帯の上方を走行している⁷⁾ことから、輪状軟骨直上を穿刺するようにならなければならない。

(齋藤康一郎)

C. 輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術に伴う合併症

1) はじめに

輪状甲状靱帯(膜)は解剖学的に声門下腔・気管が外表と最も近い部分であり、この部位からの気道へのアプローチは比較的簡便で安全とされている。しかし報告は少ないながらも、気管切開術と同様の合併症が生じる可能性がある。気管切開術に比べ切開部位がより高位で喉頭に近接しているため、喉頭に関連する合併症にも注意が必要である。

合併症は、誤った部位への穿刺・切開によるもの、出血に関するもの、輪状甲状靱帯(膜)にカニューレを挿入することに関するもの、気腫・気胸に関するものに大別される。いずれの合併症でも、誤挿入・出血・気道確保不可能が生じ換気不十分となると、低酸素血症や死亡といった重篤な結果となる可能性がある。輪状甲状靱帯(膜)からのアプローチは比較的短時間で気道や吸痰ルートの確保を可能とするが、とくに緊急確保に際しては、術中トラブルにより手技に過剰な時間を費やすことは避けるべきである。

なお、輪状甲状靱帯(膜)にカニューレを挿入することにより、喉頭狭窄(声門狭窄、声門下狭窄)や声帯麻痺・嘔声等の喉頭関連症状が生じる。これらは手技施行後、時間を経過してから遅発性合併症として明らかとなり、長期間にわたって後遺症となる可能性がある。

既報では、対象患者の特性や施行の状況(緊急時施行 or 待機的施行, 院内 or 院外, さらに海外では病院外でコメディカルが行うこともある)や挿入するカニューレの種類がまちまちであるうえ、大部分の報告が後ろ向き研究であることから、合併症の頻度は6~40%と報告により差が認められる⁸⁾。

2) 合併症各論

1 不適切な部位へのカニューレ挿入・切開部位の誤り

誤挿入の種類や副損傷として以下が挙げられる。

- 甲状舌骨膜への誤挿入
- 皮下組織への誤挿入
- 食道への誤挿入(気管後壁損傷)・食道損傷
- 喉頭への逆行性挿入
- 反回神経損傷

最も多いのは甲状舌骨膜への誤挿入である。これは前頸部の体表解剖における輪状軟骨・甲状軟骨を誤認して舌骨と甲状軟骨の間を切開し、カニューレを挿入してしまう誤りである。輪状軟骨・甲状軟骨は、後述のように性別・年齢により特徴があり、注意が必要である。皮下組織への誤挿入は、施術に際して気管内腔の空気が吸引できることを必ず確認することで防止す

る。食道への誤挿入は、気管後壁を損傷して気管食道瘻を形成することにより生じるため、穿刺・切開時に慎重さを欠かぬよう注意が必要である。

輪状軟骨・甲状軟骨・輪状甲状膜・舌骨といった解剖学的指標は、患者の体型(短頸・肥満など)・性別・年齢や過去の手術既往等により触知しにくいことがある。このような、輪状甲状靱帯(膜)が同定しにくい場合には、輪状甲状靱帯(膜)経由以外のアプローチを検討する。女性は男性に比べ頸部における甲状軟骨の位置が高いため、輪状甲状靱帯(膜)の位置も相対的に高いこと、ときに甲状軟骨より輪状軟骨のほうが前方に突出していることなどに注意が必要である。さらに女性では輪状甲状靱帯(膜)の上下径・横径・面積いずれも男性に比べて狭い(図II-8:17頁参照)。

思春期前の小児では甲状軟骨が未発達のため触知しにくく、前頸部で最も突出しているのは舌骨および輪状軟骨である。また、成人に比べ小児では輪状甲状靱帯(膜)は頭側に位置しており、その上下径や面積も狭い。そのため小児では合併症の頻度が高く、12歳以下では輪状甲状靱帯(膜)切開術は禁忌である。穿刺術は適応があるが、むしろ通常の気管切開術が勧められる。

また、高齢者は軟骨が骨化しているため、各軟骨の位置を誤りやすいので注意が必要である。切開部位を誤らないためには、なるべく正中線上で操作を行うようにすることが重要である。合併症等により気管が蛇行・偏位しており、正中線上に気道が存在する確証がない場合には、甲状軟骨喉頭隆起と胸骨頸切痕とを結んだ線で手術操作を行うようこころがける。

2 出血・血腫形成

術中・術後の出血源として以下が挙げられる。

- 皮膚・皮下組織
- 前頸静脈
- 輪状甲状枝(上甲状腺動脈の分枝で輪状甲状動脈とも称される)
- 甲状腺錐体葉

上記の部位から出血する可能性があり、手技施行中や術後早期の合併症として重要である。

前頸静脈、錐体葉は正中よりもやや外側に縦に存在し、輪状甲状枝(動脈)は輪状甲状靱帯(膜)の上半を横走するため(図II-9:18頁参照)、これらの損傷を避けるためには、穿刺・切開の位置として、輪状甲状靱帯(膜)の下方、輪状軟骨直上の高さが推奨されている^{7),9)}。

出血した際には、まず局所の圧迫を行う。通常、皮膚や皮下組織からの出血は圧迫によって数分で止血が得られる。なお、輪状甲状枝(動脈)由来の出血は、術中のみならず術後出血の原因ともなり、気管内へ出血すると気道閉塞を生じ致命的となることがある⁹⁾。止血困難な場合にはただちにカフ付きの挿管チューブや気管カニューレにより安全な気道を確保し、開創して上甲状腺動脈を結紮して対応する。

甲状腺錐体葉はヒトの70~80%に存在し、血流が豊富で、正中よりもやや左側に位置することが多い(II章4項:17頁参照)。さらに、内頸静脈からの出血の報告もあるが、正確な部位

をアプローチする際には通常は術野に現れない。

3 気腫・気胸

気腫・気胸の種類として以下が挙げられる。

- 皮下気腫
- 縦隔・心嚢気腫・気胸
- 緊張性気胸

皮下気腫・縦隔・心嚢気腫・気胸は、不適切な部位へのカニューレ挿入が原因で、その後の換気により明らかとなる合併症である。特に緊急気道確保目的に穿刺を行い、高圧での換気により著しい皮下気腫を生じた場合、頸部が腫脹し再穿刺が不可能になる場合がある。また、緊張性気胸は穿刺・切開術の際に排気不十分な状況で過剰な送気をしてしまうと気道内圧が上昇し、圧損傷が生じることにより発症し得る。

4 声門下狭窄

声門下狭窄の代表的なリスクファクターとして以下が挙げられる。

- 小児
- 喉頭病変の存在
- 7日以上経口挿管の既往
- 長期のカニューレ留置

カニューレ挿入部位に肉芽や癒痕狭窄が生じ、声門下狭窄を起こす。特に軟骨を損傷すると軟骨膜炎を生じ、狭窄が起こりやすいとされる。術後早期にも起こり得るが、数週間～数カ月経過後に上気道感染を契機に発症することが多い。

声門下狭窄の原因としては、過剰なカフ圧による粘膜の圧迫、局所の感染、頻回のチューブ移動による機械的刺激、チューブが硬いことによる刺激の増強などが挙げられる。小児に施行した場合や腫瘍・喉頭炎などの喉頭疾患の症例に施行した場合、施行前に長期経口(または経鼻)挿管されている場合などに高率に合併する。

そのような症例を除くと頻度は1%程度であるが、気管切開術に比べ頻度が高く、難治であるという特徴がある。予防には症例の選択が最も重要である。Chapter III-A・Bに適応や禁忌の記載があるので参照されたい。

小児の気道は成人よりも狭く、チューブ挿入により気管後壁の損傷やその後方にある食道損傷を起こしやすい。また輪状甲状靱帯(膜)の上下径が短く、軟骨を損傷しやすいことに加え、粘膜も成人に比べ粗で軟らかく損傷しやすいため、浮腫や潰瘍を起こしやすく声門下狭窄もきたしやすい。そのため小児の切開術は相対的禁忌である。輪状甲状靱帯(膜)穿刺術は禁忌ではないが、解剖学的指標も同定しにくいいため注意を要する。

輪状甲状靱帯(膜)からのカニューレ挿入期間と声門下狭窄の頻度について定まった見解はな

い。しかし長期に留置することで声門下狭窄の危険性が高まるとして合併症の頻度の高い緊急施行時には72時間以内に輪状甲状靱帯(膜)からチューブを抜去することを勧める意見もある¹⁰⁾。長期間留置することにより合併症頻度が増加することを考慮し、可及的速やかに気管切開術などにより必要十分な換気や吸痰のルートを確保する必要がある。

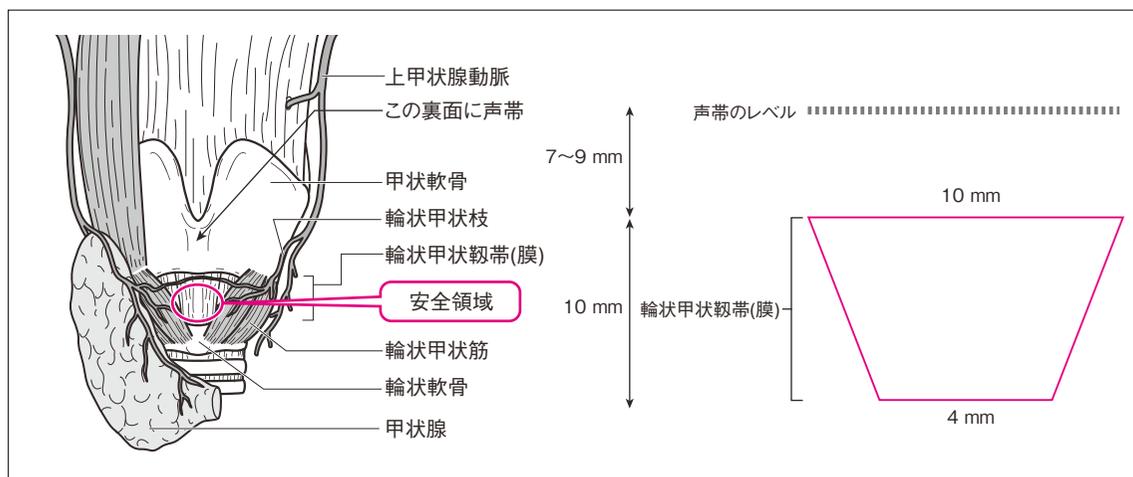
なお、施行直後の抗菌薬や副腎皮質ステロイドの投与による声門下狭窄の予防効果に関する一定の見解はない。また、声門下肉芽・声門下狭窄による呼吸障害が生じた際には、気道確保として必要に応じ気管切開を行い、副腎皮質ステロイドの局所・全身投与による保存的治療や症例により様々な手術治療を行うこととなるが、難治例も多い。

5 発声障害・嗄声

発声障害・嗄声の代表的な原因として以下が挙げられる。

- 声帯の浮腫・炎症・癒痕形成
- 輪状甲状筋損傷
- カニューレ挿入による声帯の進展(喉頭が牽引される)
- 反回神経の損傷

症状は大きな声が出ない、会話で疲れやすい、声が嗄れる、声の高さが変わったなどである。この手技にてアプローチする輪状甲状靱帯(膜)はだまかにいうと長辺10mm・短辺4mm・高さ10mm程度の小さな台形をしている(図Ⅲ-13)(図Ⅱ-8:17頁参照)。



図Ⅲ-13 安全領域の範囲

換気または喀痰吸引の目的のためにはより大きな孔がよいが、孔が大きいほど周囲を損傷し合併症を発症する可能性が高まる。換気に必要なカニューレの内径は4mm以上、十分な換気には6mmが必要であるとされる。輪状甲状靱帯(膜)前面には輪状甲状筋(輪状甲状筋を損傷すると高音の発声障害が起こる)が外側上方から内側下方へと斜めに走行しており、同筋が走

行していない部分は靱帯下縁では横径4 mm程度である。また、上下方向では甲状軟骨下縁から声帯までの距離は7~9 mm程度であり、声帯を損傷すると嗄声が生じる。さらに輪状軟骨・甲状軟骨を損傷することで喉頭・気管内腔が狭小化する可能性がある。正中から左右にずれた、誤った部分の穿刺・切開は、反回神経の損傷を引き起こす可能性がある。

対策は、正確な部位にアプローチすることと、不適切な大きさのカニューレを用いないことである。声帯は甲状軟骨下縁から上方7~9 mm程度の距離にある。声帯損傷ならびに輪状甲状筋の損傷を避けるためには、靱帯(膜)の穿刺・切開はなるべく下方の正中付近でのアプローチをこころがける。また、カニューレ挿入時に甲状軟骨を上方へ牽引しすぎると、声帯の損傷を起こす可能性があるため、代わりに気管を下方へ牽引するとよい。

6 その他

その他の代表的な合併症として以下が挙げられる。

- 誤嚥
- 局所感染
- 気管軟化症
- 気管腕頭動脈瘻(カフ圧の過剰, チューブによる刺激)

気管切開術と同様の合併症が起こる可能性があり、上記の報告がある。

気管腕頭動脈瘻は気管切開術と比較して輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術では少ない一方、音声障害や声門下狭窄は気管切開術に比べると多いとされている。

3 対策

1 緊急施行と待機的施行

輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術の合併症の頻度は、緊急施行時と待機的施行時で大きく異なる。緊急施行時の合併症の発生率は、待機的施行時の約5倍と高くなる⁸⁾。

とはいえ、気道確保を目的とする場合には、緊急の切迫した状況下で行われる手技であり、いざというときのためにモデルなどで手技に習熟しておくことが求められる。待機的に行われる吸痰ルート確保目的の場合には、種々の合併症も念頭に、適応と禁忌の遵守が求められる。

2 管理

合併症の減少に寄与する管理として定まった見解はない。

長期間の留置を避けることで合併症を抑制できる可能性があるため、カニューレやチューブの留置期間を短期間とし、可及的速やかに気管切開術などにより必要十分な換気や吸痰のルートを確認する。手技施行前後の抗菌薬の投与や副腎皮質ステロイドの有効性に確固たるエビデンスはない。

(齋藤康一郎)

1) はじめに

外科的気管切開術は呼吸障害を伴う上気道狭窄・閉塞への対処法として、古くから行われてきたが、医療技術の発達した現代においては下気道管理を目的として行われることも多くなっている。若手の医師が習得すべき基本的な手術手技と認識されているが、不適切な方法や術後管理によっては合併症が生じることもあり、確かな知識と技術の下に安全に実施することが肝要である。本章では気管切開術および近年行われることが増えた輪状軟骨切開術について解説する。適応決定や細かい手術手技については、術者の経験や患者の状態・状況に応じて適宜変更していただきたい。

2) 適応

1 上気道狭窄・閉塞

上気道狭窄・閉塞を呈する喉頭、頸部気管、口腔、咽頭の腫瘍、炎症、浮腫、外傷、瘢痕狭窄、神経障害、先天異常などが適応となる。

- 1 喉頭疾患：喉頭腫瘍、喉頭嚢胞、急性喉頭蓋炎、喉頭浮腫（深頸部膿瘍、アレルギーなど）、喉頭外傷・熱傷、両側反回神経麻痺、声門後部癒着症、先天性・後天性声門下狭窄症、喉頭軟弱（軟化）症など
- 2 頸部気管疾患：気管腫瘍（周辺臓器からの圧迫・浸潤も含む）、気管狭窄症、気管軟化症、気管外傷など
- 3 口腔・咽頭疾患：咽頭腫瘍、咽後膿瘍、小顎症など

2 上気道手術時の気道確保

上気道狭窄・閉塞により気管挿管が困難な患者に対し全身麻酔下での手術を実施する場合、術後に気道の腫脹や出血、分泌物により呼吸障害が生じる可能性がある場合に気管切開が検討される。予防的な気管切開については、呼吸障害が生じる可能性や緊急気道確保の難易度、医療体制などから判断する。

3 下気道の分泌物貯留，排出困難による気道閉塞

重度の嚥下障害により唾液の多くが気道に流入し，それを十分に排出できない場合，気管切開とカフ付き気管カニューレの留置が検討される。ただし，気管切開自体が嚥下機能を低下させる要因となるため，永続的または増悪する病態ならば誤嚥防止手術も検討される。

呼吸器疾患により喀痰が増加し，十分に排痰できない場合は，呼吸理学療法や輪状甲状靱帯穿刺が第一選択となるが，長期的な管理が必要ならば，気管切開も検討される。

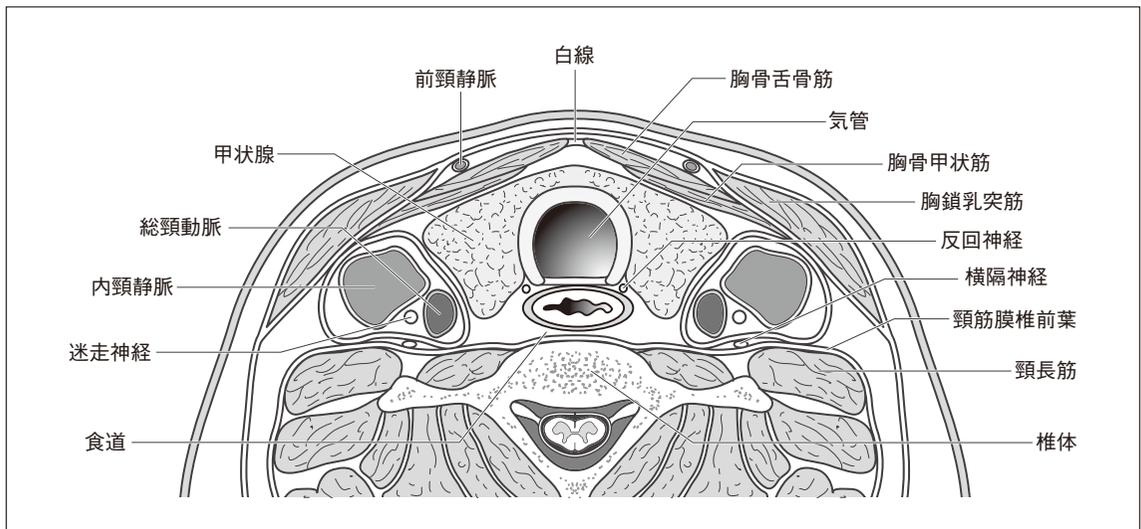
4 人工呼吸器の装着

呼吸器疾患においてマスクによる呼吸補助(非侵襲的陽圧換気，non-invasive positive pressure ventilation；NPPV)で十分な酸素化ができない状態となった場合，気管切開を行い，気管カニューレに接続して呼吸管理を行う必要がある(気管切開下陽圧換気，tracheostomy positive pressure ventilation；TPPV)。呼吸障害が急速に増悪し気管挿管された場合は，鎮静の必要性や喉頭損傷の可能性から長期的に継続することは望ましくなく，2週間程度で抜管できるかが気管切開の適応判断のうえで目安となる。気管切開を行うことにより，死腔の減少や空気抵抗の減少により換気効率が良くなるため，人工呼吸器からの離脱が可能となる場合もある。

3) 外科的気管切開術

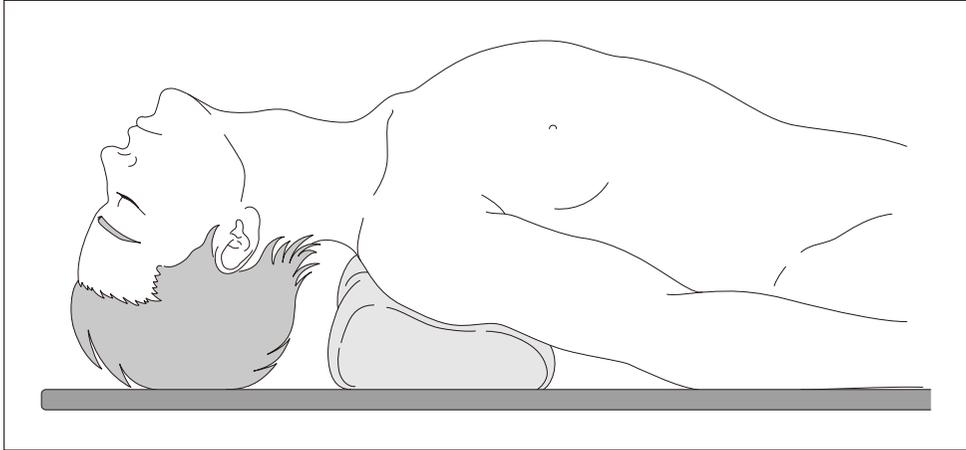
1 基本的手技

全身麻酔，局所麻酔ともに術式はほぼ同様である。頸部の解剖(図IV-1)にしたがって，皮膚，前頸筋(胸骨舌骨筋)，甲状腺と順に処理していけば気管に達する。新たな層に入るたびに気管の位置を触診で確かめるようにすることが，合併症を防ぎつつ迅速に気道に到達するうえで重要である。



図IV-1 頸部の解剖

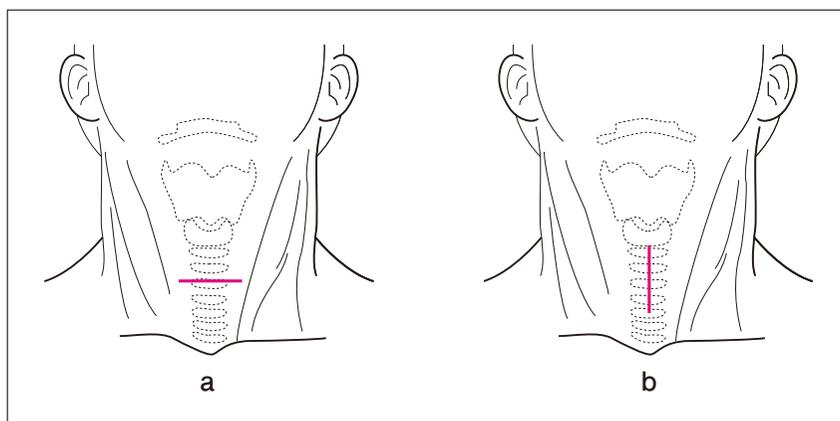
患者の姿勢は仰臥位とし、気管を上方に引き上げ手術操作を容易とするため、肩枕を置き、頭部を後屈させ頸部を伸展する(図IV-2)。頸部を伸展すると呼吸困難が増悪する場合は、開始時に頭部の下にも枕を置き、気管開窓直前に枕を外して頸部を伸展する。仰臥位になることすら難しい場合は半座位や座位での実施も考慮する。



図IV-2 気管切開時の理想的な体位

喉頭や鎖骨などの解剖学指標と切開線を皮膚ペンで描いてから、局所麻酔下で行う場合は切開部に1%リドカインなどを注射する。

皮膚切開法は横切開と縦切開がある(図IV-3)。皮膚割線に沿った横切開のほうが気管孔閉鎖後の創部が整容的に優位であるが、緊急性がある場合は、より迅速に気管に到達可能で、輪状甲状靭帯切開への切り替えも容易な縦切開とする。横切開では輪状軟骨下縁の約1~2cm下方で水平に3~4cm、縦切開では輪状軟骨下縁付近から下方に正中を3~4cm切開し、皮下組織を上下または左右に分けながら進む。前頸静脈が術野にかかる場合は結紮切断するか左右



図IV-3 皮膚切開

a : 横切開

b : 縦切開

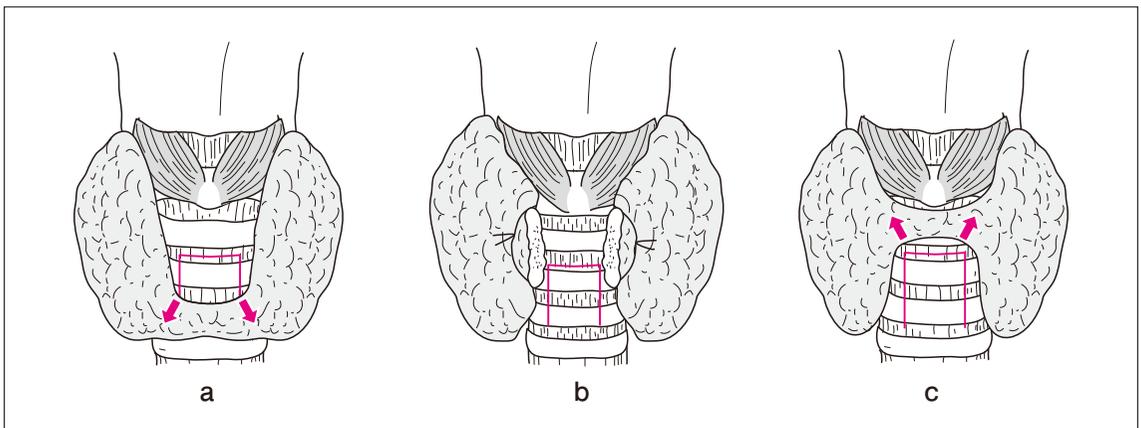
に除ける。胸骨舌骨筋を正中の白線で左右に分けると甲状腺が現れる。

気管に至る経路と甲状腺の関係から上・中・下気管切開術に分類される(図IV-4)。上気管切開術は甲状腺峡部を下方に引き下げ気管を開窓する方法であり、高位での気管切開となりやすく、気管カニューレの接触により輪状軟骨が損傷され、潰瘍形成や内腔の狭窄をもたらす恐れがあるので推奨されない。下気管切開術は甲状腺を上方に牽引し気管壁を露出してから気管を開窓する方法であり、甲状腺を処理する作業が省略でき開窓までの時間が短縮できる反面、下方に走る静脈の処理を丁寧にしないと出血した場合の止血操作に難渋し、また気管孔が深くなる傾向にある。中気管切開術は甲状腺を正中で切断して左右に分け、気管を露出する方法であり、気管を適切な位置で開窓しやすく、術後に甲状腺から出血する危険性が小さいため、待機的な気管切開では最もよく行われている。

中気管切開術における甲状腺の処理法について述べる。甲状腺峡部上端から気管との間にペアンやモスキートケリーなどの鉗子を下端まで通すと、甲状腺正中部が気管前壁から剥離される。鉗子の先に気管前壁の軟骨による凹凸を感じながら操作すると、甲状腺裏面の損傷による出血を避けることができる。剥離された甲状腺峡部を2本の鉗子で挟み、正中で切断する。結紮部が抜けないように2-0絹糸などを丸針で甲状腺に通し、片側で1回糸を結んでから再度反対側で結び、ゆっくり鉗子を外しながら強く甲状腺断端を結紮する(図IV-5)。さらに気管切開する範囲で気管前壁から甲状腺を剥離する。

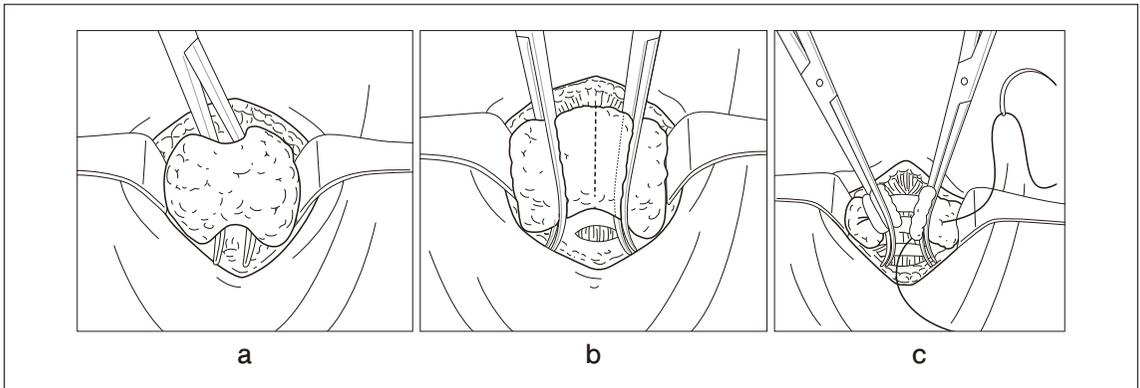
局所麻酔で行っている場合は、1 ml 程度の2%または4%のリドカインを容れた注射器に23ゲージ針を付け、気管輪間に穿刺して空気を吸引することで気道であることを確認したうえで、リドカインを注入して気管粘膜を表面麻酔する。注入すると咳が出るので、素早く針を抜去する。

気管開窓法は、成人では初回の気管カニューレ交換時や事故抜去時の皮下への誤挿入を防ぐことができることから逆U字型(Bjork flap¹⁾)が推奨されるが、目的や状況に応じて、円形(窓



図IV-4 甲状腺との位置関係による分類

- a: 上気管切開術
- b: 中気管切開術
- c: 下気管切開術

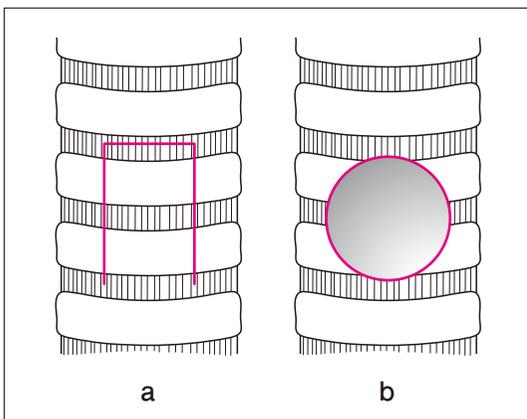


図IV-5 甲状腺峡部の切断
 a: 気管からの剥離
 b: 峡部の切断
 c: 断端の結紮

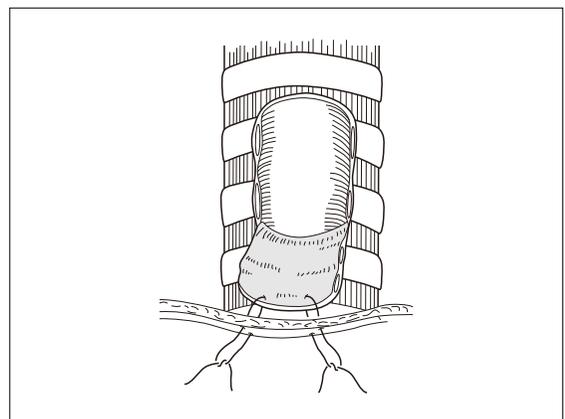
型)に軟骨を切除したり、縦一本や横一本、T字などに切開したりしても差し支えない(図IV-6)。

逆U字型切開では、まず第1・第2または第2・第3気管輪間を横に1~1.5 cm 程度切開し、その両端で縦に横切開と同程度の長さ(1~2気管輪)切開することにより逆U字型の軟骨弁(フラップ)を作成する。開窓部の大きさは、気管径や留置する気管カニューレのサイズを考慮し決定する。過大な気管孔は気管孔閉鎖後に気管狭窄の原因となり得る。フラップは下方の皮膚に2-0 絹糸などで縫合する(図IV-7)。一時的な気管切開ならば、この時点で止血を確認し、カフ付き気管カニューレを留置して手術を終える(図IV-8)。気管カニューレの留置後は、できるだけ内視鏡で先端が気管壁に接触していないか確認する。

長期的な気管切開管理が行われる可能性が高い場合は、全周性に皮膚と気管を縫合して気管孔形成を行うと肉芽増生や出血などによる気管カニューレ交換時のトラブルを回避することができる(気管開窓術)(図IV-9)。気管カニューレの交換は内科医や在宅訪問医が実施すること

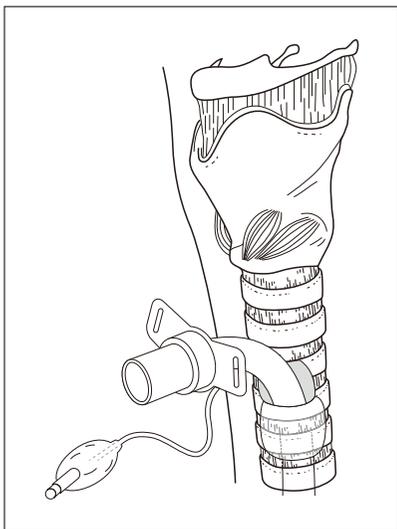


図IV-6 気管開窓法
 a: 逆U字型(Bjork flap)
 b: 窓型

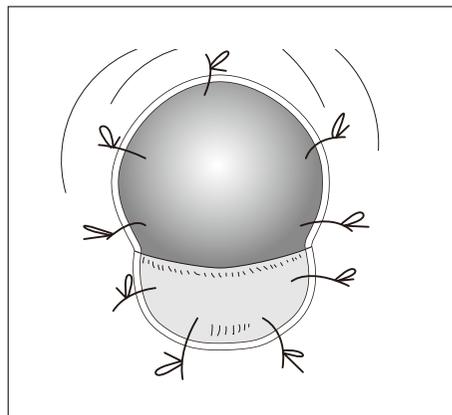


図IV-7 逆U字型フラップ(Bjork flap)の皮膚縫合

も多いので、緊急気道確保時でなければ、安全かつ容易な気管カニューレの交換を念頭においた気管切開術を実施すべきである。



図IV-8 気管カニューレの留置



図IV-9 全周性の縫合(気管開窓術)

2 術中合併症

- ① 局所麻酔薬のアレルギー・ショック
- ② 窒息
- ③ 出血(特に前頸静脈, 甲状腺, 気管断端)
- ④ 気胸(肺尖部の損傷)
- ⑤ 反回神経麻痺
- ⑥ 気管食道瘻(後壁の損傷)
- ⑦ 気道熱傷(電気メスなどを使用する場合)

通常、適切に手術を行えば、ほとんど術中合併症は生じないが、緊急度の高い気管切開中に呼吸困難から患者の体動が激しくなったときなどに不適切な部位の切開や不十分な止血が生じうる。また、気道熱傷は、高熱となった電気メスと高濃度の酸素により、塩化ビニール製の気管チューブが燃焼して生じた事例が複数報告され、2010年に医薬品医療機器総合機構(PMDA)より医療安全情報 No.14 として警告されている²⁾。

4 輪状軟骨切開(開窓)術

輪状軟骨切開(開窓)術は、2007年に鹿野により提唱された輪状軟骨の前壁を切除して外瘻(切開孔)を造設する外科的気道確保法である³⁾。皮膚から輪状軟骨までの到達距離が短く、経路上に甲状腺のような出血しやすい臓器も通常存在しないため、比較的 safetyかつ迅速な気道へのアプローチが可能である。輪状軟骨という後壁のある硬い枠組みを用いた切開孔を造設でき

るので気管カニューレを自己(事故)抜去しても狭窄しにくく、再挿入が容易である³⁾。逆に切開孔が不要となり閉鎖する際は、hinge flap などによる閉鎖手術が必要となる。通常の外科的気管切開術に代わるものとして実施可能であるが、前述の「適応」に加えて、本術式の適応(特に推奨すべき状況)と禁忌(特に考慮すべき点)を追加した。

1 適応(推奨すべき状況)

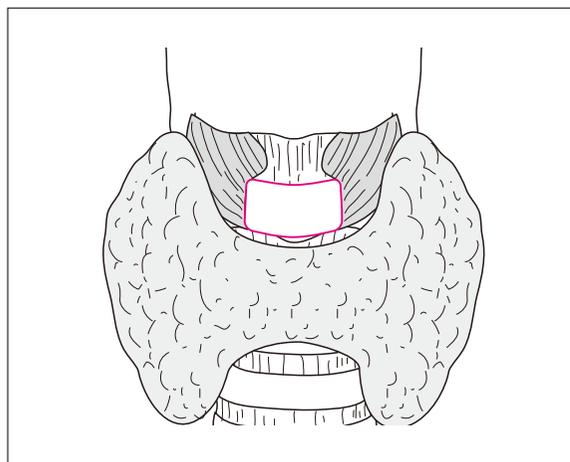
- ① 喉頭低位により、頸部伸展によっても気管を触知できない場合
- ② 頸部の拘縮や頸椎疾患などにより、頸部伸展が困難または禁忌であり、気管を触知できない場合
- ③ 高度肥満や短頸により気管の位置が深くなり、安全かつ迅速な手術の実施が困難であり、術後の気管カニューレ管理でのトラブルが予測される場合
- ④ 腕頭動脈の走行異常や甲状腺腫瘍などにより、通常の気管切開では危険性が高い場合
- ⑤ 将来、輪状軟骨部に永久気管孔(切開孔)を造設した誤嚥防止術を実施する可能性がある場合

2 禁忌(考慮すべき点)

絶対的な禁忌はないが、保持用カニューレのフランジが声帯に接触しやすい、輪状甲状筋の剥離や癒痕化から高音の発声が困難となる可能性がある、などの問題がある。回復する見込みがある患者に実施する場合は、他の方法がないか十分に検討する。

3 基本的術式

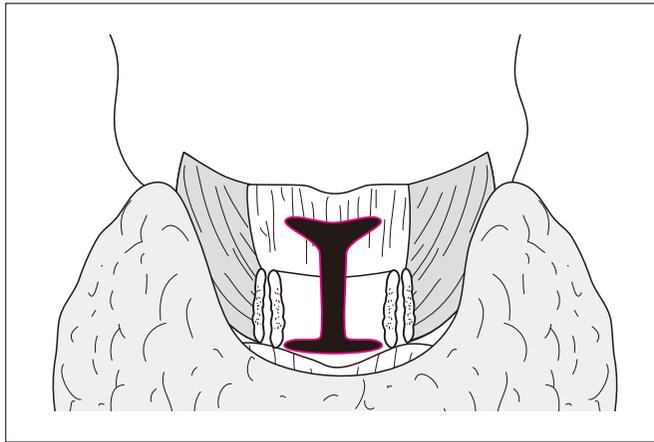
皮膚切開は縦切開でも横切開でもよいが、縦切開のほうが切開範囲の変更に対応しやすく、粘膜弁と縫合しやすい。胸骨舌骨筋を左右に分けると、輪状軟骨に付着した輪状甲状筋が現れる。輪状甲状筋を輪状軟骨の切除範囲で剥離し、軟骨前面を露出させる(図IV-10)。甲状腺錐体葉が上方に伸びている場合は適宜切除する。



図IV-10 輪状軟骨切開術における輪状軟骨前壁の露出

輪状軟骨を切除する範囲は、弓部のうち前壁の部分(約1/3周)は切除可能であるが、側壁を切除しすぎると切開孔が浅くなり気管カニューレを留置しにくくなる。将来切開孔を閉鎖する可能性が高い、またはスピーチカニューレを使用する場合は気管カニューレを留置できる程度の切除とすべきである。輪状軟骨はリウエル型丸ノミ鉗子で鉗除すると軟骨のみを除去可能であり便利であるが、輪状軟骨の内側面の軟骨膜を剥離子で剥離し剪刀で切除してもよい。切開孔を大きく造設したいときは、第一気管輪を逆U字型に切開、または一部切除する⁴⁾。

喉頭粘膜(+輪状甲状靭帯、軟骨膜)は横H型に切開し、左右の粘膜弁を皮膚と縫合し、軟骨断端を覆うようにする(図IV-11)。皮下組織の厚みなどに応じて、適宜切開法を変更してもよい。可能なら上下でも皮膚と粘膜断端または軟骨を縫合し、全周性に形成処置を行う。



図IV-11 輪状軟骨切開術における喉頭粘膜の切開

最後に、通常の気管切開と同様にカフ付きの気管カニューレを留置するが、解剖学的な違いから、輪状軟骨後壁にチューブが接触したり、先端が気管前壁に接触したりすることがあるので、適宜適合する気管カニューレに変更する。

4 術中合併症

① 局所麻酔薬のアレルギー・ショック

② 出血

輪状甲状間には上甲状腺動脈輪状甲状枝があり、多量の出血が生じる可能性があるため、止血の準備をして慎重に粘膜を切開する。

③ 気道熱傷(電気メスなどを用いた場合)

(二藤隆春)

5) 幼小児の気管切開術

小児の気管切開は気管そのものが細く、まだ成長発達過程であることから、成人と全く同じ管理は適していない。小児に対して気管切開を行う適応は、慢性肺疾患など肺が十分に成熟していない場合や低酸素脳症など中枢性に換気ができないため、長期人工呼吸器管理を要する状態である場合と、声帯麻痺や小顎による舌根沈下など上気道狭窄がある場合となる。産期の管理の進歩により 500 g 以下で出生した子どもでも救命できるようになった。気管切開は可能であれば術後の管理からは体重が 4~5 kg くらいになってからのほうが望ましいが、たとえ 2.5 kg 以下で手術を行ったとしても術後の合併症やリスクが増加することはなかったとされている¹⁾。呼吸障害や基礎疾患があると体重増加不良となり、その間ずっと経口または経鼻挿管による管理は閉塞や事故抜管のリスクもあるため、気管切開を行うタイミングを待つ必要はない。

1 小児の気管切開で注意すべき点

解剖学的に小児の気管は軟らかく、気管切開をすることにより気管の成長はその部分のみ止まってしまうこと、カニューレの形状、サイズ、固定などの方法により気管切開孔直上のカニューレによる圧迫が遷延し、肉芽や狭窄が生じやすいこと、さらに切開孔周囲の不適切な清浄により感染性のびらんや肉芽を起しやすきことなどが挙げられるため、これらの点を念頭において、気管切開の術式やその後のカニューレの選択、管理の方法などを検討していく必要がある。

2 基本的な術式

1 皮膚切開

小児は頸部が短いため、肩枕を入れて伸展させ、さらに下顎も挙上させる。切開部位は輪状軟骨下、第 2 気管軟骨輪の直上を 2~3 cm 横切開する。小児は解剖学的に喉頭や甲状腺の位置が高く、下気管切開術となることが多い。切開部位の脂肪組織が厚い場合は感染や肉芽の原因となり得るためトリミングする。

2 気管前壁の確認

小児の気管は細く、助手の筋鉤の引き方により気管を見失うことがある。触診で気管を適宜確認しながら、気管前面を慎重に剥離する。甲状腺が正中にある場合は、甲状腺裏面を剥離し、峡部で切離して前壁を露出する。年少だと甲状腺そのものも小さく薄いため、バイポーラで焼灼するだけで分けることが可能なこともある。気管がわかりづらいときは、細い内視鏡を気管挿管チューブに挿入するとライトガイドになる。

3 気管切開(開窓)

通常縦切開が行われる。気管正中から左右に 1~2 mm 離れた位置に 3-0 または 4-0 ナイロン糸を左右牽引用に 1 針ずつかける。第 2-3 気管輪を縦に切開し、牽引糸を左右に牽引すると切開孔は紡錘型に開き、気管内に挿管チューブが見えるようになる。麻酔科医に気管チューブをゆっくり切開孔上縁まで抜いてもらい、気管カニューレを挿入する。

4 気管カニューレの選択

長期人工呼吸器管理が必要である場合は、カフ付きのカニューレが必要となり、気道確保目的の場合はカフなしのカニューレを挿入する。カニューレの長さが短いと事故抜去しやすく、長いと先端が気管分岐部に当たってしまうため、カニューレ挿入後は両肺の換気音などを確認する。

5 皮膚縫合

気管カニューレ周囲までタイトに縫合すると皮下気腫を生じることがあるため、ややゆとりをもたせる。

6 術後処置

気管カニューレのフランジをテープで固定する。指が一本入る程度にしめる。牽引糸は突っ張って切れてしまうことのないように糸にゆるみをもたせて前胸部にテープで固定する。手術室退室前に胸部単純 X 線撮影をし、カニューレの位置を確認する。

7 術後管理

術後の気管カニューレ交換は7日目頃に行い、抜糸する。海外では5~7日で初回カニューレ交換を行っているとの報告もあり、全身状態を考慮して増減するとよい⁵⁾。初回のカニューレ交換前に造影 CT を撮影し、カニューレ先端の位置や腕頭動脈との関係を確認した上でカニューレを選択すると、のちの腕頭動脈瘻のリスクを抑えることができる。

3 病態に応じた気管切開(開窓)方法

気管切開方法として、多くは縦切開が行われているものの、横切開や十字切開、逆 U 字切開などの開窓術が行われることもある。気管壁を切除する開窓方法は気管軟化症をきたしやすくカニューレ抜去困難になりやすい、縦切開のみで皮膚によって被覆されていないと肉芽が形成しやすい、といわれているが、実際にはどのような切開方法であったとしてもあまり有意差はないとの報告もある⁶⁾。年少児に対する気管切開で前壁を大きく切除すると気管孔を閉鎖する際に再建術が必要となることもある。また、長期的に高い換気圧で人工呼吸器管理が必要である場合、気管孔がカニューレのサイズよりも大きいとエアリークが増加し PEEP がかかりにくくなるため管理に難渋する⁷⁾。一方、気管切開孔辺縁に皮膚を縫合することは、万が一の事故抜管やその後の再挿入において安全性が高い。施設の術後管理体制や患者の病態に応じて開窓方法を検討することは重要である。

a) 気管切開術

① 縦切開(+牽引糸)(図IV-12a, b)または縦切開+気管壁と皮膚の縫合(図IV-12c)⁷⁾

皮膚と縫合する時間がかからないため手術時間が短い。また未熟児など気管がかなり細い場合に大きく気管壁が欠損することもないため、成長後気管カニューレ抜去の際に欠損部の陥凹や狭窄をきたすことが少ない。糸で牽引するだけでなく、縦切開部位の下方を皮膚と縫合することで皮下にカニューレを誤挿入する可能性を減らすことができる図IV-12cの方法は安全性も高い。また、皮膚を縫合してもカニューレ抜去後の気管皮膚瘻の大きさや頻度は大差ないと

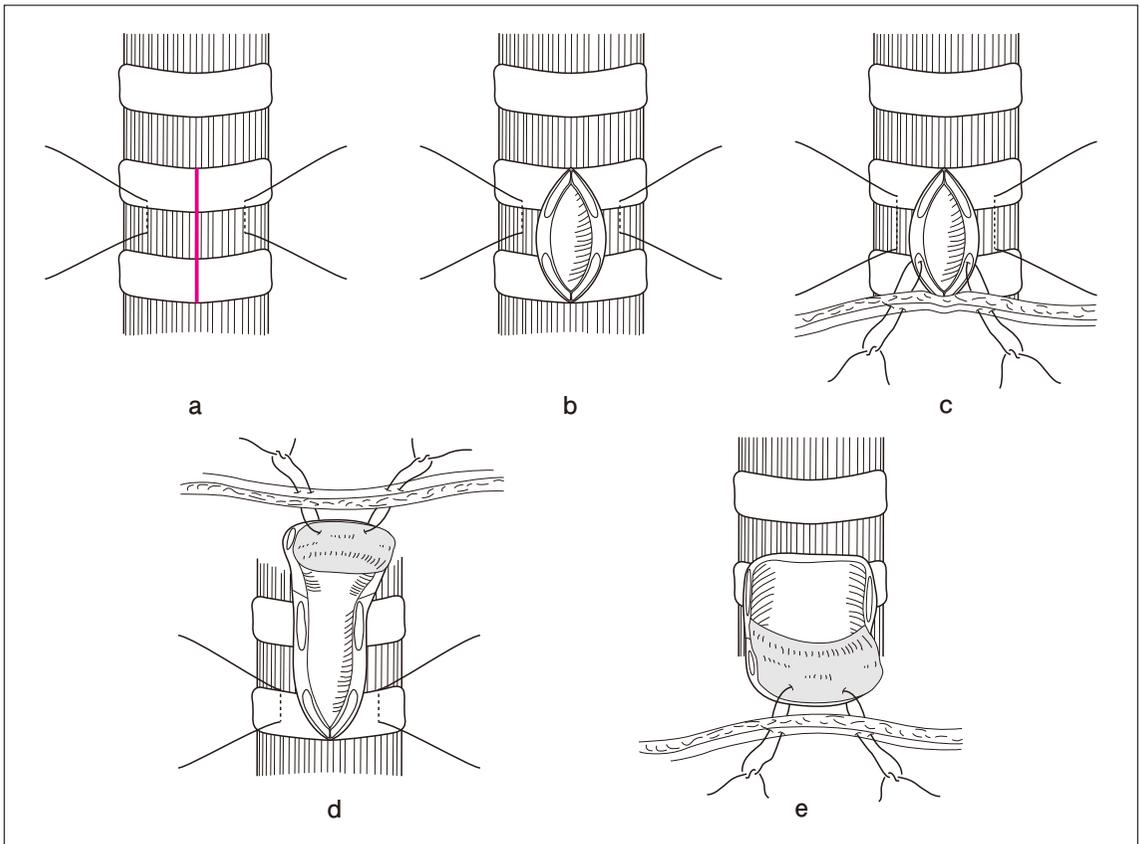
されている⁵⁾。

② Y字切開(図IV-12d)⁷⁾

呼吸器を装着していると、管の重みで気管切開孔直上に負荷がかかりやすく、潰瘍、肉芽、陥凹などが生じやすい。このため、Y字に切開し、上部は皮膚と縫合する。下方は縦切開のため、牽引糸を両側につけ、周術期に万が一事故抜去があった場合は糸を牽引しながら挿入することで、再挿入は容易である。気管孔上部の壁や輪状軟骨を内側に圧排することはないため、肉芽や気管孔上方の陥凹は予防できる。

③ 逆U字切開(Bjork フラップ)(図IV-12e)⁶⁾

大きくU字にフラップを作成するのではなく、1気管輪に局限して「コ」の字に切開し、下端の皮膚と縫合する。開窓術のためカニューレの誤挿入の可能性は少なく、再挿入も容易である。横方向に広げた孔であるため、カニューレ抜去後は1気管輪分を端々吻合する。



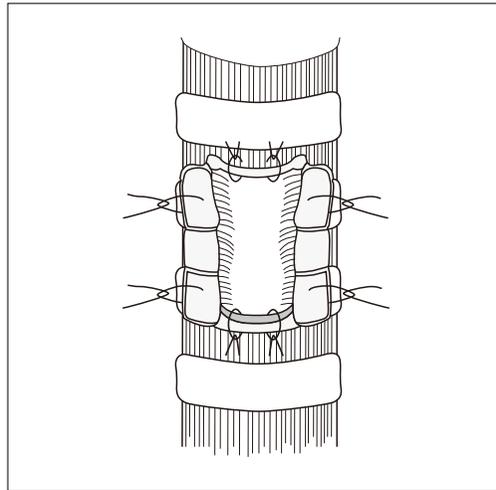
図IV-12 幼小児の気管切開術

- a：縦切開 気管前壁の左右に縫合糸をかけて、第2-3気管輪を正中で切開する。
- b：紡錘形に開いた切開部位
- c：縦切開したのちさらに左右を皮膚と縫合する。
- d：Y字(T字)切開 第1-2気管輪の間を横に切開し、翻転させて皮膚と縫合する。左右は牽引糸で牽引する。
- e：逆U字切開(Bjork切開) 第1-2気管輪間に横に切開をいれ、1気管輪分に局限して両端を縦に切開。フラップの下縁を翻転させ、皮膚と縫合する。

b) 気管開窓術

① H字切開(図IV-13)^{8),9)}

皮膚を「工」または「U字の下方にハの字をつけた形」に切開し、気管は「H」字に切開したのち、気管と皮膚を4片で縫合して開窓する方法である。全周性に縫合することで、気管軟骨断端が露出しないようにする。これにより術直後から皮下にカニューレを誤挿入する可能性がなく、また孔が小さくなりにくいいため、カニューレの事故抜去の際に再挿入も容易である。ただし、気管孔がカニューレのサイズに合わせて収縮しないため、呼吸器装用している場合、呼吸器圧の設定条件により気管孔周囲から空気の漏出が多く認められ、圧を高くすることが困難になることがある。



図IV-13 幼児の気管開窓術
H字切開(Fee-Ward法) 上下左右を
皮膚で被覆

(守本倫子)

1) はじめに

経皮的気管切開術(percutaneous dilatational tracheostomy, PDT)は、1955年にSheldenらが提唱した概念である¹⁾。その後、1985年にCiagliaらが、皮膚切開・気管穿刺・ガイドワイヤー挿置後に、ダイレーターにより段階的に気管切開孔を広げる方法(Ciaglia法)を提示した²⁾。1990年にGriggsらが気管切開孔を鉗子で広げていく方法(Griggs guidewire dilating forceps technique ; GWDF法)を提唱し、さらに1999年にはCiaglia法を改良し、2本のダイレーターでカニューレ挿入可能な大きさまで気管孔を拡張する方法であるBlue Rhino法が、より短時間で施術可能で実用的な方法として紹介された(クックジャパン)³⁾。近年、ICUを中心として、角(つ)の型のダイレーターで気管穿刺部を一気にワンステップで拡張する方法が主流で、Ciaglia Blue Rhino法(CBR法)³⁾、あるいはsingle-step dilation tracheostomy(SSDT)⁴⁾と称される。

2) 適応と禁忌

適応は、一般的な気管切開術に準じ⁵⁾、①長期間の人工呼吸管理、②人工呼吸器離脱困難、③分泌物過多、④気道防御不能、が挙げられる。さらに、種々のPDTキットにおいて警告あるいは禁忌の欄に添付文書に記載があるように、⑤甲状軟骨・輪状軟骨・気管といった解剖学的ランドマークが触知可能で、⑥気管挿管されている症例が適応となる(表V-1)。PDTは経喉頭的にすでに気管挿管されている成人に対して待機的に行われる術式であるため、外科的気管切開術(surgical tracheostomy, ST)の適応のうち、経喉頭的な気管挿管ができないような“上気道閉塞”は適応とならない点に注意が必要である。

禁忌(原則禁忌を含む)は、①緊急時、②頸部のランドマークが触知困難、③小児、④頸部の感染、⑤前頸部の腫瘍、⑥甲状腺肥大、⑦血液凝固機能異常、⑧挿管困難症例、⑨非挿管症例、⑩高いPEEP(≥ 1.9 kPa(20 cmH₂O))、⑪頸部伸展不良、⑫頸部・気管の手術歴、⑬頸部・気管の形態異常、といった症例である(表V-2)。経皮的な気道確保ではあるが、輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術と異なり、緊急気道確保は禁忌である点に注意が必要である。

表V-1 経皮的気管切開の適応

- 長期間の人工呼吸器管理
- 人工呼吸器離脱困難
- 分泌物過多
- 気道防御不能

※ただし、解剖学的ランドマークが触知できること、気管挿管されていることが条件。

表V-2 経皮的気管切開の禁忌

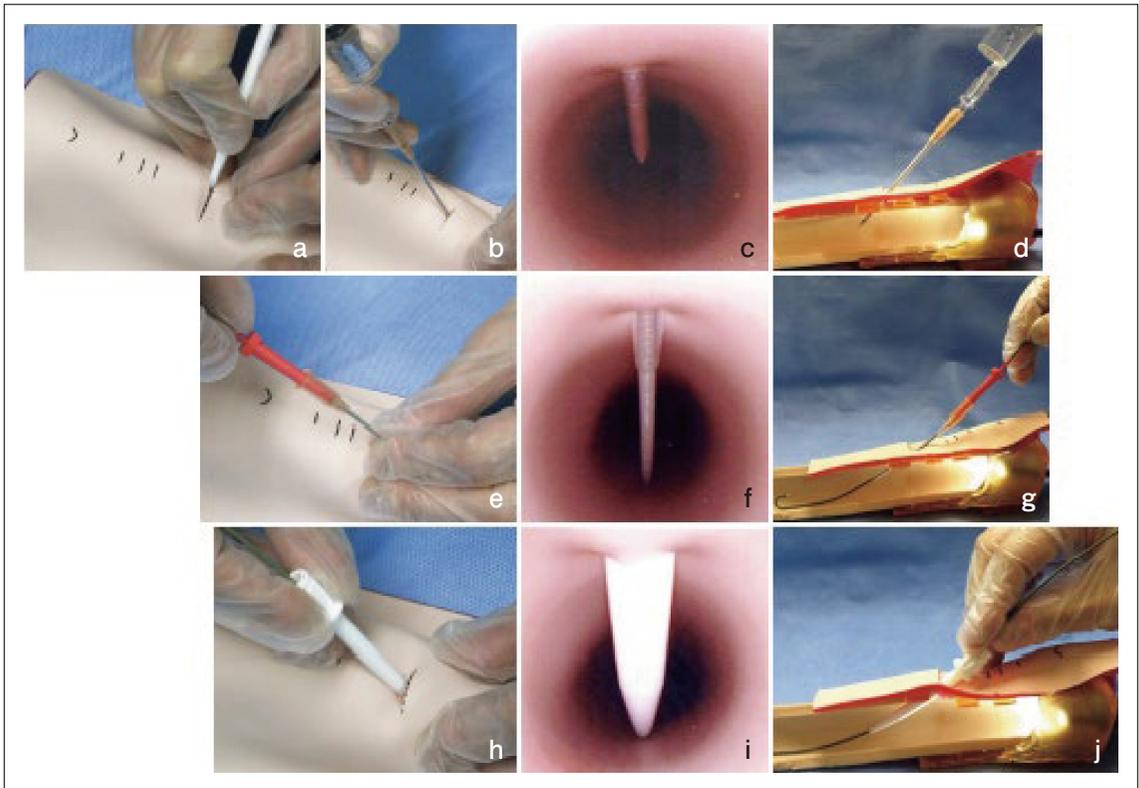
- 緊急気道確保
- 輪状軟骨触知困難
- 小児
- 頸部の感染
- 前頸部の腫瘍
- 甲状腺肥大
- 血液凝固機能異常
- 挿管困難症例
- 非挿管症例
- PEEP \geq 1.9 kPa (20 cmH₂O)
- 頸部伸展不良
- 頸部・気管の手術歴
- 頸部・気管の形態異常

3) 手 技

GWDF法ならびにCBR法(SSDT)の手順を以下に記す⁶⁾。なお、穿刺部位としては、第1-第2気管軟骨間または第2-第3気管軟骨間であり、肩下に枕を入れるなどして、患者の頸部を伸展させ、穿刺予定部位に1~2cm程度のマークをつけてから施術する。ランドマークとして、甲状軟骨切痕・甲状軟骨下縁・輪状軟骨上下縁ならびに胸骨切痕にマーキングしておくのもよい。いずれの手法においても、盲目的に穿刺することにより気管狭窄^{7), 8)}や気管軟骨損傷⁷⁾といった合併症が起り得ることが指摘されており、適応を慎重に選択し、内視鏡のモニタリング下で正確な操作を行うこと^{9)~13)}が重要であるが、この点は各種キットの添付文書にも明記されている。また、万一STへの移行が必要となった場合に備え、施術時にはSTの必要物品を手元に用意しておく¹⁴⁾。

以下に示す2つの方法は、いずれもSeldinger法による。すなわち、試験穿刺、ガイドワイヤー留置の後、皮下から気管前壁の予備拡張に続けて本拡張をガイドワイヤー経由で行い、最終的にはオブチュレーターを装着した気管切開カニューレを挿置する。以下にそれぞれの手順を示す。

なお、いずれの術式においても、穿刺部の1次拡張(予備拡張)までは共通している。すなわち、まず患者の肩下に枕を入れて頸部を伸展させた体位とする。そのうえで、軟性内視鏡を気管挿管チューブ経由でチューブ先端と気管内が視認できる位置まで進め、挿管チューブ先端・カフを声門直下に引き上げて固定する。皮膚の消毒・局所麻酔後、穿刺予定部位を皮膚切開し、静脈留置針を気管軟骨間に適切な高さで正中に穿刺したのち内筒を抜去し、外筒を通してガイドワイヤーを留置する。外筒を抜去してガイドワイヤー経由で1次ダイレーターを進め、皮下組織と気管壁穿刺孔を拡張する(図V-1)。以後の操作手順を次に記す。



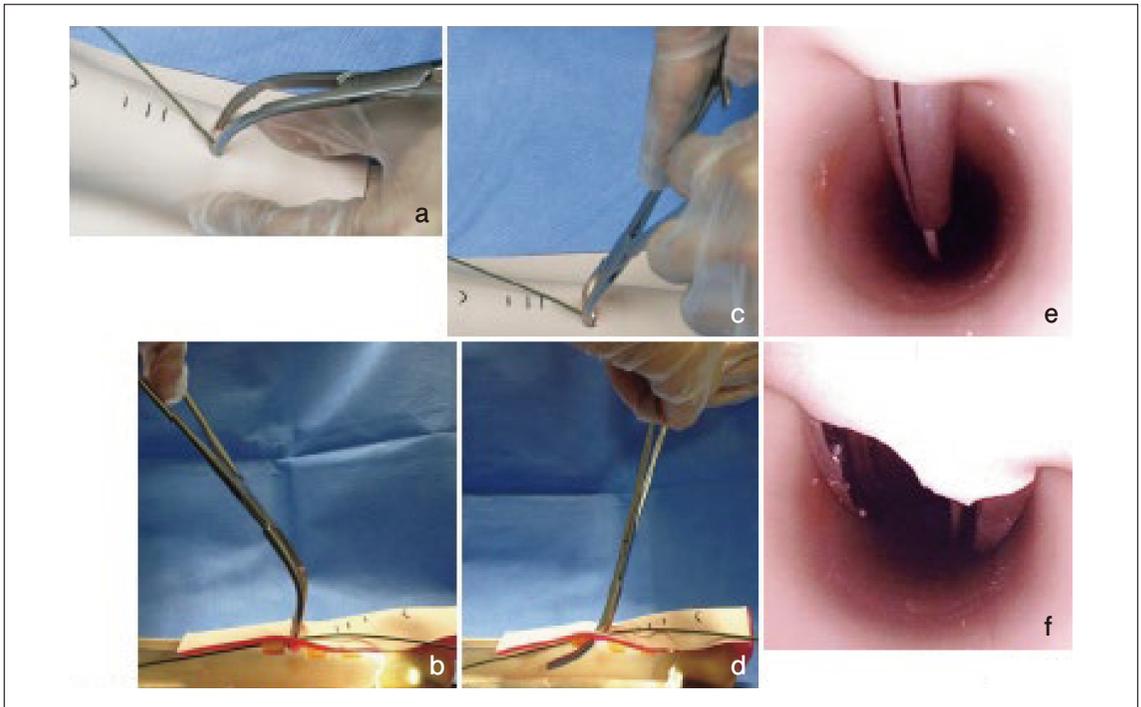
図V-1 PDT前半の手技(GWDF法, CBR法(SSDT)共通)

以下、手技をモデルで示す。軟性内視鏡の視野で気管挿管チューブ先端を声門直下まで引き上げてからの手技となる。まず、穿刺予定部位の皮膚切開を行う(a)。静脈留置針にて試験穿刺を行い(b~d)、内筒を抜去し、外筒経由でガイドワイヤーを留置する(e~g)。ガイドワイヤー経由で1次ダイレーターを進め、皮下組織と気管壁穿刺孔を拡張する(h~j)。外観(a, b, e, h)、内視鏡の内腔画像(c, f, i)、側方からのイメージ(d, g, j)をそれぞれ示す。(耳喉頭頸, 87巻1号より許可を得て転載)⁶⁾

1 GWDF法

わが国ではスミスメディカル・ジャパン株式会社よりBLUグリッグス[®]経皮的気管切開キットが市販されている。以下に術式の概要を示す。

キットに同包されているGWDF法専用の鉗子を、閉じてロックした状態でガイドワイヤーを経由して気管前壁まで挿入する。鉗子を開くことで皮下組織を拡張し、鉗子を開いたまま抜去する。再び鉗子をロックしてガイドワイヤーを通し、鉗子先端をさらに深部の気管内まで挿入し、先端を気管切開チューブが入る程度に開き、その状態で鉗子を再び引き抜くことで気管穿刺部を本拡張する(図V-2)。最終ステップとして、気管切開チューブにオブチュレーターを装着してガイドワイヤーを通して気管内へ挿入し、ガイドワイヤーとオブチュレーターを抜去する(図V-4)。気管切開チューブのカフにエアを挿入、人工呼吸器に接続し、経喉頭的に挿入された挿管チューブを抜去する。



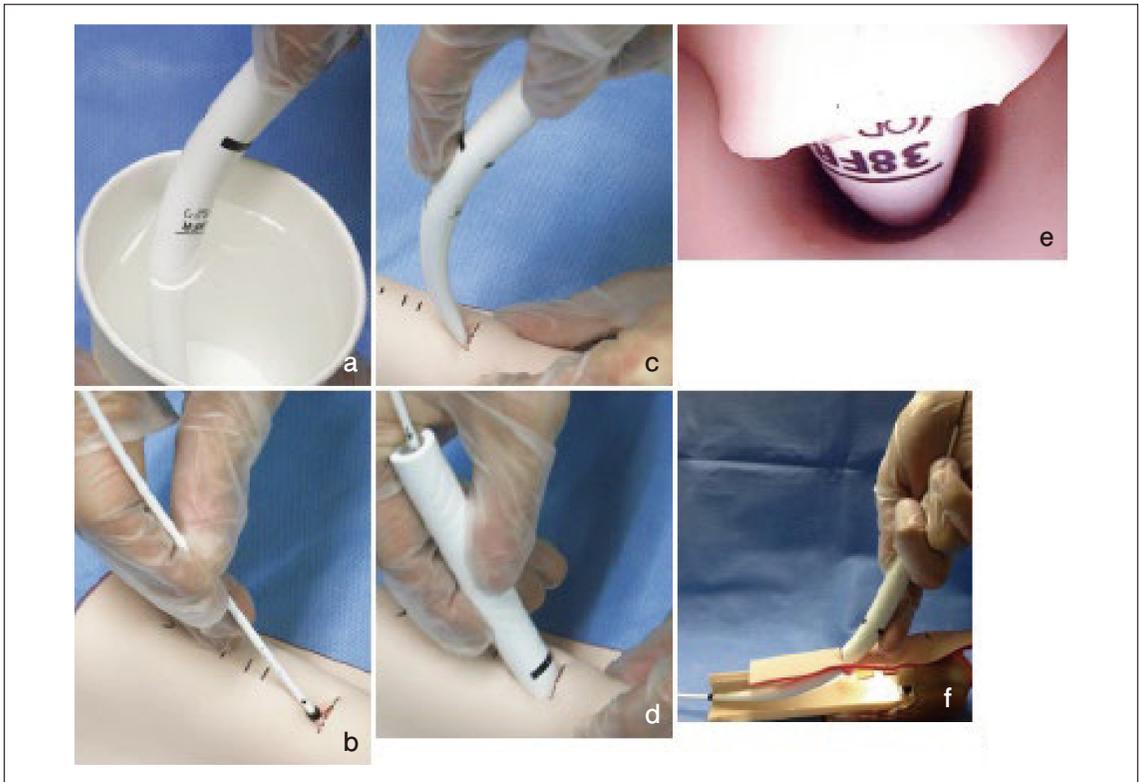
図V-2 GWDF 法中盤の手技

ガイドワイヤー経由で専用の鉗子を最初に気管前壁まで挿入し、先端を開くことで皮下組織を拡張する(a, b)。続けて鉗子先端を気管内まで挿入し、先端を気管切開チューブが入る程度まで広げ(c, d, f)、その状態で鉗子を引き抜く本拡張を行う。内腔画像は、鉗子を閉じた状態での気管内への先端挿入時(e)と本拡張時(f)の状態を示す。(耳喉頭頸, 87巻1号より許可を得て転載)⁶⁾

2 CBR法(SSDT)

現在本邦ではBLUパーク[®] 経皮的気管切開キット(スミスメディカル・ジャパン株式会社)とAspir-Ace[™] 経皮的気管切開キット NeoPerc[™](コヴィディエンジャパン株式会社)が入手可能である。以下に術式の概要を示す。

CBR法(SSDT)に特徴的な、角(つ)の型の2次ダイレーターにガイディングカテーテルを装着してガイドワイヤーに沿って挿入し、気管穿刺部を本拡張する。この拡張に際し、事前に2次ダイレーターの拡張部を滅菌水で湿らせ、親水性コーティングの潤滑性を発現させておく。なお、キットによっては、ガイドワイヤーを通して、まずガイディングカテーテルを挿置し、次に2次ダイレーターをガイディングカテーテルに装着し、これを用いて本拡張するという手順となっている(図V-3)。なお、本拡張時に用いたガイディングカテーテルをガイドワイヤーに残すか、気管切開チューブを挿入する次のステップで新たなガイディングカテーテルを用いるかに関しては、キット間で多少違いがある。最終ステップとして、ガイドワイヤー経由でガイディングカテーテル、イントロデューサー(オブチュレーターとも称される)、気管切開チューブを一体として気管内へ挿入する(図V-4)。気管切開チューブ以外をガイドワイヤーとともに抜去する。気管切開チューブのカフにエアを挿入、人工呼吸器に接続し、経喉頭的に挿入された挿管チューブを抜去する。オブチュレーターと気管切開チューブの組み合わせによっ



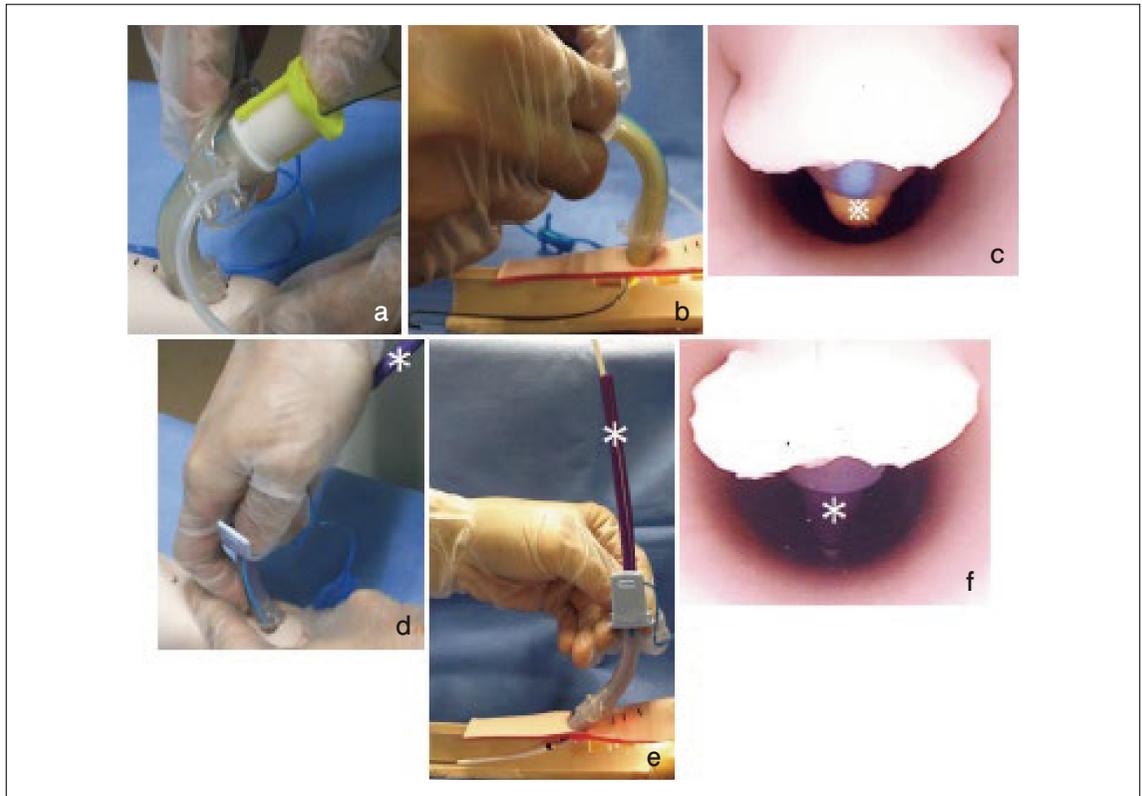
図V-3 CBR法(SSDT)中盤の手技

いずれのキットにも同包されている角(つ)型の2次ダイレーターは、拡張部を水で湿らせることで親水性コーティングの潤滑性を発現させる(a)。本拡張に際しては、キットにより、ガイディングカテーテルを先にガイドワイヤーに通す場合(b)と、ガイドワイヤーを通す段階からガイディングカテーテルと2次ダイレーターを一体として本拡張のステップ(c)に進む場合がある。拡張に際しては、気管の走行に沿うように内腔からも確認しながら(e)、十分に皮下から気管の穿刺部を拡張させる(d~f)。(耳喉頭頸, 87巻1号より許可を得て転載)⁶⁾

ては、ガイディングカテーテルを用いない場合もあり、事前に確認のうえ慎重に対応いただきたい。

4) PDT vs ST

PDTとSTを比較した論文は多いが、最近のエビデンスとして参考となる検討として、20の論文を検討した2016年のCochrane Review¹⁵⁾や、24の論文を検討した2018年のsystematic review and meta-analysis⁴⁾がある。いずれも緊急症例は除外した検討で、結果は酷似しており、気管切開関連死や大出血、そして命に関わるような有害事象(気道閉塞、チューブの迷入、チューブ交換困難、気管や食道の損傷、気胸・縦隔気腫・皮下気腫)はSTとPDTで有意差は認めず、創部感染のリスクが低く術後の創部が目立たない点ではSTよりもPDTが優位、という結果である。ただし、STは基本的にあらゆる気道確保の場面で適応となるのに対し、



図V-4 PDT後半の手技(GWDF法, CBR法(SSDT)共通)

オブチュレーター(※)が付随している気管カニューレを用いるような場合、ガイディングカテーテルを使わず、ガイドワイヤー経由で本拡張した気管孔にオブチュレーターを装着したカニューレを安全に挿入する(a~c)。ほかに、ガイディングカテーテルにイントロデューサー(オブチュレーターとも称される, ※)と気管切開チューブを組み合わせ挿入する方法もある(d~f)。これらのステップの後、カニューレ以外のガイドをすべて抜去して気管切開チューブのカフにエアを挿入、カニューレを頸部に固定して人工呼吸器に接続し、経喉頭的に挿入された挿管チューブを抜去して手技を終える。(耳喉頭頸, 87巻1号より許可を得て転載)⁶⁾

PDTは症例を選ぶ、という点が重要であり、その背景を理解したうえで、PDTに関して安全で適切な適応となる症例での比較結果としてこれらの結果を解釈すべきである。なお、世界59カ国を対象とした欧州集中治療学会のICU患者に対する気管切開術のサーベイランスの結果では、欧州ではSSDTが最も頻用されるのに対し、欧州外ではSTが最多であり、欧州・欧州以外のいずれにおいても、PDTを行っている医師は集中治療医が、そしてSTを行っている医師は耳鼻咽喉科医が最多と報告されている¹⁶⁾。

5) 経皮的気管切開術の位置付け

これまでも、耳鼻咽喉科医師と呼吸・集中治療担当医師〔pulmonary/critical care(PCC) specialists〕とのPDTに関するコラボレーションの成功報告がある^{14), 17)}。これらの報告では、

複数科が連携することの利点としてそれぞれの部門の専門医が共同することによる安全性の向上^{14), 17)}やお互いの科にとっての教育的な意義¹⁷⁾を挙げている。また、麻酔科医師や集中治療担当医師がPDTを取り入れ、症例が増えつつある現状を見据え、耳鼻咽喉科医師は気道を取り扱うスペシャリストとしてこの新たな手法を学び、正しい手技を指導すべき立場にあるとされ¹³⁾、本邦からも耳鼻咽喉科と麻酔科の連携体制でのPDTに関する報告がなされている^{18, 19)}。耳鼻咽喉科医師から他診療科医師への指導時には、①喉頭・気管の内腔からの解剖を理解したうえでの正しい穿刺部位(高さ)の視認、②正中からの丁寧な穿刺、③ダイレーター挿入時の角度とカニューレの弯曲を意識した操作が重要なポイントと考えられる。

(齋藤康一郎)

1) 気管切開による呼吸状態の変化とその対応

1 はじめに

気管切開は長期に渡る人工呼吸管理を要したり、気道狭窄や気道分泌物の管理が必要になったりする患者に施行される。気管切開術後は、気管挿管チューブによる管理と比較して種々の生理学的利点が得られる反面、様々な合併症が出現して呼吸状態の悪化を来す可能性があるため、注意深い観察と適切な対応が必要になる。

2 術後の呼吸生理学的変化を中心とした、気管切開術の利点と注意点、およびその対応

① 気管切開術の利点

気管切開後は、気管挿管による呼吸管理と比較して、患者の快適性の向上、鎮静の必要性の減少や、効果的なコミュニケーションが得られ、口腔ケアも行いやすくなるので、呼吸管理上、多くの利点がある^{1), 2)}。また、気管切開後には死腔および上気道の呼吸抵抗が減少するため³⁾、呼吸仕事量、最大吸気圧、内因性 PEEP (positive end-expiratory pressure) が自発および人工呼吸患者の両方で減少し、生理学的にも利点がある⁴⁾。人工呼吸器からの離脱が困難であった気管挿管チューブで管理中の患者に対し、気管切開チューブへ変更した前向き臨床研究によると、離脱に関連するパラメーターは気管切開チューブへ変更後、有意に改善している⁵⁾。また、気管切開チューブは気管挿管チューブより短いため、気道抵抗が減少するとともに、その曲率半径が短くて内面が滑らかなものは流動抵抗の低下にも寄与する²⁾。さらに、気管切開チューブの直径が大きくなると、呼吸仕事量の軽減につながる²⁾。

② 気管切開術の注意点とその対策

a) 長い気管切開延長チューブに注意

基本的に気管切開後に死腔は減少するものの、一回換気量が少ない小児の気管切開後人工呼吸患者で、長い気管切開延長チューブが用いられる場合は、それが大きな死腔になるため⁶⁾、人工呼吸器設定を適切に行わなければならない。

b) 加温加湿が必要

気管切開後は吸気に加温加湿能力は低下するので³⁾、人工呼吸管理を行う場合は加温加湿器を使用し、行わない場合は人口鼻を気管カニューレに接続した方がよい。

c) 排痰介助や低圧持続吸引による気道クリアランスの維持

咳嗽の発生機序である、①深い吸気、②声門閉鎖および呼息筋収縮による胸腔内圧上昇、③声門開放と爆発的な呼気、の3相のうち、気管切開患者では第Ⅱ相の遂行ができないので、強い咳嗽ができない⁷⁾。そのため、排痰介助が必要になる。重症神経難病患者に対しては、理学療法的な排痰補助(体位ドレナージ、用手排痰補助など)と機器を用いた排痰補助【機械的陽圧陰圧療法(mechanical insufflation-exsufflation; MI-E)、肺内パーカッションベンチレーター(Intrapulmonary percussive ventilator; IPV)、体外式陽・陰圧人工呼吸器、バイブレーションベスト】の組み合わせが推奨されている⁸⁾。なお、MI-Eは気道に陽圧を加えるために、原則として、プラのある肺気腫の既往、気胸や気縦隔の疑い、人工呼吸による肺障害のある患者に対しては禁忌となる。また、胸腔内圧の変化によって不整脈を誘発したり心不全が悪化したる可能性があるため、これらの心疾患を有する患者に行う場合は脈拍とSpO₂のモニターが必須になる⁸⁾。IPVでも、未処置の緊張性気胸の患者は禁忌となり、他の疾患・病態を合併している場合もMI-Eと同様な扱いとなっている⁹⁾。

気管切開による人工呼吸が行われている患者のうち、約30%位までは誤嚥を起こしており、その多くは70歳以上であると報告されている¹⁰⁾。また、重度心身障害者や神経筋疾患患者では、唾液がチューブのカフを越えて気管内へ誤嚥し、頻回の吸引が必要になる場合があり、介護者の負担が大きくなるのが問題になる¹¹⁾。この問題に対し、近年、専用の気管切開チューブと低定量自動持続吸引器とを組み合わせ、低圧持続吸引法が導入されるようになり、夜間の喀痰吸引回数の減少に役立っている^{8), 11)}。

3 気管切開術後に呼吸状態悪化を引き起こす主な合併症とその対応

気管切開術後、呼吸状態が悪化する主な合併症として、早期には肺炎、縦隔炎、敗血症、気管切開チューブの誤挿入・閉塞などがあり、晩期では、無気肺(重力に従って気道分泌物が背側に貯留するため)、人工呼吸器関連肺炎などのほか、肺血栓塞栓症(長期臥床による)、緑膿菌による慢性気道感染症(気管孔から細菌の侵入が容易になるため)などが挙げられる^{8), 12), 13)}。気管切開チューブの誤挿入や閉塞の際は、再挿入やチューブの交換が必要になる。気管切開術後にSpO₂の低下、胸部聴診にてcoarse cracklesや呼吸音の低下、気管切開チューブや気管孔から膿性気道分泌の吸引など、呼吸状態悪化の兆候が確認されれば、バイタルサインをチェックするとともに、血液検査(血液学、生化学、免疫血清学)、胸部単純X線撮影(必要に応じて胸部CT)、吸引痰塗抹・培養検査などを施行する。これらの検査で呼吸状態悪化の原因を検索し、呼吸器内科などと連携して適切な治療を行っていく必要がある。

(岩永賢司)

2) 術後管理

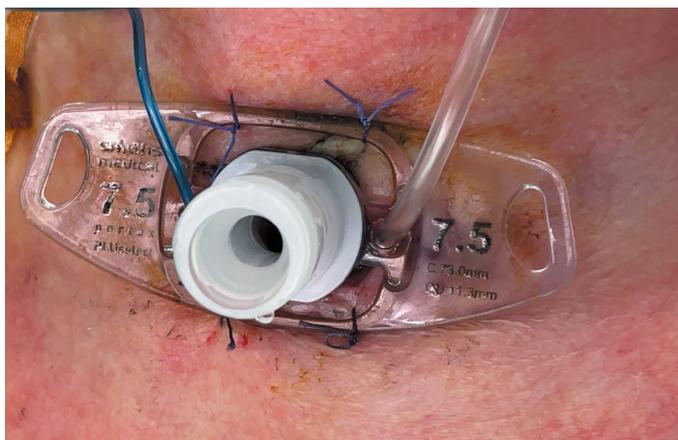
1 カニユーレの固定

安全で安定した換気のためには気管カニユーレを気管孔に固定することは必須である。気管カニユーレの逸脱・迷入は換気が不能となり、窒息に直結する危機的な状況に陥るというリスクを持っている。気管切開術後早期は気管切開孔の器質化が不十分で気管カニユーレが抜けると再挿入が困難となる。

気管カニユーレの逸脱・迷入は気管切開日から12日の間に多いとされており、この期間はカニユーレの固定には特に注意する必要がある。皮下や縦隔内に迷入し気づかずに陽圧換気をする、皮下気腫、縦隔気腫や緊張性気胸を起し、呼吸状態はさらに悪化してしまう。

カニユーレの固定には施設ごとのルールがあると思われ、付属のバンドやサナダ紐などが使用されている。筆者の病院では固定の緩み防止のため、原則としてサナダ紐を使用するよう院内のガイドラインに定めている。固定紐はほどけないように固結びをして皮膚と紐の間に指1本が入る程度で固定する。その他、糸針固定でカニユーレを皮膚に4点縫合固定することが、医療事故の再発防止に向けた提言 第4号に記載されている¹⁴⁾。気管カニユーレの逸脱、皮下・縦隔内迷入の防止策として有用とされる。カニユーレのフランジに固定用の穴が空いているタイプでは、カニユーレのフランジを損傷することなく縫合糸が掛けられる構造になっている(図VI-1)。

早期に逸脱・迷入する要因としては人工呼吸器や酸素チューブによる気管カニユーレへの張力がかかりやすい状態が指摘されており、患者の吸引、体位変換などのケア時には特に注意を要する。



図VI-1 気管カニユーレと皮膚の縫合

糸針固定でカニユーレを皮膚に4点縫合固定している。カニユーレのフランジに固定用の穴が空いているタイプでは、穴に縫合糸が掛けられる。

がある(一般的に20~27 cmH₂O)。カフ圧が過剰になると気管壁の毛細血管の血流を阻害し、圧迫部位の気道粘膜に潰瘍・壊死を引き起こし、気管食道瘻や腕頭動脈瘻の発生する可能性が生じる。

4 全身管理

温度・湿度の管理を行う。去痰剤の投与やネブライザーにより痰の排出が容易になるようにし、また抗菌薬の投与により術創の感染を防止する。

3 早期合併症

1 出血

術直後の出血は、皮膚や甲状腺断端など術創からのものが多いが、持続性で出血量が多い場合は電気凝固や結紮など止血処置は必要である。圧迫で経過観察することで、カフを超えて気管内に血液が流入し思わぬ気道のトラブルに発展することがある。

2 気腫・気胸

頸部皮下気腫、縦隔気腫、気胸が見られることがある。皮下気腫は皮膚切開創を密に縫合閉鎖することで生ずる。術創は切開線の端を緩めに合わせる程度がよい。また気管切開後、早期にカニューレを抜去して閉創すると皮下気腫を生じる。気管孔の閉鎖は早くとも4~5日後まで待ったほうがよい。

3 肺炎・気管支炎

気管切開により下気道圧が低下し、誤嚥が起きやすくなるため嚥下性肺炎がしばしば生じる。適切な対応が必要である。

4 遅発性合併症

1 出血

遅発性の出血はカニューレ先端の機械的刺激による気管壁の損傷などによるもので、カニューレ先端に血液が付着するような場合、内視鏡により気管壁をチェックする必要がある。稀にカニューレ先端の圧迫により気管壁と腕頭動脈壁に壊死を生じ、気管腕頭動脈瘻による大出血をきたすことがある。致死性であるので、あらかじめ内視鏡によりカニューレの先端の角度が気管の走行方向に一致しているかどうかを確認しておくことが重要である。カニューレ先端の先当りによる肉芽形成や出血には、長期的に同じ位置でカニューレが当たらないように、カニューレの長さを調節できるタイプを使用するとよい。また肉芽に対してはレーザーによる切除、ステロイド含有軟膏やステロイド吸入剤をカニューレ内や周囲に使用することが効果的と報告されている。

2 気管カニューレ抜去困難症

カニューレの刺激により気管孔上部、後壁、カニューレ先端部の内壁に肉芽を形成した場合や、カニューレの圧迫で気管孔上方の気管前壁がつぶされた場合に新たな狭窄となり、カニューレを抜去できなくなる。特に高位気管切開で輪状軟骨あるいは第1気管輪を損傷した場合に生じやすい。適切な太さと角度のカニューレの選択とカニューレの位置の確認により新たな狭窄を防止することが必要である。

気管内、気管孔周囲の肉芽はレーザー切除や電気メス、バイポーラなどで処理し、高度の場合はステントとしてTチューブを内腔が確保できるまで挿入することもある。

また低い気道抵抗に慣れたため抜去により呼吸困難感が生じて抜去できなくなることもある。特に小児例に多い。抜去前にボタン型カニューレ(開孔部レティナ)などに変更後カニューレ孔に栓をし、高い気道抵抗に慣れてからカニューレを抜去することで解決できることが多い。

(大上研二)

5 病棟管理上の注意点(看護の立場から)

気管切開は、上気道の狭窄・閉塞、下気道の分泌物の喀出困難、人工呼吸管理が長期化する際の対応として行われ、長期間の管理を要する場合もある。病棟で気管切開患者を看護するうえで基礎的な知識が必要であるため、本項では、気管切開をした患者のリスク管理と日常生活の援助を中心に記載する。

1 リスク管理

① 気管カニューレの固定

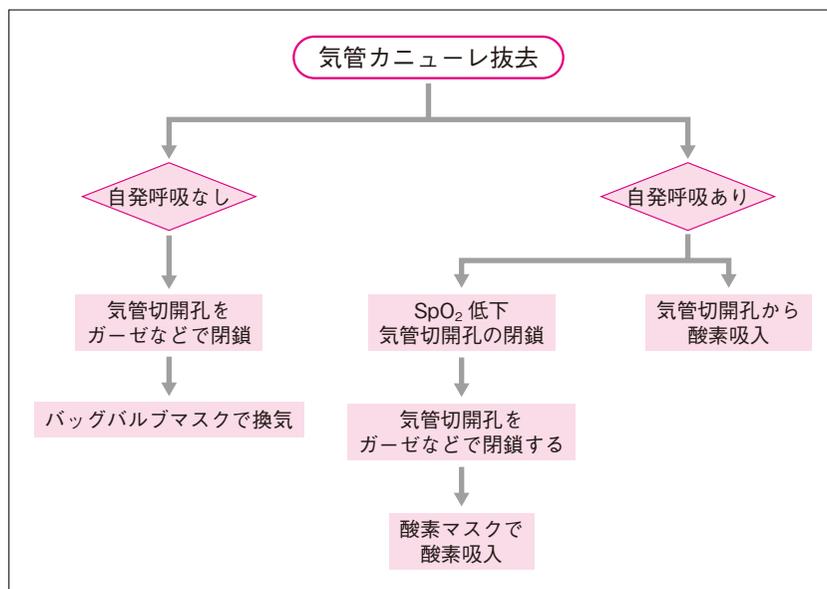
気管切開は生命維持に直結し、気管カニューレの管理は気管切開患者を看るうえで重要なポイントとなる。特に気管カニューレの逸脱・迷入は死亡事例としても複数報告がされている。

術直後は頸部の浮腫を伴うなど、気管切開孔が安定していない時期であり、気管カニューレの再挿入が困難になる。そのため、術直後の気管カニューレの管理は特に重要である。気管カニューレは、付属の紐や固定ベルトで指1本分くらいのゆとりをもって固定されるのが一般的であるが、体型や器質的問題で抜去リスクが高い場合は縫合固定される。頸部の浮腫は時間の経過で軽減するため、紐や固定ベルトで固定している場合は緩みがないか密な観察が必要である。また、気管カニューレのフランジと皮膚の間にカットガーゼを挿入して皮膚の保護をする場合もあるが、カニューレの挿入部の観察が行いにくくなるため、必要なければ使用を控えるほうがよい。カニューレのフランジによる皮膚の損傷に対しては、ドレッシング材などを使用することで気管切開孔を覆わずに保護することもできる。

② 気管カニューレが抜去してしまった場合

自発呼吸の有無、バイタルサインなどの確認と同時にドクターコールする。自発呼吸がない場合、気管切開孔をガーゼなどで閉鎖してバッグバルブマスクで換気を行い医師の到着を待

つ。気管カニューレの再挿入に固執せず気管挿管も視野に入れる。自発呼吸がある場合は、気管切開孔から酸素吸入を行い、気管切開孔の閉鎖やSpO₂の低下がある場合は気管切開孔をガーゼなどで閉鎖して口から酸素マスクで酸素吸入を行う。その間に再挿入の準備をして医師を待つことを推奨する(図VI-3)。



図VI-3 気管カニューレが抜けた場合
注：ただし声門上部に高度狭窄を認めない場合に限る。

ただし急性喉頭蓋炎などにより声門上部に高度の狭窄がある場合には対応が異なる。このような場合には口や鼻からのマスク換気や再挿管が不可能であるため、(一例として)カニューレが抜けてしまった気管切開孔の閉鎖を防ぐために鼻鏡を挿入するなど、施設・症例ごとに対応を決めておく必要がある。つまり気管切開が行われた患者の状況と対応は、医師-看護師間での情報共有が重要である。

また、気管カニューレのカフが気管切開孔から見た場合でも、迷入の可能性があるため看護師が押し込むことはしない。

③ 吸引

気管内吸引は、呼吸循環動態の変動や気道粘膜の損傷などのリスクがある。呼吸循環動態の変調は吸引操作中の酸素飽和度モニターや心電図モニターなどで早期発見が可能である。異常時はすぐに行為をやめ、医師に報告する必要がある。

気道粘膜の損傷は、出血による血餅、分泌物の粘稠化による喀出困難などにより気道狭窄の原因になる。そのため、吸引圧は150 mmHg以下、吸引チューブの太さは気管カニューレの内径の1/2以下とし、挿入する長さは気管分岐部に達しない7~10 cm程度を推奨する。また、吸引チューブを上下に振動させながらの吸引操作は、吸引チューブの先端で気管壁を損傷するリスクがあるので注意が必要である(表VI-1)。

表VI-1 気管カニューレに対する吸引チューブの太さの目安

気管カニューレの太さ	6 mm	7 mm	8 mm 以上
吸引チューブの太さ	8Fr 以下	10Fr 以下	12Fr 以下

*吸引チューブで気管粘膜を損傷する可能性があるため吸引チューブは最小限の太さのものを使用することが望ましい。14Frを使用する場合は特に十分注意が必要である。

● 人工呼吸器装着時の注意点

感染防止のために閉鎖式吸引チューブを使用することが望ましく、閉鎖式ではない場合は毎回交換する。自発呼吸のある患者の場合は吸引を止めた状態で吸気時に挿入し、陰圧をかけながらゆっくり引き戻す。挿入時間は15秒以内とし、一回の操作で10秒以内の吸引を推奨する。

● 人工呼吸器離脱後の注意点

できるだけ咳嗽を促し、分泌物が気管切開孔付近に上がってきてから吸引することで気道粘膜の損傷機会を減らすことができる。気管切開により、吸気が上気道を介さないことでの粘膜乾燥や粘稠な分泌物の貯留を防ぐために、人工鼻の使用、加湿酸素、超音波ネブライザーなどで加湿することを推奨する。

④ 狭窄と閉塞予防

気管カニューレは、内腔に分泌物が乾燥付着して狭窄や閉塞を起こす場合がある。そのため、気管カニューレのタイプごとに対応を検討する必要がある。内筒がない気管カニューレが狭窄や閉塞した場合、気管カニューレそのものを交換する必要がある。常時保湿や加湿を考える必要がある。しかし、内筒がある気管カニューレは分泌物の性状を観察する必要はあるが、カニューレ内の狭窄や閉塞であれば取り外して洗浄することが可能であり、定期的に洗浄することで狭窄や閉塞の予防になる。人工呼吸器装着中など、内筒の洗浄を行えない状況の場合は人工鼻の使用を検討する。

⑤ カフの管理

カフ付き気管カニューレの場合、カフの管理が必要になる。気管カニューレのカフは、人工呼吸器による陽圧換気を可能にするために存在するのであって、固定のためのものではない。カフ圧は高すぎると気管粘膜の毛細血管の血流を阻害し、粘膜潰瘍、壊死、気管腕頭動脈瘤などの発症につながる。カフ圧は20～25 mmHgでコントロールを行うが、低すぎる圧は上気道の分泌物が流れ込むリスクが高くなるため、確認を定期的に行う必要がある。

⑥ 上気道の分泌物の流れ込み防止

カフ付きカニューレを使用している場合、喉頭に侵入した上気道の分泌物や誤嚥物はカフ上部に貯留する。大量に貯留すると、嚥下運動などでカニューレが動いたときにカフ上部に貯留した液体は下気道へ流れ込むリスクが増す。そのため、定期的なカフ上部の吸引が必要である。また、外筒に側孔があるタイプのカニューレの場合は、内筒を抜去・洗浄するときに側孔から貯留物が流れ込むため、内筒を抜去する前に必ずカフ上部を吸引する必要がある。

2 日常生活の援助

1 コミュニケーションの問題

発声ができないことによりコミュニケーション方法が変化する。多くの場合は文字盤や筆談であるが、近年はタブレットなどのデバイスを使用することもある。一般的なコミュニケーションスキルと同じように話を最後まで聞くことが重要であり、途中で内容がわかっていても最後まで書いてもらうように心がける。また、返事がしやすいように closed question を使用することが多いが、状況によっては時間を作って open question でゆっくり思いを聞き取ることも重要である。

2 清潔のケア

ADL が拡大すると清潔ケアは入浴やシャワーを選択するようになる。しかし、シャワーや入浴の際の水の侵入は窒息につながるため工夫が必要である。シャワーを使用する場合は、気管孔をタオルやシャワーケープなどで覆い、水が直接気管孔へ当たらないように行う。また、自分で行えるように指導する場合は鏡が見えるようにするなど工夫が必要である。浴槽が広い場合、浴槽内での転倒や想定外の理由で気管孔に水が侵入する可能性があるため浴槽へ入ることは避ける。

3 「いきむ」ことができない

気管切開により声門閉鎖による呼気コントロールができなくなり、排便時の「いきみ」ができなくなる。そのため、排便状況に応じて排便コントロールが必要になる。また、「いきみ」は胸腔と腹腔を安定させることで力を入れやすくし、これが障害されると重いものを持たないことや転倒しやすくなることが想定される。

4 嚥下機能への影響

気管切開は、気管カニューレによる声門下圧の低下、喉頭挙上運動への影響、カフによる食道の圧排、気道感覚閾値の上昇などで嚥下機能へ影響を与える。気管カニューレは、カフ上部や気管孔からの吸引量などに合わせてカフがないものやボタン型を検討し、嚥下機能に注意しながら経口摂取を進める必要がある。

3 特定看護師が行う気管カニューレの交換について

特定看護師の特定行為としての気管カニューレの交換は、気管開窓術後、気管切開後2週を経過して瘻孔が完成した気管カニューレ装着中の患者が対象である。

患者の病状の範囲は、何らかの原因でのカニューレ抜去、カニューレの破損で交換が必要な場合、カニューレが乾燥した分泌物で閉塞した場合であり、実施した後に担当の医師へ連絡する必要がある。定期交換の場合は、事前に医師と役割分担を行い計画的に行う必要がある。

(青山寿昭)

気管カニューレ関連の 事故からの教訓

1) はじめに

医療事故調査の目的は「再発予防」である¹⁾。また、気管カニューレ関連の事故は多岐に渡る²⁾。本項では気管カニューレ関連の事故を振り返るとともに、その対策について述べる。

2) 気管カニューレの逸脱・迷入

1 事例³⁾

60歳代の男性。リウマチ性間質性肺炎急性増悪の症例で、副腎皮質ステロイド、免疫抑制薬を使用中であった。気管挿管下での人工呼吸器管理の長期化により、気管切開術施行となった。気管は逆U字切開で、気管壁と皮膚は縫合されていた。術後7日目、気管切開カニューレ交換を実施した。その3日後、病棟で体位変換を実施した際、気管カニューレのカフが見え、位置修正を試みたが再挿入・換気ができなかった。最終的に経口挿管となったが、すでに低酸素、縦隔気腫、両側緊張性気胸をきたしており、気管カニューレ逸脱後約1時間で死亡となった。

2 背景

気管切開の術後早期における気管カニューレ逸脱は危険である。なぜなら、再挿入困難や迷入に直結するからである。医療事故再発防止に向けた提言書第4号「気管切開術後早期の気管切開チューブ逸脱・迷入に係る死亡事例の分析³⁾」では、死亡5例中4例は逸脱後に気管カニューレの再挿入ができず死亡していた。残り1例は再挿入まで長時間を要したため低酸素脳症をきたし、7日目に死亡していた。また、5例中3例は逆U字の気管切開で下方のみ気管と皮膚を縫合、1例は気管と皮膚の縫合をしていなかった(1例は不明)。気管カニューレの固定方法は5例中3例が付属の紐、2例が固定バンド・ネックテープであった。そして、死亡事案5例中4例は体位交換時に気管カニューレが逸脱していた。これ以外にも術後早期における気管カニューレの逸脱に関連する死亡事案が複数報告されている^{4)~6)}。

3 対策

術後早期の気管カニューレ逸脱対策の第一は「創傷治癒に配慮し、万一の逸脱が起きても、

再挿入しやすい浅い気管孔を造ること」である。第二は「逸脱しないように、気管カニューレ中央と皮膚を縫合固定すること」である。第三は「体位変換時は必ず気管カニューレを抑え、後屈を予防し、気管カニューレを監視しながら複数人で行うこと」である。また、上気道閉塞時以外は経口挿管が可能な状況であることが多い。気管孔からの気道確保が困難と判断した場合、早急に経口挿管を検討すべきである。

3) カニューレの閉塞

1 事例⁷⁾

70歳代の男性。肺炎および呼吸窮迫症候群(acute respiratory distress syndrome ; ARDS)の症例で、糖尿病、肺気腫を合併していた。肺炎が重症化し、気管挿管下に人工呼吸器管理が行われていた。呼吸不全が改善しないため、気管切開術が施行された。鎮静下に人工呼吸器管理が行われていた。術後3日目、気道内圧上昇警報が鳴り、気管内吸引を試みるも、吸引チューブが挿入できなかった。そこで、喀痰による気管カニューレ閉塞を疑い、気管カニューレ交換を行った。その直後から換気ができなくなり、心停止となった。心肺蘇生を開始し、気管カニューレの再挿入を試みたがうまくいかず、経口挿管を行った。しかし、糖尿病による血管病変も強く、心拍再開せずに、死亡となった。

2 背景

術後早期に気管カニューレが閉塞した場合、前述の「気管カニューレ逸脱・迷入」のリスク状況を医原的に作ることになる。つまり、術後早期は気管カニューレ閉塞が原因で、気管カニューレ交換が必要となる状況を避けなければならない。

3 対策

防止策として二重管タイプの気管カニューレが有用である。二重管タイプは欧米で標準的に使用されている^{8), 9)}。また、英国のガイドラインでは気管切開術後や臨床医が迅速に対応できない病棟では特に二重管タイプが推奨されている⁹⁾。

4) 気管切開下陽圧換気での管理トラブル

1 事例¹⁰⁾

80歳代。慢性呼吸不全で20年前から気管切開下に陽圧換気をされていた。自発呼吸あり、1年前に療養病棟に転入となった。セントラルモニターで酸素飽和度が低下したため、看護師が訪室、気道内分泌物を吸引したが酸素飽和度は改善しなかった。人工呼吸器の回路点検で、気管カニューレ接続部の呼気側に吸気側回路が装着されていたことがわかった。接続し直したが呼吸状態が悪化し、死亡となった。

2 背景

医療事故再発防止に向けた提言書第7号「一般・療養病棟における非侵襲的陽圧換気(NPPV)及び気管切開下陽圧換気(TPPV)に係る死亡事例の分析¹⁰⁾」では8例の死亡事案が検討された。8例中3例が気管切開下陽圧換気(tracheal positive pressure ventilation; TPPV)に関連する死亡事例であった。1例は気管カニューレの接続部が外れていた事例、1例は接続回路の誤り事例、1例は人工呼吸器の停止事例であった。吸気側と呼気側は回路の太さが同じで、どちらにも接続可能である。また、間違えていてもリークテストでは発見できない。

3 対策

回路を正しく理解し、指差し確認、第三者確認など部門全体の意識を高めることが重要である。慣れに伴う不注意も原因となる。ガスの流れに沿って人工呼吸器のガス出口から呼気ガス入り口まで指で追うのが有効である¹¹⁾。

5) 気管腕頭動脈瘻

1 事例¹²⁾

80歳代の女性。脳梗塞を発症し、搬送された。入院10日目に経皮的気管切開術が施行された。気管切開術から2カ月後、気管カニューレ交換時に気管孔から凝血塊が噴出、口腔からも血液が流出した。CT画像で腕頭動脈がやや高位にあり、気管孔上部の圧迫を外すと気管孔から拍動性出血を認めた。腕頭動脈穿孔部の縫合・前頸筋による縫合部の被覆を行い、その3週間後に腕頭動脈仮性瘤に対して人工血管置換・大胸筋皮弁再建術を施行した。しかし、その1カ月半後に人工血管中枢吻合部の離開により、止血不能な出血を認め、最初の止血術から3カ月で死亡となった。

2 背景

発症頻度は1%以下と低い^{13), 14)}が、致死的になりえる¹⁵⁾。気管切開後3週間以内の発症が70%以上¹⁶⁾とされているが、長期間の管理中に気管カニューレ自体やカフの接触により気管壁が壊死し、隣接する腕頭動脈が破綻することによっても生じる。先・後天的理由により脳障害を持ち、長期間カフ付き気管カニューレが挿入されている症例で起こりやすい。このような症例では亀背や側弯などにより、気管カニューレと気管が適切な位置に収まりにくいことが多いことも誘因の一つである¹⁷⁾。また、高位腕頭動脈症例も危険性が高くなる。人工呼吸器管理では気管カニューレの重さや振動により気管壁に強い圧がかかりやすくなる。

6) おわりに

気管切開術では「気管を切開するまで」より、「気管を切開した後」が事故防止のためには重要であることがわかる。気管と皮膚の固定、気管カニューレの固定方法や種類の選択、人工

呼吸器管理に関する知識，長期管理の方法などである。医療事故は患者・家族のみならず，医療従事者も不幸にする。気管切開術と気管孔管理を「簡単なもの」と甘く考えないことが大切である。

(塚原清彰)

気管切開術とその術後管理に関する全国実態調査

(2020年臨床研究課題)

1) はじめに

本邦には、気管切開術の手術方法や術後管理についてのガイドラインや一定の指針がなく、各施設の裁量に任されている現状にある。そこで、将来的に安全、確実な気管切開術を施行するための指針を策定することを目的として、本邦における気管切開術とその術後管理の実態の全国調査を実施し、その基礎データを集積した。本研究は日本気管食道科学会公認の2020年度の疫学調査研究として施行し(2020-02)、大阪医科薬科大学倫理委員会において承認を受けている(45-2935)。

2) 対象

日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会認定の耳鼻咽喉科専門研修プログラムの基幹施設101施設および専門関連研修施設520施設、計621施設に対して、2020年8月にアンケートを送付した。このたび、基幹施設のアンケート結果を用いて検討した。アンケート内容は、手術の体制、手術方法、術後管理、気管切開チューブの交換、術前インフォームドコンセント、術後合併症、教育方法とした。一部の設問を除いて、長期気管挿管患者に対して施行する待機的な気管切開術に関する設問とした。

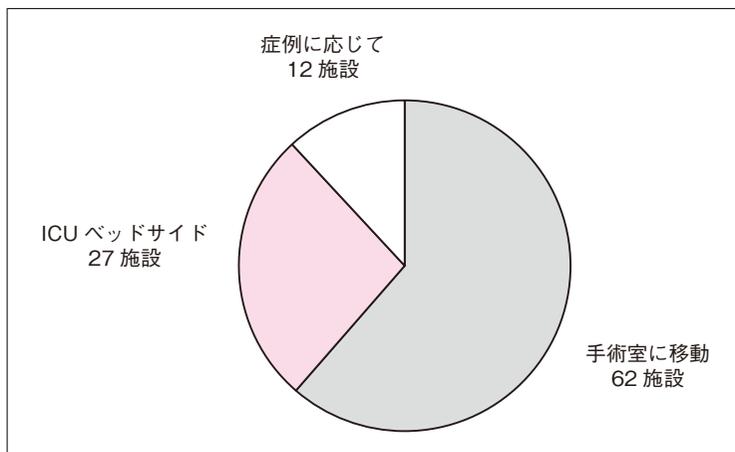
アンケート結果は2020年12月までに全基幹施設である101施設(100%)から回答を得ることができた。101施設の内訳は、大学附属病院が91施設、一般病院が10施設であり、病床数は200~499床が4施設、500~799床が49施設、800床以上が48施設であった。各プログラム基幹施設における耳鼻咽喉科医の常勤医師数は、10人以下が25施設、11~15人が41施設、16~20人が26施設、21人以上が9施設であり、中央値14人(5~32人)であった。

3) 結果

1 手術の体制

① 手術場所(図付 2-1)

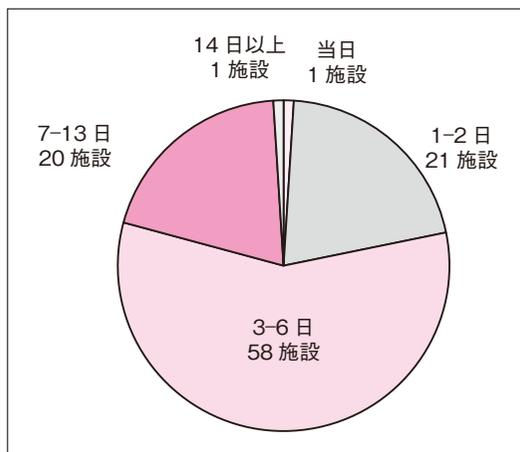
ICU 患者において気管切開を施行する場合、62 施設が手術室に移動して施行し、27 施設が ICU のベッドサイドで施行していた。安全を期して、手術室に移動して施行する施設が多かった。



図付 2-1 手術場所

② 気管切開の依頼から気管切開術施行までの日数(図付 2-2)

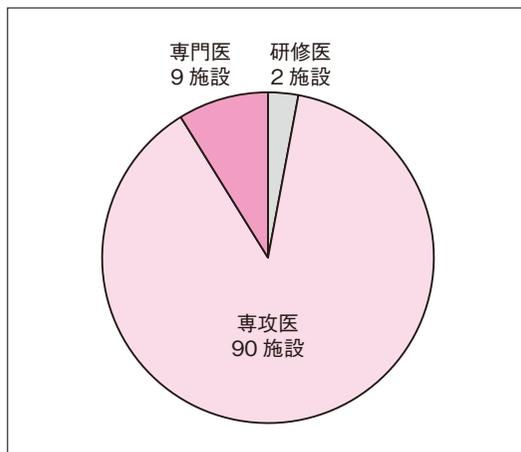
ICU 患者において他科からの気管切開依頼から施行までの平均期間を調査した。同日に気管切開術を施行していたのは 1 施設のみであり、1~2 日が 21 施設、3~6 日が 58 施設、7~13 日が 20 施設、14 日以上が 1 施設であった。手術施行場所と日数との関係に有意差はなかった。



図付 2-2 気管切開依頼から施行までの日数

③ 手術執刀医(図付 2-3)

最もよく執刀する医師を調査した。執刀医は耳鼻咽喉科専攻医が 90 施設、耳鼻咽喉科専門医が 9 施設、研修医が 2 施設であった。約 90% で専攻医以下が執刀している一方で、専門医が執刀している施設も 10% 近くあった。

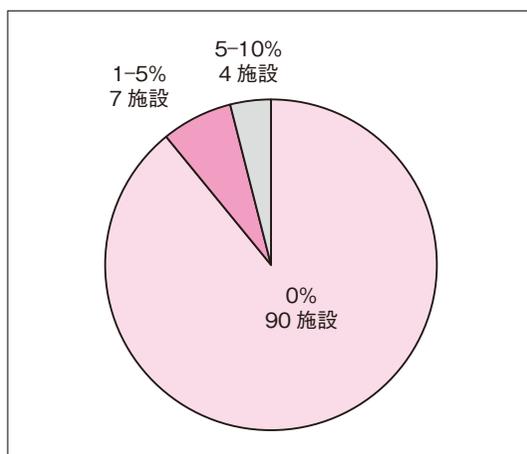


図付 2-3 手術執刀医

② 手術方法

① 手術方法(図付 2-4)

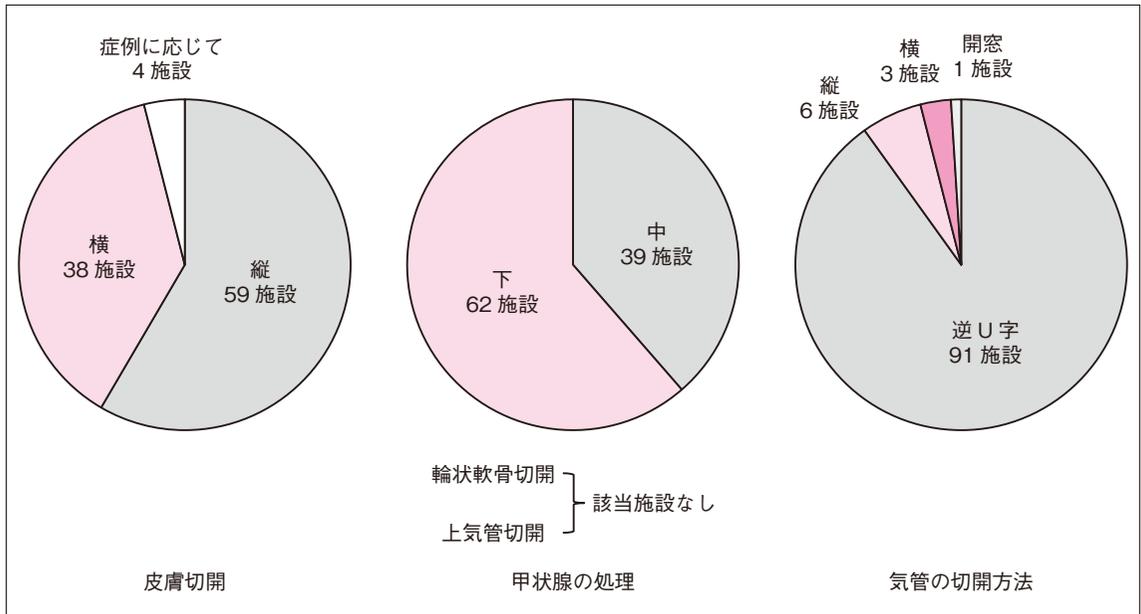
全施設で外科的気管切開術(surgical tracheostomy ; ST)が施行されていた。気管切開の全例に対して ST を施行している施設が 90 施設であり、経皮的気管切開術(percutaneous dilational tracheostomy ; PDT)も施行している施設が 11 施設であった。全気管切開術に対する PDT 施行割合は、5% 未満が 7 施設、5~10% が 4 施設であった。したがって、すべての施設において ST の割合は 90% 以上であった。



図付 2-4 術式(PDT の割合)

② STの手術方法(図付2-5)

一般に行っている皮膚切開線は、縦切開が59施設、横切開が38施設であった。気管の切開部位は下気管切開が62施設、中気管切開が39施設であり、輪状軟骨切開や上気管切開を施行している施設はなかった。気管の切開方法では、逆U字が91施設、縦1線が6施設、横1線が3施設、開窓が1施設であった。



図付2-5 手術方法

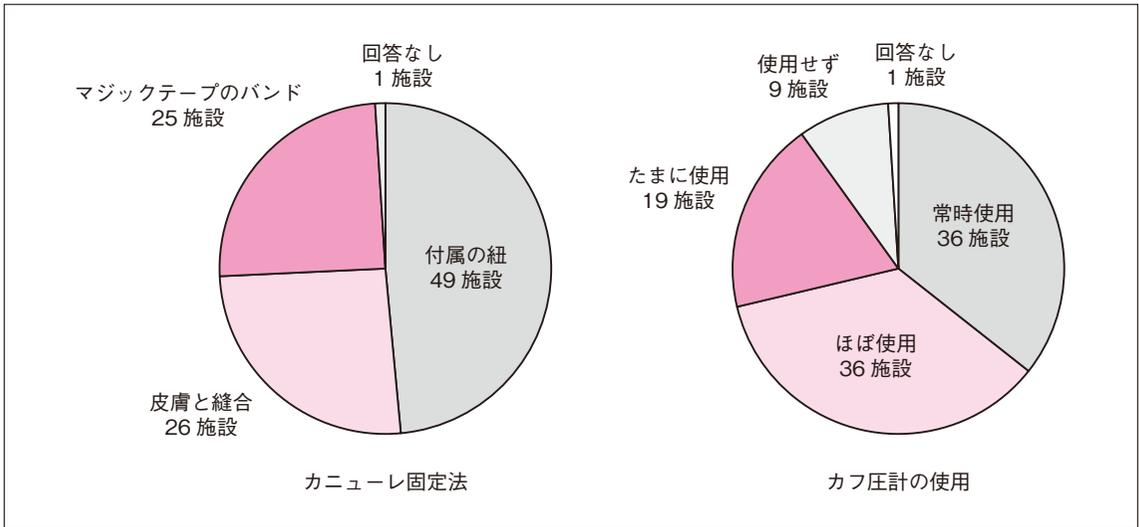
③ 術後管理(図付2-6)

① 気管切開チューブの固定方法

気管切開チューブの固定方法は、付属の紐で固定している施設が49施設、皮膚にチューブを縫い付けている施設が26施設、マジックテープのバンドで固定している施設が25施設であった。皮膚にチューブを縫い付けている施設は26%にとどまった。

② カフ圧計の使用

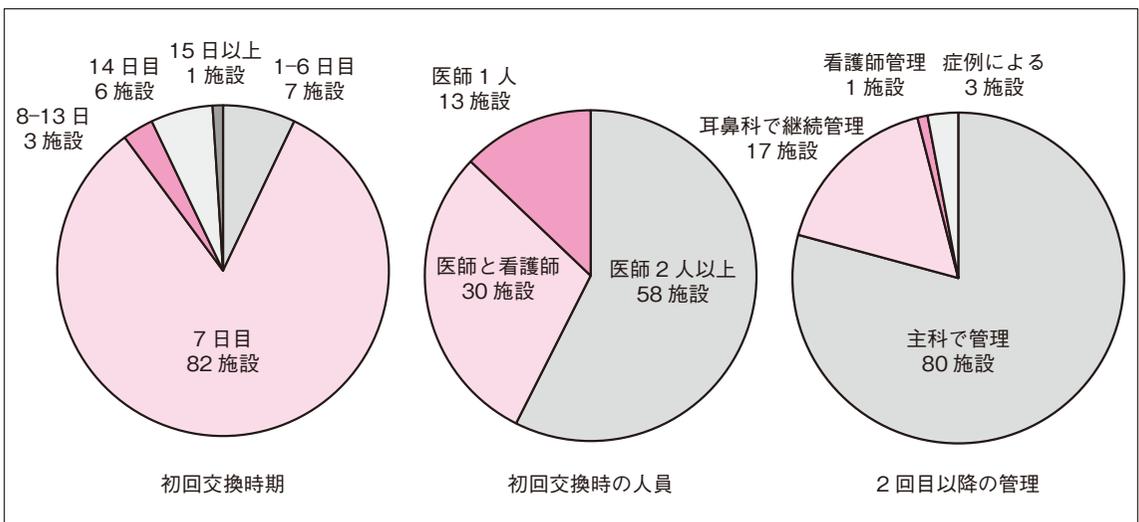
カフ圧計を常時使用している施設が36施設、ほぼ使用している施設が36施設、時々使用している施設が19施設、使用していない施設が9施設であった。72%の施設でほぼ使用されていた。



図付 2-6 術後管理

4 気管切開チューブの交換(図付 2-7)

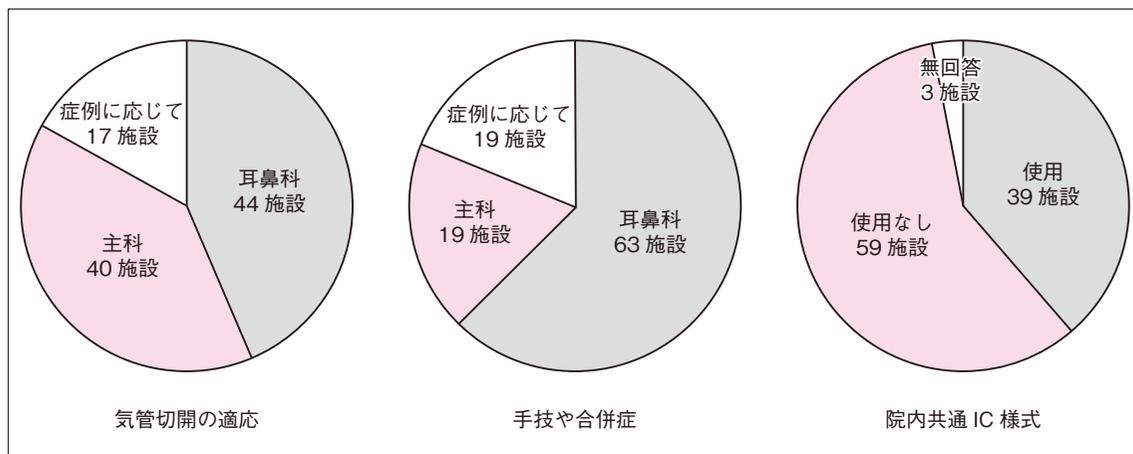
気管切開後の初回のチューブ交換は術後7日目に施行している施設が82施設であった。その他は、1~6日目が7施設、8~13日目が3施設、14日目が6施設、15日以上が1施設であった。チューブの初回交換時の人員は、医師2名以上が58施設、医師と看護師各1名が30施設であり、複数人で対応している施設が88%と大半を占め、リスク管理の高さがうかがえた。一方で、2回目以降の気管チューブの管理は主科(依頼科)の医師に管理を委託している施設が80施設であった。



図付 2-7 気管切開チューブの交換

5 術前インフォームドコンセント(図付 2-8)

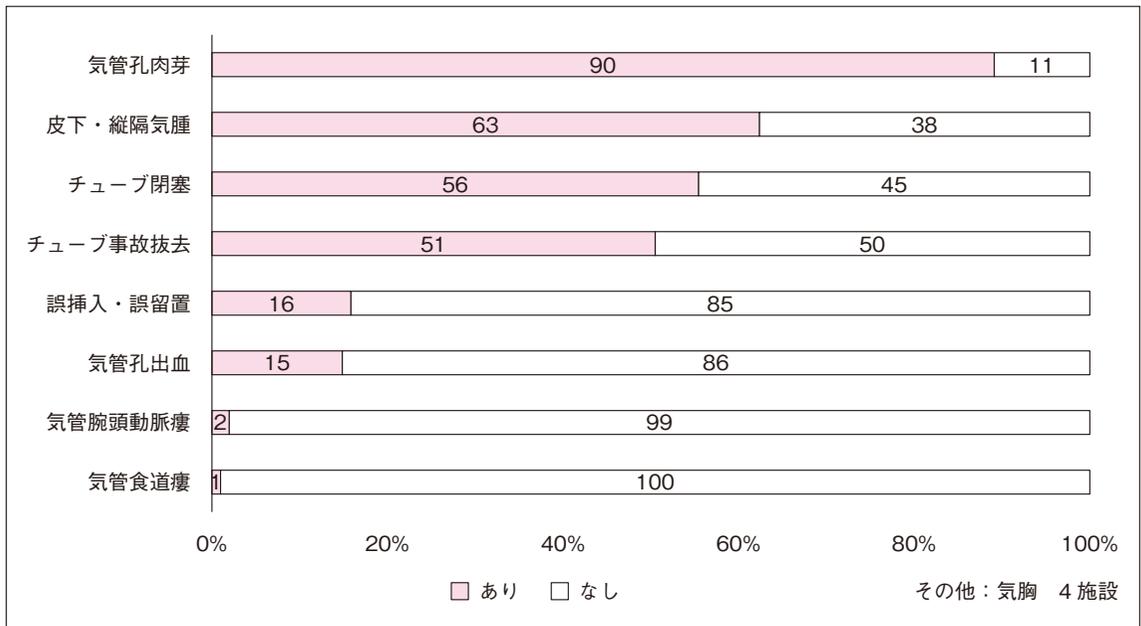
耳鼻咽喉科以外が主科である患者に対して気管切開術の適応判断を行う診療科は、耳鼻咽喉科が44施設、主治医の診療科が40施設、一定でない施設が17施設であった。一方、気管切開術の手術の手技や合併症について説明する診療科は、耳鼻咽喉科が63施設、主治医の診療科が19施設、一定ではない施設が19施設であった。気管切開術の術前インフォームドコンセントを行うにあたって院内共通の様式を使用している施設は39施設であった。



図付 2-8 術前インフォームドコンセント

6 術後合併症(図付 2-9)

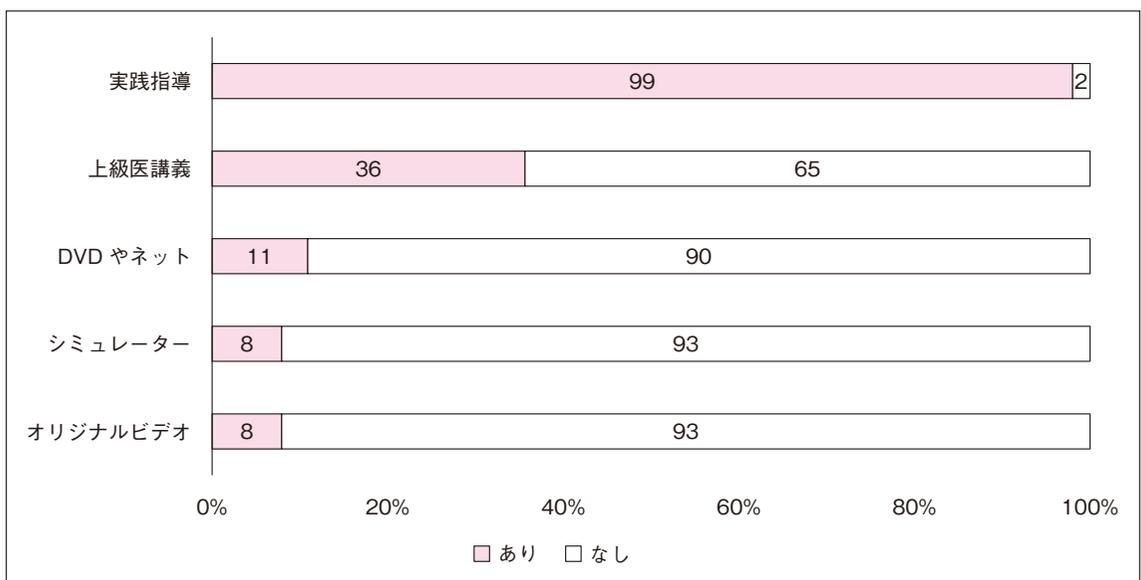
各施設で最近1年間に経験した気管切開関連の術後合併症について調査した。気管孔肉芽が90施設で最も多く、皮下気腫・縦隔気腫が63施設、チューブ閉塞が56施設、チューブの事故抜去が51施設、チューブの誤挿入・誤留置が16施設、手術室で止血を要する気管孔からの出血が15施設、気胸が4施設、気管腕頭動脈瘻が2施設、気管食道瘻が1施設であった。



図付 2-9 術後合併症

7 教育方法(図付 2-10)

耳鼻咽喉科専攻医に対する気管切開術の教育方法は、実際の手術での実践指導としている施設が 99 施設であった。上級医が講義を行っている施設が 36 施設、DVD やインターネットでの動画を見せている施設が 11 施設、オリジナルのビデオを作成している施設が 8 施設、シミュレーターを用いて指導している施設が 8 施設であった。



図付 2-10 教育方法

4) まとめ

本邦の耳鼻咽喉科専門医研修基幹施設における気管切開術は、術式はSTが圧倒的に多く、ほとんどの施設で専攻医が執刀し、教育は手術室での on the job training が中心であった。さまざまな面で安全性に配慮されて施行されている現状を確認できた。PDTは世界的に普及しているにもかかわらず、本邦の耳鼻咽喉科専門医研修プログラムに未だ取り入れられていない。もちろん、STによる気管切開術の基本を学んだうえで、PDTへの理解を深めるべきと考える。さらに耳鼻咽喉科医は、気管切開術を管理するすべての医師や医療従事者に対して、気管切開術とその術後管理の知識や技術を伝える役割も求められる。今後は教育資材や surgical simulation を充実させて、気管切開術の術中および術後管理の教育プログラムを作成するとともに多職種との連携を強化していく必要がある。

このデータは、日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会認定の耳鼻咽喉科専門医研修プログラムの全基幹施設のデータであり、耳鼻咽喉科医が執刀する気管切開術をほぼ反映していると考えている。

(東野正明・河田 了)

文 献

I. 外科的気道確保とは

- 1) 日本外傷学会外傷研修コース開発委員会編：改訂第6版 外傷初期診療ガイドライン JATEC, へるす出版, 東京, 2021.
- 2) Dettelbach MA, Gross RD, Mahlmann J, et al: Effect of the Passy-Muir Valve on aspiration in patients with tracheostomy. *Head Neck* 17 : 297-302, 1995. doi: 10.1002/hed.2880170405. PMID: 7672970.
- 3) Amathieu R, Sauvat S, Reynaud P, et al: Influence of the cuff pressure on the swallowing reflex in tracheostomized intensive care unit patients. *Br J Anaesth* 109 : 578-583, 2012. doi: 10.1093/bja/aes210. Epub 2012 Jun 26. PMID: 22735302.
- 4) 木村百合香, 水吉朋美, 平林瑛子・他：成人用気管カニューレの形態的な観点からの気管切開合併症の検討 気管切開孔の適切な管理に向けて. *日耳鼻* 123 : 1361-1366, 2020.

II. 頸部の解剖と生理

- 1) 村上 泰：喉頭の解剖. 臨床耳鼻咽喉科・頭頸部外科全書10A, 喉頭 気管・気管支 食道 [1], 斎藤成司, 他(編), pp7-35, 金原出版, 東京, 1986.
- 2) Zemlin W：発声. ゼムリン言語聴覚学の解剖生理, 館村 卓(監訳), pp105-204, 医歯薬出版, 東京, 2007.
- 3) Schuenke M, Schulte E, Schumacher U: Larynx. Neck and Internal Organs, Atlas of Anatomy, pp24-31, Thieme, Stuttgart · New York, 2006.
- 4) 切替一郎：喉頭の解剖. 新耳鼻咽喉科学, 野村恭也(編), pp496-506, 南山堂, 東京, 2004.
- 5) 平野 実：音声外科の基礎と臨床. *耳鼻* 21 補1 : 239-440, 1975.
- 6) 宮本 真, 齋藤康一郎, 長瀬美樹：日本人における輪状甲状靭帯部分の解剖学的検討. *日気食会報* 72 : 187-195, 2021.
- 7) Dover K, Howdieshell TR, Colborn GL: The dimensions and vascular anatomy of the cricothyroid membrane: Relevance to emergent surgical airway access. *Clin Anat* 9 : 291-295, 1996.
- 8) Bennett JD, Guha SC, Sankar AB: Cricothyrotomy: the anatomical basis. *J R Col Surg Edinb* 41 : 57-60, 1996.
- 9) Little CM, Parker MG, Tamopolsky R, et al: The incidence of vascular at risk during cricothyroidotomy. *Ann Emerg Med* 15 : 805-807, 1986.
- 10) Jianu AM, Motoc A, Mihai AL, et al: An anatomical study of the thyroid arteries anastomoses. *Rom J Morphol Embryol* 50 : 97-101, 2009.
- 11) Prithishkumar IJ, Felicia C: A case for bleeding: structures at the risk of injury during invasive procedures of the cricothyroid membrane. *J Clin Diagnostic Res* 5 : 1499-1501, 2011.
- 12) Develi S, Yalcin B, Yazar F: Topographical anatomy of cricothyroid membrane and its relation with invasive airway access. *Clin Anat* 29 : 949-954, 2016.

III. 輪状甲状靭帯(膜)穿刺・切開術

- 1) Jackson C: High tracheostomy and other errors, the chief causes of chronic laryngeal stenosis. *Surg Gynecol Obstet* 32 : 392-398, 1921.
- 2) Brantigan CO, Grow JB: Cricothyroidotomy: elective use in respiratory problems requiring

- tracheotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 71 : 72-81, 1976.
- 3) 日本救急医学会 : 日本救急医学会・医学用語解説集. 2009.10.26. Available at: <https://www.jaam.jp/dictionary/index.html> (2022/6/1 アクセス)
 - 4) 外傷初期診療ガイドライン JATEC. 改訂第6版, へるす出版, 東京, 2021.
 - 5) 萩原祥弘, 清水敬樹 : 【気道】ICUにおけるDAMとCICV 外科的気道確保の適応と, 輪状甲状靱帯穿刺・切開の各国ガイドラインでの比較. *Intensivist* 11 : 727-737, 2019.
 - 6) 齋藤康一郎 : 気管切開および経皮的気道確保の適応と注意点. *日耳鼻* 120 : 1178-1181, 2017.
 - 7) 宮本 真, 齋藤康一郎, 長瀬美樹 : 日本人における輪状甲状靱帯部分の解剖学的検討. *日気食会報* 72 : 187-195, 2021.
 - 8) McGill J, Clinton JE, Ruiz E: Cricothyrotomy in the emergency department. *Ann Emerg Med* 11 : 361-364, 1982.
 - 9) Schillaci CR, Iacovoni VF, Conte RS: Transtracheal aspiration complicated by fatal endotracheal hemorrhage. *N Engl J Med* 295 : 488-490, 1976.
 - 10) Walls RM: Cricothyroidotomy. *Emerg Med Clin North Am* 6 : 725-736, 1988.

IV. 外科的気管切開術

- 1) Bjork VO: Partial resection of the only remaining lung with the aid of respirator treatment. *J Thorac Cardiovasc Surg* 39 : 179-188, 1960.
- 2) 医薬品医療機器総合機構(PMDA)医療安全情報, <https://www.pmda.go.jp/files/000246774.pdf> (2022/12/24 アクセス, No.14 は pp.13-16)
- 3) 鹿野真人 : 耳鼻咽喉科医の立場から一長期臥床患者に対する気管切開とその管理一. 第17回日本気管食道科学会認定気管食道科専門医大会テキスト, pp.35-39, 2007.
- 4) 鹿野真人 : 私の術式 気管切開術. *嚥下医学* 5 : 28-33, 2016.
- 5) Fuller C, Wineland AM, Richter GT: Update on pediatric tracheostomy. Indication, technique, education, and decannulation. *Current Otorhinolaryngol Reports* 9 : 188-199, 2021.
- 6) Celikal O, Gunaydin RO, Akyol MU: Evaluation of the effects of three different tracheostomy techniques on tracheal complications and decannulation. *Auris Nasus Larynx* 49 : 670-675, 2022.
- 7) 守本倫子 : 耳鼻咽喉科領域—小児の気管切開手技と管理のポイント. *小児外科* 37 : 1386-1389, 2005.
- 8) 松原尚子, 梅崎俊郎 : 大学病院と喉頭に特化した病院の立場から小児気管切開を考える. *小児耳* 40 : 188-192, 2019.
- 9) 阿久津誠, 後藤一貴, 今野 渉・他 : 当科における小児気管切開症例の検討—安全なカニューレ管理を目的とした気管開窓術の有効性について. *日気食会報* 72 : 204-210, 2021.

V. 経皮的気管切開術

- 1) Shelden CH, Pudenz RH, Freshwater DB, et al: A new method for tracheotomy. *J Neurosurg* 12 : 428-431, 1955.
- 2) Ciaglia P, Firsching R, Syniec C: Elective percutaneous dilatational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest* 87 : 715-719, 1985.
- 3) Byhahn C, Wilke HJ, Halbig S, et al: Percutaneous tracheostomy: ciaglia blue rhino versus the basic ciaglia technique of percutaneous dilatational tracheostomy. *Anesth Analg* 91 : 882-886, 2000.
- 4) Klotz R, Probst P, Deininger M, et al: Percutaneous versus surgical strategy for tracheostomy: a systematic review and meta-analysis of perioperative and postoperative complications. *Langenbecks Arch Surg* 403 : 137-149, 2018.
- 5) De Leyn P, Bedert L, Delcroix M, et al: Tracheotomy: clinical review and guidelines. *Eur J Cardiothorac Surg* 32 : 412-421, 2007.

- 6) 齋藤康一郎, 宇野光祐:【新しい治療機器】《頭頸部》経皮的気管切開キット. 耳喉頭頸 87 : 67-72, 2015.
- 7) Dulguerov P, Gysin C, Perneger TV, et al: Percutaneous or surgical tracheostomy: a meta-analysis. *Crit Care Med* 27 : 1617-1625, 1999.
- 8) 溝上大輔, 唐帆健浩, 磯田 晋・他: Percutaneous Dilational Tracheostomy(PDT)による経皮的輪状甲状切開後の声門下狭窄. 日気食会報 58 : 484-490, 2007.
- 9) Marelli D, Paul A, Manolidis S, et al: Endoscopic guided percutaneous tracheostomy: early results of a consecutive trial. *J Trauma* 30 : 433-435, 1990.
- 10) Winkler WB, Karnik R, Seelmann O, et al: Bedside percutaneous dilational tracheostomy with endoscopic guidance: experience with 71 ICU patients. *Intensive Care Med* 20 : 476-479, 1994.
- 11) Polderman KH, Spijkstra JJ, de Bree R, et al: Percutaneous tracheostomy in the intensive care unit: which safety precautions? *Crit Care Med* 29 : 221-223, 2001.
- 12) Dexter TJ: A cadaver study appraising accuracy of blind placement of percutaneous tracheostomy. *Anaesthesia* 50 : 863-864, 1995.
- 13) Kost KM: Endoscopic percutaneous dilatational tracheotomy: a prospective evaluation of 500 consecutive cases. *Laryngoscope* 115 : 1-30, 2005.
- 14) Blankenship DR, Gourin CG, Davis WB, et al: Percutaneous tracheostomy: don't beat them, join them. *Laryngoscope* 114 : 1517-1521, 2004.
- 15) Brass P, Hellmich M, Ladra A, et al: Percutaneous techniques versus surgical techniques for tracheostomy. *Cochrane Database Syst Rev* 7 : CD008045, 2016.
- 16) Vargas M, Sutherasan Y, Antonelli M, et al: Tracheostomy procedures in the intensive care unit: an international survey. *Crit Care* 19 : 291, 2015.
- 17) Seybt MW, Blanchard AR, Gourin CG, et al: 100 consecutive collaborative percutaneous tracheostomies. *Otolaryngol Head Neck Surg* 136 : 934-937, 2007.
- 18) Saito K, Morisaki H: Percutaneous dilatational tracheostomy: collaborative team approach for safe airway management. *J Anesth* 27 : 161-165, 2013.
- 19) Yabe H, Saito K, Uno K, et al: Harmonious team approach for safe airway management—The Keio University experience. *Otolaryngology* 4 : 2, 2014.

VI. 気管切開術後のケア

- 1) Astrachan DI, Kirchner JC, Goodwin WJ: Prolonged intubation vs. tracheotomy: complications, practical and psychological considerations. *Laryngoscope* 98 : 1165-1169, 1988.
- 2) Ghattas C, Alsunaid S, Pickering EM, et al: State of the art: percutaneous tracheostomy in the intensive care unit. *J Thorac Dis* 13 : 5261-5276, 2021.
- 3) 宇野 功, 宮宗 彰, 柴田伊十児・他: 気管切開閉鎖前後の呼吸様式変化. 日気食会報 40 : 150-151, 1989.
- 4) Al-Shathri Z, Susanto I: Percutaneous tracheostomy. *Semin Respir Crit Care Med* 39 : 720-730, 2018.
- 5) Lim CK, Ruan SY, Lin FC, et al: Effect of tracheostomy on weaning parameters in difficult to wean mechanically ventilated patients: a prospective observational study. *PLoS One* 10 : e0138294, 2015.
- 6) 廣瀬正幸, 竹内宗之: 小児科呼吸器疾患のファーストタッチから専門診療へ Ⅲ. 在宅呼吸管理 気管切開. *小児科診療* 1 : 115-120, 2019.
- 7) 近藤哲理, 市川 毅: 気管食道科領域におけるリハビリテーション 呼吸のリハビリテーション 術後呼吸器ケア. 日気食会報 62 : 470-476, 2011.
- 8) 日本神経治療学会治療指針作成委員会編: 標準的神経治療: 重症神経難病の呼吸ケア・呼吸管理とリハビリテーション. *神経治療* 30 : 193-212, 2013.
- 9) 人工呼吸器 IPV. https://www.info.pmda.go.jp/downfiles/md/PDF/670533/670533_21000

BZG00013000_A_01_03.pdf (PMDA 文書, 2022/7/11 アクセス)

- 10) Leder SB: Incidence and type of aspiration in acute care patients requiring mechanical ventilation via a new tracheotomy. *Chest* 122 : 1721-1726, 2002.
- 11) 脇坂晃子, 中村奈美, 辻 隆範・他: 低定量自動吸引器を導入した重症心身障害者および神経筋疾患患者 7 例の検討. *脳と発達* 48 : 288-290, 2016.
- 12) 内野哲哉, 野口隆之: 気管切開の適応と方法. *人工呼吸* 26 : 50-61, 2009.
- 13) 田野吉彦, 松島敏春, 小橋吉博・他: 長期気管切開患者の気道細菌叢—殊に緑膿菌気道定着について—. *日胸疾会誌* 32 : 146-151, 1994.
- 14) 医療事故調査・支援センター 一般社団法人日本医療安全調査機構: 医療事故の再発防止に向けた提言 第 4 号 気管切開術後早期の気管切開チューブ逸脱・迷入に係る死亡事例の分析. 2018.

付 1. 気管カニューレ関連の事故からの教訓

- 1) 日本医療安全調査機構(医療事故調査・支援センター): 医療事故調査制度について. https://www.medsafe.or.jp/modules/about/index.php?content_id=24 (2022/7/3 アクセス)
- 2) 塚原清彰: 気管切開チューブを巡る医療事故. *耳鼻咽喉科* 1 : 836-841, 2022.
- 3) 医療事故調査・支援センター 一般社団法人日本医療安全調査機構: 医療事故の再発防止に向けた提言 第 4 号 気管切開術後早期の気管切開チューブ逸脱・迷入に係る死亡事例の分析. 2018.
- 4) 中村俊介: 苦痛緩和を目的に気管切開を行ったが, チューブトラブルによって死に至った認知症の一例. *賠償科学* 44 : 4-7, 2016.
- 5) 高橋織志, 金武 潤, 須藤 円・他: 気管切開の翌日に呼吸不全をきたした死亡例. *法医学の実際と研究* 51 : 189-194, 2008.
- 6) 水澤郁文, 加藤菜穂, 中村雅英・他: 気管切開後のカニューレ逸脱による死亡 2 例. *法医学の実際と研究* 51 : 177-181, 2008.
- 7) 尾崎孝平, 金橋麻奈美, 清水弘美・他: 気管切開チューブ交換時に発生したトラブルで死亡した症例. *呼吸器ケア* 5 : 322-330, 2007.
- 8) National confidential enquiry into patient outcome and death: Tracheostomy care: On the right trach? 13 June 2014. <https://www.ncepod.org.uk/2014tc.html> (2022/7/10 アクセス).
- 9) Standards for the care of adult patients with a temporary tracheostomy: Standards and guidelines. <https://www.semanticscholar.org/paper/Standards-for-the-care-of-adult-patients-with-a-and-Bodenham-Bell/c8b6a451283360197389b718cd219b3a14ff3acb> (2022/7/10 アクセス).
- 10) 医療事故調査・支援センター 一般社団法人日本医療安全調査機構: 医療事故の再発防止に向けた提言 第 7 号 一般・療養病棟における非侵襲的陽圧換気(NPPV)及び気管切開下陽圧換気(TPPV)に係る死亡事例の分析. 2019.
- 11) 奥谷圭介: 呼吸回路の接続間違い. *呼吸器ケア* 10 : 792, 2012.
- 12) 浜田誠二郎, 坂下智博, 本間明宏・他: 人工血管置換・大胸筋皮弁再建によっても救命しえなかった気管腕頭動脈瘻の 1 例. *頭頸部外科* 25 : 241-245, 2015.
- 13) 秋月 光, 堀江弘夢, 石黒眞吾: 気管切開後に発症した気管腕頭動脈瘻の 1 救命例. *日血外会誌* 26 : 179-183, 2017.
- 14) 下地光好, 赤崎 満, 玉城 守・他: 長期生存が得られた気管腕頭動脈瘻の 1 手術例. *日血外会誌* 14 : 39-43, 2005.
- 15) 石川雅士: 気管切開術後の気管・腕頭動脈瘻が死亡原因となった一例. *沖縄赤十字病院医学雑誌* 21 : 33, 2016.
- 16) 兼子 稔, 郷 一知, 稲葉雅史・他: 気管腕頭動脈瘻の 1 救命例. *日血外会誌* 8 : 511-515, 1998.
- 17) 益田宗幸: 気管腕頭動脈瘻の発生機序と対策. *JOHNS* 36 : 191-193, 2020.

索引

い

逸脱……………69
インフォームドコンセント……………78

か

外径……………4
外頸動脈……………10
外喉頭筋群……………10
外側輪状披裂筋……………16
下気管切開……………42, 76
下降枝……………18
下甲状腺動脈……………10
喀痰吸引……………3
合併症……………44, 46, 60
カフ……………4
～圧計……………76

き

気管カニューレ
～の逸脱・迷入……………61
～の固定……………61
～抜去困難症……………64
気管孔出血……………78
気管食道瘻……………78
気管切開チューブ
～の交換……………77
～の固定方法……………76
気管軟骨……………9
気管の切開方法……………76
気管腕頭動脈瘻……………71, 78
気道安全管理指示書……………62
気道確保……………1
気道緊急……………1
教育方法……………79
胸骨甲状筋……………10
胸骨舌骨筋……………10
胸鎖乳突筋……………10

け

経皮的気管切開術……………51, 75
経皮的輪状甲状靱帯(膜)穿刺・切開術…27
頸部気道……………9
頸部の解剖……………9
外科的気管切開術……………39, 75
外科的気道確保……………1

こ

甲状舌骨膜……………11
甲状腺……………12
～の処理……………76
甲状軟骨……………9
甲状披裂筋……………16
喉頭
～軟骨群……………12
～の高さ……………9
～隆起……………9
後輪状披裂筋……………16

し

上気管切開……………42
上甲状腺動脈……………10
上喉頭
～神経……………11
～動脈……………10
上部吸引ライン……………4

す

スタイレット……………5

せ

声帯
～筋……………16
～靱帯……………13
～の層構造……………16
舌骨……………9
～下筋群……………10
～上筋群……………10

前頸静脈……………11

そ

挿管困難……………1

側孔……………4

た

弾性円錐……………13

ち

中気管切開……………42, 76

チューブ

～誤挿入・誤留置……………78

～事故除去……………78

～閉塞……………78

て

低圧持続吸引法……………60

な

内径……………4

内喉頭筋群……………16

ね

粘膜固有層……………16

粘膜上皮……………16

は

排痰介助……………60

パイプ……………4

パイロットバルーン……………4

発声用バルブ……………5

反回神経……………11

ひ

皮下・縦隔気腫……………78

皮膚切開……………76

披裂筋……………16

ふ

フレーム……………4

へ

閉塞……………70

め

迷走神経……………11

迷入……………69

よ

陽圧換気……………70

り

輪状甲状関節……………13

輪状甲状筋……………16

輪状甲状枝……………10

輪状甲状静脈……………11

輪状甲状靭帯……………14

輪状甲状靭帯(膜)

～切開術……………23

～穿刺術……………22

～穿刺・切開術……………21

輪状甲状膜……………14

輪状軟骨……………13

～切開(開窓)術……………44

輪状披裂関節……………13

れ

レティナ®……………6

欧文索引

Bjork flap……………42

CBR 法……………51

Ciaglia 法……………51

GWDF 法……………51

SSDT……………51

外科的気道確保マニュアル 第2版

2009年10月30日 第1版第1刷発行

2023年4月28日 第2版第1刷発行

編 集 日本気管食道科学会

発 行 者 香取 幸夫

発 行 所 日本気管食道科学会

〒160-0004 東京都新宿区四谷1-11 陽臨堂ビル2階

電話 03-6388-9179 FAX 03-3356-4660

E-mail jbes@kishoku.jp

製 作 一般財団法人学会誌刊行センター

〒113-0032 東京都文京区弥生2-4-16

組 版 三美印刷株式会社

〒116-0013 東京都荒川区西日暮里6-28-1

e-book 株式会社メテオ

〒101-0041 東京都千代田区神田須田町2-7-3

ISBN 978-4-9913059-0-0

©日本気管食道科学会 2023

●本書掲載内容の無断転載を禁じます

**外科的気道確保マニュアル
第2版**