

# 気管切開とその後の管理

多根総合病院 耳鼻咽喉科

亀井 優嘉里 大野 峻 天津 久郎

## 要 旨

気管切開は外科的な気道確保法の1つで、様々な病態が必要となる。実際の外科手技に加えて、気管切開の適応の判断、さらにカニューレ管理を中心とした術後の管理でも非常に留意すべき点が多い。特に、カニューレ閉塞や、カニューレによる気管副損傷を避けるための術後管理が非常に重要である。多職種が関与する気管切開患者に対応するには、多くの正しい知識が必要である。術前評価、手術操作、術後管理において留意すべき点について述べる。

**Key words** : 気管切開 ; 気管カニューレ ; 気管切開術術後管理

## はじめに

気管切開術は、外科的気道確保法の1つの手段である。気管切開を要する病態は多岐にわたり、気管切開術や術後管理には多職種が関与する。手術操作や術後管理が不十分であると、重篤な有害事象を生じることもある。術前評価、手術操作、術後管理において留意すべき点について述べる。

## 適 応<sup>1,2)</sup>

気管切開が必要となる病態としては、

- 1) 上気道狭窄
- 2) 長期経口挿管
- 3) 経口挿管困難

などがあげられる。長期の人工呼吸管理が必要となる場合は、気管切開により口腔内を清潔に保つことができ、鎮静・鎮痛薬を減少させられるなどメリットがある。

## 術前の留意点<sup>1,2)</sup>

急性感染症による気道粘膜浮腫や膿瘍形成による気道狭窄の場合は緊急手術が必要なこともある。しかし、長期経口挿管症例など待機的な手術が可能である場合は、術前に詳細な頸頭部診察や、頸胸部CT検査

による画像評価を行うことが望ましい。

気管切開術は頸部を後屈し伸展させ、輪状軟骨や気管を体表から触知できる状態で行われるのが理想的である。肥満や短頸、喉頭低位、頸部後屈ができないなどの場合は術野が適切に確保できず手術操作が困難となる。また、甲状腺腫瘍、腕頭・総頸動脈走行異常などがある場合も、手術を定型通りに施行できないため注意が必要である。CT画像があれば、これらを術前に把握することが可能である(図1)。その他、血小板数や抗凝固薬・抗血小板薬の内服の有無などについても事前の確認が必要である。

## 手 術 操 作<sup>1,2)</sup>

肩枕を挿入し頸部を伸展させ、気管と周囲構造物が触知しやすくなる体位をとる。輪状軟骨・甲状軟骨を体表より触知し、輪状軟骨下縁より尾側に切開をおく。

皮膚切開は縦切開と横切開がある。後者では術後の皮膚切開部が目立ちにくいとされるが、当科では気管の開窓部位が十分に確認できるよう3~4cm程度の縦切開としている。

前頸静脈を処理しながら前頸筋の正中にある白線を確認する。気管は正中に位置することが多いが、膿瘍や腫瘍により偏位していることもあり、気管前壁を適



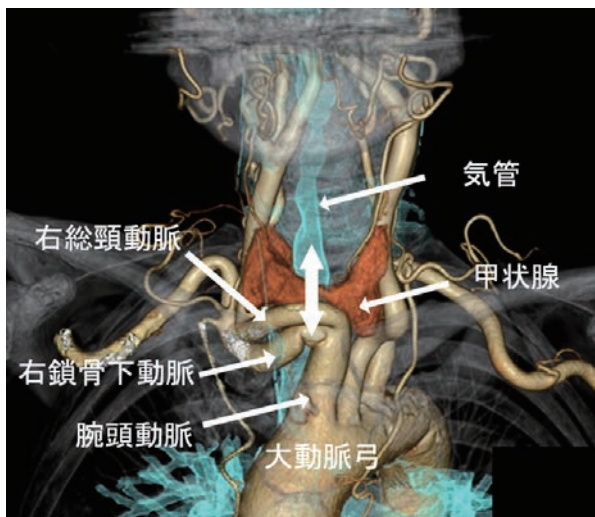


図1 図中の両矢印が本来の気管切開を行いたいラインである。腕頭動脈が高位で分岐しており、この部位でのカニューレ長期留置は腕頭動脈瘻形成のリスクが非常に高い。本症例では、それを避けるために喉頭摘出術を施行した。

〈電子版カラー掲載〉

宜触診しながら行う。前頸筋の正中を切開し、甲状腺の峡部を確認する。甲状腺峡部を切離せず、頭側や尾側に引き上げ気管の開窓を行う方法もあるが、基本的に峡部を正中で離断している。そうすることで再気管切開が必要となった際も操作がしやすく、カニューレが事故（自己）抜去された際の再挿入時も気管切開孔の確認が容易となる。

気管軟骨を露出させ、輪状軟骨と第一気管輪を確認する。気管軟骨の切開は基本的に第二気管輪以下で行う。輪状軟骨や第一気管輪に切開がわたると、術後に気管内肉芽増生や、気管の輪状構造が保持できず気道狭窄をきたしカニューレ抜去困難となる（図2）。

気管の切開法は縦切開、逆U字切開、楕円形開窓などがあるが、カニューレの事故（自己）抜去や交換時の誤挿入のリスク軽減のため、主に楕円形開窓としている。カニューレ留置後は、内視鏡でカニューレ内から気管内の確認を行っている。先端の気管内腔での接触を認める場合などは、カニューレの変更を検討する。

創部は約1週間で安定するため、カニューレ初回交換は1週間前後を目安としている。

#### カニューレについて

カニューレには様々な種類がある。構造の違いは大きなものとして①カフの有無、②単管か複管か、③側孔の有無、などである。

①気管切開を行っても、咽頭、鼻腔内の分泌液の気管への流れ込みを防ぐことはできないが、カフがある

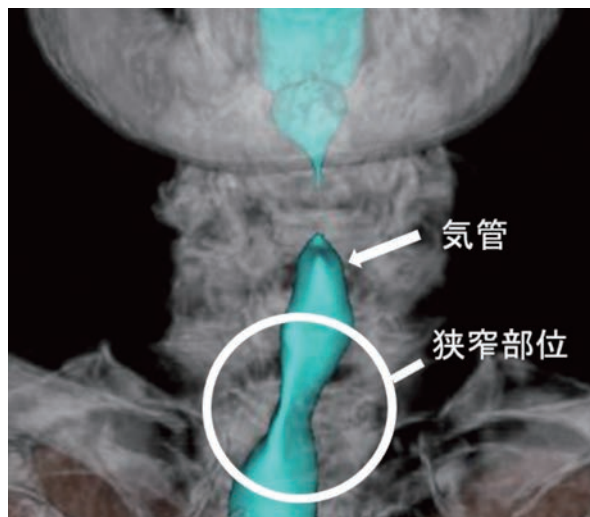


図2 以前の気管切開にて第一気管輪を切開されていたため気管が狭窄している。このような症例では全身麻酔が必要となったときに、経口挿管困難や、抜管後の気道狭窄のリスクが高くなるために、術前気管切開が必要となることが多い。

〈電子版カラー掲載〉

ことでカフより尾側の気管や肺への流入を減少することができる。創部からの出血がみられる術直後や、誤嚥が多い場合、人工呼吸管理が必要な場合にはカフ有りカニューレを選択する。デメリットとしてカフ圧が不適切な場合、接触する気管粘膜の壊死をきたしたり、カフが食道を圧排し嚥下がやや困難となったりすることがある。

②複管式は内筒と外筒の二重構造である。喀痰の多い患者ではカニューレ内が喀痰で閉塞しやすいため、適宜内筒を取り外し洗浄できる複管式を選択する。

③側孔の有無は発声の可否に関わる。音声でのコミュニケーションができないことは大きなストレスとなる。病態によるが、発声しても支障のない患者にはなるべく早期にスピーチカニューレへの変更が望ましい。

また、症例により気管の太さや、皮膚からの距離、角度は様々である。カニューレもメーカーごとに太さや湾曲に違いがあり、症例に応じた選択が重要である（図3）。サイズや形状の合わないカニューレを留置した場合、カニューレが気管内壁に接触し、気管内粘膜にびらんや肉芽が生じることがある。気管内肉芽は出血のリスクとなり、増大すると気道閉塞を引き起こす。アジャストフィット®（販売名：ラセン入気管切開チューブ富士システムズ株式会社）は、チューブが柔らかく、体型に合わせた長さ調節が可能であり、気管の変形が強い場合や皮膚から気管までの距離が長い場合などに非常に有用である。前述した術前の画像があればこのようなカニューレ選択の際にも役に立つ。

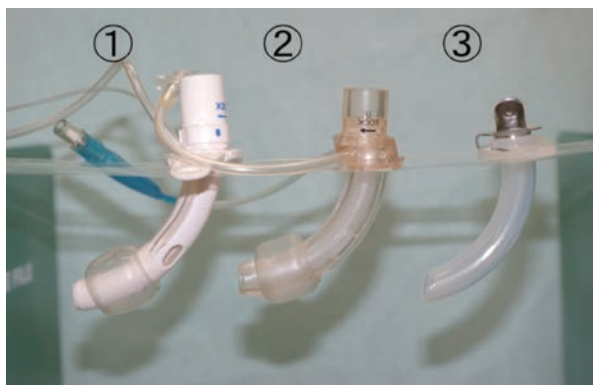


図3 カニユーレはメーカーや種類により弯曲の角度・長さは様々である。症例に応じて術前に留置するカニユーレの選択が必要である。

- ①メラ ソフィット (二重管)<sup>®</sup> (泉工医科工業株式会社)  
 ②コーケンネオプレス スピーチタイプ<sup>®</sup> (株式会社 高研)  
 ③高研式複管カニユーレ<sup>®</sup> (株式会社 高研)  
 (電子版カラー掲載)

### 術後の管理

術後管理が不十分であったためにカニユーレ閉塞や気管内出血をきたし医療訴訟に発展した事例も報告されている<sup>3)</sup>。

#### ①カニユーレ留置の角度

カニユーレの気管内腔での接触を防ぐ正しい留置角度は、カニユーレが頸部に垂直な状態である。人工呼吸器を使用する際は接続するチューブの重みでカニユーレの角度が保たれにくく注意を要する。

#### ②カフ圧

カフ圧の目安は20～25 mmHgである。カフ圧過剰であると、小児では気管肉芽の形成、成人では気管内壁の血流不全から気管壊死を続発することがある。気管前面には腕頭動脈があり、気管壊死に伴う腕頭動脈瘻は致命的であり、嚴重な注意が必要である。カニユーレが適切に選択されているかの判断には、内視鏡でカニユーレの先端が気管壁に接触してびらんなどをきたしていないか、CTで特にカニユーレ先端が腕頭動脈に接していないかなどの確認が重要である。カニユーレ不適合と考えられた場合は、速やかにカニユーレの変更が必要である。

#### ③吸引・加湿

気管切開術後はカニユーレからの排痰が多くみられる。喀痰によりカニユーレ内腔が狭窄することで呼吸苦を引き起こすことがある。手術当日にカニユーレ内腔閉塞による呼吸苦を認めた例もある(図4)。予防には、カニユーレ・気管内の吸引、加湿管理が非常に重要である。喀痰が粘調な場合は、カニユーレ内に固



図4 気管切開術当日に呼吸困難を認めた症例のカニユーレ。カニユーレ内部に血性喀痰が付着し内腔の狭窄を認めている。(電子版カラー掲載)

着し吸引処置が困難となる。その際は先述の複管式カニユーレを使用し、適宜内筒の洗浄を行う。その他、排痰を促すために気道粘液溶解剤の投与も有用である。

#### ④逸脱・迷入

カニユーレの逸脱・誤挿入による死亡例の報告<sup>3)</sup>もある。カニユーレが皮下や縦隔に迷入すると換気不能となり窒息状態となる。その状態で強制的に陽圧換気行くと皮下気腫や縦隔気腫、緊張性気胸を発症する。カニユーレバンドのゆるみがないか、カフが見えていないか、呼吸状態に異常はないか、カニユーレ内に吸引カテーテルが挿入できるかなど、逸脱・迷入のサインを察知することが重要である。術後早期に逸脱・迷入がみられた場合は、気管切開孔からのカニユーレ再挿入に固執せず、経口でのバッグバルブマスク換気や経口挿管へ切り替えることも大事である。

### おわりに

気管切開は、術前・術後の管理が非常に重要である。知識を深め、適切・安全に気道管理を行うことが必要である。

### 文 献

- 1) 飯沼壽孝, 木田亮紀, 小林俊光, 他編: 気管切開術—適応と実際. 村上 泰監修, イラスト手術手技のコツ 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 咽喉頭頸部編, 東京医学社, 東京, 363-366, 2005
- 2) 室野重之: 喉頭・気管手術 気管切開術. JOHNS, 35 (9): 1223-1226, 2019

3) 日本医療安全調査機構編：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：医療事故の再発防止に向けた提言 第4号，日本医療安全調査機構，東京，2018

### Editorial Comment

著者らは気道領域専門医の立場から気管切開の管理における総説に始まり，自科での経験に基づく貴重なポイントを述べている。この論文により，読者は日常診療における気管切開の疑問点の多くが改善されるであろう。特に手術手技・カニューレ選択のセクションでは教科書では知り得ない細かな留意点・注意点が述べられており，気管切開を行う場面において大きな手

助けとなるであろう。さらには術後管理の重要性にも言及されており，患者のみならず医療従事者が安全・安心な日々を送るためにも関係者各位には一読されることを強く推奨したい。

形成外科  
若見暁樹

気管切開には4000年の歴史があるとされ，そのルーツは青銅器時代（Bronze Age）の古代インドの聖典 Rig Veda（リグ・ヴェーダ，紀元前2000年）や，古代エジプトの the Old Kingdom（古王国，紀元前2686-2181年）に遡れる<sup>1)</sup>。古代エジプト第3王朝時代の Imhotep（イムホテプ）は，第2代ファラオ Djoser（ジェセル）に仕えた宰相であり，高級神官，詩人，建築家，医師でもあった。彼が造った Djoser 王の階段ピラミッド（step pyramid of Saqqara）は，日干し煉瓦や藁の建造物が一般的であった当時に建物全体を石造で建築した点で画期的であり，エジプト最初のピラミッドである。後に三大ピラミッドが建設され，ともに世界遺産に登録されている。医師としては，気管切開（tracheostomy），凝固止血（cauterization），化膿巣のドレナージ（drainage）などを行い<sup>2)</sup>，脳神経外科領域では脳脊髄液（cerebrospinal fluid, CSF）の発見にも関わった<sup>3)</sup>（これらの解釈には異論<sup>4,5)</sup>もある）。近代医学の父（a father of modern medicine）とも謳われ，彼が著した書物（Imhotep's books）が焼失<sup>\*註</sup>せず Alexandria Library に残存していたら Hippocrates（ヒポクラテス）と並び称されていたと言われる<sup>2)</sup>。現在に近い形の気管切開は，イタリア人医師である Antonio Musa Brassavola（1490-1554）により1546年に報告された。その287年後（1833年），フランス人医師 Armand Trousseau（アルマン・トルソー，1801-1867）が気管切開によりジフテリア患者200人以上の命を救った。彼の名前はテタニー（tetany）のトルソー徴候や悪性腫瘍で見られるトルソー症候群で知られ，神経内科・神経外科医にとって馴染み深いだが，晩年胃癌を患い，なんと自らの名前を冠したトルソー症候群で亡くなった。フランスで初めて気管切開を行ったのはトルソーで，彼の1833年の報告で気管切開の有効性が広く認識されるようになった。1500年からトルソーの報告までの約300年間は，僅か28例しか気管切開は報告されていない。当時は，技

術的な難易度に加えて，どの症例に行えばよいのか適応が確立しておらず，むしろ効果が疑問視されていたからだとされる。象徴的なエピソードとして，アメリカ合衆国の初代大統領 George Washington（ジョージ・ワシントン，1732-1799）の最後の1日が有名である。彼は1797年3月に大統領を退任後，Mount Vernon（マウント・バーノン，バージニア州）に戻り農園を営んでいた。1799年12月14日，前日から咽頭痛を訴えていたが，呼吸困難に陥った。3人の医師が呼ばれたが，医師団はピネガーを入れた sage tea（セージの葉を煎じた健康飲料）で喉を漱ぐように勧め，彼は反って窒息しそうになるなど有効な治療を提供できなかった。1人の医師は気管切開を知っていたが，もともと気管切開は役に立たないと思っていたし，合衆国建国の最大の要人の気管切開は気が進まなかった。元大統領は急性喉頭蓋炎（bacterial epiglottitis）による気道閉塞で終にそのまま67年の生涯を閉じた<sup>1)</sup>。Wikipedia では，医師団の1人が気管切開を提案したが，気管切開に詳しくない他の2人が却下したと記述されている<sup>6)</sup>。いずれにせよ，現代の医療水準から見ると，完全に回避可能な窒息死（fully preventable suffocation）であった。

前置きが長くなったが，本総説では，気管切開に関して手術操作からカニューレの選択，術後管理までよくまとめられ，外してはならない要点が簡潔に述べられている。大学勤務時代に耳鼻咽喉科と合同で頭頸部腫瘍の手術に入ると，最初に気管切開してから手術が始まることもあり，専門の先生方による気管切開を見て学ばせていただいたことを思い出した。また，腕頭動脈の評価など素晴らしいCT画像が紹介されているので，今後は術前評価に取り入れていきたい。

脳神経外科医として，これまでに多数（年間10件×臨床キャリア30年として，300件以上）の気管切開を行ってきた。当時，気管切開は脳神経外科（総合研修医制度はなかった）1年目に習得する手技であり，様々な先輩の気管切開に立ち会って手技を

習得し、術者によって少しずつ異なる方法を参考にし、自分の気管切開を完成(?)させた。気管切開の適応とタイミングについては、「気管切開が要るかな?と思った時が適応で、遅滞なくすぐ切開せよ」(If you think of tracheostomy-do it!)と教わった。先に述べたワシントン大統領の逸話など歴史的視点から見て正しいと思うが、エビデンスが求められる昨今なので最近の知見についても後述する。動脈瘤や脳腫瘍は手術書を読んで勉強したが、気管切開は載っていないし、気管切開手技については先輩方から直接教わったので、恥ずかしながら成書を読んだ記憶がない。修練施設や指導医によって教える内容が少しずつ異なるので、当科の中でもスタッフ毎に気管切開は微妙に違う。これから気管切開を始める若手の先生方には、本稿とその参考文献リストが役に立つと思う。今は、オンラインで耳鼻咽喉科や集中治療関連の文献も手に入る便利な時代になった。ビデオもYouTubeなどで閲覧でき、国内のみならず、例えば米国 Mayo Clinic 耳鼻咽喉科の気管切開ビデオ<sup>7)</sup>も視聴可能である。

中枢神経疾患を有する患者は意識障害があり、咳反射が減弱していたり嚥下障害が存在したりするために気管切開が必要となる頻度が他領域の重症患者よりも高い。集中治療室(ICU)で治療を受ける一般患者の約10%が気管切開の対象になるといわれるが、頭部外傷(traumatic brain injury, TBI)を対象とした欧州65施設の前向き観察研究(CENTER-TBI study)<sup>8)</sup>では1358例中433例(31.8%)に気管切開が必要であった。

このように脳神経外科医にとって気管切開は身近な存在であるが、気管切開のタイミングや適応は現代でもまだ十分に確立されていない。一般のICU患者の気管切開は14日目以降に行われることが多いのに対して、上述のCENTER-TBI研究では、中央値でICU入室から9日目(IQR 5-14日目)に気管切開が行われている。最短の30例(6.9%)は入院当日に気管切開されていた。14日目以降に施行されたのは僅か26%であった。すなわち気管切開の頻度のみならず、タイミングも中枢神経疾患と一般のICU入室患者では異なっていることが分かる。7日目までを早期切開群とすると対象症例の41.6%(180/433例)が早期切開で、晚期切開群(8日目以降)と比較して、高齢(65歳以上)の割合、病院前(pre-hospital)や救急部(emergency department)での低酸素、低血圧の割合が高く、顔面外傷を合併している頻度が高かった。晚期切開群では呼吸器関連肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)や呼吸不全の頻度が高かった。観察研究なので、これらが本当に気管切開の理由になったのか分析できないが、関連性としては十分に理解できる。年齢は有意な危険因子(hazard)で、5歳毎に区切ると、5歳年齢が上になると4%ずつ

気管切開頻度が上昇したという。本研究では晚期切開群は死亡率、予後不良の転帰を辿る割合が高く、早期気管切開と予後改善の関連性が示されたが、早期気管切開が死亡率や予後を改善するかどうか他の報告も併せるとコンセンサスは得られていない。適応についても、従来の経験則に基づく適応決定ではなく、気管チューブ抜管不可(extubation failure)の予測因子をスコア化する試みがなされ、頭部外傷ではVISAGE score、脳卒中ではSET score、脳出血ではTRACH scoreが報告されている(興味のある方は総説<sup>9)</sup>を参照されたい)。

最後になったが、急性期病院で行った気管切開を回復期や療養型病院で継続して管理する機会は、人口の高齢化とともに増加していくと予想される。回復/慢性期のタイミングで気管切開患者に関わる多職種も知識を共有する必要がある、すべての方に本総説の一読をお勧めしたい。

\*註：紀元前48年 Julius Caesar (ユリウス・カエサル)はアレクサンドリアでプトレマイオス14世のエジプト艦隊に包囲され、アレクサンドリア港に停泊中の自分たちの艦船に火を放ち、この火災が燃え移ってアレクサンドリア図書館の4万巻のパピルスが焼失したと「ローマ建国史」に記載されている。図書館はその後再開存続されており、火災でどの程度の蔵書が失われたのか、長い歴史の中では他にも火災や事件がありカエサルが非難されるべき当事者なのか史実は明らかではない<sup>10)</sup>。

神経・脳卒中センター 脳神経外科  
小川竜介

文献：

- 1) Szmuk P, Ezri T, Evron S, et al : A brief history of tracheostomy and tracheal intubation, from the Bronze Age to the Space Age. Intensive Care Med, 34 (2) : 222-228, 2008
- 2) Musso CG : Imhotep : the dean among the ancient Egyptian physicians-An example of a complete physician. Humane Medicine Health Care, 5 (1) : 169, 2005, <https://hekint.org/documents/AncientEgyptianPhysicians.pdf> (参照 2022. 2. 13)
- 3) Herbowski L : The maze of the cerebrospinal fluid discovery. Anat Res Int, 2013 : doi : 10.1155/2013/596027, 2013
- 4) Blomstedt P : Tracheostomy in ancient Egypt. J Laryngol Otol, 128 (8) : 665-668, 2014
- 5) Blomstedt P : Imhotep and the discovery of cerebrospinal fluid. Anat Res Int, 2014 : doi : 10.1155/2014/256105, 2014
- 6) Wikipedia : George Washington. 2022, <https://>

- en.wikipedia.org/wiki/George\_Washington  
(参照 2022. 2. 13)
- 7) The department of otorhinolaryngology at Mayo Clinic : Open tracheostomy. 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=77Wi5Z3FOGk>  
(参照 2022. 2. 12)
- 8) Robba C, Galimberti S, Graziano F, et al : Tracheostomy practice and timing in traumatic brain-injured patients : a CENTER-TBI study. Intensive Care Med, 46 (5) : 983-994, 2020
- 9) Battaglini D, Gieroba DS, Brunetti I, et al : Mechanical ventilation in neurocritical care setting : A clinical approach. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 35 (2) : 207-220, 2021
- 10) Wikipedia : アレクサンドリア図書館. 2021, <https://ja.wikipedia.org/wiki/アレクサンドリア図書館> (参照 2022. 2. 13)