

●講 座●

呼吸管理のデバイス 気道確保器具 [2回連載] (1)

浅井 隆

キーワード：気道確保、フェイスマスク、声門上エアウェイ、ラリンジアルマスク、気管挿管、喉頭鏡

I. はじめに

呼吸管理デバイスとしての気道確保器具は数十種類以上存在しているが、主にフェイスマスク、声門上エアウェイ（声門上器具、supraglottic airway）、気管チューブの3つのカテゴリーに区分される。今回、それらの気道確保器具の概要について確認する。

II. フェイスマスク

フェイスマスクは、文字通り顔（フェイス）にマスクを被せて用いる気道確保器具で、自発呼吸がある人に対して酸素を投与するための器具と、自発呼吸がない人において陽圧換気をするために用いる器具とがある。

1. 自発呼吸用フェイスマスク

自発呼吸のある症例では、ハドソンマスク（Hudson mask）と呼ばれるマスクを顔にゴムバンドで軽く固定し、マスクに接続したチューブを通して酸素を投与できる構造になっている。マスクにリザーバーバッグ機能が付いたものもある。

2. 陽圧換気用フェイスマスク

自発呼吸がない症例で用いるフェイスマスクは、マスクを顔面に密着させてことで陽圧換気が可能な設計となっている。フェイスマスク自体では陽圧換気がで

きないため、手術室内では麻酔器の流量膨張式換気バッグを用いて、手術室外では自己膨張式バッグを用いてバッグ・バルブ・マスクとして換気を行う。

III. 声門上エアウェイ

声門上エアウェイは、1980年代末に全身麻酔中に使用し始めた気道確保器具で、その代表例がラリンジアルマスクである。

声門上エアウェイには厳格な定義がないが、一般的には“口腔、咽頭あるいは食道上部に挿入して上気道閉塞を防ぎ、換気を可能にする器具”とされている。この定義では咽頭エアウェイ（口腔エアウェイ、鼻腔エアウェイ）も含まれるが、一般的に咽頭エアウェイは声門上エアウェイには含めない。声門上エアウェイは、フェイスマスクと気管チューブの中間的な存在となる。

声門上エアウェイは、狭義の声門上エアウェイと食道閉鎖式エアウェイの2種類に区分できる（表1）。狭義の声門上エアウェイは、さらに咽頭プラグ式エアウェイと喉頭マスクに区分できる。

1. 咽頭プラグ式エアウェイ

咽頭プラグ式エアウェイ（pharyngeal plug airway）は、声門の頭側に換気チューブの先端を配置し、口腔・咽頭内におけるチューブ周囲の隙間に‘栓（プラグ、plug）’をすることで換気ガスが漏れるのを防ぐ器具であり、コパ（cuffed oropharyngeal airway : COPA、現在製造中止）やコブラエアウェイ（Cobra airway）などが含まれる。ただ、咽頭プラグ式エアウェイの挿入

表1 主な声門上エアウェイ

	咽頭プラグ式エアウェイ	コパ（製造中止）	
		コプラエアウェイ	
狭義の声門上エアウェイ	喉頭マスク	ラリンジアルマスク	クラシック ユニーク フレキシブル ファーストラック プロシール スプリーム プロテクター ガーディアン
		Air-Q	ディスポーザブルタイプ リユースタイプ Air-Q ブロッカー
		TOKIBO-Ambu ラリングルマスク	ストレートタイプ フレキシブルタイプ アングルタイプ アングルタイプ i
		i-gel	
食道閉鎖式エアウェイ	コンピチューブ (Esophageal tracheal combitube)		
	ラリンジアルチューブ	ラリンジアルチューブ	
		ラリンジアルチューブ・サクション (リユース) ラリンジアルチューブ・サクション (ディスポ)	

(文献1を一部改変・引用)

によっても上気道閉塞がしばしば起こるという欠点があり、あまり普及していない。

2. 喉頭マスク

喉頭マスク (laryngeal mask) は、喉頭をマスクで覆うことにより換気を可能とする器具で、その代表例がラリンジアルマスク (laryngeal mask airway) (図1) である。

1) 喉頭マスク

ラリンジアルマスクは1980年代にアーチー・ブレイン (Archie Brain) 医師が発明した器具で、フェイスマスク、気管チューブに次ぐ第3の気道確保器具として認識されるようになった。

ラリンジアルマスクはマスクが喉頭を包み込む構造となっており、カフを膨らませることにより、器具と喉頭周囲の隙間をなくすことが可能となっている。この構造により、器具が挿入されると、上気道閉塞の3大原因部位（舌根、軟口蓋、喉頭蓋）をバイパスして気道を開通させることができる。ラリンジアルマスクは、使用用途に合わせて、数種類以上のタイプが販売されている。また、ラリンジアルマスクの特許が切れたあと、さまざまな類似品が販売されるようになった(表1)。



図1 ラリンジアルマスク

2) i-gel

i-gel (図2) はラリンジアルマスクとは違う概念で設計された器具で、ラリンジアルマスクの類似品ではない。i-gelは喉頭の形状にもとづいてデザインされており、挿入するとマスク辺縁が喉頭の形にぴったりと向き合うことにより換気を可能にする。そのためこの器具にはカフなしで送気ガス漏れを防ぐことが可能となっている。

3. 食道閉鎖式エアウェイ

食道閉鎖式エアウェイ (esophageal obturator) は、



図2 i-gel

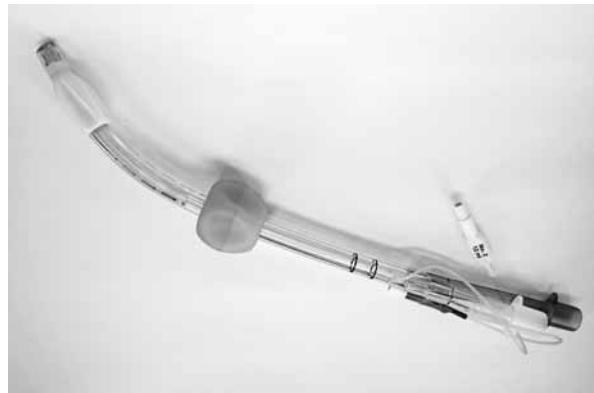


図3 コンビチューブ



図4 ラリンジアルチューブ

心肺蘇生時の気道確保器具として開発された。基本構造として器具の遠位部を食道上部に挿入し、“食道を閉鎖”しながら換気を可能にするためこう呼ばれている。

1) コンビチューブ

コンビチューブ（図3）は心肺蘇生中の気道確保器具として開発された食道閉鎖式エアウェイである。コンビチューブは2本のチューブが接合された構造で、先端が食道あるいは気管に挿入される。チューブの先端は多くの場合には食道に挿入されるが、食道と気管のどちらに挿入されたかにより、呼吸回路の接続方法が異なる。先端が食道に挿入されたと判断した場合、No.1チューブに呼吸回路を接続して換気を行う。一方、先端が気管に挿入されたと判断した場合、No.2チューブに呼吸回路を接続する。

2) ラリンジアルチューブ

ラリンジアルチューブ（図4）は食道閉鎖式エアウェイの1種である。コンビチューブに比べて短いため、挿入がより容易で、侵襲度も小さいとされている。そのため、現在日本においては心肺蘇生時の気道確保器

表2 第2世代声門上エアウェイの特徴

- ・器具周囲からのガス漏れを起こす気道内圧が比較的高い。
- ・食道開口部での密閉性が高い。
- ・胃内容物ドレーン機能を有する。
- ・バイトブロック機能を有する。

(文献2より転載)

具として最も高頻度に使用されている。ラリンジアルチューブはコンビチューブと違い、呼吸回路を接続するコネクタは1つのみである。ラリンジアルチューブは、従来型と、ドレーン機能を加えたラリンジアルチューブ・サクションがある。

4. 第1世代、第2世代声門上エアウェイ

声門上エアウェイは時代とともに進化し、より性能がよく、より安全な器具が開発されてきている。とくに喉頭マスクに関しては、表2で示されている4つの機能を有している器具を第2世代声門上エアウェイと呼ぶ。第2世代の器具の例として、ラリンジアルマスク・プロシール、ガーディアン、プロテクター、スプリーム、i-gelなどが挙げられる。そして、それ以前の器具は第1世代として扱われる。

IV. 気管チューブ

フェイスマスクおよび声門上器具を用いて換気をする以外の気道確保法として、チューブを気管に挿入、すなわち気管挿管をして換気を行う方法がある。気管挿管は、非観血的と観血的な方法がある。

非観血的気管挿管は、チューブを鼻あるいは口から挿入し、声門を通過させて気管内にまでチューブ先端部を進めて気道確保をする方法（経口気管挿管、経鼻

気管挿管)である。一方、観血的気管挿管は、頸部から観血的処置により喉頭あるいは気管壁に孔を作成し、その孔を通過させてチューブを気管に挿入する方法である。

1. 経口、経鼻気管チューブ

経口、経鼻気管チューブには、カフが付いたものと付いていないものがある。カフ付きチューブでは、気管挿管後にカフを膨らませることにより、気管内壁とチューブ外壁との隙間を埋めることができるとになっている。成人においては原則としてカフ付き気管チューブを用いる。一方、小児においてはカフの付いていないチューブを用いるのが一般的であったが、現在ではカフ付きのチューブも用いられる傾向にある。

気管チューブは、使用用途に合わせてさまざまなタイプが開発されている。

1) 通常チューブ

一般的に使われている気管チューブは、単純な円筒状のチューブで、チューブの中は1つの腔のみのため、一腔性チューブ(シングルルーメンチューブ、single-lumen tube)と呼ばれる。チューブの多くはポリ塩化ビニル(polyvinylchloride:PVC)製のため、PVCチューブ(PVC tube)と呼ばれることもある。

2) レインフォースド(スパイラル)チューブ

レインフォースドチューブ(補強型気管チューブ、reinforced tube)は、気管チューブの壁内に金属製のワイヤーが螺旋(スパイラル)状に埋め込まれたものである。そのため、スパイラル(螺旋)チューブと呼ばれることもあるが、これは俗称で、当然ながらチューブ自体が螺旋状になっているわけではない。

レインフォースドは“補強された”という意味で、チューブ壁内に埋め込まれたワイヤーのため、チューブが折れ曲がりにくい特徴がある(図5)。そのため、頭頸部周囲の手術や腹臥位の手術中など、チューブが曲げられてしまう危険性が高い場合によい適応となる。

レインフォースドチューブは、折れ曲がりにくいのが特徴であるが、噛まれるなどのチューブ壁面に対して斜めに力が加わると閉塞する危険性がある。また、一度閉塞すると、外からの圧迫を解除しても閉塞したままになる。そのため使用時にはバイトブロックの使用が必須である。またバイトブロックを使用していても、下顎や咽頭筋で閉塞された、という報告があるた

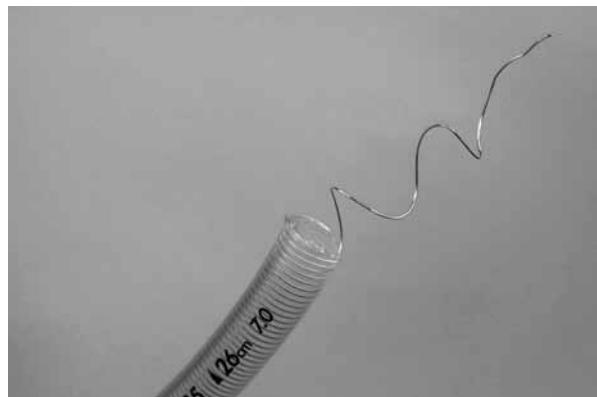


図5 レインフォースドチューブ

構造が分かりやすいように、チューブ壁に埋め込まれた金属ワイヤーを取り出してある。

め、集中治療室などで長期の使用はすべきでない。

3) ノースポーラー、サウスピーラーチューブ

通常気管チューブのうち、チューブの中央部に曲げ加工が施されたものがある。これらはノースポーラーチューブ(North polar tube)とサウスピーラーチューブ(South polar tube)と呼ばれる。ノースポーラーチューブを気管に経鼻的に挿入すると、チューブの近位端は頭頂部、すなわち“北極”側に向き、一方サウスピーラーチューブを経口的に挿入すると、チューブ近位端は尾側、すなわち頭の“南極”側に向くようになっている。

サウスピーラーチューブはレイチューブ(RAE tube)と呼ばれることがある。この名称は、開発者3人の名前(Ring、Adair、Elwyn)の頭文字、R、A、Eを取つて付けられている。また、これらはチューブの形状を予め変形させたものであるため、英語ではpreformed tube(形状変形型チューブ)と呼ばれる。

サウスピーラーチューブを挿入すると、チューブ近位端は下顎中央を縦走するため、扁桃アデノイド摘出用の開口器を設置する時などに有用とされている。また眼科手術の際にもこのチューブは術野を妨げないのでよい適応となる。一方、ノースポーラーチューブは、頸間固定などの手術中に、チューブを頭側に走らせたい時に有用とされている。

4) ダブルルーメン(二腔)チューブ

ダブルルーメンチューブ、二腔チューブ(double-lumen tube)は基本構造としてチューブを2本接合した特殊なチューブで、右の肺と左の肺を独立して換気、すなわち分離肺換気をする必要がある時に適応となる。

ダブルルーメンチューブの2本のチューブのうち1本は少し長く、外に向かって少し曲がっており、その長いほうのチューブ先端を主気管支に挿入する。ダブルルーメンチューブは左用と右用があり、それぞれ、長いほうのチューブを左主気管支あるいは右主気管支に挿入する設計になっている。

5) 気管支ブロッカー

気管支ブロッカー (bronchial blocker) は、一方の気管支を故意的に閉塞（ブロック）させ、他方の肺のみを換気させるための器具である。

気管支ブロッカーは、プラスチック製の細いチューブと、その先端付近にバルーンが付いた基本構造となっている。ブロッカーチューブの先端を虚脱させる肺側の気管支に挿入し、バルーンを膨らませることにより、その気管支を閉塞させることができとなる。

気管支ブロッカーは、それ単独で使用することは稀で、ブロッカーを一方の気管支に挿入するとともに、気管チューブも挿入して、換気を調節する。気管支ブロッカーを内蔵した気管チューブであるユニベントチューブ (Univent tube) も販売されている。

2. 観血的気管挿管器具

観血的気管挿管 (invasive tracheal intubation) は、頸部の皮膚から観血的に喉頭あるいは気管壁に孔をあけ、チューブをその孔を通して気管に挿入する方法である。そして、その代表例が気管切開である。

頸部からの観血的気管挿管は、主に輪状甲状間膜穿刺あるいは切開 (cricothyroid puncture, cricothyrotomy) による挿入と、気管穿刺あるいは切開 (tracheotomy, tracheostomy) によるチューブ挿入とに区分される。下顎の下部を切開して、チューブを気管に挿入する観血的気管挿管法 (下顎下挿管, submandibular tracheal intubation) も報告されているが、喉頭あるいは気管壁を穿孔してチューブを挿入するわけではないため、一般的にこのカテゴリーには含めない。

3. 輪状甲状間膜穿刺・切開

輪状甲状間膜穿刺・切開は、甲状軟骨と輪状軟骨の間、すなわち輪状甲状間膜から気管側壁を穿刺あるいは切開し、チューブを下気道に挿入する方法である。最も簡便な方法として、14～16ゲージの静脈留置カニューラの使用がある。カテーテル内針に付いている血



図6 クイックトラック (Quicktrach)

液逆流確認筒の端を外し、そこに生理的食塩水を満たした注射器を接続する。カテーテル針で輪状甲状間膜を経皮的に穿刺する。カニューラ先端が下気道に挿入されたことを、注射器の内筒を引き、空気が戻ってくることで確認し、カテーテル遠位部を気管内に進める。

自発呼吸がある場合、カテーテル1本を介してでは十分な換気量が得られないため、カテーテル3本程度を挿入する必要がある、とされている。一方、自然呼吸がなく陽圧換気が必要な場合、複数のカテーテルに呼吸回路を接続することはできないため、原則的にカテーテルは1本しか挿入しない。その場合には、陽圧換気では十分な酸素化ができないため、ジェット換気が必要となる。

4. 経皮輪状甲状間膜穿刺キット

経皮輪状甲状間膜穿刺専用のキットが販売されている。日本においては次の4種類がある。

1) クイックトラック

クイックトラック (Quicktrach) (図6) は輪状甲状間膜穿刺キットである。すべてのパーツがすでに組み立ててあるため、緊急時にパッケージを開けるとすぐに使えるという利点がある。カニューラは成人用として内径が4.0mm、小児用として内径2.0mmのものがある。

2) メルカー緊急用輪状甲状膜切開用キット

メルカー緊急用輪状甲状膜切開用カテーテルセット (Melker emergency cricothyrotomy catheter set) では、輪状甲状間膜を切開したのちに穿刺をし、その穿

刺針を通してガイドワイヤーを気管に挿入し、その後にこのガイドワイヤー越しにカテーテルを挿入する。

3) ミニトラックⅡ

ミニトラックⅡ（Mini Trach II）は緊急用輪状甲状膜切開用キットで、内径4mmのチューブ、メスと吸引チューブで構成されている。ミニトラックⅡキットにガイドワイヤーなどが追加されたミニトラックⅡセルジンガーキット（Mini Trach II Seldinger）も存在している。

4) トラヘルパー

トラヘルパーは切開キットで、メスで切開を加えた後、テフロン製のカニュラに金属製の内針を通し、これらを経皮的に気管に挿入する方法である。トラヘルパーは、挿入した器具のコネクタに呼吸回路も注射器も直接接続できない欠点がある。そのため、陽圧換気には、器具に接続できる接続器具をあらかじめ用意しておく必要がある。

5. 気管切開用チューブ

外科的気管切開孔からチューブを挿入する場合、気管切開用チューブ（tracheostomy tube）を用いる。チューブを、気管切開口を介して気管に挿入するため、チューブ中央部が直角に近い角度で曲げられている。また、先端から彎曲部までの距離は2～3cmと短く、気管支に迷入しにくく設計されている。

6. 経皮的気管切開法と器具

経皮的気管切開（percutaneous tracheostomy）は主に拡張（ダイレータ）（dilatational）法と鉗子（forceps）法の2種類がある。拡張（ダイレータ）法は、チャリア（Ciaglia）が、鉗子法はグリッグス（Griggs）らが報告した方法のため、それぞれチャリア法、グリッグス法と呼ばれることもある。

経皮的気管切開の適応は、基本的に外科的気管切開が適応となる。注意すべきことは、経皮的気管切開は緊急気道確保時には禁忌とされていることである。

経皮気管切開キットには次の器具がある。

1) チャリアブルーライノ経皮的気管切開用ダイレーターセット

チャリアブルーライノ経皮的気管切開用ダイレーターセット（Ciaglia Blue Rhino percutaneous tracheostomy introducer set）は、気管切開チューブを経皮的

に気管に挿入する器具である。従来のダイレータ（拡張器具）を使用する場合、細いものから太いものまで順に数本交換しながら切開口を広げていく必要があった。一方、チャリアブルーライノのダイレータはサイ（rhino）の角のように円錐状になっているため、ガイドワイヤー越しに挿入することにより、適切な気管切開口の形成が可能とされている。穿刺針を気管に穿刺し、ガイドワイヤーを気管に挿入する。その後ガイドワイヤー越しにダイレータ気管チューブが挿入できるくらいまで挿入する。ダイレータを抜去し、気管切開チューブを挿入する。

V. 気管挿管器具

気管挿管に最も使用されている器具は喉頭鏡である。喉頭鏡は数十種類開発されているが、現在それらのうち、マッキントッシュ喉頭鏡（Macintosh laryngoscope）とミラー喉頭鏡（Miller laryngoscope）が主に使用されている。また、喉頭鏡以外にも、直達喉頭鏡や気管支ファイバースコープなど、さまざまな気管挿管器具がある。

1. マッキントッシュ喉頭鏡

マッキントッシュ喉頭鏡は1943年にマッキントッシュ卿が発明、発表してから70年以上も使用頻度第1位の座を保ってきたことからも、その有用性には疑いない。マッキントッシュ喉頭鏡は、その彎曲したブレードを喉頭蓋谷、すなわち喉頭蓋基部と舌根の間に挿入して、喉頭蓋を“立ち上げ”ることにより声門を確認し、チューブを気管に挿入する。

2. ミラー喉頭鏡

ミラー喉頭鏡は、もう1つの代表的な喉頭鏡で、マッキントッシュ喉頭鏡の報告よりさらに以前の1941年に報告されている。ミラー喉頭鏡のブレードはほぼ一直線で、その先端により喉頭蓋を直接持ち上げて、声門の確認およびチューブの気管への挿入を行う。ミラー喉頭鏡は主に小児で用いられている。

VI. 結語

呼吸管理デバイスとしての気道確保器具は、主にフェイスマスク、声門上エアウェイ、気管チューブの3つのカテゴリーに区分できるが、それぞれさまざまな

器具がある。各器具には、利点および欠点があるため、適応に違いがある。次回には、各器具の利点と欠点を確認し、どの症例でどの器具を選択すべきかについて述べる。

COI に関し、著者はアトムス社から 100 万円超の印税収入がある。

参考文献

- 1) 浅井 隆：声門上エアウェイ. 臨床麻酔. 2011; 35: 517-23.
- 2) 浅井 隆：Dr. あさいのみんなの気道確保 第1巻. マスク換気・気管挿管の基礎をマスターしよう!. 東京, 中外医学社, 2016.