

## 7.種々の気管挿管法

### 1.種々の気管挿管法とは

気管挿管法を現場で実施する場合には、まず十分安全かつ確実に手技を実施できる条件を守ることが必要である。しかしながら、実際の現場では練習どおりではなく、様々なバリエーションを加えて実施することが予想される。

一般に、気管挿管法は通過ルートから、鼻からチューブを挿入する「経鼻気管挿管」と口からチューブを挿入する「経口気管挿管」の2通りがある。このうち、経口気管挿管法では、喉頭鏡で喉頭展開し声門を直視して気管チューブを気管に挿入する手技は一つであり、その応用として各種ファイバースコープなどを使用する方法もある。さらに、気管挿管を実施する者(実施者)と実施される者(傷病者)の位置関係を加えると、気管挿管法が何通りも考えられるが、いずれも気管挿管の実施者と傷病者の位置関係から生じる種々の気管挿管法の問題である。

本章で述べる方法は、アメリカのパラメディックのテキストや BTLS アドバンスコース、PHTLS インストラクターコースなどでも紹介されている。単に一つの手技を習得するだけや、「この方法でなければならない」ということではなく、喉頭の解剖や基本的な経口気管挿管法を習熟した上で各自が様々な状況において、安全かつ確実に気管挿管を実施するにはより多くのバリエーションを想定し、どうすればよいかを考え、現場の状況に応じて瞬時に判断できる能力を養うことが重要である。

### 2.種々の気管挿管法の適応と学習意義

基本的な気管挿管法における実施者と傷病者の位置関係は、手術台のように高さの調節が可能な寝台に仰臥した傷病者と、その頭部側に立位で位置した実施者というのが基本である。この位置関係は、救急救命士が救急車内や十分なスペースを確保した現場で気管挿管を実施する場合は、この基本的なスタンスを構築することができる。

しかし、気管挿管の適応であり現場から救急車内への搬送が困難で時間を要する場合には、救急車内へ搬送中の確実な気道確保の意味からも、現場で限られたスペースでの気管挿管を余儀なくされることも予想される。救急現場の状況は様々であり、気管挿管における実施者と傷病者の位置関係も多種多様である。

基本的な気管挿管法を一通り理解し、訓練人形に対して単独で適切に実施できるようになったならば傷病者の様々な状況において、どうすれば気管挿管を実施できるかを考え実施してみることが重要であろう。

指導のポイント①:種々の気管挿管指導法の気管挿管指導全体での位置づけ

基本的な気管挿管法の座学、実習が最低1回以上終了し、大多数の受講者がその方法に慣れた時点で実施する。

学習者が気管挿管に関する基本的な解剖学的知識を立体的に十分に理解していれば、指導者の助言なしで、あるいはわずかな助言のみで、様々な状況下の傷病者に工夫して気管

挿管を実施することができる。様々な状況下での気管挿管法に正解というべき方法はなく、このトレーニングを実施した後に、種々の気管挿管法の利点や欠点について学習者同士で討論し、最後に指導者を交えて全員で討議してお互いが獲た知見を共有することが大切である。

#### 指導のポイント②:指導方法

##### (1)座学

基本的な気管挿管法の重要ポイントについて解剖学的事項を中心に復習し、種々の気管挿管法をスライド写真等で供覧する。

手技の詳細な解説は、学習者の思考の妨げとなるので実施せず、スライド写真等で供覧したイメージを各自が膨らませながら実習で手技を理解することを目指す。

##### (2)実習

###### ①簡単な状況設定での実習

学習者の1グループに対して、人形を仰臥位や座位に設定し種々の気管挿管を交替しながら実習する。必ず基本的な気管挿管の実習を織り交ぜて交替するようにする。これにより常に基本的な気管挿管手技の習熟や確認につながる効果がある。明らかに危険な手技以外は詳細な指導を実施せず、学習者が十分に考えながら実習するように指導することも重要である。

###### ②複雑な状況設定での実習

学習者のグループ数に相応する様々な状況を設定した実習会場(ブース)を準備する。グループ単位で各ブースをローテーションしながら、様々な状況下での気管挿管を実習する。ただ漫然とローテーションしているだけではなく、様々な状況下での気管挿管法の利点や欠点等をチェックシートに記録させて思考する機会を多くする。またグループ毎に予め検討すべきテーマを指示しておき次の総括に活かす。

###### ③総括

前述した「複雑な状況設定での実習」で学習者の各グループが記録したチェックシートに基づき、グループ毎に予め与えられたテーマについて討論する。その後、各グループの代表者が全員の前で発表し、実習を通じて理解した知見を学習者間で共有する機会を設定する。

### 3.気管挿管法における実施者と傷病者の位置関係

気管挿管法における実施者と傷病者の位置関係は、仰臥した傷病者と、その頭部側に立位で位置した実施者というスタンスが基本的となる。

救急現場では実施者が傷病者の頭部側に進入できない場合や傷病者が仰臥していない場合が考えられる。このような状況に遭遇したときは、まずはじめに、もっとも実施しやすい体勢を確保できる場所へ移動することはいうまでもない(表 7-2)。

しかし、その間にもより確実な気道確保が必要であり気管挿管の適応であるならば、限られた状況の中で最大限の体勢を確保し気管挿管を実施することになる(表 7-3)。万が一にも、このような状況に遭遇しない保障はなく、考えられる範囲で気管挿管の実施者と傷病者の位置

関係を検討してみる。

#### (1)傷病者の状況

傷病者は気管挿管を実施する際に大多数が仰臥位であり、他に座位が考えられる。仰臥位、座位をとると考えられる想定を表 7-4 に示す。

#### (2)実施者の状況

実施者は仰臥位の傷病者の頭部に位置することが多いが、家財道具、事故現場の様々な障害物や瓦礫などで頭部に進入できない場合が想定できる。

また頭部に位置取りした場合でも実施者の体位には立位と正座位があるように、実施者の位置取りと体位も傷病者の状況に応じて多様である。次に実施者の傷病者に対する位置取りと実施者の体位について考えられる想定を表 7-5 に示す。

### 4.種々の気管挿管法の実際

#### (1)傷病者が仰臥位の想定

傷病者が仰臥位の想定で、実施者が傷病者の頭部に位置取りできる場合は、気管挿管法の手技は基本どおりである。しかし、傷病者の胸部や側胸部に位置取りする場合は、喉頭展開方法が少し違うので注意が必要である(表 7-6)。

##### ①手術台や処置台の上で仰臥位の傷病者

通常、実施者は傷病者の頭部に位置し立位で実施する。手術台や処置台は実施者の身長に応じた高さの調整が可能であり、最適な状況で基本どおりの気管挿管が可能となる。

##### ②救急隊のストレッチャーの上で仰臥位の傷病者

救急隊のストレッチャー上での気管挿管は、ストレッチャーの高さという条件が負荷される。

ストレッチャーの高さが上段や中段では、気管挿管は困難であるとともに、ストレッチャー自体が不安定で実施に危険が伴う。結局、現場などで高さを下段に下げるか、救急車内に収容してから実施することになる。

ストレッチャーを下段に下げて気管挿管を実施する場合、実施者が頭部に位置取りできる場合は、中腰位や立膝位をとることになり実施者の身体的(腰部への)負担が大きくなるとともに余計な筋力を必要とする。また、頭部に位置取りできない場合は胸部や側胸部からの実施も考慮する。

救急車内に収容した場合には、車両の構造によるが、多くの場合、実施者は傷病者の頭部に位置取りすることが可能である。しかし、車内は極めて狭く、また暗いことから実施はかなり難しい。また、資器材などで頭部に進入できない場合は側胸部から実施する状況も起こりえる。

一方、頭部に位置取りした場合でも、実施者の体位は座席に着座、中腰位、立膝位などが考えられる。また側胸部に位置した場合は、後述する座位の気管挿管法を応用しながら実施することになる。狭い救急車内での気管挿管は、実施者の位置取り、体位、体型、介助者の位

置取りなど様々な要因が関与し決して容易ではない。救急隊の日頃の連携訓練が極めて重要になってくる(写真 7-1)。

### ③ゆか上・路上に仰臥位の傷病者

我が国における家の造りを考えると、その多くは畳、板張りの床等である。これら床上での気管挿管は、慣れておけば決して難しいものではない。頭部に障害物がなく安全な空間が十分に確保できれば、実施者は床上で頭部に位置取りする。傷病者が仰臥している場所を上下に移動させることは不可能なので、実施者が気管挿管を実施しやすい体位をとる必要がある。

具体的には、正座位、片膝枕位、開脚座位、うつ伏せ位などが考えられる。正座位は、日本人には最も馴染があり違和感がないが、傷病者に十分なスニフイングポジションがとれなければ上手く気管挿管できない場合もある。

片膝枕位とは、片膝を伸ばした安座(片足を伸ばしたアグラ)した実施者の曲げた膝の上に傷病者の頭部を固定して気管挿管を実施する方法である。

これらの実施者の体位は、実施者の体型の影響をうけるので、様々な体位で実際に練習して自身に最適な方法を見出すようにする(写真 7-2～7-8)。

一方、周囲の安全は確保されているものの、家財道具などの種々の障害物が傷病者の周囲に迫り、頭部に進入できない場合も考えられる。このような状況では、実施者は胸部に跨る鞍上位や側胸部に位置取りし座位の方法を応用する。

### ④ベッド上(寝室・病室)に仰臥位の傷病者

ベッドは床から寝台面までに適当な高さがあるが、必ず頭部にはベッドボードなどが造りつけられて大きな障害物となっている。病院で使用しているベッドには、頭部の柵を取りはずせるものや固定式のものなどがあり、構造を理解していなければ容易ではない。

このような状況では、無理な体位で行うよりも傷病者をベッドの対角線に斜めに移動させて実施者が頭部に位置取りできる空間を確保する方法がある。これにより実施者は立膝位や中腰位での気管挿管が可能になる。

一方、傷病者の頭部に実施者の進入空間を確保できない場合は、胸部に跨る鞍上位や側胸部に位置取りし座位の方法を応用してみる(写真 7-9～7-12)。

### ⑤全脊柱固定されたバックボード上に仰臥位の傷病者

傷病者の周囲の状況に応じて、頭部、側胸部、胸部に跨る鞍上位で実施者は位置取りをする。

気管挿管に際しては、多くの場合、ネックカラーと頭部固定ベルトを緩める必要があるが、ヘッドイモビライザーは頭部の左右方向への動揺防止に有用であるので可能な限り装着したままにする。必ず介助者が頭部あるいは胸部側から用手による頭部固定を実施し、気管挿管に伴う頭頸部の前後方向の動揺を最低限に抑えるように配慮する(写真 7-13～7-17)。

当然ながら気管挿管の実施に際してスニフイングポジションや頭部後屈をとることは頸椎

保護の観点からは適切ではない。しかし、病態に応じて最優先にすべきことを十分に思慮して対応することも重要である。

## (2) 傷病者が座位の想定

この場合は、通常、実施者は傷病者に対面する位置取りになる。気管挿管の手技に大きな変更はないが、喉頭の解剖を熟知していることが最重要ポイントである。その上で、喉頭鏡を右手に持ち、鎌を扱うような方法で喉頭鏡を操作して喉頭展開を行う。

声帯が確認できたら左手で気管チューブを保持して気管に挿入するという手技を用いる。この際、介助者は頭部の用手固定に専念し、気管挿管の介助は必ずしも必要ではない。

この座位での気管挿管手技は、実施者と傷病者に対面するという点で共通であり、実施者が鞍上位や側胸部に位置取る場合の気管挿管にも応用が可能である(表 7-6)。

### ① 車両の座席・椅子に着座

交通事故などで車両の座席に着座したままの状態では、傷病者の周囲に安全な活動空間が確保できれば、介助者が頭部を用手固定し、実施者は傷病者に対面するように位置取りし気管挿管を実施する。

### ② 床や地面に着座

傷病者が壁などに寄りかかっている場合は、その状態のままで介助者は側方から頭部を用手固定する。実施者は傷病者に対面するように位置取りし、気管挿管を実施する。

## 8.気管挿管以外の種々の気道確保法

### 1.気道確保の重要性

救急救命士による気管挿管は、窒息による CPA 等に限定されているが、異物による閉塞が不完全な場合や、意識障害による舌根沈下のため部分的に気道閉塞が発生した場合でも、適切に気道確保されなければ危機的状況に陥る。

さらに、病院内では異物や意識障害に伴う舌根沈下の他に急性喉頭蓋炎、アナフィラキシーショックによる声門浮腫もまた重篤な気道狭窄の原因となる。また、外傷では顔面、頸部外傷などによる口腔及び咽喉頭血腫も気道確保を必要とする(表 8-2)。

救急救命士には用手による気道確保の他にポケットマスク、バッグ・バルブ・マスク(以下、BVM)による用手換気法、食道閉鎖式エアウェイやコンビチューブ、ラリングアルマスクエアウェイ(以下、LMA)などによる器具を用いた気道確保法がある(表 8-3)。AHA(アメリカ心臓協会)ガイドライン 2000 では BVM や LMA などの気管挿管の代替気道確保法においても十分な換気能力を有していることが証明されている。

本章では種々の器具の使用について、救急救命士の特定行為である心肺停止症例に限定せず、医療機関あるいは諸外国でパラメディックが用いる場合についても記述する。

### 2.気道確保法の種類

気道確保法には用手的に行うものと、器具を用いて行うものに大別される。用手気道確保法には 2 通りあり、器具を用いた気道確保法には気管挿管の他に以下の様々な方法がある(表 8-3)。

#### 指導のポイント①:

AHA ガイドライン 2000 では気道確保に用いる器具として、

- ・鼻咽頭エアウェイ(クラス 1a)
- ・口咽頭エアウェイ(クラス 1a)
- ・コンビチューブ(クラス 1a)
- ・ラリングアルマスクエアウェイ(クラス 1a)
- ・咽頭気管ルーメンエアウェイ(Pharyngotracheal Lumen Airway)(クラス未確定)
- ・COPA(Cuffed Oropharyngeal Airway: カフ付き口咽頭エアウェイ)(クラス記述なし)

を紹介している。

#### 指導のポイント②: AHA ガイドライン 2000 におけるクラス分類

クラス I : 治療法は常に受け入れられ、安全も証明され確実に有用である。

クラス II a: 治療法は受け入れられ、安全で有用である。標準的な治療であり多くの専門家が選択する治療法である。

クラス II b: 治療法は受け入れられ、安全で有用である。標準的な治療範囲と考えられ、多くの

専門家が他に代わる方法として選択する治療法である。

クラス未確定：治療法として実施してよいが、研究の質、量ともに不十分であることを承知しておく。

クラスⅢ：治療法としての有用性が全く認められない、又は有害ですらある。

注)AHA ガイドライン 2000 の後に出版されたプロバイダーマニュアルでは、コンビチューブとラリングアルマスクエアウエイはともにクラス 1a からクラス 1b となった。

#### ① 用手気道確保法

a. 頭部後屈あご先挙上法

b. 下顎挙上法

#### ② 器具を用いた気道確保法

a. ポケットマスク

b. バッグ・バルブ・マスク(BVM)

d. 食道閉鎖式エアウエイ(EOA,EGTA)

c. エアウエイ(鼻咽頭エアウエイ、口咽頭エアウエイ)

e. コンビチューブ(ETC)

f. ラリングアルマスクエアウエイ(LMA)

g. その他

### 3. 用手気道確保法

器具を用いずに用手的に気道確保する手技は医療従事者のみならず、一般市民に対する心肺蘇生教育でも極めて基本的な手技である。頭部後屈あご先挙上法が一般的であり、手技も比較的容易である(写真 8-1)。頸髄損傷などが疑われる傷病者には下顎挙上法を行う必要があり、この点については細心の注意が求められる(写真 8-2)。さらに、医療従事者は BVM などの器具を組み合わせた有効な気道確保と換気ができるよう日頃からのトレーニングは大切である。これらの手技の詳細については他書に譲るが、気管挿管手技を習得しようとする者は、以下に述べる気管挿管の代替法となる種々の気道確保法はもちろんのこと、それ以上に用手気道確保法を完璧に実施できることが求められる。気道確保法のうち、用手気道確保法はあらゆる気道確保法の基本であることを忘れてはいけない(写真 8-3,8-4)。

### 4. 器具を用いた気道確保法

これらの器具は気道確保を補助するものであるが、特にエアウエイ(鼻咽頭エアウエイ、口咽頭エアウエイ)以外の器具は、しばしば気管挿管の代替法として比較される。すなわち気管チューブなどの挿管用具が手元がない、気管挿管が許可されない、気管挿管の手技に不慣れ、挿管困難などの理由で用いることが多い。しかし症例によっては気管挿管の代替というより、気管挿管より優れた方法といえる場合も多い。また侵襲的な方法であることに変わりはなく、種々の合併症には致命的なものも含まれるため十分な注意が必要である。

## (1)エアウエイ(鼻咽頭エアウエイ、口咽頭エアウエイ)

意識レベルが低下した傷病者では、多くの場合、気管挿管あるいはその他の器具による気道確保が望ましい。しかし、状況によっては鼻咽頭エアウエイや口咽頭エアウエイでも十分に対応できる。これらのエアウエイは先端が舌根部に到達することにより気道の開通が保たれるように用いられる。いずれのタイプのエアウエイであっても、挿入後に換気の改善を確認しつつ頭部を適切な位置に保つことが重要である(表 8-4)。

### ①鼻咽頭エアウエイ

#### 〈特徴・注意点〉

傷病者の意識レベルにもよるが、通常は傷病者に与える苦痛は口咽頭エアウエイより少ない。挿入前に適切なサイズを選んでおく。短すぎるとエアウエイとしての効果がえられず、長すぎると口咽頭エアウエイと同様に嘔吐や喉頭痙攣の誘発の危険がある(写真 8-5)。

#### 〈適応〉

口咽頭エアウエイより刺激性が少なく、咳反射や嘔吐反射がある半昏睡患者では、口咽頭エアウエイは使えないが鼻咽頭エアウエイで対応できる。さらに開口障害、顎顔面損傷により口咽頭エアウエイを挿入できない場合も適応となる。頭蓋底骨折の疑いがある場合は使用を控える。

#### 〈挿入法〉

挿入の際は鼻粘膜損傷による鼻出血を起こす可能性が高いので愛護的に行うべきだが、鼻腔内を通過するときに抵抗を感じたら、どちらかの方向へ少し回転させながら進めるとよい。

### ②口咽頭エアウエイ

#### 〈特徴・注意点〉

GuedelとBermanの二つのタイプがあり、前者は筒状となっており、後者はエアウエイの両サイドに溝がある(写真 8-6,8-7)。エアウエイが長すぎると、喉頭蓋を圧迫し完全気道閉塞となりうる。また正しく留置されないと舌が後咽頭へ押しやられ、気道閉塞を助長するので、挿入に際し口腔内の観察を怠ってはいけない。

#### 〈適応〉

意識はないが自発呼吸がある傷病者の気道確保に適している。意識がある場合や半昏睡の傷病者で咳反射や嘔吐反射があるときは、嘔吐や喉頭痙攣を誘発する危険があり、使用してはならない。

#### 〈挿入法〉

まず口腔内分泌物、血液、吐物を十分に吸引し除去する。口腔内へ入れる際は先端を反転して硬口蓋に沿って進め、先端が咽頭後壁に達したら反転させ、さらに適切な深さまで進める。あるいは舌圧子で舌を圧排し口腔内に十分なスペースを確保して、先端を反転させることなく挿入する。



### ③COPA(Cuffed Oropharyngeal Airway)

Guedel 型口咽頭エアウエイの改変版ともいえる COPA(Cuffed Oropharyngeal Airway)はエアウエイにカフがついたもので、自発呼吸下の麻酔管理を目的として考案された(写真 8-8)。15mm の標準コネクターを備えるため BVM と接続でき、BVM 単独による人工呼吸がうまくできないときに COPA を併用すると良好な換気ができる。ただし、カフ周囲のエアリークがしばしば起こる。

換気は頭頸部の固定された状態(in-line stabilization)では Guedel 型エアウエイより有効な換気できるとされる。

#### 指導ポイント③: COPA(Cuffed Oropharyngeal Airway)

COPA は口咽頭エアウエイにカフがついたものであり、1992 年に麻酔中の自発呼吸管理に用いる目的で考案された。サイズは 4 通りあり、カフ容量はサイズに応じて 25、30、35、40ml 入れる。看護師が BVM 単独と COPA を力口えた場合の換気の比較で、有効な換気はそれぞれ 80%と 95%であり、2/3 の症例で 1 回換気量が大きかった。また BVM 単独では換気できなかった 8 例は COPA により 7 例に十分な換気できたことより、心肺蘇生時に麻酔科医以外の病院スタッフに有効とされる。

頭頸部の固定状態(in-line stabilization)では COPA の方が Guedel 型エアウエイより 1 回換気量は有意に高く、エアウエイ先端の位置をファイバースコープにより確認したところ、COPA の方が気道開通の状況が良好であった。稀ではあるが舌神経損傷の報告がある。

AHA ガイドライン 2000 で紹介されたものの、現在は製造中止となっている。

### (2)食道閉鎖式エアウエイ(EOA,EGTA)

これらの器具については、1970 年代から 1980 年代前半にかけて多くの研究報告がある。しかし、LMA など種々の器具が利用できる現在では、国内外いずれにおいても研究報告はほとんどなく、実際にはほとんど利用されなくなった。EOA,EGTA とともに基本的な構造は類似しており、マスクを顔面にうまく密着できないと十分な換気はできず、歯芽がない傷病者では特に困難である。

#### ①EOA(Esophageal Obturator Airway)

##### 〈特徴・注意点〉

チューブは 30 数センチの長さで先端は盲端で手前にカフがある(図 8-1)。咽頭に位置するチューブには側孔が多数あるため、チューブが食道に正しく留置され、マスクと顔面がうまく密着していればこの孔を通して有効な換気ができ、胃内容の逆流と胃部膨隆を防止できる。しかし、マスクの密着が困難なことが往々にしてあり、換気の良否をしっかりと見極めることが大切である。また、チューブが気管に挿入されると換気は不能となるので放置してはならない。

EOA から気管挿管へ切り替えるときは、誤嚥を防ぐために EOA を留置したまま気管挿管し、その後に EOA を抜去する。また、EOA の留置はカフ部の食道粘膜への圧迫壊死を考慮して

2 時間以内に留めるべきである。

〈適応〉

気管挿管が実施できない様々な状況で、気管挿管の代替となる(表 8-5)。

〈挿入法〉

挿入時には口咽頭を直視する必要はなく、頭部を中間位あるいはわずかに前屈させ、片方の手で舌と下顎をもち上げる。次にもう一方の手で EOG のチューブをマスクが顔にあたる深さまで経口的に食道へ挿入し、カフを 35ml 程度の容量で膨らませる。チューブを進めるときに抵抗がある場合はチューブを少し抜き、舌と下顎を保持し直して進める。

〈合併症〉

食道穿孔の頻度は 0.2～2%とされる。

指導のポイント④:

食道穿孔による死亡例は、剖検が必ずしも実施されていないため正確な頻度は把握しにくい。1,056 例中 4 例、1,000 例中 2 例、200 例中 4 例など報告者によって様々である。

穿孔は食道のあらゆる部分で起こり、上部食道では挿入時に直接外力が加わることにより、中部食道ではカフの過膨張により、さらに下部食道では食道が閉塞され胃の収縮が増幅するためとされる。

気管への誤挿入は気管の完全閉塞状態となり、5～10%の頻度で発生する。この場合、換気を試みても胸郭挙上や呼吸音が認められないことで容易に気付くはずである。しかし、救急現場では特に肥満者の場合では確認は容易でなく、食道を経由して胃に流入する空気があったかも呼吸音と誤認されたため死亡した報告がある。

食道へチューブが正しく留置されても、チューブが浅くカフの位置が気管分岐部より口側の場合、気管膜様部が圧迫され部分的に気管狭窄を来すので注意を要する(表 8-6)。

## ②EGTA(Esophageal Gastric Tube Airway)

〈特徴・注意点〉

EOA の改良版ともいえるべきもので(写真 8-9)、34cm、直径 13mm のチューブは先端が開口しているため胃内の減圧と吸引が可能であり、16F の胃管がチューブ内を通過する。このため海外では EOA より好まれる傾向にある。我が国では LMA などに比べると救急救命士の使用頻度は少ないようだが、気道確保の器具として現在も使用されている。EOA と同様にマスクの密着が困難なこともしばしばある。換気は別のポートから行うが、BVM と接続できる。

〈適応〉

気管挿管が実施できない様々な状況で気管挿管の代替となる。

指導のポイント⑤: EGTA の有用性

1980 年代に米国ではパラメディックによる気管挿管と代替法(主に EGTA)の有用性を検証する多くの研究がなされた。代表的な論文を紹介する。

1 Goldenberg(1986 年)。

175 人の病院前心肺停止患者に、前向き無作為に EGTA 又は気管挿管を行った。一方の方法で失敗した場合は他方を試行した。

パラメディックの訓練に要する経費は気管挿管の\$1,000 に対し、EGTA は \$ 80 と少なかった。

救急外来、入院時、退院時の生存は適及的に気管挿管で 64.4%、25.6%、11.1%、EGTA では 54.1%、27.1%、12.9%であったが有意差はなかった。

生存者中の神経学的に良好な頻度(気管挿管 50%、EGTA36.4%)もうっ血性心不全(気管挿管 40%、EGTA45.5%)も差はなかった。

さらに、EGTA を行った患者のみ 125 人の追加検討を行ったが、死亡率、神経学的後遺症、うっ血性心不全とも気管挿管患者とは差がなかった。EGTA を心肺停止患者の病院前の短期間使用することは気管挿管の代用となりうる。

## 2 Geehr EC(1985)

プレホスピタルにおいて、気管挿管と EGTA の有効性を非外傷性心停止患者において前向きに研究した。病院到着 3 分後に測定した動脈血液ガス分析データと病院退院時生存を調べた。

EGTA では  $pH7.12 \pm 0.2$ ,  $Pa_{O_2}77 \pm 92$ mmHg,  $Pac_{O_2}78.2 \pm 42.9$ mmHg、生存率 4.5%、気管挿管では  $pH7.34 \pm 0.2$ ,  $Pa_{O_2}265 \pm 151$ mmHg,  $Pac_{O_2}35 \pm 20.5$ mmHg、生存率 7%であり、血液ガスデータは有意差を認め気管挿管の方が有効であった。

〈挿入法〉

基本的には EOA の挿入方法となんら変わらない。カフ容量も 35ml と EOA と同じである。

〈合併症〉

EOA と同様に食道穿孔が最も懸念される合併症である。気管への挿入は EOA と同様に、気付かれないまま放置することは許されない。

### (3)コンビチューブ(ETC)

〈特徴・注意点〉

2 本のチューブが並列に接着され、先端カフと咽頭カフの二つのカフを備えた構造である。1本のチューブは先端が盲端で、二つのカフの間に多数の側孔がある(食道閉鎖チューブ)。もう一方のチューブは先端が開口し気管チューブに似る(写真 8-10)。

チューブ先端が食道へ挿入され、二つのカフを膨らませると咽頭カフにより咽頭は口咽頭と下咽頭が隔絶され、両方のカフの間にある食道閉鎖チューブ側孔から気管へと換気が可能となる。盲目的に ETC を咽頭内に進めると食道へ入る可能性は 80%以上とされる。

指導のポイント⑥:

盲目的に挿入した場合、食道挿入率は、一般的には 69~100%とされ、平均 80%以上とされる。

院外心停止症例に対しパラメディックによる ETC の使用状況を前向き調査した。52 例中 36 例(69%)で ETC 留置に成功し、ETC 先端位置の識別(食道は 30 例、気管は 6 例で 83%は食道へ留置された)は全例正しくなされた。

ただしチューブ先端が気管へ入る場合もあり、このときは“気管チューブ”から換気ができる。この判断は極めて重要であり、換気による胸郭の挙上、呼吸音の確認の他に呼気終末二酸化炭素モニター(ET<sub>CO2</sub>モニター)や食道挿管判定器具(EDD)を用い、2本のチューブのうちどちらから換気すべきか正しく判断することが大切である。ある報告では 34%で正しく判断できなかったという。

指導のポイント⑦:

ETC の先端が食道か気管のどちらにあるのか正しく判断できない頻度は 3.4%とされる。

院外心停止症例に対し EMT-D による ETC の使用状況を後ろ向き調査した。1,529 例中、挿入失敗は 84 例で成功率は 94.9%であった。1,176 例は救急病院へ搬入され、94.7%は適切な気道確保と換気できていたが、ETC 先端位置の確認では 3.4%で気管か食道の誤判定があった。

ETC 先端が食道あるいは気管のどちらに入っても、正しい判断の下に適切に換気できる割合は 69~100%とされる。

〈適応〉

声門部の視認の必要がないため、気管挿管より手技は容易であり、しかも気管挿管の利点である誤嚥防止や確実な気道確保も可能である(表 8-7)。したがって、マスク換気で気道確保が不十分なときは ETC はよい選択となる。また気管挿管が実施できない様々な状況でも気管挿管の代替となる。

指導のポイント⑧:

ETC と気管挿管を比較した報告では、ETC は気管挿管に劣らない程度に Pao<sub>2</sub> を維持できるとされる。しかし同等どころか ETC の方が酸素化に有利という報告がある。

これは、ETC の方が気管チューブより抵抗が高いため、PEEP 効果が発生するためと考えられる。その結果、Pao<sub>2</sub> についてはエアトラッピングのため ETC の方が高くなる危険性もある。

〈挿入法〉

頭位を中間位に保ち、片方の手の親指で舌を圧排し、残る 4 本の指で下顎を保持し十分に開口する。他方の手で ETC をもち、適正な深さを示す 2 本のマーカーの間に門歯が位置するまで挿入する。そして咽頭と食道のカフをそれぞれ 100ml と 15ml の容量で膨らませる。ETC の形状と適度な材質の硬さから、通常先端は食道に留置されるので、まず食道閉鎖チューブから換気できるか確認をする。うまく換気できないときは先端が気管に入っていることを念頭に置き、先端位置を判断する。

〈合併症〉

EOA, EGTA と同様に食道穿孔が報告されており、食道疾患・外傷や腐食剤誤飲が明らか

な場合は禁忌である(表 8-8)。

指導のポイント⑨:

EOA,EGTA,ETC などの種々の器具の基本的な構造は、食道へチューブが挿入されカフを膨らませて用いるため、適応、禁忌、合併症などは共通している。

食道穿孔が起こると、縦隔気腫、皮下気腫、腹膜気腫などが出現する。院外心停止に対し ETC で気道確保を行った 1,139 例中 8 例に皮下気腫を認め、剖検を行った 4 例のうち 3 例に明らかな食道穿孔を認めた。穿孔は 6cm に及ぶものであった。食道穿孔の他には梨状洞穿孔の報告もあり、顕著な皮下気腫を認めたという。

指導のポイント⑩: ETC の合併症に関する報告

13)~15)参考・引用文献リスト参照

非心肺停止症例に用いるときは咽喉頭反射があれば禁忌であり、全身麻酔中に食道穿孔を合併した症例では筋弛緩が不十分であったのが一因とされる。

#### (4)ラリングアルマスクエアウェイ(LMA)

〈特徴・注意点〉

LMA はフェイスマスクより安全かつ確実で、取り扱いが容易である器具を目指して 1980 年代に開発された。最初は主に麻酔科領域で利用されたが、我が国の救急救命士制度のスタートは LMA が広く普及する時期と一致しており、特定行為の気道確保用器具として指定された(写真 8-11・8-12)。

チューブ先端にマスク様のカフを備えた構造で、マスク部先端が下咽頭へ達すると抵抗を感じる。ここで挿入を止めマスクを膨らませると、マスク遠位端は上部食道の括約筋に接し、マスクの両サイドは梨状陥凹に、近位端は舌根部に密着することにより、気道が確保される(図 8-2)。したがって、LMA は留置する解剖学的位置と侵襲性のいずれにおいてもフェイスマスクと気管挿管の間にある器具といえる。

これまで紹介した各種器具と同様に盲目的に挿入するため、喉頭展開による声門の視認は不要で、気管挿管のような高度な訓練を行うことなく利用できるのは最大の利点である。また気管挿管に決して劣らない換気が可能である。したがって、海外では看護師、呼吸療法士、救急隊員などコメディカルスタッフにも広く受け入れられている。

麻酔科医をはじめ気道管理にかかわる医師らの幅広い臨床応用への模索の結果、今では LMA は数種類のタイプが考案されている(表 8-9)。また標準タイプである LMA-Classic は 8 種類のサイズがあり、新生児から体重 100kg 超の大柄な成人にも対応できる(表 8-10)。

指導のポイント⑪: LMA サイズの選択

成人の LMA の適切なサイズは体重と性別で選択するのが一般的であり、女性はサイズ 3 又は 4、男性はサイズ 4 又は 5 となる。

また、LMA サイズ =  $\sqrt{\text{体重(kg)}} / 5$  という計算式も紹介されている。

症例に応じた幅広い選択が可能となり、手術室だけでなく、救急初療室、集中治療室、検

査室などでも積極的に利用され、気道確保の器具として確固たる地位をえたといえる。

ただしLMAが常にうまく挿入され、換気するとは限らないため、それに代わる方法を常に考慮しておく。

〈適応〉

全身麻酔の気道確保はもちろんのこと、ディフィカルトエアウェイ(困難気道)や頸髄損傷が疑われる症例でLMAは最も威力を発揮する。さらに救急現場の例として、車内に閉じ込められた傷病者に対し、十分に近づけない、あるいは本来の体勢で気道確保が困難な場合にもLMAは極めて有用である(表 8-11,8-12)。

指導のポイント⑩:LMAをプレホスピタルで外傷患者に使用した初めての報告

交通事故により車両からの救出困難となった2症例でLMAが有用であった症例報告である。重篤なショック状態であり頸椎カラーを装着しマスク換気しながら、1例は傷病者の正面からLMAを挿入した。プレホスピタルにおける新たな気道確保器具として有用である。

〈挿入法〉

LMA--Fastrach以外のLMAは基本的には挿入方法は同じであり、小児も成人も挿入方法は同じである(図 8-3)。

指導のポイント⑪:その他の挿入方法

- 1)“親指挿入法”:傷病者の尾側からLMAを挿入する方法であり、従来の挿入方法の人差し指に代わり親指を用いる。LMAを把持する親指はカフとチューブの接続部をもつ。親指でLMAを頭側に強く押しながら、カフ先端が硬口蓋に沿うように進める。さらに下咽頭へカフが進むように、親指を十分に伸展させて誘導する。この方法は座位の傷病者と対面する場合にも応用できる。
- 2)挿入前にあらかじめカフを中等度膨らませる方法。挿入が容易で、術後の咽頭痛と粘膜の損傷による出血が軽減できるというもの。
- 3)同様にあらかじめカフを中等度膨らませておき、マスク部の開口面を硬口蓋に沿わせて下咽頭までカフ先端が届いたら、180度反転させる。マスクが適切な位置におさまるときの感触が確認できるというもの。

LMAのカフ先端が喉頭蓋谷や声門入口部に迷入する、あるいは喉頭蓋に引っかかる状態では正しい位置に留置できない(写真 8-13、図 8-4)。

挿入の手順は以下のとおりである。

- ①LMAのカフを完全に脱気して、カフの辺縁が裏側に反る形状にし、カフ後面に潤滑ゼリーを塗布する。
- ②傷病者の頭部をスニッフイングポジションとする。
- ③LMAをもつ手の人差し指はカフとチューブの接続部に位置し、ペンをもつように把持する。
- ④他方の手で頭部が伸展し頸部が前屈するように後頭部を軽く保持し、カフ先端を平らな状態に保ちつつ、傷病者の顎先の方向から口腔内をゆっくり進める。

- ⑤口腔内を進めるときは、中指で下顎を尾側に押し下げると LMA を進めやすい。
- ⑥人差し指で LMA を頭側に押しあて、硬口蓋に沿わせながら、カフ先端が下咽頭に達し抵抗を感じるまで進める。
- ⑦頭部を保持していた手で LMA のチューブを軽く押しながら、口腔内にある人差し指を抜く。
- ⑧LMA を保持しない状態で、所定量以内の空気を注入しカフを膨らませると、LMA が適切な位置にフィットするようにわずかに動く。
- ⑨呼吸回路につなぎ換気ができることを確認する。

#### 〈合併症と対策〉

LMA では気管挿管時の気付かれない食道挿管、ETC 留置時の先端位置の誤認など致命的な合併症は起こりえない。さらに EOA,EGTA,ETC による食道穿孔のような重篤な合併症も少ない。

#### 指導のポイント⑭:

ASA(米国麻酔科学会)が提唱するディフィカルトエアウエイ(困難気道)のガイドラインでも LMA は採用されており、しかも ETC よりも利用価値が高い。

#### 〔誤嚥〕

LMA で最も懸念されるのは誤嚥であるが、全身麻酔下ではほとんどその危険性はなく頻度は 10,000 例に 2 例とされる。救急領域で LMA を用いることは、そもそも LMA が考案された時点では想定されておらず誤嚥の危険性は高くなる。

対策:気管挿管で誤嚥防止に用いるセリック法(輪状軟骨圧迫法)を LMA 挿入時に用いると、挿入が容易になるか、かえって困難になるかのいずれかである。一般には挿入しにくくなることが多いが、これらの点を考慮したうえで、LMA を挿入から挿入後も継続してセリック法を行うことを考慮する。

#### 〔カフ圧などによる損傷〕

#### 指導のポイント⑮:

気管、咽頭組織の毛細血管灌流流圧は 20~40mmHg とされる。LMA のカフ圧は Fastrach を除きこの灌流圧を越えることはないと言われる。したがって、Fastrach は長時間の使用は控えるべきである。

カフによる下咽頭粘膜の圧迫のため、術後患者では咽頭痛(頻度は約 10%程度であるが、報告者によっては 0~70%と差がある)や一過性の神経損傷を起こす。特に舌下神経はもつとも損傷を受けやすく構音障害を来す。また反回神経、舌神経の損傷も起こりやすい。その他、舌浮腫、嚥下困難の報告もある。

対策:カフは必要最小限のカフ注入量にとどめ過膨張を避けること、さらに挿入時に正しい手技で行うことに尽きる。

#### (5)その他

### ①ラリングアルチューブ(LT)

LMA の誤嚥の危険性と ETC の位置確認の煩雑さという問題点をクリアした新しい気道確保器具である(写真 8-14)。シングルルーメンで咽頭カフと食道カフを備えた構造で、ETC のチューブが短く、シングルルーメンになったものといえる(図 8-5)。二つのカフは 1 本のパイロットチューブから空気を注入して同時に膨らませるため操作が簡単である。また 6 種類のサイズがあるため新生児から大柄な成人まで対応可能である。したがって LT の有用性については、今後多くの報告が予想される。我が国では救急救命士が使用している地域もある。

### ②EOA 咽頭カフタイプ(スミウエイ WB)

構造は EOA のマスクの部分を咽頭カフに代えることによりマスク保持を必要としないように考案されたものである(写真 8-15)。国内では救急救命士が使用している地域もある。

### ③咽頭気管ルーメンエアウェイ(Pharyngeotracheal Lumen (PTL) Airway)

我が国ではほとんど馴染みのない器具であるが、海外の論文ではしばしば紹介されている。構造的にも機能的にも ETC と類似している(図 8-6)。

## 5.おわりに

気管挿管の代替法として、これまで多くの器具が考案され、その有用性について研究がなされてきた。各種の器具のうち、現時点では LMA と ETC が双壁であるが、LT などが今後どのような位置づけになるのか興味深い。

いずれにせよ、救急現場、救急処置室では患者の状況に応じた最も適切な気道確保法を選択すべきであり、気管挿管が他のどの器具よりも常に優れているとは限らない。さらに気道確保の基本はやはり BVM などによる用手的換気であること重ねて強調したい。



## 9. シミュレーターを用いた気管挿管トレーニング法

### 1. はじめに

シミュレーターとは、シミュレーション(模擬訓練)を行うための装置であり、欧米では早くから飛行技術、戦術における教育の要としてシミュレーターを用いた訓練が行われ、その技術の向上とともに医療を含む他領域への応用が展開されたという経緯がある。

医学教育領域におけるシミュレーターは多数存在するが、特に麻酔科領域における模擬実習はコンピュータ制御の高度シミュレーターを用いるとともにより現実味を帯びるようになった。また近年、心肺蘇生法、外傷初期診療等における教育にもシミュレーターは広く用いられている(写真 9-1)。

シミュレーターはただ単に生体を模倣したものという理解だけではその利点を生かすことができない。シミュレーターにおける実習は目的とする手技の習得のみならず、誤った手技や合併症を反復して体験できることが最大の利点といえる。

気管挿管実習では、実際のヒトでのトレーニングは病院内でしか行えない。このため、シミュレーターを用いたトレーニングが行われる。

本章では、気管挿管講習に求められている挿管人形を用いたトレーニング方法と、事例提示によるシミュレーション実習で用いるシミュレーターを含めて解説する(表 9-2)。

### 2. シミュレーターの特性

シミュレーターには様々な特性があることを理解する必要がある。解剖、機能を知るためのシミュレーターは生体の部分的な構造物を模擬したもので外観も局所的であり、触感、色調等が生体とかけ離れていることもある。これに対してコンピュータで制御される高度シミュレーターは躯幹、四肢を備えたより生体に近い条件を満たし、気管挿管手技のみならず、様々な条件を随時マネキンに付与することが可能であり優れている。

指導のポイント①: 気管挿管実習シミュレーターとは？

気管挿管に関するシミュレーターは各種存在するが、その種類は目的とするシミュレーションによって分類される。

以下に目的別の気管挿管実習シミュレーターの種類を示す。

#### (1) 解剖と機能を知る

- ① 口腔、鼻腔、舌、咽頭、口頭、気管の解剖を示すものである(写真 9-2、9-3)。
- ② 解剖に加え、口腔、鼻腔、舌、咽頭、口頭、気管の位置関係を機能的な面から観察が可能になっているモデルがあり、たとえば断面モデル枕を使用した際の気道軸の変化を示す(写真 9-4、9-5)。

現在、我が国で購入できる気管挿管のためのシミュレーターは、気管挿管の基本手技の修得を目的としたものと、シナリオトレーニングのために搬送を含めて気管挿管を行うものに大別される(表 9-3)。このうち、ディフィカルトエアウェイを再現できるのは(株)高研社製の『喜ター

発』と、レールダルメディカルジャパン(株)社製の『気道管理トレーナー』である。各々の機種の特長をよく把握し、トレーニングに用いることが望ましい。

### 3.高度シミュレーターの限界

優れている高度シミュレーターではあるが、現在の技術の限界もまた存在する。以下に要点を挙げる。

#### (1)高度シミュレーターが表現できるもの

音声、胸郭の動き、橈骨・内頸・大腿動脈拍動、呼吸音、ムラージュによる外出血・打撲創等の外傷、血圧、脈拍、SpO<sub>2</sub>、呼吸数、体温など。

#### (2)高度シミュレーターが表現できないもの

皮膚所見(色調、冷汗・湿潤、乾燥等)、動揺胸郭、四肢運動機能など。

### 4.シミュレーターの使用上の注意

実際の生体とは異なり、現在用いられている高度シミュレーターのマネキンの素材は多くの場合、シリコン特殊ゴム等であり、また機械的な構造物や電気的センサーも用いられている。このため実際の生体とは質感や手技に要する力が異なるが、適切な手技が行われていれば実行不能ということはありません。気管挿管実習の際には特殊な潤滑スプレーを用いることにより滑らかな気道面が再現される。

しかし、実際の現場での操作において生体に損傷を生じる操作あるいは力(圧力)が加わってもシミュレーターでは再現できないため、行った操作の誤りに気付かないことがある。またシミュレーターそのものに対する手技だけに固執することで満足してしまう恐れもある。これらを許してしまうと現場で傷病者に不利益を与える可能性が高くなると考えられ、指導者はこの点を常に注意しなければならない。

マネキンの個体差、各種部品の摩耗・疲労による変化が実習に支障を来すことも稀ではない。高度シミュレーターの機械的な部分や、反復利用される部分に関しては常にメンテナンスを必要とし、使用者がその構造や特徴を理解しておく必要がある。

### 5.シミュレーター実習の実際

#### (1)解剖と機能の理解

〈準備物品〉

- ・解剖と機能学習用シミュレーター
- ・各種気道確保器具

シミュレーターは気管挿管だけに用いるものでなく、これまで用いられてきた他の器具を用いた実習を取り入れることで気管挿管との違いや、T.P.O.を理解する上で重要である。

たとえば断面モデルを使用すれば、各種気道確保の器具の使用時の状態、各種バルーン的位置、気管挿管との違いを理解するのに役立つ(写真 9-14～9-16)。またスニフリングポジ

ションの原理などの理解にも役に立つ。

## (2) 気道確保

〈準備物品〉

- ・解剖と機能学習用シミュレーター
- ・気道管理シミュレーター
- ・バッグ・バルブ・マスク(以下、BVM)

気道確保は呼吸補助、器具を用いた気道確保前の酸素化の手技として大変重要である。再確認の意味も含め、解剖と機能の学習用のシミュレーターを用いて、気道確保の理論を指導した後、解剖学的に人体を模倣したシミュレーターを用いて実際の手技に移ると効果的である。

まず、頭部後屈あご先挙上にて、気道確保の基本を確認する(写真 9-17)。次いで下顎挙上法を実習する(写真 9-18)。この他、経口・経鼻エアウェイの使用法の再確認を行う。

## (3) 換気

BVM の構造をよく理解した上で、実際の手技に移る。

指導のポイント②:換気

換気は気道確保と同時に行われる手技で、BVM を用いる。BVM の使用方法を説明するときに、その構造を理解させることも重要である。特に一方弁構造、リザーバー、圧開放バルブを理解させる(写真 9-19、9-20)。

マスクの大きさ、密着性も重要である。市販されているマスク形態は多岐にわたり、空気の注入を要するものや、密着圧に工夫を要するものがあるので、実際に各種類で実習することが重要である(写真 9-21)。

第 3,4,5 指で下顎角から下顎枝を挙上し、残る二指でマスクを顔面に密着させる(写真 9-22,9-23)。

この手技を行う際の要点は、

- ①第 5 指がしっかり下顎角に引っかかり、下顎が挙上されているか
- ②マスクが過圧迫されて換気不良の原因になっていないか
- ③胸郭の挙上を認めるか

等を確認することである。

また、この実習では換気不良の原因となる条件を体験することも重要である。

## (4) 気管挿管手技トレーニング(表 9-4,9-5)

〈準備物品〉

- ・シミュレーター
- ・BVM

- ・気管チューブ
- ・スタイレット
- ・注射用シリンジ
- ・気管チューブ専用固定用具
- ・聴診器
- ・陰圧式食道挿管判定器具(EDD、エアウエイチェッカー)
- ・呼気二酸化炭素検出器(イージーキャップⅡ)

①必要な器具を準備する。

②BVMによる換気にて酸素化。このとき、セリック法を併用する(写真 9-24)。

③喉頭鏡挿入のための開口操作(写真 9-25,9-26)

④喉頭鏡の保持

喉頭鏡の保持は頭側からのアプローチにおいて右手でなく、左手でシャフトの中枢側を把持する。ハンドルの遠位を把持する方法はブレードの操作性を著しく低下させるので行わない(写真 9-27)。ハンドルの近位側を把持するように(写真 9-28)。

⑤喉頭鏡の挿入

喉頭鏡の挿入は原則として右口角方向から舌を左側に圧排するように挿入する(写真 9-29)。このときブレード面は舌以外には触れてはならない。もちろん歯牙に接触しないように注意する(写真 9-30)。ブレードの挿入は最初から必要十分な深さまで挿入する。さもなくば次の展開の際に舌を展開するような結果に陥り、喉頭の展開が困難になる。

⑥喉頭展開

十分に喉頭鏡のブレードが口腔内に進入した後に喉頭展開を開始し、チューブの挿入へ移る(写真 9-31)。セリック法は継続する。喉頭展開時に上顎歯牙を支点にした展開は歯牙損傷の原因になるので禁忌である(写真 9-32)。

喉頭展開のコツとして、スニッピングポジション(写真 9-33)、BURP法(写真 9-34)等があるので学習する。

⑦喉頭蓋確認とブレードでの展開

まず喉頭蓋の頭側端を見つけることが求められる(写真 9-35)。このとき、上顎門歯をテコの支点になるようなブレードの使用は歯牙損傷につながるために決して行ってはならない。シミュレーターによっては上顎門歯にある一定以上の力が加わるとクリック音等の注意を促すしくみになっているものもある。

喉頭・声門を確認する際、視認の程度(Cormack グレード)の差がある(写真 9-36～9-38)。Cormack グレードの視野をえて気管チューブを挿入する。

⑧気管チューブ保持

助手から気管チューブを渡してもらう際は、術者は声門を注視したままである(写真 9-39)。決して視線を外してはならない(写真 9-40)

⑨気管チューブの挿入