

□総説□

ラリンジアルマスク

安本和正*

気道確保の手段には、エアウェイ、マスク、気管内挿管などの方法があるが、人工呼吸を行う際には、もっぱら気管内挿管が施行されており、マスクにより人工呼吸を行うのは、通常施行期間が短い場合に限られている。一方、1983年に喉頭鏡を用いて気管内挿管を行わなくても盲目的に口腔内へ挿入することにより、気道の確保を行うことが可能な laryngeal mask airway (以下 LM) が、Brain¹⁾ によって試作された。従来のマスクは顔面にマスクをフィットさせると同時に、下顎を前推して舌根沈下を防ぐことにより気道を確保していた。LM は直接喉頭を周囲より包み込んで気道を確保するため、以前のマスクに比して気道の確保が行いやすい。すなわち、気管内挿管とフェイスマスクの中間に位置する気道確保の方法と、考えられる。

現在、本邦においても LM の使用頻度が急増しているが²⁾、英国では従来のマスクや気管内挿管に代わって多用されており、昨年1年間に約100万人の患者が LM により麻酔を受けたと推測されている³⁾。しかし、今後は救急医療および呼吸不全に対する呼吸管理においても、LM は有用な手段となる可能性があり、本稿において著者の使用経験を含めて、その概要を解説する。

1. LM の構造

Brain らによって開発された LM は数多くの臨床使用経験に基づき、現在の形状が考案された。LM の構造を図1に示したが、シリコン製剤で、チューブの先端に卵円形の扁平なマスクが付いており、マスクの周辺部にカフが存在する。これを盲目的に喉頭部分まで挿入し、カフを膨らませ、喉頭蓋を含めて喉頭部分をマスクで覆うこと

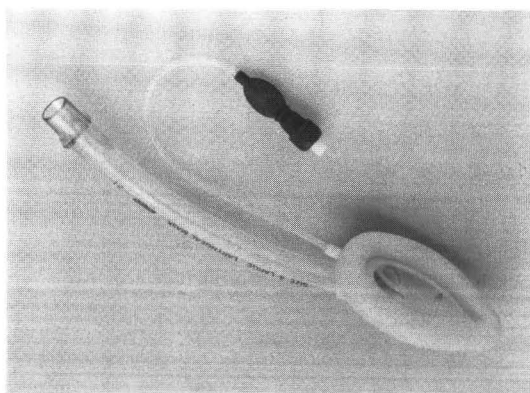


図1 LMの外観

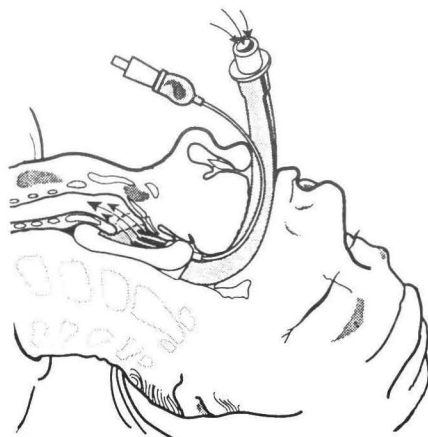


図2 LMの挿入時マスクの位置

により気道を確保する(図2)。

現在 LM には4種類のサイズがあり、成人には3号または4号、小児には2号、新生児には1号を用いている。比較的体の小さい成人にはサイズ3を用いると良いとされているが、著者の経験では、中等度の体格の人においてもサイズ3は十分使用可能である。また表1に示したように、それぞれのサイズにおいて LM のカフへの注入量は、ほぼ決まっている。

* 昭和大学医学部麻酔学教室

表 1 LM のサイズ

サイズ	適 応	カフ注入量
1	新生児・乳児 (6.5 kg 以下)	2—4 ml
2	小児 (25 kg 以下)	10 ml 以下
3	小児および小柄な成人	25 ml 以下
4	成人	35 ml 以下

2. LM の使用法

1) 準備

カフ内の空気は、図3に示したような形にマスクがなるように抜かなくてはならない。すなわち、マスクを平らな机などに押し付けて先端が反り上がらないようにして空気を抜く。なぜなら、LMを挿入する際に喉頭蓋が押し込まれないように、マスクの先端が咽頭壁に真っすぐに向いていることが望ましいからである。必ず使用直前に潤滑剤（キシロカンゼリーなど）をLMの背面のみに塗る。前面に潤滑剤が付くと患者がこれを吸引して喉頭痙攣を起こしたり、チューブ閉塞の原因となる。

2) 麻酔

前投薬や麻酔前準備は気管内挿管に準じ、特別な処置・道具を必要としない。アトロピンは前投与しておいたほうがよい。

小児症例など吸入麻酔薬により麻酔の導入を行うときには、自発呼吸を温存したままでも、LMの挿入は可能である。サイアミラールやペントバルビタールなどの静脈麻酔薬で麻酔を導入する場合には、筋弛緩薬を用いないと咽頭反射が十分に抑制されないため、LMを円滑に挿入できない。無理に押し込むと後咽頭を損傷したり、嘔吐を誘発する可能性がある。従って、フェンタニールなどの麻薬、または数分間の吸入麻酔などを併用するとよい。なお、英国では咽頭反射を抑制する作用が強いプロポフォールを麻酔の導入に用いて、円滑にLMを挿入している。

なお、筋弛緩薬の投与はLMの挿入を容易にするが、咽頭反射を抑える程度の適切な麻酔深度を吸入麻酔や静脈麻酔で得れば、必ずしも筋弛緩薬の投与は必要としない。

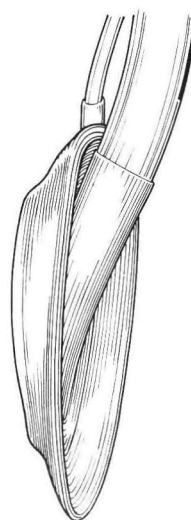


図 3 挿入時のカフの形

3) 挿入の方法 (図4)⁴⁾

挿入する際には一方の手を患者の頭頂部ではなく後頭部に置き、頭を持ち上げる方向に押し上げる。マスク挿入中は手を必ず後頭部に添えておき、動かさない。

また、他方の手の第2指をカフの上端の真裏にあたる部分に置き、助手に顎を引いてもらい、患者の口の中が良く見えるようにする。マスクの先端を硬口蓋に当て頭側に押し付け、先端を硬口蓋に広げるようにする。この操作により嚥下反射を起こさせ、マスクの挿入による刺激を最小限にできる（プロポフォールにて導入した場合）。次いで、口蓋壁に第2指でLMを強く押し付けて口蓋壁を滑るようにしてLMを進める。時には、かなり奥深くまで指を添えたまま進めることが可能である。できる限り奥まで進めたならば、指を持ち変えてチューブを真っすぐに伸ばすようにしながらすばやく押し込む。挿入し終わったならば直ちにカフを膨らませる。カフを膨らましおわる

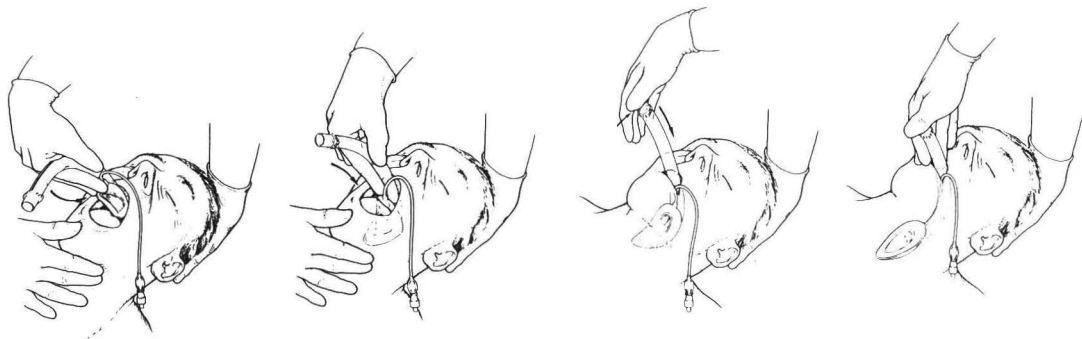


図4 LMの挿入方法

までは、麻酔器からの呼吸回路を接続しないで、LMが完全にフリーな状態でカフを膨らませる。このようにすると、LMが自然に動いて正しい位置に自ら納まる。なお、カフへの空気の注入量はリークを見ながら増減するのではなく、おおむね一定量にしている。次にバイトブロックを入れる。バイトブロックは患者が完全に覚醒するまでは、決して抜去してはならない。

4) LM使用時の注意

LMを使用する際に以下の2つのことが問題となり、使用しにくいと錯覚しがちである。まず第一は、LMをうまく挿入できないことである。LMを口腔内に挿入して進めると、図5に示したように咽頭後壁にLMのカフ部がまぐれてしまい、挿入が不可能となる。従って、LMの挿入は難しいと考えてしまう。これはLMの挿入方法が悪いために生じることであり、Brainが推奨している方法⁵⁾を採用すると解消できる。すなわち、第1指と第2指でLMのカフ部とチューブとの移行部を持ち、口蓋壁に第2指でLMを強く押しつけて口蓋壁を滑るようにしてLMを進める。口腔内から更に奥へLMを挿入した時に抵抗を感じたならば、第2指で強くLMを押すと、LMの先端は口蓋壁から離れるため、ひっきりが解消され、スムーズに挿入できる。

第2の問題は、挿入して数分すぎると急にリークが増大して人工呼吸が不可能になることである。本邦ではプロポフォールを用いることができないため、サイオペントンとSCCにより麻酔を導入し、LMを挿入して人工呼吸を行うことが多い。挿入直後は多少のリークがあるものの十分に

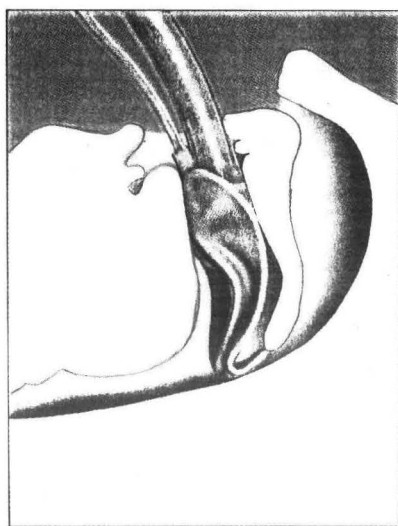


図5 挿入失敗の原因

人工呼吸が可能であるが、2～3分すると、急に人工呼吸ができなくなる。LMの挿入位置が悪いために（固定する際に逸脱した）リークが増大したと解し、LMを抜管して、従来のマスクにより人工呼吸を施行しようと考えてしまう。これは全く誤解であり、リーク発生の原因は、麻酔が浅いことにより喉頭がspasticになったためである。喉頭を形成する筋群を弛緩する作用を有するため、プロポフォールにより麻酔を導入すると、このような状況に陥らないが、サイオペントンは逆にそれらの筋群の緊張を高める。そのため、SCCの作用が切れた時点で上記の現象が発生する。従って、LMを抜去して対処するのではなく、SCCを投与すれば挿入直後と同様にリークが減少して、十分に人工呼吸が可能となる。

表 2 LM および気管内挿管時の無呼吸時間

		挿入に要した時間	換気開始までの時間	無呼吸時間
小児	気管内挿管 LM	18.2±1.7	12.2±0.8	30.4±1.8
		14.1±1.4*	8.1±0.7*	22.0±1.8*
成人	気管内挿管 LM	30.7±4.7	12.8±0.5	42.5±5.0
		18.3±2.3	8.1±1.0	26.4±2.7*

(mean±SE) *P<0.05

3. LM による気道確保状況

LM はフェイスマスクより確実ではあるが、カフ付きチューブによる気管内挿管時のように完全に気密な気道の確保を得ることはできない。どの程度の気密性を得られるかが、LM 使用においての重要な問題である。特に人工呼吸を行う場合には気密性が低いと、十分な一回換気量を得ることができない。気道内へ加圧したとき、LM のカフが適切な位置にあるか否かにもよるが、頸部聴診によれば気道内圧がおよそ 15 cmH₂O 以上になると、マスク周辺からガス漏れを生ずることが多いとされている。Brodrick ら⁶⁾も、約 17 cmH₂O 以上の加圧でガス漏れが生ずると報告している。また著者らの検討では体位によっても異なるし、その上個人差が比較的大きいようであるが、各サイズにおいて 18 乃至 20 cmH₂O まではリークなく加圧することができた⁷⁾。しかし、この漏れは量的には少なく、臨床的にはあまり問題にならないといわれている。

幸いなことに、加圧時にリークを生じる最少圧は、麻酔中徐々に上昇する。すなわち時間の経過とともにリークしにくくなることが経験的に知られている。この現象の正確な機序は不明であるが、シリコン性のカフと喉頭周囲の組織との適合性が増すことによると考えられている。

いずれにせよ、LM 使用時には完全な気密性は存在しないため、人工呼吸を行う際には最高気道内圧がほぼ 20 cmH₂O になるような換気条件で行うように示唆されている⁴⁾。従って、肺コンプライアンスの低い例や気道抵抗の高い例に対して人工呼吸を行うには、限界があると思われる。

4. LM の利点

LM の有する利点について、天羽ら²⁾は以下のよう述べている。

- ① 挿入操作が容易
- ② 筋弛緩薬なしで挿入が可能
- ③ 挿入時の循環動態の変動が少ない
- ④ 咽頭、喉頭部の損傷の危険性が少ない
- ⑤ 気道への直接的な刺激がないため、バッキングを生じない
- ⑥ 術後咽頭部痛が少ない

1) LM 挿入時の循環動態

LM 挿入時の循環動態に及ぼす影響を気管内挿管と比較検討したところ、表 2 に見るように、挿入時の無呼吸時間が LM では気管内挿管時の約半分ですむため、小児では心拍数と SpO₂ の変動が小さく、また成人では平均動脈圧の上昇が約 1/4 に抑えられる (図 6)。その上、気管内挿管を行うと挿入直後にノルエピネフリンが上昇するが、LM 挿入時にはさしたる変動は認められなかった (図 7)。従って、LM のほうが気管内挿管より気道確保時に生体へ与える侵襲が少ないと思われる。一方、両者の侵襲度を検討した Hickey ら⁸⁾は、LM と気管内チューブの挿入操作により生じる心拍数、動脈圧などの変動は同レベルであったという、著者の成績と全く異なった結果を報告している。彼らが導入に用いた麻酔薬は、循環抑制作用がバルビツレートより強いプロポフォールであったため、導入時の麻酔薬の影響により両群間に差が認められなかったと思われる。

2) 気道への侵襲

咽頭、喉頭を損傷することが非常に少なく、その上気管内への機械的な刺激がないので、浅い麻

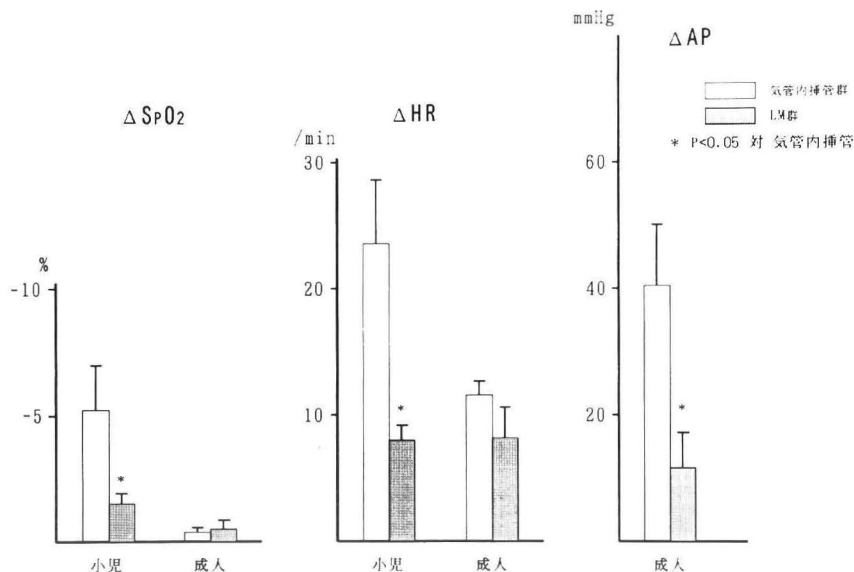


図6 気管内挿管およびLM挿入時の SpO_2 、脈拍数、平均動脈圧の変動

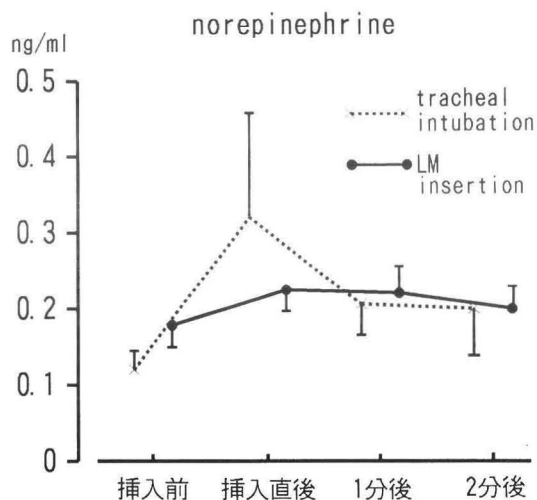


図7 LM挿入時と気管内挿管時のノルエピネフリンの推移

酔レベルでもバックリングはほとんど起こらない。また、気道の粘膜や線毛運動を物理的に損傷することもない。その結果、LM使用時には気管内分泌物もほとんど見られないし、術後の咽頭痛の発生が非常に少ない。咽頭痛の発生状況を検討したAlexander¹⁰⁾によれば、LMで麻酔を行った症例で術後に痛みを訴えたのはわずかに7%であり、生じた痛みも軽度で全例12時間以内に消失したという。なお気管内挿管群では51%と、約半数

例に程度の差はあるものの痛みを認めた(表3)。

以上のように、LMは侵襲が少ないため、繰り返して何度も麻酔を必要とする小児の放射線療法において、大変有用である¹¹⁾。

5. 使用上の問題点

1) 誤嚥

LMはその解剖学的な位置関係からも明白であるが、嘔吐に対して誤嚥を防止する動きは全くない。従って、嘔吐した場合には誤嚥の危険があり、フルスマックや嘔吐する可能性のある患者へのLMの使用は避けたほうがよい。英国では、予防的にヒスタミン H_2 レセプター拮抗薬を投与している施設もある。

2) 腹部膨満

LM使用時人工呼吸を行うと、胃に麻酔ガスがリークして腹部膨満を来すため、Brodrick⁶⁾はLM使用時には調節呼吸を行わないで、自発呼吸あるいは補助呼吸にて呼吸管理を行うべきであると述べている。著者らも、成人では人工呼吸を起因とした腹部膨満を見ないが、小児例の約13.8%に腹部膨満を認めた⁷⁾。しかし、胃管を挿入することにより全例においてその症状を解除しえた。

表 3 術後喉頭痛の発生状況

	Laryngeal mask	Tracheal tube	Facemask
No sore throat	163 (93%)	54 (51%)	35 (90%)
Mild, <12 hours	13 (7%)	42 (40%)	4 (10%)
Moderate, >12 hours	0	7 (7%)	0
Severe, >24 hours	0	3 (3%)	0
Total 321	176 (55%)	106 (33%)	39 (12%)

(Alexander CA, et al : Incidence of sore throats with the laryngeal mask. Anaesthesia 44 : 791, 1989 より引用)

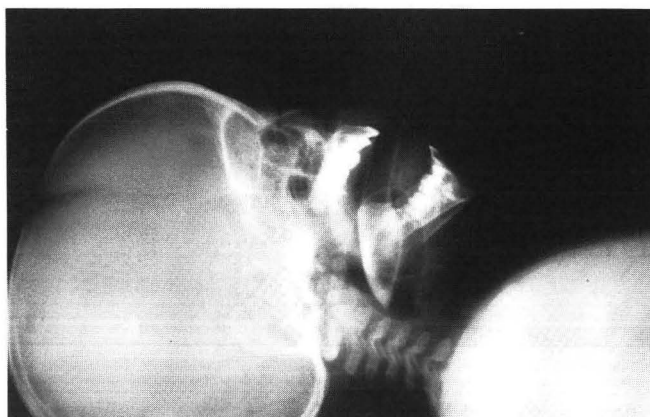


図 8 LM の位置異常例

3) 位置異常

LMの挿入手技は極めて簡単ではあるが、盲目的に行われるため、留置された位置を正確に知ることが難しい。極めて稀ではあるが、LMのマスク部がねじれて留置されたため換気障害を来すことがある。佐藤ら¹²⁾は10カ月の女兒(体重8.4 kg, 身長72 cm)で、サイズ2のLMを用い、挿入時には全く問題はなかったが、その後狭窄音が胸部の聴診により聴取され、 $P_{ET}CO_2$ は60 mmHg以上となった例を報告している。側面の頭頸部X線撮影を行ったところ、図8に見るようにLMのマスクの部分の部分がねじれていた。LMの挿入方向を示すチューブのラインマークは、ごくわずかに偏位しただけであったという。以上の症例のように、盲目的に挿入留置しているため、LM使用時には位置異常の発生に十分に注意する必要がある。

4) kinking

サイズ1と2のLMではチューブの壁が薄くなるため、kinkingの発生が危惧されるが、サイズ2のLM使用時にkinkingを生じた例をMartin¹³⁾が報告している。著者の検討では体位によってその発生率は異なるが、比較的高率に見られるようである。口腔軸と気管軸とのなす角度が小さくなるとkinkingを発生する。kinkingの発生する部位は決まっており、チューブ移行部より3.0 cmの部位である。しかし、kinkingを生じても、図9に見るようにLMのチューブが閉塞される程度にはかなり差がある。テスト肺を用いてkinkingが発生した際のP-V curveを測定して、kinking時の呼吸仕事量を検討したところ、kinkingにより短軸が2 mm以下になると自発および調節の両呼吸下において呼吸仕事量は増大した(図10)。

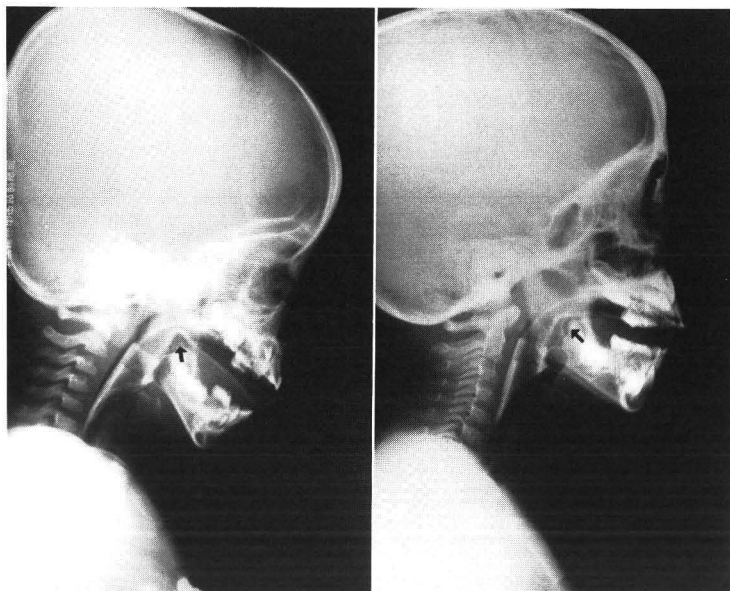


図 9 サイズ 2 LM 使用時に kinking を発生した 2 例
矢印の部位で LM チューブの kinking が認められるが、
その程度は異なっている。

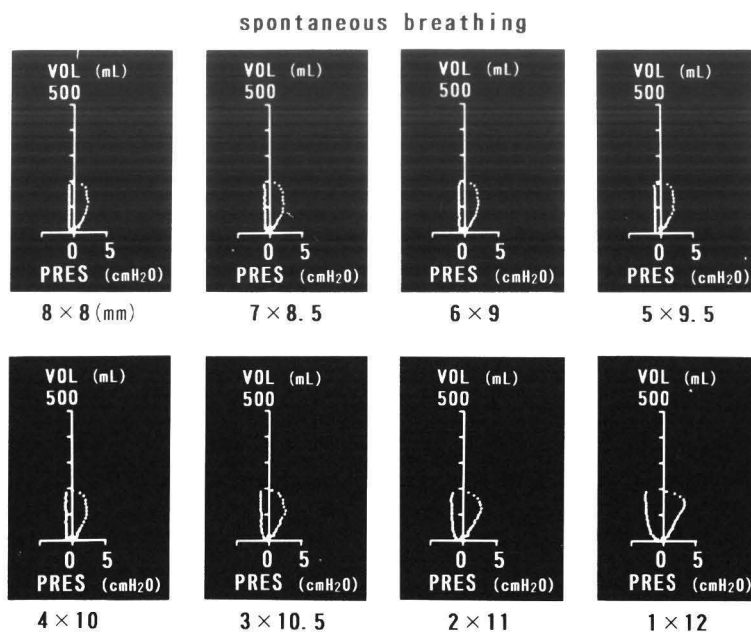


図 10 サイズ 2 LM の kinking 時の圧量曲線
テスト肺を用い、kinking の程度を変えた際の圧量曲線を示す。

サイズ 2 の LM 使用時には肩の下にまくらを挿入して多少 head down にすると、口腔軸と気管軸との角度が拡大するため、kinking の発生率

は約 2/3 に減少し、その上発生しても閉塞の程度が少なくてすむ。

表 4 挿管困難症に対する LM の応用

-
- | |
|---|
| 1. LM を挿入する |
| 2. LM のチューブ内へ気管内チューブを通した気管支ファイバーを挿入する |
| 3. 気管支ファイバーを気管内へ進める |
| 4. 気管内チューブをファイバーに沿って気管内へ挿入する |
| 5. 気管内チューブを保持してファイバーを抜去する |
| 6. カテーテルを気管内チューブ内へ挿入する（チューブを誤って抜去しないため） |
| 7. LM を抜去した後にカテーテルを除去する |
-

6. 麻酔以外への応用

1) 救急医療

現在、LM はもっぱら全身麻酔施行時の気道確保の方法として用いられているが、気管内挿管に比して簡単に気道確保を行い得るため、救急医療の領域における LM の有用性が、試作当初より示唆されていた。Calder ら¹⁴⁾は、術後肺水腫に陥った例に対して LM を挿入することにより、人工呼吸を行うことができたため、無事救命し得た一例を報告し（口の周囲はアワが一杯で、視野が悪くて気管内挿管は不可能であった）、蘇生時の気道確保に LM は最適であると、推奨している。

医師以外の救助者、すなわち救急隊員 11 名を対象として、LM 挿入と気管内挿管の成功率についての比較検討を行った Davies ら¹⁵⁾によると、短期間の指導にもかかわらず、LM 挿入成功率は 94% にも達したという。因に気管内挿管の平均成功率は 51% しかなく、成功率が 20% と極めて低い隊員もいた。得られた結果を踏まえて、彼らも LM の救急医療での使用を薦めている。

2) 挿管困難症

気管内挿管を行わなくても、大多数例において人工呼吸が可能な気道確保を、LM により得ることは容易であり、Thomson ら¹⁶⁾は挿管困難症に対して LM を用いて気道内圧が 20 cmH₂O に達する人工呼吸を続けて無事麻酔を終了し得た 1 例を報告している。緊急帝王切開術を予定された挿管困難症に対しても、LM で有効に対処したという報告もある¹⁷⁾。しかし、気管内挿管を行わないで、LM を挿入して長期間人工呼吸器を装着することは難しい。従って、人工呼吸管理を必要とさ

れる症例に対しては、気管内挿管の実施は不可欠である。しかし、周知のようにその頻度は少ないが、気管内挿管が極めて困難な症例が存在する。もし呼吸不全に陥り人工呼吸を開始しようと考えている例が挿管困難症で、挿管に手間取るならば極めて危険である。また通常行われている挿管困難症に対する対処法、すなわち意識下挿管、逆行性挿管、更に気管支ファイバースコープを用いての挿管などでは、施行時に低酸素血症に陥る可能性が高い。

著者は挿管に難渋する例に対しては、表 4 に示したように、LM と気管支ファイバースコープを併用して気管内挿管を行っている¹⁸⁾。気管支ファイバースコープ単独使用時には、オリエンテーションが悪く気管内へファイバースコープの先端を進めるのに時間を要することが多く、その上、患者には多大な負担を与えてしまう。一方、本方式では LM が喉頭蓋の手前まで挿入されているため、LM 内へ気管支ファイバーを挿入するだけで、ファイバースコープを簡単に気管内に進めることができ、経験の少ない者にも容易に気管内挿管できる。また操作時にも常に LM が留置してあるため、人工呼吸を行うことが可能なため極めて安全である。

ファイバースコープを用いなくて LM に直接気管内チューブを挿入することにより、気管内挿管し得たという報告¹⁹⁾もあるが、著者の経験では²⁰⁾その確率はかなり低いようである。

3) 気管支ファイバースコープ

呼吸不全患者では喀痰の排泄が困難で、気管支ファイバースコープを挿入して直接喀痰の吸入を行うことがあるが、意識下では大変な苦痛が患者に伴う。しかし、LM を挿入していると、前述の

ように気管支ファイバースコープを人工呼吸下に安全に操作することが可能であり、大変有用である。従って、積極的に喀痰の排除を必要とした例や無気肺に陥った症例に対して、LMは適応と思われる。

以上要約すると、LMは全く新しい発想の気道確保の一手段であり、手技が極めて簡単で、フェイスマスクに比べてはるかに効果的な気道確保ができる。その上人工呼吸も可能で、麻酔の維持もスムーズなため、現在ではもっぱら麻酔管理に用いられているが、今後は救急医療や集中治療部における呼吸管理に広く使用されると思われる。

文 献

- 1) Brain AIJ : The laryngeal mask-A new concept in airway management. *Br J Anaesth* 55 : 801, 1983
- 2) 天羽敬祐, 安田 勇, 榎田浩史ほか : 新しい気道確保の方法 laryngeal mask について. *麻酔* 38 : 1383, 1989
- 3) 天羽敬祐 : 英国における臨床麻酔研修旅行. *麻酔* 40 : 826-830, 1991
- 4) Brain AIJ : The intavent laryngeal mask instruction manual. Intavent London, 1990
- 5) Brain AIJ : Proper technique for insertion of the laryngeal mask. *Anesthesiology* 73 : 1053, 1990
- 6) Brodrick PM, Webster NR, Nunn JF : The laryngeal mask airway-A study of 100 patients during spontaneous breathing. *Anaesthesia* 44 : 238, 1989
- 7) 桑迫勇登, 安本和正, 佐藤暢夫ほか : Laryngeal mask airway による麻酔管理—気管内チューブとの比較検討—. *麻酔* 40 : 586-593, 1991
- 8) Hickey S, Cameron AE, Asbury AJ : Cardiovascular response to insertion of Brain's laryngeal mask. *Anaesthesia* 45 : 629, 1990
- 9) Harris TM, Johnson DF, Collins SRC, et al : A new general anaesthetic technique for use in singers ; the brain laryngeal mask airway versus endotracheal intubation. *J Voice* 4 : 81-85, 1990
- 10) Alexander CA, Leach AB : Incidence of sore throats with the laryngeal mask. *Anaesthesia* 44 : 791, 1989
- 11) Grebenik CR, Ferguson C, White A : The laryngeal mask airway in pediatric radiotherapy. *Anesthesiology* 72 : 474-477, 1990
- 12) 佐藤暢夫, 安本和正, 桑迫勇登ほか : Laryngeal mask 使用時位置異常をきたした一例. *昭和医学会誌* 51 : 469-471, 1991
- 13) Martin DW : Kinking of the laryngeal mask airway in two children. *Anaesthesia* 44 : 487-489, 1990
- 14) Calder L, Ordman AJ, Jackowski A, et al : The Brain laryngeal mask airway-An alternative to emergency tracheal intubation. *Anaesthesia* 45 : 137-139, 1990
- 15) Davies PR, Tighe SQ, Greenslade GL, et al : Laryngeal mask airway and tracheal tube insertion by unskilled personnel. *Lancet* Oct 20 : 977-979, 1990
- 16) Thomson KD, Ordman AJ, Parkhouse N, et al : Use of the laryngeal mask airway in anticipation of difficult tracheal intubation. *Br J Plast Surg* 42 : 478, 1989
- 17) McClune S, Regan M, Moore J : Laryngeal mask airway for Caesarean section. *Anaesthesia* 45 : 227, 1990
- 18) 安本和正 : 気道確保, 呼吸療法士テキスト. 三学会合同呼吸療法士委員会編. 東京, 克誠堂出版 (印刷中)
- 19) Brain AIJ : Three cases of difficult intubation overcome by the laryngeal mask airway. *Anaesthesia* 40 : 353, 1985
- 20) 桑迫勇登, 安本和正, 佐藤暢夫ほか : 挿管困難症に対する Laryngeal mask airway 併用気管内挿管法. *日本臨床麻酔学会誌* (印刷中)