

呼吸管理訓練用人形の開発に関する研究

菊地 敦*, 深作 友明**, 吉田 雄太**

概 要

現在市販されている訓練用人形を改良し、バックバルブマスク法の訓練を主目的とした呼吸管理訓練用人形を作製した。その人形には以下のような特徴を持たせた。

- 1 送気量、送気時の気道内圧を計測できる。
- 2 閉塞性肺疾患、拘束性肺疾患の再現ができる。
- 3 胃膨満の再現ができる。

この試作機を用い、改良型訓練用人形の有効性について検証した。

1 はじめに

(1) 根拠に基づいた医療

2000年8月、米心臓協会(American Heart Association、以下「AHA」という)は、心肺蘇生(Cardiopulmonary resuscitation、以下「CPR」という)と救急心血管治療(Emergency cardiovascular care、以下「ECC」という)に関するAHA Guideline 2000¹⁾(以下、「ガイドライン2000」という)を発表した。

このガイドライン2000は、根拠に基づいた医療(Evidence based medicine、以下「EBM」という)の観点から、それまで推奨されていた、AHAが1992年に発表したガイドラインを始め、CPRやECCに関する文献を、科学的に詳細な分析を行い、根拠の確立されたものとして発表したものである。このことをふまえて、本研究では呼吸管理訓練用人形の開発を行った。

(2) 高度医療処置の基本

現在救急救命士に認められている器具を用いた気道確保(以下、救急救命士による気道確保という)は、気管挿管と比較して必ずしも劣るものではない。⁵⁾ 救急救命士による気道確保は、送気チューブと肺が密閉する気管挿管に比べ、嘔吐物の逆流から気道を保護する能力が劣る点²⁾等是否定できないが、フェイスマスクより換気は良好である。¹⁾

大きな違いは、現在の救急救命士による気道確保は気管挿管に比べ、器具の使用を誤った場合でも、致命的な失敗になる可能性はるかに低いことである。²⁾ 気管挿管による副作用や合併症等が発生した場合、限定的な医療行為しか認められていない救急救命士では、対応が不

可能となる危険性もある。⁵⁾

一方で、病態によっては気管挿管の方がより有効なことも考えられ、⁵⁾「救急救命士が気管挿管を実施することを限定的に認める必要がある」⁶⁾という見解もある。気管挿管の危険性を指摘する意見はあっても、絶対的なメリットを否定している声はみあたらなかった。効果に関するエビデンスが確立されれば、救急救命士が標準で使用する器具へと移行する可能性もある。

ガイドライン2000では、気管挿管を始めとする器具を用いた気道確保を行う場合、前酸素化(preoxygenation)が必須とされている。^{1),4)} そのために、バックバルブマスク法は必須となる。したがって、医療従事者は、より高度な気道確保の手技を学ぶにあたり、このバックバルブマスク法による人工呼吸を、全ての原点となる手技として習得しておく必要がある。¹⁾

(3) 救急隊員の技能育成

救急隊員の場合、救急処置技術の鍛錬は、訓練用人形を中心に行っている。現在市販されている気道管理の訓練を目的とした機器について、写真と主な目的を例示する(写真1-1~6)。それぞれの機器は、機能が特化されている。例えばBLS人形であれば、心臓マッサージの深さ、人工呼吸の送気量、それぞれのリズムなどのトレーニングに重点がおかれている。

これらの中で、バックバルブマスクによる人工呼吸に重点をおいたものは、特に見受けられない。そこで、本研究では、バックバルブマスクによる換気のための訓練用人形を作製した。また、試作機について検証を行い、改善策について検討を行った。

2 試作にあたり

目標とした機能・構造は次のとおりである。

- (1) バックバルブマスクによる換気の訓練が可能なものとする。
- (2) 用手気道確保の訓練が可能なものとする。
- (3) 肺への送気圧（気道内圧）及び送気量、具体的な数値で示すことのできる構造とする。
- (4) 異なる肺コンプライアンス及び気道抵抗の条件下での換気訓練ができるものとする。
- (5) 不適切な胃への空気流入の再現をできるものとする。また、胃への誤送気量が判るものとする。
- (6) 一部のディフィカルトエアウェイ(表1)への対応を訓練できる構造とする。

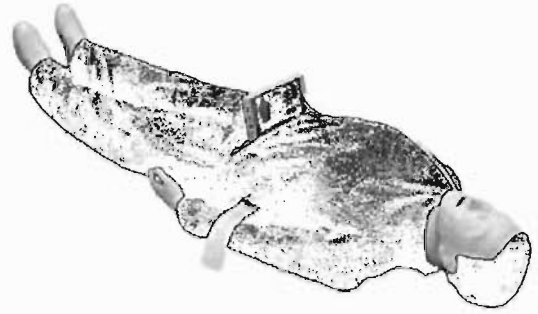


写真1-1 BLS人形
(写真：株式会社ヤガミ製品)

表1 ディフィカルトエアウェイに関する解剖学的因子

手順	解剖学的因子
1 仰臥位をとらせる	高度脊椎変形
2 口を開ける	開口不能 顔面外傷 口唇部の癒痕拘縮 顎関節可動域制限 咬筋の変化
3 ブレードの挿入	口腔内、咽頭の腫瘍 歯牙異常 顔面外傷
4 頭部を後屈する	短頸 頸椎の可動制限 頸部皮膚癒痕拘縮、腫瘍 筋の変化
5 舌を圧排し舌根部を押さえる	口蓋裂 小顎 巨舌 上顎異常 舌部の腫瘍
6 喉頭蓋を直視し、喉頭を展開する	歯牙異常 口蓋裂 喉頭腫瘍 小顎・上顎異常 頸部皮膚癒痕拘縮、腫瘍 筋の変化 頸椎の可動制限 喉頭、喉頭蓋の異常
7 チューブを挿入する	喉頭の異常、腫瘍 気管狭窄、走行異常
※ 経鼻チューブを挿入する	外鼻孔狭窄 鼻腔内腫瘍 変形 外傷

※ 「除細動・気管挿管 救急救命士標準テキスト追補版」より引用



写真1-2 ALS人形
(写真：日本光電工業株式会社製品)



写真1-3 気道管理トレーナー（機械式）
(写真：株式会社高研製品)



写真1-4 気道管理トレーナー（機械式、気管挿管専用）
（写真：株式会社坂本モデル製品）

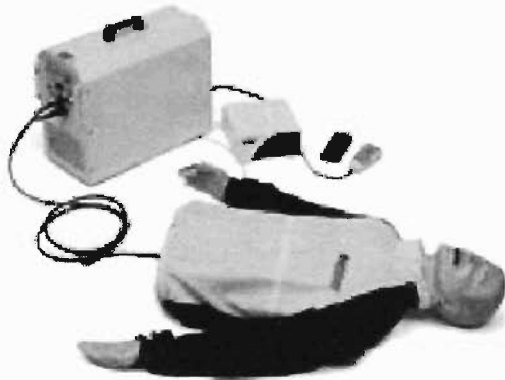


写真1-5 気道管理トレーナー（電気制御式）
（写真：レールダルメディカルジャパン株式会社製品）

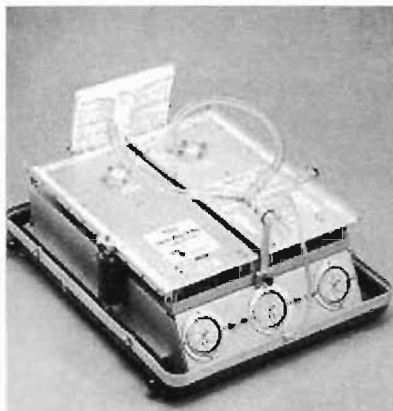


写真1-6 モデル肺
（写真：アイ・エム・アイ株式会社輸入 M. I. I. 製品）

3 試作

(1) 作製手順

用手気道確保の訓練ができて、バックバルブマスクによる換気の訓練ができるものとして、市販されている呼吸管理訓練用人形（気道管理トレーナー、レールダルメディカルジャパン社製）を、試作機のベースの人形とした。

気道内圧、送気量が判り、異なる肺コンプライアンスと気道抵抗を再現することができる機構として、モデル肺（Lung Simulator、SMS社製）を利用した。ベースの人形に標準でついている肺の部分はずし、モデル肺を取り付けた（写真2）。不適切な換気による胃への流入を再現するため、ベースの人形の胃にあたる部分に、圧限定バルブ（レスピロテック、VORTRAN Medical Technology I社製）を取り付け、一定以上の送気圧がかかると、リークする構造とした（写真3）。

また、リーク量を測定するため、圧限定バルブのリーク口に、換気量計（ハロースケール、フェラリスメディカル社製）を取り付けた（写真4、左側のメーター）。各表示部は、指導者がいることを前提に、術者の反対側になるように取り付けた（写真5）。これは、術者が計器ばかりに気を取られてしまうことを危惧したためである。



写真2 ベース人形の肺の部分はずし、
モデル肺を取り付けた



写真3 圧限定バルブのリーク口

(2) 性能等

完成した試作機(写真5)には以下のような性能を持たせた。

- ア 用手気道確保(頭部後屈、頤部挙上及び下顎挙上)の訓練が可能なものとした。
- イ 大きさは概ね成人の等身大とし、胸部から上の上半身(腕を除く)とした。
- ウ 訓練用人形をケースに収納できる構造とし、移動の利便性を図った。
- エ バックバルブマスクによる換気の訓練が可能なものとした。
- オ 異なる肺コンプライアンス及び気道抵抗の条件下での換気訓練ができるものとした。
- カ 一回の送気量が測定できる構造とした。
- キ 胃への空気流入が起こる気道内圧が可変な構造とした。
- ク 過度の気道内圧上昇により、擬似胃膨満ができるものとした。
- ケ 胃への空気流入量が測定できる構造とした。



写真4 換気量計

(ハロースケール、フェラリスメディカル社製)

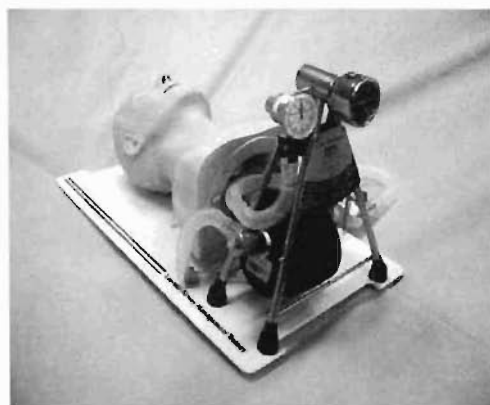


写真5 試作機

(3) 試作品の評価

試作機について、医療従事者や消防職員に使用してもらい、感想等を調査した。調査は、個別記入方式の質問紙を用いた。

調査用紙は、次の内容で構成した。

ア フェイスシート(表2参照)

回答者の職種について回答を求めた。

イ 各病態の再現性についての評価(表3参照)

「非常によい」「よい」「悪い」「非常に悪い」の4件法でたずねた。「悪い」「非常に悪い」と解答した場合は、その理由について、自由記述方式で回答を求めた。

ウ 各機能の有効性についての評価(表4参照)

「非常に役立つ」「役立つ」「役立たない」「全く役立たない」の4件法でたずねた。「役立たない」「全く役立たない」と解答した場合は、その理由について、自由記述方式で回答を求めた。

エ 今後改良すべき点について(表5参照)

回答選択・自由記述併用方式の回答とした。複数回答可能とした。

オ 耐久性と使用感について(表6参照)

訓練用人形としての、耐久性や重視すべき使用感について質問した。

カ 総合評価(表7参照)

「非常によい」「よい」「どちらでもない」「悪い」「非常に悪い」の5件法でたずねた。「悪い」「非常に悪い」と解答した場合は、その理由について、自由記述方式で回答を求めた。

4 評価結果

表2 回答者の職種

職 種	人数(人)
救急救命士	79
医 師	5
他	5

表3 病態の再現性についての評価

機 能	評 価(%)			
	非常によい	よ い	悪 い	非常に悪い
拘束性肺疾患	22.0	75.8	2.2	0.0
閉塞性肺疾患	21.6	77.3	1.1	0.0
胃 膨 満	55.0	41.6	3.4	0.0

表4 機能の有効性についての評価

機能	評価(%)			
	非常に役立つ	役立つ	役立つでない	全く役立つでない
拘束性肺疾患	26.7	70.0	3.3	0.0
閉塞性肺疾患	28.4	69.3	2.3	0.0
胃膨満	50.6	44.9	4.5	0.0
測定値の表示	28.1	68.5	3.4	0.0

表5 今後改良すべき点について

改良すべき点	回答数(回)
器具を用いた気道確保について、困難症例対応訓練のための改良	36
用手気道確保について、困難症例対応訓練のための改良	33
バッグバルブマスクよりも、気管挿管等に重点をおいた改良	19

表6 耐久性と使用感について

重視すべき点	回答数(%)
耐久性	70.9
使用感	29.1

表7 総合評価

評価	回答数(%)
非常によい	29.9
よい	60.9
どちらでもない	9.2
悪い	0.0
非常に悪い	0.0

5 考察

ガイドライン2000は、人工呼吸に関しても変更を推奨している。¹⁾ 以前のガイドラインでは1回の換気につき1~2秒かけて800~1,200mLの換気量を推奨していた。²⁾ 一般によく利用されている成人用のバックバルブマスクは、1,600~2,000mLの容量があり、²⁾ 口対口やバックバ

ルブマスクによる人工呼吸のように、気道が完全に確保されていない状況で、過量の送気を行うと、胃膨満が起こりやすくなる。胃膨満で問題となるのは、胃の内容物逆流と誤嚥がある。また、胃内圧上昇が高まり、横隔膜を上昇させることで、肺の動きを制限し、呼吸器系のコンプライアンスを低下させることも示唆されている。

具体的には、バックバルブによる送気圧が25cmH₂Oを超えると食道の噴門括約筋が開き、胃膨満の可能性が高まるといわれる。⁴⁾ このためガイドライン2000では、2秒以上かけて10mL/kg(100%酸素を投与できる場合6~7mL/kg)の換気を行うことを推奨している。¹⁾

このように具体的な数値が、頻繁に示されているのに対し、実際に計量できる訓練用の器材は、モデル肺を除き市販されていなかった。「具体的な数値の表示」の評価が高かったのは、こういった潜在的な需要の現れではないかと推察する。

一方で、「実際には数値など見ていられないから、役立つでない」(医師)という意見もあった。しかし、「初心者の救急隊員やポンプ隊にやらせたい」(救急救命士)という意見は、人工呼吸の基本であるバックバルブマスク法の訓練用機器としての評価と受け取れる。

病態のシミュレーションとして、評価が高かったのは、胃膨満についてであった。再現性については「いきなり胃にリークすることはないのでは」(救急救命士)という意見があった。これは、胃膨満という状態と、その原因となりうる不適切な人工呼吸を意識付けることを主目的と考えれば、許容範囲であると考えられる。有効性について、「対象が初心者であれば、意識付けに効果的だろう」(医師)という言葉が、それを裏付けている。

拘束性肺疾患についても、おおむねよい評価を得た。再現性について、「悪い」という評価の意見として、「差がわかりづらい」(救急救命士)、「生体とは違う」(医師)という意見があった。有効性については、「現場で体験・比較できないことなのでよい」(救急救命士)と評価を得た。

閉塞性肺疾患については賛否両論であった。「肺の空気が戻らないのが視覚的にわかるのはいい」(救急救命士)という好評に対し、「気道抵抗はわかりづらい」(救急救命士)、「バックバルブマスク法のテクニックとは、あまり関係ない」(救急救命士)という不評も比較的多かった。

改良点としての意見は、用手気道確保と器具を用いた気道確保、気管挿管等、いずれも困難症例に対する訓練ができる機器を求める意見が多かった。ベースが呼吸管理訓練用人形であるため、これらの訓練は当然可能であるが、これからの訓練用人形はより実践的なものが求められているものと考察できる。

耐久性と使用感のどちらを重視すべきかという問いに対しては、大半の術者が、耐久性を求めている。理由としては、「訓練に使うのであれば、雑に扱うのは前提」(救急救命士)で、壊れにくい機器を求めるのが当然と言え

よう。また、「いくら似せても、人形は人形」(救急救命士)という声も聞かれることから、使用感よりは耐久性を重視するのは妥当かもしれない。

人形の構造、操作性についても、いくつかの意見があった。最も多かったのが、「計測器の表示部を両側にほしい」(救急救命士)、「計測器を術者が見えたほうがいい」(救急救命士)といった意見であった。術者が計器類に気を取られないように配慮したものであったが、不評であった。簡単に計器類の方向を変えられるようにモデル肺の固定を開放した(写真6)。コストとの兼ね合いもあるが、可能なら両側に表示できた方がよいだろう。

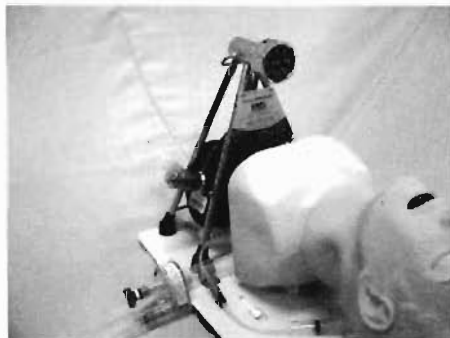


写真6 計測器の改良点

また、胃膨満について「より視覚的に訴えたほうがよいのでは」(医師)、「本当に胃や十二指腸に空気はいつていくのが判った方が判りやすい」(医師)という意見を参考に、写真7のような構造を作った。これに関しては、より視覚に訴える点が好評であった。「具体的な数値は知らない」(医師)という意見もあり、コスト削減の観点からも有効と考える。



写真7 胃膨満再現の改良点

操作性の問題として、「(拘束性肺疾患を再現している)スプリングが取り付けにくい」(救急救命士)という意見があった。これについても、ネジなどで簡単に変更できるようにする等、今後の課題である。

6 まとめ

今までの訓練用人形は、操作手順に重点を置いたもの、言い換えるなら「型」が中心であった。これに対し、本

研究の訓練用人形は病態の再現を重視した「実」を備えることを目標とした。

今回は主に3つの病態の再現にとどまったが、総合評価は大半が好意的なものであった。これは、より実践的な訓練用人形が必要とされていることをうかがわせる結果と考えられる。本研究で試作された訓練用人形も、改良の余地があり、今後の課題である。

7 謝辞

今回の研究にあたり、試作機の評価を頂いた国立東京医療センター救命救急センターの皆様、及び東京消防庁第1期救急救命士処置拡大(気管挿管)特別研修、第30期救急救命士養成課程研修生の皆様に感謝します。

8 参考文献

- 1) AHA 心肺蘇生と救急心血管治療のための国際ガイドライン 2000 (日本語版)
- 2) Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees, American Heart Association for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. JAMA. 1992;268:2171-2295
- 3) ACLS Provider Manual, American Heart Association 2001
- 4) 金田 孝. 気道管理. In: 植田 浩史 編. 呼吸管理ハンドブック. 1版. 東京:中外医学堂 2002;92-107.
- 5) 平成13年度厚生科学研究「救急救命士による適切な気道確保に関する研究報告書」厚生労働省 2002
- 6) 「救急救命士の業務のあり方等に関する検討会」報告書 厚生労働省 2003

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF THE DOLL FOR BREATHING CONTROL TRAINING

Atsushi KIKUCHI*, Tomoaki FUKASAKU**, Yuta YOSHIDA**

Abstract

With improvement given to a training doll on the market, a breathing control doll was made mainly for a back valve mask method training.

Characteristics

- 1 Both the amount of each ventilation and the inner pressure of the airway in ventilation can be measured.
- 2 The simulation of an obstructive lung disease and a restricted lung disease can be done.
- 3 The simulation of stomach distention can be done.

With this trial product, we verified the validity of the improved training doll.

*Omori Fire Station **Fourth Laboratory