

呼気負荷マスク「ゆくすえくん」の開発 —禁煙教育・喫煙防止教育のための新たなツールとしての可能性—

飯塚眞喜人¹、市ノ瀬薫²、小林秀行²、富田和秀³、武島玲子¹、高橋晃弘²

¹ 茨城県立医療大学医科学センター、² アール医療福祉専門学校理学療法学科、³ 茨城県立医療大学理学療法学科

【目的】 慢性閉塞性肺疾患(COPD)を再現できる小型・軽量の呼気負荷マスクを開発する。

【方法】 一方向弁側面に通気口(直径2 mm、板厚2 mm、4~8個)をあげエアシールマスクに組み込み呼気負荷を与えた。10名の健常者でマスク装着前と各通気口数でFEV₁%、%FEV₁等を得、COPDの病期分類と対応させた。

【結果】 FEV₁%は負荷なし、通気口数8、7、6、5個の順に89.4±6.3(平均±SD)、60.5±9.6、57.2±7.6、49.9±6.4、41.5±5.3%、%FEV₁は順に93.1±7.8、59.6±10.8、56.7±9.3、50.4±8.8、41.4±7.3%、%FVCは順に102.3±5.2、96.3±3.7、96.9±6.2、98.7±7.9、96.5±8.0%であった。

【考察】 通気口数6個で全員COPDの2~3期相当となった。

【結論】 健常者にCOPDを再現できた。

キーワード: 禁煙教育、喫煙防止教育、慢性閉塞性肺疾患、呼気負荷マスク

1. はじめに

喫煙により種々の健康被害を受ける事は周知の事実である¹⁾。世界保健機関(WHO)は喫煙による健康被害の拡大を憂慮して、2003年に「タバコの規制に関する世界保健機関枠組条約」を採択し、2005年に効力が発生した。日本では2003年に「健康増進法」が施行され、25条で「不特定多数の人が集まる場所での受動喫煙防止が非喫煙者の権利であると共に管理責任者の義務である」と明記された。喫煙はWHOの「疾病と関連の健康問題についての国際統計分類第10版(ICD-10)」において「ニコチン依存」として扱われている。日本でも2006年から保険適用による禁煙治療が可能になった²⁾。喫煙者に禁煙治療を受けさせるために、そして禁煙を成功させるためには、禁煙への動機付けを強化しなくてはならない¹⁾。

日常の外来診療や健診の現場で短時間に実施できる禁煙治療の方法としては「5Aアプローチ(Ask, Advice, Assess, Assist, Arrange)」という指導手順が世界各国で採用されている³⁾。そして、禁煙意志のない患者は、喫煙の健康状態(危険性)に関する知識に乏しい場合が多く、Adviceの指導方法を施行されるべきであると禁煙ガイドラインに述べられている¹⁾。Adviceの中には、タバコの使用と現在の健康/病気、社会的・経済的なコスト、子供や家庭への影響などと関連付けるなどの指導が含まれる³⁾。しかし、喫煙の害に関する正確な知識を十分に与えても、禁煙意志のない喫煙者を禁煙に至らせる事は容易ではない。我々はその原因の一つにタバコ病にかかった時の苦痛について、実感を持ってない事にあるのではないかと考えた。

喫煙を始めたきっかけは、友人の影響や好奇心が多くを占め⁴⁾、すでに多くの未成年はタバコが有害であることを知識として持っている⁵⁾。そこでタバコ病にかかった時の苦痛を実感を持って理解させることができれば、喫煙を新たに始める人は減少すると考えたが、現在、禁煙教育や喫煙防止教育に使用できるタバコ病を実感できるツールは開発されていない。

連絡先

〒305-0394

茨城県稲敷郡阿見町阿見4669-2

茨城県立医療大学医科学センター 飯塚眞喜人

TEL: 029-840-2212 FAX: 029-840-2312

e-mail: iizukam@ipu.ac.jp

受付日2010年12月17日 採用日2011年3月28日

慢性閉塞性肺疾患 (Chronic obstructive pulmonary disease, COPD) は主要なタバコ病の一つである。日本の場合、COPDは1999年度まで10大死因に計上されることはなかったが、2000年から第10位となっている⁶⁾。また、2001年に日本で行われた大規模疫学調査では約530万人のCOPD罹患者がいると推定されている⁷⁾。COPDの特徴に呼気時の流量制限がある。一秒率が70%以下になるとCOPDと診断され、一秒量によりその重症度(1~4期)が判定される⁶⁾。我々は呼気時の流量制限を与えるマスクを作成し、このマスクを用いてCOPDになったときの苦しみをまだCOPDを発症していない喫煙者に積極的に疑似体験させることにより禁煙への動機付けを強化できると考えた。また非喫煙者が喫煙を開始することを抑止できるであろうと考えた。呼気時流量制限を再現する呼気負荷装置はいくつか考案されている。例えばStarling 抵抗器を利用する方法⁸⁾や持続的気道内陽圧人工呼吸器を用いる方法⁹⁾がある。しかしいずれの方法も装置が大掛かりである。このほか呼息筋のトレーニングを行うための非能動型呼吸運動訓練装置 (Threshold PEP, Respironics, USA) も販売されているが、口呼吸により訓練を行う点で、安静時に人が行っている鼻呼吸を再現できない。またこの装置はばねによる一方向弁で、ある一定圧力以上で弁が開き急激に流量が増大する点でCOPDの病態とは著しく異なる。

それゆえ本研究では小型、軽量、鼻呼吸・口呼吸どちらでも可能で、装着後も自由に運動ができる新たな呼気負荷マスクを作成することを目的とした。

2. 方法

2-1. 被験者

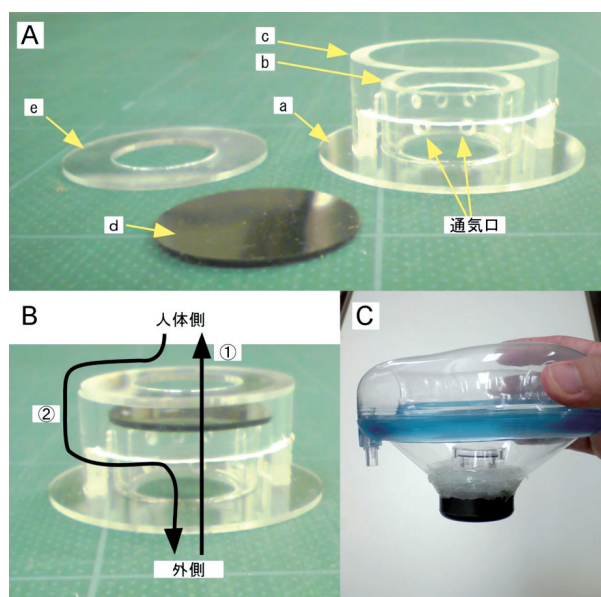
呼吸器系、循環器系および神経系に疾患を有していない健常成人10名(男性5名、女性5名)を対象とした。平均年齢は23.8歳(21~42歳)であった。被験者には本研究の目的と内容を説明し同意を得た。また、本人の希望によりいつでも実験を中止できるようにした。

2-2. 呼気負荷装置の構成および記録方法

呼気負荷装置の基本構造は図1A、Bに示すような一方向弁である。吸気時、人体側が外側に比べて陰圧となるため一方向弁が開き、ほとんど抵抗無く気体が外側から人体側へと流入する(図1B矢印1)。

図1 呼気負荷装置の外観

A: 呼気負荷装置の弁を抑える蓋と弁を取り外した写真。B: 弁と押さえる蓋を取り付けた呼気負荷装置の写真。C: 呼気負荷装置をエアシールマスクの内側に取り付けた写真。



一方、呼気時には人体側が外側に比べて陽圧になるため、一方向弁が閉まる。この時、図1B矢印2に示すように通気口を通して外側に流れるように工夫した。通気口の数によって呼気負荷量を調節することができる。

図2a-eに呼気負荷装置の詳細な部品を示す。それぞれ図1Aのa-eに対応する。図2aは台座で、直径40 mm、厚み1 mmの亚克力円板の中央に直径15 mmの穴を開けたドーナツ板である。この中央に弁を受ける亚克力管(図2b)を取り付け、通気口となる直径2.0 mmの穴を8から4個開けた。弁との密着面積を大きく確保するためやや肉厚の亚克力管を用いた(外径21 mm、厚み2 mm、長さ10 mm)。図2cは弁のずれを防止するための構造で、外径30 mm、厚み2.5 mm、長さ14 mmの亚克力管を、幅約10 mm、高さ約9 mmの脚が2本できるように削った。これを図2bの外側になるように入れて、台座(図2a)に2本の脚を接着した。厚さ1~2 mmのシリコンゴムシート(KE-106、信越化学工業)にポリプロピレンシート(厚み0.2 mm)を貼り付けて弁を作成した(図2d)。弁の直径は23 mmの円形である。弁が外れないように上から直径30 mm、厚み1 mmの亚克力円板の中央に直径15 mmの穴を開けたドーナツ板で押えた(図2e)。弁

はbとcにできた隙間約4 mmを上下に移動することにより弁が開閉する。さらに弁の端1か所に直径約3 mmの綿球を詰めることにより、わずかな圧力の変化により開閉する1方向弁を作成することができた。この呼気負荷装置をエアシールマスクにシリコン系接着剤で固定した(図1C)。

2-3. 手順

実験中の測定環境は、室温23.0℃(±1.0)、湿度51.6%(±6.1)、気圧758.6 mmHg(±4.0)であった。実験中、疲労などの影響を少なくするため各呼気負荷の間に、適宜休息をとらせた。その間に、食事や運動など内的環境が変動するような行為を行わないよう配慮した。

呼気負荷装置を組み込んだエアシールマスクをスパイロメーター(マイクロスパイロHI-601、日本光電)に取り付けた。そして椅子座位にて努力肺活量(FVC)、一秒量(FEV₁)を計測した。一秒率

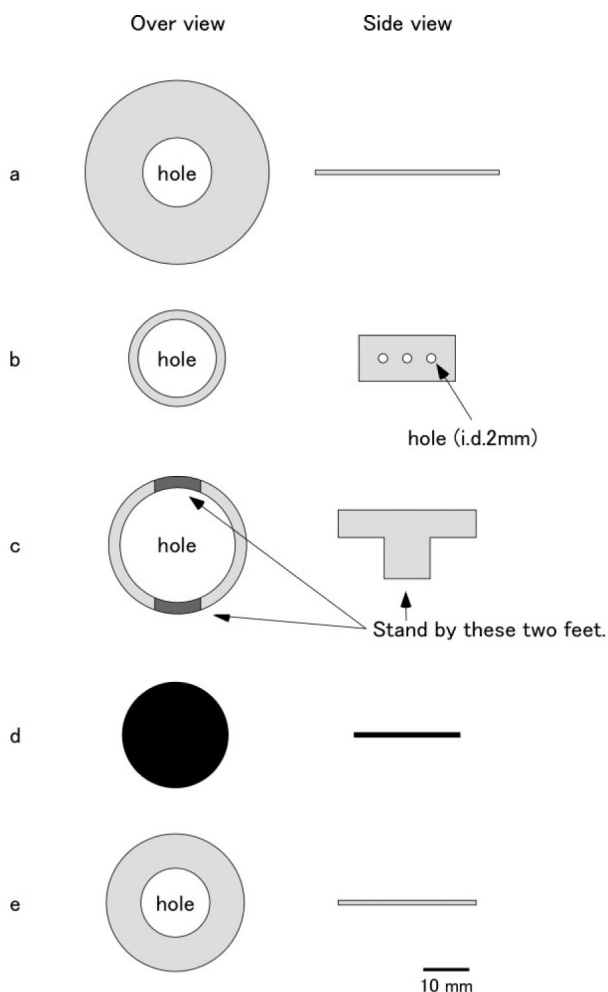
(FEV₁%)は「(FEV₁÷FVC)×100」の式を用いて求めた。そして一秒量の標準回帰式¹⁰⁾を用い一秒量の予測値を得、一秒量の予測値に対するFEV₁の百分率(%FEV₁)を算出した。またBaldwinの予測式を用い予測肺活量を得、予測肺活量に対するFVCの百分率(%FVC)を算出した。呼気負荷は、負荷なしから通気口の数8、7、6、5、4個と段階的に増大させた。

後日、「呼気負荷装置の装着体験は禁煙教育に有効であると思う」についてアンケートを行い「そう思う」を5点、「ややそう思う」を4点、「どちらともいえない」を3点、「あまりそう思わない」を2点、「そう思わない」を1点とした。

2-4. 解析

得られたデータは平均値±標準偏差で示した。呼気負荷の段階的増大による各呼吸パラメーター値の変化について一元配置分散分析後、多重比較(ボンフェローニの方法)を行い、有意水準をp<0.05とした(PASW Statistics 18)。

図2 呼気負荷装置の部品



3. 結果

作成した呼気負荷装置は、約6 gであった。図3Aに各被験者におけるFEV₁%と呼気負荷量の関係を示す。男女差は顕著でなかったため、以下では合わせて解析を行った結果を示す。また通気口4個の時の呼吸パラメーターを2例で計測しなかったため統計解析から除外した。FEV₁%は負荷なし、通気口数8、7、6、5個の順に89.4±6.3、60.5±9.6、57.2±7.6、49.9±6.4、41.5±5.3%と有意に減少した(図3A、p<0.001)。通気口数8個と7個間で有意差はなかったがそれ以外の組み合わせではすべて有意差があった。通気口数8個では2名、7個では1名の一秒率が70%以上であったが、6個以下では全員の一秒率がCOPDの診断基準である70%以下となった。

%FEV₁は、順に93.1±7.8、59.6±10.8、56.7±9.3、50.4±8.8、41.4±7.3%と有意に減少した(図3B、p<0.001)。通気口数8~6個では全員が30%以上であったが、5個の時1名が4期のCOPDに相当する30%未満となった。

%FVCは、負荷なし、通気口数8、7、6、5個の順に102.3±5.2、96.3±3.7、96.9±6.2、98.7±7.9、96.5±8.0%であった。負荷なしに比べて有意

に減少したのは通気口が8個の時のみで、後の通気口数では負荷なしに比べて有意差はなかった。

つまり呼気負荷を加えることによって、%FVCには大きな影響を与えずCOPDの診断基準であるFEV₁%および%FEV₁を減少させた。そして通気口6個のときに全被験者が2から3期のCOPD診断基準の範囲に入った。

「呼気負荷装置の装着体験は禁煙教育に有効であると思う」については平均4.4 (n = 5) であった。

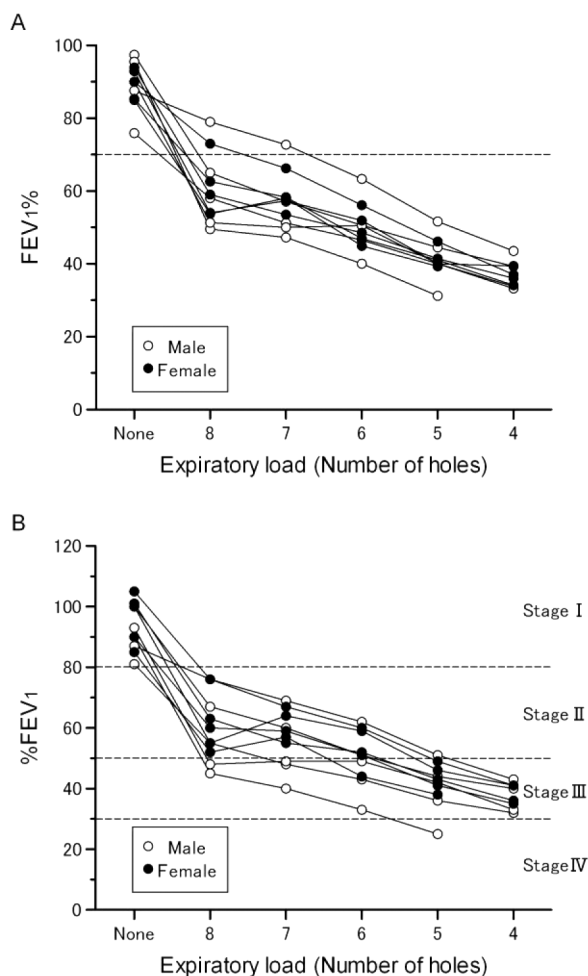
4. 考察

本研究では、禁煙教育や喫煙防止教育の場で容易に使用できる新たな呼気負荷マスクを開発した。つまり従来の呼気負荷装置に比べて小型軽量であり、装着後も自由に運動することが可能である。被験者間でかなりの差が認められたが、FEV₁%と%FEV₁の指標から、通気口数が6個のときに全被験者が2～3期のCOPDと同等になることを明らかにした。COPDの場合、肺胞破壊により気道の閉塞が生じるが、呼気負荷マスクでは外部から与えた呼気抵抗であり、閉塞場所が異なる。すでにStarling抵抗器を用い健常者に呼気負荷を与えた場合の病態生理学的特徴とCOPDとの類似点について数多くの研究がなされている¹¹⁾。これらの研究は、運動負荷を与えた時に動的過膨張が顕著に起きない点でCOPDとは異なるが、腹腔内圧の呼気時の増大、呼息相の増大と吸息相の減少、動脈血二酸化炭素濃度の増大、肺毛細血管内の血液量の減少、最大運動負荷を決める要因が耐えがたい呼吸困難感であることなどの点でCOPDと一致することを明らかにした。動的過膨張が見られなかった理由として呼気負荷時間が短時間であったことが推測されている。本研究で開発した呼気負荷マスクは小型軽量のため長時間にわたり装着が可能であり、今後、動的過膨張や残気量の増大など長期にわたる気道閉塞の結果生じる病態の仕組みやその予防方法について健常人を用いた更なる研究の発展が望める。

アンケート調査の結果、呼気負荷マスクが禁煙教育推進のために有用であることが示唆された。アンケートでは禁煙教育への有効性についてのみ質問したが、おそらく喫煙防止教育にも使用できると思われ、今後の検討が必要である。スパイロメーターによる呼吸機能の計測には、被験者の慣れが必要で、安定した結果を得るために2～4回の練習を要した。

図3 呼気負荷量とFEV₁%、%FEV₁の関係

A: 呼気負荷量(通気口の数)とFEV₁%の関係。70%未満でCOPDと診断される(点線)。B: 呼気負荷量と%FEV₁の関係。COPDの病期分類(I-IV期)の境界を点線で示す。各シンボルは1名からのデータを示す。



呼気負荷マスク装着によるCOPD疑似体験のためには、各個人に合った呼気負荷量に設定するのが理想であるが、種々の負荷量でFEV₁%や%FEV₁を調べることは現実的ではない。本研究結果から、通気口6個の呼気負荷マスクを禁煙教育に用いるのが良いと考えられる。我々は喫煙を続けた時の行末を暗示する「ゆくすえくん」という愛称をこの呼気負荷マスクにつけた。

「慢性閉塞性肺疾患(COPD)の予防・早期発見に関する検討会」の報告書には、COPDについて医師や看護師等の医療従事者のなかでも、必ずしも理解は十分ではなく、さまざまなツールを用いて医療従事者全体にCOPDの患者の負担の理解、COPDが予防可能な疾患であることの理解の浸透を図ることが必要であると述べられている¹²⁾。本研究で開発

したゆくすえくんは、一般の人々への禁煙教育や喫煙防止教育のみならず、医療従事者にCOPD患者の負担を理解させるツールとしても有用であろう。

なお本論文の要旨は第5回日本禁煙学会学術総会にて発表した。

5. 謝 辞

予備実験を手伝ってくださった本多早苗さん、犬田和成君、瀬谷健太郎君、友部有希子さん、平岡優一君に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 2003-2004年度合同研究班報告:循環器病の診断と治療に関するガイドライン, 禁煙ガイドライン. Circulation Journal 2005; 69 (suppl VI), 1005-1103.
- 2) 社団法人日本循環器学会:あなたにもできる禁煙ガイド. PASSPORT to STOP SMOKING [第3版], 2005
- 3) 中村正和:効果的な禁煙指導-医療機関(禁煙外来を含む)での指導の実際. 日医会誌 2002; 127 (7): 1025-1030.
- 4) 荒井信成, 上地勝, 富樫泰一: 本学学生における喫煙行動および知識・態度に関する調査研究. 茨城大学教育学部紀要 2009; 58: 423-438.
- 5) 「未成年の喫煙および飲酒行動に関する全国調査」研究班: 2000年度未成年の喫煙および飲酒行動に関する全国調査報告書. 2001; p 1-66.
[http://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkouni](http://www.kenkounippon21.gr.jp/kenkounippon21/database/1/5miseinenkitsuen/5miseinenkitsuen.html)
- 6) 社団法人日本呼吸器学会:COPD(慢性閉塞性肺疾患)診断と治療のためのガイドライン第2版. 2004.
- 7) Fukuchi Y, Nishimura M, Ichinose M, et al.: Prevalence of chronic obstructive pulmonary disease in Japan: result from the Nippon COPD eoidemiology (NICE) study. Eur Respir J 2001; 18 (suppl 33), 275s,
- 8) Iandelli I, Aliverti A, Kayser B, et al.: Determinants of exercise performance in normal men with externally imposed expiratory flow limitation. J Appl Physiol 2002; 92 (5): 1943-1952.
- 9) O'Donoghue FJ, Catcheside PG, Jordan AS, et al.: Effect of CPAP on intrinsic PEEP, inspiratory effort, and lung volume in severe stable COPD. Thorax 2002; 57 (6): 533-539.
- 10) 日本呼吸器学会肺生理専門委員会:日本人のスパイログラムと動脈血液ガス分圧基準値. 日呼吸会誌 2001; 39 (5): 巻末.
- 11) Aliverti A, Kayser B, Macklem PT: A human model of the pathophysiology of chronic obstructive pulmonary disease. Respirology 2007; 12 (4): 478-485.
- 12) 慢性閉塞性肺疾患(COPD)の予防・早期発見に関する検討会: 今後の慢性閉塞性肺疾患(COPD)の予防・早期発見のあり方について. 2010.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000000z9eb.html>

Development of Expiratory Loading Face Mask "YUKUSUE-KUN"

- A possible new tool for the tobacco cessation and anti-smoking education -

Makito Iizuka¹, Kaoru Ichinose², Hideyuki Kobayashi², Kazuhide Tomita³
Reiko Takeshima¹, Akihiro Takahashi²

Purpose

We aimed to develop a light weight expiratory loading mask which makes it possible to reproduce an airflow limitation typically associated with one of the major tobacco-related diseases, chronic obstructive pulmonary disease (COPD).

Methods

The expiratory loading mask was made by embedding one-way expiratory valves with variable resistance in a sealed face mask. Resistance valves were created by making holes (i.e., between 4-8 holes, 2.0 mm in diameter, wall thickness 2.0 mm) in a diaphragm inserted into the face mask. We subsequently determined FEV₁ (Forced Expiratory Volume in one second) and FVC (Forced Vital Capacity) in 10 healthy volunteers and used these values to determine %FEV₁ (FEV₁/predicted FEV₁ x 100%) and FEV₁% (FEV₁/FVC x 100%) first without the mask and in each of expiratory load conditions. These values were compared with the diagnostic and stage classification criteria of COPD.

Results

Under no load, 8, 7, 6 and 5 holes of load conditions, the mean FEV₁% ± SD were 89.4 ± 6.3, 60.5 ± 9.6, 57.2 ± 7.6, 49.9 ± 6.4, and 41.5 ± 5.3%; the mean %FEV₁ were 93.1 ± 7.8, 59.6 ± 10.8, 56.7 ± 9.3, 50.4 ± 8.8, and 41.4 ± 7.3%; the mean percent forced vital capacity to the predicted forced vital capacity were 102.3 ± 5.2, 96.3 ± 3.7, 96.9 ± 6.2, 98.7 ± 7.9, and 96.5 ± 8.0%, respectively.

Discussion

With 6 holes of load, the FEV₁% and %FEV₁ for all subjects approximated to those for the patients with the stage 2~3 COPD.

Conclusion

We could make a healthy subject similar conditions to the stage 2~3 COPD with a newly developed expiratory loading mask.

Key words

Tobacco cessation education, Anti-smoking education, Chronic obstructive pulmonary disease, Expiratory loading mask

¹Center for Medical Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences, Ibaraki, Japan

²Department of Physical Therapy, Ahru Medical Care and Welfare Professional Training College, Ibaraki, Japan

³Department of Physical Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences, Ibaraki, Japan