ケアハウスの高齢者に対する呼気筋トレーニングが 随意的咳嗽力に及ぼす効果

*Effects of Expiratory Muscle Strength Training on Voluntary Cough Intensity of
Elderly Residents in a Nursing Care Center*

山下 弘二¹⁾ 柿崎 彩加²⁾

KOUJI YAMASHITA, RPT, PhD¹⁾, AYAKA KAKIZAKI, RPT²⁾

¹⁾ Department of Physical Therapy, Aomori University of Health and Welfare: 58-1 Mase, Hamadate, Aomori 030-8505, Japan.
TEL+81 017-765-2066 E-mail: k_yamashita@auhw.ac.jp

²⁾ Department of Rehabilitation, Fuyoukai Murakami Hospital

Rigakuryoho Kagaku 26(6): 777-780, 2011. Submitted Jun. 17, 2011. Accepted Jul. 27, 2011.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to clarify the effects of an expiratory muscle strength training (EMST) program on the voluntary cough intensity of elderly individuals. [Subjects] The subjects of the study were 21 elderly residents in a nursing care center who did not have any respiratory disease. Ten of them (aged 80.6 ± 8.6 years old) were assigned to the EMST group, and the other 11 subjects (aged 76.7 ± 9.3 years old) were assigned to the control group. [Methods] Each subject in the EMST group underwent 5 weeks of training using a Threshold® PEP, an expiratory muscle training device, and in which the pressure was adjusted to 50% of the maximum expiratory pressure. Training was performed twice daily, and each session consisted of 2 sets of 15 breaths. As endpoints, the maximum expiratory pressure (MEP), maximum inspiratory pressure (MIP), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV 1), peak expiratory flow (PEF), and peak cough flow (PCF) were measured. [Results] After 5 weeks, no significant changes were observed in the control group, while in terms of the MEP, PEF and PCF, significant increases were observed in the EMST group. [Conclusion] The study results suggest that the EMST program is effective for increasing voluntary cough intensity, which is greatly required for expiratory muscle strength, of elderly residents in a nursing facility.

Key words: elderly residents in a nursing care center, expiratory muscle strength training, voluntary cough intensity

要旨:〔目的〕本研究では、施設入居高齢者に対し EMST (Expiratory muscles strength training) プログラムが随意的咳嗽力に及ぼす効果について明らかにすることを目的とした。〔対象〕対象者はケアハウスに入居している高齢者 21 名とし、EMST プログラムを行った EMST 群 10 名 (年齢 80.6 ± 8.6 歳) と対照群 11 名 (年齢 76.7 ± 9.3 歳) に分けた。〔方法〕EMST のプロトコルは、呼気筋訓練器 (Threshold® PEP) を用い、最大呼気圧の 50% の圧力に設定し、15 回 2 セットを 1 日に 2 回、5 週間実施した。測定項目は最大呼気圧、最大吸気圧、努力性肺活量、一秒量、最大呼気流速、最大咳嗽流速とした。〔結果〕5 週間後に、対照群は全ての測定項目で有意な変化は認められなかったが、EMST 群は最大呼気圧、最大呼気流速、最大咳嗽流速に有意な増加が認められた。〔結語〕本研究により施設入所の高齢者に対する EMST は、呼気筋力が大きく関与している随意的咳嗽力を高めるための効果的なプログラムであることが示唆された。

キーワード: 施設入居高齢者、呼気筋トレーニング、随意的咳嗽力

¹⁾ 青森県立保健大学 健康科学部理学療法学科: 青森県青森市浜館字間瀬 58-1 (〒030-8505) TEL・FAX 017-765-2066

²⁾ 芙蓉会村上病院 リハビリテーション科

I. 緒 言

咳嗽は強制的な高い呼気流速によって気道内の異物や分泌物を排出するための重要な役割をしている。咳嗽は3相からなり、1相（吸気相）では吸気筋群によって肺気量を増加させ、胸郭と腹壁が同時に拡張する。第2相（圧縮相）では声門を閉鎖し、呼気性の肋間筋群、補助呼気筋群、それに腹筋が強力に収縮するので、胸腔内圧は急激に上昇する。この圧縮相では咳嗽のための高い駆動圧を作り出す原動力となる。第3相（排除相）では呼気筋群が収縮している間、胸腔内圧が非常に高いレベルに達した後に横隔膜の弛緩と声門が突然に開き、さらに呼気筋群の強い収縮によって腹腔内圧が胸腔内圧よりも高くなっているため横隔膜は押し上げられ下気道から上気道へ強力な爆発的な呼気（咳嗽）が起こる¹⁾。このように咳嗽時に各相で呼吸筋が協調して働くため、呼吸筋の弱化は咳嗽能力の低下につながると考えられる。

高齢者の特性は呼吸筋力が減少し、換気機能と同様に非換気機能が低下する²⁾。非換気機能の役割には呼気筋群による咳嗽、くしゃみ、バルサルバ、発声、嚥下機能がある。加齢とともに呼吸筋の萎縮は、タイプⅠ筋線維より腹筋などの呼気筋群のタイプⅡ（速筋）筋線維で萎縮が起こり、これらの変化は吸気筋群より呼気筋群の方が強いと言われている²⁾。高齢者の呼気筋力を強化することによって咳嗽能力を高めることができると考えられる。

呼吸筋の弱化した患者の排痰を促すために理学療法士が施行する方法には、スクイーピングや咳嗽介助手技などがある³⁾。これらの手技は、呼気流速を高めるための方法で呼気筋力そのものを改善するものではない。さらに、このような方法は医療現場で行っているもので、健康ではあるが身体活動の不活発な高齢者の咳嗽能力を高める方法としては行われていない。高齢者の咳嗽能力を改善し、気道の異物や分泌物を除去できないことで起こる誤嚥性肺炎のリスクを減少させるための治療法の開発が求められている。最近の研究では呼吸筋の低下する疾患に対して呼気筋を強化する呼気筋力トレーニング（Expiratory muscles strength training, 以下EMST）によって呼気筋力が強化した結果、咳嗽時の呼出力も増加したと報告がいくつかある^{4,5)}。しかし、一般の高齢者の咳嗽機能改善を目的とした呼気筋力トレーニング（EMST）に関する研究は少ない。そこで、本研究では、施設入所中の高齢者に対しEMSTプログラムが随意的咳嗽力に及ぼす効果について明らかにすることを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象者はケアハウスに入所している高齢者21名とし、

表1 対象者のベースライン時の基本的属性の比較（平均値±標準偏差）

	EMST群 (N=10)	対照群 (N=11)
性別 (男/女)	5/5	4/7
年齢 (歳)	80.6 ± 8.6	76.7 ± 9.3
身長 (cm)	155.9 ± 10.5	152.6 ± 9.8
体重 (kg)	50.8 ± 10.9	54.4 ± 9.7
MNA (点)	25.9 ± 2.8	25.5 ± 2.9
身体活動量 (点)	9.6 ± 3.4	8.0 ± 2.9

MNA：簡易栄養状態評価表

身体活動量：老研式活動能力指標

以下の2群に分けた。EMSTプログラムを行ったEMST群10名（年齢80.6 ± 8.6歳、男性5名、女性5名）と検査のみ行った対照群11名（年齢76.7 ± 9.3歳、男性4名、女性7名）とした（表1）。測定に影響があると考えられるコミュニケーション障害、高次脳機能障害、および、急性呼吸器疾患のある者は対象から除外した。なお、本研究は所属大学の倫理審査委員会の承認を得た上で、対象者に調査内容と倫理的配慮について十分説明し、同意を得て行った。

2. 方法

本研究では、呼吸筋に栄養状態や身体活動量が影響すると考えられるため、それらの測定を行った。栄養状態の評価は、虚弱な高齢者の栄養評価用に開発された簡易栄養状態評価表（Mini-Nutritional Assessment, 以下MNA）⁶⁾を使用した。これは身体計測、一般状態、食事摂取状況、自己評価の4つのカテゴリー（18項目）から構成される。最初にスクリーニングとして6項目の評価を行い、合計14点中12点以上を正常とする。11点以下の場合はさらに残りの12項目の評価を行う。合計点（30点満点）が24点以上は良好、17～23.5点は低栄養リスク、17点未満は栄養不足の3段階に分けて判定する。今回はスクリーニング点が正常な方も全項目の評価を行った。

身体活動量の調査には身体活動レベルと良く関連する老研式活動能力指標⁷⁾を用いた。バスや電車を使つての外出、日用品の買い物、食事の用意など13項目にわたって、毎日の生活で行っているか、いないかの2択で回答を求めた。行っている場合は1点、行っていない場合は0点とし、満点を13点とした。

呼吸機能の指標には努力性肺活量（FVC）と1秒量（FEV1.0）、随意的咳嗽力の指標として最大呼気流速（Peak Expiratory Flow, 以下PEF）、ならびに十分に息を吸い込んだところから思いっきり咳嗽（例えばゴホン）を行った時の最大咳嗽流速（Peak Cough Flow, 以下PCF）をフローボリューム曲線から求めた。呼吸筋力は間接的測定方法として最大口腔内圧を用いた。最大吸気圧（Maximal Inspiratory Pressure；以下MIP）は対象者に

残気量位まで呼吸を行わせ、その後検者がマスクを口周囲に固定し、最大努力で吸気を約3秒間持続させた時の値とした。同様に最大呼気圧 (Maximal Expiratory Pressure; 以下 MEP) は対象者に全肺気量位まで吸気を行わせ、その後検者がマスクを口周囲に固定して最大努力で約3秒間持続させた時の値とした。呼吸筋力の測定は Micro MPM (英国 Kent MEI 社製) を使用した。呼吸機能および随意的咳嗽力の測定については Vitalograph Micro (英国 Vitalograph 社製) を使用した。呼吸機能、咳嗽力および呼吸筋力の検査は空気漏れ、最大努力発揮能力、理解力、動機づけなどに依存し、これらは多くの高齢者で低下しているためこれらの測定には十分注意をして行った。特に歯が欠損している高齢者では、マウスピースをうまくくわえられないと空気漏れが起きやすいことや咳嗽しにくいという問題があった。そこで本研究ではノーズクリップとマウスピースの代わりにマスクを装着して測定した。マスクを装着して測定した場合は PEF がマウスピースより約 0.5 L/sec 低下するが肺気量への影響はなく⁸⁾、呼吸筋力についても十分注意して測定すれば信頼性は高いと言われている⁹⁾。呼吸機能と呼吸筋力などのすべての測定肢位は椅子座位とし、検者は一方の手でマスクを対象者の鼻と口周囲に固定し、他方の手で対象者の後頭部をおさえ、測定中に絶対に空気漏れがないように心掛けた。測定は3回行い最高値を採用した。

本研究の EMST プログラムのプロトコールは、呼吸筋訓練器 (Threshold® PEP; 米国 Respiroics 社製) を用い、肢位は椅子座位または端座位、ノーズクリップを装着して行った。バルブの負荷量は先行研究¹⁰⁾および血圧上昇の危険性からコントロールノブを MEP の 50% の圧力に設定し、座位で息を深く吸い込んだらできるだけ速く一気に呼吸を行なわせ、15 回 2 セットを 1 日に 2 回、5 週間実施した。筆者らは EMST 実施法を施設職員に理解

していただき、施設職員が体操やレクリエーションの時間帯を利用して入所者に EMST を実施した。

統計学的解析には SPSS ver.11.5J を用いた。群間比較には対応のない t 検定、Mann-Whitney の検定、群内比較には対応のある t 検定を用い、有意水準はすべて 5% 未満とした。

III. 結 果

簡易栄養評価表総合評価点および老研式活動能力評価点は両群で有意な差はなかった (表 1)。表 2 に示すように両群の測定項目をベースラインと 5 週間後で比較すると、MEP は対照群において有意差が認められなかったが、EMST 群において 38.6 ± 14.5 (cmH₂O) から 47.1 ± 18.9 (cmH₂O) へ有意な増加が認められた ($p < 0.05$)。さらに PEF は対照群において有意差が認められなかったが、EMST 群において 171.4 ± 83.6 (L/min) から 222.2 ± 82.0 (L/min) へ有意な増加が認められた ($p < 0.01$)。PCF は対照群において有意差が認められなかったが、EMST 群において 211.9 ± 94.3 (L/min) から 273.3 ± 89.9 (L/min) へ有意な増加が認められた ($p < 0.01$)。

IV. 考 察

咳嗽時の呼吸流速は、肺および胸郭の弾性収縮力と気道抵抗によって規定される¹¹⁾。高齢者では肺および胸郭の弾性収縮力が低下し、気道の彎曲や偏位が起りやすく、それが気道抵抗を増加させ、さらに呼吸筋力の弱体化、呼吸筋群と横隔膜間の協調運動障害および声門閉鎖不全が原因となって咳嗽時呼吸流速が低下すると言われている¹²⁾。本研究で用いた測定器との相違およびマスク装着による呼吸筋力の測定値と単純には比較できないが、

表 2 両群の 5 週間前後の比較

測定項目	EMST 群 (N=10)		対照群 (N=11)	
	ベースライン	5 週間後	ベースライン	5 週間後
MEP (cmH ₂ O)	38.6 ± 14.5	$47.1 \pm 18.9^*$	31.5 ± 17.2	30.4 ± 16.8
MIP (cmH ₂ O)	27.4 ± 15.0	33.3 ± 17.1	20.2 ± 9.1	20.9 ± 13.1
FVC (L)	1.3 ± 0.5	1.4 ± 0.6	1.3 ± 0.7	1.3 ± 0.6
FEV _{1.0} (L/sec)	1.2 ± 0.5	1.4 ± 0.6	1.2 ± 0.6	1.1 ± 0.6
PEF (L/min)	171.4 ± 83.6	$222.2 \pm 82.0^{**}$	168.7 ± 83.4	161.9 ± 90.9
PCF (L/min)	211.9 ± 94.3	$273.3 \pm 89.9^{**}$	224.2 ± 100.1	232.8 ± 127.2

ベースラインと 5 週間後との群内比較, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

MIP: Maximal Inspiratory Pressure (最大吸気圧)

MEP: Maximal Expiratory Pressure (最大呼気圧)

FVC: forced vital capacity (努力性肺活量)

FEV_{1.0}: forced expiratory volume in 1 second (1 秒量)

PEF: Peak Expiratory Flow (最大呼気流速)

PCF: Peak Cough Flow (最大咳嗽流速)

80歳の呼吸筋力を西村らの予測式¹³⁾を用いて求めると男性のMEPが102 cmH₂O, MIPが70 cmH₂O, 女性のMEPが67 cmH₂O, MIPが47 cmH₂Oとなり, 今回の高齢者の呼吸筋力は低下していると考えられる. 老研式活動能力の年齢別全国代表サンプル¹⁴⁾では, 80歳代以降の平均が8.0点, 75~79歳の平均10.5点となっている. この得点と本研究の結果を比較すると, EMST群は平均的であったが対照群では低い傾向にあった. 老研式活動能力指標は高次の生活能力を評価するのに適した調査票あり, この比較からだけでは身体活動量を定量的に評価できないが, ケアハウスで介護付き生活をしている高齢者の活動量は低いと推測され, それが呼吸筋低下の一因になっていると考えられる. Kimら¹⁵⁾の研究によると不活発な生活様式をしている高齢者では, 加齢による呼吸筋の弱化をさらに加速させ, 特に呼気筋の弱化によって咳嗽時に胸腔内圧を十分高めることができず咳嗽時の呼気流速が低下するとしている.

本研究では, 呼吸筋の低下している高齢者に対してThreshold® PEPを用いた5週間のEMSTプログラムが咳嗽力に及ぼす効果について検討した. その結果, 対照群では全ての測定項目で大きな変化はなかったが, EMST群ではベースラインよりMEPが平均25%増加し, さらにPEFが平均37%, PCFが平均36%の増加が認められた. Suzukiら¹⁵⁾の健康な若年成人に対する4週間のEMSTの効果に関する研究では, MEPが25%増加し, それが運動時の呼吸努力感を減少させたとしている. Kimら¹⁶⁾は不活発な健康高齢者に対して75%MEPで4週間のEMSTを実施した結果, ベースラインよりMEPが平均44%増加と反射的咳嗽時呼気流速が平均61%増加したと報告している. この効果のメカニズムは呼気筋力の増加によって胸腔内圧が短時間に増加し, 即ち圧縮相時間 (compression phase duration) が短縮し, 同時に咳嗽時の声門下圧 (subglottal pressure) も高まって咳嗽時の呼気流速が増加したと報告している. 本研究においてもEMSTトレーニングによって呼気筋力に負荷をかけることによってMEPが増加し, それによって咳嗽時に胸腔内圧を高めることが可能となり, 呼気流速を増加させたと考えられる. 咳嗽時呼気流速の増加は気道クリアランスを高め, 誤嚥性肺炎のリスクを低下させることにつながると思われる. 本研究により施設入所の高齢者に対するEMSTは, 呼気筋力が大きく関与している随意的咳嗽力を高めるための効果的なプログラムであることが

示唆された.

引用文献

- 1) Kapandji IA (荻島秀男監訳): カパンディ関節の生理学—体幹・脊柱. 医歯薬出版, 東京, 1986, pp158-160.
- 2) Mizuno M: Human respiratory muscles: fibre morphology and capillary supply. *Eur Respir J*, 1991, 4 (5): 587-601.
- 3) 宮川哲夫責任編集: 呼吸理学療法 [第2版]. 三輪書店, 東京, 2009, pp253-258.
- 4) Pitts T, Bolser D, Rosenbek J, et al.: Impact of expiratory muscle strength training on voluntary cough and swallow function in Parkinson disease. *Chest*, 2009, 135(5): 1301-1308.
- 5) Chiara T, Martin AD, Davenport PW, et al.: Expiratory muscle strength training in persons with multiple sclerosis having mild to moderate disability: effect on maximal expiratory pressure, pulmonary function, and maximal voluntary cough. *Arch Phys Med Rehabil*, 2006, 87(4): 468-473.
- 6) 葛谷雅文: 要介護高齢者の栄養管理と高齢者総合機能評価. *Geriatric Medicine*, 2005, 43(4): 567-571.
- 7) 田中千晶, 吉田裕人, 天野秀紀・他: 地域高齢者における身体活動量と身体, 心理, 社会的要因との関連. *日本公衆衛生雑誌*, 2006, 53(9): 671-680.
- 8) 宮澤 義: 肺機能検査編—マウスピースをくわえられない場合. *Medical Technology*, 1996, 30(9): 1104.
- 9) 石川 玲, 宇野光人, 工藤正美: Duchenne型筋ジストロフィー患者における呼吸筋力・肺活量測定での測定値の信頼性に関する検討. *東北理学療法学*, 1999, 11: 108-112.
- 10) Kim J, Sapienza CM: Implications of expiratory muscle strength training for rehabilitation of the elderly: Tutorial. *J Rehabil Res Dev*, 2005, 42(2): 211-224.
- 11) Mead J, Turner JM, Macklem PT, et al.: Significance of the relationship between lung recoil and maximum expiratory flow. *J Appl Physiol*, 1967, 22(1):95-108.
- 12) 朝戸祐子, 吉野克樹, 今野公郎: 高齢者の咳嗽機能低下に関する研究. *東女医大誌*, 1997, 67(1・2): 49-54.
- 13) 西村善博, 前田 均, 田中勝治・他: 加齢による呼吸筋力に及ぼす影響. *日胸疾会誌*, 1991, 29(7): 795-801.
- 14) 古谷野亘, 橋本勉生, 府川哲夫・他: 地方老人の生活機能—老研式活動能力指標による測定値の分布. *日本公衆衛生雑誌*, 1993, 40(6): 468-473.
- 15) Suzuki S, Sato M, Okubo T: Expiratory muscle training and sensation of respiratory effort during exercise in normal subjects. *Thorax*, 1995, 50(4): 366-370.
- 16) Kim J, Davenport P, Sapienza C: Effect of expiratory muscle strength training on elderly cough function. *Arch Gerontol Geriatr*, 2009, 48(3): 361-366.