

【原著】

呼気筋トレーニングが在宅要介護認定者の呼吸指標および嚥下機能に与える効果

松尾 善美¹⁾, 柳澤 幸夫^{2), 3)}, 直江 貢⁴⁾, 中村 武司²⁾, 堀内 宣昭⁵⁾

Effects of expiratory muscle training on respiratory indices and swallowing function in elderly individuals receiving home care

Yoshimi Matsuo, Yukio Yanagisawa, Mitsugu Naoe,
Takeshi Nakamura, Noriaki Horiuchi

Abstract

Expiratory muscle training (EMT) for improving cough function and prevention of aspiration pneumonia in healthy elderly individuals as well as patients with neurological disorders has received recent attention. Although 2 studies elucidated its effects on swallowing function in a small population of patients with Parkinson's disease, its overall efficacy remains uncertain. The purpose of this study was to examine the effects of EMT on respiratory indices and swallowing function in elderly individuals receiving home care.

The subjects were 22 community-dwelling elderly individuals receiving home care. An EMT training device (Threshold IMT) was applied with reversed use and the training period was 4 weeks. The loading pressure was 30% of baseline MEP and the training sessions were performed for 15 minutes twice a day. Each training session was monitored by a family member and recorded. Respiratory function [forced-vital capacity (FVC) and %FVC] and respiratory muscle strength [maximal expiratory pressure (MEP) and maximal inspiratory pressure (MIP)] were measured at baseline and after 1, 2, 3 and 4 weeks of EMT, while swallowing function [repetitive saliva swallowing test (RSST)] was measured at baseline and after 4 weeks.

Two-way ANOVA was performed with the factors of ADL score and measurement week. Statistical analysis showed that both factors had effects, though there was no correlation between them. MEP was significantly improved at 3 and 4 weeks after EMT as compared to the baseline, whereas other respiratory indices and RSST were unchanged after EMT.

Our findings indicate that EMT can strengthen expiratory muscles and suggest the need for higher expiratory loading pressure. Further research should define the target population more clearly and establish an effective EMT protocol to improve swallowing function.

キーワード : 高齢者, 呼気筋トレーニング, 呼気筋力, 嚥下機能, バーセルインデックス

key word : elderly people, expiratory muscle training, expiratory muscle strength, swallowing function, Barthel Index

1) 武庫川女子大学 健康運動科学研究所
〒663-8558 西宮市池開町6-46

2) 健康保険鳴門病院 リハビリテーション部

3) 神戸学院大学大学院 総合リハビリテーション学研究科

4) 鳴門山上病院 リハビリテーション科

5) 健康保険鳴門病院 内科

Mukogawa Women's University, Institute for Health and Exercise Science, 6-46 Ikebiraki-cho, Nishinomiya, 663-8558, Japan

I. はじめに

呼吸筋トレーニング (Expiratory muscle training: EMT) は、咳嗽能力を改善させ、誤嚥性肺炎を予防する方法として、近年注目を集めている。EMTによる効果は、従来呼吸筋力の増強¹⁻⁴や運動耐容能の改善⁵、声量の増大⁶などが報告されているが、近年咳嗽能力の改善^{2,7,8}や嚥下機能への影響⁸⁻¹⁰についても研究が実施されている。また、EMTが嚥下機能を改善させた研究はパーキンソン病患者に対する4週間のEMT効果を検討した報告^{8,11}や柳澤ら¹²による症例研究がみられるのみである。

要介護認定者は加齢や基礎疾患の有無によって、呼吸機能や呼吸筋力などの予備能力が低下していると予測され、EMTを地域に居住する在宅要介護認定者に応用することで、要介護認定者の嚥下機能の改善に役立つのではないかと考えられる。これまで、要介護認定者に対する運動機能のトレーニング効果^{13,14}についての報告は見られるが、在宅要介護認定者が自宅で行う呼吸筋トレーニングを検証した我が国での報告は柳澤らによる研究¹⁵が散見されるのみである。

そこで、本研究は在宅要介護認定者に対するセルフトレーニングによるEMT実施前後での呼吸機能・呼吸筋力・嚥下機能を比較することによって、その効果を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

A. 対象者

対象は、健康保険鳴門病院および鳴門山上病院の

訪問リハビリテーション事業所にて管理されており、鳴門市に在住され介護保険による要介護認定を受けている24名とした。除外対象は重篤な心疾患を有する者、既往歴に気胸を有する者、理解力に問題があり、認知機能のMMSE (Mini-Mental State Examination) において23点以下の者、本研究に同意が得られない者とした。また、EMT実施期間中に感染症の徴候が出現した場合や体調不良により、EMTの継続が困難な場合は中止し、除外した。除外基準の対象となった2名を除く22名 (男性12名・女性10名、74.1±2.4歳) を対象とした。対象者の診断名は、脳梗塞8名、頸椎症性脊髄症6名、パーキンソン病2名、関節リウマチ2名、変形性関節症2名、脊髄小脳変性症1名、脊椎圧迫骨折1名であった。また、対象者の要介護認定は要支援1 (2名)、要支援2 (4名)、要介護1 (4名)、要介護2 (8名)、要介護3 (2名)、要介護5 (2名) であった (表1)。

研究期間は、2011年6月から2012年12月までとした。なお、本研究の開始にあたり健康保険鳴門病院倫理審査委員会および鳴門山上病院倫理委員会の承認を得た。また、被験者には研究概要を口頭また紙面にて説明し、同意の署名を得た後に実施した。

B. 研究方法

方法は次の通りであった。

1. EMT使用機器

EMTとして使用する機器はRESPIRONICS社製 Threshold IMTを用いた。この機器は、小型でなおかつ軽量であり、使用方法は簡易である。Threshold IMTは吸気筋トレーニングに使用されるもので

表1. 対象者の背景

対象者数 (男/女) (名)	12/10
年齢 (歳)	74.1±2.4
BMI (kg/m ²)	22.6±0.7
基礎疾患 (名)	脳梗塞8, 頸椎症性脊髄症6, 関節リウマチ2 変形性関節症2, パーキンソン病2, 脊髄小脳変性症1, 脊椎圧迫骨折1
要介護度 (名)	要支援1(2)、要支援2(4)、要介護1(4) 要介護2(8)、要介護3(2)、要介護5(2)
Barthel Index (点)	72.6±4.6

平均値±標準偏差 (最小値~最大値), BMI:body mass index

あるが、我々は通気口を逆に位置して負荷圧を検討した結果、EMTに使用可能である¹⁶ことを確認している。

2. EMTプロトコール

EMTは対象者の自宅でのセルフトレーニング課題とし、EMTは非監視下であった。先行研究¹に準じ、EMT期間は4週間とし、EMTに使用される負荷圧力値はトレーニング開始前の最大呼気圧 (Maximum expiratory pressure : MEP) の30%を用いた。また、2回目以降の設定圧は再評価時に得られたMEPに応じ、負荷圧の再調整を随時行った。EMTの頻度は1日15分間2回とした。EMT期間中にめまいや胸痛などの症状が出現すれば、直ちにEMTを中止し、医師の診察を受けるようにした。EMTが遂行できているかの確認については、EMT実施後にチェックリストへの自己記入ならびに1週間隔の測定目的での訪問時に口頭による確認やチェックリストの確認を行った。

3. 測定項目と測定時期

測定項目は呼吸機能・呼吸筋力・嚥下機能とし、すべての測定の測定肢位は端坐位とした。呼吸機能測定にはスパイロスターDX (Medikro社製) を使用し、努力性肺活量 (forced vital capacity: FVC)、%FVC (実測FVC/予測FVC×100)、最大呼気流速 (peak expiratory flow: PEF) を測定した。咳嗽能力は、佐々木ら¹⁷の方法に準じて、スパイロメータのマウスピースにフェイスマスクを接続し、フェイスマスクにて空気漏れがないように口と鼻を覆い、最大吸気位から努力性に大きく咳嗽を行ったときの咳嗽時最大呼気流速 (peak cough expiratory flow: PCEF) を測定した。また、呼吸筋力測定にはMicro RPM (Micro Medical社製) を使用し、MEPと最大吸気筋力 (maximum inspiratory pressure: MIP) を測定した。MEPとMIPの測定は、Black と Hyatt の方法¹⁸に従った。方法は、ノーズクリップをつけ、マウスピースを銜え、全肺気量 (total lung capacity: TLC) 位から最大呼気を残気量位から最大吸気を行い、3秒間維持した。各々3回測定を行い、最大値を採用した。なお、Micro RPMを使用した呼吸筋力測定での再現性については先行研究¹⁹で確認されている。嚥下機能は反復唾液嚥下テスト (repetitive saliva swallowing test, RSST) を用い、被検者の喉頭挙上を触診で観察す

るものであり、30秒間に何回嚥下が行われるか診査した。

測定はEMT開始前に基準値の測定を行った。基準値を得るために、まず1回目の測定を行い、1週間後に再度2回目の測定を行った。測定結果が練習効果の影響を受けているのかを確認した。RSST以外の指標は、EMT開始後は1週間隔で測定を4回行い、EMT期間中には合計4回の測定を行った。RSSTはEMT開始前とEMT4週目のみ検査した。

C. 統計解析

まず、EMT開始前の基準値についての検討を行った。これは対象者が平均74.1歳の高齢者であり、練習効果による基準値への影響の有無を把握するために、EMT開始前の1回目と1週間後の2回目の測定値を対応のあるt検定にて検討した。

次に、EMTの効果を検討するために、Barthel Index中央値の75点で2群に分け、Barthel Index75点以上群と75点未満群における各項目のEMT開始前・EMT開始後1週目、2週目、3週目、4週目のRSST以外の測定値に対する2元配置分散分析ならびに多重比較を実施した。各時期内のBarthel Index75点以上群と75点未満群における呼吸指標には対応のないt検定およびMann-WhitneyのU検定を実施した。また、EMT開始前とEMT開始後4週目に検査したRSSTには、Friedman検定を用いた。なお、統計解析にはSPSS Statistics ver.20を用い、危険率5%未満を有意基準とした。

Ⅲ. 結 果

EMT開始前のFVC、%FVC、MEP、MIPの基準値について検討し、1回目と2回目の測定値の間に有意差がなかったため、開始前1回目のデータを開始前の代表値とした。

次に、Barthel Indexの高低とEMT開始からの時期による分散分析で、Barthel Indexの高低とEMT開始からの時期には交互作用はなく、Barthel Indexの高低とEMT開始からの時期の両方に主効果を認めた ($p<0.001$, $p<0.05$)。MEPのみ開始前よりEMT3週目、4週目で有意に高値を示した ($p<0.05$)。Barthel Index75点以上群が75点未満群より有意に高かった呼吸指標、呼吸筋力、咳嗽能力は、%FVCはEMT前とEMT1週目で、MIPは

EMT 2 週目から 4 週目で、MEP, PEF, PCEFは全時期であった ($p<0.05$) (表 2)。また、RSSTについては開始前と開始後 4 週目後で有意差がなかった (表 3)。

IV. 考 察

本研究は、介護保険を利用されている在宅要介護認定者に対して EMT を実施し、EMT 実施前後での呼吸機能・呼吸筋力・嚥下機能の変化を比較し、その効果を検討した。その結果、呼気筋力は Barthel Index 75 点以上群、75 点未満群とも EMT 開始前より 3 週以降に EMT の効果が観察された。また、各測定時期で Barthel Index 75 点以上群が 75 点未満群より常に高い呼気筋力を有していた。

1. 呼吸指標に対する効果

Kimら⁷は、健常高齢者に EMT を実施し、MEP が増加したと報告している。本研究とは年齢的には類似した高齢者であるが、介護が必要であり、活動性が低下している点が異なっている。活動水準は異なっていたが、EMT の効果は同様の結果を示した。Barthel Index は、食事・移乗・整容・トイレ・入浴・歩行・階段昇降・更衣・排便・排尿の 10 項目から構成され、各項目を数段階で評価した合計点数で日常生活動作の能力を評価するものである²⁰。満点が 100 点で全自立、60 点が部分自立、40 点が大部分介助、0 点は全介助である。したがって、概ね Barthel Index 75 点以上は歩行移動レベル、75 点未満は車椅子生活レベルに相当すると考えられる。本研究では、EMT は歩行移動レベルや車椅子生活レベルも含めた在宅要介護認定者に対する呼気筋力の増強

表 2 EMT 前後における呼吸機能・呼吸筋力・咳嗽能力の変化

	EMT前	EMT1週後	EMT2週後	EMT3週後	EMT4週後
Barthel Index \geq 75					
FVC (L)	2.37 \pm 0.75 †	2.42 \pm 0.83 †	2.27 \pm 0.77	2.35 \pm 0.78 †	2.34 \pm 0.81
%FVC (%)	84.2 \pm 11.6 †	85.3 \pm 12.7 †	80.0 \pm 13.2	83.1 \pm 12.4	82.2 \pm 9.8
MEP (cmH ₂ O)	81.7 \pm 16.7 †	90.3 \pm 20.3 †	93.6 \pm 22.7 †	99.6 \pm 20.2* †	100.6 \pm 21.0* †
MIP (cmH ₂ O)	51.4 \pm 13.1	59.5 \pm 13.6	62.4 \pm 15.7 †	67.7 \pm 14.8 †	69.5 \pm 18.7 †
PEF (L/min)	347.3 \pm 114.2 †	363.0 \pm 119.5 †	370.6 \pm 119.5 †	374.0 \pm 125.0 †	377.0 \pm 116.6 †
PCEF (L/min)	297.2 \pm 111.0 †	311.6 \pm 109.3 †	314.7 \pm 110.5 †	326.4 \pm 114.8 †	333.3 \pm 115.1 †
Barthel Index < 75					
FVC (L)	1.64 \pm 0.56	1.78 \pm 0.54	1.72 \pm 0.48	1.76 \pm 0.50	1.77 \pm 0.56
%FVC (%)	64.3 \pm 20.1	70.0 \pm 19.7	67.6 \pm 17.9	69.5 \pm 19.8	69.2 \pm 19.2
MEP (cmH ₂ O)	55.6 \pm 14.3	62.8 \pm 12.6	64.5 \pm 13.9	67.5 \pm 12.9	69.9 \pm 12.8
MIP (cmH ₂ O)	42.6 \pm 16.2	44.4 \pm 17.1	46.6 \pm 16.6	49.7 \pm 15.8	49.8 \pm 15.7
PEF (L/min)	253.8 \pm 86.6	267.9 \pm 86.2	277.4 \pm 79.9	293.0 \pm 83.0	302.0 \pm 90.3
PCEF (L/min)	223.8 \pm 81.3	237.9 \pm 88.0	244.2 \pm 79.8	252.7 \pm 77.1	260.3 \pm 81.8

平均値 \pm 標準偏差, FVC : forced vital capacity, MEP : maximum expiratory pressure, MIP : maximum inspiratory pressure, PEF : peak expiratory flow, PCEF : peak cough expiratory flow, Tukey post hoc comparisons ; * : $p<0.05$, EMT 前と比較, † : $p<0.001$, Barthel Index < 75 と比較

表 3 EMT 前後における嚥下機能の変化

	EMT前	EMT 4 週後
Barthel Index \geq 75		
RSST回数 (名)	3 回(2), 4 回(7), 5 回(1), 不明(1)	3 回(0), 4 回(5), 5 回(4), 7 回(1), 不明(1)
Barthel Index < 75		
RSST回数 (名)	3 回(8), 4 回(1), 5 回(1), 不明(1)	3 回(2), 4 回(6), 5 回(2), 不明(1)

効果があり、それはトレーニング開始3週以降に発現することが明らかになった。

2. 嚥下機能に対する効果

本研究では、EMTの負荷強度をMEPの30%と設定したが、嚥下機能の指標であるRSSTの改善は認められなかった。EMTが嚥下機能に有効であった臨床研究は、症例研究を除くと、いずれもパーキンソン病患者を対照としたPittsら⁸とTrocheらの研究¹¹のみであった。前者の対象患者は平均72.9歳であり、使用されたプロトコルでは、EMT期間は4週間で負荷強度MEPの75%で強い呼吸負荷を使用していた。後者の対象患者は平均66.7歳であり、使用されたプロトコルはPittsらの研究と同様であった。本研究は、より高齢の在宅要介護認定者であり、かつ非監視下でのEMTに対する4週間のアドヒアランスを維持するために、低負荷でも嚥下機能の改善に資する舌骨上筋群の活動を高めることが可能とされている^{10,12,21}低強度の負荷を選択した。また、嚥下の機能評価として、両研究では喉頭侵入・誤嚥の重症度スケールであるpenetration-aspiration scale (PA score) を用いており^{8,11}、EMT前のPA scoreでは食塊が声門下まで入り、咳嗽しても気道から排出されないscore 7の嚥下障害患者も含まれていたのに対して、本研究での対象者はRSSTが嚥下機能の正常下限値である3回は行えており、嚥下機能は正常であった。このように、負荷強度および対象の相違がEMTの嚥下機能に対する効果を示さなかった理由であると考えられる。

EMT実施時の舌骨上筋群の筋活動パターンは嚥下機能訓練であるMendelsohn手技やeffortful swallowに類似し、EMTの嚥下機能への機能改善の可能性⁹としており、EMTによる効果は呼吸筋力のみならず、嚥下機能への効果も期待される。また、EMT自体の課題は「息を吹く」というシンプルで高齢者でも理解しやすい課題であることや、自宅で訪問スタッフや介助者の付添いがない条件下でもベッド上にて単独で実施可能で他人の介助を必要としないトレーニングであり、訪問スタッフや家族が付添いで行うトレーニング以外の時間に1人で実施できることなどの特徴があり、EMTは高齢者に導入が行いやすく、在宅で広く普及できる可能性がある¹⁵。

3. 今後の課題

在宅要介護認定者に対するEMTはトレーニング開始後呼吸筋力を改善した。しかし、嚥下機能の改善につながるトレーニング負荷強度、トレーニング頻度、トレーニング期間といったプロトコルや対象者選択などのさらなる検討が今後必要である。

V. まとめ

本研究の結果、在宅要介護認定者に対する呼吸筋トレーニングは呼吸筋力を改善させた。しかし、アドヒアランスを維持した嚥下機能の改善につながるトレーニング負荷強度、トレーニング時間、トレーニング頻度などのプロトコルや対象者選択などのさらなる検討が今後必要である。

引用文献

1. Kim J,Sapienza CM. Implications of expiratory muscle strength training for rehabilitation of the elderly: Tutorial. *J Rehabil Res Dev*, 42, 211-224, 2005.
2. 小島肇. 脳梗塞後の摂食嚥下障害患者への呼吸筋トレーニングの効果. *理学療法学*, 33, 434-436, 2006.
3. 秋吉史博, 高橋仁美, 菅原慶勇, ほか. 呼吸筋強化が呼吸筋力に及ぼす影響. *理学療法学*, 28, 47-52, 2001.
4. 佐藤麻知子, 佐竹将宏, 塩谷隆信, ほか. 呼吸筋トレーニングにおける効果的な負荷圧の検討. *理学療法学*, 29, 37-42, 2002.
5. Mota S,Güell R,Barreiro E,et al. Clinical outcomes of expiratory muscle training in severe COPD patients. *Respr Med*, 101, 516-524, 2007.
6. Sapienza CM, Davenport PW,Martin AD. Expiratory muscle training increases pressure support in high school band students. *J Voice*, 16, 495-501, 2002.
7. Kim J,Davenport P,Sapienza C. Effect of expiratory muscle strength training on elderly cough function. *Arch Gerontol Geriatr*, 48, 361-366, 2009.
8. Pitts T,Bolser D,Rosenbek J,et al. Impact of expiratory muscle strength training on voluntary cough and swallow function in Parkinson disease. *Chest*, 135, 1301-1308, 2009.
9. Wheeler KM,Rosenbek JC,Sapienza CM,et al. Submental sEMG and hyoid movement during Mendelsohn maneuver, effortful swallow, and expiratory muscle strength training. *J speech Lang Hear Res*, 51, 1072-1087, 2008.
10. Wheeler KM,Chiara T,Sapienza CM. Surface electromyographic activity of the submental muscles dur-

- ing swallowing and during expiratory pressure threshold training tasks. *Dysphagia*, 22, 108-116, 2007.
11. Troche MS, Okun MS, Rosenbek, et al. Aspiration and swallowing in Parkinson disease and rehabilitation with EMST. *Neurology*, 75, 1912-1919, 2010.
 12. 柳澤幸夫, 松尾善美, 春藤久人, ほか. パーキンソン病患者に対する呼気筋トレーニングの効果—シングルケーススタディー. *日摂食嚥下リハ会誌*, 16, 75-80, 2012.
 13. 中川和昌, 猪股伸晃, 今野敬貴, ほか. 要支援・軽度要介護高齢者に対する個別運動介入に集団運動がもたらす効果. *理学療法科学*, 23, 501-507, 2008.
 14. 平瀬達哉, 井口茂, 中原和美, ほか. 在宅虚弱高齢者に対する異なる運動介入が身体機能に及ぼす経時的变化について. *理学療法科学*, 26, 1-5, 2011.
 15. 柳澤幸夫, 松尾善美, 直江貢, 中村武司, 堀内宣昭. 在宅要介護認定者の咳嗽能力に対する呼気筋トレーニングの効果. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*, 22, 82-88, 2012.
 16. 柳澤幸夫, 松尾善美, 堀内宣昭. Threshold IMT® 使用下の呼気抵抗負荷についての検討. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*, suppl. 20, 195, 2010.
 17. 佐々木誠, 佐藤峰善, 畠山和利. 咳嗽力の測定再現性と特性. *秋田大学医学部保健学科紀要*, 12 : 53-57, 2004.
 18. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*, 99, 696-702, 1969.
 19. Dimitriadis Z, Kapreli E, Konstantinidou I, et al. Test/retest reliability of maximum mouth pressure measurements with the Micro RPM in healthy volunteers. *Respir Care*. 56 : 776-782, 2011.
 20. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel Index. *Md State Med J*. 14, 61-65, 1965.
 21. 福岡達之, 杉田由美, 川阪尚子, ほか. 呼気抵抗負荷トレーニングによる舌骨上筋群の筋力強化に関する検討. *日摂食嚥下リハ会誌*, 15, 174-182, 2011.