

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：27501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K11860

研究課題名(和文) 加齢による嚥下機能低下予防のための運動方法の検討

研究課題名(英文) Development of a method for preventing age-related decline in swallowing function

研究代表者

秦 さと子(小野さと子)(Shin, Satoko)

大分県立看護科学大学・看護学部・准教授

研究者番号：10443897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、加齢性の嚥下機能低下を予防、改善するための方法を検討することを目的に取り組み、奥舌挙上運動を開発した。本法は奥舌を軟口蓋に力一杯に押し上げて10秒間維持させ、10秒間休憩時間を挟んで5回実施する。これを1セットとする。高齢者に1回1セット、1日2回、2週間取り組んでもらった結果、舌骨上筋群の嚥下時に発揮する筋活動量が、コントロール群に比べ運動群で有意に増加した。このことから、奥舌挙上運動は舌骨上筋群の筋力強化につながり、加齢性の嚥下機能低下を改善させる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

誤嚥は生命を脅かす危険を伴う兆候で、原因の1つに加齢性の嚥下機能低下がある。本研究は、嚥下過程において重要な役割を担う舌骨上筋群の訓練方法として奥舌挙上運動を開発した。2週間の取り組みで嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量が増加することを明らかにした。嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の増加は、嚥下反射潜時の短縮、気道閉鎖時間の維持につながり誤嚥予防に寄与するものと考えられる。また本法は、特定の道具や場所が必要なく、身体的負担も軽いことからあらゆる年齢層に嚥下機能低下予防法として取り組みやすい。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to investigate methods for preventing and improving age-related decline in swallowing function. The back of the tongue is pushed up to the soft palate with force and held for 10 seconds. The exercise was performed 5 times with a 10 second break in between. This exercise series was named "posterior lingual exercise." The exercise was performed twice a day for 2 weeks. As a result, changes in average RMS was observed a significant difference between Exercise Group and Control Group ( $p < .05$ ). Posterior lingual exercise may improve suprahoid muscle activity when swallowing, indicating that this may be an effective training method for muscle strengthening.

研究分野：加齢性の嚥下機能低下予防

キーワード：加齢性 嚥下機能低下 予防法

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

多くの高齢者は嚥下機能が潜在的に低下し、生活や生命を脅かしていることへの認識は低い。また嚥下機能低下予防の対策も十分とは言い難く、誤嚥性肺炎による高齢者の死亡を食い止めることができていない。高齢者の嚥下機能で特に問題なのは誤嚥に直結する嚥下反射惹起遅延である。この原因の一つに加齢性の一酸化窒素産生能低下がある。血中一酸化窒素は嚥下反射誘発促進効果があることが動物実験で分かっているため、その増産により高齢者の嚥下機能の改善・維持が期待できる。

実際に、本研究代表者は、20歳代女性10名に対し自転車エルゴメータで50%V(dot)O<sub>2</sub>maxの運動強度で30分間の運動を実施し、運動前、運動直後(運動後5分以内)の嚥下反射機能を測定し有意に嚥下反射惹起潜時が短縮することを確認した。また、運動後の血中乳酸値を測定することで有酸素運動であったことも確認した。このことより、有酸素運動が嚥下反射惹起機能を改善させる可能性が示唆された。しかし、有酸素運動による機能改善後の維持効果や機能改善に必要な1日の運動頻度や時間など不明な点が多い。また、自転車エルゴメータは高価で手に入りにくいいため安易には取り組みにくい。高齢者には日常生活で簡単に取り組み、身体的負担が少ない運動の検討が必要である。

そこで、本研究は有酸素運動による高齢者の嚥下機能への効果と効果的な運動法を明らかにすることで高齢者の嚥下機能低下予防策の一助となることを目的とした。

## 2. 研究の目的

(1) 嚥下機能を改善させる運動方法を明らかにする。

- ① 高齢者がすでに取り組んでいる運動習慣と嚥下機能との関連を明らかにする。
- ② 奥舌挙上位と通常嚥下における舌骨上筋群の筋活動量との関連を明らかにする。

(2) 高齢者に対する嚥下機能改善のための運動方法を明らかにする。

## 3. 研究の方法

### 研究目的(1)-①

70歳以上の高齢者26名を対象に、実際に行っている運動習慣についての自記式アンケートと7日間の身体活動量をライフコーダ(株式会社スズケン、Lifecorder GS/Me)を用いて評価した。嚥下反射機能については地域高齢者嚥下機能評価尺度(DRACE: Dysphagia Risk Assessment for the CommunitydwellingElderly)を用いて自覚症状、嚥下反射惹起機能については反復唾液嚥下テスト(RSST: the Repetitive Saliva Swallowing Test)、および舌圧測定器(JMS: TPM-01)による舌圧値を測定し評価した。その結果、運動習慣あり群と運動習慣なし群では、嚥下機能に有意な差を認めなかった。また、研究者が事前に調査した嚥下機能を改善させる可能性のある運動強度(平均強度5~6metsを30分間)に合致する運動を2回/週以上行っている対象者はいなかった。このことから、高齢者に現在取り組んでいる運動習慣に今以上の運動負荷量を課すリスクを考慮し、全身性の運動より身体的負担の少ない局所性の運動で効率的に実施できる方法の開発に取り組むこととした。

### 研究目的(1)-②、および(2)

**対象:** 嚥下機能障害について過去に診断を受けたことがなく、下顎部に電極を使用することから皮膚アレルギーや皮膚トラブルがない70歳以上の健康な男女を対象とした。内訳は奥舌挙上運動実施群(以下、運動群)10名、奥舌挙上運動非実施群(以下、コントロール群)10名とした。  
**奥舌挙上運動の方法:** 舌骨の位置に軽く指を当て、[k, k]と2回発声して舌骨が挙上することを確認するとともに、口腔内で奥舌が軟口蓋に接触することを確認してもらう。3回目の発音時、発声をせず、奥舌を軟口蓋に力一杯押し付けた状態で10秒間止める。この間、鼻から呼吸してもよいことを説明する。10秒間休憩をはさんで5回実施する。この一連の運動を奥舌挙上運動と名付けた。運動は1日2回(午前・午後に各1回)を月曜日から金曜日の連続5日間行い、2週間取り組んでもらった。

**嚥下時の筋活動量の測定手順:** 筋活動量は、嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量を表面筋電図(sEMG: surface Electromyogram)を用いて測定した。表面筋電計(迫坂電子機器、ワイヤレス筋電センサーOE-WES1224)に銀/塩化銀の円形電極(直径34mm)を接続し、下顎部に電極を貼付した。電極の貼付位置については興津他(1998)の研究によって舌骨上筋群の筋活動を記録することができる部位を選択した(興津他 1998)。左右のオトガイ結節から下顎を結ぶ前1/3の点を結ぶ線上、垂直に通る下顎中央部から1.5cm外側に電極を装着した。電極間距離は3cmに統一した。アースは、頬骨上に貼付した。収集するデータは、常温の清涼飲料水(キリンビバレッジ株式会社 ナチュラルミネラルウォーター)3mlを嚥下する時の舌骨上筋群の筋活動量である。舌骨上筋群の筋活動は、食塊輸送のための舌運動を除いた嚥下時の記録を行うため、3mlの水を口腔内に含み、口腔内奥で蓄えた状態で舌を制止させ、sEMGの波形が安定したことを確認してから、飲み込むように指示した。測定は、運動取り組み開始日の前日(0日目)と運動取り組み期間最終日の翌日(13日目)に実施した。記録した筋電図から嚥下時の筋電波形を特定するためにWebカメラ(Logicool,HD Pro Webcam,C920r)を用いて頸部(甲状軟骨)の動きを、sEMG測定と同時にビデオ映像で記録する。また嚥下の開始がビデオ画像で判断できるように開始指示は口頭と人差し指で行い、指が画像に映るようにした。筋活動は、1kHzのサンプリング

周波数で記録し、CSV形式テキストファイルで保存した。sEMG信号は筋電解析ソフト（EMG Multi ANALYSIS PROGRAM Map1038A ver.7.22, LOGICAL PRODUCT CORPORATION）を使用してオフラインで処理した。研究者2人で、記録したビデオ画像から嚥下の開始時点と終了時点を確認し、この2点間を嚥下における筋活動区間とし、RMS（root mean square）と嚥下時間を算出した。それぞれ5回のデータのうち、値の最も高いものと最も低いものを除いた3データの平均を個人の値とした。

**分析方法：**運動群においては運動実施期間前後、コントロール群については運動群と同期間を挟む前後について、各対象者の運動実施期間後のRMSから運動実施期間前のRMSを差し引いた値をRMS変化量として、2群間の平均値を比較した。嚥下時間については、各対象者の運動実施期間後から運動実施期間前の嚥下時間を差し引いた値を嚥下時間変化量とし、2群間の平均値を比較した。分析にあたり、2群間についてLeveneの等分散性の検定を行い、帰無仮説が採択された場合にはStudent t-test、棄却された場合にはWelch's t-testを行った。有意水準は5%未満とした。分析には、IBM SPSS statistics23（IBM社）、エクセル統計2016（株式会社社会情報サービス）を使用した。

**舌骨上筋群への運動負荷量に関する予備調査：**奥舌挙上運動の具体的な方法を決定するにあたり、事前に舌骨上筋群に対するトレーニング効果が得られやすい負荷量について検討した。20代の男女各20名、計40名（平均年齢； $21.75 \pm 0.81$ ）に対して、3mlの飲料水嚥下時と5秒間の奥舌挙上運動時、および5秒間の頭部挙上時の舌骨上筋群筋活動量についてsEMGを用いて記録した。sEMGの装着位置、データの収集方法、波形解析方法に関しては、前述と同様の方法で実施した。得られた結果について、奥舌挙上運動時、3mlの飲料水嚥下時の舌骨上筋群筋活動量（RMS）を頭部挙上時の舌骨上筋群筋活動量（RMS）で除して正規化した。その結果、奥舌挙上運動時の舌骨上筋群の筋活動量は $68.2 \pm 50.8\%$ 、嚥下時は $71.8 \pm 32.8\%$ で有意な差は認めなかったことから、奥舌挙上運動による舌骨上筋群への筋負荷量の程度は、嚥下時と同程度であるとわかった。比較に用いたRMSは、時間当たりの筋活動量を示すことから、奥舌挙上運動の持続時間の長さによって運動負荷量を高めることができる。そこで、身体的負担を考慮し1回の運動の持続時間を10秒間に決定し、1回の運動の後に10秒間の休憩を挟んで5回行うことを1セットとし筋負荷量を高めた。

**倫理的配慮：**本研究および予備調査は、研究者所属施設の研究倫理安全委員会の承認を得て実施した（承認番号；本調査18-20、予備調査17-40）。対象者に対しては、研究目的や方法、プライバシーの保証、研究への参加は個人の自由意思であること、一度同意した後でも参加を断ることが可能であること、参加を断ったことにより何らかの不利益を生じることがないことなどを文章及び口頭で説明し、同意を得たうえで実施した。

#### 4. 研究成果

**結果：**対象者は運動群が男性1名、女性9名の計10名（平均年齢 $87.00 \pm 5.51$ 歳）、コントロール群については、調査期間中に入院した1名を除く男性2名、女性7名の計9名（平均年齢 $83.80 \pm 7.60$ 歳）とした。2群間の年齢についてStudent t-testを行ったところ、有意な差は認めなかった。

**各群のRMS変化量の比較(表1)：**2群間の運動前のRMSについて、Student t-testを行ったところ、有意な差は認められなかった。運動群におけるRMS変化量の平均は $22.91 \pm 38.96 \mu V$ で、コントロール群は $-8.09 \pm 17.82 \mu V$ であった。2群間のRMS変化量について、Welch's t-testを用いて比較した結果、運動群はコントロール群に比べて有意にRMS変化量が多かった（ $p < 0.05$ ）。

**嚥下時間変化量の比較(表2)：**運動群における嚥下時間変化量の平均値は $-0.14 \pm 0.17$ 秒、コントロール群は $0.10 \pm 0.25$ 秒であった。2群間で嚥下時間の変化量についてWelch's t-testを用いて比較した結果、運動群はコントロール群に比べて有意に嚥下時間が短縮した（ $p < 0.05$ ）。

表 1. 2群間のRMSの変化量の比較

	運動群	コントロール群	P値
RMS( $\mu V$ ) (Mean $\pm$ SD)	$22.91 \pm 38.96$	$-8.09 \pm 17.82$	*

Welch's t-test \* $p < 0.05$

表 2. 2 群間の嚥下時間の変化量の比較

	運動群	コントロール群	P 値
嚥下時間(秒) (Mean±SD)	-0.14±0.17	0.10±0.25	*

Welch 's t-test \*p < 0.05

**考察：**本研究は、加齢の影響を受けた舌骨上筋群に対して筋力強化を目的に、奥舌挙上運動を2週間実施し、実施前後の変化をsEMGによる嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量で比較した。その結果、奥舌挙上運動実施後、嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量の増加が観察され、奥舌挙上運動は嚥下時に舌骨上筋群が発揮する筋活動量を増加させる可能性が示唆された。また、指示嚥下後、喉頭挙上を開始する時点から最挙上時点での停止を経て元の位置に戻るまでの時間の短縮も観察された。

舌骨上筋群は嚥下咽頭期において嚥下反射惹起に伴い舌骨を前上方へ牽引し、気道防御と輪状咽頭筋の弛緩に伴う食道入口部の開大に関与している (Shaker R. et al. 1997)。そのため、舌骨上筋群に筋力低下をきたすと、嚥下反射惹起遅延や、舌骨、喉頭の挙上量不足から食道入口部開大不全が生じ、咽頭残留や誤嚥などを呈すと考えられる。そのため、舌骨上筋群に対する筋力トレーニングの効果として、嚥下時に舌骨上筋群が発揮する筋活動量の増加は誤嚥の低減に寄与する可能性がある。また、先行研究では、舌骨・喉頭挙上距離は年齢との相関がないにもかかわらず、喉頭挙上時間が加齢により延長したことから、高齢者の嚥下には加齢による喉頭挙上速度の低下、喉頭挙上のタイミングの遅れがある可能性が示唆されている (飴矢 他 2006)。このことに基づくと、本研究において、奥舌挙上運動の取り組み後に嚥下時間が有意に短縮したことは、舌骨や喉頭の挙上に関わる舌骨上筋群の筋力が強化されたことによる喉頭挙上速度が短縮した可能性が考えられる。しかし、今回測定した嚥下時間に関しては、喉頭挙上にかかった時間や速度と停止時間、下降時間、および誤嚥との関連については検討していないため、舌骨上筋群の筋力増強による喉頭挙上速度への影響に関する検討は今後の課題である。

一般的に筋力増強を目的とした抵抗トレーニングでは、筋に一定量以上の負荷をくわえて収縮させる必要があり、運動強度の基準として最大筋力の60~70%の負荷が必要とされる (市橋 2015)。しかし、舌骨上筋群の筋力トレーニングにおいては、最大筋力を測定することができないため、適度な運動強度、収縮時間、トレーニング頻度などの過負荷の原則を考慮した負荷条件の3つを的確に設定することは難しい。しかし、Kobayashi. et al は、運動強度が30%IRMの低負荷トレーニングであっても、低負荷8回12セットを行えば80%IRMの高負荷8回3セットと同程度の筋肥大と筋力増加及び筋の質改善が得られたと報告しており (Kobayashi. et al. 2014)、低負荷であっても反復回数を増やすことで効果が期待できることを示している。人において嚥下動作は、1日に500回以上実施されているが (Lear.C.S.C et al.1965)、嚥下関連筋は加齢の影響を受けて筋力低下をきたすことから、舌骨上筋群に対する運動強度は弱いことが推察される。また、正常嚥下1回が1秒以内で完結する運動であることを考慮すると、本研究における奥舌挙上運動は、水のみ嚥下程度の筋負荷であるものの10秒間の筋収縮を10秒間の休憩を挟んで5回1セットを1日2回反復することで、筋力強化につながる負荷量となった可能性が考えられる。Wadaらの行った下顎を下制する開口訓練は最大の開口位を10秒間保持と10秒間休憩を1回とし、5回繰り返す、1日2回行うもので、舌骨上方挙上量や食道入口部の開大などに効果が報告されている (wada. et al. 2012)。この訓練法は、舌骨上筋群の舌骨挙上の働きではなく開口筋であることを活かした方法という点では本研究と異なるが、同じ筋肉をトレーニング対象とし、同じセット内容と実施回数であることから、舌骨上筋群筋のトレーニングについて適度な運動負荷量の査定の参考になると考えられる。

一方で、効率性を考えると、嚥下時の舌骨上筋群の動作の筋力の増加を目的とする場合、その動作と同じ動作を反復する特異性の原則に沿ったトレーニングが良いとされる (市橋 2015)。本研究における奥舌挙上運動は、嚥下時の舌口蓋閉鎖や食塊の搾送運動時にみられる動作であることから、特異性の原則に沿ったトレーニングであるともいえる。このことは、本トレーニングが2週間で評価したにもかかわらず、筋力の増強効果につながった一因である可能性が考えられる。しかし、トレーニングによる効果を得るためには、最小でも6~8週間行うことが推奨されている (Hettinger.Th 1970)。本研究においては高齢者を対象とした調査であったことから長期的な介入には限界があった。今後は、本研究結果を基に継続的に取り組んでもらえるような支援が必要である。

奥舌挙上運動における[k]音は日常会話時に働く舌運動でもあり、1回の運動にかかる時間も3分程度である。また、運動に協力してくれた対象は高齢者であったが、期間中、身体的負担が理由で中断する人は一人もなく、継続して取り組めたことから高齢者にも継続的に取り組める運動である可能性が示唆された。

本研究では、嚥下時における舌骨上筋群の筋活動量の変化は確認できたが、嚥下機能への直接的な影響の検証は行っていない。今後は、継続的に取り組むことで、具体的にどのような点における機能改善につながるかの検証が必要である。

#### 引用文献

- 興津太郎, 園田茂他. 舌骨上筋群における嚥下表面筋電図の電極位置の検討. リハビリテーション医学 35, 1998, 241-244.
- Shaker R, Kern M, et al. Augmentation of deglutitive upper esophageal sphincter opening in the elderly by exercise. *Am J Physiol* 272, 1997, G1518-G1522.
- 飴矢美里, 西窪加緒里他, 加齢による嚥下機能の変化. *耳鼻と臨床* 52 卷(補 4), 2006, 249-255.
- 市橋則明, 臨床理学療法領域におけるコア・パラダイムー筋力トレーニングにおけるパラダイムシフト. *理学療法* 42(8), 2015, 695-696.
- Kobayashi H, Koyama Y, et al, A unique form of light-load training improves steadiness and performance on some functional tasks in older adults, *Medicine & science in sports* 24(1), 2014, 98-110.
- Lear.C.S.C, Flanagan.J.B, et al. The frequency of deglutition in man, *Arch. Oral Biol* 10(1), 1965, 83-99.
- Wada S, Tohara H, et al. Jaw-opening exercise for insufficient opening of upper esophageal sphincter, *Arch Phys Med Rehabil*, 93(11), 2012, 1995-1999.
- Hettinger.Th(猪飼道夫 他/訳), *アイソメトリックトレーニングー筋力トレーニングの理論と実際ー*, 大修館書店,1970.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 秦さと子
2. 発表標題 有酸素運動による血流量の変化と嚔下反射潜時との関連
3. 学会等名 第82回日本健康学会総会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----