

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：35413

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11235

研究課題名（和文）舌筋力トレーニングが嚥下筋量および嚥下時舌圧に及ぼす効果

研究課題名（英文）Effect of tongue strengthening exercise on swallowing muscles and tongue pressure

研究代表者

福岡 達之（Fukuoka, Tatsuyuki）

広島国際大学・総合リハビリテーション学部・准教授

研究者番号：10781289

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、舌筋力トレーニングが舌圧と嚥下筋の筋量に及ぼす効果を検討した。対象は若年者12名と高齢者9名とし、6～8週間の舌筋力トレーニングを実施した。舌圧の測定は舌圧測定器と舌圧センサシートを用いて評価した。嚥下筋の筋量は超音波診断装置により舌筋の筋厚と舌骨上筋群の断面積を測定した。結果から、若年者では最大舌圧と嚥下時舌圧、オトガイ舌骨筋の筋量が増加し、高齢者ではオトガイ舌骨筋の筋量のみ増加した。舌筋力トレーニングの効果は若年者と高齢者で異なることから、トレーニングの負荷量は対象者の能力に応じて設定する必要がある。効果指標として、超音波診断装置を用いた嚥下筋の筋量測定が有用と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の結果から、高齢者の嚥下機能低下を予防するための介入方法として、舌の筋力トレーニングの有効性が明らかとなった。また、超音波診断装置を用いた嚥下関連筋の測定は、口腔および嚥下機能低下の客観的評価や筋力トレーニングの効果指標として有用となる可能性がある。本成果はオーラルフレイルや加齢に伴う嚥下機能低下（老嚥）、口腔機能低下症に対し、機能を維持・向上するための具体的なアプローチの実践に役立ち、ひいては摂食嚥下障害や誤嚥性肺炎の発症を予防することに寄与することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the effects of Tongue Strengthening Exercises (TSE) on tongue pressure and swallow-related muscle mass. Tongue pressure was measured using a tongue pressure device and a tongue pressure sensor sheet. Tongue muscle diameter and suprahyoid muscle cross-sectional area were measured by ultrasound. The results showed that maximum tongue pressure, tongue pressure during swallowing, and geniohyoid muscle area increased in the younger subjects, while only the geniohyoid muscle area increased in the older subjects. Therefore, the training load should be adjusted according to the subject's ability. Measurement of swallow-related muscle mass using an ultrasound device was considered useful as an indicator of the effectiveness of TSE.

研究分野：摂食嚥下障害学

キーワード：摂食嚥下障害 オーラルフレイル 口腔機能低下症 サルコペニア 舌圧 舌骨上筋群 筋力トレーニング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

摂食嚥下の過程において、舌は食物の咀嚼や食塊形成、送り込みに重要な役割を果たしている。特に舌の筋力は食物を口腔から咽頭へ送り込む最大の原動力といわれている。近年、老化に伴う嚥下機能低下の一因として、高齢者における舌の筋力低下が指摘されている。舌の筋力(舌圧)の低下は、口腔内の食物残留や食事時間の延長、低栄養、誤嚥と関連する。また、舌圧を含む高齢者の口腔機能低下は、身体的フレイルやサルコペニアの発症リスクおよび要介護認定、死亡リスクと関連することが報告されている (Tanaka T, et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2018)。

舌の筋力低下に対するリハビリテーションの方法としては、舌筋力トレーニングが推奨されている。その効果として、最大舌圧の増加や誤嚥の減少、食事能力の向上、食事に関する QOL 改善などが報告されている (Rogus-Pulia N et al. J Am Geriatr Soc, 2016)。舌筋力トレーニングの研究は多いが、トレーニングの運動強度や頻度、訓練期間は研究者により異なっており、最適なトレーニング条件は確立していないのが現状である。舌の筋力は舌圧測定器による最大舌圧が指標となる。舌筋力トレーニングの効果として最大舌圧を報告した研究はあるが、嚥下する時の舌と口蓋の接触圧(嚥下時舌圧)を検討した報告は少ない。

舌筋力トレーニングの効果は筋力だけでなく、舌筋や嚥下関連筋の筋肉量の変化を評価することも重要である。近年、より簡便な方法として超音波診断装置を用いて舌筋やオトガイ舌骨筋など嚥下筋の筋横断面積、筋輝度を測定する試みが報告されている (Ogawa N et al. JAMDA 2017)。超音波診断装置を用いた嚥下筋の筋量測定は、舌の筋力トレーニングの効果を解明する重要な指標となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、舌筋力トレーニングによる影響を舌圧および嚥下筋量で客観的に評価し、トレーニングによる効果を明らかにすることを目的とする。

本研究の学術的独自性と創造性は以下の通りである。

- ・舌筋力トレーニングの効果を舌圧センサシートで評価した研究は報告がない。
- ・舌圧だけでなく、超音波診断装置を用いた嚥下筋量の変化を評価することで、舌筋力トレーニングの効果に関して有用な情報を提供することができる。
- ・舌筋力トレーニングの最適なトレーニング条件と持続効果に関する研究基盤を構築する。舌の筋力低下に対する効果的なリハビリテーション法を提供することで、高齢者および嚥下障害者の嚥下機能の改善、予防に寄与することができる。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究1: 嚥下関連筋の筋量に関する評価信頼性の検証

舌の筋力トレーニングの効果指標とした嚥下関連筋の筋量および筋の質に関する評価信頼性を検証した。健常若年者7名(女性6名、男性1名、平均年齢21.2歳)を対象とし、超音波診断装置 (SonoScape, JE1, Medical Corp) を用いて舌筋およびオトガイ舌骨筋の筋量、筋の質(筋輝度)を測定した。検者1名の検者内信頼性と検者3名の検者間信頼性を評価した。舌筋はコンベックス型プローブ、オトガイ舌骨筋はリニア型プローブを用いてオトガイ下面から冠状断像および矢状断像を描出し、各3回の測定を行った。得られた画像は Image J, ver1.53e を用いて舌筋およびオトガイ舌骨筋の筋厚 (mm)、横断面積 (mm<sup>2</sup>)、筋輝度を計測した。評価信頼性の検討は、SPSS Statistics 26 を用いて級内相関係数 (ICC) を算出した。

### (2) 研究2: 健常若年者における舌筋の筋力トレーニング効果

健常若年者12名(女性7名、男性5名)を対象として6週間の舌筋に対する筋力トレーニングを行い、トレーニング前後における舌の筋力、嚥下時舌圧、嚥下関連筋群の筋量を比較した。舌の筋力トレーニングは、舌圧測定器(株式会社ジェイ・エム・エス)を用いて各対象者の最大舌圧を測定した後、トレーニングの負荷量を最大舌圧の80%に設定し、1セット10回×3セット/日、3日/週、6週間継続した。舌の筋力は JMS 舌圧測定器で最大舌圧を3回測定し、最大値を代表値とした。嚥下時舌圧は舌圧センサシートシステム (SwallowScan, Nitta) を用いて、水5mLを嚥下する時の舌-口蓋接触圧(5箇所)の感圧点を測定した(図1)。嚥下関連筋群の筋量は、超音波診断装置 (SonoScape, JE1, Medical Corp) を用いて、舌筋と舌骨上筋群(オトガイ舌骨筋、顎二腹筋前腹)をそれぞれオトガイ下面から冠状断像と矢状断像で記録した。得られた画像は画像解析ソフト (Image J, ver1.53e, NIH) により解析した。

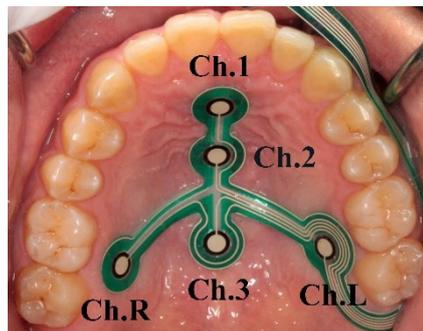


図1 舌圧センサシート

(3) 研究3：高齢者における舌筋の筋力トレーニング効果

通いの場に参加する地域在住高齢女性9名（平均年齢 78.0±5.1 歳）を対象として8週間の舌筋力トレーニングを行い、トレーニング前後における舌圧、口腔機能、嚥下関連筋の筋量を比較した。舌筋力トレーニングには、舌圧トレーニング用具（ペコぱんだ、株式会社ジェイ・エム・エス）を使用し、自主トレーニング課題を行った。JMS 舌圧測定器を用いて各対象者の最大舌圧を測定した後、6種類のペコぱんだから最適な負荷強度を選択した。評価項目は、最大舌圧、オーラルディアドコキネシス（Pa, Ta, Ka）、嚥下関連筋群の筋量、EAT-10とした。舌筋および舌骨上筋群の筋量は、超音波診断装置（SonoScape, JE1, Medical Corp）を用いて、舌筋の筋厚とオトガイ舌骨筋の横断面積を評価し、画像解析ソフト（Image J, ver1.53e, NIH）で解析した。評価はベースライン、トレーニング4週間後、8週間後の3時点で実施した。

4. 研究成果

(1) 嚥下関連筋の筋量に関する評価信頼性の検証

舌筋の筋厚（図2）、断面積、筋輝度の ICC (1, 1) はそれぞれ 0.984、0.980、0.995、ICC (1, 3) は 0.994、0.993、0.998 であった。検者3名による ICC (2, 1) は 0.885、0.631、0.844 であった。オトガイ舌骨筋の筋厚、横断面積（図3）、筋輝度の ICC (1, 1) はそれぞれ 0.903、0.885、0.937、ICC (1, 3) は 0.966、0.958、0.978 であった。検者3名による ICC (2, 1) は 0.845、0.648、0.473 であった。結果から、いずれの測定も検者内信頼性は高かったが、検者間信頼性については、舌筋の断面積とオトガイ舌骨筋の断面積、筋輝度の評価で低い値を示した。以上より、嚥下関連筋の筋量および筋輝度の測定は同一の検者が測定した値の信頼性は高いが、複数の検者による測定では、対象部位にプローブを当てる際の統一した位置や角度、強さ、超音波のキャリブレーション等について再検討する必要がある。

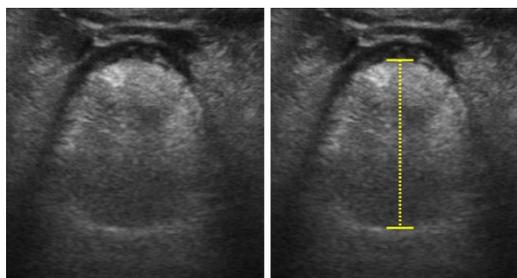


図2 舌筋の筋厚

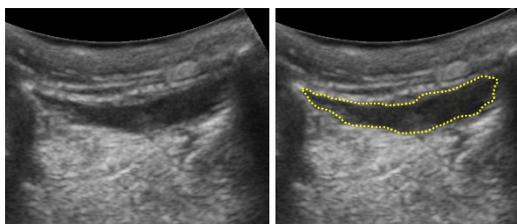


図3 オトガイ舌骨筋の横断面積

(2) 健常若年者における舌筋の筋力トレーニング効果

トレーニング前後の結果から、最大舌圧および嚥下時舌圧、オトガイ舌骨筋の筋量に増加がみられた。顎二腹筋前腹の横断面積もわずかに増加したが、舌筋の筋厚に有意な変化は認めなかった。舌筋の筋力トレーニングにより舌の筋力と嚥下時舌圧は改善したが、舌の筋量に変化がなかったことから、筋肥大を生じるためのトレーニング期間や負荷強度、回数、頻度について検討する必要がある。オトガイ舌骨筋や顎二腹筋前腹の筋量が増加したことから、舌の筋力トレーニングは舌骨上筋群の筋力強化においても有効となる可能性が示唆された。

(3) 高齢者における舌筋の筋力トレーニング効果

8週間のトレーニング後、オトガイ舌骨筋の筋量が有意に増加したが、最大舌圧、オーラルディアドコキネシス、舌筋の筋厚および EAT-10 に有意な増加はみられなかった（表1、図4-6）。

表1 8週間の舌筋力トレーニングの結果

	Baseline	4weeks	8weeks
Maximum tongue pressure (kPa)*	36.8 (13.9)	38.311 (9.1)	38.8 (8.1)
Tongue muscle diameter (mm)†	42.7 (37.8-44.8)	42.7 (40.6-45.5)	45.4 (41.0-47.2)
GHM area, sagittal (mm <sup>2</sup> )†	174.5 (161.6-210.1)	215.8 (203.1-266.4)	224.9 (217.3-250.0)
Oral DDK (times/sec)†			
/Pa/	6.6 (5.6-6.7)	6.4 (6.1-6.8)	6.2 (5.5-6.7)
/Ta/	6.0 (5.6-6.4)	6.2 (5.6-6.5)	6.2 (5.2-6.6)
/Ka/	5.8 (5.1-6.3)	5.8 (5.2-6.4)	6 (5.4-6.7)
EAT-10†	1.0 (0-10.5)	1.0 (0-5.0)	0 (0-4.5)

GHM: Geniohyoid muscle, DDK: diadochokinesis

\*Mean (SD), †Median (IQR)

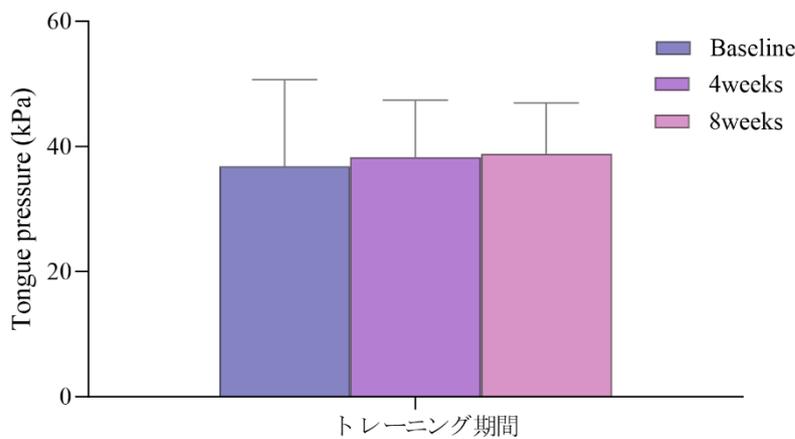


図4 最大舌圧  
最大舌圧はベースラインの値から上昇傾向であったが、有意な増加はみられなかった。

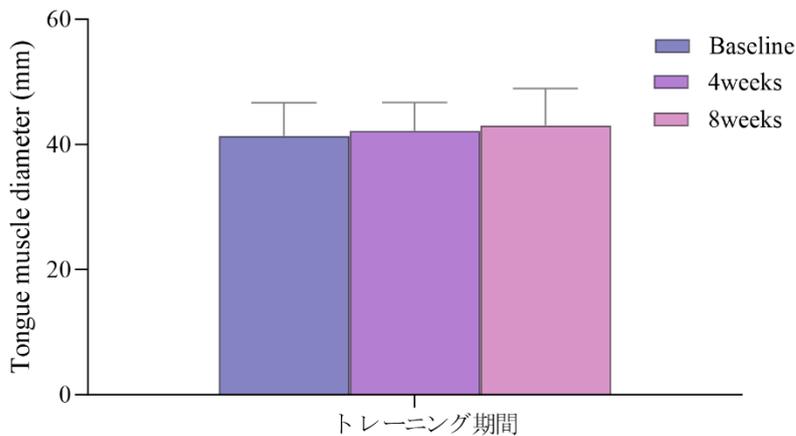


図5 舌筋の筋厚  
冠状断像により測定した舌筋の筋厚はベースラインと比較し、有意な増加はみられなかった。

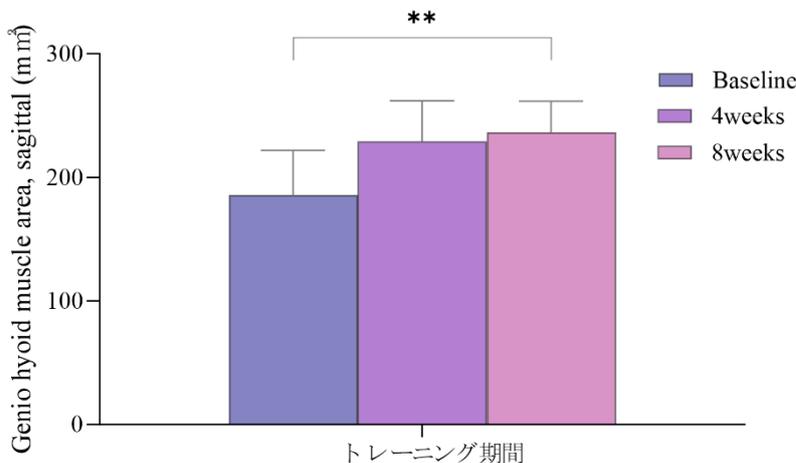


図6 オトガイ舌骨筋の面積  
矢状断像により測定したオトガイ舌骨筋の横断面積は、ベースラインの値と比較し、トレーニング8週間後に有意に増加した (\*\* $P=0.003$ )。

#### まとめ

本研究の結果から、舌筋力トレーニングは舌圧と舌骨上筋群の筋量に影響を及ぼすことが明らかになったが、その効果は若年者と高齢者で異なることが示唆された。このことから、トレーニングの負荷強度、回数、頻度、期間については対象者の能力に応じて決定するのが妥当と考えられた。トレーニング効果の指標として、超音波診断装置を用いた嚥下関連筋の筋量測定が有用となる可能性があるが、複数の検者による測定では、対象部位にプローブを当てる際の統一した位置や角度、強さ、装置のキャリブレーション等について再検討する必要がある。

#### <引用文献>

- Tanaka T, et al. Oral Frailty as a Risk Factor for Physical Frailty and Mortality in Community-Dwelling Elderly. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 10;73(12):1661-1667.2018
- Rogus-Pulia N, et al. Effects of Device-Facilitated Isometric Progressive Resistance Oropharyngeal Therapy on Swallowing and Health-Related Outcomes in Older Adults with Dysphagia. J Am Geriatr Soc. 64(2):417-24. 2016
- Ogawa N, et al. Ultrasonography to Measure Swallowing Muscle Mass and Quality in Older Patients With Sarcopenic Dysphagia. J Am Med Dir Assoc. 2018 19(6):516-522.2018

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 福岡達之	4. 巻 50
2. 論文標題 特集 摂食嚥下障害と加齢/サルコペニア/低栄養 落ちてしまった「のど」の機能を改善させる訓練法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 総合リハビリテーション	6. 最初と最後の頁 945～951
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11477/mf.1552202583	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fukuoka Tatsuyuki, Ono Takahiro, Hori Kazuhiro, Kariyasu Makoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Tongue-Strengthening Exercise on Tongue Strength and Effortful Swallowing Pressure in Young Healthy Adults: A Pilot Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Speech, Language, and Hearing Research	6. 最初と最後の頁 1～11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1044/2022_JSLHR-21-00331	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 福岡達之, 西尾正輝	4. 巻 11
2. 論文標題 予防的リハビリテーションとしてのMTPSSEにおける舌骨上筋群の運動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ディサースリア臨床研究	6. 最初と最後の頁 35～42
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 7件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 言語聴覚士のための嚥下造影の見方と治療ストラテジー
3. 学会等名 日本摂食嚥下リハビリテーション学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 口腔機能維持訓練用具「長息生活」を活用した摂食嚥下リハビリテーション
3. 学会等名 日本摂食嚥下リハビリテーション学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 口腔嚥下圧の評価とリハビリテーション
3. 学会等名 日本嚥下医学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 摂食嚥下リハビリテーションと多職種連携
3. 学会等名 日本老年療法学会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川浩平，西川裕一，福岡達之
2. 発表標題 舌挙上訓練が舌骨上筋群の運動単位の活動動態に及ぼす影響-高密度表面筋電図法を使用した解析-
3. 学会等名 日本摂食嚥下リハビリテーション学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本田智子, 張替徹, 福岡達之
2. 発表標題 声帯癒着症解離術後に嚥下障害が悪化した橋出血の一例
3. 学会等名 日本言語聴覚学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡野雄二, 福岡達之, 國末和也, 沖田啓子
2. 発表標題 頭頸部屈曲計を用いた抵抗運動時の舌骨上筋群筋活動
3. 学会等名 第22回日本言語聴覚学会(Web)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 口腔嚥下圧の評価とリハビリテーション
3. 学会等名 第45回日本嚥下医学会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 摂食嚥下リハビリテーションにおける間接訓練の最新知見
3. 学会等名 第15回北海道言語聴覚士会学術集会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 舌圧測定を活用した舌筋に対する筋力トレーニング
3. 学会等名 第26・27回合同日本摂食嚥下リハビリテーション学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福岡達之
2. 発表標題 咀嚼嚥下機能連関を考慮した直接訓練の手法
3. 学会等名 第26・27回合同日本摂食嚥下リハビリテーション学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 益田慎、福岡達之	4. 発行年 2022年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 180
3. 書名 発声発語・摂食嚥下の解剖・生理学	

1. 著者名 松尾善美、柳澤幸夫	4. 発行年 2022年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 202
3. 書名 高齢者に対する予防的運動介入	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------