

特集2 摂食嚥下障害の最新のトピックス:機器を用いたアプローチ

舌圧測定

総説▶

矢野実郎¹⁾ 福永真哉¹⁾
Jitsuro Yano Shinya Fukunaga

要旨 舌は嚥下機能において重要な役割を担っている。そのため、摂食嚥下リハビリテーションを行う上で、舌の運動機能を正確に評価し、適切な訓練をすることは重要である。舌運動機能を評価する方法のひとつとして、舌が口蓋を押し付ける舌圧測定がある。その評価方法には、最大舌圧、機能時舌圧、舌圧持続時間がある。また、舌筋力強化訓練には、道具を使用しない方法、舌圧測定器、舌トレーニング用具、舌圧子を用いる方法がある。舌運動機能を正確に評価し、適切に訓練をすることは、摂食嚥下障害患者の誤嚥性肺炎を予防したり、QOL向上につながる可能性がある。

キーワード 舌圧、舌圧測定、最大舌圧、舌筋力訓練

I. はじめに

舌は嚥下機能において、食塊形成、食塊保持、口腔から咽頭への食塊移送^{1,2)}、咽頭内圧の形成など非常に重要な役割を担っている^{3,4)}。この舌は加齢や脳卒中などの疾患により機能低下しやすく、嚥下障害の原因になる。そのため、嚥下障害のリハビリテーションを行う上で、舌の運動機能を正確に評価し、適切な訓練をすることは非常に重要である。

II. 舌圧の評価

舌が口蓋を押し付ける圧を舌圧という。舌圧は舌運動機能のうちの筋力の指標とされる。舌圧には種類があり、舌ができるだけ口蓋に強く押し付ける最大舌圧と、嚥下時や構音時に舌が口蓋を押し付ける機能時舌圧、舌の持久力である舌圧持続時間がある。それらの舌圧を測定する方法として舌圧測定器と舌圧センサシートがある。

1. 最大舌圧

舌を口蓋に最大限押しつけたときに生じる圧を最大舌圧という。現在、本邦で最大舌圧を測定できる舌圧測定器は、医療機器として認可されているJMS舌圧測定器（株式会社ジェイ・エム・エス製：図1）のみである。JMS舌圧測定器は付属のプローブのバルーンを口腔に挿入して、それを舌で押しつぶすことで舌圧を測定することができる。単位はkPaで表示される。最大舌圧を測定するには適してい

るが、バルーンの容積が大きいため機能時舌圧を測定するには適していない。

1) 最大舌圧の測定方法

最大舌圧は舌圧プローブを口腔内に挿入し、プローブの基部にある硬質リング部を上下切歯で軽くくわえていた状態で、舌でプローブを最大限強く硬口蓋に向けて押し付け

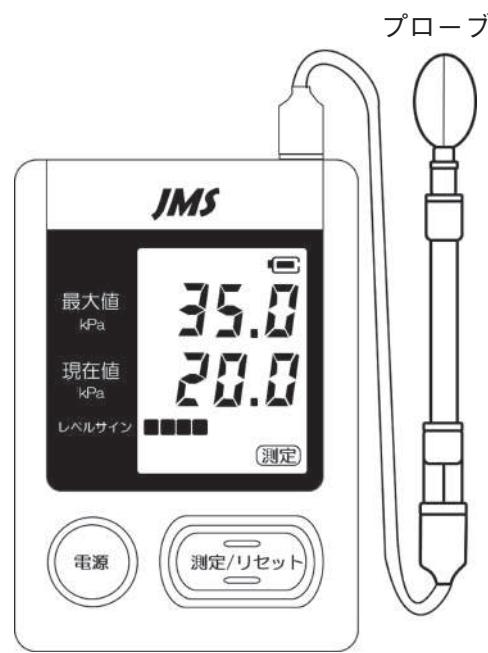


図1 舌圧測定器

¹⁾ 川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 言語聴覚療法学科

[連絡先] 矢野実郎：川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 言語聴覚療法学科（〒701-0193 岡山県倉敷市松島288）

TEL: 086-462-1111 FAX: 086-462-1193 E-mail: yano@mw.kawasaki-m.ac.jp

受稿日：2023年8月29日 受理日：2023年8月31日

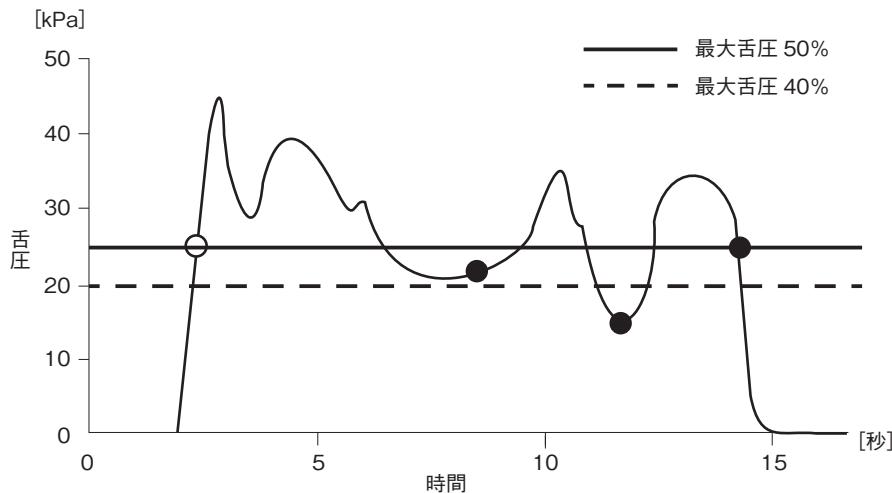


図2 舌圧持続時間の測定方法

例) 最大舌圧 50 kPa, 目標値は最大舌圧 50% の 40 kPa としている.

○: 開始時点 ●: 終了時点

ることで測定する。通常、測定を3回実施し、そのうち最も大きい値を最大舌圧として採用する。

2. 機能時舌圧

嚥下時に舌が口蓋を押し付けて食塊を口腔から咽頭へ移送する。この嚥下時に舌が口蓋を押し付ける圧を嚥下時舌圧という。また、構音において、破裂音などの子音は舌が口蓋に接触して声道を閉鎖、開放することで生成される。この構音時に舌が口蓋を押し付ける圧を構音時舌圧という。これらの機能時舌圧を測定するには、それぞれの機能時に舌運動を阻害しないことが重要である。舌圧センサシート(ニッタ株式会社製: Swallow Scan)は厚さ0.1 mmと非常に薄く、口蓋に貼付するため、より自然な機能時舌圧を測定することができる。

Yanoらは嚥下時舌圧と構音時舌圧の特徴について舌圧センサシートを用いて報告している⁵⁾。空嚥下時の嚥下時舌圧は、舌が前方から後方へ順序よく口蓋に強く接触していく。一方、構音時舌圧は、舌は弱い力で短い時間だけ口蓋に接触する。嚥下時舌圧と構音時舌圧を比較すると、嚥下時舌圧は構音時舌圧に比べ約6倍強く、約12倍長く押し付けていることが明らかとなった。このことは、言語聴覚士がリハビリテーションを行う上で非常に重要で、嚥下機能において舌に求められるものは力強く発揮できる筋力で、構音機能において舌に求められるものは軽く速い動きのため、訓練プログラムを立案する時の考慮する必要がある。

3. 舌圧持続時間

舌を口蓋に最大限押し続けられる時間を舌圧持続時間という。舌の持久力を示すものである。舌圧持続時間は食後に低下したり⁶⁾、加齢⁷⁾やパーキンソン病⁸⁾などの疾患で低下することがわかっている。舌圧持続時間の測定は

2000年にSolomonら⁹⁾の方法が使用されることが多く、最大舌圧の50%の舌圧を最大限持続する時間を計測する。

1) 舌圧持続時間の測定方法

舌圧持続時間を測定するためには、JMS舌圧測定器の専用ソフトウェアをインストールしたパソコンコンピュータが必要である。まず初めに最大舌圧を測定し、その50%を計算する。ソフト上で最大舌圧50%を目標値として設定する(図2)。目標値をできるだけ長く超え続けるように教示する。開始時点は最大舌圧50%を超えた時点として、終了時点は以下の3つの基準が設けられている:(1)40~50%に2秒以上ある場合、(2)40%以下に0.5秒以上ある場合、(3)一気に急落した場合。

III. 舌筋力訓練

舌筋力を強化する訓練は、道具を用いない方法、舌圧測定器、舌圧トレーニング用具、舌圧子を用いる方法がある。

1. 道具を用いない方法

1) 方法

従来、臨床場面で実施されている舌の前後左右運動は訓練負荷が少ないため、可動域訓練には適しているが筋力強化としてはあまり有効ではない。Namikiらは舌を硬口蓋に最大限強く押し付ける運動で舌筋力を強化する運動を考案した¹⁰⁾。10秒間押し付けた後に10秒間休憩することを5回繰り返し、1日2セット実施する。4週間で高齢者の舌筋力強化が認められたと報告されている。道具を用いないため、場所を選ばず簡単に実施できる利点がある。

2) 実施上のコツ

舌を口蓋に強く押し付けているか、訓練者は確認が難しい。訓練者が患者の顎下面を指で触れると舌骨上筋群の筋

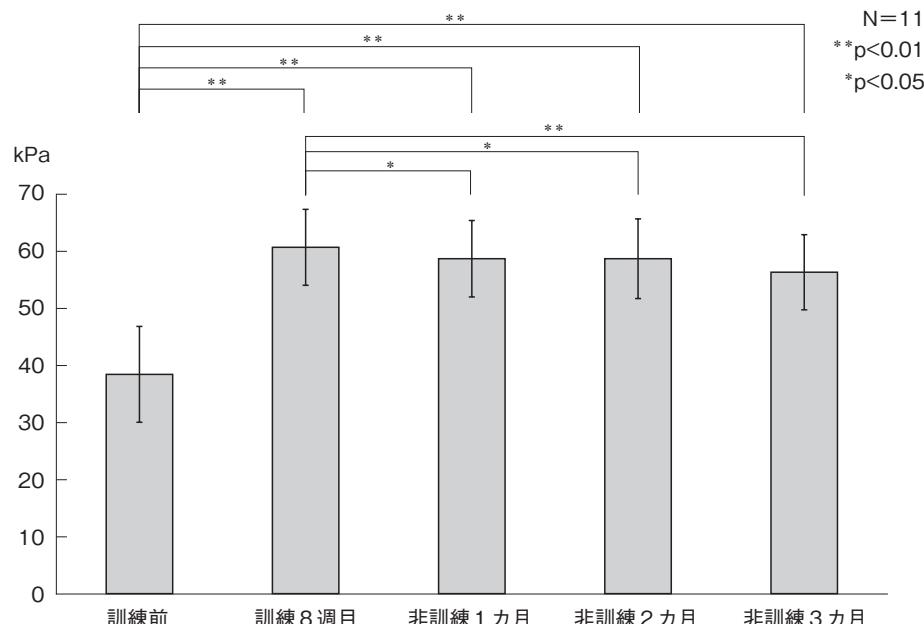


図3 舌筋力訓練の効果

収縮がわかるので、それを用いて運動回数をカウントすると適切な訓練回数を課すことができる。

3) 注意点

認知機能低下や訓練意欲低下の患者では、10秒間最大限に舌を口蓋に押し続けられなかったり、押し付けているふりをしたりすることがあるので注意が必要である。

2. 舌圧測定器を用いる方法

舌圧測定器を使用することで定量的に負荷を設定できる。舌筋力訓練の中では最も多くの報告があり、エビデンスが構築されてきている^{11,12)}。舌筋力訓練に用いられる舌圧測定器は国際的にはIOPI (Iowa Oral Performance Instrument) が使用されている。これまで、健常者¹³⁻¹⁵⁾、脳卒中¹⁶⁻¹⁸⁾や頭部外傷¹⁹⁾による摂食嚥下障害患者などで舌筋力が有意に増加したと報告されている。本邦ではIOPIは医療機器として認可されておらず、研究用として輸入しても費用が非常に高い。本邦ではJMS舌圧測定器が医療機器として認可・販売され、医科・歯科で幅広く使用されており、2023年6月より訓練使用が可能となった。Yanoらは健常者に対してJMS舌圧測定器を用いてRobbinsら¹³⁾のI-PRO訓練を行い、著明な舌筋力増加が得られたことを報告した²⁰⁾。以下にその方法を示す。

1) 方法

JMS舌圧測定器に接続されているバルーン状の舌圧プローブを口腔内に挿入し、プローブを上下切歯で軽くくわえて下顎を固定する。その状態で、舌でプローブを口蓋に押し付ける運動を反復する。訓練の負荷の設定は1週目のみ最大値の60%、2週目以降は最大値の80%に設定する。1週目のみ訓練強度が低いのは、舌筋力訓練に慣れるため

である。この訓練を1日に30回×3セット、週3回、8週間継続することで、明らかな舌筋力の増加が得られたと報告され、訓練終了後も3カ月間は訓練効果が持続した(図3)。本機器では舌前方のみの訓練であるが、舌後方の筋力も強化されることが明らかとなっている²¹⁾。

2) 実施上のコツ

舌圧測定器のディスプレイで設定した負荷量を視覚的フィードバックすることで、スムーズに訓練を実施できる。JMS舌圧測定器のホームページ(<http://orarize.com/zetsuatsu/index.html>)から無料のPC専用ソフトウェアをダウンロードすることができるため、より効率のよい訓練を実施することができる。

3) 注意点

総義歯の場合、装用の有無で大きく舌圧が異なるため、装用してから実施する方が望ましい。また、プローブを上下切歯でくわえるため、歯の状態が悪く動搖などしている場合は使用を避けた方がよい。また、われわれがこの訓練を実施したところ、訓練初期(訓練1~2週目)に舌の筋痛を訴える被験者がおり、その日の最大筋力が急激に低下したため、注意が必要である²⁰⁾。

3. 舌圧トレーニング用具を用いる方法

1) 方法

高価な機器を用いず、安価で入手しやすい舌圧トレーニング用具「ペコばんだ」(株式会社ジェイ・エム・エス製)が市販されている。数種類の硬度があり、患者の舌筋力に合わせて硬度を選択できる。2023年には小児用の小さいサイズも市販されている。われわれは健常高齢者に対して舌圧トレーニング用具を用いた舌筋力訓練の効果を報告し

表1 舌圧トレーニング用具の種類と選び方

舌圧トレーニング用具 種類	SS	S	MS	M	MH	H
つぶれる硬さの目安 (kPa)	5	10	15	20	25	30
目標圧(kPa) (下線部:含む)	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30以上

た²²⁾。訓練の負荷の設定は初めの2週間は最大値の60%, 3週目以降は最大値の80%に相当する硬さの舌トレーニング用具を用いる。この訓練を1日に30回×3セット, 週5回, 8週間継続することで, 有意な最大舌圧, 舌圧持続時間の増加が得られた。

2. 実施上のコツ

適切な硬さの用具を選択するために, あらかじめ舌圧測定器で舌筋力を測定した方が良い(表1)。

3. 注意点

舌で用具をへこませているか訓練者が口外から確認することが難しいため, 患者自身で回数を数えるか, 訓練者が用具の柄を持って押し付けた時のわずかな振動を確認しながら回数を数える必要がある。

4. 舌圧子を用いる方法

1) 方法

これまで臨床場面で一般的に実施してきた舌筋力強化方法である。訓練者が持つ舌圧子に舌を強く押し付ける方法で, 容易かつ安価に実施できるが, 舌圧測定器や舌トレーニング用具を用いた方法と比較して訓練負荷の定量性に欠ける。Lazarusらは舌圧子を左右, 前方, 上方の方向に2秒間できるだけ強く押し付け, それぞれ1日10回5セットを週5日, 1カ月間実施することで, 舌筋力と舌持久力が改善すると報告している¹⁴⁾。この報告では, 舌圧子でも舌圧測定器による訓練と同程度に舌筋力が強化されたと報告されている。

また, 近年, 角度特異性の運動生理学的原則を重視して舌を多方向的に運動させる必要性が重視されている²³⁾。

2) 実施上のコツ

訓練者が舌圧子を保持する位置と, 患者が舌で押す位置が離れていると, 舌圧子がしなってしまい, 十分な負荷を与えない。そのため, 訓練者が舌圧子を保持する位置は舌の接触点と近い所が好ましい。

3) 注意点

木製の舌圧子の場合, 使用中に割れてしまうことがあるため, 使用前に亀裂などがないか注意が必要である。患者によっては, 木製の舌圧子が舌に接触する感触を嫌う場合があるので, あらかじめ舌圧子を水で濡らしておくと違和感が少なくなる。

IV. おわりに

舌は嚥下機能において非常に重要な役割を担っている。舌はそれぞれの機能に合わせて運動様式を変えており, 嚥下時には強い力で運動し, 構音時には軽く速い運動をしている。これらの舌運動機能を正確に評価することが言語聴覚士におけるリハビリテーションを行う上で必須である。舌圧には最大舌圧と機能時舌圧, 舌圧持続時間があり, その評価方法を知っておくことが重要である。

また, 舌は筋線維の集合体であるため, トレーニングをすることで筋力を向上することができる。舌筋力訓練には道具を使用しない方法と使用する方法がある。それぞれの方法に特徴があり, 摂食嚥下障害患者の状態に合わせて方法を選択できる知識を有しておく必要がある。

このように舌運動機能を正確に評価し, 評価をもとに適切に訓練をすることで, 摂食嚥下障害患者の誤嚥性肺炎を予防したり, QOL向上につながる可能性がある。

文 献

- 1) Dodds WJ : Physiology of swallowing. *Dysphagia*, 3 : 171-178, 1989.
- 2) Palmer JB : Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 79 : 691-696, 1998.
- 3) McConnel FM : Analysis of pressure generation and bolus transit during pharyngeal swallowing. *Laryngoscope*, 98 : 71-78, 1988.
- 4) Cerenko D, McConnel FM, Jackson RT : Quantitative assessment of pharyngeal bolus driving forces. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 100 : 57-63, 1989.
- 5) Yano J, Kumakura I, Hori K, et al : Differences in biomechanical features of tongue pressure production between articulation and swallow. *Journal of Oral Rehabilitation*, 39 : 118-125, 2012.
- 6) Kays SA, Hind JA, Gangnon RE, et al : Effects of dining on tongue endurance and swallowing-related outcomes. *J Speech Lang Hear Res*, 53 : 898-907, 2010.
- 7) Vanderwegen J, Guns C, Van Nuffelen G, et al : The influence of age, sex, bulb position, visual feedback, and the order of testing on maximum anterior and posterior tongue strength and endurance in healthy belgian adults. *Dysphagia*, 28 : 159-166, 2013.

- 8) Pitts LL, Cox A, Morales S, et al : A Systematic Review and Meta-analysis of Iowa Oral Performance Instrument Measures in Persons with Parkinson's Disease Compared to Healthy Adults. *Dysphagia*, 37 : 99-115, 2022.
- 9) Solomon NP, Robin DA, Luschei ES : Strength, endurance, and stability of the tongue and hand in Parkinson disease. *J Speech Lang Hear Res*, 43 : 256-267, 2000.
- 10) Namiki C, Hara K, Tohara H, et al : Tongue-pressure resistance training improves tongue and suprathyroid muscle functions simultaneously. *Clinical Interventions in Aging*, 14 : 601-608, 2019.
- 11) McKenna VS, Zhang B, Haines MB, et al : A Systematic Review of Isometric Lingual Strength-Training Programs in Adults With and Without Dysphagia. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 26 : 524-539, 2017.
- 12) Smaoui S, Langridge A, Steele CM : The Effect of Lingual Resistance Training Interventions on Adult Swallow Function : A Systematic Review. *Dysphagia*, 35 : 745-761, 2020.
- 13) Robbins J, Gangnon RE, Theis SM, et al : The effects of lingual exercise on swallowing in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53 : 1483-1489, 2005.
- 14) Lazarus C, Logemann JA, Huang CF, et al : Effects of two types of tongue strengthening exercises in young normals. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 55 : 199-205, 2003.
- 15) Oh JC : Effects of Tongue Strength Training and Detraining on Tongue Pressures in Healthy Adults. *Dysphagia*, 30 : 315-320, 2015.
- 16) Robbins J, Kays SA, Gangnon RE, et al : The effects of lingual exercise in stroke patients with dysphagia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88 : 150-158, 2007.
- 17) Steele CM, Bayley MT, Peladeau-Pigeon M, et al : A Randomized Trial Comparing Two Tongue-Pressure Resistance Training Protocols for Post-Stroke Dysphagia. *Dysphagia*, 31 : 452-461, 2016.
- 18) Park JS, Kim HJ, Oh DH : Effect of tongue strength training using the Iowa Oral Performance Instrument in stroke patients with dysphagia. *The Journal of Physical Therapy Science*, 27 : 3631-3634, 2015.
- 19) Steele CM, Bailey GL, Polacco RE, et al : Outcomes of tongue-pressure strength and accuracy training for dysphagia following acquired brain injury. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 15 : 492-502, 2013.
- 20) 矢野実郎, 山本五弥子, 横山友徳, 他 : 若年健常者における舌筋力訓練の効果. *日本摂食嚥下リハビリテーション学会雑誌*, 22 : 120-126, 2018.
- 21) Yano J, Yamamoto-Shimizu S, Yokoyama T, et al : Effects of anterior tongue strengthening exercises on posterior tongue strength in healthy young adults. *Archives of Oral Biology*, 98 : 238-242, 2019.
- 22) Yano J, Nagami S, Yokoyama T, et al : Effects of Tongue-Strengthening Self-Exercises in Healthy Older Adults : A Non-Randomized Controlled Trial. *Dysphagia*, 36 : 925-935, 2021.
- 23) 西尾正輝 : MTPSSE 高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム 第2巻. 学研メディカル秀潤社, 東京, pp.162-168, 2021.