

舌運動機能の評価と訓練

福永真哉*¹ 矢野実郎*¹

要 約

舌は嚥下機能や構音機能において非常に重要な役割を担っている。そのため、構音・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非常に重要である。舌運動機能を評価する方法として、舌が口蓋を押し付ける舌圧測定がある。舌圧の評価方法には、舌圧測定器を用いて最大舌圧を測定する方法と、舌圧センサシートを用いて嚥下時舌圧や構音時舌圧などの機能時舌圧を測定する方法がある。その舌圧を測定する時に、視覚的フィードバックは最大舌圧を向上させる効果がある。また、舌筋力強化訓練には、道具を使用しない方法と使用する方法がある。道具を使用しない方法は舌を口蓋にできるだけ強く押し続ける方法で、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。一方で、道具を用いる方法には、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。道具を使用することで、より定量的に負荷量を設定できる利点がある。舌筋力訓練の種類を知っておくことは、それぞれの患者にあった訓練方法を選択できるため非常に重要である。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。

1. 緒言

舌は構音機能や嚥下機能において非常に重要な役割を担っている。構音機能において舌は口蓋と接触して閉鎖を形成したり、接近して狭めを形成したりすることによって破裂音、摩擦音などの子音を生成する。また、嚥下機能において、舌は食塊形成、食塊保持、口腔から咽頭への食塊移送¹²⁾、咽頭内圧の形成を担っている^{3,4)}。このように、舌は口腔器官の一つに過ぎないが、複雑な動きを実現させることで多くの働きを担うことが可能になっている。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、構音障害や嚥下障害の原因になる。そのため、構音障害や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。

2. 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、舌を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。

2.1 最大舌圧

現在、本邦で医療機器として認可されている舌圧測定器はJMS舌圧測定器（JMS社製：図1a）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。

2.1.1 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ることで測定する（図1b）。通常、測定を3回実施し、そのうち最も大きい値を最大舌

*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）福永真哉 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-mail: sf@mw.kawasaki-m.ac.jp

圧として採用する。

2.1.2 視覚的フィードバックの影響について

(1) 目的

これまで最大舌圧の測定時に視覚的フィードバックを用いることで、最大舌圧が増加することが分かっている⁵⁾。しかし、目標値を設定した条件で最大舌圧を測定する際の視覚的フィードバックの効果は明らかになっていない。

そこで、我々は最大舌圧を測定する際に、目標値を設定した視覚的フィードバックが最大舌圧に及ぼす影響について検討した。

(2) 方法

A 対象

対象は若年健常成人53名（男性14名，女性39名，年齢中央値21歳）であった。

B 研究プロトコル

課題条件の種類は視覚的フィードバックあり条件（高値目標）、視覚的フィードバックあり条件（低

値目標）、視覚的フィードバックなし条件の3種類とした（図2）。

はじめに①ベースラインの最大舌圧を5回測定した。休憩した後に、②視覚的フィードバックなし条件、および視覚的フィードバックあり条件にて最大舌圧を5回測定して、視覚的フィードバックの効果について評価した。さらに、視覚的フィードバック後に効果が持続するかどうかを確認するために、③視覚的フィードバックがない状態で最大舌圧を5回測定した。

C 視覚的フィードバックの方法

ベースラインの最大舌圧から、視覚的フィードバックの目標値として120%の舌圧値（高値目標）と80%の舌圧値（低値目標）を算出した。視覚的フィードバックあり条件では、被検者は設定された目標値を超えるように、舌圧測定器を見ながら最大舌圧を測定した（図3）。

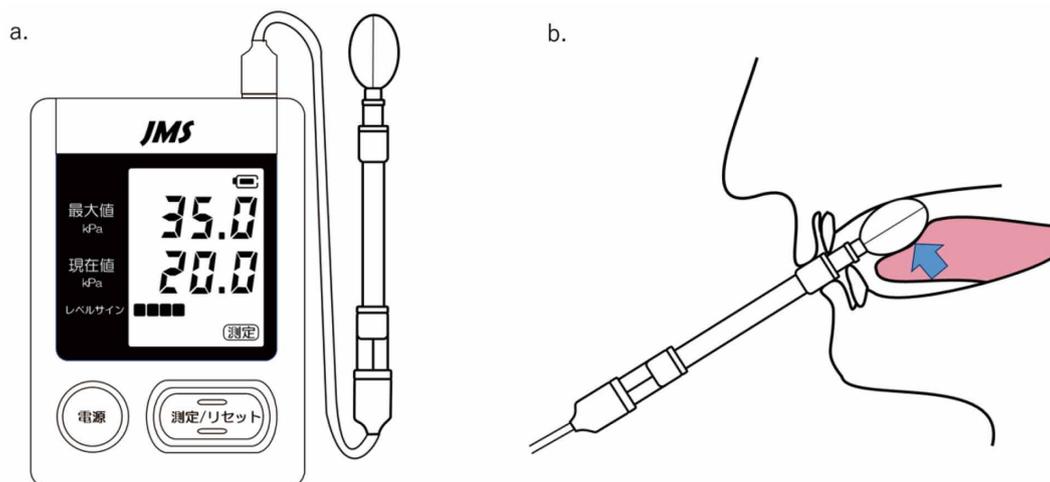


図1 舌圧測定器

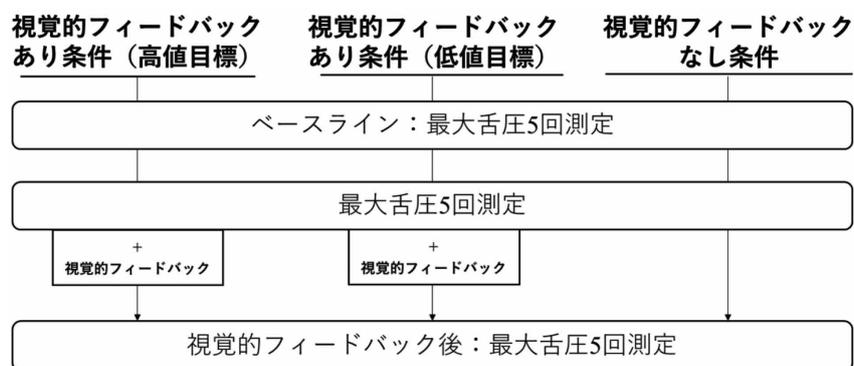


図2 実験プロトコル

D 統計処理

各条件内の最大舌圧の差の検定は、フリードマン検定を用い、その後の多重比較検定としてウィルコクソン符号付順位和検定を行いボンフェローニ補正した。統計ソフトは、IBM SPSS Statistics Version24 (IBM Japan) を使用し、有意水準は5%とした。

(3) 結果

視覚的フィードバックあり条件(高値目標)では、視覚的フィードバックをすることでベースラインより有意に高い最大舌圧を示した ($P<0.001$)。視覚的フィードバック後の測定においても、ベースラインより有意に高い最大舌圧を示した($P=0.002$) (図4)。

視覚的フィードバックあり条件 (低値目標) でも

同様に、視覚的フィードバックをすることでベースラインよりも有意に高い最大舌圧を示した ($P<0.001$)。しかし、視覚的フィードバック後の測定では、ベースラインと最大舌圧に有意差は認められなかった ($P=0.09$)。視覚的フィードバックなし条件では、いずれも有意差は認められなかった。

(4) 考察

目標値を設定して視覚的フィードバックを用いることで最大舌圧が増加することが明らかとなった。これは、目標値を設定することで、到達しようとする運動中のモチベーションを向上することが影響していると考えられる^{6,7)}。視覚的フィードバック後の最大舌圧が、ベースラインよりも有意に高かったのは、強い筋収縮を伴う運動後に筋力が増加する活動

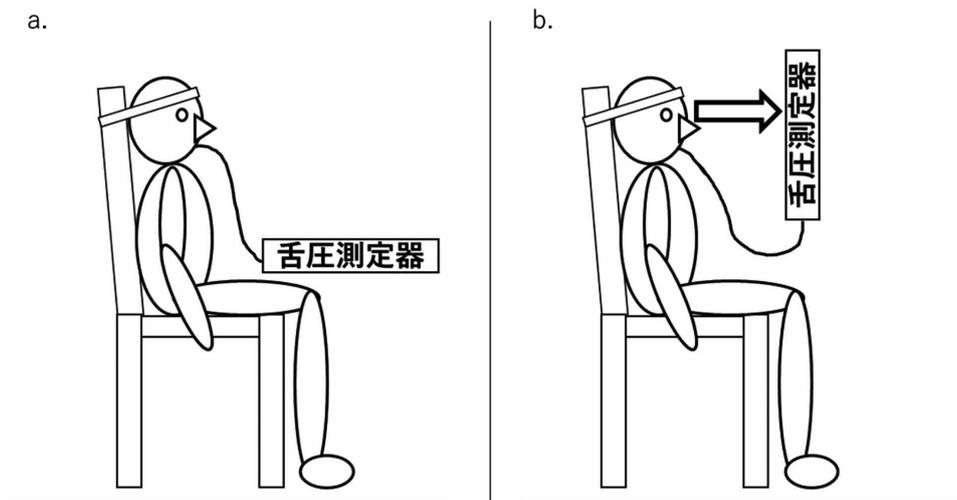


図3 視覚的フィードバック方法

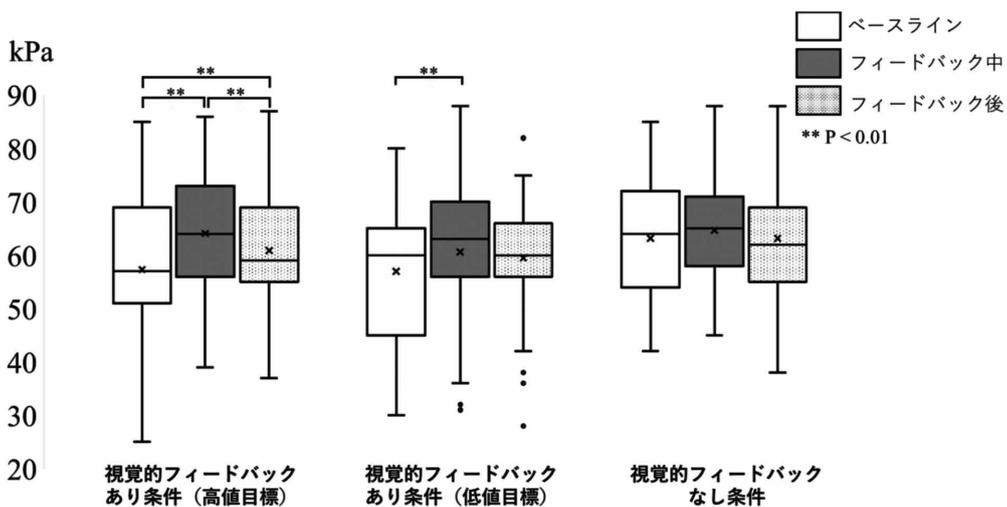


図4 視覚的フィードバックによる最大舌圧の変化

後増強作用 (post-activation potentiation: PAP) が影響していたと考えられる^{8,9)}。

(5) まとめ

最大舌圧を測定する際に、視覚的フィードバックして自らの舌圧を確認し、目標を設定することで最大舌圧が有意に増加することが明らかとなった。目標は高く設定することで、視覚的フィードバックを実施した後も効果が残存することが示唆された。

2.2 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 (ニッタ社製: Swallow Scan) は厚さ0.1mm 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 et al. 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¹⁰⁾。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に考慮する必要がある。

3. 舌筋力訓練

舌筋力を強化する訓練は、道具を使用しない方法と使用方法の2つに大別される。

3.1 道具を用いない方法

3.1.1 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 et al. 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¹¹⁾。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。

3.1.2 実施上の Tips

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。

3.1.3 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。

3.2 道具を用いる方法

3.2.1 機器を使用する方法

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^{12,13)}。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¹⁴⁻¹⁶⁾、脳卒中¹⁷⁻¹⁹⁾ や頭部外傷²⁰⁾ による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いる。Yano et al. は健常者に対して JMS 舌圧測定器を用いて Robbins et al.¹⁴⁾ 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²¹⁾。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か月間は訓練効果が持続した。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²²⁾。

(2) 実施上の Tips

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、装用してから実施の方が望ましい。また、プローブを上下切歯でくわえるため、歯の状態が悪く動揺などしている場合は使用を避けた方がよい。また、我々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²¹⁾。

3.2.2 舌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トレーニング用具「ペコぼんだ(株式会社JMS社製)」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。我々は健常高齢者に対して舌トレーニング用具を用いた舌筋力訓練の効果を報告した²³⁾。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 Tips

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よい。

(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。

また、舌トレーニング用具は負荷調整に伴い新たな用具を準備しなければならないため、機器を使用する方法と比べて頻繁な負荷調整ができない。そのため、機器を使用する方法では2週目から負荷量を増加していたが、舌トレーニング用具では3週目からの負荷量増加となっているため、注意が必要である。

3.2.3 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され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 et al.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か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¹⁵⁾。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。

(2) 実施上の Tips

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、舌圧子がしななっしまい、十分な負荷を与えられない。そのため、訓練者が舌圧子を保持する位置は舌の接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ことで違和感が少なくなる。

4. おわりに

舌は嚥下機能や構音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、QOL向上につながる可能性がある。

倫理的配慮

本稿の一部は川崎医療福祉大学倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号16-045, 18-054, 18-064)。

謝 辞

本稿の一部は、JSPS 科研費若手研究 JP19K18324および平成30年度川崎医療福祉大学の医療福祉研究費の助成を受けた。

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 and Jackson RT : Quantitative assessment of pharyngeal bolus driving forces. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 100, 57-63, 1989.
- 5) Vanderwegen J, Guns C, Van Nuffelen G, Elen R and De Bodt M : 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.
- 6) Baltzopoulos V, Williams JG and Brodie DA : Sources of error in isokinetic dynamometry: Effects of visual feedback on maximum torque. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13, 138-142, 1991.
- 7) Toumi A, Jakobi JM and Simoneau-Buessinger E : Differential impact of visual feedback on plantar- and dorsiflexion maximal torque output. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41, 557-559, 2016.
- 8) Vandervoort AA, Quinlan J and McComas AJ : Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental Neurology*, 81, 141-152, 1983.
- 9) Boulosa D, Del Rosso S, Behm DG and Foster C : Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: A review. *European Journal of Sport Science*, 18, 595-610, 2018.
- 10) Yano J, Kumakura I, Hori K, Tamine KI and Ono T : Differences in biomechanical features of tongue pressure production between articulation and swallow. *Journal of Oral Rehabilitation*, 39, 118-125, 2012.
- 11) Namiki C, Hara K, Tohara H, Kobayashi K, Chantaramanee A, Nakagawa K, Saitou T, Yamaguchi K, Yoshimi K, ...Minakuchi S : Tongue-pressure resistance training improves tongue and suprahyoid muscle functions simultaneously. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 601-608, 2019.
- 12) McKenna VS, Zhang B, Haines MB and Kelchner LN : 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.
- 13) Smaoui S, Langridge A and Steele CM : The effect of lingual resistance training interventions on adult swallow function: A systematic review. *Dysphagia*, 35, 745-761, 2020.
- 14) Robbins J, Gangnon RE, Theis SM, Kays SA, Hewitt AL and Hind JA : The effects of lingual exercise on swallowing in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53, 1483-1489, 2005.
- 15) Lazarus C, Logemann JA, Huang CF and Rademaker AW : Effects of two types of tongue strengthening exercises in young normals. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 55, 199-205, 2003.
- 16) Oh JC : Effects of tongue strength training and detraining on tongue pressures in healthy adults. *Dysphagia*, 30, 315-320, 2015.
- 17) Robbins J, Kays SA, Gangnon RE, Hind JA, Hewitt AL, Gentry LR and Taylor AJ : The effects of lingual exercise in stroke patients with dysphagia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 150-158, 2007.
- 18) Steele CM, Bayley MT, Peladeau-Pigeon M, Nagy A, Namasivayam AM, Stokely SL and Wolkin T : A randomized trial comparing two tongue-pressure resistance training protocols for post-stroke dysphagia. *Dysphagia*, 31, 452-461, 2016.
- 19) Park JS, Kim HJ and 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.
- 20) Steele CM, Bailey GL, Polacco RE, Hori SF, Molfenter SM, Oshalla M and Yeates EM : Outcomes of tongue-pressure strength and accuracy training for dysphagia following acquired brain injury. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 15, 492-502, 2013.
- 21) 矢野実郎, 山本五弥子, 横山友徳, 熊倉勇美, 花山耕三, 椿原彰夫 : 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.
- 22) Yano J, Yamamoto-Shimizu S, Yokoyama T, Kumakura I, Hanayama K and Tsubahara A : Effects of anterior tongue strengthening exercises on posterior tongue strength in healthy young adults. *Archives of Oral Biology*, 98, 238-242, 2019.

- 23) Yano J, Nagami S, Yokoyama T, Nakamura K, Kobayashi M, Odan Y, Hikasa M, Hanayama K and Fukunaga S : Effects of tongue-strengthening self-exercises in healthy older adults: A non-randomized controlled trial. *Dysphagia*. 36, 925-935, 2021.

(2023年10月20日受理)

Assessment and Training of Tongue Motor Function

Shinya FUKUNAGA and Jitsuro YANO

(Accepted Oct. 20, 2023)

Key words : tongue, tongue pressure, swallow, dysphagia, articulation

Abstract

Tongue pressure, which refers to the exertion of force by the tongue against the palate, is a method for evaluating tongue motor function. Two methods of tongue pressure evaluation are available: the measurement of maximum tongue pressure using a tongue pressure measuring device and the measurement of tongue pressure during activities such as swallowing or articulation using a tongue pressure sensor sheet. In the evaluation of maximum tongue pressure, visual feedback has been shown to improve the maximum tongue pressure value. Two approaches to tongue strength training are available: one that does not require tools and another that does. The tool-free approach entails pressing the tongue against the hard palate as forcefully as possible. The advantage of this approach is that it can be easily implemented in any setting. In contrast, tool-based tongue strength training methods include tongue pressure measuring devices, tongue training tools, and tongue depressors. These approaches allow for a more quantitative assessment of the amount of load applied. Knowledge of these types of tongue strength training is beneficial to speech-language pathologists when selecting a training method appropriate for each patient. The accurate evaluation of tongue motor function and appropriate training may prevent aspiration pneumonia in patients with dysphagia and improve their quality of life.

Correspondence to : Shinya FUKUNAGA

Department of Speech-Language pathology and Audiology
Faculty of Rehabilitation
Kawasaki University of Medical Welfare
288 Matsushima, Kurashiki, 701-0193, Japan
E-mail : sf@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.33, No.2, 2024 161 – 167)