

## 特集 加齢に伴う発声発語器官の変化

## 開口動作に着目した舌骨上筋の評価

## —開口力と加齢の関係と摂食嚥下機能評価への応用—

原 豪志

Koji Hara

戸原 玄

Haruka Tohara

**要旨** 摂食嚥下障害は、疾病のみならず加齢によっても引き起こされる。加齢に伴い、摂食嚥下関連筋の筋力が低下するため、それらが発揮できる強さを評価することが重要である。開口は、舌骨上筋の収縮が主体をなすことから、舌骨上筋の筋力評価を目的とした、開口力測定器が開発された。加齢により開口力は低下し、開口力の低下は、舌骨の低位を招く。さらに、男性高齢者の開口力は、女性高齢者よりもサルコペニアの影響を受けやすいことが分かった。一方で、開口力は、咽頭残留のスクリーニングテストとして有用であり、男性は、5.3 kg をカットオフ値としたとき、感度 0.80、特異度 0.88 で、女性は 3.2 kg のときに感度 0.83、特異度 0.81 であった。

**キーワード** 摂食嚥下障害、開口力、舌骨上筋、加齢、サルコペニア

## 総説

## I. 緒 言

わが国は超高齢社会を迎え、誤嚥性肺炎の起因となる摂食嚥下障害に対する対応は喫緊の課題である。わが国の摂食嚥下障害の有病率は、地域に在住する高齢者の 13.8%<sup>1)</sup>、そして老人福祉施設利用者中に 63.8%<sup>2)</sup> 存在すると報告されている。摂食嚥下障害は、脳血管障害を代表とする疾病のみによって引き起こされるものではなく、加齢によっても引き起こされる<sup>3-6)</sup>。摂食嚥下は、複数の口腔、咽頭の筋肉の協調運動により達成されるが、サルコペニアは、咀嚼筋<sup>7)</sup>、舌筋<sup>8,9)</sup> や舌骨上筋<sup>10,11)</sup>、咽頭筋<sup>12)</sup> に影響を与えるため、それらの筋肉が発揮できる強さを評価することが重要である。咀嚼筋の強さを表す咬合力があり、舌筋、咽頭筋の強さはそれぞれ、舌圧、咽頭圧によって評価されるが、舌骨上筋の強さを評価するツールはこれまで存在しなかった。そのため、舌骨上筋の筋力評価を目的とした開口力測定器が開発された。本稿では開口力測定、開口力と加齢の関係、そして摂食嚥下機能評価への応用について紹介する。

## II. 開口力測定

舌骨上筋群のうち、顎舌骨筋、オトガイ舌骨筋は、舌骨体部に付着しているが、顎二腹筋と茎突舌骨筋は、直接的

に舌骨に付着しているのではなく、他の舌骨上筋もしくは、腱や結合組織に付着している<sup>13)</sup>。嚥下時の舌骨挙上は、舌骨上筋群の収縮が主要な役割を果たし、輪状咽頭筋の弛緩に伴い食道入口部の開大に寄与する<sup>14-16)</sup>。それゆえ、舌骨上筋の筋力低下による舌骨・喉頭挙上量の減少は、食道入口部開大不全をきたし、誤嚥や咽頭残留の原因となる<sup>17,18)</sup>。嚥下反射時に舌骨は、前上方に挙上するが、その上方への動きは喉頭口の閉鎖に、前方への動きは食道入口部開大に関係しているとされている<sup>15-19)</sup>。また、複数の研究から舌骨の上方運動は顎舌骨筋が、前方運動はオトガイ舌骨筋が主要な役割を果たすとされている<sup>20,21)</sup>。一方で、下顎の開口運動は、舌骨下筋群が収縮した状態で、舌骨上筋群（オトガイ舌骨筋、顎舌骨筋、顎二腹筋前腹）の収縮が生じ、舌骨が固定された状態で下顎が舌骨方向に牽引されることで達成される。つまり開口動作と嚥下時の舌骨挙上はともに舌骨上筋の収縮によってなされる。開口動作が、舌骨上筋の筋力強化訓練として有用であることが報告されており<sup>22-24)</sup>、Wada は、食道入口部開大不全を呈する嚥下障害患者に最大開口を訓練として行わせたところ、舌骨挙上量や食道入口部量が改善したと報告している<sup>22)</sup>。このような背景から舌骨上筋の筋力測定を目的として、口を開ける力を測定する、開口力測定器が開発された<sup>24)</sup>。開口力測定器は、頭部と下顎の固定用のバンド、チンキャップ、筋力計、およびモニター（ミュータス F1、アニマ株式会社）からな

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科歯学系専攻老化制御学講座高齢者歯科学分野

[連絡先] 原 豪志：東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科歯学系専攻老化制御学講座高齢者歯科学分野

(〒113-8510 東京都文京区湯島 1-5-45)

TEL : 03-5803-5561 FAX : 03-5803-5561 E-mail : koji19831031@gmail.com

受稿日：2017年8月3日 受理日：2017年8月4日

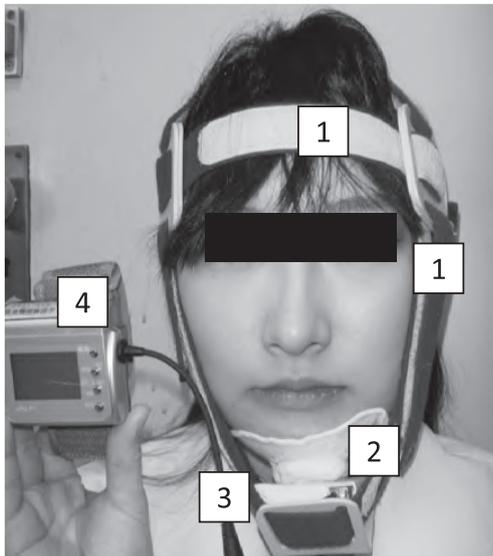


図1 開口力測定器

①頭部と下顎のバンド②チンキャップ③筋力計④モニター

る(図1)。頭部と下顎のバンドはマジックテープで長さを変えることが可能であり、チンキャップの下部に筋力計が備え付けてある。計測時には、バンドで頭部と下顎を可及的に強く固定した状態にて、被験者に力強く開口するように促し、その得られた値を開口力とする。平均年齢44.7±12.6歳、64名の健常者に対して開口力の測定を行ったところ、男性は約10kg、女性は約6kgであり、男性の筋力は有意に高く、年齢との開口力の相関は認められなかったが( $r=0.16$ ,  $p<0.21$ )、握力と開口力は有意に相関した( $r=0.69$ ,  $p<0.01$ )。測定値の信頼性については、計測に際し2回測定した平均値を測定値と採用した場合、高い検者内一致率(interclass correlation coefficient:  $ICC=0.96$ )と検者間一致率(inter-subject:  $ICC=0.94$ )が得られた<sup>25)</sup>。そのため、2回以上計測しその平均値を採用することが望ましい。現在では、より汎用性が高く、簡易的に開口力測定が可能な、開口力測定トレーナーTK2016(リブド社、東京)が開発されている(図2)。

### Ⅲ. 開口力と加齢について

嚥下障害患者では開口力が低下するが<sup>26)</sup>、加齢によっても低下する。150人を対象とした調査において<sup>11)</sup>、成人群(平均年齢48.8±13.8歳;23-69歳)の男性の開口力は9.7±2.8kg、女性は5.9±1.6kgであった。一方で高齢群(平均年齢78.1±4.8歳;70-92歳)の男性の開口力は7.0±2.4kg、女性は4.4±1.1kgであり、男女ともに成人群よりも有意に低値( $p<0.01$ )であった。オトガイ舌骨筋の断面積は加齢によって減少し、筋内脂肪の沈着が増加することが報告されている<sup>10)</sup>ことから他の舌骨上筋も同様に加齢の影響を受け、開口力が低下したものと考えられる。また、嚥下障

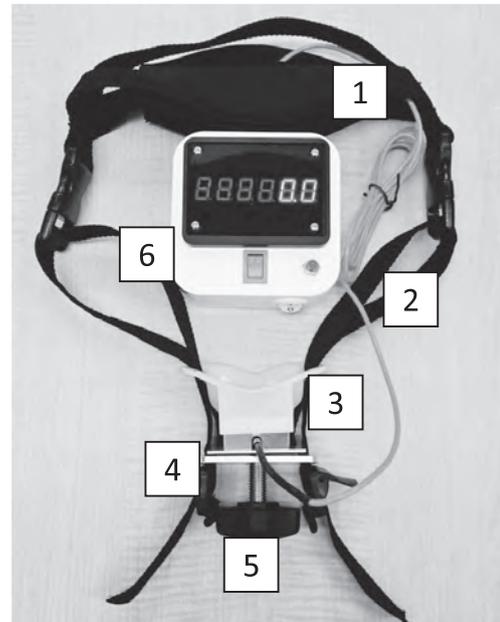


図2 開口力測定トレーナーTK2016(リブド社、東京)

①頭部キャップ②調整ベルト③チンキャップ④筋力計  
⑤締め付けノブ⑥モニター

害を引き起こす疾患を持たない65歳以上の地域高齢者を対象として、AWGS(Asian Working Group for Sarcopenia)のサルコペニアのアルゴリズムに基づき<sup>27)</sup>、四肢のサルコペニアの有無が、開口力低下の独立因子となるかを調査した研究がある<sup>28)</sup>。その結果、サルコペニアの有無が独立因子となったのは男性のみであり( $p<0.001$ )、女性はサルコペニアの影響を受けず、開口力が維持されることが分かった。興味深いことに、この結果は、加齢が舌骨挙上量に及ぼす影響に男女差があることを示したLogemannの報告<sup>29,30)</sup>と一致している。その研究では、男性高齢者は加齢に伴い有意に舌骨挙上量が減少するが<sup>29)</sup>、女性は加齢の影響を受けず、むしろ舌骨挙上量は、維持ないし増加したことが報告されている<sup>30)</sup>。その考察として、女性は男性よりも舌骨上筋の予備力が保たれやすく、加齢に伴う嚥下機能低下に対して、舌骨挙上による代償が得られやすいと説明している。これらを踏まえると、加齢によって舌骨上筋の最大筋力は男女ともに低下するが、舌骨挙上に必要な筋力と、その予備力に対する加齢の影響には、男女差が存在するかもしれない。一方、健常高齢者(平均年齢75.5歳)に対して、開口力と、嚥下造影検査(VF:videofluoroscopic examination of swallowing)にて観察された舌骨の挙上動態を調査した研究<sup>31)</sup>では、男性において開口力と安静時の舌骨の位置は有意に正の相関( $r=0.72$ ,  $p<0.01$ )がある一方で、舌骨挙上量は前方( $r=-0.51$ ,  $p<0.05$ )、上方( $r=-0.82$ ,  $p<0.01$ )とも有意に負の相関があった。これは、開口力が低い高齢者ほど、安静時の舌骨が低位するため、より多くの舌骨の挙上量が必要であっ

たとえられた。

#### IV. 開口力を用いたスクリーニングテスト

摂食嚥下障害の精査は、VF や嚥下内視鏡検査であるが、いずれも設備や機器が必要であり、評価するための知識やスキルが必要となる。簡易的に摂食嚥下機能を評価するために多くのスクリーニングテストが存在するがこれらは、誤嚥の予測として、液体<sup>32-34</sup> や半固形物<sup>33-35</sup> を嚥下してもらい、嚥下反射の有無や嚥下時、嚥下後の反応を観察するものである。また不顕性誤嚥の予測として、刺激物を吸引させて、咳反射の有無を確認するものである<sup>36</sup>。これまで摂食嚥下関連筋の強さを、摂食嚥下障害のスクリーニングテストとして使用したものはなかった。開口力を摂食嚥下障害のスクリーニングテストとして用いた結果（開口力テスト、JOFT : jaw opening force test)<sup>26</sup>、誤嚥の予測において、男性はカットオフ値が3.2 kg のときに感度0.57、特異度0.79であり、女性は4 kg のときに感度0.93、特異度0.52であった。一方、咽頭残留の予測として、男性は、5.3 kg をカットオフ値としたとき、感度0.80、特異度0.88であり、女性はカットオフ値が3.2 kg のときに感度0.83、特異度0.81であった。JOFT は、誤嚥よりも咽頭残留の検出に有用であった。咽頭残留の成因は複数あるが<sup>17, 18, 37-41</sup>、そのうち、舌骨喉頭の挙上<sup>17, 18</sup> と咽頭の短縮<sup>41</sup> が舌骨上筋の筋力と関係する。そのため、JOFT が咽頭残留の予測に有用であったと考える。しかし、誤嚥の検出には不向きであるため、誤嚥を検出可能なスクリーニングテストと併用する必要がある。

#### V. ま と め

開口力は、舌骨上筋の強さを簡易的に定量評価することが可能である。それゆえ、疾患や加齢による舌骨上筋への影響や、開口訓練など舌骨上筋の筋力強化訓練に対する効果の検証にも有用であると考えられる。しかしその研究はまだ十分であるとは言い難い。今後は、舌骨上筋の筋量と開口力の関係や開口力の年代ごとの基準値など、さらなる調査が必要である。

#### 文 献

- 1) Kawashima K, Motohashi Y, Fujishima I : Prevalence of dysphagia among community-dwelling elderly individuals as estimated using a questionnaire for dysphagia screening. *Dysphagia*, 19 : 266-271, 2004.
- 2) Sugiyama M, Takada K, Shinde M, et al : National survey of the prevalence of swallowing difficulty and tube feeding use as well as implementation of swallowing evaluation in long-term care settings in Japan. *Geriatr Gerontol Int*, 14 : 577-581, 2014.

- 3) Wakabayashi H, Sashika H, Matsushima M : Head lifting strength is associated with dysphagia and malnutrition in frail older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 15 : 410-416, 2015.
- 4) Hathaway B, Vaezi A, Egloff AM, et al : Frailty measurements and dysphagia in the outpatient setting. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 123 : 629-635, 2014.
- 5) Maeda K, Akagi J : Sarcopenia is an independent risk factor of dysphagia in hospitalized older people. *Geriatr Gerontol Int* 2015 [Epub ahead of print]
- 6) Maeda K, Akagi J : Decreased tongue pressure is associated with sarcopenia and sarcopenic dysphagia in the elderly. *Dysphagia*, 30 : 80-87, 2015.
- 7) Murakami M, Hirano H, Watanabe Y, et al : Relationship between chewing ability and sarcopenia in Japanese community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 15(8) : 1007-1012, 2015.
- 8) Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, et al : Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed disposable tongue pressure measurement device. *Dysphagia*, 23 : 286-290, 2008.
- 9) Youmans SR, Stierwalt Julie AG : Measures of tongue function related to normal swallowing. *Dysphagia*, 21 : 102-111, 2006.
- 10) Feng X, Todd T, Lintzenich CR, et al : Aging-related geniohyoid muscle atrophy is related to aspiration status in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68 : 853-860, 2013.
- 11) Iida T, Tohara H, Wada S, et al : Aging decreases the strength of suprahyoid muscles involved in swallowing movements. *Tohoku J Exp Med*, 231 : 223-228, 2013.
- 12) Herwaarden MA, Katz PO, Gideon M, et al : Are Manometric Parameters of the upper esophageal sphincter and pharynx affected by age and gender? *Dysphagia*, 18 : 211-217, 2003.
- 13) Sonoda N, Tamatsu Y : Observation on the attachment of muscles onto the hyoid bone in human adults. *Okajimas Folia Anat Jpn*, 85 : 79-90, 2008.
- 14) Sivarao DV, Goyal RK : Functional anatomy and physiology of the upper esophageal sphincter. *Am J Med*, 108(Suppl 4a) : 27S-37S, 2000.
- 15) Jacob P, Kahrilas PJ, Logemann JA, et al : Upper esophageal sphincter opening and modulation during swallowing. *Gastroenterology*, 97 : 1469-1478, 1989.
- 16) Cook IJ, Dodds WJ, Dantas RO, et al : Opening mechanism of the human upper esophageal sphincter. *Am J Physiol*, 257 : G748-759, 1989.
- 17) Murray J : Manual of dysphagia assessment in adults. Singular Publication Group, San Diego, 1999.
- 18) Steele CM, Bailey GL, Chau T, et al : The relationship between hyoid and laryngeal displacement and swallowing impairment. *Clin Otolaryngol*, 36 : 30-36, 2011.
- 19) Kim Y, McCullough GH : Maximum hyoid displacement in normal swallowing. *Dysphagia*, 23 : 274-279, 2008.
- 20) Pearson WG, Langmore SE, Zumwalt AC : Evaluating the structural properties of suprahyoid muscles and their potential for moving the hyoid. *Dysphagia*, 26 : 345-351, 2011.
- 21) Okada T, Aoyagi Y, Inamoto Y, et al : Dynamic change in hyoid muscle length associated with trajectory of hyoid bone during swallowing: analysis using 320-row area detector computed tomography. *J Appl Physiol*, 115 : 1138-1145, 2013.
- 22) Wada S, Tohara H, Iida T, et al : Jaw opening exercise for insufficient opening of upper esophageal sphincter. *Arch Phys Med Rehabil*, 93 : 1995-1999, 2012.
- 23) Watts CR : Measurement of hyolaryngeal muscle activation using surface electromyography for comparison of two rehabilitative dysphagia exercises. *Arch Phys Med Rehabil*, 94 : 2542-2548, 2013.
- 24) Tohara H, Wada S, Sanpei R, et al : Development of a Jaw-

- Opening Sthenometer to Assess Swallowing Functions First Report: Jaw Opening Muscle Strength of Healthy Volunteers. *Japanese Journal of Gerodontology*, 26 : 78–84, 2011 (in Japanese).
- 25) Hara K, Tohara H, Wada S, et al : Development of a jaw-opening sthenometer to assess swallowing functions third report: the reliability of a jaw opening sthenometer for jaw opening strength. *Japanese Journal of Gerodontology*, 28 : 361–365, 2013 (in Japanese).
  - 26) Hara K, Tohara H, Wada S, et al : Jaw-opening force test to screen for Dysphagia: preliminary results. *Arch Phys Med Rehabil*, 95 : 867–874, 2014.
  - 27) Chen LK, Liu LK, Woo J, et al : Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, 15 : 95–101, 2014.
  - 28) Machida N, Tohara H, Hara K, et al : Effects of Aging and Sarcopenia on Tongue Pressure and Jaw-Opening Force. *Geriatrics & Gerontology International*, 17(2) : 295–301, 2017.
  - 29) Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, et al : Temporal and biomechanical characteristics of oropharyngeal swallow in younger and older men. *J Speech Lang Hear Res*, 43(5) : 1264–1274, 2000.
  - 30) Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, et al : Oropharyngeal swallow in younger and older women: videofluoroscopic analysis. *J Speech Lang Hear Res*, 45(3) : 434–445, 2002.
  - 31) Shinozaki H, Tohara H, Matsubara M, et al : Relationship between jaw opening force and hyoid bone dynamics in healthy elderly subjects. *Clin Interv Aging*, 12 : 629–634, 2017.
  - 32) DePippo KL, Holas MA, Reding MJ : Validation of the 3-oz water swallow test for aspiration following stroke. *Arch Neurol*, 49 : 1259–1261, 1992.
  - 33) Tohara H, Saitoh E, Mays KA, et al : Three tests for predicting aspiration without videofluorography. *Dysphagia*, 18 : 126–134, 2003.
  - 34) Teramoto S, Fukuchi Y : Detection of aspiration and swallowing disorder in older stroke patients: simple swallowing provocation test versus water swallowing test. *Arch Phys Med Rehabil*, 81 : 1517–1519, 2000.
  - 35) Chong MS, Lieu PK, Sitoh YY, et al : Bedside clinical methods useful as screening test for aspiration in elderly patients with recent and previous stroke. *Ann Acad Med Singapore*, 32 : 790–794, 2003.
  - 36) Sato M, Tohara H, Iida T, et al : A simplified cough test for screening silent aspiration. *Arch Phys Med Rehabil*, 93 : 1982–1986, 2012.
  - 37) Dejaeger E, Pelemans W, Ponette E, et al : Mechanism involved in postdeglutition in the elderly. *Dysphagia*, 12 : 63–67, 1997.
  - 38) Ekberg O, Nylander G : Pharyngeal constrictor paresis in patients with dysphagia: a cineradiographic study. *Clin Radiol*, 33 : 253–258, 1982.
  - 39) Olsson R, Castell J, Johnston B, et al : Combined videomanometric identification of abnormalities related to pharyngeal retention. *Acad Radiol*, 4 : 349–354, 1997.
  - 40) Kahrilas PJ, Lin S, Logemann JA, et al : Deglutitive tongue action: volume accommodation and bolus propulsion. *Gastroenterology*, 104 : 152–162, 1993.
  - 41) Palmer JB, Tanaka E, Ensurd E : Motions of Posterior Pharyngeal wall in Human swallowing: A quantitative Videofluorographic study. *Arch Phys Med Rehabil*, 81(11) : 1520–1526, 2000.