Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science (2016)

Original Article

超音波を用いたオトガイ舌骨筋測定法の再テスト信頼性

清水五弥子, ¹ 花山耕三, ¹ 目谷浩通, ¹ 杉山岳史, ¹ 阿部泰昌, ¹ 関 聰介, ¹ 平岡 崇, ¹ 椿原彰夫

1 川崎医科大学リハビリテーション医学

要旨

Shimizu S, Hanayama K, Metani H, Sugiyama T, Abe H, Seki S, Hiraoka T, Tsubahara A. Retest reliability of ultrasonic geniohyoid muscle measurement. Jpn J Compr Rehabil Sci 2016; 7: 55–60.

【目的】超音波検査は、嚥下関連筋の形態と嚥下運動の両方を評価できる検査法である。本研究の目的は、超音波による舌骨上筋群の評価法について、再テスト法を含めた、検者内・検者間信頼性を確認することである。

【方法】検者3名が、健常成人10名を対象に、超音波でオトガイ舌骨筋の長さや面積、嚥下時の筋短縮率を計測した。それぞれの計測結果から、検者内信頼性と再テスト信頼性、検者間信頼性を、級内相関係数(ICC)を用いて検討した。

【結果】検者内信頼性と再テスト信頼性は、すべての評価項目で、ICC 0.8 以上と良好な結果であった。検者間信頼性は、嚥下時のオトガイ舌骨筋の長さと、オトガイ舌骨筋面積がICC 0.8 以上、安静時のオトガイ舌骨筋の長さと、オトガイ舌骨筋の短縮率がICC 0.6 以上であった。

【考察】本評価法は、同一検者が実施する方が、信頼性が高いと考えられた。また、期間を空けて評価を行った場合でも、信頼性が高いことが示唆された。

キーワード:超音波検査,オトガイ舌骨筋,再テスト 信頼性,検者間信頼性

はじめに

舌骨上筋群は、嚥下時に舌骨を前上方に移動させ、 喉頭蓋反転や食道入口部開大に関与し、嚥下運動にお いて非常に重要な役割を果たしている[1-3]. 舌骨

著者連絡先:清水五弥子 川崎医科大学リハビリテーション医学 〒701-0192 岡山県倉敷市松島 577 E-mail: s-shimizu@med.kawasaki-m.ac.jp 2016 年7月7日受理

利益相反:本研究は科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金)15K01402の助成を受けたものです. 本研究において,一切の利益相反はありません. 上筋群の評価は、嚥下造影検査(以下、VF)で、舌骨の垂直・水平移動距離を計測するのが一般的である [4-6]. しかし、レントゲンでは、骨の動きを介して筋の働きを評価することはできるが、筋厚や筋断面積など、筋肉の形態を評価することができない。CTや MRI などの画像検査では、筋肉の形態の評価は可能だが、嚥下時の動きを評価することができない[7,8]. 近年、3DCTによる嚥下運動の評価が報告されているが、検査する施設が限られること、姿勢が限定されること、放射線被ばくの問題がある[8,9].一方、超音波検査は、オトガイ部の筋肉や骨が容易に描出でき、嚥下時の運動も評価することができる。さらに、低侵襲で低コスト、姿勢が限定されず、ベッドサイドで行えるという利点がある.

超音波による嚥下機能評価は、1984年に Shawker ら「10」が報告して以降、さまざまな手技や方法が 報告されているが [11-25], 超音波検査法の信頼性 を評価した報告は少ない。研究や臨床で用いる評価法 は、信頼性が高いことが必須であり、標準化されてい ない評価法を用いる場合は、事前に信頼性を検討する 必要がある. Macrae ら [15] は, 超音波でオトガイ 舌骨筋の筋長や嚥下時の短縮率を計測する評価法につ いて、検査者内・検者間信頼性は高かったと報告して いる。しかし、この報告は、同じ超音波画像を複数の 検者が計測した信頼性を評価しているもので、超音波 検査の再現性については検討していない. Hsiao ら [13] は、超音波を用いて、嚥下時の舌骨-下顎骨間 の距離を計測し、検者内・検者間信頼性はいずれも高 い結果であったと報告しているが、再テスト法による 信頼性までは検討していない. 再テスト法は, 同一対 象者に対して、期間を空けて同一検査を行い、結果の 安定性を検討する方法の一つである. 嚥下機能評価は, 症状変化や訓練効果など,同一患者を経時的に評価す ることが多いため、評価法の再現性を検討するにあた り、再テスト法を行うことは重要である。

本研究の目的は、超音波による舌骨上筋群の評価法 について、再テスト法を含めた、検者内・検者間信頼 性を確認することである.

方法

1. 対象者

摂食嚥下障害や呼吸機能障害, 耳鼻咽喉疾患の既往 歴がない, 健常ボランティア 10 名が参加した. 男性 5名,女性5名,平均年齢は21.7歳(21~27歳)だった。研究を始める前に、対象者に対して十分な説明を行い、研究参加の同意を得た。

なお,本研究は,川崎医科大学・同附属病院の倫理 委員会の承認を得ている(承認番号 1917).

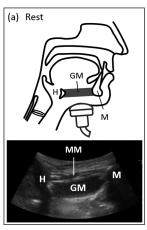
2. 検者

3名の検者が本研究に参加した。検者1は,7年間の臨床経験のある医師で、検者2と3は,それぞれ7年と10年の臨床経験のある言語聴覚士である。検者は、事前に評価方法の説明を受け、十分な練習を経てから、研究を開始した。

3. 超音波検査

超音波検査は、Macrae ら [15] の方法を参考に、一部改変して行った。対象者は、背もたれ角度 30 度のリクライニングベッドに安楽な姿勢をとった。縦 30 cm ×横 44 cm ×高さ 7 cm の枕を、対象者の肩口に当てるよう使用し、頭頸部を安定させた。

2-5 MHz コンベックス型プローブ(SonoSite M turbo. FUJIFILM SonoSite)を、対象者の口底部正中線に沿って、オトガイ下面に対して垂直に当てた(図1). プローブの位置は、末端が甲状軟骨に接しない高さで、かつ舌骨が描出できる高さとした。また、超音波ジェルを十分に使用し、オトガイ下の軟部組織を圧迫しないよう注意した。Bモード矢状断層面(周波数3.5 MHz)で、音響陰影を伴った舌骨と下顎骨、それに付着するオトガイ舌骨筋を一つの画面に描出した(図1a). 安静時の記録を3回行い、それぞれ静止画を保存した。次に、オトガイ下に超音波プローブを当てたまま、対象者は常温のアップルゼリー3 ml(エンゲリード®、大塚製薬工場)を嚥下した。嚥下様式は



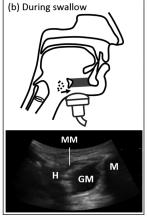


図1. 超音波プローブの位置(上段)と, 超音波矢 状断層画像(下段)

(a):安静時 (b):嚥下中,オトガイ舌骨筋最大短縮時 H;舌骨,M;下顎骨,GM;オトガイ舌骨筋,MM;顎舌骨筋.

超音波プローブを,対象者の口底部正中線に沿って,オトガイ下面に対して垂直に当てると,音響陰影を伴った舌骨(H)と下顎骨(M)が描出できる.舌骨と下顎骨の間には,表層に顎舌骨筋(MM),深層にオトガイ舌骨筋(GM)が描出される.

指示嚥下で Tipper type に統一した. 嚥下時に, オトガイ舌骨筋の筋収縮と舌骨移動を観察することができた(図 1b). 嚥下時の記録を 3 回行い, それぞれ動画を保存した.

検者3名が、10名の対象者に対して、それぞれ超音波検査を行った。検者1は、1週間後に、同対象者全員に同評価を行った。検者各々の計測結果は、他の検者に分からないよう管理を徹底した。同様に、検者1が1回目に行った計測結果は、2回目の評価時には分からないようにした。

4. データ処理

保存した超音波画像を用いて、パソコン画面上で、以下の項目を計測した。すべての動画解析や測定は、検者 1 名(検者 1)が実施した。また、データ処理は、超音波検査を行った同日に実施した。測定は、Image J software (NIH, USA) を用いた。動画は、Adobe Premiere Elements 4.0° software (Adobe System Incorporated, US)を用いて、15/ 秒コマ送り再生と編集を行った。

4.1 オトガイ舌骨筋の長さ(安静時)

安静時の静止画を用いた.オトガイ舌骨筋の長さは, 舌骨と下顎骨の2点間距離とした. 舌骨と下顎骨の計 測上のランドマークは, それぞれオトガイ舌骨筋の筋 付着部表層とした(図2a).

4.2 オトガイ舌骨筋の面積(安静時)

安静時の静止画を用いて、オトガイ舌骨筋の筋層と 筋膜の境界を囲み、面積を計測した(図2b).

4.3 オトガイ舌骨筋の長さ(嚥下時)

嚥下時の動画をコマ送り再生し、嚥下時にオトガイ 舌骨筋が最も短縮した時点を同定し、その画像を静止 画として抽出した。その静止画を用いて、舌骨と下顎 骨の2点間距離を計測した(図2c).

4.4 オトガイ舌骨筋の短縮率

安静時のオトガイ舌骨筋の長さを A, 嚥下時の最大 短縮時のオトガイ舌骨筋の長さを B とした。嚥下時 のオトガイ舌骨筋の短縮率を, $(A-B)/A \times 100$ として計算した.

5. 分析

信頼性の検討は、級内相関係数(Intraclass Correlation Coefficients;ICCs)を用いた。検者内信頼性は、検者1が1回目に行った、3回の計測値から、ICC (1,1)を求めた。再テスト信頼性は、検者1が1回目と2回目に行った計測結果から、ICC (1,1)を求めた。検者間信頼性は、検者3名がそれぞれ行った計測結果から、ICC (2,1)を求めた。それぞれの計測値は、3回の計測値の平均値を用いた。有意水準は0.05未満とした。すべての統計解析は、SPSS Statistics 22(IBM Inc. USA)を用いた。

結果

超音波画像は、全対象者で明瞭に描出することが可能であった。超音波プローブによって、嚥下時の喉頭 挙上運動が干渉された場合は、超音波ジェルを増やすことで対応可能であった。

検者内信頼性 (Single measure ICC) は、安静時のオトガイ舌骨筋の長さ、嚥下時のオトガイ舌骨筋の長

さ、オトガイ舌骨筋の短縮率、安静時のオトガイ舌骨筋面積のいずれも、ICC は 0.9 以上であった(表 1). 再テスト信頼性は、安静時のオトガイ舌骨筋の長さはICC 0.83、安静時のオトガイ舌骨筋面積は ICC 0.87、その他は ICC 0.9 以上であった(表 2). 一方、検者間信頼性は、安静時のオトガイ舌骨筋の長さが ICC 0.66、嚥下時のオトガイ舌骨筋の長さが ICC 0.68、安静時のオトガイ舌骨筋の積さが ICC 0.68、安静時のオトガイ舌骨筋面積が ICC 0.88であった(表 3).

考察

連続的データにおける信頼性を評価する ICC は、0.6 以上が必要で、0.8 以上がより望ましいとされている [26]. 本研究では、評価法の検者内信頼性は、すべての評価項目において、ICC 0.9 以上と非常に良い成績であった。これは、同一検者が評価する場合は、1回の測定でも信頼性が高いことを示している。再テスト法による検者内信頼性は、ICC 0.8 以上 "almost





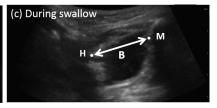


図2. オトガイ下の超音波画像

(a) (b):安静時の静止画, (c):オトガイ舌骨筋の最大短縮時の静止画.

舌骨(H)と下顎骨(M)の計測上のランドマークは、それぞれ、オトガイ舌骨筋の筋付着部表層とした。オトガイ舌骨筋の長さは、舌骨と下顎骨の2点間距離とした。Aは、安静時のオトガイ舌骨筋長を示す。Bは、最大収縮時のオトガイ舌骨筋長を示す。安静時のオトガイ舌骨筋面積は、オトガイ舌骨筋の筋層と筋膜の境界を囲んだ領域(破線)とした。

H; 舌骨, M; 下顎骨, GM; オトガイ舌骨筋.

表1. 検者内信頼性(検者1)

	ICC	95% CI	p Value
安静時のオトガイ舌骨筋長	0.916	0.742-0.983	0.000
最大収縮時のオトガイ舌骨筋長	0.938	0.829-0.984	0.000
オトガイ舌骨筋の収縮率	0.938	0.802-0.988	0.000
安静時のオトガイ舌骨筋面積	0.941	0.812-0.988	0.000

表2. 再テスト信頼性(検者1)

	ICC	95% CI	p Value
安静時のオトガイ舌骨筋長	0.834	0.491-0.955	0.000
最大収縮時のオトガイ舌骨筋長	0.970	0.884-0.993	0.000
オトガイ舌骨筋の収縮率	0.950	0.791-0.990	0.000
安静時のオトガイ舌骨筋面積	0.869	0.580-0.965	0.000

表3. 検者間信頼性(検者1,2,3)

	ICC	95% CI	p Value
安静時のオトガイ舌骨筋長	0.658	0.304-0.889	0.000
最大収縮時のオトガイ舌骨筋長	0.869	0.665-0.965	0.000
オトガイ舌骨筋の収縮率	0.677	0.327-0.904	0.000
安静時のオトガイ舌骨筋面積	0.880	0.627-0.970	0.000

perfect reliability"と良好な結果であった。この結果から,期間を空けて評価を行った場合でも,信頼性が高いことを示しており,今後臨床応用するにあたり,非常に重要であると考える。検者間信頼性は,ICC 0.6以上"substantial reliability"の信頼性はあるが,他と比較すると信頼性が低い結果となった。検者が変わることによって全体的に信頼性が低下するため,本評価法を実施する場合は,同一検者が行った方が望ましいと考えられた。

評価法の信頼性を向上させるためには、被験者の姿 勢,模擬食品の種類や量,嚥下様式を統一する必要が ある. 嚥下評価時の姿勢(例えば,座位と臥位,頭頸 部角度や回旋)によって、計測結果に違いがでること が知られている[14, 21, 27-30]. そのため、超音 波で嚥下評価を行った過去の報告の中には、頭頸部や 超音波プローブを固定して行った報告がある[20, 22, 25]. しかし、頭頚部を固定した状態で嚥下する と, 嚥下運動に大きな影響を与える恐れがある. また, 臨床場面で固定装置を使用することは非現実的であ る. 本研究では、固定装置は使用せず、リクライニン グベッドによる背もたれと枕を使用することで代用し たが、同一検者が評価する場合は、高い信頼性が得ら れた. ベッド上臥床の患者に応用する場合も、背もた れの角度と枕の種類を、一定にすることが重要である と考える.

また、嚥下する食塊の量や物性、味覚、温度によって、嚥下運動が変化することが報告されている [31,32]. 本研究では、摂取するゼリーの量や味、温度はすべて統一した.

さらに、嚥下様式の違いによって嚥下運動は変化することが知られている。例えば、自由嚥下と指示嚥下、口腔内保持の違い(Tipper type か Dipper type)によって嚥下時の舌圧や舌骨・喉頭運動は変化すると報告されている [33、34]. 本研究では、口腔相は Tipper type、嚥下開始は指示嚥下と統一した。これらの工夫をすることによって、評価法の信頼性を高めることができたと考えている。

各評価項目で考察すると、検者間信頼性の、安静時 のオトガイ舌骨筋長と, 嚥下時の筋短縮率は, 他の項 目と比較して、ICCが低かった。本研究では、固定装 具を用いて、頭頚部の固定をしなかったため、検者に よって,被験者の頸部角度が異なった可能性が考えら れた. 頸部角度の違いによって、安静時のオトガイ舌 骨筋長が変化し, 嚥下時の筋短縮率にも影響を与えた と考えられた. 一方, 安静時のオトガイ舌骨筋面積と, 最大短縮時のオトガイ舌骨筋長は、いずれの信頼性評 価においても良好な結果が得られた。オトガイ舌骨筋 長が変化しても、筋厚が変化するため、面積には大き な変化が出なかったと推測した。最大短縮時のオトガ イ舌骨筋長の結果が良好であったことより、食べ物の 種類や量を一定にした場合、嚥下関連筋の運動には再 現性があると考えられた. 検者間信頼性は, 検者内信 頼性より劣る結果となったが、安静時のオトガイ舌骨 筋面積と、最大短縮時のオトガイ舌骨筋長は、ICC 0.8 以上と信頼性が高いため、検者が代わる場合でも、こ の2項目は評価に堪えうると考えられた.

舌骨上筋群の筋量を評価する場合, CT 検査を行うことが多い. Feng ら [7] は, CT 画像でオトガイ舌

骨筋の横断面積を計測し、若年群と高齢群では、高齢 群の方が優位に筋萎縮を認めたと報告している.一方, 超音波を用いて, 嚥下関連筋の筋量計測を行った報告 は、ほとんどが舌の評価であり、舌骨周囲筋を評価し た報告は少ない、その理由として、超音波を用いて舌 骨周囲筋の描出を行うことは容易であるが、筋が小さ いため、筋腹中央の同定が困難であること、また、筋 線維に沿って垂直にプローブを当てることが難しいこ とが挙げられる. Macrae ら [14] は, 超音波で顎二 腹筋前腹の横断面積を計測することが可能であり, MRI と高い相関もあると報告しているが、同時に、 姿勢によって筋断面積が変化することを指摘してお り,信頼性の検討もなされていない. また, Feng ら[21] も、超音波でオトガイ舌骨筋の横断面積を計測してい るが、信頼性の検討はされていない。本研究では、オ トガイ舌骨筋の正中矢状断層面の面積を計測してい る. 横断面積の計測と比較して、同定が容易であり、 本研究で信頼性が高い評価項目であることが知れた. 舌骨上筋の筋量計測法の一つとして, 臨床応用できる 可能性があると考える.

本研究の限界として、計測法の妥当性について検討できていない点がある。Hsiao [13] らは、12名の脳卒中患者を対象に、超音波検査と VF を用いて、舌骨-下顎骨間距離を計測し、高い相関性があることを報告している。本研究においても、超音波検査による、舌骨-下顎骨間距離の測定が、計測法としての妥当性を有していると考えられるが、今後さらに確認する必要があると考える。

今後の課題として、本評価法の検者間信頼性を高めるための工夫を検討する必要がある。また、新たに、筋パフォーマンスの指標となる嚥下時の舌骨移動速度や、廃用性筋萎縮の指標となるエコー強度についても、評価法を確立していきたいと考えている。

謝辞

本研究を実施するにあたり、データ収集をご協力頂いた、川崎医療福祉大学の宮崎 泰広言語聴覚士、池野 雅裕言語聴覚士に深謝します.

文献

- 1. Steele CM, Bailey GL, Chau T, Molfenter SM, Oshalla M, Waito AA, et al. The relationship between hyoid and laryngeal displacement and swallowing impairment. Clin Otolaryngol 2011; 36: 30–6.
- 2. Kendall KA, Leonard RJ. Hyoid movement during swallowing in older patients with dysphagia. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 2001; 127: 1224-9.
- 3. Ekberg O, Sigurjónsson SV. Movement of the epiglottis during deglutition. A cineradiographic study. Gastrointest Radiol 1982; 7: 101–7.
- 4. Paik N, Kim SJ, Lee HJ, Jeon JY, Lim JY, Han TR. Movement of the hyoid bone and the epiglottis during swallowing in patients with dysphagia from different etiologies. J Electromyogr Kinesiol 2008; 18: 329–35.
- 5. Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, Colangelo LA, Kahrilas PJ, Smith CH. Temporal and biomechanical

- characteristics of oropharyngeal swallow in younger and older men. J Speech Lang Hear Res 2000; 43: 1264–74.
- 6. Kim Y, McCullough GH. Maximum hyoid displacement in normal swallowing. Dysphagia 2008; 23: 274–9.
- 7. Feng X, Todd T, Lintzenich CR, Ding J, Carr JJ, Ge Y, et al. Aging-related geniohyoid muscle atrophy is related to aspiration status in healthy older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2013; 68: 853–60.
- 8. Inamoto Y, Kagaya H, Saitoh E, Kanamori D, Shibata S, Fujii N, et al. Inter-rater and intra-subject reliability for the evaluation of swallowing kinematics using 320-row area detector computed tomography. Jpn J Compr Rehabil Sci 2012; 3: 59–65.
- 9. Fujii N, Inamoto Y, Saitoh E, Baba M, Okada S, Yoshioka S, et al: Evaluation of swallowing using 320-detector-row multislice CT. Part I: single- and multiphase volume scanning for three-dimensional morphological and kinematic analysis. Dysphagia 2011; 26: 99–107.
- Shawker TH, Sonies B, Hall TE, Baum BF. Ultrasound analysis of tongue, hyoid, and larynx activity during swallowing. Invest Radiol 1984; 19: 92–6.
- 11. Huang YL, Hsieh SF, Chang YC, Chen HC, Wang TG. Ultrasonographic evaluation of hyoid-larynx approximation in dysphagic stroke patients. Ultrasound Med Biol 2009; 35: 1103–8.
- 12. Kuhl V, Eicke BM, Dieterich M, Urban PP. Sonographic analysis of laryngeal elevation during swallowing. J Neurol 2003; 250: 333–7.
- Hsiao MY, Chang YC, Chen WS, Chang HY, Wang TG. Application of ultrasonography in assessing oropharyngeal dysphagia in stroke patients. Ultrasound Med Biol 2012; 38: 1522–8.
- 14. Macrae PR, Jones RD, Myall DJ, Melzer TR, Huckabee ML. Cross-sectional area of the anterior belly of the digastric muscle: comparison of MRI and ultrasound measures. Dysphagia 2013; 28: 375–80.
- Macrae PR, Doeltgen SH, Jones RD, Huckabee ML. Intra- and inter-rater reliability for analysis of hyoid displacement measured with sonography. J Clin Ultrasound 2012; 40: 74–8.
- 16. Yabunaka K, Konishi H, Nakagami G, Sanada H, Iizaka S, Sanada S, et al. Ultrasonographic evaluation of geniohyoid muscle movement during swallowing: a study on healthy adults of various ages. Radiol Phys Technol 2012; 5: 34–9.
- 17. Yabunaka K, Sanada H, Sanada S, Konishi H, Hashimoto T, Yatake H, et al. Sonographic assessment of hyoid bone movement during swallowing: a study of normal adults with advancing age. Radiol Phys Technol 2011; 4: 73–7.
- 18. Sonies BC, Wang C, Sapper DJ. Evaluation of normal and abnormal hyoid bone movement during swallowing by use of ultrasound duplex-Doppler imaging. Ultrasound Med Biol 1996; 22: 1169–75.

- 19. Chi-Fishman G, Sonies BC. Effects of systematic bolus viscosity and volume changes on hyoid movement kinematics. Dysphagia 2002; 17: 278–87.
- Chi-Fishman G, Sonies BC. Kinematic strategies for hyoid movement in rapid sequential swallowing. J Speech Lang Hear Res 2002; 45: 457–68.
- 21. Feng X, Cartwright MS, Walker FO, Bargoil JH, Hu Y, Butler SG. Ultrasonographic evaluation of geniohyoid muscle and hyoid bone during swallowing in young adults. Laryngoscope 2015; 125: 1886–91.
- 22. Tamura F, Kikutani T, Tohara T, Yoshida M, Yaegaki K. Tongue thickness relates to nutritional status in the elderly. Dysphagia 2012; 27: 556-61.
- 23. Butler SG, Stuart A, Leng X, Wilhelm E, Rees C, Williamson J, et al. The relationship of aspiration status with tongue and handgrip strength in healthy older adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2011; 66: 452–8.
- 24. Van Den Engel-Hoek L, Van Alfen N, De Swart BJ, De Groot IJ, Pillen S. Quantitative ultrasound of the tongue and submental muscles in children and young adults. Muscle Nerve 2012; 46: 31–7.
- Peng CL, Jost-Brinkmann PG, Miethke RR, Lin CT. Ultrasonographic measurement of tongue movement during swallowing. J Ultrasound Med 2000; 19: 15–20.
- Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977; 33: 159–74.
- 27. Sia I, Carvajal P, Carnaby-Mann GD, Crary MA. Measurement of hyoid and laryngeal displacement in video fluoroscopic swallowing studies: variability, reliability, and measurement error. Dysphagia 2012; 27: 192–7.
- Ekberg O. Posture of the head and pharyngeal swallowing. Acta Radiol Diagn 1986; 27: 691–6.
- Ertekin C, Keskin A, Kiylioglu N, Kirazli Y, On AY, Tarlaci S, et al. The effect of head and neck positions on oropharyngeal swallowing: Aclinical and electrophysiologic study. Arch Phys Med Rehabil 2001; 82: 1255–60.
- 30. Castell JA, Castell DO, Schultz AR, Georgeson S. Effect of head position on the dynamics of the upper esophageal sphincter and pharynx. Dysphagia 1993; 8: 1–6.
- 31. Butler SG, Postma GN, Fischer E. Effects of viscosity, taste, and bolus volume on swallowing apnea duration of normal adults. Otolaryngol Head Neck Surg 2004; 131: 860–3.
- 32. Gatto AR, Cola PC, Silva RG, Spadotto AA, Ribeiro PW, Schelp AO, et al. Sour taste and cold temperature in the oral phase of swallowing in patients after stroke. Codas 2013; 25: 163–7.
- 33. Dodds WJ, Taylor AJ, Stewart ET, Kern MK, Logemann JA, Cook IJ. Tipper and dipper types of oral swallows. AJR Am J Roentgenol 1989; 153: 1197–9.
- 34. Daniels SK, Foundas AL. Swallowing physiology of sequential straw drinking. Dysphagia 2001; 16: 176–82.