

超声在吞咽咽期评价中的研究进展

张新颜^a, 朱慧敏^a, 刘莉^a, 章洁^a, 张戈^b, 吴桐^c, 刘犇^c, 张子青^c

【关键词】 超声; 吞咽障碍; 脑卒中

【中图分类号】 R49; R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2022.09.012

吞咽是指人体从外界经口摄入食物并经咽腔、食管传输到达胃的过程,通常包含口腔期、咽期和食管期^[1]。超声作为一种无创、便携、价格低廉的检测方法,可以评估吞咽力学的某些方面^[2]。自1978年 Stevens^[3]首次利用超声对吞咽功能进行评估后,随着超声成像技术和分析方法的进展,超声在吞咽方面的研究越来越多^[4]。

神经系统疾病、自然衰老、肌少症、肿瘤等很多因素和疾病可导致吞咽障碍,最常见的是脑卒中^[4-5]。一项荟萃分析显示亚洲人群脑卒中后吞咽障碍发病率为36.3%^[6]。吞咽障碍可发生于吞咽过程中任何一期,其诊断评价很大程度上依赖于电视透视吞咽检查(videofluoroscopy swallowing study, VFSS)和纤维内镜吞咽功能检查(fibreoptic endoscopic evaluation of swallowing, FEES)^[4,7]。但此两项仪器检查也都存在不足,如VFSS检查具有辐射暴露风险,时间和空间数据的测量需要外部软件;FEES具有侵袭性,不能全程观察吞咽每个阶段等^[7]。受其弊端或经济等原因影响,并不是所有的国家都能采取金标准的评价方法^[6],COVID-19的大流行更是限制了上述评价手段的使用^[7],最适合吞咽障碍筛查的方法仍存在争议^[8],有必要探讨其它检查手段在吞咽困难评估中的作用。超声评价吞咽功能的优势日益受到重视。既往超声观察口腔期舌运动的研究较多^[9-10],本文重点介绍超声在健康受试者和脑卒中患者咽期相关结构,即颏舌骨肌运动和形态学、舌骨运动、喉上抬、咽部残留及误吸和食管上括约肌(upper esophageal sphincter, UES)方面应用的研究进展。

1 颏舌骨肌运动和形态学

颏舌骨肌位于下颌舌骨肌的深部,是舌骨上肌群

中的一块重要肌肉,其收缩产生的作用涉及吞咽的口腔期和咽期。在张口初期,舌骨上肌群中的二腹肌前腹、下颌舌骨肌和颏舌骨肌收缩,使得髁突在关节盘内转动,促使开口^[4]。在吞咽咽期,颏舌骨肌是舌骨上肌群中牵拉舌骨前向运动中 strongest 的肌肉^[11],也是会厌返折中起重要作用的肌肉^[12]。舌骨的前向运动可促使UES及时开放,从而保证食物顺利进入食管^[11,13]。

超声是一种检查横纹肌的成熟技术,可方便即时的检查肌肉的结构和功能,其中颏下超声可以清晰显示颏舌骨肌^[14]。国内一项对3个月内吞咽功能恢复正常的脑卒中患者研究显示,颏舌骨肌的运动距离和时间分别随治疗时间的延长而增加和减少。该研究认为超声能准确定量评估卒中后吞咽障碍患者颏舌骨肌功能改善情况,为康复治疗提供依据^[15]。另一项研究显示脑卒中后吞咽功能轻度受损患者,颏舌骨肌运动距离明显高于重度吞咽障碍患者^[16]。此外,超声在检测颏舌骨肌厚度和面积时亦有较高的可信度和有效性^[17]。Miura等^[18]对平均年龄77岁的社区健身居民的研究显示,张口力度与横切超声图上测量的颏舌骨肌厚度成正相关,而与其回波强度成负相关。通过超声检测颏舌骨肌厚度有助于估计张口力度并指导吞咽功能训练。而Yano等^[19]在健康青年患者中,使用舌压训练仪,进行8周的舌肌力量强化训练后,观察到舌压增加的同时,超声下测量的颏舌骨肌面积亦增加。其机制被认为是舌用力抵硬腭的动作,需要舌肌、闭颌肌及舌骨上肌群协同收缩完成。

总之,不同于VFSS和FEES,超声提供了一种肌肉的评估方法,有望成为无创吞咽功能监测和评价治疗干预效果的有力工具。但在过渡到临床应用前,还需要增加年龄、营养和肌少症等干扰因素对肌肉形态学测量值影响,锻炼后肌肉肥厚和吞咽功能改变的关联性,复测信度可靠性等方面的研究^[7]。

2 舌骨运动

舌骨作为口腔底部、舌和喉的肌肉和非肌肉组织附着点,是吞咽过程中重要的高度移动性的生物力学

收稿日期:2022-01-17

作者单位:南京医科大学附属脑科医院 a. 康复医学科, b. 老年医学科, c. 物理诊断科超声室, 南京 210029

作者简介:张新颜(1978-),女,副主任医师,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:吴桐, wutong19812013@163.com

标志点^[10]。吞咽时,通过舌骨上肌群收缩和舌骨下肌群舒张的协同作用,舌骨产生向上向前的运动。这种舌骨的全程运动轨迹可以被超声检测并描绘^[20]。超声测量舌骨位移有两种方法:①探头长轴垂直放置于颏下正中,记录在休息位和舌骨移动最大位置时,下颌骨和舌骨间距离,两个距离之差即为舌骨位移^[20-21];②探头长轴垂直放置于喉部正中矢状位,此时舌骨位于图像正中方便观察,但缺乏参考点^[22]。Chen等^[8]研究显示超声测量舌骨位移的测试者内部和测试者间信度检验具有一致可靠性,与VFSS测量结果亦有良好的一致性,故而推荐将颏下超声作为一种评估舌骨运动的检查方法,用于吞咽障碍的筛查和评估^[8]。

舌骨运动会受到性别、年龄、食团体积、食团粘滞度、吞咽速度、不同疾病等因素影响^[23]。不同的测量方法和参考点也会导致不同实验中测量值间的轻微差异。即使这样,多项研究仍发现了超声检测舌骨运动的一些规律及其应用价值。Lee等^[21]以脑卒中患者为主要研究对象,以超声下测量舌骨位移 $<13.5\text{mm}$ 作为预测是否出现渗漏或误吸的截断点,其敏感度83.9%,特异度81.0%,此与VFSS检查下的渗漏/误吸(penetration-aspiration scale, PAS)量表评级具有良好的相关性。其原因是各种疾病状态下,舌骨运动的延迟和幅度减少是误吸和咽期食物滞留的重要因素^[13]。Kwak等^[20]测量脑卒中后鼻饲患者的舌骨位移为 $0.81\pm 0.36\text{cm}$,明显小于移除鼻胃管30min后,再次吞咽1ml的水时测量值 $1.14\pm 0.36\text{cm}$,二者存在统计学差异。他们使用超声的方法,证明了留置的鼻胃管会降低舌骨运动。对于需要长期鼻饲的患者,应重视鼻胃管有增加误吸和肺部感染的风险。国内近期的一项研究显示超声测量的空吞咽舌骨位移,在VFSS视频吞咽障碍分级(videofluoroscopic dysphagia scale, VDS)评定的轻度组(<30 分)和重度组(≥ 30 分)患者间存在明显的差异,即轻度组舌骨位移为 $(1.70\pm 0.32)\text{cm}$,明显高于重度组 $(1.40\pm 0.33)\text{cm}$ ^[16]。

由于超声测量结果有可能受到超声换能器或受试者运动的影响,一些研究中使用了头部和(或)换能器固定装置,以期提高测量的准确度。但固定装置亦可能阻碍颌骨和舌骨运动、引发代偿性肌肉运动以及影响测量值的稳定性^[2]。为此,Perry等^[2]进行了一项手持或固定超声换能器测量健康受试者舌骨位移与静息位距离比值差别的研究,结果显示固定装置的应用未必能够增加测量的精准度。总之,相较于回声较少的会厌和舌基底部,舌骨因在超声显像中存在声影,相对容易成像,从而使超声评估舌骨运动受到更多关注。

由于吞咽的复杂性,舌骨运动的改变和吞咽障碍的整体相关性还存在争议。仍需进一步高质量的临床研究来验证该技术在识别吞咽障碍中的作用^[7]。

3 喉上抬

吞咽过程中舌骨-喉的靠近和喉上抬对保护气道起重要作用^[24]。研究发现,舌骨-甲状软骨间距(hyoid-larynx approximation, HLA)是衡量喉上抬程度的一个重要指标^[25]。黄格朗等^[26]参照2009年Huang等^[24]的研究方法,使用超声测量或计算吞咽过程中舌骨-甲状软骨间最大距离(maximum hyoid-larynx approximation, MHLA)、最小距离(minimum hyoid-larynx approximation, MHLA)和二者间缩短距离(hyoid-larynx shortening approximation, HLAS)以及二者间距离缩短率(approximation shortening rate, ASR), (其中 $\text{HLAS} = \text{MHLA} - \text{NHLA}$, $\text{ASR} = \text{HLAS} / \text{MHLA} \times 100\%$),经统计学分析后认为ASR是诊断脑卒中后吞咽障碍的较好指标。ASR诊断吞咽障碍的最佳截断值为40.63%,其灵敏度、特异度和约登指数分别为85.71%、100.00%和0.857。Huang等^[24]曾将超声与VFSS测量的ASR比较,二者结果非常接近;其研究亦得出 $\text{ASR} < 40\%$ 提示卒中患者可能存在吞咽障碍,这主要与此类患者HLAS明显缩小有关。与前述研究中纳入的脑卒中恢复期患者比较,急性期的患者更不易进行吞咽的金标准检查。为此,一项纳入首次发病7天内单侧脑卒中患者的队列研究显示,经口摄食功能评估量表(Functional Oral Intake Scale, FOIS)和GUSS吞咽功能评估量表(Gugging Swallow Screen, GUSS)评分与HLAS和ASR值显著相关,吞咽障碍患者的HLAS和ASR明显降低^[27]。因此,超声评估喉上抬可能有助于急性期和康复期患者吞咽障碍的床边筛查,这需要进一步大规模临床实验验证。

此外,Matsuo等^[28]使用舌骨-喉运动比值评估二者吞咽过程中运动的协调性,即使用超声对舌喉复合体上抬过程中,舌骨和喉的运动距离分别测量,然后计算二者比值。吞咽功能正常者,此比值约为0.5,且不受年龄、身高、体重、性别等生理因素影响。此比值有望成为一个评估颏舌骨肌向前移动舌骨和甲状舌骨肌上抬喉协调度的潜在指标。

4 咽部残留和误吸

吞咽障碍患者常因咽部清除力下降导致食物滞留在咽部。咽部滞留物使误吸的风险增加2.8倍^[29]。因此,及时发现并处理残留物是预防误吸性肺炎的重

要措施。Yuka Miura^[30]等使用实时虚拟超声学的方法确定了检查会厌谷和梨状窝的方法,即将超声探头横向放置在喉部突出部位显示梨状窝,放于舌骨上方显示会厌谷。这两个区域出现高回声区为异常表现。与 FEES 检查比较,此种方法检测梨状窝残留的敏感度 92%、特异度 71.9%,检测会厌谷残留的敏感度 86.7%和特异度 63.6%。相比于他们之前纵向放置方法(探头长轴垂直放置于甲状软骨表面)^[31],检测残留物(指吞咽后声带上方的模糊状高回声物)的敏感度 62%和特异度 67%,新方法提高了检出率。但纵向放置探头的方法可以同时发现误吸。误吸入气管的食团超声下表现为气管前壁声带下方与周围结构不同的细长形运动高回声物^[32]。近期的一个 Meta 分析结果显示^[33],超声检测误吸的综合灵敏度和特异度分别为 0.82 (95% CI: 0.72~0.89) 和 0.87 (95% CI: 0.81~0.92)。因而超声可能是一个床边筛查误吸的有用方法^[33],尤其在评估粘稠和固体食团的隐性误吸方面^[32]。超声精准评估误吸和残留有赖于准确地识别关键的解剖标志,特别是会厌谷、梨状窝和声门。目前使用超声检测这些结构能力仍存在争议。还需要进一步相关的有效性和可靠性的试验验证^[7]。

5 食道扩约肌

颈段食管上端与咽相连的部分为 UES^[4]。UES 全长 2~4cm,为一个高压区,由下咽缩肌、环咽肌(主要肌肉)、食管上端环状纤维组成。UES 是吞咽过程中咽期过渡到食管期的标志,其正常功能对于有效的吞咽过程必不可少。衰老和一些疾病可导致其功能异常。随着年龄增长,静息的 UES 压力降低,吞咽后 UES 放松延迟^[34];而脑卒中导致的环咽肌失迟缓是临床常见的吞咽障碍类型。由于咽喉部较食管壁缺少黏膜下层,超声下通过食管横切面向上扫查,当食管黏膜下层强回声消失时即可定位为环咽肌所在位置^[35]。

吞咽过程中 UES 开放的同时随环状软骨一起向前向上移动 2~3cm,待食团通过之后 UES 闭合并回到休息位置,以防止胃内容物反流及气体进入胃^[36]。Hammoudi 等^[36]首次应用超声测量了健康青年人吞咽 10ml 水时,环状软骨水平 UES 的一些时空数据。UES 关闭状态时平均直径为 0.78 ± 0.13 cm,吞咽中开放时截面的平均内外部直径分别为 0.954 ± 0.15 cm 和 1.413 ± 0.16 cm,开放持续时间为 415 ± 57.66 ms;吞咽过程中(以 UES 中心为参考点)最大前向和侧方位移分别为 0.42 ± 0.12 cm 和 0.35 ± 0.18 cms,移位持续时间为 937 ± 120.98 ms。该研究开发了一种超声定量研究吞咽中 UES 形态和运动的方法。

总之,超声具有无辐射暴露、无侵入性、设备易于移动、可以使用真正食物进行评估、可以量化与生物力学相关的时间测量等优点,使得超声有望成为吞咽障碍筛查以及系列追踪吞咽功能变化的良好工具^[37-38]。但超声仅能获取吞咽咽期一些浅表的解剖结构和动力学参数,难以实现运动全貌的观测,是其主要缺陷,使其只能成为吞咽障碍检查中的辅助工具^[7]。迄今大多数研究仅限于临床观察,样本量小,缺少数据采集、检测图像筛选等既定的可靠性标准。虽然这项技术尚不能转化为常规的临床检查评估工具,但辅助仪器的使用能增加诊断的准确性,为了解复杂的吞咽行为开启新视角^[38]。

【参考文献】

- [1] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组. 中国吞咽障碍评估与治疗专家共识(2017 年版)[J]. 中华物理医学和康复杂志, 2017, 39(12):881-892.
- [2] Perry SE, Winkelman CJ, Huckabee ML. Variability in Ultrasound Measurement of Hyoid Bone Displacement and Submental Muscle Size Using 2 Methods of Data Acquisition[J]. Folia Phoniatr Logop, 2016, 68(5):205-210.
- [3] Stevens D. Ultrasound swallow[J]. Br Med J, 1978, 2(6154):1789-1790.
- [4] 窦祖林,温红梅,万桂芳,等. 吞咽障碍评估与治疗[M]. 第 2 版. 北京:人民卫生出版社, 2017:5,32,166-169.
- [5] Yamaguchi K, Nakagawa K, Yoshimi K, et al. Age-related changes in swallowing muscle intramuscular adipose tissue deposition and related factors[J]. Exp Gerontol, 2021, 153:111505.
- [6] Meng PP, Zhang SC, Han C, et al. The Occurrence Rate of Swallowing Disorders After Stroke Patients in Asia: A PRISMA-Compliant Systematic Review and Meta-Analysis[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2020, 29(10):105113.
- [7] Allen JE, Clunie GM, Winiker K. Ultrasound: an emerging modality for the dysphagia assessment toolkit? Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg[J]. 2021, 29(3):213-218.
- [8] Chen YC, Hsiao MY, Wang YC, et al. Reliability of Ultrasonography in Evaluating Hyoid Bone Movement[J]. J Med Ultrasound, 2017, 25(2):90-95.
- [9] 陈月馨,黄昭莹,姚瑶等. 基于 B+M 型超声的不同吞咽任务下舌运动参数重测信度研究[J]. 中国康复, 2022, 37(1):3-6.
- [10] Chi-Fishman G. Quantitative lingual, pharyngeal and laryngeal ultrasonography in swallowing research: a technical review[J]. Clin Linguist Phon, 2005, 19(6-7):589-604.
- [11] Pearson WG Jr, Langmore SE, Zumwalt AC. Evaluating the structural properties of suprahyoid muscles and their potential for moving the hyoid[J]. Dysphagia, 2011, 26(4):345-351.
- [12] Choi JS, Bang H, Lee GJ, et al. Epiglottic Retroflexion is a Key Indicator of Functional Recovery of Post-stroke Dysphagia[J]. Ann Rehabil Med, 2020, 44(1):1-10.
- [13] Feng X, Cartwright MS, Walker FO, et al. Ultrasonographic evaluation of geniohyoid muscle and hyoid bone during swallowing

- in young adults[J]. *Laryngoscop*, 2015, 125(8):1886-1891.
- [14] Van Den Engel-Hoek L, Lagarde M, Van Alfen N. Ultrasound of oral and masticatory muscles: Why every neuromuscular swallow team should have an ultrasound machine[J]. *Clin Anat*, 2017, 30(2):183-193.
- [15] 李延芳, 吴蓉, 史秋生, 等. 脑卒中患者吞咽功能障碍的超声检查[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17(1):60-63.
- [16] 张新颜, 刘莉, 张戈, 等. 脑卒中后咽期吞咽障碍患者舌骨和颊舌骨肌的超声评价研究[J]. *中国康复*, 2021, 36(11):653-656.
- [17] Ogawa N, Mori T, Fujishima I, et al. Ultrasonography to Measure Swallowing Muscle Mass and Quality in Older Patients With Sarcopenic Dysphagia[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2018, 19(6):516-522.
- [18] Miura Y, Nakagami G, Tohara H, et al. The association between jaw-opening strength, geniohyoid muscle thickness and echo intensity measured by ultrasound[J]. *Med Ultrason*, 2020, 22(3):299-304.
- [19] Yano J, Yamamoto-Shimizu S, Yokoyama T, et al. Effects of Tongue-Strengthening Exercise on the Geniohyoid Muscle in Young Healthy Adults[J]. *Dysphagia*, 2020, 35(1):110-116.
- [20] Kwak HJ, Kim L, Ryu BJ, et al. Influence of Nasogastric Tubes on Swallowing in Stroke Patients: Measuring Hyoid Bone Movement With Ultrasonography[J]. *Ann Rehabil Med*, 2018, 42(4):551-559.
- [21] Lee Y S, Lee K E, Kang Y, et al. Usefulness of Submental Ultrasonographic Evaluation for Dysphagia Patients[J]. *Ann Rehabil Med*, 2016, 40(2):197-205.
- [22] Scarborough DR, Waizenhofer S, Siekemeyer L, et al. Sonographically measured hyoid bone displacement during swallow in pre-school children: a preliminary study[J]. *J Clin Ultrasound*, 2010, 38(8):430-434.
- [23] 郭鹏飞, 李进让. 舌骨在吞咽中的作用[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2014, 28(6):431-434.
- [24] Huang YL, Hsieh SF, Chang YC. Ultrasonographic evaluation of hyoid-larynx approximation in dysphagic stroke patients[J]. *Ultrasound Med Bio*, 2009, 35(7):1103-1108.
- [25] Oh EH, Seo JS, Kang HJ. Assessment of oropharyngeal dysphagia in patients with parkinson disease: use of ultrasonography[J]. *Ann Rehabil Med*, 2016, 40(2):190-196.
- [26] 黄格朗, 杨稀月, 黄燕. 超声测量舌骨-甲状软骨间距评估脑卒中后吞咽功能障碍的价值研究[J]. *中国全科医学*, 2020, 23(18):2304-2308.
- [27] Picelli A, Modenese A, Poletto E, et al. May ultrasonography be considered a useful tool for bedside screening of dysphagia in patients with acute stroke[J]? A cohort study. *Minerva Med*, 2021, 112(3):354-358.
- [28] Matsuo T, Matsuyama M, Nakatani K, et al. Evaluation of swallowing movement using ultrasonography[J]. *Radiol Phys Technol*, 2020, 13(1):62-68.
- [29] Han TR, Paik NJ, Park JW. Quantifying swallowing function after stroke: a functional dysphagia scale based on videofluoroscopic studies[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82(5):677-682.
- [30] Miura Y, Yabunaka K, Karube M, et al. Establishing a Methodology for Ultrasound Evaluation of Pharyngeal Residue in the Pyramidal Sinus and Epiglottic Vallecula[J]. *Respir Care*, 2020, 65(3):304-313.
- [31] Miura Y, Nakagami G, Yabunaka K, et al. Detecting pharyngeal post swallow residue by ultrasound examination: a case series[J]. *Med Ultrason*, 2016, 18(3):288-293.
- [32] Miura Y, Nakagami G, Yabunaka K, et al. Method for detection of aspiration based on B-mode video ultrasonography[J]. *Radiol Phys Technol*, 2014, 7(2):290-295.
- [33] Miura Y, Tamai N, Kitamura A, et al. Diagnostic accuracy of ultrasound examination in detecting aspiration and pharyngeal residue in patients with dysphagia: A systematic review and meta-analysis[J]. *Jpn J Nurs Sci*, 2021, 18(2):e12396.
- [34] Nakato R, Manabe N, Kamada T, et al. Age-Related Differences in Clinical Characteristics and Esophageal Motility in Patients with Dysphagia[J]. *Dysphagia*, 2017, 32(3):374-382.
- [35] 杨瑛, 许梅娜, 李相良, 等. 超声引导下肉毒毒素环咽肌注射治疗延髓背外侧综合征所致吞咽障碍 1 例报道[J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(11):1358-1364.
- [36] Morinière S, Hammoudi K, Marmouset F, et al. Ultrasound analysis of the upper esophageal sphincter during swallowing in the healthy subject[J]. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*, 2013, 130(6):321-325.
- [37] 温红梅, 窦祖林, 卫小梅, 等. 吞咽障碍评估技术[M]. 电子工业出版社, 2017:84.
- [38] Huckabee ML, Macrae P, Lamvik K. Expanding Instrumental Options for Dysphagia Diagnosis and Research: Ultrasound and Manometry[J]. *Folia Phoniatr Logop*, 2015, 67(6):269-284.

欢 迎 投 稿