

## · 综 述 ·

## 表面肌电图技术在吞咽障碍诊疗中的应用进展

李益飞综述, 周 玫审校

〔摘要〕 吞咽障碍可由多种疾病导致, 患者极易并发吸入性肺炎、窒息、营养不良等病症, 严重影响生存质量。60 岁以上正常的老年人中约 50% 有不同程度的吞咽障碍, 尤其在脑血管意外患者中, 70% 左右的患者存在不同程度的吞咽障碍。吞咽是一种复杂的神经肌肉反射性协同运动, 利用表面肌电图技术 (surface electromyography, SEMG) 观察吞咽过程中相关肌电活动可以为吞咽障碍的诊断提供依据, 同时, 使用 SEMG 也可以帮助患者训练正确的吞咽动作, 甚至可以利用电刺激完成患者吞咽神经和肌肉的康复训练。

〔关键词〕 吞咽障碍; 表面肌电图技术; 应用进展

〔中图分类号〕 R441; R741.044 〔文献标志码〕 A 〔文章编号〕 1672-271X(2013)01-0055-03

## 1 吞咽 SEMG 的发展背景

吞咽肌电活动的基本概念在 20 世纪 80 年代末提出, 但直到 1997 年才被正式用于研究继发于脑卒中的吞咽障碍。随后, 表面肌电图技术 (surface electromyography, SEMG) 不断发展, 近 10 年来, 该技术已经逐渐的从科研阶段走向临床。观察吞咽障碍诊断指南的发展, 可以看到, 在 1998 年表面肌电图技术并未被列入吞咽障碍临床评估的推荐方法, 但 SEMG 在吞咽障碍诊断方面的应用价值被很多学者肯定。2004 年后, 随着一系列研究<sup>[1-3]</sup>, SEMG 才正式出现在吞咽障碍的临床评估方法中。同时, 伴随着 SEMG 应用于吞咽障碍的诊断, 其治疗价值也逐渐体现: 利用 SEMG 发现患者吞咽障碍发生的时机, 有针对性地进行吞咽动作的训练可以教会患者新的或者难以掌握的吞咽运动, 提高康复训练效果<sup>[4]</sup>; 适当的电刺激产生的肌肉力量、耐力和协调性均表现出明确的正向训练效应, 可有助于吞咽神经和肌肉的康复<sup>[5-6]</sup>。

## 2 SEMG 的检查方法

2.1 检查仪器 在吞咽功能 SEMG 诊断程序中, 考虑到信号强度<sup>[7]</sup>和检查可操作性, 4 通道的表面肌电图仪被优先推荐, 理由是 4 通道肌电信号比 2 通道肌电信号更加准确, 在达到诊断要求的基础上比 8 通道肌电具有更加便捷的可操作性。在电极的选用问题上, 现有两种电极供选择: 针式电极和贴片电极。由于咽喉部参与吞咽活动的肌肉比较多, 而

且较细, 因此用电针刺方法难以对肌肉进行准确定位, 这对于操作人员的技术要求非常高, 而且会降低受试者的依从性, 不利于常规开展。而贴片电极的使用是一种非侵入性、无明显不适感, 并且简单、快速、成本低廉, 相比而言更适合吞咽时相关肌肉的肌电检查, 常用电极为直径为 11 mm 的 AE-131 和 AE-178 两种电极。

2.2 电极位置 正常生理性吞咽包括口腔准备期、口腔期、咽期、食管期。SEMG 技术关注的吞咽活动主要集中在口腔期和咽期, 所以受测肌肉即为参与这两个时期吞咽活动的肌肉, 它们是: 上下口轮匝肌、咬肌、颏下肌 (包括二腹肌前腹、下颌舌骨肌、颏舌骨肌)、舌骨下肌群 (包括喉带肌、甲状舌骨肌)。上述肌肉和肌群均为表浅肌肉, 电极位置选取如下: ①上、下口轮匝肌: 两个电极, 同侧放置, 分别置于嘴角上下, 即其中一个电极放在上唇, 另一个放在下唇; ②咬肌: 两个电极, 同侧放置, 两个电极连线方向需平行于咬肌肌纤维走向, 考虑到方便布置电极, 应选取口轮匝肌电极异侧面面部放置; ③颏下肌群: 两个电极, 同侧放置, 位置选在下颌下方中线的左侧或右侧; ④舌骨下肌群: 两个电极, 同侧放置, 位置选在甲状软骨的左侧或右侧。每对电极需要配有一个参考电极。位置确定后放置电极前, 需仔细清除受试者皮肤表面的油脂和角质层。

2.3 数据采集与分析 受试人员端坐在合适的椅子上 (可参考吞咽造影检查坐姿) 行 SEMG 检查。测试数据包括各种吞咽动作时, 各肌电活动的发生时序性, 持续性, 肌电图的波幅、形态。

## 2.4 影响因素

2.4.1 系统因素 肌电图本身是一种复杂的、固有的随机的、非稳态的、非线性的信号, 因此对于接收、

处理肌电信号的仪器设备要求很高,会对其信号产生影响的系统因素包括:①电源干扰,可以通过增大患者与仪器之间的距离来减少;②心电干扰,可以通过减小两个电极之间的距离或者采用 100 ~ 200 Hz 的带通滤波器来减少;③皮肤电阻造成的信噪比降低,可以使用 75% 乙醇擦拭皮肤表面除去油脂以降低电阻,提高信噪比。此外,电极移位产生的干扰,呼吸肌电的干扰,无线电波的干扰,皮下脂肪导致的低信噪比等都会对肌电信号的质量产生负面影响。

**2.4.2 个体因素** SEMG 的信号形状无性别差异;70 岁以上的老年人随着年龄的增长,肌肉与肌肉之间协调性下降,肌肉活动时限延长;儿童吞咽时肌肉活动时限明显降低;成人和儿童之间肌电活动幅度无明显差异;所吞咽食物内容的温度、口感对 SEMG 信号有影响<sup>[8-9]</sup>。

### 3 SEMG 在吞咽障碍诊疗中的应用

**3.1 SEMG 应用于检查吞咽功能障碍** 脑干梗死后出现吞咽障碍的患者,吞咽时在短时相内产生过多的肌电活动,并且在参与吞咽的肌肉之间出现协调障碍,此外,吞咽时咽部肌电活动的总持续时间不随食团大小改变而改变,但是参与肌肉的特殊肌肉的活动状态受食团大小影响,据此,可应用 SEMG 诊断患者是否有吞咽障碍。应用 SEMG 技术甚至可以区分正常吞咽和门德尔森手法吞咽,并且 SEMG 检查结果可以很好的揭示吞咽时各部分参与的肌肉活动的时序性,即依次启动下、上口轮匝肌、咬肌、颏下肌群、舌骨下肌群。因此可以利用 SEMG 技术发现患者吞咽障碍发生的位置<sup>[10]</sup>,甚至可以将心理性吞咽障碍与生理性吞咽障碍相区别<sup>[11-14]</sup>,避免过度或过失治疗。

### 3.2 SEMG 应用于吞咽功能障碍的治疗

**3.2.1 电刺激治疗** 在吞咽过程中软腭上抬的运动减弱或延迟是引起误吸的最主要原因。应用神经肌肉电刺激疗法可以治疗一部分吞咽障碍,其生物学效应为:①增加肌肉收缩蛋白的容积;②增加氧化过程中酶的量;③增加内质网数量和体积;④增加毛细血管密度;⑤锻炼效果的最佳化和维持,激发随意运动;⑥改善肌肉能力和功能。早年的传统观点认为电刺激疗法不适用于颈部,主要原因是考虑电刺激可能导致的喉痉挛、心动过缓等一些问题,美国语言病理学家 Freed 经过多年临床实践,与物理治疗师合作研制了一种针对吞咽障碍治疗的电刺激器 VitalStim,已通过美国食品及药物管理局认证,在吞咽障碍的治疗中临床反映良好。VitalStim 治疗是一

种低频电刺激方法,推荐治疗处方的刺激参数如下:波形:双向方波,在正负半波(各 300 ms)之间有 100 ms 的间歇;波宽:700 ms;输出强度:0 ~ 15 mA;频率:变频固定在 30 ~ 80 Hz 范围可调,有固定通断比;治疗时间:每次 30 ~ 60 min,每天 1 ~ 2 次,每周 5 次。VitalStim 的首选适应证为各种原因导致的神经性吞咽障碍,其次头、颈、肺癌术后,面颈部肌肉障碍。国内引进 VitalStim 治疗仪后,应用该仪器单独或者合并传统针刺等疗法进行了应用性研究,不仅肯定了 VitalStim 在治疗脑卒中吞咽障碍患者的疗效和优势,而且发现了电刺激与针刺疗法相结合,相互协同使疗效更确切,起效更快<sup>[15]</sup>。除了 VitalStim 治疗仪这种比较成熟的产品之外,其他学者也对电刺激治疗吞咽困难进行了研究<sup>[16-18]</sup>;针对上腭黏膜的电刺激可以加强对延髓吞咽中枢的传入刺激;吞咽时同步电刺激甲状舌骨肌,可通过减少喉上提幅度来改善吞咽困难,同步电刺激具有非侵袭性的优点,有利于恢复正常的吞咽机制,降低鼻饲和胃造瘘术的使用率;电刺激治疗不仅能够帮助喉癌患者提高吞咽效率,还能有效改善喉癌患者的口干发生率<sup>[19]</sup>,这类类似于对干燥症患者的帮助<sup>[20]</sup>。

**3.2.2 肌电触发生物反馈训练** 生物反馈训练可以有效地帮助患者学习新的、复杂的、有一定困难的吞咽动作,提高治疗效果。常用的做法是把 SEMG 电极置于颈前舌骨和甲状软骨上缘之间,拾取肌电信号并显示给医生和患者,当肌电信号超过某一预计值时,通过肌电处罚刺激器提供一次有功能活动的肌肉收缩,同时给予患者语音提示。训练时要求患者用力干吞咽,使喉上抬肌肉收缩幅度尽可能达到正常范围,随着治疗的进行,患者肌电阈值会逐步提高,生物反馈仪继而做出相应的调整,逐步使患者的吞咽行为达到健康水平。对继发于脑卒中和继发于头颈部癌症的吞咽障碍患者行动态生物反馈法训练发现,该方法可在短时间内提高患者的经口摄食能力,虽然治疗费用上升,但是效价比更高。

### 4 SEMG 应用于吞咽障碍诊疗的不足及其发展前景

由于表面电极记录的是电极下广泛范围的电活动的总和,因此想要获得特定肌肉的数据(定位困难)以及对运动单位动作电位进行定量分析存在困难,换言之,应用 SEMG 技术无法着重于某一块肌肉的功能研究。目前,临床医生可以利用 SEMG 对患者在吞咽过程中局部肌肉或肌肉群活动的时间、幅度及时序性进行分析,以便临床医生早期对吞咽障碍疑似患者进行一个简单、有效、快速、无创而低

成本的筛查,此外,考虑到 SEMG 独特的技术优势,虽然肌电信号不能反映结构位移或食物流动的信息,但是 SEMG 可以和其他种类的吞咽检查联合,相互补充,同步进行吞咽 SEMG 检查和吞咽声学分析<sup>[21]</sup>可以极大提高吞咽障碍的诊断精确度;同步进行吞咽造影检查和吞咽 SEMG 检查,可以分析吞咽时的生物力学和相应的肌电信号之间的时间关系,提高生物反馈治疗的效率。同时,鉴于电刺激对神经和肌肉的积极作用,随着电刺激治疗吞咽障碍研究的加大加深,电刺激治疗必将成为吞咽障碍患者康复的重要手段之一<sup>[22]</sup>。虽然时下电刺激治疗对重度吞咽障碍患者治疗仍有局限性<sup>[23]</sup>,而且还存在一些风险<sup>[24]</sup>,但是随着技术的进步和推广,这种治疗方式必定能够不仅扬长避短,而且可以被非专业人士掌握,使得一部分吞咽障碍患者可以在家庭接受简单有效的治疗,既可以节约社会医疗成本,又可以提高患者生存质量,还能减轻患者家属的经济和心理负担。

## 【参考文献】

- [1] Vaiman M. Standardization of surface electromyography utilized to evaluate patients with dysphagia [J]. Head Face Med, 2007, 3 (1): 26.
- [2] Vaiman M, Eviatar E. Surface electromyography as a screening method for evaluation of dysphagia and odynophagia [J]. Head Face Med, 2009, 5 (1): 9.
- [3] Monaco A, Cattaneo R, Spadaro A, et al. Surface electromyography pattern of human swallowing [J]. BMC Oral Health, 2008, 26 (8): 6.
- [4] Bogaardt HC, Grolman W, Fokkens WJ. The use of biofeedback in the treatment of chronic dysphagia in stroke patients [J]. Folia Phoniatr Logop, 2009, 61 (4): 200-205.
- [5] Carnaby-Mann GD, Crary MA. Examining the evidence on neuromuscular electrical stimulation for swallowing: a meta-analysis [J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2007, 133 (6): 564-571.
- [6] Huckabee ML, Doeltgen S. Emerging modalities in dysphagia rehabilitation: neuromuscular electrical stimulation [J]. N Z Med J, 2007, 120 (1263): 2744.
- [7] Disselhorst-Klug C, Schmitz-Rode T, Rau G. Surface electromyography and muscle force: limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications [J]. Clin Biomech, 2009, 24 (3): 225-235.
- [8] Miura Y, Morita Y, Koizumi H, et al. Effects of taste solutions, carbonation, and cold stimulus on the power frequency content of swallowing submental surface electromyography [J]. Chem Senses, 2009, 34 (4): 325-331.
- [9] Selcuk B, Uysal H, Aydogdu I, et al. Effect of temperature on electrophysiological parameters of swallowing [J]. J Rehabil Res Dev, 2007, 44 (3): 373-380.

- [10] Vaiman M, Nahlieli O. Oral VS. pharyngeal dysphagia: surface electromyography randomized study [J]. BMC Ear Nose Throat Disord, 2009, 21 (9): 3.
- [11] Vaiman M, Shoval G, Gavriel H. Malingered dysphagia and odynophagia electromyographic assessment [J]. Am J Otolaryngol, 2009, 30 (5): 318-323.
- [12] Vaiman M, Shoval G, Gavriel H. The electrodiagnostic examination of psychogenic swallowing disorders [J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2008, 265 (6): 663-668.
- [13] Crary MA, Carnaby GD, Groher ME. Identification of swallowing events from sEMG signals obtained from healthy adults [J]. Dysphagia, 2007, 22 (2): 94-99.
- [14] Vaiman M, Krakovski D, Gavriel H. Swallowing before and after tonsillectomy as evaluated by surface electromyography [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2007, 137 (1): 138-145.
- [15] 张红, 李园, 郭磊, 等. VitalStim 电刺激结合针刺为主治疗脑卒中后吞咽障碍 40 例临床观察 [J]. 江苏中医药, 2008, 40 (11): 78-79.
- [16] Lin PH, Hsiao TY, Chang YC, et al. Effects of functional electrical stimulation on dysphagia caused by radiation therapy in patients with nasopharyngeal carcinoma [J]. Support Care Cancer, 2011, 19 (1): 91-99.
- [17] Gallas S, Marie JP, Leroi AM, et al. Sensory transcutaneous electrical stimulation improves post-stroke dysphagic patients [J]. Dysphagia, 2009, 25 (4): 291-297.
- [18] Shaheen H. Role of neurostimulation and neuroplasticity in the rehabilitation of dysphagia after stroke [J]. Dysphagia, 2010, 19 (1): 3-9.
- [19] Pattani KM, McDuffie CM, Morgan M, et al. Electrical stimulation of post-irradiated head and neck squamous cell carcinoma to improve xerostomia [J]. J La State Med Soc, 2010, 162 (1): 21-25.
- [20] Cheung SM, Chen CJ, Hsin YJ, et al. Effect of neuromuscular electrical stimulation in a patient with Sjogren's syndrome with dysphagia: a real time videofluoroscopic swallowing study [J]. Chang Gung Med J, 2010, 33 (3): 338-345.
- [21] Santamato A, Panza F, Solfrizzi V, et al. Acoustic analysis of swallowing sounds: a new technique for assessing dysphagia [J]. J Rehabil Med, 2009, 41 (8): 639-645.
- [22] Permsirivanich W, Tipchatyotin S, Wongchai M, et al. A Comparing the effects of rehabilitation swallowing therapy vs. neuromuscular electrical stimulation therapy among stroke patients with persistent pharyngeal dysphagia: a randomized controlled study [J]. J Med Assoc Thai, 2009, 92 (2): 259-265.
- [23] Shaw GY, Sechtem PR, Searl J, et al. Transcutaneous neuromuscular electrical stimulation (VitalStim) curative therapy for severe dysphagia: myth or reality [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2007, 116 (1): 36-44.
- [24] Humbert IA, Poletto CJ, Saxon KG, et al. The effect of surface electrical stimulation on vocal fold position [J]. Laryngoscope, 2008, 118 (1): 14-19.

(收稿日期:2012-03-20;修回日期:2012-05-07)

(本文编辑:黄攸生)