

# 肌电生物反馈联合低频电刺激和康复训练对脑卒中后吞咽功能障碍的影响

吴霜 刘春风 楚兰 王志涛 石阳梅

**【摘要】 目的** 探讨肌电生物反馈(SEMG-BFT)联合低频电刺激和康复训练对脑卒中后吞咽功能障碍患者吞咽功能的影响,并对比不同性状食物在吞咽中的差异,以期为脑卒中后吞咽功能障碍患者选择全面的康复治疗提供依据。**方法** 选取脑卒中后吞咽功能障碍患者 56 例,随机分为治疗组和对照组,每组 28 例。对照组采用低频电刺激和康复训练治疗,治疗组患者在对照组治疗方案的基础上加以 SEMG-BFT 治疗。于治疗前、治疗 2 周和治疗 4 周后分别采用洼田饮水试验、中文版吞咽功能评估量表(GUSS)评估患者吞咽功能,同时采用颏下肌群表面肌电(SEMG)信号检测 2 组患者吞咽不同性状食物时的吞咽时程和平均波幅值,并进行比较和分析。**结果** 治疗 2 周和 4 周后,2 组患者洼田饮水实验评分、GUSS 评分较组内治疗前均有明显改善,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),且治疗组治疗 2 周和 4 周后的洼田饮水实验评分、GUSS 评分均优于对照组同时时间点,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。治疗 2 周和 4 周后,2 组患者吞咽不同性状食物时的 sEMG 吞咽时程、平均波幅与组内治疗前比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );且治疗组治疗 2 周和 4 周后的 sEMG 吞咽时程、平均波幅与对照组同时时间点比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。经 SNK- $q$  检验显示,脑卒中后吞咽功能障碍患者吞咽糊状食物的吞咽时程、平均波幅分别为( $1.43\pm 0.12$ )s 和 ( $23.07\pm 7.42$ ) $\mu$ V 与空吞唾液和吞咽流质食物比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论** SEMG-BFT 联合电刺激电刺激和康复训练显著改善脑卒中后吞咽功能障碍患者的吞咽功能,而糊状食物是一种相对安全的训练工具,可用于早期吞咽功能的评定和治疗。

**【关键词】** 吞咽障碍; 表面肌电生物反馈; 脑卒中; 食物性状

**基金项目:** 贵阳市科技局筑科合同[2012103]42 号

## Effects of surface electromyographic biofeedback and electrical stimulation on the swallowing function of stroke survivors with dysphagia

Wu Shuang\*, Liu Chunfeng, Chu Lan, Wang Zhitao, Shi Yangmei.

\*Department of Neurology, The Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 550004, China

Corresponding author: Chu Lan, Email: chulan8999@yeah.net

**【Abstract】 Objective** To explore the effect of surface electromyographic biofeedback (SEMG-BFT) combined with electrical stimulation on the swallowing function of stroke survivors with dysphagia, and to evaluate the electromyographic activity of the submental muscles in swallowing various foods so as to provide a basis for future rehabilitation of such patients. **Methods** Sixty patients were randomly divided into a treatment group and a control group, each of 28. Both groups were given low-frequency electrical stimulation and conventional swallowing training. The treatment group was additionally provided with SEMG-BFT. Before the treatment as well as after 2 and 4 weeks of treatment, the swallowing function of both groups was evaluated using the Kubota drinking water test (KDWT) and a Gugging swallowing screen (GUSS). Surface electromyographs of the submental muscles were recorded during empty swallowing, swallowing 10 ml of dilute liquid and swallowing 10 ml of paste. **Results** After two and four weeks of treatment, the average KDWT and GUSS scores of both groups had improved significantly, but that of the treatment group was significantly higher than that of the control group at each time point. After 2 and 4 weeks of treatment, significant differences were found in swallowing duration and the average amplitude of the sEMGs compared with before the treatment in both groups. The difference between the groups was significant at each time point. **Conclusions** SEMG-BFT combined with electrical stimulation can significantly improve swallowing function. Paste food can be used safely in the early evaluation and treatment of swallowing dysfunction.

**【Key words】** Dysphagia; Surface electromyography; Biofeedback; Stroke

**Fund program:** Guiyang Municipal Science and Technology Bureau Project(Contract 2012103 42)

脑卒中后吞咽功能障碍的发生率约为 20.7%,其中有近半数的患者出院后仍残留吞咽障碍,重度患者(约 30%)甚至需要鼻饲饮食<sup>[1]</sup>,严重影响患者功能恢复和生活质量。本研究以表面肌电生物反馈治疗(surface electromyographic biofeedback therapy, SEMG-BFT)与低频电刺激、常规康复训练结合,治疗脑卒中后吞咽功能障碍取得了满意疗效,以期为此类患者制定高效的康复治疗方案提供依据。

## 资料与方法

### 一、一般资料

入选标准:①临床确诊为脑梗死或脑出血,并经头颅 CT 或 MRI 检查证实,疾病诊断符合第 4 次全国脑血管病学术会议制订的相关标准<sup>[2]</sup>;②患者神志清楚,生命体征平稳 48 h;③简易智力测试量表(abbreviated mental test scale, AMT)评分>7 分<sup>[3]</sup>;④洼田饮水试验评级为 3 至 5 级。⑤签署知情同意书。

排除标准:①恶性肿瘤患者(颅脑恶性肿瘤占位、转移瘤等引起的颅脑病变);②严重内科疾病及神经系统疾病;③精神疾患或认知功能障碍;④非脑卒中后吞咽障碍患者。

选取 2014 年 10 月至 2015 年 12 月于贵州医科大学附属医院康复科、急诊神经科、神经内科接受治疗且符合上述标准的脑卒中后吞咽障碍患者 56 例。采用随机数字表法将入选患者分为治疗组和对照组,每组 28 例。所有患者均采用吞咽造影检查(videofluoroscopic swallowing study, VFSS)进行吞咽障碍分期。2 组患者的例数、平均年龄、平均病程、性别、病变性质、延髓麻痹类型、病变部位、吞咽障碍分期等一般资料组件比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性,详见表 1。

### 二、治疗方法

2 组患者均给予常规药物治疗、偏瘫侧肢体功能训练、常规吞咽功能训练和电刺激治疗,治疗组患者则在此基础上增加 SEMG-BFT 治疗。

1. 常规吞咽功能训练:包括吞咽器官运动训练、温度刺激训练、摄食直接训练及门德尔松手法治疗。

吞咽训练均由同一名治疗师完成,每日 1 次,每次 20 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

2. 低频电刺激治疗:选用美国 Chattanooga 公司生产的 VitalStim 电刺激治疗仪,设置电刺激强度为 5~6 mA,输出电刺激脉冲频率为 30~39 Hz,输出波形为双相方形,强度为 25 mA,波宽为 700 ms,有 2 个输出通道,共 4 个治疗电极。根据患者吞咽障碍分期贴放电极:①对于口腔期吞咽障碍患者,将通道 1 的 2 个电极置于颞下方,将通道 2 的 2 个电极置于面神经颊支;②咽期吞咽障碍患者,将通道 1 的 2 个电极沿舌骨上方正中中线两侧水平放置,将通道 2 的 2 个电极于甲状软骨上切迹上方及下方,沿正中中线放置;③对于口腔期和咽期均受损患者则采用①和②的刺激方式,每种方式刺激 10 min。电刺激强度取患者能耐受的最大强度。每日 1 次,每次 20 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

3. 肌电生物反馈治疗:选用芬兰产 MegaWin 6000 型肌电生物反馈仪治疗。治疗前向患者详细讲解训练方法及注意事项。患者取坐位,酒精备皮后,将电极片放置于患者的颞下肌群(二腹肌前腹、下颌舌骨肌和颞舌骨肌)。首次治疗前,先要求患者以最大力气快速一次性吞咽 10 ml 常温水,若出现呛咳,指导患者尽力咳出,并安静休息 15 min 后继续治疗。系统会自动分析出患者吞咽时肌群肌电最大峰值,对肌电图像上振幅较低的肌群,在其最大峰值基础上增加 10% 吞咽峰值作为训练阈值。治疗师指导患者用力吞咽,使肌电振幅达到该阈值,治疗仪会给予患者视觉或听觉反馈刺激鼓励。治疗半个月后以上述方法重置训练阈值,随着治疗的进行,患者肌电阈值和吞咽能力会逐步提高。每日 1 次,每次 20 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

### 三、疗效评估

于治疗前、治疗 2 周和 4 周后分别采用以下评定方法评估 2 组患者的吞咽功能。

1. 洼田饮水试验:要求患者饮 30 ml 温开水,观察和记录饮水时间、有无呛咳、饮水状况等。1 级为能顺利地将水 1 次咽下;2 级为分 2 次咽下,无呛咳;3 级为

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$ )	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$ )	性别(例)		病变性质(例)		延髓麻痹类型 (例)		病变部位(例)			障碍分期(例)		
				男	女	缺血	出血	真性	假性	大脑	脑干	混合	口腔期	咽期	混合期
治疗组	28	62.36±7.72	15.00±7.66	8	20	20	8	5	23	11	4	13	7	2	19
对照组	28	62.54±8.62	15.11±8.32	10	18	19	9	8	20	12	4	11	7	3	18

能 1 次咽下,但有呛咳;4 级为分 2 次或 2 次以上咽下,有呛咳;5 级为频繁呛咳,不能全部咽下。

2. 中文版吞咽功能评估量表 (gugging swallowing screen, GUSS)<sup>[4]</sup>: 首先进行间接吞咽测试,评估患者的意识、咳嗽和清嗓能力和唾液吞咽情况,如以上 3 项得分均  $\geq 5$  分即可进行直接吞咽测试。要求患者按顺序进食半固体、液体、固体的食物,同时对患者吞咽每种食物的情况进行评估,达到 5 分才可吞咽下一种食物。评分标准:20 分为无吞咽障碍;15~19 分为轻微吞咽障碍;10~14 分为中度吞咽障碍;0~9 分为严重吞咽障碍。

3. 表面肌电测试:采用 MegaWin 6000 记录患者颏下肌群 sEMG 信号。患者取端坐位,将电极置于颏下肌群,两个记录电极相距 2 cm,参考电极在记录电极旁 2 cm。要求患者分别主动用力完成单次空吞唾液、单次吞咽 10 ml 流质和 10 ml 糊状食物<sup>[5]</sup>。不同食物性状测试过程中,嘱受试者尽量保持头部位置不动。  
① 吞咽 sEMG 信号:吞咽开始时肌电振幅增加,吞咽结束时肌电信号逐渐降低接近基线,吞咽开始和结束的判断以肌电振幅均高于基线三个标准差为准。  
② 吞咽时程:从吞咽开始至吞咽结束的时间,单位为 s。  
③ 平均波幅:取从吞咽开始至吞咽结束所得肌电信号的平均值。

四、统计学分析

采用 SPSS 16.0 版统计学软件包进行数据分析,本研究所得计量数据以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。计量资料符合正态分布则组内分析比较采用配对 *t* 检验,组间分析比较采用成组 *t* 检验;计数资料用  $\chi^2$  检验;不同食物性状间的吞咽时程、平均振幅比较采用单因素方差分析,然

后采用 SNK-*q* (Student-Newman-Keuls-*q*) 检验进行两两比较。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后的洼田饮水实验评级和 GUSS 评分

治疗前,2 组患者洼田饮水实验评级和 GUSS 评分组间比较,差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ );治疗 2 周和 4 周后,2 组患者洼田饮水实验评分、GUSS 评分较组内治疗前均有明显改善,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),且治疗组治疗 2 周和 4 周后的洼田饮水实验评分、GUSS 评分均优于对照组同时间点,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),详见表 2。

二、2 组患者的吞咽时程与平均波幅

治疗前,2 组患者吞咽不同性状食物时的 sEMG 吞咽时程、平均波幅组间比较,差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。治疗 2 周和 4 周后,2 组患者吞咽不同性状食物时的 sEMG 吞咽时程、平均波幅与组内治疗前比较,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ );且治疗组治疗 2 周和 4 周后的 sEMG 吞咽时程、平均波幅与对照组同时间点比较,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),详见表 3。单因素方差分析结果,2 组患者吞咽不同性状食物的吞咽时程、平均波幅不同,进一步多重分析 SNK-*q* 检验显示,空吞唾液的吞咽时程、平均波幅与吞咽流质食物比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ),而吞咽糊状食物的吞咽时程、平均波幅分别为 ( $1.43 \pm 0.12$ ) s 和 ( $23.07 \pm 7.42$ )  $\mu V$ ,与空吞唾液 [分别为 ( $1.30 \pm 0.14$ ) s 和 ( $20.11 \pm 7.02$ )  $\mu V$ ] 和吞咽流质食物 [分别为 ( $1.32 \pm 0.14$ ) s 和 ( $23.00 \pm 7.59$ )  $\mu V$ ] 比较,差异均有统计学意

表 2 2 组患者不同时间点吞咽功能比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	洼田饮水实验(级)			GUSS 评分(分)		
		治疗前	治疗 2 周后	治疗 4 周后	治疗前	治疗 2 周后	治疗 4 周后
治疗组	28	3.93 $\pm$ 0.66	2.65 $\pm$ 0.89 <sup>ab</sup>	1.54 $\pm$ 0.51 <sup>ab</sup>	7.50 $\pm$ 2.55	14.29 $\pm$ 5.04 <sup>ab</sup>	18.57 $\pm$ 3.56 <sup>ab</sup>
对照组	28	3.89 $\pm$ 0.74	2.96 $\pm$ 0.84 <sup>a</sup>	2.04 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	7.32 $\pm$ 2.88	13.21 $\pm$ 4.76 <sup>a</sup>	15.00 $\pm$ 5.10 <sup>a</sup>

注:与组内治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与对照组同时间点比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

表 3 2 组患者不同时间点进食不同性状食物的吞咽时程和平均振幅比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	空吞唾液		吞咽流质食物		吞咽糊状食物	
		吞咽时程(s)	平均振幅( $\mu V$ )	吞咽时程(s)	平均振幅( $\mu V$ )	吞咽时程(s)	平均振幅( $\mu V$ )
治疗组							
治疗前	28	1.56 $\pm$ 0.15	15.93 $\pm$ 6.63	1.59 $\pm$ 0.16	16.61 $\pm$ 5.78	1.73 $\pm$ 0.16	17.00 $\pm$ 5.62
治疗 2 周后	28	1.42 $\pm$ 0.15 <sup>ab</sup>	17.86 $\pm$ 6.95 <sup>ab</sup>	1.46 $\pm$ 0.16 <sup>ab</sup>	19.93 $\pm$ 7.29 <sup>ab</sup>	1.55 $\pm$ 0.13 <sup>ab</sup>	19.71 $\pm$ 6.42 <sup>ab</sup>
治疗 4 周后	28	1.30 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	20.11 $\pm$ 7.02 <sup>b</sup>	1.32 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	23.00 $\pm$ 7.59 <sup>b</sup>	1.43 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	23.07 $\pm$ 7.42 <sup>b</sup>
对照组							
治疗前	28	1.55 $\pm$ 0.16	15.61 $\pm$ 6.56	1.58 $\pm$ 0.13	16.32 $\pm$ 6.24	1.72 $\pm$ 0.15	16.79 $\pm$ 6.24
治疗 2 周后	28	1.49 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	16.50 $\pm$ 7.00 <sup>a</sup>	1.50 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	17.96 $\pm$ 6.42 <sup>a</sup>	1.60 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	18.54 $\pm$ 6.76 <sup>a</sup>
治疗 4 周后	28	1.42 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>	17.57 $\pm$ 6.95 <sup>b</sup>	1.43 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	19.04 $\pm$ 6.77 <sup>b</sup>	1.53 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	20.00 $\pm$ 7.21 <sup>b</sup>

注:与组内治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与对照组同时间点比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

义( $P<0.05$ )。

## 讨 论

本研究结果显示,治疗组采用 SEMG-BFT 与低频电刺激和常规康复训练联合治疗,对照组仅采用低频电刺激与常规康复训练联合治疗,治疗 2 周和 4 周后,2 组患者的洼田饮水实验评级、GUSS 评分、吞咽时程以及平均波幅较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。该结果提示,以上 2 组治疗方案均可改善脑卒中后吞咽功能障碍患者的吞咽功能。组间比较发现,治疗 2 周和 4 周后,治疗组的上述各项指标亦显著优于对照组同时时间点,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。有研究指出,低频电刺激是利用预设的频率和不同强度的电流,刺激咽部靶肌肉,诱发肌肉运动或模拟正常的自主运动,但缺少患者对吞咽肌群的主动控制及吞咽肌群运动募集程度的直观反馈<sup>[6]</sup>。SEMG-BFT 则是在采集肌肉组织电位变化的同时,将电活动转化为听觉和视觉刺激反馈,以此促进吞咽肌群的主动活动,从而改善吞咽功能<sup>[7]</sup>。有研究报道,SEMG-BFT 结合常规吞咽功能训练可更好地促进吞咽肌群主动运动,提高局部肌肉的收缩力量;同时通过加强上位中枢对吞咽功能的控制来强化皮质的可塑性,促进脑干吞咽中枢再生和重组,逐步建立神经纤维连接,使吞咽肌群协调、有序地运动<sup>[8]</sup>。还有研究指出,SEMG-BFT 在帮助患者掌握正确的吞咽动作的同时,还可以延长食管上括约肌开放时间<sup>[9]</sup>。本课题组认为,SEMG-BFT 可强化脑卒中后吞咽功能障碍患者的主动吞咽能力,与低频电刺激促进肌肉收缩的即时效应联合,可使疗效得到优化。

本研究结果还显示,脑卒中后吞咽功能障碍患者吞咽糊状食物的吞咽时程、平均波幅均显著优于空吞唾液和吞咽流质食物的吞咽时程、平均波幅,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。这与 Momosaki 等<sup>[10]</sup>的研究结果基本一致。该结果可能与糊状食团密度均一,张力均匀集中,更利于诱发吞咽肌群较大的收缩力度有关。本课题组认为,糊状食团所需吞咽时程较长,从而使食团有相对充足的通过时间,有利于吞咽启动较滞后的患者调动不够协调的各吞咽肌群,且糊状食物还具有黏性适当、通过咽和食道时容易变形、不易在粘膜上残

留,渗漏和误吸的几率较小等优点。在本研究过程中,患者在吞咽糊状食物的测试和训练过程中,均未发生明显呛咳。本研究结果提示,糊状食物是一种相对安全的训练工具。

综上所述,SEMG 联合低频电刺激和综合康复训练可显著改善脑卒中后吞咽功能障碍患者的吞咽功能,而糊状食物作为一种相对有效、安全的训练工具,可尝试在早期用于吞咽障碍患者的评定和治疗。

## 参 考 文 献

- [1] Arnold M, Liesirova K, Broeg-Morvay A, et al. Dysphagia in acute stroke: incidence, burden and impact on clinical outcome [J]. PLoSOne, 2016, 11(2):1-11. DOI: 10.1371/journal.pone.0148424.
- [2] 中华神经科学会, 中华神经内科学会. 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. 中华神经科杂志. 1996, 29(6):379-380.
- [3] 伍少玲, 燕铁斌, 黄利荣. 简易智力测试量表的效度及信度研究 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2003, 25(3):140-142.
- [4] Trapl M, Enderle P, Nowotny M, et al. Dysphagia bedside screening for acute-stroke patients: the Gugging Swallowing Screen [J]. Stroke, 2007, 38(11):2948-2952. DOI: 10.1161/STROKEAHA.107.483933.
- [5] Strowd L, Kyzima J, Pillsbury D, et al. Dysphagia dietary guidelines and the rheology of nutritional feeds and barium test feeds [J]. Chest, 2008, 133(6):1397-1401. DOI: 10.1378/chest.08-0255.
- [7] 闵瑜, 颜海霞, 黄志锐, 等. 肌电生物反馈治疗脑卒中后吞咽障碍的疗效观察 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(8):583-586. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.08.003.
- [8] Crary MA, Carnaby Mann GD, et al. Functional benefits of dysphagia therapy using adjunctive sEMG biofeedback [J]. Dysphagia, 2004, 19(3):160-164.
- [9] 兰月, 王茜媛, 徐光青, 等. 表面肌电生物反馈及神经肌肉电刺激对脑干损伤后吞咽障碍患者吞咽功能的即时效应 [J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(5):405-409. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2014.05.002.
- [10] Ludlow CL, Humbert I, Saxon K, et al. Effects of surface electrical stimulation both at rest and during swallowing in chronic pharyngeal dysphagia [J]. Dysphagia, 2007, 22(1):1-10.
- [11] Momosaki R, Abo M, Kakuda W, et al. Applicability of the two-step thickened water test in patients with poststroke dysphagia: a novel assessment tool for paste food aspiration [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2013, 22(6):817-821. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2012.05.011.

(修回日期:2017-04-03)

(本文编辑:阮仕衡)