

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*

兰 月¹ 王茜媛¹ 徐光青² 窦祖林^{1,3} 于 帆¹ 林 拓¹

摘要

目的:使用高分辨率固态测压系统(HRM)评价表面肌电生物反馈(sEMGBF)及神经肌肉电刺激(NMES)对脑干损伤后神经源性吞咽障碍患者咽部及食管上括约肌(UES)功能的即时影响。

方法:脑干损伤后吞咽障碍患者15例,分别在表面肌电生物反馈、神经肌肉电刺激及无干预措施下吞咽唾液(干吞咽)2次及吞咽3ml水2次。用高分辨率固态测压系统实时采集咽部及食管上括约肌的压力及时间参数。参数包括:咽部收缩峰值压,咽部收缩持续时间,咽部收缩速率,UES松弛残余压,UES松弛持续时间。使用重复测量的方差分析研究表面肌电生物反馈疗法及神经肌肉电刺激对这些参数的影响。

结果:与无干预状态时相比,干咽时sEMG组吞咽时UES松弛持续时间延长($P=0.042$),咽部收缩峰值增加($P=0.029$),咽部收缩速率提高($P=0.016$),咽部收缩持续时间延长($P=0.048$)。NMES组咽部收缩持续时间延长($P=0.041$)。吞咽3ml水时,sEMG组吞咽时UES松弛持续时间延长($P=0.033$),咽部收缩速率提高($P=0.007$),咽部收缩持续时间延长($P=0.044$)。NMES组UES松弛残余压升高($P=0.020$),咽部收缩速率有所降低($P=0.008$),咽部收缩持续时间延长($P=0.039$)。

结论:表面肌电生物反馈可以显著延长食管上括约肌松弛持续时间和咽部收缩持续时间;神经肌肉电刺激会显著增加食管上括约肌松弛残余压,降低咽部收缩速率,但是可以显著增加咽部收缩持续时间。

关键词 吞咽障碍;高分辨率测压;神经肌肉电刺激;表面肌电生物反馈

中图分类号:R743.3, R454.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2014)-05-0405-05

The effect of surface electromyogram biofeedback and neuro muscular electrical stimulation on pharyngeal and upper esophageal sphincter function in brain stem injury patients with dysphagia/LAN Yue, WANG Xiyuan, XU Guangqing, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2014, 29(5): 405—409

Abstract

Objective: To quantify the effect of surface electromyogram biofeedback (sEMGBF) and neuro muscular electrical stimulation (NMES) on pharyngeal pressure and upper esophageal sphincter (UES) function using high resolution manometry (HRM) in brain stem injury patients with dysphagia.

Method: Fifteen patients with pharyngeal swallowing disorder after brain stem injury were involved in this study. All subjects were experienced dry swallowing and 3ml water swallowing twice in three conditions: sEMGBF, NMES and neutral. Pressure and timing parameters were recorded by HRM system. The parameters included the pharyngeal maximum pressure, rate of pharyngeal pressure increased, duration of pharyngeal pressure above baseline, duration of UES relaxation, and UES residual pressure.

Result: Compared with neural condition, duration of UES relaxation prolonged ($P=0.042$), pharyngeal maximum

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.05.002

*基金项目:国家自然科学基金青年基金(81101460);广州市科技计划项目对外科技合作专项(2012J5100022);中央高校基本科研业务费专项资金(12ykpy38)

1 中山大学附属第三医院康复医学科,广州,510630; 2 中山大学附属第一医院康复医学科; 3 通讯作者

作者简介:兰月,女,博士,副主任医师; 收稿日期:2013-06-29

pressure increased ($P=0.029$), rate of pharyngeal pressure increased($P=0.016$), and duration of pharyngeal pressure prolonged ($P=0.048$) in sEMG condition during dry swallowing. Duration of pharyngeal pressure prolonged ($P=0.041$) in NMES condition during dry swallowing. During swallow 3ml water, duration of UES relaxation prolonged ($P=0.033$), rate of pharyngeal pressure increased ($P=0.007$), and duration of pharyngeal pressure prolonged ($P=0.044$) in sEMG condition, duration of pharyngeal pressure($P=0.039$), UES residual pressure increased ($P=0.020$), rate of pharyngeal pressure decreased ($P=0.008$) in NMES condition during dry swallowing.

Conclusion: sEMGBF have significantly effect on duration of UES relaxation and duration of pharyngeal pressure. NMES can significant prolong the duration of pharyngeal pressure, increase UES relaxation residual pressure and decrease the rate of pharyngeal pressure.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510630

Key word dysphagia; high resolution manometry; neuro muscular electrical stimulation; surface electromyogram biofeedback

目前解决吞咽障碍的方法常可采用表面肌电生物反馈疗法和低频电刺激疗法,对于两种方法对吞咽功能的改善也做了许多临床实验,但对神经肌肉电刺激(neuro muscular electrical stimulation, NMES)或是表面肌电生物反馈(surface electromyogram biofeedback, sEMGBF)的疗效评价意见并不一致^[1]。Blumenfeld等^[2]做过一个长达1年的队列研究,研究结果显示NMES对吞咽障碍患者的疗效较传统疗法更为显著。Freed等^[3]对卒中后吞咽障碍患者的研究中,NMES的疗法亦是优于黏膜冷刺激。但是Kiger等^[4]的研究中认为,NMES和传统治疗对于吞咽功能的改善并没有差异。Shaw等^[5]也提出,NMES对于中轻度吞咽障碍患者有效,但是对于重度的吞咽障碍患者的吞咽功能并无显著改善。

对于sEMG的研究,1991年Bryant^[6]最先报道了sEMGBF对1例头颈部肿瘤术后吞咽障碍患者的辅助治疗,提出可利用sEMG的肌电信号作为视觉反馈以辅助用力吞咽及门德尔松吞咽的治疗。而在之后的十年内也做了一系列对脑卒中、头颈部肿瘤及脑外伤后吞咽障碍患者介入sEMGBF治疗的研究,实验结果显示大多数患者最后都能经口进食^[7-9]。但是另外有研究者^[10]提出,表面肌电信号只能反映出监测肌群的活动而不能直接反映吞咽功能;由于颈下肌肉群的复杂和细小加上患者个体间的解剖学差异,并不能排除其他肌肉信号的叠加对于靶肌肉信号监测的影响;即使对于同一患者,每天粘贴电极的位置亦有差异。以上因素使得sEMG应用于对吞咽障碍患者的治疗有待于斟酌。

因此,本实验采用高分辨固态测压系统(high resolution manometry, HRM),从sEMGBF及NMES对咽部及食管上括约肌的生物动力学效应角度,分析两种治疗对脑干损伤后吞咽障碍患者吞咽功能的即时影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2012年9月—2013年1月,在中山大学附属第三医院住院治疗的脑干损伤后吞咽障碍患者共15例,其中男性13例,女性2例;年龄18—71岁,平均年龄(44.5 ± 26.5)岁。继发于脑卒中的9例,脑外伤的3例,四脑室肿瘤清除术后2例,脑干脑炎1例。

纳入标准:①脑干损伤成年患者,均通过CT或者MRI确诊脑干有病变。②吞咽造影确诊存在以下咽期吞咽障碍症状中的一项或几项:食管上括约肌不开放或开放不完全;会厌谷或梨状窝有大量残留,多次吞咽难以清除;吞咽动作不协调;腭咽闭合不全。③无鼻腔或咽部器质性梗阻等咽部测压检查的禁忌证。④自愿签署知情同意书。

排除标准:①心肺肾等重要脏器功能不全;②既往有鼻咽癌放疗史或其他有头颈部结构性病变;③严重认知障碍;④不能配合完成整个测压过程。

1.2 仪器

1.2.1 高分辨率固态测压系统:使用美国产ManoScan360 (Sierra Scientific Instruments, Los Angeles, CA.)高分辨固态测压系统进行咽部及食管上括约肌(upper esophageal sphincter, UES)测压检

查。ManoScan360 导管外径为 4.2mm, 含有 36 个间隔 1cm 的圆周传感器, 每个传感器含有 12 个环绕压力感应点。临床上可用于咽、食道所有的测压数据收集。

1.2.2 表面肌电生物反馈:实验电极采用一次性粘贴电极, 主电极分别粘贴于舌骨上缘、舌骨与下颌连线中点, 参考电极则粘贴于两个主电极旁边, 采用 MyoTrac SA9800 表面肌电生物反馈仪 (MyoTrac Infiniti, Thought Technology, Montreal) 搜集肌电信号后, 传入电脑中的软件 (BioGraph Infiniti, Thought Technology, Montreal) 进行处理。

1.2.3 神经肌肉电刺激:采用 MyoTrac SA9800 表面肌电生物反馈仪 (MyoTrac Infiniti, Thought Technology, Montreal) 中神经肌肉电刺激模式, 波形为双相平衡波, 正相为方波, 负相为正弦波。波宽为 300 μ s, 波升 2s, 波降 1s, 频率 35Hz。

1.3 实验方法

1.3.1 实验前准备:准备好温开水和 10ml 一次性注射器。用棉签蘸取 1% 的丁卡因在鼻腔通道局部进行表面麻醉 5—10min, 以缓解测压导管插入鼻腔时的不适感; 用人体润滑剂润滑测压导管, 使导管更容易进入咽部。

患者取坐位, 嘱患者放松, 平静呼吸, 经麻醉侧鼻孔缓慢插入测压导管。同时令患者配合吞咽动作, 使测压导管更易进入食道。插入导管 40cm 时停止, 用胶布将导管在鼻翼处固定, 此时可在屏幕中央水平看到 UES 高压带。受试者头部中立位。嘱患者停止吞咽及说话, 平静呼吸, 适应 3—5min。见图 1。

1.3.2 无干预状态下:嘱患者放松、平静, 头部中立位, 做一次自然干吞咽 (唾液吞咽), 间隔 30s 后再干

吞咽一次。之后用注射器给予患者 3ml 水, 嘱患者尽量一口吞下, 间隔 30s 后再给予 3ml 水一次。

1.3.3 表面肌电生物反馈疗法:用酒精在患者颈部备皮, 贴好表面肌电生物反馈的电极片, 两块主电极分别放置于舌骨上缘、舌骨与下颌连线中点, 参考电极放于以两电极连线为底边的等边三角形顶点。先测试患者自然进行干吞咽 (唾液吞咽), 测试界面结束后系统会自动分析出患者无吞咽动作的平均静息值、吞咽峰值平均值及吞咽最大峰值。之后设定 110% 吞咽峰值为用力吞咽峰值临界值, 吞咽界面会在 110% 吞咽峰值处有虚线作为给予患者的视觉反馈。嘱受试者在视觉反馈的干预下分别做 2 次用力干吞咽, 要求患者吞咽产生的动作肌电图峰值超过所设定阈值。待 UES 压力及肌电信号水平恢复到静息值再用注射器给予患者 3ml 水, 嘱用力吞咽, 尽量一口吞下, 间隔 30s 后再给予 3ml 水 1 次。

1.3.4 神经肌肉电刺激疗法:用酒精在患者颈部备皮, 贴好电极。神经肌肉电刺激电极放置: 通道 1, 两个电极均恰好放置于舌骨上方, 电极间距离略宽于通道 2 电极之间距离; 通道 2, 两个电极恰位于或放置于甲状上切迹上方水平, 位于甲状舌骨肌上。此放置方法主要刺激下颌舌骨肌、二腹肌前腹、胸骨舌骨肌和肩胛舌骨肌, 加大电流可刺激更深层的颏舌肌和甲状舌骨肌。实验电流强度采用治疗强度, 即当患者感觉到咽部有被抓握、挤压、拖拽及电极快要皮肤脱落的感觉时, 说明肌肉收缩强度已达预期标准。吞咽方式同无干预状态下。

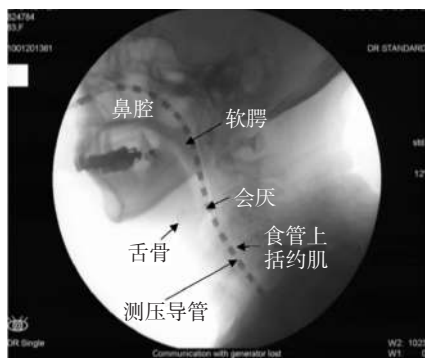
1.4 数据分析

分析软件采用 ManoView ESO 3.0 分析界面: 显示界面可以直观地反映一次吞咽动作的咽部压力随时间的变化, 横轴为时间轴, 纵轴为解剖轴, 咽部压力大小由不同的颜色表示, 颜色色调越为暖色调表示高压, 反之是冷色调就表示低压。数据分析使用 ManoView 分析软件 (Sierra Scientific Instruments, Los Angeles, CA) 记录咽部收缩峰值 (mmHg), 咽部收缩时间 (s), 咽部收缩上升速率 (mmHg/s), UES 松弛残余压及 UES 松弛时间。所有数值取两次吞咽的平均值。

1.5 统计学分析

采用统计软件 SPSS 17.0 进行统计分析, 采用

图 1 测压导管在患者体内位置



双侧检验。计量资料用均数 $\pm$ 标准差表示。多组间均数比较用重复测量的方差分析(multiple analysis of variance with repeated measurements, Repeated MANOVA),如果组间比较存在差异,则进一步进行最小显著差法(least significant difference, LSD)两两检验。

2 结果

2.1 干咽时不同干预方式对UES及咽部功能的即时影响

与无干预状态时相比,sEMG组吞咽时UES松弛持续时间延长($P=0.042$),咽部收缩峰值增加($P=0.029$),咽部收缩速率提高($P=0.016$),咽部收缩持续

时间延长($P=0.048$),差异均有显著性意义。NMES组咽部收缩持续时间延长($P=0.041$),差异有显著性意义,其他参数未发现差异有显著性意义,见表1。

2.2 吞咽3ml水时不同干预方式对UES及咽部功能的即时影响

与无干预状态时相比,sEMG组吞咽时UES松弛持续时间延长($P=0.033$),咽部收缩速率提高($P=0.007$),咽部收缩持续时间延长($P=0.044$),差异均有显著性意义。NMES组UES松弛残余压升高($P=0.020$),咽部收缩速率有所降低($P=0.008$),咽部收缩持续时间延长($P=0.039$),差异有显著性意义。其他参数未发现差异有显著性意义,见表2。

表1 干咽时不同干预方式下UES及咽部压力及时间参数比较

($\bar{x}\pm s$)

参数	无干预	sEMG		NMES	
		测量值	P	测量值	P
UES残余压(mmHg)	21.34 $\pm$ 16.30	22.65 $\pm$ 18.27	0.967	25.44 $\pm$ 17.14	0.736
UES松弛持续时间(ms)	380.83 $\pm$ 113.56	448.33 $\pm$ 122.13	0.042 ^①	420.83 $\pm$ 107.25	0.278
咽部收缩峰值(mmHg)	49.30 $\pm$ 26.86	57.44 $\pm$ 28.62	0.029 ^①	47.31 $\pm$ 18.89	0.092
咽部收缩速率(mmHg/s)	513.27 $\pm$ 208.93	706.41 $\pm$ 222.77	0.016 ^①	601.26 $\pm$ 203.11	0.258
咽部收缩持续时间(ms)	437.69 $\pm$ 161.25	526.92 $\pm$ 102.80	0.048 ^①	543.84 $\pm$ 194.21	0.041 ^①

①与无干预状态比较 $P<0.05$

表2 吞咽3ml水时不同干预方式下UES及咽部压力及时间参数比较

($\bar{x}\pm s$)

参数	无干预	sEMG		NMES	
		测量值	P	测量值	P
UES残余压(mmHg)	16.34 $\pm$ 10.46	14.63 $\pm$ 12.65	0.842	25.30 $\pm$ 18.20	0.020 ^①
UES松弛持续时间(ms)	391.85 $\pm$ 115.21	540.91 $\pm$ 189.71	0.031 ^①	468.19 $\pm$ 154.91	0.159
咽部收缩峰值(mmHg)	65.43 $\pm$ 28.62	68.19 $\pm$ 18.98	0.636	47.48 $\pm$ 25.39	0.037 ^①
咽部收缩速率(mmHg/s)	587.91 $\pm$ 278.87	845.05 $\pm$ 269.52	0.007 ^①	318.65 $\pm$ 200.22	0.008 ^①
咽部收缩持续时间(ms)	433.08 $\pm$ 180.98	553.85 $\pm$ 181.13	0.044 ^①	560.00 $\pm$ 119.95	0.039 ^①

①与无干预状态比较 $P<0.05$

3 讨论

在本研究中我们利用高分辨率固态测压系统对sEMGBF及神经肌肉电刺激对脑干损伤后患者的上食管括约肌及咽部功能的影响进行了研究。结果发现sEMGBF治疗可以显著延长UES松弛持续时间和咽部收缩持续时间;提高咽部收缩速率和咽部收缩峰值。NMES可以显著增加咽部收缩持续时间,但升高了UES松弛残余压。可见,两种不同的治疗方法对于咽部及上食管括约肌功能的即时影响有一定差异。

对于UES的功能,首先我们观察到的是sEMGBF可以显著延长UES松弛持续时间。由于sEMGBF是同时配合用力吞咽或门德尔松手法进行的治

疗方法,此实验采用的是配合用力吞咽进行sEMGBF治疗。用力吞咽的制定主要是为了增加舌根向后的运动^[11],而sEMGBF的运用是令患者能更快更好地掌握用力吞咽的方法。2012年Hoffman等^[12]研究了用力吞咽及门德尔松手法对正常人的咽部及UES功能的影响,实验结果指出用力吞咽可以显著延长UES松弛持续时间,与本实验结果相一致。本实验结果认为一方面用力吞咽本身可以很好地改善舌喉复合体上抬幅度,另一方面患者会通过对电脑屏幕上肌肉群的肌电反馈信号和正常人的吞咽波形相对比而学会控制吞咽动作,使得UES松弛持续时间延长。这也说明了表面肌电生物反馈对患者掌握用力吞咽动作起到了辅助作用^[13]。

神经肌肉电刺激显著增加了UES松弛残余压且会略微缩短UES松弛持续时间,尤其是在给予实际的食团(3ml水)吞咽时。本实验认为这是由于电刺激产生的肌肉收缩和生理产生的肌肉收缩是不一样的:生理产生的肌肉收缩是非同步的,而电刺激产生的肌肉收缩是同步的^[14]。正如前文提到,NMES电极粘贴方法刺激的肌肉有:下颌舌骨肌、二腹肌前腹、胸骨舌骨肌和肩胛舌骨肌,电流足够大时还可刺激到颏舌肌和甲状舌骨肌。其中:下颌舌骨肌、二腹肌前腹及颏舌肌收缩可向前牵拉舌骨,胸骨舌骨肌和肩胛舌骨肌则是起到向下牵拉舌喉复合体的作用^[14]。当电刺激同时刺激这些肌肉的时候,由于两组肌肉强力收缩抵抗而使UES松弛残余压增高且松弛持续时间减少^[14]。因此,NMES可能并不适用于在刺激状态下进行同步吞咽训练。但NMES可以增加咽部收缩时间,在患者认知状态较差,无法配合反馈训练;或肌肉萎缩时,可以作为进行吞咽相关肌肉训练的一个选择。

对于咽部功能的影响,NMES会显著降低咽部峰值的大小。本实验认为原因亦同NMES显著降低UES松弛残余压,由于同时刺激两组功能不一样的肌肉而使得舌喉复合体抬升幅度减小,从而降低咽部收缩峰值。另外具有“咽部挤压”作用的咽缩肌及缩咽作用的咽腭肌、耳咽管咽肌及茎突咽肌由于位置较深而导致电刺激不易于进行,两个原因一同作用使得咽部收缩峰值显著下降。

本实验和既往的研究相比较,首先在病例选择方面,注重的是损伤部位与功能的联系;选取吞咽造影确诊存在咽期吞咽障碍的患者。其次相较于其他探究sEMGBF与NMES治疗吞咽障碍效果的实验所选择的测量指标,本次实验选用高分辨率测压参数,更加有针对性,更加具体、量化;实验结果分析采用了重复测量的方差分析,由于是对同一患者进行的重复测量。每一个体作为自身的对照,克服了个体间的变异,分析时可以更好得集中于处理效应。并且也可以弥补实验样本量少的缺点。但由于患者原发疾病来源较复杂,发病机制也不尽相同,会对实验结果产生一定的影响。在后续实验中,我们会选取单一病种,以进行更深入精确地分析。

进行sEMGBF患者的配合程度和NMES治疗

时电极位置是很重要的。对患者高分辨固态测压图像进行分析时,也要结合患者原发病与症状,减小参数采集时的误差。此次实验测量了两种不同干预方式对患者咽部及UES吞咽功能的即时效应,尚未探讨两种干预方式对患者咽期吞咽的长期影响。在未来的研究中,除了利用HRM探究两种治疗方法对鼻咽癌等非神经源性吞咽障碍的疗效,还将观察两种干预方式对患者吞咽相关肌肉与结构的长期影响,从而更加有针对性地选择治疗手段。

参考文献

- [1] Yorick Wijting. Neuromuscular electrical stimulation in the treatment of dysphagia: a summary of the evidence[EB/OL]. [2010- 9- 28]. http://www.vitalstimtherapy.com/uploadedFiles/research_dossier.pdf.
- [2] Blumenfeld L, Hahn Y, Lepage A, et al. Transcutaneous electrical stimulation versus traditional dysphagia therapy: a nonconcurrent cohort study[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2006, 135(5):754—757.
- [3] Freed ML, Freed L, Chatburn RL, et al. Electrical stimulation for swallowing disorders caused by stroke[J]. *Respiratory Care*, 2001, 46(5):466—474.
- [4] Kiger M, Brown CS, Watkins L. Dysphagia management: an analysis of patient outcomes using VitalStim therapy compared to traditional swallow therapy[J]. *Dysphagia*, 2006, 21(4):243—253.
- [5] 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.
- [6] Bryant M. Biofeedback in the treatment of a selected dysphagic patient[J]. *Dysphagia*, 1991, 6(3):140—144.
- [7] Crary MA. A direct intervention program for chronic neurogenic dysphagia secondary to brainstem stroke[J]. *Dysphagia*, 1995, 10(1):6—18.
- [8] Crary MA, Baldwin BO. Surface electromyographic characteristics of swallowing in dysphagia secondary to brainstem stroke[J]. *Dysphagia*, 1997, 12(4):180—187.
- [9] Huckabee ML, Cannito MP. Outcomes of swallowing rehabilitation in chronic brainstem dysphagia: A retrospective evaluation[J]. *Dysphagia*, 1999, 14(2):93—109.
- [10] Steele CM, Huckabee ML. The influence of orolingual pressure on the timing of pharyngeal pressure events[J]. *Dysphagia*, 2007, 22(1):30—36.
- [11] 窦祖林. 吞咽障碍评估与治疗[M]. 北京:人民卫生出版社,2009.
- [12] Hoffman MR, Mielens JD, Ciucci MR, et al. High-resolution manometry of pharyngeal swallow pressure events associated with effortful swallow and the Mendelsohn maneuver [J]. *Dysphagia*, 2012, 27(3):418—426.
- [13] Stepp CE. Surface electromyography for speech and swallowing systems: measurement, analysis, and interpretation [J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2012, 55(4):1232—1246.
- [14] Carnaby-Mann GD, Crary MA. Adjunctive neuromuscular electrical stimulation for treatment-refractory dysphagia[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2008, 117(4):279—287.