

呼吸训练联合肌电生物反馈对脑梗死恢复期患者吞咽功能的影响

刘金明¹ 周芳¹ 马艳¹ 于利国¹ 彭军²

¹武汉市第一医院康复医学科,武汉 430030; ²华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科,武汉 430030

通信作者:彭军,Email:2514469887@qq.com

【摘要】 目的 观察呼吸训练联合肌电生物反馈对脑梗死恢复期患者吞咽功能的影响。方法 选取脑梗死恢复期伴吞咽障碍的患者 96 例,按随机数字表法将其分为对照组、生物反馈组、综合治疗组,每组 32 例。对照组接受常规吞咽障碍康复治疗,生物反馈组在对照组基础上接受肌电生物反馈训练,综合治疗组在生物反馈组基础上辅以呼吸训练。治疗前、治疗 6 周后(治疗后),采用渗透-误吸量表(PAS)和功能性经口摄食量表(FOIS)评估 3 组患者的吞咽功能,并进行吞咽造影检查(VFSS),观察并记录患者的食管上括约肌(UES)开放情况、舌骨向前位移(HAM)、舌骨向上位移(HSM)。结果 治疗前,3 组患者 FOIS、PAS、HAM、HSM、UES 开放情况比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。与组内治疗前比较,3 组患者治疗后 FOIS、PAS、HAM、HSM、UES 开放情况均显著改善($P<0.05$)。治疗后,综合治疗组和生物反馈组上述指标较对照组改善,且综合治疗组治疗后 FOIS 评分[(5.32±1.19)分]、PAS 评分[(2.40±1.17)分]、HAM[(35.21±11.01)mm]、HSM[(34.14±9.07)mm]、UES 开放情况均优于生物反馈组($P<0.05$)。结论 呼吸训练联合肌电生物反馈可明显改善患者的舌骨运动功能和 UES 开放情况,提高吞咽功能,降低误吸风险。

【关键词】 呼吸训练; 肌电生物反馈; 吞咽功能; 脑梗死

基金项目:湖北省自然科学基金一般项目(2012FFB05801)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.03.007

The effect of combining breathing training with electromyographic biofeedback on swallowing ability after cerebral infarction

Liu Jinming¹, Zhou Fang¹, Ma Yan¹, Yu Ligu¹, Peng Jun²

¹Department of Rehabilitation Medicine, Wuhan Integrated Chinese and Western Medicine Hospital, Wuhan 430030, China; ²Department of Rehabilitation Medicine, Tongji Hospital of Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Corresponding author: Peng Jun, Email: 2514469887@qq.com

【Abstract】 Objective To observe any effect of supplementing breathing training with electromyographic biofeedback in treating the swallowing function soon after a cerebral infarction. **Methods** A total of 96 cerebral infarction survivors with dysphagia were randomly divided into a control group, a biofeedback group and a comprehensive treatment group, each of 32. All received conventional rehabilitation treatment for dysphagia, while the biofeedback group was additionally provided with EMG biofeedback training and the comprehensive treatment group received both breathing training and the biofeedback training. Before and after 6 weeks of treatment, all were subjected to a swallowing contrast examination to observe the opening of the upper esophageal sphincter, the forward displacement of the hyoid bone, and the upward displacement of the hyoid bone. The Rosenbak Penetration-Aspiration Scale and Functional Imported Food Scoring were also used to evaluate their swallowing function. **Results** Before, there were no significant differences between the groups in terms of any of the measures. After the 6 weeks of treatment, all of the measurements had improved significantly in both groups, but the improvement in the biofeedback and comprehensive treatment groups on all of the measures was significantly greater than in the control group. The average values of the comprehensive treatment group were then superior to the biofeedback group's averages. **Conclusion** Supplementing breathing training with EMG biofeedback can significantly improve the swallowing function of stroke survivors and reduce their risk of aspiration.

【Key words】 Breathing training; Electromyography; Biofeedback; Swallowing function; Cerebral infarction

Funding: Hubei Province Natural Science Foundation (2012FFB05801)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.03.007

脑卒中后约 30%~78% 的患者会发生不同程度的吞咽功能障碍^[1]。吞咽障碍患者由于双唇、软腭、咽喉、食管功能受损,造成吞咽动作不协调、进食困难^[2],进而导致营养不良、误吸、肺部感染、气道阻塞,甚至窒息、死亡等,严重影响患者的功能恢复和生存质量^[3]。研究表明,脑卒中患者会出现呼吸功能的减退,导致气道廓清能力下降,与吞咽功能障碍有密切关联,而呼吸训练能有效提高吞咽功能,降低误吸的发生率^[4-5]。近年来,肌电生物反馈作为一种行为干预和非行为干预结合的治疗方法,临床应用越来越广泛,对吞咽障碍患者的康复有积极作用^[6]。本研究采用呼吸训练联合肌电生物反馈治疗脑梗死恢复期吞咽障碍患者,以期为该类患者的诊疗提供新思路。

对象与方法

一、研究对象

入选标准:①符合全国第 4 次脑血管病学术会议制订的脑梗死诊断标准^[7];②经头部 CT 或颅脑 MRI 诊断为脑梗死,且证实为初次发病;③年龄 18~70 岁,病程 2 周~3 个月;④经临床评估和吞咽造影检查证实存在吞咽功能障碍;⑤患者意识清楚,病情稳定,无感觉性失语和明显的认知障碍,能配合相关检查及康复治疗;⑥在家属或治疗师辅助下可进行康复训练操作;⑦所有患者均自愿签署知情同意书。

排除标准:①对直流电过敏,或对电流耐受差、不能进行治疗者;②存在严重认知障碍和感觉性失语,不能理解指令并配合治疗者;③存在原发性肺功能障碍或非脑血管疾病所致的吞咽功能障碍者;④有严重肺部感染、肝肾功能不全、恶性肿瘤等脏器性疾病者;⑤存有真性球麻痹者;⑥存有明显疼痛或严重听觉障碍者。

选取 2020 年 4 月至 2021 年 6 月在我院神经内科和康复医学科治疗的脑梗死恢复期并伴有吞咽障碍患者 96 例,按照随机数字表法将其分为对照组、生物反馈组和综合治疗组,每组 32 例。3 组患者的性别、年龄、病程、偏瘫侧别等一般资料比较,差异无统计学意

义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。

二、治疗方法

3 组患者均接受常规治疗和肢体康复治疗,对照组在此基础上接受常规吞咽障碍康复治疗,生物反馈组在对照组基础上接受肌电生物反馈训练,综合治疗组在生物反馈组基础上辅以呼吸训练,每组均治疗 6 周。具体内容如下。

1. 常规吞咽功能训练:①口唇、颜面肌功能训练,进行下颌、舌、软腭、舌骨等吞咽器官的运动训练,改善舌的运动幅度及力量,增加舌骨上抬前移的运动幅度,引发食管上段括约肌(upper esophageal sphincter, UES)开放,每次 10 min,每日 1 次,每周 5 d;②感觉刺激,口腔及咽喉部(软腭、腭弓、舌根等)黏膜冰刺激,改善咽部感觉和吞咽反射,每次 5 min,每日 1 次,每周 5 d;③吞咽行为训练,包括用力吞咽训练、门德尔松吞咽训练,促进喉上抬幅度和时长,减少咽部残留和误吸,每次 15 min,每日 1 次,每周 5 d;④摄食训练,选择柔软、性状均一、有适当粘性而不易松散的食物,从 3~4 ml 量开始,进食速度缓慢,酌情增加量,可适当用汤匙下压舌面,增强感觉刺激。同时,应根据患者的实际情况进行摄食训练,保证吞咽安全的前提下缓慢摄食,若患者出现呛咳,则立即停止进食训练。

2. 肌电生物反馈训练:采用上海产 MyoNet-AOW 型肌电生物反馈仪,治疗前告知患者训练方法及注意事项。患者取坐位或者半卧位,用酒精对其颈前区进行清理(减少电极与皮肤之间的电阻),将仪器 4 个电极片中两块主电极分别贴于颏下肌群(如二腹肌前腹、下颌舌骨肌、颏舌骨肌)部位,参考电极黏贴于主电极旁开 2 cm 处,进行吞咽动作时同步记录患者颏下肌群 sEMG 信号。根据患者的情况,吞咽唾液或少量水,根据肌电生物反馈仪记录的颏下肌群电信号波幅判断是否成功。具体训练包括:①放松训练,患者取端坐位,平静呼吸,进行口闭合,放松颏下肌群;②自然连续吞咽状态,对患者进行自然干吞咽(即吞咽唾液)测试,肌电生物反馈仪自带软件会自动分析出患者无吞咽动作时的肌电平均静息值、吞咽峰值平均值及

表 1 3 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	平均病程 (月, $\bar{x} \pm s$)	偏瘫侧别(例)	
		男	女			左侧	右侧
对照组	32	17	15	59.35±7.53	2.13±0.86	16	16
生物反馈组	32	14	18	58.64±7.27	1.92±0.81	15	17
综合治疗组	32	16	16	59.18±7.61	2.02±0.76	19	13

吞咽最大峰值,然后治疗师设定 110% 吞咽峰值作为阈值;③用力吞咽训练,治疗开始后,治疗师可以观察到患者喉部肌群随着肌电信号增大而收缩,当肌电信号达到本次收缩最大值时,嘱患者尽最大努力做用力吞咽动作,要求患者吞咽产生的肌电信号峰值尽量超过预先设定阈值;④门德尔松吞咽,用力吸气后吞咽,并尽力维持吞咽动作 2~3 s^[6]。每次训练 20~30 min,每日 1 次,每周 5 d,结合患者实际情况调整。

3.呼吸功能训练:包括呼吸肌训练、缩唇呼吸训练和咳嗽声门练习。具体如下:①呼吸肌训练,采用英国 PowerBreath K5 深度呼吸训练器,由 1 名经过培训的治疗师指导完成训练。患者取稍前倾体位,含住咬嘴,嘱患者用力呼气,然后尽力快速有力的吸气,吸气过程中挺直背部并保持肩部肌肉放松。首先对患者进行测试训练,1 组训练有 30 次吸气活动,以每次吸气活动的吸气压峰值平均值作为最大吸气负荷值。根据患者的实际情况,将最大吸气负荷的 50%、75%、100% 作为吸气训练阻力,逐步增加阻力强度。每次吸气活动结束后,平静呼吸 2~3 次,减少呼吸疲劳及过度通气。每次训练 2 组,每日 1 次,每周 5 d;②缩唇呼吸训练,患者取坐位,深吸气后,屏气 1~2 s,后以吹哨样缩唇呼气方式缓慢吐气(或治疗师徒手辅助患者缩唇),呼吸比控制在 1:2。每组 5 次,每组治疗后平静呼吸 5~8 次,每次治疗 10 min,每日 1 次,每周 5 d;③咳嗽声门练习,患者取半卧位或坐位,先深吸气后短时闭气,关闭声门后增加腹内压,然后打开声门形成爆发性气流。每组 5 次,每组治疗后平静呼吸 5~8 次,每次治疗 10 min,每日 1 次,每周 5 d。

三、疗效评定标准

治疗前及治疗 6 周后(治疗后),由经过培训的康复治疗师在双盲状态下分别对 3 组患者的吞咽功能进行评定。

1.渗透-误吸量表(penetration-aspiration scale, PAS)^[8]:用于观察患者吞咽时半流质食物进入气道的情况,判断是否存在误吸及误吸的程度。该量表分为 8 个等级(对应 1~8 分),级别越高,表明误吸程度越严重,吞咽功能越差。

2.功能性经口摄食量表(functional oral intake scale, FOIS)^[9]:用于评估患者的整体吞咽功能。该量表将经口进食分为 7 个等级(对应 1~7 分),分值越高,表明吞咽功能越好。

3.吞咽造影检查:采用吞咽造影检查对 3 组患者的舌骨向前位移(hyoid-bone anterior movement, HAM)、舌骨向上位移(hyoid-bone superior movement, HSM)及 UES 开放情况进行评定。具体如下:①利用 X 线进行吞咽造影检查,将 1 枚一元硬币固定于患者

下颌处,作为测量舌骨运动幅度的参考物,观察患者进食流质、半流质、糊状、固体 4 种不同性状食物时,食物自口腔进入食管的动态过程,了解吞咽过程及存在的问题。患者取正位和侧位,用相机记录下患者整个进食吞咽过程,截取患者进食前舌骨开始移动及吞咽过程中舌骨运动至最远处时产生最大位移的图像,并记录舌骨最大运动幅度数值。以第 4 颈椎 C4 前下角和第 2 颈椎 C2 前下角的连线作为纵轴,通过 C4 前下角作 1 条垂直于纵轴的垂线,即为横轴,测出舌骨最大运动幅度^[10-11];②在吞咽造影中观察 UES 开放程度,将其分为完全开放和不完全开放两种情况,完全开放为 UES 无狭窄,食团通过并进入食管,不完全开放为食团不能或部分通过 UES,咽部有残留。若患者在检查过程中反复出现误吸则停止检查^[12]。

四、统计学分析

本研究采用 SPSS 22.0 版统计学软件包进行数据处理,计量资料以($\bar{x}\pm s$)形式表示,组内及组间比较采用 *t* 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验,等级资料采用秩和检验, $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

结果

一、3 组患者治疗前后 PAS、FOIS 评分比较

治疗前,3 组患者 PAS、FOIS 评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。与组内治疗前比较,3 组患者治疗后 PAS、FOIS 评分均有明显改善($P<0.05$)。与对照组治疗后比较,生物反馈组和综合治疗组 FOIS、PAS 评分改善较为优异($P<0.05$),且综合治疗组治疗后 FOIS、PAS 评分较生物反馈组优异($P<0.05$)。详见表 2。

表 2 3 组患者治疗前后 PAS、FOIS 评分比较(分, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	PAS	FOIS
对照组			
治疗前	32	6.08±1.38	3.32±1.17
治疗后	32	4.78±1.71 ^a	4.12±1.21 ^a
生物反馈组			
治疗前	32	6.37±1.05	3.28±1.22
治疗后	32	3.56±1.44 ^{ab}	4.87±1.15 ^{ab}
综合治疗组			
治疗前	32	6.35±1.24	3.29±1.19
治疗后	32	2.40±1.17 ^{abc}	5.32±1.19 ^{abc}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$;与生物反馈组治疗后比较,^c $P<0.05$

二、3 组患者治疗前后 HAM、HSM、UES 开放情况比较

3 组患者治疗前 HAM、HSM、UES 开放情况比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。与组内治疗前比较,3 组患者治疗后 HAM、HSM、UES 开放情况均有明显

改善($P<0.05$)。与对照组治疗后比较,综合治疗组和生物反馈组 HAM、HSM、UES 开放情况均较优异,且综合治疗组治疗后上述指标优于生物反馈组($P<0.05$)。详见表 3。

表 3 3 组患者治疗前后 HAM、HSM、UES 开放情况比较

组别	组别	HAM (mm, $\bar{x}\pm s$)	HSM (mm, $\bar{x}\pm s$)	UES 开放情况(例)	
				完全 开放	不完全 开放
对照组					
治疗前	32	8.49±3.68	10.09±4.23	6	26
治疗后	32	16.89±7.61 ^a	19.41±8.03 ^a	13 ^a	19
生物反馈组					
治疗前	32	7.98±4.12	10.47±4.24	6	26
治疗后	32	24.21±7.89 ^{ab}	27.41±8.73 ^{ab}	21 ^{ab}	11
综合治疗组					
治疗前	32	8.61±3.57	10.23±4.35	5	27
治疗后	32	35.21±11.01 ^{abc}	34.14±9.07 ^{abc}	27 ^{abc}	5

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$;与生物反馈组治疗后比较,^c $P<0.05$

讨 论

本研究显示,经过 6 周治疗后,3 组患者 PAS 及 FOIS 评分、HAM、HSM、UES 开放情况均较组内治疗前改善($P<0.05$)。与对照组比较,综合治疗组和生物反馈组治疗后 PAS 及 FOIS 评分、HAM、HSM、UES 开放情况均明显改善,且综合治疗组治疗后上述指标优于生物反馈组。该结果提示,呼吸训练联合肌电生物反馈可显著改善脑梗死恢复期患者的吞咽功能和生活质量,且疗效优于单纯的常规吞咽康复训练或肌电生物反馈治疗。

脑卒中后吞咽障碍的发病机制是吞咽相关肌肉的中枢性神经通路受到损害,进而引起舌运动受限、食管括约肌弛缓、口咽腔压力不足、喉上抬不充分等问题^[13]。正常吞咽是一个复杂的神经肌肉控制过程,涉及口、咽喉部、食管等多处肌肉,由 5 对颅神经、2 对颈神经支配,受到位于脑干和大脑皮质 2 个中枢的调控^[14]。吞咽障碍中较常见的是舌骨喉复合体的异常,导致舌骨喉复合体向前、向上运动幅度降低,其根本原因在于吞咽肌群肌力减弱或运动不协调、吞咽启动困难及吞咽时序错乱^[15],使误吸的风险增加。

肌电生物反馈将采集到的肌肉组织电位信号,转化为视觉和听觉刺激反馈,使患者获得直观的体验,能更积极地参与到训练活动中。有研究表明,肌电生物反馈训练结合常规吞咽训练,能提高吞咽局部肌肉的收缩力量,促进舌骨喉复合体的运动幅度,加强肌群的协调性,并增加 UES 的开放程度,延长 UES 开放时间,改善吞咽功能^[11-12]。通过肌电生物反馈,患者可以在吞咽训练中调整吞咽模式,改善吞咽活动时序。此外,

肌电生物反馈训练运用运动再学习原理,在重复练习中加强中枢神经对吞咽功能的控制能力,进而强化皮质可塑性,促进神经侧芽再生及神经轴突突触的重新连接,重建吞咽反射弧,促进吞咽中枢重组,加速吞咽反馈环路恢复,建立正确的吞咽模式^[6]。本研究通过采集患者颞下肌群的肌电信号,在肌电生物反馈训练中利用门德尔松吞咽法逐步促进吞咽功能恢复,提高了舌骨运动的幅度,改善了患者的吞咽功能,这与以往的研究结果一致^[6,11-12,16]。

机体的吞咽和呼吸调节中枢均位于延髓,两者在结构和功能上存在密切联系。研究发现,脑卒中患者的呼吸功能明显下降,呼吸肌力量约为健康人群的 50%^[17]。受累侧呼吸肌收缩能力下降、胸廓顺应性降低、血氧饱和度和有效通气量降低,导致咳嗽、咳痰等气道廓清障碍,易出现呼吸功能和吞咽功能的失协调,出现误吸,使得肺部发生感染的风险增加^[4]。近年来,有研究发现,呼吸训练可明显改善肺功能,降低呛咳和误吸的风险,有助于提高吞咽功能。Pank 等^[18]发现呼气肌力量训练可以提高舌骨上肌群的力量,改善舌骨的运动幅度,从而促进脑卒中后的吞咽障碍恢复。Guillén-Solà 等^[19]采用呼吸肌训练联合神经肌肉电刺激技术,显著提高了亚急性期脑卒中患者的吞咽功能。本研究采用吸气肌训练、缩唇呼吸训练、咳嗽声门训练 3 种呼吸训练方式,其优势如下:①吸气肌训练能提高患者的膈肌力量,可增大呼吸深度和肺容量,增强呼吸控制能力,有助于改善呼吸和吞咽的协调性^[20];②缩唇呼吸训练可以使患者吸气末和呼气初气道保持一定的压力,促使气体在肺泡间的重新再分布,避免小气道过早塌陷,减少肺不张发生风险^[21];③咳嗽声门训练能预防呼吸肌萎缩及支气管壁塌陷,增加肺泡通气量,增强咳嗽力度和廓清能力^[22]。本研究发现,呼吸训练可以增强口咽腔压力,增加声门下压,提高舌骨运动的幅度,改善吞咽肌群与呼吸肌群的协调性,从而更有效地改善吞咽功能,这与既往研究结果一致^[5,19,22]。

本研究中,治疗 6 周后,综合治疗组的吞咽功能指标改善优于生物反馈组($P<0.05$)。提示肌电生物反馈训练和呼吸训练对脑卒中患者的吞咽功能恢复均有积极作用,其疗效优于单纯的常规吞咽康复训练或肌电生物反馈治疗,其机制可能是肌电生物反馈训练在提升咽肌群自主功能收缩和协调性的过程中,增强了主动控制吞咽肌群的肌肉活动能力^[23]。需要指出的是,本研究受时间限制,纳入的样本量偏少,且未能对长期疗效进行随访,今后将进一步完善,探讨更有效的康复治疗方法。

参 考 文 献

- [1] Yoo HJ, Pyun SB. Efficiency of bedside respiratory muscle training in patients with stroke: a randomized controlled trial [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2018, 97 (10): 691-697. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000933.
- [2] 窦祖林, 兰月, 万桂芳, 等. 神经性吞咽障碍的康复治疗及其进展 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28 (11): 788-791. DOI: 10.3760/j.issn:0254-1424.2006.11.022.
- [3] Hansen TS, Engberg AW, Larsen K. Functional oral intake and time to reach unrestricted dieting for patients with traumatic brain injury [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008, 89 (8): 1556-1562. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.11.063.
- [4] 王赛华, 熊键, 高李侠, 等. 徒手呼吸训练干预脑卒中后吞咽功能障碍患者的疗效观察 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41 (10): 735-739. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.10.004.
- [5] 章志超, 周芳, 乔娜, 等. 呼吸训练治疗脑卒中后吞咽功能障碍患者的疗效观察 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39 (10): 742-746. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.10.005.
- [6] 杜新新, 王强, 孟萍萍, 等. 肌电生物反馈强化训练对脑卒中后吞咽障碍患者吞咽功能的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41 (6): 411-415. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.003.
- [7] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点 [J]. *中华神经科杂志*, 1996, 29 (6): 379-380.
- [8] Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, et al. A penetration-aspiration scale [J]. *Dysphagia*, 1996, 11 (2): 93-98. DOI: 10.1007/BF00417897.
- [9] Crary MA, Mann GD, Groher ME. Initial psychometric assessment of a functional oral intake scale for dysphagia in stroke patients [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86 (8): 1516-1520. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.11.049.
- [10] Nam HS, Beom J, Oh BM, et al. Kinematic effects of hyaryngeal electrical stimulation therapy on hyoid excursion and laryngeal elevation [J]. *Dysphagia*, 2013, 28 (4): 548-556. DOI: 10.1007/s00455-013-9465-x.
- [11] 高婧慧, 王强, 李明, 等. 神经肌肉电刺激对脑卒中后吞咽障碍患者舌骨喉复合体动度的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37 (5): 348-352. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.05.007.
- [12] 罗子芮, 林广勇, 陈子波, 等. 表面肌电生物反馈疗法联合吞咽训练对鼻咽癌放疗后吞咽困难患者的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41 (8): 601-605. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.08.012.
- [13] Hegland KW, Davenport PW, Brandimore AE, et al. Rehabilitation of swallowing and cough functions following stroke: an expiratory muscle strength training trial [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97 (8): 1345-1351. DOI: 10.1016/j.apmr.2016.03.027.
- [14] Watanabe Y, Abe S, Ishikawa T, et al. Cortical regulation during the early stage of initiation of voluntary swallowing in humans [J]. *Dysphagia*, 2004, 19 (2): 100-108. DOI: 10.1007/s00455-003-0509-5.
- [15] Lee HY, Hong JS, Lee KC, A al. Changes in hyolaryngeal movement and swallowing function after neuromuscular electrical stimulation in patients with dysphagia [J]. *Ann Rehabil Med*, 2015, 39 (2): 199-209. DOI: 10.5535/arm.2015.39.2.199.
- [16] 吴霜, 刘春风, 楚兰, 等. 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 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39 (5): 332-335. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.05.003.
- [17] Jung KJ, Park JY, Hwang DW, et al. Ultrasonographic diaphragmatic motion analysis and its correlation with pulmonary function in hemiplegic stroke patients [J]. *Ann Rehabil Med*, 2014, 38 (1): 29-37. DOI: 10.5535/arm.2014.38.1.29.
- [18] Park JS, Oh DH, Chang MY, et al. Effects of expiratory muscle strength training on oropharyngeal dysphagia in subacute stroke patients: a randomised controlled trial [J]. *J Oral Rehabil*, 2016, 43 (5): 364-372. DOI: 10.1111/joor.12382.
- [19] Guillén-Solà A, Sartor MM, Soler NB, et al. Respiratory muscle strength training and neuromuscular electrical stimulation in subacute dysphagic stroke patients: a randomized controlled trial [J]. *Clin Rehabil*, 2016, 31 (6): 761-771. DOI: 10.1177/0269215516652446.
- [20] 宋征宇, 张鹏, 赵红梅, 等. 不同呼吸训练方式在脑卒中后疲劳治疗中的效果及对患者膈肌功能的影响 [J]. *中国临床医生杂志*, 2018, 46 (12): 1450-1453. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2018.12.020.
- [21] Seo K, Hwan PS, Park K. The effects of inspiratory diaphragm breathing exercise and expiratory pursed-lip breathing exercise on chronic stroke patients' respiratory muscle activation [J]. *J Phys Ther Sci*, 2017, 29 (3): 465-469. DOI: 10.1589/jpts.29.465.
- [22] 朱伟新, 丘卫红, 武惠香, 等. 早期呼吸功能训练对脑卒中后吞咽障碍患者吞咽功能的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37 (3): 187-189. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.03.007.
- [23] 陈凤侠, 李红玲, 庞亚涛, 等. 脑卒中后吞咽障碍治疗方法研究进展 [J]. *中国康复*, 2021, 36 (3): 189-192. DOI: 10.3870/zgkf.2021.03.015.

(修回日期: 2022-01-20)

(本文编辑: 凌 琛)