

重复经颅磁刺激联合神经肌肉电刺激治疗卒中后 吞咽障碍的疗效分析

饶金柱¹,李华娇²,王晶¹,李芳¹,鲍晓¹,刘惠宇¹

摘要 目的:探讨重复经颅磁刺激(rTMS)联合神经肌肉电刺激(NMES)对单侧脑卒中吞咽障碍的治疗作用。**方法:**单侧卒中后吞咽障碍患者96例,随机分为(rTMS+NMS)组、rTMS组、NMES组,每组32例,分别给予(真rTMS+真NMES)、(真rTMS+假NMES)和(假rTMS+真NMES)治疗。在基线、治疗2周后、治疗结束1月后采用标准吞咽功能评估量表(SSA)、吞咽X线荧光透视检查(VFSS)下Rosenbek渗透-误吸量表评估(PAS)评估吞咽功能。**结果:**90例进入结果分析,3组在基线、治疗2周后及治疗1月后,SSA评分($F_{(2,86)}=322.85; P<0.001$)、PAS评分($F_{(2,86)}=482.44; P<0.001$)均显著下降;治疗2周后(rTMS+NMES)联合组PAS评分及SSA评分均低于rTMS组($P_{SSA}=0.031, P_{PAS}=0.000$),且低于NMES组($P_{SSA}=0.007, P_{PAS}=0.001$)。**结论:**患侧高频rTMS刺激后立即进行NMES治疗可以显著改善吞咽功能,其疗效优于单独rTMS治疗及NMES治疗。

关键词 重复经颅磁刺激;神经肌肉电刺激;卒中;吞咽障碍

中图分类号 R741;R743.3;R493 文献标识码 A DOI 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20200845

本文引用格式:饶金柱,李华娇,王晶,李芳,鲍晓,刘惠宇.重复经颅磁刺激联合神经肌肉电刺激治疗卒中后吞咽障碍的疗效分析[J].神经损伤与功能重建,2021,16(7):373-377.

Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Neuromuscular Electrical Stimulation for Treatment of Poststroke Dysphagia RAO Jin-zhu¹, LI Hua-jiao², WANG Jing¹, LI Fang¹, BAO Xiao¹, LIU Hui-yu¹. 1. Department of Rehabilitation Medicine, Yue Bei People's Hospital, Guangdong 512026, China; 2. Medical College of Shaoguan University, Guangdong 512026, China

Abstract Objective: To assess therapeutic effect of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with neuromuscular electrical stimulation (NMES) on dysphagia after unilateral stroke. **Methods:** A total of 96 patients with poststroke dysphagia were enrolled. They were randomly divided into the (rTMS+NMES) group, rTMS group, or NMES group (each n=32) and treated respectively with rTMS and NMES, rTMS and sham NMES, or sham rTMS and NMES. At baseline, 2 weeks after treatment, and 1 month after treatment, the standardized swallowing assessment (SSA), videofluoroscopic swallow study (VFSS), and Rosenbek's penetration aspiration scale (PAS) were used to assess swallowing function. **Results:** Ninety cases were enrolled in the analysis. At baseline, 2 weeks after treatment, and 1 month after treatment, SSA score ($F_{(2,86)}=322.85, P<0.001$) and PAS score ($F_{(2,86)}=482.44, P<0.001$) were significantly decreased in all 3 groups. After 2 weeks of treatment, PAS and SSA scores in the (rTMS+NMES) group were lower than that of both the rTMS group ($P_{SSA}=0.031, P_{PAS}=0.000$) and NMES group ($P_{SSA}=0.007, P_{PAS}=0.001$). **Conclusion:** High frequency rTMS stimulation followed immediately by NMES therapy in the affected side can significantly improve swallowing function, and its efficacy is superior to that of rTMS or NMES alone.

Key words transcranial magnetic stimulation; neuromuscular electrical stimulation; stroke; dysphagia

吞咽障碍为脑卒中后常见的并发症之一,51%~78%的脑卒中患者存在吞咽功能障碍^[1]。脑卒中后吞咽功能障碍会造成多种并发症,如脱水、吸入性肺炎、营养不良等^[2]。目前对吞咽功能的治疗包括直接吞咽食物的直接方案、不吞咽食物的间接方法及代偿性方法^[3],这些方法均是针对吞咽相关的外周神经肌肉,而非治疗颅内的病灶,是自下而上针对功能障碍的行为学干预。近年来,随着神经调控技术的发展,国内外学者们尝试直接从颅内中枢着手,寻求一种可以自上

而下针对受损神经环路的神经生物学干预方法,相比传统经典的自下而上的行为干预,效果可能会有所突破。重复经颅磁刺激(repeat transcranial magnetic stimulation, rTMS)是一种可以对大脑皮质、脊髓神经根及周围神经进行无创电刺激的技术,可通过改变神经元兴奋性进而调节大脑皮质各区域的功能,实现皮质功能区域性重建^[4]。rTMS可通过改变刺激频率而分别达到兴奋或抑制局部大脑皮质功能的目的^[5]。神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation,

作者单位

1. 粤北人民医院康
复医学科

广东 韶关 512026

2. 韶关学院医学院

广东 韶关 512026

基金项目

韶关市2019年卫

生计生科研项目

目(No.Y19004)

收稿日期

2020-08-17

通讯作者

刘惠宇

liuhuiyudoctor@

sohu.com

NMES)作为吞咽困难的一种传统治疗方法,可兴奋咽喉部肌肉,防止失用性萎缩,间接刺激兴奋大脑的高级运动中枢^[6],是自下而上的神经反馈调控。本研究利用高频 rTMS 增加吞咽皮质兴奋性后,马上进行 NMES 刺激,观察 rTMS 联合 NMES 在治疗吞咽障碍方面是否更有效。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入 2019 年 1 月至 2020 年 6 月于粤北人民医院康复医学科病区或门诊就诊的脑卒中后吞咽障碍患者 100 例。纳入标准:符合 2014 版中国脑出血诊治指南^[7]或 2018 版中国急性缺血性脑卒中诊治指南^[8],且为首次发病,病灶位于单侧半球,均经 CT 或 MRI 证实;病程在病情稳定 1 周后至 3 月内;神智清楚,生命体征平稳;在评估和治疗过程中能保持坐位平衡;洼田饮水试验初步筛查,发现不同程度的吞咽障碍;年龄 ≤ 90 岁;患者及家属知情同意。排除标准:既往有卒中、肿瘤、头颈部放疗或其他神经系统疾病史;既往有吞咽障碍;有癫痫、颅内金属植入、心脏起搏器植入、出血倾向等 rTMS、NMES 禁忌;血压控制不稳定($>180/120$ mmHg);有不稳定的心律失常、感染、发热、重要脏器功能衰竭者等病情不稳定;病情危重;严重的失语或者认知障碍等各种原因致不能配合治疗。本研究由医院伦理委员会批准通过。所有受试者均签署知情同意书。通过 MRI 排除 3 例双侧多发性脑梗死患者,1 例合并癫痫患者,最终纳入 96 例受试者,其中 6 例中途退出或后续失访,见图 1。96 例患者按随机数字表法分为 3 组:① rTMS 组 29 例,男 15 例,女 14 例;年龄(63.00 ± 9.64)岁;脑梗死 16 例,脑出血 13 例;病灶位于左半球 12 例,右半球 15 例,幕下 2 例;标准吞咽功能评估量表(standardized swallowing assessment, SSA)评分(35.28 ± 4.32)分;Rosenbek 渗漏-误吸量表(penetration aspiration scale, PAS)评分(4.93 ± 1.22)分;② NMES 组 31 例,男 13 例,女 18 例;年龄(61.10 ± 10.06)岁;脑梗死 15 例,脑出血 16 例;病灶位于左半球 10 例,右半球 18 例,幕下 3 例;SSA 评分(35.03 ± 4.42)分;PAS 评分(4.87 ± 1.23)分;③ (rTMS+NMES)组 30 例,男 17 例,女 13 例;年龄(63.93 ± 9.92)岁;脑梗死 18 例,脑出血 12 例;病灶位于左半球 12 例,右半球 14 例,幕下 4 例;SSA 评分(33.27 ± 5.12)分;PAS 评分(5.17 ± 1.32)分。3 组一般资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 方法

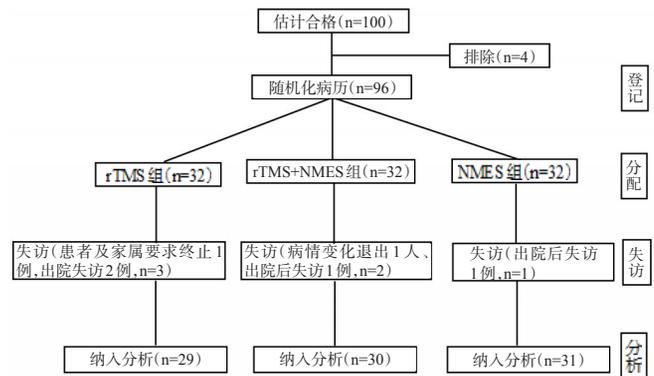


图 1 实验进展流程

1.2.1 干预措施 试验设计、实施和评估由不同作者分别进行,结果评估者不清楚干预措施的分配,试验前参与者均进行培训、考核。本研究为单盲、随机、对照试验,按顺序编码、密封、不透光的信封进行分配方案隐藏。(rTMS+NMES)组、rTMS组、NMES组分别给予(真 rTMS+真 NMES)、(真 rTMS+假 NMES)和(假 rTMS+真 NMES)治疗。3 组接受真或假 rTMS 治疗结束后 10 min 内马上进行真或假 NMES 治疗。3 组均治疗 2 周,每周治疗 6 次。3 组均由同一位训练有素的吞咽治疗师进行常规吞咽训练,内容包括口-颜面肌训练、口腔感觉训练、气道保护训练、呼吸训练、舌肌主动被动训练等,每次 30 min,每周 6 次,为期 2 周。所有患者 rTMS、NMES、常规吞咽训练由同一位经验丰富的 ST 治疗师完成。所有患者均在基线水平、治疗 2 周时及治疗结束后 1 月随访时进行 SSA 及吞咽 X 线荧光透视检查(Video fluoroscopic swallowing study, VFSS)、PAS 评分。SSA、PAS 评估由经过专业培训的,对治疗信息完全不知情的另一位 ST 治疗师完成。

1.2.2 rTMS 治疗方案 采用武汉依瑞德医疗设备公司制造的 CCY-1 磁刺激仪,使用直径为 12.5 cm 的“8”线圈进行刺激。首先利用 rTMS 刺激健侧 M1 区,记录电极通过拇短展肌测量静息运动阈值(rest motor threshold, RMT)。然后将记录电极放置在病灶对侧的舌骨上肌群体表投影区,用 110% RMT 在患侧舌骨上肌群皮质区单脉冲刺激,在该区域微调移动线圈以找到舌骨上肌群的最佳刺激点,该刺激点在该患者专用 TMS 定位帽上做标记,作为每次 rTMS 治疗的刺激部位。刺激频率为 5 Hz,刺激强度为 110% RMT,刺激时间 9 s,间歇 21 s,总共 1 800 个脉冲,治疗时间为 20 min,每天 1 次,每周治疗 6 d,共治疗 2 周。假性刺激中,刺激的线圈被垂直于患者的颅骨,能与其他真性刺激组产生相同的脉冲声,但皮质并未接受脉冲刺激。

1.2.3 NMES 治疗方案 采用吞咽障碍训练仪

(Longest, LGT-2350)进行 NMES 刺激,训练仪每个通道有两个电极片,被分别放在颈中线的两侧。一个电极片被放置在舌骨以上、下颌骨以下,中线旁开 1 cm 处。电极产生的波形是矩形对称双向波,波宽 700 ms,固定频率范围 30~80 Hz。刺激强度 7~10 mA,其大小需取决于患者对刺激的容忍性,以患者可耐受及肌肉能收缩为宜,避免过强的电流刺激对患者造成损伤。患者需要在刺激时持续反馈,同时做吞咽动作,当感觉有轻微的刺痛感、烧灼感或抓挠感时,表明运动收缩达到恰当水准。每次 20 min,每天 1 次,每周治疗 6 d,共治疗 2 周。假刺激组贴电极所在通道不予通电,其旁边通道通电,该通道电极置于绝缘橡胶套内,并设定时间与真刺激组一样为 20 min,以提供治疗结束时的提示音。患者背对治疗仪,试验结束前避免实验者之间进行交流沟通治疗感受。

1.3 吞咽功能的评估

1.3.1 SSA^[9,10] 包括三个部分:第一部分临床检查,总分为 8~23 分,包括意识水平、头颅与躯干的控制、呼吸模式、嘴唇的闭合、软腭运动、喉部功能、咽反射和自主咳嗽;第二部分,总分为 6~11 分,嘱患者咽下 5 mL 水,共三次,而后观察口角是否有水流出、喉部运动是否有效、重复吞咽、呛咳、喘鸣及吞咽后喉功能等情况;第三部分,总分为 5~12 分,如上述两个部分均无异常,则让患者吞咽 60 mL 水,观察咽下所有水所需要的时间,吞咽时或完毕后有无咳嗽、喘鸣、误吸等,及吞咽后喉功能。该量表分值为 19~46 分,分数越高,则吞咽功能越差。

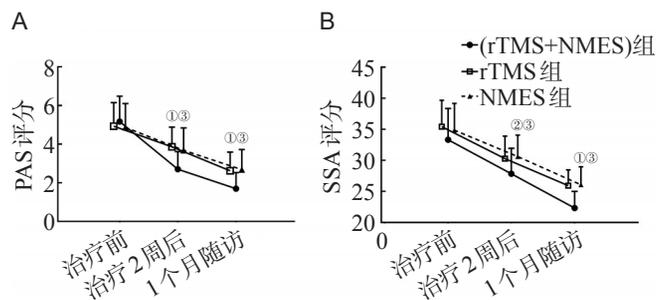
1.3.2 VFSS 下的 PAS 治疗前后及随访时采用飞利浦 FSENTA-RC 数字胃肠 X 线机行吞咽造影。患者采取坐位,采用正位+侧位观察吞咽造影表现,治疗师使用 20%泛影葡胺,与奥特顺咽调制作成轻微稠造影剂,稠度标准符合国际吞咽障碍食物标准行动委员会(International Dysphagia Diet Standardisation Initiative, IDDSI)国际标准 4 级^[11]。选择 5 mL 轻微稠造影剂进行检查,观察进食造影剂过程渗漏及误吸的情况,并采取 PAS 评分:1 级,食物未进入气道;2 级,食物进入气道,存留在声带以上,并被清除出气道;3 级,食物进入气道,存留在声带以上,未被清除出气道;4 级,食物进入气道,附着在声带,并被清除气道;5 级,食物进入气道,附着在声带,未被清除出气道进入声带下;6 级,食物进入达气道声带以下,但可被清除出气道或清除入喉部;7 级,食物进入达气道声带以下,虽用力亦不能清除出气管;8 级,食物进入达气道声带以下,无用力清除表现^[12,13]。

1.4 统计学处理

应用 SPSS 25.0 统计软件进行数据处理,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示。对于临床对象基线计数资料,组间各个持续或分类变量的平均值的比较采用单因素方差分析或 χ^2 检验;不同组间的比较采用重复测量的方差分析和 Bonferroni's 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

在时点效应上,3 组在基线、治疗 2 周后及 1 月的随访中,SSA 评分($F_{(2,86)}=322.85; P<0.001$)、PAS 评分($F_{(2,86)}=482.44; P<0.001$)均显著下降,有显著性差异,见图 2,说明三种不同的干预方式治疗 2 周均能改善吞咽功能,且效果可延续至治疗后 1 月。在主体间效应上,三种不同干预方式可显著影响患者 SSA 评分($F_{(2,87)}=6.94, P=0.002$)、PAS 评分 $F_{(2,87)}=3.51, P=0.034$),说明(rTMS+NMES)与单独 rTMS 或 NMES 治疗效果不完全一样。3 组在 SSA 评分中,时间和治疗方式之间不存在交互效应($F_{(2,87)}=2.77, P=0.068$);但在 PAS 评分中,时间和治疗方式之间存在交互效应($F_{(2,87)}=36.99, P<0.001$),意味着患者的 PAS 评分随着时间的变化趋势会因为治疗方式的不一样而不同。



注:A: PAS 评分, B: SSA 评分。与 rTMS 组比较, ^① $P<0.001$, ^② $P<0.05$; 与 NMES 组比较, ^③ $P<0.001$

图 2 3 组在治疗 2 周后及治疗后 1 月随访时的疗效

进一步考察 3 组不同干预方式之间简单效应,进行两两比较。治疗 2 周后,(rTMS+NMES)组的 SSA 评分低于 rTMS 组($P=0.031$)和 NMES 组($P=0.007$),rTMS 组与 NMES 组比较差异无统计学意义($P=0.950$);治疗后 1 月,(rTMS+NMES)组的 SSA 评分仍显著低于 rTMS 组($P<0.001$)及 NMES 组($P<0.001$),rTMS 组与 NMES 组之间差异无统计学意义($P=1.000$)。同样,治疗 2 周后,(rTMS+NMES)组的 PAS 评分低于 rTMS 组($P<0.001$)和 NMES 组($P=0.001$),rTMS 组与 NMES 组比较差异无统计学意义($P=0.870$);治疗后 1 月,(rTMS+NMES)组的 PAS 评分显著低于 rTMS 组($P<0.001$)及 NMES 组($P<0.001$),

表1 不同干预方式的简单效应分析(分, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	SSA 评分			PAS 评分		
		基线	治疗2周	治疗后1月	基线	治疗2周	治疗后1月
rTMS组	29	35.28±4.32	30.24±3.64	25.9±2.55	4.93±1.22	3.86±1.03	2.69±0.97
NMES组	31	35.03±4.42	30.71±3.60	25.94±2.85	4.87±1.23	3.68±1.17	2.68±1.05
(rTMS+NMES)组	30	33.27±5.12	27.67±4.05 ^{①③}	22.13±2.54 ^{②③}	5.17±1.32	2.7±0.92 ^{②③}	1.7±0.84 ^{②③}
P值		0.19	0.005	<0.001	0.63	<0.001	<0.001

注:与rTMS组比较,^① $P<0.05$,^② $P<0.001$;与NMES组比较,^③ $P<0.001$

rTMS组与NMES组之间差异无统计学意义($P=1.000$),见表1。

3 讨论

本研究比较rTMS联合NMES治疗与单独rTMS、NMES治疗单侧脑卒中后吞咽障碍的疗效,结果发现同基线比,(rTMS+NMES)组、rTMS组、NMES组在治疗2周后均能有效改善患者吞咽功能障碍,且其效果能延续至治疗后1月;(rTMS+NMES)组的疗效优于rTMS组及NMES组,rTMS组与NMES组比较疗效差异无统计学意义,说明rTMS联合NMES治疗能更好地改善吞咽功能。

现有研究认为脑卒中患者由于患侧大脑兴奋性的降低,健侧大脑兴奋性的升高,导致双侧大脑半球间兴奋性失衡^[4,15],而高频rTMS能升高皮质的兴奋性^[6],调和这种失衡。吞咽皮质代表区存在双侧大脑半球,且不对称。有研究认为单侧大脑半球导致吞咽障碍的原因可能是损伤了优势侧大脑半球,非优势吞咽皮质中枢不能代偿^[7]。有假说认为发生吞咽障碍的患者可能是由于发生脑卒中的半球是该患者的吞咽优势半球^[8]。本研究采用高频rTMS刺激患侧,可能提高优势侧大脑半球的兴奋性,改善神经可塑性,进而更高效地促进神经功能重组,促进吞咽功能的恢复。rTMS是直接从中枢调控,改变皮质兴奋性,是自上而下神经生理学干预,不同于以往的康复训练,如运动训练、物理因子等治疗,是从周围干预,通过反射来间接改变皮质的兴奋性,是自下而上针对功能障碍的行为学干预。笔者认为直接从中枢调控,可能会比从周围干预更好地兴奋皮质,在此基础上联合周围刺激,疗效可能更优。本研究发现rTMS联合NMES治疗卒中后吞咽障碍,较单独的rTMS和NMES治疗,能更好地改善PAS评分和SSA评分,更好地减少渗透-误吸,改善吞咽安全性和有效性,这与预期的结果一致。

卒中后吞咽障碍的治疗都是以综合康复为主,而不是某单一康复治疗技术,这种综合不是简单叠加,而

是选择性的有序安排。rTMS的兴奋在刺激结束后仍能持续几分钟甚至几小时,其作用机制类似于复杂的长时程增强或长时程抑制^[9]。在此兴奋阶段进行周围性干预,如神经肌肉电刺激、吞咽功能训练等,可更有效地改善吞咽功能。郑秀琴等^[20]采用5 Hz、80 MT的rTMS在双侧中央前回下部、额下回后进行先后刺激,结果发现高频rTMS联合NMES可显著改善卒中患者的吞咽功能,其疗效优于NMES。Zhang等^[21]利用10 Hz、110 rTMS、900个脉冲rTMS刺激下颌舌骨肌运动皮质代表区,发现单侧的rTMS(患侧或健侧)刺激联合NMES对于吞咽障碍有更好的疗效,但患侧与健侧两者的吞咽功能改善并没有明显差异。双侧大脑应用rTMS刺激联合NMES治疗引起患侧更高的皮质兴奋性,在吞咽功能的恢复中表现更好的效果。上述2个研究结局指标采用的是吞咽障碍量表,本研究采用吞咽障碍金标准VFSS检查,评价更客观。rTMS与NMES具体联合方式上上述2个研究未有介绍。笔者认为这种联合可有不同方式,如rTMS与NMES同时进行或是先后进行,先后之间的间隔时间又该如何安排。预估间隔时间越短越好,因为研究认为rTMS的兴奋在刺激结束后能持续几分钟甚至几小时^[9],兴奋性随时间变化逐渐衰退^[9],所以选择rTMS治疗后,根据自身实验条件设定10 min内马上进行NMES治疗。rTMS和NMES进行联合的同时刺激,其最后是兴奋皮质还是抑制皮质是有争论的,因为这与成对关联磁刺激^[22]有相似之处,外周电刺激与中枢磁刺激间隔时间是固定配对的,即锁时配对刺激。通过电刺激输出的脉冲延时触发磁刺激,或磁刺激触发延时电刺激^[23],其延时的时间不同,对皮质产生的兴奋或抑制也不同,延时时间通常按毫秒计,故如简单将rTMS和NMES同时联合治疗,其皮质兴奋效应不确定。笔者目前使用rTMS无法实现锁时的配对刺激,所以选择rTMS治疗后10 min内马上进行NMES治疗这一先后刺激模式。TMS配对关联NMES刺激,设定特定延时,PAS能有选择性地匹配每一次刺激的兴奋或抑制效应。如果做到

重复连续刺激,形成新的TMS刺激模式-重复成对关联刺激,这在神经调控方面可能会产生更好的效果。

本研究存在一些局限性:第一,因样本量受限,未设计只有常规吞咽训练的空白对照组,但目前已有大量研究证实rTMS^[24,25]和NMES^[26,27]治疗吞咽障碍疗效确切,故本研究的结论可以参考。第二,吞咽障碍疗效的结局指标虽有金标准VFSS下的PAS,但缺乏治疗前后皮质兴奋性运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)的比较。疗效的比较采用临床结局指标结合电生理、影像、分子生物学指标,可更好支撑结论,这是试验设计上的缺陷,今后的研究可进一步完善。

综上所述,对于单侧卒中后吞咽障碍的患者,患侧高频rTMS刺激后立即进行NMES治疗比单独运用NMES治疗或单独运用高频rTMS疗效更好,而单独患侧高频rTMS刺激与单独NMES疗效无差别。所以,患侧高频rTMS刺激后立即进行NMES治疗,可考虑作为临床上卒中后吞咽障碍患者的一个治疗策略。

参考文献

[1] Martino R, Foley N, Bhogal S, et al. Dysphagia after stroke: incidence, diagnosis, and pulmonary complications.[J]. Stroke, 2005, 36: 2756-2763.
 [2] 李子渊,洪维意.卒中后吞咽障碍的综合治疗与康复[J].神经损伤与功能重建,2012,7:233-234.
 [3] 窦祖林.吞咽障碍评估与治疗[M].北京:人民卫生出版社,2009:125-129.
 [4] Takeuchi N, Chuma T, Matsuo Y, et al. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of Contralateral Primary Motor Cortex Improves Hand Function After Stroke[J]. Stroke, 2005, 36: 2681-2686.
 [5] 郭铁成.经颅磁刺激:前景与挑战[J].中国康复,2015,30:163-163.
 [6] 李克娇,赵佳,樊影娜,等. Vocastim-Master电刺激治疗结合吞咽训练改善脑梗死后吞咽障碍[J].神经损伤与功能重建,2015,10:362-363.
 [7] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国脑出血诊治指南(2019)[J].中华神经科杂志,2019,52:994-1005.
 [8] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J].中华神经科杂志,2018,51:666-682.
 [9] Perry L. Screening swallowing function of patients with acute stroke.

Part one: Identification, implementation and initial evaluation of a screening tool for use by nurses.[J]. J Clin Nursing, 2001, 10: 463-473.

[10] Perry L. Screening swallowing function of patients with acute stroke. Part two: Detailed evaluation of the tool used by nurses.[J]. J Clin Nursing, 2001, 10: 474-481.

[11] 王如蜜,陈建设,郝建萍.国际吞咽障碍食物标准[M].北京:科学技术出版社,2018:5-19.

[12] Rosenbek J, Robbins J, Roecker E, et al. A penetration-aspiration scale.[Z]. 1996: 11-11, 93-98.

[13] Borders J, Brates D. Use of the Penetration-Aspiration Scale in Dysphagia Research: A Systematic Review.[J]. Dysphagia, 2020, 35: 583-597.

[14] Murase N, Duque J, Mazzocchio R, et al. Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke.[J]. Ann Neurol, 2004, 55: 400-409.

[15] 王奎,邹礼梁,陈健尔,等.重复经颅磁刺激在脑卒中康复治疗中的研究进展[J].中国康复,2015,30:177-180.

[16] 刘奥,秦茵.物理因子治疗在卒中后吞咽障碍中的应用[J].神经损伤与功能重建,2014,9:519-521.

[17] 王京利,张志强,张立新,等.重复经颅磁刺激治疗卒中后吞咽障碍的研究进展[J].中国康复医学杂志,2019,34:1493-1496.

[18] 卫小梅,窦祖林.经颅磁刺激在吞咽障碍中的研究及其应用[J].中华物理医学与康复杂志,2009,31:860-862.

[19] Perez MA, Cohen LG. Mechanisms underlying functional changes in the primary motor cortex ipsilateral to an active hand[J]. J Neurosci, 2008, 28: 5631-5640.

[20] 郑秀琴,于苏文,崔红霞,等.高频重复经颅磁刺激联合神经肌肉电刺激治疗卒中后吞咽障碍:随机对照研究[J].国际脑血管病杂志,2017,25:39-43.

[21] Zhang C, Zheng X, Lu R, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation in combination with neuromuscular electrical stimulation for treatment of post-stroke dysphagia[J]. J Int Med Res, 2019, 47: 662-672.

[22] Michou E, Mistry S, Jefferson S, et al. Characterizing the mechanisms of central and peripheral forms of neurostimulation in chronic dysphagic stroke patients[J]. Brain Stimul, 2014, 7: 66-73.

[23] 窦祖林,廖家华,宋为群.经颅磁刺激技术基础与临床应用[M].北京:人民卫生出版社,2012.

[24] 陈凤侠,房金勇,李红玲.靶向针刺联合经颅磁刺激治疗卒中后吞咽障碍的疗效观察[J].中国康复,2020,35:291-294.

[25] Cheng IKY, Yiu EML, Li LSW, et al. 5Hz repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)-effects on cortical excitability and speech and swallowing functions in stroke patients[J]. Elsevier Inc, 2017, 10: 366-367.

[26] 刘超,万明珠,黄臻,等.眼针结合神经肌肉电刺激治疗卒中后吞咽障碍的疗效[J].神经损伤与功能重建,2018,13:418-419.

[27] 廖曼霞,王俊,廖麟荣.神经肌肉电刺激配合康复训练治疗卒中后吞咽障碍的疗效观察[J].神经损伤与功能重建,2009,4:376-377.

(本文编辑:王晶)