

· 临床研究 ·

双侧大脑半球高频重复经颅磁刺激对脑卒中后吞咽障碍的影响

王瞳 孟萍萍 董凌辉 杨传美 张子青 李展菲 王强

青岛大学附属医院康复医学科, 青岛 266003

通信作者: 王强, Email: sakulawangqiang@hotmail.com

【摘要】 目的 观察高频重复经颅磁刺激(rTMS)作用于双侧、健侧、患侧大脑半球吞咽皮质代表区对脑卒中后吞咽障碍(PSD)的影响。**方法** 选取符合纳入标准的 PSD 患者 45 例,按随机数字表法分为双侧组、健侧组和患侧组,每组 15 例,而双侧组因个人原因退出 1 例,最终为 14 例患者纳入研究。3 组患者均给予传统吞咽康复训练,由同一位经过专业训练的言语治疗师对患者进行训练指导,每次 30 min,1 次/日,每周 5 d,共 2 周;3 组患者在此基础上分别在双侧、健侧、患侧大脑半球舌骨上肌群运动皮质代表区均给予不同刺激方式的 5.0 Hz 高频 rTMS,刺激的时间和疗程均相同。分别于治疗前和治疗 2 周后(治疗后),对各组患者进行吞咽造影检查(VFSS)检查,采用渗透-误吸量表(PAS)、功能性吞咽障碍量表(FDS)评估患者的吞咽功能;采用表面肌电图(sEMG)检查测量患者舌骨上肌群均方根值(RMS),评估各组患者的肌肉活动功能;通过测量患者健侧半球静息运动阈值(RMT)来对皮质兴奋性进行评估。**结果** 治疗后,3 组患者的 PAS 评分、FDS 评分、RMS 值较组内治疗前均明显改善($P<0.05$);而对于 RMT,仅双侧组和健侧组治疗前后差异有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,双侧组和健侧组的 PAS 评分、FDS 评分、PAS 差值、FDS 差值、RMT 差值分别与患侧组的相应评分比较,组间差异均有统计学意义($P<0.05$)。与健侧组比较,双侧组治疗前后 FDS 评分的差值较大,2 组患者治疗后 FDS 评分的组间比较,差异有统计学意义($P<0.05$),而 2 组治疗后 PAS 评分的组间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 5.0 Hz 高频 rTMS 刺激双侧、健侧、患侧大脑皮质均可有效改善 PSD 患者的吞咽功能,其中刺激双侧时效果显著,刺激健侧时效果次之。

【关键词】 脑卒中; 吞咽障碍; 重复经颅磁刺激; 视频透视吞咽检查; 表面肌电图

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2020MH282); 山东省重点研究计划(2019GSF108262)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.04.004

The effect of repeated high-frequency magnetic stimulation of the brain on post-stroke dysphagia

Wang Tong, Meng Pingping, Dong Linghui, Yang Chuanmei, Zhang Ziqing, Li Zhanfei, Wang Qiang

Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China

Corresponding author: Wang Qiang, Email: sakulawangqiang@hotmail.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of repeated, bilateral administration of high-frequency transcranial magnetic stimulation (rTMS) in treating post-stroke dysphagia. **Methods** Forty-five persons with post-stroke dysphagia were randomly divided into a bilateral group ($n=14$ after one dropout), an affected group ($n=15$) and a healthy group ($n=15$). All received 30 minutes of conventional swallowing rehabilitation training 5 times a week for 2 weeks from a speech therapist. Those in the affected group also received 5Hz rTMS applied to the motor cortex controlling the suprachyoid muscle group. The bilateral group received the same stimulation bilaterally with the same duration and treatment course. Videofluoroscopy was used to assess their swallowing before and after the 2 weeks of treatment. It was rated using the penetration-aspiration scale (PAS) and the functional swallowing disorder scale (FDS). Surface electromyography was employed to evaluate suprachyoid muscle function. Cortical excitability was assessed by measuring the resting motor threshold (RMT) of the unaffected hemisphere. **Results** After the treatment, the average PAS, FDS and muscle function values had improved significantly for all three groups, but significant RMT differences were observed only between the bilateral and the unaffected group. Significant differences in the average FDS and PAS scores were observed after the treatment, as well as significant changes in FDS and muscle function between the affected group and the other two groups. The average FDS scores before and after treatment were significantly different between the unaffected and bilateral group, with the former scoring significantly better than the latter. But no significant differences in the average PAS scores were observed after the treatment. **Conclusions** 5Hz rTMS of either the unaffected or affected cerebral cortex (or bilateral) can effectively improve the swallowing function of persons

with post-stroke dysphagia. Bilateral stimulation has the greatest therapeutic effect, followed by stimulation of the unaffected cerebral cortex.

【Key words】 Stroke; Dysphagia; Transcranial magnetic stimulation; Videofluoroscopy; Swallowing; Surface electromyography

Funding: Shandong Provincial Natural Science Foundation (ZR2020MH282); A Research and Development Project of Shandong Province (2019GSF108262)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.04.004

脑卒中后吞咽障碍(post stroke dysphagia, PSD)是脑卒中后一种常见的功能障碍^[1]。尽管多数 PSD 可自发恢复,但仍有 11%~50% 的患者在脑卒中发生后 6 个月时仍存在吞咽障碍^[2]。目前,临床主要由言语治疗师提供吞咽障碍康复方法来改善吞咽功能,但很少有证据支持其功效^[3]。

经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)是由 Barker 等^[4]首先描述的作为刺激人体运动皮质的非侵入性技术,低频 TMS 对目标区域产生抑制作用,高频 TMS 增加局部大脑活动的兴奋性^[5-6],重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)是在特定频率下使用强度相同的多个脉冲进行刺激。rTMS 可以改善 PSD 患者的吞咽功能,但各研究选择的刺激部位、强度、方式以及持续时间等不尽相同。目前,比较高频 rTMS 作用于双侧、健侧和患侧大脑半球三种干预方式改善 PSD 效果优劣的研究尚鲜见报道。基于此,本研究旨在比较这三种刺激方式对 PSD 患者吞咽功能的影响,为临床治疗 PSD 提供可靠的参考依据。

资料与方法

一、研究对象及分组

入选标准:①符合 1995 年全国第 4 届脑血管疾病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[7],并经颅脑 CT 或 MRI 检查证实;②病史≤6 个月;③ PSD 持续 2 周以上;④洼田饮水试验及吞咽 X 线荧光透视检查(videofluoroscopic swallowing study, VFSS)过程中存在吞咽异常表现;⑤辅助坐位姿势 30 min 以上,可配合各项检查与康复训练;⑥签署知情同意书。

排除标准:①其它神经疾病引起的既往吞咽障碍;②严重认知障碍;③无法进行吞咽造影检查;④经颅磁

刺激的禁忌证;⑤心、肺、肝、肾等重要器官疾病。

终止标准:①治疗过程中病情不稳定;②治疗过程中出现癫痫、严重头痛等不良反应;③未遵循运动处方导致治疗过程不完整;④自行退出。

选取 2019 年 7 月至 2020 年 7 月青岛大学附属医院西海岸院区康复医学科诊治且符合上述标准的 PSD 患者 45 例,按随机数字表法分为双侧组、健侧组和患侧组,每组 15 例,而双侧组因个人原因退出 1 例,最终为 14 例患者纳入研究。3 组患者的性别、平均年龄、平均病程、脑卒中类型及病变部位等一般临床资料经统计学分析比较,组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。本研究获青岛大学附属医院临床研究伦理委员会批准(批准号 QYFY_WZLL_25946)。

二、治疗方法

双侧组、健侧组、患侧组三组患者均接受相同的传统常规康复训练方法,由同一位经过专业训练的言语治疗师对患者进行训练指导,每次 30 min,1 次/日,每周 5 d,共 2 周;3 组患者在此基础上采用武汉伊瑞德设备公司的 CCY-1A 型经颅磁治疗仪(以线圈直径为 12.5 cm 的圆形线圈)分别给予不同刺激方式的 rTMS。rTMS 的具体治疗方案如下。

1. 确定静息运动阈值(resting motor threshold, RMT):使患者取仰卧位,使用单脉冲 TMS 系统、圆形线圈及表面电极对舌骨上肌群的肌电(electromyography, EMG)进行测量和记录。首先确定颅骨顶点,将圆形线圈至于顶点前方 2~4 cm,向一侧半球 4~6 cm 范围内来回移动,从 30%最大输出强度开始触发单脉冲刺激,逐步加强刺激强度,所诱发的运动诱发电位(motor evoked potentials, MEP)潜伏期最短,波幅最大处即为一侧半球舌骨上肌群运动皮质代表区的最大运

表 1 入选时 3 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (周, $\bar{x}\pm s$)	脑卒中类型(例)		病变部位(例)	
		男	女			脑梗死	脑出血	脑半球	脑干
双侧组	14	11	3	60.40±11.53	4.33±3.15	9	5	10	4
健侧组	15	12	3	63.87±12.32	3.27±1.39	12	3	10	5
患侧组	15	11	4	57.73±11.85	8.87±4.63	9	6	10	5

动刺激区,也就是所谓的热点(hot spot)。确定热点后,利用单脉冲 TMS 作用于热点,以确定 RMT。RMT 的定义为连续 10 次刺激中有 5 次或 5 次以上激发出波幅的值 $\geq 50 \mu\text{V}$ 的 MEP。当患者双侧大脑半球受累或脑干病变而不能确定健侧时,将需要更高强度引发 MEP 的大脑半球视为患侧半球,另一侧大脑半球视为健侧半球^[8]。

2. rTMS 刺激方案:进行 rTMS 刺激时,选用圆形线圈与患者颅骨相切,作用于舌骨上肌群的热点区。先刺激患侧,再刺激健侧。双侧组首先在患侧大脑半球舌骨上肌群运动皮质代表处进行 5.0 Hz 120% RMT 10 min 250 个脉冲的刺激,紧接着在健侧大脑半球相应区域进行相同的刺激;健侧组在健侧半球舌骨上肌群运动皮质代表区热点处应用 rTMS 治疗,刺激强度、频率、时间与双侧组相同,健侧刺激前首先在患侧半球相应区域给予假刺激(刺激时将磁刺激线圈倾斜 90°,治疗时仪器发出相同的声音但无能量输出);患侧组首先刺激患侧,然后在健侧给予假刺激。3 组患者在每侧大脑半球给予的刺激时间均为每次 10 min,所以每组的刺激时间均为每天 20 min,每周 5 d,共 2 周。

三、观察指标及疗效评定方法

分别于治疗前和治疗 2 周后(治疗后),对各组患者进行吞咽造影检查(videofluoroscopic swallowing study, VFSS)^[9]、表面肌电图(surface electromyography, sEMG)检查和皮质兴奋性测定及分析。采用渗透-误吸量表(penetration aspiration scale, PAS)^[10]、功能性吞咽障碍量表(functional dysphagia scale, FDS)^[11]作为评估依据对治疗前后的吞咽功能进行评估。

1. VFSS 检查:嘱患者取坐立位,依次吞下不同黏稠度的液体及固体,分别于侧位与正位进行 X 线荧光透视检查。由专业的言语治疗师(不知晓患者分组情况)利用量表进行评估分析^[9]。

2. PAS 评分量表:取多次吞咽过程中气道渗透和误吸的最高分作为最终评估得分。PAS 是反映食物入侵气道情况的指标,总分为 8 分。评级越高表示患者误吸风险越高,吞咽障碍越严重^[10]。

3. FDS 评分量表:FDS 总分为 100 分,是评价脑卒中后长期存在吞咽障碍患者吞咽功能的客观、可靠、量化性指标,可综合评估口腔期及咽期的吞咽功能。分值越高代表吞咽功能越差^[11]。

4. sEMG 检查:采用南京产 Flexcomp 表面肌电分析系统,使用多通道模式同步记录电位(multiple mode potential, MMP),使用 V1.0 版 Vish 表面肌电分析软件。嘱患者取舒适坐立位,尽量放松身体。用酒精棉球清洁皮肤油脂,将一次性三电极式电极片的正负极

沿着肌纤维走行的方向,贴于患者下颌中线两侧舌骨上肌群处,从而记录舌骨上肌群肌电活动。嘱患者头部颈部固定,待肌电基线平稳后,使用一次性无菌注射器向患者口内注射 5 ml 水,嘱患者进行吞咽动作,记录肌电活动的时域指标均方根(root mean square, RMS)值,共检测 3 次,取其平均值。

5. 皮质兴奋性测定:RMT 是指锥体束对于磁刺激所作出反应的阈值,是评价运动皮质兴奋性的指标^[12]。采用经颅磁治疗仪单脉冲 TMS 刺激健侧大脑半球舌骨上肌群运动皮质代表区,测量健侧半球 RMT,可评估患者皮质兴奋性。

四、统计学方法

使用 SPSS 25.0 统计学软件进行统计学分析,所得数据符合正态分布,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,首先进行正态分布检验,采用配对 t 检验比较组内治疗前后数据,采用单因素方差分析进行多组间比较,在进行后续两两比较时,为降低 I 类错误的概率,采用 Bonferroni 法(邦弗伦尼法,修正最小显著差异法);设置检验水准 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

治疗前,3 组患者的 PAS 评分、FDS 评分、sEMG 检查中的 RMS 值以及代表皮质兴奋性的健侧半球 RMT 值组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后,3 组患者的 PAS 评分、FDS 评分、sEMG 检查中的 RMS 值较组内治疗前均明显改善($P < 0.05$);而对于 RMT,双侧组和健侧组治疗前后差异有统计学意义($P < 0.05$),患侧组治疗前后差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后,3 组患者的 PAS 评分、FDS 评分、RMT 评分、PAS 差值、FDS 差值、RMT 差值组间比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),治疗后的 RMS 及 RMS 差值组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。双侧组和健侧组治疗后的 PAS 评分、FDS 评分、PAS 差值、FDS 差值、RMT 差值分别与患侧组的相应评分比较,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。与健侧组比较,双侧组治疗前后 FDS 评分的差值较大,且 2 组治疗后的 FDS 评分组间比较,差异亦有统计学意义($P < 0.05$);而治疗后双侧组与健侧组的 PAS 评分比较,组间差异无统计学意义($P > 0.05$),具体数值见表 2。

讨 论

本研究结果表明,常规康复训练及联合采用高频 rTMS 刺激患者的双侧、健侧、患侧大脑半球舌骨上肌群运动皮质代表区均可有效促进 PSD 患者吞咽功能恢复,与患侧组相比,健侧组和双侧组的效果可能更好。

表 2 3 组患者治疗前后的各项观察指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	PAS(分)	FDS(分)	RMS(μV)	RMT(%)
双侧组					
治疗前	15	5.29 $\pm$ 1.98	45.50 $\pm$ 7.69	20.66 $\pm$ 2.57	67.86 $\pm$ 10.32
治疗后	14	2.57 $\pm$ 1.28 ^{ab}	25.79 $\pm$ 4.53 ^{abc}	26.51 $\pm$ 2.57 ^a	62.14 $\pm$ 8.71 ^a
差值		2.71 $\pm$ 1.20 ^b	19.71 $\pm$ 8.50 ^{bc}	-5.85 $\pm$ 3.16	5.71 $\pm$ 3.85 ^b
健侧组					
治疗前	15	6.13 $\pm$ 1.19	51.20 $\pm$ 10.48	23.89 $\pm$ 6.88	63.33 $\pm$ 13.32
治疗后	15	2.87 $\pm$ 1.19 ^{ab}	34.33 $\pm$ 7.55 ^{ab}	27.91 $\pm$ 4.40 ^a	58.67 $\pm$ 11.26 ^a
差值		3.27 $\pm$ 1.22 ^b	16.87 $\pm$ 9.23 ^b	-4.02 $\pm$ 3.49	4.67 $\pm$ 4.42 ^b
患侧组					
治疗前	15	6.07 $\pm$ 0.80	49.47 $\pm$ 9.33	21.32 $\pm$ 5.85	68.67 $\pm$ 10.43
治疗后	15	4.67 $\pm$ 1.23 ^a	42.53 $\pm$ 7.01 ^a	26.06 $\pm$ 4.10 ^a	68.33 $\pm$ 10.64
差值		1.40 $\pm$ 0.91	6.93 $\pm$ 3.86	-4.74 $\pm$ 4.22	-0.33 $\pm$ 4.42

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与患侧组对应指标比较,^b $P<0.05$;与健侧组对应指标比较,^c $P<0.05$

目前 rTMS 应用于 PSD 的临床研究中,按刺激频率不同可分为高频和低频,其中高频比低频在 PSD 的治疗中应用更广泛。在使用低频的研究中,半球间竞争模型是其试验设计的理论基础,该模型认为健康人双侧大脑半球处于相互抑制的动态平衡状态。Du 等^[13]2016 年使用 1.0 Hz 的 rTMS 对吞咽障碍患者的健侧大脑皮质进行刺激,结果发现 1.0 Hz 刺激组患者的标准吞咽评估量表和改良的 Barthel 指数改善明显优于假刺激组。Hamdy 等^[14]于 1997 年的研究结果显示,伴吞咽障碍脑卒中患者的吞咽皮质代表区与无吞咽障碍脑卒中患者的吞咽皮质代表区相比明显减小。基于这一发现,Hamdy 等^[15]在次年提出脑卒中后吞咽功能的恢复可能取决于未受影响大脑半球的代偿,而不是损伤侧大脑半球的功能重塑,这就是健侧半球功能重组代偿模型。为了进一步证实此理论,Jefferson 等^[16]于 2009 年使用低频 rTMS 抑制健康志愿者的咽皮质代表区来模拟 PSD,然后使用 5.0 Hz 的 rTMS 兴奋对侧大脑皮质,发现健侧高频刺激可以完全逆转虚拟毁损所致的吞咽障碍。该结果与半球间竞争模型相反,表明在未受影响的大脑半球上使用高频刺激不仅不会抑制受损侧的功能,还可以代偿功能障碍。在此模型的基础上,2013 年 Park 等^[17]对 18 例脑卒中患者进行研究,将受试者随机分为 2 组,试验组在健侧给予 5.0 Hz 的 rTMS 治疗,对照组给予假刺激,结果表明高频 rTMS 刺激健侧可促进健侧半球功能重组,对患侧受损功能实现代偿。

本研究通过对比发现,高频刺激双侧或者健侧大脑半球比高频刺激患侧大脑半球效果更好,高频刺激双侧大脑半球比高频刺激健侧大脑半球效果更好。这可能是因为:①人体吞咽中枢位于双侧大脑半球,吞咽的生理过程受到双侧大脑半球皮质的调控,且表现为半球间不对称性^[18]。研究认为,吞咽功能主要受优势

半球的影响,当非优势半球受损时,患者的吞咽障碍一般可在短时间内自行恢复,而优势半球病变患者可能会遗留长时间的吞咽障碍,故认为其优势半球即为患侧半球^[14]。使用高频刺激健侧半球可促进健侧半球的功能重组代偿,使吞咽功能的优势半球实现“转移”,从而促进吞咽功能的恢复。这在一定程度上证明健侧半球功能重组代偿模型的正确性;②高频刺激患侧是为了诱导患侧的可塑性,但实际上,由于皮质脊髓束可能已经被破坏,在患侧大脑半球很难找到一个准确的“刺激点”,所以高频刺激患侧时可能因此而达不到很好的治疗效果;③使用高频刺激双侧大脑半球效果最好,可能是因为健侧半球的兴奋性会随着损伤侧吞咽网络的破坏而降低,故刺激患侧可促进吞咽网络功能的恢复,从而提高健侧半球的兴奋性,患侧可塑性增高辅助新的优势半球,实现功能恢复,相当于强化版的健侧高频刺激。所以,在本研究中,高频刺激双侧大脑半球对于促进脑卒中后吞咽功能的恢复效果最好。

本研究中,双侧组与健侧组治疗后的 PAS 值组间差异无统计学意义($P>0.05$),而与此同时,双侧组与健侧组治疗后的 FDS 值之间差异有统计学意义($P<0.05$)。分析其中的原因,可能是因为 FDS 评分是对患者口腔期、咽期相对综合的评价,而 PAS 评分只能评价患者咽期中渗透、误吸的情况,评估内容的差异导致最终结果的不同。FDS 评估较全面,可能对治疗前后吞咽功能变化有较高敏感性。

本研究中,3 组患者 sEMS 检查中的 RMS 值差异均无统计学意义($P>0.05$)。分析原因可能有以下几种:①3 组患者治疗前后自身 RMS 值的比较均是有意义的,说明 RMS 值在一定程度上可反映 rTMS 对吞咽障碍的治疗效果,但 RMS 值的大小与肌肉本身的生理特征、肌肉运动方式的相关,要想对不同个体之间进行

对比,必须实现 sEMS 的标准化,而这种标准化难以实现^[14];②患者吞咽过程中可能会出现呛咳,导致对 RMS 值产生影响;③本研究 sEMS 检查只采集了舌骨上肌群的肌电信号,只能反映患者咽期肌力的改善情况,患者口腔期功能的改善情况无法体现;④样本量较小,可能会影响统计学结果。

综上所述,使用 5.0 Hz 高频 rTMS 刺激大脑皮质治疗 PSD 时,刺激双侧和健侧大脑半球的效果更好,当双侧组与健侧组相比时,双侧组的效果更佳,提示高频 rTMS 刺激双侧大脑半球可能是改善 PSD,促进患者吞咽功能恢复的有效手段。由于本试验样本量较少,所以本研究尚未根据脑卒中部位的不同将研究对象中的大脑半球病变及脑干病变的患者进行分层分析,探讨病变部位不同对 rTMS 的治疗效果的影响。因此,为了得出更加客观、准确、真实的结论,还有待于今后不断开展大量的多中心、大样本随机对照试验来进一步研究脑卒中后吞咽功能恢复的相关机制,从而更好地指导临床应用。

参 考 文 献

- [1] Mann G, Hankey GJ, Cameron D. Swallowing disorders following acute stroke: prevalence and diagnostic accuracy[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2000, 10(5): 380-386. DOI: 10.1159/000016094.
- [2] Renée, Speyer, Laura, et al. Effects of therapy in oropharyngeal dysphagia by speech and language therapists: a systematic review[J]. *Dysphagia*, 2010, 25(1): 40-65. DOI: 10.1007/s00455-009-9239-7.
- [3] Geeganage C, Beavan J, Ellender S, et al. Interventions for dysphagia and nutritional support in acute and subacute stroke[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 10(10): CD000323. DOI: 10.1002/14651858.CD000323.pub2.
- [4] Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex[J]. *Lancet*, 1985, 325(8437): 1106-1107. DOI: 10.1016/S0140-6736(85)92413-4.
- [5] Brewer L, Horgan F, Hickey A, et al. Stroke rehabilitation: recent advances and future therapies[J]. *QJM*, 2012, 106(1): 22-25. DOI: 10.1093/qjmed/hcs174.
- [6] Rossi S, Hallett M, Rossini PM, et al. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research[J]. *Clin Neurophysiol*, 2009, 120(12): 2008-2039. DOI: 10.1016/j.clinph.2009.08.016.

- [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] 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*, 2013, 7(1): 66-73. DOI: 10.1016/j.brs.2013.09.005.
- [9] 麦艺颖, 戴萌, 谢纯青, 等. 电视透视吞咽检查定量评价脑干梗死患者吞咽障碍特点的临床研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(2): 87-90. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.02.002.
- [10] Rosenbek JC, Robbins J, Roecker EB, et al. A penetration-aspiration scale[J]. *Dysphagia*, 1996, 11(2): 93-98. DOI: 10.1007/BF00417897.
- [11] Han TR, Paik NJ, Park JW. The functional dysphagia scale using videofluoroscopic swallowing study in stroke patients[J]. *J Korean Acad Rehabil Med*, 1999, 23(6): 1118-1126.
- [12] Rosso C, Lamy JC. Does resting motor threshold predict motor hand recovery after stroke[J]. *Front Neurol*, 2018, 9: 1020. DOI: 10.3389/fneur.2018.01020.
- [13] Du J, Yang F, Liu L, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for rehabilitation of poststroke dysphagia: a randomized, double-blind clinical trial[J]. *Clin Neurophysiol*, 2016, 127(3): 1907-1913. DOI: 10.1016/j.clinph.2015.11.045.
- [14] Hamdy S, Aziz Q, Rothwell JC, et al. Explaining oropharyngeal dysphagia after unilateral hemispheric stroke[J]. *Lancet*, 1997, 350(9079): 686-692. DOI: 10.1016/S0140-6736(97)02068-0.
- [15] Hamdy S, Aziz Q, Rothwell JC, et al. Recovery of swallowing after dysphagic stroke relates to functional reorganization in the intact motor cortex[J]. *Gastroenterology*, 1998, 115(5): 1104-1112. DOI: 10.1016/S0016-5085(98)70081-2.
- [16] Jefferson S, Mistry S, Michou E, et al. Reversal of a virtual lesion in human pharyngeal motor cortex by high frequency contralesional brain stimulation[J]. *Gastroenterology*, 2009, 137(3): 841-849. DOI: 10.1053/j.gastro.2009.04.056.
- [17] Park JW, Oh JC, Lee JW, et al. The effect of 5Hz high-frequency rTMS over contralesional pharyngeal motor cortex in post-stroke oropharyngeal dysphagia: a randomized controlled study[J]. *Neurogastroenterol Motil*, 2013, 25(4): 324-e250. DOI: 10.1111/nmo.12063.
- [18] Hamdy S, Aziz Q, Rothwell JC, et al. The cortical topography of human swallowing musculature in health and disease[J]. *Nat Med*, 1996, 2(11): 1217-1224. DOI: 10.1038/nm1196-1217.

(修回日期: 2020-12-29)

(本文编辑: 汪 玲)