

# 健侧高频重复经颅磁刺激结合生物反馈下的空吞咽训练对脑卒中后吞咽障碍的影响

徐倩<sup>1,2</sup> 韩珍真<sup>1,2</sup> 朱冬燕<sup>1</sup> 王梁<sup>1</sup> 曹芳<sup>1,2</sup> 翟佳佳<sup>1</sup> 卢红建<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>南通大学第二附属医院康复医学科,南通 226000; <sup>2</sup>南通大学医学院,南通 226000

通信作者:卢红建,Email: Dr\_lhj2021@126.com

**【摘要】目的** 观察健侧高频重复经颅磁刺激(rTMS)结合生物反馈下的空吞咽训练对脑卒中后吞咽障碍的影响。**方法** 选取符合入选标准的脑卒中后吞咽障碍患者 80 例,按照随机数字表法随机分为对照组、生物反馈组、磁刺激组和联合组,每组患者 20 例。4 组患者均予以常规吞咽功能障碍训练,生物反馈组在常规训练的基础上增加生物反馈下的空吞咽训练,磁刺激组在常规训练的基础上增加健侧高频 rTMS 刺激,联合组则在常规训练的基础上增加健侧高频 rTMS 刺激联合生物反馈下的空吞咽训练进行干预。治疗频次均为每日 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 3 周。于治疗前和治疗 3 周后(治疗后),采用渗漏-误吸量表(PAS)、功能性经口进食量表(FOIS)和标准吞咽功能评价量表(SSA)来评价 4 组患者的吞咽功能,并记录和比较 4 组患者下颌舌骨肌运动诱发电位(MEP)的潜伏期和波幅。**结果** 治疗后,4 组患者的 PAS 评分、FOIS 评分、SSA 评分、下颌舌骨肌 MEP 潜伏期和波幅较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。联合组治疗后的 PAS 评分[(1.85±0.75)分]、FOIS 评分[(5.45±1.05)分]和 SSA 评分[(22.45±4.45)分]均显著优于对照组、生物反馈组和磁刺激组治疗后( $P<0.05$ ),联合组治疗后的下颌舌骨肌 MEP 潜伏期均显著短于对照组和生物反馈组治疗后( $P<0.05$ ),联合组治疗后下颌舌骨肌 MEP 波幅显著高于对照组治疗后( $P<0.05$ )。**结论** 健侧高频 rTMS 结合生物反馈下的空吞咽训练可显著改善脑卒中后吞咽障碍患者的吞咽功能,及其下颌舌骨肌 MEP 的潜伏期和波幅。

**【关键词】** 重复经颅磁刺激; 生物反馈; 吞咽障碍; 脑卒中

**基金项目:**江苏省老年健康科研项目(LK2021046);南通市卫健委课题项目(QNZ2022021)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2024.01.004

## The effects of combining transcranial magnetic stimulation with biofeedback in retraining the swallowing of stroke survivors with dysphagia

Xu Qian<sup>1,2</sup>, Han Zhenzhen<sup>1,2</sup>, Zhu Dongyan<sup>1</sup>, Wang Liang<sup>1</sup>, Cao Fang<sup>1,2</sup>, Zhai Jijia<sup>1</sup>, Lu Hongjian<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital 2 of Nantong University, Nantong 226000, China; <sup>2</sup>The Medical School, Nantong University, Nantong 226000, China

Corresponding author: Lu Hongjian, Email: Dr\_lhj2021@126.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the effect of combining contralateral high-frequency transcranial magnetic stimulation (rTMS) with biofeedback-controlled empty swallowing training on dysphagia among stroke survivors. **Methods** Eighty dysphagic stroke survivors were divided at random into a control group, a biofeedback group, an rTMS group and a combined treatment group, each of 20. In addition to routine dysphagia rehabilitation, the biofeedback group and the rTMS group received empty swallowing training based on biofeedback or high-frequency rTMS applied to the healthy motor cortex as appropriate. The combined treatment group was given both. The treatment was administered once daily, 5 days a week for 3 consecutive weeks. Before and after the treatment, all of the subjects' swallowing was evaluated using the penetration aspiration scale (PAS), functional oral intake scale (FOIS) and a standardized swallowing assessment (SSA). The latency and amplitude of the mylohyoid muscle's motor evoked potentials (MEPs) were also recorded before and after the treatment. **Results** After the treatment, significant improvement was observed in the average PAS, FOIS and SSA scores as well as in the latency and amplitude of the MEPs in the four groups. The average results in the combined treatment group were significantly better than in the other 3 groups. The latency of the mylohyoid muscle's MEP was significantly shorter in the combined group than in the control and biofeedback groups on average, while the amplitude was significantly greater than in the control group. **Conclusion** Combining contralateral high frequency rTMS with empty swallowing training based on biofeedback can

better improve the swallowing of dysphagic stroke survivors.

**【Key words】** Transcranial magnetic stimulation; Biofeedback; Dysphagia; Stroke

**Funding:** A Jiangsu Province elderly health research project (LK2021046); Nantong Municipal Health Commission (project QNZ2022021)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2024.01.004

吞咽障碍是由多种原因如中枢神经系统、颅神经、或者吞咽器官结构或功能受损引起的,会导致水和食物不能安全有效地从口腔运送到胃内<sup>[1]</sup>。不同年龄段的人群均可以发生吞咽功能障碍,且在我国脑卒中人群中发生率较高,其中脑卒中急性期约占 46%,慢性期约占 57%<sup>[2]</sup>。除运动、言语、认知等方面常见的脑卒中后功能障碍外,吞咽功能障碍不同程度地影响着脑卒中患者的康复治疗进程,部分患者表现为流涎、咀嚼受限、饮水呛咳,而重度吞咽功能障碍则可能出现脱水、误吸、肺炎甚至窒息等并发症,严重限制患者的日常生活和社会参与<sup>[3]</sup>。因此,及时有效的康复疗法对脑卒中后吞咽障碍患者的恢复,相关并发症的预防以及生活质量的改善具有重要的意义。

目前,治疗脑卒中后吞咽障碍的方法有很多,包括口腔运动和感觉训练、Masako 训练、门德尔松训练、电刺激、传统治疗等,对吞咽障碍均有不同程度的治疗效果<sup>[4]</sup>。近来的研究显示,中枢神经调控技术和外周训练技术均可改善患者的吞咽功能<sup>[5-6]</sup>,减少误吸和肺部炎症的发生。本研究基于脑卒中后吞咽障碍“中枢-外周-中枢”的闭环康复理论<sup>[7]</sup>,采用健侧高频重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)结合生物反馈下的空吞咽训练对脑卒中后吞咽障碍患者进行了干预,取得了满意疗效。报道如下。

## 对象与方法

### 一、研究对象

入选标准:①年龄 30~77 岁;②脑卒中的诊断需符合《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》相关标准,经 MR 或 CT 检查证实存在脑梗死或脑出血<sup>[8]</sup>;③初次发病,病程不超过 3 个月,影像结果表

明病灶位于单侧大脑半球;④依据中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识(2017 年版)<sup>[9]</sup>反复唾液吞咽测试阳性,洼田饮水试验Ⅲ~V 级;⑤无严重认知障碍或感觉性失语,可配合评定和康复治疗(60~90°坐位时长≥15 min,且存在咳嗽反射);⑥患者依从性好,签署知情同意书。

排除标准:①合并存在器质性吞咽功能障碍者,如头颈部结构性病变;②合并其他神经疾病如帕金森病、脑外伤、多发性硬化等可能损害吞咽功能的相关病史;③存在 rTMS 治疗禁忌证(颅内金属植入物、心脏起搏器等);④严重心肺功能不全、精神、认知障碍者;⑤生命体征不稳定者;⑥因病情加重或其他原因中途退出者。

剔除和脱落标准:①治疗过程中出现严重病情变化;②患者或家属主动提出终止试验。

本研究经南通大学第二附属医院医学伦理委员会审查批准(2021KT169)。选取 2020 年 8 月至 2023 年 4 月我院入住的 84 例符合入选标准的患者,按随机数字表法将其分为对照组(20 例)、生物反馈组(21 例)、磁刺激组(23 例)和联合组(20 例)。研究过程中,生物反馈组有 1 例患者因康复依从性差被剔除,磁刺激组有 3 例患者因治疗过程中出现头晕或其他病情变化不能进行训练而脱落。最终 4 组患者各有 20 例患者完成本研究,4 组患者的性别、平均年龄、平均病程、病灶侧别和病变性质等一般资料组间比较,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

4 组患者均接受常规吞咽治疗,生物反馈组接受生物反馈下的空吞咽训练,磁刺激组接受健侧高频 rTMS 刺激,联合组则先接受健侧高频 rTMS 刺激,再进行生物反馈下的空吞咽训练,具体治疗方法如下。

表 1 4 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 (d, $\bar{x}\pm s$ )	病灶侧别(例)		病变性质(例)	
		男	女			右侧	左侧	脑梗死	脑出血
对照组	20	13	7	59.65±10.71	23.90±9.36	11	9	15	5
生物反馈组	20	9	11	62.25±9.65	24.90±8.89	10	10	16	4
磁刺激组	20	14	6	61.75±11.51	24.60±7.53	12	8	16	4
联合组	20	12	8	61.80±10.27	23.85±6.58	11	9	14	6

1. 常规吞咽治疗:①口腔运动和感觉训练——口腔运动包括颞下颌关节运动如张口闭口咀嚼,面颊肌肉运动如鼓腮吹气,唇部运动如噘嘴、咧嘴,舌部运动如伸舌卷舌及舌部抬高等运动,软腭运动(张口发“啊”音);口腔感觉训练包括冰刺激、振动棒或气脉冲刺激软腭、舌根处和咽后壁。②喉上抬训练——门德尔松、Shaker 训练。③呼吸及气道保护训练——包括腹式呼吸、咳嗽训练、声门闭合训练、声门上吞咽训练。④代偿性姿势训练——如点头、侧头、头后仰等。常规吞咽治疗每日 1 次,每次各 15 min,每周训练 5 d,连续治疗 3 周。

2. 生物反馈下的空吞咽训练<sup>[10]</sup>:采用广州产 BBB-1B 型多参数生物反馈治疗仪。先将两块正负电极黏贴在患者下颌和舌骨连线中点两侧,参考电极置于正负电极旁 2 cm 处,嘱患者进行 3 次自然吞咽,取患者 3 次吞咽动作的肌电峰值平均值作为阈值,数据处理驱动类型选择增强型,选择 3 个患者喜欢的游戏,采用空吞咽法完成相应的游戏训练,每次吞咽时注入口腔 1 ml 水以湿润口腔诱发吞咽动作,当患者吞咽产生的肌电信号峰值超过预先设定阈值即可获得游戏视觉正向反馈。每个游戏 5 min,总时长 15 min。生物反馈下的空吞咽训练每日 1 次,每周训练 5 d,连续治疗 3 周。

3. 健侧高频 rTMS 治疗<sup>[11]</sup>:①测定静息态运动阈值(resting motor threshold, RMT),选用武汉依瑞德公司生产的 YRDCY-1 型磁场刺激仪,采用 8 字形线圈。患者卧位,皮肤表面需用酒精清洁,将记录电极置于患者健侧下颌舌骨肌处,用来采集下颌舌骨肌肌电。通过专用的头部定位帽进行定位确认颅顶 Cz 点后,将线圈放在颅骨健侧大脑半球下颌舌骨肌运动皮质区,以最大输出强度的 50% 给予单脉冲刺激,在此范围内轻轻移动并保持线圈与头皮相切,寻找可以激发出最大运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)的位置,该位置即为运动热点。确定位置后,以 5% 的跨度逐渐减小单脉冲刺激强度,直至 10 次刺激中至少出现 5 次波幅超过 50  $\mu$ V MEP 的最小磁刺激强度为 RMT。②进行健侧高频 rTMS 治疗,将刺激线圈放置于健侧大脑半球下颌舌骨肌皮质代表区的刺激位点处,线圈与颅骨表面相切,刺激频率为 5 Hz,刺激强度为 80% RMT,刺激时间 2 s,间歇 10 s,刺激 1000 个脉冲。健侧高频 rTMS 治疗每日 1 次,每次 20 min。每周治疗 5 d,连续治疗 3 周。

### 三、疗效评定方法

治疗前和治疗 3 周后(治疗后),由资深的康复治疗师于单盲状态下采用渗漏-误吸量表(penetration aspiration scale, PAS)评估 4 组患者的误吸程度,采用功

能性经口摄入量表(functional oral intake scale, FOIS)和标准吞咽功能评价量表(standardized swallowing assessment, SSA)评价 4 组患者的吞咽功能,并采用经颅磁治疗仪来记录 4 组患者治疗前和治疗后下颌舌骨肌 MEP 的潜伏期和波幅。

1. PAS 评分<sup>[12]</sup>:进行吞咽造影检查(video fluoroscopic swallowing study, VFSS),采用 PAS 量表对检查过程中食团进入气道的深度和咳嗽的强度,对渗漏和误吸情况进行分级,共有 8 个等级,分别对应的 1~8 分。1 分为食物未进入气道;2 分食物进入气道,存留在声带以上,并被清除出气道;3 分为食物进入气道,存留在声带以上,未被清除出气道;4 分为食物进入气道,附着在声带,并被清除气道;5 分为食物进入气道,附着在声带,未被清除出气道进入声带下;6 分为食物进入达气道声带以下,但可被清除气道或清除入喉部;7 分为食物进入达气道声带以下,虽用力亦不能清除气管;8 分为食物进入达气道声带以下,无用力清除表现。

2. FOIS 评分<sup>[13]</sup>:该量表用于评估受试者的进食能力,共有 7 个等级,分别对应 1~7 分。1~3 分需要鼻饲管进行喂养,4~7 分可拔除鼻饲管,得分越高则患者的吞咽能力越好。

3. SSA 评分<sup>[14]</sup>:该检查包括意识、头控、呼吸等临床检查,以及吞咽 5 ml 的水和 60 ml 水的 3 个部分,共有 19 个条目,总分为 18~46 分,得分越低则患者的吞咽功能越好。

4. 下颌舌骨肌的 MEP 潜伏期和波幅<sup>[5]</sup>:嘱患者卧位自然放松,将磁刺激线圈相切于健侧大脑半球下颌舌骨肌运动皮质区,表面电极主电极置于下颌舌骨连线中点外 2 cm 处,参考电极与主电极相隔 2 cm,地线置于前臂远端,治疗后采用与治疗前相同的刺激强度即 100% 的 RMT 进行刺激,选取其中 5 条重复性好的 MEP 波形,记录治疗前、后的下颌舌骨肌 MEP 潜伏期和波幅,取平均值。

### 四、统计学分析

采用 SPSS 26.0 版统计学软件对本研究所得数据进行分析,本研究中呈正态分布的数据,以( $\bar{x} \pm s$ )表示,组内比较采用配对样本 *t* 检验,组间比较采用单因素方差分析,两两相比使用最小显著性差异法(least-significant difference, LSD)进行检验。计数资料用例数表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验,两两相比使用  $\alpha$  分割法。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

一、4 组患者治疗前、后 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分比较

治疗前,4 组患者的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分组间比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗后,4 组患者的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分较组内治疗前均显著改善( $P<0.05$ )。组间比较发现,生物反馈组、磁刺激组和联合组治疗后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分均显著优于对照组治疗后( $P<0.05$ ),且联合组治疗后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分亦显著优于生物反馈组和磁刺激组治疗后,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),磁刺激组治疗后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分与生物反馈组治疗后比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),详见表 2。

表 2 4 组患者治疗前、后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分比较(分,  $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	PAS 评分	FOIS 评分	SSA 评分
对照组				
治疗前	20	4.70±1.42	1.75±0.85	32.85±7.59
治疗后	20	3.35±1.31 <sup>a</sup>	3.55±1.39 <sup>a</sup>	30.05±6.35 <sup>a</sup>
生物反馈组				
治疗前	20	4.20±1.44	1.90±0.85	31.15±6.18
治疗后	20	2.55±1.10 <sup>abc</sup>	4.50±1.40 <sup>abc</sup>	26.25±6.03 <sup>abc</sup>
磁刺激组				
治疗前	20	4.35±1.39	1.85±0.88	32.70±8.01
治疗后	20	2.60±1.14 <sup>abc</sup>	4.45±1.64 <sup>abc</sup>	26.25±6.80 <sup>abc</sup>
联合组				
治疗前	20	4.30±1.49	1.95±0.83	32.00±7.28
治疗后	20	1.85±0.75 <sup>ab</sup>	5.45±1.05 <sup>ab</sup>	22.45±4.45 <sup>ab</sup>

注:与组内治疗前比较,<sup>a</sup> $P<0.05$ ;与对照组治疗后比较,<sup>b</sup> $P<0.05$ ;与联合组治疗后比较,<sup>c</sup> $P<0.05$

## 二、4 组患者治疗前、后下颌舌骨肌 MEP 潜伏期和波幅比较

治疗前,4 组患者下颌舌骨肌 MEP 的潜伏期和波幅比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗后,4 组患者的下颌舌骨肌 MEP 潜伏期较组内治疗前均显著下降,MEP 波幅较组内治疗前则显著提高( $P<0.05$ )。组间比较发现,磁刺激组和联合组治疗后的下颌舌骨肌 MEP 潜伏期较对照组治疗后均显著改善( $P<0.05$ ),联合组治疗后的下颌舌骨肌 MEP 潜伏期较对照组和生物反馈组治疗后亦显著改善( $P<0.05$ ),且联

合组治疗后的 MEP 波幅较对照组治疗后亦显著改善,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),但与生物反馈组和磁刺激组治疗后比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),详见表 3。

## 讨 论

本研究结果显示,治疗 3 周后,4 组患者的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分较组内治疗前均显著改善( $P<0.05$ ),而联合组治疗后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分均显著优于对照组、生物反馈组和磁刺激组治疗后( $P<0.05$ ),且联合组下颌舌骨肌运动诱发电位的潜伏期较生物反馈组和对照组显著缩短,波幅优于对照组水平。该结果提示,健侧高频 rTMS 结合生物反馈下的空吞咽训练可显著改善脑卒中后吞咽功能障碍的患者的吞咽功能和下颌舌骨肌的 MEP 潜伏期和波幅。

吞咽动作看似简单、不经意间就可完成,然而,从行为学角度来看,吞咽动作是一个高度协调的神经肌肉反射行为,依赖于大脑皮质与脑干吞咽中枢的联系和协调,是一项相对复杂的感觉运动<sup>[5]</sup>。研究表明,脑卒中患者的吞咽功能障碍的发病原因可能与大脑皮质、皮质脑干束、延髓吞咽中枢、锥体外系的损伤程度有关<sup>[15-16]</sup>。不同于脑卒中吞咽损伤机制半球间双相抑制的理论基础,本研究采用高频 rTMS 作用于健侧吞咽皮质中枢改善吞咽功能的机制主要是基于半球间相互协同的理论机制。大量研究表明,低频刺激健侧可以帮助降低健侧皮质兴奋性,而高频刺激患侧有助于提高患侧的皮质兴奋性<sup>[15-16]</sup>,但有 Meta 分析认为,采用 rTMS 刺激健侧半球比刺激患侧半球对脑卒中后吞咽障碍有更好的改善作用,其结论与半球间竞争模型相反<sup>[17]</sup>。本研究结果显示,健侧高频磁刺激组治疗后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分与组内治疗前和对照组治疗后比较,均显著改善,说明高频 rTMS 刺激健侧吞咽皮质区可减少渗漏和误吸,并提高吞咽功能。另外本研究采用 MEP 评估了运动神经从皮质到肌肉的传递,进而评估了大脑皮质的神经功能<sup>[18]</sup>,结果发现,经高频 rTMS 刺激健侧后,患者下颌舌骨肌的

表 3 4 组患者治疗前、后下颌舌骨肌 MEP 潜伏期和波幅比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	潜伏期(ms)		波幅( $\mu V$ )	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	20	11.12±1.21	10.13±1.67 <sup>a</sup>	100.85±18.54	122.90±21.69 <sup>a</sup>
生物反馈组	20	11.17±1.29	9.77±1.61 <sup>a</sup>	98.75±15.88	130.80±18.68 <sup>a</sup>
磁刺激组	20	11.02±1.57	9.02±1.26 <sup>ab</sup>	100.60±20.23	136.00±24.86 <sup>a</sup>
联合组	20	11.22±1.11	8.61±1.54 <sup>abc</sup>	96.86±21.59	144.80±24.07 <sup>ab</sup>

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

MEP 潜伏期较组内治疗前缩短, MEP 波幅则显著提高,提示健侧高频 rTMS 可通过增强运动皮质兴奋性和中枢神经的传导来改善吞咽功能。由于双侧皮质调控吞咽生理过程,理论上单侧脑卒中不会影响吞咽功能,但临床上单侧脑卒中也会出现吞咽障碍<sup>[19]</sup>。目前普遍认为,吞咽中枢具有显著的半球间不对称性,存在吞咽优势半球,如果吞咽的优势半球位于未损伤侧,则吞咽功能应保持稳定,而单侧卒中吞咽障碍主要是因吞咽优势半球受损所致<sup>[20]</sup>。Ferbert 等<sup>[21]</sup>的研究发现,与受单侧中枢控制的肢体系统比较,受双侧中枢控制的吞咽系统中经胼胝体相互抑制作用较弱。两半球吞咽运动皮质间可能不存在强烈竞争关系,甚至可能存在协同效应<sup>[22]</sup>。Jefferson 等<sup>[19]</sup>的研究也发现,当吞咽功能优势半球受损后,残存的神经元重组能力是有限的,而对侧大脑半球代偿能力相对较强。基于以上理论,本研究选择健侧高频 rTMS 的机制在于通过高频脉冲磁场穿透颅骨干预健侧吞咽皮质代表区,影响神经细胞电活动产生诱发电位,增强神经细胞代谢和突触传递功能,改善皮质兴奋性,使得健侧皮质功能重组代偿,进而将健侧半球转化成新的优势半球,提高健侧半球对舌咽部的运动控制,改善吞咽功能<sup>[23]</sup>。陈栩铤等<sup>[24]</sup>采用 5 Hz 高频 rTMS 刺激健侧舌骨上肌群皮质代表区,可激活吞咽相关脑区,促进神经通路重建,显著改善脑卒中后的吞咽障碍,该结果支持本研究结论。本研究中,磁刺激组治疗后,其下颌舌骨肌 MEP 波幅与对照组治疗后比较,差异并无统计学意义,分析可能的原因是因为波幅与刺激强度、部位、线圈角度、检测电极部位有关,尽管本课题组在治疗前、后尽量保持统一,但波幅的变异度相对较大,另外样本特征的可变性及每组样本量少,都有可能对研究结果造成影响。

生物反馈干预下的空吞咽训练是通过生物反馈仪器采集空吞咽时所获取的下颌舌骨肌肌电信号,将其转化成能够直接感知的声、光等视听信号反馈给患者,从而训练患者能够有意识地控制自己的空吞咽活动。本研究中,生物反馈组治疗 3 周后的 PAS 评分、FOIS 评分和 SSA 评分较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善,表明生物反馈干预下的空吞咽训练能够有效地改善脑卒中后吞咽功能,另外下颌舌骨肌 MEP 潜伏期和波幅较组内治疗前显著增高,说明生物反馈干预下的空吞咽训练可以提高吞咽中枢的兴奋性。本课题组认为,生物反馈干预下的空吞咽训练可能机制有:在患者具备有效咳嗽能力的前提下,尽早利用 1 ml 的水湿润口腔,既可诱发模拟摄食的空吞咽动作,又可避免直接摄食带来误吸的风险,有利于增加舌咽喉复合体活动度,改善吞咽的节律性和时序性<sup>[25]</sup>,并且通过生

物反馈游戏信号的正向反馈,配合用力吞咽技巧可有效训练吞咽肌群,可促进吞咽相关反射弧的恢复和重建,兴奋大脑皮质,重建大脑皮质对吞咽反射的控制作用<sup>[11]</sup>。

本研究进一步数据分析后发现,联合组治疗 3 周后的各项指标均优于单纯的生物反馈组和磁刺激组,表明中枢调控和外周刺激的双向干预途径的疗效显著优于单纯的中枢干预或者外周干预途径。其可能的机制为,通过高频 rTMS 激活健侧吞咽中枢,可促进其转化为优势侧,改善中枢神经的功能调控,再结合生物反馈干预下的空吞咽训练,指导患者模拟摄食动作,进行正确的吞咽运动模式的强化训练,可进一步加强感觉运动系统向中枢的正性反馈和输入,这种双向策略可在大脑内外形成一个完整的闭环回路<sup>[7]</sup>,从而共同促进吞咽中枢大脑功能重组,达到了良好的治疗效果<sup>[26]</sup>。

综上所述,健侧高频 rTMS 联合生物反馈干预下的空吞咽训练可更好地改善单侧脑卒中后吞咽障碍患者的吞咽功能。本研究的不足之处在于样本量少、未细化脑卒中的不同部位,以及检测手段相对有限等。为了得出更加准确的结论,本课题组在未来需要进一步完善研究设计方案,丰富检测手段,开展大样本随机对照试验,进一步观察健侧高频 rTMS 联合生物反馈干预下的空吞咽训练对脑卒中后吞咽障碍患者的疗效,以便将其更好地应用于临床。

## 参 考 文 献

- [1] Wang L, Yao J, Guan B, et al. The efficacy and safety of catheter balloon dilatation in the treatment of dysphagia after stroke: a protocol for systematic review and meta-analysis [J]. *Medicine*, 2022, 101 (44): e31460. DOI: 10.1097/MD.00000000000031460.
- [2] 李超,张梦清,窦祖林,等. 中国特定人群吞咽功能障碍的流行病学调查报告[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39 (12): 937-943. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.12.014.
- [3] Leite KKA, Sassi FC, Medeiros GC, et al. Clinical swallowing prognostic indicators in patients with acute ischemic stroke [J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2019, 77 (7): 501-508. DOI: 10.1590/0004-282X20190080.
- [4] Wang Y, He Y, Jiang L, et al. Effect of transcutaneous auricular vagus nerve stimulation on post-stroke dysphagia [J]. *J Neurol*, 2023, 270 (2): 995-1003. DOI: 10.1007/s00415-022-11465-5.
- [5] Park E, Kim MS, Chang WH, et al. Effects of bilateral repetitive transcranial magnetic stimulation on post-stroke dysphagia [J]. *Brain Stimul*, 2017, 10 (1): 75-82. DOI: 10.1016/j.brs.2016.08.005.
- [6] 张谦,吴霜,周腾飞,等. 摄食训练同步神经肌肉电刺激对脑卒中后吞咽障碍患者的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44 (5): 415-418. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.05.007.
- [7] 贾杰. 创新与循证并进 中枢与外周交融——ISPRM 2016 上肢及手功能康复研究专题报道 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2016, 38 (7): 550-554. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.07.019.

- [ 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. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019 [ J ]. 中华神经科杂志, 2019, 52 ( 9 ) : 710-715. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006.7876.2019.09.003.
- [ 9 ] 中国吞咽障碍康复评估与治疗专家共识组. 中国吞咽障碍评估与治疗专家共识 ( 2017 年版 ) 第一部分 评估篇 [ J ]. 中华物理医学与康复杂志, 2017, 39 ( 12 ) : 881-892. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2017.12.001.
- [ 10 ] 赵艺杰, 房金勇, 李红玲. 表面肌电生物反馈治疗脑卒中后吞咽障碍的研究进展 [ J ]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45 ( 3 ) : 266-269. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.03.017.
- [ 11 ] Li WQ, Lin T, Li X, et al. TMS brain mapping of the pharyngeal cortical representation in healthy subjects [ J ]. Brain Stimul, 2020, 13 ( 3 ) : 891-899. DOI: 10.1016/j.brs.2020.02.031.
- [ 12 ] Borders JC, Brates D. Use of the penetration-aspiration scale in dysphagia research: a systematic review [ J ]. Dysphagia, 2020, 35 ( 4 ) : 583-597. DOI: 10.1007/s00455-019-10064-3.
- [ 13 ] Hazelwood RJ, Armeson KE, Hill EG, et al. Relating physiologic swallowing impairment, functional swallowing ability, and swallow-specific quality of life [ J ]. Dysphagia, 2023, 38 ( 4 ) : 1106-1116. DOI: 10.1007/s00455-022-10532-3.
- [ 14 ] Jiang JL, Yu JL, Wang JH, et al. Evaluation of the Chinese version of the swallowing screen in stroke patients with dysphagia [ J ]. Ci Ji Yi Xue Za Zhi, 2019, 31 ( 4 ) : 270-275. DOI: 10.4103/tcmj.tcmj\_158\_18.
- [ 15 ] Zou F, Chen X, Niu L, et al. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on post-stroke dysphagia in acute stage [ J ]. Dysphagia, 2023, 38 ( 4 ) : 1117-1127. DOI: 10.1007/s00455-022-10533-2.
- [ 16 ] 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.
- [ 17 ] Liao X, Xing G, Guo Z, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation as an alternative therapy for dysphagia after stroke: a systematic review and meta-analysis [ J ]. Clin Rehabil, 2017, 31 ( 3 ) : 289-298. DOI: 10.1177/0269215516644771.
- [ 18 ] Khedr EM, Abo-Elfetoh N. Therapeutic role of rTMS on recovery of dysphagia in patients with lateral medullary syndrome and brainstem infarction [ J ]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2010, 81 ( 5 ) : 495-499. DOI: 10.1136/jnnp.2009.188482.
- [ 19 ] 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. e1. DOI: 10.1053/j.gastro.2009.04.056.
- [ 20 ] Wilmskoetter J, Martin-Harris B, Pearson WG Jr, et al. Differences in swallow physiology in patients with left and right hemispheric strokes [ J ]. Physiol Behav, 2018, 194: 144-152. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.05.010.
- [ 21 ] Ferbert A, Priori A, Rothwell JC, et al. Interhemispheric inhibition of the human motor cortex [ J ]. J Physiol, 1992, 453: 525-546. DOI: 10.1113/jphysiol.1992.sp019243.
- [ 22 ] Di Pino G, Pellegrino G, Assenza G, et al. Modulation of brain plasticity in stroke: a novel model for neurorehabilitation [ J ]. Nat Rev Neurol, 2014, 10 ( 10 ) : 597-608. DOI: 10.1038/nrneurol.2014.162.
- [ 23 ] Cabib C, Nascimento W, Rofes L, et al. Neurophysiological and biomechanical evaluation of the mechanisms which impair safety of swallow in chronic post-stroke patients [ J ]. Transl Stroke Res, 2020, 11 ( 1 ) : 16-28. DOI: 10.1007/s12975-019-00701-2.
- [ 24 ] 陈翎翎, 顾旭东, 姚云海, 等. 单侧高频重复经颅磁刺激对脑卒中吞咽障碍及功能性磁共振成像的影响 [ J ]. 中华物理医学与康复杂志, 2021, 43 ( 12 ) : 1105-1109. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.12.011.
- [ 25 ] Li CM, Wang TG, Lee HY, et al. Swallowing training combined with game-based biofeedback in poststroke dysphagia [ J ]. PM R, 2016, 8 ( 8 ) : 773-779. DOI: 10.1016/j.pmrj.2016.01.003.
- [ 26 ] 李志明, 黄茂雄, 李建廷, 等. 生物反馈治疗理论与吞咽障碍生物反馈治疗的现状与进展 [ J ]. 中华物理医学与康复杂志, 2009, 31 ( 12 ) : 796-798. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2009.12.003.

(修回日期: 2023-12-20)

(本文编辑: 阮仕衡)