

· 医学循证 ·

不同模式经颅磁刺激对脑卒中后吞咽障碍患者的干预效果：贝叶斯网状 Meta 分析

扫描二维码
查看更多李春标¹, 王婷², 袁娟¹, 尤敏²

作者单位: 1.230012安徽省合肥市, 安徽中医药大学护理学院 2.230001安徽省合肥市, 安徽中医药大学第二附属医院护理部

通信作者: 袁娟, E-mail: 619296258@qq.com

【摘要】 目的 通过贝叶斯网状Meta分析探讨不同模式经颅磁刺激(TMS)对脑卒中后吞咽障碍(PSD)患者的干预效果。**方法** 计算机检索中国知网、维普网、万方数据知识服务平台、中国生物医学文献数据库、PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science、CINAHL和Medline中关于不同模式TMS干预PSD患者的随机对照试验,检索时限为建库至2023-11-01。由两名研究人员独立筛选文献、提取资料并评价文献偏倚风险。试验组采用不同模式TMS治疗,对照组采用常规吞咽障碍治疗(CTD)或假刺激,结局指标包括吞咽功能指标[标准吞咽功能评估量表(SSA)、纤维鼻咽内镜吞咽障碍严重程度量表(FEDSS)、功能性经口摄食量表(FOIS)评分]、误吸风险指标[渗透-误吸量表(PAS)评分]及不良反应。采用R 4.3.0软件进行Meta分析、贝叶斯网状Meta分析。**结果** 最终纳入26篇文献,样本量为1 185例,其中对照组634例、试验组551例。Meta分析结果显示,接受3 Hz-重复经颅磁刺激(rTMS)治疗的PSD患者SSA评分低于接受CTD者,接受1 Hz-rTMS、3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、间歇性Theta爆发式磁刺激(iTBS)治疗的PSD患者SSA评分低于接受假刺激治疗者($P<0.05$);接受5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FEDSS评分低于接受假刺激治疗者($P<0.05$);接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS治疗的PSD患者FOIS评分高于接受CTD者,接受1 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FOIS评分高于接受假刺激治疗者($P<0.05$);接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受CTD者,接受1 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受假刺激治疗者($P<0.05$)。贝叶斯网状Meta分析结果显示,接受3 Hz-rTMS治疗的PSD患者SSA评分低于接受CTD者,接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者SSA评分低于接受假刺激治疗者($P<0.05$);接受10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FEDSS评分低于接受假刺激治疗者($P<0.05$);接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受CTD者,接受1 Hz-rTMS、3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受假刺激治疗者($P<0.05$)。累积排序概率图分析结果显示,PSD患者SSA、FEDSS、FOIS评分累积排序概率图下面积(SUCRA)最大的治疗方式分别为3 Hz-rTMS、iTBS、3 Hz-rTMS, PAS评分SUCRA最大的治疗方式为iTBS。26篇文献中8篇文献报告治疗过程中患者未出现任何不良反应、5篇文献报告的不良反应轻微。**结论** 3 Hz-rTMS、iTBS在改善PSD患者吞咽功能方面可能更有效, iTBS在降低PSD患者吞咽风险方面可能更有效;不同模式TMS干预PSD患者的不良反应较少,且症状多轻微。

【关键词】 卒中; 吞咽障碍; 经颅磁刺激; 吞咽功能; 误吸; 网状Meta分析; 贝叶斯方法**【中图分类号】** R 743 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.135

Intervention Effect of Different Modes of Transcranial Magnetic Stimulation on Patients with Post-Stroke Dysphagia: a Bayesian Network Meta-analysis

LI Chunbiao¹, WANG Ting², YUAN Juan¹, YOU Min²

1.School of Nursing, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230012, China

2.Department of Nursing, the Second Affiliated Hospital of Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230001, China

Corresponding author: YUAN Juan, E-mail: 619296258@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the intervention effect of different modes of transcranial magnetic stimulation (TMS) on patients with post-stroke dysphagia (PSD) using Bayesian network meta-analysis. **Methods** CNKI, VIP, Wanfang Data, Chinese Biomedical Literature Database, PubMed, Cochrane Library, Embase, Web of Science, CINAHL and Medline were searched to collect randomised controlled trials on different modes of TMS of intervention for patients with PSD, with a timeframe of the search being from database construction to 2023-11-01. Two researchers independently screened the literature,

extracted information and assessed the risk of literature bias. The experimental group was treated with different modes of TMS and the control group was treated with conventional treatment of dysphagia (CTD) or sham stimulation. Outcome indicators were swallowing function indicators [Standardized Swallowing Assessment (SSA), Fiberoptic Endoscopic Dysphagia Severity Scale (FEDSS) and Functional Oral Intake Scale (FOIS) scores], aspiration risk indicators [Penetration-Aspiration Scale (PAS) score] and adverse reactions. Meta-analysis and Bayesian network meta-analysis were performed using R 4.3.0 software. **Results** Twenty-six papers with a sample size of 1 185 cases were finally included, including 634 cases in the control group and 551 cases in the experimental group. Meta-analysis results showed that SSA score of PSD patients treated with 3 Hz-repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) was lower than that of patients treated with CTD, and the SSA score of PSD patients treated with 1 Hz-rTMS, 3 Hz-rTMS, 5 Hz-rTMS, 10 Hz-rTMS and intermittent Theta burst stimulation (iTBS) was lower than that of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The FEDSS scores of PSD patients treated with 5 Hz-rTMS, 10 Hz-rTMS and iTBS were lower than those of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The FOIS scores of PSD patients treated with 3 Hz-rTMS and 5 Hz-rTMS were higher than those of patients treated with CTD, and the FOIS scores of PSD patients treated with 1 Hz-rTMS and iTBS were higher than those of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The PAS scores of PSD patients treated with 3 Hz-rTMS, 5 Hz-rTMS, 10 Hz-rTMS and iTBS were lower than those of patients treated with CTD, and the PAS scores of PSD patients treated with 1 Hz-rTMS, 5 Hz-rTMS, 10 Hz-rTMS and iTBS were lower than those of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The results of Bayesian network meta-analysis showed that the SSA score of patients treated with 3 Hz-rTMS was lower than that of patients treated with CTD, and the SSA score of patients treated with 3 Hz-rTMS, 5 Hz-rTMS and iTBS was lower than that of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The FEDSS score of patients treated with 10 Hz-rTMS and iTBS was lower than that of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The PAS scores of PSD patients treated with 3 Hz-rTMS, 5 Hz-rTMS, 10 Hz-rTMS and iTBS were lower than those of patients treated with CTD, and the PAS scores of PSD patients treated with 1 Hz-rTMS, 3 Hz-rTMS, 5 Hz-rTMS, 10 Hz-rTMS and iTBS were lower than those of patients treated with sham stimulation ($P < 0.05$). The results of cumulative ranking probability plot analysis showed that the treatment methods of maximum surface under the cumulative ranking (SUCRA) of SSA, FEDSS and FOIS scores in PSD patients were 3 Hz-rTMS, iTBS and 3 Hz-rTMS, respectively, and the treatment methods of maximum SUCRA of PAS score was iTBS. Among the 26 literature, 8 literature reported no adverse reactions during the treatment, and 5 literature reported mild adverse reactions. **Conclusion** 3 Hz-rTMS and iTBS may be more effective in improving swallowing function in patients with PSD, and iTBS may be more effective in reducing swallowing risk in patients with PSD; the adverse reactions of different modes of TMS in the intervention of PSD patients are less, and the symptoms are mostly mild.

【Key words】 Stroke; Deglutition disorders; Transcranial magnetic stimulation; Swallowing function; Respiratory aspiration; Network meta-analysis; Bayesian method

脑卒中后吞咽障碍 (post-stroke dysphagia, PSD) 是脑卒中患者的常见后遗症之一, 发生率高达37%~78%, 其不仅可以导致进食障碍、窒息性咳嗽、流涎和发音异常, 还与营养不良、误吸、肺炎等风险增加相关, 进而严重影响患者的生活质量^[1-2]。研究表明, PSD会使脑卒中患者医疗费用增加近25%, 进而增加患者的经济负担^[3]。目前临床上治疗PSD的方法多样, 主要包括饮食训练、行为干预及药物干预等^[4]。但上述治疗方法并不能有效改善PSD患者的吞咽功能或减少其并发症^[5], 同时相关指南指出, 目前尚无足够证据推荐PSD的干预措施^[6]。

经颅磁刺激 (transcranial magnetic stimulation, TMS) 是一种新兴的非侵入性神经调控技术, 近年其已广泛用于治疗脑卒中的各种后遗症^[7]。研究证实, TMS可有效促进PSD患者吞咽功能恢复, 且具有安全、无创、不良反应少等特点^[8-9]。临床上治疗PSD常用的TMS模式包括重复经颅磁刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS) 和Theta爆发式磁刺激 (Theta burst stimulation, TBS)^[10]。但目前关于TMS治疗PSD的最佳刺激模式尚无定论。基于此, 本研究

旨在通过贝叶斯网状Meta分析系统评价不同模式TMS对PSD的干预效果, 以期为临床选择TMS模式提供参考。本研究已在PROSPERO进行注册, 注册号为CRD42023481399。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准

纳入标准: (1) 文献类型: 随机对照试验 (包括双臂及多臂研究); (2) 研究对象: 有明确的脑卒中诊断标准并经影像学检查 (CT或MRI) 证实, 同时经相关量表或仪器检查证实存在吞咽障碍; (3) 干预措施: 试验组采用不同模式TMS治疗, 对照组采用常规吞咽障碍治疗 (conventional treatment of dysphagia, CTD) 或假刺激; (4) 结局指标: 吞咽功能指标 [标准吞咽功能评估量表 (Standardized Swallowing Assessment, SSA)、纤维鼻咽内镜吞咽障碍严重程度量表 (Fiberoptic Endoscopic Dysphagia Severity Scale, FEDSS)、功能性经口摄食量表 (Functional Oral Intake Scale, FOIS) 评分]、误吸风险指标 [渗透-误吸量表 (Penetration-Aspiration Scale, PAS) 评分] 及不良反应。排除标准: (1) 无法获取全文; (2) 无法提取有效数据;

(3) 探讨TMS不同刺激部位、不同时序的文献;(4) 非核心期刊收录的文献。

1.2 检索策略

计算机检索中国知网、维普网、万方数据知识服务平台、中国生物医学文献数据库、PubMed、Cochrane Library、Embase、Web of Science、CINAHL和Medline中不同模式TMS干预PSD患者的随机对照试验,检索时限为建库至2023-11-01。中文数据库检索词:脑卒中、脑梗死、中风、脑出血、吞咽障碍、吞咽困难、经颅磁刺激、重复经颅磁刺激、Theta节律刺激、Theta爆发式磁刺激、TMS、TBS、rTMS;英文数据库检索词:stroke、cerebral stroke、erebral stroke、ischaemic stroke、cerebral haemorrhage、deglutition disorders、dysphagia、post-stroke dysphagia、transcranial magnetic stimulation、TMS、repetitive transcranial magnetic stimulation、rTMS、Theta burst stimulation、TBS。

1.3 文献筛选与资料提取

由两名研究人员分别对检索到的文献进行筛选并提取资料,然后交叉核对,若内容不一致,则两名研究人员讨论后或由第三名研究人员作出决定。具体过程如下:首先,将检索到的文献导入EndNoteX9软件中,剔除重复文献;然后,通过阅读文题和摘要进行初筛;最后,通过阅读全文进行复筛。提取的资料包括第一作者、发表年份、样本量、年龄、干预措施、刺激部位、干预时间、结局指标。

1.4 文献偏倚风险评价

由两名研究人员独立采用Cochrane协作网推荐的随机对照试验偏倚风险工具^[11]评价纳入文献的偏倚风险,该工具包括随机序列生成、分配隐藏、受试者及研究人员的盲法、结局评估者的盲法、结果数据完整性、选择性报告结果及其他偏倚7个维度。研究人员根据纳入文献报告的信息,对上述7个维度做出“低风险”“高风险”“不清楚”的判断。然后交叉核对评价结果,若意见不一致,则两名研究人员讨论后或由第三名研究人员作出决定。

1.5 统计学方法

使用R 4.3.0软件进行Meta分析和贝叶斯网状Meta分析。结局指标均为连续性变量,采用均数差(mean difference, MD)作为效应量,并计算合并效应量的95%CI,双侧检验水准 $\alpha=0.05$ 。进行Meta分析时,以 $I^2 \geq 50\%$ 为各文献间存在统计学异质性,采用随机效应模型进行Meta分析;以 $I^2 < 50\%$ 为各文献间不存在统计学异质性,采用固定效应模型进行Meta分析。采用马尔科夫链-蒙特卡洛方法构建基于贝叶斯学派的随机效应模型,并对该模型进行迭代,其中该模型的预迭代次数为20 000次、实际迭代次数为50 000次,以规模缩减因子(potential scale reduction factor, PSRF)评价该模型的收敛结果,PSRF为1.00~1.05提示该模型收敛结果较满意。绘制结局指标的网状关系图,当图中有闭合环形成时,采用节点拆分法进行不一致性检验, $P>0.05$ 提示直接比较结果和间接比较结果具有一致性。绘制累积排序概率图并计算累积排序概率图下面积(surface under the cumulative ranking, SUCRA),SUCRA越大提示该干预措施为最佳干预措施的概率越高。针

对报道某指标的数量>10篇的文献绘制漏斗图并进行Egger's检验,以判断纳入文献是否存在发表偏倚。

2 结果

2.1 文献检索结果及纳入文献基本资料

初步检索获得1 296篇文献,根据文献纳入与排除标准进行初筛和复筛,最终纳入26篇文献^[12-37],其中双臂研究20篇^[13, 16, 18-22, 24-25, 27-37]、三臂研究5篇^[12, 15, 17, 23, 26]、四臂研究1篇^[14];总样本量1 185例,其中对照组634例、试验组551例。文献筛选流程见图1,纳入文献基本资料见表1。

2.2 偏倚风险评价结果

26篇文献中,19篇文献^[14, 16-17, 19-22, 25-33, 35-37]采用了随机数字表法、计算机生成序列,评价为“低风险”;6篇文献^[12-13, 18, 23-24, 34]仅提及“随机”,未交代具体随机序列生成方法,评价为“不清楚”;1篇文献^[15]根据干预措施进行分组,评价为“高风险”。7篇文献^[19, 32-37]使用不透明、密封的信封进行分配隐藏,评价为“低风险”;其余19篇文献^[12-18, 20-31]未报告分配隐藏情况,评价为“不清楚”。6篇文献^[19, 25, 32-33, 36-37]提及对受试者实施盲法,评价为“低风险”;其余20篇文献^[12-18, 20-24, 26-31, 34-35]未提及受试者及研究人员的盲法实施情况,评价为“不清楚”。11篇文献^[19, 25, 27, 29, 31-37]提及对结局评估者实施盲法,评价为“低风险”;其余15篇文献^[12-18, 20-24, 26, 28, 30]未提及对结局评估者的盲法,评价为“不清楚”。14篇文献^[16-17, 19, 21, 25-26, 30-37]报告了样本脱落例数并描述了原因,评价为“低风险”;其余12篇文献^[12-15, 18, 20, 22-24, 27-29]未报告结果数据的完整性,评价为“不清楚”。26篇文献^[12-37]均报告了拟定的结局指标,评价为“低风险”。在其他偏倚维度,26篇文献^[12-37]评价为“不清楚”。纳入文献的偏倚风险评价结果见图2。

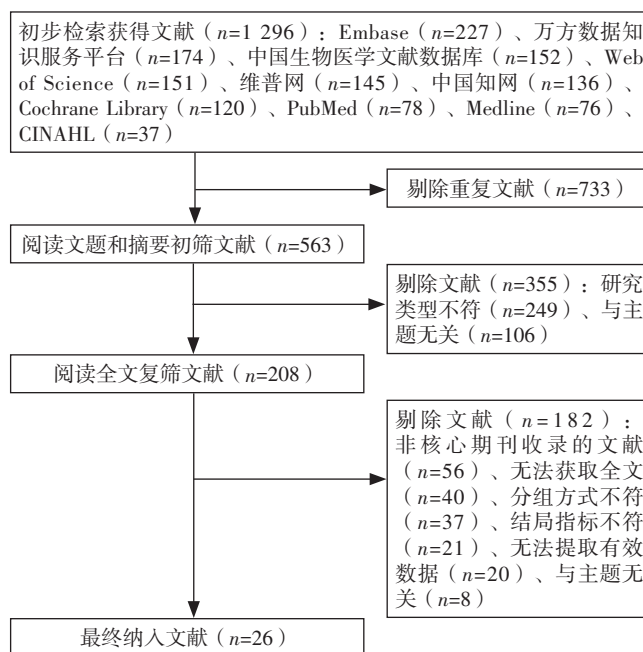


图1 文献筛选流程

Figure 1 Literature screening process

表1 纳入文献基本资料
Table 1 Basic information of the included literature

第一作者	发表年份	样本量 (例)		年龄 (岁)		干预措施		刺激部位	干预时间	结局指标
		对照组	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组			
成家雯 ^[12] a	2022	10	10/10	48.50 ± 9.78	56.60 ± 9.07/57.50 ± 12.87	CTD	iTBS/10 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	2周	④
李梦露 ^[13]	2022	15	15	59.27 ± 8.96	57.93 ± 8.42	CTD	5 Hz-rTMS	患侧大脑皮质	4周	①
李晓丽 ^[14] b	2021	12	12/12/13	58.0 ± 10.1	55.7 ± 10.9/57.6 ± 11.4/54.6 ± 8.7	假刺激	1 Hz-rTMS/3 Hz-rTMS/5 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	2周	①
刘子财 ^[15] a	2021	35	24/30	63.43 ± 11.01	65.00 ± 9.93/63.70 ± 10.05	假刺激	iTBS/10 Hz-rTMS		2周	①②
欧阳瑶 ^[16]	2019	20	20	62.50 ± 13.27	64.10 ± 12.23	CTD	5 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	2周	①④
宋晶 ^[17] a	2023	52	52/51	68.77 ± 4.51	68.10 ± 4.09/68.98 ± 4.23	假刺激	1 Hz-rTMS/5 Hz-rTMS	健侧+患侧大脑皮质	2周	③⑤
孙龚卫 ^[18]	2022	41	41	65.11 ± 5.08	65.02 ± 5.12	CTD	5 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	4周	③⑤
王娟 ^[19]	2023	24	25	61.04 ± 9.43	59.48 ± 11.97	CTD	5 Hz-rTMS	患侧大脑皮质	3周	③④⑤
王冉 ^[20]	2022	20	20	51.22 ± 10.65	50.05 ± 14.83	CTD	3 Hz-rTMS	患侧大脑皮质	4周	①③
吴秀香 ^[21]	2020	30	30		61.15 ± 9.05	假刺激	iTBS	吞咽肌皮质代表区	2周	①③⑤
徐丹妮 ^[22]	2023	20	20	60.05 ± 4.26	61.22 ± 3.54	CTD	5 Hz-rTMS	患侧大脑皮质	1个月	④
闫莹莹 ^[23] a	2022	12	12/12	50.83 ± 6.73	49.41 ± 6.63/48.41 ± 6.99	假刺激	3 Hz-rTMS/5 Hz-rTMS	吞咽肌皮质代表区	4周	①
张丹妮 ^[24]	2021	30	30	60.2 ± 1.0	60.3 ± 1.0	CTD	3 Hz-rTMS	大脑运动前区	30 d	①
张玉鹏 ^[25]	2022	21	21	67.5 ± 6.7	71.7 ± 3.7	假刺激	5 Hz-rTMS		2周	④⑤
张祎辰 ^[26] a	2020	15	13/14	57.73 ± 15.78	56.23 ± 11.89/55.21 ± 12.02	假刺激	1 Hz-rTMS/5 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	2周	④
钟立达 ^[27]	2021	30	30	56.03 ± 7.54	55.87 ± 7.97	CTD	10 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	3周	②④
周菲 ^[28]	2021	46	46	63.09 ± 7.26	62.86 ± 6.93	CTD	5 Hz-rTMS	健侧+患侧大脑皮质	28 d	①
周苏键 ^[29]	2023	20	20	57.45 ± 9.13	55.25 ± 5.59	CTD	3 Hz-rTMS	大脑运动前区	4周	①④
LIM ^[30]	2014	15	14	62.5 ± 8.2	59.8 ± 11.8	CTD	1 Hz-rTMS		2周	④⑤
LIU ^[31]	2022	26	23	67.73 ± 9.97	67.61 ± 11.71	假刺激	5 Hz-rTMS	患侧大脑皮质	2周	①②④⑤
PARK ^[32]	2013	9	9	68.9 ± 9.3	73.7 ± 3.8	假刺激	5 Hz-rTMS		2周	④⑤
RAO ^[33]	2022	31	33	65.9 ± 11.42	63.42 ± 10.35	假刺激	iTBS	健侧大脑皮质	2周	①②③④⑤
ÜNLÜER ^[34]	2019	13	15	69.31 ± 12.89	67.80 ± 11.88	CTD	1 Hz-rTMS		2周	④⑤
WEN ^[35]	2023	20	18	67.00 ± 8.43	70.11 ± 6.94	CTD	5 Hz-rTMS	健侧大脑皮质	2周	①②③④⑤
XIE ^[36]	2022	24	23	67.5 ± 10.6	64.8 ± 11.3	iTBS	10 Hz-rTMS	患侧大脑皮质	4周	①④⑤
ZHONG ^[37]	2023	43	41	62.81 ± 11.49	63.61 ± 9.67	假刺激	10 Hz-rTMS	健侧+患侧大脑皮质	2周	②④⑤

注：“a”为三臂研究，“b”为四臂研究；CTD=常规吞咽障碍治疗，iTBS=间歇性Theta爆发式磁刺激，rTMS=重复经颅磁刺激；①为标准吞咽功能评估量表（SSA）评分，②为纤维鼻咽内镜吞咽障碍严重程度量表（FEDSS）评分，③为功能性经口摄食量表（FOIS）评分，④为渗透-误吸量表（PAS）评分，⑤为不良反应。

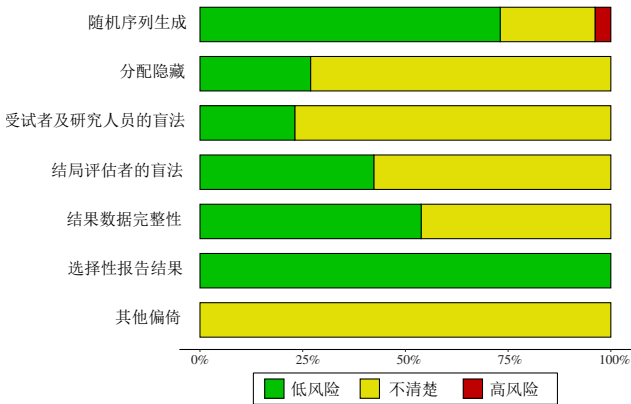


图2 纳入文献的偏倚风险评价结果
Figure 2 Results of bias risk assessment of the included literature

2.3 网状关系图

（1）14篇文献报道了SSA评分，其中11篇文献为双臂研究、2篇文献为三臂研究、1篇文献为四臂研究，涉及7种干预措施，共形成7个闭合环，见图3A。（2）6篇文献报道了FEDSS评分，其中5篇文献为双臂研究、1篇文献为三臂研究，涉及5种干预措施，共形成1个闭合环，见图3B。（3）7篇文献报道了FOIS评分，其中6篇文献为双臂研究、1篇文献为三臂研究，涉及6种干预措施，共形成1个闭合环，见图3C。（4）16篇文献报道了PAS评分，其中14篇文献为双臂研究、2篇文献为三臂研究，涉及7种干预措施，共形成4个闭合环，见图3D。

2.4 收敛结果和不一致性检验结果

SSA、FEDSS、FOIS、PAS评分的PSRF均等于1，提示

模型的收敛结果较为满意。不一致性检验结果显示, SSA、FEDSS、PAS评分的直接、间接比较结果比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 提示直接、间接比较结果一致性较好。网状关系图分析结果显示, FOIS评分虽然形成闭合环, 但该闭合环中的干预措施均属同一个三臂研究^[17], 不存在不一致性。

2.5 Meta分析和贝叶斯网状Meta分析结果

2.5.1 吞咽功能指标

Meta分析结果显示, 接受3 Hz-rTMS治疗的PSD患者SSA评分低于接受CTD者, 接受1 Hz-rTMS、3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、间歇性Theta爆发式磁刺激 (intermittent Theta burst stimulation, iTBS) 治疗的PSD患者SSA评分低于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表2。贝叶斯网状Meta分析结果显示, 接受3 Hz-rTMS治疗的PSD患

表2 接受不同模式TMS治疗的PSD患者与接受CTD、假刺激治疗的PSD患者SSA评分比较的Meta分析结果

Table 2 Meta-analysis results of comparison of SSA scores between PSD patients receiving different modes of TMS and PSD patients receiving CTD, and sham stimulation treatments

干预措施	文献数量 (篇)	I^2 (%)	MD (95%CI)	P值
3 Hz-rTMS vs CTD	3	49	-3.64 (-4.70 ~ -2.58)	<0.001
5 Hz-rTMS vs CTD	4	86	-1.39 (-3.88 ~ 1.11)	0.276
1 Hz-rTMS vs 假刺激	1		-4.90 (-9.79 ~ -0.01)	0.049
3 Hz-rTMS vs 假刺激	2	15	-7.79 (-11.14 ~ -4.44)	<0.001
5 Hz-rTMS vs 假刺激	3	90	-6.46 (-12.70 ~ -0.23)	0.042
10 Hz-rTMS vs 假刺激	1		-3.56 (-5.30 ~ -1.82)	<0.001
iTBS vs 假刺激	3	0	-3.13 (-3.82 ~ -2.45)	<0.001

注: MD=均数差。

者SSA评分低于接受CTD者, 接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者SSA评分低于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表3。

Meta分析结果显示, 接受5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FEDSS评分低于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表4。贝叶斯网状Meta分析结果显示, 接受10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FEDSS评分低于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表5。

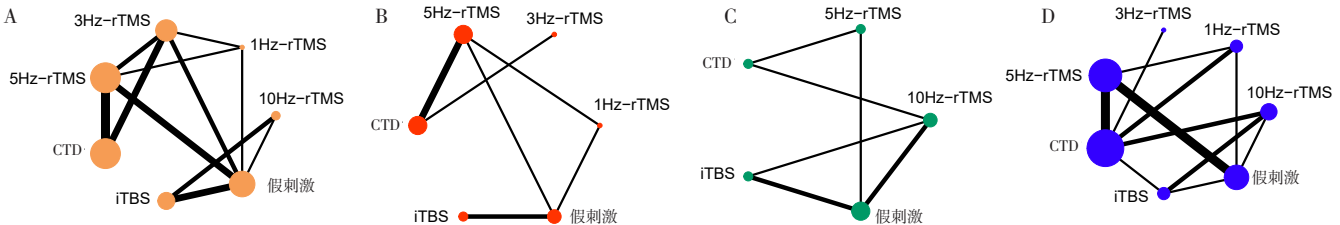
Meta分析结果显示, 接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS治疗的PSD患者FOIS评分高于接受CTD者, 接受1 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FOIS评分高于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表6。贝叶斯网状Meta分析结果显示, 接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者FOIS评分比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表7。

2.5.2 误吸风险指标

Meta分析结果显示, 接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受CTD者, 接受1 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表8。贝叶斯网状Meta分析结果显示, 接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受CTD者, 接受1 Hz-rTMS、3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受假刺激治疗者, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表9。

2.6 累计排序概率图分析结果

累计排序概率图分析结果显示, 接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者SSA评分的SUCRA从大到小依次为3 Hz-rTMS (0.912)、5 Hz-rTMS (0.746)、iTBS



注: A为标准吞咽功能评估量表 (SSA) 评分, B为纤维鼻咽内镜吞咽障碍严重程度量表 (FEDSS) 评分, C为功能性经口摄食量表 (FOIS) 评分, D为渗透-误吸量表 (PAS) 评分; CTD=常规吞咽障碍治疗, iTBS=间歇性Theta爆发式磁刺激, rTMS=重复经颅磁刺激。

图3 结局指标的网状关系图
Figure 3 Network diagram of outcome indicators

表3 接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者SSA评分比较的贝叶斯网状Meta分析结果 [MD (95%CI)]

Table 3 Bayesian network Meta-analysis results of comparison of SSA scores in PSD patients receiving different modes of TMS, CTD, and sham stimulation treatments

干预措施	CTD	假刺激	1 Hz-rTMS	3 Hz-rTMS	5 Hz-rTMS	10 Hz-rTMS
假刺激	-3.33 (-7.67 ~ 0.47)					
1 Hz-rTMS	-1.29 (-7.39 ~ 4.77)	-2.07 (-8.38 ~ 3.98)				
3 Hz-rTMS	-3.18 (-5.81 ~ -0.38) *	-6.52 (-10.71 ~ -2.69) *	-4.46 (-10.37 ~ 1.48)			
5 Hz-rTMS	-1.87 (-4.39 ~ 0.60)	-5.22 (-9.09 ~ -1.84) *	-3.17 (-9.01 ~ 2.63)	-1.30 (-4.28 ~ 1.83)		
10 Hz-rTMS	-0.24 (-5.89 ~ 6.08)	-3.56 (-7.89 ~ 0.86)	-1.51 (-8.87 ~ 6.27)	-2.94 (-9.17 ~ 2.75)	-1.64 (-7.66 ~ 3.71)	
iTBS	-0.39 (-5.21 ~ 5.04)	-3.71 (-6.82 ~ -0.63) *	-1.66 (-8.41 ~ 5.42)	-2.78 (-8.06 ~ 2.08)	-1.48 (-6.56 ~ 2.99)	-0.15 (-4.17 ~ 3.75)

注: *表示 $P<0.05$ 。

表4 接受不同模式TMS治疗的PSD患者与接受CTD、假刺激治疗的PSD患者FEDSS评分比较的Meta分析结果

Table 4 Meta-analysis results of comparison of FEDSS scores between PSD patients receiving different modes of TMS and PSD patients receiving CTD or sham stimulation treatments

干预措施	文献数量 (篇)	I^2 (%)	MD (95%CI)	P值
5 Hz-rTMS vs CTD	1		-0.52 (-1.20 ~ 0.16)	0.133
10 Hz-rTMS vs CTD	1		-0.54 (-1.13 ~ 0.05)	0.073
5 Hz-rTMS vs 假刺激	1		-0.64 (-1.15 ~ -0.13)	0.015
10 Hz-rTMS vs 假刺激	2	60	-0.60 (-1.13 ~ -0.08)	0.024
iTBS vs 假刺激	2	0	-0.85 (-1.17 ~ -0.53)	<0.001

表5 接受不同模式TMS治疗的PSD患者与接受CTD、假刺激治疗的PSD患者FEDSS评分比较的贝叶斯网状Meta分析结果 [MD (95%CI)]

Table 5 Bayesian network Meta-analysis results of comparison of FEDSS scores in PSD patients receiving different modes of TMS, CTD, and sham stimulation treatments

干预措施	CTD	假刺激	5 Hz-rTMS	10 Hz-rTMS
假刺激	-0.04 (-0.83 ~ 0.80)			
5 Hz-rTMS	-0.56 (-1.33 ~ 0.25)	-0.52 (-1.28 ~ 0.25)		
10 Hz-rTMS	-0.61 (-1.36 ~ 0.12)	-0.57 (-1.15 ~ -0.06) ^a	-0.05 (-0.91 ~ 0.75)	
iTBS	-0.93 (-1.86 ~ 0.01)	-0.89 (-1.49 ~ -0.33) ^a	-0.38 (-1.31 ~ 0.55)	-0.32 (-0.99 ~ 0.38)

注：^a表示 $P<0.05$ 。

表6 接受不同模式TMS治疗的PSD患者与接受CTD、假刺激治疗的PSD患者FOIS评分比较的Meta分析结果

Table 6 Meta-analysis results of comparison of FOIS scores between PSD patients receiving different modes of TMS and PSD patients receiving CTD or sham stimulation treatments

干预措施	文献数量 (篇)	I^2 (%)	MD (95%CI)	P值
3 Hz-rTMS vs CTD	1		1.45 (0.68 ~ 2.22)	<0.001
5 Hz-rTMS vs CTD	3	39	0.74 (0.39 ~ 1.09)	<0.001
1 Hz-rTMS vs 假刺激	1		0.58 (0.30 ~ 0.86)	<0.001
5 Hz-rTMS vs 假刺激	1		0.18 (-0.12 ~ 0.48)	0.236
iTBS vs 假刺激	2	82	0.99 (0.10 ~ 1.88)	0.030

表7 接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者FOIS评分比较的贝叶斯网状Meta分析结果 [MD (95%CI)]

Table 7 Bayesian network Meta-analysis results of comparison of FOIS scores in PSD patients receiving different modes of TMS, CTD, and sham stimulation treatments

干预措施	CTD	假刺激	1 Hz-rTMS	3Hz-rTMS	5 Hz-rTMS
假刺激	0.07 (-1.55 ~ 1.84)				
1 Hz-rTMS	0.51 (-1.26 ~ 2.15)	0.58 (-0.87 ~ 2.05)			
3 Hz-rTMS	1.45 (-0.14 ~ 3.04)	1.53 (-0.73 ~ 3.89)	0.95 (-1.30 ~ 3.32)		
5 Hz-rTMS	0.68 (-0.28 ~ 1.49)	0.76 (-0.72 ~ 2.20)	0.18 (-1.30 ~ 1.62)	0.77 (-0.97 ~ 2.65)	
iTBS	0.89 (-1.16 ~ 2.86)	0.96 (-0.07 ~ 2.06)	0.38 (-1.40 ~ 2.23)	0.56 (-1.96 ~ 3.15)	0.20 (-1.56 ~ 2.05)

表8 接受不同模式TMS治疗的PSD患者与接受CTD、假刺激治疗的PSD患者PAS评分比较的Meta分析结果

Table 8 Meta-analysis results of comparison of PAS scores between PSD patients receiving different modes of TMS and PSD patients receiving CTD or sham stimulation treatments

干预措施	文献数量 (篇)	I^2 (%)	MD (95%CI)	P值
1 Hz-rTMS vs CTD	2	0	-0.64 (-1.34 ~ 0.07)	0.076
3 Hz-rTMS vs CTD	1		-1.00 (-1.53 ~ -0.47)	<0.001
5 Hz-rTMS vs CTD	4	0	-1.03 (-1.43 ~ -0.63)	<0.001
10 Hz-rTMS vs CTD	2	0	-0.94 (-1.43 ~ -0.44)	<0.001
iTBS vs CTD	1		-1.20 (-2.09 ~ -0.31)	0.008
1 Hz-rTMS vs 假刺激	1		-1.19 (-2.21 ~ -0.17)	0.022
5 Hz-rTMS vs 假刺激	4	60	-1.50 (-2.19 ~ -0.81)	<0.001
10 Hz-rTMS vs 假刺激	1		-1.19 (-2.03 ~ -0.35)	0.006
iTBS vs 假刺激	1		-1.61 (-2.39 ~ -0.83)	<0.001

(0.526)、10 Hz-rTMS (0.504)、CTD (0.434)、1 Hz-rTMS (0.320)、假刺激 (0.059)；接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者FEDSS评分的SUCRA从大到小依次为iTBS (0.914)、10 Hz-rTMS (0.662)、5 Hz-rTMS (0.616)、假刺激 (0.162)、CTD (0.147)；接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者FOIS评分的SUCRA从大到小依次为3 Hz-rTMS (0.867)、iTBS (0.693)、5 Hz-rTMS (0.602)、1Hz-rTMS (0.480)、CTD (0.202)、假刺激 (0.157)；接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者

PAS评分的SUCRA从大到小依次为iTBS (0.921)、5 Hz-rTMS (0.756)、3 Hz-rTMS (0.691)、10 Hz-rTMS (0.589)、1 Hz-rTMS (0.518)、CTD (0.202)、假刺激 (0.014)，见图4。

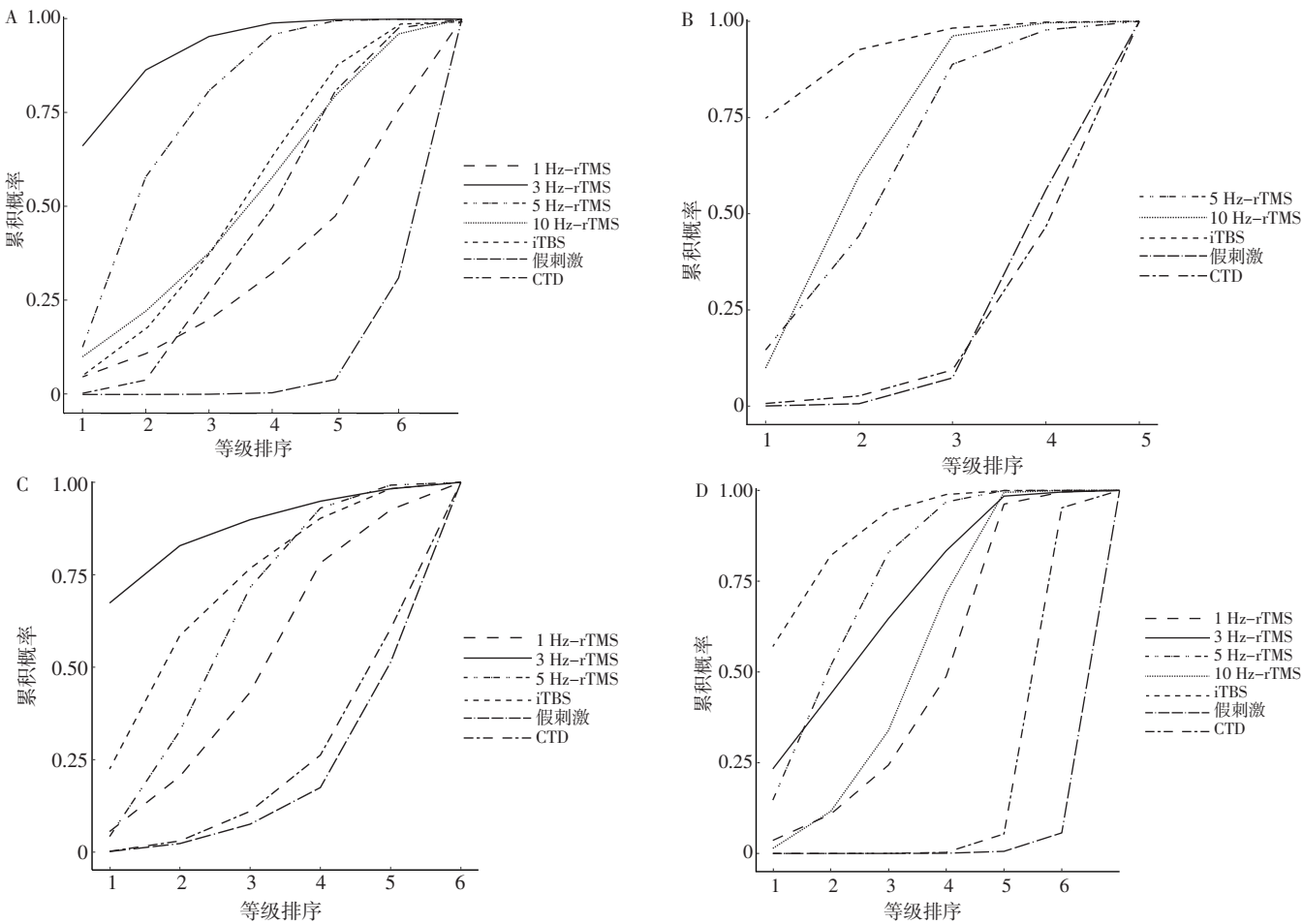
2.7 不良反应

26篇文献中13篇文献^[17-19, 21, 25, 30-37]报告了TMS的不良反应，其中8篇文献^[17-19, 21, 25, 32, 35-36]报告治疗过程中患者未出现任何不良反应或并发症；1篇文献^[30]报告患者使用1 Hz-rTMS治疗时发生轻微头痛，随后自行缓解；1篇文献^[31]报告

表9 接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者PAS评分比较的贝叶斯网状Meta分析结果〔MD (95%CI)〕
Table 9 Bayesian network Meta-analysis results of comparison of PAS scores in PSD patients receiving different modes of TMS, CTD, and sham stimulation treatments

干预措施	CTD	假刺激	1 Hz-rTMS	3 Hz-rTMS	5 Hz-rTMS	10 Hz-rTMS
假刺激	-0.49 (-1.04~0.11)					
1 Hz-rTMS	-0.65 (-1.36~0.08)	-1.13 (-1.92~-0.30) ^a				
3 Hz-rTMS	-1.00 (-1.88~-0.14) ^a	-1.49 (-2.51~-0.43) ^a	-0.35 (-1.48~0.76)			
5 Hz-rTMS	-1.05 (-1.50~-0.56) ^a	-1.54 (-1.99~-1.00) ^a	-0.40 (-1.15~0.37)	-0.06 (-1.00~0.97)		
10 Hz-rTMS	-0.78 (-1.38~-0.22) ^a	-1.27 (-1.90~-0.63) ^a	-0.14 (-1.03~0.73)	-0.22 (-1.25~0.83)	-0.27 (-0.89~0.43)	
iTBS	-1.28 (-1.99~-0.60) ^a	-1.77 (-2.45~-1.07) ^a	-0.64 (-1.60~0.31)	-0.28 (-1.39~0.82)	-0.23 (-1.00~0.48)	-0.50 (-1.10~0.12)

注：^a表示 $P<0.05$ 。



注：A为SSA评分，B为FEDSS评分，C为FOIS评分，D为PAS评分。

图4 接受不同模式TMS、CTD、假刺激治疗的PSD患者SSA、FEDSS、FOIS、PAS评分的累计排序概率图
Figure 4 Cumulative ranking probability map of SSA, FEDSS, FOIS and PAS scores in PSD patients receiving different modes of TMS, CTD and sham stimulation therapy

患者使用5 Hz-rTMS治疗时出现头晕；1篇文献^[33]报告患者使用iTBS治疗时出现轻微头晕；1篇文献^[34]报告患者使用1 Hz-rTMS治疗时发生头痛及鼻出血；1篇文献^[37]报告患者使用10 Hz-rTMS治疗时出现颈部轻微抽搐。

2.8 发表偏倚

漏斗图分析结果显示，报道SSA评分、PAS评分的文献大致均匀分布在合并效应量两侧，且其Egger's检验结果显示，报道SSA评分、PAS评分的文献不存在发表偏倚（ t 值分别为-0.94、1.67， P 值分别为0.36、0.11）；但报道SSA评分、PAS评分的个别文献分布在漏斗图外面，提示报道SSA评分、PAS评分的文献可能存在一定异质性，见图5。

3 讨论

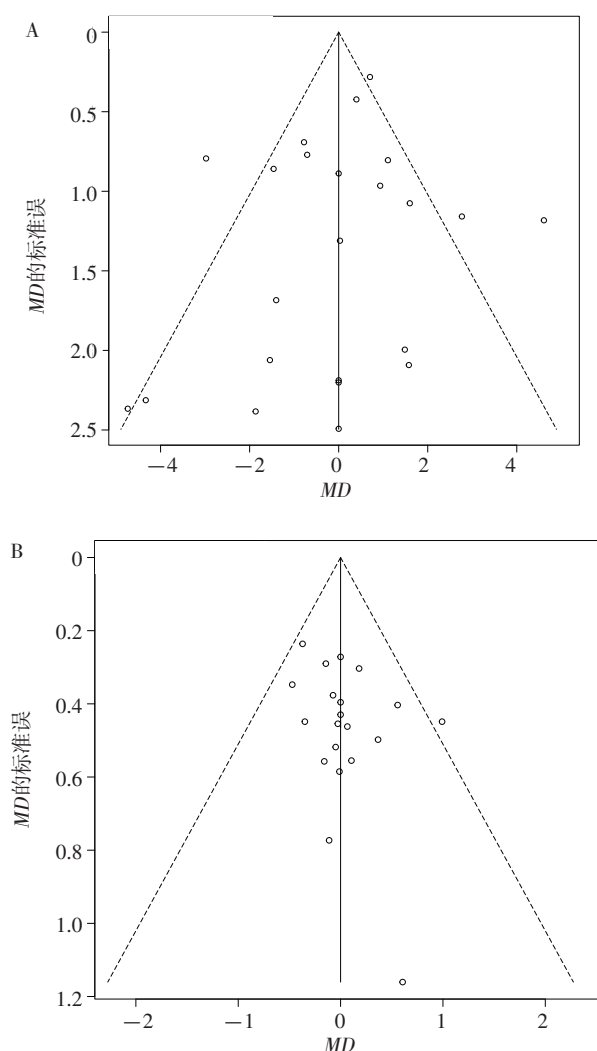
PSD是卒中患者常见并发症之一，其发生机制较为复杂。研究表明，PSD的发生主要与大脑皮质损伤^[38]、皮质下损伤^[39]、脑干损伤^[40]及小脑损伤^[41]等有关。TMS是一种无创神经康复技术，其是利用电磁感应调节大脑皮质兴奋性，从而诱导大脑神经元的电位发生改变，进而影响大脑的生理

功能，且其具有无痛、疗效佳、不良反应少等优点，故在临床中广泛应用^[42]。目前TMS的作用机制尚未完全明确，其主要治疗原则为“抑制大脑半球健侧兴奋性，提高大脑半球患侧兴奋性”，通过调节不同刺激参数，对大脑半球健侧或患侧进行刺激，从而恢复大脑半球之间的平衡^[43]。

本研究Meta分析结果显示，接受3 Hz-rTMS治疗的PSD患者SSA评分低于接受CTD者，接受1 Hz-rTMS、3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者SSA评分低于接受假刺激治疗者；接受5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FEDSS评分低于接受假刺激治疗者；接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS治疗的PSD患者FOIS评分高于接受CTD者，接受1 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FOIS评分高于接受假刺激治疗者。贝叶斯网状Meta分析结果显示，接受3 Hz-rTMS治疗的PSD患者SSA评分低于接受CTD者，接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者SSA评分低于接受假刺激治疗者；接受10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者FEDSS评分低于接受假刺激治疗者。累积排序概率图分析结果显示，PSD患者SSA、FEDSS、FOIS评分的SUCRA最大的治疗方式分别为3 Hz-rTMS、iTBS、3 Hz-rTMS，提示3 Hz-rTMS和iTBS在改善PSD患者吞咽功能方面可能是最佳治疗方法。分析原因可能为：（1）3 Hz-rTMS提高吞咽功能的机制与大脑双侧尾状核、豆状核等脑区的功能连接增强有关^[44]；与1 Hz-rTMS相比，3 Hz-rTMS对患侧大脑半球神经活动的兴奋作用可能比对健侧大脑半球神经活动的抑制作用更明显^[45]。（2）研究显示，iTBS作为一种新的TMS刺激方式，可诱导突触传递功能的长时程增强效应，进而增加小脑的兴奋性^[46]。此外，iTBS的治疗时间更短、使用脉冲数更少，在取得相似治疗效果的同时，可使皮质长时间保持兴奋状态，从而改善患者吞咽功能^[47]。但本研究纳入3 Hz-rTMS、iTBS的文献数量较少，故其对PSD患者的干预效果仍有待进一步研究证实。

本研究Meta分析结果显示，接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受CTD者，接受1 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受假刺激治疗者。网状Meta分析结果显示，接受3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受CTD者，接受1 Hz-rTMS、3 Hz-rTMS、5 Hz-rTMS、10 Hz-rTMS、iTBS治疗的PSD患者PAS评分低于接受假刺激治疗者。累积排序概率图分析结果显示，PSD患者PAS评分的SUCRA最大的治疗方式为iTBS，提示iTBS在降低PSD患者误吸风险方面可能是最佳治疗方法。分析原因可能如下：iTBS可以增强同侧大脑半球舌骨上肌群的皮质兴奋性，激活受影响的大脑半球，恢复双侧大脑半球的平衡，进而促进吞咽功能的恢复、间接降低误吸的发生风险^[48]；此外，iTBS能刺激支配口腔和咽部运动的皮质区域，通过增强这些区域的神经活动而改善气道环境，进而降低误吸风险^[49]。

本研究结果显示，26篇文献中13篇文献报告了TMS的不良反应，其中8篇文献报告治疗过程中患者未出现任何不良反应、5篇文献报告的不良反应轻微，提示不同模式TMS干预



注：A为SSA评分，B为PAS评分；MD=均数差。

图5 报道SSA评分、PAS评分文献发表偏倚的漏斗图

Figure 5 Funnel plot of publication bias of literature reporting SSA score and PAS score

PSD患者的不良反应较少,且症状多轻微。

4 结论

综上所述,3 Hz-rTMS、iTBS在改善PSD患者吞咽功能方面可能更有效,iTBS在降低PSD患者吞咽风险方面可能更有效;不同模式TMS干预PSD患者的不良反应较少,且症状多轻微。但本研究仍存在一定局限性:(1)纳入文献数量较少,且无法保证纳入文献满足同质性假设,故应谨慎对待该研究结果;(2)报道FEDSS、FOIS评分的文献数量较少,可能影响证据网络的稳定性;(3)评价吞咽功能的工具均为主观量表,缺乏客观评估工具;(4)纳入文献可能存在研究对象异质性、研究方法异质性等。

作者贡献:李春标、王婷进行文章的构思与设计,研究的实施与可行性分析,数据收集、整理、分析;李春标进行结果分析与解释,负责撰写、修订论文;袁娟、尤敏负责文章的质量控制及审校;袁娟对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

©The author(s) 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

- [1] BENJAMIN E J, VIRANI S S, CALLAWAY C W, et al. Heart disease and stroke statistics—2018 update: a report from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2018, 137 (12): e67-492. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000558.
- [2] PANDIAN J D, GALL S L, KATE M P, et al. Prevention of stroke: a global perspective [J]. *Lancet*, 2018, 392 (10154): 1269-1278. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31269-8.
- [3] DZIEWAS R, BECK A M, CLAVE P, et al. Recognizing the importance of dysphagia: stumbling blocks and stepping stones in the twenty-first century [J]. *Dysphagia*, 2017, 32 (1): 78-82. DOI: 10.1007/s00455-016-9746-2.
- [4] DZIEWAS R, MICHOU E, TRAPL-GRUNDSCHÖBER M, et al. European Stroke Organisation and European Society for Swallowing Disorders guideline for the diagnosis and treatment of post-stroke dysphagia [J]. *Eur Stroke J*, 2021, 6 (3): LXXXIX-CXV. DOI: 10.1177/23969873211039721.
- [5] SUNTRUP-KRUEGER S, MINNERUP J, MUHLE P, et al. The effect of improved dysphagia care on outcome in patients with acute stroke: trends from 8-year data of a large stroke register [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2018, 45 (3/4): 101-108. DOI: 10.1159/000487811.
- [6] 叶文, 蔡雨欣, 刘玲玲, 等. 欧洲卒中后吞咽困难诊断和治疗指南(2021版)解读 [J]. *华西医学*, 2022, 37 (5): 646-651. DOI: 10.7507/1002-0179.202203004.
- [7] 吴毅. 经颅磁刺激技术在卒中康复中的应用 [J]. *康复学报*, 2020, 30 (6): 414-420. DOI: 10.3724/SP.J.1329.2020.06002.
- [8] BATH P M, LEE H S, EVERTON L F. Swallowing therapy for dysphagia in acute and subacute stroke [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 10 (10): CD000323. DOI: 10.1002/14651858.CD000323.pub3.
- [9] 刘玲, 刘海波, 王晓玲, 等. 重复经颅磁刺激治疗卒中后吞咽功能障碍的系统文献回顾 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2014, 11 (5): 250-255, 269. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2014.05.007.
- [10] 郜佳慧, 吴军发, 王婷玮, 等. 不同模式经颅磁刺激在脑卒中后吞咽障碍的康复研究进展 [J]. *康复学报*, 2021, 31 (3): 252-257, 264. DOI: 10.3724/SP.J.1329.2021.03010.
- [11] HIGGINS J P T, ALTMAN D G, GÖTZSCHE P C, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials [J]. *BMJ*, 2011, 343: d5928. DOI: 10.1136/bmj.d5928.
- [12] 成家雯, 王先斌, 吴霜. 高频rTMS与iTBS对单侧大脑半球卒中后吞咽障碍者吞咽功能电生理指标的影响 [J]. *贵州医科大学学报*, 2022, 47 (6): 678-685. DOI: 10.19367/j.cnki.2096-8388.2022.06.010.
- [13] 李梦露, 江志国, 管蔚畅, 等. 重复经颅磁刺激联合动作观察疗法对单侧大脑半球卒中后吞咽障碍的影响 [J]. *中国康复*, 2022, 37 (1): 25-29. DOI: 10.3870/zgkf.2022.01.006.
- [14] 李晓丽, 郭钢花, 李哲, 等. 重复经颅磁刺激对脑出血术后吞咽障碍伴颅骨缺损患者吞咽功能的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43 (3): 243-245. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.03.011.
- [15] 刘子财, 温馨, 彭阳, 等. rTMS与iTBS模式经颅磁刺激治疗脑卒中后吞咽障碍的疗效对比研究 [J]. *兰州大学学报(医学版)*, 2021, 47 (5): 76-80. DOI: 10.13885/j.issn.1000-2812.2021.05.013.
- [16] 欧阳瑶, 朱其秀, 阎文静, 等. 高频重复经颅磁刺激对单侧大脑半球卒中后患者吞咽障碍的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41 (4): 261-265. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.04.005.
- [17] 宋晶, 王笑丰, 李永, 等. 高频、低频rTMS作用健侧半球吞咽皮质代表区对老年脑卒中后吞咽障碍的影响对比 [J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43 (16): 3863-3867. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2023.16.008.
- [18] 孙龚卫, 杨柳, 孙小星. 高频rTMS作用健侧半球吞咽皮质代表区联合吞咽康复训练治疗脑卒中后吞咽障碍的临床研究 [J]. *中国康复*, 2022, 37 (1): 7-11. DOI: 10.3870/zgkf.2022.01.002.
- [19] 王娟, 郑婵娟, 徐婷, 等. 重复经颅磁刺激联合气囊扩张术及常规吞咽训练治疗卒中后环咽肌功能障碍所致吞咽障碍的疗效观察 [J]. *华西医学*, 2023, 38 (6): 843-849.
- [20] 王冉, 胡川, 王欣, 等. 基于虚拟现实的生物反馈联合重复经颅磁刺激对脑卒中恢复期患者吞咽障碍的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44 (5): 407-411. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.05.005.
- [21] 吴秀香, 李晓丹, 王莉, 等. iTBS经颅磁刺激治疗缺血性脑卒中后吞咽障碍随机对照临床研究 [J]. *新疆医科大学学报*, 2020, 43 (9): 1228-1232. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5551.2020.09.020.
- [22] 徐丹妮, 金敏敏, 王中莉, 等. 重复经颅磁刺激辅助治疗对脑卒中患者吞咽障碍的疗效观察 [J]. *浙江医学*, 2023, 45 (11): 1186-1189. DOI: 10.12056/j.issn.1006-2785.2023.45.11.2022-472.
- [23] 闫莹莹, 郭钢花, 郭君, 等. 不同频率高频重复经颅磁刺激治疗单侧脑卒中患者吞咽障碍的疗效观察 [J]. *中国康复*,

- 2022, 37 (8): 486–488.DOI: 10.3870/zgkf.2022.08.009.
- [24] 张丹妮, 杨旭东.重复经颅磁刺激治疗脑卒中后吞咽障碍对患者吞咽功能心理状态及神经功能的影响研究[J].山西医药杂志, 2021, 50 (19): 2756–2758.DOI: 10.3969/j.issn.0253–9926.2021.19.006.
- [25] 张玉鹏, 曹常娥, 黄军军.经颅磁刺激对脑卒中后吞咽困难患者咽运动皮质的影响研究[J].中国卫生统计, 2022, 39 (3): 456–458.DOI: 10.3969/j.issn.1002–3674.2022.03.032.
- [26] 张祎辰, 王强, 孟萍萍, 等.不同频率健侧半球重复经颅磁刺激对脑卒中后吞咽障碍的影响[J].中华物理医学与康复杂志, 2020, 42 (4): 295–299.DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254–1424.2020.04.002.
- [27] 钟立达, 刘惠宇, 鲍晓, 等.小脑重复经颅磁刺激治疗脑卒中后吞咽障碍的疗效观察[J].中国康复, 2021, 36 (2): 106–108.DOI: 10.3870/zgkf.2021.02.009.
- [28] 周菲, 徐立, 范天伦, 等.舌压抗阻反馈训练联合高频重复经颅磁刺激对脑梗死后吞咽障碍的应用研究[J].临床和实验医学杂志, 2021, 20 (24): 2667–2670.DOI: 10.3969/j.issn.1671–4695.2021.24.026.
- [29] 周苏键, 王水良, 刘小英, 等.高频重复经颅磁刺激联合运动想象训练对脑卒中后吞咽功能障碍的影响[J].康复学报, 2023, 33 (2): 108–113.DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.02003.
- [30] LIM K B, LEE H J, YOO J, et al.Effect of low-frequency rTMS and NMES on subacute unilateral hemispheric stroke with dysphagia [J].Ann Rehabil Med, 2014, 38 (5): 592–602.DOI: 10.5535/arm.2014.38.5.592.
- [31] LIU H Y, PENG Y, LIU Z C, et al.Hemodynamic signal changes and swallowing improvement of repetitive transcranial magnetic stimulation on stroke patients with dysphagia: a randomized controlled study [J].Front Neurol, 2022, 13: 918974.DOI: 10.3389/fneur.2022.918974.
- [32] PARK J W, OH J C, LEE J W, 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): e324–250.DOI: 10.1111/nmo.12063.
- [33] RAO J Z, LI F, ZHONG L D, et al.Bilateral cerebellar intermittent Theta burst stimulation combined with swallowing speech therapy for dysphagia after stroke: a randomized, double-blind, sham-controlled, clinical trial [J].Neurorehabil Neural Repair, 2022, 36 (7): 437–448.DOI: 10.1177/15459683221092995.
- [34] ÜNLÜER N Ö, TEMÜÇİN Ç M, DEMİR N, et al.Effects of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on swallowing function and quality of life of post-stroke patients [J].Dysphagia, 2019, 34 (3): 360–371.DOI: 10.1007/s00455–018–09965–6.
- [35] WEN X, YANG Q, LIU Z C, et al.The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation in synchronization with effortful swallowing on post-stroke dysphagia [J].Dysphagia, 2023, 38 (3): 912–922.DOI: 10.1007/s00455–022–10515–4.
- [36] XIE Y L, WANG S, YANG J, et al.Theta burst stimulation versus high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for poststroke dysphagia: a randomized, double-blind, controlled trial [J].Medicine, 2022, 101 (2): e28576.DOI: 10.1097/MD.00000000000028576.
- [37] ZHONG L D, WEN X, LIU Z C, et al.Effects of bilateral cerebellar repetitive transcranial magnetic stimulation in poststroke dysphagia: a randomized sham-controlled trial [J].NeuroRehabilitation, 2023, 52 (2): 227–234.DOI: 10.3233/NRE–220268.
- [38] GALOVIC M, LEISI N, PASTORE–WAPP M, et al.Diverging lesion and connectivity patterns influence early and late swallowing recovery after hemispheric stroke [J].Hum Brain Mapp, 2017, 38 (4): 2165–2176.DOI: 10.1002/hbm.23511.
- [39] IM I, JUN J P, HWANG S, et al.Swallowing outcomes in patients with subcortical stroke associated with lesions of the caudate nucleus and insula [J].J Int Med Res, 2018, 46 (9): 3552–3562.DOI: 10.1177/0300060518775290.
- [40] CHO Y J, RYU W S, LEE H, et al.Which factors affect the severity of dysphagia in lateral medullary infarction? [J].Dysphagia, 2020, 35 (3): 414–418.DOI: 10.1007/s00455–019–10043–8.
- [41] MOON H I, JEONG Y J, SUH J H.Voxel-based lesion symptom mapping analysis for dysphagia in stroke patients with isolated cerebellar lesions [J].J Neural Transm, 2022, 129 (1): 65–74.DOI: 10.1007/s00702–021–02438–5.
- [42] LEFAUCHEUR J P, ALEMAN A, BAEKEN C, et al.Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): an update (2014–2018) [J].Clin Neurophysiol, 2020, 131 (2): 474–528.DOI: 10.1016/j.clinph.2019.11.002.
- [43] 李修齐, 余克威, 吴毅.经颅磁刺激治疗卒中后吞咽困难研究进展[J].康复学报, 2018, 28 (3): 68–72.DOI: 10.3724/SP.J.1329.2018.03068.
- [44] 焦勇钢, 戴颖仪, 胡芳芳, 等.重复经颅磁刺激对急性脑梗死后吞咽障碍的影响及与其功能磁共振成像变化的关系[J].实用医学杂志, 2020, 36 (3): 385–389, 394.DOI: 10.3969/j.issn.1006–5725.2020.03.022.
- [45] PARK E, KIM M S, CHANG W H, 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.
- [46] SUPPA A, HUANG Y Z, FUNKE K, et al.Ten years of Theta burst stimulation in humans: established knowledge, unknowns and prospects [J].Brain Stimul, 2016, 9 (3): 323–335.DOI: 10.1016/j.brs.2016.01.006.
- [47] 孟莹, 马跃文.重复经颅磁刺激及Theta节律刺激在卒中后运动功能康复中的研究进展[J].中国康复理论与实践, 2016, 22 (4): 438–442.DOI: 10.3969/j.issn.1006–9771.2016.04.014.
- [48] LIN T, JIANG L, DOU Z, et al.Effects of Theta burst stimulation on suprahyoid motor cortex excitability in healthy subjects [J].Brain Stimul, 2017, 10 (1): 91–98.DOI: 10.1016/j.brs.2016.08.011.
- [49] ZHANG G, RUAN X, LI Y, et al.Intermittent Theta-burst stimulation reverses the after-effects of contralateral virtual lesion on the suprahyoid muscle cortex: evidence from dynamic functional connectivity analysis [J].Front Neurosci, 2019, 13: 309.DOI: 10.3389/fnins.2019.00309.

(收稿日期: 2023–12–30; 修回日期: 2024–05–08)

(本文编辑: 谢武英)