

论 著

基于多模态磁共振成像探讨rTMS联合认知训练对TBI患者认知障碍的康复效果及与影像学机制*

刘乔林¹ 杨文仙¹ 叶 芳²
胡 瑶² 王文伊¹ 刘晓丹¹
张 粒¹ 赵 莹^{3,*}

1.曲靖市第一人民医院康复医学科

(云南 曲靖 655000)

2.曲靖市第一人民医院影像医学中心

(云南 曲靖 655000)

3.昆明医科大学第二附属医院康复医学科

(云南 昆明 650000)

【摘要】目的 基于多模态磁共振成像(MRI)探讨重复经颅磁刺激(rTMS)联合认知训练对创伤性脑损伤(TBI)患者认知障碍的康复效果与影像学机制。方法 选取2021年1月至2023年6月由昆明医科大学曲靖附属医院收治的60例TBI患者。采用随机数字表将患者分为对照组(认知功能训练)与观察组(rTMS联合认知功能训练),各30例。比较两组治疗前后多模态MRI相关参数、简易精神状态检查量表(MMSE)评分及日常生活活动能力(改良Barthel指数)量表变化。采用Spearman检验分析多模态MRI相关参数与MMSE评分、改良Barthel指数之间的相关性。

结果 两组治疗后内囊前肢(AIC)、内囊后肢(PIC)、外囊(EC)、胼胝体压部(SCC)、胼胝体膝部(GCC)及小脑中角(CH)的各向异性分数(FA)值均较治疗前升高,以观察组更高($P<0.05$)。两组治疗后胆碱/肌酸(Cho/Cr)、Cho/N-乙酰天门冬氨酸(NAA)较治疗前降低,NAA/Cr、MMSE评分及改良Barthel指数评分较治疗前升高,以观察组改善效果更佳($P<0.05$)。Cho/Cr、Cho/NAA与MMSE评分、改良Barthel指数均呈负相关,FA值、NAA/Cr与MMSE评分、改良Barthel指数均呈正相关($P<0.05$)。结论 基于多模态MRI成像检查发现,rTMS联合认知训练更有助于改善TBI患者的认知功能,可能与多模态MRI可有效评估患者脑白质损伤情况、局部神经元功能有关。

【关键词】创伤性脑损伤;重复经颅磁刺激;多模态磁共振成像;认知训练;认知障碍

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】云南省康复临床医学中心科研
培育项目(KFZX202015PY)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.11.009

Base on Multimodal Magnetic Resonance Imaging to Explore the Rehabilitation Effect and Imaging Mechanism of rTMS Combine with Cognitive Training on Cognitive Impairment in TBI Patients*

LIU Qiao-lin¹, YANG Wen-xian¹, YE Fang², HU Yao², WANG Wen-yi¹, LIU Xiao-dan¹, ZHANG Li¹, ZHAO Ying^{3,*}

1.Department of Rehabilitation Medicine, Qujing First People's Hospital, Qujing 655000, Yunnan Province, China

2.Imaging Medical Center, Qujing First People's Hospital, Qujing 655000, Yunnan Province, China

3.Department of Rehabilitation Medicine, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650000, Yunnan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the rehabilitation effect and imaging mechanism of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combine with cognitive training on cognitive impairment in traumatic brain injury (TBI) patients base on multimodal magnetic resonance imaging (MRI). **Methods** From January 2021 to June 2023, 60 TBI patients who were admitted to the Qujing Affiliated Hospital of Kunming Medical University were selected. The patients were divided into control group (cognitive function training) and observation group (rTMS combine with cognitive function training) by random number table method, 30 cases in each group. The changes of multimodal MRI related parameters, mini-mental state examination (MMSE) score and activities of daily living (modified Barthel index) scale were compared in two groups before and after treatment. The correlation between multimodal MRI related parameters and MMSE score and modified Barthel index were analyzed by Spearman test. **Results** The fractional anisotropy (FA) values of anterior limb of internal capsule (AIC), posterior limb of internal capsule (PIC), external capsule (EC), splenium of corpus callosum (SCC), genu of corpus callosum (GCC) and middle cerebellar angle (CH) in two groups after treatment were higher than those before treatment, especially in observation group ($P<0.05$). Choline/creatine (Cho/Cr) and Cho/N-acetylaspartate (NAA) in two groups after treatment were lower than those before treatment, NAA/Cr, MMSE score and modified Barthel index score were higher than those before treatment, and the improvement effect in observation group was better ($P<0.05$). Cho/Cr and Cho/NAA were negatively correlated with MMSE score and modified Barthel index, while FA value and NAA/Cr were positively correlated with MMSE score and modified Barthel index ($P<0.05$). **Conclusion** Base on multimodal MRI imaging examination, it is found that rTMS combine with cognitive training is more helpful to improve the cognitive function of TBI patients, which may be relate to the effective evaluation of white matter injury and local neuron function by multimodal MRI.

Keywords: Traumatic Brain Injury; Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation; Multimodal Magnetic Resonance Imaging; Cognitive Training; Cognitive Impairment

创伤性脑损伤(trumatic brain Injury, TBI)属于一种脑组织器质性损伤疾病。据相关数据调查发现,20%的患者会存在永久性的神经认知功能障碍,对患者认知功能、生活质量造成严重影响^[1-2]。目前临床对于认知功能障碍患者采取药物、认知功能训练、高氧压等治疗,认知功能训练是临床治疗TBI患者的常用方式,但存在治疗周期长、部分患者疗效欠佳等不足。故急需一种简单、快捷且有效的方法用于认知功能障碍的治疗。重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)可帮助重组脑损伤后的神经网络,改善TBI患者认知功能障碍^[3-4]。随着影像检查技术的不断发展,多模态磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)在TBI患者的早期诊断及检查中广泛应用,可快速、准确地检测出脑部组织可能存在的创伤性改变,磁共振弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)和磁共振波谱成像(magnetic resonance spectrum Imaging, MRSI)是磁共振功能成像技术,在中枢神经系统疾病检测及研究中应用广泛,既往也可用于TBI的检测和诊断^[5]。本研究基于多模态MRI观察rTMS联合认知训练对TBI患者认知功能障碍的康复效果,以期临床治疗TBI后认知功能障碍提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月至2023年6月,由昆明医科大学曲靖附属医院收治的60例TBI患者。

纳入标准:均符合创伤性颅脑损伤相关诊断标准^[6];年龄18~65岁;小学以上文化程度;颅脑既往无损伤史;无MRT检查禁忌证,且生命体征无异常;均为右利手;简易精神状态检查(mini-mental state examination, MMSE)评分12~21分;患者知情,并签署同意书。排除标准:伴其他精神疾病或痴呆、癫痫等患者;存在沟通、交流、听力

【第一作者】刘乔林,男,主管技师,主要研究方向:神经康复及影像诊断。E-mail: Huyao18313002022@163.com

【通讯作者】赵 莹,女,副主任医师,主要研究方向:脑神经。E-mail: 13888557295@139.com

障碍等无法配合检查者；同时参与临床其他研究者；处于癫痫发作期患者。本研究通过我院医学伦理委员会审批。

采用随机数字表法将患者分为对照组(认知功能训练)与观察组(rTMS联合认知训练)，各30例。对照组男21例，女9例；年龄范围21~50岁，平均年龄(43.78±4.98)岁；发病原因：车祸16例，外力击打伤5例，坠落伤9例；损伤程度：轻度11例[格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)评分^[7]：13~15分]，中度19例(GCS评分：9~12分)。观察组男18例，女12例；年龄范围20~49岁，平均年龄(44.89±5.01)岁；发病原因：车祸15例，外力击打伤7例，坠落伤8例；损伤程度：轻度13例(GCS评分：13~15分)，中度17例(GCS评分：9~12分)。两组一般资料比较无差异(P>0.05)。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 对照组在此基础上接受认知功能训练：包括注意力、空间知觉、视知觉方面的训练，可通过游戏，比如打地鼠、图像识辨、走迷宫、拼图等方面的游戏来进行训练；判断推理：可通过找茬及消灭星星等类型游戏来找差别与错误，同时训练患者的判断推理、思维操作等能力。每次治疗30min，每天治疗1次，每周治疗5天，治疗时间为3个月。

观察组在对照组基础上接受rTMS治疗：治疗仪选用MagTD 80磁刺激仪，将“8”字形刺激线圈放置于健侧前额叶区，低频1-2 mA，刺激频率为1 Hz，刺激3 s，每间隔9 s刺激一次，16min/次，1d/次，5d/周，治疗时间为3个月。

1.2.2 多模态MRI检查 两组均于治疗前后进行多模态MRI检查：采用荷兰Philips公司生产的Achieva 3.0T磁共振系统。DTI检查扫描参数重复时间/回波时间(repeat time/echo time, TR/TE)9999/89.2 ms，视野240 mm×240 mm，1次采集，b=1000 s/mm²，层厚5mm，每个患者扫描24~26层。MRSI检查在横轴位FLAIR或者T₂WI上进行定位，感兴趣区(region of interest, ROI)定在双侧大脑半球额叶，在双侧脑室体部上一层面定位，避开常规序列上的出血、水肿等病灶区域。扫描方法采用二维多体素波谱扫描PRESS序列，TR/TE1000/144ms，频率编码设定为16，频率编码方向A/P，ROI周围自动设定7条饱和带，体素厚10mm，NEX1，FOV 240mm，二定位后先行预扫描，水抑制、匀场等均由自动预扫描程序完成，半高全宽控制在11hz内，水抑制效果要求大于96%。若扫描两次后自动匀场仍不满足要求，可通过调整ROI大小、位置及手动匀场，满足要求后在进行扫描，波谱扫描时间4分28秒。

数据处理：将DTI 图像传入相应工作中获取患者表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图及各向异性分数(gractional anisotropy, FA)图。选取大脑半球6个

ROI，ROI基本为椭圆形，大小约为20-50像素(相当于面积10-30mm²)。这6个ROI分别是：双侧内囊前肢(anterior limb of internal capsule, AIC)与内囊后肢(posterior limb of internal capsule, PIC)，外囊(external capsule, EC)，胼胝体压部(splenium of corpus callosum, SCC)，胼胝体膝部(genu of corpus callosum, GCC)，小脑中角(cerebellar horn, CH)。磁共振波谱原始数据后处理时，由软件自动完成，包括胆碱(choline, Cho)、肌酸(creatine, Cr)、N-乙酰天门冬氨酸(N-acetylaspartate, NAA)，并计算Cho/Cr、Cho/NAA、NAA/Cr，取两组平均值进行统计。

1.3 观察指标 (1)观察两组患者治疗前、后的多模态MRI相关参数，即FA值、MRSI检查主要代谢产物比值；

(2)观察两组治疗前、后简易精神状态检查量表(mini-mental state examination, MMSE)评分^[8]和日常生活活动能力(改良Barthel指数)量表^[9]评分。采用MMSE量表评估患者认知功能，MMSE量表共计30分；Barthel指数量表评估患者日常生活能力，总分为100分。分数越高，患者认知功能改善情况、日常生活能力越好。

1.4 统计学方法 采用SPSS 25.0软件进行统计分析。计量资料符合正态分布以($\bar{x} \pm s$)描述，两组间比较行独立t检验，同组间比较配对t检验；计数资料以n(%)表示，组间比较行 χ^2 检验。采用Spearman检验分析多模态MRI相关参数与MMSE评分、改良Barthel指数的相关性。以P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组治疗前、后各部位FA值比较 两组治疗前，AIC、PIC、EC、SCC、GCC及CH的FA值组间对比未见差异(P>0.05)，两组治疗后AIC、PIC、EC、SCC、GCC及CH的FA值均较治疗前升高，以观察更高(P<0.05)。见表1、图1。

2.2 两组治疗前、后MRSI检查主要代谢产物比值比较 两组治疗前，Cho/Cr、Cho/NAA、NAA/Cr组间对比未见差异(P>0.05)，两组治疗后Cho/Cr、Cho/NAA较治疗前降低，NAA/Cr均较治疗前升高，且观察组改善程度大于对照组(P<0.05)。见表2。

2.3 两组治疗前后MMSE评分、改良Barthel指数评分比较 治疗后，两组上述评分均高于治疗前，以观察组增高更为明显(P<0.05)。见表3。

2.4 多模态MRI相关参数与MMSE评分、改良Barthel指数评分的相关性 Spearman检验分析结果显示，Cho/Cr、Cho/NAA与MMSE评分、改良Barthel指数评分均呈负相关，FA值、NAA/Cr与MMSE评分、改良Barthel指数评分均呈正相关(P<0.05)。见表4。

表1 两组治疗前、后各部位FA值比较

组别	AIC		PIC		EC	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组(n=30)	0.61±0.12	0.79±0.15 [*]	0.57±0.12	0.81±0.21 [*]	0.55±0.09	0.74±0.13 [*]
对照组(n=30)	0.62±0.13	0.71±0.14 [*]	0.56±0.11	0.64±0.15 [*]	0.54±0.08	0.67±0.11 [*]
t值	0.310	2.136	0.336	3.608	0.455	2.251
P值	0.758	0.037	0.738	0.001	0.651	0.028
续表1						
组别	SCC		GCC		CH	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组(n=30)	0.53±0.11	0.78±0.17 [*]	0.59±0.11	0.80±0.18 [*]	0.64±0.08	0.82±0.18 [*]
对照组(n=30)	0.52±0.09	0.65±0.13 [*]	0.58±0.12	0.69±0.16 [*]	0.63±0.07	0.73±0.11 [*]
t值	0.385	3.327	0.336	2.502	0.515	2.337
P值	0.701	0.002	0.738	0.015	0.608	0.023

注：^{*}与同组治疗前比较，P<0.05。

表2 两组治疗前、后MRSI检查主要代谢产物比值比较

组别	Cho/Cr		Cho/NAA		NAA/Cr	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组(n=30)	2.45±0.59	1.59±0.21 [*]	1.46±0.53	0.61±0.23 [*]	1.98±0.24	2.45±0.55 [*]
对照组(n=30)	2.53±0.54	1.91±0.26 [*]	1.34±0.51	0.83±0.35 [*]	1.96±0.25	2.03±0.29 [*]
t值	0.548	5.244	0.894	2.877	0.316	3.700
P值	0.586	<0.001	0.375	0.006	0.753	<0.001

注：与同组治疗前比较，^{*}P<0.05。

表3 两组MMSE评分、改良Barthel指数评分比较(分)

组别	MMSE评分		改良Barthel指数	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组(n=30)	16.63±2.52	26.43±3.87 [*]	35.94±4.03	79.63±10.57 [*]
对照组(n=30)	17.01±2.11	22.52±3.25 [*]	36.36±5.64	60.13±9.63 [*]
t值	-0.633	4.238	0.332	7.469
P值	0.529	<0.001	0.741	<0.001

注：与同组治疗前比较，^{*}P<0.05。

表4 多模态MRI相关参数与MMSE评分、改良Barthel指数的相关性

参数	MMSE评分		改良Barthel指数评分	
	rs值	P值	rs值	P值
FA值	0.634	<0.001	0.623	<0.001
Cho/Cr	-0.511	<0.001	-0.466	<0.001
Cho/NAA	-0.568	<0.001	-0.491	<0.001
NAA/Cr	0.542	<0.001	0.512	<0.001

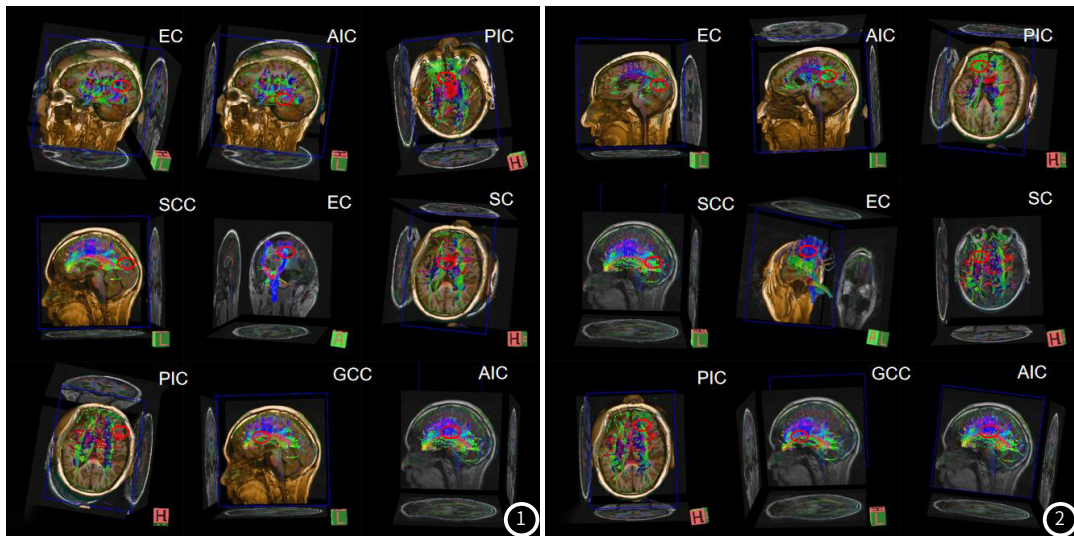


图1 观察组治疗前各感兴趣区磁共振弥散张量成像，见各脑区白质纤维素减少，并记录FA值。

图2 观察组治疗后各感兴趣区磁共振弥散张量成像，见相应脑区白质纤维素明显增加。

3 讨 论

近年来，随着社会工业化发展，由交通、基建等造成的伤病和死亡逐年增加，TBI居创伤性外伤病死率的首位，具有较高的致残率和致死率^[10]。TBI常会伴随神经认知功能障碍，但其发病机制较为复杂，主要是由于发生Ca²⁺内流，导致无氧环境乳酸堆积、氧自由基释放过量及兴奋性神经递质和钙稳态失衡等一系列的病理生理变化，导致脑缺血、组织损伤、坏死、凋亡、神经炎症等改变。临床为改善患者预后并降低肢体残疾率，对TBI患者的治疗强调运动功能的训练，忽视了认知功能方面的训练，使得部分患者错过治疗认知功能的最佳时间，患者生活质量受到影响。rTMS是一种可用于治疗认知功能障碍类疾病的新型神经电生理技术，该方法运用磁场对大脑皮层的作用影响神经细胞间的电

活动，同时可通过改变大脑局部兴奋来改善其代谢状况，以达到修复脑损伤的目的^[11-13]。李霞清^[14]等人发现，认知功能康复训练在改善患者记忆力、注意力等方面效果良好。马将^[15]等人的研究显示通过分析rTMS、认知训练联合更有助于改善脑卒中患者的认知功能，促进患者康复。多模态MRI可应用于TBI的脑组织损伤诊断，有效降低漏诊率，协助临床及时、合理地干预治疗，多模态MRI也可应用于老年患者术后认知功能障碍的评估。

本研究发现，与对照组相比，观察组治疗后MMSE评分、改良Barthel指数评分更高。说明rTMS联合认知训练可提高患者日常生活能力，更有助于改善其认知功能。究其原因可能与单一认知训练相比，rTMS更有助于改善患者神经突触频率，还可以刺

激患者大脑的神经功能重组，因此治疗效果更佳^[16-17]。近年来，随功能影像学技术的发展，MRI成像技术是目前脑功能研究的热点之一。既往研究发现，MRI具有可重复性、重测信度良好等优势，脑卒中患者经rTMS治疗后认知功能明显改善，经MRI检查可有效评估其认知功能状况^[18]。DTI、MRSI均是MRI的成像技术，对比于常规影像上表现正常的区域，TBI患者可见MRSI中各种代谢物比值改变，DTI中各FA值降低，且DTI和MRSI的改变情况与TBI患者严重程度和预后有关^[19]。目前研究认为，TBI可导致患者脑内组织的损伤、神经递质及相关受体变化；同时还可引发神经细胞缺失和凋亡、轴索损伤和突触功能障碍，最终导致患者出现认知功能障碍^[20]。梅浩男^[21]等人研究发现TBI患者大脑内侧颞区、背外侧前额叶皮层以及皮质下白质束损伤与认知功能障碍存在紧密联系。而DTI可有效显示脑组织的弥散特性，MRSI检测的脑内代谢物可反映脑损伤程度。本研究结果显示，观察组治疗后的FA值、MRSI检查脑内主要代谢产物比值较对照组改善更明显。可见基于多模态MRI应用于评估rTMS联合认知训练治疗TBI的疗效较好，多模态MRI检查结果提示该脑区神经元自发活动减少，可抑制异常的神经冲动，患者脑白质损伤情况、局部神经元功能有所改善，从而促进患者认知功能恢复。此外，本研究还发现，TBI患者的MMSE评分、改良Barthel指数与FA值、脑内代谢物比值均存在相关性。提示多模态MRI检查结果可用于评估TBI患者神经组织损伤程度。李惠^[22]等人在脑小血管病丘脑的MRSI成像与认知功能相关性的研究中发现，MRSI成像主要代谢产物比值与患者认知功能相关性显著。李妍平^[23]等人研究则发现，DTI参数与皮质下缺血性血管病患者认知功能呈正相关，但有关其具体机制仍有待进一步探讨。

综上所述，基于多模态MRI成像检查发现，rTMS联合认知训练更有助于改善TBI认知功能，可能与多模态MRI可评估患者脑白质损伤、局部神经元功能改善情况有关。

参考文献

[1]赵昕钰,张伟. 创伤性脑损伤影像研究进展[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(7): 176-178.

[2]孙飞月,李云. MRI联合MRS在脑胶质瘤复发、假性进展和放射性脑损伤中鉴别诊断中的运用价值[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(6): 22-25.

[3]李新华,张晶晶,刘娜,等. 高频重复经颅磁刺激联合Brunnstrom分期训练对脑卒中恢复期患者康复效果的影响[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(6): 1081-1084, 1140.

[4]张瑞媿,秦义婷,殷稚飞. 重复经颅磁刺激对创伤性脑损伤后功能障碍影响的研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(9): 856-860.

[5]王晶萍,闫琼,吴晓明,等. 颅脑超声、MRI结合血清HIF-1a在新生儿脑损伤诊断、预后评估中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(10): 7-9.

[6]习志强,孙晓立,马力. 神经外科疾病诊断标准[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2009: 35-40.

[7]Sternbach GL. The Glasgow coma scale[J]. J Emerg Med, 2000, 19(1): 67-71.

[8]Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician[J]. J Psychiatr Res, 1975, 12(3): 189-198.

[9]闵瑜,吴媛媛,燕铁斌. 改良Barthel指数(简体中文版)量表评定脑卒中患者日常生活活动能力的效度和信度研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2008, 30(3): 185-188.

[10]Giner J, Mesa Galán L, Yus Teruel S, et al. Traumatic brain injury in the new millennium: new population and new management[J]. Neurologia (Engl Ed), 2022, 37(5): 383-389.

[11]程俊凯,罗耀文,李娟,等. 重复经颅磁刺激上调DJ-1表达改善小鼠创伤性脑损伤后功能障碍的研究[J]. 中华神经创伤外科电子杂志, 2022, 8(5): 261-268.

[12]吕志剑,李敬亮,王国胜. 不同频率重复经颅磁刺激对急性脑梗死后吞咽障碍的康复效果比较[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(02): 23-25, 40.

[13]Tsai PY, Chen YC, Wang JY, et al. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on depression and cognition in individuals with traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 16940.

[14]李霞清,王洪梅. 早期康复训练对颅脑损伤患者认知及上下肢运动功能的影响研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2017, 26(4): 448-450, 456.

[15]马将,李红,张俊,等. 低频重复经颅磁刺激联合认知训练对脑卒中后认知障碍患者甲状腺激素水平及认知功能的影响[J]. 河北医药, 2021, 43(16): 2436-2441.

[16]Wright DK, Mayo JN, Sun M, et al. Contrast enhanced magnetic resonance imaging highlights neurovasculature changes following experimental traumatic brain injury in the rat[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 21252.

[17]Lefaucheur JP, 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.

[18]包元飞,杜朝品,顾玉玲,等. 基于任务态fMRI的rTMS促进脑卒中伴运动功能障碍患者运动功能恢复及其机制的研究[J]. 中国现代医学杂志, 2021, 31(9): 23-29.

[19]Snyder EJ, Perin J, Chavez-Valdez R, et al. Head ultrasound resistive indices are associated with brain injury on diffusion tensor imaging magnetic resonance imaging in neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. J Comput Assist Tomogr, 2020, 44(5): 687-691.

[20]刘溪林,周梦良,江晓春,等. 创伤性脑损伤后认知功能障碍的研究进展[J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(10): 791-792.

[21]梅浩男,马将,史万英,等. 基于静息态fMRI重复经颅磁刺激对低甲状腺激素水平脑卒中后认知障碍患者康复治疗效果分析[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2022, 22(11): 932-939.

[22]李惠,王翔,金朝林,等. 脑小血管病丘脑的¹H-MRS成像特点及其与认知功能相关性研究[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(5): 669-673.

[23]李妍平,董小林,李京辉,等. ERP联合DTI对脑小血管病相关认知功能障碍的初步研究[J]. 卒中与神经疾病, 2021, 28(6): 661-666.

(收稿日期: 2023-12-15) (校对编辑: 翁佳鸿)