

·特约稿·

# 外周联合中枢双靶磁刺激促进脑卒中运动功能障碍康复专家共识\*

朱光跃<sup>1,2</sup> 陈思韵<sup>2</sup> 霍聪聪<sup>3</sup> 李鑫<sup>4</sup> 陈玉辉<sup>5</sup> 何晓阔<sup>6</sup> 胡瑞萍<sup>7</sup> 黄勇<sup>8</sup> 刘浩<sup>9</sup> 吕泽平<sup>10</sup>  
毛梦钗<sup>2</sup> 沈霞<sup>11</sup> 沈滢<sup>12</sup> 孙莉敏<sup>7</sup> 陶吉明<sup>13</sup> 王永慧<sup>14</sup> 窦祖林<sup>4,15</sup> 李增勇<sup>3,15</sup> 许东升<sup>1,2,13,15</sup>

重复外周磁刺激(repetitive peripheral magnetic stimulation, rPMS)作为一种远隔神经肌肉刺激模式正在运用于临床,发挥双向的神经激活作用,其疗效也在临床研究中得到证实<sup>[1]</sup>。rPMS常与重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)联合使用,形成了外周联合中枢双靶点磁刺激<sup>[2]</sup>。但目前rPMS及其与rTMS联合临床应用尚无统一认识,缺乏规范化。在此背景下,本专家共识团队根据现有临床研究和临床实践经验对rPMS及其与rTMS联合使用进行了总结并给出推荐意见。

## 1 概述

### 1.1 概念

rPMS是指使用磁刺激线圈直接干预外周神经和肌肉,从而达到促进运动功能恢复的目的的新型磁刺激模式<sup>[3]</sup>。rPMS联合rTMS双靶磁刺激是指在同一患者外周和中枢先后进行磁刺激治疗<sup>[2]</sup>。感觉运动环路是rPMS发挥作用的结 构基础。rPMS通过线圈磁场形成环形微电流直接刺激周围神经及附近肌肉,通过促进感觉上传、激活外周神经肌肉提高运动功能。此外,近年来的rPMS技术也在不断优化,其中外周神经根刺激技术(repetitive nerve root magnetic stimulation, rRMS),在诸多方面有特殊优势,包括对自下而上的本体感觉激活、脊髓小回路运动控制的调控、远端神经的功能维护等,已经得到了更多的关注和推广应用<sup>[4-7]</sup>。

### 1.2 目的

本次专家共识将通过既往研究结果及临床实践经验,对外周磁刺激及其与中枢磁刺激联合使用方案进行优化和规范,制定适合临床使用的外周联合中枢磁刺激干预方法和临床流程。旨在提高外周联合中枢磁刺激治疗的安全性、有效

性和适应证,推广外周联合中枢磁刺激康复治疗新技术,以及为推动磁刺激康复治疗技术深入研究提供参考模式。

### 1.3 原则与优势

rPMS/rRMS患者耐受性好,不良反应少,脑卒中患者生命体征稳定后即可进行,是促进临床康复一体化工作的重要适宜技术。

除外周禁忌证外,接受rTMS治疗患者均可同时施加rPMS/rRMS治疗以提高疗效。

rPMS联合rTMS刺激需要在康复评定的基础上有序制定康复方案,目前首推先外周后中枢的感觉运动环路时序刺激方案,间歇期在刺激的有效延时效应内(20—30min内)。

rPMS联合rTMS通过感觉上传激活感觉运动环路促进运动功能恢复时,推荐先刺激外周再干预中枢。rRMS可同 时有效调控脊髓回路,刺激参数选择与肌张力状态相关。

rPMS主要以高频为主。对肌张力增高和肌痉挛,针对神经根的rRMS外周调控参数选择(高频或低频)及其有效性仍在探索中。rTMS中枢调控对肌痉挛效果不确定。

rPMS/rRMS及其与rTMS联合使用对脑卒中的康复效果,仍需要大样本多中心研究,以获充分的验证。

### 1.4 疗效分析

外周磁刺激疗效已经得到诸多临床研究验证,外周磁刺激作为中枢磁刺激的协同作用和生物行为的起点,在感觉运动环路的重建过程中发挥重要作用,双侧或患侧的外周磁刺激可最大可能地自下而上通过本体感觉和浅感觉激活大脑皮层,促进目标性运动学习和认知,继而有效激活运动皮层;在临床实践中,很多患者无法测得患侧运动诱发电位(motor evoked potential, MEP),中枢刺激无法有效下传。rPMS直接激活运动环路以及外周神经肌肉,弥补中枢磁刺激的不

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.07.003

\*基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFC2004200)

1 同济大学,200092; 2 上海中医药大学中医智能康复教育部工程研究中心; 3 国家康复辅具研究中心; 4 中山大学附属第三医院; 5 同济大学附属同济医院; 6 厦门大学附属第一医院翔安院区; 7 复旦大学附属华山医院; 8 上海市普陀区中心医院; 9 潍坊医学院康复医学院; 10 国家康复辅具研究中心附属康复医院; 11 同济大学附属养志康复医院; 12 南京医科大学第一附属医院; 13 上海中医药大学附属曙光医院; 14 山东大学齐鲁医院; 15 通讯作者  
第一作者简介:朱光跃,男,博士研究生; 收稿日期:2023-02-17

足;此外,外周磁刺激直接刺激周围神经和肌肉,可以有效解决“最后通路”的激活与维持问题。在上述三大优势中,rRMS作为神经根刺激,具有最明确的优越性,目前已在推广应用。多项临床研究也证实,外周磁刺激联合中枢磁刺激疗效优于单纯中枢磁刺激<sup>[4,8-9]</sup>。

## 2 外周联合中枢磁刺激临床应用

### 2.1 适应证与禁忌证

**2.1.1 适应证:**①脑卒中运动功能障碍恢复期患者,特别是皮质脊髓束受损引起的运动功能障碍;②脑卒中偏瘫侧难以测得MEP或MEP波幅较小的患者;③脑卒中重症和急性期运动康复期患者。

**2.1.2 相对禁忌证:**①体内存在金属异物或有其他植入体内电子装置,距离刺激部位超过50cm;②肌张力过高:磁刺激(特别是外周磁刺激)即时效应会引起肌肉收缩,在肌张力过高(改良Ashworth痉挛评定量表3—4级)患者中可能导致肌肉拉伤。在治疗时可从能引起目标肌肉最小收缩强度刺激开始治疗,一旦出现肌肉疼痛、肌张力升高等不适当停止治疗;③目标肌肉急性损伤:外周磁刺激引起肌肉产生较为激烈的收缩,可能加剧肌肉损伤。在治疗时可选择不引起肌肉收缩的神经根外周刺激模式,一旦出现肌肉疼痛等不适当停止治疗;④癫痫:磁刺激可能诱发癫痫(中枢刺激总发生率约<0.003%,单纯外周刺激未见报道癫痫发生),在治疗时需确保患者未服用明确降低癫痫阈值药物(如丙咪嗪、阿米替林等)<sup>[10]</sup>。

**2.1.3 绝对禁忌证:**①体内(特别是刺激点周围10cm范围内)有金属异物或有其他植入体内电子装置等;②重症肌无力、肌萎缩侧索硬化等消耗性疾病晚期;③刺激点周围皮肤破溃感染;④恶性肿瘤等使用物理刺激可能导致扩散的疾病;⑤外周磁刺激应用于妊娠期女性。

### 2.2 评估技术

**2.2.1 康复评定量表:**康复量表是评估患者功能状态和干预疗效的常用方法。目前临床研究中主要使用Fugl-Meyer运动评估量表评估上肢运动功能;10m步行试验、Berg平衡量表评估步行及平衡功能;改良Ashworth量表和改良Tardieu量表评估上下肢痉挛状态。在临床实践中需要多次评估患者功能以调整治疗方案,Fugl-Meyer运动评估量表、Berg平衡量表等较为复杂,条目较多,增加了临床工作负担。建议选取患者异常条目用于后续复评。

**2.2.2 诱发电位和肌电图:**推荐运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)和体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)评估感觉运动传导通路功能,通过静息运动阈值(resting motor threshold, rMT)制定中枢刺激强度。与中枢rMT测定类似,外周也可测得rMT,正常值约为

20%中枢rMT,可作为标定外周刺激强度的参数。推荐肌电图检测运动传导速度、H波、F波等周围神经、神经肌肉接头和牵张反射相关参数,评估外周神经反应和反射。

**2.2.3 功能性近红外光谱脑成像技术:**功能近红外光谱脑成像技术操作简单,抗干扰能力强,可以多次重复进行检测。推荐使用功能近红外光谱脑成像技术评估卒中后运动功能康复全过程皮层功能重组<sup>[11]</sup>。主要指标包括激活强度、激活区域、功能连接变化等。推荐使用多模态脑功能成像技术(fMRI/EEG/fNIRS)阶段性全面评估全脑功能重组。

### 2.3 参数推荐

**2.3.1 脑卒中后上肢运动功能障碍的外周靶点选择与方案。**

**痉挛状态:**目前rPMS干预缓解痉挛的研究较为多样,参数复杂,无法形成有效的系统性分析。总的来说,多数研究证实rPMS治疗可以缓解脑卒中后上肢痉挛,但暂无实质性证据证明该疗效存在高低频区别<sup>[12-15]</sup>。在这些研究中,高频刺激往往是有效的。也有通过1Hz低频刺激改善脑卒中和脊髓损伤的个案报道,需要进一步大样本的验证<sup>[16]</sup>。rPMS对后遗症期痉挛的缓解往往是短期的,一般治疗2—3周后在1个月内疗效逐步减退,需要继续治疗。建议根据患者肌张力状态予以周期性治疗以维持疗效。鉴于肌张力的变化是实时的,建议根据患者肌张力的实时变化调整刺激参数以获得最好的治疗效果。

**临床推荐方案:**刺激部位:推荐圆形线圈刺激目标神经根(rRMS)、神经束或直接刺激痉挛肌肉相对应的拮抗肌;刺激参数:高频(20Hz),刺激2s,间隔3s,每次治疗总共1200脉冲。刺激强度:逐步增加强度以达到目标肌肉或相关关节出现显著活动。刺激模式:每天治疗1次,每周治疗5天;推荐14天为1个疗程。

**运动功能障碍:**rPMS促进上肢运动功能恢复在多个临床研究中得到证实。刺激频率大多为高频,刺激部位多为直接刺激肌肉(如上肢屈伸肌群)<sup>[17-19]</sup>。rPMS治疗上肢运动功能障碍的疗效较为明确,且刺激参数与抑制痉挛的参数类似。与肌张力不同,运动功能恢复需要在治疗一段后才能确定该参数是否有效,建议每两周评定1次上肢功能或手功能,以评估康复疗效。

**临床推荐方案:**部位:推荐圆形线圈刺激神经根(rRMS)、神经束或直接刺激痉挛肌肉相对应的拮抗肌;刺激参数:高频(20Hz),刺激2s,间隔3s,每次治疗总共1200—2500脉冲;刺激强度:逐步增加强度以达到目标肌肉或相关关节出现显著活动。刺激模式:每天治疗1次,每周治疗5天;推荐21天为1个疗程。

**2.3.2 脑卒中后上肢运动功能障碍的外周联合中枢靶点选择与方案:**多项临床研究也证实高频rPMS联合高频rTMS可以改善患者运动功能及活动能力,缩短MEP潜伏期和

枢运动传导时间(central motor conduction time, CMCT),且对卒中后运动功能障碍的疗效更佳<sup>[4,8,20-22]</sup>。配对关联刺激(paired-associative stimulation, PAS)是指由低频重复正中神经电刺激与对侧运动皮层的TMS相结合组成恒定刺激间歇的配对刺激模式, rPMS与rTMS配对刺激正是在这一模式基础上进行的方法学和设备改进。该模式在神经重塑机制上可以更好地促进功能恢复,但目前临床实践较少,技术要求较高。

**临床推荐方案:**中枢:圆形线圈刺激上肢或手对应的M1;推荐强度80%—120%rMT(患侧无法测得MEP患者可参考健侧,下同);推荐5—30Hz;刺激2s,间隔5s;共刺激1200脉冲。外周:圆形线圈刺激神经根(rRMS)、神经干或肌肉;刺激强度为能引起目标肌肉运动的最小强度;推荐5—15Hz;刺激2s,间隔3s,每次治疗总共1200—2400脉冲。刺激顺序:推荐先外周再中枢(非配对);刺激时程:每天治疗1次,每周治疗5天;推荐21天为1个疗程。

**2.3.3 上肢磁刺激治疗与康复治疗技术:**在经颅磁刺激与外周磁刺激联合使用后,上肢康复治疗可随后立即进行<sup>[18]</sup>。为了强化患者的上肢功能训练程度,作业治疗方案一般包括两个部分,第一部分是治疗师与患者的一对一康复训练,旨在引导和重塑患者的上肢运动模式和重复性任务练习技术的应用。重塑任务的目的是让患者学习新的运动模式。重复性任务训练则让患者进行相同任务的大量重复以起到运动保留的目的。第二部分的训练是患者自身为主导的自我监督训练。这一阶段的训练方案由负责患者的治疗师根据个人需要和患侧上肢的运动功能来确定,为患者设计多个与一对一训练相似的任务,鼓励患者在自我监督下进行30—60min的上肢训练。在每次自我锻炼之前,患者将接受书面指导语,由患者主动思考所需完成任务与一对一训练方案的相似之处,之后进行重复任务训练。

**临床推荐方案:**上肢运动功能训练及手功能训练推荐在进行磁刺激干预后的神经兴奋延迟期进行(30min内);上肢训练推荐以任务导向的训练为主;训练时长30—45min为宜。

**2.3.4 脑卒中后下肢运动功能障碍的外周靶点选择与方案。**

**痉挛状态:**研究表明下肢高频rPMS可以降低目标肌肉肌张力<sup>[12,23]</sup>。在临床实践中, rPMS对下肢痉挛的缓解似乎没有频率效应,只要使用rPMS干预外周神经或肌肉,均可在短时间内改善肌肉痉挛状态,但该疗效在后遗症期无法长期维持。一般治疗2—3周后在1个月内疗效逐步减退,需要继续治疗。同时,临床实践显示,高频rPMS可以更高效地刺激到更多目标肌肉和神经,患者接受度也较高。

**临床推荐方案:**刺激部位:推荐圆形线圈刺激目标神经根(rRMS)、神经束或直接刺激痉挛肌肉相对应的拮抗肌;刺

激参数:高频( $\geq 5\text{Hz}$ ),刺激2s,间隔3s,每次治疗总共2400脉冲。刺激强度:逐步增加强度以达到目标肌肉或相关关节出现显著活动。刺激模式:每天治疗1次,每周治疗5天;推荐21天为1个疗程。

**运动功能障碍:**与痉挛方案相比,下肢更高频率的rPMS可以改善步行速度、行走能力和平衡能力<sup>[3,24]</sup>。目前临床研究和实践中作用于下肢的高频rPMS频率均较高,达到20Hz以上,这是因为下肢肌肉控制的神经部位更深,且患者对下肢的耐受性更好。刺激部位多位于腰丛、腓窝或直接刺激目标肌肉。

**临床推荐方案:**刺激部位:推荐圆形线圈刺激神经根、神经束或直接刺激痉挛肌肉相对应的拮抗肌;刺激参数:高频(20—30Hz),刺激2s,间隔3s,每次治疗总共1200—2500脉冲;刺激强度:逐步增加强度以达到目标肌肉或相关关节出现显著活动。刺激模式:每天治疗1次,每周治疗5天;推荐21天为1个疗程。

**2.3.5 脑卒中后下肢运动功能障碍的外周联合中枢靶点选择方案:**外周联合中枢磁刺激治疗脑卒中后下肢运动功能障碍目前临床研究较少,仅有少量研究证实其可以提高患者下肢相关功能。但该方案在临床实践中被广泛应用。下肢神经支配的肌群分布范围较大,在使用rPMS时多先后刺激多块目标肌肉或神经(如坐骨神经、股神经、胫神经等)以达到充分激活目的。

**临床推荐方案:**刺激部位:中枢:推荐使用锥形线圈或深部线圈刺激下肢对应的M1;推荐强度80%—120%rMT;推荐5—30Hz;刺激2s,间隔5s;共刺激1200脉冲。外周:圆形线圈刺激神经根(rRMS)、神经干或肌肉;刺激强度为能引起目标肌肉运动的最小强度;推荐10—15Hz;刺激2s,间隔3s,每次治疗总共1200—2400脉冲。刺激顺序:推荐先外周再中枢(非配对);刺激时程:每天治疗1次,每周治疗5天;推荐21天为1个疗程。

**2.3.6 下肢磁刺激治疗与康复治疗技术:**有效的神经调控需要基于任务导向的康复训练协同,从而更大限度地发挥协同增强的作用。目前较为普遍采用的下肢康复训练内容包括本体感觉训练、核心肌群训练、肌肉耐力训练,关节活动度训练,痉挛训练、步态及平衡训练等。推荐康复训练安排在环路磁刺激治疗之后数小时的延迟期进行,训练时长为30—60min,总共进行4周的协同增强训练。磁刺激疗程结束后,可继续重复康复训练2—3疗程。

**临床推荐方案:**强化康复训练可在rPMS/rRMS刺激时同步进行或在rPMS/rRMS之后延时期进行,推荐数小时完成。与rTMS康复训练方案相同,总体时长为每天30—60min,每周3—5次,总共进行4—6周协同增强康复训练。

### 3 设备要求与操作规范

#### 3.1 外周联合中枢刺激技术环境与设备要求

外周联合中枢磁刺激分为两种模式:非配对联合和配对联合(PAS,电-磁或磁-磁)。非配对联合刺激是通过先激活感觉传导(rPMS/rRMS),再激活运动传导(rTMS),从而先后激活整个感觉运动环路。非配对单靶转换模式在常规rTMS设备上即可进行。配对联合刺激需要双排联动磁刺激和专业肌电图设备。在PAS模式中,需要测量体感诱发电位潜伏期作为外周和中枢刺激的刺激间隔(也可以使用感觉皮层20ms,运动皮层25ms的目前公认间隔时间)。此外对于脉冲时序依赖可塑性(spiking timing dependent plasticity, STDP)模式,则必须测量中枢到 $\alpha$ 运动神经元突触后膜的时间作为外周和中枢刺激的间隔,STDP技术有特殊要求,不在此共识中叙述。

#### 3.2 操作规范

**3.2.1 信息核查与知情:**治疗前核对患者信息,排除禁忌证;告知患者注意事项,包括可能存在刺激点疼痛、刺激后短期肌肉酸胀感,如有不适及时告知治疗师和医师以调整或停止治疗方案;去除患者身上电子设备、刺激点周围金属物品。

**3.2.2 体位摆放:**上肢刺激时推荐处于仰卧位,下肢刺激时推荐患者处于俯卧位以便于刺激到外周神经和肌肉。

**3.2.3 刺激参数设置:**可按推荐刺激参数进行设置,首次刺激时从较小刺激强度(外周刺激推荐从0.1T,即约5%最大刺激强度)向适宜刺激强度逐步增加,以提高患者的接受度。

**3.2.4 刺激点定位:**中枢刺激点定位与既往经颅磁刺激相同。外周刺激点选择包括神经根(rRMS)、神经丛、神经干、肌肉等。

**3.2.5 刺激点(靶区)定位:**上肢神经根刺激点(rRMS),选择为第七颈椎旁开0.5—1.5cm;神经丛刺激为臂丛,具体定位为肱骨与锁骨形成的夹角处;神经干刺激常取肘窝为刺激点;各肌肉刺激选择肌腹。下肢神经根刺激点(rRMS)选择为第三腰椎旁开1—2cm;神经丛刺激为腰丛,具体定位为两髂后上棘连线与后正中中线交点的外1/2;神经干刺激常取腘窝为刺激点;各肌肉刺激选择肌腹。

**3.2.6 刺激时序:**对于外周/中枢双靶点刺激,推荐先外周后中枢的感觉运动环路刺激模式。时间间隔在延迟期,推荐30min内转换靶区。对于上下肢的刺激需求,推荐隔日交替分别对上下肢进行双靶区刺激,以避免皮层的过度激活。

**3.2.7 刺激过程:**在任何1次刺激前需告知患者,避免患者紧张。对未接受过磁刺激治疗的患者建议先让患者用手感受磁刺激感觉。告知患者后正式进行干预,逐步调整参数至适宜参数。先进行外周刺激,再进行中枢刺激以激活感觉-运动环路。治疗中,注意观察患者反应并随时调整,必要时终止治疗。

**3.2.8 刺激结束:**将刺激线圈从患者刺激部位移开,告知患者治疗结束,询问患者有无不适。当患者处于卧位时,嘱患者缓慢起身,先坐后站,避免摔倒。

**3.2.9 治疗结束后及时记录治疗效果与其他情况,**定期与医师沟通并调整刺激方案。

#### 3.3 安全性及注意事项

rPMS作为一种康复治疗手段,其非侵入性、无痛的实施方式,使得其在应用的安全性方面有较好的保障。目前外周与中枢的磁电、磁磁联合刺激均未报道类似常规磁刺激特殊的不良反应,故rPMS及其联合TMS应用在安全性上与常规磁刺激并无显著不同<sup>[10]</sup>。

对于神经根刺激,在临床实践中发现过高的启动刺激频率和强度干预神经根时会引发患者的短暂疼痛,但一般30min后疼痛即可消失。不建议第1次对神经根施加高频率和高强度刺激,这与通过局部肌肉兴奋性评估远隔刺激效果的路径具有同步考虑的价值建议参数逐步增大,并询问患者感受,在患者能够耐受的情况下逐步达到目标强度。

### 4 小结和展望

rPMS对早期、重症、痉挛期的脑卒中运动功能障碍患者中具有重要作用,可通过远隔策略启动神经环路的调控和功能重塑。rPMS还可以直接激活脊髓小回路和下游的神经通路,维持肌张力和脊髓至肌肉的兴奋性。

rPMS作为新型神经调控模式,其发挥疗效的确切机制仍有待研究。作为rTMS衍生技术,目前尚无循证证据确认rPMS高低频差异与特定症状疗效的因果关系(如痉挛状态的高频或低频选择)。在此基础上,外周联合中枢磁刺激可以实现感觉运动全环路兴奋激活,对经典的rTMS技术实现了协同与补偿的双层价值。此外,患者对rPMS具有较好的耐受性,部分感觉rTMS刺激引起头痛患者可以进行rPMS治疗。

神经环路调控中的远隔rPMS外周模式,推荐更大范围和精准协同的感觉上传激活,由此工作组创新性地通过脊旁神经根刺激,发挥了更精准靶标和协同增强的调控作用,为神经调控技术的临床应用,特别对脊髓损伤、周围神经损伤、急重症早期康复等提供了更适宜的技术手段。

#### 参考文献

- [1] Pan JX, Jia YB, Liu H. Application of repetitive peripheral magnetic stimulation for recovery of motor function after stroke based on neuromodulation: a narrative review [J]. Brain Network Modulation, 2022, 1(1): 13.
- [2] 郑娅, 许东升. 多靶区协同增强神经环路调控:思考与创新[J]. 四川大学学报(医学版), 2020, 51(5): 587—591+582.
- [3] Kinoshita S, Ikeda K, Hama M, et al. Repetitive peripheral

- al magnetic stimulation combined with intensive physical therapy for gait disturbance after hemorrhagic stroke: an open-label case series [J]. *International Journal of Rehabilitation Research*, 2020, 43(3): 235—239.
- [4] 徐榕, 朱光跃, 王勇, 等. 外周磁刺激结合经颅磁刺激对脑卒中后上肢痉挛的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(8): 943—948.
- [5] 赵丹, 张也, 许东升. 双靶区神经环路磁刺激调控大鼠星形胶质细胞改善脊髓损伤运动功能的研究 [J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(11): 1284—1289.
- [6] 郑娅, 毛也然, 许东升. 神经调控技术在脊髓损伤康复中的应用与机制探讨 [J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(12): 1482—1488.
- [7] 杨琦, 赵丹, 陈玉辉, 等. 神经根磁刺激对慢性不完全性脊髓损伤大鼠髓鞘修复的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(5): 514—519.
- [8] 俞风云, 朱玉连, 梁思捷, 等. 经颅和外周磁刺激治疗脑卒中后上肢运动功能障碍的随机对照研究 [J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(5): 538—545.
- [9] 张永卿, 杨春花, 李新宇, 等. 经颅联合外周磁刺激对脑卒中患者上肢运动功能的影响 [J]. *现代中西医结合杂志*, 2022, 31(20): 2793—2797+2802.
- [10] 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]. *Clinical neurophysiology*, 2009, 120(12): 2008—2039.
- [11] 朱光跃, 郑娅, 徐榕, 等. 基于功能近红外光谱技术的高频重复磁刺激干预外周神经对皮层血流动力学反应的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(8): 938—942.
- [12] EL Nahas N, Kenawy FF, Abd Eldayem EH, et al. Peripheral magnetic theta burst stimulation to muscles can effectively reduce spasticity: a randomized controlled trial [J]. *Journal of Neuroengineering Rehabilitation*, 2022, 19(1): 1—7.
- [13] Werner C, Schrader M, Wernicke S, et al. Repetitive peripheral magnetic stimulation in combination with muscle stretch decreased the wrist and finger flexor muscle spasticity in chronic patients after CNS lesion [J]. *International Journal of Physical Medicine Rehabilitation*, 2016, 10(4): 1—6.
- [14] 李阳, 陈树耿, 王传凯, 等. 重复外周磁刺激对脑卒中患者上肢痉挛和运动功能的即刻影响 [J]. *中国康复理论与实* 践, 2018, 24(12): 1376—1379.
- [15] Fujimura K, Kagaya H, Endou C, et al. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on shoulder subluxations caused by stroke: a preliminary study [J]. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, 2020, 23(6): 847—851.
- [16] 顾春雅, 程媛, 赵丽娟, 等. rTMS刺激运动前区改善脊髓损伤后肌张力障碍1例报告 [J]. *四川大学学报(医学版)*, 2020, 51(5): 618—621.
- [17] Jiang YF, Zhang D, Zhang J, et al. A randomized controlled trial of repetitive peripheral magnetic stimulation applied in early subacute stroke: effects on severe upper-limb impairment [J]. *Clinical Rehabilitation*, 2022, 36(5): 693—702.
- [18] Krewer C, Hartl S, Müller F, et al. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on upper-limb spasticity and impairment in patients with spastic hemiparesis: a randomized, double-blind, sham-controlled study [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(6): 1039—1047.
- [19] 王超, 牛德旺, 吴文波. 重复外周磁刺激联合康复训练对脑卒中患者上下肢痉挛、运动功能的影响 [J]. *医学理论与实践*, 2021, 34(12): 2152—2153.
- [20] 严晶晶, 袁海峰, 张妮, 等. 中枢联合外周重复磁刺激对卒中后运动功能障碍的疗效 [J]. *华西医学*, 2021, 36(5): 588—594.
- [21] 夏菁, 郝又国, 陈缪存, 等. 高频重复经颅磁刺激结合外周磁刺激治疗脑卒中后肌痉挛的临床研究 [J]. *神经损伤与功能重建*, 2022, 17(8): 478—481.
- [22] Yang T, Li X, Xia P, et al. Effects of rTMS combined with rPMS on stroke patients with arm paralysis after contralateral seventh cervical nerve transfer: a case-series [J]. *The International Journal of Neuroscience*, 2022, 17(2023): 1—9.
- [23] Zschorlich VR, Hillebrecht M, Tanjour T, et al. Repetitive peripheral magnetic nerve stimulation (rPMS) as adjuvant therapy reduces skeletal muscle reflex activity [J]. *Frontiers in Neurology*, 2019, 10(2019): 930.
- [24] Suzuki K, Ito T, Okada Y, et al. Preventive effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on muscle atrophy in the paretic lower limb of acute stroke patients: a pilot study [J]. *Progress in Rehabilitation Medicine*, 2020, 5: 2020008.