

# 重复经颅磁刺激对不完全性脊髓损伤患者的临床疗效观察

孙剑渊<sup>1</sup>, 顾琦<sup>2</sup>, 吴勤峰<sup>3</sup>, 施加加<sup>1</sup>

**【摘要】** 目的:观察重复经颅磁刺激(rTMS)治疗 C4~T12 平面不完全性脊髓损伤患者神经性疼痛和脊髓功能独立性的疗效。方法:招募 C4~T12 平面脊髓损伤(ASIA C/D 级)患者 48 例,对入选患者随机区组法分为观察组和对照组,每组各 24 例。对照组患者在常规康复的基础上辅以安慰剂治疗(极低阈强度的经颅磁刺激治疗),观察组在常规康复的基础上辅以 80%阈强度的经颅磁刺激治疗,分别于治疗前和治疗 6 个月后评估 2 组患者的脑皮质运动诱发电位(MEP)和静息运动阈值(RMT)、疼痛简化 McGill 疼痛问卷(SF-MPQ)和脊髓功能独立性评估量表Ⅲ(SCIM-Ⅲ)。结果:治疗 6 个月后,观察组 MEP 波幅较治疗前及对照组明显提高( $P<0.05$ ),RMT 较治疗前及对照组明显下降( $P<0.05$ );对照组 MEP 波幅和 RMT 治疗前后比较差异无统计学意义。治疗后,观察组患者 SF-MPQ 各项评分均较治疗前明显下降(均  $P<0.05$ ),其中 PRI-S、PRI-T 及 VAS 评分更低于对照组(均  $P<0.05$ ),PRI-A 和 PPI 评分与对照组比较差异无统计学意义;对照组治疗前后 SF-MPQ 各项评分比较差异无统计学意义。治疗后,观察组患者 SCIM-Ⅲ 评分明显高于治疗前及对照组(均  $P<0.05$ ),对照组治疗前后比较差异无统计学意义。结论:在常规康复的基础上辅以重复经颅磁刺激可明显改善 C4~T12 节段不完全性脊髓损伤患者的神经性疼痛,提高患者运动功能独立性。

**【关键词】** 脊髓损伤;重复经颅磁刺激;神经性疼痛

**【中图分类号】** R49;R683.2 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2019.06.006

**Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of segment incomplete spinal cord injury** Sun Jianyuan, Gu Qi, Wu Qinfeng, et al. Kunshan Rehabilitation Hospital, Suzhou 215300, China

**【Abstract】 Objective:** To observe the effect of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on the spinal cord independence and the neuropathic pain in patients with spinal cord injury (C4-T12 incomplete injury). **Methods:** Forty-eight patients with C4-T12 spinal cord injury (Asia C/D grade) were enrolled, and were randomly divided into two groups, 24 in each group. The control group was treated with placebo (transcranial magnetic stimulation with extremely low threshold intensity) on the basis of routine rehabilitation, and the observation group was given repetitive transcranial magnetic stimulation (80% threshold intensity) on the basis of routine rehabilitation. Motor evoked potential (MEP), rest motor threshold (RMT), Short form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ) and Spinal Cord Independence Measure Ⅲ (SCIM-Ⅲ) were assessed before and 6 months after treatment. **Results:** After 6 months of treatment, MEP in observation group was significantly higher than that before treatment and control group ( $P<0.05$ ), and RMT was significantly lower than that before treatment and control group ( $P<0.05$ ). There was no significant difference in the MEP and RMT in the control group before and after treatment ( $P>0.05$ ). After 6 months of treatment, the scores of SF-MPQ in the observation group were significantly lower than those before treatment (all  $P<0.05$ ), the scores of PRI-S, PRI-T and VAS in the observation group were lower than those in the control group (all  $P<0.05$ ), but there was no significant difference in the scores of PRI-A and PPI in two groups; there was no significant difference in the scores of SF-MPQ in the control group before and after treatment ( $P>0.05$ ). After 6 months of treatment, the SCIM-Ⅲ score in the observation group was significantly higher than that in the control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** Adding rMTS on the basis of routine rehabilitation can significantly improve the spinal cord independence and the neuropathic pain in patients with spinal cord injury (C4-T12 incomplete injury).

**【Key words】** Spinal cord injury; Repetitive transcranial magnetic stimulation; Neuropathic pain

基金项目:苏州市科技计划项目(SYS201785);昆山市社会发展科技计划项目(KS1771)

作者单位:1. 昆山市康复医院,江苏 苏州 215300;2. 南通大学附属医院,江苏 南通 226000;3. 苏州科技城医院/南京医科大学附属苏州医院,江苏 苏州 215000

作者简介:孙剑渊(1991-),男,技师,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:顾琦,77194367@qq.com

脊髓损伤(Spinal Cord Injury, SCI)不仅造成患者损伤平面以下感觉和(或)运动的功能障碍,而且对患者的身心健康和日常生活质量造成严重的影响<sup>[1-2]</sup>,据报道 40%~81%的脊髓损伤患者伤后会出现神经性疼痛(neuropathic pain, NP),常表现为在损伤平面

附近的神经节段感觉区域有顽固的自发性疼痛,或触发性疼痛,或痛觉过敏等症状,在患者创伤后加重了其焦虑症状和抑郁症状<sup>[3]</sup>。已有研究表明 10Hz 频率重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)可促进不完全性脊髓损伤大鼠运动功能恢复<sup>[4]</sup>。据芬等<sup>[5]</sup>在 rTMS 对脊髓损伤后神经性疼痛及大脑皮质兴奋性影响的研究中证实, rTMS 可以改善脑皮质电生理状态。本研究旨在观察 C4~T12 不完全性脊髓损伤患者在常规康复的基础上辅以 6 个月的 rTMS 治疗后,观察患者的神经性疼痛和运动功能独立性的变化。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 2016 年 1 月~2018 年 6 月期间在昆山市康复医院和苏州科技城医院共招募脊髓损伤住院康复治疗患者。纳入标准:患者脊髓损伤有明确的手术或(和)外伤史;经核磁共振证实为脊髓损伤,脊髓损伤平面为 C4~T12;参照美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)制定 ASIA 2011 脊髓损伤分级为 C 或 D 级<sup>[6]</sup>;患者年龄 18~65 岁;患者损伤平面周围的神经节段感觉区域有顽固的自发性疼痛,或触发性疼痛,或痛觉过敏等症状。排除标准:对经颅磁刺激不耐受者(如出现头皮严重麻木或明显疼痛、面肌明显痉挛、头晕、恶心等引起其他身体明显不适);体内置有心脏起搏器、头部有金属内置物、颈部有金属内固定(钛合金除外);有癫痫病史或肿瘤等恶性疾患;并发脑外伤或伴有 C6-C8 颈神经根和外周神经损伤。经受试者招募,两单位各入选 24 例患者,共 48 例患者,各单位按随机区组法(1:1)分为观察组和对照组,每组各 24 例。2 组患者一般资料比较差异无统计学意义。见表 1。

表 1 2 组患者一般资料比较

| 项目                      | 观察组              | 对照组              | t/ $\chi^2$ 、P            |
|-------------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| 例数(例)                   | 24               | 24               |                           |
| 性别(例)                   |                  |                  |                           |
| 男                       | 15               | 12               | 0.762, 0.383 <sup>a</sup> |
| 女                       | 9                | 12               |                           |
| 年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ ) | 38.67 $\pm$ 8.85 | 38.04 $\pm$ 8.53 | 0.249, 0.804 <sup>b</sup> |
| 病程(月, $\bar{x} \pm s$ ) | 7.83 $\pm$ 2.76  | 7.46 $\pm$ 3.26  | 0.430, 0.669 <sup>c</sup> |
| ASIA 分级(例)              |                  |                  |                           |
| C                       | 10               | 13               | 0.751, 0.386 <sup>a</sup> |
| D                       | 14               | 11               |                           |
| 损伤平面(例)                 |                  |                  |                           |
| C4~C8                   | 19               | 16               | 0.949, 0.330 <sup>d</sup> |
| T1~T12                  | 5                | 8                |                           |

a. Pearson  $\chi^2$  检验; b. 修正 t 检验; c. t 检验; d. 连续校正  $\chi^2$  检验

1.2 方法 参与本研究均接受为期 2 周的科研

方案实施培训和学习方法,并经课题组考核。研究观察为 6 个月,对照组患者在常规药物及康复治疗的基础上辅以安慰剂治疗(极低阈强度的经颅磁刺激治疗),观察组在常规药物及康复治疗的基础上辅以 80% 阈强度的经颅磁刺激治疗,疼痛药物治疗方法如下:患者出现神经源性疼痛不耐受或者明显影响患者日常活动时,让患者口服普瑞巴林胶囊(75mg/次,每天 2 次),疼痛特别严重时,口服普瑞巴林胶囊(150mg/次,每天 2 次)。为避免该类药物明显的影响患者治疗前后的评定结果,在每次评定前 2 周内暂停使用该类药物。常规康复治疗:主要包括转移与步行训练、上下肢力量训练、脊柱核心肌群稳定性训练、作业治疗、日常生活自理能力训练,以及瘫痪肌肉功能性电刺激治疗等;对照组患者在常规康复的基础上辅以安慰剂治疗(接受极低阈强度的 rTMS 治疗,阈强度为 5%~10% 静息运动阈值),观察组患者在常规康复的基础上辅以 80% 阈强度的 rTMS 治疗。rTMS 的治疗方法<sup>[7]</sup>:治疗设备为武汉依瑞德医疗设备新技术有限公司生产的重复经颅磁刺激治疗仪(型号 CCY-I),选用“8”字治疗线圈,脉冲磁场峰值强度为 3T。第一步,确定静息运动诱发电位阈值(resting motor threshold, RMT):室温 20℃~26℃,患者为仰卧位,用 U 形枕固定患者头部,使用经颅磁治疗仪配备的“8”字线圈对患者大脑初级运动皮层(primary motor cortex, M1 区)进行单脉冲法磁刺激,在患者对侧手的第一背侧骨间肌用表面肌电仪记录运动诱发电位(motor evoked potential, MEP),MEP 主要反映脊髓前索和外侧索的锥体束的传导功能,治疗师微移线圈的刺激部位直至引出最大波幅的 MEP,以此作为该患者的 rTMS 的最佳刺激点;连续刺激 10 个脉冲,若其中有 5 次 MEP 波幅  $\geq 50\mu\text{V}$ ,即以此磁通量为静息运动诱发电位阈值。第二步,本次研究中选择每位患者 M1 区的最佳刺激靶点放置线圈,刺激频率为 10 Hz。刺激强度为静息运动阈值(RMT)的 80%,连续刺激 1S(该序列下发出 10 个脉冲),间歇 9s,每分钟输出 60 个序列,共计 25min,1500 个脉冲,每天治疗 2 次,每周治疗 5d,连续治疗 6 个月。其中对照组患者的辅以 rTMS 的安慰剂治疗:方法基本同上,其中仅改变刺激强度,设为 5%~10% 静息运动阈值。少数患者初期 rTMS 刺激中可能出现头皮不适感、头晕,极少发生面肌痉挛等,治疗前对患者予以沟通解释。

1.3 评定标准 ①神经电生理测定:记录患者在 rTMS 测试中 RMT 和 MEP 波幅<sup>[5]</sup>,测试方法同“治疗方法中的第一步”,依然采用武汉依瑞德公司生产磁刺激仪(型号 CCY-I)。RMT 主要反映神经元细胞膜的

兴奋性;MEP 主要评价皮质脊髓束的传导性,在结构存在异常时其波幅降低。②神经性疼痛评定:使用简化 McGill 疼痛问卷(Short form McGill Pain Questionnaire,SF-MPQ)<sup>[8]</sup>,第一部分疼痛评级指数(pain rating index-sensory, PRI)包含 11 个感觉类(PRI-sensory, PRI-S)、4 个情感类(PRI-affective, PRI-A)和评级指数总分(PRI-total, PRI-T);第二部分为视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS);第三部分为现实疼痛指数(present pain index, PPI),通过患者对自身神经性疼痛的主观全面评价。③功能独立性评价:采用脊髓功能独立性评估量表Ⅲ(Spinal Cord Independence Measure, SCIM-Ⅲ)<sup>[8-9]</sup>,包含自理能力(0~20分)、呼吸和括约肌检查(0~40分)和活动(0~40分)这3个领域,共计17项评估条目,满分100,得分越高代表患者功能独立性越高。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 21.0 版统计软件进行数据分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用 *t* 检验(经正态检验和方差齐性检验);计数资料采用  $\chi^2$  检验。对试验中脱落对象治疗后的参数值采用组内均值予以替换。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

治疗 6 个月后,观察组 MEP 波幅较治疗前及对照组明显提高( $P < 0.05$ ),RMT 较治疗前及对照组明显下降( $P < 0.05$ );对照组 MEP 波幅和 RMT 治疗前后比较差异无统计学意义。见表 2。

表 2 2 组患者治疗前后 MEP 和 RMT 的比较  $\bar{x} \pm s$

| 组别  | <i>n</i> | MEP(uV)                | RMT(%)                  |
|-----|----------|------------------------|-------------------------|
| 观察组 | 24       |                        |                         |
| 治疗前 |          | 1.69±0.47              | 56.90±9.36              |
| 治疗后 |          | 2.23±0.59 <sup>a</sup> | 50.52±6.91 <sup>a</sup> |
| 对照组 | 24       |                        |                         |
| 治疗前 |          | 1.84±0.46              | 56.14±9.53              |
| 治疗后 |          | 1.83±0.32              | 56.18±9.20              |

与组内治疗前及治疗后对照组比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$

治疗后,观察组患者 SF-MPQ 各项评分均较治疗前明显下降(均  $P < 0.05$ ),其中 PRI-S、PRI-T 及 VAS

评分更低于对照组 ( $P < 0.05$ ),PRI-A 和 PPI 评分与对照组比较差异无统计学意义;对照组治疗前后 SF-MPQ 各项评分比较差异无统计学意义。见表 3。

治疗后,观察组患者 SCIM-Ⅲ 评分明显高于治疗前及对照组 ( $P < 0.05$ ),对照组治疗前后比较差异无统计学意义。见表 4。

表 4 2 组治疗前后 SCIM-Ⅲ 评分比较 分,  $\bar{x} \pm s$

| 组别  | <i>n</i> | 治疗前         | 治疗后                     |
|-----|----------|-------------|-------------------------|
| 观察组 | 24       | 66.88±13.38 | 78.63±6.75 <sup>a</sup> |
| 对照组 | 24       | 65.79±7.21  | 70.17±11.19             |

与组内治疗前及治疗后对照组比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$

## 3 讨论

C4~T12 节段不完全性脊髓损伤患者主要面临四肢和躯干的运动功能障碍和感觉功能异常,以及因脊髓损伤后可能出现的不同程度的脊髓损伤后神经性疼痛<sup>[9]</sup>。患者伤后易因突然的创伤、严峻的功能障碍,出现明显的焦虑和抑郁表现,同时伴随着明显的生活质量低下<sup>[10]</sup>。

目前经颅磁刺激作为一种非侵入性的大脑皮质神经调控技术,在脑部损伤后的治疗显现出明显的临床疗效,如脑卒中后认知障碍、失语症、运动功能障碍,小儿脑性瘫痪,以及部分精神类疾患具有良好的临床疗效<sup>[11]</sup>。据最新的研究报道 rTMS 对脊髓损伤后患者的神经性疼痛缓解和降低肌肉痉挛具有良好的临床作用<sup>[12-13]</sup>。据芬等<sup>[5]</sup>观察 rTMS 对脊髓损伤后神经性疼痛及大脑皮质兴奋性的研究中认为,由于重复的变化磁场刺激提高了大脑运动皮质活动的兴奋性,加强了皮质对丘脑疼痛整合作用从而减少了异常的神经放电,使神经性疼痛获得缓解。本次研究中观察组患者接受 6 个月的 rTMS 后患者的 MEP 和 RMT 明显优于治疗后的对照组。

研究中我们对患者的疼痛进行了简化 McGill 疼痛问卷评估,治疗 6 个月后,观察组患者在疼痛症状较对照组改善明显,说明 rTMS 对脊髓损伤患者的中枢性疼痛具有良好的缓解作用。Cioni 等<sup>[14]</sup>使用脑功能

表 3 2 组治疗前后 SF-MPQ 各项评分比较 分,  $\bar{x} \pm s$

| 组别  | <i>n</i> | PRI-S                    | PRI-A                    | PRI-T                   | VAS                     | PPI                    |
|-----|----------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 观察组 |          |                          |                          |                         |                         |                        |
| 治疗前 | 24       | 20.88±5.13               | 62.67±15.25              | 28.50±5.49              | 7.63±1.84               | 2.63±1.41              |
| 治疗后 | 24       | 14.42±4.98 <sup>ab</sup> | 50.13±9.45 <sup>ab</sup> | 19.71±5.78 <sup>a</sup> | 5.29±1.83 <sup>ab</sup> | 1.92±1.06 <sup>a</sup> |
| 对照组 |          |                          |                          |                         |                         |                        |
| 治疗前 | 24       | 21.54±5.22               | 62.58±15.63              | 29.38±5.03              | 7.83±1.93               | 2.71±1.43              |
| 治疗后 | 24       | 17.25±3.19 <sup>a</sup>  | 57.25±12.72              | 22.75±4.41 <sup>a</sup> | 5.50±2.04 <sup>a</sup>  | 2.25±1.03 <sup>b</sup> |

与组内治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与治疗后对照组比较, <sup>b</sup> $P < 0.05$

磁共振成像发现 rTMS 可以抑制疼痛信息在脊髓丘脑通路的传递。Ghosh 等<sup>[15]</sup>认为 rTMS 可能调整脑皮质内抑制性神经递质和兴奋性谷氨酸能神经递质的平衡,从而达到缓解疼痛的作用。已有的研究报道认为 10Hz 的 rTMS 作用在大脑 M1 区,可对脊髓损伤后患者的神经病理性疼痛改善的具有显著疗效,而 0.5Hz 的 rMTS 和假刺激均无镇痛效果,并且 5Hz 的 rTMS 分别于 M1 区、中央后回、运动前区、辅助运动区 4 个刺激靶点释放 500 个脉冲时,结果显示 M1 区刺激组的患者获得了短时间内的疼痛明显缓解,其余 3 个刺激靶点组无镇痛效果<sup>[16]</sup>。同时结果显示治疗后 2 组在疼痛情感和现实疼痛指数并无明显差异,研究亦发现两组患者 PRI-A 的软弱无力、厌烦、害怕,以及惩罚感这 4 个疼痛感觉方面的变化可能主要与患者心境有较大关联,与患者是否采用 rTMS 并无明显关系。PPI 将患者目前的疼痛分为 6 个级别,其统计学灵敏度较低,可能由于治疗后观察组疼痛程度变化不大,尚不能显现出统计学上的差异。SCIM-III 主要包括自理能力、呼吸/括约肌检查和活动能力,王杨等<sup>[9]</sup>研究认为 SCIM-III 与改良 Barthel index 具有高度的相关性,能够较好地反应患者的日常生活活动水平。治疗 6 个月后,观察组患者 SCIM-III 组间比较优于对照组,说明 rTMS 治疗可促进脊髓损伤患者的功能独立性的改善,SCIM-III 且较改良 Barthel index 增加了 7 项运动类评估项目:呼吸活动、床上活动/预防压疮活动、轮椅-卫生间转移、中等距离移动、室外移动、轮椅-汽车转移、轮椅-地面转移,以上评估项亦是脊髓损伤患者康复期的重点康复内容。我们认为脊髓损伤患者的功能独立性的改善主要来源于患者基础性日常生活活动水平的提高,其可能与 rTMS 对脊髓患者的运动功能恢复或神经轴突传导改善关系密切。Alexeeva 等<sup>[17]</sup>研究认为 rMTS 通过改善脊髓损伤患者的运动功能,并间接提高患者的生活质量。并且 Esser<sup>[18]</sup>研究认为 rTMS 高频刺激诱导产生长期增强(long-term potentiation, LTP),LTP 是中枢神经突触经过突触前神经纤维的产生的信息传递变化,也是人体记忆和学习功能的重要细胞分子机制之一。

综上所述,rTMS 联合康复训练是不完全性脊髓损伤患者尽早恢复运动功能的有效康复手段之一,效果优于单纯康复训练。rTMS 对不完全性脊髓损伤后患者的神经性疼痛缓解和生活质量改善具有积极的治疗作用。因脊髓损害分级为 A 或 B 级患者脊髓传导束受损严重,在测定静息运动阈值和表面肌电仪记录运动诱发电位目前尚存在技术性难度,本次研究未对该类 SCI 患

者进行研究。本次研究设计采用 MEP 波幅作为指标之一,但其在个体之间或自体重复测试中变异较大,故今后研究建议使用 MEP 皮层起始潜伏期、N1 峰潜伏期、中枢运动传导时间和波宽等指标代替<sup>[19]</sup>。

### 【参考文献】

- [1] Eckert MJ, Martin MJ. Trauma: Spinal Cord Injury[J]. Surg Clin North Am, 2017, 97(5): 1031-1045.
- [2] Almeida-Brasil CC, Silveira MR, Silva KR, et al. Quality of life and associated characteristics: application of WHOQOL-BREF in the context of Primary Health Care[J]. Cien Saude Colet, 2017, 22(5): 1705-1716.
- [3] Widerström N E, Felix ER, Adcock JP, et al. Multidimensional Neuropathic Pain Phenotypes after Spinal Cord Injury[J]. J Neurotrauma, 2016, 33(5): 482-492.
- [4] 向艳平,唐锋,肖锋,等.不同频率重复经颅磁刺激对脊髓损伤大鼠运动功能的影响[J].中国康复医学杂志,2013,28(1):3-7.
- [5] 琚芬,王冰水,牟翔,等.重复经颅磁刺激对脊髓损伤后神经性疼痛及大脑皮质兴奋性的影响[J].中国康复医学杂志,2017,32(5):521-524.
- [6] 王方永,李建军.脊髓损伤神经学分类国际标准(ASIA 2011 版)最新修订及标准解读[J].中国康复理论与实践,2012,18(8):797-800.
- [7] 吴勤峰,施加加,李向哲,等.重复经颅磁刺激治疗外伤性脊髓损伤后神经病理性疼痛的疗效观察[J].中国康复医学杂志,2018,33(3):333-336.
- [8] Wright KD, Asmundson GJ, McCreary DR. Factorial validity of the short-form McGill pain questionnaire (SF-MPQ)[J]. Eur J Pain, 2001, 5(3): 279-284.
- [9] 王杨,董安琴,王海云,等.脊髓独立性评估量表 III 在脊髓损伤患者日常生活活动能力评估中的应用[J].中国康复,2017,32(3):214-216.
- [10] 张琼,蔡军,葛聪聪,等.重复经颅磁刺激在精神分裂症中的临床研究新进展[J].中国康复,2017,32(4):343-346.
- [11] 孙玮,赵晨光,牟翔,等.低频重复经颅磁刺激治疗脑卒中患者上肢痉挛的临床研究[J].中国康复,2017,32(2):102-105.
- [12] 张金一,林敬铨,高梦丹,等.姜黄素及重复经颅磁刺激治疗脊髓损伤后中枢性疼痛的研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2017,39(5):397-400.
- [13] 董璐洁,于利国,陈沫,等.重复经颅磁刺激对不完全性脊髓损伤患者痉挛的影响[J].中国康复,2017,32(4):267-270.
- [14] Cioni B, Meglio M. Motor cortex stimulation for chronic non-malignant pain: current state and future prospects[J]. Acta Neurochir Suppl, 2007, 97(Pt 2): 45-49.
- [15] Ghosh A, Haiss F, Sydekum E, et al. Rewiring of hindlimb corticospinal neurons after spinal cord injury[J]. Nat Neurosci, 2010, 13(1):97-104.
- [16] 高飞,冯艺.不同靶点重复经颅磁刺激在治疗神经病理性疼痛中的应用[J].中国疼痛医学杂志,2015,21(12):881-884.
- [17] Alexeeva N, Calancie B. Efficacy of QuadroPulse rTMS for improving motor function after spinal cord injury: Three case studies[J]. J Spinal Cord Med, 2016, 39(1):50-57.
- [18] Esser SK, Huber R, Massimini M, et al. A direct demonstration of cortical LTP in humans: a combined TMS/EEG study[J]. Brain Res Bull, 2006, 69(1): 86-94.
- [19] 杨蕾,刘兴本,朱镕霆,等.经颅磁刺激运动诱发电位对脊髓损伤的评价及法医学意义[J].法医学杂志,2013,29(3):172-175.