

闭环式重复经颅磁刺激联合电针治疗对脊髓损伤神经源性膀胱疗效的初步研究

周方¹, 夏晓昧², 卢璨¹, 朱秀华¹

1. 南京医科大学康达学院第一附属医院(连云港市第一人民医院)康复医学科, 江苏 连云港, 222000; 2. 南京医科大学康达学院, 江苏 连云港, 222000

通信作者: 朱秀华, E-mail: 791640982@qq.com

【摘要】 目的 观察闭环式重复经颅磁刺激(rTMS)联合电针治疗对脊髓损伤后神经源性膀胱(NB)患者的治疗作用。方法 选取2024年3月—2025年6月就诊于连云港市第一人民医院康复医学科的脊髓损伤后神经源性膀胱患者40例, 随机分为对照组及观察组, 每组各20例, 对照组在常规康复治疗基础上接受电针治疗, 观察组在常规康复治疗基础上接受闭环式重复经颅磁刺激联合电针治疗。每周治疗5次, 共治疗8周。比较两组患者8周治疗前、后尿流动力学指标(最大膀胱容量、排尿期逼尿肌压力、残余尿量)、排尿日记(日均导尿次数、每次导尿量)及神经源性膀胱症状评分(NBSS)。结果 治疗后两组最大膀胱容量、排尿期逼尿肌压力、残余尿量、每次导尿量和NBSS评分均较治疗前改善(P 均 <0.05), 观察组日均导尿次数较治疗前改善($P<0.05$), 对照组日均导尿次数较治疗前无明显改善(P 均 >0.05); 治疗后组间比较, 观察组尿流动力学指标、排尿日记及NBSS评分均优于对照组(P 均 <0.05)。结论 闭环式重复经颅磁刺激联合电针治疗可改善脊髓损伤后NB患者的尿流动力学指标和排尿功能, 促进患者膀胱功能的恢复, 疗效优于单纯电针治疗。

【关键词】 重复经颅磁刺激; 电针; 脊髓损伤; 神经源性膀胱

【文章编号】 2095-834X (2025)09-59-05

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2025.09.003

本文著录格式: 周方, 夏晓昧, 卢璨, 等. 闭环式重复经颅磁刺激联合电针治疗对脊髓损伤神经源性膀胱疗效的初步研究[J]. 当代介入医学电子杂志, 2025, 2(9): 59-63.

Preliminary study on the efficacy of closed-loop repetitive transcranial magnetic stimulation combined with electroacupuncture in the treatment of neurogenic bladder after spinal cord injury

Zhou Fang¹, Xia Xiaomei², Lu Can¹, Zhu Xiuhua¹

1. Department of Rehabilitation Medicine, the First Affiliated Hospital of Kangda College of Nanjing Medical University (The First People's Hospital of Lianyungang), Lianyungang 222000, Jiangsu, China; 2. Kangda College of Nanjing Medical University, Lianyungang 222000, Jiangsu, China

Corresponding author: Zhu Xiuhua, E-mail: 791640982@qq.com

【Abstract】 **Objective** To observe the therapeutic effect of closed-loop repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with electroacupuncture in patients with neurogenic bladder (NB) after spinal cord injury. **Methods** A total of 40 patients with neurogenic bladder after spinal cord injury who were admitted to the Department of Rehabilitation Medicine of The First People's Hospital of Lianyungang from March 2024 to June 2025 were selected and randomly divided into a control group and an observation group, with 20 patients in each group. The control group was given electroacupuncture treatment on the basis of conventional rehabilitation treatment, while the observation group was treated with closed-loop repetitive transcranial magnetic stimulation combined with

收稿日期: 2025-08-28

基金项目: 连云港市第一人民医院中西医结合科研项目 (ZX06)

electroacupuncture on the basis of conventional rehabilitation treatment. The treatment was conducted 5 times a week for a total of 8 weeks. Urodynamic indexes (maximum bladder capacity, detrusor pressure during urination, residual urine volume), voiding diary parameters (average daily catheterization frequency, urine volume per catheterization) and Neurogenic Bladder Symptom Score (NBSS) of the two groups were compared before and after 8 weeks of treatment.

Results Intragroup comparison showed that after treatment, the maximum bladder capacity, detrusor pressure during urination, residual urine volume, urine volume per catheterization and NBSS score in both groups were improved compared with those before treatment ($P<0.05$). The average daily catheterization frequency in the observation group was improved compared with that before treatment ($P<0.05$), while no significant improvement was found in the average daily catheterization frequency in the control group ($P>0.05$). Intergroup comparison after treatment revealed that the urodynamic indexes, voiding diary parameters and NBSS score in the observation group were superior to those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** Closed-loop repetitive transcranial magnetic stimulation combined with electroacupuncture can improve the urodynamic indexes and urination function of NB patients after spinal cord injury, and can promote the recovery of bladder function. Its efficacy is better than that of electroacupuncture alone.

【Keywords】 Repetitive transcranial magnetic stimulation; Electroacupuncture; Spinal cord injury; Neurogenic bladder

大约 70% 的脊髓损伤 (spinal cord injury, SCI) 患者患有神经源性膀胱 (neurogenic bladder, NB), NB 易导致尿失禁或尿潴留, 还可能并发尿路感染以及肾脏或膀胱结石, 甚至肾衰竭^[1]。这些并发症严重影响 SCI 患者的功能恢复和生存质量, 造成 SCI 患者康复周期延长, 给患者家庭和医疗系统造成了沉重的经济负担^[2]。因此, 改善膀胱功能对 SCI 患者的预后至关重要。重复经颅磁刺激 (repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS) 属于非侵入性的神经调控技术, 近年来逐渐被用于 SCI 后神经功能恢复^[3]。研究显示, rTMS 可能通过调节大脑运动区皮层及皮层下结构中与排尿相关的核团, 由“中枢向外周”调控皮质脊髓束神经通路兴奋性, 对恢复膀胱功能可能有效^[4]。电针治疗 SCI 后 NB 的疗效已得到临床研究证实, 在传统针刺疗法的基础上结合电刺激可将电信号更深入地作用于骶部外周神经^[5], 通过调控外周神经调节 SCI 患者的膀胱功能^[6], 同时由“外周向中枢”刺激皮质脊髓束促进神经重塑^[7]。

“中枢-外周-中枢”闭环式康复理论是近年来神经康复领域的一个重要创新理念, 获得越来越多的关注, 它强调促进中枢重塑和外周控制, 将中枢与外周干预有机结合进而达到双向反馈、效果叠加的目的^[8]。该理论已得到部分研究证实, 但将经颅磁和电针结合的闭环式康复方案应用于 SCI 后 NB 尚未见报道。本研究旨在观察闭环式 rTMS 联合电针治疗对 SCI 后 NB 患者的尿流动力学指标、排尿日记及 NBSS 评分的影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象 本研究纳入连云港市第一人民医院康复医学科 2024 年 3 月至 2025 年 6 月期间收治的脊髓损伤后神经源性膀胱患者 40 例。

纳入标准: (1) 经 MRI 检查明确诊断, 符合美国脊髓损伤协会制订的脊髓损伤诊断标准^[9]; (2) C5~T12 脊髓损伤, 美国脊髓损伤协会损伤量表 (American spinal cord injury association impairment scale, ASIA) 分级为 B 级、C 级、D 级; (3) 存在不同程度尿潴留, 残余尿 >100 ml, 尿流动力学证实为逼尿肌-括约肌协调失常; (4) 年龄在 18 岁~55 岁之间, 性别不限; (5) 病程 2 个月~12 个月; (6) 留置尿管已拔除; (7) 均签署治疗知情同意书, 能够按计划完成治疗任务。

排除标准: (1) 治疗禁忌症: 有 rTMS 禁忌 (如颅内金属植入物、癫痫史) 或电针禁忌 (如局部皮肤感染、出血倾向); (2) 影像学证实有膀胱输尿管反流; (3) 近 6 个月内有心肌梗死发作, 存在心、肝、肾等脏器功能严重衰竭; (4) 脊髓休克期; (5) 泌尿系统感染、肿瘤、结石; (6) 严重认知障碍不能配合; (7) 近 3 个月使用过其他可能干扰膀胱功能或神经恢复的治疗手段, 如激素治疗等。

按照上述标准纳入研究患者, 随机分组采取随机数字来实现, 先利用软件 Stata 产生随机数字, 然后按随机数字大小排序, 根据其大小进行随机分组, 每组 20 例。两组患者临床基线资料比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 1。本研究经连云港市第一人民医院伦理委员会审核批准通过 (批件号: KY-20240216002-02), 患者均签署知情同意书。

1.2 治疗方法 在常规康复治疗基础上, 对照组联合采用了电针疗法, 观察组在常规康复治疗基础上接受电针治疗及重复经颅磁刺激治疗。

1.2.1 常规康复治疗 (1) 饮水计划: 根据患者的排尿时间进行合理安排, 确保患者定时定量饮水。每日水摄入量应控制在 2 L 以下。(2) 间歇性导尿的实施需要根据两组患者的膀胱残余尿量进行。具体而言,

表 1 两组患者临床基线资料比较

组别	例数	性别 [例 (%)]		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程 ($\bar{x} \pm s$, 月)	ASIA 分级 [例 (%)]		
		男	女			B 级	C 级	D 级
观察组	20	13 (65.00)	7 (35.00)	36.75 \pm 6.92	4.10 \pm 1.21	5 (25.00)	8 (40.00)	7 (35.00)
对照组	20	15 (75.00)	5 (25.00)	36.95 \pm 7.89	3.95 \pm 1.23	8 (40.00)	6 (30.00)	6 (30.00)
χ^2/t 值		0.476		-0.085		0.388		1.054
P 值		0.731		0.932		0.700		0.590

注:ASIA 为美国脊髓损伤协会损伤量表。

当残余尿量 ≥ 300 ml 时, 需每日导尿 5 次以上; 对于 200~300 ml 则需导尿 4 次; 150~200 ml 则需导尿 3 次; 100~150 ml 则导尿 2 次; 80~100 ml 则导尿 1 次; 而残余尿量低于 80 ml 则不需进行导尿。(3)诱发排尿训练: 轻叩下腹部(膀胱区): 用手指或掌根轻叩耻骨上区, 频率适中, 通过机械刺激诱发膀胱收缩。刺激大腿内侧会阴区: 利用皮肤-膀胱反射, 触发排尿反应。冷热刺激: 用冷毛巾短暂敷于下腹部(需谨慎, 避免冻伤)。

1.2.2 电针治疗 取穴关元、中极、八髎、肾俞、命门、膀胱俞, 消毒穴位区域, 采用汉医牌一次性无菌针灸针 [0.30 mm \times (40~75) mm] 进行针刺, 得气后接华佗牌 SDZ-II 型电子针灸治疗仪(中国苏州华佗医疗科技有限公司), 采用连续波, 频率为 20 Hz, 电流强度 1~10 mA, 引起患者可耐受的浅层肌肉收缩, 留针 25 min。每周治疗 5 次, 共治疗 8 周。

1.2.3 运动皮层 M1 区 rTMS 治疗 依据国际临床神经电生理联盟 (International Federation of Clinical Neurophysiology, IFCN) 发布的《经颅磁诊断实用指南》, 本研究采用武汉伊瑞德公司产 CCY-II 型磁刺激治疗仪(自带肌电检测模块), 选用直径 6.4 cm Y064 型线圈。刺激位点: 基于国际脑电图 10~20 系统定位 M1 区后予以刺激。静息运动阈值测定: 在 10 次试验中至少 5 次能在视觉上诱发出运动诱发电位的最小刺激强度。刺激参数: 重复磁刺激, 刺激频率 10 Hz, 调节在 80% 静息运动阈值的刺激强度, 左右交替进行刺激, 刺激时间 10 min/d, 每周治疗 5 次, 共治疗 8 周。

1.3 评估指标

1.3.1 尿流动力学评定 采用 SYPY500 膀胱压力容量评定设备(江苏苏云公司)在治疗前、治疗 8 周后对患者进行尿流动力学相关指标检测。具体包括: 最大膀胱容量、排尿期逼尿肌压力、残余尿量。

1.3.2 排尿日记 在患者依从定时定量饮水计划的前提下, 于治疗前及治疗后 3 d 分别收集其排尿日记数据, 要求每天的记录时长为连续的 24 h, 确保记录的及时性和准确性。采集 8 周治疗前、后 3 d 排尿日记中的每日导尿次数、每次导尿量, 并计算平均值。

1.3.3 神经源性膀胱症状评分 (neurogenic bladder symptom score, NBSS) NBSS 是 2014 年 Welk 等^[10] 研制的, 适用于存在神经源性下尿路功能障碍的 SCI 患者。该评分量表包含 23 个核心问题及 1 个关于膀

胱功能满意度的生活质量附加问题。23 项问题进一步划分为三个维度: 尿失禁、储尿与排尿症状、结局。量表总分最高 74 分, 最低 0 分, 所有维度得分越高表明神经源性膀胱症状越严重。评估患者 8 周治疗前后的 NBSS 评分变化。

1.4 统计学方法 本研究应用 SPSS 22.0 统计分析软件进行数据分析。计量资料先使用 Shapiro-Wilk 检验是否服从正态性, 若服从正态性则以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组内比较采用配对 *t* 检验, 组间比较采用独立样本 *t* 检验。不符合正态分布的数据比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以例(%)表示, 组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者治疗前后尿流动力学各项指标比较 治疗前两组患者最大膀胱容量、排尿期逼尿肌压力、残余尿量比较差异无统计学意义 (P 均 > 0.05)。组内比较, 与治疗前相比, 两组患者治疗后最大膀胱容量增加、排尿期逼尿肌压力升高、残余尿量减少, 差异有统计学意义 (P 均 < 0.05)。8 周治疗后, 与对照组相比, 观察组患者最大膀胱容量增加 ($MD=53.21$, 95% CI: 29.06~77.36, $P < 0.001$)、排尿期逼尿肌压力升高 ($MD=8.27$, 95% CI: 3.25~13.29, $P=0.002$)、残余尿量减少 ($MD=-27.96$, 95% CI: -44.68~11.25, $P=0.002$), 组间差异有统计学意义 (P 均 < 0.05), 见表 2。

2.2 两组患者治疗前后排尿日记各项指标及 NBSS 评分比较 治疗前两组患者日均导尿次数、每次导尿量及 NBSS 评分比较差异无统计学意义 (P 均 > 0.05)。组内比较, 与治疗前相比, 两组患者治疗后每次导尿量及 NBSS 评分均降低, 差异有统计学意义 (P 均 < 0.05)。观察组日均导尿次数较治疗前减少, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。对照组日均导尿次数较治疗前减少, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。8 周治疗后组间比较, 与对照组相比, 观察组患者日均导尿次数 ($MD=-0.86$, 95% CI: -1.37~0.35, $P=0.001$)、每次导尿量 ($MD=-58.64$, 95% CI: -96.25~21.03, $P=0.003$) 及 NBSS 评分 ($MD=-3.23$, 95% CI: -4.46~2.00, $P < 0.001$) 均降低, 组间差异有统计学意义 (P 均 < 0.05), 见表 3。

表 2 两组患者治疗前后尿流动力学各项指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	最大膀胱容量 (ml)		排尿期逼尿肌压力 (cmH ₂ O)		残余尿量 (ml)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	20	266.75 ± 35.92	372.62 ± 36.19 ^a	16.75 ± 7.82	33.75 ± 7.76 ^a	195.78 ± 46.97	126.75 ± 26.62 ^a
对照组	20	278.68 ± 32.36	319.41 ± 39.28 ^a	17.39 ± 8.56	25.48 ± 7.95 ^a	198.64 ± 43.76	154.71 ± 25.59 ^a
t 值		-1.104	4.455	-0.247	3.329	-0.199	-3.386
P 值		0.277	<0.001	0.806	0.002	0.843	0.002

注:^a与组内治疗前相比, P<0.05。

表 3 两组患者治疗前后排尿日记各项指标及 NBSS 评分比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	日均导尿次数 (次/d)		每次导尿量 (ml/次)		NBSS 评分 (分)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	20	4.25 ± 0.85	3.12 ± 0.79 ^a	322.72 ± 70.84	196.71 ± 57.75 ^a	28.93 ± 1.58	20.72 ± 1.98 ^a
对照组	20	4.51 ± 0.76	3.98 ± 0.78	319.39 ± 68.56	255.35 ± 59.69 ^a	27.97 ± 2.14	23.95 ± 1.87 ^a
t 值		-1.019	-3.464	0.151	-3.158	1.614	-5.304
P 值		0.314	0.001	0.880	0.003	0.115	<0.001

注:NBSS 为神经源性膀胱症状评分;^a与组内治疗前相比, P<0.05。

3 讨论

神经源性膀胱是 SCI 继发的排尿功能障碍性疾病,被认为是导致 SCI 死亡率升高的主要因素之一^[11]。在不完全性脊髓损伤患者中,神经源性下尿路功能障碍引发的膀胱协同失调,迫使大量具有自主排尿功能的患者在伤后 1 年以上仍因一系列泌尿系统并发症再次入院^[12]。当前针对 SCI 后 NB 的常规治疗手段中,长时间的导尿易导致尿道损伤和尿路感染^[13],膀胱训练效果缓慢,而服用抗胆碱能药物则易产生明显的副作用^[14],且单一干预措施的实际疗效往往不够理想。本研究基于“中枢-外周-中枢”闭环式康复理论,创新性地将 rTMS 中枢干预与电针外周干预结合治疗 SCI 后 NB。本研究结果表明,闭环式 rTMS 联合电针治疗能够显著改善 SCI 后 NB 患者的膀胱功能,疗效优于单纯电针治疗。治疗 8 周后,观察组患者的最大膀胱容量、日均导尿次数、每次导尿量及 NBSS 评分较治疗前明显改善,且改善幅度均优于对照组,提示闭环式 rTMS-电针联合疗法在促进膀胱储尿及排尿功能恢复方面具有较好的临床应用价值。

正常排尿是“中枢决策整合、外周信号传导、泌尿器官执行”的闭环过程,NB 的发生机制主要为脊髓传导通路受损导致逼尿肌-尿道括约肌协同障碍、排尿反射中枢调控紊乱及神经网络重塑异常。SCI 后 NB 治疗的首要目的是在脊髓损伤后重建神经回路,以实现排尿功能的恢复。为了促进神经回路的重建,需要刺激神经细胞的发芽和再生,并增强现有神经元连接的强度^[15]。电针作为中医针刺疗法与现代电刺激技术的结合形式,可通过刺激脊髓背角、延髓网状结构及膀胱相关神经节,调节交感与副交感神经平衡,从而改善膀胱逼尿肌与尿道括约肌的协调活动,促进排尿反射恢复^[16]。本研究结果显示,8 周的电针治疗可以改善 SCI 后 NB 的尿流动力学指标,使 SCI 后 NB 患者最大膀胱容量增加、排尿期逼尿肌压力提高、残余尿量减少,这

与彭华英等^[5]的研究结果类似。多项临床研究也提示电针在治疗 SCI 后 NB 方面的巨大潜力^[17-18],但电针只能刺激外周神经肌肉,仅通过外周电针刺激来重建受损的神经回路相当困难。

经颅磁刺激作为一种能影响皮质兴奋性的非侵入性工具,可通过在大脑运动皮层施加磁脉冲,“自上而下”诱导皮质-脊髓通路的可塑性变化,已在 SCI 及其并发症(如运动功能障碍、神经病理性疼痛、痉挛、神经源性膀胱)的治疗中显示出一定疗效。研究表明,rTMS 能够增强皮质对盆底肌群及膀胱逼尿肌的兴奋性调节,促进脑-脊髓-膀胱反射通路的重建,改善排尿功能^[19]。黄姣姣等^[20]研究发现 rTMS 结合间歇导尿可使 SCI 后 NB 患儿尿动力学及排尿功能改善,临床效果显著,这与本研究发现的结果类似。本研究中,闭环式 rTMS-电针联合治疗在改善尿流动力学指标及 NBSS 评分方面均优于电针治疗。治疗后观察组最大膀胱容量显著增加、残余尿量明显减少,排尿期逼尿肌压力改善,说明其有助于膀胱储尿及排尿功能的双向调节。与此同时,观察组患者的日均导尿次数显著减少,而对照组无明显改善,提示联合疗法在促进排尿自主性恢复方面具有更显著优势。此结果与国内外关于 rTMS 闭环式疗法改善中枢神经损伤后膀胱功能的研究结果相一致^[12,21-22]。

从神经调控角度分析,rTMS 主要通过自上而下的中枢调控机制发挥作用,促进皮质运动区及相关下行通路的神经可塑性恢复,改善皮质-脊髓传导功能^[23];而电针则通过自下而上的外周调控机制发挥作用,外周神经输入刺激内源性神经递质释放,调节脊髓背角及脑干排尿中枢的兴奋性平衡,从而改善逼尿肌与尿道括约肌的协调活动^[16]。本研究中应用的闭环式 rTMS-电针联合治疗可形成中枢与外周双重调节机制,从而在整体上恢复膀胱的感觉、储尿及排尿功能,这种双向神经可塑性调节效应,可能是其疗效优于单纯电针治疗的重要机制。

本研究样本量较小,为初步的单中心临床研究,没有长时间随访,尚不能全面评估闭环式rTMS-电针疗法的长期疗效及安全性。此外,本研究未采用功能磁共振成像、脑电图等神经影像学手段对神经网络变化进行客观评估。未来进一步研究应在多中心、大样本的基础上,结合影像学及电生理学检测,进一步阐明其作用机制与神经可塑性调节途径。将来的研究可在本研究基础上引入“闭环反馈机制”,即依据患者神经反应实时调节磁刺激强度和频率,从而实现个体化精准治疗,为神经源性膀胱康复提供新的思路。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Fardadi M, Leiter JC, Lu DC, et al. Model-based analysis of the acute effects of transcutaneous magnetic spinal cord stimulation on micturition after spinal cord injury in humans [J]. PLoS computational biology, 2024, 20(7): e1012237.

[2] Skelton F, Salemi JL, Akpati L, et al. Genitourinary complications are a leading and expensive cause of emergency department and inpatient encounters for persons with spinal cord injury [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2019, 100(9): 1614–1621.

[3] Nardone R, Versace V, Sebastianelli L, et al. Transcranial magnetic stimulation and bladder function: a systematic review [J]. Clin Neurophysiol, 2019, 130(11): 2032–2037.

[4] 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.

[5] 彭华英, 谢鸿宇, 王子静, 等. 电针俞募穴为主治疗脊髓损伤神经源性膀胱疗效观察 [J]. 现代中西医结合杂志, 2025, 34(11): 1517–1520.

[6] 韦慧麟, 任亚峰, 张芝兰, 等. 电针和艾灸治疗脊髓损伤后神经源性膀胱疗效差异: 随机对照试验 [J]. 中国针灸, 2023, 43(9): 1036–1041.

[7] 魏健良, 赖建恭, 李建军, 等. 康复训练+电针+温针灸对脊髓损伤后神经源性膀胱尿潴留患者排尿情况及膀胱功能的影响 [J]. 基层医学论坛, 2025, 29(18): 20–22+30.

[8] 娄晓乐, 宋佳亨, 韩雪, 等. 经颅联合外周双向反馈磁刺激对脊髓损伤后神经源性膀胱患者膀胱及排尿功能的效果 [J]. 实用医学杂志, 2025, 41(6): 859–865.

[9] 康海琼, 周红俊, 刘根林, 等. 脊髓损伤神经学分类国际标准检查表 2019 版最新修订及解读 [J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(8): 983–985.

[10] Welk B, Morrow S, Madarasz W, et al. The validity and reliability of the neurogenic bladder symptom score [J]. J Urol, 2014, 192(2): 452–457.

[11] Wang XL, Wang YX, Chen JZ, et al. Clinical characteristics and molecular mechanisms underlying bladder cancer in individuals with spinal cord injury: a systematic review [J]. BMC urol, 2024, 24(1): 111.

[12] Banerjee R, Patel D, Farooque K, et al. Cortical intermittent theta burst stimulation and neurogenic bladder management after traumatic incomplete spinal cord injury: a case report [J]. J Spinal Cord Med, 2025, 48(6): 1154–1157.

[13] Elliott CS, Dallas K, Shem K, et al. Adoption of single-use clean intermittent catheterization policies does not appear to affect genitourinary outcomes in a large spinal cord injury cohort [J]. J Urol, 2022, 208(5): 1055–1074.

[14] Panicker JN, Fowler CJ, Kessler TM. Lower urinary tract dysfunction in the neurological patient: clinical assessment and management [J]. Lancet Neurol, 2015, 14(7): 720–732.

[15] 娄晓乐, 陶雅亭, 江勇. 不同部位磁刺激治疗脊髓损伤后神经源性膀胱的研究进展 [J]. 医学理论与实践, 2024, 37(24): 4174–4177.

[16] 王琼, 陈小聪, 马迎歌, 等. 电针结合膀胱功能训练治疗脊髓损伤后神经源性膀胱的临床疗效: meta 分析 [J]. 中国康复医学杂志, 2024, 39(5): 712–717.

[17] 曹怡诺, 熊紫怡, 张鸿宇, 等. 不同针灸方法对脊髓损伤后神经源性膀胱临床疗效的网状 Meta 分析 [J]. 颈腰痛杂志, 2025, 46(4): 753–761.

[18] 何雪, 张瑞, 徐珂, 等. 13 种非药物疗法治疗脊髓损伤后神经源性膀胱网状 Meta 分析 [J]. 临床医学进展, 2024, 14(2): 3429–3449.

[19] Jang Y, Tran K, Shi Z, et al. Predictors for outcomes of noninvasive, individualized transcranial magnetic neuromodulation in multiple sclerosis women with neurogenic voiding dysfunction [J]. Continence(Amst), 2022, 4: 100517.

[20] 黄姣姣, 尚清, 张会春, 等. 重复经颅磁刺激结合间歇导尿对脊髓损伤后神经源性膀胱患儿的尿动力学及排尿功能的影响 [J]. 临床与病理杂志, 2022(4): 42.

[21] 王文盛, 龙耀斌, 黄雅琳, 等. 闭环式磁刺激对不完全性脊髓损伤后神经源性膀胱疗效的初步研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(2): 241–244.

[22] 李文, 梁寿一, 周嘉铭, 等. 重复经颅磁刺激外周-中枢闭环治疗模式治疗脊髓损伤后神经源性膀胱的研究 [J]. 中国医学创新, 2024, 21(12): 140–144.

[23] Dong L, Tao X, Gong C, et al. Effects of central-peripheral FMS on urinary retention after spinal cord injury: a pilot randomized controlled trial protocol [J]. Front Neurol, 2023, 14: 1274203.