

脊髓重复磁刺激对骶上脊髓损伤后神经源性膀胱的影响

陶媛媛 张大伟 冯晓燕 朱心玮 焦乐 蔡萍 陈庆梅 韩立影 朱红军

苏州大学附属第一医院康复医学科, 苏州 215006

通信作者: 朱红军, Email: hjzhu1977@163.com

【摘要】 目的 观察脊髓重复磁刺激对骶上脊髓损伤(SCI)后神经源性膀胱患者下尿路功能和生活质量的影响。**方法** 纳入骶上 SCI 后膀胱功能无再改善的神经源性膀胱患者 15 例。试验采取前、后对照设计, 第一阶段, 为期 2 周, 期间所有患者只接受饮水计划和间歇导尿治疗; 第二阶段, 为期 4 周, 所有患者在饮水计划和间歇导尿的基础上增加脊髓重复磁刺激干预, 刺激位于第 1 腰椎棘突水平, 刺激频率 1 Hz, 每日 1 次, 每周 5 d, 连续干预 4 周。于入组时、第 2 周结束时和第 6 周结束时, 记录 15 例患者的排尿日记, 并分别对其进行尿流动力学检测, 以及神经源性膀胱症状评分(NBSS)和生活质量评分。**结果** 第 6 周结束时, 15 例患者的导尿次数和平均自排尿量与第 2 周结束时和入组前比较, 差异均有统计学意义($P < 0.01$)。第 6 周结束时, 15 例患者的储尿期最大逼尿肌压, 最大膀胱容量, 排尿期最大尿道压和排尿效率与第 2 周结束时和入组前比较, 差异均有统计学意义($P < 0.01$)。第 6 周结束时, 15 例患者的 NBSS 和生活质量评分分别为 (23.80 ± 6.88) 分和 (3.53 ± 1.36) 分, 与第 2 周结束时和入组时比较, 差异均有统计学意义($P < 0.01$)。**结论** 脊髓重复磁刺激可改善骶上脊髓损伤后神经源性膀胱患者的下尿路功能和生活质量。

【关键词】 重复磁刺激; 脊髓损伤; 神经源性膀胱

基金项目: 江苏省老年健康科研项目(LK2021016); 2022 苏州市科协青年科技人才托举工程资助

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.10.007

The effects of repetitive transspinal magnetic stimulation on neurogenic bladder after suprasacral spinal cord injury

Tao Yuanyuan, Zhang Dawei, Feng Xiaoyan, Zhu Xinwei, Jiao Le, Cai Ping, Chen Qingmei, Han Liying, Zhu Hongjun

Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China

Corresponding author: Zhu Hongjun, Email: hjzhu1977@163.com

【Abstract】 Objective To observe any effect of repeated magnetic stimulation of the spine on lower urinary tract function and the life quality of patients with neurogenic bladder after suprasacral spinal cord injury (SCI). **Methods** Fifteen suprasacral SCI patients whose lower urinary tract function was not improving were enrolled. In the first 2 weeks, all received water drinking management and intermittent catheterization, while in the following 4 weeks they were additionally provided with daily transspinal magnetic stimulation at the level of the spinous process of the first lumbar vertebra five times a week. The stimulation frequency was 1Hz. The patients kept voiding diaries. Their urodynamics were quantified using neurogenic bladder symptom scoring (NBSS) and a life quality scale. **Results** The frequency of catheterization and the average voided volume, as well as the maximum detrusor pressure during the storage phase, maximum bladder capacity, maximum urethral pressure during the voiding phase and voiding efficiency at the end of the sixth week were significantly different from those at the end of the second week and before the intervention. The average NBSS and life quality scores then showed significant differences from the earlier time points. **Conclusion** Repetitive transspinal magnetic stimulation of the spine can improve lower urinary tract functioning and the life quality of persons with neurogenic bladder after a suprasacral SCI.

【Key words】 Magnetic stimulation; Spinal cord injury; Neurogenic bladder

Funding: A Jiangsu Province Elderly Health project (LK2021016); A Young Science and Technology Talent Promotion Project of Suzhou's Association for Science and Technology

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.10.007

神经源性膀胱是一类由于神经系统病变导致膀胱和/或尿道功能障碍,进而产生一系列下尿路症状和并发症的疾病总称^[1],是脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)后常见的并发症之一^[2],发生率约为 70~84%^[3]。研究表明,脊髓的损伤水平与膀胱功能障碍有关^[4],严重的骶上 SCI 后,脊髓节段性排尿反射失去了脊髓上中枢的调节,常表现为神经源性逼尿肌过度活动(neurogenic detrusor overactivity, NDO)和逼尿肌-括约肌协同失调(detrusor-sphincter dyssynergia, DSD)^[5-6]。NDO 和 DSD 导致膀胱内压增高,可引起膀胱输尿管反流、输尿管扩张、肾盂积水或上尿路损伤^[7-8]。

目前,SCI 后膀胱功能障碍的治疗侧重于预防并发症和控制症状^[9],其主要目的是在低膀胱内压下储存大容量尿液,保护上尿路,如采用抗胆碱能药物和间歇导尿(针对药物治疗副作用明显或者疗效不佳的患者,可选择手术治疗,但手术的创伤性和术后并发症给患者带来许多困扰)^[10]。磁刺激是一种利用脉冲磁场产生感应电流,对神经系统进行无创刺激的技术,是调节脊髓环路的可行方法之一^[11]。有研究报道,第 1 腰椎水平的低频脊髓重复磁刺激可诱导骶上 SCI 患者自主排尿,改善其膀胱容量^[12]。本研究旨在通过观察持续 4 周的低频脊髓磁刺激对骶上 SCI 后神经源性膀胱患者尿流动力学和下尿路功能的影响,以期对骶上脊髓损伤后神经源性膀胱的康复治疗提供参考和借鉴。

对象与方法

一、病例纳入和排除标准

纳入标准:①年龄 18~75 岁,男女不限;②根据《脊髓损伤神经学分类国际标准检查表》^[13],诊断为 T₁₀以上的 SCI;③符合《神经源性膀胱诊断治疗指南》诊断标准^[14],尿动力学诊断存在 NDO 和 DSD;④病程>3 个月;⑤膀胱功能相对稳定无再改善,正在开展间歇导尿,超声检查无肾盂分离等上尿路损害表现;⑥脊髓休克已经结束(球海绵体反射或深层肌腱反射恢复);⑦药物治疗副作用明显或疗效不佳,入组前 1 个月未服用任何调节逼尿肌和括约肌收缩的药物;⑧均签署知情同意书。

排除标准:①有其他非神经源性下尿路功能障碍病因;②泌尿系统感染;③膀胱造瘘或持续保留导尿;④在过去 6 个月内接受过膀胱或尿道肉毒毒素注射;⑤严重植物神经反射亢进;⑥有膀胱输尿管反流、肾积水等上尿路损害;⑦靠近刺激部位有植入性金属或电子仪器。

本研究项目经过苏州大学附属第一医院伦理委

员会批准,伦理号为:2020(伦审批第 209 号)。本研究采取前瞻性的前后对照设计,纳入 2021 年 1 月至 2022 年 10 月在苏州大学附属第一医院康复医学科就诊的 SCI 后神经源性膀胱患者 15 例,患者年龄 27~75 岁,平均(53.33±14.92)岁;病程 3~12 个月,平均(7.37±3.62)个月;其中男 14 例,女 1 例;颈段 SCI 12 例,胸段 SCI 3 例;完全性 SCI 2 例,不完全性 SCI 13 例。

二、治疗方法

第一阶段为基线期,为期 2 周,期间所有患者只接受饮水计划和间歇导尿治疗;第二阶段为干预期,为期 4 周,所有患者在饮水计划和间歇导尿的基础上,增加第 1 腰椎棘突水平的低频脊髓重复磁刺激。

1. 饮水计划:患者需按照计划饮水,每日饮水量 1500~2000 ml,每日上午 6:00 至晚上 8:00 均衡饮水,每次≤400 ml,每日晚上 8:00 至次日凌晨 6:00 不饮水。

2. 间歇导尿:通过膀胱扫描仪监测患者自主排尿后的残余尿量,若残余尿量>300 ml,每 4 h 导尿 1 次;若残余尿在 200~300 ml,每 6 h 导尿 1 次;若残余尿量在 150~200 ml,每 8 h 导尿 1 次;若残余尿量在 100~150 ml,每 12 h 导 1 次;连续 1 周残余尿量<100 ml,则停止导尿^[15]。

3. 脊髓重复磁刺激:采用武汉依瑞德产的 YRD CCY-IA 型磁场刺激仪,磁感应强度范围为 1.5~6 T,选用直径 92 mm 的 8 字型线圈对患者进行磁刺激治疗。嘱患者在每次接受磁刺激前,不要提前排空膀胱,使得接受刺激时膀胱内储存适量尿液,约为最大膀胱容量的 50%。在患者两侧髂棘最高点连线中点触诊第 4 腰椎棘突,然后依次向上触诊到第 1 腰椎棘突,将 8 字型线圈的中心放置于第 1 腰椎棘突皮肤表面,刺激强度设定为引起局部椎旁肌肉收缩强度的 80%^[13],刺激频率为 1 Hz,连续刺激 4 min,重复 3 次,每次间歇 30 s,共 720 个脉冲。脊髓重复磁刺激每日 1 次,每周治疗 5 d,连续治疗 4 周。

三、评估方法

于入组时、第 2 周结束时和第 6 周结束时,记录 15 例患者的排尿日记,并分别对其进行尿流动力学检测,以及神经源性膀胱症状评分(neurogenic bladder symptom score, NBSS)和生活质量评分。

1. 排尿日记:记录内容包括间歇导尿次数和每次的平均自排尿量,取 3 d 的平均值。嘱患者在日常自主排尿时不要运用包括 Crede 手法,Valsalva 排尿和扳机点排尿在内的手法辅助排尿,并严格执行饮水计划和间歇导尿原则。

2. 尿动力学检测:采用加拿大产 Laborie Delphis

尿动力学检查仪进行尿动力学测定,评估患者的储尿期最大逼尿肌压,最大膀胱容量,排尿期最大尿道压和排尿效率。排尿效率测定方法,在患者尝试自主排尿时用外部集尿器收集尿液,记为自主排尿量,排尿时不要运用包括 Crede 手法,Valsalva 排尿和扳机点排尿在内的手法辅助,尝试时间限制在 10 min。在自主排尿结束后由护士用导尿管将膀胱内剩余尿液全部导出,记为残余尿量,排尿效率=自主排尿量/(自主排尿量+残余尿量)^[16]。

3. NBSS 评分:该量表经中国研究者汉化后具有良好的信效度,是一种有效的评估 SCI 患者神经源性膀胱症状的评估工具^[17],包括尿失禁(8 个条目)、储尿和排尿(7 个条目)、结局(7 个条目)共 3 个维度,其中有 2 个条目不计分,其余每个条目计 0~3 或 0~4 分,满分为 74 分,得分越高则下尿路功能失调的症状越明显,生活质量也越差。

4. 生活质量评估:向患者提问“如果按照现在的排尿情况,你觉得今后的生活质量怎么样”,让患者根据自身情况进行评估,0 分为非常好;1 分为好;2 分为多数满意;3 分为满意和不同意各半;4 分为多数不满意;5 分为不愉快;6 分为很痛苦。分数越低则生活质量越好。

四、统计学方法

采用 SPSS 26.0 版统计学软件对本研究所得数据进行分析,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,干预前、后比较采用配对 *t* 检验,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

一、15 例患者不同时间点的排尿日记比较

第 2 周结束时,15 例患者的导尿次数和平均自排尿量与入组时比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);第 6 周结束时,15 例患者的导尿次数和平均自排尿量与第 2 周结束时和入组前比较,差异均有统计学意义($P<0.01$),详见表 1。

二、15 例患者不同时间点的尿流动力学检测结果比较

第 2 周结束时,15 例患者的储尿期最大逼尿肌压,最大膀胱容量,排尿期最大尿道压和排尿效率与

表 1 15 例患者不同时间点的排尿日记比较($\bar{x}\pm s$)

评定时间	例数	导尿次数(次)	平均自排尿量(ml)
入组时	15	3.86±1.04	102.33±42.00
第 2 周结束时	15	3.77±1.18	109.00±40.76
第 6 周结束时	15	2.90±1.41 ^{ab}	185.00±52.95 ^{ab}

注:与入组时比较,^a $P<0.01$;与第 2 周结束时比较,^b $P<0.01$

入组时比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);第 6 周结束时,15 例患者的储尿期最大逼尿肌压,最大膀胱容量,排尿期最大尿道压和排尿效率与第 2 周结束时和入组前比较,差异均有统计学意义($P<0.01$),详见表 2。

三、15 例患者不同时间点的 NBSS 评分和生活质量评分结果比较

第 2 周结束时,15 例患者的 NBSS 评分和生活质量评分与入组时比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);第 6 周结束时,15 例患者的 NBSS 评分和生活质量评分与第 2 周结束时和入组时比较,差异均有统计学意义($P<0.01$),详见表 3。

讨 论

本研究结果显示,第 2 周结束时 15 例骶上 SCI 后神经源性膀胱患者的排尿次数、平均自排尿量、尿流动力学指标、NBSS 和生活质量评分与其入组时比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),该结果提示,经为期 2 周的间歇导尿对骶上 SCI 后神经源性膀胱患者的疗效并不显著。

研究表明,在骶上 SCI 后伴 NDO 和 DSD 的患者中,NDO 常引起储尿期的尿液泄漏^[18],DSD 导致低效率排尿,高残余尿和高膀胱内压^[19],二者均会增加上尿路损伤的风险。有研究显示,尽管 SCI 后 NDO 患者接受了规律的间歇导尿和抗毒蕈碱类药物,但在 6 个月到 1 年的随访期内,患者的膀胱测压容量和顺应性仍然随时间显著下降,逼尿肌漏尿点压则显著增加^[20]。另一项研究也表明,单纯的间歇导尿对于降低 SCI 后 DSD 患者充盈期的逼尿肌压和最大尿道压无明显效果^[21]。基于此,本课题组认为,虽然间歇导尿可用于在低压下实现膀胱的定期、完全排空,可减少尿路感染和上尿路损伤,但其改善 NDO 和 DSD 的效果并不理想。

表 2 15 例患者不同时间点的尿流动力学检测结果比较($\bar{x}\pm s$)

评定时间	例数	储尿期最大逼尿肌压(cmH ₂ O)	最大膀胱容量(ml)	排尿期最大尿道压(cmH ₂ O)	排尿效率
入组时	15	44.73±16.95	316.00±55.27	52.33±21.04	0.33±0.13
第 2 周结束时	15	42.93±16.46	323.67±50.19	51.60±22.24	0.34±0.12
第 6 周结束时	15	28.53±13.84 ^{ab}	426.67±44.67 ^{ab}	42.87±23.23 ^{ab}	0.49±0.15 ^{ab}

注:与入组时比较,^a $P<0.01$;与第 2 周结束时比较,^b $P<0.01$

表 3 15 例患者不同时间点的 NBSS 评分和生活质量评分结果比较(分, $\bar{x} \pm s$)

评定时间	例数	NBSS 评分	生活质量评分
入组时	15	37.40±4.56	4.87±1.06
第 2 周结束时	15	36.00±4.50	4.73±1.03
第 6 周结束时	15	23.80±6.88 ^{ab}	3.53±1.36 ^{ab}

注:与入组时比较,^a $P < 0.01$;与第 2 周结束时比较,^b $P < 0.01$

为了探索更有效的治疗方法,研究者在利用神经刺激技术调节脊髓排尿环路方面进行了大量研究,包括硬膜外电刺激、经皮电/磁刺激等在内的脊髓刺激技术被证明可调节下尿路功能,其引起的功能改善包括减轻 NDO 和 DSD,增加自主排尿量和膀胱容量等,但脊髓刺激介导的膀胱功能恢复的有效刺激参数和刺激位置仍在探索中^[11]。

本研究在间歇导尿 2 周后的基础上又对 15 例骶上 SCI 后神经源性膀胱患者进行了为期 4 周的低频脊髓磁刺激干预,结果显示,第 6 周结束时,15 例患者的导尿次数和平均自排尿量较第 2 周结束时和入组前均显著改善,该结果提示,低频脊髓重复磁刺激有利于降低储尿期膀胱内压,增加膀胱容量。这与 Niu^[12]等和 Min 等^[22]报道的结果一致。

本研究结果还显示,连续采用磁刺激干预 4 周后(第 6 周结束时),15 例患者的储尿期最大逼尿肌压,最大膀胱容量,排尿期最大尿道压和排尿效率均显著改善,提示低频脊髓重复磁刺激可以改善骶上 SCI 后神经源性膀胱患者的尿流动力学参数。排尿效率是一个比值,通常与排尿时的逼尿肌压力、尿道压力以及逼尿肌与括约肌之间的协调有关。研究显示,在中胸横断的啮齿动物中,腰骶髓 1 Hz 的硬膜外电刺激可诱导出最高的排尿效率,90%~95%膀胱容量可在 90 s 内被排空^[23]。Niu 等^[12]的研究也显示,1 Hz 的经皮磁刺激可显著改善 SCI 患者尝试排尿期间的逼尿肌压和尿道压,且干预 16 周后,所有患者均出现了自主排尿,其中 4/5 的患者的导尿频率降低至少 50%,该结果提示,低频脊髓重复磁刺激所诱导的伴尿道压力降低的逼尿肌收缩是提高排尿能力的主要原因^[16]。

目前,脊髓磁刺激调节下尿路功能的机制并不清楚。在健康人中,中脑导水管周围灰质和脑桥排尿中心的下行调节可通过控制节前交感神经核、骶副交感神经核和 Onuf 核的输出来协调膀胱和括约肌活动^[24]。骶上 SCI 后,脊髓上中枢与低位脊髓中枢之间的连接被阻断,引发下尿路功能失调^[12],而本研究在第 1 腰椎水平(脊髓圆锥区域)进行磁刺激旨在激活与排尿相关的脊髓环路。临床研究显示,磁刺

激该区域后可有效地降低 NDO 和 DSD 患者过度活跃的球海绵体反射的振幅^[22],说明脊髓磁刺激可能通过背根神经节或背柱刺激调节脊髓中间神经元来实现其脊髓上的抑制作用,或通过调节交感神经链和骶髓副交感排尿中枢内的反应来促进排尿过程。有研究认为,脊髓重复磁刺激可提高排尿环路的激活状态或者降低抑制状态,重新激活脊上排尿中枢与腰骶排尿中枢模式发生器之间的剩余神经通路^[12],从而促进储尿和排尿期间膀胱和括约肌功能的正常化。这与硬膜外脊髓电刺激类似,硬膜外脊髓电刺激对 SCI 患者膀胱和括约肌功能的有益作用依赖于电刺激且通常需要几周的时间才能达到最大值^[25]。本课题组认为,脊髓刺激诱导的膀胱功能的临床改善可能依赖于一定时间的脊髓环路重组。

本研究在评估下尿路的总体症状时,选择了 NBSS 量表,该量表是 Welk 等^[26]于 2014 年研制,包括尿失禁、储尿和排尿、结局共 3 个维度,可有效弥补只评价尿失禁,或者只评价排尿症状的量表的不全面性^[17],非常适合于评估 SCI 后同时伴有储尿和排尿症状的神经源性膀胱患者。本研究结果显示,连续采用磁刺激干预 4 周后(第 6 周结束时),15 例患者的 NBSS 评分和生活质量评分均显著降低^[27],该结果进一步证明,与脊髓重复磁刺激相关的下尿路总体症状的改善。

综上所述,低频脊髓重复磁刺激可显著改善骶上 SCI 后神经源性膀胱患者的下尿路功能和生活质量。由于本文为自身前后对照研究,样本量较少,后续研究将增加样本量,设置对照组,进一步探究重复磁刺激对骶上 SCI 后神经源性膀胱的疗效和作用机制。

参 考 文 献

- [1] Danforth TL, Ginsberg DA. Neurogenic lower urinary tract dysfunction: how, when, and with which patients do we use urodynamics [J]? Urol Clin North Am, 2014, 41(3):445-452. DOI: 10.1016/j.ucl.2014.04.003.
- [2] Pelosi G, Faleiros F, Pereira MRC, et al. Study on the prevalence of neurogenic bladder in Brazilians with traumatic and non-traumatic spinal cord injury [J]. J Spinal Cord Med, 2021; 1-5. DOI: 10.1080/10790268.2021.1981715.
- [3] Hamid R, Averbeck MA, Chiang H, et al. Epidemiology and pathophysiology of neurogenic bladder after spinal cord injury [J]. World J Urol, 2018, 36(10):1517-1527. DOI:10.1007/s00345-018-2301-z.
- [4] Hu HZ, Granger N, Jeffery ND. Pathophysiology, clinical importance, and management of neurogenic lower urinary tract dysfunction caused by suprasacral spinal cord injury [J]. J Vet Intern Med, 2016, 30(5):1575-1588. DOI: 10.1111/jvim.14557.
- [5] Weld KJ, Dmochowski RR. Association of level of injury and bladder behavior in patients with post-traumatic spinal cord injury [J]. Urolo-

- gy, 2000, 55(4):490-494. DOI: 10.1016/s0090-4295(99)00553-1.
- [6] Agrawal M, Joshi M. Urodynamic patterns after traumatic spinal cord injury[J]. J Spinal Cord Med, 2015, 38(2):128-133. DOI: 10.1179/2045772313Y.0000000136.
- [7] Drake MJ, Apostolidis A, Cocci A, et al. Neurogenic lower urinary tract dysfunction: clinical management recommendations of the neurologic incontinence committee of the fifth international consultation on incontinence 2013 [J]. NeuroUrol Urodyn, 2016, 35(6):657-665. DOI: 10.1002/nau.23027.
- [8] Lu J, Cheng B, Lin L, et al. Urodynamic findings in patients with complete and incomplete suprasacral spinal cord injury at different stages after injury[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(3):3171-3178. DOI: 10.21037/apm-21-314.
- [9] Gad P, Zhong H, Edgerton VR, et al. Home-Based SCONE™ Therapy Improves Symptoms of Neurogenic Bladder [J]. Neurotrauma Rep, 2021, 2(1):165-168. DOI:10.1089/neur.2020.0061.
- [10] Zhao Y, Wang D, Zou L, et al. Comparison of the efficacy and safety of sacral root magnetic stimulation with transcutaneous posterior tibial nerve stimulation in the treatment of neurogenic detrusor overactivity: an exploratory randomized controlled trial [J]. Transl Androl Urol, 2022, 11(6):821-831. DOI: 10.21037/tau-22-249.
- [11] Steadman CJ, Grill WM. Spinal cord stimulation for the restoration of bladder function after spinal cord injury [J]. Health Technol Lett, 2020, 7(3):87-92. DOI: 10.1049/hlt.2020.0026.
- [12] Niu T, Bennett CJ, Keller TL, et al. A proof-of-concept study of transcutaneous magnetic spinal cord stimulation for neurogenic bladder [J]. Sci Rep, 2018, 8(1):12549. DOI: 10.1038/s41598-018-30232-z.
- [13] Kirshblum S, Snider B, Rupp R, et al. Updates of the international standards for neurologic classification of spinal cord injury: 2015 and 2019 [J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2020, 31(3):319-330. DOI: 10.1016/j.pmr.2020.03.005.
- [14] 蔡文智, 孟玲, 李秀云. 神经源性膀胱护理实践指南(2017年版) [J]. 护理学杂志, 2017, 32(24):1-7. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2017.24.001.
- [15] 中国残疾人康复协会脊髓损伤康复专业委员会, 国际脊髓学会中国脊髓损伤学会, 中华医学会泌尿外科学分会尿控学组. 脊髓损伤患者泌尿系管理与临床康复指南 [J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19(4):301-317. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2013.04.001.
- [16] Gad PN, Kreydin E, Zhong H, et al. Non-invasive neuromodulation of spinal cord restores lower urinary tract function after paralysis [J]. Front Neurosci, 2018, 12:432. DOI: 10.3389/fnins.2018.00432.
- [17] 龙雨阳, 杜春萍, 张建梅, 等. 神经源性膀胱症状评分表的汉化及信效度检验 [J]. 护理研究, 2021, 35(19):3426-3429. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2021.19.009.
- [18] Sartori AM, Hofer AS, Scheuber MI, et al. Slow development of bladder malfunction parallels spinal cord fiber sprouting and interneurons' loss after spinal cord transection [J]. Exp Neurol, 2022, 348:113937. DOI: 10.1016/j.expneurol.2021.113937.
- [19] Stoffel JT. Detrusor sphincter dyssynergia: a review of physiology, diagnosis, and treatment strategies [J]. Transl Androl Urol, 2016, 5(1):127-135. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4683.2016.01.08.
- [20] Neyaz O, Srikumar V, Equebal A, et al. Change in urodynamic pattern and incidence of urinary tract infection in patients with traumatic spinal cord injury practicing clean self-intermittent catheterization [J]. Spinal Cord Med, 2020, 43(3):347-352. DOI: 10.1080/10790268.2018.1512729.
- [21] 任亚锋, 冯晓东, 白俊敏, 等. 耳针配合间歇导尿治疗脊髓损伤后逼尿肌-尿道外括约肌协同失调的临床研究 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(6):3740-3743.
- [22] Min JH, Kang NY. TH-279. Effects of transcutaneous magnetic spinal cord stimulation on detrusor overactivity of the neurogenic bladder in spinal cord injuries [J]. Clin Neurophysiol, 2022, 141. DOI: 10.1016/j.clinph.2022.07.465.
- [23] Gad PN, Roy RR, Zhong H, et al. Initiation of bladder voiding with epidural stimulation in paralyzed, step trained rats [J]. PLoS One, 2014, 9(9):e108184. DOI: 10.1371/journal.pone.0108184.
- [24] McGee MJ, Amundsen CL, Grill WM. Electrical stimulation for the treatment of lower urinary tract dysfunction after spinal cord injury [J]. J Spinal Cord Med, 2015, 38(2):135-146. DOI: 10.1179/2045772314Y.0000000299. Epub 2015 Jan 13.
- [25] Meglio M, Cioni B, Amico ED, et al. Epidural spinal cord stimulation for the treatment of neurogenic bladder [J]. Acta Neurochir, 1980, 54(3-4):191-199. DOI: 10.1007/BF01407085.
- [26] 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. DOI: 10.1016/j.juro.2014.01.027. Epub 2014 Feb 8.
- [27] Welk B, Lenherr S, Elliott S, et al. The neurogenic bladder symptom score (NBSS): a secondary assessment of its validity, reliability among people with a spinal cord injury [J]. Spinal Cord, 2018, 56(3):259-264. DOI: 10.1038/s41393-017-0028-0.

(修回日期:2023-09-15)

(本文编辑:阮仕衡)