●综　述

神经源性下尿路功能障碍保守治疗策略研究进展

许洋涛　李雨婷　蔡慧丽　宋汶媛　陈诺　邵伊梦　张杰

【摘要】 神经源性下尿路功能障碍(NLUTD)是由中枢或外周神经病变引起的一类疾病,以尿失禁或尿潴留为主要症状,临床表现多样且具有神经损伤不可逆性,临床分类多样且复杂,治疗极为困难。目前临床以保守治疗为主,主要包括药物治疗、物理治疗、盆底肌训练、间歇性导尿等。本文就NLUTD的保守治疗方法和不同病变类型NLUTD的治疗策略研究进展作一综述,旨在为进一步优化治疗方案,改善患者预后提供新的思路。

【关键词】 神经源性下尿路功能障碍;保守治疗;神经损伤

神经源性下尿路功能障碍(neurogenic lower urinary tract dysfunction,NLUTD)也称神经源性膀胱,泛指由于中枢或周围神经病变导致膀胱和(或)尿道括约肌功能障碍的一类疾病[1]。NLUTD的病理生理改变主要包括逼尿肌过度活动(detrusor overactivity,DO)、逼尿肌-括约肌协同失调(detrusor-sphincter dyssynergia,DSD)以及逼尿肌活动不足(detrusor underactivity,DU)等[2],根据神经病变部位的不同可表现为尿失禁、尿潴留等症状,并可伴有尿路感染、尿路结石、肾功能衰竭等并发症,严重影响患者的生活质量和整体健康[3]。目前临床NLUTD以保守治疗为主,首选药物治疗,其次为物理治疗和盆底肌训练(pelvic floor muscle training,PFMT),间歇性导尿(intermittent catheterization,IC)则是控制膀胱内压力的重要手段。以上治疗方式常联合应用以获得最佳疗效[4]。保守治疗相对于手术治疗具有价格低廉、创伤小、不良反应小等优势,但疗效有待进一步提高。本文就NLUTD的保守治疗方法及针对不同病变类型NLUTD的治疗策略作一综述,旨在为进一步优化治疗方案、改善患者预后提供理论支撑和新的治疗思路。

DOI:10.12056/j.issn.1006-2785.2026.48.14.2026-320

基金项目:浙江省中医药科技计划项目(2022ZB164)

作者单位:310053　杭州,浙江中医药大学第二临床医学院(许洋涛),药学院(宋汶媛、陈诺、邵伊梦);武汉市汉阳区永丰街社区卫生服务中心(李雨婷);泰顺县中医院中药房(蔡慧丽);浙江中医药大学附属第二医院泌尿外科(张杰)

通信作者:张杰,E-mail:zzzjjj39@sina.com

1　NLUTD分类

NLUTD的分类方式多样且复杂,并无统一标准,常见的有国际尿控协会分类法、Mayo医院分类法、Madersbacher分类法、廖氏分类法、SALE分类法、Panicker三分类法[5]等。Panicker三分类法是目前较为简便的分类方法,且在一定程度上阐释了NLUTD的病因机制,具有一定的临床实用性和指导意义。

Panicker三分类法结合神经损伤的节段和临床表现将NLUTD分为脑桥上病变、骶骨上至脑桥下病变、骶骨及骶骨下病变3类[5],其中脑桥上病变以DO导致的尿频尿急多见,主要病因有帕金森病、脑血管意外、脑瘫、痴呆等;骶骨及骶骨下病变以DU导致的尿潴留多见,主要病因为马尾综合征、糖尿病及其他周围神经病变;而骶骨上至脑桥下病变的表现复杂,存在DO导致的尿频尿急以及DSD导致的排尿困难等多种症状,其最主要的病因是脊髓损伤(spinal cord injury,SCI)。

2　NLUTD的药物治疗

2.1　抗胆碱能药物　抗胆碱能药物通过抑制膀胱毒蕈碱受体M2和M3,有效抑制逼尿肌的过度活动,是目前临床治疗NLUTD的一线药物[6],对于以DO导致的以尿频、尿急、尿失禁为主要症状的NLUTD有较为可观的疗效,但不适用于存在尿潴留表现的NLUTD。有研究认为,长期使用抗胆碱能药物可能增加痴呆风险[7],因此,用药前应充分权衡利弊。目前常用的药物有奥昔布宁、托特罗定等,新一代抗胆碱能药物如索非那新[8]及非索罗定[9]的神经系统不良反应较小,且在疗效上与传统药

浙江医学杂志官方网站:www.zjyzzs.com

物无异，这些药物的开发与应用有望进一步提升抗胆碱能药物在NLUTD治疗中的应用前景。

2.2 β_3-肾上腺素受体激动剂 β_3-肾上腺素受体激动剂通过选择性激活膀胱逼尿肌上的β_3-受体，介导逼尿肌松弛，从而有效缓解膀胱过度活动。适用于以尿频、尿急、尿失禁为主要表现的NLUTD，包括脑桥上神经病变及部分骶骨上至脑桥下病变。β_3-肾上腺素受体激动剂同样不适用于以各种原因的尿潴留为主要表现的NLUTD。但相较于抗胆碱能药物，其对认知能力的影响较小[10]。

米拉贝隆是临床常用的β_3-肾上腺素受体激动剂，能够在一定程度上增加最大膀胱容量（maximum cystometric capacity，MCC），改善膀胱顺应性，且具有一定的远期疗效[11]。在安全性方面，米拉贝隆具有良好的耐受性[12]，对认知能力的影响较小。然而，其治疗效果仍存在争议。部分研究认为其对尿动力学参数并无显著影响[13]，下尿路症状和生活质量改善的相关证据亦不充分[14]。

维贝格隆是一种新型β_3-肾上腺素受体激动剂，目前已在日本投入临床使用。其作用机制除激活β_3受体外，还可能与其下调瞬时受体电位阳离子通道亚家族V成员1、亚家族A成员1等传入C纤维受体水平有关[15]。此外，有研究发现，对于抗胆碱能药物索非那新治疗无效的膀胱过度活动患者，维贝格隆仍具有良好的治疗效果[16]，提示其有望成为抗胆碱能药物的替代选择。

2.3 A型肉毒素（botulinum toxin A，BONT-A） BONT-A是肉毒杆菌产生的一种神经毒素，可通过阻断N-乙基马来酰亚胺敏感因子附着蛋白复合体的形成抑制突触前膜与神经递质囊泡的融合，达到麻痹肌肉的效果[17]。研究发现，同时向逼尿肌和括约肌注射BONT-A可以在一定程度上改善SCI患者的DSD症状[18]，但对于脑桥上神经病变的患者如脑血管意外（cerebrovascular accidents，CVA）、帕金森病患者，BONT-A的治疗效果有限，且存在加重尿失禁的可能[4]。BONT-A可能导致尿路感染和尿潴留[19]，临床需加强感染防控并密切监测尿量变化，尤其是对于DSD患者，必要时进行导尿以防止膀胱压力过高。总体而言，BONT-A可以在一定程度上缓解NLUTD患者的尿频尿急尿失禁症状，可能对DSD有效，但对于脑桥上神经损伤患者的治疗效果有限。

2.4 加巴喷丁 加巴喷丁是一种人工合成的氨基酸，临床常用于癫痫和神经病理性疼痛的治疗。研究表明，SCI后NLUTD可能与自主神经功能障碍有关，亦有学者提出其与免疫功能障碍存在潜在联系[20]。加巴喷丁可以同时作用于以上两种病理机制发挥临床作用[21]。使用加巴喷丁治疗尿频尿急尿失禁的NLUTD患者，无论是脑桥上病变、脱髓鞘功能障碍还是部分骶骨上至脑桥下病变都具有一定的治疗效果[22]，但相关证据尚且不足，需进一步探究。

3 NLUTD的物理治疗

3.1 经皮神经电刺激（transcutaneous electrical nerve stimulation，TENS） TENS是一种将电极贴敷于皮肤表面、通过释放低压电流刺激神经或肌肉的非侵入性疗法。对于口服药物反应不佳的NLUTD患者，TENS提供了一种有效且可行的治疗选择。临床研究表明，于双侧骶旁区域（S_2~S_4）进行TENS干预，可有效减少患者尿失禁发作频率[23]，治疗效果在一定程度上与索非那新和奥昔布宁相似[24-25]。然而，TENS的临床疗效尚存争议。部分研究者指出，其治疗效应可能仅限于降低最大逼尿肌压力（maximum detrusor pressure，Pdet.max），而对相关生活质量的改善作用并不显著[26]；也有研究认为其对Pdet.max并无显著改善效果，而是主要通过提高MCC达到治疗目的[27]。另外由于TENS的干预对象多为骶骨脊髓及相关周围神经，因此对于骶骨脊髓及相关传入神经严重受损的患者或是腰部皮肤感觉丧失的患者来说，该方法可能无法起到良好的效果，临床应用中需要加以判断。总体而言，TENS对骶髓及其相关传入神经完好或部分受损的NLUTD患者具有一定的疗效，但其确切机制仍有待进一步考证。

3.2 胫神经刺激（tibial nerve stimulation，TNS） TNS是一种通过电刺激胫神经远端以调节外周神经电活动的非侵入性疗法，是针对胫神经的一种TENS，其对NLUTD的治疗作用主要通过刺激胫神经并上行刺激腰骶神经根（S_2~S_4）以调节副交感神经输出，从而调控逼尿肌活动，并平衡排尿反射的兴奋性与抑制性信号[28]。动物试验发现，在急性脊髓损伤大鼠模型中，TNS可减少非排尿性膀胱收缩次数，但这一效果似乎缺乏远期持续性[29]。临床研究方面，已有证据表明TNS能够降低NLUTD患者的排尿频率及尿急次数[30]，提示其对尿失禁具有一定的治疗价值。然而，TNS在NLUTD领域的应用仍处于探索阶段，缺乏大样本多中心临床试验，证据基础较为薄弱[31]。与TENS一样，TNS的治疗同样基于神经传导的完整性，因此主要适用于脑桥上神经病变及骶骨上至脑桥下神经病变的部分患者，而对于骶骨及骶骨下神经病变以及胫神经传导受损的患者，由于骶髓中枢和胫神经传导通路受损，该方法的临床治疗效果可能

浙江医学杂志社官方网站版权所有 www.zjyxzz.com

并不理想。

3.3 磁刺激 磁刺激是一种利用交变磁场在体内诱导感应电流，从而调节目标区域神经元兴奋性的非侵入性治疗方法。根据刺激模式的不同，可分为单次刺激和重复刺激，后者以重复经颅磁刺激（repetitive transcranial magnetic stimulation，rTMS）为代表。近年来的研究表明，rTMS能够改善卒中后NLUTD患者的MCC及Pdet.Max水平，减少残余尿量，缓解膀胱过度活动症状[32]。此外，新型磁刺激技术亦展现出应用潜力。经颅旋转永磁刺激器作为一种便携式多灶神经调节设备，可能对NLUTD患者的排尿功能障碍具有改善作用，尤其可缓解尿潴留症状[33]；经皮脊髓磁刺激（transcutaneous magnetic spinal cord stimulation，TMSCS）则针对腰椎区域施加刺激，一项概念验证研究显示其可促进伴有尿潴留的NLUTD患者实现自主排尿，减少导尿频率[34]，为尿潴留的治疗提供了新思路。盆底磁刺激是对患者的盆腔区域进行磁刺激的治疗方式，魏衍旭等[35]研究发现，其对NLUTD患者的尿失禁症状有一定治疗效果。

总体而言，磁刺激对尿失禁和尿潴留的NLUTD患者均展现较好的治疗潜力，具有较广的适应证。另外，磁刺激对多个神经部位均有刺激效果，可以根据患者神经损害的位置和损害情况选择适宜的刺激部位，例如：对于脑桥上神经病变的患者，在脑桥排尿中枢（pontine micturition center，PMC）相对完整的情况下可以选择rTMS，而当PMC受损严重时，rTMS的疗效可能不佳，可以尝试TMSCS及盆底磁刺激等治疗方式。然而，其疗效仍存在争议。研究表明，尽管rTMS可减轻患者的临床症状并改善生活质量，但其对核心尿动力学参数的影响并不显著，其临床意义尚不明确[36]。因此，磁刺激在NLUTD治疗中的确切价值仍有待进一步验证，未来需开展更多设计严谨的大样本研究以明确其适应证、优化治疗参数。

3.4 生殖器神经刺激（genital nerve stimulation，GNS） GNS是一种无创电刺激技术，通过特殊装置作用于阴茎或阴蒂的传入神经——即生殖器背神经（dorsal genital nerve，DGN），调控骶髓抑制膀胱过度活动，增加膀胱容量[37]。研究表明，其对膀胱容量的改善作用在刺激停止后仍可持续，但对逼尿肌压力及膀胱顺应性无明显影响[38]。短期GNS治疗可以在一定程度上改善NLUTD患者的尿失禁症状[39]。然而，其远期疗效尚缺乏相关研究报道。另外，DGN传导通路的完整性和骶髓中枢的正常功能是应用GNS的先决条件，因此对于骶骨及骶骨下神经损伤严重的患者，这种治疗方法可能无法发挥较好的疗效，临床应用中应当加以判断。

3.5 物理治疗的局限性 值得一提的是，由于神经损伤的不可逆性，物理疗法多是基于残存的神经纤维进行的调节与代偿，对于神经损伤严重的患者，尤其是骶髓中枢严重受损（多数物理刺激作用于此）的患者，其治疗效果可能不尽如人意，因此在应用物理治疗前应当充分评估患者的神经受损情况，并选择合适的刺激部位和刺激方式：（1）骶髓中枢（S_2~S_4）功能完好且表面皮肤感觉保留的患者可直接在该区域进行经皮TENS或TMSCS，可以起到一定的缓解效果。（2）骶髓中枢部分受损、皮肤表面感觉丧失，但保留了部分周围神经传导完整性的患者，可尝试刺激相应的外周神经如TNS、GNS等，可能起到部分缓解效果，但治疗效果不及骶髓中枢功能完好的患者。（3）骶髓中枢完全受损、周围神经传导功能不完整的患者可尝试rTMS，但具体疗效尚待考证，效果可能并不理想，该类患者仍以药物治疗和导尿为主。

4 PFMT

PFMT通过规律收缩盆底肌群达到锻炼目的。有研究认为PFMT对NLUTD的作用在于改善盆底肌群的松弛状态，从而抑制排尿冲动和膀胱收缩以缓解尿失禁症状[40-41]。英国国立临床规范研究所推荐保留自主膀胱收缩能力的NLUTD患者进行PFMT，训练强度至少为8次/组，至少3组/d，持续锻炼至少3个月[42]。临床研究表明，3~6个月的PFMT可改善患者的尿失禁症状[41]；短期（2~4周）PFMT即可在一定程度上改善患者的MCC、Pdet.max等尿动力学参数，并有效减少尿失禁发作次数[43]。

目前，PFMT已被证实是一种安全有效的治疗方法，对于存在尿失禁症状的脑桥上病变及骶骨上至脑桥下病变的部分患者有一定的疗效。需要强调的是，进行PFMT治疗的前提是患者能够自主控制盆底肌群，骶骨脊髓损伤患者及痴呆患者可能不适用该治疗方法。另外，PFMT治疗效果的持久性以及是否需要长期维持训练以巩固疗效等问题仍有待进一步探究；由于该疗法依赖患者的主动参与，患者的依从性成为影响治疗效果的关键因素，其在真实临床环境下的有效性仍需更多研究加以验证。

5 IC

IC根据患者排尿情况及残余尿量，按特定时间间隔进行导尿且不留置导尿管，是NLUTD膀胱管理的重要手段。根据操作标准的不同，IC可分为无菌间歇性

导尿和清洁间歇性导尿(clean intermittent catheterization,CIC)。前者需在严格无菌条件下由医护人员操作,仅限于医院内进行;后者则可由患者在家中自主操作,更适合需要长期导尿的NLUTD患者。对于骶骨及骶骨下损伤的患者,IC可降低膀胱压力,减少膀胱高压的持续时间,从而减少肾脏损害[44]。临床常用的IC方式是根据排尿日记记录的排尿及导尿量的多少适时调整排尿频率,通常为300 mL/次,从而维持膀胱储尿的低压状态。有临床研究认为可以根据膀胱容量-压力测定的结果确定患者膀胱安全容量和残余尿量,从而适时调整导尿频率[45],最大限度地促进残余神经纤维的代偿,尽可能恢复部分排尿功能,该方法较排尿日记具有更高的准确性,值得临床推广。此外,研究提示CIC使用频次过高可能增加泌尿系感染风险[46],因此临床需合理规划导尿频率,并指导患者规范操作。为降低感染风险,现有研究提出每日尿道灌注聚维酮碘可有效预防感染[47];另外,亲水性导尿管较传统导尿管对尿道损伤更小,有助于降低感染风险[48]。目前,IC在多个国家已成为NLUTD患者最常用的膀胱排空方式[49-50],在患者恢复自主排尿前发挥着重要作用。

6 小结和展望

NLUTD临床治疗中,单一的治疗方式往往难以实现较好的治疗效果,因此在实际应用中应当注重多模态联合治疗。多种治疗方式的联用不仅可以在一定程度上提高疗效,也能创造更多的治疗机会。例如对于骶骨上至脑桥下损伤的DSD患者,在应用BONT-A逼尿肌括约肌注射尝试恢复逼尿肌括约肌协同能力的同时,可以应用IC控制膀胱内压力,以争取更多的治疗机会;而类似于药物疗法与物理疗法、PFMT等的联合应用,则可以在一定程度上提高临床疗效。Panicker三分类法关于不同神经损伤类型的治疗策略见表1。

然而,当前NLUTD的治疗仍面临若干挑战:(1)现有疗法多针对尿失禁症状,而对于各种原因的尿潴留,尤其是动力缺失型的尿潴留,其有效干预手段较为有限,且疗效不尽理想;(2)现有的NLUTD的分类方式复杂且难以将神经损伤的根本病因与临床症状准确关联,不利于临床治疗的开展。(3)TENS、磁刺激等物理治疗方式的作用机制尚不明确,治疗效果也存在一些争议。(4)由于神经损伤的不可逆性,大部分治疗方式仅能缓解相应症状,难以做到病因治疗。

未来,NLUTD的研究应当着眼于以下方面:(1)NLUTD的详细病理机制研究,从而将不同的神经病变类型与相应的临床症状准确对应,建立将神经损伤与临床表现准确对应且便于临床应用的分类标准。(2)由于神经损伤的不可逆性,治疗方面应更多地着眼于有效神经保护方式,探索最大限度激活残余神经代偿功能的的途径。(3)探索恢复逼尿肌活动的有效方式。(4)系统探究NLUTD物理治疗的临床疗效与机制。

7 参考文献

[1] Truzzi JC, Almeida FG, Sacomani CA, et al. Neurogenic bladder: concepts and treatment recommendations[J]. Int Braz J Urol, 2022, 48(2):220-243. DOI:10.1590/s1677-5538.Ibju.2021.0098.

[2] Peyronnet B, Krupp LB, Reynolds WS, et al. Nocturia in patients with multiple sclerosis[J]. Rev Urol, 2019, 21(2/3):63-73.

[3] 陈树, 张天禹. 神经源性膀胱的分类及治疗进展[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(58):84-86. DOI:10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.58.037.

[4] Jiang YH, Jhang JF, Chen SF, et al. Real-life treatment outcome of botulinum toxin A injection on overactive bladder and voiding dysfunction in patients with central nervous system lesions[J]. Toxins, 2024, 16(3):123. DOI:10.3390/toxins16030123.

[5] Panicker JN. Neurogenic bladder: epidemiology, diagnosis, and management[J]. Semin Neurol, 2020, 40(5):569-579. DOI:10.1055/s-0040-1713876.

[6] Zhang H, Wang Y. Short-term cognitive effects of anticholinergics in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunc-

表1 不同神经病变类型NLUTD治疗策略

神经病变类型	病理类型	一线治疗	二线治疗	禁忌
脑桥上病变	DO	抗胆碱能药物	β_3-肾上腺素受体激动剂;BONT-A;物理治疗;PFMT	-
骶骨上至脑桥下病变	DO	抗胆碱能药物;BONT-A	β_3-肾上腺素受体激动剂;物理治疗;PFMT	-
	DSD	IC;BONT-A	磁刺激	抗胆碱能药物;β_3-肾上腺素受体激动剂
骶骨及骶骨下病变	DU	IC	磁刺激	抗胆碱能药物;β_3-肾上腺素受体激动剂

注:NLUTD为神经源性下尿路功能障碍;DO为逼尿肌过度活动;DSD为逼尿肌-括约肌协同失调;DU为逼尿肌活动不足;BONT-A为A型肉毒素;IC为间歇性导尿;PFMT为盆底肌训练。

浙江医学杂志社官方网站网址:www.zjyxzz.com

tion: a systematic review and Meta-analysis[J]. Biomed Rep, 2025, 23(6):185. DOI:10.3892/br.2025.2063.

[7] Richardson K, Fox C, Maidment I, et al. Anticholinergic drugs and risk of dementia: case-control study[J]. BMJ, 2018, 361: k1315. DOI:10.1136/bmj.k1315.

[8] Welk B. The impact of anticholinergics on cognitive function in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction: a narrative review[J]. Indian J Urol, 2024, 40(2):82-87. DOI:10.4103/iju.iju_352_23.

[9] Kitta T, Darekar A, Malhotra B, et al. Fesoterodine treatment of pediatric patients with neurogenic detrusor overactivity: a 24-week, randomized, open-label, phase 3 study[J]. J Pediatr Urol, 2023, 19(2):175.e1-.e10. DOI:10.1016/j.jpurol.2022.11.020.

[10] Trbovich M, Romo T, Polk M, et al. The treatment of neurogenic lower urinary tract dysfunction in persons with spinal cord injury: an open label, pilot study of anticholinergic agent vs. mirabegron to evaluate cognitive impact and efficacy[J]. Spinal Cord Ser Cases, 2021, 7(1):50. DOI:10.1038/s41394-021-00413-6.

[11] Van Veen FEE, Schotman M, Hoen LAT, et al. Long-term beneficial effects of mirabegron in pediatric patients with therapy-refractory neurogenic lower urinary tract dysfunction [J]. J Pediatr Urol, 2023, 19(6):753.e1-.e8. DOI:10.1016/j.jpurol.2023.08.015.

[12] Chen YZ, Peng L, Zhang C, et al. The efficacy and safety of mirabegron for adult and child patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction: a systematic review and Meta-analysis[J]. Neurourol Urodyn, 2022, 41(5):1056-1064. DOI: 10.1002/nau.24928.

[13] Welk B, Hickling D, Mckibbon M, et al. A pilot randomized-controlled trial of the urodynamic efficacy of mirabegron for patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction[J]. Neurourol Urodyn, 2018, 37(8):2810-2817. DOI:10.1002/nau.23774.

[14] Elkhashab MM, Alqahtani AM, Kim MH, et al. Safety and efficacy of beta-3 adrenergic agonists in treating neurogenic lower urinary tract dysfunction: a systematic review and Meta-analysis[J]. Investig Clin Urol, 2024, 65(3):217-229. DOI: 10.4111/icu.20230271.

[15] Shimizu N, Gotoh D, Nishimoto M, et al. Efficacy of vibegron, a novel β_3-adrenoreceptor agonist, for lower urinary tract dysfunction in mice with spinal cord injury[J]. Int J Urol, 2021, 28(10):1068-1072. DOI:10.1111/iju.14630.

[16] Kumekawa T, Akaihata H, Natsuya H, et al. Urodynamic findings and vibegron effects on neurogenic lower urinary tract dysfunction caused by human T-cell leukemia virus type I-associated myelopathy/tropical spastic paraparesis[J]. IJU Case Rep, 2024, 7(6):438-441. DOI:10.1002/iju5.12773.

[17] Jhang JF, Kuo HC. Botulinum toxin A and lower urinary tract dysfunction: pathophysiology and mechanisms of action[J]. Toxins, 2016, 8(4):120. DOI:10.3390/toxins8040120.

[18] Huang YH, Chen SL. Concomitant detrusor and external urethral sphincter botulinum toxin-A injections in male spinal cord injury patients with detrusor overactivity and detrusor sphincter dyssynergia[J]. J Rehabil Med, 2022, 54:jrm00264. DOI:10.2340/jrm.v54.122.

[19] Yu PH, Wang CC. Adverse effects of intravesical onabotulinumtoxinA injection in patients with idiopathic overactive bladder or neurogenic detrusor overactivity: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled studies[J]. Toxins, 2024, 16(8):343. DOI:10.3390/toxins16080343.

[20] Wyndaele M, Charrua A, Hervé F, et al. Beyond the urothelium: interplay between autonomic nervous system and bladder inflammation in urinary tract infection, bladder pain syndrome with interstitial cystitis and neurogenic lower urinary tract dysfunction in spinal cord injury-ICI-RS 2023[J]. Neurourol Urodyn, 2024, 43(6):1283-1292. DOI:10.1002/nau.25310.

[21] Brennan FH, Noble BT, Wang Y, et al. Acute post-injury blockade of $\alpha2\delta$-1 calcium channel subunits prevents pathological autonomic plasticity after spinal cord injury[J]. Cell Rep, 2021, 34(4):108667. DOI:10.1016/j.celrep.2020.108667.

[22] Chanchlani R, Mehra K, Sharma PK, et al. Role of gabapentin in the management of neurogenic overactive bladders: a systematic review[J]. Cent European J Urol, 2025, 78(1):61-69. DOI:10.5173/ceju.2024.0125.

[23] Unal B, Pisirici P, Kurt AK, et al. Comparison of the efficiency of transcutaneous electrical nerve stimulation and manual therapy in children with cerebral palsy with lower urinary system dysfunction: a randomized prospective trial[J]. J Pediatr Urol, 2025, 21(2):260-267. DOI:10.1016/j.jpurol.2024.03.027.

[24] Jiang Y, Li X, Gua S, et al. Transcutaneous electrical stimulation for neurogenic bladder after spinal cord injury: a systematic review and Meta-analysis[J]. Neuromodulation, 2024, 27(4):604-613. DOI:10.1016/j.neurom.2023.06.002.

[25] Sahu S, Venkataraman S, Chanu AR, et al. Transcutaneous neuromodulation versus oxybutynin for neurogenic detrusor overactivity in persons with spinal cord injury: a randomized, investigator blinded, parallel group, non-inferiority controlled trial[J]. J Spinal Cord Med, 2025, 48(4):621-628. DOI:10.1080/10790268.2024.2370099.

[26] Ayla ÖÖ, Özel ŞK, Acar G, et al. Does adding TENS to pelvic floor rehabilitation effect on urodynamics and clinical results in children with spina bifida?[J]. Neurourol Urodyn, 2025, 44(2):451-457. DOI:10.1002/nau.25628.

[27] Parittotokkaporn S, Varghese C, O'grady G, et al. Transcutaneous electrical stimulation for neurogenic bladder dysfunction following spinal cord injury: Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Neuromodulation, 2021, 24(7):1237-1246. DOI:10.1111/ner.13459.

[28] 杜慧娟, 王保军, 李娟, 等. 胫神经刺激治疗下尿路功能障碍: 机制、临床证据与未来方向[J]. 微创泌尿外科杂志, 2025, 14(5): 353-360. DOI:10.19558/j.cnki.10-1020/r.2025.05.012.

浙江医学杂志社官方网站网址: www.zjyxzzs.com

[29] Sartori AM, Salemi S, Hofer AS, et al. Early transcutaneous tibial nerve stimulation acutely improves lower urinary tract function in spinal cord injured rats[J]. Neurotrauma Rep, 2022, 3(1):15–26. DOI:10.1089/neur.2021.0058.

[30] Al–Dandan HB, Galvin R, Robinson K, et al. Feasibility and acceptability of transcutaneous tibial nerve stimulation for the treatment of bladder storage symptoms among people with multiple sclerosis[J]. Pilot Feasibility Stud, 2022, 8(1):161. DOI:10.1186/s40814–022–01120–1.

[31] Tahmasbi F, Hosseini S, Hajebrahimi S, et al. Efficacy of tibial nerve stimulation in neurogenic lower urinary tract dysfunction among patients with multiple sclerosis: a systematic review and Meta–analysis[J]. Urol Res Pract, 2023, 49(2):100–111. DOI:10.5152/tud.2023.22241.

[32] Chen J, Tan B, Chen Y, et al. A randomized controlled trial of low–frequency repeated transcranial magnetic stimulation in patients with poststroke neurogenic bladder[J]. Sci Rep, 2024, 14(1):18404. DOI:10.1038/s41598–024–69345–z.

[33] Khavari R, Tran K, Helekar SA, et al. Noninvasive, individualized cortical modulation using transcranial rotating permanent magnet stimulator for voiding dysfunction in women with multiple sclerosis: a pilot trial[J]. J Urol, 2022, 207(3):657–668. DOI:10.1097/ju.0000000000002297.

[34] 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.

[35] 魏衍旭, 张思钰, 任慧, 等. 盆底重复磁刺激联合排尿功能训练治疗脑卒中后非认知功能障碍性神经源性膀胱的临床效果[J]. 中国老年学杂志, 2025, 45(11):2659–2662. DOI:10.3969/j.issn.1005–9202.2025.11.024.

[36] Çakir PA, Güzelburç V, Birday E, et al. Effect of neuromodulation on neurogenic bladder in women with multiple sclerosis: a pilot randomized controlled trial[J]. Neurodegener Dis Manage, 2025, 15(2/3):57–64. DOI:10.1080/17582024.2025.2488712.

[37] Bourbeau DJ, Creasey GH, Sidik S, et al. Genital nerve stimulation increases bladder capacity after SCI: a Meta–analysis[J]. J Spinal Cord Med, 2018, 41(4):426–434. DOI:10.1080/10790268.2017.1281372.

[38] Yeh SD, Khasanah N, Gustafson KJ, et al. Beneficial carryover effects of chronic at–home genital nerve stimulation on incontinence in individuals with spinal cord injury: a pragmatic trial[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2024, 67(2):101799. DOI:10.1016/j.rehab.2023.101799.

[39] Bourbeau DJ, Gustafson KJ, Brose SW. At–home genital nerve stimulation for individuals with SCI and neurogenic detrusor overactivity: a pilot feasibility study[J]. J Spinal Cord Med, 2019, 42(3):360–370. DOI:10.1080/10790268.2017.1422881.

[40] Voorham JC, de Wachter S, Van Den Bos TWL, et al. The effect of EMG biofeedback assisted pelvic floor muscle therapy on symptoms of the overactive bladder syndrome in women: a randomized controlled trial[J]. Neurourol Urodyn, 2017, 36(7):1796–1803. DOI:10.1002/nau.23180.

[41] Elmelund M, Biering–Sørensen F, Due U, et al. The effect of pelvic floor muscle training and intravaginal electrical stimulation on urinary incontinence in women with incomplete spinal cord injury: an investigator–blinded parallel randomized clinical trial[J]. Int Urogynecol J, 2018, 29(11):1597–1606. DOI:10.1007/s00192–018–3630–6.

[42] Ali MU, Fong KN, Kannan P, et al. Effects of nonsurgical, minimally or noninvasive therapies for urinary incontinence due to neurogenic bladder: a systematic review and Meta–analysis[J]. Ther Adv Chronic Dis, 2022, 13:20406223211063059. DOI:10.1177/20406223211063059.

[43] 黄强, 李春宁, 解鸿宇, 等. "灸刺任脉"联合膀胱功能训练治疗卒中后神经源性膀胱: 随机对照试验[J]. 中国针灸, 2025, 45(10):1427–1433. DOI:10.13703/j.0255–2930.20250302–0001.

[44] Liu J, Luo C, Xiao W, et al. Urinary tract infections and intermittent catheterization among patients with spinal cord injury in Chinese community[J]. Sci Rep, 2023, 13(1):17683. DOI:10.1038/s41598–023–44697–0.

[45] 杜霞, 曹辉, 高咪, 等. 基于膀胱容量–压力测定指导间歇性导尿在老年神经源性膀胱康复中的应用研究[J]. 老年医学与保健, 2023, 29(5):1061–1065. DOI:10.3969/j.issn.1008–8296.2023.05.038.

[46] Shigemura k, Kitagawa K, Nomi M, et al. Risk factors for febrile genito–urinary infection in the catheterized patients by with spinal cord injury–associated chronic neurogenic lower urinary tract dysfunction evaluated by urodynamic study and cystography: a retrospective study[J]. World J Urol, 2020, 38(3):733–740. DOI:10.1007/s00345–019–02743–5.

[47] Moussa M, Chakra MA, Papatsoris AG, et al. Bladder irrigation with povidone–iodine prevent recurrent urinary tract infections in neurogenic bladder patients on clean intermittent catheterization[J]. Neurourol Urodyn, 2021, 40(2):672–679. DOI:10.1002/nau.24607.

[48] Defoor W, Reddy P, Reed M, et al. Results of a prospective randomized control trial comparing hydrophilic to uncoated catheters in children with neurogenic bladder[J]. J Pediatr Urol, 2017, 13(4):373.e1–.e5. DOI:10.1016/j.jpurol.2017.06.003.

[49] Krebs J, Wöllner J, Pannek J. Bladder management in individuals with chronic neurogenic lower urinary tract dysfunction[J]. Spinal Cord, 2016, 54(8):609–613. DOI:10.1038/sc.2015.196.

[50] Pelosi G, Corbo LN, Lopes F, et al. Urological management in people with traumatic and non–traumatic spinal cord injury in Brazil[J]. Sci Rep, 2025, 15(1):26215. DOI:10.1038/s41598–025–97417–1.

（收稿日期：2026–02–28）

（本文编辑：沈亚芳）

浙江医学杂志官方网站网址：www.zjyxzzs.com