

脊髓损伤平面对神经源性膀胱治疗反应的影响： 一个范围综述

曹洋，孙雨，姚黎清*

昆明医科大学第二附属医院，云南 昆明 650000

DOI:10.61369/MRP.2026070038

摘 要： 目的 探讨不同平面脊髓损伤（SCI）所致神经源性膀胱的病理生理机制差异，及其对各类治疗策略反应的影响，为制定精准化、个体化的膀胱管理方案提供理论依据。方法 系统检索 PubMed、Web of Science、中国知网、万方及中国生物医学文献数据库，收集自建库起至 2026 年 6 月间围绕脊髓损伤节段与神经源性膀胱疗效关联的文献，并采用范围综述方法对纳入研究进行梳理。结果 最终纳入符合要求的文献 9 篇（含随机对照试验、Meta 分析、临床指南及前瞻性非随机干预研究）。脊髓损伤平面是决定神经源性膀胱临床表现与治疗反应的关键因素。骶髓上损伤多导致逼尿肌过度活动与逼尿肌-括约肌协同失调，对作用于骶神经通路的胫神经刺激和骶神经根磁刺激可能表现出更好的反应；而骶髓损伤则导致逼尿肌无反射及括约肌功能丧失，治疗重点和策略截然不同，对上述治疗的反应亦有限。结论 基于脊髓损伤平面进行精准的尿动力学评估与功能分型，是选择及优化神经源性膀胱治疗方案的前提。未来研究应致力于建立基于损伤平面的个性化治疗路径。

关 键 词： 脊髓损伤；损伤平面；神经源性膀胱；精准治疗；胫神经刺激；磁刺激

The Impact of Spinal Cord Injury Level on Treatment Response in Neurogenic Bladder: A Scoping Review

Cao Yang, Sun Yu, Yao Liqing*

Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650000

Abstract： The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650032
Abstract: Objective To explore the pathophysiological differences in neurogenic bladder caused by spinal cord injury (SCI) at different levels and their impact on the response to various treatment strategies, providing a theoretical basis for developing precise and individualized bladder management plans. Methods A systematic search was conducted in PubMed, Web of Science, CNKI, Wanfang, and the Chinese Biomedical Literature Database to collect literature from the establishment of these databases to June 2026 on the association between spinal cord injury segments and the efficacy of neurogenic bladder treatment. A scoping review approach was used to organize the included studies. Results A total of 9 eligible studies were included (including randomized controlled trials, meta-analyses, clinical guidelines, and prospective non-randomized intervention studies). The level of spinal cord injury is a key determinant of the clinical manifestations and treatment response of neurogenic bladder. Injuries above the sacral cord often result in detrusor overactivity and detrusor-sphincter dyssynergia, potentially showing better responses to tibial nerve stimulation and sacral nerve root magnetic stimulation, which act on the sacral nerve pathway. In contrast, sacral cord injuries lead to areflexic detrusor and sphincter dysfunction, necessitating entirely different treatment focuses and strategies, with limited responses to the aforementioned treatments. Conclusion Precise urodynamic assessment and functional classification based on the level of spinal cord injury are prerequisites for selecting and optimizing treatment plans for neurogenic bladder. Future research should focus on establishing individualized treatment pathways based on injury levels.

Keywords： spinal cord injury; injury level; neurogenic bladder; precise treatment; tibial nerve stimulation; magnetic stimulation

作者简介：曹洋（1995-），女，本科，主管治疗师，主要研究方向：盆底康复。E-mail: 904212417@qq.com

通讯作者：姚黎清（1986-），女，主任医师，教授，博士研究生导师，主要研究方向：康复医学。

引言

神经源性膀胱是脊髓损伤后最常见的并发症之一，对患者的生活质量构成严重威胁，其症状复杂多样，可表现为排尿困难、尿液不自主漏出甚至上尿路功能损伤。临床实践与研究表明，脊髓损伤平面是决定下尿路功能障碍分型的核心因素，不同平面的损伤通过对不同神经传导通路的破坏，导致截然不同的膀胱尿道功能障碍模式^[9]。传统治疗方法往往未能充分考虑损伤平面带来的病理生理差异，可能导致部分患者疗效不佳。因此，深入理解不同平面脊髓损伤的膀胱病理生理机制，并据此探索精准的治疗策略，成为当前神经泌尿领域的重要方向。本文旨在系统阐述脊髓损伤平面对神经源性膀胱治疗反应的影响，从机制出发，结合经皮胫神经刺激、功能性磁刺激等新兴神经调控技术的证据，探讨实现精准治疗的可行路径。

一、资料与方法

（一）明确研究问题

通过查阅脊髓损伤后神经源性膀胱相关文献，确定本综述拟探索的核心问题：（1）不同平面脊髓损伤（骶髓上损伤 vs. 骶髓损伤）所致神经源性膀胱的病理生理机制存在哪些差异？（2）基于损伤平面的不同，患者对各类治疗策略（尤其是神经调控疗法）的反应有何差异？（3）如何根据损伤平面构建精准化、个体化的膀胱管理方案？

（二）检索策略

采用计算机检索以下数据库：PubMed、Web of Science、中国知网、万方数据知识服务平台以及中国生物医学文献数据库，检索时限均从各库建库直至2026年6月。检索方式为医学主题词与自由词配合使用。中文关键词包括：脊髓损伤 / SCI、神经源性膀胱 / 下尿路功能障碍、损伤平面 / 骶髓上 / 骶髓；电刺激 / 胫神经刺激 / 磁刺激 / 神经调控、治疗反应 / 疗效 / 尿动力学。英文检索词包括：spinal cord injury / SCI, neurogenic bladder, injury level / suprasacral / sacral; supplementary terms included: tibial nerve stimulation / magnetic stimulation / neuromodulation, treatment response / efficacy / urodynamics.

（三）文献纳入与排除标准

纳入标准：（1）研究对象为脊髓损伤所致神经源性膀胱患者，损伤平面明确；（2）文献内容涉及不同损伤平面对膀胱功能或治疗反应的比较分析，或针对特定损伤平面患者的干预研究；（3）文献类型为原创性研究（包括随机对照试验、非随机对照试验、队列研究、病例对照研究）或高质量的系统评价 / Meta 分析 / 临床指南；（4）文献语种为中文或英文。排除标准：（1）无法获取全文；（2）会议摘要、学位论文、评论、信件、书籍章节等非完整研究文献；（3）重复发表的文献；（4）研究对象合并其他严重神经系统疾病（如多发性硬化、帕金森病）且未单独分析脊髓损伤亚组者。

（四）文献筛选与资料提取

将检索所得文献统一导入 Endnote X9 软件去除重复条目。由两位研究者独立依据上述纳入与排除标准，先通过阅读标题和摘要进行初筛，继而获取全文进行复筛。若遇意见分歧，则引入第三位研究者参与讨论以达成共识。对最终确定纳入的文献，提取如下信息：第一作者、发表年份、国家、研究设计类型、样本量、损伤节段分组、干预措施（具体名称、参数设置、疗程）、对照方式、结局指标（包括尿动力学参数、症状评分、生活质量量表等）以及主要研究结论。

（五）纳入文献概况

共检索到相关文献 1692 篇（其中 PubMed 405 篇，Web of Science 283 篇，中国知网 472 篇，万方 247 篇，中国生物医学文献数据库 285 篇）。经去重、初筛、复筛后，最终纳入 9 篇符合标准的文献，包括随机对照试验 1 篇、Meta 分析 1 篇、临床指南 2 篇、前瞻性非随机干预研究或病例系列研究 5 篇。

二、结果

（一）脊髓损伤平面与膀胱病理生理分型

脊髓损伤后下尿路功能障碍的分型主要取决于损伤平面，可分为骶髓上损伤和骶髓损伤两大类。

1. 骶髓上脊髓损伤

当损伤平面位于骶髓排尿中枢（S2-S4）以上时，骶髓反射弧解剖结构保持完整，但失去了来自上位中枢的抑制性调节，因而常表现为逼尿肌反射亢进，即储尿期出现非自主性收缩，导致膀胱有效容量减少、尿频、尿急及急迫性尿失禁。与此同时，由于控制尿道外括约肌的胸腰段（T11-L2）与骶髓中枢之间的协调性被破坏，常合并逼尿肌-括约肌协同失调，造成排尿期膀胱内压力异常升高，这是上尿路受损的主要危险因素^[9]。

2. 骶髓损伤

当损伤直接累及骶髓或圆锥时，支配膀胱逼尿肌和尿道括约肌的神经元受损，反射弧被破坏，通常导致逼尿肌无反射，膀胱感觉缺失，容量增大，出现大量尿潴留。同时，尿道括约肌可能松弛，导致压力性尿失禁。此类患者的排尿障碍以排空障碍为主，上尿路风险主要源于慢性尿潴留和反复导尿带来的感染与损害^[9]。

（二）不同平面损伤对治疗反应的差异性

1. 神经调控疗法

以胫神经电刺激和骶神经磁刺激为代表的神经调控疗法，其作用靶点主要是骶神经通路。

经皮胫神经电刺激（TTNS/PTNS）：通过刺激胫神经间接调控 S2-S4 骶神经根，主要旨在抑制逼尿肌过度活动。研究表明，其对骶髓上损伤引起的逼尿肌过度活动效果显著。Ozisler 等^[1]聚焦于骶髓上脊髓损伤患者，发现 TTNS 能有效改善抗胆碱能药物难治性的神经源性逼尿肌过度活动。Stampas 等^[7]的随机对照试验也证实，在急性脊髓损伤恢复期应用 TTNS 可防止膀胱功能恶化，对神经通路具有早期调控作用。对于骶髓损伤导致的逼尿肌无反射，因支配逼尿肌的骶髓中枢本身受损，反射弧中断，TTNS 难以通过常规机制诱发有效的逼尿肌收缩。此类患者的治疗基石是清洁

间歇导尿^[3]，而 TTNS 在此类患者中的作用（如通过神经可塑性间接改善残存功能或感觉）尚缺乏强有力的临床证据支持。

骶神经磁刺激：功能性磁刺激通过无创刺激激活骶神经根，可用于抑制逼尿肌过度活动或促进逼尿肌收缩。Sheriff 等^[5]早期研究证实骶神经根磁刺激能显著抑制逼尿肌反射亢进。Yu X 等^[6]的 Meta 分析进一步支持了骶神经磁刺激对脊髓损伤后神经源性膀胱的疗效。其疗效同样与损伤平面相关：对于骶髓上损伤，磁刺激主要发挥抑制作用；而对于不完全性骶髓损伤，特定参数的刺激可能有助于促进排尿反射的恢复，但目前证据不足。娄晓乐等^[2]采用的经颅联合外周双向反馈磁刺激，展示了通过调节中枢与外周通路改善膀胱功能的新策略，其效果可能在不同平面损伤患者中存在差异。

2. 药物治疗

抗胆碱能药物是治疗逼尿肌过度活动的一线选择，其疗效在骶髓上损伤患者中已得到指南所推荐^[9]。然而，对于逼尿肌收缩无力（常见于骶髓损伤）无效，甚至可能加重尿潴留。因此，药物治疗的选择强烈依赖于以损伤平面为基础的尿动力学诊断。

3. 清洁间歇导尿

对于逼尿肌无反射或存在严重排空障碍的患者（常见于骶髓损伤），清洁间歇导尿是维持膀胱排空的基础治疗^[3]。而对于以储尿期症状为主的骶髓上损伤患者，间歇导尿常作为协同排空膀胱的辅助手段。

（三）基于损伤平面的精准治疗策略

基于损伤平面的精准治疗策略，核心在于“个体化”与“前移化”。

1. 精准评估是前提

必须依赖详尽的尿动力学检查，明确损伤平面对应的膀胱功能分型，而不能仅凭神经学检查判断^[9]。这包括评估逼尿肌活动性、膀胱顺应性、括约肌功能及膀胱出口是否存在梗阻。

2. 治疗选择与组合

骶髓上损伤：治疗目标主要为抑制逼尿肌过度活动、降低储尿期压力、解决协同失调。可首选 TTNS/PTNS^[1, 7]、骶神经磁刺激^[6]或抗胆碱能药物^[9]。对于药物难治性患者，可考虑神经调控联合治疗。

骶髓损伤：治疗目标主要为促进膀胱排空、保护上尿路。清洁间歇导尿是核心^[3]。对于不完全损伤，可尝试探索骶神经磁刺激或生物反馈疗法促进功能恢复，但预期效果需进一步探讨。

综合管理：无论平面如何，都应结合行为疗法、盆底肌训练

等，并参照《神经源性膀胱综合管理临床实践指南》[3] 进行终身随访与管理。

三、讨论

本范围综述系统梳理了不同平面脊髓损伤所致神经源性膀胱的病理生理差异及其对治疗反应的影响，证实损伤平面是决定膀胱功能障碍类型和治疗策略选择的核心分层因素。研究结果与既往指南^[3, 9]及闫振壮等[8]的临床观察一致，即骶髓上损伤以储尿期障碍为主（逼尿肌过度活动+协同失调），而骶髓损伤以排尿期障碍为主（逼尿肌无反射）。

值得注意的是，神经调控疗法（尤其是胫神经刺激和磁刺激）在骶髓上损伤患者中显示出较好的应用前景，而在骶髓损伤中的证据仍然薄弱。这可能是因为骶髓上损伤保留了完整的骶髓反射弧，为外周神经调控提供了神经解剖基础；而骶髓损伤破坏了反射弧的传出或传入通路，使得常规刺激难以产生预期效应。未来研究需要进一步探索针对骶髓损伤的新型神经调控策略，如硬膜外电刺激或脊髓内电刺激。

此外，目前的多数研究存在异质性较大、样本量偏小、缺乏直接比较不同损伤平面疗效的前瞻性试验等局限性。未来的研究方向应包括：（1）开展大样本、多中心、前瞻性研究，进一步明确不同神经调控技术在不同损伤平面亚组中的确切疗效；（2）利用神经电生理指标（如运动诱发电位、阴部神经感觉诱发电位）量化骶神经通路完整性，预测治疗反应^[5, 6]；（3）结合新兴技术（如人工智能、可穿戴传感器），构建基于损伤平面、尿动力学分型和神经传导评估的个性化治疗决策模型，最终提升脊髓损伤患者的下尿路管理质量和生活水平。

四、结论与展望

脊髓损伤平面通过决定下尿路的神经支配状态，深刻影响着神经源性膀胱的临床表现和对治疗的反应。从病理生理机制出发，将损伤平面作为关键分层因素，是实现精准治疗的基础。本综述提示，骶髓上损伤患者应优先考虑抑制逼尿肌过度活动的神经调控或药物疗法，而骶髓损伤患者则以清洁间歇导尿等排空策略为核心。未来应建立基于损伤平面的个性化治疗路径，并通过高质量的临床研究加以验证和优化。

参考文献

- [1] Ozisler Z, Sipal M S, Yildirim S. Effectiveness of transcutaneous tibial nerve stimulation on anticholinergic refractory neurogenic detrusor overactivity in individuals with suprasacral spinal cord injury: a urodynamic study[J]. J Spinal Cord Med, 2025 Sep 2: 1–7.
- [2] 娄晓乐, 宋佳学, 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.
- [3] 中国残疾人康复协会康复评定专业委员会, 中华医学会物理医学与康复学分会, 等. 神经源性膀胱综合管理临床实践指南 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2024, 46(12): 1057–1064.
- [4] Chen G, Liao L, Li Y. The possible role of percutaneous tibial nerve stimulation using adhesive skin surface electrodes in patients with neurogenic detrusor overactivity secondary to spinal cord injury[J]. Int Urol Nephrol, 2015, 47(3): 451–455.
- [5] Sheriff M K, Shah P J, Fowler C, et al. Neuromodulation of detrusor hyper-reflexia by functional magnetic stimulation of the sacral roots[J]. Br J Urol, 1996, 78(1): 39–46.
- [6] Yu X, Chen J, Liu M, et al. Meta-analysis of the curative effect of sacral nerve magnetic stimulation on neurogenic bladder after spinal cord injury[J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(42): e40150.
- [7] Stampas A, Korupolu R, Zhu L, et al. Safety, feasibility, and efficacy of transcutaneous tibial nerve stimulation in acute spinal cord injury neurogenic bladder: a randomized control pilot trial[J]. Neuromodulation, 2019, 22(6): 716–722.
- [8] 闫振壮, 张大伟, 杨卫新, 等. 重复功能性磁刺激对脊髓损伤后神经源性膀胱患者尿流动力学的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(10): 769–772.
- [9] European Association of Urology (EAU). EAU guidelines on neuro-urology[EB/OL]. (2025-03-01)<https://uroweb.org/guidelines/neuro-urology>.