

· 综述 ·

骶神经调控在泌尿与肠道功能障碍疾病中的应用与进展

郭治水¹, 吕 艳¹, 伍 庄¹, 何 露¹, 徐 涛², 杜 恒³

1. 华润武钢总医院泌尿外科 (武汉 430080)
2. 黄冈市中心医院泌尿外科 (湖北黄冈 438000)
3. 黄冈市中心医院胃肠外科 (湖北黄冈 438000)

【摘要】 骶神经调控 (sacral neuromodulation, SNM), 又称骶神经刺激 (sacral nerve stimulation, SNS), 是一种微创治疗技术, 通过植入可长期使用的电调节装置, 向特定骶神经 (S2-S4) 发送短脉冲刺激电流, 以调节泌尿及肠道功能障碍。近年来, SNM 在难治性泌尿及肠道功能障碍疾病中疗效显著, 其微创、安全且持久的优势为患者提供了新选择。本文系统综述了 SNM 的作用机制、技术操作、临床应用、优势与局限, 以及最新研究进展等, 以为 SNM 在泌尿及肠道功能障碍疾病中的研究及临床转化提供参考。

【关键词】 骶神经调控; 骶神经刺激; 泌尿功能障碍; 肠道功能障碍; 综述

【中图分类号】 R 691; R 574 **【文献标识码】** A

Applications and advances of sacral neuromodulation in urinary and bowel dysfunction disorders

GUO Zhishui¹, LYU Yan¹, WU Zhuang¹, HE Lu¹, XU Tao², DU Heng³

1. Department of Urology, China Resources & WISCO General Hospital, Wuhan 430080, China

2. Department of Urology, Huanggang Central Hospital, Huanggang 438000, Hubei Province, China

3. Department of Gastrointestinal Surgery, Huanggang Central Hospital, Huanggang 438000, Hubei Province, China

Corresponding author: LYU Yan, Email: justdoityzq123@163.com

【Abstract】 Sacral neuromodulation (SNM), also known as sacral nerve stimulation (SNS), is a minimally invasive therapeutic technique, which delivers short-pulse electrical currents to specific sacral nerves (S2-S4) by implanting a long-term electrical stimulation device, to modulate urologic and bowel dysfunction. In recent years, SNM has demonstrated significant efficacy in refractory urologic and bowel dysfunctions. Its minimally invasive, safe and durable advantages offer a novel therapeutic option for patients. This article systematically reviews the mechanisms, technical procedures, clinical applications, advantages and limitations, and recent research advances of SNM, so as to provide reference for the research and clinical translation of SNM in urologic and intestinal dysfunction diseases.

【Keywords】 Sacral neuromodulation; Sacral nerve stimulation; Urologic dysfunction; Bowel dysfunction; Review

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202507049

基金项目: 湖北省中医药科研联合基金项目 (ZY2025L059); 湖北省自然科学基金项目 (2022CFB799)

通信作者: 吕艳, 硕士研究生导师, Email: justdoityzq123@163.com

泌尿与肠道功能障碍，如膀胱过度活动症（overactive bladder, OAB）、神经源性膀胱（neurogenic bladder, NB）、慢性便秘（chronic constipation, CC）等，是临床常见的慢性病群，其顽固性症状不仅严重影响患者的生活质量，还带来了沉重的社会经济负担^[1]。临床传统治疗模式包括行为训练、药物干预、外科手术及中医疗法等^[2]。然而，在难治性病例中，这些疗法常面临诸多瓶颈：行为疗法存在患者依从性差与长期疗效不佳的问题；药物治疗易增加耐受性和不良反应累积；外科手术伴随不可逆的组织损伤风险；中医疗法受限于疗效评价体系不完善和作用机制不明确等现实问题^[3]。因此，顽固性泌尿与肠道功能障碍的治疗是临床亟待解决的问题。

骶神经调控（sacral neuromodulation, SNM），又称骶神经刺激（sacral nerve stimulation, SNS），作为一种基于神经电生理调节的创新介入技术，以其独特的治疗优势脱颖而出，为难治性泌尿与肠道功能障碍的治疗提供了新的方向。SNM 是一种微创技术，通过在骶神经根植入可控电极，并施加特定频率、脉宽和强度的脉冲电刺激，精准调控膀胱、直肠等靶器官的功能^[4]。不同于传统疗法，SNM 具有精准靶向、参数可调及可逆的优势，在多种临床难治性病例中展现出了显著疗效，现已成为该疾病领域的重要治疗手段。本文对 SNM 的作用机制、技术操作，及其在泌尿与肠道功能障碍中的临床应用进展作一综述，以期对相关领域的研究与临床实践提供参考。

1 骶神经调控的作用机制

骶神经作为盆腔脏器功能调节的关键神经枢纽，其解剖学定位与生理功能密切相关。该神经丛位于腰椎下端，沿骶骨孔道分布，由五对脊神经（S1-S5）构成，其中 S2-S4 节段兼具自主神经纤维与躯体神经纤维的双重分布。在传出通道中，阴部神经主要支配尿道外括约肌与盆底肌群，盆神经则负责调控逼尿肌收缩、直肠平滑肌活动及肛门括约肌功能，共同构建出多重的神经网络调控体系。这种独特的结构与功能关联特性不仅解释了泌尿与肠道功能障碍的核心病理生理原因，更奠定了骶神经对盆底器官的精准调控基础。

SNM 通过植入电极向骶神经根发放低频电刺激，调节其传入和传出神经信号，进而对盆底、

膀胱及直肠等靶器官的功能起到治疗性调控作用。其作用机制（表 1）主要包括以下几个方面^[5-6]：

①低频电刺激可兴奋骶神经初级传入纤维，抑制异常感觉信息的上传，减少膀胱和直肠过度活动；②激活脊髓中间神经元网络，协调膀胱、尿道和肛门括约肌的协同收缩，促进排尿和排便功能的恢复；③抑制中间神经元向排尿排便中枢传递感觉信号；④可上调脑桥排尿中枢的抑制性调控，通过皮层-边缘系统网络调节对大小便的自主意识，减少急迫性症状；⑤经由阴部神经调控，可抑制副交感神经节前神经元向膀胱的传导冲动；⑥阴部神经调控可增强肛门括约肌收缩功能并协调直肠运动，从而有效改善大便失禁和便秘症状。

尽管 SNM 的机制研究取得了重要进展，但其完整的神经调控网络仍未完全阐明。例如，是否存在未被识别的神经-免疫-内分泌交互通路、长期刺激对神经结构的突触重塑等适应性改变仍需深入研究。

2 骶神经调控植入步骤

2.1 I 期测试阶段

采用局部麻醉，患者取俯卧位。采用 X 射线影像导航结合十字坐标法，精准定位 S3 神经孔的体表对应区域。运用特制导针实施经皮穿刺，直达 S3 神经孔后连接临时刺激装置。术中通过实时监测下肢肌肉收缩反应及肛周肌群运动状态，结合患者主观感觉反馈，多维度验证电极与神经的解剖学关系。定位确认无误后，置入并连接临时刺激装置，电极延长导线经皮下通道外接至临时程控设备。术后开展个体化参数调试，测试周期通常设定为 7~14 天。特殊病例可酌情延长评估期，但最长不超过 30 天^[7]。

2.2 II 期永久植入阶段

可根据患者情况选择局部或全身麻醉方式，体位可采用俯卧或侧卧姿势。手术过程中，首先定位并暴露前期植入的电极连接端，随后在皮下深部组织层钝性分离出适宜刺激器置入的解剖腔隙，并完善止血缝合等操作。完成刺激装置与电极导线的对接后，将其稳妥固定于制备好的组织囊袋内。

2.3 电极选择

电极的选择对刺激效果和患者体验有直接影响。I 期测试阶段通常使用穿刺电极，其优点是

表1 骶神经调控作用机制
Table 1. Mechanisms of sacral neuromodulation

关联疾病	主要作用机制	关键分子/细胞	生理效应
膀胱过度活动症	骶神经调控可干扰骶脊髓的传入传出神经通路来抑制逼尿肌过度活动，同时直接抑制骶髓副交感节前神经元活动，减少ACh释放，降低逼尿肌收缩强度	GABA、ACh	抑制逼尿肌过度活动,同时降低逼尿肌收缩强度
慢性非梗阻性尿潴留	骶神经调控抑制骶髓副交感节前神经元，减少ACh释放，降低逼尿肌M3受体激活以改善收缩乏力，同时增强交感神经释放 NE，激活逼尿肌 $\beta 3$ 受体，促进膀胱舒张，平衡储尿-排尿反射	NE、ACh	增强逼尿肌收缩力，解除功能性梗阻，促进膀胱排空
神经源性膀胱	骶神经调控抑制骶髓副交感节前神经元，减少 ACh 释放，降低逼尿肌 M3 受体过度激活以改善逼尿肌-括约肌协同失调，同时激活脊髓 GABA 能中间神经元，增强抑制性信号传递，阻断异常排尿反射	GABA、ACh	平衡逼尿肌-括约肌的收缩、阻断异常排尿反射
间质性膀胱炎/膀胱疼痛综合征	骶神经调控经低频电刺激激活躯体传入 $\text{A}\beta$ 纤维，增强脊髓GABA通路活性，阻断异常疼痛信号向高级中枢传递，抑制小直径 $\text{A}\delta$ 和C纤维介导的伤害性传入，降低膀胱组织中 $\text{IL-1}\beta$ 、 IL-6 、 $\text{TNF-}\alpha$ 等炎症因子水平	GABA、相关炎症因子	阻断疼痛信号的传递、抑制膀胱黏膜慢性炎症
大便失禁	骶神经调控抑制副交感神经末梢释放ACh，减少直肠平滑肌M3受体过度激活以缓解肠痉挛，促进nNOS表达，舒张平滑肌，增加直肠顺应性	ACh、NO	抑制肛门括约肌收缩力、改善直肠运动与盆底肌的协同
慢性便秘	骶神经调控抑制交感神经末梢NE释放，减少平滑肌细胞钙内流与收缩张力；增强迷走、副交感神经活性，促使结肠、直肠释放ACh，利用胆碱能神经元电活动来增强结肠运动	NE、ACh	促进肠道推进运动、调节肠道运动与分泌功能
炎症性肠病	骶神经调控靶向抑制MAPK/NF- κ B炎症通路，上游阻断炎症级联反应激活，下调促炎因子（ PGE_2 、 IL-6 、 $\text{TNF-}\alpha$ ）、上调TGF- β ，稳定肥大细胞活性，缓解结肠超敏反应，减轻结肠炎症损伤并促进黏膜修复	相关炎症因子、TGF- β	调控炎症反应、稳定免疫活性及促进组织修复，缓解肠道炎症损伤

创伤小、操作简便。II 期永久植入则采用手术植入电极，以提高稳定性。电极根据结构可分为单极和多极两种类型。单极电极结构简单，但刺激范围相对较广，可能导致不必要的副作用；多极电极则能实现更精准的刺激，通过调整不同触点的电流强度，优化刺激范围，从而减少不良反应。近年来，新型定向电极的出现为患者提供了更精准的神经靶向刺激方案，尤其适用于解剖结构变异或传统电极效果不佳的情况^[8]。

2.4 参数选择

频率、脉宽和电流强度是影响刺激效果的关键参数。研究表明，间歇性刺激和较高的刺激频率（> 20 Hz）可以更好地缓解尿频、尿急和大便失禁症状^[9]。治疗通常从较低的初始参数开始（如脉宽 210 μ s、频率 14 Hz），并逐渐调节至患者感受到舒适且有效的刺激强度。I 期测试阶段的详细评估有助于后续选择合适的电极类型和参数范围，为长期疗效提供保障。

3 骶神经调控在泌尿功能障碍中的应用

3.1 膀胱过度活动症

OAB 是一种以尿急为核心症状的临床症候群，可伴随急迫性尿失禁、尿频和夜尿增多，同时排除尿路感染、膀胱出口梗阻等器质性病

变，对于经规范药物治疗无效者，则定义为难治性 OAB^[10]。

SNM 针对难治性 OAB 疗效显著，且不良反应发生率低，是国际公认的一种治疗方法。1999 年 OAB 成为美国食品与药品管理局（Food and Drug Administration, FDA）最早批准 SNM 进入临床应用的适应证^[11]；2012 年 SNM 被美国泌尿外科学会（American Urological Association, AUA）指南推荐用于难治性 OAB^[12]。在 SNM 治疗的测试阶段中，如各项临床指标改善超过 50%，就可以认为治疗有效，并将永久刺激电极植入患者体内进行后续治疗。相关研究发现，SNM 可干扰骶脊髓的传入传出神经通路来抑制逼尿肌的过度活动，使异常的神经反射趋于平衡，同时直接抑制骶髓副交感节前神经元活动，减少 ACh 释放来减弱逼尿肌收缩强度^[13]。Kaaki 等对 66 例难治性 OAB 患者行 SNM 治疗的随访结果显示，测试阶段有效率为 83.3%，随后对有效患者行永久性植入并进行为期 3 年的随访，结果显示 74.5% 的患者尿频、尿失禁等症状改善率达到 50% 以上^[14]。一项纳入 32 507 例 OAB 患者的系统综述和荟萃分析显示，相较于抗毒蕈碱药、米拉贝隆、肉毒杆菌毒素 A 等治疗方式，SNM 对降低排尿频率、尿急发作和急迫性尿失禁发作的效果更好^[15]。由

此可见, SNM 可以显著改善 OAB 患者的症状, 提高其生活质量。对于保守治疗无效的难治性 OAB 患者, SNM 提供了一种安全有效的微创治疗选择。

3.2 慢性非梗阻性尿潴留

慢性非梗阻性尿潴留 (nonobstructive urinary retention, NOR) 定义为膀胱出口无机械性梗阻状态下出现的膀胱排空功能障碍, 通常是由于逼尿肌收缩力低下和尿道括约肌痉挛引起^[16]。传统疗法效果有限, 而 SNM 通过降低逼尿肌 M3 受体激活, 改善逼尿肌收缩乏力, 同时增强交感神经释放 NE, 激活逼尿肌 β_3 受体, 进而促进膀胱舒张, 平衡储尿-排尿反射, 为 NOR 的治疗带来了突破^[17]。

一项多中心回顾性研究表明, SNM 可使 NOR 患者残尿量平均减少 72.9%, 间歇性导尿频率降低 65.8%, 且在随访期内疗效稳定^[18]。值得注意的是, SNM 可能在某些特殊亚群的患者中展现出更高的临床获益。Saber-Khalaf 等的回顾性观察研究对 21 例男性难治性 NOR 患者实施 SNM 后, 测试阶段有效率为 66.7%, 后续对有效患者行永久电极植入, 经 34 个月随访, 结果显示所有病例均实现排尿功能显著改善或完全恢复, 成功率高达 100%^[19]。Bakrim 等系统回顾了 28 例 SNM 治疗的非神经源性 NOR 患者并进行 5 年随访, 发现 85.7% 的患者自我间歇导尿次数或残尿量下降一半以上, 且 78.6% 的患者恢复了自主排尿^[20]。以上研究体现了 SNM 在 NOR 治疗中的巨大潜力。

3.3 神经源性膀胱

NB 是由中枢或外周神经系统病变导致的下尿路功能障碍, 临床上主要表现为排尿困难, 常并发尿潴留、尿失禁及反复尿路感染, 严重者可进展为肾功能损害^[21]。NB 的治疗较复杂, 其治疗目标在于保护患者肾功能、改善排尿症状和提高生活质量。

研究发现, SNM 可抑制骶髓副交感节前神经元活动, 减少 ACh 释放, 降低逼尿肌 M3 受体过度激活, 从而改善逼尿肌-括约肌协同失调, 还能激活脊髓 GABA 能中间神经元, 增强抑制性信号传递, 阻断异常排尿反射^[6]。临床证据显示, 鞘内注射 GABA 受体拮抗剂可逆转 SNM 疗效^[22]。作为 NB 的第三线治疗方案, 其疗效已得到许多

研究证据支持。Kessler 等的系统综述和荟萃分析纳入了 357 例行 SNM 治疗的 NB 患者, 其中测试阶段有效率为 68%, 对有效患者植入永久性电极后, 经 26 个月随访, 结果显示总体有效率达到 92%^[23]。值得注意的是, Van Ophoven 等的荟萃分析结果显示, 多发性硬化的 NB 患者 SNM 治疗成功率为 76.6%^[24], 而 Lombardi 等的回顾性观察研究发现, 24 例不完全性脊髓损伤 NB 患者植入 SNS 刺激器后, 61 个月随访症状缓解率仅为 38%^[25]。上述研究结果提示, SNM 对不同病因 (如脊髓损伤、多发性硬化等) 导致的 NB 治疗效果可能存在差异, 因此临床应用时需结合患者的病因特点进行个体化评估。此外, 近年来我国学者基于尿动力学分析对 SNM 二期转化率进行了回顾性分析研究, 发现储尿期症状、低残尿量及膀胱感觉敏感的 NB 患者二期转化率更高, 更适用于 SNM 治疗^[26]。

3.4 间质性膀胱炎/膀胱疼痛综合征

间质性膀胱炎/膀胱疼痛综合征 (interstitial cystitis/painful bladder syndrome, IC/PBS) 是一种以尿频、尿急, 以及膀胱和 (或) 盆腔疼痛为主要表现的膀胱慢性疾病^[27]。尽管 IC/PBS 的确切发病机制尚不清楚, 但已有研究认为其可能与上皮功能障碍、慢性炎症, 以及周围和中枢神经功能障碍有关^[28]。目前, 欧洲指南将 SNM 列为 IC/PBS 的三线治疗方案, 推荐用于行为、物理及保守治疗疗效不佳的难治性患者^[29]。

张翼飞等的回顾性分析显示, 8 例 IC/PBS 患者一期测试阶段有效率为 87.5%, 植入永久性电极并随访 1 年, 患者疼痛及排尿困难症状明显缓解, 总体有效率为 100%, 但该研究样本量较小^[30]。还有研究发现, SNM 治疗对难治性 IC/PBS 患者的有效率可达 60% 以上^[31]。SNM 能调节疼痛传导通路的神经信号, 具体表现为激活大直径的 A β 纤维, 同时抑制较小的 A δ 和 C 纤维, 从而减轻疼痛^[32]。近年来有研究揭示, SNM 治疗 IC/PBS 的机制可能是通过下调膀胱组织 IL-1、IL-6、TNF- α 等炎症因子, 改善 IC/PBS 的神经源性炎症, 同时抑制背根神经节及相应的骶索, 缓解中枢敏化, 从而减轻膀胱疼痛^[33-34]。然而, 目前关于 SNM 治疗 IC/PBS 的报道虽然显示疗效可观, 但多为短期的小样本研究, 其临床疗效证据有限, 未来仍需更多高质量的临床研究来进一步验证。

4 骶神经调控在肠道功能障碍中的应用

4.1 大便失禁

大便失禁 (fecal incontinence, FI) 是指因肛门括约肌功能障碍或神经调控异常导致的非自主排便症状, 是一种常见的肛门直肠功能障碍性疾病, 全球成年人患病率约为 7.7%^[35]。当前, SNM 临床应用已逐渐扩展到各种病因所致的 FI, 并取得了较好的临床疗效。

Mellgren 等对 120 例 SNS 永久性植入的 FI 患者进行了 3 年随访, 结果显示, 86% 的患者失禁发作频率降低 $\geq 50\%$, 其中 40% 实现完全控便^[36]。Hull 等回顾性分析了慢性 FI 患者在接受 SNS 治疗后的 5 年随访数据, 结果显示治疗成功率达 89%, 且 36% 完全治愈^[37]。此外, 一项单中心回顾性研究对 62 例 SNM 治疗 FI 患者行 5 年随访发现, Wexner 失禁评分从基线 18 分显著降至 4.5 分, 生活质量极大改善^[38]。现有证据显示, 年龄、体重指数 (body mass index, BMI)、症状持续时间及肛门括约肌缺损程度等指标与 SNM 疗效无明显相关性^[39-40]。Rydningen 团队在单盲随机对照试验中, 对产科肛门括约肌损伤后患有 FI 的 30 名女性患者行 SNM 治疗, 6 个月后, 93% 的患者每周 FI 发作减少 $\geq 50\%$, 并且 SNM 在基线和 6 个月之间能显著改善 FI 的严重程度^[41]。

4.2 慢性便秘

CC 是一种以排便次数减少、粪便干硬和 (或) 排便困难, 且症状至少持续 6 个月的常见功能性胃肠疾病。其发病机制与神经-内分泌-微生物群轴紊乱相关, 分为慢传输型、出口梗阻型和混合型三种类型, 且各类型间常存在症状重叠^[42]。目前 CC 的治疗方法主要包括生活方式调整、药物治疗及神经调控疗法等。

2015 年发表的《SNS 治疗 FI 和 CC: 欧洲共同声明》^[43] 指出, SNS 可作为排除器质性病变的慢传输型便秘患者的治疗首选。研究显示, SNS 改善便秘的机制主要涉及两方面: 一是松弛肛门内括约肌, 二是增强结肠运动传输。Kamm 等的一项多中心前瞻性临床研究显示, 在 45 例保守治疗无效的 CC 患者中, SNS 治疗的成功率达到 87%, 其中 50% 慢传输型患者结肠转运时间恢复正常^[44]。有学者通过大鼠实验发现, SNS 能增加迷走神经和副交感神经活性, 并在结肠和直肠中

释放乙酰胆碱, 从而通过胆碱能神经增强结肠运动, 改善便秘症状^[45]。SNS 治疗便秘的疗效与确切机制有持续进展, 但仍需更多的研究加以证实。值得注意的是, Zerbib 等的单盲随机对照试验结果显示, SNS 治疗的 CC 患者临床症状无明显改善, 且神经刺激对结肠传输时间也无明显影响^[46]。Patton 等的研究也发现, SNS 对 CC 患者的长期疗效并不显著^[47]。Wang 等基于动物实验对 SNS 治疗 CC 患者的临床试验疗效欠佳作出解释, 认为可能与其弱刺激强度和连续刺激模式相关, 此类低强度刺激无法有效激活结肠支配性骶神经根纤维, 而且连续刺激易致结肠收缩疲劳^[48]。这些发现提示优化刺激参数可能是提升 SNS 临床疗效的关键。此外, 疗效差异可能还与患者特征有关。Kamm 等的研究^[44]中纳入的慢传输型便秘患者占 81%, SNS 通过激活副交感神经直接改善结肠动力, 显著缩短传输时间, 疗效确切; 而 Zerbib 等的研究^[46]可能包含更多出口梗阻型患者及重症患者 (如多次手术失败或合并神经退行性疾病), 其神经可塑性受损可能导致 SNS 反应低下, 治疗效果欠佳。

4.3 炎症性肠病

炎症性肠病 (inflammatory bowel disease, IBD) 主要包括克罗恩病 (Crohn disease, CD) 和溃疡性结肠炎 (ulcerative colitis, UC), 是一类以胃肠道慢性炎症为特征的疾病, 其发病机制涉及遗传易感性、环境因素、肠道菌群失调及肠道屏障功能受损, 这些因素共同导致免疫调节异常, 进而引发慢性炎症和组织损伤^[49]。IBD 的传统治疗以抗炎为主, 包括氨基水杨酸类生物制剂等^[50], 但部分患者存在疗效不佳或不良反应等问题, SNM 为此类患者提供了新的治疗选择。

神经调控炎症主要通过迷走神经、盆腔神经、交感神经及肠道内在神经元实现, 各通路均具有抗炎作用, 但其协同机制尚未明确^[51-53]。Chen 等纳入 26 例轻度和中度 UC 患者的随机对照试验显示, 73% 的患者对两周的 SNM 治疗有反应^[54]。Drissi 等回顾性分析了 8 例难治性 UC 患者, 随访显示, 50% 的患者可以获得临床反应甚至缓解^[55]。此外, Pikov 的系统综述和荟萃分析表明, SNS 对 IBD 的疾病活动、肠道病变严重程度和肠道疼痛方面表现出明确的临床疗效, 且还可以降低肠黏膜炎症标志物水平, 并改善交感神经过度

活跃状态^[56]。机制研究进一步揭示, SNM 通过抑制 MAPK/NF- κ B 炎症通路, 下调促炎因子(PGE2、IL-6、TNF- α) 并上调免疫调节因子 TGF- β , 同时稳定肥大细胞活性, 从而缓解结肠超敏反应、减轻结肠炎性损伤及促进黏膜修复^[57-58]。

SNM 作为一种具有潜力的神经调控疗法, 为 IBD 患者提供了重要的补充治疗选择。现有临床证据和机制研究认为 SNM 通过调节肠道神经-免疫通路发挥抗炎和黏膜修复作用, 这些进展有望推动 SNM 从辅助治疗发展为 IBD 个体化治疗方案。

5 骶神经调控的优势与局限

在功能性泌尿与肠道疾病治疗领域, 与传统保守或手术治疗相比, SNM 具有以下优势:

①降低无效植入的风险。SNM 采用分阶段植入策略, 首先在测试阶段植入临时电极, 通过评估症状改善率($\geq 50\%$) 筛选出有效应答者, 随后才进行永久性植入, 有效降低了无效植入的概率, 避免患者承受不必要的风险和医疗资源浪费。②安全性较高。SNM 手术操作相对微创, 术中并发症发生率较低。精准的定位技术能够有效减少神经损伤和其他潜在风险。③可逆性。植入的电极具有完全可逆性, 一旦发生设备相关感染、严重的刺激不耐受或其他不良反应, 可以完整移除电极, 从而避免不可逆的神经或组织损伤。④疗效持久且普遍适用。SNM 的疗效持久稳定, 且不受年龄、BMI、症状持续时间及肛门括约肌缺损程度等指标影响, 具有较为广泛的适用性^[39-40]。⑤长期经济效益。尽管 SNM 初期植入成本相对较高, 但长期来看, 可减少患者因症状反复、并发症治疗等产生的医疗费用, 从而降低总体经济负担, 且能极大缓解因生活质量改善所带来的间接经济负担。

然而, SNM 的临床应用仍面临局限和挑战:

①长期并发症风险。电极长期植入可能引发一系列并发症, 包括电极移位、软组织疼痛、电极感染、疗效丧失、电极电池耗尽和电磁干扰等^[59]。对这些并发症的预防、监测和有效管理是提高 SNM 长期疗效的关键。②解剖变异的挑战。骶神经根解剖变异率高, 如 S3 神经根的分叉异常, 这可能导致术中需要反复调整电极位置^[8], 增加手术难度和时间, 甚至影响最终疗效。术前影像学评估

和术中神经监测有助于应对这一情况。③参数调节的经验依赖。SNM 的参数调节目前主要依赖于医生的经验进行设置, 缺乏客观的生物标志物依据, 导致不同医学中心使用的刺激频率差异显著, 这可能会导致疗效的差异, 需探索基于生物标志物的个性化参数调节方案^[60]。④疗效数据不充足。部分疾病如 IC/PBS、CC、IBD 的研究样本量较小且随访时间短, 未来仍需更多高质量研究深入验证其疗效。⑤机制和适应证的探索。SNM 治疗不同疾病的具体作用机制、最佳适应证和治疗时机, 以及长期效果等问题, 仍然需要进一步研究, 以更好地指导临床实践。⑥推广的限制。SNM 的推广受到专科设备不足和专科医生匮乏的制约, 限制了其在更广泛范围内的应用。加强专科培训, 提高 SNM 技术的普及率, 对于提升患者的医疗可及性至关重要。

6 骶神经调控进展

6.1 远程程控技术

远程程控技术的创新突破极大提升了患者的治疗便捷性和长期管理效率。新型 SNM 系统可以通过智能手机进行远程程控, 实现 SNM 遥控器与植入电极的双向交互^[61]。这一技术让医生能够实时监测患者症状、调整刺激参数和排除电极故障, 还可以显著减少患者往返医院的次数, 为行动不便或居住偏远地区的患者带来便利^[62]。此外, 基于人工智能的算法也逐渐应用于 SNM 远程程控, 通过患者的个体情况自动优化刺激参数, 提高治疗效果。同时需注意, 对于远程程控技术, 患者的数据安全和隐私保护是值得关注的问题。

6.2 机器学习融合骶神经调控

机器学习算法可以基于患者的生理数据和治疗反馈, 优化调整刺激参数, 包括频率、幅度和脉宽, 从而达到最佳的治疗效果, 并减少不良反应。余燕岚等的研究显示, 对于以尿频、尿急为主要症状的下尿路功能障碍患者, 采用 1~2 V 电压、210 μ s 脉宽及 14 Hz 低频刺激参数的临床疗效更为显著^[63]。此外, 有学者聚焦机器学习算法构建的 OAB 疗效预测模型, 其预测准确率达 88%^[64], 未来机器学习的算法模型有望突破传统疗效评估局限, 不断优化 SNM 精准和个性化治疗。

7 小结

SNM 在泌尿与肠道功能障碍疾病领域的应用日趋广泛, 其疗效和安全性已得到了大量临床研究的验证。SNM 不仅在治疗 OAB、FI 等传统适应症中表现出色, 其应用范围也在不断拓展, 包括 IC/BPS、IBD 等。尽管如此, SNM 疗法仍存在一些争议, 尤其是对于不同病因、不同严重程度的功能障碍, 其长期有效性和并发症发生率需进一步评估。因此, 未来需开展更多多中心、大样本、前瞻性、长期随访的研究加以验证, 并探索 SNM 的最佳适应症、疗程和参数设置。随着 SNM 技术的不断迭代进步、作用机制的深入挖掘和临床研究的持续推进, SNM 有望在功能障碍性疾病治疗中发挥更大的潜力, 进而惠及更多患者。

参考文献

- Black CJ, Drossman DA, Talley NJ, et al. Functional gastrointestinal disorders: advances in understanding and management[J]. *Lancet*, 2020, 396(10263): 1664–1674. DOI: [10.1016/S0140-6736\(20\)32115-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32115-2).
- Quaghebeur J, Petros P, Wyndaele JJ, et al. Pelvic-floor function, dysfunction, and treatment[J]. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 2021, 265: 143–149. DOI: [10.1016/j.ejogrb.2021.08.026](https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.08.026).
- Tian XT, Zhan JP, Qiao C, et al. Rising of natural therapies: potential and challenges of traditional Chinese medicine in the management of gastrointestinal diseases[J]. *World J Gastroenterol*, 2025, 31(9): 103145. DOI: [10.3748/wjg.v31.i9.103145](https://doi.org/10.3748/wjg.v31.i9.103145).
- Feloney MP, Stauss K, Leslie SW. Sacral Neuromodulation[M]. Treasure Island (FL): StatPearls [Internet], 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567751/>
- Noblett KL, Buono K. Sacral nerve stimulation as a therapy for patients with refractory voiding and bowel dysfunction[J]. *Obstet Gynecol*, 2018, 132(6): 1337–1345. DOI: [10.1097/AOG.0000000000002968](https://doi.org/10.1097/AOG.0000000000002968).
- De Wachter S, Vaganee D, Kessler TM. Sacral neuromodulation: mechanism of action[J]. *Eur Urol Focus*, 2020, 6(5): 823–825. DOI: [10.1016/j.euf.2019.11.018](https://doi.org/10.1016/j.euf.2019.11.018).
- 徐智慧. 骶神经调控在盆底功能障碍相关下尿路疾病中的应用[J]. *中国医师杂志*, 2019, 21(5): 654–657. [Xu ZH. Application of sacral neuromodulation in lower urinary tract diseases related to pelvic floor dysfunction[J]. *Journal of Chinese Physician*, 2019, 21(5): 654–657.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2019.05.004](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2019.05.004).
- Cui Z, Wang Z, Ye G, et al. A novel three-dimensional printed guiding device for electrode implantation of sacral neuromodulation[J]. *Colorectal Dis*, 2018, 20(1): 26–29. DOI: [10.1111/codi.13958](https://doi.org/10.1111/codi.13958).
- Assmann R, Douven P, Kleijnen J, et al. Stimulation parameters for sacral neuromodulation on lower urinary tract and bowel dysfunction—related clinical outcome: a systematic review[J]. *Neuromodulation*, 2020, 23(8): 1082–1093. DOI: [10.1111/ner.13255](https://doi.org/10.1111/ner.13255).
- 秦川, 郝钢跃. 骶神经调节在难治性膀胱过度活动症治疗中的思考和展望[J]. *国际外科学杂志*, 2023, 50(7): 442–446. [Qin C, Hao GY. Reflections and perspectives on sacral neuromodulation in the treatment of refractory overactive bladder disorder[J]. *International Journal of Surgery*, 2023, 50(7): 442–446.] DOI: [10.3760/cma.j.cn115396-20230531-00154](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115396-20230531-00154).
- Schmidt RA, Jonas U, Oleson KA, et al. Sacral nerve stimulation for treatment of refractory urinary urge incontinence[J]. *J Urol*, 1999, 162(2): 352–357. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10411037/>
- Gormley EA, Lightner DJ, Burgio KL, et al. Diagnosis and treatment of overactive bladder (non-neurogenic) in adults: AUA/SUFU guideline[J]. *J Urol*, 2012, 188(6 Suppl): 2455–2463. DOI: [10.1016/j.juro.2012.09.079](https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.09.079).
- Groenendijk IM, Groen J, Scheepe JR, et al. Acute effect of sacral neuromodulation for treatment of detrusor overactivity on urodynamic parameters[J]. *Neurol Urodyn*, 2020, 39(2): 695–701. DOI: [10.1002/nau.24252](https://doi.org/10.1002/nau.24252).
- Kaaki B, Gupta D. Medium-term outcomes of sacral neuromodulation in patients with refractory overactive bladder: a retrospective single-institution study[J]. *PLoS One*, 2020, 15(7): e0235961. DOI: [10.1371/journal.pone.0235961](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235961).
- Liu P, Li Y, Shi B, et al. Comparison of different types of therapy for overactive bladder: a systematic review and network meta-analysis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9: 1014291. DOI: [10.3389/fmed.2022.1014291](https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1014291).
- Stoffel JT, Peterson AC, Sandhu JS, et al. AUA white paper on nonneurogenic chronic urinary retention: consensus definition, treatment algorithm, and outcome end points[J]. *J Urol*, 2017, 198(1): 153–160. DOI: [10.1016/j.juro.2017.01.075](https://doi.org/10.1016/j.juro.2017.01.075).
- Chan G, Qu LG, Gani J. Evaluation of pre-operative bladder contractility as a predictor of improved response rate to a staged trial of sacral neuromodulation in patients with detrusor underactivity[J]. *World J Urol*, 2021, 39(6): 2113–2119. DOI: [10.1007/s00345-020-03380-z](https://doi.org/10.1007/s00345-020-03380-z).
- Cardarelli S, D'Elia C, Cerruto M A, et al. Efficacy of sacral neuromodulation on urological diseases: a multicentric research project[J]. *Urologia*, 2012, 79(2): 90–96. DOI: [10.5301/RU.2012.9278](https://doi.org/10.5301/RU.2012.9278).
- Saber-Khalaf M, Abtahi B, Gonzales G, et al. Sacral neuromodulation outcomes in male patients with chronic urinary retention[J]. *Neuromodulation*, 2015, 18(4): 329–334. DOI: [10.1111/ner.12268](https://doi.org/10.1111/ner.12268).
- Bakrim N, Chabannes É, Detree P, et al. Sacral neuromodulation as treatment of non-neurological vesical emptying disorders[J]. *Prog Urol*, 2022, 32(1): 14–22. DOI: [10.1016/j.purol.2021.06.004](https://doi.org/10.1016/j.purol.2021.06.004).
- 马雪霞, 樊帆, 黄海. 全程管理在神经源性膀胱患者骶神经调节治疗的疗效评价[J]. *中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)*, 2022, 16(1): 35–39. [Ma XX, Fan F, Huang H. Evaluation of the effect of full-course management on sacral neuromodulation

- in patients with neurogenic bladder[J]. Chinese Journal of Endourology (Electronic Edition), 2022, 16(1): 35–39.] DOI: [10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2022.01.008](https://doi.org/10.3877/cma.j.issn.1674-3253.2022.01.008).
- 22 Jergova S, Hentall ID, Gajavelli S, et al. Intraspinal transplantation of GABAergic neural progenitors attenuates neuropathic pain in rats: a pharmacologic and neurophysiological evaluation[J]. *Exp Neurol*, 2012, 234(1): 39–49. DOI: [10.1016/j.expneurol.2011.12.005](https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2011.12.005).
 - 23 Kessler TM, La Framboise D, Trelle S, et al. Sacral neuromodulation for neurogenic lower urinary tract dysfunction: systematic review and Meta-analysis[J]. *Eur Urol*, 2010, 58(6): 865–874. DOI: [10.1016/j.eururo.2010.09.024](https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.09.024).
 - 24 Van Ophoven A, Engelberg S, Lilley H, et al. Systematic literature review and Meta-analysis of sacral neuromodulation (SNM) in patients with neurogenic lower urinary tract dysfunction (nLUTD): over 20 years' experience and future directions[J]. *Adv Ther*, 2021, 38(4): 1987–2006. DOI: [10.1007/s12325-021-01650-9](https://doi.org/10.1007/s12325-021-01650-9).
 - 25 Lombardi G, Del Popolo G. Clinical outcome of sacral neuromodulation in incomplete spinal cord injured patients suffering from neurogenic lower urinary tract symptoms[J]. *Spinal Cord*, 2009, 47(6): 486–491. DOI: [10.1038/sc.2008.172](https://doi.org/10.1038/sc.2008.172).
 - 26 陈沛贤, 黄浩, 贺情情, 等. 基于尿动力学结果的二阶聚类分析在神经源性膀胱患者骶神经调控术二期转化中的预测价值[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2024, 45(9): 686–692. [Chen PX, Huang H, He QQ, et al. Predictive value of two-step clustering analysis based on urodynamics for efficacy of sacral neuromodulation in patients with neurogenic bladder[J]. *Chinese Journal of Urology*, 2024, 45(9): 686–692.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112330-20240819-00373](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112330-20240819-00373).
 - 27 Homma Y, Akiyama Y, Tomoe H, et al. Clinical guidelines for interstitial cystitis/bladder pain syndrome[J]. *Int J Urol*, 2020, 27(7): 578–589. DOI: [10.1111/iju.14234](https://doi.org/10.1111/iju.14234).
 - 28 Homma Y, Ueda T, Tomoe H, et al. Clinical guidelines for interstitial cystitis and hypersensitive bladder updated in 2015[J]. *Int J Urol*, 2016, 23(7): 542–549. DOI: [10.1111/iju.13118](https://doi.org/10.1111/iju.13118).
 - 29 Malde S, Palmisani S, Al-Kaisy A, et al. Guideline of guidelines: bladder pain syndrome[J]. *BJU Int*, 2018, 122(5): 729–743. DOI: [10.1111/bju.14399](https://doi.org/10.1111/bju.14399).
 - 30 张翼飞, 詹长生, 尹水平, 等. 骶神经调节术治疗间质性膀胱炎/膀胱疼痛综合征的临床疗效[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2024, 45(2): 118–121. [Zhang YF, Zhan CS, Yin SP, et al. Clinical application of sacral nerve modulation in the treatment of interstitial cystitis/bladder pain syndrome[J]. *Chinese Journal of Urology*, 2024, 45(2): 118–121.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112330-20210427-00230](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112330-20210427-00230).
 - 31 Hernández-Hernández D, Padilla-Fernández B, Navarro-Galmés MÁ, et al. Sacral neuromodulation in the management of bladder pain syndrome/interstitial cystitis[J]. *Current Bladder Dysfunction Reports*, 2020, 15: 83–92. DOI: [10.1007/s11884-020-00579-z](https://doi.org/10.1007/s11884-020-00579-z).
 - 32 Xiang H, Zhang T, Al-Danakh A, et al. Neuromodulation in chronic pelvic pain: a narrative review[J]. *Pain Ther*, 2022, 11(3): 789–816. DOI: [10.1007/s40122-022-00405-w](https://doi.org/10.1007/s40122-022-00405-w).
 - 33 Yu WR, Jhang JF, Jiang YH, et al. The pathomechanism and current treatments for chronic interstitial cystitis and bladder pain syndrome[J]. *Biomedicine*, 2024, 12(9). DOI: [10.3390/biomedicine12092051](https://doi.org/10.3390/biomedicine12092051).
 - 34 Rekatsina M, Leoni MLG, Visser-Vandewalle V, et al. Long-term outcomes of sacral neuromodulation for refractory interstitial cystitis/bladder pain syndrome: a retrospective cohort study[J]. *J Clin Med*, 2025, 14(11): 3647. DOI: [10.3390/jcm14113647](https://doi.org/10.3390/jcm14113647).
 - 35 Assmann SL, Keszthelyi D, Kleijnen J, et al. Guideline for the diagnosis and treatment of faecal incontinence—a UEG/ESCP/ESNM/ESPCG collaboration[J]. *United European Gastroenterol J*, 2022, 10(3): 251–286. DOI: [10.1002/ueg2.12213](https://doi.org/10.1002/ueg2.12213).
 - 36 Mellgren A, Wexner SD, Collier JA, et al. Long-term efficacy and safety of sacral nerve stimulation for fecal incontinence[J]. *Dis Colon Rectum*, 2011, 54(9): 1065–1075. DOI: [10.1097/DCR.0b013e31822155e9](https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e31822155e9).
 - 37 Hull T, Giese C, Wexner SD, et al. Long-term durability of sacral nerve stimulation therapy for chronic fecal incontinence[J]. *Dis Colon Rectum*, 2013, 56(2): 234–245. DOI: [10.1097/DCR.0b013e318276b24e](https://doi.org/10.1097/DCR.0b013e318276b24e).
 - 38 De Meyere C, Nuytens F, Parmentier I, et al. Five-year single center experience of sacral neuromodulation for isolated fecal incontinence or fecal incontinence combined with low anterior resection syndrome[J]. *Tech Coloproctol*, 2020, 24(9): 947–958. DOI: [10.1007/s10151-020-02245-2](https://doi.org/10.1007/s10151-020-02245-2).
 - 39 Roy AL, Gourcerol G, Menard JF, et al. Predictive factors for successful sacral nerve stimulation in the treatment of fecal incontinence: lessons from a comprehensive treatment assessment[J]. *Dis Colon Rectum*, 2014, 57(6): 772–780. DOI: [10.1097/DCR.0000000000000115](https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000115).
 - 40 Kirss J JR, Pinta T, Rautio T, et al. Impact of sphincter lesions and delayed sphincter repair on sacral neuromodulation treatment outcomes for faecal incontinence: results from a Finnish national cohort study[J]. *Int J Colorectal Dis*, 2018, 33(12): 1709–1714. DOI: [10.1007/s00384-018-3161-0](https://doi.org/10.1007/s00384-018-3161-0).
 - 41 Rydningen M, Dehli T, Wilsaard T, et al. Sacral neuromodulation compared with injection of bulking agents for faecal incontinence following obstetric anal sphincter injury—a randomized controlled trial[J]. *Colorectal Dis*, 2017, 19(5): 134–144. DOI: [10.1111/codi.13632](https://doi.org/10.1111/codi.13632).
 - 42 Barbara G, Barbaro MR, Marasco G, et al. Chronic constipation: from pathophysiology to management[J]. *Minerva Gastroenterol (Torino)*, 2023, 69(2): 277–290. DOI: [10.23736/S2724-5985.22.03335-6](https://doi.org/10.23736/S2724-5985.22.03335-6).
 - 43 Maeda Y, O'Connell PR, Lehur PA, et al. Sacral nerve stimulation for faecal incontinence and constipation: a European consensus statement[J]. *Colorectal Dis*, 2015, 17(4): 74–87. DOI: [10.1111/codi.12905](https://doi.org/10.1111/codi.12905).
 - 44 Kamm MA, Dudding TC, Melenhorst J, et al. Sacral nerve stimulation for intractable constipation[J]. *Gut*, 2010, 59(3): 333–340. DOI: [10.1136/gut.2009.187989](https://doi.org/10.1136/gut.2009.187989).
 - 45 Huang Z, Li S, Foreman RD, et al. Sacral nerve stimulation

- with appropriate parameters improves constipation in rats by enhancing colon motility mediated via the autonomic-cholinergic mechanisms[J]. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2019, 317(5): 609–617. DOI: [10.1152/ajpgi.00150.2018](https://doi.org/10.1152/ajpgi.00150.2018).
- 46 Zerbib F, Siproudhis L, Lehur PA, et al. Randomized clinical trial of sacral nerve stimulation for refractory constipation[J]. *Br J Surg*, 2017, 104(3): 205–213. DOI: [10.1002/bjs.10326](https://doi.org/10.1002/bjs.10326).
- 47 Patton V, Stewart P, Lubowski DZ, et al. Sacral nerve stimulation fails to offer long-term benefit in patients with slow-transit constipation[J]. *Dis Colon Rectum*, 2016, 59(9): 878–885. DOI: [10.1097/DCR.0000000000000653](https://doi.org/10.1097/DCR.0000000000000653).
- 48 Wang J, Shen Z, Shen B, et al. Defecation induced by stimulation of sacral S2 spinal root in cats[J]. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 2021, 321(6): 735–742. DOI: [10.1152/ajpgi.00269.2021](https://doi.org/10.1152/ajpgi.00269.2021).
- 49 Guan Q. A comprehensive review and update on the pathogenesis of inflammatory bowel disease[J]. *J Immunol Res*, 2019: 7247238. DOI: [10.1155/2019/7247238](https://doi.org/10.1155/2019/7247238).
- 50 Rogler G, Singh A, Kavanaugh A, et al. Extraintestinal manifestations of inflammatory bowel disease: current concepts, treatment, and implications for disease management[J]. *Gastroenterology*, 2021, 161(4): 1118–1132. DOI: [10.1053/j.gastro.2021.07.042](https://doi.org/10.1053/j.gastro.2021.07.042).
- 51 Payne SC, Furness JB, Burns O, et al. Anti-inflammatory effects of abdominal vagus nerve stimulation on experimental intestinal inflammation[J]. *Front Neurosci*, 2019, 13: 418. DOI: [10.3389/fnins.2019.00418](https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00418).
- 52 Guo J, Jin H, Shi Z, et al. Sacral nerve stimulation improves colonic inflammation mediated by autonomic-inflammatory cytokine mechanism in rats[J]. *Neurogastroenterol Motil*, 2019, 31(10): e13676. DOI: [10.1111/nmo.13676](https://doi.org/10.1111/nmo.13676).
- 53 Willemze RA, Welting O, Van Hamersveld HP, et al. Neuronal control of experimental colitis occurs via sympathetic intestinal innervation[J]. *Neurogastroenterol Motil*, 2018, 30(3). DOI: [10.1111/nmo.13163](https://doi.org/10.1111/nmo.13163).
- 54 Chen Z, Li J, Ma Q, et al. Anti-inflammatory effects of two-week sacral nerve stimulation therapy in patients with ulcerative colitis[J]. *Neuromodulation*, 2024, 27(2): 360–371. DOI: [10.1016/j.neurom.2023.01.019](https://doi.org/10.1016/j.neurom.2023.01.019).
- 55 Drissi F, Bourreille A, Neunlist M, et al. Sacral neuromodulation for refractory ulcerative colitis: safety and efficacy in a prospective observational series of eight patients[J]. *Tech Coloproctol*, 2023, 27(6): 501–505. DOI: [10.1007/s10151-023-02793-3](https://doi.org/10.1007/s10151-023-02793-3).
- 56 Pikov V. Vagus nerve stimulation and sacral nerve stimulation for inflammatory bowel disease: a systematic review[J]. *J Transl Gastroenterol*, 2023, 1(2): 94–100. DOI: [10.14218/jtg.2023.00098](https://doi.org/10.14218/jtg.2023.00098).
- 57 Tu L, Gharibani P, Yin J, et al. Sacral nerve stimulation ameliorates colonic barrier functions in a rodent model of colitis[J]. *Neurogastroenterol Motil*, 2020, 32(10): e13916. DOI: [10.1111/nmo.13916](https://doi.org/10.1111/nmo.13916).
- 58 Jin X, Gharibani P, Yin J, et al. Neuro-immune modulation effects of sacral nerve stimulation for visceral hypersensitivity in rats[J]. *Front Neurosci*, 2021, 15: 645393. DOI: [10.3389/fnins.2021.645393](https://doi.org/10.3389/fnins.2021.645393).
- 59 中华医学会泌尿外科学分会尿控学组. 骶神经调控技术临床应用中国专家共识(第三版)[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2024, 45(9): 649–653. [Group of Urinary Control, Urology Branch of Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on the clinical application of sacral neuromodulation (third edition)[J]. *Chinese Journal of Urology*, 2024, 45(9): 649–653.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112330-20240920-00417](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112330-20240920-00417).
- 60 Meng L, Yan Z, Wang X, et al. Preliminary analysis of stimulation parameters for sacral neuromodulation in different indications: a multicenter retrospective cohort study from China[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(6): 3536–3542. DOI: [10.1097/JS9.0000000000001302](https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001302).
- 61 Jing J, Meng L, Zhang Y, et al. Remote programming in stage I sacral neuromodulation: a multicentre prospective feasibility study[J]. *Int J Surg*, 2024, 110(4): 2104–2114. DOI: [10.1097/JS9.0000000000001140](https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001140).
- 62 王继鹏, 闫泽浩, 张炯, 等. 盆底功能障碍性疾病骶神经调控治疗进展[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2025, 25(1): 78–83. [Wang JP, Yan ZH, Zhang J, et al. Progress on sacral neuromodulation in treatment of pelvic floor dysfunction[J]. *Chinese Journal of Contemporary Neurology and Neurosurgery*, 2025, 25(1): 78–83.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-6731.2025.01.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-6731.2025.01.011).
- 63 余燕岚, 周子越, 莫斯斯, 等. 骶神经调控技术在难治性神经源性下尿路功能障碍患者中的参数设置研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2025, 40(8): 715–719. [Yu YL, Zhou ZY, Mo SS, et al. Research on parameter settings of sacral neuromodulation in patients with refractory neurogenic lower urinary tract dysfunction[J]. *Journal of Clinical Urology*, 2025, 40(8): 715–719.] DOI: [10.13201/j.issn.1001-1420.2025.08.009](https://doi.org/10.13201/j.issn.1001-1420.2025.08.009).
- 64 Werneburg GT, Werneburg EA, Goldman HB, et al. Machine learning provides an accurate prognostication model for refractory overactive bladder treatment response and is noninferior to human experts[J]. *Neurourol Urodyn*, 2022, 41(3): 813–819. DOI: [10.1002/nau.24881](https://doi.org/10.1002/nau.24881).

收稿日期: 2025 年 07 月 15 日 修回日期: 2025 年 08 月 20 日

本文编辑: 王雅馨 黄笛

引用本文: 郭治水, 吕艳, 伍庄, 等. 骶神经调控在泌尿与肠道功能障碍疾病中的应用与进展[J]. 数理医药学杂志, 2025, 38(9): 702–710. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202507049](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202507049).

Guo ZS, Lyu Y, Wu Z, et al. Applications and advances of sacral neuromodulation in urinary and bowel dysfunction disorders[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2025, 38(9): 702–710. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202507049](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202507049).