



• 临床病例报告 •

全植入脊髓电刺激治疗腰椎术后疼痛综合征合并
脊髓损伤 1 例 *闫亚飞 叶济世 李圣洪 王 婧 刘 涛 贾一帆[△]

(武汉大学人民医院疼痛科, 武汉 430000)

神经病理性疼痛 (neuropathic pain, NP) 是损伤或疾病累及躯体感觉系统所导致的疼痛, 是临床常见病, 严重影响病人生活质量^[1]。可根据病因分为中枢性和外周性两大类, 前者包括脊髓损伤后疼痛和脑卒中后疼痛, 后者包括带状疱疹相关性神经痛和痛性糖尿病周围神经病变等。另外, 国际疼痛学会 (the international association for the study of pain, IASP) 将神经根源性脊柱术后疼痛综合征 (failed back surgery syndrome, FBSS) 也归于其中^[2]。脊髓电刺激 (spinal cord stimulation, SCS) 通过闸门理论即刺激背柱支配感觉的粗纤维而抑制痛觉的细纤维达到缓解疼痛目的, 正在成为 NP 的一种有效的治疗方法^[1]。

脊髓损伤作为一种严重的中枢神经系统损伤性疾病, 由于具有致死率高、并发症重、治疗方案短缺、治疗费用高昂等特点, 目前已经成了严重的全球性公共卫生问题, 其发生率为 23.77 (95% CI 21.50-26.15)/百万人^[3], 全球范围内有超过 2000 万人患有脊髓损伤^[4]。脊髓损伤除可能并发疼痛外, 四肢肌力障碍、自主神经功能障碍、呼吸功能障碍等更是对病人生活造成重大影响的原因。2018 年, 瑞士洛桑联邦理工学院团队让 3 例长期截瘫病人重新获得了行走的能力, 拉开了 SCS 改善脊髓损伤后病人运动功能的帷幕^[5]。但在临床实践中治疗效果研究成果尚少, 国内目前尚无 SCS 治疗脊髓损伤报道。本例病人因“腰椎间盘突出、腰椎滑脱”行腰椎开放性手术后出现椎管内血肿、神经根损伤、硬膜囊破裂, 经二次手术探查修复、联合药物治疗及康复锻炼后疼痛仍剧烈, 本团队探索性地使用全植入 SCS 进行治疗, 疗效显著, 提示 SCS 可在神经病理性疼痛、脊髓损伤后功能恢复中作为一种更为积极的治疗手段的潜力。

1. 一般资料

病例: 女性, 58 岁。2021 年 9 月 7 日因“腰椎间盘突出、腰椎滑脱”于当地医院行腰椎内固定手术 (L₂~L₃), 手术后出现截瘫且腰及双下肢疼痛, 遂于 2021 年 9 月 9 日再次手术探查发现椎管内血肿、左侧 L₂ 神经根损伤、硬膜囊破裂, 经手术治疗后下肢肌力少许恢复, 疼痛仍剧烈。疼痛性质为刺痛、胀痛, 以左侧腹股沟以下区域为重, 疼痛严重时可有全身抽搐, 大小便无改变。2021 年 9 月至 2023 年 2 月于医院行康复治疗, 康复科出院至 2024 年 5 月自行在家康复锻炼, 疼痛严重影响睡眠。2024 年 5 月 2 日就诊我科。

查体: T₁₂~L₅ 节段皮肤见长约 15 cm 陈旧瘢痕, T₁₂~L₅ 棘间隙压痛 (+), L₂~L₄ 椎旁压痛放射痛 (+)。脊髓损伤 ASIA C 级, 右侧感觉最远节段 S₅, 左侧感觉最远节段 L₁, 双下肢关键肌肌力 (R 3-3-1-1-3, L 2-1-0-0-1), 肛门运动减弱, 深压觉存在。VAS 评分 10。既往史: 高血压 2 级 (极高危组); 2 型糖尿病。

2. 辅助检查

2024 年 5 月 4 日腰椎 CT、胸椎 + 腰椎 MRI 示: 腰椎术后改变 (见图 1、2)。2024 年 5 月 6 日尿流动力学检查示: ①逼尿肌收缩力下降; ②最大尿道闭合压偏低, 膀胱颈压力偏高, 功能尿道长度偏短。2024 年 5 月 6 日红外热成像示: 双下肢皮温明显降低, 左下肢更为显著。2024 年 5 月 8 日肌电图示: 双下肢神经源性损害 (根及根以上水平损害可能, 主要涉及 L₂~S₂ 神经根水平); 双下肢体感诱发 P40 未引出肯定波形 (结合病史考虑腰段中枢性损害)。

3. 术前准备

给予口服镇痛药物塞来昔布胶囊 (每次 200 mg, 每日 2 次)、普瑞巴林胶囊 (每次 150 mg, 每日 2 次)、曲马多缓释片 (每次 100 mg, 每日 2 次), 疼痛控制仍差, VAS 评分 10。

诊断: ①神经病理性疼痛; ②腰椎术后疼痛综

* 基金项目: 湖北省教育厅科学技术研究计划指导性项目 (B202259)

[△] 通信作者 贾一帆 jiyifan5200@163.com

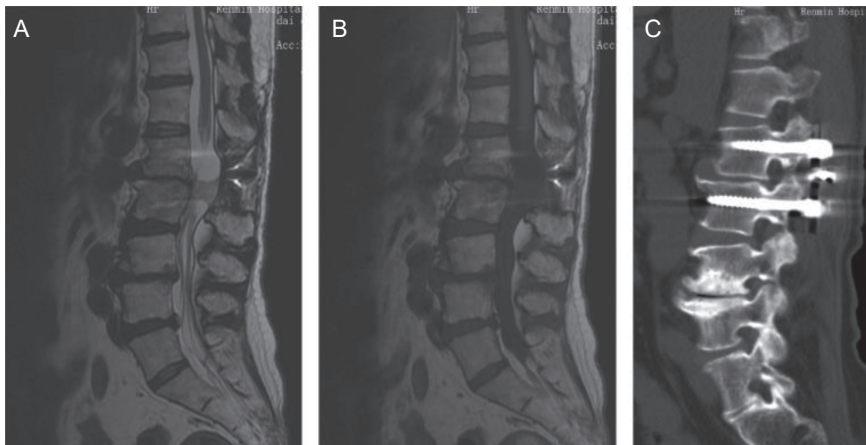


图1 腰椎图像
(A, B) 腰椎 MRI 矢状位; (C) 腰椎 CT 矢状位

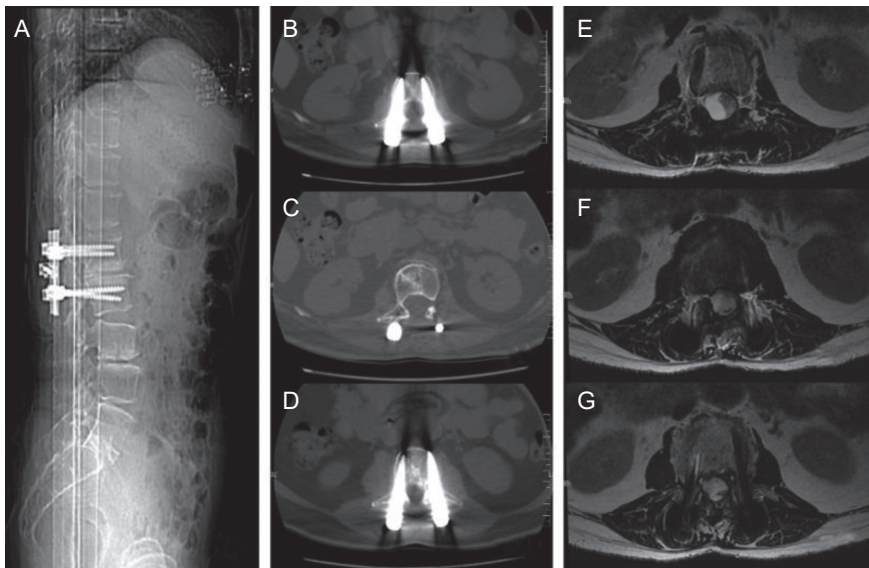


图2 胸椎 + 腰椎图像
(A) 腰椎 DR 矢状位; (B, E) L_2 椎体平面 CT、MRI 横断位; (C, F) L_{2-3} 间隙平面 CT、MRI 横断位; (D, G) L_3 椎体平面 CT、MRI 横断位

合征(腰椎内固定术后);③脊髓损伤(ASIA C级);
④高血压2级(极高危组);⑤2型糖尿病。

术前评估:病人体表 $T_{12}\sim L_5$ 节段见长约15 cm 陈旧瘢痕,2021年当地手术记录中提示曾于 $L_1\sim L_4$ 节段以电刀配合脊柱剥离子行椎板上剥离,考虑到 术后瘢痕组织形成、局部粘连范围广泛,常用穿刺 位点 $T_{12}\sim L_1$ 、 L_{1-2} 均位于瘢痕组织中,有穿刺电极 置入失败风险。沟通风险后,病人直接放弃一期测 试,决定行全植入浆状电极置入。

4. 手术治疗

2024年5月13日行全植入脊髓神经刺激器置 入术(见图3)。

置入节段: $T_{11}\sim T_{12}$ 。

耗材型号:浆状植入式脊髓神经刺激电极

(SCL305A, 1根),测试脊髓刺激延伸电缆 (SCL322A, 1根),植入式可充电脊髓神经刺激 器(SCS301B, 1个),常州瑞神安医疗器械有限公司。

手术方式:采取 T_{12} 左侧和 T_{11} 右侧椎板开窗 置入(见图3)。蓝色星号为 T_{12} 椎板开口(植入电 极的入口)电极线从棘突两边延伸确保浆状电极尾 端居中,黄色星号为 T_{11} 椎板对侧开窗点,通过此 窗口调整浆状电极,使电极头端位置居中。最终 C 形臂设备摄片,确保电极无倾斜、翻转。术后1周 复查电极位置(见图4),确认电刺激放置位置良好, 未发生移位或翻转。

术后1周开启电刺激,设置三组程序(见图5)。 A组覆盖整个左下肢,有轻微酥麻感,能使病人肢 疼痛明显缓解,使用频率50 Hz, 10:00~14:00、

16:00~24:00 运行。B 组位点设置同 A 组, 使用频率 5 Hz, 8:00~10:00、14:00~16:00 运行, 能使左下肢明显抖动。C 组覆盖病人右下肢及鞍区, 使用频率 14 Hz, 0:00~8:00 运行。

5. 随访

术后随访病人疼痛完全消失, 可停止所有口服镇痛药物。双下肢关键肌肌力有明显改善。无手术并发症或不良反应发生, 术后随访结果见表 1。

术前及术后 2 周红外热成像结果见图 6。可见术前病人双下肢皮温下降明显, 与上半身相比温差大, 导致全身成像时上半身处于过曝状态。术前左下肢较右下肢皮温降低更为严重, 尤以左侧踝足部最为显著。术后 2 周时双下肢与上半身温差明显减少, 双下肢温差也有缩小。

6. 讨论

FBSS 又称腰椎术后失败综合征, 常用的定义为: 在一次或多次腰、骶椎手术后腰痛持续存在或复发, 伴或不伴下肢痛的疾病总称^[6]。因其在骨科与疼痛科医师间的争议性, 也有文献提出替代定义: 腰椎手术的结果不符合病人和外科医师的术前期望^[7]。2021 年 IASP 提出持续性脊柱疼痛综合征 (persistent spinal pain syndrome, PSPS) 一词来取代以前的 FBSS^[8]。PSPS-T1 型是脊柱手术后疼痛持续或恶化, 与手术本身直接相关的疼痛综合征。包括手术期间的神经或脊髓损伤导致的慢性疼痛和神经功能障碍^[9]。因其在国内使用较为少见, 本文中仍然采取 FBSS 这一通用称呼。

在 2024 年发布的《脊髓电刺激管理慢性疼痛

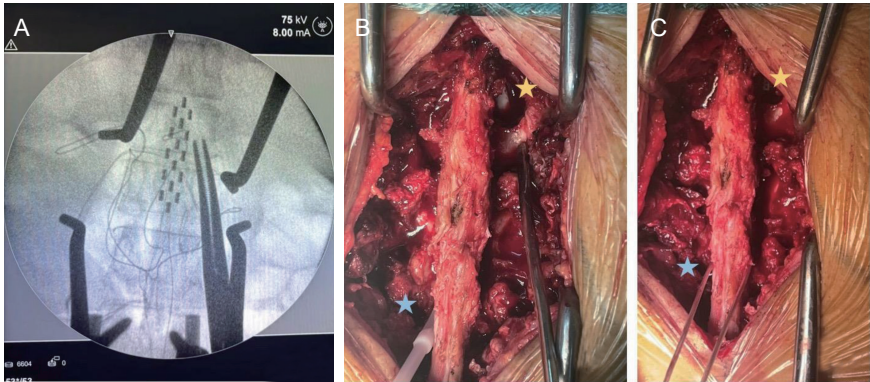


图 3 全植入脊髓神经刺激器置入术
(A) 术中 C 形臂存图; (B, C) 置入电极过程
黄色星号: T₁₁ 椎体右侧开窗位点, 内可见白色探条 (B) 或桨状电极头端 (C)
蓝色星号: T₁₂ 椎体左侧开口, 从此处置入电极

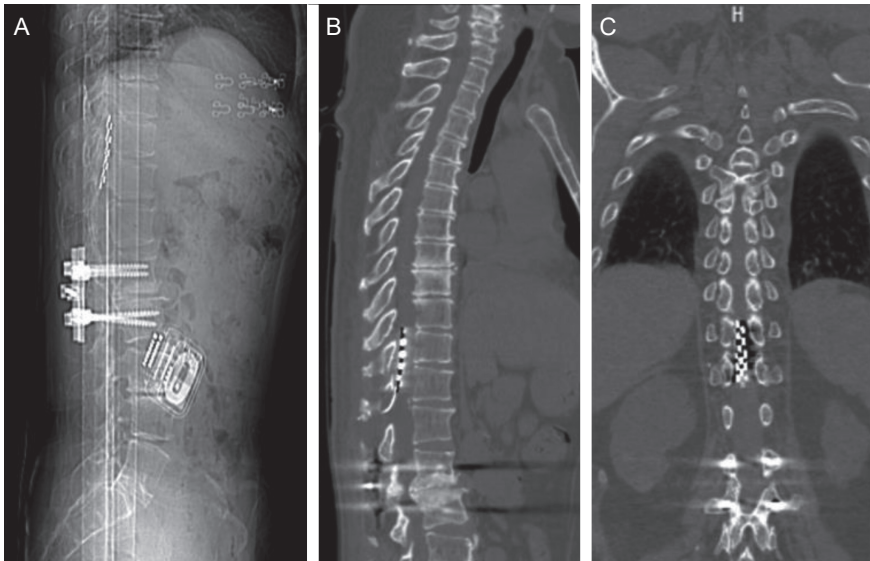


图 4 术后 1 周复查电极位置
(A) 腰椎 DR 矢状位; (B) 腰椎 CT 矢状位; (C) 腰椎 CT 冠状位



图 5 术后 1 周开启电刺激，设置三组程序
(A) 桨状电极开启位点；(B) 电刺激程序参数

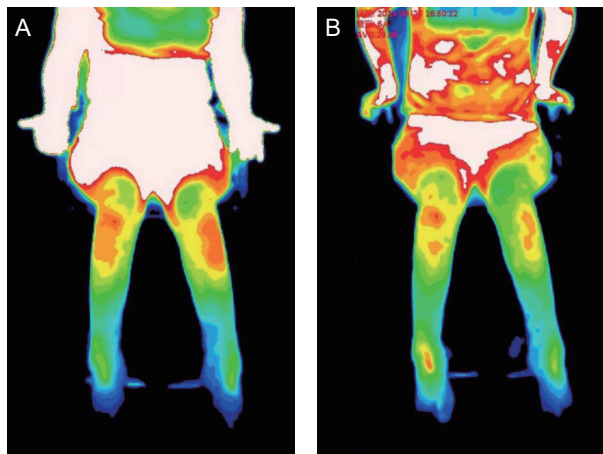


图 6 术前及术后 2 周红外热成像
(A) 术前；(B) 术后

中美共识》中^[10]，PSPS/FBSS 为推荐强度 B 级的适应证。有显著证据表明 SCS 是一种安全、临床有效和具有成本效益的 FBSS 治疗方法^[11-13]。在传统 SCS 参数之外，10 kHz 超高频电刺激和爆发性刺激 (Burst) 在 FBSS 中的长期疗效亦有文献支持^[14-16]。

SCS 在脊髓损伤病人中的应用也有《创伤性脊柱脊髓损伤康复治疗专家共识》推荐^[17]。其在临床上开展时间相对较晚，2018 年瑞士洛桑联邦理工学

院的成果发表才正式拉开 SCS 改善脊髓损伤后运动功能障碍的帷幕，并且在后续更新了一系列令人兴奋的成果^[5,18,19]。除脊髓损伤后运动功能障碍外，SCS 被证明也可改善脊髓损伤后呼吸功能^[20]、自主功能^[21-23]、膀胱功能^[24]。

虽然 SCS 治疗 FBSS 和脊髓损伤的疗效得到认可，但临床应用中仍常将其作为传统治疗方案的补充治疗^[9]。本研究中此例病人脊髓损伤诊断同时合并 FBSS，在电刺激置入术前历经 2 次开放性手术，疼痛剧烈、病情较为复杂。考虑到瘢痕组织广泛，与病人及家属沟通电刺激手术方案，病人及家属放弃一期测试，直接选用全植入桨状电极方案，具备一定的超前性。

另外值得一提的是，本例病人手术使用方式为双节段椎板开窗，保留了棘突的完整性，相较于传统手术方式，创伤小，可以避免咬除棘突后继发腰椎后凸畸形的风险；同时双节段对侧开窗避免了电极置入偏斜，便于电极位置调整，对于经历既往腰椎手术可能硬膜外粘连的病人尤为重要。目前国内尚未见此报道，对桨状电极置入手术方式改进提供新的思路。

在术后 2 个月的随访中，病人疼痛程度、下肢肌力、下肢皮温均获得明显改善。为 SCS 治疗 FBSS、脊髓损伤提供了良好的依据。提示 SCS 可在

表 1 术后随访结果

	术前	术后 1 个月	术后 2 个月
VAS 评分	10	0	0
口服药物	塞来昔布胶囊、普瑞巴林胶囊、曲马多缓释片	无	无
感觉最远节段	S ₅ (R)/L ₁ (L)	S ₅ (R)/L ₁ (L)	S ₅ (R)/L ₁ (L)
下肢关键肌肌力	3-3-1-1-3(R)/2-1-0-0-1(L)	4-4-1-1-4(R)/2-2-1-1-3(L)	4-4-1-1-4(R)/2-2-1-1-4(L)
肛门感觉	深压觉存在，触觉、针刺觉右侧存在，左侧消失	深压觉存在，触觉、针刺觉右侧存在，左侧消失	深压觉存在，触觉、针刺觉右侧存在，左侧消失
肛门运动	减弱	减弱	减弱
ASIA 分级	C 级	C 级	C 级

神经病理性疼痛、脊髓损伤后功能恢复中作为一种更为积极的治疗手段。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] 吴大胜, 陶蔚, 朱谦, 等. 神经病理性疼痛评估与管理中国指南(2024版)[J]. 中国疼痛医学杂志, 2024, 30(1):5-14.
- [2] Dworkin RH, O'Connor AB, Kent J, *et al.* Interventional management of neuropathic pain: NeuPSIG recommendations[J]. *Pain*, 2013, 154(11):2249-2261.
- [3] Lu Y, Shang Z, Zhang W, *et al.* Global incidence and characteristics of spinal cord injury since 2000-2021: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Med*, 2024, 22(1):285.
- [4] Global, regional, and national burden of spinal cord injury, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2023, 22(11):1026-1047.
- [5] Wagner FB, Mignardot JB, Le Goff-Mignardot CG, *et al.* Targeted neurotechnology restores walking in humans with spinal cord injury[J]. *Nature*, 2018, 563(7729):65-71.
- [6] Chan CW, Peng P. Failed back surgery syndrome[J]. *Pain Med*, 2011, 12(4):577-606.
- [7] Waguespack A, Schofferman J, Slosar P, *et al.* Etiology of long-term failures of lumbar spine surgery[J]. *Pain Med*, 2002, 3(1):18-22.
- [8] Christelis N, Simpson B, Russo M, *et al.* Persistent spinal pain syndrome: a proposal for failed back surgery syndrome and ICD-11[J]. *Pain Med*, 2021, 22(4):807-818.
- [9] Miękisiak G. Failed back surgery syndrome: no longer a Surgeon's defeat-a narrative review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(7):1255..
- [10] 中美脊髓电刺激管理慢性疼痛共识工作组. 脊髓电刺激管理慢性疼痛中美专家共识(2024)[J]. 协和医学杂志, 2024, 15(2):285-293.
- [11] Rigoard P, Ounajim A, Goudman L, *et al.* Combining awake anesthesia with minimal invasive surgery optimizes intraoperative surgical spinal cord stimulation lead placement[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(19):5575.
- [12] Kumar K, Taylor RS, Jacques L, *et al.* Spinal cord stimulation versus conventional medical management for neuropathic pain: a multicentre randomised controlled trial in patients with failed back surgery syndrome[J]. *Pain*, 2007, 132(1-2):179-188.
- [13] Kumar K, North R, Taylor R, *et al.* Spinal cord stimulation vs. conventional medical management: a prospective, randomized, controlled, multicenter study of patients with failed back surgery syndrome (PROCESS Study)[J]. *Neuromodulation*, 2005, 8(4):213-218.
- [14] Kapural L, Yu C, Doust MW, *et al.* Novel 10-kHz high-frequency therapy (HF10 therapy) is superior to traditional low-frequency spinal cord stimulation for the treatment of chronic back and leg pain: the SENZA-RCT randomized controlled trial[J]. *Anesthesiology*, 2015, 123(4):851-860.
- [15] Tjepkema-Cloostermans MC, de Vos CC, Wolters R, *et al.* Effect of burst stimulation evaluated in patients familiar with spinal cord stimulation[J]. *Neuromodulation*, 2016;19(5):492-497.
- [16] Demartini L, Terranova G, Innamorato MA, *et al.* Comparison of tonic vs. burst spinal cord stimulation during trial period[J]. *Neuromodulation*, 2019, 22(3):327-332.
- [17] 曹烈虎, 牛丰, 张文财, 等. 创伤性脊柱脊髓损伤康复治疗专家共识(2020版)[J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(5):385-392.
- [18] Rowald A, Komi S, Demesmaeker R, *et al.* Activity-dependent spinal cord neuromodulation rapidly restores trunk and leg motor functions after complete paralysis[J]. *Nat Med*, 2022, 28(2):260-271.
- [19] Kathe C, Skinnider MA, Hutson TH, *et al.* The neurons that restore walking after paralysis[J]. *Nature*, 2022, 611(7936):540-547.
- [20] Kandhari S, Sharma D, Tomar AK, *et al.* Epidural electrical spinal cord stimulation of the thoracic segments (T₂-T₅) facilitates respiratory function in patients with complete spinal cord injury[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2022, 300:103885.
- [21] Phillips A. Paralysis under pressure[J]. *Science*, 2023, 381(6657):494-495.
- [22] Flett S, Garcia J, Cowley KC. Spinal electrical stimulation to improve sympathetic autonomic functions needed for movement and exercise after spinal cord injury: a scoping clinical review[J]. *J Neurophysiol*, 2022, 128(3):649-670.
- [23] Solinsky R, Burns K, Tuthill C, *et al.* Transcutaneous spinal cord stimulation and its impact on cardiovascular autonomic regulation after spinal cord injury[J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2024, 326(1):H116-H122.
- [24] Schieferdecker S, Neudorfer C, El Majdoub F, *et al.* A retrospective case series of high-frequency spinal cord stimulation (HF10-SCS) in neurogenic bladder incontinence[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2019, 17(1):14-20.