

神经移位术在脊髓损伤性瘫痪患者中的研究进展

植剑文¹, 张少成², 张海龙¹, 宁波¹

(1. 暨南大学附属广州红十字会医院 神经外科, 广东 广州, 510220;

2. 海军军医大学第一附属医院/上海长海医院 骨科, 上海, 200433)

摘要: 神经移位术通过将原功能次要或能被代偿的自体周围神经移位, 并与损伤的关键部位神经缝合, 重建损伤部位神经功能, 以恢复脊髓损伤性瘫痪患者部分感觉和运动功能。全面了解神经移位术治疗脊髓损伤性瘫痪的机制、发展、术式及适应症对临床治疗很有必要。本研究对国内外文献中有关脊髓损伤性瘫痪功能重建主要的神经移位术进行综述, 为脊髓损伤性瘫痪的治疗提供参考。

关键词: 神经移位术; 脊髓损伤; 瘫痪; 周围神经; 功能重建

中图分类号: R 651.2; R 651.3 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2022)04-141-05 DOI: 10.7619/jcmp.20213852

Research progress of nerve transposition in treatment of patients with spinal cord injury paralysis

ZHI Jianwen¹, ZHANG Shaocheng², ZHANG Hailong¹, NING Bo¹

(1. Department of Neurosurgery, Guangzhou Red Cross Hospital Affiliated to Jinan University,

Guangzhou, Guangdong, 510220; 2. Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai Changhai Hospital, Shanghai, 200433)

Abstract: Nerve transposition is to rebuild the nerve function of the injured site and restore partial sensory and motor functions in patients with spinal cord injury paralysis by transposing the autologous peripheral nerve with secondary or compensatory functions and suturing with the nerves in the key part of the injury sites. A comprehensive understanding of the mechanism, development, operation and indications of nerve transposition in the treatment of spinal cord injury paralysis is necessary for clinical treatment. This study reviewed the main nerve transposition techniques for functional reconstruction of spinal cord injury paralysis in the literatures at home and abroad, so as to provide reference for the treatment of spinal cord injury paralysis.

Key words: nerve transposition; spinal cord injury; paralysis; peripheral nerve; functional reconstruction

脊髓损伤会导致不同程度的躯体功能丧失, 是瘫痪的最主要原因之一^[1-2]。脊髓损伤最常发生于健康活跃的年轻人中, 对个人、家庭和社会造成严重影响, 所以部分身体功能的恢复也会对患者产生积极作用^[3-4]。早期学者关注肋间神经移植术对截瘫的治疗, 但发现疗效欠佳, 该术式被逐渐废弃^[5]。20世纪60年代日本学者TSUYAMA N等^[6]首创肋间神经转位术, 后来中国学者顾玉东^[7]首创膈神经转位术、健侧C7神经根转位术, 并应用在臂丛神经根性撕脱伤神经功能重建上, 疗效确切^[8]。此后, 周围神经移位术开始广泛应用于脊髓损伤患者的神经功能重建。经过数十年的发

展, 神经移位术疗效得到大量的临床实践^[9-12]所证实, 成为脊髓损伤性瘫痪的首选治疗方法之一。本研究对国内外文献提到的有关重建脊髓损伤性瘫痪功能主要的神经移位方法进行综述, 为脊髓损伤性瘫痪的治疗提供参考。

1 理论基础

周围神经移位术是将原功能次要或能被代偿的自体周围神经, 如肋间神经, 或多根神经共同支配同一功能的其中一个分支, 或支配某非关键部位功能的神经, 移位至损伤的关键部位, 重建损伤部位的神经功能^[13]。早年间已有学者提出周围

神经移位的理念,但缺乏形态学依据,直到 20 世纪晚期,才有学者^[14]从形态学上证明外周神经移位能促进损伤神经元轴突再生。其中,1996 年 CHENG H 等^[15]通过将大鼠的自体肋间神经移植到脊髓损伤的大鼠模型中,证实肋间神经移植能有效地促进神经轴突再生、突触形成,恢复神经功能。经过文献复习,其可能的机制如下:① 周围神经移位主要起引导和桥梁作用,促进轴突再生,并将孤立的神经元联系起来,与受损的神经元形成突触连接以达到信号的传导,重建神经功能;② 周围神经中含有多种细胞成分,如神经膜细胞、成纤维细胞及施万(Schwann)细胞等,这些细胞和轴浆能分泌细胞外基质和多种神经营养因子,具有保护和营养受损神经元,诱导轴突再生和促进神经元修复的作用^[16-18];③ 周围神经中神经纤维的数量远超过靶组织所需的数量,多余部分被称为“周围神经功能储备”,这部分神经纤维可以在不影响效应肌功能的情况下作为供体神经使用^[19]。因此周围神经移位术可以用于治疗脊髓损伤性瘫痪的神经功能重构。

2 手术方式

神经移位的手术方式众多,临床上根据脊髓损伤平面、程度及患者需求等因素综合评定,结合术者的专业素养,选择合适的手术方式。

2.1 神经段移植嵌入嫁接术

高位脊髓损伤,如脊髓损伤、臂丛神经损伤,会导致一侧或两侧肢体痉挛性瘫痪,通过药物和物理疗法等保守治疗也难以缓解,此类患者需要外科手术治疗,以缓解痉挛或恢复部分肢体功能。

将脊髓损伤平面上正常的周围神经,通过移位,与损伤的神经相吻合,可以重建部分神经功能,其效果在临床上已得到证实^[20-21]。日本学者 TSUYAMA N 等^[6]和中国学者顾玉东等^[22]利用正常外周神经与损伤臂丛神经相吻合,但由于供体神经失活、移植纤维数量有限等原因,重建的神经功能亦有限。张少成等^[23]首创神经移位嫁接术,其优势是只切断支配痉挛肌群的神经的部分纤维,在缓解痉挛的同时引入供体神经纤维,恢复部分正常神经支配,在重建功能的同时避免了选择性周围神经缩窄术的高复发率。研究人员将有限的供体神经纤维与支损伤的神经纤维吻合,在合适的平面上呈 45°角楔形切开受体神经,选择性切断部分受体神经纤维或神经束,切开供体神经的外膜和束膜,切断部分神经,将待植入的桥接

神经一侧断端修剪成舌状,插入受体神经楔形切口内,另一侧与供体神经切口吻合,依次缝合束膜和外膜。保留剩余的受体神经纤维,使痉挛性瘫痪肌肉的非随意性收缩和肌张力得到部分保留,经术后康复训练使病理反射性收缩与重建的主动收缩同步,较直接吻合的术式更能增强重建神经所支配肌群的运动功能^[24]。对于脊髓损伤性瘫痪患者的神经功能重建,首要是找到合适的供体神经,也是决定该手术疗效的关键。选择供体神经的原则有:① 与受体神经同性质,即释放的神经递质一致;② 神经转位后,对供体神经区原功能应不受影响或影响不大^[25]。

对于胸段脊髓损伤性瘫痪患者而言,臂丛神经移植嵌入嫁接术是重建下肢、阴部神经功能的一种可行的治疗方法^[26-28]。臂丛神经移位主要包括尺神经移位、桡神经移位和腋神经移位,其中又以尺神经移位术最具代表。尺神经是臂丛的主要神经之一,其作为供体神经所具备的优势有:① 神经纤维数量多,增加与受体神经连接的纤维量。神经轴突再生后,神经信号传导快,功能恢复程度显著^[29]。② 尺神经可游离距离长,移位后能缩短与受体神经的效应器官之间的距离,加速了重建神经功能的恢复^[30-31]。③ 尺神经有独立的供应血管,在神经转位时,将该血管一并移位,可保证移位后尺神经的血供,防止移位后尺神经失活^[32]。④ 通过骨间前神经旋前方肌支与尺神经深支吻合,桡神经浅支与尺神经浅支吻合,保证了尺神经手部功能不受影响^[33]。张少成等^[34]研究发现下段胸段脊髓损伤截瘫后,周围神经无显著变性,损伤平面以下脊髓尚完好,神经元完好,低级反射弧仍完整,即下肢周围神经仍保持着完整性,这为尺神经移位缝接马尾神经、坐骨神经、阴部神经等下肢周围神经重建部分功能提供了理论依据。

2.2 带血管周围神经移位术

20 世纪初有学者将不带血供的肋间神经移位与腰神经根或马尾神经端-端吻合,与臂丛神经相比,肋间神经更适合作为供体神经^[35]。但由于肋间神经纤维数量少,可游离距离短,仅适用于低位胸段脊髓损伤者,且移植神经容易缺血坏死,疗效欠佳,该术式未被推广。随后研究人员通过改良的带血供肋间神经游离移位,将正常的肋间神经及伴行的肋间动脉、静脉切断,注意保持肋间神经与血管无分离,并将近段端游离后经肌下隧道转移至椎管,分别与两侧选择性的腰 1、2 或腰 2、

3 神经根的神经束或束组,在硬膜内或硬膜外相吻合,重建部分髂腰肌、股四头肌功能。同时,采用相同方式将带血管的肋间神经移位与 S₂₋₄ 神经根行选择性束间吻合,重建部分截瘫患者的排尿、排便功能,以及臀、会阴及外阴部感觉^[36-37]。2007 年研究人员通过带血供尺神经移位与股神经吻合重建陈旧性胸段脊髓完全性横断伤患者的部分下肢功能,疗效满意。由于需要肋间神经或尺神经移位术式的患者多数情况下神经移位距离较长,带血管神经移位可以很好地保证移位的供体神经不会缺血坏死,同时还可以促进神经再生。

2.3 神经束间侧-侧缝合术

为了改进传统端侧或端-端吻合术中存在的不足,如必须将受体神经切断,而对于一些难以分离断端或不能明确神经是否为完全性损伤患者而言,则不宜行端侧或端-端缝合,张少成首创神经束间侧-侧缝合术,通过动物实验证明周围神经侧-侧缝合后神经可再生,再生的质量与神经端侧缝合相当^[38]。研究人员^[39-40]将该术式用于陈旧性截瘫四肢瘫患者的感觉功能重建,疗效确切。通过把在解剖关系上邻近的正常神经干松解后,将其外膜和束膜切开,与经同样处理后的损伤神经行侧-侧缝合,供体神经可长出侧芽至受体神经内,且随着侧方切口的扩大和切开神经束的增加而新生侧芽神经纤维数量亦增加,且感觉功能的恢复优于运动^[41-42]。其原因可能为,感觉功能的恢复所需神经纤维的数量要少于运动功能恢复所需的数量,尤其是只恢复到 S₂ ~ S₃ 级者。研究^[43]证明,侧-侧缝合比端侧缝合神经纤维生长速度快,神经损伤后产生生长因子和诱导蛋白能促进正常神经纤维的生长,使其神经纤维长出侧芽,并与受损神经结融合。此外,由于侧-侧缝合后神经纤维向受损神经长出侧芽及生长快的特性,神经束间侧-侧缝合可用于预防高位神经损伤后不可逆肌萎缩^[44]。因为神经再生速度每天仅 1 mm 左右,在此期间,靶向肌群长期处于失神经状态,缺乏神经营养作用,肌群会逐渐萎缩。另外,对于早期难以确定损伤程度而先采取保守疗法或无法早期手术治疗者,若待保守治疗无疗效后再行手术治疗,此时已错过神经修复的最佳时期。因此神经侧-侧缝合可以有效预防骨骼肌失神经性萎缩,同时亦不会对损伤神经内残存神经纤维的生长及传导通过缝合部位产生影响。

神经束间侧-侧缝合法作为一种新的脊髓损伤辅助或补充治疗,是全新的理念和方法,其具有

手术操作简单、恢复快的优势。但是该术式干扰了正常的供体神经,应严格掌握其适应症,尤其是选择重要神经作为供体神经时,应慎重使用,因此该术式不可用于取代常规术式。

3 手术适应症

目前神经移位术尚无统一的手术指征和适应症,根据既往研究^[45],主要依据患者脊髓损伤平面、程度、年龄以及手术意愿等多方面因素,结合患者实际情况选择不同的手术方式及供体和受体神经。① 脊髓 C₁₋₄ 平面损伤,无自主呼吸或需要呼吸机支持且斜方肌肌力达 3 级者,可通过神经段移植嵌入嫁接术将面神经颈支或副神经移位吻合膈神经,重建膈肌自主呼吸功能^[5]。② 脊髓 C₅₋₈ 节段损伤,脊髓损伤四肢瘫痪 1 年以上,屈肘功能、手/腕功能、手内在肌运动或感觉功能未恢复,年龄 < 50 岁者,可通过神经段移植嵌入嫁接术等术式,将副神经和颈丛移位吻合肌皮神经恢复屈肘功能,或将颈丛移位吻合臂丛内侧束恢复手/腕部分功能,或将胸外侧神经与尺神经缝合,将桡神经浅支或骨间前神经旋前方肌支移位与尺神经浅支缝合,重建尺神经支配的部分运动和感觉功能^[46]。③ 胸段脊髓损伤,经非手术治疗 1 年后,会阴部感觉和尿便功能未恢复者,可通过带血管的尺神经移位与坐骨神经、阴部神经、股神经吻合,重建部分会阴感觉,改善排尿排便功能,或通过带血管肋间神经移位与股外侧皮神经、髂腹股沟神经或骶神经根选择性缝合,重建会阴部分感觉和排便功能^[47]。④ 脊髓腰段平面损伤,经过治疗后下肢行走能力基本恢复,但足部或足底无感觉者,可通过神经段移植嵌入嫁接或神经束间侧-侧缝合术,将隐神经或腓肠神经移位与胫神经吻合,重建足部或足底痛温觉功能^[48]。⑤ 骶髓平面损伤,经保守治疗 6 个月后尿便失禁无恢复,且臀肌肌力 > 3 级者,可通过带血管肋间神经与阴部神经吻合,或通过神经段移植嵌入嫁接或神经束间侧-侧缝合术将臀上/下神经与阴部神经缝合,重建部分尿道、肛门括约肌功能,改善尿便功能^[49]。

4 总结与展望

脊髓损伤是导致瘫痪的主要原因之一,现如今还不能完全修复脊髓损伤,但随着医学技术不断发展,已经有越来越多针对性强且有效的治疗方法面世。手术治疗除了神经移位术以外,还有

减压手术、神经松解术、肌腱移位等^[50]。除此以外,还有间充质干细胞治疗、神经干细胞治疗,可以促进轴突再生,改善中枢神经系统抑制性环境^[51-53]。神经移位术作为脊髓损伤性瘫痪功能重建的主要治疗方式之一,效果确切。本研究对神经移位术治疗脊髓损伤性瘫痪的机制、发展、主要术式及适应症进行综述,对临床工作具有一定的指导意义。未来相关的研究方向应制定神经移位术治疗脊髓损伤性瘫痪的指南,进一步明确手术指征及适应症,提高治疗效果,为脊髓损伤性瘫痪患者带来福音。

参考文献

- [1] KHALIFEH J M, DIBBLE C F, VAN VOORHIS A, *et al.* Nerve transfers in the upper extremity following cervical spinal cord injury. Part 1: systematic review of the literature[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 12: 1-12.
- [2] RUPP R. Spinal cord lesions[J]. *Handb Clin Neurol*, 2020, 168: 51-65.
- [3] MOLTAJI S, NOVAK C B, DENGLER J. Nerve transfer surgery in spinal cord injury: online information sharing[J]. *BMC Neurol*, 2021, 21(1): 177.
- [4] FOX I K, DAVIDGE K M, NOVAK C B, *et al.* Nerve transfers to restore upper extremity function in cervical spinal cord injury: update and preliminary outcomes[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2015, 136(4): 780-792.
- [5] 张少成, 孙来卿. 神经移位行截瘫/四肢瘫的神经功能重建[J]. *解剖与临床*, 2005, 10(1): 5-7.
- [6] TSUYAMA N, HARA T, MAEHIRO S, *et al.* Intercostal nerve transfer for traumatic brachial nerve palsy[J]. *Seikei Geka*, 1969, 20(14): 1527-1529.
- [7] 顾玉东. 臂丛神经根性撕脱损伤的诊治[J]. *医学研究通讯*, 1991, 20(6): 22-23.
- [8] WANG G B, YU A P, NG C Y, *et al.* Contralateral C7 to C7 nerve root transfer in reconstruction for treatment of total brachial plexus palsy: anatomical basis and preliminary clinical results[J]. *J Neurosurg Spine*, 2018, 29(5): 491-499.
- [9] LOCH-WILKINSON T, MCNEIL S, WHITE C, *et al.* Nerve transfers in patients with brown-séquard pattern of spinal cord injury: report of 2 cases[J]. *World Neurosurg*, 2018, 110: 152-157.
- [10] WILSON T J. Novel uses of nerve transfers[J]. *Neurotherapeutics*, 2019, 16(1): 26-35.
- [11] NANDRA K S, HARARI M, PRICE T P, *et al.* Successful reinnervation of the diaphragm after intercostal to phrenic nerve neurotization in patients with high spinal cord injury[J]. *Ann Plast Surg*, 2017, 79(2): 180-182.
- [12] 陈涛, 高绍莹, 魏在荣. 经椎体前通路移位健侧 C₇ 神经根的研究进展[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(2): 265-268.
- [13] 张少成, 李颖, 杨军, 等. 神经嫁接术治疗脑外伤、脊髓伤后痉挛性瘫痪的神经干内显微解剖与嫁接位点的选择[J]. *解剖学杂志*, 2015, 38(3): 308-310.
- [14] MILLESI H. Techniques for nerve grafting[J]. *Hand Clin*, 2000, 16(1): 73-91.
- [15] CHENG H, CAO Y, OLSON L. Spinal cord repair in adult paraplegic rats: partial restoration of hind limb function[J]. *Science*, 1996, 273(5274): 510-513.
- [16] BOLÍVAR S, NAVARRO X, UDIÑA E. Schwann cell role in selectivity of nerve regeneration[J]. *Cells*, 2020, 9(9): 2131.
- [17] SULLIVAN R, DAILEY T, DUNCAN K, *et al.* Peripheral nerve injury: stem cell therapy and peripheral nerve transfer[J]. *Int J Mol Sci*, 2016, 17(12): 2101.
- [18] 李佳音, 李星, 肖志峰, 等. 完全性脊髓损伤再生机制的探讨[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(6): 641-649.
- [19] CUL J L, GONG X, JIANG Z P, *et al.* Experimental study of the functional reserve of Median nerve in rats[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9): 16015-16021.
- [20] KAKINOKI R, DUNCAN S F M, IKEGUCHI R, *et al.* Motor and sensory cortical changes after contralateral cervical seventh nerve root (CC₇) transfer in patients with brachial plexus injuries[J]. *J Hand Surg Asian Pac Vol*, 2017, 22(2): 138-149.
- [21] DING W B, ZHANG S C, WU D J, *et al.* Hand function recovery using nerve segment insert grafting in patients with chronic incomplete lower cervical spinal cord injury: a preliminary clinical report[J]. *J Neurorestorol*, 2019, 7(3): 129-135.
- [22] 顾玉东, 张高孟, 陈德松, 等. 健侧颈神经根移位术治疗臂丛根性撕脱伤[J]. *中华医学杂志*, 1989, 69(10): 563-565.
- [23] 张少成, 胡万坤, 朱红伟, 等. 神经移位嫁接术臂丛神经功能重建[C]. 北京: 2010.
- [24] DING W B, ZHANG S C, WANG Z, *et al.* Using nerve segment insert grafting to reconstruct neural pathways of brain-derived paralysis[J]. *Transl Neurosci Clin*, 2017, 3(4): 188-195.
- [25] SHU J W, CHENG F, GONG Z, *et al.* Transplantation strategies for spinal cord injury based on microenvironment modulation[J]. *Curr Stem Cell Res Ther*, 2020, 15(6): 522-530.
- [26] SANANPANICH K, KRAISARIN J, SIRIWITTAYAKORN W, *et al.* Double motor nerve transfer for all finger flexion in cervical spinal cord injury: an anatomical study and a clinical report[J]. *J Hand Surg Am*, 2018, 43(10): 920-926.
- [27] BERTELLI J A, GHIZONI M F. Nerve transfer for sensory reconstruction of C8-T1 dermatomes in tetraplegia[J]. *Microsurgery*, 2016, 36(8): 637-641.
- [28] BERTELLI J A, GHIZONI M F. Nerve transfers for elbow and finger extension reconstruction in midcervical spinal cord injuries[J]. *J Neurosurg*, 2015, 122(1): 121-127.
- [29] CHIA D S Y, DOI K, HATTORI Y, *et al.* Elbow flexion strength and contractile activity after partial ulnar nerve or intercostal nerve transfers for brachial plexus injuries[J]. *J Hand Surg Eur Vol*, 2020, 45(8): 818-826.
- [30] LIU Y Z, ZHUANG Y Q, YU H, *et al.* Comparative study of phrenic and partial ulnar nerve transfers for elbow flexion after upper brachial plexus avulsion: a retrospective clinical analysis[J]. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*, 2018, 71(9): 1245-1251.
- [31] OZCELIK I B, YILDIRAN G, MERSA B, *et al.* A novel nerve transfer: the first palmar interosseous motor branch of the ulnar nerve to the recurrent motor branch of the Median nerve[J]. *Injury*, 2020, 51(Suppl 4): S81-S83.
- [32] 党瑞山, 纪荣明, 汪立鑫, 等. 尺神经的血供[J]. *解剖学通报*, 1990, 13(3): 224-226.

- [33] 王岩, 张国强, 张雪松, 等. 带血供尺神经转位重建截瘫患者下肢功能[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(4): 290-293.
- [34] 张少成, 郑旭东, 修先伦, 等. 脊髓损伤后周围神经病理改变的初步研究及临床观察[J]. 中华显微外科杂志, 2000, 23(3): 215-216.
- [35] TOREIH A A, SALLAM A A, IBRAHIM C M, *et al.* Inter-costal, ilioinguinal, and iliohypogastric nerve transfers for lower limb reinnervation after spinal cord injury: an anatomical feasibility and experimental study[J]. J Neurosurg Spine, 2019, 30(2): 268-278.
- [36] 张少成, 马玉海, 张振伟, 等. 带血管肋间神经移位与骶神经根选择性束间吻接行截瘫大小便功能重建[J]. 解放军医学杂志, 2003, 28(9): 831-832, 849.
- [37] 张少成, 禹宝庆, 王新伟, 等. 带血管肋间神经转位重建截瘫患者的部分感觉功能[J]. 第二军医大学学报, 1998, 19(3): 264-265.
- [38] 马玉海, 张少成, 曹莉, 等. 周围神经侧侧缝合后再生能力、质量及其机制[J]. 中国临床康复, 2004, 8(2): 270-271, 405.
- [39] 张少成, 郭福玲, 阎国章, 等. 神经束间侧侧缝合重建截瘫/四肢瘫感觉功能[J]. 中国矫形外科杂志, 2002, 10(10): 987-988.
- [40] ZHANG S C, JI F, TONG D K, *et al.* Side-to-side neurotaphy for high-level peripheral nerve injuries[J]. Acta Neurochir (Wien), 2012, 154(3): 527-532.
- [41] 陈亮, 顾玉东, 李大村, 等. 维持肢体正常的运动感觉功能所需最少神经根数的实验研究[J]. 中华手外科杂志, 1998, 14(4): 234-238.
- [42] 张少成, 禹宝庆, 石志才, 等. 周围神经侧侧吻合治疗痉挛性脑瘫初步报告[J]. 中国矫形外科杂志, 2000, 8(11): 1056-1058.
- [43] 朱红伟, 阮琳, 孙爱军, 等. 大鼠周围神经侧侧缝合与端端缝合后神经纤维生长速度比较[J]. 现代实用医学, 2013, 25(11): 1269-1270, 1321.
- [44] 张少成, 马玉海, 孙来卿, 等. 神经束间侧侧缝合预防高位神经损伤后不可逆肌萎缩[J]. 中华创伤骨科杂志, 2005(4): 335-337, 340.
- [45] 朱红伟, 张少成. 陈旧性脊髓损伤的修复与神经功能重建[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(20): 3757-3761.
- [46] 潘永太, 张少成. 颈髓损伤四肢瘫的上肢功能重建[J]. 实用手外科杂志, 2003, 17(3): 161-163.
- [47] 张少成, 瞿创予, 张雪松, 等. 神经移植术治疗截瘫神经性膀胱的尿动力学观察[J]. 中华泌尿外科杂志, 2001(4): 220-222.
- [48] ZHANG S C, WANG Y, JOHNSTON L. Restoration of function in complete spinal cord injury using peripheral nerve re-routing: a summary of procedures [J]. Surg Technol Int, 2008, 17: 287-291.
- [49] 党瑞山, 刘芳, 黄会龙, 等. 臀下神经转位阴部神经的应用解剖[J]. 解剖学杂志, 2003, 26(5): 468-471.
- [50] ROUANET C, REGES D, ROCHA E, *et al.* Traumatic spinal cord injury: current concepts and treatment update[J]. Arquivos De Neuro Psiquiatria, 2017, 75(6): 387-393.
- [51] XUE W W, FAN C X, CHEN B, *et al.* Direct neuronal differentiation of neural stem cells for spinal cord injury repair[J]. Stem Cells, 2021, 39(8): 1025-1032.
- [52] CURT A. Human neural stem cells in chronic spinal cord injury[J]. Expert Opin Biol Ther, 2012, 12(3): 271-273.
- [53] LIAU L L, LOOI Q H, CHIA W C, *et al.* Treatment of spinal cord injury with mesenchymal stem cells [J]. Cell Biosci, 2020, 10: 112. (本文编辑: 吕振宇)

(上接第140面)

- [39] MASI A T, BETTS S. Surgery versus nonsurgical treatment of lumbar spinal Stenosis[J]. Ann Intern Med, 2015, 163(5): 397.
- [40] ZAINA F, TOMKINS-LANE C, CARRAGEE E, *et al.* Surgical versus non-surgical treatment for lumbar spinal Stenosis[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2016(1): CD010264.
- [41] ILYAS H, GOLUBOVSKY J L, CHEN J X, *et al.* Risk factors for 90-day reoperation and readmission after lumbar surgery for lumbar spinal Stenosis [J]. J Neurosurg Spine, 2019, 31(1): 20-26.
- [42] MOOJEN W A, ARTS M P, JACOBS W C H, *et al.* Interspinous process device versus standard conventional surgical decompression for lumbar spinal Stenosis: randomized controlled trial [J]. BMJ, 2013, 347: f6415.
- [43] COSTA F, INNOCENZI G, GUIDA F, *et al.* Degenerative lumbar spine Stenosis consensus conference: the Italian job. recommendations of the spinal section of the Italian society of neurosurgery[J]. J Neurosurg Sci, 2021, 65(2): 91-100.
- [44] MACHADO G C, FERREIRA M L. No clinically important benefits of surgery over rehabilitation for lumbar spinal Stenosis (PEDro synthesis)[J]. Br J Sports Med, 2017, 51(6): 541-542.
- [45] DELITTO A, PIVA S R, MOORE C G, *et al.* Surgery versus nonsurgical treatment of lumbar spinal Stenosis: a randomized trial[J]. Ann Intern Med, 2015, 162(7): 465-473.
- [46] NETZER C, URECH K, HÜGLE T, *et al.* Characterization of subchondral bone histopathology of facet joint osteoarthritis in lumbar spinal Stenosis[J]. J Orthop Res, 2016, 34(8): 1475-1480.
- [47] QIN Z S, DING Y L, XU C, *et al.* Acupuncture vs noninsertive sham acupuncture in aging patients with degenerative lumbar spinal Stenosis: a randomized controlled trial[J]. Am J Med, 2020, 133(4): 500-507, e20.
- [48] OKA H, MATSUDAIRA K, TAKANO Y, *et al.* A comparative study of three conservative treatments in patients with lumbar spinal Stenosis: lumbar spinal Stenosis with acupuncture and physical therapy study (LAP study)[J]. BMC Complement Altern Med, 2018, 18(1): 19.
- [49] 晷晨, 谭龙旺. 中医药疗法促进腰椎间盘突出后重吸收的作用研究[J]. 湖北中医药大学学报, 2021, 23(1): 118-121.
- [50] KWON C Y, YOON S H, LEE B, *et al.* Acupotomy for the treatment of lumbar spinal Stenosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Medicine, 2019, 98(32): e16662. (本文编辑: 吕振宇)