

·综述·



选择性脊神经后根切断术治疗痉挛型脑瘫的应用进展

魏 民 综述 肖 波 审校

【摘要】 脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)简称脑瘫,是目前导致全世界儿童肢体残疾的主要疾病之一,主要类型为痉挛型脑瘫(spastic cerebral palsy, SCP)。选择性脊神经后根切断术(selective dorsal rhizotomy, SDR /selective posterior rhizotomy, SPR)可以有效降低肌张力并缓解痉挛状态。20 世纪 90 年代初期,选择性脊神经后根切断术被引入我国,目前已广泛应用于 SCP 的外科治疗。本文将从 SDR 的历史回顾、国内手术方法、手术指征、术后并发症、SDR 相关问题、未来展望等方面作一综述。

【关键词】 外科手术,选择性;脊神经根切断术;脑性瘫痪

【中图分类号】 R726 R742.3

Application progress of selective dorsal rhizotomy in the treatment of spastic cerebral palsy. Wei Min, Xiao Bo. Department of Neurosurgery, Children's Hospital of Shanghai, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200062, China. Corresponding author: Xiao Bo, Email: xiaob@shchildren.com.cn

【Abstract】 Cerebral palsy (CP) is one of the major diseases leading to physical disability in children around the world. The major clinical type is spastic cerebral palsy (SCP). Selective dorsal rhizotomy (SDR) or selective posterior rhizotomy (SPR) can effectively reduce muscle tone and relieve paralysis. It has been widely used in the surgical treatment of spastic cerebral palsy (SCP) since early 1990s. This article reviews the history, domestic surgical approaches, indications, postoperative complications and other related issues of SDR. Also recent advances and future prospects of SDR are discussed.

【Key words】 Surgical Procedures, Elective; Rhizotomy; Cerebral Palsy

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP)简称脑瘫,是一组持续存在的中枢性运动和姿势发育障碍、活动受限的症候群,这种症候群是由于发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤所致^[1]。CP 的运动障碍常伴有感觉、知觉、认知、交流和行为障碍,以及癫痫及继发性肌肉骨骼问题。脑瘫不仅严重影响患儿的身心发育,而且增加了家庭及社会负担。据文献报道全球范围内脑瘫的发病率为 2.11%^[2]。儿童 CP 主要分为痉挛型脑瘫(spastic cerebral palsy, SCP)、运动障碍型脑瘫(dyskinesia cerebral palsy, DCP)及共济失调型脑瘫(ataxia cerebral palsy, ACP)三大类,其中 SCP 约占 60%^[3]。有文献报道治疗脑瘫患儿痉挛状态的干预措施很多,如鞘内注射巴氯芬

(Intrathecal Baclofen, ITB)、口服药物、肌注苯酚和肉毒杆菌毒素(botulinum toxin, BoNT)^[4]。大多数 SCP 可以通过手术治疗有效缓解痉挛,其主要策略是选择性脊神经后根切断术(selective dorsal rhizotomy, SDR),其手术原理充分、临床疗效确切,循证医学证据推荐强度为 A 级^[5]。本文将从 SDR 历史回顾、国内手术方法、手术指征、术后并发症、SDR 相关问题、未来展望等方面作一综述。

一、历史回顾

19 世纪末 Sherrington^[6]首次阐述了肌张力与痉挛状态的内在生理联系,为应用神经外科方法解除痉挛状态奠定了基础。1913 年, Foerster^[7]通过全部切断所有脊神经后根来彻底解除痉挛,但术后患儿肢体感觉丧失,故该术式在临床未能得到推广应用。1967 年, Gros^[8]等对 Foerster 的方法加以改进,提出部分脊神经后根切断术解除痉挛,即术中将每一神经后根在进入脊髓之前分成数根神经小支,切断 4/5 神经小支而保留其中的 1/5 神经小支来防止感觉丧失,该法虽保留了肢体感觉,但术后解痉不

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.12.015

基金项目:上海市科委医学引导类科技支撑项目(编号:18411962600)

作者单位:上海交通大学附属儿童医院,上海市儿童医院神经外科(上海市,200062)

通讯作者:肖波, Email: xiaob@shchildren.com.cn

彻底。1978年,Fasano等^[7]提出功能性神经后根切断术(functional posterior rhizotomy,FPR),即通过电刺激选择敏感脊神经后根切断来治疗SCP。FPR切断了阈值较低的脊神经后根小束,既缓解了患儿痉挛症状又保留了肢体感觉,成为SDR发展中重要的里程碑。美国Peacock等^[9]继续对SDR进行改良,将手术平面由胸腰段下降至腰骶段,降低了损伤脊髓圆锥的危险性,又降低了操作难度。1993年Peacock等^[10]将肌电图(electromyogram,EMG)、电刺激应用于SDR来观察肌肉收缩并判断束支是否正常,为SDR的发展奠定了基础。

二、手术指征

国内外普遍认为需行手术治疗的脑瘫患儿包括:单纯的痉挛和肌张力增高,肌张力3~4级以上;肢体无挛缩畸形或仅有轻度挛缩;躯干与四肢有一定的运动功能;智力正常或接近正常,能配合术后康复训练等。国外有学者^[11]指出理想的手术患儿还应满足:年龄4~10岁;出生事件(重度缺氧缺血性脑病、早产);痉挛型双侧瘫(非其他病因瘫痪);粗大运动功能分级系统(Gross Motor Function Classification System,GMFCS)Ⅰ~Ⅲ级;痉挛Ashworth评定分级(2~4分);脑室周围白质软化(periventricular leukomalacia,PVL),不涉及神经中枢/丘脑等。因为满足理想手术标准的患儿极少,所以要根据个体差异慎重选择。国外有系统评价指出,手术患儿选择标准因研究机构而异,更多地基于临床推理而非科学证据^[12]。

三、手术方法

1. 国外进展:Park在20世纪80年代访问Peacock并学习了SDR技术,但随后将手术区转移到脊髓圆锥水平,术中应用超声定位T12至L1/2椎板,然后使用EMG确认神经根的水平,并对脊神经背根进行选择性感断^[13]。

Park^[14]于2006年提出并完善了“五分法”神经电生理监测下单椎板入路选择性神经后根离断术(single level laminectomy-selective dorsal rhizotomy,SL-SDR)治疗痉挛型脑性瘫痪。

法国Sindou虽然支持通过暴露马尾神经确定出口孔神经根行SDR,但因Peacock等^[15]改良术式需要切开多个椎板,因此Sindou和Georgoulis^[16]于2014年开发了锁孔椎板间背根神经切断术(keyhole interlaminar dorsal rhizotomy,KIDr),这使得脊柱韧带损伤最小,同时仍允许在出口孔处进行准确的神经根鉴定。

与脊髓圆锥水平的SL-SDR相比,多椎板入路SDR在技术上更具挑战性,因为它是一种微创手术。但该手术易受麻醉状态及患儿术中情况的影响。鉴于此,美国Samuel Browd^[17]于2015年提出了“三分法”,在神经电生理监测下进行SL-SDR,术中神经电生理监测标准更加简单,为SDR手术的推广奠定了基础。

2. 国内进展:国内徐林等^[18]最初采用长节段(L2~L5)保留两侧小关节的限制性椎板切除术,该术式手术视野广,各节段神经根出孔显露清楚,前后根定位准确,操作相对简单;此后,又提出了分段跳跃式椎板切除术,即分段显露硬膜和相应神经根,完整保留L4椎板,利于维持股四头肌张力及术后康复训练。目前国内SDR手术通常行跳跃式或限制性椎板切除术^[15]。

于炎冰等^[19]自2002年首次将软性神经内镜应用于腰骶段SDR(只行L3限制性椎板切除术),该术式缩小了椎板切除范围,降低了术后脊柱不稳等并发症的发生率,增大了手术显露范围,降低了术中对脊神经产生过度牵拉而损伤到脊髓圆锥导致术后肌力下降等并发症发生的可能性,且利于术中准确识别脊神经前后根,有助于发现神经共干、出口异常等变异情况。

詹琪佳等^[20]首次在国内将“三分法”SL-SDR应用于治疗SCP,术后联合康复治疗并随访半年以上。该研究发现“三分法”神经电生理监测下SL-SDR能够快速、有效地降低脑性瘫痪患儿痉挛性肌群的肌张力,显著增加受累关节的活动度。术后进一步选择系统性康复治疗,则能够在术后6个月以后明显提升患儿受累肌群的力量、改善粗大运动功能,在术前GMFCS≤Ⅲ级及6岁以下患儿中的表现尤为明显。

四、术后并发症

Steinbok^[21]通过回顾性研究发现哥伦比亚儿童医院接受SDR治疗的158名儿童术中、术前(术后即刻直至出院约7d)和出院后并发症发生率分别为3.8%、43.6%和30%。最常见的术中并发症是吸入性肺炎(2例,1.3%)。围手术期8.9%的儿童发现下肢感觉减退,4.4%有短暂性尿潴留。出院后并发症:手术后6个月以上的背痛占10.8%,感觉变化占13.9%,神经源性膀胱或肠道问题占12.7%,持续的感觉变化占3.8%;5.1%患儿在最近一次随访时出现了由SDR引起的膀胱和(或)肠功能障碍。

1. 吸入性肺炎:多由于术后误吸所致。术后应

给予持续监护,必要时行人工通气,通过呼气末正压预防肺泡塌陷,维持通气/血流比例。吸入性肺炎不及时处理易出现危象,因此术前应做好相应的预防措施,术前存在肺炎的患儿应给予积极治疗,待肺炎治愈后再行手术治疗。

2. 下肢感觉减退:可能与术中离断脊神经后根切断比例有关。目前对于如何预防 SDR 术后感觉障碍尚无定论,一般认为术中控制脊神经后根切断比例是主要预防措施。

3. 一过性尿潴留:可能与术中刺激或牵拉圆锥与马尾神经有关。给予单次导尿或者留置尿管等保守治疗后 2~4 d 内可自行缓解,部分大龄患儿缓解较慢,可能推迟至术后 2~3 周。术中精确定位脊神经后根、轻柔操作、尽量避免牵拉圆锥、减少术中出血、手术的最低平面选择不低于 S2 水平、术中神经电生理监测等措施可降低膀胱功能障碍的发生率。

4. 大小便及性功能障碍:永久性大小便及性功能障碍极为少见,可能与手术时牵拉圆锥、马尾神经和神经根鉴别错误有关。术中轻柔操作、减少牵拉、防止撕裂后根小束或滋养血管、行括约肌电生理监测是主要预防措施。

5. 脊柱畸形:Golan 等^[22]通过随访 98 名行多椎板(L1~S1)SDR 术后患者负重 X 线片,发现 44.8% 的患儿术后有轻度脊柱侧凸,19.1% 有腰骶关节滑脱,并认为术前运动功能、脑瘫的严重程度、手术年龄和性别可能是影响脊柱的因素。Grunt 等^[23]系统回顾了多个随访时间在 5 年以上的 SDR 术后效果和并发症的研究,结果显示 SDR 术后脊柱侧弯的发生率在 41%~56%,胸椎后凸的发生率在 2%~12%,腰椎前凸的发生率在 10%~50%,腰椎峡部裂的发生率在 7%~37%,I 度的腰椎滑脱发生率在 2%~24%,但目前尚不能得出脊柱畸形的发生与 SDR 必然相关的结论。

五、SDR 相关问题

1. SDR 与术中麻醉:术中采用 EMG 进行监测,用电极对脊神经后根小束进行刺激,观察各后根小束的运动阈值,监测电刺激时下肢多组肌群的收缩反应,以此来判定和选择性切断脊神经后根,术中 EMG 监测是提高术后疗效和减少术后并发症的重要手段。因此,SDR 手术的麻醉应不影响术中 EMG 监测,麻醉维持不宜使用肌松剂,肌松剂对 EMG 监测影响最大,而丙泊酚、吸入麻醉剂对 EMG 监测也有一定影响^[24];电刺激进行 EMG 监测时,应减小丙

泊酚和吸入麻醉剂的剂量。李京生等^[25]研究发现,术中右美托咪定维持麻醉不影响术中 EMG 监测,可以减少术中体动反应发生,减少术后躁动发生,使得术中生命体征更平稳,手术可以顺利进行。同时,右美托咪定对经历麻醉的婴幼儿有神经保护作用,使患儿术中、术后更加安全^[26]。

2. 脊神经后根节段定位及切除范围:目前术中通过电刺激诱发肢体痉挛,借助神经阈值来选择神经后根节段,提高了脊神经后根节段的定位准确性。但国内外对于术中切除脊神经束的比例仍无统一标准。切除过少,痉挛解除不彻底,术后易复发;切除过多,则并发症发生率高。但我们自始至终要坚持一条原则,即根据痉挛症状的定位,尽可能不涉及无关的神经根,且在每一神经根中切除更少的神经束。尹靖宇^[27]通过分析国内部分文献对神经根切除比例发现:节段越高,切除比例越低,节段越低,切除比例越高,最高不超过 60%。Wang 等^[28]认为小比例切断可减少因过多切断引起术后诸如感觉异常、肌无力等不良后果,故切除比例宜在 20%~40%。

3. SDR 与药物治疗:ITB、口服药物、肌注苯酚和 BoNT 均可用于缓解 CP 的痉挛状态。然而,有研究表明,重复注射苯酚和 BoNT 可抑制步态和功能的改善,且最近的系统评价也表明使用 BoNT 会导致骨骼肌肉萎缩^[29-31]。由于 SDR 可以缓解痉挛状态,因此在手术后应减少 BoNT 等抗痉挛注射的治疗^[32]。此外,与接受 BoNT 和苯酚替代肌力治疗的患儿相比,SDR 手术组患儿肌力降低更明显。因此,有学者^[29]将 BoNT 注射作为对年幼患儿的“过度治疗”,然后在合适的年龄行 SDR 手术,这样有助于改善患儿的粗大运动功能及康复能力。另外, Park 等^[33]发现 SDR 可作为长期 ITB 治疗中无法改善 SCP 患儿的一种选择。

4. SDR 与矫形手术:SDR 在解除肌痉挛方面效果显著,但对关节变形、软组织挛缩的矫治方面欠佳。因此,部分病例可能需要在 SDR 解除痉挛后再行肌腱切断延长、关节囊松解、关节融合或截骨矫形等矫形手术。尽管 SDR 不会减少发生关节挛缩的可能性,但有文献指出 SDR 能减少软组织挛缩手术次数^[34]。Wang^[28]通过总结国外相关文献发现:早期进行 SDR 手术能减少后续踝或足手术、股骨截骨术和髂腰肌松解术的手术次数。术后 1 年髋、膝、踝关节运动有明显改善,改善的速度在术后 1~2 年明显减缓。因此,该研究认为骨科矫形手术可在

SDR术后1年进行。若患儿伴有马蹄足挛缩,行SDR手术时应考虑尽早行矫形手术,因为SDR术后持续的马蹄足可显著影响康复效果^[35]。适当的保守治疗措施无效,与SDR同时进行低剂量小腿延长手术,以便在康复期间实现脚掌着地行走。

5. SDR与康复治疗:SDR术后康复治疗已成为大多数机构SDR手术方案的一部分^[36]。康复医生和理疗师应该成为治疗团队的一员,为患儿选择提供意见,并与其父母就术后期望和康复计划进行沟通。儿童恢复控制肌力的速度与术前GMFCS水平相关,GMFCS II级患儿通常在3周内能恢复一定程度的行走能力^[29]。术后3~6个月肌力恢复较预期明显增加,且在此期间康复治疗的目标包括加强肌抵抗力和耐力,可能需要新矫形器来形成新的行走模式及步态模式。在整个康复治疗过程中,目标明确、家庭支持、时间和认知至关重要,这些都应成为SDR术前需要考虑的因素,并应在术前与患儿和家属沟通。国外学者^[37]对接受SDR和康复治疗的儿童进行了10年随访发现,经过医院康复和家庭康复的患儿在自我护理和活动方面的功能改善更加明显。

六、展望

随着3D步态分析(3 dimensions gait analysis, 3DGA)指导筛选合适的手术患儿以及多学科合作的开展,SDR手术治疗脑瘫已证实是安全有效的^[38]。近30年来SDR手术不断地被改良,该术式对改善脑瘫患儿近期痉挛状态和步态有较好的效果,但国内外对于SDR手术的疗效仍不清楚。同时,SDR手术是一创伤较大的手术,对术后并发症应注重预防,及早处理,并应自始至终向患儿强调术后长期功能康复训练的重要性。此外,需要进一步了解痉挛的生理学,以及改变这些生理异常的方法,改善脑瘫和其他痉挛状况患儿的生活质量。随着神经电生理研究的发展,通过对痉挛程度、电生理阈值的精确把握,我们相信SDR手术能在临床得到进一步推广,并改善更多SCP患儿的痉挛状态及运动功能。

参考文献

- 1 李晓捷,唐久来,马丙祥,等. 脑性瘫痪的定义、诊断标准及临床分型[J]. 中华实用儿科临床杂志,2014,29(19):1520-1520. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2014.19.024.
- 2 Oskoui M, Coutinho F, Dykeman J, et al. An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis[J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(6):509-519. DOI:10.1111/dmcn.12080.
- 3 Bolster EA, van Schie PE, Becher JG, et al. Long-term effect of selective dorsal rhizotomy on gross motor function in ambulant children with spastic bilateral cerebral palsy, compared with reference centiles[J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(7):610-616. DOI:10.1111/dmcn.12148.
- 4 Nahm NJ, Graham HK, Gormley JM, et al. Management of hypertonia in cerebral palsy[J]. Curr Opin Pediatr, 2018, 30(1):57-64. DOI:10.1097/MOP.0000000000000567.
- 5 Novak I, McIntyre S, Morgan C, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence[J]. Dev Med Child Neurol, 2013, 55(10):885-910. DOI:10.1111/dmcn.12246.
- 6 Lynn AK, Turner M, Chambers HG. Surgical management of spasticity in persons with cerebral palsy[J]. PMR, 2009, 1(9):834-838. DOI:10.1016/j.pmrj.2009.07.016.
- 7 Fasano VA, Broggi G, Barolat Romana G, et al. Surgical treatment of spasticity in cerebral palsy[J]. Pediatric Neurosurgery, 2008, 4(5):289-305. DOI:10.1159/000119785.
- 8 Gros C, Ouaknine G, Vlahovitch B, et al. Selective posterior rhizotomy in the neurosurgical treatment of pyramidal hypertension[J]. Neurochirurgie, 1967, 13(4):505.
- 9 Peacock WJ, Arens LJ, Berman B. Cerebral palsy spasticity. Selective posterior rhizotomy[J]. Pediatric Neurosurgery, 1987, 13(2):61-66. DOI:10.1159/000120302.
- 10 Peacock WJ, Staudt LA. Functional outcomes following selective posterior rhizotomy in children with cerebral palsy[J]. Neurosurg, 1991, 74(3):380-385. DOI:10.3171/jns.1991.74.3.0380.
- 11 Nicolini-Panisson RD, Tedesco AP, Folle MR, et al. Selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy: selection criteria and postoperative physical therapy protocols[J]. Rev Paul Pediatr, 2018, 36(1):100-108. DOI:10.1590/1984-0462/;2018;36;1;00005.
- 12 Grunt S, Fieggen AG, Vermeulen RJ, et al. Selection criteria for selective dorsal rhizotomy in children with spastic cerebral palsy: a systematic review of the literature[J]. Dev Med Child Neurol, 2014, 56(4):302-312. DOI:10.1111/dmcn.12277.
- 13 Park TS, Gaffney PE, Kaufman BA, et al. Selective lumbosacral dorsal rhizotomy immediately caudal to the conus medullaris

- for cerebral palsy spasticity [J]. *Neurosurgery*, 1993, 33 (5): 929-934. DOI:10.1097/00006123-199311000-00026.
- 14 Park TS, Johnston JM. Surgical techniques of selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy: technical note [J]. *Neurosurg Focus*, 2006, 21 (2): e7. DOI: 10.3171/foc.2006.21.2.8.
 - 15 Peacock WJ, Arens LJ, Berman B. Cerebral palsy spasticity. Selective posterior rhizotomy [J]. *Pediatric Neurosurgery*, 1987, 13 (2): 61-66. DOI:10.1159/000120302.
 - 16 Sindou M, Georgoulis G. Keyhole interlaminar dorsal rhizotomy for spastic diplegia in cerebral palsy [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157 (7): 1187-1196. DOI: 10.1007/s00701-015-2453-1.
 - 17 Bales J, Apkon S, Osorio M, et al. Infra-conus single-level laminectomy for selective dorsal rhizotomy: technical advance [J]. *Pediatr Neurosurg*, 2016, 51 (6): 284-291. DOI: 10.1159/000448046.
 - 18 俞兴, 徐林. 中国脑性瘫痪外科 10 年回顾与展望 [J]. *中国临床康复*, 2004, 8 (2): 299-301. DOI:10.3321/j.issn:1673-8225.2004.02.066.
Yu X, Xu L. Retrospect and prospect of 10-year experience in surgical treatment of cerebral palsy in China [J]. *Chinese Journal of Clinical Rehabilitation*, 2004, 8 (2): 299-301. DOI:10.3321/j.issn:1673-8225.2004.02.066.
 - 19 于炎冰, 张黎, 伍成奇, 等. 内镜下选择性腰骶段脊神经后根部分切断术治疗脑瘫性下肢痉挛 [J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2004, 3 (6): 515-517. DOI:10.3969/j.issn.1671-2897.2004.06.010.
Yu YB, Zhang L, Wu CQ, et al. Endoscopic selective posterior rhizotomy for relief of spasticity of lower limbs in cerebral palsy patients [J]. *Chinese Journal of Neurosurgical Disease Research*, 2004, 3 (6): 515-517. DOI:10.3969/j.issn.1671-2897.2004.06.010.
 - 20 詹琪佳, 肖波, 王炎炎, 等. 单椎板切开选择性神经后根离断术联合康复治疗对儿童痉挛性脑性瘫痪临床疗效的研究 [J]. *中华小儿外科杂志*, 2018, 39 (1): 9-13. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.01.002.
Zhan QJ, Xiao B, Wang YY, et al. Effectiveness of single-level laminectomy selective dorsal rhizotomy followed by intensive rehabilitation for children with spastic cerebral palsy [J]. *Chin J Pediatr Surg*, 2018, 39 (1): 9-13. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.01.002.
 - 21 Steinbok P. Selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy: a review [J]. *Childs Nerv Syst*, 2007, 23 (9): 981-990. DOI:10.1007/s00381-007-0379-5.
 - 22 Golan JD, Hall JA, O'Gorman G, et al. Spinal deformities following selective dorsal rhizotomy [J]. *Neurosurgery*, 2007, 106 (6 Suppl): 441-449. DOI:10.3171/ped.2007.106.6.441.
 - 23 Grunt S, Becher JG, Vermeulen RJ. Long-term outcome and adverse effects of selective dorsal rhizotomy in children with cerebral palsy: a systematic review [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2011, 53 (6): 490-498. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.03912.x.
 - 24 Miller RD. *Millers Anesthesia* [M]. Churchill Livingstone, 2010: 1502-1506.
 - 25 李京生, 田肇隆. 右美托咪定用于小儿脑瘫选择性脊神经后根切断术麻醉的研究 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2014, 13 (3): 246-249. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2014.03.023.
Li JS, Tian ZL. Use of dexmedetomidine in children with cerebral palsy during selective dorsal root rhizotomy [J]. *J Clin Ped Sur*, 2014, 13 (3): 246-249. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2014.03.023.
 - 26 Wilder RT, Flick RP, Sprung J, et al. Early Exposure to Anesthesia and Learning Disabilities in a Population-based Birth Cohort [J]. *Anesthesiology*, 2009, 110 (4): 796. DOI: 10.1097/01.anes.0000344728.34332.5d.
 - 27 尹靖宇, 王健. 术中电生理监测在选择性脊神经后根切断术中的应用进展 [J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2016, 21 (7): 331-333. DOI: 10.11850/j.issn.1009-122X.2016.07.016.
Yin JY, Wang J. Advances in the application of intraoperative electrophysiological monitoring in selective posterior rhizotomy [J]. *Chinese Journal of Minimally Invasive Neurosurgery*, 2016, 21 (7): 331-333. DOI: 10.11850/j.issn.1009-122X.2016.07.016.
 - 28 Wang KK, Munger ME, Chen BP, et al. Selective dorsal rhizotomy in ambulant children with cerebral palsy [J]. *Child Orthop*, 2018, 12 (5): 413-427. DOI: 10.1302/1863-2548.12.180123.
 - 29 Hong BY, Chang HJ, Lee SJ, et al. Efficacy of repeated botulinum toxin type A injections for spastic equinus in children with cerebral palsy-a secondary analysis of the randomized clinical trial [J]. *Toxins*, 2017, 9 (8): 253. DOI: 10.3390/toxins9080253.
 - 30 Read FA, Boyd RN, Barber LA. Longitudinal assessment of gait quality in children with bilateral cerebral palsy following repeated lower limb intramuscular Botulinum toxin-A injections [J]. *Res Dev Disabil*, 2017, 68: 35-41. DOI: 10.1016/j.ridd.2017.07.002.
 - 31 Mathevon L, Michel F, Decavel P, et al. Muscle structure and stiffness assessment after botulinum toxin type A injection. a systematic review [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2015, 58 (6): 343-350. DOI: 10.1016/j.rehab.2015.06.002.

- 32 Munger ME, Aldahondo N, Krach LE, et al. Long-term outcomes after selective dorsal rhizotomy: a retrospective matched cohort study[J]. Dev Med Child Neurol, 2017, 59(11):1196-1203. DOI:10.1111/dmcn.13500.
- 33 Park T, Miller BA, Cho J. Simultaneous selective dorsal rhizotomy and baclofen pump removal improve ambulation in patients with spastic cerebral palsy[J]. Cureus, 2018, 10(6):e2791. DOI:10.7759/cureus.2791.
- 34 Dudley RW, Parolin M, Gagnon B, et al. Long-term functional benefits of selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy[J]. Neurosurg Pediatr, 2013, 12(2):142-150. DOI:10.3171/2013.4.PEDS12539.
- 35 Borton DC, Walker K, Pirpiris M, et al. Isolated calf lengthening in cerebral palsy. Outcome analysis of risk factors[J]. Bone Joint Surg Br, 2001, 83(3):364-370. DOI:10.1302/0301-620X.83B3.10827.
- 36 Graham D, Aquilina K, Cawker S, et al. Single-level selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy[J]. Spine Surg, 2016, 2(3):195. DOI:10.21037/jss.2016.08.08.
- 37 Josenby AL, Wagner P, Jarnlo GB, et al. Functional performance in self-care and mobility after selective dorsal rhizotomy: a 10-year practice-based follow-up study[J]. Dev Med Child Neurol, 2015, 57(3):286-293. DOI:10.1111/dmcn.12610.
- 38 Alshaar HA, Imtiaz MT, Alhalabi H, et al. Selective dorsal rhizotomy: A multidisciplinary approach to treating spastic diplegia[J]. Asian Neurosurg, 2017, 12(3):454-465. DOI:10.4103/1793-5482.175625.

(收稿日期:2018-10-18)

本文引用格式:魏民,肖波. 选择性脊神经后根切断术治疗痉挛型脑瘫的应用进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(12):1061-1066. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.12.015.

Citing this article as: Wei M, Xiao B. Application progress of selective dorsal rhizotomy in the treatment of spastic cerebral palsy[J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(12):1061-1066. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.12.015.

(上接第1060页)

- 14 Schneider A, Koob M, Sananes N, et al. Computed tomographic study of the pediatric diaphragmatic growth: application to the treatment of congenital diaphragmatic hernia[J]. Eur Pediatr Surg, 2017, 27(2):177-180. DOI:10.1055/s-0036-1582242.
- 15 Oue T, Yoneda A, Usui N, et al. Image-based surgical risk factors for Wilms tumor[J]. Pediatr Surg Int, 2018, 34(1):29-34. DOI:10.1007/s00383-017-4210-4.
- 16 Molinaro F, Bulotta AL, Cerchia E, et al. Diaphragmatic eventration. In: Lima[C]//M, 2013:233-237.
- 17 Groth SS, Andrade RS. Diaphragm plication for eventration or paralysis: a review of the literature[J]. Ann Thorac Surg, 2010, 89(6):S2146-S2150. DOI:10.1016/j.athoracsurg.2010.03.021.
- 18 Evman S, Tezel C, Vayvada M, et al. Comparison of Mid-Term clinical outcomes of different surgical approaches in symptomatic diaphragmatic eventration[J]. Ann Thorac Cardiovasc Surg, 2016, 22(4):224-229. DOI:10.5761/atcs.oa.16-00018.
- 19 Özkan S, Yazici Ü, Aydın E, et al. Is surgical plication necessary in diaphragm eventration? [J]. Asian J Surg, 2016, 39(2):59-65. DOI:10.1016/j.asjsur.2015.05.003.
- 20 李炳,陈卫兵,夏顺林,等. 胸腔镜下三点反向膈肌折叠术治疗小儿右侧膈膨升[J]. 中华小儿外科杂志, 2018, 39(9):650-653, 675. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.09.003.

Li B, Chen WB, Xia SL, et al. Thoracoscopic three-point inverted plication technique for right-sided diaphragmatic eventration in children[J]. Chin J Pediatr Surg, 2018, 39(9):0253-3006. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.09.003.

(收稿日期:2018-10-15)

本文引用格式:严文波,王俊,潘伟华,等. 左右侧别先天性膈膨升的临床特征及疗效比较研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(12):1057-1060. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.12.014.

Citing this article as: Yan WB, Wang J, Pan WH, et al. Clinical characteristics and efficacy comparison of congenital diaphragmatic eventration patients with left/right side lesion[J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(12):1057-1060. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.12.014.