

·述评·

# 儿童脊柱侧凸矫正手术中神经电生理监测方案的选择及技术难点



全文二维码 开放科学码

冯磊 张学军

**【摘要】** 儿童脊柱侧凸类型多样,症状轻重不一。手术矫正的目的是纠正脊柱冠状面及矢状面畸形,阻止畸形进展,改善外观和功能。医源性脊髓损伤一直是脊柱相关手术中最严重的并发症。术中神经电生理监测技术的应用,明显降低了脊柱手术后神经系统并发症的发生率。目前国内外公认在脊柱侧凸矫正过程中,只要涉及脊髓水平,不论成人或儿童,都需要进行神经电生理监测。术中神经电生理监测(intraoperative neurophysiological monitoring, IONM)是利用各种神经电生理技术,监测手术中处于危险状态的神经系统的功能完整情况。目前脊柱手术中主要应用以下几种方法:躯体感觉诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEPs)、运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)、肌电图(electromyogram, EMG),EMG包括自由肌电图(free electromyogram, fEMG)和刺激肌电图(triggered EMG, tEMG)。本文介绍儿童脊柱侧凸的常见类型及矫正方法,同时对术中神经监测在小儿脊柱手术中的应用进行阐述。

**【关键词】** 脊柱侧凸; 外科手术; 神经电生理监测; 临床方案; 儿童

**【中图分类号】** R726.8 R682.3 R338.8

**Protocol selecting and technical dilemmas of intraoperative neurophysiological monitoring during corrective procedures for pediatric scoliosis.** Feng Lei, Zhang Xuejun. Department of Orthopedics, Affiliated Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China. Corresponding author: Zhang Xuejun, Email: zhang-x-j04@163.com

**【Abstract】** The clinical types and symptoms of pediatric scoliosis vary greatly. The objective of scoliosis correction is to correct the coronal and sagittal deformities of spine, prevent the deformity from progressing and improve the appearance and function. Iatrogenic spinal cord injury has always been the most severe complication during spine-related operations. The application of intraoperative neuroelectrophysiological monitoring (IONM) technology has significantly lowered the incidence of neurological complications. It is generally accepted that during scoliosis correction, as long as spinal cord is involved, both adults and children should be monitored by neuroelectrophysiology. IONM is performed for intraoperative tracking the integrity of nervous system function in critical state by various neurophysiological techniques. Currently somatosensory evoked potentials (SSEPs), motor evoked potentials (MEPs), electromyogram (EMG) are commonly employed during orthopedic operations. And EMG includes free electromyogram (fEMG) and triggered EMG (tEMG). Here common types and correction approaches of pediatric scoliosis are discussed and the application of intraoperative nerve monitoring is explored for pediatric spine operations.

**【Key words】** Scoliosis; Surgical Procedures, Operative; Intraoperative Neurophysiological Monitoring; Clinical Protocols; Child

儿童脊柱侧凸病因很多,根据发病原因,可以分为先天性、特发性、神经肌肉性和继发性(与综合征相关或继发原因所致)<sup>[1]</sup>。先天性脊柱侧凸是由先天性结构异常引起的正常脊柱结构的机械性偏离;而神经肌肉性脊柱侧凸由神经(如脑瘫、瘫痪)或肌肉病理学改变引起;马凡氏综合征、软骨发育不全等并发疼痛、脊髓异常等引起的脊柱侧凸为继发性脊柱侧凸<sup>[2]</sup>。排除了以上可能的致病因素者归类为特发性脊柱侧凸。

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001

基金项目:北京市医院管理局“扬帆”计划临床技术创新项目(编号:XMLX201818)

作者单位:国家儿童医学中心,首都医科大学附属北京儿童医院骨科(北京市,100045)

通信作者:张学军,Email:zhang-x-j04@163.com

另外,脊柱侧凸研究协会(Scoliosis Research Society, SRS)也将儿童脊柱侧凸分为早发性脊柱侧凸(early onset scoliosis, EOS)和迟发性脊柱侧凸。EOS是指10岁以内发生的脊柱侧凸,10岁以上的脊柱侧凸无论病因如何,均为迟发性脊柱侧凸<sup>[3]</sup>。

### 一、儿童脊柱侧凸手术

儿童脊柱侧凸的手术起源于整形外科,手术的目的是阻止弯度的进展,同时减少因外观问题给患儿带来的心理影响。儿童脊柱畸形的评估往往需要特殊的检查。治疗方案的选择取决于多种因素,如引起脊柱侧凸的病因、是否存在椎体畸形、症状、弯度大小和范围、生理年龄/骨骼年龄、进展速度及手术风险等。儿童脊柱侧凸治疗方案的选择具有挑战性,也很复杂<sup>[4]</sup>。例如,对于小年龄、完全分节的半椎体畸形所致先天性脊柱侧凸可以行半椎体切除+短节段固定手术<sup>[5]</sup>。对于侧凸范围较大,难以短节段融合矫正且骨骼尚未成熟的患儿,如早发性脊柱侧凸,可以采用生长棒技术,定期进行再撑开手术,直至骨骼成熟后再进行融合固定<sup>[6]</sup>。对骨骼已发育成熟且弯度较大者,如青少年特发性脊柱侧凸,可以选择脊柱矫形固定融合手术。

随着手术水平的提高,严重脊柱畸形患儿逐渐增多,通常需要采取不同程度的截骨术来纠正矢状位和冠状位的畸形与不平衡。其中椎体切除术(vertebral column resection, VCR)能最大限度地矫正这些僵硬畸形,但该手术技术要求很高,术中失血量、手术时间和神经系统损伤风险都会明显增加<sup>[7]</sup>。

### 二、术中神经电生理监测的原理及特点

1. SSEPs 主要监测脊髓后柱完整性。通过一系列电流刺激外周神经,电信号传导至同侧脊髓后部达到髓质核,髓质内交叉,并在丘脑腹后核的内侧丘系通路中上升到初级感觉皮层,在大脑感觉皮层记录电信号<sup>[8]</sup>。通常,外周神经选取双侧尺神经和胫后神经,通过测量和分析来自周围神经的重复小振幅信号,并叠加为一个信号,形成具有特定形态、波幅和潜伏期的 SSEPs 波形<sup>[9]</sup>。预警标准为波幅下降 50% 和(或)潜伏期延长 10%,且这些变化与特定的手术操作相对应时,需考虑存在脊髓损伤,应及时通知手术医生并采取干预措施<sup>[10]</sup>。SSEPs 易于操作,重复性较好,可以连续监测,但是假阴性率高<sup>[11]</sup>。

2. MEPs 通过刺激运动皮层,经皮质脊髓束向下传导,在骨骼肌上记录电信号,用于监测脊髓前角运动传导功能的完整性<sup>[12]</sup>。将刺激电极置于大脑运动皮层区域,给予一系列单个高电压、短持续时间的电信号,经皮质脊髓束向下传导,激活上肢和下肢肌肉群,在相应肌群记录到复合肌肉动作电位,从而测试整个运动通路是否完整。目前对于 MEP 的预警标准还没有统一定论,通常采用以下两种方法:①全或无标准,即从基线记录中完全丢失 MEP 信号表示阳性脊髓损伤,应用最广泛;②波幅标准,即与基线相比波幅下降超过 75% 视为阳性<sup>[13]</sup>。Schwartz 等<sup>[14]</sup>已经证明 MEPs 对脊髓损伤非常敏感,在 SSEPs 改变前平均 5 min 监测到损伤。MEPs 敏感性高,但更易受麻醉、血压、体温等影响,假阳性率也高。

3. fEMG 主要用于监测神经根功能。脊神经根包含运动传导通路,这些通路支配不同的肌肉群。将记录电极置于相应神经根支配的肌肉,不需要刺激,正常信号应该是直线的静息波形,当这些通路因手术操作刺激或通过外部电刺激激活时,可导致支配的相应肌肉活动,产生神经张力性放电,记录电极接收到信号。如果出现任何形式的肌电反应,均提示神经根受到一定的刺激或损伤,连续肌电反应的出现则往往与神经根受到持续的牵拉或者压迫有关,是暂时且可逆的,典型的高频放电可能与真正的损伤有关<sup>[15]</sup>。

4. tEMG 同样用于监测神经根功能。置钉后将刺激电极的阳极连接于椎弓根钉上,阴极置于附近肌肉。阳极给予低电流刺激,正常信号也是直线的静息波形,如果椎弓根钉接触或靠近 1 个神经根,则肌肉上记录到复合电位信号,提示有神经根损伤的可能性,应对钉道进行探查或者重新定位<sup>[16]</sup>。

### 三、影响术中神经电生理监测结果的相关因素

造成术中神经电生理监测信号丢失的原因是多方面的,必须系统地排除各种可能的因素,以便有针对性地找出信号丢失的原因,及时纠正并采取预防措施。

#### (一)技术因素和机器干扰

技术因素包括电极脱落、移位或断裂,刺激器失灵、导线连接错误等,监测开始时应首先排查是否有技术性错误。手术床、电刀、超声骨刀等机器均会对监测信号造成电磁干扰,可常规连接地线以减少上述干扰<sup>[17]</sup>。

#### (二)病理生理因素

低血压、低体温、局部脊髓缺血等对监测信号有明显影响,甚至可能造成神经系统功能损伤。Stephe

等<sup>[18]</sup>认为监测信号的双侧改变与脊髓灌注不足有关,通过释放矫正程度或通过增加血压和(或)通过输血逆转低血容量来恢复局部灌注,可成功解决所有患者的这些变化。低体温通过改变神经去极化模式改变电信号,包括增加动作电位持续时间、降低传导速度等,从而增加潜伏期。有研究表明体温每下降1℃,潜伏期延长0.4~1.5 ms<sup>[19]</sup>。术中维持稳定的血压和体温有助于监测的顺利进行。

### (三)麻醉因素

监测成功与否很大程度上取决于麻醉药物的使用,儿童神经系统发育不完善,更加容易受麻醉药物影响。吸入性麻醉剂通过抑制大脑皮层兴奋性,明显抑制MEPs和EMG波幅,因此儿童脊柱手术中宜尽量使用全静脉麻醉。除氯胺酮外,几乎所有的静脉麻醉剂都会抑制神经突触功能,因此术中仅在插管后使用肌松剂,之后用复合麻醉方式维持最佳麻醉状态,又不至于影响诱发电位波幅,从而避免假阳性的发生<sup>[20]</sup>。

### 四、不同手术部位及手术方法对监测方案的选择

术中神经电生理监测的目的是根据神经结构的功能基础对其进行定位和监测,并最终保持其结构的完整性。在儿童脊柱矫形手术中,有可能损伤脊髓、神经根、腰丛或相关的血管供应,但是不同术式损伤的机制和概率不同,应结合每种监测方法独特的优缺点,根据患儿病情选择监测方案。

#### (一)不同部位的手术选择不同的监测方案

1. 颈椎手术的监测方案。儿童颈椎在解剖、生物力学、病种和治疗选择方面与胸腰段有明显差异,它较小的解剖结构和较多的软骨<sup>[21]</sup>。术中并发症包括前或后入路椎动脉损伤、脊髓损伤、神经根损伤等。因此,术中需要全面的神经电生理监测。

术中神经电生理监测应重点关注上肢神经电生理信号,下肢作为对照。上肢SSEPs选取正中神经和尺神经进行刺激,下肢选取胫后神经、大脑皮层记录信号;上肢MEPs主要以三角肌、肱二头肌、肱三头肌、大小鱼际肌为记录点,下肢记录足底肌肉电信号;同时根据不同节段颈神经根所支配的上肢各个肌肉监测fEMG,不论脊髓还是神经根损伤,都能及早发现。值得注意的是,儿童颈椎相对不稳定,且手术多在牵引下实施,故应在插管后立即建立适当的基线,翻转体位后重新建立基线,避免因翻身、牵引导致脊髓损伤<sup>[22]</sup>。

2. 胸椎手术监测方案。在胸部手术中,脊髓保护更为重要,椎弓根螺钉从后向前放置,如果偏离内侧,有可能直接损伤脊髓,节段性胸动脉结扎容易造成缺血性脊髓功能障碍,因此保持脊髓完整性显然至关重要<sup>[23]</sup>。选取双侧正中神经、胫后神经进行刺激获得SSEPs波形,选取双侧鱼际肌、胫前肌、足底肌作为MEPs记录点,同时实时监测鱼际肌、胫前肌、足底肌的fEMG。综合使用上下肢SSEPs和MEPs对脊髓功能的全面评估具有重要价值,EMG作为辅助监测手段。

3. 腰骶椎手术监测方案。新生儿脊髓下端平第3腰椎(Lumbar 3, L3),随着生长发育,脊髓下端逐渐短于脊柱,至成人脊髓下端平第1腰椎椎体下缘。因此,儿童脊柱手术中,固定节段在第2腰椎以上者手术监测方案与胸椎手术一致,以SSEPs、MEPs为主,结合fEMG。第2腰椎以下者,椎弓根钉难以直接损伤脊髓,以EMG和SSEPs为主,辅以MEPs。

在腰骶部脊柱手术中,由于只有鞘膜囊和神经根位于脊髓圆锥以下,所以神经功能保护的重点转移到神经根层面。在这种情况下,EMG结合SSEPs是最佳监测方法。2004年,Gunnarsson等<sup>[24]</sup>分析了在腰椎手术中使用多模式监测术后运动障碍的敏感性和特异性,结果表明,EMG的敏感性为100%,特异性为23.7%;SSEPs的敏感性为28.6%,特异性为94.7%。同时使用EMG和SSEPs可以预防腰骶椎手术中神经根损伤。

不同的神经根支配不同的肌肉,如L2-L3支配髂腰肌、L3-L4支配股四头肌、L4-L5支配胫前肌、L5-S1支配足背屈肌、S1-S2支配腓肠肌、S2-S3支配足底肌。应根据相应手术节段选取不同的肌肉记录fEMG信号;为确保置钉安全性,可在每个椎弓根钉置入后进行tEMG监测,如有异常电信号则及时调整;SSEPs选取胫后神经进行刺激,双侧正中神经作对照;监测双下肢MEPs,同样根据相应节段神经根支配的肌肉进行记录。

#### (二)不同手术方式选择不同的监测方案

在矫正脊柱畸形手术中,脊髓最容易受到损伤并导致功能障碍。在置钉过程中,椎弓根螺钉位置如果偏离内侧破入椎管,有可能损伤脊髓或马尾,如果放置太高或太低,有可能损伤神经根。截骨时,脊髓可能受到牵拉、压迫,或脊髓供血血管受到损伤导致脊髓缺血和梗死。有研究表明MEPs记录对监测脊髓缺血最有效,对脊髓缺血的敏感性最高<sup>[25]</sup>。在脊柱矫形过程中,尤其在脊柱后凸、僵硬性脊柱侧凸、先天性脊柱侧



凸、神经肌肉性脊柱侧凸以及前后路联合手术的患者,脊髓旋转、分离、弯曲、压缩和平移这些操作常常同时进行,故神经系统并发症发生率较高<sup>[26]</sup>。因此,针对不同的手术方式、不同的操作步骤,监测的重点也不一样,需要综合考虑各方面因素。例如对于低年龄、半椎体完全分节的先天性脊柱侧凸常采用半椎体切除、短节段融合固定手术,在半椎体切除过程中失血量多、损伤脊髓概率大;对于早发性脊柱侧凸多采用生长棒技术,撑开过程会对脊髓造成不同程度的牵拉,此类手术应重点监测脊髓完整性,即上下肢 SSEPs、MEPs,结合 EMG。特别在行椎体切除术的过程中,失血量、手术时间和神经系统风险都会明显增加,联合应用多模式监测是必不可少的。应同时结合不同的手术节段,制定一个最佳的监测方案。

#### 五、儿童脊柱手术中监测遇到的问题及解决办法

儿童脊柱手术中神经电生理监测与成人不同,不能完全按照成人标准进行,例如,低年龄儿童(<3岁)难以产生诱发电位波形,MEPs 监测尤其明显,年龄越小监测的失败率越高。这可能与儿童神经系统还未发育完善,无法较好建立信号传递通路有关。对于此类患儿可适当增大刺激量,避免麻醉过深,对波形引出有一定的帮助。其次,研究表明吸入性醚控制在 0.5 MAC 以下,不会对诱发电位产生影响,儿童对麻醉药物敏感,无论是吸入麻醉还是肌松药,都会对波幅产生明显抑制作用,因此在脊柱手术中,及时和麻醉医师沟通,尽量全程避免吸入麻醉,肌松药仅在麻醉诱导时使用,减少影响因素可明显提高监测成功率。此外,在脊柱手术的关键步骤,如截骨、矫形时,经常出现 MEPs 丢失现象,此时应及时提醒手术医生停止或调整操作,尽量避免发生神经系统并发症。截骨时会造成局部或全身缺血,引起脊髓一过性缺血损害,矫形时,对脊髓有直接的牵拉、压迫,也会出现功能性损伤,MEP 对此类损伤敏感,容易波动,这些损伤通常是可逆的。

用于逆转脊髓监测变化并最终保护脊髓功能的方法包括减少矫正程度、移除或调整内固定器械、增加血压或血容量以及使用类固醇,但手术中仍应注意精细操作,减少出血,并在可控范围内矫形。临床工作中会不断遇到新问题,需要不断摸索和积累经验,才能为术者提供准确的参考意见。

总之,多模式神经电生理监测对儿童脊柱矫形手术中神经损伤的预防具有重要价值,单独的神经监测模式或缺乏了解地使用多模式神经监测都是不可取的。对包括 SSEPs、MEPs、EMG 在内的各种模式的全面了解,为预防针对特定脊柱水平的神经损伤提供了一个具有高度敏感性和特异性的诊断组合。随着手术水平的提高,对神经电生理监测人员也提出了更高的要求,监测人员应当熟悉整个手术中采用的手术步骤和具体操作,提前预测何时可能发生何种变化,及时识别和纠正阳性事件与手术操作的相关性。除此以外,监测人员、手术医生和麻醉师应该有良好的沟通合作,以便准确地解释监测事件。一种跨学科的术中监测方法有助于优化该技术在预防神经损伤方面的应用,并已成为国内外公认的发展趋势。

#### 参考文献

- 1 El-Hawary R, Chukwunyerenna C. Update on evaluation and treatment of scoliosis[J]. *Pediatr Clin North Am*, 2014, 61(6):1223-1241. DOI:10.1016/j.pcl.2014.08.007.
- 2 Choudhry MN, Ahmad Z, Verma R. Adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Open Orthop J*, 2016, 10(2):143-154. DOI:10.2174/1874325001610010143.
- 3 El-Hawary R, Akbarnia BA. Early onset scoliosis-time for consensus[J]. *Spine Deform*, 2015, 3(2):105-106. DOI:10.1016/j.jspd.2015.01.003.
- 4 Diane DS, John G. Pediatric Scoliosis and kyphosis: an overview of diagnosis, management, and surgical treatment[J]. *Pediatr Ann*, 2017, 46(12):e472-e480. DOI:10.3928/19382359-20171113-01.
- 5 曹隽, 张学军. 先天性脊柱侧弯诊疗中的热点与共识[J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17(9):641-644. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.001.  
Cao J, Zhang XJ. Hotspots and consensus in the diagnosis and treatment of congenital scoliosis[J]. *J Clin Ped Sur*, 2018, 17(9):641-644. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.001.
- 6 Zhang YB, Zhang JG. Treatment of early-onset scoliosis: techniques, indications, and complications[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2020, 133(3). DOI:10.1097/CM9.0000000000000614.
- 7 Sehmisch S, Lehmann W, Dreimann M, et al. Anterior vertebral column resection for correction of kyphotic deformity due to osteopo-

- rotic fractures of the thoracic spine[J]. Oper Orthop Traumatol, 2019, 31(4):311-320. DOI:10.1007/s00064-019-0616-6.
- 8 Nash CL, Lorig RA, Schatzinger LA, et al. Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine[J]. Clin Orthop Relat Res, 1977, 126:100-105.
  - 9 Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, et al. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: Results of a large multicenter survey[J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995, 96(1):6-11. DOI:10.1016/0013-4694(94)00235-d.
  - 10 Antoun TB, Sloan J, Richard T, et al. Monitoring the nervous system for anesthesiologists and other health care professionals[M]. Springer-Verlag New York, 2011:3-21. DOI 10.1007/978-1-4614-0308-1.
  - 11 Laratta JL, Ha A, Shillingford JN, et al. Neuromonitoring in spinal deformity surgery: a multimodality approach[J]. Global Spine Journal, 2018, 8(1):68-77. DOI:10.1177/2192568217706970.
  - 12 Devlin VJ, Schwartz DM. Intraoperative neurophysiologic monitoring during spinal surgery[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2007, 15(9):549-560. DOI:10.5435/00124635-200709000-00005.
  - 13 Ferguson J, Hwang SW, Tataryn Z, et al. Neuromonitoring changes in pediatric spinal deformity surgery: a single-institution experience[J]. J Neurosurg Pediatrics, 2014, 13(3):247-254. DOI:10.3171/2013.12.PEDS13188.
  - 14 Schwartz DM, Auerbach JD, Dormans JP. Neurophysiological detection of impending spinal cord injury during scoliosis surgery[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(11):2440-2449. DOI:10.2106/JBJS.F.01476.
  - 15 Gonzalez AA, Jeyanandarajan D, Hansen C, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during spine surgery: a review[J]. Neurosurg Focus, 2009, 10, 27(4):E6. DOI:10.3171/2009.8.FOCUS09150.
  - 16 Regidor I, Blas G, Barrios C, et al. Recording triggered EMG thresholds from axillary chest wall electrodes: a new refined technique for accurate upper thoracic (T2-T6) pedicle screw placement[J]. Eur Spine J, 2011, 20(10):1620-1625. DOI:10.1007/s00586-011-1800-z.
  - 17 Farajidavar A, Seifert JL, Delgado MR, et al. Electromagnetic interference in intraoperative monitoring of motor evoked potentials and a wireless solution[J]. Med Eng Phys, 2016, 38(2):87-96. DOI:10.1016/j.medengphys.
  - 18 Lewis SJ, Wong IHY, Strantzas S, et al. Responding to intraoperative neuromonitoring changes during pediatric coronal spinal deformity surgery[J]. Global Spine Journal, 2019, 9(1S):15S-21S. DOI:10.1177/2192568219836993.
  - 19 Ushirozako H, Yoshida G, Kobayashi S, et al. Impact of total propofol dose during spinal surgery: anesthetic fade on transcranial motor evoked potentials[J]. J Neuro Spine, 2019(2):8:1-9. DOI:10.3171/2018.10.SPINE18322.
  - 20 Benuska J, Plisova M, Zabka M, et al. The influence of anesthesia on intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgeries[J]. Bratisl Lek Listy, 2019, 120(10):794-801. DOI:10.4149/BLL\_2019\_133.
  - 21 Madura CJ, Johnston JM. Classification and management of pediatric subaxial cervical spine injuries[J]. Neurosurg Clin N Am, 2017, 28(1):91-102. DOI:10.1016/j.nec.2016.07.004.
  - 22 William W, Robert R, Effey B, et al. Neurophysiological monitoring of lumbar spinal nerve roots: A case report of postoperative deficit and literature review[J]. Int J Surg Case Rep, 2017, 30:218-221. DOI:10.1016/j.ijscr.2016.11.027.
  - 23 Ryo U, Tomoyuki T, Hiroko S, et al. An evaluation of anesthetic fade in motor evoked potential monitoring in spinal deformity surgeries[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1):227. DOI:10.1186/s13018-018-0934-7.
  - 24 Gunnarsson T, Krassioukov AV, Sarjeant R, et al. Real-time continuous intraoperative electromyographic and somatosensory evoked potential recordings in spinal surgery: correlation of clinical and electrophysiologic findings in a prospective, consecutive series of 213 cases[J]. Spine, 2004, 29(6):677-684. DOI:10.1097/01.brs.0000115144.30607.e9.
  - 25 Quraishi NA, Lewis SJ, Kelleher MO, et al. Intraoperative multimodality monitoring in adult spinal deformity: analysis of a prospective series of one hundred two cases with independent evaluation[J]. Spine, 2009, 34(14):1504-1512. DOI:10.1097/BRS.0b013e3181a87b66.
  - 26 Victor MN, Kamyar G, Srinivas B, et al. Diagnostic accuracy of neuromonitoring for identification of new neurologic deficits in pediatric spinal fusion surgery[J]. Nesth Analg, 2016, 123(6):1556-1566. DOI:10.1213/ANE.0000000000001503.

(收稿日期:2019-12-18)

**本文引用格式:**冯磊,张学军. 儿童脊柱侧凸矫正手术中神经电生理监测方案的选择及技术难点[J]. 临床小儿外科杂志, 2020, 19(2):93-97. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001.

**Citing this article as:** Feng L, Zhang XJ. Protocol selecting and technical dilemmas of intraoperative neurophysiological monitoring during corrective procedures for pediatric scoliosis[J]. J Clin Ped Sur, 2020, 19(2):93-97. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2020.02.001.