

·专题·儿童脊柱外科·

神经电生理监测技术在小儿先天性脊柱侧弯
半椎体切除术中的应用

冯磊 张学军 祁新禹 白云松 郭东
李浩 曹隽 姚子明 高荣轩 高景淳

【摘要】 目的 初步探讨神经电生理监测(intraoperative neurophysiological monitoring, IONM)在小儿先天性脊柱侧弯半椎体切除术中的应用价值。 **方法** 以2017年8月至2018年7月我院134例确诊为先天性脊柱侧弯的患儿为研究对象,患儿在神经电生理监测下接受“脊柱后路椎弓根钉置入+半椎体切除+矫形术”治疗方案。术中监测指标主要包括体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SEP)和运动诱发电位(motor evoked potentials, MEP),置钉前获得基线。在排除线路故障、麻醉、血压下降、低体温等外界因素后,符合“基线相比SEP波幅下降50%”、“潜伏期延长10%”、“MEP波幅下降70%”中任意一条则认为达到预警判定标准。 **结果** 134例患儿中,SEP引出率为100%,MEP引出率为97.8%,其中16例(12%)矫形过程中可见SEP波幅出现不同程度下降,但均未达到预警标准,且患儿术后无肢体感觉异常。5例(3.7%)出现MEP波幅下降,其中1例(0.7%)在置钉过程中出现一侧MEP波幅下降,4例(2.9%)在切除半椎体后矫形过程中脊柱侧弯凹侧MEP波幅逐渐下降且超过预警标准,均按要求及时放慢或停止操作,3例波幅逐渐恢复,1例波幅仍未见恢复,进行术中唤醒,证实该侧下肢肌力下降,及时调整内固定后波幅基本恢复正常。所有患儿术后均未见神经异常症状。 **结论** 小儿先天性脊柱侧弯术中神经损伤好发于置钉、半椎体切除、矫形等关键步骤中,SEP和MEP联合监测有助于早期发现神经系统损伤,并指导术者及时停止可能造成病情恶化的操作,最大限度降低损伤程度,为改善患儿预后提供安全有效的保障。

【关键词】 脊柱侧弯/先天性;半椎体;神经电生理;诱发电位,躯体感觉;诱发电位,运动

Application of intraoperative neurophysiological monitoring during hemivertebra resection for congenital scoliosis in children. Feng Lei, Zhang Xuejun, Qi Xinyu, Bai Yunsong, Guo Dong, Li Hao, Cao Jun, Yao Ziming, Gao Rongxuan, Gao Jingchun. Department of Surgery, Affiliated Children's Hospital, Capital Medical University, Beijing 100045, China. Corresponding author: Zhang Xuejun, Email: zhang-x-j04@163.com

【Abstract】 Objective To explore the application value of intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) during posterior hemivertebra resection for congenital scoliosis. **Methods** A prospective database was reviewed. The results of IONM were analyzed for a large population of patients undergoing posterior hemivertebra resection for congenital scoliosis. Intraoperative monitoring of somatosensory evoked potentials (SEPs) and transcranial electrical stimulation of motor evoked potential (MEP) was performed in 134 successive patients. Acceptable baseline responses were obtained prior to screw insertion. Anesthetic, intraoperative body temperature and blood pressure were examined in patients with and without waveform deterioration. A neurophysiological alert was defined as a reduction in amplitude (unilateral or bilateral) of at least 50% or latent period extending by 10% for SEP and of 70% for MEP as compared with baseline. **Results** All patients had the baseline of SEP and 97.8% had the baseline of MEP. Sixteen patients (12%) exhibited an intraoperative waveform change of SEP. They were recorded intraoperatively with no postoperative neurologic deficits. Five patients (3.7%) exhibited an intraoperative waveform change after screw fixation (0.7%), during rotation ma-

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.008

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:首都医科大学附属北京儿童医院(北京市,100045)

通讯作者:张学军,Email:zhang-x-j04@163.com

neuering after hemivertebra resection (2.9%) and after intervertebral compression (7%). Most waveform changes recovered after decreased correction or rest. None had a motor deficit postoperatively. **Conclusion** - Spinal cord injury often occurs during screw insertion, hemivertebra resection and after intervertebral compression. Combined SEP and MEP monitoring affords the surgical team an opportunity to perform rapid interventions for preventing injury progression or possibly reversing impending neurologic sequences.

【Key words】 Scoliosis/CN; Hemivertebra Resection; Neurophysiological Monitoring; Evoked Potentials, Somatosensory; Evoked Potentials, Motor

半椎体畸形是小儿先天性脊柱侧弯 (congenital scoliosis) 中最常见的一种类型, 根据半椎体结构及其形态学特点, 可分为未分节型、部分分节型及完全分节型 3 类^[1]。半椎体容易导致脊柱力线不平衡, 形成一个带有弧度的脊柱畸形, 随着患儿生长发育, 侧弯逐渐加重, 严重者甚至会出现心肺功能受损、脊髓受压等症状。而后路半椎体切除是一种安全有效的手术方式, 目前已经成为治疗先天性脊柱侧弯的主要方法之一^[2]。但脊柱侧弯矫正手术中 (尤其是置钉及矫形环节中) 存在神经并发症发生的可能性, 严重者可导致患者截瘫, 据统计, 脊柱侧弯矫正术后严重的神经系统并发症发生率约 0.25%~3.2%^[3]。因此, 安全有效的术中监测有助于预防术后神经系统并发症的发生, 皮层体感诱发电位 (somatosensory evoked potential, SEP) 和经颅电刺激运动诱发电位 (motor evoked potentials, MEP) 是目前较为常用的两种监测指标。通过将各种刺激电极和记录电极与患者的身体连接, 持续记录神经、肌肉传导的电生理参数, 以达到监测患者的神经功能、降低术中脊髓损伤风险的目的。然而目前, 监测信号值易受干扰、假阳性以及患者个体差异等因素的干扰, 因此有必要对神经电生理监测技术在小儿脊柱侧弯半椎体手术中的应用价值进行研究。

材料与方法

一、临床资料

以 2017 年 8 月至 2018 年 7 月我院收治的 134 例先天性脊柱侧弯半椎体患儿为研究对象, 所有患儿在 SEP、MEP 监测下行脊柱后路手术, 且至少能获得一种有效的监测图像, 排除合并神经系统并发症的患儿。最终共纳入有效研究对象 134 例, 其中男 63 例, 女 71 例, 平均年龄 (6.1 ± 3.7) 岁。

二、麻醉及生命体征控制

麻醉诱导时采用静脉麻醉, 诱导结束后, 静脉泵维丙泊酚 (6~8 mg/kg · h) 及瑞芬太尼 (0.15~

2 μg/kg · min) 维持麻醉。麻醉全程不使用吸入性七氟醚, 诱导结束后停止给予肌松药, 以避免上述两种药物对波幅及潜伏期的抑制。

术中患儿均使用血液回输机, 并动态监测动脉血压, 体温控制在 35.0℃ 以上, 尽量排除低血压、低体温等对波幅的干扰。

三、手术方式

麻醉成功后, 留置导尿管和动脉导管, 并进行体温监测。伤口暴露完全后置钉, 将凹侧半椎体完整切除, 并去除其附属的椎板、骺板, 松解对侧椎间隙。置入适当长度棒后转棒、凹侧撑开、凸侧加压, C 型臂确认矫形效果良好, 术毕。

四、术中神经电生理监测方法

所有患儿术中均使用美国 Nicolet 神经电生理监测仪进行操作。SEP 外周刺激电极选择表面电极, 置于胫后神经, 记录电极置于 Cz, 参考电极置于前发际正中处的 Fz (国际 10-20 系统), 主要记录下肢 SEP。采用方波刺激, 强度 16~25 mA, 脉宽 100 ms, 频率 4.1 Hz, 平均叠加 500 次, 手术开始后记录 SEP 图像, 并作为基线, 记录 P40、N45 波幅变化。MEP 经颅刺激电极选择针式单极电极, 置于 C3、C4 (国际 10-20 系统), 记录电极选择双侧拇短展肌, 电信号为复合肌肉动作电位。MEP 刺激参数为 5 个成串方波刺激, 每次刺激持续 300 μs, 刺激强度 260~400 V, 带通滤波 500 Hz。调节刺激参数时尽量选择能引出最佳波形的最小刺激强度。监测仪的安放尽量避开各监护仪器并连接地线, 以保证安全, 并排除无关因素干扰。

五、监测预警标准

置钉前多次刺激, 获得良好的基线。置钉、切除半椎体及矫形过程中反复刺激, 出现波幅下降或潜伏期延长时, 首先探查有无麻醉深度、体温及血压等变化。在排除上述因素干扰后, 与基线相比 SEP 波幅下降 50% 或潜伏期延长 10%, MEP 波幅下降 70%^[4] 可认为存在脊髓损伤, 此时需及时通知手术医生, 减慢或停止可能导致神经损伤的相关手术操作, 并观察监测结果有无改善。若有改善, 证

明异常的监测结果由该操作引起,若无改善,及时行唤醒试验(wake-up test),观察下肢活动情况,如有肌力减弱和/或感觉障碍可判定为神经功能损伤。

结 果

134例患儿SEP引出率为100%,MEP引出率为97.8%,3例波幅未正常引出的患儿均为低体重(<12 Kg)或低年龄(<2.5岁)患儿。SEP监测结果中,16例(12%)单侧可见波幅出现不同程度下降,其中体温低于35.0℃时下降7例,矫形过程中下降9例,但均未达到报警标准,患儿术后无肢体感觉异常。MEP监测中,1例(0.7%)置钉过程中出现单侧MEP波幅持续下降,通知手术医生,及时调整该时间段置入的椎弓根钉位置及方向,波幅逐渐恢复正常基线水平;4例(2.9%)在切除半椎体后矫形过程中脊柱侧弯凹侧波幅逐渐下降超过预警标准,及时放慢或停止操作,3例波幅逐渐恢复,继续手术,术后未见异常神经症状,1例波幅仍未见恢复,进行术中唤醒,证实该侧下肢肌力下降,及时调整内固定后波幅基本恢复正常。所有患儿术后均未见神经异常症状。

讨 论

半椎体是引起先天性脊柱侧弯最常见的原因^[5],多由椎体形成障碍所致,其中完全分节的半椎体与正常的椎体相似,具有生长潜力。随着脊柱外科手术技术的发展,在治疗先天性脊柱侧弯过程中逐渐采用后路半椎体切除短节段融合的方法^[6]。目前普遍认为脊柱侧弯矫正术中导致神经系统损伤的原因主要有:①内固定物对脊髓及神经根的直接压迫;②切除半椎体时失血量大造成脊髓缺血;③矫形时对脊髓牵拉的损伤^[7]。

自70年代以来,唤醒试验被视为评估术中脊髓损伤的“金标准”^[8],但因其无法评估脊髓感觉功能,亦不能实时监测术中神经功能,因此单独应用唤醒试验监测术中脊髓功能已不能满足现代脊柱手术的需求。SEP最早用于监测术中脊髓功能^[9],随后实时肌电图(EMG)及MEP也应用到该领域,事实证明,多种方式联合监测结果的可靠性显著提高,其中SEP与MEP联合诊断的结果可靠性最高^[10]。先天性脊柱侧弯术中神经电生理监测主要应用SEP和MEP两种方法。前者通过刺激外周神

经(上肢为正中神经,下肢为胫后神经),经脊髓后索向上传导,在大脑皮层感觉中枢记录电信号,监测上行感觉传导功能;后者通过刺激大脑皮层运动中枢,经脊髓前索向下传导,在四肢肌肉记录电信号(本研究记录双侧拇短展肌),监测下行运动传导功能。

本研究纳入的134例患儿中,MEP波幅下降达预警标准者5例,其中置钉过程1例,切除半椎体过程0例,矫形过程4例。研究表明,先天性脊柱侧弯的椎体形态常发生变异、变形,尤其小年龄患儿椎弓根偏小,置钉时易进入椎管,可造成不同程度的脊髓损伤甚至截瘫^[11]。切除半椎体时出血量大,易造成脊髓缺血缺氧,神经传导功能受损。脊髓耐受被拉长的能力十分有限,当脊柱侧弯矫形超过脊髓耐受扭曲、牵拉的限度时,同样可导致脊髓缺血、缺氧,甚至截瘫^[12]。SEP结果中16例(12%)出现波幅下降,但未提示阳性。由此可见,SEP结果很少受挤压、缺血、牵拉等影响,稳定性强,但假阴性率高,MEP结果敏感性高,但易受多重因素影响。两者联合应用才能提高监测的准确性。但不建议矫形过程中拘泥于惯用的预警标准,不论是SEP或MEP的结果,波幅持续下降且无好转一般提示神经损伤,短暂降低后逐渐恢复正常多考虑一过性缺血或牵拉。

总之,SEP和MEP作为监测神经功能的两种常用指标,在先天性脊柱侧弯半椎体切除术中有重要的应用价值,为保持脊髓感觉和运动功能的完整性提供了有效保障。

参 考 文 献

- Callahan BC, Georgopoulos G, Eilert RE. Hemivertebral excision for congenital scoliosis[J]. J Pediatr Orthop, 1997, 17(1):96-99.
- Yaszay B, Brien M, Shuff Lebarger HL, et al. Efficacy of hemivertebra resection for congenital scoliosis: a multicenter retrospective comparison of three surgical techniques[J]. Spine, 2011, 36(24):2052-2060. DOI:10.1097/BRS.0b013e318233f4bb.
- Atici Y, Akman YE, Balioglu MB, et al. A comparison of the effects of two different techniques on shoulder balance in the treatment of congenital scoliosis: Vertical expandable prosthetic titanium rib and dual growing rod[J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2015, 6(4):190-194. DOI:10.4103/0974-8237.167880.

- 4 Sala F, Palandri G, Basso E, et al. Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors; a historical control study [J]. Neurosurgery, 2006, 58 (6): 1129-1143. DOI: 10.1227/01.NEU.0000215948.97195.58.
- 5 Ruf M, Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation; early correction in children aged 1 to 6 years [J]. Spine, 2003, 28 (18): 2132-2138. DOI: 10.1097/01.BRS.0000084627.57308.4A.
- 6 孙武, 仇建国, 邱贵兴, 等. 前后路与后路半椎体切除术矫治先天性脊柱侧后凸的疗效分析 [J]. 中华医学杂志, 2012, 92 (11): 756-759. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2012.11.010.
Sun W, Zhang JG, Qiu GX, et al. Comparison of two techniques in hemivertebra resection; anterior-posterior approach versus posterior approach [J]. National Medical Journal of China, 2012, 92 (11): 756-759. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2012.11.010.
- 7 Wang S, Zhang J, Qiu G, et al. Posterior hemivertebra resection with bisegmental fusion for congenital scoliosis: more than 3 year outcomes and analysis of unanticipated surgeries [J]. Eur Spine J, 2013, 22 (2): 387-393. DOI: 10.1007/s00586-012-2577-4.
- 8 Tamaki T, Noguchi T, Takano H, et al. Spinal cord monitoring as a clinical utilization of the spinal evoked potential [J]. Clin Orthop Relat Res, 1984, 184 (184): 58-64.
- 9 Kobayashi S, Matsuyama Y, Shinomiya K, et al. A new alarm point of transcranial electrical stimulation motor evoked potentials for intraoperative spinal cord monitoring: a prospective multicenter study from the Spinal Cord Monitoring Working Group of the Japanese Society for Spine Surgery and Related Research [J]. J Neurosurg Spine, 2014, 20 (1): 102-107. DOI: 10.3171/2013.10.SPINE12944.
- 10 Bhagat S, Durst A, Grover H, et al. An evaluation of multimodal spinal cord monitoring in scoliosis surgery: a single centre experience of 354 operations [J]. Eur Spine J, 2015, 24 (7): 1399-1407. DOI: 10.1007/s00586-015-3766-8.
- 11 Schwartz DM, Auerbach JD, Dormans JP, et al. 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.
- 12 Muramoto A, Imagama S, Ito Z, et al. The cutoff amplitude of transcranial motor evoked potentials for transient postoperative motor deficits in intramedullary spinal cord tumor surgery [J]. Spine, 2014, 39 (18): 1086-1094. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000421.

(收稿日期: 2018-08-15)

本文引用格式: 冯磊, 张学军, 祁新禹, 等. 神经电生理监测技术在小儿先天性脊柱侧弯半椎体切除术中的应用 [J]. 临床小儿外科杂志, 2018, 17 (9): 673-676. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.008.

Citing this article as: Feng L, Zhang XJ, Qi XY, et al. Application of intraoperative neurophysiological monitoring during hemivertebra resection for congenital scoliosis in children [J]. J Clin Ped Sur, 2018, 17 (9): 673-676. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.008.

本刊对表格版式的要求

本刊对表格的版式要求如下:

- (1) 在文中的位置: 表格需紧接相关一段文字, 不串文, 不腰截文字, 不宜出现在讨论段中。
- (2) 表序和表题: 需有中英文表题, 表题在表格上方居中排, 不用标点, 停顿处转行, 转行的文字左右居中。表题不得与表分排在两页上。
- (3) 表头: 纵标目在每栏上方居中排。标目词若需转行, 同一表内各栏直转或横转必须一致。
- (4) 表格转行: ①直表转栏排: 凡表内谓语项目较少、主语项目较多而致全表横短竖长时, 为了节省版面和美观, 可将表转成左右两栏来排。两栏之间用双正线隔开 (双线之间距为 1 mm), 转栏后重复排表头。②横表分段排: 凡表内主语项目较少、谓语项目较多而致全表横长竖短时, 可将表转成上下两段来排。两段之间用双正线隔开, 下方的一段重复排主语纵、横标目。