

· 基础研究 ·

术前脊髓监测异常患者脊柱截骨术中脊髓监测参数改变与预后关系

杨晓清, 杨全中, 张少甫, 胡凡奇, 王 尧, 龚 雪, 张雪松*

解放军总医院脊柱外科, 北京 100853

【摘要】目的 分析术前脊髓监测(SCM)异常患者行脊柱后路截骨手术术中SCM参数变化与患者预后的关系。**方法** 回顾性分析2011年1月—2013年1月在本院接受脊柱后路截骨手术的64例患者的临床资料。术前患者体感诱发电位(SEP)波幅 $<1\mu\text{V}$ 和/或SEP未能得到可靠波形和/或经颅电刺激运动诱发电位(MEP)波形不能引出为SCM异常。根据术前SCM结果将患者分为正常组(50例)和异常组(14例)。术中使用SEP和MEP行联合SCM, 比较两组患者术后美国脊髓损伤协会(ASIA)分级下降的发生率。**结果** 正常组患者中12例术后出现ASIA分级下降, 其中11例术中发生SCM异常; ASIA分级未下降者中6例术中发生SCM异常。正常组中SCM灵敏度为91.7%, 特异度为84.2%。异常组患者中10例术后出现ASIA分级下降, 其中9例术中发生SCM异常; 4例ASIA分级未下降者术中均发生SCM异常。异常组中SCM灵敏度为90.0%, 特异度为0。SCM改变相关因素为复位、截骨、出血、麻醉药物和肌松药过量。**结论** 欲行脊柱后路截骨术的患者, 如果术前即出现SCM参数异常, 术后出现神经系统并发症的概率较大, 一旦术中再次出现SCM参数持续异常, 预后往往较差, 而SCM一过性恶化, 患者术后未必出现神经系统并发症, 对于这部分患者, 医师需要术前充分准备、术中谨慎操作、术后密切关注。

【关键词】 脊柱后凸; 脊髓损伤; 截骨术; 诱发电位; 预后

【中图分类号】 R 651.21 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-2957(2017)01-0034-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-2957.2017.01.007

Relationship between change of intraoperative spinal cord monitoring parameters and prognosis in patients with abnormal spinal cord monitoring parameters before spinal osteotomy

YANG Xiao-qing, YANG Quan-zhong, ZHANG Shao-fu, Hu Fan-qi, WANG Yao, GONG Xue, ZHANG Xue-song*

Department of Orthopaedics, General Hospital of PLA, Beijing 100853, China

【Abstract】Objective To analyze the relationship between the change of intraoperative spinal cord monitoring(SCM) parameters and prognosis in patients with abnormal SCM parameters before spinal osteotomy. **Methods** The clinical data of 64 patients undergoing posterior osteotomy from January 2011 to January 2013 were retrospectively analyzed. Amplitudes of preoperative somatosensory evoked potential(SEP) was below $1\mu\text{V}$ and/or SEP could not show a reliable waveform and/or motor evoked potentials(MEP) could not reveal abnormality of SCM. According to preoperative SCM results, the patients were divided into normal group($n=50$) and abnormal group($n=14$). SEP and MEP were used to monitor spinal cord function during the operation, and then the incidence rates of ASIA grade reduction were compared between the 2 groups. **Results** In the normal group, 12 patients' ASIA grading descended, and 11 of the 12 patients showed SCM abnormal changes, while there were 6 patients whose ASIA grade had no reduction, but their SCM parameters were abnormal during the surgery. In the normal group, the sensitivity of SCM was 91.7%, and the specificity was 84.2%. In the abnormal group, 10 patients' ASIA grade was reduced after the surgery, and 9 of the 10 patients had abnormal SCM parameters, while there were 4 patients whose ASIA grade had no reduction, but their SCM results were abnormal during the surgery. In the abnormal group, the sensitivity of SCM was 90.0%, and the specificity was 0. The relevant factors for SCM result change were reduction, osteotomy, blood loss, overdose of anesthetic drugs or muscle relaxants. **Conclusion** The patients who would receive posterior osteotomy with abnormal SCM before the operation may risk more neurologic complications. And once the intraoperative SCM abnormalities occur, the prognosis is bad. For these patients, doctors need to do full preparation before surgery, careful intraoperative operation, and postoperative close attention.

【Key Words】 Kyphosis; Spinal cord injuries; Osteotomy; Evoked potentials; Prognosis

J Spinal Surg, 2017, 15(1): 034-038

作者简介: 杨晓清(1989—), 硕士, 医师; yangxiaqing301@126.com

*通信作者: 张雪松 zhangxuesong301@qq.com

严重脊柱后凸/侧后凸畸形往往需要通过截骨手术进行矫正, 包括经椎弓根截骨(PSO)、经后路全椎体切除截骨(VCR)或经后路部分去松质骨截骨(VCD)^[1]。术中脊髓监测(SCM)技术的应用使脊柱矫形手术的安全性得以提升。然而在严重脊柱畸形病例中, 有一部分患者在术前就已经出现了SCM的异常, 表现为体感诱发电位(SEP)波幅 $<1\ \mu\text{V}$ 和/或SEP未能得到可靠波形和/或经颅电刺激运动诱发电位(MEP)波形不能引出。这部分患者术后出现神经功能损伤的概率相对较高, 需给予高度重视。本研究对2011年1月—2013年1月在本院行脊柱后路椎体截骨术(PSO、VCR和VCD)的64例病例SCM结果进行回顾性分析, 拟探讨SCM参数变化与患者预后的关系, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集2011年1月—2013年1月在本院行脊柱后路椎体截骨术(PSO、VCR和VCD)的64例病例的临床资料, 男42例, 女22例; 年龄为28~55(36.0 ± 4.5)岁; 随访24~36(36.8 ± 6.8)个月。按照病因分类, 强直性脊柱炎(AS)后凸畸形26例, 结核Pott畸形8例, 先天发育性半椎体(CTH)后凸畸形18例, 创伤性后凸畸形12例。术前美国脊髓损伤协会(ASIA)分级^[2]C级4例, D级18例, E级42例。根据患者术前SCM结果将患者分为正常组(50例)和异常组(14例)。

1.2 术中监测

本研究采用Cad Well Cascade32通道监护仪(凯威, 美国)。术中SEP和MEP联合检测, 监护仪尽量避开其他监护仪器, 并妥善接地, 以排除其他因素的干扰。在患者手术体位摆好后、切皮显露脊柱结构前, 行SEP及MEP检测, 结果作为基线。

SEP监测主要记录双下肢参数。外周刺激电极选择针电极, 通过刺激双下肢胫后神经, Cz电极记录波形, Fpz电极作为参考, 观察P40、N50波。刺激强度为20~25 mA, 刺激频率为3~7 Hz, 叠加100~200次。当一次叠加SEP波形基本成型后即可开始新一轮的叠加。同术前基线相比较, 观察术中波幅和潜伏期的改变。

MEP根据国际脑电图10-20系统定位法^[3], 下肢MEP于 $C_{1,2}$ 处刺激, 记录电极于下肢的拇趾展肌和胫前肌或腓肠肌。刺激电压100~400 V, 刺激参数: 5~7个成串方波刺激, 脉冲波宽50 μs 或75 μs ,

脉冲间隔1.0~9.9 ms, 在手术关键步骤增加监测的频率。

1.3 监测结果判断

参考以往SCM结果, 大部分患者术前SEP的波幅在1~2 μV 。本研究中, 如果术前SEP的波幅 $<1\ \mu\text{V}$, 即认为术前SEP波幅严重降低。术中SEP的监测警报遵循“50/10”法则^[4], 即术中SEP与术前已确定的基线相比较, SEP的波幅下降 $>50\%$ 和/或潜伏期延长10%均视为明显变化。术前、术中MEP的监测标准采用全(+)或无(-)标准^[5], 即只要刺激可产生MEP波形即认为MEP监测有效, MEP波形消失即认为MEP监测异常。

术中一旦SEP和/或MEP出现预警需通知主刀医生, 停止相关可能引起脊髓损伤的手术操作, 同时与麻醉师和巡回护士沟通, 确定是否因麻醉药、肌松药过量或者血压下降以及其他监护仪器的干扰等因素导致SCM参数出现预警, 并逐一处理。如果监测参数未能恢复到术前水平, 予甲泼尼龙冲击治疗(剂量30 mg/kg, 30 min内静滴完, 手术后继续用甲泼尼龙, 每小时5.4 mg/kg, 继续使用23 h), 观察时限为15~30 min, 如果SEP、MEP恢复到基线的25%^[6-7], 可认为处理有效; 如SEP波幅和/或MEP波形未见明显改善, 可行唤醒试验, 以确定患者双下肢活动状态。

术后观察所有患者运动功能情况, 行ASIA分级评定, 与患者术前ASIA分级相比较, 确定神经功能状态。

2 结 果

正常组患者中12例术后出现ASIA分级下降(表1), 其中11例术中发生SCM异常; 1例术中未发生SCM异常。38例ASIA分级未下降者, 其中6例术中发生SCM异常; 32例术中未发生SCM异常。正常组中SCM灵敏度为91.7%, 特异度为84.2%(表2)。术中SCM改变相关因素: 复位6例, 截骨4例, 大量出血4例, 麻醉药物过量1例, 肌松药过量1例, 无明确原因1例。

异常组患者中10例术后出现ASIA分级下降(表3), 其中9例术中发生SCM异常; 1例术中未发生SCM异常。4例ASIA分级未下降者术中均发生SCM异常。异常组中SCM灵敏度为90.0%, 特异度为0(表4)。SCM改变相关因素: 复位4例, 截骨2例, 大量出血2例, 麻醉药物过量1例, 肌松药过量1例, 无明确原因3例。

表 1 正常组患者手术前后 ASIA 分级
Tab. 1 Pre- and post-operative ASIA classification
of normal group

术前 Pre-operation	n	术后即刻 Post-operation		
		B	C	D
D	1	1	0	0
E	11	0	3	8

表 2 正常组中 SCM 灵敏度和特异度
Tab. 2 Sensitivity and specificity of SCM in normal group

SCM	ASIA 分级 ASIA classification	
	下降 Descent	未下降 No descent
异常 Normal	11	6
正常 Abnormal	1	32

表 3 异常组患者手术前后 ASIA 分级
Tab. 3 Pre- and post-operative ASIA classification
of abnormal group

术前 Pre-operation	n	术后即刻 Post-operation	
		B	C
C	2	2	0
D	7	3	4
E	1	0	1

表 4 异常组中 SCM 灵敏度和特异度
Tab. 4 Sensitivity and specificity of SCM in abnormal group

SCM	ASIA 分级 ASIA classification	
	下降 Descent	未下降 No descent
异常 Normal	9	4
正常 Abnormal	1	0

3 讨 论

脊柱畸形是多种因素引发的脊柱结构异常, 通常认为当患者存在严重的腰背疼痛、畸形进行性加重、神经功能恶化等情况时, 需进行手术矫正^[8]。严重脊柱后凸/侧后凸畸形由于椎体高度旋转、凸

凹侧椎弓根直径不一、截骨复位时操作难度大, 行后路截骨矫形术时极易发生严重神经并发症^[9]。近年来, 随着神经电监测技术的发展, 术中 SCM 技术已成为脊柱外科矫形术中监测神经功能最常用、最重要的方法^[10]。回顾文献, 目前对于 SCM 的报道多集中在术中神经电监测结果方面, 主要阐述一种或几种方式联合监测脊髓功能的可靠性上。例如, Suk 等^[11]报道 16 例术中 SEP 监测的后路 VCR 矫形手术, 术后 4 例出现了神经系统并发症, 其中 1 例术后出现损伤平面以下截瘫; Sutter 等^[12]报道对 1 017 例脊柱手术进行连续的以 SEP、MEP 及肌电图(EMG)为主的多模式术中神经电生理监测, 灵敏性为 89%, 特异性为 99%; 而 Quraishi 等^[13]报道在 102 例脊柱畸形矫正手术当中, 多模式监测方法(SEP、MEP 和 EMG 联合监测)的灵敏性为 100.0%, 特异性为 84.3%, 阳性预测值(PPV)为 13.9%, 阴性预测值(NPV)97.0%。有学者认为一旦 SEP 和/或 MEP 监测发出警报, 即提示可能产生脊髓损伤^[14]。而对于术前即出现 SCM 结果异常患者的临床预后, 尚未见报道。

由于 SCM 的参数受到很多因素的影响, 术中 SCM 需要主刀医生、巡回护士、麻醉师和监测技师随时保持充分沟通。SEP 的变化受到很多因素的影响, 如麻醉过深、患者的血压下降、手术中体位变换、电源干扰(电力电源或手术电动床电源)、检查过频或电阻过大等^[15]。MEP 受麻醉因素同样影响较大, 吸入麻醉较静脉麻醉对 MEP 影响较大, 故诱导结束后尽量采取静脉麻醉维持; 肌肉松弛药物对于 MEP 的影响可以由四联刺激肌肉收缩实验(train of four twitch test, TOF)^[10]来衡量, 在使用非去极化神经肌肉阻滞剂的情况下 TOF 反应的第四个波和第一个波的比例>0.7 视为肌松药完全代谢, 当比值>0.5 可诱发 MEP。本研究使用的 Cad well Cascade 32 通道监护仪, TOF 值>0.5 时即可排除肌松药对于 MEP 波形的影响。术中一旦出现脊髓监测参数的改变, 监测技师需要同手术医生、麻醉师、巡回护士充分沟通, 给予暂停手术操作、暂停电刀使用、升高血压、查看体位改变等处理, 逐一排除相关影响因素并密切关注监测参数改变。

本研究中, 正常组和异常组的灵敏性(91.7%, 90.0%)与文献[12-13]报道相近, 现阶段的多模式联合 SCM 水平下, 一旦术中脊髓功能先出现变化, SCM 在很大程度上能将变化反应到监测参数当中。另外一方面, 正常组的特异性(84.2%)与文献报道

的特异性(99.0%、84.3%)相近,可以准确排除一部分患者出现神经并发症的可能。异常组10例ASIA分级下降患者中,9例在手术过程当中出现SCM的持续异常;1例患者术中SCM未见明显异常。6例在SCM变化时有明确的可能损伤脊髓神经的操作,如截骨、躯体复位,这些操作可引起机械性或缺血性脊髓损伤,而术后患者出现神经功能障碍可能与术前合并椎管狭窄(存在脊髓压迫症状),截骨减压后缺血再灌注损伤,手术操作直接震荡损伤脊髓和神经根,截骨后脊柱直接短缩应力增加^[9],术中损伤脊髓供养动脉造成术中、术后脊髓缺血等有关^[16]。一旦术中SCM出现持续异常,患者预后往往较差,针对这种情况,在手术关键步骤(如截骨过程中的去除椎板、截脊髓后壁、躯体复位等操作)适当增加MEP波监测频率,可及时发现SCM的异常改变,从而尽快发出警报,以提高SCM预警作用。然而异常组的特异性(0)相对文献报道的特异性(99.0%、84.3%)及正常组患者的特异性(84.2%)相差很大,出现“误诊”的4例患者因术中大量出血、吸入麻醉药过量或者连续追加肌松药过量等导致SCM出现一过性预警,经过相应处理后,患者SCM基本恢复到术前状态,术后无明确的神经功能损伤。这种情况(特异性0)的出现可能是由于术前异常组纳入患者数目较少,出现了数据偏倚,需要扩大样本量来消除这种偏倚。即使数据出现了一定的偏倚,也在一定程度上表明术前已经出现SCM参数异常的患者,术中SCM参数波动相对较大,这可能是由于这部分患者术前已经存在脊髓功能损伤,对于术中脊髓状态的微小变化会更加敏感。术前SCM异常的患者术中SCM出现预警后,需及时的处理排查相关因素,同时严密监测患者其他生命指征,从整体上做出“诊断”,尽量减少这部分患者SCM“误诊”现象的发生。

术前SCM异常组患者术后神经系统并发症的发生率明显高于术前SCM正常组患者。通常认为SEP主要反映脊髓后索感觉传导上行通路的完整性^[17],术前SCM异常患者术前SEP未获得作为监测的可靠基线,术中又无法获得可靠的SEP波形,使得SEP的监测、预警作用减弱,一旦发现MEP波形未能引出,往往已经出现严重的神经系统并发症,预后不良^[18]。

但本研究所选病例的病因、术前状态、术者、术式、术前ASIA分级等因素可能对研究结果有一定影响;研究中定义的术前SEP的波幅<1 μV为术

前SEP波幅严重降低,是参考本院SCM的统计结果;且本研究为单中心、小样本回顾研究,故统计结果出现偏倚的概率相对较大,尚需大样本多中心的研究验证本研究结论。

综上,笔者认为对于欲行脊柱后路截骨矫形的患者,如果术前即存在SCM异常,应引起主刀医生的格外重视。这部分患者术后出现神经系统并发症的概率相对较大,术中一旦出现SCM持续异常,往往预后较差,而SCM一过性恶化,患者术后未必出现神经系统并发症,手术医师需要术前充分准备、术中谨慎操作、术后密切关注。

参考文献

- [1] Wang Y, Lenke LG. Vertebral column decancellation for the management of sharp angular spinal deformity [J]. Eur Spine J, 2011, 20(10): 1703-1710.
- [2] American Spinal Injury Association. Standards for neurological classification of spinal injury patients [M]. Chicago: American Spinal Injury Association, 1992.
- [3] Klem GH, Lüders HO, Jasper HH, et al. The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology [J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl, 1999, 52: 3-6.
- [4] Avila EK, Elder JB, Singh P, et al. Intraoperative neurophysiologic monitoring and neurologic outcomes in patients with epidural spine tumors [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2013, 115(10): 2147-2152.
- [5] 邱勇, 刘兴勇. 重视神经电生理监测在脊柱矫形术中的应用 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(7): 577-579.
- [6] 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.
- [7] 冯帆, 王树杰, 沈建雄, 等. 生长棒撑开术中经颅刺激运动诱发电位和体感诱发电位监测的应用价值 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(7): 585-589.
- [8] Lazennec JY, Neves N, Rousseau MA, et al. Wedge osteotomy for treating post-traumatic kyphosis at thoracolumbar and lumbar levels [J]. J Spinal Disord Tech, 2006, 19(7): 487-494.
- [9] 刘臻, 邱勇, 朱卫国, 等. 伴神经损害脊柱侧后凸畸形患者脊髓内移后路矫形术后神经电生理变化 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(7): 580-584.
- [10] 邱勇, 刘兴勇. 神经电生理监测在脊柱外科的应用现状 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(7): 670-672.

- [11] Suk SI, Chung ER, Kim JH, et al. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(14): 1682-1687.
- [12] Sutter M, Eggspuehler A, Muller A, et al. Multimodal intraoperative monitoring: an overview and proposal of methodology based on 1 017 cases[J]. Eur Spine J, 2007, 16(Suppl 2): S153-161.
- [13] 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(Phila Pa 1976), 2009, 34(14): 1504-1512.
- [14] Traynelis VC, Abode-Iyamah KO, Leick KM, et al. Cervical decompression and reconstruction without intraoperative neurophysiological monitoring[J]. J Neurosurg Spine, 2012, 16(2): 107-113.
- [15] Lo YL, Dan YF, Tan YE, et al. Intraoperative motor-evoked potential monitoring in scoliosis surgery: comparison of desflurane/nitrous oxide with propofol total intravenous anesthetic regimens[J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2006, 18(3): 211-214.
- [16] 龙海波, 康建平, 冯大雄, 等. 颈脊髓损伤患者应用体感诱发电位监测的价值[J]. 华西医学, 2013, 28(3): 356-360.
- [17] 黄霖, 赵敏, 王鹏, 等. 脊柱手术中多模式神经电生理监测异常的原因分析及处理对策[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 7(7): 594-601.
- [18] 李艳宁, 孟祥龙, 海涌. 重度脊柱畸形合并神经功能障碍的手术治疗[J]. 中国骨与关节杂志, 2014, 14(12): 906-911.

(收稿日期: 2016-08-03)

(本文编辑: 于 倩)

· 会议通知 ·

“第十七届全国(军)经椎弓根内固定暨精准脊柱外科新技术学习班”通知

近年来,随着脊柱外科技术的进步,椎弓根内固定技术得到普及,脊柱退行性疾病治疗方式日趋多样化。减压、融合、内固定成为脊柱退行性疾病治疗的基础。如何精准选择减压、融合和内固定的节段,使手术创伤更小、治疗效果更好,是每个脊柱外科医生必须面对的问题。为了加强对脊柱退行性疾病治疗技术的正确认识,中华医学会骨科分会脊柱学组、《中华骨科杂志》《中国脊柱脊髓杂志》《脊柱外科杂志》和海军总医院骨科拟定于2017年4月14—16日在北京联合举办“第十七届全国(军)经椎弓根内固定暨精准脊柱外科新技术学习班”,届时将邀请国内著名脊柱外科专家就颈胸腰椎椎弓根应用解剖学研究、颈胸椎经椎弓根内固定及侧块螺钉内固定技术、经椎弓根内固定的并发症与预防措施、脊柱融合方式的选择、多节段脊柱退变减压融合节段的选择、O-arm数字导航系统如何提高术中椎弓根螺钉置钉的精准性及在复杂疑难脊柱外科病例中的应用、脊柱微创技术的应用等方面进行详细讲解,同时安排学员进行尸体标本(或模型)操作训练。现将有关事宜通知如下。

一、时间: 2017年4月14—16日

二、地点: 北京市海淀区阜成路6号(海军总医院)

三、报名及征文: 北京市海淀区阜成路6号(海军总医院骨科)何勃主任收,邮编100048

截止日期: 2017年3月31日, 有意大会发言者请寄500~800字摘要

联系电话: 010-68780323, 010-66958486。E-mail: nghortho@163.com

四、费用: 参加学习班及研讨会的学员每人交会务费、资料费1 000元, 参加标本操作者需另交材料费500元(标本数量有限,按报名先后顺序安排)。统一安排食宿,费用自理。本学习班属国家级继续医学教育一类项目,学习结束颁发结业证书,记6学分。

中华医学会骨科分会脊柱学组

《中华骨科杂志》编辑部

《中国脊柱脊髓杂志》编辑部

《脊柱外科杂志》编辑部

海军总医院