

先天性脊柱侧凸与青少年特发性脊柱侧凸 矫形术中神经电生理监测对比分析

刘万友^{1,2}, 邱俊荫², 史本龙², 闫 煌², 毛赛虎², 刘 臻², 孙 旭², 朱泽章^{1,2}, 邱 勇²

(1 徐州医科大学鼓楼临床学院; 2 南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:对比分析先天性脊柱侧凸(congenital scoliosis, CS)和青少年特发性脊柱侧凸(adolescence idiopathic scoliosis, AIS)患者脊柱后路矫形术中神经电生理监测(intraoperative neurophysiological monitoring, IONM)的结果,并评估术前合并椎管内异常对CS患者矫形术中IONM异常的影响。**方法:**回顾性分析2017年6月~2019年10月于我院行脊柱矫形手术的67例CS患者的临床资料,对照组为同时期内于我院行脊柱矫形手术的134例AIS患者,两组患者年龄($P=0.065$)及术前侧凸Cobb角($P=0.077$)均无统计学差异。比较两组凹凸侧体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEPs)的潜伏期和波幅、经颅电刺激运动诱发电位(transcranial electric motor evoked potentials, TcMEPs)的波幅及异常SSEPs的发生率。将CS患者按术前是否合并椎管内异常分为两组,比较两组间出现异常SSEPs的发生率。**结果:**CS患者中67例(100%)术中均成功获得SSEPs监测结果,66例(98.5%)成功获得TcMEPs监测结果;AIS患者均成功获得SSEPs基线及TcMEPs基线。术后CS组3例、AIS组1例出现神经功能损害,两组SSEP和TcMEPs监测的敏感度和特异度均无显著性差异($P>0.05$)。两组患者凹凸侧SSEPs-P37的潜伏期、N45的潜伏期和波幅、TcMEPs波幅均无统计学差异($P>0.05$),两组异常SSEPs的发生率亦无显著性差异(55.2% vs 42.5%, $P=0.094$)。伴椎管内异常的CS患者凸侧SSEPs-N45的潜伏期与无椎管内异常的CS患者比较显著性延长($47.1\pm 5.8\text{ms}$ vs $44.5\pm 3.0\text{ms}$, $P=0.018$),且异常SSEPs发生率明显升高(80.0% vs 44.7%, $P=0.017$)。**结论:**术前无明显神经损害的CS患者与AIS患者IONM的监测效果基本一致,但术前合并椎管内异常的CS患者凸侧SSEPs-N45的潜伏期明显延长,异常SSEPs的发生率明显升高。

【关键词】先天性脊柱侧凸;特发性脊柱侧凸;体感诱发电位;运动诱发电位;椎管内异常

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2021.05.08

中图分类号:R682.1, R741.044 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2021)-05-0435-06

Comparison of intraoperative neurophysiological monitoring during spinal correction surgery between patients with congenital scoliosis and adolescent idiopathic scoliosis/LIU Wanyou, QIU Junyin, SHI Benlong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2021, 31(5): 435-440

【Abstract】 Objectives: To compare the intraoperative neurophysiological monitoring(IONM) results of posterior spinal correction surgery between congenital scoliosis(CS) and adolescent idiopathic scoliosis(AIS) patients and to investigate whether intraspinal anomalies are the risk factors of abnormal IONM data. **Methods:** A total of 67 CS patients receiving operation from June 2017 to October 2019 were retrospectively reviewed and 134 AIS patients at the same period were selected as control group. There was no significant difference in age ($P=0.065$) or Cobb angle of main curve($P=0.077$) between the two groups. The absolute values of latency and amplitude for somatosensory evoked potentials (SSEPs) and transcranial electric motor evoked potentials(TcMEPs) in concave and convex sides, as well as the incidences of abnormal SSEPs were compared between CS and AIS patients. According to with or without intraspinal anomalies, CS patients were divided into two groups and between which the incidences of abnormal SSEPs were compared. **Results:** The SSEPs were all successfully obtained in 67 (100%) CS patients, while TcMEPs were successfully obtained in 66 (98.5%),

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(81702234);南京市医学科技发展资金一般性课题(CZLB1480-2020)

第一作者简介:男(1997-),硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(025)68182022 E-mail:ruosteo@163.com

通讯作者:朱泽章 E-mail:zhuzezhang@126.com

respectively; All SSEPs and TCEMEPs were successfully obtained in AIS patients. New neurologic deficits occurred in 3 CS patients and 1 AIS patients in the immediate postoperative period, and the sensitivity and specificity of IONM were not significantly different between the two groups. There was no significant difference in latencies of SSEPs-P37, SSEPs-N45 and amplitude of SSEPs and TCEMEPs between CS and AIS patients both in concave and convex sides ($P>0.05$). The incidences of abnormal SSEPs were not statistically different between CS and AIS groups (55.2% vs 42.5%, $P=0.094$). However, CS patients with intraspinal anomalies had significantly higher SSEPs-N45 latency in convex side ($47.1\pm5.8\text{ms}$ vs $44.5\pm3.0\text{ms}$, $P=0.018$) and higher incidence of abnormal SSEPs (80.0% vs 44.7%, $P=0.017$) than those of CS patients with no intraspinal anomalies. **Conclusions:** Similar IONM performance could be expected in CS patients without preoperative neurologic deficits compared with AIS patients. CS patients with intraspinal anomalies showed significantly higher SSEPs-N45 latency and higher risk of abnormal SSEPs than those without intraspinal anomalies.

[Key words] Congenital scoliosis; Adolescence idiopathic scoliosis; Somatosensory evoked potentials; Motor evoked potentials; Intraspinal anomalies

[Author's address] Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Xuzhou Medical University; Department of Spine Surgery, Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

脊柱后路截骨矫形手术是严重先天性脊柱侧凸 (congenital scoliosis, CS) 患者唯一有效的治疗策略, 绝大部分患者可以获得良好的临床疗效, 术后主弯 Cobb 角平均矫正率为 59.2%~81.1%^[1-3]。但文献报道在 CS 患者脊柱矫形手术中神经损害的发生率高达 6.1%~24.0%^[2-5], 是脊柱外科医师最关注的并发症。另外, 由于 CS 患者常合并多种椎管内异常及不同程度的术前神经损害, 脊柱矫形手术的神经并发症发生风险高^[6,7]。目前, 术中神经电生理监测 (intraoperative neurophysiological monitoring, IONM) 已成为脊柱外科矫形术中必不可少的神经功能监测技术。本研究回顾性分析行脊柱后路矫形手术的 CS 患者和青少年特发性脊柱侧凸 (adolescence idiopathic scoliosis, AIS) 患者的临床、影像学及 IONM 监测资料, 旨在比较 CS 和 AIS 患者脊柱后路矫形术中的 IONM 的监测结果, 并探讨术前合并椎管内异常是否为 CS 患者矫形术中 IONM 异常的影响因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2017 年 6 月~2019 年 10 月在我院行手术治疗的 CS 患者及 AIS 患者。CS 患者入选标准: (1) 年龄 10~18 岁; (2) 术前查体无明显神经损害 (感觉、反射、肌力均正常); (3) 行单一脊柱后路矫形内固定术; (4) 有术中体感诱发电位 (somatosensory evoked potentials, SSEPs) 和经颅电刺激运动诱发电位 (transcranial electric motor

evoked potentials, TCEMEPs) 等监测资料; (5) 术前有站立全脊柱正侧位 X 线片和全脊柱磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 检查等影像学资料; (6) 主弯顶椎位于 T5~L2。排除既往有外伤和脊柱矫形手术史的患者。共纳入 67 例 CS 患者中男 33 例, 女 34 例, 年龄 13.9 ± 2.6 岁 (10~18 岁), 术前侧凸 Cobb 角为 $63.0^\circ\pm28.1^\circ$ ($42^\circ\sim132^\circ$); 术前全脊柱 MRI 检查示共 20 例患者 (29.9%) 合并椎管内异常, 包括脊髓纵裂 6 例 (9.0%), 脊髓拴系 2 例 (3.0%), 脊髓拴系合并脊髓纵裂 5 例 (7.5%), 脊髓空洞 7 例 (10.4%)。选择满足入选标准且年龄及弯型相似的 134 例 AIS 患者作为对照组, 男 19 例, 女 115 例, 年龄 14.5 ± 1.9 岁 (10~18 岁), 术前侧凸 Cobb 角为 $57.1^\circ\pm18.6^\circ$ ($45^\circ\sim122^\circ$)。两组患者年龄 ($t=1.859$, $P=0.065$) 及术前侧凸 Cobb 角 ($t=1.776$, $P=0.077$) 均无统计学差异。本研究获得本单位伦理委员会批准。

1.2 麻醉方案

所有患者均使用统一的全静脉麻醉方案^[8]。麻醉诱导依次应用咪达唑仑 (0.06mg/kg)、丙泊酚 ($2\sim3\text{mg/kg}$)、顺式阿曲库铵 (0.2mg/kg)、芬太尼 ($3\mu\text{g/kg}$), 诱导结束后不再使用肌松药。麻醉维持分别应用丙泊酚 $80\sim120\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 、瑞芬太尼 $0.2\sim1\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 、右美托咪定 $0.2\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。麻醉维持中保持脑电双频指数 (bispectral index, BIS) 介于 40~60 之间。

1.3 IONM 监测方案

所有患者采用统一 IONM 方案^[9]: (1) SSEPs,

在双侧内踝上 2~3cm 处分别刺激胫后神经,以头颅脑电图国际 10-20 系统的 Cz 作为记录点,以 Fz 作为参照点,分别记录双下肢 SSEPs 的潜伏期(P37 和 N45)及波幅。(2)TCeMEPs,于 C3 和 C4 点放置刺激电极,于双下肢腓展肌、胫前肌和上肢拇短展肌放置记录电极,记录刺激引发的复合型肌肉动作电位,TCeMEPs 的记录参数为最大波幅。本研究仅将下肢腓展肌 TCeMEPs 纳入统计分析。将麻醉结束后至手术操作前诱发并记录的 SSEPs、TCeMEPs 基线数据纳入统计分析。

SSEPs 的报警标准^[10]为与基线相比波幅下降大于 50%或(和)潜伏期 P37 延长超过 10%;TCeMEPs 报警标准^[11]为与基线相比单侧或双侧波幅下降超过 80%。根据既往文献^[12],本研究将异常 SSEPs 定义为:(1)SSEPs 单侧或双侧波形消失;(2)凹凸侧 P37 潜伏期不对称性 ≥ 2.5 标准差(standard deviation,SD)或(和)波幅差值的绝对值 $\geq 1\mu V$ 。SSEP 的标准值采用陈志军等^[13]的研究结果。

1.4 统计学方法

应用 SPSS 22.0(SPSS 公司,美国)进行统计分析。应用独立样本 t 检验比较组间 SSEPs 和 TCeMEPs 潜伏期和波幅的差异,应用 χ^2 检验比较组间异常 SSEPs 的发生率。 $P < 0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

2.1 CS 患者与 AIS 患者的 IONM 监测结果

67 例 CS 患者术中均成功获得 SSEPs 基线,其中 66 例(98.5%)术中成功获得 TCeMEPs 基线(图 1)。134 例 AIS 患者术中均成功获得 SSEPs 基线及 TCeMEPs 基线(图 2)。两组患者的 IONM 监测结果见表 1。术前无明显神经损害的 CS 患者可获得与 AIS 患者类似的良好监测效果,且联合 SSEPs 和 TCeMEPs 的多模式监测有更高的可靠性。

2.2 CS 患者与 AIS 患者的 IONM 比较

两组患者凹、凸侧 SSEPs-P37 的潜伏期、N45 的潜伏期和波幅、TCeMEPs 的波幅见表 2。两组患者凹凸侧 SSEPs-P37 的潜伏期、SSEPs-N45 潜伏期和波幅、TCeMEPs 的波幅均无统计学差异($P > 0.05$)。67 例 CS 患者中,37 例(55.2%)出现异常 SSEPs,其中潜伏期不对称 14 例(37.8%)、波幅不

对称 17 例(45.9%)、潜伏期不对称且波幅不对称 6 例(16.2%)。134 例 AIS 患者中,共 57 例(42.5%)出现异常 SSEPs,其中潜伏期不对称 38 例(66.7%)、波幅不对称 15 例(26.3%)、潜伏期不对称且波幅不对称 4 例(7.0%)。 χ^2 检验示两组异常 SSEPs 的发生率无显著性差异(55.2% vs 42.5%, $P = 0.089$)。

2.3 伴或不伴椎管内异常 CS 患者的 IONM 比较

20 例伴椎管内异常的患者中 16 例(80.0%)有异常 SSEPs,包括脊髓纵裂者 5 例(31.3%)、脊髓拴系者 1 例(6.3%)、脊髓拴系合并脊髓纵裂者 4 例(25.0%)、脊髓空洞者 6 例(37.5%);47 例不伴椎管内异常患者中 21 例(44.7%)出现异常 SSEPs。 χ^2 检验示伴椎管内异常的 CS 患者中异常 SSEPs 的发生率显著性升高(80.0% vs 44.7%, $P = 0.017$)。两组患者凹、凸侧 SSEPs-P37 的潜伏期、N45 的潜伏期和波幅、TCeMEPs 的波幅见表 3,独立样本 t 检验示伴椎管内异常的患者凸侧 SSEPs-N45 潜伏期显著性延长($t = 2.419$, $P = 0.018$)。

3 讨论

既往的研究^[6,7]表明,CS 患者因脊柱先天性发育畸形,常合并多种椎管内异常及不同程度的术前神经损害等,其脊柱矫形手术的神经并发症风险高。Feng 等^[9]报道 82 例伴脊髓纵裂的 CS 患者中共 5 例(6.1%)在脊柱矫形手术后出现新发神经损害。Shi 等^[2]追踪了 17 例严重脊柱畸形(侧凸/后凸畸形 $\geq 90^\circ$)行 SRS-Schwab 6 级截骨手术的 CS 患者,发现术后共 3 例(17.6%)患者出现神经系统并发症,其中 1 例(5.9%)为永久性神经损害。Liu 等^[3]报道应用 SRS-Schwab 4 级和 5 级截骨术治疗半椎体型 CS 患者时,术中神经系统并发症发生率分别为 8%和 4%。因此,分析 IONM 在 CS 患者脊柱矫形术中的监测情况及影响因素对于降低术中神经损害发生率、改善患者预后等具有重要意义。

IONM 应用于 AIS 患者中可获得良好的监测效果。Kundnani 等^[14]报道 AIS 患者术中 SSEPs 监测成功率 100%、TCeMEPs 监测成功率 100%;SSEPs 监测的敏感度为 51%、特异性为 100%,TCeMEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 95%;联合 SSEPs 和 TCeMEPs 监测的敏感度为 100%、

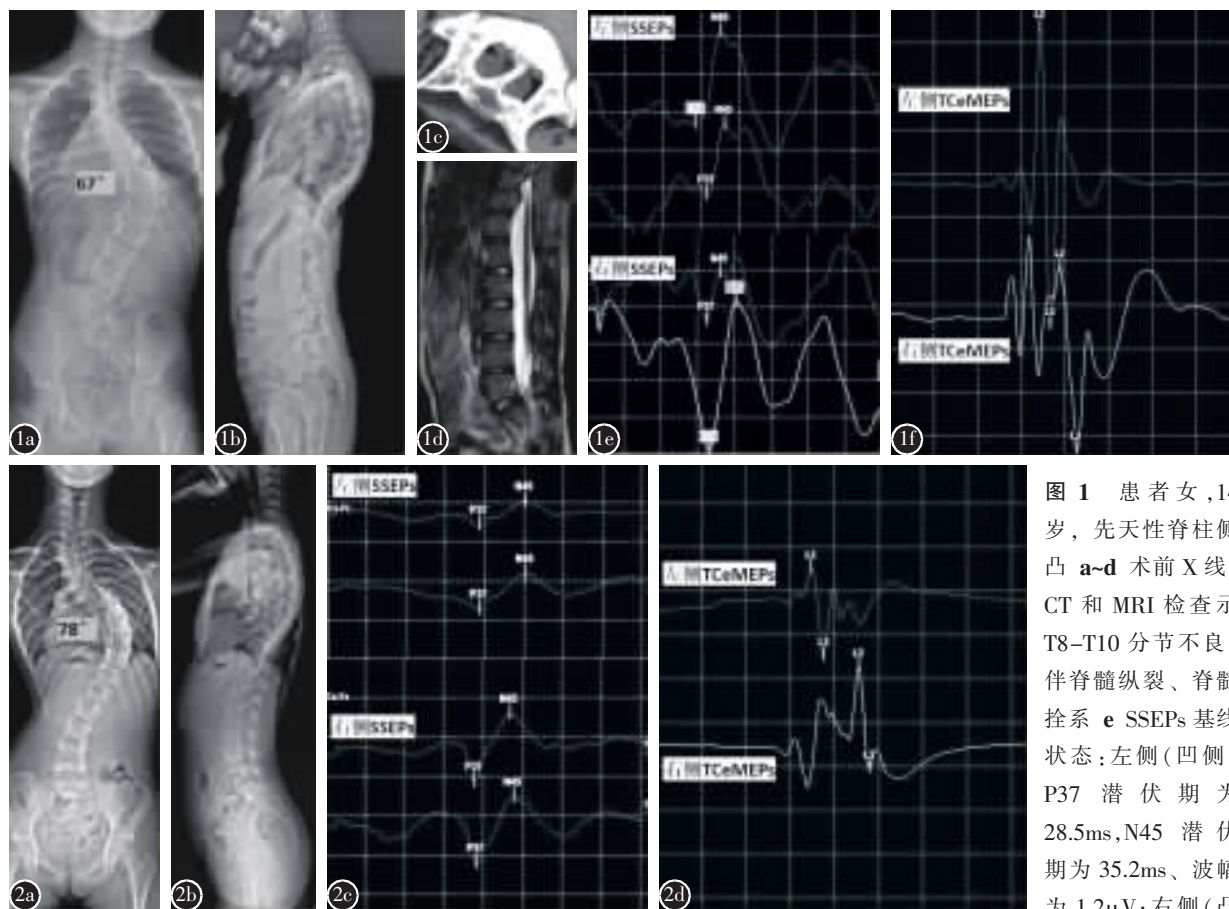


图 1 患者女, 14 岁, 先天性脊柱侧凸 a~d 术前 X 线、CT 和 MRI 检查示 T8-T10 分节不良, 伴脊髓纵裂、脊髓拴系 e SSEPs 基线状态: 左侧(凹侧) P37 潜伏期为 28.5ms, N45 潜伏期为 35.2ms、波幅为 1.2 μ V; 右侧(凸

侧) P37 潜伏期为 32.5ms, N45 潜伏期为 36.2ms、波幅为 0.7 μ V f TCEMEPs 基线状态: 凹侧波幅为 679.3 μ V, 凸侧波幅为 416.9 μ V 图 2 患者女, 为 12 岁, 青少年特发性脊柱侧凸 a、b 术前 X 线片示单右胸弯畸形, 顶椎位于 T8 c SSEP 基线状态时: 左侧(凹侧) P37 潜伏期为 38.5ms, N45 潜伏期为 50.3ms、波幅为 1.3 μ V; 右侧(凸侧) P37 潜伏期为 37.8ms, N45 潜伏期为 46.8ms、波幅为 1.7 μ V d TCEMEPs 基线状态时: 凹侧 TCEMEPs 波幅为 199.1 μ V, 凸侧 TCEMEPs 波幅为 232.2 μ V

Figure 1 A 14-year-old girl diagnosed with CS a~d T8-T10 failures of segmentation, split cord malformation and tethered cord syndrome were observed at preoperative X-rays, CT and MRI e The baseline of SSEPs: P37 latency, N45 latency, and amplitude were 28.5ms, 35.2ms and 1.2 μ V on concave side, 32.5ms, 36.2ms and 0.7 μ V on convex side, respectively f The baseline of TCEMEPs: the amplitude was 679.3 μ V on concave side and 416.9 μ V on convex side

Figure 2 A 12-year-old girl diagnosed with AIS a, b Single right thoracic curve with apex at T8 was observed at preoperative X-rays c The baseline of SSEPs: P37 latency, N45 latency, and amplitude were 38.5ms, 50.3ms and 1.3 μ V on concave side, 37.8 ms, 46.8ms and 1.7 μ V on convex side, respectively d The baseline of TCEMEPs: the amplitude was 199.1 μ V on concave side and 232.2 μ V on convex side

特异性为 99%。Krishnakumar 等^[15]报道 AIS 患者术中 SSEPs 监测成功率为 100%、TCeMEPs 监测成功率为 100%; SSEPs 的敏感度和特异性都为 100%、TCeMEPs 的敏感度和特异性均为 100%。本研究结果表明, AIS 患者矫形术中 SSEPs 监测成功率为 100%、TCeMEPs 监测成功率 100%; 共 1 例出现神经损害, 其中 SSEPs 报警 1 例, TCeMEPs 报警 1 例, SSEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 100%; TCeMEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 100%; 联合 SSEPs 和

TCeMEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 100%, 与既往文献报道类似。CS 患者矫形术中 SSEPs 监测成功率为 100%、TCeMEPs 监测成功率为 98.5%; 共 3 例出现神经损害, 其中 SSEPs 报警 4 例、TCeMEPs 报警 3 例, SSEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 98.4%; TCeMEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 100%; 联合 SSEPs 和 TCeMEPs 监测的敏感度为 100%、特异性为 100%。因此, IONM 在术前无明显神经损害的 CS 患者矫形术中可以获得与 AIS 类似的良好监测效

表 1 CS 患者与 AIS 患者 IONM 的监测结果

Table 1 Test performance of IONM in CS and AIS

	patients			
	CS组 (n=67) CS group		AIS组 (n=134) AIS group	
	SSEPs	TCeMEPs	SSEPs	TCeMEPs
成功监测 (例) Baseline obtained	67	66	134	134
报警 (例) Alerts	4	3	1	1
真阳性 (例) True positive	3	3	1	1
假阳性 (例) False positive	1	0	0	0
真阴性 (例) True negative	63	63	133	133
假阴性 (例) False negative	0	0	0	0
敏感度 (%) Sensitivity	100	100	100	100
特异度 (%) Specificity	98.4	100	100	100

表 2 CS 患者与 AIS 患者 IONM 的差异性比较

Table 2 Comparison of IONM between CS and AIS

	patients			
	CS组 (n=67) CS group		AIS组 (n=134) AIS group	
			t 值 t value	P 值 P value
SSEPs-P37 潜伏期(ms) Latency of SSEPs-P37				
凹侧 Concave	35.9±3.3	36.4±2.8	1.123	0.263
凸侧 Convex	36.0±3.3	36.8±2.8	1.797	0.074
SSEPs-N45 潜伏期(ms) Latency of SSEPs-N45				
凹侧 Concave	45.3±4.0	45.9±3.4	1.111	0.268
凸侧 Convex	45.3±4.1	45.9±3.2	1.138	0.257
SSEPs-波幅(μV) Amplitude of SSEPs				
凹侧 Concave	2.3±1.3	2.6±1.3	1.542	0.125
凸侧 Convex	2.4±1.4	2.6±1.4	0.955	0.341
TCeMEPs-波幅(μV) Amplitude of TCeMEPs				
凹侧 Concave	453.0±334.3	496.1±353.3	0.826	0.410
凸侧 Convex	558.3±552.6	455.4±418.9	1.465	0.144
异常 SSEPs 发生率 (%) Incidences of abnormal SSEPs	55.2	42.5		0.089

果,且应用多模式监测可明显提高 IONM 监测的可靠性。

文献^[6,10,16]中将异常 SSEPs 多定义为单侧或双侧波形消失、单侧或双侧潜伏期较正常计算值延长 ≥ 2.5 个标准值、潜伏期或波幅不对称性 ≥ 2.5 个标准值。Cheng 等^[16]报道 164 例所谓“特发性脊柱侧凸”患者中异常 SSEPs 的发生率约为 14.6%,其中主弯 Cobb 角大于 45°的患者中异常

表 3 伴或不伴椎管内异常的 CS 患者组间比较

Table 3 Comparison between CS patients with and without intraspinal anomalies

	伴椎管内异常 (n=20) With intraspinal anomalies	不伴椎管内异常 (n=47) Without intraspinal anomalies	t 值 t value	P 值 P value
性别 (男/女, 例) Sex (M/F)	7/13	26/21		0.128
年龄 (岁) Age (years)	13.8±3.0	14.0±2.5	0.282	0.779
Cobb 角 (°) Cobb angle	67.4±21.9	56.2±22.7	1.867	0.066
SSEPs-P37 潜伏期 (ms) Latency of SSEPs-P37				
凹侧 Concave	36.6±3.6	35.6±3.2	1.128	0.264
凸侧 Convex	36.9±4.6	35.6±2.6	1.470	0.146
SSEPs-N45 潜伏期 (ms) Latency of SSEPs-N45				
凹侧 Concave	46.8±3.7	44.8±3.9	1.950	0.056
凸侧 Convex	47.1±5.8	44.5±3.0	2.419	0.018
SSEPs-波幅 (μV) Amplitude of SSEPs				
凹侧 Concave	2.2±1.5	2.4±1.2	0.579	0.565
凸侧 Convex	2.2±1.4	2.4±1.4	0.535	0.594
TCeMEPs-波幅 (μV) Amplitude of TCeMEPs				
凹侧 Concave	501.7±427.4	432.4±289.0	0.764	0.449
凸侧 Convex	701.9±658.5	495.8±494.7	1.389	0.170
异常 SSEPs 发生率 (%) Incidences of abnormal SSEPs	80.0	44.7		0.017

SSEPs 的发生率明显升高 (27.6% vs 11.9%)。然而, Shi 等^[9]比较了 60 例 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者和 210 例 AIS 患者的 IONM 监测情况,发现异常 SSEPs 在 Chiari 畸形患者组的发生率为 31.7%, AIS 组的发生率为 31.0%, 两组无显著性差异 ($P=0.572$)。本研究中异常 SSEPs 在 CS 患者中的发生率为 55.2%, 在 AIS 患者组的发生率为 42.5%, 两组间同样无显著性差异 ($P=0.089$)。笔者认为, 异常 SSEPs 同时受病因学、畸形严重程度、术前是否合并神经损害等多种因素影响, 这可能是导致不同研究之间结果差异的重要原因。

另外, 脊柱外科学界普遍认同脊柱畸形患者术前合并椎管内异常可能影响 IONM 的监测结果。Cheng 等^[16]报道在“特发性脊柱侧凸”患者中, 小脑扁桃体疝和脊髓空洞症等椎管内异常的发生率与异常 SSEPs 发生率呈现显著性正相关。Qiu 等^[17]认为在 I 型神经纤维瘤病伴脊柱侧凸患者中, 术前合并神经损害 ($P=0.014$) 是 IONM 监测失败的风险因素。Shi 等^[9]认为合并脊髓空洞的

Chiari畸形伴脊柱侧凸患者与单纯 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者相比具有更高的主弯 Cobb 角 ($P=0.041$)和更低的 SSEPs 波幅($P=0.014$)。本研究结果表明,伴有椎管内异常的 CS 患者有更高的异常 SSEPs 发生率 (80.0% vs 44.7%, $P=0.017$),这与既往文献研究结果一致。

4 结论

IONM 应用于术前无明显神经损害的 CS 患者中可获得与 AIS 患者类似的监测效果,且两组之间异常 SSEPs 的发生率无显著性差异。然而,术前合并椎管内异常的 CS 患者 SSEPs 的潜伏期明显延长,异常 SSEPs 的发生率明显升高。但本研究存在一些局限性。首先,共 67 例 CS 患者及 134 例 AIS 患者入选本研究,相对较少的 CS 样本量可能带来一定程度的选择偏倚。其次,由于正常人 IONM 数据较难获得,因此本研究选择 AIS 患者作为对照组,但 AIS 患者本身的畸形必然会对结果带来一定影响,且本研究 CS 组及 AIS 组并非一对一匹配的,两组之间性别、身高、畸形严重程度、顶椎位置等的差异也可对结果造成影响。再次,虽然本中心脊柱矫形手术中均使用全静脉麻醉,但麻醉方案的个体差异仍会影响 IONM 的潜伏期和波幅。另外,本研究仅探讨了是否合并椎管内异常对 CS 患者的 SSEPs 及 TCEMEPs 基线数据的影响,不同术中操作(截骨方式、截骨等级、是否对椎管内异常是否进行处理等)及患者术中情况(平均动脉压、体温、出血量等)对 IONM 监测结果的具体影响需要进一步研究讨论。

5 参考文献

- Xu L, Chen X, Qiao J, et al. Coronal imbalance after three-column osteotomy in thoracolumbar congenital kyphoscoliosis: incidence and risk factors[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2019, 44(2): E99-E106.
- Shi B, Shi BL, Liu D, et al. Scoliosis Research Society-Schwab grade 6 osteotomy for severe congenital angular kyphoscoliosis: an analysis of 17 cases with a minimum 2-year follow-up[J]. Neurosurgery, 2020, 87(5): 925-930.
- Liu D, Shi B, Shi BL, et al. Partial hemivertebra resection (grade 4 osteotomy) for congenital scoliosis: a comparison with radical hemivertebra resection[J]. World Neurosurg, 2019, 130: e1028-e1033.
- 高博, 吴继功, 马华松, 等. 后路三柱截骨矫形术治疗先天性颈胸段脊柱畸形的安全性及并发症分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(7): 604-612.

- Feng F, Shen J, Zhang J, et al. Clinical outcomes of different surgical strategy for patients with congenital scoliosis and type I split cord malformation[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(16): 1310-1316.
- Boachie-Adjei O, Duah HO, Yankey KP, et al. New neurologic deficit and recovery rates in the treatment of complex pediatric spine deformities exceeding 100 degrees or treated by vertebral column resection(VCR)[J]. Spine Deform, 2021, 9(2): 427-433.
- Qiu Y, Wang S, Wang B, et al. Incidence and risk factors of neurological deficits of surgical correction for scoliosis: analysis of 1373 cases at one Chinese institution [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(5): 519-526.
- 刘海雁, 朱泽章, 史本龙, 等. 体感诱发电位联合运动诱发电位在 Chiari 畸形伴脊柱侧凸后路矫形手术中的应用价值 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(4): 299-303.
- Shi B, Qiu J, Xu L, et al. Somatosensory and motor evoked potentials during correction surgery of scoliosis in neurologically asymptomatic Chiari malformation-associated scoliosis: a comparison with idiopathic scoliosis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2020, 191: 105689.
- Devlin VJ, Anderson PA, Schwartz DM, et al. Intraoperative neurophysiologic monitoring: focus on cervical myelopathy and related issues[J]. Spine J, 2006, 6(6 Suppl): S212-224.
- Langeloo DD, Lelivelt A, Louis Journée H, et al. Transcranial electrical motor-evoked potential monitoring during surgery for spinal deformity: a study of 145 patients [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2003, 28(10): 1043-1050.
- Chiappa KH. Evoked Potentials in Clinical Medicine[M]. 2nd ed. New York: Raven Press, 1983. 203-287.
- 陈志军, 邱勇, 马薇薇. 青少年胫后神经皮层体感诱发电位正常参考值研究[J]. 实用骨科杂志, 2009, 5(3): 186-190.
- Kundnani VK, Zhu L, Tak H, et al. Multimodal intraoperative neuromonitoring in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: evaluation of 354 consecutive cases[J]. Indian J Orthop, 2010, 44(1): 64-72.
- Krishnakumar R, Srivatsa N. Multimodal intraoperative neuromonitoring in scoliosis surgery: a two-year prospective analysis in a single centre[J]. Neurol India, 2017, 65(1): 75-79.
- Cheng JC, Guo X, Sher AH, et al. Correlation between curve severity, somatosensory evoked potentials, and magnetic resonance imaging in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24(16): 1679-1684.
- Qiu J, Li Y, Liu W, et al. Intra-operative neurophysiological monitoring in patients with dystrophic neurofibromatosis type 1 scoliosis[J]. Somatosens Mot Res, 2021, 38(2): 95-100.

(收稿日期:2021-03-11 修回日期:2021-04-24)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 卢庆霞)