

脊柱侧凸手术中 TES-MEP、CSEP 阳性与手术操作相关原因分析

陈裕光, 万 勇, 郑召民, 杨军林, 彭新生, 邹学农, 夏杰华, 舒海华, 李佛保

【摘要】 目的 探讨脊柱侧凸手术中经颅电刺激运动诱发电位(transcranial electrical stimulation motor evoked potential, TES-MEP)和/或皮层体感诱发电位(cortical somatosensory evoked potential, CSEP)阳性与手术操作相关因素。**方法** 2006 年 7 月~2009 年 4 月, 本科行脊柱侧凸手术 151 例, 术中同时监测双侧胫前肌、足拇短屈肌 TES-MEP 以及双侧胫后肌 CSEP。根据术中诱发电位的阳性变化详细检查和分析是否与手术操作不当有关。**结果** TES-MEP 成功检出率为 96.7%, CSEP 成功检出率为 96%。术中诱发电位阳性 27 次, 除 5 次不明原因外, 22 次与手术操作不当相关。其中 15 次及时采取纠正措施, 13 次恢复正常, 2 次明显恢复; 7 次仅经药物干预和观察处理者, 其中 6 次不能完全恢复, 1 次无恢复。**结论** 椎弓根钻孔或螺钉置入、内固定器械矫形、截骨过程和截骨面靠拢等手术操作是导致诱发电位阳性的主要原因。

【关键词】 脊柱侧凸; 诱发电位, 运动; 诱发电位, 躯体感觉; 电刺激; 手术中并发症

【中图分类号】 R 682.3 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-2957(2010)02-0086-04

Relevant factors between operative procedure and positive findings of TES-MEP and CSEP monitoring during the scoliotic surgery CHEN Yuguang*, WAN Yong, ZHENG Zhaomin, YANG Junlin, PENG Xinsheng, ZOU Xuenong, XIA Jiehua, SHU Haihua, LI Fobao. *Department of Spinal Surgery, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

【Abstract】 Objective To investigate the relationship between the operative procedure and positive findings of TES-MEP and CSEP during the scoliotic surgery. **Methods** From July 2006 to April 2009, 151 systemic patients were simultaneously monitored for the TES-MEP responses on bilateral anterior tibial muscle and flexor hallucis brevis and the CSEP response on bilateral posterior tibial muscle. According to the positive findings of TES-MEP and CSEP, the inappropriate operative maneuver was recorded for the analysis. **Results** TES-MEP and CSEP recordings were 96.7% and 96%, respectively. In this series, 27 positive in 25 cases occurred, excepted for 5 times with an unknown cause, the other 22 times were associated with the inappropriate operative maneuver. By correction of operative maneuver, 13 times were back to normal and 2 times close to normal in 15 times; however, 6 times were not able to normal and 1 time was no recovery by the use of pharmaceutical intervention and observation in 7 times. **Conclusion** The relevant factors of the positive TES-MEP and/or CSEP during the scoliotic surgery are closely associated with the operative maneuver including pedicle drilling or pedicle screws placement, the correction of deformity with the interval fixation, drawing close the two side of vertebral osteotomy during the process of vertebral osteotomy.

【Key words】 Scoliosis; Evoked potentials, motor; Evoked potentials, somatosensory; Electric stimulation; Intraoperative complications

J Spinal Surg, 2010, 8(2):86-89

随着脊柱外科水平和内固定器械的迅速发展, 脊柱侧凸矫形手术中实施经颅电刺激运动诱发电位(transcranial electrical stimulation motor evoked potential, TES-MEP)与皮层体感诱发电位(cortical somato-

sensory evoked potential, CSEP)联合监护, 是当今脊柱外科的理想选择^[1~5], 而术中引起诱发电位阳性的相关原因, 目前国内少见报道^[6]。现回顾总结本科 151 例脊柱侧凸手术中 TES-MEP 与 CSEP 联合监护的结果, 以探讨诱发电位阳性与手术操作相关因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2006 年 7 月~2009 年 4 月, 脊柱侧凸手术并实

作者简介: 陈裕光(1957-), 学士, 副教授

作者单位: 510080 广东, 中山大学附属第一医院脊柱外科(陈裕光, 万勇, 郑召民, 杨军林, 彭新生, 邹学农, 李佛保); 中山大学附属第一医院麻醉科(夏杰华, 舒海华)

通信作者: 郑召民 zhengzm1@163.com

施 TES-MEP 与 CSEP 联合监护 151 例,男 54 例,女 97 例。年龄 8 个月 ~ 69 岁,平均 16.4 岁。术前 Cobb 角 $45^{\circ} \sim 159^{\circ}$,平均 71.2° 。类型:特发性 78 例,先天性 42 例,神经纤维瘤病 16 例,其他 15 例。手术方法:后路椎弓根螺钉矫形固定 110 例,后路脊柱截骨并椎弓根螺钉矫形固定 27 例,前路椎间盘切除松解并椎体螺钉矫形固定 5 例,一期前路椎间盘切除松解并二期后路椎弓根螺钉矫形固定 9 例。麻醉以全静脉麻醉 [异丙酚 $<8 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ + 瑞芬太尼] 维持,个别患者可试加用小剂量七氟烷 (吸入浓度 $<1\%$) 或肌松剂 [如顺阿曲库铵 $<0.05 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$]。

1.2 诱发电位检测方法

使用美国 Nicolet 公司 Endeavor CR 16 通道术中监护仪。TES-MEP 监测^[5]:将 2 个圆盘表面刺激电极置于 C_3 和 C_4 位置,互为阳极或阴极,阳极为刺激极,记录对侧肢体胫前肌和足底拇短屈肌 TES-MEP。CSEP 监测:刺激双侧内踝胫后神经,头部记录 CSEP。

1.3 诱发电位预警标准与阳性标准

目前尚无公认、统一的 TES-MEP 预警标准^[3,7],作者通过回顾性总结,采用“全或无”(即有或无动作电位)预警标准。但为了减少假阳性和提高监护准确率,进而提出 TMS-MEP 阳性标准:当一侧肢体以上的 TES-MEP 消失,经重复或加大刺激强度仍消失,并排除了麻醉(是否符合上述麻醉要求)、血压(平均动脉压 $\geq 65 \text{ mmHg}$)和仪器等非手术影响因素,观察 10 min 内仍无恢复者。CSEP 阳性标准:一侧肢体以上的 CSEP 重复出现波幅下降 $\geq 50\%$ (不含波幅完全消失)或峰潜时延长 $\geq 10\%$,并排除了上述影响因素,观察 15 min 内仍无恢复者,抑或重复记录 CSEP 仍消失者。上述标准与一直沿用的标准一致^[5,6]。阳性确认后应及时采取干预措施,包括暂停手术找原因和纠正手术操作或唤醒试验,同时给予甲基强的松龙的负荷剂量 30 mg/kg ,限制脊

髓的水肿^[8]。术后详细检查和记录患者肢体肌力和趾(指)关节位置觉和皮肤触痛觉情况,并与术前比较。

2 结 果

2.1 术中成功检出率

151 例手术中成功获得具有监护价值且重复性较好 TES-MEP 146 例,检出率 $= 146/151 \times 100\% = 96.7\%$,全程记录失败 5 例占 3.3% ;CSEP 成功监测 145 例,检出率 96% ,失败 6 例占 4% ;本组所有患者均能成功记录到一种以上的诱发电位。

2.2 监护结果与术后脊髓运动和感觉功能的比较

根据术中 TES-MEP、CSEP 监护结果,与术后患者肢体肌力(脊髓运动功能)、关节位置觉和皮肤触痛觉(脊髓感觉功能)情况比较,从表 1,2 可见, TES-MEP 判断脊髓运动功能的灵敏度 = 阳性符合/(阳性符合 + 阴性不符合) $\times 100\% = 100\%$,特异度 = 阴性符合/(阴性符合 + 阳性不符合) $\times 100\% = 98.5\%$,约登指数 = 灵敏度 + 特异度 - 1 = 0.985;从而判断脊髓感觉功能的灵敏度为 77.8% 、特异度 98.4% 、约登指数 0.762。CSEP 监测判断脊髓运动功能的灵敏度为 86.7% 、特异度 96.2% ,约登指数 0.829;判断脊髓感觉功能的灵敏度为 93.8% 、特异度 97.7% 、约登指数 0.915。151 例联合监护判断脊髓功能的灵敏度为 $22/(22 + 0) \times 100\% = 100\%$ 、特异度为 $124/(124 + 5) \times 100\% = 96.9\%$ 、约登指数 0.969;但是,术中同时出现 2 种电位阳性的 7(例)次中,全部为真阳性,而二者均阴性的 124 例中,没有 1 例假阴性。

2.3 诱发电位阳性与手术操作相关的原因

本组术中诱发电位阳性 27 次中,单独出现 TES-MEP 阳性 9 次、单独出现 CSEP 阳性 11 次、2 种电位均阳性 7 次,其中 22 次(占阳性的 81.5%)与下列手术操作相关。

表 1 术中 TES-MEP 监测结果与术后脊髓功能的符合情况
Tab.1 Postoperative spinal cord function with intraoperative TES-MEP monitoring

TES-MEP	例数 Cases	术后运动功能 Motor function		术后感觉功能 Sensory function	
		符合 Agreement	不符合 Disagreement	符合 Agreement	不符合 Disagreement
阳性 Positive	16	14	2	14	2
阴性 Negative	130	130	0	126	4
总数 Total	146	144	2	140	6

表 2 术中 CSEP 监测结果与术后脊髓功能的符合情况
Tab. 2 Postoperative spinal cord function with Intraoperative CSEP monitoring

CSEP	例数 Cases	术后运动功能 Motor function		术后感觉功能 Sensory function	
		符合 Agreement	不符合 Disagreement	符合 Agreement	不符合 Disagreement
阳性 Positive	18	13	5	15	3
阴性 Negative	127	125	2	126	1
总数 Total	145	138	7	141	4

椎弓根钻孔或螺钉置入 5 次,为上胸段重度侧凸畸形,在 T₂₋₈ 顶椎椎弓根钻孔过程中或螺钉置入后,单独出现 TES-MEP 阳性 1 次、CSEP 阳性 2 次,2 种电位均阳性 2 次。

内固定器械矫形 7 次,在旋转矫形后、凹侧多次撑开或凸侧压缩矫形时,单独出现 TES-MEP 阳性 2 次、CSEP 阳性 3 次,2 种电位均阳性 2 次。

脊柱截骨和靠拢矫形 10 次,本组脊柱侧后凸畸形实施 T₆~L₁ 全脊柱截骨 27 例,其中 4 次在脊髓前、后的截骨过程中,手术器械(凿、电磨、刮匙等)不慎触碰硬膜脊髓,单独出现 TES-MEP 或 CSEP 阳性各 2 次;3 次因椎管内静脉丛汹涌出血,而使用明胶海绵或纱布压迫止血,以致 TES-MEP、CSEP 及 2 种电位均阳性各 1 次;另有 3 次在截骨面基本靠拢时同时出现 2 种诱发电位阳性。

上述与手术操作密切相关的 22 次中,15 次及时采取纠正措施。其中 13 次基本恢复正常,术后神经功能正常;2 次明显恢复,术后有一过性神经功能障碍。7 次仅经药物干预和观察者,6 次均不能完全恢复,术后均有相应肢体的部分肌力和/或趾关节位置觉和皮肤触痛觉异常,随访 1 d~3 个月基本恢复;1 次无恢复,术后瘫痪加重,6 个月基本恢复。

此外,与手术操作无关的 5 次中,1 次血压持续 0.5 h 维持在 70 mmHg/40 mmHg 左右,出现双侧 TES-MEP 消失,经升高血压 14 min 自动恢复;4 次为不明原因(其中 TES-MEP 阳性 1 次,CSEP 阳性 3 次),持续 15~38 min 后自动恢复,术后神经功能正常。

3 讨 论

医源性脊髓损伤甚至截瘫是脊柱矫形手术中的严重并发症。由于 CSEP 不能直接监测脊髓运动功能,以及有假阴性报道,近几年国外开展 TES-MEP 和 CSEP 联合监护的报道日渐增多^[1~4]。本科自 2006 年 4 月起,成功地开展了此项目的联合监

护^[5]。本组结果显示 TES-MEP 判断脊髓运动功能的灵敏度(100%)和约登指数(0.985)均明显高于 CSEP(86.7%、0.829);相反,CSEP 判断脊髓感觉功能的灵敏度(93.8%)和约登指数(0.915)又明显高于 TES-MEP(77.8%和 0.762)。而联合监护的成功检出率和阳性率均明显高于单一方法的监护;此外,术中同时出现 2 种电位阳性者全部为真阳性,而二者均阴性者没有 1 例假阴性。因此,TES-MEP 或 CSEP 监护各具优势和互补性,联合监护是当今脊柱外科手术中的理想选择^[3,9]。

术中实施联合监护能及时发现问题,尽早采取干预措施,减少或避免脊髓神经损伤发生。Schwartz 等^[3]报道 1 121 例脊柱侧凸手术中出现诱发电位阳性 38 例,其中 76.3%与手术操作不当相关。本组 27 次诱发电位阳性中,22 次(81.5%)与下列手术操作相关,值得手术者和监护者的高度注意和警惕。

3.1 椎弓根钻孔和螺钉置入

由于重度脊柱侧凸畸形的顶椎椎弓根空间方向变异、变形和椎体极度旋转以及上胸椎段椎弓根很小,以致椎弓根螺钉置入并非容易,失误率可达 30.6%,造成脊髓损伤或截瘫的发生率亦高达 5.0%~6.2%^[10~13]。本组 5 次(占阳性的 18.5%)因 T₂₋₈ 椎弓根钻孔或螺钉置入时出现诱发电位阳性,其中 1 例术后 CT 显示该螺钉穿入椎管前方的内侧壁 4 mm,而 Schwartz 等^[3]报告因椎弓根螺钉或椎板钩置入引起阳性的发生率高达 34.5%。因此,术中除了参考术前 CT,正确选择椎弓根的进针点、角度和螺钉直径外,使用 C 形臂 X 线机透视、导航仪定位和 EMG 监测能有效地减少或避免椎弓根螺钉置入的失误。

3.2 内固定器械矫形

脊柱侧后凸的畸形矫正越多,脊髓被牵伸拉长越明显,甚至可能造成截瘫。赵新建^[14]报道 2 例脊

柱截骨完全截断时因头盆环牵拉而致椎间隙被拉宽 1 cm, 即出现双下肢瘫痪, 经纠正后 0.5 h 恢复。本组结果显示在旋棒矫形后多次撑开和压缩矫形时, 7 次(占阳性的 25.9%)出现阳性, 而 Schwartz 等^[3]报告该发生率占阳性病例的 55.2%。据此, 有学者认为, 脊髓耐受被拉长的能力是十分有限的, 当脊柱侧凸矫形超过脊髓耐受扭曲、牵拉的限度时, 可导致脊髓缺血、缺氧, 甚至截瘫^[13]。因此, 术中内固定器械的矫形宜采取间断、渐进性的方式进行, 并同时升高血压、增加脊髓的血流灌注, 能有效地减少避免脊髓缺血性损伤的发生^[3]。

3.3 脊柱截骨和截骨面靠拢矫形

在脊柱截骨、靠拢矫形的操作过程中, 史亚民等^[15]报告一过性脊髓神经损伤的发生率为 12.9%。赵新建^[14]报告 32 例全脊柱截骨术, 3 例(占 9.4%)因截骨面靠拢矫形时出现双下肢不全瘫。本组在截骨过程中, 4 次因手术操作器械不慎触碰硬脊膜, 而即时出现诱发电位阳性; 3 次因椎管内静脉丛汹涌出血使用明胶海绵或脑棉压迫止血引起诱发电位阳性; 在截骨面基本靠拢时, 3 次出现诱发电位阳性。因此, 文献报告单节段脊柱截骨的宽度应 ≤ 4 cm, 对畸形严重者应选择多节段截骨, 以防止靠拢时因脊髓过度缩短和皱褶引起的脊髓损伤^[14]。在截骨的过程中要保护好脊髓, 以免手术器械造成脊髓损伤; 截骨面的靠拢也要间断、分次进行, 并仔细检查上下椎板有无造成脊髓卡压。

此外, 术中诱发电位的异常改变也与血压、麻醉、体温等非手术因素有关^[3,7]。本组与手术操作无关的 5 次中, 1 次因血压在 70 mmHg/40 mmHg 左右而出现双侧 TES-MEP 消失, 经升高血压后自动恢复。对此, Schwartz 等^[3]认为平均动脉压 < 65 mmHg 时容易出现 TES-MEP 阳性, 而不伴有 CSEP 改变, 建议在器械安放阶段将平均动脉压维持在 > 65 mmHg。根据作者近 3 年 300 余例联合监护经验, 实施全静脉麻醉是取得监护成功的关键, 但是 2 次由于手术时间长、出血多, 在手术的后期出现诱发电位阳性, 经暂停麻醉、实施唤醒试验的过程中自动恢复, 推测可能与低血容量后麻醉药物浓度升高

有关; 其余 2 次原因亦不明, 有待今后的进一步研究与探讨。

参考文献

- [1] Taniguchi M, Cedzich C, Schramm J. Modification of cortical stimulation for motor evoked potentials under general anesthesia; technical description [J]. *Neurosurgery*, 1993, 32(2):219-226.
- [2] Stephen JP, Sullivan MR, Hicks RS, et al. Cotrel-dubousset instrumentation in children using simultaneous motor and somatosensory evoked potential monitoring [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1996, 21(21):2450-2457.
- [3] 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.
- [4] Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, et al. Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery [J]. *Clin Neurophysiol*, 2002, 113(7):1082-1091.
- [5] 陈裕光, 李佛保, 杨军林, 等. 经颅电刺激运动诱发电位和皮层体感诱发电位在脊柱侧凸手术中联合监护的观察研究 [J]. *中华骨科杂志*, 2009, 29(1):27-31.
- [6] 陈裕光, 李佛保, 彭新生, 等. 脊髓型颈椎病变中 CSEP 异常变化与手术相关因素分析 [J]. *中华医学杂志*, 2006, 86(27):1891-1895.
- [7] 周琪琪. 神经监测技术在临床手术中的应用 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2005: 180-192.
- [8] Fehlings MG; Spine Focus Panel. Summary statement: the use of methylprednisolone in acute spinal cord injury [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(24 Suppl):S55.
- [9] Luk KD, Hu Y, Wong YW, et al. Evaluation of various evoked potential techniques for spinal cord monitoring during scoliosis surgery [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(16):1772-1777.
- [10] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15(1):11-14.
- [11] Cinotti G, Gumina S, Ripani M, et al. Pedicle instrumentation in the thoracic spine. A morphometric and cadaveric study for placement of screws [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1999, 24(2):114-119.
- [12] 毛克亚, 王岩, 张永刚, 等. 胸椎椎弓根螺钉置入位置的 CT 评价 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2005, 15(4):222-224.
- [13] 胡勇, 谢辉, 徐荣明, 等. 青少年脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉置入的准确性和安全性评价 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2006, 16(11):820-824.
- [14] 赵新建. 全脊柱截骨术使脊髓缩短对脊髓功能影响的临床观察 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 1997, 7(5):196-198.
- [15] 史亚民, 侯树勋, 李利, 等. 脊柱畸形手术失败原因与对策 [J]. *中国骨科杂志*, 2005, 25(12):705-711.

(收稿日期: 2010-01-04)

(本文编辑 于倩)