

临床论著

皮层体感诱发电位及经颅电刺激运动诱发电位
联合监护在脊柱畸形矫正术中的应用刘新宇¹, 王 芳², 原所茂¹, 翟永华², 郑燕平¹

(1 山东大学齐鲁医院骨科; 2 第一手术室 250012 济南市)

【摘要】目的: 探讨脊柱畸形矫正术中皮层体感诱发电位(CSEP)及经颅电刺激运动诱发电位(TES-MEP)联合监护在脊柱畸形矫正手术中的应用。方法: 对我院收治的脊柱畸形患者根据术中监护方法分为两组: A 组 37 例, 其中男 25 例, 女 12 例, 年龄 13~42 岁, 平均 26.1 岁, 术中进行 CSEP 及 TES-MEP 联合监护; B 组 29 例, 其中男 10 例, 女 19 例, 年龄 13~20 岁, 平均 15.8 岁, 单纯采用 CSEP 监护作为对照组。术中持续观察 CSEP 及 TES-MEP 波幅及潜伏期变化, 出现波幅下降 50%、潜伏期延长 10% 或刺激强度高于初始刺激强度 100V 仍未引出者, 停止手术并对症处理, 术后给予激素治疗。结果: A 组术中出现 CSEP 异常者 4 例 (10.8%), TES-MEP 异常者 19 例 (60%)。术中 CSEP 及 TES-MEP 均异常者 4 例 (10.8%), 无术中 CSEP 异常而 TES-MEP 正常者。2 例 (陈旧性结核并后凸畸形 1 例, 陈旧性骨折并后凸畸形 1 例) 术中合拢截骨平面时, TES-MEP 波形均消失, 但仅 1 例出现 CSEP 异常, 经术中积极处理, 至手术结束时波形仍未恢复至术前水平, 术后均出现神经功能障碍。余 35 例患者术后无神经功能损伤 (假阴性率 0%)。B 组 9 例 (21%) 术中出现 CSEP 波形异常, 其中 2 例虽经减少矫形角度及激素冲击治疗, 术后仍出现双下肢瘫, 余术后未出现神经功能障碍。3 例术中监护未见异常者, 术后出现重度不可逆性脊髓损伤 (假阴性率 10%)。结论: CSEP 结合 TES-MEP 联合监护能较可靠、准确的反映术中脊髓功能状态, 可降低监护假阴性率, 为手术治疗过程提供参考。

【关键词】皮层体感诱发电位; 经颅电刺激运动诱发电位; 监护; 脊柱畸形

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.03.09

中图分类号: R741, R682.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2011)-03-0212-05

Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in spinal deformity surgery/LIU Xinyu, Wang Fang, YUAN Suomao, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(3): 212~215

【Abstract】Objective: To investigate the efficacy of combined monitoring of motor evoked potentials with trans-cranial electrical stimulation (TES-MEP) and cortical somatosensory evoked potentials (CSEP) for spinal deformity correction surgery. Method: There were 37 patients including 25 males and 12 females (group A). The average age was 26.1 years old. There were 17 cases of scoliosis, and 20 cases of kyphosis deformity. All patients underwent intra-operative CSEP and MEP monitoring. Twenty-nine cases (10 males and 19 females) who experienced only CSEP monitoring were termed as control group (group B). The average age was 15.8 years old. For those with amplitude decreasing 50% and latency increasing 10% or remaining no change with stimulate 100V over than primary, surgical approach were changed. Result: Combined motor and sensory monitoring was successfully achieved in 32 (86.4%) cases in group A. The abnormality of CSEP was observed in 4 cases (10.8%), while the abnormality of MEP was observed in 19 cases (60%). The abnormality of CSEP and TES-MEP occurred in 4 cases (10.8%), abnormal MEP with abnormal CSEP occurred in 15 cases (40.5%). No case in group A with normal intra-operative monitoring was complicated with post-operative neurological deficit (0%). Two cases with kyphosis deformity due to old TB and fracture were noted MEP and/or CSEP abnormality, and the patients had minor neurological deficit after surgery. In group B, 9 cases (21%) were noted CSEP abnormal. 3 cases (10%) with normal recordings were complicated with severe motor dysfunction. Conclusion: Combined TES-MEP and CSEP in spinal deformity surgery is safe, reliable and sensitive for monitoring spinal cord function, which can be used to guide surgery.

【Key words】Cortical somatosensory evoked potential; Motor evoked potentials; Intra-operative monitoring

【Author's address】The Orthopedics Department of Qilu Hospital, Shandong University, Ji'nan, 250012, China

第一作者简介: 男 (1974-), 副教授, 医学博士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0531) 82169423 E-mail: newyuliu@yahoo.com.cn 通讯作者: 郑燕平 E-mail: zheng_spine@yahoo.com.cn

经颅连续电刺激 MEP(TES-SEP)与体感诱发电位(SEP)联合监护于 1996 年始应用于神经外科手术,随后应用于脊柱外科术中监护^[1]。笔者回顾性分析了本院 2009 年 4 月~2010 年 6 月术中应用 CSEP 联合 TES-MEP 监护的临床效果,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

自 2009 年 4 月~2010 年 6 月对 37 例接受脊柱手术患者行术中联合电生理监护(A 组),男 25 例,女 12 例,年龄 13~42 岁,平均 26.1 岁。术前诊断:先天性脊柱侧凸 11 例,特发性脊柱侧凸 6 例,陈旧性骨折并后凸畸形 12 例,陈旧性胸椎结核并后凸畸形 7 例,强直性脊柱炎后凸畸形 1 例。术前陈旧性骨折并后凸畸形 2 例(Frankel 分级 C 级 1 例, D 级 1 例)、陈旧性胸椎结核并后凸畸形 3 例(Frankel C 级 2 例, D 级 1 例)合并神经功能损伤,其余均无神经功能障碍。手术方式:半脊椎切除短节段固定 4 例,半脊椎切除、侧凸矫形内固定 7 例,楔形截骨、侧凸矫形内固定术 6 例,经椎弓根楔形截骨、后凸矫形、减压内固定术 20 例。

对照组^[2](B 组),共 29 例,男 10 例,女 19 例,年龄 13~20 岁,平均 15.8 岁。其中特发性脊柱侧凸 18 例,先天性半椎体畸形 8 例,脊髓纵裂并脊柱侧凸 1 例,胸椎管内脂肪瘤并脊柱侧凸 1 例, Chiari 畸形并脊柱侧凸 1 例。术前 Frankel 分级: D 级 1 例, E 级 28 例。手术方式:后路楔形截骨、矫形内固定术 15 例;单纯后路矫形内固定术 6 例;后路矫形并椎管内肿瘤切除 1 例;后路半椎体切除、矫形内固定术 5 例;后路 S1 半椎体切除、经胸前路矫形内固定术 1 例;后路骨性间隔切除、椎体楔形截骨、矫形内固定术 1 例。

1.2 麻醉方法

采用全麻,麻醉诱导采用咪达唑仑 0.1mg/kg,异丙酚 1~1.5mg/kg,阿曲库胺 1mg/kg,芬太尼 0.04~0.06mg/kg。术中异丙酚 4~8mg/kg/h 持续注入,根据麻醉深度,间断追加 0.02mg/kg。

1.3 监测方法

所有患者均采用尼高力(Nicolet)Endeavor CR IOM 术中监护诊断系统,分别监测上肢双侧拇短展肌、小指展肌、下肢胫骨前肌、腓收肌、腓肠肌 TES-MEP,按国际脑电图学会制定系统(10~20

系统),TES-MEP 针刺刺激电极放置于 C1、C2,互为参考电极。麻醉后先行 TES-MEP 检查,逐步增高刺激强度直至出现 TES-MEP 波形,以高于该强度 30%的刺激量作为术中恒定刺激强度,最高刺激强度<400V,连续刺激 5 次,刺激间期 300ms。记录电极置于双侧拇短展肌、小指展肌、双侧胫骨前肌、腓收肌、腓肠肌,极间阻抗<5k Ω ,敏感度 50~100 μ V。如获得的 TES-MEP 波幅小于 20 μ V,则放弃 TES-MEP 监护。以暴露到椎板时检测到的波幅及潜伏期为基准进行术中监测。

同时记录双侧正中、胫后神经体感诱发电位(CSEP),记录电极放置于 Cz,参考电极置于 FPz 点。鞍状刺激电极放置于病变较侧内踝后方,刺激胫后神经,极间阻抗<2k Ω ,方波刺激、波宽 0.2ms,频率 2.1Hz,叠加 100~300 次,CSEP 刺激强度以脚趾微动为准,刺激强度在整个监护过程中保持恒定^[3]。麻醉后但尚未切开皮肤之前及暴露到椎板时各测 CSEP 值^[4]。以暴露到椎板时检测到的波幅及潜伏期为基准进行术中监测。

1.4 诱发电位监护异常判定标准及处理^[5]

(1)CSEP 波幅值下降 50%或潜伏期时间延长 $\geq$ 10%;(2)TES-MEP 波形下降 50%、潜伏期时间延长 $\geq$ 10%或刺激强度值高于初始强度 100V 时仍未出现 TES-MEP 波形。上述观察指标单一异常即认定异常。术中 TES-MEP 或 CSEP 的波形和/或波幅出现异常并达到报警标准且变化持续超过 10~15min 无改善,则停止手术操作并重复行 TES-MEP 及 CSEP 监测,并寻找异常原因,包括:麻醉剂应用剂量、术中即刻血压及出血量、术中椎弓根钉置入、截骨或矫形操作等。术中针对可能的原因采用减少矫形角度、补液输血抗休克、甲基强的松龙 30mg/kg 冲击治疗等方法。

2 结果

A、B 两组监护数据对比见表 1,术中监护异常原因见表 2。A 组中有 5 例:双下肢 TES-MEP 均未能得到恒定波形者 3 例,一侧下肢未能获得恒定波形者 2 例。3 例术中 TES-MEP 波幅下降>50%,术中反复查找原因未见异常,术后患者无神经功能损伤。典型病例见图 1。术后 2 例出现神经功能障碍者,1 例陈旧性骨折并后凸畸形者术中脊柱截骨后合拢截骨平面时脊髓皱缩,致 CSEP 及 TES-MEP 波形消失。术中给予部分松开,

15min 后 CSEP 恢复但左侧下肢 TES-MEP 波幅下降>50%，至手术结束时仍未恢复至术前水平，术后左下肢屈髋、伸屈膝及足背伸肌力3级。1 例陈旧性结核并后凸畸形患者，术中截骨面合拢及转棒矫形期间 TES-MEP 波形消失，但 CSEP 波幅及潜伏期未见异常，给予减少矫正角度、甲基强的松龙（30mg/kg）冲击等对应处理后，14min 后 TES-MEP 波形恢复，但刺激量超过术前刺激量 100V 波形方出现，术后左足背伸肌力3级。

表 1 A 组与 B 组监护结果

	A组	B组
例数	37	29
TES-MEP 监测成功率	86.4%(32/37)	—
CSEP监测成功率	100%(37/37)	100%(29/29)
联合监测成功率	86.4%(32/37)	—
CSEP异常率	10.8%(4/37)	20.6%(6/29)
TES-MEP 异常	59.3%(19/32)	—
CSEP+TES-MEP 均异常	10.8%(4/37)	—
CSEP正常、TES-MEP 异常	40.5%(15/37)	—
CSEP异常、TES-MEP 正常	0%(0/37)	—
假阴性率	0%(0/37)	10.3%(3/29)
假阳性率	8.1%(3/37)	3.5%(1/29)
术后神经功能损伤	5.4%(2/37)	17.2%(5/29)

表 2 两组术中监护异常原因 (例)

监护异常原因	A组		B组
	CSEP异常	TES-MEP 异常	CSEP异常
短效肌松剂应用	—	3	—
脊椎截骨	—	4	2
截骨面合拢	4	4	1
转棒、撑开矫形	—	1	—
术中出血	—	3	—
椎弓根螺钉置钉	—	—	3

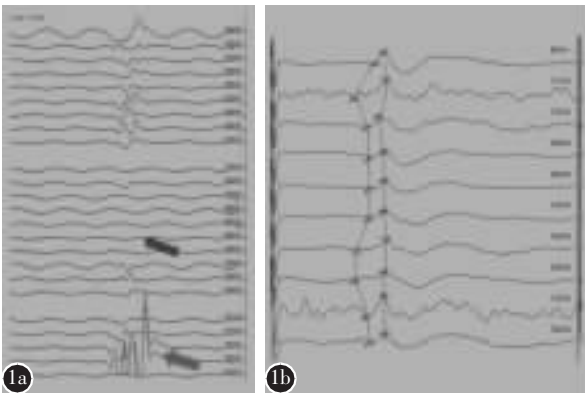


图 1 男，24 岁。强直性脊柱炎性后凸畸形 a 截骨后矫正后凸时左侧下肢 TES-MEP 波幅明显下降，并逐渐消失(上方箭头所示)，减少矫正角度后波形逐渐恢复(下方箭头所示) b 术中全程经后神经 CSEP 未见明显异常

B 组均成功获得有效 CSEP 波形，但 3 例术中波形未见明显异常，术后出现下肢运动障碍。1 例术中波幅持续下降>50%，但术后无神经功能异常。6 例(20.6%)术中出现 CSEP 波幅下降超过 50%或潜伏期延长超过 10%异常，其中螺钉穿透椎弓根内侧壁 3 例，经重新固定螺钉，术后未出现神经功能损伤；术中截骨及合拢后 CSEP 波形消失 3 例，经术中唤醒试验证实后，减少矫正角度、甲基强的松龙冲击治疗等措施后 1 例术中波形逐步恢复，术后未出现明显神经功能损伤，其余 2 例波幅及波形均未恢复，术后双下肢瘫。

3 讨论

CSEP 已被证实是判断脊髓损伤程度较可靠的客观指标之一，且容易获得有效监护波形^[4]。本研究 A、B 两组均可获得满意术中监护波形(成功监护率 100%)，但单纯 CSEP 术中监护存在一些问题，主要包括^[5]：①敏感性低，CSEP 术中监护敏感性仅为 23.7%，也就是说术后出现脊髓损伤的患者，术中仅有 23.7%的患者发现 CSEP 异常。本研究 A 组中，术中出现 TES-MEP 异常而 CSEP 未见异常者高达 40.5%。术后出现神经功能障碍的 2 例患者中，1 例术中 CSEP 出现异常但术中恢复，另 1 例术中 CSEP 未见异常。B 组中假阴性率也达 10%。因此仅接受 CSEP 监护患者，术中有时需通过术中唤醒(WUT)等进一步证实 CSEP 监护的可靠性。②仅能反映脊髓后索功能。③叠加时间较长，本身信号较小且有一定的变异性，需要一定时间叠加，不能反映即刻脊髓功能状态^[6]。往往术中 TES-MEP 发生异常后一段时间，方出现 CSEP 异常。

TES-MEP 是通过对大脑运动皮层的刺激，在锥体束或骨骼肌上记录的电反应，与 CSEP 相比，TES-MEP 具有以下优点：①敏感性高，TES-MEP 可灵敏反映脊髓缺血、脊髓牵拉及皱缩等缺血、低血压性休克及局部操作对脊髓神经功能的影响。本组中 19 例出现 TES-MEP 异常，其中 13 例均给予减少矫正角度、甲基强的松龙冲击等对应处理，术后仅 2 例出现轻度神经功能损伤。对于术中出现 CSEP 及 TES-MEP 异常者，CSEP 波形异常出现往往晚于 TES-MEP 波形。因此术中一旦出现 TES-MEP 异常而 CSEP 正常的情况时，在麻醉药物用量等正常的前提下，应提醒手术医师脊髓

损伤的可能性。另外本组 3 例因为术中大量出血导致 TES-MEP 波形一过性消失或波幅明显下降,而 CSEP 未出现异常。此时术中及时提供相关信息有利于手术医生调整手术方案或暂停手术,以减少持续性脊髓缺血导致的神经功能损伤。②反映脊髓运动通路功能状态;③术中无需叠加波形,单次串刺激即可获得监护波形,可及时反馈脊髓功能状态。

综上,CSEP 及 TES-MEP 联合监护可将两种监护方式的优势互补,充分保证术中监护的准确性和可靠性。本组脊柱畸形者均为胸、腰段,因此是 TES-MEP 及 CSEP 联合监护的最佳适应证,其优点包括:①降低监护假阴性率:假阴性率是衡量手术监护成功与否的重要指标,术中未能及时发现、及时处理,往往导致术后脊髓永久性损伤。本研究对照组中假阴性率达 10%,而采用联合监护组未出现假阴性病例,有效提高了监护准确性;也便于手术医生早期处理,可减少永久性损伤发生率。②提高手术安全性。本研究 A 组病例中术后仅 2 例(5.4%)出现神经功能损伤;而 B 组,术后 5 例(17.2%)出现神经功能损伤,因此 CSEP 与 TES-MEP 联合监护可有效提高手术安全性;③减少手术时间:单纯 CSEP 监护组,一旦术中出现波形异常,往往需要 WUT 以证实是否有下肢运动功能障碍;文献证实虽然 WUT 敏感性高于 CSEP,但并不优于 TES-MEP。术中唤醒试验(WUT)较 TES-MEP+CSEP 联合监护并不能提供更多有用信息^[9]。A 组术后发生神经功能障碍的 2 例患者,术中 TES-MEP 监护结果均与术后症状相符合。因此在能获得有效 TES-MEP 及 CSEP 波形的情况下,术中不必唤醒,从而有效减少手术时间。

联合电生理术中监护注意事项:①监护干扰因素较多。两种监护方式均易受如温度、血压、麻醉深度、麻醉药物的使用、术中使用电刀等多种因素的影响。TES-MEP 受麻醉药物影响极大,术中应用肌松药物等可导致波形消失。A 组 3 例因为麻醉诱导时采用短效肌松剂导致波形消失,停用后波形逐渐恢复,因此术中麻醉诱导及维持药物的种类及剂量非常重要,本组术中均采用异丙酚维持,多数获得有效 TES-MEP 波形。②TES-MEP 波形检出率相对较低。TES-MEP 监护技术及操作难度相对较高,有时并不能获得有效监护波形。本组联合监护成功率为 86.4%,5 例(3 例双下肢、2

例一侧下肢)未能监测到恒定、有效 TES-MEP 波形,此时应改用 CSEP+WUT 的监护方式。③禁忌证:对存在明显癫痫病史、安装心脏起搏器或心脏导管、严重脊髓损伤、体内存在金属物等患者不宜采用 TES-MEP 监护;④假阳性率高。TES-MEP 一过性波形改变不一定存在神经功能损伤。本组联合监护的假阳性率为 8.1%,明显高于单纯 CSEP 监护组的 3.5%。如出现 TES-MEP 异常,应暂停手术操作、综合判断、反复验证后再做出下一步处理。⑤仔细轻柔的操作仍然是保护脊髓功能的重要前提。在成功获得 CSEP 及 TES-MEP 监护的情况下,术后仍有 2 例出现轻微神经功能障碍,可见联合监护并不能完全避免术中神经功能损伤。⑥有效设置监护基线:本组术后出现神经功能障碍者均为术前合并神经功能损伤的后凸畸形患者,这可能与术前存在大量异常或病理性损害神经元有关。少量神经元损伤并不会导致正常脊髓功能的损伤,但病理状态下,少量神经元损伤就可能引起脊髓出现严重功能损伤,因此麻醉完毕手术开始前设置有效监护基线对术中成功监护有重要参考价值。

4 参考文献

1. Jones SJ, Harrison R, Koh KF, et al. Motor evoked potential monitoring during spinal surgery: responses of distal limb muscles to transcranial cortical stimulation with pulse trains [J]. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 1996, 100(5): 375-383.
2. 刘新宇, 郑燕平, 原所茂, 等. 脊柱侧凸术中皮层体感诱发电位(CSEP)监护的应用价值[J]. *脊柱外科杂志*, 2005, 3(4): 231-233.
3. 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(2 Suppl): S153-S161.
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. Gunnarsson T, Krassioukov AV, Sarjeant R, et al. Real time continuous intra-operative 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(16): 677-684.
6. 刘新宇, 郑燕平, 原所茂, 等. 皮层体感诱发电位监护在胸椎管狭窄症手术中的应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2006, 16(5): 362-365.

(收稿日期: 2010-10-14 修回日期: 2010-11-26)

(英文编审 蒋欣/刘思麒)

(本文编辑 刘彦)