

全麻下脊柱手术中影响神经电生理监测的因素研究

周青*

南昌大学第一附属医院麻醉手术部(江西 南昌 330000)

【摘要】目的 针对全麻下脊柱手术中影响神经电生理监测(IONM)的因素予以分析。**方法** 对2020年1月至2023年9月全麻脊柱手术患者及其术中体感诱发电位(SEP)、运动诱发电位(MEP)监测资料进行回顾性分析,共70例,依照出有无SEP、MEP异常情况分组,采用Logistic回归分析判断相关影响因素。**结果** 70例患者共18例发生MEP异常情况,16例出现SEP异常情况,SEP组和吸入麻醉药浓度、围术期低体温、颅内压升高具有差异($P<0.05$),MEP异常组患者吸入麻醉药浓度、颅内压升高对比具有差异($P<0.05$),带入多因素Logistic回归分析,吸入麻醉药浓度、围术期低体温、围术期低血压是影响IONM的独立因素。**结论** 吸入麻醉药浓度、围术期低体温、颅内压升高均可能影响神经电生理监测结果,临床中需加以关注。

【关键词】 神经电生理; 诱发电位; 全身麻醉; 脊柱手术

【中图分类号】 R681.5

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2026.1.043

Study of Factors Affecting Neuroelectrophysiological Monitoring during Spinal Surgery under General Anesthesia

ZHOU Qing*

Department of Anesthesiology and Surgery, the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330000, Jiangxi Province, China

Abstract: Objective To analyze the factors affecting neuroelectrophysiological monitoring (IONM) in spinal surgery under general anesthesia. **Methods** The data of patients monitored by somatosensory evoked potential (SEP) and (MEP) during general anesthesia spinal surgery from January 2020 to September 2023 were retrospectively analyzed. A total of 70 cases were grouped according to the presence of SEP and MEP, and the influencing factors were analyzed and the χ was used 2Test and Logistic regression analysis methods were used for statistical analysis. **Results** A total of 18 cases of 70 patients had MEP abnormalities, and 16 cases had SEP abnormalities in 16 patients. SEP group had multifactor Logistic regression analysis, inhalation anesthetic concentration, perioperative hypothermia and perioperative hypotension were the independent factors affecting IONM. **Conclusion** The anesthetic concentration, perioperative hypothermia and increased intracranial pressure are influencing factors affecting neuroelectrophysiological monitoring, which should be paid attention to in clinical practice.

Keywords: Neuroelectrophysiological Monitoring; Somatosensory Evoked Potential; Motor Evoked Potentials; Factors

术中神经电生理监测(intraoperative neuroelectrophysiological monitoring, IONM)可实时监测脊髓与神经根功能,近些年被广泛用于脊柱外科手术中。IONM以经颅运动诱发电位(Motor evoked potential, MEP)为主,肌电图(electromyography, EMG)与体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)为辅,对神经功能的监测效果良好,且具有误差小、安全性高的特点^[1-2]。相关研究表明,IONM能降低60%术后截瘫的发生^[3]。在改善患者预后的基础上,IONM还可辅助临床全面评估患者术中神经系统状况,为后续手术操作提供更多科学指导,进一步提高手术的精确度与安全性,尽可能避免医源性神经损伤发生,保护患者神经功能,降低严重并发症发生风险^[4]。研究中对2020年1月至2023年9月行全麻脊柱手术患者中实施SEP、MEP监测出现异常情况的原因分析,具体情况如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析全麻脊柱手术中实施SEP、MEP监测患者的一般资料,时间位于2020年1月至2023年9月,共70例。患者签署知情同意书,且伦理委员会批准。其中男性患

者共45例,女性共25例,年龄12~80岁,体重34~80kg/m²,美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级: I级89例, II级81例。

纳入标准: 经过保守治疗无效的患者; 具备手术指征; 临床资料完整。排除标准: 合并传染性疾病; 存在重大功能脏器衰竭; 全瘫患者; 既往存在脑血管疾病与慢性周围神经病。

1.2 方法 (1)术前准备: 指导禁食8h、禁水4h,入室后监测心电图、血压、脉搏、脑电双频指数(bispectral index, BIS)等,建立多条静脉通道。

(2)患者麻醉方案: 对患者采用罗库溴铵、丙泊酚、舒芬太尼、咪达唑仑及舒芬太尼进行麻醉诱导; 气管插管后连接呼吸机机械通气,潮气量6mL/kg、呼吸频率12/次min,保持呼气末二氧化碳分压35~40mmHg。依照BIS、血压、心率变化评估并调整麻醉深度,静脉复合全麻术中用异氟烷、七氟烷、舒芬太尼维持麻醉; 全凭静麻术中用舒芬太尼、丙泊酚维持麻醉。术中肌松药以小剂量罗库溴铵间断给药。

(3)IONM: 应用Medelec Synergy电生理监护仪,SEP经皮电刺激上肢腕部正中神经与踝部下肢胫后神经,单脉冲

【第一作者】 周青,女,护师,主要研究方向: 手术室麻醉护理。E-mail: huanwang278@163.com

【通讯作者】 周青

模式，频率2.4~4.4Hz，强度20~25mA，时程200ms；MEP经颅电刺激运动皮质，短串电刺激模式，频率500Hz，强度100~400mA，时程200~500ms。

1.3 统计学方法 采用SPSS 24.0进行统计学分析，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，行t检验；计数资料以%表示，行 χ^2 检验；以影响神经电生理监测因素为因变量，行多元Logistic回归分析， $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 异常情况 70例患者共18例发生MEP异常情况，16例出现SEP异常情况。

2.2 影响SEP异常情况 由表1中吸入麻醉药浓度、围术期低体温、颅内压升高具有差异($P < 0.05$)，患者性别、年龄、体重、手

术部位、ASA分级、体位、麻醉时间、手术时间、出血量、吸入性麻醉药种类、手术室温度、麻醉方式无差异($P > 0.05$)。

2.3 多因素Logistic回归分析 表2中将上述具有差异指标带入多因素Logistic回归分析，吸入麻醉药浓度、围术期低体温、颅内压升高是发生SEP异常的独立因素。

2.4 影响MEP异常情况 表3中患者吸入麻醉药浓度、颅内压升高对比具有差异($P < 0.05$)，性别、年龄、体重、手术部位、ASA分级、体位、麻醉时间、手术时间、出血量、吸入性麻醉药种类、手术室温度、麻醉方式、围术期低血压无差异($P > 0.05$)。

2.5 多因素Logistic回归分析 表4中将围术期低血压、吸入性麻醉药浓度带入多因素Logistic回归分析，均是发生MEP异常的独立因素。

表1 影响SEP异常情况

| 项目 | | SEP异常组(n=16) | SEP正常组(n=54) | χ^2 | P |
|------------------------|------------|---------------|--------------|----------|-------|
| 性别(n) | 男 | 9(56.25) | 43(79.63) | 3.531 | 0.060 |
| | 女 | 7(43.75) | 11(20.37) | | |
| 年龄(岁) | | 46.59±3.58 | 45.89±3.14 | 0.758 | 0.450 |
| 体重(kg/m ²) | | 57.16±3.11 | 58.36±3.58 | 1.210 | 0.230 |
| ASA分级(n) | I | 5(31.25) | 17(31.48) | 0.035 | 0.982 |
| | II | 6(37.50) | 19(35.19) | | |
| | III | 5(31.25) | 18(33.33) | | |
| 手术部位(n) | 上胸椎 | 5(31.25) | 11(20.37) | 0.889 | 0.828 |
| | 下胸椎 | 4(25.00) | 14(25.93) | | |
| | 颈椎 | 3(18.75) | 13(24.07) | | |
| | 腰椎 | 4(25.00) | 16(29.63) | | |
| 体位(n) | 俯卧位 | 8(50.00) | 29(53.70) | 0.067 | 0.794 |
| | 仰卧位 | 8(50.00) | 25(46.30) | | |
| 麻醉时间(min) | | 326.25±115.01 | 304.58±94.22 | 0.767 | 0.445 |
| 手术时间(min) | | 269.78±89.66 | 241.02±76.88 | 1.264 | 0.210 |
| 出血量(mL) | | 166.59±68.26 | 125.26±79.63 | 1.879 | 0.064 |
| 吸入性麻醉药种类(n) | 七氟醚+氧化亚氮 | 5(31.25) | 16(29.63) | 0.189 | 0.909 |
| | 异氟醚+氧化亚氮 | 6(37.50) | 18(33.33) | | |
| | 无吸入性麻醉药 | 5(31.25) | 20(37.04) | | |
| 吸入性麻醉药浓度(n) | 0~0.5MAC | 1(6.25) | 29(53.70) | 15.569 | 0.000 |
| | 0.5~1.0MAC | 2(12.50) | 10(18.52) | | |
| | >1.0MAC | 13(81.25) | 15(27.78) | | |
| 围术期低体温(n) | 是 | 13(81.25) | 18(33.33) | 11.485 | 0.000 |
| | 否 | 3(18.75) | 36(66.67) | | |
| 手术室温度(n) | 22℃以下 | 3(18.75) | 16(29.63) | 1.077 | 0.583 |
| | 22~24℃ | 9(56.25) | 23(42.59) | | |
| | 24℃以上 | 4(25.00) | 15(27.78) | | |
| 麻醉方式(n) | 全凭静脉麻醉 | 9(56.25) | 32(59.26) | 0.046 | 0.830 |
| | 静吸复合全麻 | 7(43.75) | 22(40.74) | | |
| 颅内压升高(n) | 是 | 13(81.25) | 16(29.63) | 13.554 | 0.001 |
| | 否 | 3(18.75) | 38(70.37) | | |

表2 多因素Logistic回归分析

| 影响因素 | B | S.E. | Df | P | 95% CI for Exp(B) |
|----------|--------|--------|----|---|-------------------|
| 吸入性麻醉药浓度 | 1.3599 | 0.2643 | 1 | 0 | -5.1244~8.7655 |
| 围术期低体温 | 1.8908 | 0.2838 | 1 | 0 | -5.3139~9.7741 |
| 颅内压升高 | 1.7761 | 0.3057 | 1 | 0 | -5.9855~10.2687 |

表4 多因素Logistic回归分析

| 影响因素 | B | S.E. | Df | P | 95% CI for Exp(B) |
|----------|--------|--------|----|---|-------------------|
| 吸入性麻醉药浓度 | 1.5232 | 0.2499 | 1 | 0 | -3.3201~8.7381 |
| 颅内压升高 | 2.4346 | 0.2442 | 1 | 0 | -3.7723~8.8752 |

表3 影响MEP异常情况

| 项目 | | MEP异常组(n=18) | MEP正常组(n=52) | χ^2 | P |
|------------------------|------------|---------------|--------------|----------|-------|
| 性别 | 男 | 9(50.00) | 32(61.54) | 0.733 | 0.391 |
| | 女 | 9(50.00) | 20(38.46) | | |
| 年龄(岁) | | 48.15±3.15 | 48.36±3.25 | 0.238 | 0.812 |
| 体重(kg/m ²) | | 56.58±2.69 | 56.34±2.20 | 0.376 | 0.707 |
| ASA分级(n) | I | 6(33.33) | 17(32.69) | 0.068 | 0.966 |
| | II | 6(33.33) | 19(36.54) | | |
| | III | 6(33.33) | 16(30.77) | | |
| 手术部位(n) | 上胸椎 | 6(33.33) | 11(21.15) | 1.551 | 0.670 |
| | 下胸椎 | 3(16.67) | 14(26.92) | | |
| | 颈椎 | 5(27.78) | 13(25.00) | | |
| | 腰椎 | 4(22.22) | 14(26.92) | | |
| 体位 | 俯卧位 | 9(50.00) | 29(55.77) | 0.179 | 0.671 |
| | 仰卧位 | 9(50.00) | 23(44.23) | | |
| 麻醉时间(min) | | 332.45±125.26 | 296.59±90.25 | 1.436 | 0.153 |
| 手术时间(min) | | 271.25±96.36 | 243.77±81.26 | 1.269 | 0.207 |
| 出血量(mL) | | 166.01±62.47 | 121.66±74.69 | 2.290 | 0.025 |
| 吸入性麻醉药种类(n) | 七氟醚+氧化亚氮 | 5(27.78) | 24(46.15) | 2.082 | 0.353 |
| | 异氟醚+氧化亚氮 | 6(33.33) | 15(28.85) | | |
| | 无吸入性麻醉药 | 7(38.89) | 13(25.00) | | |
| 吸入性麻醉药浓度 | 0~0.5MAC | 1(5.55) | 27(51.92) | 12.379 | 0.000 |
| | 0.5~1.0MAC | 6(33.33) | 11(21.15) | | |
| | >1.0MAC | 11(61.11) | 14(26.92) | | |
| 围术期低体温(n) | 是 | 6(33.33) | 23(44.23) | 0.654 | 0.418 |
| | 否 | 12(66.67) | 29(55.77) | | |
| 手术室温度(n) | 22℃以下 | 3(16.67) | 11(21.15) | 1.110 | 0.573 |
| | 22~24℃ | 8(44.44) | 16(30.77) | | |
| | 24℃以上 | 7(38.89) | 25(48.08) | | |
| 麻醉方式(n) | 全凭静脉麻醉 | 6(33.33) | 26(50.00) | 1.496 | 0.221 |
| | 静吸复合全麻 | 12(66.67) | 26(50.00) | | |
| 颅内压升高(n) | 是 | 11(61.11) | 13(25.00) | 7.739 | 0.001 |
| | 否 | 7(38.89) | 39(75.00) | | |

3 讨论

IONM在上世纪70年代,被广泛用于脊柱外科手术中,如:脊柱侧弯矫形、髓内或髓外肿瘤切除等,其能及时发现手术中多种原因引起的脊髓、神经根损伤,能发出警报,进而减少可逆性的医源性损伤,积极改善患者预后^[5]。SEP技术在脊柱外科手术中,可反映脊髓薄束、楔束的完整性,经点刺激外周神经,并传入脊髓、皮质下结构与皮质,能够按照手术需要,记录神经根、脊髓、大脑皮质等部位的SEP电活动,信号稳定、连续性较强,且不易影响手术操作,还能以波幅下降60%为警报点提高手术安全性^[6]。MEP能够评估皮质脊髓束的运动传导功能,最早在90年代中期时被用于髓内肿瘤手术。相比之下,在脊髓潜在损伤中敏感度更高,对脊髓机械刺激和缺血极为敏感。Li^[7]等发现SEP与MEP的敏感度是37.5%和62.5%,若联合使用监测敏感性在100%。国内一项研究中表示^[8],在脊髓髓内肿瘤切除术中,联合使用SEP与MEP能有效反映患者手术前后神经功能的变化。

鉴于此,本研究对全麻脊柱手术患者IONM的影响因素进行分析,主要使用SEP与MEP检查,共发现34例异常情况,其中,MEP监测18例异常情况,SEP监测16例异常情况,主要发现吸入麻醉药浓度、围术期低体温、围术期低血压是影响IONM的独立因素。和熊巍^[9]等研究结果一致。因高浓度的吸入麻醉药会产生肌松作用,若吸入浓度越高,对MEP影响越大。患者体温越低,IONM假阴性结果出现可能性越高。低体温可导致SEP、MEP潜伏期延长及传导速度减慢,低于28℃时SEP、MEP信号可直接消失。血糖变化、电解质异常、循环血量减少等均与诱发电位信号变化有关^[10]。颅内压升高时会导致皮层SEP波幅降低、潜伏期延长,其后MEP反应消失。

综上所述,IONM能准确反映术中脊髓及神经根功能的变化,以免术中神经功能损伤,为术后恢复提供有效依据,而影响IONM结果的因素较多,只有外科医生、麻醉医生和IONM实施的技术人员加强沟通与协作,才能减少术后机体功能障碍。

参考文献

- [1] Sutter M, Eggspuehler A, Muller A, et al. Multimodal intraoperativemonitoring: an overview and proposal of methodology based on 1017 cases [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16 (Suppl 2): 153-161.
- [2] Martin DP, Bhalla T, Thung A, et al. Somatosensory-evoked potential monitoring / Kaye AD, Davis SF. Principles of neurophysiological assessment, mapping, and monitoring [M]. New York: Springer Science Business Media, 2014: 98-99.
- [3] Martin DP, Bhalla T, Thung A, et al. Somatosensory-evoked potential monitoring // Kaye AD, Davis SF. Principles of neurophysiological assessment, mapping, and monitoring [M]. New York: Springer Science Business Media, 2014.
- [4] Pastorelli F, Di Silvestre M, Plasmati R, et al. The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: the role of the neurophysiological intraoperative monitoring [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20 (Suppl 1): s105-S114.
- [5] 朱沂, 李坤, 田野. 脊柱手术中神经电生理监测的进展 [J]. *癫痫与神经电生理学杂志*, 2010, 2: 111-115.
- [6] Qi H, Li J, Wang Y, et al. Baseline and alert level of somatosensory evoked potential monitoring in scoliosis surgery [J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2015, 95 (21): 1655-1658.
- [7] Li F, Gorji R, Allott G, et al. The usefulness of intraoperative neurophysiological monitoring in cervical spine surgery: a retrospective analysis of 200 consecutive patients [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2012, 24 (3): 185-190.
- [8] 李群喜, 赵晓晶, 朱军, 等. 体感诱发电位、运动诱发电位联合监测在脊髓髓内肿瘤切除术中的应用 [J]. *山东医药*, 2014, 54 (44): 89-90.
- [9] 熊巍, 王增春, 张军卫, 等. 全麻下脊柱脊髓手术中神经电生理监测异常的原因分析 [J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23 (4): 424-429.
- [10] 中国医师协会神经外科医师分会神经电生理监测学组. 颅底肿瘤术中神经电生理监测专家共识 [J]. *中华神经外科杂志*, 2022, 38 (11): 1085-1092.

(收稿日期: 2023-11-05)

(校对编辑: 赵望淇)