

## 体感诱发电位在颈椎前路手术中的应用

吴文丽,李颖,谢兆林,黄式环,陈国平,覃水梅

(广西贵港市人民医院骨科脊柱关节区,广西 贵港 537100

E-mail:345612821@qq.com)

**摘要:** **目的** 探讨体感诱发电位(somatosensory evoked potential,SEP)在颈椎前路减压融合内固定手术中的可行性和监测效果。**方法** 回顾性分析 2016 年 7 月—2017 年 2 月我院行颈椎前路手术治疗的 126 例男性患者资料,其中颈椎前路椎间盘切除+植骨融合内固定术 36 例,颈椎前路椎体次全切除+植骨融合内固定术 57 例,颈椎前路病灶清除+植骨融合内固定术 33 例。患者均行双上肢正中神经 SEP 监测,记录手术前后和重要手术步骤前、中、后的诱发电位参数并分析原因。根据 Frankel 脊髓损伤分级标准评价手术效果。**结果** 在 126 例颈椎前路减压内固定手术的过程中,SEP 及时发现有 11 例异常,上肢波幅降低超过 50%或潜伏期超过 10%。其中有 5 例在使用髓核钳进行前路椎间盘或椎体切除时发生,调整手术的相关操作后,SEP 出现明显波幅上升至趋于基线的状态,术后患者未出现神经症状。有 2 例结核患者在清除病灶骨块后,SEP 波幅明显上升,潜伏期缩短,术后双上肢临床症状明显改善。有 2 例患者由于撑开器的过度牵拉,导致同侧上肢 SEP 波幅下降超过 50%,经过调整牵拉的力度,SEP 波幅随之恢复正常,术后患者未出现神经功能症状。有 1 例手术患者在植入异体骨的过程中,造成双上肢 SEP 波幅瞬间出现明显的电位波下降,调整骨块深度后,SEP 波幅恢复至基线的 75%,术后波幅明显上升,患者未出现临床症状。所有患者术后 SEP 波幅和潜伏期与术前比较均有所提高,术后患者均未出现临床加重症状,术后 1 个月末次随访,Frankel 分级差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。**结论** 术中双上肢正中神经 SEP 监测在颈椎前路减压融合内固定手术中能及时预警神经损伤,可提高手术的安全性和临床疗效。

**关键词:** 颈椎前路手术;脊髓神经功能监测;体感诱发电位

**中图分类号:** R653

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-5817(2017)05-0365-05

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2017.05.007

### Effects of somatosensory evoked potential monitoring during anterior cervical surgery

Wu Wenli, Li Ying, Xie Zhaolin, Huang Shihuan, Chen Guoping, Qin Shumei

(Division of Spinal Joint, Department of Orthopedics, Guangxi Guigang People's Hospital,  
Guigang 537100, Guangxi, China E-mail:345612821@qq.com)

**Abstract:** **Objective** This article aims to evaluate the feasibility and monitoring effects of somatosensory evoked potential (SEP) in anterior cervical decompression and fusion with internal fixation. **Methods** A retrospective analysis of recorded data was performed for 126 male patients underwent anterior cervical decompression surgery at our hospital between July 2016 and February 2017. In 126 cases, thirty-six of them were anterior cervical discectomy and fusion with internal fixation, 57 of them were anterior cervical subtotal corpectomy and fusion (ACSCF) with internal fixation, 33 of them were anterior debridement and fusion with internal fixation. Median nerve SEP monitoring was performed for all upper limbs. The pre- and post-operative evoked potentials and the anterior, medium and posterior evoked potentials of important surgical procedures were recorded, and the cause analysis was done. The Frankel spinal injury grading standard was used to evaluate the operative results. **Results** In the course of anterior cervical decompression and fusion with internal fixation for 126 patients, eleven cases of 126 patients were timely found with abnormality on SEP, and upper limb amplitude decreased over 50% or latency was over 10%. Five of 11 cases with abnormality happened when we used nucleus pulposus forceps for performing anterior cervical discectomy or corpectomy. After operation correlated with surgery was adjusted, the amplitude of SEP elevated to baseline, and neurological symptoms did not occur in patients after operation. The SEP amplitude of two cases of tuberculosis obviously elevated and the latency shortened after debridement of the diseased bone blocks, and the clinical symptoms of two upper

limbs were obviously improved after operation. The SEP amplitude of the same upper limbs in two cases decreased over 50% caused by excessive traction, and the SEP amplitude recovered to normal line after adjusting the traction force, and neurological symptoms did not occur in patients after operation. In the course of allograft bone transplantation in one case of surgical patients, the potentials of the two upper limbs SEP amplitude decreased instantly, after adjusting the depth of bone block, the SEP amplitude recovered to 75% of the baseline, post-operative amplitude increased obviously, and no clinical symptoms occurred in the patient. All the patients' post-operative SEP amplitude and latency elevated by comparison with pre-operative SEP amplitude and latency. Patients had no clinical worse symptoms. Last follow-up of one month after operation showed that Frankel spine injury grading scores had statistically significant differences ( $P < 0.01$ ). **Conclusion** During operation SEP monitoring for the median nerves of two upper limbs can timely predict nerve injuries, which can improve surgery safety and clinical results.

**Key words:** anterior cervical surgery; spinal neurological monitoring; somatosensory evoked potential

颈椎前路手术是从颈椎前路直接解除压迫因素,使颈椎的生理弧度和椎间高度得以恢复,其临床疗效目前已经得到肯定<sup>[1]</sup>。术中应用体感诱发电位(somatosensory evoked potential, SEP)监测可大大降低脊髓及神经损伤的危险。自 2016 年 7 月—2017 年 2 月我院使用术中 SEP 监测技术,对 126 例颈椎手术患者实行神经电生理监测。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究的 126 例男性患者均来自贵港市人民医院脊柱关节骨科并愿意在术中使用神经电生理监测辅助方式。年龄 31~59 岁。手术种类:颈前路椎间盘切除+植骨融合内固定术 36 例,颈前路椎体次全切除+植骨融合内固定术 57 例,颈椎前路病灶清除+植骨融合内固定术 33 例。疾病种类:颈髓损伤合并颈椎骨折有 28 例,颈髓损伤无骨折有 20 例,其中 C<sub>3~4</sub> 12 例, C<sub>4~5</sub> 14 例, C<sub>5~6</sub> 11 例, C<sub>6~7</sub> 11 例;脊髓型颈椎病 37 例,神经根型颈椎病 32 例,颈椎结核 9 例。126 例男性患者中,术前 Frankel 分级:A 级 35 例, B 级 49 例, C 级 21 例, D 级 14 例, E 级 7 例。

1.2 Frankel 脊髓损伤分级 患者术前术后的脊髓功能均按照 Frankel 脊髓损伤分级<sup>[2]</sup>标准评定:A 级代表损伤平面以下深浅感觉完全消失;B 级代表损伤平面以下深浅感觉完全消失,仅存某些骶区感觉;C 级代表损伤平面以下仅有某些肌肉运动功能,无有用功能存在;D 级代表损伤平面以下肌肉功能不完全,可扶拐行走;E 级代表深浅感觉、肌肉功能及大小便功能良好,可有病理反射。

1.3 手术方法 以颈椎椎间盘切除、减压植骨融合内固定术为例,患者全麻后仰卧于手术床上,消毒铺巾后,取右侧颈前区弧形切口,切开皮肤,钝性分离肌间隙,显露椎前纵韧带、椎间盘。在 C 臂机透视下,确认

手术椎间盘的位置,用撑开器将椎体撑开,切开前纵韧带,髓核钳咬除椎间盘组织,直达后纵韧带,刮匙清除上下椎体后缘骨赘,清除上下椎体软骨面。充分减压,测量椎间隙高度,在右侧髂前上棘切取骨块留作植骨。骨蜡涂抹骨创面止血,缝合切口。将骨块修整后,放置椎间隙,使植骨块稍低于椎体前缘,移去撑开器,在前方安置钢板,钻孔拧入螺钉固定。在 C 臂机透视下,确认钢板位置良好,固定牢固后,冲洗切口,仔细止血,放置引流管,分层缝合切口,手术结束。从麻醉摆体位后至手术结束过床,整个过程都在神经电生理系统监测下完成。

1.4 麻醉方式 所有患者均在全麻下接受手术治疗,诱导麻醉期间所选用的药物包括芬太尼、异丙酚及非去极化肌松药;维持麻醉阶段使用全静脉麻醉;控制麻醉深度;麻醉深度不宜过深并且维持此深度。

## 1.5 术中 SEP 监测方法

1.5.1 监测仪器 术中使用 Medtronic 公司的 New Eclipse E4 32 通道术中神经电生理监测系统;使用表面刺激电极片作为刺激电极,针状电极作为记录电极。

1.5.2 术中 SEP 监测 上肢选择刺激正中神经,负极位于腕横纹远端 2~4 cm,正极位于近端 2~3 cm,两个电极均在正中神经上。头颅记录电极记录点为脑电图国际 10-20 系统的 C<sub>3'</sub>和 C<sub>4'</sub>(C<sub>3</sub>和 C<sub>4</sub>后 2 cm 处)作为上肢监测记录位置,以 F<sub>z</sub>为参考电极,恒流方电脉冲刺激。上肢观察 N20 特征波形。麻醉后,以暴露手术部位时的波形为基线,分别监测 SEP 波幅和潜伏期,手术过程中连续监测、记录 SEP 信号,手术结束时最后一次监测。如果有变化,要重复记录,并告知术者注意操作,若变化达到异常标准,且持续 >10 min,波幅无恢复时则停止手术寻找原因。

1.5.3 术中监测报警标准及处理方法 由于个体差

异和非正态分布,SEP 的波幅和潜伏期未建立统一的正常值标准<sup>[3]</sup>。有学者认为<sup>[4]</sup>,健康男性(30~59 岁)体感诱发电位波峰潜伏期 N20 的正常参考值为(19.0±0.78) ms。在刺激量足够大时,SEP 监测与基线相比,波幅下降超过 50%和(或)潜伏期超过 10%为阳性改变<sup>[5]</sup>。处理原则:当电生理仪器发生报警时,立即通知手术医生,调整可能导致脊髓神经损伤的手术相关操作,观察 SEP 监测结果是否改善,若无改善,需考虑操作对颈椎的损伤,同时使用甲基泼尼龙冲击治疗<sup>[6]</sup>。使 SEP 恢复到基线的 75%,可认为处理有效,脊髓功能得到改善。当 SEP 仍无明显改善时,结合运动诱发电位,若运动诱发电位波形无改善或波幅下降或潜伏期延长,术后观察患者上肢的运动、感觉情况,如果有新发的感觉障碍或肌力减弱则考虑为神经功能损伤。

1.6 统计学方法 采用统计软件 SPSS 13.0 对实验数据进行分析,计量资料数据以( $\bar{x}\pm s$ )表示,采用  $t$  检验,分别比较术前、术后 SEP 的波幅与潜伏期, Frankel 分级比较采用 Wilcoxon 秩和检验,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术前后 Frankel 脊髓损伤分级及 SFP 波幅与潜伏期变化 本研究使用 SEP 监测的 126 例颈椎前路的男性患者中,根据 Frankel 脊髓损伤分级,1 个月后末次随访时 Frankel 分级与术前比较差异有统计学意义( $Z=-81.200, P<0.001$ )。见表 1。术后双上肢 SEP 的波幅和潜伏期与术前比较明显增加( $P<0.05$ )。见表 2。

2.2 SEP 监测效果 术中 SEP 监测发现有 11 例异常,有 5 例在使用髓核钳进行前路椎间盘或椎体切除时,SEP 波幅下降超过 50%。手术调整后,SEP 出现

明显波幅上升至趋于基线的状态,术后患者未出现神经症状。有 3 例结核患者在清除病灶骨块后,SEP 波幅明显上升,潜伏期缩短,术后双上肢临床症状明显改善(见图 1)。有 2 例患者在放置撑开器撑开术中相邻椎体时,由于撑开器的过度牵拉,导致同侧上肢 SEP 波幅下降超过 50%,经过调整牵拉的力度,缩小扩张的范围,供血恢复,SEP 波幅也随之恢复正常,术后患者未出现神经功能症状(见图 2)。有 1 例手术患者在植入异体骨的过程中,骨块过深,造成该侧上肢 SEP 波幅瞬间出现明显的电位波下降,调整骨块深度后,SEP 波幅恢复至基线的 75%,术后波幅明显上升,患者未出现临床症状。

表 1 颈椎前路手术患者术前与术后 1 个月末次随访的 Frankel 脊髓损伤分级比较 (n)

| 术前<br>Frankel 分级 | n   | 术后 Frankel 分级 |    |    |    |    |
|------------------|-----|---------------|----|----|----|----|
|                  |     | A             | B  | C  | D  | E  |
| A                | 35  | 0             | 14 | 14 | 7  | 0  |
| B                | 49  | 0             | 7  | 7  | 21 | 14 |
| C                | 21  | 0             | 0  | 7  | 7  | 7  |
| D                | 14  | 0             | 0  | 0  | 0  | 14 |
| E                | 7   | 0             | 0  | 0  | 0  | 7  |
| 合计               | 126 | 0             | 21 | 28 | 35 | 42 |

表 2 颈椎前路手术患者上肢 SEP(N20)波幅与潜伏期术前术后的比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

| 时间 | n   | 波幅( $\mu V$ ) | 潜伏期(ms)    |
|----|-----|---------------|------------|
| 术前 | 126 | 1.43±0.63     | 20.80±0.97 |
| 术后 | 126 | 1.87±0.76     | 21.10±0.94 |
| t  |     | 5.003         | 2.493      |
| P  |     | <0.05         | 0.013      |

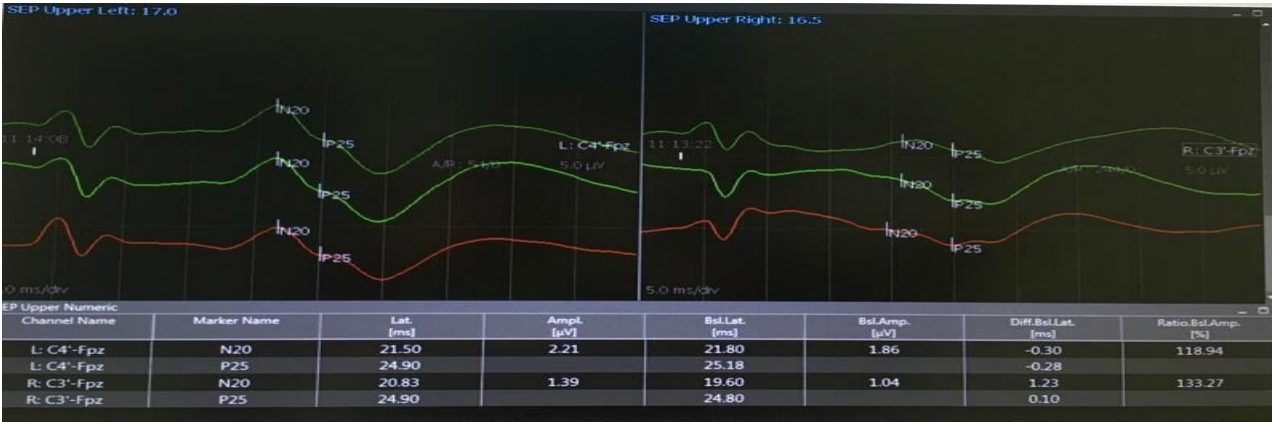


图 1 颈椎(C5~6)前路病灶清除+椎间融合内固定术体感电位波幅变化(红线为基线波,绿线为术后波)。减压后,与基线波对比,SEP 波幅明显上升,术后双上肢临床症状改善

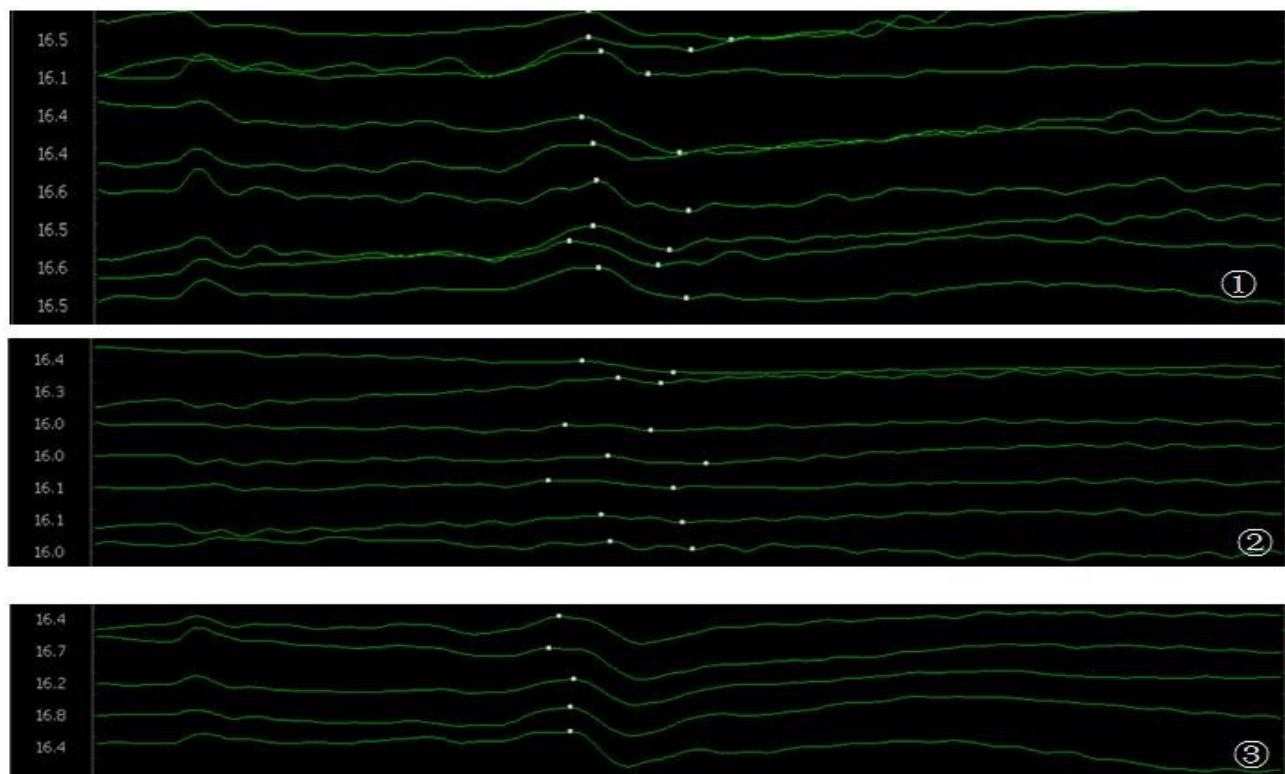


图 2 颈椎前路椎体次全切+融合内固定术手术过程体感电位波幅变化

注:①为术前麻醉后 SEP 的稳定波形;②为手术牵拉,脊髓受挤压,SEP 波幅下降了 68%;③为调整手术操作后大约 15 min,SEP 波幅恢复

### 3 讨论

3.1 SEP 的发展概况 20 世纪 50 年代,SEP 就被应用于神经系统病损者的研究<sup>[7]</sup>。该方法对于术中脊髓的牵拉、缺血、压迫较敏感,具有连续监测的功能<sup>[8]</sup>。脊柱外科手术中神经根、脊髓、周围大血管的受损风险相对比较高,运用于术中神经电生理监测可以及时发现并避免由于不恰当操作所造成的脊髓或神经损伤<sup>[9]</sup>。SEP 不仅能直接反映同侧脊髓感觉通路的完整性和功能,还能间接反映同侧脊髓运动通路的状况<sup>[10]</sup>。大多数学者将术中 SEP 波幅下降超过 50% 或潜伏期超过 10% 作为 SEP 监测的预警标准<sup>[4-5]</sup>。

3.2 SEP 在颈椎前路手术中的应用 颈椎损伤时,由于致压物大多来自脊髓的前方,后路手术很难实施有效的减压,因此前路手术是达到治疗目的的最佳方案<sup>[11]</sup>,也是临床上比较常见的颈椎手术方式。近年来在临床中的应用呈逐渐上升的趋势<sup>[12]</sup>。SEP 监测技术也是最早应用于颈椎手术的神经电生理技术<sup>[13]</sup>。本研究 126 例手术中出现诱发电位阳性 11 例:①有 5 例在使用髓核钳进行前路椎间盘或椎体切除时,碎骨块直接压迫或将软组织挤入椎管内,有时髓核钳的操作干扰脊髓,引起脊髓损伤,导致对刺激产生 SEP 反应的纤维数量下降,使 SEP 波幅下降超过 50%。采取相应的手术调整后,SEP 出现明显波幅上升或趋于基

线的状态,术后患者未出现神经症状。②颈椎前路手术中常采用撑开器撑开病变节段椎间隙以利于彻底减压,植入融合器(Cage)以利于恢复椎间隙高度、颈椎曲度、重建颈椎稳定性<sup>[14]</sup>。在操作过程中,撑开器撑开的幅度会影响脊髓及神经根。本研究中有 2 例患者在放置撑开器撑开术中相邻椎体时同侧上肢 SEP 波幅下降超过 50%,考虑与撑开器的过度牵拉有关,过度撑开后,一侧椎动脉受压阻塞,引起了同侧脊髓供血不足,经过调整牵拉的力度,缩小器械扩张的范围,供血恢复,SEP 波幅也随之恢复正常,术后患者未出现神经功能症状。③有 2 例颈椎结核患者术中结核病灶用刮匙刮除干酪样坏死物、死骨、脓肿,解除对脊髓的压迫,SEP 波幅上升,但在用吸引器吸附脓肿和碎骨块等过程中,可能对脊髓产生了干扰,这时 SEP 出现干扰波形或者波幅一过性下降了 60%~64%,但是临床观察到一旦颈髓前方机械性受压解除、减压充分后,部分患者 SEP 波幅很快恢复至术前水平。这些结果与术后患者症状改善或好转相一致。这从另外层面上体现 SEP 的敏感性以及对术后预后有较准确的判断。④本研究的患者中,有 1 例手术患者在放置异体骨的过程中发生阳性改变,SEP 波幅持续下降了 56%~78%,观察 10~20 min,发现波幅未上升,报告术者后,行术中透视,发现植入骨块过深,直接压迫脊髓,取出异体

骨块修整深度置入椎间隙,SEP 波幅恢复至基线的 75%,术后患者未出现神经损伤的症状。手术的操作可能和术中 SEP 监测提示后及时调整操作并减轻了对神经的刺激及损伤有一定的关系<sup>[15]</sup>。操作纠正后,在应用糖皮质激素的同时,还应配合使用甘露醇、速尿等以降低组织压,同时使用神经生长因子诱导神经元轴突的再生,达到脊髓损伤修复的目的<sup>[16]</sup>。

3.3 SEP 的非手术相关影响因素及局限性 ①麻醉。静脉麻醉对 SEP 的影响较小。异丙酚是最常用的短效静脉麻醉药<sup>[17]</sup>,异丙酚和阿片类药物是目前用于神经监测的全凭静脉麻醉药的首选。吴劲松等<sup>[18]</sup>就主张术中使用丙泊酚、氯胺酮等进行全身麻醉,联合应用阿片类镇痛药,避免使用吸入性麻醉药。如必要使用时应将麻醉药物浓度控制在 0.4MAC 范围内。本研究中,患者均使用静脉麻醉,暂未出现与吸入麻醉相关引起的 SEP 值的变化。②体温。局部低体温会影响周围神经的传导,高温可能造成神经系统的破坏而使潜伏期延长。此外,输注低温液体,手术室温度的高低也会影响 SEP 的潜伏期或波幅的变化。③局限性。由于受伦理学及相关法律法规的限制,无法对其进行随机对照试验,从而无法评定其真正效果<sup>[19]</sup>。

4 展望

脊髓、神经损伤是脊柱手术较为严重的并发症,严重者可导致瘫痪,如条件允许,术中可使用脊髓监测、体感诱发监测,减少脊髓损伤<sup>[20]</sup>。所以我们认为 SEP 监测在颈椎前路减压融合内固定手术中能及时预警神经损伤,可提高手术的安全性和临床疗效。

参考文献:

[1] 郑武,徐杰,林院,等.神经电生理监测在颈椎病术中的应用[J].福建医科大学学报,2013,47(5):309-312.

[2] Frankel 脊髓损伤分级[J].临床神经外科杂志,2010,7(2):97.

[3] 胡晓晴,唐娜.体感诱发电位的基本原理[J].国外医学(物理医学与康复学分册),2005,25(2):53-55,79.

[4] 张茂悦,万纯臣,俞善纯,等.健康人体感诱发电位正常参考值研究[J].同济医科大学学报,1992,21(5):343-346.

[5] Padberg AM,Russo MH,Lenke LG,et al. Validity and reliability of spinal cord monitoring in neuromuscular spinal deformity surgery[J]. J Spinal Disord,1996,9(2):150-158.

[6] Qian BP,Wang XH,Qiu Y,et al. The influence of closing-opening wedge osteotomy on sagittal balance in thoracic

columbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis:a comparison wedge osteotomy[J]. Spine (Phila Pa 1976),2012,37(16):1415-1423.

[7] 王洪伟,李长青,周跃.术中神经电生理监测在脊柱椎弓根螺钉置入中的应用进展[J].中国矫形外科杂志,2011,19(9):743-746.

[8] Nitzschke R,Hansen-Algenstaedt N,Regelsberger J, et al. Intraoperative electrophysiological monitoring with evoked potentials[J]. Anaesthesist,2012,61(4):320-335.

[9] 谭海涛,江建中,谢兆林,等.肌电图监测在极外侧入路椎间融合术联合经皮椎弓根螺钉内固定术中的应用[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(7):618-624.

[10] 赵庆林,步玮,吴健,等.神经电生理监测在椎管内肿瘤患者术中应用的价值[J].中国脊柱脊髓杂志,2012,22(8):682-684.

[11] 李振宏.下颈椎损伤前路手术治疗 81 例分析[J].右江民族医学院学报,2004,26(5):679-680.

[12] 胡楷,熊梅,王言,等.神经电生理监测在经皮内窥镜下腰椎间盘切除术中的应用[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(7):602-606.

[13] 江华,刘云,杨雨井,等.多模式神经电生理监测在颈椎前路手术中的预警意义[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(7):607-612.

[14] 朱迪,刘宝戈,王磊,等.颈椎前路椎间隙减压融合固定致上肢外展上举功能受限的相关因素分析[J].中华骨科杂志,2014,34(10):992-999.

[15] Oglesby M,Fineberg SJ,Patel AA,et al. Epidemiological trends in cervical spine surgery for degenerative diseases between 2002 and 2009[J]. Spine(Phila Pa 1976),2013,38(14):1226-1232.

[16] 覃智斌,张明,赵绍伟.前路减压植骨融合治疗无骨折脱位急性颈髓损伤的 26 例分析[J].右江民族医学院学报,2009,31(5):834-835.

[17] 崔红岩,王亚舟,胡勇.异丙酚浓度变化对术中体感和运动诱发电位监测的影响[J].中国脊柱脊髓杂志,2015,25(7):613-617.

[18] 吴劲松,许耿,毛颖,等.华山医院术中神经电生理监测临床实践规范介绍[J].中国现代神经疾病杂志,2012,12(6):660-668.

[19] 席志鹏,谢林,康然,等.体感诱发电位与运动诱发电位监测在颈椎手术中的应用价值[J].中国当代医药,2014,21(29):42-46.

[20] 谢兆林,谭海涛,江建中,等.后路半椎体切除治疗先天性脊柱侧凸[J].右江民族医学院学报,2012,34(4):490-491.

收稿日期:2017-05-14;修回日期:2017-10-16