

临床论著

自由描记肌电图监测腰椎手术中脊神经根功能的有效性分析

曹锐¹, 吴莹², 李晨³, 盛伟斌¹, 郭海龙¹

(1 新疆医科大学第一附属医院脊柱外科; 2 神经内科; 3 手术室 830054 乌鲁木齐市)

【摘要】 目的: 探讨单独应用自由描记肌电图监测腰椎手术中脊神经根功能的有效性。方法: 2014 年 10 月~2015 年 10 月共纳入 246 例腰椎病变在 L2~S1 节段之间且 ≤2 个连续运动节段行单独自由描记肌电图监测的手术患者, 男 129 例, 女 117 例; 年龄 16~75 岁, 平均 50.3±16.4 岁。记录术中发生爆发性肌电活动、连续性肌电活动和自发性肌电活动的患者、相对应的手术操作、处理方法和转归。比较术前和术后神经功能状态, 统计所有患者中真阳性、假阳性、真阴性和假阴性的病例, 计算敏感性、特异性、阳性预测值和阴性预测值, 分析自由描记肌电图监测的有效性。结果: 术中监测时间 80~140min, 平均 115.0±17.7min。所有患者中共有 49 例监测报警, 爆发性肌电活动 19 例, 连续性肌电活动 27 例, 自发性肌电活动 3 例。其中, 神经根牵拉过度 28 例, 停止牵拉或减轻牵拉力度, 肌电活动逐渐恢复正常; 椎间融合器或植骨块植入挤压神经根 8 例, 移除并改变植入角度避免挤压神经根, 其中 6 例肌电活动逐渐恢复正常, 2 例转变为自发性肌电活动; 椎弓根螺钉置入错位刺激神经根 9 例, 移除并改变置钉轨道及角度, 其中 8 例肌电活动逐渐恢复正常, 1 例右侧 L5 神经根支配肌肉仍有连续性肌电活动, 术后右侧足背伸肌力减弱; 4 例患者探查未见刺激或损伤因素, 肌电活动持续至手术结束, 其中 1 例右侧 S1 神经根功能受损, 术后右侧足底麻木; 其余 47 例患者术后未出现神经功能受损。所有患者中 197 例未报警, 术后 1 例左侧 L5 神经根功能受损, 左侧胫前肌和腓背伸肌肌力 0 级。在阳性患者中, 真阳性 46 例, 其中 2 例术后神经功能受损; 假阳性 3 例, 阳性预测值为 93.88%。在阴性患者中, 真阴性 196 例, 假阴性 1 例且术后神经功能受损, 阴性预测值为 99.49%。自由描记肌电图监测的敏感性为 97.87%, 特异性为 98.49%。结论: 应用自由描记肌电图监测 L2~S1 水平的手术可以减少神经根相关损伤, 因其有较好的敏感性和特异性, 可以对神经根功能的瞬间改变做出及时反馈, 可作为腰椎手术中较为有效的神经监测方法。

【关键词】 自由描记肌电图; 术中监测; 腰椎手术; 脊神经根

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.06.05

中图分类号: R741.044 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-06-0510-07

Free-run electromyogram for nerve root function monitoring during lumbar surgery/CAO Rui, WU Ying, LI Chen, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(6): 510-516

【Abstract】 Objectives: To study the use of free-run electromyogram(F-EMG) for nerve root monitoring during lumbar surgery. **Methods:** From October 2014 to October 2015, 246 patients(129 males, 117 females) who underwent lumbar surgery (L2-S1) and F-EMG for nerve root monitoring during operation were enrolled in this study. The mean age was 50.3±16.4 years(16-75 years). Intraoperative EMG activity, duration, the corresponding operation or event, treatment and outcome of EMG activity were recorded in all patients. The function of nerve roots were compared between preoperation and postoperation. True positive, false positive, true negative and false negative cases were collected from all patients. Sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were calculated, and the value of F-EMG was analyzed. **Results:** The mean intraoperative monitoring time was 115.0±17.7min(80-140min). 49/246 cases were F-EMG positive alterations, among them, burst EMG activity, train EMG activity and spontaneous EMG activity were recorded in 19, 27 and 3 cases, respectively. Among them, 28/49 cases were excess pulled the nerve root, the EMG

第一作者简介: 男(1987-), 医学硕士, 住院医师, 研究方向: 脊柱脊髓疾患的诊治

电话: (0991)4362829 E-mail: cr2254@126.com

通讯作者: 盛伟斌 E-mail: wbsheng@vip.sina.com

activity returned to normal when operator stopped the operation or release the nerve; 8/49 cases were recorded oppressed nerve root during cage or bone graft implantation, when operator removed and changed the angle, 6/8 cases returned to normal EMG activity, 2/8 cases were still spontaneous EMG activity; 9/49 cases were recorded stimulated nerve root during pedicle screw placement, when operator removed and changed the insertion angle, 8/9 cases returned to normal EMG activity, 1/9 case were still train EMG activity and showed muscle weakness of the right foot dorsiflexion postoperatively; 4/49 cases did not find stimulus or damage factors, abnormal EMG activity continued until the end of surgery, 1/4 case was found the right S1 nerve root function deficit and planter numb; 47/49 cases had no neurologic deficit postoperatively. 197/246 cases were F-EMG negative alterations, 1 case had the left foot drop. Among all the positive cases, 46 cases were the true positive, 2 cases had neurological deficit; 3 cases were the false positive, and the positive predictive value was 93.88%. Among all the negative cases, 196 cases were the true negative, 1 case was the false negative and had neurological deficit. The negative predictive value was 99.49%. The sensitivity and specificity of F-EMG were 97.87% and 98.49%, respectively. **Conclusions:** Free-run electromyogram for nerve root monitoring during lumbar surgery (L2-S1) can reflect the irritation and injury of nerve root. Free-run electromyogram decreases the incidence of the neurological deficit, which is a effective method.

[Key words] Free-run electromyogram; Intraoperative neurophysiology monitoring; Lumbar surgery; Nerve root

[Author's address] Department of Spinal Surgery, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi, 830000, China

在脊柱外科手术治疗中,腰椎疾患的手术占一半以上,其涉及脊神经根的手术操作是不可避免的^[1-2]。由于脊髓终止于 L1,故 L2 水平以下主要是脊神经根,因此神经根减压、牵拉、椎弓根螺钉及其他器械置入和畸形矫正均有潜在损伤神经根的可能。因此,在涉及 L2 水平以下的手术时,首要任务是保护神经根的功能。目前,术中神经根受到刺激其所支配的肌肉会出现显著的自由肌电活动,这可为外科医生提供及时的警告,从而逆转或停止引起刺激的手术操作,避免神经根的损伤^[1]。因此,本研究根据腰椎疾患的手术特点和可能发生的神经损伤等情况,通过单独应用自由描记肌电图(free-run electromyography, F-EMG)监护腰神经根的功能,记录术中肌电活动的形式、处理方式和肌电活动的转归,对比术前、术后神经功能状态,旨在了解不同肌电活动形式与脊神经根损害因素的关系,分析不同肌电活动处理和转归与术后脊神经根功能的关系,评估单独应用 F-EMG 监测腰椎脊神经根功能、预防神经损伤的有效性。

1 资料与方法

1.1 纳入和排除标准

纳入标准:(1)腰椎病变范围在 L2~S1 之间,且病变范围 ≤ 2 个连续运动节段;(2)疾病类型包括腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症、腰椎滑脱症、腰椎结核、腰椎布氏杆菌病、腰椎化脓性感染、腰

椎骨折、腰椎肿瘤和腰椎管内占位。

排除标准:(1)病变已经导致严重的神经症状,如肌肉萎缩、足下垂等;(2)合并脊柱畸形,需要矫形的患者。

1.2 一般资料

2014 年 10 月~2015 年 10 月我院共收治 619 例腰椎疾病的患者,经纳入和排除标准共筛选出 246 例患者,男 129 例,女 117 例;年龄 16~75 岁,平均 50.3 ± 16.4 岁。

按疾病分类:腰椎间盘突出症 104 例,腰椎管狭窄症 37 例,腰椎滑脱症 25 例,腰椎骨折 28 例,腰椎结核、布氏杆菌病和化脓性感染 38 例,腰椎管内占位 13 例和腰椎转移瘤 1 例。

按病变节段分类:单节段病变 L2/3(19 例), L3/4(37 例), L4/5(75 例)和 L5/S1(64 例);双节段病变 L2~L4(13 例), L3~L5(16 例), L4~S1(22 例)。

术前神经功能状态:168 例患者具有一种或多种神经症状,包括双侧/单侧下肢感觉减退、根性疼痛、肌力下降、会阴鞍区感觉异常和大小便功能障碍;其余 78 例患者仅有腰部疼痛。

手术方式:后路减压融合内固定术 141 例、后路减压复位融合内固定术 53 例、后路病灶清除融合内固定术 41 例、侧方入路病灶清除融合术 10 例和后路全椎体整块切除术 1 例。

1.3 监测方法

麻醉^[2,3]:所有患者均在全静脉麻醉下接受手术,麻醉维持采用静脉泵入丙泊酚 4~6mg/kg·h 及瑞芬太尼 6~10μg/kg·h。

监测:采用 Epoch XP(美国 Axon)16 通道术中神经电生理监测系统对腰椎手术中神经电生理监测。监测模式为双下肢 F-EMG,监测时间为摆放体位至切口关闭。根据临床症状、手术方式、手术节段和损伤风险选择在 L2~S1 神经根支配的肌肉放置记录针电极,其中 L2/3 节段主要监测股长收肌、股薄肌和股直肌,L3/4 节段主要监测股直肌、股内侧肌和胫骨前肌,L4/5 节段主要监测股直肌、胫骨前肌和腓肠肌,L5/S1 节段主要监测胫骨前肌、腓展肌和腓肠肌。

报警标准^[4-6]:正常肌电活动是没有任何肌肉收缩反应的直线静息波形(图 1a),如果术中排除干扰波形,确保无肌松药影响和麻醉深度不变的条件下,出现下列肌电活动应予以报警:(1)爆发性肌电活动,其表现为高尖的单相或多相波;(图 1b);(2)连续性肌电活动,其表现为连续的单相或多相波(图 1c);(3)自发性肌电活动,其表现为连续短小的单相波(图 1d)。

术中记录和处理:术中记录肌电活动的形式(单个爆发性肌电活动、连续性肌电活动和自发性肌电活动)、相对应的手术操作或事件、处理方法和肌电活动的转归。当 F-EMG 监测报警时,应立即通知手术医生,停止可能刺激或损伤神经根的相关手术操作;若监测结果无改善,则需考虑撤除

内置物并进行神经根探查,同时按给予甲基强的松龙 80mg 治疗。经过相应处理后肌电活动逐渐趋于正常可认为处理有效,神经功能损伤得到终止或改善;若不变或仍有持续自发肌电活动可认为已有潜在神经功能受损的可能。

术后观察:术后检查患者双下肢、会阴鞍区的感觉和运动功能情况,并与术前神经症状进行比较;若患者术后新发双下肢感觉和/或运动障碍、会阴鞍区感觉异常或大小便功能障碍,又或者较术前神经症状加重,则考虑为神经功能受损。

1.4 监测效果评价方法

本研究中真阳性(A)定义为术中 F-EMG 监测达到报警标准,经术者停止操作、调整及探查等处理后:(1)肌电活动消失,伴或不伴有术后神经功能受损;(2)肌电活动未消失,且术后出现神经功能受损。假阳性(B)定义为术中 F-EMG 监测达到报警标准,经术者停止操作、调整及探查等处理后:肌电活动未消失,但术后未出现神经功能受损。真阴性(C)定义为术中 F-EMG 监测未达到报警标准,且未出现术后神经功能受损。假阴性(D)定义为术中 F-EMG 监测未达到报警标准,但术后出现神经功能受损。

计算 F-EMG 监测的敏感性、特异性、阳性预测值和阴性预测值,其中敏感性=A/A+D,特异性=C/B+C,阳性预测值=A/A+B,阴性预测值=C/C+D。

2 结果

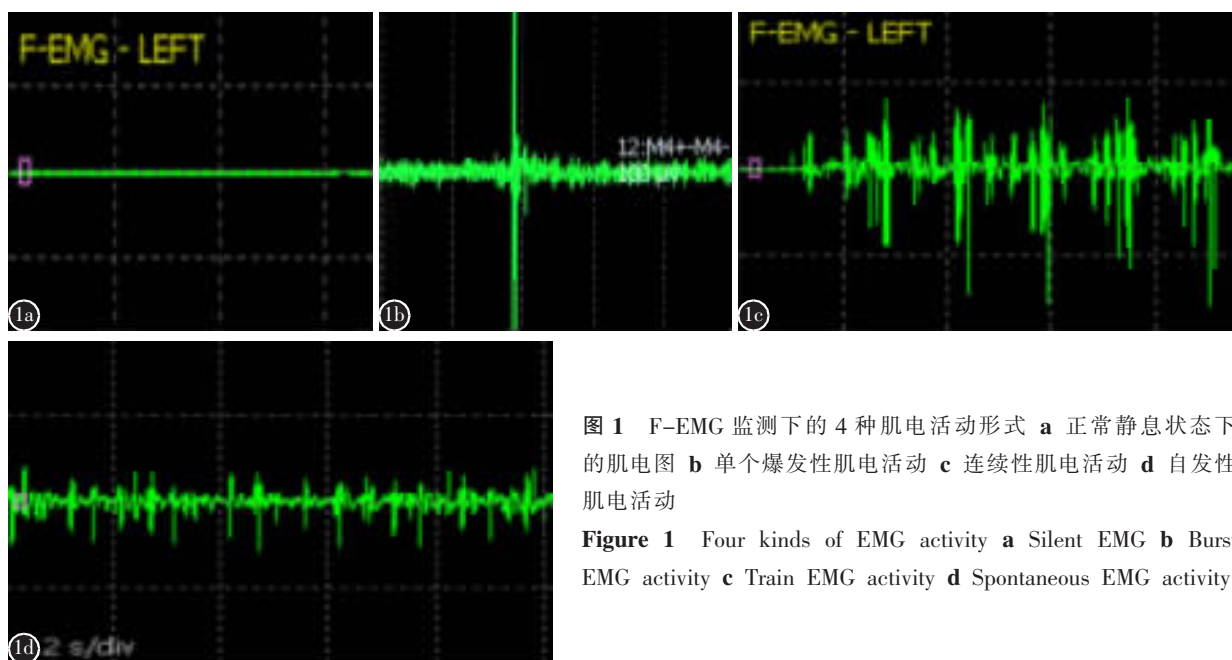


图 1 F-EMG 监测下的 4 种肌电活动形式 a 正常静息状态下的肌电图 b 单个爆发性肌电活动 c 连续性肌电活动 d 自发性肌电活动

Figure 1 Four kinds of EMG activity a Silent EMG b Burst EMG activity c Train EMG activity d Spontaneous EMG activity

2.1 术中 F-EMG 监测报警结果

术中监测时间 80~140min, 平均 115.0 ± 17.7 min。在排除干扰波形, 确保无肌松药物影响和麻醉深度不变的条件下, 术中 F-EMG 监测报警共有 49 例, 其中爆发性肌电活动 19 例, 连续性肌电活动 27 例, 自发性肌电活动 3 例。

2.2 术中 F-EMG 监测报警的处理和转归

根据与报警事件同步的手术操作判断, 术中 F-EMG 监测报警的 49 例患者中, 神经根牵拉过度 28 例, 告知术者停止牵拉或减轻牵拉力度, 肌电活动逐渐恢复正常(图 2a); 椎间融合器或植骨块植入挤压神经根 8 例, 告知术者去除且改变植入角度避免挤压神经根, 予以甲基强的松龙治疗, 6 例肌电活动逐渐恢复正常, 2 例由连续性肌电活动转变为自发性肌电活动(图 2b); 椎弓根螺钉置入错位刺激神经根 9 例, 告知术者去除螺钉且改变置钉轨道及角度, 予以甲基强的松龙治疗, 8 例肌电活动逐渐恢复正常, 1 例仍有连续性肌电活动(图 2c); 4 例患者经术者进行术区探查未见刺激或损伤因素, 予以甲基强的松龙治疗, 肌电活动持续至手术结束(图 2d)。

2.3 术后观察神经功能

术中 F-EMG 监测报警的 49 例患者中, 1 例椎弓根螺钉置入错位刺激右侧 L5 神经根, 告知术者去除螺钉且改变置钉轨道及角度, 仍有连续性肌电活动, 术后出现神经功能受损, 表现为右侧足背伸肌力减弱; 1 例术区探查未见刺激或损伤因素, 右侧 S1 神经根支配区域肌电活动持续至手术结束, 术后出现神经功能受损, 表现为右侧足底麻木; 其余 47 例患者均未出现神经功能受损。

术中 F-EMG 监测未报警的 197 例患者中, 1 例术后出现左侧 L5 神经功能受损, 表现为左侧胫前肌和踮背伸肌肌力 0 级, 患者左足下垂, CT 扫描显示椎弓根螺钉和椎间融合器位置良好, 考虑与术中牵拉有关。

2.4 术中 F-EMG 监测的有效性和安全性

本组患者中, 真阳性 46 例, 假阳性 3 例, 阳性预测值为 93.88%; 真阴性 196 例, 假阴性 1 例, 阴性预测值为 99.49%。F-EMG 监测的敏感性为 97.87%、特异性为 98.49%。

3 讨论

在腰椎手术中, 涉及脊神经根的手术操

作是不可避免的, 过度牵拉、长时间压迫和频繁刺激均会影响神经传入和传出作用, 产生神经根损伤, 出现下肢疼痛、麻木, 屈髋屈膝无力, 尤其是 L5 神经根损伤后可导致足下垂, 这些都可以造成永久性功能残疾, 从而无法挽回。如果神经功能障碍是在可逆阶段, 永久性损伤和功能残疾是可以避免的。目前, 腰椎手术中神经根功能的监测技术主要以肌电图(EMG)监测为主, 其分为触发式肌电图(triggered electromyography, TrEMG)和 F-EMG, 前者为非连续性监测, 主要用于判断椎弓根钉道的完整性和识别邻近神经结构, 无法持续监测神经根牵拉、压迫和操作刺激等情况, 而后者具有即刻、连续、敏感、特异的特点, 它可以持续敏感地监测神经根牵拉、压迫和操作刺激以及椎弓根螺钉置入引起的根性损害^[7,8]。

3.1 不同肌电活动形式与脊神经根损害因素的关系

在腰椎疾患的手术中, 神经根减压及牵拉、椎弓根螺钉及其他器械置入和畸形矫正均有潜在损伤神经根的可能。在这些涉及神经组织的操作过程中, 包括牵拉、压迫、钝性损伤和缺血, 其监测的相应肌肉都会出现肌电活动, 并且预示着即将或正在发生的神经损伤。F-EMG 不同于其他监测方式, 其监测肌群的选择是根据可能受损的神经根来决定的, 正常反应是没有任何肌肉收缩反应的直线静息波形; 而异常反应则是爆发性肌电活动, 其表现为高尖的单相或多相波, 其存在可能表明邻近或接触神经根, 多见于牵拉、冲洗、电烧、拭子、内置物或椎弓根螺钉的碰触; 连续性肌电活动表现为连续的单相或多相波, 通常见于持续和过度牵拉、压迫, 被认为有较高概率损伤神经根^[5,9]。本组病例中爆发性肌电活动 19 例, 其中 12 例由椎间融合器、植骨块或椎弓根螺钉置入挤压神经根引起, 7 例由减压或牵拉神经根引起; 连续性肌电活动 27 例, 其中 21 例由减压或牵拉神经根引起, 5 例由椎间融合器或椎弓根螺钉置入挤压神经根引起, 1 例未见诱因。另外, 自发性肌电活动是没有明显刺激因素或刺激消失后出现自发性肌肉放电活动的现象, 表现为连续短小的单相波, 术后神经根功能受损概率较低^[6]。本组病例中, 3 例全程自发性肌电活动均未发现明显的诱因和 2 例经术中处理后由连续性肌电活动转变为自发性肌电活动, 5 例患者术后神经功能正常。我们通过

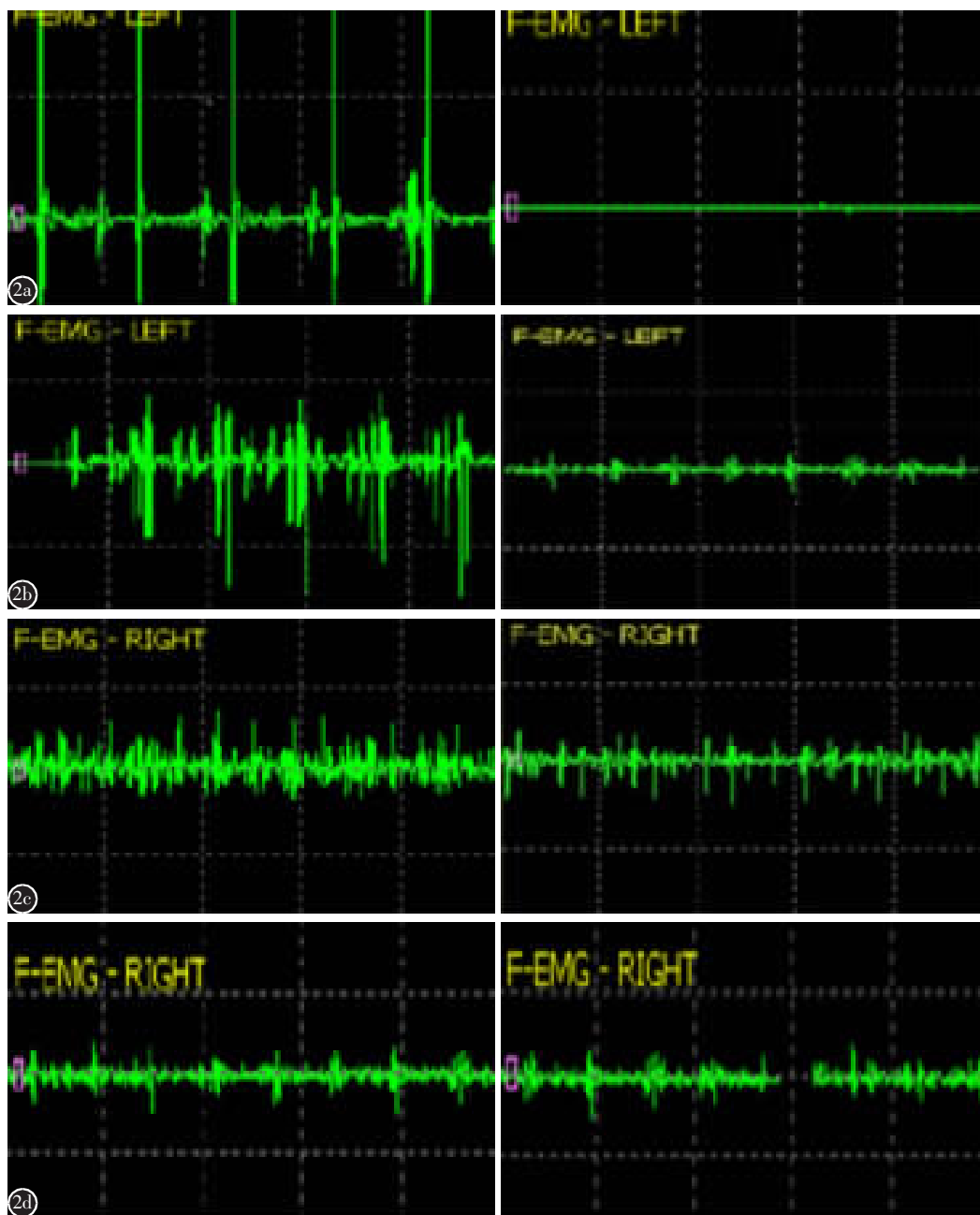


图 2 异常肌电活动的转归 a 牵拉左侧 L4 神经根出现持续爆发性肌电活动,经术中处理,恢复至正常静息肌电图 b 椎间融合器置入时压迫左侧 L5 神经根出现连续性肌电活动,经术中处理,转变为自发性肌电活动 c 椎弓根螺钉置入错位刺激右侧 L5 神经根出现连续性肌电活动,经术中处理,仍为连续性肌电活动 d 右侧 S1 神经根自发性肌电活动,经术中处理,仍为自发性肌电活动

Figure 2 Outcome of abnormal EMG activity a Pulled the left L4 nerve root with persistent burst EMG activity, it was treated and returned to silent EMG b Cage insertion oppressed the left L5 nerve root with train EMG activity, it was treated and returned to Spontaneous EMG activity c Pedicle screw insertion stimulated the right L5 nerve root with train EMG activity, it was treated and still train EMG activity d No stimulus or damage factors, the right S1 nerve root with spontaneous EMG activity, it was treated and still spontaneous EMG activity

本组病例的术中观察,当短暂性压迫神经根,如内置物或椎弓根螺钉由于位置不当对神经根短暂性且力度较小挤压时,相应肌肉可监测到短暂爆发

性肌电活动或衰减性肌电活动;当压迫力度较重或时间较长,则会出现连续爆发性肌电活动;而神经根牵拉过度多表现为连续性肌电活动,将其作

为牵拉过度的标准。

在多数情况下,肌电活动与外科医生的操作是匹配的,但是也有假阳性和假阴性的可能。例如,使用神经肌肉阻滞剂^[2,3]、神经被切断或既往神经损害严重,其 F-EMG 将处于静息状态^[9]。还有前文将出现肌电活动作为牵拉过度的标准,但需要强调的是若患者神经根因病变受压时间较长,如巨大突出或脱出,且患者在术前无明显神经症状(发病初期出现过神经症状),这时可能牵拉过度也不会表现出任何肌电活动,出现假阴性。本研究 4 例肌电活动未见明显诱因,其中 3 例术后未见神经功能受损,属于假阳性;在严格监测并避免神经肌肉阻滞剂使用的情况下,仍然出现 1 例假阴性,该患者 L4/5 椎间盘脱出,整个病程 1 年,期间反复出现过左下肢疼痛,但是患者术前未表现出任何明显的疼痛、无力和感觉异常等神经症状,术中也未发现任何异常监测事件,正如前面所强调的一样,这值得注意。

3.2 不同肌电活动处理和转归与术后脊神经根功能的关系

在腰椎手术中,神经根损伤可发生于椎板切除减压、髓核摘除、神经根探查松解和内置物置入等手术操作的全过程,F-EMG 监测将记录到相关神经支配肌肉的肌电活动,在监测安全的基础上达到充分减压、松解和内置物置入。若肌电活动异常,则需撤除内置物并行相应探查,同时予以甲基强的松龙治疗;经相应处理后肌电活动逐渐恢复至静息状态,则认为处理有效,可避免神经功能损伤。本组病例中 28 例由过度牵拉或减压过程挤压神经根引起肌电活动,其中爆发性肌电活动 7 例,连续性肌电活动 21 例,告知术者减轻对牵拉力度或换用薄而小的枪钳进行减压,尤其是连续性肌电活动应停止牵拉或操作,所有病例肌电活动均逐渐恢复静息状态,术后未出现神经功能受损;8 例由椎间融合器或植骨块植入挤压神经根引起肌电活动,其中爆发性肌电活动 7 例,连续性肌电活动 1 例,告知术者去除且改变植入角度避免挤压神经根,6 例肌电活动即刻消失或逐渐恢复至静息状态,2 例转变为自发性肌电活动持续至手术结束,但术后未出现神经功能受损;9 例由椎弓根螺钉置入错位引起肌电活动,其中爆发性肌电活动 5 例,持续性肌电活动 4 例,经取出椎弓根螺钉并探查处理后,仍有 1 例存在持续性肌电活动,且

术后出现神经功能受损,其余 8 例均立刻或逐渐恢复至静息状态;4 例未见明显诱因而出现肌电活动,其中持续性肌电活动 1 例,自发性肌电活动 3 例,术中停止操作或去除内置物并仔细探查未见明显诱因,肌电活动持续至手术结束,1 例发生自发性肌电活动的患者术后出现神经功能受损。

腰椎手术中 F-EMG 监测异常的处理较为简单,只要及时发现爆发性或持续性肌电活动,特别是发生在神经操作、减压或内置物置入过程中,并尽快解除刺激或损伤因素,患者术后很少发生神经功能受损。需要特别指出,在未发现刺激或损伤因素的情况下(即使术后证实为假阳性)或自发性肌电活动,也应暂时考虑为神经已经损伤的可能,这就需要术者尽量减少神经根的刺激,谨慎操作,避免肌电活动频繁或加重,降低术后神经受损的风险和严重程度。本组病例有 7 例经术中处理后仍有肌电活动,3 例全程自发性肌电活动均未发现明显的诱因和 2 例经术中处理后由连续性肌电活动转变为自发性肌电活动,这 5 例患者术后未发现神经功能受损;而 2 例经术中处理后为连续性肌电活动的患者出现神经功能受损。通过我们所观察到的结果,所有这些肌电活动模式均可表明潜在的神经损伤,若经处理后仍然有存在持续性肌电活动说明神经可能受到一定程度的刺激或损伤。

3.3 单独应用 F-EMG 监测腰椎脊神经根功能的有效性

目前,国内外涉及腰椎手术的监测大多为的多模式神经监测。但是,SSEP 刺激的胫后神经是由多个神经根组成(L4~S1 神经根),当某一神经根损伤时,可能会被其他完好神经纤维的有效传导所掩盖导致波形无异常或者延迟出现波形改变,故缺乏敏感性,导致较高的假阴性^[10~12]。而 MEP 是通过间断性电刺激监测神经传导通路,在手术过程中无法持续监测,在间歇过程中可能会发生神经根损伤,造成无法挽回的结果。TrEMG 是 EMG 的监测方式之一,主要用于椎弓根螺钉置入通道完整性的判断,其缺点是非连续性监测,无法了解神经根牵拉、压迫或刺激等动态情况,监测范围较窄,容易出现疏漏。2004 年 Gunnarsson 和 2006 年 Paradiso 等^[11,12]通过 SSEP 联合 EMG 监测腰椎手术,其 SSEP 对根性损伤的敏感性分别为 28.6% 和 50%,特异性分别为 98.7% 和

100%;EMG 对根性损伤的敏感性均为 100%,特异性分别为 23.7%和 19%。在为了降低术中神经损伤的风险的过程中,监测技术的敏感性较特异性更为重要,从而减少假阴性的发生率,所以我们认为 SSEP、MEP 和 TrEMG 并不适合单独用于监测 L2~S1 水平的手术。为了能够兼顾持续性、监测范围广和操作简单且敏感性高等特点,我们选择 F-EMG 监测腰椎减压、髓核摘除、神经根探查松解和内置物置入等手术操作的全过程。本组病例的阳性预测值为 93.88%、阴性预测值为 99.49%,敏感性为 97.87%、特异性为 98.49%,其特异性高于 Gunnarsson 和 Paradiso 等的报道,我们通过比较分析,发现是因为病例选择连续双节段病变,所涉及神经根 ≤ 3 根,选择主要支配肌肉或覆盖两条或两条以上神经根的肌肉进行监测,从而提高了特异性。由经验丰富的医师在 C 壁透视机辅助下进行置钉过程,且 F-EMG 可以监测大部分因置钉引起的神经刺激或损伤,所以本组病例并未进行 TrEMG 监测。在 197 例 F-EMG 监测未报警的患者中,1 例术后表现为左侧胫前肌和背伸肌肌力 0 级,患者左足下垂,CT 扫描显示椎弓根螺钉和椎间融合器位置良好,考虑与术中牵拉有关。有学者^[9,13]报道因神经被切断或既往神经损害严重,其 F-EMG 将处于静息状态。我们建议,术前应评估每位监测患者的神经功能状态,了解风险程度,制定相应的监测方案,如该患者 F-EMG 神经根处于临界代偿状态,损伤风险较高,应结合 MEP 进行监测,减少假阴性的发生。

通过本组病例,我们发现 F-EMG 单独用于监测 L2~S1 椎体间的手术可以规避神经根相关损伤,减少并发症的发生,临床结果满意,因其有较高的敏感性和特异性,可以对神经根功能的瞬间改变做出及时的反馈,是腰椎手术中较为有效的神经监测方案。但是,我们建议把握适应范围,尽量用于单节段或连续双节段、病变单一的腰椎病变,避免在复杂腰椎手术中的使用,例如,腰椎畸形、复杂多节段腰椎退变性疾病的手术等。若由经验尚浅的医师和/或无 C 型臂 X 线机辅助下进行置钉过程,以及实施复杂腰椎手术时,应当 F-EMG、TrEMG 和 MEP 联合使用,减少假阴性,避免手术操作和内置物置入引起的神经损伤;如果医院没有专业型术中神经监测设备,也可以应用

肌电图仪通过 F-EMG 实时监测手术,确保手术操作的安全性。

4 参考文献

1. Phillips FM, Lieberman I, Polly D. Minimally Invasive Spine Surgery: Surgical Techniques and Disease Management [M]. New York: Springer, 2014. 43-53.
2. Buvanendran A, Thillainathan V. Preoperative and postoperative anesthetic and analgesic techniques for minimally invasive surgery of the spine[J]. Spine, 2010, 35 (26 Suppl): 274-280.
3. Naguib M, Kopman AF, Lien CA, et al. A survey of current management of neuromuscular block in the United States and Europe[J]. Anesth Analg, 2010, 111(1): 110-119.
4. 周琪琪, 张小峰. 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. 79-102.
5. Gonzalez AA, Jeyanandarajan D, Hansen C, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during spine surgery: a review[J]. Neurosurg Focus, 2009, 27(4): E6.
6. Devlin VJ, Schwartz DM. Intraoperative neurophysiologic monitoring during spinal surgery [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2007, 15(9): 549-560.
7. Uribe JS, Vale FL, Dakwar E. Electromyographic monitoring and its anatomical implications in minimally invasive spine surgery[J]. Spine, 2010, 35(26 Suppl): 368-374.
8. Nichols GS, Manafov E. Utility of electromyography for nerve root monitoring during spinal surgery[J]. J Clin Neurophysiol, 2012, 29(2): 140-148.
9. Nelson KR, Vasconez HC. Nerve transection without neurotonic discharges during intraoperative electromyographic monitoring[J]. Muscle Nerve, 1995, 18(2): 236-238.
10. Deletis V, Sala F. Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: a review focus on the corticospinal tracts [J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119(2): 248-264.
11. Gunnarsson T, Krassioukov AV, Sarjeant R, et al. Realtime continuous intraoperative 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(6): 677-684.
12. Paradiso G, Lee GY, Sarjeant R, et al. Multimodality intraoperative neurophysiologic monitoring findings during surgery for adult tethered cord syndrome: analysis of a series of 44 patients with long-term follow-up[J]. Spine, 2006, 31(18): 2095-2102.
13. Duffy MF, Phillips JH, Knapp DR, et al. Usefulness of electromyography compared to computed tomography scans in pedicle screw placement[J]. Spine, 2010, 35(2): E43-48.

(收稿日期:2016-02-17 末次修回日期:2016-06-12)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)