

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.01.030

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240912.1410.006\(2024-09-12\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240912.1410.006(2024-09-12))

自由肌电图监测辅助单侧双通道脊柱内镜治疗 腰椎间盘突出症效果研究

潘丹¹,李甘²,陈大勇¹,唐少龙^{1△}

(1.中南大学湘雅医学院附属株洲医院脊柱外科,湖南株洲 412000;

2.株洲市中心医院康复科,湖南株洲 412007)

[摘要] **目的** 探讨自由肌电图(fEMG)监测辅助单侧双通道脊柱内镜(UBE)治疗腰椎间盘突出症的临床效果。**方法** 纳入 40 例腰椎间盘突出症患者,全身麻醉下行 UBE 腰椎髓核摘除术,手术全程在 fEMG 监测下完成。记录的电位在监测屏幕上显示,通过扬声器播放肌电活动。采用视觉模拟评分法(VAS)评分和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)评价临床治疗效果。**结果** 40 例患者均顺利完成手术,术后症状均明显好转。术前、术后 3 个月 VAS 评分分别为 7(6,8)分、0(0,1)分,两时间点比较差异有统计学意义($P < 0.05$);术前、术后 3 个月 ODI 分别为(58.30±11.58)、(13.28±5.20),两时间点比较差异也有统计学意义($P < 0.05$)。术后 1 年 VAS 评分和 ODI 分别为 1(0,1)分、(13.13±0.40),与术前比较差异也有统计学意义($P < 0.05$),与术后 3 个月比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。有 8 例患者术中出现尖峰肌电、爆发肌电或强直肌电等异常肌电变化,发生率 20%。8 例患者术后 7 例患者出现灼样神经根痛及下肢感觉异常,1 例患者术后无明显神经痛,假阳性率为 12.5%。术中无异常肌电反应患者术后均无明显神经痛,假阴性率为 0。**结论** 全身麻醉下 fEMG 监测辅助 UBE 是一种安全易行的治疗腰椎间盘突出症的方法。

[关键词] 椎间盘切除术;单侧双通道脊柱内镜;微创手术;自由肌电图;全身麻醉

[中图分类号] R687.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)01-0163-05

Study on effect of free EMG monitoring assisted unilateral biportal spinal endoscopy in treating lumbar disc herniation

PAN Dan¹, LI Gan², CHEN Dayong¹, TANG Shaolong^{1△}

(1. Department of Spinal Surgery, Affiliated Zhuzhou Hospital, Xiangya School of Medicine, Central South University, Zhuzhou, Hunan 412000, China; 2. Department of Rehabilitation, Zhuzhou Municipal Central Hospital, Zhuzhou, Hunan 412007, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical effect of free electromyography(fEMG) monitoring assisted unilateral biportal endoscopy (UBE) in the treatment of lumbar disc herniation. **Methods** Forty patients with lumbar disc herniation were included. The UBE lumbar nucleus pulposus resection under general anesthesia was performed. The operation whole process was completed under the fEMG monitor. The recorded potential was displayed on the monitor screen and the myoelectrical activity was played through speaker. The treatment effect was evaluated by the Visual Analogue Scale (VAS) score and Oswestry Disability Index (ODI). **Results** All 40 patients completed the surgery successfully, and the postoperative symptoms were improved significantly. The VAS scores before operation and in postoperative 3 months were 7(6,8) points and 0(0,1) points respectively, and the difference between the two time points was statistically significant ($P < 0.05$). The ODI before operation and in postoperative 3 months were (58.30±11.58) and (13.28±5.20) respectively, and the difference between the two time points also was statistically significant ($P < 0.05$). The VAS score and ODI in postoperative 1 year were 1(0,1) points and (13.13±0.40) respectively, showing statistically significant difference compared with before surgery ($P < 0.05$), but there was no statistically significant difference compared with postoperative 3 months ($P > 0.05$). There were 8 cases developing the abnormal EMG changes such as spike, burst or tonic fEMG during surgery, with an incidence rate of 20%. After surgery in 8 cases, 7 cases had burning radiculargia and paresthesia of lower extremity, and 1 case had no obvious neuralgia, with a false positive rate of 12.5%. The patients without abnormal fEMG reaction during sur-

△ 通信作者, E-mail: 52519675@qq.com.

gery had no significant postoperative neuralgia, and the false negative rate was zero. **Conclusion** fEMG monitoring assisted UBE under general anesthesia is a safe and easy method for the treatment of lumbar disc herniation.

[Key words] discectomy; unilateral biportal endoscopy; minimally invasive surgery; intraoperative electromyography; general anesthesia

腰椎间盘突出症是一种最常见的腰椎退行性疾病,表现为腰痛和下肢放射性疼痛。首选治疗方法是保守治疗,包括药物治疗、物理治疗和神经阻滞手术等,对于保守治疗不佳的严重神经根性疼痛和行走障碍患者,可考虑手术治疗。单侧双通道脊柱内镜(unilateral biportal endoscopy, UBE)减压手术能有效改善神经根性疼痛和患者的生活质量,可以减少对后部肌肉韧带结构的损伤,防止术后节段不稳定,近年来越来越多地应用于腰椎间盘突出症的治疗。随着技术的逐渐成熟,也已经推广应用到腰椎管狭窄减压、颈椎后路减压、腰椎融合等手术中^[1-2]。

UBE 手术需要实施全身麻醉,术者在操作中不能实时监测患者的下肢疼痛及活动情况,这就相应地增加了神经损伤的潜在风险。术后灼样神经根痛及下肢感觉异常是腰椎内镜手术后最常见的并发症,发生率可达 7%~25%^[3],一般认为主要与手术操作过程中神经根受到过度牵拉或挤压,以及双极射频电刀的过度使用进而出现较明显的神经充血水肿有关。术中神经电生理监测已经普遍用于颈椎和胸椎手术中^[4-5],腰椎手术并不常用,因为在腰椎手术过程中能直接看到神经,以避免损伤。随着腰椎微创外科技术的发展,术中神经电生理监测可以在可视化受限的情况下提供额外的安全性。有少量文献报道神经电生理监测在经皮脊柱内镜中的应用^[6],但目前在 UBE 中的应用情况报道较少。

本研究选择行 UBE 治疗的 40 例腰椎间盘突出症患者进入研究,整个手术操作过程在自由肌电图(free-run electromyography, fEMG)连续性监测下进行,采用视觉模拟评分法(visual analogue score, VAS)评分和 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)评价临床治疗效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究选择 2022 年 1 月至 2023 年 1 月在中南大学湘雅医学院附属株洲医院行 UBE 治疗的 40 例腰椎间盘突出症患者为研究对象,其中男 21 例,女 19 例;年龄 24~63 岁,平均(44.55±12.74)岁。病变节段:第 2/3 腰椎 2 例、第 3/4 腰椎 4 例、第 4/5 腰椎 16 例、与第 5 腰椎至第 1 骶椎 18 例。病变分型:突出型 8 例、脱出型 9 例、游离型 23 例。病程 3~13 个月,平均(7.29±2.70)个月。术前 VAS 评分 5~9 分,平均(6.95±1.24)分。ODI 36~88,平均 58.30±11.58。纳入标准:(1)明确诊断为腰椎间盘突出症,具有明显下肢放射痛和/或麻木,腰痛不明显(即以下肢疼痛为

主诉);(2)腰椎 CT 及 MRI 等影像学表现与临床症状、体征相符,且为单节段病变;(3)经 3 个月以上系统保守治疗无效;(4)随访时间>12 个月。排除标准:(1)既往有腰椎手术史者;(2)腰椎感染、肿瘤、外伤、畸形、不稳者;(3)合并严重精神疾病者;(4)无法耐受全身麻醉手术者。本研究已通过中南大学湘雅医院附属株洲医院伦理委员会批准(审批号:2024101)。

1.2 方法

1.2.1 麻醉与手术方式

采用异丙酚(4~8 mg·kg⁻¹·h⁻¹)和瑞芬太尼(0.3~0.8 mg·kg⁻¹·min⁻¹)全凭静脉麻醉,肌肉松弛剂仅用于插管。全身麻醉满意后取屈髋屈膝位,X 射线透视确定责任间隙,定位患侧上位椎弓根内下缘与下位椎弓根内上缘,并于体表标记。二者汇聚于棘突与椎板移行处,X 射线透视确认位置后,取出逐级扩张套筒并置入骨膜剥离子,剥离子触碰到内镜穿刺鞘后,用剥离子钝性剥离多裂肌制备工作腔室。置入内镜后,分辨上位椎板下缘,继而暴露椎板间窗,应用磨钻和枪式咬骨钳对椎板进行部分成型,在内镜监视下于关节突关节内侧缘处切开黄韧带并进入椎管。进入椎管后显露走行神经根外侧缘,使用神经拉钩向中线牵开神经根,显露突出的椎间盘。切除突出椎间盘,充分神经减压并止血后,2 号抗菌微乔线各 1 针全层缝合 2 处切口。

1.2.2 术中神经电生理监测的方法和原则

所有监测由同一名神经生理医生完成。记录双侧股四头肌(第 3 腰椎,必要时)、股内侧肌(第 4 腰椎)、胫骨前肌或腓骨长肌(第 5 腰椎)和踮外展肌(第 1 骶椎)肌电图。记录电位在监测屏幕上显示,通过扬声器向外科医生播放肌电活动。术中持续出现典型的异常成串、波幅较大或爆发性波形变化,即为异常肌电。术者需及时暂停操作,查找神经异常刺激的原因,调整手术操作,避免损伤神经造成不良后果。在手术开始前和结束时各进行一次运动诱发试验,报警标准:(1)与手术前比较,超过 50%的电位下降;(2)与基线阈值比较,刺激强度增加超过 100 V,并且持续时间超过 1 h,仍不能引出。发生上述任何一种,视为神经损伤。

1.2.3 术后处理

术后常规镇痛、消肿等治疗,术后佩戴腰围 3 周,术后 3 个月内避免剧烈活动,禁止弯腰、提举重物,避免久坐及重体力劳动。

1.3 观察指标

记录所有患者术中 fEMG 情况、并发症发生情

况。采用 VAS 评分及 ODI 评价患者临床治疗效果。

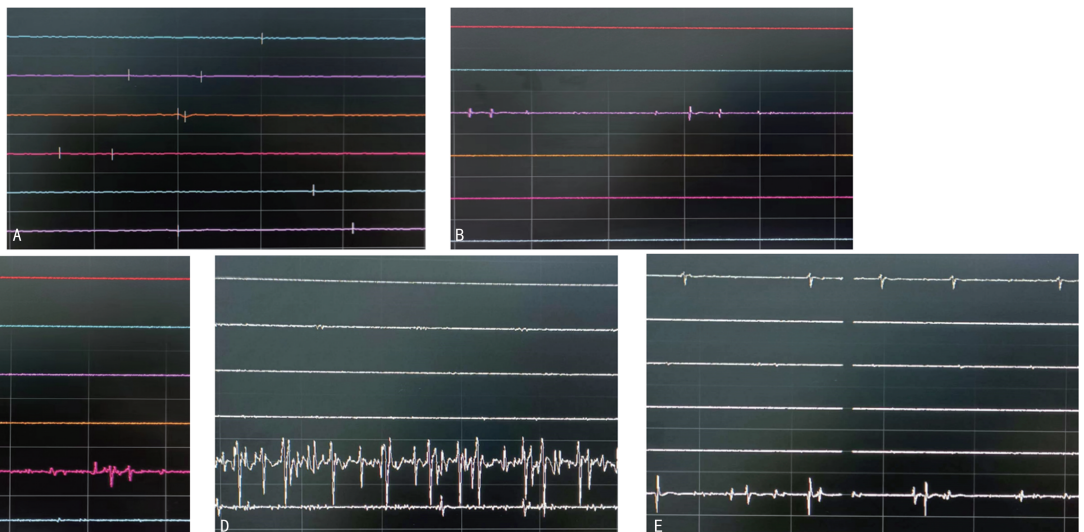
1.4 统计学处理

采用 SPSS17.0 软件进行数据统计学分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验,不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,比较采用秩和检验,计数资料采用例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

40 例患者均顺利完成手术,手术后症状均明显好转。术前、术后 3 个月 VAS 评分分别为 7(6, 8)分、0(0, 1)分;术前、术后 3 个月 ODI 分别为 36~88(平均 58.30 ± 11.58)、4~24(平均 13.28 ± 5.20),术前、术后 3 个月 VAS 评分、ODI 比较差异均有统计学意义($P < 0.05$)。术后 1 年 VAS 评分和 ODI 分别为 0(0, 1)分、6~24(平均 13.13 ± 0.40)分,与术前比较

差异均有统计学意义($P < 0.05$),与术后 3 个月比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。有 8 例患者术中出现异常肌电变化,发生率 20%,其中 1 例患者出现尖峰肌电、2 例患者出现爆发肌电、2 例患者出现强直肌电、3 例患者同时出现爆发肌电和强直肌电。8 例患者中,7 例患者术后出现灼样神经根痛及下肢感觉异常,经卧床休息、口服消炎药止痛、营养神经等保守治疗,症状缓解,术后 3 周完善双下肢肌电图及神经传导速度检测,未见明显异常;1 例术后无明显神经痛,假阳性率为 12.5%。术中无异常肌电反应患者术后均无明显神经痛,假阴性率为 0。2 例患者出现健侧异常肌电,1 例是因为手术进程中未察觉的硬膜囊破裂,另外 1 例因为镜下迷路,操作通道越过中线到达健侧刺激到健侧神经根,见图 1。



上面 3 条线表示左侧 3 块目标肌肉,下面 3 条线表示右侧 3 块目标肌肉;A:无明显动作电位发生;B:尖峰肌电;C:爆发肌电;D:强直肌电;E:患侧爆发肌电(右侧),健侧尖峰肌电(左侧)。

图 1 术中不同 fEMG 表现

3 讨论

2017 年,HEO 等^[7]首次命名 UBE 手术,大量研究表明,UBE 手术治疗腰椎间盘突出症均取得了良好的临床效果。UBE 手术的主要优势在于:(1)可使用常规关节镜手术器械完成手术;(2)具有观察和操作两个通道,互不受限,明显增加了内镜观察范围和手术器械的工作区域;(3)手术路径、椎管减压过程与传统腰椎间盘突出切除术相似;(4)可以使用各种常规开放手术的器械,提高了操作效率^[8]。神经组织损伤被认为是 UBE 手术最主要的并发症,其中硬膜撕裂和神经根损伤最常见,发生率在 6.6%~13.8%^[9-10]。

术中神经电生理监测,包括体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEP)、运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)和肌电图(electromyogram, EMG),可有效预防脊柱手术期间的神经损伤。SSEP 被广泛应用于评价术中脊髓感觉功能通路的完整性,但易受麻醉因素、低体温及周围神经病

变的影响。MEPs 用于监测皮质脊髓束通路,评价脊髓下行运动通路功能的完整性,对于脊髓机械刺激及缺血状态十分敏感。早期因 MEPs 对麻醉敏感,应用受到限制。多脉冲电刺激技术和全凭静脉麻醉的应用最大程度地提高了 MEPs 的监测效能,现 MEPs 常与 SSEP 联合监测术中脊髓感觉、运动功能的完整性。EMG 是记录肌肉静止或收缩时的电活动及应用电刺激检查神经、肌肉兴奋及传导功能的方法,常用于监测脊神经根功能^[11]。腰椎手术是否需要使用术中神经电生理监测,应用何种监测模式,仍存在争议^[12-13]。腰椎内镜手术中神经电生理监测的重要目的之一是在手术过程帮助确认隐蔽或移位的神经根,检查其功能和完整性,以避免不可逆损伤^[14]。SSEP 和 MEPs 既不特异也不够敏感,不足以评估单个神经根的功能^[15]。HAGHIGHI 等^[16]在脊柱外科手术对第 5 腰椎神经根损伤的研究中发现,EMG 的灵敏度远远高于 SSEP 和 MEPs。

脊神经的反射活动是神经最完整和最敏感的功能,它依赖于传入和传出神经纤维的同步传导。不同于周围神经,脊神经根无神经束膜,仅被一层薄的鞘膜覆盖。脊神经根无节段血管供血,只有神经根动脉^[17]。术前由于椎间盘突出压迫神经根,增加了神经根对额外机械负荷的敏感性。术中牵拉神经根距离神经组织 3 mm(压力约 70 g/cm²),神经血供减少到初始值的 20%,若进一步增加机械负荷,会引起节段性脱髓鞘、传导阻滞、动作电位振幅降低。如果在可逆阶段发现神经功能障碍,则可避免永久性损伤^[18]。

本研究中,1 例患者出现尖峰肌电,放电特征是单个异步电位。5 例患者出现爆发肌电,电位具有复杂的多相结构。尖峰肌电或爆发肌电与神经根接触有关,如挤压或牵拉神经根^[19]。在 UBE 手术中,咬除侧隐窝的黄韧带时及牵开神经根摘除髓核时,神经组织与操作仪器接触可激发爆发肌电。有 2 例患者出现健侧异常肌电,1 例原因是手术进程中未察觉的硬膜囊破裂,水压直接影响健侧神经根,出现异常肌电反应;另外 1 例为镜下迷路,操作通道越过中线到达健侧刺激到健侧神经根。因此,该方法可能具有足够高的灵敏度来识别手术部位的神经结构,当然这些发现还需在更大的研究人群中进行更详细的调查。

5 例患者术中出现强直肌电,强直肌电包括长时间的多次重复同步分组运动单元放电,可能持续几分钟。通常与持续牵引或压迫神经根有关^[19-20]。它表明一个更严重的病理反应,应视为神经损伤的警告。在 5 例患者中,术者通过立即对这些活动作出反应,重新放置器械,术后未观察到运动功能恶化。值得注意的是,5 例患者在术后均出现灼样神经根痛及下肢感觉异常,提示更严重的机械性神经根刺激,予以卧床休息、营养神经等对症处理后好转。

术中 fEMG 应区分手术和麻醉引起的改变。只有在麻醉不抑制脊髓中间神经元和 α 运动神经元活动的情况下,术中才能记录 fEMG 活动^[21]。大多数麻醉药物会降低电生理电位的振幅并增加其潜伏期。在之前的研究中显示,全凭静脉麻醉对 EMG 监测的影响很小或无影响^[22]。因此,本研究报道的 40 例患者均采用了全凭静脉麻醉。短效肌肉松弛剂(如罗库溴铵)仅用于插管,15~20 min 后才能恢复和记录正常信号。

非肌肉活动引起的放电必需与真正的肌电活动区分开来。如噪音和伪影与双击电凝的使用有关,这些是高振幅放电,很容易与真正的肌电活动区分开来。本研究中手术期间持续的盐水冲洗也未引起肌电活动(1 例硬膜囊破裂患者除外)。

术中未出现报警 fEMG 而术后神经发生损伤可能的原因如下^[23]:(1)完整而整齐地切断神经;(2)神经的缺血性损伤,而非神经根牵拉伤等;(3)神经随肢体牵拉而受到牵拉伤;(4)单极或双极电凝灼伤,被干扰波掩盖。这要求神经生理监护医师随时观察

fEMG 的变化,不放过任何异常肌电改变,并随时提示手术医师。

综上所述,术中 fEMG 简单易行,误诊率和漏诊率都较低,有助于降低全身麻醉 UBE 手术中神经损伤的风险,值得推广。但本研究患者数量较少,仍需要进一步进行大样本量、多中心的研究证实本方法的科学性和有效性。

参考文献

- [1] EUN S S, EUM J H, LEE S H, et al. Biportal endoscopic lumbar decompression for lumbar disk herniation and spinal canal stenosis: a technical note[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2017, 78(4): 390-396.
- [2] 陈帅, 金杰, 潘科, 等. 经皮椎间孔镜与大通道内镜减压治疗单节段腰椎侧隐窝狭窄症的疗效比较[J]. *重庆医学*, 2023, 52(1): 66-71.
- [3] WI S M, LEE H J, KANG T, et al. Clinical significance of improved intraoperative neurophysiological monitoring signal during spine surgery: a retrospective study of a single-institution prospective cohort[J]. *Asian Spine J*, 2020, 14(1): 79-87.
- [4] 王剑火, 陈勇忠, 温建锋, 等. 脊髓型颈椎前路手术中神经电生理监测的应用[J]. *临床骨科杂志*, 2017, 20(2): 154-156.
- [5] LIU W, LI Y, QIU J, et al. Intra-operative neurophysiological monitoring in patients with thoracic spinal stenosis: its feasibility and high-risk factors for new neurological deficit[J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(5): 1298-1303.
- [6] 林世水, 高尚君, 卢峰, 等. 神经电生理监测辅助全身麻醉经皮脊柱内镜治疗腰椎间盘突出症[J]. *中华神经医学杂志*, 2020, 19(10): 1035-1039.
- [7] HEO D H, SON S K, EUM J H, et al. Fully endoscopic lumbar interbody fusion using a percutaneous unilateral biportal endoscopic technique: technical note and preliminary clinical results[J]. *Neurosurg Focus*, 2017, 43(2): E8.
- [8] 厉彦成, 邹向南, 李磊, 等. 两种入路手术治疗腰椎管狭窄症的疗效比较[J]. *临床骨科杂志*, 2023, 26(3): 318-322.
- [9] EUNI J H, HEO D H, SON S K. et al. Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results[J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 24(4): 602-607.
- [10] TORUDOM Y, DILOKHUTTAKARN T. Two po-

- rtal percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis; preliminary study [J]. *Asian Spine J*, 2016, 10(2):335-342.
- [11] 贾强, 李玉兰. 脊柱外科领域的神经电生理监测 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2018, 34(2):191-194.
- [12] 李杨, 银和平. 术中神经电生理监测技术在脊柱外科中的应用现状 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(7):635-638.
- [13] TRABA A, ROMERO J P, ARRANZ B, et al. A new criterion for detection of radiculopathy based on motor evoked potentials and intraoperative nerve root monitoring [J]. *Clin Neurophysiol*, 2018, 129(10):2075-2082.
- [14] SAHINOVIC M M, GADELLA M C, SHILS J, et al. Anesthesia and intraoperative neurophysiological spinal cord monitoring [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2021, 34(5):590-596.
- [15] DI DOMENICO M, VIOLA D, IZZO A, et al. Methods and principles of the intraoperative neurophysiologic monitoring in neurosurgery [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2023, 135:45-49.
- [16] HAGHIGHI S S, BLASKIEWICZ O J, RAMIREZ B, et al. Can intraoperative neurophysiologic monitoring during cervical spine decompression predict post-operative segmental C5 palsy [J]. *J Spine Surg*, 2016, 2(3):167-172.
- [17] SINGLETON J M, HEFNER M. *Spinal cord compression* [M]. Treasure Island: StatPearls Publishing, 2023.
- [18] EPSTEIN R H, PEREZ O F, HOFER I S, et al. Validation of a convolutional neural network that reliably identifies electromyographic compound motor action potentials following train-of-four stimulation; an algorithm development experimental study [J]. *BJA Open*, 2023, 8:100236.
- [19] LÓPEZ J R, LEGATT A D. Monitoring surgery around the cranial nerves [J]. *Handb Clin Neurol*, 2022, 186:319-351.
- [20] WILKINSON M F, CHOWDHURY T, MUTCH W A, et al. Analysis of facial motor evoked potentials for assessing a central mechanism in hemifacial spasm [J]. *J Neurosurg*, 2017, 126(2):379-385.
- [21] IORIO C, KOUCHEKI R, STRANTZAS S, et al. Utility of intraoperative neurophysiological monitoring in detecting motor and sensory nerve injuries in pediatric high-grade spondylolisthesis [J]. *Spine J*, 2023, 23(12):1920-1927.
- [22] LI X, ZHANG B, YU L, et al. Influence of sevoflurane-based anesthesia versus total intravenous anesthesia on intraoperative neuro-monitoring during thyroidectomy [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2020, 162(6):853-859.
- [23] GAVRANCIC B, LOLIS A, BERIC A. Train-of-four test in intraoperative neurophysiologic monitoring: differences between hand and foot train-of-four [J]. *J Clin Neurophysiol*, 2014, 31(6):575-579.

(收稿日期: 2024-02-11 修回日期: 2024-08-20)

(编辑: 姚雪)

(上接第 162 页)

- [17] 柯居中, 吴抗, 刘晓琳, 等. 上海市浦东新区队列人群危险因素与冠心病发病的关联性分析 [J]. *中国医药导报*, 2021, 18(20):46-50.
- [18] 王敏, 李瑾. 炎性细胞在动脉粥样硬化中作用的研究进展 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2022, 30(3):265-270.
- [19] LIN L, ZHANG M X, ZHANG L, et al. Autophagy, pyroptosis, and ferroptosis: new regulatory mechanisms for atherosclerosis [J]. *Front Cell Dev Biol*, 2021, 9:809955.
- [20] AGUIRRE A D, ARBAB-ZADEH A, SOEDA T, et al. Optical coherence tomography of plaque vulnerability and rupture: JACC focus seminar part 1/3 [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 78(12):1257-1265.
- [21] 陈威宇, 肖晗, 郭丽君. 易损斑块的病理组织学特征和机制研究现状 [J]. *中国心血管杂志*, 2021, 26(1):74-77.
- [22] 《中国心血管健康与疾病报告》编写组. 《中国心血管健康与疾病报告 2021》概述 [J]. *中国心血管病研究*, 2022, 20(7):577-596.
- [23] 王晓蕾. 2 型糖尿病合并冠心病患者 adipsin 变化的临床研究 [J]. *医药卫生*, 2023, 8(5):83-86.
- [24] 王子龙, 杨莉红, 杨寒凝, 等. 超微血流成像技术对兔腹主动脉斑块易损性的研究 [J]. *重庆医学*, 2021, 50(18):3079-3083.
- [25] PRATI F, ROMAGNOLI E, GATTO L, et al. Relationship between coronary plaque morphology of the left anterior descending artery and 12 months clinical outcome: the CLIMA study [J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(3):383-391.

(收稿日期: 2024-06-18 修回日期: 2024-11-10)

(编辑: 张芃捷)