

体感诱发电位监测在腰椎管狭窄症斜外侧椎间融合术中的应用

杨树龙¹, 潘宗², 陈振³, 刘晓印³, 马荣³, 梁思敏³, 张建群³, 马宗军³, 丁小力³, 戈朝晖³

(1 宁夏医科大学 750004 银川市; 2 宁夏医科大学总医院电生理科 750004 银川市;

3 宁夏医科大学总医院骨科 750004 银川市)

【摘要】目的:探讨术中体感诱发电位(SEP)监测在退行性腰椎管狭窄症斜外侧椎间融合(OLIF)术中的应用价值。**方法:**选择 2017 年 7 月~2019 年 2 月在宁夏医科大学总医院采用 OLIF 联合 Wiltse 入路单侧椎弓根螺钉固定术治疗的 92 例单节段退行性腰椎管狭窄症患者进行回顾性研究,手术全程给予 SEP 监测。随访时间 15.6±1.8 个月(12~23 个月)。根据 Lee 等的腰椎管狭窄 MRI 分级将患者分为 1 级组(31 例)、2 级组(33 例)和 3 级组(28 例)。记录分析各组椎间隙处理前及融合器置入后的 SEP 波幅值;测量手术前、末次随访时责任间隙硬膜囊面积、椎间隙高度及椎间孔高度;临床疗效评价采用腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分。影像学结果及临床疗效改善率与 SEP 波幅改善率的相关性采用 Pearson 相关性分析。**结果:**3 组椎间隙处理前与融合器置入后 SEP 平均波幅值的差异有统计学意义($P<0.05$);1 级组、2 级组和 3 级组 SEP 波幅平均改善率分别为(48.32±7.37)%、(112.34±18.67)%和(28.05±6.78)%,其中 3 级组有 3 例患者 SEP 波幅无任何变化。3 组术后末次随访时的椎间隙高度、椎间孔高度、硬膜囊面积及腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分均较术前明显改善,差异有统计学意义($P<0.05$);2 级组末次随访时椎间隙高度、椎间孔高度、硬膜囊面积改变值大于 1 级组和 3 级组,差异有统计学意义($P<0.05$);3 组之间末次随访时腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分改变值差异有统计学意义($P<0.05$)。末次随访时,1 级组、2 级组和 3 级组腰椎 JOA 评分改善率分别为(87.0±36.2)%、(85.8±35.3)%和(46.1±26.2)%,优良率分别为 93.5%(29/31)、84.8%(28/33)和 50%(14/28)。1 级组和 2 级组 SEP 波幅改善率与末次随访时硬膜囊面积、椎间隙高度、椎间孔高度、腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分的改善率呈正相关;3 级组 SEP 波幅改善率与末次随访时硬膜囊面积、腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分的改善率呈弱相关。1 级组优良病例 SEP 改善率均大于 25.6%,2 级组优良病例 SEP 波幅改善率均大于 85.3%。**结论:**OLIF 治疗 1、2 级腰椎管狭窄症术中 SEP 波幅改善率可以作为判断间接减压是否有效的参考指标,对于手术中判断腰椎管狭窄间接减压的程度具有一定的参考意义。

【关键词】退行性腰椎管狭窄症;斜外侧椎间融合;体感诱发电位

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2020.10.08

中图分类号:R681.5,R741.044 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2020)-10-0921-10

Value of somatosensory evoked potential in the treatment of lumbar spinal stenosis with oblique lumbar interbody fusion/YANG Shulong, PAN Zong, CHEN Zhen, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2020, 30(10): 921-930

【Abstract】 Objectives: To explore the value of intraoperative somatosensory evoked potential (SEP) monitoring in the treatment of degenerative lumbar spinal stenosis with oblique lateral interbody fusion(OLIF). **Methods:** The data of 92 patients who underwent combined OLIF and unilateral pedicle screw fixation for degenerative lumbar spinal stenosis with SEP monitoring the operation in General Hospital of Ningxia Medical University from July 2017 to February 2019 were retrospectively reviewed. According to Lee's grading system of lumbar central canal stenosis, all patients were divided into grade 1 group ($n=31$), grade 2 group ($n=33$) and

基金项目:2020 宁夏重点研发计划项目(项目编号:2020BEG03034)

第一作者简介:男(1982-),在读博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(0951)6746129 E-mail:yangshulong2008@163.com

并列第一作者:潘宗 E-mail:popstop1983@126.com

通讯作者:戈朝晖 E-mail:myovid@126.com

grade 3 group($n=28$). Our follow-up study lasted 12–23 months, averaged 15.6 ± 1.8 months. The amplitude of SEP was recorded and analyzed before disk excision and 5 minutes after implantation of fusion cage in each group. The cross-sectional area in the dura(CAD) was measured on T2WI axial MRI. The disk height(DH) and intervertebral foramen height(IFH) were measured on the lateral X-ray. Visual analog scale(VAS) score and JOA score of lumbar spine were used to evaluate the clinical effect. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between the improvement rate of SEP amplitude and the improvement rate of the radiographic and clinical results. **Results:** There were significant changes in the average amplitude of SEP in the three groups before disk excision and after implantation of fusion cage under general anaesthesia ($P<0.05$). The average improvement rate of SEP amplitude in grade 1, grade 2 and grade 3 groups were $(48.32\pm7.37)\%$, $(112.34\pm18.67)\%$ and $(28.05\pm6.78)\%$ respectively, while 3 patients in grade 3 group showed no changes in SEP amplitude. At the last follow-up, the DH, IFH, CAD, lumbocrural pain VAS score and JOA score of the three groups were significantly improved compared with those at pre-operation ($P<0.05$). The change values of DH, IFH and CAD in grade 2 group were larger than those in grade 1 group and grade 3 group($P<0.05$); There were significant difference in the change values of lumbocrural pain VAS score and JOA score among the three groups($P<0.05$). By the evaluation standard of JOA score, at the last follow-up, the average improvement rate of JOA score in grade 1, grade 2, and grade 3 groups were $(87.0\pm36.2)\%$, $(85.8\pm35.3)\%$ and $(46.1\pm26.2)\%$ respectively, and the excellent and good rate were 93.5%(29/31), 84.8% (28/33) and 50%(14/28) respectively. The improvement rate of SEP amplitude in grade 1 and grade 2 groups were positively correlated with the improvement rate of DH, IFH, CAD, lumbocrural pain VAS score and JOA score. The improvement rate of SEP amplitude was weakly correlated with the improvement rate of CAD, leg pain VAS score and JOA score in the grade 3 group. The improvement rate of SEP amplitude in eligible cases in grade 1 group was more than 25.6%, and that in grade 2 group was more than 85.3%.

Conclusions: The improvement rate of SEP amplitude during the OLIF procedure in the treatment of grade 1 and grade 2 lumbar spinal stenosis can be used as an important reference index to judge whether the indirect decompression is effective or not, and it has some reference value for evaluating the degree of indirect decompression in the operation.

【Key words】 Degenerative lumbar spinal stenosis; Oblique lumbar interbody fusion; Somatosensory evoked potential

【Author's address】 Ningxia Medical University, Yinchuan, 750004, China

退行性腰椎管狭窄症 (degenerative lumbar spinal stenosis, DLSS) 是由于腰椎中央管、侧隐窝或椎间孔狭窄压迫脊髓、马尾、神经根使其肿胀、迂曲、变性、缺血甚至粘连, 在行走过多时脊髓神经根出现明显缺血, 而导致腰痛、间歇性跛行等一系列临床症候群; 手术目的是充分解除对硬膜囊、神经根压迫以及恢复腰椎的稳定性, 来缓解患者的腰腿疼痛症状。斜外侧椎间融合 (oblique lateral interbody fusion, OLIF) 作为治疗 DLSS 新近出现的微创技术, 通过侧前方入路切除责任节段椎间盘, 以大融合器进行责任间隙的直接撑开、恢复椎间隙及椎间孔高度, 拉紧后方韧带结构, 回纳椎间盘等突向椎管及椎间孔的组织, 通过间接减压使椎管容积得到有效恢复, 对椎管内的脊髓、神经及脊柱后部结构干扰小, 具有创伤小、术中出血少、术后恢复快、并发症发生率低等优势^[1]。但是

间接减压的 OLIF 无法对脊髓神经的减压状态进行直接观察, 因此, 其对不同程度的腰椎管狭窄能否达到理想的减压, 往往需要术后下地活动来进行评估和验证, 以决定是否需要二期补做后路直接减压手术。截至目前, 关于 OLIF 术中即刻对腰椎管狭窄症减压效果的判断, 尚缺乏研究报道。腰椎管狭窄症患者存在程度不同的硬膜囊及神经根受压及受损表现, 而体感诱发电位 (somatosensory evoked potential, SEP) 可以反映脊髓后索和侧后索上行传导束的功能^[2], 通过连续监测不仅可以判断躯体感觉传导通路的完整性, 而且在评估脊髓神经功能损害严重程度方面也有重要意义^[3-5]。本研究拟通过观察腰椎管狭窄症患者 OLIF 术中 SEP 波幅的变化与改善率及其相应的影像与临床指标的改变, 来研究不同程度腰椎管狭窄症患者术中 SEP 波幅改善率与 OLIF 间接减压疗效的相

关性,为是否需要一期辅助后路减压做出初步预判。

1 资料与方法

1.1 病例选择标准

1.1.1 纳入标准 (1)诊断为单节段腰椎管狭窄症(合并或不合并退变性滑脱)者;(2)具有手术适应证:①有神经根放射痛,保守治疗3个月不能缓解;②无运动功能障碍者;③无排尿功能障碍者;④间歇性跛行距离小于100~200m;(3)影像学表现为轻、中、重度中央管狭窄,椎间盘突出为包容性,退行性侧凸所致的一侧椎间孔狭窄,或伴有腰椎不稳、Ⅱ度以下腰椎滑脱,椎间隙塌陷所致黄韧带皱褶导致的中央椎管、侧隐窝以及椎间孔狭窄等。

1.1.2 排除标准 (1)先天性椎管狭窄症、多节段腰椎管狭窄症、Ⅱ度或Ⅱ度以上腰椎滑脱症和纤维环破裂的脱出型或游离型椎间盘突出症;(2)患有其他神经、脊柱及下肢疾患(如脊髓肿瘤、脊柱感染、脊柱骨折、强直性脊柱炎、肌源性疾病及下肢骨髓炎等)影响随访结果者;(3)关节突关节融合及其所致的侧隐窝骨性狭窄,椎间隙后缘骨赘形成,椎间盘或黄韧带明显钙化;(4)既往存在神经系统相关疾病(如糖尿病神经病变、慢性维生素B6中毒、麻风病等)且对SEP监测结果可能产生影响的患者;(5)既往有脊柱、下肢及左侧腹部手

术史。

1.2 一般资料

收集我院2017年7月~2019年2月应用OLIF联合Wiltse入路单侧椎弓根螺钉固定治疗的单节段腰椎管狭窄患者共92例,由同一主任医师完成手术。所有病例临床症状均有间歇性跛行,术前腰椎MRI示中央椎管有不同程度的狭窄。随访时间 15.6 ± 1.8 个月(12~23个月),收集所有患者术前、术后和末次随访时的腰椎正侧位X线片及腰椎MRI。该研究通过宁夏医科大学总医院伦理委员会批准。

1.3 病例分组

参照Lee等^[6]提出的腰椎管狭窄MRI分级系统,将椎管狭窄根据MRI T2轴位像上马尾神经的分离或聚集程度分为4级:0级,椎管无狭窄,前方脑脊液无阻塞;1级,马尾神经全部分离,没有聚拢;2级,马尾神经部分聚拢;3级,马尾神经全部聚拢。根据上述标准将病例分为三组:1级组(轻度)、2级组(中度)、3级组(重度)。3组患者一般资料见表1。

1.4 麻醉方案

手术室室温控制在22~24℃;平均动脉压控制在70~75mmHg,患者其他生命体征波动幅度不超过基础值的20%,手术过程采用全凭静脉麻醉。麻醉诱导:舒芬太尼0.2~0.4μg/kg,异丙酚1~2mg/kg,顺式阿曲库铵0.2mg/kg单次给药。麻醉

表1 3组患者的一般资料

Table 1 Summary of the patient demographics

	1级组(n=31) Grade 1 group	2级组(n=33) Grade 2 group	3级组(n=28) Grade 3 group	P值 P value
年龄(年) Mean age(years)	58.46±6.08	60.43±5.17	60.57±6.28	0.558
性别比(男/女,例) Sex ratio(M/F)	11/20	13/20	9/19	0.486
体重指数(kg/m ²) Body mass index	23.97±1.76	23.18±1.83	24.87±1.56	0.273
骨密度T值 Mean bone mineral density: T-score	-2.0±0.4	-2.1±0.3	-2.3±0.5	0.152
手术节段[例(%)] OLIF level				0.976
L3/4	14(45.2)	15(45.5)	12(42.9)	
L4/5	17(54.8)	18(54.5)	16(57.1)	
合并侧隐窝狭窄[例(%)] Combined with lateral recess stenosis	10(32.3)	9(27.3)	8(28.6)	0.903
合并腰椎不稳[例(%)] Combined with lumbar instability	10(32.3)	13(39.4)	9(32.1)	0.786
腰痛[例(%)] Low back pain	25(80.6)	27(81.8)	25(89.3)	0.626
下肢放射性痛、麻木[例(%)] Radiation pain and numbness of lower extremity	23(74.2)	26(78.8)	24(85.7)	0.548
心脏病[例(%)] Cardiopathy	3(9.7)	5(15.2)	4(14.3)	0.788
糖尿病[例(%)] Diabetes mellitus	4(12.9)	6(18.2)	5(17.9)	0.82
高血压病[例(%)] Hypertension	5(16.1)	7(21.2)	4(14.3)	0.757

维持;盐酸瑞芬太尼 $0.1\sim 0.5\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,异丙酚 $6\sim 12\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,间断推注顺式阿曲库铵维持肌松,为了避免肌松药对电生理监测指标的影响,在监测前 30min 内不给肌松药直到监测结束。在麻醉过程中不使用吸入麻醉剂。镇静深度监测指标使用脑电双频指数(bispectral index,BIS),BIS 值维持在 45~60。所有病例麻醉为同一麻醉师。

1.5 电生理监护仪器和方法

采用加拿大 Xitek32 通道术中脊髓神经监护仪,使用 SEP 监护系统及相应处理软件。SEP:使用针电极,按脑电图国际 10~20 电极系统放置,以 Cz 或 Cz'(Cz 后 2cm 处)作为记录点,Fz 作为参考。用双极电极刺激双下肢内踝后方的胫后神经(恒流方波电脉冲,波频 1.9Hz,波宽 0.2ms,刺激量以脚趾出现跖屈为准)。肩部连地线,记录电极电阻 $<5\text{k}\Omega$,分析时间 100ms,记录带宽 300~1000Hz,灵敏度 $2\mu\text{V}$,平均叠加 200 次。多次重复测量以确保数据的稳定性及可重复性。所有病例监护为同一电生理监护师。术中重点监护阶段:①患者麻醉且手术体位摆好后获得满意 SEP 波形并以此为全程 SEP 信号对比基线,重点监测分析 P40-N50 波幅。②连续监测椎间隙处理前及融合器置入后 SEP 波幅的变化。

1.6 评价指标

影像学测量由两位医师通过本院(Picture Archiving and Communication Systems,PACS)影像系统独立测量手术前和末次随访时手术节段 MRI T2WI 轴位像上硬膜囊面积(cross-sectional area in the dura,CAD)及 X 线侧位片椎间隙高度(disk height,DH)、椎间孔高度(intervertebral foramen height,IFH),取平均值。测量方法:CAD 在 MRI T2WI 轴位像上椎间盘水平测量;DH、IFH 在 X 线侧位片上测量,DH 为椎体前缘及后缘上下终板间高度的平均值;IFH 为上位椎弓根与椎体连接处的下缘与下位椎弓根与椎体连接处上缘间的距离。记录每个病例术前临床症状较重侧下肢在麻醉下椎间隙处理前 SEP 波幅值和融合器置入后 5min 的 SEP 波幅值。SEP 波幅值是 P40 的正相峰值与 N50 的负相峰值之和。统计术前和末次随访时腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分。末次随访疗效评定按 JOA 评分改善率^[7],评分改善率 $=[(\text{术后评分}-\text{术前评分})/(29-\text{术前评分})]\times 100\%$;改善率 75%~100%为优,50%~74%为良,

25%~49%为中,<25%为差。SEP 波幅改善率 $=(\text{融合器置入后测量值}-\text{椎间隙处理前测量值})/\text{椎间隙处理前测量值}\times 100\%$ 。其他指标改善率的计算:术后改善率 $=(\text{术后测量值}-\text{术前测量值})/\text{术前测量值}\times 100\%$ 。

1.7 统计学方法

数据采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,对于偏态分布者采用中位数(25%,75%)表示;3 组组内比较采用配对 *t* 检验;各组间的比较采用单因素方差分析,两两比较采用 SNK-*q* 检验法;影像学结果及临床疗效与 SEP 波幅改善率的相关性采用 Pearson 相关性分析。计数资料以百分率(%)或绝对数表示,采用卡方检验比较。以上资料检验水准 α 均取 0.05,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

3 组病例在麻醉下椎间隙处理前与融合器置入后 SEP 平均波幅值的差异有统计学意义($P<0.05$),3 组之间 SEP 波幅改善率差异有统计学意义($P<0.05$,表 2)。3 级组中有 3 例患者 SEP 波幅无任何变化。

3 组患者均完成随访,末次随访时均未发现螺钉松动及融合器下沉。3 组末次随访时 CAD、DH、IFH 较术前均明显改善,均有统计学差异($P<0.05$);2 级组的 CAD、DH、IFH 改变值均大于 1 级组和 3 级组,均有统计学差异($P<0.05$,表 3)。

3 组患者术后均有不同程度的症状改善。3 组

表 2 3 组椎间隙处理前、融合器置入后 SEP 波幅的变化 (μV)

Table 2 Amplitude of SEP before the disk excision and after the implantation of cage

	椎间隙处理前 Before the disk excision	融合器放置后 After the implantation of cage	改善率(%) Improvement rate
1级组($n=31$) Grade 1 group	2.38 ± 0.42	3.53 ± 0.55^{①}	48.32 ± 7.37
2级组($n=33$) Grade 2 group	1.54 ± 0.45	3.27 ± 0.6^{①}	112.34 ± 18.67^{②}
3级组($n=28$) Grade 3 group	0.82 ± 0.36	1.05 ± 0.48^{①}	28.05 ± 6.78^{③}

注:①与椎间隙处理前相比 $P<0.05$;②与 1 级组相比 $P<0.05$;③与 1、2 级组相比 $P<0.05$

Note: ①Compared with pre-operation, $P<0.05$; ②Compared with grade 1 group, $P<0.05$; ③Compared with grade 1 and grade 2 groups, $P<0.05$

病例术后末次随访腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分均较术前明显改善,有统计学差异 ($P<0.05$);3 级组末次随访腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分改变值较 1 级组、2 级组小 ($P<0.05$);2 级组末次随访腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分改变值比 1 级组大 ($P<0.05$) (表 4)。末次随访时按 JOA 评分标准评定疗效,1 级组优 22 例,良 7

例,中、差各 1 例,优良率 93.5% (29/31);2 级组优 19 例,良 9 例,中 3 例,差 2 例,优良率 84.8% (28/33);3 级组优 4 例,良 10 例,中 8 例,差 6 例,优良率 50% (14/28)。

影像学结果及临床疗效与 SEP 波幅改善率的 Pearson 相关性分析结果见表 5。1 级组和 2 级组 SEP 波幅改善率与末次随访时 CAD、DH、IFH、

表 3 3 组术前与术后末次随访时影像学测量
Table 3 Pre-operative and post-operation imaging

		术前 Pre-operation	末次随访 Final follow-up	改变值 Change value	改善率 (%) Improvement rate
1 级组 ($n=31$) Grade 1 group	椎间高度(mm) Disk height	11.2±1.6	13.3±2.1 ^①	1.9±0.9	17.3±3.5
	椎间孔高度(mm) Intervertebral foramen height	21.5±3.9	23.9±3.4 ^①	2.5±0.9	11.5±2.7
	硬膜囊面积(mm ²) Cross-sectional area in the dura	125.5±62.9	177.2±48.3 ^①	52.8±24.3	41.7±13.6
2 级组 ($n=33$) Grade 2 group	椎间高度(mm) Disk height	9.2±1.4	11.9±1.9 ^①	2.7±1.1 ^②	29.3±5.8
	椎间孔高度(mm) Intervertebral foramen height	19.3±3.6	22.8±3.4 ^①	3.5±1.6 ^②	17.8±3.9
	硬膜囊面积(mm ²) Cross-sectional area in the dura	98.3±40.9	167.3±56.7 ^①	69.2±28.2 ^②	70.2±25.2
3 级组 ($n=28$) Grade 3 group	椎间高度(mm) Disk height	6.2±2.1	8.1±2.5 ^①	1.9±0.6	32.4±7.7
	椎间孔高度(mm) Intervertebral foramen height	15.8±3.1	18.3±2.3 ^①	2.5±0.7	15.9±3.2
	硬膜囊面积(mm ²) Cross-sectional area in the dura	79.3±20.5	133.3±31.3 ^①	54.7±18.3	69.1±22.5

注:①与术前比较 $P<0.05$;②与 1 级、3 级组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with pre-operation, $P<0.05$; ②Compared with grade 1 and grade 3 groups, $P<0.05$

表 4 3 组术前与末次随访时腰椎 JOA 评分及腰腿痛 VAS 评分

Table 4 JOA and VAS score before surgery and at final follow-up

		术前 Pre-operation	末次随访 Final follow-up	改变值 Change value	改善率 (%) Improvement rate
1 级组 ($n=31$) Grade 1 group	腰痛 VAS 评分(分) Lumbago VAS	5.3±2.2	1.4±0.6 ^①	3.9±1.1	73.1±22.5
	腿痛 VAS(分) Leg pain VAS	6.2±2.1	1.2±0.7 ^①	5.0±1.1	81.2±31.3
	腰椎 JOA 评分(分) JOA scores of lumbar	11.7±4.1	26.8±1.9 ^①	14.9±2.3	87.0±36.2
2 级组 ($n=33$) Grade 2 group	腰痛 VAS 评分(分) Lumbago VAS	6.1±2.4	1.7±0.6 ^①	4.5±1.5 ^②	72.4±29.2
	腿痛 VAS(分) Leg pain VAS	6.9±2.4	1.2±0.7 ^①	5.7±2.1 ^②	82.2±32.7
	腰椎 JOA 评分(分) JOA scores of lumbar	9.5±4.4	26.2±1.9 ^①	16.7±2.1 ^②	85.8±35.3
3 级组 ($n=28$) Grade 3 group	腰痛 VAS 评分(分) Lumbago VAS	7.4±2.9	4.1±0.7 ^①	3.3±1.1 ^③	44.4±21.4
	腿痛 VAS(分) Leg pain VAS	7.9±3.0	4.9±1.1 ^①	3.0±1.9 ^③	37.9±18.2
	腰椎 JOA 评分(分) JOA scores of lumbar	8.5±2.5	17.9±4.0 ^①	9.5±2.2 ^③	46.1±26.2

注:①与术前比较 $P<0.05$;②与 1 级组比较 $P<0.05$;③与 1 级组和 2 级组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with pre-operation, $P<0.05$; ②Compared with grade 1 group, $P<0.05$; ③Compared with grade 1 and grade 2 groups, $P<0.05$

腰腿痛 VAS 及腰椎 JOA 评分的改善率呈正相关;3 级组 SEP 波幅改善率与末次随访时 CAD、腿痛 VAS 及腰椎 JOA 评分的改善率呈弱相关(表 5)。1 级组优良病例 SEP 波幅改善率均大于 25.6%,2 级组优良病例 SEP 波幅改善率均大于

85.3%。
3 组的典型病例见图 1~3。
3 讨论
OLIF 治疗椎管狭窄的原理为间接减压,对于

表 5 SEP 波幅改善率与末次随访时影像和临床数据改善率的相关性分析
Table 5 Correlation analysis between improvement rate of amplitude of SEP and improvement rate of image and clinical data

		硬膜囊面积改善率(%) Improvement rate of CAD	椎间高度改善率(%) Improvement rate of DH	椎间孔高度改善率(%) Improvement rate of IFH	腰痛 VAS 改善率(%) Improvement rate of Lumbago VAS	腿痛 VAS 改善率(%) Improvement rate of Leg pain VAS	腰椎 JOA 评分改善率(%) Improvement rate of JOA scores
1 级组 Grade 1 group	<i>r</i>	0.69	0.58	0.58	0.54	0.72	0.63
	<i>P</i>	0.041	0.028	0.029	0.041	0.025	0.038
2 级组 Grade 2 group	<i>r</i>	0.66	0.61	0.65	0.58	0.74	0.69
	<i>P</i>	0.027	0.032	0.041	0.028	0.035	0.027
3 级组 Grade 3 group	<i>r</i>	0.32	0.23	0.18	0.18	0.29	0.26
	<i>P</i>	0.041	0.349	0.152	0.163	0.035	0.044

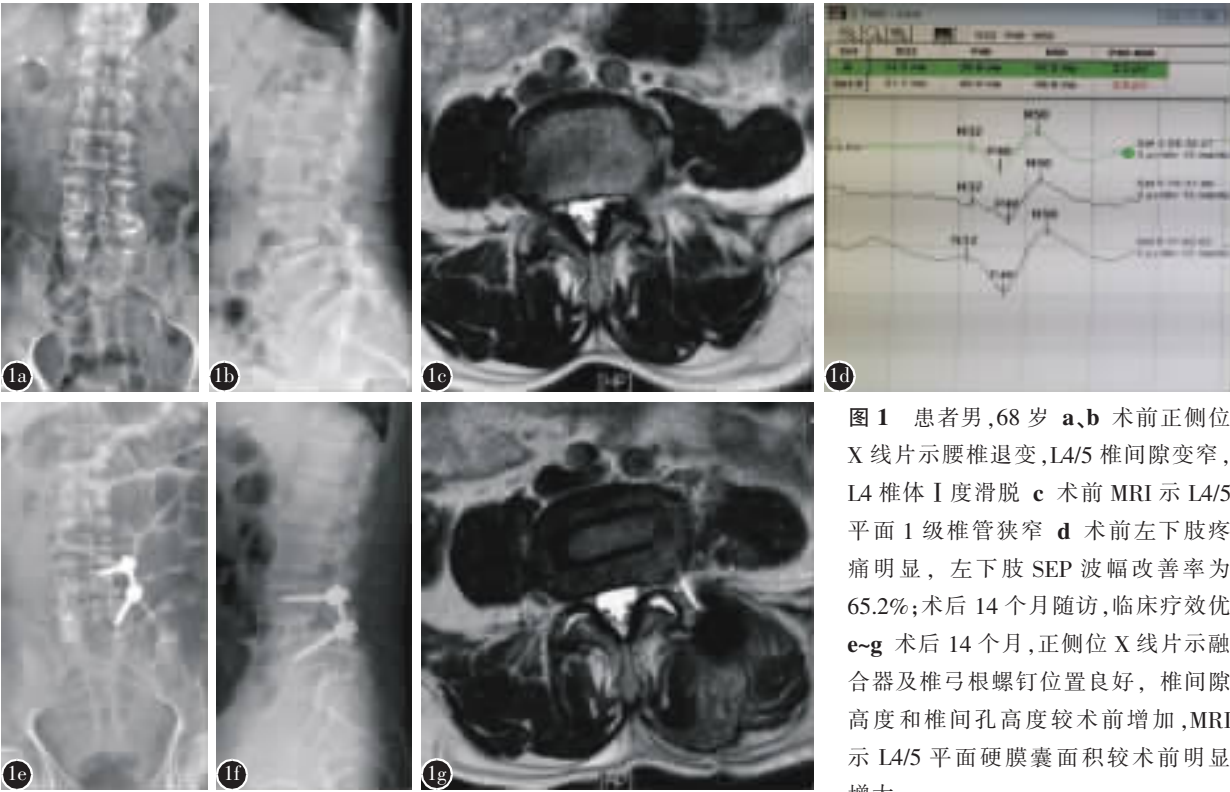


Figure 1 The patient was a 68 year old male **a, b** Pre-operative X-ray showed lumbar vertebra was degenerated, L4/5 intervertebral space narrowed and L4 vertebral body slipped (I°) **c** Preoperative MRI showed grade 1 lumbar spinal stenosis in L4/5 level **d** The improvement rate of SEP's amplitude of left lower extremity was 65.2%. At 14 months' follow-up, the clinical effect was excellent **e, f** 14 months postoperatively, X-ray showed that the fusion cage and pedicle screw were in good position. The height of intervertebral space and intervertebral foramen increased compared with that before operation **g** Post-operation MRI showed that the cross-sectional area of L4/5 level dural sac increased significantly

不同严重程度的椎管狭窄如何判断减压效果,目前多依据术后临床观察来判断疗效。如术后疗效不满意,需二期后路直接减压,给患者带来一定的痛苦和经济负担。因此,从临床角度寻找能在术中进行间接预判减压效果的方法具有重要意义。椎管狭窄会导致营养马尾神经的血管受压、变窄、扭曲,特别是压迫小静脉造成淤血,将引起毛细血管逆行淤积,发生组织缺氧、缺血、炎症反应以及对逆向轴质流阻碍加重,导致神经元及轴突功能逐渐退化;这时 SEP 的潜伏期和波幅相对正常人而言也会发生变化^[8]。Larson^[9]研究发现,腰椎管狭窄的患者腰椎由屈曲到伸直活动中,SEP 波幅立即下降,提出其机制与机械性压迫有很大的关系。Gonzalez 等^[10]阐述了缺血和机械性压迫通常是 DLSS 引起神经根功能障碍的机理,提出它对粗有髓传入神经纤维的影响较细无髓纤维大。有文献报道脊髓、神经根减压手术患者肌皮神经节段刺激体感诱发电位 (dermatomal somatosensory-evoked potential, DSEP)、SEP 的变化与术后临床

症状的改善呈正相关^[11,12]。对于腰椎管狭窄来说下肢疼痛多为神经性疼痛,神经性疼痛 (neuropathic pain, NPP) 为损伤或疾病影响躯体感觉系统的直接结果^[13]。其他研究表明深部感觉通路中包含有髓鞘的粗纤维,这些通路的传输改善与减轻神经性疼痛相关^[14]。已知 SEP 通过这些纤维在背索—内侧丘系通路中传递,通常被用来测量脊髓体感通路功能的完整性;粗的有髓鞘 A β 纤维是 NPP 的病理基础^[15],而且在其内传导的 SEP 有助于 NPP 的病理生理变化的监测^[16]。SEP 波幅的变化可以反映神经病理功能的改变,其敏感度高,神经元的功能与其波幅大小相关,若神经元功能完好,感觉传导系统则 SEP 波幅明显。术中 SEP 信号的改善通常存在滞后性;本研究大多数患者在试模置入椎间隙后 SEP 波幅开始发生变化,当椎间融合器置入后 5min 内连续测量三次,SEP 波幅变化不够稳定,总体呈增加趋势;所有患者在融合器置入 5min 后 SEP 波幅变化稳定,因此本研究选用融合器置入后 5min 作为

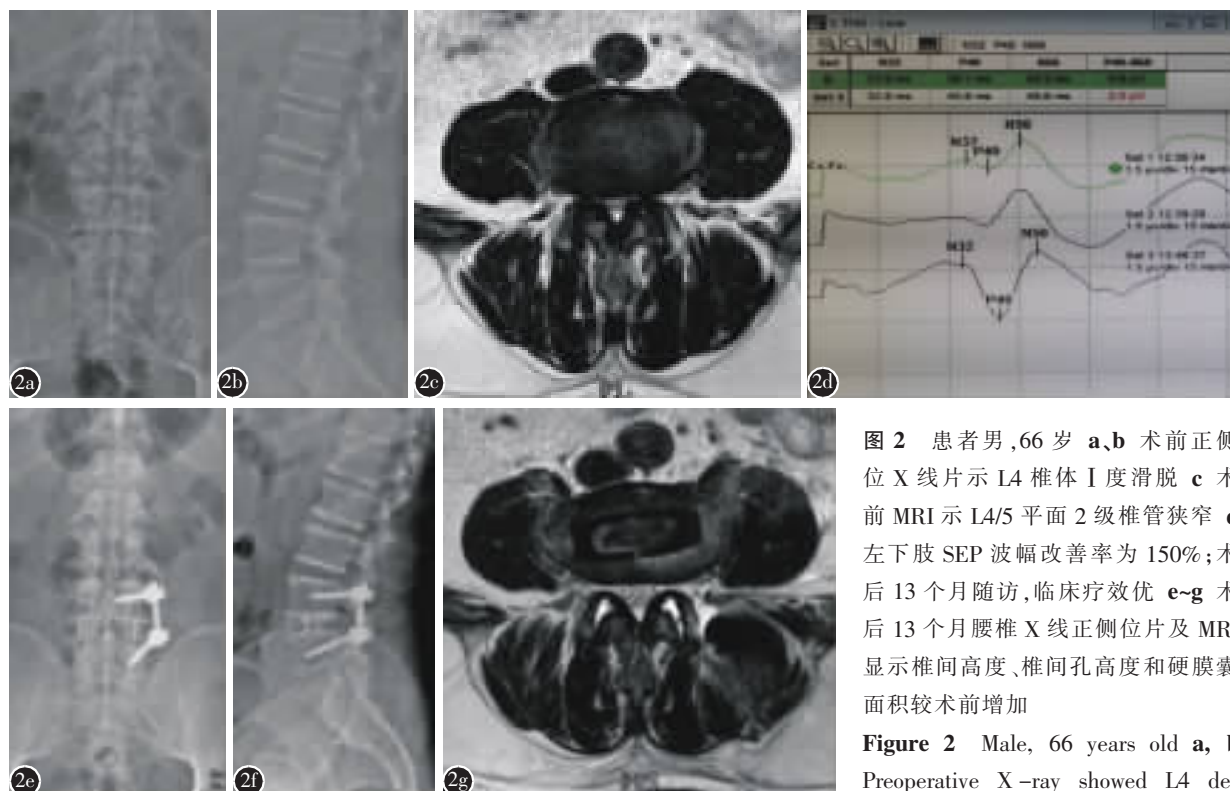


图2 患者男,66岁 a、b 术前正侧位X线片示L4椎体I度滑脱 c 术前MRI示L4/5平面2级椎管狭窄 d 左下肢SEP波幅改善率为150%;术后13个月随访,临床疗效优 e~g 术后13个月腰椎X线正侧位片及MRI显示椎间高度、椎间孔高度和硬膜囊面积较术前增加

Figure 2 Male, 66 years old a, b Preoperative X-ray showed L4 degenerative spondylolisthesis grade I,

L4/5 intervertebral space narrowed c Preoperative MRI showed grade 2 lumbar spinal stenosis in L4/5 level d The improvement rate of SEP's amplitude of left lower extremity was 150%. At 13 months' follow-up, the clinical effect was excellent e~g At 13 months after the operation, X-ray and MRI showed that the disk height, intervertebral foramen height, and cross-sectional area in the dura were increased compared with those before operation

记录 SEP 波幅的时间点。在脊髓神经电生理监护过程中有很多因素影响 SEP 波幅变化,包括麻醉药物的选择及给药途径、麻醉深度、手术室温、体温、心率、血压、 PaCO_2 、术中出血量,术者使用双极电凝、吸引器以及对神经组织的牵拉与损伤等因素的干扰,因此在融合器置入前后其 SEP 波幅改变的绝对值个体差异很大,病例间比较难以用来进行评估,但是采用 SEP 波幅的改善率,可以规避以上影响,可用于病例间比较,进而保证组间的可比性。因此本研究采用 SEP 波幅改善率来进行统计分析,这样可以避免偏倚。

本研究结果显示三组病例 OLIF 手术后末次随访时平均 CAD、DH、IFH 较术前明显增加,差异均有统计学意义 ($P<0.05$);2 级组 CAD、DH、IFH 的平均改变值大于 1、3 级组;3 组之间末次随访时腰腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分改变值差异有统计学意义 ($P<0.05$);这与椎管狭窄严重程度的差异密切相关,处于 1 级组的患者椎间盘退变相对较轻,椎间高度维持较好,OLIF 术后椎间隙

撑开余量相对较小;而 3 级组因严重退变椎间隙塌陷,小关节退变增生等因素,导致椎间撑开不足;介于 1、3 级组之间的 2 级组,则可以达到最佳匹配的椎间高度撑开,以及黄韧带皱褶的拉伸。三组术中 SEP 波幅平均值在椎间隙处理前与融合器置入后 5min 的改变具有统计学意义 ($P<0.05$);表明 SEP 对于术中脊髓、神经根的牵拉、缺血或压迫较敏感^[7]。

1、2 级组术中 SEP 波幅改善率与术后末次随访时 CAD、DH、IFH 的改善率及临床症状的改善率具有明显的相关性,可见术中 SEP 波幅改善率明显的患者术后随访神经功能恢复较好。这种以波幅增高为主的术中椎间隙处理前及融合器置入后 SEP 变化,可能是由于脊神经根受压同时,导致神经根静脉扩张、淤血,小动脉供血机能减退,使神经兴奋阈值升高,神经传导功能减退和冲动传导阻滞。动物实验发现,SEP 监测结果与血流量有关,在脊髓持续缺血情况下,血流量减少 20%~35%,SEP 无变化;当进一步降低血流量时,在短

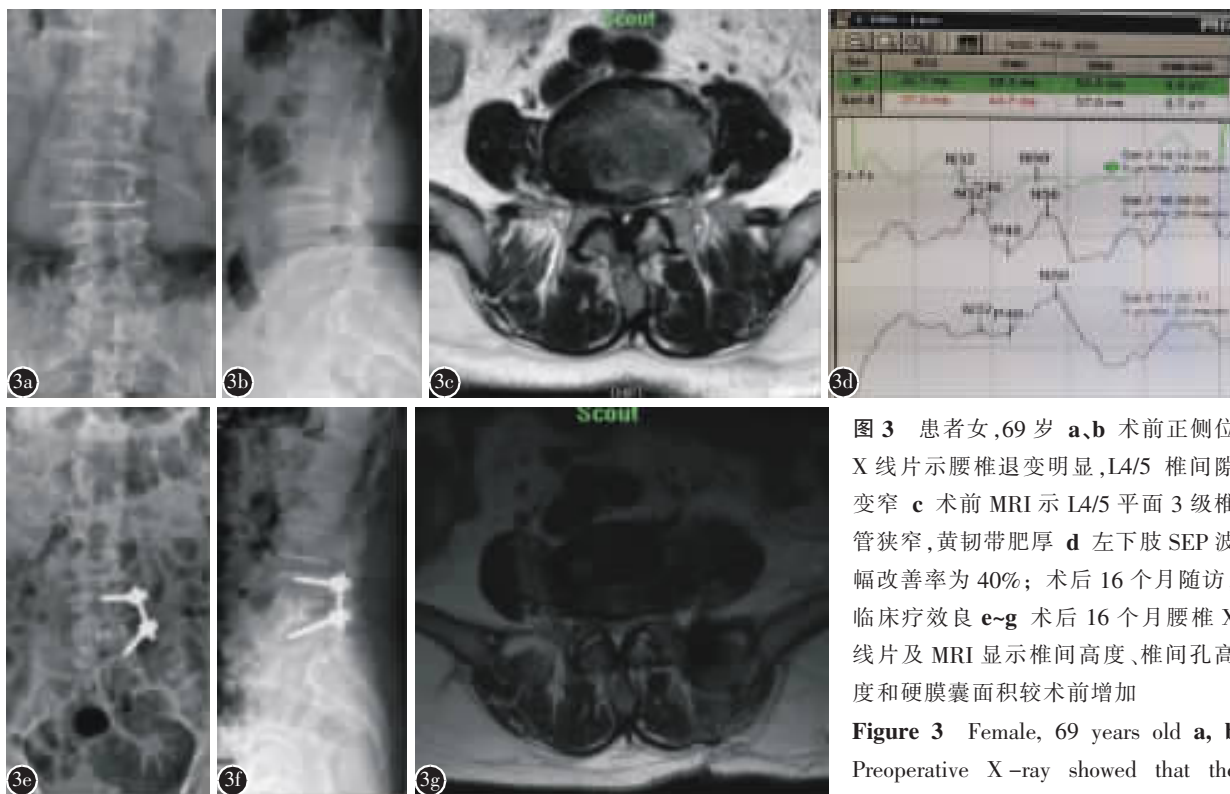


图3 患者女,69岁 a、b 术前正侧位X线片示腰椎退变明显,L4/5 椎间隙变窄 c 术前MRI示L4/5平面3级椎管狭窄,黄韧带肥厚 d 左下肢SEP波幅改善率为40%;术后16个月随访,临床疗效良 e~g 术后16个月腰椎X线片及MRI显示椎间高度、椎间孔高度和硬膜囊面积较术前增加

Figure 3 Female, 69 years old a, b Preoperative X-ray showed that the lumbar vertebra was obviously degenerated,

L4/5 intervertebral space narrowed c Preoperative MRI showed grade 3 lumbar spinal stenosis in L4/5 level d The improvement rate of SEP's amplitude of right lower extremity was 40%. At 16 months' follow-up, the clinical effect was good e~g At 16 months after the operation, X-ray and MRI showed that the disk height, intervertebral foramen height, and cross-sectional area in the dura were increased compared with those before operation

时间内 SEP 波幅变小或消失,而潜伏期则无明显变化;若血流量及血压在 10min 内恢复正常,SEP 波幅及潜伏期也恢复正常^[18]。本研究中,由于 1、2 级组椎管狭窄程度较 3 级组轻,相应的脊髓马尾神经受压及缺血程度也较轻,间接减压后椎管容积恢复明显,可以解释减压后神经血供短时间内快速恢复,而导致 SEP 波幅相应的快速改变。本研究发现 1 级组优良病例 SEP 改善率均大于 25.6%,2 级组优良病例 SEP 改善率均大于 85.3%。这可作为术中 SEP 监测的基线来判断对于 1、2 级椎管狭窄责任节段的术中间接减压是否充分,为决定是否需一期补充后路减压提供参考。

研究发现 SEP 监测结果不仅与血流量有关,且与神经组织形态学的改变也有明显相关性^[19],长期慢性压迫容易对感觉神经轴突构成损伤,如不能给予及时减压,可导致马尾神经由局部轴索损害变为广泛性病理损害,可导致顺行性、逆行性变性及传递性神经元变性,以至于产生跨细胞的中枢神经元变性,而致使其结构和功能需要较长时间修复^[20]。本研究中 3 级组术后优良率为 50% (14/28),有一半病例效果不佳,分析可能与这部分患者术前椎管内神经结构的病理损害程度相关,即便术中得到 DH 的部分恢复,CAD 的改善,但腰椎 JOA 评分的改善率并不明显。并且发现 3 级组术中 SEP 改善率与腿痛 VAS 评分和腰椎 JOA 评分的改善率相关性弱。因此,对于 3 级椎管狭窄合并马尾轴索损害的病例,SEP 波幅改善率对间接减压指导意义有限;即使术中减压充分,也有部分患者 SEP 波幅在术中短时间内变化不明显,导致 SEP 波幅改善率不能准确预测术后疗效。

有研究报道,96%因姿势引起腰痛的腰椎管狭窄患者可通过减压术显著改善腰痛^[21]。本研究中,腰痛的改善,除与节段固定稳定性获得有关外,也与术中间接减压解除了神经压迫,改善了脊髓与神经的血供有关,相应地表现为术中 SEP 波幅的改善以及术后患者步态与腰椎姿势的改变。因此,对于姿势引起的腰痛,其改善与 SEP 改善具有一定的相关性。本研究也证实了 1、2 级椎管狭窄 SEP 改善率与腰痛 VAS 评分的改善率具有相关性。

总之,在应用 OLIF 间接减压治疗腰椎管狭窄时,SEP 监测对于判断术中间接减压的效果具

有一定的指导意义。SEP 波幅改善率对于 1、2 级椎管狭窄术中间接减压是否有效具有明确的指导价值。本研究随访时间短,样本量小,由于麻醉本研究所有患者是侧卧位,即便体位对 SEP 波幅有影响,因本研究未考虑到,是本研究的不足之处。尚需要更细化的分层设计,排除偏倚;具体的精确数值尚有待于大样本、多中心的研究进一步确定和完善;让 SEP 波幅改善率作为一个参考指标,来有效的预判、指导 OLIF 进一步完善。

4 参考文献

1. Fujibayashi S, Hynes RA, Otsuki B, et al. Effect of indirect neural decompression through oblique lateral interbody fusion for degenerative lumbar disease[J]. Spine, 2015, 40(3): E175-182.
2. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, et al. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter survey[J]. Electroencephalogr Clin Neurophysiol, 1995, 96(1): 6-11.
3. Petersen CC, Crochet S. Synaptic computation and sensory processing in neocortical layer 2/3[J]. Neuron, 2013, 78(1): 28-48.
4. Sakmann B. From single cells and single columns to cortical networks: dendritic excitability, coincidence detection and synaptic transmission in brain slices and brains[J]. Exp Physiol, 2017, 102(5): 489-521.
5. Toledo DR, Manzano GM, Barela JA, et al. Cortical correlates of response time slowing in older adults: ErP and erd/ers analyses during passive ankle movement[J]. Clin Neurophysiol, 2016, 127(1): 655-663.
6. Lee GY, Lee JW, Choi HS, et al. A new grading system of lumbar central canal stenosis on MRI: an easy and reliable method[J]. Skeletal Radiol, 2011, 40(8): 1033-1039.
7. Fukui M, Chiba K, Kawakami M, et al. Japanese Orthopaedic Association Back Pain Evaluation Questionnaire. Part 3. Validity study and establishment of the measurement scale: Subcommittee on Low Back Pain and Cervical Myelopathy Evaluation of the Clinical Outcome Committee of the Japanese Orthopaedic Association, Japan[J]. J Orthop Sci, 2008, 13(3): 173-179.
8. Essa ZM, Al-Hashimi AF, Nema IS. Dermatome versus mixed somatosensory evoked potentials in the diagnosis of lumbosacral spinal canal stenosis [J]. J Clin Neurophysiol, 2018, 35(5): 388-398.
9. Larson SJ. Somatosensory evoked potentials in lumbar stenosis [J]. Surg Gynecol Obstet, 1983, 157(2): 191-196.
10. Gonzalez EG, Hajdu M, Bruno R, et al. Lumbar spinal stenosis: analysis of pre- and postoperative somatosensory e

- voked potentials[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1985, 66(1): 11-15.
11. Herron LD, Trippi AC, Gonyeau M. Intraoperative use of dermatomal somatosensory-evoked potentials in lumbar stenosis surgery[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1987, 12(4): 379-383.
12. 周晖, 贺斌, 赵瑛, 等. 神经根减压术中体感诱发电位监测结果与临床预后的相关性[J]. 临床神经电生理学杂志, 2003, 12(2): 71-73.
13. Gaskin DJ, Richard P. The economic costs of pain in the United States[J]. J Pain, 2012, 13(8): 715-724.
14. Bridges D, Thompson SW, Rice AS. Mechanisms of neuropathic pain[J]. Br J Anaesth, 2001, 87(1): 12-26.
15. Zhu YL, Xie ZL, Wu YW, et al. Early demyelination of primary A-fibers induces a rapid-onset of neuropathic pain in rat[J]. Neuroscience, 2012, 200: 186-198.
16. Hua R, Li P, Wang X, et al. Evaluation of somatosensory evoked potential and pain rating index in a patient with spinal cord injury accepted cell therapy [J]. Pain Physician, 2016, 19(4): E659-666.
17. Nitzsche R, Hansen-Algenstaedt N, Regelsberger J, et al. Intraoperative electrophysiological monitoring with evoked potentials[J]. Anaesthesist, 2012, 61(4): 320-335.
18. Papastefanou SL, Henderson LM, Smith HJ, et al. Surface electrode somatosensory-evoked potentials in spinal surgery: implications for indications and practice[J]. Spine, 2000, 19(17): 2467-2472.
19. 杨大志, 王坤正, 陈君长, 等. 神经根不同程度慢性嵌压伤的恢复过程与诱发电位表现 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2004, 18(5): 414-419.
20. Tarulli AW. Disorders of the cauda equina[J]. Continuum, 2015, 21: 146-158.
21. Ganz JC. Lumbar spinal stenosis: postoperative results in terms of preoperative posture-related pain [J]. J Neurosurg, 1990, 72(1): 71-74.
- (收稿日期:2020-04-20 末次修回日期:2020-08-29)
- (英文编审 谭 啸)
- (本文编辑 李伟霞)

消息

欢迎订阅 2021 年《中国脊柱脊髓杂志》

《中国脊柱脊髓杂志》是由国家卫生健康委员会主管,中国康复医学会与中日友好医院主办,目前国内唯一以脊柱脊髓为内容的国家级医学核心期刊。及时反映国内外脊柱脊髓领域的科研动态、发展方向、技术水平,为临床医疗、康复及基础研究工作提供学术交流场所。读者对象为从事脊柱外科、骨科、神经科、康复科、肿瘤科、泌尿科、放射科、基础研究及生物学医学工程等相关学科的专业人员。

本刊为中国科技信息中心“中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)”,中科院中国科学计量评价研究中心“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”,“中国精品科技期刊”,入选北京大学“中文核心期刊要目总览”,已分别入编 Chinainfo(中国信息)网络资源系统(万方数据)及以中国学术期刊光盘版为基础的中国期刊网(中国知网),影响因子名列前茅。

2021 年本刊仍为月刊,大 16 开,正文 96 页,每月 25 日出版。全册铜版纸彩色印刷。每册定价 30 元,全年 360 元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号 82-457;网上订阅:中国邮政网上营业厅,网址:<http://bk.11185.cn/index.do>,扫右侧二维码即可上网订阅。国外读者订阅请与中国国际图书贸易集团有限公司中文报刊科联系(100044,北京市车公庄西路 35 号),代号:BM6688。

本刊经理部可随时为国内读者代办邮购(免邮寄费)。

地址:北京市朝阳区樱花园东街中日友好医院内,邮编:100029。

电话:(010)64284923;E-mail 地址:cspine@263.net.cn。

