

不同 MSU 分级腰椎间盘突出症患者限制早期下床活动对椎间孔镜手术术后疗效的影响*

张乐¹ 史小花¹ 胡龙泉^{1,2} 鲁睿¹

(1. 空军军医大学第二附属医院介入疼痛科, 陕西 西安 710038; 2. 空军 94259 部队卫生队, 山东 蓬莱 265600)

【摘要】 目的 探讨不同 MSU 分级腰椎间盘突出症(LDH)患者经皮椎间孔镜下髓核摘除术(PTED)术后限制早期下地活动对疗效的影响。方法 本研究采用回顾性队列研究,选取 2018 年 1 月—2020 年 12 月空军军医大学第二附属医院因 LDH 行 PTED 治疗的患者 162 例,将患者分为术后早期下床活动限制组(限制组)和下床活动非限制组(非限制组)。采用视觉模拟量表(VAS)和 Oswestry 残疾指数(ODI)评分评价术后当天、术后 3 个月、术后 6 个月、术后 1 年的临床疗效。结果 术后 6 个月及术后 1 年,限制组的腰痛 VAS 评分低于非限制组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);术后 1 年,限制组的腿痛 VAS 评分低于非限制组,两组评分具有统计学差异($P < 0.05$);术后 3 个月、术后 6 个月及术后 1 年,限制组的 ODI 评分低于非限制组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);术后 1 年限制组的疗效优良率明显高于非限制组($P < 0.05$)。进一步通过 MSU 分级分层分析,MSU 分级为 2 级时,限制组的疗效优于非限制组($P < 0.05$)。结论 LDH 患者 PTED 术后限制其早期下床活动,尤其是 MSU 分级为 2 级的患者,可以减少其术后腰、腿疼,并且改善患者生活功能。

【关键词】 腰椎间盘突出症;经皮椎间孔镜下髓核摘除术;MSU 分级;限制早期下床活动

【中图分类号】 R68 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2024. 12. 018

The effect of early ambulation restriction on the postoperative outcome of patients with lumbar disc herniation with different MSU grades after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy

ZHANG Le¹, SHI Xiaohua¹, HU Longquan^{1,2}, LU Rui¹

(1. Department of Interventional Pain, The Second Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xian 710038, China;

2. Air Force 94259 Health Corps, Penglai 265600, Shandong, China)

【Abstract】 **Objective** To investigate the effect of limiting early ground motion after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy (PTED) for lumbar disc herniation (LDH) with different MSU grades. **Methods** In this study, a retrospective cohort study was used. 162 patients who received PTED treatment for LDH from January 2018 to December 2020 were selected. The patients were divided into two groups: early ambulation restriction group and ambulation non-restriction group. Visual analogue scale (VAS) and Oswestry Disability Index (ODI) were used to evaluate the clinical efficacy on the day, 3 months, 6 months and 1 year after surgery. **Results** Six months and one year after operation, the VAS score of low back pain in the restricted group was lower than that in the non-restricted group, and there was a statistical difference between the two groups ($P < 0.05$). One year after operation, the VAS score of leg pain in the restricted group was lower than that in the non-restricted group, and there was a statistical difference between the two groups ($P < 0.05$). At 3 months, 6 months and 1 year after operation, the ODI score of the restricted group was lower than that of the non-restricted group, and there was a statistical difference between the two groups ($P < 0.05$). One year after operation, the excellent and good rate of the limited group was significantly higher than that of the non-restricted group. Further analysis of MSU grading and stratification showed that when MSU grading was 2, the efficacy of the restricted

基金项目: 国家自然科学基金项目(82172922);空军军医大学第二附属医院国家自然科学基金助推项目(2021ZTXM-002)

通讯作者: 鲁睿, E-mail: 28401019@qq.com

引用本文: 张乐, 史小花, 胡龙泉, 等. 不同 MSU 分级腰椎间盘突出症患者限制早期下床活动对椎间孔镜手术术后疗效的影响[J]. 西部医学, 2024, 36(12): 1814-1818. DOI:10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2024. 12. 018

group was better than that of the non-restricted group. **Conclusion** Limiting early ambulation of LDH patients after PTED, especially those patients with MSU grade 2, can reduce their postoperative lumbar and leg pain and improve their living function.

【Key words】 Lumbar disc herniation; Percutaneous discectomy of nucleus pulposus under endoscope; MSU classification; Early ambulation restriction

腰椎间盘突出症(Lumbar intervertebral disc herniation, LDH)是最常见的脊柱退行性疾病之一,表现为持续的腰痛和/或坐骨神经痛的症状,保守治疗无效时通常选择手术治疗^[1]。腰椎间盘突出症的术后疗效与其分型相关^[2];临床上有较多分型标准,其中美国密西比州大学(Michigan State University, MSU)骨科医学院提出的 MSU 分级是一种简单可靠的评估腰椎间盘突出症分型的方法,临床应用较广泛,该分型可以为手术提供客观的标准^[3]。MSU 分级是在椎间盘最大突出水平测量的,以椎小关节上下缘为界,分为 1、2、3 级,级别越高突出越大;以椎小关节内侧缘为界分为四等分,中间二分之一为 A 区,外侧二分之一为 B 区,椎小关节内缘外侧为 C 区(图 1)。随着脊柱内窥镜器械和微创技术的发展,经椎间孔镜下髓核摘除术已广泛应用于腰椎间盘突出症的临床治疗;该技术创口小、住院时间短、脊柱稳定性好等优点使其成为近年来治疗 LDH 的一大热点^[4]。随着快速康复概念的推广,部分脊柱外科医师建议患者在术后第二天甚至术后当天开始行走^[5],因此提出了在"日间模式"下进行经椎间孔镜下髓核摘除术(Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, PTED)手术,并进行了临床研究^[6-7]。但是,近期研究发现 PTED 术后患者立即进行日常活动可能会影响治疗效果,同时也可能导致较高的复发率^[8]。因此,在 PTED 术后是否立即下床活动仍有待讨论。此外,不同突出分型的 LDH 患者 PTED 术后其下床活动时间是否影响术后疗效也有待深入分析。本研究旨在探讨不同 MSU 分级腰椎间盘突出症患者经椎间孔镜下髓核摘除术后限制早期下地活动对疗效的影响。

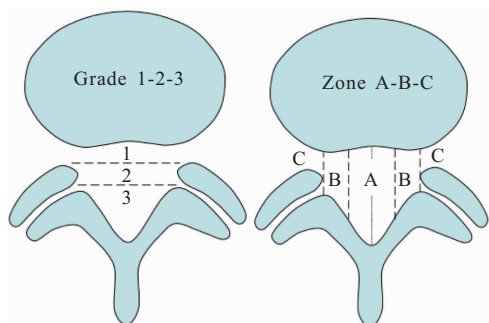


图 1 MSU 分级、分区示意图

Figure 1 Schematic diagram of MSU grading and zoning

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取空军军医大学第二附属医院 2018 年 1 月—2020 年 12 月因 LDH 行 PTED 治疗的患者进行回顾性队列研究。纳入标准:①有症状性背痛和/或放射性腿痛的患者。②症状持续 6 周以上,保守治疗无效。③CT/MRI 显示单节段 LDH,且与临床症状相关。④随访时间 > 1 年。排除标准:①LDH 合并椎管狭窄、腰椎 I°以上滑脱或节段性不稳定。②复发性 LDH。③存在肿瘤、活动性感染、免疫抑制、严重肥胖(BMI ≥ 35.0 kg/m²)或腰椎骨折等病理状况。④脊柱其他手术史。将纳入研究中的 162 例患者按照首次下床活动时间分为未限制活动组(非限制组)77 例(术后 1~2 天内首次下床活动)和限制活动组(限制组)85 例(术后 3 天及以上首次下床活动)。本研究已经空军军医大学第二附属医院伦理委员会批准(伦理批号:第 K20220525-25 号)。

1.2 手术方法 患者取俯卧位,腰部屈曲腹部微悬空,最大程度打开椎间隙。用 C 型臂 X 线机透视下定位目标椎间盘,确认穿刺点及穿刺方向并标记。消毒铺巾后,用 1%利多卡因行局部浸润麻醉。采用侧后方手术入路,透视下进行穿刺,穿刺针经椎间孔进入椎间盘后,注射造影剂(碘海醇:亚甲蓝 3:1)进行造影,置入导丝并取出穿刺针,切开皮肤 8 mm,沿导丝逐级置入扩张套管及工作套管。在 C 臂机下确认工作套管位于正确位置,连接椎间孔镜成像系统,通过显示器仔细辨认镜下各解剖结构,利用不同型号髓核钳取出蓝染的变性髓核组织,确保神经根减压充分后拔出器械,生理盐水冲洗、止血,观察手术区域无活动性出血后,退出工作通道,缝合皮肤,纱布敷料覆盖。非限制活动组要求患者术后第 1 天开始即可行走锻炼并参与日常活动,行走及活动的时间和强度基于患者自身的情况,但应避免负重和腰部活动。限制活动组要求术后 3 天内起床活动时间限制为每天累计不超过半小时,必须保证腰部支撑,起床时必须建立侧坐的好习惯;术后 3 天内不允许腰弯曲、旋转、负重。卧床期间,患者进行腿部按摩及直腿抬高等,防止血栓形成和肌肉萎缩和术后神经根粘连。

1.3 患者资料收集 收集患者一般基线资料,详细回顾和记录手术相关数据,包括手术时间、术中失血量、切口长度、术后下床时间、总费用和住院时间,并

记录术后第 1 天、3 个月和 6 个月以及 1 年随访时视觉模拟量表(VAS)评分(腰部和腿部)、Oswestry 残疾指数(ODI)评分及改良 MacNab 标准评定结果。根据改良 MecNeb 评定标准,将患者随访结果分为“优秀”、“良好”、“一般”、“较差”,“优秀”、“良好”为有效,“一般”、“较差”为无效。

1.4 统计学分析 使用 SPSS 25.0 进行统计学分析,分类变量(%)表示,采用 χ^2 检验来检测各组间的差异。连续数据以($\bar{x} \pm s$)或者 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,采用 t 检验或秩和检验来比较差异。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基线资料比较 本研究共纳入 162 例接受经皮经椎间孔内镜椎间盘切除术的患者,其中未限制组 77 例,限制组 85 例。两组年龄、性别、BMI、病程、突出节段、MSU 分级、术前 VAS(腰背部)、术前 VAS(腿)、ODI 评分等基线指标比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 患者基线资料 $[(\bar{x} \pm s), n(\times 10^{-2}), M(P_{25}, P_{75})]$

Table 1 Demographic characteristics of the patients

基线资料	未限制组(n=77)	限制组(n=85)	P
年龄(岁)	48.03±14.22	45.22±13.55	0.201
性别			0.875
男	38(49.4)	43(50.6)	
女	39(50.6)	42(49.4)	
BMI(kg/m ²)	24.22(22.92,26.89)	23.41(21.67,26.71)	0.141
病程(月)	12.0(2.5,48.0)	9.0(2.0,42.0)	0.478
突出节段			0.944
L4/5	47(62.5)	51(55.6)	
L5/S1	21(28.6)	25(31.56)	
其他	9(8.9)	9(12.9)	
MSU 分级			0.727
1 级	15(19.6)	18(14.8)	
2 级	48(17.9)	48(68.5)	
3 级	14(21.4)	19(16.7)	
其他	36(21.4)	35(20.8)	
腰背 VAS 评分(分)	4(1,7)	3(1,5)	0.244 4
腿 VAS 评分(分)	6(4,8)	6(5,8)	0.858
ODI 评分(分)	60.0(45.7,80.0)	60.0(45.7,74.3)	0.649

2.2 患者其他资料比较 评估患者手术时间、切口长度、术中失血量、住院时间。限制组患者住院花费及住院时间均低于非限制组($P < 0.05$),见表 2。综上所述,较早下床活动的患者,其住院周期较长,住院费用较高。

2.3 两组患者术后近、中期 VAS 及 ODI 评分的比较

由于患者腰部及腿部疼痛症状存在差异,因此,患者 VAS 评分将以腰部及腿部两个指标分别进行评价。限制组及未限制组所有患者均存在腿疼症状,因此两组腿部 VAS 评分中,两组总人数分别为 85 例、77 例;而两组患者中,部分患者无明显腰部疼痛症状,

表 2 两组临床结果 $[M(P_{25}, P_{75})]$

Table 2 Clinical results

临床结果	未限制组(n=77)	限制组(n=85)	P
住院天数(d)	9(7,10.5)	7(5,9)	0.005
住院费用(元)	29 417.53 (27 172.70,32 724.18)	27 559.31 (26 029.14,29 750.39)	<0.001
手术时长(min)	110(70,150)	90(80,130)	0.267
术中出血量(mL)	20(10,20)	20(10,20)	0.513
切口长度(cm)	1.0(0.8,1.0)	1.0(0.8,1.0)	0.615

其中限制组中腰部疼痛患者为 66 例,未限制组中腰部疼痛患者有 65 例。两组患者术后 6 个月、术后 1 年腰部 VAS 评分有统计学差异($P < 0.05$);术后当天及术后 3 个月时两组患者腰部(VAS)评分比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3;在腿部 VAS 评分比较中,两组患者在术后当天、术后 3 个月、术后 6 个月均无统计学差异($P > 0.05$);术后 1 年时有统计学差异($P = 0.040$),见表 4。ODI 评分比较中,两组患者在术后 3 个月、术后 6 个月、术后 1 年时均有统计学差异($P < 0.05$),见表 5。

表 3 腰部 VAS 评分的比较 $[M(P_{25}, P_{75}), 分]$

Table 3 Comparison of VAS scores

组别	腰部 VAS			
	术后第 1 天	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
未限制组	2.5(1,4)	2(1,3)	1(0,2)	1(0,1)
限制组	2(1,3)	1(0.5,2.5)	1(0,1)	0(0,1)
P	0.081	0.062	0.037	0.002

表 4 腿部 VAS 评分的比较 $[M(P_{25}, P_{75}), 分]$

Table 4 Comparison of VAS scores

组别	腿部 VAS			
	术后第 1 天	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
未限制组	3(3,4)	2(1,4)	1(0,3)	1(0,2)
限制组	3(2,4)	2(1,3)	1(0,2)	0(0,1)
P	0.232	0.114	0.067	0.040

表 5 ODI 评分的比较 $[M(P_{25}, P_{75}), 分]$

Table 5 Comparison of ODI scores

组别	ODI		
	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 年
未限制组	34.3(22.8,42.9)	20.0(14.3,40.0)	14.3(8.6,27.9)
限制组	28.4(20.0,40.0)	17.1(11.4,22.9)	11.4(2.9,18.5)
P	0.015	0.008	0.013

2.4 两组患者疗效比较 将两组患者术后当天、术后 3 个月、术后 6 个月及术后 1 年的腰部疗效进行比较,术后 6 个月、1 年时疗效比较具有统计学意义($P < 0.05$),术后当天及术后 3 个月两组患者术后疗效比较无统计学差异($P > 0.05$),见表 6。将两组患者术后当天、术后 3 个月、术后 6 个月及术后 1 年的腿部疗效进行比较,术后 1 年,未限制组与限制组有效率分别为 77.9%、89.4%,差异具有统计学意义($P = 0.043$),术后当天、术后 3 个月、术后 6 个月两组患者术后疗效无统计学差异($P > 0.05$),见表 7。

表 6 腰部疗效的比较

Table 6 Comparison of lumbar efficacy

组别	术后第 1 天		术后 3 个月		术后 6 个月		术后 1 年	
	有效	无效	有效	无效	有效	无效	有效	无效
未限制组	11	54	27	38	36	29	46	19
限制组	9	57	31	35	48	18	60	6
<i>P</i>	0.601		0.531		0.039		0.003	

表 7 腿部疗效的比较

Table 7 Comparison of leg efficacy

组别	术后第 1 天		术后 3 个月		术后 6 个月		术后 1 年	
	有效	无效	有效	无效	有效	无效	有效	无效
未限制组	40	37	46	31	47	30	60	17
限制组	56	29	63	22	64	21	76	9
<i>P</i>	0.071		0.051		0.051		0.043	

2.5 两组患者 MSU 分级近、中期疗效的比较 MSU 分级为 1 级和 3 级的患者,在术后当天、术后 3 个月、术后 6 个月、术后 1 年的疗效评估中,两组患者腰和腿部疗效比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。MSU 分级为 2 级的患者术后 6 个月、术后 1 年的腰部有效率,未限制组分别为 57.5%、70.0%,限制组分别为 79.4%、94.1%,两组患者疗效比较具有统计学差异($P<0.05$),而两组患者术后当天及术后 3 个月疗效无统计学差异($P>0.05$),见表 8。MSU 分级为 2 级的患者腿部疗效评估显示,未限制组和限制组患者术后 1 年的有效率分别为 79.2%和 97.9%,二者比较差异具有统计学意义($P<0.05$),而术后当天、术后 3 个月、术后 1 年两组均无统计学差异($P>0.05$),见表 9。

表 8 不同 MSU 分级腰部疗效的比较

Table 8 Comparison of lumbar efficacy among different MSU subtypes

MSU 分级	组别	术后第 1 天		术后 3 个月		术后 6 个月		术后 1 年	
		有效	无效	有效	无效	有效	无效	有效	无效
1 级	未限制组	2	10	5	7	8	4	9	3
	限制组	0	15	6	9	12	3	13	2
	<i>P</i>	0.100		0.930		0.432		0.438	
2 级	未限制组	7	33	17	23	23	17	28	12
	限制组	6	28	17	15	27	7	32	2
	<i>P</i>	0.987		0.251		0.045		0.008	
3 级	未限制组	2	11	5	8	8	5	9	4
	限制组	3	14	6	11	10	7	15	2
	<i>P</i>	0.869		0.858		0.880		0.197	

表 9 不同 MSU 分级腿部疗效的比较

Table 9 Comparison of leg efficacy among different MSU subtypes

MSU 分级	组别	术后第 1 天		术后 3 个月		术后 6 个月		术后 1 年	
		有效	无效	有效	无效	有效	无效	有效	无效
1 级	未限制组	5	10	7	8	7	8	13	2
	限制组	8	10	12	6	13	5	13	5
	<i>P</i>	0.515		0.247		0.135		0.312	
2 级	未限制组	30	18	32	16	33	15	38	10
	限制组	37	11	40	8	41	7	47	1
	<i>P</i>	0.120		0.059		0.052		0.004	
3 级	未限制组	5	9	9	5	10	4	11	3
	限制组	11	8	12	7	12	7	16	3
	<i>P</i>	0.208		0.947		0.618		0.678	

3 讨论

PTED 是一种典型的微创椎间盘切除术,具有微创、出血少、恢复速度快、脊柱破坏小等优点^[9],因此,在腰椎间盘突出症的治疗中较传统开放性手术更安全有效^[10-11]。随着 PTED 的手术发展,人们对其研究越来越广泛,从单一效率研究到对比研究,近年来疗效及复发的影响因素研究备受关注。复发是 PTED 的常见并发症,也是 LDH 在 PTED 手术后无效的最常见原因,影响复发的主要因素年龄、椎间盘突出的类型和位置等^[12-13]。有研究认为早期下床活动会使腰椎间盘负荷过重,会造成 PTED 术后腰痛或腿部疼痛复发^[8]。本研究结果表明,在 PTED 术后下床活动时间应该是影响疗效的一个危险因素,限制患者早期下床活动,可以减少其术后腰、腿疼程度,并且改善患者生活功能障碍。本研究在术后 6 个月和术后 1 年随访结果显示,限制组的腰痛 VAS 评分显著低于未限制组($P<0.05$);术后 3 个月、术后 6 个月和术后 1 年 ODI 评分中,限制组也明显低于非限制组($P<0.05$),早期术后首次下床活动不利于患者长期腰腿痛和功能障碍的恢复。一方面,是由于早期的时候,患者处于恢复初期,手术引发的身体不适等症状暂未缓解,此时过早的下地,不利于局部伤口及周围组织的修复,且增加患者额外体能消耗。另一方面,手术仅摘除了突出髓核,受损的纤维环未能修复,术区椎间孔的扩大造成的关节受力点也发生了改变,过早承受负荷,增加了椎间盘内压力,从而增加腰椎负荷,影响患者功能恢复。临床实践活动中,部分外科医师要求经 PTED 治疗的 LDH 患者在术后 1~2 天下床进行早期功能锻炼。然而,研究发现,早期限制下床活动显著降低了患者术后的腰腿痛程度^[8,14]。早期参与日常活动可能会增加腰椎的负荷,并增强椎间盘内压力(Intradiscal pressure, IDP)。从仰卧位到站立位 IDP 可显著增加,轴向旋转等可进一步增加 IDP。椎间盘内压力的改变和传递可能会导致疼痛增加甚至椎间盘的再次突出,从而影响患者的预后^[8,15]。椎间盘压力与椎间盘退变之间的相关性已被许多研究所证实^[16-17]。一些动物实验模型结果表明,延长压迫时间可能会导致更严重的椎间盘退,这可能导致异常的机械感觉,进而促进疾病进展^[18-19]。PTED 可以摘除突出髓核组织,减轻神经压迫造成的症状,从而达到治疗 LDH 目的,但多数纤维环缺损难以修复,会影响椎间盘的完整性和稳定性,可能导致复发及术后疼痛缓解不彻底等不良预后。此外,破坏部分关节骨质以扩张关节孔在一定程度上会导致关节不稳定,当患者在手术后立即恢复日常活动时,关节负荷的突然变化,

也可能导致术后疼痛。此外,本研究发现,未限制组的患者,其住院周期反而较长,该结果一方面由于未限制组患者由于上述原因术后疼痛明显,因此,需要更久的观察时间及术后疼痛缓解时间;而限制组疼痛感觉相对轻,仅需要在术后一到两天观察无感染等症状即可出院,出院后严格遵医嘱限制活动。

有研究表明不同分型的 LDH 患者经 PTED 治疗后疗效具有差异^[20]。那么,限制不同椎间盘突出类型的患者早期下床活动对 PTED 手术后疗效是否具有影响。本研究结果表明,PTED 术后对 MSU 分级为 2 级的患者长期预后有益,因此 PTED 术后早期下床活动,对 LDH 患者腰部、下肢疼痛的长期恢复及参与日常活动的的能力均有影响。同时本研究发现,两组患者术后有效率的差异性主要来源于 MSU 分级为 2 级的患者,考虑主要原因是在分型为 2 级的患者占比最多,而此型中侧隐窝型及旁型居多,术中椎间孔扩大成形者较多,因此术后脊柱稳定性较差,立即下地活动后,加重脊柱不稳,不利于长期恢复。

4 结论

LDH 患者术前应结合影像学检查,明确患者的分级,对于 MSU 分级为 2 级的患者,行 PTED 手术后应更加严格的限制其早期下地活动。其它分级患者在本研究中无明显差异。本研究的不足之处在于分型样本量较少,因此,需要扩大样本量,同时将每一级分型细化,进一步研究后得出有利于患者临床预后的结果。

【参考文献】

- [1] YUAN P, SHI X, WEI X, *et al.* Development process and clinical application of collagenase chemonucleolysis in the treatment of lumbar disc herniation: a narrative review in China[J]. *Postgrad Med J*, 2022, 99(1172): 529-534.
- [2] HOSSEINI B, TAHERI M, SHEIBANI K. Comparing the results of intradiscal ozone injection to treat different types of intervertebral disc herniation based on MSU classification[J]. *Interv Neuroradiol*, 2019, 25(1): 111-116.
- [3] 张涛, 巩陈, 周志化, 等. 经皮内镜下腰椎髓核摘除术治疗 MSU 3 型腰椎间盘突出症的疗效评估[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022, 37(9): 967-970.
- [4] LIU L, XUE H, JIANG L, *et al.* Comparison of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and microscope-assisted tubular discectomy for lumbar disc herniation[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(5): 1587-1595.
- [5] KOU L, WAN W, CHEN C, *et al.* Can the full-percutaneous endoscopic lumbar discectomy in day surgery mode achieve better outcomes following enhanced recovery after surgery protocol? A Retrospective Comparative Study[J]. *Front Surg*, 2022, 9: 914986.
- [6] 张杰, 王功臣, 张鸽. 日间模式下开展椎间孔镜手术的早期疗效观察及延迟出院和再次入院情况分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2023, 44(1): 70-73.
- [7] CAO J, HUANG W, WU T, *et al.* Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation as day surgery - short-term clinical results of 235 consecutive cases[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(49): e18064.
- [8] QIN F, ZHANG Z, ZHANG C, *et al.* Effect of time to first ambulation on recurrence after PELD[J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 83.
- [9] 赵亚飞, 田斌武, 马秋双, 等. 椎间孔镜靶向单通道髓核摘除术对腰椎融合术后相邻节段椎间盘突出症的临床运用分析[J]. *西部医学*, 2024, 36(4): 534-538.
- [10] JIANG S, LI Q, WANG H. Comparison of the clinical efficacy of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and traditional laminectomy in the treatment of recurrent lumbar disc herniation[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(30): e25806.
- [11] BAI X, LIAN Y, WANG J, *et al.* Percutaneous endoscopic lumbar discectomy compared with other surgeries for lumbar disc herniation: A meta-analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(9): e24747.
- [12] JIA M, SHENG Y, CHEN G, *et al.* Development and validation of a nomogram predicting the risk of recurrent lumbar disk herniation within 6 months after percutaneous endoscopic lumbar discectomy[J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 274.
- [13] LI P, YANG F, CHEN Y, *et al.* Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for different types of lumbar disc herniation: A retrospective study [J]. *J Int Med Res*, 2021, 49(10): 675851323.
- [14] 胡泊. 术后首次下地活动时间对腰椎间盘突出症患者行 PELD 手术疗效及术后复发的影响[J]. *颈腰痛杂志*, 2022, 43(3): 407-409.
- [15] JO M, CHAE S W. Stress analysis of intervertebral disc during occupational activities[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 208: 106298.
- [16] BAI X, WANG D, ZHOU M, *et al.* Noninvasive cumulative axial load may induce intervertebral disc degeneration-A potential rabbit model[J]. *Exp Ther Med*, 2017, 13(4): 1438-1446.
- [17] 姚明鹤, 陈家磊. 腰椎椎间盘退行性变动物模型建立方法的研究进展[J]. *脊柱外科杂志*, 2021, 19(5): 353-357.
- [18] GUEHRING T, UNGLAUB F, LORENZ H, *et al.* Intradiscal pressure measurements in normal discs, compressed discs and compressed discs treated with axial posterior disc distraction: an experimental study on the rabbit lumbar spine model[J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(5): 597-604.
- [19] BONNEVIE E D, GULLBRAND S E, ASHINSKY B G, *et al.* Aberrant mechanosensing in injured intervertebral discs as a result of boundary-constraint disruption and residual-strain loss [J]. *Nat Biomed Eng*, 2019, 3(12): 998-1008.
- [20] 林志勇, 肖隆艺, 林焕杰, 等. 经皮椎间孔镜下不同分型与 PELD 手术疗效的相关性分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2021, 42(5): 593-596.

(收稿日期: 2023-02-17; 修回日期: 2024-10-20; 编辑: 黎仕娟)