

· 临床论著 ·

## 内镜腰椎间盘突出术后复发的因素及预测模型<sup>△</sup>

梁啸<sup>1</sup>, 李东儒<sup>2</sup>, 陈筱<sup>1</sup>, 王叶新<sup>1</sup>, 李衍朋<sup>1</sup>, 高龙飞<sup>1</sup>, 孟纯阳<sup>1\*</sup>

(1. 济宁医学院附属医院脊柱外科, 山东济宁 272000; 2. 济宁医学院临床医学院, 山东济宁 272000)

**摘要:** [目的] 探讨经皮内镜腰椎间盘突出术 (percutaneous lumbar endoscopic discectomy, PELD) 后复发性椎间盘突出 (recurrent lumbar disc herniation, rLDH) 的影响因素并建立预测模型。[方法] 回顾性分析 2017 年 1 月—2020 年 1 月作者采用 PELD 治疗的腰椎间盘突出症的 286 患者的临床资料。根据术后 3 年内是否出现复发分为复发组和未复发组, 采用单因素比较和多因素逻辑回归分析, 筛选出复发的相关因素, 并建立数学预测模型, 采用受试者工作特征 (ROC) 曲线等分析以评估模型的临床价值。[结果] 286 例患者中, 44 例确诊为复发, 占 15.4%; 242 例未复发, 占 84.6%。单因素比较表明, 复发组的 BMI [(25.8±3.0) vs (24.2±3.3),  $P=0.004$ ] 和病程 [(17.9±18.3) 个月 vs (10.7±16.8) 个月,  $P=0.01$ ] 均显著大于未复发组; 复发组的术前影像 Modic 改变显著多于未复发组 [无/有, (30/14) vs (206/36),  $P=0.006$ ]; 复发组术前影像测量椎间 ROM 显著大于未复发组 [(9.3±3.4)° vs (7.1±2.8)°,  $P<0.001$ ]; 复发组经椎间孔入路手术比率显著大于未复发组 [TF/IL, (29/15) vs (114/128),  $P=0.022$ ]。逻辑回归表明, BMI ( $OR=1.154$ , 95%CI 1.031~1.291,  $P=0.013$ )、病程 ( $OR=1.023$ , 95%CI 1.005~1.042,  $P=0.013$ )、Modic 改变 ( $OR=3.143$ , 95%CI 1.369~7.070,  $P=0.007$ )、椎间 ROM ( $OR=1.264$ , 95%CI 1.126~1.419,  $P<0.001$ ) 和手术入路 (椎间孔/椎板间) ( $OR=2.104$ , 95%CI 1.007~4.396,  $P=0.048$ ) 是复发的独立危险因素。按逻辑回归得出预测模型, 其预测值 ROC 分析的曲线下面积为 (AUC) 为 0.787 (95%CI 0.721~0.853); 模型校准曲线与实际曲线一致性较好; 决策曲线分析表明, 风险阈值为 10%~50% 时, 该模型可产生较大净获益。[结论] 本研究表明 BMI、病程、术前 Modic 改变、术前椎间 ROM 和手术入路是 PELD 术后 rLDH 的危险因素。本研究得出预测 rLDH 模型可能帮助临床医生判断术后复发风险。

**关键词:** 腰椎间盘突出症, 经皮内镜椎间盘切除术, 复发性椎间盘突出, 危险因素, 预测模型

**中图分类号:** R681.53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 09-0775-06

**Factors and a predicting model of recurrent lumbar disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy // LI-ANG Xiao<sup>1</sup>, LI Dong-rui<sup>2</sup>, CHEN Xiao<sup>1</sup>, WANG Ye-xin<sup>1</sup>, LI Yan-peng<sup>1</sup>, GAO Long-fei<sup>1</sup>, MENG Chun-yang<sup>1</sup>. 1. Department of Spinal Surgery, Affiliated Hospital, Jining Medical University, Jining 272000, China; 2. College of Clinical Medicine, Jining Medical University, Jining 272000, China**

**Abstract:** [Objective] To explore the factors related to recurrent lumbar disc herniation (rLDH) after percutaneous endoscopic lumbar discectomy (PELD) and establish a predicting model. [Methods] A retrospective study was conducted on 286 patients who underwent PELD for lumbar disc herniation in our hospital from January 2017 to January 2020. Based on whether rLDH happened within 3 years after the primary PELD, the patients were fell into the recurrence group and non-recurrence group. Univariate comparison and multiple logistic regression analysis were performed to search the factors related to the recurrence, establish a mathematical predicting model and draw a Nomogram figure. Then, receiver operating characteristic (ROC) curve, and relative analysis were used to evaluate the clinical significance of this model. [Results] Among the 286 patients, 44 patients were diagnosed of rLDH, accounting for 15.4%, while the remaining 242 patients were confirmed as the non-rLDH, accounting for 84.6%. Regarding univariate comparison, the rLDH group was significantly greater than the non-rLDH group in terms of BMI [(25.8±3.0) vs (24.2±3.3),  $P=0.004$ ] and course of disease [(17.9±18.3) months vs (10.7±16.8) months,  $P=0.009$ ]. In addition, the rLDH group had significantly more Modic change in preoperative images than the non-rLDH group [no/yes, (30/14) vs (206/36),  $P=0.006$ ], the former got significantly greater range of motion (ROM) in the affected segment measured on preoperative radiographs than the latter [(9.3±3.4)° vs (7.1±2.8)°,  $P<0.001$ ]. Moreover, the rLDH group had significantly higher ratio the transforaminal approach than the non-rLDH group [transforaminal/interlaminar, (29/15) vs (118/124),  $P=0.036$ ]. As results of logistic regression, the BMI ( $OR=1.154$ , 95%

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.09.02

<sup>△</sup>基金项目:国家自然科学基金项目(编号:81974345);山东省中医药科技项目(编号:M-2022245);济宁市重点研发计划项目(编号:2022XYNS049)

作者简介:梁啸,主治医师,研究方向:微创脊柱外科,(电子信箱)liangxiao19861111@163.com

\* 通信作者:孟纯阳,(电子信箱)chunyangmeng16@163.com

CI 1.031~1.291,  $P=0.013$ ), disease course ( $OR=1.023$ , 95%CI 1.005~1.042,  $P=0.013$ ), Modic changes ( $OR=3.143$ , 95%CI 1.369~7.070,  $P=0.007$ ), intervertebral ROM ( $OR=1.264$ , 95%CI 1.126~1.419,  $P<0.001$ ) and surgical approach ratio (foraminal/interlaminar) ( $OR=2.104$ , 95%CI 1.007~4.396,  $P=0.048$ ) were independent risk factors for recurrence. The predicting model obtained by logistic regression got area under the curve (AUC) of 0.787 (95%CI 0.721~0.853) by ROC analysis, is in good agreement with the actual curve, and a large net benefit with risk threshold between 10%~50% by decision curve analysis (DCA). [Conclusion] In this study, the BMI, disease course, preoperative Modic changes, preoperative intervertebral ROM and surgical approach were risk factors for rLDH after PELD, while this predicting mode might be helpful for clinicians to determine the risk of recurrence after surgery.

**Key words:** lumbar disc herniation, percutaneous endoscopic lumbar discectomy, recurrent lumbar disc herniation, risk factors, predicting models

腰椎间盘突出症 (lumbar disc herniation, LDH) 是临床上常见的一种疾病, 患者可出现腰痛、单侧或双侧下肢疼痛和麻木等症状。近几十年来, 许多微创手术技术被应用到 LDH 的治疗中, 取得了与传统开放式手术相似的治疗效果<sup>[1]</sup>。经过多年的探索与发展, 经皮椎间孔镜下腰椎间盘髓核摘除术 (percutaneous endoscopic lumbar discectomy, PELD) 已成为治疗 LDH 的标准手术方式<sup>[2]</sup>。与传统开放手术相比, PELD 手术具有手术视野清晰、创伤小、出血少、神经损伤风险低、术后感染率低、恢复快等优点<sup>[3-5]</sup>。

但随着目前 PELD 的应用和普及, 患者术后复发的情况较多。据报道, 复发性腰椎间盘突出 (recurrent lumbar disc herniation, rLDH) 的发生率为 5%~15%<sup>[6]</sup>, 复发可能会加剧腰痛及下肢疼痛, 甚至部分症状严重的患者需要二次手术<sup>[7, 8]</sup>。由于初次手术引起术区组织纤维化和瘢痕形成, 因此通常情况下很难再以微创的形式完成二次翻修手术。此外, 这也会增加患者的身心压力和经济负担, 造成一定的医疗资源浪费。以往的许多研究报道了 PELD 术后复发可能的危险因素, 但各研究的结果并不完全一致, 复发的危险因素在临床研究中仍然存在较多争议<sup>[9-11]</sup>。本研究通过回归分析明确 PELD 术后复发的独立危险因素, 进而开发出一种简单而科学的临床预测模型, 并对其进行评价。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 临床表现和影像学特征符合 L<sub>4/5</sub> 或 L<sub>5/S1</sub> 腰椎间盘突出症诊断; (2) 符合椎间孔镜手术指征; (3) 由同一外科医生团队进行 PELD 手术。

排除标准: (1) 合并明显发育性椎管狭窄; (2) 合并明显腰椎不稳或滑脱; (3) 合并腰椎肿瘤、感

染、畸形等疾病; (4) 既往曾接受腰椎手术; (5) 临床信息、影像学资料及随访不完整。

### 1.2 一般资料

收集 2017 年 1 月—2020 年 1 月作者所在医院脊柱微创中心诊疗团队采用 PELD 术治疗的患者资料, 共 286 例符合上述标准, 纳入本研究。男 161 例, 女 125 例; 年龄 14~85 岁。本研究经济宁医学院附属医院伦理委员会批准, 所有患者均知情同意。

### 1.3 评价指标

rLDH 的诊断标准: 初次术后影像检查显示突出髓核基本摘除, 术后 1 个月腰椎功能改良 MacNab 标准评价优或良, 即症状完全消失, 恢复原来的工作和生活, 或有轻微症状, 活动轻度受限, 对工作生活无影响。在此基础上再次发生明显的神经根性症状, 持续时间 1 周以上, 且 MRI 检查显示原患病节段椎间盘再次突出, 神经根或马尾神经受突出髓核压迫或推移, 包括同侧与对侧。

记录患者一般资料, 包括性别、年龄、身高、体重、体质指数 (body mass index, BMI) 和病程, 以及吸烟、糖尿病和高血压史。记录手术相关资料, 包括手术时间、手术入路和术中失血量。记录影像资料, 包括 Pfirrmann 分级、Modic 改变、突出位置、突出类型、突出基底宽度、椎间盘高度、椎间活动度 (range of motion, ROM)。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 和 R 软件 (4.2.2 版) 进行统计分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本  $t$  检验, 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料采用 Mann-Whitney  $U$  检验。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。以是否复发的二分变量为因变量, 其他因素为自变量行多因素逻辑回归分析。依据逻辑回归方程建立预测模型, 绘制 Nomogram 图。通过受试者工作特征 (receiver operating charac-

teristic, ROC) 分析的曲线下面积 (area under curve, AUC) 判断模型的区分度; 绘制校准曲线, 并进行 Hosmer-Lemeshow 检验评价模型拟合优度; 通过决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 评估模型的临床有效性。

## 2 结果

### 2.1 临床结果

本研究共纳入 286 椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症的患者。其中有 2 例患者术后出现患肢足背伸肌力下降, 均在 3 个月后恢复正常; 1 例术中脑脊液漏, 术后自行好转。所有患者随访时间均为 3 年, 随访过程中, 44 例确诊为复发, 复发率为 15.4%, 其中, 32

例通过保守治疗后好转, 12 例患者进行了二次手术并取得满意疗效。至末次随访时未复发者 242 例, 占 84.6%。

### 2.2 是否复发的单因素比较

286 例患者按是否复发分为两组, 两组单因素比较见表 1, 两组在性别、年龄、身高、体重、吸烟、糖尿病、高血压、手术时间、Pfirrmann 分级、突出位置、突出类型、突出基底宽度、椎间盘高度的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。但是, 复发组的 BMI 和病程显著大于未复发组 ( $P<0.05$ ), 复发组的术前影像 Modic 改变显著多于未复发组 ( $P<0.05$ ), 复发组术前影像测量椎间 ROM 显著大于未复发组 ( $P<0.05$ ), 复发组经椎间孔入路手术比率显著大于未复发组 ( $P<0.05$ )。

表 1. 是否复发两组患者单因素比较

Table 1. Univariate comparison between the two groups of patients with or without rLDH

指标	复发组 (n=44)	未复发组 (n=242)	P 值
一般资料			
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	41.0 $\pm$ 14.5	41.4 $\pm$ 14.6	0.855
性别 (例, 男/女)	25/19	136/106	0.939
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	25.8 $\pm$ 3.0	24.2 $\pm$ 3.3	<b>0.004</b>
病程 (月, $\bar{x} \pm s$ )	17.9 $\pm$ 18.3	10.7 $\pm$ 16.8	<b>0.010</b>
吸烟 (例, 否/是)	40/4	228/14	0.408
糖尿病 (例, 无/有)	41/3	232/10	0.433
高血压病 (例, 无/有)	40/4	213/29	0.582
术前影像资料			
Pfirrmann 分级 (例, I/II/III/IV/V)	0/1/17/25/1	0/3/106/126/7	0.793
Modic 改变 (例, 无/有)	30/14	206/36	<b>0.006</b>
突出部位 (例, 中央/旁中央/外侧/极外侧)	7/22/13/2	53/125/60/4	0.172
突出程度 (例, 膨出/突出/脱出)	11/17/16	68/108/66	0.323
椎间 ROM ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )	9.3 $\pm$ 3.4	7.1 $\pm$ 2.8	<b>&lt;0.001</b>
突出基底宽度 (mm, $\bar{x} \pm s$ )	18.9 $\pm$ 4.1	19.4 $\pm$ 4.1	0.409
椎间隙高度 (mm, $\bar{x} \pm s$ )	10.3 $\pm$ 1.5	9.7 $\pm$ 2.6	0.132
手术资料			
手术入路 (例, TF/IL)	29/15	114/128	<b>0.022</b>
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	93.1 $\pm$ 29.6	91.0 $\pm$ 38.3	0.730
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	24.8 $\pm$ 13.5	23.7 $\pm$ 14.8	0.645

注: 手术入路, TF, transforaminal, 经椎间孔入路; IL, interlaminar, 椎板间入路。

### 2.3 是否复发的多因素逻辑回归分析与预测模型

以是否复发的二分变量为因变量, 其他因素为自变量的多元逻辑回归分析结果见表 2。采用  $P<0.05$  为选入,  $P>0.10$  为移出标准的向前逐步法 (Likelihood Ratio 法), 以选择有主要作用的影响因素。第一步自“BMI”入选, 方程分类能力达 85.0%; 第二步“病

程”入选, 方程分类能力达 84.6%; 第三步“Modic 改变”入选, 方程分类能力达 85.3%; 第四步“椎间 ROM”入选, 方程分类能力达 86.4%; 第五步自变量“手术入路, TF”入选, 方程分类能力达 86.4%; 方程模型经卡方检验,  $\chi^2=6.236$ ,  $P=0.621$ 。逻辑回归分析结果见表 2。逻辑回归的分类概率方程为:

$$P = \frac{e^{-8.188 + 0.143\text{BMI} + 0.023\text{病程} + 1.135\text{Modic 改变} + 0.234\text{椎间 ROM} + 0.744\text{手术入路}}}{1 + e^{-8.188 + 0.143\text{BMI} + 0.023\text{病程} + 1.135\text{Modic 改变} + 0.234\text{椎间 ROM} + 0.744\text{手术入路}}}$$

使用“plot”函数进一步制得 Nomogram 图评分系统，可以直观对多因素 Logistic 回归分析结果进行量化和可视化呈现，见图 1。

### 2.4 预测模型的 ROC 分析

预测模型计算值与实际是否复发的 ROC 分析曲线见图 2a，曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.787 (95%CI 0.721~0.853)，表明该预测模型具有良

好的判别能力。Hosmer-Lemeshow 检验结果  $P > 0.05$  表明此模型拟合优度较高，校准曲线和实际曲线走势较为接近，表明术后复发实际发生率与预测概率之间有很好的相关性 (图 2b)。决策曲线分析表明，风险阈值约为 10%~50% 时，该模型可产生较大净获益，具有一定的临床使用价值 (图 2c)。

表 2. 术后复发的多因素逻辑回归分析结果  
Table 2. Results of multivariate logistic regression analysis on postoperative rLDH

因素	偏回归系数	S.E.	Wald 值	OR 值	95% CI	P 值
常数	-8.188	1.605	26.037	0.000		<0.001
BMI	0.143	0.057	6.191	1.154	1.031~1.291	0.013
病程	0.023	0.009	6.124	1.023	1.005~1.042	0.013
Modic 改变	1.135	0.419	7.339	3.143	1.369~7.070	0.007
椎间 ROM	0.234	0.059	15.829	1.264	1.126~1.419	<0.001
手术入路, TF	0.744	0.376	3.915	2.104	1.007~4.396	0.048

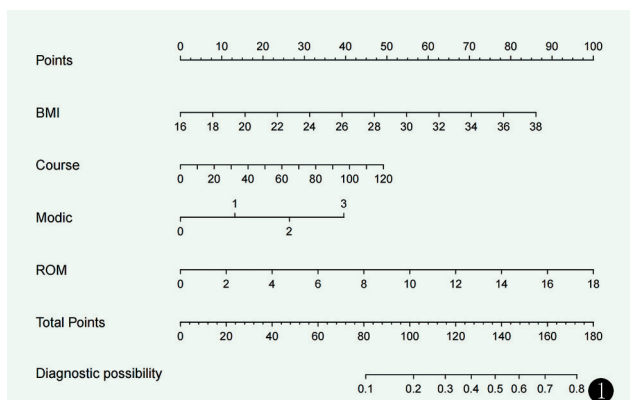


图 1. PELD 术后复发的 Nomogram 图预测模型。  
Figure 1. Nomogram of clinical prediction model for rLDH after PELD.

### 3 讨论

临床预测模型是转化医学领域的一种重要研究方法，但这种数学建模方法在腰椎疾病术后临床疗效的预测领域应用较少<sup>[12]</sup>。本研究通过回顾性分析，构建预测 PELD 治疗腰椎间盘突出术后出现复发的可能性，并评价该临床预测模型的预测效能。

随着内窥镜仪器和微创技术的发展，PELD 逐渐成为 LDH 手术治疗的主流方式，研究表明 PELD 术后有 10.4% 的患者再次出现下肢疼痛<sup>[13]</sup>，其中包括 PELD 术后出现原突出部位再次突出的情况，此类患

者多数需要再次手术治疗。目前，对于引起 PELD 术后复发的原因争论较大<sup>[9, 14]</sup>。本研究最初挑选了 18 个可能的危险因素，通过单因素和多因素逻辑回归分析后筛选出 BMI、病程、Modic 改变、椎间 ROM、手术入路 5 个独立危险因素。这些指标在临床实践中相对容易获得，给预测模型的应用和推广提供了客观条件。

以往有多项研究对 rLDH 进行过多因素分析，但各研究的结论不尽相同。本研究结果提示椎间 ROM 是术后复发的重要危险因素，椎间孔镜手术操作会在一定程度破坏椎间盘的稳定性，造成椎间盘负荷及其生物力学改变，这有可能进一步增大椎间隙的活动范围。Kim<sup>[15]</sup> 研究发现椎间隙位活动范围 <10° 的 PELD 患者术后复发率为 4.1%，活动范围 >10° 的患者术后复发率为 26.5%，这与本研究结果相一致。Modic 改变是本研究中的另一危险因素，它发生的原因是软骨终板出现裂隙，炎性因子进入邻近松质骨髓腔内，使软骨终板发生炎性反应并引起组织水肿<sup>[16]</sup>，因此产生的血液供应和终板结构变化将显著影响椎间盘的营养供应<sup>[17]</sup>，阻碍纤维环的修复和胶原蛋白的合成，使髓核组织干燥变性。虽然手术摘除了突出的髓核组织，但受 Modic 改变的影响，椎间盘组织更容易发生退变并再次突出，增加了复发的可能性。Modic 改变作为腰椎间盘突出术后复发的危险因素在其他的一些研究中也得到了证实<sup>[18, 19]</sup>。另一个常用于评价退

行性椎间盘疾病的指标是 Pfirrmann 分级, 有报道指出 Pfirrmann 分级升高可导致细胞凋亡, 影响椎间盘微环境, 引起椎间盘含水量降低<sup>[20]</sup>, 可以对术后

复发产生影响<sup>[21]</sup>。但在本项研究中, 并未发现 Pfirrmann 分级与复发存在相关性, 这可能与本研究中 Pfirrmann 分级的分组方式有关。

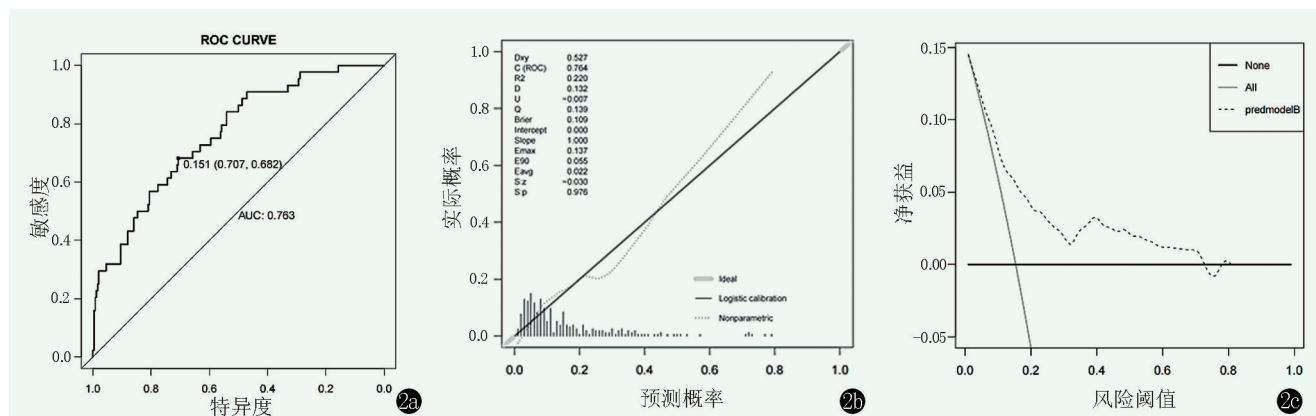


图 2. 预测模型的 ROC 和相关其他分析。2a: PELD 术后复发的模型预测值的 ROC 曲线; 2b: PELD 术后复发的预测模型的校准曲线; 2c: PELD 术后复发的预测模型的 DCA 曲线。

Figure 2. ROC and related other analyses for the prediction model. 2a: The ROC curve of the predicted value of the model for postoperative rLDH after PELD; 2b: The calibration curve of the prediction model for postoperative rLDH after PELD; 2c: The DCA curve of the prediction model for postoperative rLHD after PELD.

笔者的统计结果显示, PELD 术后复发与身高和体重两个因素不相关, 但和 BMI 存在相关性, 通常的观点也认为体重的增加会给椎间盘带来更大的负荷, 更易增加复发的可能性<sup>[22, 23]</sup>。目前对于这个问题仍然存在一定争议, 以往的一些研究得出过相反的结论, 认为二者并没关联<sup>[24]</sup>。病程这一因素在与复发相关的其他研究中较少出现, 但 Jiang<sup>[25]</sup>的研究结果显示, 病程超过 12 个月的患者椎间盘严重受损, 与病程在 12 个月以下的患者相比, 不太可能表现出最佳的手术结果。

本研究探索性地构建了 PELD 治疗腰椎间盘突出术后复发的临床预测模型, 通过绘制 Nomogram 图直观地展示了 PELD 术后复发风险概率, 较高的 AUC 值和良好的校准曲线表明该方法具有相对准确的预测能力和校正能力, 有助于辅助临床工作者评估患者预后, 同时 DCA 曲线也提示该预测模型具有较好的临床有效性。然而, 该研究也存在一定的局限性, 较小的样本量可能引起研究结果的偏差, 另外仍有一些潜在的危险因素未被纳入统计, 这可能导致模型性能受到影响。

#### 4 结 论

本研究利用本院脊柱微创中心的临床数据成功构建了一个 PELD 术后复发的临床预测模型, 用来评估个体患者术后复发的可能性。该模型使患者在接受此

类手术前可以充分评估自身条件, 避免承担较高的复发风险, 帮助医生和患者共同选择合理的手术方案。尽管如此, 由于本研究受到样本量的限制, 并且缺少外部中心的验证, 仍有较大的改进空间。因此, 尚需更大样本、更多中心的研究对该模型进行深入的验证与完善。

#### 参考文献

- [1] 胡向阳, 胡可君, 朱慧强, 等. 内镜与开放后路椎间融合术治疗腰椎退行性疾病 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (7): 607-612. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.07.06.  
Hu XY, Hu KJ, Zhu HQ, et al. Endoscopic versus open posterior lumbar interbody fusion for lumbar degenerative diseases [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (7): 607-612. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.07.06.
- [2] Kauppila LI. Atherosclerosis and disc degeneration/low-back pain—a systematic review [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2009, 37 (6): 661-670. DOI: 10.1016/j.jvs.2009.04.030.
- [3] Zhang R, Zhang SJ, Wang XJ. Postoperative functional exercise for patients who underwent percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for lumbar disc herniation [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2018, 22 (1 Suppl): 15-22. DOI: 10.26355/eurrev\_2018\_07\_15354.
- [4] 张群虎, 张锦洪, 邓杰林, 等. 椎间孔镜术治疗老年腰椎间盘突出症的短期疗效 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (17): 1624-1626. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.17.21.  
Zhang QH, Zhang JH, Deng LJ, et al. Short-term outcomes of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy of lumbar disc herniation in the elderly [J]. Orthopedic Journal of China, 2021,

- 29 (17) : 1624–1626. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.17.21.
- [5] Zhang Z, Zhang Y, Huang C, et al. Comparison of clinical efficacy and recovery effect between lateral and posterior foraminoscopy and PELD in LDH patients [J]. *Contrast Media Mol Imaging*, 2022, 2022 : 8135322. DOI: 10.1155/2022/8135322.
- [6] Fukuhara D, Ono K, Kenji T, et al. A narrative review of full–endoscopic lumbar discectomy using interlaminar approach [J]. *World Neurosurg*, 2022, 168 : 324–332. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.08.080.
- [7] 毛路, 祝斌, 吴小涛, 等. 腰椎经皮椎间孔镜下椎间盘摘除术后再手术 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (7) : 582–585. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.07.02.  
Mao L, Zhu B, Wu XT, et al. Reoperation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (7) : 582–585. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.07.02.
- [8] Kang TW, Park SY, Oh H, et al. Risk of reoperation and infection after percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar discectomy: a nationwide population–based study [J]. *Bone Joint J*, 2021, 103–B (8) : 1392–1399. DOI: 10.1302/0301–620X.103B8.BJJ–2020–2541.R2.
- [9] Quah C, Syme G, Swamy GN, et al. Obesity and recurrent intervertebral disc prolapse after lumbar microdiscectomy [J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2014, 96 (2) : 140–143. DOI: 10.1308/003588414X13814021676873.
- [10] 李昞鹏, 刘璐璐, 谭菁华, 等. 椎间孔镜腰椎间盘切除术早期复发的相关因素 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (19) : 1732–1737. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2022.19.02.  
Li ZP, Liu LL, Tan JH, et al. Factors associated with early recurrent lumbar disc herniation after percutaneous transforaminal endoscopic discectomy [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (19) : 1732–1737. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2022.19.02.
- [11] Yin S, Du H, Yang W, et al. Prevalence of recurrent herniation following percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a meta–analysis [J]. *Pain Physician*, 2018, 21 (4) : 337–350. DOI: 10.36076/ppj.2018.4.337.
- [12] Mediouni M, Schlatterer DR, Madry H, et al. A review of translational medicine. The future paradigm: how can we connect the orthopedic dots better [J]. *Curr Med Res Opin*, 2018, 34 (7) : 1217–1229. DOI: 10.1080/03007995.2017.1385450.
- [13] Zhang C, Li Z, Yu K, et al. A postoperative phenomenon of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: rebound pain [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (8) : 2196–2205. DOI: 10.1111/os.13088.
- [14] Li Y, Wang B, Li H, et al. Adjuvant surgical decision–making system for lumbar intervertebral disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a retrospective nonlinear multiple logistic regression prediction model based on a large sample [J]. *Spine J*, 2021, 21 (12) : 2035–2048. DOI: 10.1016/j.spinee.2021.07.012.
- [15] Kim KT, Park SW, Kim YB. Disc height and segmental motion as risk factors for recurrent lumbar disc herniation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34 (24) : 2674–2678. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b4aaac.
- [16] Chen Y, Yang H, Wang Y, et al. Relationship of endplate changes and low back pain after discectomy [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2019, 184 : 105449. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.105449.
- [17] Urban JP, Smith S, Fairbank JC. Nutrition of the intervertebral disc [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2004, 29 (23) : 2700–2709. DOI: 10.1097/01.brs.0000146499.97948.52.
- [18] Ren G, Liu L, Zhang P, et al. Machine learning predicts recurrent lumbar disc herniation following percutaneous endoscopic lumbar discectomy [J]. *Global Spine J*, 2022, 2022 : 21925682221097650. DOI: 10.1177/21925682221097650.
- [19] Yao Y, Liu H, Zhang H, et al. Risk factors for recurrent herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy [J]. *World Neurosurg*, 2017, 100 : 1–6. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.12.089.
- [20] Wei F, Zhong R, Zhou Z, et al. In vivo experimental intervertebral disc degeneration induced by bleomycin in the rhesus monkey [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2014, 15 : 340. DOI: 10.1186/1471–2474–15–340.
- [21] 马辉, 张燕, 吕新光. 术前磁共振影像对腰椎间盘突出术后复发的评估价值 [J]. *陕西医学杂志*, 2016, 45 (12) : 1641–1643. DOI: 10.3969/j.issn.1000–7377.2016.12.035.  
Ma H, Zhang Y, Lv XG. Evaluation value of preoperative magnetic resonance imaging for postoperative recurrence of lumbar disc herniation [J]. *Shanxi Medical Journal*, 2016, 45 (12) : 1641–1643. DOI: 10.3969/j.issn.1000–7377.2016.12.035.
- [22] Siccoli A, Staartjes VE, Klukowska AM, et al. Overweight and smoking promote recurrent lumbar disk herniation after discectomy [J]. *Eur Spine J*, 2022, 31 (3) : 604–613. DOI: 10.1007/s00586–022–07116–y.
- [23] Wang F, Chen K, Lin Q, et al. Earlier or heavier spinal loading is more likely to lead to recurrent lumbar disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy [J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17 (1) : 356. DOI: 10.1186/s13018–022–03242–x.
- [24] Huang W, Han Z, Liu J, et al. Risk factors for recurrent lumbar disc herniation: a systematic review and meta–analysis [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95 (2) : e2378. DOI: 10.1097/MD.00000000000002378.
- [25] Jiang X, Zhou X, Xu N. Clinical effects of transforaminal and interlaminar percutaneous endoscopic discectomy for lumbar disc herniation: A retrospective study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97 (48) : e13417. DOI: 10.1097/MD.00000000000013417.

(收稿:2023–04–12 修回:2023–10–25)

(同行评议专家: 李康, 卢公标, 张科峰)

(本文编辑: 闫承杰)