·临床研究·

老年骨质疏松性椎体压缩骨折患者经皮椎体后凸成形术术后下腰痛缓解效果的列线图模型构建

李东*,周荣,宋春健,陆军
(江苏省南通市海门区人民医院骨科,江苏 南通 226100)

【摘 要】 **目的** 探讨老年骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)患者经皮椎体后凸成形术(PKP)后下腰痛缓解效果的影响因素,建立列线图模型并分析其预测作用。**方法** 选择2020年1月至2022年12月江苏省南通市海门区人民医院接受PKP治疗的218例老年OVCF患者为研究对象,入院后完善检查并进行PKP治疗,术后随访6个月并采用日本骨科学会(JOA)下腰痛量表评估疗效。根据治疗效果将患者分为有效组(n=187)和无效组(n=31),分析老年OVCF患者PKP疗效并建立列线图模型。采用SPSS 23.0统计软件进行数据分析。根据数据类型,分别采用t检验或χ^2检验进行组间比较。采用多因素logistic回归分析评估老年OVCF患者PKP治疗效果的影响因素。采用R软件中Rstudio程序包构建列线图预测模型,并采用Boot strap法验证预测结果与实际观察结果间的一致性,采用受试者工作特征(ROC)曲线评估列线图在预测PKP疗效中的价值。**结果** 术后6个月,JOA评分有效者187例(85.78%)。多因素logistic回归分析提示,年龄(OR=1.887,95%CI 1.273~2.798)、骨折椎体数量(OR=2.980,95%CI 1.291~6.882)、骨折至手术时间(OR=1.281,95%CI 1.128~1.456)、术前Cobb角(OR=0.687,95%CI 0.523~0.902)及规范抗骨质疏松治疗(OR=2.596,95%CI 1.228~5.489)均为老年OVCF患者PKP疗效的影响因素(P<0.05)。预测PKP疗效的列线图模型Hosmer-Lemeshow拟合度检验结果为χ^2=1.685,P=0.247,提示该模型精准性良好。ROC曲线分析显示,该列线图模型预测老年OVCF患者PKP治疗无效的ROC曲线下面积为0.816(95%CI 0.617~0.894;P<0.001)。**结论** 影响老年OVCF患者PKP治疗效果的因素有年龄、骨折椎体数量、术前Cobb角、骨折至手术时间及规范抗骨质疏松治疗,以此为基础建立列线图模型对判断疗效具有良好价值。

【关键词】 老年人;骨质疏松性椎体压缩骨折;腰椎;经皮椎体后凸成形术;列线图
【中图分类号】 R592;R683.2 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2024.10.170

Construction of a nomogram model for efficacy of percutaneous kyphoplasty in low back pain relief in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fractures

Li Dong*, Zhou Rong, Song Chunjian, Lu Jun
(Department of Orthopedics, Nantong Haimen People's Hospital, Nantong 226100, Jiangsu Province, China)

【**Abstract**】 **Objective** To explore the influencing factors of low back pain relief efficacy in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF) after percutaneous kyphoplasty (PKP) and construct a nomogram model for the efficacy and analyze its predictive effect. **Methods** A total of 218 elderly OVCF patients undergoing PKP treatment in our hospital from January 2020 to December 2022 were enrolled in this study. After admission, they all underwent PKP treatment after completion of examinations. Japanese Orthopaedic Association (JOA) low back pain scale was used to evaluate the efficacy after 6 months of follow-up. According to the efficacy, they were divided into effective group (n=187) and ineffective group (n=31). The efficacy of PKP for elderly OVCF patients was analyzed and then a nomogram model was constructed to predict the PKP efficacy. SPSS statistics 23.0 was used for data analysis. Depending on data type, t test or *Chi*-square test was applied for comparison between groups. Multivariate logistic regression analysis was performed to confirm the influencing factors for PKP treatment efficacy in elderly OVCF patients. Rstudio program package in R software was employed to construct a nomogram prediction model, and the consistency between the predicted results and the actual observation results was verified by Boot strap method. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the value of the nomogram in the prediction of PKP efficacy. **Results** At 6 months after surgery, JOA score indicated that the surgery was effective in 187 cases (85.78%). Multivariate logistic regression analysis suggested that age (OR=1.887, 95%CI 1.273-2.798), number of fractured vertebral bodies (OR=2.980,95%CI 1.291-6.882), time from fracture to surgery (OR=1.281, 95%CI 1.128-1.456), preoperative Cobb angle (OR=0.687, 95%CI 0.523-0.902) and standardized anti-osteoporosis treatment (OR=2.596,95%CI 1.228-5.489) were all influencing factors of PKP efficacy in elderly patients with OVCF (P<0.05). Hosmer-Lemeshow fit test revealed that the nomogram model in predicting the efficacy of PKP had a χ^2=1.685 and a P=0.247, suggesting that the model had good accuracy. ROC curve analysis showed that the ROC area under the curve of the nomogram model in predicting ineffective PKP treatment in elderly OVCF

收稿日期: 2023-09-21; **接受日期**: 2023-11-14
基金项目: 南通市卫生健康委员会科研立项课题(MA2021025)
通信作者: 李东, E-mail: lidong35891@163.com

patients was 0.816 (95% *CI* 0.617-0.894; $P<0.001$). **Conclusion** The influencing factors for PKP efficacy in elderly OVCF patients are age, number of fractured vertebral bodies, preoperative Cobb angle, time from fracture to surgery and standardized anti-osteoporosis treatment. Our nomogram model based on these factors has good value in prediction of treatment efficacy.

【**Key words**】 aged; osteoporotic vertebral compression fractures; lumbar vertebra; percutaneous kyphoplasty; nomogram

This work was supported by the Scientific Research Project of Nantong Municipal Health Commission (MA2021025).

Corresponding author: *Li Dong*, *E-mail*: *lidong35891@163.com*

骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures,OVCF)好发于胸腰段,是老年人群常见的骨折类型[1,2]。经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)是现阶段OVCF微创外科治疗代表性手术,与绝对卧床、对症止痛、佩戴支架等保守治疗相比,PKP可在短时间内缓解患者痛苦,矫正伤椎高度的丢失[3]。PKP治疗OVCF虽在国内外获得广泛应用,但部分患者术后依旧存在下腰痛症状[4,5]。由于目前关于老年OVCF患者PKP疗效的影响因素仍未全部明确,本研究以218例患者为样本建立列线图模型进行分析,旨在为进一步提升PKP治疗水平提供循证医学证据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择2020年1月至2022年12月江苏省南通市海门区人民医院收治的218例老年OVCF患者为研究对象,其中男性96例,女性122例;年龄60~84(68.41±5.37)岁;骨折椎体分别为L_1 157个、L_2 98个及L_3 19个。纳入标准:(1)临床经MRI、X线或CT确诊为新鲜胸腰椎骨折,骨质疏松诊断明确[参照《中国原发性骨质疏松症诊疗指南》相关标准[6],双能X线测量骨密度(bone mineral density,BMD)];(2)年龄≥60岁;(3)保守治疗无效;(4)满足PKP手术适应证;(5)术后6个月评估疗效,临床资料保存完整。排除标准:(1)暴力创伤所致骨折;(2)多部位骨折;(3)陈旧性骨折;(4)合并结核、肿瘤或其他脊柱病变;(5)伴下肢神经症状;(6)合并脊柱创伤或手术史;(7)合并精神疾病;(8)合并其他手术禁忌证。患者及家属对研究内容知情同意并签署知情同意书。本研究获得医院医学伦理委员会审核批准(批号:201911047)。

1.2 方法

1.2.1 相关指标定义与诊断标准 (1)骨质疏松。参照《中国原发性骨质疏松症诊疗指南》相关标准[6]。(2)体质量指数(body mass index,BMI)。BMI=身高(cm)/体质量(kg)^2。BMI<18.5 kg/m^{2}为消瘦,18.5~<24.0 kg/m^{2}为正常,≥24.0 kg/m^{2}为超重或肥胖。(3)椎体压缩程度。椎体压缩程度=[(上位椎体前缘高度+下位椎体前缘高度)/2-伤椎前缘高度]/[(上位椎体前缘高度+下位椎体前缘高度)/2]×100%。(4)术后Cobb恢复角度。术后Cobb恢复角度=(术前Cobb角-术后Cobb角)/术后Cobb角。(5)骨水泥分布类型。根据骨水泥注入后X线片上分布形态分为弥散型与致密型。(6)骨水泥渗漏。C型臂X线观察到椎体外高骨水泥信号存在。

1.2.2 规范抗骨质疏松治疗方法 患者服用碳酸钙D3片、阿尔法骨化醇,根据患者服药依从性选择塞膦酸钠(每日用药)或阿伦膦酸钠(每周用药),对合并有肠胃道反应者经静脉输注双磷酸盐药物,存在对双磷酸盐类药物不耐受者使用唑来膦酸注射治疗,对绝经后刺激素分泌异常导致的骨质疏松患者结合激素治疗。

1.2.3 资料采集与评估 收集患者性别、年龄、合并症、BMI等一般人口学资料,骨折椎体数量、骨折至手术时间、是否累及中后柱、椎体压缩程度、骨水泥注入量、骨水泥分布类型、骨水泥是否渗漏、术后Cobb恢复角度、住院时间及有无规范抗骨质疏松治疗等病情及治疗相关资料。资料采集与结果评估由两名主治以上职称的医师进行,两位医师独立进行观察、记录以及结果分析工作,最后对比两者观察结果,对结果评估不一致者,经两者商议后得出统一结论。观察资料来源于病历、手术记录单、术中影像及术后随访记录。患者出院时嘱其6个月后回院复诊,预留患者及家属电话,督促其按时回院复诊。

1.2.4 疗效评定 采用日本骨科学会(Japanese Orthopaedic Association,JOA)下腰痛量表[7]进行疗效评估,量表总分30分。改善率=(治疗前得分-治疗后得分)/治疗前评分×100%。改善率≥30%为有效,<30%为无效。根据术后6个月疗效将患者分为有效组和无效组。

1.3 统计学处理

采用SPSS 23.0统计软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用t检验。计数资料以例数(百分率)表示,组间比较采用χ^2检验。选取有差异的变量进行方差膨胀系数(variance expansion coefficient,VIF)分析,VIF<10表示变量间不具有共线性,将有统计学意义的指标纳入多因素logistic回归模型,分析影响老年OVCF患者PKP治疗无效的相关因素。采用R软件中Rstudio程序包构建列线图预测模型,并采用Boot strap法重复抽样1 000次进行内部验证,分析该模型预测结果与实际观察结果间的一致性,采用受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线下面积(area under the curve,AUC)评估老年OVCF患者PKP疗效的区分度。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者临床资料比较

218 例患者治疗 6 个月后，有效组 187 例，占 85.78%；无效组 31 例，占 14.22%。两组患者年龄、骨折椎体数量、骨折至手术时间、术前 Cobb 角、骨水泥注入量、术后 Cobb 恢复角度、规范抗骨质疏松治疗及住院时间比较，差异均有统计学意义（$P<0.05$；表 1）。

2.2 多因素 logistic 回归分析 PKP 疗效的影响因素

多因素 logistic 回归分析显示，老年 OVCF 患者 PKP 治疗无效的影响因素包括年龄、骨折椎体数量、骨折至手术时间、术前 Cobb 角及规范抗骨质疏松治疗（$P<0.05$；表 2）。

2.3 列线图构建及其验证

采用 R 软件纳入各影响因素构建列线图模型，根据 0~100 得分标尺计算各因素得分[8,9]。总分=（年龄评分）+（骨折椎体数量评分）+（骨折至手术时间评分）+（术前 Cobb 角评分）+（规范抗骨质疏松治疗评分）。然后将总分与图下方对应获得治疗无效概率（图 1）。经 Hosmer-Lemeshow 拟合度检验，显示应用列线图所得概率在预测老年 OVCF 患者 PKP 治疗无效的结果与实际观测值基本一致（$\chi^2=1.685$，$P=0.247$；图 2）。ROC 曲线分析显示列线图模型预测老年 OVCF 患者 PKP 治疗无效的 AUC 值为 0.816（95%*CI* 0.617~0.894；$P<0.001$；图 3）。

表 1 两组患者临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between two groups

Item	Effective group（$n=187$）	Ineffective group（$n=31$）	χ^2/t	P value
Gender[n(%)]			0.019	0.892
Male	82(43.85)	14(45.16)		
Female	105(56.15)	17(54.84)		
Age[n(%)]			5.714	0.017
≥75 years	41(21.51)	13(41.94)		
<75 years	146(78.49)	18(58.06)		
Smoking[n(%)]	53(28.34)	10(32.26)	0.198	0.656
Alcohol drinking[n(%)]	46(24.60)	9(29.03)	0.277	0.599
Comorbidity[n(%)]				
Hypertension	31(16.58)	6(19.35)	0.146	0.703
Diabetes mellitus	35(18.72)	8(25.81)	0.844	0.358
Cardiovascular and cerebrovascular disease	19(10.16)	4(12.90)	0.212	0.645
Respiratory system disease	16(8.56)	5(16.13)	1.752	0.186
BMI[n(%)]			1.806	0.405
<18.5 kg/m^2	73(39.04)	11(35.48)		
18.5-<24.0 kg/m^2	89(47.59)	13(41.94)		
≥24.0 kg/m^2	25(13.37)	7(22.58)		
Number of fractured vertebral bodies[n(%)]			6.731	0.009
1	153(81.82)	19(61.29)		
≥2	34(18.18)	12(38.71)		
Time from fracture to surgery(d, $\bar{x}\pm s$)	4.79±1.36	5.64±1.43	3.199	0.002
Involvement of middle and posterior columns[n(%)]	68(36.36)	15(48.39)	1.630	0.202
Preoperative Cobb angle(degree, $\bar{x}\pm s$)	18.24°±3.78°	20.45°±3.81°	3.012	0.003
Bone cement injection volume(ml, $\bar{x}\pm s$)	3.82±1.07	4.43±1.09	2.932	0.004
Distribution type of bone cement[n(%)]			1.553	0.213
Dense type	36(19.25)	9(29.03)		
Diffuse type	151(80.75)	22(70.97)		
Bone cement leakage[n(%)]	17(9.09)	5(16.13)	1.452	0.228
Postoperative recovery Cobb angle(degree, $\bar{x}\pm s$)	4.16°±0.59°	4.53°±0.62°	3.211	0.002
Standardized anti-osteoporosis treatment[n(%)]	124(66.31)	14(45.16)	5.120	0.024
Hospital stay(d, $\bar{x}\pm s$)	9.35±2.08	10.79±2.34	3.506	0.001

BMI: body mass index.

表 2 多因素 logistic 回归分析 PKP 疗效的影响因素

Table 2 Multivariate logistic regression analysis of influencing factors of PKP efficacy

Factor	β	*SE*	χ^2	*OR*	95%*CI*	P value
Age≥75 years	0.635	0.201	9.981	1.887	1.273-2.798	0.002
Number of fractured vertebral bodies≥2	1.092	0.427	6.540	2.980	1.291-6.882	0.011
Time from fracture to surgery	0.248	0.065	14.557	1.281	1.128-1.456	<0.001
Preoperative Cobb angle	-0.376	0.139	7.317	0.687	0.523-0.902	0.007
Bone cement injection volume	0.183	0.124	2.178	1.201	0.942-1.531	0.141
Postoperative recovery Cobb angle	0.407	0.356	1.307	1.502	0.748-3.018	0.254
Non-standardized anti-osteoporosis treatment	0.954	0.382	6.237	2.596	1.228-5.489	0.013
Hospital stay	0.271	0.168	2.602	1.311	0.943-1.823	0.107

PKP: percutaneous kyphoplasty.

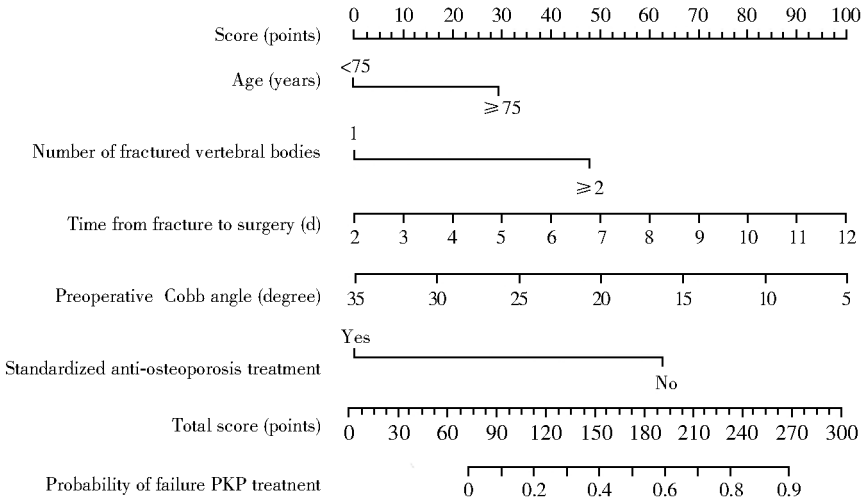


图1 PKP治疗老年OVCF无效的列线图模型

Figure 1 Nomogram model of ineffective PKP treatment in elderly patients with OVCF

PKP: percutaneous kyphoplasty; OVCF: osteoporotic vertebral compression fractures.

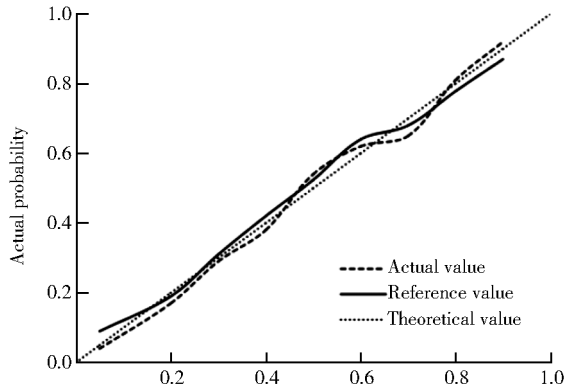


图2 列线图模型预测老年OVCF患者PKP疗效的校准图

Figure 2 Calibration of nomogram model on predicting PKP efficacy in elderly patients with OVCF

OVCF: osteoporotic vertebral compression fractures; PKP: percutaneous kyphoplasty.

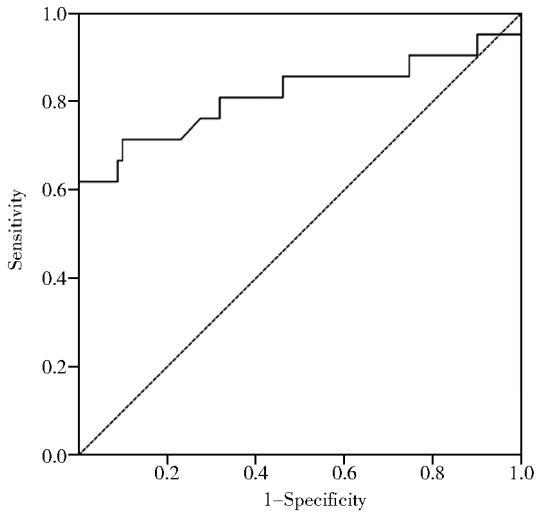


图3 列线图模型预测老年OVCF患者PKP疗效的ROC曲线

Figure 3 ROC curve of nomogram model on predicting PKP efficacy in elderly patients with OVCF

OVCF: osteoporotic vertebral compression fractures; PKP: percutaneous kyphoplasty; ROC: receiver operating characteristic.

3 讨 论

目前PKP在老年OVCF患者治疗中已获得广泛应用且效果良好,但部分患者术后存在下腰痛相关症状与体征,影响日常生活。本研究采用JOA量表评估,结果显示218例患者治疗6个月后85.78%的患者下腰痛明显缓解,与既往文献报道结果相近[10]。本研究发现,除年龄外,骨折椎体数量、骨折至手术时间、术前Cobb角及规范抗骨质疏松治疗均为老年OVCF患者PKP术后下腰痛缓解效果的影响因素,说明PKP术后下腰痛缓解情况不仅与患者自身病情密切相关,还受PKP手术及术后治疗措施影响[11]。

骨折椎体数量增加导致OVCF患者椎体强度下降和高度丢失更严重,引起腰背部大范围疼痛,并可能累及臀部和下肢,同时手术复杂程度明显增加且时间延长[12],本研究发现骨折椎体数量是影响患者PKP最终治疗效果的独立因素,与刘博等[13]研究结果一致。骨折至手术时间过长可能形成骨痂或血肿,压迫邻近组织并使术中球囊扩张压力增加,降低脊柱矫正效果,韩玉祥等[14]也证实骨折至手术时间是影响患者PKP治疗效果的相关因素。术前Cobb角是影响老年OVCF患者PKP疗效的独立影响因素,这主要与以下因素相关:腰椎压缩程度较轻者术中骨折复位更容易,术后腰椎解剖结构恢复更好,而腰椎压缩程度严重者球囊植入路径差,手术过程中会增加对伤椎侧壁及终板的损伤,加大术后骨水泥渗漏发生风险,进而降低手术效果。此外,术后给予规范抗骨质疏松治疗能促进骨折术后恢复,保障手术效果。

有效预测老年 OVCF 患者 PKP 治疗效果,在指导临床干预方案决策制定中具有重要意义。列线图模型是现阶段评估疾病疗效和预后的重要工具,其能直观反映各影响因素的权重,可视化及便宜性高,可帮助医师有效预测不同临床特征患者的结局事件发生概率。本研究在多因素 logistic 回归分析结果的基础上构建预测老年 OVCF 患者 PKP 疗效的列线图模型,Hosmer-Lemeshow 拟合度检验提示列线图的预测结果与实际观察结果具有良好一致性,绘制 ROC 曲线提示,该列线图模型在预测老年 OVCF 患者 PKP 疗效中的 AUC 为 0.816,提示其临床应用效果良好。

本研究为单中心临床研究,样本类型较为单一,因此结果可能存在一定偏倚,后续还需扩大样本范围,选取不同地区或医院患者深入研究,使列线图模型更为精确。

综上,PKP 治疗老年 OVCF 的疗效受年龄、骨折椎体数量、骨折至手术时间、术前 Cobb 角及是否规范抗骨质疏松治疗的影响,以此为基础构建的列线图模型在预测老年 OVCF 患者 PKP 治疗效果中具有良好效能。

【参考文献】

[1] 赵凯平, 袁蕊, 马楠, 等. 55 岁以上原发骨质疏松性骨折患者特征及趋势分析[J]. 中国骨质疏松杂志, 2020, 26(6): 849-856. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2020.06.012.

[2] Kutsal FY, Ergin Ergani GO. Vertebral compression fractures: still an unpredictable aspect of osteoporosis[J]. Turk J Med Sci, 2021, 51(2): 393-399. DOI: 10.3906/sag-2005-315.

[3] Lin S, Cheng M, Liang W, *et al*. Efficacy of vertebral augmentation in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(11): 11767-11775. DOI: 10.21037/apm-21-2834.

[4] Cheng Y, Cheng X, Wu H. Risk factors of new vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty or percutaneous kyphoplasty[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 964578. DOI: 10.3389/fendo.2022.964578.

[5] 王中英, 侯建文, 王其尊, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折 PKP 术后长期效果不佳的危险因素分析[J]. 青岛大学学报(医学版), 2020, 56(4): 427-431. DOI: 10.11712/jms.2096-5532.2020.56.052.

[6] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)[J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38(2): 127-150. DOI:10.19538/j.nk2018020109.

[7] Liu X, Yuan S, Tian Y, *et al*. Comparison of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, microendoscopic discectomy, and microdiscectomy for symptomatic lumbar disc herniation: minimum 2-year follow-up results[J]. J Neurosurg Spine, 2018, 28(3): 317-325. DOI: 10.3171/2017.6.SPINE172.

[8] 王徐龙, 魏建仝, 要鹏. 老年骨质疏松性椎体压缩性骨折 PVP 术后再骨折风险的列线图预测模型构建[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(8): 1836-1839. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2023.08.013.

[9] 吴维, 黄杨, 王晓铃, 等. 构建并验证预测骨质疏松性椎体压缩骨折骨水泥手术术后功能的列线图模型[J]. 中国康复, 2023, 38(4): 226-231. DOI:10.3870/zgkf.2023.04.008.

[10] 王晓宏, 潘政军, 郭栋梁. 经皮椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性胸腰椎骨折患者早期疗效及影响因素分析[J]. 颈腰痛杂志, 2021, 42(5): 713-715. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.05.036.

[11] Li W, Ou H, Zhang L, *et al*. Meta-analysis of PKP or PVP combined with acupuncture in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2022, 2022: 9721702. DOI: 10.1155/2022/9721702.

[12] Fang SY, Dai JL, Min JK, *et al*. Analysis of risk factors related to the re-fracture of adjacent vertebral body after PKP[J]. Eur J Med Res, 2021, 26(1): 127. DOI: 10.1186/s40001-021-00592-w.

[13] 刘博, 谷元, 王鹏, 等. 椎体后凸成形术治疗 580 例老年性骨质疏松性椎体压缩性骨折疗效的影响因素分析[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(10): 1469-1473. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2019.10.022.

[14] 韩玉祥, 刘敏, 张峰. PKP 手术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折术后伤椎高度恢复的相关因素分析[J]. 颈腰痛杂志, 2018, 39(2): 248-249. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2018.02.002.

(编辑: 郑真真)