

· 临床论著 ·

开放获取

经皮椎体后凸成形术相邻节段退变的相关因素[△]

高军伟, 申庆丰, 夏英鹏*

(天津市人民医院脊柱外科, 天津 300000)

摘要: [目的] 探讨经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 治疗后相邻节段椎间盘退变发生的危险因素。[方法] 2020年1月—2021年9月本院收治的162例PKP患者纳入本研究, 根据术后随访2年相邻节段椎间盘是否发生退变分为退变组与未退变组, 单因素及多因素逻辑回归分析退变发生的危险因素, 且通过逻辑回归构建预测模型, ROC曲线评估预测效能。[结果] 162例患者中, PKP术后2年25例发生相邻节段椎间盘退变, 占15.4%。单因素比较: 退变组年龄 [(73.0±6.6)岁 vs (67.9±7.9)岁, $P=0.003$]、吸烟史占比 [例, 是/否, (17/8) vs (62/75), $P=0.036$]、术邻近节段退变占比 [例, 是/否, (9/16) vs (24/113), $P=0.035$]、骨水泥注入量 [(4.1±1.0) ml vs (3.1±0.9) ml, $P<0.001$]、骨水泥渗漏占比 [例, 是/否, (10/15) vs (23/114), $P=0.008$]、术后即刻 Cobb角 [(11.5±2.7)° vs (9.8±2.1)°, $P<0.001$]、椎体高度恢复率 [(12.0±2.6)% vs (8.2±2.3)%, $P<0.001$] 均显著大于未退变组, 退变组术前 BMD [(-3.2±0.8) vs (-2.6±0.5), $P<0.001$] 显著小于未退变组。多因素逻辑回归分析显示, 骨水泥注入量 ($OR=2.653$, $P=0.044$)、椎体高度恢复率 ($OR=2.045$, $P<0.001$)、年龄 ($OR=1.199$, $P=0.016$) 是相邻节段椎间盘退变发生的独立危险因素。而 BMD ($OR=0.279$, $P=0.035$) 是其保护因素。各独立影响因素预测退变的 AUC 分别为: 年龄 0.804、BMD 0.753、骨水泥注入量 0.761、椎体高度恢复率 0.878。基于逻辑回归独立因素的预测方程 AUC 为 0.960。[结论] 年龄大、低骨密度、骨水泥注入量大、椎体高度过度恢复是 PKP 术后相邻节段椎间盘退变发生的危险因素, 临床需高度重视且对症处理。

关键词: 骨质疏松性椎体压缩性骨折, 经皮椎体后凸成形术, 相邻节段椎间盘退变, 危险因素

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 13-1163-06

Factors related to adjacent segment degeneration secondary to percutaneous kyphoplasty // GAO Jun-wei, SHEN Qing-feng, XIA Ying-peng. Department of Spinal Surgery, People's Hospital of Tianjin City, Tianjin 300000, China

Abstract: [Objective] To explore the risk factors related to adjacent segment degeneration (ASD) after percutaneous kyphoplasty (PKP). [Methods] A total of 162 patients who received PKP in our hospital from January 2020 to September 2021 were included in this study. They were divided into a ASD group and a non-ASD group based on whether adjacent segment degeneration happened 2 years after the primary PKP. Multivariate logistic regression analyses were conducted to identify the risk factors for degeneration. A predictive model was constructed using logistic regression, and the predictive performance was evaluated using ROC curves. [Results] Among 162 patients, 25 cases (15.4%) experienced ASD 2 years after PKP surgery. As for univariate comparison, the ASD cohort proved significantly greater than the non-ASD group in terms of age [(73.0±6.6) years vs (67.9±7.9) years, $P=0.003$], proportion of smoking history [yes/no, (17/8) vs (62/75), $P=0.036$], proportion of previous ASD before surgery [yes/no, (9/16) vs (24/113), $P=0.035$], amount of bone cement injected [(4.1±1.0) ml vs (3.1±0.9) ml, $P<0.001$], proportion of bone cement leakage [yes/no, (10/15) vs (23/114), $P=0.008$], Cobb angle immediately after surgery, [(11.5±2.7)° vs (9.8±2.1)°] and recovery rate of vertebral height [(12.0±2.6)% vs (8.2±2.3)%, $P<0.001$], whereas the former had significantly lower preoperative BMD than the latter [T value, (-3.2±0.8) vs (-2.6±0.5), $P<0.001$]. As results of multivariate logistic regression analysis, more amount of bone cement injected ($OR=2.653$, $P=0.044$), higher vertebral height recovery rate ($OR=2.045$, $P<0.001$), and older age ($OR=1.199$, $P=0.016$) were the independent risk factors for ASD, while the greater BMD ($OR=0.279$, $P=0.035$) was a protective factor. The ROC areas under curve (AUCs) predicting ASD by independent factor were of 0.804 by age, 0.753 by BMD, 0.761 with bone cement volume injected, and 0.878 by vertebral height recovery rate, in contrast, of 0.960 by the prediction equation. [Conclusion] Advanced age, low bone density, large amount of bone cement injection, and excessive recovery of vertebral height are risk factors for ASD after PKP surgery, which should be highly valued and treated accordingly in clinical practice.

Key words: osteoporotic vertebral compression fracture, percutaneous kyphoplasty, adjacent segment degeneration, risk factors

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.100768

作者简介: 高军伟, 主治医师, 研究方向: 脊柱外科, (电子信箱)GAOJUNWEI98@163.com

* 通信作者: 夏英鹏, (电话)022-27557375, (电子信箱)xiayingpeng3753@163.com

骨质疏松性椎体压缩骨折 (osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF) 好发于中老年人, 起病隐匿, 近年来其发病率随全球老龄化加剧而不断上升, 特别是绝经后女性, 除了躯体疼痛等表现外, 还易引发心理、睡眠障碍, 致使其生活质量大打折扣^[1]。同时有研究称, OVCF 患者中远期死亡风险相比普通人显著增大^[2]。需高度重视中老年人群 OVCF。

经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 采取经皮穿刺椎体内球囊扩张方式以复位椎体, 随后骨水泥灌注以强化伤椎, 能减轻疼痛, 改善椎体高度, 有利于早期康复干预, 已然成为 OVCF 治疗的重要术式^[3, 4]。但临床实际中 PKP 术后可能引发骨水泥渗漏、再发骨折、相邻节段退变等并发症, 不利于预后^[5, 6]。陈明权^[7]研究发现, PKP 能快速缓解 OVCF 患者疼痛, 恢复伤椎前缘高度, 但可能引发骨水泥椎间隙渗漏, 虽不会影响 PKP 术后效果, 但会加快渗漏节段椎间盘退变。一项荟萃分析表明, 老年、术前有邻近节段椎间盘退变是术后邻近节段退变发生的独立危险因素^[8]。杨晶晶等^[9]研究发现, OVCF 患者术后骨水泥渗漏远期可能加速椎间盘退变。较多研究证实, PKP 会加速相邻椎间盘退变, 但目前国内关于其退变因素研究尚无统一论, PKP 造成相关因素相互影响间接导致椎间盘退变, 或 PKP 本身直接致使椎间盘退变仍需进一步研究。本研究回顾性分析 OVCF 患者术后 2 年相邻节段椎间盘退变发生情况及危险因素, 以为临床降低 PKP 术后相邻节段椎间盘退变发生提供一定的依据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 临床及 X 线等检查确诊为 OVCF; (2) 有 PKP 治疗指征; (3) 年龄 18~90 岁; (4) 随访时间>2 年, 且临床、影像学等相关资料齐全。

排除标准: (1) 其他原因造成的骨折或合并其他骨折; (2) 术前明确有骨水泥/造影剂过敏者; (3) 因肺等相关疾病不耐受手术者; (4) 神经根/脊髓损伤者; (5) 凝血、免疫、精神异常; (6) 随访期间出现外伤、系统性疾病或手术病史; (7) 椎体感染、肿瘤。

1.2 一般资料

回顾性收集本院 2020 年 1 月—2021 年 9 月收治的 162 例 PKP 患者的病历资料, 其中男 24 例, 女

138 例, 年龄平均 (68.7±7.9) 岁。原发骨折部位: 胸 58 例, 腰 95 例, 胸腰 9 例。疾病史: 糖尿病 56 例, 高血压 40 例; 有吸烟史 79 例, 有饮酒史 69 例。本研究经医院伦理委员会批准, 患者均知情同意。

1.3 手术方法

均由本院脊柱外科医师完成 PKP 治疗。均取俯卧位, 胸与髋部垫高, 保持腹部悬空, 做好心电监护等相关准备工作。1%利多卡因局麻, C 形臂 X 线机透视下定位、标记骨折穿刺点, 常规消毒铺巾, 穿刺套管针经皮穿过椎弓根到椎体后壁, 导丝、扩张管依次插入, 且骨性通道开放, 将充气气囊放入椎体内, 进行球囊扩张 (压力 2 000~4 000 kPa) 至椎体附近边缘抬高塌陷终板, 待椎体高度恢复满足要求后取出造影剂、球囊。随后将事前制备的聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥 (拉丝期) 于 C 形臂 X 线机透视下经由套管慢慢注入椎体内, 评估骨水泥弥散情况, 预防外渗; 骨水泥推到椎体边缘时停止注射, 观察骨水泥凝固情况, 待其为牙膏状后拔除套管, 按压伤口, 观察 180~300 s, 处理伤口后将患者送回病房。

1.4 评价指标

记录 OVCF 患者一般资料, 包括年龄、性别、体重指数 (body mass index, BMI)、高血压/糖尿病史、吸烟/饮酒史、骨密度 (bone mineral density, BMD)、原发骨折部位、术前后有无邻近节段退变、手术资料 (骨水泥注入量、出血量) 与影像资料 (裂隙征、骨折线是否累及终板、术后即刻 Cobb 角、椎体高度恢复率及骨水泥渗漏情况)。相邻节段椎间盘退变评定: 术后 2 年随访行 X 线片、MRI 检查, 相邻上/下节段椎间隙变窄 $\geq 13^\circ$ 或矢状面位移 ≥ 3 mm, MRI 可见椎间盘退变^[10]。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 24.0 软件分析数据。计量资料满足正态分布时以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组组间比较行独立 t 检验。计数资料行 χ^2 或连续性校正 χ^2 检验。以相邻节段椎间盘退变发生与否为因变量, 其他因素为自变量, 行逻辑回归分析, 并构建预测模型, 通过似然比 χ^2 、拟合优度检验及受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估模型对相邻节段椎间盘退变的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

162 例 OVCF 患者中, 术后 2 年 25 例 (15.4%)

发生相邻节段椎间盘退变，记为退变组，其中上节段退变 10 例 (40.0%, 10/25)，下节段退变 15 例 (60.0%, 15/25)。术后 1 年内发生 3 例，术后 1~2 年发生 22 例。22 例退变患者经椎管减压治疗后明显好转，3 例椎管减压效果不理想者行椎间盘置换术，效果较好。其他 137 例 (84.6%) 患者计为未退变组。

2.2 是否退变的单项因素比较

按是否退变，将患者分为退变组和未退变组，两组单因素比较见表 1。退变组年龄、有吸烟史占比、术前邻近节段退变占比、骨水泥注入量、骨水泥渗漏占比、术后即刻 Cobb 角、椎体高度恢复率均显著大于未退变组 ($P<0.05$)，退变组术前骨密度 T 值显著小于未退变组 ($P<0.05$)。两组性别、BMI、饮酒史、高血压史、原发骨折部位、裂隙征、骨折线是否累及终板的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

2.3 是否退变的逻辑回归分析

以相邻节段是否发生椎间盘退变为因变量 (是=1, 否=0)，以年龄、吸烟史、BMD、骨折节段数、术前邻近节段退变、骨水泥注入量、术后即刻 Cobb 角、椎体高度恢复率、骨水泥渗漏为自变量，行多因素逻辑回归分析，结果见表 2，模型分类能力为 84.6%，经卡方检验模型有效 ($\chi^2=87.120$, $P<0.001$)。骨水泥注入量 ($OR=2.653$, $P=0.044$)、椎体高度恢复率 ($OR=2.045$, $P<0.001$)、年龄 ($OR=$

1.199, $P=0.016$) 是相邻节段椎间盘退变发生的独立危险因素。而 BMD ($OR=0.279$, $P=0.035$) 是其保护因素。

表 1. 是否退变两组患者的单项因素比较

Table 1. Univariate comparison between the degeneration group and non-degeneration group

指标	退变组 (n=25)	未退变组 (n=137)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	73.0±6.6	67.9±7.9	0.003
性别 (例, 男/女)	2/23	22/115	0.461
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	24.5±1.7	23.6±2.0	0.651
吸烟史 (例, 是/否)	17/8	62/75	0.036
饮酒史 (例, 是/否)	15/10	54/83	0.056
高血压史 (例, 是/否)	9/16	31/106	0.154
糖尿病史 (例, 是/否)	11/14	45/92	0.281
骨密度 T 值 ($\bar{x} \pm s$)	-3.2±0.8	-2.6±0.5	<0.001
原发骨折部位 (例, 胸/胸腰段/腰)	7/3/15	51/6/80	0.256
术前邻近节段退变 (例, 是/否)	9/16	24/113	0.035
裂隙征 (例, 是/否)	4/21	8/129	0.171
骨折线是否累及终板 (例, 是/否)	7/18	20/117	0.173
骨水泥注入量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	4.1±1.0	3.1±0.9	<0.001
骨水泥渗漏 (例, 是/否)	10/15	23/114	0.008
术后即刻 Cobb 角 ($^\circ$, $\bar{x} \pm s$)	11.5±2.7	9.8±2.1	<0.001
椎体高度恢复率 (% , $\bar{x} \pm s$)	12.0±2.6	8.2±2.3	<0.001

表 2. 是否再退变的多因素逻辑回归分析结果

Table 2. Multivariate logistic regression analysis results of whether re-degeneration occurred or not

影响因素	β 值	SE 值	Wald χ^2 值	OR 值	95%CI	P 值
年龄	0.182	0.076	5.785	1.199	1.034~1.391	0.016
吸烟史 (有)	0.069	0.785	0.008	1.071	0.230~4.989	0.930
BMD	-1.278	0.606	4.444	0.279	0.085~0.914	0.035
术前邻近节段退变 (有)	0.068	0.833	0.007	1.070	0.209~5.478	0.935
骨水泥注入量	0.976	0.485	4.053	2.653	1.026~6.860	0.044
术后即刻 Cobb 角	0.285	0.169	2.842	1.330	0.955~1.852	0.092
椎体高度恢复率	0.715	0.194	13.611	2.045	1.398~2.990	<0.001
骨水泥渗漏 (有)	-0.816	0.847	0.929	0.442	0.084~2.324	0.335
常量	-31.177	7.281	18.334			<0.001

2.4 相关因素预测退变的 ROC 分析

独立影响因素对相邻节段椎间盘退变的预测效能及 ROC 曲线见表 3、图 1a，椎体高度恢复率预测相邻节段椎间盘退变的曲线下面积 (area under curve, AUC) 最大 (0.878)，其次是年龄 (0.804)。参照逻辑回归分析，剔除吸烟史、术前邻近节段退变、术后即刻 Cobb 角、骨水泥渗漏后，以独立因素

年龄、BMD、骨水泥注入量及椎体高度恢复率构建风险预测模型：Logit (P) = -29.323+0.168×年龄-1.456×BMD+1.333×骨水泥注入量+0.696×椎体高度恢复率，似然比 $\chi^2=56.381$, $DF=8$, $P<0.001$ ，提示该模型构建有统计学意义。采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验显示 Hosmer-Lemeshow $\chi^2=8.084$, $P=0.425>0.05$ ，提示模型预测值与实际观测值之间差异无统

计学意义，该模型校准能力较好。该模型预测相邻节段椎间盘退变发生的曲线下面积为 0.960 (95%CI 0.918~0.985)，最佳截断值 0.309 对应的敏感度、特

异度为 92.0%、94.2%，提示该模型的区分度较好，见图 1b。

表 3. 风险因素对相邻节段椎间盘退变的预测效能
Table 3 Predictive power of risk factors for adjacent disc degeneration

参数	截断值	约登指数	敏感度	特异度	AUC (95%CI)	P 值
年龄 (岁)	67.0	0.475	84.0	63.5	0.804 (0.734~0.862)	<0.001
BMD (SD)	-3.2	0.465	56.0	90.5	0.753 (0.679~0.817)	<0.001
骨水泥注入量 (ml)	3.7	0.512	76.0	75.2	0.761 (0.688~0.824)	<0.001
椎体高度恢复率 (%)	10.1	0.690	88.0	81.0	0.878 (0.817~0.924)	<0.001

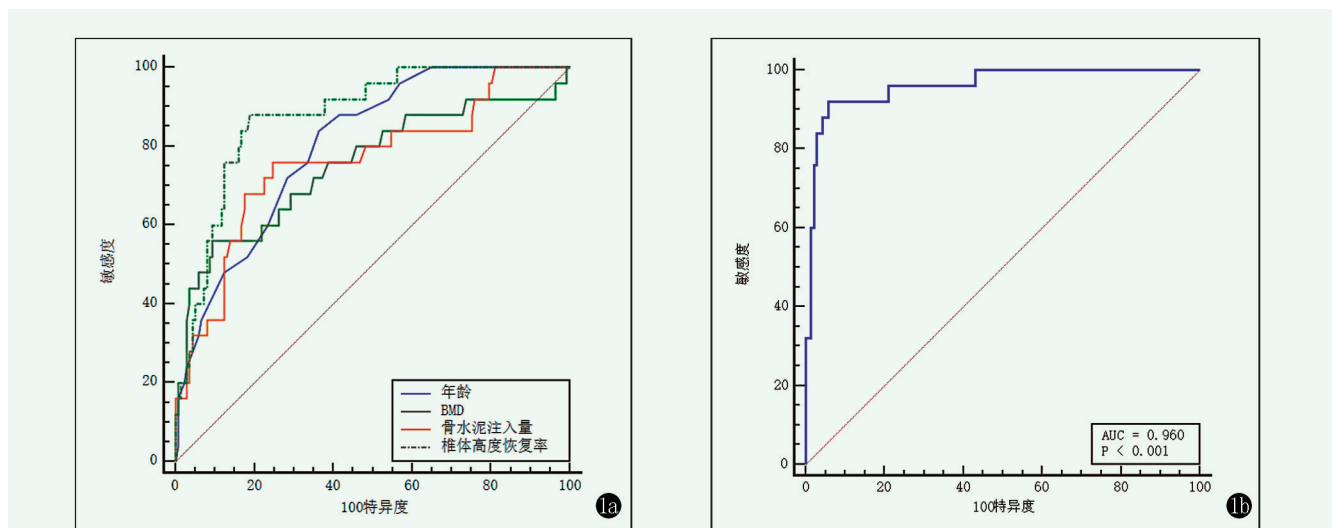


图 1. ROC 分析曲线。1a: 各相关因素与是否退变的 ROC 曲线；1b: 预测方程与是否退变的 ROC 曲线。

Figure 1. ROC analysis curves. 1a: ROC curve of each related factor with whether ASD happened; 1b: ROC curve of prediction equation with whether ASD happened.

3 讨论

巫代友等^[10]研究表明，腰椎融合术后邻近节段退变发生率为 24.4%，其发生与年龄大、骨质疏松、螺钉微动等有关；Heemskerk 等^[11]研究表明，邻近节段病变与钢板间距有关。而对于 PKP 术后相邻节段退变的相关报道较少，特别是危险因素。本研究中，PKP 术后 2 年相邻节段椎间盘退变发生率为 15.4%，比相关研究的 18.6%~24.4% 低^[10, 12]，但高于刘大旭等^[13]报道的 10.8%。出现上述差异可能与纳入患者的疾病、手术类型、随访时间不同有关。临床实际中 PKP 等椎体骨水泥强化术会导致 OVCF 患者邻近椎体终板应力变大，证实 PKP 等一定程度上导致术后远期邻近椎体退变^[14-16]。故需重视 PKP 术后邻近椎体退变相关因素研究。

本研究中，PKP 术后 2 年相邻节段椎间盘退变发生的独立因素包括：(1) 年龄大：退变组患者年龄

比未退变组明显大，且退变发生风险随年龄增大而变大 ($OR=1.199, 95\%CI 1.034\sim1.391$)，与张腾飞等^[8]研究结论一致。分析原因：年龄越大，机体椎间盘内水分、蛋白多糖下降越明显，易出现髓核突出或力线后移现象，致使椎间不稳，同时 PKP 术后邻近椎体终板应力变化加速椎间盘退变；(2) BMD：张熙辉等^[17]研究表明，BMD 是 OVCF 患者 PKP/经皮椎体成形术术后伤椎再骨折的保护因素；BMD T 值 $<-2.5 SD$ 是经皮椎体成形术术后相邻椎体骨折的危险指标^[18]。本研究中，BMD 值越大，PKP 术后相邻节段椎间盘退变发生风险越小 ($OR=0.279, 95\%CI: 0.085\sim0.914$)，且 ROC 曲线分析 BMD T 值 $<-3.2 SD$ 时，其预测退变的 AUC 为 0.753。可见 BMD 可作为相邻节段椎间盘退变预测的特异性指标之一。这可能是由于 BMD 下降提示机体骨量不断丢失，椎体骨质吸收不均，增加相邻节段退变风险。(3) 骨水泥注入量：有研究称术后相邻椎体再骨折、骨折不愈合发生与骨水泥注入太多有关^[19, 20]，本研究也表明，骨水泥注入

太多是 PKP 术后相邻节段椎间盘退变发生的独立危险因素。骨水泥于松质骨内渗透弥散，聚合反应出现后产生高热，可能对椎体产生细胞毒性，同时骨水泥经骨折线渗透到椎间隙，影响其封闭结构，易致炎，特别是若骨水泥注入太多会放大上述效应，进而导致椎间盘损伤^[21]。本研究 ROC 曲线分析显示，骨水泥注入量>3.7ml 时，其预测退变的 AUC 为 0.761。可见临床需严格控制术中骨水泥注入量，降低术后相邻节段椎间盘退变发生概率；(4) 椎体高度恢复率：本研究显示，过度恢复会明显增加术后相邻节段椎间盘退变 ($OR=2.045$, $95\%CI$ 1.398~2.990)，与相关报道相符^[22, 23]。这可能是由于椎体高度恢复率与骨水泥注入量相关，其过度恢复表示骨水泥过多注入，影响相邻节段非手术椎体力学，进而导致椎间盘退变。另外，本研究 ROC 曲线显示该风险预测模型的 AUC 为 0.960。临床建议结合该模型预测相邻节段椎间盘退变发生风险，并对症积极干预，以预防退变发生。

综上，OVCF 患者 PKP 术后相邻节段椎间盘退变的独立危险因素包括年龄大、骨密度低、骨水泥过多注入、椎体高度过度恢复。本研究不足：(1) 回顾性研究，对象及纳入指标选择偏倚可能致使结果存在误差；(2) 未分析各因素之间的关联性。需日后通过大样本、多中心、前瞻性研究进一步分析。

参考文献

- [1] 中国康复医学会骨质疏松预防与康复专业委员会. 骨质疏松性椎体压缩骨折诊治专家共识 (2021 版) [J]. 中华医学杂志, 2021, 101 (41) : 3371-3379. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210625-01436.
- Osteoporosis Prevention and Rehabilitation Committee of Chinese Rehabilitation Society. Expert consensus on the management and treatment of osteoporotic vertebral compression fractures (2021 edition) [J]. National Medical Journal of China, 2021, 101 (41) : 3371-3379. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20210625-01436.
- [2] Rizkallah M, Bachour F, Khoury ME, et al. Comparison of morbidity and mortality of hip and vertebral fragility fractures: Which one has the highest burden [J]. Osteoporos Sarcopenia, 2020, 6 (3) : 146-150. DOI: 10.1016/j.afos.2020.07.002.
- [3] 王志鹏, 张晓刚, 李元贞, 等. 经皮椎体后凸成形术与保守治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的荟萃分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (4) : 336-341. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.04.10.
- Wang ZP, Zhang XG, Li YZ, et al. Percutaneous kyphoplasty versus conservative treatment for osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis [J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27 (4) : 336-341. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.04.10.
- [4] 刘大栋, 牛辉. PKP 治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折的手术时机 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (10) : 887-891. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.10.05.
- Liu DD, Niu H. Surgical timing of percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fracture in elderly [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (10) : 887-891. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.10.05.
- [5] Wang T, Si F, Zang L, et al. Radiographic adjacent segment degeneration and risk factors for osteoporotic vertebral compression fractures treated with percutaneous kyphoplasty [J]. Int Orthop, 2022, 46 (11) : 2619-2628. DOI: 10.1007/s00264-022-05510-1.
- [6] Li Y, Huang X, Ye X, et al. Letter to the editor: "radiographic adjacent segment degeneration and risk factors for osteoporotic vertebral compression fractures treated with percutaneous kyphoplasty" [J]. Int Orthop, 2023, 47 (3) : 889-890. DOI: 10.1007/s00264-022-05661-1.
- [7] 陈明权. 经皮椎体后凸成形术骨水泥椎间隙渗漏对疗效的影响 [J]. 临床骨科杂志, 2020, 23 (1) : 23-27. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0287.2020.01.007.
- Chen MQ. The effect of cement leakage of intervertebral space after percutaneous kyphoplasty [J]. Journal of Clinical Orthopaedics, 2020, 23 (1) : 23-27. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0287.2020.01.007.
- [8] 张腾飞, 王坤, 朱彦谕, 等. 腰椎后路融合术后邻近节段退变相关危险因素的 Meta 分析 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25 (12) : 1936-1943. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344 (2021)12-01936-08.
- Zhang TF, Wang K, Zhu YY, et al. Meta-analysis of risk factors associated with adjacent segment degeneration after lumbar posterior fusion [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2021, 25 (12) : 1936-1943. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344 (2021)12-01936-08.
- [9] 杨晶晶, 王威, 何承建, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体成形术中骨水泥椎间盘渗漏对手术疗效的影响 [J]. 中医正骨, 2022, 34 (1) : 15-21. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6015.2022.01.004.
- Yang JJ, Wang W, He CJ, et al. Effects of intradiscal bone cement leakage on the clinical outcome of percutaneous vertebroplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fracture [J]. The Journal of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology, 2022, 34 (1) : 15-21. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6015.2022.01.004.
- [10] 巫代友, 刘斐文, 王科学, 等. 老年腰椎退行性病变患者椎弓根螺钉内固定融合术后邻近节段退变的影响因素 [J]. 中国老年学杂志, 2021, 41 (19) : 4417-4420. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.19.076.
- Wu DY, Liu FW, Wang KX, et al. Influencing factors of adjacent segment degeneration in elderly patients with lumbar degenerative diseases after pedicle screw fusion [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2021, 41 (19) : 4417-4420. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2021.19.076.
- [11] Heemskerck IJ, Vega CP, Domingo AR, et al. The effect of plating

- on adjacent segments in anterior cervical discectomy and fusions in patients with degenerative spine disease: a retrospective cohort study [J]. *Spine Surg Relat Res*, 2021, 6 (4): 350–357. DOI: 10.22603/ssrr.2021-0073.
- [12] Wang T, Ding W. Risk factors for adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion surgery in treatment for degenerative lumbar disorders: a meta-analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1): 582. DOI: 10.1186/s13018-020-02032-7.
- [13] 刘大旭, 张艳锋, 范兆阳. 腰椎退行性疾病经后路减压融合术后发生症状性邻近节段退变的预测因素 [J]. *颈腰痛杂志*, 2021, 42 (1): 70–72. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.01.017.
- Liu DX, Zhang YF, Fan ZY. Predictors of symptomatic adjacent segmental degeneration after posterior decompression and fusion of lumbar degenerative diseases [J]. *The Journal of Cervicodynia and Lumbodynia*, 2021, 42 (1): 70–72. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2021.01.017.
- [14] 张子方, 张昊聪, 宋凯, 等. 经皮椎体成形术/椎体后凸成形术对邻近椎间盘退变的影响 [J]. *解放军医学院学报*, 2018, 39 (1): 16–19, 27. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2018.01.005.
- Zhang ZF, Zhang HC, Song K, et al. Effect of percutaneous vertebroplasty/kyphoplasty on adjacent intervertebral disc degeneration [J]. *Academic Journal of Chinese PLA Medical School*, 2018, 39 (1): 16–19, 27. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2018.01.005.
- [15] 秦太平, 张晓刚, 权祯, 等. 不同方法治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体力学稳定性变化差异的有限元分析 [J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36 (8): 4886–4895.
- Qin DP, Zhang XG, Quan Z, et al. Finite element analysis of different treatments in mechanical stability of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2021, 36 (8): 4886–4895.
- [16] 陈国能, 陈扬, 陈显辉, 等. PKP 术后伤椎恢复高度与邻近椎体应力关系的有限元分析 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34 (11): 1165–1167. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.11.015.
- Chen GN, Chen Y, Chen XH, et al. Finite element analysis of the relationship between the recovery height of injured vertebra and the stress of adjacent vertebra after PKP operation [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Injury*, 2019, 34 (11): 1165–1167. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.11.015.
- [17] 张熙辉, 李峥嵘, 李仕能, 等. 胸腰椎骨质疏松性骨折术后再骨折风险模型 [J]. *中华实验外科杂志*, 2023, 40 (9): 1859–1862. DOI: 10.3760/cma.j.cn421213-20230412-00209.
- Zhang XH, Li ZR, Li SN, et al. Re-fracture risk model after thoracolumbar osteoporotic fracture [J]. *Chinese Journal of Experimental Surgery*, 2023, 40 (9): 1859–1862. DOI: 10.3760/cma.j.cn421213-20230412-00209.
- [18] 王强, 张骏, 王天, 等. 经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床疗效及术后邻近椎体骨折的危险因素分析 [J]. *现代生物医学进展*, 2021, 21 (21): 4095–4099. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.21.020.
- Wang Q, Zhang J, Wang T, et al. The clinical effect of percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporosis vertebral compression fracture and the risk factors of the adjacent vertebral fracture after operation [J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2021, 21 (21): 4095–4099. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2021.21.020.
- [19] 姜天淇, 葛泽峰, 田新月, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折经皮椎体成形术后继发椎体再骨折的相关因素分析 [J]. *脊柱外科杂志*, 2023, 21 (1): 21–25. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2023.01.004.
- Jiang TQ, Ge ZF, Tian XY, et al. Analysis of factors related to secondary vertebral re-fracture after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Journal of Spinal Surgery*, 2023, 21 (1): 21–25. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2023.01.004.
- [20] 吴永忠, 徐斌, 罗明华, 等. Kümmell's 病椎体成形术骨水泥渗漏危险因素 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (23): 2129–2133. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.23.04.
- Wu YZ, Xu B, Luo MH, et al. Risk factors related to cement leakage in percutaneous vertebroplasty for Kümmell's disease [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (23): 2129–2133. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.23.04.
- [21] 张晗祥, 范华华, 蔡小军. 骨质疏松模型兔椎体成形术中不同剂量骨水泥对相邻椎间盘的影响 [J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22 (2): 171–177. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.0002.
- Zhang HX, Fan HH, Cai XJ. Effects of percutaneous vertebroplasty with different bone cement volumes on the adjacent intervertebral disc in a rabbit model of osteoporosis [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2018, 22 (2): 171–177. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.0002.
- [22] 栾昊鹏, 邓强, 帕尔哈提·热西提, 等. 经皮椎体后凸成形术后邻近椎体继发骨折的危险因素分析 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2022, 11 (4): 269–275. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.04.006.
- Luan HP, Deng Q, Parhati Gercetti, et al. Analysis of biomechanical changes of adjacent vertebral bodies and risk factors of secondary fractures after percutaneous kyphoplasty [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint*, 2022, 11 (4): 269–275. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.04.006.
- [23] 韩晓东, 孟纯阳. PVP 术后椎体前缘高度恢复率与邻近椎体骨折的相关性研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (10): 885–889. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.10.05.
- Han XD, Meng CY. Correlation between anterior vertebral height recovery rate and new-onset adjacent vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2019, 27 (10): 885–889. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.10.05.

(收稿:2023-10-30 修回:2024-02-18)

(同行评议专家:王健,孙永生)

(本文编辑:郭秀婷)