·骨科专栏·

PVP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折术后邻近椎体再发的危险因素分析

侯丽媛[1]，张浚哲[2]，史　莎[1]，张　为[1*]
（1.河北医科大学第三医院脊柱三科，河北 石家庄 050051；2.河北医科大学第三医院创伤急救中心，河北 石家庄 050051）

［摘要］ **目的** 探讨经皮椎体成形术（percutaneous vertebroplasty，PVP）治疗骨质疏松性胸腰椎椎体压缩骨折（osteoporotic vertebral compression fractures，OVCF）后临近椎体骨折再发的相关危险因素。**方法** 选取河北医科大学第三医院接受单侧入路 PVP 手术治疗的 OVCF 患者共 312 例，并根据术后是否再发骨折分为正常组（$n=269$）和椎体再骨折组（$n=43$）。随后统计 2 组手术指标和术后指标，具体术后指标包括性别、年龄、身高、体重、常住地点（农村/城市）、吸烟、饮酒、糖尿病、高血压、心血管疾病、体重指数；手术相关指标包括手术时间、骨水泥注入量、骨密度（bone mineral density，BMD）、术后椎体压缩率、骨水泥渗漏情况和术后 Cobb 角等。最后通过使用 t 或 U 检验比较 2 组的连续变量，2 组的分类变量使用 χ^2 检验对比分析，其中单变量分析中差异有统计学意义（$P<0.05$）的预测因素被纳入 Logistic 回归分析。对于差异有统计学意义的连续变量，运用受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线进行分析，以确定最佳临界值。**结果** 选取的患者在术后 6 个月随访期间内有 43 例患者发生术后再骨折，发病率为 13.78%，有 31 例患者发生骨水泥渗漏，发病率为 9.94%。多因素 Logistic 分析表明，BMD＜－3.4 g/cm^2（OR＝6.638，$P=0.008$）、骨水泥注入量＞5.6 mL（OR＝19.178，$P<0.001$）、术后 Cobb 角＞14 °（OR＝18.970，$P<0.001$），有骨水泥渗漏（OR＝10.715、$P=0.002$）与邻近椎体再压缩相关，而且是独立危险因素。Hosmer-Lemeshow 检验统计方法中似没涉及到这个方法显示出良好的适应性（$\chi^2=4.070$，$P=0.254$）。**结论** PVP 术后椎体再骨折的发病率为 13.78%。BMD＜－3.4 g/cm^2、骨水泥注入量＞5.6 mL、术后 Cobb 角＞14 °和骨水泥渗漏是椎体再压缩的独立危险因素。在手术过程中注意干预骨水泥注入量临界值，缩小术后 Cobb 角，系统的抗骨质疏松症治疗可以显著降低椎体成形术后再骨折的发生。

［关键词］ 骨质疏松性骨折；复发；治疗结果　　doi：10.3969/j.issn.1007-3205.2025.02.002
［中图分类号］ R683　　［文献标志码］ A　　［文章编号］ 1007-3205(2025)02-0131-06

Analysis of risk factors for recurrence of adjacent vertebral fracture following percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures

HOU Li-yuan[1], ZHANG Jun-zhe[2], SHI Sha[1], ZHANG Wei[1*]
(1.*The Third Department of Spine Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang* 050051, *China*; 2.*The Trauma and Emergency Center, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang* 050051, *China*)

［**Abstract**］ **Objective** To investigate the risk factors associated with the recurrence of adjacent vertebral fractures following percutaneous vertebroplasty (PVP) in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF). **Methods** A total of 312 patients who underwent unilateral PVP surgery in the Third Hospital of Hebei Medical University were selected and divided into the normal group ($n=269$) and the vertebral refracture group ($n=43$)

［收稿日期］2024－09－26
［基金项目］河北省青年科技课题（20210648）；河北医科大学创新研究团队项目
［作者简介］侯丽媛（1987－），女，河北石家庄人，河北医科大学第三医院主管护师，医学学士，从事脊柱外科疾病护理研究。
＊通信作者。E-mail：33700332@hebmu.edu.cn

based on the recurrence of fractures postoperatively. Surgical and postoperative indicators of both groups were statistically analyzed; Postoperative indicators included gender, age, height, weight, residence (rural/urban), smoking, alcohol consumption, diabetes, hypertension, cardiovascular disease, and body mass index (BMI), and related surgical indicators included duration of operation, volume of bone cement injection, bone mineral density (BMD), postoperative vertebral compression rate, bone cement leakage, and postoperative Cobb angle. Continuous variables between the two groups were compared using t or U tests, and categorical variables were analyzed using chi-square tests. Predictors with significant differences in univariate analysis ($P<0.05$) were included in multivariate Logistic regression analysis. Receiver operating characteristic (ROC) curves were employed to determine the optimal cutoff values for statistically significant continuous variables ($P<0.05$). **Results** During the 6-month follow-up period, 43 patients experienced refractures postoperatively, resulting in an incidence rate of 13.78%. Bone cement leakage occurred in 31 patients, with an incidence rate of 9.94%. Multivariate Logistic regression analysis indicated that BMD <-3.4 g/cm^2 (OR=6.638, $P=0.008$), bone cement injection volume >5.6 mL (OR=19.178, $P<0.001$), postoperative Cobb angle $>14°$ (OR=18.970, $P<0.001$), and bone cement leakage (OR=10.715, $P=0.002$) were associated with the recurrence of adjacent vertebral compression and were independent risk factors. The Hosmer-Lemeshow test demonstrated good model fit ($\chi^2=4.07$, $P=0.254$). **Conclusion** The incidence rate of vertebral refracture after PVP is 13.78%. BMD <-3.4 g/cm^2, bone cement injection volume >5.6 mL, postoperative Cobb angle $>14°$, and bone cement leakage are independent risk factors for vertebral re-compression. Attention to the critical threshold of bone cement injection volume during surgery, reduction of the postoperative Cobb angle, and systematic anti-osteoporosis treatment can significantly decrease the incidence of refractures following vertebroplasty.

[**Key words**] osteoporotic fractures; recurrence; treatment outcome

随着人口老龄化,骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF)的发生率逐年增高[1]。脊柱压缩性骨折是骨质疏松症的常见临床表现,它可导致持续的剧烈疼痛和行动不便,并严重影响生活质量。OVCF常常会引起老年患者长期腰背疼痛和行动不便,导致肺功能下降、病死率上升和生活质量下降[2]。1984年法国的德拉蒙德首次通过经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)成功治疗了多例椎体骨折患者[3]。后来,PVP被广泛用于治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折。PVP技术通骨水泥增加椎体的稳定性并恢复椎体高度,从而缓解椎体或椎弓根塌陷引起的胸背痛。单侧椎弓根入路PVP治疗OVCF的效果越来越受到国内外专家的认可,但是目前PVP手术有骨水泥渗漏、骨折不愈合和骨折复发的风险[4]。类似的随机对照研究和荟萃分析也有报道,与第一次骨折后非手术治疗的患者相比,PVP手术后复发OVCF的频率会显著降低[5-6]。此外,目前尚不清楚OVCF是否是由于PVP后骨质疏松症的自发进展所致。有文献表明,一些患者在PVP手术后会出现继发性椎体高度降低和严重的后凸。这种现象被称为受伤椎体的动态形变[7-8]。椎体再发压缩骨折可能与骨密度(bone mineral density, BMD)、骨水泥注射不足、脊椎高度过度恢复、骨水泥分布和骨水泥注射的方法相关[9]。然而,以往对于创伤性椎体再压缩的危险因素研究不够全面,而且没有达成定量共识[10]。因此,研究继发性脊椎损伤的相关危险因素对有效预防术后并发症具有重要意义。本研究拟探讨PVP治疗OVCF后再发椎体骨折的相关危险因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2021年9月—2023年9月间河北医科大学第三医院接受单侧入路PVP手术治疗的OVCF的60岁以上患者。经以下纳入和排出标准筛选后最终纳入了312例患者并且进行术后6个月的随访。在随访期间,有43例患者发生术后再骨折,发病率为13.78%,有31例患者发生骨水泥渗

漏，发病率为9.94%。

本研究通过了河北医科大学第三医院伦理委员会和机构审查委员会的伦理审核（编号：NO 2018-026-1）。

1.2　纳入标准和排除标准　纳入标准：①胸椎或腰椎（T_{10}～L_2）椎体单纯压缩骨折；②伴随有骨质疏松症，BMD＜－2.5 g/cm²；③入院后在我院行 PVP 手术治疗，术后至随访没有创伤史。排除标准：①病理性脊椎骨折；②OVCF 并发有神经压迫表现；③曾经接受过脊柱相关内固定手术治疗的患者。

1.3　手术标准　患者在局部麻醉下接受了单侧椎体 PVP 手术。在手术过程中，患者被置于俯卧位。局部麻醉生效后，通过 C 型臂透视确定压缩椎体的位置，并将穿刺针插入椎弓根。当穿刺针尖完全进入椎弓根时，针尖位于椎弓根内壁的 X 线图像和椎弓根前缘的横向图像中。随后拔出针芯，用细钻头穿过外壳，形成一条进入受伤脊椎的通道。通过正位成像观察细钻头尖端已穿过受伤椎骨的中线，而侧位成像中细钻头尖端位于受伤椎骨的前 1/4～1/3处时缩回细钻头末端。将制备的骨水泥通过注射系统将其缓慢注射到受伤的椎体中。在骨水泥扩散并填充到椎体中后，拔出套管系统以观察骨水泥填充的位置和有无骨水泥的渗漏情况。

1.4　术后管理　手术后，患者回到病房并且接受 1 d 的预防性抗生素治疗。术后第 2 天，引导患者在脊柱支具的保护下进行适当的活动，锻炼下背部肌肉。此外，术后患者还需接受脊柱正侧位 X 线检查，收集骨水泥分布情况和测量椎体复位指标。

1.5　研究指标　患者一般情况指标包括性别、年龄、身高（m）、体重（kg）、常住地点（农村/城市）、吸烟、饮酒、糖尿病、高血压、心血管疾病和体重指数（body mass index，BMI）。骨折与手术相关指标包括骨折部位（胸椎/腰椎），骨折椎体数量（单个椎体/多个椎体），手术时间（min）、骨水泥注入量（mL）。其他测量指标如下。①BMD：手术前使用双能 X 线吸收仪测量 BMD，结果 T＜－2.5 g/cm² 代表患有骨质疏松。②术后椎体压缩率：在脊柱 X 线侧位片上测量椎体前缘高度。应用公式：椎体压缩率＝（a－b）/a×100%进行计算，其中 a 是压缩椎体椎前缘的高度，b 是压缩锥体实际高度（后缘高度）。③Cobb 角：根据术后 X 线测量压缩椎体的 Cobb 角。

1.6　随访　分别在在 PVP 术后以及半年后的随访期间测量骨折椎体的前缘高度和 Cobb 角。数据收集和测量由一名骨科医生进行，将收集 3 次测量的结果并且取平均值。由于术后复位效果不同，不能在所有病例中应用关于椎体再压缩的单独数据。因此，本研究将椎体再次压缩骨折的标准定义为与术后 X 线脊柱侧位片相比，骨折椎体的前缘高度降低需达到 10%或 Cobb 角增加 10 °以上。

1.7　统计学方法　应用 SPSS 24.0 统计软件分析数据。计量资料采用 t 检验，计数资料比较采用 χ^2 检验。运用受试者工作特征（receiver operating characteristic，ROC）曲线进行分析，以确定最佳临界值。单因素分析中具有显著意义的预测因素被纳入多因素 Logistic 回归分析（反向 LR），用比值比（odds ratio，OR）和 95% 可信区间（confidence interval，CI）评估多因素与椎体骨折之间的相关性比重。P＜0.05 为差异有统计学意义。

2　结　果

本研究中共有 312 例注册患者成功完成了 PVP 手术，术后的追踪时间为 6 个月。在随访期间，有 43 例患者发生术后再骨折，发病率为 13.78%，有 31 例患者发生骨水泥渗漏，发病率为 9.94%。对收集、测量的病例临床资料进行单因素分析，并对单因素分析中有统计学意义的指标进行 Logistic 多因素回归分析，确定预测变量并绘制 ROC 曲线，由此得出影响的危险因素。

2.1　分类变量单因素分析　研究对象包括 107 例男性和 205 例女性。2 组间术后骨水泥渗漏的发生率差异有统计学意义（P＜0.05），并且术后再骨折组发生骨水泥渗漏的患者占比更大。见表 1。

2.2　连续变量单因素分析　312 例患者的平均年龄（66.23±15.27）岁，BMI 为 26.91±3.99。2 组 BMD、骨水泥注入量和术后 Cobb 角的差异有统计学意义（P＜0.05）。2 组在年龄、BMI、手术时间和术后椎体压缩率方面差异无统计学意义（P＞0.05）。见表 2。

2.3　ROC 曲线分析　进行 ROC 分析以确定曲线下面积，找出上述具有统计意义的连续变量的最佳临界值。BMD 的临界值为－3.4 g/cm²，骨水泥注入量的临界值为 5.6 mL，术后 Cobb 角的临界值为 14 °。基于这 3 组临界值，将连续变量进行二分类，有利于进一步多因素分析。见表 3。

2.4　多因素 Logistic 回归分析　为了进一步研究不同因素之间的相互作用，对单变量（无骨水泥渗漏＝0，有骨水泥渗漏＝1；其余均为连续性变量）分析的有意义结果进行了多因素 Logistic 回归分析，得出的结论是 BMD＜－3.4 g/cm²、骨水泥注入量＞5.6 mL 术后 Cobb 角＞14°，有骨水泥渗漏是术

后邻近椎体再压缩的独立危险因素。Hosmer-Lemeshow检验显示出良好的适应性($\chi^2=4.072$，$P=0.254$)。见表4。

表1 分类变量单因素分析

Table 1 Univariate analysis of categorical variables

(例数,%)

组别	例数	性别(女性)	骨折部位(胸椎)	伤椎数量(单椎体)	居住地(农村)	有骨水泥渗漏	吸烟	饮酒	糖尿病
术后正常组	269	180(66.9)	76(28.3)	192(71.4)	140(52.0)	16(5.9)	73(27.1)	74(27.5)	15(5.6)
术后再骨折组	43	25(58.1)	10(23.3)	33(76.7)	19(44.2)	15(34.9)	14(32.6)	14(32.6)	2(4.7)
χ^2 值		1.267	0.464	0.531	0.916	34.688	0.542	0.467	0.062
P 值		0.260	0.496	0.466	0.338	<0.001	0.462	0.495	0.804

表2 连续变量单因素分析

Table 2 Univariate analysis of continuous variables

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	BMD(g/cm^2)	骨水泥注入量(mL)	术后Cobb角(°)	术后椎体压缩率(%)	手术时间(min)	BMI
术后正常组	269	65.912±15.221	3.083±0.242	5.042±0.751	13.453±0.524	18.871±1.253	122.342±38.802	26.834±4.002
术后再骨折组	43	68.423±15.612	3.594±0.583	5.752±0.653	14.714±0.814	18.823±1.264	131.742±45.643	27.384±3.964
t 值		1.001	10.001	5.854	13.424	0.233	1.438	0.838
P 值		0.308	<0.001	<0.001	<0.001	0.793	0.151	0.370

表3 ROC曲线分析

Table 3 Analysis of the ROC curve

变量	临界值	曲线下面积	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)	P 值
BMD	−3.4 g/cm^2	0.795	0.687～0.904	94.8	99.8	<0.001
骨水泥注入量	5.6 mL	0.764	0.674～0.853	74.0	86.0	<0.001
术后Cobb角	14 °	0.895	0.839～0.950	99.3	95.5	0.001

表4 椎体成形术后椎体再骨折相关因素的多因素Logistic分析

Table 4 Multivariate Logistic analysis of factors associated with recurrence of vertebral fractures after PVP

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR值	95%CI
BMD<−3.4 g/cm^2	1.893	0.709	7.128	0.008	6.638	1.654～26.624
骨水泥注入量>5.6 mL	2.954	0.724	16.633	<0.001	19.178	4.638～79.301
术后Cobb角>14 °	2.934	0.676	18.936	<0.001	18.970	5.040～71.400
有骨水泥渗漏	2.372	0.761	9.712	0.002	10.715	2.411～41.616

3 讨 论

随着人口老龄化，越来越多的人患有骨质疏松症。目前世界上有数千万骨质疏松症患者，而中国是世界上患骨质疏松症人数最多的国家，有483万人患有骨质疏松症，预计2035年中国患骨质疏松症人数约为599万，而2050年将达到659万[11]。OVCF是患者最常见的并发症，并已成为一个全球性的危及老年人的健康和生活质量的严重问题。PVP是临床上治疗OVCF的一种可靠的方法，并且该手术受到越来越多的骨科医生和患者的认可。虽然PVP技术有较多的优势，但是在OVCF的应用方面还存在骨折再发的问题。目前还不清楚术后椎体复发骨折是骨质疏松的自然过程还是手术因素引起的。本研究发现PVP术后再发椎体骨折的发病率为13.78%。据研究报道，PVP术后出现新OVCF的频率从1%到26%各不相同[12-13]。各研究之间的差异是由于患者人口统计数据、治疗方法和随访时间等方面存在差异。本研究还发现，BMD<−3.4 g/cm^2(OR=6.638，$P=0.008$)、骨水泥注入量>5.6 mL(OR=19.178，$P<0.001$)、术后Cobb角>14°(OR=18.970，$P<0.001$)，有骨水泥渗漏(OR=10.715、$P=0.002$)与椎体术后再骨折相关，而且是独立危险因素。

BMD是评估骨质疏松的一项重要指标。随着年龄的增加，患者BMD值降低，骨量减少，并发生退行性变。Feng等[14]认为BMD低是PVP术后邻近椎体再骨折的高危因素，这与本研究结果一致。此外，一些学者还发现BMD与术后椎体再骨折密切相关，并且BMD每增加1%时椎体再骨折的风险将增加3%[15]。因此，本研究认为系统的抗骨质疏松症治疗对于降低PVP术后邻近椎体再骨折有积

极的作用。目前，几种药物包括维生素D、特立帕肽和双磷酸盐等被用于治疗骨质疏松症。其他药物如降钙素具有更强的还原能力，它们会显著减少骨转换，增加BMD[16]。对于伴有骨质疏松的患者在接受PVP手术后应积极的使用以上药物治疗骨质疏松以减少椎体再骨折的发生。

此前大量研究发现骨水泥的渗漏是邻近椎体再骨折的一个重要影响因素。当骨水泥经皮注入椎体时，骨水泥可以通过椎体的骨折间隙溢出，特别是向椎间盘溢出[17-18]。有学者[19]研究了OVCF患者309例，其中约2/3的复发骨折发生在骨水泥渗漏的椎体附近。还有研究表明，骨水泥渗漏到椎间隙会增加相邻椎骨的骨折风险，造成严重的脊髓神经阻塞，给患者造成沉重的负担。骨水泥渗漏导致再骨折的机制有一下两方面：①骨水泥渗漏出椎体，特别是进入椎间隙空间，这将增加相邻椎体的应力并容易发生骨折。②骨水泥渗漏后会机械性地刺激邻近椎体终板，加速椎间盘退变，进一步增加邻近椎体再骨折的发生率。因此，在临床实践中，有必要提高手术水平技能和操作规范减少骨水泥渗漏事故的发生。Cheng等[20]分析了骨水泥的生物力学模型来研究相邻椎体负荷的堆积作用，并记录经过治疗的椎体中的水泥起到了支柱的作用端板的生理性向内突出。因此相邻椎间盘的压力增加最多19%，并且在邻近的端板的内侧突起中至加固端板约增加17%，表明这些变化可能会导致相邻的骨折。为了将这种风险降至最低，建议将骨水泥尽可能均匀地注入脊椎骨中，一旦骨水泥泄漏，立即停止注射。

骨水泥的注入量与PVP术后椎体再骨折有关。随着过量的骨水泥注入，椎间盘本身的压力就会增加，从而通过偏转降低椎关节的活动能力。此外，由于椎间盘内注射骨水泥会增加，椎体高度也会增加，这改变了相邻椎体所承受的重量或在相邻节段的远节段引起力学变化[21]。然而，一项回顾性研究报告显示，PVP使用平均量在3.56～3.69 mL范围内时椎间盘内无明显渗漏，椎体骨折的发生率也没有显著增加[22]。在其他报告中表明，当椎间盘内发生显著的骨水泥渗漏时，椎体内注入的骨水泥含量范围一般在5.5～8.8 mL之间[23]。此外，研究中发现平均骨水泥注入量在3.56～5.60 mL范围内时无明显的椎体再次骨折发生[24]。Barriga-Martín等[23]的研究表明骨水泥的填充量可达椎体体积的15%，此范围以下不会显著增加椎间盘内的压力。因此，建议5.6 mL作为适当的注射量的平均上限，因为它能在减轻患者疼痛的同时不增加PVP术后邻近椎体骨折的发生。

Cobb角增大是PVP治疗OVCF术后邻近再骨折的危险因素[25]。本研究结果表明术后Cobb角越小，椎体恢复越好，发生椎体再次骨折的风险越低。这与其他研究相一致[26]。本研究具备三个优点：第一，这是一项前瞻性研究，并且将骨质疏松性椎体骨折患者PVP术后容易再发骨折这一问题进行危险因素分析；第二，使用ROC曲线探索了连续变量的高敏感度的临界值；第三，本研究发现BMD＜－3.4 g/cm^2、骨水泥注入量＞5.6 mL、术后Cobb角＞14 °与椎体再压缩相关，是独立危险因素。然而，这项研究也有一定的局限性。本研究跟踪时间短，有些其他因素未纳入本研究，比如术后抗骨质疏松时间、日照时间、腰椎活动度等。随机对照实验和前瞻性研究还需要进一步完善。因此，其结论仍需通过更多的文献来验证样本量和后期更高的质量。

[参考文献]

[1] Zhang Z, Zhang Y, Li L, et al. Risk factors for low back pain following percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Am J Transl Res, 2024, 16(8): 3778-3786.

[2] Liu X, Liu H, Dong Y, et al. Protocol for systematic review and meta-analysis on the efficacy and safety of acupuncture for residual low back pain after percutaneous kyphoplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fracture[J]. BMJ Open, 2024, 14(8): e082272.

[3] Phillips FM, Todd Wetzel F, Lieberman I, et al. An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty[J]. Spine, 2002, 27(19): 2173-2178.

[4] Guinebert S, Hayek G, Cornelis FH, et al. Feasibility and safety of lateral and posterolateral percutaneous vertebroplasty of osteolytic C1-C2 lesions under computed tomography guidance and local anesthesia[J]. J Vasc Interv Radiol, 2024, 35(12): 1778-1784.

[5] Cheng Y, Li Y, Cheng X, et al. Incidence and risk factors of adjacent vertebral fracture after percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty in postmenopausal women: a retrospective study[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 17999.

[6] Tang ZQ, He SB, Yu DY, et al. Factors influencing further vertebral height loss following percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures: A 1-year follow-up study[J]. World J Clin Cases, 2024, 12(21): 4609-4617.

[7] Chen J, Lu S, Chen Y, et al. Space between bone cement and bony endplate can trigger higher incidence of augmented vertebral collapse: An in-silico study[J]. J Clin Neurosci, 2024, 125: 152-158.

[8] Tang M, Zhang G, Zeng F, et al. Paraspinal muscle parameters' predictive value for new vertebral compression fractures post-vertebral augmentation: Nomogram development and validation[J]. Front Med (Lausanne), 2024,11:1379078.

[9] Nie M, Chen Z, Shi L, et al. Prediction of new vertebral compression fracture within 3 years after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: Establishment and validation of a nomogram prediction model[J]. PLoS One,2024,19(5):e0303385.

[10] Cerny J, Soukup J, Petrosian K, et al. Efficacy and complication rates of percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: A retrospective analysis of 280 patients[J]. J Clin Med,2024,13(5):1495.

[11] 中华医学会骨科学分会青年骨质疏松学组,中国老年学和老年医学学会老年病分会骨科专家委员会,中国医师协会急救复苏专业委员会创伤骨科与多发伤学组,等. 中国骨质疏松性骨折骨修复策略专家共识(2019)[J].中华创伤杂志,2019,35(9):769-775.

[12] Yokoyama K,Ikeda N,Tanaka H,et al. The effectiveness of vertebral height restoration based on the vertebroplasty procedure used to treat osteoporotic vertebral fractures[J]. Neurospine,2023,20(4):1159-1165.

[13] Wickstrøm LA, Rafaelsen SR, Andersen MØ, et al. Rate of unexpected malignancy in patients undergoing percutaneous vertebroplasty after implementing a new scanning protocol [J]. Spine (Phila Pa 1976),2024,49(18):E300-E305.

[14] Feng ST, Yang Y, Li X, et al. Risk factors of new symptomatic fractures after vertebroplasty: a retrospective cohort study of 268 patients with painful osteoporotic vertebral compression fracture[J]. World Neurosurg,2024,187:e890-e897.

[15] Jing C, Wang H, Liu P, et al. Effect of sarcopenia on refractures of adjacent vertebra after percutaneous kyphoplasty[J]. BMC Musculoskelet Disord,2024,25(1):210.

[16] Chen T,Chu G,Qu Y,et al. Risk factor analysis of refracture in the same cemented vertebra after percutaneous kyphoplasty for Kümmell's disease[J]. J Neurosurg Spine,2023,40(2):255-264.

[17] Wu Y,Xu LJ. Incidence of cement leakage and potential risk factors in surgery for spinal metastasis: a systematic review and meta-analysis[J]. World Neurosurg,2024,184:e95-e110.

[18] Rose LD, Bateman G, Ahmed A. Clinical significance of cement leakage in kyphoplasty and vertebroplasty: a systematic review[J]. Eur Spine J,2024,33(4):1484-1489.

[19] Hou JG,Zhang N,Chen GD. Factors affecting cement leakage in percutaneous vertebroplasty: a retrospective cohort study of 309 patients[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci,2023,27(9):3877-3886.

[20] Cheng W,Fan Y,Dai T,et al. Biportal endoscopic paraspinal decompression for epidural cement leakage removal: a technical note[J]. World Neurosurg,2024,190:284-288.

[21] Zhou C,Huang S,Liao Y,et al. Correlation analysis of larger side bone cement volume/vertebral body volume ratio with adjacent vertebral compression fractures during vertebroplasty[J]. Front Endocrinol (Lausanne),2023,14:1072087.

[22] Zhou C,Liao Y,Chen H,et al. Analysis of optimal volume fraction percentage and influencing factors of bone cement distribution in vertebroplasty using digital techniques[J]. J Orthop Surg Res,2023,18(1):235.

[23] Barriga-Martín A,Romero-Muñoz LM,Peral-Alarma M,et al. Relation between the volume of injected cement and the vertebral volume in the clinical outcome and in the appearance of leakage after a percutaneous vertebroplasty[J]. Rev Esp Cir Ortop Traumatol,2023,67(3):181-187.

[24] Wang M, Li B, Wang Y, et al. The effects of bone cement volume in percutaneous vertebroplasty for thoracolumbar junction vertebral compression fractures: a clinical comparative study [J]. Mediators Inflamm, 2022, 2022: 4230065.

[25] Gu X, Li J, Wu S, et al. The clinical effect of different vertebral body height restoration rates after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. BMC Musculoskelet Disord,2024,25(1):711.

[26] Kan DJ,Han DP,Wang JH,et al. Efficacy and safety of high-viscosity bone cement in percutaneous vertebroplasty for kummell's disease[J]. Indian J Orthop,2024,58(5):575-586.

(本文编辑:刘斯静)