

• 论 著 •

# 骨质疏松性椎体压缩骨折损伤程度对经皮椎体后凸成形术后骨水泥皮质渗漏影响的研究



黄徐兵, 焦伟, 翟云雷, 张伟, 陆海涛, 姜济世, 葛宇, 于海洋

安徽医科大学附属阜阳人民医院骨科(安徽阜阳 236003)

**【摘要】** 目的 探讨经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)时,椎体骨折损伤程度与术后骨水泥皮质渗漏发生的相关性,为减少手术并发症提供指导。方法 以2019年11月—2021年12月接受PKP治疗且符合选择标准的125例OVCF患者作为研究对象。男20例,女105例;年龄55~96岁,中位年龄72岁。单节段骨折108例,两节段16例,三节段1例。病程1~20 d,平均7.2 d。术中骨水泥注入量2.5~8.0 mL,平均6.04 mL。基于术前CT图像测算伤椎标准S/H比值(S:伤椎标准椎体横截面最大矩形面积、H:伤椎标准椎体正中矢状位最低高度);基于术后X线片及CT图像,记录术后骨水泥渗漏发生情况,以及皮质渗漏部位术前皮质破裂情况;统计分析伤椎标准S/H比值与皮质渗漏数的相关性。结果 术后伤椎发生血管渗漏67例(123处),皮质渗漏97例(299处)。对应术前CT图像分析,287处发生皮质渗漏部位在术前存在皮质破裂,皮质破裂率95.99%(287/299)。13例患者因邻椎存在椎体压缩,排除分析。最终112例伤椎标准S/H比值(1.12~3.17,平均1.67)纳入分析,其中发生皮质渗漏87例(268处)。相关分析示伤椎皮质渗漏数与伤椎标准S/H比值成正相关( $r=0.493, P<0.001$ )。结论 OVCF患者PKP术后骨水泥皮质渗漏发生率高,皮质破裂是其发生基础;椎体损伤越严重,皮质渗漏概率越大。

**【关键词】** 骨质疏松性椎体压缩骨折;经皮椎体后凸成形术;骨水泥渗漏;皮质渗漏;并发症

## Effect of injury degree of osteoporotic vertebral compression fracture on bone cement cortical leakage after percutaneous kyphoplasty

HUANG Xubing, JIAO Wei, ZHAI Yunlei, ZHANG Wei, LU Haitao, JIANG Jishi, GE Yu, YU Haiyang

Department of Orthopaedic Surgery, Fuyang People's Hospital, Fuyang Clinical College of Anhui Medical University, Fuyang Anhui, 236003, P. R. China

Corresponding author: YU Haiyang, Email: fy.yhy@163.com

**【Abstract】 Objective** To analyze the correlation between bone cement cortical leakage and injury degree of osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) after percutaneous kyphoplasty (PKP), and to provide guidance for reducing clinical complications. **Methods** A clinical data of 125 patients with OVCF who received PKP between November 2019 and December 2021 and met the selection criteria was selected and analyzed. There were 20 males and 105 females. The median age was 72 years (range, 55-96 years). There were 108 single-segment fractures, 16 two-segment fractures, and 1 three-segment fracture. The disease duration ranged from 1 to 20 days (mean, 7.2 days). The amount of bone cement injected during operation was 2.5-8.0 mL, with an average of 6.04 mL. Based on the preoperative CT images, the standard S/H ratio of the injured vertebra was measured (S: the standard maximum rectangular area of the cross-section of the injured vertebral body, H: the standard minimum height of the sagittal position of the injured vertebral body). Based on postoperative X-ray films and CT images, the occurrence of bone cement leakage after operation and the cortical rupture at the cortical leakage site before operation were recorded. The correlation between the standard S/H ratio of the injured vertebra and the number of cortical leakage was analyzed. **Results** Vascular leakage occurred in 67 patients at 123 sites of injured vertebrae, and cortical leakage in 97 patients at 299 sites. Preoperative CT image analysis

DOI: 10.7507/1002-1892.202212066

基金项目:安徽省科技厅重点研究与开发计划(1704a802159)

通信作者:于海洋, Email: fy.yhy@163.com

showed that there were 287 sites (95.99%, 287/299) of cortical leakage had cortical rupture before operation. Thirteen patients were excluded because of vertebral compression of adjacent vertebrae. The standard S/H ratio of 112 injured vertebrae was 1.12-3.17 (mean, 1.67), of which 87 cases (268 sites) had cortical leakage. The Spearman correlation analysis showed a positive correlation between the number of cortical leakage of injured vertebra and the standard S/H ratio of injured vertebra ( $r=0.493, P<0.001$ ). **Conclusion** The incidence of cortical leakage of bone cement after PKP in OVCF patients is high, and cortical rupture is the basis of cortical leakage. The more severe the vertebral injury, the greater the probability of cortical leakage.

**【Key words】** Osteoporotic vertebral compression fracture; percutaneous kyphoplasty; bone cement leakage; cortical leakage; complication

**Foundation item:** Key Research and Development Project of Science and Technology Commission of Anhui Province (1704a802159)

随着人口老龄化,骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)患者越来越多,为了缓解疼痛、避免长期卧床,临床常选择经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗<sup>[1]</sup>。随着 PKP 临床应用增多,骨水泥渗漏报道逐渐增多<sup>[2-3]</sup>,有报道发生率甚至超过 80%<sup>[4]</sup>,引起了临床关注。根据渗漏路径不同,骨水泥渗漏可分为血管渗漏和皮质渗漏两类,近年来越来越多文献报道皮质渗漏发生率高于血管渗漏<sup>[5]</sup>,而且可能引起瘫痪等严重并发症<sup>[6-7]</sup>。

虽然目前关于骨水泥渗漏影响因素的研究较多,但尚无统一结论,对术后渗漏并发症风险预测也存在困难<sup>[8]</sup>。其中,对于椎体损伤程度是造成渗漏的重要因素已达成共识,但如何量化损伤程度以及损伤程度如何影响骨水泥渗漏,目前缺乏相关研究。针对 OVCF 椎体损伤程度的评价,我们提出了一个新的评价指标——伤椎标准 S/H 比值, S 表示伤椎标准椎体横截面最大矩形面积, H 表示伤椎标准椎体正中矢状位最低高度,该比值越大说明损伤越严重。本研究基于该指标分析骨折损伤程度与 PKP 术后骨水泥皮质渗漏的关系,为临床减少手术相关并发症提供更多理论支持。报告如下。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

纳入标准:①年龄 $\geq 55$ 岁;②病程 $\leq 3$ 周;③患者有明显腰背部疼痛;④骨密度检查示骨量减少或骨质疏松,明确诊断 OVCF;⑤采用 PKP 治疗。排除标准:①术后病理检查证实为肿瘤或感染导致的病理性骨折;②合并脊髓、神经根受损临床表现;③影像学检查提示椎管后壁骨折合并椎管占位;④局部软组织感染或存在其他手术禁忌证。

2019 年 11 月—2021 年 12 月,共 125 例患者纳入研究。本组男 20 例,女 105 例;年龄 55 ~ 96 岁,中位年龄 72 岁。骨折节段: T<sub>6</sub> 1 例, T<sub>8</sub> 1 例, T<sub>9</sub> 1 例, T<sub>10</sub> 5 例, T<sub>11</sub> 6 例, T<sub>12</sub> 31 例, L<sub>1</sub> 47 例, L<sub>2</sub> 28 例, L<sub>3</sub> 14 例, L<sub>4</sub> 6 例, L<sub>5</sub> 3 例;其中,单节段 108 例,两节段 16 例,三节段 1 例。病程 1 ~ 20 d,平均 7.2 d。术中骨水泥注入量 2.5 ~ 8.0 mL,平均 6.04 mL。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 骨水泥渗漏评估** 术后 1 周内行 X 线片及 CT 检查,评估骨水泥渗漏情况,记录发生血管渗漏及皮质渗漏患者数量,明确皮质渗漏发生部位;并于术前 CT 图像确定发生皮质渗漏部位在术前皮质有无缺损,如未发现明显缺损,结合术前 MRI 进一步明确局部有无明显损伤信号。

**1.2.2 伤椎标准 S/H 比值测量** 采用 IMPACS 软件(东华软件股份有限公司)测量。于术前 CT 测量伤椎椎体横截面最大矩形面积(S<sub>1</sub>)、椎体正中矢状位最低高度(H<sub>1</sub>),其中伤椎椎体横截面最大矩形面积定义为在骨折累及的横截面上以椎体前、后及左、右缘为边界的矩形面积,取不同横截面面积最大者。同时,测算伤椎上、下相邻椎体对应横截面最大矩形面积平均值(S<sub>2</sub>)和正中矢状位高度平均值(H<sub>2</sub>)。计算伤椎标准椎体横截面最大矩形面积 S(S<sub>1</sub>/S<sub>2</sub>)、伤椎标准椎体正中矢状位最低高度 H(H<sub>1</sub>/H<sub>2</sub>),最终获得伤椎标准 S/H 比值。见图 1。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS25.0 统计软件进行分析。伤椎皮质渗漏数与伤椎标准 S/H 比值相关性分析采用 Spearman 等级相关。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

本组术后伤椎发生血管渗漏 67 例(123 处),

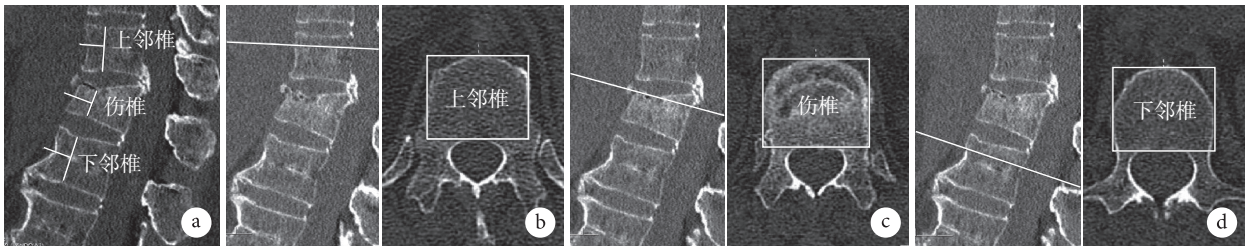


图1 伤椎标准 S/H 比值测量示意图 a. 伤椎及上、下相邻椎体正中矢状位最低高度；b~d. 上邻椎、伤椎及下邻椎椎体横截面矩形面积

Fig.1 Measurement diagram of the standard S/H ratio of the injured vertebra a. The lowest sagittal height of the injured vertebra and the upper and lower adjacent vertebrae; b-d. Cross-sectional rectangular area of the upper adjacent vertebrae, injured vertebrae, and lower adjacent vertebrae

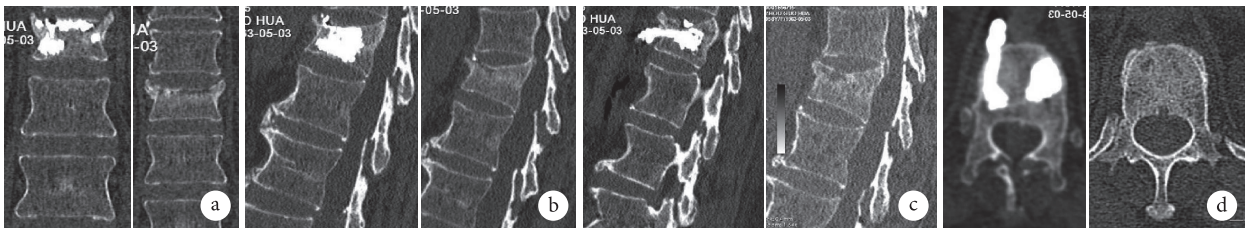


图2 患者，女，58岁，T<sub>12</sub>OVCF手术前后CT 左侧为术后，右侧为术前 a、b. 术后图像示上终板渗漏，渗漏处术前存在终板破裂；c、d. 术后图像示左侧前壁皮质渗漏，渗漏处术前存在皮质破裂

Fig.2 Pre- and post-operative CT of a 58-year-old female patient with OVCF at T<sub>12</sub> Left for postoperative image, right for preoperative image a, b. Postoperative images indicated leakage of the upper endplate, and the rupture of the endplate existed before operation; c, d. Postoperative images indicated leakage of the left anterior cortex, and the cortical rupture existed before operation

每例 1~5 处；皮质渗漏 97 例（299 处），每例 1~8 处。对应术前 CT 图像分析，287 处皮质渗漏部位术前存在皮质破裂，皮质破裂率为 95.99%；12 处术前无明显皮质破裂椎体，进一步对术前 MRI 分析示存在损伤信号改变。见图 2。

13 例患者因相邻椎体存在椎体压缩，无法准确测量伤椎标准 S/H 比值，排除研究。最终 112 例纳入评估。112 例伤椎标准 S/H 比值为 1.12~3.17，平均 1.67；发生皮质渗漏 87 例（268 处），每例 1~8 处。由于伤椎皮质渗漏数与伤椎标准 S/H 比值经正态性检验均不符合正态分布，故采用 Spearman 等级相关分析二者相关性，结果显示二者成正相关 ( $r=0.493, P<0.001$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 椎体损伤程度和骨水泥皮质渗漏关系

PKP 术中骨水泥渗漏发生于骨水泥注射至椎体内过程中，椎体和骨水泥以及手术操作技术是直接影响因素，其他因素均是通过这三方面间接作用，其中椎体是承载骨水泥的主体，尤为重要。椎体骨水泥渗漏与椎体压缩程度密切相关已得到广泛认同<sup>[9]</sup>，文献报道终板和周围骨皮质碎裂或破坏是椎间盘和椎旁软组织骨水泥渗漏的主要原因<sup>[10-12]</sup>，

如果椎体皮质完整，除非椎体内骨水泥张力大到足够撑开椎体皮质才会发生渗漏，而这是难以实现的，因此骨折椎体皮质破裂才是骨水泥渗漏基础。Ding 等<sup>[2]</sup>及 Gao 等<sup>[13]</sup>的研究均表明皮质破坏以及椎间裂隙征、椎体裂隙征是骨水泥皮质渗漏的危险因素，即皮质骨水泥渗漏与骨折严重程度密切相关。我们研究发现，发生皮质渗漏的部位 95.99% 术前存在皮质破裂，即使渗漏部位术前 CT 未见明显破裂，术前 MRI 也显示存在损伤信号改变，说明皮质渗漏均存在于皮质损伤部位，特别是皮质破裂部位，可以认为皮质损伤是骨水泥皮质渗漏的前提。

#### 3.2 伤椎标准 S/H 比值的提出及意义

骨折椎体皮质裂隙存在是 PKP 术中骨水泥皮质渗漏的最根本原因，骨水泥易从压力高的区域经骨折裂隙渗漏至压力较低区域，因此裂隙严重程度与骨水泥渗漏概率关系密切。椎体裂隙是椎体骨折后变形导致，因此其裂隙大小与椎体变形程度成正相关，Baumann 等<sup>[14]</sup>提出考虑到渗漏风险极高，应将骨折椎体压缩超过 2/3 的患者列为椎体强化术禁忌证。以往研究以椎体压缩程度作为评估指标，椎体压缩程度越严重，骨皮质和终板破坏概率越高、程度越重，皮质渗漏风险越高<sup>[9]</sup>，且研究显示椎体压缩程度是重要影响因素，椎体塌陷每增加 1%，

椎间盘渗漏风险增加 3.8%<sup>[9,15]</sup>。椎体压缩可以体现椎体的变形程度,但是椎体骨折是三维立体结构,单纯从压缩高度评估并不全面,椎体压缩轻微但椎体横截面上的分离也可以非常严重。

本课题组提出的“伤椎标准 S/H 比值”是从三维角度量化骨折损伤程度。该指标的提出主要基于以下两方面原因:第一,椎体压缩越重,椎体横截面分离越明显,因此横截面长和宽增大,其对应最大矩形面积增大。该指标能体现骨折在横截面矢状位和冠状位方向上的分离程度,而分离程度与骨折程度成正相关。第二,椎体压缩体现了垂直方向上骨折损伤程度。与横截面不同,椎体在垂直方向上实际不存在绝对的延长,绝大多数是椎体压缩,压缩程度越重,骨折越严重,骨皮质和终板破坏概率越高<sup>[9]</sup>,因此成反向关系。伤椎标准 S/H 比值为伤椎标准椎体横截面最大矩形面积(长×宽)、椎体正中矢状位最低高度(高)的比值,体现了上述两方面改变,达到了三维立体评估目的,能全面评估骨折损伤程度。

考虑到不同个体椎体大小差异,我们选择伤椎上、下相邻椎体对应位置的面积和高度平均值( $S_1$ 、 $H_1$ )作为参考指标,计算伤椎标准椎体横截面最大矩形面积  $S(S_1/S_2)$ 、正中矢状位最低高度  $H(H_1/H_2)$ ,在此基础上计算伤椎标准 S/H 比值,消除椎体个体差异。

本研究相关性分析显示骨折损伤程度与骨水泥皮质渗漏成正相关,说明骨折损伤分离程度越重,骨水泥皮质渗漏风险越大。鉴于此,我们可以通过对椎体变形程度分析预测伤椎骨水泥渗漏风险。预测为高风险的患者,可基于术前分析伤椎椎体,特别是皮质骨的分离程度及分布,进行针对性预防处理。例如,优化穿刺路线、提前使用明胶海绵填充或者通过囊袋等技术减少骨水泥渗漏。

### 3.3 骨水泥皮质渗漏与血管渗漏鉴别

有关骨水泥渗漏分型较多,不同分型标准均是基于骨水泥渗漏发生机制来制定<sup>[2]</sup>。为了更好地研究其发病机制及影响因素,我们根据渗漏路径不同将其分为血管渗漏与皮质渗漏。前者是经过血管通道发生的骨水泥渗漏,其中动脉渗漏发生率极低,血管渗漏主要为静脉渗漏,主要包括经椎间静脉型和部分经椎基底静脉型;后者是经过椎体皮质、终板破裂处渗漏,主要包括椎间盘内渗漏型、经骨皮质裂缝非椎间盘内渗漏型及部分椎管内渗漏型。

结合骨水泥渗漏的形态及分布特点<sup>[16]</sup>,椎体周

围渗漏容易鉴别,但临床中对于椎管内渗漏存在争议,特别是椎管内经椎基静脉孔渗漏,有学者认为均系经椎基底静脉渗漏的血管渗漏<sup>[15]</sup>。也有学者提出不同意见,认为系骨折间隙导致的皮质椎管内渗漏<sup>[9,17-18]</sup>。椎基静脉孔部位解剖结构薄弱,是脊柱骨折好发部位,特别是爆裂性骨折,因此椎基静脉孔处可以是血管渗漏和皮质渗漏共同通道,骨水泥渗漏类型鉴别主要基于皮质是否破裂以及骨水泥渗入椎管内的形态。没有皮质破裂时,其沿静脉通道渗漏到椎管内静脉,形成静脉渗漏,渗漏沿着静脉分布,多沿椎管侧壁横向扩散,不产生紧贴硬膜的压迹形态,类似蛇形或者树枝样,不易出现脊髓压迫症状<sup>[9]</sup>;皮质破裂时,骨水泥易经皮质破裂口直接渗漏到椎管,形成与硬膜形态一致的压迹,渗出物无血管样形态,不规则,渗漏多呈条块状<sup>[19-20]</sup>,更易出现硬膜受压及神经损伤表现;也有可能经过血管导致静脉渗漏,甚至两者混合存在,主要鉴别还是基于渗漏骨水泥的形态。

综上所述,OVCF 患者骨折损伤程度越严重,骨水泥皮质渗漏风险越高。但本研究分析是基于“伤椎标准 S/H 比值”,其是一种新提出的评价指标,应用病例数较少,尚需更长时间、更多病例以及临床多中心研究进一步论证。

**利益冲突** 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突;课题经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道

**伦理声明** 研究方案经安徽医科大学附属阜阳人民医院医学伦理委员会批准([2017]1号)

**作者贡献声明** 黄徐兵:研究设计及实施、数据收集整理及统计分析、文章撰写;焦伟、翟云雷:研究设计及实施;张伟、陆海涛、姜济世、葛宇:数据收集整理及统计分析;于海洋:研究设计及实施,对文章的知识性内容作批评性审阅

### 参考文献

- 1 Wang W, Liu Y, Wan H, *et al*. Effectiveness and prognostic factors of different minimally invasive surgeries for vertebral compression fractures. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 11. doi: 10.1186/s12891-022-06125-8.
- 2 Ding J, Zhang Q, Zhu J, *et al*. Risk factors for predicting cement leakage following percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. *Eur Spine J*, 2016, 25(11): 3411-3417.
- 3 Li M, Zhang T, Zhang R, *et al*. Systematic retrospective analysis of risk factors and preventive measures of bone cement leakage in percutaneous kyphoplasty. *World Neurosurg*, 2023, 171: e828-e836. doi: 10.1016/j.wneu.2022.12.117.



- 4 Venmans A, Klazen CA, van Rooij WJ, *et al.* Postprocedural CT for perivertebral cement leakage in percutaneous vertebroplasty is not necessary—results from VERTOS II. *Neuroradiology*, 2011, 53(1): 19-22.
- 5 Saracen A, Kotwica Z. Complications of percutaneous vertebroplasty: An analysis of 1100 procedures performed in 616 patients. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(24): e3850. doi: 10.1097/MD.0000000000003850.
- 6 Baek IH, Park HY, Kim KW, *et al.* Paraplegia due to intradural cement leakage after vertebroplasty: a case report and literature review. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 741. doi: 10.1186/s12891-021-04625-7.
- 7 Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, *et al.* Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(17): 1983-2001.
- 8 Chen C, Fan P, Xie X, *et al.* Risk factors for cement leakage and adjacent vertebral Fractures in kyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(6): E251-E255.
- 9 李庆达, 贺园, 贺宝荣. 骨质疏松性胸腰椎骨折椎体强化术后并发骨水泥渗漏的若干问题. *中华创伤杂志*, 2022, 38(3): 193-197.
- 10 Ren H, Feng T, Cao J, *et al.* A retrospective study to evaluate the effect of dynamic fracture mobility on cement leakage in percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty in 286 patients with osteoporotic vertebral compression fractures. *Med Sci Monit*, 2022, 28: e935080. doi: 10.12659/MSM.935080.
- 11 Huang S, Zhu X, Xiao D, *et al.* Therapeutic effect of percutaneous kyphoplasty combined with anti-osteoporosis drug on postmenopausal women with osteoporotic vertebral compression fracture and analysis of postoperative bone cement leakage risk factors: a retrospective cohort study. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 452. doi: 10.1186/s13018-019-1499-9.
- 12 Zhu SY, Zhong ZM, Wu Q, *et al.* Risk factors for bone cement leakage in percutaneous vertebroplasty: a retrospective study of four hundred and eighty five patients. *Int Orthop*, 2016, 40(6): 1205-1210.
- 13 Gao C, Zong M, Wang WT, *et al.* Analysis of risk factors causing short-term cement leakages and long-term complications after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. *Acta Radiol*, 2018, 59(5): 577-585.
- 14 Baumann C, Fuchs H, Kiwit J, *et al.* Complications in percutaneous vertebroplasty associated with puncture or cement leakage. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2007, 30(2): 161-168.
- 15 Tomé-Bermejo F, Piñera AR, Duran-Álvarez C, *et al.* Identification of risk factors for the occurrence of cement leakage during percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic or malignant vertebral fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39(11): E693-E700.
- 16 张阳, 龚维明, 宋宏亮, 等. 骨水泥渗漏与胸腰段椎体血管解剖关系: 105 例患者资料回顾性分析. *中国组织工程研究*, 2018, 22(34): 5426-5432.
- 17 张阳. 骨水泥渗漏与胸腰段椎体血管解剖关系的回顾性分析. 济南: 济南大学, 2018.
- 18 许正伟, 贺宝荣, 郝定均, 等. 胸腰椎骨质疏松性骨折经皮椎体成形术后骨水泥渗漏的研究进展. *中华骨科杂志*, 2016, 36(17): 1142-1148.
- 19 张帅, 王清, 杨进, 等. 经皮椎体后凸成形术骨水泥椎管内渗漏发生率及相关危险因素分析. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(24): 2244-2249.
- 20 张保良, 陈仲强. 椎体强化术后继发骨水泥渗漏类型及其危险因素的临床评价. *中华骨科杂志*, 2021, 41(5): 330-338.

收稿日期: 2022-12-17 修回日期: 2023-02-19

本文编辑: 刘丹