

# PKP治疗骨质疏松性胸腰椎骨折：症状突出侧与非突出侧入路的临床疗效对比

柴鑫<sup>1,2</sup>, 杨俊松<sup>2</sup>, 刘团江<sup>2</sup>, 郝定均<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>西安医学院, 陕西 西安

<sup>2</sup>西安交通大学医学部附属红会医院脊柱外科, 陕西 西安

收稿日期: 2022年11月14日; 录用日期: 2022年12月8日; 发布日期: 2022年12月16日

## 摘要

目的: 受试对象腰背部疼痛症状并非均匀对称分布于伤椎两侧, 而表现为一侧疼痛较明显, 对侧疼痛不如该侧明显。探讨采用单侧经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗IIa型急性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折(acute symptomatic osteoporotic thoracolumbar fracture, ASOTLF)症状突出侧入路与非突出侧入路临床疗效对比。方法: 前瞻性研究西安交通大学医学部附属红会医院2020年6月至2021年1月诊治的OTLICS评分  $\geq 5$ 分、ASOTLF分型IIa型、急性症状性骨质疏松性胸腰椎单椎体骨折患者。采用随机数字法将患者分为两组: A组采用单侧PKP于疼痛症状突出侧操作; B组采用单侧PKP于非突出侧操作。手术均有同一医师完成, 统计所有患者临床基本信息(包括年龄、性别、体重指数、骨密度、受伤椎体节段等), 比较术前、术后1 d、1 w、2、12个月疼痛视觉模拟评分(VAS)、Oswestry功能障碍指数(ODI)、伤椎前缘高度(AH)、伤椎后凸角(KA)的变化及并发症。根据术后1 d正位X线片计算骨水泥对侧分布率。结果: 共纳入107例患者, 其中男41例, 女66例, 年龄( $71.85 \pm 5.54$ )岁(范围: 60~83岁), 随访( $13.7 \pm 4.5$ )个月(范围: 12~18个月)。两组患者术前一般资料比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者手术时间、术中透视次数、住院时间均无统计学差异( $P > 0.05$ )。两组患者术中、术后均无骨水泥不良反应及心、脑血管意外发生, 无穿刺针误入椎管损伤神经等情况发生。A、B组分别有5例和7例骨水泥渗漏, 均为无症状性椎旁或椎间隙渗漏, 无椎管内渗漏发生; 两组骨水泥填充量、骨水泥渗漏率、骨水泥对侧分布率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组术后1 d、1 w、2、12个月时VAS、ODI、AH、KA均较术前改善( $P < 0.05$ ), 但A组术后1 d、1 w、2个月VAS及ODI评分较B组改善明显( $P < 0.05$ ), 两组末次随访时VAS及ODI评分无明显差异( $P > 0.05$ )。结论: 应用单侧PKP治疗IIa型急性症状性骨质疏松性胸腰椎单节段骨折过程中, 虽然症状突出侧入路与非突出侧入路在中远期疗效方面未见明显差异, 但是我们发现突出侧入路较非突出侧入路在术后早期提升止痛效果及生活质量方面存在一定优势。

## 关键词

骨质疏松性椎体压缩骨折, 经皮椎体后凸成形术, 脊柱骨折, 单侧椎弓根入路

\*通讯作者。

# PKP for the Treatment of Osteoporotic Thoracolumbar Fractures: Comparison of Clinical Effect of Symptom Dominating Side and Symptom Non-Dominating Side Approaches

Xin Chai<sup>1,2</sup>, Junsong Yang<sup>2</sup>, Tuanjiang Liu<sup>2</sup>, Dingjun Hao<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Department of Spine Surgery, Honghui Hospital, Xi'an Jiaotong University Faculty of Medicine, Xi'an Shaanxi

Received: Nov. 14<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 8<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 16<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

**Objective:** The pain symptoms of the subjects' back were not evenly and symmetrically distributed on both sides of the injured vertebrae, but the pain was more obvious on one side and less obvious on the contralateral side. To compare the clinical effect of unilateral percutaneous kyphoplasty (PKP) in the treatment of type IIa acute symptomatic osteoporotic thoracolumbar fracture (ASOTLF) with asymptomatic side operation. **Methods:** A prospective case-control study was conducted on patients with ASOTLF type IIa, OTLICS score  $\geq 5$ , and acute symptomatic osteoporotic thoracolumbar vertebral fractures admitted to the Honghui Hospital Affiliated to Xi'an Jiaotong University from June 2020 to January 2021. Patients were divided into two groups by random number method: In group A, patients received unilateral PKP on the symptom dominating side. In group B, patients treated with unilateral PKP on the symptom non-dominating side. All surgeries were performed by the same physician, and the basic clinical information of all patients (including age, gender, body mass index, bone mineral density, injured level, etc.) was collected. The changes of visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI), anterior height (AH), kyphotic angle (KA) and complications were compared before and after surgery at 1 d, 1 w, 2 and 12 months. The contralateral distribution rate of bone cement was calculated by orthographic X-ray at 1 day after operation. **Results:** A total of 107 patients were enrolled, including 41 males and 66 females, aged ( $71.85 \pm 5.54$ ) years (range: 60~83 years), followed up for ( $13.7 \pm 4.5$ ) months (range: 12~18 months). There was no significant difference in preoperative general data between the two groups ( $P > 0.05$ ). There were no significant differences in operation time, intra-operative fluoroscopy times and hospital stay between the two groups ( $P > 0.05$ ). There were no bone cement adverse reactions, cardiac and cerebrovascular adverse events, and no complications such as accidental puncture needle into spinal canal and nerve injury in two groups during and after operation. There were 5 cases and 7 cases of bone cement leakage in group A and B respectively, which was asymptomatic paravertebral or intervertebral leakage without intraspinal leakage. There were no significant differences in bone cement injection amount, bone cement leakage rate and bone cement contralateral distribution rate between the two groups ( $P > 0.05$ ). VAS, ODI, AH and KA at 1 d, 1 w, 2 and 12 months after operation were all improved in both groups ( $P > 0.05$ ), but VAS and ODI scores of group A were significantly improved compared with group B at 1 d, 1 w and 2 months postoperatively ( $P < 0.05$ ), there were no significant differences in VAS and ODI scores between the two groups at the last follow-up ( $P > 0.05$ ). **Conclusions:** In unilateral percutaneous kyphop-

lasty for the treatment of type IIa acute symptomatic osteoporotic thoracolumbral fractures, although there was no significant difference between symptom dominating side and symptom non-dominating side operations in the medium and long term outcomes, however, we found that the symptom dominating side operation has a certain advantage over the symptom non-dominating side operation in terms of pain relief in the early stage.

## Keywords

Osteoporotic Vertebral Compression Fracture, Percutaneous Kyphoplasty (PKP), Spinal Fractures, Unilateral Pedicle Approach

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

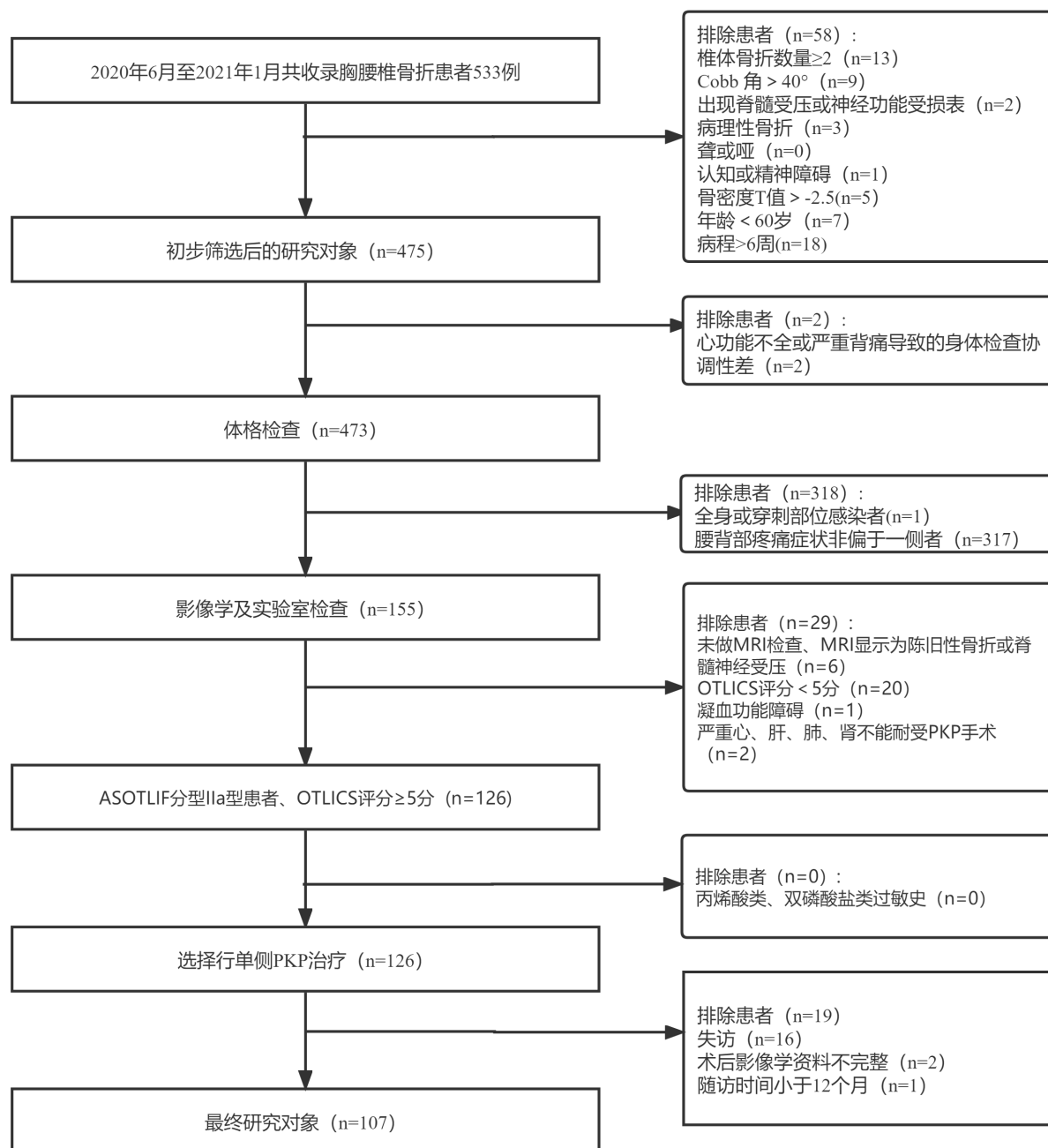


Open Access

## 1. 引言

骨质疏松性椎骨压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCFs)是老年人群以骨矿物质和骨基质等比例减少和骨组织显微结构退化为特征的脆性骨折。骨质疏松性骨折好发于脊柱,主要临床表现为腰背部疼痛、身高减低、局部后凸畸形甚至出现神经损害等症状。治疗方式选择不当可严重影响患者的生活质量,甚至导致失能、死亡等[1] [2] [3]。2013年郝定均教授团队提出并广泛应用于临床的骨质疏松性胸腰椎压缩骨折评分(osteoporotic thoracolumbar injury classification and severity score, OTLICS)系统,建议当OTLICS  $\geq 5$ 分者优先推荐手术治疗, <4分保守治疗[4] [5] [6]。对于急性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折(acute symptomatic osteoporotic thoracolumbar fracture, ASOTLF),郝定均教授团队在2021年根据临床症状及骨折影像学特征提出一种ASOTLF分型系统。对于上终板塌陷的IIa型压缩性骨折,PKP在球囊撑开复位后,进一步在骨折椎体内完成骨水泥灌注,迅速重建骨质缺损区生物力学特性,防止骨折椎体进一步塌陷,可有效减轻疼痛,同时还可获得完整的脊柱生物力学特性,有助于矫正后凸畸形[5] [7]。

虽然PKP在临床上已广泛应用于治疗骨质疏松椎体压缩骨折,治疗包括单侧入路和双侧入路。临床研究发现两种治疗方式都各有其优缺点,双侧穿刺骨水泥的填充更充分,每侧骨水泥的注入量相对减少,骨水泥的渗漏发生率降低;单侧穿刺可降低穿刺次数及术中射线暴露,缩减手术操作时间,缓解患者痛苦。多项单侧、双侧PKP治疗骨质疏松性椎体骨折研究显示其临床疗效存在差异。学术界不仅在选择单侧还是双侧入路进行PKP治疗存在一定分歧[8]-[13],而且在单侧入路短期疗效显著的研究中短期内患者症状改善也存在差异[14]。临床实践中,我们发现部分患者腰背部疼痛并非均匀分布于伤椎两侧,其症状表现偏于一侧,对侧疼痛不如该侧明显。因此,笔者认为单侧PKP治疗过程中选择是否经症状突出侧操作是其手术效果产生争议的原因之一。由于不同术者操作习惯或手术室透视机摆放位置不同,我们进行手术时常常忽略手术操作侧与患者症状突出侧是否一致这一问题,如何在行单侧PKP中改善疼痛缓解、提高患者生活质量,这是我们目前的研究方向。因此,笔者采用前瞻性随机对照研究单因素分析2020年6月至2021年1月西安交通大学医学部附属红会医院107例行单侧PKP治疗ASOTLF分型IIa型、且OTLICS评分  $\geq 5$ 分骨质疏松性胸腰椎压缩骨折患者(见图1),评估对比经症状突出侧入路与非突出侧入路患者的临床疗效,希望为此类患者提供更好的治疗方案选择。



**Figure 1.** Flow diagram of patient recruitment and study procedures  
**图 1.** 病人招募和研究程序流程图

## 2. 资料与方法

### 2.1. 纳入标准与排除标准

纳入标准: 1) 单椎体骨折; 2) 年龄  $\geq 60$  岁; 3) 无脊髓、神经根损伤表现; 4) 骨密度检测 T 值  $\leq -2.5$  SD; 5) 病程在 6 周内, 有明确外伤史; 6) MRI 诊断为新鲜骨折; 7) 骨质疏松性胸腰椎压缩骨折评分 (OTLICS) 评分  $\geq 5$  分; 8) 急性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折 ASOTLIF 分型为 IIa 型; 9) 患者腰背部疼痛症状偏于一侧者。

排除标准：1) 骨折椎体数量  $\geq 2$  个；2) Cobb 角  $> 40^\circ$  的严重压缩性骨折；3) 出现脊髓压迫症状或神经功能缺损；4) 病理性骨折或严重暴力导致椎体骨折或陈旧性椎体骨折；5) 丙烯酸类、双膦酸类药物过敏者；6) 严重心、肝、肾或肺疾病无法耐受 PKP 操作；7) 全身或穿刺部位有感染者；8) 凝血功能障碍者；9) 临床资料不全者。

## 2.2. 一般资料

本研究为前瞻性研究，根据预设统计检验能力值为 0.8、失访率为 10% 及 VAS 评分改善率为 50%，估计样本量至少为 32 患者。

按上述标准对 2020 年 6 月至 2021 年 1 月自愿参加治疗的患者进行前瞻性研究(中国临床研究试验中心注册号 ChiCTR2200056645)，采用随机数表将患者分为 A 组(63 例，单侧 PKP 经症状突出侧操作)和 B 组(63 例，单侧 PKP 经症状非突出侧操作)。两组患者一般资料比较，差异均无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ ，见表 1)。

**Table 1.** Comparison of general data of patients between the two groups

**表 1.** 两组患者一般资料比较

组别	例数	性别		年龄(岁)	体质量指数(kg/cm <sup>2</sup> )	骨密度 T 值(SD)	致伤原因		受伤至手术时间(d)	损伤节段						
		男	女				跌倒	抬重物时扭伤		T10	T11	T12	L1	L2	L3	L4
A	49	17	32	71.53 ± 5.36	20.93 ± 1.56	-2.81 ± 0.28	22	27	3.55 ± 1.23	7	7	9	10	8	7	1
B	58	24	34	72.12 ± 5.72	20.80 ± 1.64	-2.93 ± 0.37	28	30	3.78 ± 1.19	8	9	13	13	11	4	0
统计值 Statistic		$\chi^2 = 0.502$ P = 0.479		t = -0.547 P = 0.586	t = 0.408 P = 0.684	t = 1.880 P = 0.063	$\chi^2 = 0.122$ P = 0.727		t = -0.962 P = 0.338	$\chi^2 = 2.991$ P = 0.810						

**Table 2.** Comparison of VAS score and ODI between the two groups before and after operation

**表 2.** 两组患者手术前后 VAS 评分和 ODI 比较

组别	例数	VAS 评分					统计值	ODI (%)					统计值
		术前	术后 1d	术后 1w	术后 2个月	术后 1年		术前	术后 1d	术后 1w	术后 2个月	术后 1年	
A	49	6.84 ± 1.14 <sup>#</sup>	2.53 ± 0.71 <sup>*</sup>	2.10 ± 0.55 <sup>*</sup>	1.49 ± 0.58 <sup>#*</sup>	1.18 ± 0.60 <sup>#</sup>	$\chi^2 = 178.183$ P = 0.0001	78.33 ± 2.06 <sup>#</sup>	25.22 ± 2.26 <sup>*</sup>	22.71 ± 2.27 <sup>*</sup>	18.22 ± 2.29 <sup>#*</sup>	14.73 ± 2.23 <sup>#*</sup>	$\chi^2 = 214.937$ P = 0.0001
B	58	7.14 ± 0.98 <sup>#</sup>	3.81 ± 0.85 <sup>*</sup>	3.05 ± 0.54 <sup>*</sup>	2.28 ± 0.52 <sup>#*</sup>	1.34 ± 0.61 <sup>#*</sup>	$\chi^2 = 244.922$ P = 0.0001	77.66 ± 2.25 <sup>#</sup>	35.88 ± 2.76 <sup>*</sup>	32.31 ± 2.71 <sup>*</sup>	23.38 ± 2.11 <sup>#*</sup>	14.90 ± 1.91 <sup>#*</sup>	$\chi^2 = 269.427$ P = 0.0001
统计值		t = -1.467 P = 0.145	t = -8.375 P = 0.001	t = -8.959 P = 0.001	t = -7.292 P = 0.001	t = -1.372 P = 0.173		t = 1.599 P = 0.113	t = -21.599 P = 0.001	t = -19.631 P = 0.001	t = -12.100 P = 0.001	t = 0.399 P = 0.691	

\*与术前比较  $P < 0.05$ ，#与术后 1d 比较  $P < 0.05$ 。

## 3. 手术方法

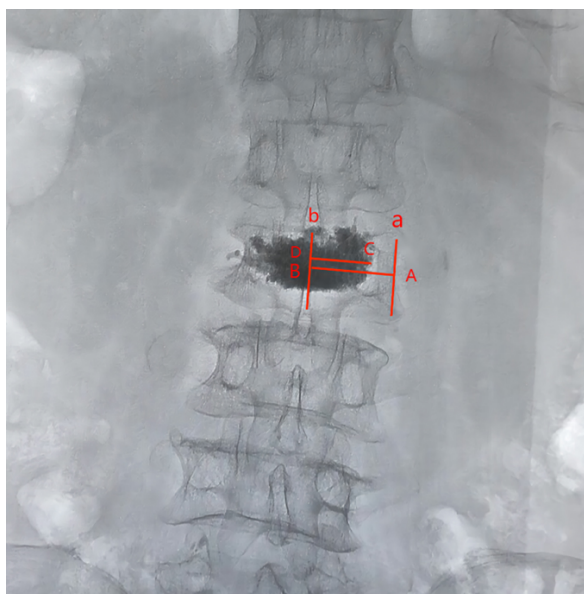
手术均由同一组医生完成，所有患者均取俯卧位，PKP 操作经椎弓根进行，C 型臂透视下明确椎弓根位置，常规消毒，铺无菌洞巾后，10 g/L 利多卡因 5 ml 手术节段皮下、肌肉、关节周围局部浸润麻醉后按压伤椎节段，行体位复位。

A 组：术前对患者再次进行体格检查，选择于症状突出侧操作，将穿刺针针尖置于椎弓根影的外上缘，钻入带芯穿刺针至椎弓根影的中线处。行侧位透视，当针尖位于椎弓根的 1/2，进针方向正确，继续将针钻入。当针尖达椎体后壁时，再行正位透视，若针尖不超过椎弓根影的内侧缘，继续钻入 3 mm 后停止。取出内芯，置入导针。拔出穿刺针后，沿导针置入扩张套管和工作套管，使其前端位于椎体后缘皮质前 2~3 mm 处。在 C 臂机监测下将精细钻经工作套管缓缓钻入，侧位显示钻头尖端抵至椎体 1/2 处时，正位透视下钻头尖端位于椎弓根影与棘突连线 1/2 处；当侧位透视显示尖端到达椎体前缘时，正位透视下尖端不超过棘突边缘。将球囊置入伤椎松质骨内，缓慢匀速注入造影剂，扩张球囊，C 臂机严密监测术中情况，当球囊到达终板或该侧椎体高度恢复满意时将其取出。C 臂机观察确认纠正后凸畸形及恢复高度满意后计量压力及容量，抽出造影剂，使球囊回缩至真空后抽出。伤椎内产生四周均为骨壁的空腔，将骨水泥至“拉丝后期”经工作通道注入。C 臂机确认骨水泥充满空腔后，抽出工作通道，安尔碘消毒切口，伤口无菌敷料包扎。B 组经术前再次查体确认后，选择于症状非突出侧操作，余手术操作同 A 组。椎体成形系统由上海凯利泰医疗科技有限公司提供。

#### 4. 术后处理

患者术后卧床 2 h 即可佩戴支具开始正常活动，所有患者通常情况下不服用抗生素，术后支具佩戴 2 个月。术后 1 周行 X 线片、CT 等影像学检查，明确椎体内骨水泥分布。根据术前骨质疏松检查结果，给予钙剂、双膦酸盐类等抗骨质疏松药物治疗，早期行腰背肌功能锻炼。

#### 5. 观察指标



**Figure 2.** The calculation diagram of the contralateral distribution rate of bone cement (The line a is the outer edge of the contralateral side of the vertebral body. The line b is the orthostatic midline of the vertebral body. The point A is the middle point of the outer edge of the contralateral side of the vertebral body. The point B is the intersection of the point A perpendicular to line b. The point C is the furthest point of bone cement on the contralateral side. The point D is the intersection of the point C perpendicular to line b. The formula: distance from the furthest point of bone cement on the contralateral side to the orthostatic midline of the vertebral body/distance from the middle of the outer edge of the contralateral side to the orthostatic midline of the vertebral body  $\times 100\%$ , which equals to the distance of CD/the distance of AB

**图 2.** 骨水泥对侧分布率计算示意图(a 线是对侧椎体的外缘, b 线为椎体直立中线。A 点为对侧椎体外缘中点, B 点是 A 点垂直于 b 线的交点。C 点是骨水泥在对侧椎体分布最远点。点 D 是点 C 垂直于 b 线的交点, 公式为: 骨水泥对侧最远点至椎体正位中线距离/椎体对侧外缘中部距椎体正位中线距离  $\times 100\%$ , 即 CD/AB)

记录并分析两组手术时间、透视次数、骨水泥注入量、骨水泥渗漏和相邻椎体骨折发生情况。术前、术后 1 天、术后 1 周、术后 2 个月及术后 1 年时, 采用 VAS 评分衡量患者腰背部疼痛程度, 采用 ODI 评分衡量患者脊柱功能障碍改善情况。同时通过 X 线记录相应时点的椎体前缘高度(anterior height, AH)和伤椎后凸角(kyphosis angulation, KA)。根据术后 1 d 正位 X 线片计算骨水泥对侧分布率, 评估骨水泥分布程度, 公式为: 骨水泥对侧最远点至椎体正位中线距离/椎体对侧外缘中部距椎体正位中线距离  $\times 100\%$  (见图 2), 若患者术后疼痛不缓解或出现新的疼痛, 再次行 MRI 检查以明确是否存在新发骨折。

## 6. 统计学方法

采用 SPSS23.0 统计软件进行分析。符合正态分布的计量资料以均数  $\pm$  标准差表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 多个独立样本间的比较采用单因素方差分析或 Kruskal-Wallis H 检验; 计数资料以率表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

本研究得到西安交通大学医学院附属红会医院医学伦理委员会审批(202005007), 所有患者均知情同意并签署知情同意书。

## 7. 结果

2020 年 6 月至 2021 年 1 月共纳入符合标准的患者 126 人, 研究过程中因失访等原因排除 19 人。观察组和对照组两组患者术前一般资料比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ , 表 1)。两组患者均顺利完成单侧穿刺 PKP 治疗。两组患者手术时间、术中透视次数、骨水泥注入量、骨水泥渗漏率、骨水泥对侧分布率比较均无统计学意义( $P > 0.05$ , 表 3)。两组患者术中、术后均无骨水泥不良反应及心、脑血管不良事件发生, 无穿刺针误入椎管及神经损伤等并发症。A、B 组分别有 5 例和 7 例发生骨水泥渗漏, 均为无症状性椎旁或椎间隙渗漏, 无椎管内渗漏发生。所有骨水泥渗漏患者均未出现明显临床症状, 给予随访观察处理。术后 A 组发生 1 例相邻椎体骨折, 行保守治疗。B 组发生 3 例相邻椎体骨折, 均行保守治疗。患者均获随访( $13.7 \pm 4.5$ )个月(范围: 12~18 个月)。随访过程中两组患者均未发生感染、神经损伤或血管栓塞等并发症。

所有患者术后各次随访时 VAS 和 ODI 均显著优于术前( $P < 0.05$ ), 差异有统计学意义; 但 A 组术后 1 d、术后 1 w、术后 2 个月 VAS 及 ODI 评分改善较 B 组改善明显, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后 1 年时, 两组间的 VAS 评分和 ODI 评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ , 见表 2)。

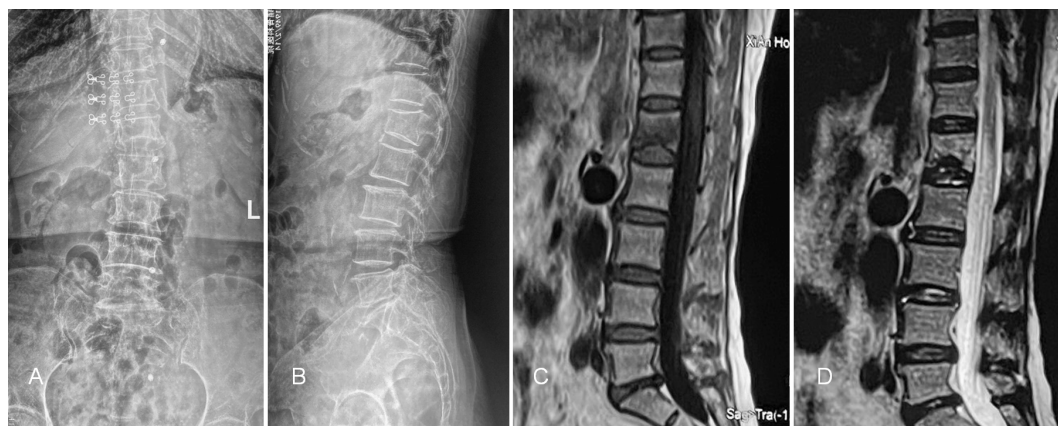
两组患者术后 1 d、术后 1 w、术后 2 个月、术后 1 年 AH 和 KA 均较术前改善, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ , 见表 4)。两组患者术后 1 d 骨水泥对侧分布率差异无统计学意义( $P > 0.05$ , 见表 3)。(典型病例见图 3、图 4)。

**Table 3.** Comparison of indexes about surgery between the two groups of patients (Mean  $\pm$  SD)

**表 3.** 两组患者手术相关指标比较(Mean  $\pm$  SD)

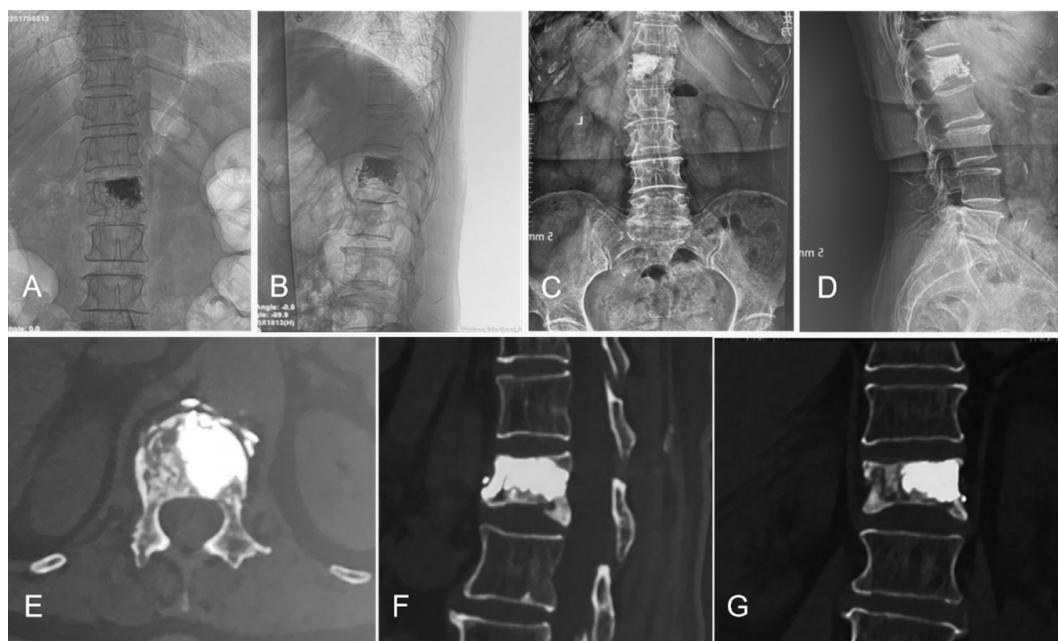
组别	例数	手术时间 (min)	术中透视次数 (次)	骨水泥注入量 (mL)	骨水泥渗漏率 (%)	骨水泥对侧分布率 (%)
A	49	28.76 $\pm$ 2.56	18.94 $\pm$ 1.89	5.99 $\pm$ 0.65	10.20	25.19 $\pm$ 5.33
B	58	29.38 $\pm$ 2.97	19.59 $\pm$ 2.21	5.74 $\pm$ 0.67	12.07	24.46 $\pm$ 4.75
统计值 Statistic		t = -1.152 P = 0.252	t = -1.610 P = 0.110	t = 1.923 P = 0.057	$\chi^2 = 0.093$ P = 0.761	t = 0.756 P = 0.451

注: A 组为采用单侧 PKP 于疼痛症状突出侧操作; B 组为采用单侧 PKP 于症状非突出侧操作。ASOTLF 为急性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折, PKP 为经皮椎体后凸成形术, VAS 为视觉模拟评分, ODI 为 Oswestry 功能障碍指数。



**Figure 3.** Preoperative imaging images of a 72-year-old woman with a OVCF at L1. She complained of lower back pain skewed to one side, with a VAS score of 7. Preoperative (A) anteroposterior and (B) lateral radiographs of the lumbar spine showed that OVCF involvement in L1 was mainly caused by collapse of the right upper endplate. Preoperative sagittal (C) T1- and (D) T2-weighted magnetic resonance images showing the OVCF at L1

**图 3.** 典型病例: L1 椎体上终板骨折患者(女性, 72 岁), 主诉腰背部疼痛偏于右侧, 术前 VAS 评分为 7 分。A、B 分别表示术前正、侧位 X 线, 提示 L1 骨折主要由右侧上终板塌陷所致; C、D 分别为术前矢状位 T1、T2 加权磁共振图像, 提示 L1 骨折



**Figure 4.** The 72-year-old female patient obtain PKP from the left side (symptomnon-dominating side). One week after surgery, the patient still had obvious pain symptoms, and the VAS score was 4. The pain was relieved two months after surgery, and the VAS score was 2, which decreased to 1 at 12 months. Anteroposterior (A) and lateral (B) radiographs of the lumbar spine 1 day postoperatively showed that although bone cement crossed the midline, it tended to be distributed on the left side. Anteroposterior (C) and lateral (D) radiographs of the lumbar spine at 2-month follow-up showed collapse of the right upper endplate of the L1 and curvature of the spine to the right. At 12 months of follow-up, lumbar CT showed that the distribution of bone cement in L1 was biased to the left, the L1 vertebral body was partially hardened, and the right upper endplate did not collapse further

**图 4.** L1 椎体上终板骨折患者(女性, 72 岁)经左侧(症状非突出侧)行 PKP 治疗, 术后 1 周仍有明显疼痛症状, VAS 评分 4 分; 术后 2 个月疼痛缓解, VAS 评分 2 分; 术后 1 年 VAS 评分 1 分。A、B 分别显示术后 1 天腰椎正位、侧位, 虽然骨水泥穿过中线, 但其倾向分布于左侧; C、D 分别显示术后随访 2 个月时腰椎正位、侧位, 提示 L1 右上终板塌陷, 脊柱向右侧弯曲; E、F、G 为术后随访 1 年时腰椎 CT 资料, 提示 L1 骨水泥分布偏左, L1 椎体部分硬化, 右侧上终板未进一步塌陷



**Table 4.** Comparison of AH and KA between the two groups before and after operation  
**表 4.** 两组患者术前术后 AH 和 KA 比较(Mean ± SD)

组别	例数	AH (mm)				统计值	KA (°)				统计值
		术前	术后 1 d	术后 2 个月	术后 1 年		术前	术后 1d	术后 2 个月	术后 1 年	
A	49	18.96 ± 0.93 <sup>#</sup>	21.66 ± 0.78 <sup>*</sup>	21.00 ± 0.87 <sup>*</sup>	20.20 ± 0.81 <sup>*#</sup>	$\chi^2 = 118.010$ P = 0.0001	17.90 ± 0.70 <sup>#</sup>	14.35 ± 0.39 <sup>*</sup>	14.44 ± 0.34 <sup>*</sup>	15.86 ± 0.40 <sup>*</sup>	$\chi^2 = 164.987$ P = 0.0001
B	58	19.02 ± 0.55 <sup>#</sup>	21.72 ± 0.65 <sup>*</sup>	21.15 ± 0.62 <sup>*</sup>	20.36 ± 0.59 <sup>*#</sup>	$\chi^2 = 168.779$ P = 0.0001	17.90 ± 0.74 <sup>#</sup>	14.30 ± 0.45 <sup>*</sup>	14.39 ± 0.46 <sup>*</sup>	15.80 ± 0.50 <sup>*#</sup>	$\chi^2 = 190.333$ P = 0.0001
统计值		t = -0.432 P = 0.667	t = -0.468 P = 0.641	t = -1.031 P = 0.305	t = -1.181 P = 0.240		t = 0.011 P = 0.991	t = 0.535 P = 0.594	t = 0.619 P = 0.537	t = 0.652 P = 0.516	

\*与术前比较 P < 0.05, #与术后 1 d 比较 P < 0.05; 注: AH 为椎体前缘高度, KA 为伤椎后凸角。

## 8. 讨论

Galibert 等人在二十世纪末[15]初次实现了通过椎体成形治疗椎体血管瘤的案例, 随后的医生将 PVP 技术逐渐应用到侵袭性血管瘤、溶骨性肿瘤和骨质疏松性压缩骨折(OVCFs)的治疗中[16] [17] [18]。PVP 技术通过向椎体内注射聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥来稳定骨折以减轻脊柱疼痛, 相比 PKP 而言, PVP 在恢复椎体高度和纠正椎体后凸畸形方面存在一定劣势[19] [20]。残留的脊柱后凸畸形可能给患者带来持续性疼痛、脊柱平衡失稳、甚至导致残疾等问题[19]。

美国 Mark Reiley 医生于 1999 年最早研发出球囊扩张椎体成形技术并在临床治疗中取得成功, PKP 技术是在 PVP 的基础上通过经椎弓根将球囊置于伤椎内, 扩张球囊实现椎体高度恢复, 并向伤椎内填充骨水泥纠正后凸畸形。相对 PVP 而言, 在骨质疏松椎体压缩骨折患者临床过程中, PKP 的有效性、安全性更为突出。

现阶段 PKP 技术因手术创伤小、疼痛缓解显著、后凸矫正效果明显、并发症较少等优势常作为骨质疏松椎体压缩骨折的首选治疗方案[19] [21]。PKP 经典手术方法是使用两个气囊填充的双侧椎弓根穿刺入路[22]。近年来不少学者提出: 与双侧入路相比, 单侧 PKP 治疗骨质疏松椎体骨折时取得了相同的疗效, 甚至认为单侧入路 PKP 对疼痛的缓解效果更好, 且临床并发症发生率低, 是治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的有效选择[9] [10] [11] [12]。Hui Feng 等人[10]临床研究表明, 从短期随访 VAS 评分和生活质量评定(SF-36)结果分析来看, 单侧 PKP 术后短期随访可获得较程度疼痛缓解和总体健康状况改善, 单侧入路应被认为具有一定优势。B-K Song 等人认为单椎弓根治疗组的 VAS 评分改善明显优于双椎弓根治疗组[13]。

关于单侧或双侧手术方案的选择争议颇多, 何种穿刺方法安全性更高, 治疗效果更显著, 并发症更少, 目前尚无定论。临床实践中, 我们发现部分患者腰背部疼痛症状并非均匀分布于伤椎两侧, 而表现为一侧疼痛症状较对侧更为明显。笔者认为在这些患者行单侧 PKP 治疗过程中选择是否经症状突出侧操作是单侧操作与双侧操作手术效果产生争议的原因之一。考虑到临床中因不同术者操作习惯或手术室透视机摆放位置不同, 我们进行手术时常常忽略手术操作侧与患者症状突出侧是否一致这一问题。

本研究随访结果显示, 两组均可在术后 1 d、1 w、2 个月、1 年较好缓解患者疼痛, 恢复伤椎高度, 提高生活质量。但在术后 1 d、1 w、2 个月随访时, A 组 VAS、ODI 评分分别明显低于 B 组[(2.53 ± 0.71) VS (3.81 ± 0.85)、(2.10 ± 0.55) VS (3.05 ± 0.54)、(1.49 ± 0.58) VS (2.28 ± 0.52)]、[(25.22 ± 2.26) VS (35.88 ± 2.76)、(22.71 ± 2.27) VS (32.31 ± 2.71)、(18.22 ± 2.29) VS (23.38 ± 2.11)](见表 2, P < 0.05), 结果表明单侧 PKP 经症状突出侧操作较非突出侧操作更有利于改善患者近期疼痛, 改善生活质量。术后 1 年两组患者在 VAS、ODI 评分上未显示明显差异[(1.18 ± 0.60) VS (1.34 ± 0.61)]、[(14.73 ± 2.23) VS (14.90 ± 1.91)](P >

0.05), 表明症状突出侧操作与非突出侧操作在患者中远期疗效方面相同。两组患者术后各次随访时 AH 和 KA 较术前均改善, 两组 AH [(21.66 ± 0.78) VS (21.72 ± 0.65)、(21.00 ± 0.87) VS (21.15 ± 0.62)、(20.20 ± 0.81) VS (20.36 ± 0.59)]和 KA [(14.35 ± 0.39) VS (14.30 ± 0.45)、(14.44 ± 0.34) VS (14.39 ± 0.46)、(15.86 ± 0.40) VS (15.80 ± 0.50)]对比无明显差异( $P > 0.05$ )。笔者认为本研究采用单侧经椎弓根穿刺置入工作通道, 将球囊置于伤椎骨折中央, 通过球囊扩张抬高终板, 撑开已塌陷的椎体, 不仅可以恢复伤椎高度, 而且在扩张过程中可避免新发骨折。两组患者 PKP 术后伤椎高度均得到有效复位, 腰背部疼痛症状改善明显, 可佩戴支具下地活动, 术后影像学提示骨水泥填充于伤椎中部骨折区域内, 骨水泥主要填充在球囊扩张区域, 并沿椎体内裂隙向周围弥散, 无椎管内骨水泥渗漏发生。说明单侧 PKP 在治疗 IIa 型急性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折中, 症状突出侧操作与非突出侧操作的临床疗效相仿。江晓兵等学者[23]研究发现骨折线内骨水泥弥散不佳会影响椎体成形术的近期疗效并且增加 PKP 术后伤椎进展成后凸畸形的概率。单侧经椎弓根入路的生物力学平衡效果取决于骨水泥的分布, 当骨水泥填充越过椎体中线时伤椎两侧刚度相同, 生物力学平衡[24] [25] [26], 即伤椎两侧强化程度相对平衡, 术后伤椎力学偏转及非穿刺侧椎体再塌陷风险均降低[24]。两组研究对象骨水泥对侧分布率相近[(25.19 ± 5.33)、(24.46 ± 4.75)], 无明显差异( $P > 0.05$ ), 表明术中骨水泥填充均越过椎体中线至伤椎对侧, 但两组对侧骨水泥分布率均小于 50%, 表明骨水泥的分布情况更倾向于穿刺侧。因此, 脊柱科医生在骨水泥强化治疗工作中, 务必规范手术操作步骤、提高穿刺技术和骨水泥推注技术, 确保骨水泥分布至椎体对侧。在术后 2 个月、术后 1 年对患者进行随访时均未发现伤椎再塌陷, 表明单侧骨水泥灌注可以维持骨水泥填充后的伤椎高度。

同一水平节段椎体骨折, 单侧 PKP 于症状突出侧穿刺较非突出侧穿刺近期临床疗效改善显著的原因有以下几点:

1) 由于暴力损伤机制不同, 急性骨质疏松胸腰椎骨折患者受伤侧承受暴力的直接作用, 暴力损伤情况较重, 而受伤远侧骨折因间接传导作用受伤情况较轻。在骨性结构不对称的基础上, 当腰背部疼痛症状表现突出时, 机体为了代偿疼痛, 腰背部肌肉往往收缩痉挛以便形成更加稳固的结构来减少骨折断端对神经血管等刺激, 患者躯体因此有向一侧侧弯的表现。症状突出侧操作借助球囊扩张填充骨水泥, 不仅实现了骨水泥在侧弯侧较为均匀的分布, 而且促进了伤椎结构及功能的有效恢复, 可有效缓解侧弯侧肌肉痉挛。相比而言, 非突出侧操作因穿刺距离有限, 注入的骨水泥的分布更倾向于穿刺侧, 到达对侧椎体的骨水泥相对较少, 因疼痛而产生的代偿性侧弯改善不显著。同时, 局麻药盐酸利多卡因能暂时阻滞脊神经背内支痛觉传入, 并通过阻滞交感神经改善脊神经背支周围组织的血液循环, 恰恰因症状突出侧穿刺起到类似“关节突关节封闭”的功效, 阻滞了炎症对神经末梢的刺激, 切断疼痛弧, 解除侧弯侧肌肉痉挛和疼痛改善效果相对显著[27] [28]。

2) 临床实践中我们发现虽为同一椎体内部骨折, 但存在部分患者骨折线两侧椎体压缩程度不同的现象, 压缩较重的一侧椎体微骨折稳定性差, 患者疼痛症状更为明显。研究对象中尚未发现疼痛症状突出侧恰恰是椎体压缩较轻的一侧。这也解释了为什么有些患者临床表现为伤椎两侧疼痛症状较一致, 而有些患者疼痛症状偏于一侧的原因。骨水泥注入病变椎体有效恢复了伤椎体的强度及高度, 注入的骨水泥对骨折块的固定消除了伤椎骨折线的微动, 减少椎体骨小梁微骨折对椎体内神经的刺激, 且随着脊柱稳定性的加强以及伤椎应力的下降, 伤椎承受的异常应力和异常活动度下降, 伤椎周围骨膜及伤害感受器受到的刺激弱化, 疼痛从而得到缓解。对于 ASOTLF 分型 IIa 型骨折患者, 由于上终板塌陷, 压缩的骨小梁可形成致密硬化带, 使骨小梁间的黏滞阻力增大, 同时也增大了骨水泥的推注压力, 影响 PKP 术中骨水泥弥散。与单侧 PKP 症状非突出侧操作相比, 症状突出侧操作治疗中如果骨水泥弥散均匀且越过椎体中线, 压缩程度较重侧骨水泥注入量会更多, 骨性结构稳定性定得到更好恢复。如果在症状非突出侧行单侧 PKP 操作, 骨水泥分布倾向于穿刺侧, 对侧骨水泥分布相对不足, 突出侧微骨折不稳定状态未得到

理想化改善。因此, B 组早期效果不如 A 组显著。但随着骨折逐渐愈合, 微骨折稳定性缓慢提高, 两组远期疗效无显著差异。此外, 聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥(PMMA)单体毒性造成神经末梢敏感性下降以及聚合放热过程中破坏周围组织感觉神经末梢, 也可以起到止痛的效果。

综上所述, 对于老年 ASOTLF 分型 IIa 型骨折患者且疼痛症状偏于一侧时, 较非突出侧操作而言, 采用单侧 PKP 于症状突出侧操作是一种安全有效的治疗方法, 能够有效缓解近期疼痛, 提高患者近期生活质量。尤其当骨折椎体于症状突出侧压缩程度较重或骨折合并代偿性侧弯时, 该方法在不增加手术操作时间和透视次数的基础上, 可快速有效缓解患者疼痛, 增加骨水泥在疼痛症状明显区域中的弥散, 防止术椎再次塌陷, 且不会增加骨水泥渗漏或邻近椎骨骨折的风险。因手术总时间较短, 对老年人、体弱者尤其有利。对于老年骨质疏松性胸腰椎骨折患者选择单侧 PKP 治疗临床工作中, 我们常忽视手术操作侧的选择是否与患者腰背部疼痛症状一致这一问题, 该研究对此类患者临床治疗方法选择具有一定的指导意义。

但本研究存在以下不足: 1) 本研究为单中心小样本前瞻性研究, 由于样本量相对较小, 对老年 ASOTLF 分型 IIa 型骨折患者的选择可能存在选择偏倚; 2) 将骨水泥对侧分布率作为评价骨水泥分布状态的指标存在一定的偏差, 其仅从二维单平面分析, 未在三维立体平面进行综合评价。即骨水泥对侧分布率只将水平横断面骨水泥作为骨水泥分布是否良好的指标, 未将纵面内骨水泥分布及骨水泥整体分布状态作为衡量标准, 所获得的数据可能存在一定的偏差; 3) 随访时间较短, 未能观察到患者治疗后远期的并发症及疗效; 4) 受试对象为单节段受累, 对多节段受累患者而言, 混杂因素过多, 经症状突出侧操作是否具有优势需要进一步研究。因此, 需要在目前研究基础上进行多中心、大样本、前瞻性研究并长期随访验证本研究的结论。

## 基金项目

国家自然科学基金重点项目(81830077); 国家自然科学基金面上项目(81772357)。

临床实验注册号: 中国临床研究试验中心注册号 ChiCTR2200056645。

## 参考文献

- [1] Zhang, J.N., He, X., Fan, Y., *et al.* (2019) Risk Factors for Conservative Treatment Failure in Acute Osteoporotic Vertebral Compression Fractures (OVCFs). *Archives of Osteoporosis*, **14**, Article No. 24. <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0563-8>
- [2] 杨小彬, 郝定均, 贺园, 等. 单双侧经皮椎体后凸成形术治疗胸腰段骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较[J]. 中华创伤杂志, 2019, 35(12): 1060-1067.
- [3] 陈伯华, 陈其昕, 程黎明, 等. 症状性陈旧性胸腰椎骨质疏松性骨折手术治疗临床指南[J]. 中华创伤杂志, 2020, 36(7): 577-586.
- [4] 郝定均, 贺宝荣, 郭华, 等. 胸腰段骨质疏松性骨折严重程度评分评估及临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(8): 730-733.
- [5] 贺宝荣, 郑博隆. 骨质疏松性胸腰椎骨折的阶梯化和精准化治疗[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(6): 488-493.
- [6] 贺宝荣, 郑博隆. 骨质疏松性胸腰椎骨折的诊断和分型方法解析[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(3): 205-209.
- [7] 郝定均, 张嘉男, 杨俊松, 刘团江, 等. 急性症状性骨质疏松性胸腰椎骨折分型及其可信度检验和临床应用效果评价[J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(3): 250-260.
- [8] Dwivedi, M.K., Bhende, V., Panchbhaiyye, D.N. and Bayaskar, M.V. (2022) Percutaneous Vertebroplasty: Efficacy of Unipedicular Vertebroplasty as Compared to Bipedicular Vertebroplasty. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, **31**, 867-872. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1739375>
- [9] Song, B.K., Eun, J.P. and Oh, Y.M. (2009) Clinical and Radiological Comparison of Unipedicular versus Bipedicular Balloon Kyphoplasty for the Treatment of Vertebral Compression Fractures. *Osteoporosis International*, **20**, 1717-1723. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-0872-7>

- [10] Feng, H., Huang, P., Zhang, X., Zheng, G. and Wang, Y. (2015) Unilateral versus Bilateral Percutaneous Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis of RCTs. *Journal of Orthopaedic Research*, **33**, 1713-1723. <https://doi.org/10.1002/jor.22957>
- [11] Chen, H., Tang, P., Zhao, Y., Gao, Y. and Wang, Y. (2014) Unilateral versus Bilateral Balloon Kyphoplasty in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Orthopedics*, **37**, e828-e835. <https://doi.org/10.3928/01477447-20140825-61>
- [12] Li, L.-H., Sun, T.-S., Liu, Z., et al. (2013) Comparison of Unipedicular and Bipedicular Percutaneous Kyphoplasty for Treating Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Meta-Analysis. *Chinese Medical Journal*, **126**, 3956-3961.
- [13] Sun, H., Lu, P.P., Liu, Y.J., et al. (2016) Can Unilateral Kyphoplasty Replace Bilateral Kyphoplasty in Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Physician*, **19**, 551-563. <https://doi.org/10.36076/ppj/2016.19.551>
- [14] Li, Y., Yue, J., Huang, M., et al. (2020) Risk Factors for Postoperative Residual Back Pain after Percutaneous Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *European Spine Journal*, **29**, 2568-2575. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06493-6>
- [15] Galibert, P., Deramond, H., Rosat, P., et al. (1987) Preliminary Note on the Treatment of Vertebral Angioma by Percutaneous Acrylic Vertebroplasty. *Neurochirurgie*, **33**, 166-168.
- [16] Deramond, H., Depriester, C., Galibert, P. and Le Gars, D. (1998) Percutaneous Vertebroplasty with Polymethylmethacrylate. Technique, Indications, and Results. *Radiologic Clinics of North America*, **36**, 533-546. [https://doi.org/10.1016/S0033-8389\(05\)70042-7](https://doi.org/10.1016/S0033-8389(05)70042-7)
- [17] Jensen, M.E., Evans, A.J., Mathis, J.M., Kallmes, D.F., Cloft, H.J. and Dion, J.E. (1997) Percutaneous Polymethylmethacrylate Vertebroplasty in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Body Compression Fractures: Technical Aspects. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **18**, 1897-1904.
- [18] Weill, A., Chiras, J., Simon, J.M., Rose, M., Sola-Martinez, T. and Enkaoua, E. (1996) Spinal Metastases: Indications for and Results of Percutaneous Injection of Acrylic Surgical Cement. *Radiology*, **199**, 241-247. <https://doi.org/10.1148/radiology.199.1.8633152>
- [19] Gill, J.B., Kuper, M., Chin, P.C., Zhang, Y. and Schutt, R. (2007) Comparing Pain Reduction Following Kyphoplasty and Vertebroplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Pain Physician*, **10**, 583-590. <https://doi.org/10.36076/ppj.2007/10/583>
- [20] 吴耀, 王峰, 周建强, 刘彩云, 武瑞星. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体骨折的临床疗效分析[J]. 中国骨伤, 2014, 27(5): 385-389.
- [21] 刘仲宇, 戎利民. 骨质疏松椎体压缩性骨折的微创治疗进展[J]. 中国修复重建外科杂志, 2014, 28(4): 522-526.
- [22] Tan, G., Li, F., Zhou, D., Cai, X., Huang, Y. and Liu, F. (2018) Unilateral versus Bilateral Percutaneous Balloon Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Systematic Review of Overlapping Meta-Analyses. *Medicine (Baltimore)*, **97**, e11968. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011968>
- [23] 江晓兵, 莫凌, 等. 骨水泥在椎体骨折线内弥散情况对椎体成形术治疗效果的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(2): 144-149.
- [24] 陈柏龄, 谢登辉, 黎艺强, 庄新明, 杨晓曦, 于滨生, 郑召民. 单侧 PKP 骨水泥注射过中线分布对压缩性骨折椎体两侧刚度的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(2): 118-121.
- [25] Molloy, S., Riley, L.H. and Belkoff, S.M. (2005) Effect of Cement Volume and Placement on Mechanical-Property Restoration Resulting from Vertebroplasty. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **26**, 401-404.
- [26] He, S., Zhang, Y., Lv, N., et al. (2019) The Effect of Bone Cement Distribution on Clinical Efficacy after Percutaneous Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Medicine (Baltimore)*, **98**, e18217. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000018217>
- [27] Manchikanti, L., Kosanovic, R., Pampati, V., et al. (2020) Low Back Pain and Diagnostic Lumbar Facet Joint Nerve Blocks: Assessment of Prevalence, False-Positive Rates, and a Philosophical Paradigm Shift from an Acute to a Chronic Pain Model. *Pain Physician*, **23**, 519-530. <https://doi.org/10.36076/ppj.2020/23/519>
- [28] Hollmann, M.W. and Durieux, M.E. (2000) Local Anesthetics and the Inflammatory Response: A New Therapeutic Indication? *Anesthesiology*, **93**, 858-875. <https://doi.org/10.1097/00000542-200009000-00038>