

# 椎体成形术与后凸成形术治疗累及椎体中 1/3 急性骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效对比

张子龙<sup>1,2</sup> 杨俊松<sup>1</sup> 井齐明<sup>2</sup> 郝定均<sup>1</sup>

**【摘要】** 目的 对比经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)与椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)两种手术方式治疗累及椎体中 1/3 的急性骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)的临床疗效。方法 回顾性纳入西安市红会医院 2017 年 1 月至 2018 年 12 月收治的单节段骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人 117 例,根据手术方法进行分组,PVP 组 61 例,PKP 组 56 例。对两组病人性别、年龄、身高、体重、术前骨密度、骨水泥注入量、疼痛视觉模拟量表(visual analogue score, VAS)评分、ODI 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、SF-36 生活质量评分(The MOS item short form health survey, SF-36)、椎体前缘高度、局部伤椎 Cobb 角、骨水泥渗漏发生率及术后邻近椎体新发骨折发生率等资料进行统计分析。结果 两组术后 1 d 及末次随访时的 ODI、VAS、SF-36 评分均显著优于术前,末次随访时的评分显著优于术后 1 d 的评分( $P < 0.05$ );但同时段两组间比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组术后 1 d 及末次随访时椎体前缘高度、伤椎 Cobb 角均优于术前( $P < 0.05$ ),PKP 组术后 1 d 及末次随访时的椎体前缘高度高于 PVP 组、伤椎 Cobb 角小于 PVP 组( $P < 0.05$ )。PKP 组骨水泥渗漏率与邻近椎体新发骨折发生率均明显低于 PVP 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论 对于骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人,PKP 与 PVP 均有良好的镇痛效果,但 PKP 在椎体前缘高度与伤椎 Cobb 角的恢复上表现更为优异,且骨水泥渗漏与邻近椎体新发骨折发生率均较低,推荐骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人使用 PKP 手术进行治疗。

**【关键词】** 骨质疏松;椎体成形术;椎体后凸成形术;骨折线;椎体中 1/3

**A Comparative Study of Percutaneous Kyphoplasty and Percutaneous Vertebroplasty in Acute Osteoporotic Vertebral Compression Fracture Involving 1/3 of Vertebral Body.** ZHANG Zi-long<sup>1,2</sup>, YANG Jun-song<sup>1</sup>, JING Qi-ming<sup>2</sup>, HAO Ding-jun<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Department of Orthopaedics, Honghui Hospital Affiliated to Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, China; <sup>2</sup>Xi'an Medical College, Xi'an 710045, China

Corresponding author: HAO Ding-jun, E-mail: haodingjun@126.com

**【Abstract】 Objective** To compare the clinical efficacy of percutaneous vertebroplasty (PVP) and kyphoplasty (PKP) in the treatment of acute osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) involving 1/3 of the vertebral body. **Methods** A total of 117 acute OVCF patients with single segment fracture involving 1/3 of the vertebral body treated in Xi'an Honghui Hospital from January 2017 to December 2018 were retrospectively included. The patients were divided into 61 cases in PVP group and 56 cases in PKP group according to the surgical methods. The gender, age, height, weight, preoperative bone mineral density, bone cement injection volume, the visual analog score (VAS), Oswestry disability index (ODI), the MOS item short form health survey (SF-36), anterior height of vertebral body, fracture vertebra Cobb angle, the incidence of bone cement leakage and adjacent vertebral fracture were statistically analyzed. **Results** The scores of ODI, VAS and SF-36 at 1st day after operation and the last follow-up were significantly better than those before operation, and the score at the last follow-up was significantly better than that at 1st day after operation ( $P < 0.05$ ), but there was no significant difference between the two groups at the same time point ( $P > 0.05$ ). The anterior height of vertebral body and fracture vertebra Cobb angle in the two groups at 1st day after operation and the last follow-up were better than those before operation ( $P < 0.05$ ), and the anterior height of vertebral body in PKP group at 1 day

after operation and the last follow-up was higher than that in PVP group, while the fracture vertebra Cobb angle in PKP group was significantly smaller than that in PVP group ( $P < 0.05$ ). The incidence of bone cement leakage and adjacent vertebral fracture in PKP group was significantly lower than that in PVP group ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion** Both PKP and PVP have good analgesic effects in acute OVCF patients with fracture involvement in 1/3 of the vertebral body. PKP has better performance in the recovery of AVH and FVCA, and the incidence of BCL and AVF is low. Therefore, PKP surgery is recommended for acute OVCF patients with fracture involvement in 1/3 of the vertebral body.

**【Key words】** Osteoporosis; Percutaneous vertebroplasty; Percutaneous kyphoplasty; Fracture line; 1/3 of the vertebral body

年龄的增长使体内骨量流失的速度加剧,易进展成为骨质疏松症<sup>[1]</sup>,导致骨组织脆性增加,在摔倒或扭伤等情况下易发生急性骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)<sup>[2]</sup>。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)与椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)以良好的镇痛效果使其成为急性 OVCF 的主要治疗方法<sup>[3-4]</sup>,但两种手术在疗效及并发症方面均有一定差异。通过对大量病人进行观察,我们发现脊柱骨折时呈现一定规律,依照骨折累及部位不同,可分为骨折累及上终板、累及椎体中 1/3、累及下终板、累及全椎体(爆裂型)这几类。查阅文献后发现,目前并未有学者根据骨折累及部位不同,对椎体进行更为细致的划分和分析。由于椎体中 1/3 为血运丰富的骨松质,骨折后椎体易发生缺血坏死,导致骨不愈合,形成 Kümmell 病<sup>[5-6]</sup>,给病人造成严重伤害。针对骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人,手术方式的不同是否会影响手术疗效及远期预后,值得深入探究。本研究采用回顾性研究方法,旨在探讨 PKP 与 PVP 两种手术方式治疗骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人的疗效差异,以期在手术方式的选择上为临床医生提供一定的支持与参考。

## 资料与方法

### 一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①症状性 OVCF;②单节段损伤者;③骨折发生时间距离手术时间 $< 6$ 周;④骨折位于椎体中 1/3;⑤行 PKP 或 PVP 手术治疗;⑥术前骨

密度 T 值 $\leq -2.5$  SD;⑦影像学资料齐全;⑧随访时间 $\geq 12$ 个月。排除标准:①病理性骨折;②合并脊柱感染者;③合并其他症状性腰腿痛疾病;④病人死亡或主动放弃随访。

### 二、一般资料

选取西安交通大学附属红会医院 2017 年 1 月至 2018 年 12 月收治的单节段急性 OVCF 病人 1 227 例,根据纳入排除标准进行筛选,对病人的术前 X 线片、CT、MRI 仔细审阅,观察骨折累及部位,最终纳入 117 例,依照手术方式分为 PVP 组和 PKP 组。PVP 组 61 例,其中男 11 例,女 50 例,年龄为 59~84 岁,平均 66 岁;PKP 组 56 例,其中男 8 例,女 48 例,年龄为 57~88 岁,平均 65 岁。两组病人一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ,表 1)。

### 三、手术方法

PVP 组病人取俯卧位,胸部及髋部垫软枕,腹部悬空。X 线透视定位伤椎,根据椎弓根形态及关节突关节位置,拟定进针位置,于体表标记。按压骨折椎体后方行手法复位,消毒铺单。由进针点至骨膜表面逐层浸润麻醉。X 线透视辅助下,于关节突关节附近穿刺进入椎体内,扩张通道,混合骨水泥,待骨水泥可牵拉成丝状(拉丝期)时,经通道注入椎体中。保持推注压力平稳,观察骨水泥弥散,分布较好且骨水泥无渗漏时,退出推杆及通道。无菌敷料包扎伤口,术毕,将病人送回病房监护。

PKP 组病人取俯卧位,体位摆放、术前准备及麻醉等操作同 PVP 组,通道扩张完毕后,经通道置入球囊,逐步加大球囊气压(注意不要超过额定值,防

表 1 两组病人一般资料比较

组别	例数	性别 (男/女,例)	年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	身高 ( $\bar{x} \pm s$ , cm)	体重 ( $\bar{x} \pm s$ , kg)	术前骨密度 T 值 ( $\bar{x} \pm s$ , SD)
PVP 组	61	11/50	66.74 $\pm$ 5.12	163.33 $\pm$ 8.49	62.59 $\pm$ 8.03	-3.25 $\pm$ 0.46
PKP 组	56	8/48	65.30 $\pm$ 5.50	160.57 $\pm$ 20.95	62.57 $\pm$ 9.50	-3.37 $\pm$ 0.47
$t(\chi^2)$ 值	-	0.301	1.461	0.947	0.012	-1.351
P 值	-	0.583	0.147	0.346	0.991	0.179

止气囊破裂),观察复位程度,复位较为满意后降低球囊气压,退出球囊。骨水泥的调配及注入操作同 PVP 组。消毒包扎伤口,送回病房监护。

#### 四、观察指标

##### (一)骨折累及椎体中 1/3 的评价标准

在 X 线片上可见骨折椎体高度塌陷、高度降低,上下终板可轻度凹陷(图 1 a);CT 上见骨折椎体上下终板无破裂,骨折位于椎体中部(图 1 b);MRI 上可见椎体中部信号异常(图 1 c~e)。

##### (二)基本信息及功能评分

收集所有入组病人的性别、年龄、身高、体重等基础资料;术前骨密度、骨水泥注入量等临床资料;术前、术后 1 d、末次随访时的疼痛视觉模拟量表(visual analogue score, VAS)评分、ODI 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、SF-36 生活质量评分(The MOS item short form health survey, SF-36)等随访资料。

##### (三)影像学指标

测量两组病人术前、术后 1 d、末次随访时椎体前缘高度、伤椎 Cobb 角。记录骨水泥渗漏、邻近椎体新发骨折发生情况。

1. 椎体前缘高度测量方法:在标准侧位 X 线片上测量骨折椎体上终板前缘与下终板前缘两点之间的距离(图 2)。

2. 伤椎 Cobb 角测量方法:在标准侧位 X 线片上,于骨折椎体上终板与下终板分别作两条直线,两条直线的交角即为伤椎 Cobb 角,若压缩程度较为轻微,交角过小难以测出时,可于上下终板引两条垂线,垂线相交的交角也可视为伤椎 Cobb 角(图 2)。

3. 骨水泥渗漏发生情况:观察病人术后骨折椎体周围或周围器官、组织内是否存在骨水泥。

4. 邻近椎体新发骨折发生情况:术后至末次随

访内任意时间,病人因摔伤或其他原因导致腰背部疼痛,查体时叩击原骨折椎体附近出现疼痛感,且 MRI 的 T2 像及 T2 压脂像上出现手术节段上、下位椎体高信号,伴或不伴椎体压缩骨折<sup>[7]</sup>。

#### 五、统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计软件(SPSS 公司,美国)对数据进行分析,两组病人的年龄、身高、体重、骨密度、骨水泥注入量、SF-36 评分、伤椎椎体前缘高度、伤椎 Cobb 角等计量资料采用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,两组数据均符合正态分布,采用独立样本 *t* 检验进行组间统计分析,组内数据采用重复测量方差分析进行比较,两组病人的性别、骨水泥渗漏、邻近椎体新发骨折发生率等计数资料采用  $\chi^2$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

所有病人术后均安全返回病房,未发生出血及感染。PVP 组骨水泥注入量为(4.18±0.93) mL,18 例出现骨水泥渗漏;PKP 组骨水泥注入量为(4.38±0.70) mL,7 例出现骨水泥渗漏,均为椎体旁渗漏,未发生严重并发症;PKP 组骨水泥渗漏发生率(12.5%)低于 PVP 组(29.5%),差异有统计学意义( $\chi^2=5.027, P=0.025$ )。所有病人都完成至少 12 个月的随访。

两组病人术后 1 d 及末次随访时的 ODI、VAS、SF-36 评分均优于术前,末次随访时的评分优于术后 1 d 的,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );各时段评分进行比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 2。

两组病人术后 1 d 及末次随访时的椎体前缘高度、伤椎 Cobb 角均优于术前,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );末次随访与术后 1 d 时的评分相比,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );组间相比,PKP 组术后 1 d

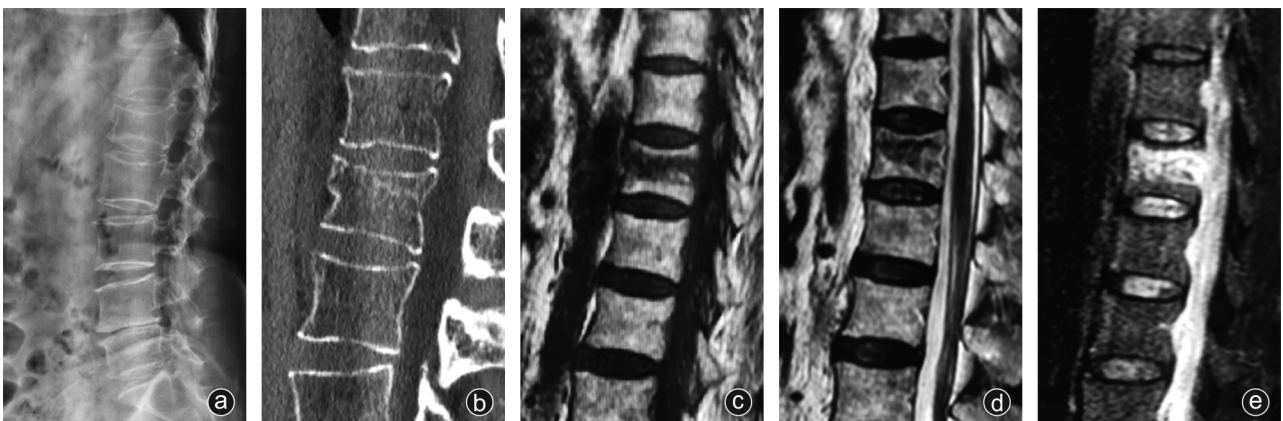


图 1 基于 X 线片(a)、CT(b)、MRI(c~e),骨折累及椎体中 1/3 时的影像学表现

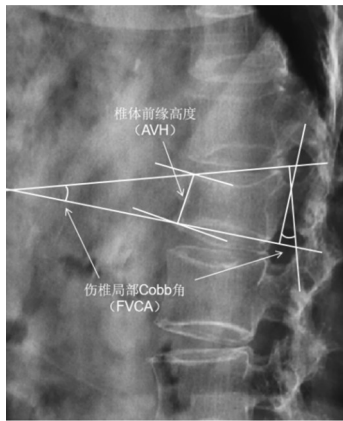


图2 骨折椎体椎体前缘高度及伤椎 Cobb 角测量方法示意图

及末次随访时的椎体前缘高度均高于 PVP 组, 伤椎 Cobb 角均小于 PVP 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

PKP 组术后有 5 例病人出现邻近椎体新发骨折, PVP 组有 16 例, PKP 组邻近椎体新发骨折发生率 (8.9%) 低于 PVP 组 (26.2%), 差异有统计学意义 ( $\chi^2=5.934, P=0.015$ )。

典型病例见图 3、4。

## 讨 论

### 一、疼痛

急性 OVCF 的主要临床表现为体位转变时的剧烈疼痛, 有学者研究认为疼痛主要源于体位转变时骨折断端对椎体周围神经及肌肉的刺激<sup>[7]</sup>。骨折后

病人因疼痛不能或不愿活动, 易发生卧床并发症, 当骨折累及椎体中 1/3 时, 椎体内血运破坏较为严重, 术后易形成假关节。人体作为一个整体, 术后运动有助于促进血液流通, 加速局部骨折的修复<sup>[8]</sup>, 因此良好的镇痛效果有利于病人康复。本研究采用 VAS、ODI 及 SF-36 评分对病人手术前后的疼痛及功能障碍进行量化评估, 以了解其缓解程度, 以及手术方式对于病人精神心理的影响<sup>[9-11]</sup>。

结果显示术前、术后 1 d、末次随访时两组病人各项评分无显著差异; 组内比较结果显示, 随着随访时间的延长, 病人的各项评分均在逐渐改善。说明两种手术方式均可有效缓解疼痛, 缓解术后功能障碍, 降低病人心理创伤。Beall 等<sup>[12]</sup>也研究证实, 经 PKP 治疗后, 350 例病人的术后疼痛及功能障碍等方面均得到有效的改善, 与本文结果一致。

### 二、复位效果

良好的复位是术后康复的基础。急性 OVCF 多为摔伤或扭伤引发, 由于上下终板为硬度较大的皮质骨, 骨折时瞬间增大的外力使椎体中部血运丰富的骨小梁更易发生损伤, 且创伤急性期时组织水肿, 进一步减少了椎体的血供, 易导致椎体缺血坏死, 形成假关节<sup>[5-6, 13]</sup>。Matzaroglou 等<sup>[14]</sup>提出椎体的缺血坏死是形成骨不愈合的主要原因。因此, 及时撑开塌陷压缩的椎体, 减轻椎体内的高压环境有助于椎体的恢复, 同时也可有效矫正脊柱矢状位失衡, 恢复病人原有生理曲度, 防止椎体进一步塌陷。本研究中,

表 2 两组病人不同时间 VAS、ODI、SF-36 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	VAS 评分(分)			ODI (%)			SF-36 评分(分)		
		术前	术后 1 d	末次随访	术前	术后 1 d	末次随访	术前	术后 1 d	末次随访
PVP 组	61	7.66±0.63	2.79±0.64 <sup>a</sup>	1.05±0.76 <sup>ab</sup>	72.03±5.80	30.87±3.52 <sup>a</sup>	13.98±2.31 <sup>ab</sup>	229.70±13.45	310.95±19.87 <sup>a</sup>	371.49±38.85 <sup>ab</sup>
PKP 组	56	7.52±0.69	2.70±0.57 <sup>a</sup>	0.95±0.80 <sup>ab</sup>	71.66±7.47	32.07±3.86 <sup>a</sup>	14.16±2.14 <sup>ab</sup>	228.00±15.34	308.57±25.57 <sup>a</sup>	379.27±43.88 <sup>ab</sup>
<i>t</i> 值	-	1.133	0.808	0.713	0.299	-1.763	-0.429	0.640	0.559	-1.017
<i>P</i> 值	-	0.260	0.421	0.477	0.766	0.081	0.669	0.523	0.578	0.312

注: 与术前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ; 与术后 1 d 相比, <sup>b</sup> $P < 0.05$

表 3 两组病人不同时间椎体前缘高度、伤椎 Cobb 角比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	椎体前缘高度(cm)			伤椎 Cobb 角(°)		
		术前	术后 1 d	末次随访	术前	术后 1 d	末次随访
PVP 组	61	1.36±0.13	1.74±0.13 <sup>a</sup>	1.73±0.12 <sup>ac</sup>	17.20±0.79	13.38±0.93 <sup>a</sup>	13.42±0.95 <sup>ac</sup>
PKP 组	56	1.35±0.15	2.24±0.16 <sup>a</sup>	2.23±0.16 <sup>ac</sup>	17.03±1.17	8.67±1.34 <sup>a</sup>	8.70±1.36 <sup>ac</sup>
<i>t</i> 值	-	0.370	-18.593	-18.771	0.956	22.173	21.921
<i>P</i> 值	-	0.712	<0.001	<0.001	0.341	<0.001	<0.001

注: 与术前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ; 与术后 1 d 相比, <sup>b</sup> $P > 0.05$

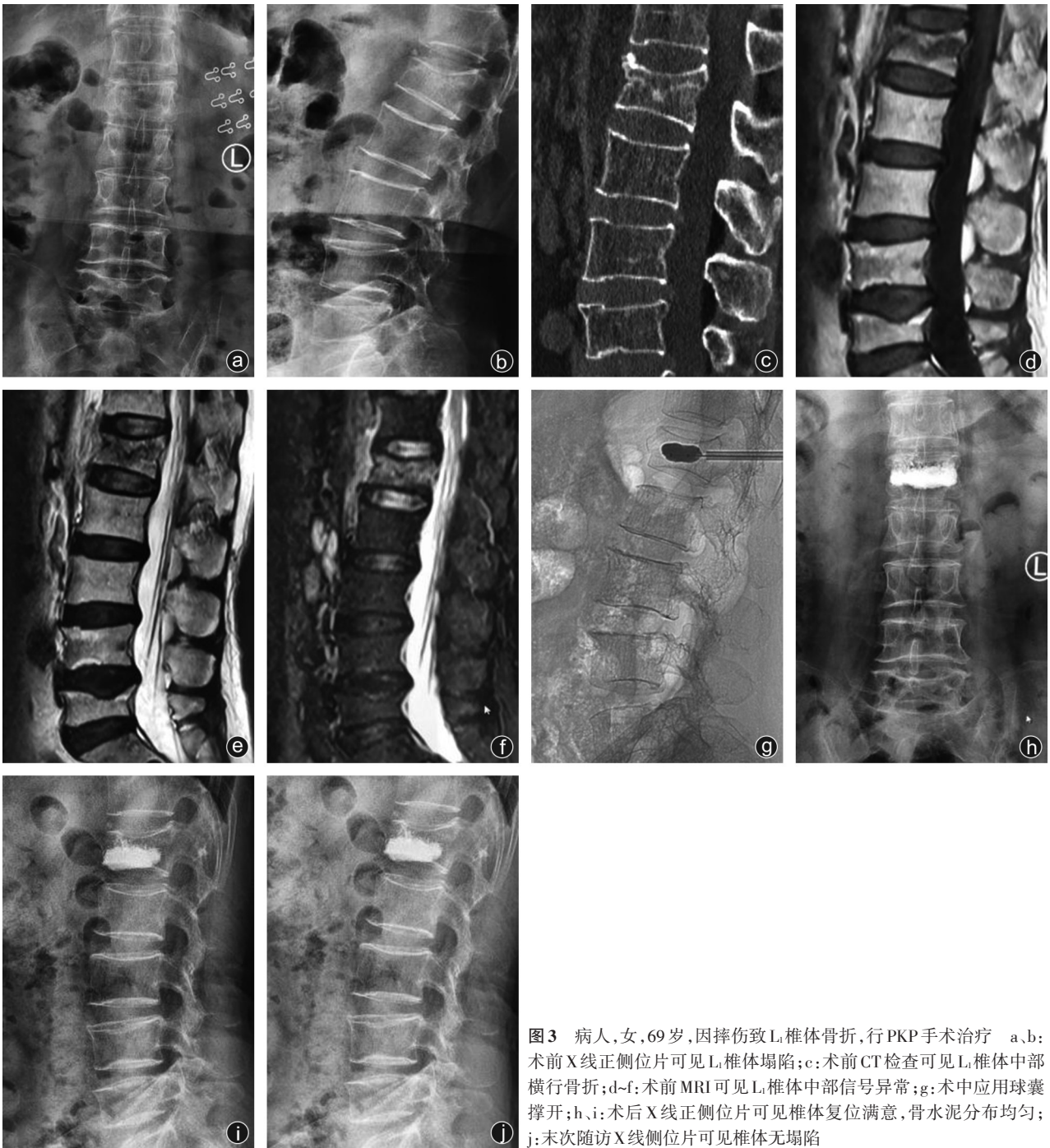


图3 病人,女,69岁,因摔伤致L<sub>1</sub>椎体骨折,行PKP手术治疗 a、b:术前X线正侧位片可见L<sub>1</sub>椎体塌陷;c:术前CT检查可见L<sub>1</sub>椎体中部横行骨折;d-f:术前MRI可见L<sub>1</sub>椎体中部信号异常;g:术中应用球囊撑开;h、i:术后X线正侧位片可见椎体复位满意,骨水泥分布均匀;j:末次随访X线侧位片可见椎体无塌陷

PKP组术后1 d及末次随访时的椎体前缘高度、伤椎 Cobb角均显著优于PVP组,主要与复位方式不同有关:PVP主要通过术前按压进行手法复位,但在局部麻醉状态下手法复位时,由于骨折断端的刺激,病人会产生类似体位变化时的剧痛,抵触情绪较强,常拒绝复位操作,导致复位效果不佳;而PKP主要依靠球囊在椎体内部撑开,疼痛反应轻微,复位效果较好。Hu等<sup>[15]</sup>对161例急性OVCF病人进行分组研究,结果显示PKP组91例病人的椎体前缘高度恢复

效果较PVP组的70例病人好。徐宝山等<sup>[16]</sup>研究显示,行PKP治疗的61例病人伤椎Cobb角由术前的 $18.3^{\circ} \pm 11.3^{\circ}$ 矫正至术后的 $15.0^{\circ} \pm 9.9^{\circ}$ ,优于PVP组的33例病人,体现了PKP优秀的复位效果。

### 三、并发症

并发症是评价手术疗效的重要手段。骨水泥渗漏作为常见并发症<sup>[17]</sup>,影响因素众多,与骨水泥状态、椎体骨折程度等相关<sup>[18]</sup>。骨折累及椎体中1/3时,椎体前壁及侧壁破损较多,且骨折早期椎体内组



图4 病人,女,65岁,因扭伤致L<sub>1</sub>椎体骨折,行PVP手术治疗 a,b:术前X线正侧位片;c:术前CT可见L<sub>1</sub>椎体塌陷,中部有横行骨折;d-f:术前MRI可见L<sub>1</sub>椎体内信号异常;g,h:PVP治疗术后X线正侧位片可见骨水泥弥散良好;i:术后3个月复查时,X线侧位片可见骨水泥分布良好;j:术后9个月时因腰背部再次疼痛,行MRI检查,T<sub>2</sub>压脂像可见L<sub>2</sub>、L<sub>4</sub>椎体高信号;k,l:L<sub>2</sub>、L<sub>4</sub>椎体行PVP手术治疗术后X线正侧位片

织水肿,内部压力较高。PKP在骨水泥注入前,利用球囊将弥漫水肿的组织及塌陷的椎体撑开,营造一个供骨水泥容纳的空间,减轻注入时的压力<sup>[19]</sup>;PVP是在通道置放完毕后直接注入骨水泥,需要较大压力用以突破椎体内水肿的组织,术前体位复位虽有一定效果,但受制于疼痛的刺激,作用有限,故而骨水泥渗漏发生率较高。本研究中PKP组骨水泥渗

漏发生率较PVP组低。杨丰建等<sup>[20]</sup>的试验结果也显示,PVP组61例病人中有28例发生骨水泥渗漏,而在PKP组45例病人中仅15例发生骨水泥渗漏。

球囊的使用也会影响骨水泥的分布,骨水泥分布的不同也是邻近椎体新发骨折发生的影响因素<sup>[21]</sup>。本研究中PKP组邻近椎体新发骨折发生率低于PVP组,可能因为骨折时椎体并非均匀地塌陷压缩,骨折

严重处骨质压缩致密,压力较高,而骨折较轻或无骨折处骨质较为疏松,压力较低<sup>[22]</sup>。水泥在椎体内易向压力较低的部位弥散,欲使水泥弥散至压力较高的骨折严重区,则需加大注入压力,导致骨水泥渗漏发生率也相应增高,为了避免骨水泥渗漏引发严重并发症,需停止骨水泥的注入,使得骨水泥在椎体内常弥散不佳,而骨水泥固化后硬度较自身骨组织大,分布不均的骨水泥会影响椎体的应力承载能力及传导能力,继而引发邻近椎体新发骨折<sup>[23]</sup>。PKP 使用球囊复位撑开椎体后,会在椎体内形成一个空腔,骨水泥进入后会先在腔内聚集,然后再往四周骨质进行弥散,弥散较为均匀,有效解决骨水泥弥散不佳问题,降低邻近椎体新发骨折发生率。

本研究仍存些许不足,一是随访时间较短,后期仍需延长随访时间,以观察远期疗效;二是本研究为单中心回顾性研究,纳入的样本较少,后期仍需要多中心、前瞻性研究;三是本研究的麻醉方式为局部麻醉,未对全身麻醉病人进行分类讨论,麻醉方式的不同是否会影响手术方式的选择,仍需后期纳入更多病例,进行分组对比研究,进一步完善本文结论。

综上所述,治疗骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人,PVP 与 PKP 均有良好的镇痛效果,PKP 在椎体前缘高度与伤椎 Cobb 角的恢复上表现更为优异,且骨水泥渗漏与邻近椎体新发骨折发生率均较低,我们推荐骨折累及椎体中 1/3 的急性 OVCF 病人使用 PKP 手术进行治疗。

#### 参 考 文 献

- [1] Compston JE, McClung MR, Leslie WD. Osteoporosis [J]. *Lancet*, 2019, 393(10169): 364-376.
- [2] 中国医师协会骨科学分会脊柱创伤专业委员会. 急性症状性骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体强化术临床指南[J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35(6): 481-489.
- [3] Voormolen MH, Mali WP, Lohle PN, et al. Percutaneous vertebroplasty compared with optimal pain medication treatment: short-term clinical outcome of patients with subacute or chronic painful osteoporotic vertebral compression fractures. The VERTOS study [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28(3): 555-560.
- [4] 杨惠林, Hansen A Yuan, 陈亮, 等. 椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性脊柱压缩骨折[J]. *中华骨科杂志*, 2003, 23(5): 262-265.
- [5] Freedman BA, Heller JG. Kummel disease: a not-so-rare complication of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *J Am Board Fam Med*, 2009, 22(1): 75-78.
- [6] Libicher M, Appelt A, Berger I, et al. The intravertebral vacuum phenomenon as specific sign of osteonecrosis in vertebral compression fractures: results from a radiological and histological study [J]. *Eur Radiol*, 2007, 17(9): 2248-2252.
- [7] Eichler MC, Spross C, Ewers A, et al. Prophylactic adjacent-segment vertebroplasty following kyphoplasty for a single osteoporotic vertebral fracture and the risk of adjacent fractures: a retrospective study and clinical experience [J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 25(4): 528-534.
- [8] Ghimire S, Miramini S, Richardson M, et al. Effects of dynamic loading on fracture healing under different locking compression plate configurations: A finite element study [J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2019, 94: 74-85.
- [9] Heller GZ, Manuguerra M, Chow R. How to analyze the Visual Analogue Scale: Myths, truths and clinical relevance [J]. *Scand J Pain*, 2016, 13: 67-75.
- [10] Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(22): 2940-2952.
- [11] Brazier JE, Harper R, Jones NM, et al. Validating the SF-36 health survey questionnaire: new outcome measure for primary care [J]. *BMJ*, 1992, 305(6846): 160-164.
- [12] Beall DP, Chambers MR, Thomas S, et al. Prospective and multi-center evaluation of outcomes for quality of Life and activities of daily living for balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: the evolve trial [J]. *Neurosurgery*, 2019, 84(1): 169-178.
- [13] Hargunani R, Le Corroller T, Khashoggi K, et al. Percutaneous vertebral augmentation: the status of vertebroplasty and current controversies [J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2011, 15(2): 117-124.
- [14] Matzaroglou C, Georgiou CS, Assimakopoulos K, et al. Kummell's disease: pathophysiology, diagnosis, treatment and the role of nuclear medicine. Rationale according to our experience [J]. *Hell J Nucl Med*, 2011, 14(3): 291-299.
- [15] Hu KZ, Chen SC, Xu L. Comparison of percutaneous balloon dilatation kyphoplasty and percutaneous vertebroplasty in treatment for thoracolumbar vertebral compression fractures [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2018, 22(1 Suppl): 96-102.
- [16] 徐宝山, 胡永成, 闫广辉, 等. 经皮椎体成形术和后凸成形术的相关问题探讨[J]. *中华骨科杂志*, 2009, 29(5): 430-435.
- [17] Schmidt R, Cakir B, Mattes T, et al. Cement leakage during vertebroplasty: an underestimated problem? [J]. *Eur Spine J*, 2005, 14(5): 466-473.
- [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[J]. *中华骨科杂志*, 2016, 36(17): 1142-1148.
- [19] Ruiz Santiago F, Pérez Abela AL, Almagro Ratia MM. [The end of vertebroplasties] [J]. *Radiologia*, 2012, 54(6): 532-538.
- [20] 杨丰建, 林伟龙, 朱炯, 等. 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压缩骨折[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(1): 50-54.
- [21] Li YX, Guo DQ, Zhang SC, et al. Risk factor analysis for re-collapse of cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty (PVP) or percutaneous kyphoplasty (PKP). *Int Orthop*, 2018, 42(9): 2131-2139.
- [22] Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2002, 84(5): 748-752.
- [23] 何立江, 黄杰苗, 林其仁, 等. 经皮椎体成形术后矢状面有限元分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28(16): 1500-1504.

(收稿日期: 2021-04-17)

(本文编辑:陈姗姗)

#### 引用格式

张子龙, 杨俊松, 井齐明, 等. 椎体成形术与后凸成形术治疗累及椎体中 1/3 急性骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效对比[J]. *骨科*, 2022, 13(1): 34-40. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.01.009.