

## · 临床研究 ·

## 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

吴耀<sup>1</sup>, 王峰<sup>2</sup>, 周建强<sup>1</sup>, 刘彩云<sup>2</sup>, 武瑞星<sup>3</sup>

(1. 呼和浩特市第一医院, 内蒙古 呼和浩特 010056; 2. 内蒙古自治区生物制造重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010018; 3. 内蒙古自治区医院, 内蒙古 呼和浩特 010017)

**【摘要】** 目的: 探讨经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 和经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 治疗骨质疏松性椎体骨折 (osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF) 的临床疗效。方法: 对 2007 年 1 月至 2010 年 2 月收治的 OVCF 的患者进行回顾性分析, 其中采用 PVP 治疗 20 例 (PVP 组), 男 8 例, 女 12 例, 年龄 54~81 岁, 平均 (66.37±2.34) 岁; 采用 PKP 治疗 20 例 (PKP 组), 男 11 例, 女 9 例, 年龄 56~79 岁, 平均 (65.12±3.21) 岁。术后 1、12 周及 1 年采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 法、巴塞尔 (Barthel index, BI) 评分方法对术后患者疼痛缓解程度及日常生活功能的改善情况进行评定; 通过影像学资料观察责任椎的前缘高度、后凸角度 (Cobb 角) 的变化。结果: PVP 组出现椎体后缘骨水泥渗漏 1 例, 但无任何临床症状, 渗漏的骨水泥未用手术方法处理。两组均无切口感染、深静脉血栓等并发症。所有患者获得 1 年以上随访。术后两组 VAS、BI 评分均较术前明显下降 ( $P<0.01$ ), 疼痛缓解明显, 日常生活功能改善显著。术后 1、12 周及 1 年各时间段的 VAS、BI 评分差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 两组之间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。术前, 术后 1、12 周及 1 年的责任椎体前缘高度、Cobb 角变化在 PVP 组差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 在 PKP 组差异有统计学意义 ( $P<0.01$ ), 术后 1、12 周及 1 年比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。两组术后各时间段的责任椎前缘高度及 Cobb 角变化有统计学意义 ( $P<0.01$ )。结论: PVP 和 PKP 均能明显缓解 OVCF 患者的疼痛, 完全或部分恢复患者的日常生活功能; PKP 在恢复责任椎前缘高度和矫正椎体后凸畸形方面具有明显的优势, 尤其是对压缩程度较大的椎体高度恢复更明显。

**【关键词】** 骨质疏松; 脊柱骨折; 经皮椎体成形术; 经皮椎体后凸成形术

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2014.05.008

**Analysis of clinical effects of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty in treating osteoporotic vertebral compression fracture** WU Yao\*, WANG Feng, ZHOU Jian-qiang, LIU Cai-yun, and WU Rui-xing.\* The First Hospital of Hohhot, Hohhot 010056, Neimenggu, China

**ABSTRACT** **Objective:** To explore the clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty (PVP) and percutaneous kyphoplasty (PKP) in treating osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF). **Methods:** From January 2007 to February 2010, the data of 40 patients with osteoporotic vertebral compression fracture underwent treatment were retrospectively analyzed. Of them, 20 patients were treated with PVP (PVP group), there were 8 males and 12 females with an average age of (66.37±2.34) years old (54 to 81); 20 patients were treated with PKP (PKP group), there were 11 males and 9 females with an average of (65.12±3.21) years old (56 to 79). Postoperative at 1 week, 12 weeks, 1 year, pain and daily life function were respectively assessed by visual analogue scale (VAS) and Barthel index (BI); and anterior height of responsibility vertebra, Cobb angle were measured by X-rays. **Results:** In PVP group, 1 case complicated with bone cement leakage without clinical symptoms and no operation to treat. No postoperative infection and deep vein thrombosis were found between two groups. All patients were followed up more than 1 year, pain and daily life function has obviously improved than preoperative ( $P<0.01$ ); and there was no significant difference on 1 week, 12 weeks, 1 year after operation ( $P>0.05$ ); there was no significant difference between two groups ( $P>0.05$ ). In PVP group, there was no significant difference in anterior height of responsibility vertebra, Cobb angle before and after operation; and in PKP group, postoperative data has obviously improved than preoperative ( $P<0.01$ ), but there was no significant difference postoperative at 1 week, 12 weeks, 1 year ( $P>0.05$ ); there was no significant difference between two groups at 1 week, 12 weeks, 1 year after operation. **Conclusion:** Both the methods can obviously relieve pain and completely or partly recover daily life function in treating OVCF. But PKP has advantages of recovery of anterior height of responsibility vertebra and correction of Cobb angle, especially for serious compression.

通讯作者: 吴耀 E-mail: 15104717028@139.com

Corresponding author: WU Yao E-mail: 15104717028@139.com

**KEYWORDS** Osteoporosis; Spinal fractures; Percutaneous vertebroplasty (PVP); Percutaneous kyphoplasty (PKP)  
Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(5):385-389 www.zggszz.com

在 19 世纪 80 年代末, Galibert 等<sup>[1]</sup>首次报道经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 成功治疗 1 例 C<sub>2</sub> 椎体海绵体状血管瘤患者。随后, PVP 作为一项成熟的微创技术, 被广泛运用到骨质疏松性椎体骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 的治疗<sup>[2]</sup>。OVCF 是骨质疏松最常见的并发症。既往传统治疗方法多为卧床休息, 药物止痛。其治疗效果较差, 由于治疗时间长, 护理要求高, 长期卧床加速骨量丢失, 椎体畸形加重, 肺通气功能下降, 导致褥疮、肺部感染和深静脉血栓形成等严重并发症。由于老年人体弱, 常合并有心血管等内科疾病, 难以耐受传统的开放性手术, 而且传统的手术治疗又受到骨量低、螺钉把持力弱、新骨形成差和骨折不愈合等因素的限制, 因此, 治疗 OVCF 的关键是如何迅速缓解疼痛, 使患者尽早下床活动, 提高患者的日常活动能力, 在恢复椎体高度的同时, 尽可能纠正后凸畸形<sup>[3-5]</sup>。PVP 与经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 是近年来发展的新兴微创手术, 具有创伤小、快速止痛、恢复活动能力的优点, 在很多国家已经成为治疗 OVCF 的首选方案, 并取得良好效果。PKP 于 1998 年经美国 FDA 批准也被广泛应用于临床, 治疗老年骨质疏松脊柱压缩骨折、症状性脊椎血管瘤等<sup>[6]</sup>。为此笔者对 2007 年 1 月至 2010 年 2 月采用 PVP 和 PKP 治疗的骨质疏松性椎体骨折 40 例患者(共 54 节椎体)进行回顾性研究, 报告如下。

**1 资料与方法**

**1.1 一般资料** 本组 40 例, 男 16 例, 女 24 例。其中 20 例采用 PVP 治疗(PVP 组), 男 8 例, 女 12 例; 年龄 54~81 岁, 平均(66.37±2.34)岁; 20 例患者包括 26 节椎体, 腰椎 18 节, 胸椎 8 节, 胸腰段椎体(T<sub>11</sub>-L<sub>2</sub>)22 节。20 例采用治疗(PKP 组), 其中男 11 例, 女 9 例; 年龄 56~79 岁, 平均(65.12±3.21)岁; 20 例患者包括 28 节椎体, 腰椎 18 节, 胸椎 10 节, 胸腰段椎体(T<sub>11</sub>-L<sub>2</sub>)23 节。所有患者具备完整的临床资料, 包括

手术资料、影像学资料(X 线、CT、MRI 或 ECT)等; 同时排除原发性及转移性肿瘤所引起的椎体骨折。两组患者的临床资料见表 1。

**1.2 治疗方法** 术前完善各项术前检查, 仔细查体, 明确诊断, 排除手术禁忌症。对于有多处椎体骨折的患者, 确定引起症状责任椎。根据影像学检查, 判断椎体塌陷程度、椎体皮质(尤其是后壁)是否完整, 骨折或破坏、是否有骨折导致椎管狭窄, 压迫硬膜囊或脊髓等。

**1.2.1 PVP 手术方法** 患者取俯卧位于手术台, 常规消毒、铺无菌巾, 以 2% 的利多卡因局部浸润至骨膜。根据已经确定的责任椎节段来选择穿刺针的入路。C 形臂 X 线透视下确定责任椎, 见椎体处于标准正位(双侧椎弓根对称并与棘突间距相等), 以进针点为中心切开皮肤 3~5 mm, 透视下将穿刺针经椎弓根穿刺至骨折椎体的前 1/4, 拔出穿刺针芯, 用专用高压注射器将调配好的骨水泥(呈糊样拉丝状时)注入骨折椎体, 当骨水泥在椎体内分布均匀时停止注射。等待骨水泥完全硬化后拔出针鞘, 按压伤口 3~5 min, 缝合小切口并包扎, 结束手术。

**1.2.2 PKP 手术方法** PKP 的操作与 PVP 一致, 当穿刺针进入至椎体的恰当位置后, 抽出穿刺针的内芯, 置入导丝。拔出穿刺针套管, 按顺序沿导针置入扩张套管、工作套管, 将工作套管的前端置于椎体后缘皮质前方 2~3 mm 处, 取出扩张套管和导丝, 导入精细钻, 缓慢钻入至椎体前缘, 然后取出精细钻, 用带芯的骨水泥推入管探测椎体前缘完整, 放入扩张球囊。其最佳位置为 C 形臂 X 线透视侧位像显示椎体前 3/4 处, 由后上向前下倾斜。双侧穿刺者, 按上述步骤完成。注入造影剂, 扩张球囊, 此时椎体复位, 在椎体内形成一个空腔, 取出球囊, 注入骨水泥。待骨水泥完全硬化后拔出针鞘, 按压伤口 3~5 min, 缝合小切口并包扎, 结束手术。

所有患者接受相同的围手术期治疗方案, 术后第 2 天鼓励患者下床行走, 复查 X 线片及 CT, 观察

表 1 两组骨质疏松性椎体骨折患者术前临床资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.1 Comparison of clinical data of osteoporotic vertebral compression fracture between two groups( $\bar{x} \pm s$ )

组别	性别(例)		年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	体重( $\bar{x} \pm s$ , kg)	身高( $\bar{x} \pm s$ , cm)	手术时间( $\bar{x} \pm s$ , min)
	男	女				
PVP 组	8	12	66.37±2.34	67.52±6.54	167.49±8.25	30.50±6.87
PKP 组	11	9	65.12±3.21	71.21±7.66	166.71±7.94	45.50±7.59
检验值	$\chi^2=0.542$		$t=-0.475$	$t=0.082$	$t=-1.473$	$t=0.735$
P 值	0.102		0.581	0.631	0.736	0.619

骨水泥的分布情况及是否有骨水泥外漏。术后 1 周出院,出院后定期随访,继续治疗 OP。

1.3 观察项目与方法

1.3.1 责任椎前缘高度及 Cobb 角变化的观察 对所有患者术前和术后 1、12 周及 1 年均拍摄标准胸腰段正侧位 X 线片(以责任椎为投照中心),用游标卡尺测量侧位 X 线片上责任椎椎体前缘高度和责任椎 Cobb 角。责任椎 Cobb 角=术前和术后责任椎椎体侧位 X 线上下终板垂线交角。

1.3.2 VAS 评分 VAS 评分是目前评价疼痛的常用方法,采用规格为 10 cm 的厘米尺,测量尺标有 0~10 个等级,依据患者的疼痛感受指出相应的位置,根据患者指定的位置测出相应的疼痛分值。无痛=0 分,最痛=10 分,分值的大小可以反映患者的疼痛程度。1~3 分为轻度疼痛,4~6 分为中度疼痛,7~9 分为重度疼痛。

1.3.3 日常生活功能 巴塞尔指数(BI)是目前公认的评定日常生活活动能力的方法,BI 将日常生活动作详细划分为 10 个项目,其中包括进食、洗澡、修饰、穿衣、上厕所、上下楼梯等动作,总分为 100 分。分值的高低,能够反映患者日常生活活动能力缺陷的程度:自理=100 分,轻度功能缺陷=75~95 分,中度功能缺陷=50~70 分,严重功能缺陷=25~45 分,极严重功能缺陷=0~20 分。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计软件进行统计学分析,数据均以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示。对于责任椎前缘高度、责任椎 Cobb 角、VAS 评分和 BI 评分等各项指标观察,组内术前、术后不同时间点之间的

比较采用重复测量方差分析,对同一时间点两组间的比较采用 Student *t* 检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

PVP 组出现椎体后缘骨水泥渗漏 1 例,但无任何临床症状,渗漏的骨水泥未用手术方法处理。两组均无切口感染、深静脉血栓等并发症。所有患者获得 1 年以上的随访。

2.1 责任椎前缘高度及 Cobb 角变化的观察 术前,术后 1、12 周及 1 年的责任椎体前缘高度、Cobb 角变化在 PVP 组差异无统计学意义 ( $P>0.05$ );在 PKP 组差异有统计学意义 ( $P<0.01$ ),术后 1、12 周及 1 年比较差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。两组术后各时间段的责任椎前缘高度及 Cobb 角变化有统计学意义 ( $P<0.01$ )。见表 2。复查 X 线片,见椎体复位好,骨水泥充盈良好,无骨水泥渗漏。典型病例见图 1-2。

2.2 VAS 及 BI 评分结果 术后 1、12 周及 1 年,两组患者 VAS 及 BI 评分均较术前有明显改善 ( $P<0.01$ ),而在术后 1、12 周及 1 年差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 3。

3 讨论

3.1 PVP 和 PKP 主要的适应证 PVP 和 PKP 主要的适应证包括骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)、椎体血管瘤、骨髓瘤、椎体转移性恶性肿瘤及原发恶性肿瘤。而 OVCF 是最主要、也是最常见的适应证。一般认为 PVP 绝对禁忌证包括:①手术部位局部炎症或合并急性感染;②椎体爆裂型骨折合并有神经系统损伤;③OVCF 同时合并有小关节脱位或椎间盘

表 2 两组骨质疏松性椎体骨折患者手术前后责任椎前缘高度及 Cobb 角变化( $\bar{x}\pm s$ )

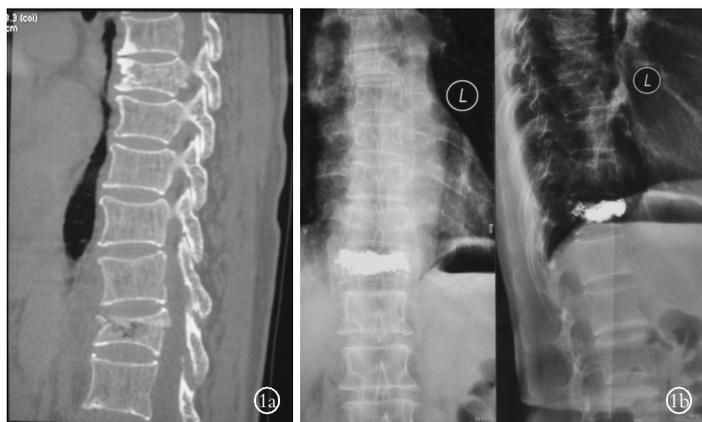
Tab.2 Change of the height in anterior border of responsibility vertebra of patients with osteoporotic vertebral compression fracture between two groups ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	责任椎前缘高度变化(mm)				责任椎 Cobb 角变化(°)			
		术前	术后 1 周	术后 12 周	术后 1 年	术前	术后 1 周	术后 12 周	术后 1 年
PVP 组	20	22.03±1.14	22.21±1.59	22.34±1.15	22.32±1.21	17.74±1.84	17.21±2.24	17.54±1.15	17.43±3.27
PKP 组	20	22.24±1.86	24.15±1.02	24.42±1.32	25.15±1.70	16.25±2.46	10.46±2.07	10.42±3.00	10.15±3.13
<i>t</i> 值	-	-2.324	-28.630	-10.707	-24.273	-2.324	-28.630	-10.707	-24.273
<i>P</i> 值	-	0.107	<0.01	<0.01	<0.01	0.107	<0.01	<0.01	<0.01

表 3 两组骨质疏松性椎体骨折患者手术前后 VAS 及 BI 评分( $\bar{x}\pm s$ ,分)

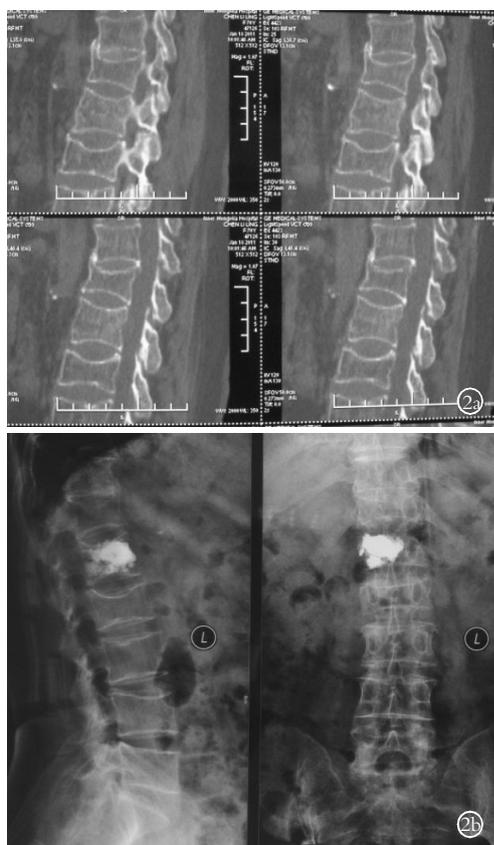
Tab.3 VAS and BI score of patients with osteoporotic vertebral compression fracture between two groups( $\bar{x}\pm s$ , score)

组别	例数	VAS 评分				BI 评分			
		术前	术后 1 周	术后 12 周	术后 1 年	术前	术后 1 周	术后 12 周	术后 1 年
PVP 组	20	7.35±0.92	2.08±0.64	1.92±0.52	1.22±0.71	40.42±16.85	85.84±13.29	89.58±11.57	92.24±12.76
PKP 组	20	7.65±0.76	2.24±0.25	2.08±0.64	1.13±0.26	37.15±15.22	86.84±12.49	90.34±13.25	93.79±12.31
<i>t</i> 值	-	-1.119	-1.201	-0.561	-1.147	-0.561	-0.842	-1.463	-1.147
<i>P</i> 值	-	0.247	0.341	0.587	0.294	0.587	0.153	0.421	0.294



**图 1** 患者,女,69 岁,摔倒后胸背部疼痛 10 h 入院 **1a.** 胸椎 CT 矢状位重建显示 T<sub>7</sub>、T<sub>12</sub> 椎体压缩改变 **1b.** PVP 术后第 2 天复查胸椎正侧位 X 线片见骨水泥充盈良好,无骨水泥渗漏

**Fig.1** A 69-year-old female patient, upper back pain caused by fall down for 10 hours in admission **1a.** Sagittal reconstruction thoracic CT showed the vertebral compression changed in T<sub>7</sub>, T<sub>12</sub> **1b.** After PVP for the 2 days, thoracic AP and lateral X-rays showed bone cement filling was good without leakage



**图 2** 患者,女,62 岁,摔倒后腰背部疼痛 7 d 入院 **2a.** 胸椎 CT 矢状位重建显示 T<sub>12</sub>、L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub> 椎体压缩改变 **2b.** PKP 术后第 2 天复查胸腰段侧位和正位 X 线片见骨水泥分布均匀,无骨水泥渗漏,压缩椎体的高度恢复良好

**Fig.2** A 62-year-old female patient, low back pain caused by fall down for 7 days in admission **2a.** Sagittal reconstruction thoracic CT showed the vertebral compression changed in T<sub>12</sub>, L<sub>1</sub> and L<sub>2</sub> **2b.** After PKP for the 2 days, thoracic lateral and AP X-rays showed bone cement filling was good without leakage, the height of the compression vertebral body recovered well

脱出;④严重的心、肺疾病者,不能耐受手术的高龄患者;⑤凝血机制障碍,不能行急诊椎板切除减压的患者。下列情况之一者可视为相对禁忌证<sup>[7-10]</sup>:①椎体压缩程度超过 75%;②病变椎体后缘骨质破坏或

不完整;③向后凸出的骨折碎片或肿瘤团块;④体质极度虚弱不能耐受手术;⑤成骨性骨转移瘤<sup>[3]</sup>;⑥不能耐受 30~90 min 俯卧体位;⑦椎弓根骨折。PKP 禁忌证与 PVP 非常相似。

**3.2 椎体高度的恢复和责任椎 Cobb 角的变化** 目前关于 PVP 和 PKP 在恢复椎体高度、纠正后凸畸形方面,还存在一定的争议<sup>[11]</sup>,这可能需要大宗临床资料的随访验证。本研究中 PVP 和 PKP 组术后所有手术椎体的前缘高度均有不同程度的恢复,但 PKP 在恢复责任椎前缘高度和矫正椎体后凸畸形方面具有明显的优势。而每组内手术后 1、12 周及 1 年的椎体前缘高度比较,无明显差异,说明压缩的椎体随着时间的推移没有进一步塌陷,这也证实了 PVP 和 PKP 在治疗 OVCF 时增强了椎体的强度和稳定性。早期的文献<sup>[12]</sup>认为 PVP 对椎体高度和后凸畸形无恢复作用,近几年的研究发现<sup>[13-15]</sup>,PVP 治疗新鲜的 OVCF 时,能部分、甚至完全纠正椎体高度的丢失和后凸畸形。本研究结果提示 PVP 术后椎体的部分高度能有所恢复,但不能矫正椎体的后凸畸形。笔者发现采用双侧注射骨水泥的 PVP 能更好地使椎体部分复位,可能双侧注射时,不仅可以使骨水泥均匀分布,而且注入的骨水泥量较多,对椎体的部分复位起到一定作用。但是通过观察,认为其原因可能是:在手术中患者采用俯卧位,形成腰部过伸,同时穿刺时术者向下加压,使骨折能部分复位,椎体前缘高度得到部分恢复。

**3.3 疼痛缓解及日常功能恢复情况** 本研究显示 PVP 和 PKP 均明显地减轻了 OVCF 患者的疼痛,而且能够继续日常的负重活动,提高了患者的独立生活能力。在手术治疗 1 周后,患者疼痛缓解程度及日常功能恢复最为明显,1 年的跟踪随访中,患者疼痛进行性缓解,日常活动功能逐渐提高,而两组之间相比并无明显差异 Zoarsk 等<sup>[16]</sup>应用肌肉骨骼效果数据评价与管理量表(MODEMS)对 30 例行 PVP 的患者随访显示,术后 2 周患者的疼痛评分、生活功能方面

均有显著改善,在其后的 15~18 个月随访中,95.65% 的患者对治疗效果满意。McGraw 等<sup>[17]</sup>对 100 例 OVCF 患者(156 个椎体)采用 PVP 治疗,术后 24 h 行 VAS 评分,97% 的患者感觉疼痛明显减轻,99 例患者获得随访(平均随访时间为 21.5 个月),其中 92 例患者对 PVP 的疗效满意。笔者的研究结果亦与上述相符,疼痛缓解率达到 100%。

**3.4 选择 PKP 还是 PVP** 关于怎样选择 PVP 或 PKP 治疗 OVCF 的问题,笔者建议可从以下几个方面进行考虑:首先,根据骨折椎体的压缩程度来选择术式,对椎体塌陷严重,尤其是存在明显的椎体骨皮质裂隙,则应优先选择 PKP,而终板和椎体后缘骨皮质相对完整者,则选用 PVP;其次,对以治疗疼痛为目的的患者,则选择 PVP;最后,根据患者的全身情况及经济能力选择术式,对于心肺功能较差、不能长时间俯卧的患者,应优先考虑 PVP。目前认为 PVP 手术比 PKP 手术更为经济,临床应用证实是一种安全、有效的手术方式,同等条件下应优先选择 PVP。

随着对广泛的基础理论研究和临床应用的不断探索,虽然 PVP 和 PKP 已经广泛应用于临床,但是仍然存在许多有待解决的问题。

#### 参考文献

- [1] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty[J]. Neurochirurgie, 1987, 33(2): 166-168.
- [2] Gangi A, Kastler BA, Dietemann JL. Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 1994, 15(1): 83-86.
- [3] Cortet B, Cotten A, Boutry N, et al. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study [J]. J Rheumatol, 1999, 26(10): 2222-2228.
- [4] 陈惠国, 张喆, 梁海萍, 等. 椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体骨折中期疗效及并发症的临床观察[J]. 中国骨伤, 2010, 23(10): 743-745.  
Chen HG, Zhang Z, Liang HP, et al. Clinical observation of effects and complications of the mid-stage in treating osteoporotic vertebral compression fracture with percutaneous kyphoplasty[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2010, 23(10): 743-745. Chinese with abstract in English.
- [5] 张世民, 张兆杰, 刘显彰, 等. 球囊扩张经皮椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体压缩性骨折[J]. 中国骨伤, 2011, 24(7): 570-573.  
Zhang SM, Zhang ZJ, Liu YZ, et al. Treatment of senile osteoporotic vertebral compression fractures with percutaneous kyphoplasty[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2011, 24(7): 570-573. Chinese with abstract in English.
- [6] Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, et al. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1631-1638.
- [7] Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1511-1515.
- [8] Truemees E. The roles of vertebroplasty and kyphoplasty as parts of a treatment strategy for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Curr Opin Orthop, 2002, 13(3): 193-199.
- [9] 徐荣明, 廖旭显. 合理运用椎体成形术与后凸成形术[J]. 中国骨伤, 2010, 23(10): 723-725.  
Xu RM, Liao XY. Reasonable application of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2010, 23(10): 723-725. Chinese.
- [10] 董友, 王德义. 球囊扩张椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国骨伤, 2010, 23(6): 466-467.  
Dong Y, Wang DY. Treatment of osteoporotic vertebral compression fractures by ballon kyphoplasty[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2010, 23(6): 466-467. Chinese with abstract in English.
- [11] Park JH, Allen MG, Prausnitz MR. Polymer microneedles for controlled-release drug delivery[J]. Pharm Res, 2006, 23(5): 1008-1019.
- [12] Jensen ME, Dion JE. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic compression fractures[J]. Neuroimaging Clin N Am, 2000, 10(3): 547-568.
- [13] Alvarez R, Evans LA, Milham PJ, et al. Effects of humic material on the precipitation of calcium phosphate[J]. Geoderma, 2004, 118(3): 245-260.
- [14] Song YH, Hahn HH, Hoffmann E, et al. Effect of humic substances on the precipitation of calcium phosphate[J]. J Environ Sci (China), 2006, 18(5): 852-857.
- [15] 季卫锋, 华仲森, 厉驹, 等. 后凸成形术治疗老年多发性骨质疏松性椎体骨折责任椎的选择[J]. 中国骨伤, 2009, 22(4): 288-290.  
Ji WF, Hua ZS, Li J, et al. The selection of responsible vertebral body in PKP (percutaneous kyphosis plasty) for aged osteoporotic spinal multiple fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2009, 22(4): 288-290. Chinese with abstract in English.
- [16] Zoarski GH, Snow P, Olan WJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fracture: quantitative prospective evaluation of long-term outcomes[J]. J Vasc Interv Radiol, 2002, 13(2 PT 1): 139-148.
- [17] McGraw JK, Lippert JA, Minkus KD, et al. Prospective evaluation of pain relief in 100 patients undergoing percutaneous vertebroplasty: results and follow-up[J]. J Vasc Interv Radiol, 2002, 13(9): 883-886.

(收稿日期: 2013-10-16 本文编辑: 王宏)