

DKP 与 BKP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床对比研究

卞元健^{1,2}, 李大鹏¹, 孙继蒂¹, 黄永辉^{1*}, 束浩明¹, 付海祥¹

(¹ 江苏大学附属医院骨二科, 江苏 镇江 212001; ² 江苏大学医学院, 江苏 镇江 212013)

[摘要] **目的:** 比较 Jack 椎体扩张器后凸成形术 (Jack vertebral dilator-kyphoplasty, DKP) 与球囊扩张后凸成形术 (balloon-kyphoplasty, BKP) 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床疗效。**方法:** 回顾性研究 2010 年 1 月至 2012 年 12 月共 56 例单个椎体老年骨质疏松性椎体压缩骨折患者, 其中 33 例患者行 DKP 手术治疗, 23 例患者行 BKP 手术治疗, 比较两组手术时间、术中出血量、骨水泥注入量、视觉疼痛模拟评分 (visual analogue scales, VAS) 和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI), 观察骨水泥在椎体内的分布情况, 测量手术前后病椎高度和 Cobb 角的变化。**结果:** 56 例患者均获随访, 其中 DKP 组随访 7~16 个月, 平均 10.7 个月; BKP 组随访 6~15 个月, 平均 9.5 个月。两组手术时间、出血量、骨水泥注入量相比, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 两组术后椎体高度、后凸 Cobb 角、疼痛 VAS 评分及 ODI 评分均较术前改善 ($P < 0.05$), DKP 组在恢复椎体前缘高度和矫正后凸 Cobb 角方面优于 BKP 组 ($P < 0.05$)。DKP 组出现 1 例椎体旁骨水泥少量渗漏 (3.0%); BKP 组出现 5 例渗漏 (21.7%), 均无临床症状。**结论:** DKP 和 BKP 均可有效治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折, DKP 在恢复椎体前缘高度及矫正后凸 Cobb 角上效果更显著, 且骨水泥的渗漏率更低。

[关键词] 骨质疏松; 椎体骨折; 后凸成形术

[中图分类号] R683.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2015)08-1136-06

doi: 10.7655/NYDXBNS20150817

A comparison study between Jack vertebral dilator-kyphoplasty and balloon-kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures

Bian Yuanjian^{1,2}, Li Dapeng¹, Sun Jifu¹, Huang Yonghui^{1*}, Shu Haoming¹, Fu Haixiang¹

(¹ Department of Orthopaedic Surgery, the Affiliated Hospital of Jiangsu University, Zhenjiang 212001; ² School of Medicine, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

[Abstract] **Objective:** To compare the clinical outcomes of Jack vertebral dilator-kyphoplasty (DKP) and balloon kyphoplasty (BKP) in treatment of osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF). **Methods:** A retrospective study was conducted about 56 single OVCF cases from January 2010 to December 2012. Thirty-three cases were treated with DKP, while other 23 cases were treated with BKP procedures. The operating time, bleeding volume, cement injected volume were recorded during operation. The patients' visual analogue scales (VAS) score and Oswestry disability index (ODI) score were also evaluated. The distribution of cement, the restoration of vertebral height and Cobb angle were also observed post-operation. **Results:** There were no significant differences in operating time, bleeding volume and cement injected volume between two groups ($P > 0.05$). The vertebral height, Cobb angle, VAS and ODI scores were significantly improved by those two operations ($P < 0.05$). The height of the anterior vertebrae and Cobb angle in DKP groups were restored more significantly than that of BKP group ($P < 0.05$). Cement leakages happened in one case (3.0%) in DKP group and in 5 cases (21.7%) in BKP group. **Conclusion:** DKP and BKP were both effective and safe for the treatment of OVCF. The height of anterior vertebrae and Cobb angle in DKP group were restored significantly than those in BKP groups, and there is lower cement leakage rate in DKP than that of BKP.

[Key words] osteoporosis; vertebral compression fractures; kyphoplasty

[Acta Univ Med Nanjing, 2015, 35(08): 1136-1141]

[基金项目] 江苏大学医学临床科技发展基金 (JLY20120154)

*通信作者 (Corresponding author), E-mail: huangyh8855@163.com

骨质疏松症是老年人较常见的疾病,骨质疏松患者易发生脊柱压缩性骨折,且多发生于胸腰段椎体,易引起慢性顽固性疼痛、脊柱后凸畸形、肺功能及胃肠功能减退、情绪低落、生活质量下降等问题,致残率、病死率较高^[1]。骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures,OVCF)的治疗目前多倾向于微创技术,如椎体成形术和后凸成形术。椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)作为治疗 OVCF 的一种微创手术方式,能有效缓解疼痛,但它不能恢复椎体高度、矫正畸形,且易引起骨水泥渗漏,导致椎管内压迫及肺栓塞等灾难性并发症^[2]。后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)是 PVP 的改良与发展,能快速缓解疼痛,恢复椎体丢失高度,矫正脊柱后凸畸形,降低骨水泥渗漏率^[3]。

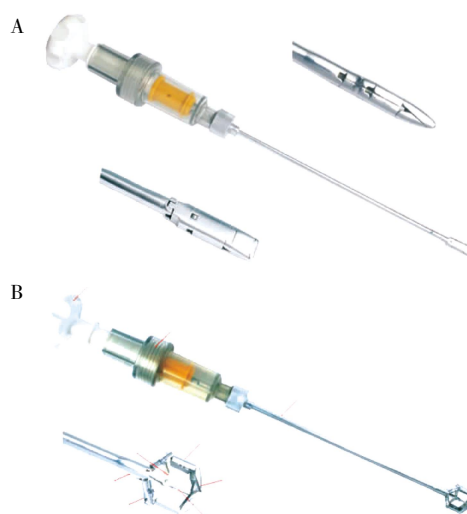
目前临床上常用的两种 PKP 手术方式为球囊扩张后凸成形术(balloon kyphoplasty,BKP)及椎体扩张器后凸成形术(vertebral dilator kyphoplasty,DKP)^[2,4],但是,鲜有学者对比研究这两种方法的临床疗效。因此,本文回顾性研究本院 2010 年 1 月至 2012 年 12 月应用这两种方法治疗的 OVCF 56 例,其中 DKP 组 33 例(33 椎),BKP 组 23 例(23 椎),比较两者的临床疗效。

1 对象和方法

1.1 对象

2010 年 1 月至 2012 年 12 月 OVCF 患者(胸腰段)56 例,均以胸腰背痛为首发症状,其中 DKP 组 33 例,男 9 例,女 24 例;年龄 50~85 岁,平均 69.4 岁;T₁₁ 2 椎,T₁₂ 11 椎,L₁ 13 椎,L₂ 7 椎。BKP 组 23 例,男 5 例,女 18 例;年龄 56~96 岁,平均 70.3 岁;T₁₁ 1 椎,T₁₂ 7 椎,L₁ 10 椎,L₂ 5 椎。所有患者术前均没有脊髓或神经根受损的症状和体征,无心肺脑功能严重障碍、感染、凝血功能障碍等手术禁忌证。术前均行胸腰椎正侧位 X 线片、CT 及 MRI 扫描检查,明确病变部位和病变性质、确定椎体压缩程度和椎弓根及椎体后壁的完整性,测量椎弓根大小,并行骨密度测定,所有患者 T 值均降低 2.5 个标准差(s)以上。

Jack 椎体扩张器[中国、美国和欧洲专利号分别为 Z1200510094420.1、US2008—0177259 和 1946709;注册证号:苏食药器械(准)字 2009 年 1100231 号],由产生扩张力的前部和产生拉力或推力的后部组成(图 1)。



A:头部合拢;B:头部撑开。

图 1 Jack 椎体扩张器

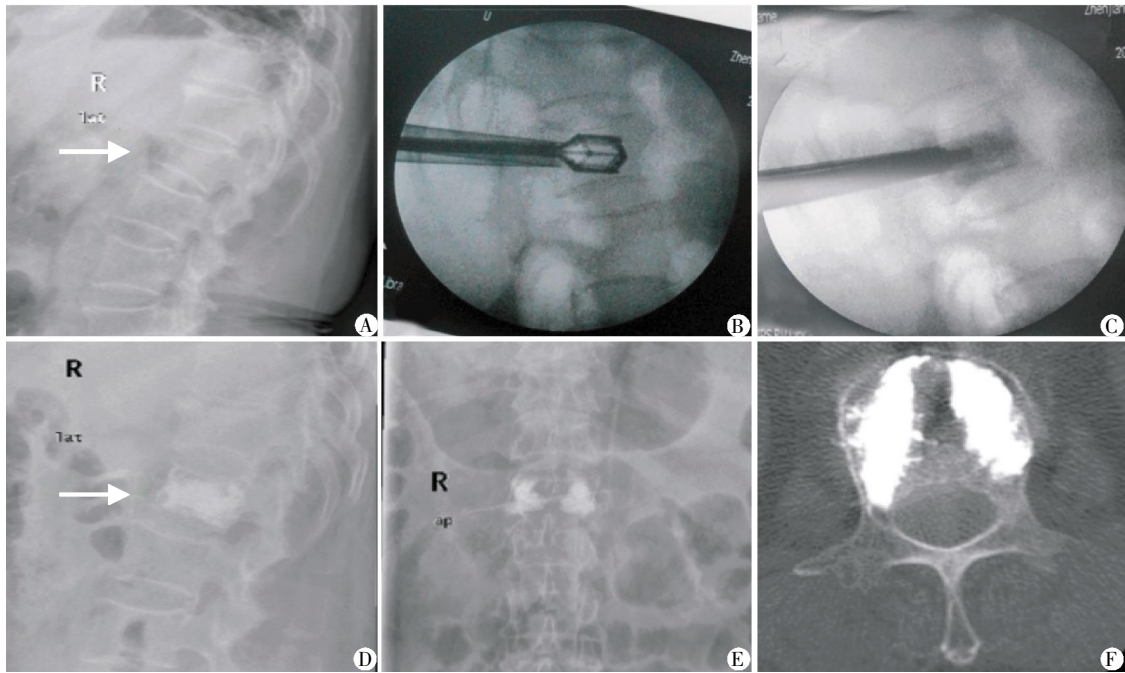
Figure 1 Jack vertebral dilator

1.2 方法

DKP 组:与先前报道的方法相同^[5],简述如下:患者俯卧位,C 型臂透视下定位,经椎弓根入路穿刺,穿刺成功后更换导针,沿导针依次置入圆形扩孔套管和椭圆形工作套管,将 Jack 椎体扩张器沿工作套管置入椎体前 2/3 并旋转 90°,顺时针旋转旋柄,逐渐扩大扩张器。当椎体高度恢复或扩张器达椎体终板时停止旋转扩张器。逆时针旋转旋柄,逐渐完全收拢扩张器,旋转 90°后取出扩张器。调制骨水泥(PMMA)至团状初期,经骨水泥推入管缓缓注入到椎体空腔内。注入过程中如发现骨水泥外漏应立即停止注入(图 2)。

BKP 组:与其他学者的报道相同^[6]。患者俯卧位,C 型臂透视下定位,经椎弓根入路穿刺,穿刺成功后抽出穿刺针内芯,置入导针,沿导针置入扩张套管,用手钻将椎体内工作通道扩大,取出手钻,导入可扩张球囊,连接压力注射装置,注入碘海醇造影剂,通过 C 型臂 X 线机监视球囊扩张及椎体高度恢复情况,当出现以下情况时停止扩张:①扩张压力达到 300 psi;②球囊达椎体边缘;③椎体高度恢复;④球囊已达最大容量。扩张结束后抽出造影剂并撤出球囊。最后,在透视监视下将处于拉丝期骨水泥注入到椎体内,若发现有骨水泥向椎体外流动应立即停止注射。

术中监测患者生命体征,记录手术时间、出血量、骨水泥注入量及骨水泥渗漏情况;通过手术前后的正、侧位 X 线片,测量病椎的前缘高度、中部高度、矢状面 Cobb 角,观察骨水泥在椎体内分布及渗漏情况,



患者,女,68岁,L₁椎体压缩性骨折。A:术前正侧位片;B:术中L₁椎体扩张器复位;C:骨水泥;D:术后侧位片;E:术后正位片;F:CT示骨水泥充盈好,两侧椎弓根完整。

图2 DKP典型病例

Figure 2 Radiological images from a representative patient in DKP group

必要时行CT扫描;应用10分制视觉模拟评分(visual analogue scales, VAS)和 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI) 评分评价患者疼痛和功能改善情况。分别于术后1周内、3个月和末次随访时评价其疗效。所有患者出院后进行随访。

1.3 统计学方法

应用SPSS16.0统计软件对测量数据进行分析处理。数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,计量资料采用重复测量方差分析,计数资料采用 Fisher 确切概率法,以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所有患者均安全完成手术。56例患者均获得随访,其中DKP组33例,随访时间7~16个月,平均10.7个月。BKP组23例,随访时间6~15个月,平均9.5个月;所有患者均未发生感染、神经或脊髓损伤、肺栓塞、死亡以及其他严重并发症。

2.1 手术时间、出血量、骨水泥注入量及渗漏情况

DKP组与BKP组的手术时间、出血量以及骨水泥注入量比较差异均无统计学意义(表1)。DKP组1例(1个椎体)出现骨水泥少量渗入椎体侧方,无明显临床症状,渗漏率为3.0%。BKP组5例(5个椎体)出现骨水泥渗漏,渗漏率为21.7%,其中1例(1个椎体)为椎间隙渗漏,2例(2个椎体)为椎旁渗漏,1

例(1个椎体)为椎体前缘渗漏,1例(1个椎体)为椎体后缘渗漏,均无明显临床症状。两组间骨水泥渗漏率差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表1 DKP组与BKP组术中一般情况比较

Table 1 General situation of patients in the DKP and BKP in operation		(X ± s)	
组别	手术时间(min)	出血量(mL)	骨水泥注入量(mL)
DKP(n=33)	63.3 ± 18.8	31.2 ± 12.9	4.8 ± 0.6
BKP(n=23)	62.0 ± 17.4	26.7 ± 11.5	5.2 ± 0.9
P值	0.782	0.188	0.080

2.2 椎体高度及后凸 Cobb 角

通过影像学资料评估手术前后椎体前缘、中部高度。DKP组与BKP组术前椎体前缘、椎体中部高度两组比较差异均无统计学意义($P = 0.639, P = 0.120$), DKP组与BKP组术后椎体前缘高度均得到有效改善(P 均 < 0.001 , 表2)。两组椎体前缘高度恢复率分别为 $(50.89 \pm 22.77)\%$ 和 $(38.78 \pm 21.06)\%$, DKP组对椎体前缘高度的恢复较BKP组更有效($P = 0.049$)。DKP组与BKP组术后椎体中部高度均得到有效改善(P 均 < 0.001 , 表2), 两组椎体中部高度恢复率分别为 $(42.79 \pm 20.97)\%$ 和 $(43.47 \pm 20.49)\%$, 两组比较差异无统计学意义($P = 0.906$)。DKP组与BKP组末次随访椎体前缘高度丢失分别为 (0.52 ± 0.19) mm和 (1.26 ± 0.61) mm, 两组比较差异有统计学意义

($P < 0.001$), 末次随访椎体中部高度丢失分别为 (0.57 ± 0.25)mm 和 (1.12 ± 0.56)mm, 两组比较差异有统计学意义($P < 0.001$)。

通过影像学资料评估手术前后 Cobb 角矫正情况。DKP 组和 BKP 组术后后凸 Cobb 角明显改善, 分别矫正 $8.67^\circ \pm 6.04^\circ$ 、 $5.35^\circ \pm 3.41^\circ$, 两组间比较差异有统计学意义($P = 0.012$, 表 3)。

2.3 临床疗效

术前、术后及末次随访疼痛 VAS 评分比较(表 4): DKP 组术前、术后比较差异有统计学意义 ($P < 0.001$), 末次随访与术后比较差异无统计学意义 ($P = 0.249$); BKP 组术前、术后比较差异有统计学意义 ($P <$

0.001), 末次随访与术后比较差异无统计学意义($P = 0.486$); DKP 组和 BKP 组 VAS 评分末次随访改善值分别为: (3.6 ± 1.0)分、(3.7 ± 1.7)分, 两组比较差异无统计学意义($P = 0.550$)。

术前、术后及末次随访 ODI 评分比较(表 4): DKP 组术前、术后比较差异有统计学意义($P < 0.001$), 末次随访与术后比较差异无统计学意义($P = 1.000$); BKP 组手术前后比较差异有统计学意义($P < 0.001$), 末次随访与术后比较差异无统计学意义 ($P = 1.000$); DKP 组和 BKP 组术后 ODI 评分改善值分别为(42.9 ± 8.8)%、(39.3 ± 8.4)%, 两组比较差异无统计学意义($P = 0.135$)。

表 2 DKP 组与 BKP 组术前、术后及末次随访椎体高度变化情况比较

Table 2 Vertebral height of both DKP and BKP group at pre-, postoperation and final follow-up (mm, $\bar{x} \pm s$)

组别	椎体前缘高度			椎体中部高度		
	术前	术后	末次随访	术前	术后	末次随访
DKP($n=33$)	19.9 ± 5.3	$26.1 \pm 4.3^*$	$25.5 \pm 4.3^{\#}$	19.0 ± 5.3	$24.5 \pm 4.3^*$	$23.9 \pm 4.3^{\#}$
BKP($n=23$)	20.6 ± 5.4	$25.1 \pm 3.6^*$	$23.8 \pm 3.8^{\Delta\Delta}$	21.3 ± 5.1	$25.7 \pm 3.4^*$	$24.6 \pm 3.5^{\Delta\Delta}$

与术前比较, * $P < 0.001$; 与术后比较, # $P < 0.05$; 与 DKP 组比较, $\Delta P < 0.001$ 。

表 3 DKP 组与 BKP 组术前、术后及末次随访 Cobb 角变化情况比较

Table 3 Cobb angle of both DKP and BKP group at pre-, postoperation and final follow-up ($^\circ, \bar{x} \pm s$)

组别	术前	术后	末次随访
DKP($n=33$)	14.8 ± 7.9	$6.1 \pm 3.7^*$	$9.5 \pm 3.9^{\#}$
BKP($n=23$)	14.6 ± 8.4	$9.2 \pm 7.1^{\Delta}$	$11.3 \pm 7.1^{\Delta\Delta}$

与术前比较, * $P < 0.001$; 与术后比较, # $P < 0.001$; 与 DKP 组比较, $\Delta P < 0.05$ 。

表 4 DKP 组与 BKP 组术前、术后及末次随访 VAS 评分与 ODI 评分比较

Table 4 VAS and ODI scores of both DKP and BKP group at pre-, postoperation and final follow-up (分, $\bar{x} \pm s$)

组别	VAS 评分			ODI 评分		
	术前	术后	末次随访	术前	术后	末次随访
DKP($n=33$)	6.0 ± 0.8	$2.4 \pm 0.6^*$	2.4 ± 0.6	68.4 ± 7.2	$25.4 \pm 3.6^*$	25.5 ± 3.5
BKP($n=23$)	6.2 ± 0.7	$2.4 \pm 0.4^*$	2.5 ± 0.5	67.0 ± 7.6	$27.7 \pm 3.3^*$	27.6 ± 2.9

与术前相比, * $P < 0.001$ 。

年来,新的微创方法——椎体成形术和后凸成形术的出现,为 OVCF 的治疗提供了更好选择,两者均可起到迅速缓解疼痛和稳定脊柱的作用,后者更具优势,还可以复位骨折塌陷椎体,矫正后凸畸形,且操作时在椎体内形成一空腔,更易于骨水泥的注入,减少渗漏,降低并发症,提高手术疗效^[8-10]。PKP 方法很多,目前临床上应用较广泛的是 BKP,但临床研究发现 BKP 方法的骨水泥渗漏率仍较高,对椎体的复位也并不能完全令人满意^[4],且球囊的价格相对昂贵^[11]。为此,我国学者殷国勇等^[12]研制了 Jack 椎体扩张器系统,并应用于临床,取得了较好

3 讨论

3.1 骨质疏松性椎体骨折的治疗

OVCF 患者卧床休息、药物镇痛等保守治疗将导致骨量进一步丢失,增加再次骨折的风险,而开放性手术创伤大,老年患者耐受性差,且疏松的椎体对内固定的把持力不够常导致内固定失败^[7]。近

的临床疗效^[2]。

3.2 Jack 椎体扩张器与球囊的比较

Jack 椎体扩张器是根据脊柱胸腰段椎弓根纵径比约 2:1 的解剖特点设计的^[13],采用折叠-扩张原理工作。扩张器头部呈长方形,在头部处于折叠状态时放入椎弓根至椎体,以上下面积较大的长方形撑开面对准上下终板缓慢平行撑开,其扩张时接触面积大,避免了切割造成的新发骨折。此外,DKP 工作通道较 BKP 更宽,因而骨水泥可以在更为黏稠的状态(团状初期)推入,减少了骨水泥渗漏的可能。

Jack 扩张器在椎体内扩张是一种机械性扩张,

扩张力较大,且定向性好,而球囊是通过压力进行扩张,扩张力较 Jack 椎体扩张器小,其在椎体内朝着阻力小的方向扩张,而阻力较大的椎体上下终板并不能得到有效扩张,且扩张的方向不易控制。球囊在扩张过程中可能会发生破裂,尤其在治疗多节段 OVCF 患者时,球囊多次使用会增加其破裂的风险,影响手术进程,而 Jack 椎体扩张器为合金制成,坚固性强,不容易断裂,从而保证手术顺利进行。此外,Jack 椎体扩张器系统还具有操作相对简单,价格相对低廉的优点。

3.3 DKP 与 BKP 临床疗效的比较

本研究结果显示,DKP 组和 BKP 组均能安全完成手术,在缓解疼痛、改善生活功能以及 VAS 和 ODI 评分等方面,两组病例与术前相比差异有统计学意义($P < 0.05$),说明 DKP 与 BKP 同样具有有效性和安全性,而从手术前后椎体高度和后凸 Cobb 角的测量结果分析,两种手术方法均可恢复椎体高度、矫正后凸 Cobb 角,表明两者治疗 OVCF 均有良好的临床疗效。但在椎体前缘高度、后凸 Cobb 角的恢复方面 DKP 组优于 BKP 组,表明 DKP 在椎体前缘高度恢复、后凸畸形矫正方面较 BKP 临床疗效更显著,这与 Jack 扩张器有关。DKP 采用机械刚性扩张,扩张力较大且易于调节和定位,体外力学测试最大扩张力可达 800 psi,远远大于球囊的扩张力,完全满足撑开压缩椎体的需要,能更好地恢复椎体高度、矫正后凸畸形。

本研究中,BKP 骨水泥渗漏率较高,为 21.7% (5/23),其中 1 例(1 个椎体)为椎间隙渗漏。DKP 组渗漏率相对较低,为 3.0%(1/33),仅有 1 例骨水泥少量渗入椎体侧方,并未渗漏至椎间隙,无明显临床症状。DKP 渗漏率相对较低与以下几点有关:①DKP 组椎体扩张器在椎体内垂直于终板方向缓慢平行撑开,接触面是较大的长方形平面,两侧扩张器同时扩张,面积可达 4 cm²,应力分散相对平均,可有效避免撑破终板或扩大原有骨折的裂隙,同时上下平行缓慢撑开,更利于压缩椎体的复位;②DKP 组椎体扩张器在椎体内是定向垂直于终板撑开,撑开的空腔周围骨质夯实得较紧密,骨水泥只注入于撑开的空腔,不会向空腔周围渗入,在保证治疗效果的前提下,可减少骨水泥的注入量,从而减少渗漏的发生,而球囊膨胀呈块状,向各个方向产生压力,骨水泥用量大,因而增大了骨水泥渗漏的发生;③DKP 椎弓根扩孔通道较 BKP 粗,骨水泥推入管相对也较粗,其内径 3.9 mm(外径 4.5 mm),较之 BKP 的骨水泥推入

管内径 2.8 mm(外径 3.4 mm)的横截面积明显增大,骨水泥可以在较为黏稠的状态(团状初期)推入,并非如 BKP 骨水泥需要在拉丝后期推入,可显著减少骨水泥的渗漏^[12]。

但有学者^[14]报道骨折椎体经后凸成形术后仍会有不同程度的塌陷,这可能与终板-骨水泥间松质骨这一薄弱区域(non-PMMA-endplate-contact, NEPC)存在有关^[4,15]。本研究中 56 例患者 X 线片发现 DKP 的 NEPC 小,原因在于 Jack 椎体扩张器最大扩张力可达 800 psi^[2],而球囊的最大扩张力为 300 psi,球囊在椎体内向阻力小的方向扩张,使得终板与骨水泥间松质骨的区域常常较大,而 Jack 椎体扩张器垂直于终板方向平行撑开椎体,使得椎体撑开器更易贴近终板,因而 NEPC 区域的松质骨体积较小,从而降低复位骨折再塌陷的发生率。本研究中 BKP 组患者椎体高度丢失明显高于 DKP 组,当然我们的随访时间不长,今后将进一步延长随访以做出更客观的评价。

尽管 Jack 椎体扩张器相较球囊有明显优势,但也有其局限性,由于 Jack 椎体扩张器椎弓根扩孔通道管径较球囊大,对于部分椎弓根特别狭窄或畸形的病例不太适合使用,因此术前应常规行胸腰椎 CT 平扫和二维重建检查,测量椎弓根的大小,根据测定结果选择相应规格的椎体扩张器。若盲目使用有可能造成椎弓根断裂及损伤脊髓,当然,是否导致终板破裂也与手术操作过程中的细心和技巧有关。与此相比,BKP 对椎弓根的要求相对较低,选择应用空间相对较大,可用于中下段胸椎。同时 Jack 椎体扩张器也在不断改进之中,以适合下胸椎使用。

总之,DKP 和 BKP 均能有效恢复压缩性骨折的椎体高度,矫正后凸畸形,缓解疼痛,改善生活功能,均有较好的临床疗效。但 DKP 在可操控性和安全性上,在恢复椎体前缘高度、矫正后凸畸形和骨水泥渗漏方面更具优势。但由于本研究的病例数相对较少,且随访时间较短,远期疗效有待进一步研究总结。

[参考文献]

- [1] Bliuc D, Nguyen ND, Milch VE, et al. Mortality risk associated with low-trauma osteoporotic fracture and subsequent fracture in men and women[J]. JAMA, 2009, 301(5): 513-521
- [2] Shen GW, Wu NQ, Zhang N, et al. A prospective comparative study of kyphoplasty using the Jack vertebral

- dilator and balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(9): 1282-1288
- [3] Krappinger D, Kastenberger TJ, Schmid R. Augmented posterior instrumentation for the treatment of osteoporotic vertebral body fractures [J]. *Oper Orthop Traumatol*, 2012, 24(1): 4-12
- [4] Sietsmam S, Hosman A J, Verdonschot NJ, et al. Biomechanical evaluation of the vertebral jack tool and the inflatable bone tamp for reduction of osteoporotic spine fractures [J]. *Spine*, 2009, 34(18): E640-644
- [5] Li D, Huang Y, Yang H, et al. Jack vertebral dilator kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(1): 15-21
- [6] 杨升全, 金正帅, 张宁, 等. 椎体扩张器、Kyphon 球囊和 Sky 骨膨胀器三种后凸成形术的临床应用比较研究 [J]. *南京医科大学学报: 自然科学版*, 2011, 31(2): 250-255
- [7] Wang G, Yang H, Chen K. Osteoporotic vertebral compression fractures with an intravertebral cleft treated by percutaneous balloon kyphoplasty [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(11): 1553-1557
- [8] Kim KH, Kuh SU, Chin DK, et al. Kyphoplasty versus vertebroplasty: restoration of vertebral body height and correction of kyphotic deformity with special attention to the shape of the fractured vertebrae [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(6): 338-344
- [9] Papanastassiou ID, Phillips FM, Van Meirhaeghe J, et al. Comparing effects of kyphoplasty, vertebroplasty, and non-surgical management in a systematic review of randomized and non-randomized controlled studies [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(9): 1826-1843
- [10] Li X, Yang H, Tang T, et al. Comparison of kyphoplasty and vertebroplasty for treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures: twelve-month follow-up in a prospective nonrandomized comparative study [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2012, 25(3): 142-149
- [11] Svedbom A, Alvares L, Cooper C, et al. Balloon kyphoplasty compared to vertebroplasty and nonsurgical management in patients hospitalised with acute osteoporotic vertebral compression fracture: a UK cost-effectiveness analysis [J]. *Osteoporos Int*, 2013, 24(1): 355-367
- [12] 殷国勇, 张子韬, 张宁, 等. 应用 Jack 椎体扩张器行后凸成形术治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2010, 20(9): 711-715
- [13] 陈家强, 周立兵, 余明华, 等. 胸腰椎椎弓根的解剖学测量及其临床意义 [J]. *解剖学研究*, 2004, 26(1): 63-65
- [14] Majd ME, Farley S, Holt RT. Preliminary outcomes and efficacy of the first 360 consecutive kyphoplasties for the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Spine J*, 2005, 5(3): 244-255
- [15] Kim YY, Rhyu KW. Recompression of vertebral body after balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(11): 1907-1912

[收稿日期] 2014-12-27