

· 临床论著 ·

骨质疏松性椎体骨折不同复位程度椎体成形比较[△]

马航展, 贺少杰, 谢一心, 朱耀林, 李伟宽, 古浩坤, 孔畅

(广东省广州市番禺区中医院脊柱外科, 广东广州 511400)

摘要: [目的] 评价骨折复位器不同复位高度联合经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF) 的疗效。[方法] 2020 年 1 月—2021 年 12 月本院收治的 86 例单节段 OVCF 患者, 随机分为 3 组。所有患者均行仰卧位复位器复位后 PVP 术, 其中, 低复位组 30 例, 复位器高度 7~9 cm; 中复位组 29 例, 高度 10~12 cm; 高复位组 27 例, 高度为 13~15 cm。比较三组患者的围手术期、随访和影像资料。[结果] 低复位组骨水泥注入量显著少于中复位组和高复位组 [(3.4±0.9) ml vs (4.1±0.9) ml vs (3.9±1.0) ml, $P=0.015$], 三组间骨水泥渗漏率差异无统计学意义 ($P>0.05$)。所有患者均获随访 12 个月以上, 随时间推移, 三组患者术后 VAS 和 ODI 评分均显著降低 ($P<0.05$)。术前至术后 6 个月, 三组间 VAS 评分的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 所有相应时间点, 三组间 ODI 评分差异无统计学意义 ($P>0.05$)。但是, 末次随访时低复位组的 VAS 评分显著大于中复位组和高复位组 [(1.4±0.9) vs (0.9±0.7) vs (0.9±0.8), $P=0.020$]。影像方面, 随访过程中新发或再发骨折为低复位组 2 例 (6.7%), 中复位组 3 例 (10.3%), 高复位组 6 例 (22.2%), 但差异无统计学意义 ($P>0.05$)。与术前相比, 术后三组患者椎体前缘高度和局部后凸角均显著改善 ($P<0.05$)。术前三组间椎体前缘高度和局部后凸角的差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 术后相应时间点低复位组的椎体前缘高度和局部后凸 Cobb 角均显著不及中复位组及高复位组 ($P<0.05$); 高复位组与中复位组间椎体前缘高度及局部 Cobb 角的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 不同复位高度 PVP 治疗 OVCF 均能有效缓解疼痛, 提高患者术后生活质量。采用 10 cm 以上的复位高度能够更好地恢复骨折椎体前缘高度及改善后凸畸形。

关键词: 骨质疏松性椎体压缩性骨折, 复位器, 复位高度, 经皮椎体成形术

中图分类号: R683.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 20-1854-06

Comparison of different reduction heights with a reductor ahead of percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures // MA Hang-zhan, HE Shao-jie, XIE Yi-xin, ZHU Yao-lin, LI Wei-kuan, GU Hao-kun, KONG Chang. Department of Spine Surgery, Panyu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 511400, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of different reduction heights with a self-developed reductor before percutaneous vertebroplasty (PVP) for osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF). [Methods] A total of 86 patients with single-segment OVCF admitted to our hospital from January 2020 to December 2021 were randomly divided into 3 groups. All patients underwent PVP after fracture reduction in supine position with the self-developed reductor. Of them, 30 patients in the low reduction (LR) group received reduction with the reductor height of 7~9 cm, 29 patients in the middle reduction (MR) group were with the height of 10~12 cm, while the remaining 27 patients in the high reduction (HR) group were with the height of 13~15 cm. The perioperative period, follow-up and imaging data of the three groups were compared. [Results] The LR group had significantly less amount of bone cement injected in PVP than the MR and HR groups [(3.4±0.9) ml vs (4.1±0.9) ml vs (3.9±1.0) ml, $P=0.015$], although there was no a significant difference in bone cement leakage rate among the three groups ($P>0.05$). With time of follow-up lasted for more than 12 months, the VAS and ODI scores significantly decreased in the three groups ($P<0.05$). Nevertheless, there were no significant differences in terms of VAS scores between the three groups preoperatively to 6 months postoperatively ($P<0.05$), and ODI scores at any time points accordingly ($P<0.05$), the LR group proved significantly higher VAS scores than the MR and HR groups at the latest follow-up [(1.4±0.9) vs (0.9±0.7) vs (0.9±0.8), $P=0.020$]. Regarding to imaging, the new-onset or recurrent fractures during follow-up were found in 2 cases (6.7%) in the LR group, 3 cases (10.3%) in the MR group, and 6 cases (22.2%) in the HR group, whereas which was not statistically significant ($P>0.05$). Compared with those preoperatively, the anterior vertebral height and local kyphotic Cobb angle significantly improved in all the three groups postoperatively ($P<0.05$). There

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.20.06

△基金项目: 广东省中医药局科研项目 (编号: 20201278); 番禺区科技计划项目 (编号: 2021-Z04-074)

作者简介: 马航展, 主任医师, 研究方向: 脊柱外科, (电话) 15360842232, (电子信箱) mahangzhan@126.com

were no significant differences in anterior vertebral height and local kyphotic Cobb angle among the three groups before surgery ($P>0.05$), whereas the LR group proved significantly inferior to the MR and HR groups in abovementioned items at all corresponding time points after surgery ($P<0.05$). However, there were no significant differences in the anterior vertebral height and the local kyphotic Cobb Angle between the MR and HR groups postoperatively ($P>0.05$). [Conclusion] PVP after fracture reduction in different heights does effectively relieve pain and improve postoperative quality of life for OVCF. By comparison, the reduction height in more than 10cm does better restore the anterior vertebral height of the fractured vertebra and improve the kyphosis.

Key words: osteoporotic vertebral compression fracture, reductor, reduction height, percutaneous vertebroplasty

随着我国老年化加剧,骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF)发病率越来越高。椎体成形手术(percutaneous vertebroplasty, PVP)可迅速缓解疼痛,但骨折椎体复位较困难,常残留后凸畸形^[1-4]。笔者团队在前期的研究中,自主研发一种新型胸腰椎压缩性骨折可调式体外复位器(国家实用新型专利:2016203645900),并通过该复位器治疗 OVCF,骨折椎体可获得不同程度的复张,后凸角度得到改善。但该复位器复位高度的不同对 OVCF 患者疗效是否存在影响尚未清楚。该研究通过前瞻性临床随机对照,进一步评估不同复位高度对 OVCF 疗效的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)年龄>60岁,骨密度(bone mineral density, BMD): $T \leq -2.5$; (2)影像显示骨折椎体

为单一节段新鲜骨折,骨折节段为 $T_9 \sim L_5$ (图 1a); (3)无明显脊髓神经损伤症状;(4)椎体后缘无破裂;(5)患者知情并同意接受此临床研究。

排除标准:(1)新鲜骨折合并 Kümmell 病;(2)肿瘤、结核、感染等所致的病理性骨折;(3)严重基础疾病或不能耐受体位或手术者;(4)不稳定脊柱骨折,伴有脊髓和神经损伤者;(5)椎体极重度压缩或者畸形致穿刺通道无法建立者;(6)骨水泥过敏者。

1.2 一般资料

2020 年 1 月—2021 年 12 月收治住院的 86 例 OVCF 的患者,均符合上述标准,纳入本研究。采用随机数字表法随机分为 3 组,分别在复位器下的三种高度复位,其中,低复位组 30 例,中复位组 29 例,高复位组 27 例。术前一般资料见表 1,三组年龄、性别、BMI、骨折部位、骨密度等资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究经医院伦理委员会审批(2019008),所有患者术前均签署手术知情同意书。

表 1 三组患者术前一般资料与比较

Table 1 Comparison of general information among the three groups of patients

指标	低复位组 (n=30)	中复位组 (n=29)	高复位组 (n=27)	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	70.3±8.4	73.8±9.7	72.1±8.6	0.300
性别(例,男/女)	7/23	6/23	6/21	0.970
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	21.2±2.4	21.8±2.4	21.5±2.4	0.610
病程(例,急性期/非急性期)	23/7	20/9	18/9	0.680
部位(例,胸腰段/非腰段)	20/10	18/11	19/8	0.805
骨密度(T 值, $\bar{x} \pm s$)	-3.2±1.2	-3.4±1.1	-3.6±1.3	0.615

1.3 治疗方法

患者取仰卧位,将骨折复位器放置于腰背部骨折椎体部位,摇动复位器手摇把,根据分组和患者耐受情况,缓慢将复位器升至预期高度,低复位组 7~9 cm,中复位组 10~12 cm,高复位组 13~15 cm,维持 10~15 min(图 1b)。将复位器降至最低位置,采用滚轴法将患者改为俯卧位。在局麻下行 PVP 手术治

疗,均为单侧经椎弓根穿刺,透视辅助下将穿刺针沿椎弓根进入骨折椎体内,透视证实穿刺针位置良好,当穿刺针尖到达椎体后 1/3 交界处时,调配骨水泥至牙膏状态期,取出穿刺针芯,利用骨水泥推杆调整合适深度向椎体内缓慢推注骨水泥 1~5 ml(图 1c)。使用的椎体成形器械为山东冠龙医疗用品有限公司生产,注册证号:国械注准 20153100284。骨水泥为意

大利 Tecres S.P.A 公司生产，注册号：国食药监械（进）字 2014 第 3652518 号。术后 24 h 内佩戴支具

下床活动，术后第 1 d 复查 X 线片（图 1d），视患者恢复情况，予适时办理出院。

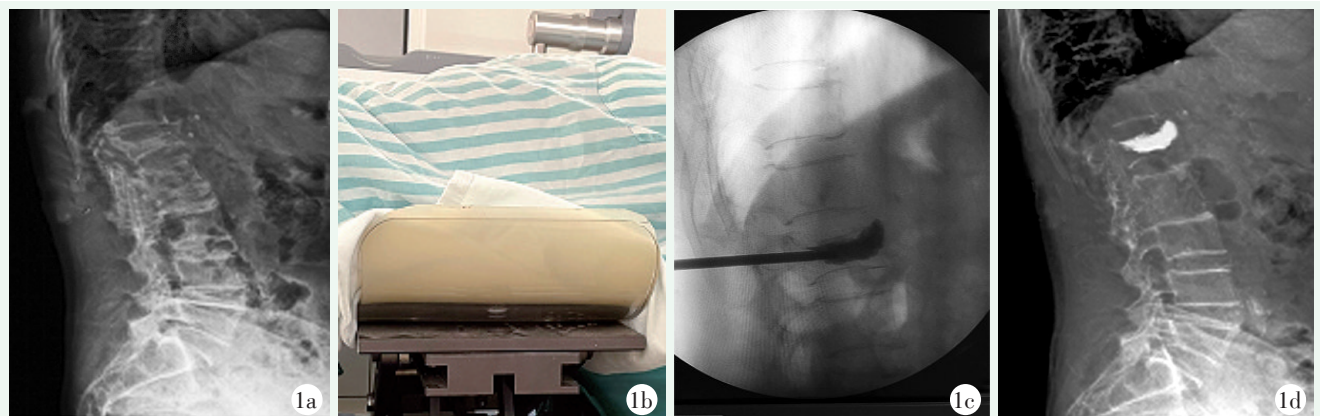


图 1 患者，男，76 岁，骨质疏松性 L₁ 压缩性骨折行复位器联合 PVP 治疗。1a: 治疗前 L₁ 椎体前缘高度为 12.9 mm，Cobb 角 18.1°；1b: 患者使用复位器进行骨折椎体复位；1c: L₁ 骨折复位后行 PVP 治疗；1d: 治疗后 L₁ 椎体前缘高度为 24.0 mm，Cobb 角 9.2°。

Figure 1. A 76-year-old male underwent fracture reduction by a retractor followed by PVP for L₁ osteoporotic vertebral compression fracture. 1a: Lateral X ray before the treatment showed the anterior height of L₁ vertebra of 12.9 mm and the Cobb angle of 18.1°. 1b: The patient had the fracture reduced by using the retractor in the supine position. 1c: Following the reduction in the supine position, the L₁ fracture was treated by PVP. 1d: Lateral X ray after the treatment revealed the anterior height of L₁ vertebra of 24.0 mm and the Cobb angle of 9.2°.

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括复位器复位维持时间、手术时间、术中透视次数、骨水泥注入量、骨水泥渗漏、住院时间、住院费用等。采用疼痛视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）及 Oswestry 功能障碍指数（Oswestry disability index, ODI）评估临床疗效。行影像检查，测量骨折椎体前缘高度和局部后凸 Cobb 角，观察再发骨折情况。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析，计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，采用单因素方差分析，两两比较采用 LSD 法；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料采用 Krushal-Wallis H 检验，组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

三组患者围手术期资料见表 2，低复位组手术中透视次数较其他两组明显减少（P<0.05）。低复位组骨水泥注入量较其他两组显著减少（P<0.05），但中

复位组与高复位组两组间骨水泥注入量差异无统计学意义（P>0.05）。三组患者均有骨水泥渗漏发生，低复位组有 4 例（13.3%），1 例沿椎旁静脉丛渗漏，3 例椎间盘渗漏；中复位组有 4 例（13.7%），2 例椎体前缘裂隙渗漏，2 例椎间盘渗漏；高复位组有 5 例（18.5%），1 例从穿刺通道渗漏，1 例椎体前缘裂隙渗漏，3 例椎间盘渗漏；三组间骨水泥渗漏率比较，差异无统计学意义（P>0.05）；所有受试对象均未见因骨水泥渗漏引起的症状及早期并发症。三组患者在骨折复位器复位持续时间、手术时间、平均住院天数、住院费用方面比较，差异均无明显统计学意义（P>0.05）。

2.2 随访结果

所有患者均随访 12 个月以上，随访资料见表 3，随时间推移，三组患者术后 VAS 和 ODI 评分均显著降低（P<0.05）。术前至术后 6 月，三组间 VAS 评分的差异无统计学意义（P>0.05），所有相应时间点，三组间 ODI 评分差异无统计学意义（P>0.05）。但是，末次随访时中复位组和高复位组 VAS 评分显著低于低复位组（P<0.05）。

2.3 影像评估

三组患者影像评估资料见表 4，术后随访过程中，低复位组 2 例远处新发骨折；中复位组 1 例邻近

节段，2 例远处新发骨折；高复位组 3 例邻近节段，2 例远处新发骨折，1 例原骨折椎体再骨折；高复位组术后新发或再发骨折发生率高于其他两组，但差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 2 三组患者围手术期资料与比较
Table 2 Comparison of perioperative data among the three groups

指标	低复位组 (n=30)	中复位组 (n=29)	高复位组 (n=27)	P 值
复位维持时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	12.6±1.8	12.1±1.7	11.6±1.8	0.105
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	24.7±5.2	26.5±5.0	26.5±6.3	0.341
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	27.2±6.5	30.4±6.8	34.4±6.4	<0.001
骨水泥注入量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	3.4±0.9	4.1±0.9	3.9±1.0	0.015
骨水泥渗漏 [例 (%)]	4 (13.3)	4 (13.7)	5 (18.5)	0.836
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	8.4±2.5	8.4±2.3	8.5±2.0	0.968
住院费用 (万元, $\bar{x} \pm s$)	1.9±0.2	1.9±0.2	1.8±0.1	0.945

表 3 三组患者随访资料 ($\bar{x} \pm s$) 与比较
Table 3 Comparison of follow-up documents of the three groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	低复位组 (n=30)	中复位组 (n=29)	高复位组 (n=27)	P 值
腰痛 VAS 评分 (分)				
术前	7.6±1.0	7.6±0.9	7.7±0.9	0.946
术后 1 d	3.0±1.0	2.9±1.2	2.9±1.1	0.988
术后 6 个月	1.4±1.0	1.3±0.9	1.2±1.0	0.699
术后 12 个月	1.4±0.9	0.9±0.7	0.9±0.8	0.020
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)				
术前	64.8±14.1	71.6±15.0	68.2±16.1	0.231
术后 1 d	33.9±7.9	37.3±10.3	36.7±10.1	0.324
术后 6 个月	17.3±6.8	17.4±7.4	16.6±7.8	0.909
术后 12 个月	17.0±7.7	15.0±5.4	14.8±5.0	0.345
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	

表 4 三组患者影像资料与比较
Table 4 Comparison of imaging data of the three groups

指标	低复位组 (n=30)	中复位组 (n=29)	高复位组 (n=27)	P 值
再骨折 [例 (%)]	2 (6.7)	3 (10.3)	6 (22.2)	0.190
椎体前缘高度 (mm, $\bar{x} \pm s$)				
术前	18.7±2.6	18.5±3.6	18.2±3.9	0.853
术后 1 d	22.0±3.5	24.9±2.5	24.7±3.4	<0.001
术后 6 个月	20.7±2.7	24.0±2.5	23.4±3.5	<0.001
术后 12 个月	20.2±2.6	23.2±2.6	22.0±3.4	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	
局部后凸角 ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$)				
术前	16.1±6.3	16.7±5.7	17.2±6.0	0.805
术后 1 d	14.3±5.6	8.0±3.8	8.3±3.8	<0.001
术后 6 个月	15.0±5.8	9.5±3.9	9.8±4.5	<0.001
术后 12 个月	15.4±5.9	11.0±4.2	10.3±4.9	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	

与术前相比,术后三组患者椎体前缘高度和局部后凸角均显著改善($P<0.05$);随术后时间推移,三组患者椎体前缘高度和局部后凸角的矫正均有丢失,但差异均无统计学意义($P>0.05$)。术前三组间椎体前缘高度和局部后凸角的差异均无统计学意义($P>0.05$),术后1d、6、12个月中复位组及高复位组骨折椎体前缘高度和局部后凸 Cobb 角均显著优于低复位组($P<0.05$);高复位组与中复位组间椎体前缘高度及局部 Cobb 角的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

3 讨论

老年骨质疏松椎体压缩性骨折骨折以楔状压缩改变最为常见,该类骨折常导致患者疼痛和脊柱后凸畸形^[3,4],严重的脊柱后凸畸形会导致脊柱不稳或矢状位失衡,严重影响患者生活质量,给患者家庭和社会带来重大负担^[5],为了使该类患者尽量恢复正常脊柱生理曲度,祖国传统医学常采用垫高复位法,该方法虽能有效改善后凸畸形,但复位后需长期卧床,不仅容易出现肺炎、泌尿系结石、压疮等并发症,还会增加骨质疏松,或者再发骨折风险,形成恶性循环^[6,7]。该类骨折若行内固定手术治疗,虽能有效矫正后凸畸形,但常因为骨质疏松而容易导致术后螺钉等内固定松动、断裂^[8]。故寻求既能有效改善脊柱后凸畸形,又可提高疗效、减少并发症的治疗方法很有必要。

近年来,大量研究证实了 PVP 手术能有效迅速缓解 OVCF 患者疼痛,有效率可达 70%~90%,并可减少长期卧床等并发症^[9,10]。该研究中,所有患者均采用骨折复位器复位后,联合 PVP 手术治疗,术后 VAS 评分较术前明显降低,止痛疗效满意。但是,单纯采用 PVP 手术治疗,骨折椎体的复位效果通常欠佳,术后可残留脊柱后凸畸形引起脊柱矢状位的失衡,从而导致部分患者术后残留疼痛等不适,一定程度上影响术后生活质量^[4]。该研究末次随访时,中复位组及高复位组 VAS 评分明显低于低复位组,考虑低复位组患者经治疗后,骨折椎体局部 Cobb 角度改善稍欠佳,残留后凸畸形较为明显,从而导致残留疼痛等不适。除此之外,曾有研究发现过度脊柱后凸本身可能是老年人预期寿命缩短的危险因素,脊柱后凸畸形与生存的关系密切相关,并且该种关联性可随着后凸畸形的增大而增强^[11]。Kado 等^[12]对 610 例 67~93 岁的白人女性进行长达 10 余年的随访,发现后凸畸形是增加老年女性死亡的独立危险因素。因此,为

了尽量改善脊柱后凸畸形,采用体外复位联合 PVP 治疗 OVCF 能够有效缓解疼痛,更好地恢复椎体前缘高度,纠正后凸畸形,恢复生活功能^[4,13,14]。该研究随访中,患者术后 ODI 评分明显降低,术后生活质量明显提高。相对于低复位组而言,中、高复位两组骨折椎体复位高度及 Cobb 角度改善程度更佳,但复位高度超过 10~12 cm 之后,随着复位高度的增加,其后凸畸形改善程度变化不明显,反而增加患者复位时局部疼痛等不适,该研究中高复位组中有 3 例患者因耐受不了复位时疼痛退出研究。

据报道,OVCF 术后再发新鲜骨折的发生率约 8%~52%^[15]。其影响因素大致可以分为两类:(1)患者自身因素,例如高龄、骨质疏松症等;(2)椎体成形术后致局部生物力学改变的因素,例如穿刺方式、骨水泥分布弥散、渗漏等^[16-18]。该研究中,三组患者均有发生再发新鲜骨折,考虑与上述因素有关,而且随着复位高度的增加,再发骨折的风险有所增加。高复位组再发骨折的发生率较其他两组升高,考虑与患者本身骨质疏松严重、过高的复位导致骨折椎体及其周围椎体和软组织的“反弓”压力过大有关系,从而增加局部再发骨折发生率。在 PVP 手术中,骨水泥渗漏的发生是常见并发症之一^[19],既往研究表明椎体周围骨皮质碎裂和椎体终板碎裂分别会增加骨水泥椎旁和椎间盘渗漏率^[20]。高复位组中骨水泥渗漏病例较其他两组稍多,考虑与骨折椎体骨折线部位有关,还可能与过度“反弓”复位后,增加骨折椎体骨折线的裂隙宽度及软组织的撕裂有一定关系。杨曾静^[21]曾对不同高度下复位治疗胸腰段压缩性骨折的有限元分析,发现骨折复位 10 cm 为最佳高度。高度过低时复位不理想,过高时椎体处于过伸状态,容易导致骨折椎体前纵韧带损伤、椎间盘损伤、再发骨折等,与本研究结论相一致。但由于该研究入选病例数量有限,在今后的研究中,可增加病例样本量进一步去验证。

综上所述,采用骨折复位器不同复位高度联合 PVP 治疗 OVCF 均能有效缓解患者疼痛,提高患者术后生活质量。10 cm 以上的复位高度能够更好地恢复骨折椎体前缘高度及纠正 Cobb 角后凸畸形,但随着复位高度的上升,再发新鲜骨折的风险有所增加。

参考文献

- [1] Capozzi A, Scambia G, Pedicelli A, et al. Clinical management of osteoporotic vertebral fracture treated with percutaneous vertebroplasty [J]. Clin Cases Miner Bone Metab, 2017, 14 (2): 161-166.

- DOI: 10.11138/ccmbm/2017.14.1.161.
- [2] Ren HL, Jiang JM, Chen JT, Wang JX. Risk factors of new symptomatic vertebral compression fractures in osteoporotic patients undergone percutaneous vertebroplasty [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (4): 750-758. DOI: 10.1007/s00586-015-3786-4.
- [3] 马航展, 郭伟俊, 郭程辉, 等. 骨折复位器联合 PVP 与 PKP 治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折疗效比较 [J]. *实用骨科杂志*, 2019, 25 (4): 353-357. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2019.04.016.
- Ma HZ, Guo WJ, Guo CH, et al. Efficacy comparison of a new retractor combined with PVP and PKP in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *J Pract Orthop*, 2019, 25 (4): 353-357. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2019.04.016.
- [4] 马航展, 郭伟俊, 郭程辉, 等. 新型复位器联合 PVP 治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (22): 2061-2067. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.22.09.
- Ma HZ, Guo WJ, Guo CH, et al. A novel retractor combined with percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Orthop J Chin*, 2018, 26 (22): 2061-2067. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.22.09.
- [5] 章文杰, 许晓光, 叶嘉靖, 等. 骨质疏松性椎体骨折伴脊柱后凸畸形的手术治疗 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (8): 702-705. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.08.07.
- Zhang WJ, Xu XG, Ye JJ, et al. Treatment of severe osteoporotic vertebral compression fractures with spinal kyphosis [J]. *Orthop J Chin*, 2016, 24 (8): 702-705. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.08.07.
- [6] Yang EZ, Xu JG, Huang GZ, et al. Percutaneous vertebroplasty versus conservative treatment in aged patients with acute osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective randomized controlled clinical study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41 (8): 653-60. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001298.
- [7] Tian J, Xiang L, Zhou D, et al. The clinical efficacy of vertebroplasty on osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis [J]. *Int J Surg*, 2014, 12 (12): 1249-53. DOI: 10.1016/j.ijssu.2014.10.027.
- [8] Rodríguez-Vela J, Lobo-Escobar A, Joven E, et al. Clinical outcomes of minimally invasive versus open approach for one-level transforaminal lumbar interbody fusion at the 3- to 4-year follow-up [J]. *Eur Spine J*, 2013, 22 (12): 2857-2863. DOI: 10.1007/s00586-013-2853-y.
- [9] Wen Z, Mo X, Ma H, et al. Study on the optimal surgical scheme for very severe osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Orthop Surg*, 2023, 15 (2): 448-459. DOI: 10.1111/os.13609.
- [10] Medical Advisory Secretariat. Percutaneous vertebroplasty for treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures: an evidence-based analysis [J]. *Ont Health Technol Assess Ser*, 2010, 10 (19): 1-45.
- [11] Ailon T, Shaffrey CI, Lenke LG, et al. Progressive spinal kyphosis in the aging population [J]. *J Neurosurg*, 2015, 77 (Suppl 4): 164-172. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000944.
- [12] Kado DM, Lui LY, Ensrud KE, et al. Study of osteoporotic fractures. Hyperkyphosis predicts mortality independent of vertebral osteoporosis in older women [J]. *Ann Intern Med*, 2009, 150 (10): 681-687. DOI: 10.7326/0003-4819-150-10-200905190-00005.
- [13] 孙鹏, 费昊东, 刘刚, 等. 椎体成形联合体位复位治疗椎体压缩性骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (16): 1445-1450. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.16.02.
- Sun P, Fei HD, Liu G, et al. Combination of percutaneous vertebroplasty and postural reduction for senile vertebral compression fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2017, 25 (16): 1445-1450. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.16.02.
- [14] 沈思远, 梁锋, 田纪伟, 等. 新型充气脊柱支架治疗胸腰椎压缩性骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (10): 949-952. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.19.
- Shen SY, Liang F, Tian JW, et al. A novel inflatable spine support for treatment of thoracolumbar compression fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2023, 31 (10): 949-952. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.19.
- [15] Ma X, Xing D, Ma J, et al. Risk factors for new vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty: qualitative evidence synthesized from a systematic review [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 20, 38 (12): 713-722. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31828cf15b.
- [16] Morozumi M, Matsubara Y, Muramoto A, et al. A study of risk factors for early-onset adjacent vertebral fractures after kyphoplasty [J]. *Global Spine J*, 2020, 10 (1): 13-20. DOI: 10.1177/2192568219834899.
- [17] He D, Lou C, Yu W, et al. Cement distribution patterns are associated with recompression in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective study [J]. *World Neurosurg*, 2018, 120: e1-e7. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.06.113.
- [18] Liang D, Ye LQ, Jiang XB, et al. Biomechanical effects of cement distribution in the fractured area on osteoporotic vertebral compression fractures: a three-dimensional finite element analysis [J]. *J Surg Res*, 2015, 1, 195 (1): 246-256. DOI: 10.1016/j.jss.2014.12.053.
- [19] Arabmotlagh M, Rickert M, Lukas A, et al. Small cavity creation in the vertebral body reduces the rate of cement leakage during vertebroplasty [J]. *J Orthop Res*, 2017, 35 (1): 154-159. DOI: 10.1002/jor.23215. Epub 2016 Mar 9. PMID: 26919407.
- [20] 陈家麟, 陈晔, 杨军, 等. 椎体成形治疗中骨水泥渗漏的因素与临床分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2017, 21 (30): 4763-4768. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2017.30.002.
- Chen JL, Chen X, Yang J. Cement leakage factors in clinical vertebroplasty [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2017, 21 (30): 4763-4768. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2017.30.002.
- [21] 杨曾静. 不同高度下复位床托治疗胸腰段压缩性骨折的有限元分析 [D]. 湖南: 湖南中医药大学, 2015: 28-31.
- Yang ZJ. Finite element analysis of different height of reduction bed treatment for thoracolumbar compression fractures [D]. *Hunan: Hunan University of Traditional Chinese Medicine*, 2015: 28-31.

(收稿: 2023-05-11 修回: 2023-05-26)

(同行评议专家: 王海彬, 江晓兵, 王智运)

(本文编辑: 闫承杰)