

· 临床论著 ·

改良单侧与双侧穿刺腰椎体成形术比较[△]

李 涛, 胡胜利*, 吉璐宏, 朱 凌

(湖北六七二中西医结合骨科医院, 湖北武汉 430079)

摘要: [目的] 对比改良单侧穿刺与双侧椎弓根入路椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 治疗腰椎骨质疏松性压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 的临床疗效。[方法] 2020 年 6 月—2020 年 12 月, 86 例腰椎 OVCF 患者接受 PVP 手术, 依据医患沟通结果, 51 例采用经椎体后上缘入路单侧穿刺 (单侧组), 35 例采用常规双侧穿刺 (双侧组), 比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组患者均顺利完成手术, 骨水泥渗漏单侧组有 18 例, 双侧组有 13 例, 均无严重并发症发生。单侧组术中 X 线曝光次数、住院费用均显著优于双侧组 ($P<0.05$), 但前者手术时间显著长于后者 ($P<0.05$), 两组骨水泥注入量、骨水泥分布、骨水泥渗漏、术后下地时间、住院时间、早期 VAS 评分方面的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。两组患者均获随访 13~24 个月, 平均 (15.8±2.1) 个月。随时间推移, 两组 VAS 和 ODI 评分显著减少 ($P<0.05$), 而 JOA 评分显著增加 ($P<0.05$); 相应时间点, 两组 VAS、ODI 和 JOA 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 与术前相比, 术后两组伤椎前缘高度显著增加 ($P<0.05$), 局部 Cobb 角显著减小 ($P<0.05$)。相应时间点, 两组间伤椎前缘高度、局部 Cobb 角的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。[结论] 改良单侧穿刺 PVP 治疗腰椎 OVCF 可获得满意疗效, 且具有优化手术流程、节省费用等优势, 但具有一定的学习曲线。

关键词: 骨质疏松, 腰椎压缩性骨折, 椎体强化术, 椎体成形术

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 04-0320-06

Comparison of modified unilateral puncture versus bilateral counterpart in percutaneous vertebroplasty for osteoporotic lumbar compression fracture // Li Tao, HU Sheng-li, Ji Lu-hong, ZHU Ling. Hubei 672 Orthopedic Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Wuhan 430079, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical outcomes of modified unilateral percutaneous vertebroplasty (PVP) versus bilateral PVP for osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF). [Methods] From June 2020 to December 2020, 86 patients underwent PVP for lumbar OVCF. According to doctor-patient communication, 51 patients received unilateral puncture via posterior upper margin of the vertebral body (unilateral group), while the other 35 patients received conventional bilateral puncture (bilateral group). The perioperative period, follow-up and imaging consequences of the two groups were compared. [Results] All patients in both groups had operation completed successfully, with bone cement leakage in 18 cases of the unilateral group, whereas 13 cases in bilateral group, without serious complications. The unilateral group proved significantly superior to the bilateral group in terms of number of X-ray exposures and hospitalization costs ($P<0.05$), however, the former consumed significantly longer operative time than the latter ($P<0.05$), and there were no significant differences in bone cement injection amount, bone cement distribution, bone cement leakage, postoperative ambulation time, hospital stay and early VAS score between the two groups ($P>0.05$). During the follow-up lasted for 13~24 months, with an average of (15.8±2.1) months, the VAS scores and ODI decreased significantly ($P<0.05$), while JOA score increased significantly in both groups ($P<0.05$), and there were no significant differences in VAS, ODI and JOA scores between the two groups at any corresponding time points ($P>0.05$). Radiographically, the anterior height of injured vertebrae increased significantly ($P<0.05$), whereas the local kyphotic Cobb angle decreased significantly in both groups postoperatively compared with those preoperatively ($P<0.05$), which proved not statistically significant between the two groups at any corresponding time points ($P>0.05$). [Conclusion] This modified unilateral puncture in PVP does achieve satisfactory clinical outcomes for lumbar OVCF, with advantages of optimizing surgical procedure and saving costs, despite of certain learning curve.

Key words: osteoporosis, lumbar osteoporotic compression fracture, vertebral augmentation, vertebroplasty

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.04.07

△基金项目:湖北陈孝平科技发展基金会资助项目(编号:CXPJJH12000005-07-10);武汉市临床医学科研项目(编号:WX20D19;WZ20D08)

作者简介:李涛,主治医师,研究方向:脊柱外科,(电话)13349834571,(电子信箱)767098776@qq.com

*通信作者:胡胜利,(电话)15171439828,(电子信箱)893367491@qq.com

骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 常发生于老年高龄患者及绝经后女性, 以腰背部剧烈疼痛、难以负重、下地行走困难、卧床翻身困难等为主要症状表现, 严重影响生活质量, 保守治疗易引起诸多并发症, 甚至造成死亡^[1]。椎体强化术 (vertebral augmentation, VA) 是最常用的外科治疗手段, 包括椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 及椎体后凸扩张成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP)^[2], 经椎弓根入路是腰椎 VA 的常规穿刺入径, 可分为单侧和双侧穿刺。单侧椎弓根入路术式骨水泥往往难以到达穿刺对侧, 对骨水泥分布造成影响, 导致椎体生物力学失衡, 引发椎体再骨折。研究表明, 经椎弓根旁入路可以通过一侧穿刺达到双侧骨水泥弥散的效果, 但该穿刺入径在解剖关系上容易损伤节段动脉^[3, 4], 造成严重并发症。经椎弓根双侧穿刺入路虽然可以达到良好的骨水泥弥散效果和临床疗效, 但是在手术时间、操作便利性上并不占优, 作者团队汲取椎间孔镜从侧方入路到达靶点的灵感, 采用改良单侧穿刺 PVP, 即经椎体后上缘入路 PVP 治疗腰椎 OVCF, 取得满意疗效, 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) 以腰部疼痛伴活动受限为主诉, 无神经、脊髓压迫症状; (2) 经腰椎 MRI 诊断为新鲜性 OVCF; (3) 腰椎 CT 排除爆裂性骨折及椎管占位; (4) 腰椎 X 线片显示压缩程度 < 1/4; (5) OLTICS 标准评分 ≥ 4 分。

排除标准: (1) 合并脊柱感染; (2) 肿瘤所致病理性骨折; (3) 合并下肢神经症状或者马尾神经损伤表现; (4) 病椎压缩性程度较高, 合并后凸畸形; (5) 病椎既往手术史。

1.2 一般资料

回顾性分析 2020 年 6 月—2020 年 12 月, 86 例在本院因腰椎 OVCF 接受 PVP 手术患者的临床资料, 所有患者经医患沟通后自主选择单侧或双侧入路 PVP 手术方案, 其中, 51 例采用经椎体后上缘入路单侧穿刺 PVP (单侧组), 35 例采用双侧椎弓根入路 PVP (双侧组)。两组术前一般资料见表 1, 两组年龄、性别、体质量指数 (body mass index, BMI)、病程、骨密度 (bone mineral density, BMD)、病变部位、OLTICS 评分的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。本研究获得医院伦理委员会批准, 且所有患者均知情

同意。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

指标	单侧组 (n=51)	双侧组 (n=35)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	75.2 ± 5.9	74.8 ± 5.7	0.715
性别 (例, 男/女)	5/46	3/32	0.854
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	23.9 ± 2.9	23.8 ± 2.6	0.807
病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	11.9 ± 6.2	11.7 ± 6.8	0.899
BMD (g/cm^3 , $\bar{x} \pm s$)	0.8 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.774
部位 (例, L ₁ /L ₂ /L ₃ /L ₄ /L ₅)	18/14/15/3/1	13/11/9/2/0	0.921
OLTICS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	4.6 ± 0.6	4.5 ± 0.6	0.575

1.3 手术方法

单侧组: 术前 CT 平扫, 设计穿刺路径, 确定穿刺针入皮点距棘突横向、纵向距离、头倾及外展角度 (图 1b)。患者采用俯卧位, 胸部及骨盆垫高, 腹部悬空。体位固定后, 轻轻按压伤椎局部行体位复位。透视标记穿刺点 (图 1c), 利多卡因和罗哌卡因混合液逐层浸润麻醉。在透视下, 将 18G 穿刺针沿术前标记点, 依据术前所测定头倾、外展角度方向刺入。透视正位见穿刺针尖紧贴椎弓根外缘 (图 1d), 侧位穿刺针尖到达椎体上后缘 (图 1e), 向靶点推进。再沿穿刺针置入椎体成形配套穿刺椎, 完成最后穿刺。最终理想位置侧位丝攻到达椎体前中 1/3 (图 1f), 正位丝攻前端越过椎体中线。最后进行骨水泥注射, 透视密切监测下防止骨水泥渗漏, 并关注骨水泥弥散形态。待骨水泥凝固后, 撤出穿刺套管, 消毒、创口贴覆盖切口。

双侧组: 行常规双侧经椎弓根入路 PVP 治疗^[5]。

1.4 评价指标

记录围手术期资料, 包括手术时间、术中 X 线曝光次数、骨水泥注入量、骨水泥分布情况、骨水泥渗漏情况、术后下地时间、住院时间、住院费用、早期 VAS 评分。采用完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 和日本骨科协会腰评分 (Japanese Orthopaedic Association, JOA) 评价临床效果。

行影像学检查, 分别记录伤椎前缘高度及局部 Cobb 角。评估骨水泥分布参照 Tanigawa 等^[6]、周权发等^[7]、Nam 等^[8]和 Zhang 等^[9]的方法, 按骨水泥填充状态分为 4 项: (1) 同时接触上下终板; (2) 接触上终板; (3) 接触下终板; (4) 位于中间。满足以上 4 项为优, 满足任意 3 项为良, 满足任意 2 项为可, 仅满足任意 1 项为差。

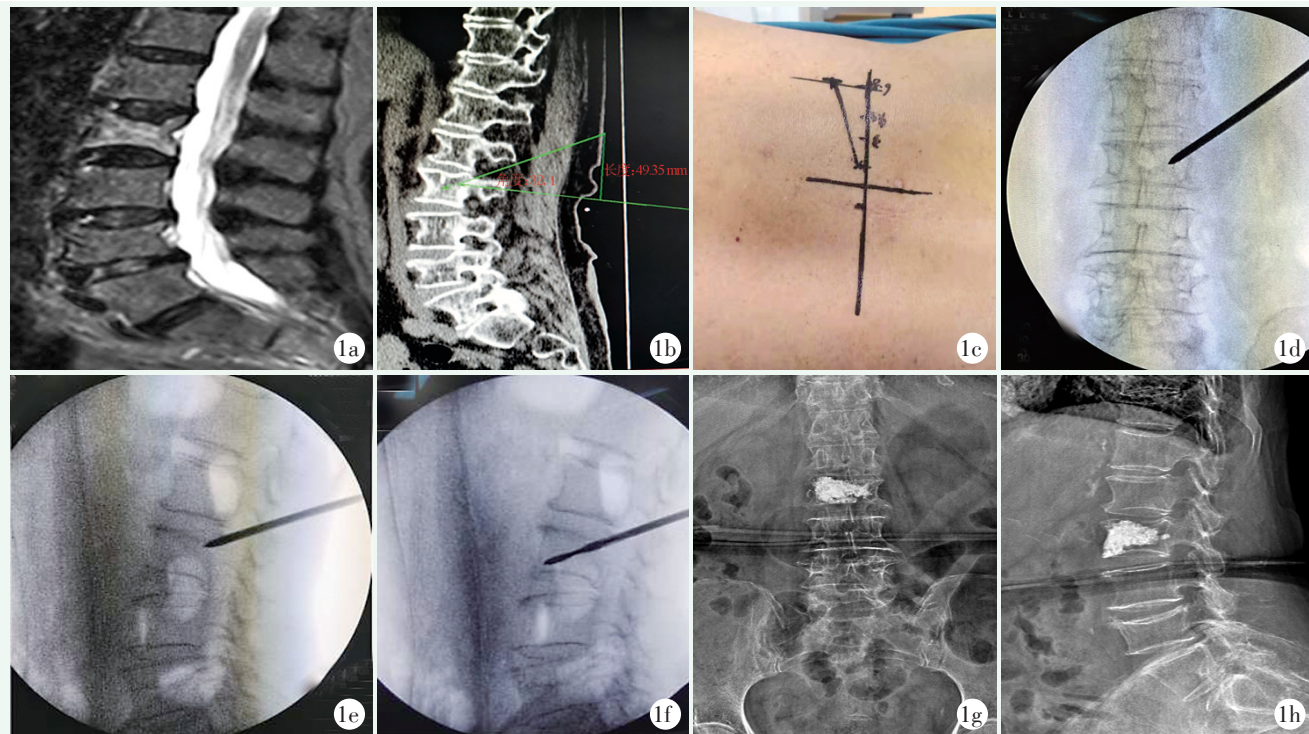


图 1 患者, 女, 76 岁, L₂ 椎体 OVCF, 行改良单侧穿刺 PVP 手术 1a: 术前抑脂像腰椎 MRI 显示 L₂ 椎体新鲜性 OVCF 1b: 术前腰椎矢状位 CT 测量进针点的纵向距离和头倾角度 1c: 依据术前腰椎 CT 测量数据, 进行体表皮肤划线标记 1d: 穿刺针正位图像 1e: 穿刺针侧位图像, 骨性入点为椎体后上缘 1f: 穿刺鞘到达靶点后, 剪刀侧位图像 1g: 末次随访腰椎正位 X 线片示伤椎形态良好, 未发生再骨折, 骨水泥分布到达对侧呈弥散分布 1h: 末次随访腰椎侧位 X 线片示伤椎形态良好, 未发生再骨折, 骨水泥同时接触上下终板

1.5 统计学方法

采用 SPSS 20.0 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, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 组内时间点比较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。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 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

两组患者均顺利完成手术, 术后腰椎 CT 扫描发现单侧组有 18 例、双侧组有 13 例存在椎管后缘、椎旁、椎间隙、血管骨水泥渗漏, 但两组均无血管、神经、脊髓损伤、肺栓塞等严重并发症发生。两组围手术期资料见表 2, 单侧组术中 X 线曝光次数、住院费用均显著优于双侧组 ($P < 0.05$), 但前者手术时间显著长于后者 ($P < 0.05$), 两组骨水泥注入量、骨水泥分布、骨水泥渗漏、术后下地时间、住院时间、早期 VAS 评分方面的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	单侧组 (n=51)	双侧组 (n=35)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	49.6±6.1	37.8±6.9	<0.001
术中 X 线曝光次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	18.4±2.9	20.6±2.1	<0.001
骨水泥注入量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	5.3±1.5	5.6±1.3	0.376
骨水泥分布 (例, 优/良/可/差)	32/14/5/0	30/4/1/0	0.417
骨水泥渗漏 (例, 否/是)	18/31	13/22	0.548
术后下地时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	23.5±3.4	22.9±3.4	0.466
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	6.3±1.1	6.2±1.3	0.623
住院费用 (万元, $\bar{x} \pm s$)	1.8±0.1	2.2±0.1	<0.001
早期 VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术前	7.3±1.4	7.4±1.5	0.800
术后 1 d	2.8±1.3	2.7±1.0	0.700
术后 3 d	2.6±1.0	2.5±0.9	0.770
术后 7 d	2.3±0.8	2.2±0.8	0.570
P 值	<0.001	<0.001	

2.2 随访结果

两组患者均获随访, 随访时间 13~24 个月, 平均 (15.8±2.1) 个月。随访期间, 邻椎骨折单侧组 2

例，双侧组 3 例，均采用相同的 PVP 术治疗，获得满意疗效；两组均无同一椎体再骨折病例出现。两组随访结果见表 3，两组完全负重活动时间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)，随时间推移，两组 VAS 和 ODI 评分显著减少 ($P<0.05$)，而 JOA 评分显著增加 ($P<0.05$)；相应时间点，两组 VAS、ODI 和 JOA 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

表 3 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	单侧组 (n=51)	双侧组 (n=35)	P 值
完全负重时间 (周)	6.5±1.3	6.5±1.3	0.890
VAS 评分 (分)			
术前	7.3±1.4	7.4±1.5	0.800
术后 1 个月	2.0±0.9	2.0±0.9	0.840
末次随访	2.3±0.5	2.2±0.6	0.491
P 值	<0.001	<0.001	
ODI 评分 (%)			
术前	70.3±15.5	68.7±15.7	0.634
术后 1 个月	28.4±3.0	28.3±2.7	0.913
末次随访	30.2±2.3	29.9±2.5	0.497
P 值	<0.001	<0.001	
JOA 评分 (分)			
术前	12.8±2.5	12.5±2.8	0.566
术后 1 个月	22.1±2.8	22.1±2.9	0.962
末次随访	24.6±2.8	25.3±3.7	0.314
P 值	<0.001	<0.001	

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4，与术前相比，术后 1 个月及末次随访时两组伤椎前缘高度显著增加 ($P<0.05$)，局部 Cobb 角显著减小 ($P<0.05$)。与术后 1 个月相比，末次随访时两组伤椎前缘高度、局部 Cobb 角的矫正均有所丢失，但差异无统计学意义 ($P>0.05$)。相应时间点，两组间伤椎前缘高度、局部 Cobb 角的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

VA 的主要原理是骨水泥热效应和骨水泥的有效支撑作用^[10, 11]。研究表明，骨水泥的弥散、分布不均增大了术椎再骨折风险^[12-15]。而骨水泥的弥散效果与手术的穿刺方式有关。既往 VA 手术入路常为双侧经椎弓根入路以及单侧椎弓根旁入路，每种手术入路各有其特点。双侧经椎弓根入路在骨水泥弥散方面具有一定优势，但延长了手术时间，增加了手术费

用^[16, 17]。单侧椎弓根旁入路受限于椎弓根，无法自由调整角度，单侧穿刺难以到达椎体中线，导致骨水泥分布不均匀，甚至引起并发症^[3]。

表 4 两组患者影像测量结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

指标	单侧组 (n=51)	双侧组 (n=35)	P 值
伤椎前缘高度 (mm)			
术前	17.9±2.6	17.9±2.9	0.960
术后 1 个月	21.7±2.7	21.8±2.5	0.851
末次随访	21.4±2.7	21.5±2.5	0.876
P 值	<0.001	<0.001	
局部 Cobb 角 (°)			
术前	17.5±5.6	17.6±5.9	0.956
术后 1 个月	12.8±3.7	12.7±3.6	0.990
末次随访	13.9±3.3	13.2±3.7	0.417
P 值	<0.001	<0.001	

改良单侧穿刺 PVP 一经椎体后上缘入路 PVP 弥补了上述两种传统入路的不足^[18, 19]。该穿刺入路经过椎间孔安全三角区到达椎体后上缘^[20]，解剖结构上相对安全。本研究随访期间两组均无伤椎再骨折病例出现，也从侧面印证了改良 PVP 技术良好的骨水泥分布率。

与同时期双侧椎弓根入路 PVP 相比，改良单侧 PVP 技术获得了同等良好的临床疗效。与双侧组相比，单侧在手术时间方面不占优势，表明该技术具有一定的学习曲线；而单侧组术中透视次数、住院费用均显著少于双侧组，与传统单侧穿刺入路 PVP 优势相近^[21]。单侧组骨水泥渗漏率为 35.3%，双侧组无明显差异。Klazen 等^[22]在大样本多中心试验中利用 CT 观察到 PVP 的渗漏率高达 72%，表明该技术并不增加骨水泥渗漏率。此外，本研究两组平均骨水泥注入量无差异，国内学者对 PVP 填充剂进行三维有限元分析后认为^[23]，在保证疗效同时，又能降低邻近椎体骨折和骨水泥渗漏风险的推荐剂量为 4 ml，本研究中两组均有邻近椎体骨折病例出现，可能与骨水泥注入量过多有关。

OVCF 易导致椎体高度丢失及伤椎后凸畸形，在术前手法复位基础上，PVP 可有效恢复椎体塌陷高度，防止后凸畸形^[24]。本研究中，两组在术后 1 个月及末次随访伤椎前缘高度、局部 Cobb 角均较术前明显改善，且在术后下地时间、完全负重时间方面相当，表明改良单侧 PVP 技术可以有效恢复椎体高度，使椎体得到有效支撑。

改良单侧穿刺 PVP 技术要点: (1) 该入路穿刺路径及麻醉路径较长, 普通注射器针无法满足穿刺及麻醉需要, 可用椎间盘穿刺针; (2) 本方法比传统穿刺方法外移约 1~2 cm 较为适宜; (3) 术前测量腰椎 CT 尤为重要, 避免盲目穿刺, 减少副损伤, 增加透视次数; (4) 穿刺应以关节突关节为骨性标志, 避免穿刺针误入腹腔及通过椎间孔误穿入椎管内; (5) 对于侧弯凹侧或椎间隙塌陷导致椎间孔狭窄时, 应用此入路易损伤出口神经根^[25]。

综上所述, 改良单侧穿刺 PVP 技术治疗 OVCF 安全性高、可获得满意疗效, 并能达到单侧穿刺骨水泥双侧弥散的良好分布情况, 且具有优化手术流程、节省费用等优势, 但具有一定的学习曲线。

参考文献

- [1] Cheng J, Muheremu A, Zeng X, et al. Percutaneous vertebroplasty vs balloon kyphoplasty in the treatment of newly onset osteoporotic vertebral compression fractures: A retrospective cohort study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98 (10): e14793.
- [2] 郑博隆, 郝定均, 闫亮, 等. 自行研发的可弯曲椎体成形器在椎体成形术治疗骨质疏松性胸椎压缩骨折中的应用 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21 (10): 881-887.
- [3] Heo DH, Cho YJ. Segmental artery injury following percutaneous vertebroplasty using extrapedicular approach [J]. *J Kor Neurosurg Soc*, 2011, 49 (2): 131-133.
- [4] Liu L, Cheng S, Wang Q, et al. An anatomical study on lumbar arteries related to the extrapedicular approach applied during lumbar PVP (PKP) [J]. *PLoS One*, 2019, 14 (3): e0213164.
- [5] 张亚, 辛兵. 两种入路椎体成形术治疗骨质疏松性压缩骨折比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (16): 1519-1522.
- [6] Tanigawa N, Komemushi A, Kariya S, et al. Relationship between cement distribution pattern and new compression fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 189 (6): W348-W352.
- [7] 周权发, 刘宏建, 寇红伟, 等. 弯角椎体成形装置的早期疗效评估及对骨水泥分布的影响 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (10): 892-897.
- [8] Nam HG, Jeong JH, Shin IY, et al. Clinical effects and radiological results of vertebroplasty: over a 2-year follow-up period [J]. *Kor J Spine*, 2012, 9 (4): 334-339.
- [9] Zhang L, Wang Q, Wang L, et al. Bone cement distribution in the vertebral body affects chances of recompression after percutaneous vertebroplasty treatment in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Clin Interv Aging*, 2017, 12 (2): 431-436.
- [10] 邓红敏, 廖勇, 刘志诚. 经皮椎体成形术与保守治疗胸腰椎压缩骨折的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (18): 1695-1697.
- [11] 赵亮, 张锴, 曹臣, 等. 侧卧位单侧入路无痛椎体强化术治疗合并内科重症骨质疏松性椎体压缩骨折 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35 (8): 693-699.
- [12] 尹自龙, 张啓维, 王晓滨, 等. 骨水泥强化椎体再压缩骨折的相关因素研究 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25 (11): 1580-1584.
- [13] 唐永超, 李永贤, 张顺聪, 等. 骨水泥椎体强化术后椎体再塌陷的危险因素分析 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27 (11): 985-990.
- [14] 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.
- [15] 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, 195 (1): 246-256.
- [16] Huang Z, Wan S, Ning L, et al. Is unilateral kyphoplasty as effective and safe as bilateral kyphoplasties for osteoporotic vertebral compression fracture? A meta-analysis [J]. *Clin Orthop*, 2014, 472 (9): 2833-2842.
- [17] Cheng X, Long HQ, Xu JH, et al. Comparison of unilateral versus bilateral percutaneous kyphoplasty for the treatment of patients with osteoporosis vertebral compression fracture (OVCF): a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25 (11): 3439-3449.
- [18] 陈伟, 黄明光, 殷海东, 等. 单侧经椎体侧方后上角穿刺入路在经皮穿刺椎体成形术中的应用 [J]. *中国现代医学杂志*, 2017, 27 (24): 91-95.
- [19] 刘万祥, 黄民锋, 周先明, 等. 单侧椎间孔外入路在经皮椎体成形术中的应用研究 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2019, 25 (6): 472-475.
- [20] Ozer AF, Suzer T, Can H, et al. Anatomic assessment of variations in Kambin's Triangle: a surgical and cadaver study [J]. *World Neurosurg*, 2017, 100: 498-503.
- [21] 潘洪, 丁舒晨, 赵新华, 等. 经横突-椎弓根外侧入路单侧穿刺双侧球囊扩张椎体成形术治疗腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35 (8): 1007-1013.
- [22] Klazen CA, Lohle PN, de Vries J, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial [J]. *Lancet*, 2010, 376 (9746): 1085-1092.
- [23] 王德国, 李洋, 尹红灵, 等. 椎体成形术填充剂最优化分布模式三维有限元分析 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34 (1): 26-32.
- [24] 冯冠成, 方剑明, 吕浩然, 等. 骨水泥弥散分布方式如何影响经皮椎体成形后的早期疗效 [J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25 (22): 3450-3457.
- [25] 李健, 蒋毅, 左如俊, 等. 经椎体后上缘入路椎体后凸成形术治疗腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折的临床疗效 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31 (3): 222-229.

(收稿:2022-01-23 修回:2022-09-08)

(同行评议专家:王丹 杨建东)

(本文编辑:闫承杰)