

· 临床论著 ·

影响经皮椎体后凸成形术球囊扩张饱满度的因素[△]

赵加庆, 赵子豪, 于先凯, 付国勇, 李雪城, 耿晓鹏*

(滨州医学院附属医院, 山东滨州 256600)

摘要: [目的] 探讨经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)过程中影响球囊扩张饱满度的因素。[方法] 回顾性分析本院2018年1月—2019年12月行PKP治疗的153例OVCF患者的临床资料。按术中球囊扩张形态分成饱满组与未饱满组,采用单项因素比较和二元多因素逻辑回归探讨影响PKP术中球囊扩张的相关因素。[结果] 所有患者均顺利完成手术,均无严重并发症。术中透视确认球囊扩张饱满103例,占67.32%;球囊扩张不饱满50例,占32.68%。单因素比较,两组年龄、性别、BMI、BMD、伤椎节段分布、手术时间、骨水泥注入量、术后下地时间及完全负重时间差异均无统计学意义($P>0.05$)。与饱满组相比,未饱满组的病程显著延长($P<0.05$),椎体内真空现象(intravertebral vacuum phenomena, IVP)的比率显著增高($P<0.05$),椎体压缩度和局部Cobb角均显著增大($P<0.05$),PKP术后伤椎再骨折发生率显著升高($P<0.05$)。二元多因素逻辑回归表明,椎体裂隙征比率高($OR=74.189$, $P<0.05$)、局部Cobb角大($OR=3.438$, $P<0.05$)、椎体压缩度高($OR=1.270$, $P<0.05$)及病程长($OR=1.057$, $P<0.05$)是造成PKP术中球囊扩张未饱满的独立危险因素。[结论] 椎体裂隙征比率高、局部Cobb角大、椎体压缩度严重和病程长是造成PKP术中球囊扩张未饱满的因素,应引起重视。此外,球囊扩张未饱满可增加术后伤椎再骨折的风险。

关键词: 骨质疏松性椎体压缩骨折, 经皮椎体后凸成形术, 椎体内真空现象, 球囊扩张饱满度

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478(2022)15-1356-05

Factors affecting plumpness of balloon dilation in percutaneous kyphoplasty // ZHAO Jia-qing, ZHAO Zi-hao, YU Xian-kai, FU Guo-yong, LI Xue-cheng, GENG Xiao-peng. The Affiliated Hospital, Binzhou Medical College, Binzhou 256600, China

Abstract: [Objective] To explore the factors affecting plumpness of balloon dilation in percutaneous kyphoplasty (PKP) for osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF). [Methods] A retrospective study was done on total of 153 patients who received PKP for OVCF in our hospital from January 2018 to December 2019. According to the intraoperative balloon dilation shape, the patients were divided into the full-dilation group (the FD) and the non-full dilation group (the NFD). Univariate comparison and binary multiple logistic regression were conducted to search the factors influencing the intraoperative balloon dilation in PKP. [Results] All patients were successfully operated on without serious complications. The intraoperative fluoroscopy confirmed that the balloon fully dilated in 103 patients, accounting for 67.32%, while not fully dilated in 50 patients, accounting for 32.68%. In term of univariate comparison, although there were no significant differences in age, gender, BMI, BMD, vertebral segment distribution, operation time, bone cement injection amount, postoperative walking time and the time to resum full-weight-bearing activity between the two groups ($P>0.05$), the NFD group had significantly longer course of disease ($P<0.05$), significantly higher incidence of intravertebral vacuum phenomena (IVP) ($P<0.05$), significantly higher ratio of vertebral compression and greater local Cobb angle ($P<0.05$), and significantly higher incidence of vertebral re-fracture after PKP ($P<0.05$) compared with the FD group. As results of binary multifactor logistic regression, the IVP ($OR=74.189$, $P<0.05$), the greater local Cobb angle ($OR=3.438$, $P<0.05$), higher ratio of vertebral compression ($OR=1.270$, $P<0.05$), and longer course of disease ($OR=1.057$, $P<0.05$) were the independent risk factors for inadequate balloon dilation in PKP. [Conclusion] The IVP, large local Cobb angle, severe vertebral compression and long course of disease are the factors related to the incomplete balloon dilation in PKP, which should be paid attention to. In addition, inadequate balloon dilation also increases the risk of refracture of the injured vertebrae.

Key words: osteoporotic vertebral compression fracture, percutaneous kyphoplasty, intravertebral vacuum phenomena (IVP), plumpness of the balloon dilation

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.15.03

[△]基金项目:山东省自然科学基金资助项目(编号:ZR2017LH020);山东省医药卫生科技计划项目(编号:2013WS0300)

作者简介:赵加庆,在读硕士,研究方向:骨外科,(电话)15677081550,(电子信箱)1627999428@qq.com

*通信作者:耿晓鹏,(电话)15553365885,(电子信箱)gengxiaopeng1970@163.com

骨质疏松性椎体压缩骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 是骨质疏松症 (osteoporosis, OP) 的严重并发症, OP 患者在轻微暴力 (如摔倒、提重物等) 作用下便可发生椎体骨折, 尤其是绝经后的老年女性, 这给患者的生活质量带来了极大影响^[1-3]。经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 通过球囊加压撑开压缩的椎体, 注入骨水泥进行椎体强化, 可以有效恢复骨折椎体的强度和高度, 并能有效缓解椎体骨折所带来的疼痛, 已经成为一种常见的治疗 OVCF 的微创手术^[4-8]。随着这种微创技术在临床上的广泛应用, 发现部分患者在术中出现球囊扩张未饱满现象, 为分析此现象出现的可能原因及结局, 本研究通过收集比较本院近年来行 PKP 治疗中出现球囊扩张饱满及未饱满患者的临床资料, 旨在探讨影响球囊扩张饱满度的相关因素及球囊扩张形态差异可能导致的并发症。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 首发单一椎体压缩性骨折; (2) VAS 评分 ≥ 4 分; (3) 骨密度 (bone mineral density, BMD) T 值 ≤ -2.5 ; (4) 接受 PKP 手术。

排除标准: (1) 伴有脊髓损伤及神经症状; (2) 椎体爆裂骨折; (3) 椎体后壁破裂不完整; (4) 严重的心肺疾病及凝血异常, 不能耐受手术。

1.2 一般资料

回顾性分析 2018 年 1 月—2019 年 12 月在本科行 PKP 患者的资料, 其中 153 例患者符合上述标准, 纳入本研究, 本研究获医院伦理委员会批准, 所有患者均知情同意并签署手术知情同意书。

1.3 手术方法

所有手术器械均由山东冠龙公司生产制造。患者取俯卧位, 软垫垫高髂嵴及前胸, 使腹部悬空, 处于过伸位。1%利多卡因局部浸润麻醉, 取 5 mm 切口于皮肤穿刺点, 在 C 形臂 X 线机透视下将旋转穿刺针依次穿过皮肤、皮下组织、关节突根部、椎弓根, 进入骨折椎体, 卸下针座后插入导针至椎体后壁前方, 将穿刺针拔除, 沿导针置入工作套管, 取出导针后置入实心椎体钻, 缓慢钻入骨折椎体, 直至椎体前 1/3 处, 将实心椎体钻取出, 置入可扩张球囊, 使用带表加压器逐渐加压。将球囊缓慢加压至 14~16 标准大气压 (standard atmospheric pressure, SAP) 时取出球囊, 用骨水泥注入器分次逐管注入骨水泥, 多次

透视待骨水泥弥散满意后停止注入, 待骨水泥聚合彻底后将工作套管取出, 进行止血操作, 结束手术。

术后处理: 卧床休息 1~2 d 后佩戴腰围可适当下床活动, 术后 7~10 d 可视情况完全负重活动, 术后服用抗骨质疏松药物 3 个月。

1.4 评价指标

根据术中 C 形臂 X 线机透视下观察球囊形态将患者分为两组, 当球囊四周圆润平滑时认为饱满 (图 1a); 当球囊扩张偏向一侧、四周欠平滑、“锯齿样”扩张及球囊扩不开时认为不饱满 (图 1b)。



图 1 PKP 术中影像所见 1a: 患者, 男, 70 岁, T₁₂ 压缩骨折, 术中见球囊四周扩张圆润平滑, 球囊扩张饱满, 划分为饱满组 1b: 患者, 女, 72 岁, T₈ 压缩骨折, 术中见球囊偏向上方扩张, 球囊扩不开, 球囊扩张不饱满, 划分为未饱满组

记录两组患者一般资料、手术资料及随访资料。采用疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 评估临床效果。行影像检查, 定量 CT (quantitative computed tomography, QCT) 技术测量 BMD, 标准侧位 X 线片测量伤椎高度及局部 Cobb 角, 按伤椎椎体前缘丢失高度占后缘高度的比值计算压缩度, 即 (伤椎后缘高度-伤椎前缘高度)/伤椎后缘高度。

1.5 统计学方法

应用 SPSS 25.0 统计软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料符合正态分布时, 组间比较采用独立样本 *t* 检验, 组内比较采用单因素方差分析; 资料不符合正态分布时采用秩和检验。等级资料比较采用秩和检验; 计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。以是否扩张饱满的二分变量为因变量, 其他因素为自变量行二元多因素逻辑回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

所有患者均顺利完成手术，均无神经损伤、脑脊液漏及肺栓塞等严重手术并发症，无死亡病例。术中透视确认球囊扩张饱满103节，占67.32%；透视确认球囊扩张不饱满50节，占32.68%。骨水泥渗漏方面，饱满组为7/103（6.80%）；未饱满组为6/50（12.00%），均为椎间隙渗漏，两组间差异无统计学意义（ $P=0.279$ ）。

所有患者均获得有效随访，平均随访时间（ 23.81 ± 1.61 ）个月。末次随访时，两组患者共6例再次出现腰背部疼痛，仍由轻微暴力因素引起，原伤椎处叩击痛阳性，X线片示伤椎进一步塌陷，或MRI提示伤椎有水肿信号且余椎无水肿信号，考虑伤椎再骨折。其中饱满组为1/103（0.97%），未饱满组为5/50

（10.00%），未饱满组发生伤椎再骨折的比率显著高于饱满组（ $P=0.024$ ）。此6例患者均拒绝行PKP翻修术，经口服抗骨质疏松药物、佩戴腰围制动等保守治疗后腰背部疼痛症状均缓解。

2.2 球囊扩张是否饱满的单项因素比较

按术中球囊扩张是否饱满，将患者分为两组，两组患者各项资料的单项比较见表1。两组患者年龄、性别、体质指数（body mass index, BMI）、BMD、伤椎节段分布、手术时间、骨水泥注入量、术后下地时间及完全负重时间差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ）。

随时间推移，两组VAS评分均显著降低（ $P<0.05$ ），但相应时间点两组间VAS评分的差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ）。末次随访时两组伤椎压缩度及局部Cobb角均较术前显著减小（ $P<0.05$ ）。

表1 饱满与未饱满两组患者的单因素比较

指标	饱满组 (n=103)	未饱满组 (n=50)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	72.73±3.34	73.86±3.42	0.053
性别 (例, 男/女)	37/66	17/33	0.815
BMI (kg/m^2 , $\bar{x}\pm s$)	26.33±2.67	26.48±3.31	0.773
BMD (g/cm^3 , $\bar{x}\pm s$)	62.10±3.75	61.61±3.46	0.437
节段 (例, 胸椎/胸腰段/腰椎)	15/60/28	7/28/15	0.937
病程 (d, $\bar{x}\pm s$)	22.51±18.94	70.30±32.01	<0.001
IVP (例, 有/无)	3/100	19/31	<0.001
手术时间 (min, $\bar{x}\pm s$)	35.01±1.33	35.24±1.39	0.323
骨水泥注入量 (ml, $\bar{x}\pm s$)	3.49±0.15	3.44±0.11	0.075
骨水泥渗漏 (例, 是/否)	7/96	6/44	0.279
VAS 评分 (分, $\bar{x}\pm s$)			
术前	6.04±0.56	5.84±0.74	0.096
术后 1 d	4.23±0.47	4.20±0.71	0.480
术后 1 个月	2.85±0.47	2.94±0.42	0.279
术后 6 个月	2.41±0.49	2.44±0.50	0.707
末次随访	2.04±0.64	2.10±0.93	0.677
P 值	<0.001	<0.001	
术后下地时间 (d, $\bar{x}\pm s$)	1.49±0.50	1.52±0.51	0.691
完全负重时间 (d, $\bar{x}\pm s$)	8.25±1.39	8.52±1.75	0.308
压缩度 (% , $\bar{x}\pm s$)			
术前	45.68±7.21	66.52±6.04	<0.001
末次随访	16.06±5.99	27.36±7.04	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
局部 Cobb 角 ($^\circ$, $\bar{x}\pm s$)			
术前	18.75±1.66	22.68±1.36	<0.001
末次随访	9.58±1.14	13.05±1.12	<0.001
P 值	<0.001	<0.001	
伤椎再骨折 (例, 是/否)	1/102	5/45	0.024

与饱满组相比，未饱满组的病程显著延长 ($P < 0.05$)，椎体内真空现象 (intravertebral vacuum phenomenon, IVP) 的比率显著增高 ($P < 0.05$)，椎体压缩度和局部 Cobb 角均显著增大 ($P < 0.05$)，伤椎再骨折发生率显著升高 ($P < 0.05$)。

2.3 二元多因素逻辑回归分析

以术中球囊扩张是否饱满的二分变量为因变量，

其他因素为自变量的多元逻辑回归分析结果见表 2，模型分类能力为 67.30%，经卡方检验模型有效 ($\chi^2 = 13.473$, $P = 0.097$)。结果表明，IVP 比率高 ($OR = 74.189$, $P < 0.05$)、局部 Cobb 角大 ($OR = 3.438$, $P < 0.05$)、椎体压缩度高 ($OR = 1.270$, $P < 0.05$) 及病程长 ($OR = 1.057$, $P < 0.05$) 是造成球囊扩张未饱满的危险因素。

表 2 术中球囊扩张是否饱满的多因素逻辑回归分析结果

影响因素	B 值	S.E.	Wald 值	OR 值	95% CI	P 值
病程	0.056	0.019	8.344	1.057	1.018~1.098	0.004
压缩度	0.239	0.091	6.884	1.270	1.062~1.519	0.009
局部 Cobb 角	1.235	0.385	10.265	3.438	1.615~7.318	<0.001
IVP	4.307	1.983	4.718	74.189	1.523~3 614.825	0.030

注：OR=1，表示该因素对疾病的发生不起作用；OR>1，表示该因素是危险因素；OR<1，表示该因素是保护因素

3 讨论

本研究发现病程长是造成 PKP 术中球囊扩张不饱满的独立危险因素。但目前对新鲜与陈旧性 OVCF 的时间界限尚有争议，冯飞等^[9]将 1 周内的急性骨折与 1~8 周的亚急性骨折归为新鲜 OVCF，本研究将超 8 周的骨折归为陈旧性 OVCF。有研究指出新鲜 OVCF 伤椎内的血肿尚未充分机化和纤维化，此时行 PKP 可以更好地恢复伤椎高度，而陈旧性 OVCF 伤椎内的血肿已完成机化和纤维化，骨小梁及微骨折已开始自我修复，骨折断端连接较为紧密，此时再行 PKP 也不利于恢复伤椎高度^[10-12]。因此，球囊在相对松软的新鲜伤椎内更易扩张，而在陈旧伤椎内由于球囊扩张阻力较大致使扩张相对困难。本研究还发现两组术后 VAS 评分均明显低于术前，说明无论球囊扩张饱满与否，PKP 均能有效缓解疼痛，但为更好地恢复伤椎高度，建议患者在达陈旧性 OVCF 之前尽早行 PKP 治疗。

当椎体达到重度压缩时，椎体前缘高度显著低于椎体后缘高度，此时局部 Cobb 角往往较大。本研究也发现压缩度越大和局部 Cobb 角越大时越不利于球囊扩张。有学者指出 OVCF 呈重度压缩时，骨小梁被挤压变得相对较实，松质骨间粘滞力加大，且在愈合过程中会产生坚硬的死骨及板层骨覆盖于骨小梁断裂区域^[13, 14]。这均会加大球囊扩张阻力，再者重度压缩时伤椎上下终板之间的距离和空间变小，使得球囊可扩张的有效空间不足，从而不利于球囊扩张。

Kümmell's 病是 OVCF 的迟发并发症，也是 OVCF

的灾难性结局，在 CT 上表现为 IVP^[15, 16]。Kümmell's 病的具体发病机制目前尚不明确，有报道称是由伤椎内动脉受损，伤椎供血不足，局部发生缺血坏死，此后由于活动导致伤椎内新发微骨折，进一步增大缺血性坏死范围，形成伤椎内缺血坏死-新发微骨折的恶性循环，使得伤椎难以愈合及高度逐渐丢失^[17]。Zhang 等^[7]研究发现，当 OVCF 患者合并 Kümmell's 病时，伤椎内缺血坏死的骨小梁会形成坚韧的坏死硬化区。本研究发现，Kümmell's 病是不利于球囊扩张的一个相关因素，这可能由于球囊能承受的压力相对较低，难以挤压坚硬的坏死硬化区，致使球囊扩张不理想。

手术并发症的出现会给患者带来不好的手术体验及手术认可度，甚至会有二次手术的可能。PKP 常见并发症包括骨水泥漏、伤椎再骨折等。有学者提出骨水泥漏与终板塌陷、皮质断裂及术中过度追求恢复伤椎高度有关^[18-20]。伤椎再骨折是指 PKP 术后伤椎强化不完全，再次或反复经外力作用下，伤椎内的骨水泥由于强度太高，反而会对未强化区的骨小梁造成破坏，导致骨水泥填充区外的剩余区域发生塌陷，从而引起腰背部疼痛复发^[21]。有报道称伤椎再骨折与 OP 自然进展、骨水泥和骨小梁的弥散嵌合不足、陈旧性 OVCF 及 Kümmell's 病有关^[22-25]。本研究结果中未饱满组发生伤椎再骨折的概率明显大于饱满组，说明伤椎再骨折与球囊扩张饱满与否有一定关系。所以当有明显不利于球囊扩张因素的 OVCF 患者行 PKP 治疗且术中球囊扩张未饱满时，应警惕并积极抗骨质疏松治疗，预防术后伤椎再骨折的发生。

综上所述，椎体裂隙征比率高、局部 Cobb 角

大、椎体压缩度严重和病程长是造成PKP术中球囊扩张未饱满的因素。此外，球囊扩张未饱满可增加术后伤椎再骨折的风险。本研究也存在局限性：影像设备差异可能会影响结果；两组患者的术后长期疗效及并发症需进一步延长随访时间加以观察验证。

参考文献

- [1] 秦大平, 张晓刚, 宋敏, 等. 老年骨质疏松性胸腰椎压缩骨折治疗研究进展 [J]. 中华中医药杂志, 2017, 32 (2): 679-684.
- [2] Goldstein CL, Chutkan NB, Choma TJ, et al. Management of the elderly with vertebral compression fractures [J]. Neurosurgery, 2015, 77 (Suppl 4): S33-S45.
- [3] Pan C, Liu X, Li T, et al. Kinetic of bone turnover markers after osteoporotic vertebral compression fractures in postmenopausal female [J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13 (1): 314.
- [4] Wang D, Li Z, Yin S, et al. Modified kyphoplasty with controllable balloon dilatation for treatment of thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Int Orthop, 2020, 44 (7): 1401-1408.
- [5] Arabmotlagh M, Nikoleiski SC, Schmidt S, et al. Radiological evaluation of kyphoplasty with an intravertebral expander after osteoporotic vertebral fracture [J]. J Orthop Res, 2019, 37 (2): 457-465.
- [6] Zuo XH, Zhu XP, Bao HG, et al. Network meta-analysis of percutaneous vertebroplasty, percutaneous kyphoplasty, nerve block, and conservative treatment for nonsurgery options of acute/subacute and chronic osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs) in short-term and long-term effects [J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97 (29): e11544.
- [7] Zhang J, Fan Y, He X, et al. Is percutaneous kyphoplasty the better choice for minimally invasive treatment of neurologically intact osteoporotic Kümmell's disease? A comparison of two minimally invasive procedures [J]. Int Orthop, 2018, 42 (6): 1321-1326.
- [8] 印平, 马远征, 马迅, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折的治疗指南 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2015, 21 (6): 643-648.
- [9] 冯飞, 邓介超, 唐海. 多发性骨质疏松性椎体压缩骨折中新鲜与陈旧骨折椎体的诊断与鉴别诊断 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2013, 6 (2): 132-136.
- [10] 莫小毅, 沈皆亮, 张晓军, 等. 不同手术时机行经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折临床疗效对比 [J]. 创伤外科杂志, 2018, 20 (7): 490-494.
- [11] 杨俊龙, 刘志祥, 赖震, 等. 经皮椎体球囊扩张成形术不同手术时机对胸腰椎骨质疏松性压缩性骨折疗效的影响 [J]. 创伤外科杂志, 2017, 19 (7): 484-487.
- [12] Palmowski Y, Balmer S, Bürger J, et al. Influence of operative timing on the early post-operative radiological and clinical outcome after kyphoplasty [J]. Eur Spine J, 2020, 29 (10): 2560-2567.
- [13] 邵珂, 吉立新. 不同程度椎体压缩骨折行经皮穿刺椎体成形术后骨水泥的弥散分布规律 [J]. 创伤外科杂志, 2019, 21 (7): 508-512.
- [14] Qi H, Xue J, Gao J, et al. Changes of bone turnover markers and bone tissue content after severe osteoporotic vertebral compression fracture [J]. Med Sci Monit, 2020, 26: e923713.
- [15] 孙亦强, 王秀双, 李建军, 等. 椎体内裂隙征引起的椎体动态不稳与神经功能损伤的关系 [J]. 中国组织工程研究, 2020, 24 (18): 2900-2905.
- [16] 干旻峰, 王华铮, 钮俊杰, 等. 后凸成形术治疗骨质疏松椎骨折伴椎体裂隙征 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (1): 9-12.
- [17] 路文超, 王宇鹏, 湛川. 椎体后凸成形治疗 Kummell 病过程中发生的骨水泥渗漏 [J]. 中国组织工程研究, 2019, 23 (2): 172-177.
- [18] Chen C, Fan P, Xie X, et al. Risk factors for cement leakage and adjacent vertebral fractures in kyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures [J]. Clin Spine Surg, 2020, 33 (6): E251-E255.
- [19] 郭瑞, 张柯, 文豪, 等. 椎体强化术骨水泥渗漏的危险因素 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27 (4): 294-298.
- [20] 张帅, 王清, 杨进, 等. 经皮椎体后凸成形术骨水泥椎管内渗漏发生率及相关危险因素分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (24): 2244-2249.
- [21] 张煜, 张绍东. 椎体成形术后手术椎体再塌陷的危险因素 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26 (5): 459-462.
- [22] Jeong YH, Lee CJ, Yeon JT, et al. Insufficient penetration of bone cement into the trabecular bone: a potential risk for delayed bone cement displacement after kyphoplasty [J]. Reg Anesth Pain Med, 2016, 41 (5): 616-618.
- [23] He S, Zhang Y, Lv N, et al. The effect of bone cement distribution on clinical efficacy after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98 (50): e18217.
- [24] Niu J, Zhou H, Meng Q, et al. Factors affecting recompression of augmented vertebrae after successful percutaneous balloon kyphoplasty: a retrospective analysis [J]. Acta Radiol, 2015, 56 (11): 1380-1387.
- [25] 唐政杰, 侯宇, 张亘媛, 等. 椎体后凸成形术后再发骨折的相关危险因素分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23 (2): 124-131.

(收稿:2021-11-01 修回:2022-05-12)
(同行评议专家: 王 健 朱庄臣)
(本文编辑: 郭秀婷)