

✧ 骨骼肌肉影像学

Impact of intravertebral cleft on adjacent vertebral fractures after percutaneous vertebral augmentation

CAI Jinhui¹, LIU Qingyu^{2*}, RUAN Yaoqin¹, YE Haoyi¹,WU Zhihua¹, GUO Donghua¹, LIU Zhifeng¹

(1. Department of Radiology, Zengcheng District People's Hospital of Guangzhou,

Guangzhou 511300, China; 2. Department of Radiology, Sun Yat-sen Memorial

Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the impact of intravertebral cleft on adjacent vertebral fracture (AVF) after percutaneous vertebral augmentation. **Methods** Data of 172 patients with osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) who underwent percutaneous vertebral augmentation were retrospectively analyzed. The patients were divided into intravertebral cleft group ($n=37$) and control group ($n=135$) according to the presence or absence of intravertebral cleft before operation. The operative information and postoperative imaging characteristics were compared between 2 groups, and the impact of intravertebral cleft on AVF was analyzed. **Results** The incidence of AVF after vertebral augmentation in intravertebral cleft group (54.55%, 24/44) was significantly higher than that in control group (23.21%, 39/168, $\chi^2=16.39$, $P<0.01$). The incidence of cement solid pattern distribution, intradiscal cement leakage and bone cement-bone surface fluid sign in intravertebral cleft group (84.1%, 43.2% and 63.6%) were all higher than those in control group (60.0%, 26.8%, 23.8%, $\chi^2=8.82$, 4.45, 25.34, all $P<0.05$). In intravertebral cleft group, the incidence of AVF in vertebral body with anterior wall height decreased ratio $>50\%$ (75.00%) was significantly higher than in those $\leq 50\%$ (42.86%, $\chi^2=4.24$, $P=0.04$), but there was no statistical difference of the incidence of AVF among different fracture locations nor components ($\chi^2=2.13$, 0.27, both $P>0.05$). **Conclusion** OVCF patients with intravertebral cleft are at increased risk of recurrence AVF after percutaneous vertebral augmentation, especially those with higher anterior wall height decreased ratio, postoperative bone cement mass distribution and bone cement-bone surface fluid signs and being required close follow-up observation.

[Keywords] osteoporosis; spinal fractures; intravertebral cleft; osteoplasty**DOI:**10.13929/j.issn.1003-3289.2020.08.025

椎体内裂隙对椎体强化术后邻近椎体骨折的影响

蔡金辉¹, 刘庆余^{2*}, 阮耀钦¹, 叶皓翊¹, 伍志华¹, 郭栋华¹, 刘志锋¹

(1. 广州市增城区人民医院影像科, 广东 广州 511300; 2. 中山大学孙逸仙纪念医院

放射科, 广东 广州 510120)

[摘要] **目的** 观察椎体内裂隙对椎体强化术后再发邻近椎体骨折(AVF)的影响。**方法** 回顾性分析 172 例椎体强化术后骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)的资料, 根据术前是否存在椎体内裂隙分为裂隙组($n=37$)及对照组($n=135$), 比较 2 组术中资料及术后影像学特征, 分析椎体内裂隙对 AVF 的影响。**结果** 裂隙组 AVF 发生率(54.55%, 24/

[基金项目] 广东省科技计划(2014A020212426)、广州市科技计划(201510010087)、广州市增城区人民医院临床研究培育项目(2019-LC-002)。**[第一作者]** 蔡金辉(1986—), 男, 广东清远人, 硕士, 主治医师。研究方向: 骨关节影像诊断。E-mail: caijinhui123456@163.com**[通信作者]** 刘庆余, 中山大学孙逸仙纪念医院放射科, 510120。E-mail: liu.qingyu@163.com**[收稿日期]** 2020-02-20 **[修回日期]** 2020-06-10

44), 明显高于对照组(23.21%, 39/168, $\chi^2=16.39$, $P<0.01$); 其骨水泥团块状分布、骨水泥椎间盘渗漏及骨水泥-骨界面液体征发生率(84.1%、43.2%、63.6%)均高于对照组(60.0%、26.8%、23.8%, $\chi^2=8.82, 4.45, 25.34$, P 均 <0.05)。裂隙组伤椎前缘压缩率 $>50\%$ 椎体 AVF 发生率(75.00%)明显高于 $\leq 50\%$ 椎体(42.86%, $\chi^2=4.24$, $P=0.04$), 而不同椎体内裂隙位置、成分间 AVF 发生率差异无统计学意义($\chi^2=2.13, 0.27$, P 均 >0.05)。结论 伴椎体内裂隙的 OVCF 患者经皮椎体强化术后再发 AVF 风险增加, 对术前椎体压缩程度重、术后存在骨水泥团块状分布及骨水泥-骨界面液体征者尤应密切随访观察。

[关键词] 骨质疏松; 脊柱骨折; 椎体内裂隙; 骨成形术

[中图分类号] R683.2; R445 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2020)08-1225-05

椎体内裂隙指存在于骨折椎体内的气体或液体聚集现象, 多见于骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)患者^[1], 临床主要表现为持久、顽固性腰背部疼痛及椎体进行性塌陷。椎体强化术是治疗伴有椎体内裂隙的 OVCF 的主要方法^[2], 但术后常继发邻近椎体骨折(adjacent vertebral fracture, AVF)。本研究基于 MRI 观察椎体内裂隙对椎体强化术后发生 AVF 的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2013 年 11 月—2018 年 1 月 172 例接受椎体强化术后 OVCF^[3] 患者, 男 41 例, 女 131 例, 年龄 51~91 岁, 中位年龄 74.5 岁。纳入标准: ①女性年龄 ≥ 50 岁, 男性年龄 ≥ 60 岁, 符合 OVCF 诊断标准, 且责任椎体经椎体强化术治疗; ②骨折椎体水平位于 T4~L5 椎体, 初始骨折椎体数量 1~3 节; ③术前 1 周内接受胸腰椎 X 线、MR 检查, 术后 3 天内复查胸腰椎 X 线片, 术后电话随访 1 年, 如期间出现不适则行 MR 检查, 否则 1 年后复查 MR。排除标准: ①精神疾病或恶性肿瘤病史; ②合并脊柱感染性疾病或代谢性骨病。根据是否存在椎体内裂隙将患者分为裂隙组($n=37$)及对照组($n=135$)。参照文献^[4]方法于 C 形臂 X 线透视监测下行椎体强化术, 包括经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)或经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Aristos MX-RD DR 数字 X 线摄影系统摄胸腰椎正侧位片。采用 GE Signa HDi 1.5T 超导型 MR 仪行胸、腰椎 MR 扫描, 参数: 矢状位 T2W, TR 2 500 ms, TE 90 ms, 层厚 4 mm, 层间距 0.4 mm, FOV 300 mm $\times$ 300 mm, 矩阵 256 $\times$ 256; 矢状位 STIR, TR 3 325 ms, TE 45 ms, 其余参数同矢状位 T2W。

1.3 图像分析 术前 X 线片示骨折椎体内存在线样、三角形及不规则形低密度影, 或 MRI 显示骨折椎

体内边界清楚的脑脊液样明亮高信号、极低信号或高、低混杂信号代表存在椎体内裂隙^[1]。由 2 名具有 5 年以上骨关节影像学诊断经验的住院医师分析术前 X 线片及 MRI, 评价是否存在椎体内裂隙及其位置、成分, 计算裂隙组伤椎前缘压缩率, 评价术后影像学特征, 包括骨水泥分布状态、是否存在骨水泥椎间盘渗漏及骨水泥-骨界面液体征。根据术前 MRI 所示裂隙与终板的距离将椎体内裂隙分为邻近上终板(裂隙-上终板间距 $>$ 裂隙-下终板间距)、邻近下终板(裂隙-上终板间距 $<$ 裂隙-下终板间距)及邻近上和下终板(裂隙-上终板间距 $\approx$ 裂隙-下终板间距)3 类; 椎体内裂隙呈极低信号提示裂隙内含气体成分, 呈明亮高信号提示裂隙内含液体成分, 呈高、低混杂信号提示裂隙内含气-液混合成分^[5](图 1)。测量于术前 X 线片伤椎(a)、上位邻近椎体(b)及下位邻近椎体(c)前缘高度, 取其均值为最终结果, 以伤椎上、下邻近椎体前缘高度平均值为伤椎前缘初始高度, 计算伤椎前缘压缩率(R): $R=[(b+c)/2-a]/[(b+c)/2]\times 100\%$ 。根据术后复查胸、腰椎 X 线片评价骨水泥分布状态(团块状或海绵状)及是否存在骨水泥椎间盘渗漏; 根据术后 12 个月胸腰椎 MRI 评价是否存在骨水泥-骨界面液体征(T2WI 或 STIR 图像示术椎骨水泥-骨髓交界出现点片状、弧形脑脊液样高信号)。

另由 2 名主治医师分析术后随访 MRI, 明确是否存在 AVF; 对术后新发 OVCF 病例观察责任椎体是否位于术椎邻近节段, 意见不一致时经讨论决定。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 25 统计分析软件。计数资料以频数表示, 符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 非正态分布计量资料以中位数(上下四分位数)表示。以 χ^2 检验比较 2 组一般资料(患者性别, 手术椎体数量、部位, 手术方式及骨水泥注入量)及术后影像学特征(手术椎体内骨水泥分布状态、骨水泥椎间盘渗漏率及骨水泥-骨界面液体征), 分析椎体内裂隙对 AVF 的影响; 以非参数检验(Mann-Whitney U)比较 2 组患者年龄及继发 AVF 时间差异。 $P<0.05$ 为差

异有统计学意义。

2 结果

172 例共 212 节手术椎体, 裂隙组 37 例共 44 节 (20.75%, 44/212), 包括 10 节 T5~T11 (22.73%, 10/44)、32 节 T12~L2 (72.73%, 32/44) 及 2 节 L3~L5 (4.54%, 2/44); 对照组 135 例共 168 节。

裂隙组患者中位年龄 77.0 (72.0, 83.5) 岁, 对照组 73.0 (66.0, 80.0) 岁, 差异有统计学意义 ($Z = -2.49$, $P = 0.01$)。2 组患者性别、手术椎体数量、手术椎体部位、手术方式及骨水泥注入量差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05), 见表 1。裂隙组手术椎体内骨水泥呈团块状分布、骨水泥椎间盘渗漏率及骨水泥-骨界

面液体征出现率均高于对照组 (P 均 < 0.01)。见表 2 及图 2。

裂隙组 54.55% (24/44) 椎体继发 AVF, 明显高于对照组 [23.21%, 39/168, $\chi^2 = 16.39$, $OR (95\% CI) = 3.97 (1.99, 7.94)$, $P < 0.01$]; 继发 AVF 中位时间为术后 2.0 (1.0, 16.0) 个月, 与对照组 [术后 4.3 (1.0, 10.0) 个月] 差异无统计学意义 ($Z = -0.03$, $P = 0.98$)。裂隙组 16 节椎体伤椎前缘压缩率 $> 50\%$, 75.00% (12/16) 继发 AVF, 明显高于 $\leq 50\%$ 椎体 [42.86%, 12/28, $\chi^2 = 4.24$, $OR (95\% CI) = 4.00 (1.03, 15.53)$, $P = 0.04$]。不同椎体内裂隙位置、成分间发生 AVF 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 2.13, 0.27$, P 均 > 0.05)。



图 1 椎体内裂隙位置及成分 A. 椎体内裂隙邻近上终板, 内含液体成分(箭); B. 椎体内裂隙邻近下终板, 内含气-液混合成分(箭); C. 椎体内裂隙邻近上、下终板, 内含气-液混合成分(箭)

表 1 2 组一般资料比较

组别	男/女(例)	手术椎体数量(例)			手术椎体部位(节)			手术方式(节)		骨水泥注入量(节)	
		1 节	2 节	3 节	T5~T11	T12~L2	L3~L5	PVP	PKP	< 5 ml	≥ 5 ml
裂隙组	5/32	31	3	3	10	32	2	35	9	15	29
对照组	36/99	110	19	6	35	103	30	109	59	75	93
χ^2 值	2.77	1.57			4.87			3.44		1.59	
P 值	0.10	0.456			0.09			0.06		0.21	

表 2 2 组术后影像学特征比较[节(%)]

组别	骨水泥分布状态		骨水泥椎间盘渗漏		骨水泥-骨界面液体征	
	团块状	海绵状	有	无	有	无
裂隙组	37(84.09)	7(15.91)	19(43.18)	25(56.82)	28(63.64)	16(36.36)
对照组	101(60.12)	67(39.88)	45(26.79)	123(73.21)	40(23.81)	128(76.19)
χ^2 值	8.82		4.45		25.34	
P 值	< 0.01		0.04		< 0.01	

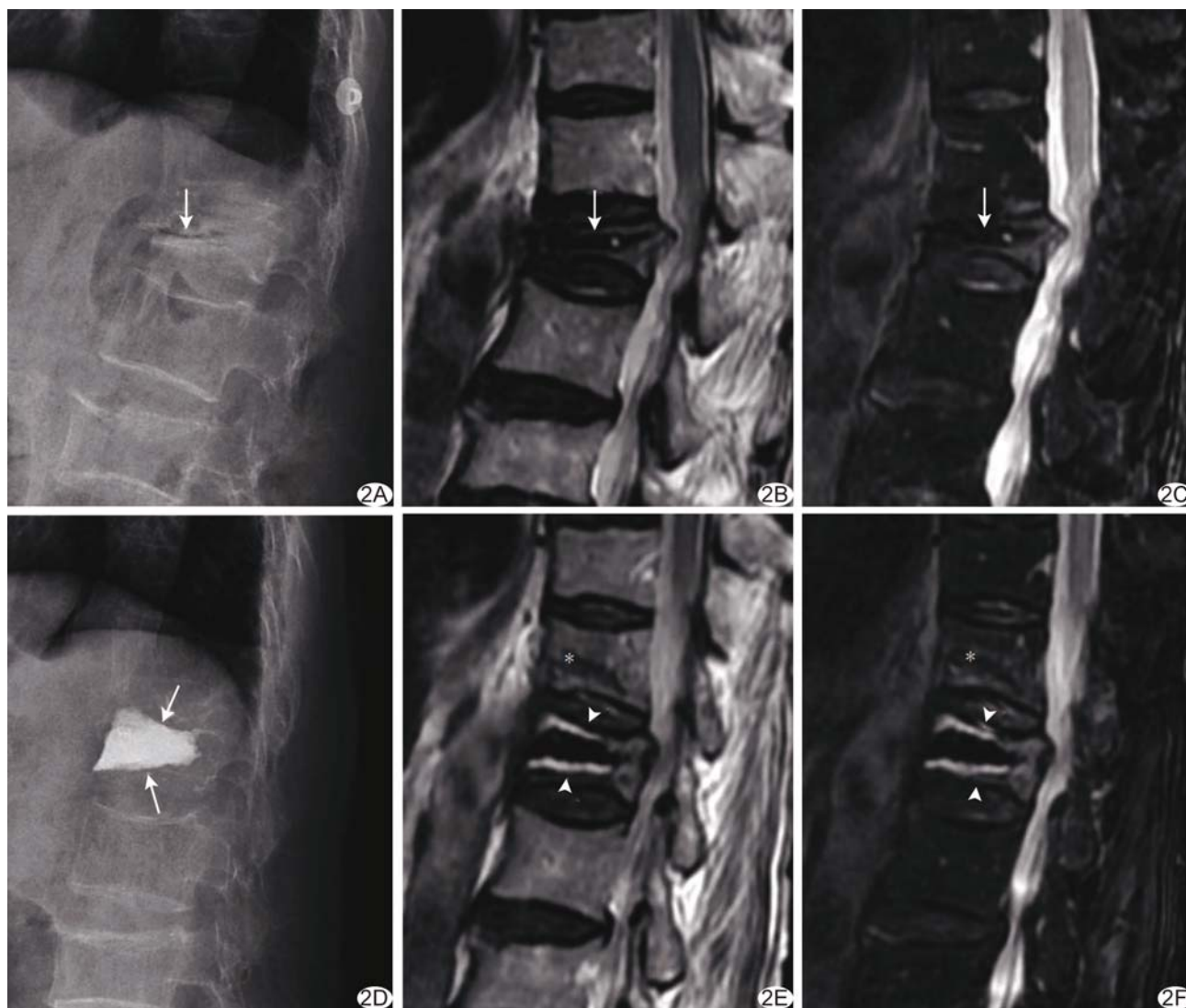


图2 患者女,80岁,L1椎体压缩性骨折,行PVP A~C.术前腰椎X线侧位片(A)、MR T2WI(B)及STIR图像(C)示L1椎体压缩性骨折伴椎体内裂隙形成(箭示病灶),L1椎体前缘压缩率59.4%;D.术后1天复查腰椎片,骨水泥呈团块状分布(箭);E~F.术后12个月T2WI(E)、STIR图像(F)示术椎骨水泥-骨界面液体征(箭头),L1上位邻近椎体(T12)发生骨折(星号)

3 讨论

椎体内裂隙多见于OVCF患者脊柱胸腰段,发生率高达13.8%~42.4%^[1,6]。本研究OVCF患者椎体内裂隙发生率为20.75%,其中72.73%位于脊柱胸腰段(T12~L2),X线片或CT表现为横行、线样裂隙透亮影^[1];其MRI表现与裂隙内成分相关,气体成分T1WI及T2WI均呈气体样极低信号,液体成分T1WI呈低信号、T2WI呈脑脊液样明亮高信号,气-液混合成分T1WI呈低信号,T2WI呈低、高混杂信号^[5];椎体骨质缺血性坏死为其主要病理基础。动脉粥样硬化及骨质疏松时,椎体血供减少,OVCF椎体血管损伤和椎体节段动脉血栓形成等进一步加重椎体血液循环障碍,导致椎体骨质损伤难以完全修复而出

现骨坏死;随着椎体骨坏死、塌陷,椎体内形成低压裂隙,气体或液体渗出填充其中,形成椎体内裂隙,最终导致骨折不愈合、椎体不稳及假关节形成^[7-8]。

椎体强化术是治疗伴有椎体内裂隙OVCF的主要手段,可有效缓解疼痛,恢复骨折椎高度,矫正脊柱后凸畸形等,临床效果良好^[9-10];但术后常发生AVF,导致腰背部再发疼痛及行走障碍,严重影响生活质量。

对于椎体内裂隙是否增加OVCF患者椎体强化术后再发AVF的相关研究较少。TROUT等^[11]发现伴椎体内裂隙OVCF患者PVP后AVF发生率为不伴椎体内裂隙者的2倍以上。WANG等^[12]认为椎体内裂隙为椎体成形术后再发AVF的独立危险因素,且伴椎体内裂隙者术后再发生AVF的时间早于不伴者。本研究中

裂隙组术后 AVF 发生率明显高于对照组,该组 AVF 风险是对照组的 3.97 倍;其中前缘压缩率 $>50\%$ 的伤椎术后 AVF 发生率明显高于 $\leq 50\%$ 者,AVF 风险为后者的 4 倍。伴椎体内裂隙椎体压缩程度越严重,经过椎体强化术治疗后,椎体高度恢复率越大,强化椎体刚度及强度越大,且强化椎体终板由内陷状态转变为外凸膨胀状态,导致强化椎体承受的应力更易传导至邻近椎体,继发 AVF 的风险也就越大^[13]。

本研究裂隙组椎体强化术后影像学特征与对照组存在较大差异,可能是导致椎体内裂隙组术后 AVF 风险升高的重要原因。在椎体强化术注入骨水泥时,裂隙内压力较低,骨水泥无法充分弥散而呈区域性、团块状分布,导致术椎及邻近椎体应力增加且分布不均^[14-15];同时椎体内裂隙常合并终板骨折,骨水泥易通过损伤终板渗漏至邻近椎间盘^[16],椎间盘缓冲作用及原有力学传导特性受损,致邻近椎体力学载荷进一步失衡而诱发 AVF。MRI 随访结果显示裂隙组骨水泥骨界面液体征发生率明显高于对照组,原因主要在于手术过程中骨水泥未能充分填充裂隙,液体渗出、积聚于残留裂隙而形成骨水泥-骨界面液体征^[17],提示骨水泥与残留椎间存在一定空隙而无法完全稳定骨折椎体,反复微运动致邻近椎间盘及椎体重复性损伤,从而引起邻近椎间盘退变及 AVF^[17-19]。

综上,伴椎体内裂隙 OVCF 患者椎体强化术后再次 AVF 风险增加,对术前椎体压缩程度重、术后存在骨水泥团块状分布及骨水泥-骨界面液体征者尤其应密切随访观察。

[参考文献]

- [1] YU W, JIANG X, LIANG D, et al. Intravertebral vacuum cleft and its varied locations within osteoporotic vertebral compression fractures: Effect on therapeutic efficacy [J]. Pain Physician, 2017, 20(6):E979-E986.
- [2] YU W, LIANG D, YAO Z, et al. The therapeutic effect of intravertebral vacuum cleft with osteoporotic vertebral compression fractures: A systematic review and meta-analysis [J]. Int J Surg, 2017, 40:17-23.
- [3] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 骨质疏松性椎体压缩性骨折诊疗与管理专家共识[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2018, 11(5):425-437.
- [4] 中华医学会放射学分会介入学组. 经皮椎体成形术操作技术专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48(1):6-9.
- [5] YU C W, HSU C Y, SHIH T T, et al. Vertebral osteonecrosis: MR imaging findings and related changes on adjacent levels [J].

- AJNR Am J Neuroradiol, 2007, 28(1):42-47.
- [6] FANG X, YU F, FU S, et al. Intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine: Incidence, characteristics, and therapeutic efficacy [J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(9):16960-16968.
- [7] KIM Y C, KIM Y H, HA K Y. Pathomechanism of intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine [J]. Spine J, 2014, 14(4):659-466.
- [8] CHONGYAN W, ZHANG X, LI S, et al. Mechanism of formation of intravertebral clefts in osteoporotic vertebral compression fractures: An in vitro biomechanical study [J]. Spine J, 2018, 18(12):2297-2301.
- [9] TANG S, FU W, ZHANG H, et al. Efficacy and safety of high-viscosity bone cement vertebroplasty in treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft [J]. World Neurosurg, 2019, 132:e739-e745.
- [10] LI Z, LIU T, YIN P, et al. The therapeutic effects of percutaneous kyphoplasty on osteoporotic vertebral compression fractures with or without intravertebral cleft [J]. Int Orthop, 2019, 43(2):359-365.
- [11] TROUT A T, KALLMES D F, LANE J I, et al. Subsequent vertebral fractures after vertebroplasty: Association with intraosseous clefts [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2006, 27(7):1586-1591.
- [12] WANG Y T, WU X T, CHEN H, et al. Adjacent-level symptomatic fracture after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compression fracture: A retrospective analysis [J]. J Orthop Sci, 2014, 19(6):868-876.
- [13] YANG S, LIU Y, YANG H, et al. Risk factors and correlation of secondary adjacent vertebral compression fracture in percutaneous kyphoplasty [J]. Int J Surg, 2016, 36 (PtA):138-142.
- [14] 李亮, 于学忠, 隋海涛, 等. 伴裂隙征的骨质疏松椎体骨折椎体强化后骨水泥分布模式 [J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(26):4789-4796.
- [15] YU W, XIAO X, ZHANG J, et al. Cement distribution patterns in osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft: Effect on therapeutic efficacy [J]. World Neurosurg, 2019, 123:e408-e415.
- [16] 蔡金辉, 刘庆余, 曾玉蓉, 等. MRI 预测经皮椎体强化术骨水泥椎间盘渗漏的价值 [J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(7):1061-1065.
- [17] LIN C C, YEN P S, WEN S H. Fluid sign in the treated bodies after percutaneous vertebroplasty [J]. Neuroradiology, 2008, 50(11):955-961.
- [18] 刘志锋, 刘庆余, 蔡金辉, 等. 经皮椎体强化术后液体信号征与邻近椎体骨折相关性分析 [J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(2):305-309.
- [19] LIN C C, WEN S H, CHIU C H, et al. The clinical influence of fluid sign in treated vertebral bodies after percutaneous vertebroplasty [J]. Radiology, 2009, 251(3):866-872.