

## · 临床论著 ·

## MRI 检测预测经皮椎体成形术后再骨折及相关因素

王俊平, 李尊强, 晏楠楠, 王宇翔\*

(盘锦辽油宝石花医院, 辽宁盘锦 124010)

**摘要:** [目的] 探讨 MRI 及其弥散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 对经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 术后同椎体再发骨折的预测价值。[方法] 2020 年 1 月—2022 年 6 月在盘锦辽油宝石花医院接受 PVP 治疗的 80 例患者纳入研究, 依据术后同椎体有无再发骨折分为再骨折组与未骨折组。单因素及多因素逻辑回归分析再发骨折的危险因素, ROC 曲线分析表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 对再发骨折的预测效能, 相关性行 Pearson 分析。[结果] 术后随访时间平均 (18.0±4.0) 个月, 同椎体再骨折发生 24 例 (30.0%)。单因素比较: 再骨折组骨密度 T 值 [(-3.6±0.8) vs (-3.2±0.6),  $P=0.016$ ] 显著低于未骨折组, 术前 IVC 占比 [是/否, (9/15) vs (2/54),  $P<0.001$ ]、骨折线累及终板占比 [是/否, (13/11) vs (16/40),  $P=0.029$ ]、术后骨水泥周围积液占比 [是/否, (9/15) vs (4/52),  $P=0.002$ ]、椎体高度恢复率 [(10.5±2.5)% vs (6.5±2.2)%],  $P<0.001$ ] 及 ADC 值 [(1.8±0.5)×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s vs (1.0±0.3)×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s,  $P<0.001$ ] 均显著大于未骨折组。多因素逻辑分析显示: 术前 IVC ( $OR=8.864$ ,  $P=0.005$ )、ADC 值 ( $OR=3.241$ ,  $P=0.024$ )、椎体高度恢复率 ( $OR=2.746$ ,  $P=0.012$ )、术后骨水泥周围积液 ( $OR=2.261$ ,  $P=0.029$ ) 是术后同椎体再发骨折的独立危险因素。ADC 值预测再发骨折的曲线下面积为 0.953。ADC 值与骨密度 T 值呈显著负相关 ( $r=-0.335$ ,  $P<0.001$ ), 与椎体高度恢复率呈显著正相关 ( $r=0.250$ ,  $P<0.001$ )。[结论] MRI-DWI 对 PVP 术后同椎体再发骨折有一定的预测价值, 通过对 MRI 对 DWI-ADC 值、IVC 等危险因素评估, 可能有利于预防术后骨折再发。

**关键词:** 骨质疏松性椎体压缩骨折, 经皮椎体成形术, 再发骨折, 磁共振成像, 弥散加权成像

**中图分类号:** R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 18-1669-06

**MRI detection predicts refracture and related factors after percutaneous vertebroplasty // WANG Jun-ping, LI Zun-qiang, YAN Nan-nan, WANG Yu-xiang. Panjin Liaoyou Baoshihua Hospital, Panjin 124010, China**

**Abstract:** [Objective] To investigate the predictive value of diffusion weighted imaging (DWI) of MRI in recurrent fractures of the same vertebra after percutaneous vertebroplasty (PVP). [Methods] From January 2020 to June 2022, 80 patients who received PVP treatment in Liaoyou Baoshihua Hospital of Panjin were included in the study, and were divided into the refracture group (the RF group) and the non-fracture group (the NF group) according to whether there was a refracture of the same vertebra after surgery. The risk factors of recurrent fracture were analyzed by univariate comparison and multivariate logistic regression, the predictive efficacy of apparent diffusion coefficient (ADC) in recurrent fracture was analyzed by ROC curve, and Pearson analysis was performed for the correlation. [Results] As follow-up period lasted for (18.0±4.0) months in a mean, 24 cases (30.0%) proved refracture at the same vertebral body. As results of univariate comparison, the RF group had was significantly greater than the NF group in terms of bone mineral density T value [(-3.6±0.8) vs (-3.2±0.6),  $P=0.016$ ], preoperative IVC ratio [yes/no, (9/15) vs (2/54),  $P<0.001$ ], fracture line involved end-plate ratio [yes/no, (13/11) vs (16/40),  $P=0.029$ ], postoperative fluid accumulation around bone cement ratio [yes/no, (9/15) vs (4/52),  $P=0.002$ ], vertebral height restoration rate [(10.5±2.5)% vs (6.5±2.2)%],  $P<0.001$ ] and ADC values [(1.8±0.5) 10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s vs (1.0±0.3) 10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s,  $P<0.001$ ]. As for multivariate logistic analysis, the preoperative IVC ( $OR=8.864$ ,  $P=0.005$ ), ADC value ( $OR=3.241$ ,  $P=0.024$ ), vertebral height recovery rate ( $OR=2.746$ ,  $P=0.012$ ), postoperative fluid accumulation around bone cement ( $OR=2.261$ ,  $P=0.029$ ) were the independent risk factor for recurrent fracture of the same vertebra after surgery. The area under the curve (AUC) predicted by ADC values for recurrent fractures was 0.953. In addition, the ADC values were negatively correlated with bone mineral density ( $r=-0.335$ ,  $P<0.001$ ), whereas positively correlated with vertebral height recovery ( $r=0.250$ ,  $P<0.001$ ). [Conclusion] MRI-DWI has a certain predictive value for the recurrence of the same vertebral body fracture after PVP. By evaluating the risk factors such as DWI-ADC value and IVC value of MRI, it may be beneficial to prevent the recurrence of fracture after PVP.

DOI:10.20184/j.cnki.issn1005-8478.100670

作者简介: 王俊平, 副主任医师, 研究方向: 放射骨科诊疗, (电子信箱)765642966@qq.com

\* 通信作者: 王宇翔, (电子信箱)15204268154@139.com

**Key words:** osteoporotic vertebral compression fracture, percutaneous vertebroplasty, recurrent fracture, magnetic resonance imaging, diffusion-weighted imaging

骨质疏松的典型特征为骨量下降与骨微结构异常,脆性骨折发生概率大<sup>[1]</sup>。骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF)为骨质疏松的常见并发症,预估 50 岁以上居民中,40% 的女性、14% 左右的男性可能患 OVCF<sup>[2]</sup>,且受人口老龄化影响,OVCF 患病率不断增多,其会引发疼痛、相关生理功能受限等症状,影响患者生活质量,重者可能致残和死亡,该疾病已然成为我国重要的健康问题之一。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)近年来在 OVCF 治疗中广泛应用,于伤椎注入骨水泥以强化椎体,能快速改善疼痛,促肢体功能恢复<sup>[3,4]</sup>。虽然 PVP 治疗优势明确,但也可能发生骨水泥渗漏、同椎体再发骨折等并发症。有研究称骨水泥渗漏是椎体再发骨折的危险因素之一<sup>[5]</sup>。有学者发现,OVCF 患者 PVP 术后同椎体再发骨折发生率达 51.6%,椎体内裂隙征(intravertebral cleft, IVC)、椎体高度恢复率较高是其发生的独立危险因素<sup>[6]</sup>。目前关于 PVP 术后再发骨折危险因素的报道较多,但关于影像学与椎体再发骨折的相关研究尚少。MRI 因其成像方式多、软组织分辨率高等特点在 OVCF 等重大疾病中应用较多<sup>[7]</sup>,且它的弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)能检测患者体内水分子扩散运动,依据扩散速度不一而成像,经由表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)实现,能有效反映患者相关组织结构生理/病理状态<sup>[8]</sup>。王振兴等<sup>[9]</sup>研究表明, DWI 对脊柱 OVCF 和病理性压缩骨折有一定的鉴别诊断价值,但其对 OVCF 的定量研究还处于探索期。本研究以接受 PVP 治疗的 80 例 OVCF 患者为对象,分析 MRI-DWI 对 OVCF 患者 PVP 术后同椎体再发骨折的预测价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)经临床及影像学检查确诊为 OVCF;(2)有 PVP 指征且均行单节段 PVP 治疗;(3)手术前后及最后 1 次随访均接受 X 线片、MRI 检查;(4)至少随访 12 个月,发现再发骨折时停止随访。

排除标准:(1)爆裂性/病理性骨折;(2)椎体

感染、恶性肿瘤;(3)胸腰椎骨折且移位明显者;(4)免疫、凝血功能异常;(5)继发性骨质疏松所致骨折、既往有脊椎手术史;(6)临床及随访资料不全。

### 1.2 一般资料

回顾性分析盘锦辽油宝石花医院 2020 年 1 月—2022 年 6 月符合标准的 80 例 OVCF 患者病例资料,其中男 15 例,女 65 例,年龄 50~90 岁,平均(74.2±6.8)岁。依据术后是否发生同椎体再发骨折分为再骨折组与未骨折组。本研究经医院伦理委员会批准,患者及其家属知情同意。

### 1.3 手术方法

所有患者均行单节段 PVP 治疗且由同一组医师完成。取俯卧位,保持胸腰段椎体过伸。X 线透视下观察伤椎,穿刺点经由克氏针定位。穿刺点 1%利多卡因 10 ml 行局部麻醉,透视下由伤椎单侧或双侧穿刺针进针,经椎弓根到椎体后缘且不超过椎弓根影内缘,穿入椎体 2 mm 后换置针芯,随后放置扩张器、套管,使用手锤敲击至椎体后缘。扩张器拔出,顺着套管置入骨钻以开路,至距离椎体前缘 3 mm,拔出骨钻,放入导针,探查椎体内状况,确定位置无误,正位像针尖至椎体中线。置入球囊扩张器,侧位透视可见球囊标记在椎体前 3/4,透视下注射造影剂,加压到 350 kPa 左右取出内芯,继续加压扩张球囊,保持压力 1 400 kPa 内,透视下可见球囊至椎体上下终板,椎体高度恢复满意后停止加压,去掉造影剂及球囊。透视下将丙烯酸树脂骨水泥注入椎体内,骨水泥充满时停止注射。

### 1.4 评价指标

同椎体再骨折标准:术后 MRI 检查可见骨髓水肿范围变广或骨髓水肿重新出现;术后第 1 次和最后 1 次 X 线片可见椎体压缩率的差值>15%<sup>[10]</sup>。满足上述 2 个要求即判断为术后同椎体再发骨折,计为再骨折组。统计对比两组一般资料,包括年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI);临床指标,包括骨密度、原发骨折部位、骨水泥注入量;MRI 影像资料,包括术前 IVC、骨折线是否累及终板、术后骨水泥渗漏、骨水泥周围积液、ADC 值与椎体高度恢复率,其中 ADC 为 DWI 相关参数,通过 MRI-DWI 检查测定, b 值取 0、100、200、400、600、800 s/mm<sup>2</sup>,分别获得 ADC,取均值。

### 1.5 统计学方法

应用 SPSS 24.0 软件对数据进行统计分析。计量资料满足正态分布时以  $\bar{x} \pm s$  表示，两组间比较行独立样本  $t$  检验。计数资料行  $\chi^2$  或连续性校正检验。以再骨折与否为因变量，其他资料为自变量行二元逻辑回归分析；受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评估 ADC 值对再发骨折的预测价值；Pearson 相关性分析 ADC 与骨密度、椎体高度恢复率的关系。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床结果

80 例 OVCF 患者术后随访 15~32 个月，平均随访时间 (18.0±4.0) 个月，发生同椎体再骨折 24 例，占比 30.0%，其中腰椎再骨折 3 例，胸椎再骨折 1 例，胸腰椎再骨折 20 例。术后 3 个月内发生 3 例，术后半年发生 8 例，术后 1 年发生 11 例，术后 1~2 年发生 2 例。24 例患者中，VAS<3 的 10 例患者接受卧床、镇静、抗骨质疏松等保守治疗；14 例 VAS≥3 的患者接受再次 PVP。经相应处理后，所有患者症状均好转，疼痛明显缓解。56 例患者无再骨折发生，占比 70.0%。

### 2.2 是否再骨折的单项因素比较

以是否再骨折，将患者分为再骨折组与未骨折组，两组患者的单项因素比较见表 1。两组患者性别、年龄、BMI、原发骨折部位、骨水泥注入量及骨水泥渗漏之间的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，再骨折组骨密度 T 值显著低于未骨折组 ( $P < 0.05$ )，术

前 IVC 占比、骨折线累及终板占比、术后骨水泥周围积液占比、椎体高度恢复率及 ADC 值均显著大于未骨折组 ( $P < 0.05$ )。

### 2.3 是否再骨折的逻辑回归分析

以是否再骨折为因变量，其他因素为自变量，行多因素二元逻辑回归分析，结果见表 2，模型分类能力为 82.5%，经卡方检验模型有效 ( $\chi^2=84.210, P < 0.001$ )。结果显示，术前 IVC ( $OR=8.864, P=0.005$ )、ADC 值 ( $OR=3.241, P=0.024$ )、椎体高度恢复率 ( $OR=2.746, P=0.012$ )、术后骨水泥周围积液 ( $OR=2.261, P=0.029$ ) 是术后同椎体再发骨折的独立危险因素。

表 1. 是否再骨折两组患者的单项因素比较

指标	再骨折组 (n=24)	未骨折组 (n=56)	P 值
性别 (例,男/女)	6/18	9/47	0.532
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	76.0±7.0	73.4±6.5	0.113
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	21.9±2.4	22.4±2.1	0.353
骨密度 T 值 ( $\bar{x} \pm s$ )	-3.6±0.8	-3.2±0.6	0.016
原发骨折部位 (例,胸/胸腰椎/腰)	3/16/5	5/37/14	0.845
骨水泥注入量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	3.2±0.7	3.0±0.6	0.198
术前 IVC (例,是/否)	9/15	2/54	<0.001
骨折线是否累及终板 (例,是/否)	13/11	16/40	0.029
骨水泥渗漏 (例,是/否)	6/18	10/46	0.669
骨水泥周围积液 (例,是/否)	9/15	4/52	0.002
术后 ADC 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ , $\bar{x} \pm s$ )	1.8±0.5	1.0±0.3	<0.001
椎体高度恢复率 (% , $\bar{x} \pm s$ )	10.5±2.5	6.5±2.2	<0.001

表 2. 是否再骨折的多因素逻辑回归分析结果

Table 2. Results of multivariate logistic regression analysis on whether or not the fracture was repeated

因素	$\beta$ 值	SE 值	Wald 值	OR 值	95%CI	P 值
术前 IVC	2.182	0.765	8.136	8.864	1.979~39.702	0.005
术后骨水泥周围积液	0.816	0.372	4.812	2.261	1.091~4.689	0.029
椎体高度恢复率	1.010	0.400	6.376	2.746	1.254~6.013	0.012
ADC 值	1.176	0.520	5.115	3.241	1.170~8.982	0.024

### 2.4 ADC 预测再骨折的 ROC 分析

以非骨折患者为对照，ADC 值对术后同椎体再发骨折的诊断效能及 ROC 曲线见图 1，ADC 值诊断再发骨折的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.953，截断值  $> 1.39 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$  时，对应的敏感度、特异度为 91.7%、87.5%。

### 2.5 相关性分析

Pearson 相关性分析结果表明，OVCF 患者 ADC 值与骨密度 T 值呈显著负相关 ( $r=-0.335, P < 0.001$ )，与椎体高度恢复率呈显著正相关 ( $r=0.250, P < 0.001$ )。

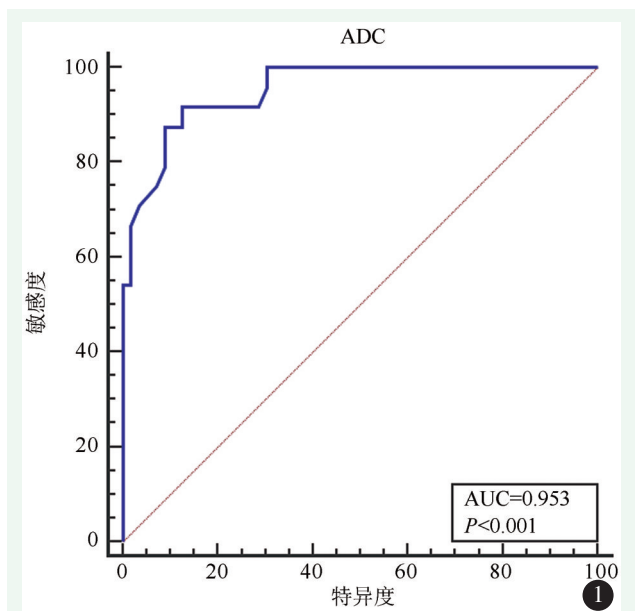


图 1. ADC 值预测 PVP 术后同椎体再发骨折的 ROC 曲线。  
Figure 1. ROC curve of ADC value predicting refracture after PVP surgery.

### 3 讨论

本研究中，OVCF 患者 PVP 术后同椎体再发骨折比例为 30.0%，低于吴丽等<sup>[6]</sup>报道的 51.6%及 Hu 等<sup>[11]</sup>报道高龄（≥90 岁）患者的 50%，而高于姜天洪等<sup>[12]</sup>报道的 16.3%及王徐龙等<sup>[13]</sup>报道的 20.6%。可见受不同医院、对象（如年龄）等影响，PVP 术后再发骨折比例存在差异。由于再发骨折不仅影响 PVP 疗效及患者预后，而且会增加医疗成本、死亡风险，“威胁”患者身心健康。故如何预防或减少 OVCF 患者 PVP 术后再骨折成为当下研究的热点及难题。

贺倩等<sup>[14]</sup>认为，MRI 检查评估 IVC、椎间盘损伤等影像学指标有利于减少 PVP 术后邻近椎体骨折。MRI 相比 X 线、CT 更敏感，在鉴别诊断椎体压缩性骨折及其原因上有优势，且其无创、无辐射<sup>[15, 16]</sup>。DWI 借助 ADC 值开展量化分析，对骨质疏松患者来说，骨髓多充血水肿，细胞外间歇水分子变多，扩散速率变快，ADC 值随之上升，DWI 上呈现等或低信号<sup>[17]</sup>。孙文路等<sup>[18]</sup>研究发现相比非骨折患者，OVCF 患者 ADC 值显著大，且随年龄增加而上升，ROC 曲线发现  $ADC > 0.525 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$  时骨折风险显著增多（AUC 为 0.664，敏感度 95.1%，特异度 39.4%）。本研究将 MRI DWI 成像用于 OVCF 患者 PVP 术后同椎体再发骨折预测，结果显示再发骨折患者 ADC 值比非骨折患者显著大，且逻辑回归分析

表明，ADC 值是再发骨折的独立危险因素（ $OR = 3.241$ ）。这可能是由于再发骨折患者局部骨髓水肿范围扩大或重新出现，相比正常骨髓，水肿骨髓组织间水运动或扩散变大，细胞外水分子运动更加自由，其扩散能力变强，进而 ADC 值高表达。本研究还显示，ADC 值的 AUC 值高达 0.953，其  $> 1.39 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$  时，敏感度、特异度分别为 91.7%、87.5%，可见 ADC 值对 OVCF 患者 PVP 术后同椎体再发骨折预测价值较大。同时显示 ADC 值与 BMD 值呈显著负相关，与椎体高度恢复率呈显著正相关，与孙文路等<sup>[18]</sup>报道部分相符，而与 Momeni 等<sup>[19]</sup>研究结论相反（ADC 值和 BMD 正相关），这可能与该研究未涉及到骨折有关。除了 ADC 值外，本研究还发现，其独立危险因素还包括 IVC（ $OR = 8.864$ ）、骨水泥周围积液（ $OR = 2.261$ ）、椎体高度恢复率（ $OR = 2.746$ ）。其中 IVC 会导致骨缺血坏死，PVP 术后坏死进一步发展，致使椎体压缩加重，IVC 还能导致椎体高度恢复率太大等继发改变，增加术后再发骨折风险<sup>[20]</sup>。骨水泥周围积液多由炎症引起，除了引发疼痛外，还可能造成椎体和椎间盘退行性病变，进而造成 PVP 术后再骨折发生。相关报道发现，骨水泥渗漏与术后椎体再骨折相关<sup>[12, 21]</sup>，本研究与之不符。另有学者发现，BMD 是术后椎体再发骨折的独立危险因素<sup>[22, 23]</sup>，本研究中再发骨折组骨密度 T 值比未骨折组显著低，但逻辑回归分析表明其并非独立危险因素，与上述报道不一，原因可能是样本量差异、再发骨折诊断标准不同等。

综上所述，ADC 值、IVC、骨水泥周围积液、椎体高度恢复率为 OVCF 患者 PVP 术后同椎体再发骨折的危险因素，MRI DWI 对术后再发骨折有一定的预测价值。本研究不足：（1）术后再发骨折危险因素复杂且多，未纳入骨水泥分布、抗骨质疏松治疗等相关指标，可能导致结果偏倚；（2）样本量少，可能导致结果误差。对此需日后大样本、多中心深入研究。

### 参考文献

- [1] Yang TL, Shen H, Liu A, et al. A road map for understanding molecular and genetic determinants of osteoporosis [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2020, 16 (2): 91-103. DOI: 10.1038/s41574-019-0282-7.
- [2] Cheng C, Wentworth K, Shoback DM. New frontiers in osteoporosis therapy [J]. *Annu Rev Med*, 2020, 71: 277-288. DOI: 10.1146/annurev-med-052218-020620.
- [3] 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. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.16.18.

- Zhang Y, Xin B. Comparison of two approaches for percutaneous vertebroplasty in the treatment of thoracolumbar osteoporotic compression fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (16): 1519-1522. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.16.18.
- [4] 张锋, 田家宇, 李多华, 等. 经皮椎体成形术治疗重度骨质疏松性压缩骨折 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (6): 567-570. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.19.
- Zhang F, Tian JY, Li DH, et al. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (6): 567-570. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.06.19.
- [5] 李秋江, 房晓敏, 王胤斌, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体强化术后椎体再骨折的相关因素 [J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2021, 14 (3): 252-260. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2591.2021.03.005.
- Li QJ, Fang XM, Wang YB, et al. Related factors of new vertebral compression fracture after vertebral augmentation for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Chinese Journal of Osteoporosis and Bone Mineral Research*, 2021, 14 (3): 252-260. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2591.2021.03.005.
- [6] 吴丽, 梁治平, 熊玉超, 等. 基于影像学特征对骨质疏松性椎体压缩骨折病人经皮椎体成形术后同椎体再发骨折的预测研究 [J]. *国际医学放射学杂志*, 2022, 45 (4): 407-413. DOI: 10.19300/j.2022.L19183.
- Wu L, Liang ZP, Xiong YC, et al. Predicting refracture of the cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty based on imaging features in patients with osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *International Journal of Medical Radiology*, 2022, 45 (4): 407-413. DOI: 10.19300/j.2022.L19183.
- [7] 钟远鸣, 张翼升, 李智斐, 等. 骨质疏松椎体压缩性骨折 MRI STIR 黑色线信号与 PVP 疗效的相关性 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (12): 1057-1062. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.12.01.
- Zhong YM, Zhang YS, Li ZF, et al. Correlation between MRI STIR black line signal and clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2019, 27 (12): 1057-1062. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.12.01.
- [8] Tan H, Xu H, Luo F, et al. Combined intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging and magnetic resonance spectroscopy in differentiation between osteoporotic and metastatic vertebral compression fractures [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14 (1): 299. DOI: 10.1186/s13018-019-1350-3.
- [9] 王振兴, 薛伟, 魏萌, 等. 多 b 值 DWI 序列 ADC 值在脊柱骨质疏松性压缩骨折与椎体转移瘤病理性压缩骨折鉴别诊断中的价值研究 [J]. *颈腰痛杂志*, 2023, 44 (2): 179-182. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2023.02.009.
- Wang ZX, Xue W, Wei M, et al. Clinical value of multi-b value DWI sequence ADC value in differential diagnosis of pathologic compression fracture of osteoporotic compression fracture of spine and vertebral metastases [J]. *The Journal of Cervicodynia and Lumbodinia*, 2023, 44 (2): 179-182. DOI: 10.3969/j.issn.1005-7234.2023.02.009.
- [10] Jacobson RE, Palea O, Granville M. Progression of vertebral compression fractures after previous vertebral augmentation: technical reasons for recurrent fractures in a previously treated vertebra [J]. *Cureus*, 2017, 9 (10): e1776. DOI: 10.7759/cureus.1776.
- [11] Hu H, Cao KX, Huang P, et al. Risk factors of adjacent vertebral refracture after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures in super-old patients [J]. *Zhongguo Gu Shang*, 2022, 35 (8): 710-714. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.08.002.
- [12] 姜天淇, 葛泽峰, 田新月, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折经皮椎体成形术后继发椎体再骨折的相关因素分析 [J]. *脊柱外科杂志*, 2023, 21 (1): 21-25. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2023.01.004.
- Jiang TQ, Ge ZF, Tian XY, et al. Analysis of factors related to secondary vertebral refracture after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Journal of Spinal Surgery*, 2023, 21 (1): 21-25. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2023.01.004.
- [13] 王徐龙, 魏建全, 要鹏. 老年骨质疏松性椎体压缩性骨折 PVP 术后再骨折风险的列线图预测模型构建 [J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43 (8): 1836-1839. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2023.08.013.
- Wang XL, Wei JT, Yao P. Establishment of nomogram prediction model for the risk of refracture after PVP for senile osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2023, 43 (8): 1836-1839. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2023.08.013.
- [14] 贺倩, 杜小丽, 张波莉. MRI 对 PVP/PKP 术后相邻椎体骨折风险的预测价值 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2023, 21 (4): 161-164. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.057.
- He Q, Du XL, Zhang BL. The risk prediction of adjacent vertebral fracture after PVP/PKP via MRI [J]. *Chinese Journal of CT and MRI*, 2023, 21 (4): 161-164. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.057.
- [15] 陈运奎, 王录兵, 黄勇. 磁共振成像对老年骨质疏松及骨转移瘤所致脊柱椎体压缩性骨折的鉴别诊断价值 [J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39 (1): 133-135. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2019.01.048.
- Chen YK, Wang LB, Huang Y. Value of magnetic resonance imaging in differential diagnosis of vertebral compression fractures caused by senile osteoporosis and bone metastases [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2019, 39 (1): 133-135. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2019.01.048.
- [16] Yamamoto Y, Iwata E, Shigematsu H, et al. Differential diagnosis between metastatic and osteoporotic vertebral fractures using sagittal T1-weighted magnetic resonance imaging [J]. *J Orthop Sci*, 2020, 25 (5): 763-769. DOI: 10.1016/j.jos.2019.10.004.
- [17] 樊秋菊, 谭辉, 于楠, 等. IVIM-DWI 联合 MRS 鉴别诊断骨质疏松与转移性椎体压缩性骨折 [J]. *中国医学影像技术*, 2018, 34

- (2): 297-301. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201706138.
- Fan QJ, Tan H, Yu N, et al. IVIM-DWI combined with MRS in differential diagnosis of osteoporotic fractures and metastatic vertebral compression fractures [J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2018, 34 (2): 297-301. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201706138.
- [18] 孙文路, 赵晓路, 郭兴满, 等. 体素内不相干运动在骨质疏松性椎体压缩骨折中的预测价值 [J]. 实用放射学杂志, 2022, 38 (8): 1325-1328, 1370. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.08.025.
- Sun WL, Zhao XL, Guo XM, et al. The predictive value of intravoxel incoherent motion in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Journal of Practical Radiology, 2022, 38 (8): 1325-1328, 1370. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2022.08.025.
- [19] Momeni M, Asadzadeh M, Mowla K, et al. Sensitivity and specificity assessment of DWI and ADC for the diagnosis of osteoporosis in postmenopausal patients [J]. Radiol Med, 2020, 125 (1): 68-74. DOI: 10.1007/s11547-019-01080-2.
- [20] Teng MM, Wei CJ, Wei LC, et al. Kyphosis correction and height restoration effects of percutaneous vertebroplasty [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2003, 24 (9): 1893-900.
- [21] 张海军, 崔海滨, 肖建斌, 等. 经皮椎体后凸成形术后椎体再骨折 22 例 [J]. 中国中医骨伤科杂志, 2019, 27 (1): 60-64.
- Zhang HJ, Cui HB, Xiao JB, et al. Twenty-two cases of vertebral refractures after percutaneous kyphoplasty [J]. Chinese Journal of Orthopedics and Traumatology, 2019, 27 (1): 60-64.
- [22] Dai C, Liang G, Zhang Y, et al. Risk factors of vertebral re-fracture after PVP or PKP for osteoporotic vertebral compression fractures, especially in Eastern Asia: a systematic review and meta-analysis [J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17 (1): 161. DOI: 10.1186/s13018-022-03038-z.
- [23] 王培芹, 张绍梅. 骨质疏松椎体压缩性骨折经皮穿刺椎体成形术后再发椎体骨折的危险因素 [J]. 国际护理学杂志, 2021, 40 (20): 3686-3689. DOI: 10.3760/cma.j.cn221370-20200329-01039.
- Wang PQ, Zhang SM. Risk factors for recurrent vertebral fractures after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. International Journal of Nursing, 2021, 40 (20): 3686-3689. DOI: 10.3760/cma.j.cn221370-20200329-01039.

(收稿:2023-09-20 修回:2024-04-21)  
(同行评议专家:赵志刚, 刘凌)  
(本文编辑:郭秀婷)

## 读者·作者·编者

### 本刊网站新增继续医学教育版块

本刊网站作为杂志的重要传播平台,一直致力于为广大读者提供多元化的内容和服务。近期,本刊网站将新增继续医学教育版块,以更好地满足广大读者,特别是青年医生的学习需求。

继续医学教育版块将陆续设立专家论坛、演示文稿、教学视频、病例讨论等栏目,旨在为专业人员提供持续的专业培训和知识更新。专家论坛栏目分享专家们各自的研究成果、观点和见解,通过讨论和交流,达到共同学习、共同进步的目的。演示文稿主要分享具有创新性的高水平演讲稿,图文并茂、重点突出、短小精悍,让阅读更轻松。此外,我们还将推出教学视频,以直观展示骨科相关局部解剖、手术操作等。我们相信,这个平台将为骨科医生专业的发展注入新的活力,帮助临床医师不断提升专业水平。

我们诚挚邀请各位骨科同仁积极参与此版块的建设,贡献您的智慧与经验,只有广大同行专家的热心参与,新版块才有活力。我们也诚挚期待广大读者提出宝贵的意见和建议,只有读者的参与和支持,才能引起更多的关注和共鸣,使这个新的版块真正发挥其价值和意义,起到更好的传播效果。

未来本刊网站将继续着力于为广大读者提供更多优质的内容和服务,感谢您的关注和支持,让我们一起为健康中国贡献力量。

敬请关注《中国矫形外科杂志》网站, <http://jxwk.ijournal.cn>

《中国矫形外科杂志》编辑部  
2024年2月4日