

•临床研究 Clinical research•

^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 和 1.5T MRI 诊断骨质疏松椎体新鲜骨折的比较研究

刘 艳, 秦 伟, 张 铃, 谢志豪, 钟双双, 杨光强, 杨 师

【摘要】 目的 探讨 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像对骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCFs)患者经皮椎体成形术(PVP)术前新鲜骨折椎体的检出情况,从而指导 PVP 的治疗。**方法** 回顾性收集 2020 年 7 月至 2023 年 2 月在遂宁市中心医院临床诊断为老年性 OVCFs 的患者,根据纳入、排除标准,最终纳入 43 例研究对象,共涉及 95 节椎体(新鲜性 OVCFs 61 节,陈旧性 VCFs 34 节)。所有研究对象均做了 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像和 MRI 两种影像检查,结合患者临床表现、病史、体征、实验室检查、影像学诊断以及 PVP 术后 VAS 和 ODI 评分是否减轻,综合判断两种影像检查对新鲜性 OVCFs 定位的准确性。**结果** 43 例患者术前 VAS 和 ODI 评分分别为(8.02±1.10)和(69.92±7.95),术后 1、3 dVAS 评分分别为(4.00±1.09)、(1.86±1.08),术后 1 个月 ODI 评分为(35.30±7.10),术后 VAS 和 ODI 评分较术前显著降低,且术后 VAS 评分逐步递减($P<0.05$)。 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像最终诊断新鲜性 OVCFs 58 节,陈旧性 VCFs 37 节,检出新鲜性 OVCFs 情况与最终行 PVP 手术椎体符合 57 节;MRI 检查最终诊断新鲜性 OVCFs 60 节,陈旧性 VCFs 35 节,检出新鲜性 OVCFs 情况与最终行 PVP 手术椎体符合 60 节,两种影像检查对新鲜性 OVCFs 检出的敏感度、特异度及准确度差异无统计学意义($P>0.05$)。 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 和 MRI 诊断新鲜性 OVCFs 的 ROC 曲线下面积分别为 0.953 和 0.992。**结论** 对于 OVCFs, ^{99m}Tc -MDP SPECT-CT 融合显像能够准确诊断新鲜椎体骨折,在 MRI 检查不适用时可作为替代检查方法。

【关键词】 骨质疏松性椎体压缩骨折;经皮椎体成形术; ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像;磁共振中图分类号:R687.3 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2024)-04-0404-05

^{99m}Tc -MDP SPECT/CT versus 1.5T MRI in the diagnosis of osteoporotic fresh vertebral compression fractures: a comparative study LIU Yan, QIN Wei, ZHANG Ling, XIE Zhihao, ZHONG Shuangshuang, YANG Guangqiang, YANG Shi. Interventional Center, Suining Municipal Central Hospital, Suining, Sichuan Province 629099, China

Corresponding author: YANG Shi, E-mail: 373001270@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the value of ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT fusion imaging in detecting fresh vertebral body fractures in patients with osteoporotic vertebral compression fractures(OVCFs) before receiving percutaneous vertebroplasty (PVP), so as to provide reference for PVP operation. **Methods** The patients, who were diagnosed as senile OVCFs at the Suining Municipal Central Hospital of China between July 2020 and February 2023, were retrospectively collected. Based on the inclusion and exclusion criteria, a total of 43 patients(95 vertebrae in total, including 61 fresh vertebral compression fractures and 34 old vertebral compression fractures) were finally enrolled in this study. Both ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT fusion imaging and MRI were performed in all patients. Combining the patient's clinical manifestations, medical history, signs, laboratory tests, imaging diagnosis, and post-PVP VAS score and Oswestry disability index (ODI), the accuracy of the localization of the fresh OVCFs by the two imaging examinations was comprehensively evaluated. **Results** In the 43 patients, the preoperative VAS score and ODI score were(8.02±1.10) points and(69.92±7.95) points respectively. The postoperative one-day and 3-day VAS scores were(4.00±1.09) points and(1.86±1.08) points respectively, and postoperative one-month ODI score was(35.30±7.10) points. Both postoperative VAS score and ODI score were significantly lower than their preoperative scores, and the postoperative VAS scores

showed a progressively declining trend ($P<0.05$). ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT fusion imaging finally diagnosed 58 fresh OVCFs and 37 old VCFs, and up to 57 out of 58 fresh OVCFs were consistent with the PVP surgical results. MRI finally diagnosed 60 fresh OVCFs and 35 old VCFs, and 60 fresh OVCFs were consistent with the PVP surgical results. There were no statistically significant differences in the sensitivity, specificity and accuracy for the detection of fresh OVCFs between the two imaging methods (all $P>0.05$). The area of ROC of ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT and MRI for the diagnosis of fresh vertebral compression fracture was 0.953 and 0.992 respectively.

Conclusion For OVCFs, ^{99m}Tc -MDP SPECT-CT can accurately diagnose fresh vertebral fractures, it can be used as an alternative examination method when MRI examination is not applicable. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 404-408)

【Key words】 osteoporotic vertebral compression fracture; percutaneous vertebroplasty; ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT fusion imaging; magnetic resonance imaging

随着人口老龄化趋势的加剧,骨质疏松症已成为老年人群主要健康问题,无明显外伤或者轻度外伤的情况下骨质疏松症的患者即可发生椎体脆性骨折,即骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCFs)。预计至 2050 年 OVCFs 患者将新增近 301 万例^[1]。可见,OVCFs 已经成为人口老龄化社会亟待解决的问题。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)是一种用于损伤椎体治疗的介入微创手术,主要适应于新鲜性 OVCFs^[2],目前已广泛应用于临床,具有创伤小、见效快、疗效好的特点^[3]。

术前影像学判断是否为新发椎体骨折是确保 PVP 能够有效的关键步骤。目前 MRI 为 PVP 术前评估的首选方式,但是部分患者存在 MRI 检查禁忌证。 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像是临床上常用的功能代谢显像,既往研究报道了其对新发性 OVCFs 检出情况较好^[4]。但研究重点多集中在 MRI 和 ^{99m}Tc -MDP SPECT-CT 融合显像对新发性 OVCFs 的检出一致性及优势性上,对两种影像方法诊断新鲜性 OVCFs 的效能研究不足。

1 材料与方法

1.1 研究对象

本研究收集了遂宁市中心医院 2020 年 7 月至 2023 年 2 月经临床诊断为 OVCFs 的患者,所有患者根据 2021 版专家共识^[1]做出诊断。纳入标准:①临床诊断为 OVCFs 的患者;②经 PVP 治疗的患者;③同时完成 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像和 MRI 检查的患者。排除标准:①明确诊断为高处坠落伤、车祸伤或存在椎体爆裂性骨折者;②无法明确疼痛病程者;③ ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像和 MRI 检查时间间隔大于 1 周者;④病史超过 30 d 者;⑤图像不清晰者;⑥临床资料不完整者。

1.2 检查方法

^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合骨显像方法:静脉注射显像剂 ^{99m}Tc -MDP 740MBq,显像剂注射后叮嘱患者饮水 500~1 000 mL,并多次排泄尿液,4h 后将膀胱排空开始采集图像。全身骨显像采集参数:矩阵 256×1 024、能峰 140keV、能窗 20%,ZOOM 为 1.0、速度 17 cm/min,采用低能高分辨率准直器;局部 CT 断层图像采集参数:矩阵 256×256、ZOOM 为 1.0、双探头旋转 180°、15s/帧、1 帧/6°、共 60 帧;图像采集完成后行低剂量 CARE DOSE 4D 扫描技术,参数设置:130 kV、40~120 mA、512×512 矩阵、层厚 3 mm、螺距为 1。图像获取完成后应用主机自带图像后处理软件(xSPECT Bone),进行 flash 3D 迭代重建、衰减校正后处理得到 SPECT/CT 融合图像。获取胸腰椎局部融合图像,以邻近正常的骨组织为参照,显示病灶形态、数量、部位等信息。

MRI 检查方法:采用 1.5T MRI 设备(SIEMENS 公司)进行扫描,胸腰椎表面线圈,仰卧位头先进,常规扫描矢状位、轴位,采用 FSE 序列(快速自旋回波序列)常规采集 T1WI、T2WI 及压脂序列。扫描参数:T1WI TR/TE-561ms/11ms, T2WI TR/TE-3 100 ms/87 ms, T2 STIR TR/TE-3830 ms/100 ms,视野 400 mm×400 mm,矩阵 512×512,层厚 3~5 mm。

1.3 影像评估

^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合骨显像:全身骨显像观察脊柱异常浓聚区,再对该区域进行同机 CT 断层成像,融合图像后排除其他骨关节病变诊断为新鲜性 OVCFs;椎体呈楔形或双凹形改变且无异常浓聚诊断为陈旧性 VCFs。

MRI 检查:典型的水肿信号,T1WI 为边界欠清的低信号,T2WI 及 T2 FS 上高信号,或亚急性期 T1WI 上稍低/等信号、T2WI 上稍高信号及 T2 FS 混

杂高信号,诊断为新鲜性 OVCFs;椎体呈楔形、双凹形改变且无水肿信号出现诊断为陈旧性 VCFs。

由两名经验丰富的诊断医师对 MRI 和 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合图像采取独立盲法评估,诊断一致时可认为结果有效,诊断不一致时再由一名主任医师对图像进行评估。

1.4 观察指标

新鲜性 OVCFs 的分布情况;术前及术后 1、3 d VAS 评分,术前及术后 1 个月 ODI 评分;两种检查对新鲜性 OVCFs 的检出率及诊断效能。

1.5 诊断标准

由经验丰富的手术医师根据患者的临床资料决定是否进行 PVP 治疗。若术前影像检查提示的新鲜性 OVCFs 与最终行 PVP 手术的椎体一致,术后患者体征明显减轻,术后随访指标 VAS、ODI 评分较术前明显下降($P<0.05$),则认为检查结果为真阳性;若术前影像检查提示的新鲜性 OVCFs 与最终行 PVP 手术椎体不一致,术后患者体征明显减轻,术后随访指标 VAS、ODI 评分较术前明显下降($P<0.05$),则认为检查结果为假阳性;若术前影像检查提示为陈旧性 OVCFs,最终经临床综合判断后行 PVP 治疗,术后患者体征明显减轻,术后随访指标 VAS、ODI 评分较术前明显下降($P<0.05$),则认为检查结果为假阴性;若术前影像检查提示为陈旧性 OVCFs,与最终行 PVP 手术椎体不一致,术后患者体征明显减轻,术后随访指标 VAS、ODI 评分较术前明显下降($P<0.05$),则认为检查结果为真阴性。

1.6 统计学方法

该研究采用 SPSS (Version 18.0) 软件包对数据进行统计分析。正态分布的计量资料比较采用 t 检验,偏态分布的计量资料比较采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料比较应用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。绘制 ROC 曲线,分析评估 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 诊断新鲜性 OVCFs 的价值。

2 结果

2.1 新鲜性 OVCFs 分布情况

胸椎 31 节发生新鲜性骨折,腰椎 30 节发生新鲜性骨折,最常见骨折椎体为 L1 椎体 (见图 1)。MRI 检查:新鲜椎体骨折表现为 T1WI 低信号, T2WI 及 T2 FS 上高信号; ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合图像表现为异常显像剂浓聚区,见图 2。

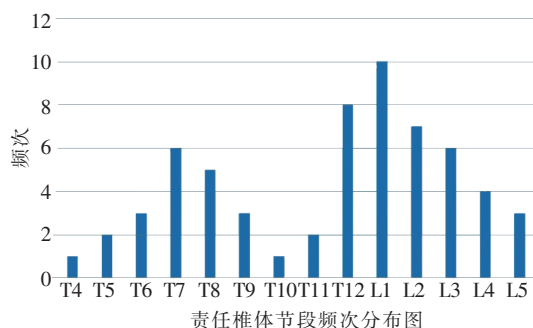


图 1 新鲜性 OVCFs 频数分布图

2.2 临床疗效

所有患者均完成 PVP 手术,术后 1 d VAS 评分较术前明显降低,术后 3 d VAS 较术前 1 d、术后 1 d VAS 评分明显降低,差异有统计学意义($P<0.05$);术后 1 个月 ODI 评分较术前明显降低,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

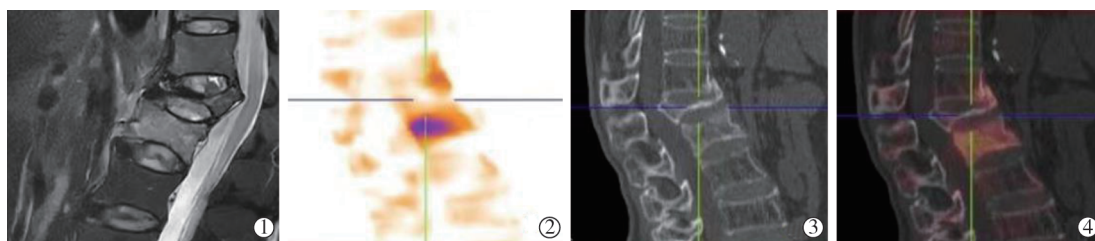
表 1 PVP 手术前后症状及功能指标比较

指标	时间	结果	P 值
VAS 评分	术前 1 d	8.02±1.10	
	术后 1 d	4.00±1.09	<0.001 ^{a*}
	术后 3 d	1.86±1.08	<0.001 ^{a**}
ODI 评分	术前 1 d	69.92±7.95	
	术后 1 个月	35.30±7.10	<0.001 ^a

^a 表示采用 t 检验; * 表示术后 1 d VAS 评分及术后 1 个月 ODI 评分较术前比较,差异有统计学意义; ** 表示术后 3 d VAS 评分与术前 1 d、术后 1 d VAS 评分比较,差异有统计学意义

2.3 两种检查方法对新鲜性 OVCFs 的检出情况

最终纳入 43 例患者(61 节新鲜性 OVCFs, 34 节陈旧性 VCFs), ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像共诊



患者女, 75 岁, 腰 3 椎体新鲜压缩骨折: ①MRI: 腰 3 椎体压缩骨折, T2FS 序列高信号; ②骨显像腰 3 椎体异常浓聚; ③CT 图像显示腰 3 椎体压缩骨折; ④ ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 断层融合图像显示腰 3 椎体压缩骨折并异常浓聚

图 2 腰 3 椎体新鲜压缩骨折影像图片

断出 58 节新鲜性 OVCFs, 37 节陈旧性 VCFs, 检出新鲜性 OVCFs 的情况最终与 PVP 手术椎体符合 57 节。MRI 诊断新鲜性 OVCFs 共 60 个节段, 陈旧性 VCFs 共 35 个节段, 检出新鲜性 OVCFs 的情况最终与 PVP 手术椎体符合 60 节。对这两种影像方法检出新鲜性 OVCFs 的敏感度、特异度及准确度进行比较, 差异没有统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。

表 2 SPECT/CT 和 MRI 诊断 OVCFs 价值的比较 [% (n/N)]

参数	SPECT/CT	MRI	χ^2 值	P 值
灵敏度	93.44(57/61)	98.36(60/61)	0.83	0.361 ^b
特异度	97.06(33/34)	100(34/34)	0.00	1.000 ^c
准确度	94.74(90/95)	98.95(94/95)	1.55	0.213 ^b

^a 表示采用 Pearson 卡方; ^b 表示采用连续性校正; ^c 表示采用 Fisher 确切概率法

2.4 两种检查诊断新鲜性 OVCFs 的效能

采用软件 SPSS 18.0 统计学软件分析数据, 绘制 ROC 曲线可得出: ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 诊断新鲜性 OVCFs 曲线下面积 AUC=0.953(95%CI:0.903~1.00); MRI 诊断新鲜性 OVCFs 曲线下面积 AUC=0.992(95%CI:0.973~1.00), 见图 3、4。

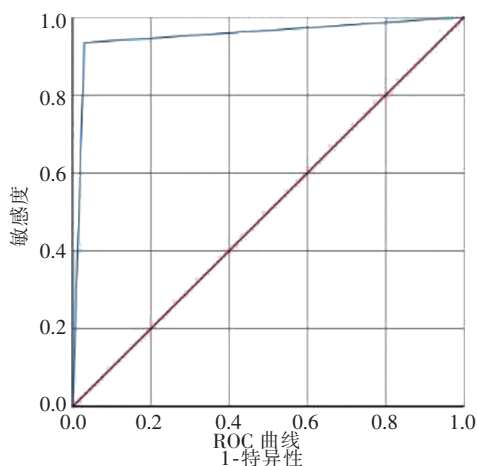


图 3 SPECT/CT 诊断新鲜性 OVCFs 的 ROC 曲线

3 讨论

X 线、CT、MRI 是传统的 OVCFs 的影像学诊断方法, 其中 T2 加权 MRI 对其具有较高的敏感性, 是椎体骨髓水肿诊断的金标准, 尤其是针对没有明显创伤或低强度创伤的轻度椎体骨折^[5]; 由于 MRI 本身对于 OVCFs 的诊断已经具有极高的敏感性, 因此增强 MRI 检查并不常用于 OVCFs 的诊断, 相关研究报道极少。PVP 作为一种微创性手术, 在临床中越来越多用于 OVCFs 的治疗, 其疗效非常显著^[6], 术后 1、3 d 患者 VAS 评分明显降低, 疼痛达到基本

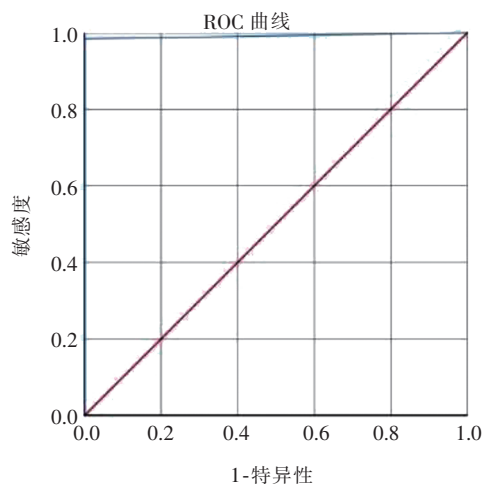


图 4 MRI 诊断新鲜性 OVCFs 的 ROC 曲线

缓解状态, 而术后 1 个月 ODI 评分较术前明显降低, 躯体反应性较前明显提高; 其次, 患者随访时间过长, OVCFs 的患者容易再发椎体骨折, 从而干扰最终影像诊断结果。因此, 该研究选取了术后 1、3 d 及术后 1 个月三个随访时间节点, 结果表明, 术后患者症状及体征明显减轻。

本研究中, MRI 与 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像均能够准确诊断新鲜性 OVCFs, MRI 上表现的骨髓水肿信号和 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像上显像剂的异常浓聚为同一病理状态的不同表现形式^[7]。MRI 和 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像两者诊断效能均很高, 然而, 都有假阳性和(或)假阴性的存在。

本研究其中 1 节椎体 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像判定为真阳性、MRI 检查判定为假阴性, 可能与以下两方面相关: ①OVCFs 的病理改变, 椎体内松质骨骨折是其基本病理变化, 松质骨的损伤和修复程度决定着骨髓水肿信号的强度^[8]; ②骨折后水肿产生的个体差异^[9]。该患者骨密度(T 值)为-2.2, 疼痛病程为 5 d, 推测可能与骨小梁稀疏程度较低导致水肿程度较低有关。此外, 其中 1 节椎体在 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像判定假阳性、MRI 上判定真阴性, 分析原因: 通常骨显像剂 ^{99m}Tc-MDP 的吸附能力取决于局部血流量及骨骼的代谢情况^[10], 该患者病程为非急性期, 椎体处于愈合早期, 局部血流丰富, 骨代谢活动增加, 故而在 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像上该椎体表现出异常浓聚, 而在 MRI 上水肿信号的吸收消失^[11]。另外, 4 个椎体 ^{99m}Tc-MDP SPECT/CT 融合显像提示陈旧性 VCFs, 而 MRI 上表现为新鲜性 OVCFs, PVP 术后症状及体征明显减轻, 分析原因: 其中 1 个椎体病程短, 早期骨折主要表现为骨坏死及肉芽组织形成, 成骨细胞修复活动不明显,

在 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像上未见明显浓聚,而在 MRI 上出现水肿信号^[12];其中 2 个椎体分别出现了骨皮质连续中断和达终板骨折线,可认为是椎体解剖结构发生改变损伤椎体内及其周围血管,椎体缺血坏死,故而在 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像上表现为阴性,而在 MRI 上表现为阳性^[13]。此外,还有 1 个椎体在 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像上未见明显浓聚,在 MRI 上可见水肿信号,结合患者的临床资料发现该患者为多发新鲜性 OVCFs,疼痛病程在 3 个月左右,且该责任椎体形态学上变化不明显,可能是在 OVCFs 长期骨修复过程中继发的早期新鲜性 OVCFs,因此在 ^{99m}Tc -MDP SPECT-CT 融合显像上该椎体为假阴性表现^[12]。

综上所述,MRI 与 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像对于诊断新鲜性 OVCFs 都具有极高的准确性,MRI 仍是 OVCFs 患者 PVP 术前的首选检查方法,在患者有 MRI 检查禁忌证时 ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 融合显像可以作为替代检查方法。

[参 考 文 献]

- [1] 中国康复医学会骨质疏松预防与康复专业委员会. 骨质疏松性椎体压缩骨折诊治专家共识(2021 版)[J]. 中华医学杂志, 2021, 101: 3371-3379.
- [2] Lainez Ramos-Bossini AJ, Lopez Zuniga D, Ruiz Santiago F. Percutaneous vertebroplasty versus conservative treatment and placebo in osteoporotic vertebral fractures: meta-analysis and critical review of the literature[J]. Eur Radiol, 2021, 31:8542-8553.
- [3] 王志坤, 李再学, 张贤森, 等. PVP 与保守治疗骨质疏松椎体极重度压缩性骨折的临床疗效比较[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31: 57-61.
- [4] 顾 军, 孙小明, 陈海军, 等. SPECT-CT、MRI 诊断骨质疏松性椎体压缩性骨折疼痛责任椎体的准确性比较 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2021, 19: 169-171.
- [5] 王毅翔. 骨质疏松性椎体骨折的诊断及常见鉴别诊断[J]. 中国临床医生杂志, 2023, 51: 516-521.
- [6] Liu H, Wang W, Huang Y, et al. Influence of different surgical timing after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: a retrospective study[J]. Int J Clin Pract, 2022, 2022: 7500716.
- [7] Li YB, Zheng X, Wang R, et al. SPECT-CT versus MRI in localizing active lesions in patients with osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Nucl Med Commun, 2018, 39: 610-617.
- [8] Yang P, Wu G, Chang X. Diagnostic accuracy of dual-energy computed tomography in bone marrow edema with vertebral compression fractures: a meta-analysis [J]. Eur J Radiol, 2018, 99: 124-129.
- [9] Kwok IH, Butler JS, Selvadurai S, et al. The utility of single photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) fusion imaging in the diagnosis of a vertebral compression fracture in multiple myeloma [J]. Spine J, 2015, 15: 1682-1683.
- [10] Zhao QM, Gu XF, Liu ZT, et al. The value of radionuclide bone imaging in defining fresh fractures among osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Craniofac Surg, 2016, 27: 745-748.
- [11] 丁 超, 孙 强, 唐 成. 3.0T MRI 与 SPECT-CT 诊断骨质疏松性椎体压缩骨折的比较分析[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20: 5885-5891.
- [12] 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.
- [13] Dong S, Zhu J, Yang H, et al. Development and internal validation of supervised machine learning algorithm for predicting the risk of recollapse following minimally invasive kyphoplasty in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Front Public Health, 2022, 10: 874672.

(收稿日期:2023-04-06)

(本文编辑:茹 实)