

综述

双能CT虚拟去钙技术在多发性骨髓瘤中的应用新进展

梁琳琳 彭鹏*

广西医科大学第一附属医院放射学科
(广西南宁 530000)

【摘要】多发性骨髓瘤(multiple myeloma, MM)是一种以浆细胞异常增殖为特征的血液系统恶性肿瘤。其早期诊断缺乏特异性,随着发病率上升,提高检出率、评估疗效及预后变得尤为重要。双能CT(dual-energy computed tomography, DECT)虚拟去钙(virtual non-calcium, VNCa)技术为MM的诊断和治疗提供了新途径。该技术可消除骨小梁的干扰,直观显示骨髓情况,从而实现对MM骨髓浸润的定性和定量评估。VNCa技术结合彩色编码与影像组学,进一步提升了骨髓浸润的诊断效果。在疗效监测和预后评估方面,VNCa技术展现出与MRI及PET/CT相当的潜力。

【关键词】多发性骨髓瘤; 双能双源CT; 虚拟去钙
【中图分类号】R445.3
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.054

The New Progress of Dual Energy CT Virtual Non-calcium Technique in Multiple Myeloma

多发性骨髓瘤(multiple myeloma, MM)是第二大常见的血液系统恶性肿瘤,主要特征是浆细胞异常克隆性增殖,伴随高度的细胞遗传学异质性^[1]。MM占血液肿瘤发病率的约10%,多发于老年男性,常累及脊柱,目前仍无法治愈^[2-3]。其前驱阶段为无症状的意义不明单克隆丙种球蛋白病(monoclonal gammopathy of undetermined significance, MGUS),部分患者会经历冒烟型骨髓瘤(smoldering multiple myeloma, SMM),但这两个阶段均未造成终末器官损害^[4]。当出现高钙血症、肾功能不全、贫血或溶骨性病变时,MM进入活动期,需立即进行治疗^[5]。此时,影像学检查对MM的诊疗至关重要。

传统CT(computed tomography)对溶骨性病变更敏感,但无法有效检测中轴骨的骨髓浸润,也无法提供疗效和预后信息。MRI(magnetic resonance imaging)是MM骨髓浸润检测的金标准,且可评估疗效及预后,但检查时间较长,且存在禁忌症,不适合部分患者。PET/CT(positron emission tomography/computed tomography)作为功能成像方法,能够评估疗效及预后,但成本较高且辐射剂量大,限制了其广泛应用^[6-7]。

随着成像技术的进步,双能CT(dual-energy computed tomography, DECT)虚拟去钙(virtual non-calcium, VNCa)不仅能够提供形态学信息,还可进行多参数定量分析。该技术检查时间短、禁忌症少且经济实惠,备受国内外学者关注^[8]。

本文将系统探讨DECT VNCa技术在MM诊疗中的新进展,重点讨论其在骨髓浸润检测、定量分析、疗效监测及预后评估中的应用前景。

1 DECT的类型及VNCa技术的原理

目前市面上的DECT主要有以下几种类型:双源双能量CT、单源瞬时管电压切换双能量CT、单源扫描能量CT(包括单源序列扫描双能量技术和单源双光束能量CT)、双层探测器光谱CT以及光子计数CT^[9-10]。本文中的DECT主要指双源双能量CT。

DECT技术的核心优势在于利用不同组织对能量的依赖性。人体组织在不同能量水平的X射线下表现出不同的衰减特性,其中光电效应与物质的原子序数密切相关,而康普顿效应则与物质密度相关。两者相互作用导致不同组织的衰减特性出现差异^[11]。基于这一原理,DECT VNCa技术通过高、低能X射线生成能谱图像,实现对红骨髓、脂肪和骨钙三种成分的虚拟分离,消除骨小梁的干扰,使骨髓成像更为清晰,从而为病变的定性与定量分析提供了有力支持。此外,DECT VNCa技术结合了彩色编码,允许观察者根据个人偏好调整色彩模式,而不影响病变识别的准确性^[12-14](图1)。

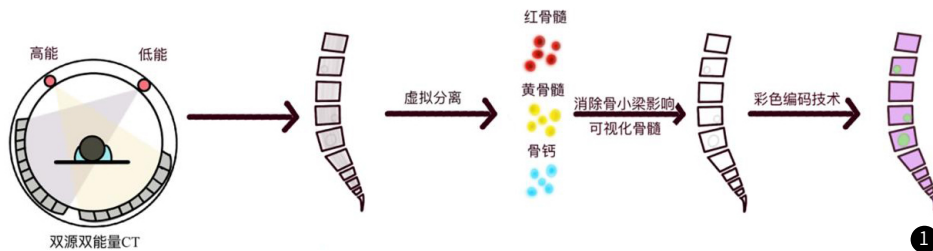


图1 DECT VNCa技术原理示意图。

2 VNCa技术在MM中的应用

2.1 检测溶骨性病灶 在MM的诊断和管理中,检测溶骨性病灶至关重要。MM患者的骨髓中浆细胞异常增殖,打破了破骨细胞和成骨细胞之间的平衡,导致溶骨性骨质破坏。数据显示,高达90%的MM患者会出现溶骨性病变,且80%的患者可能经历病理性骨折^[4,15]。这些病变严重影响患者的生活质量,早期检测和及时治疗至关重要。

CT检查由于其检查时间短、禁忌症少,并且对溶骨性病变的检出率较高,已成为检测MM骨病的重要工具。尤其是全身低剂量CT(whole-body low dose computerized tomography, WBLDCT)因其辐射剂量低、病变检出率高,已取代传统X线检查,成为国际骨髓瘤工作组(International Myeloma Working Group, IMWG)推荐的MM首选影像学检查方法^[6]。需要特别注意的是,对于复发性MM患者,在评估溶骨性病变时,建议将图像与治疗后影像进行对比,而非治疗前的影像,以免误判或高估骨病的严重程度^[6]。

2.2 定性、定量骨髓浸润 在MM的诊疗过程中,尽管传统CT在评估四肢骨的骨髓浸润方面具有一定优势,但其在中轴骨(如脊柱、骨盆)的浸润评估能力较为有限。相比之

【第一作者】梁琳琳,女,住院医师,主要研究方向:双能CT与血液系统影像诊断。E-mail: lianglinlin053@163.com

【通讯作者】彭鹏,男,主任医师,主要研究方向:血液系统及消化系统疾病的影像学诊断。E-mail: doublep@126.com

下, MRI因其对骨髓浸润的高敏感性, 成为MM骨髓浸润评估的金标准^[4]。然而, MRI存在成像时间长的局限, 使其不适合急诊或疼痛严重的患者。此外, 装有金属植入物(如心脏起搏器)或患有幽闭恐惧症的患者也无法接受MRI检查^[16]。需要特别注意的是, 骨髓浸润通常早于溶骨性病变出现^[4]。因此早期精准检测骨髓浸润对于改善预后、特别是避免骨骼相关事件(skeletal related event, SRE)的发生至关重要, SRE与不良预后密切相关^[3]。

鉴于骨髓瘤细胞的高核浆比和排列紧密, 骨髓浸润程度增加导致组织结构均匀性增强, 进而使衰减系数上升。通过分析VNCa图像, 可以实现对骨髓浸润的定性、定量评估^[17]。Thomas等^[18]首次利用第二代DECT VNCa技术评估MM患者脊柱骨髓浸润情况, 确定溶骨性病变与非溶骨性病变的截断值分别为4HU和-3HU, 并指出在MRI检测阳性的病灶中, VNCa图像可将弥漫

型非溶骨性骨髓浸润的敏感度从0提高至75%。随着第三代DECT技术的发展, 其更高的能谱分离能力和更低的辐射剂量逐渐取代了第二代DECT^[19]。王勤^[20]认为的研究表明, 弥漫型浸润椎体的VNCa值(-13.27±18.96HU)明显高于非弥漫型椎体(-63.21±26.75HU), 并与T1WI序列无退行性病变的椎间盘信号强度呈负相关。其他研究进一步证实, VNCa值与T1WI信号强度和ADC值之间有较好的负相关和正相关性^[21-23]。Kosmala等^[24]的研究扩展了VNCa技术的应用范围, 评估了弥漫型、局灶型和正常型椎体, 并指出基于视觉和感兴趣区域(region of interest, ROI)的VNCa图像在骨髓浸润评估中的灵敏度从69.6%提升至91.3%, 接近MRI水平, 截断值为-44.9HU。然而, 骨髓退行性变或红骨髓再生可能导致VNCa值升高, 造成假阳性结果^[6,24](表1)。

表1 不同研究中MM的VNCa截断值

研究者	DECT代别	VNCa截断值(HU)	不同点
Thomas	第二代	溶骨性病变: 4	分别讨论了病变和非溶骨性病变的骨髓浸润
		非溶骨性病变: -3	
王勤	第三代	弥漫型: -13.27 ± 18.96	VNCa值与T1WI信号强度呈负相关
		非弥漫型: -63.21 ± 26.75	
Kosmala	第三代	-44.9	同时评估弥漫型、局灶型和正常型椎体的浸润

注: 在王勤的研究中, 截断值以平均值 ± 标准差的形式表示。

此外, VNCa技术结合影像组学可以进一步提高诊断准确性。在Reinert^[17]的研究中, 基于110名MM患者的纹理分析, 识别出与骨髓浸润相关的6个显著特征。相较之下, Fervers^[25]的研究因样本量较小(35例), 仅发现2个相关特征, 可能限制了其结果的广泛应用。Shi^[26]则表明, VNCa在区分MM与骨转移瘤时表现出较高的诊断价值, 曲线下面积较为理想。由于MM患者骨髓浆细胞分布的异质性, 传统基于ROI的分析方法难以全面反映患者的整体骨骼状况, 可能导致低估病情。此外, 手动勾画ROI过程繁琐且耗时, 给影像科医生带来较大工作负担。为了解决这一问题, Gu^[27]采用了阈值分割和形态操作方法, 对MM患者整体骨骼进行分析, 并验证了VNCa值与骨髓浆细胞浸润百分比的正相关性, 同时发现VNCa值与血红蛋白水平呈负相关, 这为疾病监测提供了新的参考依据。Fervers^[25]进一步引入人工智能进行VNCa图像的自动评估, 显著减轻了放射科医生的工作负担。然而, VNCa评估经验的不足可能导致读者偏倚。其他研究表明, 结合人工智能和深度学习技术可以有效降低图像噪声和伪影, 提升VNCa图像的评估准确性^[28]。这些技术的结合为MM的早期诊断和个体化治疗提供了新的视角。

2.3 疗效监测及预后评估 目前, MM尚无法治愈, 且缺乏统一的随访及疗效评估标准^[1]。传统评估多依赖实验室检查和骨髓穿刺, 但在晚期基因组不稳定、髓外病变及不分泌型MM中, 实验室指标难以准确反映肿瘤负荷^[29-30]; 而有创的骨髓穿刺也因局部取样难以全面反映全身病变的异质性^[31]。PET/CT虽为评估MM溶骨性和髓外病变疗效的影像学金标准, 但高成本、较大辐射剂

量及缺乏统一影像规范限制了其广泛应用^[32]。MRI中的T1WI和DWI被认为是无辐射评估骨髓浸润及监测疗效的金标准。治疗有效时, T1WI信号增加, DWI信号减弱, ADC值增高^[21-22,31,33]。然而, MRI成像时间长且存在金属植入物等禁忌症。

在CT影像上, MM常表现为“虫蚀样”无硬化边溶骨性病变及软组织密度影。传统CT采集时间短, 在检测溶骨性病变、髓外病变及评估脊柱稳定性方面具有优势。治疗后若CT显示病灶出现硬化边或内部脂肪密度影, 提示反应积极^[4,29], 且病灶大小与实验室结果相关性良好^[29,34]。然而, 传统CT存在辐射, 中轴骨病变易被骨小梁掩盖, 加之溶骨性病变几乎不可逆, 使其在长期随访中面临挑战^[21]。

DECT的VNCa技术兼具传统CT优势并能定量评估骨髓浸润。Fervers等^[35]研究表明, 定量分析VNCa图像可区分PET/CT阳性和阴性的局灶型溶骨性病变(钙抑制指数25时, 截断值为-46.9HU, 灵敏度0.91, 特异性0.88), 证实VNCa图像可作为病变细胞量的潜在指标^[36]。此外, 当VNCa值>-27.0HU时, 提示对放疗反应不佳^[37]。需注意的是, VNCa值需在放疗至少6周后才能显著区分活动性与非活动性病变, 而DWI能更早检测到变化。与局部分析不同, Werner等^[21]基于IMWG标准评估整体疾病状态发现, VNCa技术可诊断骨髓水肿。治疗有效伴随骨髓脂肪回归时, T1WI信号增加, ADC值下降, VNCa值随之降低^[21,37-38]。VNCa区分病灶活性的能力与MRI相似(截断值-21HU, 灵敏度92%), 与T1WI呈负相关, 与ADC值呈正相关(表2、图2)。

表2 不同研究中用于区分MM活动性和非活动性病灶的VNCa截断值

研究者	参考标准	VNCa截断值(HU)	共同点	不同点
Fervers	PET/CT	-46.9 (钙抑制指数为25)	利用DECT-VNCa技术 定性、定量评估MM患者 的局灶性溶骨性病变, 以区分活动性、非活动性病灶	侧重于评估单个病灶的代谢活性和放疗反应
Fervers	MD Anderson影像标准	>-27.0 (提示患者对放疗反应不佳)		
Werner	IMWG疗效标准	-21		1.与MRI的T1WI、ADC值进行相关性分析 2.关注病灶与整体疾病状态的关系

作为IMWG推荐的分期工具^[39], CT在检测预后较差的髓外浸润及合并感染方面优于MRI^[33]。目前, MRI可显示MM的五种骨髓浸润模式(正常型、弥漫型、局灶型、混合型、椒盐型, 图3), 其中正常型和椒盐型预后较好^[33]。尽管不同浸润类型的VNCa值差

异有统计学意义($P < 0.01$), 但当前DECT技术尚不能完全区分这五种模式^[22,36]。总体而言, DECT评估疗效潜力巨大, 但仍受限于辐射暴露、难以鉴别红骨髓/骨质疏松、设备配备不足及缺乏统一诊断界值等局限性。

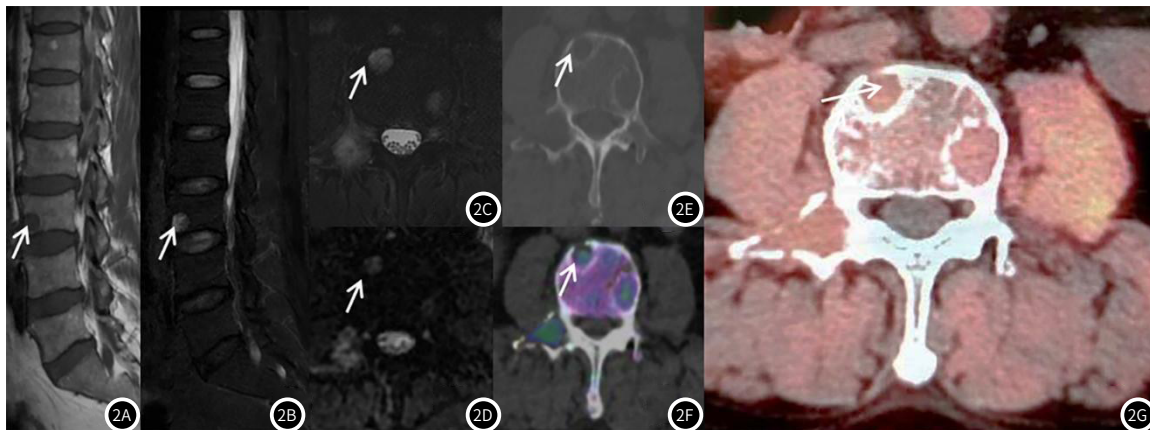


图2 一名58岁男性MM患者的影像表现。T1WI图像(2A)中病灶(↑)呈低信号; T2WI脂肪抑制图像(2B、2C)中病灶呈高信号; DWI图像(2D)中显示局灶性高信号; CT图像(2E)显示局灶性溶骨性病变; VNCa图像(2F)病灶区域呈绿色; PET/CT图像(2G)可见葡萄糖代谢增高。

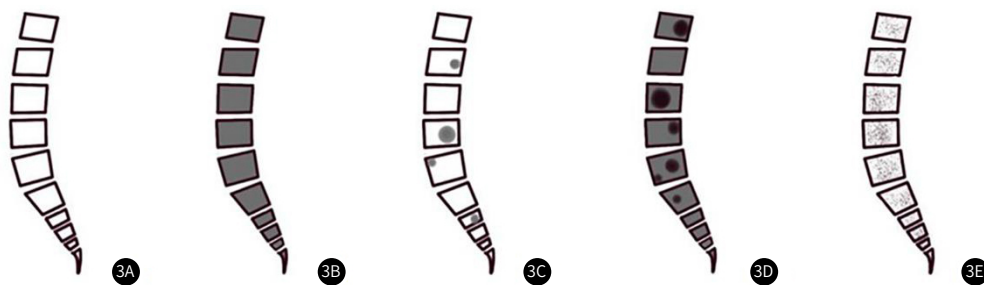


图3 MM患者的5种MRI骨髓浸润模式。正常型(3A): T1WI显示高信号; 弥漫型(3B): T1WI表现为弥漫性低信号; 局灶型(3C): T1WI显示局灶性直径>5mm的低信号病灶; 混合型(3D): T1WI表现为弥漫性低信号, 伴有局灶性>5mm的更低信号病灶; 椒盐型(3E): T1WI显示<5mm的斑片状低信号。

3 展望与不足

DECT VNCa技术在MM中的应用已展现出显著的潜力, 特别是在骨髓浸润的检测、定量分析及疗效监测等方面。该技术通过有效消除骨小梁的影响, 使得骨髓的可视化成为可能, 从而为MM的早期诊断和个体化治疗提供了新的思路。研究表明, VNCa技术与传统影像学方法相比, 在评估骨髓浸润和疗效监测方面具有相当的准确性和可靠性, 且具备更短的检查时间和更少的禁忌症。

尽管VNCa技术具有广阔的前景, 但也存在一些限制^[28,40]: 第一, VNCa技术不能区分红骨髓和弥漫型恶性浆细胞浸润, 这会在评估MM患者骨髓浸润时导致假阳性结果。因此, VNCa技术可能仅适用于以黄骨髓为主的患者(即中老年患者)。第二, VNCa技术无法区分由良性骨质疏松引起的骨折和由浆细胞浸润导致的病理性骨折。第三, 当发生材料分解时, 图像噪声可能会显著增加, 并可能引发伪影, 从而掩盖病理学特征并使正常解剖变异难以区分。第四, VNCa技术价格相对经济, 然而DECT配备不充足。第五, 不同制造商生产的扫描仪在光谱分离能力、时间分辨率和空间匹配上存在差异, 导致没有统一的诊断标准。

在未来, DECT VNCa技术的研究应着眼于以下几个方向: 第一, 进一步优化技术算法, 提高VNCa在各种骨髓浸润模式中的诊断能力, 尤其是在红骨髓和骨髓浸润的区分上。第二, 结合人工智能和深度学习, 探索其在自动化评估和数据分析中的应用, 以降低人为偏差, 提高影像分析的准确性与效率。第三, 开展大规模、多中心的前瞻性研究, 以验证VNCa技术在不同患者群体中的适用性与有效性。第四, 加强对VNCa技术的教育和培训, 提升放射科医师在图像评估中的经验和能力, 从而确保临床应用的标准化和一致性。

通过不断的技术创新和临床研究, DECT VNCa技术有望在MM的早期诊断、疗效监测及个体化治疗中发挥更为重要的作用, 从而改善患者的预后和生活质量。

参考文献

[1] Wallington-Beddoe, Mynott RL. Prognostic and predictive biomarker developments in multiple myeloma [J]. J Hematol Oncol, 2021, 14(1): 151.
 [2] 沈秋怡, 吕哲昊, 教玉颖, 等. 正电子发射断层显像在多发性骨髓瘤诊治和预后预测

- 中的研究进展[J].实用放射学杂志,2023,39(6):1031-1034.
- [3]Herget GW,Wäsch R,Klein L,et al.Prevention of bone disease and early detection of impending fractures in multiple myeloma patients can reduce morbidity and mortality:the necessity of interdisciplinary state-of-the-art treatment[J].Haematologica,2020,105(4):859-861.
- [4]Baffour FI,Glazebrook KN,Kumar SK,et al.Role of imaging in multiple myeloma[J].Am J Hematol,2020,95(8):966-977.
- [5]中国医师协会血液科医师分会,中华医学会血液学分会.中国多发性骨髓瘤诊治指南(2022年修订)[J].中华内科杂志,2022,61(5):480-487.
- [6]Rodríguez-Laval V,Lumbreras-Fernández B,Aguado-Bueno B,et al.Imaging of multiple myeloma:present and future[J].J Clin Med,2024,13(1):264.
- [7]周存凉,丁勇生,沈月红.PET/CT和MRI在多发性骨髓瘤诊断中的应用价值及影像表现分析[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(12):143-145,152.
- [8]邹红焯,左敏静.双能量CT在肺癌中的应用进展[J].放射学实践,2021,36(1):133-136.
- [9]中华医学会放射学分会,中国医师协会放射医师分会,安徽省影像临床医学研究中心.能量CT临床应用中国专家共识[J].中华放射学杂志,2022,56(5):476-487.
- [10]丹雅璐,张进.双能CT在骨骼肌肉系统成像中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(07):180-182.
- [11]李能,邓小毅.双能量CT在脊柱病变中的临床应用[J].放射学实践,2022,37(6):690-697.
- [12]Ren Q,Tang D,Xiong Z,et al.Traumatic bone marrow lesions in dual-energy computed tomography[J].Insights Imaging,2022,13(1):174.
- [13]梁建超,方义杰,李文娟,等.双能量CT虚拟去骨图不同对比物质相对比值对膝关节创伤性骨髓水肿的诊断价值[J].中华放射学杂志,2018,52(1):41-45.
- [14]郑岩,张进,尉晓珊,等.双层探测器光谱CT钙抑制技术在急性慢性胸腰椎压缩骨折中的诊断价值[J].中华放射学杂志,2021,55(12):1259-1263.
- [15]Silberstein J,Tuchman S,Grant SJ.What is multiple myeloma?[J].JAMA,2022,327(5):497.
- [16]Hillengass J,Usmani S,Rajkumar S V,et al.International myeloma working group consensus recommendations on imaging in monoclonal plasma cell disorders[J].Lancet Oncol,2019,20(6):e302-e312.
- [17]Reinert CP,Krieg E,Esser M,et al.Role of computed tomography texture analysis using dual-energy-based bone marrow imaging for multiple myeloma characterization:comparison with histology and established serologic parameters[J].Eur Radiol,2021,31(4):2357-2367.
- [18]Thomas C,Schabel C,Krauss B,et al.Dual-energy CT:virtual calcium subtraction for assessment of bone marrow involvement of the spine in multiple myeloma[J].AJR Am J Roentgenol,2015,204(3):W324-331.
- [19]Zensen S,Bos D,Opitz M,et al.Radiation exposure and establishment of diagnostic reference levels of whole-body low-dose CT for the assessment of multiple myeloma with second- and third-generation dual-source CT[J].Acta Radiol,2022,63(4):527-535.
- [20]王勤,孙照勇,李烁,等.第3代双源双能CT虚拟去钙骨髓成像在多发性骨髓瘤弥漫浸润性病损评价中的应用[J].中国医学科学院学报,2017,1(39):114-119.
- [21]Werner S,Krauss B,Horger M.Dual-energy CT-based bone marrow imaging in multiple myeloma:assessment of focal lesions in relation to disease status and MRI findings[J].Acad Radiol,2022,29(2):245-254.
- [22]Brandelik SC,Skornitzke S,Mokry T,et al.Quantitative and qualitative assessment of plasma cell dyscrasias in dual-layer spectral CT[J].Eur Radiol,2021,31(10):7664-7673.
- [23]Xiong X,Hong R,Fan X,et al.Quantitative assessment of bone marrow infiltration and characterization of tumor burden using dual-layer spectral CT in patients with multiple myeloma[J].Radiol Oncol,2024,58(1):43-50.
- [24]Kosmala A,Weng AM,Heidemeier A,et al.Multiple myeloma and dual-energy CT:diagnostic accuracy of virtual noncalcium technique for detection of bone marrow infiltration of the spine and pelvis[J].Radiology,2018,286(1):205-213.
- [25]Fervers P,Fervers F,Kottlors J,et al.Feasibility of artificial intelligence-supported assessment of bone marrow infiltration using dual-energy computed tomography in patients with evidence of monoclonal protein - a retrospective observational study[J].Eur Radiol,2022,32(5):2901-2911.
- [26]Shi J,Huang H,Xu S,et al.XGBoost-based multiparameters from dual-energy computed tomography for the differentiation of multiple myeloma of the spine from vertebral osteolytic metastases[J].Eur Radiol,2023,33(7):4801-4811.
- [27]Gu R,Amlani A,Haberland U,et al.Correlation between whole skeleton dual energy CT calcium-subtracted attenuation and bone marrow infiltration in multiple myeloma[J].Eur J Radiol,2022,149:110223.
- [28]Gong H,Baffour FI,Glazebrook KN,et al.Deep learning-based virtual noncalcium imaging in multiple myeloma using dual-energy CT[J].Med Phys,2022,49(10):6346-6358.
- [29]Horger M,Kanz L,Denecke B,et al.The benefit of using whole-body, low-dose, nonenhanced, multidetector computed tomography for follow-up and therapy response monitoring in patients with multiple myeloma[J].Cancer,2007,109(8):1617-1626.
- [30]Dong H,Huang W, Ji X,et al.Prediction of early treatment response in multiple myeloma using MY-RADS total burden score,ADC, and fat fraction from whole-body MRI: impact of anemia on predictive performance[J].AJR Am J Roentgenol,2022,218(2):310-319.
- [31]王亚丽,刘莹,王明,等.全身扩散加权成像对多发性骨髓瘤化疗后疗效评估[J].实用放射学杂志,2022,38(9):5.
- [32]叶凯,袁慧书,张安南,等.MR全身扩散加权成像、常规序列和PET-CT在多发性骨髓瘤初诊患者脊柱病变检出率的比较[J].实用放射学杂志,2023,39(6):978.
- [33]惠友友,胡春洪.全身低剂量CT和MRI在多发性骨髓瘤中的应用比较[J].实用放射学杂志,2019,35(9):1540-1543.
- [34]Schabel C,Horger M,Kum S,et al.Simplified response monitoring criteria for multiple myeloma in patients undergoing therapy with novel agents using computed tomography[J].Eur J Radiol,2016,85(12):2195-2199.
- [35]Fervers P,Glauner A,Gertz R,et al.Virtual calcium-suppression in dual energy computed tomography predicts metabolic activity of focal MM lesions as determined by fluorodeoxyglucose positron-emission-tomography[J].Eur J Radiol,2021,135:109502.
- [36]Kosmala A,Weng AM,Krauss B,et al.Dual-energy CT of the bone marrow in multiple myeloma:diagnostic accuracy for quantitative differentiation of infiltration patterns[J].Eur Radiol,2018,28(12):5083-5090.
- [37]Fervers P,Celik E,Bratke G,et al.Radiotherapy response assessment of multiple Myeloma:a Dual-Energy CT approach with virtual non-Calcium Images[J].Front Oncol,2021,11:734819.
- [38]何绪成,叶菊,周闪闪,等.双能CT虚拟去钙技术在踝关节处骨髓水肿中的诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(04):169-172.
- [39]Filonzi G,Mancuso K,Zamagni E,et al.A Comparison of different staging systems for multiple myeloma:can the MRI pattern play a prognostic role?[J].AJR Am J Roentgenol,2017,209(1):152-158.
- [40]Palmer WE,Simeone FJ.Can dual-Energy CT challenge MR imaging in the diagnosis of focal infiltrative bone marrow lesions?[J].Radiology,2018,286(1):214-216.

(收稿日期:2024-09-27)
(校对:韩敏求 排版:张鸿燊)