

论 著

椎体CT值、有效原子系数对腰椎骨密度的评估价值*

王文章 麦春华* 许东峰

王浩亚

广东省东莞市中医院医学影像科

(广东 东莞 523000)

【摘要】目的 探讨腰椎椎体CT值、有效原子系数(Z Effective)(以下简称“Z值”)对骨密度的诊断价值。

方法 选取健康体检人员212例,均行腰椎双层探测器光谱CT(dual-layer detector spectral CT, DLCT)扫描,分别测量腰1~3椎体骨松质CT值、Z值及定量CT(quantitative computed tomography, QCT)骨密度,计算出各自的平均值作为研究数值。1、采用pearson相关分析椎体CT值、Z值与QCT骨密度相关性。2、利用受试者特征曲线(ROC曲线)及曲线下面积(AUC)分析椎体CT值、Z值及2项指标联合对骨密度的诊断价值。结果 1、椎体CT值、Z值与QCT骨密度均具有很强相关性,椎体CT值与QCT骨密度相关系数 $r=0.987$, $P<0.001$, Z值与QCT骨密度相关系数 $r=0.965$, $P<0.001$ 。2、评估骨密度正常:2项指标联合的AUC(0.997)=椎体CT值(0.997)>Z值(0.992);评估骨质疏松:2项指标联合的AUC(0.990)>椎体CT值(0.988)>Z值(0.981)。评估骨密度正常截断值:椎体CT值 ≥ 146.465 HU约登指数为0.964, Z值 ≥ 8.755 约登指数为0.923;评估骨质疏松截断值:椎体CT值 ≤ 100.085 HU约登指数为0.912; Z值 ≤ 8.485 约登指数为0.845。结论 腰椎椎体CT值、Z值与QCT骨密度均具有很强正相关性,能够比较准确利用椎体CT值、Z值定量评估腰椎骨密度,2项指标联合更能提高骨质疏松诊断效能,对于骨质疏松的诊疗具有非常重要的意义。

【关键词】骨质疏松; QCT骨密度; CT值; 有效原子系数

【中图分类号】R445.3; R681.5

【文献标识码】A

【基金项目】东莞市社会发展科技项目(20211800904432)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.06.057

The Evaluation Value of the CT Value of the Vertebral Body and the Effective Atomic Coefficient on the Lumbar Vertebral Bone Density*

WANG Wen-zhang, MAI Chun-hua*, XU Dong-feng, WANG Hao-ya.

Department of Radiology, Dongguan Hospital of traditional Chinese medicine, Dongguan 523000, Guangdong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of the bone density (hereinafter referred to as the "Z value") of the CT value of the lumbar vertebral bone CT and the effective atomic coefficient (Z valid). **Methods** 212 cases of health inspectors were selected, and two lumbar spine double-layer detectors spectrum CT (double layer detector spectr CT, DLCT) scan, measure the CT value and quantitative CT of 1 to 3 vertebral bone. Bone density calculate the average value as a research value. 1. PEARSON-related analysis of vertebral CT value, Z value, and QCT bone density. 2. Use the subject's working characteristic curve (ROC curve) and the lower area (AUC) to analyze the diagnostic value of the CT value, Z value and 2 indicators of the vertebral body. **Results** 1. The CT value of the Z value, and the QCT bone density of the vertebral body is a strong correlation. 0.965, $P<0.001$. 2. The assessment of bone density is normal: AUC (0.997), with two indicators combined with the CT value of the vertebral bone (0.997)> Z value (0.992); evaluate osteoporosis: AUC (0.990 and 2 indicators merged (0.990))> CT value (0.988)> Z value (0.981). The normal intercept value of the bone density: the CT value of the vertebral body ≥ 146.465 Hu about 0.964, the Z value $\geq 8.755 \sim 0.923$; the evaluation of the osteoporosis intercept value: the CT value of the vertebral bone ≤ 100.085 Hu about 0.912; 0.845. **Conclusion** The CT value of the lumbar vertebral body, Z value and QCT bone density is strong. It can accurately use the CT value and Z value of the vertebral body to evaluate the density of the lumbar spine. The effectiveness of the clinical osteoporosis of the diagnostic and therapeutic effect is provided.

Keywords: Osteoporosis; QCT Bone Density; CT Value; Effective Atomic Coefficient

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是骨量丢失或减低,骨的微结构劣化,易发生脆性骨折的一种全身性骨病,好发于中老年人^[1-2]。骨质疏松性骨折好发于腰椎^[3-4]。临床上诊断骨质疏松的方法有双能X线吸收法(DEXA),定量CT(QCT),而QCT是目前最准确的骨密度测量方法^[5], QCT一般是指利用常规CT扫描机配备校准体模、分析软件,对人体骨密度进行测量的方法,用于骨质疏松的诊断和疗效监测; QCT骨密度是一种三维评估方法,单位是 mg/cm^3 ,这种体积骨密度不受椎体大小、肥胖、脊柱侧弯及血管钙化、骨旁韧带钙化等影响,能够多角度来区分出皮质骨和松质骨^[6-7]。本研究旨在利用双层探测器光谱CT测得椎体CT值及Z值,然后与QCT测量的骨密度进行验证相关性,探讨腰椎椎体骨松质CT值、Z值对骨密度的评估价值。现总结报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年3月至2022年4月在东莞市中医院行腰椎CT平扫检查的中老年人212例为研究对象,其中男性96例,女性116例;年龄40~86岁,平均(61.02 $\pm$ 10.37)岁。

纳入标准:年龄40~90岁;进行腰椎CT检查患者。排除标准:爆裂性骨折患者、腰椎手术患者;存在恶性肿瘤及影响骨代谢疾病病史(如甲状旁腺功能亢进、长期服用激素)。

1.2 仪器与方法 所有受检者均行腰椎DLCT(IQon spectral CT, Philips Healthcare)扫描,扫描范围包括胸11到骶1椎体。扫描时患者正常呼吸。CT扫描参数:扫描床高86cm,管电压120kVp,管电流300mAs,重建层厚与层距均为1mm,采集视野FOV 500,矩阵512 $\times$ 512。扫描完成后重建出能谱数据包(spectral base image, SBI)并传输至ISP工作站(IntelliSpace Porta, Philips Healthcare), QCT骨密度正像数据传输到QCT工作站。所有感兴趣区域(region of interest, ROI)均放在椎体轴位的中间层面(不包括皮质边缘),并在冠状位及矢状位图像上进行调整,骨岛及椎体神经静脉丛注意不要测量,若遇到不符合测量要求椎体,可选择邻近的椎体代替,ROI=(200 $\pm$ 10)mm²区域范围进行勾画测量。在ISP工作站上,分别测量腰1~3椎体CT值(图1A),再在同一个ROI中,切换到有效原子系数条件,取得腰1~3椎体有效原子系数值(图1B),最后均取平均值作为研究数值。在QCT工作站上,采用美国Mindways的定量CT(QCT)系统(QCTpro6.0v)分别测量腰1~3椎体QCT值(图2A-图2C),最后取平均值作为测量值。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,保留小数点后2位数。相关性分析采用pearson检验,采用ROC曲线分析椎体CT值、Z值对骨密度的诊断价值,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

【第一作者】王文章,男,主治医师,主要研究方向:脊柱影像诊断。E-mail: wangwenwen12365@163.com

【通讯作者】麦春华,男,主任医师,主要研究方向:骨肌影像诊断。E-mail: 13713168381@163.com

2 结果

2.1 椎体CT值、Z值均与QCT骨密度呈明显正相关 QCT值越大, CT值、Z值越大。椎体CT值与QCT骨密度相关系数 $r_s=0.987$, $P<0.001$, Z值与QCT骨密度相关系数 $r_s=0.965$, $P<0.001$ 。详见图3、图4、表1。

2.2 评估骨密度正常 2项指标联合的AUC(0.997)=椎体CT值(0.997)>Z值(0.992); 评估骨质疏松: 2项指标联合的AUC(0.990)>椎体CT值(0.988)>Z值(0.981)。评估骨密度正常截断值: 椎体CT值 ≥ 146.465 HU约登指数为0.964, Z值 ≥ 8.755 约登

指数为0.923; 评估骨质疏松截断值: 椎体CT值 ≤ 100.085 HU约登指数为0.912; Z值 ≤ 8.485 约登指数为0.845。详见图5、表2、图6、表3。

表2 椎体CT值、Z值、2项指标联合对骨质正常的诊断价值

指标	AUC	截断值	敏感性	特异性	准确性
椎体CT值	0.997	椎体CT值 ≥ 146.465 HU	0.986	0.978	0.964
Z值	0.992	Z值 ≥ 8.755	0.959	0.964	0.923
2项指标联合	0.997				

表3 椎体CT值、Z值、2项指标联合对骨质疏松的诊断价值

指标	AUC	截断值	敏感性	特异性	准确性
椎体CT值	0.988	椎体CT值 ≤ 100.085 HU	0.939	0.973	0.912
Z值	0.981	Z值 ≤ 8.485	0.955	0.890	0.845
2项指标联合	0.990				

表1 双变量相关性分析 $r(p)$

	椎体CT值	Z值	QCT骨密度
椎体CT值	1		
Z值	$r=0.980(P<0.001)$	1	
QCT骨密度	$r=0.987(P<0.001)$	$r=0.965(P<0.001)$	1

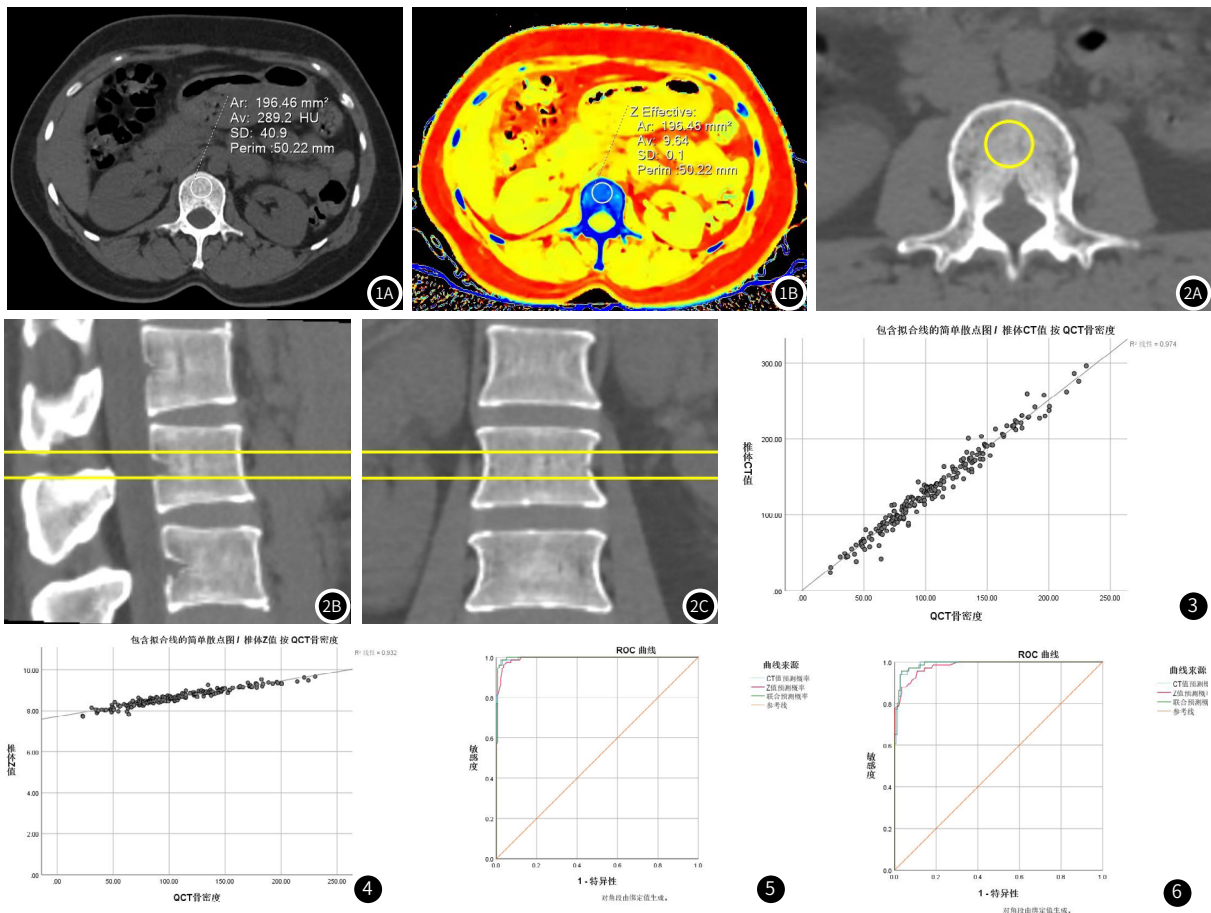


图1A 横断面圆形ROI测量椎体CT值, **图1B** 为同一ROI测量椎体的有效原子系数值。 **图2** QCT测量腰椎骨密度 黄线显示ROI的位置和上下范围, 圆形ROI显示椎体测量的区域, 测量单位为 mg/cm^3 , 图2A为横断面, 图2B为矢状面, 图2C为冠状面。 **图3** 椎体CT值与相应椎体QCT骨密度散点图。 **图4** Z值与相应椎体QCT骨密度散点图。 **图5** 椎体CT值、Z值、2项指标联合评估骨质正常的ROC曲线。 **图6** 椎体CT值、Z值、2项指标联合评估骨质疏松的ROC曲线。

3 讨论

骨质疏松性骨折具有较高的致残率和致死率, 给老年患者的身心健康, 也给家庭及社会带来沉重的经济及精神负担^[8]。因此, 我们要快捷准确的测量椎体骨密度, 为骨质疏松的诊疗提供重要参考指标, 这也是近年来的研究热点。

Z Effective有效原子序数, 是某种化合物对X线的吸收衰减系数与某种化学元素对X线的系数衰减系数相同, 则该元素的有效原子序数就是某化合物的有效原子序数^[9]。有效原子系数范围在0-50之间, 可以利用其对物质化学组成成分进行分析。本研究发现椎体有效原子系数与QCT骨密度呈明显正相关, $r=0.965$, $P<0.001$, QCT值越小, 有效原子系数越小, 推测原因可能是随着年龄增加, 性激素分泌减少, 刺激了破骨细胞, 抑制了成骨细胞,

造成骨量减少, 骨密度减低^[10], 同时椎体黄骨髓化, 松质骨脂肪成分增多导致有效原子系数值相应减低, 间接说明了骨密度与有效原子系数值之间存在密切关系。

松质骨骨小梁的数量及密度与骨骼代谢有关, 其转换速率约为骨皮质的8倍, 骨质疏松早期骨小梁稀疏、变薄、变短、断裂, 骨松质比骨皮质更能敏感、早期的反映骨质疏松的状态^[11-14]。因此我们此次勾画的椎体ROI均为中央松质骨部分。研究发现: 椎体CT值与QCT骨密度呈明显正相关, $r=0.987$, $P<0.001$, QCT值越小, CT值越小, 与刘云^[15]等研究相符合, 其原因可能是骨质疏松患者单位骨体积内骨组织含量减少, 骨髓腔扩大, 骨小梁稀疏、变细变短, 空隙增大, X线透过人体后的衰减

(下转第183页)

转移瘤占19.7%^[10]。卵巢浆液性癌早期临床表现不明显,大部分患者发现时已处于晚期。而患者的预后与临床分期密切相关,及早诊断并采取有效的治疗措施有利于提高患者生存时间^[11]。因此,在影像诊断工作中,对于影像学上表现为实性肿块的双侧附件病变,影像诊断时始终应考虑到浆液性癌的可能性。影像表现结合患者的临床表现、肿瘤标志物、相关病史等综合考虑,才能作出正确的诊断。

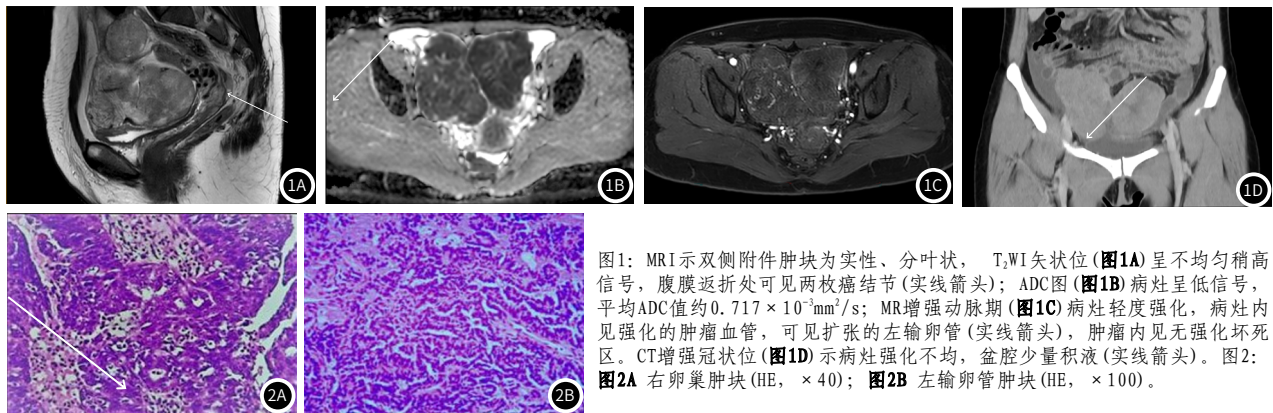


图1: MRI示双侧附件肿块为实性、分叶状, T₂WI矢状位(图1A)呈不均匀稍高信号, 腹膜返折处可见两枚癌结节(实线箭头); ADC图(图1B)病灶呈低信号, 平均ADC值约 $0.717 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$; MR增强动脉期(图1C)病灶轻度强化, 病灶内见强化的肿瘤血管, 可见扩张的左输卵管(实线箭头), 肿瘤内见无强化坏死区。CT增强冠状位(图1D)示病灶强化不均, 盆腔少量积液(实线箭头)。图2: 图2A 右卵巢肿块(HE, $\times 40$); 图2B 左输卵管肿块(HE, $\times 100$)。

参考文献

- [1] ELSHERIF SB, BHOSALE PR, LALL C, et al. Current update on malignant epithelial ovarian tumors [J/OL]. Abdominal Radiology (NY), 2021, 46 (6): 2264-2280.
- [2] 毛爱荣, 袁晓雁, 程芳, et al. HE4、CA125及CEA在卵巢癌中的表达及与病理特征、预后的关系研究 [J/OL]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (4): 45-47.
- [3] STEIN EB, WASNIK AP, SCIALI AP, et al. MR Imaging-Pathologic Correlation in Ovarian Cancer [J/OL]. Magnetic Resonance Imaging Clinics of N Am, 2017, 25 (3): 545-562.
- [4] MUKUDA N, FUJII S, INOUE C, et al. Bilateral Ovarian Tumors on MRI: How Should We Differentiate the Lesions? [J/OL]. Yonago Acta Med, 2018, 61 (2): 110-116.
- [5] 郭丽, 王忱, 张萍, 等. 高级别浆液性卵巢癌的分子遗传学研究进展 [J/OL]. 中国实用妇科与产科杂志, 2021, 37 (9): 982-984.
- [6] KOYAMA T, MIKAMI Y, SAGA T, et al. Secondary ovarian tumors: spectrum of CT and MR features with pathologic correlation [J/OL]. Abdom

- Imaging, 2007, 32 (6): 784-795.
- [7] KUBEČEK O, LACO J, ŠPAČEK J, et al. The pathogenesis, diagnosis, and management of metastatic tumors to the ovary: a comprehensive review [J/OL]. Clin Exp Metastasis, 2017, 34 (5): 295-307.
- [8] MUKUDA N, ISHIBASHI M, MURAKAMI A, et al. Ovarian solid tumors: MR imaging features with radiologic-pathologic correlation [J/OL]. Jpn J Radiol, 2020, 38 (8): 719-730.
- [9] TIAN W, ZHOU Y, WU M, et al. Ovarian metastasis from breast cancer: a comprehensive review [J/OL]. Clin Transl Oncol, 2019, 21 (7): 819-827.
- [10] SHETTY M. Imaging and Differential Diagnosis of Ovarian Cancer [J/OL]. Semin Ultrasound CT MR, 2019, 40 (4): 302-318.
- [11] 张占超, 王娟丽, 王晓丽, 等. CT联合超声检查对卵巢恶性肿瘤及临床分期的诊断价值 [J/OL]. 罕少疾病杂志, 2021, 28 (3): 77-78.

(收稿日期: 2022-04-25)

(校对编辑: 孙晓晴)

(上接第171页)

值降低, 即表现为CT值下降^[16]。由此可见, 椎体松质骨CT值与骨质疏松情况呈现明显正相关关系。

本研究过程中发现腰1-3椎体CT值、有效原子系数及QCT值均呈递减趋势, 与蒋^[17]等对胸腰椎骨密度分析, 椎体体积骨密度(vBMD)依次从胸11到腰3持续降低的结果相符合。是否可以用腰2椎体的数据来代替平均值, 这也将是后续研究的一个方向。研究发现, 评估骨密度正常时2项指标联合的AUC(0.997)诊断效能等于椎体CT值(0.997)优于Z值(0.992); 评估骨质疏松时2项指标联合的AUC(0.990)诊断效能优于椎体CT值(0.988)优于Z值(0.981)。诊断骨质正常截断值: 椎体CT值 $\geq 146.465 \text{HU}$ 约登指数为0.964, Z值 ≥ 8.755 约登指数为0.923; 诊断骨质疏松截断值: 椎体CT值 $\leq 100.085 \text{HU}$ 约登指数为0.912, Z值 ≤ 8.485 约登指数为0.845。椎体CT值、有效原子系数均能较准确定量评估腰椎骨密度, 2项指标联合最能提高骨密度诊断效能。我们知道QCT是目前最准确的骨密度测量方法, 但QCT测量需要特定的体模及后处理软件, 很多基层医院未能普及, 而CT机大部分基层医院均已配备, 临床医生只需要在PACS系统上就可以测得椎体CT值, 如果再加上能谱CT有效原子系数支持, 这2项指标联合则更能为骨密度的诊断提供强大的助力与信心。

本研究也存在一些局限性。首先, CT值、有效原子系数并不是最终诊断骨密度的工具, 只是一种评估骨密度手段。其次, 本研究样本量仅212例, 仍然需要扩大样本量来进一步统计和分析。最后, 本研究其他CT机型号是否同样适用仍需验证。

综上所述, 腰椎椎体CT值、有效原子系数与QCT骨密度的相关性极强, 椎体CT值、有效原子系数定量评估腰椎骨密度准确性高, 尤其是2项指标联合更能提高诊断效能。相较于QCT测量骨密度, 测量椎体CT值及有效原子系数的方法更简便、更易推广, 是一种简单可行的骨密度替代性评估方法, 有望用于临床患者骨密度的评价及随访, 值得临床推广应用。

参考文献

- [1] Genant HK, Cooper C, Poor G, et al. Interim report and recommendations of the World Health Organization Task Force for Osteoporosis [J]. Osteoporos Int, 1999, 10 (4): 259-264.
- [2] 杨震宇, 金天格. 糖尿病合并骨质疏松症的效果及对患者骨密度、骨代谢的影响 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (12): 83-84+87.
- [3] 段克友, 刘翔宇, 熊凤, 等. 绝经后骨质疏松症患者发生骨质疏松性椎体压缩骨折危险因素分析 [J]. 山东医药, 2021, 61 (24): 34-38.
- [4] 代文. 骨质疏松性椎体压缩骨折患者经PVP术与PKP术治疗后再发骨折并发的长期随访比较 [J]. 罕少疾病杂志, 2019, 26 (5): 69-72+99.
- [5] 郭郡浩, 赵智明, 姚茹冰, 等. 女性腰椎侧位与后前位骨密度的相关性研究 [J]. 实用临床医药杂志, 2009, 13 (1): 47-51.
- [6] 程晓光, 李勉文, 李娜, 等. 定量CT骨密度测量(QCT)在骨质疏松症诊治中的临床应用 2007国际临床骨密度学会 (ISCD) 共识摘录 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2012, 18 (11): 969-974.
- [7] Engelke K, Adams JE, Armbricht G, et al. Clinical use of computed and [28] quantitative tomography peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults: the 2007 ISCD Official Positions-162.
- [8] 张雪琴, 程晓光, 甘利伟, 汪晓琴. 椎体脆性骨折多模态影像的诊断价值比较 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (05): 147-150.
- [9] 徐汝建, 康露, 向映光, 等. 宝石能谱CT GSI成像和常规成像在上腹部应用价值的对比研究 [J]. 现代生物医学进展, 2018, 18 (15): 140-143, 151.
- [10] 陈时洪, 汪青山, 陈国健. 广州地区中老年人腰椎骨密度定量CT (QCT) 测量分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2012, 10 (04): 98-100.
- [11] 李凯, 陈捷, 赵林芬, 等. 中国人定量CT (QCT) 脊柱骨密度正常参考值的建立和骨质疏松症QCT诊断标准的验证 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25 (9): 1257-1262, 1272.
- [12] 陈民, 张艳, 袁慧书. 快速千伏切换能谱CT与QCT测定羊椎体骨密度的相关性及其一致性研究 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25 (3): 326-329, 370.
- [13] 贾鹏, 李娜, 程晓光, 等. 南京和北京地区健康人群QCT测量腰椎骨密度丢失率的对比分析 [J]. 放射学实践, 2018, 33 (11): 1198-1201.
- [14] 程晓光, 王亮, 曾强, 等. 中国定量CT (QCT) 骨质疏松症诊断指南 (2018) [J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25 (6): 733-737.
- [15] 刘云, 李培岭, 郭永杰, 等. 中老年人骨质疏松症患者腰1~3椎体骨密度值与CT值相关性研究 [J]. 风湿病与关节炎, 2021, 10 (6): 29-31.
- [16] 陈伟慧, 郑文龙, 吴爱琴. 双能X线骨密度仪与MSCT对腰椎骨密度测量和诊断价值对比. 实用放射学杂志, 2013, 29 (12): 2017-2019, 2028.
- [17] 蒋新新, 钱伟军, 李立. 中老年人群中不同胸腰椎骨密度的定量CT分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (5): 179-182.

(收稿日期: 2022-09-25)

(校对编辑: 孙晓晴)