

## 论著

## mDIXON-Quant序列衍生腰椎骨髓脂肪分数在2型糖尿病性骨质疏松症诊断中的应用价值\*

高紫红<sup>1</sup> 郝艳<sup>2</sup> 王晶<sup>1</sup>  
柳飞扬<sup>1</sup> 谢心<sup>1</sup> 舒政<sup>2</sup>  
吴坚<sup>1,\*</sup>1.上海中医药大学附属上海市中西医结合医院内分泌代谢病科  
2.上海中医药大学附属上海市中西医结合医院影像科(上海200082)

**【摘要】目的** 研究MRI中mDIXON-Quant序列衍生腰椎骨髓脂肪分数(FF)在2型糖尿病性骨质疏松症诊断中的应用价值。**方法** 收集2023年7月至2024年7月在我院就诊符合纳排标准的患者103名。采用双能X射线骨密度仪(DXA)检测骨密度值(T值),依据T值,将研究对象分为骨质正常组(A组)、骨量减少组(B组)和骨质疏松组(C组),采用磁共振成像(MRI)的mDIXON-Quant序列扫描获取脂肪分数图像,进行定量分析测得FF值,比较3组间FF值,并分析FF值与T值的相关性,采用ROC曲线评估FF值诊断2型糖尿病患者骨质疏松症的效能。**结果** 单因素方差分析结果提示,3组患者间FF差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。Spearman秩相关分析提示,FF与骨密度呈负相关( $r=-0.846, P<0.01$ )。ROC曲线结果显示,FF值区分骨质正常与骨量减少时, [AUC(95%CI)=0.980(0.957~1.000),  $P<0.001$ ], 最佳截断值为60.07%, 对应的灵敏度为88.9%, 特异度为97.1%; FF值鉴别骨量减少与骨质疏松时, [AUC(95%CI)=0.955(0.903~1.000),  $P<0.001$ ], 最佳截断值为65.71%, 对应的灵敏度为90.9%, 特异度为97.2%。**结论** mDIXON-Quant扫描技术可以帮助评估2型糖尿病患者腰椎骨髓脂肪的含量, 为骨质正常、骨量减少和骨质疏松的早期诊断提供思路与方法。

**【关键词】** 骨髓脂肪分数; 2型糖尿病; 骨质疏松症; mDIXON-Quant序列; 诊断价值

**【中图分类号】** R587.1

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 国家自然科学基金资助项目(81803874);  
上海市虹口区卫健委面上项目(HKQGYQY-ZYY-2023-07);  
卫生健康发展促进项目欣骼局骨科科研项目(XGJ-009);  
上海市虹口区公共卫生重点学科建设项目(HKGWZD2024-03);  
上海市虹口区“国医强优”中医药科研基金项目(HKGQYXM-2022-09);  
上海市中西医结合医院后备学科带头人培养计划(RCPY 0069)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.044

## The Value of mDIXON-Quant Sequence-Derived Lumbar Bone Marrow Fat Fraction in the Diagnosis of Type 2 Diabetic Osteoporosis\*

GAO Zi-hong<sup>1</sup>, XI Yan<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>1</sup>, LIU Fei-yang<sup>1</sup>, XIE Xin<sup>1</sup>, SHU Zheng<sup>2</sup>, WU Jian<sup>1,\*</sup>.

1.Department of Endocrinology and Metabolic Diseases, Shanghai TCM-Integrated Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200082, China

2.Department of Imaging, Shanghai TCM-Integrated Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200082, China

## ABSTRACT

**Objective** To investigate the value of mDIXON-Quant sequence-derived lumbar fat fraction (FF) in MRI in the diagnosis of type 2 diabetic osteoporosis. **Methods** One hundred and three patients who attended our hospital from July 2023 to July 2024 and met the criteria for nadir were collected. Dual-energy X-ray bone densitometry (DXA) was used to detect the bone density value (T-value), and based on the T-value, the study subjects were divided into the normal bone group (Group A), the bone loss group (Group B), and the osteoporosis group (Group C), and the fat fraction images were obtained by scanning with the mDIXON-Quant sequence of magnetic resonance imaging (MRI) to quantitatively analyse the FF-value measured, to compare FF-value among the 3 groups, and to The correlation between FF values and T values was analysed, and ROC curves were used to assess the efficacy of FF values in diagnosing osteoporosis in type 2 diabetic patients. **Results** The results of one-way ANOVA suggested that the difference in FF between the three groups was statistically significant ( $P<0.05$ ). Spearman rank correlation analysis suggested that FF was negatively correlated with bone mineral density ( $r=-0.846, P<0.01$ ). The results of the ROC curve showed that the FF values differentiated between normal bone quality and reduced bone mass, [AUC (95% CI) = 0.980 (0.957-1.000),  $P<0.001$ ], the optimal cut-off value was 60.07%, corresponding to a sensitivity of 88.9% and a specificity of 97.1%; when the FF value discriminated between reduced bone mass and osteoporosis, [AUC (95% CI) = 0.955 (0.903~1.000),  $P<0.001$ ], the optimal cut-off value was 65.71%, corresponding to a sensitivity of 90.9% and a specificity of 97.2%. **Conclusion** The mDIXON-Quant scanning technique can help to assess the content of lumbar spinal marrow fat in patients with type 2 diabetes mellitus, and provide ideas and methods for the early diagnosis of normal bone quality, bone loss and osteoporosis.

**Keywords:** Bone marrow fat fraction; Type 2 diabetes; Osteoporosis; mDIXON-Quant sequence; Diagnostic value

骨质疏松症是2型糖尿病在骨骼系统的慢性并发症之一,主要表现为骨量减少、骨脆性增加、骨质量下降、骨折风险增加等,严重威胁人们健康。经双能X线吸收法(DXA)测量腰椎或股骨颈部的骨密度是诊断骨质疏松的“金标准”<sup>[1]</sup>。但是,部分观察性研究显示,超过一半的人群发生在发生骨折时BMD并未达到骨质疏松的诊断标准<sup>[2]</sup>,即是说出现了“骨密度与骨折风险不匹配”的现象,尤其在糖尿病患者中,这一现象更加普遍。故而提示我们,单独使用BMD评估骨质疏松性骨折的发生风险是不全面的。骨强度主要由骨密度与骨质量决定,而经DXA测得的骨密度更多地反映骨骼的矿化成分,不能完全决定骨强度的变化。骨髓脂肪组织是骨微结构及微环境的重要组成部分,能够影响骨代谢、骨转化和骨细胞功能,被认为是评估骨质量的新兴指标,它的定量测量及与骨代谢的关系是当前影像与临床部门的热门话题。基于磁共振成像(MRI)的mDIXON-Quant序列可提供高分辨率的骨髓脂肪分数(FF)定量评估,使其成为评估骨骼健康的潜在工具。然而,关于骨髓脂肪分数与2型糖尿病患者骨质疏松风险之间关系的研究有限。本研究将分析在2型糖尿病患者中, mDIXON-Quant序列衍生腰椎脂肪分数值与骨密度值的相关性,以期对2型糖尿病患者骨质疏松诊断和骨骼健康评价提供新的核磁方法。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集2023年7月至2024年7月在上海市中西医结合医院内分泌代谢病科就诊的患者103例。所有患者均符合T2DM的诊断标准<sup>[3]</sup>。排除标准:有MRI检查禁忌证,例如安装心脏起搏器、心脏血管支架、有幽闭恐惧症者;近半年内有腰椎骨折史或手术史;有糖尿病急性并发症、处于重症感染、创伤等应激状态者;合并严重心肝肾功能不全者;有疾病影响骨质者,如骨肿瘤、甲状腺功能异常、垂体疾病、风湿结缔组织疾病;长期服用影响骨代谢的药物,如类固醇激素者。本研究已通过医院伦理委员会批准(伦理批件号:上海中医药大学附属上海市中西医结合医院伦理委员会2024-001-1),所有受试者均已签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 骨密度** 采用美国豪洛捷双能X线骨密度仪检测103名受试者腰椎L1~4椎体骨密度,

【第一作者】高紫红,女,硕士研究生在读,主要研究方向:中医药防治糖尿病及其慢性并发症。E-mail: 18101837031@163.com

【通讯作者】吴坚,女,主任医师,主要研究方向:中西医结合防治糖尿病慢性并发症。E-mail: 13661561759@126.com

根据我国《原发性骨质疏松症诊疗指南(2022)》<sup>[4]</sup>分为三组: A组骨质正常组34例( $T \geq -1.0$  SD)、B组骨量减少组36例( $-2.5$  SD  $< T < -1.0$  SD)和C组骨质疏松组33例( $T \leq -2.5$  SD)。

1.2.2 FF值 采用Philips Ingenia Elition X 3.0 T MRI扫描仪和腹部联合线圈行腰椎mDIXON-Quant序列扫描, 取仰卧位。具体扫描参数为: 翻转角 $3^\circ$ , TR取最短值, TE为6个梯度回波, 其中 $\Delta$ TE为1.15ms, FOV为30cm $\times$ 5cm, 层厚为3.0mm, NSA为1, 矩阵大小为256 $\times$ 256, 总扫描时间8-12s。mDIXON-Quant一次扫描完成后, Philips 3.0T自动后处理生成7个类型图像(IP、OP、Water、Fat、Fat Fraction、T2\*和R2\*图), 该研究主要取腰椎脂肪分数图(Fat Fraction, FF图)进行分析。选取FF图腰椎椎体的正中矢状切面, 对L1~4椎体勾画ROI, 避开骨皮质、许莫氏结节、椎体局部病变如血管瘤等, 系统自动生成所画区域的FF值(图1)。由2名高年资影像诊断医师重复测量3次, 取平均值。

1.3 统计学方法 应用SPSS 27.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料用均数 $\pm$ 标准差表示; 多组间差异性比较用单因素方差分析; 研究FF值与骨密度值间的相关性用Spearman秩相关分析; 绘制ROC曲线确定FF值诊断骨质疏松症与骨量减少的最佳截断值, 找到其对应的敏感度、特异度。当 $P < 0.05$ 时差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 不同骨量组间FF值的比较 3组患者FF值平均值比较如下(表1), 骨质正常组与骨量减少组、骨质正常组与骨质疏松组及骨量减少组与骨质疏松组间比较FF值差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。

2.2 FF值与骨密度值相关性分析 Spearman相关分析: FF与骨密度呈负相关( $r = -0.846$ ,  $P < 0.001$ ), 如图1。

表1 3组 FF 值比较(%)

组别	例数	L1椎体	L2椎体	L3椎体	L4椎体	L1~4椎体
A组	34	49.93 $\pm$ 7.35	51.57 $\pm$ 7.31	52.36 $\pm$ 5.73	53.08 $\pm$ 6.83	51.74 $\pm$ 6.30
B组	36	60.04 $\pm$ 4.14 <sup>#</sup>	63.16 $\pm$ 3.24 <sup>#</sup>	63.83 $\pm$ 2.58 <sup>#</sup>	64.23 $\pm$ 3.28 <sup>#</sup>	62.82 $\pm$ 2.19 <sup>#</sup>
C组	33	67.44 $\pm$ 4.46 <sup>*<math>\Delta</math></sup>	69.99 $\pm$ 5.49 <sup>*<math>\Delta</math></sup>	72.82 $\pm$ 5.39 <sup>*<math>\Delta</math></sup>	70.60 $\pm$ 5.04 <sup>*<math>\Delta</math></sup>	70.21 $\pm$ 3.91 <sup>*<math>\Delta</math></sup>

注: #, 与A组比较,  $P < 0.05$ ; \*, 与A比较,  $P < 0.05$ ;  $\Delta$ , 与B比较 $P < 0.05$ 。

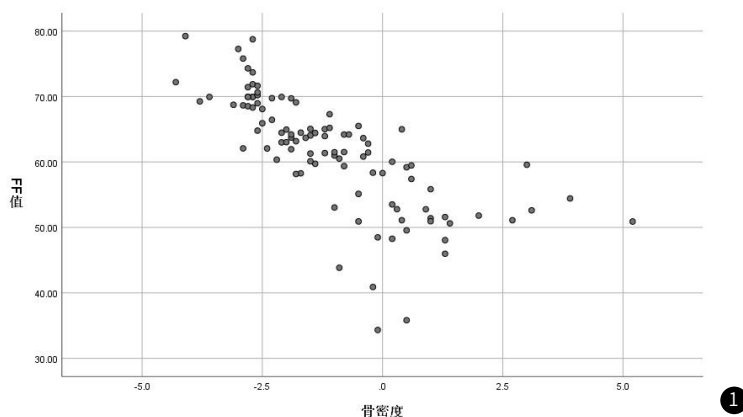


图1 散点图分析FF于骨密度的相关性。

2.3 FF值的诊断效能 分析FF值鉴别骨质正常与骨量减少的ROC曲线(如图2), 得出曲线下面积AUC为0.980, 95%可信区间为(0.957~1.000), 选取60.07%为最佳截断值, 此时诊断骨量减少的灵敏度为88.9%, 特异度为97.1%; 分析FF值诊断骨质

疏松的ROC曲线(如图3), 得出AUC为0.955, 95%可信区间为(0.903~1.000), 选取65.71%为最佳截断值, 诊断骨质疏松症的灵敏度为90.9%, 特异度为97.2%。

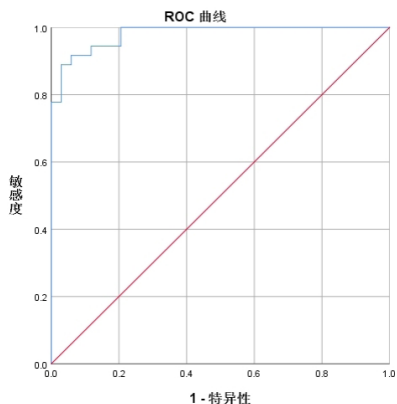


图2 ROC曲线分析FF诊断骨量减少的诊断价值。

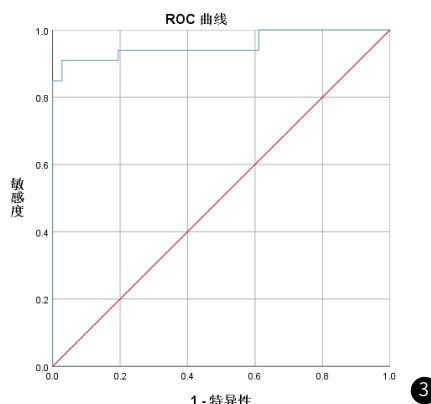


图3 ROC曲线分析FF诊断骨质疏松的诊断价值。

## 3 讨论

3.1 概述 骨质疏松症是一种与骨密度降低和骨微结构退化相关的代谢性骨病, 根据病因可分为原发性骨质疏松、继发性骨质疏松和原因不明的特发性骨质疏松。糖尿病是骨质疏松的危险因素,

罹患糖尿病, 患者中骨质疏松的患病率会更高。一项荟萃分析发现, T2DM患者中男性和女性的骨质疏松患病率分别为37.0%和44.8%<sup>[5]</sup>。有学者研究胰岛素抵抗与骨折风险间的相关性, 发现

在2型糖尿病患者中,随着HOMA-IR的升高,骨折事件发生概率有明显升高的趋势<sup>[6]</sup>,T2DM患者髌部骨折发生的风险是非T2DM患者的1.7倍<sup>[7]</sup>,糖尿病性骨质疏松愈加引起人们的重视。骨髓脂肪的异常沉积具有抑制骨形成和促进骨吸收的双重作用,能够破坏骨骼的稳态并导致骨量丢失,其含量变化在骨质疏松发病机制与疗效评估中的作用逐渐受到关注。多项研究显示,随着骨密度的减低,骨髓内的脂肪组织含量增加,即骨密度与骨髓脂肪含量呈负相关<sup>[8-11]</sup>。在我们的研究中,2型糖尿病患者腰椎FF值,骨质正常组低于骨量减少组,骨量减少组低于骨质疏松组,差异具有明显的统计学意义,这与既往文献报道是一致的。

**3.2 mDIXON-Quant序列测定FF值在评估2型糖尿病患者骨骼健康中的应用价值** 椎体中主要含有红骨髓和黄骨髓,随着年龄的增长,红骨髓萎缩脂肪化,使脂肪细胞增多,导致骨髓微环境发生改变,成骨细胞生成被抑制,进而诱发骨质疏松<sup>[12]</sup>。骨强度受骨密度与骨质量影响,骨密度主要反映骨的矿化成分,骨质量受骨内微环境结构变化的影响。骨髓脂肪是骨微环境的重要组成部分,作为反映骨质量的一个指标,它的定量测量是当前的研究热点之一<sup>[9,13-15]</sup>。目前MRI用于评价骨髓脂肪含量的技术手段日益成熟,通常认为,<sup>1</sup>H-MRS确定脂肪组分和脂肪酸组成参数,其结果是脂肪含量检测的“金标准”<sup>[16-17]</sup>。但MRS扫描条件较复杂,扫描时间较长,技术稳定性较差,后处理过程繁杂,导致其在临床的应用受到限制<sup>[18]</sup>。DIXON技术是一种新兴的定量脂肪的影像学技术,利用脂肪与水化学位移的不同,通过调节回波时间做多次采集,可分别获得正相位、反相位及单独的水相和脂相,对水相和脂相进行量化,通过公式:脂相/(水相+脂相)即可获得脂肪分数。虽然DIXON技术具有快简便、无创的优点,但也存在明显的劣势,如需要考虑一些混杂因素,包括T1偏倚、噪声偏倚、T2\*衰减、脂肪的复杂多峰模型、涡流、磁场不均匀性等。改良后的mDIXON-Quant技术可以减少因磁场不均及呼吸运动产生的图像伪影,还能降低T1偏倚产生的影响,通过后处理过程校准T2效应对定量测量的影响,加快成像速度,提升成像质量,并可在一次扫描获得7组图像,其中包括能准确反映椎体骨髓脂肪含量的FF图,有望广泛应用于科研及临床检测<sup>[17]</sup>。

在笔者的搜索范围内,徐良洲等<sup>[9]</sup>在国内首次使用IDEAL-IQ测得正常志愿者的腰椎FF值(41.57±9.24)%,骨质疏松患者FF值(52.09±5.39)%,发现IDEAL-IQ定量的FF值和BMD的结果有很好的相关性,在骨质疏松评价方面有很好的应用前景。成东亮<sup>[9]</sup>运用IDEAL-IQ对88名研究对象的腰椎骨髓脂肪分数进行研究,发现骨质正常组、骨量减少组、骨质疏松组FF值分别为(38.84±6.75)%、(51.96±7.65)%、(58.39±12.81)%。高萌<sup>[11]</sup>等采用索mDIXON-Quant测量不同年龄组女性L1-L3平均骨髓脂肪分数,发现,青年、中年及老年组L1-L3椎体平均FF分别为(33.85±7.26)%、(50.76±9.19)%、(59.33±7.83)%,3组间FF差异有统计学意义(P<0.01),Pearson相关分析结果显示,FF与年龄成明显正相关,这一结果验证了随着年龄增加,骨髓内红骨髓逐渐脂肪化,使得骨髓脂肪含量增加的研究结果。郭志<sup>[20]</sup>运用IDEAL-IQ对108例2型糖尿病患者的L1~4椎体的FF进行研究,发现骨质疏松组、骨量减少组及骨质正常组的FF分别是(71.169±3.17)%、(64.603±5.80)%及(52.031±11.62)%。而在我们本次研究中发现,同样在2型糖尿病患者中,骨质疏松组、骨量减少组、骨质正常组L1~4椎体的FF分别为(70.21±3.91)%、(62.82±2.19)%、(51.74±6.30)%,研究结果与郭志的研究结果非常相近。另外,本研究的研究结果略高于成东亮<sup>[9]</sup>等的研究结果,可能与研究对象均为2型糖尿病患者,以及分别使用mDIXON-Quant与IDEAL-IQ两种测量技术有关。糖尿病患者除了糖脂代谢紊乱常伴随骨代谢异常,更易出现骨量下降、骨髓脂肪浸润导致骨髓脆性增加,故本研究还需对非2型糖尿病患者进行研究而作进一步的对照。

笔者检索文献发现,在国内徐海东<sup>[21]</sup>最先使用<sup>1</sup>H-MRS评价绝经后2型糖尿病患者腰椎骨髓脂肪含量变化规律,发现绝经后T2DM患者骨髓脂肪增高。之后,秦添<sup>[22]</sup>用MRS探究绝经后新诊断2型糖尿病病人骨髓脂肪成分的变化,并分析其与糖化血红蛋白

(HbA1C)的相关性,发现FF与HbA1C呈高度正相关,并提出MRS测定的骨髓脂肪组分可看作血糖控制程度的标志。在本次研究中,我们使用mDIXON-Quant对103名2型糖尿病患者的腰椎FF进行测量,分析发现骨质疏松组的FF值[(70.21±3.91)%]明显高于骨量减少组的FF值[(62.82±2.19)%],骨量减少组的FF值明显高于骨质正常组的FF值[(51.74±6.30)%],三组间FF值差异具有统计学意义(P<0.05)。FF值与骨密度值呈负相关,相关系数为r=-0.846,P<0.001。ROC曲线分析结果提示,在2型糖尿病患者中,FF值用于骨质疏松诊断时,[AUC(95%CI)=0.955(0.903~1.000),P<0.001],FF值鉴别骨量减少与骨质正常时,[AUC(95%CI)=0.0980(0.957~1.000),P<0.001],诊断的灵敏度比较高,特异度比较好,具有良好的诊断效能。

**3.3 研究的局限性** 本研究存在一定的不足之处。首先,未纳入非2型糖尿病患者进行对照,并且因为研究样本量较小,尚未对性别、年龄等因素进行相关性权重分析。其次,未能结合DWI成像、DTI成像、IDEAL-IQ等其他MRI定量技术进行研究对比。最后,本研究为横断面研究,无法评估腰椎脂肪分数与骨质疏松之间的因果关系。未来需进行多中心、大样本的研究对结果进一步验证,并开展大规模的纵向研究,以验证脂肪分数作为糖尿病骨质疏松症风险预测标志物的应用价值。

综上所述,mDIXON-Quant技术可以准确测量骨髓脂肪含量变化,有效评估骨质量改变,有望在临床上作为2型糖尿病性骨质疏松症早期筛查与诊断的补充手段。

## 参考文献

- [1] Inoue T, Maeda K, Satake S, et al. Osteosarcopenia, the co-existence of osteoporosis and sarcopenia, is associated with social frailty in older adults[J]. Aging Clin Exp Res, 2022, 34(3): 535-543.
- [2] Carey J J, Wu P C H, Bergin D. Risk assessment tools for osteoporosis and fractures in 2022[J]. Best Practice & Research Clinical Rheumatology, 2022, 36(3): 101775.
- [3] 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)(上)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(08): 668-695.
- [4] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会, 章振林. 原发性骨质疏松症诊疗指南(2022)[J]. 中国全科医学, 2023, 26(14): 1671-1691.
- [5] Xu H, Wang Z, Li X, et al. Osteoporosis and osteopenia among patients with type 2 diabetes aged >50: role of sex and clinical characteristics[J]. J Clin Densitom, 2019, 23(1): 29-36.
- [6] 程秀宇. 2型糖尿病患者胰岛素抵抗与骨折风险的相关性分析[D]. 山西医科大学, 2023.
- [7] Si Y, Wang C, Guo Y, et al. Prevalence of osteoporosis in patients with type 2 diabetes mellitus in the Chinese mainland: a protocol of systematic review and meta-analysis[J]. Medicine, 2020, 99(16): e19762.
- [8] 武扬平. 骨质疏松症患者腰椎椎体骨髓脂肪分数、腰肌指数与骨密度的相关性分析[J]. 影像研究与医学应用, 2023, 7(15): 56-58.
- [9] 成东亮, 冯红梅, 文戈, 等. 磁共振脂肪定量技术IDEAL-IQ评价腰椎骨质疏松严重程度的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(5): 157-159.
- [10] 黄国强, 唐启英, 王福南, 等. 应用3.0T磁共振IDEAL-IQ检测椎体骨髓脂肪分数诊断骨质疏松的效能评价[J]. 中国临床新医学, 2023, 16(2): 156-159.
- [11] 高萌, 张健, 蒋翠花, 等. MRI IDEAL-IQ序列对骨质疏松症的诊断价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2021, 19(5): 478-480.
- [12] Greve T, Rayudu N M, Dieckmeyer M, et al. Finite element analysis of osteoporotic and osteoblastic vertebrae and its association with the proton density fat fraction from chemical shift encoding-based water-fat MRI - a preliminary study[J]. Front Endocrinol, 2022, 13(1): 900356.
- [13] 周风云, 耿健, 程晓光. 能量CT定量测量骨密度和骨髓脂肪的研究现状[J]. 中国骨质疏松杂志, 2023, 29(8): 1215-1219.
- [14] 王明, 张平, 白琳, 等. 基于磁共振mDIXON-Quant技术对健康受试者股骨近端骨髓脂肪定量研究[J]. 磁共振成像, 2022, 13(9): 63-68.
- [15] 陆丰, 倪建明, 姜宇, 等. 基于VIBE-Dixon技术的女性腰椎脂肪测量及其与骨密度的相关性[J]. 中国骨质疏松杂志, 2020, 26(9): 1287-1290.
- [16] 刘梦珂, 秦健, 李长勤. CT及MRI对骨质疏松的定量研究进展[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(21): 1972-1975.
- [17] 刘胜利, 牛金亮. 骨髓脂肪组织的影像定量研究及应用进展[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(10): 177-179.
- [18] 蒋蕾, 黄冕, 赵亦卿, 等. 多回波CSE-MRI评价淫羊藿苷对去势大鼠骨髓脂肪的影响[J]. 放射学实践, 2019, 34(12): 1289-1294.
- [19] 徐良洲, 汪鹏, 黄波. IDEAL-IQ序列在椎体骨质疏松评价中的可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(8): 1489-1492.
- [20] 郭志, 许崇永. IDEAL-IQ技术在2型糖尿病性骨质疏松症诊断中的应用价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2019, 17(5): 489-492.
- [21] 徐海东, 张玉琴, 董海波, 等. <sup>1</sup>H-MRS评价绝经后2型糖尿病患者腰椎骨髓脂肪变化[J]. 医学影像学杂志, 2015, 25(9): 1649-1652.
- [22] 秦添, 朱友志, 贺明庆, 等. 绝经后新诊断2型糖尿病腰椎骨髓脂肪成分的MRS测定[J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(4): 407-410.

(收稿日期: 2024-11-12) (校对: 韩敏求 排版: 张鸿燊)