

· 临床论著 ·

磁共振 IDEAL-IQ 评价骨质疏松症的价值[△]

刘鹏^{1,2}, 干旻峰^{1*}, 王华铮¹, 经成男¹, 朱默¹

(1. 苏州大学附属第一医院骨科, 江苏苏州 215000; 2. 深圳市龙岗区人民医院, 深圳 518100)

摘要: [目的] 探讨 MRI IDEAL-IQ 法测定腰椎骨髓脂肪分数 (fat fraction, FF) 对骨质疏松 (osteoporosis, OP) 的临床诊断价值, 并分析 FF 与骨密度、骨代谢指标之间的相关性。[方法] 2022 年 1 月—2023 年 2 月在本院骨科住院或门诊的 91 例患者纳入本研究, 行双能 X 线骨密度 (bone mineral density, BMD) 检查, 腰椎常规序列及 IDEAL-IQ 序列扫描和骨代谢指标检测。根据 BMD 检测的 T 值将患者分成三组, 骨量正常组 15 例、骨量降低组 33 例和 OP 组 43 例。比较三组间检测结果, 分析 FF 与相关参数的相关性, 采用 ROC 分析上述检测诊断 OP 的效能。[结果] 正常组、骨量降低组和 OP 组三组间的 BMD [(1.1±0.1) g/cm² vs (0.9±0.1) g/cm² vs (0.7±0.1) g/cm², P<0.001]、FF 值 [(82.9±10.2)% vs (75.0±6.8)% vs (75.8±9.2)%], β-CTX [(345.7±113.0) ng/ml vs (547.7±236.7) ng/ml vs (617.5±165.3) ng/ml, P<0.05] 的差异均有统计学意义, 但是三组间 P1NP 的差异无统计学意义 (P>0.05)。相关性分析表明: FF 值与 BMD 呈显著负相关 (r=-0.396, P<0.05), 与 β-CTX 呈显著正相关 (r=0.238, P<0.05), 与 P1NP 无显著相关性 (r=0.081, P>0.05)。ROC 曲线下面积 (area under curve, AUC) 由大至小依次为 FF (0.786) > β-CTX (0.652) > P1NP (0.622) > BMD (0.033)。当 FF 诊断阈值为 78.0% 时, 其特异性为 67.8%, 敏感性为 86.0%。[结论] 通过磁共振 IDEAL-IQ 技术成像的 FF 值与 BMD 呈显著负相关, 与 β-CTX 呈显著正相关, 能够为临床上诊断骨质疏松症提供有价值的信息。

关键词: 骨质疏松症, 脂肪分数, 骨密度, 骨代谢指标

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 23-2118-06

Significance of MRI IDEAL-IQ used for diagnosis of osteoporosis // LIU Peng^{1,2}, GAN Min-feng¹, WANG Hua-zheng¹, JING Cheng-nan¹, ZHU Mo¹. 1. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital, Suzhou University, Suzhou 215000, China; 2. People's Hospital of Longgang District, Shenzhen 518100, China

Abstract: [Objective] To investigate the clinical diagnostic value of lumbar bone marrow fat fraction (FF) measured by MRI IDEAL-IQ sequence for osteoporosis (OP), and to search the correlation between FF and bone mineral density, or bone metabolism markers. **[Methods]** From January 2022 to February 2023, 91 inpatients or outpatients of the Orthopedic Department of our hospital were enrolled in this study. Dual-energy X-ray bone mineral density (BMD) examination, lumbar routine MRI sequence and IDEAL-IQ sequence scanning, and blood bone metabolism markers detection were performed. The patients were divided into three groups according to the T value measured by BMD, 15 patients fall in the normal group, 33 patients were in osteomalacia group and 43 patients were in the OP group. The detection results among the three groups were compared, the correlation between FF and related parameters was analyzed, and the efficiency of the above detections in diagnosing OP was analyzed by ROC. **[Results]** The BMD [(1.1±0.1) g/cm² vs (0.9±0.1) g/cm² vs (0.7±0.1) g/cm², P<0.001], FF [(82.9±10.2)% vs (75.0±6.8)% vs (75.8±9.2)%], β-CTX [(345.7±113.0) ng/ml vs (547.7±236.7) ng/ml vs (617.5±165.3) ng/ml, P<0.05] were significantly different among the normal group, osteomalacia group and OP group, despite insignificant difference in P1NP among the three groups (P>0.05). In term of correlation analysis, the FF value was significantly negatively correlated with BMD (r=-0.396, P<0.05), whereas significantly positively correlated with β-CTX (r=0.238, P<0.05), and had no significant correlation with P1NP (r=0.081, P>0.05). In term of ROC analysis, the area under curve (AUC) was ranked up-down as FF (0.786) > β-CTX (0.652) > P1NP (0.622) > BMD (0.033). When the diagnostic threshold of FF was of 78.0%, its specificity was of 67.8% and sensitivity of 86.0%. **[Conclusion]** The FF value of MRI IDEAL-IQ sequence is significantly negatively correlated with BMD, while significantly positively correlated with β-CTX, can provide valuable information for the clinical diagnosis of osteoporosis.

Key words: osteoporosis, fat fraction, bone mineral density, blood bone metabolism marker

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.23.02

△基金项目:江苏省卫健委老年健康项目(编号:LK2021017)

作者简介:刘鹏,专硕研究生,研究方向:脊柱外科,(电话)18680541773,(电子信箱)735236713@qq.com

*通信作者:干旻峰,(电话)13913075195,(电子信箱)spineganmf@126.com

随着我国老龄化人口的增加,骨质疏松症(osteoporosis, OP)患病率近年来迅速上升,根据最新的骨质疏松症流行病学调查显示:我国50岁以上人群的骨质疏松患病率为19.2%,其中男性占6.0%,女性占32.1%;而65岁以上人群骨质疏松的患病率为32.0%,其中男性占10.7%,而女性占51.6%^[1]。由于民众对骨质疏松的认知低,且骨丢失本身没有症状,往往在发生骨质疏松性脆性骨折后才意识到骨质疏松的危害^[2]。临床上行双能X线吸收测量仪(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)检测骨密度(bone mineral density, BMD)的检查率较低,导致骨质疏松的早期诊断率低。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)作为一种无创、无辐射的影像检查手段在临床上已被广泛应用于脊柱退变性疾病^[3]。研究发现骨量的减少皆合并程度不等的骨髓内脂肪组织(marrow adipose tissue, MAT)增加,可见分析椎体内骨髓MAT含量的变化极有助于OP与骨折风险的评估^[4, 5]。Sechellinger等^[6]发现,在腰椎骨髓的脂肪含量方面,15~29岁、70~80岁分别是20.5%、49.4%。研究显示椎体骨髓脂肪含量同骨密度值之间存在一定的负相关,脂肪含量与骨密度的比值可作为参数来评价椎体是否发生了骨质疏松^[7]。而磁共振的非对称回波的最小二乘估算法迭代水脂分离技术(iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation quantitation sequence, IDEAL-IQ)所得椎体的脂肪分数(fat fraction, FF%)能否预测骨质疏松症罕有报道。为此本文将FF值与BMD、骨代谢指标之间进行相关性分析,以期能采用MRI IDEAL-IQ技术预测骨质疏松症。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)骨科住院或门诊患者;(2)年龄40~90岁,同时行腰椎MRI常规序列及IDEAL-IQ序列扫描、BMD及骨代谢指标检查。

排除标准:(1)对骨代谢存在影响的内分泌疾病;存在骨折、代谢性骨病与压缩变形者;(2)对维生素(Vit)D与钙吸收不利的肾脏与消化道疾病;(3)长期进行糖皮质激素或其他对骨代谢不利的药物干预者;(4)多发性骨髓瘤;(5)各类先天与后天骨代谢异常疾病;(6)免疫性疾病等。

1.2 一般资料

回顾性分析2022年1月—2023年2月在苏州大学附属第一医院骨科就诊患者的临床资料,其中91例符合上述标准,纳入本研究。其中男25例,女66例,年龄40~89岁。根据DXA检测的腰椎中较低的T值将患者分为骨量正常组15例,骨量降低33例,骨质疏松43例。三组间年龄、性别差异均有统计学意义($P<0.05$),而BMI差异无统计学意义($P>0.05$)。此项研究得到医院伦理委员会审批,所有患者皆知情同意。

1.3 检测方法

1.3.1 DXA骨密度检测

双能X线骨密度仪(美国,HOLOGIC公司)对腰椎实施测量。腰椎前后位BMD扫描参数:采取脊柱正位;设定的电流、电压各是2.5~3.0 mA、100~140 kV;扫描宽度、长度各是11.4 cm、20.4 cm。按该公司的标准测定技术对L₁~L₄椎体前后位的BMD(g/cm²),并按标准计算出相应的T值。借鉴我国骨质疏松和骨矿盐疾病学协会提出的诊断标准详情为:T值 ≥ -1.0 SD,代表骨量正常;处于-1.0~-2.5 SD时,代表骨量减低; ≤ -2.5 SD,代表OP; ≤ -2.5 SD同时伴发一处或若干处脆性骨折,代表严重OP。

1.3.2 MRI扫描

采用德国SIEMENS Skyra 3.0T MRI扫描仪,Spine 32通道线圈进行扫描。首先开展腰椎常规扫描,含T1WI矢状位及T2WI矢状位与轴位,从而证实非占位性、炎症性等病变,以下为详细序列与扫描参数:在TR/TE值上,T1WI矢状位为650/9.4 ms;T2WI矢状位与轴位为2 800/98 ms。随后行腰椎椎体矢状位IDEAL-IQ序列扫描,先以L₃正中层面为扫描中心来定位,扫描参数如下:层厚3 mm,TE=(1.2~7.38) ms,TR=9 ms,反转角15°,激励次数1,扫描用时15 s左右,待扫描终止,系统自动生成脂肪分数图。

将磁共振扫描图像传至syngo.via后处理工作站,应用该工作站对L₁~L₄椎体骨髓脂肪的含量进行定量测定。在脂肪分数图上,选取腰椎(L₁~L₄)椎体最正中矢状位T2脂相图像的正中层面所相对应的横断位层面,并在该层面椎体上手动绘制感兴趣区(region of interest, ROI)测量L₁₋₄椎体的FF值(%),为排除其他因素影响,ROI区域面积保持在20 mm×20 mm,测量区域应处于椎体的松质骨处,同时不可接触椎静脉入口与皮质骨等。各椎体皆进行3遍测量,取平均值后得到最终结果(图1)。

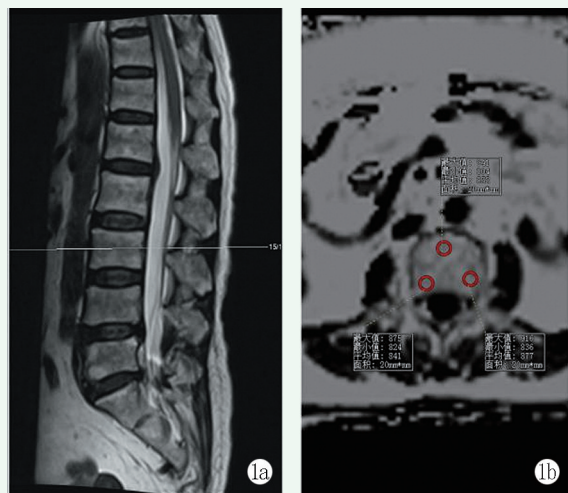


图 1 测量脂肪分数 (FF) 示意图。1a: 腰椎椎体正中矢状位; 1b: 于腰椎横断面上绘制 ROI, 取平均值。

Figure 1. Diagram of measuring fat fraction (FF). 1a: Median sagittal position of the lumbar vertebrae. 1b: The region of interest (ROI) was plotted on the cross-section of the lumbar spine, and the average value was taken.

1.3.3 骨代谢生化检测

患者禁食 8 h 后, 抽取清晨空腹静脉血 5~8 ml, -20℃保存后采用全自动电化学发光免疫分析仪进行检测患者的 β-胶原特殊序列 (beta C-terminal cross-linked telopeptides of type I collagen, β-CTX) 及 I 型胶原氨基端延长肽 (type I procollagen amino-terminal peptide, P1NP) 水平。

1.4 评价指标

记录患者一般资料, 包括: 年龄、性别、BMI。DXA

骨密度检测 L₁~L₄ 的 BMD 值的平均值, MRI 检测 L₁~L₄ 椎体的 FF 值, 以及全自动电化学发光免疫分析检测血清 β-CTX 及 P1NP 水平。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析, 计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示。资料呈正态分布时, 组间差异对比行单因素方差分析 (ANOVA), 组内两两对比采取 LSD 法; 资料呈非正态分布时, 采用非参数统计。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验; 等级资料采用秩和检验。MRI IDEAL-IQ 检测 (FF 值), 分别与其他检测指标行 Pearson 或 Spearman 相关分析。各指标分别与是否骨质疏松行受试对象工作特征曲线 (receive operating characteristic curve, ROC) 分析。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 检测结果

三组检测结果见表 1, 三组间年龄、女性占比、BMD 值两两组间比较差异均有统计学意义 (P<0.05), 骨质疏松组的 FF 值显著高于其他两组 (P<0.05), 骨量降低组与骨量正常组之间差异无统计学意义 (P>0.05)。骨量正常组的 β-CTX 水平显著低于其他两组 (P<0.05), 骨质疏松组与骨量降低组之间差异无统计学意义 (P>0.05)。三组间 P1NP 的差异均无统计学意义 (P>0.05)。

表 1 三组患者一般资料与比较
Table 1 Comparison of general information among the three groups

指标	骨质正常组 (n=15)	骨量降低组 (n=33)	骨质疏松组 (n=43)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	59.2±10.7	63.4±10.8	68.6±10.3	0.009
性别 (例, 男/女)	9/6	11/22	5/38	<0.001
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.3±4.2	24.2±3.0	22.6±3.1	0.070
BMD (g/cm ² , $\bar{x} \pm s$)	1.1±0.1	0.9±0.1	0.7±0.1	<0.001
FF 值 (% , $\bar{x} \pm s$)	75.8±9.2	75.0±6.8	82.9±10.2	<0.001
P1NP (ng/ml)	48.3±11.2	46.1±14.2	52.4±14.0	0.138
β-CTX (ng/ml)	345.7±113.0	547.7±236.7	617.5±165.3	<0.001

2.2 相关性分析

FF 值与 BMD、P1NP、β-CTX、年龄、BMI 的相关性见表 2, 结果表明, FF 值与 BMD 呈显著负相关 (r=-0.396, P<0.05), 与 β-CTX 呈显著正相关 (r=0.238, P<0.05), 与 BMI 呈显著负相关 (r=-0.283, P<0.05), 与 P1NP (r=0.081, P>0.05) 及年龄 (r=0.076, P>0.05) 无显著相关性。

表 2 FF 值与其他资料的相关分析
Table 2 Correlation analysis between FF value and other data

指标	r 值	P 值
年龄	0.076	0.472
BMI	-0.283	0.007
BMD	-0.396	<0.001
P1NP	0.081	0.446
β-CTX	0.238	0.023

2.3 ROC 分析

91 例患者按是否为 OP 行 ROC 曲线分析 FF 值、PINP、 β -CTX、BMI、BMD 对 OP 的诊断效能，结果见图 2 和表 3，得出曲线下面积（area under the curve, AUC）分别为 0.786、0.622、0.652、0.351、0.033，其中，FF 值的 AUC $>\beta$ -CTX $>$ PINP $>$

BMI $>$ BMD，且 FF 值的 AUC 面积为 0.7~0.9，说明 FF 值诊断 OP 有一定的准确性。因此，在各种检测手段中，FF 值对 OP 的诊断价值更高；当 FF 值的判定阈值为 78.0 % 时，灵敏度和特异度相对最优，为 86.0%、67.8%。

表 3 预测骨质疏松的 ROC 分析
Table 3 ROC analysis for predicting osteoporosis

指标	AUC	95%CI	特异性 (%)	敏感性 (%)	截断值
FF	0.786	0.687~0.886	67.7	86.0	78.0
BMI	0.351	0.237~0.466	95.8	4.7	30.4
BMD	0.033	0.000~0.071	10.4	2.3	0.8
PINP	0.622	0.506~0.738	56.2	67.4	46.5
β -CTX	0.652	0.532~0.772	58.3	88.4	485.7

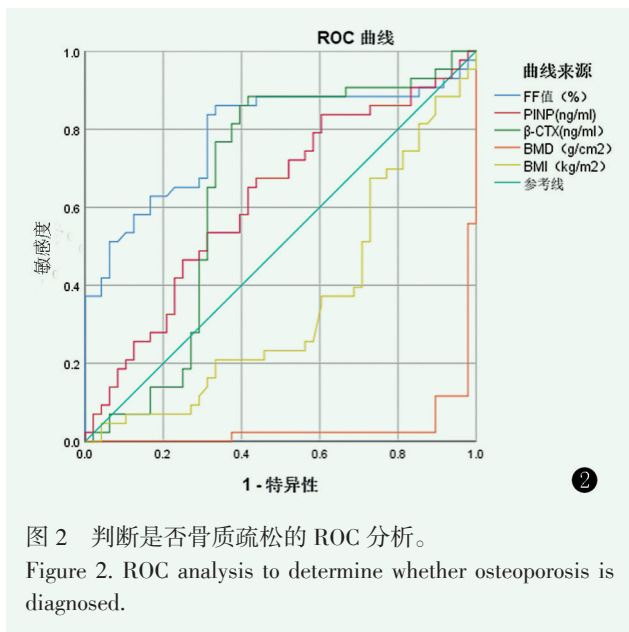


图 2 判断是否骨质疏松的 ROC 分析。
Figure 2. ROC analysis to determine whether osteoporosis is diagnosed.

3 讨论

OP 是由诸多因素导致的一类代谢性、系统性骨病。骨量低下，同时合并相较该年龄偏高的骨丢失率为 OP 形成的主要致因。

在研究与诊断 OP 方面，影像学检查发挥着关键作用，在影像学逐渐发展下，诊断以及治疗 OP 的水平随之提升。现今针对 OP 影像学的检查涉及 DXA、定量 CT、定量超声（quantitative ultrasound scanning, QUS）和 MRI 等^[8]。其中，DXA 为目前评价 BMD 的金标准，其优势在于便于操作、测定用时少、患者电离辐射剂量低（放射量仅为胸片的 1/30）^[9]，曾经被视作测量 BMD 的首选方法，然而相关研究结果显

示，其准确性较差，存在较高漏诊率^[10]。关于 QCT 方法，具体为基于三维图像处理技术，能够将骨质疏松最敏感的松质骨自变化缓慢且具更高密度的松质骨内有效分离出来。同时学者们逐渐认识到此法在诊断 OP 方面准确率优势，但是其较高的辐射剂量与费用，对其广泛应用于临床造成限制^[11]。

Naverias 等^[13]发现，对于骨髓微环境，骨髓中脂肪细胞起着主要负性调节作用，可使骨髓脂肪的生成受抑，能够促进骨髓移植患者尽快恢复造血功能，防范骨量的减少。Justesen 等^[14]通过研究 53 名正常人、26 例 OP 患者的髌骨活检发现，OP 与老龄化人员骨髓内脂肪含量提高，但骨松质体积下降。Beresford 等^[15]应用动物实验也证实了这点，骨髓中黄骨髓的主要成分就是脂肪组织（adipocyte, AT）。Meunier 等^[16]经研究 84 具尸体标本髌骨病理解剖的结果显示，在 20~65 岁年龄段内，AT 的含量从 15%上调至约 60%，松质骨的含量自 26%下调到 16%左右，AT 含量的提高在 OP 的发病机制中发挥着十分关键的作用，同时也是反映骨质量变化的重要影响因素。而磁共振 IDEAL-IQ 成像法能够对组织内脂肪含量实施无创测定，通过检测腰椎椎体的脂肪分数，从而评估椎体的 OP 程度，有助于临床及时开展防治。

本研究采用的 IDEAL-IQ 技术，此项新研发的序列基于 1984 年建立的磁共振 Dixon 两点法^[17]，应用 6 个回波联合 FSE 序列开展水脂分离，可得到 6 组水与脂肪于不同相位差异下的图像，经由 6 组图像完成水像、脂像的分离，由此获得脂肪分数图，避免了诸多不良因素的干扰，包括 T2*效应的干扰、脂肪多谱峰模型、涡流效应等。相较于传统的 Dixon 两点法

(脂肪定量)分析,信噪比有所增强,可更有效消除磁场不均匀的不良影响,能够精准定量脂肪^[18],主要是扫描用时明显减少,在颈部脂肪定量测定、脂肪肝等方面皆获得良好应用^[19]。

近年来有研究证实,骨代谢标志物的测定对骨转换的分型、绝经后妇女骨丢失率的评价、骨折风险的预测、病情进展的评估、药物疗效的检测都具有重要意义^[20]。有文献报道骨代谢指标与BMD呈一定负相关性,且P1NP、 β -CTX敏感性和特异性较高,受激素影响小,可辅助DXA早期预测并诊断骨质疏松症^[21, 22]。

Ergen等^[23]采用IDEAL-IQ对91例患者腰椎(L₁~L₄)4个椎体的平均脂肪分数进行测定,同时用DXA检测其骨密度,以及检验了患者的骨代谢指标,并基于DXA检查所得T值划分出3个组,15例被归入骨量正常组,33例被归入骨量降低组,43例被归入骨质疏松组。从相关性分析得知,FF值与BMD存在一定的负相关性,说明骨密度的降低可能会一定程度上增加腰椎骨髓的脂肪组织含量,临床上可通过磁共振测定FF值一定程度上预测骨密度的变化情况,可进一步预测骨质疏松症。而FF值与 β -CTX存在一定的正相关性,当FF值变化时可帮助预测 β -CTX的走向,从而联合预测骨质疏松症。

目前临床上以DXA作为OP诊断的参照标准,但其特异性较低,漏诊率较高,并且不能反应短期内骨代谢平衡的变化。而3.0T MRI DEAL-IQ成像技术能够基于腰椎常规检查,对椎体骨髓的脂肪含量做出无创性测定,且敏感性较高,FF值又与BMD、 β -CTX存在紧密联系。因此在骨转换异常或OP发生的早期,FF值的升高以及P1NP、 β -CTX水平的上升可一定程度上提示早期诊断及治疗骨质疏松,IDEAL-IQ成像技术和骨代谢指标可以作为与DXA联合评价骨质疏松症的有效方法之一。

参考文献

- [1] Wang LH, Yu W, Yin XJ, et al. Prevalence of osteoporosis and fracture in China: the China Osteoporosis Prevalence Study [J]. *JAMA Netw Open*, 2021, 4 (8) : e2121106. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.21106.
- [2] Kanis JA, Cooper C, Rizzoli R, et al. Executive summary of the European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women [J]. *Calcif Tissue Int*, 2019, 104 (3) : 235-238. DOI: 10.1007/s00198-018-4704-5.
- [3] Yasuhara T, Sasada S, Date I. Lumbar degenerative disease: key for diagnosis [J]. *No Shinkei Geka*, 2022, 49 (6) : 1233-1245. DOI: 10.11477/mf.1436204510.
- [4] 孙文路, 刘姣姣, 郭兴满, 等. 核磁共振脂肪量化预测骨质疏松椎体骨折的意义 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (10) : 870-874. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.10.02. Sun WL, Liu JJ, Guo XM, et al. Significance of MRI fat quantification in predicting osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Orthop J Chin*, 2021, 29 (10) : 870-874. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.10.02.
- [5] Tang GY, Lv ZW, Tang RB, et al. Evaluation of MR spectroscopy and diffusion-weighted MRI in detecting bone marrow changes in postmenopausal women with osteoporosis [J]. *Clin Radiol*, 2010, 65 (5) : 377-381. DOI: 10.1016/j.crad.2009.12.011.
- [6] Schellinger D, Lin CS, Hatipoglu HG, et al. Potential value of vertebral proton MR spectroscopy in determining bone weakness [J]. *Am J Neuroradiol*, 2001, 22 (8) : 1620-1627. PMID: 11559519.
- [7] Schellinger D, Lin CS, Fertikh D, et al. Normal lumbar vertebrae: Anatomic, age, and sex variance in subjects at proton MR spectroscopy - Initial experience [J]. *Radiology*, 2000, 215 (3) : 910-916. DOI: 10.1148/radiology.215.3.r00jn42910.
- [8] 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. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.21.12. Liu MK, Qin J, Li CQ. Research progress in CT and MRI for quantitative diagnosis of osteoporosis [J]. *Orthop J Chin*, 2020, 28 (21) : 1972-1975. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.21.12.
- [9] Njeh CF, Fuerst T, Hans D, et al. Radiation exposure in bone mineral density assessment [J]. *Appl Radiat Isot*, 1999, 50 (1) : 215-236. DOI: 10.1016/s0969-8043(98)00026-8.
- [10] Tothill P, Hannan WJ. Precision and accuracy of measuring changes in bone mineral density by dual-energy X-ray absorptiometry [J]. *Osteoporos Int*, 2007, 18 (11) : 1515-1523. DOI: 10.1007/s00198-007-0382-4.
- [11] Adams JE. Quantitative computed tomography [J]. *Eur J Radiol*, 2009, 71 (3) : 415-424. DOI: 10.1016/j.ejrad.2009.04.074.
- [12] Nguyen HG, Lieu KB, Ho-Le TP, et al. Discordance between quantitative ultrasound and dual-energy X-ray absorptiometry in bone mineral density: The Vietnam Osteoporosis Study [J]. *Osteoporos Sarcopenia*, 2021, 7 (1) : 6-10. DOI: 10.1016/j.afos.2021.03.003.
- [13] Naveiras O, Nardi V, Wenzel PL, et al. Bone-marrow adipocytes as negative regulators of the haematopoietic microenvironment [J]. *Nature*, 2009, 460 (7252) : 259-263. DOI: 10.1038/nature08099.
- [14] Justesen J, Stenderup K, Ebbesen EN, et al. Adipocyte tissue volume in bone marrow is increased with aging and in patients with osteoporosis [J]. *Biogerontology*, 2001, 2 (3) : 165-171. DOI: 10.1038/nature08099.
- [15] Beresford JN, Bennett JH, Devlin C, et al. Evidence for an inverse relationship between the differentiation of adipocytic and osteogenic cells in rat marrow stromal cell cultures [J]. *J Cell Sci*, 1992, 102 (2) : 341-351. DOI: 10.1242/jcs.102.2.341.
- [16] Meunier P, Aaron J, Edouard C, et al. Osteoporosis and the replacement of cell populations of the marrow by adipose tissue. A

- quantitative study of 84 iliac bone biopsies [J]. Clin Orthop, 1971, 80 (1): 147-154. DOI: 10.1097/00003086-197110000-00021.
- [17] Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging [J]. Radiology, 1984, 153 (1): 189-194. DOI: 10.1148/radiology.153.1.6089263.
- [18] Yu HZ, Shimakawa A, Hines DG, et al. Combination of complex-based and magnitude-based multiecho water-fat separation for accurate quantification of fat-fraction [J]. Magn Reson Med, 2011, 66 (1): 199-206. DOI: 10.1002/mrm.22840.
- [19] Gkotsis DE, Gotsis ED, Lymperopoulou GP, et al. Determination of the R2* relaxation rate constant for estimating hepatic iron concentration: A customized approach that considers liver fat infiltration [J]. Phys Medica, 2020, 76 (1): 150-158. DOI: 10.1016/j.ejmp.2020.06.019.
- [20] 张炳坤, 张喜善. 骨代谢标志物在骨质疏松症诊治中的应用 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (16): 1483-1486. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.16.09.
- Zhang BK, Zhang XS. Application of bone metabolic markers in the diagnosis and treatment of osteoporosis [J]. Orthop J Chin, 2022, 30 (16): 1483-1486. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.16.09.
- [21] Lins Vieira NF, Da Silva Nascimento J, Do Nascimento CQ, et al. Association between bone mineral density and nutritional status, body composition and bone metabolism in older adults [J]. J Nutr Heal Aging, 2021, 25 (1): 71-76. DOI: 10.1007/s12603-020-1452-y.
- [22] Vasikaran SD. Utility of biochemical markers of bone turnover and bone mineral density in management of osteoporosis [J]. Crit Rev Clin Lab Sci, 2008, 45 (2): 221-258. DOI: 10.1080/10408360801949442.
- [23] Ergen FB, Gulal G, Yildiz AE, et al. Fat fraction estimation of the vertebrae in females using the T2*-IDEAL technique in detection of reduced bone mineralization level: Comparison with bone mineral densitometry [J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38 (2): 320-324. DOI: 10.1097/RCT.0b013e3182aa4d9d.
- (收稿:2023-04-10 修回:2023-07-12)
(同行评议专家: 孙兆忠, 张元智)
(本文编辑: 闫承杰)

读者 · 作者 · 编者

如何检索引用《中国矫形外科杂志》及文献格式

点击本刊网址进入《中国矫形外科杂志》官网(<http://jxwk.ijournal.cn>), 点击上方菜单栏:期刊浏览, 显示本期刊内检索窗口, 输入您要查找的自由词, 点击回车, 网页即显示相关内容, 点击排列方式, 您可按“相关性、发现时间...”排列篇名。点击篇名, 弹出摘要页面进行阅读。如果需要引用, 点击右上角“”符号, 在弹出的提示框里将内容复制粘贴:“Ctrl+C”复制, “Ctrl+V”在您的文中粘贴。

文献格式需严格按本刊格式要求进行修改, 作者仅引用前 3 位, 超过 3 位时, 加“等.”或“, et al.”。英文作者仅用姓(last name), 只有首字母大写, 而名(first name, middle name)则用其第一个字母大写缩写。文章题目仅首字母大写。期刊名用 Pubmed 标准缩写。

由于本刊正在申请加入 Scopus 数据库, 按数据库要求统一在文献后标注数字对象标识码 (Digital Object Identifier, DOI), 中文参考文献补充原文的英译文献条目, 示例如下:

- [1] Fehlings MG, Tetreault L, Nater A, et al. The aging of the global population: the changing epidemiology of disease and spinal disorders [J]. Neurosurgery, 2015, 77 (Suppl 4): S1-S5. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000953.
- [2] 南运东, 徐长科. 经皮内镜椎间孔入路减压治疗腰椎管狭窄症 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (19): 1811-1812. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.19.19.
- Nan YD, Xu CK. Percutaneous transforaminal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (19): 1811-1812. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.19.19.
- 参考文献格式详细规范请参照参考文献格式国家标准 (GB-T7714-2005)。