

· 论 著 ·

腰椎脂肪定量 MR(IDEAL-IQ)技术在骨质疏松症中的应用

王开香 郑建刚 顾勇坚 许建兴 刘良卿 梅莉*

江苏大学附属武进医院放射科,江苏 常州 213002

中图分类号: R445.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2019) 12-1743-04

摘要: **目的** 初步研究 MR(IDEAL-IQ)技术测量的腰椎椎体骨髓脂肪分数(FF)在骨质疏松症临床诊断中的应用价值。**方法** 收集 2018 年 6 月至 2018 年 11 月在我院同时行腰椎脂肪定量 MR 检查与双能 X 线骨密度检查的患者,测量椎体(L₁₋₄)脂肪分数和骨密度(常规用 T 值),进行 Spearman 相关分析。根据 T 值,将患者分为骨量正常组、骨量减少组和骨质疏松组。用单因素方差分析 FF 值在 3 组间的差异,用 Mann-Whitney 非参数检验分析每两组间差异,最后基于受试者工作特征曲线(ROC 曲线)分析 FF 值对骨质疏松症的诊断效能。**结果** 总共收集病例 55 例,其中 47 例纳入数据分析。脂肪分数(FF)与骨密度值呈负相关($r = -0.66, P < 0.05$),随着椎体骨密度的增高,脂肪分数降低。骨质疏松组与其他两组之间差异均有统计学意义($P < 0.05$),骨量减少组与正常组之间的 P 值为 0.1,差异没有统计学意义,ROC 曲线下面积(AUC)为 0.79,选择阈值 48.05% 来诊断骨质疏松症,灵敏度为 0.871,特异性为 0.625。**结论** MR IDEAL-IQ 技术通过快速精准评估腰椎椎体骨髓脂肪含量的变化,能够为骨质疏松症的诊断提供有价值的信息。

关键词: 磁共振成像;脂肪定量;骨质疏松;腰椎;骨密度

The application of MR IDEAL-IQ in patients with osteoporosis

WANG Kaixiang, ZHENG Jiangang, GU Yongjian, XU Jianxing, LIU Liangqing, MEI Li*

Department of Radiology, Wujin Hospital affiliated to Jiangsu University, Changzhou 213002, China

* Corresponding author: MEI Li, Email: czmeili70@sina.com

Abstract: **Objective** To evaluate the clinical value of vertebral bone marrow fat fraction (FF) measured by MR (IDEAL-IQ) in the diagnosis of osteoporosis. **Methods** Patients who underwent spinal fat quantitative examination with MR (IDEAL-IQ) and dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) were included from June to November 2018. Patients were categorized into normal group, osteopenia group, and osteoporosis group, depending on the bone mineralization levels (T-score) derived from DXA. Spearman P test was used to investigate the correlation between FF and BMD. One-way ANOVA was used to analyze the differences among the 3 groups. Mann-Whitney test was performed to compare the difference between the two groups. FF cutoff value for the prediction to osteoporosis was evaluated with the receiver operating characteristic curve analysis. **Results** Forty-seven patients out of 55 cases were collected. The differences of FF among the 3 groups were statistically significant ($P < 0.05$). The marrow fat FF was negatively correlate with BMD ($R = -0.66, P < 0.05$). With the increase in BMD and decrease in FF, there was significant difference between osteoporosis group and other 2 groups. There was no statistic difference between osteopenia group and normal group ($P = 0.1$). The area under the ROC curve for FF was 0.79 (95% confidence interval 0.65–0.94). The optimal cutoff point was obtained as 48.05%. The sensitivity and specificity were 0.871 and 0.625, respectively. **Conclusion** IDEAL-IQ can be used as an alternative technique to detect reduced bone mineralization of the vertebrae by estimation of FF value.

Key words: MR; IDEAL-IQ; osteoporosis; bone mineral density; lumbar vertebrae

骨质疏松症(osteoporosis, OP)是以骨矿物含量减少,骨微结构受损,导致骨强度降低、骨脆性增加、

易发生骨折为特征的一种全身性慢性代谢性骨病^[1]。早期的综合评估及诊断是治疗并预防脆性骨折的关键。WHO 推荐双能 X 线吸收法(DXA)测量腰椎或股骨颈部的骨密度(bone mineral density, BMD)作为诊断骨质疏松症的金标准^[2],但是 DXA

* 通信作者: 梅莉, Email: czmeili70@sina.com

测量的骨密度反映是骨的矿物含量,不能综合评估骨强度的变化。骨髓脂肪含量作为骨质量的新指标,是骨质疏松诊断研究的热门话题。MR (IDEAL-IQ) 技术作为一种脂肪精准定量检查的新技术,可以评估椎体骨髓的脂肪含量,反映骨质量的变化,目前在肝脏、胰腺方面已经取得了很好的应用^[3],但是其在椎体骨质疏松方面研究的比较少,因此,本研究将初步探讨通过 MR (IDEAL-IQ) 技术测得的腰椎椎体骨髓脂肪分数 (FF) 在评估骨质疏松症的中应用价值。

1 材料和方法

1.1 研究对象

收集 2018 年 6 月至 2018 年 11 月在我院同时行腰椎脂肪定量 MR 检查与双能 X 线骨密度检查的患者,有陈旧性或新发骨折病史和已经接受抗骨质疏松药物治疗的患者除外。本研究通过医院伦理委员会审核批准,所有对象均知情同意。

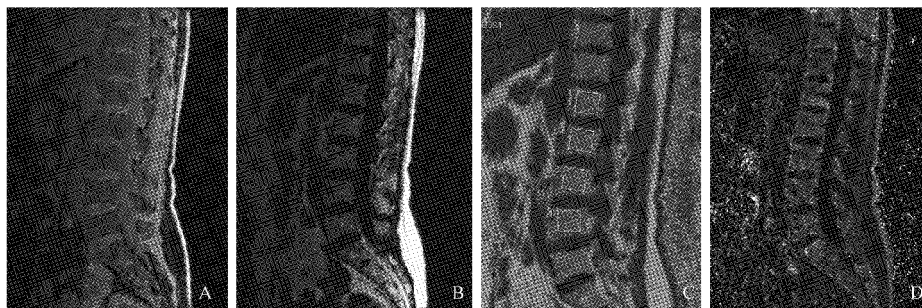


图 1 椎体矢状位 IDEAL-IQ 序列扫描图 (A: 水相图; B: 脂肪相图; C: 脂肪分数图; D: R2* 图)

Fig.1 Sagittal scan diagram of vertebral IDEAL-IQ sequence

1.3 统计学处理

R (v3.5.1) 统计软件中的“Stats”程序用于本研究的数据分析。计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,三组间差异比较采用单因素方差分析,三组中两两比较用 Mann-Whitney 非参数检验,FF 值与骨密度的相关性用 Spearman 相关分析,检验 FF 值对骨质疏松的诊断效能用受试者工作特征曲线 (ROC 曲线)。设定检验的显著水平为 0.05。

2 结果

2.1 各组间的 FF 值的比较

总共收集患者 55 例,除外 8 例已发骨折事件,总共 47 例患者入组,其中男 15 例,女 32 例,平均年龄 49 岁。骨量正常组、骨量减少组及骨质疏松组的 FF 值分别见表 1。经单因素方差分析,三组间的 FF

1.2 扫描设备

1.2.1 DXA 扫描: 采用美国 HOLOGIC 公司骨密度仪检测受试者腰椎 L₁₋₄ 椎体骨密度,骨密度是指单位面积的骨矿含量 (g/cm²),通常用 T-Score (T 值) 表示。根据 WHO 的诊断标准, T-Score ≤ -2.5 为骨质疏松, -2.5 < T-Score < -1.0 为骨量减少, T-Score ≥ -1.0 为骨量正常。

1.2.2 MR 扫描: 采用 GE Discovery MR750 W 3.0T 扫描仪,首先行腰椎常规扫描,包括矢状面 T1W 和 T2W,轴位 T2W,排除骨折性病变。随后行椎体矢状位 IDEAL-IQ 序列扫描,具体扫描参数为: TR = 8.4 ms, TE = (1.4 ~ 5.6) ms, 层厚 4 mm, 激励次数 1, 反转角 4°, 扫描时间 1 min 41 s, 系统自动生成 4 组图像,即水相、脂肪相、脂肪分数图和 R2* 图,如图 1 所示。在脂肪分数图上,选取椎体矢状位正中层面手动绘制感兴趣区 (ROI) 测量 L₁₋₄ 椎体的 FF 值 (%), ROI 尽量包括整个椎体的松质骨部分,避开椎静脉入口每个椎体测量两遍,取平均值。

值差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 经 Mann-Whitney 非参数检验表明,骨质疏松组与其他两组之间差异都有统计学意义 ($P < 0.05$), 骨量减少组与正常组之间的 P 值为 0.1, 差异没有统计学意义。见图 2。

表 1 不同骨密度组间 FF 值的比较

Table 1 Comparison of FF values between different bone mineral density groups

组别	例数	FF 值/%
骨量正常组	16	45.9 ± 10.2
骨量减少组	13	51.9 ± 6.92
骨质疏松组	18	60.2 ± 7.22
F 值	12.73	-
P 值	<0.001	-

2.2 FF 值与骨密度的相关性

经 Spearman 相关分析, FF 值与 BMD 呈负相关, 相关系数为 $r = -0.66$, $P < 0.001$, 如图 3。

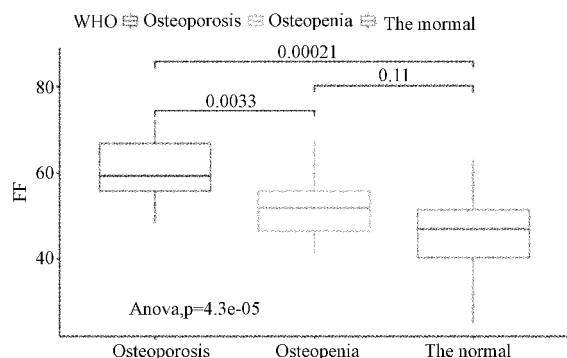


图2 三组间的 FF 值比较

Fig.2 Comparison of FF between osteoporosis group, osteopenia group, and normal bone group

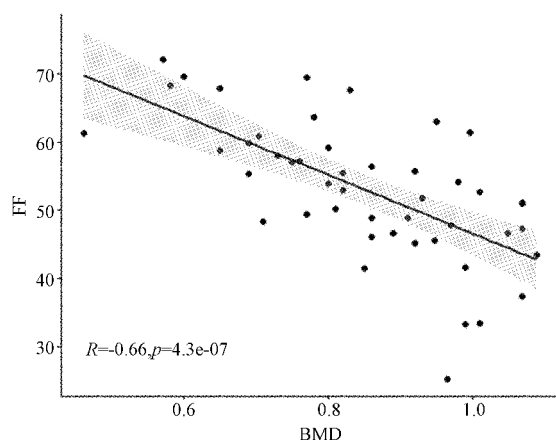


图3 FF 与骨密度的散点图

Fig.3 Scatter plot of FF and BMD

2.3 FF 值诊断骨质疏松症的效能

以发生骨质疏松为阳性事件,采用 ROC 曲线分析 FF 值对骨质疏松的诊断效能,得出曲线下面积 AUC 为 0.79,95% 可信区间为 (0.65~0.94),选取 48.05% 为诊断阈值,诊断骨质疏松的敏感性为 0.871,特异性为 0.625,见图 4。

3 讨论

1984 年, Dixon^[4] 首先提出了 Dixon 两点法,即水脂分离技术,利用水和脂中的氢质子的进动频率不同,通过数学运算和后处理分别得到水像和脂像。但两点式 Dixon 技术存在一些缺点,首先,更容易受主磁场不均的影响,造成水脂运算误差;其次,扫描时间长,这些阻碍了其最初的推广使用。本文中采用的 IDEAL-IQ 技术,全称是非对称采集与迭代最小二乘估算法迭代水脂分离方法,是在 Dixon 基础之上研发的新的序列,在 GE 平台上,采用的是六个

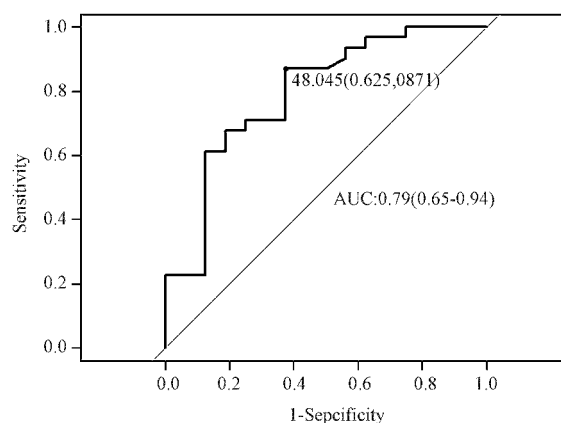


图4 FF 诊断骨质疏松症的 ROC 曲线

Fig.4 ROC curve of FF in the diagnosis of osteoporosis

回波结合 FSE 序列进行水脂分离,获得了六组水和脂肪在不同的相位差异时的图像,利用六组图像分离出水像和脂像,进一步得到脂肪分数图,去除了包括 T2* 效应的干扰、涡流效应、脂肪多谱峰模型等因素的影响。与传统的脂肪定量分析相比,信噪比进一步提高,能更有效的克服磁场不均匀的干扰,可以得到脂肪的精准定量,主要是扫描时间大大缩短,目前在脂肪肝、颈部脂肪定量检测等领域都有很好的应用^[5-6]。

美国国立卫生研究院报道^[7]指出骨密度和骨质量是影响骨强度的两个独立性因素,骨密度由骨内的矿物质决定,占骨强度的 70%,骨质量包括骨的微观组织结构及分子水平变化,骨质量的变化对骨强度的影响也逐渐受到重视,如何定量评估骨质量的改变也成为当下研究的热点。Verma 等^[8]的研究表明,随着骨密度降低,骨髓脂肪含量将增加。近年来,松质骨髓内脂肪含量的变化在骨质疏松症的发病机制及治疗效果的评估中的作用逐渐引起关注,通过测量脂肪含量来评估骨质量的变化已成为研究诊治骨质疏松症的新焦点。翟树佳等^[9]通过研究 70 例不同骨密度患者(平均年龄 66 岁)腰椎椎体的脂肪含量,发现腰椎骨髓脂肪含量与骨密度呈负相关,脂肪含量的增加会影响骨强度。

本研究中使用 IDEAL-IQ 技术测量了 47 例患者的腰椎(L₁₋₄)4 个椎体的平均脂肪分数,根据他们的 DXA 检查所得 T 值分为三组,即骨量正常组 16 例、骨质减少组 13 例、骨质疏松组 18 例,通过统计学分析表明,三组间 FF 值差异具有统计学意义,骨质疏松组的 FF 值[(60.2±7.22)%]明显高于正常组的 FF 值[(45.9±10.2)%]和骨量减少组的 FF 值

[(51.9±6.92)%],差异有统计学意义 ($P<0.05$),骨量减少组与正常组之间差异无明显统计学意义 ($P=0.1$),FF 值与骨密度呈中度负相关, $r=-0.66$,与 Ergen 等^[10]的报道一致,但是 FF 值较报道中偏大,可能是本研究中患者平均年龄较大。岱岳等^[11]的研究表明椎体骨髓脂肪含量会随着年龄的增加而增加, Kuge 等^[12]的研究也表明,在 61 岁或以上年龄组,FF 每十年增长约 6%,说明脂肪含量的变化也受到年龄因素的影响。

经 ROC 曲线分析,选取 FF 为 48.05%,AUC 线下面积为 0.79(0.65~0.94),诊断骨质疏松的灵敏度比较高,为 0.871,特异性为 0.625。对于 FF 阈值的诊断效能,未来还将扩大病例样本量来进一步验证。

以往研究大部分都是测量单一椎体(L_3)的脂肪含量进行相关分析^[13-14],在本研究中,采用测量 L_{1-4} 椎体的整体脂肪含量,可以与骨密度的测量进行更好的匹配。本研究也存在一定的局限性,椎体脂肪含量会随年龄的变化而不断变化,但因为纳入的样本量较少,没有进一步对年龄进行相关性权重分析比较,今后将继续收集样本进一步纵向的观察动态脂肪含量的变化。

综上,IDEAL-IQ 技术可以无创、快速的测定椎体骨髓脂肪分数,有效评估骨质量的改变,可以作为骨质疏松症的筛查补充手段。

【参 考 文 献】

- [1] 张智海,刘忠厚,李娜,等.中国人骨质疏松症诊断标准专家共识[J].中国骨质疏松杂志,2014,20(9):1007-1010.
- [2] Anonymous. Osteoporosis prevention, diagnosis and therapy[J]. NIH Consensus Statement,2000,17:1-45.
- [3] Livingstone RS, Begovatz P, Kahl S, et al. Initial clinical application of modified Dixon with flexible echo times; hepatic and pancreatic fat assessments in comparison with¹H MRS[J]. Magnet Reson Mater Physics, Biol Med,2014, 27:397-405.
- [4] Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging [J]. Radiology, 1984, 153: 189-194.
- [5] Ge MM, Zhang J, Wu B, et al. Effect of gadolinium on hepatic fat quantification using multi-echo reconstruction technique with T2* correction and estimation [J]. Eur Radiol, 2016, 26: 1913-1920.
- [6] 常红花,李杰,王亚魁,等. IDEAL-IQ 技术定量测量健康青年女性颈部锁骨上脂肪[J].中国医学影像技术,2018,34: 760-764.
- [7] NIH consensus development panel on osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy[J]. JAMA, 2001,285(6):785-795.
- [8] Verma S, Rajaratnam JH, Denton J, et al. Adipocytic proportion of bone marrow is inversely related to bone formation in osteoporosis[J]. Clin Pathol, 2002;55:693-698.
- [9] 翟树伟,马景旭,赵丽萍,等.脂肪定量在原发性骨质疏松症中的诊断应用[J].实用放射学杂志,2018,34(1):71-74.
- [10] Ergen FB, Gulal G, Yildiz AE, et al. Fat fraction estimation of the vertebrae in female using the T2*-IDEAL technique in detection of reduced bone mineralization level: comparison with bone mineral densitometry[J]. Comput Assist Tomogr,2014,38: 320-324.
- [11] 岱岳,王珊,徐碧婷,等. IDEAL-IQ 技术对不同年龄椎体骨髓脂肪含量的定量测量评价[J].中国医学计算机成像杂志,2017,23(2):161-165.
- [12] Kugel H, Jung C, Schulte O, et al. Age- and sex-specific differences in the ¹H-spectrum of vertebral bone marrow [J]. Magn Reson Imaging,2001,13:263-268.
- [13] 张晓东,赵文吉,胡少勇,等.腰椎骨髓脂肪含量与年龄、性别、体重及腰围的相关性[J].中国医学影像学杂志,2015,23: 539-543.
- [14] Griffith JF, Yeung DK, Antonio GE, et al. Vertebral marrow fat content and diffusion and perfusion indexes in women with varying bone density: MR evaluation [J]. Radiology, 2006, 241: 831-838.

(收稿日期:2018-12-14;修回日期:2019-03-20)