

· 论 著 ·

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

陆丰¹ 倪建明¹ 姜宇² 赵艳军¹ 吴文娟¹ 张追阳^{1*}

1. 南京医科大学附属无锡第二人民医院影像科, 江苏 无锡 214001

2. 南京医科大学附属无锡第二人民医院骨科, 江苏 无锡 214001

中图分类号: R445.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2020) 09-1287-04

摘要: **目的** 应用磁共振脂肪定量技术评估女性腰椎骨质疏松程度与骨密度(BMD)的相关性。**方法** 将 121 名健康女性研究对象按年龄分为 21~30 岁组($n=17$)、31~40 岁组($n=11$)、41~50 岁组($n=24$)、51~60 岁组($n=63$)、61~70 岁组($n=6$)。以 DXA 测量 L₁-L₄ 椎体骨密度,以 VIBE-Dixon 技术测量 L₁-L₄ 椎体骨髓脂肪分数。比较不同组间骨髓脂肪分数差异,同时分别对骨髓脂肪分数与 BMD、年龄进行相关性分析。另外,分别对 BMD、骨髓脂肪分数与绝经年限做相关性分析。**结果** 组间差异有统计学意义(F 值:14.541, $P<0.001$)。骨髓脂肪分数与年龄之间存在相关性($r=0.659$, $P<0.001$);骨密度随脂肪分数上升呈下降趋势;随绝经年限的延长,BMD 呈下降趋势,骨髓脂肪分数呈上升趋势。**结论** VIBE-Dixon 能定量测量妇女腰椎椎体脂肪含量,可间接评估骨质疏松程度;与 DXA 的结果具有相关性。

关键词: 骨密度;绝经后女性;腰椎;脂肪含量;VIBE-Dixon

Correlation between measurement of lumbar fat content based on VIBE-Dixon technology and bone mineral density in women

LU Feng¹, NI Jianming¹, JIANG Yu², ZHAO Yanjun¹, WU Wenjuan¹, ZHANG Zhuoyang^{1*}

1. Department of Radiology, the Affiliated Wuxi No.2 People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi 214001, China

2. Department of Orthopedics, the Affiliated Wuxi No.2 People's Hospital of Nanjing Medical University, Wuxi 214001, China

* Corresponding author; ZHANG Zhuoyang, Email: 317533899@qq.com

Abstract: **Objective** To evaluate the correlation between the degree of lumbar osteoporosis and bone mineral density (BMD) in women measured using VIBE-Dixon technology. **Methods** One hundred and twenty-one healthy female subjects were divided into 21-30 years old group ($n=17$), 31-40 years old group ($n=11$), 41-50 years old group ($n=24$), 51-60 years old group ($n=63$), and 61-70 years old group ($n=6$). BMD of the L1-L4 vertebral body was measured using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). The bone marrow fat fraction of L1-L4 vertebral body was measured using VIBE-Dixon technique. The differences of bone marrow fat fraction were compared among different groups. Meanwhile, the correlations between bone marrow fat fraction and BMD, between bone marrow fat fraction and age were analyzed, respectively. In addition, the correlation analysis on BMD, bone marrow fat fraction, and menopausal duration was performed. **Results** The differences among the groups were statistically significant (F value: 14.541, $P<0.001$). There was a correlation between bone marrow fat fraction and age ($r=0.659$, $P<0.001$). BMD decreased with the increase of fat fraction. With the prolongation of menopause age, BMD decreased and bone marrow fat content increased. **Conclusion** VIBE-Dixon quantitatively measures the fat content of lumbar vertebra and indirectly evaluates the degree of osteoporosis. It is correlated with the DXA result.

Key words: bone mineral density; postmenopausal women; lumbar spine; fat content; VIBE-Dixon

骨质疏松症是以骨密度低、骨组织微结构退化、易导致脆性骨折为特征的疾病。骨质疏松已经成为

困扰老年人群一种常见疾病,我国 50 岁以上女性患骨质疏松患病率达 29.13%^[1]。在临床工作中依靠骨密度来反映骨质疏松症情况,常用双能 X 线吸收测量法 (Dual-energy X-ray absorptiometry, DXA) 进行测量,但是受骨质疏松、退化性硬化、钙化等因素的影

* 通信作者: 张追阳, Email: 317533899@qq.com

响,骨密度增高,导致临床工作中骨质疏松的诊断率下降。研究^[2]表明,骨髓脂肪在骨质疏松症的病理生理中起重要作用。VIBE-Dixon (volumetric interpolated breath-hold examination-Dixon) 是三维容积内插快速扰相技术与 Dixon 相结合的序列,用于快速、准确地脂肪定量。既往研究主要集中在肝脏、肌肉等组织的脂肪定量,很少用于椎体骨髓脂肪含量的测量。本研究探讨 VIBE-Dixon 技术测得的女性腰椎椎体脂肪含量与 DXA 的关系,并探讨其与女性年龄、绝经年限的关系。

1 材料和方法

1.1 一般资料

本研究为前瞻性研究,研究对象来自 2018 年 1 月至 2019 年 1 月“磁共振腰椎脂肪定量”研究项目的志愿者。每位志愿者的 DXA 和 MRI 在同一天内完成。纳入标准:志愿参加腰椎 MR 定量检查及骨密度检查且年龄 21~70 岁者。排除标准:糖尿病、甲状旁腺功能亢进、类风湿性关节炎、成骨不全、甲状腺功能亢进、两年内有骨折、骨肿瘤、骨转移、多发性骨髓瘤、皮质醇增多症、肝脏代谢疾病、肾性骨营养不良、严重贫血、卧床 1 周以上等影响骨代谢的疾病;服用降钙素、维生素 D、皮质类固醇双膦酸盐等影响骨代谢的药物;一周内口服或静脉注射影响骨密度准确性的造影剂等。研究通过了医院伦理委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。本研究共纳入女性患者 121 例,年龄 21~70 岁,平均(45±14)岁。具体见表 1。

1.2 腰椎 MR VIBE-Dixon 扫描及测量

由 1 名有经验的操作者采用 Siemens MAGNETOM Skyra 3T 超导型成像系统对所有研究对象行腰椎 MR VIBE-Dixon 检查。VIBE-Dixon 序列一次成像能产生正相位、反相位、水相、脂肪相 4 组图像。基本参数:TR = 8.21 ms, TE1 = 2.46 ms, TE2 = 3.69 ms, 层厚 = 2 mm, slice per slab = 36, FOV = 260 mm×207 mm, 矩阵 = 256×192, average = 1, flip angle = 5°, Band width = 1 030 Hz/px, 不施加并行采集扫描,扫描前自动匀场,扫描时间为 1 min 45 s。腰椎 VIBE-Dixon 序列时需要屏气扫描,以 L₃ 为中心,包括 L₁-L₅,包括椎体左、右边缘。采集完图像后,工作站分别测量 L₁-L₄ 各椎体中间层面水相、脂肪相的信号强度,ROI 设在腰椎 L₁-L₄ 椎体的松质骨。最后利用公式计算脂肪分数(FF) = $I_{脂肪} / (I_{脂肪} + I_{水})$ 。

1.3 腰椎 DXA 检查

采用 GE Healthcare Lunar Prodigy Advance 骨密度测量仪进行双能 X 线骨密度测量。检查前,按照制造商的建议进行质量控制程序。检查时,研究对象仰卧位,双下肢抬高,范围从 T₁₂ 下 1/2 至 L₅ 椎体上 1/2。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 19.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示;在统计前先进行方差齐性检验,方差齐后值组间比较就用 LSD 检验方法分析,以年龄为自变量分别与脂肪分数和骨密度进行单因素方差分析,同时骨密度与脂肪分数进行 Pearson 相关分析法,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像特征

121 例受试者行腰椎 MRI 扫描后,均获得满意的同相位像、反相位像、水相和脂肪相图像,未出现水、脂分离错误。所有腰椎 MRI 图像信号均匀,解剖结构清晰,无明显运动伪影,见图 1。

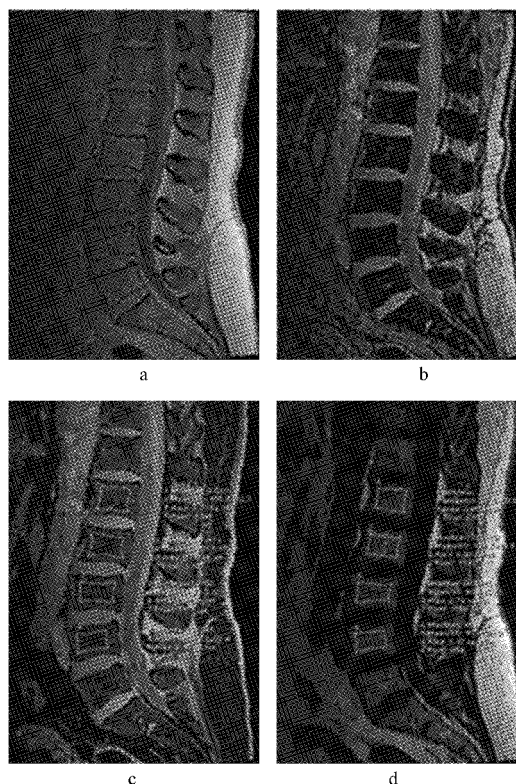


图 1 患者腰椎 MRI 图像

注:A-D 分别是同相位、反相位、水相、脂肪相。FF 为 61.1%。

Fig.1 MRI image of the lumbar spine

2.2 基本特征

五组研究对象的分组情况、体质指数、 L_1-L_4 平均腰椎椎体骨髓脂肪分数、 L_1-L_4 平均骨密度比较见表 1。不同组间体质指数、骨密度值、 L_1-L_4 椎体平均骨髓脂肪含量差异有统计学意义。

表 1 五组研究对象体质指数、骨密度、骨髓脂肪含量测量结果及比较($\bar{x} \pm s$)

Table 1 The results and comparison of body mass index, bone mineral density, and bone marrow fat content among the five groups($\bar{x} \pm s$)

组别	人数/例	年龄分布/岁	体质指数/(kg/m ²)	骨密度/(mg/cm ²)	骨髓脂肪含量/(%)
1	17	21~30	19.9±1.4	1175.1±163.5	29.4±9.2
2	11	31~40	20.6±1.2	1249.4±158.2	35.3±7.2
3	24	41~50	25.1±3.4	1088.7±160.8	42.5±6.3
4	63	51~60	23.4±3.0	994.2±126.8	50.4±9.6
5	6	61~70	22.4±2.3	713.3±138.2	52.6±19.0
F 值			11.098	14.541	21.697
P 值			<0.001	<0.001	<0.001

2.3 FF 年龄相关性分析

L_1-L_4 椎体平均骨髓脂肪含量与年龄呈正相关($r=0.659$, $P<0.01$)。

2.4 BMD、FF 与绝经年限的相关性分析

BMD 随椎体 FF 上升呈下降趋势(图 2)。 L_1-L_4 椎体平均 BMD 随绝经年限的延长呈下降趋势(图 3); L_1-L_4 椎体平均骨髓 FF 随绝经年限的延长呈上升趋势(图 4)。两者都分别在 1~5 年、11~25 年变化明显(图 3,图 4)。

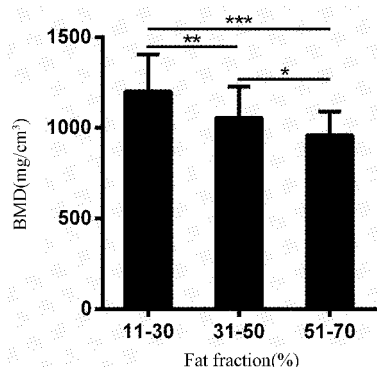


图 2 脂肪分数与骨密度关系

Fig.2 The relationship between fat fraction and bone mineral density

3 讨论

骨质疏松症以绝经后女性和老年男性最常见。目前主要通过 DXA 评估骨质疏松。然而,DXA 具

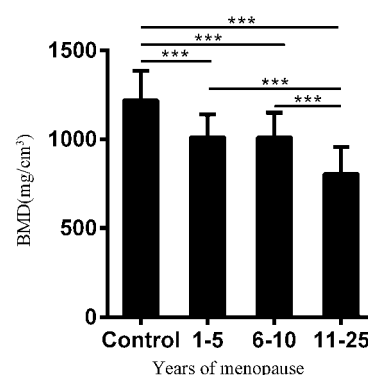


图 3 绝经年限与骨密度关系

Fig.3 The relationship between menopausal years and bone mineral density

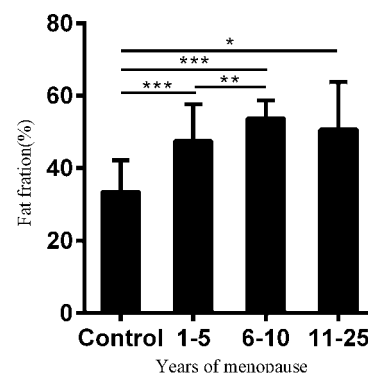


图 4 绝经年限与脂肪分数关系

Fig.4 The relationship between menopausal years and fat fraction

有一定局限性。特别是,大多数脆性骨折患者的骨密度不低,不满足 DXA 诊断骨质疏松症的标准,并被错误地归类为没有骨质疏松症。此外,从 50 岁到 80 岁的髌部骨折风险增加了 30 倍并不能用骨密度降低来解释,骨密度降低只能预测髌部骨折风险增加 4 倍^[3]。由于 DXA 不能完全评估骨折风险,研究人员试图确定骨质疏松症的其他风险因素或治疗靶点。生物学研究表明,间充质干细胞存在于骨髓腔,其分化为脂肪细胞或成骨细胞。骨髓脂肪组织(bMAT)并不是一个简单的填充物,而是一个与骨重建、造血和免疫细胞分化、能量代谢密切相关的动态内分泌器官。已有研究表明,bMAT 脂肪细胞产生的饱和脂肪酸可抑制间充质干细胞的增殖,并对成骨细胞和破骨细胞的分化具有脂毒作用^[4]。女性椎体骨髓的脂肪比例在 61~70 岁达到高峰^[1]。

磁共振技术进行脂肪定量是近年来的研究热点。临床应用和研究的领域包括非酒精性脂肪性肝

炎、肌肉疾病、肥胖、恶病质和骨骼肌减少症等。Dixon 技术与传统 MRS 脂肪定量方法相比,节省了扫描时间,提高了工作效能。Grimm 等^[5]、Le Ster 等^[6]、翟树佳等^[7]、柳勇等^[8]证实 Dixon 技术在肌肉、椎体、胰腺脂肪定量方面是可靠的。本实验采用的两点式 VIBE-Dixon 技术基于 3D 区域增长算法,一定程度上改善局部磁场不均匀性对的水、脂分离的影响,得到的水、脂分离结果更加准确和稳定。采用小 FOV,序列扫描前须先进行匀场,尽量减少磁场不均匀性,更准确地实现水、脂分离。同时,采用设置 5° 翻转角以减少 T1 权重的影响^[6]。Grimm 等^[5]通过比较两点式与三点式、六点式方法发现同、反相位的两点式 Dixon 水、脂分离技术是可靠的。

研究发现,女性腰椎椎体骨密度随脂肪分数上升呈下降趋势,与之前的研究^[8,10-13]一致。同时,女性腰椎 L₁-L₄ 平均椎体骨髓脂肪含量与年龄呈正相关,脂肪分数随年龄增长呈上升趋势,与利用 MRS 技术测量腰椎椎体脂肪含量的研究结果一致^[13]。

研究发现,绝经期女性的腰椎椎体骨密度、脂肪分数分别随绝经年限的延长呈下降趋势和上升趋势,尤其是绝经后 1~5 年、11~25 年变化明显。与女性绝经后 8 年左右易出现骨质疏松症^[14]的观点是一致的,说明绝经年限与女性骨质疏松程度密切相关,腰椎椎体脂肪分数具有预警价值。

本研究的局限性:①本研究测量的 FF 值是基于磁共振信号强度的基础上得到的,影响信号强度的因素很多,特别是翻转角,本文没有比较不同翻转角引起的骨髓脂肪分数的变化;②两点式 VIBE-Dixon 技术无法对脂肪成分进行测定。绝经前、后骨髓脂肪酸成分的变化可能是引起骨质疏松程度的重要因素^[15];③影响骨质疏松程度的因素很多,在实验中无法完全排除,同时样本量偏少。

综上所述,MR VIBE-Dixon 技术测量腰椎椎体骨髓脂肪含量,丰富了骨质疏松检查手段。它的高效性使得腰椎磁共振一站式检查成为可能,在提供传统图像信息的同时提供椎体的脂肪含量信息,将在定量、精确评估骨质疏松程度、骨折风险等方面提供重要参考。

【参 考 文 献】

- [1] Zeng Q, Li N, Wang Q, et al. The prevalence of osteoporosis in China, a nationwide, multicenter DXA survey[J]. J Bone Miner Res, 2019,34(10):1789-1797.
- [2] Li GW, Tang G, Liu Y, et al. MR spectroscopy and micro-CT in evaluation of osteoporosis model in rabbits: comparison with histopathology[J]. Eur Radiol, 2012,22(4):923-929.
- [3] Kanis JA, Borgstrom F, De Laet C, et al. Assessment of fracture risk[J]. Osteoporos Int, 2005,16(6):581-589.
- [4] Elbaz A, Wu X, Rivas D, et al. Inhibition of fatty acid biosynthesis prevents adipocyte lipotoxicity on human osteoblasts in vitro[J]. J Cell Mol Med, 2010,14(4):982-991.
- [5] Grimm A, Meyer H, Nickel MD, et al. Evaluation of 2-point, 3-point, and 6-point Dixon magnetic resonance imaging with flexible echo timing for muscle fat quantification[J]. Eur J Radiol, 2018,103:57-64.
- [6] Le Ster C, Gambarota G, Lasbleiz J, et al. Breath-hold MR measurements of fat fraction, T1, and T2 * of water and fat in vertebral bone marrow[J]. J Magn Reson Imaging, 2016,44(3):549-555.
- [7] 翟树佳, 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.
- [8] 柳勇, 单奔, 周寒松, 等. 基于 Dixon 技术的胰腺脂肪分数测量方法及其与临床指标的相关性[J]. 中华放射学杂志, 2017,51(12):939-943.
- [9] 常荣, 张红, 刘正华, 等. 氢质子磁共振波谱技术评价骨质疏松症的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2018,34(10):1580-1583.
- [10] 张勇, 程晓光, 于爱红, 等. 腰椎椎体骨髓脂肪含量与骨密度、年龄关系的定量影像评估[J]. 中华放射学杂志, 2017,51(10):771-776.
- [11] 李冠武, 常时新, 鲍虹, 等. 骨髓脂肪含量对预测骨质疏松性椎体骨折风险的初步应用[J]. 实用放射学杂志, 2012,28(1):74-77.
- [12] 常飞霞, 黄刚, 樊敦徽, 等. 磁共振水-脂分离成像技术对椎体脂肪含量的测量[J]. 磁共振成像, 2016,7(12):902-908.
- [13] Kugel H, Jung C, Schulte O, et al. Age- and sex-specific differences in the 1H-spectrum of vertebral bone marrow[J]. J Magn Reson Imaging, 2001,13(2):263-268.
- [14] 智信, 陈晓, 苏佳灿. 绝经后骨质疏松症发病机制研究进展[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018,24(11):1510-1513.
- [15] Martel D, Leporq B, Bruno M, et al. Chemical shift-encoded MRI for assessment of bone marrow adipose tissue fat composition: Pilot study in premenopausal versus postmenopausal women[J]. Magn Reson Imaging, 2018,53:148-155.

(收稿日期: 2019-11-08;修回日期: 2019-12-08)