

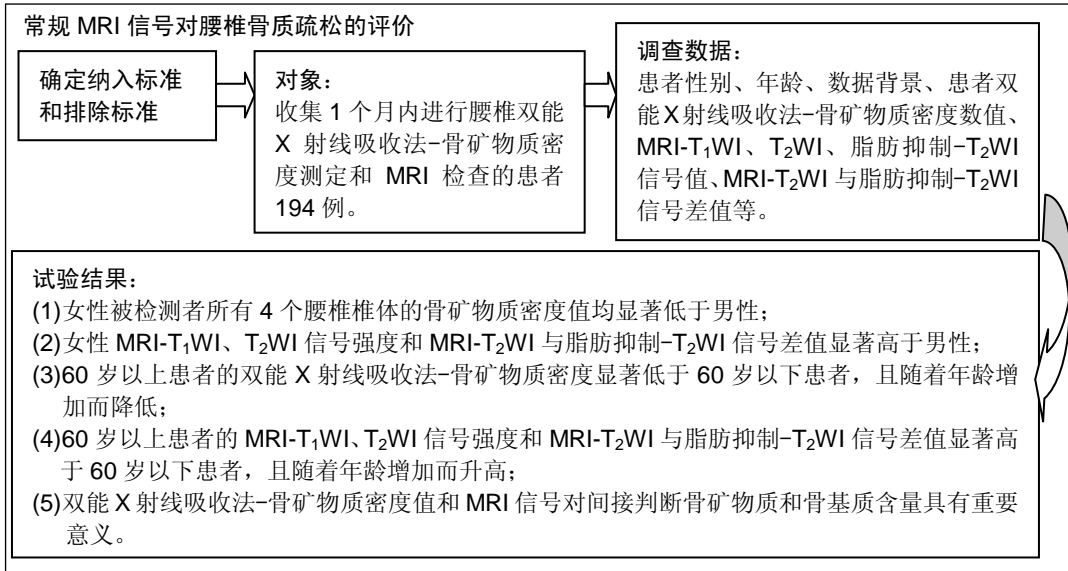
常规MRI信号评价腰椎骨质疏松的意义

翁子敬¹, 黄学菁², 俞健力¹, 张闾光¹ (¹上海中医药大学附属市中医医院, 上海市 200071; ²上海中医药大学附属曙光医院, 上海市 200021)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.1014

ORCID: 0000-0002-1205-401X(翁子敬)

文章快速阅读:



翁子敬, 女, 1982年生, 江苏省泗阳县人, 汉族, 徐州医学院毕业, 主治医师, 主要从事骨关节及消化系统影像学诊断研究。

并列第一作者: 黄学菁, 女, 1969年生, 上海市人, 汉族, 上海中医药大学毕业, 副主任医师, 主要从事骨关节、乳腺及消化系统影像学诊断研究。

通讯作者: 张闾光, 博士, 教授, 主任医师, 上海中医药大学附属市中医医院, 上海市 200071

中图分类号: R445.2

文献标识码: B

稿件接受: 2018-06-26



Weng Zijing, Attending physician, Shanghai Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200071, China

Huang Xuejing, Associate chief physician, Shanghai Shuguang Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200021, China

Weng Zijing and Huang Xuejing contributed equally to this work.

Corresponding author: Zhang Minguang, MD, Professor, Chief physician, Shanghai Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200071, China

文题释义:

双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度值: 双能 X 射线吸收测量法技术采用 X 射线球管作为射线源, 产生两种不同能量的 X 射线以消除软组织的影响, 具有扫描时间短、分辨率高、检查精确度高、射线照射量小的特点, 成为骨密度测定的常用重要方法。

MRI 信号: 在射频脉冲的激发下, 人体组织内氢质子吸收能量处于高能级状态。射频脉冲终止后, 被激发的氢质子恢复其原始状态, 这个过程称为弛豫。弛豫过程中氢质子释放能量, 产生 MR 信号, MR 信号强度没有单位, 是个相对值, 同一个患者不同机器检测的信号值可能不一样。可用信噪比、对比噪声比来检验设备的稳定性, 在机器设备性能稳定情况下, 结果就相对可靠, 可用于比较研究。文章已经分析了相关性, 表明所采用的信号值是稳定的、可靠的。MRI-T₁ 加权成像(T₁WI)和 T₂ 加权成像(T₂WI)突出组织 T₁ 弛豫(纵向弛豫)和 T₂ 弛豫(横向弛豫)差别的成像方法。脂肪抑制是指通过应用特殊的技术, 使 MR 图像中高信号的脂肪组织表现为低信号。脂肪抑制-T₂WI 即 T₂ 加权脂肪抑制序列。在脂肪抑制-T₂WI 中, 如果病变组织含水较多, 高信号将更加明显, 易于识别。

摘要

背景: 腰椎 MRI 成像在腰痛患者中的应用越来越广泛, 临床上发现老龄女性腰椎常规 MRI 信号常常较高, 可能与骨质疏松有一定关系。

目的: 探讨常规 MRI 成像腰椎椎体信号变化在腰椎骨质疏松评估中的意义。

方法: 收集在前后 1 个月内进行过 L₁-L₄ 椎体双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度测定和腰椎 MRI 成像者 194 例, 其中男 50 例, 女 144 例。分析双能 X 射线吸收法骨矿物质密度值和腰椎矢状面 MRI-T₁ 加权(T₁WI)、T₂ 加权(T₂WI)、脂肪抑制 T₂WI 及 T₂WI 与脂肪抑制 T₂WI 信号差值。以 1 g/cm² 为分界, 对椎体双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度值和椎体 MRI 信号值进行对照比较。

结果与结论: ①女性被检者所有 4 个腰椎体的骨矿物质密度均显著低于男性, 除 L₄ 的 P=0.003 外, 其余均 P < 0.001; ②男女性腰椎体 MRI 信号除脂肪抑制 T₂WI 差异无显著性意义(P 均 > 0.05)外, 女性 T₁WI、T₂WI 信号强度和 T₂WI 与脂肪抑制 T₂WI 强度差值均显著高于男性(P 均 ≤ 0.001); ③不同年龄段双能 X 射线吸收法骨矿物质密度和 MRI-T₁WI、T₂WI 信号和 T₂WI 与脂肪抑制 T₂WI 信号差值差异均有显著性意义; ④经两两比较, 除 L₄ 外, 60 岁以下患者的双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度值显著大于 60 岁以上患者(P < 0.05), 且随年龄增加而降低; ⑤而 MRI-T₁WI、T₂WI 和 T₂WI 与脂肪抑制 T₂WI 差值均显著低于 60 岁以上患者, 且随年龄增加而升高; ⑥各年龄段脂肪抑制 T₂WI 序列椎体信号差异均无显著性意义; ⑦双能 X 射线吸收法骨矿物质密度值 ≥ 1 g/cm² 者的年龄、MRI-T₁WI、T₂WI 信号和 T₂WI 与脂肪抑制 T₂WI 信号差值均显著低于 < 1 g/cm² 者(P < 0.001), 而脂肪抑制 T₂WI 序列椎体信号差异均无显著性意义(P > 0.05); ⑧结果表明, 双能 X 射线吸收法能定量测定骨矿物质密度含量, MRI 成像通过多序列信号变化反映了骨脂肪和水的含量, 对间接判断骨矿物质和骨基质含量具有重要意义。

关键词:

骨质疏松; 骨矿物质密度; 双能 X 射线吸收法; MRI 信号

主题词:

骨质疏松; 骨密度; 矿物质; 吸收测定法, 光子; 磁共振成像; 组织工程

缩略语:

双能 X 射线吸收法: dual energy X-ray absorptiometry, DEXA

Significance of routine magnetic resonance imaging examination in evaluating osteoporosis of the lumbar spine

Weng Zijing¹, Huang Xuejing², Yu Jianli¹, Zhang Minguang¹ (¹Shanghai Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200071, China; ²Shanghai Shuguang Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200021, China)

Abstract

BACKGROUND: MRI of lumbar spine has been more and more extensively applied in patients with low back pain. The conventional MRI signal of lumbar spine is high in older females, which may be related to osteoporosis.

OBJECTIVE: To investigate the significance of conventional signal changes on MRI of lumbar spine in evaluating lumbar osteoporosis.

METHODS: One hundred and ninety-four cases were collected whose bone mineral density was determined by dual-energy X-ray absorptiometry and MRI in the L₁-L₄ within 1 month, including 50 males and 144 females. Dual-energy X-ray absorptiometry-bone mineral density value and MRI signal of lumbar vertebrae in the sagittal plane MRI-T₁WI, T₂WI and FS-T₂WI and signal difference between T₂WI and FS-T₂WI were analyzed. With 1 g/cm² as the dividing line, the dual-energy X-ray absorptiometry- bone mineral density value and the value of MRI signal of vertebral bodies were compared.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Bone mineral density of female subjects in all four vertebral bodies were significantly lower than that of males, in addition to P=0.003 in L₄, the rest P < 0.001. (2) The FS-T₂WI was not significantly different between males and females (P > 0.05). In females, the signals of MR-T₁WI, T₂WI and signal difference between MR-T₂WI and FS-T₂WI in the sagittal plane of lumbar vertebrae were significantly higher than those in males (P ≤ 0.001). (3) Among different age groups, dual-energy X-ray absorptiometry-bone mineral density and signals of MRI-T₁WI, T₂WI and signal difference between MRI-T₂WI and FS-T₂WI were significantly different. (4) In addition to the L₄, dual-energy X-ray absorptiometry-bone mineral density of patients under 60 years old was significantly higher than that of patients over 60 years old (P < 0.05), and decreased with age increasing. (5) While the signals of MRI-T₁WI, T₂WI and signal difference between MR-T₂WI and FS-T₂WI of patients under 60 years old were significantly lower than that of patients over 60 years old (P < 0.05), and increased with age increased. (6) There were no significant differences in the signal of MRI-FS-T₂WI of all age groups. (7) The age and signals of MRI-T₁WI, T₂WI and signal difference between MRI-T₂WI and FS-T₂WI of subjects of dual-energy X-ray absorptiometry-bone mineral density ≥ 1 g/cm² were significantly lower than that < 1 g/cm² (P < 0.001), while vertebral signals were not significantly different in FS-T₂WI (P > 0.05). (8) These results indicate that dual-energy X-ray absorptiometry can quantitatively determine the bone mineral density. MRI can reflect the content of bone fat and water by changes of signal by multi-sequences. It has important significance to judge the content of bone minerals and bone matrix indirectly.

Subject headings: Osteoporosis; Bone Density; Minerals; Absorptiometry, Photon; Magnetic Resonance Imaging; Tissue Engineering

0 引言 Introduction

骨质疏松是骨矿物质和骨基质减少、骨强度降低, 临床上受力后易出现骨组织微结构破坏、甚至发生骨折的代谢性骨病^[1]。性激素减少和年龄增加是原发性骨质疏松在临床上较为常见的原因^[2-3]。临床上骨质疏松的诊断以双能 X 射线吸收法(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)骨矿物质密度测定为主。腰椎 MRI 在腰痛患者中的应用越来越广泛, 临床上发现老龄女性腰椎常规 MRI 信号常常较高, 可能与骨质疏松有一定关系。文章分析了 194 例腰椎 DEXA-骨矿物质密度测定和 MRI 信号, 探讨腰椎骨矿物质密度和 MRI 信号在骨质疏松诊断中的意义, 旨在使腰椎 MRI 信号成为骨质疏松评估的指标之一, 使腰椎 MRI 检查能在骨质疏松诊断中起一定作用。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 对比观察试验。

1.2 时间及地点 于 2014 年 1 月至 2015 年 10 月在上海中医药大学附属市中医医院放射科完成。

1.3 材料

(1) 骨密度检查采用美国 GE 公司生产的 Lunar-DPX-MD+ 型双能 X 射线测量仪, 采用后前位测定每位被检者 L₁-L₄ 椎体骨矿物质密度值(单位: g/cm²)。

(2) 腰椎 MRI 检查使用德国 SIEMENS 公司 Avanto 1.5T 超导 MRI 成像仪, 梯度场强 45 mT/m, 切换率 200 mT/(m · s), 采用 8 通道体部相控阵线圈, 包括全部腰椎, 进行常规快速自旋回波矢状面 T₁WI、T₂WI、脂肪抑制-T₂WI。各序列成像参数见表 1。

表 1 腰椎 MRI 序列参数表

Table 1 MRI sequence parameters of lumbar spine

序列	方法	重复时间	回波时间	翻转角度	激励次数	回波链长	层厚	间距	FOV(mm)	矩阵
T ₁ WI	2D-快速自旋回波序列	581 ms	12 ms	150°	2	3	4 mm	1 mm	241×280	320×221
T ₂ WI	2D-快速自旋回波序列	3 500 ms	75 ms	150°	2	19	4 mm	1 mm	241×280	320×237
脂肪抑制-T ₂ WI	2D-快速自旋回波-脂肪抑制序列	3 540 ms	79 ms	150°	2	18	4 mm	1 mm	241×280	320×207

1.4 对象

纳入标准: 2014年1月至2015年10月间在上海中医药大学附属市中医医院进行L₁-L₄椎体DEXA-骨矿物质密度测定、且在前后1个月内进行腰椎MRI检查者。

排除标准: 除外资料不全、患有腰椎骨肿瘤和肾性骨营养不良、Paget's病、骨软化症等可引起骨代谢病变的疾病者,以及椎体变形和脂肪抑制T₂WI高信号者。

分组: 将符合研究标准的194例患者分为男性组与女性组2组,男50例,女144例;不同年龄段分为4组,分别为年龄 < 60岁,60-70岁,71-80岁,年龄 > 80岁;根据L₁, L₂, L₃, L₄椎体分组,分别记录各椎体MRI测量信号结果。

1.5 方法

1.5.1 骨密度测定 美国GE公司生产的Lunar-DPX-MD+型双能X射线测量仪测量每例观察对象的L₁-L₄骨密度值。

1.5.2 MRI信号测定和分析 利用德国SIEMENS公司生产的Avanto 1.5T超导MRI成像仪进行腰椎MRI成像,测量每例观察对象各个序列L₁₋₄腰椎椎体MRI信号强度值,并测量各序列脊髓腰膨大信号强度值以及背景信号强度(噪声)的标准差值。计算L₁-L₄腰椎椎体MRI信噪比和对比噪声比。此组194例被检者腰椎MRI图像被直接上传PACS,在诊断用浏览终端上调阅常规T₁WI、T₂WI和脂肪抑制-T₂WI图像,选取腰椎正中矢状面,根据腰椎体大小选取一个椭圆形感兴趣区(ROI,面积250-300 mm²)测量L₁-L₄椎体信号强度;根据脊髓腰膨大大小小选取一个长椭圆形感兴趣区(ROI,面积75-100 mm²)测量脊髓信号强度;在腰椎背侧距皮肤约10 mm处空白背景区选取一个长椭圆形感兴趣区(ROI,面积75-100 mm²)测量信号强度的标准差。

椎体信噪比=椎体信号强度/背景噪声的标准差;椎体对比噪声比=(椎体信号强度-脊髓腰膨大信号强度)/背景噪声的标准差。以信噪比和对比噪声比验证腰椎体MRI信号强度的稳定和可靠性。

1.6 主要观察指标 分析各个序列L₁-L₄椎体信号强度与信噪比、对比噪声比之间的相关性;观察不同性别、不同年龄段、不同椎体间骨密度值及MRI各个序列信号强度的差异,

以及不同骨密度值组间MRI各个序列信号强度的差异。

1.7 统计学分析 用SPSS 17.0 for Windows统计软件进行数据分析。此组均为计量资料,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多独立样本均数比较采用方差分析,两两比较采用t检验,相关分析采用Pearson相关分析。检验水准取0.05。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理,纳入1个月内既行DEXA-骨矿物质密度测定、又行腰椎MRI测定者194例。全部进入结果分析,无脱落。试验流程图见图1。

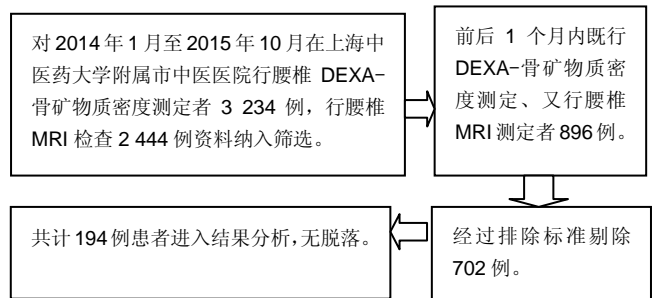


图1 试验流程图
Figure 1 Trial flow chart

2.2 腰椎MRI-信噪比和对比噪声比结果 从表2可以看出, L₁-L₄椎体MRI各序列信号值与信噪比和对比噪声比之间成正相关,其相关系数均大于0.7(P=0.000),表明此次研究MRI各序列L₁-L₄信号值是稳定和可靠的。

2.3 性别与DEXA-骨矿物质密度和MRI信号的关系 表3表明,女性被检者所有4个腰椎体的骨矿物质密度均显著低于男性,除L₄的P=0.003外,其余P均 < 0.001;男女性腰椎体MRI信号除脂肪抑制-T₂WI差异无显著性意义(P均 > 0.05)外,女性T₁WI、T₂WI信号强度和T₂WI与脂肪抑制-T₂WI信号强度差均显著高于男性(P均 ≤ 0.001)。

2.4 年龄与DEXA-骨矿物质密度和MRI信号的关系 从表4可以看出,不同年龄段DEXA-骨矿物质密度和MRI-T₁WI、T₂WI信号和T₂WI与脂肪抑制-T₂WI信号差值差异均有显著性意义。

表2 腰椎椎体MRI信号与信噪比和对比噪声比相关性分析

($\bar{x} \pm s$, n=194)

Table 2 Correlation analysis of MRI signal with signal-to-noise ratio and contrast to noise ratio in lumbar vertebrae

MRI 序列	脊髓信号值	背景 SD	L ₁					L ₂				
			椎体信号值	SNR	CNR	SNR-R	CNR-R	椎体信号值	SNR	CNR	SNR-R	CNR-R
T ₁ WI	169.97±27.43	0.97±0.19	314.26±63.89	331.57±92.16	152.74±81.21	0.769 ^a	0.812 ^a	319.09±72.70	338.69±96.56	159.85±87.41	0.816 ^a	0.861 ^a
T ₂ WI	218.88±23.22	0.97±0.18	326.06±67.17	344.22±87.45	113.94±75.23	0.745 ^a	0.876 ^a	327.27±72.96	345.96±93.31	115.68±80.03	0.774 ^a	0.887 ^a
T ₂ WIFS	195.15±22.24	0.94±0.15	100.76±27.80	109.59±34.83	-102.41±40.56	0.868 ^a	0.719 ^a	319.09±72.70	338.69±96.56	159.85±87.41	0.816 ^a	0.861 ^a
MRI 序列	脊髓信号值	背景 SD	L ₃					L ₄				
			椎体信号值	SNR	CNR	SNR-R	CNR-R	椎体信号值	SNR	CNR	SNR-R	CNR-R
T ₁ WI	169.97±27.43	0.97±0.19	303.01±67.22	329.78±93.56	150.94±85.08	0.816 ^a	0.866 ^a	300.27±65.67	315.98±87.55	137.15±80.55	0.797 ^a	0.850 ^a
T ₂ WI	218.88±23.22	0.97±0.18	311.79±67.76	337.04±91.07	106.76±77.27	0.781 ^a	0.892 ^a	309.40±64.67	326.59±84.18	96.32±71.26	0.753 ^a	0.879 ^a
T ₂ WIFS	195.15±22.24	0.94±0.15	85.07±23.52	92.37±30.63	119.63±39.33	0.879 ^a	0.701 ^a	84.32±22.59	92.97±33.00	-119.02±40.22	0.897 ^a	0.702 ^a

表注: SNR 为信噪比, CNR 为对比噪声比, FS 为脂肪抑制。SNR-R: 椎体MRI信号值与SNR间的相关系数; CNR-R: 椎体MRI信号值与CNR间的相关系数; ^aP=0.000。

表 3 不同性别腰椎双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度和 MRI 信号比较 (x±s)
Table 3 Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry-bone mineral density and MRI signal in lumbar vertebrae between males and females

性别	n	L ₁					L ₂				
		双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI	双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI
男性	50	1.034±0.196	289.36±55.22	295.82±65.36	98.8±27.69	197.02±53.69	1.109±0.201	286.00±62.47	288.34±67.63	88.34±26.71	200.00±65.21
女性	144	0.913±0.158	322.90±64.60	336.56±64.77	100.58±25.37	235.12±70.03	0.984±0.171	330.58±72.67	340.79±70.03	92.37±26.45	248.42±75.40
t 值		4.407	3.628	3.823	0.418	3.504	4.254	3.868	4.603	0.925	4.045
P 值		0.000	0.000	0.000	0.676	0.001	0.000	0.000	0.000	0.356	0.000

性别	n	L ₃					L ₄				
		双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI	双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI
男性	50	1.167±0.208	272.50±66.61	276.34±67.86	80.9±22.60	195.44±64.41	1.181±0.245	271.44±59.77	275.82±64.50	82.16±24.96	193.66±57.27
女性	144	1.046±0.190	324.88±71.81	333.67±67.14	86.15±23.79	200.00±65.21	1.074±0.209	310.28±64.84	321.06±60.72	85.07±21.74	235.99±64.07
t 值		3.800	4.525	5.188	1.362	4.593	3.000	3.721	4.467	0.784	4.133
P 值		0.000	0.000	0.000	0.175	0.000	0.003	0.000	0.000	0.434	0.000

表 4 不同年龄段腰椎双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度和 MRI 信号比较 (x±s)
Table 4 Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry-bone mineral density and MRI signal in lumbar vertebrae among age groups

年龄(岁)	n	L ₁					L ₂				
		双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI	双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI
< 60	69	1.028±0.156	281.61±50.16	296.52±53.54	102.42±28.73	194.10±54.11	1.105±0.175	284.45±51.39	285.54±54.64	94.77±29.60	200.77±56.04
60-70	71	0.906±0.166	323.69±57.05	329.61±63.53	97.00±27.14	232.61±64.20	0.975±0.188	334.01±72.73	335.96±72.62	85.62±23.54	250.34±75.94
71-80	29	0.863±0.154	322.97±64.74	336.79±64.19	101.66±29.33	235.14±69.41	0.936±0.146	319.24±78.07	330.59±79.08	93.07±25.85	237.52±82.29
> 80	25	0.836±0.124	367.52±70.27	385.04±72.60	105.80±25.09	279.24±72.88	0.984±0.174	372.12±73.79	386.36±70.04	96.04±24.81	290.32±71.86
F 值		14.494	13.330	15.263	0.797	12.372	9.480	12.568	11.894	1.812	11.802
P 值		0.000	0.000	0.000	0.497	0.000	0.000	0.000	0.000	0.146	0.000

年龄(岁)	n	L ₃					L ₄				
		双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI	双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度(g/cm ²)	MRI 信号强度 T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI
< 60	69	1.149±0.188	276.71±54.11	286.48±56.52	86.59±26.59	199.88±56.56	1.147±0.214	269.09±50.08	282.29±50.44	85.52±24.48	196.77±51.59
60-70	71	1.053±0.206	333.94±82.12	337.82±77.80	81.24±21.36	256.58±78.89	1.083±0.222	320.31±67.00	323.45±68.39	81.56±20.51	241.89±69.30
71-80	29	1.000±0.170	307.55±54.71	318.59±73.56	85.83±22.09	232.76±72.59	1.020±0.202	290.59±67.16	303.10±60.74	84.03±21.40	219.07±60.48
> 80	25	1.035±0.205	347.40±54.71	355.00±53.72	88.76±22.10	266.24±55.48	0.999±0.126	327.44±57.89	339.64±58.40	89.56±24.03	250.08±55.68
F 值		5.466	10.638	9.593	0.928	10.322	4.467	10.645	8.155	0.868	8.345
P 值		0.001	0.000	0.000	0.428	0.000	0.005	0.000	0.000	0.459	0.000

经两两比较,除L₄外,60岁以下患者的DEXA-骨矿物质密度显著大于60岁以上患者,且随年龄增加而降低;而MRI-T₁WI、T₂WI信号和T₂WI与脂肪抑制-T₂WI信号差值均显著低于60岁以上患者,且随年龄增加而升高,见图2,3;其MRI信号变化趋势与骨矿物质密度成反比。各年龄段脂肪抑制-T₂WI序列椎体信号差异均无显著性意义。

2.5 DEXA-骨矿物质密度与MRI信号的关系 以1 g/cm²为分界,比较不同DEXA-骨矿物质密度椎体的MRI信号值,表5表明,DEXA-骨矿物质密度≥1 g/cm²者的年龄和MRI-T₁WI、T₂WI信号和T₂WI与脂肪抑制-T₂WI信号差值均显著低于1 g/cm²者,而脂肪抑制-T₂WI序列椎体信号差异均无显著性意义。

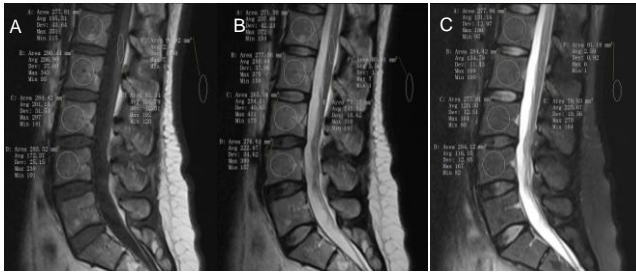


图2 女性45岁测定者腰椎MRI图

Figure 2 Lumbar MRI of a 45-year-old female patient

图注: 测量 L₁-L₄ 椎体、脊髓腰膨大 MRI 信号及背景 MRI 信号标准差, 年轻女性腰椎椎体 T₁WI、T₂WI 信号较低。图 A 为 T₁WI, B 为 T₂WI, C 为 T₂WI-脂肪抑制。

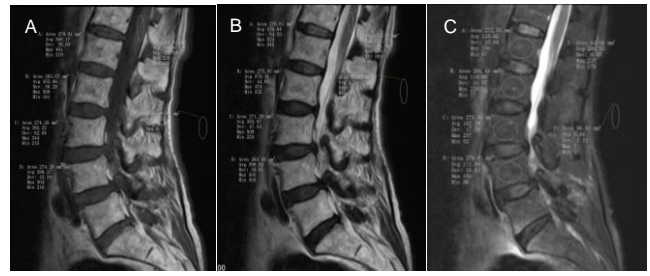


图3 女性83岁测定者腰椎MRI图

Figure 3 Lumbar MRI of an 83-year-old female patient

图注: 测量 L₁-L₄ 椎体、脊髓腰膨大 MRI 信号及背景 MRI 信号标准差, 高龄女性腰椎椎体 T₁WI、T₂WI 信号明显增高。图 A 为 T₁WI, B 为 T₂WI, C 为 T₂WI-脂肪抑制。

表5 不同双能X射线吸收法-骨矿物质密度年龄和腰椎MRI信号比较

($\bar{x} \pm s$)

双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度 (g/cm ²)		L ₁		MRI 信号强度				L ₂		MRI 信号强度			
n	年龄(岁)	T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI	n	年龄(岁)	T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI		
≥1	62	59.18±9.96	273.60±50.07	283.52±52.02	100.48±25.63	183.03±50.11	103	61.63±11.10	291.36±61.75	299.03±63.71	92.90±27.17	206.13±66.21	
<1	132	67.01±9.99	333.36±60.80	346.04±64.25	100.89±28.85	245.15±66.57	91	67.76±9.02	350.47±71.67	359.24±69.78	89.55±25.77	269.69±71.95	
t 值		5.096	6.739	6.697	0.094	6.527		4.184	6.171	6.282	0.879	6.407	
P 值		0.000	0.000	0.000	0.925	0.000		0.000	0.000	0.000	0.381	0.000	

双能 X 射线吸收法-骨矿物质密度 (g/cm ²)		L ₃		MRI 信号强度				L ₄		MRI 信号强度			
n	年龄(岁)	T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI	n	年龄(岁)	T ₁ WI	T ₂ WI	脂肪抑制-T ₂ WI	T ₂ WI 减脂肪抑制-T ₂ WI		
≥1	119	61.68±10.35	286.81±63.81	297.28±65.85	86.22±24.38	211.06±65.45	126	62.99±10.77	281.99±58.21	290.77±57.88	84.56±23.31	206.21±57.63	
<1	55	68.69±9.79	338.07±61.23	343.18±61.36	82.58±21.53	260.60±63.34	68	67.31±9.78	334.13±65.64	343.93±62.71	83.87±21.33	260.06±63.60	
t 值		4.225	4.990	4.367	0.948	4.689		2.750	5.690	5.926	0.204	5.987	
P 值		0.000	0.000	0.000	0.344	0.000		0.007	0.000	0.000	0.838	0.000	

3 讨论 Discussion

骨矿物质密度降低是骨质疏松的特征,增加了骨折的风险。年龄和女性是骨质疏松的最主要的危险因素^[4]。女性发病率显著高于男性,随着年龄增加发病率显著升高。根据WHO报道,骨质疏松致女性骨折发生风险约为40%,与冠心病相当^[5]。此组数据表明,女性被检者所有4个腰椎体的骨矿物质密度均显著低于男性。随着年龄的增加骨矿物质密度显著降低。此组除L₄外,60岁以下患者的DEXA-骨矿物质密度值显著高于60岁以上患者,且随年龄增加而降低。L₄的例外原因尚不清楚,可能与其承受负荷更大有关。随着年龄的增加,由于对造血需求的改变,红黄骨髓发生转换,形成所谓的黄骨髓,骨髓中脂肪细胞增多。尽管脂肪含量对骨矿物质沉积和骨量峰值变化的作用存在一定争议^[6]。椎体骨髓成分的评估已被认为是骨质疏松症、造血和代谢紊乱的影像学生物标志物。研究表明,随着年龄的增长,女性骨髓脂肪转化速度加快,更年期后尤为明显^[7-8]。

有尸检发现脂肪细胞的大小和数量随着年龄的增长而增加, 髂嵴骨髓脂肪含量从30岁的40%增加到100岁的68%。脊椎的脂肪55岁以前男性较高; 55-65岁男性随年龄逐渐增加, 而女性陡然增加, 结果老年女性的骨髓脂肪高于男性。不同的方法研究发现, 骨密度的降低伴随着骨髓脂肪的增高, 且与骨质疏松相关。组织形态学研究表明骨髓脂肪与骨形成负相关^[9]。

骨质疏松症和肌肉萎缩症是两大健康问题, 在老年人口中的发病率越来越高^[10]。文献报道骨矿物质密度的变化在女性绝经前后尤为显著。脊柱骨矿物质密度在绝经前下降较少, 50-59岁下降达23%^[11]。此次研究不足之处在于病例数较少, 尤其是女性低龄组, 故未能将女性绝经作为独立因素进行分析。而有研究证实, 绝经是女性骨质疏松的重要危险因素, 绝经女性相对于未绝经者患骨质疏松症风险增加31%, 绝经越早, 绝经年限越长, 患骨质疏松症风险越大。有研究显示绝经年龄与骨密度呈正相关, 年龄、

绝经年限与骨密度成负相关,反映了雌激素水平降低所持续的时间对骨矿物质密度的影响,因为雌激素有促进肠道对钙的吸收、抑制破骨细胞活性的功能,绝经后体内雌激素下降,骨吸收增加,促使骨质疏松的发生^[12]。而亚洲骨质疏松自我评估工具(OSTA)被证实是一简单、实用的评价中老年女性骨质疏松状况的方法,临床上有一定的应用价值^[13-16]。Mistry等^[17]研究表明,较高的骨髓脂肪含量与骨质疏松和造血减少有关,而老年人骨髓脂肪含量较高与雌二醇和睾酮水平较低有关,性激素水平在老年人骨髓脂肪的调节中起着一定的作用,且无性别交互作用。

虽然骨质疏松是包括骨矿物质和骨有机成分的基质都减少,有机成分和矿物质比例正常,但是,临床上有机成分的骨基质定量检测较为困难,骨质疏松的诊断仍然依赖于骨矿物质密度的测定,DEXA-骨矿物质密度测定是诊断骨质疏松的金标准,并可以随时监测骨密度的变化^[18-19]。近年来国内有不少地区性中国人群骨密度研究数据和骨质疏松诊断标准的报道^[11, 20-21],也发表了原发性骨质疏松症诊疗指南和有关中国人骨质疏松症诊断标准专家共识^[22-23],但并未成为普遍应用的标准。且由于技术和方法本身的原因,结果偏差也难以完全避免^[24]。目前大多数双能X射线骨含量检测仪内置的骨矿物质密度测定结果的判断用数据库是WHO用白种年轻女性的正常值定义T值,判断标准:T值 > -1.0 SD为正常、T值在-1.0 SD至-2.5 SD之间为骨量减少、T值 < -2.5 SD为骨质疏松,并不完全适用于中国人^[25]。作者直接采用DEXA-骨矿物质密度检测值进行分析,为便于分析,尝试以1 g/cm²为骨矿物质密度分界点比较年龄和MRI信号的差异,结果表明,骨矿物质密度≥1 g/cm²者的年龄和MRI-T₁WI、T₂WI信号和T₂WI与脂肪抑制-T₂WI信号差值均显著低于1 g/cm²者。有关骨质疏松的骨矿物质密度截断值还有待进一步研究。

目前检测骨质疏松的常用影像学方法有DEXA、定量CT^[26]、定量超声骨密度仪、MRI、能谱CT等^[27],不同仪器对检测骨质疏松的原理不同,各有其优缺点,但除MRI外,其他都是用来测定骨矿物质密度的^[28]。近年来,传统的定量诊断骨质疏松症的方法越来越多,CT和MRI在这一领域也取得了新的进展,其影像学表现可能与骨内的形态学和结构变化有关^[29]。近来,CT和MRI在骨密度评估中的重要作用已经显现。DEXA、常规X射线摄片、CT、MRI均可用于椎体骨折的诊断,而MRI对骨折显示更加敏感。成像技术的进步能够无创评估和测量骨质量,包括显微结构、骨强度和骨转换,有助于改善椎体骨折风险的评估和指导治疗^[30]。氢质子MRI波谱检查方法能提供腰椎骨髓脂肪沉积定量信息,可以无创、快速协助诊断骨质疏松,在预测骨质疏松性骨折表现出良好的应用前景^[31-32]。

MRI是一种多序列、多参数的成像方法,对脂肪和水含量高度敏感^[33]。骨质疏松病理上包括骨矿物质丢失、骨基质减少,同时骨髓脂肪成分增加、水分含量降低,并由此引起

MRI信号发生相应变化。在脂肪抑制-T₂WI信号无特别增高的情况下,T₁WI、T₂WI信号强度和T₂WI与脂肪抑制-T₂WI信号差值,与椎体内脂肪、黄骨髓含量和水含量具有密切关系^[34],间接地反映了椎体内骨质,包括骨矿物质和骨基质的含量。作为MRI质量控制指标,稳定的信噪比和对比噪声比对MRI信号的可靠性具有重要意义,此次研究椎体MRI各序列信号值与信噪比和对比噪声比之间高度正相关,表明了此次研究椎体MRI信号的可靠性。MRI还可以观察骨质疏松引起椎体骨折的形态改变和信号变化,形态变化包括椎体楔形变、双凹变形、压缩变扁等^[35]。骨质疏松所致椎体骨折往往缺乏明确的外伤史,而变形椎体的MRI信号变化可以反映骨折的新鲜程度。此次研究主要是测量信号的变化,故未将形态学改变列入分析,且剔除了脂肪抑制-T₂WI高信号者。结果表明除脂肪抑制-T₂WI外,男性腰椎体MRI信号显著低于女性;低龄组显著低于高龄组、随年龄增大而增高,且MRI信号变化趋势与骨矿物质密度成反比,与文献报道一致^[36]。MRI用于骨质疏松的诊断不但无辐射,还具有能反映骨质脂肪、水含量的优势^[37]。T₁WI和T₂WI同时信号增高,而脂肪抑制-T₂WI信号无增高表明椎体内脂肪含量增加;T₁WI无信号降低,而脂肪抑制-T₂WI无增高表明椎体内含水量无增加。推测椎体内弥漫性脂肪含量的增加与骨基质的减少替代作用有关,结合DEXA检测,间接判断骨矿物质和骨基质的变化。对骨基质的定量诊断还有待进一步研究。MRI不但评估骨的微观结构,有效地确认骨质疏松性骨折疼痛责任椎体^[38],还可以显示骨水分子的扩散^[39]、及在分子水平的某些特征^[40]。

作者贡献: 试验设计为张闯光和黄学菁,主要试验实施为翁子敬和黄学菁,参与试验实施为俞健力。

经费支持: 该文章没有接受任何经费支持。

利益冲突: 文章的全部作者声明,在课题研究和文章撰写过程,不存在利益冲突。

机构伦理问题: 该临床研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和上海中医药大学附属市中医院对研究的相关伦理要求。

知情同意问题: 参与试验的患病个体及其家属为自愿参加,均对试验过程完全知情同意,在充分了解本治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南: 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审,同行评议认为文章符合本刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 文章统计学方法已经上海中医药大学附属市中医院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章,根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款,在合理引用的情况下,允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展,同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献,并为之建立索引,用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] Ralston SH, Fraser J. Diagnosis and management of osteoporosis. *Practitioner*. 2015;259(1788):15-19.
- [2] 毛文晴,田甜.原发性骨质疏松的原因及发病机制[J].中国骨质疏松杂志,2011,17(10):937-940.
- [3] 陈刚,俞茂华.男性骨质疏松的原因[J].中华老年医学杂志, 2007, 26(12):955-956.
- [4] Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, et al. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2013;24(1): 23-57.
- [5] World Health Organization. Prevention and management of osteoporosis. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 2003;921: 1-164.
- [6] Weaver CM, Gordon CM, Janz KF, et al. The National osteoporosis foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos Int*. 2016; 27(4):1281-1386.
- [7] Baum T, Rohrmeier A, Syväri J, et al. Anatomical variation of age-related changes in vertebral bone marrow composition using chemical shift encoding-based water-fat magnetic resonance imaging. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018;9: 141.
- [8] 雷立存,何丽,刘斋,等.磁共振化学位移成像对骨质疏松的诊断价值[J].中国临床医学影像学杂志,2014,25(9):648-651.
- [9] Schwartz AV. Marrow fat and bone: review of clinical findings. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2015;6(40):40.
- [10] Messina C, Maffi G, Vitale JA, et al. Diagnostic imaging of osteoporosis and sarcopenia: a narrative review. *Quant Imaging Med Surg*. 2018;8(1):86-99.
- [11] 程晓光,杨定焯,周琦,等.中国女性的年龄相关骨密度、骨丢失率、骨质疏松发生率及参考数据库——多中心合作项目[J].中国骨质疏松杂志,2008,14(4):221-228.
- [12] Brennan O, Kennedy OD, Lee TC, et al. The effects of estrogen deficiency and bisphosphonate treatment on tissue mineralisation and stiffness in an ovine model of osteoporosis. *J Biomech*. 2011;44(3):386-390.
- [13] Koh LK, Sedrine WB, Torralba TP, et al. A simple tool to identify asian women at increased risk of osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2001;12(8):699-705.
- [14] Muslim D, Mohd E, Sallehudin A, et al. Performance of osteoporosis self-assessment tool for asian (osta) for primary osteoporosis in post-menopausal malay women. *Malays Orthop J*. 2012;6(1):35-39.
- [15] 景彩霞,李二乐,薛亚娟.OSTA指数与体重指数对于绝经后妇女骨质疏松的预测效果评价[J].中国骨质疏松杂志, 2015,21(9): 1083-1086.
- [16] Oh SM, Song BM, Nam BH, et al. Development and validation of osteoporosis risk-assessment model for korean men. *Yonsei Med J*. 2016;57(1):187-196.
- [17] Mistry SD, Woods GN, Sigurdsson S, et al. Sex hormones are negatively associated with vertebral bone marrow fat. *Bone*. 2018;108(1):20-24.
- [18] Lewiecki EM. Clinical applications of bone density testing for osteoporosis. *Minerva Med*. 2005;96(5):317-330.
- [19] Winzenberg T, Jones G. Dual energy X-ray absorptionmetry. *Aust Fam Physician*. 2011;40(1-2):43-44.
- [20] 吴丹,孔西建,叶进,等.女性骨质疏松性骨折骨密度阈值冀中国人群骨质疏松诊断标准探讨[J].中国骨质疏松杂志, 2011,17(5): 382-385.
- [21] 查小云,庞晓娜,李锂,等.中老年男性骨质疏松(OP)危险分层与定量超声骨密度(QUS-BMD)及双能X线骨密度(DXA-BMD)的相关性[J].复旦学报(医学版),2014,41(4):504-510.
- [22] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.原发性骨质疏松症诊疗指南[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2011,4(1):2-17.
- [23] 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(第三稿·2014版)[J].中国骨质疏松杂志,2014,20(9):1007-1010.
- [24] 刘中银,陈涛.48例双能X线骨密度检测假阴性结果分析[J].西南国防医学,2013,23(4):414-415.
- [25] 何涛,杨定焯,刘忠厚.骨质疏松症诊断标准的探讨[J].中国骨质疏松杂志,2010,16(2):151-156,104.
- [26] 张昕,王峻,苏晋生,等.定量CT与双能X线吸收测定仪测量腰椎各椎体间骨密度差异性研究[J].中国医学影像学杂志, 2011,19(12): 884-886.
- [27] Link TM. Radiology of Osteoporosis. *Can Assoc Radiol J*. 2016;67(1):28-40.
- [28] 宋飞鹏,张进,邵璐璐,等.骨质疏松症影像学诊断的研究现状[J].中国现代医生,2014,52(11):158-160.
- [29] Balzano RF, Mattera M, Cheng X, et al. Osteoporosis: what the clinician needs to know? *Quant Imaging Med Surg*. 2018; 8(1):39-46.
- [30] Chou SH, LeBoff MS. Vertebral imaging in the diagnosis of osteoporosis: a clinician's perspective. *Curr Osteoporos Rep*. 2017;15(6):509-520.
- [31] 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.
- [32] 张灵艳,李绍林,郝帅.比较氢质子磁共振波谱和正反相位MRI成像在骨髓脂肪沉积中的价值[J].中国骨质疏松杂志, 2015,21(6): 691-696.
- [33] 雷立存,何丽,刘斋,等.磁共振化学位移成像对骨质疏松的诊断价值[J].中国临床医学影像学杂志,2014,25(9):648-651.
- [34] Zhang L, Li S, Hao S, et al. Quantification of fat deposition in bone marrow in the lumbar vertebra by proton MRS and in-phase and out-of-phase MRI for the diagnosis of osteoporosis. *J Xray Sci Technol*. 2016;24(2):257-266.
- [35] 柯祺,许灼新,曹海伟,等.腰椎骨质疏松双能X线吸收法骨密度测定与MRI对照分析[J].实用放射学杂志,2003,19(3):236-240.
- [36] Paccou J, Hardouin P, Cotten A, et al. The role of bone marrow fat in skeletal health: usefulness and perspectives for clinicians. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015;100(10):3613-3621.
- [37] 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.
- [38] 顾晨琦,陈广东,顾云斌.核磁共振对骨质疏松性骨折疼痛责任椎体的诊断价值研究[J].中国血液流变学杂志, 2016,26(2): 259-261.
- [39] 张恒,黄刚,毛泽庆,等.3.0T磁共振腹部DWI序列定量评价腰椎骨质疏松的价值[J].医学影像学杂志,2016,26(6):1083-1087.
- [40] Oei L, Koromani F, Rivadeneira F, et al. Quantitative imaging methods in osteoporosis. *Quant Imaging Med Surg*. 2016; 6(6):680-698.