

· 临床研究 ·

磁共振扩散加权成像表观扩散系数、信号强度比
对腰椎骨质疏松的定量评价朱慧玲¹, 丁建平¹, 戚盈杰²

(1.杭州师范大学附属医院放射科, 浙江 杭州 310015; 2.杭州师范大学附属医院骨科, 浙江 杭州 310015)

【摘要】 目的:探讨磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC), 信号强度比(signal intensity ratio, SIR)在腰椎骨质疏松定量评价中的应用价值。方法:选取 2017 年 5 月至 2019 年 10 月接受双能 X 线吸收(dualenergy X-ray absorption, DXA)骨密度(bone mineral density, BMD), 腰椎常规 MRI 扫描和 DWI 扫描检查的腰椎疾病患者 175 例。根据 DXA 骨密度 T 值分为骨质疏松组(64 例)、骨量减少组(53 例)、骨量正常组(58 例)。测量比较 3 组腰椎 L₂-L₄ 的 ADC、SIR 值;分析 ADC、SIR 值与 BMD 的相关性;采用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线分析 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量减少, 腰椎骨质疏松与骨量正常及腰椎骨质疏松的鉴别诊断价值。结果:3 组 ADC、SIR 值比较差异均有统计学意义($F=41.386, 37.114$, 均 $P=0.000$);骨质疏松组 ADC 值低于骨量减少组、骨量正常组($t=3.540, 9.069$, $P=0.001, 0.000$);骨质疏松组 SIR 值高于骨量减少组、骨量正常组($t=5.083, 8.523$, 均 $P=0.000$)。Spearman 相关性分析显示:ADC 值与 BMD 呈正相关($r=0.313, P=0.004$);SIR 值与 BMD 呈负相关($r=-0.589, P=0.000$)。ROC 曲线分析显示:ADC、SIR 诊断腰椎骨质疏松骨量减少的曲线下面积(area under curve, AUC), 敏感度, 特异度分别为 0.742, 89.1%, 52.8% 和 0.729, 89.1%, 50.9% (均 $P=0.000$);ADC、SIR 诊断腰椎骨质疏松骨量正常的 AUC, 敏感度, 特异度分别为 0.815, 100.0%, 50.0% 和 0.856, 65.6%, 93.1% (均 $P=0.000$);ADC、SIR 诊断腰椎骨质疏松的 AUC, 敏感度, 特异度分别为 0.78, 89.1%, 51.4% 和 0.795, 50.0%, 94.6% (均 $P=0.000$);均有一定诊断价值。结论:ADC、SIR 能够较好地反映腰椎疾病患者 BMD 情况, 可对骨质疏松的椎体进行定量评价, 二者水平对腰椎骨质疏松具有重要的辅助诊断作用。

【关键词】 腰椎; 骨质疏松; 骨密度; 弥散磁共振成像; 表观扩散系数; 信号强度比

中图分类号:R681;R445.2

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2021.08.010

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Quantitative evaluation of lumbar spine osteoporosis by apparent diffusion coefficient and signal intensity ratio of magnetic resonance diffusion-weighted magnetic resonance imaging ZHU Hui-ling, DING Jian-ping*, and QI Ying-jie.

*Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Hangzhou Normal University, Hangzhou 310015, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To investigate the application value of apparent diffusion coefficient (ADC) and signal intensity ratio (SIR) of MR diffusion-weighted imaging (DWI) in quantitative evaluation of lumbar spine osteoporosis. **Methods:** A total of 175 patients with lumbar spine diseases who received dualenergy X-ray absorption (DXA) bone mineral density (BMD), routine MRI and DWI of the lumbar spine from May 2017 to October 2019 were selected. According to the T-value of DXA, the patients were divided into osteoporosis group (64 cases), osteopenia group (53 cases) and normal bone mass group (58 cases). The ADC and SIR values of L₂-L₄ were measured and compared among the three groups and the correlation between ADC, SIR and BMD was analyzed. The ROC curve was used to evaluate the differential diagnosis value of ADC and SIR for osteoporosis, osteopenia and normal bone mass. **Results:** There were statistically significant differences in ADC and SIR values among three groups ($F=41.386, 37.114$, all $P=0.000$). The ADC value of the osteoporosis group was lower than that of the osteopenia group and the normal bone mass group, and the difference was statistically significant ($t=3.540, 9.069, P=0.001, 0.000$); the SIR value of the osteoporosis group was higher than that of the osteopenia group and the normal bone mass group, and the difference was statistically significant ($t=5.083, 8.523$, all $P=0.000$). Spearman correlation analysis showed that ADC value was positively correlated with BMD ($r=0.313, P=0.004$); SIR value was negatively correlated with BMD ($r=-0.589, P=0.000$). Receiver operator characteristic (ROC) curve analysis showed that the area under curve (AUC), sensitivity and specificity of ADC and SIR in the diagnosis of lumbar osteoporosis and osteopenia were 0.742, 89.1%, 52.8% and 0.729, 89.1%, 50.9% respectively ($P=0.000$); the AUC, sensitivity and specificity of ADC and SIR in the diagnosis of lumbar

通讯作者:丁建平 E-mail:jpdng@vip.sina.com

Corresponding author: DING Jian-ping E-mail:jpdng@vip.sina.com

osteoporosis and normal bone mass were 0.815, 100.0%, 50.0% and 0.856, 65.6%, 93.1%, respectively ($P=0.000$); the AUC, sensitivity and specificity of ADC and SIR in the diagnosis of lumbar osteoporosis were 0.78, 89.1%, 51.4% and 0.795, 50.0% and 94.6% respectively ($P=0.000$); All have a certain diagnostic value. **Conclusion:** ADC and SIR can better reflect the BMD of patients with lumbar diseases, and can quantitatively evaluate the vertebral body of osteoporosis, which play an important role in the diagnosis of lumbar osteoporosis.

KEYWORDS Lumbar spine; Osteoporosis; Bone mineral density; Diffusion magnetic resonance imaging; Apparent diffusion coefficient; Signal intensity ratio

腰椎骨质疏松好发于老年群体,主要表现为腰部疼痛、功能障碍等,严重影响生存质量,且易导致骨折,危及患者生命健康。因此,临床准确诊断以给予针对性治疗至关重要。目前,临床针对该病的影像学检查包括定量超声、定量 CT、双能 X 线吸收测定法(dualenergy X-ray absorption, DXA)等,但分别存在着检查部位受限且效能不高、放射量相对大且精密度相对低、无法评价骨微细结构的缺陷^[1-2]。随着磁共振技术的不断发展,扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)技术在骨质疏松检测中逐渐得到应用。有研究表明,表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)可反映骨组织内水分子的布朗运动,检测其水平可进一步评价骨质细微情况^[3]。而信号强度比(signal intensity ratio, SIR)则可提示脂肪含量情况,有关研究发现骨质疏松患者存在骨髓脂肪组织增加情况,观察脂肪组织含量变化可能对骨质疏松的评价具有一定价值^[4]。基于此,本研究通过 DWI 测量 175 例腰椎疾病患者 ADC、SIR 值,旨在探讨 ADC、SIR 在腰椎骨质疏松定量评价中的应用价值,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:年龄 >20 岁;患者门诊主诉腰痛、腰部不适等症状,均接受 MRI、DXA 检查;患者及家属均知情同意。排除标准:腰椎结核、肿瘤等病变者;腰椎骨折患者;内分泌、免疫、血液系统及代谢性疾病者;近 3 个月应用过影响骨代谢的药物(糖皮质激素等);肝肾功能障碍者;近 6 个月有手术史患者;体内有支架、起搏器等 MRI 检查禁忌者。

1.2 临床资料

本组 175 例,为 2017 年 5 月至 2019 年 10 月接受 DXA 骨密度(bone mineral density, BMD),腰椎常规 MRI 和 DWI 检查的腰椎疾病患者。其中男 58 例,女 117 例;年龄 36~79 岁。根据 DXA 测定的 T 值分为骨质疏松组(64 例)、骨量减少组(53 例)、骨量正常组(58 例)。3 组患者基线资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

1.3 检查方法

1.3.1 腰椎 DXA 检查方法

采用美国 GE 公司

表 1 腰椎疾病 3 组患者基线资料比较

Tab.1 Comparison of general information of patients with lumbar spine diseases among three groups

组别	例数	性别 [例(%)]		年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)
		男	女	
骨质疏松组	64	21(32.81)	43(67.19)	57.68 \pm 8.26
骨量减少组	53	18(33.96)	35(66.04)	57.29 \pm 8.15
骨量正常组	58	19(32.76)	39(67.24)	57.92 \pm 8.31
检验值		$\chi^2=0.023$		$F=0.082$
P 值		0.989		0.921

LUNAR DPX 型 DXA 仪测定腰椎 L₂-L₄ 的 BMD,测量前实施仪器校准,测量时严格按照生产厂商制定的仪器使用标准进行。参考《原发性骨质疏松症诊治指南》^[5]:以反映 BMD 的 T 值 ≤ -2.5 SD 为骨质疏松, T 值 -1.0 ~- 2.5 SD 为骨量减少, T 值 ≥ -1.0 SD 为骨量正常。

1.3.2 腰椎 MRI 检查方法 采用西门子 1.5T Avanto 磁共振扫描仪,8 通道脊柱相控阵表面线圈采集信号。先行常规 MRI 扫描,以排除腰椎占位病变,扫描序列为:矢状位 T1WI(TE=10 ms, TR=650 ms)以及 T2WI(TE=100 ms, TR=2 500 ms)。然后进行 DWI 扫描,扫描序列为自旋回波单次激发回波平面序列,扫描参数为:TE=100 ms, TR=5 500 ms,层间距=0 mm,层厚=5 mm,视野=28 cm \times 20 cm, b 值=0 s/mm²、600 s/mm²,平均次数=2 次,矩阵=164 \times 132。最后实施双回波 MRI 扫描,矢状位 T1WI:反相位 TE=2.3 ms,正相位 TE=4.6 ms, TR=150 ms,层间距=0 mm,层厚=3.2 mm,翻转角=90°,视野=48 cm \times 44 cm,扫描 15 层。轴位 T1WI:TE=2.5 ms, TR=100 ms,层间距=2 mm,层厚=8 mm,翻转角=80°,视野=48 cm \times 44 cm。骨质疏松患者腰椎 MRI 见图 1。

1.4 观察项目与方法

(1)比较 3 组 ADC、SIR 值:将 MRI 扫描图像传输至工作站,由相同 2 名高年资影像医师共同阅片。ADC 值测量:在自动生成的 ADC 图上测量 L₂-L₄ 椎体的 ADC 值,每个椎体测量 3 次,取其平均值为最终结果。ADC 值的测量选取椎体正中层面的横轴位进行测量,手工截取约 240 mm² 的圆形感兴趣区,感

兴趣区的选择应避免椎体边缘及椎后静脉丛。MRI 信号值测量:在矢状位同反相位图像上分别选择 L₂-L₄ 椎体正中层,手工截取约 300 mm² 的圆形感兴趣区,范围包含整个椎体的松质骨部分,距离椎体边缘 3 mm 以上,同时避开椎体皮质骨,分别测量同反相位信号强度,并计算 SIR 值:SIR=反回波信号强度/正回波信号强度^[6]。(2)分析 ADC、SIR 值与 BMD 的相关性。(3)采用受试者工作特征(receiver operator characteristic,ROC)曲线分析 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量减少,腰椎骨质疏松与骨量正常及腰椎骨质疏松的鉴别诊断价值。

1.5 统计学处理

数据采用 SPSS 22.0 统计软件分析,性别等定性资料以[例(%)]表示,3 组性别比较行 χ^2 检验;年龄、ADC 值、SIR 值等定量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,3 组年龄、ADC 值、SIR 值比较行单因素方差分析,两两对比采用 LSD-*t* 检验;ADC、SIR 值鉴别诊断腰椎骨质疏松与骨量减少、腰椎骨质疏松与骨量正常的价值及对腰椎骨质疏松的诊断价值采用 ROC 曲线评估,曲线下面积(area under curve,AUC)为 0.7~0.9 提示具有一定诊断价值,联合诊断模型采用 Logistic 回归分析系数拟合;ADC、SIR 值与 BMD 的相关性采用 Spearman 相关性分析;以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组 ADC、SIR 值比较

单因素方差分析显示:3 组 ADC、SIR 值比较差异均有统计学意义(*F*=41.386、37.114,均 *P*=0.000)。骨质疏松组 ADC 值低于骨量减少组、骨量正常组(*t*=3.540、9.069,*P*=0.001、0.000);骨质疏松组 SIR 值高于骨量减少组、骨量正常组(*t*=5.083、8.523,均 *P*=0.000)。见表 2、3。

2.2 ADC、SIR 值与 BMD 的相关性分析

Spearman 相关性分析结果显示:ADC 值与 BMD 呈正相关(*r*=0.313,*P*=0.004);SIR 值与 BMD 呈负相

表 2 腰椎疾病 3 组患者 ADC 和 SIR 值比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of ADC and SIR values of patients with lumbar spine diseases among three groups($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	ADC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	SIR
骨质疏松组	64	0.29±0.06	0.59±0.12
骨量减少组	53	0.35±0.07	0.48±0.12
骨量正常组	58	0.44±0.13	0.41±0.11
<i>F</i> 值		41.386	37.114
<i>P</i> 值		0.000	0.000

关(*r*=-0.589,*P*=0.000)。

2.3 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量减少、腰椎骨质疏松与骨量正常及腰椎骨质疏松的鉴别诊断价值

2.3.1 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量减少的鉴别诊断价值 ROC 曲线分析结果显示:ADC、SIR 值诊断腰椎骨质疏松与骨量减少的 AUC、敏感度、特异度分别为 0.742、89.1%、52.8%和 0.729、89.1%、50.9%(均 *P*=0.000),均有一定诊断价值。见表 4 及图 2、3。

2.3.2 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量正常的鉴别诊断价值 ROC 曲线分析结果显示:ADC、SIR 值诊断腰椎骨质疏松与骨量正常的 AUC、敏感度、特异度分别为 0.815、100.0%、50.0%和 0.856、65.6%、93.1%(均 *P*=0.000),均有一定诊断价值。见表 5 及图 4、5。

2.3.3 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松的诊断价值 ROC 曲线分析结果显示,ADC、SIR 诊断腰椎骨质疏松的 AUC、敏感度、特异度分别为 0.78、89.1%、51.4%和 0.795、50.0%、94.6%(均 *P*=0.000),均有一定诊断价值。见表 6 及图 6、7。

3 讨论

3.1 MRI 检查诊断腰椎骨质疏松的必要性

骨质疏松是以骨量减少、骨微结构恶化、骨强度降低造成脆性增加的常见疾病,发病率随年龄增



图 1 骨质疏松患者腰椎 MRI 1a. T1WI 示 L₂-L₄ 椎体呈多发斑片状不均匀高信号 1b. T2WI 示 L₂-L₄ 椎体呈多发斑片状等低信号 Fig.1 MRI of lumbar spine in osteoporotic patients 1a. T1WI showed multiple patchy heterogeneous high signal in L₂-L₄ vertebral body 1b. T2WI showed multiple patchy isohypointense in L₂-L₄ vertebral body

表 3 腰椎疾病 3 组患者 ADC 和 SIR 的多重比较 LSD-t 检验结果

Tab.3 Multiple comparison LSD-t test results of ADC and SIR of patients with lumbar spine diseases among three groups

因变量	(I) 组别	(J) 组别	平均差 (I-J)	标准误	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
ADC	骨质疏松组	骨量减少组	-0.06	0.016 95	0.001	-0.093 5	-0.026 5
		骨量正常组	-0.15	0.016 54	0.000	-0.182 7	-0.117 3
	骨量减少组	骨质疏松组	0.06	0.016 95	0.001	0.026 5	0.093 5
		骨量正常组	-0.09	0.017 34	0.000	-0.124 2	-0.055 8
	骨量正常组	骨质疏松组	0.15	0.016 54	0.000	0.117 3	0.182 7
		骨量减少组	0.09	0.017 34	0.000	0.055 8	0.124 2
SIR	骨质疏松组	骨量减少组	0.11	0.021 64	0.000	0.067 3	0.152 7
		骨量正常组	0.18	0.021 12	0.000	0.138 3	0.221 7
	骨量减少组	骨质疏松组	-0.11	0.021 64	0.000	-0.152 7	-0.067 3
		骨量正常组	0.07	0.022 14	0.002	0.026 3	0.113 7
	骨量正常组	骨质疏松组	-0.18	0.021 12	0.000	-0.221 7	-0.138 3
		骨量减少组	-0.07	0.022 14	0.002	-0.113 7	-0.026 3

表 4 ADC、SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量减少的鉴别诊断价值

Tab.4 The differential diagnosis value of ADC and SIR for lumbar osteoporosis and osteopenia

检验结果变量	AUC	标准误	渐近显著性水平	渐近 95% 置信区间		敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数	最佳临界值
				下限	上限				
ADC	0.742	0.046	0.000	0.651	0.833	89.1	52.8	0.419	0.355
SIR	0.729	0.046	0.000	0.639	0.819	89.1	50.9	0.400	0.460

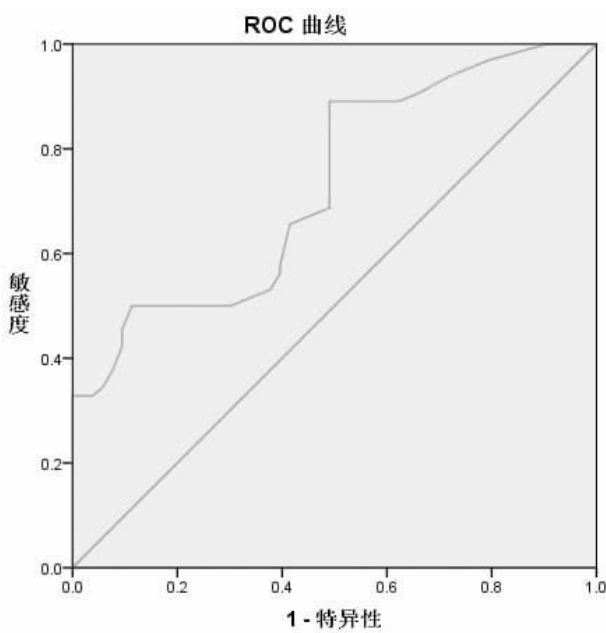


图 2 SIR 鉴别诊断腰椎骨质疏松与骨量减少的 ROC 曲线

Fig.2 The ROC curve of SIR in the differential diagnosis of lumbar osteoporosis and osteopenia

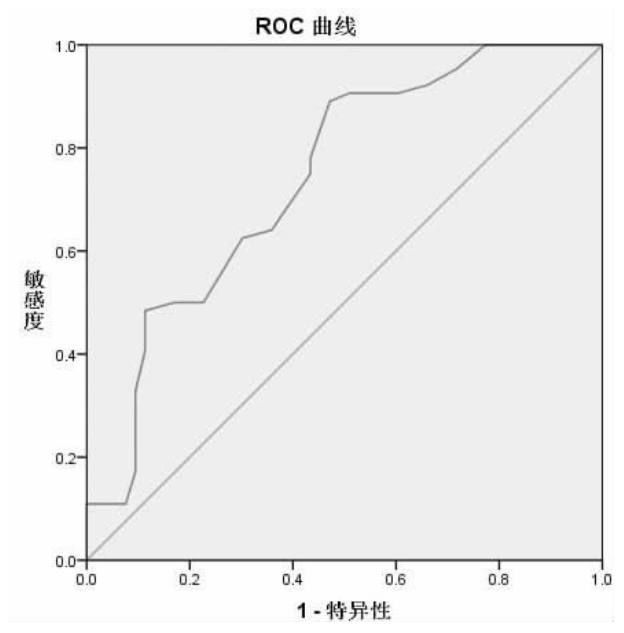


图 3 ADC 鉴别诊断腰椎骨质疏松与骨量减少的 ROC 曲线

Fig.3 The ROC curve of ADC in differential diagnosis of lumbar osteoporosis and osteopenia

长而增高^[7]。腰椎骨质疏松主要症状表现为腰部疼痛、腰部功能障碍等,重则导致椎体骨折,严重影响患者生活活动,危及生命健康。因此,进行准确诊断

和及时治疗干预至关重要。目前临床针对该病的影像学检查包括定量超声、定量 CT、DXA 等。但定量超声检查部位受限,测量受到骨结构特性、骨矿物含

表 5 ADC 和 SIR 值对腰椎骨质疏松与骨量正常的鉴别诊断价值

Tab.5 Differential diagnosis values of ADC and SIR for lumbar osteoporosis and normal bone mass

检验结果变量	AUC	标准误	渐近显著性水平	渐近 95%置信区间		敏感度(%)	特异度(%)	约登指数	最佳临界值
				下限	上限				
ADC	0.815	0.037	0.000	0.742	0.887	100.0	50.0	0.500	0.465
SIR	0.856	0.033	0.000	0.792	0.920	65.6	93.1	0.587	0.545

表 6 ADC 和 SIR 值对腰椎骨质疏松的诊断价值

Tab.6 The diagnostic value of ADC and SIR for lumbar osteoporosis

检验结果变量	AUC	标准误	渐近显著性水平	渐近 95%置信区间		敏感度(%)	特异度(%)	约登指数	最佳临界值
				下限	上限				
ADC	0.78	0.035	0.000	0.712	0.848	89.1	51.4	0.405	0.355
SIR	0.795	0.034	0.000	0.729	0.862	50.0	94.6	0.446	0.605

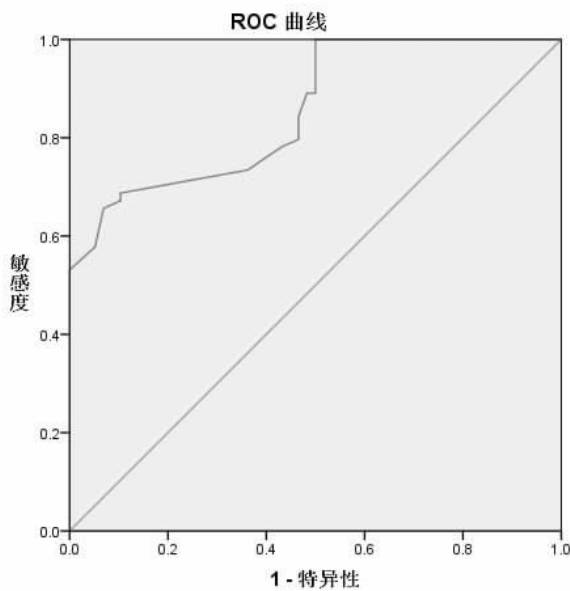


图 4 SIR 鉴别诊断腰椎骨质疏松与骨量正常的 ROC 曲线

Fig.4 The ROC curve for differential diagnosis of lumbar osteoporosis and normal bone mass by SIR

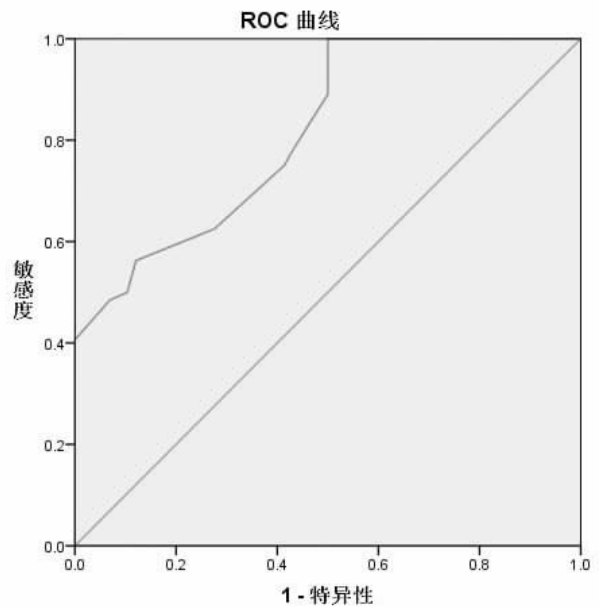


图 5 ADC 鉴别诊断腰椎骨质疏松与骨量正常的 ROC 曲线

Fig.5 The ROC curve of ADC for differential diagnosis of lumbar osteoporosis and normal bone mass

量影响, 特异度、灵敏度相对低^[8]。定量 CT 测量 BMD 时放射量大于 DXA, 精密度低于 DXA。而 DXA 虽被 WHO 用于定义骨质疏松诊断, 但其仅测量 BMD, 无法评价骨微细结构。且大量研究证实: 骨强度既受到 BMD 影响, 又受骨质量(骨矿含量、骨矿物密度以外的因素)影响, 该因素包括骨微损害、分子水平理化结构、组织水平细微结构等^[9-11]。因此, 单纯测量 BMD 诊断腰椎骨质疏松对临床而言并不充分, 不能为临床针对性治疗干预提供充分导向, 故探寻一种直观的定量指标用以评估骨微结构、反映腰椎骨质疏松病理过程, 对临床诊治具有重要意义。MRI 检查具有分辨率高、参数灵活、无创、形态结构成像、多层扫描等应用优势, 在骨质疏松中的应用日益广泛。

3.2 ADC 及 SIR 值定量诊断腰椎骨质疏松的可行性

现代医学认为: 骨质疏松病理改变的重要体现在于骨髓脂肪出现增加, 对稀疏的骨小梁间隙进行填充, 造成细胞外间隙明显减少, 限制了水分子扩散, 微血管在骨小梁之间遭到压迫, 导致血流减少, 进而致使骨质营养不良、矿物丢失, 发生骨质疏松^[12]。相关研究即发现: MRI 检查中骨质疏松者腰椎血流灌注相比正常健康者明显低^[13]。另一方面, 正常骨髓是由黄骨髓、红骨髓构成, 随年龄增长, 机体骨髓因生理性改变使得成年期大部分为黄骨髓, 其与红骨髓相比, 支撑骨结构的功能减弱, 这降低了生物力学效应, 增加了骨质疏松危险。因此, 骨生成受损、骨髓脂肪细胞增加在腰椎骨质疏松发生发展中起重要参

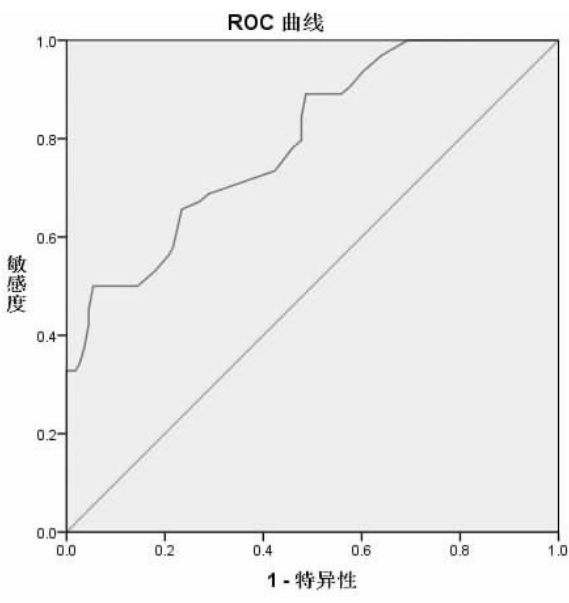


图 6 SIR 诊断腰椎骨质疏松的 ROC 曲线
Fig.6 The ROC curve of SIR diagnosis of lumbar osteoporosis

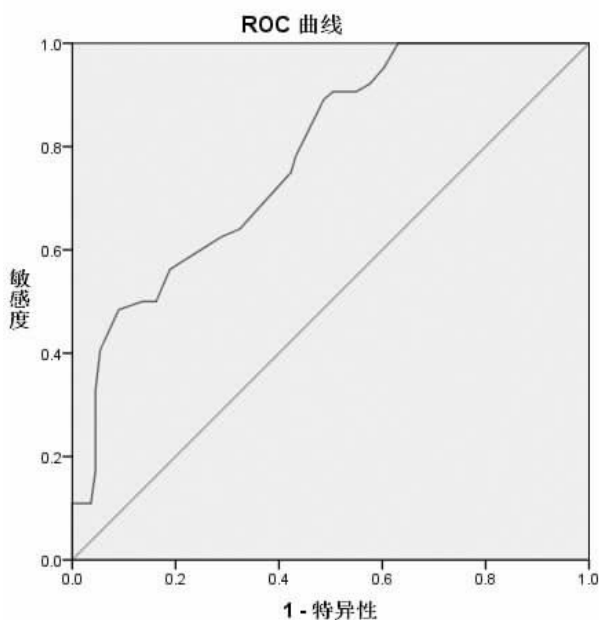


图 7 ADC 诊断腰椎骨质疏松的 ROC 曲线
Fig.7 The ROC curve of ADC in diagnosing lumbar osteoporosis

与作用,检测骨髓脂肪含量对该病诊治有重要意义。MRI 检查可提供分子运动、骨质内部微结构信息,其中 DWI 可无创反映因骨髓脂肪成分变化引起的水分子扩散活动受限状况,反映骨组织脂肪量,其定量指标 ADC 可评价水分子随机扩散程度。相关临床资料显示,DWI 测量 ADC 有助于反映骨髓病理、生理变化^[14]。ADC 可反映布朗运动,提示骨质状况,ADC 值增大则说明水分子弥散出现增加,反之为减少。相关研究即表明,骨质疏松者 ADC 值 $[(0.287\pm 0.048)\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ 低于骨量减少者 $[(0.303\pm 0.068)\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ 、骨量正常者 $[(0.45\pm 0.13)\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ ^[15]。说明 ADC

值有助于定量评价骨质疏松病理过程。此外,本研究双回波成像涉及脂水分离技术,原理在于生物组织内水分与脂肪间的频率差,有助于定量检测,且兼容性好。SIR 是双回波成像中提示脂肪含量的定量评价指标,腰椎骨质疏松的一项重要病理特点在于骨髓脂肪变性、过量沉积^[16],故测量 SIR 对其诊断与进展评估具有一定作用。据有关文献报道^[17]:ADC 与 BMD 正相关,SIR 与 BMD 负相关,这为 ADC、SIR 应用于腰椎骨质疏松的评估提供了依据。

3.3 ADC 及 SIR 值定量诊断腰椎骨质疏松的价值

单因素方差分析显示:3 组 ADC、SIR 值比较差异均有统计学意义($P<0.05$);骨质疏松组 ADC 值低于骨量减少组、骨量正常组($P<0.05$);骨质疏松组 SIR 值高于骨量减少组、骨量正常组 ($P<0.05$)。Spearman 相关性分析结果显示:ADC 值与 BMD 呈正相关($r=0.314, P=0.005$);ADC 值与 T 值呈正相关($r=0.331, P=0.001$);SIR 值与 BMD 呈负相关($r=-0.590, P=0.000$);SIR 值与 T 值呈负相关 ($r=-0.512, P=0.000$)。提示 ADC 和 SIR 值与骨质疏松具有一定相关性。ROC 曲线分析结果显示:ADC、SIR 值鉴别诊断腰椎骨质疏松与骨量减少、腰椎骨质疏松与骨量正常及诊断腰椎骨质疏松均有一定价值。分析认为:骨质疏松、骨量减少时,骨质流失,脂肪骨髓不断填充于骨小梁间隙,细胞外水分子运动扩散遭受限制,且随骨质不断减少,上述现象更加明显,加之灌注效应降低,最终造成 ADC 值下降。而腰椎骨质疏松患者骨髓脂肪变性,且出现大量沉积,原骨髓中水分相对多的组织缺血坏死,使得 SIR 值增高^[18]。

综上所述,ADC、SIR 能够较好地反映腰椎疾病患者 BMD 情况,可对骨质疏松的椎体进行定量评价,二者水平对腰椎骨质疏松具有重要的辅助诊断作用。本研究由于样本量受限,且男性、女性病例数差距较大,不适合进一步分析不同性别患者的 ADC、SIR 差异,今后将进行大样本及不同性别患者的影像学定量指标比较,为临床制定针对性诊治方案提供进一步的依据。

参考文献

[1] 常莹,麦筱莉,辛小燕,等. 骨质疏松性椎体压缩骨折不连的 X 线平片和 CT 及 MRI 影像学表现[J]. 中华实用诊断与治疗杂志,2019,33(3):279-282.
CHANG Y, MAI XL, XIN XY, et al. X-ray, CT and MRI features of nonunion of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Zhonghua Shi Yong Zhen Duan Yu Zhi Liao Za Zhi, 2019, 33(3):279-282. Chinese.
[2] 涂洪波,靳宇飞,张良,等. 不同 MRI 影像特征的骨质疏松性椎体压缩骨折单侧与双侧穿刺椎体成形术的疗效比较[J]. 创伤外科杂志,2018,20(6):427-430.
TU HB, JIN YF, ZHANG L, et al. Selection of puncture methods for

- osteoporotic vertebral compression fractures with different MRI features; comparison of the effects of unilateral puncture and bilateral puncture vertebroplasty[J]. *Chuang Shang Wai Ke Za Zhi*, 2018, 20(6):427-430. Chinese.
- [3] 冉君. 双指数 DWI 在鉴别诊断肌营养不良与糖原累积病中的价值[J]. *放射学实践*, 2018, 33(1):63-67.
RAN J. The value of biexponential DWI in the differentiation of muscular dystrophy and glycogen storage disease[J]. *Fang She Xue Shi Jian*, 2018, 33(1):63-67. Chinese.
- [4] 邢东炜, 黄学菁, 吴佳楨, 等. 中老年女性腰椎 MR 信号值与骨质疏松风险分层的关系及诊断价值研究[J]. *重庆医学*, 2018, 47(18):2432-2436.
XING DW, HUANG XJ, WU JZ, et al. The correlation of MR signal values of lumbar vertebrae bodies with osteoporosis risk stratification in middle-aged and elderly women and its diagnostic value[J]. *Chong Qing Yi Xue*, 2018, 47(18):2432-2436. Chinese.
- [5] 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治指南(2011 年)[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2011, 4(1):2-17.
Osteoporosis and Bone Mineral Satt Disease Branch of Chinese Medical Association. Guidelines for diagnosis and treatment of primary osteoporosis(2011)[J]. *Zhonghua Gu Zhi Shu Song He Gu Kuang Yan Ji Bing Za Zhi*, 2011, 4(1):2-17. Chinese.
- [6] 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]. *中国临床医学影像杂志*, 2014, 25(9):648-651.
LEI LC, HE L, LIU Z, et al. Diagnostic value of magnetic resonance chemical shift imaging in osteoporosis[J]. *Zhongguo Lin Chuang Yi Xue Ying Xiang Za Zhi*, 2014, 25(9):648-651. Chinese.
- [7] N Binkley, D Krueger, AE de Papp. Multiple vertebral fractures following osteoporosis treatment discontinuation: a case-report after long-term Odanacatib[J]. *Osteoporosis Int*, 2018, 29(4):999-1002.
- [8] 潘亚玲, 陈彤彤, 王晗琦, 等. 定量 CT 测量 T₁₂ 骨密度替代病变腰椎用于骨质疏松诊断的可行性[J]. *中国医学影像技术*, 2019, 35(7):1086-1090.
PAN YL, CHEN TT, WANG HQ, et al. Feasibility of bone mineral density of T₁₂ measured with quantitative CT for replacing abnormal lumbar vertebrae for diagnosis of osteoporosis[J]. *Zhongguo Yi Xue Ying Xiang Ji Shu*, 2019, 35(7):1086-1090. Chinese.
- [9] Neuzil H M Lopes. The interface between osteoporosis and atherosclerosis in postmenopausal women[J]. *Arq Bras Cardiol*, 2018, 110(3):217-218.
- [10] Naylor KE, Bradburn M, Paggiosi MA, et al. Effects of discontinuing oral bisphosphonate treatments for postmenopausal osteoporosis on bone turnover markers and bone density[J]. *Osteoporosis Int*, 2018, 29(6):1407-1417.
- [11] 赵林芬, 许绍奇, 陈天风, 等. 中老年腰椎 QCT 骨密度测量及骨质疏松症与脊柱脆性骨折相关性的研究[J]. *医学影像学杂志*, 2017, 27(12):2368-2370.
ZHAO LF, XU SQ, CHEN TF, et al. Bone mineral density measurement of the middle and old age in wujin district by using QCT and the correlation study between osteoporosis and brittle fracture of spine[J]. *Yi Xue Ying Xiang Xue Za Zhi*, 2017, 27(12):2368-2370. Chinese.
- [12] Dias IR, Camassa JA, Bordelo JA, et al. Preclinical and translational studies in small ruminants (sheep and goat) as models for osteoporosis research[J]. *Curr Osteoporosis Rep*, 2018, 16(2):182-197.
- [13] 曹磊, 吴慧钊, 韩殊曼, 等. 磁共振 T1WI 信号强度评分与老年女性椎体骨质疏松的关系[J]. *河北医药*, 2019, 41(12):1879-1881.
CAO L, WU HZ, HAN SM, et al. The relationship between magnetic resonance T1WI signal intensity score and vertebral osteoporotic in elderly women[J]. *He Bei Yi Yao*, 2019, 41(12):1879-1881. Chinese.
- [14] 左后东, 张小明, 敬宗林, 等. 扩散峰度成像在评价强直性脊柱炎骶髂关节病变炎性活动中的价值[J]. *磁共振成像*, 2018, 9(6):427-432.
ZUO HD, ZHANG XM, JING ZL, et al. The value of diffusion kurtosis imaging in the inflammatory activity evaluation of sacroiliac joints lesions in ankylosing spondylitis[J]. *Ci Gong Zhen Cheng Xiang*, 2018, 9(6):427-432. Chinese.
- [15] 何杰, 方浩, 李晓娜, 等. 腰椎 MR 扩散加权成像对骨质疏松的定量诊断价值[J]. *临床放射学杂志*, 2015, 34(5):95-99.
HE J, FANG H, LI XN, et al. The clinical value of MR diffusion-weighted imaging in quantitatively evaluating osteoporosis of lumbar spine[J]. *Lin Chuang Fang She Xue Za Zhi*, 2015, 34(5):95-99. Chinese.
- [16] Zhu J, Zhang L, Wu X, et al. Reduction of longitudinal vertebral blood perfusion and its likely causes: a quantitative dynamic contrast-enhanced MR imaging study of a rat osteoporosis model[J]. *Radiology*, 2017, 282(2):369-380.
- [17] 彭海洲, 张孜君, 赵文, 等. 核磁共振成像影像测量表观扩散系数、信号强度比值与骨质疏松腰椎疾病发生发展的关系[J]. *中国医学物理学杂志*, 2019, 36(6):689-692.
PENG HZ, ZHANG ZJ, ZHAO W, et al. Relationship between the MRI measurements of apparent diffusion coefficient and signal intensity ratio and the development of osteoporotic lumbar vertebrae[J]. *Zhongguo Yi Xue Wu Li Xue Za Zhi*, 2019, 36(6):689-692. Chinese.
- [18] Guenoun D, Fouré A, Pithioux M, et al. Correlative analysis of vertebral trabecular bone microarchitecture and mechanical properties: a combined ultra-high field (7 tesla) MRI and biomechanical investigation[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(20):E1165-E1172.

(收稿日期:2020-10-19 本文编辑:王宏)