

论 著

扩散加权成像ADC值在滑膜炎诊断及分级中的应用*

1.南京医科大学鼓楼临床医学院医学影像科 (江苏南京 210008)

2.南京医科大学鼓楼临床医学院风湿免疫科 (江苏南京 210008)

刘开放¹ 孟婕¹ 周楠¹
赵成² 魏禹² 何健¹
孙凌云² 周正扬^{1,*}

【摘要】目的 探讨磁共振扩散加权成像(DWI)表观扩散系数(ADC)值在滑膜炎的诊断及分级中的应用。方法 前瞻性纳入29例确诊或者疑似类风湿关节炎的患者;所有患者均行手腕关节DWI及增强磁共振扫描,分析可疑滑膜炎或积液的平均ADC值及最小ADC值;按照强化程度将病灶分为0、1、2和3分,分别代表积液、轻度滑膜炎、中度滑膜炎和重度滑膜炎。Spearman检验用于相关性分析,受试者工作特征(ROC)曲线用于分析诊断效能。结果 评分0组ADC值(包括平均ADC值和最小ADC值)大于评分(1~3)组ADC值,差异均具有统计学意义(P 均 <0.001);平均ADC值和最小ADC值与滑膜炎强化程度呈显著负相关($r=-0.740$, $P<0.001$; $r=-0.549$, $P<0.001$);ROC分析结果显示在鉴别评分0组与评分(1~3)组时,平均ADC值的敏感性、特异性及AUC值分别为84.9%、92.5%和0.939。结论 扩散加权成像ADC值在滑膜炎的诊断及分级中具有一定潜力,有望在类风湿关节炎的早期诊断及治疗评估中提供有用信息。

【关键词】滑膜炎;类风湿性关节炎;磁共振成像;扩散加权成像

【中国分类号】R593.22; R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】中国国家自然科学基金项目(81871410、81671751)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.04.047

The Application of Apparent Diffusion Coefficient Values Derived from Diffusion-Weighted Imaging in the Diagnosis and Grading of Synovitis*

LIU Kai-fang¹, MENG Jie¹, ZHOU Nan¹, ZHAO Cheng², WEI Yu², HE Jian¹, SUN Ling-yun², ZHOU Zheng-yang^{1,*}

1.Department of Medical Imaging, Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing, 210008, Jiangsu Province, China

2.Department of Rheumatology, Nanjing Drum Tower Hospital Clinical College of Nanjing Medical University, Nanjing, 210008, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application of apparent diffusion coefficient (ADC) values derived from diffusion-weighted imaging (DWI) for diagnosing and grading synovitis. **Methods** A total of 29 patients confirmed or suspected rheumatoid arthritis (RA) were prospectively enrolled. All patients underwent DWI and contrast enhanced magnetic resonance imaging of the wrist joint. Mean ADC values and minimum ADC values of suspected synovitis or joint effusion were analyzed. According to the degree of enhancement, the lesions were divided into score 0, score 1, score 2, and score 3, representing joint effusion, mild synovitis, moderate synovitis and severe synovitis, respectively. The Spearman correlation test was used to evaluate the correlation. The diagnostic performance was analyzed with receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results** The mean and minimum ADC values of score 0 were significantly higher than those of score (1~3) (all $P<0.001$). The degree of enhancement of synovitis were negatively correlated with the mean ADC values ($r=-0.740$, $P<0.001$) and minimum ADC values ($r=-0.549$, $P<0.001$) significantly. ROC curve analysis showed that the sensitivity, specificity and AUC of the mean ADC values were 84.9%, 92.5%, and 0.939, respectively, for differentiating score (1~3) from score 0. **Conclusion** ADC values derived from DWI may be potential for diagnosing and grading synovitis, and is expected to provide useful information in the early diagnosis of RA and the evaluation of treatment response.

Keywords: Synovitis; Rheumatoid Arthritis; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-Weighted Imaging

滑膜炎被认为是类风湿关节炎(rheumatoid arthritis, RA)的病理核心,通常在疾病早期出现^[1]。如果滑膜炎没有被阻止,滑膜细胞增殖,滑膜血管翳会损害软骨和骨骼等组织^[2]。因此,滑膜炎的诊断和分级对于RA患者的诊疗有十分重要的意义。对比增强磁共振成像被认为是评价滑膜炎的“金标准”,但是因为需要注射造影剂,可能会导致一些不良反应^[3]。磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是一种无创、无需使用对比剂的磁共振功能成像技术,可以通过表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值定量地反映水分子的扩散程度^[4]。本研究旨在探讨DWI-ADC值在滑膜炎的诊断及分级中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 病例资料 前瞻性收集2018年10月至2019年10月间,确诊或者疑似RA的患者29例。本研究最终入组29例患者,其中男2例,女27例,年龄19~63岁,平均年龄(44±13)岁。本研究经医学伦理审查委员会审查批准,受试者均签署知情同意书。

纳入标准:初次发病,至少有1个关节肿痛、无其他疾病可以解释;临床确诊或者疑似类风湿关节炎受试者(诊断标准为2010美国风湿病学会与欧洲抗风湿病联盟(ACR-EULAR)共同制定的RA新分类标准评分);首次就诊行MRI检查(包含DWI序列);临床资料完整,包括患者性别、年龄、身高及相关免疫组化信息。

排除标准:有肾功能不全或有造影剂过敏史者;有MRI检查禁忌证的受试者(如幽闭恐惧症、心脏起搏器或金属植入物等)或怀孕的受试者;急性创伤受试者。

【第一作者】刘开放,男,主要研究方向:医学影像诊断。E-mail: 2942102819@qq.com

【通讯作者】周正扬,男,主任医师,主要研究方向:医学影像诊断。E-mail: zyzhou@nju.edu.cn

1.2 检查方法 MRI检查使用3.0T MR扫描仪(Ingenia 3.0 T; Philips Medical Systems, Best, The Netherlands)进行,使用膝关节线圈覆盖惯用或疼痛的单个手腕。患者采取俯卧位,头先进。扫描参数:冠状位T₂WI-SPAIR序列,TR为3280ms,TE为80ms,视野150mm×240mm,矩阵252×327,层厚为2mm,层间距为0.2mm,激励次数1;冠状位DWI序列,TR为4000ms,TE为51ms,视野为150mm×244mm,矩阵为64×101,层厚为3mm,层间距0.3mm,激励次数2;b值分别为0、800s/mm²;冠状位T₁WI增强MR序列,TR为4.8ms,TE为2.3ms,视野为240mm×152mm,矩阵为152×208,层厚6mm,层间距3mm,激励次数2;以3.0mL/s的速度注射造影剂(0.2mg/kg, gadodiamide; GE Healthcare Ireland, Shanghai, China),随后高压注射器(Medrad Spectris Solaris EP MR Injector System, Indianola, Pa)注射15mL生理盐水。

1.3 图像分析 所有的DWI原始图像都传输到飞利浦后处理工作站,自动生成相应ADC图;评价部位包括尺桡骨远侧关节、桡腕关节、腕骨间关节、第1~5腕掌关节、第1~5掌指关节、第1~5近端指间关节。勾画方式:参照T₂W-SPAIR序列,在ADC图上采用多边形的感兴趣区(regions of interest, ROI),分别由两位分别具有3和7年肌骨MR诊断经验影像科医生独立测量每例病灶图像的ADC值(包括平均ADC值和最小

ADC值),2位医生仅知道病灶位置,不知道病灶的强化程度。病灶(可疑的滑膜炎或者积液)的强化程度由另一位具有15年肌骨MR诊断经验影像科医生进行评分,评分标准为修改过的RAMRIS(RA-MRI-Scoring)评分系统;按照强化程度将病灶分为0、1、2和3分,分别代表积液(无强化)、轻度滑膜炎(轻度强化)、中度滑膜炎(中度强化)和重度滑膜炎(重度强化)。1~3分代表滑膜炎(强化)。最终的ADC值结果采用两位医生测量值的平均值,2位医生的结果用于观察者间一致性分析。

1.4 统计分析 采用SPSS 22.0和MedCalc 15.2软件进行统计学分析。对变量首先进行正态性检验,如果符合正态分布,以($\bar{x} \pm s$)表示;评分0组和评分(1~3)组两组之间的ADC值(包括平均和最小ADC值)采用独立样本t检验(评分0组vs.评分1~3组);用 χ^2 分析(ANOVA)进行不同强化程度间的ADC值(包括平均和最小ADC值)分析(评分0组、评分1组、评分2组和评分3组;四组间比较采用ANOVA),两两比较采用Bonferroni法(评分0组vs.评分1组,评分0组vs.评分2组,评分0组vs.评分3组,评分1组vs.评分2组,评分1组vs.评分3组,评分2组vs.评分3组);Spearman检验用于分析ADC值与不同强化程度之间的相关性;用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线和ROC曲线下面积(area under the ROC curve, AUC)分析扩散加权成像ADC值的诊断效能,另外使用DeLong检验比较平均ADC值和最小ADC值的AUC。组内

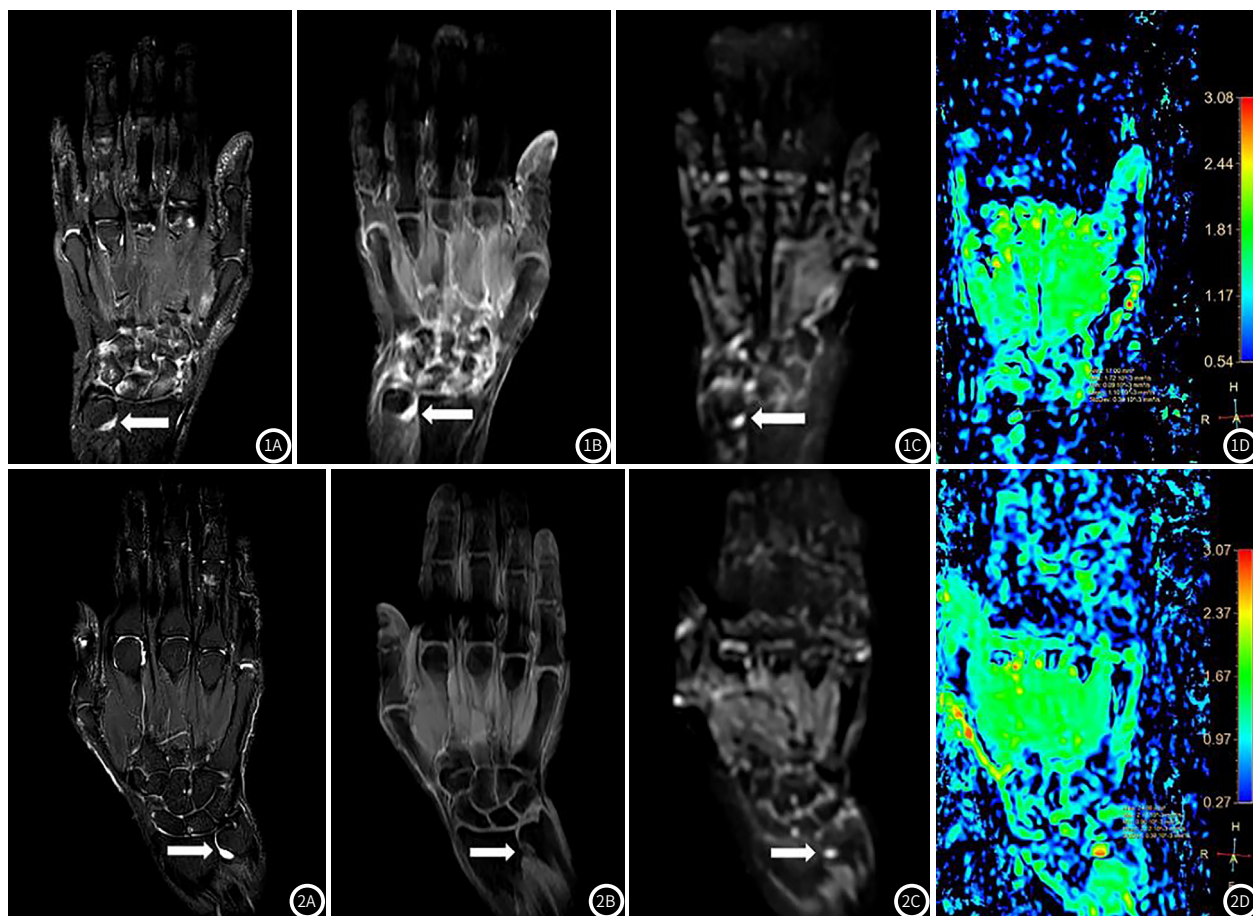


图1 典型滑膜炎;患者女性,58岁,临床确诊类风湿关节炎。图1A-1D,分别是T₂W-SPAIR、增强磁共振、DWI(b=800s/mm²)和ADC图。尺桡关节病灶表现为T₂W-SPAIR高信号(白色箭头),增强扫描明显强化,代表病灶为滑膜炎(白色箭头),DWI表现为高信号(白色箭头),ADC图测得病灶平均和最小ADC值分别为 1.10×10^{-3} 、 0.09×10^{-3} mm²/s。**图2** 典型积液。患者女性,56岁,临床疑似类风湿关节炎。图2A-2D分别是T₂W-SPAIR、增强磁共振、DWI(b=800s/mm²)和ADC图。尺桡关节病灶表现为T₂W-SPAIR高信号(白色箭头),增强扫描无强化,代表病灶为积液(白色箭头),DWI表现为高信号(白色箭头),ADC图测得病灶平均和最小ADC值分别为 2.12×10^{-3} 、 0.90×10^{-3} mm²/s。

相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)用于一致性分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 评分结果 29例患者一共发现有173个关节存在可疑滑膜炎或积液病灶,在这些病灶进行勾画感兴趣区(ROI),ROI的平均面积为 16.2mm^2 (范围: $10.0\sim 36.5\text{mm}^2$),其中0分(67个),1分(41个),2分(21个)及3分(44个);典型病灶如图1和图2所示。

2.2 ADC值在积液和滑膜炎中的差异 评分0组的平均ADC值和最小ADC值均高于评分1~3组,差异有统计学差异[平均ADC值: $(1.93\pm 0.21)\times 10^{-3}\text{vs.}(1.49\pm 0.21)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$,

$t=13.40, P<0.001$;最小ADC值: $(1.34\pm 0.26)\times 10^{-3}\text{vs.}(1.02\pm 0.32)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$, $t=6.87, P<0.001$]。

2.3 ADC值在不同强化程度滑膜炎中的差异 ANOVA分析显示不同强化程度滑膜炎间的ADC值(包括平均和最小ADC值)差异具有统计学意义(评分0组、评分1组、评分2组和评分3组;四组间比较 $P<0.001$);两两比较结果显示,ADC值(平均和最小ADC值)在大部分评分组别中有显著性差异(评分0组vs.评分1组,评分0组vs.评分2组,评分0组vs.评分3组,评分1组vs.评分3组,评分2组vs.评分3组; $P<0.05$);在区分评分1组与评分2组时,平均ADC值和最小ADC值没有显著性差异($P=0.811, 1.00$),见表1。

表1 不同强化程度滑膜炎的平均和最小ADC值

参数	0分(67个)	1分(41个)	2分(21个)	3分(44个)
平均ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	1.93 ± 0.21	1.61 ± 0.15	1.53 ± 0.04	1.37 ± 0.24
最小ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	1.34 ± 0.26	1.15 ± 0.30	1.10 ± 0.16	0.86 ± 0.35

2.4 ADC值与不同强化程度评分滑膜炎的相关性 由图3可知,平均ADC值、最小ADC值与强化程度评分有显著负相关($r=-0.740, P<0.001$; $r=-0.549, P<0.001$)。

2.5 ADC值诊断不同强化程度滑膜炎的ROC曲线分析 ROC曲线分析结果显示,在鉴别不同强化程度滑膜炎时平均ADC值的AUC均大于最小ADC值的AUC(表2);鉴别滑膜炎(评分1~3

组)和积液(评分0组)时,平均ADC值的敏感性、特异性、准确性及AUC值为84.9%、92.5%、88.4%和0.939,最小ADC值的敏感性、特异性、准确性及AUC值为63.2%、85.1%、71.7%和0.798(图4),平均ADC值的AUC大于最小ADC值的AUC,二者差异具有统计学意义($P<0.001$)。

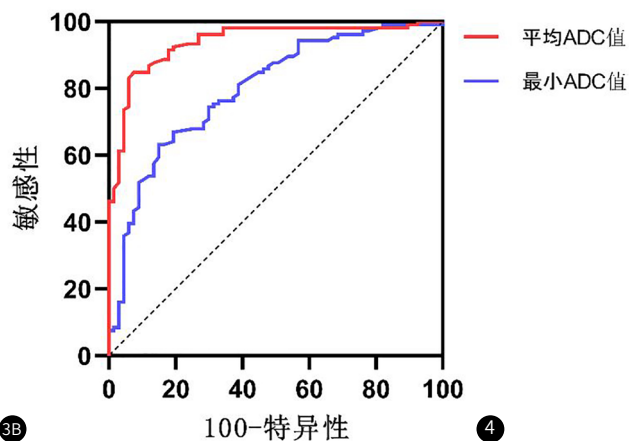
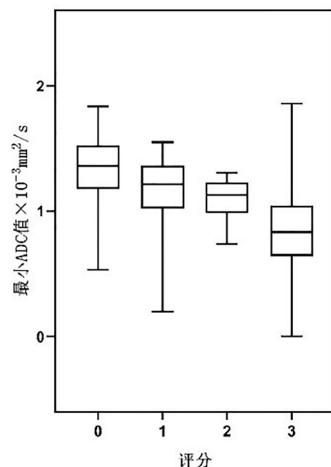
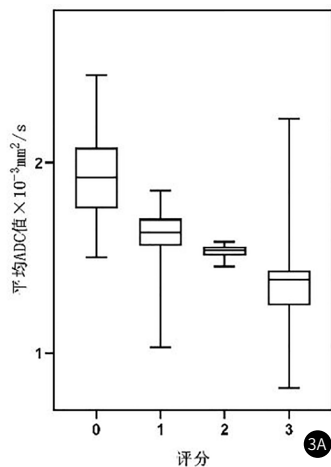


图3 不同强化程度评分滑膜炎与平均ADC值和最小ADC值的相关性。图4 ROC曲线分析显示在鉴别滑膜炎和积液时,平均ADC值和最小ADC值的AUC值分别为0.939和0.798。

2.6 一致性分析 平均ADC值的观察者间的ICC(95%置信区间)为0.967(0.956~0.975);最小ADC值的观察者间的ICC(95%置信区间)为0.810(0.752~0.856)。

3 讨论

DWI是反映水分子在生物组织扩散运动的功能成像技术,它可以通过ADC值定量反映水分子扩散的快慢;DWI信号强度取决于水分子扩散受限程度,ADC值可以量化自由水在生物组织中的运动,直接反映水生物组织的微观结构和功能变化。平均ADC值代表的是病灶内水分子的平均扩散状态,最小ADC值代表的是病灶内的水分子最小扩散状态^[5]。DWI成像技术不需要造影剂,是临床常用的功能成像,在肿瘤的诊断、分级及预

后评估等方面均有广泛应用^[6-7]。

滑膜炎的早期诊断与治疗可以显著改善RA患者的长期预后,对于临床十分重要。然而,目前滑膜炎的磁共振成像,主要依赖于静脉注射含钆造影剂的增强磁共振成像,但是有一部分患者,由于存在过敏反应或者肾功能损伤病史,不能或者不愿意接受静脉造影剂注射,所以需要一种不使用造影剂的磁共振技术用于滑膜炎成像。Li等^[8]研究发现,DWI在滑膜炎诊断中表现良好,可以代替增强磁共振用于滑膜炎成像。先前的一些研究报道,ADC可以作为炎症的成像指标^[9],ADC值可以通过量化滑膜炎的微结构的变化提示炎症。滑膜炎发生时,滑膜衬里增生,炎性细胞浸润明显导致细胞外空间缩小,限制了水分子扩散,并且由于大量小血管形成,对水分子的吸附作用变

表2 ADC值鉴别不同强化程度滑膜炎的ROC曲线分析

分组	参数	截止值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	敏感性(%)	特异性(%)	准确性(%)	AUC	P
0 vs. 1	平均ADC值	1.775	97.6	73.1	82.4	0.908	<0.001
	最小ADC值	1.400	92.7	43.3	62.0	0.700	<0.001
0 vs. 2	平均ADC值	1.585	100.0	95.5	96.6	0.974	<0.001
	最小ADC值	1.305	100.0	55.2	68.2	0.814	<0.001
0 vs. 3	平均ADC值	1.495	90.9	100.0	96.4	0.950	<0.001
	最小ADC值	1.095	81.8	89.6	87.4	0.881	<0.001
1 vs. 2	平均ADC值	1.585	100.0	63.4	75.8	0.807	<0.001
	最小ADC值	1.305	100.0	31.7	54.8	0.623	0.082
1 vs. 3	平均ADC值	1.485	88.6	90.2	89.4	0.866	<0.001
	最小ADC值	1.095	81.8	70.7	76.5	0.780	<0.001
2 vs. 3	平均ADC值	1.445	84.1	100.0	89.2	0.911	<0.001
	最小ADC值	0.845	52.3	95.2	66.2	0.775	<0.001
0 vs. 1~3	平均ADC值	1.655	84.9	92.5	88.4	0.939	<0.001
	最小ADC值	1.150	63.2	85.1	71.7	0.798	<0.001

强,也限制了水分子的扩散,并且随着滑膜炎程度增加,扩散受限程度增加。在积液中的水分子比滑膜中的水分子运动更自由,扩散受限程度小。水分子扩散受限程度越大,DWI信号越高,相应的ADC值越低。

本研究结果显示,滑膜炎的平均和最小ADC值均低于积液,差异具有统计学意义($P<0.05$),这之前的一些研究结果一致^[10-11]。可能是由于炎症细胞增生及大量微血管形成,阻碍了水分子的扩散运动,导致滑膜炎扩散受限。以往关于滑膜炎的研究大部分是基于平均ADC值。Barendregt等^[12]在膝关节滑膜炎的研究中,滑膜炎ADC值为 $1.49 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$,这与我们的结果($1.49 \pm 0.21 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)几乎一致;然而Neubauer等^[10]的研究结果显示,滑膜炎ADC值为 $2.12 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$,高于我们的研究结果,Barendregt等^[12]认为导致这种差异的原因,可能是由于使用了不同的b值($50、600\text{s}/\text{mm}^2$ vs. $0\sim 50、800\sim 1000\text{s}/\text{mm}^2$)。另外Neubauer等^[10]在研究中使用了1.5和3.0两种MRI仪器。在另外一项研究中^[11],滑膜炎ADC值为 $1.92 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$,高于本研究结果,但是该研究仅仅是基于8个感兴趣区(ROI)得出的结果,本研究中ROI为173个。在不同的研究中,不同的研究人群、不同的硬件和软件设置以及感兴趣区域的勾画等因素都可能引起定量参数的变化。Li等^[8]研究结果显示,b=800s/mm²时DWI图像表现出较好的诊断效能,因此本研究b值取0、800s/mm²。

本研究相关性分析显示,平均ADC值、最小ADC值与强化程度呈显著负相关($r=-0.740, P<0.001$; $r=-0.549, P<0.001$),这和先前的一些研究结果相符^[13-14]。在先前的大部分研究中,因为临床实践困难或因为伦理原因,未获得患者组织学结果。陈悦熙等^[15]研究表明,扩散加权成像的ADC值与滑膜炎的病理评分呈负相关,并且滑膜炎病理评分为3分的ADC值为1.425,这与本研究结果非常相近,陈悦熙等^[15]认为滑膜炎的评分越高、ADC值越低的原因是因为炎性细胞增生及微血管增多,水分子的运动受到限制。本研究结果显示,ADC值(包括平均和最小ADC值)在两两比较中,在大部分组别中均有统计学差异(评分0组vs.评分1组,评分0组vs.评分2组,评分0

组vs.评分3组,评分1组vs.评分3组,评分2组vs.评分3组, P 均 <0.05),ADC值在区分评分1组与评分2组时存在困难,这点在先前的报道中有过相似结果^[13],Barendregt等^[13]认为使用DWI和ADC图鉴别轻度滑膜炎存在很大挑战。

本研究结果显示,在区分不同的强化组别时(除评分1组vs.评分2组),平均和最小ADC值均有显著性差异($P<0.001$),并且平均ADC值与最小ADC值的AUC均大于或等于0.700,二者均表现出良好的诊断效能。在鉴别评分0组与评分1~3组时,平均ADC值的敏感性、特异性、准确性及AUC(84.9%、92.5%、88.4%、0.939),高于最小ADC值的敏感性、特异性、准确性及AUC(63.2%、85.1%、71.7%、0.798)。Li等^[8]发现DWI检测滑膜炎的敏感性、特异性分别为75.6%、89.3%,低于本研究结果,但是他们仅仅是用了DWI原始图像分析,并没有使用ADC值。Qu等^[3]的研究结果表明DWI联合ADC分别图鉴别滑膜炎的敏感性、特异性和AUC分别达到了91%、90%和0.974,敏感性大于本研究结果,特异性低于本研究结果,因为Qu等^[3]的研究未进行一致性分析,因此暂时不能进一步对比分析。本研究结果的ICC为0.810~0.967,显示出较好的一致性,另外本研究还进行了其他组的两两比较,平均ADC值与最小ADC值均显示出较好的诊断效能,在区分评分0组与评分1组时,平均ADC值与最小ADC值的AUC分别为0.908、0.700,轻度或者早期滑膜炎的诊断对临床也十分重要,ADC值对此可以提供一些有用的信息。

本研究的局限性:(1)由于临床实践困难,本研究缺乏组织病理学研究,没有获得滑膜炎的病理,但本研究结果与陈悦熙等^[15]的研究结果非常接近。(2)人为勾画ROI可能会有存在一定主观因素,但是本研究一致性分析显示,组内相关系数优异。

综上所述,扩散加权成像ADC值无创、无需使用对比剂,临床操作方便,期望能在早期RA病人临床不能明确诊断情况下,通过扩散加权成像的ADC值对滑膜炎进行诊断及分级,有望帮助临床用类风湿关节炎的早期诊断及治疗评估。

(参考文献下转第164页)

参考文献

- [1] Lee D M, Weinblatt M E. Rheumatoid arthritis [J]. Lancet, 2001, 358 (9285): 903-911.
- [2] Burke C J, Alizai H, Beltran L S, et al. MRI of synovitis and joint fluid [J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 49 (6): 1512-1527.
- [3] Qu J, Lei X, Zhan Y, et al. Assessing synovitis and bone erosion with apparent diffusion coefficient in early stage of rheumatoid arthritis [J]. J Comput Assist Tomogra, 2017, 41 (5): 833-838.
- [4] Jeromel M, Jevtić V, Serša I, et al. Quantification of synovitis in the cranio-cervical region: Dynamic contrast enhanced and diffusion weighted magnetic resonance imaging in early rheumatoid arthritis—a feasibility follow up study [J]. Eur J Radiol, 2012, 81 (11): 3412-3419.
- [5] 田士峰, 刘爱连, 李烨, 等. 矢状位DWI在子宫内膜癌分期与分级中的应用价值 [J]. 实用放射学杂志, 2016, 32 (5): 805-807.
- [6] 周华, 陈志坚. 扩散加权成像ADC值与肝细胞癌病理学特征及微血管侵犯的相关性研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (12): 90-93.
- [7] 吴海, 王畿林, 熊乐俊. ADC值在子宫内膜癌病理组织分级评估中的应用 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18 (9): 126-130.
- [8] Li X B, Liu X, Du X K, et al. Diffusion-weighted MR imaging for assessing synovitis of wrist and hand in patients with rheumatoid arthritis: A feasibility study [J]. Magn Reson Imaging, 2014, 32 (4): 350-353.
- [9] Sullivan D C, Obuchowski N A, Kessler L G, et al. Metrology Standards for Quantitative Imaging Biomarkers [J]. Radiology, 2015, 277 (3): 813-825.
- [10] Neubauer H, Evangelista L, Morbach H, et al. Diffusion-weighted MRI of bone marrow oedema, soft tissue oedema and synovitis in paediatric patients: feasibility and initial experience [J]. Pediatr Rheumatol Online J, 2012, 10 (1): 20.
- [11] Barendregt A M, Nusman C M, Hemke R, et al. Feasibility of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in patients with juvenile idiopathic arthritis on 1.0-T open-bore MRI [J]. Skeletal Radiol, 2015, 44 (12): 1805-1811.
- [12] Barendregt A M, van Gulik E C, Lavini C, et al. Diffusion-weighted imaging for assessment of synovial inflammation in juvenile idiopathic arthritis: a promising imaging biomarker as an alternative to gadolinium-based contrast agents [J]. Eur Radiol, 2017, 27 (11): 4889-4899.
- [13] Bareneght A M, Mazzoli V, van Gulik E C, et al. Juvenile idiopathic arthritis: Diffusion-weighted MRI in the assessment of arthritis in the knee [J]. Radiology, 2020, 295 (2): 373-380.
- [14] Fujimori M, Murakami K, Sugimori H, et al. Intravoxel incoherent motion MRI for discrimination of synovial proliferation in the hand arthritis: A prospective proof-of-concept study [J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 50 (4): 1199-1206.
- [15] 陈悦熙, 张芳, 沈君. 类风湿性关节炎手腕关节MRI弥散加权成像与滑膜病理相关性分析 [J]. 中华临床医师杂志 (电子版), 2012, 6 (22): 7270-7274.

(收稿日期: 2020-10-12)