

• 腹部影像学 •

# IVIM 对急性胰腺炎状态下脾脏功能的评估价值

刘翠兰, 黄小华, 吴杰, 徐红霞, 刘梦苓, 刘念

**【摘要】** 目的:探讨体素内不相干运动扩散加权成像(IVIM-DWI)对急性胰腺炎(AP)状态下脾脏功能的评估价值。方法:选取本院 2015 年 11 月—2016 年 3 月 AP 患者 57 例(实验组)和正常健康者 19 例(对照组),两组均进行上腹部常规 MRI 及多 b 值 DWI,并行图像后处理。两名医师分别观察并在两组脾脏相对固定兴趣区多点测量双指数模型各参数值:slowADC<sub>mono</sub>、fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub>、slow-ADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>、FfADC<sub>bi</sub>。采用组内相关系数(ICC)评价两名医师测量结果的一致性;组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验,差异有统计学意义的参数值行受试者操作特征曲线(ROC),计算出曲线下面积(AUC),分析诊断最佳阈值、敏感度及特异度。结果:两名医师间各参数值具有一致性(ICC 为 0.557~0.952);两组间 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 参数值差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ ),fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>bi</sub> 差异均没有统计学意义( $P > 0.05$ )。slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 的 AUC 分别为 0.684、0.656 和 0.655 mm<sup>2</sup>,诊断最佳阈值分别为  $0.596 \times 10^{-3}$ 、 $0.537 \times 10^{-3}$  和  $20.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ;敏感度分别为 92.98%、70.18% 和 47.37%;特异度分别为 42.11%、63.16% 和 84.21%。结论:急性胰腺炎可导致脾脏功能代谢变化,其双指数扩散模型参数 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 值有助于脾脏功能的早期定量分析,具有一定的诊断效能。

**【关键词】** 扩散加权成像; 体素内不相干运动; 胰腺炎, 急性; 脾脏

**【中图分类号】** R445.2; R576 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)11-1167-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.11.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Assessment of spleen dysfunction in acute pancreatitis based on IVIM-DWI imaging characteristics** LIU Cui-lan, HUANG Xiao-hua, WU Jie, et al. Department of Radiology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Sichuan 637000, China

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the diagnostic value of intravoxel incoherent motion DWI (IVIM-DWI) for spleen dysfunction in acute pancreatitis (AP). **Methods:** 57 patients with AP (the experimental group) and 19 healthy volunteers (the control group) were selected in our hospital. The two groups underwent conventional abdominal MRI and multi-b value DWI, and the images were post-processed. Two experienced radiologists observed regions of interest (ROI) of spleen in the two groups and conducted multipoint measurement to the apparent diffusion coefficient (ADC) values of the biexponential model: slowADC<sub>mono</sub>, fastADC<sub>mono</sub>, FfADC<sub>mono</sub>, slowADC<sub>bi</sub>, fastADC<sub>bi</sub> and FfADC<sub>bi</sub>. Inter-observers agreement between the two radiologists was calculated by intra-class correlation coefficient (ICC). The rank Wilcoxon test was adopted between groups. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was used to analyze the parameters value with statistical differences, the area under the curve (AUC)、ADC value threshold、sensitivity and specificity were calculated. **Results:** The values of the parameters between the two radiologists were consistent with ICC from 0.557 to 0.952. There were significant differences in slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub> and fastADC<sub>bi</sub> between the experimental group and the control group ( $P < 0.05$ ), but no significant difference was found in fastADC<sub>mono</sub>, FfADC<sub>mono</sub> and FfADC<sub>bi</sub> ( $P > 0.05$ ). The AUC of slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> was 0.684, 0.656 and 0.655 mm<sup>2</sup>, respectively, the ADC value threshold was  $0.596 \times 10^{-3}$ ,  $0.537 \times 10^{-3}$  and  $20.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ; sensitivity and specificity were 92.98%, 70.18% and 47.37%; specificity was 42.11%, 63.16% and 84.21%. **Conclusion:** Acute pancreatitis can cause functional metabolic changes in the spleen, its biexponential diffusion model parameters slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> values are helpful for early quantitative analysis of spleen function, have certain diagnostic performance.

**作者单位:** 637000 四川,川北医学院附属医院放射科(刘翠兰、黄小华、徐红霞、刘梦苓、刘念);236000 安徽,阜阳肿瘤医院放射科(刘翠兰);637000 四川,南充市中心医院放射科(吴杰)

**作者简介:** 刘翠兰(1984—),女,安徽太和人,硕士研究生,主要从事 MRI/CT 新技术在临床的应用及图像后处理工作。

**通讯作者:** 黄小华,E-mail:15082797553@163.com

**基金项目:** 四川省教育厅基金项目(16ZA0228)

$10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , respectively, the sensitivity was 92.98%, 70.18% and 47.37%, respectively; the specificity was 42.11%, 63.16% and 84.21%, respectively. **Conclusion:** Acute pancreatitis can lead to changes in the functional metabolism of the spleen. The parameters ( $\text{slowADC}_{\text{mono}}$ ,  $\text{slowADC}_{\text{bi}}$  and  $\text{fastADC}_{\text{bi}}$ ) of IVIM-DWI in spleen are helpful to the quantitative analysis of early change and have certain diagnostic efficacy.

**【Key words】** Diffusion weighted imaging; Intravoxel incoherent motion; Pancreatitis, acute; Spleen

急性胰腺炎(acute pancreatitis, AP)时,大量的胰酶被腹膜吸收,血液中淀粉酶和脂肪酶迅速升高。胰酶升高,势必导致多器官损害甚至功能不全<sup>[1-3]</sup>。目前,评价多脏器损害的方法多局限于影像形态学和生化指标的变化,一旦评定,治疗效果较差,因此早期评估AP状态下多脏器功能代谢的变化尤为重要。随着影像技术的进展,多b值多模态扩散加权成像(diffusion weighted imaging,DWI)已广泛应用于活体组织内生理、病理及代谢信息变化的评估,但文献多报道器官疾病本身或基于高斯分布模型的研究,少有疾患脏器外的非高斯分布研究。为此,本文采用非高斯分布的双指数扩散加权模型体质内不相干运动(intravoxel incoherent motion,IVIM)评估AP状态下脾脏功能代谢的早期变化,并探讨其参数值的诊断效能。

## 材料与方法

### 1. 一般资料

前瞻性按纳入和排除标准随机搜集本院2015年11月—2016年9月AP患者(实验组)57例,男30例,女27例,年龄23~78岁,平均(48±16)岁;正常胰腺组(对照组)19例,男11例,女8例,年龄18~69岁,平均(48±14)岁。根据MRSI评分标准,AP患者中轻症胰腺炎17例,中症胰腺炎32例,重症胰腺炎8例。

AP诊断标准:①典型上腹部疼痛,伴有恶心、呕吐及发热等;②血清淀粉酶和脂肪酶水平值升高正常值3倍以上,排除其它原因引起酶的升高;③相关影像学检查提示胰腺有或无形态学改变;④排除其它的急腹症。

纳入标准:①初次发病;②无MRI扫描禁忌证,发病与MRI检查间隔时间在72 h之内;③脾脏DWI图像显示清晰,无明显呼吸伪影及噪声干扰,可用于诊断。排除标准:①金属异物等干扰上腹部成像者;②临床症状较重难以配合检查者、图像质量较差难以进行测量者、临床资料不全者;③合并肝硬化门静脉高压者;④脾脏增大、脾脏肿瘤、血液系统疾患等脾脏疾病史。

### 2. 检查方法

采用GE Discovery 750 3.0T扫描仪(最大梯度场强度为50 mT/m,最大梯度场切换率为200 mT/m/s)及32通道体部专用相控阵线圈。受试者扫描前禁食6 h,扫描时取仰卧位,嘱受试者做平静呼吸并尽量保持呼吸频率及幅度一致。检查前签署知情同意书。

行常规MRI序列: $T_1$ WI、 $T_2$ WI、LAVA三期动态增强扫描。DWI采用横轴面单次激发自旋平面回波扩散加权成像(SS,EPI,DWI),采取14个b值设定(0,25,50,75,100,150,200,400,600,800,1000,1200,1500,2000 s/mm<sup>2</sup>);TE选择Min TE 61~64.9 ms;TR 3333~5000 ms;带宽+250 kHz;在三个方向上施加扩散梯度;b值为25~100 s/mm<sup>2</sup>,激励次数4;b值为150~800 s/mm<sup>2</sup>,激励次数1;b值为1000~1200 s/mm<sup>2</sup>,激励次数3;b=1500~2000,激励次数4;视野36 cm×36 cm~40 cm×40 cm,PHASE视野0.8~0.9;矩阵192×192,重建矩阵256×256;层厚5 mm;间距1 mm;扫描层数24层;扫描方式为呼吸触发连续扫描。扫描范围为上腹部。

### 3. 图像后处理和数据测量

将多b值DWI扫描图像上传至GE Advantage Workstation 4.5工作站,选择Function Tool中MADC软件对其进行图像后处理,用阈值法去除周围的脂肪、骨、气体等组织影像,自动生成相应的 $\text{slowADC}_{\text{mono}}$ (单侧慢速水分子扩散ADC)、 $\text{fastADC}_{\text{mono}}$ (单侧快速相关血流灌注ADC)、 $\text{FfADC}_{\text{mono}}$ (单侧快速相关血流灌注ADC分数)、 $\text{slowADC}_{\text{bi}}$ (双侧慢速水分子扩散ADC)、 $\text{fastADC}_{\text{bi}}$ (双侧快速相关血流灌注ADC)、 $\text{FfADC}_{\text{bi}}$ (双侧快速相关血流灌注ADC分数)。选取脾脏的最大观察层面图像进行多点测量,脾脏的上、下极以及中间区域各放置大小一致的兴趣区(ROI)。ROI设置时需避开边缘、邻近血管、胃肠道蠕动伪影。ROI放置由甲、乙两名从事腹部MRI诊断五年以上的医师完成,并分别多点测量2次,最后结果取平均值。

### 4. 统计学方法

采用SPSS 13.0和Medcalc软件进行统计学分析。偏态分布以中位数±四分位间距(M±Q)表示。数据的正态性检验用Kolmogorov-Smirnov方法检

验;采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)对两名观察者间数据的一致性进行检验。数据符合正态分布的资料采用独立样本 *t* 检验,不符合正态分布的资料采用秩和检验。本实验的数据符合偏态分布,脾脏的各参数值 slowADC<sub>mono</sub>、fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>、FfADC<sub>bi</sub> 的比较采用 Wilcoxon 两样本秩和检验。有统计学差异的参数值绘制受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线并分析其诊断效能以及诊断效能的差异,计算曲线下面积(area under curve, AUC),分

析各参数指标的诊断阈值、敏感度和特异度。

## 结 果

两名医师测量实验组和对照组脾脏双指数模型各参数值(slowADC<sub>mono</sub>、fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>、FfADC<sub>bi</sub>)的 ICC 分析结果见表 1。

实验组和对照组脾脏双指数模型 DWI 及伪彩图见图 1、2。两组双指数模型脾脏的参数 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>bi</sub> 值均呈偏态分布,采用秩和检验分析,以中位

表 1 两名医师所测两组脾脏双指数模型各参数值的一致性比较

分组	slowADC <sub>mono</sub>	fastADC <sub>mono</sub>	FfADC <sub>mono</sub>	slowADC <sub>bi</sub>	fastADC <sub>bi</sub>	FfADC <sub>bi</sub>
<b>对照组</b>						
ICC	0.783	0.561	0.934	0.952	0.557	0.825
95%CI	0.533~0.910	0.056~0.817	0.859~0.973	0.874~0.981	0.047~0.816	0.624~0.927
<b>实验组</b>						
ICC	0.758	0.621	0.921	0.951	0.651	0.849
95%CI	0.588~0.857	0.411~0.764	0.878~0.951	0.916~0.971	0.459~0.783	0.766~0.906

表 2 两组双指数模型脾脏各参数 ADC 值比较

参数	正常组	实验组	Z 值	P 值	
slowADC <sub>mono</sub> ( $10^{-3}$ mm $^2$ /s)	M±Q T/N	0.527±0.253 49.00	0.451±0.162 35.00	-2.393	0.017
fastADC <sub>mono</sub> ( $10^{-3}$ mm $^2$ /s)	M±Q T/N	10.01±79.69 38.79	11.95±10.98 38.40	-0.066	0.947
FfADC <sub>mono</sub>	M±Q T/N	0.184±0.211 32.05	0.239±0.139 40.65	-1.470	0.142
slowADC <sub>bi</sub> ( $10^{-3}$ mm $^2$ /s)	M±Q T/N	0.571±0.697 47.3935.54	0.467±0.186	-2.027	0.043
FastADC <sub>bi</sub> ( $10^{-3}$ mm $^2$ /s)	M±Q T/N	32.50±75.00 47.32	23.90±36.90 35.56	-2.009	0.045
FfADC <sub>bi</sub>	M±Q T/N	0.205±0.149 34.11	0.239±0.141 39.96	-1.002	0.317

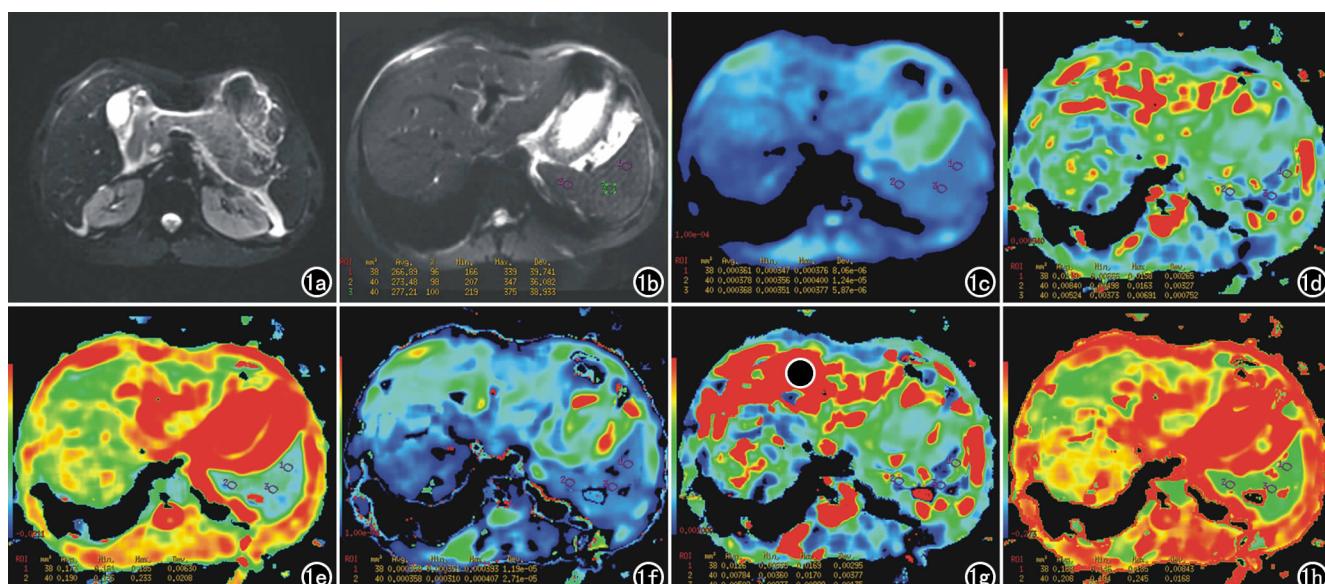


图 1 实验组脾脏双指数模型 DWI 及伪彩图。男,50岁,急性胰腺炎。a) DWI 图; b) 脾脏 DWI 图;c) slowADC<sub>mono</sub> 伪彩图;d) fastADC<sub>mono</sub> 伪彩图; e) FfADC<sub>mono</sub> 伪彩图; f) slowADC<sub>bi</sub> 伪彩图; g) fastADC<sub>bi</sub> 伪彩图; h) FfADC<sub>bi</sub> 伪彩图。

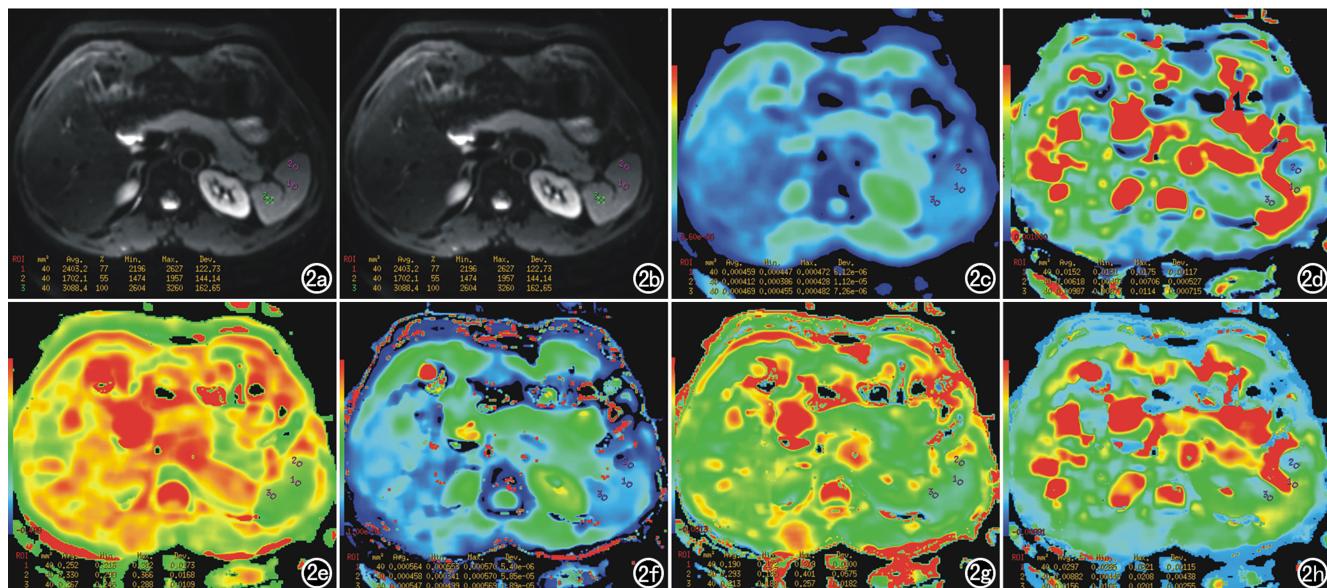


图2 对照组脾脏双指数模型DWI及伪彩图。女,54岁,正常健康志愿者。a) DWI图; b) 脾脏的DWI图;c) slowADC<sub>mono</sub>伪彩图;d) fastADC<sub>mono</sub>伪彩图;e) FfADC<sub>mono</sub>伪彩图;f) slowADC<sub>bi</sub>伪彩图;g) fastADC<sub>bi</sub>伪彩图;h) FfADC<sub>bi</sub>伪彩图。

数土四分位间距( $M \pm Q$ )表示,平均秩次T/N比较大小(表2)。两组间 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>值差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ ),实验组脾脏的 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>的平均秩次较对照组均略小,因此实验组三个参数ADC值均比正常对照组有所降低;实验组 fastADC<sub>mono</sub>值较对照组偏小,而 FfADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>bi</sub>值较对照组偏大,但两组 fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>bi</sub>值差异均不具有统计学意义( $P > 0.05$ )。

对 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>分别绘制ROC曲线(图3),计算AUC、诊断最佳阈值、敏感度及特异度(表3)。slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>的AUC分别为0.684、0.656和0.655 mm<sup>2</sup>,诊断最佳阈值分别为 $0.596 \times 10^{-3}$ 、 $0.537 \times 10^{-3}$ 和 $20.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,敏感度分别为92.98%、70.18%和47.37%;特异度分别为42.11%、63.16%和84.21%(表4)。

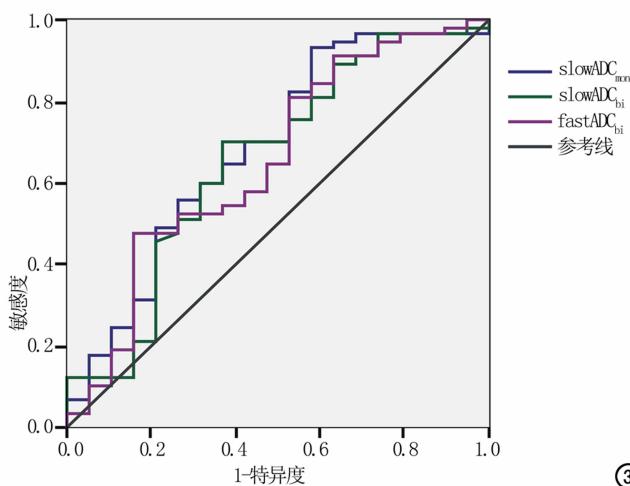


图3 双指数参数 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>的ROC曲线。

slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>间诊断效能

表3 DWI参数的ROC曲线分析

参数	AUC	SE	95%CI	Z	P	诊断阈值 ( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ )
slowADC <sub>mono</sub>	0.684	0.075	0.537~0.831	2.461	0.0139	0.596
slowADC <sub>bi</sub>	0.656	0.077	0.505~0.808	2.018	0.0436	0.537
fastADC <sub>bi</sub>	0.655	0.077	0.505~0.805	2.019	0.0435	20.4

表4 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>诊断效能比较

参数	面积差异	SE	95%CI	Z	P
slowADC <sub>mono</sub> vs slowADC <sub>bi</sub>	0.0282	0.0640	-0.0972~0.1540	0.4400	0.6598
slowADC <sub>mono</sub> vs fastADC <sub>bi</sub>	0.0295	0.0895	-0.1460~0.2050	0.3300	0.7414
slowADC <sub>bi</sub> vs fastADC <sub>bi</sub>	0.0014	0.0981	-0.1910~0.1940	0.0141	0.9887

差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

## 讨 论

脾脏作为胰周脏器之一,其血管和胰腺的解剖关系决定了胰腺发生炎症时,脾脏不可避免地会受到影响,特别是胰腺体部和尾部发生炎症时。胰腺的炎症导致脾脏功能的变化,脾脏功能的变化反过来又影响胰腺炎病情的进展。文献报道<sup>[4-6]</sup>,对脾脏采取干预治疗措施,对胰腺炎的病情进展有一定的影响。因此研究胰腺炎状态下脾脏功能的改变,对指导和评估胰腺炎的治疗有着极为重要的临床意义。

目前,评价胰腺炎状态下脾脏功能的方法主要依赖于 CT、MRI 和生化指标,但 CT 多基于形态学变化,且辐射剂量偏大;生化指标有一定价值,但其敏感性和特异性较差;MRI 相对来说是评价脏器功能变化较为有效的方法之一,但以往评价的方式多局限于高斯分布为前提的脏器损伤进展到晚期的度量,其结果有其不确定性。实际上病理状态下脏器组织水分子的分布多为非高斯分布,因此寻求合适的 MRI 检查方法和早期评估 AP 状态下多脏器功能代谢的变化尤为重要。IVIM 作为 MR 扩散加权的双指数模型,能在非高斯分布的状态下反映组织水分子的运动状态,反映脏器功能代谢变化。已有文献报道<sup>[7-10]</sup> IVIM 在腹部肝脏、胰腺、肾脏、前列腺等脏器的研究,并提示 IVIM 对脏器病变的诊断及临床评估较单指数模型 DWI 更有优势。

IVIM 基于人体内水分子在空间上的随机分布、各向同性及血液中的水分子扩散速率快于组织内水分子扩散的假设,将血液中的水分子和组织内的水分子的扩散区分开来<sup>[11]</sup>。通常采用三个参数来描述机体内灌注和扩散,分别为 D<sub>fast</sub>(快速扩散系数)、D<sub>slow</sub>(慢速扩散系数)、f(灌注分数),其双指数模型公式:  

$$\frac{S_b}{S_0} = f \exp(-bD_{\text{fast}}) + (1-f) \exp(-bD_{\text{slow}})$$

本研究通过上述数学模型衍生出单边卡方检验的参数 slowADC<sub>mono</sub>、fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub> 和双边卡方检验的参数 slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>、FfADC<sub>bi</sub>,分别与公式中的 D<sub>fast</sub>、D<sub>slow</sub>、f 对应。结果显示,胰腺炎状态下脾脏的 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 均有所降低,与正常组相应参数值差异有统计学意义 ( $P = 0.017, 0.043, 0.045$ ),各参数诊断阈值分别  $0.596 \times 10^{-3}, 0.537 \times 10^{-3}$  和  $20.4 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ,而 fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub> 和 FfADC<sub>bi</sub> 差异无统计学意义。IVIM 技术可以诊断并量化 AP 状态下脾脏功能的生理、病理改变。此外,单边 slowADC<sub>mono</sub> 和双边 slowADC<sub>bi</sub> 诊断效能差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

### 1. 单边 slowADC<sub>mono</sub> 和双边 slowADC<sub>bi</sub>

有研究<sup>[4]</sup>结果表明,在 AP 发生发展过程中,脾脏有促进炎性介质增多的趋势,炎症介质的释放阻碍了脾脏内水分子的运动,因此导致其扩散受限,单边 slowADC<sub>mono</sub> 和双边的 slowADC<sub>bi</sub> 同时降低。这与本次实验结果相符。

### 2. fastADC<sub>mono</sub> 和 fastADC<sub>bi</sub>

AP 释放的炎症介质,刺激脾脏的血管,导致脾血管不同程度的收缩<sup>[12-13]</sup>,胰腺炎引起门脉高压<sup>[14]</sup>等因素致使脾脏内的血流瘀滞,脾脏毛细血管中的微循环障碍,扩散受限。因此 fastADC<sub>mono</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 值会降低。这与本次研究脾脏 fastADC<sub>bi</sub> 在胰腺炎情况下降低相吻合,但两组 fastADC<sub>mono</sub> 差异无统计学。王丽雯等<sup>[15]</sup>研究发现,单边的 slowADC<sub>mono</sub>、fastADC<sub>mono</sub>、FfADC<sub>mono</sub> 较双边的 slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub>、FfADC<sub>bi</sub> 变异度小。本实验中 fastADC<sub>bi</sub> 差异有统计学意义,fastADC<sub>mono</sub> 差异无统计学意义,其一可能是前者的变异度较大的原因;其二可能是反映血流灌注的 fastADC 参数原本就比反应水分子扩散的 slowADC 稳定性差<sup>[16]</sup>。

### 3. FfADC<sub>mono</sub> 和 FfADC<sub>bi</sub>

脾脏由大小不等的血窦组成,血流灌注所占的成份远多于水分子扩散,AP 时,因微循环阻力增加,导致脾血管内血流回流受阻,储存在脾脏的血流量增多,从而 FfADC<sub>mono</sub> 和 FfADC<sub>bi</sub> 均有所增高,但与对照组相比,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ),可能因为以下两点:①胰腺炎释放的炎症介质刺激脾动脉收缩,导致脾脏供血量的减少与脾静脉扩张和门脉高压导致血流瘀滞;②本次研究搜集的样本数量偏少、病情轻,轻症或中症 AP 所引起的脾脏微循环改变不显著。

### 4. 单边和双边诊断效能

本研究中 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 有诊断效能,其 AUC 分别为 0.684、0.656 和 0.655 mm<sup>2</sup>,三个参数值 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 间诊断效能差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。双指数模型参数 slowADC<sub>mono</sub> 较 slowADC<sub>bi</sub> 对 AP 状态下脾脏的水分子扩散诊断效能较高,但差异无统计学意义;这与石林等<sup>[17]</sup>研究的 AP 的 FfADC<sub>mono</sub> 较 FfADC<sub>bi</sub> 诊断效能高并不完全吻合,即单边参数的诊断效能较双边的诊断效能高。从数学模型算法分析,双指数模型的单边参数的获得是按照 b 值在 200 以下和 200 以上分别拟合计算而得出,而其双边参数是把上述两部分综合在一起拟合计算而求得的参数值。理论上,应该双指数模型的单边参数比其双边参数的拟合算法更精确,但本实验与理论不完全一致的原因可能与病例较少、参数测量的稳定性、位置匹配等因素有关。

关,有待于进一步研究。

本研究不足:①IVIM 多 b 值、高 b 值成像,图像低保真,SNR 降低,测量影像数据是否有偏差,有待进一步研究;②本研究样本量较小,未对不同类型和不同严重程度的胰腺炎状态下的脾脏进行分类比较。

AP 状态下,炎性介质的释放将导致脾脏功能的变化,脾脏功能变化的评估对指导胰腺炎治疗方案的选择和预后具有重要的临床意义。IVIM 是基于非高斯分布的双指数扩散加权成像,能较好地反映脾脏功能的变化,其参数 slowADC<sub>mono</sub>、slowADC<sub>bi</sub>、fastADC<sub>bi</sub> 值有助于变化的早期定量分析,并具有一定的诊断效能。但也有学者<sup>[18]</sup>认为 IVIM 的灌注参数稳定性稍欠佳,水分子扩散基于高斯分布,精准的定量分析需结合其它功能成像 DSC、ASL、MRE 等<sup>[19-21]</sup>,基于此,有待扩大样本,与上述功能成像进行对比研究,旨在进一步多模态探讨 AP 状态下脾脏功能的变化。总之,IVIM 为临床对 AP 状态下胰周脏器功能变化的诊断、治疗和预后评估提供更可靠信息。

#### 参考文献:

- [1] Ray, Sukanta, Mridha, Asit Ranjan, Ahammed, Mahiuddin. Diffuse splenic infarction in a case of severe acute pancreatitis[J]. Am J Surgery, 2011, 201(3): 23-25.
- [2] Lin Huangyuan, Lai Yichun, Lin Pochou, et al. Acute renal failure in severe pancreatitis: a population-based study[J]. Upsala J Medical Sciences, 2011, 116(2): 155-159.
- [3] 周琳,欧阳资武,付祖姣,等.急性胰腺炎伴肝损伤的临床分析[J].国际检验医学杂志,2013,34(4):412-414.
- [4] 鲁正,朱言亮,何长林,等.脾脏在大鼠急性胰腺炎炎症介质释放中的作用[J].蚌埠医学院学报,2005,30(2):110-112.
- [5] 戴荣,王吉甫.脾切除后对诱发急性坏死性胰腺炎的影响[J].中华实验外科杂志,1994,11(4):246-247.
- [6] 杨升吉,孙勇,成雨.大鼠急性胰腺炎脾脏 T 淋巴细胞亚群的改变[J].中国现代普通外科进展,2004,7(6):356-357.
- [7] Chung SR, Lee SS, Kim N, et al. Intravoxel incoherent motion MRI for liver fibrosis assessment: a pilot study[J]. Acta Radiologica, 2015, 56(12): 1428-1436.
- [8] Kim B, Lee SS, Sung YS, et al. Intravoxel incoherent motion diffu-
- sion-weighted imaging of the pancreas: characterization of benign and malignant pancreatic pathologies[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 45(1): 260-269.
- [9] Rheinheimer S, Schneider F, Stieltjes B, et al. IVIM-DWI of transplanted kidneys: reduced diffusion and perfusion dependent on cold ischemia time[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(9): 951-956.
- [10] Shinmoto H, Tamura C, Shiomi E, et al. An intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging study of prostate cancer[J]. AJR, 2012, 199(4): 496-500.
- [11] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. Radiology, 1988, 168(2): 497-505.
- [12] Fishman EK, Soyer P, Bliss DF, et al. Splenic involvement in pancreatitis: spectrum of CT findings[J]. AJR, 1995, 164(3): 631-635.
- [13] Lankisch PG. The spleen in inflammatory pancreatic disease[J]. Gastroenterology, 1990, 98(2): 509-516.
- [14] Madsen MS, Petersen TH, Sommer H. Segmental portal hypertension[J]. Ann Surg, 1986, 204(1): 72-77.
- [15] 王丽雯,谢晨,王蕾,等.体素内不一致运动磁共振成像后处理中单指数和双指数模型的比较[J].中国医学装备,2014,11(10): 49-53.
- [16] 罗马,张卫东.体素内不相干运动双指数模型的技术现况[J].磁共振成像,2017,8(4):265-269.
- [17] 石林,黄小华,胡海,等.DWI 多指数模态评价急性胰腺炎的诊断价值研究[J].中国医学计算机成像杂志,2017,23(3):222-227.
- [18] 石林,黄小华,郑小华,等.多模态 DWI 在胰腺疾病诊断中的研究进展[J].放射学实践,2017,32(8):880-884.
- [19] Lin Y, Li J, Zhang Z, et al. Comparison of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging and arterial spin labeling MR imaging in gliomas[J]. Biomed Res Int, 2015, 234245.
- [20] Fujima N, Yoshida D, SaKashita T, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in head and neck squamous cell carcinoma: assessment of perfusion-related parameters compared to dynamic contrast-enhanced MRI[J]. Magn Reson Imaging, 2014, 132(10): 1206-1213.
- [21] Federau C, O'Brien K, Meuli R, et al. Measuring brain perfusion with intravoxel incoherent motion (IVIM): initial clinical experience[J]. Magn Reson Imaging, 2014, 39(3): 624-632.

(收稿日期:2017-09-18 修回日期:2018-03-05)