

正常胰腺在 3.0T MR 不同 DWI 序列上的 ADC 值评价

姚秀忠, 许红莲, 顾君英, 饶圣祥, 孙非, 王鹤, 曾蒙苏

【摘要】 目的:分析评价正常胰腺在 3.0T MR 不同 DWI 序列上的表现扩散系数(ADC)值。方法:在 3.0T MR 上,对 30 例正常志愿者行基于自旋回波平面回波(SE-EPI)序列的不同 DWI 扫描(b 值为 0 和 600 s/mm^2),包括 X、Y、Z 三轴扩散梯度憋气 DWI (BH600ALL)、Z 轴扩散梯度憋气 DWI (BH600SI)、呼吸门控 DWI (TRIG600ALL)、呼吸门控反转恢复脂肪抑制 DWI (TRIG600ALL+BS) 及自由呼吸反转恢复脂肪抑制 DWI (FB600ALL+BS),应用 SPSS16.0 统计学软件,采用单因素方差分析和 LSD 检验比较分析不同 DWI 序列中正常胰腺及胰腺不同部位的 ADC 值。结果:正常胰腺在 BH600ALL、BH600SI、TRIG600 ALL、TRIG600ALL+BS 和 FB600ALL+BS 5 个 DWI 序列中的 ADC 值差异具有统计学意义($F=21.864, P<0.001$),胰腺 ADC 值在 FB600ALL+BS 序列上最高, BH600SI 序列上最低;各序列胰腺不同部位的 ADC 值差异具有统计学意义(P 均 <0.05),胰头的 ADC 值最低,且与胰尾的 ADC 值差异具有统计学意义(P 均 <0.05)。结论:正常胰腺在 3.0T MR 不同 DWI 序列的 ADC 值不同,且在胰腺不同部位呈现不均表现。

【关键词】 胰腺; 磁共振成像; 扩散加权成像

【中图分类号】 R322.4+9; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)02-0173-04

Evaluation of apparent diffusion coefficients of normal pancreas among different diffusion-weighted MR imaging sequences at 3.0T YAO Xiu-zhong, XU Hong-lian, GU Jun-ying, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital of Fudan University, Shanghai 200032, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate ADC value of normal pancreas among different DWI sequences on a 3.0T MR scanner. **Methods:** Different DWI sequences were performed in 30 normal volunteers, based on SE-EPI sequence and b values = 0 and 600 s/mm^2 . DWI sequences included breath-hold DWI with MPG pulses in X, Y, Z directions (BH600ALL), breath-hold DWI with MPG pulses in Z direction (BH600SI), respiratory-triggered DWI with MPG pulses in X, Y, Z directions (TRIG600ALL), respiratory-triggered DWI with MPG pulses in X, Y, Z directions and inversion recovery for fat saturation (TRIG600ALL+BS) and free-breathing DWI with MPG pulses in X, Y, Z directions and inversion recovery for fat saturation (FB600ALL+BS). ADC value of normal pancreas and different parts of pancreas were statistically investigated and compared among different DWI sequences by one-way ANOVA and LSD test through the software SPSS16.0. **Results:** ADC value of normal pancreas showed noticeably statistical difference among BH600ALL, BH600SI, TRIG600ALL, TRIG600ALL+BS and FB600ALL+BS DWI sequences ($P<0.001$); Among those five different DWI sequences, FB600ALL+BS had the highest ADC value, while BH600SI had the lowest ADC value. ADC value of the head, body and tail of pancreas showed statistical difference in each DWI sequence ($P<0.05$); ADC value in the head of pancreas was the lowest compared to that in the body and tail of pancreas and the statistical difference in ADC value was noticed between the head and tail of pancreas on each DWI sequence ($P<0.05$). **Conclusion:** ADC value of normal pancreas is different among different DWI sequences and heterogeneous among different parts of pancreas at a 3.0T MR scanner.

【Key words】 Pancreas; Magnetic resonance imaging; Diffusion weighted imaging

磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)被广泛用于上腹部,为突出上腹部病灶的对比度,通常要结合一定的脂肪抑制技术如频率选择或反转恢复,而并行采集技术的应用可以进一步抑制由于高速梯度切换所带来的图像扭曲伪影^[1]和缩短扫描时间。为提高 DWI 的稳定性及其对肝内病灶定量

及定性的诊断率,除常规应用的憋气 DWI 外,呼吸门控 DWI、呼吸门控背景抑制 DWI、自由呼吸背景抑制 DWI 都在探索性研究中^[2-3]。3.0T 主磁场强度理论上使其图像信噪比比 1.5T 提升 2 倍^[4],从而成为高空间分辨率及缩短腹部成像时间的基石。尽管有研究者在 3.0T MR 上进行胰腺癌的 DWI 研究,但是对于各种 DWI 序列在正常胰腺中的 ADC 值的评价比较尚无报道。

材料与方 法

1. 研究对象

作者单位: 200032 上海,复旦大学附属中山医院放射科(姚秀忠、许红莲、顾君英、饶圣祥、曾蒙苏); 201203 上海, GE 中国 Health care (孙非、王鹤)

作者简介: 姚秀忠(1975-),男,山西忻州人,博士,主治医师,主要从事肿瘤磁共振分子功能成像工作。

通讯作者: 曾蒙苏, E-mail: zengmengsu@gmail.com

基金项目: 上海市级医院新兴前沿技术项目《胰腺癌诊断及治疗关键技术开发研究》(SHDC12010120)

将 2011 年 01 月—2011 年 12 月 30 例年龄 35~70 岁的正常志愿者(男 16 例,女 14 例,平均 55.7 岁)纳入本次研究。受检者行 MRI 检查前禁饮食 6h,取仰卧位,呼吸幅度及频率保持均匀,憋气方式采用呼气末憋气。

2. 扫描方法及参数

应用 3.0T MR 扫描仪 (Signa HDx), 8 通道相控阵表面线圈。DWI 扫描方法: 所有 DWI 序列均基于 SE-EPI 序列成像, 成像序列包括三方向扩散梯度憋气 DWI (breath-hold DWI with MPG pulses in X、Y、Z direction, BH600ALL)、单方向扩散梯度憋气 DWI (breath-hold DWI with MPG pulses in Z direction, BH600SI)、呼吸门控 DWI (respiratory-triggered DWI with MPG pulses in X、Y、Z direction, TRIG600ALL)、呼吸门控反转恢复脂肪抑制 DWI (respiratory-triggered DWI with MPG pulses in X、Y、Z direction and inversion recovery for fat saturation, TRIG600ALL+BS) 和自由呼吸反转恢复脂肪抑制 DWI (free-breathing DWI with MPG pulses in X、Y、Z direction and inversion recovery for fat saturation, FB600ALL+BS), 层厚 5 mm, 层距 2 mm, 带宽 250 KHz, FOV 400 mm×280 mm, 矩阵 130×96, 背景抑制采用反转恢复 (inversion recovery, IR), 反转时间 (inversion time, TI) 为 220 ms (本研究曾应用频率饱和和作为背景抑制的方法, 但是由于皮下脂肪不能完全抑制, 导致相位方向的伪影与腹部脏器甚至胰腺重叠, 图像质量明显下降, 因此放弃频率饱和方法), b 值为 0 和 600 s/mm², 其余扫描参数如表 1 所示。

3. 图像分析及采集数据

在 GE Advantage Workstation 4.3 工作站上分别测量 3.0T MR 不同扩散序列图像中正常胰腺 (胰头、胰体及胰尾) 的平均 ADC 值, 根据需要选取圆形或椭圆形兴趣区 (region of interest, ROI), 既要使 ROI 尽量大, 又要保证其在目标组织内, 避开伪影。

4. 统计学方法

应用 SPSS16.0 统计学软件, 正常胰腺的 ADC 值数据呈正态分布及方差齐性时用单因素方差分析和 LSD 检验, 方差不齐时进行数据转换或者非参数检验, 以 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

结 果

在 BH600ALL、BH600SI、TRIG600ALL、TRIG600ALL+BS 和 FB600ALL+BS 序列中, 正常胰腺 ADC 值差异有统计学意义 ($F = 21.864, P < 0.001$); 其中 FB600ALL+BS 序列上胰腺 ADC 值最高 $[(1.84 \pm 0.28) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$, 而 BH600SI 序列上胰腺 ADC 值最低 $[(1.34 \pm 0.30) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ (表 2)。除 TRIG600ALL+BS 和 FB600ALL+BS 序列间正常胰腺的 ADC 值无统计学差异外 ($P = 0.796$), 余两两序列上胰腺的 ADC 值均有统计学差异 (P 均 < 0.05 , 表 3)。

表 2 正常胰腺在不同 DWI 序列上的 ADC 值比较 ($10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)

DWI 序列	ADC 值	样本数
BH600ALL	1.49±0.39	90
BH600SI	1.34±0.30	90
TRIG600ALL	1.66±0.31	90
TRIG600ALL+BS	1.82±0.25	90
FB600ALL+BS	1.84±0.28	90
Total	1.63±0.36	450

注: 不同 DWI 序列的胰腺 ADC 值有统计学差异 ($P < 0.001$)。

在 BH600ALL、BH600SI、TRIG600ALL、TRIG600ALL+BS 和 FB600ALL+BS 5 个 DWI 序列中, 胰腺各部位的 ADC 值均有统计学差异, F 值分别为 10.999、6.352、3.842、5.521 及 13.006, P 值均 < 0.05 , 其中胰头的 ADC 值最低, 与胰尾的 ADC 值有统计学差异, P 值分别为 0.000061、0.001、0.01、0.023 及 0.000023, 而胰体、胰尾之间无统计学差异, P 值分别为 0.346、0.129、0.467、0.401 及 0.435。另外, 在 BH600ALL、TRIG600ALL+BS 和 FB600ALL+BS DWI 序列中, 胰头与胰体的 ADC 值有统计学差异, P 值分别为 0.001、0.003 及 0.000276, 而在 BH600SI 和 TRIG600ALL DWI 序列中, 胰头与胰体

表 1 3.0T MR 不同 DWI 序列采集参数

扫描参数	DWI 序列				
	BH600ALL	BH600SI	TRIG600ALL	TRIG600ALL+BS	FB600ALL+BS
TR(ms)	2300	2300	7500	7500	8000
TE(ms)	52	52	60	60	60
扩散梯度	X、Y、Z 轴	Z 轴	X、Y、Z 轴	X、Y、Z 轴	X、Y、Z 轴
加速因子	2	2	2	2	2
采集次数	4	2	6	6	6
最大层数	14	14	25	25	25
扫描时间(s)	18	18	192	192	192

注: BH600ALL: b 值为 600 s/mm² 的三方向扩散梯度憋气 DWI; BH600SI: b 值为 600 s/mm² 的单方向扩散梯度憋气 DWI; TRIG600ALL: b 值为 600 s/mm² 的呼吸门控 DWI; TRIG600ALL+BS: b 值为 600 s/mm² 的呼吸门控反转恢复脂肪抑制 DWI; FB600ALL+BS: b 值为 600 s/mm² 的自由呼吸反转恢复脂肪抑制 DWI。

表3 正常胰腺不同DWI序列的ADC值LSD两两检验(P值)

DWI序列	BH600ALL	BH600SI	TRIG600ALL	TRIG600ALL+BS	FB600ALL+BS
BH600ALL	—	—	—	—	—
BH600SI	0.022*	—	—	—	—
TRIG600ALL	0.009*	0.000001*	—	—	—
TRIG600ALL+BS	0.000001*	0.000000*	0.015*	—	—
FB600ALL+BS	0.000000*	0.000000*	0.007*	0.796	—

注:*代表有统计学差异。

的ADC值无统计学差异,P值分别为0.051及0.058(表4)。

表4 正常胰腺不同部位在不同DWI序列上的ADC值

DWI序列	ADC值(10^{-3} mm ² /s)	P值
BH600ALL		0.000144
胰头★☆	1.18±0.34	
胰体★	1.59±0.29	
胰尾☆	1.70±0.32	
BH600SI		0.004
胰头☆	1.15±0.28	
胰体	1.35±0.24	
胰尾☆	1.51±0.29	
TRIG600ALL		0.029
胰头☆	1.50±0.18	
胰体	1.71±0.30	
胰尾☆	1.78±0.37	
TRIG600ALL+BS		0.007
胰头★☆	1.67±0.15	
胰体★	1.93±0.29	
胰尾☆	1.86±0.21	
FB600ALL+BS		0.000040
胰头★☆	1.60±0.20	
胰体★	1.93±0.24	
胰尾☆	1.99±0.24	

注:“★”表示胰头与胰体之间有统计学意义;“☆”表示胰头与胰尾之间有统计学意义。

讨论

正常胰腺组织的ADC值是用于胰腺病变筛查与鉴别诊断的基础,因此,正常胰腺组织在不同DWI序列中的ADC值大小及其变化的分析极为重要。ADC值的大小与很多因素相关,包括DWI扩散序列信号采集方法、组织细胞密度、纤维含量、血供及生理运动。胰腺作为腹腔内深在位置的不规则线形器官,被周围血管肠道包绕,另外,3.0T MR所带来的更大的能量沉积、磁敏感伪影、呼吸运动以及胰腺周围肠道和血管运动的敏感性使胰腺DWI更具有挑战性,同时会影响不同DWI序列的ADC值。

本研究采用3.0T MR扫描仪中,应用不同DWI信号采集序列及方法,结果发现BH600ALL、BH600SI、TRIG600ALL、TRIG600ALL+BS和FB600ALL+BS 5个序列在正常胰腺中的ADC值有统计学差异。其中FB600ALL+BS序列上胰腺ADC值最高为 $(1.84 \pm 0.28) \times 10^{-3}$ mm²/s,然后依次为TRIG600ALL+BS、TRIG600ALL、BH600ALL及BH600SI。在5个DWI序列中,除TRIG600ALL+

BS和FB600ALL+BS序列间正常胰腺的ADC值无统计学差异外,余两两序列上胰腺的ADC值均有统计学差异。带有呼吸(无论是门控呼吸还是自由呼吸)的3个DWI序列上正常胰腺的ADC值均高于两个憋气序列,说明呼吸运动影响胰腺ADC值,ADC值不仅包括水分子扩散运动及血流灌注效应,还包括呼吸的生理运动;两个背景抑制DWI序列(TRIG600ALL+BS和FB600ALL+BS)中正常胰腺的ADC值统计学上均高于无背景抑制的TRIG600ALL序列,说明TI为220ms的组织特别是脂肪抑制,会导致ADC值的增加,而TRIG600ALL+BS和FB600ALL+BS间正常胰腺的ADC值无统计学上差异,说明门控并不能解决ADC值测量中的呼吸运动影响,每次呼气未采集扩散信号时的胰腺并不在同等位置,仍然有错位问题。BH600ALL和BH600SI两个憋气DWI序列之间正常胰腺的ADC值有统计学上差异,对于各向同性的胰腺,前者高于后者的原因可能是三个轴的扩散梯度所测量的ADC值高于单个轴。

在BH600ALL、BH600SI、TRIG600ALL、TRIG600ALL+BS和FB600ALL+BS 5个DWI序列中,方差分析显示胰头、胰体及胰尾的ADC值均有统计学差异,而胰头的ADC值最低。在BH600ALL、BH600SI、TRIG600ALL和FB600ALL+BS 4个序列中,胰头、胰体及胰尾的ADC值依次增高,而在TRIG600ALL+BS序列中,胰体的ADC值最高,且相对于其它4个序列,胰腺的ADC值离散程度较低。文献报道应用b值为600s/mm²的频率饱和反转恢复脂肪抑制的憋气DWI序列,胰尾的ADC值统计学上低于胰头及胰体,同时胰腺癌的ADC值高于正常胰腺^[5]。在3.0T MR上,应用b值为400s/mm²的频率饱和反转恢复脂肪抑制的自由呼吸DWI序列,经过重复测量,胰体的ADC值高于胰头及胰尾,胰头略高于胰尾^[6]。本研究各序列的共同点是胰头的ADC值在统计学上均低于胰尾,胰体和胰尾的ADC值无统计学差异,在BH600ALL、TRIG600ALL+BS和FB600ALL+BS序列中,胰头的ADC值统计学上均低于胰体,而在BH600SI和TRIG600ALL序列上,胰头与胰体之间的ADC值均无统计学差异。这种胰头、胰体及胰尾ADC值的不稳定性可能与胰腺呈线

性及各部位周围组织带来的伪影有关。

总之,在 BH600ALL、BH600SI、TRIG600ALL、TRIG600ALL+BS 和 FB600ALL+BS 5 个 DWI 序列中,胰腺的 ADC 值随着部位的不同呈不均衡表现。

参考文献:

- [1] Naganawa S, Kawai H, Fukatsu H. Diffusion-weighted imaging of the liver: technical challenges and prospects for the future[J]. Magn Reson Med Sci, 2005, 4(4): 175-186.
- [2] Kandpal H, Sharma R, Madhusudhan KS, et al. Respiratory-triggered versus breath-hold diffusion-weighted MRI of liver lesions: comparison of image quality and apparent diffusion coefficient values[J]. AJR, 2009, 192(4): 915-922.
- [3] Kwee TC, Takahara T, Koh DM, et al. Comparison and reproduc-

ibility of ADC measurements in breathhold, respiratory triggered, and free-breathing diffusion-weighted MR imaging of the liver[J]. J Magn Reson Imaging, 2008, 28(5): 1141-1148.

- [4] Merkle EM, Dale BM. Abdominal MRI at 3.0T: the basics revisited[J]. AJR, 2006, 186(6): 1524-1532.
- [5] Yoshikawa T, Kawamitsu H, Mitchell DG, et al. ADC measurement of abdominal organs and lesions using parallel imaging technique[J]. AJR, 2006, 187(6): 1521-1530.
- [6] Braithwaite AC, Dale BM, Boll DT, et al. Short- and midterm reproducibility of apparent diffusion coefficient measurements at 3.0T diffusion-weighted imaging of the abdomen[J]. Radiology, 2009, 250(2): 459-465.

(收稿日期:2012-05-21 修回日期:2012-09-21)

《放射学实践》(英文稿)稿约

《放射学实践》是由国家教育部主管,华中科技大学同济医学院主办,与德国合办的全国性影像学学术期刊,由国内著名影像专家郭俊渊教授担任主编,创刊至今已 28 周年。本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向,关注国内外影像医学的新进展、新动态,全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果,受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库统计源期刊,在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中,被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

2012 年始本刊拟在英文专栏刊发全英文文稿。

1. 文稿应具有科学性、创新性、逻辑性,并有理论和实践意义。论点鲜明,资料可靠,数据准确,结论明确,文字简练,层次清楚,打印工整。

2. 本刊实行盲法审稿,来稿附上英文稿一份,中文对照稿两份(用小 4 号字、1.5 倍行距打印),文稿中不出现任何有关作者本人的信息。另纸打印一份中英文对照的文题、作者姓名、作者单位(应准确、规范、完整)及邮政编码。如系 2 个单位及以上者,则在作者姓名右上角排阿拉伯数字角码,按序将单位名称写于作者下方。并注明第一作者的性别,职称及第一作者或联系人的电话号码, E-mail 地址。

3. 来稿须经作者所在单位审核并附单位推荐信。推荐信应证明内容不涉及保密、署名无争议、未一稿两投等项。

4. 论著采用叙述式摘要。关键词一般 3~5 个,请采用最新版的 MeSH 词表(医学主题词注释字顺表)中的主题词。MeSH 词表中无该词时,方可用习用的自由词。使用缩略语时,应在文中首次出现处写明中、英文全称。

5. 表格采用三线表,表序按正文中出现的顺序连续编码。数据不多、栏目过繁、文字过多者均不宜列表。表内同一指标数字的有效位数应一致。

6. 线条图应另纸描绘,全图外廓以矩形为宜,高宽比例约为 5:7,避免过于扁宽或狭长。照片图须清晰,像素高,层次分明,图题及图解说明清楚。

7. 参考文献必须以作者亲自阅读过的近年文献为主,并由作者对照原文核实(请作者在文章发表前提供 PubMed 等数据库的所含文献页面)。文献一般不少于 30 篇。内部刊物、未发表资料、私人通讯等勿作参考文献引用。参考文献的编号按照在正文中出现的先后顺序排列,用阿拉伯数字加方括号角注。并按引用的先后顺序排列于文末。

《放射学实践》编辑部