

磁共振多 b 值 DWI 对肝脏局灶性占位性病变的应用价值

张海彬, 胡道予, 张娟, 李建军, 曾祥芹

【摘要】 目的:探讨磁共振多 b 值扩散加权成像技术在肝脏局灶性占位性病变中的应用价值。**方法:**分析经手术病理或其他方式确诊的肝脏局灶性占位性病变 22 例(49 个病灶), 其中肝癌 6 例(10 个病灶), 肝转移瘤 6 例(23 个病灶), 肝囊肿 5 例(8 个病灶), 肝血管瘤 5 例(8 个病灶)。同时选择 10 名健康志愿者作为对照。以上患者及正常志愿者均进行磁共振常规轴面 T₁WI、T₂WI 以及多 b 值扩散加权成像。记录各病变不同 b 值时各病变的信号强度, 观察各个病变 b 值-信号强度曲线和 b 值-ADC 值曲线的差异。**结果:**正常肝实质随着 b 值增加, 信号持续较低; 囊肿在 b 值=0 s/mm² 时具有很高的信号强度, 随着 b 值的增加, 其信号很快减低; 而肝癌及转移性肿瘤随着 b 值增加, 一直保持较高信号, 在 b 值>900 s/mm² 后病灶信号强度高于囊肿; 肝脏血管瘤信号强度则介于囊肿与肝脏肿瘤之间。**结论:**磁共振多 b 值扩散加权成像技术可为鉴别肝脏良恶性局灶性占位性病变提供重要依据。

【关键词】 肝疾病; 肝肿瘤; 囊肿; 磁共振成像

【中图分类号】 R735.7; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)09-0961-05

Application of multi-b value diffusion weighted MR imaging for diagnosis of focal hepatic masses ZHANG Hai-bin, HU Dao-yu, ZHANG Juan. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate multi-b value diffusion weighted MR imaging in hepatic focal masses. **Methods:** 49 hepatic lesions (10 hepatocellular carcinoma, 23 hepatic metastatic tumors, 8 hepatic cysts, 8 hepatic hemangioma) of 22 patients undergoing multi-b value diffusion weighted MR technique (b from 0s/mm to 2100s/mm) were analyzed. All lesions were confirmed by pathology. All 22 patients and 10 normal volunteers (as control) underwent MR conventional axial T₁WI, T₂WI and multi-b value diffusion weighted imaging. The signal intensity of the lesions with different b values, the signal intensity curve of the lesions with different b-values and b-value ADC curve were observed and documented. The differences were compared and analyzed. **Result:** As b-value increased, signal intensity of normal liver parenchyma decreased. In cysts, the signal intensity was high when b-value was 0s/mm², while b value increased, the signal intensity quickly decreased. In hepatic carcinoma and metastasis, the signal intensity remained high while b-value increased. When b-value was larger than 900s/mm, the signal intensity was higher than cysts. The signal intensity of the hemangioma displayed as between that of the cyst and carcinoma. **Conclusion:** Multi-b value MR DWI technique is helpful for the differentiation of benign and malignant focal liver lesions.

【Key words】 Liver diseases; Liver neoplasms; Cysts; Magnetic resonance imaging

肝脏局灶性占位性病变的鉴别诊断一直是困扰临床及影像医学的难题, 肝脏局灶性结节包括: 肝脏原发肿瘤、肝脏转移性肿瘤、血管瘤、囊肿、肝硬化再生结节、肝脏局灶性再生结节(focal nodular hyperplasia, FNH)及炎性或坏死结节等。随着 CT 及磁共振增强检查的广泛应用, 绝大多数肝脏局灶性结节可以得到正确诊断, 但也存在一定的局限性: 部分患者对增强检查不能耐受; 检查费用较高; 存在对比剂肾病的风险等。扩散是组织内部水分子的无规则热运动(布朗运动), 磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)对水分子的这种运动十分敏感, 是目前观

察活体水分子运动的唯一方法, 它通过检测生物体内水分子运动状态的改变而间接反映组织结构和细胞密度等信息^[1]。肝脏不同性质局灶性结节的组织结构和细胞密度各不相同, 因此其内水分子的扩散也有差异。本研究应用磁共振多 b 值扩散加权成像技术获得肝脏不同性质局灶性结节在不同 b 值下的扩散信息, 旨在探讨该技术在鉴别肝脏局灶性结节中的应用价值。

材料与方法

1. 病例资料

分析本院 2010 年 3 月~2010 年 9 月行磁共振检查且进行过手术或者通过其他检查确诊的肝脏局灶性占位性病变患者 22 例, 男 10 例, 女 12 例, 年龄 24~62 岁, 平均 49.2 岁; 志愿者 10 名, 年龄 25~62 岁, 平均 50 岁。

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学附属同济医院放射科(张海彬、胡道予、李建军、曾祥芹); 山东, 肥城人民医院超声科(张娟)

作者简介: 张海彬(1986-), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 胡道予, E-mail: dyhu@tjh. tjmu. edu. cn

2. 扫描方法

采用 GE 3.0T 磁共振,体部线圈。多 b 值扩散加权成像具体参数:患者取仰卧位,行轴面二维扫描;扫描选项:EPI,扩散,并行采集技术;回波时间 74.2 ms,重复时间 5200 ms,翻转角 N/A,饱和脉冲 N/A,视野 30 cm×30 cm,层厚 4 mm,层间距 1 mm,相位编码 96 mm,频率编码 96 mm,激发次数 4,频率编码方向:前后,扩散方向:所有方向,b 值范围 0~2100 s/mm²,分为 8 个组进行分析,间隔 300 s/mm²;扫描时间 4 分 57 秒,自由呼吸完成扫描。

3. 图像及数据后处理

通过多 b 值扩散加权成像一次扫描获得 0~2100 s/mm² 的 8 组图像;将 DWI 原始图像采用 GE ADW 4.4 工作站进行后处理得到 Standard ADC 图、Fast ADC 图及 Slow ADC 图等,选择范围 100~110 mm² 类圆形兴趣区(region of interest,ROI),获得病变的 b 值-信号强度曲线,记录病变标准表观扩散系数(ADC)值;记录不同病变不同 b 值时的信号强度值,计算其平均信号强度,同时根据不同 b 值时的信号强度的平均值描绘各病变相应的 b 值-信号强度曲线,比较不同病变的曲线走行。应用公式(1)计算 ADC 值:

$$ADC=\frac{\ln \frac{S_{低}}{S_{高}}}{b_{高}-b_{低}}$$

(1)

公式(1)中 S_低、S_高 分别指用低、高 b 值成像所测得的信号值^[12],根据不同病灶在 b 值=300~2100 s/mm² 时的 ADC 值,计算其平均 ADC 值,并根据不同 b 值时的 ADC 值描绘各病变相应的 b 值-ADC 值曲线。此外,计算兴趣区(ROI)的平均 ADC 值,比较各病变

ADC 值的差异,各病变的 ADC 值用 $\bar{x} \pm s$ 的方式表示,应用 SPSS 13.0 软件对相应数据进行多个独立样本的 t 检验,以 P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

在 b 值=0~2100 s/mm² 时,12 例(33 个病灶)肝癌(或转移瘤)、5 例(8 个病灶)肝脏血管瘤、5 例(8 个病灶)肝脏囊肿以及正常肝组织的信号强度范围及平均值见表 1。根据表 1 数据描绘病灶及正常肝实质的 b 值-信号强度曲线(图 1)。

分别对 b=0~2100 s/mm² 时不同病灶信号强度进行单因素方差分析,所得结果见表 2。

表 2 不同 b 值时不同病变信号强度单因素方差分析结果

b 值(s/mm ²)	F 值	P 值
0	69.196	<0.001
300	59.377	<0.001
600	20.469	<0.001
900	10.210	<0.001
1200	9.396	<0.001
1500	8.402	<0.001
1800	8.584	<0.001
2100	10.820	<0.001

对各 b 值不同病灶信号强度两两比较,所得结果见表 3。

b 值=300~2100 s/mm² 时,12 例(33 个病灶)肝癌(或转移瘤)、5 例(8 个病灶)肝脏血管瘤、5 例(8 个病灶)肝脏囊肿的 ADC 值范围及平均值见表 4。根据表 4 数据描绘各种病变的 b 值-ADC 值曲线(图 2)。

肝癌(或转移瘤)、肝脏血管瘤及肝脏囊肿的标准表观扩散系数(ADC)值及统计学分析结果见表 5。

表 1 肝脏局灶性占位性病变及正常肝脏的信号强度范围及平均值

b 值(s/mm ²)	肝囊肿	肝脏血管瘤	肝脏肿瘤	正常肝实质
0	515.1~1134.8(711.9)	163.9~476.6(377.3)	165.8~480.7(249.7)	11.0~87.8(36.4)
300	454.7~1103.4(699.7)	153.9~520.8(357.7)	170.1~483.5(251.7)	12.6~87.2(37.6)
600	77.9~440.2(274.5)	114.9~274.9(191.5)	137.2~377.6(185.3)	12.0~58.0(27.7)
900	49.5~294.0(130.4)	65.0~172.5(116.1)	49.3~316.8(131.4)	8.8~40.8(23.0)
1200	19.8~211.3(76.3)	33.2~117.8(67.1)	57.9~193.6(100.3)	9.1~41.1(20.1)
1500	16.4~151.0(48.1)	22.8~66.5(45.4)	48.5~246.4(88.1)	10.8~31.0(17.0)
1800	11.2~86.6(33.6)	9.7~31.2(24.8)	32.9~191.7(68.8)	11.0~33.2(16.2)
2100	9.4~58.3(24.1)	12.5~37.7(24.6)	14.7~158.1(60.3)	9.3~22.7(13.7)

表 3 各病变不同 b 值信号强度两两比较 P 值结果

b 值(s/mm ²)	囊肿与正常肝实质	囊肿与肝癌(或转移瘤)	血管瘤与肝癌(或转移瘤)	囊肿与血管瘤	血管瘤与正常肝实质	肝癌与正常肝实质
0	<0.001	<0.001	0.015	0.005	<0.001	<0.001
300	<0.001	<0.001	0.048	0.007	<0.001	<0.001
600	<0.001	0.051	0.846	0.234	<0.001	<0.001
900	<0.001	0.976	0.626	0.747	<0.001	<0.001
1200	0.010	0.299	0.083	0.794	<0.001	<0.001
1500	0.031	0.079	0.078	0.909	<0.001	<0.001
1800	0.081	0.046	0.024	0.562	0.047	<0.001
2100	0.045	0.012	0.038	0.955	0.004	<0.001

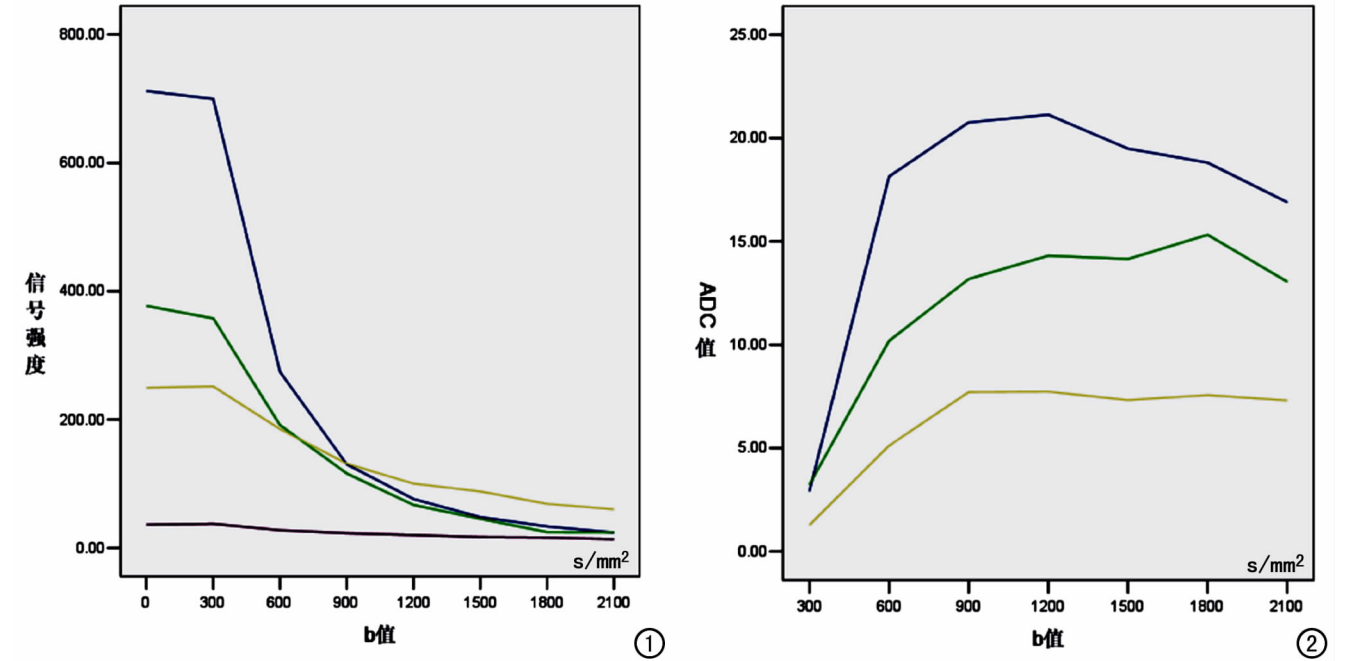


图 1 不同病灶的 b 值-信号强度曲线。从上至下依次为囊肿、血管瘤、肝癌(或转移瘤)、正常肝脏的 b 值-信号强度曲线。
图 2 不同病灶的 b 值-ADC 值曲线。从上至下依次为囊肿、血管瘤、肝癌(或转移瘤)的 b 值-信号强度曲线。

表 4 肝脏局灶性占位性病变的 ADC 值范围及平均值 ($\mu\text{m}^2/\text{ms}$)

b 值 (s/mm ²)	肝囊肿	肝脏血管瘤	肝癌(或转移瘤)
300	0.20~4.89(2.91)	8.54~0.16(3.23)	0.19~4.83(1.27)
600	6.92~34.8(18.14)	2.92~15.27(10.19)	0.49~9.49(5.12)
900	8.93~30.21(20.76)	10.28~20.2(13.18)	4.63~15.37(7.71)
1200	9.45~27.16(21.13)	9.93~21.54(14.31)	5.15~10.43(7.73)
1500	9.80~25.28(19.49)	9.11~19.73(14.15)	4.46~10.49(7.33)
1800	11.13~23.6(18.81)	9.22~21.19(15.32)	5.11~9.67(7.56)
2100	11.53~20.96(16.90)	10.31~16.96(13.05)	4.45~12.35(7.31)

表 5 不同病灶的标准 ADC 值

病变类型	ADC 值($\mu\text{m}^2/\text{ms}$)
囊肿	4.51±0.12(3.46~5.57)
血管瘤	2.75±0.05(2.61~3.01)
肝癌(或转移瘤)	1.53±0.09(1.15~2.02)

注:囊肿与血管瘤比较, $P>0.005$;囊肿与肝癌比较, $P<0.001$;血管瘤与肝癌比较, $P<0.001$ 。

肝细胞肝癌的 DWI 原始图像病灶呈稍高信号, ADC 图病灶呈绿色信号,边缘及病灶内可见少许红色信号, b 值-信号强度曲线呈较低水平,变化幅度小(图 3);肝脏囊肿 DWI 原始图像病灶呈明显高信号, ADC 图病灶呈红色信号,均与胆囊信号相同, b 值-信号强度曲线开始呈较高水平,波动幅度很大(图 4);肝脏血管瘤 DWI 原始图像病灶呈不均匀高信号, ADC 图病灶呈红色信号,边缘呈黄色, b 值-信号强度曲线开始亦呈较高水平,波动幅度较大,但较肝脏囊肿 b 值-信号强度曲线波动幅度小(图 5)。

讨 论

DWI 的基本方法是在 SE 序列 180° 射频脉冲两

侧各加入一个对称的扩散敏感梯度场,两个扩散敏感梯度场分别造成质子的去相位和相位重聚,其运动质子由于不能相位重聚,造成信号衰减,从而形成 DWI 的信号改变^[2]。常规 DWI 检查多应用 ADC 值定量分析分子的扩散能力,以此从分子水平来反映组织的病理学改变^[3]。多 b 值 DWI 在获得病灶 ADC 值的同时,还获得了不同组织 b 值-信号强度曲线。通过此曲线的变化结合肝脏 ADC 值,可鉴别病变的性质。活体组织内水分子的扩散与组织的空间结构有关,组织细胞成分越多,组织间隙越小,水分子的扩散运动越受限, ADC 值越小。肝脏原发肿瘤及转移性肿瘤主要为细胞成分,组织间隙较小,水分子弥散受限,因此 ADC 值较低,随着 b 值的增加 DWI 信号强度逐渐降低,斜率越小,但在 DWI 原始图像上表现为信号相对增高(因为肝实质较肿瘤的扩散速率快);肝脏囊肿主要为液体,水分子的扩散基本上不受限制,因此 ADC 值很高,随着 b 值的增加, DWI 信号强度迅速下降,曲线斜率很大;肝脏血管瘤中血液的粘滞度较囊肿中液体的粘滞度高, ADC 值较高,随着 b 值的增加, DWI 信号强度下降介于肿瘤与囊肿之间,斜率也居于两者之间。

分析图 1 可以发现:正常肝实质随着 b 值增加,信号持续较低,并且始终低于囊肿、血管瘤以及肝癌(或转移瘤);肝脏囊肿开始具有较高的信号强度,随着 b 值的增加,信号强度很快降低;肝癌(或转移瘤)随着 b 值的增加,一直保持相对于正常肝实质较高的信号;肝脏血管瘤基本上介于肝脏囊肿与肝癌(或转移瘤)之

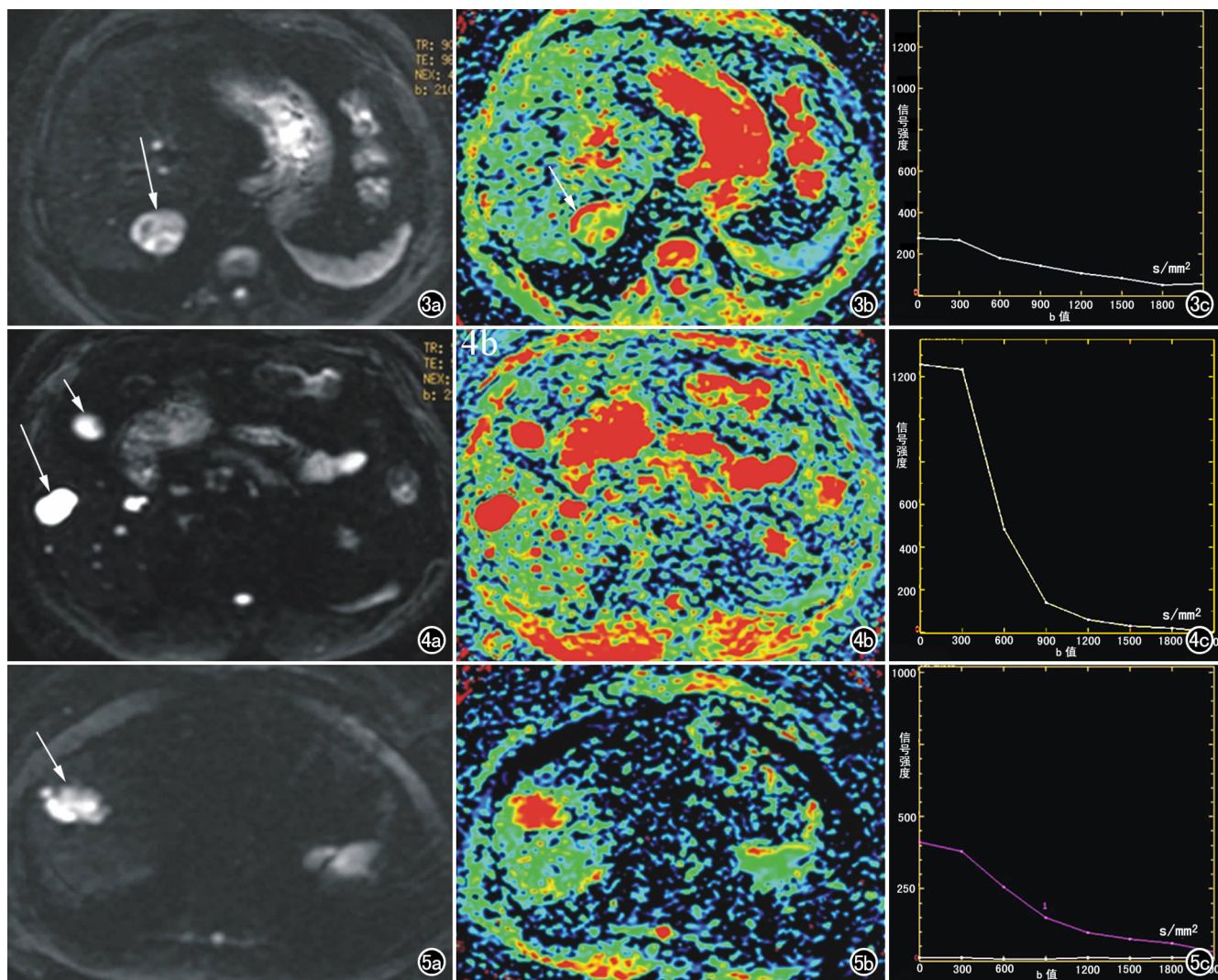


图 3 男, 52 岁, 肝右后叶肝癌(或转移瘤)。a) $b=0$ 时 DWI 原始图像示病灶呈类圆形稍高信号(箭); b) ADC 图示病灶主要呈绿色信号, 边缘及病灶内可见少许红色信号(箭); c) b 值-信号强度曲线呈较低水平, 波动较少。图 4 女, 42 岁, 肝右下叶肝囊肿。a) $b=0$ 时 DWI 原始图像示病灶呈椭圆形明显高信号(长箭), 与胆囊信号相同(短箭); b) ADC 图示病灶呈椭圆形红色信号, 亦与胆囊信号相同; c) b 值-信号强度曲线开始呈较高水平, 波动幅度很大。图 5 男, 50 岁, 肝顶血管瘤。a) $b=0$ 时 DWI 原始图像示病灶呈不规则形欠均匀高信号(箭); b) ADC 图示病灶呈不规则形红色信号, 边缘呈黄色; c) b 值-信号强度曲线开始呈较高水平, 波动幅度很大。

间。当 b 值 $< 900 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝脏囊肿的信号强度始终高于肝癌(或转移瘤); 当 b 值 $= 900 \text{ s/mm}^2$ 时, 两者的信号强度基本相等; 当 b 值 $> 900 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝囊肿的信号强度小于肝癌(或转移瘤)。随着 b 值的增加, 肝脏血管瘤的信号强度持续低于肝脏囊肿, 当 b 值 $< 750 \text{ s/mm}^2$ 时, 其信号强度始终高于肝癌(或转移瘤); 当 b 值 $> 750 \text{ s/mm}^2$ 时, 其信号强度小于肝癌(或转移瘤)。该结论符合肝癌(或转移瘤)、肝血管瘤及肝囊肿的扩散规律。

分析表 2 可以发现: 肝癌(或转移瘤)或肝血管瘤与正常肝实质分别在 b 值 $= 0 \sim 2100 \text{ s/mm}^2$ 或 $b < 1800 \text{ s/mm}^2$ 范围内信号强度差异始终具有高度统计学意义($P < 0.01$)。当 b 值 $= 300 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝血管瘤

与肝癌(或转移瘤)、肝囊肿的信号强度差异均具有统计学意义($P < 0.05$); 当 b 值 $= 600 \text{ s/mm}^2$ 时, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。当 b 值 $= 600 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝囊肿与肝癌(或转移瘤)信号强度差异有统计学意义($P < 0.05$), $b = 900 \text{ s/mm}^2$ 时差异无统计学意义($P > 0.05$)。

分析图 2 可以发现: 当 b 值 $> 600 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝癌或肝脏转移瘤所测得 ADC 值较稳定; 当 b 值在 $900 \sim 1800 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝脏囊肿和肝脏血管瘤 ADC 相对稳定, 但也有波动; 当 b 值 $< 900 \text{ s/mm}^2$ 时, 肝脏囊肿、肝脏血管瘤及肝癌(或转移瘤)在不同 b 值时的 ADC 值均有较大的波动; 当 b 值为 300 s/mm^2 时, 肝脏囊肿与肝脏血管瘤的 b 值-ADC 曲线相交。

笔者认为应用磁共振多 b 值扩散加权成像技术诊断及鉴别诊断肝脏局灶占位性病变所采用的 b 值范围以 $0 \sim 1800 \text{ s/mm}^2$ 为宜,该结论与相关常规 DWI 文献提到的临床经验值 ($b \text{ 值} < 1000 \text{ s/mm}^2$) 不完全相符^[4]。对于病灶 ADC 值的测定,相关文献曾对 $b = 500 \text{ s/mm}^2$ 和 $b = 1000 \text{ s/mm}^2$ 时利用 3.0T 磁共振对肝脏良恶性病变的鉴别诊断价值进行比较,认为两个 b 值所测得的 ADC 值均能鉴别肝脏良恶性病变,而 $b = 1000 \text{ s/mm}^2$ 时 ADC 值的诊断价值较 $b = 500 \text{ s/mm}^2$ 高^[5],其分析的原因为当 b 值较低时微循环血流灌注对 ADC 值的影响相对较大,因此测得的 ADC 值稳定性相对较差,而高 b 值明显降低了微循环血流灌注对 ADC 值的影响,因此获得的 ADC 值较稳定。对于肝脏扩散加权成像时 b 值的选择文献报道并不一致^[6-8],当 $b \text{ 值} < 1000 \text{ s/mm}^2$ 时,对于病灶的显示及检出具有重要意义,但对于病灶 ADC 值的测量却存在一定误差;而当 $b \text{ 值} > 1000 \text{ s/mm}^2$ 时,由于信噪比降低等原因对于病灶的检出存在检出率降低等问题,但是能够更准确地测量病灶的 ADC 值,该观点与本组研究结果相符。因此,为了兼顾低 b 值能够更好地检出病灶和高 b 值能够更好地测量病灶 ADC 值,磁共振多 b 值扩散加权成像的 b 值范围可以适当放宽,以 $0 \sim 1800 \text{ s/mm}^2$ 为宜。

相关文献报道肝脏恶性病变的 ADC 值多 $< 1.6 \mu\text{m}^2/\text{ms}$, 肝脏良性病变的 ADC 值多 $> 1.6 \mu\text{m}^2/\text{ms}$,因此 $\text{ADC 值} = 1.6 \mu\text{m}^2/\text{ms}$ 常作为鉴别肝脏良恶性肿瘤的分界点,其特异度为 80%,敏感度 98%^[9]。本组研究结果显示肝血管瘤的平均 ADC 值为 $(2.75 \pm 0.05) \mu\text{m}^2/\text{ms}$, 肝脏囊肿的平均 ADC 值为 $(4.51 \pm 0.12) \mu\text{m}^2/\text{ms}$, 肝癌(或转移瘤)的平均 ADC 值为 $(1.53 \pm 0.09) \mu\text{m}^2/\text{ms}$,与文献报道基本相符^[10]。

本组研究病例数及病变种类相对较少,结论需要大样本研究的进一步验证,同时本研究选择的 b 值范围及 b 值间隔相对较大,对研究的准确性有一定影响。不同的肿瘤其细胞结构也有明显的不同,这主要表现在肿瘤的组织学构成及侵袭性上,因此其表现扩散系

数及 b 值-信号强度、b 值-ADC 值也存在一定的差异^[11],所以磁共振多 b 值扩散加权成像技术对肝脏转移瘤、小肝癌、肝硬化再生结节及局灶性再生结节等肝脏病变的鉴别诊断,特别是对肾功能不全,不能行 MRI 或者 CT 增强的患者具有很大的应用价值,但需要更深入的研究证实。

参考文献:

- [1] Herneth AM. Diffusion weighted imaging: have we found the "holy grail" of diagnostic imaging or is it still a game of number[J]. Eur J Radiology, 2003, 45(3): 167-168.
- [2] 张安君, 詹松华, 等. 背景抑制磁共振弥散成像(DWIBS)技术在肝脏局灶性占位性病变中的初步应用[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2006, 4(4):
- [3] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. MR imaging of intra-voxel incoherent motions: application to diffusion and perfusion in neurological disorders[J]. Radiology, 1986, 161(2): 401-407.
- [4] Koh DM, Collins DJ. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology[J]. AJR, 2007, 188(6): 1622-1635.
- [5] 李彩英, 封海龙, 殷小平, 等. 3.0T MR DWI 在肝脏良、恶性局灶性病变诊断中的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2009, 28(8): 1091-1094.
- [6] 黎军强, 龙莉玲, 黄仲奎, 等. 3.0T 磁共振扩散加权成像在肝硬化与肝癌的应用研究[J]. 实用放射学杂志, 2008, 24(10): 1368-1372.
- [7] Moteki T, Horikoshi H, Oya N, et al. Evaluation of hepatic lesions and hepatic parenchyma using diffusion-weighted reordered turbo FLASH magnetic resonance images[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 15(5): 564-572.
- [8] Kim T, Murakami T, Takahashi S, et al. Diffusion-weighted single-shot echo planar MR imaging for liver disease[J]. AJR, 1999, 173(2): 393-398.
- [9] Fan G, Zang P, Jing F, et al. Usefulness of diffusion/ perfusion weighted MRI in C6 rat gliomas: correlation with histopathology[J]. Aca Radiol, 2005, 12(5): 640-651.
- [10] Provenzale JM, Mukundan S, Barboriak DP. Diffusion-weighted and perfusion MR imaging for brain tumor characterization and assessment of treatment response[J]. Radiology, 2006, 239(3): 632-649.
- [11] 王建利, 谢敬霞. 成人脑组织水分子扩散的各向异性[J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(10): 675-679.

(收稿日期: 2010-11-02 修回日期: 2011-04-20)