

· 乳腺影像学 ·

IVIM-DWI 与 DCE-MRI 定量参数鉴别乳腺良恶性肿瘤的对照研究

王志远, 吴海龙, 李淑豪, 周晶晶, 翁莹莹, 龚良庚

【摘要】 目的:比较体素内不相干运动(IVIM)模型 DWI 与动态增强 MRI(DCE-MRI)定量参数在鉴别乳腺良、恶性病变中的价值,并探讨两种模型灌注参数的相关性。**方法:**回顾性分析 88 例共 93 个乳腺病变患者的病例资料。其中良性病变 44 个,恶性病变 49 个。患者术前均行 IVIM-DWI 及 DCE-MRI 检查,获得病灶的 6 个定量参数值,IVIM-DWI 的定量参数有纯扩散系数(D)、灌注相关扩散系数(D^*)和灌注分数(f),DCE-MRI 的定量参数有容积转运常数(K_{trans})、速率常数(K_{ep})和血管外细胞外间隙容积分数(V_e)。比较乳腺良、恶性肿瘤组之间各定量参数值的差异,绘制 ROC 曲线确定各参数和参数联合鉴别乳腺恶性肿瘤的阈值、曲线下面积(AUC)、敏感度和特异度。采用 Pearson 相关性分析评估 IVIM-DWI 灌注参数与 DCE-MRI 灌注参数之间的相关性。**结果:**乳腺恶性肿瘤组的 D 和 f 值明显低于良性组, K_{trans} 和 K_{ep} 值明显高于良性组,差异均有统计学意义($P < 0.001$)。ROC 曲线分析显示,D、f、 $D+f$ 、 K_{trans} 、 K_{ep} 和 $K_{trans} + K_{ep}$ 值鉴别乳腺良恶性病变的 AUC 分别为 0.891、0.827、0.937、0.933、0.948 和 0.955,IVIM-DWI 参数联合诊断模型($D+f$)与 DCE-MRI 参数联合诊断模型($K_{trans} + K_{ep}$)鉴别良恶性乳腺肿瘤的 AUC 的差异无统计学意义($Z=0.571, P=0.568$)。乳腺肿瘤的 D 值与 K_{trans} 、 K_{ep} 值均呈中度负相关($r=-0.469, P<0.001$; $r=-0.510, P<0.001$);f 值与 K_{trans} 、 K_{ep} 值呈弱负相关($r=-0.397, P<0.001$; $r=-0.328, P<0.001$); D^* 和 V_e 值与其它参数间均无显著相关性($P>0.05$)。**结论:**IVIM-DWI 和 DCE-MRI 定量参数(K_{trans} 、 K_{ep} 、D 及 f)均能有效鉴别乳腺良恶性肿瘤,且诊断效能相似,IVIM-DWI 与 DCE-MRI 灌注参数间有一定的相关性。

【关键词】 乳腺肿瘤; 扩散加权成像; 体素内不相干运动; 动态增强扫描; 磁共振成像

【中图分类号】 R445.2; R737.9 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)12-1514-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.12.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative study of intravoxel incoherent motion MRI and dynamic contrast-enhanced MRI in differentiating benign and malignant breast lesions WANG Zhi-yuan, WU Hai-long, LI Shu-hao, et al. Department of Radiology, the Second Hospital of Nanchang University, Nanchang 333000, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to compare the diagnostic performance for breast lesions by quantitative parameters derived from intravoxel incoherent motion (IVIM) DWI and dynamic contrast-enhanced (DCE) MRI, and to explore the correlation of the perfusion parameters obtained from the two models. **Methods:** The clinical data of 93 breast lesions in 88 patients were retrospectively analyzed. There were 44 benign lesions and 49 malignant lesions. All patients underwent IVIM-DWI and DCE-MRI examination before surgery. IVIM-DWI quantitative parameters including true diffusion coefficient (D), perfusion-related diffusion coefficient (D^*) and perfusion fraction (f), and DCE-MRI parameters including volume transfer coefficient (K_{trans}), reverse reflux rate constant (K_{ep}) and volume fraction of extravascular space (V_e) were measured. The statistical difference of each parameter between benign and malignant group were compared, and the ROC curve was drawn to determine the threshold, area under the curve (AUC), diagnostic sensitivity and specificity of each parameter. Correlation of perfusion-related parameters obtained by IVIM-DWI and DCE-MRI was assessed using Pearson rank correlation analysis. **Results:** When compared with benign group, the values

作者单位: 330006 南昌, 南昌大学第二附属医院影像中心

作者简介: 王志远(1984—), 男, 湖北阳新人, 硕士研究生, 主要从事心脏及乳腺影像诊断和研究工作。

通讯作者: 龚良庚, E-mail: gongl11999@163.com

基金项目: 江西省卫生计生委科技计划(20185247)

of D and f in malignant group were significantly lower (both $P < 0.001$), while the values of K_{trans} and K_{ep} were significantly higher (both $P < 0.001$). The AUC of D, f, D+f, K_{trans} , K_{ep} and $K_{trans} + K_{ep}$ in diagnosing malignant tumor were 0.891, 0.827, 0.937, 0.933, 0.948 and 0.955, respectively. There was no significant difference ($Z = 0.571, P = 0.568$) between the AUC of multi-variables diagnostic models established by IVIM parameters (D+f) and DCE-MRI parameters ($K_{trans} + K_{ep}$). Correlation analysis demonstrated that the D value had moderately negative correlation with K_{trans} and K_{ep} ($r = -0.469$ and -0.510 , respectively; both $P < 0.001$); the f value showed weak negatively correlation with the values of K_{trans} and K_{ep} ($r = -0.397$ and -0.328 , respectively; both $P < 0.001$); the values of D^* and V_e had no significant correlation with the values of other parameters. **Conclusion:** IVIM-DWI and DCE-MRI quantitative parameters (K_{trans} , K_{ep} , D and f) can effectively differentiate benign and malignant breast tumors with similar diagnostic efficacy, and they are correlated to some extent.

[Key words] Breast neoplasms; Diffusion-weighted imaging; Intro-voxel incoherent motion; Dynamic contrast-enhanced scan; Magnetic resonance imaging

乳腺癌是危害女性健康最常见的恶性肿瘤,早诊断、早治疗对患者的预后及生存至关重要。MRI 在乳腺癌的筛查和诊断中发挥了重要作用,其中,动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)可定量评估肿瘤组织的血流灌注及渗透信息,现已成熟应用于乳腺肿瘤的诊断和鉴别诊断,但 DCE-MRI 需注射对比剂,存在钆剂体内沉积、肾毒性及过敏等风险。近年来,体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)成像因无需使用外源性对比剂,可同时定量反映组织扩散及微循环灌注特征,在乳腺方面的应用越来越受到关注^[1]。IVIM 成像和 DCE-MRI 均可提供组织灌注相关信息,在乳腺疾病中两种模型提供的灌注参数之间的相关性尚不明确。本研究旨在分析 IVIM 成像和 DCE-MRI 定量参数之间的相关性及其对乳腺良、恶性肿瘤的诊断价值。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性分析本院 2018 年 10 月—2019 年 7 月连续收治的乳腺疾病患者的病例资料。纳入标准:①临床怀疑乳腺肿瘤,行乳腺 MRI 检查;②MRI 检查后 2 周内经手术或穿刺活检取得明确的病理结果;排除标准:①MRI 检查前有穿刺、手术或其它相关治疗史;②MRI 图像质量不佳,不符合诊断分析要求。

共将 88 例患者(93 个肿块性病变)纳入本研究,均为女性。良性肿瘤 41 例共 44 个病灶,多发者 3 例;其中,乳腺纤维腺瘤 17 个、纤维腺瘤伴腺病 11 个、导管内乳头状瘤 5 个、乳腺腺病 7 个、导管上皮增生伴大汗腺化生 1 个和乳腺增生 3 个。恶性肿瘤 47 例共 49 个病灶,多发者 2 例;其中,浸润性导管癌 31 个、导管原位癌 9 个、乳头状癌 4 个、导管原位癌伴小叶癌 2 个、浸润性小叶癌 2 个和黏液腺癌 1 个。

2. MRI 扫描方法

使用 GE Signa HDxt 3.0T 磁共振扫描仪和 8 通道乳腺专用相控阵线圈。患者取俯卧位,双侧乳腺自然悬垂于线圈内。患者均行常规序列、IVIM-DWI 及 DCE-MRI 扫描。①常规序列包括横轴面 STIR T_2 WI、横轴面 FSE T_1 WI 和矢状面压脂 T_2 WI。②IVIM-DWI:采用单次激发 SE-EPI 序列,TR 4000.0 ms,TE 75.2 ms,层厚 4.0 mm,层间距 1.0 mm,采集矩阵 96×96 ,视野 $380 \text{ mm} \times 380 \text{ mm}$,15 个 b 值(0、25、50、75、100、150、200、500、700、800、900、950、1000、1200、1400 s/mm^2 ,激励次数 2,3 个方向施加梯度(上下、左右、前后),扫描时间 5 分 44 秒。③DCE-MRI:采用 3D 乳腺容积成像序列(volume imaging for breast assessment, VIBRANT)序列横轴面 T_1 WI,TR 4.0 ms,TE 2.1 ms,翻转角 14° ,层厚 3.0 mm,层间距 0 mm,视野 $350 \text{ mm} \times 350 \text{ mm}$,矩阵 288×192 ,激励次数 0.7;自由呼吸状态下无间断扫描 40 期,每期扫描时间 10 s,总扫描时间 6 min 40 s,前 3 期为蒙片,第 3 期结束后立即经肘静脉团注对比剂 Gd-DTPA,剂量 0.1 mmol/kg,注射流率 2.5 mL/s,对比剂注射完毕后再以相同流率团注 20 mL 生理盐水。

3. 图像分析和后处理

将图像数据传输至 GE AW4.6 工作站进行图像后处理和分析。IVIM-DWI 图像后处理:使用 Functool 中的 MADC 软件包,结合增强扫描图像,在 $b = 1000 \text{ s/mm}^2$ 的 IVIM-DWI 图像上,选择病灶内信号强度最大的区域放置 ROI,软件即自动计算出 ROI 的 3 个定量参数值,包括纯扩散系数(D)、灌注相关扩散系数(D^*)和灌注分数(fraction of D^* , f),并生成相应参数的伪彩图。DCE-MRI 图像后处理:使用 GE AW4.6 中的 GenIQ 软件(GenIQ General 协议, StandardToftsModel)对 DCE-MRI 数据进行后处理。

选择预置 T_1 值(3.0T, breast glandular), 在病灶强化最显著的实性区域手动勾画 ROI, 并在同层面的胸主动脉内勾画 ROI 获得动脉输入函数(arterial input function, AIF), 软件即可自动计算出 ROI 病灶的 3 个定量参数值, 包括容积转运常数(K_{trans})、速率常数(K_{ep})和血管外细胞外间隙体积分数(V_e), 并生成相应的伪彩图。ROI 的面积为 $20 \sim 50 \text{ mm}^2$, 注意避开病灶坏死、囊变及血管区域, 每例患者在勾画 ROI 时尽量保证在 DCE-MRI 和 IVIM-DWI 图像上选择病灶的相同层面和位置。由 1 位高年资乳腺影像诊断医师在不知病理结果的情况下, 进行图像分析和数据测量, 每个病灶重复测量 3 次, 取 3 次的平均值并记录。

4. 重复性分析

利用随机数字表法随机抽取 30 例患者, 由另一位经验丰富的乳腺影像诊断医师, 重复以上图像分析及数据测量, 对参数进行观察者间的可重复性分析。

5. 统计学分析

使用 SPSS 23.0 及 MedCalc 15.0 统计软件进行统计学分析。首先, 采用 Kolmogorov-Smirnov 检验对计量资料进行正态性检验, 符合正态分布的数据以均值 $\pm$ 标准差表示, 非正态分布的数据以中位数(四分位数间距)表示。采用两独立样本 t 检验(正态分布)或 Mann-Whitney U 检验(非正态分布)比较乳腺良、恶性肿瘤组间各参数值的差异。对有统计学差异的参数, 采用受试者工作特征(ROC)曲线评估其鉴别乳腺

恶性肿瘤的诊断效能, 采用 Z 检验比较各参数及联合模型的诊断效能。采用 Pearson 相关分析评估 IVIM-DWI 和 DCE-MRI 灌注参数的相关性, $|r| < 0.40$ 为弱相关, $0.40 \leq |r| < 0.6$ 为中度相关, $0.6 \leq |r| < 0.8$ 为较高相关, $|r| \geq 0.8$ 为高相关。应用组内相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)进行观察者间一致性检验并绘制 Bland-Altman 图。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 临床资料的比较

良性组 41 例患者, 平均年龄(43.85 ± 8.94)岁, 病灶最大径(21.18 ± 8.75) mm, 病灶位于左乳 20 个, 右乳 24 个; 恶性组 47 例患者, 平均年龄(48.13 ± 8.12)岁, 病灶最大径(22.62 ± 8.63) mm, 病灶位于左乳 26 个, 右乳 23 个。良性组与恶性组之间发病部位和病灶最大径的差异无统计学意义($P > 0.05$), 恶性组患者的年龄大于良性组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。

2. 观察者间一致性

两位医师对各项参数测量结果的一致性分析结果: D 、 D^* 及 f 的 ICC(95%CI) 分别为 0.907(0.841~0.946)、0.794(0.663~0.877) 和 0.857(0.762~0.917); K_{trans} 、 K_{ep} 及 V_e 的 ICC(95%CI) 分别为 0.826(0.713~0.898)、0.838(0.731~0.905)、0.806(0.682~0.885)。将两位医师对各参数的测量结果按照 Bland-Altman

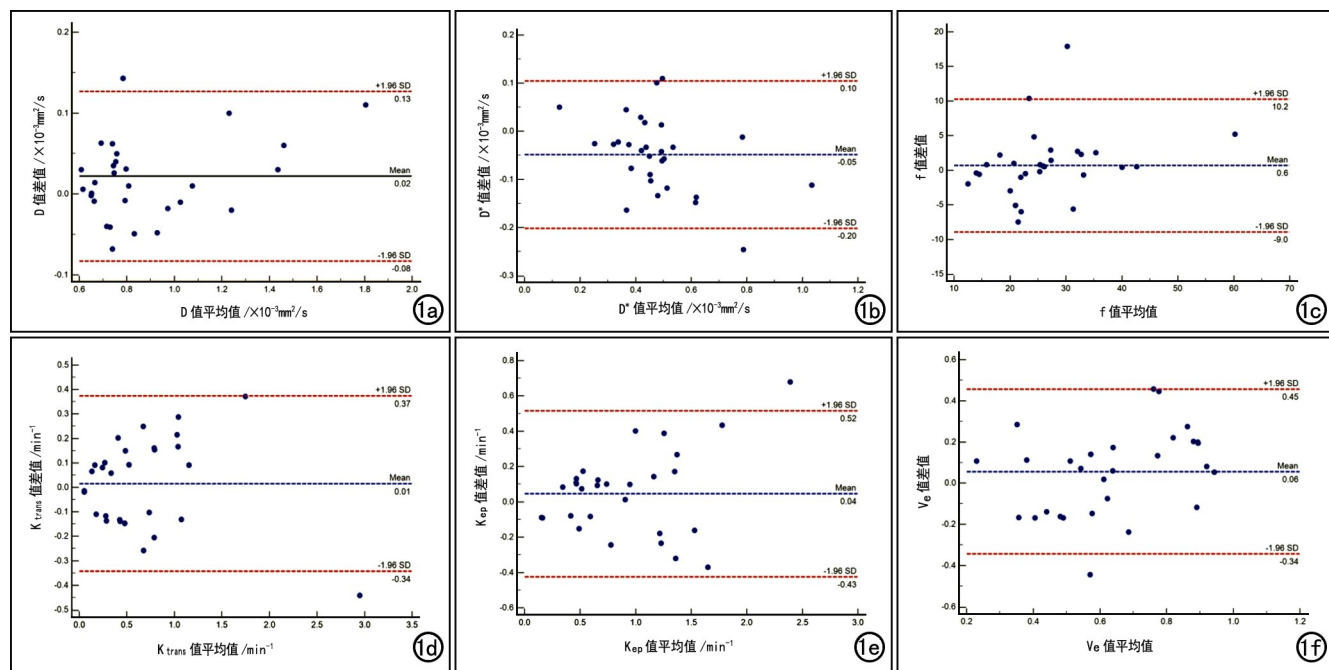


图 1 两位医师测量的 30 个乳腺肿瘤的定量参数值的 Bland-Altman 分析图。每个点的横坐标表示两位医师测量值的平均值, 纵坐标代表两位医师测量值的差值, 上下红色虚线处为两位医师测量值的差值平均值的双侧 95% 置信区间的参考线, 蓝色虚线代表两位医师测值差值的均值, 其纵坐标位于零点附近, 表明两位医师测量数据的一致性较好。a) D 值; b) D^* 值; c) f 值; d) K_{trans} 值; e) K_{ep} 值; f) V_e 值。

法绘制散点图(图 1),显示两位医师测量值的差值平均值接近 0。

3. 良恶性组之间各参数的比较

乳腺良恶性肿瘤组之间各定量参数的测量值、组间比较结果及伪彩图见表 1 和图 2~3。IVIM-DWI 参数中,恶性组的 D 和 f 值低于良性组,差异有统计学意义($P<0.05$), D^* 值在两组间的差异无统计学意义($P=0.081$);DCE-MRI 参数中,恶性组的 K_{trans} 和 K_{ep} 值高于良性组,差异有统计学意义($P<0.05$), V_e 值在两组间的差异无统计学意义($P=0.245$)。

4. 各定量参数鉴别乳腺肿瘤良恶性的效能

各定量参数和联合诊断模型(D 联合 f, K_{trans} 联合

K_{ep})对乳腺肿瘤良恶性的鉴别效能见表 2 和图 4。单个参数中,以 K_{ep} 的 AUC(0.948)最大,D 的敏感度最高(93.88%), K_{trans} 的特异度(100%)最高。IVIM-DWI 及 DCE-MRI 参数联合诊断模型的 AUC 分别为 0.937 和 0.955,均高于单个参数的 AUC。

进一步对 IVIM-DWI 参数与 DCE-MRI 参数的 AUC 进行两两比较,结果见表 3。D 的 AUC 与 K_{trans} 、 K_{ep} 之间的差异无统计学意义($Z=0.967$, $P=0.333$; $Z=1.538$, $P=0.124$);D+f 与 $K_{trans}+K_{ep}$ 之间 AUC 的差异无统计学意义($Z=0.571$, $P=0.568$)。

5. 灌注参数的相关性

IVIM-DWI 参数与 DCE-MRI 参数之间的相关性

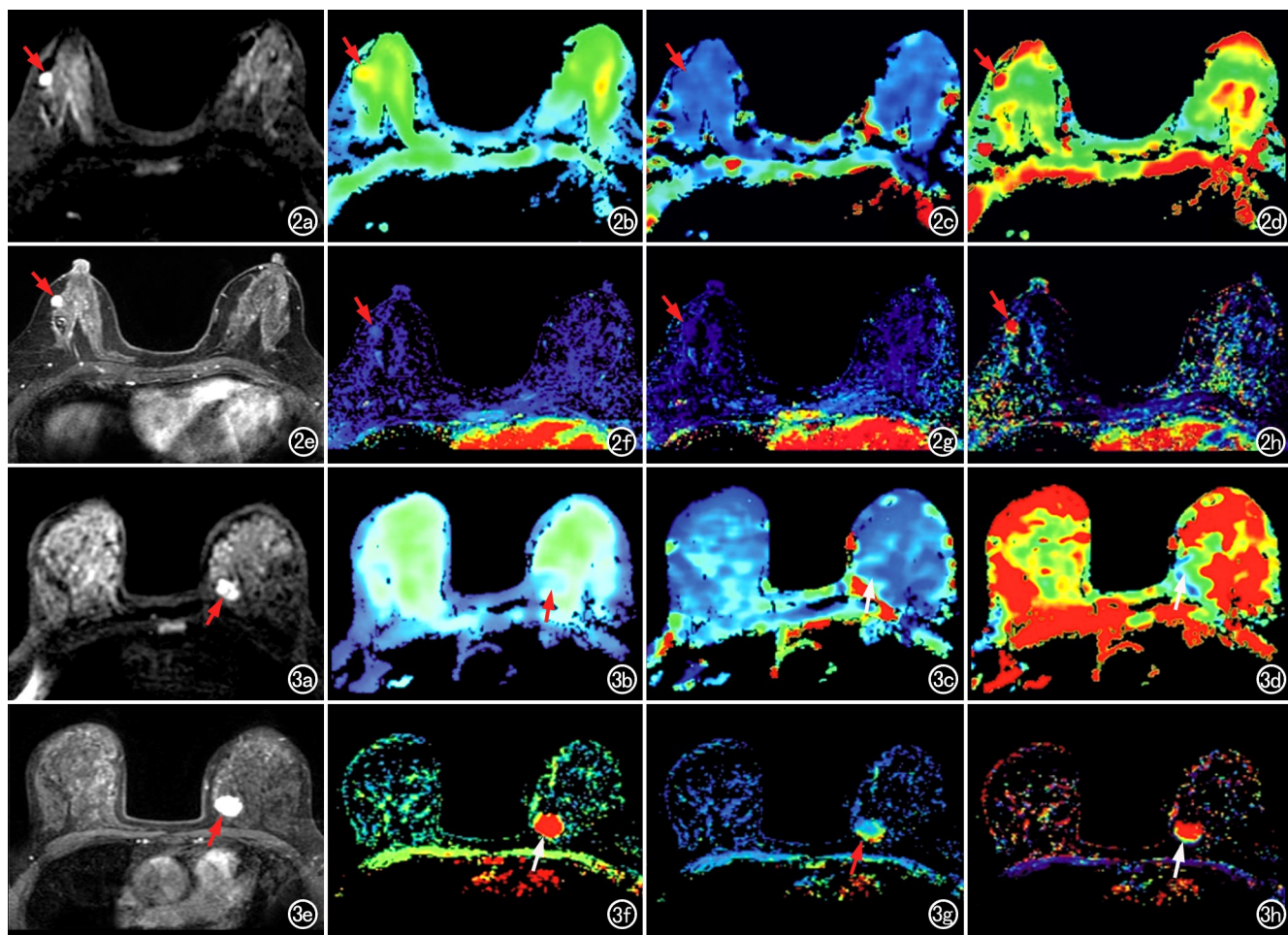


图 2 患者,女,46 岁,右侧乳腺纤维腺瘤。a)DWI($b=1000s/mm^2$)示右侧乳腺内类圆形小结节,呈明显高信号(箭);b)D 值伪彩图,显示结节呈黄色(箭),提示 D 值较高;c)D* 值伪彩图,显示病灶呈浅蓝色(箭),D* 值与正常乳腺相当;d)f 值伪彩图,示结节呈红色信号(箭),提示 f 值增高;e)DCE-MRI 图像,显示病灶呈明显强化(箭);f)、 K_{trans} 值伪彩图,显示病灶信号(箭)稍高于乳腺腺体,提示 K_{trans} 值稍增高;g) K_{ep} 值伪彩图,病灶信号(箭)与乳腺背景相当, K_{ep} 值不高;h) V_e 值伪彩图,显示病灶呈红色(箭),提示 V_e 值增大。图 3 患者,女,49 岁,左乳内上象限浸润性导管癌。a)DWI($b=1000s/mm^2$)示左乳内上象限类圆形肿块(箭),呈明显高信号;b)D 值伪彩图,显示肿块呈浅蓝色(箭),提示 D 值低;c)D* 值伪彩图,示肿块(箭)与乳腺腺体背景信号相当;d)f 参数伪彩图,显示肿块信号(箭)低于乳腺纤维腺体,提示 f 值减低;e)DCE-MRI 图像示病灶明显强化(箭);f) K_{trans} 值伪彩图显示肿块呈红色(箭),提示 K_{trans} 值明显增高;g) K_{ep} 伪彩图,示肿块(箭)的 K_{ep} 值高于乳腺腺体;h) V_e 值伪彩图显示病灶呈红色(箭),提示 V_e 值增大。

表 1 良、恶性组 IVIM-DWI 及 DCE-MRI 参数的比较

参数	良性组(n=44)	恶性组(n=49)	t/Z 值	P 值
D/ $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	1.002 $\pm$ 0.193	0.732 $\pm$ 0.132	-7.785 ^a	<0.001
D* / $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	3.916 $\pm$ 1.485	4.464 $\pm$ 1.523	-1.784 ^a	0.078
f	34.1% $\pm$ 8.9%	24.1% $\pm$ 6.5%	-6.208 ^a	<0.001
K _{trans} /min ⁻¹	0.310 $\pm$ 0.108	0.777 $\pm$ 0.270	-11.172 ^a	<0.001
K _{ep} /min ⁻¹	0.390(0.244)	0.971(0.502)	-7.430 ^b	<0.001
V _e	0.962(0.339)	0.730(0.368)	-1.745 ^b	0.081

注: ^a t 值; ^b Z 值。括号内数据为四分位数间距。

表 2 IVIM-DWI 和 DCE-MRI 参数鉴别乳腺肿瘤良恶性的效能

参数	AUC(95%CI)	诊断阈值	敏感度	特异度
D	0.891(0.806~0.946)	0.876 $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	93.88%	79.55%
f	0.827(0.735~0.898)	27.6%	79.60%	79.50%
D+f	0.937(0.867~0.977)	0.546	93.88%	88.64%
K _{trans}	0.933(0.862~0.975)	0.539 min ⁻¹	81.63%	100%
K _{ep}	0.948(0.811~0.983)	0.637 min ⁻¹	89.80%	93.18%
K _{trans} +K _{ep}	0.955(0.890~0.987)	0.598	89.80%	100%

表 3 2 组参数的 AUC 两两比较的结果(Z 值和 P 值)

参数	K _{trans}	K _{ep}	K _{trans} +K _{ep}
D	0.967(P=0.333)	1.538(P=0.124)	1.638(P=0.101)
f	1.975(P<0.05)	2.489(P<0.05)	2.580(P<0.05)
D+f	0.115(P=0.908)	0.376(P=0.707)	0.571(P=0.568)

分析结果见表 4。D 与 K_{trans} 和 K_{ep} 均呈中度负相关(P<0.01), f 与 K_{trans} 和 K_{ep} 均呈弱的负相关(P<0.01), D、f 与 V_e 之间均无显著相关性(P>0.05), D* 与 DCE-MRI 参数(K_{trans}、K_{ep} 和 V_e) 之间均无显著相关性(P>0.05)。

表 4 IVIM 与 DCE-MRI 灌注参数的相关性(r 值和 P 值)

参数	K _{trans}	K _{ep}	V _e
D	-0.469(P<0.001)	-0.510(P<0.001)	0.126(P=0.228)
D*	0.089(P=0.398)	0.122(P=0.224)	-0.075(P=0.477)
f	-0.397(P<0.001)	-0.328(P<0.001)	0.026(P=0.808)

讨 论

1. DCE-MRI 参数鉴别乳腺良恶性肿瘤的价值

DCE-MRI 通过动态监测对比剂在体内组织及血管内外的分布过程,利用 Tofts 模型获得定量血流动力学参数 K_{trans}、K_{ep} 和 V_e。K_{trans} 和 K_{ep} 主要反映组织微血管通透性特征,与血管通透性和微血管密度呈正相关。恶性肿瘤通常增殖和代谢旺盛,新生血管丰富且管壁不成熟,血管内外交换速率大^[2],因此 K_{trans} 和 K_{ep} 可以鉴别良、恶性肿瘤。本研究结果显示,乳腺恶性肿瘤的 K_{trans} 和 K_{ep} 值均高于良性肿瘤(P<0.001),且鉴别乳腺良恶性肿瘤具有较高的诊断效能,与既往研究结果相符^[2-3]。V_e 反映血管外细胞外间隙的体积(EES),本研究中 V_e 值在两组间的差异无统计学意义(P>0.05),笔者认为可能的原因是 V_e 稳定性差、易受病灶水肿和微囊变等因素的影响^[4]。

2. IVIM-DWI 参数鉴别乳腺良恶性肿瘤的价值

IVIM-DWI 是一种新型的 DWI 技术,利用多 b 值扫描及双指数模型拟合出定量参数 D、D* 及 f 值,其

中 D 值表示体系内的纯扩散运动。本研究中,乳腺恶性肿瘤的 D 值低于良性肿瘤(P<0.001),与 Iima 等^[5]的研究结果一致。多数恶性肿瘤具有高细胞密度和高灌注的特点,传统 DWI 通过分析水分子扩散受限程度来区分良、恶性肿瘤,其采用的单指数模型测量的 ADC 值实际上反映的是水分子扩散和微循环灌注的综合效应^[6],而 IVIM 模型中的 D 值剔除了微循环灌注效应,反映水分子真实的扩散特征,能更准确地反映组织内的细胞密度,因而诊断价值更高。本研究中 D 值在 IVIM-DWI 参数中具有最高的诊断效能,当截断值为 0.876 $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,AUC 为 0.860,敏感度为 93.88%,与 Jiang 等^[7]的研究结果相似。f 和 D* 为灌注相关参数,本研究中乳腺恶性肿瘤的 f 值低于良性肿瘤(P<0.001),与侯等^[8]的研究结果一致,但与 Liu 等^[3]其它学者的研究结果相反。笔者分析导致研究结果产生分歧的原因:①各研究组间 MR 设备和所选取的 b 值不同。b 值(大小及分布)对 f 值的测量结果有

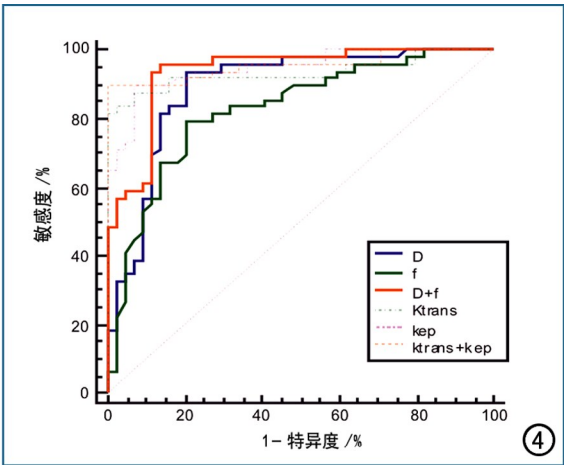


图 4 IVIM-DWI 和 DCE-MRI 定量参数及联合模型鉴别乳腺良、恶性肿瘤的 ROC 曲线,显示以 2 个联合诊断模型的 AUC 值较大。

较大影响,当 $b < 750 \text{ s/mm}^2$ 时,恶性肿瘤的 f 值显著高于良性肿瘤,超过一定范围($b > 750 \text{ s/mm}^2$)时则反之^[9]。本研究中采用了较多的高 b 值,因此测量的恶性肿瘤组的 f 值相对较低;②各研究组间病例的病理类型和分化程度等的差异也会对研究结果产生影响。本研究中 D^* 值在良、恶性组之间的差异无统计学意义($P > 0.05$),有研究显示年龄、月经状态对 D^* 值的大小会产生影响^[10],而本研究中并未考虑这些潜在影响因素,导致 D^* 值的组间差异不显著。

3. IVIM-DWI 和 DCE-MRI 参数诊断效能的比较

以病理结果为金标准,采用 ROC 曲线分析 IVIM-DWI 和 DCE-MRI 定量参数在乳腺良、恶性病变的诊断效能,结果显示 D 、 f 、 K_{trans} 和 K_{ep} 鉴别乳腺良、恶性肿瘤时的 AUC 均 > 0.8 ,均具有较高的诊断效能。进一步行 Z 检验,结果显示 K_{trans} 和 K_{ep} 的 AUC 显著高于 f ,但与 D 的 AUC 之间的差异无统计学意义;而且, DCE-MRI 参数联合模型($K_{\text{trans}} + K_{\text{ep}}$)与 IVIM-DWI 参数联合模型($D + f$)之间 AUC 的差异无统计学意义,提示 IVIM-DWI 与 DCE-MRI 定量参数在鉴别乳腺良、恶性肿瘤时具有相似的诊断效能。

4. IVIM-DWI 和 DCE-MRI 灌注参数的相关性

IVIM-DWI 定量参数中的 D^* 、 f 与 DCE-MRI 定量参数 K_{trans} 、 K_{ep} 和 V_e 均能反映组织的灌注信息。本研究中 Pearson 相关性分析结果显示, D 与 K_{trans} 、 K_{ep} 呈中度负相关, f 与 K_{trans} 、 K_{ep} 呈弱的负相关。本研究结果与 Song 等^[11]的研究结果基本一致,提示在反映乳腺病变新生血管或灌注特征方面, IVIM-DWI 可能是 DCE-MRI 的潜在替代方法, IVIM-DWI 为非侵入性成像方法,对于不宜使用对比剂的患者具有明确的临床意义。但需要指出,对于两种成像方法间定量参数的相关性也有不同的研究结果,既有两者灌注参数间具有较高的正相关关系的结果,亦有无显著相关性的结果^[12-13],这可能与肿瘤的异质性、MRI 参数(如 b 值)及数据处理方法不同等因素有关。

本研究存在一定的局限性:首先, ROI 的放置在 IVIM-DWI 和 DCE-MRI 图像上不能完全保持一致;其次,乳腺 IVIM-DWI 检查中对 b 值的选取尚缺乏具体标准, b 值大小及分布会影响 IVIM-DWI 参数的测量结果,未来需要进一步研究以寻找最佳 b 值组合。

综上所述, IVIM-DWI 和 DCE-MRI 定量参数在乳腺良、恶性病变的鉴别诊断中具有相似的效能,两种方法获取的灌注参数之间具有一定相关性。IVIM-DWI 能同时提供扩散和灌注信息,对于乳腺疾病患者

而言,是一种有潜力的安全、方便的非侵袭性成像方法。

参考文献:

- [1] 马德晶, 逯峰, 邹雪雪, 等. IVIM-DWI 辅助 DCE-MRI 对良、恶性乳腺非肿块样强化病变的鉴别诊断价值[J]. 放射学实践, 2019, 34(12): 1337-1342.
- [2] Li H, Sun H, Liu S, et al. Assessing the performance of benign and malignant breast lesion classification with bilateral TIC differentiation and other effective features in DCE-MRI[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 50(2): 465-473.
- [3] Liu C, Wang K, Chan Q, et al. Intravoxel incoherent motion MR imaging for breast lesions: comparison and correlation with pharmacokinetic evaluation from dynamic contrast-enhanced MR imaging[J]. Eur Radiol, 2016, 26(11): 3888-3898.
- [4] Cho N, Im SA, Park IA, et al. Breast cancer: early prediction of response to neoadjuvant chemotherapy using parametric response maps for MR imaging[J]. Radiology, 2014, 272(2): 385-396.
- [5] Lima M, Kataoka M, Kanao S, et al. Intravoxel incoherent motion and quantitative non-Gaussian diffusion MR imaging: evaluation of the diagnostic and prognostic value of several markers of malignant and benign breast lesions[J]. Radiology, 2018, 287(2): 432-441.
- [6] Le Bihan D. What can we see with IVIM MRI[J]. Neuroimage, 2019, 187: 56-67. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2017.12.062.
- [7] Jiang L, Lu X, Hua B, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging versus dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J]. J Comput Assist Tomogr, 2018, 42(1): 6-11.
- [8] 侯玉薇, 邵真真, 侯明丽, 等. IVIM 成像与 DWI 在乳腺良恶性病变鉴别诊断中的比较[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(3): 396-400.
- [9] Pang Y, Turkbey B, Bernardo M, et al. Intravoxel incoherent motion MR imaging for prostate cancer: an evaluation of perfusion fraction and diffusion coefficient derived from different b-value combinations[J]. Magn Reson Med, 2013, 69(2): 553-562.
- [10] 樊秋菊, 谭辉, 杨祺, 等. 多参数 MRI 评价年轻女性正常乳腺组织随月经周期变化规律的研究[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(8): 1283-1287.
- [11] Song SE, Cho KR, Seo BK, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MRI of invasive breast cancer: correlation with prognostic factors and kinetic features acquired with computer-aided diagnosis[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 49(1): 118-130.
- [12] Quantitative analyses of the correlation between dynamic contrast-enhanced MRI and intravoxel incoherent motion DWI in thyroid nodules[J]. Am J transl Res, 2020, 12(7): 3984-3992.
- [13] 孙瑞红, 蒋朝霞, 孟凡华, 等. 体素内不相干运动成像鉴别乳腺良恶性病变的价值并与定量动态增强 MRI 对比[J]. 中国癌症杂志, 2017, 27(10): 795-800.

(收稿日期: 2021-01-26 修回日期: 2021-06-15)