

[参考文献]

- [1] Rao SV, Ou FS, Wang TY, et al. Trends in the prevalence and outcomes of radial and femoral approaches to percutaneous coronary intervention: a report from the National Cardiovascular Data Registry[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2008, 1: 379-386.
- [2] Barbeau GR, Arsenault F, Dugas L, et al. Evaluation of the ulnopalmar arterial arches with pulse oximetry and plethysmography: comparison with the Allen's test in 1010 patients[J]. Am Heart J, 2004, 147: 489-493.
- [3] Wang Y, Tang J, Ni JW, et al. A comparative study of TR Band and a new hemostatic compression device after transradial coronary catheterization[J]. J Intervent Med, 2018, 1: 221-228.
- [4] Kotowycz MA, Dzavik V. Radial artery patency after transradial catheterization[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2012, 5: 127-133.
- [5] Coyer FM, Stotts NA, Blackman VS. A prospective window into medical device-related pressure ulcers in intensive care[J]. Int Wound J, 2014, 11: 656-664.
- [6] 杨春梅,陈丽芳,陈 伟,等. 血氧饱和度监测在经桡动脉冠状动脉介入术后预防桡动脉闭塞中的应用[J]. 中华护理杂志, 2013, 48:404-406.
- [7] 张 娟,侯海群,席晓红. 非闭塞性压迫止血法预防桡动脉闭塞的研究[J]. 护士进修杂志, 2015, 30:1140-1142.
- [8] 卢叶玲,肖永祺,杨章丽. 经桡动脉介入术后螺旋式止血器非闭塞性压迫法研究[J]. 护理学杂志, 2018, 33:18-20.
- [9] 赵亚男. 经桡动脉冠状动脉介入术后桡动脉狭窄及闭塞的危险因素分析[D]. 广州:南方医科大学, 2013.
- [10] 郭 俊,徐帝非,沈下贤,等. 两类桡动脉压迫止血器临床应用效果分析[J]. 介入放射学杂志, 2016, 25:577-580.
- [11] Sanmartin M, Gomez M, Rumoroso JR, et al. Interruption of blood flow during compression and radial artery occlusion after transradial catheterization[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 70: 185-189.
- [12] 任 静,吕 顺,刘 凤,等. 桡动脉压迫器首次减压开始时间对冠状动脉造影术后并发症影响的系统评价 [J]. 护理学杂志, 2020, 35:47-51.
- [13] Bazemore E, Mann JT 3rd. Problems and complications of the transradial approach for coronary interventions: a review[J]. J Invasive Cardiol, 2005, 17: 156-159.

(收稿日期:2021-08-23)

(本文编辑:边 倩)

•临床研究 Clinical research•

T2WI 高信号子宫肌瘤信号强度比值和纹理分析预测聚焦超声消融疗效

邝岚琼, 许永华, 杨利霞, 符忠祥, 黄自丽, 王怡然, 程 禹

【摘要】目的 探讨 T₂WI 信号强度比值(SIR)联合扩散加权成像表观扩散系数(ADC)直方图纹理参数在预测 T₂WI 高信号子宫肌瘤聚焦超声消融疗效中的应用价值。**方法** 选择 2012 年 3 月至 2016 年 10 月接受高强度聚焦超声(HIFU)消融治疗的患者,55 例共有 T₂WI 高信号子宫肌瘤 59 个,根据体积消融率(消融率≥70%、消融率≤50%)分组,27 例患者 28 个肌瘤入组高消融组,24 例患者 27 个肌瘤入组低消融组。采用独立样本 *t* 检验比较两组 T₂WI-SIR 和 ADC 直方图纹理参数,使用受试者工作特征曲线下面积(AUC)评价各参数在预测 T₂WI 高信号子宫肌瘤聚焦超声消融疗效中的诊断效能。**结果** 高消融组的 T₂WI-SIR 低于低消融组($P<0.05$),AUC 为 0.886,最佳临界值为 2.16,敏感度为 88.9%,特异度为 75%;ADC 直方图纹理参数中 ADC_{均值}、ADC_{方差}、ADC_{90%}、ADC_{99%}的 AUC 分别为 0.632、0.640、0.651、0.647,最佳临界值分别为 696.529、545 569.085、1 621.5、2 839.5,敏感度分别为 29.6%、92.6%、88.9%、92.6%,特异度分别为 96.4%、50%、46.4%、31.3%。T₂WI-SIR 联合 ADC_{90%}和 ADC_{均值}的 AUC 值分别为 0.914 和 0.906,敏感度均为 92.6%,特异度均为 78.6%。**结论** T₂WI-SIR 和 ADC 直方图纹理参数可成为 T₂WI 高信号肌瘤术前预后疗效因子,T₂WI-SIR 联合 ADC 直方图纹理参数可加强预测效能,为后期临床选择可治性 T₂WI 高信号肌瘤及术前评估疗效提供影像学依据。

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2022.11.010

基金项目:超声医学工程国家重点实验室开放课题基金(2020KFKT020);上海市徐汇区智慧医疗专项科研基金(XHZH202112)

作者单位:200031 上海 复旦大学附属中山医院徐汇医院

通信作者:许永华 E-mail: yhxu@src.ac.cn

【关键词】 子宫肌瘤; T2WI; ADC 直方图; 纹理分析; 高强度聚焦超声

中图分类号: R737.33 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2022)-11-1081-04

Application of signal intensity ratio and texture analysis in predicting the efficacy of focused ultrasound ablation for T2WI high signal hystero myoma KUANG Lanqiong, XU Yonghua, YANG Lixia, FU Zhongxiang, HUANG Zili, WANG Yiran, CHENG Yu. Department of Medical Imaging and Interventional Radiology, Xuhui Branch Hospital, Affiliated Zhongshan Hospital of Fudan University, Shanghai 200031, China

Corresponding author: XU Yonghua, E-mail: yhxu@scrc.ac.cn

【Abstract】 Objective To investigate the application value of T2WI signal intensity ratio(T2WI-SIR) combined with diffusion weighted imaging apparent diffusion coefficient(ADC) histogram texture parameters in predicting the efficacy of high intensity focused ultrasound(HIFU) ablation for T2WI high signal hystero myoma. **Methods** A total of 55 patients with T2WI high signal hystero myoma(59 lesions in total), who received HIFU ablation between March 2012 and October 2016, were collected. According to the volume ablation rate (ablation rate $\geq 70\%$, ablation rate $\leq 50\%$), the patients were divided into high ablation group($n=27$, 28 lesions) and low ablation group($n=24$, 27 lesions). Independent sample *t*-test was used to compare T2WI-SIR and ADC histogram texture parameters between the two groups. The area under receiver operating characteristic curve (AUC) was used to evaluated the diagnostic efficacy of various parameters in predicting the effect of HIFU ablation for T2WI high signal hystero myoma. **Results** T2WI-SIR in high ablation group was lower than that in low ablation group($P<0.05$). The AUC value was 0.886, the best critical value was 2.16, the sensitivity was 88.9%, and the specificity was 75%. Among the texture parameters of ADC histogram the AUC values of the ADC mean, ADC variance, ADC_{90%} and ADC_{99%} were 0.632, 0.640, 0.651 and 0.647 respectively, the best critical values were 696.529, 545 569.085, 1 621.5 and 2 839.5 respectively, the sensitivities were 29.6%, 92.6%, 88.9% and 92.6% respectively, and the specificity were 96.4%, 50%, 46.4% and 31.3% respectively. The AUC values of T2WI-SIR combined with ADC_{90%} and ADC mean were 0.914 and 0.906, respectively, the sensitivity and specificity were 92.6% and 78.6% respectively. **Conclusion** T2WI-SIR and ADC histogram texture parameters can be used as preoperative prognostic factors for predicting the curative efficacy of HIFU ablation for T2WI high signal hystero myoma, and combination use of T2WI-SIR and ADC histogram texture parameters can enhance the prediction efficiency, providing imaging reference for later clinical selection of treatable T2WI high signal hystero myoma and for making preoperative evaluation of curative effect. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 1081-1084)

【Key words】 hystero myoma; T2WI; ADC histogram; texture analysis; high intensity focused ultrasound

高强度聚焦超声(high intensity focused ultrasound, HIFU)是一种非侵入性局部热消融方法,在治疗子宫肌瘤方面取得良好效果^[1-2]。T₂WI 高信号子宫肌瘤因其质地纹理原因,超声消融能量沉积困难,一直被视为不适合 HIFU 治疗的肌瘤类型。但临床工作中发现部分 T₂WI 高信号子宫肌瘤 HIFU 治疗后取得较好消融效果^[2-3],因而术前筛选此类子宫肌瘤具有较高的临床价值。消融疗效与子宫肌瘤内部组织结构相关,T₂WI 信号强度和 MRI 扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值有助于鉴别^[4-5]。MRI 图像纹理分析技术可反映病变内部灰阶信息综合量化病灶的细微结构,提供更多信息以协助诊断^[6-7]。本研究探讨 T₂WI 信号强度比值(signal intensity ratio, SIR)和 ADC 值纹理直方图参数在预测 T₂WI 高

信号子宫肌瘤 HIFU 疗效中的应用价值,以期为临床提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究对象

选取 2012 年 3 月至 2016 年 10 月在复旦大学附属中山医院徐汇医院接受 HIFU 治疗患者 55 例(59 个 T₂WI 高信号子宫肌瘤),年龄为 26~52 岁,29 个为单发肌瘤,30 个为多发肌瘤。肌壁间肌瘤 51 个,浆膜下肌瘤 5 个,黏膜下肌瘤 3 个,肌瘤直径为 2.3~13.8 cm。

1.2 超声消融治疗与检查

患者均为首次行 HIFU 治疗,镇静镇痛后,采用 JC-200 型聚焦超声肿瘤治疗系统(重庆海扶技术有限公司生产)行 HIFU 治疗,治疗过程包括子宫肌瘤

病灶靶区定位、确定治疗计划、点扫描选定靶区三维适形消融,实时监控和分析治疗效果。主要参数:频率 0.91 MHz,焦距 140 mm,治疗头直径 220 mm,功率 50~400 W。所有患者在治疗前、治疗后 1~3 d 用 Siemens 3.0 T 高场强磁共振扫描仪 (Verio Tim) 行常规 MRI 序列采集,包含 T₁WI、T₂WI、T₁WI 增强和 DWI 序列扫描。

1.3 研究方法

术后测量肌瘤首次体积消融率:消融率=治疗后靶区无灌注体积(V₁)/治疗后靶区体积(V₂)×100%。 $V=(a \times b \times c) \pi / 6$, a、b、c 分别为长径、宽径、厚径。剔除 4 例(4 个肌瘤)消融率为 51%~69% 的患者,余 51 例患者的 55 个肌瘤以消融率为 70%,分为高消融组(消融率≥70%)28 个肌瘤和低消融组(消融率≤50%)27 个肌瘤。

术前在 T₂WI 矢状位图像上测量腹直肌的 T₂WI 信号强度值(SI),每个靶肌瘤选取 T₂WI 矢状位图像上沿肌瘤边缘最大范围划取感兴趣区,测量最大层面 3 次取均值。计算出 T₂WI-SIR=肌瘤的 T₂WI-SI/腹直肌的 T₂WI-SI。

子宫肌瘤 ADC 纹理参数提取:从 PACS 工作站将入组患者的子宫肌瘤 MRI 图像用 DICOM 格式导出,窗宽窗位为默认值,导入 MaZda 软件,选择 DWI 序列中 ADC 值图最大层面图像,手动勾画感兴趣区(region of interest, ROI),ROI 与病灶边缘保持一致,自动生成 ADC 直方图各项纹理参数,包括 ADC 均值、ADC 方差、ADC 偏度、ADC 峰度和百分位数:ADC_{1%}、ADC_{10%}、ADC_{50%}、ADC_{90%}、ADC_{99%}。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。正态分布的计量资料以均数±标准差表示,比较采用独立样本 *t* 检验。使用受试者工作特征曲线下面积(AUC)评价各参数对预测 T₂WI 高信号子宫肌瘤聚焦超声疗效的能力。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

高消融组患者年龄为(39.6±6.1)岁,肌瘤直径为(6.62±2.51)cm,肌壁间肌瘤 23 个,浆膜下肌瘤 3 个,黏膜下肌瘤 2 个,单发肌瘤 15 个,多发肌瘤 13 个;低消融组患者年龄为(39.6±5.9)岁,肌瘤直径为(5.62±1.85)cm,肌壁间肌瘤 24 个,浆膜下肌瘤 2 个,黏膜下肌瘤 1 个,单发肌瘤 12 个,多发肌瘤 15 个;两组比较差异均无统计学意义(*t*=-0.014、0.664、

$\chi^2=-0.715$ 、0.166, *P*=0.989、0.102、0.475、0.684)。

2.2 2 组 T₂WI-SIR 及 ADC 直方图各纹理参数比较

2 组中的 ADC_{1%}、ADC_{10%} 因数据差异无法进行统计。高消融组的 T₂WI-SIR 低于低消融组,差异有统计学意义(*P*<0.01)。高消融组的 ADC 均值、ADC 方差、ADC_{50%}、ADC_{90%}、ADC_{99%}、ADC 偏度参数值均较低消融组数值低,其中 ADC 均值、ADC 方差、ADC_{90%}、ADC_{99%} 差异有统计学意义(*P*<0.05)。纹理参数高消融组的 ADC 峰度高于低消融组,但差异无统计学意义(*P*>0.05)。见表 1。

表 1 2 组 T₂WI-SIR 及 ADC 直方图纹理参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

参数	高消融组(n=28)	低消融组(n=27)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
T ₂ WI-SIR	2.002±0.738	3.716±1.469	-5.494	<0.01
ADC 均值	611.215±60.223	647.880±72.299	-2.047	0.046
ADC 方差	580 117.080±136 310.907	660 631.426±11 6361.127	-2.352	0.022
ADC 偏度	1.156±0.225	1.164±0.184	-0.151	0.881
ADC 峰度	0.868±0.827	0.812±0.604	0.287	0.775
ADC _{50%}	169.107±166.591	183.481±190.243	-0.298	0.767
ADC _{90%}	1 665.500±183.132	1 781.518±168.478	-2.443	0.018
ADC _{99%}	2 898.500±350.274	3 098.444±244.018	-2.464	0.017

2.3 各参数对预测 T₂WI 高信号子宫肌瘤聚焦超声疗效的能力

将上述差异有统计学意义的参数值进行 ROC 分析,结果显示 T₂WI-SIR 联合 ADC_{90%} 和 T₂WI-SIR 联合 ADC 均值的 AUC 最大,其次为 T₂WI-SIR。见表 2。

表 2 各参数对预测 T₂WI 高信号子宫肌瘤聚焦超声疗效的能力

参数	AUC	<i>P</i> 值	临界值	敏感度(%)	特异度(%)	约登指数
T ₂ WI-SIR	0.886	<0.01	2.16	88.9	75.0	0.639
ADC 均值	0.632	0.092	696.529	29.6	96.4	0.260
ADC 方差	0.640	0.074	545 569.085	92.6	50.0	0.426
ADC _{90%}	0.651	0.054	1 621.5	88.9	46.4	0.353
ADC _{99%}	0.647	0.060	2 839.5	92.6	31.3	0.319
T ₂ WI-SIR 联合 ADC _{90%}	0.914	<0.01	/	92.6	78.6	0.712
T ₂ WI-SIR 联合 ADC 均值	0.906	<0.01	/	92.6	78.6	0.712

3 讨论

HIFU 治疗子宫肌瘤具有无切口、安全有效及可保留子宫等优势^[1],但 MRI T₂WI 高信号子宫肌瘤的 HIFU 消融效果不一^[2-3,8],可能与其组织结构相关。子宫肌瘤组织学上由漩涡或栅栏状交织排列的平滑肌细胞和大小不等的胶原纤维分隔构成,T₂WI 信号强度可直接反映组织结构特性^[4]。研究表明,T₂WI 信号强度与肌瘤消融效果呈负相关,但 T₂WI 信号值因受 MRI 机型、磁场和扫描参数不同而使测量数

据有差异^[8]。Gong 等^[9]发现,子宫肌瘤/骨骼肌T₂WI-SIR 与子宫肌瘤 HIFU 消融疗效呈负相关。Park 等^[10]应用于子宫肌瘤与腹直肌-脂肪组织 T₂WI-SIR 研究子宫肌瘤 HIFU 疗效也有类似结果。本研究分析 T₂WI 子宫肌瘤/腹直肌信号强度比值,结果显示高消融组的 T₂WI-SIR 低于低消融组。T₂WI 信号强度比值高的肌瘤含平滑肌细胞成分多、含水量较高,超声能量不易在瘤体内沉积,吸收相同的热量温度上升缓慢,从而加大了短时间内发生凝固性坏死的难度,而以胶原纤维和变性成分为主的肌瘤由于聚焦超声能量快速在瘤体内沉积而容易消融^[11-13],因此可作为术前 MRI 预测消融效果的指标之一。

ADC 直方图是纹理分析参数的一种,与 ADC 值相比,其底层视觉信息所承载的比单纯灰度变化更丰富,不仅可以描述肌瘤内组织结构的水分子扩散运动受限程度,还可观察肌瘤内部细胞结构复杂程度,从微观水平客观、定量地评估肌瘤的病理特征^[7]。本研究发现高消融组的 ADC 均值低于低消融组。ADC 均值代表选取 ROI 中全部像素值的平均信号强度^[6-7],其增高时,代表组织内含有较多自由水,一方面超声容易穿透,能量不易沉积,另一方面水的比热较高,热量不易聚集,因而消融率低,反之则消融率高^[11]。本研究还发现 ADC 方差、ADC_{90%}、ADC_{99%}值在低消融组均大于高消融组。方差值描述像素平均信号强度值数据两侧的离散程度,可表达图像的均匀程度,百分位数值表述图像的均匀度及复杂度。方差值及百分位数值越大,则提示肌瘤的复杂程度及异质性大^[6-7]。由上推测低消融组因肌瘤内部细胞结构复杂,异质性强,超声消融能量沉积困难影响疗效。本研究将 T₂WI-SIR、ADC 直方图纹理参数(ADC 均值、ADC 方差、ADC_{90%}、ADC_{99%})使用 ROC 分析,发现 T₂WI-SIR 的 AUC 最高(0.886)。ADC 直方图纹理参数(ADC 均值、ADC 方差、ADC_{90%}、ADC_{99%})的 AUC 均具预测参考价值。ADC 直方图纹理参数中 ADC_{90%}的 AUC 最高(0.651),ADC 均值的特异度最高(96.4%),进一步将 T₂WI-SIR 分别与 ADC_{90%}、ADC 均值联合统计,发现 AUC 均提升,敏感度和特异度也有提高。因而 T₂WI-SIR 联合 ADC 直方图纹理参数可增加术前 MRI 预测消融结果的效能。

本文为回顾性研究,虽基线资料已考虑各种因素,但样本量较小,未来将加大样本量、提高软件性

能作进一步研究。本研究结果显示 T₂WI-SIR 和 ADC 直方图纹理参数可成为 T₂WI 高信号肌瘤术前预判消融疗效因子,T₂WI-SIR 联合 ADC 直方图纹理参数可加强预测效能。

[参考文献]

- [1] 陈文直,唐良茗,杨武威,等. 超声消融治疗子宫肌瘤的安全性及有效性[J]. 中华妇产科杂志, 2010, 45:909-912.
- [2] 曾红艳,柳建华,黄 艳,等. 高强度聚焦超声治疗 T₂WI 高信号子宫肌瘤的疗效及安全性分析[J]. 中国妇幼保健, 2019, 34: 2861-2863.
- [3] Zhao WP, Chen JY, Zhang L, et al. Feasibility of ultrasound-guided high intensity focused ultrasound ablating uterine fibroids with hyperintense on T2-weighted MR imaging[J]. Eur J Radiol, 2013, 82: e43-e49.
- [4] 张 嵘,梁碧玲,付加平,等. 子宫肌瘤的 MRI 表现与临床病理相关性研究[J]. 中华放射学杂志, 2003, 37:954-959.
- [5] 杨 笛,朱雅馨,王 雪,等. 不同病理类型子宫肌瘤 3.0T 磁共振扩散加权成像观察[J]. 中华医学杂志, 2016, 96:1155-1159.
- [6] 苏佰燕,孙 昊,薛华丹,等. 基于对比增强 T₂WI 的纹理分析技术对磁共振引导下聚焦超声术治疗子宫肌瘤的评估[J]. 放射学实践, 2019, 34:829-834.
- [7] Zhang XN, Bai M, Ma KR, et al. The value of magnetic resonance imaging histograms in the preoperative differential diagnosis of endometrial stromal sarcoma and degenerative uterine fibroid[J]. Front Surg, 2021, 8: 1-9.
- [8] 姜 曼,赵 卫,易根发,等. 子宫肌瘤 MRI 特征与高强度聚焦超声消融疗效[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23:314-319.
- [9] Gong C, Lin Z, Lv F, et al. Magnetic resonance imaging parameters in predicting the ablative efficiency of high-intensity focused ultrasound for uterine fibroids[J]. Int J Hyperthermia, 2021, 38: 523-531.
- [10] Park H, Yoon SW, Sokolov A. Scaled signal intensity of uterine fibroids based on T2-weighted MR images: a potential objective method to determine the suitability for magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery of uterine fibroids[J]. Eur Radiol, 2015, 25:3455-3458.
- [11] 廖 铃,许永华,周 崑,等. MRI 参数预测聚焦超声治疗子宫肌瘤的消融效果研究[J]. 重庆医学, 2017, 46:1163-1167.
- [12] 祝宝让,杨武威,李 静,等. 高强度聚焦超声消融子宫肌瘤疗效相关因素分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2012, 6: 374-377.
- [13] 许永华,符忠祥,杨利霞,等. MRI 导航和温度监控下高强度聚焦超声治疗子宫肌瘤超声消融治疗子宫肌瘤的安全性及有效性[J]. 介入放射学杂志, 2010, 19:869-873.

(收稿日期:2021-09-08)

(本文编辑:新 宇)