

论 著

MRI在子宫肌瘤高强度聚焦超声治疗中期疗效评估及信号变化分析

石 峰¹ 王全用¹ 王 昕¹王丽琴² 任 磊² 韩 蓓³任国华^{3,*}

1.内蒙古自治区中医医院医学影像科

2.内蒙古自治区中医医院妇产科

3.内蒙古自治区中医医院海扶微

无创治疗中心(内蒙古呼和浩特010020)

【摘要】目的 对比分析子宫肌瘤HIFU治疗前与治疗6个月的信号变化特征及体积变化情况,探讨MRI对子宫肌瘤高强度聚焦超声(HIFU)治疗中期消融效果的评估价值。**方法** 收集我院妇科收治的子宫肌瘤患者27例共41个肌瘤。回顾性分析患者临床与影像学资料,记录患者HIFU治疗前与治疗6个月MRI信号变化特征及体积变化情况,并做统计学分析。**结果** 27例患者共41个子宫肌瘤行HIFU治疗。在T2WI序列测量肌瘤体积,治疗前均值为(73.4±61.8)cm³,治疗后6个月均值为(37.5±29.7)cm³,体积缩小率为(48.7±12.9)%,差异有显著统计学意义(P=0.001<0.05)。与治疗前相比,治疗后6个月肌瘤在T1WI、T2WI、DWI、ADC序列主要变化为信号强度的增高(分别为95.2%、78.0%、75.6%、80.5%)。GD-DTPA增强扫描41例均可见范围不等的无强化的消融区,平均消融率约为(76.5±15.1)%。**结论** 子宫肌瘤HIFU治疗后6个月复查体积缩小显著,MRI可以多参数、多角度准确评价治疗效果,可以为子宫肌瘤HIFU治疗后有效检查手段。

【关键词】 磁共振成像; 子宫肌瘤; 高强度聚焦超声

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.037

Evaluation and Signal Change Analysis of MRI in the Midterm Efficacy of High-intensity Focused Ultrasound Therapy for Uterine Fibroids

SHI Feng¹, WANG Quan-yong¹, WANG Xin¹, WANG Li-qin², REN Lei², HAN Bei³, REN Guo-hua^{3,*}.

1.Department of Radiology, Inner Mongolia Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China

2.Department of Obstetrics and Gynecology, Inner Mongolia Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China

3.Haifu Micro-Non-invasive Treatment Center, Inner Mongolia Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China

ABSTRACT

Objective To compare and analyse the signal change characteristics before and after HIFU treatment six months of uterine fibroids. To analyze the use of magnetic resonance imaging (MRI) in evaluating the effect of high-intensity focused ultrasound (HIFU) on the mid-term ablation of uterine fibroids. **Methods** A total of 41 Uterine fibroids were collected from 27 patients hospitalized to our gynecological department with uterine fibroids. All patients clinical and imaging data of the patients were retrospectively analysed, and the features of signal changes in different sequences of MRI and volume changes before and after HIFU treatment were documented. The statistical analysis was finally finished. **Results** A total of 41 uterine fibroids were found in 27 patients, and were treated with HIFU. Before treatment, the average volume was determined by T2WI sequence was (73.4±61.8)cm³. Six months following therapy, the average volume was (37.5±29.7) cm³, with a volume decrease rate of (48.7±12.9)%. Therefore, there was a statistically significant (P=0.001<0.05). The signal of 6 months post-treatment, the main changes of uterine fibroids in T1WI, T2WI, DWI and ADC sequences were increased (respectively 95.2%、78.0%、75.6%、80.5%) Compared to pre-treatment. All 41 instances of GD-DTPA enhancement scans had ablation regions of various size without enhancement, and the average ablation rate was around (76.5±15.1)%. **Conclusion** Six months following HIFU therapy for uterine fibroids, there was a significant reduction in volume. MRI can properly evaluate the treatment efficacy in multiple parameters and angles, and can be used as an effective method following HIFU therapy for uterine fibroids.

Keywords: MRI; Uterine Fibroids; HIFU

据报道25~40%女性患有子宫肌瘤^[1],其中大约70%的患者是无症状的,不需要频繁随访或进行医疗干预^[2]。有临床症状者主要表现为经期延长、月经量增多、继发性贫血、压迫等症状,部分患者可致不孕,对患者身心健康造成较为严重的影响。因此对于有症状的子宫肌瘤,医疗干预尤为重要^[3]。目前,针对子宫肌瘤的治疗手段较多,随着现代女性健康意识的转变,对于能够保留生育能力的微创治疗越来越多的被采用,其中高强度聚焦超声(high-intensity focused ultrasound, HIFU, 又称超声聚焦刀或海扶刀)消融技术是近年兴起的一种微创治疗方法,因其重复性好、创伤小、安全性高,近年正逐渐被广泛用于子宫肌瘤的微创治疗。既往的研究多集中于HIFU治疗后24h内瘤体消融坏死的情况及MRI信号变化特征,对于中远期疗效的评价及MRI信号变化研究较少。本文回顾性分析子宫肌瘤经HIFU消融治疗后6个月及治疗前的MRI资料,旨在分析子宫肌瘤HIFU治疗后中期信号变化特征及疗效评估。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院妇科2023年1月至2023年6月收治的子宫肌瘤患者共27例,所有患者均接受HIFU治疗,年龄28~52岁,平均44±4.5岁,病程3~16年,所有患者均有不同程度经期延长、月经量增多、继发性贫血或压迫等症状。

纳入标准: 经妇科相关检查确诊为子宫肌瘤;年龄大于18周岁的非绝经妇女;有子宫肌瘤相关症状且影响生活质量或受孕;有强烈保留子宫意愿;熟知HIFU治疗的优势、过程及并发症,同意并签署知情同意书。**排除标准:** 肌瘤位于宫颈;合并其他盆腔肿瘤;合并盆腔炎或盆腔内严重粘连;合并心、肺、脑、肾等重要脏器严重疾病;放置心脏起搏器或有其他MRI检查禁忌者。

1.2 检查方法 海扶治疗采用重庆海扶技术有限公司生产的JC型海扶治疗仪,治疗前一天晚上禁食、导泻清理肠道。治疗当天术前给患者常规备皮、灌肠、留置尿管、镇静、脱脂脱气准备。设备经常规检测运行正常后,患者取俯卧位,先利用常规超声对病灶进行精确定位并制定预治疗方案,待镇静镇痛起效后开启功率源开始治疗。治疗功率为240W~400W,在治疗过程中根据患者耐受情况进行实时调整,超声图像观察到靶区出现持续稳定10个以上灰阶增强时,判定为治疗满意并停止治疗。

【第一作者】 石 峰,男,副主任医师,主要研究方向:CT及MRI诊断。E-mail: 33156912@qq.com

王全用,男,副主任医师,主要研究方向:CT及MRI诊断。E-mail: 2408430289@qq.com

【通讯作者】 任国华,男,主任医师,主要研究方向:海扶微无创治疗。E-mail: 15947519891@139.com

核磁检查使用西门子公司MAGNETOM Avanto 1.5 T检查仪，患者取俯卧位，采用体部相控阵线圈进行盆腔MRI平扫及GD-DTPA增强扫描。扫描层厚、层间距均为4mm，扫描序列包括：(1)轴位T1WI：TR/TE 640/15，FOV 260；(2)轴位T2WI：TR/TE 4750/85，FOV 260；(3)轴位T2WI-fs：TR/TE 4050/65，FOV 260；(4)矢状位T2WI：TR/TE 4200/85，FOV 260；(5)冠状位T2WI：TR/TE 3670/95，FOV 260；(6)轴位DWI：TR/TE 3900/90，FOV 260；(7)增强扫描采用T1WI-Vibe 2D序列，TR/TE 12/2.5，FOV 300。增强造影剂选用钆喷酸葡胺(GD-DTPA)，剂量0.1mmol/kg，流速2.0mL/s，利用高压注射器经静脉注射并于开始注射后15s启动扫描，依次完成矢状位、轴位、冠状位增强扫描。所有图像上传至pacs进行存档分析。

1.3 评价指标 所得MRI图像由两名高年资影像科医生共同阅片完成诊断，意见不一致时协商决定，分别观察记录治疗前、治疗后各序列(T1WI、T2WI、DWI)信号特征并做对比。选取瘤体最大层面测量肌瘤径线，在轴位T2WI图像测量左右径及前后径，二者互相垂直；矢状位T2WI图像测量上下径的最大值，之后分别计算肌瘤治疗前与治疗后体积，并做统计学对比。同法在DCE-MRI增强序列图像测量肌瘤消融区(无强化区)径线，并计算消融区体积及消融率。肌瘤与消融区体积计算利用公式 $V=0.523 \times \text{左右径} \times \text{前后径} \times \text{上下径}$ 。

1.4 统计学处理 使用SPSS 26.0统计软件对所得数据进行处理，计量资料用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，计数资料以百分比(%)表示，子宫肌瘤治疗前后体积差异性比较采用独立样本t检验， $P < 0.05$ 时认为差异有统计学意义。

2 结果

27例患者共检出子宫肌瘤62个，其中41个行HIFU治疗。所有患者均顺利完成治疗，主要不良反应为治疗区域的一过性疼痛，经过工作人员讲解疏导后患者均能坚持配合完成治疗，没有发生高热灼伤、肠道穿孔、出血等严重并发症。

2.1 治疗前与治疗后6个月肌瘤T1WI、T2WI及DWI信号特征对比 治疗前信号：T1WI呈稍低信号例(13/41，31.7%)，呈等信号(28/41，68.3%，见图1)；T2呈稍高信号8例(8/41，19.5%)，稍低信号33例(33/41，80.5%，见图7)；DWI呈等信号5例(5/41，12.2%)，稍高信号6例(6/41，14.6%)，稍低信号30例(30/41，

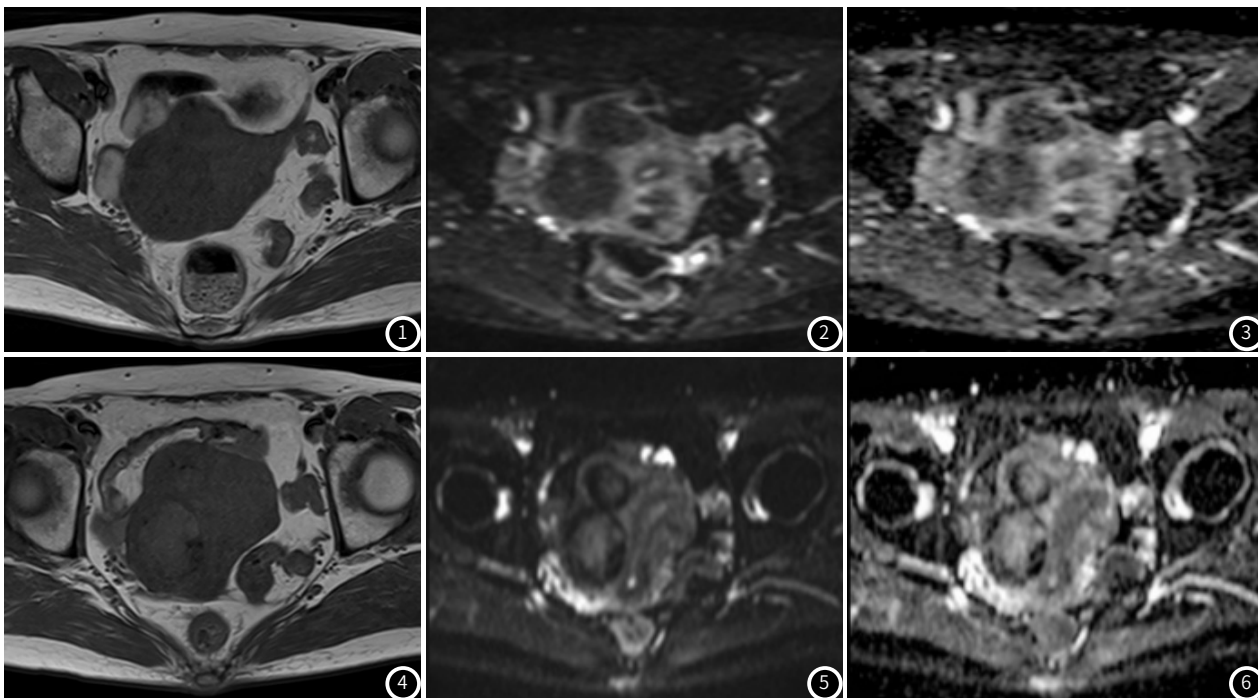
73.2%，图2)；ADC呈稍高信号2例(2/41，4.9%)，呈等信号6例(6/41，14.6%)，呈稍低或低信号33例(33/41，80.5%，见图3)。

治疗后6个月病灶信号较治疗前比较(见表1)：T1WI信号较治疗前无变化2例(2/41，4.9%)，较治疗前增高39例(39/41，95.2%，见图4)，但是信号增高区范围明显小于消融区。T2WI信号较治疗前无变化2例(2/41，4.9%)；较治疗前减低7例(7/41，17.1%)；较治疗前增高32例(32/41，78.0%，见图8)，呈不均匀增高，以病灶中心为著。DWI信号较治疗前无变化3例(3/41，7.3%)；较治疗前减低7例(7/41，17.1%)；较治疗前增高31例(31/41，75.6%，见图5)，信号增高以病灶中心为著，信号增高区周边可见低信号环。ADC信号较治疗前减低3例(3/41，7.3%)；较治疗前无变化5例(5/41，12.2%)；较治疗前增高33例(33/41，80.5%，见图6)。

表1 子宫肌瘤HIFU治疗前与治疗后6个月T1WI、T2WI、DWI信号变化比较

序列	治疗前(例)			治疗后6个月较治疗前(例)		
	等信号	稍低信号	稍高信号	增高	减低	无变化
T1WI	28(68.3%)	13(31.7%)	0(0%)	39(95.2%)	0(0%)	2(4.9%)
T2WI	0(0%)	33(80.5%)	8(19.5%)	32(78.0%)	7(17.1%)	2(4.9%)
DWI	5(12.2%)	30(73.2%)	6(14.6%)	31(75.6%)	7(17.1%)	3(7.3%)
ADC	6(14.6%)	33(80.5%)	2(4.9%)	33(80.5%)	3(7.3%)	5(12.2%)

2.2 治疗前与治疗后6个月肌瘤血流灌注变化及体积比较 GD-DTPA增强扫描治疗前41个肌瘤全部呈显著强化，内部强化较均匀，强化程度、强化过程与子宫肌层接近(见图9)。治疗后6个月GD-DTPA增强扫描41个肌瘤全部可见范围不等无强化的消融区(见图10)，平均消融率约为(76.5±15.1)%。治疗前在T2WI序列测量肌瘤体积平均值为(73.4±61.8)cm³，治疗后6个月时肌瘤体积平均值为(37.5±29.7)cm³，治疗后6个月时肌瘤体积较治疗前缩小率为(48.7±12.9)%。治疗前与治疗后6个月时肌瘤体积比较差异有统计学意义($t=3.310, P=0.001 < 0.05$)。



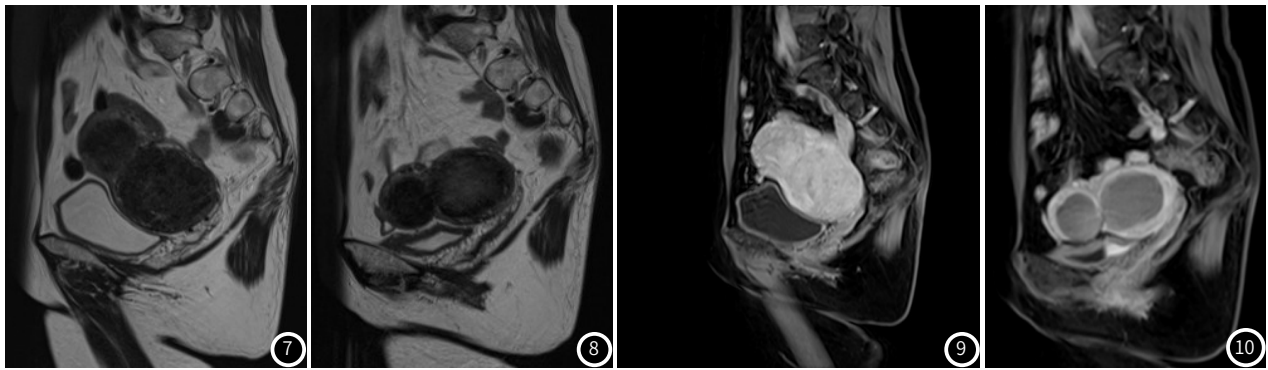


图1~10 同一患者, 47岁发现子宫多发肌瘤8年, 平素月经增多、经期延长。HIFU治疗前: T1WI示子宫右侧壁见两类圆形稍低信号(图1); T2WI呈稍低信号(图7); DWI呈稍低信号(图2); ADC呈稍低信号(图3); GD-DTPA增强扫描病灶呈明显均匀强化(图9)。HIFU治疗后6个月复查: 病灶T1WI信号较治疗前略增高(图4); T2WI信号较治疗前略增高(图8), 以中心为著, 且病灶体积较前缩小, 并可见因支撑不足引起子宫向前倾倒; DWI及ADC(图5~6)信号较治疗前增高, 以中心为著; GD-DTPA增强扫描病灶内出现较大范围无强化消融区(图10), 治疗非常成功。

3 讨论

目前, 子宫肌瘤常用的治疗方法有药物治疗、子宫动脉栓塞术、HIFU及手术治疗等。药物治疗并不能彻底消除肌瘤, 患者依从性差, 停药后肌瘤可重新增大, 所以药物治疗常用于不想手术或围绝经期有症状女性。手术治疗不可避免的会有手术相关风险, 如麻醉意外、麻醉过敏、手术损伤、术中出血等, 再加上术后粘连、手术瘢痕及术后卵巢功能早衰等让众多女性难以接受。子宫动脉栓塞术曾经被认为是可以替代子宫肌瘤手术切除的治疗方法, 它可有效减少月经过多、缓解贫血、缩小肌瘤体积, 达到避免手术治疗的目的。文献报道子宫动脉栓塞术后3~12个月复查体积缩小率为36.7%~70%^[4], 但其副作用如死亡率、术后栓塞、卵巢功能障碍、子宫内膜萎缩及败血症等逐渐引起医患重视并限制其广泛推广。HIFU消融治疗是近年兴起的一种非侵入性微创治疗手段, 是利用特殊聚焦装置将体外发射的低能量超声波在体内选定区域聚焦, 焦点区能量聚集瞬时形成65~100°C高温, 从而导致焦点区组织发生凝固性坏死^[5], 而对焦点之外组织没有明显影响。已有研究证实^[6-7]HIFU治疗子宫肌瘤具有创伤小、安全性高、疗效肯定及术后恢复快等优点, 且不会影响患者的性激素水平^[8], HIFU不仅可以消除或减少因子宫肌瘤引起的症状, 同时可保留子宫及其功能^[9], 正逐渐成为子宫肌瘤患者的首选治疗手段^[10-11]。

子宫肌瘤HIFU消融治疗后组织发生的病理生理学变化是靶区肌瘤的凝固性坏死, 组织成分的改变必将导致MRI信号的改变。本研究共纳入41个子宫肌瘤, 对比分析子宫肌瘤经HIFU消融治疗后6个月与治疗前的MRI信号变化特征, 总结如下。

与消融前对照, 消融后6个月T1WI信号增高36例(39/41, 95.2%), 信号增高是T1WI发生的主要变化, 这与潘静^[12]的研究结果一致, 分析其机理可能与HIFU消融的高温作用导致肌瘤局部组织凝固性坏死, 治疗区水分丧失有关^[13]。但是信号增高区与DCE-MRI无强化消融区不完全匹配, 部分病例信号增高区呈条形或不规则形, 边缘模糊不清, 体积无法估算, 范围明显小于消融区, 但是信号增高区DCE-MRI均无强化, 所以本研究认为T1WI信号增高是消融有效的标志之一, 但并不能准确判断消融区的范围和消融效果, 这与王亚^[14]的观点一致, 对于消融效果的准确评价需要综合T1WI、T2WI及增强序列判断。另外本研究中T1WI信号较治疗前无变化2例(2/41, 4.9%), 但是增强扫描这两例均出现了范围较明确的无强化区, 这说明术后T1WI信号没有变化不代表治

疗无效, T1WI只能作为辅助评估序列。

T2WI图像能很好的显示子宫肌瘤的边界, 所以本研究中子宫肌瘤体积全部在T2WI图像上测量。但是对于消融范围的确定T2WI明显不及DCE-MRI, 尤其对消融前T2WI表现为稍高信号子宫肌瘤, 消融后T2WI信号值虽然有所升高但是很难判断消融的确切范围。本研究消融后6个月T2WI信号较治疗前主要变化为信号增高(32/41, 78.0%), 这与消融后早期^[15]及术后3个月T2WI信号变化相一致^[16]。分析其原因可能与治疗过程中细胞发生坏死、崩解、细胞内的液体释放有关。另外T2WI信号呈不均匀增高, 以病灶中心为著, 这可能与病灶中心为HIFU聚焦的焦点所在, 焦点中心区能量聚集较多有关。另外有7例(7/41, 17.1%)信号较治疗前减低, 2例信号无变化(2/41, 4.9%), 是否与治疗过程中的出血有关有待于进一步研究。

有学者通过研究^[17]发现子宫肌瘤HIFU消融治疗后DWI对消融范围的判断与增强序列无血流灌注区有高度的一致性和相关性。增强扫描、DWI和ADC值均可作为疗效评估的重要手段^[18]。本研究消融后6个月DWI较治疗前主要变化为信号增高(31/41, 75.6%), DWI信号增高以病灶中心为著, 信号增高区周边可见低信号环(36/41, 87.8%)环绕, 这可能与肿瘤中心区域能量聚集较高细胞坏死、溶解显著有关。而与DWI对应的DAC图主要变化亦为信号的增高(33/41, 80.5%), 这与消融后第一天的ADC变化相一致^[19]。本研究还发现DWI信号增高与DAC信号增高的病例基本匹配, 这说明HIFU治疗后子宫肌瘤DWI信号增高并非水分子扩散受限所致, 可能与消融后细胞溶解、细胞密度下降, 水分子扩散程度较治疗前相对自由引起T2穿透效应有关, 而ADC值升高可能与组织坏死有关^[20]。另外DWI信号较治疗前减低7例(7/41, 17.1%), 这可能与治疗时出血有关。DWI与DAC图像发生的变化错综复杂, 机理尚未完全阐明, 有待于今后进一步深入研究。

消融率与术后肌瘤缩小率及症状缓解率密切相关^[21], 是评价治疗效果的重要指标。DCE-MRI可切实反应肌瘤HIFU治疗前后血供变化情况, 评价肌瘤消融后是否发生坏死、有无残留、随访过程中有无复发, 被视为消融后评估最佳序列^[22]。本研究治疗后6个月GD-DTPA增强扫描41个肌瘤全部可见范围不等无强化的消融区, 平均消融率约为(76.5±15.1)%, 效果显著。本研究治疗后6个月时肌瘤体积缩小率为(48.7±12.9)%, 与Marinova M^[23](HIFU

消融治疗后6个月肌瘤体积缩小率月约为46.7±30.3%)及杨武威^[24](HIFU消融治疗后6个月肌瘤体积缩小率约为44.6%±24.7%)的研究结果高度一致,这也说明HIFU消融治疗非常成功、效果显著。

综上所述, MRI作为子宫肌瘤HIFU治疗后随访手段,不仅能够准确测量消融区的体积、消融后病灶的缩小程度,并且可以从MRI信号的变化特点推理其发生的病理改变,可以客观地评价HIFU消融治疗的效果和临床转归情况。

参考文献

- [1] 中国医学装备协会磁共振应用专业委员会微创治疗学组. MR引导聚焦超声治疗子宫肌瘤中国专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54: 737-744.
- [2] Stewart EA, Cookson CL, Gandolfo RA, et al. Epidemiology of uterine fibroids: a systematic review[J]. BJOG, 2017, 124(10): 1501-1512.
- [3] 刘海红, 史小荣. 高强度聚焦超声治疗子宫肌瘤的研究进展[J]. 国际妇产科学杂志 2022. 49(5): 540-544, 564.
- [4] Wang W, Wang Y, Wang T, et al. Safety and efficacy of US-guided high-intensity focused ultrasound for treatment of submucosal fibroids[J]. Eur Radiol, 2012, 22(11): 2553-8.
- [5] 何月明, 罗锦文, 戚莹莹, 等. 基于MRI图像的机器学习模型预测子宫肌瘤HIFU消融术后疗效的价值[J]. 现代肿瘤医学, 2024, 32(06): 1093-1100.
- [6] 子宫肌瘤的诊治中国专家共识专家组. 子宫肌瘤的诊治中国专家共识[J]. 中华妇产科杂志, 2017, 52(12): 793-800.
- [7] 徐小娟, 刘晓芳, 何佳. 高强度聚焦超声治疗子宫肌瘤2年随访结果分析[J]. 实用妇科与产科杂志, 2018, 34(2): 214-218.
- [8] 郭启龙, 门永忠, 李玲, 等. 高强度聚焦超声消融子宫肌瘤对患者内分泌水平和生育功能的影响[J]. 医学影像学杂志, 2020, 08: 1529-1532.
- [9] 卢瑞洁, 张俊成, 杨振华, 等. IVIM-DWI评价高强度聚焦超声治疗子宫肌瘤早期疗效的价值[J]. 临床放射学杂志, 2017, 05: 692-696.
- [10] Torres-de la Roche LA, Rafiq S, Devassy R, et al. Should ultrasound-guided high frequency focused ultrasound be considered as an alternative non-surgical treatment of uterine fibroids in non-asiatic countries? An Opinion Paper[J]. J Clin Med, 2022, 11(3): 839.
- [11] Gong X, Zhang X, Liu D, et al. Physician experience in technical success of achieving NPVR > 80% of high-intensity focused ultrasound

ablation for uterine fibroids: a multicenter study[J]. Front Med Technol, 2022, 3: 790956.

- [12] 潘静, 叶莉. 1.5T MRI多参数成像评估HIFU治疗子宫肌瘤疗效及预后判断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(12): 136-138.
- [13] 徐林刚, 朱秀益, 邱勇钢, 等. 增强MRI检查在高强度聚焦超声消融术治疗子宫肌瘤疗效评估中的价值[J]. 浙江医学, 2023, 45(13): 1427-1430.
- [14] 王亚, 郑晓林, 王忠, 等. 3.0T MRI定量参数对子宫肌瘤高强度聚焦超声射频消融早期效果评估价值[J]. 生物医学工程与临床, 2020, 24(4): 404-410.
- [15] 洪晓纯, 王忠, 曾淑芬, 等. 磁共振平扫在子宫肌瘤海扶刀治疗后近期疗效评估及与增强扫描的比较[J]. 广东医学, 2020, 41(5): 501-505.
- [16] 邢旭光, 张燕. 盆腔磁共振平扫+动态增强扫描对子宫平滑肌瘤HIFU治疗疗效评估[J]. 实用妇科内分泌电子杂志, 2020, 08: 97, 101.
- [17] 班允清, 穆萌, 刘晓蓓, 等. GE3.0T磁共振多b值在子宫肌瘤海扶刀治疗评价中的应用研究[J]. 中国医疗设备, 2016, 31(7): 109-110.
- [18] 任逢春. MRI多参数成像评估HIFU治疗子宫肌瘤的价值[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 23: 78-79.
- [19] 葛炜, 李凤莲, 贾锐. 3.0T MRI结合不同b值的DWI对HIFU治疗子宫肌瘤的疗效评估[J]. 实用癌症杂志, 2023, 38(6): 1006-1009, 1017.
- [20] 张俊成, 杨振华, 赵相胜, 等. MR扩散成像在子宫肌瘤HIFU术后早期疗效评价中的价值[J]. 放射学实践, 2012, 12: 1356-1360.
- [21] 寸江平, 赵卫, 范宏杰, 等. MRI在高强度聚焦超声消融子宫肌瘤中的应用进展[J]. 中国医学影像技术, 2019, 06: 946-949.
- [22] Kim HS, Baik JH, Pham LD, et al. MR-guided high-intensity focused ultrasound treatment for symptomatic uterine leiomyomata: long-term outcomes[J]. Acad Radiol. 2011, 18(8): 970-976.
- [23] Marinova M, Ghaei S. Efficacy of ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound (USgHIFU) for uterine fibroids: an observational single-center study[J]. Int J Hyperthermia, 2021, 38(2): 30-38.
- [24] 杨武威, 盖绿华, 李静, 等. 高强度聚焦超声消融子宫肌瘤的MRI评价[J]. 解放军医学杂志, 2009, 34(5): 616-618.

(收稿日期: 2024-05-15)

(校对编辑: 姚丽娜)