❖妇产科影像学

High-intensity focused ultrasound ablation for hysteromyoma: Role of routine MR techniques in evaluation the therapeutic effect and follow up

LIU Ying-jiang[1], *LIU Xian-ming*[2], *PENG Song*[3], *LV Fa-jin*[4], *HE Min*[1], *HUANG Xiu*[1], *ZHANG Lian*[3*], *CHEN Wen-zhi*[3], *BAI Jin*[1], *WANG Zhi-biao*[1,3]

(1. *National Engineering Research Center of Ultrasound Medicine*, *State Key Laboratory of Ultrasound Engineering in Medicine Co-founded by Chongqing and the Ministry of Science and Technology*, *Chongqing Medical University*, *Chongqing* 400016, *China*; 2. *Center for Tumour Therapy*, *Zibo Maternal and Child Health Hospital*, *Zibo* 255029, *China*; 3. *Clinical Center for Tumour Therapy*, *the Second Affiliated Hospital*, *Chongqing Medical University*, *Chongqing* 400010, *China*; 4. *Department of Radiology*, *the First Affiliated Hospital*, *Chongqing Medical University*, *Chongqing* 400016, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To observe the value of curative evaluation and follow up of ultrasound imaging-guided high-intensity focused ultrasound (HIFU) ablation for hysteromyoma. **Methods** MR images of 158 patients with uterine fibroids who underwent HIFU ablation were reviewed retrospectively within 6 months after operation. Images of FS TSE T2W, plain and contrast-enhanced T1W VIBE FS were obtained in all patients. The signal changes of hysteromyoma in plain MR images after treatment were analyzed, and compared with enhanced MR images. The volumes of signal change areas were calculated. **Results** After HIFU ablation, hyperintense areas in plain MR images were consistent with the areas of necrosis in enhanced MR images (VIBE sequence). High correlation was observed in volume between hyperintense areas in plain MR images and the areas of necrosis in enhanced MR images with univariate analysis ($r=0.99$, $P<0.001$). The border and size of hysteromyoma were observed in FS TSE T2WI. **Conclusion** Conventional plain MRI is useful in evaluating the response of uterine fibroids to HIFU ablation. T2WI is useful in defining the margin of uterine fibroids, while T1WI is accurate in defining the ablated volume.

[**Key words**] Magnetic resonance imaging; High-intensity focused ultrasound ablation; Uterine leiomyomas

常规 MRI 在子宫肌瘤超声消融疗效评价及随访中的价值

刘映江[1],刘仙明[2],彭　松[3],吕发金[4],何　敏[1],黄　秀[1],张　炼[3*],陈文直[3],白　晋[1],王智彪[1,3]

(1.超声医疗国家工程研究中心 重庆医科大学省部共建超声医学工程国家重点实验室,重庆　400016;2.淄博市妇幼保健院肿瘤中心,山东 淄博　255029;3.重庆医科大学附属第二医院肿瘤治疗中心,重庆　400010;4.重庆医科大学附属第一医院放射科,重庆　400016)

[摘　要] **目的** 探讨常规 MRI 在评价超声消融治疗子宫肌瘤疗效及随访中的价值。**方法** 回顾性分析 158 例经超声

[**基金项目**] 国家自然科学基金重点项目(30830040)、国家"十一五"科技支撑计划课题项目(2006BAI03A02)、重庆市科委攻关项目(渝科发计字[2007]11CSTC、2007AA502)。

[**作者简介**] 刘映江(1979—),男,四川西昌人,本科,医师。研究方向:肿瘤无创治疗。E-mail: liuyjsd@gmail.com

[**通讯作者**] 张炼,重庆医科大学附属第二医院肿瘤治疗中心,400010。E-mail: zhangl@haifu.com.cn

[**收稿日期**] 2011-03-12　　[**修回日期**] 2011-06-15

消融治疗后 6 个月内接受 MR 检查的子宫肌瘤患者。所有患者均接受 FS TSE T2W 序列及增强前后 T1W VIBE FS 序列成像。分析超声消融后肌瘤的 MR 平扫图像信号改变，并与增强图像进行比较，观察信号变化规律，计算信号变化区域的体积及其相关性。**结果**　超声消融治疗后，VIBE FS T1WI 上子宫肌瘤高信号区域与增强后所测坏死区域一致，二者间体积差异无统计学意义。单变量分析发现平扫 VIBE FS T1WI 上高信号区域的体积与增强图像上坏死区域的体积呈高度相关（$r=0.99$，$P<0.001$）。FS TSE T2WI 可以确定子宫肌瘤的边界、大小。**结论**　常规 MR 平扫可准确评价超声消融治疗子宫肌瘤的疗效，T2WI 可确定子宫肌瘤的边界、大小，T1WI 可准确测量肌瘤坏死区域的体积。

［**关键词**］　磁共振成像；高强度聚焦超声消融术；子宫肌瘤
［**中图分类号**］　R737.33；R445.2；R445.1　［**文献标识码**］　A　　［**文章编号**］　1003-3289(2011)10-2098-04

作为一种非侵入性治疗手段，高强度聚焦超声（high-intensity focused ultrasound，HIFU）消融已越来越多地用于治疗子宫肌瘤[1-3]。与传统手术不同，超声消融的疗效在很大程度上依赖于影像学评价。当前，超声和 MRI 是临床上普遍使用的超声消融治疗后的疗效评价手段。与超声相比，MRI 能更准确地判断肿瘤的形态、大小及解剖学位置[4-6]，增强图像能清楚反映肌瘤的血供，从而准确判断超声消融治疗的效果。本研究回顾性观察超声消融治疗后子宫肌瘤在 MRI 上的表现特征，并探讨非增强 MRI 是否可以准确评价 HIFU 治疗子宫肌瘤的效果及转归。

1　资料与方法

1.1　一般资料　2008 年 4 月—2010 年 1 月，重庆医科大学 MR 试验室对 158 例经 HIFU 治疗后的子宫肌瘤患者行 MR 随访检查，其中 60 例患者治疗后 1 个月，共 67 个肌瘤，年龄 22～50 岁，平均（39.3±6.5）岁，肌瘤体积 1.04～473.45 cm^3，平均（47.64±67.81）cm^3；70 例患者治疗后 3 个月，共 81 个肌瘤，年龄 21～52 岁，平均（38.5±7.5）岁，肌瘤体积 1.13～462.17 cm^3，平均（76.33±82.84）cm^3；28 例患者治疗后 6 个月，共 30 个肌瘤，年龄 28～48 岁，平均（38.9±5.0）岁，肌瘤体积 0.74～247.55 cm^3，平均（56.01±60.43）cm^3。所有患者均签署知情同意书。

1.2　仪器与方法　使用 Siemens Magnetom Symphony A Tim 1.5T MR 系统扫描，脊柱线圈加体部相控阵线圈。对所有患者均行矢状位 FS TSE T2W 序列（TR 1900 ms，TE 110 ms，BW 260，FA 150°，层厚 4 mm，concatenations 2）及注射对比剂前后扫描容积内插值法屏气检查（VIBE）序列扫描（TR 5.1 ms，TE 2.4 ms，BW 330，FA 10°，Slaps 1，层厚 2.5 mm，concatenations 1）。

1.3　图像与资料分析　由具有 5 年以上工作经验的放射科医师进行图像分析。

1.3.1　信号值测算　采用“HIFU-MARS”软件系统，由医师在肌瘤最大层面勾画出肌瘤轮廓，软件自动测算出肌瘤的平均信号值。测算工作由 2 名医师完成，1 名医师测算治疗前的信号值，另 1 名医师测算治疗后的信号值。

1.3.2　体积测算　采用“HIFU-3DTPS”软件系统，由医师逐层勾画出 MRI 上高信号区域的轮廓，待勾画完所有层面后，由软件自动测算出体积。测算工作由 2 名医师完成，1 名医师测算增强前的体积，另 1 名医师测算增强后肌瘤坏死的体积。

1.4　统计学分析　采用 SAS 8.2 软件分析，计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示。使用配对 t 检验比较治疗前与治疗后肌瘤信号值的关系，并比较增强前 T1WI 高信号区域及增强后图像上无灌注区的关系；采用直线回归分析与直线相关分析观察 T1WI 高信号区域与无灌注区的相关性。

2　结果

2.1　治疗前 MRI 表现　治疗前，178 个子宫肌瘤中，138 个 T2WI 表现为低信号，13 个表现为等信号，27 个表现为高信号；172 个 T1WI 上表现为等信号，6 个表现为等信号中混杂低信号；增强扫描肿瘤均显示强化。

2.2　治疗后 MRI 表现　治疗前 138 个在 T2WI 上表现为低信号的肌瘤，治疗后 93 个表现为信号增高，45 个信号无改变；13 个治疗前 T2WI 表现为等信号的肌瘤，治疗后 7 个表现为信号增高，6 个信号无改变；27 个治疗前 T2WI 上表现为高信号的肌瘤，治疗后 12 个表现为信号进一步增高，15 个信号无改变；提示肌瘤经 HIFU 治疗后在 T2WI 上的信号变化无明确规律（图 1）。

172 个治疗前 T1WI 表现为等信号的肌瘤，治疗后 169 个表现为信号增高，3 个信号无改变；6 个治疗前 T1WI 表现为混杂低信号的肌瘤，治疗后全部表现为信号增高；提示肌瘤经超声消融治疗后 T1WI 信号增高。

2.3　治疗前后肌瘤 T1WI 信号值的比较　178 个肌瘤在治疗前平均信号值为161.00±44.14，治疗后平均

信号值为 220.97±64.89,差异有统计学意义(P<0.001),即肌瘤治疗后 T1WI 信号不同程度增高。

2.4 T1WI 信号改变程度与坏死的关系　治疗后子宫肌瘤 T1WI 信号的改变包括信号明显增高、信号稍增高及边缘高信号、中间等信号 3 种情况,通过与增强扫描的对比,发现 3 种情况下肌瘤均有坏死,且在高信号所包围的范围内均为坏死部分(图 2)。

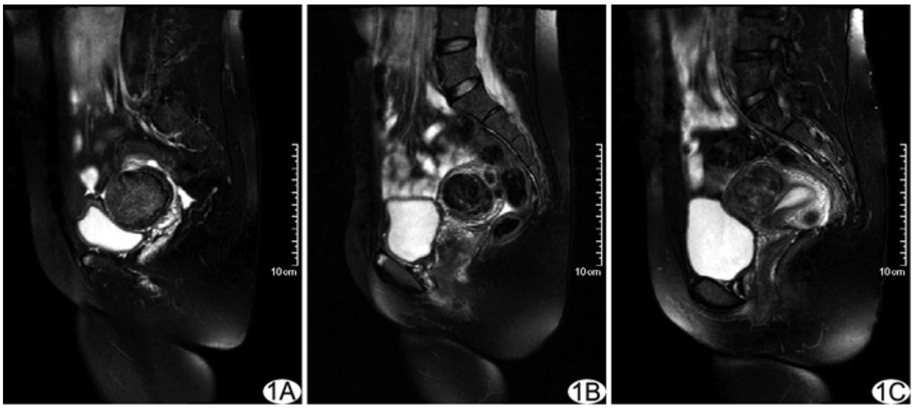

图 1　HIFU 治疗后肌瘤的 FS TSE T2WI 信号特征　A. 肌瘤呈较均匀的稍高信号; B. 肌瘤呈低信号; C. 肌瘤呈高、低混杂信号

2.5 治疗后 1 个月、3 个月及 6 个月肌瘤 T1WI 高信号范围与增强扫描无灌注区范围的比较　治疗后 1 个月的 60 例患者共 67 个肌瘤中,65 个肌瘤(97.01%)平扫 VIBE FS T1WI 表现为高信号,高信号区域的体积为(48.08±67.25)cm^3,增强扫描显示无灌注区体积(坏死体积)为(47.33±63.29)cm^3,差异无统计学意义(P=0.16)。

治疗后 3 个月的 70 例患者共 81 个肌瘤中,80 个肌瘤(98.77%)的坏死区域平扫 VIBE FS T1WI 表现为高信号,高信号区域的体积为(43.92±58.51)cm^3,增强后图像上测量坏死区域的体积为(42.86±57.63)cm^3,差异无统计学意义(P=0.27)。

治疗后 6 个月的 28 例患者共 30 个肌瘤在平扫 VIBE FS T1WI 上均表现为高信号,高信号区域的体积为(35.14±43.03)cm^3,增强扫描图像上测量坏死区域的体积为(34.71±43.42)cm^3,差异无统计学意义(P=0.43)。

2.6 治疗后肌瘤平扫 T1WI 高信号范围与增强扫描无灌注区范围的相关性　单变量分析发现平扫 VIBE FS T1WI 上高信号区域的体积与增强图像上坏死区域的体积呈高度相关(r=0.99,P<0.001)。

3　讨论

MRI 是目前很常用的诊断盆腔肿瘤的技术,同时也是评价 HIFU 治疗子宫肌瘤疗效的手段[7]。子宫

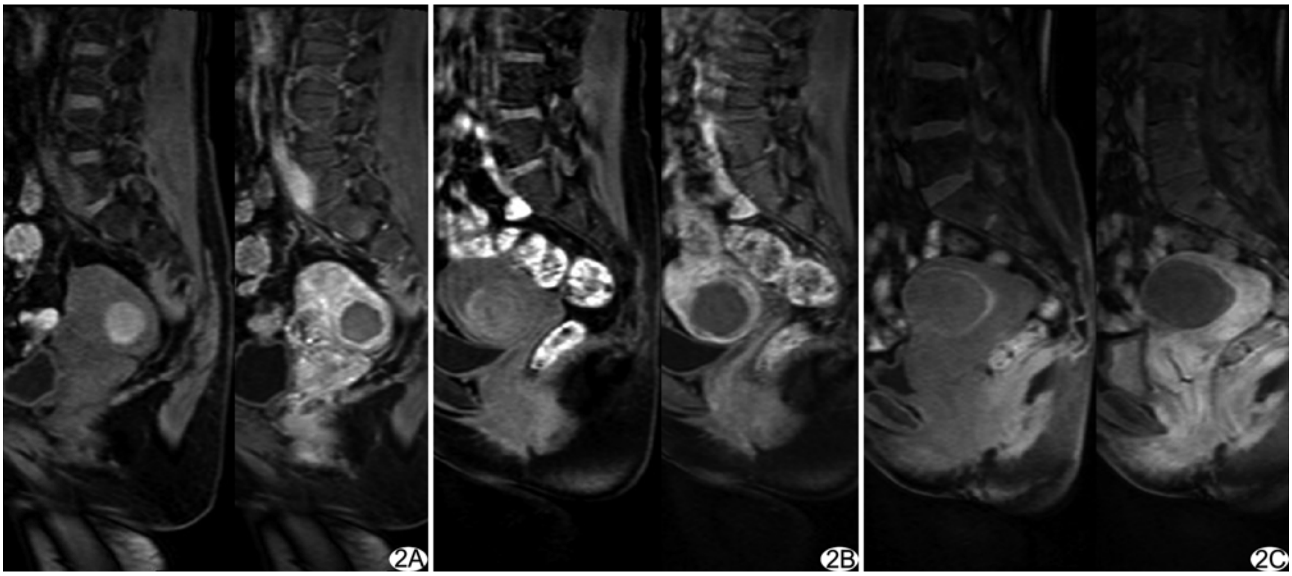

图 2　HIFU 治疗后肌瘤的平扫 MR T1WI 信号表现及对应增强扫描的坏死情况(VIBE FS T1WI)　A. 矢状位平扫示肌瘤呈高信号(左),增强扫描显示坏死范围与高信号范围一致(右); B. 矢状位平扫示肌瘤呈稍高信号(左),增强扫描显示坏死范围与稍高信号范围一致(右); C. 矢状位平扫示肌瘤呈周边高信号,中央等信号(左),增强扫描显示坏死范围与高信号及高信号内部等信号的范围一致(右)

肌瘤在 MR T2WI 上表现为低信号、等信号或高信号,可清晰显示肌瘤与正常组织的边界;在 MR T1WI 上表现为等信号或等信号中混杂少量低信号。与其他热消融类似,HIFU 治疗后,组织 MR 信号发生特征性改变,主要表现为治疗后靶区 T1WI 信号升高,T2WI 信号降低,增强扫描无强化[8]。这些特征性信号改变是凝固性坏死的标志,在肝癌、前列腺癌等恶性肿瘤的治疗中已被证实[9-10],其原理是治疗区大量水分丧失[11]。本研究分析了 158 例患者共 178 个肌瘤的 MR 图像,包括平扫 FS TSE T2WI、VIBE FS T1WI 和增强 VIBE FS T1WI,发现治疗后子宫肌瘤在 FS TSE T2WI 上可表现为高信号、低信号或高低混杂信号,其信号变化无明显规律可循(图 1),但肌瘤与正常组织边界清晰;而在 T1WI 上主要表现为信号增高,且边界清晰(图 2)。结合增强扫描,比较治疗后随访不同时间段 T1WI 信号改变范围(即高信号区域)与增强扫描无灌注区的关系,发现平扫 T1WI 和增强扫描显示的范围高度一致;进一步使用单变量分析发现所有 VIBE FS T1WI 高信号区域的体积与增强图像中无灌注区的体积高度相关($r=0.99$, $P<0.001$)。以上结果表明,在 HIFU 治疗后随访中,似乎可以通过选择 VIBE FS T1WI 评价消融效果;但由于肌瘤未坏死区域在 VIBE FS T1WI 上呈等信号,单纯 T1WI 不能确定肌瘤是否完全消融,结合 T2WI 能准确判断疗效。

HIFU 治疗后肿瘤何时出现 T1WI 信号改变是另一个值得研究的课题。本组研究对象未包含治疗后 4 周内不同时间点的患者,未能观察 HIFU 治疗后肿瘤 T1WI 信号变化的规律。

子宫肌瘤变性会导致肌瘤内信号发生变化,发生玻璃样变、钙化或囊变时,肌瘤 T1WI 信号会降低;当发生红色样变时,肌瘤 T1WI 信号则将增高[12-13]。因此,在遇到以上情形时,行增强扫描是必要的。本研究中有 3 个肌瘤(3/178,1.68%)在 VIBE FS T1WI 上未出现明显信号增高,但实际上肌瘤有坏死,提示平扫未发现信号变化时,为进一步明确治疗效果,应行增强扫描。另外,增强扫描对检出子宫内膜息肉有很大帮助,当怀疑子宫肌瘤伴有子宫内膜息肉等病变时,也需行增强扫描。

常规平扫 MR T1WI 和 T2WI 相结合可准确评价超声消融治疗子宫肌瘤的疗效,T2WI 可确定子宫肌瘤的边界、大小,而 T1WI 可用于准确测量肌瘤坏死体积。

[参考文献]

[1] Shen SH, Fennessy F, McDannold N, et al. Image-guided thermal therapy of uterine fibroids. Semin Ultrasound CT MR, 2009, 30(2):91-104.

[2] Stewart EA, Rabinovici J, Tempany CM, et al. Clinical outcomes of focused ultrasound surgery for the treatment of uterine fibroids. Fertil Steril, 2006,85(1):22-29.

[3] Zhang L, Chen WZ, Liu YJ, et al. Feasibility of magnetic resonance imaging-guided high intensity focused ultrasound therapy for ablating uterine fibroids in patients with bowel lies anterior to uterus. Eur J Radiol, 2010,73(2):396-403.

[4] Fasih N, Prasad Shanbhogue AK, Macdonald DB, et al. Leiomyomas beyond the uterus: unusual locations, rare manifestations. Radiographics, 2008,28(7):1931-1948.

[5] Rajan DK, Margau R, Kroll RR, et al. Clinical utility of ultrasound versus magnetic resonance imaging for deciding to proceed with uterine artery embolization for presumed symptomatic fibroids. Clin Radiol, 2011,66(1):57-62.

[6] Dueholm M, Lundorf E, Hansen ES, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging and transvaginal ultrasonography in the diagnosis, mapping, and measurement of uterine myomas. Am J Obstet Gynecol, 2002,186(3):409-415.

[7] 张晓君,胡兵.影像学在高强度聚焦超声治疗子宫肌瘤中的应用进展.中国医学影像技术,2007,23(9):1417-1419.

[8] Miyake T, Sato S, Okamoto E, et al. Ferucarbotran expands area treated by radiofrequency ablation in rabbit livers. J Gastroenterol Hepatol, 2008,23(7 Pt2):e270-e274.

[9] Kierans AS, Elazzazi M, Braga L, et al. Thermoablative treatments for malignant liver lesions: 10-year experience of MRI appearances of treatment response. AJR Am J Roentgenol, 2010, 194(2):523-529.

[10] 潘晶晶,于杰,梁萍,等.磁共振检查在评估微波消融治疗肝癌中的应用.中华消化外科杂志,2010,9(1):R73.

[11] Jacobs MA, Gultekin DH, Kim HS. Comparison between diffusion-weighted imaging, T2-weighted, and postcontrast T1-weighted imaging after MR-guided, high intensity, focused ultrasound treatment of uterine leiomyomata: preliminary results. Med Phys, 2010,37(9):4768-4776.

[12] Wilde S, Scott-Barrett S. Radiological appearances of uterine fibroids. Indian J Radiol Imaging, 2009,19(3):222-231.

[13] Fennessy FM, Tempany CM. A review of magnetic resonance imaging guided focused ultrasound surgery of uterine fibroids. Top Magn Reson Imaging, 2006,17(3):173-179.