

• 非血管介入 Non-vascular intervention •

MRI 导航和温度监控下高强度聚焦超声
治疗子宫肌瘤

许永华, 符忠祥, 杨利霞, 陈文直, 刘映江, 叶方伟, 王智彪

【摘要】 目的 评价高强度聚焦超声(HIFU)在 MR 导航定位和靶区焦域温度监控下治疗子宫肌瘤的可行性和疗效。**方法** 采用西门子 1.5 T Avanto TIM MR 导航和温度监控 JM-HIFU 进行 HIFU 治疗 52 例子宫肌瘤共 61 个肌瘤。肌瘤大小(6.1 ± 2.1)cm, 其中浆膜下 10 枚、肌壁间 46 枚和黏膜下 5 枚。治疗前、后采用增强扫描 MRI 检查, 测量肌瘤体积、消融坏死区域大小占肌瘤体积的比率, 并记录治疗时间和超声释放剂量。治疗后 3 个月 MRI 检查观察肌瘤的缩小情况; 同时观察和评估其并发症及不良反应事件发生, 并对治疗前后患者症状变化进行评分。**结果** MR 导航 HIFU(MRgHIFU)治疗前和治疗后 3 个月肌瘤平均体积分别为(113.3 ± 87.7)cm³ 和 (58.1 ± 45.0)cm³, 肌瘤体积平均缩小(48.7 ± 16.4)%($P < 0.05$); 每个肌瘤被消融区域占整个肌瘤体积平均为(78.8 ± 18.8)%(51% ~ 100%); 聚焦超声治疗时间(19.8 ± 8.8)min, 治疗所用的超声热剂量为(7.1 ± 6.7)焦耳/mm³。患者症状平均总分治疗前、后从(24.7 ± 4.8)下降至(16.7 ± 3.2)分($P < 0.05$), 除 1 例术中出現腹壁皮下轻度烫伤, 余无并发症及不良反应事件。**结论** MRgHIFU 治疗子宫肌瘤是一种可行、安全、有效的无创治疗方法, 而且单次热消融可达到肌瘤大部分甚至完全凝固性坏死, 并使其短期内缩小的治疗效果。

【关键词】 高强度聚焦超声; 子宫肌瘤; 磁共振

中图分类号: R737.33 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2010)-11-0869-06

MR-guided high intensity focused ultrasound thermoablation under temperature mapping monitoring for the treatment of uterine fibroids XU Yong-hua, FU Zhong-xiang, YANG Li-xia, CHEN Wen-zhi, LIU Ying-jiang, YE Fang-wei, WANG Zhi-biao. Department of Medical Imaging, Central Hospital of Xuhui District, Shanghai 200031, China

Corresponding author: XU Yong-hua, E-mail: howardyonghua@gmail.com

【Abstract】 Objective To assess the feasibility and effectiveness of MR-guided high intensity focused ultrasound (MRgHIFU) thermoablation under temperature mapping monitoring for the treatment of uterine fibroids. **Methods** MRgHIFU was carried out in 52 patients with a total of 61 uterine fibroids. The mean age was (39.6 ± 7.3) years (ranged between 23 – 56 years), and the average diameter of the fibroids was (6.1 ± 2.1) cm (ranged between 1.2 – 10.7 cm). This procedure was accomplished by a JM-HIFU system (Mode JM15100, Chongqing Haifu Technology Co., Ltd., China), in combination with a 1.5-Tesla MRI system (Avanto TIM, Siemens, Germany), which provided real-time guidance and temperature mapping. Contrast-enhanced MR imaging was performed both immediately and three months after MRgHIFU treatment in order to evaluate the efficacy of thermal ablation. The treatment time and adverse events were recorded. The percentage of ablation volume was calculated after the procedure. The changes in the size of the uterine fibroid and in the clinical symptoms three months after the procedure were evaluated. **Results** The mean fibroid volume for each case before and three months after MRgHIFU treatment was (113.3 ± 87.7) cm³ and (58.1 ± 45.0) cm³ respectively ($P < 0.05$), and each fibroid volume was decreased by (48.7 ± 16.4)% with a range of (19 – 84)%. An average of (78.8 ± 18.8)% (ranged between 51 – 100%) of the fibroid volume was ablated, and the fractional ablation was defined as non-perfused volume divided by the fibroid volume

measured immediately after HIFU treatment. The mean treatment time for completing the ablation of (83.3 ± 71.7) cm³ (ranged between 7.7 – 282.9 cm³) of

作者单位: 200031 上海市徐汇区中心医院医学影像科(许永华、符忠祥、杨利霞); 重庆医科大学生物医学工程系(许永华、陈文直、刘映江、叶方伟、王智彪)

通信作者: 许永华 E-mail: howardyonghua@gmail.com

fibroid volume was (19.8 ± 8.8) minutes. The mean energy of focused ultrasound delivered into the ablated fibroid tissue was (7.1 ± 6.7) J/mm³ (ranged between 0.9 – 32.1 J/mm³). The symptoms were relieved, the mean overall points decreased from (24.7 ± 4.8) to (16.7 ± 3.2) after therapy ($P < 0.05$). One patient experienced mild skin burn (small blisters), which subsided within two days. No other adverse events and complications were observed. Two patients got pregnant at three months after the treatment. **Conclusion** MR-guided high intensity focused ultrasound treatment is a safe, effective and non-invasive technique for ablating uterine fibroids. A single thermoablation procedure is enough to make the most part, or even all, of the fibroid becoming coagulation necrosis and smaller in a short period. (J Intervent Radiol, 2010, 19: 869-874)

【Key words】 high intensity focused ultrasound; uterine fibroid; MRI

子宫肌瘤是育龄妇女的常见疾病,约占妇科良性肿瘤的 52%^[1],常引起患者子宫严重出血和盆腔压迫或疼痛等症状,常严重影响患者生活质量。对症状性子宫肌瘤的治疗手段较多,寻求无创(non-invasive)技术治疗子宫肌瘤,避免手术及创伤或许是最佳选择。高强度聚焦超声 (high intensity focused ultrasound, HIFU) 可以将超声波聚焦于靶区组织,利用超声波具有的组织穿透性和能量沉积性,将体外发生的超声波聚焦到生物体内病变组织(治疗靶点),通过其热效应消融肿瘤,现已经在临床上应用于子宫肌瘤的治疗。已报道的 HIFU 治疗子宫肌瘤临床研究,往往采用超声引导监视下进行的,由于没有理想的无创测温手段,治疗过程中对靶区治疗程度无法控制,带有盲目性^[2-3]。为避免超声穿透途径的组织 and 靶向病灶周围健康组织损伤,需要准确的超声聚焦靶向定位并实时监测靶区温度,以达到治疗区域的精准定向和聚焦超声剂量释放的有效监控,从而既取得肯定的疗效,又避免并发症的出现。重庆海扶有限公司和德国西门子公司合作研发的 MR 导航 HIFU 治疗系统 (MR guided HIFU, MRgHIFU) 可通过 MR 对体内深部病变在 HIFU 治疗时可准确导引定位和实时的焦域测温,通过热消融达到子宫肌瘤“切除”的治疗效果。为此我们实施 MRgHIFU 治疗子宫肌瘤临床验证研究,旨在评估其可行性和疗效。

1 材料与方法

1.1 材料

本临床试验研究经我院伦理委员会批准,在 2008 年 7 月 – 2010 年 5 月对有症状的子宫肌瘤就诊患者 60 例进行筛选,常规检查包括三大常规、粪便隐血试验、阴道分泌物常规检查、TCT 检查、肝和肾功能、凝血功能、胸部正位 X 片、心电图和盆腔彩色多普勒超声(CDFI)等。然后接受 MRI 检查,扫描

序列包括 DWI、T2WI 压脂相、T1WI、Flash 平扫和增强,分别行矢状位、横断位和冠状位扫描。本研究为非双盲试验,按照纳入标准排除了子宫肌瘤在 4 个及以上、肌瘤位置较深贴近骶骨或合并有其他病变的病例 8 例,52 例纳入本项目的研究对象。入组 52 例患者年龄 23 ~ 56 岁,平均 (40 ± 7) 岁。肌瘤大小 (6.1 ± 2.1) cm (1.2 ~ 10.7 cm),其中浆膜下 10 枚、肌壁间 46 枚和黏膜下 5 枚。T2WI 压脂相显示子宫肌瘤 45 例为低和中等信号,7 例为部分高信号表现。52 例患者均有相应症状,其中月经量增多 42 例,阴道不规则流血 12 例,痛经 28 例,尿频等膀胱压迫症状 28 例,下腹坠胀或腰酸背痛 43 例。

1.2 方法

1.2.1 术前准备方案 术前 3 d 起清淡少渣饮食;术前 2 d 无渣饮食或胃肠道营养剂 400 ~ 600 ml/d。术前 24 h 进清流质,术前 1 d 晚餐后口服和爽加 1 000 ml 温开水,以后禁食禁饮。术前当天早晨灌肠 1 次。治疗前测体温 $< 37.5^{\circ}\text{C}$,腹部备皮,当日禁食,导尿并留置导尿管,并在其固定囊内注入注射用水 10 ~ 15 ml,送入治疗室。治疗前告知患者在治疗过程中可能出现的反应以及向医师的表达方式,使治疗过程中患者的感受能正确地向医师反映。

1.2.2 MR 导航温度监控 HIFU 治疗 治疗前进行特殊的皮肤准备:即治疗区域皮肤的备皮,清洁,脱脂,脱气。根据患者体重在术中定时给予芬太尼及咪达唑仑等镇静止痛药物,在维持镇痛、镇静状态下经 MR (Siemens 1.5 T Avanto Tim) 监控的 HIFU 治疗系统 (型号 JM15100, 重庆海扶有限公司) 按照治疗计划单次完成 HIFU 治疗。采用矢状位和横断位 MRT2WI 扫描相定位 HIFU 焦点。为通过包括计算 HIFU 治疗层数及程度的 MR 三维定位,确定治疗的靶肌瘤和计划治疗的体积,并估计治疗时间,同时注意治疗区与周围结构的关系,特别注意后场覆盖范围。HIFU 治疗系统采用定点点打,逐层进行

治疗,层间距为 5 mm。治疗参数:频率(F)0.8 ~ 1.0 MHz;功率(P)100 ~ 400 W,采用 GRE-T-MAP 序列实时测温监控下(图 1),HIFU 定点打 2 s,休息 1 ~ 5 s,按照 MRI 温度图焦域温度是否达到 65℃阈值、照射前后靶区和声通道上组织的温度变化和患者对照射的反应,调节照射功率、时间(重复点打遍数,一般在 1 ~ 6 遍)和照射之间的间隔时间;同时遵照靶向焦点与子宫内膜之间的距离 ≥ 15 mm,与子宫肌壁和浆膜之间的距离 ≥ 10 mm。整个治疗可根据患者腹壁厚度、肌瘤位置及对疼痛敏感度不同和个体差异,所用功率大小不同,一般先用 100 W 开始试探,随后功率逐步升高,尽可能用较低的功率,一旦焦点靶区温度迅速达到 65℃及以上立即停止释放聚焦超声,遂完成该靶区消融,移至下一个待治疗靶区,通过这种靶区的累积,使消融区域覆盖肌瘤。治疗中观察患者是否有疼痛、疼痛的部位和程度。整个治疗过程均接用无创血压、心率、动脉血氧饱和度(SaO₂)监测以及心电图、动脉血 PaCO₂。

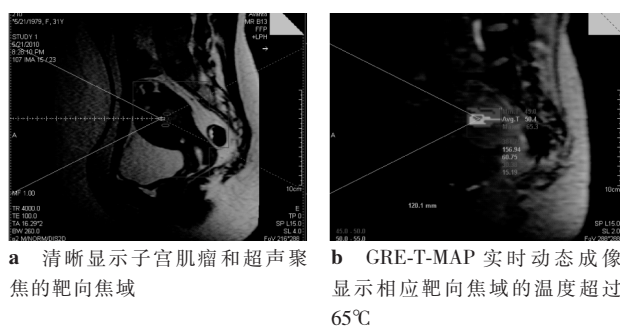


图 1 T2WI 矢状位作为 HIFU 治疗时的定位参考像

1.2.3 HIFU 治疗后观察和常规处理 治疗后即行增强 MRI 检查包括 Flash 3D 增强扫描,无对比剂血流灌注区域判断为消融坏死区^[10],通过工作站内三维体积测量软件计算出消融坏死率;然后继续保持治疗体位 15 min,使治疗区皮肤继续浸泡于低温(15 ~ 22℃)的脱气水中,同时用冰生理盐水 200 ml 灌注膀胱,灌注的生理盐水在膀胱内保留 10 min 后放出,之后拔出导尿管。治疗后分别在第 3 个月后进行相应的随访复查和 MR 增强检查,评估治疗疗效、并发症及不良反应事件。

1.2.4 症状疗效评分标准 对子宫肌瘤相关症状白带增多、月经周期缩短、月经量增多和血块、月经期延长、阴道不规则出血、痛经、尿频、便秘、下腹坠胀和腰酸背痛等 11 个项目进行评分。1 分:从来没有;2 分:有一点;3 分:有一些;4 分:严重或大量;5 分:非常严重。然后对上述评分相加汇总计算出症状总分。

肌瘤疗效评定标准的计算公式:子宫肌瘤体积(cm^3) = $0.523 \times a \times b \times c$ (a,b,c 表示肌瘤三维半径径线)。肌瘤体积缩小百分比(%) = $(1 - a_3b_3c_3 / a_0b_0c_0) \times 100\%$,其中 $a_0b_0c_0$ 表示治疗前肌瘤三维半径径线, $a_3b_3c_3$ 表示子宫肌瘤治疗 3 个月后三维径线,多发肌瘤则分别计算。

1.3 数据统计学处理

本研究以子宫肌瘤患者治疗前后自身对照,根据 HIFU 治疗前、后临床症状变化和 MRI 肌瘤体积是否缩小及程度评估近期疗效。数据采用 t 检验和 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MRgHIFU 治疗子宫肌瘤后患者症状变化的评估及评分

52 例患者中 42 例月经量增多者治疗后转为正常 10 例,减少 14 例,无改善 18 例。12 例阴道不规则流血者治疗后症状消失 11 例,减少 1 例。28 例痛经者症状消失 14 例,减轻 7 例,无改善 6 例,较前加重 1 例。28 例尿频(膀胱压迫症状)者症状消失 12 例,减轻 11 例,无改善 5 例。43 例下腹坠胀或腰酸背痛者症状消失 12 例,减轻 22 例,无改善 8 例,较前加重 1 例。症状总分治疗前平均为 (24.7 ± 4.8) 分(范围 15 ~ 40 分),治疗后为 (16.7 ± 3.2) 分(范围 11 ~ 22 分),差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 子宫肌瘤坏死情况和治疗前后体积变化

MRgHIFU 治疗后消融坏死占肌瘤体积的消融坏死率为 $(78.8 \pm 18.8)\%$ (范围为 51% ~ 100%),其中 10 例取得消融坏死率为 100%(图 2)。聚焦超声治疗时间 $(19.8 \pm 8.8)\text{min}$,肿瘤坏死组织所接受的聚焦超声治疗热剂量为 (7.1 ± 6.7) 焦耳/ mm^3 (范围:0.9 ~ 32.1 焦耳/ mm^3)。

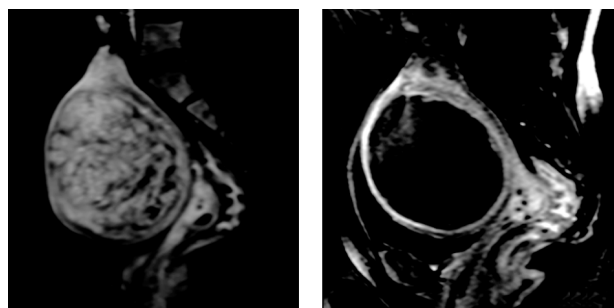


图 2 T1WI 增强扫描 MRgHIFU 手术前后

HIFU 治疗前和治疗后 3 个月每枚肌瘤平均体积分别为 $(113.3 \pm 87.7)\text{cm}^3$ 和 $(58.1 \pm 45.0)\text{cm}^3$,两

者比较差异有统计学意义($P < 0.05$);治疗后肌瘤体积平均缩小(48.7 ± 16.4)%(范围为 19% ~ 84%)(图 3)。

2.3 治疗后恢复情况、并发症和不良事件

整个 MRgHIFU 治疗过程耗时 (2.5 ± 1.0)h,在此期间患者一直处于俯卧体位,所以治疗后均自述腰、腹、腿部不适,稍事休息后恢复正常。52 例中 1 例出现腹壁小片皮肤轻度烫伤后的小水泡,2 d 内恢复;2 例治疗后 3 ~ 4 d 阴道内少量褐色排液,其余患者未出现任何并发症及不良反应。

2.4 治疗对患者生育的影响

2 例术后 3 个月后怀孕,其中 1 例剖腹产下健康女婴(该患者曾长期不能怀孕),另 1 例行人工流产。

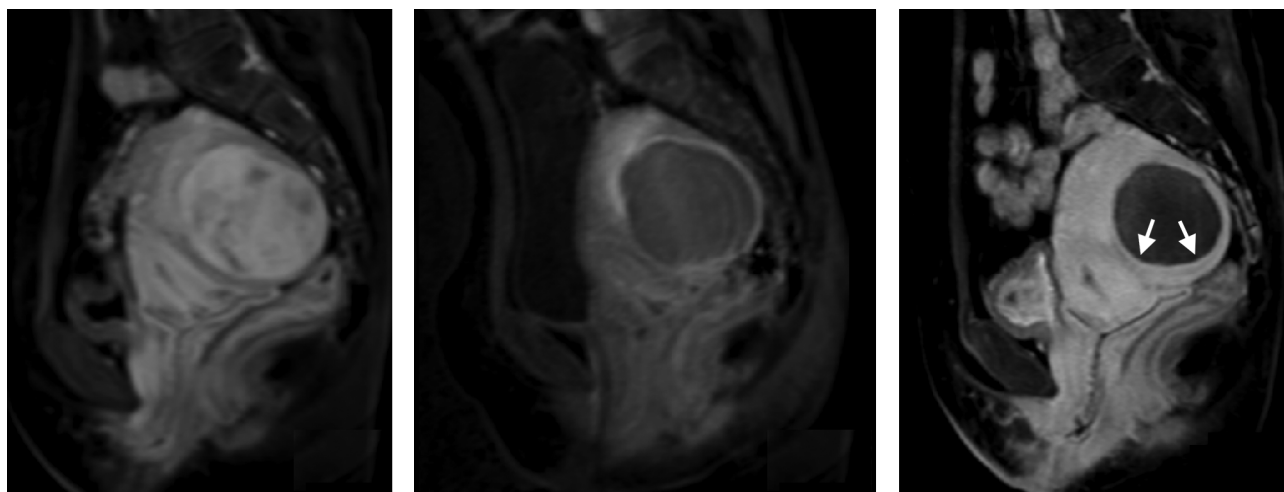
3 讨论

HIFU 原理聚焦的超声对其所穿透过的非治疗部位和靶区周围组织内的能量不足,而在其聚焦点,由于声强很高,通过致热能量的超声热效使该处组织的温度瞬间上升至 $65 \sim 100^{\circ}\text{C}$,从而导致蛋白变性、组织细胞凝固性坏死即消融效果,继而逐渐被机体溶解、吸收或纤维化,达到局部控制肿瘤的目的;而且周围组织损伤很小或不受损伤^[4]。

Lynn 等^[5]在 1942 年最早提出 HIFU 可作为一种高温热疗方法,并首先应用于神经外科手术。20 世纪 80 年代初开始高强度聚焦超声已被当作肿瘤治疗方法进行实验和临床研究,被认为是治疗子宫肌瘤是一种安全有效的手段,其中绝大部分为超声引导的 HIFU 治疗。MRgHIFU 除了治疗过程中准确的软组织定位,相应 MR 的 GRE-T-MAP 测温序列

提供实时的温度图,从而确认热消融的效果,并即时调整 HIFU 聚焦升温的参数。最初的 MR 引导聚焦超声治疗研究只允许消融肌瘤的 33% 体积,而且有治疗不成功的病例^[10],现在部分临床研究报道可使肌瘤的消融体积扩大达到 50%。我们的临床研究结果显示所有的肌瘤的消融体积超过 50%,其中 10 例肌瘤消融体积高达 100%,平均消融率为 $78.8\% \pm 18.8\%$,高于采用超声引导下报道的 $65.1\% \pm 21.7\%$ 消融率^[6]。由于 HIFU 治疗后可直接进行对比剂增强 MRI 观察肌瘤的消融程度,进一步的研究需评估含有钆类对比剂的组织在 HIFU 作用下是否使钆游离而产生毒性。如果一旦证实是安全的话,使得 MRI 造影增强扫描发现未彻底消融的肿瘤组织可再行 HIFU 治疗,从而使每个肿瘤完全消融的彻底治疗成为可能,这对应用 HIFU 于恶性肿瘤治疗尤为重要。

本研究治疗后 3 个月复查肌瘤体积最小缩小 19%,最大缩小达 84%,平均缩小近一半,部分病例已完成 6 和 12 个月的随访复查,发现肌瘤不同程度地进一步缩小。除了肌瘤体积缩小,经 MRgHIFU 治疗后患者症状总分从治疗前的 (24.7 ± 4.8) 分下降至 (16.7 ± 3.2) 分,提示子宫肌瘤相关症状明显改善。尤其是 12 例不规则阴道出血有 11 例消失,占 91.7%,另 1 例也明显减少,我们认为可能是 HIFU 对肌瘤微小血管的止血作用。这是因为 HIFU 致热能量,在使靶区内组织温度瞬间骤升至 65° 以上出现凝固坏死的同时,还可以阻断 2 mm 以下的微小血管。本组有 2 例患者在术后即时增强 MRI,发现较大肌瘤边缘的子宫内膜损伤,治疗后 3 ~ 4 d 阴



a T1WI 增强扫描显示子宫后壁肌瘤显著强化

b MRgHIFU 治疗后即刻增强扫描肌瘤组织完全消融,仅存包膜

c 3 个月复查肌瘤体积缩小 48.1%,坏死区周边显示强化的薄层新生修复组织(白箭)

图 3 MR 随访显示疗效

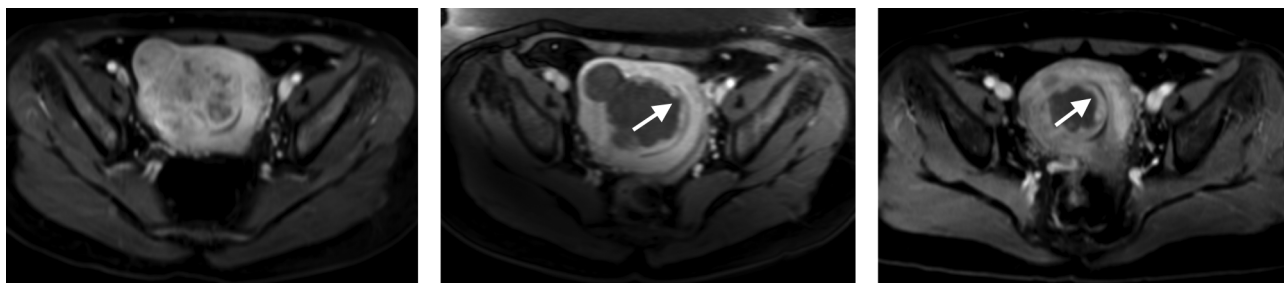
道内少量褐色排液,症状未作处理就消失,3 个月随访复查内膜完整(图 4),而且其中 1 例受孕;另外 1 例原有严重的不规则阴道出血也消失。

HIFU 不仅仅是一种热疗技术,同时还具有机械效应和空化效应(cavitations)。后者即为组织间液、细胞间液和细胞内气体分子在超声波正、负压作用下形成气泡,并随之收缩和膨胀以致最终爆破,所产生的能量导致细胞损伤、坏死。无论是焦点靶区内气泡膨胀所致的爆破产生的空化效应高温,还是热效应近 100℃ 温度热能传导,均有严重损伤周围器官组织的潜在危险。而 55℃ 以下的温度则可能仅仅引起肿瘤细胞的变性而非坏死。因此既要达到治疗区域 65℃ 及以上的温度使肿瘤细胞坏死的肯定效果,又避免过高强度超声所致的过高温度甚至空化效应,即如何通过对超声换能器参数的设置调节,可以达到靶向破坏病变的目的,而对治疗靶点周围组织没有损伤,是实现真正无创治疗的目标。通过 MRGRE-T-MAP 序列的温度成像即温度图,能够为各种高低温热治疗肿瘤(包括 HIFU 治疗)提供实时的温度监控,这样既有利于保证靶区组织产生凝固性坏死,同时又防止过度加热对正常周边组织的损害^[7-8]。MRI 清晰的软组织分辨力可显示肌瘤及周围正常子宫肌的解剖层次,给予试探性声强后,通过 MR GRE-T-MAP 序列每 2 秒钟呈现一幅靶区温度图像,显示焦域组织温度范围及实时动态变化,尤其重要的是能精确的捕捉到聚焦超声真正的靶点位置,可在发现位置偏离时予以纠正,同时根据检测到的温度(一般误差在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$),从而随时调整释放的治疗剂量,一旦达到阈值温度即取得热消融效果。离体及活体实验表明,MRgHIFU 治疗系统具有图像清晰并能实时监控靶区及周围组织的温度的特点,为 HIFU 治疗安全性和有效性提供保证,而超声监视引导因没有无创测温功能,难以兼顾治疗的安全、有效。一旦 HIFU 的靶点偏离

而超声无法发现,而且过高的焦域温度使组织中汽化(boiling)和热空化现象,均会损伤正常健康组织;相反焦域温度未达阈值则达不到热消融目的,这种监控的盲目性令超声影像作为 HIFU 临床应用监视、引导手段达不到要求^[9]。

患者的个体差异如体型肥胖患者或位置较深的子宫肌瘤等,特别是子宫后壁肌瘤且邻近骶丛神经可引起治疗时患者神经麻木和痛觉。因此如果没有 MRI 精确的定位和实时焦域及周围的温度监控,HIFU 治疗无疑存在一定的局限性(如超声引导下)。我们的临床研究结果子宫肌瘤治疗消融坏死区每立方毫米所用聚焦超声能量范围从 0.9 焦耳到 32.1 焦耳不等,差异竟达 30 余倍。实际我们在治疗操作时有病例聚焦超声最大功率 120W,且仅 2 s 的点射即可使焦域温度达到 65℃,而部分病例即使采用 MRgHIFU 治疗系统最大设置的 400W 功率,也必须连续 5~6 遍 2 s 点射才能达到相应的温度。这可能与这些病例肌瘤较大血流丰富且血管较粗,不利于热量储聚,治疗效果较差有关。因此 MR 导航温度监控技术使聚焦超声剂量输出的治疗个体化成为可能。

治疗时盆骶部酸胀感可能是因骶骨对超声波反射造成的骶丛神经损伤;下肢酸胀是超声波对坐骨神经损伤。为此,本组所有被治疗者虽经镇静、镇痛但处于清醒状态下进行 HIFU 治疗,而且如果出现上述情况,患者即时按压“气囊球”予以停止,并调整超声声道引入途径。因此 52 例中仅 1 例出现术后下肢麻木感,第 2 天症状完全消失。虽然 MRgFUS 治疗所引起的并发症是罕见的,而且患者在整个治疗过程中出现不适也很轻微。但必须意识到有出现皮肤烫伤和神经损伤的可能,本组 1 例前腹壁皮下小片轻度烫伤,可能与感觉迟钝有关,而本组 4 例因剖腹产存在前腹壁瘢痕患者均未出现类似不良事件。相对于子宫动脉栓塞微创治疗子宫



a T1WI 增强显示子宫右前壁不均质强化肌瘤,以粘膜下为主

b MRgHIFU 治疗后肌瘤组织绝大部分坏死消融,同时可见局限性内膜损伤(白箭)

c 治疗后 3 个月后复查相应内膜完全修复(白箭),肌瘤体积显著缩小

图 4 黏膜下子宫肌瘤治疗前后

肌瘤术后往往出现发热、严重疼痛,甚至子宫坏死和卵巢动脉栓塞所致的绝经等并发症,本组 MRgHIFU 治疗的全部病例除 1 例腹壁皮肤轻微烫伤外均无并发症出现和任何发热症状,术后 2 h 后均可下床自由活动。

超声波具有不能穿透空气的特性,而且肠管残留粪渣内容物可导致超声能量的衰减而产生热量,可使肠黏膜和肠壁损伤甚至有穿孔的可能,因此术前 3 d 内必须无渣饮食,在治疗时必须将位于被治疗子宫肿瘤的前方肠管推开。由于患者是俯卧在治疗床上,肠管容易移至腹壁后和子宫前方之间,需要用合适大小的去气水囊将这些肠管推开。本组病例均未出现相应的胃肠道并发症等不良事件,但整个 MRgHIFU 治疗过程平均花费时间为 $(2.5 \pm 1.0)\text{h}$,而实际的聚焦超声治疗时间仅为 $(19.8 \pm 8.8)\text{min}$,大部分时间用于定位和将腹壁后与子宫前方的肠管推开的工作上,这是亟待需要改进的地方。

HIFU 治疗技术在 MR 的定位导航和温度监测下,通过对超声换能器参数的设置调节,可以达到靶向破坏病变的目的,而对治疗靶点周围组织没有损伤,实现真正无创治疗的目标,无疑将开启介入放射学治疗的无创时代。我们的临床研究结果表明:MRgHIFU 治疗子宫肌瘤是一种可行、安全、有效的无创治疗方法,能达到使肌瘤大部分甚至完全凝固性坏死并短期内缩小的治疗效果,初步的结果令人鼓舞,进一步中远期疗效观察正在进行。

[参考文献]

- [1] Day Baird D, Dunson DB, Hill MC, et al. High cumulative incidence of uterine leiomyoma in black and white women: ultrasound evidence [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2003, 188: 100 - 107.
- [2] 汪 伟,刘文英,周洁敏,等. 高强度聚焦超声治疗症状性子宫肌瘤的初步临床研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2002, 11: 161 - 163.
- [3] 周 崑,熊正爱. 聚焦超声治疗子宫肌瘤的研究进展[J]. *中华妇产科杂志*, 2007, 42: 66 - 67.
- [4] MC Dawnold N, Tempany CM, Fennessy FM, et al. Uterine Leiomyomas: MRI Imaging-based thermometry and thermal dosimetry during focused ultrasound thermal ablation [J]. *Radiology*, 2006, 240: 263 - 272.
- [5] Lynn JG, Zwemer RL, Chick AJ, et al. A new method for the generation and use of focused ultrasound in experimental biology [J]. *J Gen Physiol*, 1942, 26: 179 - 193.
- [6] 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: 616 - 618.
- [7] 高 翔,高上凯. 利用磁共振成像实现肿瘤热疗中实时无创测温的方法[J]. *生物医学工程学杂志*, 2006, 23: 674 - 677.
- [8] Rieke V, Batts Pauly K. MR thermometry [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2008, 27: 376 - 390.
- [9] 牛凤岐,朱承纲,程 洋. 国内 HIFU(高强度聚焦超声)十年发展述评—回顾、展望与希冀[J]. *中国医疗器械信息*, 2009, 15: 32 - 39.
- [10] Stewart EA, Gedroyc WM, Tempany CM, et al. Focused ultrasound treatment of uterine fibroid tumors safety and feasibility of noninvasive thermoablative technique [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2003, 189: 48 - 54.

(收稿日期:2010-09-03)