

·临床研究·

## 表观弥散系数对磁共振引导聚焦超声术 治疗子宫肌瘤效果的评估

曾雪伟, 周守国, 黄耀渠, 王梓华, 何亚男, 黄华仪, 王娟  
(佛山市中医院医学影像科, 广东 佛山 528000)

**摘要:**【目的】探讨磁共振表观弥散系数(ADC)评估磁共振引导聚焦超声术(MRgFUS)治疗子宫肌瘤效果的价值。【方法】回顾性分析佛山市中医院2018年1月至2022年10月期间56例接受MRgFUS治疗子宫肌瘤患者治疗前、治疗3个月后和6个月后的MRI及临床资料,比较患者病灶ADC值与肌瘤的体积,症状严重评分(SSS)和子宫肌瘤症状-生活质量问卷(UFS-QOL)评分的相关性。使用方差分析比较治疗前后相关数据的差异,采用Pearson法进行数据的相关性分析。【结果】56例患者治疗前及治疗3个月后、6个月后病灶ADC值 $[(1.11\pm 0.13), (1.84\pm 0.09), (2.12\pm 0.24), \times 10^{-3}/(\text{mm}^2/\text{s})]$ 、肌瘤体积 $(102\pm 35.30, 56.70\pm 18.88, 46.93\pm 18.99, \text{cm}^3)$ 、SSS $(36.73\pm 11.74, 21.77\pm 10.21, 17.66\pm 9.30)$ 和UFS-QOL $(59.05\pm 17.48, 76.54\pm 16.50, 82.46\pm 12.37)$ 评分差异有统计学意义( $F$ 值分别为557.837, 73.589, 53.976和37.606,  $P$ 值均 $< 0.05$ )。ADC值与肌瘤体积、SSS呈负相关,与UFS-QOL评分呈正相关(相关系数分别为-0.586, -0.630和0.592,  $P$ 值均 $< 0.05$ )。【结论】ADC值对评估MRgFUS治疗子宫肌瘤效果具有较好的临床应用价值。

**关键词:**磁共振成像;表观弥散系数;磁共振引导聚焦超声术;子宫肌瘤;消融

中图分类号:R713.4;R445.2

文献标志码:A

文章编号:1672-3554(2023)05-0863-07

DOI:10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ(med.sci).2023.0520

## Efficacy Evaluation of Apparent Diffusion Coefficient in the Treatment of Uterine Fibroid by Magnetic Resonance Guided Focused Ultrasound Surgery

ZENG Xue-wei, ZHOU Shou-guo, HUANG Yao-qu, WANG Zi-hua,  
HE Ya-nan, HUANG Hua-yi, WANG Juan

(Department of Radiology, Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Foshan 528000, China)

Correspondence to: WANG Juan; E-mail: wangjuejue0808@163.com

**Abstract:**【Objective】To assess the value of apparent diffusion coefficient (ADC) in the treatment of uterine fibroid using magnetic resonance guided focused ultrasound surgery (MRgFUS).【Methods】The MRI and clinical data of 56 patients with uterine fibroid before, at 3 and 6 months after MRgFUS treatment, at Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine from December 2018 to October 2022, were retrospectively analyzed. The correlation between the ADC value and lesion volume, symptoms severity score (SSS) and uterine fibroid symptoms quality of life questionnaire (UFS-QOL) were analyzed. ANOVA was used to compare the differences in related parameters before and after treatment, and Pearson's method was performed to analyze data correlation.【Results】There were significant differences in ADC value  $[(1.11\pm 0.13), (1.84\pm 0.09), (2.12\pm 0.24), \times 10^{-3}/(\text{mm}^2/\text{s})]$ , lesion volume  $(102\pm 35.30, 56.70\pm 18.88, 46.93\pm 18.99, \text{cm}^3)$ , SSS  $(36.73\pm 11.74, 21.77\pm 10.21, 17.66\pm 9.30)$  and UFS-QOL score  $(59.05\pm 17.48, 76.54\pm 16.50, 82.46\pm 12.37)$  between before treatment and each time point after treatment ( $F$  value was 557.837, 73.589, 53.976 and 37.606, respectively, all  $P <$

收稿日期:2023-04-27

基金项目:佛山市自筹经费类科技创新项目(2220001005419);佛山市医学重点专科项目(FSZD145011)

作者简介:曾雪伟,第一作者,副主任医师,研究方向:腹盆部影像诊断,E-mail:81842829@qq.com;王娟,通信作者,主任医师,E-mail:wangjuejue0808@163.com

0.05). The ADC values were negatively correlated with lesion volume and SSS, and positively correlated with UFS-QOL score, with correlation coefficients of  $-0.586$ ,  $-0.630$  and  $0.592$ , respectively (all  $P < 0.05$ ).【Conclusion】The ADC value has clinical significance for the treatment of uterine fibroid using MRgFUS.

**Key words:** magnetic resonance imaging; apparent diffusion coefficient; magnetic resonance guided focused ultrasound surgery; uterine fibroid; ablation

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2023, 44(5): 863-869]

子宫肌瘤是育龄期妇女最常见的良性肿瘤,发病率为50%~60%,大于50岁的女性患病率可高达70%<sup>[1]</sup>。超过25%的子宫肌瘤患者会出现临床症状,其中又以异常子宫出血最为常见<sup>[2-3]</sup>。目前,子宫肌瘤切除是最常用的治疗方法。而对于不希望进行手术治疗的,子宫动脉栓塞和高强度聚焦超声等介入性治疗既避免了手术的创伤又能缓解症状<sup>[4]</sup>。与子宫肌瘤切除术相比,接受高强度聚焦超声消融治疗后再次干预的时间间隔更长,并且不良事件更少<sup>[5]</sup>。磁共振引导聚焦超声术(magnetic resonance guided focused ultrasound surgery, MRg-FUS)能在术前对病灶精确定位以及在术中监测温度,已被证明是一种治疗子宫肌瘤安全并有效的非侵入性治疗手段<sup>[6-7]</sup>。扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)是一种广泛使用的MRI技术,能够提供有关细胞密度和微循环的定量信息<sup>[8-9]</sup>。通过DWI图像计算获得的表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)能够通过反映水分子的布朗运动评估子宫肌瘤的微循环灌注情况,用于评估MRgFUS治疗子宫肌瘤的效果<sup>[10]</sup>。本研究旨在通过探讨ADC值与肌瘤的体积,子宫肌瘤症状-生活质量问卷(uterine fibroid symptoms quality of life questionnaire, UFS-QOL)评分和症状严重评分(symptoms severity score, SSS)的相关性,从而利用ADC值评估MRgFUS治疗子宫肌瘤的效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析2018年1月至2022年10月间在佛山市中医院接受MRgFUS治疗的56例子宫肌瘤患者治疗前、治疗3月后和治疗6月后的MRI结果及临床资料。患者经过MRgFUS治疗后3月及6月回

医院随访,随访内容包括患者一般情况、症状、不良反应、肌瘤体积、SSS及UFS-QOL评分。长期跟踪随访患者怀孕及妊娠情况、后续各种治疗及病情长期管理情况。纳入标准:①有完整的DWI图像可用于ADC值测量;②临床随访资料齐全。排除标准:①图像质量不佳或DWI图像丢失;②未配合完成随访的患者。本研究已获得医院伦理委员会批准,患者进行MRgFUS治疗前已签署接受治疗及后续研究的知情同意书。

### 1.2 检查方法

使用3.0T MRI扫描仪(750W, GE),体部相控阵线圈。受检者取足先进,仰卧位。所有患者治疗前后均行盆腔MRI平扫及增强扫描,主要序列包括T1WI平扫及增强, T2WI及DWI。DWI序列主要参数包括:FOV 38 cm×38 cm, 矩阵128×128, 层厚5 mm, TE 4 000 ms, TR 95 ms, 采集次数为6, 扩散梯度因子b值为800 s/mm<sup>2</sup>。

### 1.3 MRgFUS治疗

术前进行一次MRI扫描,随后使用MRgFUS治疗系统(ExAblate 2100, Insightec)进行治疗。患者采用俯卧位,将T2WI定位图像传入治疗系统工作站,设置体部标记及保护区域,制定治疗区域。对病灶行聚焦超声消融,治疗期间实时监控温度并根据情况调整参数,治疗结束后即刻进行MRI扫描了解病灶情况。

### 1.4 图像分析

应用GE ADW4.6工作站进行后处理。使用Functool软件在DWI的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图上测量感兴趣区(region of interest, ROI)的ADC值。选取相应层面图像,选择病灶不同位置放置ROI,测量3次取平均值作为最终结果。

### 1.5 治疗评价指标

病灶体积:在图像后处理工作站测量子宫肌瘤治疗前后的体积,采用累积体积法在T2WI图像上进行测量。SSS及UFS-QOL评分:通过随访问卷调查进行评分,收集并记录治疗前后的评分结果。

### 1.6 统计学分析

所有统计分析均使用SPSS 20.0软件进行。对患者MRgFUS治疗前、治疗后3月及治疗后6月的消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS及UFS-QOL评分进行正态性检验,若符合正态分布,测得数据用 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用重复测量方差分析评价MRgFUS治疗前、治疗后3月及治疗后6月的消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS及UFS-QOL评分是否具有统计学差异,采用配对样本 $t$ 检验评价治疗后3月与治疗前相比及治疗后6月与治疗前相比的消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS及UFS-QOL评分是否具有统计学差异。采用Pearson相关性分析评价消融病灶ADC值与肌瘤体积、SSS、UFS-QOL评分的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

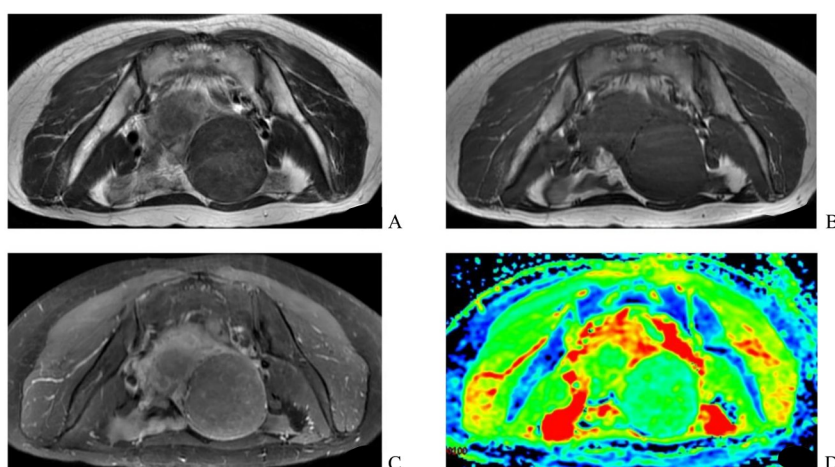
### 2.1 患者治疗前后效果比较

本组56例患者,MRgFUS治疗结束后3月及治

疗后6月MRI增强扫描显示子宫肌瘤病灶消融(图1-3)。患者MRgFUS治疗前、治疗后3月及治疗后6月的消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS和UFS-QOL评分的差异见表1-3。患者MRgFUS治疗前、治疗后3月及治疗后6月的消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS评分、UFS-QOL评分进行正态性检验,各组各指标均符合正态分布( $P$ 值均大于0.05)。重复测量方差分析显示,患者MRgFUS治疗前、治疗后3月及治疗后6月的消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS、UFS-QOL评分的差异有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ )。治疗后3月与治疗前相比,消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS、UFS-QOL评分的差异有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ )。治疗后6月与治疗前相比,消融病灶ADC值、肌瘤体积、SSS、UFS-QOL评分的差异有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ )。Pearman相关性分析显示,消融病灶ADC值与肌瘤体积、SSS呈负相关( $r$ 值分别为-0.586、-0.630, $P$ 均 $<0.05$ ),消融病灶ADC值与UFS-QOL评分呈正相关( $r$ 值为0.592, $P$ 均 $<0.05$ )。

### 2.2 不良反应

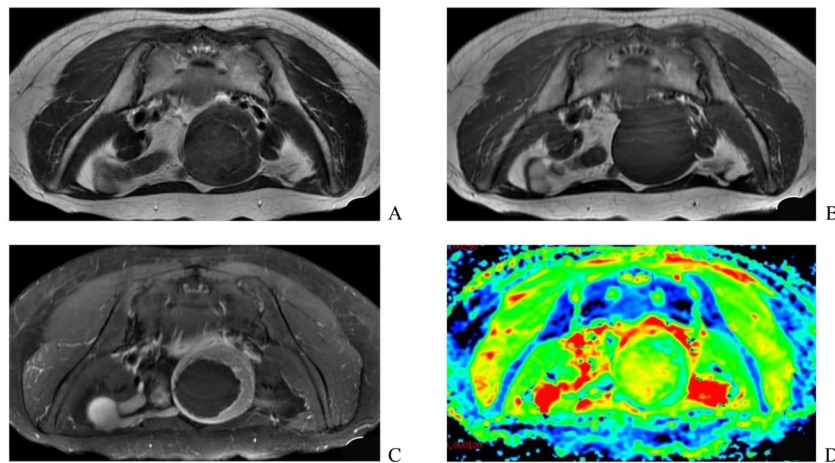
56例患者中有9例出现1项或1项以上的不良反应,发生率为16.07%(9/56)。其中,皮肤红斑6例,未做特殊处理3天内消失;皮肤水泡1例,外涂治疗烧伤药油2周痊愈;单侧下肢疼痛及感觉异常



A 45-year-old female with uterine fibroids for 6 years, which had been gradually increasing in size. A-C: MR images before MRgFUS treatment; D: ADC pseudocolor image before MRgFUS treatment. A shows the uterine fibroid has a uniform signal intensity on T2-weighted image. B shows the uterine fibroid has a uniform signal intensity on T1-weighted image. C shows uterine fibroid with moderate homogeneous enhancement. D shows the uterine fibroid area in green.

图1 MRgFUS治疗前的MR图像

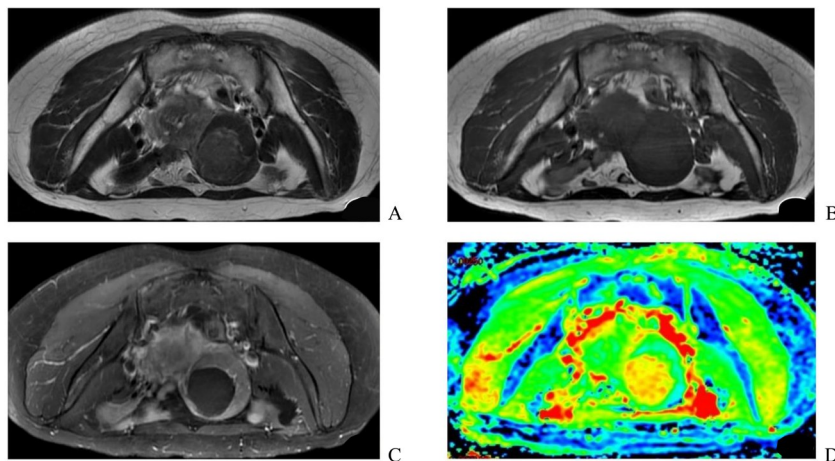
Fig. 1 MR images before MRgFUS treatment



After 3 months of MRgFUS treatment, the patient's lesion volume was reduced compared to before treatment. A-C: MR images after 3 months MRgFUS treatment; D: ADC pseudocolor image after 3 months MRgFUS treatment. A shows the ablation area of uterine fibroid has a slightly high signal intensity on T2-weighted image. B shows the ablation area of uterine fibroid has a uniform signal intensity on T1-weighted image. C shows the ablation area of uterine fibroid with clear boundary, and without enhancement. D shows the ablation area of uterine fibroid in yellow-green, indicating an increase in ADC value.

图2 MRgFUS 治疗后3个月的MR图像

Fig. 2 MR images after 3 months of MRgFUS treatment



After 6 months of MRgFUS treatment, the patient's lesion volume further decreased. A-C: MR images after 6 months MRgFUS treatment; D: ADC pseudocolor image after 6 months MRgFUS treatment. A shows the ablation area of uterine fibroid has a high signal intensity on T2-weighted image. B shows the ablation area of uterine fibroid has a uniform signal intensity on T1-weighted image. C shows no enhancement in the ablation area of uterine fibroid. D shows the ablation area of uterine fibroid in orange-green, indicating a further increase in ADC value compared to before.

图3 MRgFUS 治疗后6个月的MR图像

Fig. 3 MR images after 6 months of MRgFUS treatment

2例,予营养神经药物及地塞米松减轻神经水肿治疗,均在2周内痊愈;阴道排液3例,为淡黄色或淡红色清亮液体,不伴下腹痛、异味及发热,未做特殊处理,持续1~2周自行消失。所有患者均未出现肠管损伤、下肢静脉血栓、膀胱损伤、子宫破裂等严重并发症及严重后遗症。

### 2.3 随访妊娠情况

随访发现6例患者MRgFUS治疗后自然妊娠,其中2例足月顺产正常体质量婴儿各1个,1例早产剖腹产低体质量婴儿1个,3例为计划外怀孕自主选择终止妊娠。

表1 子宫肌瘤患者MRgFUS治疗前后各参数测量及统计

Table 1 Parameters and statistics of in patients with uterine fibroids before and after MRgFUS treatment

Parameters	Sample size	Before treatment	3 months after treatment	6 months after treatment	F	P
ADC value/ $[\times 10^{-3}/(\text{mm}^2/\text{s})]$	56	1.11±0.13	1.84±0.09 <sup>1)</sup>	2.12±0.24 <sup>1)2)</sup>	557.837	<0.001
Volume / $\text{cm}^3$	56	102.71±35.30	56.70±18.88 <sup>1)</sup>	46.93±18.99 <sup>1)2)</sup>	73.589	<0.001
SSS	56	36.73±11.74	21.77±10.21 <sup>1)</sup>	17.66±9.30 <sup>1)2)</sup>	53.976	<0.001
UFS-QOL score	56	59.05±17.48	76.54±16.50 <sup>1)</sup>	82.46±12.37 <sup>1)2)</sup>	37.606	<0.001

<sup>1)</sup> compared with pre-treatment,  $P<0.05$ ; <sup>2)</sup> compared with 3 months after treatment,  $P<0.05$

表2 治疗3月后子宫肌瘤患者MRgFUS治疗前后各参数测量的改善情况分析

Table 2 Analysis of improvement in each parameter measurement before and after MRgFUS treatment in patients with uterine fibroids after 3 months of treatment

Parameters	Sample size	Before treatment	3 months after treatment	Difference	$t^{1)}$	P
ADC value/ $[\times 10^{-3}/(\text{mm}^2/\text{s})]$	56	1.11±0.13	1.84±0.09	-0.73±0.16	-32.168	<0.001
Volume / $\text{cm}^3$	56	102.71±35.30	56.70±18.88	46.01±39.85	8.801	<0.001
SSS	56	36.73±11.74	21.77±10.21	14.96±16.03	8.646	<0.001
UFS-QOL score	56	59.05±17.48	76.54±16.50	-17.49±23.12	-5.852	<0.001

<sup>1)</sup> paired sample  $t$ -test

表3 治疗6月后子宫肌瘤患者MRgFUS治疗前后各参数测量的改善情况分析

Table 3 Analysis of improvement in each parameter measurement before and after MRgFUS treatment in patients with uterine fibroids after 6 months of treatment

Parameters	Sample size	Before treatment	6 months after treatment	Difference	$t^{1)}$	P
ADC value/ $[\times 10^{-3}/(\text{mm}^2/\text{s})]$	56	1.11±0.13	2.12±0.24	-1.01±0.27	-26.653	<0.001
Volume/ $\text{cm}^3$	56	102.71±35.30	46.93±18.99	55.78±40.20	9.580	<0.001
SSS	56	36.73±11.74	17.66±9.30	19.07±14.29	9.083	<0.001
UFS-QOL score	56	59.05±17.48	82.46±12.37	-23.41±21.06	-8.420	<0.001

<sup>1)</sup> paired sample  $t$ -test

### 3 讨论

在临床工作中,子宫肌瘤切除是子宫肌瘤的常用治疗手段,然而手术为有创性手段而不易被患者接受。MRgFUS作为一种新兴的无创性治疗手段,对于想选择更为保守的治疗方式的众多女性是一种理想的替代方案。

MRgFUS治疗是在MRI的引导下,精准地将超声波聚焦于病灶组织内,产生65~85℃的高温,使

组织产生凝固性坏死,在精准消融病灶的同时又能够避免治疗区域以外的组织损伤<sup>[6]</sup>。鉴于MRgFUS治疗的精准性,可以准确规划消融病灶的边界,同时将子宫浆膜及内膜充分避开、保护起来,这样既可以充分消融肌瘤病灶,又能不损伤浆膜及内膜为生育提供保障。相比目前临床常用的微创腹腔镜子宫肌瘤剔除术,MRgFUS治疗能为患者提供无创、保护子宫、保护生育的精准、个性化的治疗方案。MRgFUS真正意义上实现了诊断与治疗的结

合,而随着将来广泛的开展使用,有必要研究更多的方式用于评估MRgFUS的治疗效果。

国内外已有相关的研究利用DWI用于评估MRgFUS治疗子宫肌瘤的效果,并显示其具有较好的应用价值。鲁辛健等<sup>[11]</sup>发现体素内不相干运动扩散加权成像的部分参数在MRgFUS治疗前后差异有统计学意义,显示这些相关参数在评估MRgFUS治疗子宫肌瘤后病灶的血供和灌注有一定价值。Liao等<sup>[12]</sup>的研究显示,可利用术前T2WI和DWI评估子宫肌瘤的消融率。Sainio等<sup>[10]</sup>尝试分析ADC分类预测MRgFUS治疗子宫肌瘤效果,通过分析ADC值与非灌注体积比值的相关性,发现ADC分类可用于预测MRgFUS的治疗效果,并且效果优于Funaki分类。

DWI对病变显示高度敏感,通过反映活体组织中水分子的运动,可探测早期病理改变,并有助于判断病变的程度及变化。既往研究表明,DWI所得ADC值可用于观察治疗子宫肌瘤治疗后变化及疗效评估<sup>[13]</sup>。分析原因可能为:子宫肌瘤MRgFUS治疗后消融区域水分子运动加快、扩散增强,表现为DWI上高信号;组织间隙内自由水成分的含量增加,表现为ADC值的增加。本研究显示治疗后3月及治疗后6月子宫肌瘤消融区域平均ADC值较治疗前明显增加,且ADC值与肌瘤体积及SSS呈负相关、与UFS-QOL评分呈正相关,提示ADC值可作为监测MRgFUS治疗效果的指标。因此,ADC值作为一种功能磁共振成像的定量参数,可为评估子宫肌瘤治疗效果提供一种新的、功能影像学方法,而且DWI序列扫描时间一般2分半左右,时间短,病人易耐受,同时无须产生额外检查费用,有利于在临床工作中推广应用。

本组研究发现MRgFUS治疗后,肌瘤体积、SSS评分及UFS-QOL评分方面均有不同程度的改善。MRgFUS治疗可有效地消融子宫肌瘤病灶,使得病灶产生凝固性坏死,继而坏死组织吸收,使得肌瘤体积缩小及相应的子宫缩小,减轻增大子宫对邻近脏器的压迫,改善如尿频尿急等压迫症状。本组子

宫肌瘤患者MRgFUS治疗后3月及6个月,肌瘤体积逐渐缩小,SSS评分减少,UFS-QOL评分增加,提示患者症状明显改善。

MRgFUS治疗不良反应一般无须处理或短时间对症处理即可缓解,极少出现严重并发症。本组病例不良反应发生率为16.07%(9/56),均为轻微不良反应,未出现严重并发症及后遗症,低于本中心前期MRgFUS治疗腺肌病组研究结果<sup>[14]</sup>。分析原因,可能与本研究治疗对象为子宫肌瘤有关,子宫肌瘤具有明确的包膜,可以限制热量扩散,无须给出更高的超声能量就能保证升温效果,故而病灶内的升温较子宫腺肌病容易。既保证了子宫肌瘤的MRgFUS治疗消融效果,又能将不良反应发生率及严重程度控制在较低水平。

本研究局限性:首先,本研究的病例数较少,有待加大样本量进一步对结果进行验证。其次,本研究为回顾性研究,制定的跟踪方案未对治疗间隔时间更长(大于6个月)后的情况进行随访,因此未来可通过制定前瞻性研究计划,对患者进行更长时间的跟踪,以评估MRgFUS治疗的远期效果。最后,本研究纳入的评价指标较少,部分指标依赖患者的主观判断,从而可能影响研究结果的判定,因此下一步研究可开展纳入更多客观指标对效果进行评价。此外,MRI动态增强成像(dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)是当前评估肿瘤灌注状态的最重要的技术之一,可反映治疗前后病灶内部的强化特征,区分瘤体是否完全坏死、有无残留及复发等。DCE-MRI的定量参数也能直观地评估子宫肌瘤的术前、术后的病理信息及帮助临床选择合适的治疗方式、提高疗效及预后评估。拟在今后研究中联合使用ADC值及DCE-MRI的定量参数,寻求有效及准确的影像学评估方法。

总之,ADC值可作为一项有用的影像学方法评估MRgFUS的治疗效果提供数据支持,为临床科室长期追踪管理经治疗后的子宫肌瘤患者提供有价值的参考信息。

## 参考文献

- [1] Donnez J, Dolmans MM. Uterine fibroid management: from the present to the future [J]. *Hum Reprod Update*, 2016, 22(6): 665-686.
- [2] Stewart EA, Cookson CL, Gandolfo RA, et al. Epidemiology of uterine fibroids: a systematic review [J]. *BJOG*, 2017, 124(10): 1501-1512.
- [3] Lewis TD, Malik M, Britten J, et al. A comprehensive review of the pharmacologic management of uterine leiomyoma [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018:2414609.
- [4] Liu L, Wang T, Lei B. Uterine artery embolization compared with high-intensity focused ultrasound ablation for the treatment of symptomatic uterine myomas: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2021, 28(2): 218-227.
- [5] Liu X, Tang J, Luo Y, et al. Comparison of high-intensity focused ultrasound ablation and secondary myomectomy for recurrent symptomatic uterine fibroids following myomectomy: a retrospective study [J]. *BJOG*, 2020, 127(11):1422-1428.
- [6] 金征宇,张俊海,石海峰,等. MR引导聚焦超声治疗子宫肌瘤中国专家共识 [J]. *协和医学杂志*, 2020, 11(5):571-579.
- Jin ZY, Zhang JH, Shi HF, et al. China Consensus on MR-guided Focused Ultrasound for Uterine Fibroids [J]. *Med J Peking Union Med Coll Hosp*, 2020, 11(5):571-579.
- [7] Kociuba J, Lozinski T, Zgliczynska M, et al. Adverse events and complications after magnetic resonance-guided focused ultrasound (MRgFUS) therapy in uterine fibroids - a systematic review and future perspectives [J]. *Int J Hyperthermia*, 2023, 40(1):2174274.
- [8] Morani AC, Elsayes KM, Liu PS, et al. Abdominal applications of diffusion-weighted magnetic resonance imaging: Where do we stand [J]. *World J Radiol*, 2013, 5(3):68-80.
- [9] Gibbons M, Simko JP, Carroll PR, et al. Prostate cancer lesion detection, volume quantification and high-grade cancer differentiation using cancer risk maps derived from multiparametric MRI with histopathology as the reference standard [J]. *Magn Reson Imaging*, 2023, 99:48-57.
- [10] Sainio T, Saunavaara J, Komar G, et al. Feasibility of apparent diffusion coefficient in predicting the technical outcome of MR-guided high-intensity focused ultrasound treatment of uterine fibroids - a comparison with the Funaki classification [J]. *Int J Hyperthermia*, 2021, 38(1):85-94.
- [11] 鲁辛健,班允清,王晓燕,等. IVIM-DWI和DCE-MRI评估高强度聚焦超声刀治疗子宫肌瘤的疗效 [J]. *分子影像学杂志*, 2020, 43(4):557-562.
- Lu XJ, Ban YQ, Wang XY, et al. Comparison of IVIM-DWI and DCE-MRI in the treatment of uterine fibroids with high intensity focused ultrasound knife [J]. *J Mol Imaging*, 2020, 43(4):557-562.
- [12] Liao D, Xiao Z, Lv F, et al. Non-contrast enhanced MRI for assessment of uterine fibroids' early response to ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound thermal ablation [J]. *Eur J Radiol*, 2020, 122:108670.
- [13] Mindjuk I, Trumm CG, Herzog P, et al. MRI predictors of clinical success in MR-guided focused ultrasound (MRgFUS) treatments of uterine fibroids: results from a single centre [J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(5):1317-1328.
- [14] 王娟,周守国,黄耀渠. 磁共振引导聚焦超声术治疗难治性子宫腺肌病的疗效评估 [J]. *放射学实践*, 2022, 37(5): 584-588.
- Wang J, Zhou SG, Huang YQ, et al. Efficacy of magnetic resonance guided focused ultrasound surgery in the treatment of refractory adenomyosis [J]. *Radiologic Pract*, 2022, 37(5): 584-588.

(编辑 孙慧兰)