

## • 临床研究 •

## Clinical application of MRI-guided argon-helium cryoablation of tumors

GAO Dengfa, ZHANG Xiaobo\*, ZHANG Ailian, ZHANG Xiao, XIAO Yueyong

(Department of Radiology, Chinese PLA General Hospital,  
Beijing 100853, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the clinical value of MRI-guided argon-helium cryoablation in the treatment of tumors. **Methods** MRI-guided argon helium cryoablation was performed in 90 tumor patients, including 52 cases of liver tumor, 10 of kidney tumor, 6 of chest wall tumor, 12 of pelvic tumor, 9 of limb tumors and 1 case of sciatic tumor. SE T1W, FSE T2W and SPGR T1W sequences were used to monitor the process of puncture and cryoablation. MRI findings and the complications during cryoablation were observed. Enhanced MRI was performed after cryoablation to evaluate the therapeutic efficacy. **Results** All lesions could be clearly displayed with MRI during cryoablation, and the whole probes could be clearly showed on SPGR T1WI. A total of 24 patients with large lesions (maximum diameter 10.80—15.06 cm) underwent tumor cytorreduction therapy, the average times of cytorreduction therapy was  $2.96 \pm 0.76$ . Among them, the part of lesion covered by ice-ball during cryoablation showed no enhancement in 17 patients, while in the rest 7 patients, enhancement could be observed at the edge of lesions which became larger on enhanced MRI 1 month after the last treatment. In 66 patients underwent single time cryoablation, the lesions were all covered by the ice-ball during cryoablation treatment, and enhanced MRI showed complete ablation of lesions in 47 cases and partial ablation in 19 cases 1 month after cryoablation. Local bleeding around puncture point was observed in 11 patients, no serious complication occurred. **Conclusion** MRI-guided argon-helium cryoablation can be used as an effective method in the treatment of tumor on different sites.

**[Keywords]** magnetic resonance imaging; imaging guided; argon-helium cryosurger; cryoablation

DOI:10.13929/j.1672-8475.201810049

## MRI 引导技术在氩氦刀消融治疗肿瘤中的临床应用

高登发, 张啸波\*, 张爱莲, 张肖, 肖越勇

(中国人民解放军总医院放射诊断科, 北京 100853)

**[摘要]** **目的** 探讨 MRI 引导氩氦刀冷冻消融治疗肿瘤的临床价值。 **方法** 对 90 例肿瘤患者行 MRI 引导氩氦刀冷冻消融治疗, 包括肝脏肿瘤 52 例, 肾脏肿瘤 10 例, 胸壁肿瘤 6 例, 盆腔肿瘤 12 例, 四肢骨及软组织肿瘤 9 例, 坐骨肿瘤 1 例。术中采用 SE T1WI、FSE T2WI、SPGR T1WI 监测穿刺及消融情况。观察术中 MRI 表现、并发症情况, 术后随访复查增强 MRI 评价消融效果。 **结果** 消融术中 MRI 均可清晰显示病灶, 快速扫描 SPGR T1WI 可显示冷冻针全长。24 例因病灶较大(最大径 10.80~15.06 cm), 以消融作为减瘤治疗, 平均消融( $2.96 \pm 0.76$ )次, 其中 17 例末次氩氦刀冷冻消融术后 1 个月增强 MRI 示消融时冰球覆盖区域病灶无强化, 病灶整体有所减小; 7 例病灶边缘可见强化, 病灶不同程度增大。66 例单次消融时冰球完全覆盖病灶, 术后 1 个月增强 MRI 示 47 例病灶完全消融, 19 例病灶部分消融。术中 11 例穿刺部位出血, 未发生严重并发症。 **结论** MRI 引导氩氦刀冷冻消融可用于治疗不同部位肿瘤, 多可获得满意疗效。

**[第一作者]** 高登发(1976—), 男, 河南周口人, 本科, 主管技师。研究方向: 影像技术数字化与临床应用。E-mail: gaodengfa@163.com

**[通信作者]** 张啸波, 中国人民解放军总医院放射诊断科, 100853。E-mail: zhangxiaobo301@126.com

**[收稿日期]** 2018-10-31 **[修回日期]** 2019-05-23

〔关键词〕 磁共振成像;影像引导;氩氦刀;冷冻消融

〔中图分类号〕 R73; R445.2; R815 〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1672-8475(2019)07-0387-04

影像学引导冷冻消融现已成为临床治疗肿瘤的常用方法之一。既往氩氦刀冷冻消融治疗多在 CT 或超声引导下进行,存在一定弊端。CT 仅可轴位扫描,且重复扫描辐射剂量较大,用于引导消融受到一定限制;超声引导氩氦刀肿瘤消融治疗时,无法显示整个冷冻区域,不能明确区分冷冻区与非冷冻区,且在鉴别残存肿瘤组织和凝固性坏死组织时也存在困难<sup>[1-3]</sup>。MRI 可多方位成像,且具有软组织分辨率高的特点,可为氩氦刀冷冻消融术提供影像学引导支持<sup>[4]</sup>。本研究采用 MRI 引导辅助实施氩氦刀消融治疗肿瘤,探讨其临床应用价值。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2010 年 7 月—2017 年 11 月 90 例就诊于我院并拟接受氩氦刀消融治疗的肿瘤患者,男 62 例,女 28 例,年龄 18~75 岁,平均 $(52.4 \pm 4.2)$ 岁;其中病灶位于肝脏 52 例,肾脏 10 例,胸壁 6 例,盆腔 12 例,四肢 9 例(包括 3 例骨肿瘤、6 例软组织肿瘤),坐骨 1 例。

1.2 仪器与方法 采用 Cryo-hit 氩氦刀治疗系统,引导设备为 GE Signa Milwaukee 0.35T MR 扫描仪,行 MRI 引导下氩氦刀冷冻消融。术前完善相关血液检查,对患者进行呼吸训练。术中持续监测患者脉搏、心率、心电图、血氧饱和度、呼吸频率及体温。采用新奥博为 ISC(interactive scan control)红外导航系统引导,以步进式方法穿刺病灶,依据病灶具体情况酌情确定消融针数量。对穿刺部位采集轴位、矢状位及冠状位 FRFSE T2WI、SE T1WI,根据病灶位置调整消融针深度;并采用屏气 SPGR T1WI 观察进针路径,每进针 2~3 cm 后即刻进行快速扫描,观察消融针与病灶的位置关系,必要时及时调整进针方向。冷冻探针到达预定位置后,开始冻融治疗。冷冻消融疗程中,每间隔 5 min

行 MR 扫描,观察冰球形成情况,当冰球完全涵盖病灶并超出其边缘 1 cm 范围后行 3 min 复温,常规进行 2 个冻融循环治疗。

1.3 评价指标 观察术中 MRI 表现、并发症情况,并对术后疗效进行评价。于末次消融术后 1 个月随访复查 MR 增强扫描,观察病灶大小及消融区强化表现。对接受重复减瘤消融治疗患者,常规于前次消融治疗 1 周后复查肝、肾功能,综合考虑患者身体状况确定是否再次消融治疗,对同一患者 1 个月内最多进行 3 次减瘤消融,并依据末次消融治疗后 1 个月复查 MR 增强扫描表现进行疗效评估。消融效果评价:①完全消融,消融治疗时冰球涵盖区域增强 MRI 未见强化信号;②部分消融,消融治疗时冰球涵盖区域增强 MRI 仍可见不同程度残余强化信号。

## 2 结果

90 例 MRI 引导下氩氦刀肿瘤消融治疗中,每例使用消融针 2~8 根,平均 $(4.60 \pm 2.35)$ 根。术中 MRI 均可清晰显示病灶(图 1A、1B、2A、2B),图像软组织对比良好。26 例(26/90, 28.89%)消融治疗针方

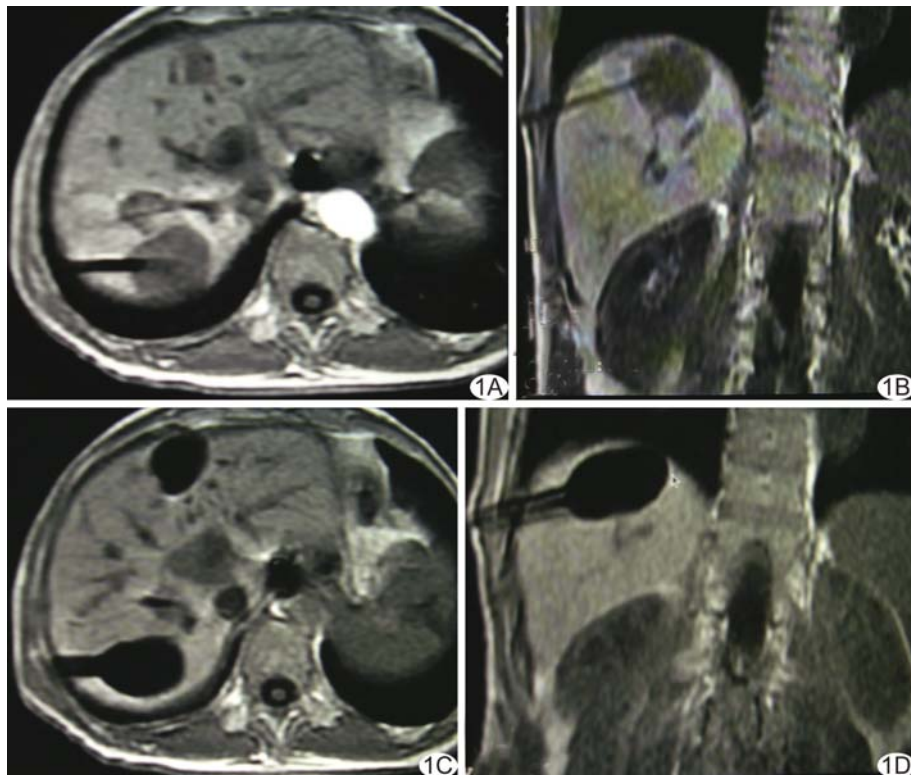


图 1 患者男,45 岁,肝脏肿瘤邻近膈顶, MRI 引导下氩氦刀冷冻消融 A、B. 开始消融前轴位(A)及冠状位(B)SPGR T1WI; C、D. 冷冻消融 10 min 后轴位(C)及冠状位(D)SPGR T1WI

位与 MR 轴位扫描平面平行(图 1A、1C、2A、2C); 64 例(64/90, 71.11%)消融治疗针与 MR 轴位、矢状位、冠状位扫描平面呈不同角度。无论穿刺角度大小、方向如何,快速扫描 SPGR T1WI 均可显示冷冻针全长(图 1B、1D)。

氩氦刀冷冻消融时,消融针针尖 2.0 cm 区域冰球温度  $-165^{\circ}\text{C} \sim 54^{\circ}\text{C}$ ,冰球形成后在 MR T2WI 及 T1WI 均表现为低信号区;术中 MRI 能够清晰显示冰球的形态及覆盖范围、边界。随冷冻时间延长,冰球体积逐渐增大,冰球体积  $26.88 \sim 219.58 \text{ cm}^3$ ,平均  $(95.32 \pm 9.37) \text{ cm}^3$ 。66 例(66/90, 73.33%)消融术中冰球完全覆盖病灶并超过病灶边缘 1 cm 范围(图 1C、1D、2C、2D); 24 例(24/90, 26.67%)因病灶较大(最大径  $10.80 \sim 15.06 \text{ cm}$ ),冰球仅部分涵盖病灶,给予减瘤治疗。术中 MRI 发现穿刺部位出血 11 例,均及时对症处理,无严重并发症。

24 例接受重复减瘤治疗,其中 8 例接受 2 次消融、10 例接受 3 次消融、5 例接受 4 次消融、1 例接受 5 次消融,每例平均消融  $(2.96 \pm 0.76)$  次;其中 17 例末次氩氦刀冷冻消融术后 1 个月 MR 增强扫描显示消融时冰球覆盖区域病灶无强化(完全消融),病灶整体有所缩小,7 例消融时冰球覆盖区域病灶边缘不同程度强化(部分消融),病灶体积不同程度增大。

66 例接受单次消融治疗,术中冰球完全覆盖病灶,氩氦刀冷冻消融术后 1 个月随访复查 MR 增强扫描显示病灶完全消融 47 例,部分消融 19 例。

### 3 讨论

氩氦刀肿瘤消融是一种将超低温和热效应相结合的物理消融方法,利用超高压的惰性气体氩气由 0.8 mm 径腔导管流向 1.47 mm 径腔冷冻探针时瞬间压力骤变引起的放热作用,使探针工作区的温度在 10 s 内降至  $-165^{\circ}\text{C}$  左右,持续性低温使冰晶迅速在细胞内外、微动脉及微静脉内形成,导致细胞脱水和破裂及小血管破坏,引起细胞膜崩解、坏死<sup>[5-6]</sup>;冻融后留在

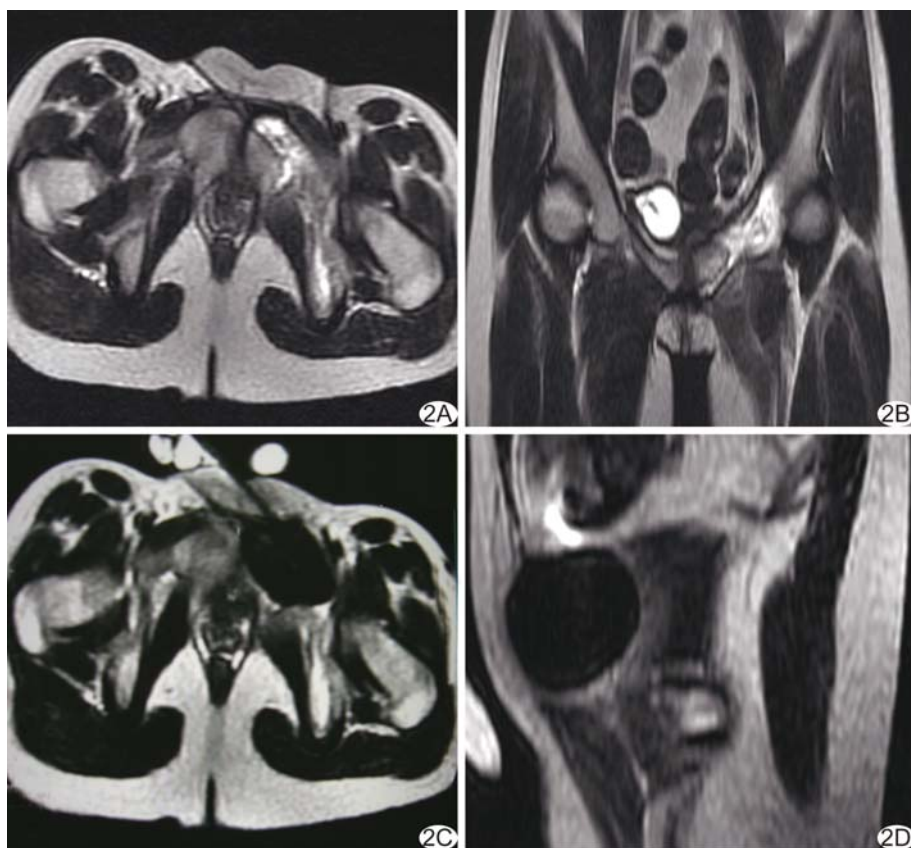


图 2 患者女,25 岁,左侧坐骨肿瘤,MRI 引导下氩氦刀冷冻消融 A、B. 开始消融前轴位(A)及冠状位(B)FSE T2WI; C、D. 冷冻消融 10 min 后轴位(C)及冠状位(D)FSE T2WI

原位的死亡肿瘤组织还可作为抗原,促进机体发生抗肿瘤免疫反应<sup>[7-8]</sup>。消融治疗时,探针与冰球温度变化范围为  $-165^{\circ}\text{C} \sim 54^{\circ}\text{C}$ ;冰球形成后,进行 MR 扫描时,成像的热敏感性及弛豫对温度的依赖性导致 T1 缩短,使冰球在 T1WI 和 T2WI 中均表现为信号暗区<sup>[9]</sup>;冰球完全涵盖肿瘤边缘时,开通氦气行复温消融,探针工作区温度可达  $54^{\circ}\text{C}$ ,1 次治疗一般需重复 2 个冻融循环。术中使冰球超过肿瘤影像学边缘 1 cm 以上,有利于保证肿瘤组织完全灭活,防止局部残留<sup>[10]</sup>。

MRI 引导肿瘤冷冻消融时,有多种扫描参数可供选择,但因图像既要能清晰显示病灶细节,又须兼顾扫描速度,在 0.35T MR 设备上,扫描参数的选择受到一定限制。本研究先对目标脏器进行多方位扫描,采用 SE T1WI、FSE T2WI 清晰显示病灶位置、轮廓及其与周围组织的关系,以确定穿刺点的位置、进针方向并可为避开重要结构提供参考;再采用 SPGR T1WI 配合步进式穿刺,虽然图像噪声相对较大,但不影响诊断,且成像速度快,适用于术中引导穿刺。本研究在穿刺过程中利用磁兼容红外导航系统辅助步进式穿刺,

当消融针进至患者体内时,以红外导航技术的虚拟图像配合 SPGR T1WI 对穿刺过程进行监测,使术者能够根据需要进行及时对消融针进行调节。本组 90 例中,11 例术中穿刺部位少量出血,但未见严重并发症。

目前 MRI 引导氩氦刀冷冻消融技术已用于临床治疗肝、肺、胰腺、前列腺、乳腺癌、肾肿瘤、四肢骨骼与软组织良恶性肿瘤<sup>[11]</sup>。消融术中医师和患者均无辐射损伤,术中可随时进行扫描,监测进针情况。MRI 可提供肿瘤与毗邻组织对比度良好的图像,多参数、多序列,任意方向、任意层面成像<sup>[12]</sup>,并可显示三维解剖结构,便于观察脏器周围组织及大血管,对于治疗肝门区、邻近膈肌及大血管的病灶具有明显优势,并可清晰显示冷冻治疗形成的冰球和水肿带<sup>[13]</sup>。氩氦刀冷冻消融治疗中,采用细针穿刺,可同时、多针组合(最多 25 根针)治疗多个病灶,根据病灶形态及大小进行适形布针,手术损伤小,便于术后护理,且多针组合冷冻消融治疗可有效避免冷冻时的三维漏空效应,也使其用于治疗巨大型原发性肝癌成为可能<sup>[14]</sup>。此外,治疗时消融针温度变化发生在针尖 2 cm 长度内,针杆有良好的冷、热绝缘效果,可避免对穿刺路径上的皮肤与正常组织造成损伤,治疗过程中患者疼痛症状轻,术后不良反应、并发症少。氩氦刀冷冻消融对最大径 $\leq 3$  cm 的早期肿瘤可达到根治效果;对最大径 $> 10$  cm 的肿瘤,可以减瘤为目的进行消融,从而增强综合治疗效果,减轻疼痛症状,提高患者生存质量<sup>[15-16]</sup>。

目前 MRI 引导氩氦刀肿瘤消融治疗的局限性:①对弥散性病变,消融治疗效果不理想;②MR 设备造价高,且磁场稳定性易受外界因素干扰,对金属伪影敏感程度高,影响图像质量的因素较多,术中所用器械与辅助设备要求具有磁兼容性,一些抢救设备难以使用;③超高压氩、氦气体储气罐材质为非磁兼容金属材料,如将其放置在检查机房内,会对磁场稳定性造成干扰,并可能引发安全事故,故需另行放置,需占用较大空间。此外,对凝血功能不健全,心、肝、肾功能障碍及不能配合的患者不宜进行消融治疗;且消融术中应注意对针头等锐利铁磁性物品加强管理,防止发生“飞射”<sup>[17]</sup>,避免医患双方受到伤害。

总之,MRI 引导氩氦刀冷冻消融治疗肿瘤具有明显优势,值得临床推广使用。

## [参考文献]

- [1] 余永强. 磁共振功能成像在肿瘤非手术治疗早期疗效评价中的应用. 中国医学影像技术, 2006, 22(1): 152-155.
- [2] 张晓蓉, 陈真, 陈菲, 等. 彩色多普勒超声在氩氦刀治疗肿瘤中的应用. 中国介入影像与治疗学, 2010, 7(6): 640-643.
- [3] 印春涛, 黄建, 徐高峰, 等. 氩氦刀冷冻消融联合肝动脉化疗栓塞治疗原发性肝癌. 中国介入影像与治疗学, 2011, 8(2): 117-120.
- [4] 张月高, 肖越勇, 潘隆盛, 等. MRI 引导下氩氦刀冷冻小型猪大脑的实验观察. 中国介入影像与治疗学, 2009, 6(1): 28-30.
- [5] 徐苏琴, 杨茂江, 严静, 等. 氩氦刀治疗肝癌的研究进展. 西部医学, 2017, 29(3): 441-444.
- [6] 步军, 全显跃, 梁文, 等. CT 引导下氩氦刀冷冻治疗肺癌后疗效的影像学评估. 实用医学杂志, 2010, 26(9): 1601-1603.
- [7] 马旭阳, 肖越勇, 张欣, 等. 不可逆电穿孔与冷冻治疗消融猪肝组织对比分析. 中国介入影像与治疗学, 2015, 12(5): 267-270.
- [8] 李泉旺, 曹阳, 左明焕, 等. PET/CT 对氩氦刀靶向治疗肿瘤策略的影响. 中国介入影像与治疗学, 2011, 8(2): 102-105.
- [9] 李成利, 武乐斌. 磁共振导航微创技术在脑肿瘤的诊治现状与进展. 磁共振成像, 2010, 1(1): 73-76.
- [10] 张华玲, 刘斯润, 童涛, 等. CT 评价单纯氩氦刀冷冻术联合放疗粒子治疗非小细胞肺癌的疗效. 中国介入影像与治疗学, 2012, 9(7): 503-507.
- [11] 庞聪, 庞蕾, 李春艳, 等. 磁共振成像导航系统引导氩氦刀冷冻介入治疗 18 例肾错构瘤. 现代泌尿外科杂志, 2014, 19(11): 743-745.
- [12] 吴斌, 肖越勇, 张肖. 肝癌冷冻消融治疗中 CT 和 MR 引导效果对照研究. 中华放射学杂志, 2010, 44(8): 856-862.
- [13] Wu B, Xiao YY, Zhang X, et al. Magnetic resonance imaging-guided percutaneous cryoablation of hepatocellular carcinoma in special regions. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2010, 9(4): 384-392.
- [14] 邱国钦, 许丽贞, 罗鹏飞, 等. 氩氦刀冷冻消融联合 TACE 治疗巨大肝癌的临床观察. 临床肿瘤学杂志, 2015, 20(6): 540-544.
- [15] 范应方, 方驰华, 黄宗海, 等. 手术切除联合术中氩氦刀冷冻治疗中晚期肝癌. 南方医科大学学报, 2008, 28(11): 2035-2037.
- [16] 张贵祥, 赵京龙, 张峰, 等. 研究 MRI 分子影像学发展的必备条件. 中国医疗器械信息, 2008, 14(5): 18-20, 32.
- [17] 赵磊, 王洋. MRI 导引与监控微创介入治疗技术. 医学影像学杂志, 2007, 17(12): 1365-1367.