

## •非血管介入 Non-vascular intervention•

## 基于电磁导航的影像引导系统在膈顶部肝癌消融中的应用

李 智, 倪才方, 李 炜, 杜 鹏, 杨 俊, 沈 健, 邹健伟

**【摘要】 目的** 应用基于电磁导航的影像引导系统,采取经皮经肝的斜行穿刺途径,对膈顶部肝癌进行消融治疗。评估该系统的安全性和有效性。**方法** 回顾性分析 17 例接受消融治疗的膈顶部肝癌患者(19 个病灶)的临床资料。手术过程包括 5 个步骤:靶灶分割、路径规划、空间配准、穿刺布针、消融实施。以布针的技术成功率、并发症、消融效果评估该技术的安全性和有效性。**结果** 17 例患者,19 个病灶,直径在 16~50 mm,平均 $(32\pm 10)$  mm,SVII 6 个,SVIII 10 个,SIVA 3 个。共完成消融治疗 32 次,其中射频消融 27 次,微波消融 5 次,技术成功率 100%。无气胸、出血、膈肌损伤等穿刺相关并发症。术后随访,16 个病灶(84.2%)完全消融,3 个病灶(15.8%)不完全消融。**结论** 在电磁导航系统引导下,采用经皮经肝的斜行穿刺途径可安全、准确地完成膈顶部肝癌的消融治疗。

**【关键词】** 电磁导航;肿瘤消融;肝恶性肿瘤

中图分类号:R735.7 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-11-0969-04

**Application of electromagnetic navigation system in performing the ablation of hepatic cancers adjacent to diaphragm** LI Zhi, NI Cai-fang, LI Wei, DU Peng, YANG Jun, SHEN Jian, ZOU Jian-wei. Department of Interventional Radiology, First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou, Jiangsu Province 215006, China

Corresponding author: NI Cai-fang, E-mail: cjr.nicaifang@vip.163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the safety and effectiveness of electromagnetic navigation system in performing the ablation of hepatic cancers adjacent to diaphragm by using percutaneous transhepatic oblique puncturing technique. **Methods** The clinical data of 17 patients with hepatic tumors adjacent to the diaphragm (19 lesions in total), who had received ablation treatment with the help of electromagnetic navigation system, were retrospectively analyzed. The electromagnetic navigation system was independently developed through cooperation of Suzhou Institute of Biomedical Engineering & Technology and the authors' Department. The operation process included the following five steps: target range segmentation, path planning, spatial registration, puncturing of needle, and implementation of ablation. The safety and effectiveness of this novel technique were evaluated by the technical success rate, complications and ablation effect. **Results** A total of 19 lesions were detected in the 17 patients. The lesion's diameter ranged from 16 mm to 50 mm, with a mean diameter of  $(32\pm 10)$  mm. Six lesions were located at hepatic segment VII, 10 lesions at hepatic segment VIII, and 3 lesions at hepatic segment IV A. A total of 32 times of ablation procedure were carried out, including 27 times of radiofrequency ablation and 5 times of microwave ablation, the technical success rate was 100%. No pneumothorax, hemorrhage, diaphragm injury or other puncture-related complications occurred. Follow-up examination showed that completely ablation was achieved in 16 lesions (84.2%), and incompletely ablation in 3 lesions (15.8%). **Conclusion** Under the guidance of electromagnetic navigation system, the ablation of hepatic cancers adjacent to diaphragm can be safely and precisely performed by using percutaneous trans-hepatic oblique puncturing method. (J Intervent Radiol,

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.11.009

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(81501563)、苏州市“科教兴卫”青年科技项目(KJXW2013003)

作者单位:215006 江苏 苏州大学附属第一医院介入放射科

通信作者:倪才方 E-mail: cjr.nicaifang@vip.163.com

2016, 25: 969-972)

【Key words】 electromagnetic navigation; hepatic tumor ablation; malignant hepatic tumor

随着设备和器材的进步,局部消融已经成为继外科切除、肝移植后第 3 项可治愈肝癌的新技术<sup>[1-2]</sup>,在肝癌治疗中的地位越来越重要。对于膈顶部的病灶,受呼吸运动和肺的影响,常规的轴位 CT 和超声难以实现影像引导,一度成为肝癌消融治疗的难点<sup>[3]</sup>。

近年来,学者们对膈顶部病灶的消融做了许多探索,主要有:①胸腔镜下经膈肌途径<sup>[4]</sup>;②人工胸水后 B 超引导<sup>[5-8]</sup>;③直接经肺穿刺途径<sup>[9]</sup>。这些方法有气胸、膈肌损伤、感染、胸腹腔粘连,甚至空气栓塞的风险。吴宇旋等<sup>[10]</sup>报道了 CT 引导的倾斜穿刺方法,消融针仅在肝组织内潜行,不损伤肺和膈肌,是较理想的穿刺路径。但该路径需要复杂的几何模型和数据运算,技术要求高,并且耗时,难以推广。

我们与中科院苏州生物医学工程技术研究所合作,研发了基于电磁导航的影像引导系统(江苏省科技计划 BL2012049),目前已初步应用于临床。该系统通过电磁场发射器测量感应电流的强度,根据电流强度确定传感器线圈的位置和方向,从而确定穿刺点空间坐标和进针角度。在该系统的辅助下,我们安全、准确、简便地完成膈顶部肝癌的消融治疗,取得较好的效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 临床资料 2015 年 1 月至 2016 年 3 月我科收治的、接受射频消融(RFA)或微波消融(MWA)的、病灶位于膈顶部的肝恶性肿瘤患者 17 例。入选标准:①诊断明确,符合原发性肝癌临床诊断标准,或活检病理证实为原发性肝癌,或原发灶已明确的转移性肝癌;②病灶直径小于 5 cm,病灶数目少于 3,至少有 1 处病灶位于膈顶部(VII、VIII、IV A 段);③ ECOG 评分 0 或 1 分,Child-Pugh 评分 A 或 B 级,排除其他消融禁忌证。

1.1.2 仪器与设备 荷兰飞利浦 Brilliance16 CT 机。美国 Radionics Cool-tip RFA 仪。中国亿高 ECO-100C MWA 仪。电磁导航系统由我科与中科院苏州生物医学工程技术研究所合作,自主研发(江苏省科技计划 BL2012049)。该系统由电磁信号发射器(AURORA)、电磁跟踪适配器(连接定位针)、工作站 3 部分构成,集成在移动机架上,整体大小约

75 cm×45 cm×130 cm。

### 1.2 方法

1.2.1 术前准备 患者术前签署知情同意书,禁食水 6 h,留置静脉通道。术前 15 min 肌内注射鲁米那 0.1、哌替啶 75 mg、非那根 25 mg、地塞米松 5 mg。术中追加非甾体类镇痛药。对于老年患者或体重小于 60 kg 患者酌情减量。消融全程予以心电监护,并准备好阿托品、胸穿包等抢救用品。

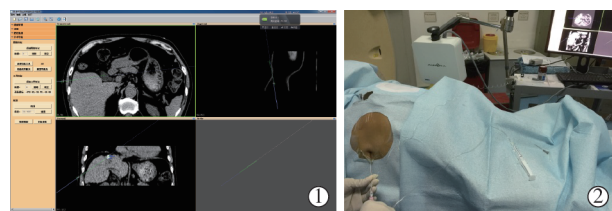
1.2.2 术中准备 患者仰卧于 CT 机床上,上腹部暴露,用透明敷贴将 6 枚标记物固定在穿刺区域皮肤上。将电磁导航系统置于 CT 机床左侧,使患者上腹部与电磁导航器的距离在 5~50 cm。进行 CT 扫描,扫描范围包括进针点、靶病灶、体表标记物,层厚 2 mm。将 CT 图像以 Dicom 格式导入工作站。

1.2.3 靶灶分割与路径规划 工作站可将导入的 CT 图像进行三维重建,并同时横断位、冠状位、矢状位图像显示在屏幕上。点击“生长点按钮”,然后点击靶灶区域,放置生长点,按下分割按钮,逐层分割靶灶。点击新建路径按钮,然后按下目标点选择按钮,在影像视图上单击需要消融的靶灶,作为目标点。目标点确定后,同法选择进针点。此时,系统以绿色线条显示穿刺路径,如穿刺路径上有血管、肋骨等,系统将以红色线条警示当前路径。规划完成后,点击保存路径按钮。

1.2.4 空间配准 锁定电磁导航系统底座,使其位置固定,移动 CT 机床,使患者上腹部位于电磁信号发射器的感测区域之内。将定位针针尖(尾端连接于电磁跟踪适配器)置于体表标记点之上,点击“添加工具标记”按钮,拾取物理空间中标记点的位置,数量+1 后,移至下一个标记点,再次按下按钮,重复上述操作,选择完 6 个标记点后按下“配准”按钮,使图像空间与患者的物理空间匹配。

1.2.5 穿刺布针 配准完成后,按下“开始跟踪”按钮,即可开始穿刺导航。在预定穿刺点区域移动定位针,工作站将显示定位针针尖所在位置的三维图像,并以紫色虚线显示预计穿刺路径。调整定位针的姿态,使紫色虚线与绿色实线重叠,见图 1,此时紧邻定位针平行刺入 RFA/MWA 针,见图 2。

1.2.6 实施消融 再次 CT 扫描,确认消融针位置准确后,进行 RFA/MWA。每次 RFA 时间 10~12 min,针尖温度控制在 15~25℃;MWA 时间 8~10 min,功



①电磁导航系统工作界面。绿线是预设穿刺路径,紫线是系统感知的定位针。紫线和绿线重叠,提示定位针位置和角度良好;②工作现场,移动定位针位置,使紫线与绿线重叠,此时紧邻定位针平行刺入消融针(或“天线”)

图1 穿刺途径准备

率 60 W。再次 CT 扫描,了解消融范围,对于直径较大或形态不规则的病灶,调整消融针位置,再次实施消融治疗。

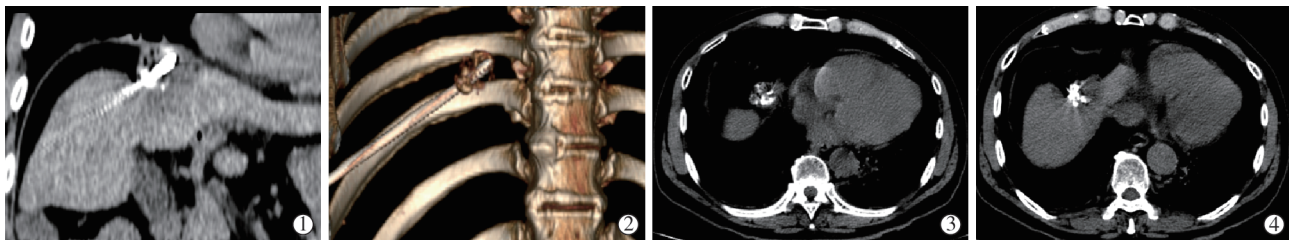
1.2.7 疗效评级和随访 消融治疗完成后再次 CT 扫描,判断是否存在气胸、出血等并发症。术后观察常见不良反应及并发症。术后 1~2 个月行腹部增强

CT 或 MR 检查,评价消融效果<sup>[1]</sup>。完全消融:肿瘤所在区域为低密度,动脉期未见强化。不完全消融:肿瘤病灶内局部动脉期有强化。嘱患者门诊随访,每月复查肝功能及甲胎蛋白,每 3 个月复查腹部增强 CT 或 MR。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

本组 17 例患者,膈顶部病灶共 19 个,其中男 13 例,女 4 例,年龄 36~80 岁,平均 58 岁,原发性肝癌 13 例,转移性肝癌 4 例(鼻咽癌 1 例,胆囊癌 1 例,结肠癌 2 例),其前接受过 TACE 治疗的 8 例。19 个病灶中,Ⅶ段病灶 6 个,Ⅷ段病灶 10 个,ⅣA 段病灶 3 个,平均直径( $32 \pm 10$ ) mm (16~50 mm),见表 1。



①②采取经皮经肝斜行穿刺途径,使消融针到达靶病灶;③消融针尖位于靶病灶的头侧内侧缘;④消融针经过靶病灶的足侧外侧缘

图2 消融针穿刺过程

表1 患者的一般资料、病灶特征、消融效果和并发症情况

性别	年龄	病灶性质	病灶位置	病灶直径/mm	消融方法	消融次数	并发症	消融效果(术后 1 个月)
男	53	肝细胞癌	Ⅶ	27	射频	2	右侧胸腔积液	完全
男	61	原发性肝癌	Ⅷ	18	射频	1	无	完全
男	62	肝细胞癌	Ⅶ	38	射频	1	无	不完全
男	70	结肠癌肝转移	Ⅷ	35	射频	2	无	不完全
			Ⅶ	21	射频	1	无	完全
女	65	结肠癌肝转移	Ⅷ	24	微波	1	无	完全
男	80	胆管细胞癌	ⅣA	50	微波	2	无	不完全
男	60	肝细胞癌	Ⅷ	41	微波	2	无	完全
男	64	肝细胞癌	Ⅷ	50	射频	2	无	完全
男	62	原发性肝癌	Ⅶ	29	射频	1	无	完全
男	55	肝细胞癌	Ⅷ	46	射频	3	无	完全
男	62	肝细胞癌	ⅣA	36	射频	2	无	完全
男	36	原发性肝癌	Ⅷ	22	射频	1	无	完全
			Ⅶ	26	射频	2	无	完全
女	41	原发性肝癌	Ⅷ	25	射频	2	右肩痛	完全
男	63	原发性肝癌	Ⅷ	48	射频	2	右肩痛	完全
女	40	原发性肝癌	Ⅷ	16	射频	1	呃逆	完全
女	40	鼻咽癌肝转移	ⅣA	31	射频	2	右侧肋间疼	完全
男	67	胆囊癌肝转移	Ⅶ	24	射频	2	无	完全

### 2.2 疗效

本组 17 例患者,膈顶部病灶 19 个,共完成消融治疗 32 次,其中 RFA 27 次,MWA 5 次,均在电磁导航系统的引导下,实现经皮经肝的斜行布针,技术成功率 100%。术后 1 个月增强 CT 或 MR 提

示,16 个病灶(84.2%)完全消融,3 个病灶(15.8%)不完全消融。

### 2.3 并发症

本组所有病例,消融完成后即刻 CT 扫描,未见气胸、出血、膈肌损伤等并发症。术后 1 例出现右侧



中等量胸腔积液,2 例右肩部疼痛,1 例右侧肋间痛,1 例呃逆,均经对症治疗后好转。无胃、肠、胆囊穿孔,无肝脓肿、肝功能衰竭,无消化道出血等并发症。无手术相关性死亡。

#### 2.4 随访

本组 17 例患者中 11 例实现随访,随访率 64.7%,随访时间 35~364 d,中位随访时间 63 d。随访期间 1 例(鼻咽癌肝转移)因口鼻腔出血死亡,1 例胆囊癌术后肝转移患者出现肝内多发转移,1 例原发性肝癌患者出现腹腔淋巴结转移。其余 9 例病情稳定,未见局部复发、针道转移等。

### 3 讨论

1986 年 Roberts 等<sup>[11]</sup>首次报道影像导航技术在颅脑手术中的应用。此后,影像导航技术引起了医疗界的关注,特别是随着“精准医疗”概念的普及,各类导航技术在医疗手术、操作中的优点越来越显现。电磁导航是利用已知空间分布的磁场,根据传感器在磁场中获得的数据,实现对磁场中物体定位的技术<sup>[12-13]</sup>。

电磁导航系统通常由磁场发射器在其周围空间产生磁场,置于该空间的传感线圈将产生电流信号,控制系统根据电流信号计算出传感线圈在磁场中的坐标,并与 CT 图像对接耦合,得出导航所需的图像。

目前可用于介入手术的电磁导航技术产品有美国 Veran 公司开发的 IG4(2006 获 FDA 批准)。但价格十分昂贵,在国内应用极少。我们与中科院苏州生物医学工程技术研究所合作,自主研发的基于电磁导航的影像引导系统,已完成动物实验,初步应用于穿刺活检、肿瘤消融、PTCD、椎体成形等介入手术。本组 17 例患者,膈顶部病灶 19 个,共完成消融治疗 32 次,均在该系统的引导下,成功布针,技术成功率 100%。并且所有病例未出现气胸、出血等穿刺相关并发症,提示该系统具有安全准确的导航作用。

文献关于电磁导航在介入手术中的应用研究多集中在减少扫描次数、降低辐射剂量、缩短手术时间、提高穿刺精准度等方面。然而,电磁导航的意义更在于将困难的操作简单化。膈顶部病灶一直是肝癌消融治疗的难点。经皮经肝、自足侧向头侧的倾斜穿刺,不损伤肺和膈肌,是最理想的路径。但是,凭术者空间想象或几何运算不仅耗时,而且准确性难以保障。本研究利用自主研发的电磁导航系

统较为便捷地完成了膈顶部病灶的斜行穿刺,取得了良好的效果。

电磁导航的另一优点是体积小,移动方便,可自由完成患者的物理空间与 CT 的图像空间之间的匹配。因此,可移至 DSA 室,实现 DSA 与 CT 的多模态引导,对 PTCD、椎体成形、甚至 TIPS 等介入手术有明显的帮助。这是我们今后研究的方向。

#### [参考文献]

- [1] 中华医学会放射学分会介入学组. 经皮肝脏肿瘤射频消融治疗操作规范专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2012, 46: 581-585.
- [2] 罗荣光, 黄金华. 肿瘤射频消融: 电极的类型和消融灶的特点[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 159-162.
- [3] 陈敏华. 超声引导肝肿瘤消融治疗的历史、现状及问题[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 463-465.
- [4] Ishiko T, Beppu T, Chikamoto A, et al. Thoracoscopic local ablation with diaphragmatic incision method for liver surface tumor in the hepatic dome[J]. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech, 2013, 23: 415-418.
- [5] Zhang D, Liang P, Yu X, et al. The value of artificial pleural effusion for percutaneous microwave ablation of liver tumour in the hepatic dome: a retrospective case-control study[J]. Int J Hyperthermia, 2013, 29: 663-670.
- [6] 郭光辉, 许尔蛟, 郑荣琴, 等. 单肺通气联合人工胸水辅助经皮热消融治疗肝膈顶部肝癌[J]. 中华超声影像学杂志, 2015, 24: 959-962.
- [7] 韩 玥, 于 雷, 郝玉芝, 等. 人工胸水技术在经皮射频消融治疗肝脏膈顶肿瘤中的应用[J]. 中华肿瘤杂志, 2012, 34: 846-849.
- [8] Iwai S, Sakaguchi H, Fujii H, et al. Benefits of artificially induced pleural effusion and/or ascites for percutaneous radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma located on the liver surface and in the hepatic dome[J]. Hepatogastroenterology, 2012, 59: 546-550.
- [9] Zhang Q, Li X, Pan J, et al. Transpulmonary computed tomography-guided radiofrequency ablation of liver neoplasms abutting the diaphragm with multiple bipolar electrodes[J]. Indian J Cancer, 2015, 52: e64-e68.
- [10] 吴宇旋, 张彦舫, 冯鄂湘, 等. 倾斜穿刺技术在射频消融治疗膈顶肝癌的应用[J]. 中国实用医药, 2011, 6: 19-21.
- [11] Roberts DW, Strohbehn JW, Hatch JF, et al. A frameless stereotaxic integration of computerized tomographic imaging and the operating microscope[J]. J Neurosurg, 1986, 65: 545-549.
- [12] 王忠敏, 陈志瑾, 李麟荪. CT 四维电磁导航在肿瘤微创介入治疗中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 93-95.
- [13] 周著黄, 吴薇薇, 盛 磊, 等. 肿瘤热消融影像导航技术研究进展[J]. 北京生物医学工程, 2014, 33: 415-422.

(收稿日期: 2016-05-05)

(本文编辑: 俞瑞纲)