

•非血管介入 Non-vascular intervention•

呼吸针控联合病灶最大面积投影用于 CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤微波消融术

郑玉劲, 吴庆德, 何旭霞, 曹玉芬, 罗少勇, 黄建东

【摘要】 目的 探讨“呼吸针控”联合“病灶最大面积投影”用于 CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤微波消融术(MWA)的应用价值。**方法** 回顾性分析 CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤行 MWA 术的 53 例患者,对其中 29 例(研究组)在 CT 引导下经皮经肺穿刺 MWA 中采用“呼吸针控”消除呼吸运动对穿刺的影响,联合“病灶最大面积投影”准确规划进针路径、预测消融范围;24 例(对照组)行常规 CT 引导下经皮经肺穿刺 MWA。比较两组术中穿刺次数、并发症及消融病灶的近期疗效。**结果** 研究组术中穿刺次数少于对照组[(1.1±0.3)次 vs (3.1±0.9)次],差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者术后并发症表现为气胸、肝包膜下出血、膈肌损伤(主要表现为术中和/或术后肩背部疼痛);研究组气胸、肝包膜下出血、膈肌损伤发生率均低于对照组[6.9%(2/29)、10.3%(3/29)、0%(0/29)]比 54.2%(13/24)、37.5%(9/24)、33.3%(8/24)],差异均有统计学意义($P<0.05$)。研究组术后 6 个月内肝肿瘤完全消融率明显高于对照组[93.1%(27/29)比 70.8%(17/24)],差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** “呼吸针控”联合“病灶最大面积投影”可提高 CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤微波消融术的完全消融率,减少并发症,值得推广。

【关键词】 呼吸控制; 病灶面积; 肝肿瘤; 微波消融; 体层摄影术, X 线计算机

中图分类号:R735.7 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2020)-11-1094-06

Application of breathing needle control combined with the maximum area projection of the lesion in CT-guided percutaneous transpulmonary puncture for microwave ablation of subphrenic hepatic tumors ZHENG Yujin, WU Qingde, HE Xuxia, CAO Yufen, LUO Shaoyong, HUANG Jiandong. Department of Radiology, Shunde Hospital, Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Shunde Guangzhou, Guangdong Province 528333, China

Corresponding author: WU Qingde, E-mail: wuqingde1@sohu.com

【Abstract】 Objective To investigate the application value of “breathing needle control” together with maximum area projection of the lesion” technique in performing CT-guided percutaneous transpulmonary puncture microwave ablation(MWA) for subphrenic hepatic tumors. **Methods** The clinical data of 53 patients, who received CT-guided percutaneous transpulmonary puncture MWA of subphrenic hepatic tumors, were retrospectively analyzed. The patients were divided into the study group ($n=29$) and the control group ($n=24$). With the help of “breathing needle control” technique to eliminate the effect of respiratory movement on puncturing and with the use of “maximum area projection of the lesion” technique to accurately plan the needle path and to predict the ablation extent, CT-guided percutaneous transpulmonary puncture MWA was carried out in the patients of the study group, while routine CT-guided percutaneous transpulmonary puncture MWA was performed in the patients of the control group. The number of puncturing, the complications and the short-term curative effect were compared between the two groups. **Results** The number of puncturing in the study group was (1.1±0.3) times, which was less than (3.1±0.9) times of that in the control group, the difference was statistically significant ($P<0.05$). The postoperative complications in the two groups included pneumothorax,

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2020.11.008

基金项目: 广东省佛山市自筹经费类科技计划医学类科技攻关项目(1920001001541)

作者单位: 528333 广东顺德 广州中医药大学顺德医院放射科

通信作者: 吴庆德 E-mail: wuqingde1@sohu.com

hepatic subcapsular hemorrhage, diaphragmatic injury (mainly manifested as intraoperative and/or postoperative back and shoulder pain). The incidences of pneumothorax, hepatic subcapsular hemorrhage and diaphragm injury in the study group were 6.9%(2/29), 10.3%(3/29) and 0%(0/29) respectively, which were 54.2%(13/24), 37.5%(9/24) and 33.3%(8/24) respectively in the control group, the differences between the two groups were statistically significant ($P<0.05$). The complete ablation rate of hepatic tumors in the study group was 93.1%(27/29), which was 70.8%(17/24) in the control group, the difference between the two groups was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** In performing CT-guided percutaneous and transpulmonary puncture MWA for subphrenic hepatic tumors, the combination use of “breathing needle control” and “maximum area projection of the lesion” technique can improve the complete ablation rate and reduce complications. Therefore, this technique is worthy of promotion. (J Intervent Radiol, 2020, 29: 1094-1099)

【Key words】 breathing needle control; lesion area; hepatic tumor; microwave ablation; tomography, X-ray computed

近膈肝肿瘤是指与膈肌最短距离 <5 mm 的肝肿瘤^[1]。近膈肝肿瘤受呼吸活动影响较大,对它行 CT 引导下经皮经肺穿刺微波消融(MWA)时,常需要多次穿刺调整,容易发生气胸、肝包膜下出血等并发症。而且近膈肝肿瘤与膈肌相邻太近,常规采用病灶最大截面长轴线布针消融时往往容易造成膈肌损伤,或因膈肌损伤引起患者右肩背部疼痛难忍而被迫提前中止消融进程^[2]。本研究在 CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤 MWA 时,采用“呼吸针控”消除呼吸运动对病灶穿刺的影响,同时联合“病灶最大面积投影”术前规划进针路径,能够兼顾消融完全与膈肌安全,减少手术并发症。现报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 临床资料 收集 2013 年 9 月至 2019 年 8 月

在我院行 CT 引导下经皮经肺穿刺 MWA 的 53 例近膈肝肿瘤患者,男 40 例,女 13 例,年龄 34~80 岁,平均 (56.3 ± 9.2) 岁。计 53 个近膈肝肿瘤病灶,所有病灶在 CT(或 MRI)扫描横断面、矢状面、冠状面上,至少有一个层面显示病灶与膈肌(肺包绕的部分)最短距离 <5 mm,其中 9 个病灶与膈顶 <2 mm。病灶最大径均小于 4.0 cm,平均 (2.7 ± 1.2) cm。包括原发性肝癌患者 11 例,肝癌术后复发 9 例,肝硬化结节癌变 12 例,肝转移瘤 21 例。13 例消融术前联合 TACE。根据术中是否采用“呼吸针控”联合“病灶最大面积投影”法分两组,研究组 29 例,对照组 24 例。本研究经我院伦理委员会批准。所有患者对消融治疗风险均知情同意。两组患者基线资料见表 1。

1.1.2 仪器 采用 GE LightSpeed Ultra 螺旋 CT 机,Angiotech 细针(20G,长 15 cm),南京亿高微波治疗仪(型号:ECO-100C)及其天线(10 cm、15 cm、20 cm 三种长度)。

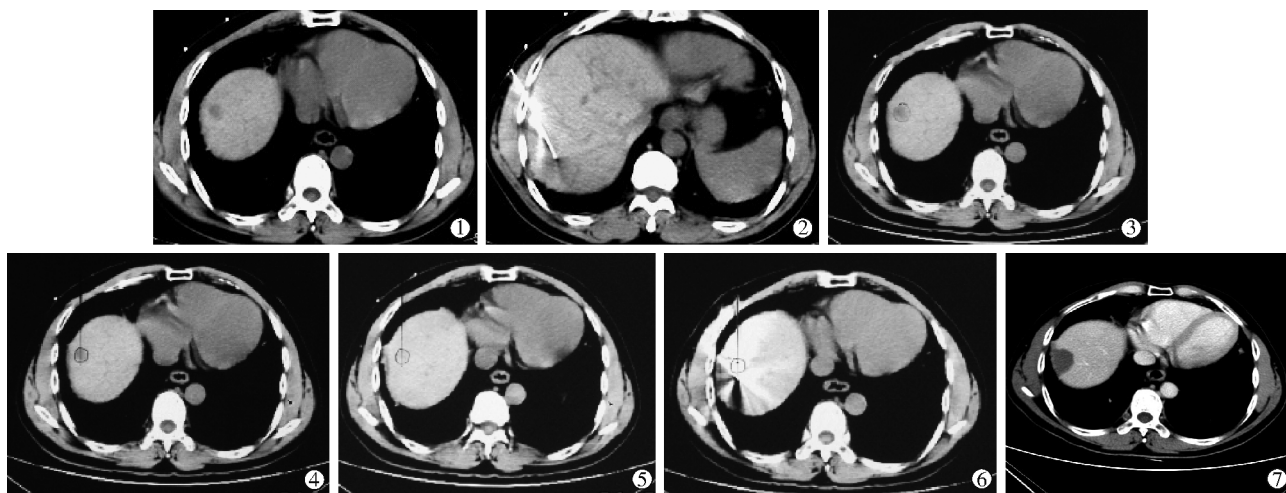
表 1 两组病例的基本资料

组别	年龄/岁	男/女/例	病灶大小/cm	TACE 术有/无/例	病史/例			
					原发性肝癌	术后复发	肝硬化结节癌变	转移瘤
研究组($n=29$)	57.5 \pm 7.53	22/7	2.75 \pm 0.95	5/24	7	3	7	12
对照组($n=24$)	55.0 \pm 10.9	18/6	2.64 \pm 0.98	8/16	4	6	5	9
t 或 χ^2 值	31.720	0.000	0.753	2.85	0.151	2.826	0.000	0.026
P 值	0.989	0.990	0.455	0.092	0.697	0.093	0.990	0.872

1.2 方法

1.2.1 术前准备 常规完善实验室检查,包括血常规、凝血及心肝肾功能检查。复习患者近期的上腹部 CT 图像,制订 MWA 手术计划,包括患者体位和进针方位。向患者及其家属说明治疗机制、手术过程、术前术后注意事项和可能发生的并发症,签署知情同意书。对于富血供的病灶,先常规行 1 次 TACE,术后 2~3 周再行 MWA。

1.2.2 研究组手术操作主要步骤 ①确认近膈肝肿瘤病灶和穿刺部位。常规行上腹部 CT 平扫(图 1①),层厚 5 mm,层距 5 mm。②穿刺部位皮肤消毒、铺巾,以 2%利多卡因行穿刺点局部浸润麻醉。③采用“呼吸针控”消除呼吸运动的影响。嘱患者平静呼吸时屏气,在靶病灶邻近层面(尽量避开肺组织)一步式向肝脏插入 20 G 细针(图 1②)。CT 操作员做好 CT 扫描准备,术者利用“针控法”控制呼吸,观察



男, 47 岁, 肝癌术后肝转移, 接受 CT 引导下经皮 MWA ①术前 CT 平扫确认膈下 0.5 cm 处病灶(大小 1.3 cm×1.2 cm×1.0 cm)位于肝右叶Ⅷ段;②嘱患者平静呼吸时屏气, 避开肺组织一步式向肝中插入 20 G 细针, 图中细针全程在同一横断面内说明定位针与 CT 横向断面平行;③④采取呼吸针控法控制呼吸, 即待细针与 CT 横向断面平行时嘱患者屏气再次进行 CT 扫描, 在 1×1 视窗观察新获得的 CT 图像, 将 CT 横断面的各层病灶投影到一个横断面上形成病灶最大面积并在 CT 显示器屏幕上画出③, 根据 CT 屏幕病灶所画病灶最大面积初步制定 MWA 天线进针路径在病灶中央层面并在屏幕上画出, 预估消融范围会损伤膈肌, 则将初步消融进针路径向远离膈肌的方向足侧调整 0.5 cm, 并用油笔在 CT 显示器屏幕上画出最终进针路径;⑤⑥按计划插入 MWA 天线后, CT 平扫示其与计划穿刺路径、深度一致;⑦术后 1 个月复查增强 CT 示病灶周围坏死区环绕, 未见病灶残留

图 1 CT 引导下经皮经肺穿刺膈下肝肿瘤行 MWA 术的过程图像

刚引入细针的摆动, 当细针移动到与 CT 横断面平行时, 嘱患者屏气行 CT 扫描(扫描方法与前一致)。④利用“病灶最大面积投影”规划进针路径。依据新获得的 CT 图像, 在 1×1 视窗中找出病灶中央层面, 用油笔在 CT 显示器屏幕上画出病灶轮廓, 翻看病灶中央层面邻近各层面的图像, 如病灶边缘超出所画轮廓则相应扩大屏幕上所画病灶的边缘范围(图 1③), 最终屏幕上所画轮廓线包围的区域即病灶最大面积投影。初步将病灶中央层面作为 MWA 天线穿刺层面, 将病灶最大面积投影的最大轴线作为初步进针路径, 并在 1×1 视窗中画出虚拟 MWA 天线(图 1④), 根据 1×1 视窗中所画病灶最大面积预设 MWA 参数, 再在 1×1 视窗中翻看 CT 图像, 观察病灶上、下层面的膈肌与显示屏上虚拟微波消融天线的空间关系, 如果预估预设的消融范围会损伤相邻膈肌, 则将初步进针路径向远离膈肌的方向或层面调整以保证膈肌安全。如果预估一个点的 MWA 范围难以覆盖, 在保证消融安全的前提下, 增加消融路径和消融点。在 CT 显示屏上画出规划的最终进针路径并找出相应皮肤进针点(图 1⑤)。⑤引入 MWA 天线。重复上述呼吸针控法, 从正式的皮肤穿刺点沿最终进针路径将微波针穿刺至病灶远侧缘。⑥复查确认消融天线的深度、角度是否与屏幕所画最终进针路径一致(图 1⑥)。如 MWA 天线所在位置不满意则适当调整。⑦设定微波功率及消融时间进行消融。如

患者术中出现难以忍受的肩背部疼痛, 则暂停手术, 适当减少消融功率和/或消融时间。

1.2.3 对照组按常规步骤行 CT 引导下经皮 MWA^[3]。消融天线穿刺层面为病灶中央层面, 进针路径为中央层面对称长轴。消融参数设定同研究组。

1.2.4 术后评价及随访 术后即时行胸腹部 CT 平扫, 观察有无气胸、出血、膈肌损伤、肝包膜下出血等并发症。嘱患者术后静卧 4~6 h, 住院观察 1~5 d。有并发症者给予适当处理。术后 1、3、6 个月随访行增强 CT/MRI 评估疗效(图 1⑦), 其中 TACE 术后病例行增强 MR 检查, 非 TACE 术后病例行 CT 增强复查。疗效评价标准^[4]: ①完全消融(CR), 指增强 CT/MRI 提示肝肿瘤消融区无强化病灶, 定义为“完全消融”; ②不完全消融(ICR), 指增强 CT/MRI 提示肝肿瘤消融区残留强化病灶, 定义为“不完全消融”或“肿瘤残留”。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 20.0 统计分析软件。计量资料以均数±标准差表示, 2 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 计数资料以频数或百分率表示, 2 组间比较采用 χ^2 检验, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 进针路径

研究组 12 例患者进针路径位于病灶的中央层

面,其中 3 例进针路径位于中央层面最大轴线,3 例进针路径位于中央层面最大轴线偏后侧,4 例进针路径位于中央层面最大轴线偏前侧,2 例进针路径位于中内层面最大轴线偏内侧。研究组 17 例进针路径位于中央层面偏足侧,其中 7 例患者采用 1 个穿刺路径 1 个点消融,10 例采用 2 个穿刺路径 2 个点消融。对照组 24 例患者穿刺路径均位于病灶中央层面的最大轴线上。

2.2 并发症及处理

研究组患者每例消融天线穿刺 1~2 次,平均(1.07 ± 0.26)次;对照组每例穿刺 2~5 次,平均(3.08 ± 0.92)次,2 组间差异有统计学意义($t = -9.120$, $P < 0.05$)。2 组病例与穿刺相关的并发症主要表现为气胸、肝包膜下少量出血;与消融相关的并发症主要表现为膈肌损伤。研究组、对照组的气胸发生率分别为 6.9%(2/29)、54.3%(13/24),两组差异有统计学意义($X^2 = 12.766$, $P < 0.05$)。肝包膜下出血发生率分别为 6.7%(3/29)、37.5%(9/24),两组差异有统计学意义($X^2 = 7.166$, $P < 0.05$),其中对照组 2 例气胸 $> 30\%$,行胸腔闭式引流 3~7 d 后气胸消失,研究组 2 例、对照组 11 例少量气胸($< 30\%$)和两组肝包膜下少量出血均未行特殊处理自行吸收。膈

肌损伤主要表现为术中和/或术后肩背部疼痛,并未出现胸腔积液、膈肌穿孔等其他膈肌损伤表现,研究组、对照组术中和/或术后肩背部疼痛的发生率分别为 0(0/29)、33.3%(8/24),差异均有统计学意义($X^2 = 10.591$, $P < 0.05$),对照组 8 例患者在术中出现难以忍受肩背部疼痛,暂停手术后,根据消融天线与病灶、膈肌的位置关系,5 例将 60 W 消融功率调整为 55 W,继续消融时患者仍出现肩背部疼痛,但能忍受;3 例调整消融天线位置。7 例患者术后出现肩背部疼痛,其中 4 例曾术中出现肩背部疼痛。2 组病例术后随访均未出现心包积液、下腔静脉损伤及腹壁灼伤等邻近组织器官严重损伤等并发症。

2.3 近期疗效

两组病例均获得随访成功,中位随访时间均为 3 个月。研究组肝肿瘤 CR 率为 93.1%(27/29),对照组为 70.8%(17/24),两者差异有统计学意义($X^2 = 5.873$, $P < 0.05$)(表 2)。术后 1 个月研究组 2 例、对照 5 例发现局部残留;术后 3 个月对照组发现 2 例局部残留。研究组 2 例、对照组 6 例残留病灶经补充消融后达 CR,对照组另 1 例因出现多器官广泛转移失去 MWA 治疗指征。

表 2 两组病例 MWA 术情况

组别	穿刺次数	气胸		肝包膜下出血		术中或/和术后肩背部疼痛		完全消融率	
		例数	率/%	例数	率/%	例数	率/%	例数	率/%
研究组($n=29$)	1.07 ± 0.26	2	6.9	3	10.3	0	0	27	93.1
对照组($n=24$)	3.08 ± 0.92	13	54.3	9	37.5	8	33.3	17	70.8
t 或 χ^2 值	-9.120	12.766		7.166		10.591		5.873	
P 值	0.011	0.000		0.007		0.000		0.015	

3 讨论

CT 引导下经皮 MWA 术是治疗肝肿瘤的重要手段之一^[5],近膈肝肿瘤属于特殊部位肝内肿瘤^[6],是 CT 引导下经皮穿刺 MWA 术的难点,这是因为一方面是由于近膈肝肿瘤位于横膈穹窿下,周围环绕含气的肺组织,常需经过肺组织引入消融天线,这就要求尽量一次穿刺成功,否则容易导致气胸、肺出血等并发症。而膈下病灶又容易受呼吸运动的影响,病灶相对于皮肤的位置变化不定,按照 CT 扫描病灶体表定位进行穿刺必定会出现偏差。为了纠正偏差,需反复去调整穿刺路径,必然增加创伤和并发症,如肺出血、肝包膜下出血、气胸等。另一方面由于肝肿瘤与膈肌相邻太近,完全消融需保证膈肌安全,而且膈肌安全必须兼顾病灶上、下层面的膈肌。为消除呼吸运动对穿刺的影响,张恩全等^[7]报道在 CT 透视下直接经皮经肺进行穿刺,周慷等^[8]报

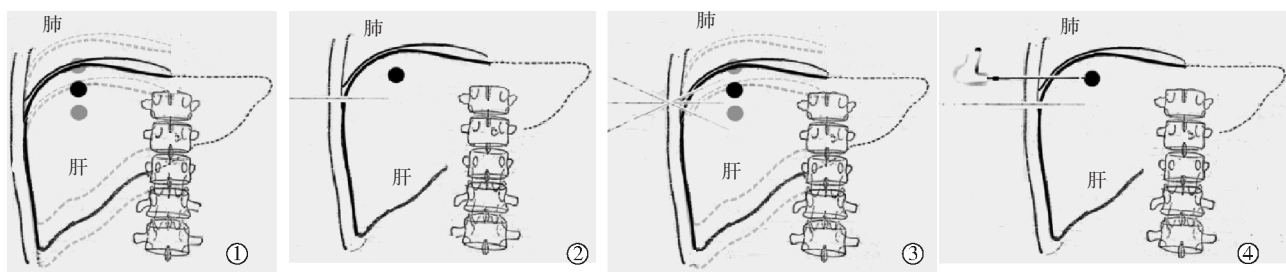
道采用患者全麻呼吸暂停法进行穿刺,但 CT 透视价格贵、全麻下呼吸暂停风险高都难于推广普及。而在准确预判消融范围,兼顾消融完全与膈肌安全方面临床常采用人工胸水、人工腹水等方法来降低对邻近膈肌的损伤^[9-10],但由于体位及重力作用,少量人工胸水、人工腹水并不以术者意愿停留在膈与肝肿瘤之间,而大量人工胸水、腹水加重损伤,患者多难以忍受,且 Nam 等^[11]通过对比研究人工腹水与非人工腹水经皮消融治疗膈下肝肿瘤,发现并发症发生率及局部肿瘤控制率均没有明显差异。本研究采用“呼吸针控”保证了每次 CT 扫描和介入穿刺操作的呼吸同相,消除呼吸运动对穿刺的影响,同时联合“病灶最大面积投影”法术前规划进针路径,能够兼顾消融完全与膈肌安全,减少手术并发症。

“呼吸针控”法^[12]是指在常规介入穿刺前,先在肝脏靶病灶邻近层面引入 1 枚 20 G 细针,以通过

观察细针摆动来判断呼吸时相,利用细针来控制患者屏气时机。在工作中规定每次 CT 扫描和介入穿刺操作时患者屏气均在同一时刻,即细针随呼吸摆动到与 CT 横断面平行这一时刻,由于此刻细针全长将成像在一个 CT 横断层面上,而不是分段成像

在多个层面上,这种特征性的 CT 表现也方便验证屏气是否满意(图 2)。在“呼吸针控”下,保证了每次 CT 扫描和介入穿刺操作时呼吸同相,消除呼吸运动对穿刺的影响,提高穿刺成功率,减少穿刺次数。

“病灶最大面积投影”法^[13]是将 CT 横断面的各



①病灶随呼吸运动上下移动;②平静呼吸嘱患者屏气在病灶下缘插入细针;③细针以腹壁穿刺点为中心随呼吸上下摆动,吸气加深时针尾明显向上移动,呼气加深时针尾明显向下移动,平静呼吸时针尾位于 2 者之间,这意味着可以通过观察针尾摆动了解呼吸时相;④当针尾移动到与 CT 横断面平行时,嘱患者屏气行 CT 扫描,确定穿刺层面和预设穿刺路径,体表定位穿刺点。当针尾再次与 CT 横断面平行时嘱患者屏气在刚才确定的体表投影点行病灶穿刺,这样克服了患者呼吸运动对穿刺的影响,做到患者在定位与穿刺时呼吸同相

图 2 “呼吸针控”原理示意图

层病灶投影到一个横断面上形成病灶最大面积,有利于术者规划进针路径及预测病灶消融范围时兼顾整体,包括整个病灶和病灶与膈肌。本研究规划进针路径的方法如下:初步将病灶中央层面作为微波消融天线穿刺层面,将病灶最大面积投影的最大轴线作为初步进针路径,并在 1×1 视窗中画出虚拟消融天线(图 1④),根据 1×1 视窗中所画病灶最大面积预设微波消融参数,再在 1×1 视窗中翻看 CT 图像,观察病灶上、下层面的膈肌与显示屏上虚拟微波消融天线的空间关系,如果预估预设的消融范围会损伤邻膈肌,则将初步进针路径向远离膈肌的方向或层面调整以保证膈肌安全。在保证消融安全的前提下,如果预估消融范围难以覆盖病灶,则适当调整消融参数以及多点消融。确定最终穿刺层面和进针路径后,用油笔在 CT 显示屏上画出最终的进针路径来引导微波消融天线穿刺。预估消融范围的方法如下:一般来说,使用微波消融参数为 60 W、15 min,消融天线所在层面的消融范围为一个近似 4.5 cm×5.0 cm 的椭圆形,在消融天线所在层面上上下第 1、2、3、4 个层厚 5 mm 的层面消融范围分别相当于 4.4 cm×4.9 cm、4.0 cm×4.4 cm、3.4 cm×3.8 cm、2.0 cm×2.2 cm 的椭圆形。由于有了病灶最大面积投影法,就可以预估不同层面上的消融范围,也方便、准确地测量病灶及其上下层面的膈肌与消融天线之间的距离,进而可以预判病灶消融是否完全、膈肌是否安全。实际工作中,最终确定的进针路径往往不是位于肿瘤的中央层面的最大轴线,只要消融

范围既可以覆盖病灶又可以避开损伤膈肌即可。

本研究结果显示:研究组 CT 引导下经皮经肝消融术中穿刺次数、术后肝包膜下出血、膈肌损伤发生率均较对照组低,肝肿瘤完全消融率明显高于对照组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05),表明“呼吸针控”法能够有效控制患者呼吸屏气时机,保证定位和穿刺时患者呼吸同相,消除呼吸运动对穿刺的影响,减少术中穿刺次数及并发症。“病灶最大面积投影”法有利于兼顾肝肿瘤整体,观察病灶、膈肌与消融天线的空间关系,有利于准确规划进针路径、预测消融范围,术中兼顾消融完全及膈肌安全。本研究中对照组 8 例患者出现膈肌损伤均表现为肩背部疼痛,并未出现胸腔积液,膈肌穿孔等其他相关表现,可能与术中保持患者清醒,出现肩背部疼痛,则暂停手术,根据微波消融天线与膈肌位置适当减少消融功率、时间或重新调整微波消融天线的位置再行消融有关。

本课题应用“呼吸针控”联合“病灶最大面积投影”的经验:①术前训练患者呼吸,要求患者听到口令能随时屏气。本研究中每个患者都能做到。②CT 扫描时,技师先按“移动至扫描”键做好 CT 扫描准备,助手在机房见到细针摆动到与 CT 横向断面平行时嘱患者屏气后立即进入控制室,然后技师再按“扫描”键进行 CT 扫描。整个过程患者屏气不超过 20 s,屏气时间短患者较易配合。本研究中每例患者都能成功配合。③CT 扫描采用相同的扫描序列、层厚、层距,在 1×1 视窗中观察病灶,且不移动、缩放

图片,否则“病灶最大面积投影”法将无效。④消融时应采用静脉麻醉,做好镇静、镇痛,术中保持患者清醒,如患者出现难以忍受的肩背部疼痛,则暂停手术,根据消融天线与膈肌位置适当减少消融功率、时间或重新调整微波消融天线的位置再行消融,避免进一步损伤膈肌。

综上所述,CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤行 MWA 时,采用“呼吸针控”联合“病灶最大面积投影”法,做到了术中消除呼吸运动对穿刺的影响及准确规划进针路径、预测消融范围,兼顾消融完全与膈肌安全,提高 CT 引导下经皮肺穿刺膈下肝肿瘤微波消融完全率,减少并发症,操作简单,值得推广应用。

[参考文献]

- [1] Head HW, Dodd GD III, Dalrymple NC, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of hepatic tumors against the diaphragm: frequency of diaphragmatic injury[J]. Radiology, 2007, 243:877-884.
- [2] 韩海云,经翔,丁建民,等. 经皮微波消融治疗危险部位肝癌的安全性和疗效分析[J]. 中国介入影像与治疗学, 2017, 14: 205-209.
- [3] 国家肿瘤微创治疗产业技术创新战略联盟专家委员会, 中国医师协会介入医学分会消融治疗专家工作指导委员会, 北京医师协会介入医师分会. 影像引导肝肿瘤热消融治疗技术临床规范化应用专家共识[J]. 中华医学杂志, 2017, 97:2420-2424.
- [4] 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.
- [5] 张浩,范卫君,黄子林,等. CT 引导经皮微波消融治疗邻近横膈肝肿瘤的近期疗效及安全性分析[J]. 中华医学杂志, 2014, 94:1313-1317.
- [6] 王俊东,魏达友,吴绍锋,等. 超声新技术辅助特殊部位小肝癌微波消融与手术切除的疗效对比研究[J]. 中国超声医学杂志, 2019, 35:506-510.
- [7] 张恩全,陈伟,陆明,等. 全膈顶部肝脏病变 CT 引导下切割针活检的准确性和安全性[J]. 介入放射学杂志, 2007, 16:838-840.
- [8] 周慷,魏梦蝶,石海峰,等. 术中增强 CT 及全身麻醉下呼吸控制在特殊部位肝肿瘤射频消融中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27:860-864.
- [9] 庄博文,谢晓燕,林满霞,等. 人工腹水辅助超声引导下经皮射频消融治疗肝癌的疗效及预后分析[J]. 中华超声影像学杂志, 2016, 29:771-775.
- [10] 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.
- [11] Nam SY, Rhim H, Kang TW, et al. Percutaneous radiofrequency ablation for hepatic tumors abutting the diaphragm: clinical assessment of the heat-sink effect of artificial ascites[J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 194:W227-W231.
- [12] 郑玉劲,吴庆德,何旭霞. 病灶面积法在投影法用于 CT 引导下经皮肝肿瘤微波消融术[J]. 中国介入影像与治疗学, 2019, 16:144-148.
- [13] 郑玉劲,吴庆德,史歌. 呼吸针控用于 CT 引导下经皮经肺穿刺近膈肝肿瘤[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32:1475-1476.

(收稿日期:2019-12-23)

(本文编辑:俞瑞纲)