

超声造影融合虚拟导航技术引导肝肿瘤消融治疗的疗效分析

张倩¹, 李志艳², 陈曦³, 李志伟², 赵新², 苏一男², 刘亚莉¹

¹河北北方学院研究生学院, 河北张家口 075000; ²深圳市第三人民医院, 广东深圳 518112; ³解放军总医院第五医学中心, 北京 100039

摘要: **背景** 实时影像虚拟导航系统 (real-time virtual navigation system, RVS) 是将超声实时动态成像和 CT/MRI 定位准确等优势结合起来, 使其在治疗过程发挥更大作用的新方法。**目的** 探讨超声造影 (contrast-enhanced ultrasound, CEUS) 融合虚拟导航技术在高危部位和超声显示困难肝肿瘤经皮消融治疗中的临床应用价值。**方法** 回顾性分析解放军总医院第五医学中心 2017 年 1 月-2018 年 12 月收治的 131 例病理诊断或综合影像学诊断为肝癌患者的临床资料, 对 157 个病灶进行超声造影与增强 CT/MRI 检查, 其中邻近膈肌、大血管、心脏和胃肠等高危部位且常规超声显示困难的病灶 (44 例共 53 个病灶) 纳入 RVS-CEUS 引导组, 非高危部位且超声显示困难的病灶 (36 例共 44 个病灶) 纳入 CT 引导组, 高危部位且超声可显示的病灶 (51 例患者共 60 个病灶) 纳入 US 引导组。**结果** RVS-CEUS 引导组 44 例患者的 53 个病灶超声和 CT/MRI 图像融合成功率为 100%。RVS-CEUS 引导组的完全消融率显著高于 US 引导组和 CT 引导组 (96.23% vs 81.82%、81.67%, $P<0.05$), 残留率低于 US 引导组和 CT 引导组 (3.77% vs 18.33%、18.18%, $P<0.05$), 差异均有统计学意义; 术后 3 个月复查, 三组局部进展率差异无统计学意义 (28.30% vs 36.67% vs 38.64%, $P=0.507$)。本研究的 131 例患者均未发生严重并发症和与治疗相关的死亡。**结论** 融合成像技术提高了肿瘤靶向消融的准确性和效率, 对于既往热消融相对禁忌部位肝癌具有确切的临床应用价值, 拓宽了经皮热消融治疗的适应证, 提高了显像困难/高危部位肝癌病灶的检出率以及经皮热消融疑难部位肝肿瘤的准确性和安全性。

关键词: 肝肿瘤; 超声造影; 实时影像虚拟导航系统; 经皮热消融治疗

中图分类号: R735.7 文献标志码: A 文章编号: 2095-5227(2022)02-0163-05 DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.02.008

网络出版时间: 2022-01-29 10:11

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1117.R.20220128.1055.004.html>

引用本文: 张倩, 李志艳, 陈曦, 等. 超声造影融合虚拟导航技术引导肝肿瘤消融治疗的疗效分析 [J]. 解放军医学院学报, 2022, 43 (2): 163-167.

Outcomes of percutaneous ablation guided by contrast-enhanced ultrasound fusion virtual navigation technology in treatment of hepatic tumors

ZHANG Qian¹, LI Zhiyan², CHEN Xi³, LI Zhiwei², ZHAO Xin², SU Yi'nan², LIU Yali¹

¹ Graduate School of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, Hebei Province, China; ² Shenzhen Third People's Hospital, Shenzhen 518112, Guangdong Province, China; ³ The Fifth Medical Center, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100039, China
Corresponding authors: LI Zhiyan. Email: lzyyuer@sina.com; CHEN Xi. Email: chenxi5463@163.com

Abstract: **Background** Real-time virtual navigation system (RVS) combined with contrast-enhanced ultrasound is a new method that combines the advantages of real-time dynamic imaging of ultrasound and accurate positioning of CT/MRI, which makes it plays an important role in the local ablation therapies. **Objective** To explore the value of using real-time virtual navigation system combined with contrast-enhanced ultrasound in percutaneous ablation for hepatic tumors located in high-risk or undetectable areas by conventional B-mode ultrasound. **Methods** Clinical data about 131 patients with hepatic tumors diagnosed by pathology or imaging from January 2017 to December 2018 in the Fifth Medical Center of Chinese PLA General Hospital were retrospectively analyzed, and contrast-enhanced ultrasound and enhanced CT/MRI were performed on 157 lesions. The lesions that were located in high-risk areas at hepatic dome, near the macrovascular of liver, near the heart, or near the gastrointestinal tract and invisible in conventional B-mode ultrasound (44 cases with 53 lesions) were included in the RVS-CEUS guided group, and lesions in non-high-risk areas and invisible in conventional B-mode ultrasound (36 cases with 44 lesions) were included in the CT guided group, and the high-risk sites and conventional B-mode ultrasound visible lesions (51 cases with 60 lesions) were included in the US guided group. **Results** The success rate of CEUS and CT/MRI image fusion of 53 lesions in 44 patients in the RVS-CEUS guided group was 100%. The complete response rate of the RVS-CEUS guided group was significantly higher than that of the other two groups (96.23% vs 81.82% and 81.67%, $P<0.05$), while the incomplete response rate was lower than that of the other two groups (3.77% vs

收稿日期: 2021-07-05

作者简介: 张倩, 女, 在读硕士, 医师。研究方向: 超声引导肝肿瘤介入治疗。Email: 1069093661@qq.com

通信作者: 李志艳, 女, 博士, 主任医师, 硕士生导师, 2020 年 6 月前在解放军第五医学中心任超声科主任。Email: lzyyuer@sina.com; 陈曦, 女, 主治医师。Email: chenxi5463@163.com

18.33% and 18.18%, $P < 0.05$). After 3 months of follow-up, there was no significant difference in local tumor progression rate among the three groups after treatment (28.30% vs 36.67% vs 38.64%, $P = 0.507$). No severe complications or treatment-related deaths occurred in 131 patients treated with ablation in this study. **Conclusion** Real-time virtual navigation system improves the accuracy and efficiency of tumor targeted ablation, which has exact clinical application value for hepatic tumor in the relatively taboo parts of previous thermal ablation, broadens the indications of percutaneous thermal ablation treatment, improves the detection rate of lesions in difficult imaging and high-risk location and the accuracy and safety of hepatic tumor in difficult parts of percutaneous thermal ablation.

Keywords: hepatic tumor; contrast-enhanced ultrasound; real-time virtual navigation system; percutaneous thermal ablation therapy

Cited as: Zhang Q, Li ZHY, Chen X, et al. Outcomes of percutaneous ablation guided by contrast-enhanced ultrasound fusion virtual navigation technology in treatment of hepatic tumors [J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2022, 43 (2): 163-167.

肝癌的局部消融作为现代治疗肝癌的一种重要技术, 其治疗小肝癌 (直径 ≤ 3 cm) 的生存期可与外科手术切除相媲美^[1-2]。随着图像引导技术的发展, 经皮肝肿瘤消融治疗的疗效显著提高^[3-4]。近些年发展起来的实时影像虚拟导航系统 (real-time virtual navigation system, RVS) 将 CT/MRI 良好的空间分辨率和超声实时动态的优点结合起来, 克服了单一影像技术引导局部消融的局限性, 提高了局部消融的有效性和安全性^[5]。本研究使用 RVS 结合超声造影 (contrast-enhanced ultrasound, CEUS) 穿刺消融常规超声无法清楚显示的高危部位的肝癌, 探讨融合虚拟导航技术在肝肿瘤经皮消融治疗中的临床应用价值。

资料与方法

1 资料 选取 2017 年 1 月-2018 年 12 月解放军总医院第五医学中心超声科收治的肝癌患者的临床资料, 所有患者经病理确诊或符合美国肝病研究协会 (American Association for the Study of Liver Diseases, AASLD) 肝癌临床诊断标准^[6], 参照中国抗癌协会肝癌专业委员会等联合发布的《肝癌局部消融治疗规范的专家共识 (2011)》进行局部消融治疗^[7]。纳入标准: 1) 患者年龄 18 ~ 80 岁; 2) 经病理或综合影像学确诊为肝癌, 影像学资料和随访信息连续完整; 3) 常规超声不能清晰显示和 (或) 位于高危部位、可在增强 CT/MRI 下清晰显示的肿瘤; 4) 经皮热消融引导方式为虚拟导航融合超声造影、超声和 CT。排除标准: 肝功能 Child-Pugh C 级, 伴有脉管癌栓或者邻近器官侵犯。所有患者在知情同意前提下行肝肿瘤局部消融治疗。

2 分组 共纳入 131 例患者共 157 个病灶, 根据引导难度将高危部位且常规超声显示困难的病灶纳入虚拟导航融合超声造影引导组 (RVS-CEUS 引导组), 高危部位且超声可显示的病灶 (51 例患者共 60 个病灶) 纳入超声引导组 (US 引导组), 非高

危部位且超声显示困难的病灶 (36 例共 44 个病灶) 纳入 CT 引导组。

3 超声造影融合虚拟导航 RVS-CEUS 引导组在消融术前进行融合成像。超声采用 LOGIQ E9 彩色多普勒超声诊断仪 (美国通用电气公司), C1-6VN 型变频凸阵探头, 探头频率 2.0 ~ 6.0 MHz。将 CT/MRI 的 DICOM 数据导入超声设备, 通过磁定位装置和肝内结构的定位完成图像配准融合, 尽量在需要治疗的病灶附近选点, 保证病灶部位对位准确。配准成功后, 显示器上同时实时显示超声和 CT/MR 的同一层面图像, 在 CT/MR 图像上标记病灶, 根据 CT/MR 标记找到对应的超声图像, 确认病灶在超声图像上的位置。虚拟导航辅助定位病灶后进入超声造影模式, 造影剂为六氟化硫 (意大利博莱科公司), 每次造影前用 5 mL 氯化钠注射液溶解成混悬液, 经肘部静脉团注 0.02 mL/kg 造影剂后, 快速推注 5 mL 氯化钠注射

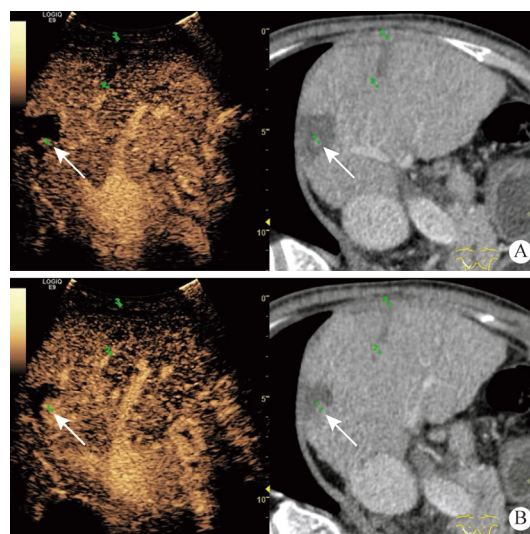


图 1 采用 RVS 将病灶的 CT 图像与 CEUS 图像对位融合 (A), 注射造影剂后与 CT 图像病灶对应的部位 CEUS 动脉期出现了显著高增强病灶 (B) (箭头指示处)

Fig.1 RVS was used to fuse the CT image and CEUS image of the lesion. After injection of contrast agent (A), the corresponding part of the lesion in the CT image significantly enhanced in the CEUS arterial phase (B) (arrow indication)

液冲管,观察时间不少于5 min,观察 CEUS 检出的病灶位置、数目、直径。如 CEUS 能显示病灶且与 CT/MR 显示病灶特点一致,则确定为病灶检出成功(图 1)。

4 局部消融治疗 患者全身麻醉后,在影像引导下(虚拟导航、超声或 CT)进行局部消融,采用射频或激光两种消融系统。射频消融使用 Olympus Celon 单针双极射频消融系统(德国 Celon 公司),功率输出范围 1~250 W,发生频率为 470 kHz,消融针长度 20 cm,外径 1.9 mm。可直接穿刺深部组织,消融针内置水冷却系统以降低针杆温度。消融时起始功率设定为 10 W,术中根据病灶的位置、直径和阻抗调整消融功率和时间,治疗时间设置为 12 min/次,治疗过程中,保持针尖温度在 60℃ 以上,激光消融采用 Echolaser X4 激光治疗系统(意大利百胜医疗公司),激光波长(1 064±10) nm,每条光纤最大输出功率 7 W±20%,4 条光纤总输出功率 28 W±20%。光纤长 15 cm,直径为 300 μm。消融时单根光纤功率设置为 5 W,输出能量设置为 1 800 J,一次消融时间设置为 6 min。沿预设路径将消融针或光纤置入,按照先肿瘤深部、后浅部以及多切面定位的原则制定消融方案和顺序,消融区应覆盖肿瘤和周围组织至少 0.5 cm,当肿瘤边界不清晰时,边缘甚至应大于 1.0 cm。

5 疗效评估 患者消融后即时行超声造影,评价消融范围是否覆盖原病灶范围,如果能覆盖,则结束消融;否则继续消融直至整个病灶被消融区覆盖。治疗后 3~7 d 和 3 个月时复查,评估消融疗效。评价标准:1)治疗后 3~7 d 复查肝增强 CT/MR 或超声造影,肿瘤所在区域动脉期未见强

化为完全消融(图 2);肿瘤病灶内局部动脉期有强化,提示肿瘤残留。2)肿瘤完全消融后 3 个月复查肝增强 CT/MR 或超声造影,在消融灶边缘出现新病灶,新病灶与消融灶相连为肿瘤局部进展。3)观察各组的并发症情况,如发热、疼痛等,严重并发症主要有出血、感染、肝衰竭、胆道和邻近脏器损伤等。

6 统计学处理 应用 SPSS19.0 软件对数据进行统计学分析,计数资料比较采用 χ^2 检验,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用方差分析;计数资料采用例数、率或比表示,采用 χ^2 检验比较三组间消融效果, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1 三组一般资料比较 RVS-CEUS 引导组 44 例(53 个病灶),其中男性 36 例、女性 17 例,年龄(54.36±12.86)岁,35 例为单发病灶,9 例为 2 个病灶,病灶最大直径(3.36±1.05) cm;US 引导组 51 例(60 个病灶),其中男性 39 例、女性 21 例,年龄(56.90±12.17)岁,42 例为单发病灶,9 例为 2 个病灶,病灶最大直径(3.19±0.97) cm;CT 引导组 36 例(44 个病灶),其中男性 33 例、女性 11 例,年龄(55.66±10.91)岁,28 例为单发病灶,8 例为 2 个病灶,病灶最大直径(3.52±1.06) cm。三组患者性别、年龄、病灶直径比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2 三组疗效比较 RVS-CEUS 引导组 44 例患者共 53 个病灶,CEUS 和 CT/MRI 图像融合成功率为 100%。术后 3~7 d 增强影像学复查,RVS-CEUS 引导组的完全消融率高于 US 引导组和 CT 引导组(96.23% vs 81.82%、81.67%, $P = 0.041$),

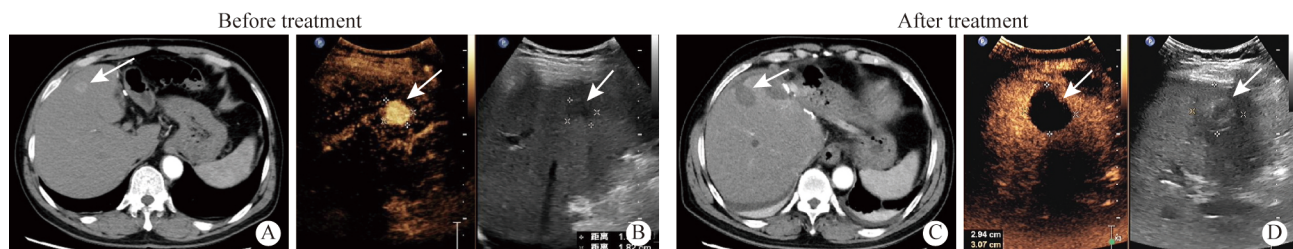


图 2 CT、CEUS 评价肝肿瘤消融疗效(箭头指示处)

A: 治疗前 CT 显示肝 S4 段结节状异常信号,增强扫描动脉期明显强化; B: 治疗前 CEUS 显示肝 S4 段肿瘤动脉期增强范围约 19 mm×18 mm; C: 治疗后 CT 显示肝 S4 段肿瘤消融区增强扫描未见强化; D: 治疗后 CEUS 显示肝 S4 段肿瘤消融区未见造影剂灌注,消融范围约 30 mm×29 mm

Fig.2 Evaluation of liver tumor ablation efficacy by CT and CEUS (arrow indication)

A: Before treatment, CT image showed nodular abnormal signal in S4 segment of liver, which was significantly enhanced in arterial phase of enhanced scanning; B: Before treatment, CEUS showed that the enhancement range of liver S4 segment tumor arterial phase was about 19 mm×18 mm; C: After treatment, CT showed no enhancement in the tumor ablation area of liver S4 segment; D: After treatment, CEUS showed that there was no contrast agent perfusion in the ablation area of liver S4 segment tumor, and the ablation range was about 30 mm×29 mm

表 1 肝肿瘤消融各组患者基本情况比较
Tab. 1 Basic information of the patients in each group

Variable	RVS-CEUS guided group (n=53)	US guided group (n=60)	CT guided group (n=44)	χ^2/F	P
Sex (male/female, n)	36/17	39/21	33/11	1.210	0.546
Age/yr	54.36±12.86	56.90±12.17	55.66±10.91	0.624	0.537
Case number (single lesion/two lesion, n)	44(35/9)	51(42/9)	36(28/8)		
Tumor number (n)	53	60	44		
Tumor diameter/cm	3.36±1.05	3.19±0.97	3.52±1.06	1.344	0.264

表 2 三组不同引导方式消融肿瘤的疗效比较 (n, %)
Tab. 2 Comparison of efficacy of different guiding methods for tumor ablation (n, %)

Variable	RVS-CEUS guided group (n=53)	US guided group (n=60)	CT guided group (n=44)	χ^2/F	P
Complete response	51(96.23)	49(81.67) ^a	36(81.82) ^a	6.36	0.041
Incomplete response	2(3.77) ^a	11(18.33) ^a	8(18.18) ^a	6.36	0.041
Local tumor progression	15(28.30)	22(36.67)	17(38.64)	1.36	0.507

^a $P < 0.05$, vs RVS-CEUS guided group.

残留率低于 US 引导组和 CT 引导组 (3.77% vs 18.33%、18.18%, $P=0.041$)。术后 3 个月复查, RVS-CEUS 引导组局部进展率较低, 但三组比较, 差异无统计学意义 (28.30% vs 36.67% vs 38.64%, $P=0.507$)。见表 2。

3 术后并发症比较 三组患者的并发症均较轻, 均在 1 周内经对症治疗后缓解。部分病变邻近膈肌、大血管、胃或心脏等重要结构, 三组均顺利完成介入操作, 未出现严重并发症和与消融相关的死亡。

讨论

原发性肝癌发病率和死亡率高, 目前唯一可行的治疗方式是手术切除, 由于肝癌一经确诊常已处于中晚期, 患者往往失去了手术切除的最佳机会^[8-9]。近年来, 图像引导的局部消融在肝癌的治疗中发挥着重要作用, 由于其创伤小、操作方便、并发症少、疗效确切等优点, 已越来越多地应用于肝癌治疗中, 是小肝癌、复发性肝癌和不能手术切除肝癌的最佳治疗选择, 尤其对于 ≤ 3 cm 的小肝癌, 经皮消融治疗已取得与手术相同的临床疗效^[10-11]。超声具有实时显示、易于操作、成本相对较低和对患者无辐射等优点, 被广泛用于引导肝肿瘤的消融治疗。CEUS 可以实时动态显示肿瘤血流灌注和血管的形态学信息, 已被广泛应用于局部消融治疗中^[12]。但有些病灶不仅在常规超声中显示困难, CEUS 也不能完整显示或显示欠清晰, 特别是病灶被肺气、肠气或肋骨回声遮挡时。当患者为肝硬化多结节背景、病灶为等回声不显像、局部治疗后残留或复发与周边组

织分界不清、微小肝癌等时, 即使 CEUS 将肿瘤成功定位, 由于动脉期的时间窗较短, 仍然很难将消融针迅速、准确地插入肿瘤中, 造成布针困难, 影响超声引导下肝肿瘤局部消融的安全进行^[13-14]。CT/MRI 不受气体、骨骼的影响, 在诊断肝肿瘤时图像质量良好。随着多层 CT 的出现, 扫描时间变得更短, 运动伪影干扰更小, 病灶位置与周围关系的显示也较确切, 但由于 CT/MRI 的成像为静态图像, 无法反映手术中组织的移位和变形, 且常需反复定位穿刺, 操作时间长, 可对人体产生放射损伤等劣势, 导致其应用受到限制^[15-16]。

RVS 克服了单一影像学引导局部消融的局限性, 将 CT/MRI 的三维容积数据导入超声设备, 通过电磁定位追踪技术, 把术前 CT/MRI 图像和术中超声实时图像进行融合匹配显示, 将超声的实时性、无辐射、便捷、经济等优点与 CT/MRI 图像的高分辨率相结合, 达到信息互补、优势互补的目的, 极大地拓展了超声技术的应用领域^[17]。术前 RVS 结合 CEUS 确认显示困难病灶的位置, 使原来难以进行的超声引导操作变为可能, 结合 CEUS 明确病灶数量、直径和范围, 靶点精准定位, 大大提高了超声显像困难病灶穿刺的准确性和安全性。在 RVS 结合 CEUS 引导治疗过程中, RVS 可以清楚地显示病灶与肺、肠等重要脏器的关系, CEUS 术中实时监测消融过程, 能够直观而立体地观察消融区是否达到了安全边界, 在准确评估消融范围的同时又避免损伤周围重要脏器, 对于高危部位肝癌的热消融具有确切的临床应用价值, 拓宽了临床热消融治疗的适应证。术后通

过 CEUS 实时观察消融区组织的微血流灌注, 将消融范围与术前 CT/MRI 图像中病灶的直径进行对比, 评估病灶消融是否完全。从目前报道的结果看, 大多数肝癌均能在融合成像下实现完全局部消融, 且完全消融率达 90% 以上^[18-19]。在本研究中, CEUS 和 CT/MRI 图像的融合配准率为 100%, 根据术后 3~7 d 的复查结果显示, RVS-CEUS 引导组消融治疗 53 个病灶, 51 个病灶实现了完全消融, 消融率达 96.23%, 高于 US 引导组和 CT 引导组 (96.23% vs 81.82%、81.67%, $P=0.041$), 三组间局部进展率差异无统计学意义, 然而与 US 引导组和 CT 引导组相比, RVS-CEUS 引导组的局部进展率明显更低 (28.30% vs 36.67% vs 38.64%, $P=0.507$)。本研究中部分病变位置邻近膈肌、大血管、心脏、胃等重要结构, 三组患者的不良反应均较轻微, 主要为常见的消融后综合征, 如发热、腹痛、恶心、呕吐, 均在 1 周内经对症治疗后缓解, 消融期间和消融后均无严重并发症和与消融相关的死亡发生。以上结果表明 RVS 结合 CEUS 引导局部消融疗效确切, 有良好的安全性。

肝肿瘤消融治疗术成功的关键既在于术前对肿瘤直径、边界范围和血供特点的全面评估, 术中的精准引导定位, 又在于治疗后的疗效评估和必要时的补充治疗。RVS 结合 CEUS 引导下局部消融治疗肝肿瘤将多技术联合应用, 实现优势放大, 提高了肝肿瘤靶向消融的效率和准确性, 值得临床推广应用。

参考文献

- 1 Barat M, Fohlen A, Cassinotto C, et al. One-month apparent diffusion coefficient correlates with response to radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 45 (6): 1648-1658.
- 2 Zierniewicz TJ, Wells SA, Lubner MG, et al. Hepatic tumor ablation [J]. *Surg Clin N Am*, 2016, 96 (2): 315-339.
- 3 王勋, 王松, 罗英, 等. 介入栓塞联合射频消融治疗肝巨大局灶性结节性增生的疗效评价 [J]. *解放军医学院学报*, 2018, 39 (6): 461-464.
- 4 吴薇薇, 周著黄, 吴水才, 等. 超声引导介入治疗术中图像配准技术的研究进展 [J]. *北京生物医学工程*, 2015, 34 (6): 639-644.
- 5 朱金彪, 黄枢. 融合成像磁导航系统在肝癌局部消融中应用 [J]. *临床军医杂志*, 2016, 44 (2): 213-215.
- 6 Terrault NA, Bzowej NH, Chang KM, et al. AASLD guidelines for treatment of chronic hepatitis B [J]. *Hepatology*, 2016, 63 (1): 261-283.
- 7 陈敏山, 陈敏华. 肝癌局部消融治疗规范的专家共识 [J]. *肿瘤*, 2011, 31 (5): 385-388.
- 8 Torimura T, Iwamoto H. Optimizing the management of intermediate-stage hepatocellular carcinoma: Current trends and prospects [J]. *Clin Mol Hepatol*, 2021, 27 (2): 236-245.
- 9 邱奕, 张欣悦, 李建雄. 肝细胞癌治疗现状及展望 [J]. *解放军医学院学报*, 2017, 38 (9): 886-889.
- 10 卢玉茜, 于晓玲. 微波消融联合人工辅助技术治疗近肝门处肝癌的有效性和安全性 [J]. *解放军医学院学报*, 2018, 39 (6): 502-506.
- 11 Chen MS, Li JQ, Zheng Y, et al. A prospective randomized trial comparing percutaneous local ablative therapy and partial hepatectomy for small hepatocellular carcinoma [J]. *Ann Surg*, 2006, 243 (3): 321-328.
- 12 Kudo M, Ueshima K, Osaki Y, et al. B-mode ultrasonography versus contrast-enhanced ultrasonography for surveillance of hepatocellular carcinoma: a prospective multicenter randomized controlled trial [J]. *Liver Cancer*, 2019, 8 (4): 271-280.
- 13 白云路, 徐杰, 丁远, 等. US-CT/MRI 融合成像在超声引导射频消融显影困难的肝癌患者中的应用价值 [J]. *实用癌症杂志*, 2021, 36 (5): 806-809.
- 14 薛静, 杜廷伟, 王运昌, 等. US-CT/MRI 融合成像在肝癌患者超声引导下射频消融治疗中的应用价值分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17 (12): 77-80.
- 15 Lee MW, Kim YJ, Park HS, et al. Targeted sonography for small hepatocellular carcinoma discovered by CT or MRI: factors affecting sonographic detection [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 194 (5): W396-W400.
- 16 Laroia ST, Bawa SS, Jain D, et al. Contrast ultrasound in hepatocellular carcinoma at a tertiary liver center: First Indian experience [J]. *World J Radiol*, 2013, 5 (6): 229-240.
- 17 Minami Y, Kudo M. Ultrasound fusion imaging technologies for guidance in ablation therapy for liver cancer [J]. *J Med Ultrason* (2001), 2020, 47 (2): 257-263.
- 18 Lee CH, Chen WT, Lin CC, et al. Radiofrequency ablation assisted by real-time virtual sonography for hepatocellular carcinoma inconspicuous under sonography and high-risk locations [J]. *Kaohsiung J Med Sci*, 2015, 31 (8): 413-419.
- 19 Huang HC, Gatchalian LB, Hsieh YC, et al. Real-time virtual sonography-assisted radiofrequency ablation in liver tumors with conspicuous or inconspicuous images or peritumoral landmarks under ultrasonography [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2021, 46 (6): 2814-2822.