

## 肝癌消融治疗的进展

李凤鸣, 陈福真, 李文岗

李凤鸣, 李文岗, 厦门大学附属成功医院肝胆胰血管外科  
福建省厦门市 361000

陈福真, 复旦大学附属中山医院血管外科 上海市 200000

李文岗, 教授, 主任医师, 主要从事肝胆胰血管疾病及腹膜后  
肿瘤的治疗与研究。

作者贡献分布: 本文综述由李凤鸣完成; 李文岗与陈福真审校。

通讯作者: 李文岗, 教授, 主任医师, 361000, 福建省厦门市  
思明区文园路94号, 厦门大学附属成功医院肝胆胰血管外科。  
lwgl11861@xmu.edu.cn

收稿日期: 2017-06-27

修回日期: 2017-07-18

接受日期: 2017-07-26

在线出版日期: 2017-09-28

### Progress in ablation therapy of liver cancer

Feng-Ming Li, Fu-Zhen Chen, Wen-Gang Li

Feng-Ming Li, Wen-Gang Li, Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, Chenggong Hospital Affiliated to Xiamen University, Xiamen 361000, Fujian Province, China

Fu-Zhen Chen, Department of Vascular Surgery, Zhongshan Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200000, China

Correspondence to: Wen-Gang Li, Professor, Chief Physician, Department of Hepatobiliary and Pancreatic Surgery, Chenggong Hospital Affiliated to Xiamen University, 94 Wenyuan Road, Siming District, Xiamen 361000, Fujian Province, China. lwgl11861@xmu.edu.cn

Received: 2017-06-27

Revised: 2017-07-18

Accepted: 2017-07-26

Published online: 2017-09-28

### Abstract

Hepatocellular carcinoma (HCC) is the world's fifth

most common cancer and the third most common cause of cancer-related death. Hepatectomy and liver transplantation are considered the preferred treatments for HCC. In recent years, with the continuous development of minimally invasive interventional technology, ablation therapy has been shown to be a safe and effective local treatment for liver cancer and has played an increasingly important role in liver cancer treatment. Thanks to a large number of technical improvements that have greatly improved the clinical efficacy and safety, ablation therapy has been more and more widely used for the treatment of primary liver cancer.

© The Author(s) 2017. Published by Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

Key Words: Hepatocellular carcinoma; Ablation; Radiofrequency ablation; Microwave ablation; Cryoablation; Laser ablation; High-energy focused ultrasound; Irreversible electroporation; Chemical ablation; Image guidance

Li FM, Chen FZ, Li WG. Progress in ablation therapy of liver cancer. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2017; 25(27): 2427-2432 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/full/v25/i27/2427.htm> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v25.i27.2427>

### 摘要

肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)是全世界第五大最常见的癌症和癌症相关死亡的第三大常见原因。肝切除术和肝移植被认为是HCC的优选治疗。近年来,随着微创介入技术的不断发展,消融治疗在肝癌治疗中发挥着越来越重要的作用。其已经被证明是一个安全有效的肝癌局部治疗手段。大量

### 背景资料

虽然对肝癌局部消融治疗的研究已进行了很多年,但对于治疗方法的改进以及提高治疗的效果、改善预后仍然处在探索阶段。通过对相关消融方法的讨论学习以及目前相关研究的最新进展学习,可以为肝癌的联合治疗、综合治疗提供更多的治疗思路。对改善肝癌预后、疗效研究提供更多循证依据。

### 同行评议者

顾生旺, 主任医师, 解放军第八二医院感染内科; 卢宁, 主任医师, 新疆军区总医院肿瘤科; 郑鹏远, 教授, 主任医师, 郑州大学第二附属医院消化内科

## ■ 研发前沿

目前的肝癌消融治疗应用越来越广泛, 对肝癌的综合治疗以及个体化治疗研究是目前关注的一个热点。对终末期肝癌(手术不可切除)患者的消融治疗对提高远期生存率有无意义也是一个亟待研究的问题。

的技术改进提高了临床疗效和安全性, 因此消融技术在原发性肝癌的治疗中得到越来越广泛的应用。

© The Author(s) 2017. Published by Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

**关键词:** 肝细胞癌; 消融治疗; 射频消融; 微波消融; 冷冻消融; 激光消融; 高能聚焦超声; 不可逆电穿孔; 化学消融; 图像引导

**核心提要:** 本文旨在讨论目前肝癌各种消融治疗方法的原理及优缺点, 对治疗应用的指导意义, 以及图像引导技术的发展对消融治疗的深入应用提供肯定的支持, 提高了临床疗效和安全性, 使得消融技术在肝癌的治疗中得到更广泛的应用。

李凤鸣, 陈福真, 李文岗. 肝癌消融治疗的进展. 世界华人消化杂志 2017; 25(27): 2427-2432 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/full/v25/i27/2427.htm> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wjcd.v25.i27.2427>

## 0 引言

原发性肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)是临床最常见的恶性肿瘤之一, 发病率居全球第5位<sup>[1]</sup>。在我国, 肝癌在男性和女性中的发病率分别居所有恶性肿瘤的第3位和第5位, 死亡率分别居第2位和第3位<sup>[2]</sup>, 而且未来会呈现上升趋势<sup>[3]</sup>。由于多数患者初诊时已处于中晚期, 手术切除率仅占20%-30%, 因此, 肿瘤局部消融治疗近年来在肝癌治疗中的地位越来越重要<sup>[4]</sup>。目前, 国内外常见的消融手段包括射频消融, 微波消融, 冷冻消融, 激光消融, 高能聚焦超声, 不可逆电穿孔, 化学消融。局部消融的实施方式主要有3种, 即图像[彩超、计算机断层扫描(computed tomography, CT)、磁共振、三维成像和数字减影血管造影等]引导、腔镜引导、开放术中实施。图像引导技术的进展, 新的治疗方法改善了患者的选择并实现了循证治疗方法<sup>[5]</sup>。本文就临床上应用的主要消融方法的技术原理以及其在治疗肝癌中的应用和进展作一综述。

## 1 射频消融

射频消融(radiofrequency ablation, RFA)是全世界最常见的热消融模式并且目前被认为是用于早期HCC患者除手术外的最佳治疗方式<sup>[6,7]</sup>。

RFA依赖高频电流通过嵌入在肿瘤中的电极使电极周围有电流作用的组织离子相互摩擦产生热量, 导致组织凝固性坏死。电极周围的离子在交替电流的激发下产生高频振荡, 相互摩擦、碰撞, 温度可保持在60 °C-100 °C<sup>[8]</sup>, 从而达到杀死肿瘤细胞的目的。

RFA消融范围主要取决于局部消融产生的热量传导与循环血液及细胞外液间的热对流<sup>[9]</sup>。早期RFA技术在我国主要用于临床中小肝癌消融治疗, BCLC把消融治疗列为直径≤2 cm早期肝癌的首选治疗方法, 其疗效可媲美手术治疗。Zhou等<sup>[10]</sup>对1411例肝癌患者进行了对照实验研究, 表明对于直径≤3 cm的肝癌, RFA与手术切除临床疗效无统计学差异; 但>3 cm的病灶外科手术疗效要优于RFA。目前国际上已将RFA作为早期肝癌的治愈性治疗方法写入肝癌治疗指南, 但是该国际指南并不适合我国的作为乙型肝炎和肝癌大国的国情, 于是我国于2011年提出并制订了肝癌RFA治疗的专家共识<sup>[11]</sup>, 其适应证有: (1)单发肿瘤, 最大直径≤5 cm, 或者肿瘤数目≤3个, 最大直径≤3 cm; (2)无脉管癌栓、邻近器官侵犯; (3)肝功能分级Child A或B级, 或经内科治疗后达到该标准; (4)能手术切除的直径>5 cm的单发肿瘤或最大直径>3 cm的多发肿瘤, RFA可作为姑息性治疗或联合治疗的一部分。

关于RFA与手术切除疗效的争论由来已久, 特别是在小肝癌的治疗中。回顾性总结近年来文献, 国内外学者针对此进行了大量的临床研究, 但是结论仍不统一<sup>[12,13]</sup>。在遵循2011年肝癌RFA专家共识治疗的基础上, 对于中央型直径<3 cm的单结节HCC可首选RFA治疗。

而近年来在我国随着射频消融技术的深入应用及图像引导技术(超声造影、三维超声、虚拟导航、CT及三维可视化重建技术等)的不断发展, RFA也可作为优先考虑的肿瘤的姑息性治疗及局部治疗的方法。对于手术不可切除的肿瘤(>5 cm巨大多发肿瘤或广泛肝内转移的多发肿瘤)及特殊部位的肿瘤(邻近重要器官与管道、肝包膜下、同一肝段的多发肿瘤), 例如直径<3 cm的尾状叶HCC, 由于肿瘤的特殊位置和复杂的血供方式, 手术切除出血多, 时间长, 术后并发症也明显多于其他肝段的切除, 完整切除的风险性较大。而以往RFA大多是以二维影像为基础进行引导, 凭术

本文在充分讨论各种消融治疗的原理和优缺点基础上, 通过与图像引导技术的充分结合, 对复杂肝癌及特殊部位肝癌治疗的安全性和广泛性进行深入讨论, 对消融治疗的安全广泛应用提供良好的支持。

者经验布针定位, 特殊部位肿瘤行RFA很容易损伤邻近重要脏器血管或者使RFA的电极布针难以有效实施, 在治疗上会形成三维空间的漏空, 造成病灶消融不彻底, 局部复发, 无法取得预期的疗效<sup>[14]</sup>。随着超声技术的发展, 超声造影、三维超声及虚拟导航等被广泛应用于肝癌的诊断及治疗, 成为灰阶超声及彩色多普勒血流显像的进一步补充, 更有助于病灶的准确显示。而在增强影像扫描的基础上形成的三维立体适形技术, 利用数字重建方式将平面图像构建立体图像, 显示其位置与毗邻关系, 可以用于肝癌的定位, 很好地显示肝肿瘤的位置、形态及与周边正常肝组织的关系。图像技术的发展拓宽了临床适应证, 为RFA微创介入技术的深入应用提供了安全有效的支持, 为肝癌治疗的安全便捷带来了突破性的进展。

## 2 微波消融

微波消融(microwave ablation, MWA)原理<sup>[15]</sup>是组织中的水分子、蛋白质分子等极性分子在微波电场作用下激烈振动, 微波电极中的快速方向电流变化导致周围的水偶极振荡, 导致发热导致细胞凝固坏死<sup>[16]</sup>。与RFA不同, MWA不受组织的导电性质的限制, 因此, 理论上MWA可以更容易地实现高的组织温度<sup>[17]</sup>, 与RFA相比增加了对肿瘤的消融功效。此外, MWA不受RFA的散热效应的影响的限制<sup>[18]</sup>, 并且能够产生更大的消融区<sup>[19]</sup>。最近在微波技术发展已经产生了高功率水冷系统<sup>[20]</sup>, 允许更小涂抹器和更高的功率, 提高了对特殊部位肿瘤定位及消融功效。另MWA同样适用于直径 $\leq 5$  cm的单发肿瘤或最大直径 $\leq 3$  cm、数量 $\leq 3$ 个的中小肿瘤治疗; 对于直径 $> 7$  cm的大肝癌应用单针多点或多针组合叠加技术也可使得肿瘤完全消融。鉴于其在消融中的功效增加和更短时间实现消融, MWA已越来越多地用于治疗HCC<sup>[21-25]</sup>。但是由于其治疗温度较高, 对于特殊部位的病灶, 仍需谨慎对待。

Liang等<sup>[26]</sup>报道了一项多中心研究结果, 对1007例原发性肝癌患者行MWA, 1、3、5年生存率分别可达91.2%、72.5%、59.8%; 其中术后5年生存率与手术切除及肝移植相比治疗效果相似, 并优于RFA。尽管MWA完全消融率可达90%以上, 但肿瘤复发率较高的问题还有待进一步研究解决。目前众多研究比较MWA与

RFA治疗HCC疗效, 发现患者累积生存率和并发症发生率无明显的统计学差异<sup>[27-31]</sup>。

Lahat等<sup>[32]</sup>对文献的系统综述, 评估消融技术的安全性。在16项研究的统计中, MWA和RFA的主要并发症发生率为4.6%、4.1%。死亡率分别为0.23%、0.15%。最常见的主要并发症是出血。其他并发症包括门静脉血栓形成, 胆汁渗漏, 肝脓肿, 胸腔积液和肿瘤播散等。

## 3 冷冻消融

冷冻消融(cryoablation)其依赖于冻结温度来诱导肿瘤细胞死亡, 是最早的局部烧蚀技术用于良性或恶性肿瘤<sup>[33]</sup>。冷冻消融治疗的机制分为冷冻破坏, 升温破坏, 微血管破坏和免疫调节机制<sup>[34,35]</sup>。与其他消融技术相比, 冷冻消融的优点有: (1)通过超声、CT、磁共振成像等<sup>[36,37]</sup>影像学手段可进行精确监测, 应用不同类型的冷冻探针可导致不同体积和形态的冰球, 多点布针, 从而达到适形消融的目的; (2)他引起较少的疼痛, 并且可以在中度镇静下进行, 是麻醉耐受较差患者可行的治疗选择<sup>[38]</sup>; (3)能维持肿瘤临近器官周围血管壁或邻近内脏中的结缔组织的细胞完整性, 如胆囊、肠和肾, 较其他消融技术的安全性更高。尽管有技术优势, 冷冻消融也存在潜在的危及生命的并发症, 如引起血小板减少的冷冻综合征, 多器官功能衰竭和弥漫性血管内凝血病等。

## 4 激光消融

激光消融(laser ablation, LA), 其通过光纤适用器以激光作为能量源, 将光能转化为热能, 诱导肿瘤组织蛋白变性, 引起肿瘤坏死, 是作为早期非手术小HCC患者的局部消融治疗手段之一<sup>[39]</sup>。虽然, 通过应用冷却系统及多光纤技术, 使得组织中的能量储备增加, 消融区域增大。但LA的组织凝固范围仍较小, 治疗肿瘤时需多针适形布针, 与其他热消融术相比未有明显的优势。目前已经不作为肝癌主要的消融治疗手段。

## 5 高能聚焦超声

高能聚焦超声(high-energy focused ultrasound, HIFU): 其利用超声具有波方向性、组织穿透性和可聚焦性的特性, 将超声波聚焦于作用靶区, 形成一高能聚焦密度区, 诱导肿瘤组织发



### 同行评价

目前国内外相关中心的研究多为消融与肝动脉栓塞化疗联合治疗的评估或单一消融治疗方法间疗效的对比研究, 未发现多种消融方法联合治疗的研究评价。

生不可逆性凝固性坏死。作用机制主要包括热效应、空化效应及破坏肿瘤营养血管等<sup>[40]</sup>。Ng等<sup>[41]</sup>报道应用HIFU治疗原发性肝癌患者49例, 术后1、3年的生存率分别为87.7%和62.4%, 作者认为肿瘤直径>3 cm是影响完全消融的主要因素, Child-Pugh肝功能分级是影响总体生存率的显著预后因素。Chan等<sup>[42]</sup>对HIFU与RFA治疗原发性肝癌进行了对照研究, 两组1、2、3年总生存率分别为96.3%、81.5%、69.8%和92.1%、76.1%、64.2%, 没有明显统计学差异。

## 6 不可逆电穿孔

不可逆电穿孔(irreversible electroporation, IRE)是目前最新兴的经皮消融技术, 其使用高频电流脉冲造成细胞膜完整性不可逆破坏, 诱导细胞凋亡从而导致肿瘤死亡, 并非其他热消融方法引起蛋白质变性坏死<sup>[43]</sup>。IRE的两个主要潜在优势: (1)他对肿瘤组织的消融以独立于热消融的方式进行, 因此不受温度沉积效应影响, 消融彻底、消融边界清晰; (2)能够保留消融区重要组织结构完整性, 最大程度保护相邻血管和胆管的正常功能, 使其对特殊、危险部位的肿瘤局部消融治疗成为可能。

动物实验研究<sup>[44]</sup>显示, 消融区肝脏细胞完全死亡(消融区大小约33.5 mm), 消融与非消融区之间血管与胆管结构功能正常。Cannon等<sup>[45]</sup>报道对44例邻近有重要结构的<3 cm的小肝癌实施IRE治疗, 术后随访观察3、6、12 mo肿瘤局部无复发率分别为100%、100%、98%, 未发生治疗相关死亡事件及胆道狭窄和门脉血栓等并发症。因此, 目前IRE越来越受到重视, 其基础研究与临床应用正在日益发展。几个小样本研究已经评估了IRE对肝癌治疗的安全性和有效性。然而, 进一步确定IRE治疗HCC的最佳有效性仍需要大量的前瞻性临床试验。

## 7 化学消融

化学消融术(chemical ablation)是在影像技术引导监控下经皮穿刺肿瘤, 直接将化学消融剂注入肿瘤内, 造成蛋白质变性, 导致肿瘤组织坏死; 也可使肿瘤组织中的血管内皮细胞变性、坏死, 导致肿瘤缺血坏死。化学消融主要适用于直径≤5 cm的肝癌, 目前常用的方法主要有经皮无水乙醇消融(percutaneous ethanol injection, PEI)、冰醋酸消融(percutaneous acetic acid injection, PAI)、稀盐酸消融(percutaneous

hydrochloric acid injection, PHAI)。

PEI是最常见的化学消融方法。PEI主要适用于单发直径<3 cm的原发性肝癌; 对于不适合手术切除的较大肝癌, 与肝动脉栓塞化疗(transcatheter arterial chemoembolization, TACE)联合应用已被证明可与取得良好临床效果。由于易于使用和成本效益低, 在世界许多地方PEI仍然是一个可行的选择。PAI: 醋酸具有和乙醇相似作用, 但比无水乙醇具有更强的杀伤癌细胞的能力。与PEI一样, PAI对于较大肿瘤治疗后的复发问题也有待解决。PHAI: 盐酸是理想的消融治疗仿生药物, 与无水乙醇及醋酸相比, 盐酸的消融凝固作用更强, 且消融区与周围组织边界清晰, 消融效果明显优于无水乙醇和冰醋酸<sup>[46]</sup>。

## 8 结论

在我国, 近年来随着各种消融技术的不断发展成熟, 局部消融治疗在原发性肝癌的治疗中应用愈加广泛。然而, 如何有效地保证肿瘤的消融范围, 对于制定个体化的治疗方案及优化治疗的策略, 值得进一步深入研究。目前多种消融方法均可结合TACE治疗, 以控制肿瘤血供, 缩减肿瘤体积, 提高消融疗效。总体来看, 联合治疗是肝癌消融治疗的趋势, 尤其是对于肿瘤>3 cm或者多个肿瘤的患者。

总之, 尽管肝癌消融治疗还存在着一些问题, 诸如控制复发率及并发症等, 但随着理论及技术的进一步研究发展, 其在肝癌的治疗中所起到的作用将愈加重要。

## 9 参考文献

- 1 Ferlay J, Soerjomataram I, Dikshit R, Eser S, Mathers C, Rebelo M, Parkin DM, Forman D, Bray F. Cancer incidence and mortality worldwide: sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *Int J Cancer* 2015; 136: E359-E386 [PMID: 25220842 DOI: 10.1002/ijc.29210]
- 2 陈万青, 郑荣寿, 曾红梅, 邹小农, 张思维, 赫捷. 2011年中国恶性肿瘤发病和死亡分析. *中国肿瘤* 2015; 24: 1-10
- 3 陈建国. 中国肝癌发病趋势和一级预防. *临床肝胆病杂志* 2012; 28: 256-260
- 4 European Association For The Study Of The Liver, European Organisation For Research And Treatment Of Cancer. EASL-EORTC clinical practice guidelines: management of hepatocellular carcinoma. *J Hepatol* 2012; 56: 908-943 [PMID: 22424438 DOI: 10.1016/j.jhep.2011.12.001]
- 5 Villanueva A, Hernandez-Gea V, Llovet JM. Medical therapies for hepatocellular carcinoma: a

- critical view of the evidence. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2013; 10: 34-42 [PMID: 23147664 DOI: 10.1038/nrgastro.2012.199]
- 6 Bruix J, Sherman M; Practice Guidelines Committee, American Association for the Study of Liver Diseases. Management of hepatocellular carcinoma. *Hepatology* 2005; 42: 1208-1236 [PMID: 16250051 DOI: 10.1002/hep.20933]
  - 7 Huang J, Yan L, Cheng Z, Wu H, Du L, Wang J, Xu Y, Zeng Y. A randomized trial comparing radiofrequency ablation and surgical resection for HCC conforming to the Milan criteria. *Ann Surg* 2010; 252: 903-912 [PMID: 21107100 DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181efc656]
  - 8 McGahan JP, Brock JM, Tesluk H, Gu WZ, Schneider P, Browning PD. Hepatic ablation with use of radio-frequency electrocautery in the animal model. *J Vasc Interv Radiol* 1992; 3: 291-297 [PMID: 1627876 DOI: 10.1016/S1051-0443(92)72028-4]
  - 9 叶欣, 范卫君. [专家共识]热消融治疗原发性和转移性肿瘤的专家共识(2014年版). *中国肺癌杂志* 2014; 17: 294-301, 1009-3419
  - 10 Zhou Y, Zhao Y, Li B, Xu D, Yin Z, Xie F, Yang J. Meta-analysis of radiofrequency ablation versus hepatic resection for small hepatocellular carcinoma. *BMC Gastroenterol* 2010; 10: 78 [PMID: 20618937 DOI: 10.1186/1471-230X-10-78]
  - 11 中国抗癌协会肝癌专业委员会, 中国抗癌协会临床肿瘤学协作委员会, 中华医学会肝病学分会肝癌学组. 肝癌射频消融治疗规范的专家共识. *临床肝胆病杂志* 2011; 27: 236-244
  - 12 Liu Z, Zhou Y, Zhang P, Qin H. Meta-analysis of the therapeutic effect of hepatectomy versus radiofrequency ablation for the treatment of hepatocellular carcinoma. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2010; 20: 130-140 [PMID: 20551807 DOI: 10.1097/SLE.0b013e3181d823df]
  - 13 Yang W, Yan K, Goldberg SN, Ahmed M, Lee JC, Wu W, Zhang ZY, Wang S, Chen MH. Ten-year survival of hepatocellular carcinoma patients undergoing radiofrequency ablation as a first-line treatment. *World J Gastroenterol* 2016; 22: 2993-3005 [PMID: 26973395 DOI: 10.3748/wjg.v22.i1]
  - 14 Jia KD, Yang JY, Lai QT. The short-term effect of RF treatin primary hepatic carcinoma. *J Clin Hepatol* 2007; 10: 413-416
  - 15 Simon CJ, Dupuy DE, Mayo-Smith WW. Microwave ablation: principles and applications. *Radiographics* 2005; 25 Suppl 1: S69-S83 [PMID: 16227498 DOI: 10.1148/rg.25si055501]
  - 16 Andreano A, Huang Y, Meloni MF, Lee FT Jr, Brace C. Microwaves create larger ablations than radiofrequency when controlled for power in ex vivo tissue. *Med Phys* 2010; 37: 2967-2973 [PMID: 20632609 DOI: 10.1118/1.3432569]
  - 17 Ahmed M, Brace CL, Lee FT Jr, Goldberg SN. Principles of and advances in percutaneous ablation. *Radiology* 2011; 258: 351-369 [PMID: 21273519 DOI: 10.1148/radiol.10081634]
  - 18 Yu NC, Raman SS, Kim YJ, Lassman C, Chang X, Lu DS. Microwave liver ablation: influence of hepatic vein size on heat-sink effect in a porcine model. *J Vasc Interv Radiol* 2008; 19: 1087-1092 [PMID: 18589324 DOI: 10.1016/j.jvir.2008.03.023]
  - 19 Schramm W, Yang D, Haemmerich D. Contribution of direct heating, thermal conduction and perfusion during radiofrequency and microwave ablation. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2006; 1: 5013-5016 [PMID: 17946669 DOI: 10.1109/IEMBS.2006.259288]
  - 20 Yu H, Burke CT. Comparison of percutaneous ablation technologies in the treatment of malignant liver tumors. *Semin Intervent Radiol* 2014; 31: 129-137 [PMID: 25071303 DOI: 10.1055/s-0034-1373788]
  - 21 Groeschl RT, Pilgrim CH, Hanna EM, Simo KA, Swan RZ, Sindram D, Martinie JB, Iannitti DA, Bloomston M, Schmidt C, Khabiri H, Shirley LA, Martin RC, Tsai S, Turaga KK, Christians KK, Rilling WS, Gamblin TC. Microwave ablation for hepatic malignancies: a multiinstitutional analysis. *Ann Surg* 2014; 259: 1195-1200 [PMID: 24096760 DOI: 10.1097/SLA.0000000000000234]
  - 22 Huang S, Yu J, Liang P, Yu X, Cheng Z, Han Z, Li Q. Percutaneous microwave ablation for hepatocellular carcinoma adjacent to large vessels: a long-term follow-up. *Eur J Radiol* 2014; 83: 552-558 [PMID: 24418287 DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.12.015]
  - 23 Sun AX, Cheng ZL, Wu PP, Sheng YH, Qu XJ, Lu W, Zhao CG, Qian GJ. Clinical outcome of medium-sized hepatocellular carcinoma treated with microwave ablation. *World J Gastroenterol* 2015; 21: 2997-3004 [PMID: 25780298 DOI: 10.3748/wjg.v21.i10.2997]
  - 24 Leung U, Kuk D, D'Angelica MI, Kingham TP, Allen PJ, DeMatteo RP, Jarnagin WR, Fong Y. Long-term outcomes following microwave ablation for liver malignancies. *Br J Surg* 2015; 102: 85-91 [PMID: 25296639 DOI: 10.1002/bjs.9649]
  - 25 Ziemlewicz TJ, Hinshaw JL, Lubner MG, Brace CL, Alexander ML, Agarwal P, Lee FT Jr. Percutaneous microwave ablation of hepatocellular carcinoma with a gas-cooled system: initial clinical results with 107 tumors. *J Vasc Interv Radiol* 2015; 26: 62-68 [PMID: 25446425 DOI: 10.1016/j.jvir.2014.09.01]
  - 26 Liang P, Yu J, Yu XL, Wang XH, Wei Q, Yu SY, Li HX, Sun HT, Zhang ZX, Liu HC, Cheng ZG, Han ZY. Percutaneous cooled-tip microwave ablation under ultrasound guidance for primary liver cancer: a multicentre analysis of 1363 treatment-naive lesions in 1007 patients in China. *Gut* 2012; 61: 1100-1101 [PMID: 21997552 DOI: 10.1136/gutjnl-2011-300975]
  - 27 Simo KA, Sereika SE, Newton KN, Gerber DA. Laparoscopic-assisted microwave ablation for hepatocellular carcinoma: safety and efficacy in comparison with radiofrequency ablation. *J Surg Oncol* 2011; 104: 822-829 [PMID: 21520094 DOI: 10.1002/jso.21933]
  - 28 Qian GJ, Wang N, Shen Q, Sheng YH, Zhao JQ, Kuang M, Liu GJ, Wu MC. Efficacy of microwave versus radiofrequency ablation for treatment of small hepatocellular carcinoma: experimental and clinical studies. *Eur Radiol* 2012; 22: 1983-1990 [PMID: 22544225 DOI: 10.1007/s00330-012-2442-1]
  - 29 Ding J, Jing X, Liu J, Wang Y, Wang F, Wang Y, Du Z. Comparison of two different thermal techniques for the treatment of hepatocellular carcinoma. *Eur J Radiol* 2013; 82: 1379-1384 [PMID: 23147664 DOI: 10.1038/nrgastro.2012.199]

- 23726122 DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.04.025]
- 30 Abdelaziz A, Elbaz T, Shousha HI, Mahmoud S, Ibrahim M, Abdelmaksoud A, Nabeel M. Efficacy and survival analysis of percutaneous radiofrequency versus microwave ablation for hepatocellular carcinoma: an Egyptian multidisciplinary clinic experience. *Surg Endosc* 2014; 28: 3429-3434 [PMID: 24935203 DOI: 10.1007/s00464-014-3617-4]
  - 31 Zhang XG, Zhang ZL, Hu SY, Wang YL. Ultrasound-guided ablative therapy for hepatic malignancies : a comparison of the therapeutic effects of microwave and radiofrequency ablation. *Acta Chir Belg* 2014; 114: 40-45 [PMID: 24720137]
  - 32 Lahat E, Eshkenazy R, Zendel A, Zakai BB, Maor M, Dreznik Y, Ariche A. Complications after percutaneous ablation of liver tumors: a systematic review. *Hepatobiliary Surg Nutr* 2014; 3: 317-323 [PMID: 25392844 DOI: 10.3978/j.issn.2304-3881.2014.09.07]
  - 33 Copper IS. Cryogenic surgery: a new method of destruction or extirpation of benign or malignant tissues. *N Engl J Med* 1963; 268: 743-749 [PMID: 14022909 DOI: 10.1056/NEJM196304042681401]
  - 34 Maccini M, Sehr D, Pompeo A, Chicoli FA, Molina WR, Kim FJ. Biophysiologic considerations in cryoablation: a practical mechanistic molecular review. *Int Braz J Urol* 2011; 37: 693-696 [PMID: 22233999 DOI: 10.1590/S1677-55382011000600002]
  - 35 Orlacchio A, Bazzocchi G, Pastorelli D, Bolacchi F, Angelico M, Almerighi C, Masala S, Simonetti G. Percutaneous cryoablation of small hepatocellular carcinoma with US guidance and CT monitoring: initial experience. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2008; 31: 587-594 [PMID: 18236104 DOI: 10.1007/s00270-008-9293-9]
  - 36 Rong G, Bai W, Dong Z, Wang C, Lu Y, Zeng Z, Qu J, Lou M, Wang H, Gao X, Chang X, An L, Li H, Chen Y, Hu KQ, Yang Y. Long-term outcomes of percutaneous cryoablation for patients with hepatocellular carcinoma within Milan criteria. *PLoS One* 2015; 10: e0123065 [PMID: 25849963 DOI: 10.1371/journal.pone.0123065]
  - 37 Shimizu T, Sakuhara Y, Abo D, Hasegawa Y, Kodama Y, Endo H, Shirato H, Miyasaka K. Outcome of MR-guided percutaneous cryoablation for hepatocellular carcinoma. *J Hepatobiliary Pancreat Surg* 2009; 16: 816-823 [PMID: 19466377 DOI: 10.1007/s00534-009-0124-4]
  - 38 Allaf ME, Varkarakis IM, Bhayani SB, Inagaki T, Kavoussi LR, Solomon SB. Pain control requirements for percutaneous ablation of renal tumors: cryoablation versus radiofrequency ablation--initial observations. *Radiology* 2005; 237: 366-370 [PMID: 16126920 DOI: 10.1148/radiol.2371040829]
  - 39 Francica G, Petrolati A, Di Stasio E, Pacella S, Stasi R, Pacella CM. Effectiveness, safety, and local progression after percutaneous laser ablation for hepatocellular carcinoma nodules up to 4 cm are not affected by tumor location. *AJR Am J Roentgenol* 2012; 199: 1393-1401 [PMID: 23169736 DOI: 10.2214/AJR.11.7850]
  - 40 刘春梅, 李发琪, 王智彪. 高强度聚焦超声空化效应的研究进展. *临床超声医学杂志* 2007; 9: 233-235
  - 41 Ng KK, Poon RT, Chan SC, Chok KS, Cheung TT, Tung H, Chu F, Tso WK, Yu WC, Lo CM, Fan ST. High-intensity focused ultrasound for hepatocellular carcinoma: a single-center experience. *Ann Surg* 2011; 253: 981-987 [PMID: 21394012 DOI: 10.1097/SLA.0b013e3182128a8b]
  - 42 Chan AC, Cheung TT, Fan ST, Chok KS, Chan SC, Poon RT, Lo CM. Survival analysis of high-intensity focused ultrasound therapy versus radiofrequency ablation in the treatment of recurrent hepatocellular carcinoma. *Ann Surg* 2013; 257: 686-692 [PMID: 23426335 DOI: 10.1097/SLA.0b013e3182822c02]
  - 43 Narayanan G. Irreversible electroporation for treatment of liver cancer. *Gastroenterol Hepatol (N Y)* 2011; 7: 313-316 [PMID: 21857833]
  - 44 梁冰, 牛立志, 曾健滢, 周亮, 周序琰, 方刚, 姚飞, 邓春娟, 汪媛, 张波, 李书英, 邓春梅, 杨惠霏, 李家亮, 刘建国, 徐克成. 不可逆电穿孔消融兔胆囊侧肝脏病理学观察. *介入放射学杂志* 2014; 23: 320-324
  - 45 Cannon R, Ellis S, Hayes D, Narayanan G, Martin RC. Safety and early efficacy of irreversible electroporation for hepatic tumors in proximity to vital structures. *J Surg Oncol* 2013; 107: 544-549 [PMID: 23090720 DOI: 10.1002/jso.23280]
  - 46 Weijian F, Zan L, Suhong H, Hongmei Z, Lei Z, Yanjie Z, Yi C, Ni J. Destructive effect of percutaneous hydrochloric acid injection therapy for liver cancer--a preliminary experimental and clinical study. *Gan To Kagaku Ryoho* 2006; 33: 1852-1856 [PMID: 17212126]

编辑: 马亚娟 电编: 李瑞芳





Published by **Baishideng Publishing Group Inc**  
7901 Stoneridge Drive, Suite 501, Pleasanton,  
CA 94588, USA  
Fax: +1-925-223-8242  
Telephone: +1-925-223-8243  
E-mail: [bpgoffice@wjgnet.com](mailto:bpgoffice@wjgnet.com)  
<http://www.wjgnet.com>



ISSN 1009-3079

