·论　　著·
（肝癌的局部治疗进展专题）

基于门静脉流域的亚肝段消融术治疗肝细胞癌的疗效分析

肖嗣傑，赖泉兵，闫煜政，毕华强，马宽生
陆军军医大学第一附属医院（西南医院）肝胆外科 重庆 400038

［摘要］ **目的**　对比亚肝段射频消融术（subsegmental radiofrequency ablation，SS-RFA）与常规射频消融术（radiofrequency ablation，RFA）治疗单发早期肝细胞肝癌（hepatocellular carcinoma，HCC）的疗效。**方法**　采用前瞻性非随机队列研究的方法选取2022年10月至2024年7月陆军军医大学第一附属医院肝胆外科收治的单发病灶、最大径＜5 cm的肝细胞癌病人34例进行研究，17例病人接受了SS-RFA治疗，余17例病人接受了常规RFA治疗。比较两组病人术后并发症发生情况、术后肝功能指标变化情况、远期复发情况。**结果**　所有病人均成功接受消融治疗，术后无严重并发症发生，术后两组病人肝功能指标均有相似的一过性波动。SS-RFA组与RFA组比较，消融灶最大径术后15 min［（47.85±7.32）mm比（38.18±5.84）mm，P＜0.001］及术后2 d［（54.85±10.20）mm比（42.24±5.29）mm，P＜0.001］均更大。术后SS-RFA组1年无复发生存率为94.1%，2年为88.2%，RFA组相应的1、2年无复发生存率分别为82.4%和50.2%，无复发生存率SS-RFA组明显高于RFA组（P=0.011）。**结论**　SS-RFA治疗单发早期HCC病人安全有效。对比常规RFA可提供更长的无复发生存期。

［关键词］ 肝细胞癌；射频消融术；亚肝段射频消融术；门静脉流域；无复发生存期
［中图分类号］R735.7　［文献标识码］A　**DOI**：10.3969/j.issn.1003-5591.2026.03.005

Efficacy analysis of subsegmental ablation for hepatocellular carcinoma based on the portal venous territory

Xiao Sijie, *Lai Quanbing*, *Yan Yuzheng*, *Bi Huaqiang*, *Ma Kuansheng*
Department of Hepatobiliary Surgery, *the First Affiliated Hospital of Army Medical University* (*Southwest Hospital*), *Chongqing* 400038, *China*
Corresponding author: *Ma Kuansheng*, *Email*: *kuanshengma@outlook.com*; *Bi Huaqiang*, *Email*: *bihuaqiang@tmmu.edu.cn*

［**Abstract**］ **Objective**　To compare the efficacy of subsegmental radiofrequency ablation (SS-RFA) and conventional radiofrequency ablation (RFA) in the treatment of solitary early hepatocellular carcinoma (HCC). **Methods**　A prospective non-randomized cohort study was conducted. A total of 34 patients with solitary lesions and a maximum tumor diameter of ＜5 cm admitted to the Department of Hepatobiliary Surgery, the First Affiliated Hospital of Army Medical University, from October 2022 to July 2024 were enrolled. Seventeen patients received SS-RFA, and the remaining 17 patients received conventional RFA. Postoperative complications, postoperative changes in liver function indicators, and long-term recurrence were compared between the two groups. **Results**　All patients successfully underwent ablation, and no severe postoperative complications occurred. Both groups showed similar transient postoperative fluctuations in liver function indicators. Compared with the RFA group, the ablation zone diameter in the SS-RFA group was significantly larger at 15 min after ablation ([47.85±

基金项目：国家自然科学基金（82073346）；重庆英才名家名师（4246ZP112）
作者简介：肖嗣傑，住院医师，主要从事肝癌射频消融方面的研究，Email：x18780086885@outlook.com
通信作者：马宽生，Email：kuanshengma@outlook.com；毕华强，Email：bihuaqiang@tmmu.edu.cn

7.32] mm *vs* [38.18±5.84] mm, $P<0.001$) and at 2 d after ablation ([54.85±10.2] mm *vs* [42.24±5.29] mm, $P<0.001$). The 1-year recurrence-free survival (RFS) rate in the SS-RFA group was 94.1% and the 2-year RFS rate was 88.2%; in the RFA group, the corresponding 1- and 2-year RFS rates were 82.4% and 50.2%, respectively. The RFS rate was significantly higher in the SS-RFA group than in the RFA group (P=0.011). **Conclusion** SS-RFA is safe and effective for patients with solitary early HCC. Compared with conventional RFA, it provides a longer recurrence-free survival period.

[**Key words**] Hepatocellular carcinoma; Radiofrequency ablation; Subsegmental radiofrequency ablation; Portal territory; Recurrence-free survival

肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)是严重威胁我国人民生命健康的常见病和多发病[1-2]。以射频消融术(radiofrequency ablation, RFA)为代表的热消融术由于具备出色的局部肿瘤控制能力,同时具有微创、经济、重复性好等独特优势,已成为早期小肝癌病人的重要治疗手段[3-4]。但是,由于RFA本身固有的技术特点和限制,与手术切除病灶相比,术后肿瘤细胞的残留率和复发率较高[5],而且残癌细胞在经历亚致死性热应激之后能够恢复活性,其增殖、迁移、上皮细胞-间充质转化等生物学活性甚至增强[6-7]。单纯通过RFA治疗的HCC病人长期预后仍不满意,较高的术后复发率成为其进一步扩大应用范围的瓶颈。因此,寻求如何最大程度的降低消融术后复发、提高消融治疗的疗效至关重要。

为降低HCC消融术后复发率,我们提出了一项全新的消融技术——基于门静脉流域的亚肝段射频消融(subsegmental radiofrequency ablation, SS-RFA)[8]。该项技术以基于门静脉流域的肝脏解剖为基础,根据术前增强CT三维重建、流域分析技术,精准定位并消融肿瘤病灶及其所在亚肝段的供血Glisson鞘,通过消融肿瘤病灶产生的凝固性坏死和消融Glisson鞘后亚肝段肝实质的缺血性坏死最终毁损整个肿瘤所在亚肝段,达到类似外科解剖性肝切除的效果,以最大程度减少术后的复发率,提高病人的生存获益。

在既往的相关报道中我们已经证实了该技术的安全性和可行性[8],但受限于较短的随访时间及缺少与常规RFA的对比,SS-RFA理论上更好的疗效和应用前景未得到进一步的证实。在本研究中,我们对比了接受SS-RFA和常规RFA病人术后短期及远期疗效,进一步评估该项新技术的疗效及应用前景。

资料与方法

一、研究对象

前瞻性纳入2022年10月至2024年7月在陆军军医大学第一附属医院接受SS-RFA或常规RFA治疗的HCC病人。纳入标准为:(1)性别不限,年龄18～75岁;(2)根据美国肝病研究学会(AASLD)标准,通过临床或病理诊断为HCC,单发肿瘤,最大径≤5 cm;(3)过去3个月内无胃肠道出血史,胃镜无显著胃肠道溃疡,粪便隐血阴性;(4)肝功能Child-Pugh A级(<7分)。排除标准:(1)严重心肺疾病、凝血障碍、门脉高压;(2)美国麻醉医师学会(ASA)评分>3;(3)术前影像学检查显示病灶靠近周围重要器官;(4)肝外转移或肝血管癌栓。本项前瞻性的单中心研究已获得陆军军医大学第一附属医院伦理委员会批准[批件号:(A)KY2022152)]。治疗前均获得病人的知情同意。

二、治疗方案

(一)门脉流域的SS-RFA

所有SS-RFA手术均由一名拥有20年以上常规RFA经验的肝胆外科医生使用同一台消融设备完成。术前通过三维重建和流域分析(IQQA-3D, EDDA科技)明确肿瘤及其所在亚肝段位置关系,选择待消融的Glisson鞘,制定消融方案。所有消融治疗均在监护麻醉下进行,SS-RFA前,通过超声造影(CE-US)确定肿瘤病灶及待消融亚肝段Glisson鞘位置,随后在超声引导下,将射频电极(LDDJS3-0200300A,绵阳立德电子有限公司)经皮插入待消融Glisson鞘与肿瘤病灶间距≤10 mm处。随后将另一根射频电极插入肿瘤病灶靠近待消融Glisson鞘一端,两电极间距≤20 mm。首先激活插入Glisson鞘的电极3～5 min,待Glisson鞘完全消融后,取出电极并重新插入距离另一电极约20 mm远的肿瘤病灶中,同时激活两根电极5～8 min。治疗结束后撤出消融电极同时进行针道消融。在SS-RFA后15～30 min复查CE-US,评估消融灶周围是否存在异常强化以确保完全消融,发现病灶残留立即补充消融以达到完全消融。消融术后第2天,再次复查CE-US以确保肿瘤和Glisson鞘均完全消融。术后第3天复查上腹部增强CT,再次行三维重建,与术前三维图像对比分析亚肝段消融情况,如图1。

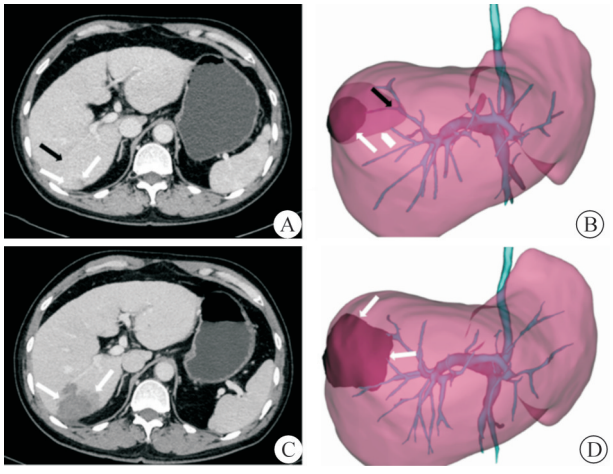


图 1　1 例 59 岁男性病人因肝 S7 段单发肝细胞癌（22 mm×19 mm）行亚肝段射频消融术治疗　A. 术前上腹部增强 CT 示肿瘤病灶（白色箭头所示）及邻近门静脉分支/Glisson 鞘位置（黑色箭头所示）；B. 三维重建显示肿瘤病灶（白色长箭头所示）、肿瘤所在亚肝段流域（白色短箭头所示）及其对应亚段 Glisson 鞘（黑色箭头所示）的位置；C. 亚肝段射频消融术后第 3 天上腹部增强 CT 显示消融灶（白色箭头所示）情况；D. 三维重建显示消融灶情况

（二）常规 RFA

所有常规 RFA 手术均由同一名拥有 20 年以上 RFA 经验的肝胆外科医生在同一台消融设备上完成。消融前通过 CE-US 首先定位拟消融病灶，选择避开大血管、胆管和邻近器官的最佳进针路径。在超声引导下将 1～2 根消融电极（LDDJS3-0200300A，绵阳立德电子有限公司）经皮穿刺插入病灶最大横截面进行消融。消融电极数目及消融时间视病灶大小而定：病灶最大径＜1.5 cm 时，使用 1 根电极进行穿刺和消融，消融功率设定为 120 W，消融时间 3 min；当肿瘤大于 1.5 cm 且小于 5 cm 时，使用 2 根电极进行穿刺和消融，消融功率设定为 180 W，消融时间为 5～8 min。术中超声实时监控消融过程，消融结束拔出电极时进行针道消融。术后 15～30 min 复查 CE-US，如发现病灶残留，补充消融以实现完全消融。术后第 2 天，再次复查 CE-US 明确是否存在病灶残留。

三、术后随访

所有病人术后 1 个月行上腹部增强 CT 或钆塞酸二钠注射液（普美显）增强磁共振检查，观察消融灶周围是否存在异常强化，明确病灶是否完全消融。完全消融的病人进入后续随访，每 3 个月复查一次，复查项目包括常规的血清学检验（血常规、肝肾功能、凝血功能、甲胎蛋白、异常凝血酶原，乙型肝炎病人需监测乙型肝炎五项和乙型肝炎病毒 DNA 定量检测），以及至少 1 种影像学检查（腹部 CE-US、普美显增强 MRI 或上腹部增强 CT）。此外，每半年需加做一次胸部 CT 平扫。

四、疗效评估

术后短期疗效主要通过并发症发生率及肝功能指标变化情况进行评估。根据 Clavien-Dindo 分级系统对消融术后并发症进行分级：≤Ⅱ级的为轻微并发症，＞Ⅱ级的为严重并发症。肝功能指标主要关注病人术前、术后第 1 天、术后 1 个月、术后 4 个月转氨酶、白蛋白、总胆红素的变化情况。

术后远期疗效主要通过对比两组病人术后 1、2 年无复发生存率进行评估。无复发生存期被定义为接受本次 RFA 治疗与术后肿瘤初次复发之间的时间间隔。本研究的末次随访日期为 2025 年 12 月 31 日，此时未复发病人视为删失。随访时间小于 1 年的病人视为失访。

五、统计学方法

所有数据分析过程均使用 R 软件（4.41 版）完成。首先对所有连续变量进行正态性检验，对于服从正态分布的连续变量，采用 $\bar{x}\pm s$ 表示，组间比较使用两独立样本 t 检验或配对 t 检验；不满足正态分布的连续变量以四分位数[$M(Q_1, Q_3)$]表示，组间差异采用 Mann-Whitney U 检验；分类变量以例（%）表示，组间比较选用 Fisher 确切概率法。生存曲线采用 Kaplan-Meier 方法构建，使用 log-rank 检验比较 SS-RFA 组和 RFA 组无复发生存率差异。双侧检验 $P<0.05$ 被视为差异有统计学意义。

结　果

一、纳入病人的基本特征

共 34 例 HCC 病人被纳入本研究，其中 17 例病人接受了 SS-RFA 治疗，另外 17 例病人接受了常规 RFA 治疗。两组病人的基线特征见表 1。SS-RFA 组病人多为初发肝癌，而 RFA 组病人多为复发性肝癌，其余基线资料组间差异均无统计学意义（均 $P>0.05$）。

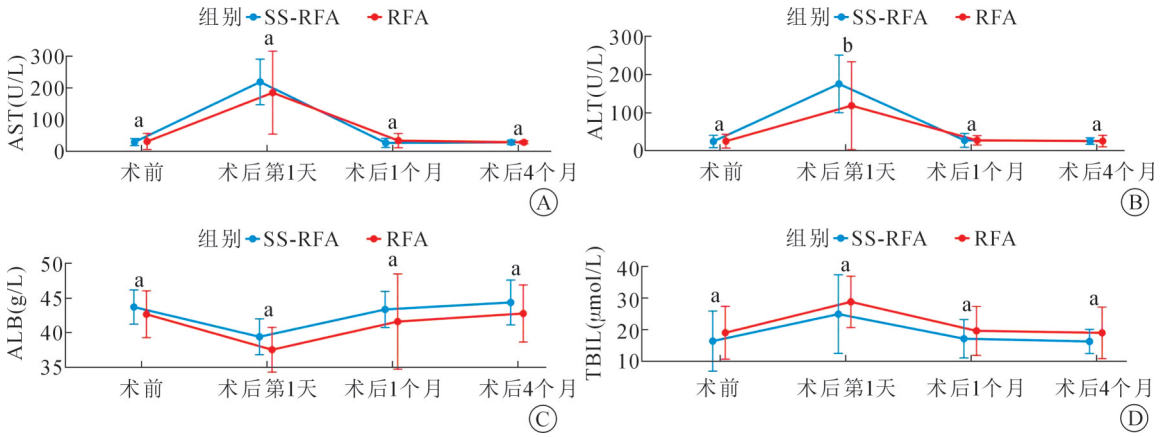
二、术后肝功能变化情况

围术期两组病人转氨酶、白蛋白和总胆红素的变化趋势一致。均在术后第 1 天有较为明显的波动，术后 1 个月复查恢复至术前水平，术后 4 个月较术前同样没有明显波动。唯一不同的是 SS-RFA 组病人术后第 1 天谷丙转氨酶（ALT）较 RFA 组升高更为显著（$P<0.01$）。（图 2）

表 1　两组单发早期肝细胞癌病人基线资料对比

变量	SS-RFA 组（17 例）	RFA 组（17 例）	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
性别[例（%）]				＞0.999[b]
女	4（24）	5（27）		
男	13（76）	12（71）		
年龄（$\bar{x}\pm s$，岁）	57.35±10.54	56.41±9.54	0.273	0.787
身高（$\bar{x}\pm s$，cm）	165.03±6.77	162.74±8.48	0.871	0.390
体重（$\bar{x}\pm s$，kg）	63.91±9.69	61.82±11.56	0.572	0.571
AST（U/L）[a]	30.1（24.9，36.0）	31.9（26.2，51.6）	121.5	0.438
ALT（U/L）[a]	25.7（18.7，34.8）	26.3（18.8，36.8）	138.5	0.850
白蛋白（$\bar{x}\pm s$，g/L）	43.72±2.47	42.68±3.39	1.029	0.312
总胆红素（μmol/L）[a]	14.2（11.3，17.9）	16.6（14，20.6）	105.0	0.179
PT（$\bar{x}\pm s$，s）	11.16±0.76	11.51±0.78	－1.349	0.187
Child-Pugh 得分[例（%）]				＞0.999[b]
5 分	16（94）	15（88）		
6 分	1（6）	2（12）		
血小板计数（$\bar{x}\pm s$，$\times10^9$/L）	169.88±57.52	137.41±54	1.697	0.099
甲胎蛋白（μg/L）[a]	7.52（3.27，181.9）	5.25（3.57，52.4）	157.5	0.667
PIVKA-Ⅱ（μg/L）[a]	44.0（26.0，66.0）	41.5（32.0，62.0）	158.5	0.641
初发/复发[例（%）]				＜0.001[b]
初发	14（82）	3（18）		
复发	3（18）	14（82）		
肿瘤最大径（$\bar{x}\pm s$，mm）	23.41±8.8	19.71±6.53	1.395	0.173

注：AST. 谷草转氨酶；ALT. 谷丙转氨酶；PT. 凝血酶原时间；PIVKA-Ⅱ. 维生素 K 缺乏或拮抗剂-Ⅱ诱导蛋白；SS-RFA. 亚肝段射频消融术；RFA. 射频消融术；[a]数据采用 $M(Q_1,Q_3)$ 表示；[b]组间对比采用 Fisher 确切概率法。



注：SS-RFA. 亚肝段射频消融术；RFA. 射频消融术；两组间比较，[a]$P>0.05$；[b]$P<0.01$。

图 2　SS-RFA 组与 RFA 组肝细胞癌病人围术期肝功能指标变化情况　A. 谷草转氨酶（AST）；B. 谷丙转氨酶（ALT）；C. 白蛋白（ALB）；D. 总胆红素（TBIL）

三、术后并发症发生情况

两组病人术后均未发生严重并发症。SS-RFA 组中，术后胸部 CT 检查显示有 3 例病人出现肺部炎症，其中 2 例无明显症状且未接受治疗，1 例伴有发热症状，最高体温为 38.4 ℃，经过抗感染治疗后出院；8 例病人术后出现发热症状（含上述发热 1 例），其中 4 例最高体温高于 38.5 ℃，在接受了退热或抗生素治疗后顺利出院。术后 6 例病人出现少量胸腔积液，考虑到积液较少且病人均未诉不适，未给予特殊处理。RFA 组中，1 例病人出现无症状胸腔积液，1 例病人术后发热（最高体温 38.2 ℃），均未行特殊处理。

SS-RFA 组病人肿瘤最大径与 RFA 组无明显差异，但 SS-RFA 组消融灶最大径无论是术后 15 mim 还是术后 2 d 均大于 RFA 组（均 $P>0.01$），见表 2。

四、术后远期疗效

术后中位随访时间为 25.3 个月（95%*CI*：23.3～28.5），随访期间无病人死亡。术后共 11 例（32.4%）病人出现肿瘤复发，1 年、2 年总体无复发

表 2　两组肝细胞癌病人肿瘤最大径及术后消融灶最大径对比($\bar{x}\pm s$, mm)

组别	例数	肿瘤最大径	术后 15 min 消融灶最大径	术后 2 d 消融灶最大径
SS-RFA 组	17	23.41±8.8	47.85±7.32	54.85±10.20
RFA 组	17	19.71±6.53	38.18±5.84	42.24±5.29
t 值	-	1.395	4.255	4.528
P 值	-	0.173	<0.001	<0.001

注：SS-RFA. 亚肝段射频消融术；RFA. 射频消融术；术后消融灶直径（最大径）均由超声造影检查测得。

生存率分别为 88.2%、69.7%。SS-RFA 组的复发人数为 2 例（11.8%），其 1 年无复发生存率为 94.1%，2 年为 88.2%。RFA 组术后共为 9 例（52.9%）复发。相应的 1 年、2 年无复发生存率分别为 82.4% 和 50.2%。SS-RFA 组无复发生存率明显高于 RFA 组（P=0.011）。（图 3、图 4）

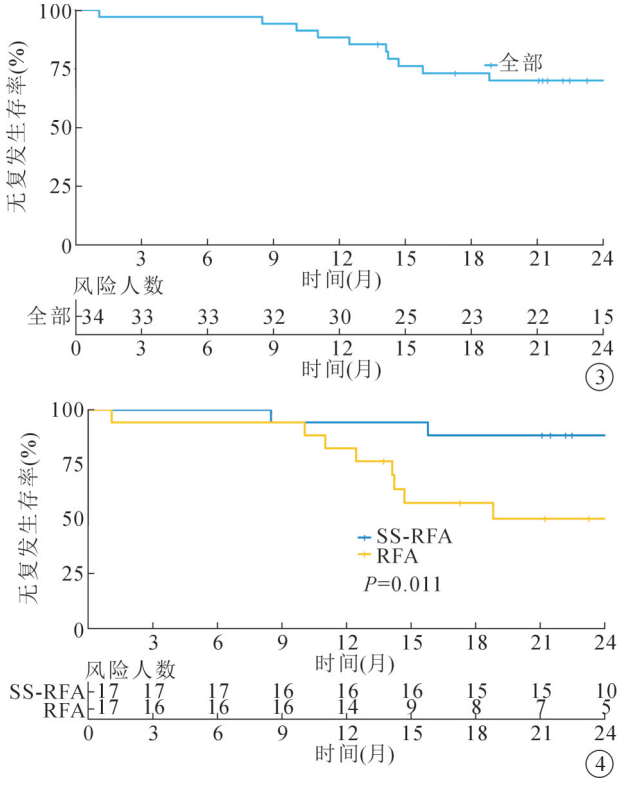


图 3　所有肝细胞癌病人的无复发生存曲线　　**图 4**　接受亚肝段射频消融术（SS-RFA）与射频消融术（RFA）的肝细胞癌病人间无复发生存曲线对比

讨　论

我们提出了一种全新的基于门脉流域的亚肝段消融技术，结合门静脉流域的肝脏解剖特点以亚肝段作为最小解剖单位进行消融，旨在破坏肿瘤及其所在亚肝段内的所有潜在微转移和微血管侵犯，以降低消融术后复发率。既往研究中我们初步证实了 SS-RFA 是一种可行且安全的技术[8]。本研究中我们通过对比 SS-RFA 和常规 RFA 术后病人肝功能指标变化情况、术后并发症发生率及术后无复发生存率，进一步验证了 SS-RFA 的安全性和有效性。相较于常规 RFA，尽管 SS-RFA 术后发热、无症状胸腔积液等不良反应发生率更高，但并未观察到病人术后出现严重并发症。SS-RFA 组病人术后复发率明显低于 RFA 组，无复发生存期显著提升。

SS-RFA 的理论基础在于基于门静脉流域的肝脏解剖。门静脉流域肝段指 3 级 Glisson 鞘的门静脉流域所供应的三维空间区域[9-10]，在此基础上，门静脉流域亚肝段指 4 级 Glisson 鞘供应的锥型区域，其顶端位于该亚肝段 4 级肝蒂的起始部，是可切除的理想最小单位[11]。此外，作为一个独立的功能单元，在生理条件下，各 Glisson 系统之间几乎没有（或只有极少数）交通支。一旦 Glisson 鞘被消融，可清晰观察到相应肝节段的缺血分界[12]。通过利用三维重建技术立体展示肿瘤病灶和血管结构[13-14]，可实现准确的术前规划（即消融哪支 Glisson 鞘）。根据术前计划，我们首先消融 Glisson 鞘完全阻断亚肝段的血供，继而完成肿瘤消融，通过术中消融产生的凝固性坏死和术后的缺血性坏死，获得了类似肿瘤所在亚肝段的锥形坏死区。

术后两组病人肝功能相关指标变化趋势基本一致，SS-RFA 组仅 ALT 术后第 1 天高于常规 RFA 组，术后 1 个月同样恢复至术前水平。该结果表明同常规消融一样，SS-RFA 对病人肝功能的影响为一过性、可逆的。尽管较常规 RFA 组病人术后不良反应发生率更高，但所有病人均未出现严重并发症，我们初步认为这种新的消融方法是安全的。然而，由于 SS-RFA 相对较大的消融面积，理论上可能导致术后更为严重的肝功能损伤和更高的严重并发症发生率；另一方面，亚肝段 Glisson 鞘的消融同样存在术后肝内出血、胆漏等风险。但相关风险仍需后续更大的样本量进行对比分析。

SS-RFA 组术后 2 年无复发生存率为 88.2%，明显高于 RFA 组对应的 50.2%，既往文献研究也得到较低的术后复发率[15]。取得这样的疗效，我们认为可能归因于以下 3 个方面。（1）HCC 的转移特点为沿门静脉流域在肝内播散，也是 HCC 术后局部复发率高的重要原因之一[16-17]。SS-RFA 首先消融肿瘤所在亚肝段 Glisson 鞘，阻断了肿瘤沿门静脉流域转移的途径，同时可能降低在肿瘤消融过程中由于肿瘤内压力升高而引发的微转移。（2）肝癌细胞恶

性程度高，极易侵犯门静脉导致微血管侵犯而术后早期复发[18]，既往研究显示即使病灶最大径＜2 cm的小肝癌，微血管侵犯的发生率也高达26.5%[19]。而采用SS-RFA后，亚肝段被毁损间接导致了更大的消融范围，可能得到更大的安全边缘，消除了潜在的微转移灶和微血管浸润。(3)Glisson鞘被消融后阻断了其对应亚肝段血供，进一步减少了消融肿瘤时的热沉效应[20-21]，间接增加局部热量积累，以确保更加彻底的肿瘤细胞不可逆损伤。

我们的研究存在一定的局限性。首先，既往研究已证实HCC术后复发再次接受RFA治疗术后无复发生存率低于初发病人，而两组病人基线数据中肿瘤初发和复发比例存在明显差异，由于未达到既定入组人数，较小的样本量我们无法进行统计学的校正，可能会对研究结果造成潜在偏倚。后续需要进一步优化研究方案进行大样本量的前瞻性随机对照研究进一步明确SS-RFA相较于常规RFA的优势。其次，术中精确定位选定的Glisson鞘和术后消融边缘评估对于SS-RFA非常重要。由于缺少三维融合成像，仅通过术中CE-US定位Glisson鞘具有主观性；尽管存在较大的RFA范围，但足够的三维消融边界仍未得到证实。第三，SS-RFA目前仍处于初步实施阶段，消融术由我中心经验丰富的外科医生进行，技术上需要标准化和持续改进。尽管如此，本研究仍显示，SS-RFA治疗单发早期HCC病人安全有效，对比常规RFA可提供更长的无复发生存期。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参　考　文　献

[1] Chan SL, Sun HC, Xu Y, et al. The Lancet Commission on addressing the global hepatocellular carcinoma burden: comprehensive strategies from prevention to treatment [J]. Lancet, 2025, 406(10504): 731-778. DOI: 10.1016/S0140-6736(25)01042-6.

[2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政司. 原发性肝癌诊疗指南(2024年版)[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(4): 429-478. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.

[3] 陈敏山，李锦清，梁惠宏，等. 经皮射频消融与手术切除治疗小肝癌的疗效比较[J]. 中华医学杂志, 2005, 85(2): 80-83. DOI: 10.3760/j:issn:0376-2491.2005.02.003.

[4] Nault JC, Sutter O, Nahon P, et al. Percutaneous treatment of hepatocellular carcinoma: State of the art and innovations [J]. J Hepatol, 2018, 68(4): 783-797. DOI: 10.1016/j.jhep.2017.10.004.

[5] Hu LB, Lin JY, Wang AD, et al. Comparison of liver resection and radiofrequency ablation in long-term survival among patients with early-stage hepatocellular carcinoma: a meta-analysis of randomized trials and high-quality propensity score-matched studies[J]. World J Surg Oncol, 2024, 22(1): 56. DOI: 10.1186/s12957-024-03330-8.

[6] Yoshida S, Kornek M, Ikenaga N, et al. Sublethal heat treatment promotes epithelial-mesenchymal transition and enhances the malignant potential of hepatocellular carcinoma[J]. Hepatology, 2013, 58(5): 1667-1680. DOI: 10.1002/hep.26526.

[7] Dong SY, Kong J, Kong FD, et al. Insufficient radiofrequency ablation promotes epithelial-mesenchymal transition of hepatocellular carcinoma cells through Akt and ERK signaling pathways[J]. J Transl Med, 2013, 11: 273. DOI: 10.1186/1479-5876-11-273.

[8] Xiao SJ, Yan YZ, Tang CL, et al. Subsegmental radiofrequency ablation: a novel ablation technique based on portal territory for treatment of hepatocellular carcinoma[J]. Int J Hyperthermia, 2025, 42(1): 2564925. DOI: 10.1080/02656736.2025.2564925.

[9] Morimoto M, Monden K, Wakabayashi T, et al. Minimally invasive anatomic liver resection: Results of a survey of world experts[J]. J Hepatobiliary Pancreat Sci, 2022, 29(1): 33-40. DOI: 10.1002/jhbp.1094.

[10] Gotohda N, Cherqui D, Geller DA, et al. Expert Consensus Guidelines: how to safely perform minimally invasive anatomic liver resection[J]. J Hepato Biliary Pancreat, 2022, 29(1): 16-32. DOI: 10.1002/jhbp.1079.

[11] 曹君，王宏光，梁霄，等. 门静脉流域解剖性肝切除治疗肝细胞癌的理论与技术实践[J]. 中华消化外科杂志, 2022, 21(5): 591-597. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20220413-00202.

[12] Chen JY, Luo YK, Cai SW, et al. Ultrasound-guided radiofrequency ablation of the segmental Glissonian pedicle: a new technique for anatomic liver resection[J]. Surgery, 2016, 159(3): 802-809. DOI: 10.1016/j.surg.2015.09.020.

[13] 肖亮，谭盛，米星宇，等. 三维可视化技术联合荷瘤门静脉流域分析在腹腔镜解剖性肝切除中的应用[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(1): 30-39. DOI: 10.7659/j.issn.1005-6947.2023.01.002.

[14] 龚昭，夏辉，周程，等. IQQA(R)-Liver系统在超声引导腹腔镜辅助下肝肿瘤射频消融术中的应用[J]. 腹部外科, 2015, 28(2): 98-102. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5591.2015.02.008.

[15] Li K, Long YL, He XQ, et al. Comparison of anatomical thermal ablation and routine thermal ablation for hepatocellular carcinoma≤50 mm: a propensity score matching[J]. Hepatol Res, 2022, 52(7): 641-651. DOI: 10.1111/hepr.13772.

[16] Mitsunobu M, Toyosaka A, Oriyama T, et al. Intrahepatic metastases in hepatocellular carcinoma: the role of the portal vein as an efferent vessel[J]. Clin Exp Metastasis, 1996, 14(6): 520-529. DOI: 10.1007/BF00115112.

[17] Shindoh J, Makuuchi M, Matsuyama Y, et al. Complete removal of the tumor-bearing portal territory decreases local tumor recurrence and improves disease-specific survival of patients with hepatocellular carcinoma[J]. J Hepatol, 2016, 64(3): 594-600. DOI: 10.1016/j.jhep.2015.10.015.

[18] Erstad DJ, Tanabe KK. Prognostic and therapeutic implications of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma[J]. Ann Surg Oncol, 2019, 26(5): 1474-1493. DOI: 10.1245/s10434-019-07227-9.

（下转第233页）