

·医学数据科学·

经皮微波消融与射频消融治疗肝癌的 Meta 分析

潘武¹, 强勇¹, 阳圆圆²(荆门市人民医院肝胆胰外科¹, 甲乳外科², 湖北 荆门 448000)

摘要:目的 比较微波消融和射频消融治疗肝癌的疗效。方法 计算机检索 Pubmed 数据库、Embase 数据库、Cochrane 图书馆、知网和万方数据库所发表的关于微波消融对比射频消融治疗肝癌的随机对照试验(RCTs),检索时限为数据库建库之日至 2022 年 6 月。采用 Stata 16.0 和 Review Manager 5.4 软件进行 Meta 分析。结果 最终纳入 12 篇 RCTs,总计 1395 例患者。两种消融方法完全消融率比较,差异无统计学意义($OR=1.41, 95\%CI: 0.93-2.12, P=0.10$);相较于射频消融,微波消融消融时间更短($MD=-10.18, 95\%CI: -14.52--5.83, P<0.01$);两种消融方法 1 年总体生存率($OR=1.55, 95\%CI: 0.86-2.78, P=0.14$)、3 年总体生存率($OR=0.93, 95\%CI: 0.62-1.38, P=0.71$)、无复发生存率($OR=0.72, 95\%CI: 0.48-1.08, P=0.11$)、主要不良事件($OR=1.99, 95\%CI: 0.75-5.29, P=0.17$)、肝局灶性坏死($OR=0.34, 95\%CI: 0.03-3.29, P=0.35$)、皮肤灼伤($OR=1.48, 95\%CI: 0.41-5.40, P=0.55$)、包膜下血肿($OR=0.42, 95\%CI: 0.12-1.45, P=0.17$)比较,差异无统计学意义。结论 在肝癌患者的治疗效果方面,两种消融方法无明显差异,微波消融消融时间更短。

关键词:微波消融;射频消融;完全消融率;随机对照试验

中图分类号:R735.7

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2024.20.003

文章编号:1006-1959(2024)20-0020-08

Meta-analysis of Percutaneous Microwave Ablation and Radiofrequency Ablation
in the Treatment of Liver CancerPAN Wu¹, QIANG Yong¹, YANG Yuanyuan²(Department of Hepatobiliary Surgery¹, Department of Thyroid Breast Surgery², Jingmen People's Hospital,
Jingmen 448000, Hubei, China)

Abstract: Objective To compare the efficacy of microwave ablation and radiofrequency ablation in the treatment of liver cancer. Methods The randomized controlled trials (RCTs) on microwave ablation versus radiofrequency ablation for liver cancer published in Pubmed database, Embase database, Cochrane library, CNKI and Wanfang database were searched by computer from the date of database establishment to June 2022. Meta-analysis was performed using Stata 16.0 and Review Manager 5.4 software. Results A total of 12 RCTs involving 1395 patients were included. There was no significant difference in complete ablation rate between the two ablation methods ($OR=1.41, 95\%CI: 0.93-2.12, P=0.10$). Compared with radiofrequency ablation, microwave ablation had shorter ablation time ($MD=-10.18, 95\%CI: -14.52 to -5.83, P<0.01$). While there was no significant difference in 1-year overall survival rate ($OR=1.55, 95\%CI: 0.86-2.78, P=0.14$), 3-year overall survival rate ($OR=0.93, 95\%CI: 0.62-1.38, P=0.71$), and recurrence-free survival rate ($OR=0.72, 95\%CI: 0.48-1.08, P=0.11$), major adverse events ($OR=1.99, 95\%CI: 0.75-5.29, P=0.17$), focal liver necrosis ($OR=0.34, 95\%CI: 0.03-3.29, P=0.35$), skin burns ($OR=1.48, 95\%CI: 0.41-5.40, P=0.55$), and subcapsular hematoma ($OR=0.42, 95\%CI: 0.12-1.45, P=0.17$) between the two ablation methods. Conclusion There is no significant difference between the two ablation methods in the treatment of patients with liver cancer, but the microwave ablation time is shorter.

Key words: Microwave ablation; Radiofrequency ablation; Complete ablation rate; Randomized controlled trials

肝癌(liver cancer)是全球所有癌症类型中第三大死亡原因^[1],外科手术是肝癌根治性治疗的首选治疗方法,但多数患者合并不同程度的肝硬化,部分患者不能耐受手术。在部分早期肝癌患者中消融可获得与手术切除类似的疗效^[2]。自 1992 年来,射频消融(RFA)是经皮肝消融的最常见方式^[3]。而微波消融

(MWA)因其效率、简单性和降低“烧焦”风险的能力以及“热沉”效应受到欢迎^[4],且可用于血管附近的肿瘤。2015 年郭志远等^[5]的回顾性研究表明,RFA 与 MWA 局部复发及完全消融率比较,差异不大。2022 年王敏等^[6]的研究报告了有利于 MWA 的结果^[6]。但目前 RFA 与 MWA 相比治疗肝癌效果和安全性结论尚不统一。最近,比较两种治疗方法的随机对照试验陆续发表^[7-9],这些临床研究的结果并不一致。Kamal A 等^[7]的研究表明 MWA 操作时间明显短于 RFA;黄锦梅等^[8]的研究提示在肿瘤直径<3 cm 亚组,WMA 消融效果优于 RFA;而 Vietti Violi N 等^[9]的研究表明在局部肿瘤进展及术后并发症方面无统计学差异。基于此,本研究现对微波消融和射频消融

基金项目:2021 年度荆门市引导性科研计划项目(编号:2021YD-KY013)

作者简介:潘武(1992.10-),男,湖北荆门人,硕士,主治医师,主要从事肝胆外科疾病研究

通讯作者:阳圆圆(1991.7-),女,湖北荆门人,硕士,主治医师,主要从事普外科疾病研究

治疗肝癌的文献进行 Meta 分析,旨在为肝癌的治疗提供循证医学证据。

1 资料与方法

1.1 检索策略 计算机检索 Pubmed、The Cochrane Library、Embase、知网、万方数据库和中国生物医学文献数据库(CBM),不作语言限制,检索时间为数据库建库至 2022 年 6 月。仅纳入研究微波消融对比射频消融治疗肝癌的随机对照试验。首要结局指标有完全消融率;次要结局指标包括 1 年总体生存率、3 年总体生存率、无复发生存率、消融操作时间、主要不良事件、肝局灶性坏死、皮肤灼伤、包膜下血肿、肝区疼痛和需要栓塞的出血。检索的关键词及主题词有:微波消融、射频消融、肝细胞癌、肝癌、随机对照试验;microwave coagulation、microwave ablation、radiofrequency ablation、hepatocellular carcinoma、Hepatocellular cancer、random、randomized controlled trial、RCT。另外,检索了相关观察性研究、综述、Meta 分析及纳入文章的参考文献。本研究遵循 Cochrane 系统评价手册及 PRISMA 原则^[10,11]。由 3 位作者分别进行文献检索、数据提取、质量评估和统计分析。若存在争议,由团队中所有人共同讨论并达成共识。

1.2 纳入及排除标准 纳入标准:①比较微波消融和射频消融治疗肝癌的随机对照试验;②无肝外转移;③均为经皮消融操作。排除标准:①患者正在进行放疗、靶向或免疫治疗及肝动脉栓塞化疗(TACE);②个案报道、综述、动物实验等;③无法提取到结局指标的文献。

1.3 数据提取和质量评价 提取的数据包括:人口统计学特征、第一作者及文献发表时间、样本量、肿瘤大小、病灶数、肝功能 Child-pugh 分级占比情况等,以 Excel 表格形式呈现。通过使用 Cochrane 风险偏倚工具来评价纳入文献的质量^[12],包括以下几个方面:随机序列的产生,分配隐藏,研究人员、患者的盲法,结果评估者的盲法,不完整的结局指标,选择性报告。每篇纳入文献的 6 个方面同时被评估为低风险,则该文献被视为低风险偏倚;否则该文献被视为不清楚或高风险偏倚。

1.4 统计学方法 运用 Stata 16.0 和 Review Manager 5.4 进行统计学分析。采用比值比(OR)和均数差(WMD)及 95%可信区间(CI)呈现 Meta 分析的各结局指标。采用 χ^2 检验对各研究进行异质性检验。若研究间无统计学异质性($P>0.05$, $I^2\leq 50\%$),采用固

定效应模型进行 Meta 分析;若研究间有异质性($P<0.05$, $I^2>50\%$),采用随机效应模型进行 Meta 分析,并通过亚组分析、敏感性分析寻找异质性来源。亚组分析根据以下几个方面,样本量 <100 和 >100 ,低风险偏倚和不清楚、高风险偏倚,肿瘤大小 <3 cm 和 >3 cm。Meta 分析的更新必然涉及到累计数据的重复分析计算,这样会导致假阳性和随机误差的风险^[13],在纳入较小样本量时更突出。故将试验序贯分析(TSA)应用于 Meta 分析,以监测和纠正潜在的随机误差,并估计当前的证据是否足够可靠和稳健。其次,TSA 能计算得到期望信息量(RIS),RIS 指获得统计学差异所需的样本量。本研究中,设置 I 类错误 $\alpha=0.05$, II 类错误 $\beta=0.2$ 来计算 RIS 值,应用 TSA 软件(<http://www.ctu.dk/tsa>)进行试验序贯分析。通过漏斗图、Begg 和 Egger 检验来检测发表性偏倚。

2 结果

2.1 文献检索结果 文献检索流程见图 1。共检索到 345 篇文献,去除重复的文献后剩余 211 篇,仔细阅读标题和摘要后,去掉 169 篇,剩余 42 篇,仔细核对后排除了 30 篇文献,包括腹腔镜消融或开腹消融手术,射频消融、微波消融和经肝动脉化疗栓塞(TACE)间的对比,以及无法提取数据的文献,最终纳入 12 篇文献^[7-9,14-22]。



图 1 文献筛选流程图

2.2 纳入研究的基本特征及风险偏倚 纳入文献的发表时间为 2002-2019 年,患者人数为 40-403 例。纳入的研究中,6 篇来源于中国,其余 5 篇来源于国外,1 篇为多中心研究。所有入组患者 Child-Pugh 分

级为 A 或 B 级。此外,纳入研究的样本量分布、年龄特征、肿瘤大小、病灶数均有所不同,纳入研究的特征见表 1。7 项研究采取了合适的随机化方法,2 项研究运用密封好的信封进行分配隐藏。由于医生与

患者的盲法对完全消融率这一结局指标没有很大的影响,因此在所有的研究中,此项目为低风险偏倚。总体上,1 项研究为低风险偏倚,11 项为不清楚的风险偏倚,无高风险偏倚研究,见图 2、图 3。

表 1 纳入研究的基本特征

研究	国家	组别	样本量	年龄(岁)	肿瘤大小 (cm)	病灶数	Child-pugh 分级 (A/B/C)	结局指标
Kamal A 2019 ^[7]	埃及	RFA	28	55	3.28±0.91	34	22/6/0	①②③⑤⑥
		MWA	28	55	3.25±0.92	34	22/6/0	
黄锦梅 2019 ^[8]	中国	RFA	37	58.58±9.99	2.82±1.23	48	26/11/0	①
		MWA	37	57.54±9.24	2.72±1.35	44	27/10/0	
Violi NV 2018 ^[9]	法国,瑞士	RFA	73	65	1.8±0.71	104	53/20/0	①⑤⑦⑨
		MWA	71	68	1.8±0.65	98	57/14/0	
田文硕 2014 ^[14]	中国	RFA	120	55	2.2±0.9			①②⑤⑧
		MWA			2.6±1.3			
王喜功 2015 ^[15]	中国	RFA	46	57.82±9.63	2.7±1.2	56	34/12/0	①②⑤
		MWA	46	58.43±9.36	2.7±1.3	60	33/13/0	
徐 娟 2016 ^[16]	中国	RFA	43	57.43±9.16	2.7±1.2	56	32/11/0	①⑤
		MWA	48	56.82±9.53	2.6±1.1	58	34/14/0	
古琼芳 2010 ^[17]	中国	RFA	25	47	3.5±1.1		38/4/0	①③④
		MWA	35					
沈 桢 2016 ^[18]	中国	RFA	67	55.27±14.13	4.14±1.17	86	41/26/0	①②③④⑤⑧
		MWA	65	56.84±12.56	4.22±1.34	83	38/27/0	
Shibata T 2002 ^[19]	日本	RFA	36	63.6	2.3	48	21/15/0	①②⑤⑥⑦⑧⑨
		MWA	36	62.5	2.2	46	19/17/0	
Abdelazizi A 2014 ^[20]	埃及	RFA	45	56.8	2.95±1.03	52	24/21/0	①③⑧⑨
		MWA	66	53.6	2.9±0.97	76	25/41/0	
Di Vece F 2013 ^[21]	意大利	RFA	20	59	3.2(2.3, 6.4)	20		①
		MWA	20	63	3.6(2.2, 6.9)	20		
Yu J 2017 ^[22]	中国	RFA	200		2.6±1	251		①②③④⑤⑥
		MWA	203		2.7±1	265		

注:①完全消融率;②消融时间;③1 年总生存率;④3 年总生存率;⑤无复发生存率;⑥主要不良事件;⑦肝局灶性坏死;⑧皮肤灼伤;⑨包膜下血肿。

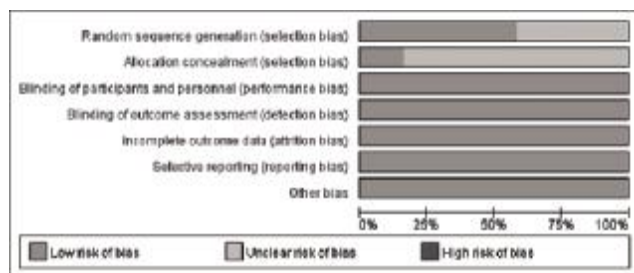


图 2 偏倚风险评价图

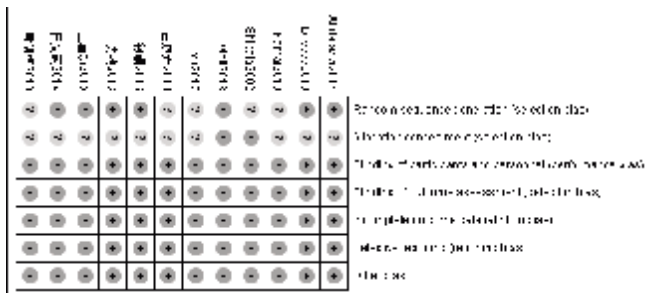


图 3 偏倚风险总结图

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 完全消融率(CR) 12 篇文献^[7-9,14-22]报道了完全消融率,异质性检验显示无明显异质性($P=0, P=0.627$),故采用固定效应模型进行 Meta 分析。结果显示两组完全消融率比较,差异无统计学意义($OR=1.41, 95\% CI: 0.93\sim 2.12, P=0.10$),见图 4。在 TSA 分析中,累计 Z

值(Z-curve)跨越了 RIS(期望信息量)边界但未跨越传统界值,表明两组疗效差异无统计学意义,见图 5。

亚组分析结果见表 2,异质性检验显示均无明显异质性,故采用固定效应模型进行 Meta 分析。结果显示各亚组完全消融率比较均无统计学差异,这和总的合并效应一致。

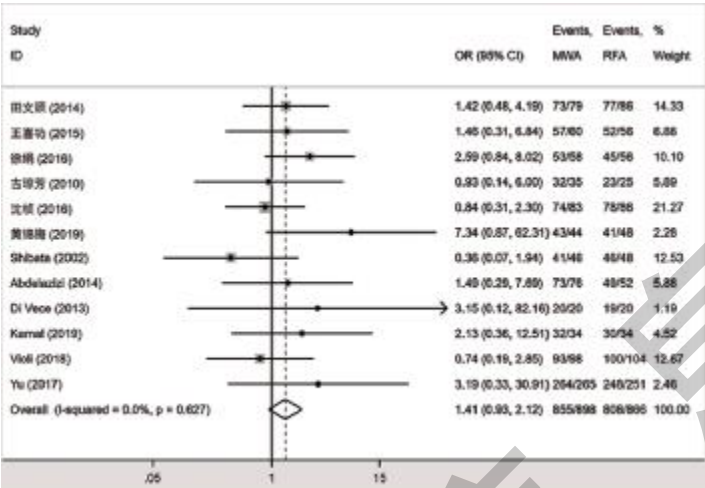


图 4 完全消融率的森林图

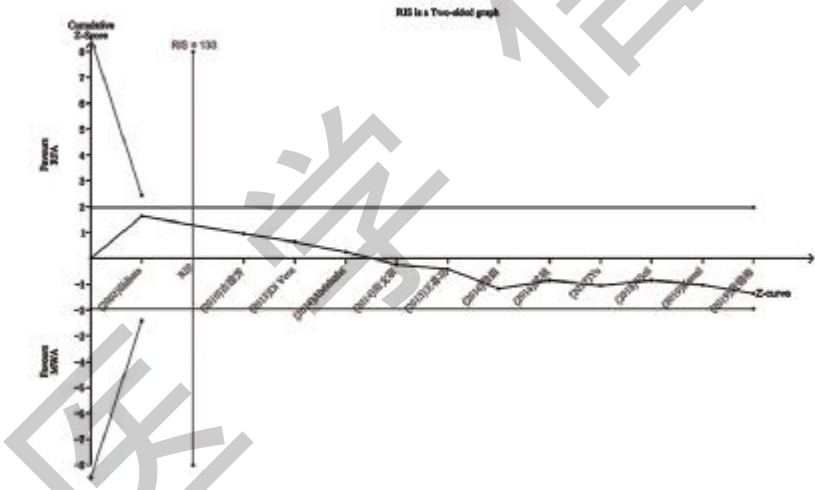


图 5 MWA 与 RFA 治疗肝癌完全消融率比较的试验序贯分析

表 2 微波消融对比射频消融术后完全消融率的亚组分析

亚组		样本量	试验数	OR(95%CI)	P	I ² (%)
完全消融率		1395	12 ^[7-9,14-22]	1.41(0.93~2.12)	0.10	0
样本量	>100	561	5 ^[9,14,18,20,22]	1.14(0.64~2.01)	0.66	0
	<100	834	7 ^[7-8,15-17,19,21]	1.76(0.97~3.18)	0.06	4.1
风险偏倚	低风险	144	1 ^[9]	0.74(0.19~2.85)	0.67	
	不清楚或高风险偏倚	1251	11 ^[7-8,14-22]	1.50(0.98~2.31)	0.06	0
肿瘤直径(cm)	>3	500	5 ^[8,15-16,18,20]	1.93(0.84~4.45)	0.12	0
	<3	560	6 ^[8,15-18,20]	1.11(0.47~2.61)	0.81	1.8

2.3.2 次要结局指标 8 篇文献^[7,9,14-16,18-19,22]报道了术后无复发生存率,异质性检验显示无明显异质性($I^2=0$, $P=0.47$),故采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示两组无复发生存率比较,差异无统计学意义($OR=0.72$, $95\%CI:0.48\sim1.08$, $P=0.11$),见图 6。5 篇文献^[7,17-18,20,22]报道了 1 年生存率,异质性检验显示无明显异质性($I^2=14.8\%$, $P=0.32$),故采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示两组 1 年生存率比较,差异无统计学意义($OR=1.55$, $95\%CI:0.86\sim2.78$, $P=0.14$),见图 7。3 篇文献^[17-18,22]报道了 3 年生存率,异质性检验显示无明显异质性($I^2=0$, $P=0.64$),故采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示两组 3 年生存率比较,差异无统计学意义($OR=0.93$, $95\%CI:0.62\sim1.38$, $P=0.71$),见图 8。6 篇文献^[7,14-15,18-19,22]报道了消融时间,异质性检验显示出较明显异质性($I^2=95.2\%$, $P<0.01$),

逐一去除研究异质性仍存在,故采用随机效应模型进行 Meta 分析,结果显示 MWA 组消融时间更短($MD=-10.18$, $95\%CI:-14.52\sim-5.83$, $P<0.01$),见图 9。

表 3 总结了全部纳入研究中与 MWA 和 RFA 相关的并发症,异质性检验显示均无明显异质性,故采用固定效应模型进行 Meta 分析,结果显示两组在节段性坏死($OR=0.34$, $95\%CI:0.03\sim3.29$, $P=0.35$)、皮肤灼伤($OR=1.48$, $95\%CI:0.41\sim5.40$, $P=0.55$)、包膜下血肿($OR=0.42$, $95\%CI:0.12\sim1.45$, $P=0.17$)、术后肝区疼痛($OR=1.11$, $95\%CI:0.73\sim1.68$, $P=0.62$)、需要栓塞的出血($OR=4.17$, $95\%CI:0.45\sim38.48$, $P=0.21$)、主要并发症($OR=1.99$, $95\%CI:0.75\sim5.29$, $P=0.17$)方面比较,差异无统计学意义。

2.4 发表性偏倚 由漏斗图可见基本对称,没有明显的发表性偏倚(Begg: $P=0.2$; Egger: $P=0.284$),见图 10。

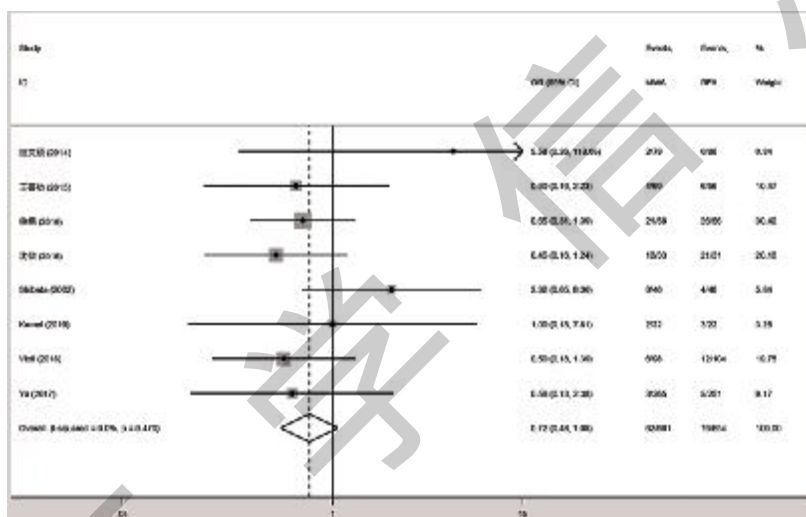


图 6 无复发生存率的森林图

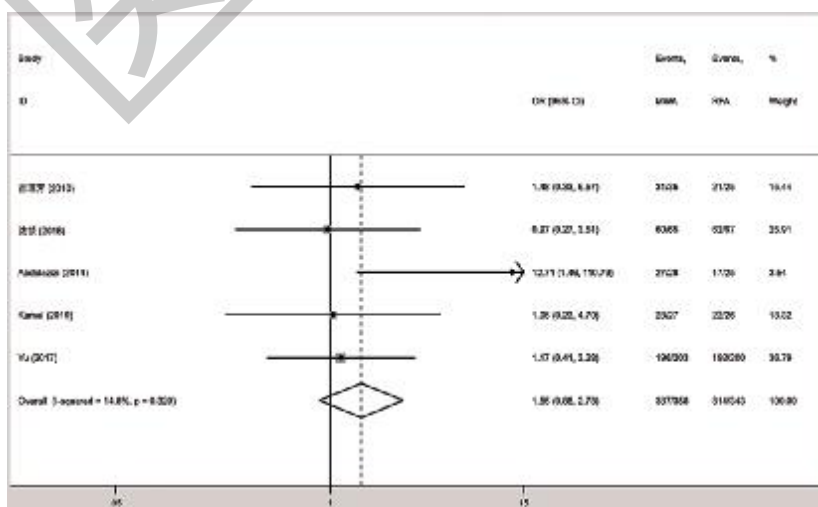


图 7 1 年生存率的森林图

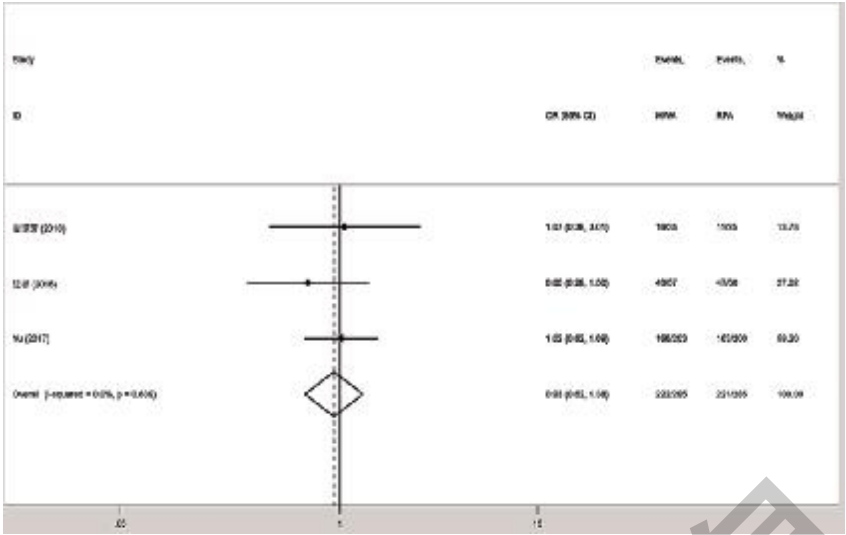


图 8 3 年生存率的森林图

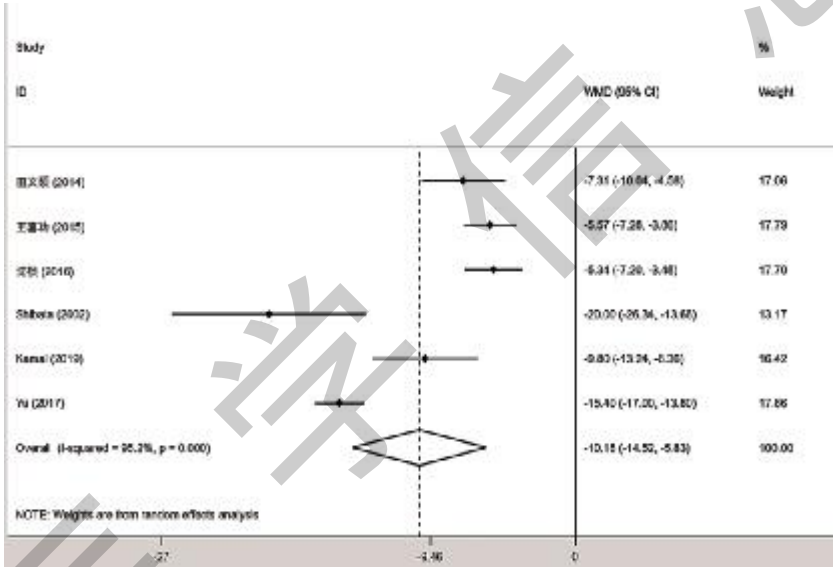


图 9 消融操作时间的森林图

表 3 MWA 以及 RFA 相关的并发症

结局指标	相关研究	MWA 发生事件	RFA 发生事件	OR	95%CI	P	I ²
节段性坏死	2 ^[9,19]	0/134	2/140	0.34	0.03~3.29	0.35	0
皮肤灼伤	4 ^[14,18~20]	6/227	3/208	1.48	0.41~5.40	0.55	0
包膜下血肿	3 ^[9,19~20]	4/200	9/185	0.42	0.12~1.45	0.17	0
术后肝区疼痛	5 ^[9,15~18]	79/285	73/288	1.11	0.73~1.68	0.62	0
需要栓塞的出血	2 ^[7,9]	3/126	0/132	4.17	0.45~38.48	0.21	0
主要并发症	3 ^[7,19,22]	13/267	6/264	1.99	0.75~5.29	0.17	0

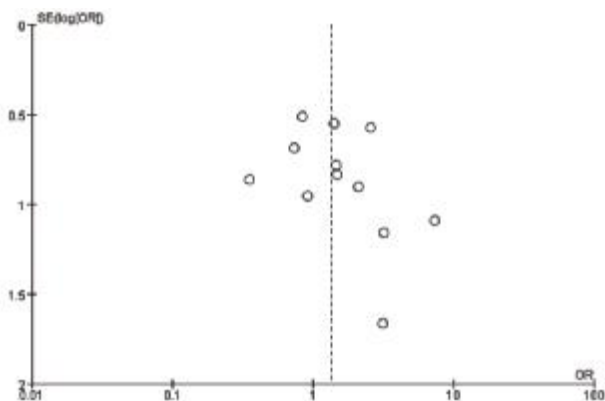


图 10 MWA 与 RFA 组比较术后完全消融率的漏斗图

3 讨论

尽管外科手术是肝癌的首选治疗手段,但并非所有患者都有手术切除机会。在影像引导下的消融技术因对肝功能影响少、创伤小、患者恢复快且可多次治疗,尤其在常合并肝硬化及其他慢性疾病的高龄患者中,手术风险极大,此时局部消融治疗成为首选方案。RFA 和 MWA 为临床上常用的两种局部消融治疗,但两种治疗的疗效和安全性仍不明确。

本研究纳入了 12 篇文献,共 1395 例患者。通过 Meta 分析发现,两组完全消融率比较,差异无统计学意义($P>0.05$);TSA 结果提示两组疗效比较,差异无统计学意义($P>0.05$);进一步的亚组分析显示各亚组完全消融率比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。既往应用 RFA 治疗肝癌的疗效一直优于 MWA,包括治疗次数少,生存率更高。传统 MWA 单个电极仅能获得直径为 2 cm 的消融范围,但 RFA 单个电极却能获得 2~5 cm 消融范围^[23]。但随着 MWA 技术的发展,如水冷式多天线的应用使得消融面积能达 5 cm 甚至更大,MWA 的治疗效果也显著提高,具有与 RFA 相似的消融效果^[24]。与 RFA 组相比较,MWA 组消融操作时间更短($P<0.05$)。因此对于一些高龄合并慢性疾病的患者,MWA 有利于降低麻醉及手术风险,提高手术安全性。MWA 操作时间短可能是因传导无需靠组织的导电性,且不会受组织碳化及热沉效应的影响,使 MWA 具备更大消融范围的能力,更易使瘤内达到足够高的温度,体现了 MWA 更高的热效率。两组无复发生存率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),提示两种方法均能很好地控制肿瘤的复发。两组在 1 年生存率、3 年生存率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),提示两种消融方法在短期

和长期的生存获益方面相似。两组术后相关并发症比较,差异无统计学意义($P>0.05$),表明两种消融方法术后并发症的发生率相似。一篇近期发表的观察性研究提示^[25],MWA 和 RFA 在完全消融率方面无统计学差异,但在肿瘤直径 ≤ 3 cm 时,MWA 组消融效果优于 RFA 组($P<0.05$)。本研究结果与之不同,Meta 分析中亚组分析表明,无论在肿瘤直径 ≤ 3 cm 或 >3 cm,两组消融效果比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。Meta 分析纳入了更多研究,具有更大的样本量,同时采用了亚组分析,进一步验证了结论的稳定性。2021 年的一项回顾性队列研究^[26]表明,两组在局部肿瘤进展、肝内远处复发和无复发生存结局指标比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),MWA 组中每个结节消融时间和获得技术成功所需的每个结节疗程数显著低于 RFA 组($P<0.05$)。2022 年更新的指南^[27]指出,射频消融和微波消融显示出与手术相似的生存结果,两种技术可作为 ≤ 3 cm 肝细胞癌合并肝硬化患者的首选方法。

本研究也存在一定局限性:第一,治疗效果可能受到所使用的图像引导类型的影响,如超声(US)、CT 或 MRI^[28],大多数纳入的原始研究都是在 US 引导下进行的,仅对 CT 引导下的消融进行亚组分析的不可能的。第二,各研究中使用了不同厂家的 MWA 和 RFA 消融设备,这可能会对分析结果产生部分的影响。第三,Meta 分析纳入的大部分研究为肝细胞癌患者,纳入的肝转移肿瘤或结直肠癌肝转移研究较少,因此,进一步的研究应该比较肝转移患者的消融效果。最后,与 MWA 或 RFA 相关的住院费用,住院时长仍然不清楚,且少有研究涉及。实际上这些方面也很重要,进一步的研究应该明确这部分容易忽视的方面。

综上所述,现有的证据表明,RFA 和 MWA 在治疗肝癌方面同样安全有效,尽管 RFA 需要更长的消融时间。进一步的研究应该关注两种消融技术在肝转移癌的效果以及相关的住院费用和住院时长。

参考文献:

- [1]Yang JD,Roberts LR.Epidemiology and management of hepatocellular carcinoma [J].Infect Dis Clin North Am,2010,24(4): 899-viii.
- [2]中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局.原发性肝癌诊疗指南(2022 年版)[J].中华消化外科杂志,2022,21(2): 143-168.
- [3]Patel V,Ritchie CA,Padula C,et al.Radiofrequency Ablation,

Where It Stands in Interventional Radiology Today [J]. *Semin Intervent Radiol*, 2019, 36(5):398-404.

[4] Poulou LS, Botsa E, Thanou I, et al. Percutaneous microwave ablation vs radiofrequency ablation in the treatment of hepatocellular carcinoma [J]. *World J Hepatol*, 2015, 7(8):1054-1063.

[5] 郭志远, 付吕平, 付志国, 等. 经皮射频消融术与微波消融治疗肝癌的治疗效果对比 [J]. *实用癌症杂志*, 2015, 30(9):1386-1388.

[6] 王敏, 余文杰, 侯文明. 基于倾向评分分析微波消融与射频消融治疗肝细胞癌效果研究 [J]. *浙江创伤外科*, 2022, 27(2):317-319.

[7] Kamal A, Elmoety AAA, Rostom YAM, et al. Percutaneous radiofrequency versus microwave ablation for management of hepatocellular carcinoma: a randomized controlled trial [J]. *J Gastrointest Oncol*, 2019, 10(3):562-571.

[8] 黄锦梅, 刁宇红. 经皮微波消融术治疗原发性肝癌的临床效果和安全性分析 [J]. *中国医学前沿杂志(电子版)*, 2019, 11(9):159-162.

[9] Vietti Violi N, Duran R, Guiu B, et al. Efficacy of microwave ablation versus radiofrequency ablation for the treatment of hepatocellular carcinoma in patients with chronic liver disease: a randomised controlled phase 2 trial [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2018, 3(5):317-325.

[10] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement [J]. *PLoS Med*, 2009, 6(7):e1000097.

[11] Higgins JP, Green S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* [J]. *Naunyn-Schmiedeberg's Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*, 2008, 5(2):S38.

[12] Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations [J]. *BMJ*, 2008, 336(7650):924-926.

[13] Brok J, Thorlund K, Wetterslev J, et al. Apparently conclusive meta-analyses may be inconclusive -- Trial sequential analysis adjustment of random error risk due to repetitive testing of accumulating data in apparently conclusive neonatal meta-analyses [J]. *Int J Epidemiol*, 2009, 38(1):287-298.

[14] 田文硕, 匡铭, 吕明德, 等. 超声引导下经皮射频消融与微波消融治疗肝脏肿瘤的随机对照研究 [J]. *中华肝胆外科杂志*, 2014, 20(2):119-122.

[15] 王喜功, 潘吉荣, 张峰. 超声引导下经皮射频消融与微波消融治疗原发性肝细胞癌的比较 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2015, 23(8):606-609.

[16] 徐娟, 赵晔, 付晓丹, 等. 超声引导下经皮微波消融与射频消融治疗原发性肝癌的临床疗效对比分析 [J]. *中国医学装备*, 2016, 13(12):55-58, 59.

[17] 古琼芳, 周懂晶, 李益红, 等. 超声引导下微波与射频消融治疗小肝癌的临床疗效比较 [J]. *医学理论与实践*, 2010, 23(6):683-684.

[18] 沈桢, 阎皓. 射频消融与微波消融治疗原发性小肝癌安全性、有效性及对免疫功能影响的对比研究 [J]. *现代中西医结合杂志*, 2016, 25(33):3659-3662.

[19] Shibata T, Iimuro Y, Yamamoto Y, et al. Small hepatocellular carcinoma: comparison of radio-frequency ablation and percutaneous microwave coagulation therapy [J]. *Radiology*, 2002, 223(2):331-337.

[20] Abdelaziz A, Elbaz T, Shousha HI, et al. Efficacy and survival analysis of percutaneous radiofrequency versus microwave ablation for hepatocellular carcinoma: an Egyptian multidisciplinary clinic experience [J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(12):3429-3434.

[21] Di Vece F, Tombesi P, Ermili F, et al. Coagulation areas produced by cool-tip radiofrequency ablation and microwave ablation using a device to decrease back-heating effects: a prospective pilot study [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2014, 37(3):723-729.

[22] Yu J, Yu XL, Han ZY, et al. Percutaneous cooled-probe microwave versus radiofrequency ablation in early-stage hepatocellular carcinoma: a phase III randomised controlled trial [J]. *Gut*, 2017, 66(6):1172-1173.

[23] Ohmoto K, Yoshioka N, Tomiyama Y, et al. Comparison of therapeutic effects between radiofrequency ablation and percutaneous microwave coagulation therapy for small hepatocellular carcinomas [J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2009, 24(2):223-227.

[24] 胡鹏, 钱国军, 孙爱学, 等. 微波和射频治疗高龄肝癌患者疗效和安全性比较 [J]. *肝胆外科杂志*, 2012, 20(5):348-352.

[25] 谢彩凤, 柳伟, 王宇. 超声引导下微波消融治疗小细胞肝癌的效果及对免疫功能的影响 [J]. *中国医学工程*, 2020, 28(2):97-99.

[26] Suwa K, Seki T, Aoi K, et al. Efficacy of microwave ablation versus radiofrequency ablation for hepatocellular carcinoma: a propensity score analysis [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2021, 46(8):3790-3797.

[27] Mahnken AH. Leitliniengerechte Anwendung der Thermoablation beim hepatozellulären Karzinom [Guideline-based thermal ablation of hepatocellular carcinoma] [J]. *Radiologe*, 2022, 62(3):219-224.

[28] Minami Y, Nishida N, Kudo M. Therapeutic response assessment of RFA for HCC: contrast-enhanced US, CT and MRI [J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(15):4160-4166.

收稿日期: 2023-10-15; 修回日期: 2023-11-28

编辑/王萌