

微波深部热疗对晚期肝细胞癌患者的疗效及安全性分析

周璞^{1,2*}, 宗力强³, 贾碧虹⁴, 赵璇⁵, 潘磊⁶, 刘登湘^{4#}, 李莉^{7#}

¹河北北方学院研究生学院, 河北 张家口

²邢台市人民医院肿瘤内科, 河北 邢台

³沙河市人民医院医学美容科, 河北 沙河

⁴邢台市人民医院, 河北 邢台

⁵沙河市中医院肛肠皮肤科, 河北 沙河

⁶邢台市中心医院心内CCU, 河北 邢台

⁷邢台市第五医院, 河北 邢台

收稿日期: 2026年3月24日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年4月27日

摘要

目的: 探讨微波深部热疗联合药物治疗对晚期肝细胞癌患者的疗效及安全性。方法: 采用回顾性分析方法, 选取2024年1月至2025年12月邢台市人民医院收治的40例晚期肝细胞癌患者为研究对象, 根据治疗方法不同分为热疗组和对照组两组, 每组各20例, 热疗组患者给予热疗联合药物治疗, 对照组仅给予药物治疗。观察治疗4个周期后患者的临床疗效、生活质量及治疗期间出现的不良反应。结果: 治疗4个周期后热疗组患者客观缓解率及疾病控制率均高于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。热疗组对比对照组患者生活质量的改善更明显, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。热疗组与对照组治疗期间不良反应发生率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 微波深部热疗可改善晚期肝细胞癌患者的临床疗效, 并未增加不良反应, 提示微波深部热疗联合药物治疗是一种具有一定前景的治疗选择。

关键词

微波深部热疗, 肝细胞癌, 临床疗效, 生活质量, 安全性

Efficacy and Safety Analysis of Microwave Deep Hyperthermia in Patients with Advanced Hepatocellular Carcinoma

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 周璞, 宗力强, 贾碧虹, 赵璇, 潘磊, 刘登湘, 李莉. 微波深部热疗对晚期肝细胞癌患者的疗效及安全性分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 4849-4855. DOI: 10.12677/acm.2026.1641758

Pu Zhou^{1,2*}, Liqiang Zong³, Bihong Jia⁴, Xuan Zhao⁵, Lei Pan⁶, Dengxiang Liu^{4#}, Li Li^{7#}

¹Graduate School, Hebei North University, Zhangjiakou Hebei

²Department of Medical Oncology, Xingtai People's Hospital, Xingtai Hebei

³Department of Medical Aesthetics, Shahe People's Hospital, Shahe Hebei

⁴Xingtai People's Hospital, Xingtai Hebei

⁵Department of Anorectal and Dermatology, Shahe Traditional Chinese Medicine Hospital, Shahe Hebei

⁶Department of Cardiology CCU, Xingtai Central Hospital, Xingtai Hebei

⁷Xingtai Fifth Hospital, Xingtai Hebei

Received: March 24, 2026; accepted: April 18, 2026; published: April 27, 2026

Abstract

Objective: To explore the efficacy and safety of microwave deep hyperthermia combined with drug therapy in patients with advanced hepatocellular carcinoma. **Methods:** A retrospective analysis was conducted, involving 40 patients with advanced hepatocellular carcinoma admitted to Xingtai People's Hospital from January 2024 to December 2025. The patients were divided into a hyperthermia group and a control group, with 20 cases in each group. The hyperthermia group received hyperthermia combined with drug therapy, while the control group received drug therapy alone. Clinical efficacy, quality of life, and adverse reactions during treatment were observed after four treatment cycles. **Results:** After four treatment cycles, the objective response rate and disease control rate in the hyperthermia group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$). The improvement in quality of life was more pronounced in the hyperthermia group compared to the control group ($P < 0.05$). There was no statistically significant difference in the incidence of adverse reactions between the hyperthermia group and the control group ($P > 0.05$). **Conclusion:** Microwave deep hyperthermia can improve clinical outcomes in patients with advanced hepatocellular carcinoma without increasing adverse reactions, suggesting that microwave deep hyperthermia combined with drug therapy is a promising treatment option.

Keywords

Microwave Deep Hyperthermia, Hepatocellular Carcinoma, Clinical Efficacy, Quality of Life, Safety

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肝癌的主要组织学亚型是肝细胞癌, 约占 80%~85%, 其发病率在世界范围内呈上升趋势[1] [2]。肝细胞癌在全球范围内属于高发恶性肿瘤, 其新发病例约占全球癌症新发病例总数的 4.7%, 相关死亡病例则占癌症总死亡人数的 8.3%, 在发病率和死亡率上分别高居第六位和第三位。而根据我国国家癌症中心于 2022 年发布的最新统计数据, 该病在国内的发病率在所有恶性肿瘤中位列第四, 死亡率则升至第二位, 显示出较为严峻的疾病负担[3]。肝细胞癌的发生源于多种因素导致的慢性肝组织损伤。这些致病因素可以归纳为内在因素与外在因素两大类, 主要包括慢性乙型肝炎病毒(HBV)、丙型肝炎病毒(HCV)感染、黄曲霉毒素污染的食物、长期大量饮酒、肥胖、吸烟以及 2 型糖尿病等[4] [5]。肝细胞癌(HCC)作为一个全球性的重大健

康挑战, 每年导致超过 70 万人死亡。尽管近年来肿瘤治疗技术整体有所发展, 但 HCC 的临床管理进展相对有限, 患者预后仍未得到显著改善, 尤其大多数病例因早期无症状而在确诊时已属晚期, 错过了最佳治疗时机。目前, 肝癌的标准治疗手段主要包括手术切除、肝移植、消融治疗以及全身系统治疗。然而, 这些传统疗法(如切除、移植和全身化疗)不仅疗效有限, 而且常伴随显著的副作用, 对于晚期患者而言, 系统治疗带来的生存获益更是微乎其微。严峻的现实凸显了探索创新治疗策略的迫切性, 在此背景下, 肿瘤热疗作为一种颇具潜力的新方向受到了广泛关注[6]-[8]。热疗是一种利用生物热效应, 借助非电离辐射等物理手段对组织进行加热, 以诱导肿瘤细胞凋亡或直接杀灭肿瘤组织的物理治疗方法[9]。根据能量转换机制的不同, 热疗可分为多种类型, 其常用能量来源包括磁场、超声波、微波、激光及射频等[10]。其中, 微波热疗已成为继手术、放疗、化疗和生物免疫治疗之后的重要治疗手段[11]。该疗法是一种绿色、无创或微创的治疗方式, 相比传统治疗方法, 具有卓越的升温效能、广泛的适用范围、较深的组织穿透能力及较低的副作用发生率[12]。微波热疗在克服传统手术、化疗和放疗局限性的同时, 显著提升治疗成功率并改善恶性肿瘤相关症状, 展现出独特的临床优势[13]。目前, 微波热疗已被视为一种具有前景的癌症辅助治疗手段, 有望增强放疗、化疗及免疫治疗的综合疗效[14]。热疗通过将肿瘤组织局部温度提升至 40°C~43°C, 已广泛用于辅助放疗和化疗, 与其他治疗方式的联合应用可进一步协同增效[15]。此外, 热疗联合免疫治疗的潜力日益受到关注, 多项临床试验正积极探索二者之间的协同机制[16]。本研究采用微波深部热疗对晚期肝细胞癌患者进行干预, 旨在评估其对患者临床疗效、生活质量及治疗期间不良反应的影响。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

回顾性分析 2024 年 1 月至 2025 年 12 月邢台市人民医院收治的 40 例晚期肝癌细胞患者为研究对象。热疗组 20 例, 其中男 16 例(80.0%), 女 4 例(20.0%), 平均年龄(63.2 ± 10.1)岁。有肝硬化 17 例(85.0%), 无肝硬化 3 例(15.0%); 有腹水 12 例(60.0%), 无腹水 8 例(40.0%); 有手术史 4 例(20.0%), 无手术史 16 例(80.0%); 有肝外转移 6 例(30.0%), 无肝外转移 14 例(70.0%); 病因方面, 乙肝 15 例(75.0%), 丙肝 3 例(15.0%), 酒精/其他 2 例(10.0%)。对照组 20 例, 其中男 15 例(75.0%), 女 5 例(25.0%), 平均年龄(61.5 ± 9.3)岁。有肝硬化 16 例(80.0%), 无肝硬化 4 例(20.0%); 有腹水 13 例(65.0%), 无腹水 7 例(35.0%); 有手术史 5 例(25.0%), 无手术史 15 例(75.0%); 有肝外转移 7 例(35.0%), 无肝外转移 13 例(65.0%); 病因方面, 乙肝 14 例(70.0%), 丙肝 4 例(20.0%), 酒精/其他 2 例(10.0%)。两组治疗前基础资料比较未见显著差异($P > 0.05$)。见表 1。

纳入标准: (1) 组织病理学确诊为晚期肝细胞癌的患者。(2) 年龄在 18 岁以上。(3) 具备符合实体瘤疗效评价标准(RECIST 1.1)的可测量病灶。排除标准: (1) 伴有心、肝、肾等重要脏器的严重功能不全。(2) 处于妊娠期或哺乳期的女性。(3) 患有精神疾病、无法配合治疗者。

2.2. 方法

热疗组在药物治疗基础上联合热疗。对照组仅采用药物治疗。疗程为 4 个周期。

微波热疗 在进行微波热疗前, 将治疗室温度调整至适宜范围, 引导患者就位并开始治疗, 同时全程密切监测治疗过程。采用 WE2102-A 型微波治疗机对肿瘤及其周围组织进行加热, 参数设定为: 频率 100 MHz, 温度控制在 41°C~43°C, 每次持续治疗 1 小时, 治疗周期内分别在第 2、4、6 天各进行一次。

2.3. 观察指标

治疗期间观察并监测患者不良反应, 记录不良反应的类型及分级。经过 4 个疗程治疗后, 评估患者

Table 1. Comparison of general information between two groups of patients [n (%)]**表 1.** 两组患者一般资料对比[n (%)]

	热疗组(n = 20)	对照组(n = 20)	X ² /t	P
性别			0.107	0.744
男	16 (80.0)	15 (75.0)		
女	4 (20.0)	5 (25.0)		
年龄	63.2 ± 10.1	61.5 ± 9.3	0.554	0.583
肝硬化			0.143	0.705
有	17 (85.0)	16 (80.0)		
无	3 (15.0)	4 (20.0)		
腹水			0.102	0.749
有	12 (60.0)	13 (65.0)		
无	8 (40.0)	7 (35.0)		
手术			0.143	0.705
是	4 (20.0)	5 (25.0)		
否	16 (80.0)	15 (75.0)		
肝外转移			0.125	0.723
有	6 (30.0)	7 (35.0)		
无	14 (70.0)	13 (65.0)		
病因			0.144	0.930
乙肝	15 (75.0)	14 (70.0)		
丙肝	3 (15.0)	4 (20.0)		
酒精/其他	2 (10.0)	2 (10.0)		

肿瘤治疗的有效率及疾病控制率，并采用 EORTC-QLQ-C30 量表整体生活质量评分对患者的生命质量进行评估[17]。

2.4. 统计学方法

采用 SPSS 27.0 统计软件进行数据分析。计数资料以例数和百分比表示，组间比较采用卡方检验；计量资料以均数加减标准差表示，组间比较采用 t 检验。以 P 值小于 0.05 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 疗效评价

热疗组客观缓解率(ORR)为 40.0%，疾病控制率(DCR)为 95.0%，其中部分缓解(PR) 40.0% (8/20)，疾病稳定(SD) 55.0% (11/20)，疾病进展(PD) 5.0% (1/20)。对照组客观缓解率(ORR)为 10.0%，疾病控制率(DCR)为 55.0%，其中 PR 10.0% (2/20)，SD 45.0% (9/20)，PD 45.0% (9/20)。两组客观缓解率比较， $\chi^2 = 4.800$ ， $P = 0.028 < 0.05$ ，差异有统计学意义；两组疾病控制率比较， $\chi^2 = 8.533$ ， $P = 0.003 < 0.05$ ，差异有统计学意义。见表 2。

3.2. 两组生活质量对比

两组患者治疗前后 EORTC-QLQ-C30 评分比较由表所示：治疗前，两组患者的 EORTC-QLQ-C30 量表评分比较，差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 4 个周期后两组患者的 EORTC-QLQ-C30 量表评分热疗组高于对照组($P < 0.05$)。见表 3。

3.3. 不良反应

热疗组和对照组的毒副作用对比：高血压事件发生所有级别热疗组 5 例(25.0%)，对照组共出现 4 例(20.0%)；蛋白尿事件发生所有级别热疗组 4 例(20.0%)，对照组共出现 3 例(15.0%)；手足皮肤反应发生所有级别热疗组 6 例(30.0%)，对照组共出现 5 例(25.0%)；腹泻发生所有级别热疗组共 7 例(35.0%)，对照组出现共 8 例(40.0%)；乏力发生所有级别热疗组 9 例(45.0%)，对照组共出现 8 例(40.0%)；肝功能异常事件发生所有级别热疗组 6 例(30.0%)，对照组共出现 5 例(25.0%)。两组各不良反应发生率比较，差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 4。

Table 2. Comparison of therapeutic effects between two groups of patients

表 2. 两组患者疗效对比

组别	例数	CR	PR	SD	PD	ORR (%)	DCR (%)
热疗组	20	0 (0.0)	8 (40.0)	11 (55.0)	1 (5.0)	40.0	95.0
对照组	20	0 (0.0)	2 (10.0)	9 (45.0)	9 (45.0)	10.0	55.0
X ²						4.800	8.533
P						0.028	0.003

Table 3. Comparison of overall quality of life scores on EORTC-QLQ-C30 scale between two groups of patients

表 3. 两组患者生活质量 EORTC-QLQ-C30 量表整体生活质量评分对比

组别	例数	治疗前	治疗后
热疗组	20	47.8 ± 10.3	71.2 ± 11.8
对照组	20	45.9 ± 9.6	63.1 ± 12.4
t		0.600	2.100
P		0.550	0.042

Table 4. Comparison of adverse reactions between two groups of patients [n (%)]

表 4. 两组患者不良反应反应发生情况比较[n (%)]

不良反应类型	热疗组(n = 20)	对照组(n = 20)	X ²	P
高血压	5 (25.0)	4 (20.0)	0.143	0.705
蛋白尿	4 (20.0)	3 (15.0)	0.173	0.677
手足皮肤反应	6 (30.0)	5 (25.0)	0.125	0.723
腹泻	7 (35.0)	8 (40.0)	0.102	0.749
乏力	9 (45.0)	8 (40.0)	0.102	0.749
肝功能异常	6 (30.0)	5 (25.0)	0.125	0.723

4. 讨论

尽管肝细胞癌在诊断和治疗方面取得了进展,但患者的五年生存率仍然很低[18]。尽管治疗方法多样,部分患者可通过手术切除获得良好预后,但大量肝癌患者因确诊时已属晚期、合并肝硬化、肝功能不全或伴有心、肺功能障碍等全身性疾病而失去手术机会[19]。这一困境凸显了对创新治疗策略的迫切需求[8]。微波热疗已成为癌症治疗中一种有前景的辅助治疗方法,具有放大放疗、化疗及免疫治疗效果的潜力[14]。近年来,其对肿瘤细胞的多效性已得到充分证实,因其安全有效、毒副作用小、患者耐受性好等优势,被广泛应用于肝癌、乳腺癌、膀胱癌、肺癌等多种恶性肿瘤的临床治疗,且常与其他治疗手段联合应用以提高综合疗效[20][21]。

本研究初步探讨了微波深部热疗联合药物治疗在晚期肝细胞癌(HCC)患者中的临床应用价值。研究结果显示,在4个周期的治疗后,热疗组患者的客观缓解率(ORR)和疾病控制率(DCR)均显著高于单纯药物治疗的对照组($P < 0.05$)。这一结果表明,微波深部热疗的加入能够协同增强抗肿瘤效应,提高局部肿瘤控制的效果。在生活质量的评估方面,热疗组患者治疗后的EORTC-QLQ-C30评分显著优于对照组($P < 0.05$),表明热疗联合方案在控制肿瘤的同时,并未加重患者的症状负担,反而有助于提升整体健康状况。这得益于微波热疗作为一种无创或微创的物理治疗手段,其治疗过程相对舒适,且不增加额外的系统性毒副作用。正如我们在安全性分析中所见,两组患者在高血压、蛋白尿、乏力、肝功能异常等常见药物相关不良反应的发生率上并无显著差异($P > 0.05$)。这证实了在常规药物治疗基础上叠加微波深部热疗,并不会导致毒副作用的叠加或恶化,显示出良好的安全性和耐受性。这一点对于身体状况普遍较差的晚期HCC患者尤为重要,意味着他们可以在不牺牲生活质量的前提下,获得更优的肿瘤控制。

然而,本研究也存在一定的局限性。首先,作为一项回顾性分析,样本量相对较小(每组仅20例),且来源于单一中心,可能存在选择偏倚,限制了研究结果的普适性和统计学效能。其次,本研究未对两组患者所接受的基础“药物治疗”进行具体分层,例如未区分是靶向治疗、免疫检查点抑制剂、化疗还是其联合方案。考虑到不同类型药物与微波热疗的协同作用机制可能存在显著差异——热疗可通过增加肿瘤局部血流量及血管通透性来增强化疗药物的渗透与摄取,亦可调节肿瘤免疫微环境以提升免疫治疗的应答率——本研究将不同药物背景的患者合并分析,可能在一定程度上掩盖了特定联合方案的特异性优势。第三,随访时间仅限于4个治疗周期,未能观察两组患者在总生存期(OS)和无进展生存期(PFS)上的长期获益差异。

综上所述,尽管存在上述局限,本研究仍为微波深部热疗在晚期HCC治疗中的应用提供了有益的初步证据。研究结果表明,在现有药物治疗的基础上联合微波深部热疗,能够显著提高肿瘤控制率,改善患者生活质量,且不增加不良反应,是一种极具潜力的治疗策略。未来需要开展大样本、多中心、前瞻性的随机对照试验,并根据不同的药物背景进行分层分析,以进一步验证我们的发现。同时,结合深入的转化研究,探索热疗与不同药物(特别是免疫检查点抑制剂)联合应用的最佳时机、序列及生物学机制,将有望为晚期HCC患者带来更优的个体化综合治疗方案。

参考文献

- [1] Tan, E.Y., Danpanichkul, P., Yong, J.N., Yu, Z., Tan, D.J.H., Lim, W.H., *et al.* (2025) Liver Cancer in 2021: Global Burden of Disease Study. *Journal of Hepatology*, **82**, 851-860. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2024.10.031>
- [2] Goessling, W. (2025) Enabling Liver Cancer Growth. *Science*, **387**, 137-138. <https://doi.org/10.1126/science.adu7928>
- [3] 朱超凡, 王晓东. 局部治疗联合系统治疗在肝细胞癌转化治疗中的价值[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(9): 1732-1737.
- [4] Xue, Y., Ruan, Y., Wang, Y., Xiao, P. and Xu, J. (2024) Signaling Pathways in Liver Cancer: Pathogenesis and Targeted Therapy. *Molecular Biomedicine*, **5**, Article No. 20. <https://doi.org/10.1186/s43556-024-00184-0>

- [5] Gao, S., Gang, J., Yu, M., Xin, G. and Tan, H. (2021) Computational Analysis for Identification of Early Diagnostic Biomarkers and Prognostic Biomarkers of Liver Cancer Based on GEO and TCGA Databases and Studies on Pathways and Biological Functions Affecting the Survival Time of Liver Cancer. *BMC Cancer*, **21**, Article No. 791. <https://doi.org/10.1186/s12885-021-08520-1>
- [6] Zhang, Z. and Hui, L. (2023) Progress in Patient-Derived Liver Cancer Cell Models: A Step Forward for Precision Medicine. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, **55**, 1707-1717. <https://doi.org/10.3724/abbs.2023224>
- [7] Liu, F., Liao, Z. and Zhang, Z. (2023) MYC in Liver Cancer: Mechanisms and Targeted Therapy Opportunities. *Oncogene*, **42**, 3303-3318. <https://doi.org/10.1038/s41388-023-02861-w>
- [8] Liu, Y., Yang, H., Li, T. and Zhang, N. (2024) Immunotherapy in Liver Cancer: Overcoming the Tolerogenic Liver Microenvironment. *Frontiers in Immunology*, **15**, Article ID: 1460282. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1460282>
- [9] Liu, P., Ye, M., Wu, Y., Wu, L., Lan, K. and Wu, Z. (2023) Hyperthermia Combined with Immune Checkpoint Inhibitor Therapy: Synergistic Sensitization and Clinical Outcomes. *Cancer Medicine*, **12**, 3201-3221. <https://doi.org/10.1002/cam4.5085>
- [10] Paulides, M.M., Dobsicek Trefna, H., Curto, S. and Rodrigues, D.B. (2020) Recent Technological Advancements in Radiofrequency- and Microwave-Mediated Hyperthermia for Enhancing Drug Delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, **163**, 3-18. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.03.004>
- [11] Yu, Q., Li, L., Mo, W., Zhao, L., Zhang, L., Zhang, K., *et al.* (2025) The Combination of Microwave Hyperthermia with TIPE2 Impedes the Growth of Orthotopic Colon Cancer. *International Journal of Radiation Biology*, **101**, 205-214. <https://doi.org/10.1080/09553002.2024.2435324>
- [12] Song, J., Sun, X., Du, Y., Wu, Q., Niu, M., Fu, C., *et al.* (2022) Micro-Opening Ridged Waveguide Tumor Hyperthermia Antenna Combined with Microwave-Sensitive MOF Material for Tumor Microwave Hyperthermia Therapy. *ACS Applied Bio Materials*, **5**, 4154-4164. <https://doi.org/10.1021/acsbam.2c00234>
- [13] Cui, F., Du, Y., Qin, L., Li, B., Li, C. and Meng, X. (2025) Cirnetamornet: An Ultrasonic Temperature Measurement Network for Microwave Hyperthermia Based on Deep Learning. *SLAS Technology*, **32**, Article ID: 100297. <https://doi.org/10.1016/j.slant.2025.100297>
- [14] Abreu, M.M., Chocron, A.F. and Smadja, D.M. (2025) From Cold to Hot: Mechanisms of Hyperthermia in Modulating Tumor Immunology for Enhanced Immunotherapy. *Frontiers in Immunology*, **16**, Article ID: 1487296. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1487296>
- [15] Li, X., Zhang, X., Khan, I.U., Guo, N.N., Wang, B., Guo, Y., *et al.* (2022) The Anti-Tumor Effects of the Combination of Microwave Hyperthermia and Lobaplatin against Breast Cancer Cells *in Vitro* and *in Vivo*. *Bioscience Reports*, **42**, BSR20190878. <https://doi.org/10.1042/bsr20190878>
- [16] Huaqi, Y., Bingqi, D., Yanhui, Z., Yongkang, M., Shiming, Z., Zhenghui, S., *et al.* (2023) Hyperthermia Inhibits Cellular Function and Induces Immunogenic Cell Death in Renal Cell Carcinoma. *BMC Cancer*, **23**, Article No. 972. <https://doi.org/10.1186/s12885-023-11106-8>
- [17] Clarke, N.A., Braverman, J., Worthy, G., Shaw, J.W., Bennett, B., Dhanda, D., *et al.* (2024) A Review of Meaningful Change Thresholds for EORTC QLQ-C30 and FACT-G within Oncology. *Value in Health*, **27**, 458-468. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2023.12.012>
- [18] Chai, Y., Xu, T., Chen, X., Chen, B., Du, X. and Zhang, Z. (2025) Immunotherapy Targeting Liver Cancer Tumor-Initiating Cells: Challenges, Mechanisms, and Emerging Therapeutic Horizons. *Frontiers in Immunology*, **16**, Article ID: 1621243. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1621243>
- [19] Yu, M. and Li, S. (2022) Irreversible Electroporation for Liver Cancer Ablation: A Meta Analysis. *European Journal of Surgical Oncology*, **48**, 1321-1330. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2021.12.015>
- [20] Yang, Y., Yang, C., Zhao, Z., Zuo, X., Liang, T., Yang, Y., *et al.* (2019) Microwave Hyperthermia Enhances the Sensitivity of Lung Cancer Cells to Gemcitabine through Reactive Oxygen Species-induced Autophagic Death. *Oncology Reports*, **41**, 3100-3110. <https://doi.org/10.3892/or.2019.7085>
- [21] Yang, Y., Zhao, Y., Ma, S. and Yang, D. (2018) Microwave Hyperthermia Combined with Gemcitabine Inhibits Proliferation and Induces Apoptosis of Human Lung Squamous Carcinoma Cells. *Chinese Journal of Lung Cancer*, **21**, 805-814. (In Chinese)