

DOI:10.13267/j.cnki.syzlzz.2024.045

· 专家论坛 ·

肺癌微波消融治疗研究十年现状

李惠, 叶欣

山东第一医科大学第一附属医院肿瘤中心(山东省千佛山医院)山东省肺癌研究所, 山东济南 250014

通信作者: 叶欣, E-mail: yexintaian2020@163.com

摘要: 微波消融作为一种安全、有效且超微创的新兴局部治疗手段, 已在肺癌综合治疗领域广泛应用。然而, 未来仍需对微波消融进行深入研究, 以进一步完善其在肺癌治疗中的地位。本文将从微波消融的作用机制、疗效、存在的技术问题和未来发展方向等方面对近 10 年来微波消融治疗肺癌的研究进行综述。

关键词: 肺癌; 微波消融; 磨玻璃结节

Ten-year status of microwave ablation therapy research for lung cancer

Li Hui, Ye Xin

Department of Oncology, the First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University & Shandong Provincial Qianfoshan Hospital, Shandong Lung Cancer Institute, Jinan 250014, China

Corresponding to: Ye Xin, E-mail: yexintaian2020@163.com

Abstract: Microwave ablation, as an emerging local treatment technique with advantages of being safe, effective, and ultra-minimally invasive, has been widely applied in the comprehensive treatment of lung cancer. However, further research is still needed in the future to further establish its role in the treatment of lung cancer. This article reviews the research of microwave ablation for lung cancer in recent 10 years from the aspects of its mechanism, curative effect, existing technical problems and future development.

Key words: lung cancer; microwave ablation; ground-glass nodule

肺癌是我国乃至全球范围内发病率和死亡率最高的癌症。2022 年全球肺癌新诊断病例 248.03 万例, 死亡 181.72 万例, 肺癌在男性和女性恶性肿瘤发病和死亡顺位中均居首位^[1]。在一项中国和美国 2022 年的癌症统计数据比较研究中, 肺癌为中国最常见的癌症, 也是两国癌症死亡的主要原因^[2]。吸烟依旧是导致肺癌的第一大因素, 除了严格的烟草管控可以减少肺癌患者的新增数量以外, 早发现、早诊断和早治疗对于降低死亡率至关重要。2011 年, 美国国家肺癌筛查试验首次报道, 与标准胸部 X 线片检查比较, 低剂量 CT (low-dose CT, LDCT) 筛查可降低肺癌病死率。LDCT 在肺癌筛查中应用的普及提高了早期肺癌的检出例数, 从而提高了肺癌生存率^[3]。

对于早期非小细胞肺癌 (non-small-cell lung

cancer, NSCLC) 患者, 手术切除仍然是标准治疗方法。然而, 由于肺癌发病较为隐匿和无症状, 只有约 20%~25% 的患者可以进行手术切除治疗^[4]。无法手术切除的早期 NSCLC 患者主要的替代治疗方法是立体定向放射治疗 (stereotactic body radiation therapy, SBRT) 和影像引导下热消融治疗。热消融作为一种独立治疗方法, 已经成为继手术和放疗后的第三大肿瘤局部治疗手段^[5]。目前, 热消融主要包括射频消融、微波消融、冷冻消融、激光消融和高强度聚焦超声消融。微波消融作为一种相对较新的消融技术, 已在早期和进展期肺癌中广泛应用。目前我国在微波消融治疗肺癌方面已处于国际领先水平。现就近 10 年来微波消融在治疗肺癌方面的研究综述如下。

1 微波消融原理和优势

1.1 微波消融的原理和发展进程

微波消融是一种基于热能的局部肿瘤治疗方法,通常使用的频率为 915 MHz 或 2 450 MHz。其治疗的基本原理是通过微波电磁场的作用,使肿瘤组织中的水分子和蛋白质分子等极性分子高速振动,产生高温(60~150℃),导致肿瘤细胞受到不可逆损伤或凝固性坏死,最终达到消除肿瘤的目的^[6-7]。消融区域的大小不仅取决于消融功率和时间,还受微波天线种类与数量、肿瘤周围血流和肺内气流等因素的影响^[7]。

微波天线设计研发和使用是微波消融中最核心的技术之一。1994 年日本学者 Seki 等^[8]研制了第一代微波消融天线。1996 年董宝玮等^[9]对其进行改进,但仍存在许多不足,例如:(1)由于辐射器位于尖端,穿刺过程中容易造成损坏;(2)缺乏内置于设备中的天线降温系统,容易造成皮肤烫伤;(3)需要穿刺引导,使得操作不够便捷;(4)中心碳化程度增加且凝固形态退化,容易产生拖尾现象等。2000 年后,出现了内置冷却装置,可以减少皮肤烫伤和消融灶中央区的碳化现象,消除凝固区域的“拖尾”效应,从而改善了微波消融的凝固坏死区域形态,使其更适合临床应用。这种带有内置冷却系统的天线被认为是第二代微波消融天线,但仍然存在一些缺点,例如需要穿刺针引导,并且无法承受较大功率输出。2003 年设计出了辐射系统与水冷循环系统的融合,针尖由硬质材料制成可直接穿刺的消融天线,此为第三代微波消融天线。第三代微波消融天线在临床操作上相较于前两代产品更加便捷,不再需要引导针,并且能够承受更高的功率输出,其消融范围较前两代微波消融天线有所增加,凝固范围更贴近临床的实际需求^[10]。人工智能+实时测温+定向适型消融的第四代消融天线正在研发中^[11-13]。

1970 年前后微波开始在外科领域用于止血和组织切割。1986 年日本的 Tabuse 等^[14]率先开始探索在肝癌治疗中应用微波消融。自 20 世纪 90 年代以来,国内外肿瘤微波消融技术得到迅速发展。2002 年冯威健等^[15]首次将微波消融应用于治疗肺部恶性肿瘤,从那时起每年应用微波消融治疗肺癌的例数迅速增加。2003 年,影像引导肿瘤消融国际工作组颁布了“Image-guided tumor ablation: standardization of terminology and reporting criteria”

的建议文件,并在 2014 年进行了修订^[16]。2012 年欧洲心血管和介入放射学会制定了“Standards of practice: guidelines for thermal ablation of primary and secondary lung tumors”,并在 2020 年进行了修订^[17]。2014 年和 2017 年在国内先后发布了两版《热消融治疗原发性和转移性肺部肿瘤专家共识》,2021 年修订为《影像引导下热消融治疗原发性和转移性肺部肿瘤临床实践指南(2021 年版)》^[18],目前已成为行业内的主要参考标准。2021 年发表了国际上第一个《热消融治疗肺部亚实性结节专家共识(2021 年版)》^[7]。2021 年美国国立综合癌症网络(National Comprehensive Cancer Network, NCCN)首次将热消融作为一项独立的局部治疗手段在早期肺癌和多原发肺癌等中进行推荐^[19]。2022 年叶欣和范卫君等又联合全球众多专家制定了“Clinical practice guidelines on image-guided thermal ablation of primary and metastatic lung tumors (2022 edition)”^[20]。该指南是国际上热消融治疗肺部肿瘤的主要指南之一。上述共识和指南均将微波消融作为热消融的主要技术之一进行了推荐。

1.2 微波消融相较于其他热消融疗法的优势

微波消融较其他热消融疗法具有一些潜在的优势。微波消融速度快、温度高、有效性不受周围组织阻抗的影响且具有较高的对流性和较低的“吸热”效应^[10,21]。微波消融可同时使用多根水循环微波消融天线,对于>3 cm 的病变特别是>5 cm 的病变具有优势^[22]。然而,如果消融时间过长,可能会造成过度消融,损伤病灶周围的正常肺组织。因此,避免过度消融至关重要^[23]。根据目前的研究,各种消融技术比较见表 1^[24-26]。

2 微波消融治疗早期肺癌

2.1 微波消融治疗早期实性肺癌的疗效和与其他治疗方法的比较

微波消融在治疗早期 NSCLC 方面表现出相对较高的安全性和有效性。近 10 年相关研究报道,微波消融治疗早期 NSCLC 的 1 年生存率为 67.6%~99%,3 年生存率为 42.3%~75.6%,5 年生存率为 24.6%~54.1%(表 2)^[27-33]。

对于不能手术的早期 NSCLC 患者,微波消融作为一种有效的局部治疗方法,可帮助控制肿瘤的生长,延长患者的生存期^[27,32]。微波消融对≥80 岁的早期外周型 NSCLC 患者同样安全有效^[29]。

2.1.1 与外科手术比较 2018 年, Yao 等^[34]报

表 1 肺癌治疗中消融技术的主要差异^[24-26]

Table 1 Main differences of ablation techniques for lung cancer treatment

项 目	微波消融	射频消融	冷冻消融	激光消融
原理	电磁场	电流	氩气，液氮	激光
温度	60~150℃	60~100℃	<0℃	60~100℃
需要麻醉支持	全身麻醉、局部麻醉或清醒镇静	全身麻醉或清醒镇静	局部麻醉或清醒镇静	局部麻醉或清醒镇静
每个结节所需治疗时间（min）	<10	15~25	30~45	2~3
消融区形状和大小（每次消融）	球形或椭圆形，5 cm	球形或椭圆形，3 cm	球形，小于前两者	球形，<1.0 cm
热沉效应影响	轻度	重度	无	轻度
对免疫效应影响	中度	中度	重度	轻度
术后疼痛	胸膜下肿瘤（+++）	胸膜下肿瘤（+++）	较轻（+）	较轻（+）
起搏器	对心脏起搏器影响小	对心脏起搏器有影响	对心脏起搏器影响小	对心脏起搏器影响小
血小板数量	不影响	不影响	影响较大	不影响

表 2 CT 引导下经皮穿刺微波消融治疗早期 NSCLC 的临床研究的疗效回顾

Table 2 A retrospective review of the efficacy of percutaneous microwave ablation under CT guidance in the treatment of early NSCLC

研究者	年份（年）	例 数	技术成功率 （%）	完全消融率 （%）	不完全消融率 （%）	1 年生存率 （%）	3 年生存率 （%）	5 年生存率 （%）
Yang 等 ^[27]	2014	11	100	90.9	9.1	88.7	42.3	/
Uhlig 等 ^[28]	2018	1 102	/	/	/	85.4	47.8	24.6
Han 等 ^[29]	2019	63	100	78.5	21.5	97.1	63.4	32.6
Zhao 等 ^[30]	2020	30	98	/	/	90.0	60.0	46.7
Nance 等 ^[31]	2021	21	100	95.2	4.8	67.6	/	45.7
Ni 等 ^[32]	2022	105	100	/	/	99	75.6	54.1
Wang 等 ^[33]	2024	231	100	/	/	93.0	55.0	/

道一项匹配队列研究，由 54 例接受微波消融治疗和 108 例接受肺叶切除术治疗的 NSCLC 患者组成。微波消融组 1、3 和 5 年总生存率分别为 100%、92.6% 和 50.0%，肺叶切除术组为 100%、90.7% 和 46.3%。微波消融组 1、3 和 5 年无瘤生存率分别为 98.1%、79.6% 和 37.0%，肺叶切除术组为 98.1%、81.5% 和 29.6%。两组患者总生存率（ $P=0.608$ ）和无瘤生存率（ $P=0.672$ ）比较，差异均无统计学意义。2021 年，Chan 等^[35] 对 792 例 I 期 NSCLC 患者进行临床疗效的对比研究表明，接受消融术治疗和接受手术治疗的患者 1~5 年生存率和 3~5 年无瘤生存率比较，差异均无统计学意义（均 $P>0.05$ ）。訾洋等^[36] 研究也表明，如果早期肺癌患者通过影像学和其他相关检查没有发现淋巴结转移或远处转移，微波消融治疗的远期效果可以与手术切除相媲美。此外，一项关于 103 例既往 NSCLC 根治性手术切除后肺部寡复发的患者的回顾性研究表明，对于这类患者，在一定条件下，微波消融也同样安全和有效^[37]。

2.1.2 与放疗比较 2018 年，美国临床肿瘤协会正式批准立体定向体部放疗（stereotactic body radiation therapy, SBRT）作为不可手术早期肺癌的标准治疗。Uhlig 等^[28] 比较热消融和 SBRT 治疗 I 期 NSCLC 的总生存率显示，1 年总生存率分别为 85.4% 和 86.3%，2 年总生存率为 65.2% 和 64.5%，3 年总生存率为 47.8% 和 45.9%，5 年总生存率为 24.6% 和 26.1%。对于 I 期 NSCLC 的初次治疗，热消融不劣于 SBRT。另一项关于原发性 NSCLC 患者中比较 SBRT 和热消融的疗效的荟萃回归分析表明，微波消融治疗 NSCLC 患者的总生存期和无瘤生存期与 SBRT 治疗的患者相当，优于射频消融治疗的患者^[38]。上述研究均表明，微波消融与 SBRT 对早期 NSCLC 患者治疗疗效相当。

2.2 微波消融治疗磨玻璃结节（ground-glass nodule, GGN）样肺癌的疗效

LDCT 可检测到许多早期 GGN 样肺癌。这类肺癌不同于传统意义上的早期肺癌，是肺癌中的特殊亚型^[39-40]。

目前, GGN 样肺癌的治疗主要为手术、热消融和手术联合热消融。手术是多发 GGN 样肺癌的主要和最有效的治疗手段^[41]。热消融作为一种精准的超微创技术, 具有创伤小、疗效明确、安全性高、可重复性强和适应人群广等特点, 目前也已成为治疗多发 GGN 样肺癌的主要手段之一^[42-43]。2018 年, Yang 等^[44] 回顾性分析接受微波消融的 51 例肺结节患者显示, CT 引导下经皮微波消融是治疗 GGN 肺腺癌的一种可行、安全和有用的治疗方法。这是世界上首次微波消融治疗 GGN 的报道。2020 年, 一项回顾性研究显示, CT 引导下经皮微波消融治疗肺多发磨玻璃样阴影(ground-glass opacity, GGO)是可行和安全的, 短期随访有效, 可以作为非手术患者的替代疗法^[45]。2022 年, 一项对 204 例接受微波消融($n=101$)或视频辅助胸腔镜手术($n=103$)治疗的 GGN 样肺癌患者进行的回顾性匹配研究发现, 两组 3 年总生存率和局部无进展生存率比较, 差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)^[46]。目前, 手术联合热消融作为一种新的治疗模式已应用于多发 GGN 样肺癌的治疗。初步研究结果显示, 其是一种安全且有效的治疗手段^[47]。

近几年来, 消融治疗 GGN 的探索逐渐增多。有学者提出“Surgery+X”治疗多发 GGN 样肺癌的模式, “X”包括消融、SBRT 和靶向药物等, 用于治疗高恶性风险残留病灶。这种治疗模式在临床治疗早期多原发肺癌中显示出显著的疗效和安全性^[48]。早期肺癌和 GGN 样肺癌患者可采用其他侵入性较小的局部治疗。例如, 经支气管消融是近年来发展起来的一种新方法。该技术是安全的, 具有作用精准和创伤小等优势, 有较好的发展前景^[49]。

3 微波消融治疗进展期肺癌

3.1 联合化疗治疗

研究显示, 对 39 例经组织学证实的晚期 NSCLC 患者的原发性肿瘤进行微波消融后行基于铂的双联化疗有较好的疗效^[50]。Ni 等^[51] 分析 35 例ⅢB 或Ⅳ期完成一线治疗且部分缓解或疾病稳定的 NSCLC 患者表明, 作为维持治疗, 微波消融优于常规维持治疗, 患者生存率提高, 并发症耐受良好。微波消融用于晚期 NSCLC 患者一线治疗后的维持治疗安全有效。一项随机对照试验将初次治疗晚期或复发的 NSCLC 患者分为微波消融联合化疗组和单纯化疗组^[52]。结果显示, 微波消融联合化疗组无进展生存期和总生存期均较单纯化疗组延

长。2022 年报道的一项回顾性研究显示, 微波消融术联合肿瘤内化疗是安全有效的 NSCLC 局部治疗新方式, 可延长患者局部无进展生存期^[53]。林岩等^[54] 对 64 例中晚期肺癌患者在化疗的基础上对比有无应用 CT 引导下微波消融治疗的疗效。研究结果同样表明, 微波消融联合化疗安全性较佳, 适于临床推广。最近, 一项关于微波消融与化疗治疗肺部恶性肿瘤的临床疗效的对比研究表明, 微波消融组有效率低于微波消融+支气管动脉灌注(bronchial arterial infusion, BAI)化疗组^[55]。微波消融+BAI 化疗组中位生存期为 21 个月, 高于微波消融组的 11 个月。可见微波消融联合 BAI 化疗治疗晚期肺癌和转移性肺癌安全有效, 可控制肿瘤进展, 延长生存期。

3.2 联合靶向药物治疗

表皮生长因子受体(epidermal growth factor receptor, EGFR)是 NSCLC 靶向治疗最重要的靶点之一。新兴酪氨酸激酶抑制剂(tyrosine kinase inhibitor, TKI)联合治疗是目前治疗有 EGFR 突变或 EML4-ALK 融合基因突变的进展期 NSCLC 的主要方法之一, 在改善患者症状和延长生存期方面具有显著效果, 有望成为未来治疗进展期 NSCLC 的重要手段。然而, 由于耐药持久性细胞逃避初始治疗最终会导致耐药。2019 年, Ni 等^[56] 对 71 例接受 EGFR-TKI 治疗的 EGFR 突变的 NSCLC 患者进行的一项研究表明, 对于局部肿瘤缓慢进展和寡进展的患者, 进行热消融治疗并继续服用 TKI 药物, 可以延长患者的中位无进展生存期和总生存期。2020 年, Ni 等^[57] 研究发现, 对 NSCLC 患者, 在用 TKI 药物达到最佳疗效期间, 应用热消融对原发病灶和寡病灶进行完全消融, 之后继续用 TKI 药物, 也可成为联合治疗模式之一。目前研究已证实, 热消融对 TKI 获得性耐药的寡进展性病变的晚期 NSCLC 患者具有良好的临床疗效, 可以改善无进展生存和总生存^[58]。datopotamab deruxtecan(Dato-DXd)是一种靶向人滋养细胞表面抗原 2(human trophoblast cell surface antigen 2, TROP2)的抗体偶联药物, 其关键研究在中国已开始实施, 可为晚期 NSCLC 患者提供更多的治疗选择^[59]。微波消融是否可与该药物联合应用, 对肺癌患者达到较好的临床疗效, 还需进一步探索研究。

3.3 联合免疫治疗

近年来, 免疫疗法已经在 NSCLC 患者中得到广泛运用。2019 年, 一项关于热消融与免疫联

合治疗进展期 NSCLC 的研究发现, 两者具有协同增效作用^[60]。2022 年, Huang 等^[61] 首先给予 77 例Ⅲ期(不适合手术或放疗)或Ⅳ期(术后复发) NSCLC 患者微波消融术治疗, 然后进行卡瑞利珠单抗单药治疗, 并对其中 32 例患者辅以联合治疗(化疗或靶向治疗)。结果表明, 微波消融术联合卡瑞利珠单抗治疗 NSCLC 安全有效。对于肺癌根治术后局部复发并接受靶向治疗后耐药的 NSCLC, 微波消融联合免疫治疗和安罗替尼治疗, 并发症少, 不良反应小, 近期疗效好, 为复发性肺癌多线治疗耐药患者提供了新的选择^[62]。

近年来免疫治疗的发展突飞猛进。PD-1/PD-L1 抑制剂会带来免疫不良反应, 需要引起重视^[63]。随着研究的进行, 免疫联合治疗展现了非常优越的有效性^[64], 有望成为一个备受关注的领域。

3.4 联合其他治疗

对于中晚期肺癌患者, 还可联合其他的综合治疗方法。其中, 姑息性消融治疗是综合治疗策略中不可或缺的一环。其目标在于显著减轻肿瘤所致的症状, 提升患者的生活质量, 并延长生存时间。如果肿瘤侵犯肋骨或椎体导致难以治疗的疼痛, 可以通过对肿瘤局部骨侵犯部位进行消融(或联合其他治疗方法, 如骨水泥)达到镇痛效果^[25, 65]。

4 存在的问题和展望

微波消融在肺部肿瘤和 GGN 样肺癌的综合治疗中具有巨大的潜力, 可为不能耐受手术的肺癌患者提供一种替代治疗方案。然而, 与手术和放疗这些传统的治疗方式比较, 微波消融还属于较为新兴的治疗方法, 仍存在许多待解决的问题:(1) 肺作为充气器官, 在进行微波消融时可能会限制消融区域的温度, 而呼吸运动可能会对定位的准确性产生一定的影响;(2) 微波消融仅限于局部疾病控制, 无法做到治疗同时进行淋巴结的清扫或取样, 因此, 在术前进行严格的 TNM 分期至关重要^[66];(3) 微波消融仍然是一种依赖于操作人员的治疗方法, 因此要建设和完善微波消融技术规范培训体系, 形成专业技术队伍, 从而实现技术的标准化和同步化;(4) 仅依靠影像学检查可能无法完全准确地评估微创治疗的疗效, 因此需要建立生物标志物与影像学联合的疗效评价模式, 更准确地评估肿瘤的复发情况、消融效果和患者的长期生存。这对于精准医学的发展来说是一个重要的挑战。

随着纳米技术的发展, 纳米级的热敏剂和造影剂不断被研发并投入临床使用。用于肺癌热消融治疗的新型引导方法如电磁导航技术, 正逐步得到推广和开发^[37]。“新辅助治疗+热消融+辅助治疗”的模式预计将成为未来研究的一个重要方向^[25]。随着医学科技的不断发展, 微波消融技术将会持续优化和创新, 最终成为肺部肿瘤综合治疗方案中的重要手段之一。

参考文献:

- [1] Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2024, 74(3): 229–263.
- [2] Xia CF, Dong XS, Li H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants[J]. Chin Med J, 2022, 135(5): 584–590.
- [3] Lococo F, Cusumano G, de Filippis AF, et al. Current practices in the management of pulmonary ground-glass opacities: a survey of SICT members[J]. Ann Thorac Surg, 2018, 106(5): 1504–1511.
- [4] Ye X, Fan WJ, Wang H, et al. Expert consensus workshop report: guidelines for thermal ablation of primary and metastatic lung tumors (2018 edition)[J]. J Cancer Res Ther, 2018, 14(4): 730–744.
- [5] Ettinger DS, Wood DE, Aisner DL, et al. NCCN guidelines insights: non-small cell lung cancer, version 2.2023: featured updates to the NCCN guidelines[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2023, 21(4): 340–350.
- [6] Abbas G. Microwave ablation[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2011, 23(1): 81–83.
- [7] Ye X, Fan WJ, Wang ZM, et al. Expert consensus on thermal ablation therapy of pulmonary subsolid nodules (2021 edition)[J]. J Cancer Res Ther, 2021, 17(5): 1141–1156.
- [8] Seki T, Wakabayashi M, Nakagawa T, et al. Ultrasonically guided percutaneous microwave coagulation therapy for small hepatocellular carcinoma[J]. Cancer, 1994, 74(3): 817–825.
- [9] 董宝玮, 梁萍, 于小玲, 等. 超声引导下微波治疗肝癌的实验研究及临床初步应用[J]. 中华医学杂志, 1996, 76(2): 8–12.
- [10] 叶欣, 王忠敏. 肺部肿瘤消融治疗[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 69–73.
- [11] Huang HM, Zhang LF, Moser MAJ, et al. A review of antenna designs for percutaneous microwave ablation[J]. Phys Med, 2021, 84: 254–264.
- [12] Kim H, Kim D. Numerical study of the induction of intra-

- tumoral apoptosis under microwave ablation by changing slot length of microwave coaxial antenna[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2024, 62(3): 1–11.
- [13] Zeinali N, Sebek J, Fallahi H, et al. Transmission coefficient-based monitoring of microwave ablation: development and experimental evaluation *in ex vivo* tissue[J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2024, 71(4): 1269–1280.
- [14] Tabuse Y, Tabuse K, Mori K, et al. Percutaneous microwave tissue coagulation in liver biopsy: experimental and clinical studies[J]. *Nihon Geka Hokan*, 1986, 55(3): 381–392.
- [15] 冯威健, 刘巍, 李彩英, 等. 经皮微波凝固疗法治疗肺癌的临床应用[J]. *中华肿瘤杂志*, 2002, 24(4): 80–82.
- [16] Ahmed M, Solbiati L, Brace CL, et al. Image-guided tumor ablation: standardization of terminology and reporting criteria: a 10-year update[J]. *Radiology*, 2014, 273(1): 241–260.
- [17] Venturini M, Cariati M, Marra P, et al. CIRSE standards of practice on thermal ablation of primary and secondary lung tumours[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2020, 43(5): 667–683.
- [18] 叶欣, 范卫君. 影像引导下热消融治疗原发性和转移性肺部肿瘤临床实践指南 (2021 年版)[J]. *中华内科杂志*, 2021, 60(12): 1088–1105.
- [19] Wood DE, Kazerooni EA, Baum SL, et al. Lung cancer screening, version 4.2021, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology[J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2021, 19(5): 95–97.
- [20] Ye X, Fan WJ, Wang ZM, et al. Clinical practice guidelines on image-guided thermal ablation of primary and metastatic lung tumors (2022 edition)[J]. *J Cancer Res Ther*, 2022, 18(5): 1213–1230.
- [21] Lu AM, Woodrum DA, Felmlee JP, et al. Improved MR-thermometry during hepatic microwave ablation by correcting for intermittent electromagnetic interference artifacts[J]. *Phys Med*, 2020, 71: 100–107.
- [22] Iguchi T, Hiraki T, Matsui Y, et al. *In vivo* microwave ablation of normal swine lung at high-power, short-duration settings[J]. *Acta Med Okayama*, 2022, 76(1): 57–62.
- [23] Wei ZG, Yang X, Wu J, et al. SPACES: our team's experience in lung tumor microwave ablation[J]. *J Cancer Res Ther*, 2023, 19(1): 1–13.
- [24] 范卫杰, 张冬. 影像组学及深度学习在肺结节良恶性鉴别诊断中的新理念[J]. *中华肺部疾病杂志: 电子版*, 2021, 14(5): 549–553.
- [25] Wang MX, Wei ZG, Ye X. Issues and prospects of image-guided thermal ablation in the treatment of primary and metastatic lung tumors[J]. *Thorac Cancer*, 2023, 14(1): 110–115.
- [26] 张旭辉, 彭玉兰, 廖中凡, 等. 热消融治疗肿瘤的研究进展[J]. *临床超声医学杂志*, 2022, 24(10): 772–775.
- [27] Yang X, Ye X, Zheng AM, et al. Percutaneous microwave ablation of stage I medically inoperable non-small cell lung cancer: clinical evaluation of 47 cases[J]. *J Surg Oncol*, 2014, 110(6): 758–763.
- [28] Uhlig J, Ludwig JM, Goldberg SB, et al. Survival rates after thermal ablation versus stereotactic radiation therapy for stage 1 non-small cell lung cancer: a national cancer database study[J]. *Radiology*, 2018, 289(3): 862–870.
- [29] Han XY, Yang X, Huang GH, et al. Safety and clinical outcomes of computed tomography-guided percutaneous microwave ablation in patients aged 80 years and older with early-stage non-small cell lung cancer: a multicenter retrospective study[J]. *Thorac Cancer*, 2019, 10(12): 2236–2242.
- [30] Zhao H, Steinke K. Long-term outcome following microwave ablation of early-stage non-small cell lung cancer[J]. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2020, 64(6): 787–793.
- [31] Nance M, Khazi Z, Kaifi J, et al. Computerized tomography-guided microwave ablation of patients with stage I non-small cell lung cancers: a single-institution retrospective study[J]. *J Clin Imaging Sci*, 2021, 11: 7.
- [32] Ni Y, Huang GH, Yang X, et al. Microwave ablation treatment for medically inoperable stage I non-small cell lung cancers: long-term results[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(8): 5616–5622.
- [33] Wang J, Li B, Zhang L, et al. Safety and local efficacy of computed tomography-guided microwave ablation for treating early-stage non-small cell lung cancer adjacent to bronchovascular bundles[J]. *Eur Radiol*, 2024, 34(1): 236–246.
- [34] Yao W, Lu MJ, Fan WZ, et al. Comparison between microwave ablation and lobectomy for stage I non-small cell lung cancer: a propensity score analysis[J]. *Int J Hyperthermia*, 2018, 34(8): 1329–1336.
- [35] Chan MV, Huo YR, Cao C, et al. Survival outcomes for surgical resection versus CT-guided percutaneous ablation for stage I non-small cell lung cancer (NSCLC): a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(7): 5421–5433.
- [36] 瞿洋, 韦伟, 杨泽军, 等. 外科切除与微波消融对非小细胞肺癌治疗的应用比较[J]. *中华介入放射学电子杂志*, 2021, 9(3): 331–335, 344.
- [37] Ni Y, Peng JC, Yang X, et al. Multicentre study of microwave ablation for pulmonary oligorecurrence after radical

- resection of non-small-cell lung cancer[J]. *Br J Cancer*, 2021, 125(5): 672–678.
- [38] Laeseke P, Ng C, Ferko N, et al. Stereotactic body radiation therapy and thermal ablation for treatment of NSCLC: a systematic literature review and meta-analysis[J]. *Lung Cancer*, 2023, 182: 107259.
- [39] Succony L, Rassl DM, Barker AP, et al. Adenocarcinoma spectrum lesions of the lung: detection, pathology and treatment strategies[J]. *Cancer Treat Rev*, 2021, 99: 102237.
- [40] Liang XY, Zhang C, Ye X. Overdiagnosis and overtreatment of ground-glass nodule-like lung cancer[J]. *Asia Pac J Clin Oncol*, 2024, Epub ahead of print.
- [41] Lin SC, Yang CL, Guo XT, et al. Simultaneous uniportal video-assisted thoracic surgery of bilateral pulmonary nodules[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2021, 16(1): 42.
- [42] Tian H, Bai GY, Yang ZL, et al. Multiple primary lung cancer: Updates of clinical management and genomic features[J]. *Front Oncol*, 2023, 13: 1034752.
- [43] Murphy MC, Wrobel MM, Fisher DA, et al. Update on image-guided thermal lung ablation: society guidelines, therapeutic alternatives, and postablation imaging findings[J]. *Am J Roentgenol*, 2022, 219(3): 471–485.
- [44] Yang X, Ye X, Lin ZY, et al. Computed tomography-guided percutaneous microwave ablation for treatment of peripheral ground-glass opacity-lung adenocarcinoma: a pilot study[J]. *J Cancer Res Ther*, 2018, 14(4): 764–771.
- [45] Huang GH, Yang X, Li WH, et al. A feasibility and safety study of computed tomography-guided percutaneous microwave ablation: a novel therapy for multiple synchronous ground-glass opacities of the lung[J]. *Int J Hyperthermia*, 2020, 37(1): 414–422.
- [46] Han XY, Wei ZG, Zhao ZX, et al. Cost and effectiveness of microwave ablation versus video-assisted thoracoscopic surgical resection for ground-glass nodule lung adenocarcinoma[J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 962630.
- [47] Zarogoulidis P, Hohenforst-Schmidt W, Chen W, et al. Endobronchial radiofrequency ablation for pulmonary nodules with radial-ebus and navigation: pros and cons[J]. *J Cancer*, 2023, 14(9): 1562–1570.
- [48] Zhou DT, Yao TY, Huang XJ, et al. Real-world comprehensive diagnosis and "Surgery + X" treatment strategy of early-stage synchronous multiple primary lung cancer[J]. *Cancer Med*, 2023, 12(12): 12996–13006.
- [49] Chan JWY, Siu ICH, Chang ATC, et al. Transbronchial techniques for lung cancer treatment: where are we now? [J]. *Cancers*, 2023, 15(4): 1068.
- [50] Wei ZG, Ye X, Yang X, et al. Microwave ablation in combination with chemotherapy for the treatment of advanced non-small cell lung cancer[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2015, 38(1): 135–142.
- [51] Ni X, Han JQ, Ye X, et al. Percutaneous CT-guided microwave ablation as maintenance after first-line treatment for patients with advanced NSCLC[J]. *Onco Targets Ther*, 2015, 8: 3227–3235.
- [52] Wei ZG, Yang X, Ye X, et al. Microwave ablation plus chemotherapy versus chemotherapy in advanced non-small cell lung cancer: a multicenter, randomized, controlled, phase III clinical trial[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(5): 2692–2702.
- [53] Huang GH, Li WH, Meng M, et al. Synchronous microwave ablation combined with cisplatin intratumoral chemotherapy for large non-small cell lung cancer[J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 955545.
- [54] 林岩, 廖艺芳, 雍雅智. CT 引导下经皮穿刺微波消融在中晚期肺癌患者中的应用效果研究[J]. *中外医疗*, 2022, 41(35): 31–35.
- [55] Xu RD, Chen JJ, Chen DH, et al. CT-guided percutaneous microwave ablation combined with local radiotherapy or chemotherapy of malignant pulmonary tumors[J]. *Curr Radiopharm*, 2024, Epub ahead of print.
- [56] Ni Y, Liu BD, Ye X, et al. Local thermal ablation with continuous EGFR tyrosine kinase inhibitors for *EGFR*-mutant non-small cell lung cancers that developed extra-central nervous system (CNS) oligoprogressive disease[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2019, 42(5): 693–699.
- [57] Ni Y, Ye X, Yang X, et al. Microwave ablation as local consolidative therapy for patients with extracranial oligometastatic *EGFR*-mutant non-small cell lung cancer without progression after first-line *EGFR*-TKIs treatment[J]. *J Cancer Res Clin Oncol*, 2020, 146(1): 197–203.
- [58] Huang YH, Kong YM, Wei ZG, et al. Image-guided thermal ablation for patients with epidermal growth factor receptor-mutant nonsmall cell lung cancer[J]. *Asia Pac J Clin Oncol*, 2023, 19(4): 427–433.
- [59] 周娟, 苏春霞. 2023 年 ASCO 非小细胞肺癌靶向和免疫治疗进展[J]. *实用肿瘤杂志*, 2023, 38(4): 305–311.
- [60] Wei ZG, Yang X, Ye X, et al. Camrelizumab combined with microwave ablation improves the objective response rate in advanced non-small cell lung cancer[J]. *J Cancer Res Ther*, 2019, 15(7): 1629–1634.
- [61] Huang YH, Wang J, Hu YT, et al. Microwave ablation plus camrelizumab monotherapy or combination therapy in non-small cell lung cancer[J]. *Front Oncol*, 2022, 12:

DOI:10.13267/j.cnki.syzlzz.2024.046

· 专家论坛 ·

子宫颈癌十年研究回顾

李晓, 吕卫国

浙江大学医学院附属妇产科医院妇科肿瘤科, 浙江省妇产疾病临床医学研究中心, 浙江杭州 310006

通信作者: 吕卫国, E-mail: lbwg@zju.edu.cn

摘要: 子宫颈癌是一种病因明确且可防可控的恶性肿瘤。尽管人乳头瘤病毒 (human papillomavirus, HPV) 疫苗研发和子宫颈癌筛查已广泛开展, 但其发病率仍逐年上升, 并呈现低龄化的趋势, 提示子宫颈癌防控仍有待优化。因此世界卫生组织提出加速消除子宫颈癌全球战略。随着对 HPV 致癌机制的深入研究, 子宫颈癌筛查技术不断革新, 出现 HPV 拓展分型、p16INK4a (p16) /Ki-67 双重染色 (双染)、基因甲基化和 HPV 整合检测等具有临床前景的新技术。另外, 为改善子宫颈癌患者的预后, 基于新辅助化疗、同步放化疗、免疫治疗和靶向治疗等不同治疗方式的联合方案成为临床研究热点。本文就子宫颈癌 10 年研究现状进行述评。

关键词: 子宫颈癌; 人乳头瘤病毒疫苗; 人乳头瘤病毒初筛; 靶向治疗; 免疫治疗

Ten-year review of cervical cancer study

Li Xiao, Lü Weiguo

Department of Gynecologic Oncology, Women's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Zhejiang Provincial Clinical Research Center for Obstetrics and Gynecology, Hangzhou 310006, China

Corresponding to: Lü Weiguo, E-mail: lbwg@zju.edu.cn

Abstract: Cervical cancer is a malignant tumor with clear etiology and prevention strategy. Although human papillomavirus (HPV) vaccination and cervical cancer screening have been widely carried out, the incidence of cervical cancer is still rising year by year and showing a trend of younger age. It suggests that the prevention and control of cervical cancer still needs to be improved. Thus, the World Health Organization proposed a global strategy to accelerate the elimination of cervical cancer. With the in-depth study of HPV carcinogenesis, the

基金项目: 浙江省尖兵领雁重点研发计划 (2023C03169); 浙江省教育厅科研项目 (Y202249960)

- 938827.
- [62] 刘涛, 郭晨凡, 吴鲸. 多次微波消融治疗复发转移性肺癌 1 例并文献复习[J]. 中国临床研究, 2023, 36(10): 1577-1579.
- [63] 姚源山, 华青旺, 高文. 晚期非小细胞肺癌患者免疫治疗的预后相关因素分析[J]. 实用肿瘤杂志, 2023, 38(3): 239-245.
- [64] 罗盛男, 陶冀. 微波消融术联合免疫治疗在肿瘤治疗中的应用及进展[J]. 现代肿瘤医学, 2022, 30(1): 159-162.
- [65] Zhang XS, Ye X, Zhang KX, et al. Computed tomography-guided microwave ablation combined with osteoplasty for the treatment of bone metastases: a multicenter clinical study[J]. J Vasc Interv Radiol, 2021, 32(6): 861-868.
- [66] Hu XH, Hu QK, He Y, et al. Efficacy and safety of microwave ablation and its synergistic potential in the treatment of early-stage non-small cell lung cancer[J]. Clin Imaging, 2024, 107: 110070.

(收稿日期: 2024-06-04)