

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.23.009

38 例肺癌的 CT 引导下微波消融安全性及初步疗效临床总结*

辛少伟¹ 杨阳² 高峰¹ 孙茜¹ 刘海明³ 尚进³ 刘姣⁴ 叶长琦^{1Δ}

(1 联勤保障部队第九六二医院胸外科 黑龙江 哈尔滨 150080; 2 联勤保障部队第九六二医院药剂科 黑龙江 哈尔滨 150080;
3 联勤保障部队第九六二医院影像科 黑龙江 哈尔滨 150080; 4 联勤保障部队第九六二医院门诊部 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要 目的:探讨 CT 引导下微波消融(microwave ablation, MWA)在肺癌治疗中的安全性及近期疗效。**方法:**选取 2023 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日在联勤保障部队第九六二医院胸外科行 CT 引导下 MWA 治疗的 38 例肺癌患者病历资料,其中男性 31 例(81.6%),平均年龄 44.2±14.3 岁,肿瘤平均直径 13.1±5.5mm,肿瘤位于右肺上叶 9 例(23.7%),右肺中叶 7 例(18.4%),右肺下叶 6 例(15.8%),左肺上叶 10 例(26.3%),左肺下叶 6 例(15.8%),回顾性分析临床资料、消融成功率、近期疗效及并发症情况,评价 CT 引导下微波消融在肺癌治疗中的安全性及有效性。**结果:**38 例肺肿瘤共进行了 38 次消融治疗,均达到完全消融,消融成功率 100%,术后平均随访 10.2±2.9 个月,随访期间无复发。影像学病灶转归为,纤维化 29 例(76.3%),病灶完全消失 7 例(18.4%),空洞 2 例(5.3%)。最常见的不良反应是疼痛,共有 18 例(47.4%);最常见的并发症为气胸,38 例患者中共出现 12 例(31.6%),其中 11 例为局限性气胸,仅需临床观察即可。仅出现 1 例严重并发症为大量气胸,经胸腔闭式引流治愈,无死亡病例。**结论:**CT 引导下 MWA 是一种较有效的肺癌局部治疗手段,具有较好的安全性和一定疗效。

关键词:微波消融;肺癌;并发症;肺结节

中图分类号:R734.2 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2024)23-4444-05

Clinical Summary of Safety and Efficacy of CT-guided Microwave Ablation in 38 Cases of Lung Cancer*

XIN Shao-wei¹, YANG Yang², GAO Feng¹, SUN Qian¹, LIU Hai-ming³, SHANG Jin³, LIU Jiao⁴, YE Chang-qi^{1Δ}

(1 Department of Thoracic Surgery, 962 Hospital of the joint Logistics Support Force, Harbin, Heilongjiang, 150080, China;

2 Department of Pharmacy, 962 Hospital of the joint Logistics Support Force, Harbin, Heilongjiang, 150080, China;

3 Department of Medical Imaging, 962 Hospital of the joint Logistics Support Force, Harbin, Heilongjiang, 150080, China;

4 Outpatient Department, 962 Hospital of the joint Logistics Support Force, Harbin, Heilongjiang, 150080, China)

ABSTRACT Objective: The purpose of this study was to investigate the safety and short-term efficacy of CT-guided microwave ablation (MWA) in the treatment of lung cancer. **Methods:** The data of 38 patients with lung cancer who underwent CT-guided MWA treatment in the Department of Thoracic Surgery of the 962 Hospital of the Joint Logistics Support Force from January 1, 2023 to December 31, 2023 were selected. Among them, 31 (81.6%) were males, with an average age of 44.2±14.3 years and an average tumor size of 13.1±5.5 mm. Tumors were located in the right upper lobe in 9 cases (23.7%), the right middle lobe in 7 cases (18.4%), the right lower lobe in 6 cases (15.8%), the left upper lobe in 10 cases (26.3%), and the left lower lobe in 6 cases (15.8%). The clinical data, complete ablation rate, short-term efficacy and complications were retrospectively analyzed to evaluate the safety and short-term efficacy of CT-guided MWA in the treatment of lung cancer. **Results:** A total of 38 pulmonary tumors were ablated for 38 times, all of which achieved complete ablation with a success rate of 100%. The average postoperative follow-up was 10.2±2.9 months, and there was no recurrence during the follow-up. The imaging outcomes was fibrosis in 29 cases (76.3%), complete disappearance in 7 cases (18.4%), and cavity in 2 cases (5.3%). The most common adverse reaction was pain (18 cases (47.4%). The most common complication was pneumothorax, which occurred in 12 of 38 patients (31.6%), of which 11 were localized pneumothorax, requiring only clinical observation. Only one serious complication was massive pneumothorax, which was cured by closed thoracic drainage, and no death occurred. **Conclusion:** CT-guided MWA is an effective local treatment for lung cancer with good safety and short-term efficacy.

Key words: Microwave ablation; Lung cancer; Complications; Pulmonary nodule

Chinese Library Classification(CLC): R734.2 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2024)23-4444-05

* 基金项目:联勤保障部队第九六二医院科研项目(962L202401)

作者简介:辛少伟(1987-),男,硕士研究生,主治医师,主要从事胸部疾病的基础与临床研究,E-mail: xswxxw211@163.com

Δ 通讯作者:叶长琦,E-mail: changqi211@126.com

(收稿日期:2024-06-20 接受日期:2024-07-15)

前言

肺癌是导致癌症死亡的主要原因,占癌症死亡总数的18%^[1]。根治性手术切除是早期肺癌患者的首选,但是很多患者因高龄、心肺功能差、肿瘤复发、多原发肿瘤等原因无法行手术切除,亟需探索新的治疗方式^[2-4]。研究发现热消融治疗早期非小细胞肺癌的5年生存率与手术治疗没有显著差异,并能更好的保护肺功能^[5,6]。影像引导的热消融术如射频消融(radiofrequency ablation, RFA)、微波消融(microwave ablation, MWA)和冷冻消融作为一种精准的微创技术已越来越多地应用于肺癌的治疗^[2-5]。MWA相比RFA,可造成范围更大、分布更均匀的消融区域,以满足肺结节及边缘的完整覆盖,而且相比冷冻消融其操作时间更短,理论上更适合肺部肿瘤的消融^[9]。但MWA的升温更快、消融范围更大,可能导致更高的并发症发生率^[5]。绝大多数消融是通过经皮穿刺进行的,计算机断层扫描(computerized tomography, CT)作为最常用的影像引导方式,在消融过程监控及术后疗效评价方面具有明显优势^[5,7-9]。本研究将通过回顾性分析探索CT引导下MWA治疗肺癌的安全性及有效性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集联勤保障部队第九六二医院2023年1月1日至2023年12月31日行CT引导下MWA治疗的肺癌患者病历资料。纳入标准^[7,10]:1、病理诊断考虑原位腺癌或微浸润腺癌;2、病理诊断浸润性肺癌但不能耐受或拒绝手术治疗;3、纯磨玻璃结节或混合磨玻璃结节,随访半年以上无缩小;4、肺癌术后新发或多原发肺癌剩余病灶,患者拒绝手术治疗。排除标准^[7,10]:1、凝血障碍;2、预期生存期<6个月;3、临床资料及随访信息不完整。共纳入病例38例,其中男31例(81.6%),女7例(18.4%),平均年龄44.2±14.3岁。共计38个病灶,肿瘤平均大小13.1±5.5 mm,见表1。

1.2 方法

所有患者均进行严格的术前评估,包括:(1)根据患者的胸腹部CT、脑部核磁共振及其它脏器彩超等进行术前临床分期,并经过多学科讨论;(2)充分告知手术风险及获益,签署知情同意书;(3)术前6小时禁食水,完善血常规、凝血、肝肾功、传染病系列、肿瘤标志物等血液学检查及心电图检查;(4)根据CT检查结果判断术中体位、穿刺区域和穿刺方向;(5)建立静脉通道、术前口服镇咳剂和必要的镇静药物、必要时术区备皮。

手术均在局麻(2%利多卡因皮下)下进行,术中持续心电图监测,同时观察患者呼吸、疼痛、咳嗽、咯血等情况,必要时对症处理。通过CT扫描再次明确病灶大小、部位、穿刺点的体表定位、穿刺路径、靶皮距等。MWA仪器使用南京亿高医疗科技股份有限公司ECO-200G MWA系统及配套17G一次性MWA针。消毒铺单麻醉后按规划路径逐层穿刺,分步进针直到靶皮距,再次CT扫描确认针尖与病灶的位置并调整至消融靶区。微波频率输出功率调至40-60 W,时间为3-12 min,消融边界至少5 mm。在手术结束后使用明胶海绵进行针道填塞。术后预防性口服抗生素3天,24小时后复查胸部CT以排除气胸、血胸等不良事件。

表1 MWA病例的一般资料

Table 1 General information of MWA cases

Characteristics	Total(n=38) $\bar{x}\pm s/n(\%)$
Gender	
Male	31(81.6)
Female	7(18.4)
Age (years)	44.2±14.3
Smoking	
Yes	9(23.7)
No	28(76.3)
Tumor size (mm)	13.1±5.5
Tumor location	
Right upper lobe	9(23.7)
Right middle lobe	7(18.4)
Right lower lobe	6(15.8)
Left upper lobe	10(26.3)
Left lower lobe	6(15.8)
Ablation power (w)	55.3±12.0
Ablation time (min)	7.1±2.2
Follow-up time (month)	10.2±2.9

术后随访:患者于术后第1、3个月复查胸部CT观察并发症情况及病灶消融效果,随后每半年复查一次胸部CT,两年后改为年度复查。

1.3 安全性及有效性评价标准

通过CT影像学检查评价肿瘤消融情况,根据消融效果分为完全消融和不完全消融。符合病灶消失;完全形成空洞;病灶纤维化,可为疤痕;实性结节缩小或无变化或增大,但CT扫描无造影剂异常强化征象;肺不张同时CT扫描无造影剂异常强化征象中的任何一项定义为完全消融。空洞或病灶纤维化边缘仍有典型的磨玻璃影像学表现;病灶部分纤维化仍存在实性成分,且实性部分CT扫描强化和(或)PET-CT存在肿瘤代谢活性;实性结节,大小无变化或增大,且伴CT扫描造影剂有异常强化征象和(或)PET-CT结节有异常代谢活性中的任何一项定义为不完全消融^[2]。

依据《热消融治疗肺部亚实性结节专家共识(2021年版)》和美国介入放射学会(Society of Interventional Radiology, SIR)的不良副反应及并发症标准评估消融安全性^[2,11]。不良副反应包括:疼痛、消融后综合征(主要指低热、乏力、全身不适、恶心、呕吐等)、咳嗽、胸膜反应;并发症包括:气胸、胸腔积液、出血、感染、空洞形成、其它(如支气管胸膜瘘、神经损伤、肺栓塞、心包填塞等)。依据严重程度分为副反应(疼痛、消融后综合征、无症状胸腔积液、无后果的邻近结构损伤)、轻微并发症(无不良后果,无需治疗或仅需观察、对症治疗)和严重并发症(需住院治疗或延长住院时间、导致永久不良后遗症、死亡)。

2 结果

2.1 疗效结果

38 例肺肿瘤共进行 38 次消融治疗, 均达到完全消融, 消融成功率 100%, 术后平均随访 10.2±2.9 个月, 随访期间无复发。其中, 29 例为单纯孤立性肿瘤消融治疗, 5 例为多发肿瘤手

术后消融, 2 例为转移灶消融, 2 例为姑息性消融。病灶的影像学转归为, 纤维化 29 例(76.3%), 病灶完全消失 7 例(18.4%), 空洞 2 例(5.3%), 见图 1。

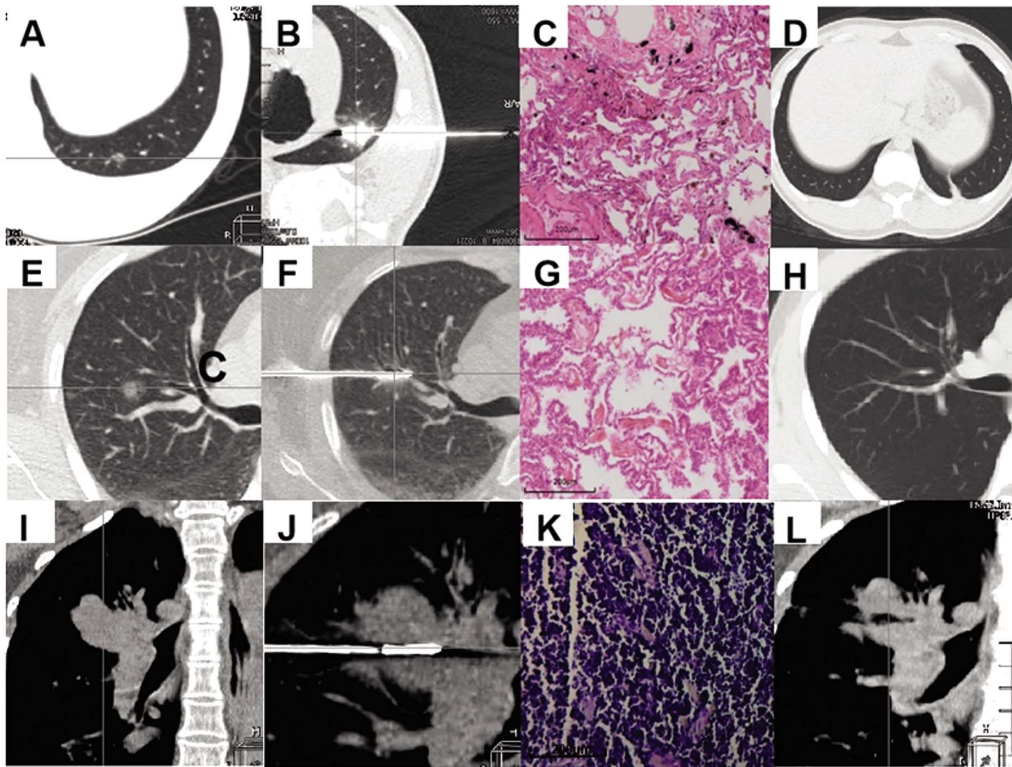


图 1 肺癌经微波消融的影像学转归

Fig.1 Imaging outcome of microwave ablation of lung cancer

A, 左肺下叶磨玻璃结节; B, 右侧卧位经背部穿刺微波消融; C, 病理考虑原位腺癌; D, 消融 6 个月后病灶处形成纤维索条; E, 右肺中叶磨玻璃结节; F, 平卧位经右腋中线穿刺微波消融; G, 病理考虑微浸润腺癌; H, 消融 6 个月后形成病灶完全消失; I, 右肺上叶肿块; J, 平卧位经右腋后线穿刺微波消融; K, 病理为小细胞肺癌; L, 消融 6 个月后肿瘤稳定伴有空洞。

A, a ground-glass nodule of left lower lobe; B, microwave ablation through dorsal puncture in right lateral decubitus position; C, pathological diagnosis was adenocarcinoma in situ. D, fibrosis after ablation for 6 months; E, a ground-glass nodule of right middle lobe; F, microwave ablation through right axillary midline puncture in supine position; G, pathological diagnosis was minimally invasive adenocarcinoma; H, complete disappearance after ablation for 6 months; I, right upper lobe tumor; J, microwave ablation through right axillary posterior line puncture in supine position; K, pathological diagnosis was small cell lung cancer; L, the tumor was stable with cavitation after ablation for 6 months.

2.2 不良反应及并发症结果

最常见的不良反应是疼痛, 共有 18 例(47.4%), 其次是咳嗽 12 例(31.6%)及消融后综合征 11 例(28.9%)。最常见的并发症为气胸, 38 例患者中共出现 12 例(31.6%), 其中 11 例为局限性气胸, 仅需临床观察即可。胸腔积液 3 例, 均为少量积液, 无需临床干预均自行吸收。仅出现 1 例严重并发症为大量气胸, 经胸腔闭式引流治愈。见表 2。

3 讨论

本研究通过回顾性分析初步证实了 WMA 治疗肺癌是一种有效、安全的治疗方式。术后以不良反应及轻微并发症为主, 占 97.7%(42/43), 仅出现一例需进行胸腔闭式引流处理的气胸。消融靶区均覆盖病灶并达到了完全消融, 近期随访未出现复发。

肺癌的传统手术治疗, 即使是亚肺叶切除也会对肺功能造

成损伤, 而研究表明 MWA 作为一种保留肺实质的局部治疗手段不会影响肺功能^[12-14]。随着人口老龄化, 许多老年肺癌患者因心肺功能储备不足无法耐受全麻手术; 同时, 多发肺结节患者因为保留肺功能的需要限制了切除肺组织的传统手术; 这都促使了热消融技术的发展与应用^[15-18]。先前的临床试验证实立体定向放射治(stereotactic body radiation therapy, SBRT)对心肺功能差的不适宜手术的肺癌患者有效, 而 MWA 的疗效与 SBRT 相当, 优于 RFA^[19,20]。MWA 通过刺激组织中的水分子产生热量, 从而导致蛋白质立即变性。理论上, MWA 比 RFA 能在更短的时间、更大的体积内产生更高的温度; 同时, 由于对热沉降现象的敏感性较低, MWA 更有利于大血管和气道附近的消融^[15]。

随着 CT 筛查的广泛应用, 越来越多的肺磨玻璃结节(ground-glass nodules, GGN)被检出^[21]。GGN 在观察中出现大小、密度或实性成分增加, 通常会考虑手术治疗; 一些相对稳定

表 2 MWA 病例的不良反应及并发症情况

Table 2 Adverse reactions and complications of MWA cases

Adverse reactions and complications	n(%)
Pain	18(47.4)
Post-ablation syndrome	11(28.9)
Cough	12(31.6)
Pneumothorax	12(31.6)
Pleural effusion	3(7.9)

的 GGN 也可能被怀疑为原位腺癌或微浸润腺癌而手术,但手术方式还存在争议^[8,21]。研究发现 MWA 对早期肺癌的疗效接近于手术切除,特别是在对 GGN 样肺癌。一项对 186 例早期小肺癌患者的 205 个病灶行 MWA 的研究显示,病灶均得到完全消融、无复发^[22]。Yang 等进行的一项多中心研究发现,MWA 治疗 87 例外周 GGN 样肺癌技术成功率 100%,3 年和 5 年局部无进展生存率分别为 96.6%和 96.6%,3 年和 5 年癌症特异生存率均为 100%^[23]。另一项针对 51 例 GGN 的多中心研究同样显示 MWA 后的 3 年癌症特异生存率为 100%^[8]。我们 38 例行 WMA 患者同样都获得完全消融,其中 34 例为 GGN 样肺癌,平均随访 10.2 个月,未观察到复发。

MWA 是一种创伤较小的肿瘤局部治疗方法,但仍会出现一些不良反应及并发症。疼痛、低热、乏力、咳嗽等不良反应是 WMA 术中或术后不可避免的伴随症状,通常症状较轻,必要时需给予对症处理^[24,25]。本研究中未出现术后的顽固性疼痛,虽然术后疼痛、消融后综合征及咳嗽较普遍,但症状均较轻,对症治疗均可有效缓解。疼痛更常见于靠近胸膜的病灶,这与胸膜的热损伤有关;适量的人工气胸可以减少胸膜的热损伤^[26,27]。气胸是 MWA 最常见的并发症^[22,24]。气胸的发生与针道路径的肺气肿及靠近胸膜的病灶有关^[28,29]。在穿刺过程中要避免多次穿刺和穿越叶间裂^[2]。在本项研究中,气胸发生率为 31.6% (12/38),其中 91.7%(11/12)为无需插管干预的少量气胸,仅 1 例较严重经胸腔闭式引流治愈。胸腔积液只有 3 例,均为无须处理的少量积液。无血胸、支气管胸膜瘘、肺栓塞、心包填塞、顽固性疼痛、脓胸等严重并发症,无死亡病例,这与既往研究结果一致^[22,24,28]。

目前,关于 MWA 的功率和时间还存在争议,消融参数设定主要由医生的主观经验决定^[25]。我们通常选择消融功率范围 40-60 w,消融时间 3-12 min,术中根据病灶质地、大小及术中监测情况适时调整。同步活检时会对靶区进行 1 分钟左右的 30 w 低功率预消融,能够提高活检准确性和安全性^[30]。通过离体猪肺及兔肺肿瘤模型探索 MWA 热场数据的研究显示 WMA 消融范围与功率及时间成正比;建议 WMA 治疗平均直径 40 mm 以下的肺肿瘤时,可以选用 30 W 或 40 W 低功率进行 6 分钟以内消融或 2-4 min 内的 50 W 高功率快速消融,低功率长时间消融更易于热场的控制,不易发生组织炭化^[31]。对于 GGN,一般认为可以采用较低的消融功率或较短的消融时间。但近期一项动物实验显示相同功率和时间条件下,充气状态的肺组织较充气状态肺组织消融范围小,提示含有更多充气组织的 GGN 样肺癌可能需要更高的功率或更长的消融时间,

当然这还需要进一步证实^[32]。

总之,CT 引导下 MWA 是一种有效的肺癌局部治疗手段,具有良好的安全性和近期疗效。选择合适的入路、消融功率及时间是消融成功和减少并发症的关键。鉴于肺癌的高度异质性,本研究纳入样本量有限,存在一定的选择偏倚;下一步我们将通过多中心研究扩大样本量并增加随访时间,以增强研究结果的可靠性。

参考文献(References)

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.
- [2] 叶欣, 范卫君, 王忠敏, 等. 热消融治疗肺部亚实性结节专家共识(2021 年版)[J]. 中国肺癌杂志, 2021, 24(05): 305-322.
- [3] 宋勇, 袁冬梅. 肺部结节处理中的几点思考[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(2): 81-83.
- [4] Abtin F, De Baere T, Dupuy DE, et al. Updates on Current Role and Practice of Lung Ablation[J]. J Thorac Imag, 2019, 34(4): 266-277.
- [5] 洪子强, 金大成, 白向豆, 等. 热消融治疗肺癌的研究进展 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2024, 31(01): 166-172.
- [6] 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.
- [7] 唐浩桓, 周奇, 孙飞虎, 等. 微波消融治疗肺恶性肿瘤安全性及疗效的单中心临床分析 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2021, 28(11): 1310-1314.
- [8] 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.
- [9] Chi J, Ding M, Shi Y, et al. Comparison study of computed tomography-guided radiofrequency and microwave ablation for pulmonary tumors: A retrospective, case-controlled observational study[J]. Thorac Cancer, 2018, 9(10): 1241-1248.
- [10] Wei Z, Chi J, Cao P, et al. Microwave ablation with a blunt-tip antenna for pulmonary ground-glass nodules: a retrospective, multicenter, case-control study[J]. Radiol Med, 2023, 128(9): 1061-1069.
- [11] Sacks D, McClenny TE, Cardella JF, et al. Society of Interventional Radiology clinical practice guidelines [J]. J Vasc Interv Radiol, 2003, 14(9 Pt 2): S199-202.
- [12] Li Z, Zhao F, Wang G, et al. Changes in the pulmonary function of

- CT-guided microwave ablation for patients with malignant lung tumors[J]. *J Cancer Res Ther*, 2023, 19(6): 1669-1674.
- [13] 王伟, 张彬, 刘勇志, 等. 胸腔镜下肺叶切除、解剖性肺段切除、肺楔形切除治疗非小细胞肺癌的疗效分析 [J]. *临床外科杂志*, 2024, 32(03): 266-270.
- [14] 武强, 孔浩, 张博友, 等. 早期非小细胞肺癌外科手术方式的争议 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2022, 29(08): 1066-1072.
- [15] Chockalingam A, Konstantinidis M, Koo B, et al. Surgical resection, radiotherapy and percutaneous thermal ablation for treatment of stage 1 non-small cell lung cancer: protocol for a systematic review and network meta-analysis[J]. *BMJ open*, 2022, 12(6): e057638.
- [16] Ni Y, Xu H, Ye X. Image-guided percutaneous microwave ablation of early-stage non-small cell lung cancer [J]. *Asia Pac J Clin Oncol*, 2020, 16(6): 320-325.
- [17] 史景云, 孙奋勇, 刘海鹏, 等. 肺部多发磨玻璃结节中西医结合防治一体化专家共识[J]. *肿瘤*, 2022, 42(07): 451-465.
- [18] 王英虎, 马超, 王娟, 等. 二陈汤加减联合微波消融术对晚期非小细胞肺癌患者 Th17/Treg 失衡和血管生成因子的影响 [J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(23): 4564-4568.
- [19] Videtic GM, Paulus R, Singh AK, et al. Long-term Follow-up on NRG Oncology RTOG 0915 (NCCTG N0927): A Randomized Phase 2 Study Comparing 2 Stereotactic Body Radiation Therapy Schedules for Medically Inoperable Patients With Stage I Peripheral Non-Small Cell Lung Cancer [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2019, 103(5): 1077-1084.
- [20] 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.
- [21] MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017 [J]. *Radiology*, 2017, 284(1): 228-243.
- [22] 孟祥熙, 陶蓉. 早期小肺癌微波消融治疗临床分析[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2024, 31(05): 300-304.
- [23] Yang X, Jin Y, Lin Z, et al. Microwave ablation for the treatment of peripheral ground-glass nodule-like lung cancer: Long-term results from a multi-center study[J]. *J Cancer Res Ther*, 2023, 19(4): 1001-1010.
- [24] 任茂玲, 孙晓容, 何晓丽. CT 引导下微波消融术在肺部结节治疗中的应用及术后并发症的危险因素分析[J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2023, 16(05): 718-720.
- [25] 冯东斌, 时延龙, 王强, 等. 微波消融治疗肺肿瘤的相关预后因素分析[J]. *现代肿瘤医学*, 2024, 32(03): 466-471.
- [26] 周坚, 谈谈. 局部麻醉下肺肿瘤微波消融术中疼痛的影响因素分析[J]. *中国肿瘤外科杂志*, 2023, 15(04): 386-390.
- [27] 宋鹏远, 庞敏, 安玉姬, 等. 超声辅助人工气胸下近壁层胸膜肺肿瘤微波消融的有效性及其安全性 [J]. *现代肿瘤医学*, 2022, 30(05): 806-810.
- [28] Zhou W, Yu X, Song Y, et al. Risk of pneumothorax caused by computerized tomography-guided percutaneous core needle biopsy of the lung in elderly and young patients[J]. *J Cancer Res Ther*, 2021, 17(5): 1186-1191.
- [29] Nakamura K, Matsumoto K, Inoue C, et al. Computed Tomography-guided Lung Biopsy: A Review of Techniques for Reducing the Incidence of Complications [J]. *Interv Radiol (Higashimatsuyama)*, 2021, 6(3): 83-92.
- [30] 乔元岗, 刘现闯, 鲍志宇, 等. 活检同步微波消融治疗肋胸膜下肺结节的安全性及有效性 [J]. *医学影像学杂志*, 2023, 33(08): 1386-1389.
- [31] 高翔, 陈仕林, 刘静纨, 等. 基于 CT 的兔肺肿瘤微波消融的温度场研究[J]. *北京生物医学工程*, 2020, 39(4): 372-379.
- [32] 胡昊, 南群. 离体猪肺充气状态下的微波消融热场研究[J]. *医用生物力学*, 2021, 36(S1): 245.

(上接第 4420 页)

- [13] Nurzadeh M, Ghalandarpoor-Attar SM, Ghalandarpoor-Attar SN, et al. The Role of Interferon (IFN)- γ in Extravillous Trophoblast Cell (EVT) Invasion and Preeclampsia Progression [J]. *Reprod Sci*, 2023, 30(5): 1462-1469.
- [14] Duncan JW, Nemeth Z, Hildebrandt E, et al. Interleukin-17 induces hypertension but does not impair cerebrovascular function in pregnant rats[J]. *Pregnancy Hypertens*, 2021, 11(24): 50-57.
- [15] Kumar A, Banerjee A, Singh D, et al. Estradiol: A Steroid with Multiple Facets[J]. *Horm Metab Res*, 2018, 50(5): 359-374.
- [16] Qi QR, Lechuga TJ, Patel B, et al. Enhanced Stromal Cell CBS-H2S Production Promotes Estrogen-Stimulated Human Endometrial Angiogenesis[J]. *Endocrinology*, 2020, 161(11): bqaa176.
- [17] He WH, Jin MM, Liu AP, et al. Estradiol promotes trophoblast viability and invasion by activating SGK1 [J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, 38(117): 109092.
- [18] Parisi F, Fenizia C, Introini A, et al. The pathophysiological role of estrogens in the initial stages of pregnancy: molecular mechanisms and clinical implications for pregnancy outcome from the periconceptional period to end of the first trimester [J]. *Hum Reprod Update*, 2023, 29(23): dmad016.
- [19] Visniauskas B, Kilanowski-Doroh I, Ogola BO, et al. Estrogen-mediated mechanisms in hypertension and other cardiovascular diseases[J]. *J Hum Hypertens*, 2023, 37(8): 609-618.