

• 综 述 General review •

多发肺磨玻璃结节的临床管理研究进展

陈瑜娴, 姚天笑, 潘凤敏

【摘要】 随着 CT 在肺癌筛查中的广泛应用,肺磨玻璃结节(pulmonary ground-glass nodule,GGN)尤其是多发 GGN 的检出率越来越高。目前指南对于多发肺结节的治疗仅针对高危结节进行处理,而对于多发高危结节尚无统一指导意见。GGN 的主要处理策略是随访和手术切除,对于一些不能切除或不愿手术的患者,可采用立体定向放射治疗、介入消融(如射频消融、微波消融、冷冻消融等)等非手术方法。该文综述了多发肺结节的临床处理策略及疗效评价,旨在为多发肺结节的临床管理提供参考。

【关键词】 多发磨玻璃结节;外科手术;立体定向放射治疗;消融治疗

中图分类号:R563 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-09-1034-05

Advances in the clinical management for patients with multiple pulmonary ground-glass nodules CHEN Yuxian, YAO Tianxiao, PAN Fengmin. Department of Radiology, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan, Shandong Province 250012, China

Corresponding author: PAN Fengmin, E-mail: 1026433567@qq.com

【Abstract】 With the widespread use of CT scan in lung cancer screening, in clinical practice the detection rate of pulmonary ground-glass nodule(GGN), especially multiple GGNs, has become higher and higher. So far, the guidelines for the treatment of multiple pulmonary nodules mainly focus on the high-risk nodules, while there is no uniform guideline for the management of multiple high-risk GGNs. The main treatment strategies for GGNs include follow-up check and surgical resection. However, for patients who are unable to undergo or refuse to receive surgery, non-surgical therapies such as stereotactic body radiation therapy(SBRT), interventional ablation(such as radiofrequency ablation, microwave ablation, cryoablation, etc.) can be considered. This article reviews the clinical management strategies and therapeutic evaluation of multiple pulmonary nodules, aiming to provide reference for the clinical management of multiple pulmonary nodules.

【Key words】 multiple ground-glass nodules; surgery; stereotactic body radiation therapy; ablation therapy

随着 CT 技术的广泛使用及民众健康认知的逐渐增强,肺磨玻璃结节(pulmonary ground-glass nodule,GGN)尤其是多发 GGN 的检出率越来越高。多发 GGN 指肺实质内存在两个及以上的 GGN,占肺部 GGN 总数的 40%~50%。然而,筛查出的结节中仅 0.7%~2.3%为肺癌^[1-4]。目前肺结节的处理主要是随访和手术切除,但对于多发 GGN 的治疗尚无统一指导意见。本文对多发 GGN 患者的临床管理进行综述。

1 GGN 特点

肺结节根据实性成分占比分为纯磨玻璃结节

(pure GGN, pGGN)、混合磨玻璃结节(mixed GGN, mGGN)以及实性结节。GGN 的良恶性存在不确定性,良性 GGN 包括局灶性间质纤维化、炎症和出血等^[5-6]。GGN 型肺癌均为腺癌,由非典型腺瘤样增生、原位腺癌、微浸润腺癌、浸润性腺癌逐步发展而来^[7]。GGN 最大直径增加 2 mm 及以上被认为是有意义的并提示恶性,目前认为 GGN 的生长和实性转化是恶性程度的指标,病灶越大,实性成分越多,恶性的可能越大,侵袭性越强,另外如出现分叶征、毛刺征、胸膜牵拉、血管增粗扭曲等影像表现也提示恶性。多数 GGN 进展缓慢,适合采取随访为主的策略,直至排除恶性。多发 GGN 之间相

互独立而非转移病灶,提示应采取相对独立的处理策略。对具有高危结节特征的患者,应采取更积极的方法,如正电子发射计算机断层显像扫描(PET-CT)或活检。此外,有恶性肿瘤病史、年龄较大、长期吸烟史,建议行活检明确诊断。对多发 GGN 进行活检时,应将重点放在最具高危特征的结节上。

2 随访

研究表明,40%~50%的 GGN 在随访 3~4 个月消失^[6],未消失的称为持续性 GGN。这类患者需继续随访,直至排除恶性或定性诊断。目前,国内外许多相关指南和共识的随访策略有所不同。综合各项指南建议,对初次发现行抗炎治疗后 3 个月随访;首次随访无变化或增大者,根据其影像表现及病理类型评估判断,结合指南进行后续随访;随访发现实性成分增大或出现其他恶性征象可行 PET-CT 或活组织检查。见表 1。

对于多发 GGN 的随访,目前尚无统一指南。多发 GGN 的预后取决于优势 GGN 大小和实性成分^[10],其他 GGN 的生长情况或是否有新发病灶通常不会对预后产生影响。日本一项随访研究发现,出现增大的病灶多数发生在 36 个月内^[11],因此建议多发 GGN 患者的最佳观察时间为 36 个月。有研究证实,原发灶切除后,无论其他病灶是否继续生长、是否有新发 GGN、剩余病灶是否处理,都不影响患者预后^[12-14]。建议当优势病灶的长径或实性成分 ≥ 8 mm、出现 ≥ 6 mm 的新发结节或随访期间病灶实性成分增大时,及时临床干预。如果继发病灶为 pGGN,受心肺功能限制无法全部切除病灶,建议每 6~12 个月随访 1 次;若后续无变化,每 2 年随访 1 次^[10,13-14]。

3 外科手术

3.1 适应证

干预时机主要取决于 GGN 的大小、实性成分大小及随访的变化。可对部分 5~10 mm GGN 进行积极干预的情况:①可行局部切除的外周 GGN;②有恶性肿瘤病史、家族史、长期吸烟史;③影像发现恶性肿瘤征象;④PET-CT 代谢增加;⑤患者对 GGN 极度焦虑。有以下情况则应谨慎处理:①GGN 不可局部切除;②pGGN 动态随访;③mGGN 但影像无恶性征象, PET-CT 无代谢或低代谢;④高龄及身体状况差。

3.2 术式选择

目前常用的术式包括肺叶切除和亚肺叶切除,亚肺叶切除包括肺段切除和楔形切除。肺叶切除和肺段切除又称为解剖性切除,术后复发概率低于楔形切除。一项前瞻性随机对照临床试验 JCOG0802 初步结果显示,肺段切除术后患者 5 年生存率高于肺叶切除术,但失血量及并发症发生率略高。张亚锋等^[15]研究发现,与肺段组比较,肺楔形组手术时间、出血量、胸腔引流管留置时间和住院时间均明显缩短。

当多个 GGN 在同一肺叶可行多处肺楔形切除或肺叶切除;当在同侧多个肺叶应根据病灶数量设计个体化手术方案,如大病灶行肺叶切除、小病灶行楔形切除;只存在一个优势病灶时,行病灶所在肺叶切除,其他亚实性病灶行局部切除^[16]。位于双侧的肺 GGN 病灶通常需行分期手术,且行亚肺叶切除利于保留患者肺功能^[17]。要根据患者的身体状况选择手术,尽可能行解剖性切除,因此建议肺段切除术作为局限性切除的首选。尽管目前对于肺叶切除和亚肺叶切除的选择尚有争议^[18],但对于 GGN 为主的患者,亚肺叶切除的应用越来越广泛。2013 年 ACCP 指南推荐在可行的前提下,对所有怀疑恶性的多发 GGN 进行亚肺叶切除,不建议行全肺切除^[19-20]。

表 1 GGN 随访及处理策略指南汇总

指南	随访	进一步处理
NCCN 肺癌筛查指南	pGGN: <20 mm 年度随访; ≥ 20 mm 6 个月随访低剂量 CT(CDCT) mGGN: <6 mm 年度随访; ≥ 6 mm 且 SC <6 mm 6 个月随访,稳定后年度随访; ≥ 6 mm 且 SC 6~8 mm 3 个月随访,稳定后 6 个月随访,继而年度随访	pGGN: 随访中增大 >1.5 mm 6 个月随访,其中结节 >20 mm 可考虑活检或手术切除 mGGN: 首次发现 SC >8 mm 行增强 CT 或 PET-CT; 随访中 SC 增长 1.5~4 mm 3 个月复查, SC 增长 >4 mm 行增强 CT 或 PET-CT, 考虑恶性则活检或手术
ACCP ^[8]	pGGN: ≤ 5 mm 无须随访; >5 mm 1 年 1 次,至少 3 年 mGGN: ≤ 8 mm 在 3、12、24 个月时随访; 稳定后 1 年 1 次,随访 1~3 年; $>8\sim 15$ mm 3 个月随访	pGGN: 随访中出现实性成分或结节增大, 建议非手术活检或手术切除 mGGN: ≤ 8 mm 随访时结节增大, 考虑手术切除; $8\sim 15$ mm 持续存在考虑 PET-CT 或活检或手术切除; 首次发现即 >15 mm 建议 PET-CT、活检或手术
Fleischner 学会 ^[9]	pGGN: <6 mm 可不随访; ≥ 6 mm 6~12 个月复查 CT, 若持续存在则 5 年内每 2 年复查 mGGN: <6 mm 可不随访; ≥ 6 mm 且 SC <6 mm 3~6 个月复查 CT, 若持续存在且稳定则 5 年内年度随访	pGGN: 对可疑的 <6 mm 结节可在第 2、4 年随访; 随访中出现实性成分或结节增大, 考虑手术 mGGN: 随访中结节持续存在且 SC ≥ 6 mm 需高度怀疑恶性

NCCN: 美国国立综合癌症网络; ACCP: 美国胸科医师学会; SC: 实性部分

NCCN 指南建议对于最大径 ≤ 2 cm, CTR <0.5 的外周 GGN(2 类), 可采用亚肺叶切除。总之, 在遵循肿瘤学原则的前提下, 尽可能保护患者的肺功能。

3.3 淋巴结清扫

纵隔淋巴结清扫在手术中具有优势。研究表明, GGN 的淋巴结转移率很低, 其中 pGGN 转移率为 0^[21-22]。现阶段对于肺癌淋巴结清扫方式缺乏共识, 认为 pGGN 可不行纵隔淋巴结清扫, mGGN 可通过纵隔淋巴结采样或选择性清扫代替系统性淋巴结清扫^[23]。对于多发 GGN, 建议采集 3 组 6 个以上纵隔淋巴结, 且应包括第 7 组淋巴结在内^[17]。

尽管外科手术是肺 GGN 的首选治疗方法, 但全身麻醉和较高的心肺功能要求增加了手术的风险。此外, 多发 GGN 患者若同时切除所有可疑恶性病灶可能会出现明显的肺功能损伤, 导致呼吸衰竭等心肺并发症的风险增加。因此, 对需行手术切除的患者特别是老年患者, 应考虑手术获益与并发症及预期寿命之间的平衡。

4 立体定向放射治疗 (stereotactic body radiation therapy, SBRT)

SBRT 作为一种局部治疗手段, 可用于不可或不愿手术的早期非小细胞肺癌和无法或无须接受病理诊断的早期肺癌。Onishi 等^[24]纳入 84 例经 SBRT 治疗的单发磨玻璃型肺癌患者, 患者均未出现局部复发, 3 年内仅 2.6% 的患者出现远处转移。Kann 等^[25]证实 SBRT 与根治性手术的疗效相当。然而, SBRT 治疗 GGN 尤其是多灶性 GGN 存在一些局限性: ①无法获取病理; ②AIS 和 MIA 存在附壁性生长, 靶区体积难以确定; ③多靶区辐射毒性过大; ④难以评估局部疗效。目前临床研究较少, 未来还需要大量研究及长时间随访来证实 SBRT 的临床效果。

5 肺消融处理

5.1 适应证

由于肺 GGN 型肺癌进展缓慢, 具有一定的惰性, 过早行手术切除存在一定问题^[2]。肺消融目前主要有 3 种方式: 射频消融 (radio frequency ablation, RFA)、微波消融 (microwave ablation, MWA) 和冷冻消融。其适用于: ①不可手术的早期原发性肺癌患者的局部治疗; ②多发 GGN 的局部治疗; ③近肺门区 GGN; ④肺转移病灶; ⑤患者不愿外科切除; ⑥手术切除后有新病灶或残留灶, 患者不能耐受或拒绝再次手术; ⑦仅有单侧肺; ⑧重度胸膜粘连或胸

膜腔闭锁; ⑨当化疗、放疗或免疫治疗的患者出现无症状进展时, 也可考虑局部治疗^[26-27]。

5.2 消融方式

消融是针对某一器官的一个或多个特异性肿瘤病灶, 利用生物学效应直接造成病灶组织内肿瘤细胞不可逆损伤或凝固性坏死的治疗技术, 由于恶性组织的电导和热导比正常组织高, 大部分电流通过恶性组织导致热量在该区域积聚, 并使邻近的正常实质得以保存^[28]。所有消融均可在局部麻醉或极少全身麻醉下进行, 可重复进行, 操作快速, 对肺组织损伤轻且并发症少, 效果可靠, 对无病理诊断者可同步活检, 费用低, 患者恢复快, 缩短住院时间。

RFA 是最早也是最成熟的用于肺部的消融技术。2013 年, ACCP 建议将 RFA 用于外周 I 期 NSCLC < 3 cm 且无法手术治疗的患者^[29]。Kodama 等^[30]统计了 33 例接受 RFA 治疗的原发性肺癌患者, 患者的 1、3 和 5 年总生存期 (overall survival, OS) 分别为 100%、96.4% 和 96.4%。罗君等^[31]评估了 33 例接受 RFA 的肺癌患者的预后, 1 年局部控制率 85.3%, 中位无进展生存期 18 个月。研究证明, RFA 用于治疗不能耐受或拒绝手术的 I 期肺癌, 其无复发生存或总生存与手术或 SBRT 相当^[32-33]。然而, 由于肺组织的生理特性, 受电极周围烧蚀形成的炭化组织会影响电导和热导, 进而影响消融效果。此外, 消融区域旁的大血管和气管能够排出热量, 导致温度下降至致死阈值; 当病灶紧邻的大血管和气道直径 > 3 mm 时, 热沉现象更显著。因此, 当病灶处在大血管、气管及其他重要结构附近时, 由于潜在热损伤风险, 无法行 RFA, 可用对热沉不太敏感的 MWA 或冷冻消融进行治疗。

MWA 是利用微波能谱中的电磁波产生热量, 不受组织电、热传导的限制, 可应用于邻近大血管和气道的肿瘤。Huang 等^[34]评估了 MWA 治疗肺多个 GGN 的可行性、安全性和短期疗效, 纳入 33 例患者共 103 个 GGN, 均行 MWA, 3 年 LPF 率和 OS 率均为 100%。韩晓颖等^[35]纳入了 32 例接受 33 次 MWA 治疗的周围型 NSCLC 高龄患者, 均消融完全, 中位 OS 为 38 个月。Liu 等^[36]纳入 48 例 GGN 型肺腺癌患者, 共 87 个病灶, 其中 67 个病灶行手术切除, 20 个行热消融 (RFA 或 MWA), 随访期间均未观察到局部肿瘤进展。侯立泳等^[37]研究发现, MWA 与肺叶切除的疗效和安全性相当, OS 均为 23.2 个月, 但与肺叶切除相比, MWA 的手术时间、术后住院时间及费用均较低。MWA 治疗肺 GGN 疗效确切, 对于不能或拒绝手术的多发 GGN 患者,

MWA 是一种成功且安全的替代方案。

冷冻消融:主要是用氩-氦冷冻消融和液氮冷冻系统。与 RFA 和 MWA 诱导的高温损伤相比,冷冻消融诱导的低温损伤具有更好的耐受性^[38]。2015 年 Kim 等^[39]首次对患者左肺下叶的 pGGN 进行冷冻消融治疗,在术后 6 个月的随访中,CT 显示结节完全消融无复发。2021 年李向阳等^[40]对 28 例患者共 35 个肺结节进行冷冻消融治疗,术后 1 个月患者肺功能基本恢复正常,术后 36 个月所有患者肺 GGN 均消融成功且无复发。但冷冻消融手术时间长、出血风险相对增加且准备较为复杂。Jiang 等^[41]认为,与 RFA 和 MWA 相比,冷冻消融的效果较差。而高梦宇等^[42]研究认为,冷冻消融与 RFA 的安全性和疗效相近。因此,冷冻消融相对于其他消融的优越性仍有争议,未来需大样本量的研究进一步证实。

其他方法:如激光消融、冷热复合消融、不可逆电穿孔等,目前相关研究较少。激光消融和冷热复合消融在肝癌、甲状腺肿瘤等的治疗中应用较广泛,在肺癌的治疗中尚未普及。Zhao 等^[43]回顾性分析了 3 例接受 CT 引导下的经皮激光消融术的转移性肺癌患者,所有病灶在激光消融术下预后良好。Grapatsas 等^[44]纳入的 14 项研究表明,激光辅助手术治疗肺转移瘤是安全的,术后发病率 $<24.2\%$,病死率几乎为零。激光治疗的目标精准、损伤小、并发症少,相信未来在肺癌的治疗中前景广阔。不可逆电穿孔消融技术在动物实验及临床研究中已显示出对肿瘤的显著消融效果,该技术无热沉效应,消融区域明显且邻近的血管、神经不会受到损伤^[45]。

由于介入消融不能进行淋巴结清扫,尽管具有许多独特优势,但消融治疗并不能完全替代传统手术。此外,目前各类消融治疗的临床研究随访时间相对较短、纳入病例相对较少,需要更多研究来提供更可靠的循证医学证据,从而更好地指导临床实践。

6 综合治疗

多发 GGN 需要对每个病变的危险度进行评估,由于病变部位、随访发生的变化、患者身体状况及需求等不同,每个结节的最佳处理方式也有差异,因此多学科综合治疗是必要的。手术切除是目前高危 GGN 治疗方法中证据最为充分的,复发风险较低,适合直径 >2 cm 的外周 GGN,无淋巴结转移和远处转移且患者能够耐受手术,但对肺的损伤相对较大,尤其是多发 GGN;消融治疗适合单发或多发的、直径 <3 cm 的 GGN,对患者身体状况的要求相

对较低,特别是位于肺中央或靠近大血管等的中心型 GGN 和位于多个肺叶的多发 GGN 更适合消融治疗,可以保存更多的肺功能。随着肺结节检出率的升高,多发 GGN 患者仅凭手术或消融无法获得最大收益,因此需对患者制定个体化治疗策略,进行外科手术、介入消融及 SBRT 综合治疗。

[参考文献]

- [1] 徐国厚,黄海峡,陈 斌,等. 单体检中心 23695 例体检者首次胸部低剂量 CT 筛查结果及肺结节相关易感因素的研究[J]. 复旦学报(医学版),2020,47:654-659,668.
- [2] 叶 欣,王 俊,危志刚,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,2021,24:305-322.
- [3] Fan L, Wang Y, Zhou Y, et al. Lung cancer screening with low-dose CT: baseline screening results in Shanghai[J]. Acad Radiol, 2019, 26: 1283-1291.
- [4] He YT, Zhang YC, Shi GF, et al. Risk factors for pulmonary nodules in North China: a prospective cohort study[J]. Lung Cancer, 2018, 120: 122-129.
- [5] Loverdos K, Fotiadis A, Kontogianni C, et al. Lung nodules: a comprehensive review on current approach and management [J]. Ann Thorac Med, 2019, 14: 226-238.
- [6] Felix L, Serra-Tosio G, Lantuejoul S, et al. CT characteristics of resolving ground-glass opacities in a lung cancer screening programme[J]. Eur J Radiol, 2011, 77: 410-416.
- [7] 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.
- [8] Gould MK, Donington J, Lynch WR, et al. Evaluation of individuals with pulmonary nodules: when is it lung cancer? Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed; American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines[J]. Chest, 2013, 143: e93S-e120S.
- [9] 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: 228-243.
- [10] Shimada Y, Saji H, Otani K, et al. Survival of a surgical series of lung cancer patients with synchronous multiple ground-glass opacities, and the management of their residual lesions [J]. Lung Cancer, 2015, 88: 174-180.
- [11] Sato Y, Fujimoto D, Morimoto T, et al. Natural history and clinical characteristics of multiple pulmonary nodules with ground glass opacity[J]. Respiriology, 2017, 22: 1615-1621.
- [12] Hattori A, Takamochi K, Oh S, et al. Prognostic classification of multiple primary lung cancers based on a ground-glass opacity component[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 109: 420-427.
- [13] Hattori A, Matsunaga T, Takamochi K, et al. Surgical management of multifocal ground-glass opacities of the lung: correlation of clinicopathologic and radiologic findings [J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 65: 142-149.

- [14] Gu B, Burt BM, Merritt RE, et al. A dominant adenocarcinoma with multifocal ground glass lesions does not behave as advanced disease[J]. *Ann Thorac Surg*, 2013, 96: 411-418.
- [15] 张亚锋, 夏晓明. 微创肺段切除术与肺楔形切除术治疗以肺磨玻璃结节为表现形式的肺原位腺癌的临床研究与分析[J]. *山西医药杂志*, 2023, 52: 112-115.
- [16] 韩连奎, 高树庚, 谭锋维, 等. 同时性多原发肺癌的诊治体会及处理策略新进展[J]. *中国肺癌杂志*, 2018, 21: 180-184.
- [17] 姜格宁, 陈 昶, 朱余明, 等. 上海市肺科医院磨玻璃结节早期肺腺癌的诊疗共识(第一版)[J]. *中国肺癌杂志*, 2018, 21: 147-159.
- [18] Chiang CL, Tsai PC, Yeh YC, et al. Recent advances in the diagnosis and management of multiple primary lung cancer [J]. *Cancers(Basel)*, 2022, 14: 242.
- [19] Watanabe T, Tanahashi M, Suzuki E, et al. Surgical treatment for synchronous multiple primary lung cancer; is it possible to achieve both curability and preservation of the pulmonary function? [J]. *Thorac Cancer*, 2021, 12: 2996-3004.
- [20] Liu M, He W, Yang J, et al. Surgical treatment of synchronous multiple primary lung cancers: a retrospective analysis of 122 patients[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8: 1197-1204.
- [21] Ye T, Deng L, Wang S, et al. Lung adenocarcinomas manifesting as radiological part-solid nodules define a special clinical subtype[J]. *J Thorac Oncol*, 2019, 14: 617-627.
- [22] Zhang Y, Fu F, Wen Z, et al. Segment location and ground glass opacity ratio reliably predict node-negative status in lung cancer[J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 109: 1061-1068.
- [23] Sato M, Yang SM, Tian D, et al. Managing screening-detected subsolid nodules-the Asian perspective [J]. *Transl Lung Cancer Res*, 2021, 10: 2323-2334.
- [24] Onishi H, Shioyama Y, Matsumoto Y, et al. Stereotactic body radiotherapy in patients with lung tumors composed of mainly ground-glass opacity[J]. *J Radiat Res*, 2020, 61: 426-430.
- [25] Kann BH, Verma V, Stahl JM, et al. Multi-institutional analysis of stereotactic body radiation therapy for operable early-stage non-small cell lung carcinoma [J]. *Radiother Oncol*, 2019, 134: 44-49.
- [26] de Baere T, Tselikas L, Catena V, et al. Percutaneous thermal ablation of primary lung cancer[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2016, 97: 1019-1024.
- [27] Hess A, Palussiere J, Goyers JF, et al. Pulmonary radiofrequency ablation in patients with a single lung: feasibility, efficacy, and tolerance[J]. *Radiology*, 2011, 258: 635-642.
- [28] Lin M, Eiken P, Blackmon S. Image guided thermal ablation in lung cancer treatment[J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12: 7039-7047.
- [29] Howington JA, Blum MG, Chang AC, et al. Treatment of stage I and II non-small cell lung cancer: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed; American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines [J]. *Chest*, 2013, 143: e278S-e313S.
- [30] Kodama H, Yamakado K, Hasegawa T, et al. Radiofrequency ablation for ground-glass opacity-dominant lung adenocarcinoma[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2014, 25: 333-339.
- [31] 罗 君, 邵国良, 郑家平, 等. CT 引导下射频消融治疗 33 例肺癌的回顾性分析[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24: 530-533.
- [32] Dupuy DE, Fernando HC, Hillman S, et al. Radiofrequency ablation of stage I A non-small cell lung cancer in medically inoperable patients: results from the American College of Surgeons Oncology Group Z4033 (Alliance) trial[J]. *Cancer*, 2015, 121: 3491-3498.
- [33] Lam A, Yoshida EJ, Bui K, et al. A National cancer database analysis of radiofrequency ablation versus stereotactic body radiotherapy in early-stage non-small cell lung cancer[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2018, 29: 1211-1217. e1.
- [34] Huang G, Yang X, Li W, 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: 414-422.
- [35] 韩晓颖, 杨 霞, 叶 欣, 等. CT 导引微波消融治疗高龄老人早期周围型非小细胞肺癌 32 例[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27: 1051-1055.
- [36] Liu B, Zhang Y, Su L, et al. Treatment options for pulmonary multifocal ground glass opacity type adenocarcinoma: surgery combine thermal ablation? [J]. *J Interv Med*, 2020, 3: 180-183.
- [37] 侯泳冰, 高兴强, 王 永, 等. 经皮微波消融与胸腔镜肺叶切除术治疗 I 期非小细胞肺癌的疗效[J]. *介入放射学杂志*, 2019, 28: 851-854.
- [38] Allaf ME, Varkarakis IM, Bhayani SB, et al. Pain control requirements for percutaneous ablation of renal tumors: cryoablation versus radiofrequency ablation: initial observations[J]. *Radiology*, 2005, 237: 366-370.
- [39] Kim KY, Jin GY, Han YM, et al. Cryoablation of a small pulmonary nodule with pure ground-glass opacity: a case report[J]. *Korean J Radiol*, 2015, 16: 657-661.
- [40] 李向阳, 穆 峰, 陈继冰, 等. CT 引导下经皮冷冻消融治疗肺磨玻璃结节的研究[J]. *介入放射学杂志*, 2021, 30: 1072-1076.
- [41] Jiang B, McClure MA, Chen T, et al. Efficacy and safety of thermal ablation of lung malignancies: a network meta-analysis [J]. *Ann Thorac Med*, 2018, 13: 243-250.
- [42] 高梦宇, 周志刚, 王 猛, 等. 射频消融和氩氦刀冷冻消融治疗 I 期非小细胞肺癌的安全性和疗效对比研究[J]. *介入放射学杂志*, 2021, 30: 1010-1014.
- [43] Zhao Q, Tian G, Chen F, et al. CT-guided percutaneous laser ablation of metastatic lung cancer: three cases report and literature review[J]. *Oncotarget*, 2017, 8: 2187-2196.
- [44] Grapatsas K, Papaportfyriou A, Leivaditis V, et al. Lung metastasectomy: can laser-assisted surgery make a difference? [J]. *Curr Oncol*, 2022, 29: 6968-6981.
- [45] 刘春萍, 叶 萍, 张明悦. 不可逆电穿孔对肿瘤消融的研究进展[J]. *介入放射学杂志*, 2023, 32: 498-502.

(收稿日期: 2023-09-16)

(本文编辑: 新 宇)