

## · 综 述 General review ·

## 肺恶性肿瘤射频消融治疗现状

邹旭公, 李晓群

**【摘要】** 肺癌是我国最常见的恶性肿瘤之一,也是对人类健康和生命威胁最大的恶性肿瘤之一。对于早期的肺癌患者,外科手术切除是治疗首选,但对于无法行外科手术治疗的患者,在综合治疗的同时,亟需一种局部治疗方法。近些年,随着射频消融(RFA)在治疗肺恶性肿瘤中得到越来越广泛的应用,已成为非外科手术治疗的有效替代治疗手段,同时也是继外科手术、化疗、放疗之后具有广阔应用前景的肿瘤治疗手段。本文主要从临床疗效、影像评价等方面进行综述。

**【关键词】** 射频消融; 肺肿瘤; 疗效

中图分类号:R735 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-07-0646-05

**Radiofrequency ablation for the treatment of malignant pulmonary cancer: current clinical situation**

ZOU Xu-gong, LI Xiao-qun. Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangdong Province 511436, China

Corresponding author: LI Xiao-qun, E-mail: li\_xiaoqun@hotmail.com

**【Abstract】** Lung cancer is not only one of the most common malignant tumors in China, but also one of the most malignant tumors that threaten human health and life. Surgical resection has been the first choice for the treatment of patients with early lung cancer. For patients who cannot be treated with surgery, it is very necessary to use effective local treatment during the same time when comprehensive therapy is employed. In recent years, with more and more use of radiofrequency ablation (RFA) in clinical practice for the treatment of malignant lung cancer, RFA has become an effective alternative therapy for non-surgical treatment. Meanwhile, as a practical therapy with broad clinical application prospects like surgery, chemotherapy and radiotherapy, RFA has already become an effective means for treating malignant lung tumors. This article aims to make a comprehensive review about RFA, focusing on its clinical effect, image evaluation, etc. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 646-650)

**【Key words】** radiofrequency ablation; lung cancer; curative effect

肺癌是最常见的肿瘤之一,据 WHO 下属的国际癌症研究机构发布的《2015 全球癌症统计》,2012 年全球约有 1.41 千万新发癌症病例,其中肺癌 180 万,占癌症发病数的 13%,是全球男性、发达国家女性癌症死亡率之首,在发展中国家女性死亡率仅次于乳腺癌,值得注意的是中国女性肺癌发病率为 20.4/10 万。在我国,通过 1988 年至 2005 年 10 个肿瘤登记处资料统计显示,肺癌年增长率 1.63%,其中男性为 1.30%,女性为 2.34%,男性发病率和死亡率为所有恶性肿瘤的第一位,占女性发病率和死亡

率的第二位,女性肺癌发病率增高的幅度更为明显<sup>[1]</sup>。外科手术切除是治疗早期肺癌的首选,但临床上只有 20%~30%的肺癌患者能够早期发现并手术切除。肺癌患者合并并发症的比例也相继增高,大多丧失了手术切除的机会。因此,在配合综合治疗的同时,亟需一种治疗局部肿瘤的方法。射频消融(RFA)作为一种微创治疗方法,具有创伤小、恢复快、安全、并发症少等优点,目前已成为不可切除的肺癌和肺转移瘤的有效替代治疗手段。

肺部恶性肿瘤主要包括原发性肺癌和肺转移瘤。根据病理学特征,原发性肺癌可分为小细胞肺癌(SCLC)和非小细胞肺癌(NSCLC),SCLC 与 NSCLC 相比,肿瘤分裂增殖快,较早发生血行及淋巴道转移,确诊时已有 60%至 88%患者发生全身转移,病情发展快,预后差。SCLC 约占原发性肺癌的

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2016.07.025

作者单位: 511436 广州医科大学(邹旭公);广东省中山市人民医院、中山大学附属中山医院介入治疗中心(李晓群)

通信作者: 李晓群 E-mail: li\_xiaoqun@hotmail.com

15%,且对放化疗较为敏感。由于国内外对 SCLC RFA 报道较少,因此本文侧重报道 NSCLC 及肺转移瘤的 RFA 治疗进展。

## 1 RFA 原理及设备

RFA 的原理是利用频率 $<30\text{ MHz}$ (通常在 $460\sim 480\text{ kHz}$ )的交变高频电流,通过被插入肿瘤组织中的电极针与紧贴于患者大腿表面的电极板或电极针与电极针之间形成电流回路,消融时,电极尖端释放射频电流,引起电流回路组织内带电荷离子的高速运动,摩擦生热,将电能转化成热能,使有效治疗范围内的肿瘤组织温度达到 $60\sim 100^{\circ}\text{C}$ ,甚至更高,使电极范围内的细胞蛋白质变性并发生凝固坏死,还能使肿瘤周围脉管组织发生凝固,可有效防止肿瘤转移,RFA 后灭活的肿瘤组织产生的抗原性可以刺激机体产生特异性的免疫反应,发挥全身抗肿瘤的作用<sup>[2]</sup>。

根据是否外接电极板,可将电极针分为单电极射频系统和双电极/多电极射频系统

### 1.1 单电极射频系统

由刺入机体肿瘤内部的电极针与贴附于患者大腿的电极板构成,消融时,电极针与电极板之间形成电流回路,单次最大消融直径为 $5\text{ cm}$ ,对于最大径 $\leq 3.5\text{ cm}$ 的肿瘤,可直接灭活,此种设备应用时间长,范围广,对于并发症的处理具有较为丰富的经验,安全性可控。但由于其电流回路路径较长,如对于手术后体内留置金属手术夹或装有心脏起搏器的患者,可引起金属升温或起搏器工作失常,其安全性还待进一步研究。

### 1.2 双极/多级射频系统

在一支电极针内同时具有活性电极和回路电极,在插入的肿瘤内部形成电路回路,因此不需要额外的体表电极贴,局部回路路径短,热量在肿瘤内能更好地沉积,并发症较少,但也因其电流回路路径短,单次消融范围有限,同时插入2支及以上的电极针,即多级射频模式,可实现更大范围内的消融,但对于患者经济负担较重。

## 2 手术适应证与禁忌证

肺癌的消融治疗可分为完全性和姑息性两类,完全性消融是指消融治疗使肿瘤组织完全坏死,并尽可能达到治愈的目的,而姑息性消融的目的在于减轻肿瘤负荷,结合综合治疗,延缓肿瘤进展,提高患者生活质量。根据治疗目的的不同,可适当地调

整适应证。

### 2.1 完全消融的适应证

不能手术治疗的周围型孤立性早期 NSCLC,肿瘤最大径 $\leq 3\text{ cm}$ ,淋巴结和远处无转移。单侧转移瘤总数 $\leq 3$ 个,双侧转移瘤总数 $\leq 5$ 个,最大径 $\leq 3\text{ cm}$ 的肺转移瘤,且原发病灶得以控制。

### 2.2 姑息性消融的适应证

达不到完全消融适应证的患者,如最大径 $>3\text{ cm}$ 、病灶多发,可多次、多针、多点进行消融,结合综合治疗,延缓肿瘤进展。综合治疗失败后的肺部肿瘤,如肿瘤进展或复发。

### 2.3 禁忌证

2.3.1 绝对禁忌证 严重出血倾向,血小板 $<50\times 10^9/\text{L}$ 。严重的心肺功能不全。

2.3.2 相对禁忌证 高危部位的病灶,如与大血管或主支气管的距离小于 $1\text{ cm}$ ;心脏起搏器植入者、体内金属植入物。

## 3 操作步骤

①体位与穿刺路径:根据病灶位置,以最短穿刺路径、安全、患者舒适为原则,选择仰卧或俯卧的体位。穿刺路径的选择时,穿刺针在人体的体表投影,尽量与人体的横轴或纵轴平行,减少穿刺过程中需要调整的矢量,并考虑患者皮肤距胸膜的厚度是否足以对穿刺针的固定。②麻醉:常规局麻,对于贴近胸膜的病灶或疼痛敏感的患者,可选择全麻。③定位穿刺:以最为常用的 CT 引导为例,穿刺电极针在 CT 引导下插入肿瘤内部,CT 三维重建确认肿瘤在电极针消融范围内,开始消融。④治疗后处理 消融结束,收回射频电极做针道消融,减少出血及针道种植转移可能,全胸 CT 扫描,了解病灶消融情况以及有无并发症。

## 4 RFA 在治疗肺恶性肿瘤中的作用

2015 版《原发性肺癌诊疗规范》中指出,我国肺癌治疗应遵循分期多学科的综合治疗原则,综合分析患者的机体状况、临床分期和疾病的进展趋势,合理运用手术、放疗、化疗、生物靶向治疗等手段,标准化与个体化相结合,以达到治愈或最大程度控制肿瘤进展的目的。对于机体状况较差,无法接受外科手术切除的早期 NSCLC 患者,可选择根治性 RFA 治疗。

### 4.1 早期 NSCLC

根据第 7 版肺癌 TNM 分期, I 期肺癌分为 I A 和 I B 期,而 I A 又分为 T1aN0M0 和 T1bN0M0, T1aN0M0 病灶 $\leq 2\text{ cm}$ ; T1bN0M0 病灶 $>2\text{ cm}$ ,

≤3 cm; I B 期则为 T2aN0M0, 病灶 3~5 cm, 均无淋巴结转移。早期 NSCLC 要求达到无瘤生存, 手术切除依然是早期肺癌的标准治疗, 但临床上仍然有部分患者不能耐受手术或拒绝手术或手术风险较高, 于是有学者借鉴 RFA 治疗肝癌的经验, 运用 RFA 治疗早期肺癌, 初步效果令人鼓舞。

Ambrogi 等<sup>[3]</sup>报道了 57 例患者共 80 次 RFA 治疗的不能手术治疗 I 期 NSCLC 患者的回顾性研究, 9 次在超声引导下, 其余皆在 CT 引导下, 原病灶肿瘤复发平均间期为 25.9 个月, 肿瘤相关生存期为 41.4 个月。平均随访 47 个月, 中位生存期 33.4 个月, 1 年、3 年、5 年总体生存率(肿瘤相关生存率)分别为 83%(89%)、40%(59%)、25%(40%)。

Ambrogi 等<sup>[4]</sup>回顾分析了 62 例不能手术切除的 I 期 NSCLC 的 RFA 疗效与 59 例行楔形切除术的 I 期 NSCLC 疗效的对比研究, 10 例行 RFA 的患者因原消融病灶残留或复发进行了多次消融, 共进行了 79 次 RFA。其中 5 次手术在超声引导下, 其余手术皆在 CT 引导下进行。行 RFA 的患者与行楔形切除术的患者中位随访时间分别为 42 个月、36 个月、1 年、2 年、5 年的生存率(无瘤间期)为 93%(87%)、72%(63%)、35%(55%)与 100%(96%)、96%(90%)、52%(76%)。分析提示 T2 期是影响肿瘤复发及预后的危险因素。虽然总体生存率 RFA 不及外科手术切除, 但对于不能行外科手术的患者, RFA 可作为一种有效选择, 特别是对于 T1N0 期患者。

#### 4.2 中晚期 NSCLC

II 期及以上肺癌病灶均大于 5 cm, 均伴有周围组织侵犯或转移。对于中晚期肺癌, RFA 主要的目的是减轻瘤负荷, 配合综合治疗, 延长患者生存期。

Li 等<sup>[5]</sup>回顾分析了 49 例已接受系统化疗, 将 RFA 作为一种补充治疗手段的晚期 NSCLC 患者, 在 CT 引导下进行, 其中 IIIb 期 28 例, IV 期 21 例, 61 个消融病灶共进行了 67 次消融, 其中 23 例部分缓解, 26 例病情稳定。中位随访时间和无进展生存期为 19 个月和 16 周, 结论认为 CT 引导下的 RFA 可以作为晚期肺癌患者化疗后有效的补充治疗手段。

蒲德利等<sup>[6]</sup>报道了 32 例临床分期为 III、IV 期周围型 NSCLC, 16 例在 CT 引导下行 RFA, 术后 1 周行吉西他滨、顺铂(GP)方案化疗治疗的临床效果观察, 16 例对照组为单纯行 GP 化疗方案, 中位生存期分别为 18 个月和 15 个月, 差异无统计学意义, 肿瘤缓解率分别为 81.3%和 43.8%, 差异具有统计学意义, 结论认为 RFA 联合 GP 化疗方案治疗周围型

NSCLC 安全有效。综上, 对于中晚期的 NSCLC, RFA 联合放化疗, 可以提高患者生存率, 改善生活质量, RFA 虽然是微创手术, 但相对于放化疗而言, 治疗风险相对较高, 因此, 应充分评估患者病情, 保证其疗效及安全性。

对于确诊时已出现了远处转移的肺癌患者, 已失去了手术的机会, 虽然化疗新药推陈出新, 但由于存在肿瘤对化疗药物的敏感性差异和药物的不良反应, 很难获得较为满意的疗效, 而放疗虽然多采用立体定向放疗, 作用于局部, 全身性反应较轻, 但也存在肿瘤细胞对放射线的不敏感, 造成肿瘤控制率不佳, 而且肿瘤组织中存在一定比例的放疗抗拒细胞, 放疗后残余的这些放疗抗拒细胞更具有侵袭性<sup>[7]</sup>。RFA 利用高温物理破坏病灶, 不存在不敏感与放射抗拒等问题, 因此, 对于放化疗效果欠佳的肿瘤的局部治疗, RFA 治疗效果相对较好。但处于中晚期的患者, 往往兼有不同的全身状况, 化疗可取得较好的治疗效果。局部治疗与全身化疗相结合, 延长患者的生存期, 具有重大的临床意义。

#### 4.3 肺转移癌

肺是多种恶性肿瘤转移的好发部位, 仅次于肝<sup>[8]</sup>, 对于全身状况相对良好的患者, 为了延长生存时间, 肺转移瘤切除术被认为是治疗首选<sup>[9]</sup>, 且近年来的研究表明, 肺转移瘤手术切除术后 5 年生存率大约是 55%<sup>[10-14]</sup>。但对于此类患者, 常伴有多器官病变而不能外科手术, 而 RFA 为此类患者提供了一种新的治疗方法。

de Baere 等<sup>[15]</sup>回顾了 566 例共 1037 个肺转移瘤在 CT 引导下行 RFA 治疗的报道, 其中结肠癌 191 例(34%), 直肠癌 102 例(18%), 肾癌 68 例(12%), 软组织肉瘤 51 例(9%), 甲状腺癌 19 例(3%), 乳腺癌 19 例(3%), 其他来源 119 例(22%), 中位随访时间为 35.5 个月, 中位生存期为 62 个月, 1 年、3 年、5 年生存率为 92.4%、67.7%、51.5%, 5 年生存率与报道的手术切除生存率相近。以上表明对于肺转移瘤的患者, 只要原发病灶控制良好, RFA 可以作为非外科手术治疗的有效选择。外科手术切除创伤性大, 对于复发的肿瘤, 二次手术率较低, 而 RFA, 患者对手术的耐受性好, 可多次进行手术, 无论是在标准治疗前或是标准治疗后, RFA 都能延长患者生存期, 延缓肿瘤进展。

#### 5 并发症

总体而言, RFA 是一种比较安全的微创治疗手



段,但依然有些并发症的发生。常见并发症主要包括气胸、胸腔积液或积血、胸壁血肿、反应性胸膜增厚、肺炎、咯血;罕见并发症包括针道种植转移,急性呼吸窘迫综合征(ARDS)、肺梗死、支气管胸膜瘘、空气栓塞。气胸是最为常见的并发症,文献报道发生率 13%~75%,影响因素主要有穿刺深度、穿刺次数及患者自身的肺功能状况,大部分可自行吸收,仅约 10% 的患者需要行胸腔穿刺抽吸或闭式引流处理。胸腔积液或积血发生率大约在 20%,积液或积血一般 1 周左右可吸收消散,对于大咯血或是活动性出血,保守止血无效,则应立即介入栓塞出血动脉或外科手术。因此,为保证安全,病灶距离大血管或气管至少 1 cm 以上。针道种植转移极少有报道,手术操作过程中,消融针进入病灶位置不理想,多次调整,可引起肿瘤细胞脱落引起种植转移。Eichel 等<sup>[16]</sup>在消融肾肿瘤的动物模型中提到“煮沸效应”(boiling effect),即在行热消融(主要包括 RFA 和微波消融)治疗时,加热升温的肿瘤组织液随蒸汽沿针道流出,这些组织液可能含有活性的肿瘤细胞,虽然肺与其他实体器官相比较,组织液相对较少,消融温度也相对较低,但仍有可能发生此类针道转移,因此,术毕应做针道消融,既可防止针道转移,也能减少肺内的穿刺针道出血。

## 6 影像学在 RFA 中的应用

影像学技术在 RFA 中的应用主要集中在下面两个方面,术中的影像引导和术后的影像评估及随访。

在手术的操作过程中,常用的引导设备有 CT、DSA、C 臂 CT、B 超。各种影像引导方式各有其特点,DSA 透视引导的经皮肺消融操作相对简便,可实时观察穿刺的深度和角度,辐射剂量较低,但对于邻近血管或纵隔的病灶,DSA 透视难以分辨,并且对轻微并发症不能及时有效发现<sup>[17]</sup>。CT 引导是目前应用较广泛的一种影像引导模式,CT 具有较高的时间和空间分辨率,穿刺比较精确、安全,但不能实时监测穿刺过程及其狭窄的扫描机架空间是 CT 最大的不足。B 超引导穿刺可完全在实时动态监测下进行,且无辐射损害,但 B 超对距胸壁>20 mm 的病灶不宜选用<sup>[18]</sup>。

在术后的影像评估中,主要用到的检查手段包括 CT 平扫及增强、PET 及 SPECT。后两者作为代谢性检查,在特异性及敏感性方面,CT 相比较,具有

较大的优势,但其高昂的费用及放射性药物的使用,不宜作为常规手段<sup>[19-20]</sup>。术后严格规范地进行影像学检查,分析判断消融术后的影像表现,有助于对肿瘤的消融程度及复发的判断。CT 是较为理想的复查手段,主张术后即刻行 CT 平扫,了解其术后并发症,及时做出相关处理,以及观察病灶的影像表现。术后的表现以毛玻璃样改变为主,1 个月后复查,毛玻璃样改变基本吸收,平扫显示病灶以增大表现为主,Suh 等<sup>[21]</sup>研究指出水肿和凝固性坏死是病灶增大的主要原因,增强扫描可帮助其判断病灶是否仍具有活性。3 个月后水肿坏死吸收,消融病灶显示较为清晰,此后的复查中,根据比较病灶与术后第 1 个月的影像表现是否增大缩小及强化方式,即可判断肿瘤是否进展。WHO 也推荐了判断 RFA 术后疾病复发或进展的标准:①消融病灶在术后 3~6 个月内有增大;②增强扫描时,180 s 后消融病灶有大于 50% 基准的增强,大于 15 mm 结节样强化或大于 15 HU 的中心增强;③局部或远处淋巴结肿大和肺内或胸外新发病灶同样提示肿瘤有复发<sup>[22]</sup>。Belfiore 等<sup>[23]</sup>强调单一的 CT 随访,有可能会高估 RFA 的疗效。笔者认为,对于肿瘤标志物提示肿瘤进展,而 CT 未见明显异常的患者,推荐敏感性更高的代谢学检查。同时也有研究表明,30% 的肿瘤复发通过在术后第 3 个月的 CT 增强检查,根据其强化方式被发现。因此第 3 个月这个随访时间点,是判断消融成功与否的最早时间,同时也是再次干预治疗的最早时间<sup>[24]</sup>。

## 7 问题及展望

自 2000 年 Dupuy 等<sup>[25]</sup>首次开展肺 RFA 至今,RFA 治疗肺恶性肿瘤取得长足的进步。RFA 作为一种局部的物理治疗方法,具有创伤小、可耐受性好、安全性高、可多次消融、住院时间短、医疗费用低等优点,已成为治疗肺恶性肿瘤非手术切除的有效替代手段。与综合治疗相结合,特别是近年在细胞分子水平上发展起来的分子靶向治疗,可有效延长患者的生存期,提高生活质量。虽然 RFA 的临床应用前景得到了肯定,但仍然有许多的问题需要讨论与解决,如 RFA 虽然已经成为肺部肿瘤多学科综合治疗领域的重要手段,但何时、如何介入综合治疗之中,还需要多中心临床对照研究。以及并发症的有效防治、术后的影像学疗效评价标准、如何降低复发率、术后复发再次介入的时机等均有待进一步研究。

## [参考文献]

- [1] Torre LA, Bray F, Siegel RL, et al. Global cancer statistics, 2012[J]. CA Cancer J Clin, 2015, 65: 87-108.
- [2] 陈理明, 李晓洁, 蔡应木, 等. 肝癌肺癌患者射频消融治疗后细胞免疫功能变化[J]. 实用医学杂志, 2006, 22: 2467-2468.
- [3] Ambrogì MC, Fanucchi O, Cioni R, et al. Long-term results of radiofrequency ablation treatment of stage I non-small cell lung cancer: a prospective intention-to-treat study[J]. J Thorac Oncol, 2011, 6: 2044-2051.
- [4] Ambrogì MC, Fanucchi O, Dini P, et al. Wedge resection and radiofrequency ablation for stage I non-small cell lung cancer[J]. Eur Respir J, 2015, 45: 1089-1097.
- [5] Li X, Zhao M, Wang J, et al. Percutaneous CT-guided radiofrequency ablation as supplemental therapy after systemic chemotherapy for selected advanced non-small cell lung cancers[J]. AJR Am J Roentgenol, 2013, 201: 1362-1367.
- [6] 蒲德利, 廖江荣. 射频消融联合化疗治疗周围型中晚期非小细胞肺癌疗效观察[J]. 介入放射学杂志, 2013, 22: 129-132.
- [7] 赵维勇. 放射治疗增敏的研究现状[J]. 临床肿瘤学杂志, 2012, 17: 655-659.
- [8] Kobayashi H, Mochizuki H, Sugihara K, et al. Characteristics of recurrence and surveillance tools after curative resection for colorectal cancer: a multicenter study[J]. Surgery, 2007, 141: 67-75.
- [9] National Comprehensive Cancer Network (NCCN). NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. Colon Cancer Version 3. 2014 [EB/OL]. [http://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/f\\_guidelines.asp](http://www.nccn.org/professionals/physician_gls/f_guidelines.asp). Accessed May 5, 2014.
- [10] Onaitis MW, Petersen RP, Haney JC, et al. Prognostic factors for recurrence after pulmonary resection of colorectal cancer metastases[J]. Ann Thorac Surg, 2009, 87: 1684-1688.
- [11] Blackmon SH, Stephens EH, Correa AM, et al. Predictors of recurrent pulmonary metastases and survival after pulmonary metastasectomy for colorectal cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2012, 94: 1802-1809.
- [12] Iida T, Nomori H, Shiba M, et al. Prognostic factors after pulmonary metastasectomy for colorectal cancer and rationale for determining surgical indications: a retrospective analysis[J]. Ann Surg, 2013, 257: 1059-1064.
- [13] Hirose T, Itabashi M, Ohnuki T, et al. Prognostic factors in patients undergoing complete resection of pulmonary metastases of colorectal cancer: a multi-institutional cumulative follow-up study[J]. Surg Today, 2013, 43: 494-499.
- [14] Bolukbas S, Sponholz S, Kudelin N, et al. Risk factors for lymph node metastases and prognosticators of survival in patients undergoing pulmonary metastasectomy for colorectal cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2014, 97: 1926-1932.
- [15] de Baere T, Auperin A, Deschamps F, et al. Radiofrequency ablation is a valid treatment option for lung metastases: experience in 566 patients with 1037 metastases[J]. Ann Oncol, 2015, 26: 987-991.
- [16] Eichel L, Kim IY, Uribe C, et al. Third prize: comparison of radical nephrectomy, laparoscopic microwave thermotherapy, cryotherapy, and radiofrequency ablation for destruction of experimental VX-2 renal tumors in rabbits[J]. J Endourol, 2005, 19: 1082-1087.
- [17] 李晓群, 张勇, 黄大钊, 等. C 臂 CT 在 15 例肺部小病灶射频消融术中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2013, 22: 67-70.
- [18] 杨敬平, 孙德俊, 李君, 等. CT 与 B 超引导下经皮肺活检的对比研究[J]. 生物医学工程与临床, 2008, 12: 34-37.
- [19] Kyriakou Y, Struffert T, Dorfler A, et al. Basic principles of flat detector computed tomography (FD-CT)[J]. Radiologe, 2009, 49: 811-819.
- [20] 胡牧, 支修益, 刘宝东, 等. 肺部恶性肿瘤射频消融治疗后 CT 影像学改变[J]. 放射学实践, 2012, 27: 41-45.
- [21] Suh RD, Wallace AB, Sheehan RE, et al. Unresectable pulmonary malignancies: CT-guided percutaneous radiofrequency ablation: preliminary results[J]. Radiology, 2003, 229: 821-829.
- [22] Casal RF, Tam AL, Eapen GA. Radiofrequency ablation of lung tumors[J]. Clin Chest Med, 2010, 31: 151-163.
- [23] Belfiore G, Moggio G, Tedeschi E, et al. CT-guided radiofrequency ablation: a potential complementary therapy for patients with unresectable primary lung cancer: a preliminary report of 33 patients[J]. AJR Am J Roentgenol, 2004, 183: 1003-1011.
- [24] Nour-Eldin NE, Naguib NN, Tawfik AM, et al. CT volumetric assessment of pulmonary neoplasms after radiofrequency ablation: when to consider a second intervention?[J]. J Vasc Interv Radiol, 2014, 25: 347-354.
- [25] Dupuy DE, Zagoria RJ, Akerley W, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of malignancies in the lung[J]. AJR Am J Roentgenol, 2000, 174: 57-59.

(收稿日期:2015-11-16)

(本文编辑:俞瑞纲)