

·综述 General review·

冷冻消融治疗肾上腺肿瘤的临床应用及进展

梁逸宁, 左太阳, 王志龙

【摘要】 肾上腺肿瘤在人群中的发病率约为 1%, 手术切除为首选治疗方式。近年来, 许多微创介入技术治疗肾上腺肿瘤取得了较为显著的效果。其中冷冻消融术以其创伤小、恢复快、可重复、安全性高、并发症较少等诸多优势, 已应用于治疗肾上腺肿瘤, 并取得了医患双方的认可。因此冷冻消融是未来肾上腺肿瘤治疗的发展方向, 可以改善局部症状, 减轻肿瘤负荷, 提高患者的生活质量, 延长患者的生存期。本文对冷冻消融术治疗肾上腺肿瘤的原理机制、冷冻设备、引导方式, 以及在醛固酮瘤、嗜铬细胞瘤、肾上腺皮质腺瘤、肾上腺转移瘤中的临床应用, 存在的优势与不足及相关并发症进行综述。

【关键词】 肾上腺肿瘤; 冷冻消融; 高血压危象

中图分类号: R736.6 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2023)-09-0931-05

Clinical application and research progress of cryoablation for adrenal tumors LIANG Yining, ZUO Taiyang, WANG Zhilong. Department of Oncology Intervention, Affiliated Central Hospital of Shandong First Medical University, Jinan, Shandong Province 250013, China

Corresponding author: ZUO Taiyang, E-mail: zuotaiyang001@163.com

【Abstract】 The incidence of adrenal tumors in the population is approximately 1%, and surgical resection is the preferred treatment. In recent years, many minimally-invasive interventional techniques have achieved remarkable therapeutic effects in the treatment of adrenal tumors. Among them, cryoablation has been successfully used in the treatment of adrenal tumors with lots of advantages such as small trauma, rapid recovery, repeatability, high safety, and fewer complications, and this therapy has already been recognized by both doctors and patients. Therefore, cryoablation will be the development direction of the treatment of adrenal tumors, it can improve local symptoms, reduce tumor burden, improve patient's quality of life, and prolong patient's survival time. This paper aims to make a comprehensive review on the principles and mechanism of cryoablation for adrenal tumors, cryoablation equipment, guidance methods of cryoablation, its clinical application in treating aldosteronoma, pheochromocytoma, adrenal cortical adenocarcinoma, adrenal metastases, etc. Its advantages, disadvantages, and procedure-related complications are also introduced. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 931-935)

【Key words】 adrenal tumor; cryoablation; hypertensive crisis

肾上腺肿瘤在人群中的发病率约为 1%, 手术切除为首选治疗方式^[1]。但手术切除创伤较大、并发症较多, 部分患者存在无法耐受手术、术后复发以及拒绝外科手术的情况^[2]。因此, 经皮消融技术作为一种安全有效且创伤小的治疗方式受到临床的广泛关注^[35]。近年来, 以氩氦冷冻系统为代表的冷冻消融术已成功应用于肿瘤微创治疗^[6]。其通过快速的冻融循环导致细

胞内外渗透压及 pH 值变化、蛋白质变性坏死、细胞膜破裂、肿瘤组织缺血坏死等, 实现对肿瘤细胞的杀伤作用, 最终导致肿瘤细胞凋亡^[79]。冷冻消融术因具有冰球可视化、可激活机体免疫反应、对大血管损伤小、安全性高、并发症较少等诸多优势, 已成功应用于肾上腺肿瘤的治疗当中^[2,6]。本文介绍冷冻消融技术在肾上腺肿瘤治疗中的应用与进展。

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2023.09.019

基金项目: 济南市科技局临床医学科技创新计划(202019119)

作者单位: 250013 山东济南 山东第一医科大学附属中心医院肿瘤介入科

通信作者: 左太阳 E-mail: zuotaiyang001@163.com

1 肾上腺肿瘤冷冻消融技术特点

1.1 原理与机制

冷冻消融是基于焦耳-汤姆逊(Joule-Thomson)效应,释放氦气使消融中心区域温度迅速下降至 -160°C ,氦气可使靶组织温度迅速上升至 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$,进而导致:①细胞内外渗透压发生变化;②肿瘤组织蛋白质变性坏死;③冰晶膨胀爆裂引起细胞裂解死亡;④消融区域血小板聚集、血栓形成,导致肿瘤组织缺血坏死;⑤坏死物质激活T淋巴细胞,致敏树突状细胞,从而增强抗肿瘤的免疫效应^[10-11]。

1.2 冷冻设备

液氮冷冻系统和氦氦冷冻系统是目前已应用于临床的两种冷冻消融设备,其中氦氦冷冻系统的应用更为普遍。氦氦冷冻系统的主要部分为氦氦刀和控制主机,常用的探针直径为 $1.47\sim 3.0\text{ mm}$ 。探针直径与生成冰球的大小呈正相关,冰球较小引起的组织损伤较轻微,反之亦然。可以同时应用多根探针覆盖肿瘤及其边缘,具有更大的灵活性以实现适形消融,达到更强的杀伤效果。

1.3 引导方式

CT引导成像速度较快、软组织分辨率高,是指导肾上腺肿瘤消融治疗的最常用的影像学引导方式。但CT引导存在电离辐射且无法实时导航,有时难以精准判断病灶的坏死范围^[12-13]。MRI扫描可清晰显示消融区域的大小,有助于准确判断冷冻范围,无电离辐射,可实时观察冷冻探针与消融区域病灶位置关系的动态变化。但MRI引导消融时间较长,需磁兼容,普及难度较大且成本较高^[12-13]。

超声(US)技术具有操作简单、无辐射的优点,且可以实时导航、多层面成像。但是如果肾上腺肿瘤位置太深、体积太小,会导致US不能提供良好的声波窗口来进入肾上腺肿块,从而无法准确定位。US易受气体及骨骼的影响,在消融期间,肿瘤及周围组织的凝固性坏死常常伴有气体产生,这就会干扰坏死范围的判断,无法进行良好的实时监控^[14]。

2 适应证与禁忌证

2.1 适应证

①不能耐受、不适合、拒绝外科手术或术后复发的原发性良性肾上腺肿瘤;②肿瘤最大径 $\leq 5\text{ cm}$,无肿瘤转移或转移可被控制的原发性恶性肾上腺肿瘤^[15];③预后较好的肾上腺转移瘤,若原发肿瘤能被有效控制,也可以进行冷冻消融治疗;转移瘤的最大直径 $\leq 5\text{ cm}$,且无其他部位的转移或其他部位

的转移可被控制^[15];④瘤体直径较大的恶性肿瘤,为了改善局部症状、减轻肿瘤负荷、提高患者生活质量,也可以进行姑息性消融。

2.2 禁忌证

①心、肺、脑、肝、肾功能严重不全者,代谢严重紊乱、重度贫血或机体自身组织被严重消耗的恶病质患者;② $\text{PLT}<50\times 10^9/\text{L}$ 和凝血功能障碍且不能纠正者^[15];③肿瘤广泛转移且预计生存期 <3 个月者;④美国东部肿瘤协作组(Eastern Cooperative Oncology Group, ECOG)评分 ≥ 3 分^[15]。

3 临床应用

3.1 醛固酮瘤冷冻消融

Atwell等^[16]报道了1例冷冻消融醛固酮瘤伴双侧肾上腺增生患者,患者在解冻周期内出现高血压危象,消融后患者的血清钾水平恢复正常,抗高血压药物需求减少。Fu等^[17]回顾性分析了冷冻消融治疗11例醛固酮瘤患者,单次消融后,所有患者均实现了完全消融;患者醛固酮水平、收缩压和舒张压分别从治疗前的 $(858.6\pm 93.2)\text{ pmol/L}$ 、 $(156.4\pm 7.8)\text{ mmHg}$ ($1\text{ mmHg}=0.133\text{ kPa}$)和 $(90.0\pm 10.5)\text{ mmHg}$ 降至 $(321.8\pm 41.2)\text{ pmol/L}$ 、 $(129.1\pm 9.4)\text{ mmHg}$ 和 $(76.4\pm 5.5)\text{ mmHg}$;肾素和血清钾分别从治疗前的 $(0.2\pm 0.1)\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{h})$ 和 $(2.9\pm 0.2)\text{ mmol/L}$ 升至 $(4.6\pm 0.4)\mu\text{g}/(\text{L}\cdot\text{h})$ 和 $(4.2\pm 0.2)\text{ mmol/L}$;随访期间肿瘤无复发。张伟^[18]报道了冷冻消融3例醛固酮瘤患者,术后1周复查相关指标,其中3例患者血醛固酮及血清钾恢复至正常水平;术后40个月的随访期间,血醛固酮及血清钾控制良好,肌无力症状明显改善;2例患者术后血压降至正常水平,1例老年男性术后血压大幅度下降,但仍需服用小剂量降压药维持血压。

多项研究表明,对于直径 $<5\text{ cm}$ 的单个肿瘤患者,冷冻消融提供了与手术切除相同的临床效果和长期结果。此外,与腹腔镜肾上腺切除术相比,图像引导消融可减少术后疼痛并缩短手术时间^[16-18]。

3.2 嗜铬细胞瘤冷冻消融

Zhang等^[19]报道了8例接受CT引导下冷冻消融治疗的肾上腺嗜铬细胞瘤患者,消融持续时间为 $(67.5\pm 4.6)\text{ min}$,临床成功率100%;肾上腺素从 $(61.7\pm 11.1)\text{ nmol/L}$ 降至 $(2.0\pm 1.1)\text{ nmol/L}$;手术过程中发现5例患者出现高血压危象;在随访 (16.9 ± 13.4) 个月期间患者肿瘤均未进展。易峰涛等^[20]报道了6例用氦氦刀治疗的复发性恶性嗜铬细胞瘤患者,术后3个月复查肾上腺CT提示有3例患者肿瘤缩小达50%

以上,2 例患者实现了局部控制,1 例患者肿瘤局部复发。McBride 等^[21]回顾性分析了 10 例转移性嗜铬细胞瘤和副神经节瘤的患者,10 例患者所有已知转移灶均得到治疗。

研究证实,CT 引导下经皮冷冻消融治疗嗜铬细胞瘤是一种安全、有效、低发病率的选择。暂时性高血压仅与残留的存活肾上腺组织有关,但可以安全管理和预防性治疗^[19-21]。

3.3 肾上腺皮质腺癌冷冻消融

Mauda-Havakuk 等^[22]回顾性分析了 3 次肾上腺皮质癌患者的冷冻消融治疗,研究表明图像引导局部治疗可以减轻晚期肾上腺皮质癌患者的疾病负担,提高患者的生存率。张伟等^[23]报道了 3 例肾上腺皮质癌伴皮质醇增多症的患者,3 例消融治疗全部成功实施,术后仅出现穿刺部位少量出血及术区疼痛等轻微并发症,对症治疗后均得到缓解,未出现严重并发症。周亮等^[24]回顾性分析了冷冻治疗 5 例肾上腺皮质腺癌患者,随访时间为 (3.5±2.7) 个月,在有随访记录的 4 例患者中,PR1 例、PD1 例、SD2 例,患者出现恶心呕吐、穿刺点疼痛、寒战和血压变化等轻微并发症,对症治疗后均缓解。

3.4 肾上腺转移瘤冷冻消融

Frenk 等^[25]回顾性分析了经冷冻消融治疗的 30 例肾上腺转移瘤患者,平均随访 37 个月(2~128 个月);技术成功率、主要疗效和次要疗效分别为 96%、72%和 76%;1、3 和 5 年的局部无肿瘤进展生存率分别为 82%、69%和 55%;1、3 和 5 年的总生存率(overall survival, OS)分别为 82%、44%和 34%。Venkatesan 等^[11]报道了 1 例冷冻消融治疗肾上腺转移瘤,消融过程顺利,未见不良反应及严重并发症。Aoun 等^[26]回顾性分析了 34 例肾上腺转移瘤患者的 40 次经皮冷冻消融手术,平均肿瘤大小为 3.2 cm,消融大小为 5.2 cm;平均随访时间为 1.8 年,局部复发率为 10.0%(4/40)。

Zhang 等^[27]回顾性分析了 31 例肾上腺转移瘤患者,一级和二级技术成功率分别为 90.3% 和 100%,没有患者出现高血压危象;随访期间的局部进展率为 19.4%;累计 1、3 和 5 年总生存率分别为 83.9%、45.0%和 30.0%。肾上腺外肿瘤的存在是总体生存率较差的重要独立预测因素($P=0.012$);肾上腺外肿瘤患者总生存时间为(16.6±2.4)个月,无肾上腺外肿瘤患者总生存时间为(50.9±4.5)个月。Frankl 等^[28]报道了 1 例冷冻消融肾上腺转移瘤的老年女性患者,右侧肾上腺转移灶放射治疗失败后接受 2 次冷冻消融治疗,

消融术后约 3 个月 PET/CT 显示病灶处未见明显 FDG 摄取,肿瘤活性消失。周亮等^[24]报道了 22 例经皮冷冻消融的单侧肾上腺转移瘤患者,随访时间为 (3.5±2.7) 个月,在有随访记录的 8 例患者中,CR3 例,PR2 例,SD3 例,术后及随访期间未发生严重并发症。

4 冷冻消融联合多学科综合治疗

肾上腺恶性肿瘤如原发性皮质腺癌及肾上腺转移瘤为全身性疾病,必须根据肿瘤类型及患者自身情况予以个体化综合治疗。可以在冷冻消融治疗基础上联合其他治疗方法,如放疗、化疗、靶向药物治疗、免疫治疗及生物治疗等^[29-30]。韩宗宏等^[31]报道了氩氦冷冻消融联合动脉化疗栓塞治疗肾上腺恶性肿瘤 16 例,大部分患者仅出现腰部疼痛、局部少量出血及术后低热等轻微并发症,2 例患者于复温时出现一过性血压升高,给予酚妥拉明 5 mg,患者血压恢复并维持在 124~136/79~92 mmHg;随访至术后半年,肿瘤直径<5 cm 者局部缓解率为 90.9%,肿瘤直径>5 cm 者局部缓解率仅为 40.0%,表明肿瘤直径较大时冷冻消融术中的冰球难以完全覆盖病灶,可在冷冻术前行栓塞治疗阻断肿瘤血供,进而缩小肿瘤体积,减轻肿瘤负荷。

5 冷冻消融的优势与不足

冷冻消融通过冷冻和解冻的交替循环导致细胞死亡。冷冻和解冻的交替循环使细胞膜受到机械应力,导致细胞内冰晶的形成和低渗细胞的破坏,还有可能引起微血管血栓的形成^[15-17]。与其他基于热的消融技术如射频消融、微波消融相比,肾上腺肿瘤冷冻消融的主要优势是在 CT 或 MRI 引导下能够清晰地显示消融区域,可以减少对相邻易损结构的意外伤害,并且可以确保消融的完整性。此外,冷冻消融可以同时应用多根探针以覆盖肿瘤及其边缘,因此具有更大的灵活性以实现适形消融^[32]。研究显示,冷冻消融术可减轻疼痛,在手术过程中需要的麻醉剂量较小,可以降低麻醉带来的风险^[18-19]。

氩氦刀与传统的液氮冷冻设备相比更具优势:①可经皮穿刺进行治疗,成功率较高,并发症较少,损伤较小;②冷冻速度快、可控性好,能够快速升温,从而避免正常组织受损;③定位准确,可直接破坏肿瘤细胞,增强肿瘤免疫^[18,23-24]。

冷冻消融的缺点是微血管肿瘤导致的出血风险增加;冷冻区域的边缘有可能会残存肿瘤细胞,

容易成为复发来源;冷冻范围过大可能会导致周围器官的损伤及冷休克的发生^[20-21]。

6 并发症

6.1 出血

肾上腺周围的血管结构丰富,包括主动脉、肾动脉、膈动脉及下腔静脉等。因此少量出血在冷冻消融过程中较为常见。避免出血的预防措施包括确保凝血参数正常、提高穿刺准确性、避免重复穿刺等。若出血量较大,可以进行输血。有学者认为如果有血液活动性外渗或血流动力学不稳定,可考虑外科手术止血或介入栓塞止血^[15]。

6.2 气胸及周围脏器损伤

气胸是肾上腺肿瘤消融过程中一种较为常见的并发症。大多数医源性气胸能够保守治疗,只有少数较为严重的患者需要采用胸腔闭式引流或放置胸腔造口管^[25-26]。Uppot 等^[33]认为患者右侧卧位或左侧卧位时容易导致同侧肺塌陷。当患者处于仰卧位和俯卧位时,气胸的发生概率大大降低;当患者仰卧时,经肝入路提供了另一条到达右肾上腺肿块而无肺损伤的通路。Ethier 等^[2]认为,当肿瘤到肠道的距离 $<5\text{ mm}$ 时,容易引起肠道损伤;患者改变体位有可能使肿瘤远离肠道;除了改变患者体位,还可以使用水分离的方式保护肠道,避免肠道损伤。

6.3 高血压危象

高血压危象定义为消融中急性血压升高,收缩压 $>180\text{ mmHg}$ 或者舒张压 $>120\text{ mmHg}$ 。据报道约20%的肾上腺手术中会发生高血压危象,并不局限于嗜铬细胞瘤^[33-35]。Liang 等^[34]研究发现,对小的肾上腺肿块进行消融会引发肾上腺髓质释放儿茶酚胺入血增加,进而诱发高血压危象。Zheng 等^[35]认为,高血压危象的危险因素包括嗜铬细胞瘤、肿瘤 $<4.5\text{ cm}$ 、BMI $<24\text{ kg/m}^2$ 和硬膜前收缩压 $\geq 130\text{ mmHg}$ 。在消融过程中的任何时候都可能诱发高血压危象,但最常见于射频或微波能量启动后不久,或冷冻消融的解冻过程中^[19,33-34]。Zhang 等^[19]研究发现,冷冻消融解冻过程中高血压危象的发生率为62.5%,高于射频消融(0)或微波消融(50%)。当出现该并发症时,应暂停治疗,应用 β 受体阻滞剂和 α 受体阻滞剂。

6.4 低温综合征及冷休克

肾上腺肿瘤冷冻消融诱发低温综合征及冷休克研究报道较少。低温综合征是肾上腺冷冻消融过程中一项较为少见的并发症。患者常表现为寒战、

出汗、体温降低,继而出现血压下降及心率加快等表现。发生低温综合征时,应积极采取复温措施,并及时补液、给予升压药物等纠正低血压。术中也可以采取保温措施预防低温综合征的发生^[15,32]。

冷休克是冷冻治疗中较为罕见的并发症,表现为多器官功能衰竭、凝血机制障碍、DIC,多发生于体质较差及病灶临近大血管的患者。冷休克的机制尚未明确,可能与冷冻消融后炎症细胞因子激活及释放入血有关,可以通过设计进针路线控制冷冻范围,减少炎症反应发生,及时补充血小板和对症治疗^[15]。

6.5 胃胸腔瘘

胃胸腔瘘是肾上腺肿瘤冷冻消融中极为罕见但较为严重的并发症。当肾上腺肿瘤邻近胃与膈肌,且肿瘤体积较大时,消融容易导致胃壁与膈肌的损伤进而引发穿孔,穿孔导致胃内容物流入胸腔形成胃底胸腔瘘^[36]。罗小美等^[37]报道了1例肾上腺转移瘤冷冻消融后并发胃胸腔瘘的患者,术后半个月,患者出现高热、恶心、乏力等症状,上消化道造影示胃胸腔瘘形成;影像设备引导下密切检测、精准定位、严格控制冷冻范围可以减少胃胸腔瘘的发生率,必要时还可以结合人工气腹、肠道循环温水保护,以避免冷冻造成的胃肠道损伤。

7 结语

冷冻消融术已经应用于治疗肾上腺肿瘤,可以大大改善肾上腺肿瘤患者的预后和生存期,成为介入放射学或介入肿瘤学实践中许多技术的重要补充。但目前尚无大型随机对照试验证明这种治疗在局部进展和生存方面的有效性。如何提高临床疗效,进一步减少并发症的发生,改善患者生存质量和延长患者生存期还有待进一步的研究。

[参考文献]

- [1] Bancos I, Prete A. Approach to the patient with adrenal incidentaloma[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2021, 106: 3331-3353.
- [2] Ethier MD, Beland MD, Mayo-Smith W. Image-guided ablation of adrenal tumors [J]. Tech Vasc Interv Radiol, 2013, 16: 262-268.
- [3] Chen C, Wang Y, Li G, et al. Feasibility of CT-CT fusion imaging for evaluation of the cryoablation margins in visible hepatocellular carcinoma on unenhanced CT images: initial experience[J]. J Interv Med, 2019, 2: 60-64.
- [4] Huang Z, Gu Y, Wu S, et al. Computed tomography-guided radiofrequency ablation of the retained iodized oil after simultaneous combination with transarterial embolization in small

- recurrent or residual hepatocellular carcinoma[J]. J Interv Med, 2020, 3: 49-54.
- [5] Jiang X, Han X, Zhang T, et al. Transcatheter arterial chemoembolization combined with simultaneous cone beam computed tomography-guided multipolar microwave ablation for massive hepatocellular carcinoma(≥ 10 cm): safety and primary clinical results[J]. J Interv Med, 2019, 2: 65-68.
- [6] 孙立军. CT 引导肾上腺肿瘤经皮冷冻消融治疗[A];第五届全国肿瘤诊疗新进展及新技术学术会议暨第八届中国西部肿瘤学术大会论文集[C]. 2013 年.
- [7] Bourguin PP, Wrobel MM, Mercaldo ND, et al. Comparison of percutaneous image-guided microwave ablation and cryoablation for sarcoma lung metastases: a 10-year experience[J]. AJR Am J Roentgenol, 2022, 218: 494-504.
- [8] Yan QH, Xu DG, Shen YF, et al. Observation of the effect of targeted therapy of 64-slice spiral CT combined with cryoablation for liver cancer[J]. World J Gastroenterol, 2017, 23: 4080-4089.
- [9] Barat M, Colleter L, Mongiat-Artus P, et al. Salvage cryoablation for local recurrence of prostatic cancer after curative therapy[J]. Diagn Interv Imaging, 2019, 100: 679-687.
- [10] Ierardi AM, Carnevale A, Angileri SA, et al. Outcomes following minimally invasive image-guided percutaneous ablation of adrenal glands[J]. Gland Surg, 2020, 9: 859-866.
- [11] Venkatesan AM, Locklin J, Dupuy DE, et al. Percutaneous ablation of adrenal tumors[J]. Tech Vasc Interv Radiol, 2010, 13: 89-99.
- [12] Bhagavatlal SK, Tuncali K, Shyn PB, et al. Percutaneous CT- and MRI-guided cryoablation of cT1 renal cell carcinoma: intermediate- to long-term outcomes in 307 patients[J]. Radiology, 2020, 296: 687-695.
- [13] Umakoshi N, Iguchi T, Hiraki T, et al. Correlation between renal ablation zone in contrast-enhanced CT and non-enhanced MRI during the early period following percutaneous cryoablation[J]. Jpn J Radiol, 2022, 40: 1087-1095.
- [14] Rapoport LM, Cytron S, Enikeev ME, et al. Percutaneous US-guided renal cryoablation using 3D modeling[J]. Urologia, 2017, 84: 174-178.
- [15] 中国医师协会介入医师分会肿瘤消融专业委员会, 中国临床肿瘤学会肿瘤消融治疗专家委员会. 影像引导下肾上腺肿瘤消融治疗专家共识(2019 版)[J]. 中华医学杂志, 2019, 99: 1123-1132.
- [16] Atwell TD, Wass CT, Charboneau JW, et al. Malignant hypertension during cryoablation of an adrenal gland tumor[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17: 573-575.
- [17] Fu YF, Cao C, Shi YB, et al. Computed tomography-guided cryoablation for functional adrenal aldosteronoma[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2021, 30: 169-173.
- [18] 张伟. CT 引导下经皮穿刺氩氦气冷冻消融治疗肾上腺实体肿瘤的临床研究[D]. 江苏: 苏州大学, 2019.
- [19] Zhang W, Shi YB, Zhuang ZX, et al. Computed tomography-guided cryoablation for adrenal pheochromocytoma: safety and clinical effectiveness[J]. Surg Laparosc Endosc Percutan Tech, 2019, 29: 409-412.
- [20] 易峰涛, 王慧, 宋华志, 等. 氩氦刀治疗肾上腺恶性嗜铬细胞瘤[J]. 实用医学杂志, 2009, 25: 1096-1098.
- [21] McBride JF, Atwell TD, Charboneau WJ, et al. Minimally invasive treatment of metastatic pheochromocytoma and paraganglioma: efficacy and safety of radiofrequency ablation and cryoablation therapy[J]. J Vasc Interv Radiol, 2011, 22: 1263-1270.
- [22] Mauda-Havakuk M, Levin E, Levy EB, et al. Long-term outcomes in patients with advanced adrenocortical carcinoma after image-guided locoregional ablation or embolization[J]. Cancer Med, 2021, 10: 2259-2267.
- [23] 张伟, 刘贺亮, 刘卫迎, 等. 经皮 CT 导引氩氦冷冻消融术治疗肾上腺肿瘤的可行性研究[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30: 999-1002.
- [24] 周亮, 曾健滢, 陈继冰, 等. 经皮冷冻治疗肾上腺恶性肿瘤的安全性及短期疗效观察[J]. 广东医学, 2014, 35: 1092-1095.
- [25] Frenk NE, Daye D, Tuncali K, et al. Local control and survival after image-guided percutaneous ablation of adrenal metastases[J]. J Vasc Interv Radiol, 2018, 29: 276-284.
- [26] Aoun HD, Littrup PJ, Nahab B, et al. Percutaneous cryoablation of adrenal metastases: technical feasibility and safety[J]. Abdom Radiol(NY), 2021, 46: 2805-2813.
- [27] Zhang W, Sun LJ, Xu J, et al. Computed tomography-guided cryoablation for adrenal metastases: local control and survival[J]. Medicine(Baltimore), 2018, 97: e13885.
- [28] Frankl J, Eshghi N, Lundeen TF, et al. Artifactual hepatic metastasis on FDG PET/CT secondary to cryoablation for adrenal metastasis[J]. Clin Nucl Med, 2018, 43: e46-e47.
- [29] McCann B, Higgins M, Kok DL, et al. Long-term control of melanoma adrenal metastasis treated with radiotherapy[J]. Melanoma Res, 2022, 32: 166-172.
- [30] Tsuchida K, Watanabe H, Kameda Y, et al. A case of solitary adrenal metastasis from rectal cancer treated by adrenalectomy after preoperative chemotherapy[J]. Gan To Kagaku Ryoho, 2016, 43: 1751-1753.
- [31] 韩宗宏, 史东宏, 许健, 等. 氩氦刀联合动脉化栓塞治疗 16 例肾上腺恶性肿瘤[J]. 介入放射学杂志, 2013, 22: 553-556.
- [32] Park BK, Fujimori M, Shen SH, et al. Asian conference on tumor ablation guidelines for adrenal tumor ablation[J]. Endocrinol Metab(Seoul), 2021, 36: 553-563.
- [33] Uppot RN, Gervais DA. Imaging-guided adrenal tumor ablation[J]. AJR Am J Roentgenol, 2013, 200: 1226-1233.
- [34] Liang KW, Jahangiri Y, Tsao TF, et al. Effectiveness of thermal ablation for aldosterone-producing adrenal adenoma: a systematic review and meta-analysis of clinical and biochemical parameters[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30: 1335-1342.e1.
- [35] Zheng L, Zhou F, Yu X, et al. Hypertensive crisis during microwave ablation of adrenal neoplasms: a retrospective analysis of predictive factors[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30: 1343-1350.
- [36] Chowdary PB, Sadashivaiah SB, Gangappa RB, et al. Gastropleural fistula: a rare entity presenting as a complication of empyema thoracis following stab injury to the chest[J]. J Clin Diagn Res, 2015, 9: PD05-PD06.
- [37] 罗小美, 潘忠保, 曾健滢, 等. 肾上腺转移瘤冷冻治疗后并发胃胸腔瘘 1 例[J]. 介入放射学杂志, 2016, 25: 292-293.

(收稿日期: 2022-06-27)

(本文编辑: 新宇)