

## •非血管介入 Non-vascular intervention•

CT 引导下微波消融联合经皮椎体成形术治疗  
脊柱转移瘤的安全性与有效性

王志龙, 林文俐, 赵建强, 杜贞华, 梁逸宁, 左太阳

**【摘要】 目的** 探讨微波消融(MWA)联合经皮椎体成形术(PVP)治疗脊柱转移瘤的安全性和疗效。**方法** 回顾性分析 2019 年 6 月至 2021 年 6 月收治的 46 例行 MWA 联合 PVP 治疗的脊柱溶骨性转移瘤患者的临床资料。比较患者治疗前和随访期间的疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、功能障碍指数(ODI)评分、美国脊髓损伤协会神经学检查(ASIA)等级、骨转移患者生活质量特异性评估表(QLQ-BM22)评分,评估患者疼痛缓解、脊柱功能状态改善、脊髓神经功能改善和生活质量变化。统计分析患者术后并发症、复发和存活时间。**结果** 46 例患者中,5 例患者消融中出现中、重度疼痛,静脉推注吗啡后症状缓解;2 例患者出现一过性神经症状,立即停止消融对症处理后症状消失。骨水泥注入过程中有 11 例患者出现轻度骨水泥渗漏,所有并发症均为轻微程度。术后随访 6~26 个月,6 个月有 40 例患者影像学无肿瘤进展。术后各时间点 VAS、ODI、QLQ-BM22 评分均明显优于术前(均  $P<0.01$ ),术前和术后各时间段 ASIA 分级差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ )。死亡患者 10 例(存活时间为 7~26 个月),生存时间为  $(13.20\pm7.65)$  个月,去除随访时间 $<12$  个月的患者,1 年生存率为 66.6%(12/18)。**结论** MWA 联合 PVP 治疗脊柱转移瘤是一种安全有效的治疗方法,能在一定程度上改善患者脊柱功能状态提高其生活质量。

**【关键词】** 微波消融术;椎体成形术;脊柱转移瘤;安全性;疗效

中图分类号:R738.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2023)-05-0446-05

**CT-guided microwave ablation combined with percutaneous vertebroplasty for spinal metastases: its clinical safety and efficacy** WANG Zhilong, LIN Wenli, ZHAO Jianqiang, DU Zhenhua, LIANG Yining, ZUO Taiyang. 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】 Objective** To evaluate the clinical safety and effect of CT-guided microwave ablation (MWA) combined with percutaneous vertebroplasty (PVP) in the treatment of spinal metastases. **Methods** The clinical data of 46 patients with spinal osteolytic metastases, who received MWA combined with PVP between June 2019 and June 2021, were retrospectively analyzed. The visual analogue scale (VAS) score, Oswestry Disability Index (ODI) score, American Spinal Injury Association (ASIA) grading and QLQ-BM22 score were used to evaluate the pain relief degree, the improvement of spinal function, the improvement of spinal nerve function and the changes of quality of life before treatment and during follow-up period. The postoperative complications, tumor recurrence and survival time were calculated and analyzed. **Results** During MWA, moderate and severe pain occurred in 5 patients and 2 patients developed transient neurological symptoms, which disappeared after immediately stopping ablation and giving symptomatic treatment. During bone cement injection, mild leakage of bone cement occurred in 11 patients. All complications were of minor degrees. The patients were followed up for 6–26 months. Six months after treatment, no imaging signs of tumor progression were observed in 40 patients. The VAS score, ODI score and QLQ-BM22 score obtained at each postoperative time point were significantly better than preoperative values (all  $P<0.01$ ). The ASIA grades determined at each postoperative time point were not significantly different from preoperative value (all  $P>0.05$ ). Ten patients died, their survival time was 7–26 months

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2023.05.007

基金项目:山东省医药卫生科技发展计划(2019WS077),泉城“5150”引才倍增计划创新人才(团队)

作者单位:250013 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

and the mean survival time was (13.20±7.65) months. Except for the patients having a follow-up time < 12 months, the one-year survival rate was 66.6% (12/18). **Conclusion** For the treatment of spinal metastases, MWA combined with PVP is clinically safe and effective. It can improve patient's spinal function status to some extent and improve their quality of life as well. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 446-450)

**【Key words】** microwave ablation; vertebroplasty; spinal metastasis; safety; curative effect

脊柱是恶性肿瘤常见的转移部位,随着病程进展肿瘤组织可破坏椎体骨质导致局部疼痛、高钙血症、椎体病理性骨折,累及椎体后缘可造成局部脊髓及神经根压迫症状,进而引起神经功能障碍甚至截瘫,加速患者死亡。经皮椎体成形术(PVP)治疗脊柱转移瘤可增强椎体稳定性,降低疼痛程度,微波消融(MWA)技术也因具有升温快、消融范围大,对高阻抗的骨肿瘤穿透力强等优势,应用于脊柱转移瘤的治疗中。本文分析了 MWA 联合 PVP 治疗的脊柱转移瘤患者疼痛缓解、脊柱功能改善、神经功能改善、并发症、局部复发以及生存质量与生存时间等状况,探讨 MWA 联合 PVP 治疗的安全性和疗效。

## 1 材料与方法

### 1.1 患者资料与纳入排除标准

收集 2019 年 6 月至 2021 年 6 月山东第一医科大学附属中心医院收治的脊柱转移瘤患者 46 例,男 33 例,女 13 例,年龄为 (67.2±10.6) 岁。病变共累及 72 节椎体,其中颈椎 2 节,腰椎 41 节,胸椎 27 节,骶椎 2 节。所有患者原发肿瘤均经病理确诊,为甲状腺癌 2 例,胃癌 2 例,肾癌 4 例,膀胱癌 1 例,直肠癌 3 例,结肠癌 2 例,食管癌 3 例,肺癌 16 例,乳腺癌 3 例,胰腺癌 3 例,肝癌 7 例。

纳入标准:①有明确病理诊断椎外恶性肿瘤病史;②术前经骨扫描、CT、MRI、PET-CT 等影像学诊断或病理学直接确诊椎体转移性肿瘤;③有或无明显的神经根压迫症状和体征;④脊柱转移病灶为溶骨性改变;⑤预计生存期 ≥ 3 个月。排除标准:①严重的凝血功能障碍及出血倾向;②合并严重心、脑、肝、肾等器官疾病导致患者不能耐受手术;③有未控制的全身急性或活动性感染者。

### 1.2 手术方法

患者取俯卧位,常规 CT 扫描定位,设计进针路线,术区皮肤消毒,铺巾,2%利多卡因局部麻醉,将骨穿针沿术前计划的最佳路径与角度进针,确认针尖置于骨转移瘤部位后退出针芯,固定骨穿针外套管并作为工作通道,插入微波消融针,消融针到达转移瘤理想位置后,根据肿瘤大小设计消融功率和

时间,消融过程中行 CT 扫描,根据 CT 结果调整消融针的位置、角度及深度。消融过程中,观察患者生命体征、疼痛等情况,根据术中患者耐受程度调整消融功率及时间。消融结束后退出消融针,插入针芯,调节骨水泥至拉丝期,黏度适合,用骨水泥注入器将骨水泥缓慢低压灌注入骨转移瘤消融后部位,确定骨水泥分布均匀或达到椎体后缘时,停止注射,记录注入骨水泥量,每节病椎骨水泥注入量 1.5 ~ 8.5 mL,骨水泥接近凝固后拔出穿刺针,无菌敷料包扎。

### 1.3 效果评定

采用疼痛视觉模拟量表(VAS)评估患者治疗前、术后 1 d、1 周、1 个月、3 个月、6 个月时的疼痛积分。疼痛分值为 0~10 分,0 分为无痛,1~3 分为轻度疼痛,4~6 分为中度疼痛,7~9 分为严重疼痛,10 分为剧烈疼痛。

采用骨转移患者生活质量特异性评估表(QLQ-BM22)统计术前、术后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月生活质量得分情况。QLQ-BM22 分值越高,说明对患者的日常生活影响越严重,心理负担越重,生活质量越差;分值越低,则相反。

采用功能障碍指数(ODI)评估患者手术前后脊柱功能状态。ODI 分值越高表示功能障碍程度越重,0~20%为轻度功能障碍,21%~40%为中度功能障碍,41%~60%为重度功能障碍,61%~80%为严重的腰背痛,81%~100%为需要卧床休息。

采用美国脊髓损伤协会神经学检查(ASIA)评估脊髓神经压迫改善情况,ASIA 结果分为 A、B、C、D、E 5 级,正常感觉和功能为 E 级,完全性损伤为 A 级。

术中并发症根据介入放射学学会(SIR)指南进行分级,主要并发症是指消融过程中或消融后可能危及生命的临床症状,导致严重损伤和功能障碍,需要住院或延长住院时间。自限性并发症无后遗症,只需短暂住院观察或治疗的为轻微并发症<sup>[1]</sup>。统计患者术中及术后并发症、出院时的一般状况、出院后随访期间有无远期并发症、患者生存情况。所有患者在术后 1、3、6 个月复查增强 CT 或 MRI,出现溶骨性破坏或肿瘤软组织成分的生长为局部肿

瘤进展。

#### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。正态分布的计量资料以均数±标准差表示,比较采用配对 *t* 检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。术前后的 AISA 评分分级比较采用秩和检验并使用 Mann-Whitney *U* 检验。

## 2 结果

### 2.1 术后各时间点疼痛缓解情况

术后 1 d、1 周、1 个月、3 个月和 6 个月时的 VAS 评分均低于术前,且差异均有统计学意义(均  $P<0.01$ ),术后各时间段 VAS、QLQ-BM22、ODI 评分与术前比较,差异均有统计学意义(均  $P<0.01$ )。患者脊柱功能得到明显改善,由术前重度功能障碍,变为术后 3、6 个月的中度功能障碍(ODI 值明显下降)。见表 1。

表 1 46 例患者手术前后 VAS、ODI、QLQ-BM22 评分比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

时间	VAS (分)	ODI (%)	QLQ-BM22(分)
术前	7.10±1.12	55.21±17.70	52.80±6.47
术后 1 d	3.58±1.21	—	—
术后 1 周	2.82±0.99	—	42.77±6.24
术后 1 个月	2.32±0.84	40.86±14.29	41.64±6.02
术后 3 个月	2.15±0.89	36.47±14.22	40.73±5.81
术后 6 个月	2.17±0.82	36.21±14.82	40.02±6.02

### 2.2 术后各时间点神经功能情况

21 例患者术前有不同程度的神经系统症状, ASIA 分级为 A、B、C、D 级分别为 1、2、7、11 例, 25 例无明显神经系统症状为 E 级。术后 1 个月, 4 例患者 ASIA 分级由 D 级改善为 E 级, 2 例由 C 级改善为 D 级, 1 例由 B 级改善为 C 级。术后 3 个月, 2 例患者由 D 级改善为 E 级, 1 例由 D 级恶化为 C 级。术后 6 个月, 1 例由 B 级降为 A 级, 1 例由 C 级恶化为 B 级。其余患者 ASIA 分级在术前、术后 1、3、6 个月均无变化。术前和术后各时间段 ASIA 分级差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ )。见表 2。

### 2.3 并发症

有 11 例患者术中出现少量骨水泥渗漏, 7 例 (15.2%) 发生椎旁组织渗漏, 2 例 (4.3%) 发生椎管少

量渗漏, 2 例 (4.3%) 同时发生了骨水泥椎旁组织和椎管渗漏。所有渗漏患者无明显症状, 未进行特殊处理。2 例患者出现肢体麻木、灼热感, 立即停止消融, 对症处理后症状消失, 无患者出现皮肤烧伤和神经损伤。5 例患者消融过程中出现难以忍受的疼痛, 静脉推注吗啡后疼痛缓解, 无其他并发症发生。

### 2.4 术后复发与生存分析

术后随访 6~26 个月, 全部患者生存期均超过 6 个月。在随访过程中, 有 11 例患者联系中断而失访; 死亡 10 例, 死亡患者术后存活时间为 7~26 个月。去除随访时间小于 12 个月的患者, 1 年生存率为 66.6% (12/18)。术后 6 个月复查影像学, 有 40 例患者无肿瘤进展, 6 个月局部复发率为 13% (6/46)。

## 3 讨论

随着放化疗、外科手术、介入治疗、免疫治疗及靶向药物治疗等多种综合治疗手段的开展, 恶性肿瘤患者生存期在不断延长, 但也增加了脊柱转移的概率<sup>[2]</sup>。据统计, 恶性肿瘤脊柱转移的发生率为 3%~30%, 常见的原发肿瘤为乳腺癌、前列腺癌、肺癌、肾癌, 常见转移部位为胸椎 (60%~80%), 腰椎 (15%~30%) 和颈椎 (<10%)<sup>[2-4]</sup>。与外科手术相比, MWA 具有其独特的优势, MWA 受骨组织阻抗影响较小, 肿瘤内温度高, 消融区大, 消融效率高, 对骨转移瘤具有良好的治疗效果<sup>[5]</sup>; PVP 可迅速止痛、增加椎体稳定性、提高患者生活质量, 已广泛用于脊柱良恶性疾病的治疗<sup>[6]</sup>。但单纯行 PVP 时, 由于肿瘤的占位效应, 骨水泥容易向病变周围渗漏, 使骨转移瘤内骨水泥充盈不足, 而骨水泥填充不足会增加转移椎体塌陷和骨折的风险<sup>[7]</sup>。此外, 转移瘤丰富的血供还会增加骨水泥经血管渗漏造成骨水泥异位栓塞。而单纯行 MWA 虽然可以有效减轻肿瘤负荷, 但消融后易使椎体失去支撑力, 导致压缩性骨折甚至截瘫<sup>[8]</sup>。PVP 与 MWA 两者联合可以弥补单独应用时的不足, MWA 杀灭肿瘤负荷形成空腔, 有利于骨水泥在病灶内扩散和充盈, 在降低消融后椎体病理性骨折风险的同时增加了椎体的稳定性, 此外消融后的血栓形成还减少了骨水泥渗入椎静脉和后壁的概率<sup>[9-10]</sup>。研究证实, PVP 和 MWA 联合治疗脊柱转移瘤具有协同的抗肿瘤和镇痛作用, 增加治疗效果, 有助于控制肿瘤进展<sup>[11-12]</sup>。

有研究报道, CT 是经皮消融的首选成像方式, 尤其适用骨盆和脊柱复杂部位的治疗<sup>[9, 13-14]</sup>。本研究

表 2 46 例患者手术前后 ASIA 分级情况 (例)

时间	ASIA 评分等级					P 值
	A	B	C	D	E	
术前	1	2	7	11	25	
术后 1 个月	1	1	6	9	29	0.405
术后 3 个月	1	2	5	7	31	0.261
术后 6 个月	2	2	4	7	31	0.284



中的 MWA 和 PVP 治疗脊柱转移瘤的手术均在 CT 引导下完成。但消融过程中 CT 不能实时反映消融的范围和大小,术中对消融范围的把控需要参考消融设备的数据和依靠术者的操作经验<sup>[14]</sup>。本研究为保证消融的安全性,根据既往其他器官肿瘤 MWA 经验和肿瘤的大小预设消融功率和消融时间,结合肿瘤大小、CT 扫描情况、术中患者耐受程度,考虑是否追加消融时间,当消融范围达到覆盖病灶时即停止消融;由于测温针会增加患者穿刺损伤风险,故仅对 5 例椎体后缘破坏较重的患者在椎弓根邻近椎体后缘处加用测温针,对于靠近椎体前缘和侧缘的病灶未加用测温针,在预设功率下消融时间到达即终止消融。

CT 引导在 PVP 中的优势在于可观察到骨水泥的扩散过程,及时发现骨水泥渗漏的部位和程度,尤其适用于椎体后缘有破坏的患者<sup>[12]</sup>。其不足在于实时性较 DSA 差,只能进行动态观察,为了尽可能减少骨水泥的渗漏,应在拉丝期开始少量注射,黏稠期时再加大注入骨水泥,注射时需要多次进行 CT 扫描<sup>[15]</sup>。由于骨水泥凝固时间较短且注射过程中需要多次扫描,本研究将扫描野限定在注射椎体附近,并将骨水泥粉剂和液体降温后再配置,以延长骨水泥的凝固时间。

本研究结果表明,术后各时间段患者的疼痛、脊柱功能状态、生活质量方面较术前有明显改善。术后患者的疼痛评分迅速下降,术后第 1 天疼痛明显缓解,并且可维持 6 个月以上,这与文献报道相仿<sup>[9]</sup>。术后 3、6 个月后脊柱功能由术前的重度障碍转为中度障碍,与文献报道的结果基本相同<sup>[9,12]</sup>。因此,MWA 联合 PVP 可改善患者脊柱功能状态,但改善程度有限,且与术前基础 ODI 评分相关。另外,MWA 联合 PVP 可显著提高患者的生活质量,术后生存时间较长且半年内局部复发率较低。

本研究中只有部分患者术后神经功能得到改善,考虑与消融后肿瘤负荷减轻、在一定程度上缓解了脊髓神经根压迫有关;而部分患者神经功能未见改善,可能与肿瘤靠近神经与脊髓,未达到肿瘤的彻底灭活有关。有 5 例患者在术后 3 个月至 6 个月中出现神经功能恶化,其中 1 例患者术前椎体后缘骨质破坏并脊髓受压,术后 6 个月出现截瘫,最终行外科手术解除脊髓压迫。程实等<sup>[16]</sup>经皮置钉开放 MWA 治疗脊柱转移瘤 20 例,15 例术后 6 个月 Frankel 分级至少改善了 1 个等级。开放减压解除脊髓及神经压迫,是恢复脊柱转移瘤患者神经功能的

主要方法,经皮 MWA 联合 PVP 对神经功能改善有限,但大部分患者术后 6 个月内神经损伤无明显加重。所以 MWA 联合 PVP 虽不能明显改善神经压迫症状,但可延缓神经功能继续恶化。

本研究中的并发症主要为骨水泥渗漏,但低于文献所报道的 78% 骨水泥渗漏率<sup>[17]</sup>,且病灶内骨水泥充盈良好。骨水泥渗漏的原因可能与手术操作有关,如穿刺针拔除过早,或骨水泥填充时机及剂量控制不准确。另外椎体骨皮质破坏也是骨水泥渗漏的危险因素<sup>[18]</sup>,这也是本研究中骨水泥渗漏的主要因素。疼痛是 MWA 术中最常见的并发症<sup>[19]</sup>,镇痛不佳会影响手术进程。本研究中 5 例患者消融过程中出现难以忍受的疼痛,静脉推注吗啡后缓解。本研究术中采用局麻及镇静的的方式,可以更好地观察患者术中反应,增加手术的安全性<sup>[20]</sup>。神经损伤是消融治疗最严重的并发症,多发生于消融范围控制不佳,造成神经温度超过 45℃ 的情况下<sup>[21]</sup>。当患者出现神经症状时,立即终止消融,可尽早地预防热神经损伤发生。本研究消融过程中 2 例患者出现肢体麻木、灼热感,立即停止消融,并给予甘露醇脱水,维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>12</sub>、甲钴胺营养神经等措施,症状逐渐缓解直到消失。有研究认为,预防使用抗生素可减少消融后感染的发生<sup>[10]</sup>。本研究对消融时间 > 3 min 的患者预防性应用抗生素,未发生穿刺处皮肤感染。

本研究为小样本单中心的回顾性研究,未设立对照组,且纳入的患者存在个体差异,部分患者失访,这些因素均可能会影响结果的准确性,是本研究的不足之处。

总之,MWA 联合 PVP 治疗脊柱转移瘤是一种安全有效的方法,在一定程度上可改善患者脊柱功能状态提高生活质量,虽对已存在神经压迫症状患者的神经功能恢复未见明显效果,但可延缓神经功能继续恶化。

#### [参考文献]

- [1] Toyota N, Naito A, Kakizawa H, et al. Radiofrequency ablation therapy combined with cementoplasty for painful bone metastases: initial experience[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2005, 28: 578-583.
- [2] Zhang HR, Xu MY, Yang XG, et al. Percutaneous vertebral augmentation procedures in the management of spinal metastases [J]. Cancer Lett, 2020, 475: 136-142.
- [3] Torre LA, Bray F, Siegel RL, et al. Global cancer statistics, 2012

- [J]. CA Cancer J Clin, 2015, 65: 87-108.
- [4] Lu CW, Shao J, Wu YG, et al. Which combination treatment is better for spinal metastasis: percutaneous vertebroplasty with radio-frequency ablation,  $^{125}\text{I}$  seed, zoledronic acid, or radiotherapy? [J]. Am J Ther, 2019, 26: e38-e44.
- [5] Tomasian A, Jennings JW. Percutaneous minimally invasive thermal ablation for management of osseous metastases: recent advances[J]. Int J Hyperthermia, 2019, 36: 3-12.
- [6] 杨威, 胡婷业, 陆玉和, 等. 微波消融联合经皮椎体成形术治疗椎体转移性肿瘤的疗效观察 [J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 1146-1150.
- [7] Gu YF, Tian QH, Li YD, et al. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of malignant vertebral compression fractures with epidural involvement[J]. J Intervent Med, 2018, 1: 240-246.
- [8] Sun Y, Zhang H, Xu HR, et al. Analgesia of percutaneous thermal ablation plus cementoplasty for cancer bone metastases[J]. J Bone Oncol, 2019, 19: 100266.
- [9] Zhang X, Ye X, Zhang K, 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: 861-868.
- [10] Qiu Y, Zhang K, Ye X, et al. Combination of microwave ablation and percutaneous osteoplasty for treatment of painful extraspinal bone metastasis[J]. J Vasc Interv Radiol, 2019, 30: 1934-1940.
- [11] He Y, Han S, Wu C, et al. Comparison of the postoperative pain change and spinal stenosis rate between percutaneous vertebroplasty combined with radiofrequency ablation and with  $^{125}\text{I}$  particle implantation in the treatment of metastatic spinal cord compression: a retrospective study[J]. J Intervent Med, 2021, 4: 197-202.
- [12] Wu L, Fan J, Yuan Q, et al. Computed tomography-guided microwave ablation combined with percutaneous vertebroplasty for treatment of painful high thoracic vertebral metastases[J]. Int J Hyperthermia, 2021, 38: 1069-1076.
- [13] Tomasian A, Gangi A, Wallace AN, et al. Percutaneous thermal ablation of spinal metastases: recent advances and review [J]. AJR Am J Roentgenol, 2018, 210: 142-152.
- [14] Ke J, Cheng S, Yang T, et al. Feasibility of controlling metastatic osseous pain using three kinds of image - guided procedures for thermal microwave ablation: a retrospective study[J]. Orthop Surg, 2021, 13: 116-125.
- [15] 谢小西, 吕银祥, 季勇, 等. CT 引导下经皮椎体成形术联合  $^{125}\text{I}$  粒子植入治疗累及椎管的椎体转移瘤 23 例[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 226-230.
- [16] 程实, 柯晋, 周洁龙, 等. 经皮置钉开放微波消融术治疗脊柱转移瘤[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40: 1054-1062.
- [17] Lee SK, Weiss B, Yanamadala V, et al. Percutaneous interventional management of spinal metastasis [J]. Semin Intervent Radiol, 2019, 36: 249-254.
- [18] Corcos G, Dbjay J, Mastier C, et al. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for spinal metastases: a retrospective evaluation of incidence and risk factors[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39: E332-E338.
- [19] Kinczewski L. Microwave ablation for palliation of bone metastases [J]. Clin J Oncol Nurs, 2016, 20: 249-252.
- [20] Wu MH, Xiao LF, Yan FF, et al. Use of percutaneous microwave ablation for the treatment of bone tumors: a retrospective study of clinical outcomes in 47 patients[J]. Cancer Imaging, 2019, 19: 87.
- [21] Kastler A, Krainik A, Sakhri L, et al. Feasibility of real-time intraprocedural temperature control during bone metastasis thermal microwave ablation: a bicentric retrospective study[J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28: 366-371.

(收稿日期: 2022-03-08)

(本文编辑: 新宇)