临床研究 DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.001121

四维 B 超引导定位穿刺结节性甲状腺肿微波消融术应用研究

杨进华[1],刘海波[2],伍世绩[1],汪宇雄[1],黎杰明[1],麦永清[1],熊永辉[1]
（广州中医药大学附属高州中医院 1. 外三科;2. 超声科,高州 525200）

【摘 要】**目的**:探讨四维 B 超引导定位下穿刺微波消融治疗结节性甲状腺肿(简称"结甲肿")的临床效果和可行性、安全性。**方法**:将 2014 年 1 月至 2015 年 8 月收治的 127 例结甲肿患者,采用随机数字分配原则,分为结甲肿微波消融(消融组)64 例,开放术式甲状腺大部分切除含结节(开放组)63 例。对 2 组患者术后结节吸收情况、术中出血量、手术时间、术后并发症和术后疼痛、住院天数、甲状腺功能等进行比较。并总结结节消融后≥12 个月的中远期随访结果。**结果**:消融组术中出血量[(2.13 ± 0.83) vs. (26.30 ± 17.90),P=0.000]、手术时间[(34.3 ± 10.8) vs. (74.3 ± 26.0),P=0.000]和住院天数[(3.64 ± 1.23) vs. (10.50 ± 3.15),P=0.000]方面明显优于开放组。此外,消融组术后疼痛的程度较开放组小(u=270.000,P=0.000),并发症的发生也低于开放组(P=0.010)。通过对 2 组甲状腺功能的分析,消融组与开放组的甲状腺功能各项存在交互作用,各个时间点的差异均有统计学意义(P<0.05),除 T4 外,其他甲状腺功能各项在处理因素的主效应均存在差异性(P<0.005),而且消融组的均数水平波动较小。消融组术后≥12 个月的中远期随访患者 27 例,经 12~26 个月的随访检查,消融后≥18 个月且<21 个月的 6 例患者,结节完全吸收率占 66.67%;消融后≥21 个月且<26 个月的 10 例患者,结节完全吸收率达 100%。消融后结节复发 1 例,发现新生小结节 1 例,未发现甲状腺功能减退症病例。**结论**:微波消融比开放术式治疗结甲肿的并发症和出血量少、手术时间和住院天数短、术后疼痛轻,对甲状腺功能影响小,是一种微创、美容、安全可行、效果确切的新技术。

【关键词】微波消融;结节性甲状腺肿;微创;安全;美容
【中图分类号】R322.5+1 【文献标志码】A 【收稿日期】2016-03-10

Research on nodular goiter microwave ablation via percutaneous puncture based on four-dimensional B ultrasound location

Yang Jinhua[1], *Liu Haibo*[2], *Wu Shiji*[1], *Wang Yuxiong*[1], *Li Jieming*[1], *Mai Yongqing*[1], *Xiong Yonghui*[1]
(*1. Department of Surgery;2. Ultrasonic Department, the Affiliated Gaozhou Traditional Chinese Medicine Hospital of Guangzhou Traditional Chinese Medicine University*)

【Abstract】***Objective***: To investigate the therapeutic effect, feasibility and safety of nodular goiter microwave ablation via percutaneous puncture based on four-dimensional B ultrasound location. ***Methods***: From January 2014 to August 2015, 127 cases of nodular goiter patients were divided into microwave ablation group (64 cases) and open group (63 cases) which underwent subtotal thyroidectomy (including nodules) using the random number distribution. Nodules absorption, the blood loss, operative time, the postoperative complications, postoperative pain degree, hospitalization days, thyroid function of the two patients groups were observed. The long-term following outcomes (≥12 months) in patient adopting microwave ablation were analyzed and summarized. ***Results***: Microwave ablation group was superior to the traditional surgery group in surgical blood loss[(2.13 ± 0.83) vs. (26.30 ± 17.90), P=0.000)], operative time [(34.3 ± 10.8) vs. (74.3 ± 26.0), P=0.000], postoperative hospitalization days[(3.64 ± 1.23) vs. (10.50 ± 3.15), P=0.000]. In addition, microwave ablation group was inferior to the open group in the aspect of degree of pain (u=270.000, P=0.000) and complications (P=0.010). Analysis of the thyroid function of two groups showed that there was interaction between the ablation group and open group in thyroid function, with significant difference at each time point (P<0.05). In addition to T4, there were differences in the other thyroid function in the main effect factors (P<0.005) and the level fluctuation is low in the ablation group. Twenty-seven patients in ablation group underwent follow-up observation for more than 12 months. After 12 to 26 months follow-up post-ablation, the total absorption rate in patients with 18 to 21 months after ablation was 66.67% (n=6) and in patients with 21 to 26 months of follow-up was 100% (n=10). One patient with recurrence was found. One patient with new small nodule was observed. No patient with hypothyroidism was found. ***Conclusion***: With the advantages of few postoperative complications, surgical blood loss, operative time, postoperative hospitalization time and postoperation pain, microwave ablation is a kind of minimally invasive, safe and feasible technique in the treatment of nodular goiter.

【Key words】microwave ablation; nodular goiter; minimally invasive surgery; safety; cosmetology

作者介绍:杨进华,Email:yjh168yang@163.com,
研究方向:甲状腺疾病的研究与治疗。

基金项目:广东省茂名市科技计划资助项目(编号:2015174)。
优先出版:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20161215.1728.108.html (2016-12-15)

开放术式治疗结节性甲状腺肿（以下简称“结甲肿”）创伤大、术后甲状腺功能减退症发生率高、术后颈部疤痕使患者产生恐惧心理等一直是医学的难题。因此，本课题组于 2014 年 1 月起采用四维 B超引导定位下微波消融和开放术式治疗结甲肿的对比研究，发现微波消融治疗结甲肿具有微创、美容、安全有效、创伤小、出血和疼痛少、手术时间和住院时间短、恢复快、较好地保存了甲状腺的生理免疫功能等优点，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料的收集

选择 2014 年 1 月至 2015 年 8 月在我院同意入围研究并行手术治疗的 127 例结甲肿患者，所有研究对象术前均未行有创治疗。研究采用随机数字分配原则，分为消融组和开放组。2 组患者治疗及收集临床资料均由同一组医生执行。

1.2 方法

纳入标准：①年龄 13~90 岁；②双侧或单侧结甲肿；③单个甲状腺实性结节≤5.0 cm 者（囊性不受结节大小限制）；④单个甲状腺结节≥0.2 cm 者（含囊性）；⑤可合并继发甲状腺功能亢进者；⑥超声提示良性或穿刺活检为良性结节；⑦未行放射碘、TSH 抑制、酒精等治疗。

排除标准：①B 超检查怀疑恶变者；②甲状腺瘤；③结节紧贴后包膜者；④有严重出血倾向或凝血功能障碍者；⑤严重心肺肝肾功能不全之一者；⑥结节< 0.2 cm 或结节≥5.0 cm 者。

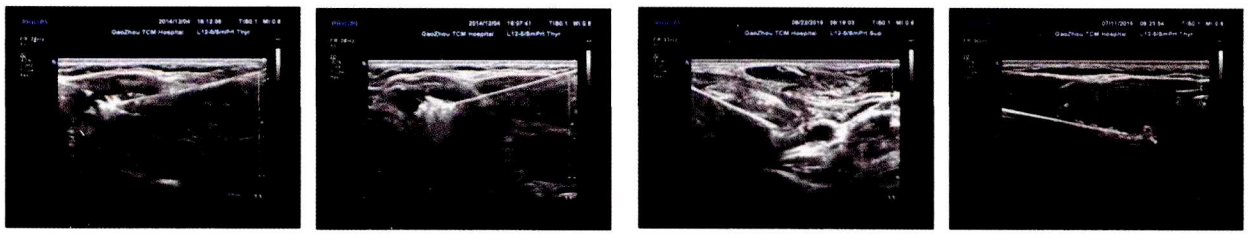
经患者同意并签署知情同意书后，根据数字随机分配原则，入选消融组的患者平卧垫肩，头稍后仰，碘伏消毒，术野铺巾，将 2%利多卡因 5~15 mL 稀释 1 倍后，在 B 超引导下注入甲状腺表面的内外侧，把甲状腺内外侧和后侧与血管、气管、神经等分开，在患侧颈部皮肤作 0.1 cm 微小切口，用 16G 活检针刺入甲状腺结节内钳取组织送病理检查，然后将消融针在四维 B 超引导下直接穿刺进入甲状腺结节内，从其下缘、后缘顺序消融，再分层逐渐向结节上缘和前缘消融，微波电磁波产热功率为 25~30 W（80~100 0C）[1]，见每个被消融结节起微气泡时，即缓慢移动针尖和转动针尖方向至不同方向的层面进行消融（图 1），对合并囊性变者用注射器抽出囊内液体后再行消融，消融后行超声造影判断结节是否消融完全[1]。入选开放组的患者行甲状腺大部分或次全切除（含结节）[2]。

1.3 术后疼痛评估

按 WTO 疼痛程度评估分级主诉疼痛分级法（verbal rating scale，VRS）[3]，0 级：无痛；Ⅰ级：轻微间歇痛，不用药；Ⅱ级：中度痛，为持续痛，需用止痛药；Ⅲ级：重度痛，为持续痛，不用药不能缓解疼痛；Ⅳ级：剧烈痛，为持续剧痛伴血压、脉搏等变化。

1.4 术后中远期随访

随访 2 种术式术后中远期甲状腺结节吸收或复发、中远期并发症发生等情况，随访率 100%。随访方式：两组患者术后每 3 个月回院复查 B 超及甲状腺功能 1 次，消融组术后每 3 个月统计 1 次结节吸收率。随访内容：术后甲状腺结节吸收、甲状腺功能测定、甲状腺功能减退症的发生、甲状腺结节复发等。随访时间：本次统计随访时间为 2014 年 1 月至 2016 年 2 月。由于本研究是从 2014 年 1 月开始，2 组患者术后随访时间最长只有 26 个月，最短为 6 个月，随访只是中远期的结果，目前尚缺乏 3~5 年甚至更长时间的远期随访结果资料。消融术前和术后 6 个月的对比如图 2 所示。



A. 微波消融针对结节由内往外逐步消融　B. 被消融的结节起微泡却转入下一层消融　C. 结节消融中停止片刻让微泡消失后再消融　D. 对结节由下往上逐层进行消融

图 1 四维 B 超定位下的结节性甲状腺肿消融治疗过程

Fig.1 The process of nodular goiter ablation based on four-dimensional B ultrasound location



A. 术前　B. 术后

图 2 消融术前与术后随访对照图（结节性甲状腺肿并囊性变者）

Fig.2 Comparison of patient with cystic nodular goiter before and after coblation

1.5 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件进行分析，计量资料用均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，计数资料以百分率表示。一般计量资料采用 t 检验，2 组术前与术后不同时间点甲状腺功能比较采用重复测量方差分析；计数资料采用卡方检验、非参数 Mann-Whimey。检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 2 组临床资料分析

本实验共选取 127 位结甲肿患者，其中消融组 64 人，开放组 63 人。消融组患者平均年龄为（47.4±13.3）岁。男性 5 名，女性 59 名；患单侧结甲肿 24 人，双侧结甲肿 40 人，合并有囊性变 31 人，其余无囊性变。开放组患者平均年龄为（51.5±12.1）岁。男性 6 名，女性 57 名；患单侧结甲肿 22 人，双侧结甲肿 41 人，合并囊性变 27 人，无囊性变 36 人。2 组患者在性别、年龄及疾病类型方面均无统计学差异（表 1）。

2.2 2 种手术方式的手术出血量、手术时间、住院天数等比较

手术方式的选择对甲状腺肿患者的预后密切相关，故选择 2 种方式治疗的手术出血量、手术时间和住院天数来评价不同手术方式对患者预后的影响。进行微波消融处理的患者手术出血量明显低于传统的开放手术[（2.13±0.83）vs.（26.30±17.90），P=0.000]。在手术时间方面，消融组患者进行消融治疗的时间也明显低于开放组[（34.3±10.8）vs.（74.3±26.3），P=0.000]。在住院天数方面，消融组具有同样的优势[（3.64±1.23）vs.（10.50±3.15），P=0.000]。具体数据见表 2。

2.3 2 组术后疼痛程度比较

手术后的疼痛程度影响手术的效果及患者的预后。本实验中（表 3），进行消融治疗的患者术后 0 级疼痛 27 人，Ⅰ级疼痛 36 人，Ⅱ级疼痛 1 人，无Ⅲ级及以上疼痛病例。而传统的开放式手术患者中，0 级疼痛 0 人，Ⅰ级疼痛 13 人，Ⅱ级疼痛 46 人，Ⅲ级及以上疼痛 4 人。由此可见，2 种手术方式患者疼痛程度差异有统计学意义（P=0.000）。

2.4 2 种治疗方式中远期随访疗效比较

结节甲状腺肿手术以术后残留小结作为判断手术效果的指标之一。2 组术后 6 个月复查 B 超残留< 0.2 cm 小结节比较：开放组 5 例；消融组 6 例，2 组术后残留小结节比较无明显差异（χ^2=0.083，P=0.773）。随访消融组结节吸收情况见表 4。

消融组中远期随访结果：本组结节消融 64 例患者中，≥

表 1 消融组和开放组术前患者基本资料

Tab.1 Basic preoperative information of ablation group and open group

组别	平均年龄（岁）	性别（人）		疾病类型（人）			
		男	女	双侧结甲肿	单侧结甲肿	合并囊性变	无囊性变
消融组（n=64）	47.4±13.3	5	59	40	24	31	33
开放组（n=63）	51.5±12.1	6	57	41	22	27	36
t/χ^2 值	−1.849	0.118		0.091		0.398	
P 值	0.067	0.732		0.762		0.528	

表 2 2 组患者手术出血量、手术时间、住院天数比较

Tab.2 Comparison of operation bleeding volume, operation time, hospitalization time between two groups

分组	手术出血量（mL）	手术时间（min）	住院天数（d）
消融组（n=64）	2.13±0.83	34.3±10.8	3.64±1.23
开放组（n=63）	26.30±17.90	74.3±26.3	10.50±3.15
Z 值	−9.833	−8.445	−9.752
P 值	0.000	0.000	0.000

表 3 2 组术后疼痛程度比较

Tab.3 Comparison of the degree of pain after operation in two groups

组别	0级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ-Ⅳ级	U值	P 值
消融组（n=64）	27	36	1	0	270.000	0.000
开放组（n=63）	0	13	46	4		

表 4 随访消融组被消融结节术后完全吸收情况

Tab.4 The ablation group was completely absorbed after ablation of nodules

组别	6月～	10月～	13月～	16月～	19月～	22月～	25～26月
消融例数（n）	17	20	5	6	6	6	4
完全吸收（n,%）	1/（5.88）	7/（35.00）	2/（40.00）	3/（50.00）	4/（67.67）	6/（100.00）	4/（100.00）

12个月的中远期随访病例 27 例，占 42.19%；经术后 12~26个月随访检查，消融后≥21 个月且<26 个月的患者共 10 例，结节均完全吸收。消融后结节复发 1 例，需做第 2 次结节消融，究其原因是结节过大（3 cm × 3 cm），加上早期消融技术没掌握好，消融不够彻底所致；发现消融后有新生小结节 1 例，嘱随诊观察。在中远期随访患者中没有发现有甲状腺功能减退症的病例。

此外，术后发生甲状腺功能减退症也是评价结甲肿手术效果的指标之一。甲状腺功能减退可引起神经系统在内的多系统功能障碍，有效减少甲状腺功能减退的发生是目前手术治疗结甲肿的重点。本实验中，消融组患者发生甲状腺功能减退症 0 例，未发生甲状腺功能减退症 64 例；传统开放组发生甲状腺功能减退症 8 例，未发生甲状腺功能减退症 55 例，两种手术方式差异有统计学意义（P=0.010）。

2.5 2 组术前、术后甲状腺功能比较

结甲肿患者手术后的甲状腺功能水平也是判断手术效果的重要指标。通过对患者术前、术后 3 个月、术后 6 个月的甲状腺功能水平检测（表 5）。消融组与开放组甲状腺功能各项的时间因素与处理因素存在交互作用（P<0.05）；消融组与开放组甲状腺功能的时间因素的主效应均存在统计学意义（P<0.05）；T3 处理因素的主效应存在统计学意义（F=5.458，P=0.021），T4 处理因素的主效应不存在统计学意义（F=3.198，P=0.076），TSH 处理因素的主效应存在统计学意义（F=43.240，P=0.000），FT3 处理因素的主效应存在统计学意义（F=6.447，P=0.012），FT4 处理因素的主效应存在统计学意义（F=4.340，P=0.039）；消融组在均数水平高于开放组。

2.6 2 组术后并发症比较

结节甲状腺肿术后并发症的出现将降低治疗效果，并对患者躯体和心理带来极大伤害，避免并发症的产生，有助于提高手术的成功率和减轻患者负担。本实验中，2 组患者术后并发症主要表现为声音嘶哑和手足麻木抽搐，手足麻木和声音嘶哑≥6 h 方纳入统计。进行消融治疗的患者中，出现并发症 3 人（2 人出现声音嘶哑，1 人手足麻木抽搐），无并发症 61 人；而进行传统开放式手术治疗患者有 10 人出现术后并发症，其中 3 人出现声音嘶哑，7 人手足麻木抽搐，无并发症 53 人。根据以上结果可见，消融组和开放组患者术后出现并发症的差异具有统计学意义（χ^2=4.323，P=0.038）。

3 讨 论

开放手术后甲状腺功能低下发生率较高，结节复发或再发处理的难度增大，术后颈部疤痕使患者产生较大的心理障碍，而腔镜切除结甲肿只是美容并非微创，为寻求既美容又微创，且效果好的治疗新方法。应用改良微波消融术治疗结甲肿，该治疗系统主要由可编程的微波生成器、连接能量源和病变组织的微波天线以及柔软的同轴电缆组成[4-7]，安全、微创、效果较好。国外文献报道，该术式治疗的可控性及副作用较传统手术方式有明显优势[8-11]。其治疗原理是微波针在短时间内通过微波电磁波产热产生高温加热使结节瞬间气化，结节的组织细胞蛋白质变性凝固坏死并被机体吸收[12-13]，达到灭活结节病灶、临床治愈的目的。操作上要实行分缘分层多平面逐步消融的方法，并以消融的结节内无增强和起微气泡作为停止微波消融的重要技术指标，可进一步提高消融的效果。术后行甲状腺超声造影显示消融的结节有无增强，是判断消融后结节有无复发的重要依据，也是提供微波消融治疗结甲肿有力可靠的影像学依据，为此对消融组的患者均进行消融后甲状腺超声造影来判断结节是否消融彻底。

本技术操作要点是先把麻药注入甲状腺结节的周围，使其形成像河池样的麻药液状隔离带，把血管、神经、气管等向外侧推开，保证在微波消融甲状腺结节时不损伤血管神经、气管等重要器官和组织，减少了副损伤和并发症的发生[13-15]。其次是在消融前用微波针先烧灼结节血管，断流其血供，避免在消融针刺入结节时引起出血而致操作困难。操作难点主要是消融的技巧，如消融的顺序要先从结节的后下缘开始烧灼，然后一层一层地往结节的上缘和

表 5 术前术后两组患者甲状腺功能比较

Tab.5 Comparison of thyroid function in two groups before and after operation

甲状腺功能指标		术前	术后 3 个月	术后 6 个月	时间因素		处理因素		交互作用	
					F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
T3	消融组	1.68 ± 0.46	1.52 ± 0.35	1.47 ± 0.34	108.958	0.000	5.458	0.021	34.621	0.000
	开放组	1.85 ± 0.59	1.24 ± 0.45	1.12 ± 0.37						
T4	消融组	111.00 ± 28.00	106.00 ± 25.20	107.00 ± 21.30	34.964	0.000	3.198	0.076	16.140	0.000
	开放组	115.00 ± 37.60	91.90 ± 33.90	90.80 ± 28.60						
TSH	消融组	1.42 ± 1.14	1.60 ± 1.08	1.69 ± 1.16	71.257	0.000	43.240	0.000	47.893	0.000
	开放组	1.38 ± 1.03	3.68 ± 1.91	3.86 ± 2.06						
FT3	消融组	5.12 ± 1.15	4.84 ± 0.65	4.62 ± 0.57	45.801	0.000	6.447	0.012	6.197	0.005
	开放组	5.04 ± 1.36	4.27 ± 1.30	4.06 ± 0.92						
FT4	消融组	15.00 ± 3.05	14.30 ± 2.47	13.60 ± 2.17	92.281	0.000	4.340	0.039	17.741	0.000
	开放组	15.40 ± 3.32	12.90 ± 3.15	12.00 ± 1.85						

前缘行多点多平面的逐层消融法，如果先从前缘和上缘开始进行结节消融，则会影响其后的操作，使其视野不清，无法看清结节是否已消融完全，从而影响其消融的效果。当术中见到结节内起白色泡沫状时即可停止消融，进入下一层的结节消融，消融要适度，消融时间过长会导致消融过度，结节组织过度焦化[16-17]，术后组织机化吸收难度增大、结节吸收时间会进一步延长，如果消融不全则会导致结节术后复发，因此，既不能消融过度也不能消融不全。

本组结甲肿消融后，经 12~26 个月的中远期随访结果显示，≥18 个月且< 21 个月的患者结节完全吸收率占 66.67%；消融后≥21 且< 26 个月的患者，随访复查结节完全吸收率达 100%。消融后结节复发 1 例，发现有新生小结节 1 例。证明近期、中远期疗效都是确切的，但 3~5 年或更远期的疗效，还有待临床进一步的随访观察才能得出结论。经过对比分析消融组和开放组的甲状腺功能，发现消融组的甲状腺功能波动较小，均数水平比较稳定；研究佐证了微波消融治疗结甲肿可较好地保留正常的甲状腺组织，有效地防止术后甲状腺功能低下的发生，两组经中远期随访，消融组没有发现有甲状腺功能减退症的病例。而开放组则发现有 8 例甲状腺功能减退症患者，占 12.70%，2 组比较有差别。术后疼痛程度比较，消融组明显轻于开放组。术后并发症比较，尤其是对防止术后声音嘶哑方面，消融组明显优于开放组，说明该项技术是安全可行的。

综上所述，该技术具有手术时间短、出血少、创伤小、恢复快、住院时间短、无手术切口等优点，不仅在甲状腺疾病中显示其优势，在其他肿瘤疾病中也展现了良好的治疗效果[18-22]，是一种微创、美容、临床效果较好的治疗结甲肿的微创新技术。随着该技术的不断完善和成熟，其有替代开放手术的倾向[23-24]。该技术发展前景广阔，值得临床推广应用。

参 考 文 献

[1] 钱林学. 超声引导下射频及微波消融在甲状腺结节治疗中的应用[J]. 中华医学超声杂志，2013，10(11)：870-873.

[2] 陈孝平，汪建平. 外科学[M]. 8 版. 北京：人民卫生出版社，2014：246-247.

[3] 谭冠先. 疼痛诊疗学[M]. 3 版. 北京：人民卫生出版社，2014：36-38.

[4] Wright AS，Lee FT，Mahvi DM. Hepatic microwave ablation with multiple antennae results in synergistically larger zones of coagulation necrosis[J]. Ann Surg Oncol，2003，10(3)：275-283.

[5] Laeseke PF，Lee FT Jr，van der Weide DW，et al. Multiple-antenna microwave ablation：spatially distributing power improves thermal profiles and reduces invasiveness[J]. J Interv Oncol，2009，2(2)：65-72.

[6] Brace CL. Microwave tissue ablation：biophysics，technology，and applications[J]. Crit Rev Biomed Eng，2010，38(1)：65-78.

[7] Ward RC，Healey TT，Dupuy DE. Microwave ablation devices for interventional oncology[J]. Expert Rev Med Devices，2013，10(2)：225-238.

[8] Ierardi AM，Mangano A，Floridi C，et al. A new system of microwave ablation at 2450 MHz：preliminary experience[J]. Updates Surg，2015，67(1)：39-45.

[9] Poggi G，Montagna B，Dl Cesare P，et al. Microwave ablation of hepatocellular carcinoma using a new percutaneous device：preliminary results[J]. Anticancer Res，2013，33(3)：1221-1227.

[10] Ziemlewicz TJ，Hinshaw JL，Lubner MG，et al. Percutaneous microwave ablation of hepatocellular carcinoma with a gas-cooled system：initial clinical results with 107 tumors[J]. Vasc Interv Radiol，2015，26(1)：62-68.

[11] Martin RC，Scoggins CR，McMasters KM. Safety and efficacy of microwave ablation of hepatic tumors：a prospective review of a 5-year experience[J]. Ann Surg Oncol，2010，17(1)：171-178.

[12] 王淑荣，章建全，徐庆玲，等. 甲状腺结节性病变经皮热消融治疗的近期疗效评价[J].第二军医大学学报，2011，32(12)：1316-1320.

[13] 章建全，仇 明，盛建国，等. 超声引导下经皮穿刺热消融治疗甲状旁腺结节[J]. 第二军医大学学报，2013，34(4)：362-370.

[14] 赵璐璐，章建全，盛建国，等. 甲状腺与下颌下腺结节同期微波消融治疗的初步尝试[J].第二军医大学学报，2013，34(9)：994-998.

[15] 曲 明，尹惠生，杨 强，等. 超声引导下微波消融治疗甲状腺良性结节[J]. 实用医药杂志，2015，32(6)：502-507.

[16] 程 丽，张 硕，段佩琰. 超声引导微波消融甲状腺良性结节95 例临床应用[J]. 武警后勤学院学报，2015，11(3)：204-206.

[17] 徐 斌，张梅香，章建全. 超声引导下甲状腺良性结节经皮热消融的临床研究[J]. 第二军医大学学报，2011，32(11)：1189-1192.

[18] Phasukkit P，Sanpanich A，Tungjitkusolmun S，et al. Effect of phase difference in multi-antenna microwave thermal ablation for breast cancer treatment[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc，2013，2013：3718-3721.

[19] Sindram D，Swan RZ，Lau KN，et al. Real-time three-dimensional guided ultrasound targeting system for microwave ablation of liver tumours：a human pilot study[J]. HPB (Oxford)，2011，13(3)：185-191.

[20] Top CB，Gencer NG. Harmonic motion microwave doppler imaging：a simulation study using a simple breast model[J]. IEEE Trans Med Imaging，2014，33(2)：290-300.

[21] Kurumi Y，Tani T，Naka S，et al. MR-guided microwave ablation for malignancies[J]. Int J Clin Oncol，2007，12(2)：85-93.

[22] Pinheiro AR，Paramosdecarvalho D，Certal M，et al. Analysis of heat transport on local thermal non-equilibrium in porous liver during microwave ablation[J]. International Journal of Heat & Mass Transfer，2013，67(4)：46-60.

[23] Korkusuz H，Happel C，Koch DA，et al. Combination of ultrasound-guided percutaneous microwave ablation and radioiodine therapy in benign thyroid disease：a 3-month follow-up study[J]. Rofo，2016，188(1)：60-68.

[24] Feng B，Liang P，Cheng Z，et al. Ultrasound-guided percutaneous microwave ablation of benign thyroid nodules：experimental and clinical studies[J]. Eur J Endocrinol，2012，166(6)：1031-1037.

（责任编辑：冉明会）