❖头颈部影像学

Superb microvascular imaging in evaluation of curative effect of thyroid nodules after laser ablation

ZHAO Yongfeng, ZHOU Ping, WU Xiaomin, TIAN Shuangming, LIU Wengang*

(*Department of Ultrasound, the Third Xiangya Hospital of Central South University, Changsha* 410013, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To explore superb microvascular imaging (SMI) in evaluation of curative effect of thyroid nodules after laser ablation. **Methods** Totally 46 thyroid nodules patients with 56 nodules were collected, and ultrasound guided laser ablation was performed. Two-dimensional ultrasonography, CEUS and SMI were used to detect ablation zone volume respectively. CEUS and SMI were respectively used to detect if there were residual microvessels at the margin of two-dimensional ultrasonography low echo area. Statistical analysis was performed. **Results** Eleven uncompletely ablation nodules (11/56, 19.64%) were detected by CEUS, and nine uncompletely ablation nodules (9/56, 16.07%) were detected by SMI, which had no statistical significance ($P=0.50$). Ablation zone volume was measured by two-dimensional ultrasonography, CEUS and SMI were (2.10±2.13)cm^3, (1.75±1.67)cm^3 and (1.79±1.80)cm^3 respectively. Ablation zone volume measured by two-dimensional ultrasonography was bigger than that of CEUS and SMI (all $P<0.05$). There was no statistical difference of ablation zone volume measured by CEUS and SMI ($P=0.554$). There was no statistical difference of detection rate of residual microvessels at the margin of two-dimensional ultrasonography low echo area detected by CEUS and SMI ($P=0.125$). Length and width of the ablation zone measured by CEUS and SMI in 20 single needle ablation cases all had linear positive correlation with ablation energy ($r=0.82$, 0.78; 0.80, 0.80; all $P<0.05$). **Conclusion** SMI has good uniformity with CEUS in the detection rate of uncompletely ablation nodule and the size assessment of ablation lesion.

[**Key words**] Thyroid nodule; Laser therapy; Superb microvascular imaging; Ultrasonography; Contrast media

DOI:10.13929/j.1003-3289.2016.09.011

超微血管成像评价甲状腺结节激光消融疗效

赵永锋,周 平*,伍晓敏,田双明,刘稳刚

(中南大学湘雅三医院超声科,湖南 长沙 410013)

[**摘 要**] **目的** 探讨超微血管成像(SMI)评价甲状腺结节激光消融疗效的价值。**方法** 选取 46 例甲状腺结节患者(共 56 个结节),进行激光消融治疗。分别采用二维超声、CEUS 及 SMI 检查测量消融灶体积,采用 CEUS 及 SMI 判断有无未完全消融结节和二维超声低回声区边缘是否存在残余微血管,并进行统计学分析。**结果** CEUS 检出未完全消融结节 11 个(11/56,19.64%),SMI 检出未完全消融结节 9 个(9/56,16.07%),差异无统计学意义($P=0.50$)。二维超声、CEUS 及 SMI 测量消融灶体积分别为(2.10±2.13)cm^3、(1.75±1.67)cm^3和(1.79±1.80)cm^3,二维超声测量消融灶的体积大于 CEUS 及 SMI(P 均<0.05),CEUS 测量消融灶的体积与 SMI 差异无统计学意义($P=0.554$)。SMI 与 CEUS 对消融后二维超声低回声区边缘存在残余微血管的检出率差异无统计学意义($P=0.125$)。20 个单点消融患者中,CEUS 及 SMI 测量消融灶长度、宽度与消融能量均呈线性正相关($r=0.82$、0.78、0.80、0.80,P 均<0.05)。**结论** SMI 对未完全消融结节的检出率及对消融灶大小的评估与 CEUS 具有较好的一致性。

[**第一作者**] 赵永锋(1982—),男,湖南韶山人,在读博士,研究方向:甲状腺疾病诊断及治疗。E-mail: 24826929@qq.com

[**通信作者**] 周平,中南大学湘雅三医院超声科,410013。E-mail: zhouping1000@hotmail.com

[**收稿日期**] 2016-04-20 [**修回日期**] 2016-07-13

[关键词] 甲状腺结节;激光治疗;超微血管成像;超声检查;造影剂
[中图分类号] R736.1;R445.1 [文献标识码] A [文献标识码] 1003-3289(2016)09-1357-04

超微血管成像(superb microvascular imaging, SMI)是一种新的血流检测技术,其有效地分离了低速血流信号和组织运动伪像,提高了对微血管检测的敏感性,已应用于甲状腺、乳腺及肝脏病变的微血管检测中。研究[1-4]发现 SMI 对组织内微血管的显示优于传统彩色及能量多普勒超声,与增强 CT 具有较好的一致性。CEUS 在评估消融疗效方面与增强 CT、增强 MRI 的诊断效能相似[5-6],是评估消融疗效的首选方法。目前鲜见 SMI 评估甲状腺结节消融疗效的报道。本研究旨在探讨 SMI 评价甲状腺结节激光消融疗效的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2014 年 12 月—2015 年 11 月于我院接受甲状腺结节激光消融术的患者 46 例,男 13 例,女 33 例,年龄 19～79 岁,平均(39.0±13.4)岁。共 56 个结节,中位体积 0.79 cm^3,其中左侧 20 个,右侧 34 个,峡部 2 个;混合回声结节 34 个,低回声结节 22 个。术前均经细针活检诊断为良性结节。本研究经本院伦理委员会批准,患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 激光消融 采用 Esaote EcholaserX4 Nd:YAG 激光消融系统及 Mylab Twice 超声诊断仪,配备 LA523 线阵探头(频率 13 MHz)。对于靠近颈部重要组织的结节,消融前予 0.9%利多卡因生理盐水溶液注入甲状腺包膜周边。嘱患者取仰卧位,予 2%利多卡因局部浸润麻醉后,超声引导 21G 穿刺针进入结节内,置入光纤后以输出功率 3 W 进行消融。根据结节位置、大小设计进针路径及消融方案,结节纵向超出光纤末端 10 mm 或横向超出光纤末端 5 mm 时行多点消融。单点消融 20 个,多点消融 36 个,记录每个点的消融能量。

1.2.2 疗效评估 于消融 24 h 后分别进行 CEUS 和 SMI 疗效评估。

CEUS:采用 Siemens Acuson S3000 超声诊断仪,配备对比脉冲序列造影技术,9L4 线阵探头,频率 9 MHz。二维超声下测量消融灶低回声区长(a)、宽(b)、高(c),计算消融灶低回声区体积(V):$V=\pi abc/6$[7]。将 59 mg SonoVue 造影剂加入 5 ml 生理盐水制成悬混液,于外周静脉快速团注 2.4 ml(1～2 ml/s),后以相同速率跟注 5 ml 生理盐水。连续观察病灶的动态灌注过程 90 s,并储存图像。根据消融灶内有无增强信号判断是否有病灶残余,测量 CEUS 信号无增强区的长(d)、宽(e)、高(f),计算无增强区体积(V):$V=\pi def/6$。观察二维超声低回声区边缘是否存在残余微血管。

SMI:采用 Toshiba Aplio500 超声诊断仪,14L5 线阵探头,频率 14 MHz。将探头置于病灶上方,调节取样框以尽量覆盖整个病灶及周边甲状腺实质为宜,尽量调高彩色增益,避免出现噪声。采用低速标尺(1.0～2.0 cm/s)观察消融灶内有无微血管分布,判断是否有残余,测量 SMI 无血流区的长(g)、宽(h)、高(i),计算无血流区体积(V):$V=\pi ghi/6$。观察二维超声低回声区边缘是否存在残余微血管。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 16.0 统计分析软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,计数资料以百分数表示。二维超声、CEUS 及 SMI 测量消融灶体积的比较采用配对 t 检验。CEUS 和 SMI 对未完全消融结节检出率的比较及二维超声低回声区边缘残余微血管检出率的比较采用 *McNemar* 检验。消融灶长度、宽度与消融能量的相关性采用 *Pearson* 相关分析。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

CEUS 检出未完全消融结节 11 个(11/56,19.64%),SMI 检出未完全消融结节 9 个(9/56,16.07%),差异无统计学意义($P=0.50$,图 1)。对 2 例结节未完全消融患者于术后 24 h 进行补救消融,2 例于术后 6 个月进行再次消融,余 7 例于术后 6 个月进行了二维超声、CEUS 及 SMI 复查。

术后二维超声、CEUS 及 SMI 测量消融灶体积分别为(2.10±2.13)cm^3、(1.75±1.67)cm^3 和(1.79±1.80)cm^3,二维超声测量消融灶的体积大于 CEUS 及 SMI(P 均<0.05),CEUS 测量消融灶的体积与 SMI 差异无统计学意义($P=0.554$)。

SMI 检出 41 个结节(41/56,73.21%)消融后二维超声低回声区边缘存在残余微血管,CEUS 检出有 37 个结节(37/56,66.07%)消融后二维超声低回声区边缘存在残余微血管,差异无统计学意义($P=0.125$)。

20 个单点消融患者中,CEUS 测量消融灶长[(13.66±4.48)mm]、宽[(6.94±1.59)mm]均与消融能量呈线性正相关($r=0.82$、0.78,P 均<0.05);

SMI 测量消融灶长[(13.11±5.09)mm]、宽[(7.13±1.52)mm]均与消融能量呈线性正相关(r=0.80、0.80，P 均 <0.05)。见图 2。

3　讨论

激光消融具有定位准确、消融范围可控性好及并发症少等优势，是安全有效治疗甲状腺结节的方法[8]。结节完全消融是消融治疗的最好结果，未完全消融可导致结节复发[9-10]，准确评估结节是否完全消融可及时对残余结节采取补救消融措施，指导随访方案的制定。

评价消融治疗的疗效依赖于影像学检查。二维超声评价消融疗效并不可靠，消融术后形成的低回声区内仍可能存在残留[11]。传统的多普勒超声也常用于评估消融术后消融灶内的血管分布[12]，但其对低速血流的显示效果较差，易受运动伪影及噪声干扰。CEUS 可清晰地显示组织内的微血管灌注，对于区分消融灶及残余结节至关重要[13]。SMI 是一种敏感的血流检测技术，通过分离低速多普勒信号与组织噪声，提高了对微血管内血流的显示效果，其在检测消融术后消融灶内的微血管分布方面可能具有潜在价值，因此本研究将该方法应用于甲状腺结节消融术疗效的评估。

本研究 CEUS 检出未完全消融结节 11 个(11/56，19.64%)，SMI 检出未完全消融结节 9 个(9/56，16.07%)。CEUS 对未完全消融结节的显示更清晰，造影剂微泡可通过毛细血管，其产生的丰富的谐波信号有助于组织内灌注情况的显示，可更清楚地显示未完全消融的边

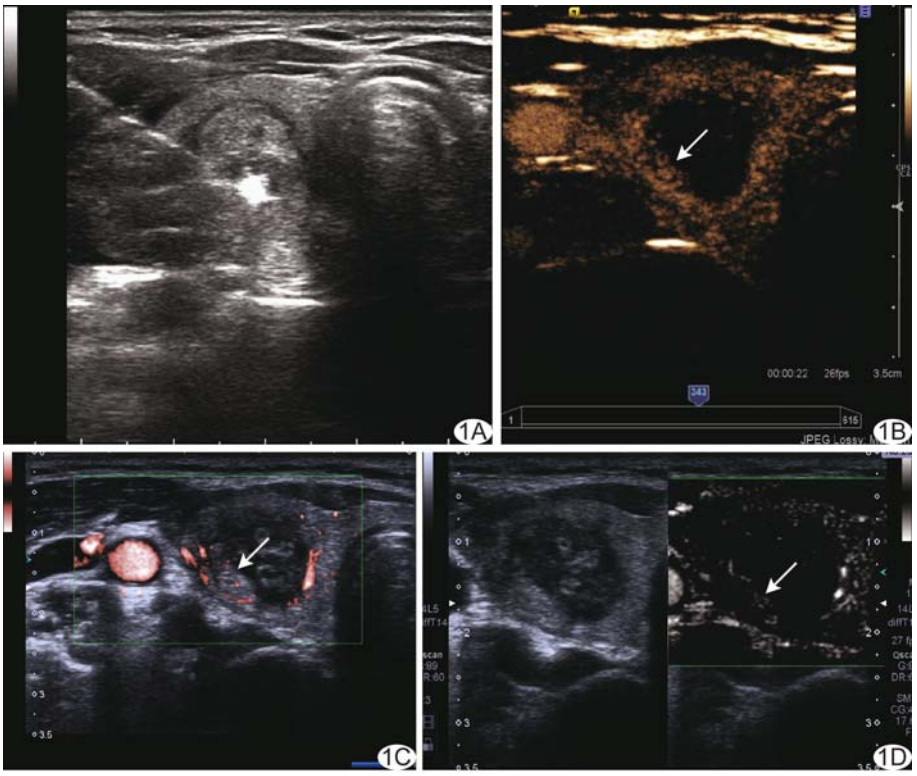

图 1　患者女，46 岁，右侧叶混合回声结节多点消融图像　A. 激光消融术中二维超声监测，光纤前端可见气化现象，周边可见低回声区形成；B. 术后 CEUS 示消融灶内有增强信号(箭)；C. 彩色 SMI 模式示消融灶内有微血管(箭)；D. 单色 SMI 模式示消融灶内有微血管(箭)，由于滤除了组织二维回声信号，其对微血管的显示较彩色 SMI 模式有更高的对比度

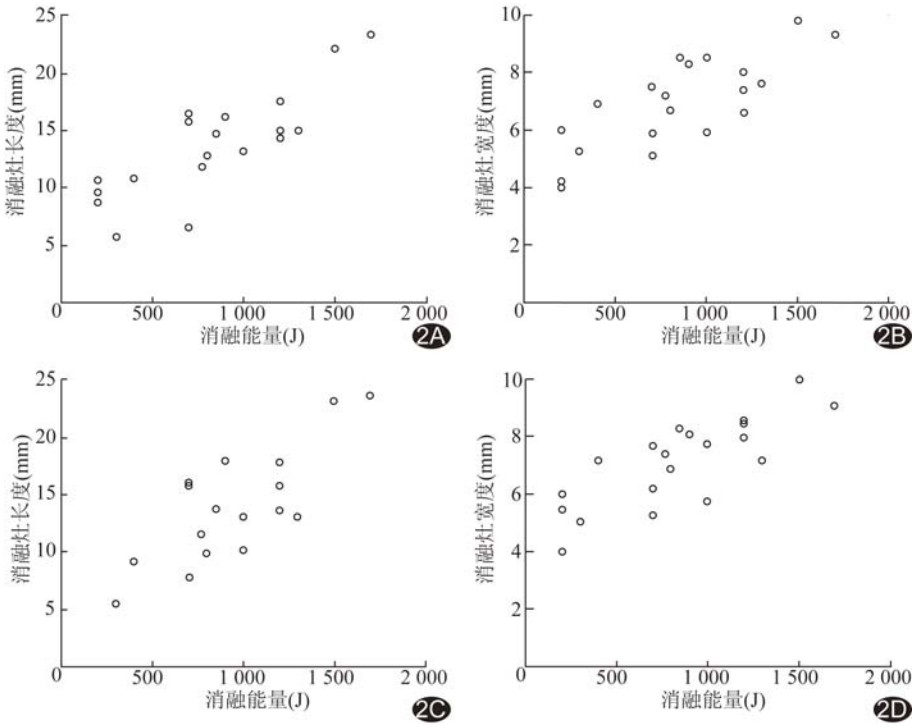

图 2　消融灶长度、宽度与消融能量散点图　A、B. CEUS 测量的消融灶长度、宽度与消融能量的关系；C、D. SMI 测量的消融灶长度、宽度与消融能量的关系

界。SMI 的优势在于具有更高的分辨力及帧频，可清晰地显示未完全消融结节内的微血管分支。二者对未完全消融结节检出率的差异无统计学意义，提示 SMI 在检测术后残余结节方面的效能与 CEUS 相近，且具有方便、无创的特点，可对消融灶进行连续扫查，无需采用造影剂。

本研究发现 CEUS 及 SMI 均可清晰地显示消融灶的边界，二者测量消融灶的体积差异无统计学意义（$P=0.554$），提示 SMI 可作为判断消融灶范围的重要手段之一。二维超声测量消融灶的体积大于 CEUS 及 SMI（P 均<0.05），SMI 检出有 41 个结节（41/56，73.21%）消融后二维超声低回声区边缘存在残余微血管，CEUS 检出有 37 个结节（37/56，66.07%）消融后二维超声低回声区边缘存在残余微血管。由于血流的冷却作用，靠近血管处消融温度低于无血管区域[14]，可造成残余微血管周边有组织残留。动物实验研究[11]亦发现激光消融后 CEUS 检测到的消融区小于二维超声显示的低回声区，二维超声显示的低回声区边缘存在残留组织。

本研究 20 个单点消融患者中，CEUS 及 SMI 测量消融灶长度、宽度均与消融能量呈线性正相关（$r=0.82$、0.78、0.80、0.80；P 均<0.05）。随着消融能量的增加，消融灶长径的增长速度较宽径更快，可能因为光纤前向发射使消融灶长径的能量较为集中。此外，患者的吞咽、呼吸运动均可引起光纤前端发生位移，导致消融灶长径的增加。当光纤前端朝向颈部重要组织时，消融能量过大可能损伤重要组织，引起并发症，故需控制消融能量，保证安全消融距离，防止不必要的损伤。与消融灶的长径比较，宽度的增长较缓慢。消融灶中央的碳化以及甲状腺丰富的血运影响热传导，一方面使得消融范围更为可控，另一方面易造成不完全消融，因此较大结节需要多点消融才能获得完全消融。

本研究的局限性：样本量较小；未获得手术后病理结果作为判断有无残余结节的金标准；仅评估了短期疗效，长期随访对确定有无残余结节具有重要价值，有待进一步研究。

综上所述，SMI 可敏感地检测甲状腺结节激光消融术后残余结节内的微血管，准确评估消融范围，具有较高应用价值。

[参考文献]

[1] 马燕，李刚，李晶，等. 超微血管成像技术检测乳腺良恶性肿物血流. 中国医学影像技术，2015，32(5)：659-662.

[2] Zhan J, Diao XJ, Jin JM, et al. Superb microvascular imaging—A new vascular detecting ultrasonographic technique for avascular breast masses: A preliminary study. Eur J Radiol, 2016, 85(5): 915-921.

[3] 雷永彪，姜海宇，唐海玲，等. 超微血管成像技术在鉴别诊断颈部淋巴结病变中的应用. 中国医学影像技术，2016，32(5)：655-658.

[4] Wu L, Yen HH, Soon MS. Spoke-wheel sign of focal nodular hyperplasia revealed by superb micro-vascular ultrasound imaging. QJM, 2015, 108(8): 669-670.

[5] Lu MD, Yu XL, Li AH, et al. Comparison of contrast enhanced ultrasound and contrast enhanced CT or MRI in monitoring percutaneous thermal ablation procedure in patients with hepatocellular carcinoma: A multi-center study in China. Ultrasound Med Biol, 2007, 33(11): 1736-1749.

[6] Meloni MF, Andreano A, Franza E, et al. Contrast enhanced ultrasound: Should it play a role in immediate evaluation of liver tumors following thermal ablation? Eur J Radiol, 2012, 81(8): e897-e902.

[7] Jeong WK, Baek JH, Rhim H, et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: Safety and imaging follow-up in 236 patients. Eur Radiol, 2008, 18(6): 1244-1250.

[8] Gharib H, Papini ER, Paschke R, et al. American Association of Clinical Endocrinologists, Associazione Medici Endocrinologi, and European Thyroid Association medical guidelines for clinical practice for the diagnosis and management of thyroid nodules: Executive summary of recommendations. J Endocrinol Invest, 2010, 33(5): 287-291.

[9] Suh CH, Baek JH, Ha EJ, et al. Ethanol ablation of predominantly cystic thyroid nodules: Evaluation of recurrence rate and factors related to recurrence. Clin Radiol, 2015, 70(1): 42-47.

[10] Baek JH, Moon WJ, Kim YS, et al. Radiofrequency ablation for the treatment of autonomously functioning thyroid nodules. World J Surg, 2009, 33(9): 1971-1977.

[11] Zhang YR, Fang LY, Yu C, et al. Laser-induced interstitial thermotherapy via a single-needle delivery system: Optimal conditions of ablation, pathological and ultrasonic changes. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci, 2015, 35(4): 579-584.

[12] Valcavi R, Riganti F, Bertani A, et al. Percutaneous laser ablation of cold benign thyroid nodules: A 3-year follow-up study in 122 patients. Thyroid, 2010, 20(11): 1253-1261.

[13] Claudon M, Cosgrove D, Albrecht T, et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS)—update 2008. Ultraschall Med, 2008, 29(1): 28-44.

[14] Brannan JD, Ladtkow CM. Modeling bimodal vessel effects on radio and microwave frequency ablation zones. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2009: 5989-5992.