

· 综述 ·

超声-CT/MRI融合成像技术在肝癌消融中的应用进展

北京大学深圳医院超声影像科 (广东 深圳 518036)

袁树芳

【中图分类号】R735.7

【文献标识码】A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-3257.2015.02.018

超声具有实时、简便、无辐射等优点,目前广泛用于引导肝脏肿瘤的消融治疗^[1]。但当肝内病灶呈等回声或被肺气、肠气遮挡时,超声往往无法清楚显示,这在一定程度上限制了超声的使用。CT/MRI拥有更好的空间分辨率,且不受气体、骨骼的影响,但无法实时显像的缺点也导致其不是最理想的引导消融手段,所以临床需要一种能更准确有效定位并引导消融的方法。超声-CT/MRI融合成像技术成功地将CT/MRI的空间分辨率和超声的实时性进行互补,真正做到“眼”(CT/MRI)和“手”(超声)的完美结合,显示出广阔的应用前景。

融合成像技术最早于1986年由Roberts首次应用于神经外科手术中定位^[2-4]。近几年来,该技术已逐渐应用于前列腺肿瘤定位活检和分级^[5-8]以及引导肌骨关节的检查^[9];对肝脏肿瘤而言,尤其针对常规超声显示困难的病灶的消融更具有独特的优势。

1 融合成像系统的组成及原理

融合成像系统由超声仪、磁定位组件(追踪系统发射器和追踪系统接收器)和融合成像软件组成。融合成像系统是将CT/MR等图像信息进行三维重建,利用磁定位系统将CT/MR的三维图像与身体实际的解剖结构在空间上完全重叠,并在超声扫查过程中实时地显示扫查切面上相应的CT/MR图像。这样,代表实际体内解剖结构的超声图像与已经获得的CT/MR图像能一一对应,即可利用CT/MR的图像来协助确定病灶在超声图像上的位置。

融合成像技术操作中的核心部分是如何利用磁定位系统将CT/MR的三维图像与身体实际的解剖结构在空间上完全重叠,要达到这一目的,需要在CT/MR的

三维图像及体内找到对应的点进行融合,3个以上的点对位成功后,则整个CT/MR三维图像就可与身体一一对应。利用人体内部相对固定的结构作为对位标志为内定标法。而利用体表粘贴特制定位片,进行皮肤标志定位的方法为外定标法。

2 融合成像技术准确性及可行性的实验研究

融合成像系统利用各种影像图像的融合来达到对困难病灶进行更加准确的定位,从而引导下一步的诊断和治疗,因此融合成像系统的准确性和可行性是使用该系统的前提。据国内外文献^[10-16]报道,融合成像系统对位平均时间为3~5min,平均对位误差为3~5mm,最小对位误差为 0.9 ± 0.3 mm。Laura Crocetti^[11]、Caroline Ewertsen^[13]等人通过模型研究,验证了融合成像系统引导下进行病灶穿刺和消融操作,有较小的对位误差及较高的穿刺准确性。

3 融合成像系统在肝癌消融中的临床应用

3.1 术前病灶的定性及定位 常规超声在以下情况下对肝癌病灶显示比较困难^[17]: 1) 病灶内部呈等回声,文献^[18]报道此类病灶高达21.5%; 2) 受肺气、肠气或骨骼的遮挡; 3) 肝硬化、脂肪肝或经肝动脉化疗栓塞(Transcatheter hepatic arterial chemoembolization, TACE)造成肝实质回声背景杂乱,病灶边界不清晰; 4) 仅动脉期CT/MRI疑为肝癌的病灶^[19]。对常规超声显示困难的病灶而言,准确的定位和定性对制定治疗方案起着决定性作用。运

用融合成像系统结合超声造影(Contrast-Enhanced Ultrasound, CEUS),可以实时观察超声图像上相应部位的血流灌注变化,以便确定病灶的具体部位、性质、范围、与周边的大血管及重要解剖结构的比邻关系。Jung. E. M^[19]等人研究表明运用融合成像系统对肝脏局灶性小病变(16.0±6.3mm)进行融合成像引导下CEUS,病灶的定位准确率达90%(18/20),定性准确性达85%(17/20),甚至对其中6个CT诊断显示不清的病灶进一步明确诊断,其结果经手术或活检证实。蒋天安等^[20]对消融术前的10个肝脏局灶性病变(Focal liver lesion, FLL)进行融合成像引导下CEUS,其中9个FLL呈特征性增强模式,1个病灶各期无明显异常强化,所有病灶经融合成像引导下活检穿刺可获得肝脏恶性肿瘤组织学依据。李凯等^[21]对常规超声显示困难的肝癌病灶进行融合成像引导下CEUS,可检出的最小病灶直径为5mm,病灶检出率达78.7%(37/47)。由此可见,融合成像系统与CEUS的结合,不仅能提高常规超声显示困难的FLL的定位和定性准确性,还能为部分CT或MRI诊断不明确的FLL的定性提高补充信息,从而进一步指导病灶的治疗。

3.2 术中引导穿刺和消融 根据术前病灶的定性及定位结果,消融术中可以通过图像融合锁定病灶的位置,进行实时超声引导下穿刺,以保证消融范围完全覆盖超声显示不清的病灶。早在2005年刘广健等人^[22]利用融合成像系统对4例因肝硬化、肺气等干扰显示不清的肝细胞癌(Hepatic cellular cancer, HCC)施行超声引导下无水酒精消融治疗。郭昌宇^[23]对37例位置邻近膈肌、大血管或心脏、胃等重要结构的肝脏恶性肿瘤分别进行经皮介入治疗,采用融合成像技术,通过合理的模拟针道设计和实时超声监察,均顺利完成介入操作,无严重并发症发生。NaKai等^[24]利用融合成像系统引导穿刺消融肝硬化背景下常规超声显示困难的20个肝癌病灶,全部消融完全并且病灶一次穿刺成功率高达90%。李凯等^[25]对42个二维超声显示不清的肝癌病灶进行融合图像引导下射频消融,术后一个月CT/MRI复查提示42个病灶均消融完全。对于直径较大的肝癌,经常需要多次多点布针或者同时多点布针,往往依赖操作者的经验在头脑中构建病灶和周围结构的三维图像,客观性较差,很难达到精准消融,尤其需要多次布针时,消融过程中的雾化气体强回声经常会干扰病灶以及穿刺针的显示,容易令病灶消融不完全或引起并发症。Chen^[26]等利用数学模型计算出多棱柱法在三维空间上合理多次布针,为实现最少的布针次数对肿瘤进行最大程度的消融覆盖提供了

指导意义。融合成像系统与计算机计划系统相结合,可在CT/MR三维容积图像基础上,利用计算机设计合理的消融布针计划,避开重要的结构及大血管,以最少的布针次数达到最大的消融效果;并且在消融过程依靠融合成像系统准确引导每次穿刺布针,不受雾化气体强回声的影响,保证肿瘤的完全消融,减少并发症的发生,降低对操作者的经验依赖性。已有初步研究^[12,14,23]表明,此法能取得较好的消融效果。

3.3 术后疗效的评估 目前,在肝脏肿瘤消融术后,评估消融是否完全、有无肿瘤残留或边缘复发、消融是否达安全边界,常规依靠复查CT、MR或者超声造影,通过了解有无残留灌注来判断消融是否完全,但由于消融术后很难确定病灶原来的位置而且都是在二维平面的状态下,无法在立体三维空间上准确判断消融范围是否均完全覆盖原病灶,且达到安全边界的要求。融合成像系统联合二维/三维超声造影技术,有可能为消融术后安全边界的评估提供平台。通过超声造影技术与融合成像技术的结合,能在消融术后进行即时造影检查,通过对消融范围与术前的CT/MRI病灶的位置及大小进行对比,确定消融范围是否完全覆盖原病灶以及是否已达安全边界。蒋天安^[20]等人于术后20分钟对3个行经皮消融治疗肝癌的病灶通过融合成像技术和术前相应的CT/MR层面上的病灶相比较,确定病灶已消融完全并达到安全边界。李凯等^[25]采用融合成像系统联合二维超声造影技术,即时行融合成像引导下CEUS对肝癌消融效果进行评估,对6个消融范围不足的病灶进行补充消融,术后一个月复查提示所有病灶均消融完全。Kisaka等^[27]利用融合成像技术,将肝癌消融前病灶的增强CT图像和超声融合成像成病灶的混合超声图像,与治疗3天后的消融灶超声造影图像相对比,判定是否达到安全边界,以增强CT为金标准,显示此法判定疗效的准确度、特异度及敏感度分别达84.6%、76.9%、92.3%。SU等^[28]还采用融合成像系统联合三维超声造影技术对肝癌进行消融疗效评估,判断是否达到安全边界,并随访肿瘤局部进展发生率与消融是否达安全边界的相关性。经13~23个月的随访显示,消融达安全边界者肝癌局部进展发生率显著低于未达安全边界者。

4 融合成像系统的不足

影响融合成像技术在肝脏肿瘤消融中应用的关键因素是对位的准确性。肝脏属于质地较软的器官,其形状和位置可因患者呼吸运动、体位变化及心脏跳动

而产生变化,为保证对位的准确性,现有的融合成像系统均要求患者的体位、胃肠道以及胆囊的充盈情况和呼吸时相尽量与CT/MR检查时保持一致,屏气后进行融合成像对位。在定位穿刺操作时要求病人要非常配合,否则可能出现穿刺误差,甚至出现穿刺目标脱靶,导致治疗效果不理想或造成严重的并发症^[13]。操作者进行超声扫查时,不可用力下按探头,否则会导致局部解剖结构变形而影响对位准确度。

5 展 望

随着运动补偿以及呼吸门控等技术的研发、磁定位器体外定标自动配准的实现、对位的时间有望更加缩短,对位也将更加精确。而超声-超声融合成像技术的发展,有助于弥补超声-CT/MR融合成像技术操作不便利,图像传输要求高等缺点,将为肝脏肿瘤微创治疗提供一种更加简便、精准的导向平台。

参考文献

- [1] 李成利,孙军燕,武乐斌.影像技术引导下肝脏恶性肿瘤的微创治疗新进展.实用放射学杂志,2007,23(3):401-404.
- [2] 刘会昭,何文,王立淑,等.术中超声和术中导航在颅内深部海绵状血管瘤切除术中的对比研究.中国医疗设备,2008,23(12):144-146.
- [3] Dorothea Miller, Stefan Heinze, Wuttipong Tirakotai, et al. Is the image guidance of ultrasonography beneficial for neurosurgical routine? *Surgical Neurology*, 2007,67:579-588.
- [4] 刘卫平,费周,伊西才,等.超声实时导航下引导射频消融治疗巨大脑膜瘤.中华神经疾病外科研究杂志,2011,10(14):349-352.
- [5] Sheng Xu, Jochen Kruecker, Peter Guion, et al. Closed-Loop Control in Fused MR-TRUS Image-Guided Prostate Biopsy. *Med Image Comput Assist Interv*, 2007,10: 128-135.
- [6] Irving Kaplan, Nicklas E. Oldenburg, Paul Meskell, et al. Real time MRI-ultrasound image guided stereotactic prostate biopsy. *Magnetic Resonance Imaging*, 2002, 20:295-299.
- [7] Steggerda M, Schneider C, van Herk M, et al. The applicability of simultaneous TRUS-CT imaging for the evaluation of prostate seed implants. *Med Phys*. 2005,32:2262-2270.
- [8] Selli.C, Caramella.D, Giusti.S, et al. Value of image fusion in the staging of prostatic carcinoma. *Radiology med* 2007,112:74-81.
- [9] 柳俊,詹维伟,周明场,等.实时虚拟超声引导下网上肌腱超声弹性成像.中国医学影像技术,2011,27(8):1668-1671.
- [10] Schlaier.J.R, Warnat.J, Dorenbeck.U, et al. Image fusion of MR images and real-time ultrasonography: evaluation of fusion accuracy combining two commercial instruments, a neuronavigation system and a ultrasound system. *Acta Neurochir (Wien)* 2004,146: 271-277.
- [11] Laura Crocetti, Riccardo Lencioni, Stefano DeBeni, et al. Targeting Liver Lesions for Radiofrequency Ablation: An Experimental Feasibility Study Using a CT-US Fusion Imaging System. *Invest Radiology* 2008,43: 33-39.
- [12] 鲁通,徐静,任贺,等.介入性超声计算机辅助导航系统的初步实现及实验研究.中国医学影像技术,2007,23(7): 1085-1086.
- [13] Caroline Ewertsen, Hanne S?nder Grossjohann, Kristina Rue Nielsen, et al. Biopsy Guided by Real-Time Sonography Fused with MRI: A Phantom Study. *AJR* 2008,190:1671-1674.
- [14] 徐静,杨向东,朱森强,等.用于肝癌介入治疗的术中三维超声导航系统.中国生物医学工程学报,2007,26(5): 719-723.
- [15] Philipp Hildebrand, Volker Martens, Achim Schweikard, et al. Evaluation of an online navigation system for laparoscopic interventions in a perfused ex vivo artificial tumor model of the liver. *HPB*, 2007,9: 190-194.
- [16] 胡晨明,徐静,梁萍,等.用于超声引导介入治疗的三维超声系统.中国医疗器械信息,2007,13(4): 68-71.
- [17] 袁树芳,吴涛,苏中振,等.原发性肝癌常规超声漏诊原因分析.中华医学超声杂志(电子版).2012,09:24-26.
- [18] Lee M W, Kim Y J, Park H s, et al. Targeted sonography for small hepatocellular carcinoma discovered by CT or MRI: factors affecting sonographic detection[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 194(5): W396-W400
- [19] Jung.E.M, Schreyer. A.G, Schacherer.D, et al. New real-time image fusion technique for characterization of tumor vascularisation and tumor perfusion of liver tumors with contrast-enhanced ultrasound, spiral CT or MRI: First results. *Clinical Hemorheology and Microcirculation* 2009,43:57-69.
- [20] 蒋天安,陈燕,敖建阳,等.实时影像虚拟导航系统在肝癌微创治疗中的初步应用.中华超声影像学杂志,2009,18(9):768-771.
- [21] 李凯,袁树芳,郑荣琴,等.虚拟导航超声造影定位检出肝脏局灶性病变的价值.中华医学超声杂志(电子版),2011,8(3): 571-576.
- [22] 刘广健,吕明德,谢晓燕,等.实时虚拟导航系统引导消融治疗肝癌.中华超声影像学杂志,2006,15(10): 758-760.
- [23] 郭昌宇.超声与CT或MR融合导航技术在介入诊疗中的临床应用.中华放射学杂志,2009,43(6): 625-628.
- [24] Nakai M, Sato M, Sahara S, et al. Radiofrequency ablation assisted by real-time virtual sonography and CT for hepatocellular carcinoma undetectable by conventional sonography. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2009,32(1): 62-69.
- [25] 李凯,曾庆劲,郑荣琴,等.导航引导和导航超声造影辅助消融超声显示困难肝癌.中山大学学报.2012,33(4):549-552.
- [26] Chen M H, Yang W, Yan K, et al. Large liver tumors: protocol for radiofrequency ablation and its clinical application in 110 patients—mathematic model, overlapping mode, and electrode placement process[J]. *Radiology*,2004,232(1):260-271.
- [27] Kisaka Y, Himoka M, Koizumi Y, et al. Contrast-enhanced sonography with abdominal virtual sonography in monitoring radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma. *J Clin Ultrasound*,2010,38(3):138-144.
- [28] Su Z Z, Li K, Zheng R Q, et al. A feasibility study for determining ablative margin with 3D-CEUS-CT/MR image fusion after radiofrequency ablation of hepatocellular carcinoma [J]. *UltrasebaU Med*,2012,33(7):E250-E255.