

Speckle tracking imaging evaluation of radial strain and circumferential strain from the left ventricular short-axis views in myocardial ischemia

WANG Qi-hai, WANG Tai-ping, XU Yan*, LI Sheng, SHI Xue-gong, JIN Chao-long
(Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China)

[Abstract] **Objective** To quantitatively analyze the characteristics of radial strain and circumferential strain in myocardial ischemia with speckle tracking echocardiography. **Methods** Fifty-six patients with myocardial ischemia and 31 healthy subjects were enrolled. High frame rate two-dimensional images were recorded from the left ventricular short-axis views at the levels of mitral annulus and papillary muscle. Radial strain and circumferential strain were measured in the left ventricular short-axis views with 2D strain software. **Results** With the aggravation of coronary stenosis, the peak strain of the corresponding segments decreased gradually, and then increased after PCI. Radial strain and circumferential strain were negatively correlated with the aggravation of coronary stenosis ($r = -0.63$, $P < 0.01$; $r = -0.54$, $P < 0.01$). **Conclusion** Regional wall motion of left ventricular in patients with myocardial ischemia can be evaluated accurately with speckle tracking echocardiography.

[Key words] Myocardial ischemia; Echocardiography; Speckle tracking imaging

斑点追踪成像技术评价缺血心肌短轴方向径向及圆周应变

王其海, 汪太平, 徐 岩*, 李 胜, 史学功, 金朝龙
(安徽医科大学第一附属医院心血管内科, 安徽 合肥 230022)

[摘要] **目的** 应用超声斑点追踪成像技术(STI)评价心肌缺血患者左心室节段心肌径向应变(RS)、圆周应变(CS)的变化规律。**方法** 对56例心肌缺血患者及31名健康自愿者应用超声心动图仪获得高频帧二维图像,测量收缩期左心室基底水平及乳头肌水平的峰值RS和CS。**结果** 随冠状动脉狭窄程度加重其供血心肌节段应变峰值逐渐降低,接受PCI治疗后应变峰值增加。冠状动脉狭窄程度与峰值RS、峰值CS绝对值负相关($r = -0.63$, $P < 0.01$; $r = -0.54$, $P < 0.01$)。**结论** STI能定量心肌缺血患者的左心室RS和CS,评价局部心肌功能。

[关键词] 心肌缺血;超声心动描记术;斑点追踪技术

[中图分类号] R542.2; R540.45 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2009)08-1411-04

超声斑点追踪技术(speckle tracking imaging, STI)是超声医学领域内新近发展起来的新技术。本研究应用STI对一组冠心病患者和正常人进行左心室各壁不同节段的收缩期峰值应变测定,以冠状动脉造影结果为标准,观察冠心病缺血心肌应变的变化特点,探讨应变成像在冠心病局部心功能评价中的应用价值。

1 资料与方法

[作者简介] 王其海(1972-),男,安徽淮北人,硕士,主治医师。研究方向:心血管病超声诊断。E-mail: wangqiya2005@yahoo.com.cn

[通讯作者] 徐岩,安徽医科大学第一附属医院心血管内科,230022。

E-mail: anhui-xuyan@hotmail.com

[收稿日期] 2009-01-22 [修回日期] 2009-04-12

1.1 研究对象 冠状动脉狭窄组(狭窄组)56例,其中男37例,女19例,年龄35~68岁,平均(53.2 ± 8.8)岁。其中心肌梗死11例,不稳定性心绞痛24例,稳定性心绞痛21例。对照组31名健康成人,其中男20名,女11名,年龄36~65岁,平均(50.2 ± 7.8)岁,经心电图、超声心动图检查无异常,且冠状动脉造影狭窄 $<30\%$,均无高血压、冠心病、糖尿病及肾病。所有受检者均以标准Judkins法于多方位、多角度作选择性左、右冠状动脉造影,根据最大狭窄程度将冠状动脉狭窄程度分为3个亚组:轻中度狭窄($50\% \sim 75\%$)组,高度狭窄($76\% \sim 98\%$)组,次全及完全闭塞($99\% \sim 100\%$)组。经统计学分析两组年龄、性别差异无统计学意义(表1)。

1.2 研究方法 采用 Philips IE33 型彩色多普勒超声诊断仪, s5-1 探头 (频率 1~3.5 MHz), 内置 Qlab6.0 分析软件。所有受检者均为窦性心律, 静息状态下接受超声心动图检查, 采集二维超声心动图图像, 测量左心室收缩末内径 (left ventricular end-systolic diameter, LVDs) 和左心室舒张末内径 (left ventricular diastolic diameter, LVDd), 并采用 Simpson 双平面法测量左心室射血分数 (ejection fraction, EF)。在胸骨旁分别取 2 个左心室短轴切面 (二尖瓣平面及乳头肌平面), 调整扇角及增益, 频帧为 60~120 MHz, 采集存储清晰图像。点击 TMQ AD 分析软件, 系统自动把每个室壁分为相应节段, 获取二维应变-时间曲线, 分别测量每段心肌的径向应变 (radial strain, RS) 和圆周应变 (circumferential stain, CS) 收缩期峰值。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous transluminal coronary intervention, PCI) 术后 1 周和 1 个月复查超声心动图。

1.3 重复性检验 随机选择正常对照者和冠状动脉狭窄患者各 5 例的录像资料, 由 2 名同资历的检查者按同样方法检测各节段的应变参数, 两组数据相比为检查者间测量变异。同一检查者在 1 周内对同一资料进行 2 次测量, 两组数据相比为检查者内测量变异。

表 1 正常对照组和冠状动脉狭窄组一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

参数	轻中度狭窄组 (<i>n</i> = 14)	高度狭窄组 (<i>n</i> = 24)	闭塞组 (<i>n</i> = 18)	对照组 (<i>n</i> = 31)
年龄 (岁)	50.3 ± 8.3	52.6 ± 7.2	52.1 ± 6.6	50.2 ± 7.8
男性 (%)	9 (64)	17 (70)	11 (61)	20 (65)
心率 (次/分)	68 ± 13	64 ± 11	66 ± 14	67 ± 11
LVDd (cm)	4.83 ± 0.51	5.15 ± 1.03	5.44 ± 1.08**	4.63 ± 0.81
LVDs (cm)	3.27 ± 0.83	3.53 ± 1.12	3.85 ± 0.93*	3.02 ± 0.62
EF (%)	65 ± 11	63 ± 16	59 ± 13*	67 ± 11
E 峰 (cm/s)	65 ± 15	66 ± 15	61 ± 16	61 ± 12
A 峰 (cm/s)	72 ± 16	73 ± 16	68 ± 19	59 ± 12
E/A 峰值比	0.86 ± 0.46	0.85 ± 0.22	0.92 ± 0.57	1.07 ± 0.38

注:与对照组相比, *: *P* < 0.05, **: *P* < 0.01。LVDs:左心室收缩末内径;LVDd:舒张末内径;EF:左心室射血分数

表 2 对照组和冠状动脉狭窄组短轴方向各节段心肌收缩期峰值 RS 和 CS 变化比较($\bar{x} \pm s$)

心肌节段	轻中度狭窄组 (<i>n</i> = 14)		高度狭窄组 (<i>n</i> = 24)		闭塞组 (<i>n</i> = 18)		对照组 (<i>n</i> = 31)	
	RS	CS	RS	CS	RS	CS	RS	CS
前壁基底段	37.14 ± 18.30	-20.15 ± 8.27	26.29 ± 15.38*	-19.23 ± 9.82	39.31 ± 19.81	-22.33 ± 8.62	19.26 ± 13.48**	-14.22 ± 8.96**
侧壁基底段	28.30 ± 16.85	-19.34 ± 7.91	21.54 ± 16.25*	-17.83 ± 9.24*	32.82 ± 18.83	-23.25 ± 8.18	16.13 ± 12.85**	-11.32 ± 5.90**
后壁基底段	28.20 ± 14.17*	-13.83 ± 7.35*	24.10 ± 13.03**	-7.92 ± 6.31**	36.72 ± 12.44	-19.13 ± 6.35	14.74 ± 8.48**	-7.12 ± 5.83**
下壁基底段	28.44 ± 13.95	-13.37 ± 6.35	25.08 ± 14.75**	-11.44 ± 6.13*	34.82 ± 11.63	-15.71 ± 7.03	13.57 ± 8.32**	-8.61 ± 6.60**
间隔基底段	28.31 ± 11.44	-24.72 ± 8.04*	22.45 ± 17.92*	-15.90 ± 6.44**	31.34 ± 12.33	-29.52 ± 5.73	14.01 ± 9.45**	-9.22 ± 7.88**
前间隔基底段	28.71 ± 16.85*	-25.46 ± 8.27*	25.63 ± 18.39**	-23.53 ± 7.47**	38.42 ± 13.13	-30.74 ± 6.18	18.90 ± 8.64**	-11.81 ± 6.46**
前壁中间段	36.31 ± 13.73	-23.59 ± 5.37	21.80 ± 16.44**	-21.42 ± 9.35*	40.84 ± 22.33	-27.33 ± 7.46	20.52 ± 14.48**	-13.03 ± 8.73**
侧壁中间段	39.85 ± 15.51	-18.93 ± 7.48	33.56 ± 19.77	-13.84 ± 9.48**	43.14 ± 23.75	-23.23 ± 8.14	25.49 ± 16.88**	-9.80 ± 7.68**
后壁中间段	35.29 ± 12.34	-14.03 ± 6.96*	32.44 ± 18.86*	-7.43 ± 5.54**	42.84 ± 12.93	-18.38 ± 5.95	19.36 ± 15.37**	-6.92 ± 6.59**
下壁中间段	33.55 ± 13.48*	-15.34 ± 6.38	30.34 ± 15.31**	-12.50 ± 7.25	49.96 ± 15.44	-16.68 ± 8.93	11.75 ± 9.83**	-11.38 ± 8.82*
间隔中间段	40.04 ± 14.63	-19.74 ± 7.37	26.78 ± 14.33**	-17.60 ± 6.59	44.53 ± 14.24	-21.13 ± 8.76	16.61 ± 10.14**	-9.43 ± 7.66**
前间隔中间段	38.02 ± 15.78*	-24.46 ± 8.69	34.83 ± 17.86**	-19.76 ± 8.07**	47.83 ± 14.54	-28.75 ± 9.36	20.82 ± 15.55**	-13.61 ± 7.66**

注:与对照组同节段比较, *: *P* < 0.05, **: *P* < 0.01

1.4 统计学分析 应用 SPSS 13.0 统计软件进行统计学分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。不同狭窄程度心肌节段同一指标用 one-way ANOVA 方差分析。以冠状动脉狭窄程度为自变量, 分别以乳头肌各节段平均收缩期峰值 CS 和 RS 为因变量行 Pearson 相关分析。检查者间和检查者内的相关性用 Pearson 相关分析。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 狭窄组冠状动脉造影 冠状动脉轻中度狭窄 14 例, 高度狭窄 24 例, 闭塞 18 例。冠状动脉狭窄组与正常对照组各指标比较见表 1。各组间年龄、性别、心率及舒张功能差异无统计学意义; 在冠状动脉闭塞组 LVDs、LVDd 和 EF 与对照组比较差异有统计学意义 (*P* < 0.05)。

2.2 冠状动脉狭窄组和正常对照组左心室短轴 (二尖瓣环、乳头肌) 峰值 CS 和 RS 的比较 高度狭窄组、闭塞组及轻中度狭窄组部分室壁与对照组相比 CS 差异有统计学意义 (*P* < 0.05, 表 2)。

CS 反映心肌沿短轴圆周方向的运动, 缩短时为负值, 伸长时为正值。狭窄组 CS 随冠状动脉狭窄程度增加而逐渐减低, 甚至出现倒置, 曲线排列紊乱, 达峰时间延迟 (图 1A)。正常对照组 CS 为负值, 各节段应变-时间曲线排列整齐 (图 1B)。

RS 反映心肌短轴心外膜至心内膜的朝向圆心方向的增厚或变薄, 增厚时为正值, 变薄时为负值。狭窄组 RS 随冠状动脉狭窄程度增加而逐渐减低, 甚至出现倒置, 曲线排列紊乱, 达峰时间延迟。轻中度狭窄组、高度狭窄组及闭塞组部分室壁与对照组比较差异有统计学意义 (*P* < 0.05, 表 2)。正常对照组 RS 为正值, 各节段应变-时间曲线排列整齐。

2.3 PCI 治疗前后短轴方向各心肌节段收缩期峰值 RS 和 CS 变化比较 32 例行 PCI 治疗的高度或闭塞的冠状动脉狭窄患者术前和术后随访结果见表 3。PCI 术后 RS 和 CS 均有

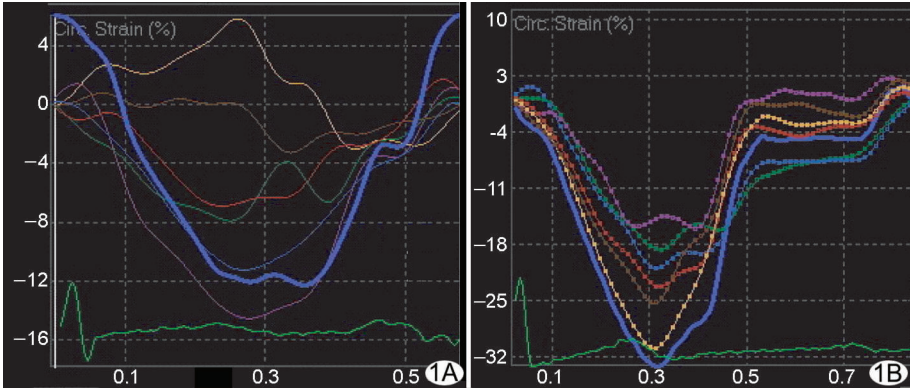


图1 乳头肌水平各节段心肌应变-时间曲线 A. 左前降支完全闭塞者; B. 正常健康者

不同程度的增加,部分节段与术前比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表3 PCI 治疗前后 1 个月各节段收缩期峰值 RS 和 CS 变化比较($\bar{x} \pm s, n = 32$)

心肌节段	RS		CS	
	PCI 术前	PCI 术后	PCI 术前	PCI 术后
前壁基底段	22.32 ± 18.91	28.73 ± 17.32	-16.36 ± 8.28	-18.34 ± 8.66
侧壁基底段	18.08 ± 16.52	21.43 ± 15.56	-14.74 ± 5.90	-17.23 ± 7.35
后壁基底段	20.33 ± 14.43	28.35 ± 13.81*	-7.38 ± 5.35	-8.77 ± 6.54
下壁基底段	21.23 ± 13.22	29.48 ± 17.34*	-10.09 ± 6.33	-14.63 ± 6.11*
间隔基底段	19.53 ± 12.26	23.43 ± 13.54	-14.66 ± 8.44	-16.43 ± 8.86
前间隔基底段	22.53 ± 13.32	30.64 ± 14.55*	-16.91 ± 7.18	-21.04 ± 9.27*
前壁中间段	21.22 ± 14.23	28.38 ± 17.66	-16.84 ± 8.39	-18.25 ± 7.74
侧壁中间段	27.66 ± 16.73	32.33 ± 15.11	-11.54 ± 7.25	-15.13 ± 7.50
后壁中间段	23.34 ± 16.72	30.77 ± 16.46	-7.18 ± 7.78	-8.44 ± 7.61
下壁中间段	18.83 ± 11.52	27.23 ± 14.81*	-12.18 ± 9.56	-14.14 ± 8.45*
间隔中间段	23.33 ± 10.84	26.74 ± 13.85	-15.35 ± 8.55	-18.63 ± 9.16
前间隔中间段	26.67 ± 13.88	35.83 ± 16.90*	-16.46 ± 7.45	-19.96 ± 6.63

注: *: 与术前同节段比较, $P < 0.05$

2.4 相关分析及重复性检验 冠状动脉狭窄程度与 RS 呈负相关($r = -0.63, P < 0.01$);与 CS 的绝对值呈负相关($r = -0.54, P < 0.01$)。

应变参数的检查者间和检查者内测量变异分别是(12.0 ± 4.0)%和(7.5 ± 4.0)%;检查者间相关系数为 0.82 ($P < 0.01$),检查者内相关系数为 0.88 ($P < 0.01$)。

3 讨论

心肌缺血是心绞痛发作和心室重构的结构基础。冠状动脉狭窄导致的心肌缺血或心肌梗死都可引起相应供血心肌收缩成分的破坏,心肌能量供应不足,再加上钙超载和酸中毒等因素,导致心肌舒缩功能损伤。国外研究^[1]认为,即使冠心病患者未发生心肌梗死,左心室局部心功能已有细微变化,且与冠状动脉狭窄程度相关联。因此,近年来各种超声新技术均致力于早期评价缺血心肌局部心功能的变化。

传统超声心动图评价冠心病患者的心功能主要采用 EF

值及局部室壁运动异常等指标。室壁节段性运动异常是根据目测收缩期心内膜运动幅度及室壁增厚率评价室壁运动,主观依赖性强,检查者的经验及技术条件都直接影响测量的结果,且不能定量分析给出节段性室壁运动功能^[2]。本研究中 LVDs 和 LVDd 在高度冠状动脉狭窄组与对照组差异无统计学意义,仅闭塞组与对照组相比差异有统计学意义;左心室 EF 值在冠状动脉狭窄轻中度及高度组与对照组比较差异无统计学意义,仅闭塞组与对照组相比差异有统计学意义,显示了传统超声的局限性。由于冠状动脉狭窄程度较轻,心脏整体舒缩功能尚正常,单纯采用传统超声进行检查限制了临床对病变程度的判断,有可能延误治疗。

以组织多普勒成像为基础的应变显像虽然相对不受心脏整体运动和邻近心肌节段的被动牵拉对室壁运动速度的影响^[3],但具有组织多普勒固有的角度依赖性,主要用于检测心肌长轴方向的一维运动及其应变。STI 技术基于高帧频二维灰阶超声图像,将心肌组织视为无数个像素,实时跟踪心肌内回声斑点的空间运动,通过运算重建心肌组织实时运动和变形,定量显示心肌运动速度、应力、应变率、位移和背向散射积分,可从多个方向对心肌节段形变进行评价,为研究心脏整体和局部力学运动提供了全新的定量手段^[4]。研究^[4]证实 STI 测量结果与声纳微测法及心脏磁共振研究结果高度一致,对心肌运动评价可靠,并能精确反映心肌功能状态,甚至在疾病的亚临床阶段、患者无明显症状的情况下,局部应变已降低,观察者内和观察者间的差异也较小,重复性较好,可靠性较高^[5]。Reant 等^[6]研究认为 STI 衍生的 RS 和 CS 与声纳微测法测量的结果相关,可精确评估左心室局部心功能,与多巴酚丁胺应力超声结合能有效地定量评估缺血心肌的形变。

STI 既能定量测定左心室局部和整体心肌的收缩形变,评价局部和整体心肌组织的收缩功能,且与反映左心室重构的指标间相关良好。王欣等^[7]进行心肌长轴方向纵向应变研究,认为正常组左心室各节段纵向应变呈一致性分布,而心肌梗死组呈现不同程度的降低。本研究对不同狭窄程度的缺血心肌进行短轴方向 STI 分析,发现正常人短轴应变曲线的整体趋势为单峰曲线:随心脏收缩心肌径向增厚,圆周方向缩短,于心电图 T 波终末(收缩末)前后达最大应变,舒张期又渐恢复至 0 点,与国内外研究一致^[8-9]。冠状动脉狭窄程度 < 3 级时,心肌的短轴应变低平,并随狭窄程度而加重,甚至发生倒转。接受 PCI 术后 RS 和 CS 均有不同程度增加,部分节段和术前相比差异有统计学意义,与叶艺等^[10]研究结果一致,提示在轻中度冠状动脉狭窄时,已经出现心肌局部功能受损。以冠状动脉狭窄程度为自变量,分别以乳头肌水平平均 CS 和 RS 为因变量进行单因素相关分析显示冠状动脉狭窄程度与 RS、CS 绝对值呈负相关($r = -0.63, P < 0.01$; $r = -0.54, P < 0.01$),说明 RS、CS 预测冠状动脉狭窄程度是相

似的,而 Winter 等^[11]研究认为 CS 比 RS 敏感,分析原因可能与研究方法不同及受试者不同有关。

综上所述,STI 可客观地定量评价心肌局部收缩功能,敏感性明显高于常规超声心动图检查,可以早期识别缺血心肌,在冠心病的无创性诊断中发挥积极的作用,弥补传统超声心动图的不足,为临床诊断冠心病及评价其治疗效果提供了一种较准确的方法。

[参考文献]

- [1] Yuda S, Fang ZY, Marwick TH. Association of severe coronary stenosis with subclinical left ventricular dysfunction in the absence of infarction. *J Am Soc Echocardiogr*, 2003, 16(11): 1163-1170.
- [2] Peteiro J, Monserrat L, Fabregas R, et al. Comparison of two-dimensional echocardiography and pulsed Doppler tissue imaging during dobutamine-atropine stress testing to detect coronary artery disease. *Echocardiography*, 2001, 18(4): 275-284.
- [3] Sutherland GR, Di Salvo G, Claus P, et al. Strain and strain rate imaging: a new clinical approach to quantifying regional myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17(7): 788-802.
- [4] Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(4): 789-793.
- [5] Xiong L, Deng YB, Shentu WH, et al. Measurements of two dimensional strain in healthy subjects by speckle tracking echocardiography. *Chin J Ultrasonogr*, 2007, 16(5): 373-376.
熊莉, 邓又斌, 申屠伟惠, 等. 超声斑点追踪技术测量正常人二维应变的初步研究. *中华超声影像学杂志*, 2007, 16(5): 373-376.
- [6] Reant P, Labrousse L, Lafitte S, et al. Experimental validation of circumferential, longitudinal, and radial 2-dimensional strain during dobutamine stress. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 51(2): 149-157.
- [7] Wang X, Zhu TG, Quan X, et al. Speckle tracking imaging evaluation of myocardial deformation and left ventricular remodeling in patients with acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention. *Chin J Med Imaging Technol*, 2007, 23(10): 1511-1515.
王欣, 朱天刚, 权欣, 等. 斑点追踪成像评价急性心肌梗死后左室形变与重构的关系. *中国医学影像技术*, 2007, 23(10): 1511-1515.
- [8] Torrent-Guasp F, Kocica MJ, Corno AF, et al. Towards new understanding of the heart structure and function. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2005, 27(2): 191-201.
- [9] Wang JH, Gong XH, Zhang CD, et al. Evaluation of circumferential systolic function of left ventricle using speckle tracking imaging in healthy subjects. *Chin J Med Imaging Technol*, 2008, 4(10): 1597-1599.
王建华, 巩晓红, 张春东, 等. 超声斑点追踪成像技术评价正常人左心室心肌周向收缩功能. *中国医学影像技术*, 2008, 4(10): 1597-1599.
- [10] Ye Y, Zhao BZ, Jin C, et al. Evaluation of left ventricular regional myocardial motion function in coronary artery disease after long-term intracoronary stent implantation by TDI-Q regional strain. *Chin J Med Imaging Technol*, 2007, 23(10): 1519-1522.
叶艺, 赵宝珍, 金超, 等. 短轴应变成像评估冠心病冠状动脉支架置入术后远期节段心肌运动功能. *中国医学影像技术*, 2007, 23(10): 1519-1522.
- [11] Winter R, Jussila R, Nowak J, et al. Speckle tracking echocardiography is a sensitive tool for the detection of myocardial ischemia: a pilot study from the catheterization laboratory during percutaneous coronary intervention. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(8): 974-981.

全军第十一届超声医学专业学术会议 会议通知

全军第十一届超声医学专业学术会议拟定于 2009 年 9 月 24 - 26 日在兰州市召开。征文内容包括: 超声基础理论研究、颅脑和小器官超声、胸腔及纵隔超声、心脏和血管超声、腹部脏器和泌尿系超声、妇产科超声、运动系统超声、彩色多普勒超声及能量图、声学造影及新进展、超声新仪器新技术、超声组织定征、超声医学工程技术、超声治疗、三维和四维超声、介入性超声等。征文要求: 未公开发表的论文摘要, 限 800 - 1000 字, 请写明目的、资料与方法、结果及结论, 投稿须递交电子版 Word 文本(发送 E-mail 至: ultratd@fmmu.edu.cn)。参加此专业学术会议者可获军队继续教育学分 8 分。征文截止日期 2009 年 7 月 30 日, 具体安排(时间、地点)详见第二轮通知。联系人: 西安市第四军医大学唐都医院超声科 李军, 邮编 710038, 联系电话: 029-84777171(办), 军线: 0901-777171, 778374(办)

中国人民解放军超声医学专业委员会
2009 年 3 月 31 日