

❖ 心脏、血管影像学

Comparison on two-dimensional speckle tracking technology and three-dimensional speckle tracking technology in evaluation on left ventricular myocardial strains in healthy subjects

GUO Juan, GUO Rui-qiang*, CHEN Jin-ling, CAO Sheng, HU Bo

(Department of Ultrasound, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China)

[Abstract] **Objective** To assess left ventricular myocardial strains with two-dimensional speckle tracking echocardiography (2D-STE) and three-dimensional speckle echocardiography (3D-STE). **Methods** 2D-STE and 3D-STE were performed in 34 healthy subjects. Longitudinal strain (LS) was obtained in 17-segment, circumferential strain (CS) and radial strain (RS) were also obtained in 18-segment in left ventricular end-systolic through 2D-STE, while area strain (AS), LS, RS and CS were obtained with 3D-STE. **Results** LS and CS all progressively increased from base to apex, while RS decreased from base to apex in both 3D-STE and 2D-STE. LS obtained with 3D-STE was smaller than that with 2D-STE, and CS obtained with 3D-STE was higher than that with 2D-STE ($P < 0.05$). Among all 3D-STE strain indexes, AS had the closest correlation with left ventricular ejection fraction ($r = -0.720$, $P < 0.05$). The time taken for imaging and offline analysis using 3D-STE were significantly less than those using 2D-STE ($P < 0.05$). **Conclusion** 3D-STE is a comprehensive and time efficient tool to evaluate regional wall strain. AS is a good index for evaluation of left ventricular systolic function.

[Key words] Speckle tracking echocardiography; Ventricular function, left; Strain

对比三维斑点追踪技术和二维斑点追踪技术评价正常人左心室心肌应变

郭娟, 郭瑞强*, 陈金玲, 曹省, 胡波

(武汉大学人民医院超声影像科, 湖北 武汉 430060)

[摘要] **目的** 应用二维斑点追踪成像(2D-STE)与三维斑点追踪成像(3D-STE)技术评估正常人左心室心肌应变。**方法** 对 34 名正常人进行左心室心肌二维、三维图像采集, 通过二维图像获取左心室心肌收缩末期 17 节段纵向应变(LS)、18 节段环向应变(CS)及径向应变均(RS), 通过三维图像获得面积应变(AS)、LS、RS 及 CS。**结果** 3D-STE 与 2D-STE 的 LS 和 CS 均自基底段至心尖段逐渐增大, RS 均逐渐减。与 2D-STE 相比, 3D-STE 测得的 LS 较小, CS 较大(P 均 < 0.05)。3D-STE 所测的 AS 与 LVEF 相关性最强($r = -0.720$, $P < 0.05$)。3D-STE 获取图像及脱机分析时间明显少于 2D-STE(P 均 < 0.05)。**结论** 3D-STE 是更全面、省时、高效的应变测量方法。作为 3D-STE 的新型应变参数, AS 能更全面地反映左心室收缩功能。

[关键词] 斑点追踪成像; 心室功能, 左; 应变

[中图分类号] R540.45; R331 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2013)12-1960-05

[作者简介] 郭娟(1984—), 女, 湖北武汉人, 硕士, 医师。研究方向: 超声对冠心病及高血压疾病的诊断研究。E-mail: cookiebag@163.com

[通讯作者] 郭瑞强, 武汉大学人民医院超声影像科, 430060。E-mail: ruiqiangwhrm@hoymali.com

[收稿日期] 2013-07-17 **[修回日期]** 2013-09-19

二维斑点追踪成像 (two-dimensional speckle tracking echocardiography, 2D-STE) 技术利用组成二维超声图像的声学斑点, 组织灰阶自动逐帧追踪 ROI 内心肌组织在心动周期中声学斑点的位置和运动, 可定量获取心肌组织运动的心肌力学参数来评价整体与局部心肌功能^[1-2], 被广泛用于评价心脏收缩及舒张功能^[3]; 但由于其仅能追踪到扫描范围内的斑点, 忽略了心肌真实运动的复杂性, 故结果不够准确。新近发展的三维斑点追踪成像 (three-dimensional speckle tracking echocardiography, 3D-STE) 技术通过建立实时三维数据而克服了 2D-STE 的局限性。本研究运用 2D-STE 及 3D-STE 技术评价正常人左心室心肌应变, 旨在比较两种技术的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2012 年 9 月—2013 年 1 月 34 名来我院体检者, 20 名, 女 14 名, 年龄 41~55 岁, 平均 (48.0±7.0) 岁。纳入标准: 窦性心率; 经询问病史、体格检查、血液生化及常规超声心动图排除心血管疾病及危险因素者。所有受检者均接受 3D-STE 及 2D-STE 检查。

1.2 仪器与方法 采用 GE Vivid E9 彩色多普勒超声仪, M5S (频率 2.0~4.0 MHz) 探头及 4V-D 探头 (频率 1.5~4.0 MHz), 于配备 GE 4D Auto LVQ software 软件的 GE Entopic, PC 10.1.1 独立工作站上进行脱机分析。

嘱受检者左侧卧, 平静呼吸, 同步记录心电图。采集二维图像, 获取左心室二尖瓣水平、乳头肌水平、心

尖水平清晰的短轴图像并存盘 (帧频 >70 帧/秒)。切换 4V-D 探头, 于三平面模式 (帧频 >40 帧/秒) 下获左心室四腔、三腔、两腔的长轴图像, 取心尖部, 微调探头位置和方向, 待心内膜显示清晰后固定探头 (帧频 >25 帧/秒), 嘱受检者屏气, 进入“4D”模式。选择“Multi-beat”模式, 图像将转换成心尖四腔、两腔切面实时双幅显示, 同时显示左心室三维图像, 连续采集 4 个心动周期。在 12 幅图显示模式上确保整个左心室腔及室壁均在全容积内, 图像不理想时重新获取。存储图像, 之后传送至工作站进行脱机分析。

将采集二维图像的三个水平面分为基底部、中间部及心尖部三部分。比较心尖部时, 软件自定义 2D-STE 中的“心尖部”为 6 个节段的均值, 3D-STE 中的“心尖部”为 5 个节段的均值。

1.3 图像分析 二维图像分析: 三平面模式图下自动生成长轴四腔及左心室 17 节段纵向应变 (longitudinal strain, LS) 牛眼图; 于左心室短轴三个切面测量并记录径向应变 (radial strain, RS) 及环向应变 (circumferential strain, CS) 18 节段的均值; 于左心室两腔测量并记录左心室舒张末期容积 (end-diastolic volume, EDV)、收缩末期容积 (end-systolic volume, ESV), 以 Simpson 法测量左心室射血分数 (left ventricle ejection fraction, LVEF), 取均值。三维图像分析: 依据软件指示自动勾画心内膜, 软件自动计算出 EDV、ESV、LVEF 及左心室收缩末期 17 节段面积应变 (area strain, AS)、LS、RS 及 CS 各项参数数值后, 系统自动生成左心室壁应变 17 节段牛眼图 (图 1)。记录图像

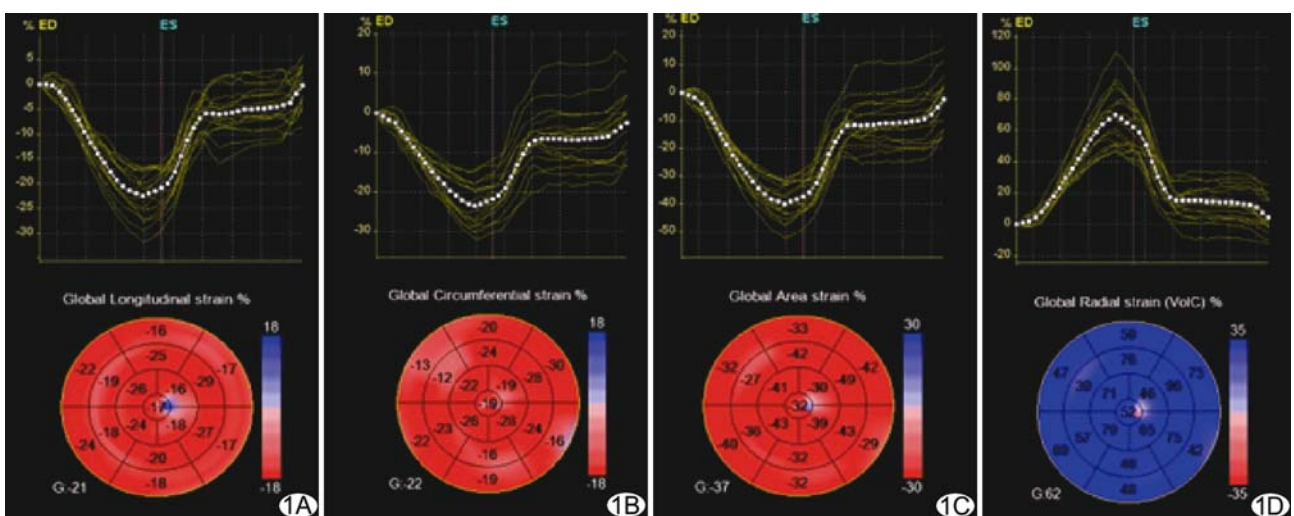


图 1 3D-STE A~D. 分别为 LS、CS、AS、RS 的 17 节段牛眼图

采集和数据分析的时间。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用配对 *t* 检验比较受检者常规超声心动图测值及应变均值,以 LSD 法比较三维应变值,对三维各应变与 LVEF 的相关性采用 Pearson 分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2D-STE 与 3D-STE 测量值见表 1。2D-STE 测量的 EDV 明显大于 3D-STE 测值 ($P < 0.05$),但 ESV 及 LVEF 在二者之间差异无统计学意义。

2.2 3D-STE 与 2D-STE 测量的 LS、RS、CS 的比较见表 2。2D-STE 和 3D-STE 的 LS 均为从基底段向心尖段逐渐递增;2D-STE 和 3D-STE 的 CS 均在心尖部最高,RS 在心尖段比基底段及中间段小。左心室收缩末期,3D-STE 与 2D-STE 测量的 LS、RS、CS 见表 3;与 2D-STE 相比,3D-STE 的 LS 显著减低,CS 显著增高(P 均 < 0.05)。

表 1 3D-STE 与 2D-STE 超声所测量的 EDV、ESV 和 LVEF ($\bar{x} \pm s$)

方法	EDV(ml)	ESV(ml)	LVEF(%)
3D-STE	85.32±9.83	28.69±4.41	61.12±3.57
2D-STE	96.64±11.34	30.58±3.74	62.14±3.09
<i>t</i> 值	-4.18	-2.27	-1.16
<i>P</i> 值	<0.01	0.30	0.21

表 2 心肌基底部、中间段及心尖部三节段各应变间差异的比较(%, $\bar{x} \pm s$)

部位	LS (%)		CS (%)		RS (%)	
	3D-STE	2D-STE	3D-STE	2D-STE	3D-STE	2D-STE
基底部	-14.74±1.81	-16.78±2.71	-16.20±1.81	-15.43±2.72	51.32±8.60	49.76±8.21
中间段	-15.92±2.32	-19.34±3.56*	-17.38±2.01	-16.36±2.82*	50.41±7.24	48.32±7.41
心尖部	-18.03±2.05**	-24.21±3.12*	-20.43±2.67**	-18.32±3.61**	44.52±6.65#*	43.21±5.64**
F 值	23.09	9.13	29.71	14.92	8.82	13.24
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: #:与中间段比较, $P < 0.05$; *:与基底段比较, $P < 0.05$

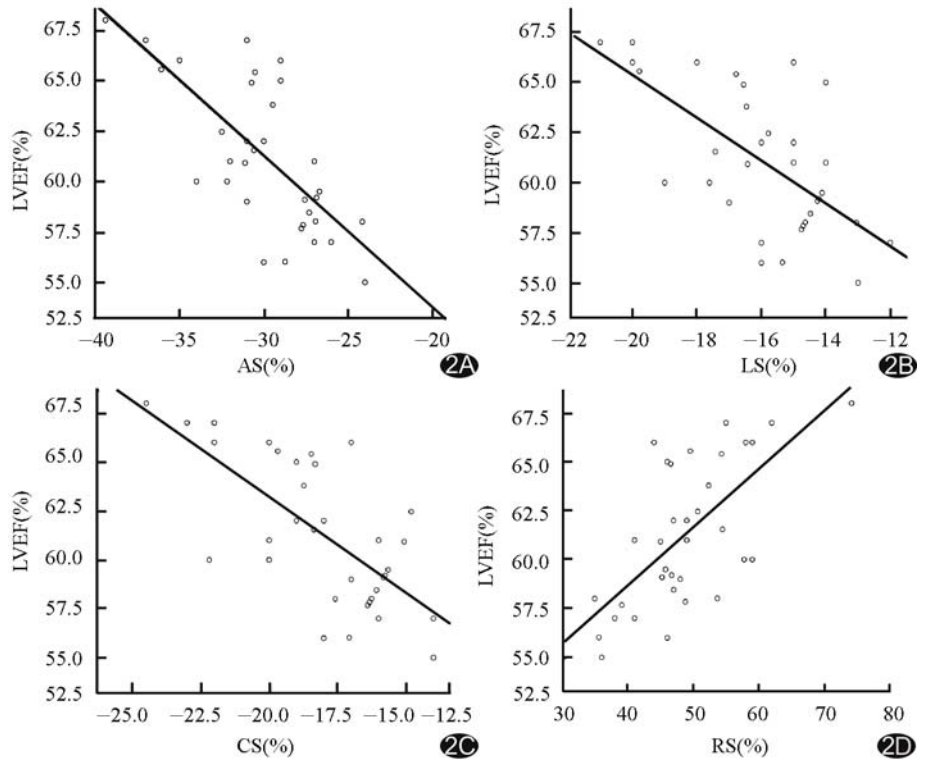


图 2 3D-STE 各应变均值与 LVEF 的相关性分析 A. AS 与 LVEF 的相关性, $Y = 38.7 - 0.75X$ ($r = -0.720, P < 0.05$); B. LS 与 LVEF 的相关性, $Y = 44.0 - 1.07X$ ($r = -0.682, P < 0.05$); C. CS 与 LVEF 的相关性, $Y = 43.5 - 0.99X$ ($r = -0.690, P < 0.05$); D. RS 与 LVEF 的相关性, $Y = 46.7 + 0.30X$ ($r = 0.708, P < 0.05$)

2.3 相关性分析(图 2) 3D-STE 的各应变值与 LVEF 均有相关性,LS、AS、CS 与 LVEF 呈负相关(LS: $Y = 44.0 - 1.07X, r = -0.682$; AS: $Y = 38.7 - 0.75X, r = -0.720$; CS: $Y = 43.5 - 0.99X, r = -0.690$; P 均 < 0.05),RS 与 LVEF 呈正相关($Y = 46.7 + 0.30X, r = 0.708, P < 0.05$)。

2.4 3D-STE 图像采集时间[(3.0±0.5)min]和图像分析时间[(9.0±2.1)min]均小于 2D-STE[采集时间(5.1±1.0)min,分析时间(38.5±14.2)min],差异有显著统计学意义(P 均 < 0.05)。

表 3 3D-STE 与 2D-STE 测量的各应变均值比较(%, $\bar{x} \pm s$)

方法	LS(%)	CS(%)	RSC(%)
3D-STE	-16.03±2.14	-20.04±3.21	48.04±7.06
2D-STE	-17.81±2.32	-16.32±3.31	47.02±6.36
t 值	7.98	-40.81	0.90
P 值	<0.001	<0.001	0.38

3 讨论

斑点追踪技术通过对心肌超声图像的斑点信号进行追踪而实现对心肌运动的良好追踪,并获得心肌速度、应变参数,从而评价心脏功能。2D-STE 基于二维平面追踪斑点信号评价心肌运动,独具优势,临床应用日益广泛;3D-STE 在 2D-STE 基础上加以改进,能准确实时获取左心室心肌的三维运动参数,理论上可更准确、真实地反映心脏的三维运动。

左心室由一条心肌带螺旋反复折叠而成,即心内膜节段的右手螺旋结构逐渐上升至心外膜的左手螺旋结构^[4],心肌运动包含环绕、收缩及缩短等过程^[2],故仅基于二维平面上的心肌应变的测量不准确。心脏运动实际上包括三维空间的旋转、收缩及缩短,可能导致二维单平面上的斑点“逃逸”出平面外^[5]。本研究发现,EDV 的 2D-STE 测量值大于 3D-STE,但二者的 ESV 和 LVEF 无明显差异,即两种技术评价同一研究对象的左心室收缩功能无明显差异,LVEF 并非引起两种技术应变均值差异的主要影响因素。2D-STE 所测的 LS 显著大于 3D-STE,可能由心脏的扭转运动所致,即二维图像在收缩末期测量的成对的两点间的距离小于三维图像,因二维图像需要目标两点在二维平面的投射,而目标点很容易因心脏的扭转运动而移出平面外,所以二维空间下的收缩期 LS 值较真实值偏小,使二维图像中收缩期 LS 与舒张期 LS 的差值的绝对值偏大,导致 2D-STE 所测的 LS 较 3D-STE 偏大。同理,3D-STE 测量的 CS 明显大于 2D-STE,是由于收缩期心肌的纵向运动导致所有的短轴平面向心尖部移动,此过程中心肌在左心室长轴方向上缩短,导致三维空间中目标两点的长度在收缩末期的测量值较小,使 3D-STE 测量的 CS 大于 2D-STE 测值。

本研究发现 3D-STE 的 LS 和 CS 均表现为从基底段至心尖段逐渐增大,与 Biswas 等^[6]的研究相符。心肌的收缩能力受前负荷的影响^[7],左心室机械缩短的方向与心尖至基底部的电活动方向相对应,心尖部心肌的缩短较基底段与中间段快,心尖部因室壁压力所受的影响较其他节段更大,所以 LS 和 CS 在心尖部

的变化较中间及基底段更明显。另外,本研究发现 3D-STE 和 2D-STE 结果均显示 RS 在心尖段最低,与 Evangelista 等^[8]的结果一致。美国超声协会及欧洲超声心动图学会均认为 2D-STE 测量的左心室心肌整体应变均值最低值限度为 18.5%。Ammar 等^[9]的研究证实 2D-STE 测得的正常人群的 LS 具有自左心室基底段(-15%)至心尖部(-20%)逐渐增高的趋势,CS 遵从自左心室基底段(-28%)至心尖部(-35%)逐渐增高的趋势,RS 应大于 40%,并指出 3D-STE 测量的 LS 较 2D-STE 低 1%~4%;该研究采用 Toshiba Artida 超声仪对 46 名正常欧洲健康人进行 3D-STE 研究得,出 LS 为(-17.0±5.5)%,CS 为(-31.6±8.0)%,RS 为(34.4±11.4)%;本研究结果与之一致。

3D-STE 在测量 3D 指数和评估三维空间的室壁运动中有很大的优势。3D 应变包括 AS、LS、RS 及 CS(图 1)。本研究结果显示 LVEF 与 AS 相关性最强,可能与 AS 的特点有关。AS 综合了 LS 及 CS,直接反映心肌运动时心内膜的变形程度,可以代表心肌组织在三维空间内收缩、舒张运动的程度,从而判断室壁运动异常节段^[10]。另外,Kleijn 等^[11]研究发现心内膜是心肌对缺血表现最敏感的区域,因此 AS 较其他指标对诊断早期心肌缺血更有意义。AS 是对左心室整体和节段功能进行定量评估的一个相对独立的参数,可较其他应变参数更直观地反应心脏收缩功能,故将是一个极有潜力的指标^[8]。另外,3D-STE 较 2D-STE 在采集图像和脱机分析方面更省时、高效,是评价室壁运动很有前景的工具。

本研究的局限性:3D-STE 图像的时间和空间分辨率相对 2D-STE 图像较低,即对图像质量要求更高;2D-STE 和与 3D-STE 采集图像的帧频有所差异,可能对研究结果有一定影响;样本数少,研究群体年龄偏集中;由于软件自定义 2D-STE 中的 CS 及 RS 为 18 节段均值,3D-STE 所得的是 17 节段均值,故未对两种方法得出的左心室壁具体各节段进行比较,亦未能将各应变与 MRI 所测应变进行对照。

综上,3D-STE 较 2D-STE 测量应变更为全面、省时、高效。作为 3D-STE 的新型应变参数,AS 可较好地评价左心室收缩功能。

[参考文献]

- [1] 刘利,王志刚,任建丽.二维斑点追踪成像技术在心血管疾病中的应用进展.中国医学影像技术,2011,27(1):179-182.

- [2] Saito K, Okura H, Watanabe N, et al. Comprehensive evaluation of left ventricular strain using speckle tracking echocardiography in normal adults: Comparison of three-dimensional and two-dimensional approaches. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(9): 1025-1030.
- [3] 张丽娟, 尹立雪, 王志刚, 等. 超声三维斑点追踪成像评价肥厚型心肌病左心室扭转运动. *中国介入影像与治疗学*, 2013, 10(5): 303-308.
- [4] Chen J, Liu W, Zhang H, et al. Regional ventricular wall thickening reflects changes in cardiac fiber and sheet structure during contraction: Quantification with diffusion tensor MRI. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2005, 289(5):1898-1907.
- [5] Notomi Y, Lysyansky P, Setser RM, et al. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45(12):2034-2041.
- [6] Biswas M, Sudhakar S, Nanda NC, et al. Two- and three-dimensional speckle tracking echocardiography: Clinical applications and future directions. *Echocardiography*, 2013, 30(1):88-105.
- [7] Becker M, Kramann R, Dohmen G, et al. Impact of left ventricular loading conditions on myocardial deformation parameters: Analysis of early and late changes of myocardial deformation parameters after aortic valve replacement. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(6):681-689.
- [8] Evangelista A, Nesser J, De Castro S, et al. Three-dimensional speckle tracking study of myocardial mechanics in normal humans: Demonstration of regional and segmental heterogeneity in radial, circumferential and longitudinal strain. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53(1):A246.
- [9] Ammar KA, Paterick TE, Khandheria BK, et al. Myocardial mechanics: understanding and applying three-dimensional speckle tracking echocardiography in clinical practice. *Echocardiography*, 2012, 29(7):861-872.
- [10] Galderisi M, Esposito R, Schiano-Lomoriello V, et al. Correlates of global area strain in native hypertensive patients: A three-dimensional speckle-tracking echocardiography study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2012, 13(9):730-738.
- [11] Kleijn SA, Aly MF, Terwee CB, et al. Three-dimensional speckle tracking echocardiography for automatic assessment of global and regional left ventricular function based on area strain. *J Am Soc Echocardiogr*, 2011, 24(3):314-321.

《医学影像技师考试一本通》(第 2 版)已出版

由王骏、熊雪峰、蔡裕兴、姚建新主编的《医学影像技师考试一本通》(第 2 版)出版发行,该书从数字及 X 线成像原理、CT 成像原理、磁共振成像原理、DSA 成像原理及其他介入技术、后处理与 PACS、检查技术、质量控制与安全防护等内容入手,根据上岗证考试、职称考试、“三基”考试、入院前准入制考试以及在校学生考试的要求,在第 1 版的基础上重新编排了近 4000 道试题(附答案)。在加大现代医学影像学内涵的同时,淘汰了一些过时的试题,做到与时俱进,为广大医学影像学同仁全面、正确掌握医学影像学奠定了坚实的基础。

购书者均免收包装费、寄费、挂号费。欲购此书者敬请寄 59 元至:南京三牌楼新门口 4 号 7 幢 402 室(邮编:210003),王骏(收),请在留言栏中注明书名及手机号。

