

## 急性前壁心肌梗塞猪模型左室壁三维运动的相关研究

陈 剑, 王庆慧, 尹 帆, 苏 璇, 琬丽妮, 罗庆祎, 张 瑜, 丁云川  
(昆明医科大学附属延安医院医学影像科, 云南 昆明 650051)

**[摘要]** **目的** 应用三维斑点追踪技术 (three-dimensional speckle tracking, 3DT) 研究滇南小耳猪急性前壁心肌梗塞前后室壁节段性运动异常与心肌机械力学状态的变化特点. **方法** 选取滇南小耳猪 18 只, 在进行常规二维超声检查和实时全容积成像三维成像图像采集, 之后开胸结扎左冠状动脉前降支 (LAD) 的中下 1/3 处, 于 1 h 后再次进行常规二维超声检查和实时全容积成像三维成像图像采集, 在获取左心室全容积图像后分析图像, 自动计算左心室旋转角度 (rotation angle, RA)、各节段室壁运动峰值径向应变 (radial strain, RS) 等参数, 并进行对比分析. **结果** 急性前壁心肌梗塞造模后较造模前 LVEF、LVFS 减小 ( $P < 0.05$ ); 心梗造模后比造模前左心室旋转角度 (rotation angle, RA)、旋转率 (rotation rate, RR)、扭转角度 (twist angle, TA) 及扭转率 (twist rate, TR) 减小 ( $P < 0.05$ ). **结论** 结扎左冠状动脉前降支 (LAD) 的中下 1/3 处后, 左心室前间隔中间段、前壁中间段、心尖段 RS、AS 减低, LVEF、LVFS 减小, 提示左心室局部收缩功能减低从而降低整个左心室腔内流体力学效率, 使心脏搏出量减少, 左心室旋转角度 (RA)、旋转率 (RR)、扭转角度 (TA) 及扭转率能成为评价冠心病患者左心室扭转的敏感指标.

**[关键词]** 冠心病; 心肌梗塞; 左心室; 三维斑点追踪

**[中图分类号]** R541.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095-610X (2015) 10-0009-04

## The Correlation Research on Three-dimensional Motion of Left Ventricular Wall in Pig Model of Anterior Wall Acute Myocardial Infarction

CHEN Jian, WANG Qing-hui, YIN Fan, SU Xuan, XIAN Li-ni, LUO Qing-yi, ZHANG Yu,  
DING Yun-chuan

(Dept. of Ultrasound, Kunming Yan'an Hospital, Kunming Yunnan 650051, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the segmental ventricular wall motion and changes of myocardial mechanical state in Diannan Small-Ear pig with anterior wall acute myocardial infarction by using three dimensional speckle tracking (three-dimensional speckle tracking 3DT). **Methods** Two-dimensional and Full volume real-time 3D Echocardiography imaging was performed in 18 Diannan small ear pigs before myocardial infarction to analyze the segmental ventricular wall motion of left ventricle. Then the left anterior descending coronary artery (LAD) was ligated at the the lower 1/3 point, and one hour later, the same all examinations were performed again. The left ventricle (LV) rotation angle (RA), rotation rate (RR), torsion angle (TA) and torsion rate (TR) in the apical full-volume image were measured and compared by using three-dimensional speckle tracking imaging. **Results** After acute anterior wall myocardial infarction, LVEF and LVFS were decreased ( $P < 0.05$ ). The pig's left ventricular rotation angle (RA), rotation rate (RR), torsion angle (TA) and torsion rate (TR) were lower after anterior wall acute myocardial infarction than those before. The difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** After the left anterior descending coronary artery (LAD) is ligated at the lower 1/3 point,

**[基金项目]** 云南省科技厅-昆明医科大学联合专项基金资助项目 (2012FB100), 云南省教育厅科学研究基金资助项目 (2014CD25Y)

**[作者简介]** 陈剑 (1977~), 男, 云南昆明市人, 医学硕士, 副主任医师, 主要从事超声诊断工作.

**[通讯作者]** 丁云川. E-mail: yaxc3211355@163.com

Left ventricular anterior middle segment and apical segment's RS, AS will decrease. It suggests that the lower left ventricular regional systolic function may reduce the blood flow velocity. It reduces left ventricular intracardiac hydrodynamic efficiency and reduces cardiac stroke volume. The left ventricle (LV) rotation angle (RA), rotation rate (RR), torsion angle (TA) and torsion rate (TR) can be sensitive parameters for evaluation of left ventricular rotation in patients with coronary heart disease.

[**Key words**] Coronary heart disease; Myocardial infarction; Left ventricle; Three-dimensional speckle tracking

冠状动脉粥样硬化性心脏病 (coronary heart disease, CHD) 简称冠心病, 是指冠状动脉粥样硬化使血管腔阻塞而导致心肌缺血、缺氧引起的心脏疾病, 是最常见的心血管疾病之一<sup>[1]</sup>。如何准确评价心梗后心室功能一直是临床关注的重点, 近年来出现的三维斑点追踪技术可对心脏的三维立体全容积图像进行追踪分析, 较以往其他方法能够更为准确地评价心肌的运动和变形能力<sup>[2-5]</sup>。本文旨应用三维斑点追踪技术能准确有效的对心室壁运动进行三维空间运动分析的技术特点, 通过对结扎冠脉左前降支相同部位造成相同部位和范围的前壁心梗的猪模型, 并对造模前后左心室室壁整体和局部运动变化加以分析, 以研究相同部位、范围和梗塞时间的急性前壁心梗前后, 梗死心肌的心肌整体及各节段应变特征, 探讨前壁心肌梗死时三维应变值能否准确、定量地对局部室壁运动异常和左室整体收缩功能做出准确分析。

## 1 资料与方法

### 1.1 实验动物及急性前壁心梗动物模型制备

选取 18 只滇南小耳猪 (购于昆明医科大学动物实验中心), 体重 (20 ± 1.5) kg, 实验方案获得昆明医科大学附属延安医院实验动物伦理委员会批准。

制作急性前壁心肌梗塞动物模型: 先后给予实验动物滇南小耳猪氯胺酮 (10 mg/kg), 酚酞尼 (0.1 mg/kg) 静脉注射后, 连接心电监测, 行气管插管、呼吸机辅助通气, 颈动、静脉插管, 监测动脉压。仰卧位, 胸部正中切口开胸骨, 切开并分离皮下组织, 暴露心脏, 纵向切开心包, 分离并结扎冠状动脉左前降支中下 1/3 处, 60 min 后制

成急性心肌梗塞动物模型。

### 1.2 仪器与方法

**1.2.1 仪器** 采用 Toshiba artida880 彩色多普勒超声显像诊断仪, 配备 PST-30SBT 二维探头频率 2.5 ~ 5 MHz 及 PST-25SX 三维矩阵探头, 频率 1 ~ 3 MHz。

**1.2.2 方法** 图像采集时取仰卧位, 连接心电图, 先行常规二维超声检查, 于胸骨旁左心长轴切面测量左室舒张末内径 (LVIDd)、左室收缩末内径 (LVIDs)、室间隔舒张末厚度 (IVSd) 左室后壁舒张末厚度 (PWd), 双平面 Simpson 法计算左心室射血分数 (EF)。换用矩阵 PST-25SX 探头, 将探头置于心尖部, 在显示心尖四腔心切面后, 适当调节扇角与深度, 调节帧频大于 20 帧/s, 启用谐波及最佳优化模式, 直至显示最佳的心尖四腔图像, 采集连续 4 个心动周期的实时全容积成像三维数据库, 在获取满意的左心室全容积图像后储存并分析图像, 自动计算左心室旋转角度 (rotation angle, RA)、旋转率 (rotation rate, RR)、扭转角度 (twist angle, TA) 及扭转率 (twist rate, TR) 等参数。并于冠状动脉结扎后再次测量。

### 1.3 统计学分析

采用 SPSS 统计软件分析数据。各组数据以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。为自身前后对照比较, 心肌梗塞前后各数据均为正态分布计量资料, 用成组 *t* 检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。各相关参数的关系采用 Spearman 分析。

## 2 结果

18 只滇南小耳猪中有 2 只出现室颤后抢救无效死亡, 有 2 例在结扎冠脉 20 ~ 30 min 后出现室

表 1 心梗前后部分参数结果 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab. 1 Part results before and after myocardial infarction ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	<i>n</i>	LVEF (%)	LVFS (%)	LVIDd (mm)	LVIDs (mm)
造模前	18	67.1 ± 11.3	34.2 ± 6.9	32.2 ± 3.6	17.1 ± 3.4
造模后	16	43.4 ± 7.7*	21.3 ± 4.9*	33.3 ± 4.1▼	18.6 ± 4.7

与造模前比较, \* $P < 0.05$ 。

颤经除颤后恢复, 最终有效动物为 16 只, 部分测值见表 1. 心梗造模后相比造模前左心室收缩功能的 LVEF、LVFS 均减小 ( $P < 0.05$ ), 而左室舒张末内径 (LVIDd)、左室收缩末内径 (LVIDs)、室间隔舒张末厚度 (IVSd) 左室后壁舒张末厚度 (PWd) 心梗前和心梗后 1 h 无明显变化 ( $P > 0.05$ ). 造模前左心室心尖部度呈逆时针旋转, 心底部呈顺时针旋转, 整体呈逆时针旋转, 且均于收缩期末达峰值, 左心室各节段随心动周期变化曲线的趋势较为一致. 造模后左心室整体纵向、径向、圆周值及面积应变与造模前相比均下降 ( $P < 0.05$ ), 左心室旋转角度 (RA)、旋转率 (rRR)、扭转角度 (TA) 及扭转率 (TR) 均较造模前减低,  $P < 0.05$  (表 2), 曲线形态较术前相应

的 RA、RR、TA、TR 曲线的波幅减低, 曲线形态紊乱 (图 1), 特别是造模后 TR 与造模前组间差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ).

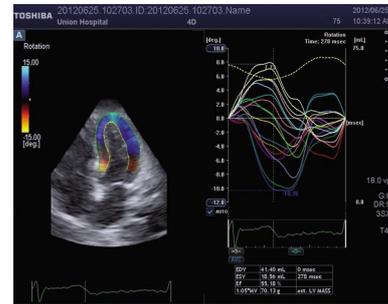


图 1 造模后左心室旋转曲线图

Fig. 1 The curve of left ventricle rotation after modeling

表 2 左心室旋、转扭转等参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab. 2 Comparison of the left ventricular RA, RR, TA and TR between before and after myocardial infarction ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	左室整体扭转角度 (deg)	扭转率(deg/s)	心尖旋转角度 (deg)	心尖旋转率 (deg/s)
造模前	12.11 ± 4.32	107.64 ± 33.84	12.21 ± 4.33	89.77 ± 30.11
造模后	6.23 ± 4.15*	84.36 ± 19.92*	6.87 ± 2.29*	39.49 ± 17.93*

与造模前比较, \* $P < 0.05$ .

### 3 讨论

心脏的收缩和舒张是一个包含了心室肌肉的扭转和解旋的三维空间立体运动<sup>[6-8]</sup>. 当冠状动脉血流中断, 阻塞部位远端冠脉供血区域的心肌发生缺血, 出现心肌运动收缩减弱或无收缩. 这种局部室壁运动减弱是冠状动脉阻塞后心肌最早出现的具有特征性的表现之一. 三维超声斑点追踪技术作为最近研发的一种超声定量分析软件, 可以通过逐帧追踪三维灰阶图像中均匀分布于心肌内的散射斑点, 在此基础上逐帧的比较每个斑点的运动及斑点间的相对运动, 从而计算出相应的纵向应变率、角偏移等参数, 由于其克服了角度依赖性, 可以从多个方向对心肌节段应变进行评价, 对心尖节段也能较好地研究, 且三维应变软件涵盖的兴趣区范围是整个心室壁, 相比较以往类似软件只能分析心室壁各节段中的某个点而言, 其分析范围扩大, 能更完整地分析心室各节段的应变情况, 其结果也更接近真实的心肌运动情况<sup>[9]</sup>. 同时也克服了以往二维超声斑点追踪技术由于其基于二维图像, 不能反映心脏实时三维的运动状态的较大局限性, 三维斑点追踪技术有了较大的运用空间<sup>[10]</sup>.

笔者曾结合三维斑点追踪技术对前壁心肌梗患者室壁运动与心腔内血流的相关性进行研究, 发现左心室重构以后心室形态改变, 局部收缩功能减低导致了左心室内血流速度减低以及涡流持续时间延长, 从而降低了左心室心腔内流体力学效率, 使心脏搏出量减少<sup>[11]</sup>. 但由于不同心肌梗患者梗塞时间和梗塞部位不尽相同, 上述指标准确性值得进一步研究, 所以本研究旨在通过对 18 例滇南小耳猪结扎冠脉左前降支的相同部位造成同一部位和范围的前壁梗动物模型, 并在造模后同一时间对造模前后左心室局部心肌运动减弱对左心室整体和局部影响进行研究. 结果发现心梗造模后相比造模前左心室收缩功能的 LVEF、LVFS 均减小 ( $P < 0.05$ ), 而左室舒张末内径 (LVIDd)、左室收缩末内径 (LVIDs)、室间隔舒张末厚度 (IVSd) 左室后壁舒张末厚度 (PWd) 心梗前和心梗后 1 h 无明显变化 ( $P > 0.05$ ). 造模前左心室心尖部度呈逆时针旋转, 心底部呈顺时针旋转, 整体呈逆时针旋转, 且均于收缩期末达峰值, 左心室各节段随心动周期变化曲线的趋势较为一致. 造模后左心室整体纵向、径向、圆周值及面积应变与造模前相比均下降 ( $P < 0.05$ ), 左心室旋转角度 (RA)、旋转率 (RR)、扭转角度 (TA) 及

扭转率 (TR) 均较造模前减低 (表 2), 曲线形态较术前相应的 RA、RR、TA、TR 曲线的波幅减低, 曲线形态紊乱 (图 1), 特别是造模后 TR 与造模前组间差异有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。另外, 造模后前间隔中间段、前壁中间段、心尖段 RS、AS 减低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。心梗造模后前间隔中间段、前壁中间段、心尖段 T-RS 延长, 左心室 16 节段 Tsrs-SD、Tsrs-Diif, Tsas-SD、Tsas-Diff 均较造模前延长, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。说明前壁心梗后由于心肌缺血坏死已使心肌纤维的收缩功能受损, 导致左心室的扭转能力下降, 而左心室的整体扭转运动能力下降, 前间隔中间段、前壁中间段、心尖段 RS、AS 也减低。左心室旋转角度 (RA)、旋转率 (RR)、扭转角度 (TA) 及扭转率能成为评价冠心病患者左心室扭转的敏感指标, 这与王庆慧等<sup>[12]</sup>在冠心病患者观察到左心室扭转的情况向一致。

当然, 本研究仅纳入分析了冠脉左前降支远端 1/3 处被结扎前壁心肌梗动物模型 1 h 后的胸腔内血流变化情况, 可以肯定的是不同部位、不同时间段的心肌梗塞都会对胸腔内血流流场产生不同的影响, 在今后的研究中还应逐步分析其他部位心肌梗塞后左心室腔内血流的流场特点, 以进一步完善相关研究。

#### [参考文献]

- [1] TORRENT G F, BUCKBERG G D, CLEMENTE C, et al. The Structure and Function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart [J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 13 (4): 301 - 319.
- [2] 汤乔颖, 邓又斌, 黄润青, 等. 实时三维超声心动图斑点追踪技术评价常人左心室心肌应变[J]. 中华超声影像学杂志, 2012, 21(1): 1 - 5.
- [3] 吕慧娜, 任卫东, 孙璐, 等. 超声成像技术评价高血压性心脏病患者心肌运动研究进展 [J]. 山东医药, 2015, 20(12): 98 - 100.
- [4] HAYAT D, KOELCKNER M, NAHUM J, et al. Comparison of real-time three-dimensional speckle tracking to magnetic resonance imaging in patients with coronary heart disease [J]. Am J Cardiol, 2012, 109(2): 180 - 186.
- [5] BACCOUCHE H, MAUNZ M, BECK T, et al. Differentiating cardiac amyloidosis and hypertrophic cardiomyopathy by use of threedimensional speckle tracking echocardiography [J]. Echocardiography, 2012, 29(6): 668 - 677.
- [6] RICHAND V, LAFITTE S, REANT P, et al. An ultrasound speckle tracking (two-dimensional) analysis of myocardial deformation in professional soccer players compared with healthy subjects and hypertrophic cardiomyopathy [J]. Am J Cardiol, 2007, 100(1): 128 - 132.
- [7] TORRENT-GUASP F, BUCKBERG G D, CLEMENTE C, et al. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart [J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 13 (4): 301 - 319.
- [8] BUCKBERG G, HOFFMAN J I, NANDAN A NC, et al. Ventricular torsion and untwisting: further insights into mechanics and timing interdependence: a viewpoint [J]. Echocardiography, 2011, 28(7): 782 - 804.
- [9] YODWUT C C, WEINERT L L, KLAS B B, et al. Effects of frame rate on threedimensional speckle-tracking-based measurements of myocardial deformation [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2012, 25(9): 978 - 985.
- [10] NESSER H J, MOR-ABI V, GORISSEN W, et al. ventricular volumes using three-dimensional echocardiographic speckle tracking: comparison with MRI [J]. Eur Heart J, 2009, 30(13): 1565 - 1573.
- [11] 陈剑, 丁云川, 尹帆, 等. 前壁心肌梗塞患者左室壁三维运动与左室流场变化相关性研究 [J]. 昆明医科大学学报, 2014, 35(10): 65 - 69.
- [12] 王庆慧, 丁云川, 陈剑, 等. 三维斑点追踪技术在评价冠心病患者左心室扭转中的应用 [J]. 实用医院临床杂志, 2012, 9(5): 19 - 21.

(2015 - 05 - 22 收稿)