

## 应用血流向量成像评价 AMI 患者 PCI 术前术后左室涡流变化特点

陈晓旭, 张玲, 符颖

**【摘要】 目的:**应用血流向量成像(VFM)技术评价急性心肌梗死(AMI)患者经皮冠状动脉介入术(PCI)术前、术后左室收缩期涡流状态变化。**方法:**选择健康检查者25例(正常对照组)和AMI患者30例(AMI组),分别对健康检查者和AMI患者PCI术前、术后1个月行超声心动图检查,采集连续三个心动周期标准三切面彩色血流动态图,分析左室收缩期涡流横径、纵径、横向、纵向位置及最大向量速度,比较涡流在正常对照组、AMI组术前、术后的变化并进行统计学分析。**结果:**与正常对照组相比,AMI组术前左室收缩早期涡流纵径增大[分别为(27.08±4.37)和(21.64±5.41)min,  $P<0.05$ ],最大向量速度减小[分别为(25.23±8.42)和(32.83±12.23)cm/s,  $P<0.05$ ]。术后1个月AMI组涡流流量、强度、最大向量速度较术前增加( $P<0.05$ )。**结论:**健康成人左室收缩期涡流遵循一定的规律,AMI患者左室收缩期涡流不规则,导致能量的损耗,PCI术后患者的涡流状态有所改善。VFM技术为评价急性心肌梗死患者及PCI术前、术后心腔内血流变化提供了一种新途径。

**【关键词】** 心肌梗死; 血流向量成像; 放射学,介入性; 超声检查

**【中图分类号】** R541.9; R445.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)05-0567-04

**Evaluation of vortex in left ventricle during systolic phase in patients with acute myocardial infarction by vector flow mapping before and after PCI** CHEN Xiao-xu, ZhANG Ling, FU Ying. Qiqihar Medical College Affiliated Fifth Hospital Daqing Longnan Hospital Physical Diagnosis Branch, Heilongjiang 163453, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the characteristics of vortex in the left ventricle (LV) of patients, who suffered from acute myocardial infarction (AMI), before and after PCI by using vector flow mapping (VFM). **Methods:** Thirty patients with acute myocardial infarction were examined by two-dimensional echocardiography before and after PCI and twenty-five healthy people were examined as well. The apical three-chamber color Doppler images in three sequent cardiac cycles were collected and the parameters of the left ventricular systolic vortex including vortex width, length, transverse, depth position, maximum vector speed were analyzed by VFM, and the differences of vortex were compared between the normal group and patients with acute myocardial infarction before and after PCI. **Results:** In the early systolic stage, longitudinal diameter was longer in patients with acute myocardial infarction than that of healthy persons (27.08±4.37 vs 21.64±5.41,  $P<0.05$ ), vortex maximum speed was reduced (25.23±8.42 vs 32.83±12.23,  $P<0.05$ ), the vortex flow and strength were reduced, vortex maximum speed was increased after PCI ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** There are some regularities of the vortex which are followed in the healthy persons and those in the patients with acute myocardial infarction are irregular, which would make the energy loss. In this study, the results suggest that the parameters of vortex are ameliorated after PCI, which provide a new approach to estimate hemodynamic change of the heart before and after PCI for further research.

**【Key words】** Myocardial infarction; Vector flow mapping; Radiology, interventional; Ultrasonography

急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)是威胁人类健康的重要心脏疾病,经皮冠状动脉介入术(percutaneous coronary intervention, PCI)后患者的心功能可得到明显改善。针对急性心肌梗死患者PCI术前后的心功能评价,目前常采用射血分数、心电图和超声心动图等方法。血流向量成像(vector flow mapping, VFM)是一种基于流体动力学原理的能够评价心腔内血流状态的技术<sup>[1]</sup>,在彩色多普勒超声图像的基础上,利用断层摄影技术,显示血流并进

行定量分析<sup>[2]</sup>。VFM作为一种新的评价心腔血流状态的技术,已经成为科学研究的新方向<sup>[3]</sup>,然而在研究急性心肌梗死患者PCI术前、术后心腔内血流动力学上却应用较少。本研究利用VFM技术评估急性心肌梗死患者PCI术前、术后1个月左室收缩期涡流状态的变化,旨在从血流动力学角度对心功能进行评价。

## 材料与方法

### 1. 研究对象

急性心肌梗死组(AMI组):随机选择2012年7月—12月我院心内科经确诊的急性心肌梗死患者30例,其中男18例,女12例,年龄39~75岁,平均(52.5±

作者单位:163453 黑龙江,大庆市齐齐哈尔医学院第五附属医院大庆龙南医院物理诊断科  
作者简介:陈晓旭(1969—),女,黑龙江人,主治医师,主要从事心脏超声诊断工作。

10.2)岁。根据患者的临床症状、心肌酶谱、心电图检查及超声心动图检查结果确诊为急性心肌梗死。入选患者均行冠状动脉造影术筛选病变动脉,于确诊后24h内行经皮冠状动脉介入术。排除标准:患有心脏瓣膜病、先心病、心肌疾病、心律失常等疾病者。

正常对照组:选择2012年7月-12月在我院体检的健康体检者25例,其中男12例,女13例,年龄42~67岁,平均(54.2±7.5)岁。入选者均经体检、心内科常规检查确认排除各种心脏疾病。正常对照组所有成员均为窦性心律,临床心功能NYHA分级I级。

## 2. 仪器与检查方法

超声检查采用日本Aloka公司的prosound α10彩色多普勒超声成像仪,PA52105探头,频率2.0~5.0 MHz,后期采用VFM软件DAS-RS1工作站进行脱机分析。所有受检者均采取左侧卧位,平静呼吸,同步进行心电图、常规超声心动图检查。检查项目为左心室收缩末期内径(left ventricular end systolic diameter, LVESD)、左心室舒张末期内径(left ventricular end diastolic, LVEDD);采用双平面Simpson法检测左心室收缩末容积(left ventricular end systolic volume, LVESV)、左心室舒张末容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。然后探头置于心尖,待显示标准心尖三腔切面后,调节取样框,使其包括左心室流入道、流出道及左心室心腔。调节彩色增益和标尺,帧频(30±5)帧/s,采集储存连续三个心动周期的彩色动态血流图。

## 3. 图像分析

将数据导入DAS-RS1 2.0工作站,启动VFM图像分析系统。使用速度向量图、流线图、涡流图等方法显示左心室各心动时相的血流状态。设置漩涡精细度值 $T=1$ ,流量值 $D=3\text{ cm}^2/\text{s}$ ,测量左心室内各项涡流参数包括涡流

横向位置、涡流纵向位置、涡流最大横径、涡流最大纵径以及涡流强度。

## 4. 统计学分析

采用SPSS 13.0统计软件进行统计学分析,计量资料均用均值±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示。AMI组和对照组的检测参数比较采用成组 $t$ 检验,AMI组患者PCI术前与术后1个月的参数比较采用配对 $t$ 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结果

### 1. 正常对照组与AMI组PCI术前、术后1个月基本情况和常规超声心动图检查结果

和正常对照组相比,AMI组患者左心室收缩末期内径、舒张末期内径、收缩末容积、舒张末容积等指标均显著增大( $P<0.05$ ),射血分数显著减小( $P<0.05$ )。PCI术后AMI患者各项指标较PCI术前差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),与对照组比较各参数差异无统计学意义( $P>0.05$ ,表1)。

### 2. AMI组患者PCI术前、术后左心室收缩期血流场演变规律和涡流参数的变化

在涡流模式下,AMI组患者左心室收缩早期,二尖瓣下延续舒张末期的惯性运动的红色血流信号与主动脉瓣流出道流向主动脉的蓝色血流信号形成了不规则的涡流(图1a)。与对照组的健康检查者相比,涡流中心的横向位置更靠近左心室后侧壁基底部( $P<$

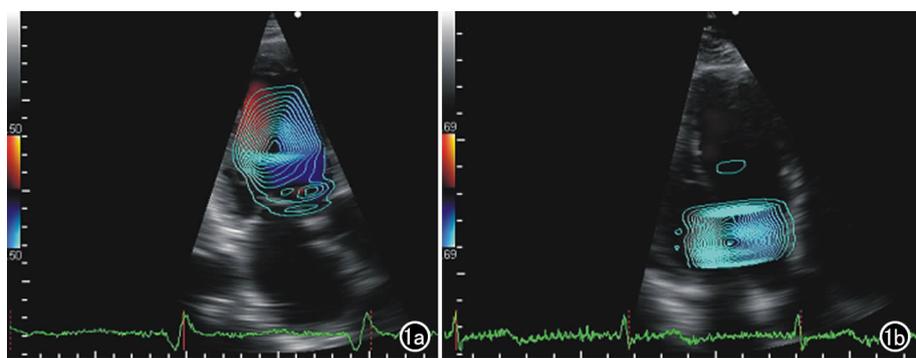


图1 急性心肌梗死患者PCI术前、术后左心室收缩期涡流图。a) PCI术前左心室收缩期涡流图; b) PCI术后左心室收缩期涡流图。

表1 正常对照组与AMI组PCI术前、术后1个月常规超声心动图检测参数比较

指标	①对照组	②PCI术前	③PCI术后	①与②		③与②		③与①	
				$t$ 值	$P$ 值	$t$ 值	$P$ 值	$t$ 值	$P$ 值
年龄(岁)	54.2±7.5	52.5±10.2	52.5±10.2	—	—	—	—	—	—
体表面积( $\text{m}^2$ )	1.82±0.21	1.79±0.18	1.79±0.18	—	—	—	—	—	—
心率(次/min)	70.92±6.58	68.74±5.29	69.95±6.60	—	—	—	—	—	—
LVESD(mm)	31.64±2.41	37.08±6.37	31.64±2.43	3.637	0.001	2.829	0.005	0.658	0.125
LVEDD(mm)	43.83±2.23	51.23±7.42	47.36±4.25	3.871	0.001	2.259	0.021	1.829	0.167
LVESV(ml)	35.06±2.64	101.52±52.03	64.84±17.27	3.539	0.002	3.198	0.002	2.853	0.083
LVEDV(ml)	96.85±7.65	169.82±77.48	141.55±51.67	2.449	0.016	2.087	0.039	1.937	0.073
LVEF(%)	64.56±4.32	37.96±8.49	57.06±11.34	5.254	0.001	2.785	0.006	1.858	0.139

0.05), 纵向位置更靠近心尖部( $P < 0.05$ ), 涡流纵径增大( $P < 0.05$ )而横径无明显变化, 最大向量速度、流量和涡流强度均减小( $P < 0.05$ , 表 2、3)。收缩中晚期时, 流入道的血流继续向心尖部运动, 转而流向主动脉, 涡流缓慢减小, 持续至收缩期结束。PCI 术后 1 个月患者左心室内不规则涡流消失, 呈现出形态较规则的涡流。与术前比较, 术后涡流的横向位置向前间隔侧靠近(图 1b), 涡流纵径显著减小, 涡流的流量、强度、最大向量速度和术前相比都有所增加, 其与对照组差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 与术前相比差异有统计学差异( $P < 0.05$ , 表 2、3)。收缩早期的左心室涡流, 血流加速流向主动脉方向, 而收缩中晚期在二尖瓣下方以层流的方式流向主动脉, 流速逐渐减缓。

表 2 两组 PCI 术前、术后 1 个月收缩早期涡流参数

指标	对照组	AMI 组术前	AMI 组术后
横向位置(%)	0.53±0.06	0.45±0.05	0.52±0.06
纵向位置(%)	0.82±0.05	0.60±0.05	0.80±0.08
横径(mm)	28.25±7.05	25.82±8.13	28.31±6.92
纵径(mm)	21.64±5.41	27.08±4.37	19.64±7.43
最大向量速度(cm/s)	32.83±12.23	25.23±8.42	31.36±9.25
流量(ml)	17.06±2.64	14.52±5.03	19.84±7.27
涡流强度( $s^{-1}$ )	19.85±2.65	16.82±4.48	20.55±4.67

## 讨论

急性心肌梗死作为严重威胁人类健康的疾病, 它所致的心功能异常, 最终都表现为心腔内血流流场的动力学改变<sup>[4-6]</sup>, 因此探索心腔内的血流流场变化规律对研究心脏疾病的发生、发展机制有着重要意义。新近开发出的 VFM 技术是在彩色多普勒成像基础上, 模拟三维流场分布<sup>[7]</sup>, 在观测平面内能够观察到血流速度中的可进出基本流和封闭的涡流, 并运用数学公式计算出两者的速度分量、速度向量<sup>[8]</sup>, 进而观察心腔内的血流变化状态。研究显示, 健康成年人左心室在等容收缩期时出现“风箱样”运动, 室壁动力使血流具有了一定的初速度, 由心尖段至基底段流出, 因此在左心室腔内形成了一个加速涡流<sup>[9]</sup>, 促进二尖瓣顺利关闭, 涡流的整体状态直接影响心脏能量的转化、传递<sup>[10]</sup>。

本研究对健康对照组成员进行 VFM 检测, 发现收缩早期的心室腔内形成的范围较大的涡流, 使得二

尖瓣处于安全的关闭状态, 血流能够顺利地流向主动脉; 而收缩中晚期时, 血流由心尖段指向主动脉段, 以层流方式流入主动脉, 涡流也逐渐减小消失, 这与国内外的其他报道结果相一致<sup>[11]</sup>, 提示收缩早、中晚期的不同血流方式保证了心脏泵血的正常进行。通过与对照组的比较发现, AMI 患者左心室各项超声心动图指标(LVESD、LVEDD、LVESV、LVEDV)显著增大, 射血分数显著减小, 左心室收缩期可见流向主动脉的血流和由于惯性向心尖流动的血流汇成不规则的整体涡流, 涡流中心的横向位置更靠近后侧基底部, 纵向位置更靠近心尖部, 纵径增大 $[(21.64 \pm 5.41)$ 和 $(27.08 \pm 4.37)$  mm]、最大向量速度 $[(32.83 \pm 12.23)$ 和 $(25.23 \pm 8.42)$  cm/s]、流量 $[(17.06 \pm 2.64)$ 和 $(14.52 \pm 5.03)$  ml]和涡流强度 $[(19.85 \pm 2.65)$ 和 $(16.82 \pm 4.48)$   $s^{-1}$ ]均减小, 出现这些现象的原因可能是由于冠状动脉阻塞导致心肌部分缺血梗死, 导致室壁运动的不协调, 出现节段性室壁运动功能障碍, 从而使心腔内的血流受力不均匀<sup>[12]</sup>。左室室壁运动不协调使腔内压力上升缓慢, 室壁推进血流向流出道的作用减弱, 导致涡流的中心位置改变, 涡流减小缓慢, 血流淤滞于心腔, 心脏能量的传递和转化受到相应的影响<sup>[13]</sup>, 所以涡流的最大向量速度和涡流强度下降。PCI 术后 1 个月, AMI 患者超声心动图各项指标恢复, 收缩期涡流变得规则、有序, 涡流流量、强度及向量速度都有不同程度增加, 早期加速流向主动脉, 收缩中晚期以层流方式进入主动脉。PCI 术使堵塞的冠状动脉再通, 心肌恢复充足的血液供应, 收缩能力得到改善, 涡流变规则, 血流趋于稳定, 减少了能量损耗<sup>[14]</sup>。然而, VFM 同样存在无法回避的局限: 由于一些高速血流信号在心腔中会出现混叠, 导致速度信息丢失, 而一些低速信号又很难清楚地显示, 导致 VFM 很难应用于那些高速分流以及低速血流的评估。

综上所述, VFM 技术能够无创地检测心室腔内的血流运动特征, 为进一步深入研究心腔血流状态对心功能的影响奠定基础; 该技术在投入早期应用的同时, 仍然存在一些局限性, 如用二维平面观察三维立体血流流场, 不能在线实时分析等。本研究利用 VFM

表 3 正常对照组和 AMI 组 PCI 术前、术后 1 个月收缩早期涡流参数比较

指标	对照组与 AMI 组术前		AMI 组术后与术前		AMI 组术后与对照组	
	t 值	P 值	t 值	P 值	t 值	P 值
横向位置(%)	5.109	0.000	4.197	0.000	2.935	0.163
纵向位置(%)	3.225	0.000	3.019	0.000	1.648	0.098
横径(mm)	1.172	0.246	1.179	0.248	0.858	0.135
纵径(mm)	4.637	0.000	3.062	0.000	2.316	0.174
最大向量速度(cm/s)	3.006	0.000	2.259	0.000	1.850	0.119
流量(ml)	3.139	0.000	2.332	0.000	0.471	0.108
涡流强度( $s^{-1}$ )	2.449	0.000	3.142	0.000	1.938	0.085

技术显示 AMI 患者左心室收缩期血流运动有异于健康成人,且 PCI 术后血流状态有所改善,这些结论为今后的进一步研究奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] Uejima T, Koike A, Sawada H, et al. A new echocardiographic method for identifying vortex flow in the left ventricle: numerical validation[J]. *Ultrasound Med Boil*, 2010, 36(5):772-788.
- [2] 李姝娜,夏焔,李薇玢,等. 血流向量成像定量评价正常婴幼儿心腔血流动力学[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(7):1340-1344.
- [3] 刘梅,王建华,丁桂春,等. 应用血流向量成像技术观察心肌梗死患者左心室舒张期血流状态[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2011, 8(9):1987-1993.
- [4] 胡彧,谢明星,覃小娟,等. 血流向量成像评价心肌梗死患者收缩期左心室涡流状态[J]. *中国医学影像技术*, 2010, 26(10):1873-1876.
- [5] 侯传举,邹苏娅,邓东安,等. 急性心肌梗死并发室间隔穿孔彩色多普勒超声心动图特征研究[J]. *医学影像学杂志*, 2012, 22(1):42-44.
- [6] 刘燕,李云安,杨燕淑,等. 经胸彩色多普勒超声心动图对超急性期心肌梗死的诊断[J]. *医学影像学杂志*, 2013, 23(1):60-62.
- [7] 佟艳明,李治安,何怡华,等. 漩涡参数在左心室舒张功能评价中的应用[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2013, (3):194-199.
- [8] 马楚云,赵宝珍,熊文峰,等. 血流向量成像技术对正常人心动周期不同时相左室流态的研究[J]. *上海医学影像*, 2011, 20(2):96-99.
- [9] 马小静,夏焔,曾熙,等. 血流向量成像技术评价室壁瘤患者左心室整体舒张功能[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2012, 6(11):2876-2881.
- [10] 宿阳,田家玮,姜双全,等. 应用 VFM 技术评价扩张型心肌病收缩期左心室心腔内血流动力学变化[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(6):1164-1167.
- [11] 童锴,张瑾,王晶,等. 早期心肌缺血状态下左心室腔内涡流特征[J]. *南方医科大学学报*, 2012, 32(4):492-495.
- [12] 刘蕊,纳丽莎,刘丽文,等. 血流向量成像定量评价急性心肌梗死患者等容收缩期左心室涡流[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(1):97-100.
- [13] 韦馨,唐红,陈柳,等. 血流向量成像技术在房间隔缺损右房流场可视化及肺体循环血流量比定量中的价值[J]. *四川大学学报*, 2012, 43(2):275-279.
- [14] Lilly LS. Pathophysiology of heart disease: a collaborative project of deical students and faculty[M]. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011:244-260.

(收稿日期:2013-11-12 修回日期:2014-02-19)

## 《中国介入影像与治疗学》杂志 2014 年征订启事

《中国介入影像与治疗学》杂志创刊于 2004 年,是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办,中国工程院医药卫生工程学部协办的国家级学术期刊,主编为邹英华教授。刊号:ISSN 1672-8475, CN 11-5213/R。是中国精品科技期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国科学引文数据库核心期刊、中国期刊全文数据库全文收录期刊、荷兰《医学文摘》收录源期刊、俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊、波兰《哥白尼索引》收录源期刊。

《中国介入影像与治疗学》杂志以报道介入影像与治疗学、介入超声学、介入材料学、药物学与护理学等方面的临床研究、基础研究以及医、理、工结合的成果与新进展为主,在学术上追求高起点、创新性;在技术上追求先进性、实用性和规范化;信息报导上追求真实性、时效性、可读性。本刊是介入影像、治疗学工作者学习、交流的园地,也是图书馆必备的学术刊物。

《中国介入影像与治疗学》为月刊,64 页,大 16 开本,彩色印刷。单价:16 元,全年定价 192 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号:80-220;亦可向编辑部直接订阅,免邮寄费(欢迎通过银行转账,附言栏请注明订阅杂志名称)。

登录新浪、腾讯微博关注“中国介入影像与治疗学”或者搜索微信号“cjiit2004”关注。

地址:100190 北京市海淀区北四环西路 21 号大猷楼 502 室 孟辰凤

电话:010-82547903 E-mail:cjiit@mail.ioa.ac.cn 网址:www.cjiit.com

银行账户名:《中国医学影像技术》期刊社 开户行:招商银行北京分行清华园支行 账号:

110907929010201