

❖ 心脏、血管影像学

### Velocity vector imaging evaluation on right ventricular function in patients with acute pulmonary thromboembolism

XIE Fang<sup>1\*</sup>, HUANG Yu-ling<sup>2</sup>, LI Hai-peng<sup>3</sup>

(1. Department of Ultrasound, 2. Department of Cardiovascular Medicine, Hebei United University Affiliated Hospital, Tangshan 063000, China;

3. Department of Ultrasound, Tangshan City Union Hospital, Tangshan 063000, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate local and global function of right ventricle in patients with acute pulmonary thromboembolism (APTE) with velocity vector imaging (VVI). **Methods** Totally 46 APTE patients were selected and divided into mild and moderate pulmonary hypertension group (PH I) and severe pulmonary hypertension group (PH II). Thirty healthy volunteers were enrolled as control group. Routine measurement was made of right ventricular diameter (RV), right ventricular wall thickness (RVAW), the movement range of RVAW, the main pulmonary artery (MPA) as well as pulmonary artery systolic pressure (PASP). Then velocity (V), strain (S) and strain rate (SR) of the basal, middle, apical segments of right ventricular free wall and septal wall were measured with VVI, and right ventricular ejection fraction (RVEF) was calculated. **Results** With the rise of pulmonary artery pressure, RV and MPA increased gradually while the movement range of RVAW and RVEF increased in PH I, but decreased in PH II (both  $P < 0.05$ ). Right ventricular part myocardial V, S, SR increased in PH I, but decreased in PH II ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** VVI can be used to make quantitative assessment of the right ventricular function in patients with APTE, and is a new effective technology for the evaluation of right ventricular function.

[Key words] Velocity vector imaging; Pulmonary embolism; Ventricular function, right

### 速度向量成像技术评价急性肺血栓栓塞患者右心室功能

谢芳<sup>1\*</sup>, 黄宇玲<sup>2</sup>, 李海朋<sup>3</sup>

(1. 河北联合大学附属医院超声科, 2. 心血管内科, 河北唐山 063000; 3. 唐山市协和医院超声科, 河北唐山 063000)

[摘要] **目的** 应用速度向量成像(VVI)技术检测急性肺血栓栓塞(APTE)患者右心室功能的变化,探讨 VVI 技术对右心室功能的评估价值。**方法** 选择 APTE 患者 46 例,按肺动脉压力分为轻中度肺动脉高压(PH)组和重度 PH 组;另选健康志愿者 30 名作为对照组。常规测量右心室横径、右心室前壁厚度及运动幅度、主肺动脉内径、肺动脉收缩压;启动 VVI 模式,在心尖四腔切面测量右心室游离壁及室间隔右心室面的基底段、中间段、心尖段的运动速度、应变和应变率(SR),并计算右心室射血分数。**结果** 随着肺动脉压力负荷增大,右心室及主肺动脉内径逐渐增加,右心室壁运动幅度及右心室射血分数在轻中度 PH 组增加,在重度 PH 组明显减低( $P$ 均 $<0.05$ )。肺动脉压轻中度增高后,右心室部分心肌运动速度、应变和 SR 代偿性增强;肺动脉压重度增高后,右心室各节段心肌运动速度、应变和 SR 均明显减低,差异均有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ )。**结论** VVI 技术可定量无创评估 APTE 患者右心室功能的变化。

[作者简介] 谢芳(1977—),女,山西和顺人,硕士,主治医师。研究方向:心脏超声。  
[通讯作者] 谢芳,河北联合大学附属医院超声科,063000。E-mail: lmsh1225@163.com  
[收稿日期] 2010-10-21 [修回日期] 2011-01-05

[关键词] 速度向量成像;肺栓塞;心室功能;右

[中图分类号] R540.45; R563.5 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2011)04-0739-04

急性肺血栓栓塞(acute pulmonary thromboembolism, APTE)后,肺循环阻力增加,出现肺动脉高压(pulmonary hypertension, PH)、右心功能障碍,引发一系列临床症状。近年研究<sup>[1]</sup>表明右心室功能的完整性是决定 PTE 预后和疗效的重要因素。速度向量成像(velocity vector imaging, VVI)技术可提供其他超声所不能检测的多种心功能参数。本研究应用 VVI 技术检测 APTE 后右心室后负荷,观察右心室应变和应变率的变化规律,为评价右心室功能提供客观依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2009 年 1 月—2010 年 6 月经选择性肺动脉造影或放射性核素肺通气/灌注扫描确诊的 APTE 患者 46 例(PH 组),男 21 例,女 25 例,年龄 21~74 岁,平均(49.0±6.8)岁。所有入选病例本次症状加重距入院治疗时间在 14 天内,均有 PH,超声估测肺动脉收缩压均大于 40 mmHg。依据肺动脉收缩压将病例分为轻中度 PH 组(40~70 mmHg, n=20)和重度 PH 组(>70 mmHg, n=26),均排除原有慢性阻塞性肺疾病、肺动脉瓣狭窄及右心室流出道梗阻、三尖瓣器质性病变、先心病心内分流、心肌病、右心起搏器、冠心病、右心室心肌梗死、心脏瓣膜病、重度高血压及心律失常等。选择同期门诊查体的健康志愿者 30 名作为对照组,男、女各 15 名,年龄 29~72 岁,平均(47.0±7.2)岁。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Sequoia 512 彩色超声诊断仪,4VIC-S 探头,频率 2.0~4.0 MHz,配有 VVI 显像与分析工作站。受检者取左侧卧位,平稳呼吸,连接心电图。首先进行常规超声心动图测量,选取胸骨旁左心室长轴切面,大动脉短轴切面(图 1)及心尖四腔切面,测量右心室横径、右心室前壁厚度、右心室壁运动幅度、主肺动脉内径,并用三尖瓣反流速度估计肺动脉收缩压。启动 VVI 模式,选取标准、清晰的心尖四腔切面充分显示右心室,采集连续 3 个心

动周期的二维动态灰阶图像,帧频为 70~100 帧/秒,待脱机分析。采集过程中嘱受检者屏住呼吸,以减少呼吸运动对心脏的影响。

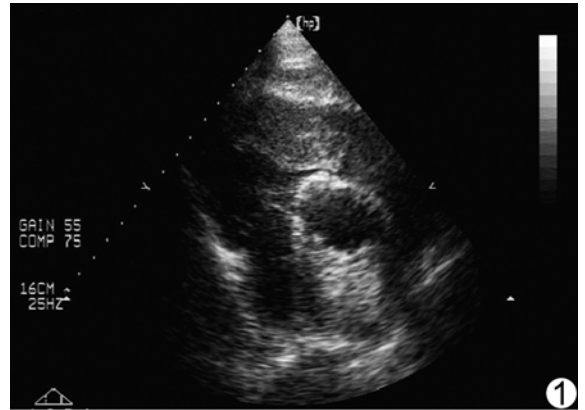


图 1 大动脉短轴切面显示肺动脉内血栓

采用脱机分析软件,在 VVI 图像分析工作站中将图像定帧于收缩(早/中)期,手工逐点描记右心室心内膜的边界,至少选取 6 个点,VVI 软件即自动跟踪识别其他帧图像上的心内膜边界,计算出心内膜的速度矢量。将取样点置于右心室游离壁及室间隔右心室面心肌的基底段、中间段、心尖段的中点,获取右心室壁

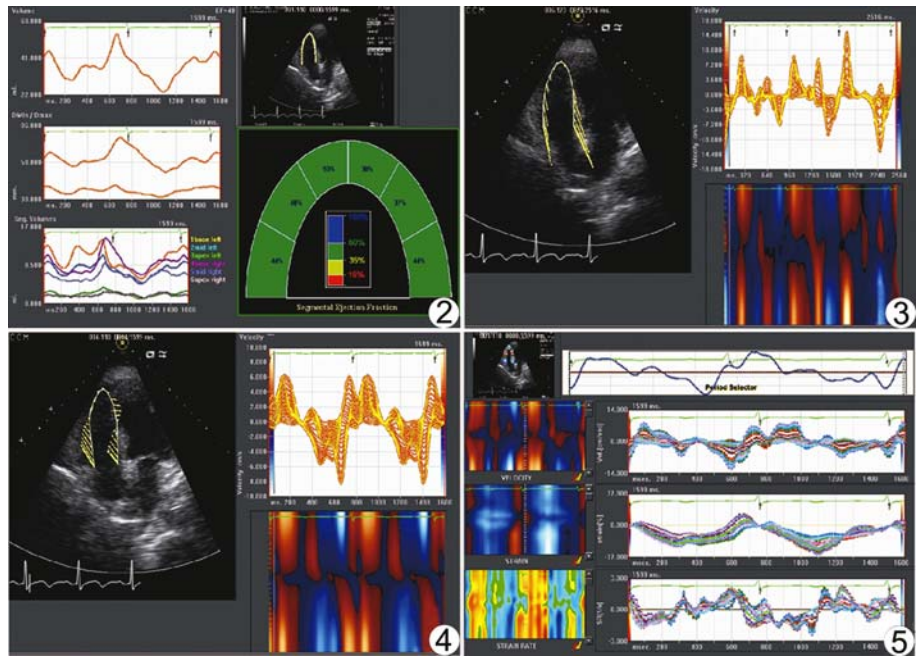


图 2 轻中度 PH 组右心室节段射血分数 图 3 轻中度 PH 组右心室壁心肌运动速度  
图 4 对照组右心室壁心肌运动速度 图 5 重度 PH 组右心室壁各节段 V、S、SR 曲线

表 1 PH 组与对照组超声测值比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	右心室横径	右心室前壁厚度	右心室壁运动幅度	主肺动脉内径	右心室射血分数	肺动脉收缩压
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mmHg)
PH 组						
轻中度 PH 组 (n=20)	38.78±4.23*	4.60±1.33	9.94±2.14*	28.50±2.67*	57.02±4.17*	56.30±10.36*
重度 PH 组 (n=26)	50.36±5.95*△	7.60±1.53*△	3.20±1.22*△	33.40±3.23*△	35.71±3.49*△	79.20±9.28*△
对照组 (n=30)	30.21±4.27	4.10±1.12	8.11±2.65	22.40±3.56	53.70±3.56	25.30±6.31

注: \* :与对照组比较, P<0.05; △:与轻中度 PH 组比较, P<0.05

表 2 PH 组与对照组右心室壁运动速度比较 (cm/s,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	游离壁			室间隔		
	基底段	中间段	心尖段	基底段	中间段	心尖段
PH 组						
轻中度 PH 组 (n=20)	6.75±1.44*	4.54±1.11*	1.81±0.72	5.32±1.15	3.21±1.06	1.73±0.58
重度 PH 组 (n=26)	3.11±0.99*△	2.72±0.82*△	1.61±0.65	2.93±0.94*△	1.81±0.74*△	1.52±0.34
对照组 (n=30)	5.61±1.21	3.32±1.10	1.73±0.68	5.21±1.04	3.02±1.13	1.62±0.67

注: \* :与对照组比较, P<0.05; △:与轻中度 PH 组比较, P<0.05

表 3 PH 组与对照组右心室壁应变比较 (% ,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	游离壁			室间隔		
	基底段	中间段	心尖段	基底段	中间段	心尖段
PH 组						
轻中度 PH 组 (n=20)	22.13±3.70*	21.44±3.12*	17.29±1.73*	20.31±2.99*	18.52±2.18*	13.71±1.97
重度 PH 组 (n=26)	12.25±2.75*△	11.25±2.66*△	7.88±1.96*△	11.12±2.25*△	10.83±1.62*△	9.83±2.18*△
对照组 (n=30)	20.22±3.30	19.63±3.58	15.71±2.88	18.64±2.76	17.05±2.15	13.51±1.84

注: \* :与对照组比较, P<0.05; △:与轻中度 PH 组比较, P<0.05

表 4 PH 组与对照组右心室壁应变率比较 (s<sup>-1</sup>,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	游离壁			室间隔		
	基底段	中间段	心尖段	基底段	中间段	心尖段
PH 组						
轻中度 PH 组 (n=20)	1.61±0.24*	1.55±0.26*	1.38±0.28*	1.50±0.27*	1.42±0.23*	1.30±0.22*
重度 PH 组 (n=26)	0.84±0.29*△	0.77±0.22*△	0.65±0.18*△	0.72±0.30*△	0.63±0.19*△	0.58±0.17*△
对照组 (n=30)	1.43±0.23	1.39±0.22	1.22±0.21	1.35±0.25	1.31±0.20	1.19±0.18

注: \* :与对照组比较, P<0.05; △:与轻中度 PH 组比较, P<0.05

各节段运动速度 (V)、应变 (S) 和应变率 (strain rate, SR) 曲线。其中 V 取心肌速度曲线收缩期正相波最大值, S、SR 取收缩期负向波最大值, 软件自动计算出右心室的射血分数。所有参数均由同一位检查者使用相同的仪器间隔 1 周重复测量, 计算变异系数 (coefficient of variation, CV)。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计软件, 对计量资料均进行正态性检验, 符合正态分布时以  $\bar{x} \pm s$  表示。两样本均数比较采用 t 检验, 多组之间比较采用单因素方差分析, 计数资料的比较采用  $\chi^2$  检验, P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 PH 组与对照组的性别构成、平均年龄、血压、体表面积比较, 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。

2.2 经重复性检验, 右心室壁心肌运动速度、S 及 SR 的 CV 分别为 10.9%、10.2%、9.8%。随着肺动脉压力负荷加大, 右心室及主肺动脉内径逐渐增加; 右心室壁运动幅度在轻中度 PH 组增加, 在重度 PH 组明显减低; 而右心室前壁厚度仅在重度 PH 时增厚, 差异有统计学意义 (P<0.05); 轻中度 PH 组右心室射血分数增加, 重度 PH 组右心室射血分数减低, 差异有统计学意义 (P<0.05, 表 1, 图 2)。轻中度 PH 组右心室游离壁基底段和中间段运动速度增快, 重度 PH 组右心室游离壁及室间隔右心室面的基底段和中间段运动速度减慢, 差异有统计学意义 (P<0.05), 余右心室节段无显著差异 (表 2, 图 3、4)。轻中度 PH 组除室间隔心尖段 S 外, 其余右心室节段 S 都增强, 重度 PH 组右心室各节段 S 均减低 (P<0.05, 表 3)。轻中度 PH 组右

心室各节段 SR 均增强;重度 PH 组右心室各节段 SR 均减低,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ,表 4,图 5)。

### 3 讨论

APTE 后肺循环阻力增加,当肺血管床阻塞面积达 50%~70%时,出现持续严重的 PH、右心功能障碍,严重危害人体健康。近年研究表明<sup>[2]</sup>,右心室功能正常与否直接影响整个循环系统的功能,对预后具有重要意义。定量评估 APTE 患者右心室功能,对于估价病情、治疗决策、判断疗效和预后具有十分重要的价值。超声心动图在提示诊断和评价心功能方面有重要价值。由于右心室解剖结构特殊,难以进行标准的几何学假设,常规超声方法较难精确评价右心室功能。随着超声技术的不断发展,一些新技术逐渐被用于研究右心室功能<sup>[3]</sup>。VVI 是新近发展起来的研究心肌力学、分析局部心功能的新技术<sup>[4-5]</sup>,通过 SR 成像<sup>[6]</sup>,为右心室局部功能的研究提供了新的手段。

舒先红等<sup>[7]</sup>的研究提示应用 VVI 技术研究右心室长轴 S 和 SR 变化以评价右心室的收缩功能准确、可行,相比其他常规指标有一定优势。S 反映的是变形发生的程度<sup>[8]</sup>,SR 反映的是变形发生的速度,二者能够定量分析局部心肌的变形,更加直接准确地判断局部心肌的实际运动情况,反映心肌的局部功能。国外研究<sup>[9]</sup>应用组织多普勒方法评价慢性阻塞性肺部疾病和 PH 患者右心室 S 和 SR,发现慢性阻塞性肺部疾病患者右心室各个节段 S 和 SR 均明显减低,且与核素测量的右心室射血分数有很好的相关性。

本研究应用 VVI 技术观察 APTE 患者及正常人右心室长轴 S 和 SR 的变化,获得大量反映心肌力学特征的参数,对肺动脉压力升高、右心压力负荷增加后右心室局部和整体功能的改变进行评价。与对照组相比,当肺循环阻力增加超过肺循环调节程度、肺动脉压力升高至 40~70 mmHg 时,右心室后负荷增加,超声表现为右心室扩大、肺动脉增宽、右心室壁运动幅度增强;右心室游离壁基底段和中间段的运动速度增快,除室间隔心尖段 S 差异无统计学意义,余各节段 S 和 SR 均增强。右心室长轴方向 S 和 SR 的这种变化反映了右心室压力负荷中度增加后心肌收缩力代偿性增强,以维持心输出量不致下降,右心室射血分数轻度代偿增加。当肺循环阻力明显升高时,右心室压力负荷明显加重,超声显示右心室和肺动脉内径进一步扩大,右心室前壁明显增厚,活动明显减弱;右心室游离壁和室间隔基底段、中间段的运动速度及右心室各节段的 S

和 SR 均明显减低,提示心率和心脏的收缩力代偿已不足以维持心排血量,出现心输出量下降,右心室血流灌注降低,射血分数明显减低。为检测 VVI 技术的重复性,本研究对同一位检查者在不同时间的测量结果进行了重复性检验,结果显示该技术重复性较好,可为超声评价右心室功能提供客观可靠的测量指标。VVI 技术中 S 和 SR 成像的时间和空间分辨力均较高,可精确地反映整个心动周期内局部心肌收缩活动的发生,识别不同节段之间心肌形变在空间和时相分布上的细微差别,这些优势使其对心肌节段性局部功能的评价更加客观可靠,减少了观测者之间的变异性。

综上所述,VVI 技术是一种新的、快速、无创检测右心室功能的方法,可对 APTE 患者右心室功能状态进行危险度分层、疗效评估及预后判断,具有十分重要的价值和良好的应用前景。相信随着现代超声技术的快速发展和日臻完善以及对右心室功能研究的不断深入,VVI 技术将为临床提供更多有价值的信息。

### [参考文献]

- [1] Scridon T, Scridon C, Skali H, et al. Prognostic significance of troponin elevation and right ventricular enlargement in acute pulmonary embolism. *Am J Cardiol*, 2005, 96(2):303-305.
- [2] Zafir N, Zingerman B, Solodky A, et al. Use of noninvasive tools in primary pulmonary hypertension to assess the correlation of right ventricular function with functional capacity and to predict outcome. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2007, 23(2):209-215.
- [3] 王建华,尹洪宁,袁雅东,等.组织多普勒超声评价急性肺动脉栓塞患者右室功能的研究. *中国医学影像技术*, 2003, 19(12):1676-1678.
- [4] 赵香芝,全学模.超声速度向量成像技术的研究进展. *中华超声超声杂志(电子版)*, 2007, 4(5):308-310.
- [5] Flachskampf FA, Breithardt OA, Daniel WG. Role of deformation imaging in diagnosing myocardial ischemia. *Herz*, 2008, 33(2):122-128.
- [6] Perk G, Tunick PA, Kronzon I, et al. Non-Doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography—from technical considerations to clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(3):234-243.
- [7] 舒先红,黄国倩,潘翠珍,等.正常人心肌应变及应变率定量分析. *中华超声影像学杂志*, 2004, 13(11):805-807.
- [8] Omens JH, McCulloch AD, Criscione JC. Complex distributions of residual stress and strain in the mouse left ventricle: experimental and theoretical models. *Biomech Model Mechanobiol*, 2003, 1(4):267-277.
- [9] Vitarelli A, Conde Y, Cimino E, et al. Assessment of right ventricular function by strain rate imaging in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*, 2006, 27(2):268-275.