

# 超声血流向量显像技术在原发性高血压左心室肥厚诊断中的应用

王湘竹<sup>1</sup>, 杨雪卿<sup>2</sup>, 王琳<sup>1</sup>, 肖珉<sup>3</sup>, 于泽兴<sup>4</sup>

(1. 北京中医药大学东直门医院超声心动室, 北京 100700; 2. 北京中医医院顺义医院心血管内科, 北京 101300; 3. 北京中医药大学东直门医院心内科, 北京 101300; 4. 北京朝阳医院超声科, 北京 100020)

**【摘要】目的:** 探讨超声血流向量显像(VFM)技术在原发性高血压左心室肥厚(LVH)诊断中的应用价值。**方法:** 收取 42 例左室肥厚原发性高血压患者为 LVH 组, 36 例左室不肥厚原发性高血压患者为心室正常组, 30 例健康体检者为对照组。所有受试者均接受常规心动图、VFM 检查及双频脉冲多普勒检查, 记录常规超声数据、等容收缩期能量耗损(IVC-EL)、等容舒张期能量耗损(IVR-EL)、射血期能量损耗(EP-EL)以及充盈期能量耗损(FP-EL), 利用工作特征曲线(ROC)评估 VFM 技术诊断高血压 LVH 的价值。**结果:** LVH 组患者的 BMI、SBP、DBP、常规心脏超声指标 LVMI、左房前后径(LAD)、室间隔厚度(IVSd)、左心室后壁厚度(LVPW)均明显高于对照组( $P < 0.01$ )。LVH 组不同心动周期 EL 的 EP-EL、IVC-EL 均高于心室正常组和对照组( $P < 0.001$ ), 但 FP-EL 低于心室正常组和对照组( $P < 0.05$ )。ROC 结果显示: EP-EL、IVC-EL 和 FP-EL 诊断 LVH 高血压的 AUC 分别为 0.757、0.732 和 0.737, 95% CI 分别为 0.652 ~ 0.862、0.623 ~ 0.842 和 0.629 ~ 0.846。**结论:** VFM 技术的 EL 参数(包括 EP-EL、IVC-EL 和 FP-EL)有望成为诊断原发性高血压 LVH 的指标之一。

**【关键词】** 原发性高血压; 左心室肥厚; 超声; 血流向量显像技术; 心动周期; 能量耗损

**【中图分类号】** R774.6 **【文献标志码】** A

## Application of ultrasound vector flow mapping in the diagnosis of essential hypertensive left ventricular hypertrophy

WANG Xiang-zhu<sup>1</sup>, YANG Xue-qing<sup>2</sup>, WANG Lin<sup>1</sup>, XIAO Min<sup>3</sup>, YU Ze-xing<sup>4</sup>

(1. Department of Ultrasonography, Dongzhimen Hospital of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100700; 2. Department of Cardiology, Beijing Traditional Chinese Medicine Hospital Shunyi Hospital, Beijing 101300; 3. Department of Cardiology, Dongzhimen Hospital, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 101300; 4. Department of Ultrasonography, Chaoyang Hospital, Beijing 100020, China)

**【Abstract】Objective:** To explore the application value of ultrasound vector flow mapping (VFM) in the diagnosis of hypertensive left ventricular hypertrophy (LVH). **Methods:** 42 patients with left ventricular hypertrophy and essential hypertension were enrolled as LVH group, 36 patients with essential hypertension without left ventricular hypertrophy were selected as normal ventricular group, 30 healthy persons were selected as control group. All underwent routine cardiogram, VFM and dual-frequency pulse Doppler examination. The routine ultrasound data, energy loss of isovolumic contraction (IVC-EL), energy loss of isovolumic relaxation (IVR-EL), energy loss of ejection phase (EP-EL) and energy loss of filling phase (FP-EL) were recorded. The diagnostic value of VFM in hypertensive LVH was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results:** The BMI, SBP, DBP, conventional echocardiographic indicators LVMI, left atrium anterior and left atrial diameter (LAD), interventricular septal thickness (IVSd) and left ventricular posterior wall thickness (LVPW) of the patients in LVH group were significantly higher than those of the control ( $P < 0.01$ ). The EP-EL and IVC-EL of EL in different cardiac cycles of the LVH group were higher than those of the normal ventricular group and the control group ( $P < 0.001$ ), while the FP-EL was lower than that of the normal ventricular group and the control group ( $P < 0.05$ ). Additionally, the ROC results showed that AUC values and 95% CI of EP-EL, IVC-EL and FP-EL for diagnosis of hypertensive LVH were (0.757, 0.732, 0.737) and (0.652-0.862, 0.623-0.842, 0.629-0.846), respectively. **Conclusion:** The EL of VFM parameters including EP-EL, IVC-EL and FP-EL are expected to be one of the indicators for diagnosing hypertension and LVH.

**【Key words】** Essential hypertension; Left ventricular hypertrophy; Ultrasonic; Vector flow mapping; Cardiac cycle; Energy loss

原发性高血压是临床常见的慢性基础疾病,其发病率约为 25%。目前我国高血压患者人数已超过 1 亿,且每年以 300~400 万的速度增长,给个人、家庭及社会带来沉重的负担<sup>[1]</sup>。高血压心室肥大(left ventricular hypertrophy, LVH)主要是由于高血压损害心脏顺应性,导致心肌细胞增生、肥大以及纤维化,使左室舒张及收缩功能受损<sup>[2-3]</sup>。因此,早期发现高血压患者心室血流动力学异常,并采取干预措施,可减轻心脏及其他靶器官损伤。血流向量显像(vectorflow mapping, VFM)技术是近年来临床上使用的一类新型的无创评价血流动力学的手段,主要是通过拟合彩色多普勒和斑点追踪技术的数据信息,实现心室内血流速度矢量的可视化<sup>[4]</sup>。由于血液在心腔内以涡流的方式运动,当出现湍流以及速度向量较大的地方会产生摩擦热,即耗散能量损失(energy loss, EL)。研究<sup>[5]</sup>表明,EL 能够反映左室舒张收缩的变化,而高血压患者左室形态未发生改变时可见左室收缩功能的异常改变<sup>[6]</sup>。因此,本研究拟评估 VFM 技术在高血压 LVH 患者诊断中的价值,旨在为高血压 LVH 的早期评估提供新方法。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取北京中医药大学东直门医院 2018 年 10 月至 2020 年 1 月收治的 78 例原发性高血压患者为研究对象,均符合《中国高血压防治指南 2010》中原发性高血压诊断标准<sup>[7]</sup>。排除标准:(1)继发性高血压;(2)声窗较差,超声图像不清晰;(3)心率失常者;(4)合并先天性心脏病、心肌病、肺心病、心脏瓣膜病;(5)冠心病、心肌梗死病史者。根据《中国高血压防治指南 2010》左心室质量指数(Left ventricular mass index, LVMI)相关标准,将研究对象中男性 LVMI $\geq 115$  g/m<sup>2</sup>、女性 LVMI $\geq 95$  g/m<sup>2</sup> 的患者为 LVH 组( $n=42$ ),其余研究对象为心室正常组( $n=36$ );选择同期健康体检的 30 名正常者为对照组。心室正常组中,男性 19 例,女性 17 例;年龄 35~78 岁,平均(53.9 $\pm$ 12.5)岁。LVH 组中,男性 23 例,女性 19 例;年龄 33~80 岁,平均(54.2 $\pm$ 12.1)岁。对照组中,男性 16 例,女性 14 例;年龄 29~75 岁,平均(52.7 $\pm$ 12.3)岁。

### 1.2 方法

1.2.1 常规超声心动图检查 所有患者取左侧卧位,采用 Phillip IE33 彩色多普勒超声诊断仪,连接肢体导联心动图后,嘱咐患者平静呼吸,记录受试心率(HR),同时利用常规超声心动图测量左房前后径(LAD)、左心室舒张末期内径(LVEDd)、室间隔

厚度(IVSd)、左心室后壁厚度(LVPW),并根据体质指数(BMI)计算 LVMI;根据双平面 Simpon 法在心尖四腔切面以及两腔切面测得左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。分别记录 3 个心动周期,取平均值。

1.2.2 双频脉冲多普勒检查 利用 Prosound F75 彩色多普勒超声诊断仪,选择 PW/TDI 模式,将 PW 取样容积置于二尖瓣瓣口,将 TDI 取样容积置于二尖瓣环间隔侧,同步获取同一心动周期的 E、A、e'、E/e'。分别记录三个心动周期,取平均值。

1.2.3 VFM 检查 利用 Prosound F75 彩色多普勒超声诊断仪,UST-52102 相控超声探头,频率为 1.0~5.0 MHz。所有患者取左侧卧位,连接肢体导联心动图后,嘱咐患者平静呼吸,选用心脏探头 VFM 模式下连续采集 3 个完整心动周期的心尖三腔彩色多普勒图像,图像帧频大于 20 帧/s,根据二尖瓣与主动脉瓣的开放、关闭帧数,将心动周期分为等容收缩期(IVC)、射血期(EP)、等容舒张期(IVR)以及充盈期(FP);将得到的彩色多普勒图像以 DICOM 格式保存后,导入 DAS-RSI 工作站进行脱机数据处理<sup>[8]</sup>,描绘左室腔心内膜,在血流能量耗损(EL)模式下对图像进行处理,获得单个心动周期的 4 个时相的 EL,包括 IVC-EL、EP-EL、IVR-EL、FP-EL。测量结果取连续 3 个心动周期的平均值。

### 1.3 观察指标

(1)受试者基线资料包括性别、年龄、BMI、体表面积(BSA)、HR、收缩压(SBP)、舒张压(DBP);(2)常规超声检测指标 LAD、LVEDd、IVSd、LVPW、LVMI;(3)受试者心功能 E、A、e'、E/e'、LVEF;(4)受试者不同心动周期时相的血流能量耗损包括 IVC-EL、EP-EL、IVR-EL、FP-EL。

### 1.4 统计学分析

利用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,符合正态分布的多组间比较采用单因素方差分析,进一步组间比较采用 LSD-*t* 检验;计数资料以[ $n(\%)$ ]表示,比较采用 $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。绘制受试者工作特征曲线(ROC),利用曲线下面积(AUC)评估 EL 指标诊断左心室 LVH 的价值。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基线资料比较

心室正常组和 LVH 组的 BMI、SBP、DBP 明显高于对照组( $P < 0.001$ ),而性别、年龄、BSA 等与对照组比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 1。

## 2.2 常规超声指标比较

LVH 组 LVMI、左房前后径(LAD)、室间隔厚度(IVSd)、左心室后壁厚度(LVPW)均高于心室正常

组和对照组 ( $P < 0.01$ ), LVH 组 LVEDd 与心室正常组和对照组比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 1 各组受试者间基线资料的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	年龄(岁)	性别,男 n(%)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	BSA(m <sup>2</sup> )	SBP(mmHg)	DBP(mmHg)
对照组(n=30)	52.7 ± 12.3	16(53.33)	23.52 ± 2.32	1.62 ± 0.18	124.32 ± 8.65	76.41 ± 5.52
心室正常组(n=36)	53.9 ± 12.5	19(52.78)	25.15 ± 3.12*	1.66 ± 0.23	158.36 ± 6.25*	88.26 ± 6.53*
LVH 组(n=42)	54.2 ± 12.1	23(54.76)	26.43 ± 3.56*	1.71 ± 0.22	160.61 ± 8.16*	90.62 ± 6.38*
t/χ <sup>2</sup> 值	0.139	0.033	7.660	1.600	226.373	49.814
P 值	0.871	0.984	<0.001	0.207	<0.001	<0.001

\*  $P < 0.05$ , 与对照组比较。

表 2 各组受试者间常规超声指标的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	LVMI(g/m <sup>2</sup> )	LAD(mm)	LVEDd(mm)	IVSd(mm)	LVPW(mm)
对照组(n=30)	95.76 ± 17.21	33.02 ± 3.63	47.26 ± 2.57	9.46 ± 1.18	8.55 ± 1.05
心室正常组(n=36)	97.62 ± 19.51	33.62 ± 3.73	47.51 ± 2.73	10.15 ± 1.54	9.36 ± 1.35*
LVH 组(n=42)	145.25 ± 23.54**	35.86 ± 3.87**	47.97 ± 2.65	12.71 ± 1.82**	11.65 ± 1.61**
F 值	71.014	5.945	0.671	44.509	49.917
P 值	<0.001	0.004	0.513	<0.001	<0.001

\*  $P < 0.05$ , 与对照组比较; #  $P < 0.05$ , 与心室正常组比较。

## 2.3 心功能指标比较

LVH 组 E、e' 低于心室正常组和对照组 ( $P < 0.05$ ), 而 A 高于对照组 ( $P < 0.05$ ); LVH 组 E/e'、LVEF 与心室正常组和对照组比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 3。

表 3 各组受试者间心功能指标的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	E(cm/s)	A(cm/s)	e'(cm/s)	E/e'	LVEF(%)
对照组(n=30)	0.81 ± 0.14	0.65 ± 0.13	0.13 ± 0.03	6.52 ± 2.13	62.59 ± 6.68
心室正常组(n=36)	0.75 ± 0.16	0.76 ± 0.17*	0.12 ± 0.03	6.75 ± 2.41	63.69 ± 6.35*
LVH 组(n=42)	0.65 ± 0.17**	0.75 ± 0.18*	0.09 ± 0.04**	7.16 ± 2.33	63.17 ± 6.61**
F 值	9.406	4.435	13.750	0.722	0.231
P 值	<0.001	0.014	<0.001	0.488	0.794

\*  $P < 0.05$ , 与对照组比较; #  $P < 0.05$ , 与心室正常组比较。

## 2.4 不同心动周期 EL 比较

LVH 组 EP-EL、IVC-EL 均高于心室正常组和对照组 ( $P < 0.001$ ), FP-EL 低于心室正常组和对照组 ( $P < 0.05$ ), IVR-EL 水平与心室正常组和对照组比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 4。

## 2.5 EP-EL、IVC-EL、FP-EL 诊断高血压 LVH 的 ROC 分析

ROC 结果显示 EP-EL、IVC-EL、FP-EL 诊断高血压 LVH 的 AUC 分别为 0.757、0.732 和 0.737, 95% CI 截断值分别为 0.652 ~ 0.862、0.623 ~ 0.842 和 0.629 ~ 0.846。见图 1、表 5。

表 4 各组受试者间不同心动周期 EL 比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	IVC-EL [N/(m·s)]	EP-EL [N/(m·s)]	IVR-EL [N/(m·s)]	FP-EL [N/(m·s)]
对照组(n=30)	0.56 ± 0.18	5.46 ± 2.12	0.20 ± 0.13	17.32 ± 3.68
心室正常组(n=36)	0.73 ± 0.26*	7.42 ± 2.41*	0.22 ± 0.14	15.28 ± 3.38
LVH 组(n=42)	1.19 ± 0.31**	9.06 ± 2.29**	0.25 ± 0.12	13.13 ± 3.29
F 值	57.110	21.748	1.360	13.212
P 值	<0.001	<0.001	0.261	<0.001

\*  $P < 0.05$ , 与对照组比较; #  $P < 0.05$ , 与心室正常组比较。

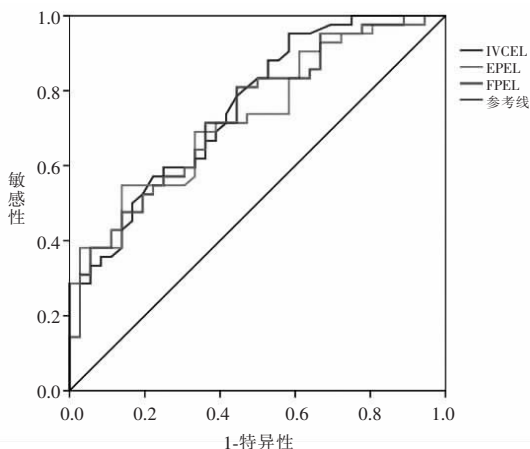


图 1 EP-EL、IVC-EL、FP-EL 诊断高血压 LVH 的 ROC 曲线

表5 EP-EL、IVC-EL、FP-EL 诊断高血压 LVH 的效能

参数	AUC	敏感性	特异性	Youdenz 指数	95% CI
EP-EL	0.757	0.881	0.472	0.313	0.652 ~ 0.862
IVC-EL	0.732	0.548	0.861	0.409	0.623 ~ 0.842
FP-EL	0.737	0.810	0.556	0.366	0.629 ~ 0.846

### 3 讨论

原发性高血压引起舒张期左心室充盈模式变化,舒张晚期左房会主动收缩进而代偿充盈,左心房额外做功会改变血流进入左心室的流速及方向,产生的涡量发生变化<sup>[9]</sup>。目前,常规超声技术手段是基于心室壁运动及 LVEF,但这些参数存在假性正常化,对正常舒张功能的鉴别并不够敏感。VFM 技术能够通过直观并定量的反映这种心腔血流动力学的改变,能够为心脏功能的评估提供更丰富的信息。

本次研究发现, LVH 组心室壁运动相关指标 LVMI、LAD、IVSd、LVPW 以及 E、e'、A 与心室正常组及对照组有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 而 E/e' 和 LVEF 比较无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 表明 LVH 能够引起左室的顺应性降低, 但却对早期的心室收缩功能变化缺乏准确的判断。其原因可能是高血压患者, 尤其左心室肥厚, 因心肌的收缩不协调, 等容收缩期时心腔内形成的涡流形态较心室正常的欠规则, 并且持续的时间长, 外围的涡旋血流流线不规则, 能量的消耗提高<sup>[10]</sup>; 同时长期高血压患者神经内分泌系统被激活, 血管收缩、水钠潴留, 因而心脏容量负荷增加, 都会导致左心室的 EL 增大, 上述血流动力学改变对心肌细胞以及心脏形态学改变的影响, 在细胞及动物实验中均得到了证实<sup>[11]</sup>。Akiyama 等<sup>[12]</sup> 研究表明, 高血压患者在非 LVH 时期已经出现心肌细胞的病理改变、心室僵硬程度增加以及血流动力学改变, 可见高血压引起左室舒张功能不全不是孤立存在的, 同时由于机体的代偿机制, 因此尚在代偿范围内, 则不会表现出心脏功能的改变。本研究利用 VFM 技术进行检测发现, 与健康对照组相比, 高血压患者的 EP-EL、IVC-EL 均明显升高, 而 FP-EL 降低, 可能是因为心室结构未发生变化的高血压患者, 其心室的僵硬程度已经增加, 对血液动力学产生了影响, 而随着这种僵硬程度的加重, 心腔内的流体波动以及涡流运动状态的变化都会破坏正常生理性的湍流, 因此需要消散更多的能量以维持心脏的正常功能<sup>[13]</sup>。LVH 组 EP-EL、IVC-EL 明显高于心室正常组患者也证实了这一点, 提示 LVH 会引起心腔血液流场的明显变化, 与王丽等<sup>[14]</sup> 研究结果

一致。这种变化主要是因为心室内径的减少, 影响了舒张功能, 使得左室“抽吸力”降低, 因此难以维持正常的射血, 而促使收缩期左室心机需要做额外的功来保证血流的正常泵出。心室涡流是保持血流状态稳定, 减少能量耗损的最高效能量传递形式<sup>[15]</sup>。有研究<sup>[16]</sup> 指出。在心脏等容收缩期间基部会形成大的涡流, 这种涡流被证实能够促进心脏收缩期间的有效射血, 而徐芸等<sup>[17]</sup> 研究证实了在高血压 LVH 患者的等容收缩期不同节段, 其能量耗损均明显升高, 而心室正常患者可能由于心室壁僵硬尚处于初期, 还能够维持其心尖及中间段的血流的运动正常。本研究观察到 FP-EL 的降低可能是因为舒张期观察到的静态血流, 说明血液流速变慢, 血液与管腔壁的摩擦及自身的黏滞均降低, 因此 FP-EL 降低。本研究通过 ROC 曲线发现 EP-EL、IVC-EL、FP-EL 诊断高血压 LVH 的 AUC 分别为 0.757、0.732 和 0.737, 均具有较高的诊断效能, 提示 VFM 技术具有诊断高血压 LVH 的潜在价值, 与刘阳等<sup>[18]</sup> 研究类似。

综上所述, 随着原发性高血压病情的进展, 其血液流变学的变化逐渐失代偿, 而引起心室舒张功能的异常, 通过 VFM 技术能够更早的反映心腔血流动力学的变化, 有利于临床从血流动力学角度尽早的干预, 阻止心功能的进一步损害。因此, VFM 技术的 EL (EP-EL、IVC-EL 和 FP-EL) 有望成为帮助诊断高血压 LVH 的指标之一, 虽然 VFM 技术目前尚存在一些不足, 但该技术为无创分析心腔内血流动力学及心功能提供了新的方向。

### 参考文献

- [1] Li T, Yang J, Guo X, *et al.* Geometrical and functional changes of left heart in adults with prehypertension and hypertension; a cross-sectional study from China [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2016, 2016(16):114.
- [2] 冯冰. 心脏彩色多普勒超声在高血压左心室肥大伴左心衰竭诊断中的应用价值 [J]. 新乡医学院学报, 2018, 35(11):985-987.
- [3] Ferreira JP, Duarte K, Pfeffer MA, *et al.* Association between mean systolic and diastolic blood pressure throughout the follow-up and cardiovascular events in acute myocardial infarction patients with systolic dysfunction and/or heart failure: an analysis from the High-Risk Myocardial Infarction Database Initiative [J]. Eur J Heart Fail, 2018, 20(2):323-331.
- [4] Messerli FH, Rimoldi SF, Bangalore S. The transition from hypertension to heart failure: contemporary update [J]. JACC Heart Fail, 2017, 5(8):543-551.

(下转第 1005 页)