

# Left Ventricular Blood Flow Dynamics Better Predicts Exercise Capacity and Ventilatory Response to Exercise in Patients with Cardiac Disease

Tokuhisa Uejima, Hitoshi Sawada, The Cardiovascular Institute  
Motonao Tanaka, Tohoku Kouseinenkin Hospital  
Takashi Okada, Akimitsu Harada, Aloka co.

**Background:** We have developed the novel software which permits us to generate angle-independent flow velocity vector maps deduced from color Doppler ultrasound data and to assess left ventricular blood flow dynamics. We sought to elucidate the relationship between left ventricular blood flow dynamics variables and cardiopulmonary exercise test variables.

**Methods:** The color Doppler ultrasound data sets in the apical long axis view from 37 patients were used to generate flow velocity vector maps with the software (coronary artery disease, n = 20; dilated cardiomyopathy, n = 12; hypertrophic cardiomyopathy, n = 3; hypertensive heart disease, n = 2; ejection fraction 15 to 83%). The momentum (M) and mean velocity (Vm) of left ventricular blood flow were calculated. The standard echocardiographic parameters, including left ventricular ejection fraction, transmitral E wave velocity, early diastolic mitral annular velocity (E') and TEI index were measured. Every patient also underwent cardiopulmonary exercise test to measure peak oxygen consumption (peak VO<sub>2</sub>) and the relation of the ventilation to carbon dioxide production (VE/VCO<sub>2</sub> slope).

**Results:** Systolic M significantly correlated with peak VO<sub>2</sub> (r = 0.57, p = 0.0003) better than early diastolic M, systolic and early diastolic Vm (r = 0.33, p = 0.04; r = 0.38, p = 0.02; r = 0.43, p = 0.009, respectively). Of the standard parameters, left ventricular ejection fraction and E/E' showed significant, but poor correlations with peak VO<sub>2</sub> (r = 0.43, p = 0.007; r = 0.29, p = 0.02, respectively). Systolic and early diastolic Vm significantly correlated with VE/VCO<sub>2</sub> slope (r = 0.56, p = 0.0004; r = 0.58, p = 0.0002, respectively) better than systolic and early diastolic M (r = 0.50, p = 0.002; r = 0.37, p = 0.02, respectively). The best correlation was found for combined systolic and early diastolic Vm and VE/VCO<sub>2</sub> slope (r = 0.62, p < 0.0001). Of the standard parameters, left ventricular ejection fraction, E' and TEI index showed significant, but weaker correlations with VE/VCO<sub>2</sub> slope (r = 0.58, p = 0.0001; r = 0.44, p = 0.007; r = 0.36, p = 0.03, respectively). ROC curves showed that systolic M was able to identify patients with peak VO<sub>2</sub> < 14 ml/min/kg with sensitivity of 88 % and specificity of 64 % (cut-off value: 419 g/s) and combined systolic and early diastolic Vm was able to identify patients with VE/VCO<sub>2</sub> slope > 35 with sensitivity of 100 % and specificity of 82 % (cut-off value: 26.4 cm/s).

**Conclusions:** LV blood flow dynamics variables predict exercise capacity and ventilatory response to exercise better than the standard echocardiographic parameters in patients with cardiac disease.

心疾患患者において、左室内血流の流体力学的指標は運動耐容能ならびに運動時換気応答を予測できる

上嶋徳久、澤田準、心臓血管研究所  
田中元直、東北厚生年金病院  
岡田孝、原田烈光、アロカ研究所

**背景：**エコーダイナモグラフィは、カラードプラー情報から角度非依存性の速度ベクトル場を演繹し、左室内血流の解析を可能にするソフトウェアである。今回、我々は、左室内血流の流体力学的指標と心肺運動負荷試験指標との関係を調べた。

**方法：**37例の心疾患患者を対象とした。疾患内訳は、虚血性心疾患20例、拡張型心筋症12例、肥大型心筋症3例、高血圧性心疾患2例で、対象の左室駆出率は15から83%であった。左室心尖長軸断面のカラードプラー情報を取り込み、エコーダイナモグラフィを用いて左室内血流を解析した。流体力学的指標として、左室内血流の運動量(M)、空間的平均流速(Vm)を計算した。同時に、左室駆出率、E波高、拡張早期僧帽弁輪移動速度(E')、TEI indexを計測した。全例に心肺運動負荷試験を施行し、最大酸素摂取量(peak VO<sub>2</sub>)、運動時換気応答(VE/VCO<sub>2</sub> slope)を測定した。

**結果：**収縮期Mは、拡張早期M、収縮期Vm、拡張早期Vmよりも強くpeak VO<sub>2</sub>と相関した( $r = 0.57, p = 0.0003$ ;  $r = 0.33, p = 0.04$ ;  $r = 0.38, p = 0.02$ ;  $r = 0.43, p = 0.009$ )。従来の心エコー指標の中で、左室駆出率、E/E'がpeak VO<sub>2</sub>と有意に相関したが、弱い相関であった( $r = 0.43, p = 0.007$ ;  $r = 0.29, p = 0.02$ )。収縮期Vm、拡張早期Vmは、収縮期M、拡張早期MよりもVE/VCO<sub>2</sub> slopeと有意に相関した( $r = 0.56, p = 0.0004$ ;  $r = 0.58, p = 0.0002, r = 0.50, p = 0.002$ ;  $r = 0.37, p = 0.02$ )。収縮期Vmと拡張早期Vmを組み合わせると、更に相関が良くなった( $r = 0.62, p < 0.0001$ )。従来の心エコー指標の中で、左室駆出率、E'、TEI indexがVE/VCO<sub>2</sub> slopeと有意に相関したが、弱い相関であった( $r = 0.58, p = 0.0001$ ;  $r = 0.44, p = 0.007$ ;  $r = 0.36, p = 0.03$ )。ROC解析では、収縮期Mはpeak VO<sub>2</sub> 14 ml/min/kg未満の症例を感度88%、特異度64%で予測できた(カットオフ値419 g/s)。また、収縮期Vm + 拡張早期VmはVE/VCO<sub>2</sub> slopeが35より大の症例を感度100%、特異度82%で予測できた(カットオフ値26.4 cm/s)。

**結語：**心疾患患者において、左室内血流の流体力学的指標は、従来の心エコー指標より運動耐容能並びに運動時換気応答を予測できる。

## 質疑応答

質問 運動量とは何ですか？

応答 血流の運動量とは、血流の勢いを表す物理量です。駆出期に左室内血流が大動脈に向かって勢いよく流れるのは、左室が血液に力を加えているからです。左室内血流の運動量は、左室が血液に与える力を反映しています。

質問 解析にはどの時相を用いていますか？

応答 収縮期、拡張早期のピーク値を用いています。

質問 高い相関係数が出ていて、感度、特異度もいいですね。

応答 左室内の血流解析の重要性を示唆していると思います。