

Evaluation of left ventricular diastolic and systolic function of dogs on different status of acute myocardial ischemia with velocity vector imaging

ZHANG Chuan, ZHA Dao-gang*, WANG Peng, XIE Zhi-bin, LIU Jian, BIN Jian-ping, LIU Yi-li
(Department of Cardiovascular, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate left ventricular diastolic and systolic function of the dogs during different status of acute myocardial ischemia with velocity vector imaging (VVI). **Methods** Six healthy mongrel dogs were enrolled. Home-made artery constrictor was placed in the proximal coronary artery after opening the chest of dogs to produced different grades of coronary artery stenosis. Mean of peak diastolic velocity (Em), peak strain rate of diastole (Esr), mean of peak systolic velocity (Sm), peak strain rate of systole (Ssr), ejection fraction (EF) and left ventricular pressure were measured. **Results** There was good linear correlation between Em and Esr by VVI and left ventricular end diastolic pressure (LVEDP) ($r = -0.834, P < 0.001$ and $r = -0.703, P < 0.001$, respectively). Em and LVEDP had better correlation than that between Esr and LVEDP ($P = 0.032$). Sm, Ssr or EF had significant correlation with $+dp/dt_{max}$ ($r = 0.883, P < 0.001, r = 0.772, P < 0.001$ and $r = 0.647, P < 0.001$, respectively). Significant difference was observed for correlation coefficient between Em and Esr and EF ($P < 0.001$). **Conclusion** Em and Sm are sensitive echocardiography indexes to evaluate left ventricular diastolic and systolic function, and are better than EF, Esr and Ssr.

[Key words] Ventricular function, left; Velocity vector imaging

速度向量成像技术评价犬急性心肌缺血状态左心室舒缩功能

张川, 查道刚*, 王鹏, 谢志斌, 刘俭, 宾建平, 刘伊丽
(南方医科大学南方医院心内科, 广东 广州 510515)

[摘要] **目的** 探讨应用不同参数的速度向量成像技术(VVI)评价犬左心室舒缩功能的价值。**方法** 健康杂种犬6只, 开胸后制备不同程度冠状动脉狭窄。分别以左心室舒张末压(LVEDP)、左心室压力最大上升速率($+dp/dt_{max}$)为标准, 评价应用VVI不同参数包括二尖瓣环长轴上的平均峰值舒张和收缩速度(Em和Sm)、舒张期和收缩期峰值应变率(Esr和Ssr)以及常规超声左心室射血分数(EF)等评估左心室舒缩功能的价值。**结果** Em和Esr均与LVEDP呈负线性相关($r = -0.834, P < 0.001; r = -0.703, P < 0.001$, 两相关系数间比较 $P = 0.032$)。Sm、Ssr和EF均与 $+dp/dt_{max}$ 呈正相关(r 分别为0.883、0.772、0.647; $P < 0.001$); 其中Sm与 $+dp/dt_{max}$ 相关性最高($P < 0.05$)。**结论** VVI测量Em和Sm能准确评价左心室舒张及收缩功能, VVI通过测量Em评价左心室舒张功能优于Esr, 应用Sm评价左心室收缩功能优于EF和Ssr。

[关键词] 心室功能, 左; 速度向量成像

[中图分类号] R540.45; R-332 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2009)12-2178-04

心力衰竭是由各种病因引起心肌收缩或舒张功能下降、导致心脏射血不能满足全身代谢需要的一种临床综合征, 可

由许多心脏疾病发展而来。早期诊断和治疗可明显改善患者预后。研究表明单独依靠临床症状和体征不能准确地诊断心力衰竭, 尤其是对妇女、老年和肥胖患者^[1-2]。血流动力学监测是目前公认的评价左心室功能的金标准^[3-4], 但由于其有创性, 在临床上难以广泛应用。目前认为组织多普勒(tissue Doppler image, TDI)测量二尖瓣环心肌在长轴上的运动是评价左心功能的可靠方法, 并与心导管法测量指标如左心室舒张末压(left ventricular end diastolic pressure, LVEDP)等有良好的相关性^[5-6], 但TDI存在重复性差、超声束与心肌

[作者简介] 张川(1976—), 男, 重庆人, 在读硕士, 主治医师。研究方向: 超声新技术在心功能无创性评价中的应用。

E-mail: zhanglang19991999@yahoo.com.cn

[通讯作者] 查道刚, 南方医科大学南方医院心内科, 510515。

E-mail: nfy2006-cs@yahoo.com.cn

[收稿日期] 2009-05-05 [修回日期] 2009-06-23

组织的角度依赖性等缺点,使其准确性受到一定限制。速度向量成像(velocity vector imaging, VVI)是近年来兴起的超声诊断新技术,在测量心肌运动的准确性和重复性上有了明显的提高。本研究应用 VVI 测量二尖瓣环心肌在长轴上的运动速度及应变率,并与 LVEDP 及左心室压力最大上升速率(+dp/dt_{max})作相关分析,评价 VVI 测量左心室舒张及收缩功能的价值。

1 材料与与方法

1.1 动物模型制备 健康杂种犬 6 只,均为雄性,平均体重 17 kg(15~21 kg)。对所有动物行 3% 戊巴比妥钠静脉麻醉,实验中根据需要追加麻醉药物。切开股动脉,超声引导下从股动脉插入 6F 猪尾导管到达左心室近心尖部,以备进行左心室压力连续测量。气管插管,用呼吸机进行机械通气(10~15 ml/kg, 16~20 次/分)。连接心电压力监护仪监测心电图变化(Ⅱ导联)。于左胸第四肋间逐层开胸,心包切开悬吊,暴露心脏。于距左冠状动脉主干约 3 cm 处游离左冠状动脉回旋支或前降支约 2~3 cm,放置自制冠状动脉缩窄器,制作不同程度的冠状动脉狭窄,放置血流多普勒探头(Transonic system Inc.)以记录冠状动脉血流量。

1.2 仪器与方法 使用 Siemens Acuson Sequoia 512 彩色多普勒超声成像系统,4V1C 变频探头,频率为 2.00~4.25 MHz。心脏表面置水囊,待各项生理状态指标平稳后启动 4V1C 探头,用橡胶套保护超声探头后置于水囊内。采用二维双平面 Simpson 法测算 EF。连接体表心电图,进入预设 VVI 模式,选取清晰的心尖四腔及二腔观图像,采集 3 个心动周期的二维灰阶图像,用 MO 盘保存。应用 VVI 工作站脱机分析,将图像定帧后,调整至收缩期末,于单帧图像上描记左心室内膜边界,系统可自动跟踪识别其他帧图像上的心内膜边界。进入测量界面,将取样点置于二尖瓣环水平左心室室间隔、侧壁、下壁、前壁,获得各点的速度、应变、应变率曲线(图 1),测量各壁二尖瓣环在长轴上的平均峰值舒张速度(Em)、峰值收缩速度(Sm)、舒张期峰值应变率(Esr)、收缩期峰值应变率(Ssr)。监护系统监测左心室压力曲线,以 50 mm/s 的纸速记录图像以测量 LVEDP 及 +dp/dt_{max}。完成基础状态测量后,根据血流多普勒探头所测血流量调节血管缩窄器以制备不同程度缺血状态,按前述方法获得各测量值。

1.3 统计学分析 应用 SPSS 16.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,按基础、轻度狭窄(血流量为基础状态的 61%~80%)、中度狭窄(血流量为基础状态的 31%~60%)和重度狭窄(血流量为基础状态的 30% 及以下)进行分组。各组间比较使用单向方差分析,两两比较使用 LSD 法。两组数据间

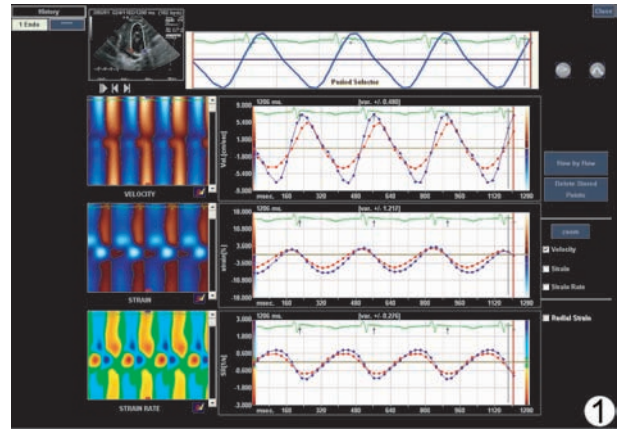


图 1 VVI 技术测量左心室室间隔和侧壁二尖瓣水平心肌舒张及收缩功能

的相关分析使用 Pearson 相关分析,两关联相关系数间的比较使用关联相关系数比较的 Z 检验方法^[7]。

2 结果

2.1 血流动力学变化 6 只犬均通过自制的血管缩窄器制备出不同程度的心肌缺血,体表心电图可见 R 波降低及 ST 段逐渐压低。LVEDP 随着心肌缺血加重相应性升高,由基础状态下(5.83 ± 3.19) mmHg 升高到重度缺血时的(15.20 ± 2.60) mmHg,各组 LVEDP 依次递增(P < 0.001),两两比较各组之间均存在差异(P < 0.05,表 1)。相应的 +dp/dt_{max} 逐渐下降,由基础状态下的(3.77 ± 1.66) mmHg/ms 降低到重度缺血时的(1.58 ± 0.40) mmHg/ms,各组 +dp/dt_{max} 依次递减(P < 0.001),两两比较各组间差异均有统计学意义(P < 0.05,表 1)。

2.2 VVI 及 EF 测量结果 随着心肌缺血加重,VVI 测量的 Em 由基础状态下的(4.04 ± 1.69) cm/s 逐步降至重度缺血状态下的(1.61 ± 0.50) cm/s(P < 0.001);Esr 由基础状态下的(1.24 ± 0.54) s⁻¹ 降至(0.56 ± 0.27) s⁻¹(P < 0.001);Sm 由基础状态下的(3.85 ± 1.54) cm/s 逐步降至重度缺血状态下的(1.68 ± 0.46) cm/s(P < 0.001);Ssr 由基础状态下的(1.09 ± 0.48) s⁻¹ 降至重度缺血下的(0.40 ± 0.09) s⁻¹,各种血流动力学状态之间的两两比较见表 1。4 个组别的平均 EF 值依次递减(P < 0.001),两两比较各组间差异均有统计学意义(P < 0.05,表 1)。

2.3 相关性分析及相互比较 随着 LVEDP 逐渐升高,Em 及 Esr 逐渐下降,二者与 LVEDP 呈负线性相关(图 2),相关系数分别为 r = -0.834(P < 0.001)和 r = -0.703(P < 0.001);两相

表 1 不同血流动力学状态下心功能测量指标变化($\bar{x} \pm s, n=41$)

血流动力学状态	LVEDP(mmHg)	Em(cm/s)	Esr(s ⁻¹)	+dp/dt _{max} (mmHg/ms)	Sm(cm/s)	Ssr(s ⁻¹)	EF(%)
基础	5.83 ± 3.19	4.04 ± 1.69	1.24 ± 0.54	3.77 ± 1.66	3.85 ± 1.54	1.09 ± 0.48	0.52 ± 0.03
轻度缺血	8.67 ± 2.65*	3.12 ± 0.76	1.11 ± 0.38	2.91 ± 0.61*	3.04 ± 0.94	1.01 ± 0.31	0.46 ± 0.05*
中度缺血	11.27 ± 1.42**	2.63 ± 0.75*	0.86 ± 0.22*	2.34 ± 0.60*	2.41 ± 0.57*	0.69 ± 0.23**	0.36 ± 0.06**
重度缺血	15.20 ± 2.60***	1.61 ± 0.50***	0.56 ± 0.27***	1.58 ± 0.40***	1.68 ± 0.46***	0.40 ± 0.09***	0.33 ± 0.06***

注: * :与基础状态相比,P < 0.05; #:与轻度缺血状态相比,P < 0.05; ★ :与中度缺血状态相比,P < 0.05

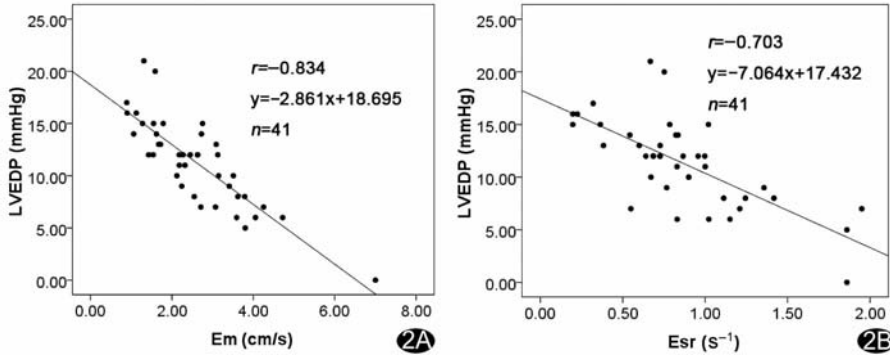


图 2 相关散点图 A. 为 LVEDP 与 Em; B. 为 LVEDP 与 Esr

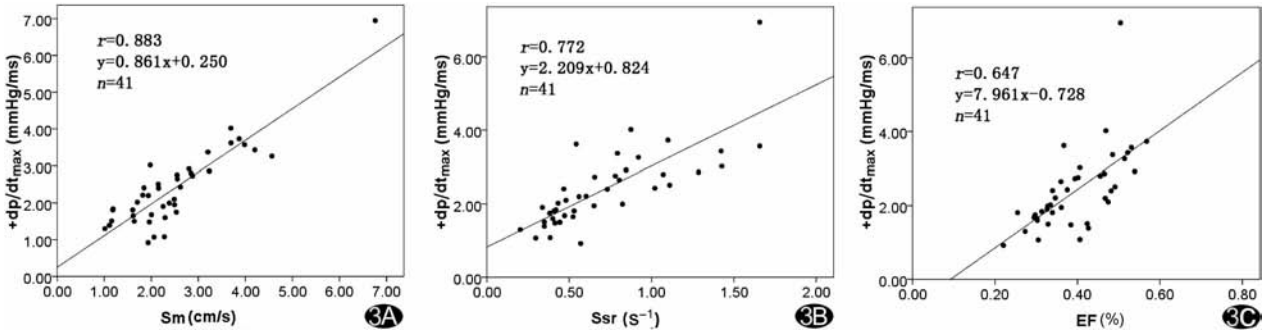


图 3 相关散点图 A. Sm 与 LV + dp/dt_{max}; B. Ssr 与 LV + dp/dt_{max}; C. EF 与 LV + dp/dt_{max}

关系数间进行比较, $Z = 2.13 (P = 0.032)$ 。Sm、Ssr、EF 均与 $+dp/dt_{max}$ 呈线性相关, 其相关性分别为 $r = 0.883 (P < 0.001)$, $r = 0.772 (P < 0.001)$ 及 $r = 0.647 (P < 0.001)$, 图 3)。相关系数间比较, Sm 与 LVEDP 的相关性高于 Ssr 及 EF 各自与 LVEDP 的相关性 ($Z = 2.03, P = 0.042$ 及 $Z = 3.13, P < 0.001$), 而 Ssr 及 EF 各自与 LVEDP 的相关程度差异无统计学意义 ($Z = 1.42, P = 0.16$)。

3 讨论

血流动力学监测指标目前仍是评价左心室舒张和收缩功能的金标准, 但由于其有创性及不宜反复多次测量而难以在临床上常规应用。EF 是目前临床常用的评价左心室收缩功能的指标, 由于二尖瓣反流在各种心脏病患者中普遍存在, 部分血液在左心房、左心室间无效循环, 影响了二维 Simpson 法依赖收缩末和舒张末容积计算 EF 的准确性, 因此 EF 在评价左心室收缩功能上存在一定局限性。已有研究表明 EF 不能准确反映早期的左心室收缩功能不全^[8]。E/A 比值虽然测量简便, 但许多研究已表明存在“假性正常化”, 在许多情况下不能正确反映左心室舒张功能。如何无创而准确地评价左心室舒张及收缩功能已成为近年来心血管领域研究的热点课题。

TDI 的出现使无创性评价左心功能提高到了一个新的水平, 其测量二尖瓣环心肌在长轴上的舒张及收缩速度能较好地反映左心室舒张及收缩功能, 但由于测量时存在角度依赖性, 使其准确性及重复性受到一定限制。VVI 是根据二维斑点追踪原理建立的一种全新的超声诊断技术, 由于斑点追踪技术与组织多普勒频移无关, 因此不受声束方向与室壁运动

方向间夹角的影响, 能更准确地反映心肌的运动, 从而明显提高了测量的准确性, 且操作简便, 重复性好。Bahar 等^[9]对 7 只犬在不同血流动力学状态下利用 VVI 及声纳微测量法分别在左心室长轴切面观测量了左心室壁收缩及舒张速度、应变率, 结果表明二者具有良好的相关性, VVI 能准确评价左心室壁运动。

心肌中 70% 的纤维呈纵行排列, 二尖瓣环心肌在左心室长轴上的舒缩速度能较好地反映左心室整体舒缩功能, 而应变和应变率则是显示局部心肌变形和变形速率的实时超声成像技术, 后者在定量评价局部心肌功能上具有重要价值^[10], 但在评价左心室整体功能上不如前者^[11]。

本研究通过开胸后缩窄犬冠状动脉导致不同程度的急性心肌缺血而成功建立了心力衰竭模型。随着冠状动脉血流量的减少, LVEDP 逐渐升高, 反映了左心室舒张功能逐渐降低。在不同血流动力学状态下测量的 Em 及 Esr 随着左心室舒张功能不同程度的减退而相应下降, 与 LVEDP 具有良好的负线性相关, 二者均可用于测量左心室舒张功能。对 Em 及 Esr 各自与 LVEDP 的相关性做进一步对比, 结果显示 Em 与 LVEDP 的相关性更高 ($P < 0.01$), 是更值得推荐的评价左心室舒张功能的测量指标。随着冠状动脉血流量的减少, 反映左心室收缩功能的 $+dp/dt_{max}$ 逐渐降低。Sm、Ssr、EF 均随着左心室收缩功能的减退而下降。与 $+dp/dt_{max}$ 均具有良好的线性相关, 可以认为三者均能较好地评价左心室收缩功能。本组对 Sm、Ssr 及 EF 与 $+dp/dt_{max}$ 的相关性做了进一步对比, 发现 Sm 与 $+dp/dt_{max}$ 的相关性更高 ($P < 0.01$), 是更好的评价左心室收缩功能的测量指标, 优于 Ssr 及 EF。

本研究将 VVI 技术用于评价左心室整体舒缩功能并与有创的血流动力学指标进行比较,结果表明使用 VVI 测量 Em 和 Sm 是一种无创的、能准确评价左心室舒张及收缩功能的好方法,在临床上具有良好的应用前景。

[参考文献]

- [1] Bhatia RS, Tu JV, Lee DS, et al. Outcome of heart failure with preserved ejection fraction in a population-based study. *N Engl J Med*, 2006, 355(3): 260-269.
- [2] Owan TE, Hodge DO, Herges RM, et al. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction. *N Engl J Med*, 2006, 355(3): 251-259.
- [3] Yturralde RF, Gaasch WH. Diagnostic criteria for diastolic heart failure. *Prog Cardiovasc Dis*, 2005, 47(5): 314-319.
- [4] Zile MR, Baicu CF, Gaasch WH. Diastolic heart failure—abnormalities in active relaxation and passive stiffness of the left ventricle. *N Engl J Med*, 2004, 350(19): 1953-1959.
- [5] Burgess MI, Jenkins C, Sharman JE, et al. Diastolic stress echocardiography: hemodynamic validation and clinical significance of estimation of ventricular filling pressure with exercise. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(9): 1891-1900.
- [6] Ha JW, Oh JK, Pellikka PA, et al. Diastolic stress echocardiography: a novel noninvasive diagnostic test for 15 diastolic dysfunction using supine bicycle exercise Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2005, 18(1): 63-68.
- [7] Lv Y, Yi YS. Comparing correlated correlation coefficients. *Practical Preventive Medicine*, 2001, 8(2): 157-158.
吕媛,易银沙. 关联相关系数的比较. *实用预防医学*, 2001, 8(2): 157-158.
- [8] Nazli C, Kinay O, Ergene O, et al. Use of tissue Doppler echocardiography in early detection of left ventricular systolic dysfunction in patients with mitral regurgitation. *Intern J Cardiovasc Imaging*, 2003, 19(3): 199-209.
- [9] Bahar P, Dirar SK, Craig JH, et al. A novel feature-tracking echocardiographic method for the quantitation of regional myocardial function. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 51(6): 651-659.
- [10] Ruxandra J, Christos JP, Pier GM, et al. Detection of regional myocardial dysfunction in patients with acute myocardial infarction using velocity vector imaging. *J Am So Echocardiogr*, 2008, 21(8): 879-886.
- [11] European Study Group on Diastolic Heart Failure. How to diagnose diastolic heart failure. *Eur Heart J*, 2007, 28(20): 2539-2550.

《浙江大学学报:医学版》征订和征稿启事

《浙江大学学报:医学版》是由国家教育部主管,浙江大学主办的报道医药学等方面研究成果的学术性刊物,从 2003 年起,正式被医学领域中最权威的美国《医学索引》,即 IM/Medline 收录,刊物印刷本被美国国立医学图书馆永久收藏。2008 年,《浙江大学学报:医学版》被《中文核心期刊要目总览》(第五版)收录。此外,该刊还被中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)数据库、中国科学引文数据库(CSCD)、美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、美国《乌利希国际期刊指南》、波兰《哥白尼索引》等收录。

《浙江大学学报:医学版》主要登载医学、药学、生物医学以及相关学科的学术论文。读者对象为医务工作者、医药学教育和科研人员,以及研究生等。

欢迎广大作者来稿,稿件的取舍以学术质量为标准,一视同仁。投稿须知请查阅该刊网址上所登载的要求。

国内邮发代号: 32-2; 国外邮发代号 BM 6585; 全国各地邮局均可订阅。

编辑部地址 杭州市天目山路 148 号

邮编 310028

联系电话 0571-88272797

E-mail zdxbyxb@zju.edu.cn

网址 www.journals.zju.edu.cn/med