

超声二维斑点追踪显像技术评价肥厚型心肌病 左心室旋转和扭转运动

谢明星, 张丽, 吕清, 王新房, 韩伟, 张静, 刘莹莹, 付倩, 项飞翔

华中科技大学 同济医学院 附属协和医院超声诊断科 湖北省分子影像重点实验室, 武汉 430022

通信作者: 谢明星 电话: 027-85726430, 传真: 027-85779734, 电子邮件: xiemx64@126.com

摘要: **目的** 采用超声二维斑点追踪显像技术 (STI) 探讨肥厚型心肌病 (HCM) 患者左心室扭转运动 (LVtw) 的特征。**方法** 随机选取心功能正常的 HCM 患者及正常对照组各 20 例, 取胸骨旁左心室心尖和心底短轴观二维图像对左心室旋转进行测量分析, 计算心底部旋转角度峰值 (MV-Prot) 及其达峰时间、心尖部旋转角度峰值 (AP-Prot) 及其达峰时间、扭转角度峰值 (Ptw) 及达峰时间、收缩期末扭转角度 (AVCtw)、等容舒张期末扭转角度 (MVOtw)、解旋率 (Untw R)、解旋减半时间 (HTU), 并比较两组间上述各参数的差别。**结果** (1) 与对照组相比, HCM 组 MV-Prot、AP-Prot、Ptw、AVCtw、MVOtw 和 HTU 测值增加, Untw R 测值减低 (P 均 < 0.05)。 (2) HCM 组左心室扭转角度达峰时间测值较对照组明显增加 ($P < 0.05$)。 (3) HCM 组内左心室旋转心尖部达峰时间较心底部测值明显增加 ($P < 0.05$)。**结论** 应用 STI 可无创性评价 HCM 患者左心室旋转及扭转运动特征, HCM 患者左心室旋转运动力学参数较正常人有明显异常改变。

关键词: 超声心动描记术; 超声二维斑点追踪显像技术; 肥厚性心肌病; 左室扭转; 左室旋转

中图分类号: R540.45; R542.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-503X(2008)01-0058-05

Left Ventricular Rotation and Twist in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy Evaluated by Two-dimensional Ultrasound Speckle-tracking Imaging

XIE Ming-xing, ZHANG Li, LÜ Qing, WANG Xin-fang, HAN Wei, ZHANG Jing,
LIU Ying-ying, FU Qian, XIANG Fei-xiang

Hubei Provincial Key Laboratory of Molecular Imaging, Department of Ultrasound, Union Hospital of
Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China

Corresponding author: XIE Ming-xing Tel: 027-85726430, Fax: 027-85779734, E-mail: xiemx64@126.com

ABSTRACT: Objective To assess the left ventricular rotation and twist in patients with hypertrophic cardiomyopathy (HCM) by 2-dimensional ultrasound speckle-tracking imaging (STI). **Methods** Two-dimensional images of left ventricle (LV) at basal and apical short-axis views were acquired in 20 patients with HCM and 20 healthy subjects to evaluate LV rotation. LV twist were defined as rate of apical LV rotation to the basal. Peak rotation (Prot) and the time to Prot in basal and apical short axis views were measured separately. Peak twist (Ptw), twist at aortic valve closure (AVCtw), twist at mitral valve opening (MVOtw), untwisting rate (Untw R), and half time of untwisting (HTU) were calculated. **Results** Compared with the control group, the value of Prot-MV, Prot-AP, Ptw, time to Ptw, AVCtw, MVOtw, and HTU significantly increased (all $P < 0.05$) and the Untw R significantly decreased ($P < 0.05$) in the HCM group. In the HCM group, time to Prot in apical view was significantly higher than that in basal view. **Conclusion** STI can noninvasively evaluate the characteristics of LV twist and rotation in patients with HCM.

Key words: echocardiography; speckle tracking imaging; hypertrophic cardiomyopathy; left ventricular twist; left ventricular rotation

Acta Acad Med Sin, 2008, 30(1):58-62

肥厚性心肌病 (hypertrophic cardiomyopathy, HCM) 是一种以心肌非对称性肥厚为主要特点的疾病, 具有遗传特征^[1]。典型病理改变为心肌细胞异常肥大、排列紊乱及间质纤维化等心肌细胞功能降低^[2]。常规超声心动图检查时, 反映心室收缩功能的指标如左心室射血分数等并不降低, 即心肌细胞收缩功能异常与 HCM 患者相对高的左心室射血分数相矛盾。超声二维斑点追踪显像 (speckle-tracking imaging, STI) 技术是新近发展的超声定量分析软件, 可对心动周期中心脏的力学特性进行定性和定量描述。本研究旨在应用 STI 技术评价 HCM 患者左心室旋转及扭转运动特征, 为进一步了解 HCM 心肌功能变化提供一种敏感、准确的方法。

对象和方法

对象

HCM 组: 2006 年 10 月~2007 年 5 月在我院就诊的肥厚型非对称性心肌病患者 20 例, 其中男 13 例, 女 7 例, 平均年龄 (49 ± 16) 岁 (19 ~ 69 岁); 均为窦性心律, 平均心率 (73.4 ± 6.7) 次/min (62 ~ 90 次/min)。入选标准: 二维超声显示左心室壁非对称性肥厚, 室间隔与左心室后壁厚度之比 ≥ 1.5, 室间隔厚度 ≥ 1.5 cm, 左心室下壁、侧壁无明显增厚或轻度增厚, 左心室后壁无增厚。左心室流出道压差 ≤ 20 mmHg, 左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) ≥ 55。排除标准: 高血压、冠心病以及瓣膜病等因素引起的心室壁肥厚。

对照组: 20 例性别及年龄与以上患者相匹的健康志愿者, 男 13 例, 女 7 例, 平均年龄 (45.2 ± 8.6) 岁 (22 ~ 70 岁), 平均心率 (72.2 ± 5.9) 次/min (61 ~ 88 次/min), 均为窦性心律。无心血管病史, X 线胸片及心脏超声检查均为正常, 体格检查排除各种器质性疾病。

仪器 GE Vivid 7 Dimension 彩色多普勒超声成像仪, M3S 探头, 频率 1.7 ~ 3.4 MHz。Echo PAC 超声工作站, 配有 6.0 版本 STI 成像分析软件。

图像采集 受检者左侧卧位, 嘱平静呼吸, 同步记录心电图 (electrocardiogram, ECG)。在系列左

心室短轴成像时, 使显示的左心室腔尽可能保持圆形, 心底水平定义为清晰显示二尖瓣活动的左心室短轴切面, 心尖水平定义为舒张期末心尖四腔观上左心室长径下 1/3 处的左心室短轴切面。嘱受检者呼气末屏气, 取心律稳定的连续 3 个心动周期的二维灰阶动态图像储存, 行脱机后分析。

常规超声心动图检查 测量舒张期末室间隔厚度 (interventricular septal thickness in end-diastole, IVSd)、舒张期末左心室后壁厚度 (posterior wall of left ventricle, LVPWd)、计算 IVSd/LVPWd。显示心尖五腔观, 脉冲多普勒成像模式于左心室流入道与流出道之间获取二尖瓣口 E 峰值、A 峰值及等容舒张时间 (isovolumic relaxation time, IVRT)。双平面 Simpson 法计算 LVEF。

EchoPAC 工作站与数据分析 将原始数据导入工作站, 进入 STI 成像模式, 将二维图像停帧于心内膜显示最清晰的收缩期末, 手动仔细勾画左心室心内膜边界后, 系统自动对心肌内的斑点进行追踪, 随时调整感兴趣区宽度, 使其包纳心肌全层。追踪结束后, 分析软件自动将左心室壁分为 6 个节段, 并将各节段的追踪结果以 V 或 X 的形式表示, V 示所选二维图像满足 STI 分析要求, X 则表示不满足。选择 6 个节段均为 V 的图像进入后续分析, 系统将自动显示出左心室旋转角度随心动周期变化的曲线图。

结合同步记录心电图, 将心动周期定义为 R 波顶点至下一心动周期 R 波顶点的间期, 选定超声心动图上主动脉瓣关闭 (aortic valve closure, AVC) 时为收缩期末。从心尖向心底部方向观察, 心肌呈逆时针旋转以正值表示, 顺时针旋转以负值表示。扭转角度等于心尖部与基底部旋转角度的净差, 心尖部和心底部的所有参数数据转化为数据表格, 计算心底部旋转角度峰值 (peak rotation on basal plane, MV-Prot) 及其达峰时间、心尖部旋转角度峰值 (peak rotation on apical plane, AP-Prot) 及其达峰时间、扭转角度峰值 (peak twist, Ptw) 及达峰时间、收缩期末扭转角度 (twist at aortic valve closure, AVCtw)、等容舒张期末扭转角度 (twist at mitral valve opening, MVOtw)、解旋率 (untwisting rates,

Untw R)、解旋减半时间 (half time of untwisting, HTU)。舒张期心肌扭转运动即为解旋。左心室解旋程度即解旋率, 用 AVCTw 百分比表示: $Untw R = [(AVCTw - Tw) / AVCTw] \times 100\%$, T 指舒张期持续时间任意时间点。考虑不同个体 IVRT 间期的差异, 将解旋率定义为: $Untw R = \{ [(AVCTw - MVOtw) / AVCTw] \times 100\% \} / IVRT$ 。解旋减半时间为心电图 R 波顶点至收缩期末扭转角度峰值降低一半的时间。

一致性检验 从 40 例研究对象中随机抽取 10 例重复测量左心室扭转峰值行一致性检验, 评价 STI 技术在实际应用中的稳定性和可靠性。由两名同资历的检查者采用同样方法对这 10 例研究对象进行检测, 比较观察者之间的一致性; 另外, 同一观察者 2 周后对这 10 例对象进行第 2 次测量, 比较观察者内的一致性。

统计学处理 采用 SPSS13.0 统计软件, 数值以 $\bar{x} \pm s$ 差表示。两组间均数比较采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 表示有统计学意义。一致性比较用 Blant-Altman 分析法。

结 果

常规超声心动图测值比较 HCM 组的 LVEF、

LVSD、IVSD/LVWDD、A 峰及 IVRT 测值分别为 $(72.5 \pm 5.8)\%$ 、 (2.0 ± 0.3) mm、 (1.7 ± 0.3) 、 (1.0 ± 0.3) m/s 和 (91.2 ± 18.3) ms, 明显高于对照组的 $(66.6 \pm 4.7)\%$ 、 (0.9 ± 0.1) mm、 (1.0 ± 0.1) 、 (0.6 ± 0.1) m/s 和 (72.2 ± 11.6) ms (P 均 < 0.05); HCM 组的 E 峰测值为 (0.8 ± 0.2) m/s, 明显低于对照组的 (0.9 ± 0.1) m/s ($P < 0.05$)。

两组左心室旋转及扭转随心动周期曲线变化特征 HCM 组和对照组左心室心底部与心尖部旋转角度随心动周期变化曲线趋势一致。从左心室心尖向心底部方向观察, 左心室心肌旋转运动主要表现为心尖部逆时针方向旋转与心底部顺时针方向旋转。因此, 左心室整体心肌扭转运动主要表现为逆时针方向扭转 (图 1)。

两组左心室扭转运动参数比较 与对照组比较, HCM 组的 MV-Prot、AP-Prot、Ptw、AVCTw、MVOtw、HTU 测值增加, Untw R 测值减低, 差异均有显著性 (P 均 < 0.05)。(表 1、2)。

与对照组比较, HCM 组左心室心尖部旋转角度达峰时间和左心室扭转角度达峰时间测值增加 ($P < 0.05$), 而心底部左心室旋转角度达峰时间测值差异无显著性 ($P > 0.05$) (表 1、2)。

表 1 HCM 组与对照组心底部与心尖部左心室旋转角度峰值及达峰时间比较

Table 1 Changes of left ventricle peak rotation angle and time between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	Group	心底部旋转 Rotation on basal plane		心尖部旋转 Rotation on apical plane	
		峰值 (°)	达峰时间 (ms)	峰值 (°)	达峰时间 (ms)
		Peak angle (°)	Peak angle time (ms)	Peak angle (°)	Peak angle time (ms)
对照组	Control group	-6.2 ± 2.6	331 ± 37	7.6 ± 2.7	316 ± 40
HCM 组	HCM group	-10.9 ± 4.5	321 ± 39	10.5 ± 3.5	368 ± 75
<i>t</i>		5.49	0.85	-4.092	-2.772
<i>P</i>		0.001	0.4	0.001	0.01

表 2 HCM 组与对照组心动周期中左心室扭转参数比较

Table 2 Changes of left ventricle twist parameter throughout the cardiac cycle between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	Group	Ptw		AVCTw		MVOtw		Untw R (%)	HTU (ms)
		角度 (°)	时间 (ms)	角度 (°)	时间 (ms)	角度 (°)	时间 (ms)		
		Angle (°)	Time (ms)	Angle (°)	Time (ms)	Angle (°)	Time (ms)		
对照组	Control group	13.7 ± 2.5	320 ± 32	12.8 ± 2.4	342 ± 40	8.5 ± 2.2	412 ± 37	51.3 ± 7.6	458 ± 43
HCM 组	HCM group	19.1 ± 4.3	364 ± 73	17.2 ± 4.5	336 ± 37	14.2 ± 3.8	441 ± 60	27.5 ± 12.3	528 ± 67
<i>t</i>		-4.922	-2.506	-4.143	0.603	-5.88	-1.864	7.032	-3.95
<i>P</i>		0.001	0.016	0.001	0.523	0.001	0.04	0.001	0.001

Ptw: 左心室峰值扭转; AVCTw: 收缩期左心室扭转; MVOtw: 等容舒张期末左心室扭转; Untw R: 解旋率; HTU: 解旋减半时间

Ptw: peak twist; AVCTw: twist at aortic valve closure; MVOtw: twist at mitral valve opening; Untw R: untwisting rates; HTU: half time of untwisting

HCM 组心尖部左心室旋转角度达峰时间为 (368 ± 75) ms, 明显高于心底部的 (321 ± 39) ms ($P < 0.05$); 对照组的心尖部与心底部左心室旋转角度达峰时间分别为 (316 ± 40) 和 (331 ± 37)

ms, 两者相比差异无显著性 ($P > 0.05$)。

STI 技术所测左心室扭转角度峰值组内及组间相关性良好, 且一致性高 (图 2)。

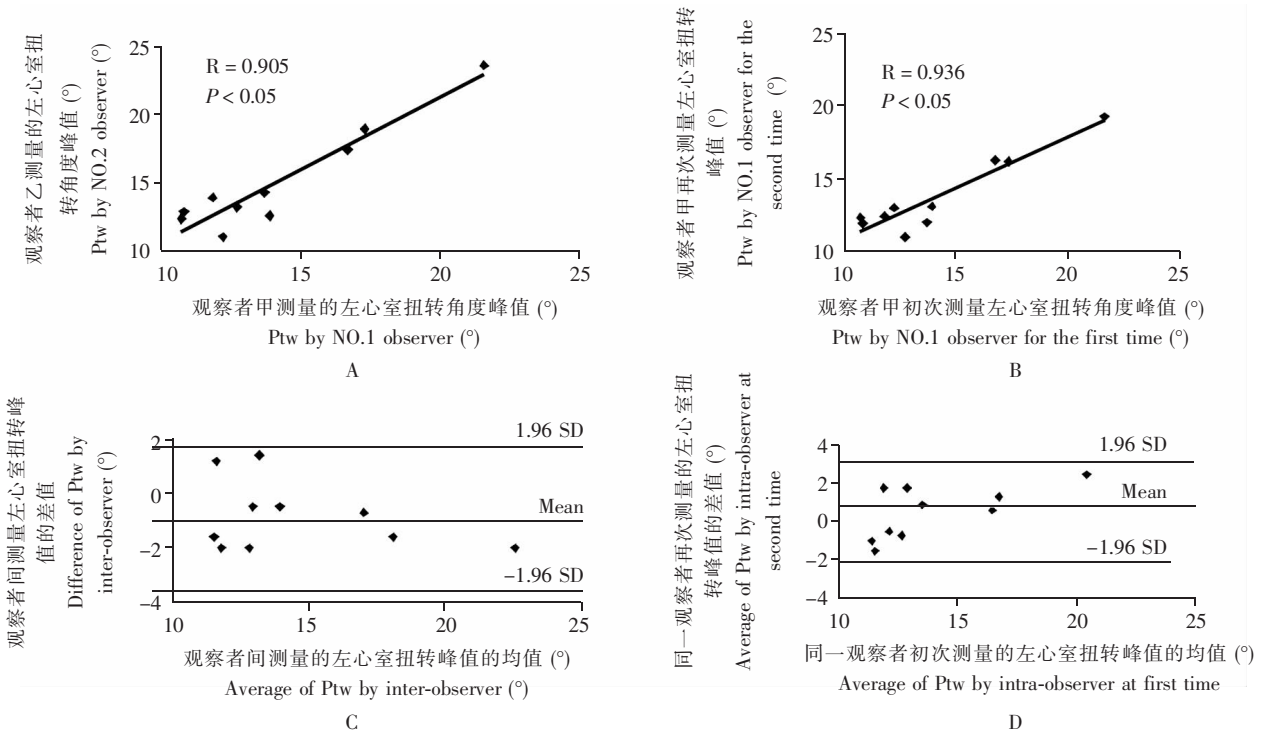


图 2 观察者内与观察者间测量左心室扭转峰值的相关性和一致性

Fig 2 Correlation and agreement between left ventricle twist (Ptw) measured by inter-observer and intra-observer

A. 观察者间测量左心室扭转峰值的相关性; B. 观察者内测量左心室扭转峰值的相关性; C. 不同观察者同一时间测量左心室扭转峰值的相关性; D. 同一观察者不同时间测量左心室扭转峰值的相关性

A. correlation between Ptw measured by inter-observers; B. correlation between LV Ptw measured by intra-observers; C. agreement between Ptw measured by inter-observers at the same time; D. agreement between Ptw measured by intra-observers at the different time

讨 论

HCM 是肌节蛋白疾病, 突变的肌节蛋白在心肌细胞中的表达首先损害细胞收缩功能, 后出现肌小节和肌纤维排列紊乱, 而心肌肥厚只是一种代偿反应^[3], 常规超声心动图检查时左心室射血分数正常并不代表 HCM 心肌收缩功能正常, 故临床上其不能评价 HCM 患者心肌收缩功能正常与否。STI 技术是在二维超声图像的基础上, 于心动周期内自动追踪感兴趣区室壁内不同象素的心肌组织在每一帧图像中的位置, 并与上一帧图像中的位置相比较, 计算整个感兴趣区内各节段心肌的变形程度^[4]。由于 STI 技术与组织频移无关, 因此不受声束方向与心室壁运动方向夹角的影响, 没有角度依赖性, 故能更准

确地反映心肌的运动。Notomi 等^[5]用斑点追踪技术、磁共振技术、组织多普勒技术对左心室扭转进行评价, 证明斑点追踪能准确定量测量左心室扭转。本研究通过重复测量左心室扭转峰值, 后行一致性检验, 结果示组内及组间所测左心室扭转峰值相关性良好, 且一致性高, 提示了 STI 技术在实际应用中的稳定性和可靠性。

研究表明心室扭转受多位因素影响^[6]: 心内膜与心外膜下肌纤维的走行夹角, 心肌的收缩力和心室的几何形态。心内膜下心肌纤维和心外膜下心肌纤维呈反向螺旋走行, 且心室扭转方向和大小取决于跨壁应变梯度和心外膜下心肌纤维相对于心内膜下心肌纤维的运动优势。心肌收缩时, 心脏的轴向运动收缩力来自于心内、外膜下心肌收缩力大小的和, 而心脏扭转运动方向和扭转角度的大小则由二

者力矩大小的差决定。

本研究结果显示 HCM 组与正常对照组左心室旋转随心动周期变化曲线形态一致,左心室整体心肌扭转运动主要表现为逆时针方向扭转。HCM 组左心室旋转角度峰值及心动周期内不同时间点扭转角度均较对照组增加,其原因可能与 HCM 患者心肌细胞排列紊乱、心内膜下心肌纤维化变性等有关。同时 HCM 心内膜下心肌低灌注导致心肌功能受损,从而使心外膜下肌纤维收缩时逆时针旋转相对于心内膜下心肌纤维收缩顺时针旋转更占优势,左心室心肌整体运动表现为逆时针扭转增强。Young 等^[7]研究表明 HCM 收缩期扭转增加,与本研究结果相符。舒张期的扭转即为解旋^[8],心室的顺应性和抽吸力决定了其解旋特性,而解旋又可直接调节心室充盈。本研究结果显示, HCM 患者舒张期解旋比例和解旋率下降,解旋时间延长,提示 HCM 患者心肌舒张功能受到损害。

本研究中对照组左心室心底与心尖部旋转角度达峰时间一致,左心室扭转角度达峰时间出现于收缩期末,而 HCM 组左心室心尖部旋转角度达峰时间测值较心底部增加, HCM 左心室扭转角度达峰时间较对照组延长,左心室扭转达峰时间出现于舒张期,这可能与 HCM 患者心肌肥厚及纤维化,使心内层心肌先激动后再向心外膜传播的时间间期延长有关,即存在室壁间差异性传导,致心底部与心尖部左心室心肌旋转运动不协调。Serri 等^[9]研究显示,二维应变可运用于 HCM 患者左心室整体和局部心肌功能的评价。超声组织同步显像技术对心肌收缩协调性研究表明 HCM 患者局部心肌运动不协调^[10]。另有研究证实^[11], HCM 患者局部心肌的面积变化在心动周期的不同时相内变异较大,表明心肌节段间存在明显的收缩舒张不同步。以上研究显示 HCM 患者的局部心肌运动存在时间和空间的不协调,这种心肌收缩的不协调性反映出心肌结构紊乱所致的心肌机能和心肌间运动异常。从本结果亦可表明,尽管 HCM 患者整体收缩功能正常或呈高动力状态,但局部心肌运动已存在明显不协调。

采用的 STI 仍局限在二维平面的观察,不能对斑点本身的形态改变进行识别,不能完全跟踪斑点运动的空间位置。随着超声影像技术的不断发展,实时二维、三维超声应变成像将为观察心肌运动、评价心肌功能提供更为准确的方法。另本研究样本量较少,对这一技术评价的特异性与敏感性有待进一步

步所探讨。

(本文图 1 见插图第 3 页)

参 考 文 献

- [1] Lind JM, Chiu C, Semsarian C. Genetic basis of hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2006, 4(6):927-934.
- [2] Nagueh SF, Kopelen HA, Lim DS, *et al*. Tissue Doppler imaging consistently detects myocardial contraction and relaxation abnormalities, irrespective of cardiac hypertrophy, in a transgenic rabbit model of human hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Circulation*, 2000, 102(12):1346-1350.
- [3] Rust EM, Albayya FP, Metzger JM. Identification of a contractile deficit in adult cardiac myocytes expressing hypertrophic cardiomyopathy-associated mutant troponin T proteins [J]. *J Clin Invest*, 1999, 103(10):1459-1467.
- [4] Langeland S, D'hooge J, Wouters PF, *et al*. Experimental validation of a new ultrasound method for the simultaneous assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle [J]. *Circulation*, 2005, 112(14):2157-2162.
- [5] Notomi Y, Lysyansky P, Setser RM, *et al*. Measurement of ventricular torsion by two dimensional ultrasound speckle tracking imaging [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45(12):2034-2041.
- [6] Taber LA, Yang M, Podszus WW. Mechanics of ventricular torsion [J]. *J Biomech*, 1996, 29(6):745-752.
- [7] Young AA, Kramer CM, Ferrari VA, *et al*. Three-dimensional left ventricular deformation in hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Circulation*, 1994, 90(2):854-867.
- [8] Dong S, Hees P, Siu C, *et al*. MRI assessment of LV relaxation by untwisting rate: a new isovolumic phase measure of tau [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2001, 281(5):H2002-H2009.
- [9] Serri K, Reant P, Lafitte M, *et al*. Global and regional myocardial function quantification by two-dimensional strain: application in hypertrophic cardiomyopathy. [J]. *J Am Coll of Cardiol*, 2006, 47(6):1175-1181.
- [10] 熊润青, 谢明星, 王新房, 等. 超声组织同步显像技术评价肥厚性心肌病患者心肌收缩协调性的初步研究 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2006, 15(3):164-167.
- [11] Betocchi S, Hess OM, Losi MA, *et al*. Regional left ventricular mechanics in hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Circulation*, 1993, 88(5):2206-2214.

(2007-09-18 收稿)