

组织运动二尖瓣环位移自动追踪技术评价冠心病患者左心室功能

刘 潇, 陈永超, 章仁品, 彭 超, 吴满丽

(解放军第 105 医院超声中心, 安徽省合肥市 230031)

[关键词] 超声心动描记术; 冠心病; 左心室功能; 二尖瓣

[摘要] **目的** 探讨组织运动二尖瓣环位移自动追踪技术(TMAD)评价冠心病患者左心室收缩及舒张功能。**方法** 经冠状动脉造影证实的冠心病患者(CHD组)27例及年龄匹配的对照组30例,连续测量3个心动周期二尖瓣环4个位点的收缩期峰值位移(Ds)、瓣环连线中点最大位移(Mid)、Mid与左心室舒张期末最大纵径比值(Mid%)、收缩期达峰时间(T)、舒张早期位移(De)及舒张晚期位移(Da),求均值,计算Da/Dt($Dt = De + Da$),并将Ds均值、Mid均值、Mid%均值与双平面Simpson法计算出的左心室射血分数(LVEF)及将Da/Dt与二尖瓣口血流频谱A/E峰值比作相关性分析。**结果** (1)与对照组相比,CHD组4个位点Ds、Mid、Mid%及其均值均降低($P < 0.01$),4个位点达峰时间及其均值均延长($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);(2)与对照组相比,CHD组4个位点De及其均值均降低($P < 0.01$),侧壁、前壁、下壁Da及4个位点Da均值均增高($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),Da/Dt增高($P < 0.01$);(3)对照组、CHD组Ds均值、Mid均值及Mid%均值与LVEF呈正相关(对照组: $r = 0.697, r = 0.711, r = 0.779, P < 0.01$;CHD组: $r = 0.707, r = 0.703, r = 0.789, P < 0.01$);(4)对照组、CHD组Da/Dt与A/E峰值比呈正相关($r = 0.739, r = 0.666, P < 0.01$)。**结论** TMAD新技术可以客观、方便地评价冠心病患者左心室功能。

[中图分类号] R54

[文献标识码] A

Evaluation of Left Ventricular Function in Patients with Coronary Heart Disease by Automated Motion Tracking of Mitral Annular Displacement

LIU Xiao, CHEN Yong-Chao, ZHANG Ren-Pin, PENG Chao, and WU Man-Li

(Department of Ultrasound, The 105th Hospital of People's Liberation Army, Hefei, Anhui 230031, China)

[KEY WORDS] Echocardiography; Coronary Heart Disease; Left Ventricular Function; Mitral Valve

[ABSTRACT] **Aim** To evaluate the left ventricular systolic and diastolic function by automated motion tracking of mitral annular displacement (TMAD) in patients with coronary heart disease (CHD). **Methods** Twenty-seven CHD patients (group CHD) confirmed by coronary angiography and thirty age-matched normal controls were enrolled in this study. The parameters were obtained by TMAD which lasted at least three consecutive cardiac cycles: maximal systolic displacement (Ds), early diastolic displacement (De) and late diastolic displacement (Da) of the four points of mitral annulus, the time to peak systolic displacement (T), systolic displacement of the middle point (Mid) and its ratio to the length of left ventricle at end-diastole (Mid%), then separately to calculate the mean of foregoing numbers. And the Da/Dt ratio was calculated ($Dt = De + Da$). Then, the correlation between the mean of Ds, the mean of Mid, the mean of Mid% and left ventricular ejection fraction (LVEF) measured by biplane Simpson methods, between Da/Dt ratio and transmitral index E/A ratio were analyzed. **Results** (1) Compared with control group, the Ds, Mid, Mid% of four points, the mean of Ds, the mean of Mid and the mean of Mid% were decreased significantly (all $P < 0.01$), the T of four points and the mean of T increased significantly ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) in group CHD. (2) Compared with control group, the De of four points and the mean of De were decreased significantly (all $P < 0.01$), the Da of lateral, anterior and inferior mitral annulus, the mean of Da of four points ($P < 0.05$ or $P < 0.01$) and Da/Dt ratio ($P < 0.01$) increased significantly in group CHD. (3) In both two groups, the mean of Ds, the mean of Mid and the mean of Mid% show a positive correlation

[收稿日期] 2014-07-02

[基金项目] 南京军区医学科技创新项目(12MA032)

[作者简介] 刘潇, 硕士研究生, 医师, 研究方向为心血管超声, E-mail 为 lxiao89@163.com。陈永超, 副主任医师, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为超声医学, E-mail 为 chen Yongchao@snn@163.com。通讯作者章仁品, 硕士, 主任医师, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向为心血管超声, E-mail 为 zhangrenpin@126.com。

to LVEF (control group: $r=0.697$, $r=0.711$, $r=0.779$, $P<0.01$; group CHD: $r=0.707$, $r=0.703$, $r=0.789$, $P<0.01$). (4) In both two groups, Da/Dt ratio show a positive correlation to A/E ratio (control group: $r=0.739$, $P<0.01$; group CHD: $r=0.666$, $P<0.01$). **Conclusion** TMAD can assess the left ventricular function in patients with CHD objectively and expediently.

超声心动图作为一种无创、便捷的检查方法,在临床上不仅可以用来预测冠心病(coronary heart disease, CHD)的发生^[1],也可以观察和评价冠心病患者的心脏结构、室壁运动和心脏功能。二尖瓣环运动能够反映左心室长轴功能,以往相关监测多应用 M 型超声及组织多普勒,但上述两种方法受角度依赖,因而评价不够客观。而新的斑点追踪成像(speckle tracking imaging, STI)技术能够克服两者的角度依赖性。组织运动二尖瓣环位移自动追踪(tracking of mitral annular displacement, TMAD)技术来源于 STI,能够半自动追踪二尖瓣环相对于心尖部的运动。本文旨在探讨 TMAD 新技术评价 CHD 患者左心室收缩及舒张功能的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

(1) CHD 组: 2013 年 5 月至 10 月期间在解放军 105 医院经冠状动脉造影确诊的 CHD 患者 27 例,多支冠状动脉狭窄,至少一支狭窄 $\geq 70\%$,未发生过心肌梗死,无瓣膜病、心肌病、高血压病史,二尖瓣下血流频谱 A 峰均大于 E 峰,其中男 16 例,女 11 例,平均年龄 64.19 ± 10.76 岁; (2) 对照组: 30 例,经冠状动脉造影或双源 CT 检查未见明显冠状动脉狭窄,均无冠心病、瓣膜病、心肌病、高血压病史,超声心动图及心电图检查均未见异常,二尖瓣下血流频谱 A 峰均小于 E 峰,其中男 17 例,女 13 例,平均

年龄 61.10 ± 12.02 岁。所有受检者均为窦性心律。CHD 组与对照组在年龄、性别构成比及心率方面差异无统计学意义。

1.2 仪器与方法

采用 Philips IU22 超声诊断仪, S5-1 探头。对所有受检者行常规超声心动图检查,同步记录心电图。应用双平面 Simpson 法测量左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。置脉冲多普勒取样线于二尖瓣口,测量二尖瓣舒张期峰值速度 E、A, 计算 A/E 峰值比。存储心尖四腔及心尖两腔至少连续 3 个心动周期,用仪器自带 Qlab 软件中的 TMAD 插件进行分析。于心尖四腔心切面二尖瓣环后间隔、侧壁、心尖处及心尖两腔心切面二尖瓣环前壁、下壁、心尖处分别放置取样点,软件自动生成二尖瓣环后间隔、侧壁、前壁及下壁处相对于心尖部的全心动周期同步位移曲线(图 1)。结合心电图分别测量 4 个位点的收缩期峰值位移(maximal systolic displacement, Ds)、瓣环连线中点最大位移(systolic displacement of the middle point, Mid)、Mid 与左心室舒张期末最大纵径比值(ratio of Mid to the length of left ventricle at end-diastole, Mid%)、收缩期达峰时间(the time to peak systolic displacement, T)、4 个位点的舒张早期位移(early diastolic displacement, De)及舒张晚期位移(late diastolic displacement, Da),分别求均数,并计算 Da/Dt ($Dt = De + Da$)。以上各项测量均连续测量 3 个心动周期,取均值,所有数据均由同一人分析完成。

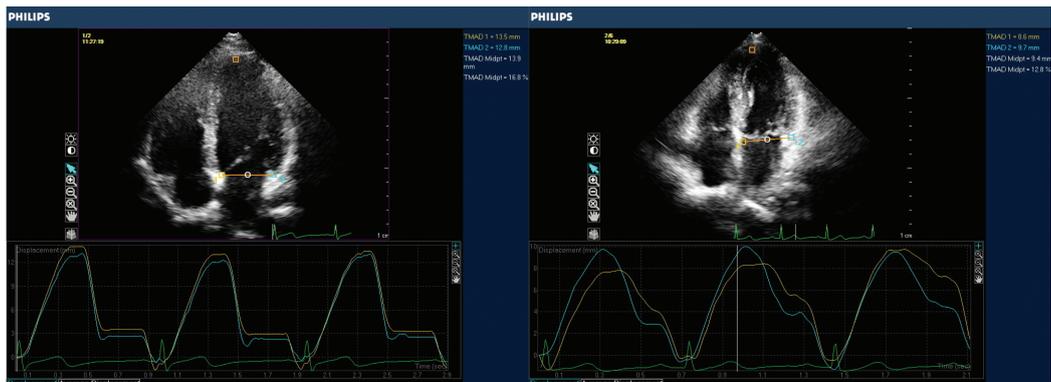


图 1. 二尖瓣环位移曲线 左图为对照组,右图为 CHD 组

Figure 1. The mitral annular displacement curve

1.3 重复性检验

随机抽取 10 例 CHD 组患者,每例均选取心尖四腔心切面 2 个位点,共 20 个位点,15 天后由同一观察者及另一名观察者分别重新分析上述位点的 Ds,计算观察者间及观察者内的变异程度。以各测量值的误差百分率作为变异性指标: $(x_1 - x_2) / [(x_1 + x_2) / 2] \times 100\%$,其中 x_1 、 x_2 分别代表两名观察者之间、同一观察者 15 天前及 15 天后对同一位点的测量值。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 18 统计软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,性别构成比采用卡方检验,两组

参数比较采用两独立样本 t 检验,两参数间关系采用 Pearson 相关分析进行相关性检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料与常规超声参数比较

两组间年龄、性别构成比及心率差异无统计学意义($P > 0.05$)。与对照组相比,CHD 组 LVEF 降低,差异有统计学意义($P < 0.01$);与对照组相比,CHD 组左心房内径、二尖瓣 A/E 峰值比增高,差异有统计学意义($P < 0.01$)(表 1)。

表 1. 对照组与 CHD 组一般资料和常规超声测量参数($\bar{x} \pm s$)

Table 1. The general data and conventional ultrasonic measurement parameters in control group and group CHD ($\bar{x} \pm s$)

分 组	例数	男/女(例)	年龄(岁)	心率(次/分)	左心房内径(mm)	LVEF	A/E 峰值比
对照组	30	17/13	61.10 ± 12.02	77.87 ± 8.70	29.53 ± 3.21	62.03% ± 3.62%	0.66 ± 0.13
CHD 组	27	16/11	64.19 ± 10.76	73.93 ± 7.83	32.37 ± 2.78 ^a	56.04% ± 3.30% ^a	1.32 ± 0.07 ^a

a 为 $P < 0.01$,与对照组比较。

2.2 二尖瓣环收缩期参数比较

与对照组相比,CHD 组 4 个位点 Ds、Mid、Mid% 及其均值均降低,差异有统计学意义($P <$

0.01;表 2、表 3);4 个位点达峰时间及其均值均延长,差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$;表 4)。

表 2. 对照组与 CHD 组二尖瓣环 4 个位点收缩期峰值位移($\bar{x} \pm s$,mm)

Table 2. The maximal systolic displacement of the four points of mitral annulus in control group and group CHD ($\bar{x} \pm s$,mm)

分 组	四腔观		两腔观		4 个位点均值
	后间隔	侧壁	前壁	下壁	
对照组	12.34 ± 1.76	13.34 ± 2.05	12.53 ± 2.37	13.31 ± 2.13	12.88 ± 1.65
CHD 组	10.19 ± 1.82 ^a	11.51 ± 1.96 ^a	10.87 ± 2.13 ^a	10.71 ± 2.38 ^a	10.82 ± 1.45 ^a

a 为 $P < 0.01$,与对照组比较。

表 3. 对照组与 CHD 组两心尖切面 Mid、Mid% ($\bar{x} \pm s$)

Table 3. The Mid and Mid% in control group and group CHD ($\bar{x} \pm s$)

分 组	Mid(mm)			Mid%		
	AP4-Mid	AP2-Mid	均值	AP4-Mid%	AP2-Mid%	均值
对照组	13.35 ± 1.86	13.11 ± 2.03	13.23 ± 1.66	16.61% ± 2.40%	16.49% ± 2.63%	16.55% ± 2.13%
CHD 组	11.44 ± 1.90 ^a	11.12 ± 2.16 ^a	11.28 ± 1.74 ^a	14.50% ± 2.62% ^a	14.03% ± 2.82% ^a	14.27% ± 2.42% ^a

AP4:心尖四腔心切面;AP2:心尖两腔心切面。a 为 $P < 0.01$,与对照组比较。

表 4. 对照组与 CHD 组二尖瓣环 4 个位点收缩期达峰时间($\bar{x} \pm s$,ms)

Table 4. The time to peak systolic displacement of the four points of mitral annulus in control group and group CHD ($\bar{x} \pm s$,ms)

分 组	四腔观		两腔观		4 个位点均值
	后间隔	侧壁	前壁	下壁	
对照组	381.72 ± 54.46	363.00 ± 36.12	373.01 ± 45.19	379.66 ± 45.45	374.28 ± 37.65
CHD 组	433.69 ± 53.43 ^b	405.18 ± 74.95 ^a	423.33 ± 59.23 ^b	415.18 ± 66.59 ^a	419.42 ± 48.45 ^b

a 为 $P < 0.05$,b 为 $P < 0.01$,与对照组比较。

2.3 二尖瓣环舒张期参数比较

与对照组相比,CHD 组 4 个位点 D_e 及其均值均降低,差异有统计学意义($P < 0.01$;表 5);侧壁、前壁、下壁 D_a 及 4 个位点 D_a 均值均增高,差异有

统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$;表 6),后间隔 D_a 增高,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。 D_a/D_t :对照组为 0.37 ± 0.10 ,CHD 组为 0.56 ± 0.08 ,CHD 组增高,差异有统计学意义($P < 0.01$)。

表 5. 对照组与 CHD 组二尖瓣环 4 个位点舒张早期位移($\bar{x} \pm s, mm$)

Table 5. The early diastolic displacement of the four points of mitral annulus in control group and group CHD($\bar{x} \pm s, mm$)

分 组	四腔观		两腔观		4 个位点均值
	后间隔	侧壁	前壁	下壁	
对照组	7.59 ± 1.83	8.68 ± 2.10	7.97 ± 2.45	8.28 ± 2.00	8.13 ± 1.75
CHD 组	4.70 ± 1.81^a	5.29 ± 1.41^a	4.49 ± 1.53^a	4.90 ± 2.08^a	4.84 ± 1.23^a

a 为 $P < 0.01$,与对照组比较。

表 6. 对照组与 CHD 组二尖瓣环 4 个位点舒张晚期位移($\bar{x} \pm s, mm$)

Table 6. The late diastolic displacement of the four points of mitral annulus in control group and group CHD ($\bar{x} \pm s, mm$)

分 组	四腔观		两腔观		4 个位点均值
	后间隔	侧壁	前壁	下壁	
对照组	4.75 ± 1.61	4.66 ± 2.11	4.56 ± 1.82	5.00 ± 1.71	4.74 ± 1.41
CHD 组	5.50 ± 1.63	6.23 ± 2.08^b	6.39 ± 1.55^b	5.81 ± 1.18^a	5.98 ± 1.06^b

a 为 $P < 0.05$,b 为 $P < 0.01$,与对照组比较。

2.4 相关性分析

对照组 D_s 均值、Mid 均值及 Mid% 均值与 LVEF 均呈正相关($r = 0.697, r = 0.711, r = 0.779, P < 0.01$), D_a/D_t 与 A/E 峰值比也呈正相关($r =$

$0.739, P < 0.01$)。CHD 组 D_s 均值、Mid 均值及 Mid% 均值与 LVEF 均呈正相关($r = 0.707, r = 0.703, r = 0.789, P < 0.01$), D_a/D_t 与 A/E 峰值比也呈正相关($r = 0.666, P < 0.01$)(图 2)。

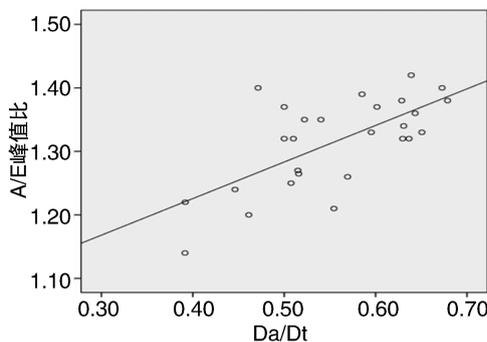
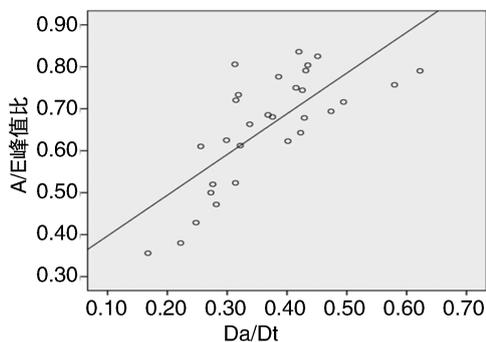


图 2. D_a/D_t 与 A/E 峰值比的相关性 左图为对照组,右图为 CHD 组。

Figure 2. The correlation between D_a/D_t ratio and A/E ratio

2.5 重复性检验

二尖瓣环收缩期峰值位移,观察者内的变异系数为 3.8%,观察者间的变异系数为 7.0%。

3 讨论

冠心病发病率的上升,严重威胁到人类的健

康,迅速、准确地评价冠心病患者的左心室功能,对冠心病患者疗效及愈后的评估均有重要意义。临床上 LVEF 是评价左心室收缩功能的最常用指标,目前超声测量 LVEF 的方法较多,以双平面 Simpson 法最为准确,但是其测量较为繁琐。而评价舒张功能的常规参数是二尖瓣前向血流频谱 A/E 峰值比, Rokey^[2] 已证实该参数与血管造影的相关参数间相

关性良好。

二尖瓣环位于左心房、左心室之间,是心脏“纤维骨架”结构,大量的心肌纤维纵向排列附着于骨架上,贯穿于心尖与基底部之间。收缩期时,纵向心肌纤维缩短,二尖瓣环朝向心尖运动,如果没有这种纵行纤维,肌小节缩短产生的射血分数可降至 30% 以下^[3],所以左心室纵向心肌纤维的收缩导致左心室长轴方向上的运动在左心室泵血功能中起着重要作用。舒张早期,心肌纤维主动松弛,二尖瓣环远离心尖,舒张晚期,心房主动收缩,二尖瓣环更远离心尖运动,此时二尖瓣环位移(mitral annular displacement, MAD)同脉冲多普勒测量的二尖瓣前向血流“A”峰及心电图 P 波相对应,可以用来评价左心室舒张功能^[4]。

有学者应用 M 型超声或组织多普勒成像(Doppler tissue imaging, DTI)技术监测二尖瓣环运动评价缩窄性心包炎、血液透析等患者的左心室功能变化^[5-8]。Zahid 等^[9]应用 DTI 测量二尖瓣环速度时间积分,获得 MAD,得出 MAD 可以准确鉴别非 ST 段抬高型心肌梗死与临床症状明显但未发生梗死的冠心病患者,并且证实 MAD 是非 ST 段抬高型心肌梗死患者死亡率的独立预测指标。宾文凯^[10]等用组织多普勒技术采集二尖瓣环运动的相关指标,结果显示 DTI 可准确、定量、无创地评价有机磷农药中毒患者左心室收缩及舒张功能,较传统超声、心肌酶谱更可靠。但 M 型超声及 DTI 均需考虑室壁运动方向与声束的夹角,故获取参数的准确性受到影响。

STI 技术以高帧频二维灰阶图像为基础,能够追踪识别图像上心肌组织回声斑点的空间运动,描记该点的运动轨迹,因与组织多普勒频移无关,故克服了 M 型超声及 DTI 的角度依赖性,评价心功能更为客观、准确。TMAD 是 STI 技术半自动追踪二尖瓣环相对于心尖部运动的具体应用。本研究以健康对照组及冠心病患者作为观察对象,追踪心尖四腔、两腔二尖瓣环 4 位点的全心动周期运动,结果显示收缩期各参数对照组与 CHD 组之间差异有统计学意义,表明冠心病时心肌由于缺血,牵拉二尖瓣环能力减弱,达到峰值位移所需时间延长,运动幅度减低,左心室收缩功能下降;对照组及 CHD 组 Ds 均值、Mid 均值及 Mid% 均值均与双平面 Simpson 测得的 LVEF 呈正相关,其中以 Mid% 均值的相关性最好,这与国外学者的研究相一致^[11]。Roberson 等^[12]应用 DTI 技术评价了 46 例左心室功能正常儿童(LVEF $\geq 55\%$)和 34 例左心室功能异常儿童

(LVEF $< 55\%$)的左心室收缩功能,显示在预测 LVEF $< 55\%$ 时,DTI 测量到的二尖瓣环位移指数的灵敏度、准确率及阴性预测值均高于二尖瓣环收缩期峰值速度,并且二尖瓣环位移指数同 LVEF 及二尖瓣环纵向位移等左心室纵向收缩功能定量参数均呈线性相关。

舒张早期时,二尖瓣环远离心尖部运动是由于左心室心肌纤维主动松弛所致,此时心肌弹性回缩力减低,因此舒张早期 4 个位点位移及其均值 CHD 组较对照组均减低,且差异有统计学意义($P < 0.01$),提示左心室舒张功能下降,并导致心房收缩开始前起始容积增大。舒张晚期时,心房主动收缩,二尖瓣环更远离心尖,根据 Frank-Starling 定律:冠心病患者心房收缩起始容积增大,左心房收缩增强,舒张早期的充盈受损得以代偿^[13]。本研究也观察到舒张晚期侧壁、前壁及下壁处瓣环位移 CHD 组较正常组增高,且差异有统计学意义;后间隔舒张晚期位移 CHD 组虽较对照组有所增高,但差异无统计学意义($P = 0.087$),可能原因是室间隔处主要是环形心肌,而侧壁、前壁等左心室游离壁则是由纵行心肌构成,纵行心肌主要分布在心内膜或心外膜下,更易受缺血等因素的影响;再者室间隔受右心室舒张牵制,所以与侧壁和前壁处的二尖瓣环相比,后间隔处二尖瓣环长轴运动敏感性较差^[14]。本研究显示, Da/Dt 在 CHD 组较对照组增高,差异有统计学意义。章仁品等^[6]应用 M 型超声证明正常人 Da/Dt 与 A/E 峰值比存在线性相关;本研究也证实无论在对照组还是 CHD 组 Da/Dt 与 A/E 峰值比均呈正相关,且以对照组相关性较好。

该研究的局限性在于样本量较小。左心室收缩及舒张功能正常者二尖瓣环位移的参考范围有待于以后大样本、多因素分析中加以研究。

本研究表明, TMAD 技术可以用来评价冠心病患者的左心室功能,并且有着无创、简便、客观的优点。

[参考文献]

- [1] 王涛, 刘强, 蒲艳华, 等. 心外膜脂肪组织对冠心病的预测价值[J]. 中国动脉硬化杂志, 2014, 22(1): 61-64.
- [2] Rokey R, Kuo LC, Zoghbi WA, et al. Determination of parameters of left ventricular diastolic filling with pulsed Doppler echocardiography: comparison with cineangiography[J]. Circulation, 1985, 71(3): 543-550.
- [3] Henein MY, Gibson DG. Normal long axis function[J].

Heart, 1999, 81(2): 111-113.

- [4] Alam M, Höglund C. Assessment by echocardiogram of left ventricular diastolic function in healthy subject using the atrioventricular plane displacement [J]. Am J Cardiol, 1992, 69(5): 565-568.
- [5] Drighil A, Madias JE, Mathewson JW, et al. Haemodialysis: effects of acute decrease in preload on tissue Doppler imaging indices of systolic and diastolic function of the left and right ventricles [J]. Eur J hocardiogr, 2008, 9(4): 530-535.
- [6] 章仁品, 陈训, 罗福成, 等. 超声心动图测量房室平面位移评价左心室舒张功能 [J]. 中华超声影像学杂志, 1994, 3(3): 118-120.
- [7] 刘琨, 邓又斌, 孙杰, 等. 组织多普勒速度成像定量测量瓣环运动速度评价缩窄性心包炎患者术后心功能改变 [J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(8): 1305-308.
- [8] 杨莉, 伍卫, 王景峰, 等. 应用脉冲多普勒组织成像定量分析二尖瓣环运动速度和时间指标评价冠心病患者左心室整体舒张功能 [J]. 中国超声医学杂志, 2006, 22(6): 432-434.
- [9] Zahid W, Johnson J, Westholm C, et al. Mitral annular

displacement by Doppler tissue imaging may identify coronary occlusion and predict mortality in patients with non-ST-elevation myocardial infarction [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2013, 26(8): 875-884.

- [10] 宾文凯, 沈严严, 黄淑田, 等. 组织多普勒显像评估有机磷农药中毒患者左心功能变化 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2010, 18(4): 311-314.
- [11] Emilsson K, Egerlid R, Nygren BM, et al. Mitral annulus motion versus long-axis fractional shortening [J]. Exp Clin Cardiol, 2006, 11(4): 302-304.
- [12] Roberson DA, Cui W. Tissue Doppler imaging measurement of left ventricular systolic function in children: mitral annular displacement index is superior to peak velocity [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2009, 22(4): 376-382.
- [13] Ashraf MA, Marcel LG, Osama IIS, et al. Left atrial Frank-Starling law assessed by left atrial volume changes real-time three-dimensional echocardiography [J]. Heart, 2007, 93(11): 1393-397.
- [14] Stoylen A, Skjaerpe T. Systolic long axis function of the left ventricle: Global and regional information [J]. Scand Cardiovasc J, 2003, 37(5): 253-258.

(此文编辑 曾学清)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊计量单位的使用

本刊使用下列计量单位(各类单位中,第一个单位为基本单位):

- ①长度:m, cm, mm, μm , nm, pm, fm;
- ②质量:g, kg, mg, μg , ng, pg;
- ③时间:s, ms, μs , ns, min, h, d;
- ④电流:A, mA, μA , nA;
- ⑤热力学温度:°C, 也可用 K;
- ⑥物质的量: mol, mmol, μmol , nmol, pmol;
- ⑦频率: Hz, kHz, MHz, GHz, THz;
- ⑧力、重力: N, kN, MN;
- ⑨压力、压强和应力: Pa, kPa, mPa;
- ⑩能量、功和热: J, kJ;
- ⑪电位、电压和电动势: V, mV, kV;
- ⑫放射性活度: Bq, kBq, MBq, GBq;

⑬容积、体积: L, mL, μL , nL;

⑭转速: r/min, r/s, kr/min, Mr/min;

⑮密度: kg/L;

⑯级差: dB;

⑰溶液浓度: mol/L, mmol/L, $\mu\text{mol/L}$, nmol/L, pmol/L; 也可用 g/L, mg/L, $\mu\text{g/L}$, ng/L, pg/L;

⑱一种物质含有另一种物质的量: mol/kg, mmol/g, $\mu\text{mol/g}$, nmol/g, pmol/g; 也可用 mg/g, $\mu\text{g/g}$, ng/g;

⑲血压: kPa, 也可用 mmHg (1 mmHg = 0.133 3 kPa); 其它生理压用 Pa, 也可用 cmH_2O (1 cmH_2O = 98 Pa)。

注意: 不得使用分母带词头的单位, 如/ml、mg/dl 等请修改为/L、g/L, 但/kg 例外。