

## Strain and strain rate imaging in assessing myocardial function of left and right ventricles in patients with uremia

LU Xi-mei<sup>1,2</sup>, GAO Xiao-jun<sup>2\*</sup>, JIA Li<sup>2</sup>, SONG Xi-huan<sup>3</sup>, LU Ming<sup>4</sup>

(1. Department of Ultrasound, Children Hospital of Dalian, Dalian 116012, China;

2. Department of Ultrasound, 3. Department of Renal Transplantation,

4. Department of Urology, Friendship Hospital of

Dalian, Dalian 116001, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the value of strain and strain rate imaging in assessing contractile function and diastolic function of left ventricular and right ventricular in uremia patients. **Methods** Thirty-four patients with uremia were divided into 2 groups according to whether left ventricular was hypertrophic; 18 patients in group of non-hypertrophic left ventricular and 16 patients in group of hypertrophic left ventricular. Thirty healthy adults were selected as control group. Strain ( $\epsilon$ ), systolic peak strain rate ( $SR_s$ ), early diastolic strain rate ( $SR_e$ ) and later diastolic strain rate ( $SR_a$ ) in the basal segments and middle segments of left and right ventricles were measured. **Results** In left ventricular,  $\epsilon$ ,  $SR_s$  and  $SR_e$  of each segments in group of non-hypertrophic left ventricular and hypertrophic left ventricular were smaller than those in control group, and in subtotal segments they were higher in group of non-hypertrophic left ventricular than those in group of hypertrophic left ventricular. In group of non-hypertrophic left ventricular,  $SR_a$  was higher than that in group of hypertrophic left ventricular. In partial segments,  $SR_a$  was smaller in group of non-hypertrophic left ventricular than that in control group, and in partial segments was higher than that in control group. In subtotal segments,  $SR_a$  was smaller in group of hypertrophic left ventricular than that in control group. In right ventricular,  $\epsilon$ ,  $SR_s$  and  $SR_e$  in group of non-hypertrophic left ventricular and hypertrophic left ventricular in each segment were smaller than those in control group, and  $SR_a$  was the lowest in normal group and the highest in group of hypertrophic left ventricular. **Conclusion** Strain and strain rate imaging can assess contractile and diastolic functions of left and right ventricles myocardium about uremia sensitively and quantitatively.

**[Key words]** Strain; Strain rate; Uremia; Myocardial function

## 应变及应变率成像评价尿毒症患者左、右心室心肌功能

卢西梅<sup>1,2</sup>, 高晓军<sup>2\*</sup>, 贾莉<sup>2</sup>, 宋喜焕<sup>3</sup>, 卢茗<sup>4</sup>

(1. 大连市儿童医院超声科, 辽宁 大连 116012; 2. 大连市友谊医院超声科,

3. 肾移植科, 4. 肾内科 辽宁 大连 116001)

**[摘要]** **目的** 探讨应变及应变率成像评价尿毒症患者左、右心室心肌局部舒缩功能的价值。 **方法** 34 例尿毒症患者根据左心室肥厚与否分为左心室非肥厚组 18 例, 左心室肥厚组 16 例。正常对照组为 30 名健康者。测量各组左、右心室壁基底段及中间段的最大应变( $\epsilon$ )、收缩期峰值应变率( $SR_s$ )、舒张早期应变率( $SR_e$ )和舒张晚期应变率( $SR_a$ )。 **结果** 左心室: 各节段  $\epsilon$ 、 $SR_s$  及  $SR_e$  均为左心室非肥厚组和左心室肥厚组小于正常对照组, 大部分节段左心室非肥厚组大于左心室肥厚组;  $SR_a$ : 左心室非肥厚组大于左心室肥厚组, 左心室非肥厚组部分节段小于正常对照组, 部分节段大于正常对照组, 左心室肥厚组大部分节段小于正常对照组。右心室: 各节段的  $\epsilon$ 、 $SR_s$  及  $SR_e$  均为左心室非肥厚组和左心室肥厚组小于正常对照组,  $SR_a$  为正常对照组 < 左心室非肥厚组 < 左心室肥厚组。 **结论** 应变及应变率能敏感地定量评价尿毒症左、右心室心肌局部舒缩功能。

**[作者简介]** 卢西梅(1980—), 女, 山东菏泽人, 硕士, 医师。研究方向: 超声新技术在心功能中的应用。E-mail: ximei. eeee@yahoo. com. cn

**[通讯作者]** 高晓军, 大连市友谊医院超声科, 116001。E-mail: gaouxj0621@126. com

**[收稿日期]** 2009-10-18 **[修回日期]** 2010-01-26

[关键词] 应变;应变率;尿毒症;心肌功能

[中图分类号] R540.45; R541.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2010)06-1069-04

应变(strain,  $\epsilon$ )及应变率(strain rate, SR)是近年来用于定量评价心肌功能的有效的超声技术,能直接反映心肌局部功能,为判断心肌运动提供有力依据<sup>[1-2]</sup>。本文旨在探讨该技术在评价尿毒症患者左、右心室心肌局部功能中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2007 年 12 月—2009 年 1 月本院住院尿毒症晚期患者 34 例,均符合我国尿毒症诊断标准。原发病均为慢性肾小球肾炎。将患者分为两组:左心室非肥厚组 18 例,男 9 例,女 9 例,年龄 23~69 岁,平均(45.7±3.8)岁;左心室肥厚组 16 例,男 7 例,女 9 例,年龄 27~69 岁,平均(47.2±2.6)岁。左心室肥厚标准:左室心肌重量指数(left ventricular mass index, LVMI) > 115 g/m<sup>2</sup>(男),LVMI > 106 g/m<sup>2</sup>(女),或舒张末期室间隔厚度 > 12 mm。两组患者左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)均 > 50%。正常对照组 30 名,男 16 名,女 14 名,年龄 25~60 岁,平均(42.8±1.9)岁,无心脏、肾脏病史,体格检查、心电图、超声心动图检查均正常。三组受检者均为窦性心律。正常对照组与尿毒症组性别、年龄构成差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

1.2 仪器与方法 采用 Philips iE33 彩色多普勒超声诊断仪,探头频率 1.8~3.5 MHz,配有应变率分析软件。

受检者取左侧卧位,平静呼吸,同步连接心电图。胸骨旁左心室长轴切面测量左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVD<sub>d</sub>)、室间隔舒张末期厚度(interventricular septum end-diastolic thickness, IVST<sub>d</sub>)、左心室后壁舒张末期厚度(posterior wall thickness at end-diastole, PWT<sub>d</sub>)、左心房收缩末期内径(left atrial diameter, LAD)和右心室内径(right ventricular diameter, RVD)。应用 Simpson 双平面方法计算 LVEF。

彩色二维组织多普勒模式,帧频 > 200 帧/秒。记录心尖四腔、两腔心切面连续 3 个心动周期动态图像,在机分析。将取样容积分别置于心尖四腔及两腔心切面室间隔、侧壁、下壁、前壁的基底段和中间段的心肌层内<sup>[3]</sup>,右心室取样容积为心尖四腔心切面右心室侧壁基底段及中间段<sup>[4]</sup>。取样容积大

小;左心室测量长 9~10 mm,宽 5~6 mm,右心室测量长 9~10 mm,宽 2~3 mm。手动逐帧校正取样容积位置,获取同步彩色 M 型  $\epsilon$ 、SR 图像及  $\epsilon$ 、SR 曲线,计算曲线 3 个心动周期的均值,得到左、右心室的  $\epsilon$ 、收缩期峰值应变率(SR<sub>s</sub>)、舒张早期应变率(SR<sub>e</sub>)及舒张晚期应变率(SR<sub>a</sub>)。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 11.5 统计软件,计量资料均以  $\bar{x} \pm s$  表示。组间均数比较采用单因素方差分析, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 左心室肥厚组 LVMI 大于正常对照组( $P < 0.01$ )和左心室非肥厚组( $P < 0.05$ )。LAD:正常对照组 < 左心室非肥厚组 < 左心室肥厚组( $P < 0.01$ );LVEF、RVD:三组间差异无统计学意义;LVD<sub>d</sub>、IVST<sub>d</sub>、PWT<sub>d</sub>:正常对照组和左心室非肥厚组均小于左心室肥厚组,左心室非肥厚组与正常对照组差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

2.2 左心室非肥厚组和左心室肥厚组左心室各节段  $\epsilon$ 、SR<sub>s</sub> 及 SR<sub>e</sub> 均小于正常对照组( $P < 0.05$ ),大部分节段左心室非肥厚组大于左心室肥厚组(表 1);SR<sub>s</sub>:左心室非肥厚组部分节段小于正常对照组,部分节段大于正常对照组,左心室肥厚组大部分节段小于正常对照组,所有节段左心室非肥厚组均大于左心室肥厚组。

2.3 右心室基底段及中间段的  $\epsilon$ 、SR<sub>s</sub> 及 SR<sub>e</sub> 均为左心室非肥厚组和左心室肥厚组小于正常对照组( $P < 0.05$ ,表 2),SR<sub>s</sub> 为正常对照组 < 左心室非肥厚组 < 左心室肥厚组(正常对照组与左心室肥厚组比较, $P < 0.05$ )。

表 2 右心室侧壁 SR<sub>s</sub> 和  $\epsilon$  比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	基底段		中间段	
	SR <sub>s</sub>	$\epsilon$	SR <sub>s</sub>	$\epsilon$
左心室非肥厚组	1.70±0.75	21.74±3.00*	2.01±0.23	26.67±3.30*
左心室肥厚组	2.23±0.39	24.20±2.35*	1.96±0.16	21.52±2.78*
正常对照组	2.34±0.29	30.97±2.97	2.39±0.15	37.01±3.16

注: \* :与正常对照组比较, $P < 0.05$

表 1 左心室各室壁 SR<sub>s</sub> 和  $\epsilon$  比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	室间隔		侧壁		下壁		前壁	
	基底段	中间段	基底段	中间段	基底段	中间段	基底段	中间段
左心室非肥厚组								
SR <sub>s</sub>	1.43±0.10**	1.30±0.11*	1.28±0.15**	1.11±0.08*	1.22±0.07*	1.01±0.07*	1.34±0.09**	1.22±0.12*
$\epsilon$	18.29±1.76**	17.58±1.70**	14.93±1.61**	13.51±1.00**	14.80±1.11**	12.60±0.92**	16.17±1.59**	16.27±2.04*
左心室肥厚组								
SR <sub>s</sub>	1.25±0.11**	1.29±0.11*	0.95±0.13**	1.10±0.13*	1.20±0.11*	0.86±0.07*	1.11±0.12**	1.11±0.14*
$\epsilon$	14.52±1.76**	17.02±1.35**	11.58±1.45**	12.56±1.82**	17.89±1.36**	11.82±1.27**	14.44±1.20**	14.62±2.28*
正常对照组								
SR <sub>s</sub>	1.99±0.18	1.64±0.51	1.95±0.16	1.48±0.15	1.63±0.15	1.13±0.06	1.62±0.12	1.54±0.11
$\epsilon$	29.14±2.11	24.11±1.58	24.78±2.84	19.47±1.85	20.93±1.29	17.21±0.79	20.61±1.38	20.38±1.54

注:与正常对照组比较,\* : $P < 0.05$ ,\*\* : $P < 0.01$

2.4 左心室各壁及右心室侧壁彩色 M 型  $\epsilon$  及 SR 尿毒症患者左、右心室各壁  $\epsilon$  及 SR 的颜色变浅(图 1、2),左心室肥厚组表现更明显,且左心室肥厚组最大应变延迟(图 3)。

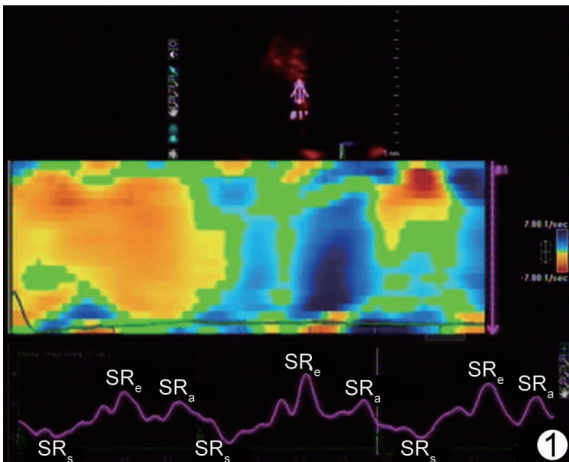


图 1 正常人室间隔中段彩色 M 型 SR 及 SR 曲线 (SR<sub>s</sub>:收缩期峰值应变率;SR<sub>e</sub>:舒张早期应变率;SR<sub>a</sub>:舒张晚期应变率)

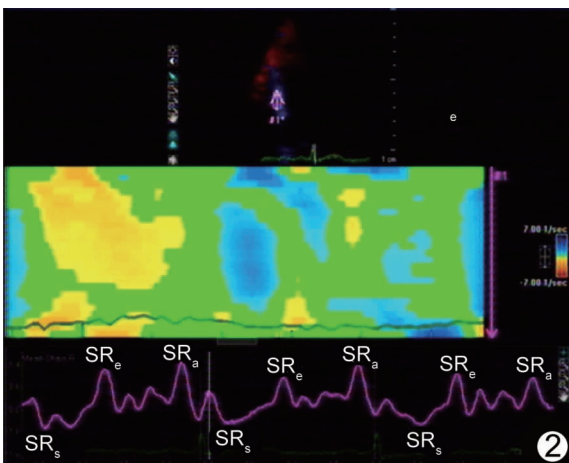


图 2 左心室非肥厚组室间隔中段彩色 M 型 SR 及 SR 曲线 (SR<sub>s</sub>:收缩期峰值应变率;SR<sub>e</sub>:舒张早期应变率;SR<sub>a</sub>:舒张晚期应变率)

### 3 讨论

心血管病是尿毒症患者常见的并发症,是尿毒症患者死亡的首位原因<sup>[5]</sup>。尿毒症时尿磷排出减少,血磷增高,血钙降低,引起钙沉积到心肌及血管壁内,发生心肌内转移性钙化,导致心肌密度改变,进而影响心肌功能。尿毒症可导致左心室肥厚<sup>[6]</sup>,左心室肥厚是尿毒症患者心源性死亡的独立危险因素<sup>[7]</sup>。造成尿毒症左心室肥厚的原因很多,如高血压、贫血、代谢毒素、容量负荷及主动脉顺应性下降等。高血压使心脏后负荷增加,心室肥厚。贫血及钠、水潴留,导致左心室容量负荷增加,引起左心室扩张,同时心肌细胞肥大<sup>[8]</sup>。在非肾性高血压的患者中,血压的升高与左心室肥厚密切相关,但在肾衰竭的患者中,这种联系文献报道有所不同,左心室肥厚不

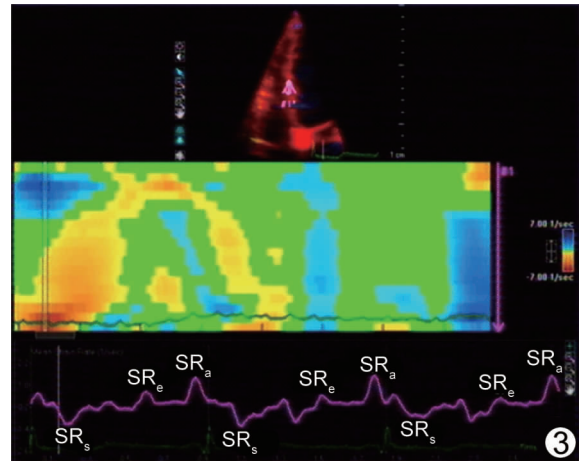


图 3 左心室肥厚组室间隔中段彩色 M 型 SR 及 SR 曲线 (SR<sub>s</sub>:收缩期峰值应变率;SR<sub>e</sub>:舒张早期应变率;SR<sub>a</sub>:舒张晚期应变率)

仅存在于高血压的尿毒症患者中,也存在于血压正常的患者中<sup>[9]</sup>。有报道<sup>[8]</sup>提示尿毒症患者的血压与 LVMI 无显著的相关性,另有报道<sup>[10]</sup>提示尿毒症患者的左心室肥厚与血压持续升高有关。随着尿毒症患者肾功能的损害,贫血、钠水潴留等加重,导致血容量增多,血容量增多引起高血压加重,这些因素均对心脏产生影响,可进一步导致左心室肥厚。LVMI 的增加程度与心脏受累程度、病程长短、病情轻重呈正比<sup>[11]</sup>。

$\epsilon$  及 SR 可定量评价心肌局部收缩与舒张功能<sup>[12]</sup>。 $\epsilon$ /SR 成像的显示方法有彩色 M 型  $\epsilon$ /SR 和  $\epsilon$ /SR 曲线两种。局部心肌缩短编码为黄-红色,表示负向应变率,局部心肌伸长编码为蓝绿-蓝色,表示正向应变率(图 1),心肌变形能力低或无变形编码为绿色。颜色的深浅与应变能力的大小一致,即颜色越深,应变能力越大。研究发现正常人心肌纵向彩色 M 型  $\epsilon$  表现为黄-红-黄色的周期性改变,并可出现基线水平的窄条绿色带。心肌纵向  $\epsilon$  曲线是一条持续整个心动周期的负向波。SR 曲线主要包括 SR<sub>s</sub>、SR<sub>e</sub>、SR<sub>a</sub> 三个主波。SR<sub>s</sub> 为收缩期心肌纤维缩短时的应变率,为负值;SR<sub>e</sub>、SR<sub>a</sub> 分别为舒张早期和房缩期心肌纤维伸长时的应变率,为正值<sup>[13]</sup>(图 1)。当心肌功能减低时,局部心肌组织缩短和延长运动减低或消失,典型的彩色应变率图像表现为绿色;应变曲线紊乱,峰值明显减低,出现反向运动(正峰)或部分反向运动(正、负双峰)。

本组中尿毒症患者的左心室壁大部分节段(除下壁基底段外)的 SR<sub>s</sub> 及  $\epsilon$  均为左心室肥厚组小于非肥厚组,非肥厚组小于正常对照组( $P < 0.05$ ),提示尿毒症患者的心肌局部收缩功能下降。此外,尿毒症组的 LVEF 值均大于 50%,提示其局部收缩功能受损早于整体收缩功能, $\epsilon$ /SR 可较早、准确地反映这些变化。尿毒症组 SR<sub>s</sub> 比正常对照组降低( $P < 0.05$ ),且大部分节段肥厚组 SR<sub>s</sub> 小于非肥厚组,表明左心室变形能力下降,心室肥厚对左心室舒张功能有影响。此与文献<sup>[14]</sup>报道一致,提示肾功能不全患者的左心室收缩与舒张功能受损往往同时存在。由于 SR<sub>s</sub> 受左心房和左心室心肌功能的共同影响,其影响因素较多,研究结果差异较大。本研究结

果亦有类似表现。SR<sub>0</sub> 的变化可能为尿毒症性心肌病不同发展阶段的表现。早期非肥厚组 SR<sub>0</sub> 增高可能反映在左心室舒张功能减低的同时,左心房功能代偿性增强,使 SR<sub>0</sub> 轻度增高,而肥厚组在左心室舒张功能进一步减低的情况下,左心房功能下降,使 SR<sub>0</sub> 下降。从彩色 M 型图像分析,尿毒症患者左心室壁  $\epsilon$ /SR 的颜色变浅,肥厚组最大应变延迟,提示彩色 M 型  $\epsilon$ /SR 及  $\epsilon$ /SR 曲线结合可更好地反映尿毒症左心室心肌局部舒缩功能的改变。

右心室功能对于心脏疾病的诊断、治疗和预后亦具有重要临床意义。M 型、灰阶及血流多普勒超声评价右心功能时,受右心室结构及前、后负荷的影响较大,准确性及可重复性差<sup>[15]</sup>。 $\epsilon$ /SR 成像不受周围节段的影响,相对地不受呼吸以及心脏搏动的影响,更加准确地判断局部心肌的实际运动情况,故可用于对右心室功能的评价。尿毒症患者左心室整体收缩功能正常的情况下,右心室已出现局部功能受损,本组尿毒症患者右心室侧壁基底段及中间段的 SR<sub>0</sub> 和  $\epsilon$  较正常对照组降低( $P < 0.05$ ),提示其局部收缩功能下降,SR<sub>0</sub> 较正常对照组降低( $P < 0.05$ ),提示其局部舒张功能下降。尿毒症患者的 SR<sub>0</sub> 较正常人升高,原因考虑为在正常情况下右心室壁的厚度仅为左心室壁厚度的 1/3,故右心室壁顺应性较大。从彩色 M 型图像来看,尿毒症患者右心室侧壁  $\epsilon$ /SR 的颜色依次变浅,尤其左心室肥厚组表现更明显,提示尿毒症对左心室心肌局部功能损害的同时,对右心室心肌也有不同程度的影响,且左心室肥厚对右心室心肌局部功能也产生影响。尿毒症右心室改变机制为:尿毒症患者的左心室压力、容积负荷增高时,室间隔向右心室侧突出,使右心室的容积发生改变,影响右心室的血流动力学。本文中尿毒症左心室肥厚组患者的左心室内径及室壁厚度均大于左心室非肥厚组和正常对照组,提示其压力、容积负荷增高,可能会影响到右心室的血流动力学等变化。

综上所述, $\epsilon$ /SR 成像能定量、敏感地评价尿毒症左、右心室心肌局部功能的变化,彩色 M 型图像与曲线的结合使得该技术对心肌功能的评价更加可靠。由于  $\epsilon$ /SR 成像技术源于组织多普勒成像,不可避免地受到被检测组织与超声束之间夹角的影响,因此,在本研究中尽可能使取样线与超声束角度小( $< 20^\circ$ )。此外,取样部位固定与否对测量结果有很大影响<sup>[16]</sup>,采用手动跟踪的方式逐帧校正取样线的位置,可减少误差。

## [参考文献]

- [1] 舒先红,黄国倩,潘翠珍.正常人心肌应变及应变率定量分析.中华超声影像学杂志,2004,13(11):805-807.
- [2] 廖书生,阮琴韵.二维应变超声心动图的实验与临床应用研究现状.中国介入影像与治疗学,2009,6(1):95-98.
- [3] 高枫,吴俊,孙燕.应变率成像评价慢性肾衰竭患者左室心肌局部收缩及舒张功能的价值.中国中西医结合肾病杂志,2008,9(10):890-891.
- [4] Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography ready for prime time? J Am Coll Cardiol, 2006, 47(7): 1313-1327.
- [5] Hayashi SY, Rohani M, Lindholm B, et al. Left ventricular function in patients with chronic kidney disease evaluated by colour tissue Doppler velocity imaging. Nephrol Dial Transplant, 2006, 21(1):125-132.
- [6] Michea L, Villagrán A, Urzúa A, et al. Mineralocorticoid receptor antagonism attenuates cardiac hypertrophy and prevents oxidative stress in uremic rats. Hypertension, 2008, 52(2):295-300.
- [7] 聂凌,杨惠标.尿毒症心脏病变的研究进展.国外医学(泌尿系统分册),2004,24(3):408-412.
- [8] 桑晓红,马昆,彭钰.尿毒症患者心脏结构功能及相关危险因素分析.中国血液净化,2005,4(8):431-436.
- [9] 方艺,丁小强,宦金星,等.尿毒症患者左室结构功能的改变及其影响因素.肾脏病与透析肾移植杂志,2002,11(4):337-341.
- [10] 吴杏,叶任高,汪涛,等.尿毒症患者发生左心室肥厚的危险性及其相关因素.中国中西医结合肾病杂志,2004,5(1):18-20.
- [11] 丁萍,史春娟,余海峰. Tei 指数评价尿毒症患者心功能.中华超声影像学杂志,2005,14(10):763-766.
- [12] Baur LH. Strain and strain rate imaging: a promising tool for evaluation of ventricular function. Int J Cardiovasc Imaging, 2008, 24(5):493-494.
- [13] 苏军芳,张军,张海滨,等.正常中老年人左心室壁应变率及应变成像的临床研究.中国医学影像技术,2006,22(5):705-707.
- [14] 韩蓓蓓,舒先红,程蕾蕾.组织多普勒技术评价慢性肾功能不全患者心室功能.医学影像学杂志,2004,14(3):187-190.
- [15] 苗丽,邓万俊.组织多普勒显像评价右室的功能的研究进展.心血管病学进展,2008,29(4):644-647.
- [16] 田新桥,钱蕴秋,张海滨,等.应变率成像对正常青年人左室心肌舒缩变形的定量研究.中国超声医学杂志,2005,21(10):742-744.