

二维斑点追踪显像评价左心室收缩功能正常的高血压患者左心房功能

王小艳¹, 王 点², 刘乃丰², 姚 静¹, 许 迪¹

(¹南京医科大学第一附属医院老年心血管科, 江苏 南京 210029; ²东南大学附属中大医院心血管科, 江苏 南京 210009)

[摘要] 目的:应用二维斑点追踪显像评价左心室收缩功能正常的高血压患者的左心房功能,探讨左心房功能与左心室重构之间的关系。方法:常规采集 102 例高血压患者及 102 例年龄、性别匹配的正常人二维超声心动图。获得左心房主动收缩前的容积(LAVpreA)、最小容积(LAVmin)及最大容积(LAVmax)等数据。分别计算出左心房排空分数 $[(LAV_{max}-LAV_{min})/LAV_{max}]$ 、被动排空分数 $[(LAV_{max}-LAV_{preA})/LAV_{max}]$ 及主动排空分数 $[(LAV_{preA}-LAV_{min})/LAV_{preA}]$,应用 GE EchoPAC 得出左心房收缩期、舒张早期及舒张晚期各壁的速度(V_s 、 V_e 、 V_a)、应变(ϵ_s 、 ϵ_e 、 ϵ_a)及应变率(SR_s 、 SR_e 、 SR_a)。结果:高血压患者的收缩期、舒张早期及舒张晚期左心房整体应变、应变率及速度均显著低于正常对照组($P < 0.01$)。高血压患者的左心房最大容积、收缩期前容积及最小容积皆显著大于正常对照组($P < 0.000 1$),排空分数显著降低($P < 0.05$);左心房整体二维应变参数与左心房的容积呈显著负相关,与排空分数呈显著正相关,与左心室质量指数呈显著负相关。结论:与正常对照组比较,高血压患者左心房容积明显增大,功能显著降低,且与左心室重构显著相关。

[关键词] 超声心动描记术;高血压;左心房功能;斑点追踪显像

[中图分类号] R445.1

[文献标志码] B

[文章编号] 1007-4368(2015)10-1474-05

doi: 10.7655/NYDXBNS20151033

Left atrial function evaluated by 2D speckle tracking imaging in patients with hypertension and preserved left ventricular ejection fraction

Wang Xiaoyan¹, Wang Dian², Liu Naifeng², Yao Jing³, Xu Di¹

(¹Department of Geriatric Cardiology, the First Affiliated Hospital of NJMU, Nanjing 210029; ²Department of Cardiology, Zhongda Hospital, Southeast University School of Medicine, Nanjing 210009, China)

[Abstract] **Objective:** We aimed to assess the left atrial(LA) myocardial function using two-dimensional (2D) speckle tracking echocardiography(STE) in hypertension patients with preserved LV ejection fraction and to explore the relationship between LV remodeling and LA function. **Methods:** The routine 2D echocardiography data sets were acquired of 102 hypertensive patients and 102 age and gender matched normal subjects. Preatrial contraction volume(LAVpreA), minimal LA volume(LAVmin) and maximal LA volume(LAVmax) were measured. LA EF $[(LAV_{max}-LAV_{min})/LAV_{max}]$, passive $[(LAV_{max}-LAV_{preA})/LAV_{max}]$ and active empty EF $[(LAV_{preA}-LAV_{min})/LAV_{preA}]$ were calculated. The LA strain during systole, early and late diastole (ϵ_s , ϵ_e and $\epsilon_a = \epsilon_s - \epsilon_e$); strain rate (SR_s , SR_e and SR_a) and velocity (V_s , V_e and V_a) were analyzed by GE EchoPAC. **Results:** Global LA ϵ_s , ϵ_e , and ϵ_a , SR_s , SR_e and SR_a as well as V_s , V_e and V_a were significantly lower in patients than control group ($P < 0.000 1$, except ϵ_a , which the P was 0.006). The LAVmax, LAVpreA, LAVmin were significantly higher in patients than controls ($P < 0.000 1$), and empty EF was statistically lower in patients than normal ($P < 0.05$). The global LA 2DSTE parameters were significantly correlated with LA volumes and empty EF, which represented LA function. The global LA V_e/V_a was significantly correlated LV mass index ($r = -0.39$, $P < 0.000 1$). **Conclusion:** Our results indicated that the LA volumes were increased and functions were decreased, which were related with LV remodeling in patients with hypertension.

[Key words] echocardiography; hypertension; left atrial function; speckle tracking imaging

[Acta Univ Med Nanjing, 2015, 35(10): 1474-1478, 1490]

[基金项目] 国家自然科学基金(81000618);江苏省属高校自然科学基金(I0KJD320001)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: di_hsu@126.com

左心房在维持心脏功能方面发挥着重要的功能,收缩期储存从肺静脉回流到左心房的血液,舒张早期作为一个被动的通道连接肺静脉及左心室,舒张晚期主动泵血入左心室,增加左心室的充盈^[1]。近年来,左心房的大小被认为是心血管事件包括房颤、心衰、卒中甚至死亡的独立预测因子^[2-4]。而传统对于左心房的研究多应用多普勒参数、心房容积、心房前后径等,且病例数有限。二维斑点追踪显像(speckle tracking imaging,STI)技术通过实时追踪二维超声图像上斑点的运动轨迹,定量测量心肌的组织速度、应变及应变率,具有角度依赖性小、测量参数较全面等优势,已被广泛应用于心肌运动的评价,本研究即应用二维斑点追踪的方法,探讨左心房功能与左心室重构之间的关系。

1 对象和方法

1.1 对象

入选标准:高血压诊断参照 2010 年中国高血压防治指南的标准,入选 102 例收缩压(SBP) ≥ 140 mmHg 和(或)舒张压(DBP) ≥ 90 mmHg 的原发性高血压患者,男 53 例,年龄(53 ± 11)岁,SBP/DBP(146 ± 23)/(89 ± 9)mmHg,经询问病史、体格检查、心电图及超声心动图检查,排除瓣膜性心脏病、心肌梗死、心包疾病、心肌病、肺源性心脏病及合并甲状腺功能亢进等疾病。同时入选 102 例与研究组年龄性别匹配的正常对照组,其中,男 53 例,年龄(53 ± 11)岁,SBP/DBP(120 ± 15)/(74 ± 6)mmHg,经过询问病史、体格检查、心电图及超声心动图检查,无任何已知的心血管疾病。

1.2 方法

图像采集使用 GE Vivid 7 超声诊断仪,M5S 探头,探头频率 1.7~3.4 MHz,帧频(45 ± 10)帧/s。图像处理使用 EchoPAC 工作站。受检者取左侧卧位,同步记录心电图,于呼气末采集图像。采用全套二维及多普勒超声图像,连续采集 3 个心动周期,存图以备脱机分析。测量左心室舒张末容积(LVEDd)、左心室后壁厚度(LVPWTd)及室间隔厚度(IVSTd),根据 Devereux 等^[5]的公式计算左心室质量(left ventricular mass,LVM): $LVM = 1.04 \times [(LVEDd + LVPWTd + IVSTd)^3 - LVEDd^3] - 13.6$;根据体表面积(BSA)计算左心室质量指数(LVMI): $LVMI = LVM/BSA$ 。计算相对室壁厚度(relative wall thickness,RWT): $RWT = (LVPWTd + IVSTd)/LVEDd$ 。应用双平面 Simpson 方法,在心尖四腔切面及两腔

切面测量左心室及左心房容积,左心房最大容积(LAVmax)于二尖瓣开放前测量,左心房主动收缩前的容积(LAVpreA)于 ECG 的 P 波之前测量,左心房最小容积(LAVmin)于舒张末左心房最小的一帧测量。相关公式为:左心房主动排空分数(%) = $(LAVpreA - LAVmin)/LAVpreA \times 100\%$,左心房被动排空分数(%) = $(LAVmax - LAVpreA)/LAVmax \times 100\%$,左心房总排空分数(%) = $(LAVmax - LAVmin)/LAVmax \times 100\%$ 。使用 EchoPAC 软件系统,分别在心尖四腔、两腔及三腔切面选择感兴趣区心房肌,手动描记心房内壁曲线,软件自动勾画出所要分析的感兴趣区,对不满意的部位可进行调整直至各节段都追踪成功,即可显示各节段相应的应变速度、应变及应变率曲线(图 1~3)。软件自动给出各时相心房壁速度的峰值(V_s 、 V_e 和 V_a)、应变的峰值(ϵ_s 和 ϵ_a ,计算 $\epsilon_e = \epsilon_s - \epsilon_a$)、应变率的峰值(SR_s 、 SR_e 和 SR_a)。因心房顶部受肺静脉影响较大,故本研究仅采用左心房间隔及侧壁的基底段及中段的参数值,最后取左心房 12 阶段的均值,为左心房整体的形变参数。

重复性检验:随机抽取 10 例受检者超声图像,由同一测量者间隔 1 周以上重复测量,并由第 2 名测量者重复测量。

1.3 统计学方法

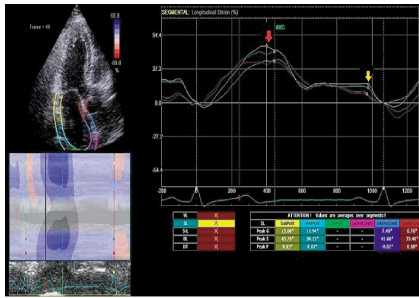
采用 SPSS 20.0 软件进行数据分析。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料以频数和百分率表示。两组均数比较采用独立样本 t 检验,相关性分析采用 Pearson 线性相关分析, $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床及超声基本资料

高血压患者的左心房最大容积、左房收缩前容积及最小容积较正常对照组皆显著增大($P < 0.0001$),总排空分数、被动排空分数及主动排空分数皆显著降低($P < 0.0001$, $P = 0.004$ 及 $P = 0.002$,表 1)。

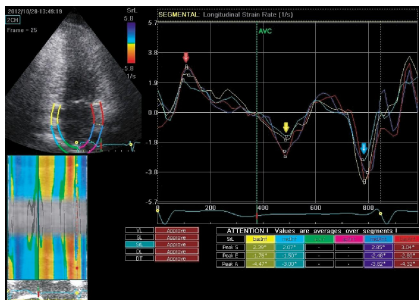
高血压患者左心房整体收缩期、舒张早期及舒张晚期速度的峰值(V_s 、 V_e 和 V_a)、应变峰值(ϵ_s 、 ϵ_e 和 ϵ_a)、应变率峰值(SR_s 、 SR_e 和 SR_a)较正常对照组显著降低(表 2)。左心房整体的速度、应变、应变率与左心房各期容积及排空分数的相关性见表 3。左心房的整体速度、应变及应变率与左心室重构之间的关系见表 4,其中 V_e/V_a 与 LVMI 相关性为 $r = -0.394$, $P < 0.0001$ (图 4)。



红色箭头所示为收缩期左心房应变(ϵ_s),黄色箭头所示为主动收缩前左心房应变(ϵ_a);其中黄色曲线代表后壁基底段,浅蓝色代表后壁中段,红色代表房间隔基底段,深蓝色代表房间隔侧壁中段。

图 1 心尖三腔切面左心房纵向应变曲线

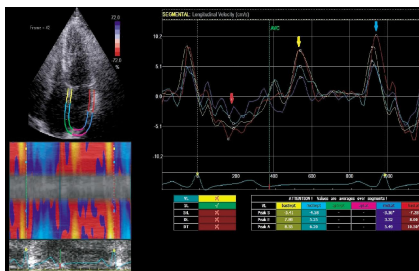
Figure 1 LA longitudinal strain curve of apical three chamber plane



红色箭头所示为收缩期左心房应变率(SRs),黄色箭头所示为舒张早期左心房应变率(SRe),蓝色箭头为舒张晚期左心房应变率(SRa);其中黄色曲线代表下壁基底段,浅蓝色代表下壁中段,红色代表左心房前壁基底段,深蓝色代表左心房前壁中段。

图 2 心尖两腔切面左心房应变率曲线

Figure 2 LA strain rate curve of apical two chamber plane



红色箭头所示为收缩期左心房速度(V_s),黄色箭头所示为舒张早期左心房速度(V_e),蓝色箭头为舒张晚期左心房速度(V_a);其中黄色曲线代表房间隔基底段,浅蓝色代表房间隔中段,红色代表左心房侧壁基底段,深蓝色代表左心房侧壁中段。

图 3 心尖四腔切面左心房速度曲线

Figure 3 LA velocity curve of apical four chamber plane

2.2 重复性分析

检查者间及检查者内测量左心房形变参数的一致性,结果显示左心房总体速度、应变及应变率的测量在检查者间及检查者内一致性均较好(表5)。

表 1 基本资料

Table 1 Standard clinical and echocardiographic parameters

参数	正常对照组	高血压组	P 值
临床资料			
年龄(岁)	53 ± 11	53 ± 11	>0.05
男性(%)	51	49	>0.05
体表面积(m ²)	1.60 ± 0.13	1.56 ± 0.15	0.046
收缩压(mmHg)	120 ± 15	146 ± 23	<0.000 1
舒张压(mmHg)	74 ± 9	89 ± 9	<0.000 1
心率(次/min)	70 ± 10	66 ± 9	0.002
超声参数			
左心室质量指数(g/m ²)	93 ± 20	120 ± 27	<0.000 1
相对室壁厚度	0.33 ± 0.05	0.36 ± 0.05	0.000 9
Color M mode(cm/s)	66 ± 12	65 ± 21	>0.05
E 峰(cm/s)	72 ± 13	79 ± 20	0.002
A 峰(cm/s)	67 ± 15	75 ± 21	0.004
E 峰减速时间(ms)	210 ± 45	196 ± 60	>0.05
E/A	1.1 ± 0.3	1.1 ± 0.4	>0.05
E'(cm/s)	9.8 ± 2.4	9.0 ± 2.5	0.03
E/E'	7.6 ± 2.1	9.1 ± 2.6	<0.000 1
左室等容舒张时间(ms)	86 ± 18	99 ± 38	0.004
肺静脉 S 峰(cm/s)	58 ± 10	54 ± 13	0.007
肺静脉 D 峰(cm/s)	44 ± 10	43 ± 10	>0.05
肺静脉 Ar 峰(cm/s)	28 ± 5	31 ± 7	0.017
LVEF(%)	63 ± 5	64 ± 5	>0.05
LAD(mm)	36.0 ± 4.3	35.5 ± 4.9	>0.05
LAVmax(mL)	32.0 ± 8.0	46.5 ± 16.2	<0.000 1
LAVpreA(mL)	20.0 ± 5.9	31.0 ± 12.3	<0.000 1
LAVmin(mL)	11.1 ± 4.3	18.7 ± 8.5	<0.000 1
LAEFtotal(%)	61 ± 9	66 ± 8	<0.000 1
LAEFpassive(%)	34 ± 9	37 ± 9	0.004
LAEFactive(%)	41 ± 9	45 ± 11	0.002

E 峰:二尖瓣口舒张早期血流速度;A 峰:二尖瓣口舒张晚期血流速度;E':二尖瓣环间隔及侧壁速度均值;LVEF:左心室射血分数;LAD:左心室前后径;LAEF total:左心房排空分数;LAEFpassive:左心房被动排空分数;LAEFactive:左心房主动排空分数。

表 2 高血压患者的左心房整体速度、应变及应变率与正常对照组比较

Table 2 The comparison of LA global velocity, strain and strain rate between hypertensive patients and normal control

参数	正常对照组	高血压组	P 值
Vs(cm/s)	5.5 ± 0.9	4.4 ± 0.7	<0.000 1
Ve(cm/s)	5.5 ± 1.1	4.3 ± 1.0	<0.000 1
Va(cm/s)	5.6 ± 1.0	4.7 ± 0.8	<0.000 1
εs(%)	42.1 ± 6.5	36.8 ± 7.1	<0.000 1
εe(%)	20.7 ± 3.4	17.0 ± 3.6	<0.000 1
εa(%)	25.1 ± 5.5	23.0 ± 6.9	0.006
SRs(1/s)	2.4 ± 0.5	1.9 ± 0.4	<0.000 1
SRe(1/s)	2.2 ± 0.5	1.8 ± 0.6	<0.000 1
SRa(1/s)	4.2 ± 0.5	2.4 ± 0.7	<0.000 1

表 3 高血压患者左心房的速度、应变及应变率与左心房容积及排空分数的相关性

Table 3 The relation of LA velocity, velocity, and velocity rate and LA volumetric parameters

参数	Vs	εs	SRs	参数	Ve	εe	SRe	参数	Va	εa	SRa
	(cm/s)	(%)	(1/s)		(cm/s)	(%)	(1/s)		(cm/s)	(%)	(1/s)
LAVmax (mL)	r 值 -0.001	-0.245	-0.350	LAEF _{passive} (%)	r 值 -0.375	-0.139	-0.450	LAVmin (mL)	r 值 -0.088	0.075	-0.286
	P 值 0.990	0.014	<0.0001		P 值 <0.000 1	0.167	<0.000 1		P 值 0.385	0.463	0.004
LAEF _{total} (%)	r 值 0.328	0.378	0.420		r 值 0.504	0.042	0.364				
	P 值 0.001	<0.000 1	<0.000 1		P 值 <0.000 1	0.681	<0.000 1				

表 4 左心房的形变参数与左心室质量指数的相关性

Table 4 The relation of LA deformation parameters and left ventricular mass index

参数	Ve	Va	Ve/Va	εe(%)	εa(%)	εe/εa	LAVmax (mL)	LAV _{preA} (mL)	LAVmin (mL)	LAEF _{total} (%)	LAEF _{passive} (%)	LAEF _{active} (%)
	左心室质量指数	-0.292	0.262	-0.394	-0.244	0.095	-0.201	0.135	0.217	0.222	-0.248	-0.281
	0.003	0.009	<0.0001	0.015	0.349	0.046	0.184	0.032	0.028	0.014	0.005	0.393

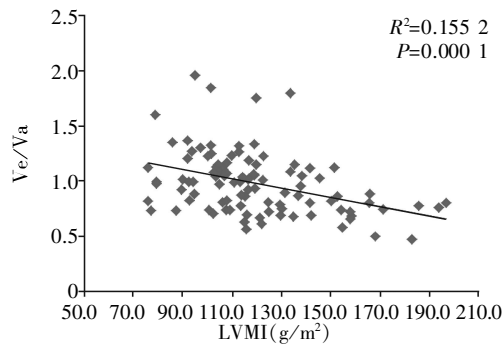


图 4 左心房整体舒张早期速度与舒张晚期速度比之与左心室质量指数呈显著负相关

Figure 4 The correlation between LA Ve/Va and LVMI was significantly negative

3 讨论

早期的研究多通过舒张晚期二尖瓣血流峰值速度 A 峰、左心房排空分数评价左心房的收缩功能^[6]。但频谱评价的是血流模式的改变,并非评价左心房形变本身,传统的组织多普勒不但存在角度依赖性,且左心房的形变参数受左心室牵拉影响较大,不能真实反映左心房的形变^[7]。而二维斑点追踪通过追踪二维超声图像上的斑点获得心肌的组织速度、应变及应变率,不依赖多普勒原理,角度依赖性小,并提高了评价心房结构功能的准确性,研究证实 STE 是研究左心房功能的可靠方法^[8-9]。目前应用 STE 技术评价左心室收缩正常的高血压患者左心房功能的报道较少,且已有的报告样本量较小。

长期的高血压使左心室的后负荷增加,导致左心室室壁进行性增厚,僵硬程度逐渐增加,顺应性进行性降低,左心室舒张早期主动舒张减缓,导致舒张晚期 A 峰代偿性增高,由于左心房压力增高,收缩期左心房充盈亦减缓,导致肺静脉 S

表 5 左心房速度、应变及应变率观察者内及观察者间一致性分析

Table 5 Strength of agreement of the interobserver and intraobserver analysis for LA velocity, stain and strain rate

参数	组内相关系数	
	观察者内部	观察者间
Vs	0.846	0.895
Ve	0.944	0.965
Va	0.908	0.925
εs	0.896	0.809
εe	0.974	0.909
εa	0.906	0.852
SRs	0.960	0.900
SRe	0.990	0.974
SRa	0.990	0.900

峰降低及 Ar 峰值较高,皆符合高血压患者舒张功能受损的表现,而 E/A 在两者之间没有差异,E 峰值在高血压患者中较高,考虑为部分高血压患者舒张功能为假性正常化所致。结果显示高血压患者的心率反而较慢,考虑跟高血压患者服用药物有关。

左心房的三大功能包括储存功能、管道功能和辅助泵功能^[1]。εs、Vs、SRs 反映左心房的储存功能,其降低提示舒张期左心房壁拉伸能力减弱,可能是由于持续高血压,左心室后负荷加重,充盈压升高,左心房内残余血量增加,最终导致左心房形变能力降低,左心房顺应性降低。Inaba 等^[12]报道左心房 SRs 降低不仅反映左心房的伸拉功能受损,同时能够反映左心房组织学上的改变,如心房壁的纤维化。εe、Ve、SRe 反映左心房的通道功能,εa、Va、SRa 反映左心房的主动收缩功能,正常情况左心房的 3 种功能变化是相互依存的,可在三者之间重新分

配,在高血压的早期,由于左心室顺应性降低,主动充盈受损,左心房泵功能增强以维持左心室的适当充盈;临床表现为舒张晚期经二尖瓣的血流速度增高,然而随着左心室舒张压的进一步增高,导致左心房增大,左心房主动收缩功能亦受损;而本研究通过较大样本统计发现以上参数均较年龄、性别匹配的正常对照组明显偏低,提示高血压导致左心房重构,心房肌的纤维化干扰了心房功能的再分配,明显影响了心房的功能^[10-11]。既往研究显示左心房容积指数 $\geq 32 \text{ mL/m}^2$ 是心血管事件的独立预测因子^[13],本研究应用线性回归分析得出,左心房的二维应变斑点追踪参数与左心房的容积具有一定的相关性,而临床上常用的参数为左心房的前后径线,由于此参数只反映了左心房一个象限上的大小,且测量者之间的变异性较大,结果显示在研究组及正常对照组之间,左心房的前后径线无显著性差异,故本研究使用的左心房形变参数较传统 LAD 有一定的优势。据此推论,左心房的二维斑点追踪参数亦可预测心血管事件,可待进一步的研究证实。

在 Framingham 研究中,血压增高持续时间及程度都与左心房的扩大相关^[14]。现有证据表明,高血压对于心房的影响不仅限于血流动力学效应,与肾素-血管紧张素-醛固酮系统(RAAS)的激活亦密切相关,实验研究证实血管紧张素 II 诱导心房纤维化及心肌肥大,使离子通道、间隙连接的表达异常,同时增加氧化应激及炎症^[15]。血管紧张素还诱导成纤维母细胞的分化,通过激活蛋白激酶增加细胞外基质蛋白的累积。这些都导致心房肌细胞的肥大及纤维化。因此,控制血压是预防心房重构的有效治疗方法^[16],同时 RASS 系统抑制药物的应用被证明有额外的获益^[17]。

本研究的局限性:虽然二维斑点追踪技术具有省时、角度依赖性小等优点,但二维斑点追踪最初是为研究左心室而设计的,与左心房相比,左心室的心肌层较厚,应用此技术研究左心房时,其可靠性仍没有得到独立的验证;二维斑点追踪对图像的质量要求较高,受限于图像的质量,加之,4 支肺静脉的入口造成左心房顶部及侧壁有部分影像的缺失,进一步影响了图像质量^[18]。本研究排除了左心房顶部的数据,左心房的整体参数值高于用全心房研究的数值。

本研究的结果显示收缩功能正常的高血压患者左心房容积增大,功能降低,且与左心室重构有一定相关性。左心房的形变参数可用于临床对疾病

预后和治疗效果的监测。

[参考文献]

- [1] Blume GG, Mcleod CJ, Barnes ME, et al. Left atrial function: physiology, assessment and clinical implications [J]. *Eur J Echocardiogr*, 2011, 12(6): 421-430
- [2] Tsang TS, Abhayaratna WP, Barnes ME, et al. Prediction of cardiovascular outcomes with left atrial size: is volume superior to area or diameter? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(5): 1018-1023
- [3] Benjamin EJ, D'Agostino RB, Belanger AJ, et al. Left atrial size and the risk of stroke and death. The Framingham Heart Study [J]. *Circulation*, 1995, 92(4): 835-841
- [4] Laukkanen JA, Kurl S, Eranen J, et al. Left atrium size and the risk of cardiovascular death in middle-aged men [J]. *Arch Intern Med*, 2005, 165(15): 1788-1793
- [5] Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings [J]. *Am J Cardiol*, 1986, 57(6): 450-458
- [6] Matsuda Y, Toma Y, Ogawa H, et al. Importance of left atrial function in patients with myocardial infarction [J]. *Circulation*, 1983, 67(3): 566-571
- [7] Edvardsen T, Gerber BL, Garot J, et al. Quantitative assessment of intrinsic regional myocardial deformation by Doppler strain rate echocardiography in humans: validation against three-dimensional tagged magnetic resonance imaging [J]. *Circulation*, 2002, 106(1): 50-56
- [8] Vianna-Pinton R, Moreno CA, Baxter CM, et al. Two dimensional speckle-tracking echocardiography of the left atrium: feasibility and regional contraction and relaxation differences in normal subjects [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(3): 299-305
- [9] Sun JP, Yang Y, Yu CM, et al. Left atrial regional phasic strain, strain rate and velocity by speckle-tracking echocardiography: Normal values and effects of aging in a large group of normal subjects [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 168(4): 3473-3479
- [10] Kokubu N, Yuda S, Tsuchihashi K, et al. Noninvasive assessment of left atrial function by strain rate imaging in patients with hypertension: a possible beneficial effect of renin-angiotensin system inhibition on left atrial function [J]. *Hypertens Res*, 2007, 30(1): 13-21
- [11] 杨颖, 吴国祥, 张宝妮, 等. 斑点追踪技术评价高血压患者左心房功能的早期改变 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2012, 21(8): 661-664
- [12] Inaba Y, Yuda S, Kobayashi N, et al. Strain rate imaging for noninvasive functional quantification of the left atrium

(下转第 1490 页)