

二维斑点追踪超声心动图分层应变技术定量评价高血压早期亚临床心肌损害

陶炜伟¹, 何安霞¹, 赵熙璇¹, 蒋卫民², 魏托³

1. 南京中医药大学附属医院功能检查科, 江苏 南京 210029;

2. 南京中医药大学附属医院高血压研究所, 江苏 南京 210029; 3. 南京市中医院浦口分院老年科, 江苏 南京 241000

摘要: **目的** 探讨二维斑点追踪分层应变技术定量评价高血压早期亚临床心肌损害的应用价值。**方法** 纳入 2017 年 1 月至 2019 年 12 月心血管内科确诊的原发性高血压患者 80 例为高血压组, 健康成人 30 例为对照组, 行经胸超声心动图检查, 获取常规超声心动图参数[收缩末期左房内径(LAd)、左室舒张末期内径(LVEDd)、室间隔厚度(IVSd)、左室后壁舒张末期厚度(LVPWd)、左室心肌质量指数(LVMI)和左室射血分数(LVEF)、舒张早期二尖瓣口血流速度(E)和舒张晚期二尖瓣口血流速度(A)、二尖瓣环舒张早期间隔侧心肌运动速度(Sep e)和侧壁心肌运动速度(Lat e)], 然后将图像导入 Echo PAC 工作站, 行左室分层应变分析, 获取分层应变参数[心内膜层、心中膜层和心外膜层纵向总应变(GLS_{endo} 、 GLS_{mid} 、 GLS_{epi}), 心内膜层、心中膜层和心外膜层环向应变(CS_{endo} 、 CS_{mid} 、 CS_{epi})]。对比分析两组间常规参数以及分层应变参数的差异。**结果** 高血压组患者常规参数 LAd、IVSd、LVPWd、E、A、E/A、Sep e、Lat e 与对照组比较差异有统计学意义(P 均 < 0.01), 而两组间 LVEF 及 LVEDd 相当($P > 0.05$)。高血压组应变参数 GLS_{endo} 、 GLS_{mid} 、 GLS_{epi} 和 CS_{mid} 、 CS_{epi} 绝对值均低于对照组($P < 0.01$, $P < 0.05$), 而两组间 CS_{endo} 差异无统计学意义($P > 0.05$), 即心肌心内膜层的 GLS 比 CS 更敏感; 心肌应变能力 GLS 和 CS 绝对值自内向外呈递减趋势: 心内膜 $>$ 心中膜 $>$ 心外膜(P 均 < 0.05)。**结论** GLS 比 CS 能更敏感地反映高血压亚临床心肌损害, 左室功能的恶化从心内膜梯度变化至心外膜。应用二维斑点追踪分层应变技术可以定量评估高血压早期亚临床心肌损害。

关键词: 超声心动图; 二维斑点追踪; 分层应变; 高血压; 亚临床; 心肌损害

中图分类号: R 540.4⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2020)10-1320-05

Quantitative evaluation of layer-specific strain by two-dimensional speckle tracking echocardiography for subclinical myocardial damage in early hypertension

TAO Wei-wei^{*}, HE An-xia, ZHAO Xi-xuan, JIANG Wei-min, WEI Tuo

^{*} Department of Functional Examination, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, Jiangsu 210029, China

Corresponding author: JIANG Wei-min, E-mail: jwm0410@njucm.edu.cn

Abstract: Objective To explore the quantitative evaluation of layer-specific strain by two-dimensional speckle tracking echocardiography (2DSTE) for subclinical myocardial damage in early hypertension. **Methods** A total of eighty patients with essential hypertension and 30 healthy people from January 2017 to December 2019 were respectively enrolled as hypertension group and control group. Transthoracic echocardiography was performed to obtain the parameters of conventional echocardiography, including end-systolic left atrial diameter (LAd), left ventricular end-diastolic diameter (LVEDd), interventricular septal depth (IVSd) and left ventricular posterior wall end-diastolic thickness (LVPWd), left ventricular mass index (LVMI), left ventricular ejection fraction (LVEF), early diastolic mitral valve orifice blood flow velocity (E) and late diastolic mitral valve orifice blood flow velocity (A), septum peak early myocardial diastolic velocities (Sep e) and lateral peak early myocardial diastolic velocities (Lat e). After the images were imported into the Echo PAC workstation, layer-specific strain analysis was performed to obtain layer-specific strain parameters [$(GLS_{endo}, GLS_{mid}, GLS_{epi}), (CS_{endo}, CS_{mid}, CS_{epi})$] and compare the differences in conventional parameters and layer-specific strain

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2020.10.005

基金项目: 国家中医药临床研究基地科研专项 (JDZX2015102); 江苏省科技重点研发专项 (BE2017775); 江苏省中医院面上项目 (Y18012)

通信作者: 蒋卫民, E-mail: jwm0410@njucm.edu.cn

parameters between two groups. **Results** There were significant difference in the routine parameters of LAd, IVSd, LVPWd, E, A, E/A, Sep e and Lat e between two groups (all $P < 0.01$), but there were no significant differences in LVEF and LVEDd between two groups ($P > 0.05$). The absolute values of GLS_{endo} , GLS_{mid} , GLS_{epi} , CS_{mid} and CS_{epi} in hypertension group were significantly lower than those in control group ($P < 0.01$, $P < 0.05$), while there was no significant difference in CS_{endo} between two groups ($P > 0.05$). The absolute values of GLS and CS of myocardial strain showed a decreasing trend from the inside to the outside (endocardial > midcardial > epicardial) (all $P < 0.05$). **Conclusions** GLS appears to be more sensitive for detecting subclinical myocardial damage compared with CS in hypertension, with a gradient deterioration of left ventricular function from endocardial to epicardium. Layer-specific strain by 2DSTE can be used to evaluate quantitatively the early subclinical myocardial damage in hypertension patients.

Key words: Echocardiography; Two-dimensional speckle tracking; Layer-specific strain; Hypertension; Subclinical; Myocardial damage

Fund program: National Administration of Traditional Chinese Medicine Base Special Project (JDZX2015102); Jiangsu Province Science and Technology Key Research and Development Program (BE2017775); General Program Project of Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine (Y18012)

高血压是心血管疾病首要的可控危险因素,同时也是首要致死因素^[1]。据调查,我国成年人原发性高血压的发病率高达 23.2%,其中 43.2% 处于临界高血压状态,给心脏造成了极大的负担^[2]。心脏是高血压病理损伤的主要靶器官之一,因此早期识别高血压亚临床心肌损害具有重要临床价值。常规超声心动图难以识别亚临床心肌损害,但是二维心肌应变可以识别前者所不能识别的心肌损害。心肌应变,就是心肌组织发生形变的能力或程度,多项研究证实其可以较敏感的反映心肌收缩功能。以往的二维应变只能评价心肌整体的功能,不能识别各层心肌的特异性改变。正常左室心肌有三层:心内膜、心中膜和心外膜,其中 75% 的心内膜和心外膜主要由纵向纤维组成,25% 的环向纤维组成。在心脏收缩的整个过程中,三层心肌的运动变形是有差异的。二维斑点追踪分层应变技术则是将心肌分为心内膜层、心中膜层及心外膜层^[3]进行定量分析。本研究应用该技术分析左室三层心肌收缩期纵向应变及圆周应变,评估原发性高血压患者早期左室心肌的变化,以期更有效地指导临床高血压的诊断与治疗。

1 资料与方法

1.1 一般资料 筛选 2017 年 1 月至 2019 年 12 月经南京中医药大学附属医院心内科确诊的原发性高血压患者 80 例,其中男 54 例,女 26 例;年龄(49 ± 12)岁。纳入标准:(1)年龄 30 ~ 80 岁;(2)明确诊断高血压(符合《中国高血压防治指南 2010》诊断标准):收缩压 ≥ 140 mm Hg 和/或舒张压 ≥ 90 mm Hg;(3)高血压初发未治疗或治疗控制未达标;(4)超声心动图筛查结果 Simpson(双平面法)测量左室射血分数(LVEF) > 50%;(5)窦性心律;(6)知情同意,志

愿受试;(7)获得知情同意书过程符合《药物临床试验质量管理规范》规定。排除标准:(1)继发性高血压;(2)各类心肌病;(3)瓣膜病;(4)明确冠心病;(5)心包疾病;(6)重度肝、肾、肺功能不全;(7)明确糖尿病;(8)精神疾病或严重精神症状者;(9)目前参加其他药物临床试验;(10)妊娠期、哺乳期妇女;(11)怀疑或确有酒精、药物滥用病史。健康对照组:选择性别年龄与病例组相匹配的健康志愿者 30 例,男 16 例,女 14 例;年龄(44 ± 10)岁;既往无高血压、糖尿病、肾功能衰竭及心脏病史,经体格、实验室、常规心电图及经胸超声心动图检查均无异常。

1.2 仪器与方法 GE Vivid E9 彩色多普勒超声诊断仪, M5S 相控阵探头,频率 2.0 ~ 4.5 MHz,配有 Echo PAC 工作站及其分析软件。受检者连接体表心电图后,取左侧卧位,嘱其平静呼吸,待心率平稳后,记录并存储左室长轴切面,再分别于心尖两腔、三腔、四腔观及左室短轴乳头肌水平切面采集二维动态图像,每个切面取 3 个连续心动周期,帧频 40 ~ 80 帧/s。

1.3 图像处理与分层应变分析 (1)常规超声心动图检查:测量收缩末期左心房内径(LAd)、左室舒张末期左室内径(LVEDd)、室间隔厚度(IVSd)、左室后壁舒张末期厚度(LVPWd),计算左室心肌质量指数(LVMI)和左室射血分数(LVEF)。记录舒张早期二尖瓣口血流速度(E)和舒张晚期二尖瓣口血流速度(A)、二尖瓣环舒张早期间隔侧心肌运动速度(Sep e)和侧壁心肌运动速度(Lat e)。(2)斑点追踪分层应变分析:将所采集的二维动态图像导入 Echo PAC 工作站,进入 Q-analysis 模式界面,再点击 2D strain,分别对上述切面上的图像进行脱机分析,系统自动将左室壁分成心内膜、心中膜和心外膜三层并进行分

析,此过程中根据需要手动微调,以确保追踪满意,通过追踪整个心动周期的心肌斑点,生成各层心肌应变[(应变是指心肌发生变形的能力,即心肌长度的变化值占心肌原长度的百分数,包括纵向应变(LS)和环向应变(CS)]曲线图,同时获取相应的应变值即左室内膜层纵向总应变(GLS_{endo})、心中膜层纵向总应变(GLS_{mid})、心外膜层纵向总应变(GLS_{epi})、心内膜层环向应变(CS_{endo})、心中膜层环向应变(CS_{mid})和心外膜层环向应变(CS_{epi})。

1.4 统计学方法 统计学处理使用 SPSS22.0 软件。计数资料采用例表示,组间比较采用 χ^2 检验;计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,数据符合正态分布以及方差齐性时,两组间比较采用独立样本 t 检验;心肌三层参数比较,采用单因素方差分析及多重比较的 LSD- t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组性别、年龄、心率差异无统计学意义(P 均 > 0.05),但高血压组体表面积(BSA)高于对照组($P < 0.01$)。见表 1。

2.2 两组常规超声心动图参数比较 高血压组与对照组相比,LAAd、IVSd、LVPWd、LVMI、E、A、E/A、Sep

e、Lat e 差异有统计学意义(P 均 < 0.01),而两组 LVEDd 和 LVEF 相当(P 均 > 0.05)。见表 2。

2.3 两组二维斑点追踪分层应变参数比较 (1)组间比较:高血压组应变参数 GLS_{endo} 、 GLS_{mid} 、 GLS_{epi} 和 CS_{mid} 、 CS_{epi} 绝对值均低于对照组($P < 0.01$, $P < 0.05$),而两组间 CS_{endo} 差异无统计学意义($P > 0.05$),即心肌心内膜层的 GLS 比 CS 更敏感;(2)三层心肌比较:图 1 可见,不论是对照组还是高血压组患者,心肌应变能力 GLS 和 CS 绝对值自内向外呈递减趋势:心内膜 $>$ 心中膜 $>$ 心外膜(P 均 < 0.01)。(3)应变曲线:图 2、图 3 分别为健康对照组和高血压组纵向应变曲线图(图中 GS = GLS),可见高血压组纵向应变曲线幅度明显低于对照组。

3 讨论

目前我国高血压患病率和控制率分别是 37.2%

表 1 两组一般临床资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	男/女(例)	年龄(岁)	心率(次/min)	BSA(m ²)
对照组	30	16/14	44.3 ± 10.26	71.40 ± 10.61	1.62 ± 0.17
高血压组	80	54/26	48.68 ± 12.23	69.86 ± 8.02	1.86 ± 0.20
χ^2/t 值		1.890	1.747	0.819	5.879
P 值		> 0.05	> 0.05	> 0.05	< 0.01

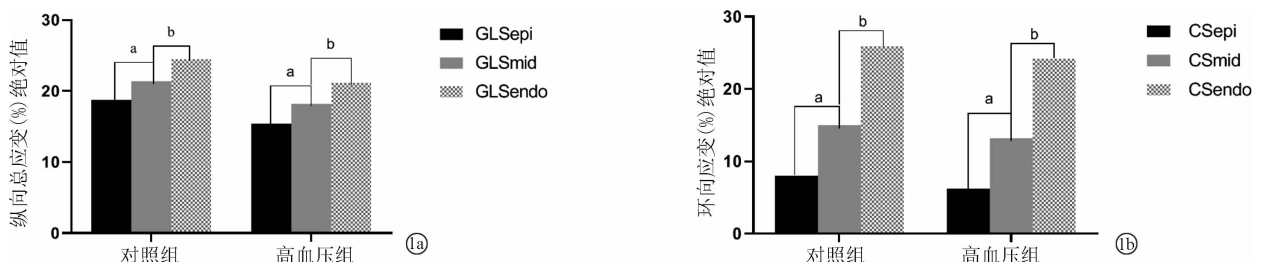
表 2 两组常规超声心动图参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	LAAd(mm)	LVEDd(mm)	IVSd(mm)	LVPWd(mm)	LVMI(g/m ²)	LVEF(%)
对照组	30	28.60 ± 3.86	43.50 ± 2.78	8.51 ± 0.95	7.67 ± 0.82	62.67 ± 10.71	67.73 ± 2.45
高血压组	80	31.16 ± 4.00	44.91 ± 3.81	10.80 ± 1.64	9.85 ± 1.25	87.37 ± 17.04	66.59 ± 3.22
t 值		3.022	1.845	5.294	6.422	7.360	1.765
P 值		< 0.01	> 0.05	< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.05

组别	例数	E(m/s)	A(m/s)	E/A(m/s)	Sep e(cm/s)	Lat e(cm/s)
对照组	30	0.84 ± 0.17	0.54 ± 0.11	1.60 ± 0.46	11.43 ± 2.51	15.50 ± 2.92
高血压组	80	0.68 ± 0.15	0.75 ± 0.18	0.96 ± 0.32	7.23 ± 2.15	10.13 ± 3.81
t 值		5.044	7.371	8.387	8.477	6.815
P 值		< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

表 3 两组二维斑点追踪分层应变参数比较 ($\%$, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	GLS_{endo}	GLS_{mid}	GLS_{epi}	CS_{endo}	CS_{mid}	CS_{epi}
对照组	30	-24.50 ± 2.80	-21.40 ± 2.53	-18.75 ± 2.40	-25.90 ± 6.84	-15.00 ± 4.40	-8.03 ± 3.01
高血压组	80	-21.14 ± 3.26	-18.20 ± 3.08	-15.42 ± 2.57	-24.21 ± 6.76	-13.20 ± 3.82	-6.24 ± 3.30
t 值		4.989	5.635	6.165	1.103	1.996	2.486
P 值		< 0.01	< 0.01	< 0.01	> 0.05	< 0.05	< 0.05



注:epi、mid、endo 分别表示心外膜、心中膜、心内膜;1a:三层心肌 GLS 比较;1b:三层心肌 CS 比较;与 epi 比,^a $P < 0.05$;与 mid 比,^b $P < 0.05$ 。

图 1 健康对照组和高血压组跨壁心肌 GLS 和 CS 的变化

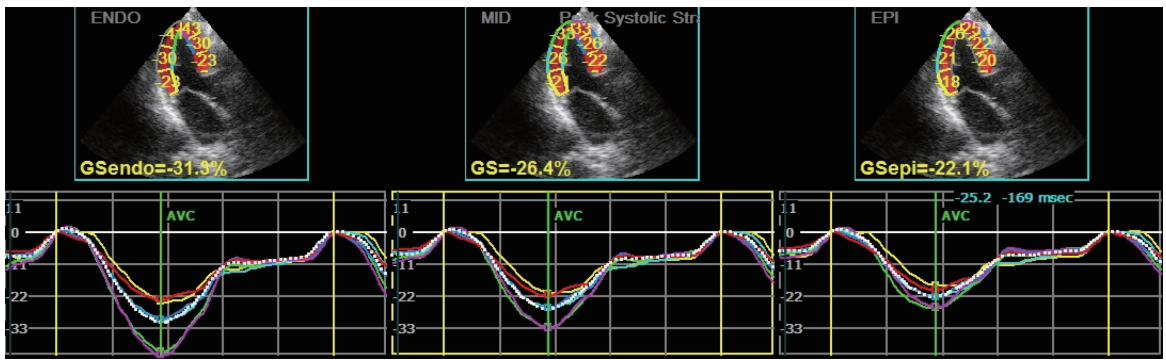


图2 健康对照组左室心内膜层(endo)、心中膜层(mid)和心外膜层(epi)的纵向应变曲线

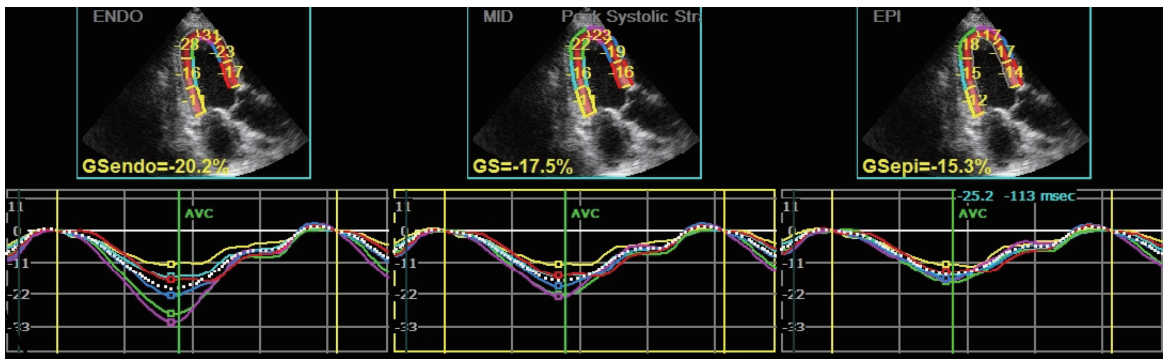


图3 高血压组左室心内膜层(endo)、心中膜层(mid)和心外膜层(epi)的纵向应变曲线

和 5.7%, 高血压的控制率仍较低^[4], 而高血压长期控制不佳可引起各层心肌的心脏结构和功能的改变。因此早期发现高血压所致左室功能的异常, 对临床诊治具有重要的意义。

本研究结果显示, 高血压患者 BSA 明显高于对照组, 说明肥胖者罹患高血压的风险更高, 已有研究表明肥胖与血压升高之间有明确的关系, 肥胖占原发性高血压的 65% 到 78%^[5]。与对照组相比, 高血压组 E、A、E/A 明显下降, 考虑与左室充盈压增高有关; 心肌瓣环运动速度 Sep e、Lat e 明显下降, 与长期高血压刺激胶原纤维增生、心肌弹性下降有关, 最终引起左室舒张功能减退。高血压组心脏结构参数 LAd、IVSd、LVPWd 尽管都在正常范围内, 但均明显高于对照组, 说明长期高血压控制不佳会引起心脏结构的代偿性增大。心脏结构的改变是心肌功能发生改变的基础, 但是以常规超声心动图参数 LVEF 为指标来宏观地评估, 左室收缩功能均正常, 故常规超声无法识别高血压患者早期亚临床受损心肌。Hassanin 等^[6]研究发现心肌应变可识别射血分数(EF)正常的慢性肾脏病患者早期亚临床左室收缩功能障碍。ASE 指南推荐心肌应变测定成人高血压的左室功能^[7], 因为其预测价值远高于传统 LVEF。新近临床研究显示, 左室心肌应变是早期心功能不全的敏感标志, 且与致心肌病变因素有关^[8], 如糖尿病、化疗相关心脏毒性、淀粉样变等。二维斑点追踪分层应变技术是由二维斑点追踪技术衍化发展而来, 可分别获得

左室三层心肌的 LS 和 CS, 用以评价分层心肌收缩功能^[9]。Luo 等^[10]应用该技术检测 EF 正常的乳腺癌患者术后化疗的早期心脏毒性, 发现左室 GLS 和环向总应变(GCS)功能减低并检测到心内膜层心肌受损。Scharrenbroich 等^[11]研究冠心病时, 发现在出现临床症状和 LVEF 发生改变之前, GLS 已经下降。均显示二维分层应变在检测亚临床心肌损伤中具有高灵敏性。

已有学者应用分层应变技术分析高血压患者心肌应变, 但是对左室三层心肌的纵向和环向应变进行研究的报道尚不多见。本研究应用二维分层应变技术对 LVEF 正常的高血压患者左室三层心肌的纵向和环向收缩功能进行早期评估, 结果显示, 不论是对照组还是高血压组, 心肌应变能力即应变绝对值自内向外呈递减趋势: 心内膜 > 心中膜 > 心外膜, 这种梯度变化也与徐立新等^[12]研究结果一致。与对照组相比, 高血压组心肌 GLS_{endo}、GLS_{mid}、GLS_{epi} 均明显下降, 说明在高血压早期未治疗或治疗未达标、患者 LVEF 正常时, 心肌功能已经产生了损伤。高血压组患者心肌 CS_{mid}、CS_{epi} 明显下降, 而 CS_{endo} 未受到明显影响。单从心内膜层比较的结果来看, 心肌纤维 LS 比 CS 更敏感。Leng 等^[13]也发现, 青年隐性高血压 LS 的下降先于 CS 的下降。Shi 等^[14]在探讨心肌受损的过程时发现 GLS 与受累冠状动脉的数量相关且 GLS_{endo} 下降时 GCS_{endo} 并无明显改变。笔者认为可能原因有以下几种。(1) 左室壁三层心肌纤维按照不

同的方向排列:心内膜层约占整个心肌层的 2/3,且心内膜主要由纵向纤维组成,主导着心脏收缩运动,高血压更容易引起心内膜层压力负荷增加。而在短轴方向运动产生的环向应变主要由心中膜层决定,心中膜层由环向纤维组成,所以 CS 的变化会晚于 LS。该结果也暗示着心肌不同分层的损伤不是同时发生,具体机制需要进一步研究。(2)三层心肌所受的压力不同:在舒张末期时心内膜层承受压力最大,从而导致相应的收缩期心内膜纤维缩短率明显增加,最终呈现心内膜应变最强的特征。(3)心内膜层的冠状动脉灌注和代谢高于心中膜层和心外膜层^[15]:故心内膜需要消耗更多的氧气,对缺血缺氧更加敏感,因而也更容易受损。这亦表明左室功能的恶化是从心内膜梯度变化至心外膜的。

本研究采用左室短轴切面的乳头肌水平切面环向应变来代替整体环向应变,因为此水平心肌显像清晰度高,可重复性强,数据稳定,Sharif 等^[16]研究即采用了类似的研究方法,但这样可能使结果产生一定偏倚。此外,本研究高血压患者样本量不充足,亦未根据血压水平的高低及相关危险因素进行分类,同时心肌不同分层发生的损害对心血管疾病的预后尚需进一步探讨。

综上所述,二维斑点追踪分层应变技术可定量分析左心室各层心肌的收缩功能,高血压患者在左室形态未发生改变且 LVEF 正常的情况下,可能已经发生了亚临床心肌损伤,表现为左室 LS 和 CS 的下降,可为临床诊断和治疗提供新的依据。

参考文献

- [1] Roth GA, Abate D, Abate KH, et al. Global, regional, and national age - sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980 - 2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. *Lancet*, 2018, 392 (10159) : 1736 - 1788.
- [2] Wang ZW, Chen Z, Zhang LF, et al. Status of hypertension in China: results from the China hypertension survey, 2012 - 2015 [J]. *Circulation*, 2018, 137(22) : 2344 - 2356.
- [3] Takeuchi M, Wu VCC. Application of left ventricular strain to patients with coronary artery disease [J]. *Curr Opin Cardiol*, 2018, 33 (5) : 464 - 469.
- [4] Lu JP, Lu Y, Wang XC, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in China: data from 1.7 million adults in a population-based screening study (China PEACE Million Persons Project) [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10112) : 2549 - 2558.
- [5] Shariq OA, McKenzie TJ. Obesity-related hypertension; a review of pathophysiology, management, and the role of metabolic surgery [J]. *Gland Surg*, 2020, 9(1) : 80 - 93.
- [6] Hassanin N, Alkemy A. Early detection of subclinical uremic cardiomyopathy using two-dimensional speckle tracking echocardiography [J]. *Echocardiogr Mo Kisco N Y*, 2016, 33(4) : 527 - 536.
- [7] Marwick TH, Gillebert TC, Aurigemma G, et al. Recommendations on the use of echocardiography in adult hypertension: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) and the American Society of Echocardiography (ASE) [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(6) : 577 - 605.
- [8] Hensel KO. Subclinical left ventricular systolic and diastolic dysfunction in type 1 diabetic children and adolescents with good metabolic control [J]. *Echocardiography*, 2018, 35(4) : 578 - 579.
- [9] Kim D, Shim CY, Hong GR, et al. Differences in left ventricular functional adaptation to arterial stiffness and neurohormonal activation in patients with hypertension: a study with two-dimensional layer-specific speckle tracking echocardiography [J]. *Clin Hypertens*, 2017, 23(1) : 1 - 7.
- [10] Luo RL, Cui HY, Huang DM, et al. Early assessment of the left ventricular function by epirubicin-induced cardiotoxicity in postoperative breast cancer patients [J]. *Echocardiogr Mo Kisco N Y*, 2017, 34(11) : 1601 - 1609.
- [11] Scharrenbroich J, Hamada S, Keszei A, et al. Use of two-dimensional speckle tracking echocardiography to predict cardiac events: Comparison of patients with acute myocardial infarction and chronic coronary artery disease [J]. *Clin Cardiol*, 2018, 41(1) : 111 - 118.
- [12] 徐立新, 朱张茜, 潘高云, 等. 斑点追踪分层应变评价尿毒症患者左心室心肌收缩功能的变化 [J]. *医学研究杂志*, 2019, 48 (11) : 131 - 135, 143.
- [13] Leng ZT, Li RJ, Li YJ, et al. Myocardial layer-specific analysis in patients with heterozygous familial hypercholesterolemia using speckle tracking echocardiography [J]. *Echocardiography*, 2017, 34 (3) : 390.
- [14] Shi J, Xing YM, Qian JY, et al. Early assessment of left ventricular function by layer-specific strain and its relationship to pulsatile arterial load in patients with coronary slow flow [J]. *Int Heart J*, 2019, 60(3) : 586 - 592.
- [15] Kuwada Y, Takenaka K. Transmural heterogeneity of the left ventricular wall: subendocardial layer and subepicardial layer [J]. *J Cardiol*, 2000, 35(3) : 205 - 218.
- [16] Sharif H, Ting S, Forsythe L, et al. Layer-specific systolic and diastolic strain in hypertensive patients with and without mild diastolic dysfunction [J]. *Echo Res Pract*, 2018, 5(1) : 41 - 49.

收稿日期:2020-05-15 修回日期:2020-05-31 编辑:石嘉莹