

左室压力-应变环评估不同左室构型老年高血压患者心肌做功

刘俊玉 秦 芹 康春松

摘要 **目的** 应用左室压力-应变环(LVPSL)评估不同左室构型老年高血压患者心肌做功情况。**方法** 选取在我院心内科就诊的老年高血压患者 162 例,根据左室几何构型分为正常构型组 43 例、向心性重构组 42 例、离心性肥厚组 37 例及向心性肥厚组 40 例,另选同期 35 例健康老年人作为对照组;各组均接受超声心动图检查并应用 EchoPAC 软件获得整体纵向应变(GLS),输入血压值构建 LVPSL,获得心肌做功参数,包括整体做功指数(GWI)、整体有效做功(GCW)、整体无效做功(GWW)、整体做功效率(GWE),比较各组上述参数的差异。**结果** 各组 CLS、GWI、GCW、GWW、GWE 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。正常构型组、向心性重构组、离心性肥厚组、向心性肥厚组 GWI、GCW、GWW 均增大,离心性肥厚组 GLS 减小,向心性肥厚组 GWE、GLS 均减小,与对照组比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与正常构型组和向心性重构组比较,离心性肥厚组 GLS 减小,向心性肥厚组 GLS、GWE 均减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与离心性肥厚组比较,仅向心性肥厚组 GWE 减小,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** LVPSL 可定量评价不同左室构型老年高血压患者心肌做功情况。

关键词 超声心动描记术;压力-应变环;高血压,老年;左室构型;心肌做功

[中图分类号]R540.45;R714.252

[文献标识码]A

Assessment of myocardial work in elderly hypertensive patients with different left ventricular configurations by left ventricular pressure-strain loop

LIU Junyu, QIN Qin, KANG Chunsong

School of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

ABSTRACT Objective To investigate myocardial work in elderly hypertensive patients with different left ventricular configurations by left ventricular pressure-strain loop (LVPSL). **Methods** A total of 162 elderly hypertensive patients diagnosed in the Department of cardiology of our hospital were collected. According to left ventricular geometry configuration, they were divided into the normal geometry group (43 cases), concentric remodeling group (42 cases), eccentric hypertrophy group (37 cases) and concentric hypertrophy group (40 cases). Another 35 healthy elderly individuals during the same period were selected as the control group. All groups underwent echocardiography, and the global longitudinal strain (GLS) was obtained by EchoPAC software. Blood pressure values were input to construct LVPSL, and myocardial work parameters were obtained and compared, including global work index (GWI), global constructive work (GCW), global wasted work (GWW) and global work efficiency (GWE). **Results** There were significant differences in CLS, GWI, GCW, GWW and GWE among groups (all $P < 0.05$). GWI, GCW and GWW in normal geometry group, centripetal remodeling group, eccentric hypertrophy group and concentric hypertrophy group were increased, GLS in eccentric hypertrophy group was decreased, and GWE and GLS in concentric hypertrophy group were decreased, which were statistically significant compared with the control group (all $P < 0.05$). Compared with normal geometry group and centripetal remodeling group, GLS in eccentric hypertrophy group was decreased, while GLS and GWE in concentric hypertrophy group were decreased, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Compared with the eccentric hypertrophy group, only GWE in concentric hypertrophy group was decreased, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** LVPSL can quantitatively evaluate the myocardial work in elderly hypertensive patients with different left ventricular configurations.

KEY WORDS Echocardiography; Pressure-strain loop; Hypertensive, elderly; Left ventricular configuration; Myocardial work

《中国老年高血压管理指南 2019》^[1]指出,我国已成为人口老龄化国家,年龄 ≥ 65 岁的老年人占全国总人数的 11.4%。高血压是导致心脑血管疾病的主要危险因素,可致心脏靶器官受损,左室是高血压损伤心脏的主要靶点^[2]。研究^[3]表明,心肌力学是心脏早期受损的敏感指标,斑点追踪技术所测左室整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)可反映心肌力学变化,发现亚临床左室收缩功能受损。但 GLS 受后负荷影响,反映的是负荷状态下心肌收缩力,在评估左室收缩功能方面有一定局限^[4]。心肌做功结合心肌形变与后负荷,可更敏感地反映左室收缩功能,在评估高血压患者左室收缩功能方面较 GLS 更准确、全面^[5],故本研究应用左室压力-应变环(left ventricular pressure-strain loop, LVPSL)评估不同左室构型老年高血压患者心肌做功情况,以期及时发现左室收缩功能变化,为患者早期干预与治疗提供依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 5 月至 2020 年 3 月在山西医科大学附属第三医院山西白求恩医院心内科就诊的老年高血压患者 162 例,年龄 65~79 岁,根据左室几何构型分为 4 组:正常构型组 43 例[左室质量指数(left ventricular mass index, LVMI)和相对室壁厚度(relative wall thickness, RWT)均正常],男 22 例,女 21 例,平均(65.06 \pm 5.16)岁,高血压病程 1~37 年,平均(14.81 \pm 9.09)年;向心性重构组 42 例(LVMI 正常, RWT 大于临界值 0.42),男 19 例,女 23 例,平均(65.94 \pm 3.81)岁,高血压病程 1~36 年,平均(15.73 \pm 7.92)年;离心性肥厚组 37 例(LVMI 大于临界值, RWT 正常,其中 LVMI 临界值为 115 g/m²(男)或 95 g/m²(女)],男 20 例,女 17 例,平均(64.77 \pm 4.48)岁,高血压病程 1~33 年,平均(14.29 \pm 8.90)年;向心性肥厚组 40 例(LVMI 和 RWT 均大于临界值),男 18 例,女 22 例,平均(66.87 \pm 4.52)岁,高血压病程 1~42 年,平均(16.32 \pm 10.35)年。纳入标准:①年龄 ≥ 65 岁;②在未服用任何降压药物的情况下,连续 3 d 测量收缩压 ≥ 140 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)和(或)舒张压 ≥ 90 mm Hg。排除标准:①继发性高血压、心肌病、心脏瓣膜病、风湿性心脏病、心肌梗死等严重心脏疾病;②伴有严重糖尿病或肝、肾等其他系统严重疾病。另选同期 35 例健康老年人作为对照组,男 18 例,女 17 例,年龄 65~73 岁,平均(65.13 \pm 4.14)岁;均无心、脑血管疾病。本研究经山西医科大学附属

第三医院山西白求恩医院医学伦理委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 超声心动图检查:使用 GE Vivid E 9 彩色多普勒超声诊断仪, M5S 探头,频率 1.5~4.5 MHz;配备 EchoPAC 203 工作站进行图像脱机分析。受检者静息 5 min 取左侧卧位行超声心动图检查,同步连接心电图。应用 M 型超声于胸骨旁左室长轴切面获得左室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、左室收缩末期内径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD)、左室后壁舒张末期厚度(left ventricular posterior wall thickness at end-diastole, LVPWD)和室间隔舒张末期厚度(thickness of interventricular septal at end diastole, IVSD),并计算 RWT, $RWT=2 \times LVPWD / LVEDD$;双平面 Simpson 法测得左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。根据美国超声心动图学会(American Society Echocardiography, ASE)指南^[6]计算左室质量(left ventricular mass, LVM), $LVM(g)=0.8 \times 1.04 \times [(IVSD+LVEDD+LVPWD)^3 - LVEDD^3] + 0.6$, 经体表面积(BSA)标化得到 LVMI。连续采集标准左室长轴心尖四腔心、三腔心和两腔心切面的二维动态图像并存储。所有参数均重复测量 3 次取平均值。

2. 图像分析:将采集的图像导入 EchoPAC 203 工作站,进行“2D Stain”分析,系统自动追踪心内膜边界,确保左室心肌运动追踪满意,点击“Approve”得到左室纵向应变牛眼图,获取 GLS。使用肱动脉收缩压代替左室峰值压力,点击“Myocardial Work”,系统自动获取心肌做功参数:整体做功指数(global work index, GWI)、整体有效做功(global constructive work, GCW)、整体无效做功(global wasted work, GWW)、整体做功效率(global work efficiency, GWE)。所有参数均重复测量 3 次取平均值。

3. 一般资料获取:收集受检者一般资料,包括性别、年龄、体质量指数、收缩压、舒张压、心率。

4. 重复性检验:随机抽取 18 例老年高血压患者,由两名经验丰富的超声医师采用规范化操作分析图像获得 GLS 及心肌做功参数,且其中一名医师间隔 1 周后对上述图像再次分析,分别进行观察者间和观察者内的重复性检验。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD-t 检

验;计数资料以例或率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用组内相关系数(ICC)评估 GLS 及心肌做功参数观察者间和观察者内的重复性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

各组性别、年龄、心率、体质量指数比较差异均无统计学意义;高血压各组收缩压、舒张压均高于对照组,且向心性肥厚组收缩压、舒张压均高于正常构型组和向心性重构组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表1。

二、各组左室常规超声心动图参数比较

各组 IVSD、LVPWD、LVEDD、LVESD、LVMI 及 RWT 比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与对照组比较,正常构型组、向心性重构组、离心性肥厚组、向心性肥厚组 IVSD、LVPWD、RWT 均增大,向心性重构组、离心性肥厚组、向心性肥厚组 LVMI 均增大,离心性肥厚组 LVEDD、LVESD 均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与正常构型组比较,向心性重构组、离心性肥厚组、向心性肥厚组 IVSD、LVPWD、LVMI、RWT 均增大,离心性肥厚组和向心性肥厚组 LVEDD、LVESD 均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与向

心性重构组比较,离心性肥厚组和向心性肥厚组 IVSD、LVPWD、LVMI、LVEDD、LVESD、RWT 均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与离心性肥厚组比较,向心性肥厚组 IVSD、LVPWD、RWT、LVMI 均增大,LVEDD、LVESD 均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。各组 LVEF 比较差异无统计学意义。见表2。

三、各组 GLS 及心肌做功参数比较

各组 CLS、GWI、GCW、GWW、GWE 比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。正常构型组、向心性重构组、离心性肥厚组、向心性肥厚组 GWI、GCW、GWW 均增大,离心性肥厚组 GLS 减小,向心性肥厚组 GWE、GLS 均减小,与对照组比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与正常构型组和向心性重构组比较,离心性肥厚组 GLS 减小,向心性肥厚组 GLS、GWE 均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与离心性肥厚组比较,仅向心性肥厚组 GWE 减小,差异有统计学意义($P<0.05$);其余两两比较差异均无统计学意义。见表3和图1。

四、重复性研究

GLS、GWI、GCW、GWW、GWE 在观察者间 ICC 分别为 0.915、0.945、0.921、0.920、0.956,观察者内 ICC 分别为 0.916、0.931、0.924、0.914、0.946,提示重复性均良好。

表1 各组一般资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	心率(次/min)	体质量指数(kg/m ²)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)
对照组(35)	18/17	65.13±4.14	70.20±5.67	24.75±1.18	123.82±5.54	75.89±4.42
正常构型组(43)	22/21	65.06±5.16	71.96±6.42	24.13±1.72	145.18±4.60 ^a	93.80±6.35 ^a
向心性重构组(42)	19/23	65.94±3.81	71.49±3.78	24.35±1.26	145.13±4.07 ^a	93.96±5.96 ^a
离心性肥厚组(37)	20/17	64.77±4.48	71.26±5.38	24.49±1.14	146.59±5.44 ^a	94.76±7.06 ^a
向心性肥厚组(40)	18/22	66.87±4.52	71.28±6.94	24.23±1.60	148.62±6.06 ^{abc}	97.46±6.01 ^{abc}
χ^2/F 值	1.031	1.438	0.474	1.081	146.273	73.933
P 值	0.905	0.223	0.754	0.367	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a $P<0.05$;与正常构型组比较,^b $P<0.05$;与向心性重构组比较,^c $P<0.05$ 。1 mm Hg=0.133 kPa

表2 各组左室常规超声心动图参数比较($\bar{x}\pm s$)

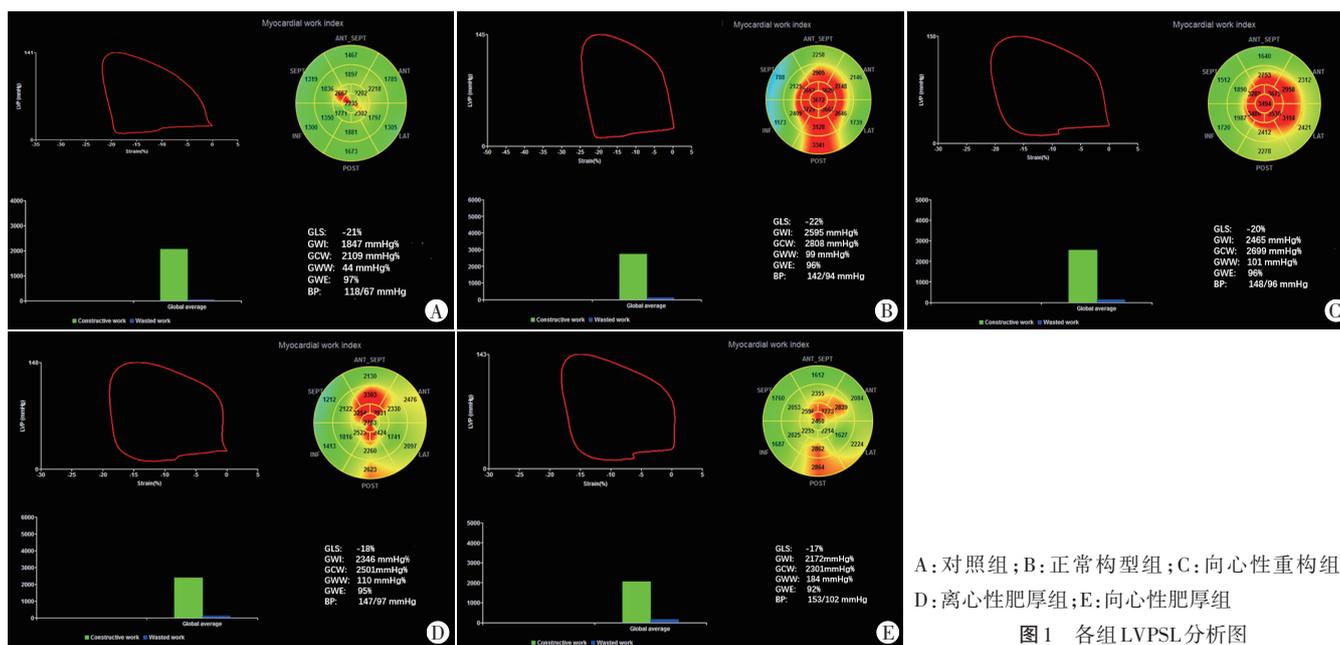
组别	IVSD(mm)	LVPWD(mm)	LVEDD(mm)	LVESD(mm)	LVMI(g/m ²)	LVEF(%)	RWT
对照组	9.10±0.63	9.04±0.59	46.40±2.19	28.91±2.09	103.30±4.86	65.33±1.77	0.35±0.02
正常构型组	9.684±0.74 ^a	9.55±0.45 ^a	45.06±2.39	29.26±2.30	104.45±4.51	65.29±2.36	0.37±0.01 ^a
向心性重构组	10.50±0.90 ^{ab}	10.17±0.83 ^{ab}	46.58±2.44	29.83±2.27	112.94±5.61 ^{ab}	64.93±2.08	0.42±0.02 ^{ab}
离心性肥厚组	11.05±0.94 ^{abc}	10.74±0.70 ^{abc}	52.47±2.65 ^{abc}	35.39±2.59 ^{abc}	118.27±8.81 ^{abc}	64.60±2.19	0.40±0.02 ^{abc}
向心性肥厚组	11.40±1.14 ^{abcd}	11.45±0.65 ^{abcd}	50.14±1.89 ^{abcd}	31.96±2.24 ^{abcd}	122.27±5.36 ^{abcd}	64.31±2.42	0.46±0.03 ^{abcd}
F 值	44.755	78.634	57.435	51.161	75.480	1.537	149.288
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.179	<0.001

与对照组比较,^a $P<0.05$;与正常构型组比较,^b $P<0.05$;与向心性重构组比较,^c $P<0.05$;与离心性肥厚组比较,^d $P<0.05$ 。IVSD:室间隔舒张末期厚度;LVPWD:左室后壁舒张末期厚度;LVEDD:左室舒张末期径;LVESD:左室收缩末期径;LVMI:左室质量指数;LVEF:左室射血分数;RWT:相对室壁厚度

表3 各组GLS及心肌做功参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	GLS(%)	GWl(mm Hg%)	GCW(mm Hg%)	GWw(mm Hg%)	GWE(%)
对照组	-21.5±1.6	2024.7±224.0	2234.6±200.6	63.5±19.7	97.0±0.8
正常构型组	-21.6±0.7	2427.6±401.8 ^a	2607.4±395.7 ^a	103.5±30.8 ^a	96.8±1.3
向心性重构组	-21.2±1.3	2407.3±193.5 ^a	2547.2±328.3 ^a	102.7±24.1 ^a	96.6±1.1
离心性肥厚组	-17.9±1.4 ^{abc}	2319.5±229.4 ^a	2632.2±316.6 ^a	109.9±39.7 ^a	96.6±0.8
向心性肥厚组	-17.4±0.7 ^{abc}	2317.9±182.0 ^a	2524.2±318.1 ^a	112.1±36.2 ^a	92.5±1.7 ^{abcd}
F值	115.439	13.974	8.851	14.732	101.116
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较, ^a $P<0.05$; 与正常构型组比较, ^b $P<0.05$; 与向心性重构组比较, ^c $P<0.05$; 与离心性肥厚组比较, ^d $P<0.05$ 。GLS: 整体纵向应变; GWl: 整体做功指数; GCW: 整体有效做功; GWw: 整体无效做功; GWE: 整体做功效率



A: 对照组; B: 正常构型组; C: 向心性重构组; D: 离心性肥厚组; E: 向心性肥厚组

图1 各组LVPSL分析图

讨论

左室是高血压损伤心脏的主要靶点, 长时间受到较高水平的后负荷, 致使左室结构与功能发生改变, 引发左室重构^[7]。左室几何构型的改变如心腔扩大和室壁肥厚, 是公认的心肌功能障碍和心力衰竭的前兆^[8], 不同左室构型发生不良心血管事件的概率不同。Garg等^[9]研究显示, 左室正常构型和向心性重构患者心力衰竭或心血管疾病死亡的发生率为2.0%, 如治疗不及时, 发展为室壁肥厚和心腔扩大时发生率将增加至11.8%。GLS是量化左室收缩功能敏感的指标, 但其有负荷依赖性^[10], 难以区分实际心肌功能受损与负荷状态改变相关的心功能变化。心肌做功是基于斑点追踪技术评估左室功能的新方法^[11], 较GLS更能准确地评估不同左室构型的收缩功能, 为评估心肌功能提供增量价值。本研究旨在应用LVPSL评估不同左室构型高血压患者心肌做功情况。

老年高血压患者血压长时间处于增高状态, 心室

由于心肌收缩力增强和负荷力增加产生室壁增厚、腔室扩大等代偿性改变, 导致心脏腔室形态和结构发生变化。本研究各组常规超声心动图参数比较结果显示, 高血压各组IVSD、LVPWD、RWT均对照组增大(均 $P<0.05$), 其中以向心性肥厚组改变最为显著。与对照组比较, 向心性重构组、离心性肥厚组及向心性肥厚组LVMI均增大(均 $P<0.05$), 表明高血压会导致左室结构重塑。与康晓妍等^[12]研究结果相一致。分析原因为老年高血压患者病程较长, 左室长期处于过度后负荷状态, 外周血管阻力增加, 心肌微循环功能紊乱, 致使左室容积及质量发生变化。

本研究结果显示, 正常构型组和向心性重构组GLS与对照组比较差异均无统计学意义, 与王小林^[13]研究结果相一致。分析原因为病程早期, 为抵抗左室后负荷增加, 成纤维细胞增生, 心肌代偿性肥大, 心肌收缩力增强, 使左室收缩功能维持在正常范围内。离心性肥厚组和向心性肥厚组GLS均较对照组减小(均 $P<0.05$), 与黄冬梅等^[14]研究结果相一致, 原因可能为

随着病程延长,心肌单位肌节增生,左室壁增厚,僵硬程度增加,心肌细胞耗氧量与供氧量处于失衡状态,心肌缺血累及心肌全层,导致心脏整体功能受损。由于 GLS 未考虑左室后负荷因素,无法辨别是左室本身收缩力的下降还是后负荷增加引起的 GLS 降低。

应用 LVPSL 评估心肌做功是一种新的评价左室收缩功能的方法,克服了 LVEF 和 GLS 的负荷依赖性,在判断不同左室构型的收缩功能方面更加敏感、准确。本研究结果显示,高血压各组 GWI、GCW 均较对照组增大(均 $P < 0.05$),其中以正常构型组改变更为显著,分析原因为高血压早期,动脉高压使心脏泵血减少,为保持动脉血压势能水平,机体会通过增加左室泵功能补偿动脉高压导致每搏量减少,静脉回流受阻,心脏耗能增加,为维持心脏正常供血量,表现为心肌整体做功和有效做功均增加。此时,正常构型及向心性重构高血压患者 GLS 均处于正常值,未能体现该时间段心肌细胞已经发生代偿性改变,室壁收缩力增强,故不能准确反映左室功能的改变。可见,心肌做功对高血压左室构型早期左室收缩功能受损更为敏感。本研究高血压各组 GWW 均较对照组增大(均 $P < 0.05$),分析原因为左室构型重塑进展中,心室肌传导不同步,所受压力局部不平衡,部分血流在左室腔内形成无效循环,有效泵血能力下降,心脏所做无效功增加。与 Chan 等^[5]研究结果相一致。本研究结果显示,正常构型组、向心性重构组、离心性肥厚组 GWE 与对照组比较差异均无统计学意义,仅向心性肥厚组 GWE 减小($P < 0.05$),分析原因为左室重构逐渐加重至向心性肥厚程度时,间质明显纤维化,心脏电-机械传导延迟,细胞间电活动不同步,收缩同步性运动消失^[15],此时左室所做无效功较有效功明显增多,表现为 GWE 下降。心肌肥厚阶段是产生不良心血管事件和死亡率增加的重要危险因素^[7]。目前向心性肥厚组 GWE 降低的预后意义仍未知,有待后续更深入研究。本研究重复性检验结果显示,GLS、GWI、GCW、GWW、GWE 在观察者间 ICC 分别为 0.915、0.945、0.921、0.920、0.956,观察者内 ICC 分别为 0.916、0.931、0.924、0.914、0.946,提示重复性均良好。与以往研究^[5,8]结论相一致。

本研究的局限性:①本研究受试者较少,需收集更多样本量分析验证;②心肌做功基于应变所得,需要足够清晰的图像质量和合适帧频;③未考虑室壁应力,肱动脉收缩压不能精准估测左室所受的压力。

综上所述,LVPSL 可定量评估不同左室构型老年高血压患者心肌做功情况,为临床早期、敏感评估左

室收缩功能受损及治疗提供依据。

参考文献

- [1] 中国老年医学学会高血压分会,国家老年疾病临床医学研究中心.中国老年心血管病防治联盟.中国老年高血压管理指南 2019[J].中国心血管杂志,2019,24(1):1-23.
- [2] Yildiz M, Oktay AA, Stewart MH, et al. Left ventricular hypertrophy and hypertension[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2020, 63(1): 10-21.
- [3] Chan J, Shiino K, Obonyo NG, et al. Left ventricular global strain analysis by two-dimensional speckle-tracking echocardiography: the learning curve[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(11): 1081-1090.
- [4] Papadopoulos K, Özden Tok Ö, Mitrousi K, et al. Myocardial work: methodology and clinical applications[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(3): 573.
- [5] Chan J, Edwards N, Khandheria BK, et al. A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure-strain relations in hypertension and dilated cardiomyopathy[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2019, 20(1): 31-39.
- [6] Lang RM, Badano LP, Victor MA, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. Am Soc Echocardiogr, 2015, 16(3): 233-270.
- [7] González A, Ravassa S, López B, et al. Myocardial remodeling in hypertension[J]. Hypertension, 2018, 72(3): 549-558.
- [8] Sahiti F, Morbach C, Cejka V, et al. Left ventricular remodeling and myocardial work: results from the population-based STAAB cohort study[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8(1): 669335.
- [9] Garg S, de Lemos JA, Ayers C, et al. Association of a 4-tiered classification of LV hypertrophy with adverse CV outcomes in the general population[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(9): 1034-1041.
- [10] Edwards NFA, Scalia GM, Shiino K, et al. Global myocardial work is superior to global longitudinal strain to predict significant coronary artery disease in patients with normal left ventricular function and wall motion[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32(8): 947-957.
- [11] Russell K, Eriksen M, Aaberge L, et al. Assessment of wasted myocardial work: a novel method to quantify energy loss due to uncoordinated left ventricular contractions[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2013, 305(7): 996-1003.
- [12] 康晓妍,高旭宏,陈晓燕,等.不同血压控制水平对左室心肌学影响的随访研究[J].中华超声影像学杂志,2021,30(9):752-757.
- [13] 王小林.心肌做功评价不同构型原发性高血压患者左室功能的临床研究[D].南昌:南昌大学(医学院),2020.
- [14] 黄冬梅,崔洪岩,夏稻子,等.应用超声二维应变评价左心室不同构型原发性高血压患者的左心室心肌收缩功能[J].中国循环杂志,2016,31(8):768-771.
- [15] 寇海燕,梁莉,苏金花.原发性高血压患者左室重构、收缩同步性的超声评价及与血清细胞因子、MMPs 的相关性分析[J].海南医学院学报,2017,23(1):22-25.

(收稿日期:2022-04-19)