

# 四维右室容积定量分析技术评估原发性高血压病患者右室收缩功能

陈 烨 苏 晖 张皓东 张建华

**摘要** **目的** 探讨四维右室容积定量分析(4D-RV-Volume)技术评估原发性高血压病患者右室收缩功能的临床价值。**方法** 选择84例原发性高血压病患者,按照左室质量指数(LVMI)不同分为正常LVMI组44例和高LVMI组40例;另选同期健康体检者45例为对照组;记录各组二维超声参数即左室舒张末期内径(LVIDD)、左室收缩末期内径(LVESD)、左室后壁厚度(LVPWT)、室间隔厚度(IVST)、左室射血分数(LVEF)、三尖瓣环收缩期位移(TAPSE)、三尖瓣舒张早晚期峰值速度比值(E/A)、肺动脉收缩压(PASP)及右室Tei指数;4D-RV-Volume技术获取右室舒张末期容积(RVEDV)、右室收缩末期容积(RVESV)、右室射血分数(RVEF)、右室游离壁纵向应变率(RVFLS)、室间隔纵向应变率(RVSLS)、面积变化分数(RVFAC)等;比较各组上述参数变化。**结果** 高LVMI组LVIDD、LVESD、LVPWT、IVST、RVEDV、RVESV均高于对照组,LVEF低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );高LVMI组TAPSE高于对照组和正常LVMI组,RVSLS低于正常组和对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );对照组、正常LVMI组、高LVMI组E/A、RVFLS、RVFAC、RVEF均呈降低趋势,PASP、右室Tei指数均呈升高趋势,组间两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。RVEF与右室Tei指数、PASP均呈负相关( $r=-0.513$ 、 $-0.470$ ,均 $P<0.05$ ),与TAPSE呈正相关( $r=0.607$ , $P<0.05$ )。4D-RV-Volume技术检测右室RVEDV、RVESV、RVEF在不同观察者间具有良好的 consistency。**结论** 4D-RV-Volume技术可定量分析原发性高血压病患者右室结构和功能。

**关键词** 超声心动描记术;四维右室容积定量分析;高血压病,原发性;心室功能,右  
[中图法分类号]R540.4;R544.1 [文献标识码]A

## Value of 4D-RV-Volume in the assessment of right ventricular systolic function in patients with essential hypertension

CHEN Ye, SU Hui, ZHANG Haodong, ZHANG Jianhua

Department of Ultrasound, Southern University of Science and Technology Hospital, Shenzhen 518000, China

**ABSTRACT** **Objective** To investigate the clinical application value of 4D-RV-Volume in the assessment of right ventricular systolic function in patients with essential hypertension. **Methods** Eighty-four patients with essential hypertension were divided into normal left ventricular mass index (LVMI) group (44 cases) and high LVMI group (40 cases), 45 health examiner were chosen as the control group. Left ventricular end diastolic diameter (LVIDD), left ventricular end systolic diameter (LVESD), left ventricular posterior wall thickness (LVPWT), interventricular septal thickness (IVST), left ventricular ejection fraction (LVEF), tricuspid annulus systolic displacement (TAPSE), ratio of early to late peak velocity (E/A), pulmonary artery systolic pressure (PASP) and right ventricular Tei index were recorded. 4D-RV-Volume technique was used to obtain the parameters of right ventricular end diastolic volume (RVEDV), right ventricular end systolic volume (RVESV), right ventricular ejection fraction (RVEF), right ventricular free wall longitudinal strain rate (RVFLS), interventricular septal longitudinal strain rate (RVSLS), area change fraction (RVFAC). The results were compared in groups. **Results** LVIDD, LVESD, LVPWT, IVST, RVEDV, RVESV of the high LVMI group were higher than those of the control group (all  $P<0.05$ ), LVEF was lower than that of the control group ( $P<0.05$ ), TAPSE of the high LVMI group was higher than that of the control group and the normal LVMI group (both  $P<0.05$ ), E/A, RVFLS, RVFAC, and RVEF of the control group, the normal LVMI group and the high LVMI group were all decreased (all  $P<0.05$ ), PASP and Tei index were increased (all  $P<0.05$ ). RVSLS was lower than that of the normal group and

the control group (both  $P < 0.05$ ). RVEF was negatively correlated with Tei index and PASP ( $r = -0.513, -0.470$ , both  $P < 0.05$ ), and positively correlated with TAPSE ( $r = 0.607, P < 0.05$ ). RVEDV, RVESV, and RVEF of right ventricle showed good consistency by 4D-RV-Volume technique. **Conclusion** 4D-RV-Volume technique can be used to quantitatively analyze the structure and function of right ventricle in patients with essential hypertension.

**KEY WORDS** Echocardiography; Four-dimensional quantitative analysis of right ventricular volume; Hypertension, essential; Ventricular function, right

高血压病是严重威胁人类健康的慢性疾病,是导致心脑血管疾病的重要危险因素<sup>[1]</sup>。左室是高血压病患者最早受到损害的部位,长期的血流负荷增加使左室的结构和功能发生改变,主要表现为左室肥厚、几何构型异常、舒缩功能降低等。既往对高血压病心脏损伤的研究<sup>[2-3]</sup>多集中于左室构型和功能损害方面,对右心结构和功能变化的研究较少。近年来越来越多的研究<sup>[3-5]</sup>发现,右室功能是不同的临床条件下生存的重要因素,早期准确评估高血压病患者的右室结构和功能对于评估患者心功能损害情况具有重要作用。超声心动图是评估心脏结构、功能常用的检查方法,但由于右室几何形态复杂,肌小梁丰富,二维超声检测存在一定局限性。四维右室容积定量分析(four-dimensional quantitative analysis of right ventricular volume, 4D-RV-Volume)是基于三维超声成像基础之上的心脏超声检测新技术,其不受心室形态的影响,本研究应用4D-RV-Volume探讨原发性高血压病患者右室收缩功能,旨在为高血压病患者右室功能的准确评价探索更为有效的检查方法。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取2018年1月至2019年11月在我院心内科诊疗的原发性高血压病患者84例,其中男52例,女32例,年龄33~69岁,平均(48.2±10.1)岁。纳入标准:①符合中国高血压防治指南(2018年修订版)<sup>[6]</sup>中原发性高血压病诊断标准:在无药物或其他因素干预下收缩压≥140 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)和/或舒张压≥90 mm Hg;②年龄25~70岁;③窦性心律。排除标准:①继发性高血压病;②合并先天性心脏病、心脏瓣膜病、扩张型心肌病、冠状动脉粥样硬化性心脏病、心力衰竭等其他心脏疾病;③心律失常;④肝肾严重功能不全、内分泌系统疾病、自身免疫性疾病、血液病、恶性肿瘤等其他严重疾病;⑤由于肥胖或不合作等原因所致的超声心动图像质量不佳者。按照左室质量指数(LVMI)将其分为高LVMI组40例(LVMI≥120 g/m<sup>2</sup>)和正常LVMI组

44例(LVMI<120 g/m<sup>2</sup>)。另选同期健康体检者45例,其中男25例,女20例,年龄29~68岁,平均(47.7±9.6)岁。本研究经我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. 仪器:使用Philips EPIQ 7C彩色多普勒超声诊断仪,S5-1探头,频率1.5~4.3 MHz;4V矩阵探头,频率2~4 MHz。

2. 二维超声心动图检查:患者取左侧卧位,2D成像模式下于胸骨旁左室长轴切面测量左室舒张末期内径(LVIDD)、左室收缩末期内径(LVESD)、左室后壁厚度(LVPWT)、室间隔厚度(IVST)、左室射血分数(LVEF);根据公式计算LVMI,公式为: $LVMI = \{0.8 \times [1.04 \times (LVIDd + LVPWT + IVST)^3 - LVIDd^3 + 0.6]\} / BSA$ 。其中BSA为体表面积(m<sup>2</sup>), $BSA = \text{身高}(\text{cm}) + 0.128 \times \text{体质量}(\text{kg}) - 0.159$ 。参照美国超声心动协会标准<sup>[7]</sup>,于心尖四腔心、大动脉短轴、剑突下切面测量三尖瓣环收缩期位移(TAPSE)、三尖瓣舒张早晚期峰值速度比值(E/A)、肺动脉收缩压(PASP)及右室Tei指数。

3. 4D-RV-Volume检测:调整探头位置于心尖四腔切面,并可清晰显示右室前壁及流出道和流入道。启动4D模式,调整探头方向和角度,以清晰显示右室前壁、流入道和流出道。然后嘱患者屏住呼吸,以确保所采集图像的清晰度,并于此状态下采集3个心动周期图像。导出dicom图像在Tomtec工作站4D-RV-Volume模块对所采集图像进行离线处理,应用半自动边界检测算法追踪舒张末期和收缩末期心内膜,软件自动计算右室舒张末期容积(RVEDV)、右室收缩末期容积(RVESV)、右室射血分数(RVEF)、右室游离壁纵向应变(RVFLS)、室间隔纵向应变(RVSLS)及面积变化分数(RVFAC)等参数。

4. 重复性检测:随机抽取30例接受超声检查的原发性高血压病患者,于检查后1周再次由另一超声科医师对上述患者进行心脏超声检查,并应用4D-RV-Volume软件再次分析采集的图像,重点观察RVEDV、

RVESV、RVEF 3个指标,并在检查医师之间进行上述3个指标一致性的重复性检验。

5.临床资料采集:记录所有患者年龄、性别、身高、体质量等一般情况,询问吸烟、饮酒情况,患者入院后均予以血糖、血脂等实验室检查;并于平静状态下测量患者的坐位血压。血压的测量应用经过国家计量部门检测且定期校准的台式水银血压计,每例患者测量3次,取其均值。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较采用方差分析,组间两两比较行 $q$ 检验;相关性分析采用Pearson相关分析法。不同超声医师之间RVEDV、RVESV、RVEF的一致性分析采用Bland-Altman法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

各组年龄、性别、BMI、BSA、心率、血糖、甘油三

酯、总胆固醇比较差异均无统计学意义;对照组、正常LVMI组、高LVMI组收缩压和舒张压逐渐升高,两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表1。

二、各组左、右心室二维超声心动图指标比较

高LVMI组LVIDD、LVESD、LVPWT、IVST均高于对照组,LVEF低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );高LVMI组TAPSE高于对照组和正常LVMI组(均 $P<0.05$ );对照组、正常LVMI组、高LVMI组E/A均呈降低趋势,PASP、右室Tei指数均呈升高趋势,组间两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表2。

三、各组右室4D-RV-Volume检测指标比较

高LVMI组RVEDV、RVESV高于对照组,RVSLs低于正常LVMI组和对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );对照组、正常LVMI组、高LVMI组RVFLS、RVFAC、RVEF均呈降低趋势,组间两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见表3和图1,2。

四、4D-RV-Volume技术检测指标与二维超声心

表1 各组一般资料比较

组别	年龄 (岁)	男/女 (例)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	BSA (m <sup>2</sup> )	收缩压 (mm Hg)	舒张压 (mm Hg)	心率 (次/min)	空腹血糖 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	总胆固醇 (mmol/L)
对照组	47.7±9.6	25/20	24.5±1.7	1.81±0.20	127.6±11.2	75.4±7.1	69.9±7.8	4.7±0.8	1.7±0.4	4.4±1.3
正常LVMI组	47.4±9.8	28/16	24.8±1.6	1.83±0.19	143.8±14.9*	84.3±7.5*	71.5±8.2	4.8±0.8	1.8±0.4	4.8±1.4
高LVMI组	48.8±10.1	24/16	25.1±1.9	1.79±0.19	152.5±14.6**	90.8±8.0**	71.8±8.4	5.0±0.9	1.9±0.5	5.0±1.6
$F/\chi^2$ 值	0.233	0.948	1.272	0.448	36.951	45.058	0.688	1.411	2.257	1.956
$P$ 值	0.792	0.623	0.284	0.640	0.000	0.000	0.504	0.278	0.190	0.146

与对照组比较,\* $P<0.05$ ;与正常LVMI组比较,\*\* $P<0.05$ 。BMI:体质量指数;BSA:体表面积。1 mm Hg=0.133 kPa

表2 各组左、右心室二维超声心动图指标比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	LVIDD (mm)	LVESD (mm)	LVPWT (mm)	IVST (mm)	LVEF (%)	TAPSE (mm)	E/A	PASP (mm Hg)	右室Tei指数
对照组	44.7±5.1	28.6±4.2	8.8±1.2	8.9±1.2	65.3±7.0	22.1±2.2	1.2±0.4	24.1±2.8	0.3±0.1
正常LVMI组	45.4±4.8	28.9±4.1	8.9±1.1	9.1±1.2	65.5±6.8	22.5±2.3	0.9±0.3*	25.7±3.7*	0.4±0.2*
高LVMI组	48.9±5.2*	32.3±4.0*	10.3±1.4*	10.6±1.3*	60.4±6.5*	19.6±1.6**	0.7±0.2**	29.8±3.5**	0.6±0.2**
$F$ 值	8.311	10.390	19.143	23.606	7.511	23.836	27.360	32.228	33.110
$P$ 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000

与对照组比较,\* $P<0.05$ ;与正常LVMI组比较,\*\* $P<0.05$ 。LVIDD:左室舒张末期内径;LVESD:左室收缩末期内径;LVPWT:左室后壁厚度;IVST:室间隔厚度;LVEF:左室射血分数;TAPSE:三尖瓣环收缩期位移;E/A:三尖瓣舒张早晚期峰值速度比值;PASP:肺动脉收缩压。1 mm Hg=0.133 kPa

表3 各组右室4D-RV-Volume检测指标比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	RVEDV(ml)	RVESV(ml)	RVFLS(%)	RVSLs(%)	RVFAC(%)	RVEF(%)
对照组	81.8±10.2	39.3±9.5	20.8±4.4	15.5±3.6	38.9±6.2	49.1±7.2
正常LVMI组	84.6±10.0	41.4±9.8	16.5±3.7*	14.6±3.4	35.3±5.9*	44.4±7.3*
高LVMI组	87.9±10.5*	44.7±9.1*	12.9±3.2**	12.7±3.1**	30.5±5.8**	38.8±6.9**
$F$ 值	3.768	3.365	45.591	7.028	20.969	22.021
$P$ 值	0.026	0.034	0.000	0.001	0.000	0.000

与对照组比较,\* $P<0.05$ ;与正常LVMI组比较,\*\* $P<0.05$ 。RVEDV:右室舒张末期容积;RVESV:右室收缩末期容积;RVFLS:右室游离壁纵向应变;RVSLs:室间隔纵向应变;RVFAC:面积变化分数;RVEF:右室射血分数

动图检测指标的相关性分析

Pearson 相关性分析显示, 4D-RV-Volume 技术测得的 RVEF 与右室 Tei 指数、PASP 均呈负相关 ( $r=-0.513$ 、 $-0.470$ , 均  $P<0.05$ ), 与 TAPSE 呈正相关 ( $r=0.607$ ,  $P<0.05$ )。

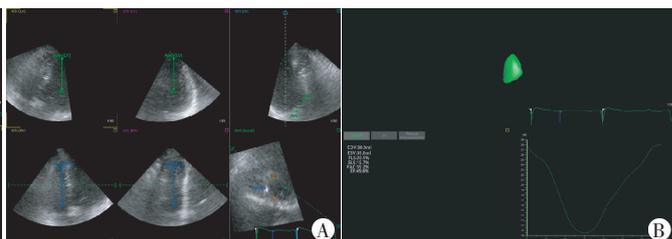
五、4D-RV-Volume 可重复性检查结果

Bland-Altman 分析显示, 4D-RV-Volume 技术测得的 RVEDV、RVESV、RVEF 在不同检查者间变异系数分别为 0.957、0.936、0.871, 均具有良好的一致性。见图 3~5。



A: 超声图像; B: 右室相关参数输出界面。RVEDV 87.6 ml, RVESV 45.1 ml, RVFLS 12.8%, RVLS 13.1%, RVFAC 30.4%, RVEF 24.82%

图1 一45岁男性高LVMI原发性高血压病患者4D-RV-Volume检测情况



A: 超声图像; B: 右室相关参数输出界面。RVEDV 80.9 ml, RVESV 38.8 ml, RVFLS 20.5%, RVLS 15.7%, RVFAC 39.2%, RVEF 49.6%

图2 一39岁健康男性体检者4D-RV-Volume检测情况

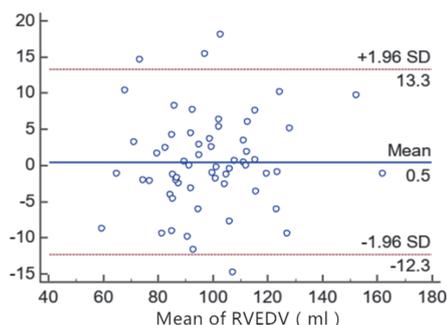


图3 不同检查者应用4D-RV-Volume技术检测 RVEDV 的 Bland-Altman 图

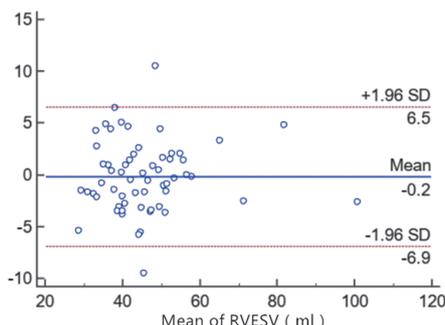


图4 不同检查者应用4D-RV-Volume技术检测 RVESV 的 Bland-Altman 图

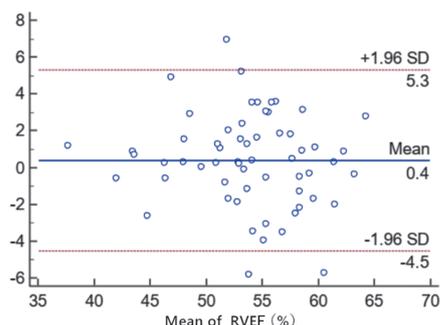


图5 不同检查者应用4D-RV-Volume技术检测的 RVEF 的 Bland-Altman 图

讨论

心脏的左、右心室在结构和功能上相互依赖, 为机体提供足够的肺和外周组织血液灌注, 从而保障各项生理活动的进行。右室在体循环与肺循环的平衡调节中具有重要作用, 右室的功能与多种心血管疾病的病情变化存在密切关系<sup>[8]</sup>。因此, 对于右室结构和功能的评估有利于原发性高血压病患者病情评估及临床干预方案的选择<sup>[9]</sup>。但右室解剖位置特殊, 结构复杂, 二维超声心动图对其大小和功能的定量分析存在一定的难度。4D-RV-Volume 技术是近年来应用于临床的超声检查新技术, 该技术在三维立体空间内半自动实时跟踪右室内膜, 可对右室的形态和功能进行多角度、全方位分析; 同时还可对重建的右室图像进行任意角度和位置的旋转, 所测参数更接近实际值, 可更为全面、准确地评估右室容积和 RVEF。国外研究<sup>[10]</sup>发现, 三维超声心动图所测左室收缩功能不全患者的 RVEDV、RVESV 及 RVEF, 与心脏 MRI 所测结果高度相关 ( $r=0.90$ 、 $0.89$ 、 $0.77$ )。4D-RV-Volume 技术在

三维超声成像基础上, 对存储的图像进行脱机分析, 新的数据处理方法能够更加方便、准确地评估右室的结构和功能<sup>[11]</sup>。另外, 该技术还可生成纵向应变参数 RVFLS、RVLS, 而这些参数在右室收缩功能的定量分析中具有重要作用。

本研究二维超声心动图发现, 高 LVMI 组 LVIDD、LVESD、LVPWT、IVST 均高于对照组 (均  $P<0.05$ ), LVEF 低于对照组 ( $P<0.05$ ), 说明原发性高血压病患者心脏后负荷长期增大, 导致心肌代偿性肥大, 并由此引发心室舒缩功能障碍。随着高血压病情的进一步发展, 肺毛细血管楔压逐渐升高, 肺循环后负荷逐渐增大, 并对右室的结构和功能产生影响。另外, 本研究还发现高 LVMI 组 TAPSE 高于对照组和正常 LVMI 组 (均  $P<0.05$ ); 对照组、正常 LVMI 组、高 LVMI 组 E/A 均呈降低趋势, PASP、右室 Tei 指数呈升高趋势, 差异均有统计学意义 (均  $P<0.05$ ), 进一步表明原发性高血压病患者的右室功能受到损害, 而高 LVMI 患者损害情况更为严重<sup>[12-13]</sup>。对于原发性高血压病患者心肌重量预测心血管事件的价值较左室构型改变的预测价值

更高,故本研究应用4D-RV-Volume技术评估不同LVMI的原发性高血压患者的右室功能。研究发现,高LVMI组RVEDV、RVESV、RVLSLs更高,RVFLS、RVFAC、RVEF逐渐降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。右室结构和功能的变化除与肺循环后负荷增大有关,还与患者的交感神经、肾素-血管紧张素-醛固酮系统过度激活和心肌供氧-需氧失衡有关。上述因素对蛋白和胶原的合成过程造成影响,从而促进了右室重构,致使右室容积、纵向应变率及RVEF均发生变化。4D-RV-Volume技术摆脱了常规超声心动图二维平面勾勒右室内膜的限制,在四维空间内测定的RVFLS、RVLSLs、RVFAC、RVEF等指标更能够准确反映高血压病不同时期右室容积和局部室壁纵向应变变化,从而准确评价右室功能。李一丹等<sup>[14]</sup>研究发现右室纵向游离壁可反映肺动脉高压患者右心功能;李胜男等<sup>[15]</sup>研究应用4D-RV-Volume技术评估系统性红斑狼疮患者右心功能,发现合并肺动脉高压的系统性红斑狼疮患者RVEDV、RVESV、RVLSLs均升高,RVFLS、RVFAC、RVEF均降低(均 $P<0.05$ ),该研究认为4D-RV-Volume技术是评价系统性红斑狼疮患者右心功能的行之有效的行行之有效的新方法。另外,本研究发现4D-RV-Volume技术所测RVEF值与右室Tei指数、PASP均呈负相关(均 $P<0.05$ ),与TAPSE呈正相关( $P<0.05$ );Bland-Altman分析显示,4D-RV-Volume技术检测右室RVEDV、RVESV、RVEF在不同观察者之间具有良好的一致性,表明该技术应用于原发性高血压病患者右室结构和功能的评估具有较高的可靠性,在不同检查者之间具有较好的可重复性。

本研究不足之处在于纳入病例数较少,所得研究数据尚缺乏大样本的数据对比,且未与评价右心功能的金标准心脏MRI进行比较;另外,左室LVMI与右室重构之间的关系也尚待进一步探讨。

综上所述,4D-RV-Volume技术作为一项新的心脏超声检查技术,可定量评估原发性高血压病患者右室结构和功能,为高血压病患者病情评估和心血管并发症的防治提供依据。

#### 参考文献

[1] 白尧勇,龙超年.我国高血压病流行特征及防治策略[J].疾病监

测与控制,2016,10(9):722-725.

- [2] 苏晓叶,李小波,邢俊武,等.高血压女性患者血浆同型半胱氨酸水平对冠状动脉粥样硬化及左室功能的影响[J].中华全科医学,2018,16(12):1996-1999.
- [3] Kanye KM, Hadiza S, Shehu MN. Right ventricular dysfunction in a hypertensive population stratified by patterns of left ventricular geometry[J]. Cardiovasc J Afr, 2012, 23(9):478-482.
- [4] Valsangiacomo Buechel ER, Mertens LL. Imaging the right heart: the use of integrated multimodality imaging[J]. Eur Heart J, 2012, 33(8):949-960.
- [5] 韩雨农. RT-3DE技术评价慢性肾脏病患者右室功能[D]. 芜湖: 皖南医学院, 2018.
- [6] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中华医学会心血管病学分会中国医师协会高血压专业委员会, 等. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. 中国心血管杂志, 2019, 24(1):24-56.
- [7] Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification[J]. Eur J Echocardiogr, 2006, 7(2):79-108.
- [8] 姚雪, 谭团团, 宋宏宁, 等. 斑点追踪成像技术随访左室下壁急性心肌梗死患者PCI术后右室收缩功能的恢复及重构改变[J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21(8):574-579.
- [9] 周盼妍, 张恒, 温赐祥, 等. RT-3DE技术评估原发性高血压病患者右心功能的应用价值[J]. 广州医科大学学报, 2019, 47(2):51-53, 57.
- [10] Kim J, Cohen SB, Atalay MK, et al. Quantitative assessment of right ventricular volumes and ejection fraction in patients with left ventricular systolic dysfunction by real time three-dimensional echocardiography versus cardiac magnetic resonance imaging [J]. Echocardiography, 2015, 32(5):805-812.
- [11] Chen R, Zhu M, Amacher K, et al. Non-invasive evaluation of right ventricular function with real-time 3-D echocardiography[J]. Ultrasound Med Biol, 2017, 10(43):2247-2255.
- [12] 刘妍, 张勇, 王健. 实时三维超声心动图评价原发性高血压病左室不同构型患者的右室结构及功能[J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21(9):646-650.
- [13] Tadic M, Cuspidi C, Vukomanovic V, et al. The impact of different left ventricular geometric patterns on right ventricular deformation and function in hypertensive patients[J]. Arch Cardiovasc Dis, 2016, 109(5):311-320.
- [14] 李一丹, 王怡丹, 杨媛华, 等. 右室游离壁纵向应变预测肺动脉高压不良预后的临床研究[J]. 中国超声医学杂志, 2017, 33(10):900-903.
- [15] 李胜男, 郑慧, 曹彦, 等. 4D-RV-volume技术对系统性红斑狼疮右心功能的评估价值[J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(8):690-692.

(收稿日期: 2020-01-10)