

实时三维超声自动左房定量技术评价左室射血分数保留的尿毒症血液透析患者左房功能

赵丽 苏璇 现丽妮 陈剑 宋晓蕾 丁云川 王庆慧

摘要 **目的** 应用实时三维超声自动左房定量(LAQ)技术评估左室射血分数(LVEF)保留的尿毒症血液透析患者左房功能。**方法** 选取我院LVEF正常的尿毒症血液透析患者37例(尿毒症组)及同期健康体检者34例(正常对照组),两组均行常规超声检查和LAQ分析获取左室舒张末内径(LVEDd)、室间隔舒张末厚度(LVSd)、左室后壁舒张末厚度(LVPWd)、LVEF、二尖瓣口舒张早期和晚期血流速度峰值(E和A)、二尖瓣环舒张早期室间隔及左室侧壁组织运动速度(e')、E/A、E与室间隔e'和左室侧壁e'均值的比值(E/e')、肺毛细血管楔压(ePCWP)、肺动脉收缩压(PASP)、左房前后径(LAD1)、左房左右径(LAD2)、左房上下径(LAD3)、左房最大容积(LAV_{max})、左房最小容积(LAV_{min})、左房射血分数(LAEF)、左房收缩前容积(LAV_{preA})、左房最大容积指数(LAVI_{max})、左房射血容量(LAEV)、储存期纵向应变(LASr)、管道期纵向应变(LAScd)、收缩期纵向应变(LASct)、储存期周向应变(LASr-c)、管道期周向应变(LAScd-c)及收缩期周向应变(LASct-c),比较两组上述参数的差异;分析应变参数与LAEF、LAVI_{max}的相关性。**结果** 与正常对照组比较,尿毒症组LVEDd、IVSd、LVPWd、A、E/e'、ePCWP、PASP均增加,LVEF、E/A、室间隔e'和左室侧壁e'均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);两组E峰比较差异无统计学意义。与正常对照组比较,尿毒症组二维参数LAD1、LAD2、LAD3、LAV_{max}、LAV_{min}和三维参数LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{preA}、LAVI_{max}、LAEV均增加,LAEF降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);应变参数LASr、LAScd、LASct、LASr-c、LAScd-c均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);两组LASct-c比较差异无统计学意义。LAEF与LASr、LASr-c均呈正相关(均 $P<0.05$),与LAScd、LASct、LAScd-c均呈负相关(均 $P<0.05$),与LASct-c无相关性;LAVI_{max}与LASr、LASr-c均呈负相关(均 $P<0.05$),与LAScd、LAScd-c均呈正相关(均 $P<0.05$),与LASct、LASct-c无相关性。**结论** 尿毒症血液透析患者的心肌损害早于LVEF异常;实时三维超声LAQ所测左房容积和应变参数能全面、准确地评估其左房结构和功能的损害,为临床早期诊疗提供有价值的信息。

关键词 超声心动描记术,三维,实时;自动定量技术;尿毒症;应变;心房功能,左
[中图法分类号]R540.45;R692 [文献标识码]A

Assessment of left atrial function in uremic hemodialysis patients with preserved left ventricular ejection fraction by real-time three-dimensional ultrasound automatic left atrial quantification

ZHAO Li, SU Xuan, XIAN Lini, CHEN Jian, SONG Xiaolei, DING Yunchuan, WANG Qinghui

Department of Ultrasound, the Affiliated Yan'an Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650051, China

ABSTRACT **Objective** To evaluate left atrial function in uremic hemodialysis patients with preserved left ventricular ejection fraction(LVEF) by real-time three-dimensional ultrasound automatic left atrial quantification(LAQ). **Methods** Thirty-seven uremia patients received hemodialysis(case group) and 34 healthy individuals(control group) were enrolled in the study. Left ventricle end diastolic dimensions(LVEDd), interventricular septum diastolic thickness(IVSd), Left ventricle posterior wall diastolic thickness(LVPWd), LVEF, Peak E and A velocity, e' velocities on the septal and lateral mitral annulus, E/A, E/e', pulmonary capillary wedge pressure(ePCWP), pulmonary artery systolic pressure(PASP), antero-posterior diameter(LAD1), medial-lateral diameter(LAD2), superior-inferior diameter(LAD3), left atrial maximum volume

基金项目:云南省卫生科技计划项目(2017NS331)

作者单位:650051 昆明市,昆明医科大学附属延安医院超声医学科 云南省心血管疾病重点实验室

通讯作者:王庆慧,Email:wqh962099@163.com

(LAVmax), left atrial minimum volume (LAVmin), left atrial ejection fraction (LAEF), left atrial volume at onset of contraction (LAVpreA), left atrial maximum volume index (LAVImax), left atrial ejection volume (LAEV), longitudinal strain (LASr) in reservoir phase and circumferential strain (LASr-c), longitudinal strain (LAScd) in conduit phase and circumferential strain (LAScd-c), longitudinal strain (LASct) in systolic phase and circumferential strain (LASct-c) were obtained by conventional ultrasonography and LAQ. The results of two groups were compared and analyzed, and the correlation between the strain parameters and LAEF and LAVImax were analyzed. **Results** Compared with the control group, the LVEDd, IVSd, LVPWd, A, E/e', ePCWP, PASP in the case group were increased, while LVEF, E/A, e' on the septal and lateral mitral annulus were decreased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There was no significant difference in E between two groups. In the case group, two-dimensional parameters LAD1, LAD2, LAD3, LAVmax, LAVmin, and three-dimensional parameters LAVmin, LAVmax, LAVpreA, LAVImax, LAEV were significantly increased, while LAEF and strain parameters, including LASr, LAScd, LASct, LASr-c, LAScd-c were significantly decreased (all $P < 0.05$). And LASct-c had no significant difference between two groups. LAEF had a positive correlation with LASr and LASr-c, and had a negative correlation with LAScd, LASct and LAScd-c (all $P < 0.05$), but had no correlation with LASct-c. LAVImax had a negative correlation with LASr and LASr-c, and had a positive correlation with LAScd and LAScd-c (all $P < 0.05$), but had no correlation with LASct and LASct-c. **Conclusion** The myocardial damage in uremia dialysis patients is earlier than the abnormality of LVEF. Volume and strain parameters measured by LAQ can be used to evaluate the left atrial structural and functional damage comprehensively and accurately, providing valuable information for early clinical diagnosis and treatment.

KEY WORDS Echocardiography, three-dimensional, real-time; Automatic quantification; Uremia; Strain; Atrial function, left

心血管并发症是尿毒症血液透析患者常见的死亡原因之一^[1],既往对尿毒症心功能的研究^[2]多集中在左室形态与功能的改变,对左房的研究相对较少。持续的左房扩张增加了心脏的容量和压力负荷,常引起左室壁肥厚,左室充盈压升高,增加心房颤动(以下简称房颤)及脑梗死的风险^[3],甚至加速死亡,因此,准确的左房定量评估对早期临床干预具有重要意义。常规超声通常仅测量左房的直径和容积,难以发现早期细微的心脏损害,尤其是左室射血分数(LVEF)保留的尿毒症患者。实时三维超声自动左房定量(LAQ)是新兴的一站式评估左房功能的成像技术,使用经胸四维探头采集全容积数据,通过分析三维数据得出左房的容积、射血分数及应变参数。本研究应用 LAQ 技术评估 LVEF 保留的尿毒症患者左房结构和功能,旨在探讨 LAQ 评价左房形变的可行性及临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 8 月至 2020 年 4 月于我院就诊且 LVEF 正常的尿毒症患者 37 例,其中男 16 例,女 21 例,年龄 20~79 岁,平均(51.58±15.98)岁;其中合并高血压病 30 例。纳入对象的诊断均符合 2002 年美国肾脏基金会制定的慢性肾脏病临床实践指南中慢性肾病 V 期诊断标准,肾小球滤过率 $\leq 15 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$,行前臂人

工血管动静脉内瘘规律血液透析(每周 2~3 次)。排除急性肾功能不全、严重瓣膜疾病、心律失常、LVEF $< 50\%$ 和图像较差者。另选 34 例健康志愿者作为正常对照组,其中男 13 例,女 21 例,年龄 25~68 岁,平均(42.03±11.50)岁。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用 GE Vivid E 95 彩色多普勒超声诊断仪, M5S、4V-D 探头,频率 3.5~5.0 MHz; 配备 Echo PAC 203 工作站。

2. 常规超声检查:受检者取左侧卧位,同步连接心电图,常规测量左房前后径(LAD1)、左房左右径(LAD2)、左房上下径(LAD3),双平面 Simpson 法测量左房最大容积(LAVmax)、左房最小容积(LAVmin)、左房射血分数(LAEF); M 型超声测量室间隔舒张末期厚度(LVSd)、左室后壁舒张末期厚度(LVPWd)、左室舒张末期内径(LVEDd)、LVEF, 频谱和组织多普勒测量二尖瓣口舒张早期和晚期血流速度峰值(E 和 A)、二尖瓣环舒张早期室间隔及左室侧壁组织运动速度(e'), 计算 E/A、E 与室间隔 e' 和左室侧壁 e' 均值的比值(E/e')、肺毛细血管楔压[ePCWP, ePCWP=1.25(E/e')+1.9]^[4]、肺动脉收缩压(PASP)。

3. LAQ 分析:4V-D 探头采集 3 个心动周期的左房全容积数据并动态存储,图像导入 Echo PAC 203 工作

站分析,进入4D-LAQ分析模式,根据二尖瓣环中心设置标记点,编辑左房内膜边界,获取左房的三维容积及应变参数:LAV_{min}、LAV_{max}、左房收缩前容积(LA V_{preA})、左房最大容积指数(LAVI_{max})、左房射血容量(LAEV)、LAEF、储存期纵向应变(LASr)、管道期纵向应变(LAScd)、收缩期纵向应变(LASct)、储存期周向应变(LASr-c)、管道期周向应变(LAScd-c)及收缩期周向应变(LASct-c)。

以上操作均由同一具有5年以上超声检查经验的主治医师完成,均取3个心动周期分析结果的平均值。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组比较行独立样本 *t* 检验;计算资料以例表示,两组比

较行 χ^2 检验。相关性分析采用Pearson相关分析法。*P*<0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料及实验室检查指标比较

两组性别、体表面积、心率比较差异均无统计学意义;年龄、血压及实验室检查指标比较差异均有统计学意义(均*P*<0.05)。见表1。

二、两组常规超声心动图参数比较

与正常对照组比较,尿毒症组LVEDd、IVSd、LVPWd、A峰、E/e'、ePCWP、PASP均增加,LVEF、E/A、室间隔和左室侧壁位点的e'均降低,差异均有统计学意义(均*P*<0.05);两组E峰比较差异无统计学意义。见表2。

表1 两组一般资料及实验室检查指标比较

组别	一般资料							实验室检查指标		
	年龄(岁)	男/女(例)	体表面积(kg/m ²)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)	心率(次/min)	高血压病(例)	尿素氮(mmol/L)	血肌酐(μmol/L)	肾小球滤过率(ml·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻²)
正常对照组	42.03±11.50	13/21	1.62±0.13	119.94±10.32	76.68±7.03	71.03±9.41	0	5.00±0.84	63.41±12.29	102.40±5.36
尿毒症组	51.68±15.98	16/21	1.67±0.21	150.76±19.67	90.81±12.14	75.43±11.44	30	17.27±5.89	606.81±138.09	7.87±1.93
<i>t</i> / χ^2 值	2.937	-0.423	1.230	8.360	6.063	1.762	12.421	12.534	23.834	-97.157
<i>P</i> 值	0.005	0.673	0.223	0.000	0.000	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000

1 mm Hg=0.133 kPa

表2 两组常规超声心动图参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	LVEDd(mm)	LVEF(%)	IVSd(mm)	LVPWd(mm)	E(cm/s)	A(cm/s)	E/A	室间隔e'(m/s)	左室侧壁e'(m/s)	E/e'	ePCWP(mm Hg)	PASP(mm Hg)
正常对照组	44.09±2.71	67.47±3.96	9.09±0.83	9.24±0.61	0.87±0.16	0.69±0.19	1.37±0.49	0.10±0.02	0.13±0.03	7.85±1.55	11.72±1.93	27.62±2.52
尿毒症组	49.16±4.28	63.41±4.97	11.03±1.34	10.62±1.09	0.86±0.22	0.87±0.26	1.10±0.51	0.06±0.02	0.08±0.02	12.88±4.71	18.00±5.89	41.05±11.44
<i>t</i> 值	6.017	-3.789	7.379	6.696	-0.223	3.339	-2.343	-8.098	-7.728	6.145	6.145	6.961
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.824	0.001	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

LVEDd:左室舒张末期内径;LVEF:左室射血分数;LVSD:室间隔舒张末期厚度;LVPWd:左室后壁舒张末期厚度;E:二尖瓣口舒张早期血流速度峰值;A:二尖瓣口舒张晚期血流速度峰值;e':二尖瓣环舒张早期组织运动速度;E/e':二尖瓣口舒张早期血流速度峰值与二尖瓣环舒张早期室间隔及左室侧壁组织运动速度均值的比值;ePCWP:肺毛细血管楔压;PASP:肺动脉收缩压。1 mm Hg=0.133 kPa

三、两组左房结构和功能参数比较

与正常对照组比较,尿毒症组二维参数LAD1、LAD2、LAD3、LAV_{max}、LAV_{min}和三维参数LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{preA}、LAVI_{max}、LAEV均增加,LAEF及应变参数LASr、LAScd、LASct、LASr-c、LAScd-c均降低,差异有统计学意义(均*P*<0.05);两组LASct-c比较差异无统计学意义。见图1和表3。



A:尿毒症组,LAV_{min}:28 ml、LAV_{max}:59 ml、LAV_{preA}:50 ml、LAVI_{max}:42 ml/m²、LAEV:31 ml、LAEF:52%、LASr:19%、LAScd:-5%、LASct:-14%、LASr-c:33%、LAScd-c:-9%、LASct-c:-24%;B:正常对照组,LAV_{min}:15 ml、LAV_{max}:42 ml、LAV_{preA}:28 ml、LAVI_{max}:25 ml/m²、LAEV:27 ml、LAEF:64%、LASr:36%、LAScd:-19%、LASct:-17%、LASr-c:40%、LAScd-c:-15%、LASct-c:-25%

图1 尿毒症组与正常对照组实时三维LAQ分析图

表 3 两组左房结构和功能参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	二维参数					
	LAD1(mm)	LAD2(mm)	LAD3(mm)	LAVmax(ml)	LAVmin(ml)	LAEF(%)
正常对照组	29.91±1.76	37.65±4.53	45.38±5.20	46.85±10.38	19.18±6.01	59.47±4.51
尿毒症组	38.41±4.11	47.35±6.77	57.46±6.14	85.84±26.68	40.62±17.59	53.81±5.71
<i>t</i> 值	11.482	7.035	8.908	8.237	6.987	-4.603
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
组别	三维参数					
	LAVmin(ml)	LAVmax(ml)	LAVpreA(ml)	LAVImax(ml/m ²)	LAEV(ml)	LAEF(%)
正常对照组	14.74±3.58	37.65±6.46	24.21±6.93	23.12±4.03	22.79±3.97	61.09±5.11
尿毒症组	26.14±8.95	56.08±13.10	41.16±14.03	33.92±8.54	29.89±5.37	54.22±5.97
<i>t</i> 值	7.152	7.612	6.534	6.906	6.289	-5.186
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
组别	应变参数(%)					
	LASr	LAScd	LASct	LASr-c	LAScd-c	LASct-c
正常对照组	33.74±5.07	-20.03±5.21	-13.56±5.17	35.29±7.24	-18.47±8.65	-16.94±7.62
尿毒症组	22.54±6.14	-12.54±5.83	-10.00±4.93	28.00±6.61	-13.27±5.58	-13.76±8.35
<i>t</i> 值	-8.334	5.684	2.969	-4.438	2.981	1.674
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.004	0.000	0.004	0.099

LAD1:左房前后径;LAD2:左房左右径;LAD3:左房上下径;LAVmax:左房最大容积;LAVmin:左房最小容积;LAEF:左房射血分数;LAVpreA:左房收缩前容积;LAVImax:左房最大容积指数;LAEV:左房射血容量;LASr:储存期纵向应变;LAScd:管道期纵向应变;LASct:收缩期纵向应变;LASr-c:储存期周向应变;LAScd-c:管道期周向应变;LASct-c:收缩期周向应变

四、尿毒症患者左房应变参数与 LAEF 和 LAVImax 的相关性分析

LAEF 与 LASr、LASr-c 均呈正相关(均 $P < 0.05$),与 LAScd、LASct、LAScd-c 均呈负相关(均 $P < 0.05$),与 LASct-c 无相关性;LAVImax 与 LASr、LASr-c 均呈负相关(均 $P < 0.05$),与 LAScd、LAScd-c 均呈正相关(均 $P < 0.05$),与 LASct、LASct-c 无相关性。见表 4。

表 4 尿毒症患者左房应变参数与 LAEF 和 LAVImax 的相关性分析

参数	LAEF		LAVImax	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
LASr	0.71	0.00	-0.63	0.00
LAScd	-0.37	0.03	0.43	0.01
LASct	-0.44	0.01	0.28	0.10
LASr-c	0.75	0.00	-0.51	0.00
LAScd-c	-0.52	0.00	0.34	0.04
LASct-c	-0.28	0.09	0.11	0.50

LAEF:左房射血分数;LAVImax:左房最大容积指数

讨 论

血液透析是尿毒症患者最常见的替代治疗,可延长生存时间,然而长期毒素蓄积引起心肌损伤和心功能异常,最常见的死亡原因是发生心血管事件。研究^[5]表明,尿毒症左房直径、容积的增加与主要心血管

事件密切相关,且舒张功能受损早于左室收缩功能的改变。本研究结果显示,与正常对照组比较,尿毒症组常规超声参数 LVEDd、IVSd、LVPWd、A 峰、E/e'²、ePCWP、PASP 均增加,LVEF、E/A、室间隔和左室侧壁位点的 e'² 均降低,二维参数左房直径(LAD1、LAD2、LAD3)及容积(LAVmax、LAVmin)均增加,LAEF 降低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。表明尿毒症患者左室扩大、左室壁肥厚、左房直径和容积均增加,左室舒张功能受损,与李英涛等^[6]研究结果一致,可能原因是尿毒症患者长期水钠潴留、容量超负荷、左室充盈压升高,通过心房扩张和心肌拉伸代偿,激活 Frank-Starling 机制增强左房排空量,从而维持一定的心搏量^[7-8]。LAQ 所测的左房三维容积参数较常规超声增加了 LAVpreA、LAVImax、LAEV。本研究尿毒症组 LAVpreA 和 LAEV 均较正常对照组增加,进一步说明尿毒症患者心脏容量及压力超负荷、心房重构、左房射血受阻。LAVImax ≥ 32 ml/m² 是心血管不良事件的独立预测因子^[9],本研究中尿毒症组 LAEF 虽然在正常范围,但 LAVImax 增高 [(33.92±8.54)ml/m²],增加了心源性死亡的可能。

实时三维超声 LAQ 技术采用半自动分割算法计算应变,基于每个解剖方向不同线的长度变化,包括储存期、管道期及收缩期的纵向应变与周向应变。本研究结果显示,尿毒症组应变参数 LASr、LAScd、LASct、

LASr-c、LAScd-c 均较正常对照组降低(均 $P < 0.05$), 两组 LAsct-c 比较差异无统计学意义。分析原因可能是因为尿毒症损伤心肌, 影响左房的储存、管道及辅助泵功能, 具体表现为: 左室松弛度和解扭/反向旋转降低、左房顺应性和松弛度降低, 影响左房储存功能; 左室充盈压力升高、舒张延迟和顺应性降低, 左房管道功能降低; 左室重构和舒张功能恶化, 最终影响左房的收缩功能^[10]。本研究尿毒症组 LVEF、LAEF 均较正常对照组降低, 但仍在正常范围内, $LAVI_{max} \geq 32 \text{ ml/m}^2$, LASr、LAScd、LAsct 降低, 左房 3 个时相的纵向应变降低, LASr-c、LAScd-c 降低, LAsct-c 则无明显差异, 说明 LVEF 保留的尿毒症患者储存和管道功能降低, 尚未影响辅助泵功能, 可能与本研究中尿毒症组 LVEF 保留有关, 表明应变的改变早于 LVEF 及 LAEF 异常。本研究还发现, 尿毒症组 LAEF 与 LASr、LASr-c 均呈正相关, 与 LAScd、LAsct、LAScd-c 均呈负相关(均 $P < 0.05$); $LAVI_{max}$ 与 LASr、LASr-c 均呈负相关(均 $P < 0.05$), 与 LAScd、LAScd-c 均呈正相关(均 $P < 0.05$)。其中, LAEF 与 LASr、LASr-c 及 $LAVI_{max}$ 与 LASr 的相关性显著($r=0.71, 0.75, -0.63$), 表明尿毒症患者的储存期应变评估早期左房形变、预测心血管事件更敏感。张瑞芳等^[11]认为高血压病患者的左房整体纵向应变、周向应变及径向应变与 LAEF 相关性好, 本研究结果与之一致。

本研究局限性: ①单中心、小样本研究, 需扩大样本量进一步验证; ②未按照透析时间和透析类型进行分组; ③尿毒症患者并发症的临床混杂因素较多, 分组相对单一。

综上所述, 尿毒症血液透析患者的心肌损害早于 LVEF 降低; 实时三维超声 LAQ 技术作为一种新的分析方法, 所测左房容积与应变参数可全面、准确地评估左房结构和功能的损害。

参考文献

[1] Sarnak MJ, Levey AS, Schoolwerth AC, et al. Kidney disease as a

risk factor for development of cardiovascular disease: a statement from the American Heart Association Councils on Kidney in Cardiovascular Disease, High Blood Pressure Research, Clinical Cardiology, and Epidemiology and Prevention[J]. Circulation, 2003, 108(17):2154-2169.

- [2] 何仪, 江峰, 闫娜, 等. 二维斑点追踪成像评价尿毒症患者左室心肌分层应变[J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(3):204-207.
- [3] Hassanin N, Alkemy A. Detection of left atrium myopathy using two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with end-stage renal disease on dialysis therapy [J]. Echocardiography, 2016, 33(2):233-241.
- [4] Kurt M, Tanboga IH, Aksakal E, et al. Relation of left ventricular end-diastolic pressure and N-terminal pro-brain natriuretic peptide level with left atrial deformation parameters[J]. Eur heart J Cardiovasc Imaging, 2012, 13(6):524-530.
- [5] Kadappu KK, Abhayaratna K, Boyd A, et al. Independent echocardiographic markers of cardiovascular involvement in chronic kidney disease: the value of left atrial function and volume [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2016, 29(4):359-367.
- [6] 李英涛, 刘伟刚, 马兰, 等. 二维斑点追踪成像评价尿毒症患者左房功能的研究[J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21(2):115-118.
- [7] Altekin RE, Yanikoglu A, Karakas MS, et al. Evaluation of left atrial function using two-dimensional speckle tracking echocardiography in end-stage renal disease patients with preserved left ventricular ejection fraction[J]. Kardiol Pol, 2013, 71(4):341-351.
- [8] Huang J, Yan ZN, Rui YF, et al. Assessment of left atrial function in patients with hypertrophic cardiomyopathy using two-dimensional strain: a comparison with volume-derived values [J]. Minerva Cardioangiolog, 2018, 66(1):26-37.
- [9] Zhu S, Sun W, Qiao W, et al. Real time three-dimensional echocardiographic quantification of left atrial volume in orthotopic heart transplant recipients: comparisons with cardiac magnetic resonance imaging[J]. Echocardiography, 2020, 37(8):1243-1250.
- [10] Calleja AM, Rakowski H, Williams LK, et al. Left atrial and ventricular systolic and diastolic myocardial mechanics in patients with end-stage renal disease [J]. Echocardiography, 2016, 33(10):1495-1503.
- [11] 张瑞芳, 杨凌霄, 郭玮涛, 等. 三维斑点追踪技术评价高血压患者左房收缩功能的初步研究[J]. 中国超声医学杂志, 2015, 31(11):988-990.

(收稿日期: 2020-10-09)

免收稿件处理费的通知

为鼓励作者投稿, 简便投稿手续, 经我刊编委会讨论通过, 本刊免收文章稿件处理费。

本刊编辑部