

论 著

1.5T MRI联合超声心动图在先天性心脏病并肺动脉高压患者诊断中的应用

1.山东省东营市胜利油田中心医院超声检查科 (山东 东营 257000)

2.山东省东营市胜利油田中心医院妇产科 (山东 东营 257000)

3.山东省东营市胜利石油管理局孤岛医院 (山东 东营 257231)

靖立芹¹ 余 江^{2,*} 胡 英³
邵 芳¹

【摘要】目的 探索1.5T磁共振成像(MRI)联合超声心动图在先天性心脏病(CHD)并肺动脉高压(PAH)患者诊断中的应用价值。**方法** 选取2017年1月至2019年12月我院确诊的74例CHD患者,根据患者是否合并PAH分为CHD-PAH组($n=30$)和非PAH组($n=44$)。MRI检测患者的右心室射血分数(RVEF)、舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)、每搏输出量(SV)、右房室瓣环收缩期位移(TAPSE)和右心室轴缩短率(RVFS)。超声心动图检测左室舒张末期内径(LVDd)、右房收缩末期内径(RAd)、右室内径(RVd)、主肺动脉(mPA)、肺动脉收缩压(PASP)和LVDd/RVd。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析MRI和超声心动图对CHD-PAH诊断价值,曲线下面积(AUC)表示诊断价值。**结果** 74例CHD经确诊共有30例合并PAH,发病率为40.54%;MRI检测显示,CHD-PAH组患者右心室RVEF、TAPSE和RVFS均明显低于非PAH组($P<0.05$);超声心动图检测结果显示,CHD-PAH组患者的PASP、LVDd和LVDd/RVd均明显高于非PAH组($P<0.05$);TAPSE、RVFS、PASP和LVDd/RVd诊断CHD-PAH的AUC依次为0.672、0.828、0.775和0.681($P<0.05$),MRI联合超声心动图诊断的AUC为0.902($P<0.05$)。**结论** MRI联合超声心动图对CHD-PAH具有较高的诊断价值。

【关键词】 先天性心脏病;肺动脉高压;磁共振成像;超声心动图

【中图分类号】 R541; R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.07.027

Application of 1.5T MRI Combined with Echocardiogram in Diagnosing Patients with Congenital Heart Disease and Pulmonary Arterial Hypertension

JING Li-qin¹, YU Jiang^{2,*}, HU Ying³, SHAO Fang¹.

1.Department of Ultrasound, Shengli Oilfield Central Hospital, Dongying 257000, Shandong Province, China

2.Department of Obstetrics and Gynecology, Shengli Oilfield Central Hospital, Dongying 257000, Shandong Province, China

3.Gudao Hospital, Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying 257231, Shandong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of 1.5T MRI combined with echocardiogram (ECG) in the diagnosis of patients with congenital heart disease (CHD) and pulmonary arterial hypertension (PAH).

Methods Seventy-four CHD patients confirmed in the hospital from January 2017 to December 2019 were enrolled. According to presence or absence of PAH, they were divided into the CHD-PAH group ($n=30$) and non-PAH group ($n=44$). The end-diastolic volume (EDV) of right ventricular, end-systolic volume (ESV), stroke volume (SV), right ventricular ejection fraction (RVEF), tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), and right ventricular fractional shortening (RVFS) were detected by MRI. The left ventricular end-diastolic diameter (LVDd), right atrium end-systolic diameter (RAd), right ventricular diameter (RVd), main pulmonary artery (mPA), pulmonary artery systolic pressure (PASP), and LVDd/RVd were detected by ECG. The diagnostic value of MRI and ECG in CHD-PAH was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curves. The areas under the curve (AUC) indicated the diagnostic value. **Results** Of the 74 CHD patients, there were 30 cases confirmed with PAH (40.54%). MRI test showed that RVEF, TAPSE, and RVFS in CHD-PAH group were significantly lower than those in the non-PAH group ($P<0.05$). ECG test results showed that PASP, LVDd, and LVDd/RVd in the CHD-PAH group were significantly higher than those in the non-PAH group ($P<0.05$). AUC of TAPSE, RVFS, PASP, and LVDd/RVd for diagnosis of CHD-PAH were 0.672, 0.828, 0.775, and 0.681, respectively ($P<0.05$). AUC of MRI combined with ECG was 0.902 ($P<0.05$). **Conclusion** MRI combined with ECG is relatively higher diagnostic value for CHD-PAH.

Keywords: Congenital Heart Disease; Pulmonary Arterial Hypertension; Magnetic Resonance Imaging; Echocardiogram

先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)是指在胚胎发育时期心血管发育异常,引起的先天性心脏结构和功能障碍,与遗传因素和环境因素有关,临床可表现为心悸、发绀、呼吸困难等^[1]。根据CHD患者的血流动力学,可分为左至右分流型、右至左分流型和无分流型,以左至右分流型最为常见,约占所有CHD的50%^[2]。肺动脉高压(pulmonary arterial hypertension, PAH)是左至右分流型CHD最常见的并发症之一,主要表现为肺动脉压力异常升高,右心负荷增加,甚至发展为右心衰竭,致残率和病死率高^[3]。目前,CHD-PAH患者主要根据疾病严重程度采取介入治疗、外科手术治疗、药物治疗等治疗手段^[4]。目前,CHD-PAH患者主要采用超声心动图、心导管检查等来辅助临床诊断,但心导管检查为有创性检测,存在一定的风险,且重复性较差^[5]。超声心动图是临床常用的诊断CHD的技术之一,可以准确检测心内结构,具有无创、准确、重复性好等优点,但其不能准确测量PAH的高低^[6]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是近年来临床常用的检测技术,可以通过多方位成像来显示心内结构和肺血管轴径,可用于PAH的诊断和心功能的评估^[7]。因此,本研究分析了1.5T MRI联合超声心动图诊断CHD-PAH的应用价值,旨在为CHD-PAH的临床诊治提供一定的参考依据。

【第一作者】靖立芹,女,副主任医师,主要研究方向:心脏及血管。E-mail: jllq-2000@163.com

【通讯作者】余 江,女,主任医师,主要研究方向:胎儿心脏超声。E-mail: J13963357528@163.com

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2017年1月至2019年12月我院确诊的74例CHD患者, 年龄18~48岁, 平均年龄(32.17 ± 7.24)岁。

纳入标准: 均经右心导管检查确诊为CHD患者, 分流类型为左向右分流型; 均获得患者及其家属同意, 经本院医学伦理委员会审核通过。

排除标准: 患者不愿意或不能配合超声心动图或MRI检查者; 合并严重心肌炎、器质性心脏病、冠状动脉粥样硬化性心脏病者; 合并高血压病患者; 合并甲状腺功能亢进症者; 合并心房颤动者。

根据患者是否合并PAH分为CHD-PAH组($n=30$)和非PAH组($n=44$), PAH的诊断标准: 符合2015年欧洲心脏病学会制定的PAH诊断标准^[8], 平均肺动脉压(mean pulmonary arterial pressure, mPAP) ≥ 25 mmHg, 肺动脉楔压(pulmonary artery wedge pressure, PAWP) ≤ 15 mmHg, 肺血管阻力(pulmonary vascular resistance, PVR) > 3 WU。

1.2 检查方法 MRI检查: 所有患者均采用Philips Intera 1.5T 磁共振扫描仪扫描, 8通道心脏相控阵线圈行常规扫描。采用平衡稳态快速成像梯度回波序列(balanced fast-field echo, B-FFE), 采集图像。扫描参数: 重复时间(repetition time, TR) 3.4 ms, 回波时间(echo time, TE) 1.7 ms, 视野FOV 320 mm $\times$ 320 mm, 矩阵198 $\times$ 182, 层厚4.0 mm。采用相位敏感重建翻转恢复技术(Phase-sensitive inversion recovery, PSIR)采集, 经手背静脉以3 mL/s流率注入0.05 mmol/kg Gd-DTPA(对比剂), 行心肌延迟序列扫描。扫描参数: TR 6.1 ms, TE 3.0 ms, 视野FOV 320 mm $\times$ 320 mm, 矩阵256 $\times$ 256, 层厚8.0 mm。

超声心动图: 所有患者均采用飞利浦EPIQ7C彩色多普勒超声诊断仪。静息状态下, 在胸骨旁左室长轴测量左室舒张末期径(left ventricular end diastolic diameter, LVDd); 在心尖四腔心切面测量收缩末期右心房径(right atrium diameter, RA)、右心室内径(Right ventricular diameter, RVd); 在大动脉短轴切面测量主肺动脉(main pulmonary artery, mPA)。自然屏气, 快速测量三尖瓣反流速度、三尖瓣反流压差、肺动脉瓣舒张末期反流速度、肺动脉瓣舒张末期反流压差, 采用简化的柏努利

方程估测肺动脉收缩压(pulmonary artery systolic pressure, PASP)。

1.3 图像分析 由3位具有5年以上影像学检测经验的医师分别对74例患者的影像学特征做出诊断, 在解释不一致的情况下, 最终经协商达成一致意见。

MRI: 在短轴位电影图像上分析患者的右心室功能。用软件自动计算出右心室射血分数(right ventricular ejection fraction, RVEF)、舒张末期容积(end-diastolic volume, EDV)、收缩末期容积(end-systolic volume, ESV)和每搏输出量(stroke volume, SV)。在四腔心电影图像上分析患者的右心室收缩能力, 分别测量右心室收缩末期和舒张末期三尖瓣环右室游离壁部到心尖部的距离, 计算二者之差为右房室瓣环收缩期位移(tricuspid annular planesystolic excursion, TAPSE), 计算右心室收缩短率(fraction shortening rate of right ventricle, RVFS)。

超声心动图: 在图像上测量LVDd、RA、RVd、mPA和PASP, 计算LVDd/RVd。

1.4 统计学方法 采用SPSS 17.0软件对所得数据进行分析, 满足正态分布计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 采用两样本独立t检验比较; 采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析MRI和超声心动图对CHD-PAH诊断价值, 曲线下面积(area under the curve, AUC)表示诊断的准确度, 联合诊断时, 先采用二分类Logistic回归建模, 再进行ROC分析。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MRI和超声心动图诊断CHD-PAH的影像学表现 74例CHD经诊断共有30例合并PAH, 发病率为40.54%。

2.2 MRI诊断CHD-PAH的影像学特征 MRI检测结果显示, CHD-PAH组患者的右心室RVEF、TAPSE和RVFS均明显低于非PAH组($P < 0.05$), 见图1A~1B、表1。

2.3 超声心动图诊断CHD-PAH的影像学特征 超声心动图检测结果显示, CHD-PAH组患者的PASP、LVDd和LVDd/RVd均明显高于非PAH组($P < 0.05$), 见图1C~1D、表2。

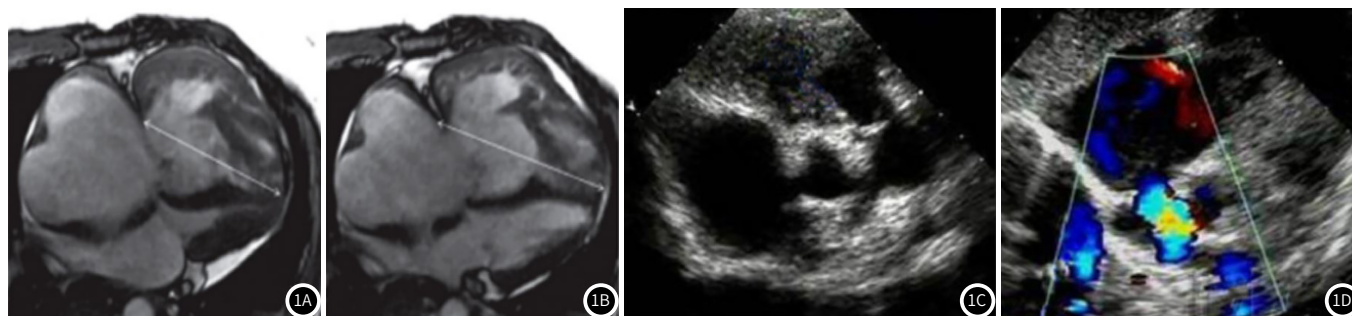


图1 MRI和超声心动图诊断CHD-PAH的影像学表现。图1A~图1B: 表示经MRI检测CHD-PAH的影像学特征, 1A中箭头表示收缩末期右房室瓣环到心室心尖的距离, 1B中箭头表示舒张末期右房室瓣环到心室心尖的距离; 图1C~图1D: 表示经超声心动图检测CHD-PAH的影像学特征, 可见右心室肥厚, 主肺动脉扩张。

表1 MRI诊断CHD-PAH的影像学特征($\bar{x} \pm s$)

组别	EDV(mL/m ²)	ESV(mL/m ²)	SV(mL/m ²)	RVEF(%)	TAPSE(mm)	RVFS(mm)
CHD-PAH组($n=30$)	162.71 $\pm$ 46.72	90.42 $\pm$ 30.65	85.61 $\pm$ 23.81	43.53 $\pm$ 13.70	18.54 $\pm$ 5.57	13.63 $\pm$ 3.70
非PAH组($n=44$)	147.79 $\pm$ 40.51	78.53 $\pm$ 25.44	78.24 $\pm$ 22.56	50.58 $\pm$ 18.29	21.71 $\pm$ 6.74	20.50 $\pm$ 5.86
t	1.461	1.816	1.349	2.049	2.127	5.688
P	0.148	0.074	0.182	0.044	0.037	<0.001

表2 超声心动图诊断CHD-PAH的影像学特征($\bar{x} \pm s$)

组别	PASP(mmHg)	RAAd(cm)	RVd(cm)	mPA(cm)	LVDd(cm)	LVDd/RVd
CHD-PAH组(n=30)	55.63±14.70	3.72±1.10	3.08±0.87	2.57±0.76	4.54±1.21	1.48±0.36
非PAH组(n=44)	38.42±11.54	3.45±0.95	3.24±0.85	2.48±0.71	3.97±1.03	1.24±0.32
t	5.632	1.126	0.787	0.520	2.138	3.011
P	<0.001	0.264	0.433	0.604	0.036	0.004

2.4 MRI和超声心动图对CHD-PAH的诊断价值 TAPSE和RVSF诊断CHD-PAH的AUC分别为0.672和0.828($P<0.05$)；PASP和LVDd/

RVd诊断CHD-PAH的AUC分别为0.775和0.681($P<0.05$)；MRI联合超声心动图诊断的AUC为0.902($P<0.05$)。见图2、表3。

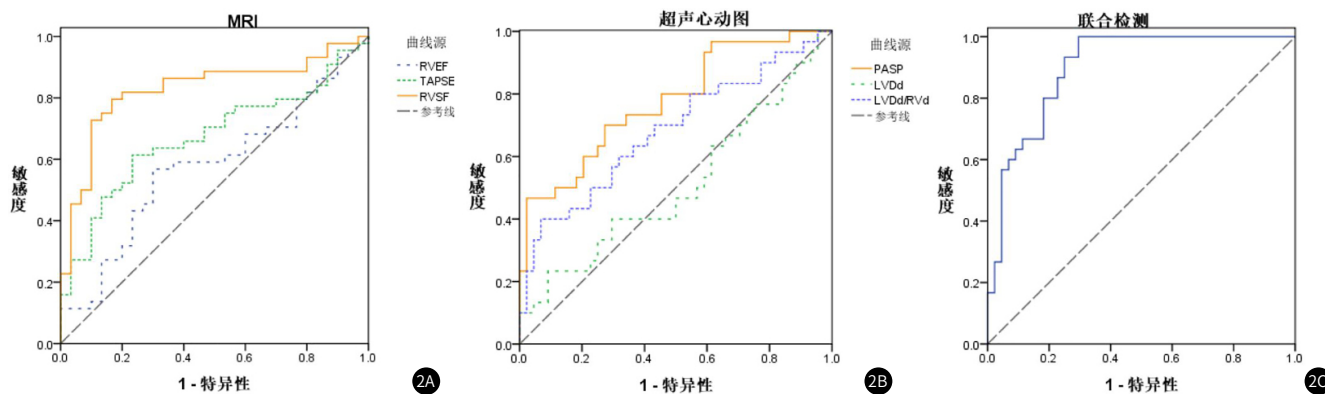


图2 MRI和超声心动图诊断CHD-PAH的ROC曲线

表3 MRI和超声心动图诊断CHD-PAH的ROC特征

检测方法		AUC	95%CI	P
MRI	RVEF	0.574	0.442~0.706	0.281
	TAPSE	0.672	0.549~0.795	0.012
	RVSF	0.828	0.730~0.926	<0.001
超声心动图	PASP	0.775	0.666~0.884	<0.001
	LVDd	0.508	0.370~0.647	<0.001
	LVDd/RVd	0.681	0.554~0.809	0.009
MRI联合超声心动图		0.902	0.834~0.971	<0.001

3 讨论

左至右分流型CHD表现为体循环血液经先天性缺损分流至肺循环，常见病理类型包括房间隔缺损、室间隔缺损、动脉导管未闭等，若不及时治疗，可引起肺循环血流量增多，逐渐引起肺血管阻力升高，出现不可逆性肺血管重构，形成CHD-PAH^[9]。目前，PAH诊断的“金标准”为右心导管检查，具有较高的敏感度和特异性，但心导管检查为有创性检查，存在一定的风险，部分患者无法耐受心导管检查，且临床可重复性较差^[10]。因此，寻找敏感、无创的诊断技术，辅助临床诊疗工作的进行，具有重要的临床意义。超声心动图是临床常规的观察心脏结构，评估心功能的影像学检查技术，可以测量肺动脉压力，对CHD-PAH的发生具有一定的预测价值，但对于肺血管压力和阻力的检测存在一定的局限性，易漏诊^[11]。MRI具有高度的时间分辨率和空间分辨率，且能多参数、多方位、多序列成像，立体直观地显示心脏和肺血管的结构、大小和形态^[12]。因此，本研究探讨了联合检测超声心动图和MRI诊断CHD-PAH的应用价值。

本研究中，经MRI检测，CHD-PAH患者的RVEF、TAPSE和RVSF水平明显低于非PAH患者，RVSF对CHD患者PAH的发

生具有一定的诊断价值，明显高于TAPSE。RVEF是临床常用评价右心室收缩功能的指标^[13]，提示CHD-PAH患者的右心室功能下降，分析其原因可能是由于体循环血液左向右分流，引起右心室负荷增加，发生形态改变，随着疾病进展，右心室功能逐渐失代偿，导致RVEF下降。TAPSE是MRI测定的一个三尖瓣环运动参数，可以反映右心室的纵向收缩能力，是评估右心室功能的重要指标，但其受个体间右室长轴差异的影响较大^[14]。李一丹等^[15]研究显示，RVFS可以在TAPSE的基础上反映右心室的纵向收缩能力，同时避免右室长轴因素的影响，是影响PAH的独立因素，且敏感性高于TAPSE，本研究结果与其部分一致，提示临床可根据患者的RVFS诊断PAH的发生。

本研究中，经超声心动图检测显示，CHD-PAH患者的PASP、LVDd和LVDd/RVd明显高于非PAH患者，PASP和LVDd/RVd对CHD患者PAH的发生具有一定的诊断价值。PASP是机体心肺循环的重要生理指标，经心导管检测的PASP是评估PAH发生的“金标准”，但心导管检测存在一定的风险，且费用较高，难以临床普及^[16]。张芬等^[17]研究显示，超声心动图检测的PASP与右心导管测量值有良好的相关性，对于PAH预测具有较高的应用价值，本研究结果与其基本一致，提示临床可采用超声心动图进行PAH的辅助诊断。研究发现，CHD患者的左向右分流，可以增加右心室负荷，引起右心室逐渐增大，LVDd/RVd降低^[18]。超声心动图可以检测右心室的形态学改变和收缩功能变化，通过LVDd/RVd比值评估PAH发生的风险^[19]。本研究中，MRI联合超声心动图可明显提高其对CHD患者PAH发生的诊断价值，提示临床可联合检测MRI和超声心动图，辅助临床诊断和病情评估。

综上所述，MRI联合超声心动图对CHD患者PAH发生具有较高的诊断价值，可辅助临床诊疗工作的进行。本研究不足之处为样本数量较少，但也为CHD-PAH的诊断提供了一定的参考依据。

(参考文献下转第92页)

参考文献

- [1] Stout K, Broberg C, Book W, et al. Chronic heart failure in congenital heart disease: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2016, 133(8): 770-801.
- [2] Mebius M, Clur S, Vink A, et al. Growth patterns and cerebroplacental hemodynamics in fetuses with congenital heart disease [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2019, 53(6): 769-778.
- [3] Jain S, Khera R, Girotra S, et al. Comparative effectiveness of pharmacologic interventions for pulmonary arterial hypertension: a systematic review and network meta-analysis [J]. *Chest*, 2016, 151(1): 90-105.
- [4] Liu M, Qin C, Xia X, et al. Semi-quantitative assessment of pulmonary arterial hypertension associated with congenital heart disease through myocardial perfusion imaging [J]. *Hell J Nucl Med*, 2017, 20(3): 204-210.
- [5] 郭晓娟, 刘明熙, 马展鸿, 等. 无创技术评估肺动脉高压患者右心功能的相关性分析 [J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(43): 3528-3531.
- [6] Karsenty C, Hadeed K, Acar P. Congenital heart disease: Recent technical advances in three-dimensional echocardiography [J]. *Pre Med*, 2017, 46(5): 482-489.
- [7] Swift A, Wild J, Kiely D. Can magnetic resonance imaging effectively evaluate the prognosis of patients with pulmonary arterial hypertension? [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 197(5): 675-676.
- [8] Galie N, Hoeper M, Humbert M, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the task force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS), endorsed by the International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). [J]. *Eur Heart J*, 2015, 37(1): 67-119.
- [9] Ascha M, Zhou X, Rao Y, et al. Impact on survival of warfarin in patients with pulmonary arterial hypertension receiving subcutaneous treprostinil [J]. *Cardiovasc Ther*, 2017, 35(5): 1-18.
- [10] Bruggen C, Happe C, Dorfmueller P, et al. Bone morphogenetic protein receptor type 2 mutation in pulmonary arterial hypertension: a view on the right ventricle [J]. *Circulation*, 2016, 133(18): 1747-1760.
- [11] 夏琨, 孙东明, 王瑞耕, 等. 肺动脉高压先天性心脏病患者降肺动脉压的预后效果 [J]. *重庆医学*, 2016, 45(30): 4265-4266.
- [12] Venner C, Odille F, Voilliot D, et al. Can MRI detect pulmonary hypertension in a population pre-selected by echocardiography? [J]. *Acta Radiol*, 2017, 59(2): 180-187.
- [13] 张学铭, 庄琦, 杨梦慧, 等. 四维超声心动图结合二维斑点追踪技术评价肺动脉高压患者右心功能和预后 [J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(12): 965-971.
- [14] 林志英, 蔡爱露, 孙璐, 等. 时间-空间关联成像-M模式测量三尖瓣瓣环位移评估正常胎儿右心收缩功能 [J]. *中国医学影像技术*, 2016, 32(2): 279-283.
- [15] 李一丹, 王怡丹, 杨媛华, 等. xPlane技术测量右室纵向缩短分数评价肺动脉高压右心功能 [J]. *中国超声医学杂志*, 2017, 33(11): 970-973.
- [16] Jiang D, Chen Y, Zhu Y, et al. Expression of key enzymes in the mevalonate pathway are altered in monocrotaline-induced pulmonary arterial hypertension in rats [J]. *Mol Med Rep*, 2017, 16(6): 9593-9600.
- [17] 张芬, 梁仪, 徐良洁, 等. 舒张性心力衰竭患者左心室舒张功能的超声心动图评估与实时心导管测压的对比研究 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2019, 28(3): 218-223.
- [18] Hao W, da Silva J, Alencar A, et al. Mast cell inhibition attenuates cardiac remodeling and diastolic dysfunction in middle-aged, ovariectomized fischer 344 x brown norway rats [J]. *J Cardiovasc Pharmacol*, 2016, 68(1): 49-57.
- [19] 陈丹, 钟鸿斌, 林黛茜, 等. 超声心动图联合心电图对先天性心脏病相关性肺动脉高压的预测价值 [J]. *中华高血压杂志*, 2017, 25(8): 73-78.

(收稿日期: 2020-02-10)