

# 实时三维超声心动图和二维斑点追踪技术对心力衰竭的诊断价值

王湘竹 孙兰兰 王琳 吴江 于泽兴

**摘要** **目的** 探讨实时三维超声心动图(RT-3DE)和二维斑点追踪技术对心力衰竭患者心功能的预测价值。**方法** 选取我院收治的 84 例心力衰竭患者为研究组,另选取同期 60 例健康体检者为对照组,均行 RT-3DE 检查获得右室收缩末期容积(RVESV)、右室舒张末期容积(RVEDV)、右室每搏输出量(RVSV)、右室射血分数(RVEF)、左室射血分数(LVEF);二维斑点追踪技术检查获得右室游离壁长轴应变(FWLS)。比较两组上述心功能指标和 N 末端 B 型利尿酸钠(NT-proBNP)水平的差异。分析 FWLS 与心功能指标的相关性,Logistic 回归分析心力衰竭的危险因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 FWLS 诊断心力衰竭的临床价值。**结果** 研究组 NT-proBNP、RVESV、RVEDV 均高于对照组,而 RVSV、RVEF、LVEF、FWLS 均低于对照组,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。相关性分析显示,FWLS 与 RVSV、RVEF、LVEF 均呈正相关( $r = 0.484, 0.491, 0.533$ , 均  $P < 0.001$ ),与 RVESV、RVEDV 无明显相关性。Logistic 回归分析显示,NT-proBNP、RVSV、RVEF、LVEF 及 FWLS 均为心力衰竭发生的危险因素( $OR = 4.679, 2.601, 2.241, 1.790, 2.000$ , 均  $P < 0.05$ )。ROC 曲线分析显示,FWLS 诊断心力衰竭的曲线下面积为 0.866(95% 可信区间 0.792~0.920),敏感性、特异性分别为 81.70%、77.40%;NT-proBNP 诊断心力衰竭的曲线下面积为 0.803(95% 可信区间 0.730~0.876),敏感性、特异性分别为 79.80%、73.30%,FWLS 的曲线下面积高于 NT-proBNP,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** RT-3DE 可准确反映心力衰竭患者右室异常状态,其右心参数及 FWLS 均为预测心力衰竭发生的独立危险因素,RT-3DE 和二维斑点追踪技术对心力衰竭均有一定的诊断价值。

**关键词** 超声心动描记术,三维,实时;斑点追踪技术,二维;N 末端 B 型利尿酸钠;心室功能,右;心力衰竭  
[中图分类号]R540.45 [文献标识码]A

## Value of real-time three-dimensional echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging in the diagnosis of heart failure

WANG Xiangzhu, SUN Lanlan, WANG Lin, WU Jiang, YU Zexing

Department of Function, the Third Affiliated Hospital of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, Beijing 100029, China

**ABSTRACT Objective** To explore the value of real-time three-dimensional echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging in predicting the heart function in patients with heart failure. **Methods** A total of 84 patients with heart failure treated in our hospital were selected as the study group, and 60 healthy subjects during the same period were selected as the control group. RT-3DE was performed to obtain right ventricular end systolic volume (RVESV), right ventricular end diastolic volume (RVEDV), right ventricular stroke output (RVSV), right ventricular ejection fraction (RVEF) and left ventricular ejection fraction (LVEF). The long axial strain (FWLS) of the right ventricular free wall was obtained by two-dimensional speckle tracking imaging. The differences of the above cardiac function indexes and N-terminal pro-B-type

基金项目:北京中医药大学基本科研业务费项目(2018-JYBZZ-JS083)

作者单位:100029 北京市,北京中医药大学第三附属医院功能科(王湘竹、王琳);首都医科大学附属北京朝阳医院心脏超声科(孙兰兰、于泽兴);首都医科大学附属北京安贞医院超声科(吴江)

通讯作者:于泽兴,Email:yf26840@163.com

natriuretic peptide (NT-proBNP) levels were compared between the two groups. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between FWLS and cardiac function indexes, Logistic regression analysis was used to identify the risk factors of heart failure, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the clinical value of FWLS in diagnosing heart failure. **Results** NT-proBNP, RVESV, and RVEDV in the study group were higher than those in the control group, while RVSV, RVEF, LVEF and FWLS were lower than those in the control group, and the differences were statistically significant (all  $P < 0.05$ ). Correlation analysis showed that FWLS was positively correlated with RVSV, RVEF, and LVEF ( $r = 0.484, 0.491, 0.533, P < 0.001$ ), and there was no significant correlation with RVESV and RVEDV. Logistic regression analysis showed that NT-proBNP, RVSV, RVEF, LVEF and FWLS were risk factors for heart failure ( $OR = 4.679, 2.601, 2.241, 1.790, 2.000$ , all  $P < 0.05$ ). ROC curve analysis showed that the area under the curve for the diagnosis of heart failure by FWLS was 0.866 (95% confidence interval 0.792~0.920), and the sensitivity and specificity were 81.70% and 77.40%, respectively. The area under the curve for the diagnosis of heart failure by NT-proBNP was 0.803 (95% confidence interval 0.730~0.876), the sensitivity and specificity were 79.80% and 73.30%, respectively. The area under the curve of FWLS was higher than that of NT-proBNP, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** RT-3DE can accurately reflect the abnormal state of the right ventricle in patients with heart failure. The right heart parameters of RT-3DE and FWLS are independent risk factors for patients with heart failure, RT-3DE and two-dimensional speckle tracking imaging both have a certain value in the diagnosis of heart failure.

**KEY WORDS** Echocardiography, three-dimensional, real time; Speckle tracking imaging, two-dimensional; N-terminal pro-B-type natriuretic peptide; Ventricular function, right; Heart failure

慢性心力衰竭是临床常见的功能障碍综合征,多发生于中老年人群,其发病机制与肾素-血管紧张素-醛固酮系统异常激活密切相关<sup>[1]</sup>。作为器质性心脏病(如冠状动脉粥样硬化性心脏病、高血压性心脏病、肺源性心脏病等)进展至终末阶段的主要表现<sup>[2]</sup>,心力衰竭是引起患者死亡的重要原因,因此及早评估患者发病风险并筛选高危人群对于临床预防、治疗至关重要。准确评价患者心室功能对心力衰竭的管理具有重要的临床意义,由于右室位置、形态、解剖结构较为复杂,加之复杂的心肌走行增加了评价右心功能的难度,使得传统二维超声心动图临床应用受限<sup>[3]</sup>。近年来实时三维超声心动图(real-time three-dimensional echocardiography, RT-3DE)在评估右室功能方面具有重要价值,结合相关容积成像、三维图像处理技术,准确反映患者心肌三维立体空间的复杂运动,已逐步应用于心力衰竭的诊断<sup>[4-5]</sup>。二维斑点追踪技术测得的右室游离壁长轴应变(free wall longitudinal strain, FWLS)可有效评估心功能状态,在肺动脉高压、心力衰竭患者中具有重要的预后评估价值<sup>[6]</sup>。本研究旨在探讨 RT-3DE 和二维斑点追踪技术预测心力衰竭患者心功能的临床应用价值。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取 2019 年 3 月至 2020 年 1 月我院收治的 84 例

心力衰竭患者(研究组)和同期健康体检者 60 例(对照组)。研究组纳入标准:①符合 2018 年《中国心力衰竭诊断和治疗指南》中关于心力衰竭的诊断标准<sup>[7]</sup>;②6 个月内慢性心力衰竭病情稳定;③病历资料完整,超声图像清晰,依从研究方案。排除标准:①合并恶性肿瘤、血液系统疾病、脑血管疾病以及急性感染性疾病等;②肺心病、先天性心脏病、心脏瓣膜器质性病变、心房颤动等严重心律失常;③严重肝肾疾病。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均知情同意。

### 二、仪器与方法

1. 一般资料及实验室指标获取:收集受试者年龄、性别、血压,实验室检查心功能标志物血清 N 末端 B 型利尿钠肽原(NT-proBNP)水平。

2. RT-3DE 检测:使用西门子 SC 2100 彩色多普勒超声诊断仪,三维全容积 X5-1 探头,频率 1.6~3.2 MHz。受试者取左侧卧位,获取连续 3 个心动周期的心尖全容积动态图像,调节深度、增益等参数,确保图像处于最佳状态,借助 Syngo<sup>®</sup>Auto LH 软件处理、分析三维数据集,获得 RT-3DE 右心参数,包括:右室每搏输出量(RVSV)、右室射血分数(RVEF)、左室射血分数(LVEF)、右室收缩末期容积(RVESV)、右室舒张末期容积(RVEDV)。所有数据测量 3 次取平均值。

3. 二维斑点追踪技术检测:于 RT-3DE 检测同日进行,使用 GE Vivid E 9 彩色多普勒超声诊断仪, M5S

探头,频率 1.7~3.3 MHz。受试者取左侧卧位,测量主动脉瓣开合时间,选择最清晰的心尖四腔切面图像,存储 4 个心动周期,沿三尖瓣侧壁瓣环勾画右室内膜边界,Echo Pac 软件自动生成右室游离壁、室间隔的感兴趣区,调节仪器使感兴趣区宽度最小,将右室心肌分成 6 个节段,分别为右室游离壁和室间隔的心尖段、中间段、基底段,右室游离壁的 3 个节段收缩期长轴峰值应变均值即为 FWLS。该值为负的百分比值,表示心肌在收缩期的缩短,在实际统计学分析过程中为便于理解和计算,均取绝对值。

三、统计学处理

应用 SPSS 20.0 统计软件,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,行独立样本 *t* 检验;计数资料以例或率表示,行  $\chi^2$  检验。Pearson 相关性分析法分析 FWLS 与心功能指标的关联性。二分类 Logistic 回归分析心力衰竭的危险因素。

绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 FWLS、NT-proBNP 诊断心力衰竭的效能,曲线下面积比较采用 Hanley-McNeil 法。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组一般资料、NT-proBNP、二维斑点追踪技术及 RT-3DE 参数比较

两组性别、年龄、病史、血压等一般资料比较,差异均无统计学意义;两组血清 NT-proBNP 水平、FWLS、RVESV、RVEDV、RVSV、RVEF、LVEF 比较,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。见表 1 和图 1。

二、相关性分析

相关性分析结果显示,FWLS 与 RVSV、RVEF、LVEF 均呈正相关(*r*=0.484、0.491、0.533,均 *P*<0.001),与 RVESV、RVEDV 均无明显相关性。见图 2~4。

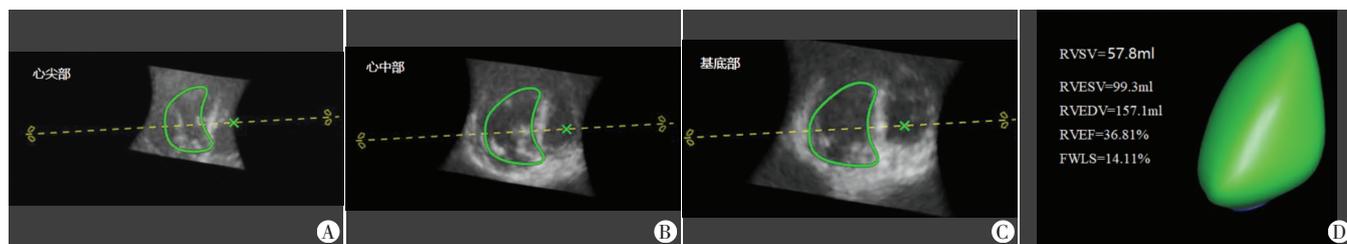
表 1 两组患者一般资料、NT-proBNP、RT-3DE 及二维斑点追踪技术参数比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	吸烟史(例)	体质量指数(kg/m <sup>2</sup> )	高血压病(例)	高脂血症(例)	糖尿病(例)	舒张压(mm Hg)	收缩压(mm Hg)	心率(次/min)
研究组(84)	50/34	56.25±4.16	24	24.26±2.74	44	34	28	71.65±10.73	110.67±14.85	72.67±3.53
对照组(60)	39/21	55.28±4.82	20	23.93±2.67	27	22	15	74.12±9.38	114.36±12.35	70.45±3.39
$\chi^2/t$ 值	0.445	1.291	0.177	0.720	0.763	0.762	1.160	1.434	1.574	1.397
<i>P</i> 值	0.505	0.199	0.674	0.473	0.382	0.383	0.281	0.154	0.118	0.165

组别	NT-proBNP(ng/L)	RVSV(ml)	RVESV(ml)	RVEDV(ml)	RVEF(%)	LVEF(%)	FWLS(%)
研究组(84)	891.15±251.37	55.82±5.16	60.67±5.83	116.62±8.62	45.58±5.72	44.64±3.68	18.37±4.75
对照组(60)	91.15±28.35	64.14±5.28	49.24±5.13	109.64±7.84	58.57±5.38	59.72±4.45	26.76±4.62
$\chi^2/t$ 值	28.912	9.447	12.184	4.972	13.769	22.204	10.569
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

NT-proBNP: N 末端 B 型利尿酸钠肽原;RVSV: 右室每搏输出量;RVESV: 右室收缩末期容积;RVEDV: 右室舒张末期容积;RVEF: 右室射血分数;LVEF: 左室射血分数;FWLS: 右室游离壁长轴应变。1 mm Hg=0.133 kPa



A: 心尖段; B: 中间段; C: 基底段; D: 心脏三维图  
图 1 研究组患者(男, 55 岁)RT-3DE 图像

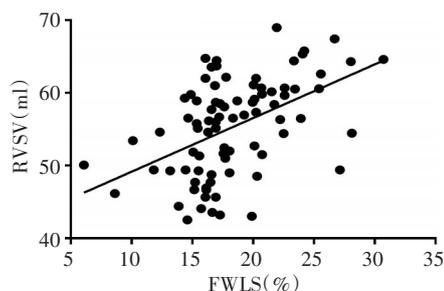


图 2 FWLS 与 RVSV 的相关性分析散点图

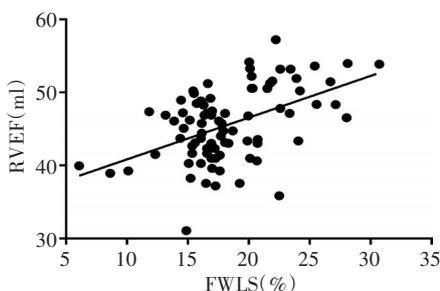


图 3 FWLS 与 RVEF 的相关性分析散点图

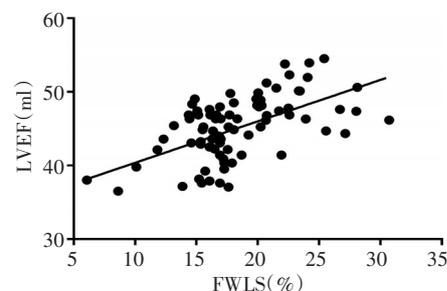


图 4 FWLS 与 LVEF 的相关性分析散点图

### 三、二分类 Logistic 回归分析

Logistic 回归分析结果显示:NT-proBNP、RVSV、RVEF、LVEF 及 FWLS 均为心力衰竭发生的危险因素 ( $OR=4.679、2.601、2.241、1.790、2.000$ , 均  $P<0.05$ )。见表 2。

表 2 二分类 Logistic 回归分析心力衰竭的危险因素

变量	回归系数	标准误	Wald $\chi^2$ 值	OR 值	95% 可信区间	P 值
NT-proBNP	1.543	0.554	7.757	4.679	1.580~13.858	0.005
RVSV	0.956	0.376	6.465	2.601	1.245~5.436	0.011
RVESV	0.704	0.384	3.361	2.022	0.953~4.292	0.067
RVEDV	0.552	0.294	3.525	1.737	0.976~3.090	0.060
RVEF	0.807	0.276	8.549	2.241	1.305~3.850	0.003
LVEF	0.582	0.156	13.919	1.790	1.318~2.430	0.000
FWLS	0.693	0.214	10.487	2.000	1.315~3.042	0.001
常数项	14.934	3.023	24.405	-	-	0.000

### 四、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析结果显示,FWLS 诊断心力衰竭的曲线下面积为 0.866 (95% 可信区间 0.792~0.920), 敏感性、特异性分别为 81.70%、77.40%; NT-proBNP 诊断心力衰竭的曲线下面积为 0.803 (95% 可信区间 0.730~0.876), 敏感性、特异性分别为 79.80%、73.30%, FWLS 的曲线下面积高于 NT-proBNP, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ), 见图 5~6。

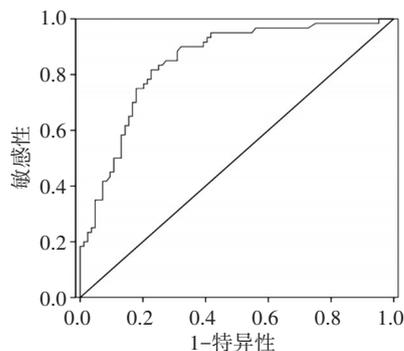


图 5 FWLS 诊断心力衰竭的 ROC 曲线图

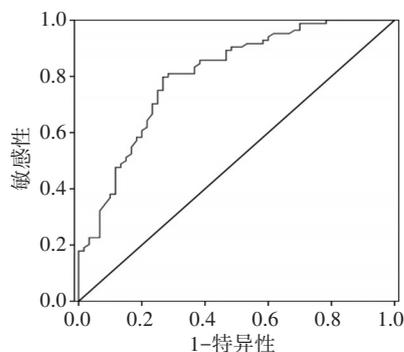


图 6 NT-proBNP 诊断心力衰竭的 ROC 曲线图

### 讨 论

心力衰竭患者的心脏收缩、舒张能力降低, 导致

心排血量无法满足机体组织、器官的需要, 进而引起外周组织水肿、肺循环淤血及呼吸困难等, 最终加重心力衰竭程度, 增加治疗难度和患者死亡率。心血管疾病住院患者中约 20% 存在心力衰竭, 且心力衰竭患者出院随访 6 个月的病死率可达 20%<sup>[8]</sup>, 表明心力衰竭发病率、病死率均较高, 早期诊治及风险评估对于改善预后至关重要。大多数心肌梗死、高血压性心脏病等心血管疾病多引发左室衰竭, 但近年来已有学者<sup>[9]</sup>发现右心衰竭同样也能影响心肌梗死患者的预后和生存情况, 评估患者右室功能同样重要。Geyer 等<sup>[10]</sup>认为传统的二维超声心动图难以评估解剖部位相对复杂的右室, 而 RT-3DE 可任意角度实时观察心脏结构, 并提供丰富的诊断信息, 已成为诊断右心功能衰竭的重要影像学方法。罗娜等<sup>[11]</sup>发现左室泵血功能的降低可引起肺动脉高压, 使得右室前负荷超过了代偿范围, 患者右室长期超负荷泵血导致心室肌代偿肥厚, 从而使超声心动图参数显著改变, 基于此, 应用 RT-3DE 评估心力衰竭患者右室功能可作为一种临床选择, 为临床医师诊治提供指导。

心血管疾病 (如心肌梗死) 患者的左室收缩、舒张功能降低, 一方面左室泵血功能障碍增加右室前负荷, 导致心力衰竭, 另一方面通过影响室间隔肌纤维方向而影响患者的右室功能, 故心力衰竭患者的左、右心室功能密切相关。研究<sup>[12]</sup>认为右室心肌较薄, 对压力的耐受力较差, 更容易发生非适应性重构, 引起功能减低、心腔扩大等, 应用 FWLS 评估右心功能具有较高的临床意义。右室收缩力与右心衰竭关系密切<sup>[13]</sup>, 而 LVEF 主要反映左室射血功能, 本研究中研究组 FWLS 明显降低, 提示右室收缩力下降, 相关性分析结果也表明 LVEF 与 FWLS 呈正相关 ( $P<0.05$ )。此外, RVEF、RVSV 是右室收缩能力的直接体现, 与 FWLS 直接相关, 但本研究发现 FWLS 与 RVESV、RVEDV 无明显相关性, 推测原因可能为 RVESV、RVEDV 可受到多种因素 (如心肌收缩舒张功能、心脏前后负荷等) 的影响, 且各因素影响比重尚不明确, 导致其与 FWLS 无相关性, 具体机制仍需进一步研究并进行论证。

本研究回归分析显示, NT-proBNP、RT-3DE 参数及 FWLS 均为心力衰竭发生的危险因素 (均  $P<0.05$ )。NT-proBNP 是容量敏感性的神经激素, 可反映心力衰竭患者疾病严重程度, 当患者心室压力负荷过大时可大量分泌, 诱发心脏代偿性病理生理改变, 研究<sup>[14-15]</sup>也发现 NT-proBNP 异常升高可诱发心力衰竭而死亡, 是影响心力衰竭发生及患者死亡的独立危险因素。RT-

3DE 参数反映了患者的心室功能状态,各参数的异常均表明心室功能的改变,包括收缩、舒张能力降低,心脏负荷增加,心室结构代偿性变化等,结合本研究结果进一步证实 RT-3DE 参数是预测心力衰竭发生的独立危险因素。

本研究 ROC 曲线分析显示,NT-proBNP、FWLS 诊断右心衰竭的曲线下面积分别为 0.803、0.866,均有较高的诊断效能,且 FWLS 的诊断效能更高,可作为临床辅助诊断心力衰竭的重要指标。此外,李爱莉等<sup>[9]</sup>认为通过自动追踪心肌内声学斑点的运动得出 FWLS,其数据稳定性和重复均较好,而血清 NT-proBNP 水平极易受药物、生理状态、检测仪器、试剂选择等非疾病因素的干扰,数据波动幅度较大,本研究也发现血清 NT-proBNP 最高值、最低值比值超过 5 倍,容易造成假阴性,从而引起漏诊、误诊。

综上所述,RT-3DE 可准确反映心力衰竭患者的右室异常状态,测得的右心参数及二维斑点追踪技术测得的 FWLS 均是预测心力衰竭的独立危险因素。但本研究作为单中心研究,纳入样本量较小,且不同疾病严重心力衰竭患者的右室功能差异明显,应用 FWLS 区分正常人群、轻中度患者的临床价值及预后评估价值尚不明确,仍需深入探讨。

#### 参考文献

- [1] Xie W, Zheng F, Song X, et al. Renin-angiotensin-aldosterone system blockers for heart failure with reduced ejection fraction or left ventricular dysfunction: network meta-analysis [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 205(1):65-71.
- [2] 曹露露,丁爱宁,王金荣.心力衰竭患者心脏外器官的超声评估研究进展[J].*中国急救医学*, 2020, 40(6):569-574.
- [3] 陈武,郝美芳,许建萍,等.二维斑点追踪技术及实时三维超声心动图评价急性肺栓塞患者右心室收缩功能的临床研究[J].*中华超声影像学杂志*, 2015, 24(10):834-839.
- [4] Takaya Y, Ito H. New horizon of fusion imaging using echocardiography: its progress in the diagnosis and treatment of cardiovascular disease[J].*J Echocardiogr*, 2020, 18(1):9-15.
- [5] 张梅青,王秋霜,安秀芝,等.实时三维超声左心室造影评价慢性心力衰竭患者的左心室收缩同步性[J].*中国医学影像学杂志*, 2019, 27(12):891-896,900.
- [6] Keramida K, Lazaros G, Nihoyannopoulos P. Right ventricular involvement in hypertrophic cardiomyopathy: patterns and implications[J].*Hellenic J Cardiol*, 2020, 61(1):3-8.
- [7] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组,中国医师协会心力衰竭专业委员会,中华心血管病杂志编辑委员会.中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J].*中华心血管病杂志*, 2018, 46(10):760-789.
- [8] 王翔.慢性心力衰竭诊断及治疗新进展[J].*中华实用诊断与治疗杂志*, 2015, 29(1):10-12.
- [9] 李爱莉,翟亚楠,翟振国,等.右室长轴应变与传统超声指标评价慢性血栓栓塞性肺动脉高压右心功能不全的比较研究[J].*中华超声影像学杂志*, 2018, 27(7):559-564.
- [10] Geyer M, Sotiriou E, Tamm AR, et al. Advanced protocol for three-dimensional transesophageal echocardiography guidance implementing real-time multiplanar reconstruction for transcatheter mitral valve repair by direct annuloplasty[J].*J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(10):1359-1365.
- [11] 罗娜,辛明志,王淑英,等.实时三维超声心动图评估老年心肌梗死后心力衰竭患者右心功能的价值[J].*中国老年学杂志*, 2018, 38(12):2838-2840.
- [12] Vonk-Noordegraaf A, Haddad F, Chin KM, et al. Right heart adaptation to pulmonary arterial hypertension: physiology and pathobiology[J].*J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(25):22-33.
- [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] 杨欣,唐梅.斑点追踪技术在射血分数保留的心力衰竭中的研究现状[J].*临床超声医学杂志*, 2020, 22(8):615-617.
- [15] 曹娟,金雪娟,周俊,等.N 末端 B 型利钠肽原对射血分数保留的心力衰竭患者全因死亡的预测价值[J].*中华心血管病杂志*, 2019, 47(11):875-881.

(收稿时间:2020-11-25)