

二维斑点追踪技术评估三尖瓣反流患者右室功能的价值

赵田英 赵亚子 石紫旋 申 晴 张 霞

摘要 **目的** 探讨二维斑点追踪技术(2D-STI)评估不同程度三尖瓣反流(TR)患者右室功能的应用价值。**方法** 选取经我院超声科确诊为TR的患者78例和同期健康志愿者39例(正常对照组),TR患者根据反流程度进一步分为轻度TR患者39例(非显著TR组)和中、重度TR患者39例(显著TR组)。应用经胸超声心动图获取各组常规超声心动图参数,包括Tei指数、三尖瓣环收缩期位移(TAPSE)、右室面积变化分数(RVFAC)、右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积、三尖瓣环舒张末期直径、三尖瓣环径变化率(TAC)、反流面积及反流颈宽度(VCW);2D-STI获取右室游离壁纵向应变(RVGLS),比较各组上述参数的差异。分析RVGLS与各常规超声心动图参数的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数预测TR患者右室功能障碍的效能;评估RVGLS在观察者内及观察者间的重复性。**结果** 常规超声心动图检查结果显示,显著TR组Tei指数、TAPSE、RVFAC、右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积、三尖瓣环舒张末期直径、TAC与非显著TR组及正常对照组比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。正常对照组、非显著TR组、显著TR组TAC依次减小,两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与显著TR组比较,非显著TR组反流面积和VCW均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。2D-STI检查结果显示,显著TR组、非显著TR组、正常对照组RVGLS两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析显示,RVGLS与Tei指数、反流面积及VCW均呈正相关($r=0.414, 0.723, 0.643$,均 $P<0.05$),与TAPSE、RVFAC及TAC均呈负相关($r=-0.334, -0.440, -0.573$,均 $P<0.05$)。ROC曲线分析显示,反流面积、VCW、TAC、RVFAC、Tei指数及TAPSE预测TR患者右室功能障碍的曲线下面积分别为0.924、0.918、0.814、0.665、0.685、0.331。RVGLS在观察者内及观察者间的组内相关系数分别为0.946、0.954,重复性均较好。**结论** 2D-STI可较好地评估不同程度TR患者右室功能,具有重要临床应用价值。

关键词 超声心动描记术;斑点追踪,二维;三尖瓣反流;心室功能,右

[中图法分类号]R540.45

[文献标识码]A

Value of two-dimensional speckle-tracking imaging in evaluating right ventricular function in patients with tricuspid regurgitation

ZHAO Tianying, ZHAO Yazi, SHI Zixuan, SHEN Qing, ZHANG Xia

Department of Ultrasound Medicine, the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Anhui 241001, China

ABSTRACT Objective To explore the application value of two-dimensional speckle-tracking imaging (2D-STI) in evaluating right ventricular function in patients with different degrees of tricuspid regurgitation (TR). **Methods** Seventy-eight patients diagnosed as TR in ultrasound department of our hospital and 39 healthy volunteers during the same period (normal control group) were selected. Furthermore, TR patients were divided into 39 patients with mild TR (non-significant TR group) and 39 patients with moderate and severe TR (significant TR group) according to the degree of regurgitation. Conventional echocardiographic parameters of each group were obtained by transthoracic echocardiography, including Tei index, tricuspid

基金项目:芜湖市科技计划项目(2020ms3-5);安徽省2017年公益性技术应用研究联动计划项目(1704f0804048)

作者单位:241001 安徽省芜湖市,皖南医学院第一附属医院 弋矶山医院超声医学科

通讯作者:张霞,Email:yjsusd@163.com

annular plane systolic excursion (TAPSE), right ventricular fractional area change (RVFAC), right ventricular base segment diameter, right ventricular middle segment diameter, right ventricular long axis diameter, right atrial area, tricuspid ring end-diastolic diameter, tricuspid ring diameter change rate (TAC), reflux area and vena contracta width (VCW), while 2D-STI was performed to obtain right ventricular free wall longitudinal strain (RVGLS). All the above parameters were compared among the groups. The correlation between RVGLS and conventional parameters was analyzed. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the efficacy of the parameters in predicting right ventricular dysfunction in TR patients. Finally, the intra- and inter-observer consistency of RVGLS were evaluated. **Results** Conventional echocardiography showed that there were significant difference in Tei index, TAPSE, RVFAC, right ventricular base segment diameter, right ventricular middle segment diameter, right ventricular long axis diameter, right atrial area, TAC and tricuspid ring end-diastolic diameter in significant TR group compared with non-significant TR group and normal control group (all $P < 0.05$). TAC in normal control group, non-significant TR group and significant TR group decreased successively, with statistical significance (all $P < 0.05$). Compared with the significant TR group, both the reflux area and VCW in the non-significant TR group were decreased, with statistical significance (both $P < 0.05$). 2D-STI showed that there were significant difference in RVGLS in significant TR group, non-significant TR group and normal control group (all $P < 0.05$). Correlation analysis showed that RVGLS was positively correlated with Tei index, reflux area and VCW ($r = 0.414, 0.723, 0.643$, all $P < 0.05$), and negatively correlated with TAPSE, RVFAC and TAC ($r = -0.334, -0.440, -0.573$, all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of reflux area, VCW, TAC, RVFAC, Tei index, TAPSE in predicting right ventricular dysfunction in TR patients were 0.924, 0.918, 0.814, 0.665, 0.685 and 0.331, respectively. The intra- and inter-observer correlation coefficients were 0.946 and 0.954, respectively, with good consistency. **Conclusion** 2D-STI can evaluate the right ventricular function in patients with different degrees of TR, which has important clinical application value.

KEY WORDS Echocardiography; Speckle-tracking imaging, two-dimensional; Tricuspid regurgitation; Ventricular function, right

三尖瓣反流 (tricuspid regurgitation, TR) 是临床常见的瓣膜反流性疾病, 可分为原发性和继发性^[1], 继发性 TR 占比超过 90%, 主要由三尖瓣环扩张、右室扩大和右室功能障碍引起。长期慢性的 TR 可引起右室容量超负荷, 最终导致右室扩张和功能障碍^[2], 而右室功能障碍与三尖瓣手术和预后不良有关^[3], 因此早期发现右心功能改变对患者预后评估具有重要意义。既往研究^[4-5]显示常规超声心动图不能早期发现心脏功能的改变, 二维斑点追踪技术 (two-dimensional speckle-tracking imaging, 2D-STI) 是从常规超声心动图中获得应变参数, 而心肌应变异常可能早期反映右室功能障碍, 其对心功能的评估价值更优。本研究应用 2D-STI 评估不同程度 TR 患者的右室功能, 旨在探讨其临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 3~12 月我院超声科确诊为 TR 的患者 78 例, 依据反流程度^[5]进一步分为轻度 TR 患者 39 例 (非显著 TR 组) 和中、重度 TR 患者 39 例 (显著 TR 组)。非显著 TR 组中男 17 例, 女 22 例, 年龄 41~76 岁,

平均 (60.03±8.82) 岁; 显著 TR 组中男 18 例, 女 21 例, 年龄 37~77 岁, 平均 (59.62±8.65) 岁。另选同期健康志愿者 39 例 (正常对照组), 其中男 19 例, 女 20 例, 年龄 39~87 岁, 平均 (58.87±11.66) 岁。各组一般资料比较差异均无统计学意义。排除标准: ①左室射血分数 (LVEF) 减低^[6]; ②肥厚性心肌病、冠心病及扩张型心肌病; ③既往有三尖瓣手术史或已知先天性心脏病并累及三尖瓣; ④心律不齐; ⑤图像质量差或无法配合检查者。本研究经我院医学伦理委员会批准, 所有受检者均知情同意。

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 MHz; 配备 Qlab 10.5 工作站。

2. 常规超声心动图检查: 受检者取左侧卧位, 连接胸导联心电图, 嘱其平静呼吸, 所有切面及测量标准均参考美国超声心动图学会 2018 年推荐指南^[7], 获得右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积; 于心尖四腔心切面测量右室舒张末期面积和右室收缩末期面积, 计算右室面积变化分数 (RVFAC); 将取样容积置于心室基底段中间, 获取三尖瓣环组织多普勒频谱, 测量 Tei 指数、等容收缩期心

肌加速度(IVA)、三尖瓣环收缩期峰值速率(S');将M型取样线置于三尖瓣环,测量三尖瓣环收缩达峰时的纵向位移,获取三尖瓣环收缩期位移(TAPSE);测量三尖瓣环舒张末期和收缩期末末期直径,计算三尖瓣环径变化率(TAC);使用改良 Simpson 法测量 LVEF;在最大反流切面描记并测量反流面积和反流颈宽度(VCW)。TR 患者诊断参考美国心脏病协会 2014 年推荐的瓣膜性心脏病患者管理指南^[8],根据反流面积和 VCW 评估反流程度:反流面积<5 cm²为轻度 TR;VCW 0.3~0.7 cm 或反流面积 5~10 cm²为中度 TR;VCW>0.7 cm 或反流面积>10 cm²为重度 TR。以上操作均由同一具有丰富超声检查经验的主任医师留取标准切面,并由另一经验丰富的超声医师在双盲情况下进行测量,所有参数均重复测量 3 次取平均值。

3.2D-STI 检查:受检者取左侧卧位,探头置于右室,获取以右室为主的四腔心切面动态图,充分暴露右室游离壁,嘱患者屏住呼吸,留取≥3 个心动周期的图像,应用软件自带的自动心肌运动定量技术进行分析,收缩期末手动示踪右室心内膜边界,软件自动生成感兴趣区,进一步手动调整感兴趣区的宽度和位置,使其与心肌内膜、外膜适应。测量右室游离壁纵向应变(RVGLS),即右室游离壁基底段、中间段及心间段的平均值^[9],均重复测量 3 次取平均值。参考 2015 年美国超声心动图学会和欧洲心血管成像协会的建议,将 RVGLS>-20% 判为右室功能障碍^[9]。

4. 重复性检验:117 例受检者均先由一名医师测量 RVGLS,间隔 2 周后重复测量,比较观察者内测值的一致性;再由另一医师使用同样方法测量

RVGLS,比较观察者间测值的一致性。

三、统计学处理

应用 SPSS 25.0 统计软件,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组比较采用独立样本 *t* 检验,多组比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LAD-*t* 检验;计数资料以例或率表示,组间比较采用 χ^2 检验。相关性分析采用 Pearson 相关分析法。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数预测 TR 患者右室功能障碍的诊断效能。观察者内及观察者间的重复性检验采用组内相关系数(ICC)和 Bland-Altman 法。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组常规超声心动图检查结果比较

显著 TR 组 Tei 指数、TAPSE、RVFAC、右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积、三尖瓣环舒张末期直径、TAC 与非显著 TR 组及正常对照组比较,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。正常对照组、非显著 TR 组、显著 TR 组 TAC 依次减小,两两比较差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。与显著 TR 组比较,非显著 TR 组反流面积和 VCW 均减小,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。各组 IVA、S' 及 LVEF 比较差异均无统计学意义。非显著 TR 组 Tei 指数、TAPSE、RVFAC、右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积及三尖瓣环舒张末期直径与正常对照组比较,差异均无统计学意义。见表 1。

二、2D-STI 检查结果比较

显著 TR 组、非显著 TR 组、正常对照组 RVGLS 分别

表 1 各组常规超声心动图检查结果比较($\bar{x} \pm s$)

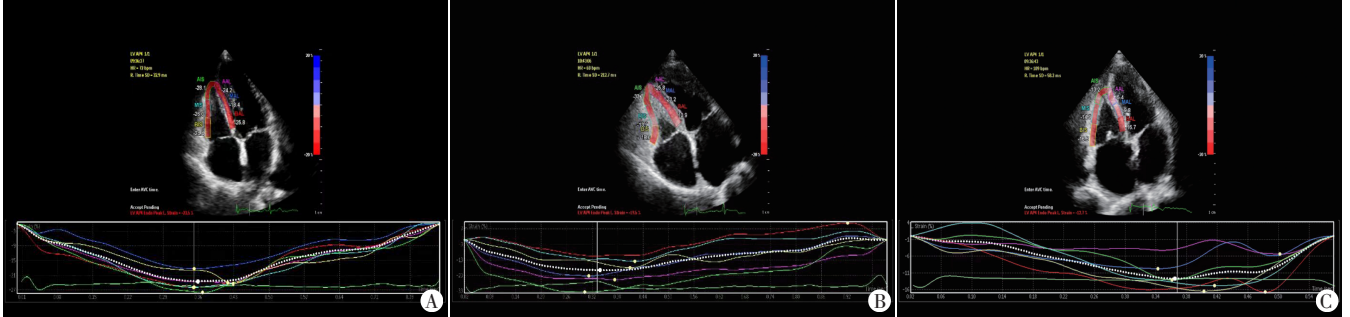
组别	Tei 指数	TAPSE(mm)	IVA(m/s ²)	S'(cm/s)	RVFAC(%)	右室基底段内径(mm)	右室中间段内径(mm)	右室长轴内径(mm)
正常对照组	0.30±0.05	21.43±2.27	2.92±0.60	13.17±1.46	42.76±5.75	36.82±3.81	27.26±4.07	79.69±4.59
非显著 TR 组	0.31±0.05	20.81±4.10	2.61±0.74	13.48±1.97	40.15±6.22	37.13±4.59	27.23±3.46	80.44±4.70
显著 TR 组	0.39±0.07**	18.98±3.41**	2.59±0.73	14.08±3.61	34.80±9.32**	40.28±4.21**	29.77±3.47**	83.69±4.22**
<i>F</i> / <i>t</i> 值	31.272	5.680	2.744	1.332	11.986	8.047	6.118	8.681
<i>P</i> 值	<0.001	0.004	0.069	0.268	<0.001	0.001	0.003	<0.001
组别	三尖瓣环舒张末期直径(mm)	TAC(%)	右房面积(cm ²)	反流面积(cm ²)	VCW(mm)	LVEF(%)		
正常对照组	34.82±3.81	29.25±7.49	14.37±3.26	-	-	67.85±3.50		
非显著 TR 组	35.13±4.59	26.05±4.25*	14.96±3.31	4.09±1.05	2.56±0.39	67.00±3.25		
显著 TR 组	38.28±4.21**	17.44±4.36**	19.51±2.78**	9.71±2.99	5.87±1.70	67.00±3.44		
<i>F</i> / <i>t</i> 值	8.047	46.759	31.411	-11.069	-11.838	0.806		
<i>P</i> 值	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.449		

与正常对照组比较,**P*<0.05;与非显著 TR 组比较,***P*<0.05。TAPSE:三尖瓣环收缩期位移;IVA:等容收缩期心肌加速度;S':三尖瓣环收缩期峰值速率;RVFAC:右室面积变化分数;TAC:三尖瓣环径变化率;VCW:反流颈宽度;LVEF:左室射血分数

为(-17.53±2.86)%、(-22.74±2.58)%、(-25.71±4.08)%，差异有统计学意义($P<0.05$)；且两两比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见图1。

三、相关性分析

RVGLS与Tei指数、反流面积及VCW均呈正相关($r=0.414, 0.723, 0.643$, 均 $P<0.05$)，与TAPSE、RVFAC及TAC均呈负相关($r=-0.334, -0.440, -0.573$, 均 $P<0.05$)。见图2。



A: 正常对照组RVGLS为-26.2%; B: 非显著TR组RVGLS为-21.8%; C: 显著TR组RVGLS为-14.9%

图1 各组2D-STI检测图

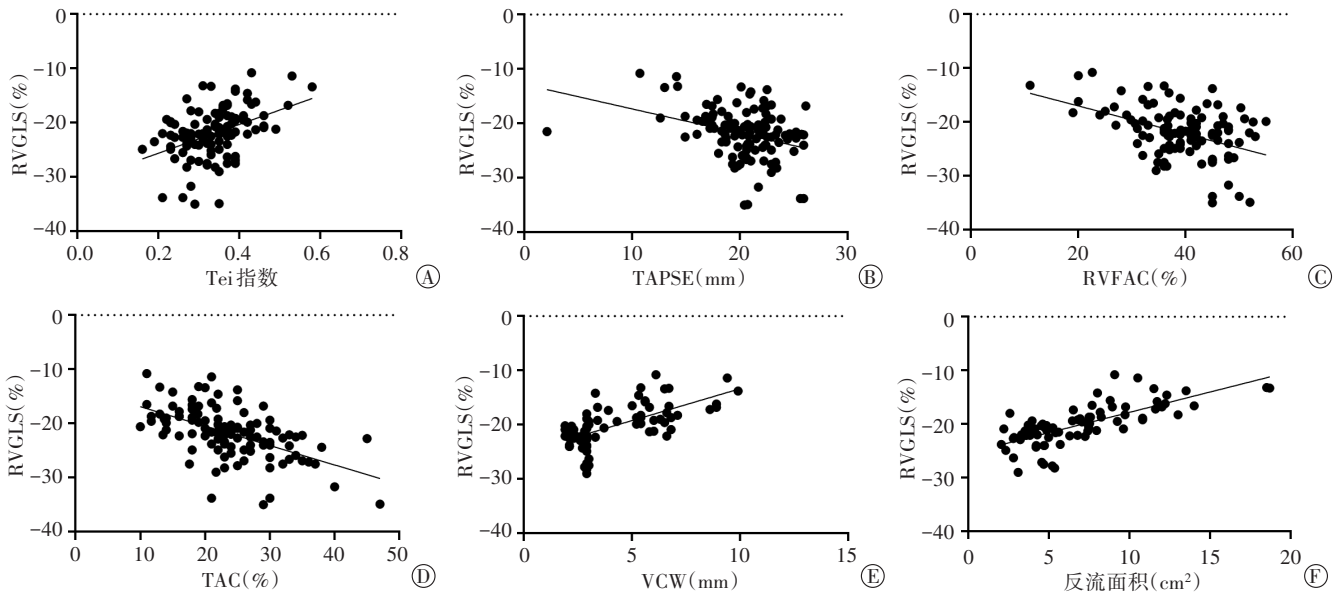


图2 RVGLS与Tei指数、TAPSE、RVFAC、TAC、VCW、反流面积(A-F)的相关性散点图

四、ROC曲线分析

ROC曲线分析显示，反流面积、VCW、TAC、RVFAC、Tei指数及TAPSE预测TR患者右室功能障碍的曲线下面积分别为0.924、0.918、0.814、0.665、0.685、0.331。见表2和图3。

表2 各参数预测TR患者右室功能障碍的ROC曲线分析

参数	AUC(95%可信区间)	截断值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	约登指数
反流面积	0.924(0.856~0.992)	6.365 cm ²	94.3	86.0	0.803
VCW	0.918(0.854~0.983)	3.15 mm	91.4	86.0	0.774
TAC	0.814(0.714~0.914)	21.90%	79.1	81.0	0.591
RVFAC	0.665(0.538~0.792)	34.25%	83.7	48.6	0.323
Tei指数	0.685(0.564~0.806)	0.385	48.6	86.0	0.346
TAPSE	0.331(0.208~0.454)	26 mm	29.0	100	0.029

AUC: 曲线下面积

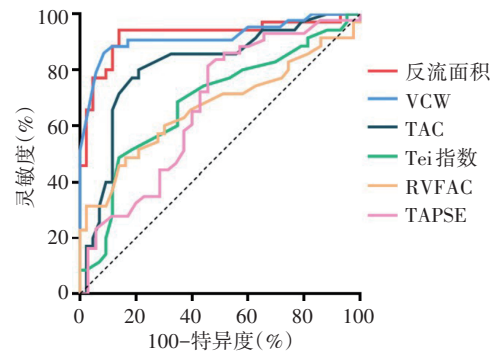


图3 各参数预测TR患者右室功能障碍的ROC曲线图

五、重复性检验

RVGLS在观察者内及观察者间ICC分别为0.946(95%可信区间: 0.922~0.962)、0.954(95%可信区间: 0.933~0.968)。Bland-Altman法分析显示观察者内和

观察者间测量 RVGLS 均具有较好的重复性。见图 4。

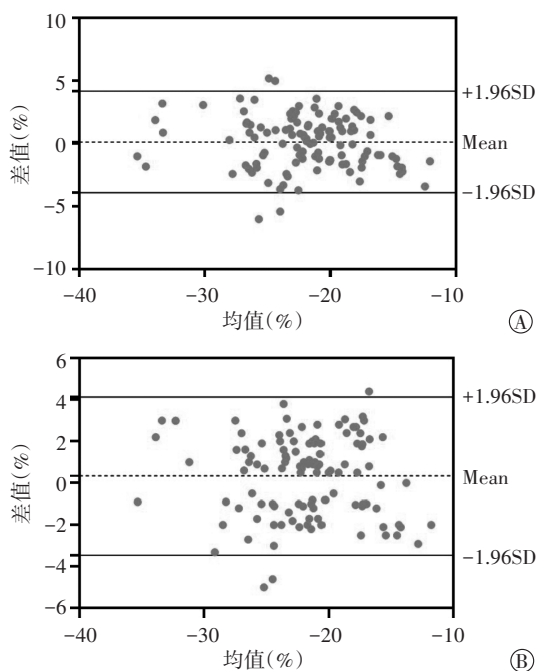


图4 观察者内(A)和观察者间(B)测量RVGLS的Bland-Altman图

讨 论

TR是三尖瓣最常见的功能障碍疾病,在一般人群中患病率为65%~85%^[10]。研究^[11]表明TR患者可在长时间内无临床症状,多在合并右心衰竭时才被发现,且继发性TR是瓣膜性心脏病全因死亡的潜在风险因素。以往关于TR患者的报道^[4]主要研究显著TR,而对非显著TR患者心脏结构及功能的研究较少。本研究通过分析非显著TR患者的超声心动图检查结果,并将其与显著TR患者进行比较,以期为临床诊疗提供决策支持。

本研究常规超声心动图检查结果显示,显著TR组Tei指数、TAPSE、RVFAC、右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积、三尖瓣环舒张末期直径及TAC与正常对照组和非显著TR组比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),表明显著TR患者右室结构及功能均已经发生改变,与Ancona等^[10]研究结论一致。但非显著TR组Tei指数、TAPSE、RVFAC、右室基底段内径、右室中间段内径、右室长轴内径、右房面积及三尖瓣环舒张末期直径与正常对照组比较差异均无统计学意义,表明非显著TR患者右心结构尚未出现改变。但TAC在非显著TR组已经出现降低,且在显著TR组下降更加明显,两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。究其原因可能为三尖瓣环的解剖形态

为非平面马鞍状结构,单个心动周期中环状结构在舒张期呈圆形,在收缩期呈卵圆形,当患者发生TR时,三尖瓣环变得更加平坦,表现为TAC降低^[12]。

常规超声心动图虽是临床诊断右室功能障碍的首选方法,但右室结构复杂,流入和流出部分在不同平面,且右室壁较薄,导致其评价右心功能有一定局限。2D-STI在二维超声图像上自动追踪心肌回声斑点的空间运动,测量心肌组织的应变和应变率,其不受角度的影响,已广泛用于心室功能的评估^[13]。RVGLS是反映右室纵向应变的敏感指标,研究^[14]表明在前负荷的影响下,纵向应变较圆周应变和径向应变改变更早。本研究应用2D-STI检测不同程度TR患者右室功能,结果发现显著TR组、非显著TR组RVGLS均较正常对照组降低,而显著TR组降低更加明显(均 $P<0.05$),表明非显著TR患者右室功能已经发生了改变,与王晨阳等^[15]研究结果相似,其认为2D-STI检测发现主动脉瓣反流患者左室纵向应变的减低能够早期识别左室功能受损,主要原因可能为长期TR导致右室前负荷增大,使心内膜下心肌出现纤维化和缺血。

本研究相关性分析显示,RVGLS与TAC呈负相关($r=-0.573, P<0.05$),表明随着TAC的降低,右室功能受损加重,提示三尖瓣环重构与右室功能障碍相关,分析原因可能为三尖瓣环在右室功能改变与重塑中起到调节作用。而RVGLS与反流面积和VCW均呈正相关($r=0.723, 0.643$, 均 $P<0.05$),表明随着反流程度的加重,右室功能受损加重,与Bannehr等^[16]研究结论一致。依据2015年美国超声心动图学会和欧洲心血管成像协会建议^[9]将RVGLS $\leq -20\%$ 判为右室功能正常,因此本研究进一步绘制ROC曲线分析反流面积、VCW、TAC、RVFAC、Tei指数及TAPSE预测TR患者右室功能障碍的诊断效能,结果发现反流面积、VCW、TAC的曲线下面积均 >0.80 ,灵敏度分别为94.3%、91.4%、79.1%,特异度分别为86.0%、86.0%、81.0%。表明反流面积、VCW、TAC对预测TR患者右室功能障碍均有一定价值。

本研究的局限性:①样本量较少且未进行跟踪随访,未分析各参数与患者预后的关系;②本研究部分纳入者合并肺动脉高压,由于右室对压力变化较为敏感,可能会高估TR对右室功能的影响;③三尖瓣环的三维几何图形是非平面的,本研究仅从单个切面获取TAC,结果可能存在一定误差;④本研究依据反流程度

进行分组,未设计基线时间,且未分析TR动态变化对右心的影响。今后需扩大样本量,并对患者进行追踪随访研究。

综上所述,非显著TR患者右室功能已经受损,显著TR患者右室功能受损进一步加重;2D-STI可以较好地评估不同程度TR患者右室功能,具有重要临床应用价值。

参考文献

- [1] 中国医师协会超声医师分会心脏超声专业委员会,中国医师协会心血管病分会结构性心脏病专业委员会.三尖瓣反流入治疗的超声心动图评价中国专家共识(2021版)[J].中华超声影像学杂志,2021,30(6):461-471.
- [2] Dreyfus GD, Martin RP, Chan KM, et al. Functional tricuspid regurgitation: a need to revise our understanding[J]. J Am Coll Cardiol, 2015, 65(21): 2331-2336.
- [3] Taramasso M, Gavazzoni M, Pozzoli A, et al. Tricuspid regurgitation: predicting the need for intervention, procedural success, and recurrence of disease[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(4): 605-621.
- [4] Badano LP, Muraru D. Subclinical right ventricular dysfunction by strain analysis: refining the targets of echocardiographic imaging in systemic sclerosis[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2016, 9(6): e005009.
- [5] Nishimura S, Izumi C, Yamasaki S, et al. Impact of right ventricular function on development of significant tricuspid regurgitation in patients with chronic atrial fibrillation[J]. J Cardiol, 2020, 76(5): 431-437.
- [6] Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, et al. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2017, 18(12): 1301-1310.
- [7] Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32(1): 1-64.
- [8] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 63(22): 157-185.
- [9] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, 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]. J Am Soc Echocardiogr, 2015, 28(1): 1-39.
- [10] Ancona F, Melillo F, Calvo F, et al. Right ventricular systolic function in severe tricuspid regurgitation: prognostic relevance of longitudinal strain[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2021, 22(8): 868-875.
- [11] Bohbot Y, Chadha G, Delabre J, et al. Characteristics and prognosis of patients with significant tricuspid regurgitation[J]. Arch Cardiovasc Dis, 2019, 112(10): 604-614.
- [12] Cammalleri V, Carpenito M, Bono MC, et al. Transcatheter tricuspid valve therapy: from anatomy to intervention[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 18(8): 778445.
- [13] 季翔,张霞,冯慧俊.二维斑点追踪技术评价系统性红斑狼疮患者右心室收缩功能的研究[J].皖南医学院学报,2020,39(5): 466-469.
- [14] 孙微,刘洁,吴玲,等.二维斑点追踪技术评价左室射血分数正常的中重度二尖瓣反流患者术后左心室收缩功能的价值[J].中华实用诊断与治疗杂志,2021,35(3):301-305.
- [15] 王晨阳,黎春雷,刘红云,等.二维斑点追踪技术对主动脉瓣反流患者左心室功能的评价[J].中华医学超声杂志(电子版),2013,10(9):726-730.
- [16] Bannehr M, Kahn U, Liebchen J, et al. Right ventricular longitudinal strain predicts survival in patients with functional tricuspid regurgitation[J]. Can J Cardiol, 2021, 37(7): 1086-1093.

(收稿日期:2022-06-26)