

二维斑点追踪技术联合实时三维超声心动图评估心房颤动合并三尖瓣反流患者右房结构和功能的临床价值

李心怡 聂淑婷 邵袁缘 胡文妹 谌典 张奥懿 周畅

摘要 **目的** 应用二维斑点追踪技术(2D-STI)联合实时三维超声心动图(RT-3DE)评估心房颤动(AF)合并中、重度功能性三尖瓣反流(FTR)患者右房结构和功能,探讨其临床应用价值。**方法** 选取于我院就诊的阵发性AF患者134例,其中AF合并轻度FTR者99例(A组),AF合并中、重度FTR者35例(B组),另选取同期健康体检者41例为对照组。比较各组常规超声心动图参数[左房前后径(LAD)、左室射血分数(LVEF)、右房左右径(RAD1)、右房上下径(RAD2)、三尖瓣瓣环直径(TVD)、三尖瓣瓣叶闭合高度(TVH)及肺动脉收缩压(PAH)]、2D-STI参数[右房储存期应变(RASr)、管道期应变(RAScd)及辅泵期应变(RASct)]和RT-3DE参数[右房最大容积指数(RAVImax)、最小容积指数(RAVImin)、收缩前容积指数(RAVIpre)、被动排空分数(pasEF)及主动排空分数(actEF)]的差异。采用Logistic回归分析筛选AF合并中、重度FTR的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数预测AF合并中、重度FTR的诊断效能。**结果** 各组LAD、LVEF、RAD1、RAD2、TVD、TVH及PAH比较差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。与对照组比较,A、B组LAD、RAD1、RAD2及TVD均增高,TVH均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与A组比较,B组LAD、RAD1、RAD2、TVD及PAH均增高,LVEF及TVH均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。各组RASr、RAScd、RASct、RAVImax、RAVImin、RAVIppe、pasEF及actEF比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与对照组比较,A、B组RAVImax、RAVImin及RAVIppe均增高,RASr、RAScd、RASct、pasEF及actEF均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与A组比较,B组RAVImax、RAVImin及RAVIppe均增高,RASr、RAScd、RASct、pasEF及actEF均降低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。Logistic回归分析显示,TVD、RASr及RAVImin均为AF合并中、重度FTR的独立影响因素($OR=1.169, 0.798, 1.423$,均 $P<0.05$)。ROC曲线分析显示,TVD、RASr、RAVImin及RASr联合RAVImin预测AF合并中、重度FTR的曲线下面积分别为0.774、0.880、0.900、0.943。**结论** AF合并FTR患者会发生右房结构及功能重塑,2D-STI联合RT-3DE可用于评估AF合并中、重度FTR患者右房结构和功能,具有良好的临床应用价值。

关键词 超声心动描记术,三维,实时;斑点追踪,二维;心房颤动;三尖瓣反流;心房功能,右
[中图分类号]R540.45 [文献标识码]A

Clinical value of two-dimensional speckle tracking combined with real-time three-dimensional echocardiography in evaluating right atrial structure and function in atrial fibrillation patients with functional tricuspid regurgitation

LI Xinyi, NIE Shuting, SHAO Yuanyuan, HU Wenshu, SHEN Dian, ZHANG Aoyi, ZHOU Chang

Department of Ultrasound, Yichang Central People's Hospital, the First College of Clinical Medical Science, Three Gorges University, Hubei 443003, China

ABSTRACT Objective To evaluate the right atrial structure and function in atrial fibrillation(AF) patients with moderate to severe functional tricuspid regurgitation(FTR) by two-dimensional speckle tracking(2D-STI) combined with real-

基金项目:湖北省宜昌市医疗卫生项目(A16-301-12)

作者单位:443003 湖北省宜昌市,三峡大学第一临床医学院 宜昌市中心人民医院超声科

通讯作者:周畅,Email:lxy123456_0206@qq.com

time three-dimensional ultrasound (RT-3DE), and to explore its clinical application value. **Methods** A total of 134 patients with paroxysmal AF from our hospital were selected, including 99 patients with mild FTR (group A), 35 patients with moderate to severe FTR (group B), and 41 healthy individuals in the same period as the control group were selected. The conventional echocardiographic parameters [left atrial anteroposterior diameter (LAD), left ventricular ejection fraction (LVEF), right atrial transverse diameter (RAD1), right atrial longitudinal diameter (RAD2), tricuspid valve annulus diameter (TVD), tricuspid valve leaflet tethering height (TVH), and pulmonary artery systolic pressure (PAH)], 2D-STI parameters [right atrial strain during reservoir phase (RASr), right atrial strain during conduit phase (RAScd), and right atrial strain during contractile phase (RASct)] and RT-3DE parameters [right atrial maximum volume index (RAVImax), right atrial minimum volume index (RAVImin), right atrial pre-systolic volume index (RAVIpri), passive emptying fraction (pasEF), and active emptying fraction (actEF)], were compared among the groups. Logistic regression analysis was applied to screen the independent influencing factors of moderate to severe FTR in AF patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the diagnostic efficacy of each parameter in predicting moderate to severe FTR in AF patients. **Results** There were significant differences in LAD, LVEF, RAD1, RAD2, TVD, TVH, and PAH among the groups (all $P < 0.05$). Compared with control group, the LAD, RAD1, RAD2, and TVD were increased and the TVH was decreased in the group A and group B (all $P < 0.05$). Compared with the group A, the LAD, RAD1, RAD2, TVD and PAH were increased, and LVEF and TVH were decreased in the group B (all $P < 0.05$). There were significant differences in RASr, RAScd, RASct, RAVImax, RAVImin, RAVIpri, pasEF, and actEF among the groups (all $P < 0.05$). Compared with the control group, RAVImax, RAVImin and RAVIpri were increased, while RASr, RAScd, RASct, pasEF and actEF were decreased in the group A and group B (all $P < 0.05$). Compared with the group A, RAVImax, RAVImin and RAVIpri were increased in the group B, and RASr, RAScd, RASct, pasEF and actEF were decreased (all $P < 0.05$). Logistic regression analysis show that TVD, RASr, and RAVImin were independent influencing factors for moderate to severe FTR in AF patients (all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the areas under the curve of TVD, RASr, RAVImin and the combination of RASr and RAVImin in predicting moderate to severe FTR in AF patients were 0.774, 0.880, 0.900 and 0.943, respectively. **Conclusion** Right atrial structural and functional remodeling occurs in AF patients with FTR, 2D-STI combined with RT-3DE can evaluate the right atrial structure and function in AF patients with moderate to severe FTR, which has good clinical application value.

KEY WORDS Echocardiography, three-dimensional, real-time; Speckle tracking, two-dimensional; Atrial fibrillation; Tricuspid regurgitation; Atrial function, right

心房颤动 (atrial fibrillation, AF) 是一种常见的心律失常, 与心血管疾病不良预后相关^[1]。由于不规则的心律使心房失去了有效的收缩能力, 导致 AF 患者易发生左房结构或功能重塑, 既往研究^[2]多关注左房结构和功能变化, 但 AF 患者左房扩大的同时右房往往也会出现不同程度扩大, 即会发生双房重塑, 且合并不同程度的功能性三尖瓣反流 (functional tricuspid regurgitation, FTR)。临床上 AF 患者合并轻度 FTR 时症状多不明显, 但随着疾病进展, 反流程度进一步加重, 最终影响患者预后^[3-4]。若能早期准确预测 AF 合并中、重度 FTR, 并及时干预则可提高患者生存率, 改善其预后。二维斑点追踪技术 (two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI) 可无创追踪心肌斑点运动, 获得右房不同时期应变; 实时三维超声心动图 (real-time three-dimensional echocardiography, RT-3DE) 可直观、动态地显示心房三维结构, 获得心房容积、功能相关参数^[5]。且二者已被用于评估原发性肺动脉高压、系统性红斑狼疮及心力衰竭患者右房功能变化, 具有较好的临床价值^[6]。本研究应用 2D-STI 联合 RT-

3DE 评估 AF 合并 FTR 患者右房结构和功能, 并探讨其独立影响因素, 以为临床早期干预提供参考依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2023 年 1~11 月于我院心内科就诊的阵发性 AF 患者 134 例, 其中男 70 例, 女 64 例, 年龄 35~70 岁, 平均 (53.40±7.70) 岁; 其中 AF 合并轻度 FTR 者 99 例 (A 组), AF 合并中、重度 FTR 者 35 例 (B 组)。纳入标准: ①符合 2020 欧洲心脏病学会《房颤管理指南》中 AF 诊断标准^[7]; ②三尖瓣反流诊断及分度均符合《中国成人心脏瓣膜病超声心动图规范化检查专家共识》^[8]; ③行超声心动图检查且图像资料完整。排除标准: ①瓣膜疾病或瓣膜手术后; ②合并先天性心脏病、原发性肺动脉高压; ③左心疾病或左室射血分数 (LVEF) < 55%; ④其他心律失常、甲状腺功能亢进症、恶性肿瘤化疗等; ⑤图像质量不佳。另选同期健康体检者 41 例为对照组, 其中男 18 例, 女 23 例, 年龄 31~75 岁, 平均 (52.20±9.83) 岁。本研究经我院医学伦理委员会批准 (批准

号:2024-044-01),所有受试者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用 Philips EPIQ CVX 彩色多普勒超声诊断仪, X5-1 三维矩阵探头, 频率 1~5 MHz; 配备实时三维全容积成像系统和 Qlab 13.0 后处理工作站。

2. 常规超声心动图参数获取:受试者取左侧卧位,嘱其平静呼吸,同步连接心电图后行二维超声心动图检查。于胸骨旁左室长轴切面测量左房前后径(LAD),使用双平面 Simpson 法测量 LVEF;调整心尖四腔心切面使右房清晰显示,测量右房游离壁中点至房间隔中点的距离即为右房左右径(RAD1),以及三尖瓣环中心最高点至右房顶中心的距离即为右房上下径(RAD2);于心尖四腔心切面待三尖瓣清晰显示时测量右房三尖瓣瓣环内侧隔叶至外侧前叶之间的距离即为三尖瓣瓣环直径(TVD);于收缩中期在该平面测量从三尖瓣瓣叶闭合点至瓣环平面的垂直距离即为三尖瓣瓣叶闭合高度(TVH)。于心尖四腔心切面测量三尖瓣反流峰值流速,根据简化的伯努利方程计算肺动脉收缩压(PAH)。采集连续 5 个心动周期图像并存储,以上参数均重复测量 3 次取平均值。

3. 2D-STI 参数获取:选取右房壁清晰显示的心尖四腔心图像,导入 Qlab 13.0 后处理工作站,选择 AutoStrian LA 模式,手动描绘右房心内膜,确定三尖瓣环两侧及心房顶部 3 个点(右房顶点处、三尖瓣瓣环内侧隔叶与外侧前叶在房间隔和右房游离壁的附着点),直至心内膜显示清晰且包络完整。软件自动计算右房储存期应变(RASr)、管道期应变(RAScd)及辅泵期应变(RASct),其中 RAScd 和 RASct 均以绝对值表示。以上参数均重复测量 3 次取平均值。

4. RT-3DE 参数获取:选取心尖四腔心切面,待右房内膜完整、清晰显示时启动实时三维全容积成像系统,采集连续 4 个心动周期的动态图像,导入 Qlab 13.0 后处理工作站,选择 3DQ Advance 模式,取样点置于右房心内膜面,调整右房形态,生成时间-容积曲线,获取右房最大容积(RAVmax)、右房最小容积(RAVmin)

及右房收缩前容积(RAVpre)。经体表面积(BSA)标化获得右房最大容积指数(RAVImax)、最小容积指数(RAVImin)、收缩前容积指数(RAVIpre),计算右房主动排空分数(actEF)、被动排空分数(pasEF)。以上参数均重复测量 3 次取平均值。所有超声心动图检查均由同一具有 8 年工作经验的主治超声医师完成。

5. 临床资料获取:查阅病历获取受试者性别、年龄、体质指数(BMI)、BSA、心率、收缩压、舒张压、空腹血糖及甘油三酯。

三、统计学处理

应用 SPSS 27.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组比较采用单因素方差分析,两组比较采用 LSD 法;计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验。采用 Logistic 回归分析筛选 AF 合并中、重度 FTR 的独立影响因素;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数预测 AF 合并中、重度 FTR 的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组临床资料比较

各组性别、年龄、BMI、BSA、心率、收缩压、舒张压、空腹血糖及甘油三酯比较差异均无统计学意义。见表 1。

二、各组常规超声心动图参数比较

各组 LAD、LVEF、RAD1、RAD2、TVD、TVH 及 PAH 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。与对照组比较,A、B 组 LAD、RAD1、RAD2 及 TVD 均增高,TVH 均降低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与 A 组比较,B 组 LAD、RAD1、RAD2、TVD 及 PAH 均增高,LVEF 及 TVH 均降低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 2。

三、各组右房 2D-STI 和 RT-3DE 参数比较

各组 RASr、RAScd、RASct、RAVImax、RAVImin、RAVIpre、pasEF 及 actEF 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。与对照组比较,A、B 组 RAVImax、RAVImin

表 1 各组临床资料比较

组别	男/女 (例)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	BSA (m ²)	心率 (次/min)	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	空腹血糖 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)
对照组(41)	18/23	52.20±9.83	22.82±2.84	1.71±0.13	80.10±7.45	119.07±6.70	74.12±7.78	5.02±0.27	1.16±0.24
A 组(99)	53/46	53.03±7.13	23.11±2.95	1.70±0.15	80.46±7.71	118.35±4.80	75.70±6.10	5.05±0.37	1.18±0.34
B 组(35)	17/18	54.46±9.13	22.58±3.14	1.65±0.16	81.34±6.99	119.70±3.90	77.11±6.70	5.05±0.37	1.20±0.33
F/χ^2 值	4.697	0.725	0.456	1.365	0.275	0.946	1.935	0.284	0.133
P 值	0.320	0.486	0.635	0.258	0.760	0.390	0.148	0.753	0.876

BMI:体质指数;BSA:体表面积。1 mmHg=0.133 kPa

表2 各组常规超声心动图参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	LAD(mm)	LVEF(%)	RAD1(mm)	RAD2(mm)	TVD(mm)	TVH(mm)	PAH(mmHg)
对照组	35.00±3.81	64.05±3.42	31.08±4.91	44.62±6.17	23.25±4.18	8.10±1.20	
A组	40.54±4.62 ^a	62.65±4.12	38.97±6.58 ^a	52.23±6.78 ^a	26.91±4.71 ^a	6.21±1.51 ^a	34.57±2.62
B组	46.49±3.60 ^{ab}	58.14±4.76 ^{ab}	41.05±7.44 ^{ab}	55.75±6.10 ^{ab}	29.62±5.90 ^{ab}	5.14±1.21 ^{ab}	39.37±6.32 ^b
<i>F</i> / <i>t</i> 值	68.921	21.828	28.489	30.777	16.774	34.479	-4.371
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a*P*<0.05;与A组比较,^b*P*<0.05。LAD:左房前后径;LVEF:左室射血分数;RAD1:右房左右径;RAD2:右房上下径;TVD:三尖瓣瓣环直径;TVH:三尖瓣瓣叶闭合高度;PAH:肺动脉收缩压。1 mmHg=0.133 kPa

及RAVI_{pre}均增高,RAS_r、RAS_{cd}、RAS_{ct}、pasEF及actEF均降低,差异均有统计学意义(均*P*<0.05);与A组比较,B组RAVI_{max}、RAVI_{min}及RAVI_{pre}均增高,RAS_r、RAS_{cd}、RAS_{ct}、pasEF及actEF均降低,差异均有统计学意义(均*P*<0.05)。见表3和图1,2。

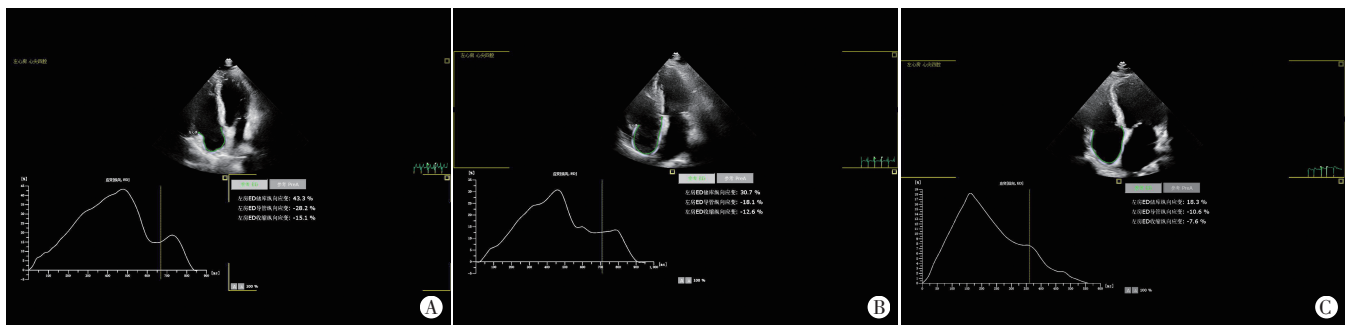
四、Logistic 回归分析

单因素 Logistic 回归分析显示RAD2、TVD、RAS_r、RAS_{cd}、RAS_{ct}、RAVI_{max}、RAVI_{min}、RAVI_{pre}、pasEF均与AF合并中、重度FTR相关(均*P*<0.05);将上述参数纳入多因素 Logistic 回归分析,结果显示TVD、RAS_r及

表3 各组右房2D-STI和RT-3DE参数比较($\bar{x}\pm s$)

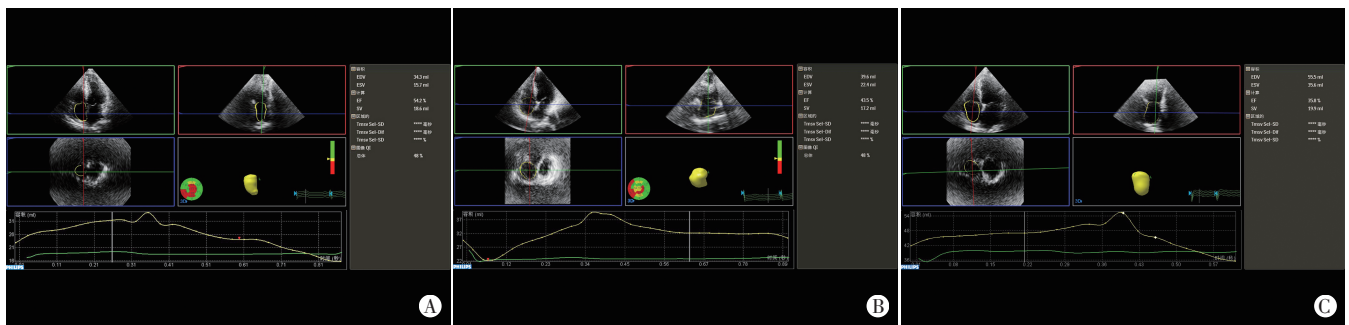
组别	RAS _r (%)	RAS _{cd} (%)	RAS _{ct} (%)	RAVI _{max} (ml/m ²)	RAVI _{min} (ml/m ²)	RAVI _{pre} (ml/m ²)	pasEF(%)	actEF(%)
对照组	40.51±6.12	24.47±6.08	16.03±4.50	20.64±3.62	11.16±2.00	14.33±2.12	28.68±4.72	22.31±5.60
A组	27.92±6.02 ^a	17.77±4.11 ^a	10.40±3.12 ^a	23.52±5.07 ^a	15.23±3.83 ^a	18.90±3.64 ^a	23.80±4.18 ^a	18.50±4.74 ^a
B组	18.78±4.70 ^{ab}	14.61±3.71 ^{ab}	7.89±3.01 ^{ab}	32.68±6.68 ^{ab}	21.54±3.00 ^{ab}	25.11±4.54 ^{ab}	19.58±4.98 ^{ab}	16.72±5.10 ^{ab}
<i>F</i> 值	136.260	75.303	62.746	30.352	93.095	86.767	39.465	13.836
<i>P</i> 值	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.013	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a*P*<0.05;与A组比较,^b*P*<0.05。RAS_r:右房储存期应变;RAS_{cd}:右房管道期应变;RAS_{ct}:右房辅泵期应变;RAVI_{max}:右房最大容积指数;RAVI_{min}:右房最小容积指数;RAVI_{pre}:右房收缩前容积指数;pasEF:右房被动排空分数;actEF:右房主动排空分数



A: 对照组一健康体检者(男,38岁)RAS_r、RAS_{cd}、RAS_{ct}分别为43.3%、-28.2%、-15.1%;B:A组一患者(男,45岁)RAS_r、RAS_{cd}、RAS_{ct}分别为30.7%、-18.1%、-12.6%;C:B组一患者(男,42岁)RAS_r、RAS_{cd}、RAS_{ct}分别为18.3%、-10.6%、-7.6%

图1 各组2D-STI图



A: 对照组一健康体检者(男,38岁)RAV_{max}、RAV_{min}、RAV_{pre}分别为34.3 ml、15.7 ml、29.2 ml;B:A组一患者(男,45岁)RAV_{max}、RAV_{min}、RAV_{pre}分别为39.6 ml、22.4 ml、32.1 ml;C:B组一患者(男,42岁)RAV_{max}、RAV_{min}、RAV_{pre}分别为55.6 ml、35.6 ml、44.1 ml

图2 各组RT-3DE图

RAVImin 均为 AF 合并中、重度 FTR 的独立影响因素 (均 $P < 0.05$)。见表 4。

表 4 AF 合并中、重度 FTR 的 Logistic 回归分析

变量	单因素 Logistic 分析		多因素 Logistic 分析	
	OR 值及其 95% 可信区间	P 值	OR 值及其 95% 可信区间	P 值
RAD1	1.045(0.988~1.105)	0.125		
RAD2	1.083(1.019~1.150)	0.001	0.971(0.870~1.082)	0.592
TVD	1.249(1.134~1.374)	<0.001	1.169(1.013~1.349)	0.032
TVH	0.795(0.602~1.049)	0.105		
RASr	0.721(0.638~0.814)	0.001	0.798(0.664~0.959)	0.016
RAScd	1.236(1.101~1.386)	<0.001	0.987(0.745~1.307)	0.927
RASct	1.315(1.137~1.520)	<0.001	1.155(0.876~1.524)	0.307
RAVImax	1.339(1.197~1.499)	<0.001	1.026(0.817~1.290)	0.824
RAVImin	1.694(1.401~2.048)	<0.001	1.423(1.009~2.007)	0.045
RAVIpri	1.462(1.271~1.682)	<0.001	1.041(0.729~1.487)	0.825
pasEF	0.800(0.719~0.890)	<0.001	0.876(0.741~1.036)	0.122
actEF	0.974(0.930~1.020)	0.262		

五、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示, TVD、RASr、RAVImin 预测 AF 合并中、重度 FTR 的曲线下面积(AUC)分别为 0.774、0.880 及 0.900, 灵敏度分别为 82.9%、85.7%、57.1%, 特异度分别为 88.9%、74.7%、92.9%, 其对应的截断值分别为 19.63%、23.60 ml/m² 及 32.15 mm。RASr 联合 RAVImin 的 AUC 为 0.943, 灵敏度为 88.6%, 特异度为 87.9%。见图 3。

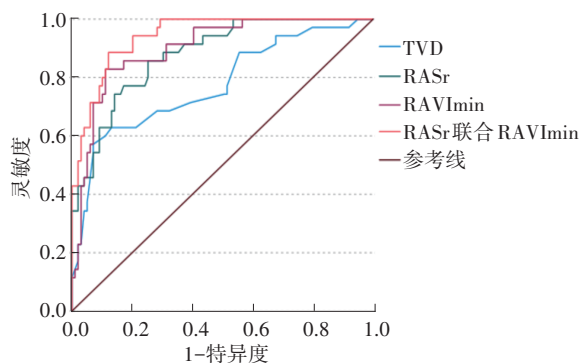


图 3 各参数预测 AF 合并中、重度 FTR 的 ROC 曲线图

讨 论

三尖瓣反流分为器质性和功能性反流, 而功能性反流又分为室性和房性反流, 其中房性三尖瓣反流主要发生于无左心疾病和肺动脉高压的慢性 AF 患者^[9]。既往临床对右室增大引起的室性三尖瓣反流研究较多^[10], 而房性三尖瓣反流多未得到重视。但是, 高达 17% 的长期慢性 AF 患者可能发生中、重度 FTR, 而目前对于中、重度 FTR 患者进行外科手术治疗的效果欠佳。Prapan 等^[11]研究发现中、重度 FTR 是心力衰竭和

死亡等不良结局的独立预测因素; Vijan 等^[12]对不同程度 FTR 患者随访研究也发现重度 FTR 是全因死亡率的独立预测因素, 表明中、重度 FTR 对患者预后具有重要影响。2D-STI 通过追踪心肌斑点运动轨迹获得心肌运动速度、应变率及应变等参数; RT-3DE 无需对右房结构进行假设, 可以直接观察三维解剖结构, 准确定量分析右房功能, 其临床价值已得到证实^[13]。基于此, 本研究应用 2D-STI 联合 RT-3DE 评估 AF 合并 FTR 患者右房结构和功能, 并探讨其独立影响因素, 以期为临床早期干预提供参考依据。

本研究结果显示, 对照组和 A 组 LAD、RAD1、RAD2、TVD 均低于 B 组, TVH 高于 B 组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 提示中、重度 FTR 患者右房扩大, 三尖瓣瓣环扩张、扁平。与罗利红等^[13]研究结果一致。三尖瓣瓣环的扩张与其几何形状的改变 (从马鞍形变为更扁平的轮廓) 有关, 当三尖瓣小叶面积不足以代偿覆盖闭合区域时, FTR 程度则会逐渐加重。一般而言, 右房通过储存期、管道期和辅泵期来调节右室的充盈^[14], 以促进右心血液循环。于心室收缩期储存来自全身静脉回路的血液, 舒张早、中期血液经上、下腔静脉被动填充至右室, 通过心房收缩促进舒张后期右室充盈。本研究结果显示, 对照组和 A 组 RASr、RAScd、RASct 均高于 B 组, 而 RAVImax、RAVImin、RAVIpri 均低于 B 组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 提示 AF 合并中、重度 FTR 患者右房扩大、功能减低。分析原因可能与 AF 患者右房重塑有关, 慢性 AF 患者右房心肌纤维化及心肌僵硬增加, 导致右房扩大, 辅泵功能丧失, 持续进展后储血功能及管道功能也随之减弱^[5, 15]。表明当 AF 患者心房发生重构时, 可能影响三尖瓣环收缩末期面积, 导致三尖瓣瓣环受牵拉后扩张, 进而加重反流程度。三尖瓣内纤维组织较少, 大部分与右房心肌相连, 环的扩张仅限于沿右心室自由壁的部分^[16-17], 导致三尖瓣环较二尖瓣环更易扩张; 而三尖瓣环扩张可促进三尖瓣反流的进展, 一定程度上导致右房进一步扩张, 从而加重 AF 的发展, 形成恶性循环^[18]。

本研究 Logistic 回归分析显示, TVD、RASr 及 RAVImin 均为 AF 合并中、重度 FTR 的独立影响因素 (均 $P < 0.05$)。分析原因可能为房性 FTR 患者的三尖瓣环改变主要是由于长期右房扩大导致瓣环扩张、瓣环受牵拉后变扁平导致的, 故瓣环直径扩大更明显, 导致反流程度加重^[19]。另外, Guta 等^[20]通过评估 AF 患者右心功能与 FTR 严重程度之间的关系, 发现

RAVmin 为三尖瓣瓣环面积的影响因素,且 RAVmin 和三尖瓣瓣环面积均为三尖瓣反流严重程度的预测参数,表明 RAVmin 的增大可能导致 TVD 扩张,从而引起小叶适应性不足,进一步加重反流程度。本研究结果与其相似。Hinojar 等^[15]应用 2D-STI 分析 AF 合并中、重度 FTR 患者右房功能,发现其储存功能降低,且 RASr 是心血管疾病不良结局的独立预测因素,表明 RASr 对 AF 合并中、重度 AFTR 患者预后具有重要的预测价值。本研究也发现 RASr 为 AF 合并中、重度 FTR 的独立保护因素,与上述研究结果相似。

本研究 ROC 曲线分析显示,TVd、RASr、RAVImIn 及 RASr 联合 RAVImIn 预测 AF 合并中、重度 FTR 的 AUC 分别为 0.774、0.880、0.900、0.943,表明 RASr 和 RAVmin 联合应用的预测价值更高。分析原因可能为 2D-STI 可无创追踪心肌斑点,而 RT-3D 不依赖心房结构的几何假设,两种方法联合应用有助于临床医师实现早期识别和干预,以改善患者预后。

本研究的局限性:①为单中心、回顾性研究,样本量较小;②仅获得三尖瓣瓣环二维超声心动图参数。今后需行大样本、前瞻性研究,进一步分析三尖瓣瓣环 RT-3DE 参数对反流程度的影响。

综上所述,AF 合并 FTR 患者会发生右房结构及功能重塑,2D-STI 联合 RT-3DE 可用于评估 AF 合并中、重度 FTR 患者右房结构和功能,具有较好的临床价值。

参考文献

- [1] Ariyaratnam JP, Lau DH, Sanders P, et al. Atrial fibrillation and heart failure: epidemiology, pathophysiology, prognosis, and management [J]. *Card Electrophysiol Clin*, 2021, 13(1):47-62.
- [2] Gunturiz-Beltran C, Nunez-Garcia M, Althoff TF, et al. Progressive and simultaneous right and left atrial remodeling uncovered by a comprehensive magnetic resonance assessment in atrial fibrillation [J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(20):e026028.
- [3] Yamamoto Y, Daimon M, Nakanishi K, et al. Incidence of atrial functional tricuspid regurgitation and its correlation with tricuspid valvular deformation in patients with persistent atrial fibrillation [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9(1):1023732.
- [4] Cho MS, Cha MJ, Nam GB, et al. Incidence and predictors of severe tricuspid regurgitation in atrial fibrillation patients without structural heart disease [J]. *Am J Cardiol*, 2023, 203(7):288-294.
- [5] 刘丹妮,冉海涛,敖梦.实时三维超声心动图和斑点追踪成像评价房颤患者心房结构和功能的研究进展[J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(5):518-523.
- [6] Anwer S, Guastafierro F, Erhart L, et al. Right atrial strain and cardiovascular outcome in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2022, 23(7):970-978.
- [7] No authors listed. Corrigendum to: 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(5):546-547.
- [8] 郭颖,张瑞生.中国成人心脏瓣膜病超声心动图规范化检查专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(2):109-125.
- [9] Prihadi EA, Delgado V, Leon MB, et al. Morphologic types of tricuspid regurgitation: characteristics and prognostic implications [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(3):491-499.
- [10] Tadic M, Cuspidi C, Morris DA, et al. Functional tricuspid regurgitation, related right heart remodeling, and available treatment options: good news for patients with heart failure? [J]. *Heart Fail Rev*, 2022, 27(4):1301-1312.
- [11] Prapan N, Ratanasit N, Karaketklang K. Significant functional tricuspid regurgitation portends poor outcomes in patients with atrial fibrillation and preserved left ventricular ejection fraction [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1):433-440.
- [12] Vijan AE, Daha IC, Delcea C, et al. Prognostic impact of severe atrial functional tricuspid regurgitation in atrial fibrillation patients [J]. *J Clin Med*, 2022, 11(23):7145-7155.
- [13] 罗利红,李锦丽,石伟元,等.右心形变评估功能性三尖瓣返流患者临床转归的临床研究[J]. *心血管病防治知识*, 2022, 12(11):18-20.
- [14] 孙振云,李巧.超声心动图评估右房结构及功能的应用进展[J]. *临床超声医学杂志*, 2022, 24(7):536-539.
- [15] Hinojar R, Fernandez-Golfín C, Gonzalez GA, et al. Clinical utility and prognostic value of right atrial function in severe tricuspid regurgitation: one more piece of the puzzle [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2023, 24(8):1092-1101.
- [16] Silbiger JJ. Atrial functional tricuspid regurgitation: an underappreciated cause of secondary tricuspid regurgitation [J]. *Echocardiography*, 2019, 36(5):954-957.
- [17] 吴碧君,赵萍,杨瑶琳.经胸实时三维超声心动图评估心房颤动合并功能性三尖瓣反流患者右心形态结构改变的研究[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(11):1127-1133.
- [18] Song J, Cho JY, Kim KH, et al. Predictors of progression of tricuspid regurgitation in patients with persistent atrial fibrillation [J]. *Chonnam Med J*, 2023, 59(1):70-75.
- [19] Muraru D, Parati G, Badano LP. Does atrial fibrillation affect the tricuspid annulus 3D geometry in patients without severe valve regurgitation? [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(7):756-758.
- [20] Guta AC, Badano LP, Tomaselli M, et al. The pathophysiological link between right atrial remodeling and functional tricuspid regurgitation in patients with atrial fibrillation: a three-dimensional echocardiography study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(6):585-594.

(收稿日期:2024-02-16)