

# 实时三维经食管超声心动图定量分析主动脉瓣反流患者主动脉根部解剖结构

付 昕 熊名琛 曲绍辉 吴家荣 田家玮

**摘要** 目的 应用实时三维经食管超声心动图(RT-3D-TEE)定量分析主动脉瓣反流(AR)患者主动脉根部解剖参数,筛选其中对 AR 影响最大的参数。方法 选取我院择期接受主动脉瓣置换术的中至重度 AR 患者 42 例(AR 组)和无 AR 的心脏疾病患者 30 例(对照组),应用 RT-3D-TEE 获取两组主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部水平面的主动脉根部内径(AAD、SOVD、STJD),主动脉根部面积(AAA、SOVA、STJA),主动脉根部周长(AAC、SOVC、STJC)。比较两组上述各参数;Logistic 回归分析两组间存在差异的参数,筛选其中对 AR 影响显著的参数,并绘制相应参数的受试者工作特征(ROC)曲线,分析其判定 AR 的敏感性和特异性。结果 AR 组 SOVD、STJD、AAA、SOVA、STJA、AAC、SOVC、STJC 均较对照组增大,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ );仅 AAD 两组比较差异无统计学意义。多因素逻辑回归模型逐步筛选出 STJA 和 STJC 对 AR 有显著影响( $P = 0.002, 0.005$ )。ROC 曲线分析显示,STJA 和 STJC 截断值为  $7.165 \text{ mm}^2$ 、 $9.3 \text{ mm}$  时,判定 AR 的敏感性、特异性分别为 69.8%、95.0% 和 74.4%、95.0%,曲线下面积分别为 0.867、0.885。结论 AR 时,主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部 3 个水平面主动脉根部参数增大程度不同,其中窦管结合部水平面的面积及周长变化显著,是导致 AR 的重要因素。

**关键词** 超声心动描记术,经食管,三维,实时;主动脉瓣反流;主动脉根部;解剖结构

[中图法分类号]R540.45;R542.52

[文献标识码]A

## Quantification analysis of aortic root anatomical structure in aortic regurgitation patients by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography

FU Xin, XIONG Mingchen, QU Shaohui, WU Jiarong, TIAN Jiawei

Department of Ultrasound Medicine, the Second Affiliated Hospital, Harbin Medical University, Harbin 150086, China

**ABSTRACT Objective** To quantitatively analyze the aortic root anatomical characteristics, and to screen the parameters which significantly affect aortic regurgitation (AR) to further reveal the mechanism of AR by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography (RT-3D-TEE) in AR patients. **Methods** Forty-two patients with AR were enrolled in AR group and 30 patients without AR were enrolled in control group. Parameters of the aortic root including root diameter (AAD, SOVD, STJD), root area (AAA, SOVA, STJA), root circumference (AAC, SOVC, STJC) were acquired by RT-3D-TEE and compared between two groups. All parameters were analyzed by the Logistic regression, the parameters that have a significant effect on AR were selected and the receiver operating characteristic (ROC) curve of corresponding parameter was drawn to analyze the sensitivity and specificity of AR. **Results** Compared with the control group, SOVD, STJD, AAA, SOVA, STJA, AAC, SOVC, STJC in AR group were increased significantly (all  $P < 0.05$ ), while only ADD had no statistical differences. STJA and STJC had significant influence on AR by multivariable Logistic regression ( $P = 0.002, 0.005$ ). The ROC curve analysis showed that taking STJA was  $7.165 \text{ mm}^2$ , STJC was  $9.3 \text{ mm}$  as cutoff value, the sensitivity and specificity were 69.8%, 95.0% and 74.4%, 95.0%, the area under ROC curve were 0.867 and 0.885, respectively. **Conclusion** The aortic root parameters of the

作者单位:150086 哈尔滨市,哈尔滨医科大学附属第二医院超声医学科(付昕、曲绍辉、吴家荣、田家玮);中国台湾台北市振兴医院心脏血管医学中心(熊名琛)

通讯作者:田家玮, Email: jwitian2004@163.com

three levels of the aortic annulus, aortic sinus, and sinus canal junction increase differently. Among them, the horizontal area and parameter of sinus canal junction change significantly, which are important factors leading to AR.

**KEY WORDS** Echocardiography, transesophageal, three-dimensional, real-time; Aortic regurgitation; Aortic root; Anatomic structure

主动脉瓣反流(aortic regurgitation, AR)是指心脏舒张期血液经主动脉瓣口逆流入左心室,其主要原因为主动脉瓣及主动脉根部组织病变致主动脉瓣叶关闭不良。对于中至重度AR治疗方法的研究一直备受关注,除目前已经十分成熟的人工主动脉瓣置换术外,主动脉瓣修复术及经导管主动脉瓣置入术的开展也日益增多。准确了解AR患者主动脉瓣及主动脉根部解剖结构的改变对于手术的成功十分重要。实时三维经食管超声心动图(real-time three-dimensional transesophageal echocardiography, RT-3D-TEE)技术不但可以清晰地显示主动脉瓣的解剖结构,还可结合脱机软件进一步对主动脉瓣的解剖结构进行定量分析,得到量化的参数<sup>[1-2]</sup>。本研究应用RT-3D-TEE技术结合脱机软件分析AR患者的主动脉根部解剖参数,找出显著影响AR的解剖因素,旨在为临床治疗方案的选择提供更多信息。

### 资料与方法

#### 一、研究对象

选取2013年3月至2016年6月择期接受主动脉瓣置换术的中至重度AR患者86例,术前行RT-3D-TEE检查除外心律失常、先天主动脉瓣瓣叶畸形、主动脉瓣狭窄、感染性心内膜炎及主动脉夹层患者,余42例纳入AR组,男29例,女13例,年龄52~76岁,平均(65.6±16.5)岁;左室射血分数(LVEF)>55%12例,18%~55%30例。另选30例无AR的心脏疾病患者作为对照组,均为疑似房间隔卵圆孔建议行TEE者,并除外心律失常和主动脉瓣瓣叶畸形,男20例,女10例,年龄42~70岁,平均(57.6±14.7)岁;均LVEF>50%。两组患者均伴有高血压病、糖尿病、冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)等相关疾病。本研究经我院医

学伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

#### 二、仪器与方法

1. 仪器:使用Philips iE 33彩色多普勒超声诊断仪,RT-3D-TEE探头X7-2t,频率2~7 MHz;脱机分析软件采用德国西门子公司eSie Valve定量分析软件。

2. 方法:使用RT-3D-TEE,连接心电图,于三维模式下采集5个心动周期的清晰稳定图像,以DICOM格式存储,进行脱机分析。软件自动描记得到主动脉根部的解剖参数,自动识别各心动周期中的主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部水平面的主动脉根部内径(AAD、SOVD、STJD),主动脉根部面积(AAA、SOVA、STJA),主动脉根部周长(AAC、SOVC、STJC)的最大值及最小值并计算平均值,本研究选取平均值进行后期统计学处理。

#### 三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示;两组比较行t检验;选取差异有统计学意义的参数进入多因素逻辑回归模型中,采用逐步回归筛选显著影响AR参数;受试者工作特征(ROC)曲线分析显著影响参数对AR的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

### 结 果

#### 一、AR组与对照组一般资料比较

AR组年龄及身高均较对照组大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$ ),两组男女比例、体质量、体表面积、相关疾病比例比较,差异均无统计学意义。见表1。

#### 二、AR组与对照组主动脉根部RT-3D-TEE参数比较

AR组主动脉根部参数SOVD、STJD、AAA、SOVA、STJA、AAC、SOVC、STJC均较对照组增大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$ );仅AAD两组比较差异无统计学意义。见表2和图1。

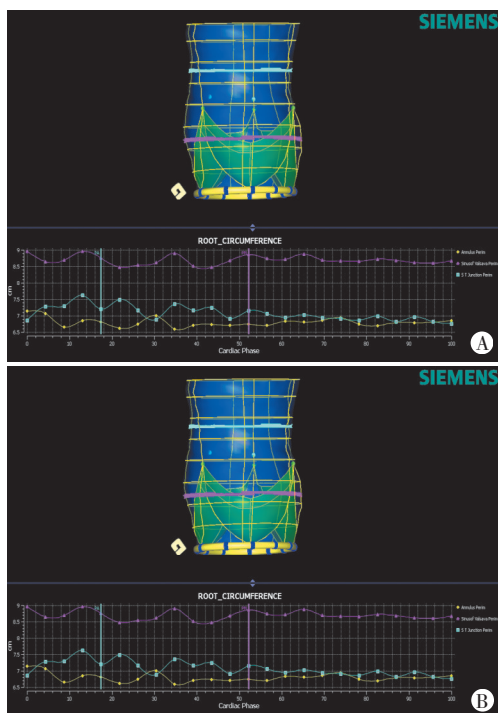
表1 AR组与对照组一般资料比较

组别	年龄 (岁)	男/女 (例)	身高 (cm)	体质量 (kg)	体表面积 (m <sup>2</sup> )	病史(例)			
						高血压病	高血脂症	糖尿病	冠心病
AR组	65.6±16.5	29/13	168.9±7.3	66.28±8.63	1.759±1.387	23	14	12	15
对照组	57.6±14.7	20/10	165.0±5.4	63.33±8.28	1.664±1.229	8	9	7	11
$\chi^2$ 值	4.496	0.211	2.477	1.464	1.980	1.226	0.295	0.491	0.082
P值	0.040	0.834	0.011	0.148	0.052	0.291	0.769	0.621	0.935

表2 AR组与对照组主动脉根部RT-3D-TEE参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	AAD(mm)	SOVD(mm)	STJD(mm)	AAA(mm <sup>2</sup> )	SOVA(mm <sup>2</sup> )	STJA(mm <sup>2</sup> )	AAC(mm)	SOVC(mm)	STJC(mm)
AR组	2.71±0.40	3.50±0.46	3.30±0.51	5.42±1.53	9.52±2.59	8.71±2.75	8.57±1.24	10.99±1.43	10.36±1.60
对照组	2.53±0.22	3.07±0.24	2.67±0.28	4.63±0.94	7.28±0.98	5.86±1.14	7.53±0.72	9.69±0.79	8.39±0.87
t值	1.90	3.94	5.14	2.16	3.72	4.44	2.08	3.78	5.15
P值	0.0620	0.0001	0.0001	0.0350	0.0010	0.0001	0.0420	0.0010	0.0001

AAD、SOVD、STJD:主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部水平面的主动脉根部直径;AAA、SOVA、STJA:主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部水平面的主动脉根部面积;AAC、SOVC、STJC:主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部水平面的主动脉根部周长



A: AR组,主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部主动脉根部周长平均值分别为8.23 cm、12.70 cm、12.11 cm;B:对照组,主动脉瓣环、主动脉窦部及窦管结合部主动脉根部周长平均值分别为6.59 cm、8.27 cm、7.94 cm。三维图及曲线图中黄色均代表主动脉瓣环水平面,粉色均代表主动脉窦部水平,淡蓝色均代表窦管结合水平面;下方曲线为3个水平面参数随心动周期变化曲线

图1 两组主动脉根部周长三维重建图

### 三、多因素逻辑回归分析结果

以AR作为因变量,SOVD、STJD、AAA、SOVA、STJA、AAC、SOVC、STJC为自变量分别引入回归方程,其中STJA、STJC是影响AR的显著参数。见表3。

表3 影响AR的多因素逻辑回归结果

因素	估计值	标准误	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值	95%可信区间
常数项	-52.618	16.3940	10.301	0.001	-	-
STJA	-5.062	1.7798	7.930	0.005	2.2920	1.110~18.836
STJC	-16.460	4.7793	11.794	0.002	1.2283	0.744~16.896

### 四、STJA、STJC的ROC曲线分析结果

分别以STJA、STJC作为检验变量,以AR作为状态变量绘制ROC曲线,结果显示STJC曲线下面积为

0.885,敏感性和特异性分别为74.4%和95.0%,截断值为9.3 mm;STJA曲线下面积为0.867,敏感性和特异性分别为69.8%和95.0%,截断值为7.165 mm<sup>2</sup>。见图2。

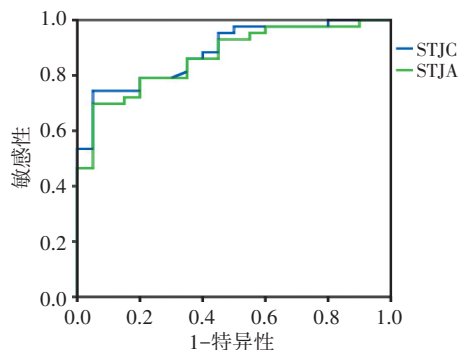


图2 STJA、STJC预测AR的ROC曲线图

## 讨论

主动脉根部与主动脉瓣在结构和功能上是密不可分整体,其任何一处的改变均有可能成为AR的病因。深入了解主动脉根部的解剖对理解AR的产生机制具有重要意义。主动脉瓣叶解剖的改变可以直接导致AR。潘宇等<sup>[3]</sup>对76例轻度AR患者进行主动脉瓣叶定量分析,结果显示AR患者的3个瓣叶游离缘长度增大导致舒张期瓣叶对合不严,考虑可能与瓣叶活动度及质地发生改变导致瓣叶过长有关。本课题组在前期对AR患者进行了瓣叶解剖信息定量研究<sup>[4]</sup>,在无明显瓣叶器质性病变的AR患者中筛选对AR影响较大的主动脉瓣叶参数,结果显示右冠瓣解剖参数AR影响最大;另外,张茗卉<sup>[5]</sup>应用eSie Valve分析经食管三维超声图像测量主动脉根部的解剖结构,并与CT重建图像比对;Janosi等<sup>[6]</sup>应用RT-3D-TEE精准评估主动脉瓣口面积及主动脉根部的大小。均认为主动脉根部对于主动脉瓣关闭的影响也不容忽视,然而针对AR患者主动脉根部的报道较少。

本研究结果显示,AR组患者主动脉根部3个水平面的直径、面积及周长9个参数中,有8个参数均较对照组显著增大(均 $P<0.05$ ),仅AAD与对照组比



较差异无统计学意义,但是从均值观察,AR组AAD仍然较对照组的绝对值要大,说明AR患者3个水平面的9个参数均增大,只是变化不均等,主动脉根部的扩张均可牵扯主动脉瓣,而根部的3个层面均有不同程度的扩张,直接影响3个瓣叶的对合,在一定程度上削减了瓣叶关闭时的闭合面积;同时,主动脉根部的扩张亦可引起瓣叶形态的相应变化,而这种变化又增加了AR发生的可能。本研究结果也发现,AR患者主动脉根部有不同程度的扩张,与Regeer等<sup>[7]</sup>结果一致;主动脉瓣环水平面中仅AAD与对照组比较差异无统计学意义,而该水平面主动脉根部的SOVD、STJD均显著增大(均 $P<0.05$ );该结果并不代表AAD增大无意义,而说明在有限研究样本中其结果有增大趋势;从数学的角度看,虽然主动脉瓣环层面并非规则的椭圆形,但是该层面面积的大小在一定意义上与直径也存在平方关系,因此这种增大的趋势得以放大,由此在逻辑回归中凸显其在引发AR中的作用。

本研究将AR组与对照组比较差异有统计学意义的8个参数进行逻辑回归筛选显著影响AR的因素。结果显示,仅STJA、STJC进入逻辑回归方程,与AR高度相关( $OR=2.2920、1.2283、P=0.005、0.002$ ),说明在有限样本研究中,以STJA、STJC对AR的影响最大;且当 $STJA>7.165\text{ mm}^2$ 、 $STJC>9.3\text{ mm}$ 时,二者对AR的预测均具有较高的特异性(95.0%),其中STJC较STJA具有更高的敏感性(74.4% vs. 69.8%)。ROC曲线分析结果显示,STJA和STJC曲线下面积均 $>0.5$ ,STJC为0.885,STJA为0.867,二者比较差异无统计学意义。从结果看虽然SOVD、SOVA、SOVC最大,但在逻辑回归中窦管结合部水平面有2个参数即STJA和STJC对AR影响较大,说明该水平的扩张在3个水平面中作用最大;且STJA和STJC成为显著影响AR参数,当然该水平面的直径也会相应地增大,但是从直径与周长和面积的计算公式上来讲,面积和周长放大增长趋势的作用,这与第一步的统计结果分析相类似。从解剖结构上分析,主动脉瓣直接附着在主动脉根部的主动脉壁上,而周长和面积对于主动脉瓣附着处的影响也最直接,由此理解其影响作用较大。乔爱科等<sup>[8]</sup>通过建立不同大小的窦管交接部、窦部及主动脉瓣环组合的主动脉根部几何模型,采用计算机数值模拟方法定量研究主动脉根部接近关闭到完全关闭过程中,模型受到的最大应力数值和位置,最终研究表明窦管交界变化对瓣环的影响最大,而本研究窦管结合部水平参数对

AR的影响最大的结论恰与其相吻合。

本研究局限性:①两组患者均伴高血压病、糖尿病、冠心病等心血管的相关疾病,上述疾病对AR是否有影响,以及多疾病共患对AR的影响尚未可知;②本研究经体表面积矫正后且考虑到性别与年龄因素,但是对于不同性别的不同年龄段相关参数有无差异未进行研究;③本研究软件中识别参数在心动周期中的最大值、最小值及平均值,软件跟踪分析各参数最大值和最小值的时相变异较大,本研究选取平均值进行统计研究,解剖参数的最大值、最小值的大小及出现时相与AR的关系及影响尚有待研究;④样本量有待扩大,以揭示更多细节,进而为临床提供更多更有意义的信息。

综上所述,本研究结果表明主动脉根部的3个水平面中9个参数在AR患者中的改变不均一,且窦管结合部水平面的面积和周长变化最显著,可能是导致AR的机制之一。

#### 参考文献

- [1] Saitoh T, Shiota M, Izumo M, et al. Comparison of left ventricular outflow geometry and aortic valve area in patients with aortic stenosis by 2-dimensional versus 3-dimensional echocardiography [J]. *Am J Cardiol*, 2012, 109(11): 1626-1631.
- [2] Kretzschmar D, Lauten A, Goebel B, et al. Optimal prosthesis sizing in transcatheter aortic valve implantation by exclusive use of three-dimensional transoesophageal echocardiography [J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2016, 36(2): 99-105.
- [3] 潘宇, 古丽齐满·霍加阿布都拉, 穆玉明, 等. 主动脉窦部结构参数改变对轻度主动脉瓣反流影响的三维超声研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2013, 29(5): 416-418.
- [4] 付昕, 熊名琛, 曲绍辉, 等. 实时三维经食管超声心动图定量分析主动脉瓣反流患者主动脉瓣叶解剖结构[J]. *中华超声影像学杂志*, 2014, 23(4): 277-280.
- [5] 张茗卉. 经食管三维超声心动图评价主动脉根部结构: 与CT的对照研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2017.
- [6] Janosi RA, Plicht B, Kahlert P, et al. Quantitative analysis of aortic valve stenosis and aortic root dimensions by three-dimensional echocardiography in patients scheduled for transcatheter aortic valve implantation [J]. *Curr Cardiovasc Imaging Rep*, 2014, 7(11): 9296-9299.
- [7] Regeer MV, Kamperidis V, Versteegh MIM, et al. Three-dimensional transoesophageal echocardiography of the aortic valve and root: changes in aortic root dilation and aortic regurgitation [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017, 18(9): 1041-1048.
- [8] 乔爱科, 潘友联, 董念国. 窦管交界和窦部直径对主动脉瓣关闭功能影响[J]. *北京工业大学学报*, 2014, 40(5): 776-780.

(收稿日期: 2019-07-10)