

国人主动脉瓣狭窄主动脉根部解剖的研究

李晓飞¹,孔祥清^{2*},唐立钧³,盛燕辉²,周 蕾²,杨 荣²

(¹南通大学附属医院心内科,江苏 南通 226001;²南京医科大学第一附属医院心内科,³影像科,江苏 南京 210029)

[摘要] 目的:随着经导管主动脉瓣置换术的发展,了解主动脉根部的解剖对于主动脉瓣膜支架的选择和减少并发症是非常必要的。方法:34 例主动脉瓣狭窄患者及 39 例正常对照行双源 CT(Dual Source CT,DSCT)及经胸心脏超声(transthoracic echocardiography,TTE)检查,DSCT 在斜冠状面及矢状面分别测量收缩末期及舒张末期主动脉根部各径线,瓣环直径和左室流出道直径。超声测量主动脉根部及左室流出道直径,并且和 DSCT 测量值对比。结果:主动脉瓣狭窄组左冠状动脉(left coronary ostia,LCO)高度、右冠状动脉(right coronary ostia,RCO)高度、冠状窦(sinus of Valsalva,SV)直径、左右冠状窦高度与对照组相比,差异无统计学意义;主动脉瓣狭窄组瓣环(aortic annulus,AA)直径、主动脉窦和升主动脉连接处(Sino-Tubular Junction,STJ)直径、升主动脉(ascending aorta,AO)直径、左室流出道(left ventricular outer tract,LVOT)直径、主动脉瓣和二尖瓣之间纤维结构(continuity fibrous,CF)距离,室间隔(interventricular septum,IVS)厚度明显比对照组大($P < 0.05$)。主动脉瓣狭窄组及对照组收缩末期 AA、SV、STJ、AO 直径、IVS 厚度明显比舒张末期大($P < 0.05$),收缩末期 LVOT 直径明显比舒张末期小($P < 0.05$)。主动脉瓣狭窄组及对照组 AA 及 LVOT 直径冠状面测量值均大于矢状面测量值。主动脉根部直径(AA、SV、STJ、AO)TTE 测量值与 DSCT 测量值相比,相关性好(相关系数分别为 $r = 0.84, r = 0.87, r = 0.82, r = 0.82$),差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论:主动脉瓣狭窄患者主动脉根部扩张、左室流出道变长扩张、室间隔变厚及冠状动脉变异较大,由于 TTE 的诊断作用有限,因此经导管主动脉瓣置换患者术前进行 DSCT 检查对于瓣膜支架的选择及减少并发症有重要意义。

[关键词] 主动脉瓣狭窄; CT; 经导管主动脉瓣置换; 主动脉根部解剖

[中图分类号] R542.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-4368(2012)11-1589-06

The anatomical study of the aortic root of Chinese patients with aortic stenosis

LI Xiao-fei¹, KONG Xiang-qing^{2*}, TANG Li-jun³, SHEN Yan-hui², ZHOU Lei², YANG Rong²

(¹Departments of Cardiology, the Hospital of Nantong University, Nantong 226001; ²Departments of Cardiology, ³Departments of Radiology, the First Affiliated Hospital of NJMU, Nanjing 210029, China)

[Abstract] **Objective:** To obtain the detailed knowledge of aortic root anatomy for reducing complications and selecting device size in chinese patients with catheter aortic valve replacement. **Methods:** Distances from the aortic annulus (AA) to major landmarks were measured with Dual Source CT (DSCT) at end-systole (ES) and end-diastole (ED) in 34 patients with aortic stenosis (AS) and 39 controls without valve pathology. AA and left ventricular outer tract (LVOT) diameter were assessed in 2 directions by reconstructed coronal and sagittal views. Aortic root and LVOT diameters were also measured with transthoracic echocardiography (TTE). **Results:** Measurements of left and right coronary ostia height, coronary sinuses height, and sinus of Valsalva (SV) diameter did not differ significantly between controls and AS patients. AS patients had significantly larger diameter of AA, Sino-Tubular Junction (STJ), ascending aorta (AO) and LVOT, larger thickness of interventricular septum (IVS) and larger distance of aorto-mitral continuity fibrous (CF) versus controls ($P < 0.01$). In all subjects, diameters of AA, SV and STJ, and thickness of IVS were significantly larger in ES than ED ($P < 0.05$). LVOT diameters were significantly smaller in ES than ED ($P < 0.05$). AA and LVOT diameters were larger under coronal view than under sagittal views in all subjects. DSCT and TTE methods were significantly correlated for measurement of AA ($r = 0.84$), SV ($r = 0.87$), STJ ($r = 0.82$) and AO ($r = 0.82$) (All $P < 0.05$). **Conclusion:** Aortic root dilatation, LVOT dilatation and elongation, IVS thickness and variable coronary ostial locations present in AS patients. TTE assessment had some limitations. Therefore, DSCT is recommended to select candidates and assess device size to avoid complications.

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(2007AA02Z444);江苏省教育厅自然科学基金(10KJB320013)

*通讯作者, E-mail: kongxq@njmu.edu.cn

[Key words] aortic stenosis;CT;transcatheter aortic valve implantation;aortic root geometry

[Acta Univ Med Nanjing, 2012, 32(11): 1589-1594]

主动脉瓣狭窄是常见的心脏瓣膜疾病,严重主动脉瓣狭窄会导致左心衰竭、昏厥、胸痛等一系列症状。外科主动脉瓣膜置换是治疗严重主动脉瓣狭窄的常规方法,在近几年,对于严重主动脉瓣狭窄外科瓣膜置换手术风险大的患者,经导管主动脉瓣置换(transcatheter aortic valve implantation,TAVI)已经成为治疗的重要方法,并获得良好的效果^[1-2],但在我国这项工作刚开始起步^[3]。在行TAVI前了解主动脉根部结构及冠状动脉的开口对于患者及瓣膜支架的选择、减少并发症均有很大意义。经胸心脏超声(transsthoracic echocardiography,TTE)是了解主动脉根部解剖的常用方法,对于经导管主动脉瓣置换术患者和瓣膜支架的选择、瓣膜装置的释放及术后并发症的发现均具有重要作用^[4-5],但TTE检查受患者透声条件、探头位置、操作者等影响,并且无法清楚观察到冠状动脉开口的位置。双源CT(Dual Source CT,DSCT)可以清楚观察主动脉根部及其周围组织,特别是冠状动脉开口的位置,对于患者和瓣膜支架的选择有重要指导意义^[6-7]。西方主动脉瓣狭窄的主要病因是老年性钙化性主动脉瓣狭窄,而在中国,主动脉瓣狭窄的主要病因是风湿性瓣膜病,中国人主动脉瓣狭窄患者主动脉根部解剖的改变,尚未有报道。

本研究就是采用DSCT研究正常人及主动脉瓣狭窄患者主动脉根部直径及冠状动脉位置,以期指导患者和瓣膜支架装置的选择。并且将主动脉根部直径的DSCT与TTE测量值相对比,评价其测量的准确性及观察两者测量值的差别。

1 对象和方法

1.1 对象

所有研究对象都准备行DSCT冠状动脉造影。排除标准为:血流动力学不稳定,纽约心功能分级IV级,左室流出道狭窄,胸主动脉瘤,曾行心脏、胸主动脉、纵隔、胸廓、肺部手术,肾功能不全(血Cr>150 μmol/L),对造影剂过敏。心动过速或心律不齐者不在排除范围中。所有研究对象都进行TTE检查,以确定有无主动脉瓣狭窄及其他心脏瓣膜病。TTE及DSCT检查在1周内进行。最终纳入研究73例,年龄16~72岁,平均(51±15)岁,其中男46

例,女27例。分为2组:中重度主动脉瓣狭窄组34例(年龄39~72岁)和正常对照组(没有瓣膜疾病、冠心病及其他器质性心脏病)39例(年龄39~87岁)。收集所有研究对象的一般资料,包括年龄、性别、身高、体重、心率、血压、吸烟史、高脂血症、高血压、糖尿病和体质指数情况,体表面积根据Mosteller公式^[8]进行计算。

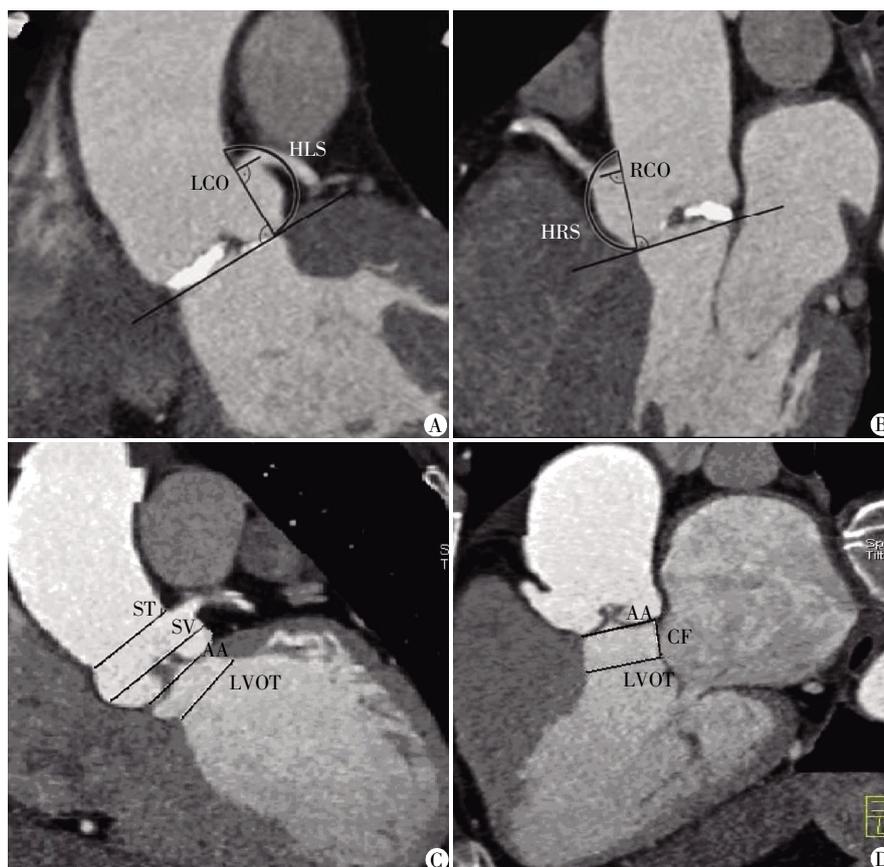
1.2 方法

1.2.1 DSCT检查

扫描设备为西门子双源CT机(德国Siemens公司)。扫描参数:螺距随心率的改变而改变(0.22~0.50),准直0.6 mm,有效层厚为0.75 mm,重组间隔0.5 mm,电压120 kV,管电流380 mA,旋转时间0.33 s,扫描时间15~17 s。图像数据以0.75 mm层厚重建,重建间隔0.5 mm,所有重建资料传送到工作站,进行原始数据后处理,得到适时三维图像,采用回顾性心电门控技术从0%到90%RR间期每间隔10%RR间期重建10组数据,应用Inspace 4D软件观察,得到最大收缩末期及最大舒张末期的RR间期,采用多平面重建技术得到这2个RR间期的三维图像,在斜冠状面及矢状面测量相关数据。

1.2.2 DSCT数据测量方法

在斜冠状面选取左冠状动脉(left coronary ostia,LCO)与瓣环相垂直的平面,测量LCO到瓣环的垂直距离即LCO高度及左冠状动脉窦的高度(the height of the left coronary sinus,HLS)(图1A)。在斜矢状面选取右冠状动脉(right coronary ostia,RCO)与瓣环相垂直的平面,测量RCO到瓣环的垂直距离即RCO高度,及右冠状动脉窦的高度(the height of right coronary sinus,HRS)(图1B)。在斜冠状面测量主动脉瓣狭窄组瓣环(aortic annulus,AA)直径、冠状窦(sinus of Valsalva,SV)直径、主动脉窦和升主动脉连接处(Sino-Tubular Junction,STJ)直径、升主动脉(ascending aorta,AO)直径、左室流出道(left ventricular outer tract,LVOT)直径(图1C)。在矢状面测量AA、LVOT直径、室间隔(interventricular septum,IVS)厚度、主动脉瓣和二尖瓣之间纤维结构(continuity fibrous,CF)距离(图1D)。以上数据分别由2位有心脏CT工作经验的医生在不知心超结果的情况下用数字标尺独立测量。



A:斜冠状面测量 LCO 高度及 HLS;B:矢状面测量 RCO 高度及 HRS;C:斜冠状面测量 AA、SV、STJ、LVOT;D:矢状面测量测量 AA、LVOT、CF。

图 1 DSCT 数据测量方法

Figure 1 DSCT data measuring method

1.2.3 TTE 检查方法

对所有主动脉狭窄患者采用 GE VIVID 7 型彩色多普勒超声诊断仪(美国 GE 公司)进行 TTE 检查, S3 1.7~3.4 MHz 超宽频相控阵探头, 患者取左侧位, 常规进行胸骨旁长轴、短轴和心尖三腔、四腔切面的二维超声心动图检查, 并同步记录心电图。主动脉瓣瓣口面积通过连续方程计算而来^[9], 狭窄程度的分级根据主动脉瓣口面积大小, 参照美国心脏病学会的标准, 轻度 1.5~2.0 cm²、中度 1.0~1.5 cm²、重度 < 1.0 cm²。

1.2.4 TTE 数据测量方法

在标准胸骨旁长轴切面测量 AA、SV、STJ、AO、LVOT 直径。以上数据分别由 2 位心超医生独立测量。

1.3 统计学方法

所有计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用 SPSS13.0 统计软件包进行统计学分析。主动脉瓣狭窄组和对照组计量资料比较采用非配对 *t* 检验, 频数比较采用 Fisher 精确概率法检验, 收缩末期和舒张末期各测量数值比较采用配对 *t* 检验, DSCT 和

TTE 测量值采用直线相关分析和 Bland-Altman 曲线分析。 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 主动脉瓣狭窄组和对照组人群基本资料

主动脉瓣狭窄组和对照组人群的基本资料见表 1。除体重、体表面积、收缩压、舒张压 4 项指标, 主动脉瓣狭窄组明显小于对照组外(*P* < 0.05), 其余指标 2 组相比, 差异没有统计学意义。

在 34 例主动脉瓣狭窄患者中, 老年钙化性主动脉瓣狭窄 14 例, 风湿性主动脉瓣狭窄 20 例, 主动脉瓣关闭不全 28 例, 其中轻度 15 例、中度 7 例、重度 6 例。行 DSCT 检查时, 心率 60~101 次/min, 平均(76 ± 9)次/min, 行 TTE 检查时, 心率 58~98 次/min, 平均(75 ± 8)次/min, 两者无统计学差异。

2.2 收缩末期 DSCT 检查结果

收缩末期 2 组 DSCT 测量数据见表 2。对照组收缩末期 LCO 高度 11.9~20.9 mm, RCO 高度为 11.2~20.9 mm。对照组收缩末期 LCO 高度明显低于

表1 主动脉瓣狭窄组和对照组一般资料

Table 1 Patient demographics in control and patients with

AS 指标	(x̄ ± s)	
	对照组 (n = 39)	主动脉瓣狭窄组 (n = 34)
年龄(岁)	60.6 ± 13.4	56.4 ± 8.9
女性(例)	13	16
心率(次/min)	73.9 ± 10.9	76.9 ± 9.7
身高(cm)	166.9 ± 8.0	164.3 ± 6.5
收缩压(mmHg)	131.8 ± 19.5	120.2 ± 22.7*
舒张压(mmHg)	78.9 ± 12.8	70.9 ± 11.2*
体重(kg)	72.9 ± 2.3	59.7 ± 2.1*
体表面积(m ²)	1.8 ± 0.2	1.6 ± 0.2*
吸烟(例)	6	2
高血压(例)	7	3
高脂血症(例)	2	3
糖尿病(例)	4	2
体质指数 ≥ 30(例)	3	1

与对照组比较, *P < 0.05。

RCO 高度 ($P < 0.05$), HLS 与 HRS 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。对照组收缩末期 AA 直径在冠状面是 (26.2 ± 3.7)mm, 在矢状面是 (23.3 ± 2.3) mm, 两者相差 (2.9 ± 2.4)mm。收缩末期 LVOT 直径在冠状面是 (25.1 ± 3.2)mm, 在矢状面 (20.1 ± 3.1)mm, 两者相差 (4.9 ± 2.1)mm。

主动脉狭窄组收缩末期 LCO 高度 9.1~21.2 mm, RCO 高度为 9.4~25.4 mm。主动脉瓣狭窄组 LCO 高度和 RCO 高度差异无统计学意义 ($P > 0.05$), HLS 与 HRS 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。AA 直径在冠状面是 (28.2 ± 4.0)mm, 在矢状面是 (25.8 ± 3.5)mm, 两者相差 (2.5 ± 2.6)mm。LVOT 直径在冠状面是

(27.6 ± 4.8)mm, 在矢状面是 (21.8 ± 5.0)mm, 两者相差 (5.8 ± 3.3)mm。

对照组和主动脉瓣狭窄组比较, 主动脉瓣狭窄患者 AA、STJ、AO、LVOT 直径、CF 距离和 IVS 厚度更大, 而 LCO 高度、RCO 高度、HLS、HRS 和 SV 直径两组没有差别。

2.3 收缩末期和舒张末期比较

对照组及主动脉瓣狭窄组收缩末期和舒张末期各数据见表 2。对照组收缩末期 AA、SV、STJ 直径和 IVS 厚度明显比舒张末期大, LVOT 直径明显比舒张末期小, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 其余指标差异无统计学意义。主动脉瓣狭窄组收缩末期 AA、SV、STJ、AO 直径和 IVS 厚度明显比舒张末期大, LVOT 直径明显比舒张收缩末期小, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。其余指标差异无统计学意义。

2.4 主动脉瓣狭窄组收缩末期 TTE 及 DSCT 测量数值比较

主动脉瓣狭窄患者 TTE 收缩末期测量值 AA、SV、STJ、AO 直径与 DSCT 测量值相比相关性好 (相关系数分别为 $r = 0.84, r = 0.87, r = 0.82, r = 0.82$), 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$, 表 3), LVOT 直径相关性较差。TTE 测量的收缩末期 AA 直径 [(24.9 ± 3.1) mm] 与 DSCT 在收缩末期矢状位测量数值 [(25.8 ± 3.5) mm] 相似 ($P > 0.05$), 但比在冠状位所测收缩末期数值 [(28.2 ± 4.0) mm] 明显小 (表 3), 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。TTE 测量的 SV 直径 (33.8 ± 5.5)mm 比 DSCT 测量数值 (35.4 ± 5.3)mm 明显小, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。

表2 主动脉瓣狭窄及对照组 DSCT 检查结果

Table 2 All parameters in controls and patients with AS

(mm, x̄ ± s)

检测指标	收缩末期		舒张末期	
	对照组	主动脉瓣狭窄组	对照组	主动脉瓣狭窄组
LCO 高度	15.6 ± 2.0	15.1 ± 2.6	15.2 ± 2.8	15.4 ± 2.1
RCO 高度	16.5 ± 2.3	15.8 ± 3.3	16.4 ± 4.1	16.4 ± 2.7
HLS	20.1 ± 2.4	19.9 ± 3.2	20.4 ± 3.8	20.1 ± 2.4
HRS	20.3 ± 2.4	19.4 ± 3.6	20.1 ± 4.3	20.6 ± 2.6
AA 直径(冠状面)	26.2 ± 3.7	28.2 ± 4.0*	22.4 ± 2.2 [△]	27.4 ± 4.0 [△]
AA 直径(矢状面)	23.3 ± 2.3	25.8 ± 3.5*	25.9 ± 2.6 [△]	23.9 ± 3.5 [△]
SV 直径	35.1 ± 3.9	35.4 ± 5.3	33.8 ± 3.5 [△]	34.9 ± 5.1 [△]
STJ 直径	27.9 ± 3.3	30.6 ± 5.0*	27.6 ± 3.0 [△]	29.5 ± 4.7 [△]
AO 直径	30.7 ± 3.2	36.5 ± 5.2*	30.6 ± 3.5	35.5 ± 4.3 [△]
LVOT 直径(冠状面)	25.1 ± 3.2	27.6 ± 4.8*	28.6 ± 3.8 [△]	30.4 ± 5.3 [△]
LVOT 直径(矢状面)	20.1 ± 3.1	21.8 ± 5.0*	23.3 ± 3.7 [△]	24.3 ± 4.9 [△]
IVS 厚度	13.0 ± 1.3	16.3 ± 3.2*	10.5 ± 1.4 [△]	12.9 ± 2.5 [△]
CF 距离	12.1 ± 1.5	15.2 ± 2.1*	12.2 ± 1.7	15.3 ± 2.7

与对照组比较, *P < 0.05; 与同组收缩末期比较, [△]P < 0.05。

表 3 主动脉瓣狭窄患者收缩末期主动脉根部 DSCT 及 TTE 测量数值

Table 3 Aortic root dimensions in patients with AS assessed with DSCT and TTE at ES

(mm, $\bar{x} \pm s$)

检测指标	DSCT	TTE	r 值
AA 直径	25.8 ± 3.5	24.9 ± 3.1	0.84*
SV 直径	35.4 ± 5.3	33.8 ± 5.5	0.87*
STJ 直径	30.6 ± 5.0	29.7 ± 4.8	0.82*
AO 直径	36.5 ± 5.2	36.8 ± 5.0	0.82*
LVOT 直径	27.6 ± 4.8	24.3 ± 4.1	0.35

*P < 0.05。

3 讨论

国外经导管主动脉瓣置换已经在临床上应用,但在我国还处于起步阶段。其并发症有传导阻滞、脑卒中、支架瓣膜的移位、栓塞、冠状动脉阻塞、瓣周漏等^[10-11]。冠状动脉血流受阻是因为瓣膜支架放置过高,挡住冠脉开口,引起冠脉阻塞及心肌梗死,TAVI 术时应该避免将瓣膜放置过高,所以术前了解冠脉开口的位臵非常必要^[12-13]。为了减少瓣周漏和支架瓣膜的移位,正确选择合适尺寸的瓣膜支架也至关重要。了解左室流出道的形态可以减少二尖瓣狭窄并发症的发生。为了选择合适的患者及决定瓣膜支架尺寸的大小,详细的主动脉根部形态的研究很重要。本研究就是为了解中国人中重度主动脉瓣狭窄患者主动脉根部形态的改变。

本研究发现对照组 LCO、RCO 开口到瓣环距离平均值分别 15.6 mm 和 16.5 mm,左冠状动脉开口比右冠状动脉开口低,和 Jatene 等^[14]及 Lu 等^[15]测量的(LCO 高度:14.9 mm;RCO 高度:16.1 mm)相类似。而主动脉瓣狭窄组 LCO、RCO 高度无显著差异,但二者变异较大,分别为 9.1~21.2 mm、9.4~25.4 mm,因此主动脉瓣狭窄患者在行 TAVI 术前个体化了解冠状动脉开口是必要的。

本研究发现主动脉瓣狭窄组 AA、STJ、AO 直径比对照组大,这说明主动脉瓣狭窄患者主动脉根部扩张,这和以前的研究类似^[16-17]。Vasan 等^[18]发现主动脉根部直径和年龄、体表面积正相关,年龄、体表面积越大,直径越大,但本研究发现主动脉瓣狭窄组年龄与对照组比较没有差异,主动脉瓣狭窄组体表面积比对照组还小,因此更加认为主动脉瓣狭窄患者主动脉根部有明显扩张。主动脉瓣狭窄组 LVOT 直径、CF 距离、IVS 厚度均比对照组大。LVOT 直径、CF 距离增大,说明左室流出道变长扩张、室间隔变

厚,左室流出道变长扩张对瓣膜支架的置入是有利的,而室间隔变厚可能会阻碍瓣膜支架的置入。

本研究还发现心动周期主动脉根部各径线变化明显,收缩末期 AA、SV、STJ 直径明显比舒张末期大, LVOT 直径明显比舒张收缩末期小。在根据测量的 AA 直径选择瓣膜支架的尺寸时,应考虑到心动周期和测量平面对 AA 直径的影响。在冠状面测量的 AA 直径和 LVOT 直径明显比矢状面测量的直径大,说明 AA 和 LVOT 是一个椭圆形结构,这与既往研究结果类似^[6,19]。由于在矢状面测量的 AA 直径和 LVOT 直径不是最大值,所以将冠状面直径作为决定支架瓣膜尺寸的平面。有研究表明将两者的平均值作为瓣膜支架选择的尺寸参考^[19]。主动脉瓣狭窄组 AA 直径在冠状面和矢状面的平均值分别为 27.4 mm 和 23.9 mm,和 Tzikas 等^[19]测量相类似,中国人和西方人群无明显差异。

TTE 是目前最常见、简单、经济的诊断瓣膜疾病的方法,并且在 TAVI 术中具有非常重要的作用^[5,20]。它可以评价瓣膜狭窄及其程度,心功能状况,此外还可以清楚显示主动脉根部的解剖,特别是 AA 直径的测量,从而选择适合的瓣膜装置,在术中准确定位瓣环位置,指导瓣膜的释放,保证手术的成功和减少并发症,及时发现术中及术后瓣周漏和瓣膜的移位等并发症。另外超声还具有无创、无辐射、操作方便、价格低廉等优点,便于术后随访。但 TTE 检查结果受患者透声条件、操作者个人经验、观察部位的影响,另外超声采集的是二维图像,在常规胸骨旁长轴切面测得的主动脉 AA 直径因为没有切到瓣环最大径,因此常低估 AA 直径大小^[19],对于瓣膜的严重钙化与钙化后的狭窄也不易区分,而且 TTE 对冠状动脉显示不清,难以了解瓣环和冠状动脉开口的关系。

本研究主动脉根部直径 DSCT 测量值和 TTE 测量值相关性好。TTE 测量的 AA 直径和 DSCT 在矢状面的测量数值相似,但比冠状面测量值明显小,所以在胸骨旁长轴切面不能切到瓣环的最大距离,这和文献报道类似^[19,21]。

本研究不足之处在于样本量较少,可能会产生误差,主动脉瓣狭窄组患者体重和体表面积明显低于对照组,对研究结果可能带来影响。

综上所述,主动脉瓣狭窄患者主动脉根部扩张、左室流出道变长扩张、室间隔变厚及冠状动脉变异较大,由于 TTE 检查有一些缺陷,因此患者 TAVI 术前进行 DSCT 检查对于瓣膜支架的选择及减少并发症均有意义。

[参考文献]

- [1] Dworakowski R, Maccarthy PA, Monaghan M, et al. Transcatheter aortic valve implantation for severe aortic stenosis—a new paradigm for multidisciplinary intervention; a prospective cohort study [J]. *Am Heart J*, 2010, 160(2): 237–243
- [2] Zahn R, Gerckens U, Grube E, et al. Transcatheter aortic valve implantation: first results from a multi-centre real-world registry [J]. *Eur Heart J*, 2011, 32(2): 198–204
- [3] 葛均波, 周达新, 潘文志, 等. 经皮主动脉瓣植入术 1 例报道附操作要点 [J]. *中国介入心脏病杂志*, 2010, 18(5): 9–12
- [4] Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ, et al. Echocardiographic reference values for aortic root size: the Framingham Heart Study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1995, 8(6): 793–800
- [5] Moss RR, Ivens E, Pasupati SH, et al. Role of echocardiography in percutaneous aortic valve implantation [J]. *J Am Coll Cardiol Imaging*, 2008, 1(1): 15–24
- [6] Tops LF, Wood DA, Delgado V, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography: implications for transcatheter aortic valve replacement [J]. *J Am Coll Cardiol Imaging*, 2008, 1(3): 321–330
- [7] Wuest W, Anders K, Schuhbaeck A, et al. Dual source multidetector CT-angiography before transcatheter aortic valve implantation (TAVI) using a high-pitch spiral acquisition mode [J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(1): 51–58
- [8] Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area [J]. *N Engl J Med*, 1987, 317(17): 1098
- [9] Skjaerpe T, Hegrenaes L, Hatle L. Noninvasive estimation of valve area in patients with aortic stenosis by Doppler ultrasound and Two-dimensional echocardiography [J]. *Circulation*, 1985, 72(4): 810–818
- [10] Nuis RJ, Piazza N, Van Mieghem NM, et al. In-hospital complications after transcatheter aortic valve implantation revisited according to the valve academic research consortium definitions [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 78(3): 457–467
- [11] Grube E, Laborde JC, Gerckens U, et al. Percutaneous implantation of the core valve self-expanding valve prosthesis in high-risk patients with aortic valve disease: the Siegburg first-in-man study [J]. *Circulation*, 2006, 114(15): 1616–1624
- [12] Huber CH, Tozzi P, Como AF, et al. Do valved stents compromise coronary flow? [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2004, 25(5): 754–759
- [13] Lutter G, Ardehali R, Cremer J, et al. Percutaneous valve replacement: current state and future prospects [J]. *Ann Thorac Surg*, 2004, 78(6): 2199–2206
- [14] Jatene MB, Monteiro R, Guimaraes MH, et al. Aortic valve assessment: Anatomical study of 100 healthy human hearts [J]. *Arq Bras Cardiol*, 1999, 73(1): 75–86
- [15] Lu TL, Huber CH, Rizzo E, et al. Ascending aorta measurements as assessed by ECG-gated multi-detector computed tomography: a pilot study to establish normative values for transcatheter therapies [J]. *Eur Radiol*, 2009, 19(3): 664–669
- [16] Smíd M, Ferda J, Baxa J, et al. Aortic annulus and ascending aorta: Comparison of preoperative and perioperative measurement in patients with aortic stenosis [J]. *Eur J Radiol*, 2010, 74(1): 152–155
- [17] Crawford MH, Roldan CA. Prevalence of aortic root dilatation and small aortic roots in valvular aortic stenosis [J]. *Am J Cardiol*, 2001, 87(11): 1311–1313
- [18] Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ, et al. Echocardiographic reference values for aortic root size: the Framingham Heart Study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1995, 8(6): 793–800
- [19] Tzikas A, Schultz CJ, Piazza N, et al. Assessment of the aortic annulus by multislice computed tomography, contrast aortography, and trans-thoracic echocardiography in patients referred for transcatheter aortic valve implantation [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 77(6): 868–875
- [20] Ussia GP, Barbanti M, Sarkar K, et al. Accuracy of intracardiac echocardiography for aortic root assessment in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation [J]. *Am Heart J*, 2012, 163(4): 684–689
- [21] Altiok E, Koos R, Schröder J, et al. Comparison of two-dimensional and three-dimensional imaging techniques for measurement of aortic annulus diameters before transcatheter aortic valve implantation [J]. *Heart*, 2011, 97(19): 1578–1584

[收稿日期] 2012-06-22