

◆ 专论

Biplane-transesophageal echocardiography in measurement of aortic annulus dimension

WEI Xin, CAI Yuyan, TANG Hong*, CHEN Mao, FENG Yuan,

ZHAO Zhengang, LIAO Yanbiao

(Department of Cardiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

[Abstract] **Objective** To explore the feasibility of biplane-transesophageal echocardiography (Bip-TEE) in measuring the aortic annulus dimension (AAD). **Methods** Totally 24 patients underwent transcatheter aortic valve implantation (TAVI) were collected, and their AAD was measured by two-dimensional transthoracic echocardiography (2D-TTE), two-dimensional transesophageal echocardiography (2D-TEE), Bip-TEE and three-dimensional transesophageal echocardiography (3D-TEE) respectively. These four methods were compared with each other. The correlation between 3D-TEE measures and other three methods were analyzed. **Results** The AAD measured by 2D-TTE, 2D-TEE, Bip-TEE and 3D-TEE were (22.02 ± 2.21) mm, (23.34 ± 2.34) mm, (23.89 ± 2.37) mm, (24.21 ± 2.78) mm, respectively. The differences among 4 groups was significant ($F=3.88$, $P=0.01$). No statistically significant differences were found between Bip-TEE and 3D-TEE, 2D-TEE and 3D-TEE, Bip-TEE and 2D-TEE (all $P>0.05$). There were significant differences between 2D-TTE and 2D-TEE, 2D-TTE and Bip-TEE, 2D-TTE and 3D-TEE (all $P<0.05$). The AAD measured by 3D-TEE were positively correlated with that of 2D-TTE, 2D-TEE, Bip-TEE ($r=0.79, 0.88, 0.94$, all $P<0.05$). **Conclusion** Bip-TEE is a feasible method to measure the AAD rapidly and can provide reliable measurements for the prosthetic valve size in TAVI.

[Key words] Echocardiography, transesophageal; Transcatheter aortic valve implantation; Aortic annulus dimension

DOI:10.13929/j.1003-3289.201611074

经食管超声心动图双平面法测量主动脉瓣环径

魏 薪, 蔡宇燕, 唐 红*, 陈 茂, 冯 沅, 赵振刚, 廖延标

(四川大学华西医院心内科, 四川 成都 610041)

[摘要] **目的** 探讨经食管超声心动图双平面法测量经导管主动脉瓣植入术(TAVI)患者主动脉瓣环径的可行性。**方法** 对 24 例拟行 TAVI 的患者,术前分别采用经胸超声心动图(2D-TTE)、经食管超声心动图(2D-TEE)、三维经食管超声心动图(3D-TEE)及经食管超声心动图双平面法(Bip-TEE)测量主动脉瓣环径。比较 4 种方法测量的差异以及 3D-TEE 测量值与另外 3 种方法测量值的相关性。**结果** 2D-TTE、2D-TEE、Bip-TEE 与 3D-TEE 所测的主动脉瓣环径分别为 (22.02 ± 2.21) mm、 (23.34 ± 2.34) mm、 (23.89 ± 2.37) mm、 (24.21 ± 2.78) mm, 4 组测量值总体差异有统计学意义($F=3.88$, $P=0.01$)。3D-TEE 与 2D-TEE、Bip-TEE 所测量主动脉瓣环径差异无统计学意义(P 均 >0.05)。2D-TEE 与 Bip-TEE 测量值差异无统计学意义($P>0.05$)。2D-TTE 与 3D-TEE、2D-TEE、Bip-TEE 所测的主动脉瓣环径比较差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。3D-TEE 所测的主动脉瓣环径与 2D-TTE、2D-TEE、Bip-TEE 测值均呈正相关($r=0.79$ 、 0.88 、 0.94 , P 均 <0.05)。**结论** 经食管超声心动图双平面法可用于准确测量主动脉瓣环径,从而为 TAVI 提供可靠的瓣膜型号选择依据。

[基金项目] 四川省科技厅科技支撑计划项目(2012FZ0065)。

[第一作者] 魏薪(1985—),女,重庆人,硕士,医师。研究方向:心脏超声诊断。E-mail: weizhang_1985812@163.com

[通信作者] 唐红,四川大学华西医院心内科,610041。E-mail: hxyyth@qq.com

[收稿日期] 2016-11-14 **[修回日期]** 2017-01-18

[关键词] 超声心动描记术;经食管;经导管主动脉瓣植入术;主动脉瓣环径

[中图分类号] R540.45; R543.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)03-0355-05

随着人口老年化,主动脉瓣退行性改变所致主动脉瓣狭窄发生率越来越高^[1]。有症状的重度主动脉瓣狭窄患者应行外科主动脉瓣换瓣术进行治疗,然而有 30% 的患者因为一般情况差、合并症多等不能耐受外科开胸手术^[2],经导管主动脉瓣植入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)的开展给这类患者带来了福音,但人工瓣膜选择不适当可能会引起瓣周漏、传导阻滞、主动脉瓣环破裂等严重的并发症^[3-4]。然而,TAVI 手术不能直视下测量主动脉瓣环径(aortic annulus dimension, AAD),所以术前主动脉瓣环的测量尤其重要。目前测量 ADD 的方法包括二维经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, 2D-TTE)、二维经食管超声心动图(two dimensional transesophageal echocardiography, 2D-TEE)、三维经食管超声心动图(three dimensional transesophageal echocardiography, 3D-TEE)、造影、CT 以及 MRI 等^[5-7]。EAE/ASE 指南^[8]推荐首选 TTE 测量 ADD,但是对于图像质量差,或选择瓣膜型号在临界值时建议采用 TEE 或 3D-TEE 检查。3D-TEE 与 CT 测量的 ADD 数值具有高度一致性^[9],但需要专业软件进行后处理,与经食管超声心动图双平面法(Bi-plane mode TEE, Bip-TEE)相比,耗时较多。采用 Bip-TEE 方法可即刻获得主动脉瓣环相关切面并进行测量。探讨 Bip-TEE 法测量 ADD 的可行性与准确性,以期为临床提供一种快速、简便、准确的测量 ADD 的方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2012 年 9 月—2014 年 12 月间于我院行 TAVI 患者共 46 例,其中行 TEE 和 TTE 检查者 27 例,男 16 例,女 11 例,年龄 62~86 岁,平均(73.4±6.9)岁。纳入标准:重度主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS),主动脉瓣前向血流速度>4.0 m/s,平均跨瓣压差>40 mmHg,主动脉瓣口面积<1.0 cm²。27 例患者均行 2D-TTE、2D-TEE、3D-TEE 以及 Bip-TEE 检查,排除 3 例 3D-TEE 图像质量较差者,共纳入 24 例患者,术前主动脉瓣前向血流峰值速度为(5.34±0.73) m/s,平均跨瓣压差(67.44±17.31)mmHg。本研究经我院伦理委员会审批通过,所有入选者检查前均知情同意。

1.2 仪器与方法

1.2.1 2D-TTE 测量 ADD 采用 Philips iE33 彩色

多普勒超声诊断仪,S5-1 探头,频率 1~5 MHz,连接同步心电图,患者左侧卧位获得胸骨旁左心室长轴切面,局部放大主动脉根部,根据 ASE 指南测量方法,于收缩期末测量主动脉瓣叶附着最低点直径(图 1),即 2D-TTE 瓣环径(2D-TTE-AAD)。

1.2.2 TEE 测量 ADD 2D-TEE 和 3D-TEE 以及 Bip-TEE 均采用 Philips iE33 彩色多普勒超声诊断仪,X7-2t 探头,频率 2~7 MHz。患者全身麻醉后连接同步心电图,经食管探头进入食管深度约 35 cm。

(1)2D-TEE 测量 ADD:于左心室长轴切面(约 120°)获得主动脉根部二维放大图,采用上述 2D-TTE 测量方法获得 2D-TEE 瓣环径(2D-TEE-AAD),见图 2。

(2)3D-TEE 测量 ADD^[9]:于 2D-TEE 基础上获得主动脉根部二维图像后,适当调整食管探头位置和增益,使主动脉根部清晰显像,窦性心律者阻断机械通气几秒钟并采集全容积三维图像,心律不齐者采集局部放大三维图像,并存储三维图像 DICOM 格式,使用 QLAB 3DQ 高级定量分析软件,心电图确定收缩期,通过调节主动脉根部 3 个相互垂直的平面,使垂直于冠状面、矢状面的横切面恰好切割至主动脉瓣叶附着最低点平面,即真正的主动脉瓣环平面^[9]。确定平面后,测量主动脉瓣环面积,并通过圆形面积公式($s=\pi r^2$)得到 3D-TEE 瓣环径(3D-TEE-AAD)。记录从三维图像采集到获得 3D-TEE-AAD 的时间。

(3)Bip-TEE 测量 ADD:首先于大动脉短轴切面基础上选择 X-plane 键,使得取样线通过主动脉短轴的中心,同时在屏幕右边自动生成主动脉长轴切面,该长轴切面测量主动脉瓣叶附着点之间的距离即为 Bip-TEE-AAD(图 3)。记录从图像采集到获得 Bip-TEE-AAD 的时间。

所有超声测值均重复测量 3 次,取平均值。

1.3 重复性检验 随机抽取 17 例患者进行 2D-TTE-AAD、2D-TEE-AAD、Bip-TEE-AAD 的重复性检验。观察者内重复性检验采用同一观察者 2 次测量上述参数;观察者间重复性检验采用另一观察者测量相关参数。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。2D-TTE、2D-TEE、3D-TEE 及 Bip-TEE 所测的 ADD 进行方差齐性检验,采用配伍组

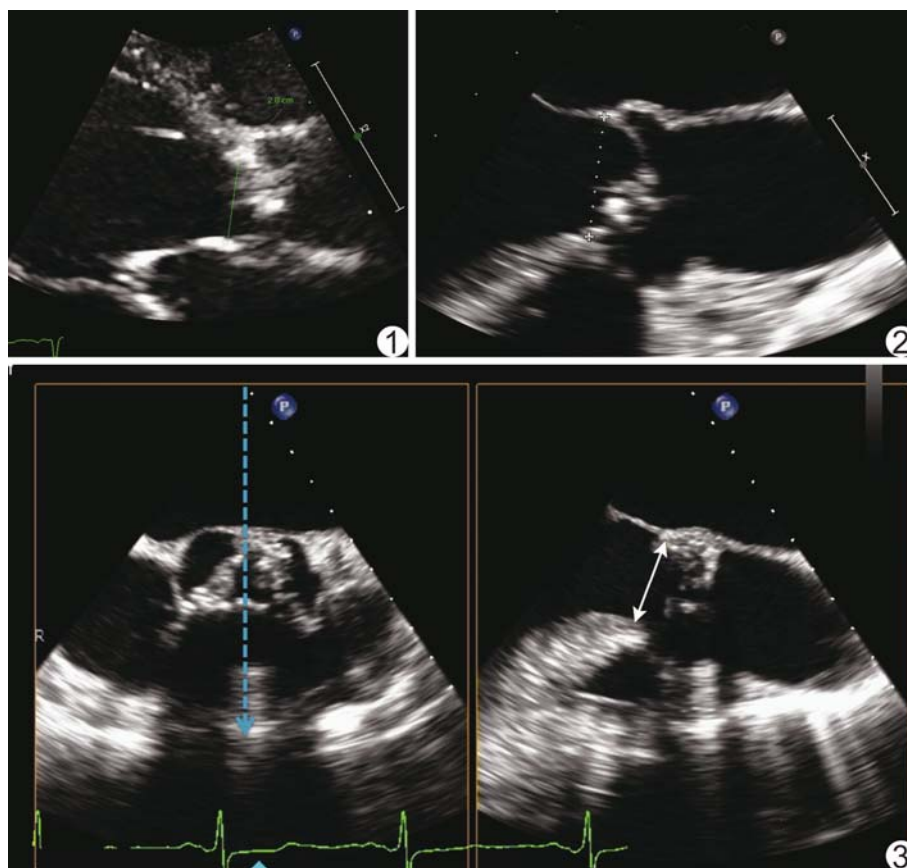


图 1 2D-TTE 测量 ADD 胸骨旁左心室长轴观局部放大图,于收缩期测量主动脉瓣叶附着最低点的距离即为 2D-TTE-AAD 图 2 2D-TEE 测量 ADD 左心室长轴观(约 120°)局部放大图,于收缩期测量主动脉瓣叶附着最低点的距离即为 2D-TEE-AAD 图 3 Bip-TEE 测量 ADD 主动脉短轴切面(蓝色箭头线即切割平面),右图为自动生成相应的主动脉长轴切面(黄色箭头线示意测量方法)

设计的方差分析,两两比较采用 LSD 法。3D-TEE 测量与 2D-TTE、2D-TEE 及 Bip-TEE 的相关性采用 Pearson 相关分析。3D-TEE 及 Bip-TEE 测量主动脉瓣环径所需的时间比较采用配对样本 t 检验。观察者内及观察者间重复性检验采用组内相关系数(inter-class correlation coefficient, ICC)表示($ICC < 0.4$ 表示可信度较差, > 0.75 表示可信度良好)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2D-TTE-AAD 为 (22.02 ± 2.21) mm; 2D-TEE-AAD 为 (23.34 ± 2.34) mm; Bip-TEE-AAD 为 (23.89 ± 2.37) mm; 3D-TEE-AAD 为 (24.21 ± 2.78) mm。

上述 4 组测值方差齐性检验为方差齐 ($P = 0.32$), 4 组间总体差异有统计学意义 ($F = 3.88$, $P = 0.01$)。3D-TEE 与 2D-TEE、Bip-TEE 所测 ADD 差

异无统计学意义 (P 均 > 0.05), 2D-TEE 与 Bip-TEE 测量值差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。2D-TTE 与 3D-TEE、2D-TEE、Bip-TEE 所测的 ADD 相比差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05)。3D-TEE 所测的主动脉瓣环径与 2D-TTE、2D-TEE、Bip-TEE 测值均呈正相关 ($r = 0.79, 0.88, 0.94$, P 均 < 0.05 ; 图 4)。

3D-TEE 及 Bip-TEE 测量主动脉瓣环径所需的时间分别为 (3.52 ± 1.43) min 及 (1.31 ± 0.57) min, 差异有统计学意义 ($t = -13.78$, $P < 0.05$)。

重复性检验: 2D-TTE-AAD、2D-TEE-AAD、Bip-TEE-AAD 3 个参数观察者内及观察者间 ICC 均 > 0.75 , 提示可信度良好, Bip-TEE-AAD 的观察者内及观察者间 ICC 均大于 2D-TTE-AAD 及 2D-TEE-AAD, 见表 1。24 例患者均成功植入瓣膜, 瓣膜支架位置均稳定。以实际植入人工瓣膜型号为标准, 若依据 3D-TEE-AAD 进行选择, 有 1 例人工瓣膜型号偏小, 若依据

Bip-TEE-AAD 进行选择, 有 2 例人工瓣膜型号偏小, 而依据 2D-TEE-AAD 和 2D-TTE-AAD 结果进行选择, 则人工瓣膜型号偏小的病例分别为 4 例和 8 例。术后即刻瓣周漏轻-中度者占 8.33% (2/24), 轻度 29.17% (7/24), 微量或无瓣周漏占 62.50% (15/24), 术后 30 天未发生死亡病例。

表 1 组内与组间重复性检验 ($n = 17$)

参数	观察者内 ICC	观察者间 ICC
2D-TTE-AAD	0.81	0.78
2D-TEE-AAD	0.89	0.87
Bip-TEE-AAD	0.94	0.91

3 讨论

随着老年退行性病变发病率的增高, 部分重度主动脉瓣狭窄患者由于高龄或并发症已不能耐受传统的外科开胸手术^[3-4], 从而促进了 TAVI 的发展^[10]。然

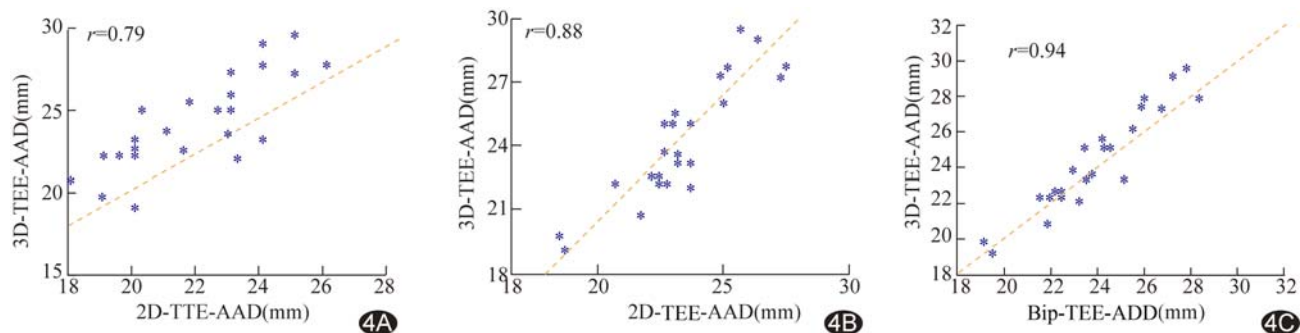


图 4 2D-TTE-ADD(A)、2D-TEE-ADD(B)、Bip-TEE-ADD(C)与 3D-TEE-ADD 相关性分析

而, TAVI 手术不能直视下测量 ADD, 所以术前主动脉瓣环的测量尤其重要, 因为如果选择的人工瓣膜过大或过小, 均可造成严重的并发症甚至导致患者死亡^[11-14]。

目前仍无测量 ADD 的金标准, 其中采用的影像学方法有多种, 包括超声心动图方法、CT、MRI 以及造影。众所周知, 主动脉瓣环并非一个简单的圆环, 其解剖结构复杂, 由 3 个圆环和一个皇冠状的环所组成^[15-16], 皇冠底部是由瓣叶附着处最低点所构成的虚拟环, 是真正的主动脉瓣环径测量平面, 本研究所叙述的“主动脉瓣环”即为此虚拟环。研究^[17-18]表明主动脉瓣环形态并非圆形而呈椭圆形, 目前应用较多的影像学方法是 CT 和 3D-TEE, 因这两种方法都能重建主动脉瓣环的虚拟环平面, 从而可准确测量其最大径、最小径、面积和周长等参数, 但 CT 与 TAVI 手术均需使用大量对比剂, 易导致或加重患者肾功能障碍, 且部分患者对碘过敏。既往研究^[9]发现 3D-TEE 测量 ADD 准确性高, 与 CT 测值最相近, 二者差异无统计学意义。因此, 本研究将 3D-TEE 测值作为标准对照, 探讨 Bip-TEE 方法测量的可行性和准确性。

本研究结果显示 24 例主动脉瓣狭窄患者 TAVI 术后效果较好, 无明显并发症, 术后 30 天无死亡病例。通过分析患者术前超声图像, 发现 2D-TTE 所测得的主动脉瓣环径小于其他 3 种方法所测的瓣环径, 差异有统计学意义 (P 均 < 0.05), 与既往研究^[18-19]结果一致。其可能的原因: ① TAVI 患者均为高龄, 常合并肺气肿, 肺气干扰导致经胸声窗受限, 左心室长轴切面显示欠清晰; ② 退行性主动脉瓣狭窄患者瓣叶钙化严重, 钙化形成伪影致瓣叶附着处显示不清; ③ 2D-TTE 是在二维切面上进行测量, 不一定能准确通过主动脉瓣环平面的最大径, 从而导致对测值的低估。

本研究显示 2D-TEE-ADD 和 Bip-TEE-ADD 与 3D-TEE-ADD 间差异无统计学意义, 而 Bip-TEE 测

值与 3D-TEE 测值的相关系数最高 ($r = 0.94$, $P < 0.05$), 提示 Bip-TEE 可准确测量 ADD。另外, Bip-TEE 测量 ADD 所需时间明显少于 3D-TEE 所需的时间 ($t = -13.78$, $P < 0.05$), 在介入手术前采用 Bip-TEE 测值进行瓣膜型号的选择。

另外, 本研究结果提示 Bip-TEE 测量 ADD 的观察者内及观察者间重复性较 2D-TTE 及 2D-TEE 好, 且能实时、即刻于相关平面进行测量, 无需应用专业软件。

因此, 在植入瓣膜前 Bip-TEE 可为临床提供一种快速、简便、准确的测量主动脉瓣环径的方法, 为瓣膜型号的选择提供依据。

[参考文献]

- [1] Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, et al. Burden of valvular heart diseases: A population-based study. *Lancet*, 2006, 368 (9540): 1005-1011.
- [2] Ussia GP, Barbanti M, Petronio AS, et al. Transcatheter aortic valve implantation: 3-year outcomes of self-expanding CoreValve prosthesis. *Eur Heart J*, 2012, 33(8): 969-976.
- [3] Hayashida K, Lefèvre T, Chevalier B, et al. Transfemoral aortic valve implantation new criteria to predict vascular complications. *JACC Cardiovasc Interv*, 2011, 4(8): 851-858.
- [4] Tchetché D, Dumonteil N, Sauguet A, et al. Thirty-day outcome and vascular complications after transarterial aortic valve implantation using both Edwards Sapien and Medtronic CoreValve bio-prostheses in a mixed population. *EuroIntervention*, 2010, 5(6): 659-665.
- [5] 魏新, 唐红. 经导管主动脉瓣植入术前的综合影像学评估. *中华超声影像学杂志*, 2012, 21(4): 356-358.
- [6] 马跃, 侯阳, 郭启勇. 多层螺旋 CT 在经导管主动脉瓣植入术中的应用. *中国医学影像技术*, 2014, 30(8): 1272-1275.
- [7] Bloomfield GS, Gillam LD, Hahn RT, et al. A practical guide to multimodality imaging of transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2012, 5(4): 441-455.

- [8] Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur J Echocardiogr*, 2011, 12(8):557-584.
- [9] 魏薪, 陈丽萍, 陈茂, 等. 三维超声测量经导管主动脉瓣植入术患者主动脉瓣环径的研究. *中华超声影像学杂志*, 2014, 23(3): 185-189.
- [10] 陈茂, 冯沅, 唐红, 等. 经导管主动脉瓣植入术治疗重度主动脉瓣狭窄患者的初步经验. *中国介入心脏病学杂志*, 2014, 12(9): 558-562.
- [11] 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病专业委员会, 中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组. 经导管主动脉瓣置换术中国专家共识. *中国介入心脏病学杂志*, 2015, 23(12): 661-667.
- [12] Abdel-Wahab M, Zahn R, Horack M, et al. Aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation: Incidence and early outcome. Results from the German transcatheter aortic valve interventions registry. *Heart*, 2011, 97(11):899-906.
- [13] Hiltrop N, Adriaenssens T, Dymarkowski S, et al. Aortic annulus rupture during TAVI: A therapeutic dilemma in the inoperable patient. *J Heart Valve Dis*, 2015, 24(4):436-438.
- [14] Eggebrecht H, Mehta RH. Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) in Germany 2008-2014: On its way to standard therapy for aortic valve stenosis in the elderly? *EuroIntervention*, 2016, 11(9):1029-1033.
- [15] Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, et al. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv*, 2008, 1(1):74-81.
- [16] Ren B, Tang H, Kang Y. Visualisation of the aortic annulus using the real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Heart*, 2011, 97(10):862-863.
- [17] Tops LF, Wood DA, Delgado V, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2008, 1(3):321-330.
- [18] Ng AC, Delado V, van der Kley F, et al. Comparison of aortic root dimensions and geometries pre- and post-transcatheter aortic valve implantation by 2- and 3-dimensional transesophageal echocardiography and multi-slice computed tomography. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2010, 3(1):94-102.
- [19] 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. *Heart*, 2011, 97(19):1578-1584.

《中国医学影像技术》投稿要求(二)

8 基金项目 书写格式应为:××基金(编号××)。基金论文投稿时应同时将基金项目批文扫描上传。本刊将优先选登基金论文。

9 第一作者 书写格式为:姓名(出生年—),性别,籍贯,学位,职称,研究方向和 E-mail。尚未毕业者学位写为“在读××”,如“在读硕士”、“在读博士”。投稿时,简介中需注明第一作者联系电话。

10 通信作者 通常为稿件所涉及研究工作的负责人,通信作者简介包括其姓名、单位、邮编和 E-mail。

11 摘要 研究论著和综述性论文均须附中、英文摘要,英文在前,中文在后;经验交流和短篇报道不设摘要。摘要应以第三人称撰写,不宜超过 350 个汉字,不宜使用“我们”、“作者”等词作为主语。研究论著类论文的摘要应按结构式摘要的特征撰写,包括目的(Objective)、方法(Methods)、结果(Results)、结论(Conclusion)四项。综述性论文的摘要应按指示性摘要的特征撰写,简要叙述文章内容,无须按“四项式”编写。摘要应具有独立性和自明性,并且拥有与文献同等量的主要信息,在有限的字数内向读者提供尽可能多的定性或定量的信息,充分反映该研究的创新之处。英文摘要要在 300 个实词左右,内容和形式要求与中文摘要基本对应。

12 关键词 中文关键词应以《医学主题词注释字顺表(2002 年版)》为准,以标引能表达全文主题概念的叙词 2~5 个,尽量少用自由词。英文关键词应与中文对应,以《医学主题词注释字顺表(2002 年版)》及《Mesh》内所列的主题词为准,每个英文关键词第一个词的首字母大写,各关键词之间用分号隔开。

13 正文标题层次 如:1 资料与方法(或材料与方法),1.1 资料(或材料),1.2 方法,2 结果,3 讨论,一般不超过三级标题,文内连序号为圈码,如①、②、③……表示。

14 医学名词 应注意规范、标准、前后统一,尽量少用缩略语,原词过长且在文中多次出现(2 次以上)者,可于括号内写出全称并加注简称,以后用简称。医学名词术语,以全国科学技术名词审定委员会审定公布的医学名词为准。