

经导管主动脉瓣植入术的影像学研究进展

王慧 饶莉 综述

(四川大学华西医院心内科, 四川 成都 610041)

Advances in Study of Imaging of Transcatheter Aortic Valve Implantation

WANG Hui, RAO Li

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

文章编号: 1004-3934(2015)05-0531-04

中图分类号: R542.5⁺2 ; R445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1004-3934.2015.05.002

摘要: 随着经导管主动脉瓣植入术的兴起和成熟,影像学也在不断的发展和改进,两者相互促进。目前,多种影像学方法的综合评估仍然是保证手术成功的重要条件。

关键词: 经导管主动脉瓣植入术;超声心动图;计算机断层扫描;心脏核磁共振成像

Abstract: With the rising and maturation of transcatheter aortic valve implantation, imaging is also in development and improvement constantly, and both promote each other. At present, the comprehensive evaluation of imaging methods is still vital to ensure successful operation.

Key words: transcatheter aortic valve implantation; echocardiography; computed tomography; cardiac magnetic resonance

1 序言

经导管主动脉瓣植入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)是近年来心脏介入领域的热点,是以多学科团队合作为基础开展的一种新兴技术,学科领域涉及心血管外科、介入医学、心脏麻醉、影像学、护理等。其中,影像学在整个手术的术前评估、术中监测以及术后随访中都发挥了重要作用。《2012年美国经导管主动脉瓣置入术专家共识》^[1]推荐的主要影像学手段包括二维(2D)或三维(3D)经胸超声心动图(TTE)、经食管超声心动图(TEE)、计算机断层扫描(CT)、主动脉造影(CA)、心脏核磁共振(CMR)等。现就近年来TAVI的影像学研究进展进行简要综述。

2 CT

CT成像技术较其他影像学方法的最大特点为强大的后处理能力。在既往许多研究的基础上,目前已成为TAVI术前评估的常规手段,并被认为是主动脉根部各种径线测量的“金标准”。尽管如此,近年来仍有许多学者在尝试更深入的研究,以进一步完善其术前的指导作用。

主动脉瓣环径的测量对于瓣膜型号的选择至关重要。在一项运用2D-TEE与CT血管成像(CTA)技术分别测量227例患者主动脉瓣环径的研究中,与外

科手术中直接测量的“标准值”相比,2D-TEE测值易低估,而CTA测值易高估^[2]。考虑误差可能来自不同的测量人员,因此有人在CT成像的基础上,勾画出主动脉瓣环的周长和面积,并根据相关公式分别算出各自派生的瓣环径。结果发现,通过周长较通过面积所派生的瓣环径更能减少勾画者之间的差异^[3]。当然,如果机器有自动追踪的能力,可在很大程度上消除人与人之间的主观差异。Stortecky等^[4]在多层螺旋CT技术的基础上运用一种“3mensio”的软件重建主动脉瓣环的3D图像,并完成了半自动勾勒主动脉根部相应径线的工作。

目前已证实,大多数主动脉瓣环呈椭圆形,存在最大和最小瓣环径。在一篇针对多排CT测量主动脉瓣环径的meta分析中,作者分析了2000~2012年PubMed和EMBASE数据库里收纳的10个合格研究资料(含581例主动脉瓣狭窄患者)。发现在冠状面所测得的瓣环径较在矢状面的测值更大^[5],对于这个“椭圆形”在空间上的朝向认知可能有一定的帮助。在Murphy等^[6]的回顾性研究中发现,心动周期会对主动脉瓣环的评估产生影响,收缩期和舒张期瓣环的横截面积和半径(以及由半径得到的直径)存在系统差异,收缩期的面积和半径均较舒张期大,而这种差

距在无钙化或者钙化程度较轻的情况下尤为显著,如果按照舒张期的测值选择瓣膜型号可能低估,使人工瓣叶出现不匹配。而 Dementhon 等^[7]抛开了瓣环径,运用一种新型的薄层多排 CT 扫描瓣叶内部,得到一个所谓的“基底完整的连接平面”(basal complete commissural coaptation plane)。这个平面较已知的“主动脉瓣叶附着最低点构成的虚拟环”位置要高(5.2 ± 0.8) mm,相较于后者的椭圆形,前者基本为一个圆环,且与术后 CT 在相同层的投影所得瓣口面积一致。

除此之外,CT 对血管的评估也有所进展。对于拟行 TAVI 的主动脉瓣狭窄患者,CTA 术前筛查冠状动脉病变与冠状动脉造影相比,其敏感性为 98%,特异性 37%,阳性和阴性预测值分别为 67% 和 94%。尤其对下述三种情况的检测具有重要价值,即:事先未发现的冠状动脉病变(敏感性 97%,阴性预测值为 97%),事先未发现的无钙化形成的冠状动脉病变(阴性预测值 100%),搭桥术后的桥血管病变(敏感性 97%,阴性预测值 99%)^[8]。TAVI 常用的手术路径之一是经股动脉逆行途径,因手术所用的鞘管均较粗,因此术前需对外周动脉进行评估。Spagnolo 等^[9]运用 64 排增强 CT 在一个超低剂量造影剂显影下,既获得对主动脉根部血管、髂动脉等的准确评估,又减少了造影剂的用量。在一个中等样本的研究中,通过 CT 测得股动脉内腔的直径与面积,另测量鞘管最外壁的直径与面积,在受试者工作特征曲线下,鞘管与股动脉的直径比达 1.45(敏感性 64.2%)、面积比达 1.35(敏感性 78.6%)时,可作为股动脉损伤的重要预测因子^[10]。

TAVI 术后常见的并发症是瓣周反流,目前多认为与主动脉根部的团状或结节性钙化高度相关,为瓣膜支架与不光滑的管壁贴附不充分所致。因此,主动脉瓣钙化范围被认为是影响术中瓣膜植入偏心率和人工瓣周反流程度的重要预测因子,CTA 可对主动脉瓣环钙化进行评估^[11]。而在 Katsanos 等^[12]的研究中发现,多排 CT 测量的最大瓣环径与植入瓣膜直径间差值 > 2 mm,以及瓣膜下端伸入左室流出道的高度 < 2 mm,可成为 TAVI 术后发生中度瓣周反流的预测因子,敏感性 72%,特异性 61%。此外,一些危及生命的并发症也可通过 CT 发现。Leetmaa 等^[13]认为多层螺旋增强 CT 可用于发现 TAVI 术后早期人工瓣膜血栓形成,在其研究中,CT 发现了 4 例临床无症状且 TEE 检查均呈阴性的人工瓣膜血栓形成事件。Katsanos 等^[14]通过多排 CT 发现,TAVI 术后新发左束传导阻滞与植入瓣膜过度膨胀以及左室流出道植入深度独立相关。

3 超声心动图

超声心动图最大的优势在于其可重复性强、无创

廉价,又能实时、动态地观察,受到许多学者的青睐。有研究发现与多层螺旋 CT 相比,3D-TEE 对于主动脉瓣环最大径、最小径以及面积的测量同样具有可行性和合理性^[15]。当然,无论是 2D 还是 3D 技术,在主动脉瓣环的测量上,主动脉短轴较左室长轴所测得的结果更可靠^[16-17]。因此,不少学者也在尝试单纯依靠超声技术完成术前评估工作。Islas 等^[18]术前运用 2D-TEE 和 3D-TEE 评估主动脉瓣环、瓣叶活动度和钙化程度、瓣口特点和面积以及反流程度,成功为 249 例患者完成 TAVI 手术。中国同样报道了在 TEE 术前评估下,完成 3 例二叶式主动脉瓣伴重度狭窄患者的 TAVI 手术^[19]。此外,一些新型分析软件的研发,也可增加 3D-TEE 测量的准确性^[20]。但有学者认为,多层螺旋 CT 和 TEE 测量时的“界标”(landmark)不一样,因此两者所得的结果不可相互替代^[21]。

二叶式主动脉瓣狭窄的解剖不同于三叶式。在一项小样本研究中,3D-TEE 分别测量狭窄三叶式主动脉瓣、狭窄二叶式主动脉瓣以及正常主动脉瓣的瓣环、主动脉窦部和窦管交界的面积,以及从主动脉瓣环到窦管交界的距离和容积。三叶式狭窄组较正常组,其窦管交界的面积和距离均较小,使得主动脉根部的容积减小了 23%;而二叶式狭窄组较正常组有更大的面积和距离,使得容积增大了 30%^[22]。这对于手术瓣膜的选择以及未来特定瓣膜的研发有一定启示。

Shibayama 等^[23]发现 TAVI 后二尖瓣反流程度减轻与球形左室血流动力学和二尖瓣前叶受牵拉程度改善有关。Tsang 等利用 3D-TEE 采集 TAVI 前后图像,利用特制的软件追踪主动脉瓣环及二尖瓣瓣环,获得二尖瓣环位移、二尖瓣环面积、最大主动脉瓣环面积等参数。结果表明,与正常对照组相比,术前患者的上述参数均降低,收缩末期主动脉瓣环与二尖瓣瓣环夹角增大,术后即刻上述参数无改善。因此 Tsang 等^[24]认为,TAVI 在解决主动脉瓣病变同时,并不能“修复”二尖瓣结构,在未来 TAVI 术前术后的评估中,二尖瓣也可能需纳入评估范围内,但远期恢复效果尚待评估。

超声可实时观测术中效果。Kukucka 等^[25]在术中将一种超声造影剂通过猪尾导管注入患者窦管交界,观测 TAVI 术后即刻人工主动脉瓣反流程度,并与超声多普勒和血管造影技术(digital subtraction angiography, DSA)相对比,认为其敏感性比后两者强。彩色多普勒超声技术可作为术后主动脉瓣反流定量和预后评估的首选方法^[26]。

4 CMR

CMR 在 TAVI 中不能算作主流检查项目,最主要的原因可能是费用贵、耗时长。在 Pontone 等^[27]的研

究中,CMR 对于主动脉根部结构(包括主动脉瓣环径、主动脉瓣叶长度、冠状动脉开口高度)的评估优于 TTE 和 TEE,与多排 CT 测值间无统计学差异,但在瓣膜钙化的程度上稍逊于后两者,出现低估。由于较之 CT 无更多优势,目前多作为 CT 的替代方法。但还是有部分学者在这方面作了一定的尝试。一种 3D-FLASH 磁共振平扫技术用于对主动脉瓣环径、钙化程度等的评价,与 CTA 相比结果可靠,极适用于合并不能使用造影剂的肾脏病患者^[28]。在一项观察自膨式和球囊扩张式瓣膜支架病理改变的预临床实验中,Kindzelski 等^[29]在实时 CMR 引导下对猪实施了 TAVI,并在随访中采用超声和 CMR 相结合的方式。Horvath 等^[30]也完成类似实验,术中还提到了一种能与磁共振成像(MRI)兼容的手术材料。在术后随访中,CMR 在诊断并定量瓣周漏方面优于 TTE^[31-32]。CMR 在技术上虽和 CT 平分秋色,但其存在无辐射的优势,如果其他方面多加改进,仍有较大的应用空间。

5 其他影像学技术

DSA 在不少医疗中心均用以引导 TAVI 的实施,也可用于术中评估主动脉瓣反流,但一项研究显示,其判断术后主动脉瓣反流程度分级的价值与 CMR 仅中度相关($r = 0.41$)^[33]。Attizzani 等^[34]对比 TAVI 手术的两种引导方式(DSA 和 TEE)后发现,在术后主动脉瓣反流、远期(12 个月)心血管死亡、脑卒中、短暂性脑缺血发作等的发生率方面两者并无统计学差异,且 TEE 在术中常需全身麻醉。同样考虑到全麻甚至气管插管的创伤性,血管内超声技术也得到部分学者的青睐,一种新的容积测量 3D 血管内超声技术也正在研发中^[35]。

C 臂 CT 其实是 DSA 新的特殊功能,目前尚未广泛运用,大致原理是用 C 臂的旋转运动和平板探测器的采集,通过计算机重建出有立体效果的旋转图像,即不出 DSA 室就能得到类 CT 图像,大大优化了诊疗流程。已有研究表明其对于主动脉根部的评估可媲美多排 CT^[36]。

3D 打印技术可将患者的屏幕数据转化为与心脏一般大小的实物,提供包括超声、CT、MRI 等传统影像技术无法获取的细微结构信息,手术医生可据此制定更为周密、详尽的手术方案。中国在 2015 年 2 月也首次利用 3D 打印技术引导 TAVI 的完成^[37]。

6 总结

目前,TAVI 的围手术期评估依旧是多种影像技术共同合作的产物。在超声、CT、CMR 等传统技术的带动下,新兴的技术也在逐渐崭露头角;相信在未来很长的时间内,任何一项技术都不会完全替代其他技术。将患者的个体化治疗与不同影像技术的优劣相结合,是长期的发展方向。

[参考文献]

- [1] Holmes DR Jr, Mack MJ, Kaul S, et al. 2012 ACCF/AATS/SCAI/STS expert consensus document on transcatheter aortic valve replacement[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59(13):1200-1254.
- [2] Wang H, Hanna JM, Ganapathi A, et al. Comparison of aortic annulus size by transesophageal echocardiography and computed tomography angiography with direct surgical measurement[J]. *Am J Cardiol*, 2015, 115(11):1568-1573.
- [3] Schmidkonz C, Marwan M, Klinghammer L, et al. Interobserver variability of CT angiography for evaluation of aortic annulus dimensions prior to transcatheter aortic valve implantation (TAVI)[J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(9):1672-1678.
- [4] Stortecky S, Heg D, Gloekler S, et al. Accuracy and reproducibility of aortic annulus sizing using a dedicated three-dimensional computed tomography reconstruction tool in patients evaluated for transcatheter aortic valve replacement[J]. *EuroIntervention*, 2014, 10(3):339-346.
- [5] Zhang R, Song Y, Zhou Y, et al. Comparison of aortic annulus diameter measurement between multi-detector computed tomography and echocardiography: a meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2013, 8(3):e58729.
- [6] Murphy DT, Blanke P, Alaamri S, et al. Dynamism of the aortic annulus: effect of diastolic versus systolic CT annular measurements on device selection in transcatheter aortic valve replacement (TAVR)[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2015, Jul 26. pii: S1934-5925(15)00228-2.
- [7] Dementhon J, Rioufol G, Obadia JF, et al. A novel contribution towards coherent and reproducible intravalvular measurement of the aortic annulus by multidetector computed tomography ahead of transcatheter aortic valve implantation[J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2015, 108(5):281-292.
- [8] Opolski MP, Kim WK, Liebetrau C, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography for the detection of coronary artery disease in patients referred for transcatheter aortic valve implantation[J]. *Clin Res Cardiol*, 2015, 104(6):471-480.
- [9] Spagnolo P, Giglio M, di Marco D, et al. Feasibility of ultra-low contrast 64-slice computed tomography angiography before transcatheter aortic valve implantation: a real-world experience[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, July 9 [Epub ahead of print].
- [10] Krishnaswamy A, Parashar A, Agarwal S, et al. Predicting vascular complications during transfemoral transcatheter aortic valve replacement using computed tomography: a novel area-based index [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2014, 84(5):844-851.
- [11] Bekerdejian R, Bodingbauer D, Hofmann NP, et al. The extent of aortic annulus calcification is a predictor of postprocedural eccentricity and paravalvular regurgitation: a pre- and post-interventional cardiac computed tomography angiography study[J]. *J Invasive Cardiol*, 2015, 27(3):172-180.
- [12] Katsanos S, Ewe SH, Debonnaire P, et al. Multidetector row computed tomography parameters associated with paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve implantation[J]. *Am J Cardiol*, 2013, 112(11):1800-1806.
- [13] Leetmaa T, Hansson NC, Leipsic J, et al. Early aortic transcatheter heart valve thrombosis: diagnostic value of contrast-enhanced multidetector computed tomography[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2015, Apr;8(4). pii: e001596.
- [14] Katsanos S, van Rosendaal P, Kamperidis V, et al. Insights into new-onset rhythm conduction disorders detected by multi-detector row computed tomography after transcatheter aortic valve implantation[J]. *Am J Cardiol*, 2014, 114(10):1556-1561.
- [15] Tamborini G, Fusini L, Muratori M, et al. Feasibility and accuracy of three-dimensional transthoracic echocardiography vs. multidetector computed tomography in the evaluation of aortic valve annulus in patient candidates to transcatheter aortic valve implantation[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2014, 15(12):1316-1323.

- [16] Sherif MA, Herold J, Voelker W, et al. Feasibility of a new method using two-dimensional transesophageal echocardiography for aortic annular sizing in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: a case-control study[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2015, 15(1):78.
- [17] 康彧, 唐红, 宋海波, 等. 经食管三维超声心动图对主动脉瓣环径测量位点的初步研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2009, 18(12):1030-1033.
- [18] Islas F, Almería C, García-Fernández E, et al. Usefulness of echocardiographic criteria for transcatheter aortic valve implantation without balloon predilation: a single-center experience[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(4):423-429.
- [19] 潘翠珍, 潘文志, 周达新, 等. 经食管三维超声心动图在 3 例二叶式主动脉瓣畸形伴重度主动脉瓣狭窄患者经导管主动脉瓣植入中的应用[J]. *中国医学前沿杂志: 电子版*, 2015, 7(2):116-118.
- [20] Khalique OK, Kodali SK, Paradis JM, et al. Aortic annular sizing using a novel 3-dimensional echocardiographic method: use and comparison with cardiac computed tomography[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014, 7(1):155-163.
- [21] Serfaty JM, Himbert D, Esposito-Farese M, et al. Measurement of the aortic annulus diameter using transesophageal echocardiography and multislice computed tomography—are they truly comparable? [J]. *Can J Cardiol*, 2014, 30(9):1073-1079.
- [22] Wu VC, Kaku K, Takeuchi M, et al. Aortic root geometry in patients with aortic stenosis assessed by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2014, 27(1):32-41.
- [23] Shibayama K, Harada K, Berdejo J, et al. Effect of transcatheter aortic valve replacement on the mitral valve apparatus and mitral regurgitation: real-time three-dimensional transesophageal echocardiography study[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014, 7(2):344-351.
- [24] Tsang W, Meineri M, Hahn RT, et al. A three-dimensional echocardiographic study on aortic-mitral coupling in transcatheter aortic valve replacement[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(10):950-956.
- [25] Kukucka M, Pasic M, Habazettl H, et al. Contrast echocardiography: a novel technique for assessment of total aortic regurgitation following transapical aortic valve implantation[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2015, 47(1):18-23.
- [26] Collas VM, Paelinck BP, Rodrigus IE, et al. Aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation (TAVI)—Angiographic, echocardiographic and hemodynamic assessment in relation to one year outcome[J]. *Int J Cardiol*, 2015, 194:13-20.
- [27] Pontone G, Andreini D, Bartorelli AL, et al. Comparison of accuracy of aortic root annulus assessment with cardiac magnetic resonance versus echocardiography and multidetector computed tomography in patients referred for transcatheter aortic valve implantation[J]. *Am J Cardiol*, 2013, 112(11):1790-1799.
- [28] Ruile P, Blanke P, Krauss T, et al. Pre-procedural assessment of aortic annulus dimensions for transcatheter aortic valve replacement: comparison of a non-contrast 3D MRA protocol with contrast-enhanced cardiac dual-source CT angiography[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, Jul 27. pii:jev188 [Epub ahead of print].
- [29] Kindzelski BA, Li M, Mazilu D, et al. Pathology of balloon-expandable and self-expanding stents following MRI-guided transapical aortic valve replacement[J]. *J Heart Valve Dis*, 2015, 24(2):139-147.
- [30] Horvath KA, Mazilu D, Cai J, et al. Transapical sutureless aortic valve implantation under magnetic resonance imaging guidance: acute and short-term results[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(4):1067-1072.
- [31] Salaun E, Jacquier A, Theron A, et al. Value of CMR in quantification of paravalvular aortic regurgitation after TAVI[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, Jul 18 [Epub ahead of print].
- [32] Crouch G, Tully PJ, Bennetts J, et al. Quantitative assessment of paravalvular regurgitation following transcatheter aortic valve replacement[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2015, 17:32.
- [33] Frick M, Meyer CG, Kirschfink A, et al. Evaluation of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation: aortic root angiography in comparison to cardiac magnetic resonance[J]. *EuroIntervention*, 2015, 10(11):pii:20130914-01 [Epub ahead of print].
- [34] Attizzani GF, Ohno Y, Latib A, et al. Transcatheter aortic valve implantation under angiographic guidance with and without adjunctive transesophageal echocardiography[J]. *Am J Cardiol*, 2015, 116(4):604-611.
- [35] Kadakia MB, Silvestry FE, Herrmann HC. Intracardiac echocardiography-guided transcatheter aortic valve replacement[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85(3):497-501.
- [36] Azzalini L, Sharma UC, Ghoshhajra BB, et al. Feasibility of C-arm computed tomography for transcatheter aortic valve replacement planning[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2014, 8(1):33-43.
- [37] 中国首例 3D 打印技术导航 TAVI 手术完成. 生物谷. <http://news.bioon.com/article/6665603.html>.

收稿日期: 2015-08-18