

综述

经导管主动脉瓣置换术前影像学评估

王墨扬综述, 吴永健审校

摘要 经导管主动脉瓣置换术是治疗外科高危主动脉瓣重度狭窄患者的新兴介入技术。基于其“非直视”手术特点, 术前影像学评估对于筛选患者、了解主动脉根部解剖毗邻及规划入路极为重要, 有效而准确的术前影像学评估可减低术中并发症发生率, 增加手术成功率。其中主要评估方法如超声心动图、电子计算机断层扫描及核磁共振技术各有不同。本文对经导管主动脉瓣植入术前影像学综合评估的流程、各评估方法的优劣势以及如何通过评估结果规划手术从而减少并发症发生率做一综述。

关键词 综述; 经导管主动脉瓣置换术; 影像学评估

主动脉瓣狭窄是一种常见心血管疾病, 在 75 岁以上的老年人中发病率可达 5%^[1]。该疾病通常发病隐匿, 一旦出现临床症状即发展迅猛, 预后极差, 2 年生存率为 50% 而 5 年生存率速降至 20%^[2]。目前指南认为存在临床症状的主动脉瓣重度狭窄患者均应及早进行手术干预。而对于高龄、多发严重合并症的患者外科手术风险过高, 术后死亡率及并发症发病率明显增加^[3]。在此背景下, 经导管主动脉瓣置换术(TAVR)应运而生, 随着 2002 年法国教授 Cribier 等^[4]成功实施第一例 TAVR 手术以来, 这种以微创介入技术为依托的瓣膜置换术在全球蓬勃发展, 目前已有超过十万例外科高危或无法进行外科瓣膜置换术的主动脉瓣重度狭窄患者因此受益。这种新兴的介入技术较保守药物治疗的生存率及预后均有明显优势^[5], 已经为医学界所接受并推广。

基于 TAVR 的“非直视”的手术特点, 在术前患者主动脉根部解剖指标筛选、人工瓣环型号的选择、介入入路的评估、术中效果监测以及术后随访过程中均需要影像学技术的大力支持。尤其是术前影像学的评估是保证 TAVR 手术顺利完成的关键, 是避免术中严重并发症出现的重要“把关”步骤。因此, 本文旨在将目前 TAVR 术前常见影像学评估方式及经验进行总结, 并结合与影像学评估相关密切的术中并发症做一综述。

1 如何通过 TAVR 术前影像学评估进行患者筛选

拟行 TAVR 的主动脉瓣重度狭窄患者除了具备临床症状、符合外科高危(采用各种外科风险评分)等临床指征外, 对于整个心血管构造尤其是主动脉根部及外周血管入路的解剖结构同样具有较高要求。根据指南主动脉瓣重度狭窄定义为主动脉瓣口面积 $< 0.8 \text{ cm}^2$ 且主动脉瓣跨瓣压差 $\geq 40 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$) 或跨瓣峰流速 $\geq 4 \text{ m/s}$ ^[6]。TAVR 解剖功能学禁忌症方面包括: 瓣环过小(内径 $< 18 \text{ mm}$)或过大(内径 $> 29 \text{ mm}$); 存在左心室血栓、活动性感染性心内膜炎; 瓣膜钙化严重不对称及冠状动脉开口距离过低有术中冠状动脉阻塞风险; 入路存在活动性斑块血栓或严重扭曲、钙

化者; 射血分数 $< 20\%$ ^[7]。

首先, 术前的影像学检查应明确瓣膜狭窄的程度, 通过瓣口面积及压差等指标明确主动脉瓣重度狭窄的诊断标准, 并且通过左心室舒张末期内径及收缩功能进行适应证评估。应通过影像学检查除外其他禁忌证如心室内血栓、感染性心内膜炎赘生物以及其他瓣膜及主动脉解剖结构的严重畸形。

其次, 对于主动脉根部影像学评估是必须进行的, 其核心内容是主动脉瓣环的定位及测量。瓣环内径决定瓣膜型号的选择, 型号过大可能出现主动脉根部破裂、阻挡冠状动脉开口等严重合并症; 若选择型号过小可能出现严重的瓣膜返流及瓣周漏甚至瓣膜移位^[8]。而瓣环水平的确定决定了测量窦管交界、窦部、冠状动脉开口等水平高度对比的基准值。而超声心动图、核磁共振(MRI)、计算机断层摄影术(CT)对于瓣环的测量方法各异, 结果也有所不同^[8]。除了瓣环的定位及测量外主动脉根部其他毗邻结构如窦管交界、窦部、升主动脉内径及冠状动脉开口位置及距离均可影响术中并发症的发生。

最后, 对于由于介入技术的特点及 TAVR 手术器械输送器内径较大, 入路的选择是手术是否成功及术后是否出现严重出血等并发症的重要因素^[6]。目前常见的入路包括股动脉、经升主动脉、经心尖部、经锁骨下动脉。术前应通过影像学评估入路内径、角度、弯曲程度等, 进行充分准备。

2 TAVR 术前常见影像学评估方式及其优势

2.1 超声心动图

经胸超声心动图通常是作为明确主动脉瓣狭窄并评估其程度的首选检查, 对于动态测量跨瓣流速及压力阶差方面超声心动图优势明显。同时超声心动图可以动态观察瓣叶开闭情况, 判断瓣叶形态并排除因心脏解剖结构异常而导致的 TAVR 相对禁忌症, 如主动脉瓣重度反流、二尖瓣重度反流以及明显的室间隔肥厚及左心室内血栓及赘生物影^[8]。此外超声心动图可以动态了解心脏收缩、舒张功能, 具有经济、方便、可重复性高等优势。

在瓣环测量方面,因主动脉解剖结构并没有真实的主动脉瓣环存在,通常认为主动脉瓣叶进入左心室流出道的切点连接成的平面就是瓣环所在。使用经胸超声心动图测量主动脉瓣环直径通常使用左心室流出道长轴切面,其不足之处在于:在测量中轻至中度的钙化通常没有太大影响,但重度钙化时通常会对瓣环直径的测量增加难度。此外这种测量方法同时还受限于无法准确测量瓣环的真正最大直径,尤其是在瓣环是椭圆形而非圆形的情况下,通常会低估瓣环的大小^[8]。而经食道 3D 超声心动图在测量椭圆形瓣环的最大直径、最小直径、周径方面无疑更为准确,而且其在测量升主动脉、主动脉窦部以及左心室流出道等部位的内径、各平面高度以及瓣环与冠状动脉开口距离等数据的准确性可与 CT 媲美^[9]。但作为“半有创”检查,对于重度主动脉瓣狭窄患者能否耐受尚有争议。

2.2 计算机断层摄影术

作为一种常用的无创检查技术,心脏及主动脉增强 CT 可以精确的提供三维的心脏血管解剖结构图像。在瓣环测量方面,诸多研究提示 CT 主动脉瓣环测量结果通常与经胸超声心动图存在差异。考虑原因为主动脉根部“皇冠状”立体形态,采用 CT 双斜位采集窦底三个最低点方法能更好定位三维主动脉瓣环结构,因主动脉瓣环呈椭圆形而非标准圆形,分别测量长短径计算内径均值可更好反应主动脉瓣环实际内径。对比发现经胸超声心动图采取二维平面测量瓣叶连接点距离方法确定主动脉瓣环内径,因其二维测量特点及易受钙化影响,更易低估主动脉瓣环内径^[10, 11]。而更具说服力的是 Dashkevich 等^[12]采取 CT 及经食道超声心动图两种方法测量 33 例主动脉瓣重度狭窄患者瓣环内径,对比外科瓣膜置换术中直接瓣环测量结果发现 CT 吻合率明显优于经食道超声心动图。此外 CT 对于主动脉根部的三维扫描可以提供左心室流出道、瓣环、主动脉窦部、窦管交界及升主动脉多平面的内径(包括最大直径、最小直径及周径)和高度,可评估瓣环平面距离冠状动脉开口的高度及和二尖瓣前叶的关系,同时 CT 扫描可以评估瓣环的钙化程度,通过软件分析钙化积分而决定是否进行后扩张等操作。通过准确的测量我们可以充分评估患者是否适合 TAVR 手术并且在术前选择合适型号的人工瓣膜,在操作中可尽量避免遮挡冠状动脉开口,压迫左心室流出道导致传导阻滞等并发症的发生。世界心脏 CT 协会(SCCT)认为增强 CT 对于 TAVR 术前主动脉根部解剖具有良好的测量能力,建议作为测量金标准纳入 TAVR 手术评估流程^[10]。

由于在 TAVR 术中通常要使用超过 18~20F 的鞘管进行瓣膜运送操作,选择何种入路能使得人工瓣膜顺利的通过主动脉到达指定地点成为关键所在。而采用 CT 技术进行外周血管(包括股、髂及锁骨下动脉)的评估尤为重要,采用 3D 技术及辅助软件可轻松的重建外周血管的形态,内径的大小以及有无溃疡斑块或严重钙化,通过和预期鞘管内径的比较而选择出安全通畅的入路。

可以说 CT 对于评估 TAVR 患者、测量主动脉根部数据及选择手术入路均起着不可替代的辅助作用。

2.3 心脏核磁共振

由于操作耗时长,对于临床症状较重耐受能力差的主动脉瓣重度狭窄患者来说心脏核磁共振并非常规的术前评估项

目,但核磁共振对于瓣环的测量与 CT 测量结果相关性良好^[8],同时对于心脏解剖结构及收缩功能可进行有效评估。对于术前临床症状和心脏超声心动图差别较大的患者可以采取心脏核磁共振检查进一步验证,在左心室收缩功能的评估方面,心脏核磁共振可以精确地测量心室的收缩功能、容量、结构以及射血分数,对于核磁测量射血分数 < 20% 的患者通常不适合行 TAVR 手术。此外对于心脏收缩功能低下患者,排查心肌病以及心肌淀粉样变等方面,核磁共振具有很大优势^[13]。

3 与术前影像学评估密切相关的术中并发症

3.1 冠状动脉开口阻塞

虽然术中冠状动脉开口阻塞发生率仅为 0.6% 左右,但却会导致急性心肌梗死或猝死等严重的后果。TAVR 术中原有瓣叶会因球囊扩张撕裂并贴附于窦部管壁,如冠状动脉开口过低、窦部内径过小、瓣叶过长或瓣叶边缘存在团块钙化增生都会导致冠状动脉开口阻塞的发生。大多数患者主动脉根窦部呈“洋葱样”上细下膨隆形态,但一些患者窦部较小,根部呈类似管型结构,也是人工瓣膜植入后自体瓣叶极易阻挡冠状动脉开口的高危因素^[14]。既往研究发现大多数患者左冠开口更低,出现阻塞比例更高。出现冠状动脉开口阻塞患者的冠状动脉开口高度为左冠(10.6 ± 2.1) mm,窦部平均内径为(28 ± 3.8) mm。目前尚无明确的指南,但冠状动脉开口距离小于 10 mm、窦部呈管状结构以及瓣叶过长钙化增生、女性及使用球囊膨胀瓣膜均为阻挡冠状动脉开口的危险因素已成共识。因此有专家建议 TAVR 术前患者影像学筛选冠状动脉开口至瓣环距离应 > 10 mm,窦部直径至少 ≥ 30 mm,而瓣叶长度和钙化应个体化分析^[15]。

3.2 主动脉瓣反流及瓣周漏

因 TAVR 手术与外科置换术的特点不同,保留自身瓣膜并将其撕裂贴壁的前者更容易发生术后主动脉瓣反流。其中反流分为瓣膜中心性反流(通常与人工瓣膜膨胀不完全有关)及瓣周性反流(更为常见)。TAVR 术后出现中量以上主动脉瓣反流提示着预后更差^[16]。荟萃分析提示有 11.7% 患者在 TAVR 术后出现中重度主动脉瓣反流,而该组患者 30 天和 1 年死亡率明显升高^[17]。既往研究认为发生瓣周漏常见原因是瓣膜选择过小,如术前测量瓣环内径大于实际植入瓣膜内径超过 2 mm,则发生瓣周漏可能性较大^[18]。而 Mohamed 等^[19]对球囊后扩张瓣膜,Leber 等^[20]对自膨胀瓣膜的研究均提示瓣环水平钙化程度与术后瓣周漏呈明显正相关,并可预测术后 30 天 MACE 时间和 1 年死亡率。Takagi 等^[21]及 Jilaihawi 等^[22]则分别发现瓣膜植入过浅可导致支架锚定部位支撑力不足,而出现瓣周漏间隙过大。故目前认为 TAVR 术后瓣周性反流原因主要有低估瓣环内径、瓣环水平钙化严重及瓣膜植入位置过浅。在术前 CT 测量时应明确瓣环内径及周边钙化情况(钙化积分),植入过程中应注意造影透视下的瓣膜定位,从而减少主动脉瓣反流的发生。同时需要注意的是若钙化严重(尤其是瓣环至左心室流出道)同时选择瓣环过大则有主动脉根部撕裂的致命性风险^[23]。

3.3 传导阻滞

TAVR 术后出现房室传导阻滞以致需要植入永久起搏器是常见的并发症之一,多项研究显示新发传导阻滞并植入起搏器对术后 12 个月心力衰竭改善有明显的不良影响。目前认为导致起搏器植入的危险因素包括:术前的束支传导阻滞、

术前 QRS 波宽、室间隔厚、既往心肌梗死、支架嵌入左心室流出道的宽度及深度过大, 左心室流出道内径较小, 以及瓣膜型号的选择过大^[24]。术前针对左心室流出道形态的测量评估可一定程度减少术后房室传导阻滞发生率, 但目前尚无统一标准^[25]。

3.4 入路血管并发症

TAVR 手术中出现的器械植入困难、外周血管撕裂或闭塞、严重出血都是常见的入路血管并发症^[26]。既往研究认为血管并发症的危险因素包括鞘管内径过大、入路血管内径过小、血管粥样硬化斑块及弯曲程度过大^[27]。通常股动脉及锁骨下动脉入路需要更好条件的外周血管内径及角度。如无法满足运送系统植入则应选择升主动脉及经心尖途径。术前应对拟用血管进行影像学分析, 尤其是通过 CT 的三维重建功能可充分评估血管内径、动脉粥样硬化程度及有无钙化斑块、夹层及溃疡, 评估弯曲成角程度等, 尽量避免血管并发症的发生。

结语: 随着技术的不断完善和经验的积累, 越来越多的患者开始选择 TAVR 作为主动脉瓣重度狭窄的治疗方式。而术前细致的影像学综合评估是 TAVR 的重要组成部分, 为患者的筛选及指导术中操作减免 TAVR 并发症的发生起到了不可替代的作用。我们应该更加重视影像学评估工作, 为 TAVR 的发展保驾护航。

参考文献

- [1] Nkomo VR, Gardin JM, Skelton TN, et al. Burden of valvular heart diseases. *Lancet*, 2006, 368: 1005–1011.
- [2] Lester SJ, Heilbron B, Gin K, et al. The natural history and rate of progression of aortic stenosis. *Chest*, 1998, 113: 1109–1114.
- [3] Iung B, Baron G, Butchart EG, et al. Prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe. *Eur Heart J*, 2003, 24: 1231–1243.
- [4] Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*, 2002, 106: 3006–3008.
- [5] Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Brochet E, et al. Multimodal assessment of the aortic annulus diameter implications for transcatheter aortic valve implantation. *JACC*, 2010, 55: 186–193.
- [6] Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al. Transcatheter versus surgical aortic valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med*, 2011, 364: 2187–2198.
- [7] Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012): the joint task force on the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012, 42: S1–44.
- [8] Cerillo AG, Mariani M, Berti S, et al. Sizing the aortic annulus. *Ann Cardiothorac Surg*, 2012, 1: 245–256.
- [9] Tamborini G, Fusini L, Gripari P, et al. Feasibility and accuracy of 3DTEE versus CT for the evaluation of aortic valve annulus to left main ostium distance before transcatheter aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2012, 5: 579–588.
- [10] Achenbach S, Delgado A, Hausleiter J, et al. SCCT expert consensus document on computed tomography imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2012, 6: 366–380.
- [11] Lehmkuh L, Foldyna B, Haensig M, et al. Role of preprocedural computed tomography in transcatheter aortic valve implantation. *Rofo*, 2013, 185: 941–949.
- [12] Dashkevich A, Blanke P, Siepe M, et al. Preoperative assessment of aortic annulus dimensions: comparison of noninvasive and intraoperative measurement. *Ann Thorac Surg*, 2011, 91: 709–714.
- [13] Crouch G, Bennetts J, Sinhal A, et al. Early effect of transcatheter aortic valve implantation and aortic valve replacement on myocardial function and aortic valve hemodynamics: insights from cardiovascular magnetic resonance imaging. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149: 462–470.
- [14] Ribeiro HB, Webb JG, Makkar RR, et al. Predictive factors, management, and clinical outcomes of coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: insights from a large multicenter registry. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62: 1552–1562.
- [15] 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: 321–330.
- [16] Kodali SK, William MR, Smith CR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic valve replacement. *N Engl J Med*, 2012, 366: 1686–1695.
- [17] Athappan G, Patvardhan E, Tuzcu EM, et al. Incidence, predictors, and outcomes of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve replacement: meta-analysis and systematic review of literature. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61: 1585–1595.
- [18] Katsanos S, Ewe SH, Debonnaire P, et al. Multidetector row computed tomography parameters associated with paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol*, 2013, 112: 1800–1806.
- [19] Mohamed M, Stephan A, Stefan M, et al. CT predictors of post-procedural aortic regurgitation in patients referred for transcatheter aortic valve implantation: an analysis of 105 patients. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2013, 29: 1191–1198.
- [20] Leber AW, Kasel M, Ischinger T, et al. Aortic valve calcium score as a predictor for outcome after TAVI using the core valve revalving system. *Int J Cardiol*, 2013, 166: 652–657.
- [21] Takagi K, Latib A, Al-Lamee R, et al. Predictors of moderate-to-severe paravalvular aortic regurgitation immediately after CoreValve implantation and the impact of postdilatation. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 78: 432–443.
- [22] Jilaihawi H, Chin D, Spyrt T, et al. Prosthesis-patient mismatch after transcatheter aortic valve implantation with the Medtronic-CoreValve bioprosthesis. *Eur Heart J*, 2010, 31: 857–864.
- [23] 王墨扬, 许亮, 裴汉军, 等. 15 例拟行经导管主动脉瓣置换术患者主动脉根部影像学与临床应用—单中心早期经验. *中国循环杂志*, 2014, 29: 714–717.
- [24] Baan J, Yong ZY, Koch KT, et al. Factors associated with cardiac conduction disorders and permanent pacemaker implantation after percutaneous aortic valve implantation with the CoreValve prosthesis. *Am Heart J*, 2010, 159: 497–503.
- [25] 牛红霞, 吴永健, 滕思勇, 等. 经导管主动脉瓣植入术后管理和常见并发症分析—早期单中心经验. *中国循环杂志*, 2013, 28: 422–426.
- [26] Genereux P, Head SJ, Van Mieghem NM, et al. Clinical outcomes after transcatheter aortic valve replacement using valve academic research consortium definitions: a weighted meta-analysis of 3519 patients from 16 studies. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59: 2317–2326.
- [27] Hayashida K, Lefevre T, Chevalier B, et al. Transfemoral aortic valve implantation new criteria to predict vascular complications. *JACC Cardiovasc Interv*, 2011, 4: 851–858.

(收稿日期: 2016-01-22)

(编辑: 汪碧蓉)