



华西医学
West China Medical Journal
ISSN 1002-0179, CN 51-1356/R

《华西医学》网络首发论文

题目：经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术与规范化评估中国专家共识解读
作者：姚晶, 宋光远
收稿日期：2024-08-10
网络首发日期：2024-09-19
引用格式：姚晶, 宋光远. 经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术与规范化评估中国专家共识解读[J/OL]. 华西医学. <https://link.cnki.net/urlid/51.1356.R.20240918.1421.008>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术与规范化评估中国专家共识解读



姚晶, 宋光远

首都医科大学附属北京安贞医院心脏瓣膜病介入中心(北京 100029)



宋光远：主任医师，教授，博士研究生导师，现任首都医科大学附属北京安贞医院心脏瓣膜病介入中心主任，北京市“登峰”培养计划团队负责人。中国医师协会心血管病分会结构专家委员会秘书，中华医学会北京分会心血管病委员会结构学组副组长，北京市心血管内科质量控制和改进中心结构性心脏病专家工作组副组长，亚太结构性心脏病俱乐部秘书长，世界中联专业委员会心血管介入协会常务理事，第 34 届长城心脏病学大会秘书长，中国结构周核心工作组秘书长，北京瓣膜论坛主席。作为国内首位专业人员赴美完成瓣膜性心脏病介入诊疗博士后培训，牵头和参与了结构性心脏病和复杂冠心病介入治疗相关基础和临床研究 20 余项。作为核心成员主持或参与十余项国家级及省部级重大课题，曾获教育部高等学校科学研究优秀成果奖一等奖和北京市科技进步一等奖。以第一/通信作者发表 30 余篇创新性研究高质量论文，他引次数超过 300 次。获结构性心脏病相关国家发明专利及实用新型专利 12 项。

【摘要】 该文解读了《经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术中国专家共识》和《经导管主动脉瓣置换术 CT 规范化评估中国专家共识》的核心内容，详细阐述了经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)术前及术后 CT 检查的技术要点，包括患者准备、数据采集、图像重建、对比剂使用策略等。同时，对 TAVR 相关 CT 规范化评估的关键环节进行了深入解读，涵盖主动脉根部解剖结构、心脏形态、冠状动脉、手术入路等方面的评估，强调了上述共识对规范 TAVR 相关 CT 检查、提高诊疗质量、推动中国心血管介入治疗领域发展的重要意义。

【关键词】 经导管主动脉瓣置换术；CT 检查；规范化评估；专家共识；主动脉瓣狭窄

Interpretation of Chinese expert consensus on CT examination techniques and standardized evaluation for transcatheter aortic valve replacement

YAO Jing, SONG Guangyuan

Interventional Center of Valvular Heart Disease, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, P. R. China

Corresponding author: SONG Guangyuan, Email: songgy_anzhen@vip.163.com

【Abstract】 This article interprets the core content of *Chinese expert consensus on the CT examination for transcatheter aortic valve replacement* and *Chinese expert consensus on standardized evaluation of CT for transcatheter aortic valve replacement*, and elaborates on the technical points of preoperative and postoperative CT examination for transcatheter aortic valve replacement (TAVR), including patient preparation, data acquisition, image reconstruction, and contrast agent use strategies. The article also provides an in-depth interpretation of the crucial elements in standardized CT evaluation for TAVR, covering assessments of aortic root anatomy, cardiac morphology, coronary arteries, and surgical access routes. The article emphasizes the significance of the above consensus in standardizing TAVR-related CT examinations, improving diagnosis and treatment quality, and promoting the development of cardiovascular intervention therapy in China.

【Key words】 Transcatheter aortic valve replacement; CT examination; standardized evaluation; expert consensus; aortic stenosis

DOI: [10.7507/1002-0179.202408175](https://doi.org/10.7507/1002-0179.202408175)

通信作者：宋光远，Email: songgy_anzhen@vip.163.com

经导管主动脉瓣置换术 (transcatheter aortic valve replacement, TAVR) 是一项革命性的技术, 已成为主动脉瓣狭窄患者的一线治疗手段。自 2002 年以来, TAVR 的安全性和有效性已通过多项大型、多中心、前瞻性、随机对照研究以及临床注册研究得到了广泛验证, 其适应证逐步扩展到中、低风险患者^[1-2]。影像学评估 (尤其是 CT 检查) 已成为 TAVR 术前评估和手术规划的“金标准”, 准确的影像学评估对于手术策略的制定至关重要^[3]。为了规范 TAVR 相关 CT 检查方案, 促进 TAVR 在我国的规范化和快速发展, 中国医师协会放射医师分会心血管学组、国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组、中国研究型医院学会心血管影像专业委员会共同制定了《经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术中国专家共识》^[4] 和《经导管主动脉瓣置换术 CT 规范化评估中国专家共识》^[5]。本文将对这 2 篇专家共识的核心观点进行总结和解释。

1 TAVR 相关 CT 检查技术

1.1 患者准备

TAVR 术前 CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 检查需作好充分准备, 并签署知情同意书及排除相应禁忌证^[6-7]。接受检查前, 需详细询问患者相关病史和检查禁忌证, 并签署 CT 检查及碘对比剂使用知情同意书。禁忌证包括碘对比剂相关的相对禁忌证和电离辐射相关的相对禁忌证, 如孕妇。检查前准备包括避免进食、避免含咖啡因的食物和饮料、适当水化和进行健康宣教等。

1.2 数据采集与图像重建

设备要求 64 排及以上 CT 扫描仪。扫描内容包括心电门控非增强 CT 扫描、心电门控全期相 CTA 扫描、大范围非心电门控螺旋 CTA 扫描。TAVR 术前检查主动脉 CTA 扫描范围需要包括颈动脉、全主动脉、髂动脉及股动脉上段。

屏气训练和全期相心电门控技术可以显著减少运动伪影, 提高图像的清晰度和准确性。患者应进行呼吸屏气训练, 以减少呼吸伪影。扫描应在吸气末屏气时进行, 采用全期相心电门控技术, 确保捕捉到清晰的心脏和血管影像。为了减少电离辐射, 在进行颈动脉、全主动脉、髂动脉及股动脉扫描时, 建议采用螺旋扫描, 无需心电门控^[8]。同时, 大螺距扫描有利于减少碘对比剂用量和辐射剂量。如果 CT 设备无法在 1 次增强过程中完成主动脉根部和心脏的心电门控扫描以及全主动脉大范围螺旋扫描, 可依次分别进行 2 次增强扫描^[9-10]。

根据不同设备的特点选择合适的扫描策略, 可以优化检查流程, 提高检查效率, 并确保获取高质量的影像数据。对于第 1 代双源 CT 及 64 排 CT 设备, 通过分次扫描依次获得数据。宽探测器 CT 扫描设备可以在 1 次对比剂注射后完成所有检查^[11]。采用支持大螺距扫描的双源 CT 时, 先进行非增强 CT 扫描和全期相心电门控 CTA 扫描, 然后进行大螺距螺旋扫描。

1.3 对比剂注射策略及扫描延迟触发时间

对比剂的使用策略和扫描时间的精确控制对于获得高质量的增强图像至关重要。个体化的注射策略和科学的延迟触发方法可以确保图像的对比度和清晰度^[12]。根据对比剂浓度、设备扫描速度、患者静脉条件、体重和心肾功能调整注射流率及总量, 确保增强后升主动脉内平均 CT 值高于 250 HU (亨氏单位)^[5]。采用对比剂团注测试法或追踪法确定扫描延迟触发时间, 确保在对比剂最适合的状态下进行扫描。

1.4 肾功能不全患者和心功能不全患者的检查方案

对肾功能不全患者, 应尽量减少对比剂使用, 采用低剂量扫描方案, 并尽量使用等渗对比剂^[13]。对于肾功能轻中度降低的患者即估算肾小球滤过率 $\geq 30 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 的患者, 检查前无需常规水化。当估算肾小球滤过率 $< 30 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$ 时, 推荐检查前常规予以补液^[14]。

心功能不全的患者在接受 CT 检查时, 需根据心功能状态进行评估和监测, 确保检查的安全性和有效性。对于纽约心脏病协会心功能分级 III 级及以下的患者, 可常规进行术前 CTA 检查^[15-17]。对于纽约心脏病协会心功能分级 IV 级的患者, 建议在抗心力衰竭治疗稳定后再进行检查^[18]。在进行 CTA 检查时, 需严密监测心功能不全患者的临床状态, 防止出现低血压、循环崩溃等情况。

1.5 辐射剂量控制

通过优化扫描参数和使用先进的图像重建技术, 可以有效降低患者的辐射暴露, 同时确保图像质量。可根据患者的体重和体型, 调整管电压和管电流, 降低辐射剂量。可以应用迭代重建算法或 AI 重建技术, 进一步减少辐射剂量, 提高图像质量^[12]。

1.6 图像重建

高分辨率和多期图像重建可以提供详细的解剖结构信息, 便于术前评估和手术计划。TAVR 术前 CTA 图像重建要求层厚为亚毫米级, 推荐采用迭代算法或 AI 算法进行图像重建。主动脉根部和心脏要求全期相重建, 建议 10% R-R 间期或以 50

ms 为间隔进行图像重建^[19]。

检查过程中需要尽量降低患者所接受的辐射剂量,尽量选择较低的管电压及管电流,应用迭代重建算法或 AI 重建技术,并减少对比剂用量。

1.7 图像质量评价与质量控制

检查过程中每一步均需经过训练的放射科及临床医护人员进行监督和陪护,以确保获得高质量的检查结果。扫描结束后需立刻浏览 CT 图像,评价图像质量和扫描完整度,如图像质量或完整度不足以满足 TAVR 术前规划的相关评估要求,则需要进行第 2 次检查或补充扫描。

1.8 术后 CT 检查方案

术后 CT 评估是观察 TAVR 瓣膜功能及其手术并发症的重要检查^[20],对于有临床症状和/或超声发现瓣膜流速压差异常的患者,建议及时进行主动脉根部全期相心电门控 CTA 扫描。对于无症状且超声无特殊异常的患者,建议根据临床具体情况于术后半年内行全期相心电门控 CTA 扫描。TAVR 术后 CTA 检查应根据临床具体情况、患者依从性于术后半年内行包括升主动脉、主动脉根部和心脏的全期相心电门控 CTA 扫描。为了保证 TAVR 术后对瓣架、瓣叶、主动脉根部及冠状动脉(冠脉)的全面评估及其准确度,必须使用心电门控进行扫描,应包括全期相心电门控数据,以便消除运动伪影,对瓣架状况、瓣叶运动及血栓等方面进行准确评价^[21]。Z 轴范围应覆盖部分升主动脉、主动脉根部及整个心脏,即气管隆突处至心脏下缘,余扫描方案同术前主动脉根部评价扫描方案。

1.9 术后 CT 图像质量评价与质量控制

同术前图像评价标准,如图像质量无法满足术后评估要求,需择期进行第 2 次检查。

2 TAVR 相关 CT 规范化评估

2.1 主动脉根部解剖结构评估

准确评估主动脉根部的解剖结构是 TAVR 术前评估的关键环节。通过 CT 影像可以详细测量主动脉瓣环直径、主动脉瓣叶解剖、主动脉窦及窦管交界处径线和升主动脉径线等重要参数^[22-23],这些信息直接影响人工瓣膜的选择和手术的成功率。多平面重建技术可以从不同角度观察和测量主动脉根部,提供全面的解剖学信息。上述测量参数用于指导选择适当的人工瓣膜尺寸和制定手术策略。具体评估内容包括主动脉瓣环直径、主动脉瓣叶的形态、数目、大小、位置,以及瓣叶、交界区瓣环钙化的形态和程度、主动脉窦直径、窦间距、升

主动脉直径等。测量方法为通过多平面重建技术,对主动脉根部进行精确测量。

2.2 心脏形态及结构评估

心脏形态和结构的评估对于 TAVR 术前评估非常重要。通过 CT 影像可以详细评估左心室和右心室的大小和功能。心肌结构的检查有助于识别潜在的心脏病变,制定更全面的手术方案,包括左心室和左心房的大小和功能、右心室和右心房以及心肌结构的评估,即观察心肌是否有异常,如肥厚、纤维化或其他病变。

2.3 冠脉开口和冠脉病变评估

冠脉的开口位置和高度是制定 TAVR 手术策略时需要考虑的重要因素之一^[24]。CT 影像可以准确测量冠脉开口的位置和高度,评估其与主动脉瓣环的关系,从而预测手术过程中可能的冠脉阻塞风险,帮助制定术中防范措施,确保手术的安全性。

评估内容主要包括 2 个方面:① 评估冠脉开口位置和高度:了解冠脉开口相对于主动脉瓣环的位置,以及瓣叶长度对冠脉风险的影响;② 评估冠脉病变:检测冠脉是否存在狭窄或阻塞,指导制定手术策略。

2.4 手术入路评估

CT 影像可以详细显示从主动脉到股动脉的血管路径情况,评估血管的直径、弯曲/狭窄程度、钙化情况及存在的合并症等。对于无法通过股动脉进行手术的患者,还需要评估其他入路的可行性,如锁骨下动脉和颈动脉。全面的评估有助于选择最佳的手术入路,降低手术风险。评估血管路径的范围包括从主动脉至股动脉的路径,以及其他可能的入路,如锁骨下动脉、颈动脉、升主动脉、腔静脉等^[25-26]。

2.5 投照角度

为术者提供最佳的投照角度可以提高手术的准确性和效率。CT 检查过程中发现的任何异常情况,如其他心血管疾病或解剖结构异常,均应在报告中体现,以便术者在手术中能够全面考虑所有可能的因素。综合评估主动脉瓣及其周围结构,可以确保术前准备的全面和准确。

应根据术者的手术习惯和需求,提供最佳的投照角度,TAVR 术前常用投照角度的 CT 模拟图像包括右窦中心位、左右窦重合位、右无窦重合位及双窦展开位 CT 图像。

2.6 术后 CT 评估

通过 CT 影像,可以详细评估 TAVR 术后人工瓣膜的功能和位置,监测术后可能出现的并发症,

如亚临床血栓形成、血管损伤等^[27]。对于无症状且超声无异常的患者,术后半年内进行随访 CT 检查,可以及时发现和处理潜在问题,提高远期治疗效果。

3 结语

《经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术中国专家共识》和《经导管主动脉瓣置换术 CT 规范化评估中国专家共识》这 2 篇共识是在广泛征求和吸取国内外专家意见的基础上制定的,其结合我国的国情和实际情况,经过多轮讨论和修订而形成,具有较高的权威性和适用性,具有重要的临床、学术和实施意义。通过制定详细的 CT 检查技术和评估标准,这 2 篇共识为全国各级医院的放射科和心内科医师提供了统一的操作指南,规范了 TAVR 术前和术后 CT 检查的流程和技术细节,有利于提升整体医疗水平。标准化的操作流程和评估方法有助于提高 TAVR 手术的诊疗质量,确保每一例手术都能按照最佳实践进行,从而提升患者的治疗效果。这 2 篇共识不仅规范了 TAVR 术前及术后的 CT 检查和评估,对提升中国心血管介入治疗领域的整体水平也起到了积极的推动作用,有助于优化我国的医疗人才培养,加强我国在该领域的学术、技术和管理水平,推动我国心血管介入治疗领域的科研发展和技术创新,为提升我国人民的健康水平和生活质量作出了贡献。

利益冲突: 所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 Eltchaninoff H, Zajarias A, Tron C, *et al.* Transcatheter aortic valve implantation: technical aspects, results and indications. *Arch Cardiovasc Dis*, 2008, 101(2): 126-132.
- 2 Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, *et al.* 2021 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*, 2022, 43(7): 561-632.
- 3 Bonow RO, Brown AS, Gillam LD, *et al.* ACC/AATS/AHA/ASE/EACTS/HVS/SCA/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2017 appropriate use criteria for the treatment of patients with severe aortic stenosis: a report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Heart Valve Society, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 70(20): 2566-2598.
- 4 中国医师协会放射医师分会心血管学组, 国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组, 中国研究型医院学会心血管影像专业委员会. 经导管主动脉瓣置换术 CT 检查技术中国专家共识. *中华放射学杂志*, 2024, 58(4): 365-374.
- 5 中国医师协会放射医师分会心血管学组, 国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组, 中国研究型医院学会心血管影像专业委员会. 经导管主动脉瓣置换术 CT 规范化评估中国专家共识. *中华放射学杂志*, 2024, 58(6): 576-586.
- 6 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南 (第 2 版). *中华医学杂志*, 2014, 94(43): 3363-3369.
- 7 北京市医学影像质量控制与改进中心专家组. 北京市“对比剂使用知情同意书”推荐模板. *中国医学影像技术*, 2016, 32(7): 1143-1145.
- 8 Achenbach S, Delgado V, 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(6): 366-380.
- 9 Felmlly LM, De Cecco CN, Schoepf UJ, *et al.* Low contrast medium-volume third-generation dual-source computed tomography angiography for transcatheter aortic valve replacement planning. *Eur Radiol*, 2017, 27(5): 1944-1953.
- 10 Mangold S, De Cecco CN, Schoepf UJ, *et al.* CT angiography for planning transcatheter aortic valve replacement using automated tube voltage selection: image quality and radiation exposure. *Eur J Radiol*, 2017, 86: 276-283.
- 11 Mata-Mbemba D, Labani A, El Ghannudi S, *et al.* 320-row CT transcatheter aortic valve replacement planning with a single reduced contrast media bolus injection. *PLoS One*, 2018, 13(9): e0204145.
- 12 Kok M, Turek J, Muhl C, *et al.* Low contrast media volume in pre-TAVI CT examinations. *Eur Radiol*, 2016, 26(8): 2426-2435.
- 13 Faggiano P, Frattini S, Zilioli V, *et al.* Prevalence of comorbidities and associated cardiac diseases in patients with valve aortic stenosis. potential implications for the decision-making process. *Int J Cardiol*, 2012, 159(2): 94-99.
- 14 van Mourik MS, van Kesteren F, Planken RN, *et al.* Short versus conventional hydration for prevention of kidney injury during pre-TAVI computed tomography angiography. *Neth Heart J*, 2018, 26(9): 425-432.
- 15 Chow BJW, Coyle D, Hossain A, *et al.* Computed tomography coronary angiography for patients with heart failure (CTA-HF): a randomized controlled trial (IMAGE-HF 1C). *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(9): 1083-1090.
- 16 Expert Panel on Cardiac Imaging, White RD, Kirsch J, *et al.* ACR appropriateness criteria suspected new-onset and known nonacute heart failure. *J Am Coll Radiol*, 2018, 15(11S): S418-S431.
- 17 Meinel FG, Bayer RR 2nd, Zwerner PL, *et al.* Coronary computed tomographic angiography in clinical practice: state of the art. *Radiol Clin North Am*, 2015, 53(2): 287-296.
- 18 Abbara S, Blanke P, Maroules CD, *et al.* SCCT guidelines for the performance and acquisition of coronary computed tomographic angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee: endorsed by the North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI). *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2016, 10(6): 435-449.
- 19 Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, *et al.* Computed tomography imaging in the context of transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR): an expert consensus document of the Society of

- Cardiovascular Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(1): 1-24.
- 20 Marwan M, Mekkhala N, Göller M, *et al.* Leaflet thrombosis following transcatheter aortic valve implantation. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2018, 12(1): 8-13.
- 21 Elattar MA, Vink LW, van Mourik MS, *et al.* Dynamics of the aortic annulus in 4D CT angiography for transcatheter aortic valve implantation patients. *PLoS One*, 2017, 12(9): e0184133.
- 22 Dahiya A, Coucher J, Pratap J, *et al.* Multiphase TAVR CT identifies unexpected sticky situation (mechanical mitral valve leaflet dysfunction and bicuspid aortic valve). *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2021, 15(3): e22-e24.
- 23 Zgheib A, Campens L, Abualsaud A, *et al.* Aortic annulus S-curve: implications for transcatheter aortic valve replacement and related procedures, part 1. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022, 15(23): 2353-2373.
- 24 Ribeiro HB, Nombela-Franco L, Urena M, *et al.* Coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: a systematic review. *JACC Cardiovasc Interv*, 2013, 6(5): 452-461.
- 25 Yousef S, Brown JA, Kliner D, *et al.* Transfemoral *versus* subclavian access for transcatheter aortic valve replacement. *Innovations (Phila)*, 2022, 17(2): 95-101.
- 26 Raptis DA, Beal MA, Kraft DC, *et al.* Transcatheter aortic valve replacement: alternative access beyond the femoral arterial approach. *Radiographics*, 2019, 39(1): 30-43.
- 27 Hein M, Breitbart P, Minners J, *et al.* Performance of computed tomography angiography (CTA) for the diagnosis of hypoattenuated leaflet thickening (HALT). *J Clin Med*, 2022, 11(7): 1817.

收稿日期: 2024-08-10 修回日期: 2024-09-12

本文编辑: 唐棣

