

·血管介入 Vascular intervention·

升主动脉根部测量研究进展

赵玉玺, 冯家烜, 周建, 冯睿, 景在平

【摘要】 目的 系统回顾近年文献中升主动脉根部测量数据结果、影响因素及方法等。**方法** 分别对升主动脉、主动脉窦部、冠状动脉开口处的测量数据进行整理分析,比较不同检查方法和测量手段。**结果** 共收集纳入 21 篇相关文献数据,测量结果表明升主动脉根部直径变化区间为 $(24.3\pm 3.1)\sim(34.0\pm 5.0)$ mm,主动脉窦直径变化区间为 $(29.0\pm 4.0)\sim(34.0\pm 3.0)$ mm;窦管结合部直径变化区间为 $(25.4\pm 5.2)\sim(30.5\pm 3.2)$ mm。比较国人与欧美人升主动脉根部直径、升主动脉中段直径、主动脉窦直径测量数据发现,欧美人有大于国人趋势。**结论** 尽管腔内血管修复术的应用日益普及,但受自然解剖结构的限制,升主动脉根部一直被视为腔内血管修复术禁区,相应支架移植物有待进一步发展。因此通过准确、便利方法进一步了解升主动脉根部数据已成为研究热点,将为研制开发新型、适合人体生理解剖的支架移植物提供有力依据。

【关键词】 升主动脉根部;腔内血管修复术;测量

中图分类号:R543.5 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-11-0939-05

Research progress in the measuring of ascending aortic root ZHAO Yu-xi, FENG Jia-xuan, ZHOU Jian, FENG Rui, JING Zai-Ping. Department of Vascular Surgery, Affiliated Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

Corresponding author: FENG Rui, E-mail: fengrui1588@qq.com

【Abstract】 Objective To systematically review the measurement results, influencing factors and methods of the ascending aortic root reported in recent literature. **Methods** The measured data of the ascending aortic root, the aortic sinus and the coronary artery orifices were analyzed. The different examination means and measurement methods were compared. **Results** A total of 21 related literature data were enrolled in this analysis. The analysis of the measurement results revealed that the change interval of the aortic root diameter was $(24.3\pm 3.1)\sim(34.0\pm 5.0)$ mm, the change interval of the aortic sinus was $(29.0\pm 4.0)\sim(34.0\pm 3.0)$ mm, and the change interval of sino-tubular junction was $(25.4\pm 5.2)\sim(30.5\pm 3.2)$ mm. The measured data of the ascending aortic root diameter, the diameter of middle segment of ascending aorta and the diameter of aortic sinus in European and American people were larger than those in Chinese people. **Conclusion** Although endovascular repair is becoming more and more popular in clinical practice, its application is still limited by the natural anatomical structure because the ascending aortic root has been considered to be a forbidden area for endovascular repair and the corresponding stent graft needs to be further studied and developed. Therefore, the accurate and convenient imaging method to obtain the ascending aortic root data has become a hot research topic, which will provide a strong basis for the development of the new type of stent graft suitable for the physiological anatomy of human body. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 939-943)

【Key words】 ascending aortic root; endovascular repair; measurement

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.11.002

基金项目:国家自然科学基金重点项目(81330034)、国家自然科学基金面上项目(81270386)、国家自然科学基金青年项目(81500369)

作者单位:200433 上海 第二军医大学附属长海医院血管外科

通信作者:冯睿 E-mail: fengrui1588@qq.com

近年来,腔内血管修复技术因微创、低并发症特点,在主动脉疾病治疗中越来越受到关注。但升主动脉根部自然解剖条件及支架移植物在该区域应用限制,使之成为腔内血管修复技术禁区,因此了解升主动脉根部的解剖结构尤为重要。胸主动脉瘤年发病率约为 6/21 万,其中发生在根部及升主动脉占 45%;胸主动脉夹层年发病率约为 100/10 万人,其中累及升主动脉及主动脉弓占 2/3。面对如此高发病率,如何将腔内血管修复技术成功地应用于升主动脉病变,已成为血管外科学界研究热点。本文通过回顾文献就升主动脉根部解剖数据及测量方法作一综述。

1 升主动脉根部测量

1.1 升主动脉测量

文献报道中升主动脉测量结果见表 1。升主动脉长度变化区间为 $(62.6 \pm 11.4) \sim (68.6 \pm 13)$ mm,升主动脉根部直径变化区间为 $(24.3 \pm 3.1) \sim (34.0 \pm 5.0)$ mm,升主动脉中段直径变化区间为 $(25.1 \pm 3.4) \sim (39.4 \pm 6.7)$ mm。Rogers 等^[6]对 3 431 名志愿者升主动脉根部直径进行测量,结果提示男性平均值(34.1 mm)大于女性平均值(31.9 mm)。陆华^[7]测量分析 853 例胸主动脉形态,得出升主动脉中段直径为 (31.4 ± 3.5) mm。

表 1 文献报道中升主动脉测量情况

/mm

作者	例数	方法	升主动脉		
			长度	根部直径	中段直径
Chiu 等 ^[1] (2014)	120	CTA	62.6 ± 11.4	—	39.4 ± 6.7
Roman 等 ^[2] (1989)	187	超声心动图	—	28.5	—
Fitzgerald 等 ^[3] (2015)	512	TTE	—	31.2	30.6
Wolak 等 ^[4] (2008)	2 952	CT	—	33.2 ± 4.1	—
Campens 等 ^[5] (2014)	849	超声心动图	—	—	27.1 ± 5.5
Rogers 等 ^[6] (2013)	3 431	CT	—	33.0	—
陆华 ^[7] (2011)	853	CT	—	—	31.4 ± 3.5
周琦晶等 ^[8] (2014)	17	CTA	—	—	37.8 ± 2.8
张敏宏等 ^[9] (2009)	388	CTA	54.0 ± 12.0	34.0 ± 5.0	34 ± 5
陈华等 ^[10] (2011)	60	CT	—	30.1 ± 2.7	30.4 ± 3.4
袁定华等 ^[11] (1995)	29	TTE	68.6 ± 13.0	24.3 ± 3.1	25.1 ± 3.4

注: TTE:经胸壁超声心动图

1.2 主动脉窦部测量

文献报道中主动脉窦部测量结果见表 2。主动脉瓣环直径长度变化区间为 $(19.6 \pm 3.0) \sim (26.0 \pm$

$3.0)$ mm,主动脉窦直径变化区间为 $(29.0 \pm 4.0) \sim (34.0 \pm 3.0)$ mm;窦管结合部直径变化区间为 $(25.4 \pm 5.2) \sim (30.5 \pm 3.2)$ mm。

表 2 文献报道中主动脉窦部测量情况

/mm

作者	例数	方法	主动脉窦基底直径	主动脉瓣环直径	主动脉窦直径	窦管结合部直径
Roman 等 ^[2] (1989)	187	超声心动图	—	24.5	32.0	27.5
Fitzgerald 等 ^[3] (2015)	512	TTE	—	—	—	25.9
Vriz 等 ^[12] (2014)	1 043	超声心动图	—	19.8	30.1	25.6
Campens 等 ^[5] (2014)	849	超声心动图	—	19.6 ± 3.0	29.7 ± 5.4	25.4 ± 5.2
孙明等 ^[13] (2002)	30	解剖标本	22.5	—	31.7	23.2
陆华 ^[7] (2011)	853	CT	—	—	—	26.8 ± 3.0
周琦晶等 ^[8] (2014)	17	CTA	30.4 ± 3.8	25.7 ± 2.0	—	30.5 ± 3.2
王彦利等 ^[14] (2011)	546	超声心动图	—	—	29.0 ± 4.0	—

注: TTE:经胸壁超声心动图

1.3 冠状动脉开口处测量

文献报道中冠状动脉开口处测量结果见表 3。左冠状动脉开口高度变化区间为 $(14.0 \pm 2.0) \sim (15.7 \pm 3.5)$ mm,右冠状动脉开口高度变化区间为 $(15.9 \pm 3.6) \sim (16.0 \pm 3.8)$ mm。朴金淑等^[15]观察 75 例解剖标本,认为冠状动脉口形状为卵圆形最多,其次为圆形,个别有三角形者;口的长径左右分别为 $(4.0 \pm$

$0.1)$ mm 和 (3.9 ± 0.2) mm。

2 测量影响因素

2.1 年龄

主动脉各部位(主动脉瓣环、主动脉窦部、升主动脉内径、主动脉弓部、降主动脉)内径平均值与年龄均呈正相关,相关系数分别为 0.66、0.81、0.67、

表 3 文献报道中冠状动脉开口处测量情况/mm

作者	例数	方法	冠状动脉					
			左开口直径	右开口直径	左开口高度	右开口高度	左窦深度	右窦深度
周琦晶等 ^[8] (2014)	17	CTA	—	—	14.0±2.0	15.9±3.6	—	—
张祖志等 ^[16] (2007)	30	解剖标本	—	—	—	—	18.4±0.3	19.4±0.2
朴今淑等 ^[15] (1997)	75	解剖标本	4.0±0.1	3.9±0.2	—	—	—	—
陈华等 ^[10] (2011)	60	CT	—	—	15.7±3.5	16.0±3.8	—	—

0.69、0.81。Roman 等^[2]研究认为,尽管主动脉根部尺寸与年龄、血压等密切相关,但体型和年龄却是决定正常人主动脉尺寸的首要独立因素,同样年龄在预测主动脉上边缘和升主动脉上起着重要作用。

2.2 性别

Vriz 等^[12]采用经胸壁超声心动图(TTE)对 1 043 名志愿者进行测量,发现主动脉直径绝对测量值中,男性在任何层面均大于女性,然而体表面积指数型主动脉直径却是女性偏大;主动脉窦和窦管结合部直径比没有年龄差异,升主动脉和主动脉瓣直径比也是女性偏大。Campens 等^[5]报道,主动脉窦和升主动脉直径均与年龄、体重、体表面积密切相关,成年男性测量值在任何层面均比女性大,即便是经过体表面积指数修正后仍然是男性测量值更大。

2.3 体表面积

Kalदारarova 等^[17]分别采用了二维超声心动图、彩色超声、M 型超声对 702 名斯洛伐克人的主动脉瓣、主动脉窦、窦管结合部进行测量,结果发现 3 组测量值均与体表面积平方根严密相关;主动脉各部位(主动脉瓣环、窦部、升主动脉、主动脉弓部及降主动脉)内径平均值与体表面积间呈正相关,相关系数分别为 0.61、0.69、0.63、0.70、0.67。

2.4 其它

Rogers 等^[6]报道采用 CT 扫描测量胸、腹主动脉,男性检测值均大于女性,并随年龄和体表面积变化明显,同时也与心血管疾病相关危险因素如舒张压和吸烟密切相关。

3 测量方法比较

3.1 内缘-内缘测量与前缘-前缘测量比较

Fitzgerald 等^[3]采用 TTE 测量 512 例患者主动脉根部,发现内缘-内缘测量技术使得血液组织界面易于可视化,相比于前缘-前缘测量技术体现出近似<1.5 mm 的领先优势。Son 等^[18]根据 2005 年美国超声心动图学会(ASE)舒张期前缘-前缘测量指南和 2010 年儿科收缩期内缘-内缘测量指南,采用 TTE 测量 112 名韩国人主动脉根部(主动脉瓣环、主动脉窦、窦管交界处、升主动脉),结果前缘-前缘

测量值在主动脉瓣环、主动脉窦、窦管交界处层面偏大,但在升主动脉层面较内缘-内缘测量值小 2~3 mm。经食管超声心动图(TEE)可很容易地获取主动脉根部可靠数据,但心脏周期和边缘定义不同会影响测值大小。

3.2 TTE 与 TEE 比较

TTE 为主动脉根部首选测量评估方法,但其视野和声学窗口有潜在限制。它缺乏直观性和整体性,不能为手术医师提供制定手术方案所需的全貌,图像质量时常受肥胖、肺气肿和肋间狭小等影响;检查窗口小,测量角度受一定限制,近端主动脉弓存在盲区。

TEE 能清晰显示主动脉根部及近端升主动脉病变的解剖结构及血流动力学损害程度,为手术方案决策提供更全面准确的影像学信息。但升主动脉长轴切面较难区分升主动脉远端与主动脉弓部的分界,故较难准确测量升主动脉长度,也无法计算能显示完整升主动脉的比例。

TEE 不仅能显示 TTE 不易显示的整段降主动脉,且由于双平面和多平面探头的应用,对升主动脉探查范围明显优于 TTE。

3.3 TTE 与 MRI 比较

MRI 被认为是心脏形态测量评估的金标准技术。Burman 等^[19]研究认为心脏 MRI 对主动脉根部测量可做到可视化、标准化。Hoey 等^[20]回顾性分析 TTE 与 MRI 测量主动脉根部不同点的结果,提示 TTE 和 MRI 测得的主动脉窦数据具有高度相关性;MRI 测得的主动脉根部数据高于 TTE,意味着 TTE 尚不能准确诊断轻微主动脉扩展疾病,MRI 对一些模棱两可病变起着仲裁作用。

3.4 TTE 与 CT 比较

CT 测量升主动脉直径时如遇血管呈椭圆形,测其短径;对平扫图像,由于很难根据密度将血管壁和血管腔内血液区分开,测量血管外径;对增强图像,血管内对比剂边界清晰可见,测量血管内径。作为一种安全迅速、无创的检查方法,可清楚显示主动脉、主动脉窦、冠状动脉开口等结构和关系,为术中选择合适植入物、减少并发症、减少对对比剂用量

及 X 线曝光剂量,术后复发、随访等提供影像参考数据。

CT 空间分辨率和组织对比度高于 TTE,对边界的识别和描绘更为准确,人为影响因素较小。采用 CT 三维多平面重建(MPR)、容积再现(VR)等技术可清晰构建主动脉三维形态,准确测量各数据。

3.5 TTE 与 CTA 比较

CTA 可以提供全面的术前筛查信息,如主动脉根部信息、斑块负荷、胸腹主动脉及髂股动脉分支血管情况。大螺距双源 CT 前瞻性心电门控扫描可在极短时间(<2 s)内完成全主动脉 CTA 成像,辐射剂量大为减少,并减少对比剂用量,降低肾脏负担,降低对比剂不良反应发生率。Entezari 等^[21]比较分析人工控制与半自动控制 CTA 测量数据的差异,结果提示相比于传统的人工控制数据测量,胸主动脉根部直径的半自动测量可行,其后处理工具可减少后处理时间,增加吞吐量,改进操作流程;同时,对

升主动脉近端的精确测量也为新型移植物治疗主动脉疾病提供了参考数据。

TTE 测量的主动脉瓣环直径小于 CTA 测量值。

3.6 TEE 与 CTA 比较

虽然三维 TEE 相对于 TTE 和二维 TEE 可减小误差,但测量值仍较金标准 CTA 小 9.6%左右。TEE 为侵入性检查,患者依从性相对较差,临床应用受到一定限制。

4 国人与欧美人测量数据比较

国人升主动脉根部测量数据与欧美人数据比较见表 4、图 1。超声和 CT 测量升主动脉根部直径显示,欧美人数据有大于国人趋势;超声测量升主动脉中段和主动脉窦直径均显示,欧美人数据有大于国人趋势;窦管结合部测量显示,国人 CTA 数据大于欧美人超声数据,而欧美人超声数据大于国人 CT 数据。

表 4 国人与欧美人升主动脉测量数据比较

文献	国籍	例数	方法	升主动脉根部直径	升主动脉中段直径	主动脉窦直径	窦管结合部直径
Roman 等 ^[2] (1989)	美国	187	超声心动图	28.5	—	32.0	27.5
Fitzgerald 等 ^[3] (2015)	澳大利亚	512	TTE	31.2	30.6	—	25.9
Wolak 等 ^[4] (2008)	美国	2 952	CT	33.2±4.1	—	—	—
Campens 等 ^[5] (2014)	比利时	849	超声心动图	—	27.1±5.5	29.7±5.4	25.4±5.2
Rogers 等 ^[6] (2013)	美国	3 431	CT	33.0	—	—	—
Vriz 等 ^[12] (2014)	美国	1 043	超声心动图	—	—	30.1	25.6
Chiu 等 ^[1] (2014)	新加坡	120	CTA	—	39.4±6.7	—	—
周琦晶等 ^[8] (2014)	中国	17	CTA	—	37.8±2.8	—	30.5±3.2
张敏宏等 ^[9] (2009)	中国	388	CTA	34.0±5.0	34.0±5.0	—	—
陈华等 ^[10] (2011)	中国	60	CT	30.1±2.7	30.4±3.4	—	—
袁定华等 ^[11] (1995)	中国	29	TEE	24.3±3.1	25.1±3.4	—	—
孙明等 ^[13] (2002)	中国	30	解剖标本	—	—	31.7	23.2
陆华 ^[7] (2011)	中国	853	CT	—	—	—	26.8±3.0
王彦利等 ^[14] (2011)	中国	546	超声心动图	—	—	29.0±4.0	—

注: TTE:经胸壁超声心动图

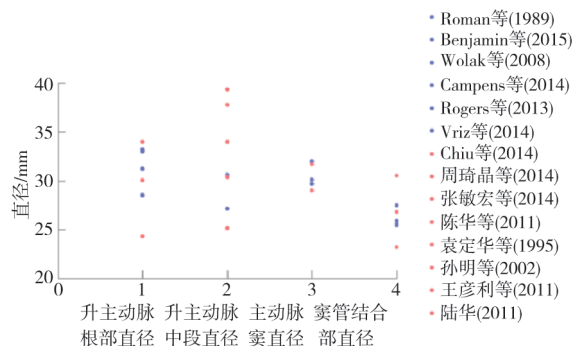


图 1 国人与欧美人升主动脉测量数据比较

5 结语

虽然近年随着检测技术手段的进步,关于主动脉根部测量的文献报道越来越多,但在数据统计中

发现以下问题:①测量方法不同会带来误差,例如研究者采用不同辅助检测手段、不同测量指南所得测量结果存在一定差异;②测量标准不恒定,例如对测量点位置定位标准不一,对年龄、体型、体表面积等可能会影响数据结构的因素分层标准不一,舒张期测量值与收缩期测量值、屏气与呼气时测量值也会不一;③人为影响因素较大,例如同一项操作技术由不同人员操作会有误差,同一项操作由人或机器操作也会导致结果不一;④测量数据不够全面,例如对冠状动脉开口处测量,应通过何种径线测量,开口位置、角度、大容积等数据还相对较少。对升主动脉根部解剖结构的测量,应进一步依据临床需要,从指导临床移植物植入所需数据入手,进

一步选用统一标准,细化测量内容。因此,升主动脉根部数据测量仍需要在技术、方法、人群差异上作进一步探索与研究,从而为治疗升主动脉根部疾病的支架植入术提供有效参考。

[参 考 文 献]

- [1] Chiu P, Lee HP, Venkatesh SK, et al. Anatomical characteristics of the thoracic aortic arch in an Asian population[J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2014, 21: 151-159.
- [2] Roman MJ, Devereux RB, Kramer-Fox R, et al. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults[J]. Am J Cardiol, 1989, 64: 507-512.
- [3] Fitzgerald BT, Kwon A, Scalia GM. The new dimension in aortic measurements: use of the inner edge measurement for the thoracic aorta in Australian patients[J]. Heart Lung Circ, 2015, 24: 1104-1110.
- [4] Wolak A, Gransar H, Thomson LE, et al. Aortic size assessment by noncontrast cardiac computed tomography: normal limits by age, gender, and body surface area[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2008, 1: 200-209.
- [5] Campens L, Demulier L, De Groote K, et al. Reference values for echocardiographic assessment of the diameter of the aortic root and ascending aorta spanning all age categories[J]. Am J Cardiol, 2014, 114: 914-920.
- [6] Rogers IS, Massaro JM, Truong QA, et al. Distribution, determinants, and normal reference values of thoracic and abdominal aortic diameters by computed tomography (from the Framingham Heart Study)[J]. Am J Cardiol, 2013, 111: 1510-1516.
- [7] 陆 华. 853 例正常人胸主动脉形态学特征研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2011.
- [8] 周琦晶, 刘先宝, 董爱强, 等. CT 血管成像应用于经导管主动脉瓣置入术前筛查的价值[J]. 中华心血管病杂志, 2014, 42: 835-839.
- [9] 张敏宏, 郭 伟, 刘小平, 等. 国人升主动脉及主动脉弓的 CT 解剖研究[J]. 中华普通外科杂志, 2009, 24: 42-44.
- [10] 陈 华, 黄新苗, 赵仙先, 等. 64 层螺旋 CT 对主动脉根部形态结构的评价[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 181-184.
- [11] 袁定华, 李守平, 杨浣宜, 等. 正常成人胸主动脉经食管超声系统测量[J]. 中国医学影像技术, 1995, 11: 267-268.
- [12] Vríz O, Aboyans V, D'andrea A, et al. Normal values of aortic root dimensions in healthy adults[J]. Am J Cardiol, 2014, 114: 921-927.
- [13] 孙 明, 魏静义, 陈保俊, 等. 主动脉根部外科解剖及其与毗邻结构关系[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2002, 18: 356-358.
- [14] 王彦利, 梁雨露, 黄 洁. 高血压与主动脉窦内径改变的相关性[J]. 同济大学学报·医学版, 2011, 32: 101-104.
- [15] 朴今淑, 陈华勇. 主动脉根部外科解剖及其与毗邻结构关系[J]. 延边大学医学学报, 1997, 30: 125-127.
- [16] 张祖志, 吴 鹏, 申国明. 主动脉窦与心包横窦的应用解剖研究[J]. 解剖与临床, 2007, 12: 21-22.
- [17] Kaldararova M, Balazova E, Tittel P, et al. Echocardiographic measurements of the aorta in normal children and young adults[J]. Bratisl Lek Listy, 2007, 108: 437-441.
- [18] Son MK, Chang SA, Kwak JH, et al. Comparative measurement of aortic root by transthoracic echocardiography in normal Korean population based on two different guidelines [J]. Cardiovasc Ultrasound, 2013, 11: 1-8.
- [19] Burman ED, Keegan J, Kilner PJ. Aortic root measurement by cardiovascular magnetic resonance specification of planes and lines of measurement and corresponding normal values[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2008, 1: 104-113.
- [20] Hoey ET, Pakala V, Kassamali RH, et al. A comparative analysis of ECG-gated steady state free precession magnetic resonance imaging versus transthoracic echocardiography for evaluation of aortic root dimensions[J]. Quant Imaging Med Surg, 2014, 4: 300-306.
- [21] Entezari P, Kino A, Honarmand AR, et al. Analysis of the thoracic aorta using a semi-automated post processing tool [J]. Eur J Radiol, 2013, 82: 1558-1564.

(收稿日期:2016-02-29)

(本文编辑:边 佳)