

Explore the Effect of Coronary Injection Velocity on Its CTA Quality*

论 著

探讨冠脉注射速度对其CTA质量的影响*

黄惠 曾旭 薛周
陶洁娣 李文华 蔡建国*

上海健康医学院附属崇明医院放射科
(上海 崇明 202150)

【摘要】目的 探讨冠脉注射速度对冠脉CTA图像质量的影响。**方法** 收集2024年2月1日至2024年4月30日我院行冠脉成像的患者126例,根据注射速度分成三组:4.8mL/秒、5mL/秒及5.5mL/秒。收集每组年龄、体重、心率,以及最佳收缩期和舒张期时主动脉根部、左冠脉根部、右冠脉根部及同期左心房的CT值。计数并统计分析,检验水准 $P=0.05$,以 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。**结果** 三组结果分别为:年龄 67.34 ± 11.17 、 70.83 ± 9.47 、 65.41 ± 8.31 ($F=3.59$, $P=0.06$),体重 69.49 ± 11.35 、 71.72 ± 12.48 、 75.11 ± 10.66 ($F=206.52$, $P=0.00$),心率 69.97 ± 7.10 、 69.90 ± 10.26 、 69.88 ± 10.67 ($F=0.10$, $P=0.75$),主动脉根部CT值 463.76 ± 90.51 、 469.59 ± 56.46 、 480.14 ± 73.98 ($F=235.92$, $P=0.00$),左冠脉根部CT值 404.51 ± 117.78 、 408.04 ± 75.59 、 430.45 ± 61.01 ($F=311.68$, $P=0.00$),右冠脉根部CT值 349.70 ± 79.66 、 363.99 ± 67.20 、 385.23 ± 75.90 ($F=952.83$, $P=0.00$)。统计显示三组性别构成、体重、主动脉根部及冠脉根部差异存在明显不同,差异有统计学意义($P<0.05$),三组年龄及心率差异不具统计学意义($P>0.05$)。**结论** 冠脉注射速度的提高,有利于主动脉及冠脉根部血管CT值提高,对显示血管腔的轮廓有一定价值。

【关键词】 速度; 心率; 参数; 冠脉CTA

【中图分类号】 R543.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 上海市崇明区科学技术委员会(CKY2023-32)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.026

HUANG Hui, ZENG Xu, XUE Zhou, TAO Jie-di, LI Wen-hua, CAI Jian-guo*.

Department of Radiology, Chongming Hospital Affiliated to Shanghai University of Medicine and Health Sciences, Chongming 202150, Shanghai, China

ABSTRACT

Objective To investigate the effect of coronary injection velocity on its CTA image quality. **Methods** 126 patients undergoing coronary imaging in our hospital from February 1, 2024 to April 30, 2024 were collected and divided into three groups: 4.8mL/second, 5mL/second and 5.5mL/second. The age, body weight, heart rate, and CT values of the aortic root, left coronary root, right coronary root and left atrium during the optimal systolic and diastolic period were collected for each group. Counting and statistical analysis, test level: $P=0.05$, which was considered significant by $P<0.05$. **Results** The ages 67.34 ± 11.17 , 70.83 ± 9.47 , 65.41 ± 8.31 ($F=3.59$, $P=0.06$), weight 69.49 ± 11.35 , 71.72 ± 12.48 , 75.11 ± 10.66 ($F=206.52$, $P=0.00$), heart rate: 69.97 ± 7.10 , 69.90 ± 10.26 , 69.88 ± 10.67 ($F=0.10$, $P=0.75$). The CT values in the aortic root were 463.76 ± 90.51 , 469.59 ± 56.46 , 480.14 ± 73.98 ($F=235.92$, $P=0.00$). The CT values in the left coronary root were 404.51 ± 117.78 , 408.04 ± 75.59 , 430.45 ± 61.01 ($F=311.68$, $P=0.00$). The CT values in the right coronary root were 349.70 ± 79.66 , 363.99 ± 67.20 , 385.23 ± 75.90 ($F=952.83$, $P=0.00$). Statistics showed that the gender composition, body weight, aortic root and coronary root of the three groups were statistically significant ($P<0.05$), and the difference in age and heart rate of the three groups was not statistically significant ($P>0.05$). **Conclusion** The improvement of coronary injection speed was beneficial to the improvement of the CT value of aorta and coronary root, and had certain value for the contour of vascular lumen.

Keywords: Velocity; Heart Rate; Parameters; Coronary CTA

随着经济水平的上升,人们的饮食结构发生了明显的变化,对高脂、高蛋白饮食的摄入量的不断增加,肥胖、高血脂、高血压等引起的心血管疾病发生率逐渐增加。以往冠脉CT血管成像(CT angiography, CTA)对冠脉狭窄程度的分析较多^[1-3]。近几年关于冠脉质量控制报道,特别是对冠脉造影剂注射速度对冠脉图像质量的影像研究尚未见明确报道。本文就我院128排CT在三组不同注射速度对主动脉根部、冠脉根部CT值的影响,来探讨造影剂注射速度对血管CT值的影响,间接探讨注射速度引起的单位体积内造影剂的含量。

1 资料与方法

1.1 一般临床资料 回顾分析2024年2月1日至2024年4月30日在我院行冠状动脉造影的患者,根据注射速度分成三组:4.8mL/秒组、5.0mL/秒组及5.5mL/秒组,造影剂选用优维显[商品名碘普罗胺注射液370,拜耳医药保健公司有限公司生产,国药准字J20180043,规格:100/mL(76.89g)],碘浓度370mg/mL,注射部位采用肘静脉,注射用量按照:体重(KG) $\times 0.8$ mL/KG。按照45%和75%R-R间期重建。收集每组的性别构成比、年龄、体重、心率,以及最佳收缩期和舒张期时主动脉根部、左冠脉根部、右冠脉根部及同期左心房的CT值。所有患者签知情同意书。

纳入标准: 图像质量清晰,无明显运动伪影,主动脉根部、冠脉根部无运动伪影,冠脉根部能满足测量需求,患者与科室签有知情同意书。**排除标准:** 冠脉严重运动伪影,冠脉血管过细无法测量者,冠脉根部血管硬化斑块明显或严重金属伪影等图像质量不佳影响诊断的,肺动脉干造影剂浓度高于主动脉,注射剂量未根据体重大小来确定剂量的,既往有心脏搭桥及其它心脏病手术史,严重心包积液、心瓣膜疾病患者,心功能不全的,严重肝肾肺功能不全;妊娠期妇女;对比剂过敏患者。

1.2 检查仪器及方法 采用SOMATOM Definition AS128螺旋CT,扫描电压120kV,电流在220-240mAs,螺距(0.6),重建参数;采用标准重建函数(FC10),层厚为1mm。扫描范围为气管隆突至膈下1.0cm。受检者在空腹状态下进行冠脉造影,受检者检查前通过屏气训练以进一步控制心率的稳定性,医务人员注射前告知相关事项,放松紧张情绪。在所有患者采用心电门控下进行,并对心率进行控制,使其心率控制在70次/分,对于心率过高的,使用受体阻滞剂酒石酸美托洛尔(又名倍他乐克,25-50mg剂量用于降低心率和心输出量,生产厂家:阿斯利康制药有限公司,国药准字:H32025391)。高压注射器注射速度分为4.8mL/秒组、5.0mL/秒组及5.5mL/秒组。测量主动脉根部、左右冠状动脉根部的CT值,测量时避开血管壁钙化部位,如果主动脉根部钙化严重,则将该病例作为排除病例,采用测三次取平均值。将数据传到Syngo Acquisition workplace工作站,进行横断面、矢状、冠状等重建。

1.3 分析方法 由二位具有10年及以上CT工作经验的副主任医师对患者的临床及影像资料进行分析,对诊断不一致的病例采用协商一致的办法,如未能达成一致则将病例排除。观察指标:性别构成、年龄构成、体重、心率,以及最佳收缩期和舒张期时主动

【第一作者】 黄惠,女,主管技师,主要研究方向:医学影像CT和MRI扫描技术。E-mail: in0308@126.com

【通讯作者】 蔡建国,男,副主任技师,主要研究方向:医学影像CT和MRI扫描技术。E-mail: 228896218@qq.com

脉根部、左冠脉根部、右冠脉根部的CT值。ROV=0.10-2cm²，具体ROV大小根据情况而定，观察血管邻近结构，测量范围不能超出血管范围，尽量避免周围结构，减少血管壁钙化及血管周围脂肪对血管腔CT值的影响。采用SPSS 17.0，行K-S正态分布和方差齐性检验，计数资料采用卡方检验，计量资料采用独立样本T检查，计量指标采用：均值±标准差($\bar{x} \pm s$)的形式，检验水准 $\alpha=0.05$ ，以 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组常规资料各部位的CT值变化 最终126例纳入研究，

表1 三组常规资料及主动脉冠脉根部等CT值

	4.8mL/秒	5.0mL/秒	5.5mL/秒	F	P
年龄	67.34±11.17	70.83±9.47	65.41±8.31	3.59	0.06
体重	69.49±11.35	71.72±12.48	75.11±10.66	206.52	0.00
心率	69.97±7.10	69.90±10.26	69.88±10.67	0.10	0.75
主动脉CT值	463.76±90.51	469.59±56.46	480.14±73.98	235.92	0.00
左冠脉CT值	404.51±117.78	408.04±75.59	430.45±61.01	311.68	0.00
右冠脉CT值	349.70±79.66	363.99±67.20	385.23±75.90	952.83	0.00

其中男65例，女61例，年龄38-88岁，平均年龄67.94±10.35，每组42例，其中4.8mL/秒组性别构成比(男/女: 20/22)，年龄范围38-86岁，平均67.34±11.17岁；5.0mL/秒组性别构成比(男/女: 15/27)，年龄范围40-88岁，平均年龄70.83±9.47；5.5mL/秒组性别构成比(男/女: 30/12)，年龄范围43-74岁，平均年龄65.41±8.31。三组年龄均值存在一定差异，但不具统计学意义($F=3.59, P>0.05$)，三组体重差异明显，具有统计学意义($P<0.05$)；心率差异不明显($F=0.10, P=0.75$)，三组的主动脉根部、左冠脉、右冠脉根部的CT值差异明显($P<0.05$)，见表1。

2.2 三组各部位CT变化的趋势图 见图1-3。

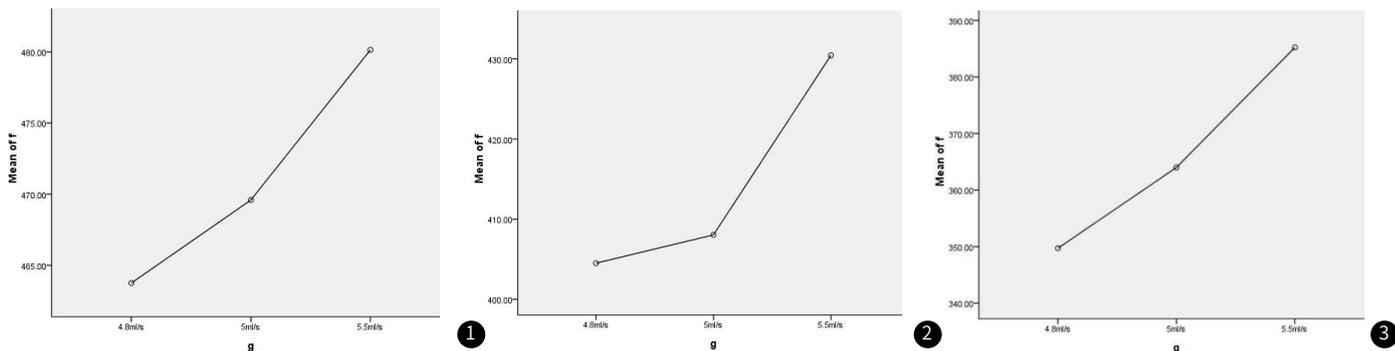


图1 主动脉根部。图2 左冠脉根部。图3 右冠脉根部。

注射速度分别从4.8mL/秒、5.0mL/秒上升到5.5mL/秒时，主动脉根部、左右冠脉根部的CT值呈上升趋势。

2.3 典型影像改变 见图4-6。

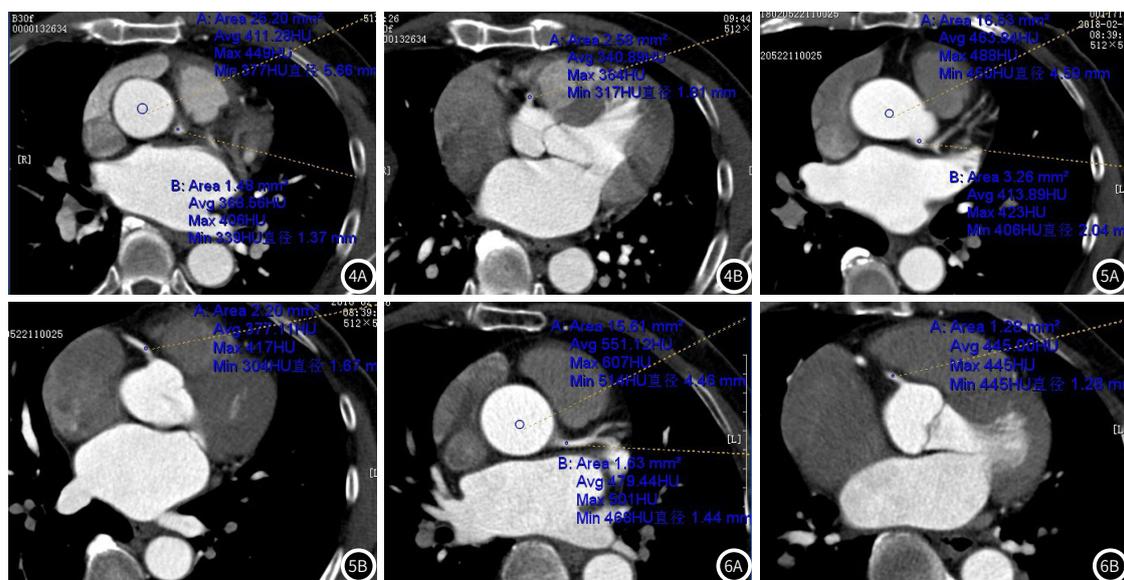


图4A-图4B 同一患者，男，77岁，注射速度4.8mL/秒，主动脉根部、左冠脉、右侧冠脉根部CT值分别为411.28HU、368.56HU及340.89HU。

图5A-图5B 同一患者，男，68岁，注射速度5.0mL/秒，主动脉根部、左冠脉、右侧冠脉根部CT值分别为488.00HU、413.89HU及417.00HU。

图6A-图6B 同一患者，男，76岁，注射速度5.0mL/秒，主动脉根部、左冠脉、右侧冠脉根部CT值分别为551.12HU、479.44HU及445.00HU。

3 讨论

对心脏冠脉的检查,临床上常采用CTA及冠状动脉造影(coronary angiography, CAG),主要运用于冠心病的检查,作为金标准的CAG为判断冠状动脉狭窄程度的最终评价指标,缺点是后者为创伤性检查,检查成本高,操作复杂,临床应用范围有限,难以得到广泛运用。而CTA作为无创、操作简单、成本低廉,通过CT三维重建能获得清晰显示冠状动脉的狭窄程度直观影像图像,容易为病人及医务工作者接受,越来越多的受到临床医生的青睐,已成为冠状动脉评价的首选检查方法,已被广泛运用于临床冠脉狭窄程度的判断,在临床上得到广泛应用。

如何缩短扫描时间对提高冠脉成像质量十分必要。在病人能承受的情况下,增加注射造影剂的速度,可以明显缩短扫描时间,这为病人扫描尽可能在同一心动周期提供可能。由于心脏冠脉CTA扫描时间还受到体重的影响,体重越重注射造影剂越多,在注射速度一定的情况下,体重越重需要注射的造影剂越多,所需的时间越长。对于体重大的病人,加大注射速度也有利于缩短注射时间。以往文献注射速度以5mL/秒的较多^[1]。有的造影剂注射速度采用5-6mL/秒^[4]。也有按照体重(KG)×0.053mL/s的速度来注射^[5]。作者Cheng Xu的文章按照公式计数,60公斤的注射速度4.8mL/秒,100公斤注射速度5.3mL/s,这显示体重越重注射速度越快,由于体重增加造成的总造影剂增加,所需注射时间越多,由于注射速度与体重成正比,相对恒定注射而言所需注射时间缩短。本组注射速度分别为4.8mL/秒、5mL/秒及5.5mL/秒时对应的体重(单位:KG)分别为69.49±11.35、71.72±12.48及75.11±10.66,本文通过注射速度的增减,相对减少由于体重增加相对固定速度时所造成注射时间的延长,这与文献报道的注射速度公式有类似效果^[5]。扫描时间缩短,有利于减少病人的辐射剂量,这与低剂量运用在心冠脉检查中的效果类似,即有利于减少辐射剂量^[6]。虽然对每一患者而言,单次冠脉CTA检查的辐射剂量不大,但考虑到逐渐增多的患者数量和频繁的影像检查,对每一位患者乃至整个社会而言,剂量的累积效应仍然是一个严重的公共健康问题,因而缩短扫描时间仍然十分必要。扫描时间缩短意味着缩短了机器的曝光时间,有利于保护球管,相应延长球管的使用寿命,从而间接减少医院成本的投入。

通过本实验三组不同注射速度下主动脉根部、左右冠状动脉根本CT值测量发现,随着注射速度的提高,其CT值呈现上升趋势。这与理论相符合,因为对同一位患者,注射造影剂速度越快,单位时间单位截面积下所通过血管的造影剂含量就越高,故而其CT值越高。其它条件不变的情况下,注射速度的增加,单位时间单位体积内造影剂含量越多,血管内造影剂浓度越高,血管内的CT值与周围的CT值差异就越大,冠脉与周围结构的界限越清晰,更有利于显示冠状动脉腔内轮廓,能更好评价冠状动脉的狭窄程度,使其诊断的准确率提高。当冠脉腔内浓度不够高时,冠脉腔内密度与冠脉壁的密度差异就小,软化斑块与管腔内造影剂的界限就不清,造成斑块测量值大于真实的斑块大小,从而造成狭窄程度测量大于真实的情况,反之腔内浓度越高,所显示斑块就越接近真实值,测量结构就越可靠。为提高冠脉边缘的轮廓特征,通过深度学习重建(deep learning reconstruction, DLR)也能达到这一要求^[7-9]。

但冠脉成像受到心率的影响,心率快过快会造成图像出现运动伪影,表现为冠脉CTA下三维图像出现错层改变,即血管似断裂分开,不在同一条路径上。因为心率与心动周期成反比,心率越快,心动周期时间就越短,造成心脏扫描不能在同一周期完

成,故而出现错层显示,如错层正好出现在本身就有严重斑块或有狭窄的冠脉血管处,造成所做的冠脉CTA不能正确反映冠脉的狭窄程度,出现狭窄程度估计过高或过低,将部分病人冠脉正常的血管误判为中-重度狭窄,造成不必要的冠脉CAG检查。不但增加病人的创伤及经济负担,还为一些医疗纠纷埋下隐患。因而控制好心率,有利于提高冠脉CTA图像的质量。心率控制在70次/分以下较为适宜^[10],对于心率大于70次/分的,检查前使用受体阻滞剂(酒石酸美托洛尔,25-50mg)^[5]。25-50mg酒石酸美托洛尔的作用主要是降低心率,以减少心率高造成的扫描期相内的运动伪影,CTA三维图上表现为错层伪影。本实验中三组心率存在一定差异,差异不具统计学意义,通过检查前使用酒石酸美托洛尔,使其均值控制在70岁以下,由于冠脉疾病多发生中老年人,个别心率虽然服用控制心率的药物,其服用后实际心率仍然高于70岁,致使本研究三组均值均接近70岁。由于本组采用SOMATOM Definition AS128螺旋CT,扫描速度较64排螺旋CT有不少提高,相对减少心率高带来的对图像质量的影响。为提高扫描质量,采用更高端的CT机器如第四代320排640层容积CT,可进一步提高扫描质量^[11]。

以上显示,通过注射速度的提高,有利于主动脉根部即冠脉根部血管内造影剂浓度的提高,体现在CT值的增加,有利于冠脉腔内轮廓的显示。由于本组仅涉及三种不同注射速度的研究,注射速度最大能达多少,是否与患者心功能大小有关,冠脉狭窄程度是否会影响注射速度的上限,尚需扩大样本进一步研究。

参考文献

- [1]刘书铭,李胜,关惠元,等.320排冠状动脉CTA评价左前降支周围脂肪组织与冠心病的相关性[J].医学影像学杂志,2024,34(3):28-31.
- [2]Huang C,Yin C.A coronary artery CTA segmentation approach based on deep learning[J].J Xray Sci Technol,2022,30(2):245-259.
- [3]Tuncay V,Vliegenthart R,den Dekker MAM,et al.Non-invasive assessment of coronary artery geometry using coronary CTA[J].Cardiovasc Comput Tomogr,2018,12(3):257-260.
- [4]邱婉莉.CTA在冠状动脉粥样硬化性心脏病诊断中的应用价值[J].影像技术,2023,35(06):44-47,63.
- [5]Cheng Xu,Yan Yi,Min Xu,et al.Coronary artery stent evaluation by CTA: impact of deep learning reconstruction and subtraction technique[J].AJR Am J Roentgenol,2023,220(1):63-72.
- [6]葛文,宋修峰,邱庆琢,等.低辐射剂量宽探测器CT智能心电门控技术对儿童先天性心脏病冠状动脉的可视性评估[J].中国医学影像学杂志,2023,31(2):118-123.
- [7]Tatsugami F,Higaki T,Nakamura Y,et al.Deep learning-based image restoration algorithm for coronary CT angiography[J].Eur Radiol 2019,29:5322-5329.
- [8]Greffier J,Dabli D,Frandon J,et al.Comparison of two versions of a deep learning image reconstruction algorithm on CT image quality and dose reduction: a phantom study[J].Med Phys 2021,48:5743-5755.
- [9]Huang C,Yin C.A coronary artery CTA segmentation approach based on deep learning[J].J X Ray Sci Technol[J].2022,30(2):245-259.
- [10]蔡先伟.冠脉CTA对冠心病并发心绞痛的诊断价值分析[J].影像研究与医学应用,2024,8(4):106-108.
- [11]刘书铭,李胜,关惠元,等.320排冠状动脉CTA评价左前降支周围脂肪组织与冠心病的相关性[J].医学影像学杂志,2024,(34)3:28-31.

(收稿日期:2024-05-31)

(校对编辑:江丽华、赵望淇)