论 著

西门子Force双源CT在冠脉CTA成像中的影响因素及解决方案

罗 娜 贺露瑶 田祥洁
欧阳佳裕*
中山大学附属第三医院放射科
(广东 广州 510000)

【摘要】**目的** 探讨西门子Force双源CT在冠脉成像中的影响因素和解决方案。**方法** 分析2021年6月至2022年6月的冠脉CT影像学数据，随机抽取50位在西门子Force双源CT行冠脉CTA的患者作为对照组，观察组则由另50位改进扫描方案后进行检查的患者组成，对两组患者的冠脉成像合格率和图像质量进行比较，以及评估冠脉主要分支的信噪比，对比噪声比。**结果** 冠脉成像观察组的合格率98.7%大于对照组97.5%，观察组冠脉主要分支的信噪比均高于对照组，差异具有统计学意义(t=3.472，4.127，5.135，2.205，4.546，3.722，2.544，2.771，*P*均＜0.05)观察组冠脉主要分支的对比噪声比均高于对照组，差异具有统计学意义(t=2.164，2.986，6.341，3.085，3.272，2.713，3.520，2.835，*P*均＜0.05)。**结论** 通过分析西门子Force双源CT冠脉成像的不利影响因素并改进扫描方案，可以有效提高冠脉CTA的图像质量，为临床提供了更可靠的依据。

【关键词】计算机断层成像；冠脉成像；双源
【中图分类号】R445.3
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.021

Influencing Factors and Solutions of Siemens Force Dual-source CT in Coronary CTA Imaging

LUO Na, HE Lu-yao, TIAN Xiang-jie, OUYANG Jia-yu*.
Department of Radiology, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

ABSTRACT
Objective To investigate the influencing factors and solutions of coronary artery imaging using Siemens Force dual-source CT. ***Methods*** The coronary CT imaging data from June 2021 to June 2022 were analyzed. Fifty patients who underwent coronary CTA on Siemens Force dual-source CT were randomly selected as the control group, and the observation group was composed of another 50 patients who underwent the examination after the improved scanning protocol. The signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) of major coronary branches were evaluated. ***Results*** The qualified rate of coronary artery imaging in the observation group was 98.7%, which was higher than 97.5% in the control group. The signal-to-noise ratio of the main coronary branches in the observation group was higher than that in the control group, and the difference was statistically significant (t=3.472, 4.127, 5.135, 2.205, 4.546, 3.722, 2.544, 2.771, *P*<0.05). All *P*<0.05). The contrast noise ratios of the main coronary branches in the observation group were higher than those in the control group, and the differences were statistically significant (t=2.164, 2.986, 6.341, 3.085, 3.272, 2.713, 3.520, 2.835, all *P*<0.05). ***Conclusion*** By analyzing the adverse factors of Siemens Force dual-source CT coronary angiography and modifying the scanning protocol, the image quality of coronary CTA can be effectively improved, which provides a more reliable basis for clinical practice.
Keywords: Computed Tomography Imaging; Coronary Artery Imaging; Dual Source

人们生活方式的变化和生活水平的不断提高，冠状动脉疾病(coronary artery disease，CAD)的发生率也在逐渐增长且年轻化[1-2]。全球范围内冠状动脉疾病的发病率以及死亡率都很高，因此它的早期诊断尤为重要，不仅可以避免并发症的发生，还可以改善预后情况[3]。冠状动脉造影术是冠心病诊断的金标准，在冠状动脉病的影像诊断中一直占主导地位，但由于其创伤性原因，在常规检查中并不适用[4-6]。近年来，双源CT冠脉造影技术不断发展，在临床上得到了广泛的关注，该技术不仅在一定程度上避免了冠脉造影创伤性的弊端，而且具有多参数成像的特点，为临床诊断提供了多维度的有效数据[7]。目前，西门子Force CT在冠脉扫描方案上有多种选择，但如果不能根据患者自身情况制定特异性扫描方案，后期图像会出现拼接断层、由于呼吸伪影较大而无法诊断、对比剂较浓或较淡而影响冠脉血管斑块和狭窄的观察等情况，现对以往数据进行分析，制定优化方案，以进一步提高数据图像的可信度,为临床提供更可靠的依据。

1 资料和方法

1.1 临床资料 随机选取2021年6月至2022年6月在中山大学附属第三医院用西门子Force双源CT行冠脉CTA检查的患者50例，将其作为对照组。其中男性35例，女性15例，平均年龄(51.2±9.6)岁，平均体重(68.2±11.2)kg，BMI(24.7±2.5)kg/m^2。观察组由优化扫描方案后检查的50名患者组成，男性40例，女性10例，平均年龄(50.4±9.4)岁，平均体重(67.8±11.1)kg，BMI(24.3±2.3)kg/m^2。该研究符合医学伦理学规定，所有患者均已签署知情同意书。

纳入标准：患者年龄均大于20岁，需要行冠脉CTA检查、无碘过敏史、临床资料完整。排除标准：患者有起搏器植入术史、患有心、肝、肾等重要器官严重损伤、CT检查禁忌症。

1.2 检查方法 对照组采用常规扫描方式：检查前，让患者在平静的状态下测量心率和血压，仔细交代检查中的注意事项，检查时，让患者躺在检查床上训练呼吸，对无法配合呼吸者，让家属进行干预配合，扫描前舌下含服硝酸甘油0.5mg；扫描时，采用前瞻性心电门控扫描模式，范围从主动脉弓上2cm至心脏隔面下2cm；注射造影剂时，A筒造影剂总量60mL[碘普罗胺注射液，碘浓度370mg/mL]；B筒生理盐水30mL，先注射造影剂后用盐水进行冲管，注射固定流速均为5.0mL/s。

观察组采用优化后的扫描方案:检查前,仍然让患者保持平静的状态,测试患者的心率、血压,认真交代检查中的各种注意事项,检查时,让患者躺在检查床上多进行几次呼吸训练,既要让患者明白憋气的动作是怎么完成的,又要让患者知道呼吸指令发出时及时憋气的重要性；扫描前舌下含服硝酸甘油0.5mg；扫描时,根据病人是否能配合呼吸和心率的高低分为6类(如表1)。扫描范围包括主动脉弓及心脏隔面下2cm；注射造影剂时，A筒造影剂剂量设定为1.2mL/kg；B筒生理盐水30mL，先注射造影剂后用盐水进行冲管，注射流速为造影剂剂量/10(mL/s)，盐水为相同速率。使用团注造影剂追踪技术(bolus tracking)，

【第一作者】罗 娜，女，技师，主要研究方向：医学影像技术。Email：luon29@mail.sysu.edu.cn
【通讯作者】欧阳佳裕，男，技师，主要研究方向：医学影像技术。Email：ouyj55@mail.sysu.edu.cn

监测升主动脉，当阈值达到120HU时延迟6秒开始扫描。将图像自动传输到工作站，经重建处理后，进行图像质量评估。

1.3 图像质量主观评价 采用美国心脏协会推出的冠状动脉分段法进行分段[8]。冠状动脉图像质量采用4分法评分得出，让两名经验丰富的高级医师同时进行评分，当观点一致时，分数进行采用[9]。评价标准：①血管运动伪影特别严重或多处不连续，无法进行诊断；评为不合格，计1分；②血管有较大伪影、边缘模糊但无中断且可以诊断；评为一般，计2分；③血管边缘稍模糊或有轻度运动伪影；评为良好，计3分；④血管边界清晰无伪影，与周围组织图像对比良好；评为优秀，计4分。评定为1分的血管为不合格。

1.4 图像质量客观评价 测量各血管管腔的CT值和标准差(standard deviation，SD)。测量时将感兴趣区放在升主动脉根部及冠状动脉主要分支的管腔中心，大小适中，尽量避开斑块等特殊影像因素，将升主动脉根部的SD值定义为图像噪声。同时室间隔的CT值和SD值也要测，室间隔的SD值可作为背景噪声。计算图像的对比噪声比CNR和信噪比SNR，其中CNR=(目标管腔平均CT值-室间隔平均CT值)/室间隔SD值，SNR=升主动脉CT值/升主动脉SD值[10]。

1.5 统计学方法 采用SPSS 27.0软件处理数据，计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示，定性资料用频数或百分比表示，两组间计量资料比较采用两独立样本t检验，多组间变量比较采用单因素方差分析或者Kruskal-Wallis秩和检验，计数资料采用Pearson卡方检验或者Fisher确切概率法，P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

患者一般资料：2组患者在年龄、身高、体质量、BMI方面均无显著性差异(F=1.043，1.378，1.018，1.181，P均>0.05)，背景图像质量客观评价：观察组背景噪声低于对照组，背景信噪比和对比噪声比都高于对照组，差异有统计学意义(t=2.114,2.791，7.355，P均＜0.05)(见表2)。观察组冠脉主要分支的信噪比均高于对照组，差异具有统计学意义(t=3.472，4.127，5.135，2.205，4.546，3.722，2.544，2.771，P均＜0.05)(见表3)。观察组冠脉主要分支的对比噪声比均高于对照组，差异具有统计学意义(t=2.164，2.986，6.341，3.085，3.272，2.713，3.520，2.835，P均＜0.05)(见表4)。图像质量主观评价：两组共对800个节段进行了评价。观察组的平均评分显著大于对照组且差异具有统计学意义(F=3.378，P<0.001)(见表5，图1)。

表1 患者扫描方案

组别	HR≤70次/min	70次/min＜HR＜90次/min	HR≥90次/min
可以配合呼吸	前瞻性心电触发自适应扫描	前瞻性心电触发自适应扫描	前瞻性心电触发自适应扫描
	70%~80% R-R 间期	40%~80% R-R 间期	40%~50% R-R 间期
无法配合呼吸	采用 TurboFlash模式	采用 TurboFlash模式	采用 TurboFlash模式
	70%~80% R-R 间期	70%~80% 或40%~50%R-R 间期	40%~50% R-R 间期

注：HR为心率，R-R为心室搏动频率。

表2 患者一般资料及背景图像质量

组别	对照组	观察组	F/t值	P值
年龄(岁)	51.2±9.6	50.4±9.4	1.043	0.441
身高(cm)	170.2±8.1	168.8±6.9	1.378	0.130
体重(kg)	68.2±11.2	67.8±11.1	1.018	0.475
BMI(kg/m^2)	24.7±2.5	24.3±2.3	1.181	0.279
Noise(HU)	24.5±6.2	22.4±3.3	2.114	0.037
SNR	20.3±3.6	22.7±4.9	2.791	0.006
CNR	16.1±2.2	20.4±3.5	7.355	0.001

注：SNR为背景信噪比，BMI为体质量指数；Noise为图像噪声；CNR为背景对比噪声比。

表3 图像质量客观评价(SNR)

SNR 值	对照组	观察组	t值	P值
LAD-a	29.9±5.1	34.6±8.1	3.472	0.001
LAD-m	21.3±9.1	28.0±7.0	4.127	0.001
LAD-d	20.4±6.4	28.9±9.8	5.135	0.001
LCX-a	27.3±8.6	30.7±6.7	2.205	0.030
LCX-d	21.3±5.9	27.9±8.4	4.546	0.001
RCA-a	31.4±5.2	35.5±5.8	3.722	0.001
RCA-m	30.8±6.4	34.6±8.4	2.544	0.013
RCA-d	28.9±2.9	30.9±4.2	2.771	0.007

注：SNR为信噪比。LAD为前降支；LCX为左回旋支；RCA为右冠状动脉；a为近段；m为中段；d为远段。

表4 图像质量客观评价(CNR)

CNR 值	对照组	观察组	t值	P值
LAD-a	31.2±4.1	33.5±6.3	2.164	0.033
LAD-m	26.4±4.6	29.3±5.1	2.986	0.004
LAD-d	21.9±3.6	28.8±6.8	6.341	0.001
LCX-a	27.1±6.5	31.7±8.3	3.085	0.003
LCX-d	22.3±5.8	27.1±8.6	3.272	0.001
RCA-a	32.3±5.6	35.8±7.2	2.713	0.008
RCA-m	27.9±4.1	31.6±6.2	3.520	0.001
RCA-d	24.8±4.6	27.8±5.9	2.835	0.006

注：CNR为对比噪声比。LAD为前降支；LCX为左回旋支；RCA为右冠状动脉。a为近段；m为中段；d为远段。

表5 图像质量主观评价

分组	节段数	合格率	4分	3分	2分	1分	平均分
观察组	400	98.7%	312	50	33	5	3.67±0.68
对照组	400	97.5%	299	62	29	10	3.62±0.73

注：两组平均分比较，F=3.378，P<0.001。

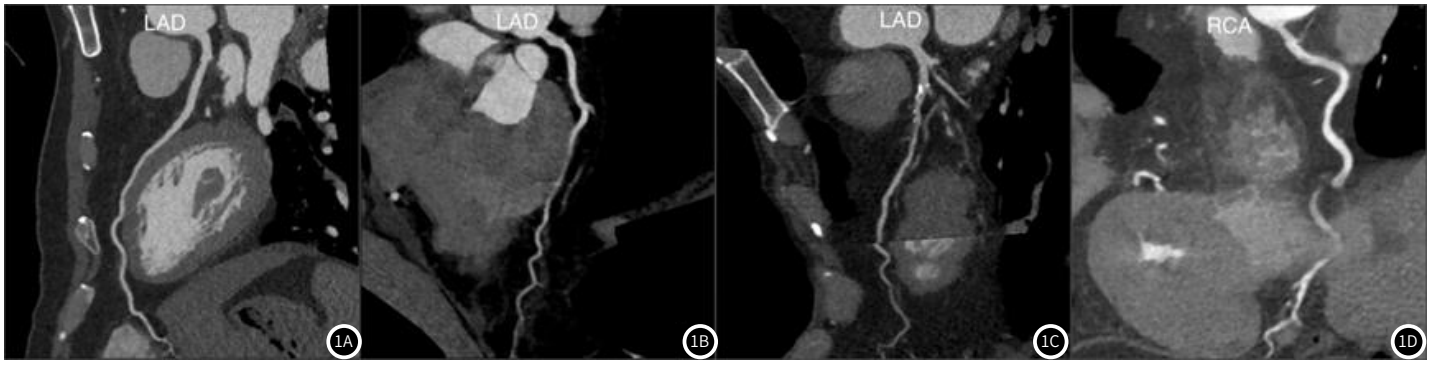

图1A-图1D 冠脉图像质量评分图；1A为男性，46岁，扫描时平均心率67bmp，图像质量主观评分为4分。1B为男性，39岁，扫描时平均心率82bmp，图像质量主观评分为3分。1C为男性，55岁，扫描时平均心率93bmp，图像质量主观评分为2分。1D为女性，67岁，扫描时平均心率102bmp，图像质量主观评分为1分。LAD为左前降支；RCA为右冠状动脉。

3 讨 论

以往冠心病诊断的金标准是冠脉造影，但由于这项检查具有创伤性，花费时间长，费用高，且患者体感差等原因限制了其发展，因此具有无创、费用少、可短时间复查等优点的冠脉CTA检查手段逐渐受到青睐[11-12]。想要获得高质量的冠脉CTA图像，血管在扫描时需要保持相对静止状态，所有在扫描期间不利患者血管保持静止状态的因素，如心脏搏动、呼吸、扫描机扫的不同方案等，都会影响冠脉CTA的图像质量[13]，而双源CT心电门控技术可以在心脏较为静止的状态下进行图像采集，提高了图像的空间分辨率，这对于评估冠脉狭窄和斑块的细节非常重要，能够更准确地检测和定位冠脉病变。冠脉图像质量的优劣往往跟患者是否进行有效的呼吸训练相关，如果患者在检查过程中呼吸不配合会导致图像断层。每位患者都需制订不同的个性化扫描方案，例如在检查过程中使用心电门控来预判各种心率[14]；对于不同体重患者使用不同的造影剂注射总量与注射速度等，通过结合这些方法，才能得到优秀的冠脉图像[15-16]。目前，控制心脏运动伪影的最有效方法是心电门控技术，该技术分为回顾性和前瞻性，在冠状动脉疾病的检查中已得到广泛应用[17]。前瞻性心电门控技术是与心电同步仅在R-R间期固定时相触发扫描的步进性扫描模式。回顾性心电门控技术是在记录受检者的心电信息的同时，采集多个全心动周期的扫描数据，然后回顾性重建所采集的原始数据，得到质量最好的图像[18]。双源CT心电门控技术可以根据心电图信号的特征，准确地选择合适的心动周期进行图像采集。这可以避免在心脏处于不稳定状态时进行图像采集，确保采集到的图像具有较高的稳定性和准确性。西门子Force双源CT不仅拥有此项心电门控技术，还同时拥有不同的扫描方式，螺旋扫描和轴扫。扫描方式结合前后门控智能，解决绝大多数冠脉成像难题。传统的CT冠脉成像通常需要较高的剂量的射线，这对于患者来说可能产生较高的辐射暴露。双源CT心电门控技术可以通过根据心电图信号来选择合适的图像采集时机，从而减少不必要的图像采集，降低了患者的辐射剂量。这一研究的不足之处在于样本量较少，ROI的范围是手工勾画，可能有偏差。在检查结果前进行有效的呼吸训练，可以减少患者在检查过程中因呼吸配合差引起的冠脉图像断层；各种心率影响因素，可通过心电门控预判，制订个性化的扫描方案；固定造影剂注射总量与速度，可能会使不同患者的血管强化程度参差不齐，可以通过患者体重差异制定个性化造影剂注射总量与速度的方案来改善这一情况。

综上所述，通过对西门子Force双源CT冠脉成像中的各种不利影响因素的分析，以及对扫描方案的改进，冠脉成像合格率和图像质量都有了很大的提高，为患者提供了更加优化的检查服务，为制定临床治疗方案提供了更可靠的依据。

参考文献

[1]祝红线,李相生,冯瑞,等.低辐射剂量扫描联合低剂量造影剂在320排容积CT冠脉成像中的应用[J].中国医学装备,2017,14(9):66-70.
[2]Zhao L,Liu A S,Guo Y M.Ultra-low-dose CT coronary angiography using 128-slice dual source CT with low concentration contrast agent:initial experience[J].Jpn J Radiol,2017,35(12):724-732.
[3]Mack M,Gopal A.Epidemiology,traditional and novel risk factors in coronary artery disease[J].Heart Fail Clin ,2016,12(1):1-10.
[4]Schuijf JD,Bax JJ,Jukema JW,et al.Noninvasive evaluation of the coronary artefies with muhislice computed tomography in hypertensive patients[J].Hypertension,2005,45(2):227-232.
[5]Mollet NR,Cademartifi F,Nieman K,et al.Multislice spiral computed tomography corollary angiography in patients with stable angina pectoris[J].J Am Coil Cardiol,2004,43(12):2265-2270.
[6]Cademartiri F,Palumbo A,Maffei E,et al.Diagnostic accuracy of 64-slice CT in the assessment of coronary stents[J].Radiol Med,2007,112(4):526—537.
[7]Nagayama Y,Nakaura T,Tsuji A,et al.Cerebral bone subtraction CT angiography using 80 kVp and sinogramaffirmed iterative reconstruction:contrast medium and radiation dose reduction with improvement of image quality[J].Neuroradiology,2017,59(2):127-134.
[8]Wu FZ,Wu MT.2014 SCCT guidelines for the interpretation and reporting of coronary CT angiography:a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines Committee[J].J Cardiovasc Comput Tomogr,2015,9(2):e3.
[9]Neefjes LA,Dharampal AS,Alexia R,et al.Image quality and radiation exposure using different low -dose scan protocols in dual -source CT coronary angiography:randomized study[J].Radiology,2011,261(3):779-786.
[10]朱功升,肖慧娟,董晓美等.第3代双源CT低剂量技术在高心率冠脉成像中的应用[J].中国临床医学影像杂志,2021,32(01):52-55.
[11]高建华,戴汝平,孙宪昶,等.64层螺旋CT冠状动脉成像与冠状动脉造影对照初步研究[J].实用放射学杂志,2007,23(2):165.168.
[12]谢元亮,郑晓华,金朝林,等.心率对64排螺旋CT冠状动脉成像质鞋的影响及对策[J].放射学实践,2006,21(9):913.916.
[13]李伟,陈雄钊,兰勇,等.64排螺旋CT冠脉成像效果与影响因素研究[J].国际生物医学工程杂志,2009,32(5):267-272.
[14]成满平,蔡晓庆,牛娟琴,等.模拟ECG信号在320排CT冠脉成像中的应用价值[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(11):77-79.
[15]袁知东,曾建奇,范秀松,等.绝对时相收缩期窄曝光窗前门控扫描降低房颤患者心脏CTA辐射剂量的研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(9):88-90.
[16]吴翠翠,王子月,石洪秀,等.双源Drive CT ADMIRE技术在诊断冠心病上的临床研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(4):85-87.
[17]王鸿振,王雪红,肖喜刚,等.前瞻性心电门控技术在CT肺动脉血管成像中的应用[J].放射学实践,2010,25(8):859-863.
[18]黄婷婷,王亚洲,胡文晖,等.64排螺旋CT冠状动脉成像与心电门控技术的图像质量及辐射剂量比较[J].现代诊断与治疗,2019,30(18):3189-3190.

(收稿日期：2023-12-23)
(校对编辑：孙晓晴)