论 著

Force CT大螺距冠状动脉血管造影成像质量的临床研究

1.河南省义马煤业集团公司天新医院内科（河南 义马 472300）
2.河南省三门峡市中心医院CT室（河南 三门峡 472000）
3.河南省三门峡市中心医院心血管内科（河南 三门峡 472000）
韩小芹[1] 梁 琰[2] 姬富才[3]

【摘要】**目的** 研究Force CT大螺距冠状动脉血管造影(CTA)检查在心脏不同时期的成像质量。**方法** 选取2018年3月～2019年3月在我院行Force CT大螺距CTA检查的72例疑似冠心病患者，根据检查过程中采集时相不同分为对照组和观察组各36例，对照组在心脏收缩期即R-R间期30％处进行图像采集，观察组在心脏舒张期即R-R间期60％处进行图像采集，比较两组剂量参数、客观图像质量、主观图像质量。**结果** 观察组中OM^2段图像质量最好，RCA中段图像质量最差；对照组中LAD远段图像质量最好，RCA中段图像质量最差。观察组LCX近段、OM^1、OM^2、LCX中段图像质量均显著优于对照组($P<0.05$)；两组RCA、LM、LAD、LCX、AO的CT值、SNR值、CNR值比较均无明显差异($P>0.05$)；两组患者扫描长度、CTDIvol、DLP、ED比较无显著差异($P>0.05$)。**结论** Force CT大螺距CTA检查在心脏舒张期采集冠状动脉LCX节段的图像质量优于收缩期，且有效辐射剂量低于1mSv。建议临床Force CT大螺距CTA检查于心脏舒张期采集图像。

【关键词】Force CT；大螺距；心脏；不同时期；成像质量
【中图分类号】R541.4；R445.3
【文献标识码】A
DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.08.020

通讯作者：韩小芹

Cardiac Imaging Quality of Computed Tomography Coronary Angiography Based on Force CT High Pitch Scan Model

HAN Xiao-qin, LIANG Yan, JI Fu-cai. Department of Internal Medicine, Tianxin Hospital, Yima Coal Industry Group Company, Yima 472300, Henan Province, China

[Abstract] ***Objective*** To investigate the cardiac imaging quality of force CT high pitch CT angiography (CTA) in different stages. ***Methods*** 72 patients with suspected coronary artery disease underwent force CT high pitch CTA from March 2018 to March 2019 in our hospital were selected, and were divided into two groups according to the different image acquisition times, 36 cases each. The control group allowed image acquisition at 30% of the systolic R-R interval, while the observation group allowed image acquisition at 60% of the diastolic R-R interval. Dose parameters, objective image quality and subjective image quality were compared between the two groups. ***Results*** In the observation group, OM^2 segment had the best image quality, while RCA segment had the worst image quality. In the control group, the distal LAD had the best image quality, while the midcourse RCA had the worst image quality. The quality of LCX proximal segment, OM^1, OM^2 and LCX midsection images in the observation group was significantly better than that in the control group ($P<0.05$). There were no significant differences in CT, SNR and CNR values of RCA, LM, LAD, LCX and AO between the two groups ($P>0.05$). There was no significant difference in scanning length, CTDIvol, DLP and ED between the two groups ($P>0.05$). ***Conclusion*** Image quality of diastolic phase acquisition in force CT high pitch CTA is better than that in systolic phase, and the effective radiation dose is less than 1 mSv, which is recommended to use in diastolic phase.

[Key words] Force CT; High Pitch; Heart; Different Periods; Imaging Quality

冠心病是冠状动脉血管发生粥样硬化病变导致血管腔狭窄、阻塞，引起心肌缺血、缺氧或坏死的心脏病[1]。临床上诊断冠心病方法较多，有超声心动图、心电图、核磁共振、冠状动脉造影和冠状动脉血管造影(CT Angiography，CTA)[2]。冠状动脉造影是目前诊断冠心病的“金标准”，但其作为有创检查方法具有一定风险性，且操作复杂，不适合用于普查或筛查[3]。随着CT技术飞速发展，CT扫描仪时间和空间分辨率显著提高。以往的小螺距扫描方法重叠的扫描数据较多，受检者接受的辐射剂量较高，不利于患者健康。为解决这一问题，德国西门子公司研发的Force CT采用大螺距扫描方式，通过预设R-R间期可以扫描心脏整个心动周期中任意时间段，从而降低预设间期外曝光剂量[4]。故本文对我院患者Force CT冠状动脉CTA检查不同时相的图像质量进行探讨研究。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 经医学伦理委员会批准，选取2018年3月～2019年3月在我院行Force CT冠状动脉CTA检查的72例疑似冠心病患者，根据检查过程中采集时相不同分为对照组和观察组各36例。诊断标准[5]：参照中国医学影像技术研究会学术大会。纳入标准：①疑似冠心病患者；②年龄≥18岁；③MBI≤30kg/m^2；④心律齐且心率≤65次/分；⑤心胸比≤0.5。排除标准：①合并急性心力衰竭、中度或重度房室传导阻滞、严重期前收缩；②合并严重心、肝、肾功能不全；③血清肌

酐＞1.5mg/dl；④造影剂过敏患者；⑤精神障碍者；⑥合并严重血液系统、免疫系统疾病或恶性肿瘤；⑦既往存在冠状动脉介入治疗、旁路移植术或者其他心脏手术史患者。对照组中男20例，女16例；年龄41～73岁，平均年龄(61.52±4.88)岁。观察组中男19例，女17例；年龄43～74岁，平均年龄(62.08±5.09)岁。两组患者一般资料比较差异无统计学意义(P＞0.05)，有可比性。所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者均采用德国西门子Force CT进行扫描，选择大螺距Turbo Flash模式，采用德国西门子CARE Dose 4D动态辐射剂量控制技术，设置参数管电压100kV，螺距3.4，像素矩阵512×512，机架的旋转时间为250ms。使用Cardiac窗，采取Bv36卷积核算法，设定0.75mm的自动重建层厚，0.5mm的自动重建增量，选择西门子ADMIRE迭代重建技术，设定迭代强度ADMIRE=3。待患者完成钙化积分扫描后展开冠状动脉的增强扫描，参照定位像、钙化积分图像设置扫描范围，多为气管隆嵴下方1cm处到整个心脏范围。扫描完成后，由计算机系统自动上传原始数据到Syngo.via工作站，经我放射科一位具有5年心脏血管影像处理经验的医师处理原始数据。

冠状动脉数分段[6]：参照美国心脏病学会冠状动脉分段法，分为左主干(Left main angiography，LM)，右冠状动脉(Right coronary angiography，RCA)包括RCA近段、中段、远段和后降支(Post descending angiography，PDA)，前降肢(Left anterior descending，LAD)包括LAD近段、中段、远段、第一对角支(Agonal branch 1，DIA1)、第二对角支(Agonal branch 2，DIA2)，回旋支(Left circumflex angiography，LCX)包括LCX近段、第一钝缘支(Obtuse marginal branch 1，OM^1)、LCX中段、第二钝缘支(Obtuse marginal branch 2，OM^2)、LCX远段，分析直径≥1.5mm的冠脉动脉节段。

表1 两组主观图像质量评价比较($\bar{x}\pm s$)

冠状动脉节段	观察组评分(n=36)	对照组评分(n=36)	t	P
RCA近段	1.74±0.43	1.87±0.56	1.105	0.269
RCA中段	2.24±0.87	2.31±0.93	0.330	0.743
RCA远段	1.62±0.57	1.79±0.60	1.233	0.218
PDA	1.39±0.62	1.53±0.71	0.891	0.373
LM	1.15±0.38	1.29±0.45	1.426	0.154
LAD近段	1.22±0.40	1.28±0.42	0.621	0.535
LAD中段	1.20±0.35	1.27±0.41	0.779	0.436
LAD远段	1.17±0.39	1.26±0.44	0.918	0.358
DIA1	1.35±0.49	1.43±0.54	0.658	0.510
DIA2	1.64±0.55	1.73±0.62	0.652	0.515
LCX近段	1.23±0.32	1.74±0.73	3.839	0.000
OM^1	1.15±0.37	1.69±0.77	3.793	0.000
OM^2	1.09±0.41	1.87±0.70	5.769	0.000
LCX中段	1.25±0.34	2.04±0.81	5.396	0.000
LCX远段	1.36±0.47	1.55±0.64	1.436	0.151

表2 两组冠状动脉CT值比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	CT值(HU)				
		RCA	LM	LAD	LCX	AO
对照组	36	386.21±66.95	370.25±71.96	392.61±75.23	381.39±82.05	415.39±78.97
观察组	36	409.53±68.47	392.33±75.18	410.44±81.39	403.08±88.17	428.06±83.45
t		1.046	1.273	0.965	1.081	0.662
P		0.895	0.203	0.334	0.280	0.508

表3 两组冠状动脉SNR比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	SNR值				
		RCA	LM	LAD	LCX	AO
对照组	36	22.58±5.39	23.97±5.47	22.19±4.58	22.62±5.14	24.15±5.67
观察组	36	22.09±5.18	23.52±5.34	22.06±4.47	22.35±5.02	23.83±5.51
t		0.393	0.353	0.122	0.226	0.243
P		0.694	0.724	0.903	0.822	0.808

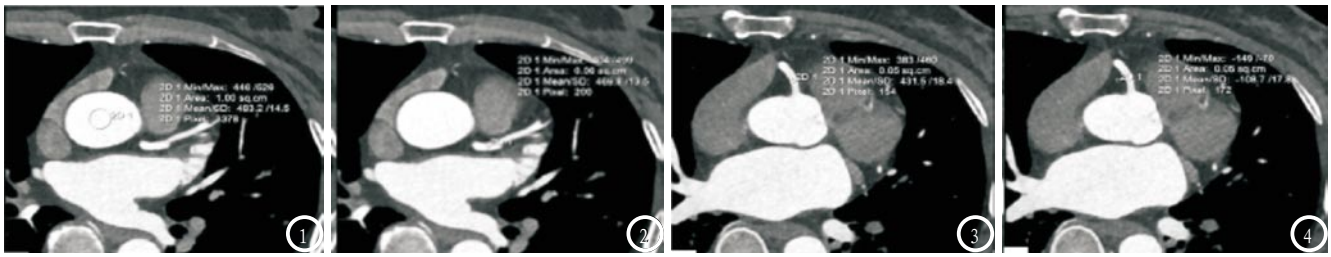

图1 为AO根部选取ROI；**图2** 为LM近段选取ROI；**图3** 为RCA近段选取ROI；**图4** 为RCA近段附近组织选取ROI。

表4 两组冠状动脉CNR比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	CNR值				
		RCA	LM	LAD	LCX	AO
对照组	36	27.55±5.62	28.09±4.97	27.68±5.18	27.33±4.82	-
观察组	36	26.97±5.48	27.94±4.82	27.37±5.01	27.15±4.63	-
t		0.443	0.130	0.258	0.162	
P		0.658	0.897	0.796	0.872	

表5 两组辐射剂量比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	扫描长度(cm)	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSy)
对照组	36	16.28±2.09	3.46±1.03	55.38±11.21	0.79±0.21
观察组	36	16.07±2.12	3.51±1.07	56.19±12.08	0.77±0.20
t		0.423	0.202	0.295	0.414
P		0.672	0.840	0.768	0.679

1.3 评价指标 图像质量主观评价[7]：由影像科1名具有5年以上经验的医师参照Likert评分法评价两组图像质量：优秀是1分，没有运动伪影和血管腔模糊，清晰显示血管段；良好是2分，血管腔轻微模糊或者有轻微伪影；一般是3分，血管腔中等模糊或者有中度伪影；差是4分，不能区分血管腔结构或者伪影严重。客观图像质量评价：客观图像质量评价参数有冠状动脉分支血管CT值、信噪比(Signal to Noise Ratio，SNR)、对比噪声比(Contrast Noise Ratio，CNR)。在左边升主动脉(Ascending Aorta，AO)根部连续取三层图像并选1cm^{2}感兴趣区(Region of Interest，ROI)测量CT值，取平均值为AO的CT值，再分别测量RCA、LM、LAD、LCX的CT值，重复三次取平均值。在RCA、LM、LAD、LCX的ROI近端的周围组织选取相同大小ROI测量CT值。SNR=血管CT值/影像噪声，CNR=(血管CT值-血管周围组织CT值)/影像噪声。影像噪声是AO根部CT值标准差均值。辐射剂量：辐射剂量是冠状动脉在阈值出发后CTA启动扫描的剂量。扫描结束后CT系统自动生成参数，包括扫描长度、容积CT剂量指数(Volume CT Dose Index，CTDIvol)、剂量长度乘积(Dose Length Product，DLP)。并计算有效剂量(Effective Dose，ED)。ED=DLP×K，K=0.014 mSv/mGy·cm。

1.4 统计学方法 采用SPSS19.0软件统计分析，计量资料以($\bar{x}\pm s$)形式表示，组间比较采用独立样本t检验，计数资料比较采用χ^2检验，以$P<0.05$表示比较结果差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组图像质量主观评价比较 观察组LCX近段、OM^1、OM^2、LCX中段图像质量均显著优于对照组($P<0.05$)，其余冠状动脉节段图像质量比较无明显差异($P>0.05$)，见表1。

2.2 两组图像质量客观评价比较 两组RCA、LM、LAD、LCX、AO的CT值、SNR值、CNR值比较均无明显差异($P>0.05$)，见表2、3、4。

2.3 两组辐射剂量比较 两组患者扫描长度、CTDIvol、DLP、ED比较无显著差异($P>0.05$)，见表5。见图1-4。

3 讨 论

流行病学调查显示[9]，随着我国社会生产力不断提高，人们饮食习惯和生活方式改变，冠心病发病率持续升高，并且发病年龄趋于年轻化。临床实践指出，尽早对冠心病确诊并及时干预能有效降低死亡率，改善预后，减轻患者经济压力，提高患者生活质量。随着多层螺旋CT设备的持续改进和完善，冠状动脉CTA检查得到广泛使用，并逐渐成为筛查冠心病的常用手段。众多学者指出[10-11]，冠状动脉CTA检查辐射剂量为12mSv，远高于临床需要水平7mSv的ED，在检查过程中可能破坏人体细胞DNA链，诱导肿瘤的发生。因此在保证影像需求基础上尽量降低辐射剂量具有十分重要临床意义。Force CT使用2×192层的数据采集系统，时间分辨率可达单扇区66ms，装置允许70kV的最低电压的X线球管，低电压技

术和迭代重建技术在改善图像质量的基础上减少辐射剂量，ED可控制在1mSv内[12]。本文中两组患者辐射剂量参数比较差异无统计学意义，但两组ED均低于1mSv，与文献报道一致。

冠状动脉是心脏营养血管，是升主动脉第一分支，分布在心包表面，行走于房室间沟和冠状沟内，沿各分支到心包脏层下，深入心肌。冠状动脉较为细小，行走迂曲，会随着心脏活动而运动。心脏的活动周期是心室活动周期，包含舒张期和收缩期。收缩期为R波波峰至T波结束，T波末至P波出现之前是心室舒张期。心脏搏动较弱时间为收缩期末期和舒张期末期。每支冠状动脉在同一周期内运动速度也不同，且不同节段同一时间速度也不一样，冠状动脉运动规律为心率越快则运动速度越快。影响冠状动脉CTA图像质量的因素较多，其中较为重要的有运动伪影。冠状动脉管径较小，运动速度较快，若要获取清晰图像，需克服心跳产生的运动伪影。大螺距Force CT扫描基本原理为CTA出发后对R-R间期内1个预设的时相曝光扫描。研究发现[13]，冠状动脉在舒张期运动幅度相对较小，持续时间约80～120ms，在舒张末期会有一个相对低速的平台期。因此在R-R间期60％处相当于在低速平台期进行数据采集，可获得相对优质质量的图像。本文研究结果中，对照组和观察组两种不同时期的时相采集结果显示，观察组患者在舒张期即R-R间期60％处采集图像，其LCX近段、OM^1、OM^2、LCX中段图像质量显著优于收缩期所采集图像。这与国外学者指出双源Force CT在患者行冠状动脉CTA检查时，最佳采集时相为R-R间期60％～75％的结论一致[14]。本文结果中，观察组患者在舒张期即R-R间期60％处采集的OM^2段图像质量最好，RCA中段图像质量最差，对照组中LAD远段图像质量最好，RCA中段图像质量最差。分析认为LAD段行走于心脏前室间沟，变化幅度较小，运动速度较慢，成像较好；RCA行走于左房室沟，行走迂曲，位置变化较大，运动速度较快，当心房和心室运动不同时则会产生不规则运动，血管成像较模糊，伪影较严重[15]。

综上所述，Force CT大螺距CTA检查在心脏舒张期采集冠状动脉LCX节段的图像质量优于收缩期，且有效辐射剂量低于1mSv，建议临床Force CT大螺距CTA检查于心脏舒张期采集图像。

参考文献

[1]杨家虎,冯越,张建军.Force CT大螺距Turbo Flash扫描模式在不同心率患者中的应用效果研究[J].中国全科医学,2018,569(14):92-95.

[2]Gassenmaier T,Distelmaier I,Weng A M,et al.Impact of advanced modeled iterative reconstruction on interreader agreement in coronary artery measurements[J].European Journal of Radiology,2017,9(4):2838.

[3]郭长磊.冠脉CTA评估心绞痛患者斑块性质及其与心血管事件的相关性研究[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(12):66-68.

[4]Kolossváry M,Szilveszter B,Merkely B,et al.Plaque imaging with CT-a comprehensive review on coronary CT angiography based risk assessment[J].Cardiovascular Diagnosis & Therapy,2017,7(5):489-506.

[5]易妍,曹剑,林路,等.第3代双源CT70kV大螺距扫描冠状动脉CT血管成像在不同体质量指数患者中的应用[J].中国医学科学院学报,2017,39(1):42-48.

[6]梁继祥,孔令燕,金征宇,等.第3代双源CT在大螺距主动脉CT血管成像扫描中的初步应用[J].中国医学科学院学报,2017,39(1):68-73.

[7] 李玲玲,王庆义.无症状心肌缺血患者动态心电图与冠状动脉CT血管造影的对比分析[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(2):22-24+41.

[8]Lesage D,Angelini E D,Funka-Lea G,et al.Adaptive particle filtering for coronary artery segmentation from 3D CT angiograms[J].Computer Vision & Image Understanding,2016,151(7):29-46.

[9]杨家虎.65～75次/min心率下Force CT前瞻性心电触发大螺距Turbo Flash扫描模式在舒张期与收缩期冠状动脉成像质量的比较研究[J].中国全科医学,2018,21(30):114-119.

[10]Schuhbaeck A,Schmid J,Zimmer T,et al.Influence of the coronary calcium score on the ability to rule out coronary artery stenoses by coronary CT angiography in patients with suspected coronary artery disease[J].J CardiovascComputTomogr,2016,10(5):343-350.

[11]张力,徐延峰,郑婧,等.低剂量自适应迭代重建技术在低辐射剂量头颈部CT血管成像中的应用[J].中国现代医学杂志,2017,27(2):81-85.

[12]戴启春,胡春洪,卢定友,等.“双低”大螺距扫描冠状动脉CT血管成像的临床研究[J].实用放射学杂志,2017,33(11):1777.

[13]李莉明,刘杰,高剑波.冠状动脉CT成像的个体化低对比剂剂量优化研究[J].临床放射学杂志,2016,35(12):1899-1903.

[14]Opolski M P,Staruch A D,Jakubczyk M,et al.CT Angiography for the Detection of Coronary Artery Stenoses in Patients Referred for Cardiac Valve Surgery:Systematic Review and Meta-Analysis.[J].Jacc Cardiovascular Imaging,2016,9(9):1059-1070.

[15]杜倩妮.第3代双源CT大螺距70kV管电压15ml对比剂用量模式在CT肺动脉成像中的应用[J].中国医学科学院学报,2017,39(1):28-33.

(本文编辑:刘龙平)

【收稿日期】2019-08-09