

论 著

低管电流联合窄窗、迭代重建技术在降低CCTA成像辐射剂量中的应用价值*

1. 广东省中医院珠海医院功能检查科 (广东 珠海 519015)

2. 广东省中医院珠海医院影像科 (广东 珠海 519015)

王忠德¹ 刘金丰² 刘海龙²
周桂忠²

【摘要】目的 探讨低管电流联合窄窗、迭代重建技术在降低冠状动脉CT血管成像辐射剂量中的价值。**方法** 将80例怀疑冠心病患者随机分为A、B两组，每组40例，行CCTA，A组扫描管电压为120kV、管电流为智能毫安，扫描窗为心动周期的30%~80%；B组扫描管电压为120kV、管电流为智能毫安的75%，扫描窗为心动周期的70%~80%。对A组进行滤波反投影法重建(filtered back projection, FBP)和迭代重建(iterative reconstruction, IR)得到A_F和A_I两组，B组进行IR重建，比较3组图像的噪声、信噪比(SNR)、主观图像质量(评分)及辐射剂量(effective dose, ED)。**结果** A_I、B、A_F组噪声依次升高，SNR依次降低，A_F组与A_I、B间的噪声及SNR差异均有统计学意义(P<0.05)；主观图像质量评价，A_I组优于其他两组(P<0.05)，A_F组最差，A_F与B组差异无统计学意义(P>0.05)；A、B两组ED分别为(3.40±1.34)mSv、(1.26±0.61)mSv，有统计学差异(P<0.05)。**结论** 在不降低冠状动脉成像质量的情况下，低管电流联合窄窗、迭代重建技术能降低CCTA的辐射剂量。

【关键词】 冠状动脉；心电图；窄窗；迭代算法；低剂量

【中图分类号】 R540.4+1

【文献标识码】 A

【基金项目】 珠海市卫计局项目 (No: 2017J006)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2019.03.025

通讯作者：刘金丰

Application Value of Low Tube Current Combined with Narrow Window and Iterative Reconstruction Technology in Reducing Radiation Dose of CCTA Imaging*

WANG Zhong-de, LIU Jin-feng, LIU Hai-long, et al., Department of Functional Examination, Zhuhai Hospital of Guangdong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhuhai 519015, Guangdong Province, China

[Abstract] Objective To investigate the value of low tube current combined with narrow window and iterative reconstruction in reducing radiation dose of coronary CT angiography. **Methods** 80 patients with suspected coronary heart disease were randomly divided into two groups: group A and group B, 40 patients in each group were treated with CCTA. Group A had 120 kV scan tube voltage, intelligent milliamperage tube current and scan window 30%~80% of cardiac cycle. Group B had 120 kV scan tube voltage, 75% of intelligent milliamperage tube current and scan window 70%~80% of cardiac cycle. Group A was reconstructed by filtering back projection (FBP) and iterative reconstruction (IR) to obtain A_F and A_I. Group B was reconstructed by IR. The noise, signal-to-noise ratio (SNR), subjective image quality (score) and radiation dose (ED) of the three groups were compared. **Results** Noise in A_I, B and A_F groups increased and SNR decreased in turn. There was statistical significance in noise and SNR between A_F group and A_I and B group (P<0.05). Subjective image quality evaluation showed that A_I group was better than other two groups (P<0.05), A_F group was the worst, and there was no statistical significance between A_F group and B group (P>0.05). EDs in A and B groups were (3.40±1.34) mSv and (1.26±0.61) mSv, respectively, with statistical difference (P<0.05). **Conclusion** Low tube current combined with narrow window and iterative reconstruction can reduce the radiation dose of CCTA without reducing the quality of coronary artery imaging.

[Key words] Coronary Artery; Electrocardiogram; Narrow Window; Iterative Algorithm; Low Dose

冠状动脉CT血管成像(coronary CT angiography, CCTA)已成为诊断冠状动脉疾病的重要的检查方法^[1]，随着CT技术的进步，冠状动脉CT血管成像辐射剂量明显较前减少，与其他部位的扫描相比较，依然具有高辐射剂量，在满足临床诊断需求的前提下，如何降低CCTA辐射剂量逐渐成为学者研究的关注点^[2]。CCTA的图像质量受心率的影响较大，心率≤75次/分，心率波动≤10次/分时，64排冠脉CTA前后门控单扇区扫描模式扫描获得的图像质量无显著差异，采用前门控扫描时目标心率一般控制在70次/分以下为宜^[3]。迭代重建是运用先进的数据处理技术、对原始数据进行重建，在降低辐射剂量的同时，还能优化图像质量保证临床诊断需求，是降低CT辐射剂量的新方法^[4-5]。本文采用先行心电图准确检测心律情况并控制心率、降低管电流联合窄采集窗技术对怀疑冠心病患者进行CCTA检查，对原始数据进行迭代重建，对比分析降低管电流联合窄采集窗技术组图像质量和辐射剂量与常规扫描组的图像质量和辐射剂量，拟探讨低管电流联合窄采集窗技术降低CCTA中辐射剂量的可行性。

1 资料与方法

1.1 病例资料 收集广东省中医院珠海医院2017年5月-2018年11月临床怀疑冠心病患者,行CCTA检查80例,均有胸闷、胸痛等临床症状,其中男女分别为50例、30例,年龄37~89岁,平均(60.96±11.61)岁。病例纳入标准:体重指数BMI为^[19-25]kg/m²,年龄≥18岁,目标心率≤70次/分、且心率波动≤5次/分。排除标准:扫描范围内有金属内固定、呼吸伪影较重患者。80例患者随机分为2组,均为40例。检查前静息状态下行心电图检查和血压测量,心电图显示患者心率波动>5次/分或心率>70次/分的,CCTA检查前给予倍他乐克25~50mg等临床对症治疗以稳定和降低患者心率至目标心率。两组患者的BMI、年龄、扫描范围(14cm)均无统计学差异,见表1。

1.2 扫描方法 本研究所有病例均采用东芝640层动态CT扫描,运用前瞻性心电门控技术,患者采取脚先进,自然仰卧位。扫描范围以心脏下缘为起点,向上延伸14cm。A组:扫描管电压为120KV、自动毫安、扫描窗为心动周期的30%-90%;B组:扫描管电压为120KV、75%自动毫安、扫描窗为心动周期的70%-80%。定位扫描完后,经肘静脉团注碘海醇(350mgI/ml),剂量为0.8ml/kg,注射速率为5.0ml/s。

1.3 图像处理 CCTA检查后,扫描后对A组进行FBP重建和IR重建得到A_F和A_I两组数据、B组进行迭代重建得到B组

数据。三组重建为薄层图像,矩阵:256×256,层厚、层距均为0.5mm。均采用心动周期75%图像,图像质量欠佳时先进行心电编辑,将得到的三组薄层图像传至东芝后处理工作站(VitreaFX3.0),采用多平面重组(multiplaner reformatting,MPR)、曲面重建(curved planar reformat,CPR)、容积再现(Volume Rendering,VR)。

1.4 图像分析 图像分析包括客观图像质量(噪声、SNR)及主观图像质量(评分)。客观指标:由1位主治医师测量右主支气管(ROI约为13mm²)CT值3次,取其均值及标准差(SD)均值。噪声为标准差(SD)均值,SNR为支气管平均值/标准差的绝对值。主观指标:根据美国心脏病协会制订的冠状动脉15段分段法,采用4分评价法对冠状动脉图像质量进行评分。差(1分):图像质量较差或极差,诊断困难甚至无法正确诊断;较差(2分,图3):图像质量一般,明显伪影,但仍能做出较正确诊断;良好(3分,图3):图像质量好,轻微伪影;优秀(4分,图6、图9):图像质量很好,无运动伪影。由2位高年资心血管影像诊断主治医师采用双盲法评估,结果不一致时,请上级医师讨论决定,形成统一意见后录入结果。辐射剂量:记录各组由CT机器生成的容积CT剂量DLP[dose length product,DLP(mGy·cm)],有效剂量(ED)=DLP×k,其中k为转换系数值,采用成人胸部

k=0.014(单位mSv·mGy⁻¹·cm⁻¹)^[6]。

1.5 统计学方法 所有统计学分析采用SPSS软件19.0进行处理,A_F、A_I、B三组的冠状动脉评分、辐射剂量、噪声及SNR,采用方差分析进行比较,组间两两比较采取SNK法。P<0.05为差异具有有统计学意义的标准。2名医师对图像质量评分的一致性分析采用Kappa检验,Kappa<0.40为一致性较差;Kappa为0.41~0.60为一致性中等;Kappa为0.61~0.80为一致性较好;Kappa为0.81~1.00为一致性很好。

2 结果

A、B组辐射剂量分别为(3.40±1.34mSv)、(1.26±0.61mSv),两两对比有统计学意义(P<0.05)。客观图像质量:A_F、A_I、B组对比,A_I组质量最好,A_F组质量最差,A_I、B组均优于A_F组,且统计学差异有意义(P<0.05)。主观图像质量:A_F、A_I、B组平均分数,B组较A_F组降低63%,B组图像质量评分优于A_F组图像质量评分,但是两组主观图像质量评分无显著差异(P>0.05)。三组Kappa检验均为一致性较好。见表1-3,图1-9。

3 讨论

CT具有普及广泛、扫描速度快等优势,在临床工作中的应用

表1 各组年龄、BMI、辐射剂量、平均分数、噪声、SNR的平均值及标准差

组别 (n)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	ED (mSv)	平均分数	噪声	SNR
AF (n=40)	60.75±12.51	23.08±3.09	3.40±1.34	3.71±0.36	33.77±6.28	30.64±9.85
AI (n=40)	60.75±12.51	23.75±1.92	3.40±1.34	3.91±0.24	12.67±2.38	78.69±14.96
B (n=40)	61.375±9.89	23.76±2.00	1.26±0.61	3.78±0.31	16.15±3.50	62.49±13.98
F	0.04	1.43	46.12	5.57	267.87	144.37
P	0.963	0.24	0.00	0.005	0.0	0.00

表2 各组ED、评价分数、噪声、SNR统计结果

组别	辐射		平均分数		噪声		SNR			
A _F (n=40)	3.39		3.71		33.77		30.64			
A _I (n=40)	3.39		3.90		12.67		78.69			
B (n=40)	1.26		3.73				16.16		62.49	
P	1.00	1.00	0.76	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

注: alpha=0.05 , 同一列无差异, 不同列差异显著

表3 4分评价各分值的血管段数统计

组别	4分	3分	2分	1分
A _F (n=40)	415段	107段	23段	0段
A _I (n=40)	499段	44段	2段	0段
B (n=40)	427段	81段	30段	0段

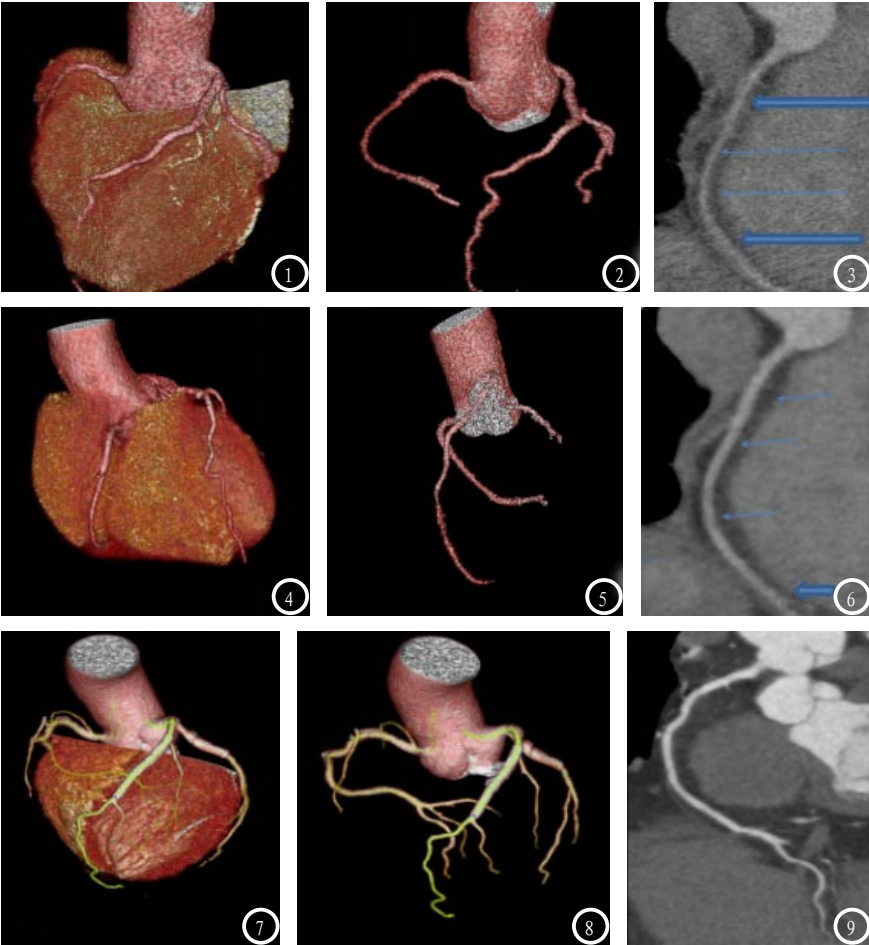


图1-6 男, 65岁, 冠心病, ED为3.30mSv, 图1-3 A_F组, 图1-2为FBP重建VR图, 图3为LAD的FBP重建CPR图, 2、3段评分为3分(良好, 长细箭头), 1、4段图像质量评分为2分(较差, 长粗箭头), FBP重建噪声为31.2, SNR 26.3。图4-6 A_I组, 图4-5为IR重建VR图, 图6为LAD的IR重建CPR图, 示第1、2、3、4段评分为4分(短细箭头、短粗箭头), 噪声为12.1, SNR 80.30。
图7-9 B组, 男, 65岁, 图7-8 AIDR3D重建VR图, 图9 AIDR3D重建CPR图, 示RAD第1、2、3、4段图像质量评分为4分(优秀)ED为1.23mSv, 噪声为10.4, SNR 82.1。

十分重要, 但CT带来的辐射剂量危害成为不可忽视的问题。辐射剂量的增加可能诱发各种恶性肿瘤, 一项研究结果显示, 约2.0%的肿瘤由被检者CT检查的辐射剂量导致^[7]。随着CT技术的进步, CCTA得以简单实现, CCTA的图像

质量明显提高, 已成为诊断冠状动脉疾病的重要检查方法之一, 但辐射剂量较高限制其广泛应用。有多种减低辐射剂量措施, 单纯降低管电流或管电压的会降低图像质量。相关研究显示, 利用东芝640层动态CT前瞻性心电门

控仅在预定期相进行采集, 采用迭代重建技术, 可大幅降低辐射剂量^[8-9]。降低管电流联合窄采集窗技术明显降低辐射剂量, 对原始数据进行迭代重建, 降低25%管电流行迭代重建能够满足临床诊断需求, 当患者心率较低时, 图像质量最优的为75%心动周期这一特点, 我们采用窄采集窗技术(70%-80%心动周期)进一步明显降低电离辐射剂量。

调整CT扫描参数降低辐射剂量是常见的方法。降低管电是最简便有效的方法之一, 其辐射剂量呈线性下降。降低管电压也将带来一些问题, CT球管电压降低, X线穿透力降低且增加射线的组织吸收, 导致图像质量降低; 辐射剂量降低容易受量子噪声的干扰, 图像质量降低和CT密度分辨率下降, 显示低对比细节困难^[10]。另外, CT球管电压的调整只有几个固定数值, 不能进行细微调整, 并且有时候需要调整管电流来维持图像的噪声^[11]。随着计算机技术的发展, 迭代算法作为一种全新图像重建方法越来越受到重视, 基本原理是^[12-13]: 首先在投影空间通过构造的噪声模型系统对噪声加以抑制和部分消除, 再将降噪之后的数据转换入图像空间, 针对图像空间的噪声模型系统和解剖模型系统进一步降低图像噪声, 并且通过噪声频率谱模型来保证降噪过程中避免噪声频率分布改变。

本研究采用窄窗技术以降低CCTA的辐射剂量。常规CCTA检查时, 前瞻性心电门控技术扫描为R-R间期的30%-80%舒张期曝光, 减少CCTA检查的辐射剂量, 较回顾性心电门控技术降低约80%辐射剂量^[9]。本研究采用窄窗技术进行CCTA, 扫描为R-R间期的70%-80%舒张期曝光, 明显降低了CCTA

检查的辐射剂量,东芝640层动态采用最新冠状动脉智能软件,若在检查过程中,监测到心律不齐,不进行采集,下一个心动周期中R波规律后进行扫描,开始扫描,本研究发现当手动调节70%–80%舒张期曝光,心率增加时会自动在60%–80%舒张期曝光,保证血管的成功率,提高图像质量,血管的优秀、良好率明显提高,本研究B组优秀血管率79.4%、良好血管率15.1%,共94.5%。

本研究采用联合多种技术降低辐射剂量,A、B组辐射剂量分别约为($3.40 \pm 1.34 \text{ mSv}$)、($1.26 \pm 0.61 \text{ mSv}$),两组平均辐射剂量差异有统计学意义($P < 0.05$),较常规扫描降低约为72%,对比常规组FBP重建,主观图像质量明显优于对照组($P < 0.05$)、客观图像质量均无显著性差异($P > 0.05$)。当患者心率适宜,常规最佳图像质量为75%固定值。本研究通过前期心电图检查,心率未达标者在检查前服用倍他乐克等内科治疗,将患者心率降至目标心率,即心率 ≤ 70 次/分、心率波动 ≤ 5 次/分,采用窄窗技术,且减少CT曝光时间,只要常规曝光时间的1/5之一,该技术对图像质量无影响;本研究降低25%管电流,由于采用迭代重建,对比常规组迭代重建A₁图像质量有所下降,但是下降不明显,优秀加良好血管率为94.5%,能够满足临床需求。对比叶国伟^[8]等在320层CT前瞻性门控窄窗和靶向扫描方式在低心率冠状动脉成像中的辐射剂量、图像质量对照研

究中,也采用Toshiba Aquilion one CT扫描、患者心率 ≤ 70 次/分,单纯采用窄窗技术(70%–80%舒张期曝光),与本研究B组可评估血管率基本相同,低管电流联合窄窗、迭代重建技术在CCTA成像中基本不影响图形质量,能够满足临床诊断需求。

本研究探讨了一种CCTA检查时降低辐射剂量方法的可行性;但是本研究是以稳定的低心率为前提条件,亦排除了体重过低或过高的患者。所以,扩大样本量进一步研究,才能得到临床更广泛的应用。

综上所述,研究结果显示,低心率CCTA检查,低管电流联合窄窗、迭代重建技术,能够明显降低CCTA检查辐射剂量,图像质量可以满足临床需求。

参考文献

- [1] Tatsugami F, Matsuki M, Nakai G, et al. The effect of adaptive iterative dose reduction on image quality in 320-detector row CT coronary angiography[J]. British Journal of Radiology, 2012, 85(1016): 378–382.
- [2] 李莹,艾娜娜,张颖颖,等.前置自适应统计迭代重建技术对体模肺磨玻璃结节图像质量及辐射剂量的影响[J].中国医学影像技术,2018,34(5): 775–778.
- [3] 何汇忱,周仕恩.心率及心率波动在前后门控冠状动脉CTA中的对比[J].影像诊断与介入放射学,2017,26(6): 486–490.
- [4] 李莹,吕培杰,郭英,等.优化前后置全模型迭代重建技术低剂量腹部CT扫描[J].中国医学影像技术,2018,34(4): 605–609.
- [5] 陈博.双低技术联合迭代重建技术

在小儿复杂性先天性心脏病CT血管成像中的应用[J].中华放射医学与防护杂志,2018,38(7): 547–551.

- [6] 肖梦强,张萌,刘金丰,等.迭代算法低剂量CT诊断椎间盘突出[J].中国医学影像技术,2017,33(3): 458–461.
- [7] Albert JM. Radiation risk from CT: implications for cancer screening[J]. AJR Am J Roentgenol, 2013, 201(1): W81–87.
- [8] 叶国伟,邹建勋,陈旭高.320层CT前瞻性门控窄窗和靶向扫描方式在低心率冠状动脉成像中的辐射剂量、图像质量对照研究[J].中国医学计算机成像杂志,2015,21(2): 114–117.
- [9] Khosa F, Khan A, Nasir K, et al. Influence of image acquisition on radiation dose and image quality: full versus narrow phase window acquisition using 320 MDCT[J]. The Scientific World Journal, 2013, 10(11): 1–5.
- [10] 胡钰,方进,邓达标,等.低剂量胸部CT对肺癌筛查的研究进展[J].中国医学影像技术,2015,13(1): 146–149.
- [11] 刘士远,于红.CT低剂量扫描的研究和应用现状[J].中华放射学杂志,2013,47(4): 295–300.
- [12] 舒礼良,黄功成,张永高,等.CTA联合自适应统计迭代重建技术在冠状动脉病变患者中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(12): 31–33.
- [13] 杜贺钦,张镇滔,吴玉仪,等.双低剂量CT扫描及迭代重建技术对肺癌早期检出和定性的可行性研究[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(9): 77–79.

(本文编辑:黎永滨)

【收稿日期】2019-01-23