

Feasibility of narrowing acquisition time window of 320-slice CT coronary angiography

PENG Rui, FANG Zheng*, CHEN Jinhua, NI Weiguo,

SHI Yonggui, WAN Qian, HUANG Fei

(Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] **Objective** To explore the feasibility of narrowing acquisition time window of 320-slice CT coronary angiography (CCTA). **Methods** Totally 90 patients with suspected coronary heart disease who received CCTA were collected. The best time phase of blood vessels and patients were obtained according to image quality scores, and the critical heart rate from diastole to systole was observed according to the best time phase of CCTA in patients with different heart rates, then the range of narrowing acquisition time window was estimated. The image quality of estimated narrowing acquisition time window (narrowing time window group) and preset time phase with CT machine (preset time phase group), and the radiation dose before and after estimated narrowing acquisition time window were compared. **Results** The critical heart rate of patients for CCTA optimal phase transfer was 70 bpm. In patients with heart rate of 65-70 bpm, CCTA acquisition time window could be narrowed to 72%-80% of R-R interval, while in patients with rate of 70-95 bpm could be narrowed to 40%-50% of R-R interval. Statistical differences were found in imaging quality of the best blood vessels time phase and the best patient time phase between 2 groups (all $P < 0.05$). ED reduced by about 43% after estimated narrowing the acquisition time window ($t = 44.14$, $P < 0.01$). **Conclusion** For patients with stable heart rate after breathholding (heart rate fluctuation ≤ 5 bpm), it is estimated that the acquisition time window of CCTA can be narrowed according to different heart rate, which can improve the image quality, and reduce the radiation dose.

[Keywords] coronary angiography; radiation dosage; tomography, X-ray computed

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2020.03.038

缩窄 320 排 CT 冠状动脉成像采集时间窗的可行性

彭睿, 方正*, 陈金华, 倪卫国, 石永贵, 万千, 黄飞

(重庆医科大学附属第二医院放射科, 重庆 400010)

[摘要] **目的** 探讨缩窄 320 排 CT 冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)采集时间窗的可行性。**方法** 收集 90 例接受 CCTA 的疑似冠心病患者。根据 CCTA 图像质量评分结果获得血管和患者层面最佳时相, 依照不同心率患者 CCTA 最佳时相预估其由舒张期转移至收缩期的临界心率, 预估采集时间窗缩窄范围。比较预估缩窄时间窗后(缩窄时间窗组)与 CT 设备预设时相(预设时相组)的图像质量, 以及预估缩窄时间窗前后辐射剂量的差异。**结果** 患者层面 CCTA 最佳时相转移临界心率为 70 次/分。预估心率 65~70 次/分患者 CCTA 时间窗可缩窄为 R-R 间期 72%~80%, 心率 70~95 次/分患者可缩窄为 R-R 间期 40%~50%。2 组之间最佳血管时相和最佳患者时相图像质量差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。预估缩窄时间窗前后有效辐射剂量差异有统计学意义($t = 44.14$, $P < 0.01$), 缩窄后辐射剂量降低约 43%。**结论** 对屏气后心率稳定(心率波动 ≤ 5 次/分)患者行 CCTA 时, 根据不同心率缩窄采集时间窗, 可提高图像质量、降低辐射剂量。

[第一作者] 彭睿(1987—), 男, 重庆江津人, 本科, 初级放射技师。研究方向: 心胸影像技术学。E-mail: weizhuang@hospital.cqmu.edu.cn

[通信作者] 方正, 重庆医科大学附属第二医院放射科, 400010。E-mail: wwwfans2000@hospital.cqmu.edu.cn

[收稿日期] 2019-03-04 **[修回日期]** 2019-06-24

[关键词] 冠状血管造影术; 辐射剂量; 体层摄影术, X 线计算机

[中图分类号] R816.2; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2020)03-0460-04

随着多层螺旋 CT 成像技术快速发展, 冠状动脉 CT 血管成像(coronary CT angiography, CCTA)已成为临床诊断冠心病及无创评估冠状动脉斑块的首选检查方法^[1-2], 如何在满足诊断的同时有效降低其辐射剂量是近年研究热点。前瞻性心电门控技术为 CCTA 常规技术, 只采集 R-R 间期心脏运动相对较慢时间段的图像, 采集时间较全心动周期图像缩短, 辐射剂量及致癌风险降低^[3]。对心率较高且稳定的患者, 传统前瞻性采集图像的时间窗较宽, 辐射剂量较大。对心率低且心律齐的患者, 缩窄采集时间窗不会降低图像诊断效能^[4], 并能有效降低辐射剂量。本研究通过比较预估缩窄时间窗后与缩窄时间窗前 CCTA 的图像质量及辐射剂量, 探讨缩窄 CCTA 采集时间窗的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 5—2018 年 12 月 90 例于重庆医科大学附属第二医院接受 CCTA 的患者, 男 37 例, 女 53 例, 年龄 35~85 岁, 中位年龄 60 岁; 心率 65~95 次/分, 平均(71.51±6.05)次/分。纳入标准: ①疑诊冠心病; ②心律齐(心率波动≤5 次/分)且心率≥65 次/分。排除标准: ①屏气配合差, 图像伪影明显; ②采集图像时心律不齐或心率波动>5 次/分; ③心功能异常或其他原因导致冠状动脉灌注差而影响评分; ④冠状动脉支架植入史或搭桥术史。

1.2 仪器与方法 采用 Toshiba Aquilion One 320 排动态容积 CT 仪。检查前行屏气训练, 记录屏气后心率, 予心率≥80 次/分患者口服倍他乐克; 以流率 4.5~6.0 ml/s 注射 Omnipaque(350 mgI/ml, GE)55~75 ml, 跟注 30 ml 生理盐水, 之后嘱患者屏气, 行 CCTA 扫描。参数: 管电压 120 kV, 管电流 400~550 mA, 容积扫描层厚 320×0.5 mm, 转速 0.35 s/rot, 扫描范围自气管隆突下方至膈下, 包括冠状动脉所有分支, 扫描时间窗为 R-R 间期 30%~80%。

1.3 图像处理及图像质量评价 扫描结束后, CT 设备根据预设条件自动重建出图像相对较好的一个时相图像(预设组)。之后采用 Toshiba Cardio ImageXact 软件, 以 2%为间隔重建 R-R 间期 30%~80%的冠状动脉各时相图像, 并导入 Toshiba VITREA CORE 后处理工作站进行重建, 获得冠状动脉多平面重组(multiple planar reformation, MPR)、曲面重组

(curved planar reformation, CPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)及容积再现(volume rendering, VR)图像。由 2 名具有 8 年以上心血管影像诊断经验的主治医师参照美国心脏病学会的冠状动脉分段法^[5]以双盲法评价冠状动脉 3 个血管节段左前降支(left anterior descending branch, LAD)、左回旋支(left circumflex branch, LCX)和右冠状动脉(right coronary artery, RCA)的图像质量, 意见不一致时共同讨论决定。图像质量评价标准^[6]: 0 级(1 分), 图像伪影严重, 无法观察冠状动脉及其主支, 不能诊断; 1 级(2 分), 各心腔及冠状动脉显示模糊, 有明显的呼吸运动伪影, 心脏周围及图像背景干扰严重, 达不到诊断要求; 2 级(3 分), 各心腔及冠状动脉显示欠清晰, 或略有呼吸运动伪影, 心脏周围及图像背景略有干扰, 基本不影响诊断; 3 级(4 分), 各心腔及冠状动脉显示清晰, 无呼吸运动伪影, 心脏周围及图像背景无干扰, 完全符合诊断要求。

1.4 缩窄采集时间窗范围确定 根据图像质量评价结果, 以每支血管节段得分最高的 R-R 间期为血管最佳时相, 以 3 支血管节段得分之和最高且每支血管节段得分均≥3 分的 R-R 间期为患者最佳时相, 据此确定不同心率患者由舒张期转移至收缩期的临界心率, 从而预估采集时间窗可缩窄范围(以预估缩窄时间窗后图像为缩窄时间窗组), 并以此预估缩窄时间窗组的辐射剂量, 记录缩窄采集时间窗前的有效辐射剂量(effective dose, ED)。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布者以中位数(上下四分位数)表示, 以 Kolmogorov-Smirnov 检验冠状动脉最佳时相是否符合正态, 绘制不同心率患者 CCTA 最佳时相箱线图。采用 Mann-Whitney U 检验比较预设时相组与缩窄时间窗组之间血管最佳时相图像及患者最佳图像的质量差异, 以配对 t 检验比较缩窄采集时间窗前后 ED 差异。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 最佳时相由舒张期转移至收缩期的临界心率 因 8 例 LCX、1 例 RCA 存在变异而剔除, 最终共 90 例患者、261 支冠状动脉血管节段纳入研究。本组患者最佳时相数据不符合正态分布($Z=0.28, P<0.05$),

心率 65~70 次/分患者冠状动脉最佳时相集中于舒张末期[R-R 间期 70%~80%, R-R 间期 76% (74%, 76%)]; 而心率 70~95 次/分患者集中于收缩末期[R-R 间期 40%~50%, R-R 间期 44% (42%, 48%)](图 1), 故以心率 70 次/分为患者最佳时相由舒张期转移至收缩期的临界心率。

2.2 缩窄时间窗 患者心率为 65~70 次/分时, LAD、LCX 及 RCA 图像满足诊断(评分 ≥ 3 分)的时相分别为 R-R 间期 72%~78%、72%~80% 及 74%~78%, 相应血管最佳时相均为 R-R 间期 76%, 3 支血管节段图像均满足诊断时相为 R-R 间期 72%~80%, 最佳时相为 R-R 间期 76%。患者心率为 70~95 次/分时, LAD、LCX 及 RCA 图像满足诊断的时相分别为 R-R 间期 40%~46%、42%~50% 及 44%~48%, 相应血管最佳时相均为 R-R 间期 44%, 3 支血管节段图像均满足诊断的时相为 R-R 间期 40%~50%, 患者最佳时相为 R-R 间期 44%。根据以上结果, 预估心率 65~70 次/分患者 CCTA 采集时间窗可缩窄为 R-R 间期的 72%~80%, 而心率 65~95 次/分患者可缩窄为 R-R 间期的 40%~50%, 可得到满足诊断要求的图像(图 2、3)。

2.3 预设时相组与缩窄时间窗组最佳时相的图像质量 预设时相组与缩窄时间窗组之间最佳血管时相和最佳患者时相图像质量差异均有统计学意义(表 1)。

2.4 预估缩窄时间窗前后 ED 缩窄时间窗后 ED 为 $[(8.81 \pm 1.66) \text{ mSv}]$, 较之前的 $[(15.50 \pm 3.04) \text{ mSv}]$ 减少约 43% ($t=44.14, P<0.01$)。

表 1 2 组最佳血管时相及最佳患者时相图像质量比较
[分, 中位数(上下四分位数)]

组别	LAD 最佳时相 (n=90)	LCX 最佳时相 (n=82)	RCA 最佳时相 (n=89)	患者最佳时相 (n=90)
预设时相组	4(3,4)	3(3,4)	3(3,4)	3(3,4)
缩窄时间窗组	4(3,4)	4(3,4)	4(3,4)	4(3,4)
Z 值	2.446	2.676	2.081	3.455
P 值	0.014	0.007	0.037	0.001

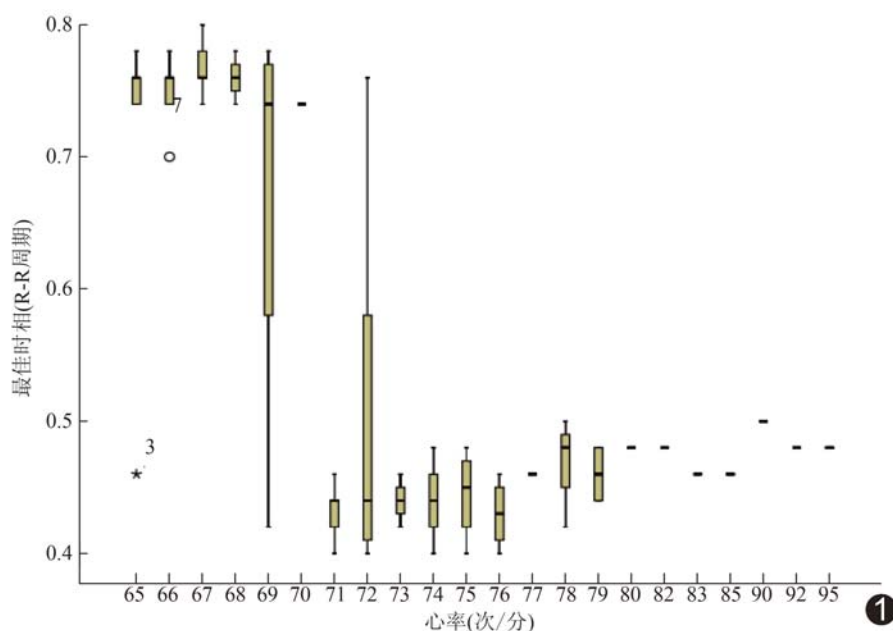


图 1 不同心率患者 CCTA 最佳时相箱线图

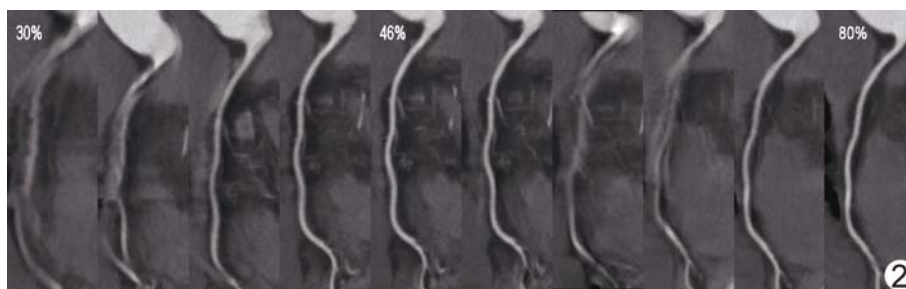


图 2 患者男, 53 岁, 疑诊冠心病, RCA 部分重建 CPR 图 心率 72 次/分, R-R 间期 30%、46% 和 80% 为扫描与重建起点、最佳时相和终点

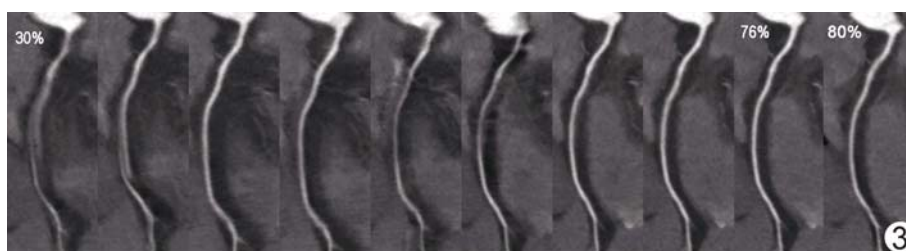


图 3 患者男, 67 岁, 疑似冠心病, RCA 部分重建 CPR 图 心率 66 次/分, R-R 间期 30%、76%、80% 为扫描与重建起点、最佳时相和终点

3 讨论

CCTA 是目前无创诊断冠心病的最佳检查方法,已广泛用于临床,但其所带来的高辐射仍是临床难题^[7]。将管电流及管电压降至最低后,根据心率缩窄采集时间窗,是减少辐射最有效的手段^[8]。研究^[9]表明,采用前瞻性心电门控技术采集图像,辐射剂量可较回顾性心电门控技术降低 80%。本研究采用前瞻性心电门控技术,根据患者 CCTA 最佳时相确定不同心率患者由舒张期转移至收缩期的临界心率,从而预估采集时间窗的可缩窄范围,在保证图像质量的同时降低辐射剂量。

CT 设备出厂时已将心率 < 65 次/分患者的采集时间窗预设优化为 R-R 间期 70%~80%,而临床中大多数患者心率 ≥ 65 次/分,且 320 排 CT 单扇区时间分辨率有限,无法选择性地采集同一心动周期中收缩期或舒张期图像,只常规采集 R-R 间期的 30%~80%,其中包含收缩期到舒张期,且至少需采集 2 个心动周期^[10],使辐射剂量明显增高。本组针对心率 ≥ 65 次/分患者展开研究。

研究^[11]发现,随心率增加,CCTA 最佳时相逐渐从心脏舒张期转移至收缩期,理论上只需采集收缩期或舒张期某一时段的数,据即可获得最佳冠状动脉图像。翟继良等^[12]发现对于心率 > 65 次/分患者采集时间窗可缩窄为 30%~50%或 70%~80%,但系采用超声检查测量舒张期指导 CCTA 采集时间窗,临床实用性较弱。本研究根据患者 CCTA 的最佳时相确定不同心率患者由舒张期转移至收缩期的临界心率,从而预估采集时间窗可缩窄范围,缩窄采集时间窗后最佳时相图像质量高于预设时相,而 ED 降低约 43%,与之翟继良等^[12]研究结果相符,而临床实用性更佳。

本研究根据患者屏气后心率预估其最佳时相,并选择最低剂量扫描方案,可有效缩短图像采集及后处理时间,在改善图像质量的减少辐射剂量,并提高工作效率。本研究的主要局限性:①高心率患者检查前予口服倍他乐克^[13]使检查时心率明显降低,可能影响结果的准确性;②预估缩窄时间窗后 ED 可能与实际扫描中存在差异;③临床工作中,患者心率存在不同程度波动,尤其心率处于临界心率时,如何选择最佳采集时间窗有待进一步研究。

综上所述,对预计屏气后心率稳定(心率波动 ≤ 5 次/分)患者行 CCTA 时,可根据屏气心率适当缩窄采集时间窗,在提高图像质量的同时降低辐射剂量。

[参考文献]

- [1] 叶国伟,邹建勋,陈旭高,等. 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.
- [2] UUSITALO V, KAMPERIDIS V, de GREAF M A, et al. Coronary computed tomography angiography derived risk score in predicting cardiac events [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017, 11(4): 274-280.
- [3] 邢桂荣,包丽丽,刘挨师. 320 排 CT 前瞻性心电门控容积扫描窄采集窗设置的临床评价[J]. CT 理论与应用研究, 2016, 25(4): 445-452.
- [4] 尹卫华,吕滨. 冠状动脉 CT 低剂量血管成像的研究进展[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(5): 830-833.
- [5] SYMONS R, MORRIS J Z, WU C O, et al. Coronary CT angiography: Variability of CT scanners and readers in measurement of plaque volume[J]. Radiology, 2016, 281(3): 737-748.
- [6] 徐克. 放射科管理规范与质控标准[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 160.
- [7] ZHANG H, MA Y, LYU J, et al. Low kV and low concentration contrast agent with iterative reconstruction of computed tomography (CT) coronary angiography: A preliminary study[J]. Med Sci Monit, 2017, 23: 5005-5010.
- [8] TIAN Z N, LONG S L, ZHAO Y, et al. Feasibility of 80 kVp ultra-low dose scan protocol in prospective coronary CT angiography[J]. CT Theory and Applications, 2017, 26(1): 99-106.
- [9] STEIGNER M L, OTERO H J, CAI T, et al. Narrowing the phase window width in prospectively ECG-gated single heart beat 320-detector row coronary CT angiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25(1): 85-90.
- [10] 夏平,徐青松,郝敬明,等. 时间分辨率-心动周期特性曲线在 CT 冠状动脉成像中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2015, 31(1): 127-131.
- [11] 方晓云,王萌,李斌. DVCT 冠状动脉血管成像患者心率及重组时相与图像质量的关系[J]. 现代医学, 2016, 44(10): 1365-1369.
- [12] 翟继良,周涛,李统,等. 超声引导下心电门控冠状动脉 CT 造影的应用[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(9): 1447-1450.
- [13] 何彪,周涛,郭庆乐. 倍他乐克和硝酸甘油对 64 排螺旋 CT 冠状动脉成像质量的差异比较[J]. 河北医药, 2015, 37(9): 1313-1315.