

· 胸部影像学 ·

宽体探测器 CT 绝对时相单心动周期扫描在心律不齐患者 CCTA 中的可行性

管延芳, 刘军波, 范丽娟, 张计旺, 凌坚

【摘要】 目的:探讨宽体探测器 CT 绝对时相单心动周期扫描在心律不齐患者冠状动脉 CT 成像中的可行性。**方法:**连续选取心律不齐(6 个心动周期内心率变化大于 20 次/分)及窦性律齐患者各 100 例,行冠状动脉 CT 成像检查。心律不齐组采用绝对时相扫描,窦性律齐组采用相对时相扫描。比较两组的主动脉根部 CT 值、有效辐射剂量(ED)、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)及冠状动脉图像质量评分。**结果:**两组患者的性别、年龄、体质量指数(BMI)、扫描心率差异均无统计学意义(P 值分别为 0.572、0.763、0.347、0.551)。心律不齐组心率波动 $[(55.22 \pm 23.27)$ 次/分]大于窦性律齐组 $[(2.34 \pm 1.69)$ 次/分],差异有统计学意义($P=0.000$)。两组图像的主动脉根部 CT 值、SNR、CNR 和冠状动脉图像质量评分差异均无统计学意义(P 值分别为 0.458、0.350、0.203、0.813)。心律不齐组的有效辐射剂量 $[(3.21 \pm 1.20)$ mSv]高于窦性律齐组 $[(2.59 \pm 1.16)$ mSv],差异有统计学意义($P=0.000$)。**结论:**宽体探测器 CT 绝对时相单心动周期扫描在心律不齐患者冠状动脉 CT 成像中具有可行性,但有效辐射剂量稍高于窦性律齐患者的相对时相扫描。

【关键词】 冠状动脉; 心律不齐; 窦性律齐; 体层摄影术, X 线计算机; 冠状动脉 CT 成像; 辐射剂量

【中图分类号】 R541.7; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)05-0491-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.05.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Feasibility study of absolute phase one-beat scanning with wide-detector CT for patients with arrhythmia in coronary computed tomography angiography GUAN Yan-fang, LIU Jun-bo, FAN Li-juan, et al. Department of Radiology, TEDA international Cardiovascular Hospital, Tianjin 300457, China

【Abstract】 Objective: To investigate the feasibility of absolute phase one-beat scanning for coronary computed tomography angiography (CCTA) in patients with arrhythmia using wide-detector CT. **Methods:** CCTA was consecutively performed in 100 patients with arrhythmia (changed greater than 20 times/min in 6 heart beat) and 100 patients with normal sinus rhythm respectively. Absolute phase scanning was used in arrhythmia group, and relative phase scanning was used in normal sinus rhythm group. The CT value of the root of the aorta, effective radiation dose (ED), signal-to-noise ratio (SNR), contrast noise ratio (CNR) and the image quality score of coronary artery were compared between the two groups. **Results:** There were no statistical differences in sex, age, body mass index (BMI) and scanning heart rate between the two groups ($P=0.572, 0.763, 0.347, 0.551$, respectively). The heart rate changes were statistically different $[(55.22 \pm 23.27)$ times/min vs (2.34 ± 1.69) times/min, $P=0.000$] in the two groups, and the heart rate of patients in arrhythmia group was larger than that of in arrhythmia group. There were no statistical differences in CT value of the root of the aorta, SNR, CNR and the image quality score of coronary artery between the two groups ($P=0.458, 0.350, 0.203, 0.813$, respectively). The effective radiation dose in arrhythmia group and normal sinus rhythm group was statistically different $[(3.21 \pm 1.20)$ mSv vs (2.59 ± 1.16) mSv, $P=0.000$], and the arrhythmia group had a higher effective radiation dose than the arrhythmia group. **Conclusion:** It is feasible to perform CCTA with absolute phase one-beat scanning in patients with arrhythmia using wide-detector CT, however, the effective radiation dose is slightly higher than the relative phase scanning for

作者单位: 300457 天津, 泰达国际心血管病医院放射科

作者简介: 管延芳(1980—), 女, 山东人, 主管技师, 主要从事医学影像技术工作。

通讯作者: 刘军波, E-mail: boboat163@163.com

基金项目: 天津市滨海新区卫生局科技项目(2013BWKZ008)

patients with sinus rhythm.

【Key words】 Coronary artery; Arrhythmia; Sinus rhythm; Tomography, X-ray computed; Coronary computed tomography angiography; Radiation dose

近年来,随着 CT 硬件和软件技术的不断更新,冠状动脉 CT 成像得到快速发展,其成功率和图像质量都大幅提高,并且越来越受到临床的重视和认可^[1,2]。常规冠状动脉 CT 成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)无论是前瞻性还是回顾性扫描都需要采集多个心动周期的同一期相数据成像,对于心律不齐患者由于采集数据的相位不一致导致阶梯状伪影而影响图像质量,所以心律不齐成为冠状动脉 CT 成像的“禁忌证”之一^[3]。256 排宽体探测器冠状动脉 CT 成像采用轴扫模式在一个心动周期成像,使心律不齐患者的 CCTA 成为可能。本文对绝对时相扫描在心律不齐患者 CCTA 中的可行性进行探讨。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2016 年 12 月—2017 年 3 月间行 CCTA 检查的 200 例患者,其中心律不齐(6 个周期内心率变化大于 20 次/分)和窦性律齐者各 100 例。100 例心律不齐(心律不齐组)患者中男 47 例,女 53 例,心率(82.26 ± 24.29)次/分;100 例窦性律齐(窦性律齐组)患者中男 51 例,女 49 例,心率(84.09 ± 18.71)次/分。病例排除标准:体质量指数(body mass index, BMI) $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ 、甲亢、碘对比剂过敏、严重肝肾功能不全、心功能不全、瓣膜置换术、冠脉旁路移植、硝酸甘油禁忌症的患者等。所有患者检查前均签署知情同意书。

2. 检查方法

CT 检查采用 GE Revolution 256 CT 机。检查前患者舌下含服硝酸甘油 5 mg,使用欧力奇高压注射器,以 5 mL/s 的流率注射碘对比剂欧乃派克(浓度为 350 mg I/mL),剂量为 0.8 mL/kg 体重,随后注入生理盐水 20 mL。采用对比剂智能追踪技术,于气管分叉下 1 cm 升主动脉中心设定约 1 cm^2 的圆形感兴趣区。触发阈值差值为 50 HU,触发后延迟 7 s 启动正式扫描,屏气扫描。扫描参数:扫描范围为气管分叉下 1 cm 至膈肌下 1 cm,探测器宽度根据扫描范围选择 12 cm、14 cm 或 16 cm;层厚 0.625 cm,矩阵 512×512 ,迭代重组权重 ASIR-V 50%。管电压为智能 kV (100 kV 或者 120 kV),管电流为智能毫安(范围 300~740 mA),设定噪声指数(noise index, NI)为 22,机架旋转速度为 0.28 s/r。设备根据心率和心率波动情况自动选择最佳的扫描期相,使用冠状动脉追踪冻结技

术(snap shot freeze, SSF)对扫描后数据运动伪影进行校准。两组均根据心率选择不同的曝光时间窗,心律不齐组采用绝对时相扫描,曝光时间窗:心率 ≤ 65 次/分时为 400~750 ms, 66~75 次/分时为 200~550 ms, 76~90 次/分时为 200~500 ms, 91~120 次/分时为 200~400 ms;窦性律齐组采用相对时相扫描,曝光时间窗:心率 ≤ 65 次/分时为 70%~80%, 66~75 次/分时为 40%~80%, 76~90 次/分时为 40%~50%, 91~120 次/分时为 35%~55%(表 1)。

表 1 心律不齐组和窦性律齐组扫描期相选择方案

组别	≤ 65 次/分	66~75 次/分	76~90 次/分	91~120 次/分
心律不齐组(ms)	400~750	200~550	200~500	200~400
窦性律齐组(%)	70~80	40~80	40~50	35~55

3. 图像评价及分析

设备自动重建最佳期相,经过 SSF 校准得到最终诊断图像。采用多平面重组(multi-planar reformation, MPR)、容积再现(volume rendering, VR)和最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)等图像后处理技术进行图像重建。评价冠状动脉的前降支、回旋支和右冠状动脉的血管图像质量,图像质量评分按 4 分制原则:1 分,不可评价图像,冠状动脉血管显示不连续,重度伪影,无法诊断;2 分,不可评价图像,节段管腔出现较重伪影,影响诊断;3 分,可评价图像,部分节段血管有伪影但不影响诊断;4 分,优质图像,各节段血管光滑完整无伪影^[4]。

有效辐射剂量(effective dose, ED)采用公式 $ED = K \times DLP$, $K = 0.014 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ 进行计算。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。计量资料的组间比较采用 Student 独立样本 t 检验;频数资料以百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;有序变量指标的组间比较采用两独立样本秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 患者基本资料

两组患者的性别、年龄、BMI、扫描心率差异均无统计学意义;心律不齐组心率波动大于窦性律齐组,差异有统计学意义(表 2)。

2. CCTA 图像质量

心律不齐组与窦性律齐组的图像评分差异无统计学意义($P = 0.813$, 表 3),两组的主动脉根部 CT 值、

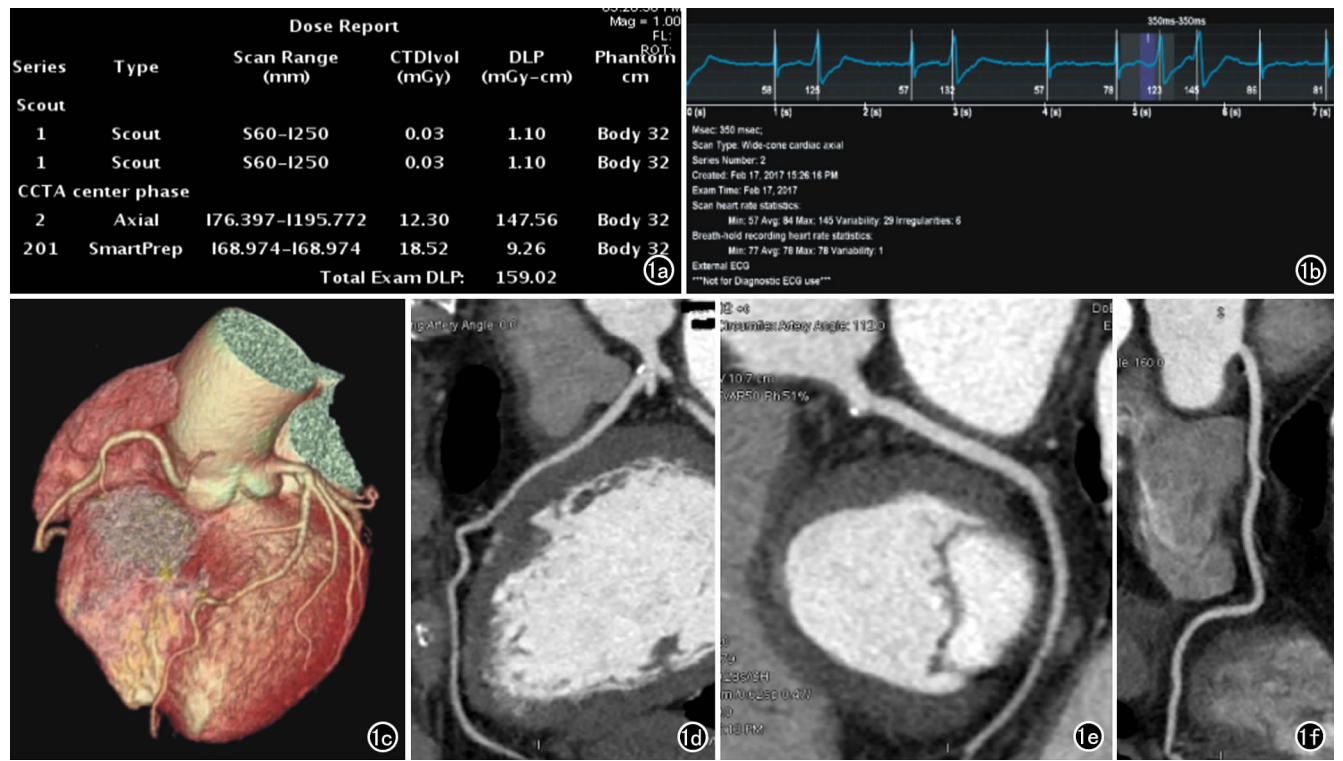


图 1 心律不齐患者,女,71 岁,胸闷憋气,临床建议行 CCTA 检查以排除冠状动脉疾病,心率波动范围为 57~145 次/分,采用绝对时相单心跳扫描。a) 辐射剂量图; b) 扫描中心心电图; c) VR 重组图像; d) 前降支 MPR 重组图像; e) 回旋支 MPR 重组图像; f) 右冠状动脉 MPR 重组图像。

表 2 两组患者基本资料比较				
指标	心律不齐组	窦性律齐组	χ^2/t 值	P 值
性别(男/女)	47/53	51/49	0.320	0.572
年龄(岁)	61.43±13.45	56.13±14.31	1.782	0.763
BMI(kg/m²)	25.36±4.34	26.27±4.57	-2.098	0.347
扫描心率(次/分)	82.26±24.29	84.09±18.71	-2.346	0.551
心率波动(次/分)	55.22±23.27	2.34±1.69	1.157	0.000

信噪比 (signal-to-noise ratio, SNR) 和对比噪声比 (contrast noise ratio, CNR) 比较差异均无统计学意义 (P 值分别为 0.458、0.350、0.203, 表 4)。图 1 为心律不齐组某患者 CCTA 检查的辐射剂量、扫描中心心电图截图、VR 图像和 MPR 图像。

表 3 心律不齐组与窦性律齐组图像评分以及有效辐射剂量对比				
指标	心律不齐组	窦性律齐组	Z/t 值	P
图像质量评分(分)			-0.236	0.813
1	2(0.67)	1(0.33)		
2	2(0.67)	4(1.33)		
3	42(14.00)	43(14.33)		
4	254(84.67)	252(84.00)		
ED(mSv)	3.21±1.20	2.59±1.16	3.235	0.000

表 4 心律不齐组与窦性律齐组图像客观指标比较				
指标	心律不齐组	窦性律齐组	t 值	P
主动脉根部 CT 值(HU)	457.4±92.4	426.5±84.6	1.564	0.458
SNR	13.5±4.4	14.3±5.4	1.165	0.350
CNR	12.3±4.7	13.4±5.0	1.284	0.203

3. 有效辐射剂量

心律不齐组与窦性律齐组的 ED 值分别为 (3.21±1.20) 和 (2.59±1.16) mSv, 心律不齐组的辐

射剂量高于窦性律齐组, 差异有统计学意义 ($P=0.000$, 表 3)。

讨 论

CCTA 检查越来越受到临床的认可, 但由于设备硬件与软件的限制, 心律不齐患者的 CCTA 检查一直存在着很大挑战^[2]。Revolution 256 CT 采用轴扫模式单心动周期成像, 提高了 Z 轴方向的时间分辨力, 一个心动周期即可成像, 为心律不齐扫描提供了硬件基础^[5,6]。本研究心律不齐组包含窦性心律不齐、房颤、房早和室早等, 为了验证绝对时相扫描的可行性, 心律不齐的筛选条件设定为 6 个心动周期内心率变化大于 20 次/分。

普通 CT 行 CCTA 检查时需要在多个心动周期采集数据成像, 当出现心律不齐时, 多个心动周期时相数据匹配时会出现错层伪影, 很大程度降低了 CCTA 的成功率。而 Revolution 256 宽体探测器 CT 所有数据均在一个心动周期内采集完成, 单心动周期成像从理论上不存在心律齐或不齐的问题, 没有错层伪影。同时采用 SSF 重建, 进一步提高了时间分辨力^[7-9], 单心动周期成像和 SSF 相结合, 使心律不齐的 CCTA 成为现实。

本研究针对心律不齐的扫描方式采用绝对时相,

即在 R 波触发后固定时间段(如 200~400 ms)进行扫描,与常规心脏扫描方式的相对期相(如 R-R 间期的 40%~50%)不同。由于心律不齐患者 R-R 间期差异较大,如采用相对时相扫描,采集到的数据经常不是实际所需期相而造成检查失败;而采用绝对时相扫描,扫描时间窗不依赖于心率的变化,设备会按照预采集时相在 R 波后固定时间准确扫描,既满足心律不齐的低心率同时又满足高心率。因此对于心律不齐患者,绝对时相扫描优于相对时相扫描,很大程度上提高了检查的成功率^[10-12]。

本研究对心律不齐及窦性律齐患者依据不同心率均做了详细的扫描方案,其主要依据是冠状动脉运动过程中有两个相对静止的时间窗即收缩末期和舒张末期^[13]。当受检者心率较低时,冠状动脉在舒张末期相对静止,因此低心率时舒张末期扫描可获取最佳冠状动脉图像;而当心率较快时在收缩末期可获得冠状动脉最佳期相。相关研究结果表明,当患者心率 ≤ 70 次/分时,应在舒张末期采集数据,当心率 > 70 次/分时应选择心脏收缩末期采集数据^[14,15]。心率与精确的采集期相匹配,不仅减少运动伪影提高图像质量与成功率,同时有效控制了辐射剂量。本研究中不可评价血管(评分为 1 分或 2 分)窦性律齐组为 5 例(1.66%),心律不齐组为 4 例(1.33%),分析其原因皆为对比剂充盈不良造成 SSF 校准欠佳而无法满足诊断要求,需要进一步优化扫描参数从而降低不可诊断率。

本研究中心律不齐组的辐射剂量高于窦性律齐组,是因为当心律齐时通过预扫描可获得心率的范围,从而设定较窄的精确扫描窗;而心律不齐时,扫描过程中心率变化较大,无法获得心率的准确范围,为了保证成功率,心律不齐组绝对期相扫描时扫描窗设定较宽,造成其辐射剂量略高于窦性律齐组。

综上所述,Revolution 256 宽体探测器 CT 绝对时相单心动周期扫描在心律不齐患者冠状动脉 CT 成像中可行,可满足临床诊断要求,可作为常规扫描。

参考文献:

- [1] Lee AM, Engel LC, Shah B, et al. Coronary computed tomography angiography during arrhythmia: radiation dose reduction with prospectively ECG-triggered axial and retrospectively ECG-gated helical 128-slice dual-source CT[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2012, 6(3): 172-183.
- [2] Di Cesare E, Gennarelli A, Di Sibio A, et al. Image quality and radiation dose of single heartbeat 640-slice coronary CT angiogra-

- phy: a comparison between patients with chronic atrial fibrillation and subjects in normal sinus rhythm by propensity analysis[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(4): 631-636.
- [3] Matsutani H, Sano T, Kondo T, et al. Reconstruction of coronary 64-multidetector-row computed tomography angiography in patients with atrial fibrillation: delete short RR intervals using electrocardiogram[J]. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2012, 68(1): 50-58.
- [4] Apfaltrer P, Schoendube H, Schoepf UJ, et al. Enhanced temporal resolution at cardiac CT with a novel CT image reconstruction algorithm: initial patient experience[J]. Eur J Radiol, 2013, 82(2): 270-274.
- [5] Zhong Z, Chen J, Yuan Y, et al. Coronary CTA examinations for arrhythmia patients by using high temporal resolution wide-area detector CT[J]. China Med Devices, 2018, 33(6): 59-62.
- [6] Chen YH, Li AH, Jia YJ, et al. Preliminary discussion on the feasibility of coronary CT angiography in single cardiac cycle in patients with cardiac arrhythmia using 16cm wide-detector CT[J]. Diagn Interv Radiol, 2018, 27(1): 3-8.
- [7] Fan L, Zhang J, Xu D, et al. CTCA image quality improvement by using snapshot freeze technique under prospective and retrospective electrocardiographic gating[J]. J Comput Assist Tomogr, 2015, 39(2): 202-206.
- [8] Li Q, Li P, Su Z, et al. Effect of a novel motion correction algorithm (SSF) on the image quality of coronary CTA with intermediate heart rates: segment-based and vessel-based analyses[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(11): 2024-2032.
- [9] 刘卓, 张诚, 陈尘, 等. 高时间分辨率宽体探测器 CT 对心房颤动患者冠状动脉造影可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(5): 786-789.
- [10] 徐磊, 杨琳, 张兆琪, 等. 低剂量前瞻性心电触发序列扫描在房颤患者冠状动脉 CT 成像的研究[J]. 医学影像学杂志, 2014, 24(3): 377-381.
- [11] 姜健, 刘建新, 王霄英, 等. 前瞻性心电触发扫描模式应用于心律不齐患者冠状动脉 CTA 检查的可行性研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(3): 264-267.
- [12] 徐磊, 杨琳, 范占明, 等. 绝对时相收缩期采集降低心房颤动患者冠状动脉 CT 成像辐射剂量的研究[J]. 心肺血管病杂志, 2014, 33(1): 84-88.
- [13] 胡亚男, 杜少辉, 陈思诺, 等. HMGB1 在冠心病炎症反应及易损斑块中作用的初探[J]. 新发传染病电子杂志, 2017, 2(3): 179-182.
- [14] Araoz PA, Kirsch J, Primak AN, et al. Optimal image reconstruction phase at low and high heart rates in dual-source CT coronary angiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25(8): 837-845.
- [15] 杨仁杰, 查云飞, 杨文兵, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉血管成像最佳重建时相与心率关系[J]. 放射学实践, 2017, 32(6): 615-619.

(收稿日期: 2018-07-10 修回日期: 2018-11-16)