

论 著

不同心率对于640层螺旋CT冠状动脉成像质量及相关辐射剂量的影响

广东省中医院珠海医院影像科
(广东 珠海 519015)黄乐生 刘金丰 刘海龙
黄培楷 罗妮苑 刘天柱
雷 鸣 彭广宇 胡小露

【摘要】目的 探讨不同心率在640层螺旋CT冠状动脉CTCA中对血管图像质量的影响以及辐射剂量变化。**方法** 选取91例患者, 男性51例, 女性40例, 平均年龄58岁。分成三组, A组30例, 心率 ≤ 65 次/分; B组30例, $65 \text{次/分} < \text{心率} \leq 80 \text{次/分}$; C组31例, 心率 $> 80 \text{次/分}$ 。扫描完成后选取最佳时相进行容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、多平面重建(MPR)及曲面重建(CPR)进行血管重建, 根据4分法对血管图像质量分级并进行统计学分析, 记录各组的辐射剂量程度乘积(DLP)。**结果** 三组的血管图像质量在可评价比例及优良率无统计学意义, 心率与血管图像质量等级呈负相关。A组DLP为 $(3.37 \pm 2.12) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, B组为 $(4.78 \pm 1.92) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, C组为 $(6.11 \pm 2.79) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, 三组的辐射剂量有差异, 经检验, 有统计学意义, 心率与辐射剂量呈正相关。**结论** 640层螺旋CT冠状动脉CTCA在高心率患者能较好的显示图像, 同时辐射剂量也增加, 应该在情况允许的条件下尽可能降低心率至65次/分以下, 在获得优良血管图像质量的同时降低辐射剂量, 有利于冠状动脉CTCA的可持续发展, 以便让更多患者从中获益。

【关键词】 640层螺旋CT; 心率; 血管图像质量; 辐射剂量**【中图分类号】** R445.3**【文献标识码】** A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.01.017

通讯作者: 刘金丰

The Different Heart Rate Effect of 640 Slice Spiral CT Coronary Artery Imaging in the Image Quality and Radiation Dose related

HUANG Le-sheng, LIU Jin-feng, LIU Hai-long, et al. Department of Radiology of Guangdong Province Traditional Chinese Medical Hospital and Zhuhai Hospital, Zhuhai 519015, China

[Abstract] Objective To investigate the influence of heart rate and blood vessel image quality and radiation dose changes in 640 slice spiral CT coronary artery imaging.**Methods** A total of 91 patients, male 51 cases, female 40 cases, average age is 58 years old. Divided into three groups, 30 cases in group A whose heart rate was equal or greater than 65 beats per minute; 30 cases in group B and the heart rate of them was greater than 65 beats per minute but less than 80 beats per minute; 31 cases in group C whose heart rate was greater 80 beats per minute. After the scan completed, the most optimum phase was chosen for volume rendering (VR), maximum intensity projection (MIP), multi planar reconstruction (MPR) and curved planar reconstruction (CPR) to have vascular reconstruction, vascular image quality was classified according to the 4 points method and it was statistically analyzed. We recorded the radiation dose product of each group(DLP).**Results** The blood vessel image quality evaluation and the excellent and good rate in the proportion of the three groups had no statistical significance, the heart rate was negatively correlated with the quality grade of blood vessel image. A group DLP was $(3.37 \pm 2.12) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, B group was $(4.78 \pm 1.92) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, C group was $(6.11 \pm 2.79) \text{ mGy} \cdot \text{cm}$, radiation dose of three groups was statistically significant, the heart rate is positively correlated with the radiation dose. **Conclusion** 640 slice spiral CT coronary angiography can show the image better in patients with high heart rate, but also increase the radiation dose, we should reduced heart rate to 65 beats per minute below as far as possible with the condition permitted. To obtain excellent vascular image quality by lower radiation dose at the same time, is conducive to the sustainable development of coronary artery CT angiography imaging, so that more patients can be benefitted from it.**[Key words]** 640 Slice Spiral CT; Heart Rate; Vascular Image Quality; Radiation Dose

冠状动脉粥样硬化性心脏病是危害人类的重大疾病, 在过去十年间冠心病及其引起的死亡率及并发症在逐年上升, 早期诊断冠心病至关重要。冠状动脉造影是诊断冠心病的金标准, 但其为有创性检查, 存在一定的风险^[1]。近年来由多排CT的不断发展, 使冠状动脉CT血管成像成为冠心病的早期筛查的一项重要手段, 但是存在着较高的辐射剂量和所引起的生物效应, 而且不同心率对图像质量产生一定的影响, 制约冠状动脉CT血管成像(CT coronary artery, CTCA)的发展。640层容积扫描CT的出现, 因其探测器Z轴宽度达160mm, 能覆盖整个心脏, 球管旋转一周, 即能在一个心动周期内对整个心脏完成数据采集, 从而降低因为心脏跳动而引起的冠脉血管CT成像的图像质量的影响, 同时也有有效的降低因连续扫描而引起辐射剂量的升高。本文选取91例患者, 探讨在640层螺旋CT容积扫描中不同心率对冠状动脉血管图像质量的影响, 以及所引起的辐射剂量的变化, 意在分析640层CT容积扫描在冠状动脉CTCA中的价值所在。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取91例患者的冠脉CTA, 由心率的不同分成三组。A组30例, 心率 ≤ 65 次/分; B组30例, 心率 > 65 次/分, ≤ 80 次/分; C组31例, 心率 > 80 次/分。患者年龄平均为58岁, 其中男51例, 女40例。临床表现有胸闷、胸部不适、心电图显示T波改变或ST段抬高等冠心病表现, 部分为无症状而就诊患者。排除标准包括严重肾功能不全、明确碘过敏史、心脏起搏器植入、屏气配合不佳、冠状动脉搭桥术后患者。

1.2 检查方法 采用东芝640层Aquilion one CT进行检查, 检查前测量血压及心率, 对静息状态下心率高于70次/分的患者, 无倍他乐克禁忌症的, 检查前1个小时给予倍他乐克25~50mg, 最大剂量不超过100mg。患者取仰卧位, 无青光眼及低血压者, 舌下含服1mg硝酸甘油, 正确连接心电图监护检测心率, 扫描前对其进行严格的屏气训练, 对不能配合良好患者使用腹压带。用MEDRAO双筒高压注射器经肘静脉注入对比剂碘海醇(350mgI/ml)40~60ml, 流速为4.0~5.5ml/s, 继以相同流速注射生理盐水30ml。扫描范围为气管隆突下1cm至心脏膈面1cm。采用Sure Start软件智能触发扫描, 触发点定于扫描野中央层面胸主动脉, 触发阈值280HU或个体化手动触发, 注入药物14秒后开始扫描。管电压为120千伏, 管电流为60~370毫安, 机架扫描一周为0.35秒, 扫描范围12cm~16cm。所有患者采用前瞻性心电图控, 心率低于65次/分, 采集时相为R-R间期为70%-80%, 心率高于65次, 采集时相为30%-80%。

1.3 图像后处理 扫描结束后, 机器自动重建75%期相及默认

最佳期相图像。连续观察各个层面, 如不能满足需要, 则进入个性化重建。首先浏览心电信号, 进行心电图编辑及微调毫秒来选择冠状动脉显示最清晰层面重组图像。将数据传至VitreaFX3.0后处理工作站行容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)、多平面重建(MPR)及曲面重建(CPR), 利用血管探针与斑块分析软件分析判断血管有无狭窄及斑块形成。

1.4 图像质量评价 根据横断位及重建图像将冠状动脉图像质量分为4级评分标准^[2]: 1分为图像质量优, 无运动伪影; 2分为图像质量良, 轻微伪影; 3分为图像质量中, 明显伪影, 但仍可作出诊断; 4分为图像质量差, 不能用于诊断。根据美国心脏病学会(American Heart Association, AHA)^[3]冠状动脉的15段分段标准分段, 评价直径1.5mm以上的冠状动脉段。由2名有经验的影像诊断医师对重建好的图像独立分析并对图像质量评级, 并达成一致意见。

1.5 辐射剂量的统计 每位患者行冠状动脉CTCA时, 根据扫描参数自动生成到容积CT剂量指数[CT dose index volume, CTDIvol(mGy)]和剂量长度乘积[dose length product, DLP(mSv/cm)], 由DLP乘以特定的转换系数k来估计有效剂量[effective dose, ED(mSv)], 转换系数k值采用参考

欧盟委员会关于CT的质量最新标准指南^[5], $k=0.014\text{mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。

1.6 统计分析 采用统计分析软件SPSS13.0处理所得数据。比较各组心率患者的年龄、体重、体重指数及各组相关参数的管电压、管电流用单因素方差分析, 比较各组冠状动脉血管段的优

良率、可评价性用卡方检验, 心率与血管段得分的关系用双变量相关分析, 对放射剂量的指标剂量长度乘积采用秩和检验, 心率与有效辐射剂量的关系采用双变量相关分析。

2 结果

2.1 各组心率患者一般资料和管电压及管电流, 见表1。

2.2 血管各段评分标准见表1, 共1137段, 其中1132段可评价, 5段不可评价, 见表2。

2.3 辐射剂量见表3。

从表1的统计数据经过检验, 心率患者的一般资料、管电压、管电流之间差别不大, 无统计学意义。从表2的统计数据表明三组不同心率患者的血管段图像质量优良率及可评价比例差别不大, 经检验, 无统计学意义。三组患者的心率与血管段评分等级有统计学意义, 心率与图像质量的等级呈负相关, 即心率越快, 图像的质量降低。从表3的数据中看出三组中在钙化积分扫描上的剂量长度乘积差别不大, 经检验, 无统计学意义。但在触发扫描及总剂量上三组数据差别较大, 经检验 $P<0.001$, 有统计学意义, 心率与剂量长度乘积呈正相关, 心率越快, 剂量长度乘积越大。

3 讨论

3.1 心率与图像质量 CT技术的不断发展, 尤其当64排螺旋CT出现后, 使冠状动脉CTCA检查代替冠状动脉造影检查成为一种可能, 是一种安全、简单、可靠的无创性检查, 无须住院, 花费少, 可比较准确的区分软硬斑块, 对血管腔的狭窄度大于50%的具有较高的敏感性及其特异性^[5],

表1 各组心率患者一般资料和管电压及管电流

组别	年龄(岁)	体重(KG)	BMI(kg/m ²)	管电压(千伏)	管电流(毫安)
A组	56.94±9.88	64.86±10.11	24.07±2.95	120千伏	175.67±78.29
B组	57.67±9.90	65.77±9.93	24.75±2.41	120千伏	157.00±71.86
C组	61.55±10.54	62.92±11.08	23.19±3.32	120千伏	167.77±52.38

表2 各组心率患者血管段评分(n.%)

组别	血管段评分(%)				合计
	1(优)	2(良)	3(中)	4(差)	
A组	429(92.1)	11(2.3)	26(5.6)	0(0)	466
B组	437(78.0)	78(13.9)	44(8.0)	1(0.1)	560
C组	48(43.3)	49(44.1)	10(9.0)	4(3.6)	111
合计	924	128	80	5	1137

表3 各组心率患者的扫描辐射剂量

组别	扫描范围	剂量长度乘积(DLP)mGy.cm		
		钙化积分	触发扫描	总剂量
A组	14.75±1.27	1.25±0.61	1.79±1.58	3.37±2.12
B组	15.28±1.05	1.11±0.52	3.37±1.63	4.78±1.92
C组	15.11±1.05	0.91±0.42	4.74±2.46	6.11±2.79

适用于怀疑冠心病患者的筛查。但是在64排螺旋CT无法实现单个心动周期血管成像，Z轴的宽度无法覆盖整个心脏，心率的变化及心脏的运动仍然是挑战血管成像的重要因素，仍然是一个影响图像质量的重要因素^[6]。临床上通过服用倍他乐克来降低心律，使心律在70次/分以下，但是对于一些倍他乐克禁忌症、窦性心律不齐、心律失常及服用倍他乐克后无效的患者，又或者在扫描的过程中患者出现心律失常，又或情绪紧张、屏气、对比剂的注射出现心率增快和心律失常，冠状动脉的运动速度发生相应的变化，严重的影响图像的质量。在本次研究中，C组患者的心率大于80次/分，血管的图像质量在可评价的比例与A、B两组无统计学意义。640层螺旋CT的分辨率为175ms，低于双源CT的83ms^[7]，理论上降低了对高心率患者的冠状动脉的显示能力。但是640层螺旋CT的Z轴宽度达16厘米，能覆盖整个心脏。非螺旋扫描模式，根

除了阶梯伪影，避免了传统扫描模式的不稳定因素，容积时间分辨率的提高使640层CT可在1-2s内完成必要数据的采集，能在单个心动周期完成对心脏的采集，而且数据采集期间检查床静止不动，由此避免了因多扇区数据采集于不同心动周期，而冠脉处于不同相位出现对位和配比偏差的问题，使得多扇区重建提高时间分辨力的优势能够充分的应用，从而有效的解决因心动过速、心律不齐而导致图像质量的下降问题^[8]。虽然640层螺旋CT具备以上所述因素使高心率患者冠状动脉CTCA具有较好的血管图像质量，但各组心率与血管段评分仍然有差别，心率与图像质量的等级呈负相关，即心率越快，图像的质量降低。低心率的图像质量佳，有利于提高诊断医师对冠状动脉狭窄度分析的自信心。

3.2 心率与剂量关系 一方面螺旋CT冠状动脉CTCA已经成为快速、准确诊断冠心病的首选非侵袭性检查方法^[9]，另一方面存

在辐射剂量问题以及远期存在的癌症风险^[10]，那么如何在两者之间找到一个平衡点，如何在保证图像质量而又降低病人的辐射剂量，已成为国内外研究方向的热点及重点^[11-13]，也是我们每个放射工作者在日常工作中所关注的重要问题。在本次研究当中采用前瞻性心电门控触发模式，仅在预置期相曝光，其它期相无须曝光。本次研究A组的辐射剂量长度乘积为(3.37±2.12)mGy.cm，低于其他两组(4.78±1.92)mGy.cm，(6.11±2.79)mGy.cm。心率与辐射剂量长度乘积呈正相关，心率越快，辐射剂量越高。A组患者心率低于65次/分，采集期相为70~80%，只需采集一次心跳内的数据。B组心率在65~80次/分之间，采集期相为30~80%，需要采集2个心动周期。C组心率高于80次/分，采集期相为30~80%，需要采集3个以上心跳周期。还可根据同步心电图R-R间期变化决定是否增加采集的心跳数，一旦相邻R-R间期变化幅度超过20%，软件将自动增加采集的心跳数以获得更多的容积数据来保证图像质量。因此，在临床工作中，对于拟行冠状动脉CTCA的患者，在患者情况许可的条件下，尽量将心率降至65次/分以下，而且尽量减少心率的波动，以便减少辐射剂量。

C组比A、B组患者的辐射剂量长度乘积分别增加81%、27%，如何在保证图像质量的情况下降低高心率患者的辐射剂量也是我们今后研究当中所要注意的问题。文献指出，心率高于80次/分，

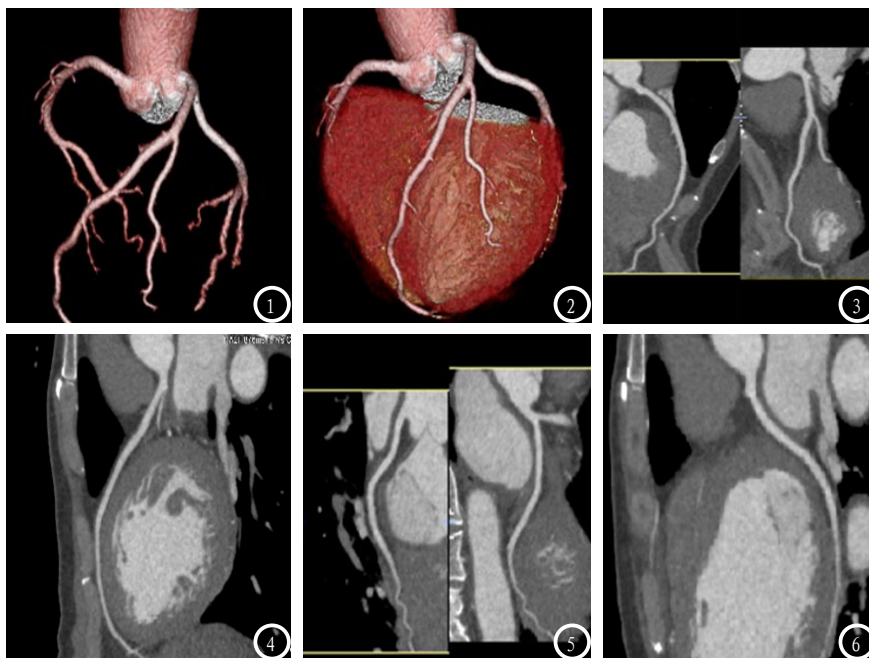


图1-6 男性,64岁,心率为57次/分,120KV,70MA;图1为冠状动脉血管树,图2为冠状动脉VR图像,图3为前降支MPR图像,图4为前降支CPR图像,图5回旋支MPR图像,图6回旋支CPR图像。

时相采集已经从心脏舒张期转移到收缩期^[14],高心率患者的冠状动脉节段的最佳重建时相主要集中在收缩期R—R间期41%为中心的31%~51%,运用前瞻性心电门控技术,让采集数据时相从30%~80%缩短到30%~50%,减少前门控扫描在对高心率患者做检查时的曝光时间,从而降低了射线剂量^[15]。

综上所述,640层螺旋CT冠状动脉CTCA不同心率与图像质量及辐射剂量密切相关,在无禁忌症的情况下给予服用倍他乐克,控制心率在65次/分以下,尽可能让心率波动在20%以内,采用前瞻性心电门控,在获得高质量图像的同时降低辐射剂量,从而有利于冠状动脉CT血管成像的进一步发展,以便让更多的患者从中受益。

参考文献

[1] Davidson C, Fishman R, Bonow R. Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine [M]. Philadelphia, Pa: WB

Saunders, 1997: 117.
 [2] Rist C, Johnson TR, Müller-Starck J, et al. Noninvasive coronary angiography using dual-source computed tomography in patients with atrial fibrillation. Invest Radiol, 2009, 44: 159-167.
 [3] Herzog C, Nguyen SA, Savino G, et al. Does two-segment image reconstruction at 64-section CT coronary angiography improve image quality and diagnostic accuracy? Radiology, 2007, 244: 121-129.
 [4] Pflederer T, Jakstat J, Marwan M, et al. Radiation exposure and image quality in staged low-dose protocols for coronary dual-source CT angiography: a randomized comparison [J]. Eur Radiol, 2010, 20: 1197-1206.
 [5] 张兆琪, 心血管疾病64排CT诊断学, 北京: 人民卫生出版社, 2008, 76-77.
 [6] 朱玉春, 王建良, 吴志娟, 等. 平均心率、心率波动和心率变异性对64层螺旋CT冠脉成像质量的相关性分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2012, 10(1): 46-49.
 [7] 阎静, 成官迅, 刘国顺, 等. 双源CT前瞻性和回顾性心电门控冠状动脉成像对比研究 [J]. 医学影像学杂志, 2012, 22(1): 45-49.
 [8] 周智美, 陈德基, 周志衡, 等. 320排动

态容积CT在冠状动脉疾病中的临床应用研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2012, 10(4): 26-29.

[9] Wink O, Hecht HS, Ruijters D, et al. Coronary computed tomographic angiography in the cardiac catheterization laboratory: current applications and future developments [J]. Cardiol Clin, 2009, 27: 513-529.
 [10] Dewey M, Zimmermann E, Deissenrieder F, et al. Noninvasive coronary angiography by 320-row computed tomography with lower radiation exposure and maintained diagnostic accuracy [J]. Circulation, 2009, 120(9): 867-875.
 [11] 杨琳, 张兆琪, 范占明, 等. 心室率、心室率波动及心电编辑对心房颤动患者64层螺旋CT冠状动脉成像质量的影响 [J]. 中华放射学杂志, 2010, 44: 369-373.
 [12] 徐健, 毛德旺, 张玉江, 等. 320排CT冠状动脉成像心率(律)对图像质量和辐射剂量的影响 [J]. 医学影像学杂志, 2011, 21: 666.
 [13] Kim MJ, Park CH, Choi SJ, et al. Multidetector computed tomography chest examinations with low-kilovoltage protocols in adults: effect on image quality and radiation dose [J]. Comput Assist Tomogr, 2009, 33: 416-421.
 [14] 孙钢, 李敏, 李国英, 等. 320排容积CT冠状动脉血管成像心率与重组时相对图像质量的影响 [J]. 中华医学杂志, 2011, 91(1): 5-10.
 [15] 段艳华, 王锡明, 程召平, 等. 前瞻性心电门控双源CT冠状动脉成像在高心率患者中应用的可行性研究 [J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7): 714-718.

(本文编辑: 张嘉瑜)

【收稿日期】2015-12-02