

## 论 著

## 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\*

江苏省昆山市第一人民医院CT室

(江苏 昆山 215300)

朱玉春 王建良 吴志娟 沈纪芳  
王伟伟 刘丽华 朱晟超 张 臻

**【摘要】目的** 探讨平均心率、心率波动和心率变异性对64层螺旋CT冠脉造影成像质量的影响。**方法** 200例患者因怀疑存在冠心病进行64层螺旋CT冠状动脉造影检查,以5分法评定系统进行影像质量评价,着重分析平均心率、心率波动和心率变异性与冠状动脉图像质量的相关性。**结果** 200例患者,共纳入分析血管为600支,平均心率为 $69.20 \pm 8.80$  bpm,心率波动范围1~38 bpm,平均心率变异性 $8.50 \pm 6.75\%$ ,共有94.3%(566/600)冠状动脉图像质量满足诊断需要。平均心率、心率波动和心率变异性与冠脉图像质量均有显著相关性。平均心率越慢,心率波动范围越小,心率的变异性越小,冠脉的图像质量越高。**结论** 64层螺旋CT能够在较大的心率范围内提供较好的冠状动脉图像,减低心率,减少心率的变异性将有助于提高图像质量。

**【关键词】** 冠状动脉; 体层摄影术; X线计算机; 图像质量

**【中图分类号】** R814.42

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 昆山市科技社会发展自主项目(项目编号: )

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2012.01.016

作者简介: 朱玉春,男,本科,学士学位,医学影像诊断主治医师,主要研究方向为多层螺旋CT血管成像。

通讯作者: 朱玉春

## The Correlation Analysis of 64-slice Coronary CT Angiography: Effect of Average Heart rate, Heart Rate Range and Heart Rate Variability on Image Quality\*

ZHU Yu-chun, WANG Jian-liang, WU Zhi-juan, et al Department of CT, the First People's Hospital of Kunshan, Kunshan Jiangsu 215300, China

**[Abstract] Objective** The purpose of this study was to evaluate the effect of average heart rate, heart rate range and heart rate variability on the image quality with 64-slice spiral CT coronary angiography. **Methods** 200 patients underwent 64-slice coronary CT angiography, which were suspected coronary artery diseases. Image quality was performed using five score method. The detailed analysis was performed to evaluate the relationship of average heart rate, heart rate range and heart rate variability on the image quality. **Results** 600 coronary angiography were analyzed in 200 patients. The average heart rate was  $69.20 \pm 8.80$  beat per minute (heart rate range, 1~38 bpm), with a variability of  $8.50 \pm 6.75\%$ . Image quality was sufficient for diagnosis for 94.3% (566/600) of arterial segment at the best reconstruction interval. A significant correlation ( $P < 0.05$ ) between overall image quality was found for average heart rate, heart rate range and heart rate variability. The lower average heart rate, the less heart rate range and variability, the better coronary image quality. **Conclusion** Coronary angiography with 64-slice spiral CT can provide best diagnostic image quality within a wide range of heart rates, and reducing average heart rate and heart rate variability in patients is beneficial in improving image quality.

**[Key words]** Coronary artery; Tomography; X-ray computed; Image quality

随着多层螺旋CT时间分辨率的不断提高,无创的多层螺旋CT冠状动脉造影成像已逐渐成为冠心病筛查、进一步了解斑块性质的重要影像学检查方法<sup>[1, 12]</sup>,既往研究表明心率和心率变化是导致16层以下螺旋CT图像产生伪影,降低图像质量的重要因素<sup>[2]</sup>。64层螺旋CT在时间和空间分辨率上有了很大提高,其对冠状动脉疾病的诊断敏感性和特异性均达到90%以上,其时间分辨率可达到83ms,机架旋转时间可达到0.33s,理论上可以适用于较大范围心率下的冠状动脉造影成像,但是在实际应用中关于平均心率、心率波动和心率变异性对冠状动脉图像质量影响的相关性研究较少,本研究的目的就是探讨其相关性。

## 材料与方 法

**1.1 临床资料** 选择2009.5~2010.5共200例临床怀疑冠状动脉疾病而行64层螺旋CT冠状动脉造影的患者纳入本研究,其中男121例,女79例,年龄25~87岁,平均 $(59.27 \pm 12.15)$ 岁。排除标准:对碘对比剂过敏,严重心律不齐,严重心肾功能不全,冠状动脉支架或搭桥术后,严重钙化不能评估者,不能配合屏气导致严重呼吸运动伪影者。

**1.2 扫描技术** 所有患者检查前签署书面知情同意书,禁食4~6h,对于静息心率 $>75$ 次/分者,若无药物禁忌症的情况下,检查前半小时给予口服25~50mg倍他乐克片剂予以控制心率,扫描前3min舌下含服硝酸甘油片剂0.5mg以扩张冠状动脉,常规训练患者呼吸,嘱平静吸气后屏气。采用西门子64层螺旋CT (Siemens SOMATOM Sensation 64)进行冠状动脉造影成像,扫描前按照标准位置放置心电监护导联线,待正常显示心率后,按照预定程序进行扫描,先做胸部定位像,范围包括气管分叉下1cm至心脏膈面,平扫进行冠状动脉钙化积分扫描,增强采用Medrad双筒高压注射器以5.0ml/s流率在肘前静脉注入80ml非离子型对比剂(优维显370mgI/ml)和40ml生理盐水,运用人工智能触发系统(blous tracking)



在主动脉根部层面选择感兴趣区域检测CT值,当阈值达到100HU时延时6s开始自动扫描。扫描参数:管电压120KV,有效管电流850mA,层厚准直 $64 \times 0.6\text{mm}$ ,球管旋转每周0.33s,整个扫描时间8-12s。

**1.3 影像重组** 扫描完成后,利用回顾性心电门控重建,以5%的间隔重建5%-90%共计20个期相的数据,重建图像层厚1.0mm,重叠间隔0.75mm,卷积核kernel B25s smooth++,重建矩阵 $512 \times 512$ ,传输至工作站(软件版本 syngo CT

2007s),利用工作站上circulation软件对所有数据进行图像重组,包括多平面重建法(multiplanar reconstruction MPR)、曲面重组法(cured planar reformation CPR)、最大密度投影法(maximum Intensity reconstruction MIP)和容积成像法(volume rendering VR)。通过浏览各期图像,采用个体化R-R间期来选择不同冠状动脉最佳重建时相,分别选定能最佳显示右侧冠状动脉、左主干、左冠状动脉前降支和回旋支的标准体位进行重组摄片。

**1.4 图像分析标准** 每例患者图像按右侧冠状动脉(RCA),左冠状动脉前降支(LAD)和回旋支(LCX)分别评分。图像质量评分参照Hong标准<sup>[3]</sup>:5分:无运动伪影,血管显示清晰;4分:轻度伪影,部分血管节段有轻度模糊;3分:中度伪影,约50%血管路径有双边影像;2分:重度伪影,血管全程出现模糊,双边征或血管中断;1分:无法诊断,血管结构分界不清。3分以上图像质量可满足诊断要求。因横断面受伪影影响最小,故图像评价以轴位相

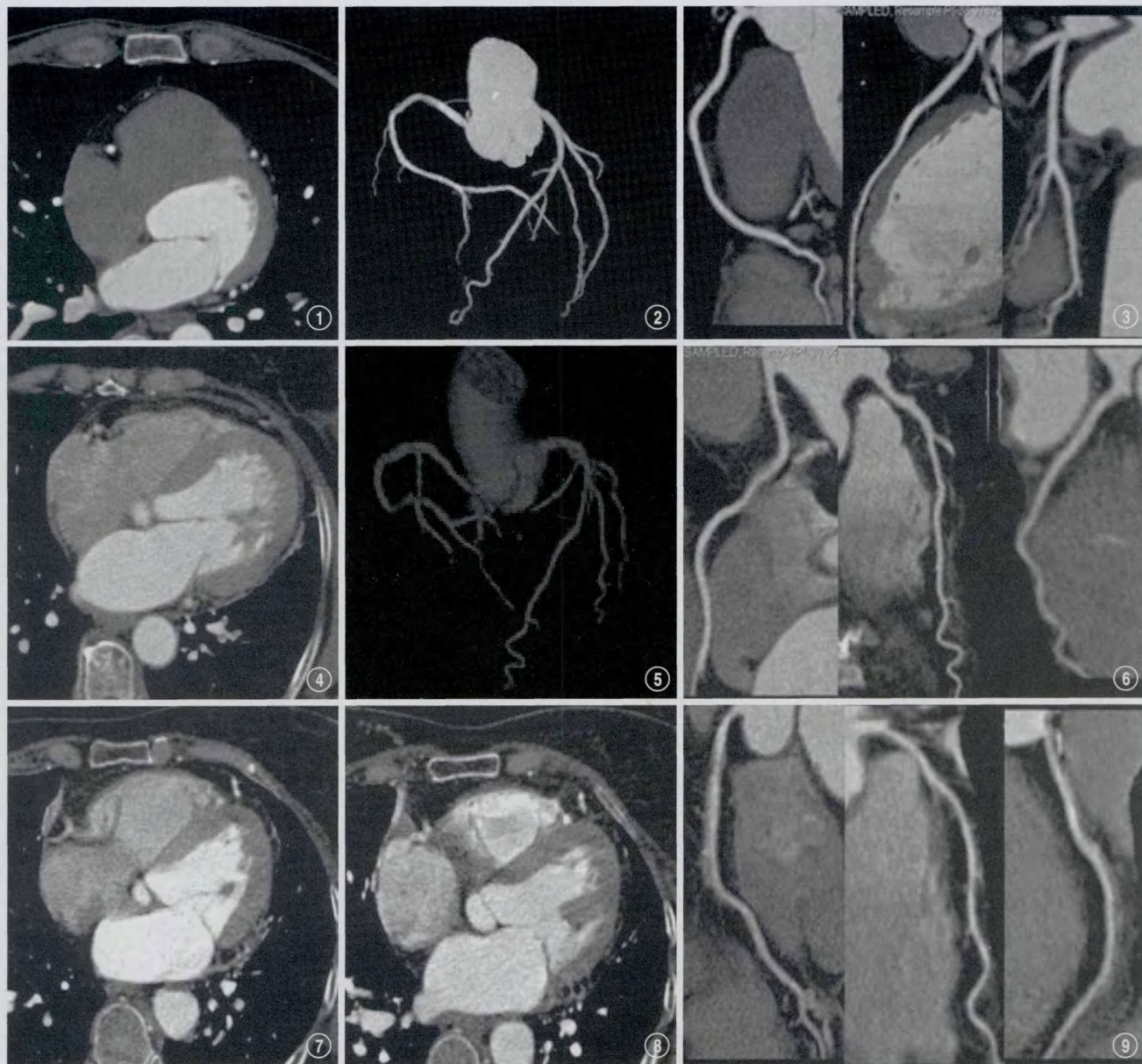


图1-3 男性,56岁,平均心率60bpm,心率波动1bpm,心率变异性1.65%,RCA,LAD,LCX图像质量评分均为5分。横断位(图1),VR冠脉树(图2),CPR(图3);图4-6 男性,62岁,平均心率73bpm,心率波动5bpm,心率变异性6.90%,RCA,LAD,LCX图像质量评分均为4分。横断位(图4),VR冠脉树(图5),CPR(图6);图7-9 男性,72岁,平均心率82bpm,心率波动14bpm,心率变异性17.07%,RCA,LAD,LCX图像质量评分均为3分。横断位(图7、8),CPR(图9)。

表1 冠状动脉质量评分对照 ( $\bar{X} \pm S$ )

	所有患者 (600支)	服药患者 (300支)	未服药患者 (300支)	P
综合评分	4.51 ± 0.63	4.60 ± 0.55	4.41 ± 0.69	0.0002
RCA	4.47 ± 0.59	4.55 ± 0.52	4.38 ± 0.65	0.0004
LAD	4.66 ± 0.52	4.75 ± 0.44	4.56 ± 0.57	0.00001
LCX	4.40 ± 0.74	4.50 ± 0.66	4.30 ± 0.80	0.0009

表2 平均心率与冠脉评分对照

心率组	例数 (支)	5	4	3	2	1
≤ 65	73 (219)	173	42	3	1	0
66-75	63 (189)	108	75	5	1	0
>75	64 (192)	87	81	21	3	0

表3 心率波动与冠脉评分对照

心率波动	例数 (支)	5	4	3	2	1
≤ 5	132 (396)	315	80	0	1	0
6-10	38 (114)	20	85	8	1	0
>10	30 (90)	8	58	21	3	0

表4 心率变异性与冠脉评分对照

心率变异性	例数	5	4	3	2	1
≤ 5%	70 (210)	175	34	0	0	0
6-10%	74 (222)	151	71	0	1	0
>10%	56 (168)	17	118	29	4	0

为主,并结合VR,CPR和MIP相为辅。图像质量评分由2位影像诊断主治医师双盲操作,在PACS终端独立完成,意见分歧时相互讨论达成共识。

平均心率以冠脉CTA检查时心电监测显示的平均心率。心率波动为扫描时心电图记录的最高与最低心率差值。心率变异性参照Seifarth<sup>[4]</sup>计算,心率变异性=(最高心率-最低心率)/0.5(最高心率+最低心率)×100%,其中最高心率和最低心率为扫描当时心电监护记录中显示的数值。实验结果用均数±标准差()表示,数据以Stata7.0统计软件包处理,应用卡方检验和T检验分析数据,以P<0.05认为差异有显著统计学意义。



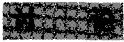
**2.1 冠状动脉图像质量** 200例患者中,累计600支血管纳入分析,94.3%(566/600)血管图像质量能够满足影像诊断。其中100例患者静息心率>75次/分,检查前半小时口服25-50mg倍他乐克片剂予以控制心率,具体影像质量评分对照见表。通过统计学分析(T检验),服用β受体阻滞剂药物患者总体图像质量和各支冠脉的图像质量均明显优于未服药组,两者差异有显著性(P<0.05)。

**2.2 平均心率、心率波动和心率变异性对图像质量的相关性** 200例患者,平均心率为69.20±8.80bpm(45-90bpm),其中65bpm以下者73例,98.2%(215/219)的血管图像可用于诊断,66-75bpm之间者63例,96.8%(183/189)的血管图像可用于诊断,75bpm以上者64例,87.5%(168/192)的血管图像可用于诊断。具体冠脉评分对照如表2。通过统计学分析(卡方检验),卡方值63.48,P<0.005差异有显著统计学意义。平均心率越快,满足诊断需要的血管数越小。

平均心率波动6.00±5.09bpm(1-38bpm),其中心率波动5bpm以下者

132例,99.7%(395/396)的血管图像可用于诊断,6-10bpm之间者38例,92.1%(105/114)的血管图像可用于诊断,10bpm以上者30例,73.3%(66/90)的血管图像可用于诊断,具体冠脉评分例数对照如表3。通过统计学分析(卡方检验),卡方值285.72,P<0.005,差异有显著统计学意义。心率波动范围越大,用于诊断需要的血管数越少。

平均心率变异性8.50±6.75%(1.65%-52.25%),其中心率变异性5%以下者70例,100%(210/210)的血管图像可用于诊断,6-10%之间者74例,99.5%(221/222)的血管图像可用于诊断,10%以上者56例,80.4%(135/168)的血管图像可用于诊断,具体冠脉评分例数对照如表4。通过统计学分析(卡方检验),卡方值231.12,P<0.005,差异有显著统计学意义。心率的变异性越小,冠脉的图像质量越高(图1-3)。



随多层螺旋CT的飞速发展,无创的冠状动脉造影成像在冠心病的筛查方面凸显出重要临床应用价值,理想的图像质量是诊断准确关键,以往16层以下的螺旋CT研究显示,心率与冠状动脉CT的成像质量呈负相关关系,随心率的加快,冠状动脉CT的影像质量下降<sup>[2-4]</sup>,适当控制心率、稳定心率,可明显改善64层冠状动脉冠状动脉的成像质量<sup>[11]</sup>。本研究中,共有94.3%(566/600)冠状动脉图像质量满足诊断需要。尤其是在平均心率超过75bpm以上的64例中,仍有87.5%(168/192)的血管图像满足影像诊断,本组心率范围较广,平均心率范围在45-90bpm之间,甚至最大平均心率达到90bpm仍然能够达到较高质量的图像。

64层螺旋CT的时间分辨率有了较大提高,对心率要求相对宽松,常规心率控制下大多数能获得较高的诊断准确性<sup>[5]</sup>,国外甚至有学者<sup>[6]</sup>

认为心率仅对回旋支的图像有轻微影响,对左主干、前降支和右侧冠状动脉均无影响。但国内外大多数学者<sup>[5,7-9]</sup>认为心率仍是影响64层螺旋CT冠状动脉成像质量的重要因素之一,如患者心率过快,心动周期的缩短,使得成像不能在相对静止的舒张期完成,重建图像会出现血管模糊,双边甚至中断伪影,导致图像质量明显下降。本组资料显示,当平均心率超过75次以上时,出现图像伪影几率将明显提高,心率超过75bpm以上的192支血管中,12.5%(24/192)出现图像伪影,不能诊断,而心率小于75bpm的408支血管中,仅仅2.5%(10/408)的图像不能诊断,两者之间的差异性显著,心率越低,图像质量越高,与多数学者的研究观点相符,因此实际工作中为保证优质的图像质量仍需常规控制平均心率范围在75bpm以下。

除平均心率以外,心率的波动和心率变异性对图像质量的影响更明显,扫描过程中,每一个心动周期之间的波动幅度变化使得在不同的心动周期期相上不能产生准确对应的影像,而直接影响冠状动脉成像质量,既往研究均表明<sup>[6-9]</sup>,在64层螺旋CT上心率波动和心率变异性与总体图像质量及每支血管的影像质量均有很高的负相关性,本研究继续证实了这点。在心率波动分组中,心率波动超过10bpm时,30例患者的90支血管中24支图像不能诊断(26.7%),而心率波动低于5bpm的132例患者的396支血管中仅1支图像不能诊断(0.3%),差异性很明显。同样在心率变异性分组中,心率变异性超过10%时,56例患者的168支血管中33支图像不能诊断(19.6%),而心率变异性低于5%时,70例患者的210支血管中全部血管能够满足诊断。心率波动和心率的变异性越小,图像质量越高,而心率波动和心率的变异性越大,图像质量越低,其原因主要是因心率波

动显著时,心脏在各个心动周期的运动状态不一致,波动范围越大,其差异性越明显,出现的图像伪影越严重,尽管64层螺旋CT的时间分辨率已提高到100ms以内,但距离常规冠状动脉造影所要求的30-50ms仍有一定距离,但最新近利用双源CT研究显示心率波动和心率变异性对冠状动脉的影像质量无明显影响<sup>[10]</sup>,可能主要归结于双源CT的时间分辨率有了质的飞跃,明显提高和改善了心率变异性的影响。

检查前服用 $\beta$ 受体阻滞剂是降低心率、提高冠脉图像质量的有效手段,通常以心率超过65-70bpm为标准,本组研究将100例静息心率超过75bpm的患者检查前口服 $\beta$ 受体阻滞剂作为对照,统计结果显示服用 $\beta$ 受体阻滞剂药物患者总体图像质量和各支冠脉图像质量(RCA, LAD, LCX)均明显优于未服用患者,两者之间有显著差异性( $P<0.05$ )。虽64层螺旋CT理论上不再要求严格降低患者心率,但基于以上研究结果,我们认为在实际工作中,为保证良好的冠脉图像质量,建议推荐静息状态下心率超过75bpm以上者常规服用 $\beta$ 受体阻滞剂来提高图像质量。

综上,平均心率和心率变异性仍是影响64层螺旋CT冠状动脉造影成像质量的重要因素,由于时间分辨率的提高,64层螺旋CT结合回顾性心电门控技术在较大的心率范围内( $<75\text{bpm}$ ),较小的心率波动范围( $<5\text{bpm}$ ),较低的心率变异性( $<5\%$ )的情况下均能获得满意的图像质量,但如果心率过快,心率变异性较大将会使图像质量下降,适时服用 $\beta$ 受体阻滞剂将有助于改善图像质量。

#### 参考文献

1. 张兆琪, 马晓海. 64层螺旋CT冠状动脉成像—无创性冠状动脉检查的新纪元[J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(8): 789-791.
2. 李东野, 刘素堂, 徐凯, 等. 心率及心率波动对16层螺旋CT冠状动脉成像质量

的影响[J]. 中国医学影像技术, 2006, 22(9): 1351-1353.

3. Hong C, Becker CR, Huber A, et al. ECG-gated reconstructed multi-detector row CT coronary angiography: effect of varying trigger delay on image quality[J]. Radiology, 2001, 220(3): 712-717.
4. Seifarth H, Wienbeck S, Püsken M, et al. Optimal systolic and diastolic reconstruction windows for coronary CT angiography using dual-source CT[J]. AJR Am J Roentgenol, 2007, 189(6): 1317-1323.
5. 罗学毛, 兰勇, 李伟, 等. 心率对64层螺旋CT冠状动脉造影图像质量的影响及重建相位窗选择的探讨[J]. 影像诊断与介入放射学, 2009, 18(3): 126-128.
6. Leschka S, Wildermuth S, Boehm T, et al. Noninvasive coronary angiography with 64-section CT: effect of average heart rate and heart rate variability on image quality[J]. Radiology, 2006, 241(2): 378-385.
7. Leschka S, Scheffel H, Husmann L, et al. Effect of decrease in heart rate variability on the diagnostic accuracy of 64-MDCT coronary angiography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2008, 190(6): 1583-1590.
8. Brodoefel H, Reimann A, Burgstahler C, et al. Noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography in an unselected patient collective: effect of heart rate, heart rate variability and coronary calcifications on image quality and diagnostic accuracy[J]. Eur J Radiol, 2008, 66(1): 134-141.
9. Yang L, Zhang Z, Fan Z, et al. 64-MDCT coronary angiography of patients with atrial fibrillation: influence of heart rate on image quality and efficacy in evaluation of coronary artery disease[J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(3): 795-801.
10. 郑玲, 张龙江, 卢光明, 等. 平均心率、心率波动和心率变异性对双源CT冠状动脉影像质量影响的研究[J]. 医学影像学杂志, 2009, 19(3): 273-276.
11. 关计添, 徐小虎, 耿义群, 等. 心率变化对64层CT冠状动脉造影图像质量的影像[J]. 中国CT和MRI杂志, 2008, 6(2): 37-39.
12. 华丕虹, 吴玲, 严睿, 等. 负荷心肌灌注显像、CT冠脉成像和冠脉造影对老年可疑冠心病人的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2009, 7(6): 45-47.

【收稿日期】2011-07-12