

• 实验研究 •

心率对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像图像质量的影响

刘斌, 赵红, 吴兴旺, 张家文, 余永强, 沈云, 廖静敏

【摘要】 目的:评价心率对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像图像质量的影响。**方法:**采用 GE Light speed 64 层螺旋 VCT,以心脏扫描模式对心脏动态体模进行扫描。心脏动态体模由 3 个部分组成:动力部分、解剖结构模拟部分和控制部分。心脏动态体模的心率设置为 40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、105、110 和 115 次/min,心律齐。以球管转速 0.35 s 对不同心率下的心脏动态体模进行冠状动脉成像扫描。所有扫描数据在 R-R 间期 90% 时相分别进行单扇区和多扇区重建。重建数据传至工作站后处理成像。后处理方法采用 VR、MPR 重组模式。分别对重建图像进行评分。**结果:**①心率与图像质量呈负相关($P<0.01$);随着心率的增加,图像质量评分呈下降趋势;②在同一条件下多扇区重建算法较单扇区重建算法提高了图像质量评分。**结论:**采用心脏动态体模评价心率对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像图像质量的影响,对临床研究和应用有着重要价值。

【关键词】 冠状动脉; MSCT; 诊断显像; 心脏体模

【中图分类号】 R814.42; R816.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)05-0444-04

Experimental Study of the Effect of Heart Rate on the Image Quality of Coronary Artery with 64-detector Row Helical CT Using a Pulsating Cardiac Phantom LIU Bin, ZHAO Hong, WU Xing-wang, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, P. R. China

【Abstract】 Objective: Using a pulsating cardiac phantom to study the effect of heart rate on the image quality of coronary artery with 64-detector row helical CT. **Methods:** An adjustable pulsating cardiac phantom (GE) containing predetermined simulated coronary arteries was scanned using 64-detector row helical CT with cardiac pulsating rates as 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110 and 115 beats per minute (bpm). The rotation speed of 0.35s was used. The raw data were reconstructed at an optimal window of the R-R interval using both one sector and multi-sector and volume rendering (VR) and multi-planar reformation (MPR) as the reconstruction algorithm. The image quality score (IQS) was evaluated by two radiologists respectively. **Results:** There was negative correlation between heart rate and IQS ($P<0.01$). The image quality of multi-sector reconstruction algorithm was superior than that of one-sector. **Conclusion:** Using a pulsating cardiac phantom, with 64-detector row CT, the effect of heart rate on the image quality of coronary artery could be evaluated, which plays an important role in clinical research as well as clinical application.

【Key words】 Coronary artery; Multi-spiral CT; Diagnostic imaging; Cardiac Phantom

心脏和冠状动脉成像是 CT 临床应用研究的热点和前沿,自从多层螺旋 CT 诞生以来,人们就一直致力于心脏和冠状动脉成像的探讨。目前 64 层螺旋 CT 心脏冠状动脉成像已成为冠心病筛查的最重要的影像学检查手段^[1,2],成像的质量直接影响诊断的准确性。多层螺旋 CT 冠状动脉成像的质量受到多种因素的影响,如心率、心律、重建算法、球管转速等,其中心率是直接影响图像质量的因素。为了系统分析心率与冠状动脉成像质量的关系,本研究使用 GE 公司开发研制的心脏动态体模,采用 64 层螺旋 CT 心脏冠状动脉成

像方法对心脏动态体模进行扫描,旨在分析心率与图像质量的关系。

材料与方法

1. 心脏和冠状动脉动态模型

心脏动态体模(GE 公司开发研制)由 3 个部分组成(图 1)。①动力部分:充分模拟了人体左心室的搏动,具有快速泵血期、快速充盈期、慢速充盈期三个运动时相,可以模拟不同的心率及在扫描过程中的心率波动,能够真实地模拟心脏的运动;②解剖结构模拟部分:由模拟的左心室和模拟的冠状动脉组成,在体模上挂置不同内径的冠状动脉(3~5 mm 内径),冠状动脉内放置支架、支架内的再狭窄、软斑块以及钙化斑块等,所选冠状动脉材料的 CT 值接近生理情况下的 CT 值,狭窄材料具有不同的 CT 值,可以模拟不同性质

作者单位: 230022 合肥,安徽医科大学第一附属医院放射科 CT 室(刘斌、赵红、吴兴旺、张家文、余永强);GE 公司 CT 影像研究室(沈云、廖静敏)

作者简介: 刘斌(1962—),男,安徽阜阳人,主任医师,硕士,主要从事 CT 诊断和 CT 血管成像工作。

基金项目: 安徽省卫生厅重点学科资助课题(05A035)

的斑块。在不同内径的冠状动脉内设置不同程度的狭窄(25%、50%和 75%),冠脉的挂置方式按照不同的角度以模拟不同冠脉的走行,运动时,整个心脏体模浸没于水箱中,尽可能模拟心脏搏动时的生理环境;③控制部分:心脏体模的运动方式可以通过编程来设定,可以设定不同的心率、不同心率的搏动模式(包括心律不齐)、不同的运动程度(收缩期和舒张期的比率)来模拟人体的状态进行研究。本次研究设定的是不同心率的运动方式,心律齐。

2. 扫描方法

采用 GE Light Speed 64 层螺旋 VCT,管电压 120 kV,管电流 700 mA,准直 64×0.625 mm,螺距 0.24:1,视野 25 cm,矩阵 512×512 ,心脏体模的心率设置为 40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、105、110 和 115 次/分,设置的心律齐,无心率波动;球管转速设置为 0.35 s 对不同心率下的心脏体模进行冠状动脉成像扫描。所有扫描数据在 R-R 间期 90%时相分别进行单扇区和多扇区重建。

3. 图像质量评定方法

重建数据传至 AW 4.2 工作站后处理成像。后处理方法采用容积再现(volume rendering, VR)、多平面重组(multiplanar reconstruction, MPR)模式,以模拟冠状动脉为中心进行 MPR 成像,由两位有经验的影像医师共同观察评分,评分标准分为 4 级评分:4 分,模拟冠状动脉显示清晰,无伪影;3 分,模拟冠状动脉某段稍模糊或 VR 图像上见轻度阶梯状伪影;2 分,VR 图像中等度阶梯伪影,模拟冠状动脉错位、中断;1 分,重组图像上不能识别模拟冠状动脉影像。

4. 统计分析方法

采用相关分析软件分析心率对图像质量的影响。以 $P < 0.05$ 作为具有统计学意义的标准。统计学分

析采用 SPSS 11.0 统计软件包完成。

结 果

采用 0.35 s 的球管转速,分别对不同心率下的心脏动态体模进行扫描,采用单扇区和多扇区重建后处理图像的质量评分见表 1。

表 1 不同心率及不同重建算法的模拟冠状动脉评分(分)

心率(bpm)	单扇区重建评分	多扇区重建评分
40	4	4
45	4	4
50	4	4
55	4	4
60	3	3
65	4	4
70	3	3
75	1	2
80	1	2
85	1	3
90	1	3
95	1	2
100	1	1
105	1	1
110	1	1
115	1	2

经 SPSS 11.0 统计学软件包相关分析发现:单扇区和多扇区重建时体模冠状动脉成像质量的评分与心率成负相关($P < 0.01$),详见表 2。即随着心率的增加,无论采用单扇区或多扇区重建方式,动态体模冠状动脉成像质量的评分均逐渐下降(图 2、3)。在高心率的情况下多扇区重建质量评分优于单扇区重建。

表 2 心率与冠状动脉成像质量评分相关分析表

统计学参数	0.35s 单扇区重建	0.35s 多扇区重建
相关系数	-0.879	-0.857
P 值	<0.01	<0.01

讨 论

随着多层螺旋 CT 的出现以及在心脏冠状动脉成像方面越来越广泛应用,人们对心脏冠状动脉成像质量的关注和评价越来越多,人们逐渐认识到尽管 CT 技术飞速发展,但是在心脏冠状动脉成像方面还是存在着不少限制和影响因素,如心率过高、心律不齐以及其波动程度、患者呼吸配合的程度、重建的模式、心电图门控的时相等。对于心脏这种有节律性运动的器官,相对于空间分辨力,时间分辨力对心脏成像质量的影

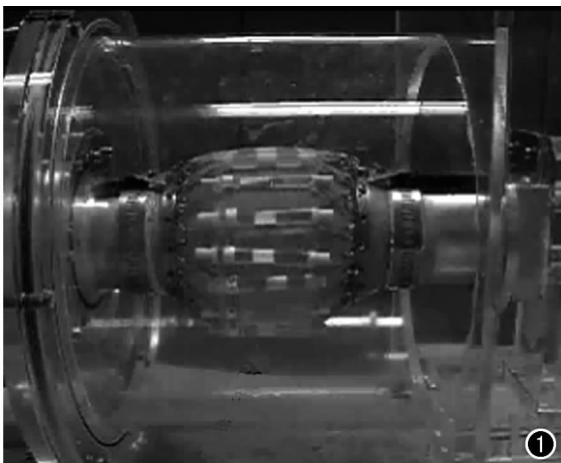


图 1 心脏动态体模的结构组成。

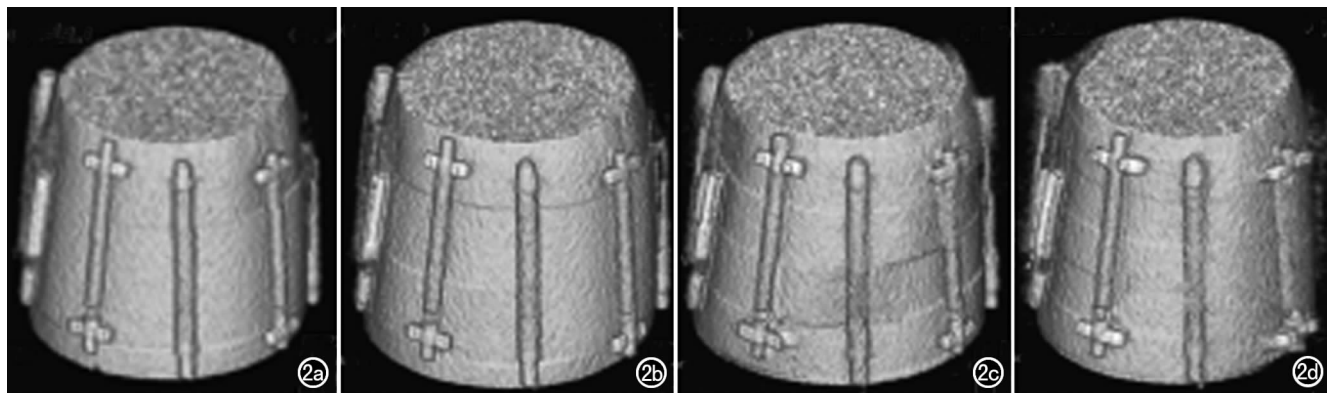


图 2 0.35 s 单扇区重建模式, 40~115 bpm 心率下心脏体模的重建 VR 图像, 随着心率的增加, 体模上的模拟冠状动脉边界逐渐模糊。a) 40 bpm; b) 65 bpm; c) 90 bpm; d) 115 bpm。

响更为明显。时间分辨率越高, 就越能将运动的心脏冻结在某一特定时相, 成像就越接近静止状态, 运动伪影也越小。

1. 心脏动态体模的研究价值

在 CT 心脏冠状动脉成像中, 心率等多种因素都能影响心脏图像质量, 是心脏检查成功的关键因素。心脏成像需要系统的、定量的分析研究, 以指导临床应用。而临床上对心脏冠状动脉成像研究具有局限性, 患者条件难以控制, 心脏动态体模为我们提供了对心脏成像进行定量分析研究较实用的工具^[3]。本研究使用 64 层螺旋 CT 对心脏动态体模进行扫描, 着重研究心率因素与图像质量的相关性。

心脏动态体模(GE 公司开发研制)由 3 个部分组成: ①动力部分; ②解剖结构模拟部分; ③控制部分。从心脏动态体模运动时的容积变化曲线(图 2)中可以看到, 体模的运动分为快速泵血期、快速充盈期和慢速充盈期, 很好的模拟了左心室的运动; 在研究中, 心率可以人为的设定, 避免了实际工作中患者心率的不确定性、不可比性强, 对模型可以按照实验设计进行反复扫描。

2. 心率对图像质量的影响

国内外大量文献^[4-9]研究表明, 在 MSCT 冠状动

脉成像中, 心率是影响图像质量的一个重要因素。本研究经统计学分析发现, 单扇区和多扇区重建时体模冠状动脉成像质量的评分与心率成负相关($P < 0.01$), 即随着心率的增加, 无论是采用单扇区或多扇区重建方式, 动态体模冠状动脉成像质量的评分均逐渐下降。这是因为随着心率的增加, 心动周期将缩短, 收缩期与舒张期都缩短, 而舒张期缩短更明显, 冠状动脉运动相对静止的时相也相应缩短, 无论单扇区提供的固定成像时间窗, 还是多扇区提供的相对成像时间窗, 成像时间占心动周期的比例均不断增加, 包含心动周期的时相也相应增多, 心脏搏动伪影就会增大, 所以在影像上就会出现扭曲和阶梯伪影, 重建的冠状动脉图像质量就会下降。高心率不仅对心脏成像的时间分辨率提出更高的要求, 同时高心率还会带来更大的心率波动, 使成像质量进一步下降。

由表 1 发现在相同的扫描条件下多扇区重建算法较单扇区算法可以获得更好的图像质量。特别是对高心率的情况下采用多扇区重建。众所周知, 在心脏 CT 成像中, 为了提高时间分辨率而采用半重建算法。在单扇区重建算法中时间分辨率可以简单地用扫描时间的一半来计算, 且不随心率的改变而改变。多扇区重建算法时间分辨率不仅受到球管旋转速度的影响,

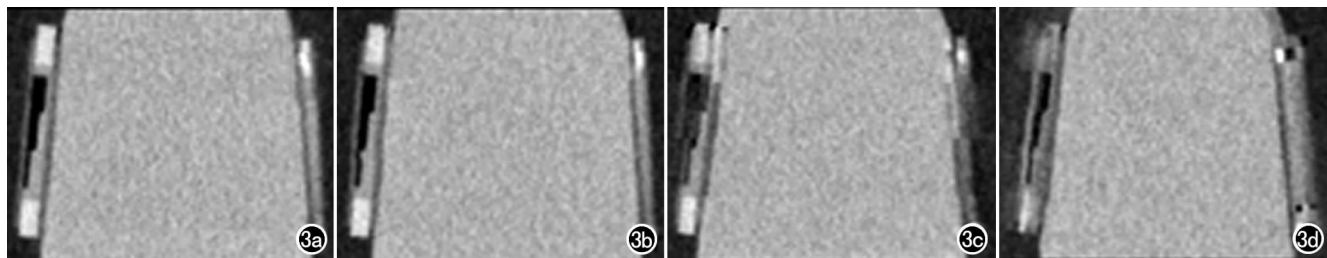


图 3 0.35 s 单扇区重建模式, 40~115 bpm 心率下心脏体模的重建 MPR 图像, 体模上置放的模拟狭窄的冠状动脉及模拟正常的冠状动脉随着心率的增加, 成像质量下降。a) 40 bpm; b) 65 bpm; c) 90 bpm; d) 115 bpm。

还受到心率快慢的影响,因而多扇区重建算法的时间分辨力并非固定不变的,而是随着心率而改变的。当有效时间分辨力占心动周期的比例越小,就越能将运动的心脏冻结在某一特定时相,心脏成像更接近真实情况,我们对心脏和冠状动脉解剖的评价就越准确。心率在 70 bpm 以下时,心脏舒张期成像对时间分辨力的要求是 250 ms,100 bpm 时的时间分辨力要求达到 150 ms^[10]。多扇区重建算法由于采用了多个心动周期相同时相的数据,所以,时间分辨力较单扇区高,可以获得更好的图像质量。对存在心率波动的病例,能够起到一个很好的平滑作用,图像质量也相应的有所提高^[10]。

本文对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量分析,使用了一种新型的心脏动态体模,所得结果,可以为 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像的临床应用和基础研究提供帮助。

参考文献:

- [1] 王锡明,武乐斌,李振家,等. 64 层螺旋 CT 在冠状动脉造影中的应用[J]. 中华放射学杂志,2005,39(11):1201-1204.
- [2] 张敏,李石玲,郭智萍,等. 64 层螺旋 CT 在冠状动脉血管成像技术[J]. 中国医学影像技术,2005,21(12):1948-1950.

- [3] 刘斌,赵红,吴兴旺,等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像图像质量的相关影响因素分析(心脏体模模拟实验)[J]. 中华放射学杂志,2006,40(9):980-983.
- [4] 雷子乔,韩萍,孔祥泉,等. 多层螺旋 CT 冠状动脉造影扫描技术及图像质量的影响因素[J]. 临床放射学杂志,2005,24(1):77-80.
- [5] Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic Accuracy of Noninvasive Coronary Angiography Using 64-slice Spiral Computed Tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 46(3):552-557.
- [6] Giesler T, Baum U, Ropers D, et al. Noninvasive Visualization of Coronary Arteries Using Contrast-enhanced Multidetector CT: Influence of Heart Rate on Image Quality and Stenosis Detection [J]. AJR, 2002, 179(4):911-916.
- [7] 孙红,惠萍,李天文,等. 多层螺旋 CT 冠状动脉造影:心率对最佳重建相位窗及图像质量的影响[J]. 中国介入影像与治疗学, 2005, 2(4):274-279.
- [8] Hoffmann MH, Shi H, Mancke R, et al. Noninvasive Coronary Angiography with 16-detector Row CT: Effect of Heart Rate [J]. Radiology, 2005, 234(1):86-97.
- [9] Nakanishi T, Kayashima Y, Inoue R, et al. Pitfalls in 16-detector Row CT of the Coronary Arteries [J]. RadioGraphics, 2005, 25(2):425-438.
- [10] Benoit Desjardins, Ella AK. Review ECG-Gated Cardiac CT [J]. AJR, 2004, 182(4):993-1010.

(收稿日期:200607-14)

· 外刊摘要 ·

结肠仿真内镜的下一步?

Rother T, Knöpfle E, Bohndorf K

摘要:在德国结直肠肿瘤是第二常见的恶性肿瘤,多起源于良性息肉(从腺瘤发展至肿瘤)。直视结肠镜仍是诊断和治疗结直肠息肉的金标准。然而,除了不能行内镜直视下息肉切除,CT 结肠镜(仿真结肠镜)是具有与内镜类似的诊断效力的又一选择。由于在筛查人群中结肠息肉有较高的发病率(约 30%),当仅用于筛查且只有少数病变必须在内镜下切除时,仿真结肠镜是有用的检查。大多数这种病变表现为较低的恶变风险,采用对照检查就足够了。根据一篇综述报道,大小约 5~6 mm 的小息肉恶变潜在风险如下:筛检出的 75% 息肉属于小息肉,其中仅约 1.5%~2.0% 发展为非典型增生,低于 0.05% 者发展为肿瘤。生长速度为 2 年内约生长 0.4 mm,但亦可见回

缩。现有关于生长方面的研究很少能提供这些小息肉恶变有多快的可信信息。**结论:**小息肉恶变的潜在风险被认为是较低的。由于缺乏可信的资料,无法断言这些病变的自发过程。对照检查(间隔 2~3 年)作为筛查中一项适当的检查方法而被推荐,而不是立即行内镜直视下的息肉切除,在此之前进一步研究小息肉的自然生长行为是必要的。

湖北省汉川市妇幼保健院放射科 黄博译

华中科技大学同济医学院附属同济医院 胡道予校

摘自 Fortschr Röntgenstr, 2007, 179(2):130-136.