

64 层螺旋 CT 冠状动脉成像:不同心率下最优相位窗的探讨

赵红, 刘斌, 吴兴旺, 余永强, 沈云, 廖静敏

【摘要】 目的:探讨 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像在不同心率下最优成像相位窗。方法:对 112 例病例行 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像,扫描后数据分别按 R-R 间期 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 及 90% 的相位进行后处理重组,对后处理图像按 5 级评分,记录扫描期间心率,112 例患者心率 < 60 次/min 者为 I 组,60~69 次/min 为 II 组,70~79 次/min 为 III 组,≥80 次/min 为 IV 组,绘制不同心率组的冠状动脉成像质量评分随时相位变化的线图,分析观察不同心率组的各时相冠状动脉评分趋势。结果:I、II、III 组 80% 相位图像质量最优,IV 组 RCA 最优的相位窗为 50% 相位,LMA、LAD、LCX 最优的相位窗为 40%,Pearson 相关分析在 R-R 40% 相位,冠状动脉的图像质量评分与心率无显著相关性。结论:在不同心率下,64 层螺旋 CT 冠状动脉成像各相位的图像质量有差别,高心率下,可用 40%、50% 相位的图像来用于诊断。

【关键词】 冠状动脉疾病; 体层摄影术, X 线计算机; 心率; 图像处理, 计算机辅助

【中图分类号】 R541.4; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)09-0926-05

Optimal Reconstruction Phase of Coronary Artery Imaging with 64-slice Helical CT in Different Heart Rate ZHAO Hong, LIU Bin, WU Xing-wang, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, P. R. China

【Abstract】 Objective: To explore the optimal reconstruction phase of coronary artery imaging with 64-slice helical CT in different heart rates. **Methods:** 112 patients underwent coronary angiography using 64-slice helical CT. Raw helical CT data were reconstructed at 10%~90% of the cardiac cycle with increments of 10%. 112 patients were divided into 4 groups: group I (n=25) with heart rates less than 60 bpm; group II (n=38) with heart rates between 60~69bpm; group III (n=29) with heart rates between 70~79bpm; and group IV (n=20) with heart rates more than 80bpm. Image quality for each coronary was scored as 1,2,3,4 or 5 (IQS:5:best;1:worst;≥3:Diagnosis Available). Evaluated the image quality of coronary artery in different reconstruction phases for different groups. **Results:** The optimal reconstruction phase could be achieved at 80% image reconstruction window of cardiac cycle for group I, II, III. In group IV, the optimal reconstruction phase of RCA was at 50%, and the the optimal reconstruction phase of LMA, LAD, LCX were at 40%. Heart rate didn't have correlation with image quality of coronary in 40% cardiac cycle. **Conclusion:** In different heart rate, the the optimal reconstruction phase of coronary artery are different. The reconstructed image of 40%, 50% cardiac cycle can be used for diagnosis when the image quality of 80% degrade in high heart rates.

【Key words】 Coronary disease; Tomography, X-ray computed; Heart rate; Image processing, computer-assited

随着 MSCT 技术的进步,目前 MSCT 已经成为冠心病冠状动脉病变的有效筛查工具。在多层螺旋 CT 冠状动脉成像扫描过程中需要使用心电门控技术,该技术可以在 R-R 间期内多相位成像,鉴于不同心率下各个相位冠状动脉的成像质量有所差别,本文分析 112 例不同心率下的 R-R 10%~90% 冠状动脉成像质量,旨在探讨 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像在不同心率下最优化的成像相位窗。

材料与方法

1. 临床资料

回顾性分析 2006 年 1 月~5 月我室行冠状动脉 CTA 检查 112 例患者,男 70 例,女 42 例,年龄 32~80 岁,平均 57 岁。

2. 扫描方法

采用 GE Light Speed 64 层螺旋 CT,采用回顾性心电门控技术,根据患者扫描时不同心率 CT 扫描设备将自动采用不同的扇区重组方法:心率 < 80 次/分为单扇区重组,≥80 次/分为多扇区重组。

扫描参数,管电压 120 kV,管电流 600 mA,准直 64×0.625mm,螺距 0.16:1,视野 25cm,矩阵 512×

作者单位:230022 安徽,安徽医科大学第一附属医院放射科(赵红、刘斌、吴兴旺、余永强);100176 北京,GE 中国 CT 影像研究室(沈云、廖静敏)

作者简介:赵红(1973-),女,安徽巢湖人,硕士研究生,主治医师,主要从事多层螺旋 CT 心脏成像。

基金项目:安徽省卫生厅重点学科课题(05A035)

512. 扫描范围自气管隆突下 2 cm 至膈下 2 cm, 长约 12 cm。

使用双筒高压注射器 (Medrad inc), A 筒吸入浓度为 370 mg I/ml 的优维显 100 ml, B 筒吸入约 50 ml 生理盐水, 先经肘正中静脉团注 20 ml 优维显, 流率 4 ml/s, 进行预扫描, 测降主动脉增强峰值时间, 将此时间加上 2 s 作为冠状动脉 CT 扫描的延迟时间。然后按确定扫描范围行增强扫描, 经肘正中静脉以 3~5 ml/s 速率注射 A 筒的优维显 70~80 ml, 再经 B 筒注射 30 ml 生理盐水, 速率为 3 ml/s。按确定的延迟时间一次屏气完成扫描。

3. 图像后处理及图像质量评分

扫描结束后, 对其扫描原始数据分别按 R-R 间期 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 及 90% 的相位进行横断面重组。重组后数据传送至 AW 4.2 高级图像处理工作站, 分别对上述横断面图像进行容积再现 (volume rendering, VR)、曲面重组 (curved planar reformation, CPR)、血管腔内重组 (lumen reformation), 分别重组出冠状动脉主干: 右冠状动脉 (RCA)、左主干 (LMA)、左前降支 (LAD)、左回旋支 (LCX) 的二维及三维图像。对后处理图像进行评分, 对不同 R-R 相位的各支冠状动脉的后处理图像按 5 个等级评分^[1]: 5 分无伪影; 4 分为轻微伪影, 仅主干的某一段轻微模糊, 诊断不受影响; 3 分为中等伪影, 某一支冠状动脉主干的 1/2 以上模糊, 但可以诊断; 2 分为严重伪影, 某一支冠状动脉主干全长均模糊不清或不连续, 诊断受限; 1 分为冠状动脉主干不能识别, 不能用于诊断。

4. 心率的记录及心率分组

使用 CD 光盘刻录扫描期间患者的心电图信号, 记录扫描时的心率。112 例患者心率 < 60 次/分为 I 组, 60~69 次/分为 II 组, 70~79 次/分为 III 组, ≥80 次/分为 IV 组。I 和 II 组为低心率组 (心率 < 70 次/分), III 组和 IV 组为高心率组 (心率 ≥ 70 次/分)。绘制不同心率组的冠状动脉成像质量评分随时相位变化的线图。分析观察不同心率组的各时相冠状动脉评分趋势。

5. 观察冠状动脉在 40%、50% 相位的图像质量

观察不同心率组在 40% 相位窗的成像质量评分的变化, 对 112 例患者的心率与冠状动脉 40% 相位的质量评分进行相关分析, 统计学处理使用 SPSS 11.0 软件包, 两变量间的相关分析采用 pearson 相关分析, $P < 0.05$ 有统计学意义。观察高心率 RCA 在 40%、50% 相位图像质量。

结果

112 例患者心率在 43~110 次/分, 平均 69 次/分, 扫描期间没有发生心律不齐和早搏。

I 组 (心率 < 60 次/分) 25 例。各支冠状动脉 10%~90% 相位的平均图像质量评分如图 1, 其中 60%、70%、80% 相位的图像可以用于诊断 (评分 > 3 分), 80% 相位图像质量最优 (图 2), RCA、LMA、

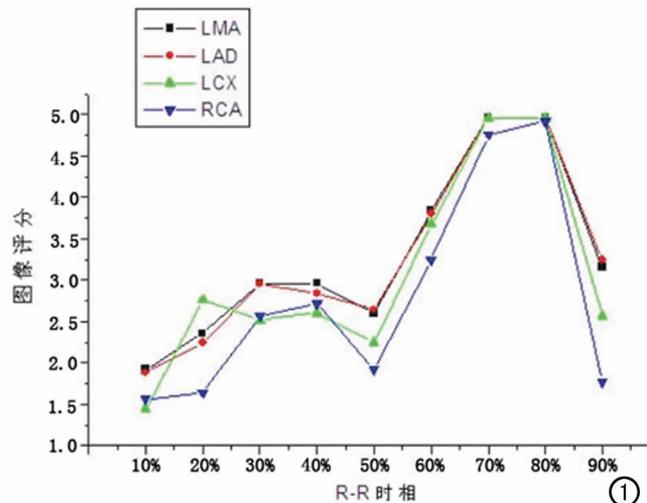


图 1 I 组 (心率 < 60 次/min), 60%、70% 及 80% 相位的图像可以用于诊断 (评分 > 3 分), 80% 相位图像质量最优, RCA、LMA、LAD 及 LCX 在此相位图像质量一致性较好。

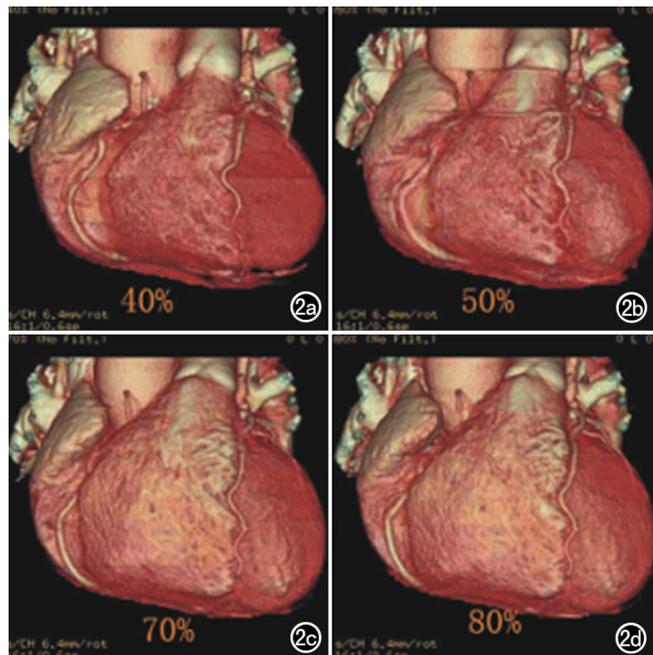


图 2 患者, 男, 75 岁, 心率 58 次/分, 40%、50%、70% 及 80% 相位的重组 VR 图像, 其中 80% 相位各支冠状动脉显示最清晰。a) 40% 相位; b) 50% 相位; c) 70% 相位; d) 80% 相位。

LAD、LCX 的平均评分为 4.92 ± 0.28 、 4.96 ± 0.20 、 4.96 ± 0.20 、 4.96 ± 0.20 ，各支冠状动脉图像质量在此相位的一致性也较好。

II组(心率 60~69 次/分) 38 例。各相位平均图像质量评分如图 3, 其中 40%、70%、80%相位的图像可以用于诊断, 最优的相位窗为 80%(图 4), RCA、LMA、LAD、LCX 的平均评分为 4.18 ± 1.16 、 4.45 ± 1.00 、 4.47 ± 0.95 、 4.37 ± 1.07 , 40%相位的评分明显

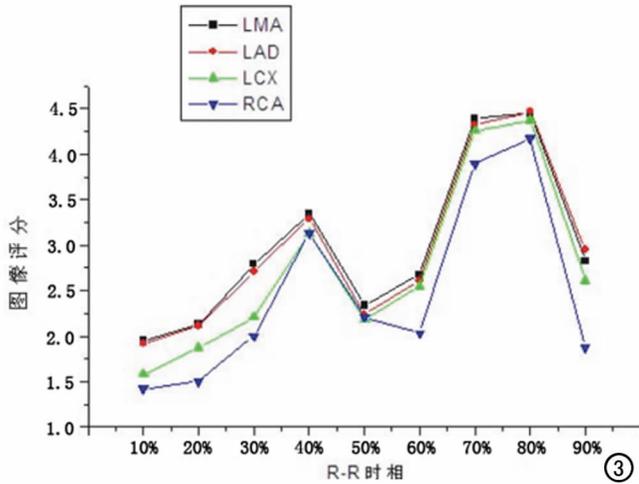


图 3 II组(心率 60~69 次/分), 40%、70%及 80%相位的图像可以用于诊断, 最优的相位窗为 80%。40%相位的评分明显较 I组(心率 <60 次/分)的 40%相位评分提高。

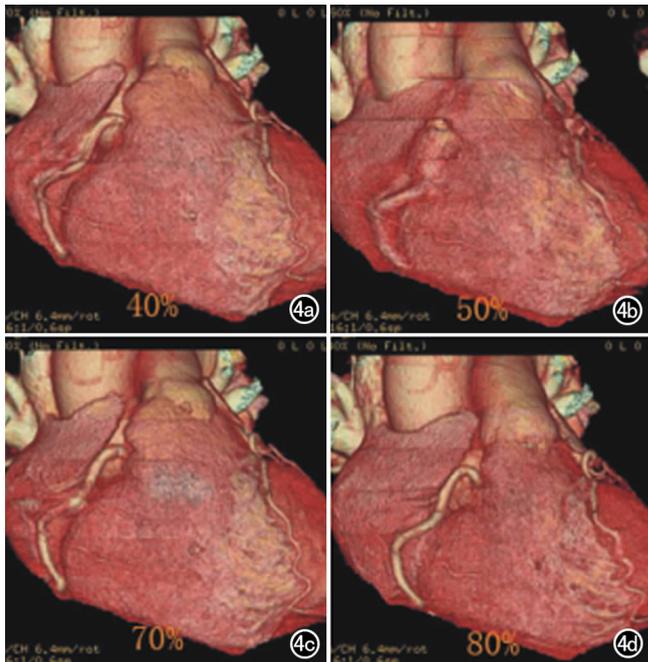


图 4 患者, 男, 40 岁, 心率 65 次/分, 40%、50%、70%及 80%相位的重组 VR 图像, 其中 80%相位各支冠状动脉显示最清晰。a) 40%相位; b) 50%相位; c) 70%相位; d) 80%相位。

较 I组的 40%相位评分提高, 超过 3 分。

III组(心率 70~79 次/分) 29 例。各相位平均图像质量评分如图 5, 其中 40%、70%、80%相位的图像可以用于诊断, 最优的相位窗仍为 80%(图 6), RCA、LMA、LAD、LCX 的平均评分为 3.90 ± 1.26 、 4.55 ± 0.78 、 4.48 ± 0.87 、 4.52 ± 0.95 , 40%相位各支冠状动脉的评分为 3.41 ± 0.82 、 3.69 ± 0.93 、 3.66 ± 0.86 、 3.21 ± 1.15 。

IV组(心率 ≥ 80 次/分) 20 例。各组间各支冠状

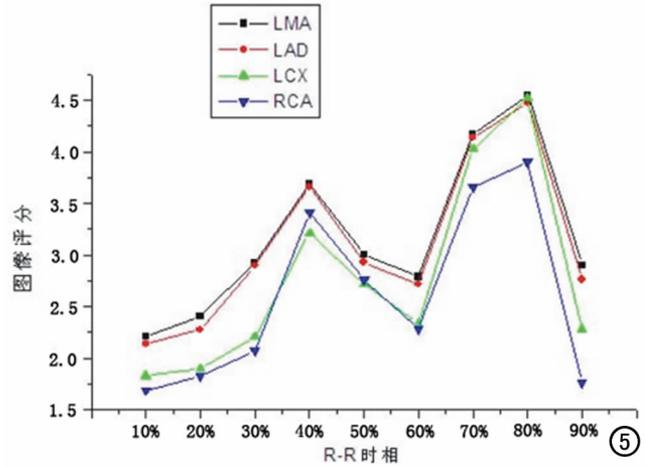


图 5 III组(心率 70~79 次/分), 40%、70%及 80%相位的图像可以用于诊断, 最优的相位窗为 80%。

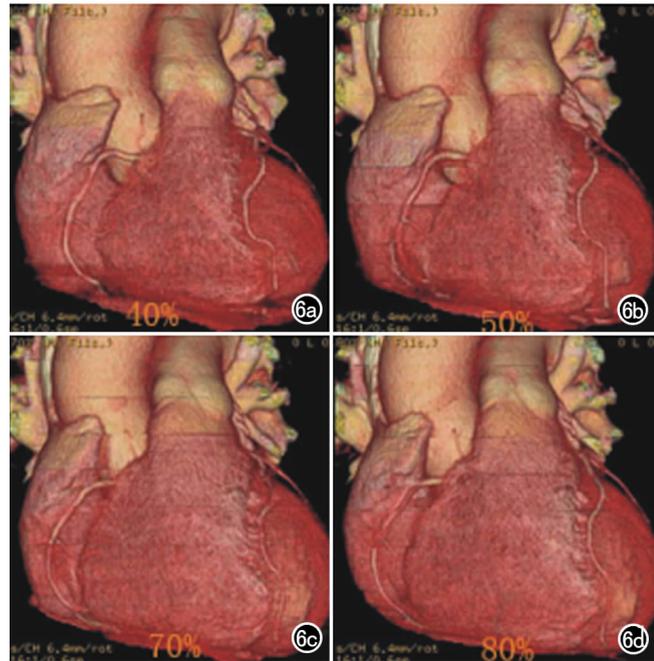


图 6 患者, 女, 51 岁, 心率 72 次/分, 40%、50%、70%及 80%相位的重组 VR 图像, 其中各相位各支冠状动脉清晰程度相仿。a) 40%相位; b) 50%相位; c) 70%相位; d) 80%相位。

动脉不同相位的成像质量变化的线图如图7,各支冠状动脉在同一相位的图像质量的一致性较差,RCA、较LMA、LAD、LCX在同相位的图像质量评分低。RCA最优的相位窗为50%相位(图8),平均评分为 3.00 ± 1.23 ,LMA、LAD、LCX最优的相位窗为40%,平均评分为 3.40 ± 1.04 、 3.20 ± 0.95 、 3.05 ± 0.92 。

分析不同心率组与R-R 40%相位的冠状动脉质量评分的相关性,在R-R 40%相位,冠状动脉的图像

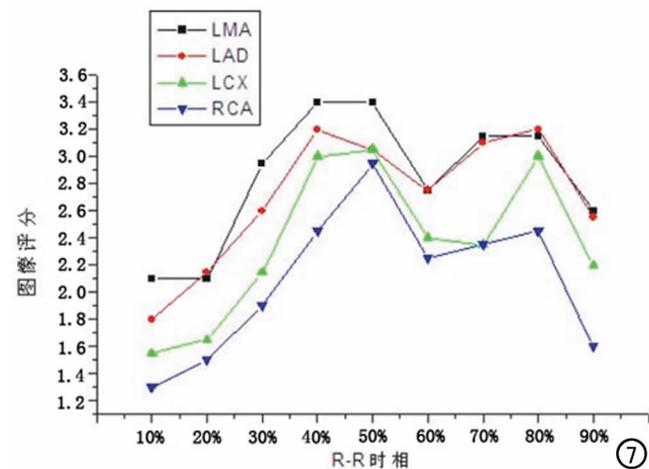


图7 IV组(心率 ≥ 80 次/分),各支冠状动脉在同一相位的图像质量的一致性较差,LMA、LAD、LCX最优的相位窗为40%,RCA最优的相位窗为50%相位。

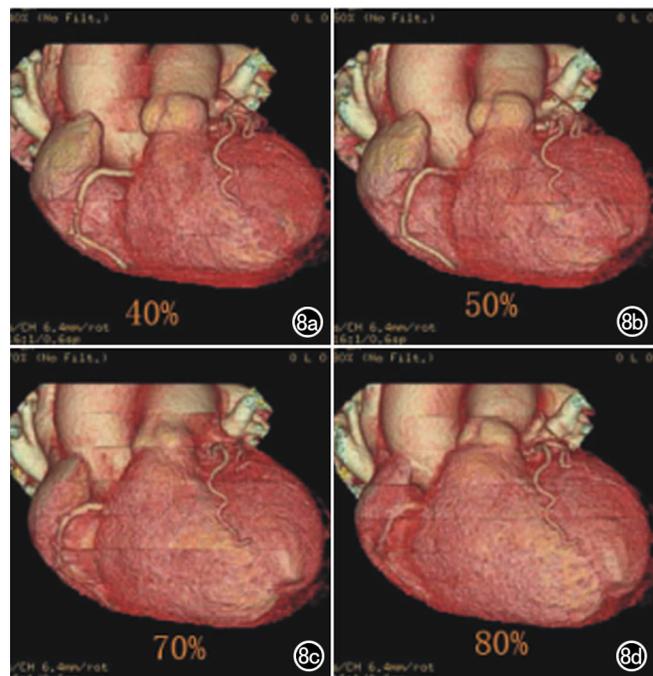


图8 患者,女,66岁,心率80次/分,40%、50%、70%及80%相位的重组VR图像,其中40%和50%相位各支冠状动脉显示清晰。a) 40%相位; b) 50%相位; c) 70%相位; d) 80%相位。

质量评分与心率无显著相关性(表1)。在心率大于70次/分时,RCA在40%、50%可以获得较高的图像质量评分。

表1 112例冠状动脉R-R 40%时相图像质量评分与心率相关性

分组	LMA 评分	LAD 评分	LCX 评分	RCA 评分
I组(25例)	2.96 ± 1.15	2.96 ± 1.20	2.52 ± 1.35	2.56 ± 1.17
II组(38例)	3.34 ± 1.02	3.29 ± 1.04	3.13 ± 1.09	3.13 ± 1.07
III组(29例)	3.69 ± 0.93	3.66 ± 0.86	3.21 ± 1.15	3.41 ± 0.82
IV组(20例)	3.40 ± 1.04	3.20 ± 0.95	3.05 ± 0.92	2.45 ± 1.23
平均评分(112例)	3.36 ± 1.06	3.27 ± 1.15	3.01 ± 1.05	3.00 ± 1.06
r值	0.190	0.174	0.128	-0.017
P值	0.050	0.066	0.179	0.860

讨论

1. 不同心率组冠状动脉各相位成像的比较

在生理状态下,心脏是个搏动器官,为了让冠状动脉成像并达到诊断要求,MSCT冠状动脉成像使用回顾性心电门控技术^[2],这种技术是心脏扫描的同步记录患者的心电图信号,扫描采用的是小螺距重叠扫描,根据心电图信号分为R-R间期内不同时相选取相应的数据成像。这样一次扫描可以得到心脏自收缩期至舒张期不同状态下的成像。由于冠状动脉在一次心跳收缩期和舒张期运动速率不同,所得R-R间期不同相位的冠状动脉成像的清晰度也不同^[3],只有在冠状动脉运动相对静止相位的成像资料才能用于诊断分析,本次资料分析了112例冠状动脉R-R间期自10%~90%相位的成像资料,探讨不同心率下冠状动脉成像的最优相位窗。

从不同心率组的RCA、LMA、LAD、LCX图像质量评分的趋势线图(图1、3、5、7)上可发现,心率小于80次/分时,R-R 70%、80%相位窗是最佳相位窗,此时相为心脏运动的舒张期中期,文献资料^[4,5]表明,冠状动脉的最优成像相位窗位于舒张期,因为心脏和冠状动脉运动相对静止。许尚文等^[6]对16层MSCT冠状动脉血管成像研究认为R-R 75%相位窗的图像最佳,认为此时相上心脏的运动状态处于舒张中期,冠状动脉处于相对静止状态,而心脏在R-R 0%~30%和87.5%~100%相位分别为心室和心房的收缩期,不适于冠状动脉重组。随着心率的增加,心动周期的时间趋于缩短,而且以心脏舒张期缩短更为明显,当舒张期短到不能达到成像的时间分辨率时,冠状动脉的成像就会显示模糊不清。本组资料显示第IV组(心率 ≥ 80 次/分)在70%、80%相位成像质量明显下降,不能用于诊断。

本组研究发现R-R 40%时相的图像质量评分仅次于R-R 70%、80%相位。112例RCA、LMA、LAD、LCX R-R 40%时相的图像质量平均评分分别为

3.00±1.06、3.36±1.06、3.27±1.15、3.01±1.05,基本满足诊断要求。从图中可以看出,随着心率增加,40%相位的图像质量评分基本稳定,评分差别不大,有别于70%、80%相位的图像质量评分呈逐渐下降趋势,第Ⅳ组(心率≥80次/分)的成像资料显示40%相位的成像质量评分已经高于70%、80%相位。在心率与图像质量相关性分析中,发现R-R 40%相位图像质量评分与心率无显著相关,可能因为R-R 40%相位总是处于收缩末期和舒张期开始阶段,冠状动脉运动方向的改变,使得冠状动脉有了一段相对静止时期,所以,图像质量与心率无显著相关性。

2. 高心率组 RCA 最佳相位窗

在各支冠状动脉中,RCA 由于其位置靠近心房,容易受到心房的收缩的影响^[7],其次血管走行与扫描层面垂直时易受各种影响因素干扰,产生运动伪影。RCA 是冠状动脉中最难成像的一支,在低心率下,RCA 与其它几支冠状动脉成像质量一致,在心脏的舒张期能得到清晰的成像;当心率≥70次/分,RCA 在舒张期成像模糊。梁艳等^[8]研究认为心率≥70次/分时,RCA 的最佳相位为40%。本次研究中,各心率组 RCA 质量评分均较其它几支冠状动脉均稍低,尤其表现在高心率状态下。在Ⅲ组和Ⅳ组,RCA 的最优相位窗在40%或50%,平均质量评分大于3分,基本满足诊断要求,与文献资料的研究结果基本一致。本文认为,在高心率下,RCA 在40%或50%相位的质量评分可接近或达到4分,能够用于诊断,当与其对应的70%、80%相位的图像质量可能不能用于诊断时,可采用此相位重建图像进行诊断分析。

本文总结分析了112例冠状动脉CTA在R-R 10%~90%相位的成像质量评分,发现在不同的心率

下最优的成像相位窗是不同的,在低心率下,成像的最优相位窗在冠状动脉运动的舒张中期(R-R 70%、80%相位);在高心率下,舒张期的图像质量下降且不能用于诊断,此时可以用收缩末期舒张早期(40%、50%相位)的成像资料进行诊断分析。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A, et al. Coronary Arteries: Retrospectively ECG-gated Multi-detector Row CT Angiography with Selective optimization of the Image Reconstruction Window [J]. Radiology, 2001, 221(3): 683-688.
- [3] Van Hoe LR, de Meerleer KG, Leyman PP, et al. Coronary Artery Calcium Scoring Using ECG-gated Multidetector CT: Effect of Individually Optimized Image-reconstruction Windows on Image Quality and Measurement Reproducibility [J]. AJR, 2003, 181(4): 1093-100.
- [4] Willmann JK, Weishaupt D, Kobza R, et al. Coronary Artery Bypass Grafts: ECG-gated Multi-detector Row CT Angiography-influence of Image Reconstruction Interval on Graft Visibility [J]. Radiology, 2004, 232(2): 568-577.
- [5] 张放, 马祥兴, 王青, 等. 16层螺旋CT冠状动脉成像最佳重组时相探讨[J]. 医学影像学杂志, 2004, 14(12): 980-983.
- [6] 许尚文, 张雪林, 曾建华, 等. 16层螺旋CT冠状动脉血管造影临床应用探讨[J]. 第一军医大学学报, 2005, 25(2): 218-222.
- [7] 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.
- [8] 陈艳, 韩萍, 梁波, 等. 多层螺旋CT冠状动脉成像: 重组时相及心率对图像质量的影响[J]. 中国医学影像技术, 2005, 21(3): 425-428.

(收稿日期:2006-11-20 修回日期:2007-03-28)