

[文章编号] 1007-3949(2007)15-11-0839-03

•临床研究•

16 层螺旋 CT 冠状动脉造影重建的最佳时相选择

吴梅, 古杰洪, 谢伟杰, 陈明旺, 林竹, 陈胜利, 王海林

(广州市第一人民医院放射科, 广东省广州市 510180)

[关键词] 冠状血管造影术; 体层摄影术; X 线计算机; 重建时相

[摘要] 目的 探讨 16 层螺旋 CT 冠状动脉造影的最佳重建时相。方法 对 136 例临床诊断或拟诊冠心病的患者行 16 层螺旋 CT 冠状动脉造影, 选取增强扫描 R-R 心动周期 0%~100% 的 10 组图像(间隔 10%), 评价不同重建时相冠状动脉各主要分支的图像质量等级及可评价冠状动脉数, 选择显示最清晰的一组记录时相。对最佳时相的薄层图像进行最大密度投影、二维曲面重建、多平面重建和容积再现重建。结果 每位患者的 3 条冠状动脉分支(左前降支、左回旋支、右冠状动脉)分别用于图像质量分析。各时相之间显示可评价冠状动脉血管数有显著性差异($P < 0.05$)。重建相位窗 40%、50%、70% 和 80% 与其它相位窗之间在显示高质量冠状动脉数量上有显著性差异($P < 0.05$)。左前降支、左旋支和右冠状动脉在 80% 和 70% 相位窗上显示最佳, 其次是 40% 和 50% 相位窗。结论 选择最佳时相进行图像重建可以最大限度减轻心脏运动伪影, 提高图像质量。

[中图分类号] R541.4

[文献标识码] A

Discussion of Reconstruction Phase of 16-slice CT Coronary Angiography

Wu Mei, Gu Jie-Hong, Xie Wei-Jie, Chen Ming-Wang, Lin Zhu, Chen Sheng-Li, and Wang Hai-Lin

(Department of Radiology, The First People's Hospital of Guangzhou, Guangzhou 510180, China)

[KEY WORDS] Coronary Angiography; Tomography; X-ray Computed; Reconstruction Phases

[ABSTRACT] **Aim** To discuss optimal reconstruction phase of 16-slice CT coronary angiography. **Methods** 136 patients with suspected or diagnosed coronary artery disease were studied with 16-slice spiral CT. Choosing left and right coronary artery in the axial enhancement scanning images, previewing 10 images at 0%-100% of the cardiocycle in increments of 10%. We evaluated grade of the image quality and number of the ratable coronary artery in different reconstruction phases. We selected the most clear image of left and right coronary artery, and recorded the phase. Raw data were reconstructed with thin images at the best phase. All images were reconstructed in the mode of maximum intensity projection (MIP), multiplane reformation (MPR), curved planar reformation (CPR) and volume rendering (VR). **Results** Three coronary, the left anterior descending (LAD), the left circumflex (LCX) and the right coronary artery (RCA), segments were analyzed in each patient with regard to image quality. There was significance of difference in the number of the ratable coronary artery in different reconstruction phases ($\chi^2 = 34.14$, $P < 0.05$). The number of good image in coronary arteries displayed by 40%, 50%, 70%, 80% and the rest reconstruction phases had significant difference ($P < 0.05$). The optimal reconstruction phase of RCA, LAD and LCX were 80% and 70% of the cardiac cycle. The second phase was 40% and 50% R-R phases. **Conclusions** Image reconstruction in the optimal phase can decrease the artifacts of cardiac motion as possible and improve the quality of images and raise work efficiency obviously.

近年来, 多层螺旋 CT 冠状动脉造影成为影像学研究的热点。应用多层螺旋 CT 冠状动脉造影诊断冠心病, 图像质量是关键。而冠状动脉图像质量受多种因素影响, 其中运动伪影是冠状动脉成像失败的主要原因, 因此选择心脏处于相对静止期进行图像重建是至关重要的。冠状动脉造影多采用从多时相的薄层重建图像中筛选出冠状动脉的最佳图像

用于冠状动脉的评价, 这种方法比较费时。本文结合东芝 Aquilion16 层螺旋 CT 不同重建时相对冠状动脉图像质量的影响, 探讨 16 层螺旋 CT 冠状动脉造影的最佳重建时相, 以提高其诊断准确性并简化时相优选过程, 提高冠状动脉成像的工作效率。

1 对象与方法

1.1 临床资料

2005 年 7 月~2006 年 12 月对我院 136 例怀疑或确诊冠心病患者行冠状动脉 CT 成像。其中男 78 例, 女 58 例, 年龄 37~82 岁, 平均 59.7 岁。窦性心律且心律齐。对心率 > 75 次/min 的受检者扫描前

[收稿日期] 2007-07-06 [修回日期] 2007-11-02

[基金项目] 广州市卫生局资助项目(2005-YB-022); 2006 年广东省社会发展领域科技计划项目(63088, 63087)

[作者简介] 吴梅, 博士, 副主任医师, 研究方向为心血管及腹部影像诊断, E-mail 为 may9@sina.com。通讯作者古杰洪, 主治医师, 2006 年广东省社会发展领域科技计划项目(63087) 课题负责人, 研究方向为心血管影像诊断, 联系电话 020-81048871。陈胜利, 教授, 硕士生导师, 研究方向为介入治疗, 联系电话 020-81048030。

30 min 给予倍他乐克 25~ 50 mg 以控制心率。

1.2 CT 扫描方法

采用日本东芝公司(TOSHIBA)生产的 Aquilion 16 层螺旋 CT 机, Vitrea2 图像工作站。检查前连接心电电极, 训练患者屏气, 做到胸腹喉部均不动。然后做自胸廓入口至心脏膈面的胸部屏气正、侧位定位像。行冠状动脉平扫, 扫描范围为气管隆突下方 1 cm 至膈顶下方 2 cm。使用 Surestart 智能触发对冠状动脉进行增强扫描。使用高压注射器, 经肘部静脉以 4 mL/s 的速度注射造影剂优维显(含碘浓度 300 g/L) 80 mL。当气管隆突层面主动脉根部的强化峰值达到设定值(主动脉根部兴趣区内 CT 值上升 115 Hu) 时, 嘱患者屏息后启动冠状动脉增强扫描。采用回顾性心电门控技术, 扫描参数: 探测器 0.5 × 16 排, pitch 4. 3, 管电压 135 kV, 管电流 300 mAs, 0. 4 s 螺旋扫描, 采集矩阵 512 × 512。重建层厚 1 mm, 重建间隔 0. 8 mm, 重建函数值 10。

1.3 重建时相的选择

首先进行心脏扫描的回顾性重建, 将增强扫描数据按心动周期 0% ~ 100% R-R 间期(间隔 10%) 进行心电相位窗上重建, 获得心脏容积数据传送到 Vitrea 2 图像工作站。在 10 个相位上对左前降支(left anterior descending, LAD)、左回旋支(left circumflex, LCX) 和右冠状动脉(right coronary artery, RCA) 进行图像质量评价。由于横轴面图像受伪影影响最小^[1], 故主要采用横轴面图像。参考 Hong 等^[2] 分级评分方法进行: (1) 无运动伪影(血管显示清楚) 者为 5 分; (2) 有轻度伪影(部分血管节段有轻度模糊) 者为 4 分; (3) 中度伪影(约 50% 的血管路径有双边征) 者为 3 分; (4) 重度伪影(血管全程出现模糊和双边征或有血管中断) 者为 2 分; (5) 无法诊断(血管结构分辨不清) 者为 1 分。4 分及 5 分者可用于诊断评价, 3 分及以下者无诊断价值。每个病例均由 2 位主治以上医师分别进行图像质量评价并记录每个时相上显示可评价血管数。筛选出 CT 图像质量最佳者用于冠状动脉血管腔的评价, 进行最大密度投影、二维曲面重建、多平面重建和容积再现重建。

1.4 统计学方法

用行 × 列的 χ^2 检验比较不同重建时相显示可评价冠状动脉数的差异并两两比较。

2 结果

2.1 不同重建时相上三支血管均可评价例数

136 例患者的左前降支、回旋支及右冠状动脉

这三支血管在不同的重建时相上均可显示的例数见表 1。可见最佳重建时相依次为 80% R-R 间期、70% R-R 间期、50% R-R 间期和 40% R-R 间期。前两者与后两者比较, 有显著性差异($P < 0. 05$); 这四个时相与其他时相比较, 亦有显著性差异($P < 0. 05$)。此结果说明, 要使三支血管均能很好显示可用来进行评价, 应选择在 80% R-R 间期和 70% R-R 间期重建 CT 图像最佳。

表 1. 136 例患者在不同重建时相上三支血管均可评价例数及单支血管评价例数

相位窗	三支血管		左前降支		左旋支		右冠状动脉	
	n	百分率	n	百分率	n	百分率	n	百分率
0%	7	5. 15%	29	21. 32%	27	19. 85%	9	6. 62%
10%	3	2. 21%	16	11. 76%	6	4. 41%	5	3. 68%
20%	1	0. 74%	19	13. 97%	8	5. 88%	1	0. 74%
30%	21	15. 44%	48	35. 29%	38	27. 94%	23	16. 91%
40%	48	35. 29%	71	52. 21%	64	47. 06%	61	44. 85%
50%	49	36. 03%	71	52. 21%	62	45. 58%	61	44. 85%
60%	31	22. 79%	49	36. 03%	36	26. 47%	33	24. 26%
70%	64	47. 06%	79	58. 09%	76	55. 88%	67	49. 26%
80%	68	50%	86	63. 23%	81	59. 56%	69	50. 73%
90%	8	5. 88%	24	17. 65%	15	11. 03%	8	5. 88%

2.2 不同重建时相上单支血管可评价例数

将 136 例患者的左前降支、回旋支及右冠状动脉分别统计的结果见表 1。可见显示百分率在 30% 以上的左前降支的最佳重建时相依次为 80% R-R 间期、70% R-R 间期、40% R-R 间期、50% R-R 间期、60% R-R 间期和 30% R-R 间期; 显示百分率在 30% 以上的左旋支的最佳重建时相依次为 80% R-R 间期、70% R-R 间期、40% R-R 间期和 50% R-R 间期; 显示百分率在 30% 以上的右冠状动脉的最佳重建时相依次为 80% R-R 间期、70% R-R 间期、40% R-R 间期和 50% R-R 间期。经检验各时相之间显示可评价冠状动脉血管数有显著性差异($\chi^2 = 34. 14, P < 0. 05$)。经两两比较, 60% 时相与 40%、50%、70% 和 80% 时相之间显示可评价冠状动脉血管数有显著性差异($P < 0. 05$)。

3 讨论

多层螺旋 CT 冠状动脉造影在诊断冠状动脉狭窄及评价冠状动脉钙化等方面发挥着重要作用。但冠状动脉成像容易受到心脏运动伪影的影响, 使得重建后的血管图像边缘模糊。Achenbach 等的研究

结果显示,仅有 68% 的冠状动脉可用于评价。Vogi 等^[1]的研究中,即使心率在 60 次/min 以下,也仅有 80% 的冠状动脉节段能用于评价。良好的图像质量是判断有无冠状动脉狭窄的先决条件,因此选择心脏运动幅度最小的时相进行图像重建至关重要。

Hong 等^[2]认为,左前降支重建图像质量最佳的时相为 50% 和 60%,左旋支为 60%,右冠状动脉为 50%。蒋学祥等^[3]研究结果显示心率 < 70 次/min 双侧冠状动脉最佳重建时相大多位于 70% ~ 80% R-R 间期;当心率 > 70 次/min 时,右侧冠状动脉最佳重建时相多位于 40% ~ 50% R-R 间期,左侧冠状动脉则仍多位于 70% ~ 80% R-R 间期。Kopp 等^[4]认为左前降支重建图像质量最佳的时相为 60% ~ 70%,左旋支为 50%,右冠状动脉在 40%。Achenbach 等^[5]使用电子束 CT 分析冠状动脉的运动模式,发现冠状动脉 3 个主要分支的平均运动速度在 48% 的心动周期时最小,在 93% 的心动周期时最大。

本研究分别对 0% ~ 90% R-R 间期各时相的图像质量进行分析,结果发现左前降支、左回旋支及右冠状动脉最佳重建时相均为 80% 和 70%,其次是 40% 和 50% R-R 间期。我们知道心脏在 0% ~ 37.5% 和 87.5% ~ 0% R-R 时相分别处于心室和心房收缩期,不适于冠状动脉重建^[6],而 40% ~ 80% 为心室和心房的舒张期,冠状动脉运动相对较弱^[7],适合于做冠状动脉重建。部分研究结果与文献不太一致,重建图像质量最佳的相位窗较文献报道的偏后,尤其是左旋支及右冠状动脉,是否与 CT 机型、重建算法等有关,有待进一步研究。

研究结果表明,不同重建时相左回旋支、右冠状动脉相对左前降支显示数较少,可能与左回旋支走行于左房室沟内,左回旋支远段及钝缘支易受左心房收缩的影响有关。右冠状动脉更接近右心房,若心房处于收缩期,运动幅度大,对其影响明显。Kopp 等研究也表明,各支冠状动脉具有不同的运动模式,尤其是右冠状动脉和左回旋支,由于血管走行于房室沟内,容易受到心房收缩的影响。

VanHoe 等^[8]研究表明最佳重建时相很大程度上取决于患者的心率而不是不同的冠状动脉分支,认为心率小于 70 次/min 时,心脏在心室舒张中期处于相对静止期,因此 R-R 间期的 50% ~ 60% 图像质量最好;但当心率大于 70 次/min 时,心室舒张中期冠状动脉的运动速度大于心室舒张早期的运动速度,心脏相对静止期处于心室收缩末期舒张早期,即 R-R 间期的 40%。然而在实际工作中要求根据患者

的心率选择不同的重建时相,给工作带来诸多麻烦。本研究未对心率进行分组研究,因为检查时心率大多控制在 70 次/min 以下,在这个范围内重建出 80% 或 70% 时相的图像,大多数能很好的显示三条主要冠状动脉。因为心室舒张晚期,心房亦处在舒张期,冠状动脉为相对静止状态,采集此时的数据进行重建,冠状动脉产生运动伪影最少。并且冠状动脉分支深埋于心肌内,心肌收缩时,血管受压致管腔半径减小,血流减少;心肌舒张时,血管外压大大减弱或解除,血液量较多,此时行 CT 成像冠状动脉内对比剂量亦相对较多,血管显示更好。因此冠状动脉 MSCT 成像的最佳重建时相集中在心脏舒张晚期。舒张中期冠状动脉运动幅度较小,冠状动脉图像质量也较好。所以 16 层螺旋 CT 冠状动脉造影时,建议首先选择心动周期的 80% 相位窗进行冠状动脉 CT 图像重建,若在此相位窗上重组的冠状动脉 CT 图像不理想,可尝试在 70% 或 40%、50% 相位窗上进行图像重建以期分别显示各支冠状动脉。这样,图像重建相位窗的优化既可获得高质量的冠状动脉图像,提高冠状动脉病变诊断的准确性,又减少了重建图像数量,减少了重建时间,提高了冠状动脉图像后处理的工作效率,有利于 16 层螺旋 CT 冠状动脉造影在临床广泛推广和应用。

[参考文献]

- [1] Vogl TJ, Abolmaali ND, Diebold T, Engelmann K, Av M, Dogan S, et al. Techniques for the detection of coronary atherosclerosis: multi-detector row CT coronary angiography [J]. *Radiology*, 2002, **223** (1): 212-220.
- [2] Hong C, Becker CR, Huber A, Schoepf UJ, Ohnesorge B, Knez 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.
- [3] 蒋学祥, 邱建星, 王继琛, 孙晓伟, 高莉, 高福生, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量的研究 [J]. *中国医学影像技术*, 2006, **22** (10): 1452-455.
- [4] Kopp AF, Schroeder S, Kuettnner A, Heuschmid M, Georg C, Ohnesorge B, 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.
- [5] Achenbach S, Ulzheimer S, Baum U, Kachelriess M, Ropers D, Giesler T, et al. Noninvasive coronary angiography by retrospectively ECG-gated multislice spiral CT [J]. *Circulation*, 2000, **102** (23): 2823-2828.
- [6] 钱根年, 陈自谦, 李天然, 郑春雨, 许尚文, 赵春雷, 等. 影响 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量技术因素的探讨 [J]. *医学影像学杂志*, 2006, **16** (2): 162-166.
- [7] Jakobs TF, Becker CR, Ohnesorge B, Flohr T, Suess C, Schoepf UJ, et al. Multislice helical CT of the heart with retrospective ECG gating: reduction of radiation exposure by ECG-controlled tube current modulation [J]. *Eur Radiol*, 2002, **12** (5): 1081-086.
- [8] Van Hoe LR, De Meerleer KG, Leyman PP, Vanhoenacker PK. Coronary artery calcium scoring using ECG-gated multidetector CT: effect of individually optimized image reconstruction windows on image quality and measurement reproducibility [J]. *Am J Radiol*, 2003, **181** (4): 1093-100.

(此文编辑 胡必利)