论著

文章编号:1000-5404(2006)01-0006-03

e-Speed 电子束 CT 冠状动脉造影心电触发扫描时相与图像质量的关系

邹利光,孙清荣,戚跃勇,王文献,文 利,梁开运,雷福章,卫 静 (第三军医大学新桥医院放射科,重庆 400037)

提 要:目的 总结冠状动脉 e-Speed 电子束 CT 血管造影(electron beam computed tomography angiography, EBCTA)检查结果,分析心电(ECG)触发扫描时相与图像质量的关系。**方法** 疑诊冠心病或健康查体来我院行冠状动脉 EBCTA 检查 92 例,以容积再现(volume rendering, VR)重建图像为评价主要依据,参考其他图像后处理结果,将 EBCT 冠状动脉造影图像质量分为 6 个等级(1~6 分),与 ECG 触发扫描时相对照分析。**结果** 左冠状动脉主干和右冠状动脉近段显示图像质量最佳,平均分值为 4.53 和 4.49,其次为左前降支近段和左旋支近段,平均分值为 4.43 和 4.30。比较心动周期不同时相扫描,左冠状动脉主干和左前降支图像质量变异较小,而右冠状动脉和左旋支的图像质量变异较大,以收缩期末较好。**结论** ECG 触发扫描时相影响冠状动脉 EBCTA 图像质量,收缩期末触发的多时相扫描可兼顾冠状动脉各分支血管显示,提高诊断准确性。

关键词: 冠状动脉;心脏病;电子束 CT;心电触发;心动周期

中图法分类号: R541.404; R814.42; R816.2 **文献标识码:** A

Electrocardiographic triggering phase and image quality in e-Speed EBCT coronary artery angiography

ZOU Li-guang, SUN Qing-rong, QI Yue-yong, WANG Wen-xian, WEN Li, LIANG Kai-yun, LEI Fu-zhang, WEI Jing
(Department of Radiology, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400037, China)

Abstract: Objective To summarize the examination results of coronary artery by electron beam computed tomography angiography (EBCTA) and analyze the relationship of electrocardiographic (ECG) triggering phase and image quality. **Methods** Ninety-two cases of suspected coronary artery disease or health screening were examined with e-Speed EBCT. Depending mainly on volume rendering (VR), the images were divided into six grades (scored 1 to 6) and analyzed in comparion with ECG triggering phase. **Results** The image quality of left main artery (LMA) and proximal right coronary artery (RCA) was best with average scores of 4.53 and 4.49 respectively, followed by proximal left anterior descending artery (LAD) and proximal left circumflex (LCX). Comparing the scans in different phases of cardiac cycle, image quality varied slightly in LMA and LAD but obviously in RCA and LCX. **Conclusion** Image quality of coronary artery EBCTA is related to ECG triggering mode. Multiphase scan triggered in late systole will yield rather satisfactory images.

Key words: coronary artery; heart disease; electron beam computed tomography; electrocardiography triggering; cardiac cycle

电子束 CT 血管造影(EBCT angiography, EBCTA)用于冠状动脉粥样硬化斑块和狭窄的检查诊断已有较多的报道。电子束 CT 采用电子束的偏转替代常规机械 CT 的球管转动,使扫描速度有很大提高,1 周扫描只需 50 ms,是多层螺旋 CT 的 8~10 倍,采用前置性心电门控,可根据受检者心率快慢变化适时调整扫描方式,适用于各种心率和心律不齐患者的冠状动脉检查[1-3]。心脏处于不断的收缩和舒张运动中,在 1 个心动周期不同时相冠状动脉运动速度和方向不相同,对于不同心率的受检者冠状动脉检查有一定最佳时相,EBCT 心电触发和扫描时相不同影响图像质量[3-5]。本研究收集我院自 2005 年 4 月以来,采用新型 e-Speed 电子束 CT 行冠状动脉 EBCTA 检查 92 例的结果,重点分析心电触发扫描时相与图像质量的关系。

基金项目: GE 公司联合研发基金资助项目(2004E036)
Supported by the Research Foundation of GE company(2004E036)

作者简介: 邹利光(1964-),男,四川省江油市人,硕士,主任医师,教授,主要从事心血管疾病和呼吸系统疾病放射诊断方面的研究,发表论文 41 篇。电话:(023)68774676,E-mail: zoulg@mail.tmmu.com.cn

通讯作者: 戚跃勇,电话:(023)68774676

收稿日期: 2005-09-15;**修回日期:** 2005-11-13

1　材料与方法

1.1　病例资料

2005 年 4－8 月疑诊冠心病或健康查体来我院行冠状动脉 EBCTA 检查病例 92 例,其中男性 71 例,女性 21 例,年龄 34～81 岁,平均 56.8 岁,所有受检者均行 EBCT 平扫和血管造影检查。接受 EBCT 冠状动脉检查原因:临床确诊为冠心病者 20 例、临床疑诊冠心病 27 例、冠状动脉支架置入术后 4 例、冠状动脉搭桥术后 3 例、无明显临床表现健康检查 38 例。

1.2　检查方法

检查设备为 e-Speed 电子束 CT(GE-Imatron, South San Francisco, CA),双排探测器,每排探测器宽度为 1.5 mm,每周扫描时间为 50 ms,可得到 2 层 1.5 mm 层厚的图像。具体检查方法参照文献[6]。

e-Speed 电子束 CT 采用前置性心电门控多时相扫描(multiphase),1 个心动周期 ECG 只能进行 1 次触发,紧接着以最短时间间隔重复扫描,每周扫描时间为 50 ms,电子束折返时间为 8 ms,多时相扫描时间间隔大致为 58 ms,根据心率快慢,每个心动周期扫描 4～6 次,心电触发方式见图 1。e-Speed 电子束 CT 心电图(ECG)触发默认方式为公式计算得到 R 波后的 1 个固定时间点,大致为 T 波后收缩期末。R 波后延时时间根据扫描前受检者心率不同而有所不同,ECG 触发延时时间及相当于 R-R 间期如下:心率 <60 次/min 为 350 ms(相当于 32% R-R 间期),61～70 次/min 为 320 ms(35% R-R 间期),71～80 次/min 为 300 ms(37% R-R 间期),81～90 次/min 为 280 ms(39% R-R 间期),91～100 次/min 为 260 ms(41% R-R 间期),>100 次/min 为 246 ms(43% R-R 间期)。

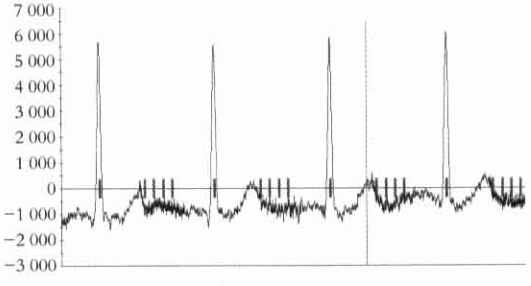


图 1　收缩期末触发 4 个时相扫描 ECG 显示

1.3　图像后处理

将 EBCT 扫描所得原始图像传送至 AW 4.2 工作站上进行后处理,由 2 名在心血管 CT 诊断方面经验较丰富的放射科医生在不知道受检者临床资料的情况下对冠状动脉 EBCTA 图像进行后处理。图像后处理方式有容积再现(volume rendering, VR)、最大强度投影(maximum intensity projection, MIP)、多平面重建(multi-planar reconstruction, MPR)和曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)、电影模式(cine)。

1.4　EBCA 图像质量分析

以 VR 重建图像为评价主要依据,参考其他图像后处理结果,将 CT 冠状动脉造影图像质量分为 6 个等级[6-8]。

2　结果

2.1　EBCTA 不同节段冠状动脉的图像质量

本组行冠状动脉 EBCTA 检查病例 92 例中,53 例冠状动脉未见明确狭窄,15 例冠状动脉轻度狭窄,18 例冠状动脉中重度(≥50%)狭窄,3 例因图像质量较差不能做出诊断。为了便于分析统计,将冠状动脉分为 9 个节段,左冠状动脉主干(left main artery, LMA)为 1 个节段,左前降支(left anterior descending artery, LAD)和右冠状动脉(right coronary artery, RCA)分为近段(pro)、中段(mid)和远段(dis) 3 个节段,左旋支(left circumflex, LCX)分为近段和远段两个节段,各节段所属 2 级分支也作为评价和诊断参考,例如 LAD 的第 1 对角支,LCX 的钝缘支。3 级分支多数显示不满意,不作为评价依据。由于所有病例均为 ECG 触发多时相扫描,选择图像质量最佳者作为评价依据,92 例共 828 个冠状动脉节段分析结果见表 1。

表 1　92 例冠状动脉不同节段 EBCTA 图像质量[a]

冠脉节段	每一等级图像的例数						
	6 分	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	平均分值
LMA	4	48	34	5	1	0	4.53
LAD 近段	3	45	35	7	2	0	4.43
LAD 中段	2	31	48	8	3	0	4.23
LAD 远段	2	28	50	9	3	0	4.18
LCX 近段	3	34	45	8	2	0	4.30
LCX 远段	0	27	52	10	3	0	4.12
RCA 近段	4	44	38	5	1	0	4.49
RCA 中段	1	32	47	9	3	0	4.21
RCA 远段	2	36	43	8	2	0	4.30

a: 对于多时相扫描,选择最佳图像质量的时相进行分析统计

2.2　冠状动脉 EBCTA 心电触发时相与图像质量

为了评价 ECG 触发时相对图像质量的影响,分析统计冠状动脉每一节段在不同时相的图像质量,以平均分值表示,结果见表 2。

表 2　冠状动脉 EBCTA 心电触发时相与图像质量

冠脉节段	ECG 触发时相与图像平均分值					
	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5[a]	相位 6[a]
LMA	4.45	4.40	4.48	4.50	4.38	4.32
LAD 近段	4.35	4.36	4.38	4.40	4.28	4.23
LAD 中段	4.12	4.16	4.20	4.22	4.15	4.11
LAD 远段	4.05	4.08	4.10	4.16	4.06	3.95
LCX 近段	4.28	4.25	4.19	4.14	4.11	4.03
LCX 远段	4.07	4.02	3.95	3.98	3.92	3.83
RCA 近段	4.42	4.32	4.15	4.12	4.08	4.01
RCA 中段	4.19	4.15	4.06	4.02	3.98	3.87
RCA 远段	4.28	4.20	4.11	4.06	3.96	3.85

a: 仅心率 ≤80 次/min 的 35 例进行了相位 5 和相位 6 扫描

3　讨论

e-Speed 电子束 CT 是美国 GE 公司推出的一代新

型电子束 CT 扫描机，它结合了电子束 CT 和多层 CT 的优点，图像空间分辨率有很大提高，达到 13 LP/cm（线对/cm），与多层螺旋 CT 相接近，扫描速度快，每周扫描只需 50 ms，是多层螺旋 CT 的 8～10 倍。e-Speed 电子束 CT 特别适用于心脏大血管等运动器官的检查，尤其适用于冠状动脉粥样硬化性心脏病（冠心病）的检查和诊断[1]。

根据多数作者[7,8]采用的 EBCT 冠状动脉造影评分标准，以 VR 重建图像为评价主要依据，参考其他图像后处理结果，将 EBCT 冠状动脉造影图像质量分为6个等级。本研究统计分析冠状动脉各主要分支平均分值显示（表1），左冠状动脉主干和右冠状动脉近段显示图像质量最佳，平均分值为 4.53 和 4.49，其次为左前降支近段和左旋支近段，平均分值为 4.43 和 4.30，右冠状动脉不仅近中段显示较好，远段常常也能得到很好地显示。左右冠状动脉的显示与冠状动脉血供类型有关，冠状循环可分为右优势型、均衡型和左优势型，据统计，国人右优势型约占 65.8%，均衡型约占 28.7%，左优势型只占 5.5%[9]。按照人体体表面积平均后，右冠状动脉、左冠状动脉前降支和左旋支近段血管横径平均值分别为 3.2、3.0、2.8 mm[4]，所以右冠状动脉和左前降支显示较好。由于心脏膈面主要由右冠状动脉供血且运动幅度较小，右冠状动脉远段常常可清晰显示。左旋支远段较细小，图像显示较差。

心脏处于不停的收缩和舒张运动中，冠状动脉位于心肌表面心外膜下脂肪间隙内，随心脏的收缩和舒张而不断运动。根据心室内压力和容积的改变、瓣膜起闭与血流情况，可将心室的泵血过程分为收缩期和舒张期，心室收缩期开始于 ECG 的 R 波，结束于 T 波后，紧接着为心室舒张期，延续至下 1 个心动周期的 P 波。心脏的运动方式是非常复杂的，1 个心动周期中心脏的运动可归纳为 5 种方式[3]：内外方向运动、旋转、扭曲、位移、以及从心尖朝心底方向的 Z 型运动。左心室收缩期的扭转运动包括心底部的顺时针旋转和心尖部的反时针旋转，而在舒张期表现为“反扭转”运动。定量研究由心底至心尖的心脏长轴方向心肌短缩发现，心底部位置变化最大，而心尖部几乎不动。

心脏复杂的运动方式决定了在心动周期不同时相冠状动脉 EBCTA 的显示效果和图像质量。最早认为冠状动脉在舒张中晚期运动幅度最小，故采用 80% R-R间期触发扫描，近来研究证明，右冠状动脉是运动幅度最大的冠状动脉分支，在心脏收缩期末（30%～50% R-R 间期）运动幅度最小，处于相对静止期，采集图像能够得到高质量的 EBCTA 图像[2,3]。本研究表2显示，左冠状动脉主干和左前降支 EBCTA 图像质量在心动周期不同时相差异较小，而右冠状动脉和左旋支的图像质量变异较大，右冠状动脉和左旋支图像质量以第1、2 时相（收缩期末）较好，舒张期图像质量有所下降，具体表现为舒张期血管变细和错位较明显，2、3级分支小血管显示较差。该结果进一步说明右冠状动脉和左旋支在收缩期末运动幅度最小，而舒张期运动幅度相对较大。

冠状动脉运动情况及其对影像学检查成像质量影响的研究有重要临床价值，它不仅可用于电子束 CT 扫描，对多层螺旋 CT 和 MRI 冠状动脉成像检查均有一定的指导意义[10]。本研究不足之处是病例数偏少，需要大样本量进一步验证研究结果，进一步定量分析电子束 CT 扫描时间为 50 ms 时冠状动脉在心动周期不同时相的运动情况。

参考文献：

[1] 周 渊，戴汝平. 第二届全国 EBCT 研讨会会议纪要[J]. 临床放射学杂志，2001，20(10)：808－809.

[2] LU B，SHAVELLE D M，MAO S，*et al*. Improved accuracy of noninvasive electron beam coronary angiography[J]. Invest Radiol，2004，39(2)：73－79.

[3] MAO S，BUDOFF M J，BIN L，*et al*. Optimal ECG trigger point in electron-beam CT studies：three methods for minimizing motion artifacts[J]. Acad Radiol，2001，8(11)：1107－1115.

[4] LU B，MAO S S，ZHUANG N，*et al*. Coronary artery motion during the cardiac cycle and optimal ECG triggering for coronary artery imaging[J]. Invest Radiol，2001，36(5)：250－256.

[5] BUDOFF M J，SHINBANE J S，OUDIZ R J，*et al*. Comparison of coronary artery calcium screening image quality between C-150 and e-Speed electron beam scanners[J]. Acad Radiol，2005，12(3)：309－312.

[6] 邹利光，文 利，孙清荣，等. e-Speed 电子束 CT 对冠状动脉粥样硬化心脏病的诊断价值[J]. 第三军医大学学报，2005，28(1)：3－5.

[7] HONG C，BECKER C R，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.

[8] 邝平定，张敏鸣，朱建华，等. 多层螺旋 CT 回顾性心电门控冠状动脉重建的最佳 R-R 时相及其临床应用[J]. 中华放射学杂志，2004，38(2)：178－183.

[9] 刘伊丽，刘秀杰. 现代冠心病影像诊断学[M]. 北京：人民军医出版社，1998：36－37.

[10] 周代全，黎 川，丁仕义，等. 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像的应用技术探讨[J]. 第三军医大学学报，2005，27(22)：2286－2289.

（编辑 栾 嘉）