·影像技术学·

Bolus tracking 技术在 MSCT 冠状动脉成像的应用

刘玉涛，彭秀斌，杜中立，何竟，陈海东，何红

【摘要】 **目的**：研究应用 Bolus tracking 自动触发技术在 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像时，选用不同阈值对血管质量的影响，评价其价值。**方法**：64 例患者采用 Bolus tracking 技术，分别用 100、130、160 和 190 HU 的阈值，比较四组触发时间、实际触发值、升主动脉强化值和冠状动脉成像质量。**结果**：64 例均完成 Bolus tracking 自动触发扫描，100 HU 组 130 HU组在触发时间和冠状动脉血管评价上无明显差异，但 160 HU 和 190 HU 组有明显差异，四组的实际触发值均有明显差异，而升主动脉强化值均无明显差异。**结论**：Bolus tracking 技术可以为 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像提供理想的扫描延迟时间，自动触发阈值选择在 100～130 HU 为佳。

【关键词】 体层摄影术，X 线计算机；冠状血管造影术；图像处理，计算机辅助

【中图分类号】R814.42；R541.4 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2007)03-0303-03

Application of Bolus Tracking Technique in CT Coronary Arteriography with MSCT Scanner

LIU Yu-tao, PENG Xiu-bin, DU Zhong-li, et al. Department of Radiology, the Third Affiliated Hospital of Jinan University (the People Hospital of Zhuhai), Guangdong 519000, P. R. China

【Abstract】 **Objective**: To assess the clinical application value of bolus tracking technique used in CT coronary arteriography with MSCT scanner and to investigate the effect of different thresholds on the image quality of the coronary arteriograms. **Methods**: MSCT coronary arteriography using bolus tracking technique was performed in 64 patients. These 64 cases were divided into four groups with an individual bolus tracking threshold of 100, 130, 160 and 190HU respectively. The triggering time, real triggering value, attenuation value in aorta and the image quality of coronary angiograms were compared. **Results**: The coronary arteriography with automatically triggering bolus tracking technique was successfully undergone in all 64 cases. No significant effect on coronary artery evaluation with the differences in triggering times was noted between the groups of 100HU and 130HU, while there was significant effect in the groups with the triggering times set at 160HU and 190HU respectively. The real values of triggering times in the four groups all showed significant differences, however, the individual attenuation values in ascending aorta in all the four groups revealed no significant difference. **Conclusion**: In the coronary arteriography using MSCT scanner, the ideal and optimal delayed scan time could be explored with the bolus tracking technique, while, the suggestive automatically triggering thresholds of 100～130HU were recommended.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Coronary artery angiography; Image processing, computer assisted

近年来，随着 MSCT 扫描速度的加快，时间分辨力的不断提高，MSCT 冠状动脉成像已成为无创性诊断冠心病及随访其治疗效果的有效影像手段之一。MSCT 冠状动脉成像的图像质量受到多种因素的影响，如患者的心率，机器的准直器厚度，扫描延迟时间，重建时相和方法等等。本文旨在探讨应用 Bolus track 技术，采用不同触发阈值对冠状动脉成像质量的影响。

材料与方法

搜集本院 2004 年 6 月～2005 年 11 月临床怀疑冠心病需要进行冠状动脉成像的患者 64 例，其中男 38 例，女 26 例，年龄 33～75 岁，平均 51 岁。随机分为 4 组，其中第一组 18 例，第二组 17 例，第三组 15 例，第四组 14 例。这四组患者分别采用 100、130、160 和 190 HU 的阈值进行 Bolus tracking 自动触发扫描。

扫描前患者的心率 65 次/分，不超过 70 次/分，心率波动在 0～10 次/分，否则需用 β 受体阻滞剂进行干预，在临床医生的指导下口服倍他洛克 5～10 mg 或注射 5～10 ml 美托尼尔。并训练患者的呼吸，一般扫描时需深吸气后屏气 20 s 左右。

西门子 Sensation16 层螺旋 CT，先进行心脏区平扫进行钙化积分评价，再进行 Bolus tracking 设计，64 例均采用 Bolus tracking 阈值触发扫描，检测面定于升主动脉平面相当于冠状动脉成像扫描的起始点(图 1)，监测兴趣区(ROI)置于升主动脉中心，大小约为其截面的 1/3～1/2，设定不同的阈值(100、130、160 和 190 HU)。应用套管针由肘静脉注射 370 mg I/ml 碘 海醇100～120ml，流率3.5～4ml/s，延迟12s后，

作者单位：519000 广东，暨南大学医学院附属第三医院 珠海市人民医院影像科

作者简介：刘玉涛(1973－)，男，湖北人，主管技师，主要从事医学影像技术工作。

开始监测扫描，条件 120 kV，30 mAs，到达阈值时自动结束监测扫描，再延迟 5 s（机器的启动转换最短时间），开始进行冠状动脉成像扫描，范围从气管隆突下至膈下。扫描参数 120 kV，500 mA，准直器宽度 0.75 mm，进床速度 2.8 mm/r，每圈旋转时间 0.42 s，期间让患者深吸气屏气。

扫描结束后记录各例触发时间和触发实际值，以及左冠状动脉开口平面测强化的 CT 值。采用回顾性心电门控技术，分别用 50%、60%、70%的时相进行横断面图像重组，层厚 0.75 mm，间距 0.4 mm，卷积函数值 30f，视野 26 cm，重组出 400 ms 的 R-R 间期的横断面图像。传输至处理工作站的 3D 任务卡，应用多平面重组（multiplanar reconstruction，MPR），最大密度投影（maximum intensity projection，MIP），容积再现（volume rendering technique，VR）进行左右冠状动脉的图像重组。

选出最佳的血管图像进行评分：由科室二位经验丰富的诊断医生共同进行目测法图像评价，评价图像主要选用 MIP、MPR 和 VR 图像。显示左右冠主干加 1 分，每向上显示一级分支加 1 分，无冠状静脉显示加 1 分，否则减 1 分。

统计学分析由医学统计软件完成。统计方法：分别对四组的触发时间、触发实际值、左冠开口处升主动脉的强化 CT 值和左右冠状动脉的显示情况进行 t 检验，以 $P<0.05$ 作为差异有统计学意义。

结 果

64 例均成功完成自动触发扫描，成功率 100%，各组的平均触发时间，实际触发值和升动脉强化值（表 1）以及左右冠状动脉显示情况分别为：阈值 100 HU时，左冠状动脉主干及分支显示清晰，基本无静脉干扰（图 2）；阈值 130 HU 时，左冠状动脉血管显示清晰，也无明显的静脉干扰（图 3）；两者均清晰显示冠脉血管，且触发时间和血管评价上无明显差异；阈值为 160 HU 时，左冠状动脉左冠状动脉主干可见，其分支有静脉干扰（图 4）；阈值为 190 HU 时，冠状静脉显示较多，右冠状动脉主干及分支有严重干扰，影响诊断（图 5）。后两者与前两者分别相比较，触发时间和血管评价均有明显差异（t 值见表 2）。

表 1 各组触发参数均数及标准差（$\bar{x}\pm s$）

观察项目	100 HU	130 HU	160 HU	190 HU
触发时间（s）	15.2±1.2	16.0±1.4	17.6±2.65	23.78±3.36
实际触发值（HU）	127.4±14.7	148.9±21.3	183.6±15.4	219.9±17.5
升主动脉强化值（HU）	287.7±43.1	261.8±37.6	286.0±47.4	277.1±32.1
冠状动脉显示评价	3.7±0.6	3.5±0.6	2.7±0.7	2.1±0.62

讨 论

16 层螺旋 CT 能以较薄的层厚进行扫描和重组，Z 轴分辨力提高，由于扫描速度较快，为确保在扫描过程中左右冠脉的对比剂浓度始终保持峰值，这就需要

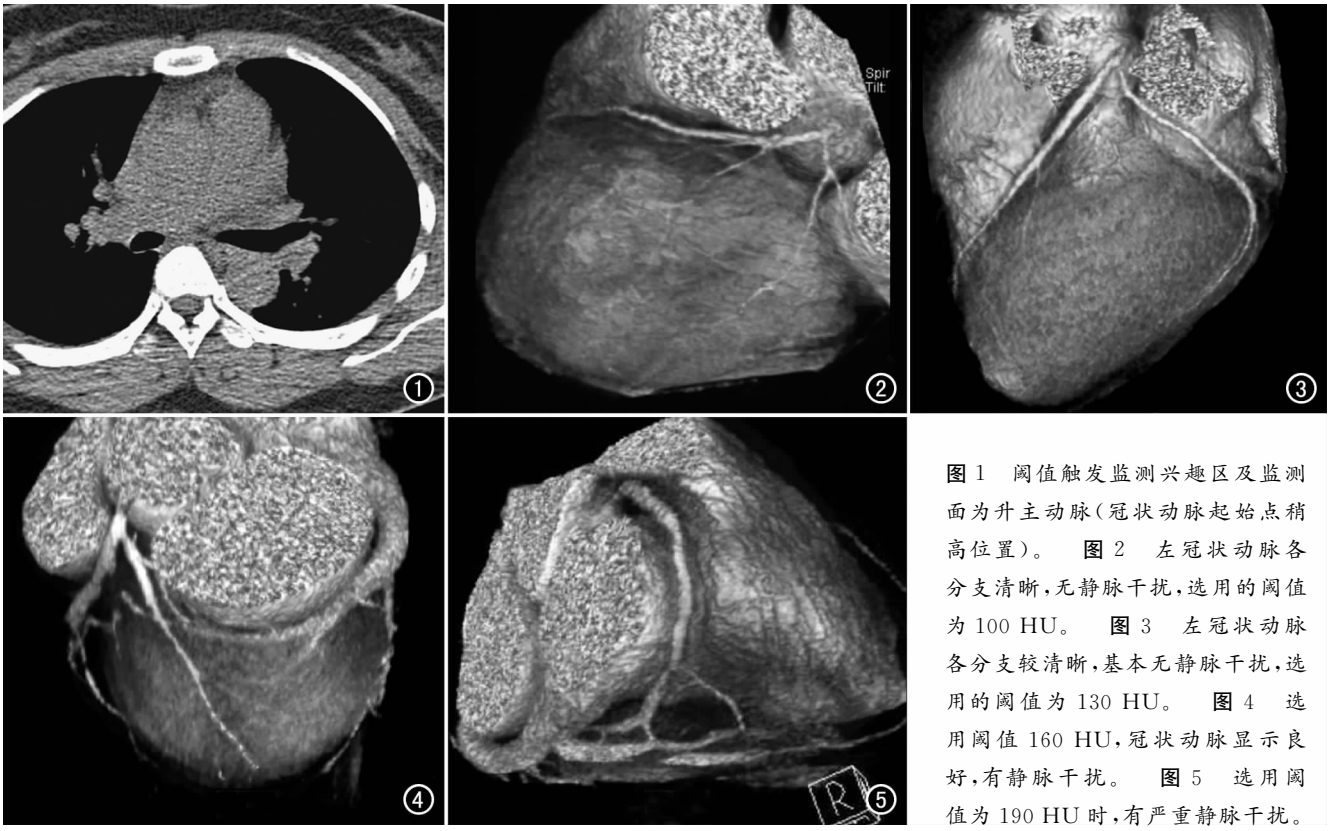

图 1 阈值触发监测兴趣区及监测面为升主动脉（冠状动脉起始点稍高位置）。 **图 2** 左冠状动脉各分支清晰，无静脉干扰，选用的阈值为 100 HU。 **图 3** 左冠状动脉各分支较清晰，基本无静脉干扰，选用的阈值为 130 HU。 **图 4** 选用阈值 160 HU，冠状动脉显示良好，有静脉干扰。 **图 5** 选用阈值为 190 HU 时，有严重静脉干扰。

表 2　各组触发参数和图像指标 t 值的对比情况

对比组(HU)	触发时间	实际触发值	升主动脉强化值	冠脉显示评价
100～130	1.97*	3.48	1.89*	0.67*
100～160	3.53	10.66	0.11*	4.13
100～190	10.15	16.20	0.76*	7.42
130～160	2.12	5.20	1.61*	3.39
130～190	8.65	9.96	1.21*	6.51
160～190	5.50	5.91	0.59*	2.69

注：$P<0.05$；* $P>0.05$

确定准确的扫描延迟时间。

Bolus track 技术又称为阈值触发技术，是厂家自带的对比剂团注监测软件，可以较好地动态监控对比剂浓度以确定扫描的延迟时间，该技术在 CTA 中应用最为广泛。其成像质量远优于根据经验确定的扫描延迟时间技术，因为该技术不会受到个体的身高、体重、年龄及心功能差异的影响，能准确把握对比剂到达的峰值时间。在冠状动脉成像扫描操作中还有另外一种扫描的延迟时间监测软件——小剂量测试法 Test bolus，但需要注射两次造影剂，第一次先注射 20 ml，速率同成像扫描时相同，在升主主动脉根部选择一层面，同层连续扫描 15～25 层，用 DynEva 软件进行分析，以确定延迟时间扫描。再注射 100～120 ml 对比剂根据确定的延迟时间进行扫描。这种方法与前者相比：增加了对比剂的量，且需要注射两次，增加了患者的经济负担和心理负担。同时国内外文献报道，未闭气时小剂量测试法所得的延迟时间并不能完全反映大剂量注射闭气扫描时的强化特征，由于上腔静脉血在闭气时回心速度较未闭气时减慢，冠状动脉成像时往往需要在测试的峰值时间上延迟 2～5 s 作为最佳时间。而 Bolus track 技术克服了小剂量测试法的缺点。而且，应用 Bolus tracking 技术，冠状动脉血管显示较后者有较好的均匀性和一致性，图像显示优良。

在设计 Bolus tracking 参数时，主要考虑触发阈值，监测延迟时间，监测间隔时间和触发后延迟时间等。阈值的设置直接影响触发时间即扫描延迟时间，选择适当的阈值是自动触发冠状动脉成像的关键，阈值过小注入左右冠的对比剂还没有达到峰值，显示欠佳；阈值过大，除了有冠状静脉显影外，还有可能由于难达到阈值不能触发而导致检查失败，且阈值过大，触发时间延长，必然使整个扫描时间延长，增加对比剂用量。笔者选择 100、130、160 和 190 HU 进行对比研究，发现 100 HU 和 130 HU 组间在触发时间、升主动脉强化值以及左右冠的评价上无明显差异，可获得较好的图像，而 160 HU 触发时间延长，190 HU 时间更长，但升主动脉内的强化值并不增加，而且有冠状静脉的显影干扰冠状动脉的成像。

监测延迟时间是指开始注对比剂到开始监测扫描的时间。在设置上要考虑到：一是为了早监测准时触发而需要缩短此时间，二是护理人员注药时需要长一点时间观察患者和尽量减少患者的辐射量而需要延长此时间。根据大多数患者在阈值 100 HU 时地触发时间，笔者选择延迟 12 s，二者均可兼顾。对身材矮小的心功能正常的患者，因对比剂循环时间较快，需把监测延迟时间缩短一点，阈值提高一点，能更好地监控到强化峰值时间。

监测间隔时间是指 Bolus track 测试扫描的间隔时间。一般来说间隔时间越短，监测阈值时间越精确，但患者接受的辐射量增加。笔者选择 1.26 s，基本能满足要求。而触发延迟时间是指监测的升主动脉平面的强化值到达阈值到开始扫描的时间。由于监测扫描采用的是低毫安，触发后采用冠状动脉成像的条件为高毫安，机器需要转换时间。常采用最短的时间 5 s。同时把监测层作为扫描的起始层，避免触发后床面的移动而消耗时间。

通过不同阈值的对比，笔者认为，在 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像时，应用 Bolus tracking 技术，以 100～130 HU 作为触发阈值，触发后延迟 5 s，可获得良好的冠状动脉图像。

参考文献：

[1] Filippo Cademartiri, Koen Nieman, Aad van der Lugt, et al. Intravenous Contrast Material Administration at 16 Detector Row Helical CT Coronary Angiography: Test Bolus Versus Bolus-tracking Technique[J]. Radiology, 2004, 233(2): 817-823.

[2] Kyongtae TB, Filippo Cademartiri, Gabriel PK. Test-Bolus Versus Bolus-tracking Techniques for CT Angiographic Timing Drs Cademartiri and Krestin Respond[J]. Radiology, 2005, 236(1): 369-370.

[3] 刘玉林，陈宪，郑之清，等. MSCT 血管成像中 Boluspro 技术的应用[J]. 放射学实践，2004，10(10)：756-759.

[4] Christopher Herzog, Selami Dogan, Thomas Diebold, et al. Vogl Multi-Detector Row CT versus Coronary Angiography: Preoperative Evaluation before Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting[J]. Radiology, 2003, 229(1): 200-208.

[5] Schoepf UJ, Christoph RB, Bernd MO, et al. Yucel CT of Coronary Artery Disease[J]. Radiology, 2004, 232(1): 18-37.

[6] 陈艳，韩萍，梁波，等. 16 层螺旋 CT 冠状动脉成像与 DSA 的对照研究[J]. 放射学实践，2005，3(3)：195-198.

[7] Jaydip Datta, Charles SW, Robert CG, et al. Anomalous Coronary Arteries in Adults: Depiction at Multi-detector Row CT Angiography[J]. Radiology, 2005, 235(2): 812-818.

（收稿日期：2006-04-25　修回日期：2006-07-20）