

320 排 CT 在冠状动脉钙化斑块与非钙化斑块狭窄对比研究中的应用

郭轶虹¹, 张成喜², 谭理连¹, 熊龙根³, 毕肖红¹

(1. 广州医科大学第二附属医院放射科, 广东省广州市 510260; 2. 中山大学第三附属医院心内科, 广东省广州市 510630; 3. 广州医科大学第二附属医院心内科, 广东省广州市 510260)

[关键词] 冠状动脉造影; CT 血管成像; 冠状动脉硬化

[摘要] **目的** 按钙化斑块与非钙化斑块进行分类, 对照冠状动脉造影(CAG), 研究 320 排 CT 对冠状动脉粥样硬化斑块狭窄程度判断的准确性、影响因素及解决方法。**方法** 102 名患者行 320 排 CT 冠状动脉血管成像(CTA)检查共发现 396 个冠状动脉斑块, 同期行 CAG 检查, 对斑块造成管腔狭窄程度按无、轻、中、重、闭塞 5 个级别计算两种方法的符合率。按钙化、非钙化斑块分类计算符合率。钙化斑块按钙化阈值 >150 HU、>250 HU、>350 HU、>600 HU 共 4 个方案进行计算。**结果** CTA 显示钙化斑块占 68.2%, 非钙化斑块占 31.8%。6% 的斑块为不稳定斑块。7.8% 的斑块不导致狭窄。钙化阈值设定 >150 HU、>250 HU、>350 HU 的符合率测量无明显差异, 但 >600 HU 时有减低。CTA 显示冠状动脉斑块性狭窄与 CAG 符合率为 88.4% (非钙化斑块 94.4%, 钙化斑块 85.6%, 二者差异显著)。不相符多表现为对钙化斑块狭窄程度的高估。**结论** 与 CAG 对照, 冠状动脉 CTA 显示斑块狭窄符合率较高(88.4%), 其中非钙化斑块狭窄符合率(94.4%)明显高于钙化斑块(85.6%); 少数病例存在对钙化斑块狭窄程度的高估。因此 CTA 在非钙化斑块诊断上具有明显优势, 钙化阈值设为 >350 HU 较合适。

[中图分类号] R54

[文献标识码] A

Calcified and Non-calcified Coronary Atherosclerotic Plaques and Stenosis Researched with 320-slices CT

GUO Yi-Hong¹, ZHANG Chen-Xi², TAN Li-Lian¹, XIONG Long-Gen³, and BI Xiao-Hong¹

(1. Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital, Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangdong 510260, China; 2. Department of Cardiology, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510630, China; 3. Department of Cardiology, The Second Affiliated Hospital, Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangdong 510260, China)

[KEY WORDS] Coronary Angiography; Computed Tomography Angiography; Coronary Arteriosclerosis

[ABSTRACT] **Aim** To research the affect factors and the solutions for diagnosis of coronary stenosis with arteriosclerosis plaques that were divided into two categories (the non-calcified plaques and calcified plaques) with 320-slices computed tomography angiography (CTA) compared with tocoronary angiography (CAG). **Methods** 396 coronary arteriosclerosis plaque lesions were found in 102 patients examd by CTA and CAG. They were divided into five groups according to vascular stenosis degree: normal, mild, moderate, severe and occlusion. The coincidence rate of vascular stenosis degree by CTA were calculated compared with CAG with lesions divided into two categories (the non-calcified plaques and calcified plaques). The calcium threshold for calcified plaques is set in four different programmes: >150 HU, >250 HU, >350 HU, >600 HU. **Results** CTA shows the 396 arteriosclerosis plaques with 68.2% for calcified plaques and 31.8% for non-calcified plaques, and 6% is unstable plaques, 7.8% without vascular stenosis. It is the same as calcium threshold in groups of >150 HU, >250 HU, >350 HU for the coincidence rate of vascular stenosis degree comparing CTA with CAG but lower in group of >600 HU. The coincidence rate comparing CTA with CAG of is

[收稿日期] 2013-01-30

[基金项目] 广东省社会发展领域科技计划项目(20120318091)

[作者简介] 通讯作者郭轶虹, 学士, 副主任医师, 研究方向为冠心病的 CT 诊断, E-mail 为 804322008@qq.com。张成喜, 博士, 副教授, 研究方向为冠心病的诊治。谭理连, 博士, 教授, 研究方向为肺癌 CT 灌注、心血管病 CT 诊断。

88.4% (94.4% for non-calcified plaques and 85.6% for calcified plaques). Stenosis degree is often overestimated in calcified plaques. **Conclusions** The coincidence rate of vascular stenosis degree comparing CTA with CAG is high (88.4%). The coincidence rate of non-calcified plaques (94.4%) is higher than calcified plaques (85.6%). The coronary stenosis degree is overestimated in calcified plaques. CTA has the advantage for non-calcified plaque valuation. It is reasonable for calcium threshold starting with 350 HU.

急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)是冠心病中严重危及生命的一组临床综合表现。研究发现冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)检查无明显狭窄患者亦可发生急性冠状动脉事件^[1],其发病机制是粥样斑块破裂或溃烂引起血栓形成,供血阻断;而斑块能否破裂,主要取决于斑块的结构类型^[2,3]。对粥样硬化斑块进行早期诊断及监测具有重要的临床意义。多层螺旋CT检查已成为冠心病诊断的重要手段,对粥样斑块显示清晰、稳定^[4-7]。本文应用320排CT与选择性CAG进行对比研究。

1 对象与方法

1.1 临床资料

2010年1月至2012年12月行320排CT冠状动脉血管成像(computed tomography angiography, CTA)及CAG发现冠状动脉粥样硬化斑块及管腔狭窄的冠心病患者102人,其中女性44人,男性58人,年龄43~84岁,平均62.8岁。心率50~104次/分,平均77.3次/分。排除标准:碘过敏史,冠状动脉旁路移植或支架置入术后,严重肾功能不全,严重心律失常,孕妇。扫描前所有病例均未使用控制心率药物。

1.2 320排CT扫描

扫描方法:所有患者均接受Toshiba公司的Aquilion One 320排CT扫描。应用高压注射器经右侧肘前静脉以5.0~6.0 mL/s流率注射对比剂(优维显,370 000 mgI/L)70~80 mL,然后以相同流率注射生理盐水40 mL。采用Sure Start软件智能触发扫描,触发点定于扫描野中央层面降主动脉,触发阈值180 HU。采用心电门控扫描技术,全心动周期采集图像。容积数据采集范围为320排×0.5 mm,机架转速为每转350 ms。扫描时间0.35~1.40 s。

CTA图像重建及后处理:FOV 180 mm×180 mm~240 mm×240 mm,层厚0.5 mm,间隔0.25 mm。获得回顾性心电门控采集的整个心动周期的容积数据,采用功能分析软件重建。将10个心动周期时相图像调入后处理工作站(Vitrea II fx),选择最佳时相,应用最大密度投影重建(maximum intensity

projection, MIP)、多平面重建(multiplanar reconstruction, MPR)、曲面重组(curved planar reconstruction, CPR)、容积再现(volume rendering, VR)行冠状动脉重建,用冠状动脉探针技术及斑块分析软件对病变进一步分析测量。脂质(红色)CT值范围为-100~50 HU;纤维(蓝色)CT值范围为51~190 HU。由于钙化CT阈值在文献中尚未达到统一^[1,8-10],钙化(黄色)CT值分别定义为150~1 000 HU、250~1 000 HU、350~1 000 HU、600~1 000 HU阈值,进行4次测量。

CTA图像分析:根据血管管腔狭窄程度可分为无狭窄、轻度狭窄(≤50%)、中度狭窄(50%~75%)、重度狭窄(≥75%)、闭塞(100%)5个等级。参考值取近端参考段和远端参考段的平均值,近/远端参考段定义为距离病灶10 mm范围内管腔面积最大的部位^[9]。

用冠状动脉斑块分析软件将斑块分为钙化斑块、非钙化斑块两大类。斑块中出现黄色的钙化成分,均定义为钙化斑块;未出现黄色的钙化成分为非钙化斑块。非钙化斑块又分为纤维斑块(蓝色)、脂质斑块(红色为主)及纤维脂质混合斑块(红蓝混杂,以蓝色为主)。脂质成分大于40%或纤维帽厚度小于0.7 mm的定义为不稳定斑块^[1],又称为软斑块。

1.3 冠状动脉造影检查

常规经股动脉或桡动脉穿刺,插入冠状动脉造影导管,分别进入左右冠状动脉开口处,行左右冠状动脉造影。并测量冠状动脉管腔狭窄程度。

1.4 统计学处理

采用SPSS 16.0统计分析软件,进行统计学分析。

2 结果

2.1 CTA显示冠状动脉粥样斑块的归类及分布

102名患者CTA中共发现冠状动脉粥样斑块396个,其中钙化斑块270个(68.2%),非钙化斑块126个(31.8%)。332个(83.8%)斑块发生于近段和中段,以近段最多,共237个(59.8%)。126个非钙化斑块中,脂质含量超过40%的软斑块数量少(图1),仅16个,占12.7%;以纤维斑块数量最多

(图 2), 占 51.6%; 纤维脂质混合斑块占 35.7%。16 个脂质软斑块, 加上 8 个薄纤维帽混合斑块, 共计 24 个为不稳定斑块, 占非钙化斑块的 19%, 占所有斑块的 6%。

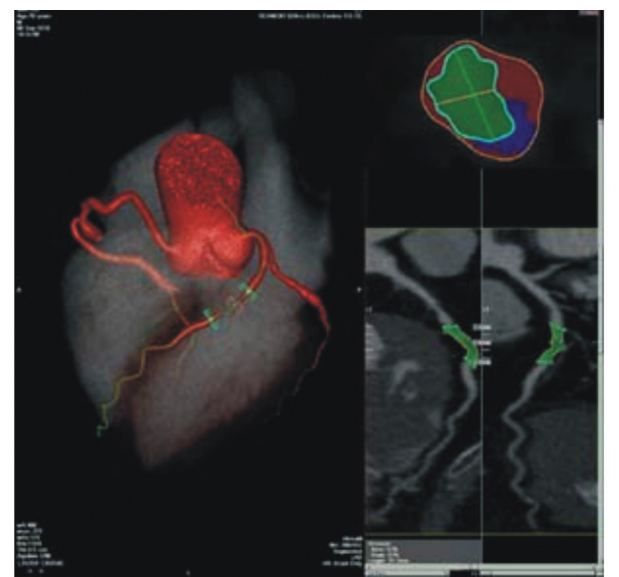


图 1. 320 排 CTA 示冠状动脉软斑块 左前降支(left anterior descending coronary artery, LAD)中段斑块中脂质多于 40%, 为软斑块。

Figure 1. 320-slices CTA with coronary arteriosclerosis soft plaque

2.2 CTA 钙化阈值设定的不同对钙化斑块性狭窄符合率的影响

4 种钙化阈值起点设定对于钙化斑块数量统计

表 1. 冠状动脉钙化斑块性狭窄的 CTA、CAG 分级统计(病灶数)

CAG	CTA 钙化阈值下限为 150、250、350 HU(下限为 600 HU ^a)					合计
	无狭窄	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
无狭窄	14(9) ^a	4(9)	0	0	0	18
轻度狭窄	0	112(111) ^a	20(21) ^a	0	0	132
中度狭窄	0	2	79	8	0	89
重度狭窄	0	0	0	23	5	28
闭塞	0	0	0	0	3	3
合计	14(9) ^a	118(122) ^a	99(100) ^a	31	8	270

a: 括号中数据为下限为 600 HU 时的数据。

2.3 冠状动脉非钙化斑块性狭窄的 CTA 与 CAG 对照

对 126 个非钙化斑块所致的冠状动脉狭窄程度的 CTA 与 CAG 结果进行统计, 显示狭窄程度相符

没有影响, 但对于病变狭窄分级有影响。钙化阈值设定为 >150 HU、>250 HU、>350 HU 时钙化斑块各狭窄程度分布无差异, 231 个斑块狭窄程度与 CAG 相符, 符合率 85.6%。但阈值起点设为 600 HU 时, 符合率为 83.3% (225 个)。将这两种情况下冠状动脉狭窄的 CTA 与 CAG 分级对照统计结果相比较, 可见, 当阈值设定为 >600 HU 时 CTA 显示冠状动脉狭窄程度有变化, 少数病例显示狭窄程度高估, 导致符合率略降低(表 1)。

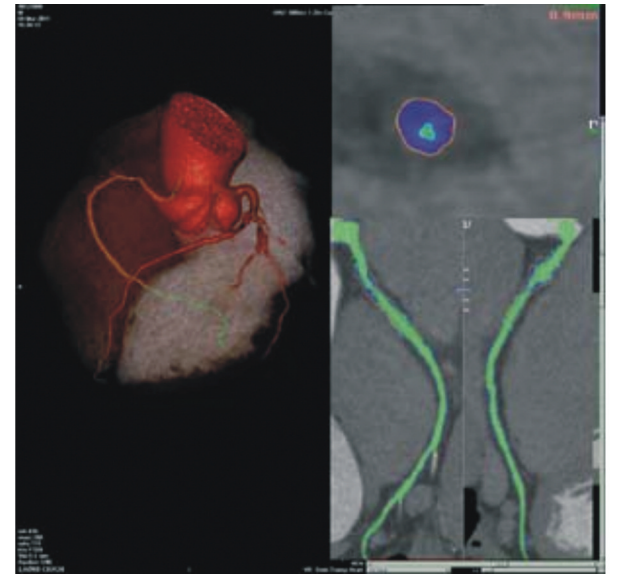


图 2. 320 排 CTA 示冠状动脉纤维斑块 右冠状动脉(right coronary artery, RCA)近段蓝色纤维斑块, 管腔重度狭窄。

Figure 2. 320-slices CTA with coronary arteriosclerosis fibre plaque

的共 119 处, 符合率为 94.4%。狭窄程度为无狭窄、轻度狭窄、中度狭窄、重度狭窄、闭塞的各 7、65、37、9、1 处。另 7 处不符, 其中 6 处高估, 1 处低估(表 2)。

表 2. 冠状动脉非钙化斑块性狭窄的 CTA、CAG 分级统计 (病灶数)

Table 2. CTA, CAG step calculation for coronary stenosis with arteriosclerosis non-calcified plaques (numbers of focus)

CAG	CTA					合计
	无狭窄	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
无狭窄	7	3	0	0	0	10
轻度狭窄	0	65	2	0	0	67
中度狭窄	0	0	37	1	0	38
重度狭窄	0	0	1	9	0	10
闭塞	0	0	0	0	1	1
合计	7	68	40	10	1	126

2.4 冠状动脉斑块性狭窄合并统计的符合率

合并统计 CTA 与 CAG 显示的所有钙化斑块与非钙化斑块(共 396 个)的管腔狭窄程度;钙化性斑块采用钙化阈值设定为 >150 HU、>250 HU、>350 HU 时的数据进行统计。结果显示,350 处符合(符

合率为 88.4%)。狭窄程度为无狭窄、轻度狭窄、中度狭窄、重度狭窄、闭塞的各 有 21、177、116、32、4 处。CTA 与 CAG 显示狭窄程度不相符的有 46 处,其中 43 处高估,3 处低估(表 3)。

表 3. 冠状动脉粥样硬化斑块性狭窄的 CTA、CAG 分级统计 (病灶数)

Table 3. CTA, CAG step calculation for coronary stenosis with arteriosclerosis plaques (numbers of focus)

CAG	CTA					合计
	无狭窄	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
无狭窄	21	7	0	0	0	28
轻度狭窄	0	177	22	1	0	200
中度狭窄	0	2	116	8	0	126
重度狭窄	0	0	1	32	5	38
闭塞	0	0	0	0	4	4
合计	21	186	139	41	9	396

2.5 钙化斑块与非钙化斑块性狭窄符合率的比较

将非钙化斑块狭窄与钙化斑块狭窄的 CTA、CAG 结果进行对比,符合率分别为 94.4%、85.6%。经 χ^2 检验, $\chi_p^2 = 6.61$, 查表得 $\chi_{0.025}^2 = 5.02$, $\chi_p^2 > \chi_{0.0025}^2$, $P < 0.025$ 。因此,以 CAG 为对照,非钙化斑块性狭窄的 CTA 符合率显著高于钙化斑块性狭窄,具有统计学意义(表 4)。

表 4. 冠状动脉钙化斑块与非钙化斑块狭窄的 CTA、CAG 符合率 (病灶数)

Table 4. The CTA, CAG coincidence rate of coronary stenosis with the non-calcified and calcified plaques calcified plaques (numbers of focus)

项 目	符合	不符合	合计	符合率
非钙化斑块性狭窄	119	7	126	94.4%
钙化斑块性狭窄	231	39	270	85.6%
合 计	350	46	396	88.4%

2.6 CTA 与 CAG 显示管腔狭窄程度不相符的相关分析

396 个粥样硬化斑块中 CAG 显示无狭窄的共 31 个 (7.8%), 而 CTA 显示无狭窄的 21 个 (5.3%), 另 10 个 (2.5%) CAG 阴性的病灶在 CTA 上显示为轻度狭窄。

CTA 与 CAG 不相符的 46 处病变, 80.4% 为 CTA 对钙化斑块狭窄程度的高估。其中 27 处为较大的或成串状偏心的钙化斑块。17 例伴有管腔正性重构, 向一侧局部明显偏离, 而自动探针仍循钙化斑占据的原路径处标记测量, 误认路径, 往往造成狭窄程度的明显高估(图 3A)。其中 7 例用手动指针划线可矫正(图 3B、C)。部分血管显示成串的钙化斑块相邻处有不稳定斑块存在, 例如薄层纤维帽的纤维脂质混合斑块(图 3C)。经与 CAG 结果相对照, 手动指引探针矫正后测量的狭窄程度与之相符(图 3D)。另 10 例无法手动矫正, 解决方法为测量横断面显示的真实管腔径线。

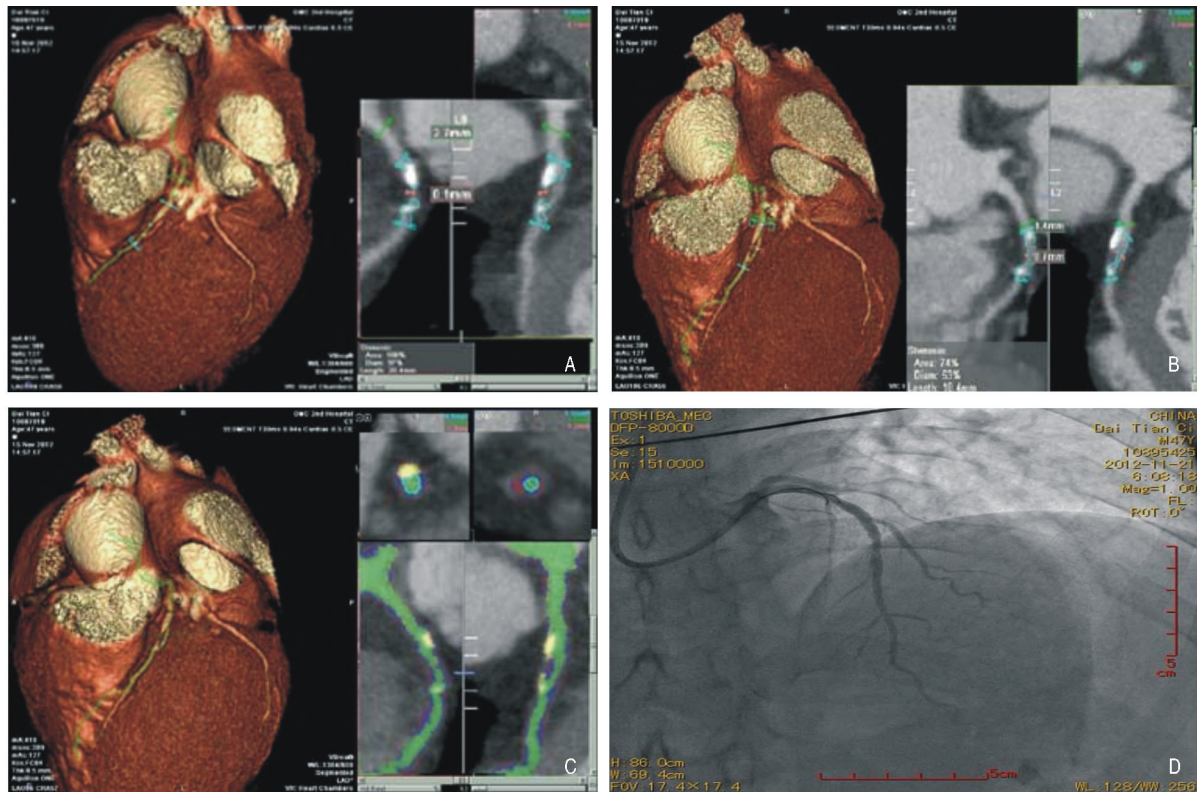


图 3. 320 排 CTA 冠状动脉探针的矫正及与 CAG 比较 A 为 LAD 中段串状钙化及非钙化斑块, 自动探针误认路径, 误测为重度狭窄 (97%)。B 为指引并矫正探针路径后测量管腔中度狭窄 (53%), 管腔正性重构。C 为矫正后显示绿色管腔局限性中度狭窄; LAD 中段黄色钙化斑、以红色脂质为主并覆有蓝色薄纤维帽的是不稳定斑块。D 为冠状动脉造影, 示 LAD 中段局部中度狭窄。

Figure 3. Correct 320-slices CTA coronary probe technique and compare to CAG

3 讨 论

急性心血管事件的主要原因是冠状动脉粥样硬化易损斑块的破裂。大多数易损斑块为非钙化性的, 且多为偏心分布的脂质软斑块, 或薄纤维帽的混合斑块^[2]。冠心病患者的预后主要取决于斑块的稳定性, 如何识别斑块的性质并预防其破裂成为未来冠心病治疗及影像学诊断的新方向^[11]。高分辨率 CT 具无创优势, 320 排 CT 采用 160 mm 宽的大范围量子探测器, 0.35 s 一次心跳完成心脏扫描, 根除了螺旋伪影干扰, 无需药物控制降低心率及心电图编辑处理便可迅速获取高清晰的冠状动脉图像, 具有快速、清晰及低照射剂量的优势^[12,13]。CTA 与 CAG 在冠心病的应用价值比较是近来研究热点^[14-16], 尤其是在冠状动脉粥样硬化斑块诊断方面^[17]。CAG 可动态观察管腔狭窄状况, 分辨力高, 对于冠状动脉狭窄的显示具有不可替代的优势, 但不能显示管壁及粥样硬化斑块。320 排 CT 具有超快速优势, 冠状动脉探针技术及斑块分析软件的应用更有助于多方位显示粥样硬化斑块及狭窄, 尤其是非钙化斑块的显示。本文 31.8% 为非钙化斑块, 其中以纤维斑块最多 (51.6%) ; 不稳定

斑块为 19% (占总数的 6%)。

对于 CTA 测量斑块性狭窄准确性影响因素的研究少有报道, 而这正是临床医生综合运用多种检查手段所最需要了解。本研究显示 396 个斑块, CTA 测量狭窄程度与 CAG 的符合率为 88.4%, 其中非钙化斑块为 94.4%, 钙化斑块为 85.6%, 二者差异具统计学意义。与 CAG 不相符的 46 处病变中, 37 处 (80.4%) 为钙化斑块狭窄程度的高估。可见 320 排 CTA 对非钙化斑块性狭窄程度的判断具有优势; 钙化斑块对于狭窄测量存在一定的影响。研究显示较大或成串状钙化斑块造成 X 线衰减和伪影^[18]。本文 46 处不符合病变中 27 处呈较大或成串偏心钙化, 也验证了这一点。国外研究表明 CAG 检查冠状动脉无明显狭窄患者亦可发生急性冠状动脉事件, 且尸检发现患者已存在明显的动脉斑块^[19]; 本文 7.8% 斑块 CAG 显示阴性, 与此相符。

冠状动脉斑块可伴有管腔的正性重构^[11], 当钙化斑块较大时偶可导致探针自动识别误差。本文 CTA 与 CAG 不相符病例有 17 处合并管腔正性重构。解决方法为手动指针矫正或参照横断面, 同时可结合 CAG 检查。引起冠状动脉狭窄的斑块中以

偏心性斑块为主,CAG 可因体位的关系而低估偏心性斑块的狭窄程度^[10]。这可能也是导致 CTA 与 CAG 不相符的另一个原因。

钙化 CT 阈值定义在文献中尚未达到统一^[1,8-10]。本研究中钙化阈值设定为 >150 HU、>250 HU、>350 HU,对于钙化斑块狭窄程度判断无明显差异,但阈值为 >600 HU 时对钙化斑块性狭窄显示符合率略降低。分析原因,可能是钙化阈值设定偏离造影剂 CT 值范围太远,影响了计算机对于造影剂的默认,导致管径(包括正常参考段)数值测定不准确,因此钙化阈值为 >600 HU 的设定不合理。平扫时钙化值定义为 >150 HU。虽然本研究示钙化阈值起点设定为 150、250、350 HU 时并无差异,但造影剂 CT 值小于 300 HU^[8],钙化值与造影剂阈值区间部分重叠;因此,增强后钙化值设定为 >350 HU 较为合适。

320 排 CT 应用冠状动脉探针技术、斑块分析软件在硬化斑块尤其是非钙化斑块显示方面具有优势。但对于严重钙化斑块狭窄及支架内狭窄的准确判断仍有一定局限。总之,320 排 CT 测量及分析方法的改进完善,以及与 CAG 的结合互补,对于临床急性冠状动脉事件的预防筛选及诊断复查具有重要的科研和临床意义。

[参考文献]

[1] 沈比先,李元歌,张文瑾,等. 双源 CT 冠状动脉 CTA、CAG 及 IVUS 对诊断冠状动脉粥样硬化化价值的对比研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2011, 9(3): 31-35.

[2] Pierre Theroux. Acute Coronary Syndromes: A Companion to Braunwald's Heart Disease[M]. 2nd Revised Edition. America; Saunders, 2010; 1-15.

[3] Mauriello A, Sangiorgi G, Fratoni S, et al. Diffuse and active inflammation occurs in both vulnerable and stable plaques of the entire coronary tree: a histopathologic study of patients dying of acute myocardial infarction[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 45(10): 1 585-593.

[4] Leber AW, Becker A, Knez A, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: a comparative study using intravascular ultrasound[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(3): 672-677.

[5] Ibanez B, Cimmino G, Bénézet-Mazuecos J, et al. Quantification of serial changes in plaque burden using multi-detector computed tomography in experimental atherosclerosis

[J]. Atherosclerosis, 2009, 202(1): 185.

[6] Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2008, 52(21): 1 724-732.

[7] Nasir A, Leung MC, Antonis PR, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography with 320-detector row computed tomography[J]. Am J Cardiol, 2010, 106(10): 1 429-435.

[8] 张兆琪. 心血管疾病 64 排 CT 诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008; 55-62.

[9] 王爱辉, 张志民, 王胜林, 等. 64 层螺旋 CT 彩色编码技术对冠状动脉粥样硬化斑块的诊断价值[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(52): 10 259-262.

[10] 黄贤胜, 曹振东, 李俊玫, 等. 64 层螺旋 CT 对冠状动脉粥样硬化斑块的诊断价值[J]. 放射学实践, 2009, 24(5): 487-490.

[11] 周玉杰, William K Hau, 赵迎新, 等. 冠状动脉血管内超声的临床应用与实践[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008; 15-16.

[12] 覃杰, 刘凌云, 张建生, 等. 320 排 CT 前瞻性与回顾性心电门控一个心动周期内冠状动脉成像的对照研究[J]. 中国医师杂志, 2010, 12(9): 1 162-165.

[13] 潘宇宁, 黄求理, 叶贤旺, 等. 320 排 CT 低剂量冠状动脉成像在冠心病高危人群中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(8): 1 161-164.

[14] 周秀全, 宝堂, 谷青, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像在冠心病高危人群筛查中的临床应用[J]. 中国医师杂志, 2010, 12(5): 662-664.

[15] 张树桐, 金朝林, 肖建伟, 等. 心肌桥和壁冠状动脉 64 层螺旋 CT 成像与冠状动脉造影比较[J]. 中国动脉硬化杂志, 2007, 15(4): 303-306.

[16] 白志轩, 石峻, 彭勇, 等. 64 层螺旋 CT 对冠状动脉狭窄病变诊断准确性的对比研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2012, 19(1): 8-14.

[17] 李丽, 周晓辉. 多层螺旋 CT 对冠状动脉粥样硬化斑块的诊断应用价值[J]. 中国动脉硬化杂志, 2008, 16(6): 503-504.

[18] 朱天刚, 盖鲁粤, 赵世华, 等. 冠心病影像学诊断[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009; 10-12.

[19] Naghavi M, Libby P, Falk E, et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient: a call for new definitions and risk assessment strategies[J]. Circulation, 2003, 108(15): 1 772-778.

(此文编辑 曾学清)