·胸部影像学·

64 层 CT 评价冠脉粥样斑块性质与狭窄程度的相关性

黄小宁，李晓，邓军，左敏静，刘贯清，彭碧波

【摘要】 **目的**：探讨 64 层 CT 评价冠状动脉粥样硬化斑块性质与冠脉狭窄程度之间的相关性。**方法**：36 例疑诊为冠心病患者行 64 层冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)及冠状动脉血管造影(CAG)检查，以 CAG 为标准评价 CCTA 诊断冠脉狭窄程度的准确性，并诊断冠状动脉粥样硬化斑块性质，分析其与经 CAG 确诊的冠脉狭窄程度之间有无统计学意义。**结果**：36 例患者中共检出 105 个斑块。冠脉轻度狭窄以钙化斑块引起为主，冠脉中度狭窄和重度狭窄以混合斑块引起为主。CCTA 诊断冠状动脉钙化斑块与管腔轻度狭窄、混合斑块与中重度管腔狭窄存在相关性。**结论**：64 层 CCTA 可在诊断冠脉狭窄的同时无创性评价斑块性质，可及时发现冠脉中脂质成分丰富的斑块，以便尽早及时给予临床干预，可降低急性冠脉综合征发生率。

【关键词】 冠心病；冠状动脉狭窄；冠状动脉粥样硬化斑块；体层摄影术，X 线计算机

【中图分类号】R814.42；R541.4 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2011)04-0414-05

Evaluation of the correlation between the nature of atherosclerotic plaque and the degree of stenosis of coronary artery with 64-slice CT HUANG Xiao-ning, LI Xiao, DENG Jun, et al. CT Room, Second Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, P. R. China

【**Abstract**】 **Objective**: To evaluate the correlation between the nature of atherosclerotic plaque and the degree of stenosis of coronary artery (CA) using 64-slice CT. **Methods**: 36 patients with suspected coronary atherosclerotic heart disease underwent 64-slice CT coronary angiography (CCTA) and coronary artery angiography (CAG). CAG findings were used as the standard to evaluate the accuracy of CCTA in diagnosing the degree of stenosis of CA, and the nature of atherosclerotic plaque was studied as well. Whether there was statistical significance between the nature of plaque and the degree of CA stenosis was studied as well. **Results**: A total of 105 plaques were detected in CA of these 36 patients. Mild CA stenosis was mainly coused by calcified plaque, and significant (moderate and serious) stenosis was mainly caused by mixed plaque. There was correlation between calcified plaque diagnosed by CCTA and mild CA stenosis, as well as between mixed plaque and significant CA stenosis. **Conclusion**: Nature of CA plaque could be concurrently evaluated non-invasively while diagnosing CA stenosis with CCTA using 64-slice CT. Early clinical intervention provided prevention of acute coronary syndrome by timely detection of lipid-rich CA plaque.

【**Key words**】 Coronary atherosclerotic heart disease; Coronary artery stenosis; Coronary artery atherosclerotic plaque; Tomography, X-ray computed

冠心病(coronary atherosclerotic heart disease, CHD)是动脉粥样硬化导致器官病变的最常见类型，为冠状动脉粥样硬化使血管狭窄甚至闭塞引起心肌缺血、坏死病理改变以致心脏器质性、功能性受损的疾患。64 层 CT 是安全、无创诊断冠心病的检查方法[1-3]，同时可直观显示粥样硬化斑块(atherosclerotic plaque)。本文以冠状动脉血管造影为标准，依据粥样斑块 CT 值对其进行分类，探讨 CT 评价冠状动脉粥样斑块性质与冠状动脉狭窄程度的相关性。

材料与方法

1. 一般资料

2007 年 4 月～2010 年 6 月在我院疑诊为冠心病的 36 例患者行冠状动脉 CT 血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)，并且同期完成了冠状动脉血管造影(coronary artery angiography, CAG)检查。男 24 例，女 12 例，年龄 47～77 岁，平均 60.1 岁。临床多有反复胸闷痛病史，病程不等，少数患者以胸骨后压榨感就诊。患者均为窦性心律，基础心率在 75 次/分以下，无碘过敏反应、严重心率不齐以及肝肾功能不全。检查前与患者沟通，训练呼吸，且给予 β 受体阻滞剂以降低心率，尽量使心率波动在 5 次/分之内。

2. 检查方法

CCTA 扫描参数与图像后处理：运用 GE 64 层 Lightspeed VCT 扫描，采用回顾性心电门控，由 Medrad立式双筒高压注射器经肘前静脉团注优维显(370 mg I/ml)，注射流率 5.0 ml/s，对比剂量 85～95 ml，利用 Time Bolus 法制定延迟时间，扫描范围由气管隆突下 1 cm 至膈下 2 cm，层厚 0.625 mm，机架转

作者单位：330006 南昌，南昌大学第二附属医院 CT 室
作者简介：黄小宁(1981－)，男，江西宁都人，主治医师，主要从事影像诊断工作。
通讯作者：李晓，E-mail：Li_xiaolx@126.com
基金项目：江西省卫生厅科技计划课题(20073065)

速 0.35 s/r，螺距 0.16，管电压 120 kV，管电流 600～650 mA。完成扫描后重建 R-R 间期 35%、45%和 75%三个时相。

经 GE AdW4.3 工作站选择影像质量最佳时相进行容积再现（volume render，VR）、最大密度投影（maximum intensity projection，MIP）、曲面重建（curved planar reformation，CPR）、血管分析软件（vessel analysis software）后处理方法评价冠脉狭窄程度以及斑块性质，均由 2 位放射科医生独立完成诊断，如有意见不一则商讨得出相同结果。

CAG 检查方法：采用 GE 数字心脏造影系统，由 2 位有经验的心内科介入医师操作完成并评价结果。采用经桡动脉插管，利用多功能造影管注射优维显 370 mg I/ml，常规行左冠状动脉 5 个体位（右足位、正头位、正足位、左肩位、蜘蛛位）、右冠状动脉 2 个体位（左前斜位，右前斜位）造影。

3. 结果判定

冠状动脉节段划分：采用美国心脏病协会分段准则[4]，评价左冠状动脉主干（left main artery，LMA）、左前降支（left anterior descending branch，LAD）、左回旋支（left circumflex artery，LCX）和右冠状动脉（right coronary artery，RCA）4 支大血管，观察节段分别为 LMA，LAD 近段、中段、远段，LCX 近段、远段，RCA 近段、中段和远段共 9 个节段。

冠状动脉狭窄程度评定及分级：目前国际上多采用目测直径法，即以狭窄部位近心端相对正常的管腔直径作为参照值，对其狭窄程度进行定量评价，计算公式（1）为：

$$血管狭窄的程度=\frac{D_1-D_2}{D_1}\times 100\% \quad (1)$$

其中，D_1 为狭窄段近心端正常血管直径，D_2 为狭窄处血管直径。

该方法未考虑到圆面积与管腔直径的平方呈正比例关系，存在低估狭窄程度的风险。本研究结合血管分析软件直接计算出的狭窄处面积，以狭窄处近端正常管腔面积为参照，按公式（2）计算狭窄程度：

$$血管狭窄的程度=\frac{S_1-S_2}{S_1}\times 100\% \quad (2)$$

其中，S_1 为狭窄处近心端正常血管管腔面积，S_2 为狭窄处血管管腔面积。

最终与 CAG 结果比较。冠状动脉狭窄程度分级依据 Herzog 等[5]制定的标准，简化为轻度狭窄（≤50%）、中度狭窄（＞50%，≤75%）、重度狭窄（＞75%）。

冠状动脉斑块性质评价：参照血管内超声（intravascular ultrasound，IVUS）粥样斑块分类，依据斑块 CTA 的特点，将斑块分为非钙化班块、钙化斑块及混合斑块，其中混合性斑块根据钙化成分的多少又细分为以非钙化斑块为主和钙化斑块为主的混合斑块。

4. 数据分析

以 CAG 为标准，采用双盲法用百分率评价 CCTA 诊断冠脉狭窄程度的准确性。运用 SPSS 13.0 统计软件，卡方检验分析冠状动脉斑块性质与经 CAG 确诊的冠脉狭窄程度之间有无统计学差异，取 $P<0.05$ 时，有统计学意义。

结 果

36 例患者全部配合完成检查，检查时心率在 47～73 次/分，平均心率为 60.5 次/分，心率波动不超过 5 次/分，所观察的节段均得到良好的图像。除去 1 例患者因升主动脉瘤挤压左冠状动脉开口致造影失败使得左冠状动脉 6 个节段无法比较，本研究共得到 318 个节段的检查结果。

1. 64 层 CCTA 诊断冠状动脉狭窄与 CAG 比较

318 个节段中，CCTA 诊断无冠脉狭窄 193 个，轻度狭窄 86 个，中度狭窄 26 个，重度狭窄 13 个。CAG 检查示在 193 个 CCTA 诊断无冠脉狭窄中有 4 个轻度狭窄及 1 个重度狭窄；在 86 个轻度狭窄中有 20 个正常、11 个中度狭窄及 6 个重度狭窄；在 26 个中度狭窄中有 11 个重度狭窄；在 13 个重度狭窄中仅 1 个为中度狭窄（表 1）。可见，CCTA 在诊断冠状动脉狭窄的准确率、敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 92%、95%、90%、84%和 97%，而 CT 诊断冠状动脉显著狭窄（中重度狭窄，＞50%）的准确率达 100%。

表 1 CCTA 与 CAG 诊断冠脉狭窄程度对照 （个）

CCTA 诊断冠脉狭窄	CAG 诊断冠脉狭窄				合计
	正常	轻度	中度	重度	
正常	188	4	0	1	193
轻度	20	49	11	6	86
中度	0	0	15	11	26
重度	0	0	1	12	13
合计	208	53	27	30	318

2. 64 层 CCTA 评价冠状动脉斑块性质与冠脉狭窄程度的相关性

CCTA 评价冠状动脉斑块性质与经 CAG 确诊的冠脉狭窄程度的关系如表 2。

表 2 CCTA 评价斑块性质与狭窄程度的关系 （个）

粥样斑块性质	狭窄程度			合计
	轻度	中度	重度	
非钙化性斑块	4	7	9	20
钙化斑块	40	6	1	47
混合斑块（非钙化斑块为主）	1	5	4	10
混合斑块（钙化斑块为主）	4	9	13	26
血栓致管腔闭塞	0	0	2	2
合计	49	27	29	105

在 105 处粥样斑块中，非钙化性斑块 20 个(19%)，钙化斑块 47 个(44.7 %)，混合斑块 36 个(34.3%)，血栓致管腔闭塞 2 个(图 1～4)。

从表 2 中可知：①所有斑块中，钙化斑块和混合斑块共 83 例，占 79%(83/105)；②冠脉轻度狭窄中由钙化斑块所致 40 例(40/49，81.6%)，由非钙化斑块所致 9 例(9/49，18.4%)；中、重度狭窄中由钙化斑块所致 7 例(7/56，12.5%)，非钙化斑块 49 例(49/56，87.5%)。由此可见，冠脉轻度狭窄中以钙化斑块引起为主($\gamma^2=50.514$，$P<0.01$)；③冠脉轻度狭窄中混合斑块占 5 例(5/49，10.2%)，非混合斑块占 44 例(89.8%)；中、重度狭窄中混合斑块占 31 例(31/56，55.4%)，非混合斑块占 25 例(25/56，44.6%)；说明在冠脉显著狭窄中以混合斑块引起为主($\gamma^2=23.648$，$P<0.01$)；④混合性斑块中，以钙化性斑块为主的混合斑块占 72.2%(26/36)；致冠脉显著狭窄的混合斑块中，钙化性斑块为主的混合斑块占 71%(22/31)。

讨 论

1. 冠状动脉粥样硬化斑块病理特点

动脉粥样硬化形成机制尚未完全明了，其发生与血脂异常及血管壁成分变化有关。冠状动脉粥样硬化斑块基本病理过程包括脂纹、纤维斑块、粥样斑块和斑块的继发病变如斑块内出血、血栓形成、破裂、钙化和动脉瘤形成。粥样斑块为动脉粥样硬化的典型病变，含有纤维帽及脂核，纤维帽主要由平滑肌细胞及结缔组织构成，脂核为纤维帽下无定形物质，为细胞外脂质和坏死物[6]。冠状动脉粥样硬化斑块可引起冠脉不同程度狭窄或不引起管腔狭窄。据了解，有 4%～14%男性和9%～31%女性急性心肌梗死患者CAG检查

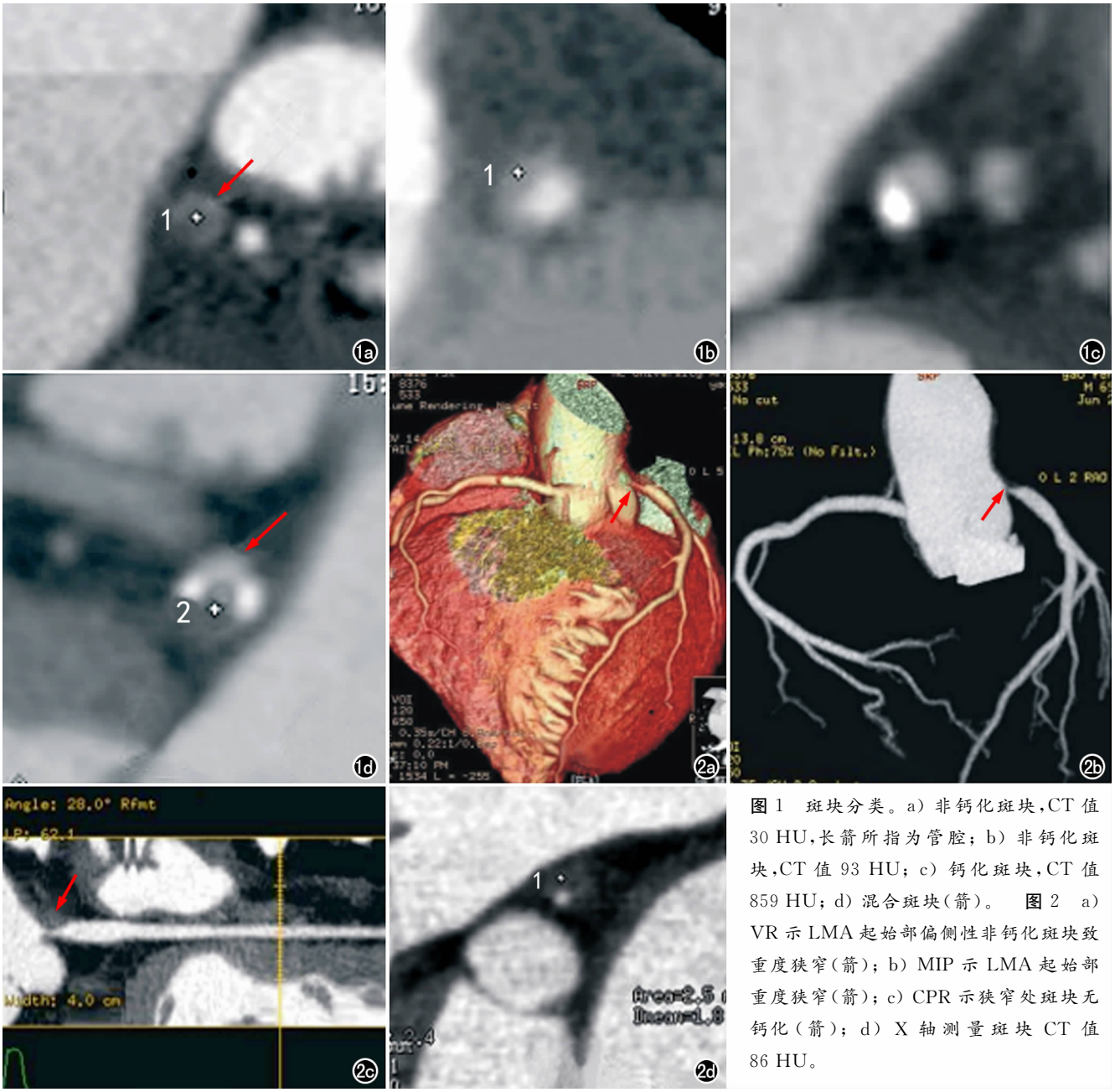

图 1 斑块分类。a) 非钙化斑块，CT 值 30 HU，长箭所指为管腔；b) 非钙化斑块，CT 值 93 HU；c) 钙化斑块，CT 值 859 HU；d) 混合斑块(箭)。 **图 2** a) VR 示 LMA 起始部偏侧性非钙化斑块致重度狭窄(箭)；b) MIP 示 LMA 起始部重度狭窄(箭)；c) CPR 示狭窄处斑块无钙化(箭)；d) X 轴测量斑块 CT 值 86 HU。

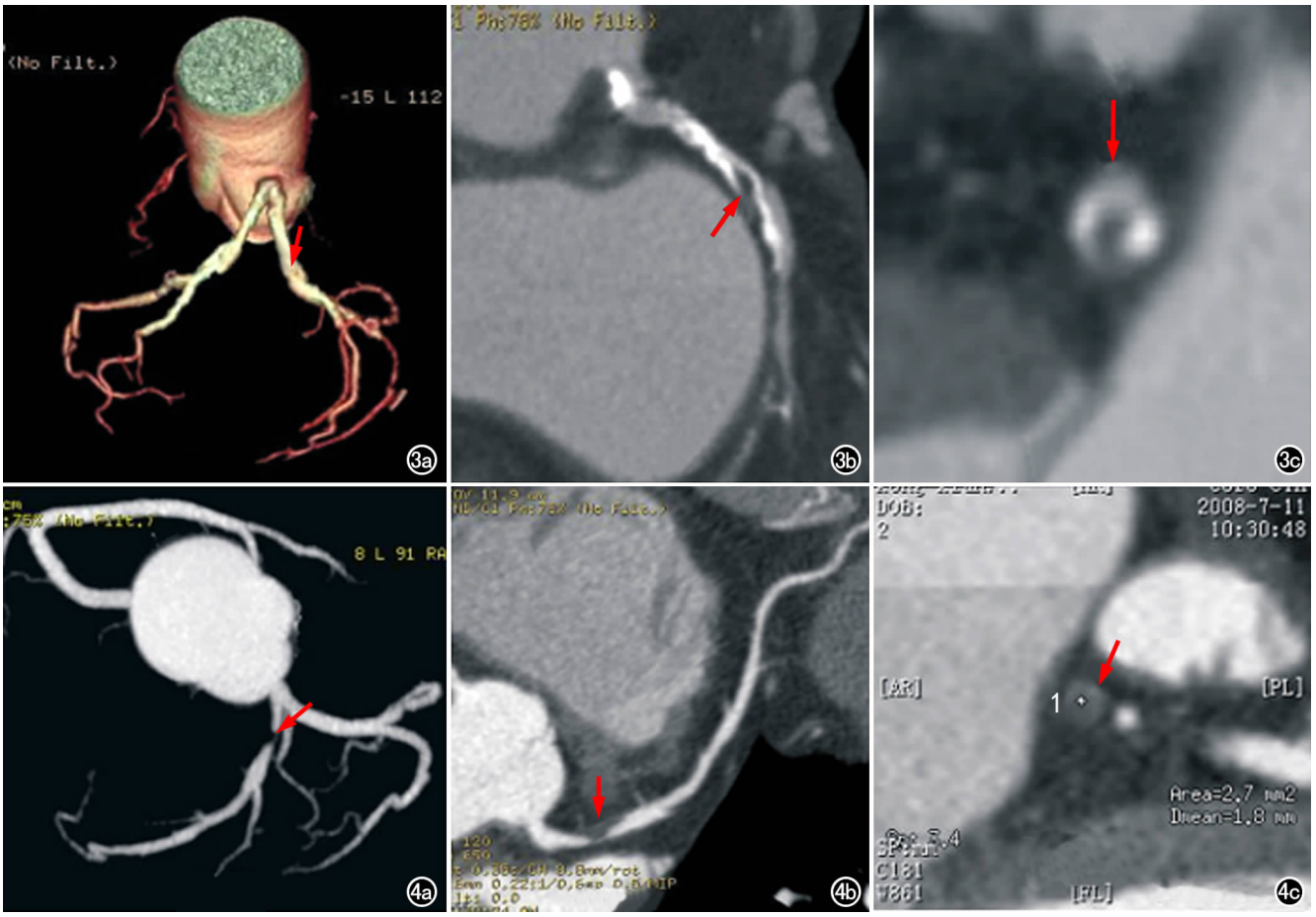

图 3　a) VR 示 LCX 近段管壁广泛性钙化(箭)；b) CPR 示 LCX 近段远侧混合斑块伴管腔中度狭窄(箭)；c) X 轴示管壁偏侧性混合斑块(箭)，斑块见两侧缘钙化斑及中间脂质成分。　**图** 4　a) MIP 示 LAD 近段管腔重度狭窄(箭)；b) CPR 示 LAD 近段局限性偏侧性非钙化性斑块(箭)；c) X 轴示富含较低密度成分的斑块(箭)，斑块中心 CT 值 30 HU。

冠状动脉不存在狭窄或显著狭窄。

病理生理学发现，确定冠状动脉斑块性质比明确斑块引起冠脉狭窄更具有临床意义。根据是否容易引发急性冠脉综合征(acute coronary syndrome，ACS)，可将粥样硬化斑块分为稳定性与不稳定性斑块。不稳定性斑块因纤维帽薄弱，脂核成分比重较大，容易发生破裂，引发 ACS，故又称易损性斑块；而稳定性斑块成分中脂核比重小或者无，纤维帽较厚，在一定时期内保持稳定，不易破裂。

国内吴萍等[7]发现粥样斑块分类在心绞痛分组中分布有差异，不稳定型心绞痛组以软斑块、混合斑块为主，稳定型组则以钙化斑块为主。而国外学者[8]指出，CT 值较低、正性血管重构、粘附式斑点状钙化可提示为易损斑块。及早检出易损性斑块，对于降低 ACS 发生率至关重要。

2. 64 层 CCTA 评价冠状动脉狭窄

临床上，CAG 为诊断 CHD 的“金标准”。CAG 属侵入性检查，与操作相关的死亡率和并发症分别为 0. 15%和 1. 5%，存在一定风险，不宜作为 CHD 首选检查。无创性冠状动脉血管成像一直是医学界所追求的。64 层 CT 极大提高时间分辨力，加之功能强大的后处理软件，在 CHD 诊断中的价值得到了一致肯定。

本研究诊断冠状动脉狭窄的准确率、敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 92%、95%、90%、84%和 97%，低于萧毅等[3]诊断冠状动脉狭窄的准确率(98. 4%)及阴性预测值(99. 7%)，因为研究中 CTA 诊断轻度狭窄的 20 个节段 CAG 显示无血管狭窄。另外在 110 个 CAG 诊断有狭窄的节段中，CTA 有 5 个判断为正常管腔。回顾性分析此 5 个节段，发现 CAG 诊断为重度狭窄节段在 CTA 图像上正好出现了心率波动(4 次/分)，使血管边缘模糊、管腔截面积显示不良，误认为正常；另外 4 个 CAG 诊为轻度狭窄节段中，CCTA 确无狭窄征象。

CCTA 在诊断冠脉显著狭窄与 CAG 有高度一致性。但在 26 个 CTA 诊断中度狭窄节段仅 15 个(57. 7%)被 CAG 诊断为中度狭窄，11 个(42. 3%)诊为重度狭窄。研究中 CTA 低估了血管狭窄程度，可能为粥样斑块性质、管腔内高密度对比剂造成对血管狭窄面积的低估引起的，因为斑块的钙化成分存在线束硬化伪影，使得钙化边缘显示不清，加上血管内高密

度对比剂干扰，无法准确评价管腔的狭窄面积。

3. 64 层 CCTA 评价粥样硬化斑块性质与狭窄程度的相关性

CAG 仅管腔内情况，无法直接显示管壁上粥样硬化斑块，对未引起血管狭窄的斑块漏诊。目前公认诊断冠状动脉粥样硬化斑块的金标准是 IVUS。IVUS 不仅可区分动脉管壁三层结构，而且能测量粥样硬化斑块的体积、判断其成分及了解病变处血管壁重构情况[9]。IVUS 为有创检查，且价格昂贵。CTA 依据斑块成分 CT 值不同，通过测量斑块的 CT 值来评价斑块性质。Leber 等[10]、Becker 等[11]研究发现软斑块、纤维斑块及钙化斑块 CT 值有明显不同。

CCTA 诊断冠状动脉钙化斑块与管腔轻度狭窄（$\chi^2=50.514$，$P<0.01$）、混合斑块与中重度管腔狭窄（$\chi^2=23.648$，$P<0.01$）存在相关性。本研究中，引起轻度狭窄的钙化斑块（81. 6%）形态大都为点状、结节状，引起中重度狭窄的钙化斑块（18. 4%）多为环形、病变范围更长；毛定飚等[12]认为，点状钙化在已经形成血管正性重构的 ACS 和稳定型心绞痛患者中更常见。血管正性重构意味着管腔仅轻微或无狭窄。斑块成分并非一成不变的，是处于复杂动态变化过程中，某一时刻的斑块是处于病理演变过程中的某一阶段，这可能是本研究中混合斑块占致中度以上狭窄斑块比例（55. 4%）较大的原因。另发现 2 个软斑块导致了重度管腔狭窄（图 4）。

本研究结果与周懂晶等[13]研究结果有相似性，后者认为冠状动脉斑块成分与狭窄程度关系密切，并且软斑块与重度狭窄、混合性斑块与中度狭窄之间具有密切相关性。

CTA 评价粥样斑块性质未与 IVUS 比较是本研究一不足之处。但有研究表明，CCTA 能直接显示非钙化性斑块，对冠脉斑块进行定性分析[14]，且 CTA 与 IVUS 对软斑块面积测定结果有相关性[15]。

另外国外学者研究显示多层 CCTA 对冠状动脉斑块的诊断及斑块容积测量有很好的重复性[16]，而且可通过评价冠脉斑块形状及成分来判断强化降脂疗效[17]。

总之，相对于 IVUS 的有创性，64 层 CCTA 检查简便快速，可以作为检测未造成血管狭窄的粥样斑块最佳筛查手段，同时可无创、重复的评价斑块性质，及时发现冠脉中脂质成分丰富的斑块如软斑块、混合斑块，以便尽早给予临床干预，降低 ACS 发生率。

参考文献：

[1] 何东，王莉，萧毅，等. 64 层 CT 冠状动脉成像、磁共振多技术扫描评价冠心病的对比研究[J]. 中国医学影像技术，2007，23(10)：1498-1501.

[2] Gilbert L, Raff, Michael J, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography[J]. J Am College Rardiol, 2005, 46(8): 552-557.

[3] 萧毅，田建明，弓静，等. 64 层 CT 诊断冠状动脉狭窄的准确性：与常规血管造影比较[J]. 中国介入影像与治疗学，2007，4(3)：188-191.

[4] Schroeder S, KopP AF, Baumbach A, et al. Noninvasive detection and evaluation of atherosclerotic coronary plaques with multislice computed tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2001, 37(5): 1430-1435.

[5] Herzog C, Dogan S, Diebold T, et al. Multi-detector row CT versus coronary angiography: preoperative evaluation before totaly evadoscopic coronary bypass grafting[J]. Radiology, 2003, 229(1): 201-208.

[6] 李甘地，来茂德. 病理学（七年制）[M]. 北京：人民卫生出版社，2001. 159-161.

[7] 吴萍，付强，冯春光，等. 不稳定型心绞痛 64 层螺旋 CT 斑块性质评价[J]. 临床放射学杂志，2008，27(10)：1317-1320.

[8] Kitagawa T, Yamamoto H, Ohhashi N, et al. Comprehensive evaluation of noncalcified coronary plaque characteristics detected using 64-slice computed tomography in patients with proven or suspected coronary artery disease[J]. Am Heart J, 2007, 154(6): 1191-1198.

[9] Nissen SE. Application of intravascular ultrasound to characterize coronary artery disease and assess the progression or regression of atherosclerosis[J]. Am J Cardiol, 2002, 89(4): 24-31.

[10] Leber AW, Knez A, Becker A, et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques: a comparative study with intracoronary ultrasound[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43(7): 1241-1247.

[11] Becker CR, Nikolaou K, Muders M, et al. Ex vivo coronary atherosclerotic plaque characterization with multi-detector-row CT[J]. Eur Radiol, 2003, 13(9): 2094-2098.

[12] 毛定飚，滑炎卿，吴昊，等. 急性冠状动脉综合征粥样硬化斑块的多层螺旋 CT 特征[J]. 中华放射学杂志，2009，43(9)：928-930.

[13] 周懂晶，邵福全，刘玉品，等. 冠心病患者 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像斑块成分与狭窄程度的相关性研究[J]. 医学研究杂志，2010，39(2)：64-67.

[14] 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.

[15] 吴文辉，吕滨，蒋世良，等. 多层螺旋 CT 对冠状动脉粥样硬化斑块的显示结果及与超声结果的比较[J]. 中华放射学杂志，2007，41(10)：1027-1031.

[16] Hoffmann H, Frieler K, Hamm B, et al. Intra- and interobserver variability in detection and assessment of calcified and noncalcified coronary artery plaques using 64-slice computed tomography: variability in coronary plaque measurement using MSCT[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2008, 24(7): 735-742.

[17] Mitsutake R, Miura S, Okamura K, et al. Successful intensive lipid-lowering therapy using atorvastatin stabilizes coronary artery plaque as assessed by multi-detector row computed tomography[J]. Intern Med, 2007, 46(12): 859-863.

（收稿日期：2010-09-01 修回日期：2010-11-29）