

64 层螺旋 CT 冠状动脉钙化积分的再认识

鲁锦国, 吕滨, 戴汝平, 蒋世良, 唐翔, 吴文辉, 宋会军, 乔树宾

【摘要】 目的:研究 64 层螺旋 CT(64-MSCT)冠状动脉钙化积分(CACS)与冠状动脉狭窄间的关系,初步探讨诊断冠状动脉狭窄的钙化积分的合适切点(OCF)。 **方法:**对 150 例同期行常规冠状动脉成像(CAG)和 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像(CTA)的连续患者进行回顾性分析,定量评价钙化积分与冠状动脉狭窄的关系。 **结果:**患者钙化积分与年龄、狭窄程度及病变支数均成正相关($r=0.41, 0.37, 0.41, P<0.001$)。对患者、分支、节段冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 的诊断,ROC 曲线下面积分别为 0.78、0.76、0.67,对狭窄 $\geq 70\%$ 的诊断,ROC 曲线下面积分别为 0.76、0.75、0.66。依据 ROC 曲线获得诊断患者冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 、 $\geq 70\%$ 的钙化积分切点为 255 分、374 分(特异度均为 95%,敏感度分别为 42.2%和 39.4%)。 **结论:**钙化积分可反映冠状动脉病变的程度及范围,对患者或每支冠状动脉狭窄有较高的诊断准确性。对于冠状动脉大量钙化患者,钙化积分可作为传统冠状动脉造影前的筛查手段或辅助 CTA 诊断。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 冠状动脉钙化; 冠状动脉狭窄

【中图分类号】 R814.42; R541.4; R445.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2009)08-0854-05

Re-consideration of 64-row Multi-slice Spiral Computed Tomography Coronary Artery Calcium Scoring LU Jin-guo, Lü Bin, DAI Ru-ping, et al, Fuwai Hospital Cardiovascular Institute Beijing Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the relationship of coronary artery calcium score (CACS) and angiographic coronary artery stenosis and to find the appropriate operating point of CACS for diagnosing the likely severity of coronary artery stenosis. **Methods:** One hundred and fifty consecutive patients suspected of having coronary artery disease were scheduled to undergo electrocardiographically gated 64-row multi-slice spiral computed tomography (64-MSCT) coronary angiography (CTA) and conventional coronary angiography (CAG). CACS was calculated using Agatston's method. The relation between CACS and coronary artery stenosis was evaluated. **Results:** The results showed that there was respectively the positive relation between CACS and age, severity of coronary artery stenosis and number of diseased vessels, the relative coefficient (r) was 0.41, 0.37, 0.41 respectively. When the coronary artery stenosis of every segment was diagnosed to be $\geq 50\%$, the areas under ROC curve were 0.78, 0.76, 0.67 respectively, and when the coronary artery stenosis was $\geq 70\%$, the areas under ROC curve were 0.76, 0.75, 0.66 respectively. We plotted ROC curves to determine optimal coronary calcium scoring cut points. CACS was 255 when diagnosing the coronary arteries stenosis to be $\geq 50\%$ with the specificity and sensitivity being 95% and 42.2%, respectively, and 374 when diagnosing the coronary arteries stenosis to be $\geq 70\%$ with the specificity and sensitivity being 95% and 39.4%, respectively. **Conclusion:** The CACS detected by 64-MSCT can display the severity and extent of the coronary artery stenosis and has a high accuracy for diagnosing coronary artery stenosis of every patient or every branch. To the patients with high calcium score, CACS can be used as a tool to screen severe coronary heart disease or combined with CTA to improve accuracy for the diagnosis of coronary artery stenosis.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Coronary artery calcium; Coronary stenosis

随着影像技术的发展,无创性冠状动脉成像已开始广泛应用于临床,多层螺旋 CT(multi-slice spiral computed tomography, MSCT),尤其是 64 层螺旋 CT 在空间分辨力和时间分辨力方面均能较好的满足临床诊断需要。钙化斑块高密度导致的部分容积效应,可

影响对局部管腔狭窄程度的判断。本文利用 MSCT 对冠状动脉钙化积分(coronary artery calcium score, CACS)进行定量研究,旨在分析探讨冠状动脉钙化与患者年龄、冠状动脉狭窄程度及范围的关系,寻找诊断冠状动脉狭窄病变特异度较高的钙化积分切点,以用于临床筛查冠心病患者或协助 CTA 诊断。

材料与方法

1. 病例资料

作者单位: 100037 北京,北京协和医科大学,中国医学科学院,阜外心血管病医院放射科(鲁锦国、吕滨、戴汝平、蒋世良、唐翔、吴文辉、宋会军),心内科(乔树宾)

作者简介: 鲁锦国(1977—),男,湖北崇阳人,博士研究生,主治医师,主要从事心血管介入治疗及影像诊断工作。

通讯作者: 吕滨, E-mail: blu@vip.sina.com

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(30200067)

搜集 2006 年 4 月~2006 年 12 月 150 例临床疑有冠心病的连续住院患者先后行 64 层 MSCT 冠状动脉成像及常规冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)检查,间隔时间为 1~5 d,平均(2.1±0.7) d。男 113 例,女 37 例,年龄为 30~80 岁,平均(57.9±11.6)岁,身高为 150~185 cm,平均(167.6±7.7) cm,体重为 46~100 kg,平均(72.0±10.8) kg,检查时心率为 39~85 次/分,平均(58.4±7.4)次/分。病例排除标准包括对碘对比剂过敏、严重心律不齐、检查时心率>75 次/分,严重左心功能不全、严重肝肾功能不全、冠状动脉支架植入术后或搭桥术后复查患者等。检查前心率>70 次/分的患者,给予口服倍他乐克 25~50 mg,持续观察心率,直到符合扫描要求。

2. MDCT 扫描技术

应用美国通用电气(General Electric, GE)公司的 64 层螺旋 CT(Lightspeed VCT),按以下步骤完成检查:①先做自胸廓入口至心脏膈面下方的胸部屏气定位像;②完成非增强冠状动脉钙化扫描;③MSCT 增强扫描;④图像传输至工作站(GE 公司 Deep Blue, ADW4.3),行钙化积分计算或图像后处理。

3. 图像后处理和分析

首先选取重建后 3 个不同期相中较少运动伪影的期相图像,结合 MDCT 冠状动脉增强图像对冠状动脉节段冠状动脉钙化进行积分(冠状动脉的分段采用美国心脏病协会(AHA)修订的分类方法^[1])。左优势型冠状动脉只评价右冠的 1、2 段,同时评价增加了回旋支的节段,相当于右优势型右冠的后降支和左室后支。分别对节段、支(右冠、左主干、前降支、回旋支)、患者钙化进行积分。采用 Agatston 法计算钙化积分(由工作站计算机自动得出)。

4. 常规 CAG 技术

采用西门子公司冠状动脉造影设备(Coroskop T. O. P),以改良 Seldinger 法穿刺右桡动脉或右股动脉分别进行左、右冠状动脉造影,对比剂碘浓度为 370 mg I/ml,取 6 个标准投照体位:左前斜位、左前斜头位、左前斜尾位、右前斜位、右前斜头位、右前斜尾位,必要时根据具体情况增加投照体位。

5. 冠状动脉造影分析

由 2 位能独立完成冠状动脉造影检查的主治以上医师,按美国心脏病协会对冠状动脉分段方法,对冠状动脉的 16 个主要节段冠状动脉狭窄程度分别进行评价。不一致的诊断,两者再次诊断并达成一致。对冠状动脉狭窄的判断,国际上通常采用目测直径法,按公式(1)计算血管狭窄程度:

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

其中, D_1 指狭窄段近心段正常血管直径, D_2 指狭窄处血管直径。

依冠状动脉狭窄程度将冠状动脉狭窄分为:正常,冠状动脉无狭窄;轻度狭窄,冠状动脉狭窄<50%;中度狭窄,冠状动脉狭窄≥50%,但<70%;重度狭窄或闭塞,冠状动脉狭窄≥70%。对患者、分支、节段冠状动脉狭窄定义为取每名患者、每一支和每一节段冠状动脉的最重的一处狭窄。

6. 统计学分析

以冠状动脉造影作为发现狭窄病变及对狭窄程度的定量判断的金标准。由于冠状动脉钙化积分呈非正态分布,将钙化积分值转换成为呈正态分布的自然对数值,即将钙化积分加 1 后取自然对数,再采用方差分析(ANOVA),对各组的均数进行差别的显著性检验。两两比较采用经 SNK 检验。分别以冠状动脉节段、分支和患者为基础进行冠状动脉钙化积分分析。采用 ROC 曲线分析评价钙化积分诊断冠状动脉狭窄的价值,依 Youden 指数最大(敏感度+特异度-1)和固定特异度(95%)决定合适切点(optimal cut points, OCP)。以上数据统计均使用 SPSS 13.0 软件分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

150 例患者中,冠心病患者 113 例(75.3%),冠状动脉钙化 109 例(72.7%),冠心病患者中钙化病例为 94 例(94/113, 83.2%)。2240 个节段(经螺旋 CT 冠状动脉造影检查确定)中,538 个节段钙化(538/2240, 24.0%)。经常规 CAG 证实的冠状动脉狭窄≥50%的节段为 484 个(484/2240, 21.6%),其中钙化节段为 236 个(236/484, 48.8%)。

1. 钙化积分和年龄的关系

冠状动脉钙化积分与年龄成正相关($r=0.34$, $P<0.001$)。<50 岁年龄组、50~59 岁年龄组、60~69 岁年龄组和>70 岁年龄组钙化积分分别为 102.0 ± 244.4 、 167.7 ± 243.7 、 428.0 ± 688.0 、 687.7 ± 843.4 ,各年龄组钙化积分差异有统计学意义($P<0.05$)。

2. 冠状动脉各节段钙化与管腔狭窄的关系

所有节段钙化积分与管腔狭窄程度呈正相关($r=0.37$, $P<0.001$)。冠状动脉节段无狭窄组钙化积分(6 ± 26)较有狭窄组(36 ± 90)的低($P<0.001$),冠状动脉轻度狭窄组钙化积分(22 ± 45)较中度狭窄组(30 ± 68)及重度狭窄组(55 ± 54)的低($P=0.046$ 、

0.002), 冠状动脉中度狭窄组的钙化积分较重度狭窄组钙化积分之间差异无统计学意义($P=0.069$)。

3. 钙化积分与冠状动脉病变支数(狭窄 $\geq 50\%$)的关系

钙化积分与冠状动脉病变支数呈正相关($r=0.41, P<0.001$), 其分布情况见表 1。

表 1 钙化积分与冠状动脉病变支数的关系

病变支数	钙化例数/ 总例数	钙化积分				
		最小值	25%	50%	75%	最大值
0	15/37(40.5%)	0	0	0	80.0	367
1	22/35(62.9%)	0	0	8.0	365	1748
2	28/34(82.4%)	0	14.0	125.0	148.0	939
3*	44/44(100%)	4	125.0	450.5	776.8	3987

注: * 3 支病变包括 8 例左主干和 3 支病变。

从表 1 中看出, 随病变血管的增多, 钙化积分增多, 冠状动脉无病变组钙化积分与单支病变组患者的差异无统计学意义($P=0.106$), 较 2 支、3 支病变组患者的均低($P<0.001$), 1 支病变组钙化积分较 2 支病变组、3 支病变组患者的低($P=0.025, P<0.001$), 2

支病变组钙化积分与 3 支病变患者的差异无统计学意义($P<0.001$)。

4. 钙化积分对冠状动脉病变诊断的 ROC 下面积和合适切点的选择

钙化积分对患者、分支及节段冠状动脉病变诊断的 ROC 下面积见图 1~6, 依据 Youden 指数最大, 对患者冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 和 $\geq 70\%$ 诊断的钙化积分合适切点均为 1 分, 其相应的敏感度分别为 83.2%和 87.4%, 特异度分别为 59.5%和 52.7%。设定不同的特异度值时获得诊断患者冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 和 $\geq 70\%$ 的钙化积分切点分别见表 2 和表 3。

表 2 对冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 诊断钙化积分切点 (%)

诊断切点	特异度	敏感度	阳性预测值	阴性预测值
368	100	36	100	34
255	95	42	96	35
176	90	46	93	35
114	85	53	92	38
99	80	58	90	38

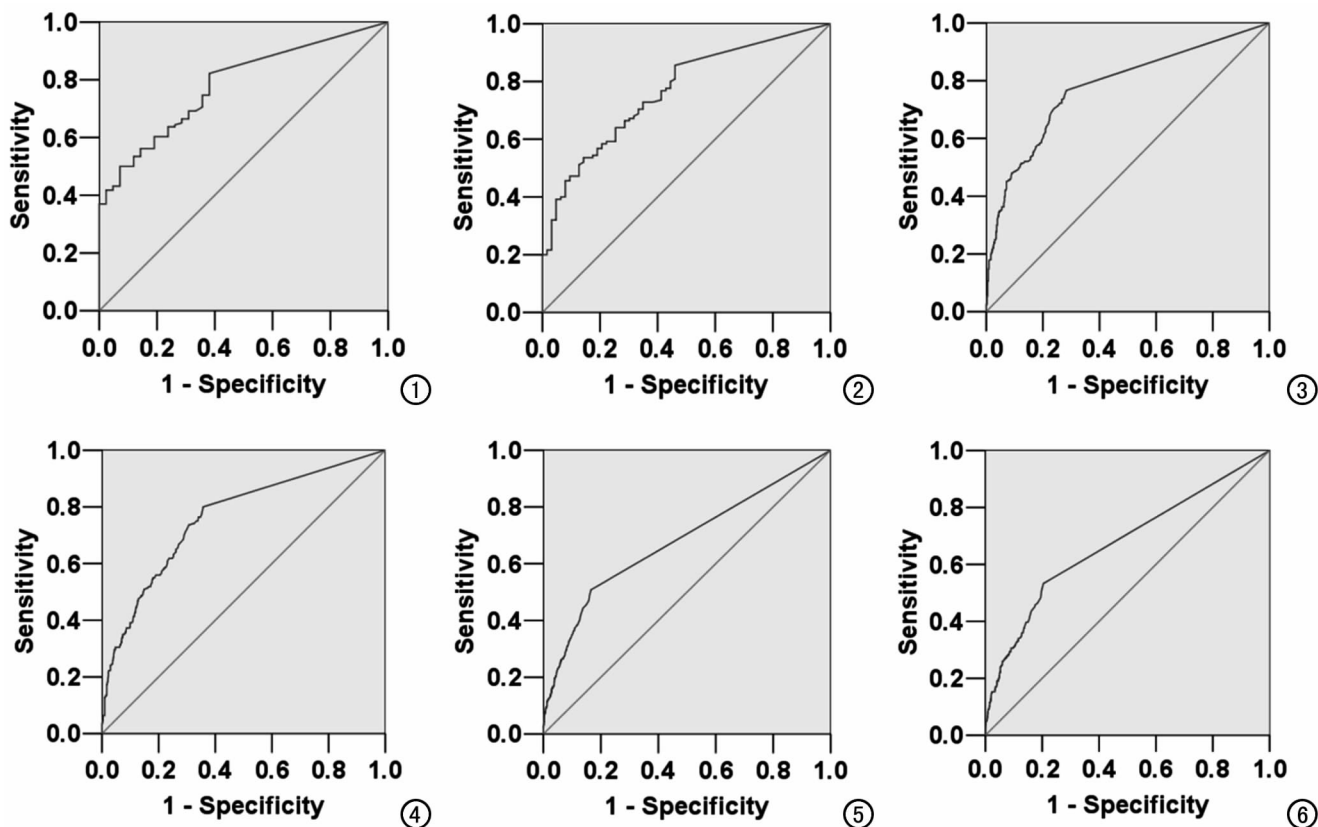


图 1 钙化积分对患者冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 诊断的 ROC 曲线, ROC 曲线下面积为 0.78 ± 0.04 。图 2 钙化积分对患者冠状动脉狭窄 $\geq 70\%$ 诊断的 ROC 曲线, ROC 曲线下面积为 0.76 ± 0.05 。图 3 钙化积分对冠状动脉分支狭窄 $\geq 50\%$ 诊断的 ROC 曲线, ROC 曲线下面积为 0.76 ± 0.03 。图 4 钙化积分对冠状动脉分支狭窄 $\geq 70\%$ 诊断的 ROC 曲线, ROC 曲线下面积为 0.75 ± 0.02 。图 5 钙化积分对冠状动脉节段狭窄 $\geq 50\%$ 诊断的 ROC 曲线, ROC 曲线下面积为 0.67 ± 0.03 。图 6 钙化积分对冠状动脉节段狭窄 $\geq 70\%$ 诊断的 ROC 曲线, ROC 曲线下面积为 0.66 ± 0.02 。

表 3 对冠状动脉狭窄 $\geq 70\%$ 诊断钙化积分切点 (%)

诊断切点	特异度	敏感度	阳性预测值	阴性预测值
734	100	19	100	42
374	95	39	93	47
254	90	46	90	50
175	85	51	86	50
115	80	57	83	52

讨 论

64 层螺旋 CT 冠状动脉成像是目前有效可靠的冠心病诊断方法之一,能准确的显示冠状动脉病变,其敏感度为 $97\% \sim 99\%$,特异度约 $83\% \sim 94\%$ ^[2]。钙化斑块由于部分容积效应影响局部管腔的观察,不能准确判断狭窄程度^[3]。最新的 MSCT 研究显示,大量钙化容易导致对病变的高估,导致大量的假阳性结果(阳性预测值为 $63\% \sim 77\%$)^[4]。孙昊等^[5]对一星期内同期行 MSCT 冠状动脉成像和常规冠状动脉造影 60 例患者诊断情况进行分析,发现当钙化积分 ≥ 100 时,CT 冠状动脉造影对冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 的诊断的特异度仅为 63% (无钙化组诊断的特异度为 100%)。特异度的降低,假阳性的增加,增加了非冠心病患者进一步行常规冠状动脉造影(CAG)的概率,增加了患者的经济负担和减少 X 线辐射。Pelberg 等^[6]建议广泛冠状动脉钙化的患者应尽量避免行 CTA 扫描。如何寻找一种优越的成像方法无创性准确评估广泛钙化的冠状动脉仍然是一个严峻的挑战。然而钙化越多,冠状动脉狭窄可能性越大^[7],我们也许可以充分利用钙化积分来筛查严重冠心病患者或协助 CTA 来提高诊断的准确率。

1. CACS 与患者年龄和冠状动脉狭窄程度以及冠状动脉病变范围的关系

Hoff 等^[8]对 35246 例无症状患者行冠状动脉钙化 EBCT 扫描,发现随着年龄增加,冠状动脉钙化呈增加趋势,男性 50 岁及女性 60 岁以后冠状动脉钙化急剧增加。本组病例女性病例少,仅占总人数 25% ,未对男女单独分析,但总的人群冠状动脉钙化也是随年龄增加而增加($r=0.34, P<0.001$)。

冠状动脉钙化积分除与年龄相关外,与冠状动脉狭窄程度及范围也有关,冠状动脉狭窄越重,钙化积分越高;冠状动脉狭窄病变越多,钙化积分越高^[9-12]。本研究亦证实 CACS 程度与血管病变程度有一定的关系,随着冠状动脉病变范围的扩大,累及血管支数的增加,CACS 的程度也随之加重。同时本研究表明在所有钙化节段中,除冠状动脉无狭窄组钙化积分与其它各组有显著性差异外,其余各组间均无显著性差异。

这也证实了钙化病灶和狭窄病变也并非一一对应,钙化并不一定出现在严重狭窄病变中^[7]。

2. CACS 预测冠状动脉狭窄的合适切点选择

64 层 MSCT 在冠状动脉狭窄和斑块方面研究的文献大量涌现,但在探讨 MSCT 冠状动脉钙化积分对冠状动脉狭窄诊断的合适切点方面,国内外文献不多见。

ROC 曲线下面积可反映诊断试验的准确性大小,一般认为,ROC 曲线下面积为 $0.5 \sim 0.7$ 时,表示诊断准确性较低;为 $0.7 \sim 0.9$ 时,表示诊断准确性为中等;为 0.9 以上时,表示诊断准确性较高^[13]。本研究中诊断节段冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 和 $\geq 70\%$ 的 ROC 下面积小于 0.7 ,其诊断价值较低。这也说明节段钙化与节段狭窄并不对应,用钙化积分预测各节段冠状动脉狭窄价值受限。虽然冠脉钙化并不等同冠脉狭窄,但对于患者来说钙化量越大,冠状动脉狭窄可能性越大^[7]。对于患者和分支冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 和 $\geq 70\%$ 的诊断,其 ROC 曲线下面积均大于 0.7 ,其诊断准确性为中等。

本研究中,选择 Youden 指数最大时为最佳切点^[14],诊断患者冠状动脉狭窄 $\geq 70\%$ 的钙化积分切点为 1 分(敏感度为 87.4% ,特异度 52.7%)。但为了减少假阳性率,需要提高诊断的特异性,在 ROC 曲线上,合适切点就要接近 $(0,0)$ ^[14]。本研究结合 ROC 曲线采用固定特异性选择最佳切点的方法^[15],设定最低特异度为 95% 时获得诊断患者冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 和 $\geq 70\%$ 的钙化积分切点为分别为 255、374 分,此时阳性预测值分别为 96% 、 93% 。

国外文献报道,诊断冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$,获得特异度 $>95\%$ 时,钙化积分切点为 400 分^[16,17],远远高于本研究 255 分的钙化积分切点,这可能提示国人的钙化积分低于国外人群的钙化积分。

3. CACS 对 CT 冠状动脉诊断流程的优化

仅用钙化积分为 374 分作为诊断患者冠状动脉狭窄 $\geq 70\%$ 的切点时,因敏感性低,会导致大量患者漏诊,所以我们应进一步对钙化积分 <374 分的患者行 CTA 检查,进一步明确冠状动脉病变(图 7)。研究显示利用钙化积分的诊断价值,可以诊断 CTA 未能发现的冠状动脉狭窄病变,能提高 CTA 诊断的敏感度^[17]。

4. 本研究的不足

本研究所入选病例均为有症状患者,阳性率高(75%),钙化率高(73%),这可能导致本研究的钙化预测值存在偏差,对于无症状患者,钙化积分的分布规律

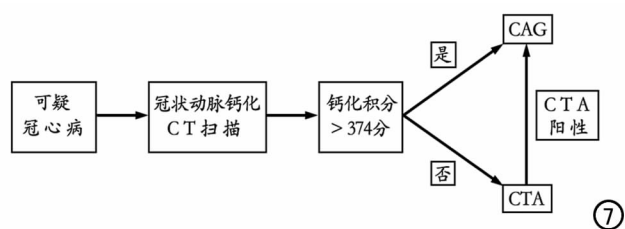


图 7 可疑冠心病患者的 CT 冠状动脉诊断流程示意图。

及其对冠状动脉病变预测的价值有待进一步研究。其次,本组病例少,其中女性也很少,未能对年龄和性别进行分层进行分层确定钙化积分最佳切点,依年龄和性别分层的更精确的钙化积分最佳切点有待进一步研究。另外,本研究没有分析冠状动脉钙化对 CTA 诊断的影响,钙化积分结合 CTA 对中国人群冠状动脉病变诊断的准确性的提高情况也有待于进一步研究。

总之,钙化积分可反映冠状动脉病变的程度及范围,对患者或每支冠状动脉狭窄有较高的诊断准确性。对于冠状动脉大量钙化患者,钙化积分可作为传统冠状动脉造影前的筛查手段或辅助 CTA 诊断。

参考文献:

- [1] Trabold T, Buchgeister M, Kuttner A, et al. Estimation of Radiation Exposure in 16-detector Row Computed Tomography of the Heart with Retrospective ECG-gating[J]. Fortschr Röntgenstr, 2003, 175(8):1051-1055.
- [2] Mowatt G, Cook JA, Hillis GS, et al. 64-slice Computed Tomography Angiography in the Diagnosis and Assessment of Coronary Artery Disease: Systematic Review and Meta-analysis[J]. Heart, 2008, 94(11):1386-1393.
- [3] Schoenhagen P, Halliburton SS, Stillman AE, et al. Noninvasive Imaging of Coronary Arteries: Current and Future Role of Multi-detector Row CT[J]. Radiology, 2004, 232(1):7-17.
- [4] Burgstahler C, Reimann A, Drosch T, et al. Cardiac Dual-source Computed Tomography in Patients with Severe Coronary Calcifications and a High Prevalence of Coronary Artery Disease[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2007, 1(3):143-151.

- [5] 孙昊, 高明明, 马展鸿, 等. 冠状动脉钙化对 64 层螺旋 CT 诊断冠状动脉狭窄的影响[J]. 中华放射学杂志, 2007, 41(10):1023-1027.
- [6] Pelberg R, Mazur W. Cardiac CT Angiography Manual[M]. Germany: Springer Verlag, 2007. 51.
- [7] 王诚, 赵世华, 戴汝平. 冠状动脉钙化电子束 CT 研究进展[J]. 国外医学: 临床放射学分册, 2005, (3):153-156.
- [8] Hoff JA, Chomka EV, Krainik AJ, et al. Age and Gender Distributions of Coronary Artery Calcium Detected by Electron Beam Tomography in 35,246 Adults[J]. Am J Cardiol, 2001, 87(12):1335-1339.
- [9] 张少雄, 戴汝平. 电子束 CT 对冠状动脉钙化的定量研究[J]. 中华心血管病杂志, 1998, 26(4):289-292.
- [10] Rumberger JA, Schwartz RS, Simons DB, et al. Relation of Coronary Calcium Determined by Electron Beam Computed Tomography and Lumen Narrowing Determined by Autopsy[J]. Am J Cardiol, 1994, 73(16):1169-1173.
- [11] 朱军, 施海明, 等. 电子束 CT 冠状动脉钙化积分与冠状动脉病变严重程度的相关研究[J]. 临床放射学杂志, 2001, 20(10):752-756.
- [12] 蔡雪黎, 计光, 张怀勤, 等. 多排螺旋 CT 冠状动脉钙化积分对冠心病诊断的临床意义[J]. 医学研究杂志, 2008, 37(2):118-120.
- [13] 陈卫中, 倪宗瓚, 潘晓平, 等. 用 ROC 曲线确定最佳临界点和可疑值范围[J]. 现代预防医学, 2005, (7):729-731.
- [14] 宇传华, 徐勇勇. ROC 分析的基本原理[J]. 中华流行病学杂志, 1999, 19(2-A):413-415.
- [15] 陈卫中, 潘晓平, 宋兴勃, 等. ROC 曲线中最佳工作点的选择[J]. 中国卫生统计, 2006, (2):157-158.
- [16] Schermund A, Mohlenkamp S, Baumgart D, et al. Usefulness of Topography of Coronary Calcium by Electron-beam Computed Tomography in Predicting the Natural History of Coronary Atherosclerosis[J]. Am J Cardiol, 2000, 86(2):127-132.
- [17] Lau GT, Ridley LJ, Schieb MC, et al. Coronary Artery Stenoses: Detection with Calcium Scoring, CT Angiography, and both Methods Combined[J]. Radiology, 2005, 235(2):415-422.

(收稿日期:2009-02-24 修回日期:2009-03-11)

下期要目

艾滋病影像学专题(一)

颅内单发性纤维瘤临床病理及影像学表现

永存动脉干影像学诊断(附 11 例报告)

心脏磁共振在体示踪移植细胞的可行性研究

X 线平片和 CT 扫描对胸部创伤的诊断价值

腺泡状软组织肉瘤的 MRI 表现

MR 磁敏感成像技术的原理及其在脑部疾病的应用

舌和口底鳞状细胞癌和脉管畸形的 MR-DWI 评价

壳聚糖-g-聚丙烯酸钠纳米 Fe_3O_4 磁共振体外信号变化的实验研究

兔颈动脉粥样硬化模型的构建及 MR 成像的初步实验研究

活体肝移植术前 CT 测量供体肝右叶体积和质量的校正公式

采用 16 层螺旋 CT 诊断直肠癌淋巴结转移的初步研究