

❖ 心脏、血管影像学

Diagnostic accuracy of 64-detector row CT in coronary artery stenosis caused by calcified coronary artery plaques: A multicenter study

LV Biao¹, ZHOU Xu-hui², WANG Xiang³, ZHANG Bin⁴, ZHAO Lei¹, YANG Lin¹,
WANG Miao¹, ZHANG Tong⁵, ZHANG Yun⁶, ZHANG Zhao-qi^{1*}

(1. Department of Radiology, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China;
2. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 511380, China;
3. Department of Radiology, the General Hospital of Wuhan, Wuhan 430014, China; 4. Department of Radiology,
Peking University Shougang Hospital, Beijing 100144, China; 5. Department of Radiology, the Fourth
Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, China; 6. Department of Radiology, First
Affiliated Hospital of Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the diagnostic accuracy of coronary artery stenosis caused by calcified coronary artery plaques with 64-detector row CT under different conditions. **Methods** Totally 165 patients with coronary artery calcification accompanied by one or more branches stenosis more than 50% detected with computed tomography coronary angiography (CTCA) were collected. The Agatston calcium score (ACS) and stenosis rate were calculated based on per-patient, per-vessel, per-segment, various stenosis degree and different morphology of calcification as the analysis object, respectively. The measurement results of coronary angiography (CAG) were taken as the gold standard. The diagnostic accuracy was evaluated with receiver operating characteristic (ROC) curves which were created to assess the diagnostic value and to determine the diagnostic cutoff level (threshold). **Results** When per-patient analyzed, the greatest diagnostic accuracy rate was obtained with ACS threshold of 113.5, and the area under curve (AUC) value of ROC was 0.791. With the analysis object of per-vessel, the greatest diagnostic accuracy rate was found in right coronary artery and its sub-branches, and the AUC value was 0.897. Per-segment analyzed, the highest accuracy rate was obtained in RCA1 segment, and the AUC value was 0.894. When the analysis object was the morphology of calcification, the range of AUC value was merely 0.601—0.667, while the diagnostic value was rather low. The highest accuracy of CTCA was obtained in stenosis less than 50%, and the AUC value was 0.856. **Conclusion** Coronary artery calcification has different influence on the diagnostic accuracy rate of coronary artery stenosis with CTCA in various situations. Moreover, the morphology of the calcification may not be the main impact factors of the diagnostic accuracy.

[Key words] Coronary disease; Tomography, X-ray computed; Calcinosi

64 排螺旋 CT 对伴有钙化的冠状动脉狭窄 诊断准确性的多中心研究

吕 飙¹, 周旭辉², 王 翔³, 张 滨⁴, 赵 蕾¹, 杨 琳¹, 王 森¹, 张 同⁵, 张 蕴⁶, 张兆琪^{1*}

(1. 首都医科大学附属北京安贞医院放射科, 北京 100029; 2. 中山大学附属第一医院放射科, 广东 广州 511380;
3. 武汉市中心医院放射科, 湖北 武汉 430014; 4. 北京大学首钢医院放射科, 北京 100144; 5. 哈尔滨医科大学附属
第四医院放射科, 黑龙江 哈尔滨 150001; 6. 西安交通大学医学院第一附属医院放射科, 陕西 西安 710061)

[摘 要] 评价 64 排螺旋 CT 在不同情况下对冠状动脉钙化病变所致狭窄的诊断准确性。方法 收集 165 例经 CT 冠

[作者简介] 吕飙(1961—), 男, 安徽巢湖人, 博士, 主任医师。研究方向: 心肺血管影像诊断。E-mail: biao_lu2007@sina.com

[通讯作者] 张兆琪, 首都医科大学附属北京安贞医院放射科, 100029。E-mail: zhaoqi5000@vip.sohu.com

[收稿日期] 2009-11-30 **[修回日期]** 2009-12-28

动脉成像(CTCA)检查发现冠状动脉钙化并至少 1 个主要分支狭窄 >50% 的患者,分别以个体、冠状动脉主支、节段、病变狭窄程度及钙化斑块形态为分析对象,测量 Agatston 积分(ACS)和狭窄率。以冠状动脉造影(CAG)作为标准,通过绘制 ROC 曲线来判定不同情况下 CTCA 的诊断价值并确定最佳的诊断切点。**结果** 以个体为分析对象,ROC 曲线下面积为 0.791,以 ACS 值 113.5 为切点时诊断准确性最高。以冠状动脉主支为分析对象,对右冠状动脉及其分支狭窄的诊断效果最佳,ROC 曲线下面积为 0.897。以冠状动脉节段为分析对象,对 RCA1 段狭窄诊断准确性最高,ROC 曲线下面积为 0.894。以钙化斑块形态为研究对象,ROC 曲线下面积仅在 0.601~0.667 之间,诊断价值较低。CTCA 对狭窄程度 <50% 的狭窄诊断价值较大,曲线下面积为 0.856。**结论** CTCA 中,钙化对不同主支、不同节段及不同狭窄程度冠状动脉狭窄的诊断准确性影响不同;钙化斑块的形态不是影响诊断准确性的主要因素。

[关键词] 冠状动脉疾病;体层摄影术,X 线计算机;钙质沉着症

[中图分类号] R814.42; R541.4 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2010)04-0674-05

64 排螺旋 CT 冠状动脉成像(computed tomography coronary angiography, CTCA)技术日臻成熟,为冠心病的无创性诊断和随访提供了有效手段^[1]。研究^[2-4]表明,钙化是影响多排螺旋 CT 对冠状动脉病变诊断准确性的主要因素之一。本研究对 CTCA 中病变血管的 Agatston 积分(Agatston calcium score, ACS)及狭窄率进行评估,并以冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)作为标准,评价 CTCA 在不同情况下诊断冠状动脉钙化所致狭窄的准确性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2007 年 7 月—2008 年 5 月,收集来自 6 家医院的 165 例(首都医科大学附属北京安贞医院 90 例,中山大学附属第一医院 30 例,武汉市中心医院 15 例,北京大学首钢医院 10 例,哈尔滨医科大学附属第四医院 10 例,西安交通大学医学院第一附属医院 10 例)经 CTCA 检查发现冠状动脉钙化并至少 1 个主要分支 >50% 狭窄的患者,其中男 122 例,女 43 例,年龄 44~84 岁,平均 65.3 岁。扫描时所有患者心率均控制在 70 次/分以下。本研究经医学伦理委员会研究批准,所有患者均签署知情同意书。

1.2 检查方法

1.2.1 CT 检查 各中心均采用 Toshiba Aquilin 64 排螺旋 CT 机,扫描前准备、扫描方式及扫描参数统一。先行前瞻性心电门控冠状动脉钙化积分扫描(coronary artery calcification scores, CACS),后行 CTCA 检查。扫描参数:管电压 120~140 kV,管电流 350~450 mA,准直 64×0.5 mm;螺距 11.2~13.2,球管旋转速度 400 ms/rot,矩阵 512×512,FOV 180 mm×180 mm。采用双筒高压注射器以 4~6 ml/s 的速率经肘前静脉注入非离子型对比剂(碘海醇,350 mgI/ml)60~85 ml,再以同等速率注射 30 ml 生理盐水。同时监测升主动脉根部区域 CT 值,CT 值达到 180 HU 后开始容积扫描,同步记录心电信号。扫描范围:上至气管隆嵴下水平,下至心膈面下方 15 mm。

1.2.2 CAG 对发现钙化病变且 CTCA 扫描中发现冠状动脉至少 1 个主要分支存在狭窄 >50% 的患者,在 2 周内行 CAG。采用统一的冠状动脉投照体位。

1.3 图像后处理及分析 钙化积分及 CTCA 数据传输至 XW 8200 后处理工作站,应用 Vitrea 2(version 3.8)后处理软件逐一测定每个钙化病变的 ACS 和对应的狭窄率。

冠状动脉的节段参照美国心脏病学会(American Heart

Association, AHA) 冠状动脉树 15 段改良分段法划分。冠状动脉狭窄程度分为 3 个等级,即狭窄 <50%、狭窄 ≥50% 且 <75% 和狭窄 ≥75%。钙化斑块按其形态分为点状斑块(斑块最大径线 ≤5 mm)、条状斑块(贴壁/块状,有一条径线 >5 mm 且 ≤10 mm)和弥漫斑块(斑块径线 >10 mm 或条状钙化和点状钙化在同一段内且关系密切)。

图像分析:CTCA 图像质量评分标准采用 Likert 4 分分级法^[5]:1 分为优,冠状动脉清晰,管腔连续完整,无明显运动伪影,无明显错层;2 分为良好,管壁欠锐利或曲面重组(curved planar reformat, CPR)见轻度运动伪影,不影响诊断;3 分为中等,管壁中度伪影或 CPR 图像有阶梯状伪影,量化诊断存在困难;4 分为差,冠状动脉错位、管壁严重伪影,难以用于诊断。图像质量评分为 1~2 分者纳入分析。

CAG 应用心血管造影设备上专用的定量冠状动脉造影(quantitative coronary angiography, QCA)测量软件进行病变狭窄测量。上述测量分别由 2 名 CTCA 诊断医师和 2 名 CAG 诊断医师采用双盲法完成,有分歧时经协商达成一致。

表 1 钙化病变的分布及 CTCA 与 CAG 的一致性(处)

部位	病灶数	诊断一致数	诊断不一致数
LM	39	34	5
LAD1	151	110	41
LAD2	66	50	16
LAD3	13	10	3
D1	45	34	11
D2	15	13	2
LCX1	78	59	19
LCX2	34	22	12
OM	14	9	5
RCA1	103	75	28
RCA2	50	42	8
RCA3	18	10	8
PDA	17	16	1
PLVB	8	7	1
AM	1	0	1
合计	652	491	161

注:CTCA:CT 冠状动脉成像;LM:左主干;LAD:左前降支;D:对角支;LCX:左回旋支;OM:钝缘支;RCA:右冠状动脉;PDA:后降支;PLVB:左室后支;AM:锐缘支

1.4 统计学分析 应用 SPSS 13.0 统计软件进行统计学分析。采用绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线来判定 CT-CA 在相关指标 (个体、冠状动脉主支、节段、钙化斑块形态和病变狭窄程度) 下的诊断价值。分别对 2 名 CT-CA 医师及 2 名 CAG 医师的分析结果进行 Kappa 检验, 分析医师间诊断一致性。

2 结果

CTCA 医师及 CAG 医师间均具有较高的诊断一致性, Kappa 值: CT-CA 诊断医师间为 0.69; CAG 诊断医师间为 0.78。

165 例中, 可供分析的含钙化狭窄病灶共 652 处, 其不同冠状动脉节段的分布情况及 CTCA 与 CAG 结果的一致性见表 1。

分别以个体、冠状动脉主支、节段、钙化斑块形态及病变狭窄程度为分析对象, ACS 对诊断准确性的影响见表 2。①以个体为分析对象, ACS 以 113.5 作为切点时, 可获得最大的诊断准确性, ROC 曲线下面积为 0.791, 该切点的敏感度为 87.17%, 特异度为 77.52% (图 1); ②以冠状动脉主支及其属支为分析对象时, 左前降支及属支共 290 处狭窄, 左回旋支及属支为 126 处, 右冠状动脉及属支为 197 处; 其中 ACS 对右冠状动脉及属支狭窄的诊断效果最佳, 以 ACS 值 146.0 为切点时诊断价值最大, ROC 曲线下面积为 0.897; 该切点的敏感度为 85.45%, 特异度为 91.08% (图 2); ③以冠状动脉节段为分析对象时, 发生狭窄较多的节段为 LAD1 段 151 处, RCA1 段 103 处; ACS 在 LM, LAD1, LCX1, RCA1 和 RCA2 这 5 个节段具有较高的诊断价值, ROC 曲线下面积范围 0.765~0.894, 获得最大诊断准确性的 ACS 值范围 83.0~194.0; 其中 ACS 对 RCA1 段狭窄的诊断准确性最高, 以 ACS 值 132.5 作为切点时诊断价值最大, ROC 曲线下面积为 0.894; 该切点的敏感度为 80.12%, 特异度为 85.28% (图 3); ④ACS 对不同形态钙化斑块所致的狭窄诊断价值均较低, ROC 曲线下面积范围仅为 0.601~0.667; ⑤将 CAG 发现的血管狭窄程度按 <50%、≥50% 且 <75% 和 ≥75% 分 3 组后发现 ACS 对狭窄程度 <50% 的狭窄诊断价值较大, 以 ACS 值 54.5 为切点时 ROC 曲线下面积为 0.856; 该切点的敏感度为 76.00%, 特异度为 89.45% (图 4)。

3 讨论

冠状动脉粥样硬化病变钙化的发生率高, Schmermund

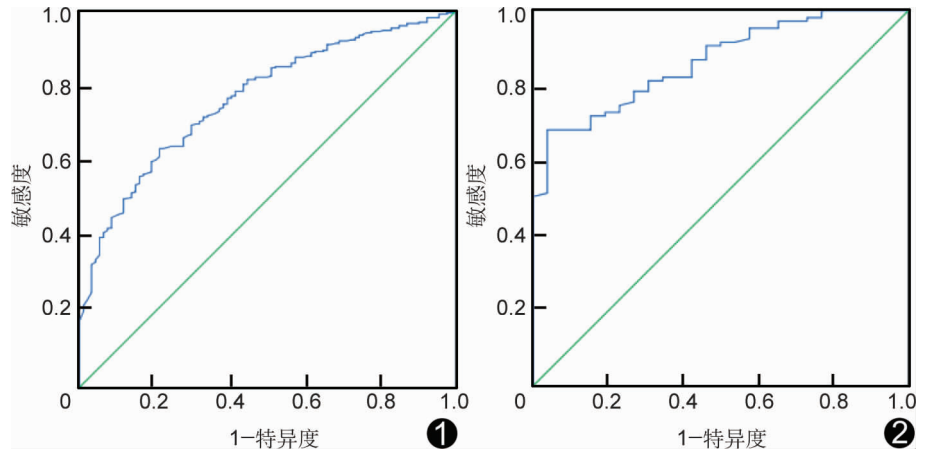


图 1 以个体为分析对象时的 ROC 曲线 ROC 曲线下面积 0.791, ACS 最佳切点 113.5 图 2 以冠状动脉主支为分析对象时右冠状动脉及其属支的 ROC 曲线 ROC 曲线下面积 0.897, ACS 最佳切点 146.0

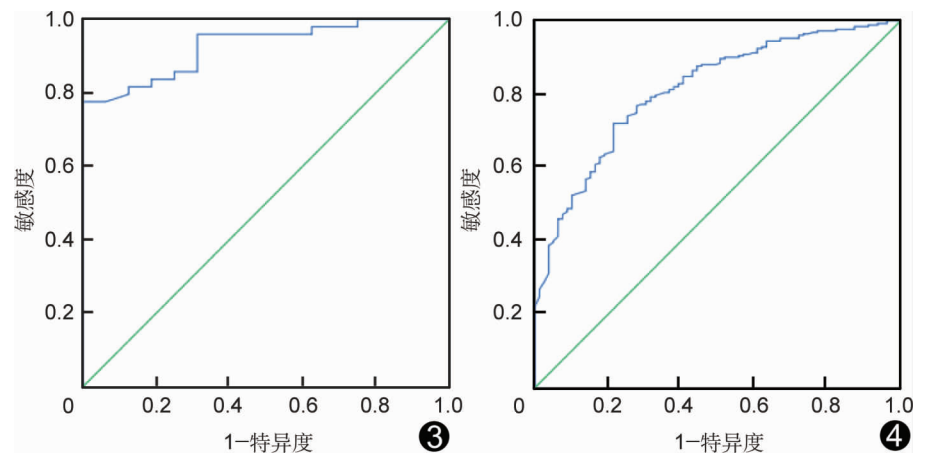


图 3 以冠状动脉节段为分析对象时 RCA1 段的 ROC 曲线 ROC 曲线下面积 0.894, ACS 最佳切点 132.5 (RCA: 右冠状动脉) 图 4 以狭窄程度为分析对象时狭窄程度 <50% 组的 ROC 曲线 ROC 曲线下面积 0.856, ACS 最佳切点 54.5

等^[6]报道冠状动脉粥样硬化斑块中钙化的总发生率可达 70%~80%。Leshka 等^[7]在 CTCA 和 CAG 的对比研究中也发现含钙化的冠状动脉病变占全部病变的 49%。因此, 在 CTCA 的诊断过程中对含钙化病变的评价十分重要。综合以往研究^[8-12]结果及本研究结果, CTCA 对含钙化病变的诊断准确率较低, 但对狭窄程度 <50% 的病变诊断价值较大, 而对狭窄程度 >50% 的病变的进一步细化定量分析误差较大。

以往研究均以个体 ACS 进行钙化程度的评估。Kuettner 等^[13]应用 16 排螺旋 CT 行 CTCA, 分析指出当冠状动脉的 ACS 达到 1000 时即完全无诊断意义。Brodoefel 等^[14]研究发现, ACS 增加所致的图像质量下降和无法诊断的冠状动脉节段增多呈正相关。另有研究^[15]以个体水平 ACS 值的中位数 142 为界, 将 134 例病例分为两组, 组间具有诊断差异性。本研究中分别以个体、冠状动脉主支、冠状动脉节段为分析对象, 发现在不同主支及节段中, 冠状动脉钙化对冠状动脉狭窄 CTCA 诊断准确性的影响差别明显。本研究中以个体为分析对象时, ROC 曲线下面积为 0.791, ACS 以 113.5 为

表 2 以不同指标为分析对象时 ACS 的诊断准确性

指标	ROC 曲 线下面积	ACS	敏感度 (%)	特异度 (%)	假阳性 率(%)	假阴性 率(%)
个体	0.791	113.5	87.17	77.52	22.48	12.83
冠脉主支						
左前降支及所属对角支	0.756	105.5	80.23	78.27	21.73	19.77
左旋支及属支	0.832	113.0	91.33	71.41	28.59	8.67
右冠状动脉及属支	0.897	146.0	85.45	91.08	8.92	14.55
冠状动脉节段						
LM	0.799	154.5	76.64	80.00	20.00	23.36
LAD1	0.765	89.5	71.75	80.47	19.53	28.25
LAD2	0.682	87.0	78.22	69.51	30.49	21.78
D1	0.685	39.5	56.37	90.86	9.14	43.63
LCX1	0.799	83.0	72.00	73.74	26.26	28.00
LCX2	0.736	100.1	87.00	55.47	44.53	19.00
RCA1	0.894	132.5	80.12	85.28	14.72	19.88
RCA2	0.769	98.0	73.47	87.44	12.56	26.53
斑块类型						
点状斑块	0.601	80.5	74.00	62.56	37.44	26.00
条状斑块	0.667	105.5	76.22	73.61	26.39	23.78
弥漫斑块	0.644	163.5	61.14	75.43	24.57	38.96
狭窄程度						
<50%	0.856	54.5	76.00	89.45	10.55	24.00
≥50%且<75%	0.482	64.5	52.63	66.74	33.26	47.37
≥75%	0.691	38.5	81.41	56.44	43.56	18.59

注: ACS: Agatston 积分; LM: 左主干; LAD: 左前降支; D: 对角支; LCX: 左回旋支; RCA: 右冠状动脉

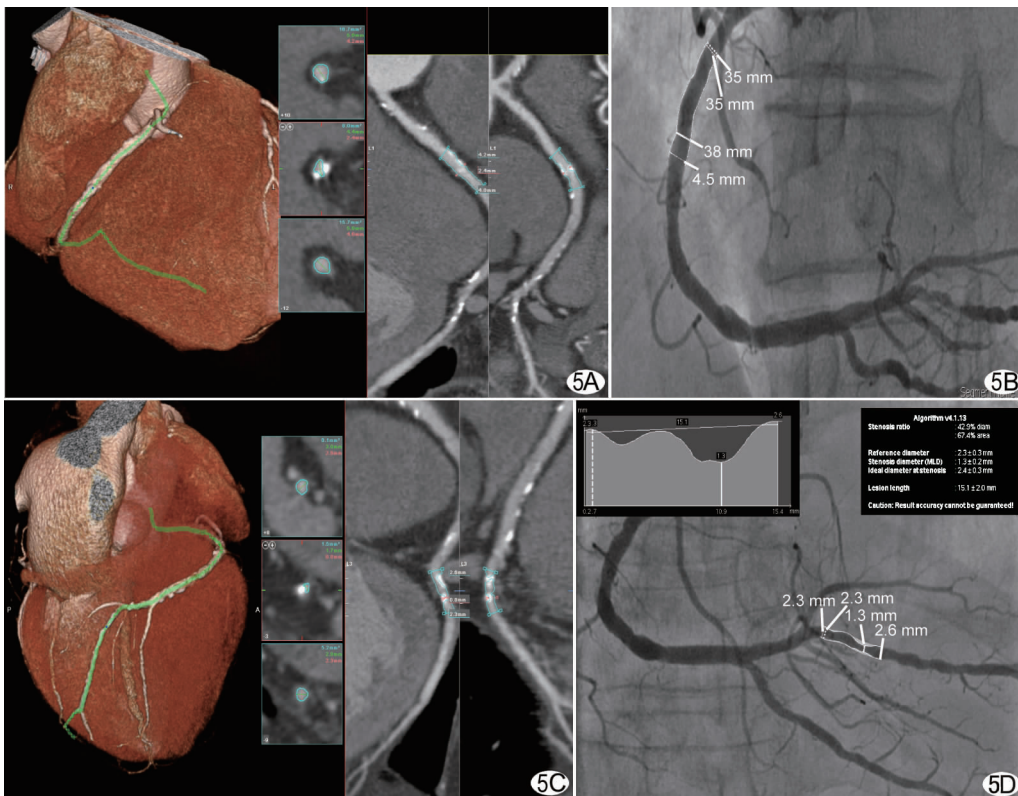


图 5 患者男, 70 岁。RCA2 段的 ACS 为 148.0, QCA 评价狭窄程度为 42%, 管腔内径约 4.0 mm(A), QCT 显示狭窄 5%, 管腔内径约 4.0 mm(B), 即使 ACS 超过 100, 两种方法均能显示 RCA2 段 <50% 的狭窄。同一患者 PLVB 的 ACS 为 52.0, QCA 评价狭窄程度为 68%, 管腔内径约 2.4 mm(C), QCT 显示狭窄 43%, 管腔内径约 2.3 mm(D), 即使 ACS 仅为 52.0, 两种方法评价的狭窄程度仍有较大差别 (RCA: 右冠状动脉; QCT: 定量 CT; PLVB: 左室后支)

切点时诊断价值最大; 以 RCA1 为分析对象时, ROC 曲线下面积及 ACS 最佳切点数值都明显增大, 提示钙化对 RCA1 的影响明显低于其他节段。因此, 本研究以冠状动脉节段为分析对象时所得到的结论更具有临床价值(图 5)。

以钙化斑块形态作为分析对象时, 对 3 种类型钙化斑块的诊断准确性均较低, 提示钙化斑块的形态可能并非影响 CTCA 诊断准确性的独立的主要因素。相对于点状和弥漫斑块, 条状斑块对 CTCA 诊断准确性的影响略小。但本研究对钙化斑块形态的研究仅为初步结果, 其可靠性有待进一步研究证实。

本研究的局限性: 考虑到 CT 设备空间分辨率的限制, 为避免分析误差过大, 按统一的要求只对管径 >2 mm 的冠状动脉管腔进行分析, 但可供分析的冠状动脉节段的管径仍有差异, 这种差异会影响对冠状动脉狭窄程度的判断。下一步拟对管径相同或相近的冠状动脉节段进行对照分析, 进一步验证本研究的结果。

总之, 在不同主支和节段, 钙化对 CTCA 诊断冠状动脉狭窄的准确性的影响不同。64 排螺旋 CT 对冠状动脉狭窄程度 <50% 的钙化病变的诊断准确性较高。

[参考文献]

[1] Pannu HK, Johnson PT, Fishman EK. 64 Slice multi-detector row cardiac CT. Emerg Radiol, 2009, 16(1): 1-10.

- [2] Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T, et al. Usefulness of 64-slice cardiac computed tomographic angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin. *Circulation*, 2007, 115(13):1762-1768.
- [3] Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T, et al. Usefulness of 64-slice multidetector computed tomography in diagnostic triage of patients with chest pain and negative or nondiagnostic exercise treadmill test result. *Am J Cardiol*, 2007, 99(7):925-929.
- [4] Panmethis M, Wangsuphachart S, Rerkpattanapit P, et al. Detection of coronary stenoses in chronic stable angina by multi-detector CT coronary angiography. *J Med Assoc Thai*, 2007, 90(8):1573-1580.
- [5] Hur G, Hong SW, Kim SY, et al. Uniform image quality achieved by tube current modulation using SD of attenuation in coronary CT angiography. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 189(1):188-196.
- [6] Schmermund A, Erbel R. Unstable coronary plaque and its relation to coronary calcium. *Circulation*, 2001, 104(14):1682-1687.
- [7] Leshka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J*, 2005, 26(15):1482-1487.
- [8] Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem C, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation*, 2005, 112(15):2318-2323.
- [9] Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46(3):552-557.
- [10] Schuijff JD, Pundziute G, Jukema JW, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice multislice computed tomography in the non-invasive evaluation of significant coronary artery disease. *Am J Cardiol*, 2006, 98(2):145-148.
- [11] Nikolaou K, Knez A, Rist C, et al. Accuracy of 64-MDCT in the diagnosis of ischemic heart disease. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187(1):111-117.
- [12] Hamon M, Biondi-Zoccai GG, Malagutti P, et al. Diagnostic performance of multislice spiral computed tomography of coronary arteries as compared with conventional invasive coronary angiography: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(9):1896-1910.
- [13] Kuettner A, Kopp AF, Schroeder S, et al. Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with angiographically proven coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*, 43(5):831-839.
- [14] Brodoefel H, Reimann C, Burgstahler F, et al. Noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography in an unselected patients collective: effect of heart rate, heart rate variability and coronary calcifications on image quality and diagnostic accuracy. *Eur J Radiol*, 2008, 66(1):134-141.
- [15] Ong TK, Chin SP, Liew CK, et al. Accuracy of 64-row multidetector computed tomography in detecting coronary artery disease in 134 symptomatic patients: influence of calcification. *Am Heart J*, 2006, 151(6):1323.e1-6.

《骨骼病变放射鉴别诊断学》已出版

由张雪哲、卢延教授主编的《骨骼病变放射鉴别诊断学》于 2009 年 3 月在科学出版社出版；该书共分十章，系统介绍了常见、重要的骨关节病变放射学征象。与常见的教科书纵向叙述方式不同，本书以常规 X 线检查为基础，结合 CT 和 MRI 做横向比较分析，着重于鉴别诊断要点，有助于扩展诊断思路。本书包含大量的实例图片，图文并茂、实用性强，是一本颇有价值的专业参考书。本书可供放射科医师、临床医师参考，也可供医学院校有关专业的学生阅读。

各地新华书店及医学专业店有售。定价 78.00 元。

联系人 温晓萍

电话 010-64034601, 64019031

地址 北京市东黄城根北街 16 号 科学出版社医学中心

邮编 100717

(请在汇款附言注明您购书的书名、册数、联系电话、是否要发票等)

