

• 冠状动脉影像专题 •

16 层 CT 显示冠状动脉狭窄与导管法造影的对照研究

王照谦, 杨志强, 朱皓, 周旭臣, 郑晓群, 曲新凯, 刘晓峰, 方唯一

【摘要】 目的:评价 16 层 CT 在显示冠状动脉狭窄中的价值和限度。**方法:**55 例临床诊断或可疑冠心病的患者做 16 层 CT 冠状动脉成像检查(回顾性心电门控、0.5s 螺旋扫描、单或双扇区重建算法和静脉注射对比剂),其检查结果与导管法冠状动脉造影对照。**结果:**在 55 例患者冠状动脉的 568 节段(血管直径 $\geq 2\text{mm}$)中,CT 图像能够满足管腔评价者为 492 节段(占 86.6%),其中 16 层 CT 显示中度或中度以上狭窄($\geq 50\%$)的敏感度和特异度分别为 87.5%和 97.2%,阳性和阴性预测值分别为 82.4%和 98.1%;16 层 CT 显示高度狭窄($\geq 75\%$)的敏感度和特异度分别为 91.6%和 98.7%,阳性和阴性预测值分别为 84.6%和 99.3%。**结论:**如果冠状动脉 CT 图像能够满足管腔评价,16 层 CT 显示冠状动脉狭窄($\geq 50\%$)的准确性很高。在冠状动脉中、高度狭窄的初步诊断以及介入治疗的筛选方面,16 层 CT 可以部分取代传统的导管法冠状动脉造影。

【关键词】 冠状动脉; 体层摄影术, X 线计算机; 血管造影术

【中图分类号】 R814.42; R541.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2005)03-0190-05

Detection of Coronary Artery Stenosis Using 16-Slice Spiral CT: Comparison with Catheterization Coronary Angiography

WANG Zhao-qian, YANG Zhi-qiang, ZHU Hao, et al. Department of Cardiovascular Radiology, First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, Liaoning 116011, P. R. China

【Abstract】 Objective: To evaluate the accuracy of 16-slice spiral CT in detecting coronary artery stenosis. **Methods:** A total of 55 consecutive patients with known or suspected coronary artery disease were studied by 16-slice spiral CT (retrospectively ECG-gating; 0.5s rotation; one-sector or two-sector reconstruction algorithm; intravenous contrast agent). The results were compared with catheterization coronary angiography. **Results:** In the 568 coronary artery segments of 55 patients, 492 were judged to be evaluable by CT (86.6%), 56 of 64 coronary artery segments with significant stenosis ($\geq 50\%$ reduction of vessel diameter) were correctly detected by CT, 416 of 428 coronary artery segments with normal or mild stenoses ($< 50\%$ reduction of vessel diameter) were correctly detected by CT. These values corresponded to a sensitivity of 87.5%, specificity of 97.2%, positive predictive value of 82.4%, and negative predictive value of 98.1% for the detection of significant coronary artery segments stenoses by CT. In the 492 evaluable coronary artery segments, 33 of 36 coronary artery segments with high-grade stenosis ($\geq 75\%$ reduction of vessel diameter) were correctly detected by CT, 450 of 456 coronary artery segments with normal or stenoses ($< 75\%$ reduction of vessel diameter) were correctly detected by CT. These values correspond to a sensitivity of 91.6%, specificity of 98.7%, positive predictive value of 84.6%, and negative predictive value of 99.3% for the detection of high-grade coronary artery segments stenoses by CT. **Conclusion:** 16-slice spiral CT with retrospectively ECG-gating permits the visualization of significant coronary artery stenoses with high accuracy if image quality is sufficient.

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

无创性诊断方法替代有创性检查是医学影像学发展的必然趋势。几十年来,在冠状动脉病变的影像学诊断领域,有创性的导管法造影检查一直占据主导地位^[1]。对于冠状动脉疾病的影像学诊断而言,无创性影像学诊断方法即使能够部分替代导管法造影检查也是心血管影像学的重要进展。近几年来,随着多层 CT 的问世,尤其 16 层 CT 冠状动脉成像技术在临床

上的应用,传统的导管法冠状动脉造影方法受到了严峻挑战。本研究将 16 层 CT 冠状动脉成像与导管法冠状动脉造影进行对照,探讨前者在显示冠状动脉狭窄中的价值和限度。

材料与方法

2003 年 3 月~5 月对 55 例临床诊断或可疑冠心病的患者行 16 层 CT 冠状动脉成像和导管法冠状动脉造影检查。男 37 例,女 18 例,年龄 38~78 岁,平均(56 $\pm$ 11)岁。本组患者为窦性心律,冠状动脉 CT 扫

作者单位:116011 辽宁,大连医科大学附属第一医院心血管检查中心

作者简介:王照谦(1966—),男,辽宁大连人,博士,教授,主要从事心血管影像研究工作。

描时的心率为 42~70 次/分。CT 检查前临床已诊断心绞痛 23 例,急性心肌梗死 9 例,陈旧性心肌梗死 8 例,其余 15 例为胸痛原因待查。49 例患者在 CT 检查后 1~8 d 内做导管法造影,6 例在 CT 检查前 2~5 d 内做导管法造影。

使用 GE LightSpeed16 层 CT 机。CT 扫描定位和测定冠状动脉 CT 扫描的延迟时间:先做胸部正、侧位定位像扫描,在降主动脉中段水平任选一个层面,经肘部静脉以 3.5 ml/s 的流率注射对比剂(Ultravist 370)15 ml,延迟 5 s 后在所选层面进行 15 次 CT 扫描,扫描间隔时间为 1 s。然后在 CT 横断面图像的降主动脉腔内选择一个兴趣区并测量其时间-密度曲线,将对比剂开始注射至降主动脉增强峰值的时间作为冠状动脉 CT 扫描的延迟时间。

冠状动脉 CT 扫描方法:冠状动脉 CT 成像时 Z 轴扫描范围自气管隆突水平至心脏隔面以下约 2 cm。经肘部静脉以 3.5 ml/s 的流率注射 Ultravist(370)80~95 ml,平均(85±4)ml,按照已测得的 CT 扫描延迟时间开始扫描。在 CT 扫描过程中要求患者正常吸气后屏气。选择 0.5 s 螺旋扫描,采用回顾性心电门控,单或双扇区重建算法,CT 总检查时间为 10~15 min。层厚 0.625 mm,视野 250 mm,矩阵 512×512,120kV,380~420 mA。

冠状动脉 CT 图像重建和筛选:将 55 例患者的心脏 CT 扫描原始数据分别在心动周期的 R 波后 40%、50%、70%、75% 和 80% 相位窗上进行横断面 CT 图像重建并传送到 SUN 图像工作站。在 5 个相位窗上对左、右冠状动脉及其主要分支血管分别进行最大密度投影(Maximum intensity projection, MIP)、二维曲面重组(curve reformatting, CR)和容积再现(Volume rendering, VR)重组,筛选出 CT 图像质量最佳者用于血管腔的评价。

导管法冠状动脉造影:使用平板式全数字化血管造影机(GE Innova 2000),常规经股动脉穿刺插入 6F 的冠状动脉造影导管(Judkins 技术),分别进行左、右冠状动脉造影,对比剂为 Ultravist(370)。左冠状动脉造影采用 4~6 个体位进行投照,右冠状动脉造影采用 2~3 个体位进行投照。以 6F 的冠状动脉造影导管直径为基准,对左、右冠状动脉及其主要分支血管内径进行定量分析。

冠状动脉狭窄的评价:采用双盲法对 55 例患者的冠状动脉 CT 和导管法造影结果进行分析。对于血管直径≥2 mm 的冠状动脉以节段(参考美国心脏学会的冠状动脉分段方法)为单位进行影像学评价,包括左

冠状动脉主干,左前降支的近、中、远段和对角支,左回旋支的近、远段和钝缘支,右冠状动脉的近、中、远段和后降支。

在 MIP 重组图像上对冠状动脉管腔进行定量评价,其观察体位与导管法冠状动脉造影基本一致。分析冠状动脉狭窄时,以狭窄部位两侧相对正常的管腔直径的平均值作为参照值,对其狭窄程度(冠状动脉管腔内径减少的百分比)进行定量评价。冠状动脉狭窄程度的分级:①正常或轻度狭窄(<50%);②中度狭窄(50%~75%);③高度狭窄(≥75%)。

结 果

55 例患者均未出现对比剂过敏反应,1 例患者在经肘部静脉注射对比剂的过程中,有少量对比剂渗漏,立即给予对症处理。

55 例患者中,对冠状动脉直径≥2 mm 的 568 节段 CT 图像进行分析,将其分为能够满足管腔评价和不能满足管腔评价两组(表 1)。

表 1 CT 图像能或不能满足冠状动脉管腔评价的节段数

冠状动脉节段	能满足管腔评价	不能满足管腔评价
左冠状动脉主干(55)	55(100%)	0(0)
左前降支近段(55)	50(90.9%)	5(9.1%)
左前降支中段(55)	50(90.9%)	5(9.1%)
左前降支远段(43)	34(79.1%)	9(20.9%)
对角支(46)	38(82.6%)	8(17.4%)
左回旋支近段(55)	49(89.1%)	6(10.9%)
左回旋支远段(39)	31(79.5%)	8(20.5%)
钝缘支(40)	31(77.5%)	9(22.5%)
右冠状动脉近段(55)	50(90.9%)	5(9.1%)
右冠状动脉中段(53)	45(84.9%)	8(15.1%)
右冠状动脉远段(47)	39(83%)	8(17%)
后降支(25)	20(80%)	5(20%)
合计(568)	492(86.6%)	76(13.4%)

CT 图像能够满足管腔评价者为 492 节段(占 86.6%);76 节段(占 13.4%)的 CT 图像不能满足管腔评价,其中因冠状动脉明显运动伪影、严重钙化和心律异常(心率明显波动或室性早搏等)而不能满足管腔评价者分别为 37 节段(占 48.7%)、28 节段(占 36.8%)和 11 节段(占 14.5%)。冠状动脉 CT 图像不能满足管腔评价的节段数及其原因见表 2。

在冠状动脉直径≥2 mm 的 568 节段中,导管法冠状动脉造影显示中度或中度以上狭窄(≥50%)为 71 节段,其中高度狭窄(≥75%)为 40 节段。

在 CT 图像能够满足冠状动脉管腔评价的 492 节段中,导管法造影显示正常或轻度狭窄为 428 节段,CT 对其中的 416 节段的狭窄程度分级与前者一致(图 1);导管法造影显示中度或中度以上狭窄为 64 节段,CT

表 2 CT 图像不能满足冠状动脉管腔评价的节段数及其原因

冠状动脉节段	运动伪影	严重钙化	心律失常
左前降支近段(5)	0	5	0
左前降支中段(5)	0	5	0
左前降支远段(9)	6	1	2
对角支(8)	3	5	0
左回旋支近段(6)	3	3	0
左回旋支远段(8)	5	1	2
钝缘支(9)	6	1	2
右冠状动脉近段(5)	2	3	0
右冠状动脉中段(8)	5	2	1
右冠状动脉远段(8)	5	1	2
后降支(5)	2	1	2
合计(76)	37(48.7%)	28(36.8%)	11(14.5%)

对其中的 56 节段的狭窄程度分级与前者一致(图 2)。

在 CT 图像能够满足冠状动脉管腔评价的 492 节段中,导管法造影显示正常、轻度或中度狭窄为 456 节段,CT 对其中的 450 节段的狭窄程度分级与前者一致;导管法造影显示高度狭窄为 36 节段,CT 对其中的 33 节段的狭窄程度分级与前者一致。

在 CT 图像不能满足冠状动脉管腔评价的 76 节段中,导管法造影显示中度或中度以上狭窄为 7 节段,其中高度狭窄为 4 节段。

对于 CT 图像能够满足冠状动脉管腔评价的 492 节段,16 层 CT 显示中度或中度以上狭窄的敏感度和特异度分别为 87.5% 和 97.2%,阳性和阴性预测值分别为 82.4% 和 98.1%,若将 CT 图像不能满足冠状动脉管腔评价的中度或中度以上狭窄的 7 节段包括在内,其敏感度为 78.9%;16 层 CT 显示高度狭窄的敏感度和特异度分别为 91.6% 和 98.7%,阳性和阴性预测值分别为 84.6% 和 99.3%,若将 CT 图像不能满足冠状动脉管腔评价的高度狭窄的 4 节段包括在内,其敏感度为 82.5%。

讨 论

近年来,冠状动脉病变的无创性影像学评价一直

是心血管影像学研究的热点之一。2000 年,4 层 CT 问世并应用于临床,由于采用高速螺旋扫描($<0.5\text{s/r}$)、回顾性心电门控技术和新的图像重建算法,提高了时间分辨力,能在心动周期内较窄的相位窗上进行冠状动脉 CT 图像重建,在冠状动脉病变的影像学诊断方面取得了可喜的进展。但由于 4 层 CT 在单位时间内的扫描覆盖范围偏小,冠状动脉 CT 扫描时间长(一般为 35~40 s),部分患者难以耐受长时间的屏气,而且被检者在较长时间的屏气过程中易出现较大幅度的心率波动,这些因素直接影响冠状动脉的 CT 图像质量,这在一定程度上限制了 4 层 CT 冠状动脉成像在临床上的应用。

2001 年推出的 8 层 CT 在冠状动脉成像方面有了明显改善,与前者相比,屏气时间减半,对比剂用量减少约三分之一。2002 年,16 层 CT 的问世使多层 CT 冠状动脉成像真正步入了临床应用的新阶段。与 4 层 CT 相比,16 层 CT 在采用相同层厚(1.25 mm)时,其屏气时间是前者的 1/4(一般为 8~10 s),当采用 0.625 mm 层厚时,其屏气时间是前者的 1/2,被检者在屏气过程中的心率波动不再是一个重要问题,从而改善了冠状动脉 CT 图像质量,而且对比剂用量减少约 1/3。另外,16 层 CT 能够实现更薄层厚(0.625 mm)的心脏螺旋扫描,使图像 Z 轴空间分辨力提高了一倍,实现了各向同性的统一,提高了冠状动脉的 CT 图像质量,冠状动脉细小分支的显示有一定改善。

1. 冠状动脉管腔 CT 评价的影响因素

冠状动脉运动:16 层 CT 冠状动脉成像主要采用回顾性心电门控技术与单或双扇区图像重建算法,尽管其时间分辨力有了提高,但心脏搏动(冠状动脉运动)所致的冠状动脉 CT 图像质量下降有时不可避免。本组结果显示:在 CT 图像不能满足冠状动脉管腔评价的 76 节段中,因明显运动伪影所致者占 48.7%,其



图 1 右冠状动脉及其后降支 2D 曲面重组图像(a)和 MIP 重组图像(b)显示右冠状动脉斑点样钙化,右冠状动脉远段管腔内壁不光滑,未见有临床意义的狭窄;c)导管法造影与 CT 对右冠状动脉管腔的评价(狭窄程度的分级)一致。

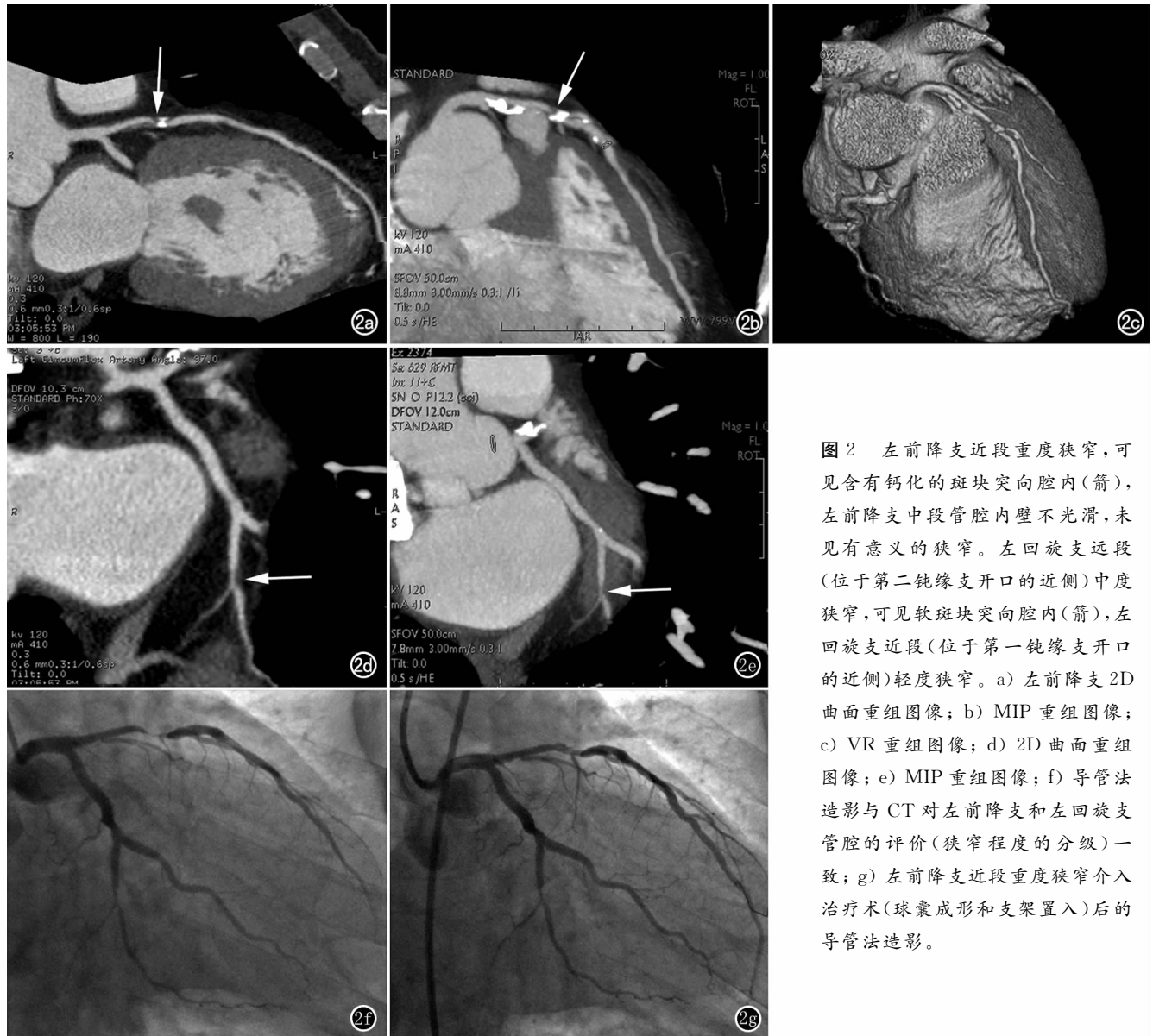


图2 左前降支近段重度狭窄,可见含有钙化的斑块突向腔内(箭),左前降支中段管腔内壁不光滑,未见有意义的狭窄。左回旋支远段(位于第二钝缘支开口的近侧)中度狭窄,可见软斑块突向腔内(箭),左回旋支近段(位于第一钝缘支开口的近侧)轻度狭窄。a)左前降支2D曲面重组图像;b)MIP重组图像;c)VR重组图像;d)2D曲面重组图像;e)MIP重组图像;f)导管法造影与CT对左前降支和左回旋支管腔的评价(狭窄程度的分级)一致;g)左前降支近段重度狭窄介入治疗(球囊成形和支架置入)后的导管法造影。

中以右冠状动脉的中远段、左回旋支的远段和钝缘支较明显,表现为血管边缘模糊或有明显的运动伪影。冠状动脉的远段或分支血管的管径相对细小,心脏搏动导致血管边缘模糊,对其管腔的评价有一定困难。

冠状动脉钙化:冠状动脉钙化使对其管腔的分析以及狭窄程度的评价有一定影响,严重钙化甚至导致冠状动脉CT图像不能满足管腔的评价^[2]。本组结果显示在CT图像不能满足冠状动脉管腔评价的76节段中,因严重钙化所致者占36.8%。对于冠状动脉管壁有轻微钙化者,建议采用多种CT重组方法并对各种观察角度的CT重组图像进行综合分析,有助于冠状动脉管腔狭窄程度的评价。对于冠状动脉有广泛或严重钙化者,对其管腔狭窄程度的评价有限度。

心率波动(心律不齐)或心律失常:心率波动导致冠状动脉在CT数据采集过程中的位置不一致,血管

呈锯齿样或阶梯样表现,影响对冠状动脉管腔的评价。尽管被检者在屏气过程中的心率波动有时不可避免,但由于16层CT冠状动脉成像的扫描时间相对较短,心率波动产生的影响相对较小。

室性早搏导致冠状动脉在CT数据采集相位窗内的位置发生改变,有时导致心电门控失效,冠状动脉的CT图像不能满足影像学评价。对有室性早搏者,应观察患者在屏气过程中的心电图变化,若仍有较多的室性早搏甚至二联律或三联律,建议放弃冠状动脉CT检查。另外,对有房颤患者,应放弃冠状动脉CT检查。

2. 冠状动脉CT图像质量的控制

根据文献并结合笔者的体会,心率与图像重建相位窗在R-R间期内的位置是影响冠状动脉CT图像质量的两个重要因素。

心率:由于冠状动脉运动的速度和频率主要与心率有关,所以,适当地控制被检者的心率有助于减轻或消除冠状动脉的运动伪影和改善冠状动脉的 CT 图像质量^[2]。当采用单扇区图像重建算法时,建议将被检者的心率控制在 65 次/分以下进行冠状动脉 CT 检查。双扇区图像重建算法可用于心率 >65 次/分的被检者。

图像重建相位窗:冠状动脉的运动方式较复杂,其运动方向和速度在心动周期内不断变化,图像重建相位窗在 R-R 间期内的位置影响冠状动脉的 CT 图像质量。应尽可能将图像重建的相位窗置于 R-R 间期内冠状动脉运动较弱的时段。

冠状动脉在心室舒张中期运动相对较弱,将图像重建的相位窗置于心室舒张中期时,通常能够获得优良的冠状动脉 CT 图像。研究^[3]表明采用单扇区图像重建算法时,冠状动脉 CT 图像重建的理想相位窗大多为心动周期的 R 波后 70%,若在此相位窗上重建的冠状动脉 CT 图像质量不理想,应在其它相位窗上进行图像重建以便筛选;采用双扇区图像重建算法时,冠状动脉多在心动周期的 R 波后 75%相位窗上显示最佳,其次为 70%或 50%相位窗。

3. 16 层 CT 显示冠状动脉狭窄的价值

冠状动脉狭窄程度的定量评价有助于冠心病治疗方案的制定。文献^[1]报道 1995 年欧洲约有 100 万例患者行有创性导管法冠状动脉造影,其中 28%的患者行介入治疗(冠状动脉球囊成形和/或支架置入),而冠状动脉正常或其病变不适于介入治疗的患者占 72%。由此可见,采用一种安全、可靠和无创伤的影像学方法用于冠状动脉狭窄的定量评价和介入治疗的筛选很重要。

MSCT 冠状动脉成像技术的优势在于安全、简便和无创伤。近年来,多层 CT 尤其 16 层 CT 在冠状动脉病变诊断方面的应用有逐渐增多的趋势。国内外的初步临床应用研究已经表明,它对冠状动脉狭窄的显示具有较高的准确性。Nieman 等^[4]对 59 例患者进行 16 层 CT 冠状动脉成像研究,并与导管法造影结果对照,结果显示,对于左冠状动脉主干、左前降支、左回旋支、右冠状动脉及其主要分支血管(直径 ≥ 2 mm)而言,16 层 CT 显示中度或中度以上狭窄的敏感度和特异度分别为 95%和 86%,阳性和阴性预测值分别为 80%和 97%。Martuscelli 等^[5]采用 16 层螺旋 CT 对

64 例患者的冠状动脉 729 节段(直径 ≥ 1.5 mm)进行分析,CT 图像能够满足管腔评价者为 613 节段(占 84%);通过与插管法造影对照,结果显示对于 CT 图像能够满足管腔评价的冠状动脉节段中,16 层螺旋 CT 显示冠状动脉狭窄($>50\%$)的敏感度和特异度分别为 89%和 98%,阳性和阴性预测值分别为 90%和 98%,若将不能满足 CT 评价的冠状动脉狭窄($>50\%$)的节段包括在内,其诊断的敏感度为 78%。

本组 55 例患者的冠状动脉 568 节段(直径 ≥ 2 mm)中,CT 图像能够满足管腔评价者为 492 节段,占 86.6%。本组结果显示,对于 CT 图像能够满足管腔评价的节段,16 层 CT 显示中度或中度以上狭窄的敏感度和特异度分别为 87.5%和 97.2%,阳性和阴性预测值分别为 82.4%和 98.1%;16 层 CT 显示高度狭窄的敏感度和特异度分别为 91.6%和 98.7%,阳性和阴性预测值分别为 84.6%和 99.3%。

由此可见,在 CT 图像能够满足冠状动脉管腔评价的情况下,16 层 CT 显示有临床意义的冠状动脉狭窄($\geq 50\%$)的准确性很高,而且它对冠状动脉中、高度狭窄的阴性预测值很高,有助于避免冠状动脉正常或不需介入治疗(指无临床意义的冠状动脉狭窄)的患者做有创性的导管法冠状动脉造影检查,基本能够满足冠状动脉狭窄介入治疗的筛选需要。

参考文献:

- [1] Windecker S, Maier-Rudolph W, Bonzel T, et al. Interventional Cardiology in Europe 1995[J]. Eur Heart J, 1999, 20(7): 484-495.
- [2] Knez A, Becker CR, Leber A, et al. Usefulness of Multislice Spiral Computed Tomography Angiography for Determination of Coronary Artery Stenoses[J]. American Journal of Cardiology, 2001, 88(10): 1191-1194.
- [3] Wang Zhaoqian, Zhu Hao, Shen Jingshun, et al. Retrospectively ECG-Gated Multislice CT Coronary Angiography: Optimization of the Image Reconstruction Window[J]. Radiology, 2002, 225(p): 703.
- [4] Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, et al. Reliable Noninvasive Coronary Angiography with Fast Submillimeter Multislice Spiral Computed Tomography[J]. Circulation, 2002, 106(16): 2051-2054.
- [5] Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, et al. Accuracy of Thin-Slice Computed Tomography in the Detection of Coronary Stenoses[J]. Eur Heart J, 2004, 25(12): 1043-1048.

(收稿日期:2005-02-03)