

双源 CT 适应性序列扫描技术在低剂量冠状动脉成像中的应用价值

钱萍艳, 方向明, 陈宏伟, 丁国良, 胡钢峰, 陈 寅, 王 凯

(南京医科大学附属无锡市人民医院医学影像科, 江苏 无锡 214023)

[摘要] **目的:**探讨双源 CT(dual-source CT, DSCT)适应性序列扫描技术在低剂量冠状动脉成像(CTCA)中的应用价值。**方法:**285 例疑似冠心病患者,将心率 > 70 次/min 且心律规整者随机分成实验组(145 例)和对照组(140 例),实验组行前瞻性门控适应性序列扫描,对照组行常规回顾性心电门控螺旋扫描,实验组和对照组中分别有 33 例、32 例 2 周内行常规冠状动脉造影(CCA)。用 χ^2 检验比较两组 CTCA 对冠状动脉的可评价率,用两独立样本 t 检验比较两组患者冠脉图像质量评分及患者接受的有效辐射剂量,用 $Kappa$ 检验评价两组 CTCA 与 CCA 检查对冠状动脉狭窄度评估的一致性,应用两独立样本 t 检验比较两组患者有效辐射剂量。**结果:**实验组和对照组参与评价的冠状动脉节段可评价率分别为 98.4%(1 787/1 816)、98.1%(1 717/1 750),差异无统计学意义($\chi^2 = 0.14, P = 0.706$);两组图像质量评分分别为(4.42 \pm 0.64)分、(4.41 \pm 0.65)分,差异无统计学意义($t = 0.38, P = 0.710$);两组 CTCA 与 CCA 诊断冠状动脉狭窄度的一致性检验结果分别是 $Kappa = 0.829$ 和 0.845,两组对诊断冠状动脉狭窄度的一致性均具有统计学意义;实验组和对照组患者接受的有效辐射剂量分别是(4.60 \pm 0.98)和(12.60 \pm 1.90)mSv,两组间差异有统计学意义($t = 44.8, P = 0.000$)。**结论:**心率 > 70 次/min 且心律规整者采用适应性序列扫描,既能保证诊断所需的图像质量,对冠状动脉狭窄度具有较高的诊断正确性,又能显著降低辐射剂量。

[关键词] 双源 CT; 冠状血管; 体层摄影术; 辐射剂量

[中图分类号] R814.42

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-4368(2012)08-1144-05

The application of dual-source CT of adaptive sequence scanings technique in the low-dose computer tomography coronary angiography

QIAN Ping-yan, FANG Xiang-ming, CHEN Hong-wei, DING Guo-liang, HU Gang-feng, CHEN Yin, WANG Kai
(Department of Radiology Imaging, Wuxi People's Hospital Affiliated to NJMU, Wuxi 214023, China)

[Abstract] **Objective:**To evaluate the application of adaptive sequence scanning techniqueology dual-source CT (DSCT) in the low-dose computer tomography coronary angiography(CTCA). **Methods:**Two hundred and eight-five patients suspected of coronary artery disease with heart rate > 70 bpm and regular rhythm were randomly assigned into experimental study group (145 cases) and control group(140 cases). Study group were checked with adaptive sequence scanning technique,and control group with retrospective ECG-gated spiral scanning. There were 33 cases in study group and 32 cases in control group undergoing conventional coronary angiography (CCA) within 2 weeks. The coronary artery evaluation rate of CTCA between two groups were compared using χ^2 test. The imaging quality of coronary artery and radiation dose of two groups were compared using t test,the consistency of coronary artery stenosis in CTCA and in CCA were evaluated with the $Kappa$ test. **Results:**The evaluation rate of coronary artery in the study and control group were 98.4%(1 787/1 816) and 98.1%(1 717/1 750),respectively. The image quality scores of two groups were(4.42 \pm 0.64) and(4.41 \pm 0.65) respectively,and there was no statistical difference in scores of imaging quality between the two groups ($t = 0.38, P = 0.710$). The consistency of CTCA and CCA in diagnosing coronary artery stenosis of two groups were 0.829 and 0.845 by $Kappa$ test, respectively. The average effective radiation doses of study group and control group were (4.60 \pm 0.98) and (12.60 \pm 1.90) mSv,and there were significant differences between two groups ($t = 44.89, P = 0.000$). **Conclusion:**Using DSCT adaptive sequence scanning technique in CT coronary angiography to check the patients with heart rate > 70 bpm and regular rhythm can ensure good image quality and high diagnostic accuracy of coronary artery stenosis,and also significantly reduce the radiation dose.

[Key words] dual-source CT; coronary vessels; tomography; radiation dosage

[Acta Univ Med Nanjing, 2012, 32(6): 1144-1148]

CT冠状动脉造影(computer tomography coronary angiography,CTCA)已经成为冠状动脉疾患可靠而相对无创的一种检查手段^[1-2],但伴随较高辐射剂量的致癌风险问题越来越受到人们的关注^[3-4]。如何降低冠脉检查患者接受的有效辐射剂量,使该项目进一步推广显得越来越重要。序列扫描模式能降低辐射剂量已为多数学者认可^[5-6],但其应用局限在低心率(<70次/min)且心律规整患者,本研究旨在采用双源CT(dual source computer tomography,DSCT)适应性序列扫描模式检查较高心率(>70次/min)患者,与常规回顾性门控螺旋扫描的图像质量和辐射剂量比较,并与常规冠状动脉造影(conventional coronary angiography,CCA)对冠状动脉狭窄度评估准确性进行比较,探讨适应性序列扫描在低剂量冠状动脉成像中的可行性和应用价值。

1 对象和方法

1.1 对象

2008年6月~2010年12月,在本院行冠状动脉CTA检查的患者,纳入标准:心率>70次/min,心率波动范围在10次/min以内,无碘过敏史,无心肾功能不全障碍,心律相对规整、整齐,呼吸屏气配合良好,无冠脉支架及搭桥者,共285例入选,随机分成两组:实验组145例,男86例,女59例,年龄32~80岁,平均(60.26±10.50)岁,心率71~98次/min,其中71~80次/min 65例,80次/min以上80例,体质指数(BMI)20~24 kg/m²之间,平均(22.30±0.16) kg/m²,其中33例在2周内行CCA检查;对照组140例,男84例,女56例,年龄35~84岁,平均(58.21±11.45)岁,心率71~100次/min,其中71~80次/min 63例,80次/min以上77例,BMI(20~24)kg/m²之间,平均(21.80±0.17)kg/m²,其中32例患者在2周内行CCA检查。

1.2 方法

1.2.1 检查方法

采用Siemens Somatom Definition双源CT扫描仪。检查前禁食6h,扫描前5min舌下含服硝酸甘油片0.5mg,严格训练屏气,检查时先屏气扫描胸部定位相,选定升主动脉起始部为同层动态扫描监测层面,自支气管分叉下1cm至膈下1~2cm,所有检查者扫描距离平均11.5cm。用18G静脉留置针穿刺右正中静脉,采用Optivantage双筒高压注射器,以5.0ml/s速率注入非离子型对比剂碘普胺(优维显,370mgI/ml,拜耳先灵公司,德国)70~85ml,相

同速率注射生理盐水40ml,监测层面触发扫描阈值为100Hu,延迟6s扫描。实验组采用前瞻性门控“适应性序列”扫描方式:心率在70~80次/min的患者,其扫描数据采集期相设定为70%R-R间期,重建期相为(70±8)%R-R间期,62%~78%R-R间期内以2%间隔作多期相重建,选择图像最佳期相用作评价及诊断;心率>80次/min的患者其扫描数据采集期相设定为40%R-R间期,重建期相为(40±8)%R-R间期,32%~48%间期同样做2%间隔的多期相重建;R-R间期其它区间采用设定电流的4%扫描,扫描参数管电压120kV,管电流按BMI适当调整,范围380~420mAs。对照组采用回顾性心电门控螺旋扫描技术:全剂量范围为R-R间期的30%~70%,R-R间期其它区间采用设定电流的20%扫描,扫描参数:管电压120kV,管电流320~380mAs,pitch值0.33~0.44。

常规DSA冠脉造影(CCA)采用GE Innova3100数字平板式血管造影机,按25帧/s采集图像数字减影式存储。采用Seldinge法经股动脉入路,分别进行左、右冠状动脉造影,对比剂为优维显(370mgI/ml),用量每次6~8ml,手工推注。左冠状动脉采用四维体照射:即左前斜位50°加头侧(足侧)成角30°。右冠状动脉两体位采用左前斜位45°、右前斜位30°。

1.2.2 图像重建及后处理

重建层厚0.75mm,卷积核为B26f,重建图像传至工作站进行图像后处理包括最大密度投影(MIP)、曲面重建(CPR)和容积再现(VR),使用In-space及Circulation软件显示冠状动脉各节段,分析有无斑块、狭窄。

1.2.3 图像质量评估

按照美国心脏病协会标准,对冠状动脉采用改良分段法^[7],由2名有经验的放射科医师对冠状动脉树13个主要节段进行评价,图像质量评价标准采用5分制^[8]:5分:边缘清晰锐利,无任何运动伪影;4分:少许伪影,表现为局部边缘模糊或有轻微错层;3分:较明显的运动伪影,血管边缘轮廓模糊或出现错层,但尚不影响诊断;2分:明显的运动伪影,出现血管中断现象,影响诊断;1分:严重的血管伪影,血管难以识别。4分以上视为优良图像,3分以上视为可诊断图像。冠状动脉变异或管腔直径≤1.5mm的血管不作评价。

1.2.4 冠状动脉狭窄评估

①CTCA冠状动脉狭窄评估:由2位主治以上放射科医生在双盲情况下,运用直径估算法计算狭

窄程度,以冠状动脉狭窄处直径比邻近狭窄段的近心端正常冠状动脉内径减少的百分比来计算,具体计算公式为: $A=(B-C)/B \times 100\%$ (A 为血管狭窄程度,B 为狭窄部位近心端正常血管直径,C 为狭窄处直径);②CCA 冠状动脉狭窄评估:由 2 位主治以上介入医生在不知道 CTCA 结果的前提下,对 CCA 图像进行评估,显示直径最狭窄的投照角度作为狭窄程度判断的依据,狭窄率计算采用直径估算法(同上);③CTCA 及 CCA 冠状动脉狭窄评估标准^[9]:管径 $\leq 50\%$ 为轻度狭窄;51%~75%为中度狭窄;76%~99%为重度狭窄;99%以上为闭塞。

1.2.5 辐射剂量评估

采用欧洲 CT 工作组质量准则对受检者的有效辐射剂量进行估算,通过 CT 自动计算得到的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)和剂量长度乘积(DLP),DLP 乘以胸部剂量转换系数 k 值[0.017 mSv/(mGy·m)],即是冠脉检查的有效辐射剂量(ED)。

1.3 统计学方法

应用统计软件 SAS8.01 和 EXCEL2003 对上述数据进行统计学分析,计数资料以个数及百分比表示,采用单向有序的行 \times 列表 χ^2 检验进行两组冠状动脉可评价率的比较,DSCTA 与 CCA 诊断冠状动脉狭窄度的一致性检验结果用 $Kappa$ 检验, ≥ 0.75 为一致性好;计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,用独立样本 t 检验比较两组 DSCT 图像质量总体评分和辐射剂量, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 冠状动脉可评价率

实验组和对照组应有 1 885、1 820 个冠脉节段,因冠状动脉变异或直径 ≤ 1.5 mm 而未被评价的节段分别是 69 个和 70 个,在 CTCA 上能满足管腔评价者(评分 ≥ 3 分)分别为 1 787、1 717 个节段,可评价率为 98.4%、98.1%,两组之间冠状动脉可评价率差异无统计学意义($\chi^2 = 0.14, P = 0.706$),比较结果见表 1。

表 1 实验组和对照组冠状动脉节段图像质量评分比较

Table 1 Comparison of imaging quality of coronary artery segments between study and control groups [n(%)]

组别	冠状动脉节段数	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
实验组	1 816	895(49.3)	817(45.0)	75(4.1)	29(1.6)	0(0)
对照组	1 750	840(48.0)	823(47.0)	54(3.1)	33(1.9)	0(0)

2.2 CTCA 与 CCA 对冠状动脉狭窄评估的准确性

实验组同时行 CTCA 和 CCA 检查的 33 例患者,其 CTCA 共诊断有狭窄节段 96 个,其中真阳性 89 个,显示正常节段 321 个,其中真阴性 315 个;对照组同时行 CTCA 和 CCA 检查的 32 例患者,其 CTCA 共诊断有狭窄节段 109 个,其中真阳性 103 个,显示正常节段 303 个,其中真阴性 294 个,两组 CTCA 诊断冠状动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值之间差异无统计学意义,实验组和对照组 CTCA 与 CCA 诊断冠状动脉狭窄度的一致性检验结果分别是 $Kappa = 0.829$ 和 0.845 ,两组对冠状动脉狭窄度的一致性均具有统计学意义(表 2,图 1)。

2.3 冠状动脉图像质量和有效辐射剂量比较

实验组冠脉图像质量评分比对照组稍高,平均分之之间比较差异无统计意义($P > 0.05$);实验组平均有效辐射剂量(ED)、CTDIvol、DLP 均比对照组低,两组间比较差异有统计学意义($P < 0.05$,表 3)。

表 2 实验组和对照组 CTCA 对冠状动脉狭窄评估准确性的比较

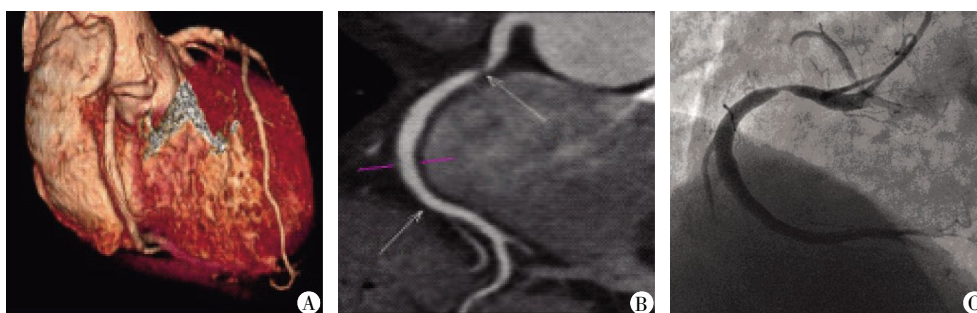
Table 2 Comparison of evaluation accuracy for detecting of the coronary artery stenosis by CTCA between study and control groups (%)

	实验组(n = 145)	对照组(n = 140)
敏感性	93.7	92.0
特异性	97.8	98.0
阳性预测值	92.7	94.5
阴性预测值	98.1	97.0

3 讨论

3.1 前瞻性心电门控扫描低剂量冠状动脉成像的局限性

为了降低辐射剂量,许多 CT 安装心脏前置过滤器、数字化噪声降低器、心电图(ECG)自动毫安调节技术等,但是剂量水平还是相对较高。因此,人们对降低辐射剂量的方法和技术进行了大量的研究。Hsieh 等^[10]用轴扫模式,在 R-R 间期内固定时相触



A、B:采用适应性序列扫描冠状动脉 VR、MPR 图,显示右冠状动脉近段非钙化性斑块,管腔重度狭窄(76%~99%),C:同一患者 DSA 图像显示右冠状动脉狭窄和 DSCTA 诊断结果一致。

图 1 冠状动脉狭窄显示图像

Figure 1 The imaging of coronary artery stenosis

表 3 实验组和对照组图像质量和辐射剂量比较

Table 3 Comparison of the coronary artery imaging quality and radiation dose between study and control groups

组别	图像质量评分(分)	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
实验组	4.42 ± 0.64	25.03 ± 2.01	271.54 ± 21.78	4.60 ± 0.98
对照组	4.41 ± 0.65	59.87 ± 3.99	738.53 ± 38.26	12.60 ± 1.90
t 值	0.38	93.57	127.18	44.89
P 值	0.710	0.000	0.000	0.000

发扫描(前瞻性心电门控扫描技术),辐射剂量降低了 50%~80%。Hirai 等^[11]研究得出,对于心律稳定的低心率患者采用前瞻性心电门控扫描在维持图像质量和诊断准确性的基础上,能降低辐射剂量。但对于心率>70 次/min 和心律不齐者应用受到限制^[12]。因为高心率时在缩短的等容收缩期或等容舒张期采集到一个时相的数据,往往不能重建整个冠状动脉,特别是心率波动明显时可能导致检查失败。

3.2 适应性序列扫描低剂量冠脉成像的特点

Siemens 双源 CT 前瞻性适应性心电门控扫描可以预设曝光时间窗为中心,前后浮动各 8%,通过增大扫描角度,实现重组相位调整。本组中,心率在 70~80 次/min 的全剂量扫描范围为 R-R 间期的等容舒张期前后(62%~78%),心率>80 次/min 的全剂量扫描范围为 R-R 间期的等容收缩期前后(32%~48%),与文献报道的采集期相基本一致^[13]。由于适应性序列扫描能进行重组相位调整,再加上 DSCT 83 ms 的时间分辨率使其在高心率患者中的检查得以实现。其次,由于回顾性门控螺旋扫描随着心率加快螺距相应增大,扫描时间缩短,故生成同层图像的光子量射线剂量减少而使图像质量有所降低,而适应性序列扫描用轴扫模式,不存在此现象,故其对高心率患者的图像质量影响反而较小。徐磊等^[14]研究显示,适应性序列扫描较常规回顾性门控螺旋扫描剂量降低了 58%,而且对高心率患者的总体图像质量稍优于常规回顾性心电门控螺旋扫描。本研

究结果显示适应性序列扫描图像质量评分亦稍高于螺旋扫描,与他们的报道相符。同时,从本研究结果显示看出,用上述低剂量适应性序列门控扫描可将 DLP 和 ED 明显降低,由普通螺旋扫描的(738.53 ± 38.26)mGy·cm 和(12.60 ± 1.90)mSv,降至(271.54 ± 21.78)mGy·cm 和(4.60 ± 0.98)mSv,减少了 2/3,而冠脉图像质量评分和可评价率无明显降低。本研究辐射剂量比他人文献报道明显降低的原因,主要是在扫描中严格控制了扫描距离(平均 11.5 cm),较大程度地降低了辐射。适应性序列扫描辐射剂量比文献报道的 DSCT 序列扫描前瞻性心电门控扫描(2.51 ± 0.54)mSv 高^[15],主要是扫描时间窗加宽,由 200 ms 增大至 380 ms 所致。

3.3 适应性序列扫描低剂量冠脉成像的可行性与临床应用价值

本研究显示适应性序列扫描冠状动脉成像对患者冠脉狭窄度评估的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值等较高,与普通螺旋扫描的对照组之间差异无统计学意义;与金标准(CCA)诊断冠状动脉狭窄度有很好的 consistency;本研究显示 98.4%冠状动脉节段的图像质量满足诊断要求,说明适应性序列门控低剂量扫描技术对高心率患者冠状动脉成像具有可行性,对狭窄的评价具有可靠性。因此当心率>70 次/min 而心律规整时,无需刻意降低心率,采用适应性序列门控低剂量扫描技术,也能得到高质量的冠状动脉图像,而辐射剂量明显降低,

因此,该技术具有优质诊断和优化低辐射的双优效果,拓宽了常规序列扫描的范围,可成为冠心病初诊和治疗后复查的必选项目。

由于适应性序列扫描成功的关键是预设正确的采集时间窗,而心率波动较大和心律不齐患者在扫描过程很难确定其扫描采集期相,因此本研究没有将心率波动较大(> 10 次/min)和心律不齐患者纳入研究范围,这就明显缩小了适应性序列扫描的适用人群。适应性序列扫描的另一局限性是不能同时进行心功能分析。

[参考文献]

- [1] Scheffel H, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of dual-source CT coronary angiography: first experience in a high pre-test probability population without heart rate control[J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(12): 2739-2747
- [2] Hamon M, Morello R, Riddell JW, et al. Coronary arteries: diagnostic performance of 16-versus 64-section Spiral CT compared with invasive coronary angiography-meta-analysis.[J]. *Radiology*, 2007, 245(3): 720-731
- [3] Mc Collough CH, Primak AN, Saba O, et al. Dose performance of a 64-channel dual-source scanner [J]. *Radiology*, 2007, 243(3): 775-784
- [4] 张兆琪, 徐磊. 重视冠状动脉多层CT成像的低剂量检查[J]. *中华放射学杂志*, 2009, 43(7): 681-683
- [5] Husmann L, Valetta I, Gaemperli O, et al. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating [J]. *Eur Heart J*, 2008, 29(2): 191-197
- [6] 侯阳, 郭启勇, 岳勇, 等. 56层CT心电前置门控及回顾门控冠状动脉成像质量及辐射剂量比较[J]. *中华放射学杂志*, 2010, 44(9): 621-925
- [7] Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. report of the Ad Hoc crading of coronary disease, council on cardiovascular surgery, American Heart Association [J]. *Circulation*, 1975, 51(4 Suppl): 5-40
- [8] Earls JP, Berman EL, Urban BA, et al. Prospectively gated transverse coronary CT angiography versus retrospectively gated helical technique: improved image quality and reduced radiation dose [J]. *Radiology*, 2008, 246(3): 742-753
- [9] Mollet NR, Cademartiri F, Van Mieghem CA, et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography [J]. *Circulation*, 2005, 112(10): 2318-2323
- [10] Hsieh J, Londt J, Vass M, et al. Step and shoot data acquisition and reconstruction for cardiac X-ray computed tomography [J]. *Med Phys*, 2006, 33(21): 4236-4248
- [11] Hirai N, Horiguchi J, Fujioka C, et al. Prospective versus retrospective ECG-gated 64-detector coronary CT angiography: assessment of image quality, stenosis, and radiation dose [J]. *Radiology*, 2008, 248(3): 424-430
- [12] Matt D, Scheffel H, Leschka S, et al. Dual-source CT coronary angiography: image quality, mean heart rate, and heart rate variability [J]. *AJR*, 2007, 189(3): 567-573
- [13] 张竹花, 金征宇, 张抒扬, 等. 双源CT冠状动脉成像的初步研究[J]. *中华放射学杂志*, 2007, 41(9): 973-976
- [14] 徐磊, 晏子旭, 张兆琪, 等. 双源CT低剂量适应性序列扫描对高心率冠状动脉成像的初步研究[J]. *中华放射学杂志*, 2010, 44(3): 265-268
- [15] 徐磊, 晏子旭, 张兆琪, 等. 双源CT低剂量前瞻性心电触发序列扫描在冠状动脉血管成像的应用[J]. *中华放射学杂志*, 2009, 43(7): 700-703

[收稿日期] 2011-12-19