

· 心血管影像学 ·

新型 256 层螺旋 CT 自由心率 CCTA 评价高心率冠状动脉狭窄患者诊断准确性

罗开选, 查云飞, 张亮, 杨文兵, 彭宙峰, 谢宝君

【摘要】 目的:探讨新型 256 层螺旋 CT 自由心率下 CCTA 对高心率冠心病患者冠状动脉管腔狭窄程度的诊断准确性。**方法:**回顾性分析 40 例高心率(≥ 80 bpm)冠心病患者,均采用自适应前瞻性心电门控且自由心率下扫描,均在 CCTA 检查 3 周内行冠状动脉造影(CAG)检查,且以 CAG 为金标准,计算其冠状动脉狭窄程度的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确性,用 Kappa 检验对 CCTA 及 CAG 检测冠状动脉狭窄程度进行一致性分析。**结果:**40 例患者共检出 467 个冠状动脉节段,其 CCTA 图像质量可诊断率达到 98.93%,CAG 与 CCTA 对诊断冠状动脉狭窄的一致性显著,kappa 系数均 >0.8 ;CCTA 诊断冠状动脉狭窄节段的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确度分别为 96.80%、92.93%、90.30%、97.71%、94.50%,对中度狭窄、重度狭窄及闭塞的冠状动脉的诊断准确度分别为 97.27%、99.03%、98.92%。**结论:**新型 256 层螺旋 CT 自由心率下 CCTA 对高心率冠心病患者冠状动脉管腔狭窄程度有较好的诊断准确性。

【关键词】 心率; 体层摄影术,X 线计算机; 冠状动脉疾病; 诊断

【中图分类号】 R331.31; R541.4; R814.42 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2018)06-0555-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.06.002

开放科学(资料服务)标识码(OSID)



Evaluation of diagnostic accuracy of free-heart-rate CCTA using new type 256-row MDCT for patients with coronary artery stenosis and with high heart rate LUO Kai-xuan, ZHA Yun-fei, ZHANG Liang, et al. Department of Radiology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

【Abstract】 Objective: To investigate the diagnostic accuracy of free heart rate CCTA using new type 256-row MDCT for patients with coronary artery stenosis and with high heart rate. **Methods:** Data of 40 high heart rate (>80 bpm) patients with coronary heart disease scanned with new type 256-MDCT with adaptive and prospective free-heart-rate gating were retrospectively analyzed. Using coronary angiography (CAG) as the gold standard, all participants have completed CAG in 3 weeks after CCTA examination. The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value as well as accuracy of the degree of coronary artery stenosis were calculated, then Kappa test was applied for consistency analysis of narrowing of coronary artery between CCTA and CAG. **Results:** 467 coronary arterial segments were identified in the 40 patients, while the rate of CCTA image of diagnostic quality was 98.93%. CCTA has high consistency with CAG, with the kappa coefficient greater than 0.8. Sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value as well as accuracy rate of CCTA detecting coronary artery stenosis segment were 96.80%、92.93%、90.30%、97.71%、94.50%, respectively. The diagnostic accuracy of severe stenosis and occlusion of coronary arteries were 99.03% and 98.92%. **Conclusion:** Free heart rates CCTA using the new type 256-MDCT has high diagnostic accuracy in evaluating coronary artery stenosis for high-heart-rate patients with coronary heart disease.

【Key words】 Heart rate; Tomography, X-ray computed; Coronary artery disease; Diagnosis

冠状动脉 CT 血管成像(coronary computed tomographic angiography, CCTA)越来越普遍运用于临床进行冠心病早期筛查诊断和鉴别诊断,但其诊断准确性仍受诸多因素制约。心率过高是影响 CCTA 图像质量和诊断准确性的主要因素之一^[1]。近年来推出的 256 层螺旋 CT 具有 16 cm 宝石宽体探测器,时间分辨率达到 28 ms,一次旋转单个心动周期即可完成心脏的成像。在既往的可行性研究^[2,3]中,在自由心率状态,高心率患者可以在传统 256 层螺旋 CT 的 CCTA 得到较高质量的图像。本研究旨在以冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)为参照标准,深入评价新型 256 层螺旋 CT 自由心率下高心率患者 CCTA 的图像质量以及对冠状动脉管腔狭窄程度诊断的准确性。

材料与方法

1. 临床资料

回顾性分析我院 2017 年 6 月—2017 年 10 月采用自适应前瞻性心电门控技术行 CCTA 检查且行 CAG 检查的患者 40 名,其中男 28 例,女 12 例,年龄 40~82 岁,平均年龄 (71.9 ± 3.8) 岁,CCTA 扫描时心率均 ≥ 80 bpm,平均心率 (90.7 ± 8.15) bpm (80~110 bpm),平均心率变异率 7,所有患者扫描前均不控制心率,CCTA 及 CAG 检查间隔 <3 周(平均 6.8 d)。排除标准:严重心功能不全、严重肝肾功能不全、房颤、冠脉支架植入、心脏起搏器及人工瓣膜置换和碘过敏者。本研究所有患者均签署知情同意书。

2. 检查方法

所有患者 CCTA 检查均采用 GE 公司 Revolution CT (GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin, USA),采用前瞻性心电门控技术轴向扫描;扫描范围从气管隆突下 1 cm 至心脏膈面。扫描参数:管电压采用自动选择技术(kV assist),管电流采用自动管电流技术(smart mA 技术)(150~750 mA),扫描层厚 0.625 mm,螺距 0.22,迭代重建权重为 50%,采用标准重建算法及运动校正算法(snap shot freezing, SSF)。利用 GSI 模式峰值时间测定法进行扫描。峰值时间测定:将定位线放在气管隆突下 1 cm,使用双筒高压注射器(Stellant D, MEDRAD, USA),对比剂采用优维显(拜耳医药公司,浓度为 370 mg I/mL),经肘静脉以 5.0 mL/s 流率注射 20 mL,后续以同样流率注射 20 mL 生理盐水冲洗。扫描结束后,在升主动脉上画定一圆形感兴趣区,得到一条时间-密度曲线,选择并计算该曲线的峰值时间,在此基础上增加 4~5 s,作为正式冠状动脉扫描的延迟时间。扫描参数、范围及对比剂注射速率与上述一致,根据患者体重注射对

比剂总量 40~60 mL,对比剂总量(mL)=体重(kg) $\times$ 0.8(mL/kg)。所有扫描操作由 1 名熟练的放射科技师进行。

3. 图像后处理

根据患者心率情况自动识别最佳时相,采用自适应迭代重建算法(ASIR-V, GE Healthcare)重建图像,将重建后数据传输至 GE AW4.6 工作站进行各种图像后处理操作,包括多平面重组(MPR)、曲面重组(CPR)、最大密度投影(MIP)及容积再现(VR)。由 2 名放射科医师独立评估冠状动脉管腔狭窄节段的狭窄程度,存在分歧后共同阅片讨论后得出一致结论。

4. 图像质量评价

根据 Frank^[4] CCTA 图像质量评价标准,分为 4 级。I 级:血管显影清晰,边缘光滑,连续性好,与周围对比好,无伪影;II 级:血管显影较多,连续性可,但边缘模糊,有少许伪影;III 级:血管对比尚可,但连续性不佳,有伪影,仍可评价,基本满足诊断;IV 级:血管对比差,伪影干扰严重,明显错层及阶梯状伪影,无法评价。

采用冠状动脉 15 节段划分法^[5],评价所有直径 >2 mm 冠状动脉节段,闭塞远段血管、发育变异及血管细小等因素不做评价。按狭窄程度分为轻度狭窄组($<50\%$)、中度狭窄组(50%~75%)、重度狭窄组(75%~99%)及闭塞组(100%)。

5. 辐射剂量评价

辐射剂量的统计仅包含 CCTA 扫描时辐射剂量。CT 自动计算得到容积 CT 剂量指数(CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP),并估算出有效剂量(effective dose, ED),其中 $ED = DLP \times k$, k 为转换系数^[6]($k = 0.014$ mSv/mGy/cm)。

6. CAG

采用 Seldinger 改良方法股动脉插管,分别行左、右冠状动脉造影,采用多方位多角度投照观察冠状动脉并记录,由 1 名有经验的心内科医师在不知道 CCTA 结果的情况下采用目测法评价造影结果。

7. 统计分析

采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析,计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,用 Kappa 检验对 CCTA 及 CAG 检测狭窄程度进行一致性分析,对 Kappa 值的参考评价原则为:0.75 $<K \leq 1.00$,诊断一致性极好;0.40 $<K \leq 0.75$,诊断一致性好;0 $<K \leq 0.40$,诊断一致性差。以 CAG 为金标准,计算 CCTA 对不同冠状动脉狭窄程度检测的敏感性、特异性、准确率、阳性预测值和阴性预测值,并采用配对 χ^2 检验(McNemar 检验)分析不同方法对冠状动脉狭窄诊断的差异。

结 果

所有直径>2 mm 冠状动脉节段,去除闭塞远段血管、发育变异及血管细小等因素,40 例患者共检出 467 个冠状动脉节段,其中 462 个节段能够满足诊断需求,图像质量可诊断率达到 98.93%(462/467)。对左主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉共计 309 个节段进行 CCTA 分析,其中 CCTA 诊断轻度狭窄 35 个节段、中度狭窄 48 个节段、重度狭窄 36 个节段、闭塞 15 个节段共计 134 个节段,与 CAG 对照,发现误诊 13 例(4 个轻度狭窄节段被高估,5 个中度狭窄节段被高估或低估,2 个重度狭窄节段被高估,2 个闭塞节段被低估),漏诊 4 例(3 例轻度狭窄及 1 例中度狭窄漏诊)。CCTA 诊断冠状动脉狭窄节段的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确度分别为 96.80%、92.93%、90.30%、97.71%、94.50%(表 1);CCTA 诊断冠状动脉轻度、中度、重度及闭塞程度的敏感度分别为 91.18%、97.73%、100.00%、100.00%,特异度分别 97.71%、97.16%、98.84%、98.84%,阳性预测值分别为 88.57%、89.58%、94.44%、86.67%,阴性预测值分别为 98.28%、99.42%、100.00%、100.00%,准确度分别为 96.65%、97.27%、99.03%、98.92%(表 2)。用 Kappa 检验对 CCTA 及 CAG 检测狭窄程度进行一致性分析,其 Kappa 系数均>0.8($P<0.001$),其一致性显著(表 1、2 及图 1、2);用 McNemar 检验分析发现 CCTA 及 CAG 诊断冠状动脉不同狭窄程度的差异无统计学意义(P 值分别为 1.000、0.219、0.50、0.50, $P>0.05$,表 2),表明两者对冠状动脉狭窄程度的诊断结果无明显差异。40 例患者 CCTA 的平均 DLP 为(160.97±36.53) mGv/cm,平均 ED 为(2.25±0.51) mSv。

讨 论

心率与心律、呼吸情况是目前影响 CCTA 图像质

量的两大关键因素^[7,8]。呼吸伪影所致图像质量减低可以通过加强呼吸及屏气训练得以解决,同时辅以心电图门控技术也能有效抑制心脏运动伪影^[9]。图像质量随心率增加而下降^[10],心率越快,运动伪影越重,特别是心率在 80~90 次/min 时,右冠状动脉运动最快、运动幅度和变形最大,采集的心脏图像不理想^[11]。高心率及心律波动大的患者^[12],心脏在各个心动周期的运动状态不一致,波动范围越大,其差异性越明显,出现的图像伪影越严重,对诊断冠状动脉狭窄的准确性随之降低。

高心率会缩短收缩期及舒张期,更易产生心脏运动伪影。为克服心率过快的影响,经常在 CCTA 扫描之前服用 β -受体阻断剂降低心率,但有些患者存在药物禁忌,往往不能有效控制心率^[13]。基于改善硬件的方法也在不断尝试,包括增加探测器宽度及提高机架旋转速度等。Oda 等^[14]采用 256-MDCT 及 64-MDCT 对 886 名冠心病患者 CCTA 图像质量对比研究中发现,在心率>60 bpm 患者中,256-MDCT 显著改善图像质量。基于软件的方法如多扇区重建技术、运动伪影校正 SSF 技术等,可以减少运动伪影,减弱心率的影响。杨仁杰等^[15]利用 64 排 CT 对自然心率下 104 名冠心病患者分别采用多扇区重建和 SSF 重建比较发现,当心率>80 次/min,两者都改善了图像质量,而 SSF 重建优良率明显高于多扇区重建。王斌等^[16]发现,利用 SSF 技术能有效提高高心率患者冠状动脉 CCTA 的图像质量,并且对右冠状动脉图像质量改善尤为明显。Liang 等^[17]对 64 名高心率患者分别采用标准算法和运动校正算法重建,发现运动校正算法重建可以显著提高图像质量及诊断准确性。本研究使用 256-MDCT 具有 16 cm 宝石宽体探测器,时间分辨率达到 28 ms,一次旋转单个心动周期即可完成心脏的成像,采用智能期相技术自动筛选最佳期相数据进行重建并辅以迭代重建技术及冠脉追踪冻结技术(snap

表 1 CCTA 及 CAG 检测冠状动脉狭窄节段诊断一致性检验

节段	TP	FP	FN	TN	敏感度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	准确度 (%)	kappa 值	P 值
LM	14	1	0	25	100	96.15	93.33	100	97.50	0.946	0.000
LAD	52	4	1	43	98.11	91.49	92.86	97.73	95.00	0.899	0.000
LCX	22	3	2	38	91.67	92.68	88.00	95.00	92.31	0.836	0.000
RCA	33	5	1	65	97.06	92.86	86.84	98.48	94.23	0.873	0.000
	121	13	4	171	96.80	92.93	90.30	97.71	94.50	0.887	0.000

表 2 CCTA 及 CAG 检测冠状动脉狭窄程度诊断一致性检验

狭窄程度	TP	FP	FN	TN	敏感度 (%)	特异度 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	准确度 (%)	kappa 值	P 值	χ^2 值	P 值
轻度	31	4	3	171	91.18	97.71	88.57	98.28	96.65	0.878	0.000	0	1.000
中度	43	5	1	171	97.73	97.16	89.58	99.42	97.27	0.918	0.000	1.5	0.219
重度	34	2	0	171	100.00	98.84	94.44	100.00	99.03	0.966	0.000	0.5	0.50
闭塞	13	2	0	171	100.00	98.84	86.67	100.00	98.92	0.923	0.000	0.5	0.50

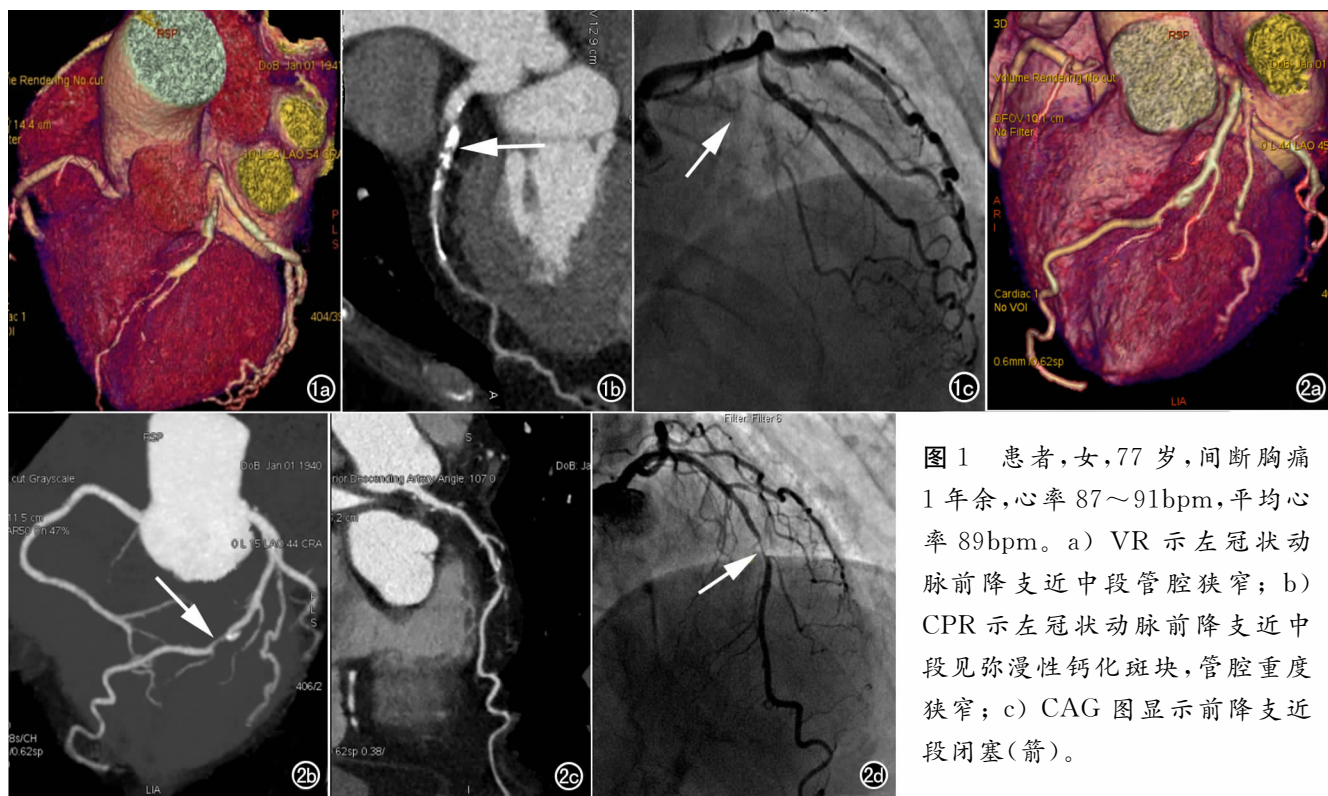


图 1 患者,女,77 岁,间断胸痛 1 年余,心率 87~91bpm,平均心率 89bpm。a) VR 示左冠状动脉前降支近中段管腔狭窄; b) CPR 示左冠状动脉前降支近中段见弥漫性钙化斑块,管腔重度狭窄; c) CAG 图显示前降支近中段闭塞(箭)。

图 2 患者,男,78 岁,间断胸痛 20d,加重 1d,心率 81~83bpm 平均心率 82bpm。a) VR 示左冠状动脉前降支中段管腔狭窄; b) MIP 示左冠状动脉前降支中段钙化斑块(箭),管腔重度狭窄; c) CPR 示左冠状动脉前降支中段混合斑块,管腔重度狭窄; d) CAG 图显示前降支中段闭塞(箭)。

shot freezing, SSF),可以降低噪声并减少冠脉图像运动伪影。这些新技术为高心率患者获得高质量 CCTA 图像提供了技术保证^[18,19]。本研究中 40 例高心率患者,扫描前均无服用药物以控制心率,所得图像能满足诊断需求。

冠状动脉钙化的硬化束伪影及部分容积效应,影响冠状动脉管腔的真实显示^[20],是降低图像质量并影响诊断的另一个主要原因。随着钙化量增加所致的无法诊断的冠状动脉节段增多和成像质量下降呈正相关^[21]。当钙化积分 ≥ 1000 时,MSCT 诊断冠状动脉狭窄的特异度、敏感度、阳性预测值明显降低^[22],诊断准确性明显减低。本组病例中钙化因素导致造成 2/3 假阴性和 8/13 假阳性血管节段,5 个节段被高估,3 个节段被低估,可见冠脉钙化量的多少直接影响诊断的准确性。

基于运动校正算法的冠脉追踪冻结技术(SSF)在最新 CCTA 技术规范应用指南中已被推荐为 CT 设备常规使用技术^[23]。SSF 技术利用单个心动周期中相邻心脏相位的信息来描述冠状动脉的轨迹和速度,确定冠状动脉在相应期相中的确切位置,通过自适应补偿相位内的冠脉残余运动从而有效的缩短了重建的时间窗^[24,25]。报道^[3,26]在高心率患者中采用 SSF

技术可以明显消除冠状动脉运动伪影而提高图像质量。本研究所纳入对象心率均 ≥ 80 bpm,图像可诊断率达 98.93%,82.01%冠状动脉节段图像质量评分为 1~2 分,证实高心率患者在 256 层螺旋 CT 中也能获得高的图像质量。对于中度狭窄程度以上节段,CCTA 诊断敏感度及准确性达到 97%以上,而对于重度狭窄及闭塞节段,其敏感度达到 100%,准确性接近 99%。本组病例中 4 个节段由运动伪影较重所致图像质量较低,主要分布于 RCA 中远段;在质量评分 1~3 分冠状动脉节段中我们也发现左右冠状动脉远段节段相对评分较低,这主要由于心率过快时,心脏搏动明显,冠状动脉因房室反向运动伪影影响图像质量^[10],在图像采集过程中,采集时间可能已不在 R-R 间期。

在确保 CCTA 图像质量前提下尽可能降低辐射剂量已是业界的共识和研究热点。前瞻性心电门控技术采用轴面扫描方式,只对预定时相进行数据采集,大幅度降低 X 线球管曝光时间,有效的降低辐射剂量。在既往研究中,前瞻性心电门控扫描较回顾性扫描能减少 80%的辐射剂量^[27,28],而图像质量无明显差异。迭代重建技术已广泛应用于 CCTA 图像重建,可减少传统滤波反投影算法的低空间分辨率引起的噪声。研究表明^[29-31]迭代重建技术不仅减少图像噪声、提高图

像质量,而且还能减少辐射剂量。本研究中 DLP 为 (160.97 ± 36.53) mGv/cm,平均有效剂量 ED 为 (2.25 ± 0.51) mSv,在指南推荐的 $2 \sim 5$ mSv 范围内^[23],但高于其他文献中所报道^[32,33],这可能与采用的不同扫描模式机型及所纳入患者心率有关。

本研究存在一些不足:①未针对不同心率及冠状动脉狭窄斑块性质进行分组比较。②所纳入对象为同时进行 CCTA 及 CAG 检查患者,对于一些高心率冠状动脉轻-中度狭窄的患者未行 CAG 检查而剔除,间接影响了 CCTA 的诊断准确性。③纳入对象样本量少,还需进一步与 CAG 大样本对照研究。

综上所述,新型 256 层螺旋 CT 具有较高的时间分辨率,一次旋转单个心动周期即可完成心脏的成像,在自由心率下对高心率冠心病患者冠状动脉管腔狭窄程度具有较好的诊断准确性。

参考文献:

- [1] Ropers D, Pohle FK, Kuettner A, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330ms gantry rotation[J]. *Circulation*, 2006, 114(22):2334-2341.
- [2] Liu Z, Sun Y, Zhang Z, et al. Feasibility of Free-breathing CCTA using 256-MDCT [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(27):e4096.
- [3] 梁俊福,王辉,徐磊,等. 256 层 CT 单个心动周期冠状动脉成像在高心率患者中应用的可行性研究[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(2):108-113.
- [4] Ehara M, Surmely JF, Kawai M, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography for detecting angiographically significant coronary artery stenosis in an unselected consecutive patient population: comparison with conventional invasive angiography [J]. *Circ J*, 2006, 70(5):564-571.
- [5] Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association[J]. *Circulation*, 1975, 51(4 Suppl):5-40.
- [6] Pflederer T, Jakstat J, Marwan M, et al. Radiation exposure and image quality in staged low-dose protocols for coronary dual-source CT angiography: a randomized comparison[J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(5):1197-1206.
- [7] Halpern EJ, Levin DC, Zhang S, et al. Comparison of image quality and arterial enhancement with a dedicated coronary CTA protocol versus a triple rule-out coronary CTA protocol[J]. *Acad Radiol*, 2009, 16(9):1039-1048.
- [8] Rahmani N, Jeudy J, White CS. Triple rule-out and dedicated coronary artery CTA: comparison of coronary artery image quality [J]. *Acad Radiol*, 2009, 16(5):604-609.
- [9] Hofmann LK, Zou KH, Costello P, et al. Electrocardiographically gated 16-section CT of the thorax: cardiac motion suppression [J]. *Radiology*, 2004, 233(3):927-933.
- [10] Lee H, Kim JA, Lee JS, et al. Impact of a vendor-specific motion-correction algorithm on image quality, interpretability, and diagnostic performance of daily routine coronary CT angiography: influence of heart rate on the effect of motion-correction[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2014, 30(8):1603-1612.
- [11] Pontone G, Andreini D, Bartorelli AL, et al. Feasibility and accuracy of a comprehensive multidetector computed tomography acquisition for patients referred for balloon-expandable transcatheter aortic valve implantation [J]. *Am Heart J*, 2011, 161(6):1106-1113.
- [12] 朱玉春,王建良,吴志娟,等. 平均心率、心率波动和心率变异性对 64 层螺旋 CT 冠脉成像质量的相关性分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2012, 10(1):46-49.
- [13] Sabarudin A, Sun Z. Beta-blocker administration protocol for prospectively ECG-triggered coronary CT angiography[J]. *World J Cardiol*, 2013, 5(12):453-458.
- [14] Oda S, Katahira K, Utsunomiya D, et al. Improved image quality at 256-slice coronary CT angiography in patients with a high heart rate and coronary artery disease: comparison with 64-slice CT imaging[J]. *Acta Radiol*, 2015, 56(11):1308-1314.
- [15] 杨仁杰,查云飞,杨文兵,等. 基于运动校正算法的自然心率冠状动脉 CTA 的可行性研究[J]. *临床放射学杂志*, 2016, 35(8):1262-1266.
- [16] 王彪,陈兴灿,应小丰,等. 冠状动脉追踪冻结技术在回顾性心电图门控下改善冠脉 CTA 图像质量的应用价值[J]. *放射学实践*, 2017, 32(4):427-430.
- [17] Liang J, Wang H, Xu L, et al. Impact of SSF on diagnostic performance of coronary computed tomography angiography within 1 heart beat in patients with high heart rate using a 256-row detector computed tomography [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2018, 42(1):54-61.
- [18] Hou Y, Xu S, Guo W, et al. The optimal dose reduction level using iterative reconstruction with prospective ECG-triggered coronary CTA using 256-slice MDCT [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(12):3905-3911.
- [19] 范丽娟,孙凤伟,张计旺,等. 冠状动脉追踪冻结技术对不控制心率受试者 CT 冠状动脉成像质量的影响[J]. *中华放射学杂志*, 2014, 48(2):105-108.
- [20] 过伟锋,曾蒙苏. 冠状动脉 CT 成像钙化斑块减影技术的临床应用[J]. *放射学实践*, 2016, 31(10):1010-1012.
- [21] Brodoefel H, Reimann A, Burgstahler C, et al. Noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography in an unselected patient collective: effect of heart rate, heart rate variability and coronary calcifications on image quality and diagnostic accuracy[J]. *Eur J Radiol*, 2008, 66(1):134-141.
- [22] 朱应礼,徐益明,朱昭环. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像诊断冠状动脉狭窄的初步探讨[J]. *放射学实践*, 2009, 24(4):396-399.
- [23] 中华医学会放射学分会心胸学组,心脏冠状动脉多排 CT 临床应用指南写作专家组. 中华放射学杂志. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(10):732-743.
- [24] Leipsic J, Labounty TM, Hague CJ, et al. Effect of a novel vendor-specific motion-correction algorithm on image quality and diagnostic accuracy in persons undergoing coronary CT angiography without rate-control medications [J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2012, 6(3):164-171.

- [25] Machida H, Tanaka I, Fukui R, et al. Current and novel imaging techniques in coronary CT[J]. Radiographics, 2015, 35(4): 991-1010.
- [26] Andreini D, Pontone G, Mushtaq S, et al. Low-dose CT coronary angiography with a novel IntraCycle motion-correction algorithm in patients with high heart rate or heart rate variability[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2015, 16(10): 1093-1100.
- [27] Pontone G, Andreini D, Bartorelli AL, et al. Feasibility and diagnostic accuracy of a low radiation exposure protocol for prospective ECG-triggering coronary MDCT angiography[J]. Clin Radiol, 2012, 67(3): 207-215.
- [28] Gu J, Shi HS, Han P, et al. Image quality and radiation dose for prospectively triggered coronary CT angiography: 128-slice single-source CT versus first-generation 64-slice dual-source CT[J]. Sci Rep, 2016, 6: 34795.
- [29] Leipsic J, Labounty TM, Heilbron B, et al. Estimated radiation dose reduction using adaptive statistical iterative reconstruction in coronary CT angiography: the ERASIR study[J]. AJR, 2010, 195(3): 655-660.
- [30] Wu Q, Wang Y, Kai H, et al. Application of 80kVp tube voltage, low-concentration contrast agent and iterative reconstruction in coronary CT angiography: evaluation of image quality and radiation dose[J]. Int J Clin Pract, 2016, 70(Suppl 9B): B50-B55.
- [31] Oda S, Weissman G, Vembar M, et al. Iterative model reconstruction: improved image quality of low-tube-voltage prospective ECG-gated coronary CT angiography images at 256-slice CT[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(8): 1408-1415.
- [32] Layritz C, Schmid J, Achenbach S, et al. Accuracy of prospectively ECG-triggered very low-dose coronary dual-source CT angiography using iterative reconstruction for the detection of coronary artery stenosis: comparison with invasive catheterization[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2014, 15(11): 1238-1245.
- [33] Achenbach S, Marwan M, Ropers D, et al. Coronary computed tomography angiography with a consistent dose below 1mSv using prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch spiral acquisition[J]. Eur Heart J, 2010, 31(3): 340-346.

(收稿日期: 2018-01-12 修回日期: 2018-04-01)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035