

冠状动脉追踪冻结技术在回顾性心电门控下改善冠脉 CTA 图像质量的应用价值

王彪, 陈兴灿, 应小丰, 金滨, 潘永清

【摘要】 目的:评估冠状动脉追踪冻结技术(SSF)在回顾性心电门控下改善冠脉 CTA 图像质量的效果。**方法:**117 例患者采用回顾性心电门控和单扇区重建技术行冠脉 CTA 扫描,以心率 75 次/分为界分为高心率组(38 例)和低心率组(79 例),分别采用标准算法(STD)和 SSF 技术进行图像重建,所获图像由本科诊断医师进行分析,以 LiKert 5 分制评分标准对冠脉整体质量进行评分,要求 3 分以下者需重新进行检查。**结果:**117 例患者的 STD 图像的平均得分(4.18)显著低于 SSF 重建图像(4.42),差异有统计学意义($P<0.05$)。高心率组中 STD 图像的平均得分(3.43)显著低于 SSF 重建图像(4.02),差异有统计学意义($P<0.05$);而低心率组 STD 图像的平均得分(4.56)与 SSF 重建图像(4.62)之间的差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**冠状动脉追踪冻结技术(SSF)能有效提高冠脉 CTA 的图像质量,尤其是对心率较快的患者,可提高对高心率患者冠脉成像的可判读性。

【关键词】 冠状动脉; CT 血管成像; 冠状动脉追踪冻结技术; 心率

【中图分类号】 R543.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)04-0427-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.04.028

Application value of coronary artery snapshot freeze technique in improving the image quality of coronary CTA with retrospective ECG-gating technique WANG Biao, CHEN Xing-chan, YING Xiao-feng, et al. Department of medical imaging, the 117th Hospital of PLA, Hangzhou 310013, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the efficacy of coronary artery snapshot freeze (SSF) technique in improving the quality of coronary CT angiography (CCTA) images with retrospective ECG gating. **Methods:** 117 patients underwent coronary CTA scanning with retrospective ECG gating and single sector reconstruction techniques. Taking heart rate (HR) 75/min as cutoff point, patients were divided into high HR group (38 patients) and low HR group (79 patients). The raw data of all patients were reconstructed with standard algorithm (STD) and SSF technique respectively. All of the images acquired were analyzed by the radiologists in our department. A 5-point LiKert scale was used for scoring, patients should be re-examined when the score <3 . **Results:** For all of the 117 patients having CCTA, the average score of the CCTA images using STD algorithm was 4.18, which was markedly lower than that of SSF technique (4.42), with statistical difference ($P<0.05$). In the high HR group, the average score with STD algorithm was 3.43, which was significantly lower than that of SSF technique (4.02), with statistical difference ($P<0.05$). However, in the low HR group, there was no statistical difference in the average score between STD and SSF reconstruction algorithm ($P>0.05$). **Conclusion:** Coronary artery snapshot freeze (SSF) technique can improve the image quality of coronary CTA, especially for the patients with high heart rate, thus the image interpretation effectiveness could be enhanced.

【Key words】 Coronary artery; Computed tomography angiography; Coronary artery snapshot freeze technique; Heart rate

目前,由于 CT 冠状动脉 CT 血管成像(coronary CT angiography, CCTA)已成为冠状动脉疾病(coronary artery disease, CAD)的首选检查方式^[1-4],虽然 CT 技术不断进步,时间和空间分辨率不断提高,但严重钙化、心律不齐和呼吸运动伪影等因素还是会影响图像的可判读性,从而影响对 CAD 的诊断准确性,而冠状动脉追踪冻结(coronary artery snapshot freeze, SSF)技术是 GE 第 3 代宝石 CT 机(Discovery

CT750)上配备的最新的伪影校正算法^[5-6],其原理是使用相邻心动周期的图像数据来补偿冠状动脉运动造成的伪影,从而改善图像的质量。本文通过比较 SSF 算法和标准算法(standard, STD)重建图像可判读性,评价 SSF 技术在改善冠脉 CTA 图像质量中的价值。

材料与方法

1. 临床资料

搜集 2016 年 1 月—6 月在本院行冠脉 CTA 检查的 117 例患者的病例资料,其中男 72 例,女 45 例,平均身高 167.52cm,平均体重 67.92kg,平均年龄 58.93 岁。

作者单位: 310000 杭州,解放军第 117 医院机场路院区医学影像科
作者简介: 王彪(1990—),男,江苏盐城人,技师,主要从事 CT 技术工作。

2. CT 扫描方法

患者检查前半小时服用倍他乐克 25 mg, 检查前服用硝酸甘油 0.5 mg, 并进行呼吸训练, 患者心率控制在 49~122 次/分(以检查前记录为准)。将患者按心率分为 2 组: 高心率组 38 例, 心率 > 75 次/分; 低心率组 79 例, 心率 ≤ 75 次/分。

使用 GE Discovery CT750 宝石能谱 CT 机, 扫描范围自气管隆突下 1 cm 水平至膈下 2 cm 水平, 从头侧向足侧扫描, 扫描参数: 回顾性心电门控, 准直器宽度 0.625 mm, 探测器宽度 40 mm, 重建层厚 0.625 mm, 层间距 0.625 mm, 机架旋转时间 0.35 s/r, 螺距 0.16~0.20, 最大管电流 110~550 ms。根据患者身体质量指数 (BMI) 采用不同管电压: BMI ≤ 22.5 kg/m², 80 kV; 22.5 kg/m² < BMI ≤ 28.0 kg/m², 100 kV; 28.0 kg/m² < BMI ≤ 33.0 kg/m², 120 kV; BMI > 33.0 kg/m², 140 kV。对比剂使用欧乃派克 (350 mg I/mL), 采用双筒高压注射器注射, 总量和注射流率计算公式:

$$\text{总量 (mL)} = \text{体重 (kg)} \times 0.8 (\text{mL/kg}) \quad (1)$$

$$\text{注射流率 (mL/s)} = \text{总量 (mL)} / 12 \text{ s} \quad (2)$$

所有患者的冠状动脉 CTA 扫描原始数据分别使用 STD 及 SSF 算法进行图像重建^[5], 自适应统计迭代重建权重设置为 50%。

3. 图像评估

将所有图像重建数据传输至 GE AW4.7 后处理工作站, 由诊断医师进行图像评估。图像质量的评分标准采用 5 分制: 5 分为图像质量优, 冠脉显示清晰, 管腔连续完整, 边缘锐利, 无运动伪影及断层; 4 分为冠脉连续完整, 边缘略模糊, 无明显断层及运动伪影; 3 分为冠脉不连续, 边缘模糊或有轻度断层, 不影响诊断; 2 分为冠脉有运动伪影、断层, 勉强诊断; 1 分为图像较差, 管壁伪影严重, 重建图像断层, 无法诊断。其中对评分为 3 分以下的患者重新进行检查。心率不齐的患者需结合心电编辑技术来处理图像以确保图像质量^[7]。

4. 统计学方法

使用 SPSS 19.0 统计分析软件, 高、低心率组及 SSF 和 STD 算法重建图像的比较采用配对 *t* 检验。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 图像特征

采用 STD 和 SSF 算法分别对高心率、低心率及心率不齐者 CT 扫描图像重建, 高心率组的 SSF 图像质量整体优于 STD 图像, 冠脉管腔显示清晰、锐利(图 1); 而低心率组中两种算法重建图像的质量差异不明显(图 2); 对于患者心率不齐、屏气欠佳造成的图像断层, SSF 算法图像只能在冠脉支段水平上改善图像质

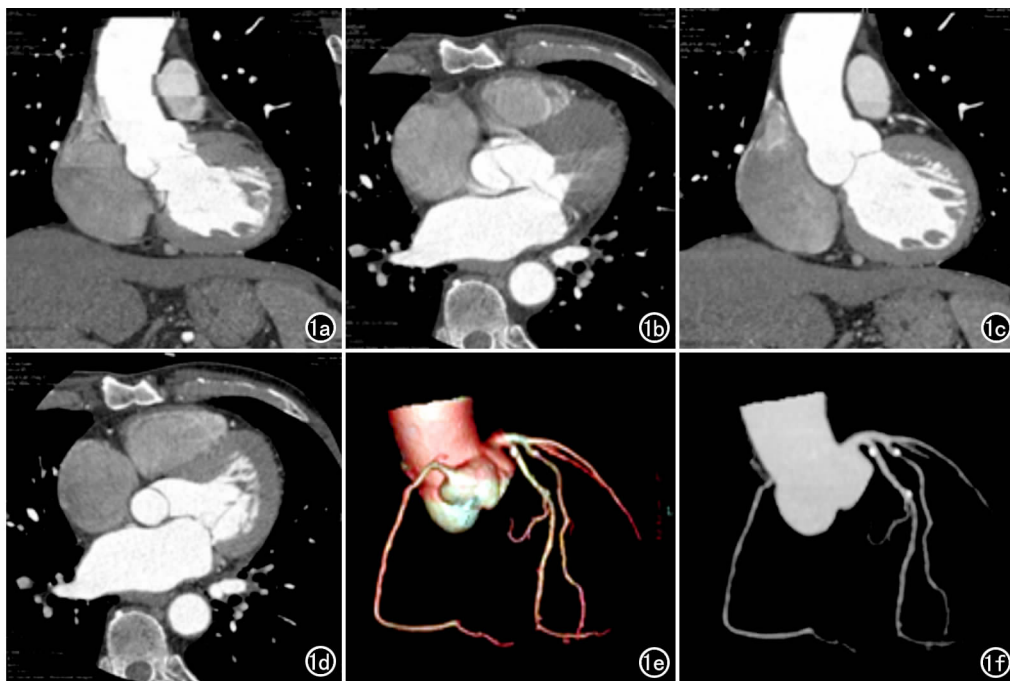


图 1 男, 65 岁, 心律齐, 平均心率 98 bpm。a) 采用 STD 算法重建, 冠状面图像上可见阶梯状伪影; b) 横轴面图像上右冠状动脉(箭)可见搏动伪影, 冠脉整体无法重建及诊断; c) 与图 a 相同层面 SSF 重建图像, 血管边缘连续锐利; d) 与图 b 相同层面 SSF 算法重建图像, 右冠状动脉(箭)搏动伪影明显改善, 图像质量明显优于图 b; e) SSF 算法 VR 图, 显示左、右冠状动脉起源正常, 各段显示连续; f) SSF 算法 MIP 图, 显示 LAD 左冠脉前降支近、中段和 Diag 近段管壁钙化, 远端管壁及管腔未见明显异常。

量却无法消除断层(图 3)。

2. 图像质量评估

117 例受检者冠脉 CTA 图像质量的评分结果见表 1。SSF 重建图像的总体评分显著高于 STD 重建图像($P<0.05$);而同一重建算法组中,低心率组图像质量总体评分高于高心率组($P<0.05$);SSF 算法对高心率组图像质量的改善最明显,而在低心率组中 STD 和 SSF 两种算法图像质量的差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 高心率和低心率组两种算法图像质量评分及比较

组别	例数	SSF 得分	STD 得分	t 值	P 值
高心率组	38	4.026±0.753	3.422±0.722	4.209	0.000
低心率组	79	4.620±0.514	4.582±0.546	1.755	0.083
合计	117	4.427±0.661	4.205±0.815	4.082	0.000

讨 论

影响冠脉 CTA 质量的因素很多,如扫描参数、对比剂注射方案、患者呼吸配合情况、扫描时平均心率、心率变异及心率波动等。静态伪影可通过调整合适的扫描参数、选择恰当的扫描延迟时间、优化对比剂注射方案等来解决。但在临床实际工作中,常会碰到患者在扫描时原先平稳的心率突然出现异常或心律不齐,而高心率及心律不齐是传统 64 排 CT 冠状动脉成像检查的瓶颈^[8],患者心率过高或心率不齐时,冠脉运动

方向和速度在心动周期内不断变化,心率与扫描速度如果不匹配,重建中心不能重合,重建图像就会出现冠状动脉错层、不连续等现象(图 3),经 SSF 算法重建后也难以获得高质量的图像。而 SSF 技术针对心率较高但心率规则、平稳的受检者校正效果较好(图 1),对于心率低且齐的患者,SSF 算法和 STD 算法的图像质量无明显差异(图 2)。所以心率仍是影响冠脉图像质量的主要因素,当患者心率控制在较低范围内时,冠状动脉运动呈双期模式,即收缩末期和舒张末期,而舒张末期出现低速平台期,心脏舒张期时间长,心脏在舒张期比收缩期运动幅度小,舒张期采集数据可获得更好的图像质量^[9]。

对于心脏这种呈周期性搏动的器官,良好的冻结其运动,对于冠脉成像具有极为重要的作用。SSF 技术是一种全新的冠状动脉运动分析和冻结技术,能跟踪各个冠状动脉的运动轨迹,自动进行冻结成像,使冠状动脉的运动始终处于一种相对静止的状态,对邻近期相的图像运动信息进行分析建模,从而对运动模糊进行校正,消除运动伪影^[10]。

对本院 117 例患者的冠脉 CTA 图像进行分析,在心率高且齐时,冠脉图像会出现阶梯状的不连续现象。右冠状动脉是搏动最明显、运动伪影出现概率最

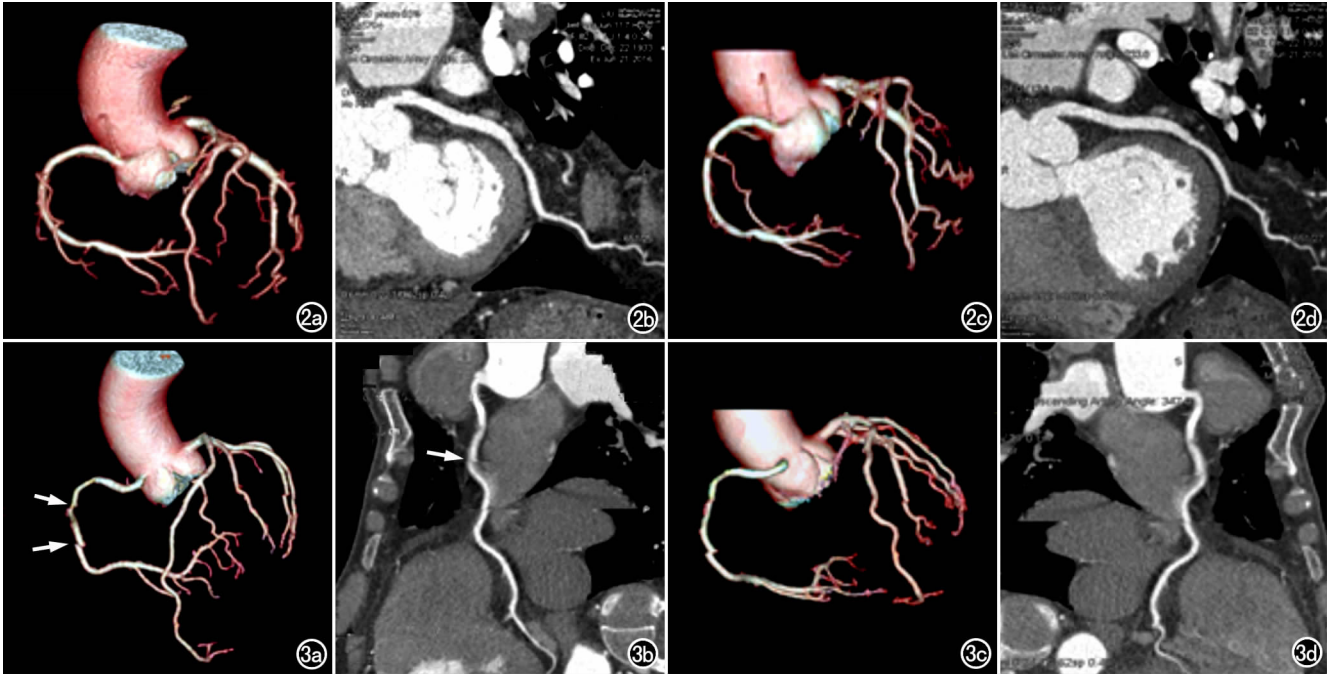


图 2 患者,女,83 岁,心律齐,平均心率 66bpm。a) STD 算法 VR 图,显示左、右冠脉起源正常,各分支的近、中和远段走行正常,未见明显错层; b) STD 算法 MPR 图,显示右冠状动脉走行正常,未见明显钙化及狭窄; c) 与图 a 相同层面的 SSF 算法 VR 图,显示冠脉各段均显示清晰锐利; d) 与图 b 相同层面的 SSF 算法 MPR 图,显示 2 种算法的图像质量无明显差异。

图 3 患者,男,68 岁,心律不齐,心率 54~78bpm。a) STD 算法 VR 图像,显示左、右冠状动脉起源正常,右冠状动脉中段有较大断层(箭); b) STD 算法 MPR 图像,显示右冠状动脉近段稍模糊(箭)、轻度运动伪影,中段错层明显,但不影响诊断; c) SSF 算法 VR 图像,可见右冠状动脉中段断层仍存在(箭),但较图 a 有改善; d) SSF 算法 MPR 图像,冠脉的运动伪影较图 b 有改善,但仍无法消除断层。

大的冠脉分支,故本研究中主要对右冠状动脉进行观察,经过运动校正后,图像数据由完全不能重建到重建图像达到诊断标准,图像质量的改善尤其明显。当心率水平较低时,图像质量整体优良,两种算法图像质量差异不大,但 SSF 算法由于图像数据量的增加,在改善细节显示上仍有一定价值。当患者出现心律不齐时,在实际工作中冠脉 CTA 检查的失败率还是比较高,本研究中只考虑达到诊断标准的患者,未达到诊断标准的病例未纳入评估。心律不齐患者的冠脉图像主要表现是出现断层,部分图像数据丢失,虽然 SSF 重建无法消除断层,但在实际工作中由于增加了图像数据量,给后处理预留了空间,如结合心电编辑技术,对前一或后一期相的数据进行编辑,后重建工作站也可以结合运动错层纠正技术对图像进行修正。故 SSF 在改善冠脉 CTA 图像质量方面具有良好的临床应用价值,尤其对于高心率患者。

本研究中存在的不足之处:①所有患者均采用单扇区回顾性心电门控技术,患者所受辐射剂量较高;②大部分患者 SSF 算法重建固定采用 75% 和 45% R-R 间期的数据,并且仅对冠脉整体质量进行评分,而未对冠状动脉不同分支或不同节段进行评分;③所选取样本只单纯对心率高低进行分组,而未考虑心率不齐的因素,而这一因素也可能对重建图像的质量评分有影响;④鉴于本研究探讨 SSF 技术对 CT 冠状动脉成像质量的改善,故未对冠状动脉 CTA 的诊断结果与金标准的冠脉血管造影进行对照研究^[11]。

参考文献:

[1] Nakazato R, Arsanjani R, Shalev A, et al. Diagnostic accuracy, image quality, and patient comfort for coronary CT angiography performed using iso-osmolar versus low-osmolar iodinated con-

trast: a prospective international multicenter randomized controlled trial[J]. Acad Radiol, 2016, 23(6):743-751.

- [2] 叶剑飞,戴宇翔,晨光,等.多排 CT 冠状动脉血管成像在冠状动脉慢性完全闭塞病变诊断中的应用[J].中华全科医师杂志,2016, 15(1):39-42.
- [3] 徐同江,刘建新.比较不同心电图编辑技术改善期前收缩患者冠状动脉 CT 血管成像图像质量的特点[J].中华放射学杂志, 2016, 50(1):60-61.
- [4] 过伟峰,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.
- [5] Li Q, Li P, Su Z, et al. Effect of a novel motion correction algorithm (SSF) on the image quality of coronary CTA with intermediate heart rates: segment-based and vessel-based analyses[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(11):2024-2032.
- [6] 韩威,胡刚,路军良,等.冠状动脉追踪冻结技术对冠状动脉多层螺旋 CT 血管成像质量的优化研究[J].中国循证心血管医学杂志, 2016, 8(4):451-453.
- [7] Fan L, Zhang J, Xu D, et al. CTCA image quality improvement by using snapshot freeze technique under prospective and retrospective electrocardiographic gating[J]. J Comput Assist Tomogr, 2015, 39(2):202-206.
- [8] Paul JF, Amato A, Rohnean A. Low-dose coronary-CT angiography using step and shoot at any heart rate: comparison of image quality at systole for high heart rate and diastole for low heart rate with a 128-slice dual-source machine[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2013, 29(3):651-657.
- [9] 朱玉春,王建良,吴志娟,等.心率因素对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量的影响[J].山西医药杂志, 2012, 41(3):228-231.
- [10] 郭一君,查云飞,杨仁杰,等.冠状动脉追踪冻结技术对高心率受检者 CT 冠状动脉成像质量的影响[J].临床放射学杂志, 2015, 34(9):1516-1520.
- [11] 韦章诚,罗鹰,高德军,等.冠脉 CT 血管成像定量分析比较急性冠脉综合征和稳定冠脉冠心病患者中斑块狭窄的差异[J].放射学实践, 2016, 31(6):487-490.

(收稿日期:2016-11-12 修回日期:2017-02-03)