

论 著

SSF技术在冠状动脉支架植入术后评估的应用价值

安徽医科大学第一附属医院放射科
(安徽 合肥 230022)

陈 化 杜丹丹 赵小英
高 照 宋 健 刘 斌*

【摘要】目的 探讨冠状动脉追踪冻结(SSF)技术在冠状动脉支架CTA(CSCTA)中的应用价值。**方法** 回顾性连续收集74例行冠状动脉CTA检查的冠状动脉支架植入患者,采用两种分组方式,分别为(1)按心率高低分为高心率组(心率>70次/分)、低心率组(心率≤70次/分);(2)按支架部位分为右冠状动脉(RCA)支架组、左前降支(LAD)支架组、左回旋支(LCX)支架组。所有患者均分别采用常规技术及SSF技术重建出两组冠状动脉图像,采用多种后处理方法对所重建的每一支冠状动脉支架CTA图像质量进行主观评分(采用5分制),比较两种技术重建的冠状动脉支架CTA图像质量的主观评分差异。**结果** 常规技术重建冠状动脉支架CTA图像质量平均评分为(3.38±0.75),SSF技术为(3.79±0.47),二者差异有统计学意义($P<0.05$),SSF技术重建的冠状动脉支架CTA图像质量主观评分高于常规技术。两种分组方式中高心率组冠状动脉支架CTA图像质量提高例数组内占比为60%、低心率组为19%,RCA支架组为67%、LAD支架组为22%、LCX支架组为48%。**结论** SSF技术可以提高冠状动脉支架CTA的图像质量,对高心率(心率>70次/分)及RCA支架植入患者图像质量提高效果更为明显。

【关键词】 冠状动脉支架植入;冠状动脉追踪冻结技术;术后复查

【中图分类号】 R541.4

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.07.030

Application Value of SSF Technique in Evaluation of Coronary Stent Implantation

CHEN Hua, DU Dan-dan, ZHAO Xiao-ying, GAO Zhao, SONG Jian, LIU Bin*.

Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the application value of snap shot freeze(SSF) in coronary stent CTA (CSCTA). **Methods** 74 consecutive patients with coronary stent implantation who underwent coronary CTA were retrospectively collected. Two grouping methods were adopted: (1) high heart rate group (heart rate > 70 beats / min) and low heart rate group (heart rate ≤ 70 beats / min). (2) right coronary artery (RCA) stent group, left anterior descending (LAD) stent group and left circumflex (LCX) stent group according to the position of stent. Both conventional and SSF techniques were used to reconstruct coronary artery images in all patients. Various post-processing methods were used to compare the subjective scores of CTA image quality of coronary artery stent reconstructed by the two techniques(using 5-point system). **Result** The average image quality score of coronary stents reconstructed by conventional technique was (3.38±0.75), and that of SSF was (3.79±0.47). There was significant difference between them ($P<0.05$). The subjective score of CTA image quality of coronary stents reconstructed by SSF technique was higher than that of conventional technique. Among the two grouping methods, 60% of coronary stent CTA image quality was improved in the high heart rate group, 19% in the low heart rate group, 67% in the RCA group, 22% in the LAD group, and 48% in the LCX group. **Conclusion** SSF can improve the image quality of coronary stent CTA, especially in patients with high heart rate (heart rate > 70 beats / min) and RCA stent implantation.

Keywords: Coronary Stent Implantation; Coronary Artery Snap Shot Freeze Technique; Postoperative Review

冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary artery disease, CAD)在我国发病率及死亡率一直居高不下。作为冠心病的主要治疗手段之一,冠状动脉支架植入术在临床的应用也越来越广泛。部分患者冠状动脉支架植入后会发生支架内再狭窄(in-stent restenosis, ISR),继而心肌供血不足,心肌缺血缺氧,导致患者的生活质量严重下降。根据Mahnken等^[1]统计,术后6个月内金属裸支架平均再狭窄率为46%,即使是药物涂层支架仍然达5.5%,因此对患者支架通畅情况进行评估很有必要且非常重要。以往多采用选择性冠状动脉血管造影(selective coronary angiography, SCA)来进行评估,由于该方法为有创性操作,限制了临床对支架的情况进行无创性随访及预后评估。

随着多层螺旋CT硬件及软件的提升,冠状动脉CTA作为一种无创、经济且方便的动脉成像技术,越来越多的应用于临床。梁波等^[2]研究发现,以SCA作为金标准,256层螺旋CT冠状动脉CTA诊断支架腔内再狭窄的灵敏度为94.7%,特异度为100%,诊断准确率为98.9%。良好的冠状动脉支架CTA图像质量是准确诊断的前提。本研究旨在探讨SSF技术对提高冠状动脉支架CTA图像质量的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性连续收集安徽医科大学第一附属医院2018年5月至2019年7月期间行冠状动脉CTA检查的冠状动脉支架植入患者74例。男性51例,女性23例,年龄36~85岁,平均年龄(63.31±9.81)岁。所有患者检查前均未服用控制心率药物。

按心率高低分成两组:高心率组(心率>70次/分)患者共27例,平均心率(79.33±5.75)次/分;低心率组(心率≤70次/分)患者共47例,平均心率(60.30±7.43)次/分。选择RCA、LAD、LCX三大主干支架作为研究对象。所有患者均分别采用常规技术及SSF技术重建出两组冠状动脉图像。

【第一作者】 陈 化,男,主要研究方向:心血管影像。E-mail: 609897549@qq.com

【通讯作者】 刘 斌,男,主任医师,主要研究方向:心胸影像诊断。E-mail: lbhzy321@126.com

1.2 扫描方法 使用GE公司Revolution 256排容积CT扫描仪。病人仰卧于扫描床上，从头侧向足侧扫描，扫描范围为气管隆突下1cm至膈下2cm。使用双筒高压注射器，对比剂采用典比乐(含碘370mg/mL)，个性化对比剂使用量：对比剂量(mL)=体重(kg)×0.8，注射速率=对比剂量/12s，对比剂注入结束后注入30mL生理盐水。采用智能追踪SmartPrep方法触发扫描，监测层面选择升主动脉，ROI大小约1cm²，监视ISD 1s，触发阈值60HU，延迟设定为9s。扫描参数：管电压100kV，管电流570mA，机架旋转速度0.28s/r，准直器宽度0.625mm，探测器宽度160mm，轴扫描，图像重建层厚0.625mm，层间距0.625mm。采用高清模式扫描，前置ASiR-V权重选择60%。使用前瞻性心电门控，曝光时间窗均为30%~80% R-R间期。使用智能相位(smart phase, SP)技术选择最佳期相，开启SSF技术。

1.3 图像后处理 以智能相位技术选择最佳期相(若智能相位技术所选期相不佳，则手动选择最佳期相)以高分辨算法重建后获得的图像为常规技术组图像。以最佳期相图像及其前后约80ms期相图像(共3期图像，均为高分辨算法重建图像)重组所得图像为SSF技术组图像。重建后的数据均传至AW4.7工作站后处理图像。后处理方法包括容积再现(volume rendering, VR)、多平面重组(multiplanar reconstruction, MPR)、曲面重组(curve planar reformation, CPR)和最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)。

1.4 图像质量评价 由两位高年资诊断医师采用双盲法对图像质量进行主观评分，当意见不一致时协商一致。观察支架部分血管统一采用窗宽1500HU、窗位400HU，观察非支架部分血管统一采用窗宽1300HU、窗位300HU。冠状动脉支架CTA重建图像质量主观评分标准采用5分制：1分为图像质量差(图像

内支架壁伪影严重，边界及内部模糊难辨)；2分为图像质量较差(支架壁伪影较多，边界及内部较模糊)；3分为图像质量可(支架壁存在少量伪影，边缘欠清楚锐利，支架内部结构显示欠清晰)；4分为图像质量良好(支架壁基本无伪影，边界较清楚锐利，内部结构显示较清晰)；5分为图像质量优秀(支架壁无伪影，边缘清楚锐利，支架内部结构显示清晰)。

1.5 统计学方法 使用SPSS 19.0统计分析软件，采用Wilcoxon秩和检验分析图像主观质量评分。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示。以P<0.05时为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同组两种重建方法冠状动脉支架CTA图像质量评分 在74例患者中共检出106个冠状动脉植入支架，冠状动脉支架CTA图像质量主观评分结果见表1、表2、表3。

由表1可知，在相同重建方法中，低心率组冠状动脉支架CTA图像质量主观评分略高于高心率组，两者差异有统计学意义(P<0.05)。由表2、3可知，两种分组方法中，SSF技术重建的冠状动脉支架CTA图像质量主观评分均高于常规技术，两者差异有统计学意义(P<0.05)。按心率高低分组方法中，SSF技术对高心率组患者冠状动脉支架CTA图像质量提高比例高于低心率组，按支架部位分组方法中，SSF技术对于右冠状动脉支架组冠状动脉支架CTA图像质量提高比例高于另外两组。

2.2 典型病例影像学分析 典型病例影像分析结果见图1~图2。

表1 两种重建方法中不同心率组冠状动脉支架CTA图像质量评分

	低心率组(n=63)	高心率组(n=43)	P	Z
常规技术组评分	3.63±0.66	3.00±0.72	0.000	-4.254
SSF技术组评分	3.90±0.43	3.63±0.49	0.003	-2.944

注：n表示支架数量。

表2 不同心率组两种重建方法冠状动脉支架CTA图像质量评分

组别	支架数量	常规技术组评分	SSF技术组评分	P	Z	组内图像质量提高支架例数	组内图像质量提高占比(%)
低心率组	63	3.63±0.66	3.90±0.43	0.000	-3.900	16	19
高心率组	43	3.00±0.72	3.63±0.49	0.000	-5.014	26	60
合计	106	3.38±0.75	3.79±0.47	0.000	-6.345	42	39

注：组内图像质量提高占比=组内图像质量提高支架例数/该组内支架总数。下同。

表3 不同部位支架两种重建方法冠状动脉支架CTA图像质量评分

组别	支架数量	常规技术组评分	SSF技术组评分	P	Z	组内图像质量提高支架例数	组内图像质量提高占比(%)
RCA支架组	27	3.19±0.74	3.93±0.39	0.000	-4.066	18	67
LAD支架组	54	3.56±0.72	3.78±0.50	0.001	-3.464	12	22
LCX支架组	25	3.20±0.76	3.68±0.48	0.001	-3.464	12	48

3 讨论

随着人们物质生活水平的提高，冠心病发病率一直居高不下，进行冠状动脉支架植入治疗的患者也越来越多。由于冠状动脉支架置入术后再狭窄的发生率较高，因此患者需要定期随访，以了解支架的位置形态及支架是否通畅，来指导下一步治疗。

冠状动脉支架CTA现已被广泛应用于冠状动脉支架术后的随访评估，与“金标准”SCA比较，其准确性及特异性均很

高。SSF技术是GE公司开发的一项针对于冠状动脉CTA运动伪影的校正技术，其通过分析一个心动周期目标期相及其前后80ms共3个期相的数据，记录冠状动脉运动的速度及幅度，得到冠状动脉冻结图像，降低冠状动脉运动伪影^[3]，相应的支架伪影也随之减少，从而能够提高冠状动脉支架植入术患者的冠状动脉CTA图像质量。结合SSF技术，Revolution CT的有效时间分辨力可达29ms，能有效降低患者冠状动脉运动伪影，提高检查成功率和冠状动脉可诊断率^[4]。



图1 患者,女,系RCA支架植入术后,心率66次/分。图1A、图1C为常规技术重建图像,伪影较大,支架局部内部显示不清,图像质量评分2分;图1B、图1D为SSF技术重建后图像,基本无伪影,支架内部显示清晰,图像质量评分4分。**图2** 患者,女,系LAD支架植入术后,心率75次/分。图2A、图2C为常规技术重建图像,伪影较大,支架内部显示不清,图像质量评分2分;图2B、图2D为SSF技术重建后图像,基本无伪影,支架内部显示清晰,图像质量评分4分。

本研究结果显示:(1)两种重建方法中,低心率组图像质量略高于高心率组,SSF技术对高心率患者图像质量提高作用较为明显。与传统CT相比,Revolution CT拥有很高的时间分辨率,当心率较低时,冠状动脉运动速度较慢,使用常规技术重建即可获得高质量的冠状动脉支架CTA图像,而随着心率增加,冠状动脉运动速度增快,冠状动脉支架运动伪影随之增加,导致常规技术图像质量降低,此时SSF技术可以通过校正降低运动伪影,提高图像质量^[5-6]。(2)SSF技术对于右冠状动脉支架CTA图像质量提升效果更为明显。产生的原因是由于每支冠状动脉所处位置不同,导致运动方式及速度也不同。右冠状动脉S2段靠近窦房结走行,心脏搏动会导致其产生较大幅度的摆动,并且该段血管走行方向恰好垂直于CT数据采集方向,二者同时导致了该段血管的相对运动速率快,使得右冠状动脉主干在冠状动脉CTA检查中最容易出现运动伪影^[7-8]。此时SSF技术可以通过校正降低运动伪影,提高图像质量。

本研究发现钙化对冠状动脉支架CTA图像质量影响很大。由于射线硬化效应的存在,钙化周边会产生硬化伪影^[9]。当支架部位的血管壁存在比较严重及广泛的钙化时,其图像质量明显下降。因本研究入选的病例多为住院病人,病情较重,支架部位血管壁大部分存在不同程度的钙化,从而导致其整体图像质量评分偏低。

本研究中的不足之处:本研究仅对整个支架图像质量进行评分,未进行标准分段评分;仅探讨SSF技术对冠状动脉支架植入术后患者冠状动脉支架图像质量的改善,未对诊断结果与冠状动脉血管造影进行对照研究,其准确性尚需进一步验证。

综上所述,SSF技术可以提高冠状动脉支架植入术后患者的冠状动脉支架CTA图像质量,可应用于冠状动脉支架术后的随访评价,特别是高心率(心率>70)及RCA支架植入患者。

参考文献

- [1]Mahnken A H,Buecker A,Wildberger J E, et al. Coronary artery stents in multislice computed tomography: in vitro artifact evaluation [J]. *Investigat Radiol*, 2004, 39 (1): 27-33.
- [2]梁波,聂世琨,周美娟,等. 256层螺旋CT评价冠状动脉支架再狭窄的应用价值[J]. *中国医学装备*, 2015 (12): 121-124.
- [3]Raju V M,Gosling O E,Morgan-Hughes G, et al. High-dose intravenous metoprolol usage for reducing heart rate at CT coronary angiography: Efficacy and safety [J]. *Clin Radiol*, 2014, 69 (7): 739-744.
- [4]王艳微,邢艳,刘文亚,等. 冠状动脉CT成像中冠状动脉追踪冻结技术的价值[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2016, 22 (2): 126-131.
- [5]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.
- [6]王毅安,王从军,赵杰. SSF技术在高心率和心率波动受检者CCTA中的应用价值[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2016 (24): 2974-2976.
- [7]Mir-Akbari H,Ripsweiden J,Jensen J, et al. Limitations of 64-detector-row computed tomography coronary angiography: Calcium and motion but not short experience [J]. *Acta Radiol*, 2009, 50 (2): 174-180.
- [8]吕晓波,王志强,景斐华,等. SSF联合ASIR重建技术综合提高右冠状动脉CTA图像质量的价值探讨[J]. *中国医师杂志*, 2016, 18 (增刊): 84-86.
- [9]Brook O R,Gourtsoyianni S,Brook A, et al. Spectral CT with metal artifacts reduction software for improvement of tumor visibility in the vicinity of gold fiducial markers [J]. *Radiol*, 2012, 263 (3): 696-705.

(收稿日期: 2019-09-25)