

## · 短篇论著 ·

## 能谱CT冠状动脉成像中SSF校正技术的临床价值

黄洲 符平仲 胡玉明 梁炎辉 欧阳可勋 罗悦凡  
刘怀忠 陆晚容 郑俭勤

**【摘要】** 目的 探讨宝石能谱CT冠状动脉成像SSF校正技术的临床价值。方法 收集临床疑冠心病行能谱CT冠状动脉成像患者106例,所有患者没有服用控制心率的药物;分组方法:对106例冠状动脉图像结合最佳期相分别行标准重建和SSF重建, A组为标准重建图像, B组SSF重建校正图像;两位医师双盲法阅评两组图像质量, 图像质量分为IV级评价, I级为优良血管, II级为合格血管。统计两组图像优良率(I级血管比率), 采用卡方检验,  $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。结果 卡方检验两组各段血管标准重建和SSF重建校正图像优良率, 其中冠状动脉第1~3和11~13段A、B组图像优良率分别为86.1%、61.3%、51.8%、90.5%、86.8%、84.8%和93.3%、92.4%、73.5%、100%、96.9%、94.9%。B组均高于A组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ); 冠状动脉第4~9和14、15段A、B组优良率分别为96.1%、93.3%、93.9%、93.9%、79.2%、90.3%、91.8%、84.2%和99%、98.1%、98.1%、97.1%、83.9%、97.1%、97.2%、93.5%; 组间对比无统计学差异( $P > 0.05$ )。结论 宝石能谱CT冠状动脉成像中SSF校正技术能有效提高图像质量。

**【关键词】** 体层摄影术, X线计算机; 冠状血管造影术; 冠状动脉追踪冻结技术

多层螺旋CT(MSCT)已成为目前无创性心血管检查最具潜力和价值的检查方法,对于轻-中度危险因素的可疑冠心病患者的筛查和冠心病患者术后复查是首选检查手段<sup>[1-2]</sup>。然而,由于CT冠状动脉图像质量受很多因素的影响,其中心脏搏动导致的运动伪影是影响冠状动脉成像图像质量的最主要原因<sup>[3]</sup>,如何避免运动伪影是CT冠状动脉成像成败的关键,也是现阶段的研究热点。本研究旨在探讨宝石能谱CT冠状动脉成像中SSF(SnapShot Freeze)的运动伪影校正技术的临床应用价值。

### 一、资料与方法

1. 一般资料:连续收集2013年9~12月因胸痛、胸闷疑似冠心病,在本院接受能谱CT冠状动脉成像(CCTA)检查的患者106例,年龄37~81岁,其中男60例,平均年龄57.1岁,女46例,平均年龄62.3岁, BMI 24.4 kg/m<sup>2</sup>。心率 $\leq 65$ 次/min 33例,  $> 65$ 次/min 73例,平均心率72.3次/min,均未使用心率控制药物。排除标准:孕妇和哺乳期妇女,碘对比剂禁忌者,肾功能障碍[血清肌酐(Cr)  $\geq 1.7$  mg/dl (150 mol/L)],急性冠状动脉综合征、心力衰竭、严重心律不齐,不能屏气造成严重呼吸运动伪影

者。

2. 扫描方法:采用GE公司Discovery CT 750 HD进行扫描及AW 4.6工作站进行图像后处理。患者仰卧于扫描床上,训练好受检者呼吸,上好心电图门控,行胸部正、侧位定位像扫描,覆盖整个胸廓心脏区域。首先采用在主动脉根部层面进行小剂量试验(Timing Bolus),即以一定流率经肘静脉注入20 ml非离子型对比剂及10 ml生理盐水,延时10 s屏气开始进行同层动态扫描,当主动脉密度由高转低时停止扫描,每层扫描时间1 s,间隔时间1 s。计算出最佳延迟扫描时间后,以相同流率经肘静脉注入非离子型对比剂生理盐水进行冠状动脉扫描,扫描范围为心底至心尖部,扫描期间嘱患者屏气。33例心率 $\leq 65$ 次/min采用前门控扫描,73例心率 $> 65$ 次/min采用后门控螺旋扫描,扫描范围从气管隆突下1~2 cm至心脏膈面,扫描层厚0.625 mm,电压120 kV,管电流150~750 mAs(根据患者BMI、心率变化自动调节),球管转速0.35 s/r,扫描时间(7 $\pm$ 3) s, Pitch值0.20 $\pm$ 0.02。利用心电图记录仪记录心电图。前门控扫描组常规75%和45%时相标准重建;回顾性心电图门控重建选择常规75%或45%时相的标准重建图像,图像不佳者结合最佳时相标准重建。并将SSF平台的冠状动脉四维运动的原始图像数据传至AW 4.6工作站,经软件自动计算获得经运动校正后的一组新数据,SSF校正图像时相与标准重建图像最佳时相一致。利用冠状动脉分析软

表1 冠状动脉标准重建和SSF重建各段图像质量对比

冠状动脉分段	例数	标准重建					SSF重建					$\chi^2$ 值
		I级 (例)	II级 (例)	III级 (例)	IV级 (例)	优良率 (%)	I级 (例)	II级 (例)	III级 (例)	IV级 (例)	优良率 (%)	
1	106	86	11	9	0	81.1	99	7	0	0	93.3	7.17 <sup>a</sup>
2	106	65	21	20	0	61.3	98	8	0	0	92.4	28.9 <sup>a</sup>
3	106	55	20	31	0	51.8	78	22	4	2	73.5	10.67 <sup>a</sup>
4	105	101	3	0	1	96.1	104	1	0	0	99.0	0.82
5	106	99	7	0	0	93.3	104	2	0	0	98.1	1.86
6	106	99	7	0	0	93.3	104	2	0	0	98.1	1.86
7	106	98	8	0	0	93.3	103	3	0	0	97.1	2.40
8	106	84	19	3	0	79.2	89	15	0	2	83.9	0.79
9	106	99	5	2	0	90.8	103	3	0	0	97.1	1.68
10	96	91	3	2	0	94.7	94	2	0	0	97.9	0.59
11	106	96	8	2	0	90.5	106	0	0	0	100	10.5 <sup>a</sup>
12	99	86	11	0	2	86.8	96	2	1	0	96.9	6.8 <sup>a</sup>
13	99	84	13	2	0	84.8	94	5	0	0	94.9	5.56 <sup>a</sup>
14	74	68	4	2	0	91.8	72	2	0	0	97.2	1.19
15	22	10	5	7	0	45.4	12	5	5	0	54.5	0.36
合计		1 221	145	80	3	84.2	1 356	79	10	4	93.5	63.85

注： $\chi^2$ 检验各段血管标准重建和SSF重建图像优良率（I级血管比率），<sup>a</sup> $P < 0.05$

件，在工作站上对标准重建图像及运动校正后的重建图像进行多维[容积再现（VR）、最大密度投影（MIP）、曲面重建（CPR）]及多平面重建（MPR）分析，显示心脏表面和冠状动脉各分支并进行血管分析和评估，评估时参考横断面图像。

3. 分组及图像评价方法：根据重建方法分组，对106例冠状动脉图像结合最佳时相分别行标准重建和SSF重建，其重建时相一致，A组为标准重建图像，B组SSF重建校正图像。

根据美国心脏病学会推荐的15段法对SSF重建前后血管进行分段评价<sup>[2]</sup>（由于MSCT对于直径<1.5 mm的冠状动脉无法进行可靠评价，本研究仅对直径≥1.5 mm的冠状动脉进行评估）。图像质量由两位影像主任医师双盲阅片评定，评定不一致处协商确定。评分标准分为4级：I级，血管横断面边界清晰，无漂移运动伪影，CRP血管对比良好，血管边缘清晰，连续性好，无伪影；II级，血管横断面边界清晰，有少许移运动伪影，CRP血管对比良好，连续性好，但边缘模糊，有少许伪影干扰；III级，血管横断面边界模糊，有移运动伪影，CRP血管影连续性不好，有伪影干扰；IV级，血管横断面边界模糊，有明显移运动伪影，CRP血管对比差，伪影干扰严重。I级为优良血管图像，II级为合格血管图像。

4. 统计学方法：两组重建图像冠状动脉各段分

级采用计数资料，以例数表示，比较采用卡方检验，比较两组图像优良率（I级血管比率）， $P < 0.05$ 时差异有统计学意义。

二、结果

标准重建和SSF重建校正图像血管显示情况见表1及图1~6。其中两组间冠状动脉图像优良率，在第1~3和11~13段组间均有统计学差异（ $P < 0.05$ ）；第4~9和14、15段无统计学差异（ $P > 0.05$ ）。

三、讨论

从早期的螺旋CT到现在的MSCT，冠状动脉成像已取得不少令人瞩目的成果，然而心率与心脏搏动仍然影响图像质量的一个重要因素<sup>[3]</sup>。研究显示心率>70次/min 64排CCTA仍有58.6%的图像有II级伪影<sup>[4]</sup>。宝石能谱CT的SSF技术是近期64层螺旋CT消除CCTA运动伪影的新技术，值得临床验证探讨。

1. 心率与心脏搏动产生伪影的原因：心率<65次/min时，冠状动脉CTA检查可以在舒张中期获得稳定的图像，这对应于心跳周期中75%的R-R间隔。此时，宜选用能大幅降低辐射剂量的前门控检查技术。当心率达到75次/min或更高时，舒张期的时间缩短，不但使冠状动脉充盈不足，导致图像质量下降，而且冠状动脉残余运动的影响增加，从而产生运动伪影。基于此，收缩末期（45%的R-R间隔）成为冠状动脉成像更好的时间点选择，然而

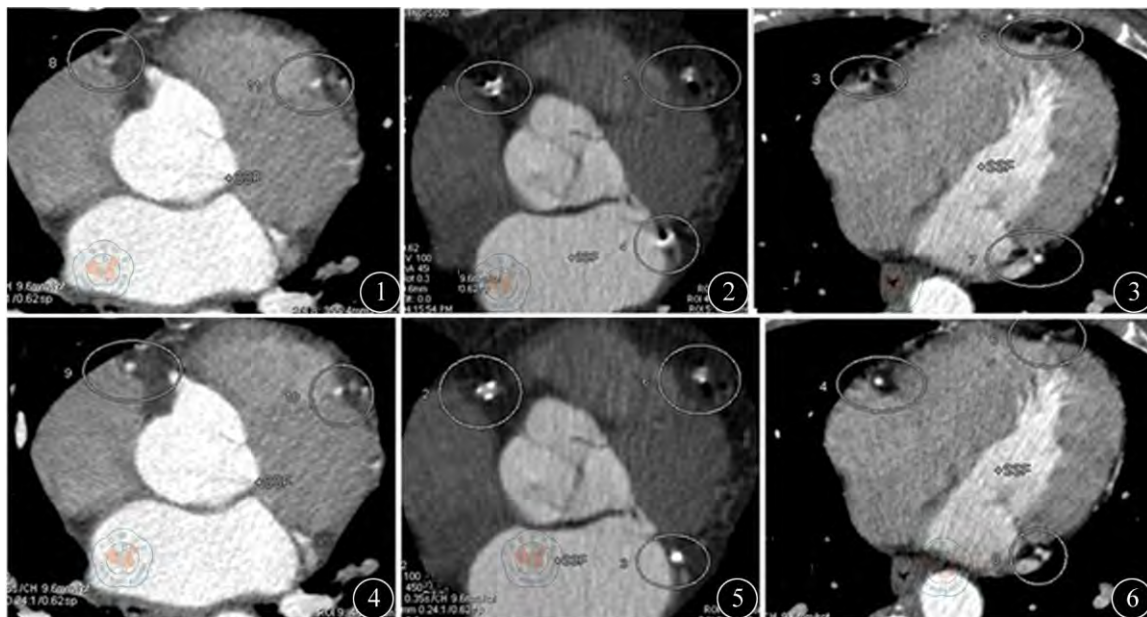


图1~3 SSF校正前图像,横断面见血管明显漂移伪影,边缘模糊,不能满足临床诊断需要 图4~6 对应图1~3同一期相SSF校正后图像,血管轴位清晰,无漂移,满足临床诊断需要

对于舒张期的中期到末期转换,患者之间各不相同<sup>[5-6]</sup>,右冠状动脉、左前降支或左回旋支3条主要血管不再具有共同的最低运动时相。当心率75次/min时,血管运动速度为35 mm/s,如采用75 ms时间分辨率对右冠状动脉成像,采集时间窗内血管仍然运动了2.6 mm的距离,对于直径约3 mm的右冠状动脉来说,其漂移距离相当自身管径大小。当前最快的MSCT扫描缩短至0.350~2.476 s,而时间分辨率达到35~50 ms以下才可能真正在扫描中冻结心脏,扫描速度难以解决高心率因素对CCTA漂移伪影。

2. SSF技术原理:SSF又称冠状动脉追踪冻结技术,在冠状动脉成像过程中,能有效跟踪各冠状动脉运动的轨迹,自动对每条冠状动脉和分支分别进行智能的运动追踪冻结成像,保证了冠状动脉处于相对静止状态,达到高心率下的高清冠状动脉血管清晰图像目的,使图像达到临床诊断要求。

本组资料冠状动脉第1~3和11~13段SSF技术校正后显著提高了冠状动脉图像I级血管显示率,说明上述冠状动脉节段更易受运动伪影干扰,与相关报道一致<sup>[2,4,7-8]</sup>。同时,本组106例能观察血管1449段,SSF校正前I级血管84.2%,经SSF校正后I级血管率达93.5%,也具有统计学差异( $P<0.05$ )。SSF校正后I级血管显示率,与相关报道<sup>[4]</sup>64层螺

旋CT冠状动脉成像I级血管80%的显示率有明显提高。

因此,宝石能谱CT冠状动脉SSF技术在冠状动脉成像中能有效提高图像质量,提高检查成功率,对提高临床医疗质量有重要帮助。

#### 参考文献

- [1] 王振,袁建华,丁忠祥,等. 64层CT冠状动脉造影中的心率变化及辐射剂量分析[J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(6): 929-931.
- [2] 胡春峰,徐凯,袁莹莹,等. 双源CT冠状动脉造影在心律失常患者的临床应用[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2012, 18(4): 312-316.
- [3] 畅智慧,刘兆玉,单明,等. 冠状动脉CT血管造影检查中心率和心率波动[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2009, 15(1): 35-36.
- [4] 王继琛,邱建星,高莉,等. 64层螺旋CT冠状动脉成像时心率对成像质量的影响[J]. 中国医学影像学杂志, 2006, 22(10): 1481-1484.
- [5] 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.
- [6] Dewey M, Hoffmann H, Hamm B. CT coronary angiography using 16 and 64 simultaneous detector rows: intraindividual comparison[J]. Rofo, 2007, 179(6): 581-586.
- [7] 司丽芳,翟仁友,马展鸿. 64层螺旋CT冠状动脉造影图像质量影响因素分析[J]. 实用放射学杂志, 2009, 25(9): 1358-1361.
- [8] 关则劲,谭世奇,周永,等. 64排螺旋CT冠状动脉成像与冠状动脉造影诊断动脉粥样硬化的应用比较[J]. 南方医科大学学报, 2010, 3(3): 624-625.

(收稿日期: 2014-07-11)

(本文编辑: 吴莹)