

## 论 著

## 多模态技术对降低肥胖患者冠脉CTA辐射剂量的应用\*

胡小露 黄培楷 张 萌  
刘金丰 陈妍黠 何 涛  
陈 俊 肖梦强\*

广东省中医院珠海医院影像科  
(广东 珠海 519015)

【摘要】目的 多模态技术为窄采集窗、等中心、低管电压、低管电流联合迭代重建技术,探讨多模态技术在降低超重、肥胖患者多层螺旋CT冠状动脉血管成像(MSCTCA)辐射剂量中的价值。方法 收集广东省中医院珠海医院2020年11月至2021年8月行MSCTCA检查64例超重、肥胖患者(BMI>25 kg/m<sup>2</sup>),采用前瞻性随机对照研究,随机分多模态组(A组)、常规组(B组),各32例。A组:等中心位置、管电压80Kv、智能毫安的80%,心动PR周期的60%~80%;B组:常规位置,管电压100Kv、电流为智能毫安,心动PR周期的30%~80%。比较A、B组容积CT剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、辐射剂量(ED)、MSCTCA图像的客观图像质量指标:噪声、信噪比(SNR)、对比信噪比(CNR)及Likert 5分主观质量评分。结果 A、B组的ED分别为(1.43±0.46)mSv、(5.44±1.33)mSv;A、B两组CTDIvol、DLP、ED差异有统计学意义(P<0.01)。A、B两组噪声、SNR、CNR,后者优于前者(P<0.01)。A、B两组主观质量评分4.37±0.69分、4.40±0.67分,差异无统计学意义(P=0.46),主观评分一致性ICC较好(ICC=0.78,0.97)。两组冠状动脉主观评分优秀、良好总和率≥92.18%,可评价血管≥98.62%。A、B两组诊断高危斑块的效果无差别(P<0.01)。结论 在满足临床诊断需求情况下,多模态技术能降低超重、肥胖患者MSCTCA的ED。

【关键词】肥胖;冠状动脉;多模态技术;CT

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】珠海市医学科研基金  
(ZH331020001PJL)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.11.032

# The Application Value of Multimodal Technology in Reducing the Radiation Dose of Multi-Slice Spiral CT Coronary Angiography in Overweight and Obese Patients\*

HU Xiao-lu, HUANG Pei-kai, ZHANG Meng, LIU Jing-feng, CHEN Yan-xia, HE Tao, CHEN Jun, XIAO Meng-qiang\*.

Department of Imaging, Zhuhai Hospital, Guangdong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhuhai 519015, Guangdong Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the value of multi-modality technology, a joint iterative reconstruction technique with a narrow acquisition window, isocenter, low tube voltage, and low tube current, in reducing the radiation dose in multi-slice spiral computed tomography coronary angiography (MSCTCA) in overweight and obese patients. **Methods** 64 overweight and obese patients (BMI>25 kg/m<sup>2</sup>) who underwent MSCTCA from November 2020 to August 2021 at Zhuhai Hospital of Guangdong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine were collected in a prospective randomized controlled study and randomly divided into the multi-modality-normal group (group A) and conventional-normal group (group B), 32 cases each. The parameters in the A groups were isocentric scan, tube voltage of 80 kV, tube current control using 80% "smart milliamperes", and maximum current between 60% and 80% of the RR interval. The parameters in the B groups were normal position, tube voltage of 100 kV, tube current control using smart milliamperes, and maximum current ranging from 30% to 80% of the RR interval. The Computed Tomography dose index volume (CTDIvol), dose length product (DLP), effective radiation dose (ED), objective image quality (IQ), noise, signal-to-noise ratio (SNR), contrast signal-to-noise ratio (CNR), and subjective 5-point Likert scale IQ scores of MSCTCA images were compared among the two groups. **Results** The EDs of groups A and B were (1.43±0.46) mSv and (5.44±1.33) mSv respectively, in addition, the variations in CTDIvol, DLP, and ED between groups A and B were statistically significant (P<0.01). The results suggested that noise, SNR, and CNR of groups A were better than those of group B (P<0.01). The subjective quality scores of the A and B groups were 4.37 ± 0.69 and 4.40 ± 0.67, indicating the difference was not statistically significant (P=0.46) and the subjective score consistency ICC was better (ICC = 0.78, 0.97). The total rate of excellent and good coronary subjective scores in the two groups was greater than 92.18%, and the evaluable blood vessels exceeded 98.62%. There was no difference in the effectiveness of diagnosing high-risk plaques between groups A and B (P<0.01). **Conclusions** The multi-modal technology could reduce the radiation dose of MSCTCA scan in overweight and obese patients while clinical diagnostic needs were met.

**Keywords:** Obesity; Coronary Artery; Multimodal Technology; CT

多层螺旋冠状动脉CT成像(multislice spiral computed tomography coronary angiography, MSCTCA)在过去的二十年中显示巨大的技术进步,MSCTCA诊断冠状动脉狭窄具有高敏感性、特异性,目前是冠心病首选的非侵袭性检查方法<sup>[1]</sup>。心血管不良事件的发生,与冠状动脉粥样硬化高危斑块密切相关<sup>[2]</sup>,高危斑块分为四类:点状钙化(spotty calcification, SPC)、正性重构(positive remodeling, PR)、低密度斑块(low attenuation plaque, LAP)、“餐巾环征”(napkin-ring sign, NRS)<sup>[3]</sup>。MSCTCA在发现冠状动脉中-重度狭窄方面的高准确性,促进了MSCTCA在怀疑冠状动脉疾病患者检查中替代传统有创冠状动脉造影<sup>[4]</sup>。根据美国1991年至1996年收集的数据,CT辐射剂量造成的恶性肿瘤占有恶性肿瘤的0.4%<sup>[5]</sup>。冠状动脉MSCTCA辐射较高,已成为关注的焦点<sup>[6]</sup>。

随着计算机技术的发展,已有多种减低辐射剂量措施,如前瞻性心电门控技术、迭代重建技术、个性化扫描技术、智能毫安技术等<sup>[6-7]</sup>。随着高档CT机器的诞生,低管电压扫描已在MSCTCA中开始运用<sup>[1,8-9]</sup>,如何进一步降低MSCTCA的辐射剂量是当前亟待解决的问题。近年来少数学者利用西门子双源CT、GE宝石CT采用管电压80Kv、管电流采用自动毫安,明显可减低MSCTCA辐射剂量<sup>[10-12]</sup>。

等中心扫描原理:CT设计时,射线束的投射被定义在CT机架的中心位置,多层螺旋CT的射线束呈锥形,球管及探测器扫描运动中机架孔中心位置接受的射线多,图像质量好,当扫描部与机架空中心一致时称为等中心<sup>[13]</sup>(图1)。

本研究通过对超重、肥胖怀疑冠心病患者进行窄采集窗、低管电压、低管电流及等中心(多模态影像技术)或常规MSCTCA,扫描后采用迭代重建技术重建图像,比较两种扫描方法的图像质量、辐射剂量和诊断高危斑块的准确性,探讨多模态技术在降低MSCTCA中辐射剂量的可行性。

【第一作者】胡小露,女,主管技师,主要研究方向:骨肌影像学。E-mail: 502435924@qq.com

【通讯作者】肖梦强,男,副主任医师,主要研究方向:骨肌影像学。E-mail: 714454688@qq.com

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究为前瞻性研究,经广东省中医院伦理委员会批准(BF2020-229-01),患者签署了书面知情同意书。收集2020年11月至2021年8月期间临床怀疑患有冠心病患者。

病例纳入标准:年龄 $\geq 18$ 岁,心率 $< 70$ 次/分,体重数BMI $\geq 25\text{ kg/m}^2$ 。排除标准:心脏起搏器患者,呼吸伪影较重患者,扫描范围内有金属内固定患者,造影剂、倍他乐克过敏患者,心脏肿瘤病史及心脏手术病史。

**1.2 MSCTCA检查方法** 所有病例均采用佳能320排动态CT(Aquilion One; canon, Otawara, Japan)前瞻性心电门控技术。扫描范围以心脏下缘为起点,向上延伸140mm。A组管电压80kV,管电流智能毫80%(根据人体定位图自动计算患者的管电流,称为智能毫安,等中心扫描,仰卧位躺,身体向右侧移位,扫描前行超声检查在体表标出心脏最左、最右缘,沿心脏最左、最右缘做垂线,以两垂线的中心线作为垂直定位线,水平定位线为腋中心,扫描心动PR周期的60%~80%;B组电压100kV、电流智能毫安,常规方法扫描;自然仰卧位,定位(水平定位线为通过腋中心水平线,垂直定位线为正中线),扫描心动PR周期的30%~80%,见表1。

**1.3 扫描前准备** 检查前静息状态下测量心率和血压,患者心率 $> 70$ 次/分,给予倍他乐克(25~100)mg。测量体重、身高,计算BMI, BMI $\geq 25\text{ kg/m}^2$ 患者随机分到A、B组。

**1.4 辐射剂量** 记录每例机器自动生成容积CT剂量指数(computed tomography dose index volume,CTDIvol, mGy),容积CT剂量(dose length product, DLP, mGy  $\times$  cm),有效剂量(effectivedose, ED, mSv)=DLP $\times$  k, k=0.014mSv $\cdot$ mGy $\cdot$ 1.cm $^{-1}$ (欧盟委员会关于CT的质量最新标准指南)<sup>[12]</sup>(表1)。

**1.5 图像处理及分析** MSCTCA检查完成后,均采用第四代迭代重建CT图像,层厚、层距均为0.5mm,矩阵为256 $\times$ 256。将图像传至佳能CT工作站(Vitrea FX3.0),采用多平面重组(multiplanar reformatting, MPR)、容积再现(volume rendering, VR)、最大强度投影(maximum intensity projection, MIP)、曲面重组(curve planar reformatting, CPR)技术进行图像

重组。

客观评价<sup>[14]</sup>:具13年(PK H)心血管工作经验的CT诊断医生测量增强后层厚、层距均为0.5mm横断面图像。测量主支气管CT值及标准差(standard deviation, SD),感兴趣区(area of interest, ROI), ROI=15mm<sup>2</sup>。测量升主动脉(ascending aorta, AA)根部、左冠状动脉主干(left main coronary artery, LM)和右冠状动脉(right coronary artery, RCA)近端的CT值<sup>[1, 15]</sup>, ROI尽可能扩大,同时排除血管壁钙化或非钙化斑块和伪影。测量冠状动脉邻近脂肪的CT值, ROI=15mm<sup>2</sup>。以上测量值取三个不同层面测量,取其平均值,以确保数据的一致性。

主观图像质量评分:根据美国心脏病协会制订的冠状动脉分15段<sup>[1, 15]</sup>,由具有18年(MQ X)和13年(PK H)心血管工作经验的CT诊断医生对直径1.5mm以上的冠状动脉进行独立评价,两人意见不一致时,协商达成一致意见。使用Likert五评分法<sup>[16-17]</sup>:5=优秀(血管壁轮廓清晰光滑,无条纹或放射状伪影),4=良好(轮廓轻微不规则,条纹或放射状伪影较少),3=一般(血管壁轮廓模糊不规则,有大量条纹或放射状伪影),2=差(血管壁变形和许多伪影),1=非常差(血管壁明显变形和大量伪影);分数为3-5的图像满足诊断评估的要求(图2)。

斑块判读:具13年(PK H)和18年(MQ X)心血管工作经验判读斑块并测量斑块,高危斑块( HRP)特征如点状钙化( spotty calcification, SPC)、正性重构( positive remodeling, PR)、低密度斑块( low attenuation plaque, LAP)、“餐巾环征”( napkin-ring sign, NRS),不一致商量觉得;测量斑块体积(佳能工作站ADW4.4),各测量三次,取其6次平均值。

**1.6 统计学分析** 应用SPSS 26.0进行数据分析。两组性别差异采用Kappa检验;计量资料采用均数 $\pm$ 标准差表示,方差齐比较采用ANOVA检验,方差不齐采用Tamhane's T<sub>2</sub>检验,以P $< 0.05$ 为差异有统计学意义。Likert 评分采用秩和检验,以P $< 0.05$ 为差异有统计学意义。对检测高危斑块采用Kappa检验,以P $< 0.05$ 为差异有统计学意义。2名医师对图像质量评分的一致性分析采用ICC检验,通过计算组内相关系数(ICC)来评估主观图像质量信度, ICC $> 0.70$ 表示有足够的重测信度。

表1 两组患者基本特征和辐射剂量

| 组(n)     | 性别(F/M) | 年龄(年)             | BMI ( kg/m <sup>2</sup> ) | CTDvol(mGy)      | DLP( mGy $\times$ cm) | ED(mSv)         |
|----------|---------|-------------------|---------------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| A (n=32) | 13/19   | 59.35 $\pm$ 9.84  | 26.83 $\pm$ 1.36          | 7.28 $\pm$ 2.33  | 101.79 $\pm$ 32.51    | 1.43 $\pm$ 0.46 |
| B (n=32) | 9/23    | 54.15 $\pm$ 11.46 | 27.50 $\pm$ 1.67          | 26.67 $\pm$ 7.14 | 388.40 $\pm$ 95.18    | 5.44 $\pm$ 1.33 |
| F/K      | K=0.13  | F=3.00            | F=3.21                    | F=259.66         | F=213.33              | F=259.87        |
| P        | 0.29    | 0.09              | 0.08                      | 0.00             | 0.00                  | 0.00            |

表2 两组CT扫描参数

| 组        | 常规组     | 多模态组    |
|----------|---------|---------|
| 管电压(kV)  | 100     | 80      |
| 管电流(mA)  | 自动毫安    | 80%自动毫安 |
| 显示视野(mm) | 220     | 220     |
| 旋转时间(s)  | 0.275   | 0.275   |
| 层厚(mm)   | 0.5     | 0.5     |
| 层间距(mm)  | 0.5     | 0.5     |
| 扫描周期     | 30%~80% | 60~80%  |
| 扫描体位     | 常规      | 等中心     |
| 扫描长度(mm) | 140     | 140     |

## 2 结果

A组32人, 59.35 $\pm$ 9.84岁, 男女分别19、13例; B组32人, 54.15 $\pm$ 11.46岁, 男女分别23、9例。两组性别、年龄、BMI无统计学意义(P=0.08-0.29, 见表1)。

A、B组的ED分别为(1.43 $\pm$ 0.46)mSv、(5.44 $\pm$ 1.33)mSv,

差别有统计学意义(P $< 0.01$ , 见表1)。

A、B组噪声、SNR、CNR 后者优于前者(P $< 0.01$ )。A、B组AA根部 CT值前者高于后者(P=0.01), LM主干、RCA近端CT值前者高于后者, 无统计学意义(P $> 0.05$ )。

共886段潜在的可评估段, 因为直径 $< 1.5\text{ mm}$ 或闭塞, A组45

段和B组的29段被认不可评估。A、B组主图像质量评分平均分数分别为为4.37±0.69分(图3)、4.40±0.67分，A、B组分别优秀率47.13%、48.78%、良好45.06%、44.12%，两者总和92.18%、92.90%，可评估率98.39%、99.11%；两两评分间差异均无统计学(P=0.46)，各段评分见表4。主观图像的观察者间一致性四组的均被认为“非常好”(ICC=0.78, 0.97)。

斑块结果：两组均为测量到NRS斑块。A组SPC、PR、LAP分别为4、6、15；B组SPC、PR、LAP分别为4、5、20，A、B组间鉴别高危结节差异无统计学意义(P=0.67)。A、B组斑块体积分别为61.83±54.75mm<sup>3</sup>、39.22±29.53mm<sup>3</sup>，差异无统计学意义(P=0.08)。

表3 两组患者主动脉、冠状动脉根部CT值及客观图像质量对比

| 组 (n)    | AA (HU)      | RCA (HU)      | LM (HU)      | 噪声         | SNR         | CNR         |
|----------|--------------|---------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| A (n=32) | 585.16±99.26 | 516.08±86.32  | 524.23±72.01 | 21.4±10.65 | 55.44±18.15 | 33.71±11.69 |
| B (n=32) | 515.45±97.52 | 486.02±102.55 | 490.16±95.33 | 14.21±2.76 | 70.25±14.12 | 42.71±10.44 |
| F        | 8.03         | 1.61          | 2.60         | 13.26      | 13.83       | 10.54       |
| P        | 0.01         | 0.21          | 0.11         | 0.00       | 0.00        | 0.00        |

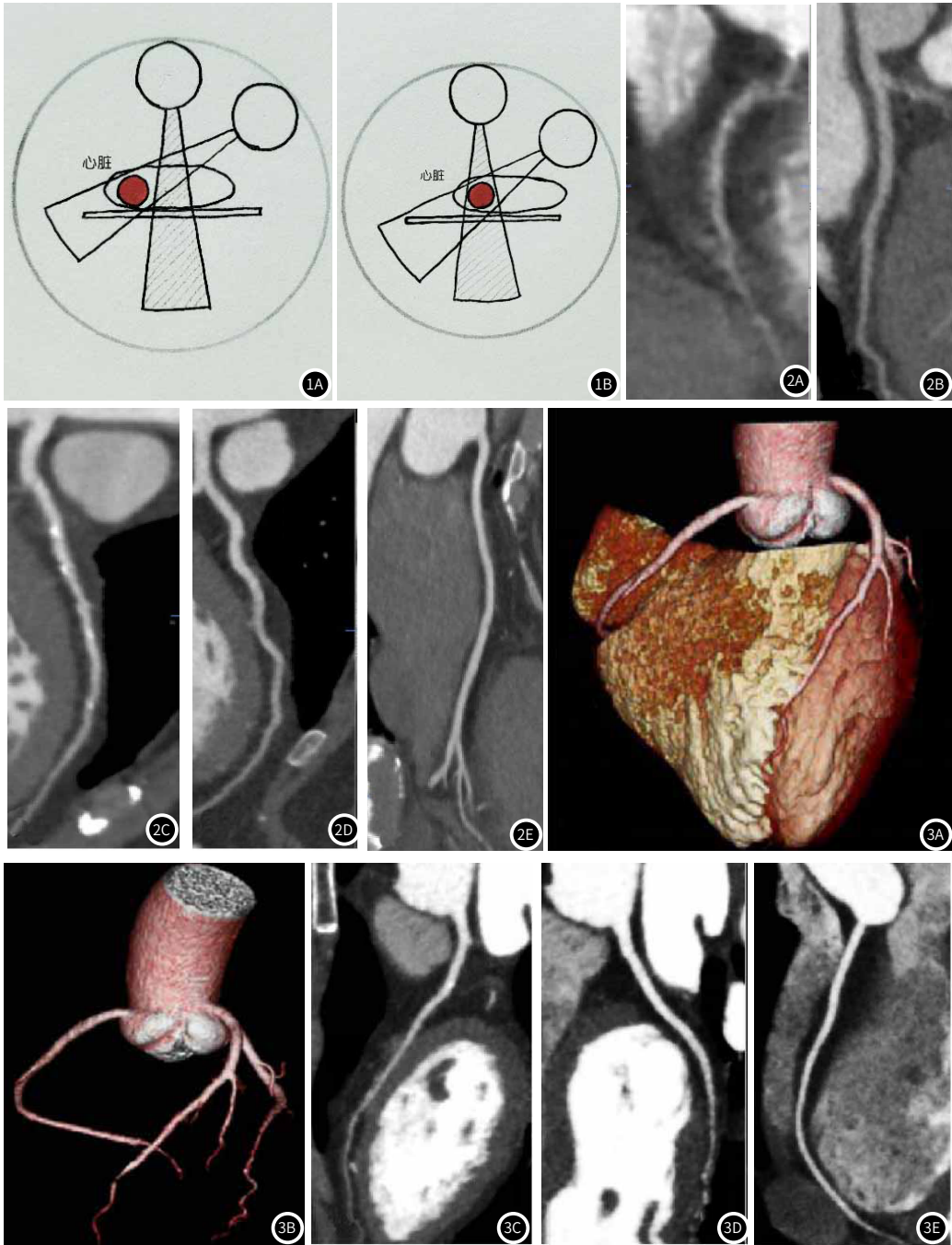


图1 图1A常规位置、图1B为中心位置。图2 图2A~图2E图，李克特评分分别1~5分。图3 57岁女性，管电压80KV，管电流220mA；图3A：心脏VR图；图3B：血管VR图；图3C：左冠状动脉前降支，评分近段5分，中段3分，远段4分；图3D：左冠状动脉回旋支，评分近段5分，中段4分，远段3分；图3E：图右冠状动脉，评分均5分。



表4 两组主观图像质量评分及各评分段数对比

| 组 | 总段数 | 5分          | 4分          | 3分        | 2分       | 1分       | 平均分数      |
|---|-----|-------------|-------------|-----------|----------|----------|-----------|
| A | 435 | 205(47.13%) | 196(45.06%) | 28(6.44%) | 6(1.38%) | 1(0.23%) | 4.37±0.69 |
| B | 451 | 220(48.78%) | 199(44.12%) | 28(6.21%) | 2(0.44%) | 2(0.44%) | 4.40±0.67 |
| F |     |             |             |           |          |          | 0.54      |
| P |     |             |             |           |          |          | 0.46      |

### 3 讨论

过去40年中,全球肥胖率几乎增加了两倍,迄今为止,全球超过三分之一的人口超重或肥胖,肥胖患者冠状动脉粥样硬化发生率明显高于非肥胖患者<sup>[18]</sup>。肥胖患者越来越多,肥胖患者患冠心病的比例较正常人更高,肥胖患者正常辐射剂量MSCTCA,图像质量明显下降,并可造成诊断准确率降低<sup>[18]</sup>。肥胖患者MSCTCA辐射剂量较高,许多学者采用各种方法降低MSCTCA辐射剂量<sup>[18, 16-20]</sup>,降低比例在43%-68%之间,辐射剂量降至约为(1.61-3.28)mSv。本研究A、B组ED分别为(1.43±0.46)mSv、(5.44±1.33)mSv,降低比例为73.71%。与B组对比,A组主观质量评分无差别,A组优秀率、良好率总和高达92.18%,评估血管高达98.39%。与B组对比,A组制定高危结节的能力无差别,测量斑块体积无差别。采用多模态技术,明显降低了MSCTCA的ED,能够满足临床诊断需求。

本团队<sup>[13]</sup>前期利用同台CT机器研究显示,心率≤70次/分钟,BMI正常患者,不降低图像质量前提下,等中心MSCTCA辐射剂量降低约20%,平均辐射剂量为2.58mSv,但仍明显高于多模态技术肥胖患者MSCTCA辐射剂量1.42mSv。彭睿<sup>[21]</sup>等采用佳能320排(Aquilion ONE,佳能,Japan)MSCTCA检查,心率≤70次/分钟,扫描70%-80%心动周期与心动周期的整个RR间期相比,约降低43%辐射剂量,而本研究多模态技术可使剂量降低73.71%。张卓璐<sup>[22]</sup>等采用256MDCT(Revolution CT,GE,Healthcare)MSCTCA检查,心率≤70次/分钟,扫描70%-80%心动周期与心动周期的整个RR间期相比,约降低56%辐射剂量。申太忠等<sup>[17]</sup>团队采用佳能320排单纯利用低管电压(70kV)降低辐射剂量,心率≤80次/分钟,BMI正常,ED高达3.28mSv。有学者<sup>[10-11]</sup>研究采用管电压80kV MSCTCA扫描,辐射剂量平均约为(1.76±0.43)mSv-(2.72±0.50)mSv,高于本研究的1.42mSv,同时伴随着图像质量下降。

低管电压MSCTCA扫描,虽然降低辐射剂了,但是图像质量也随着降低;等中心MSCTCA扫描在不改变CT参数情况下,可以提高图像质量,具有继续降辐射剂量低的空间;窄采集窗技术只是单纯减少扫描时间,CT参数相同情况下,图像质量无改变。上述单一技术在降低辐射剂量方面幅度有限,且对肥胖患者冠脉CTA图像质量有较明显的影响。模态技术结合缩短扫描时间,其中等中心和低管电压MSCTCA扫描优缺点互补,较单一技术,不影响诊断效果情况下,可以大幅度降低MSCTCA辐射剂量。

本研究存在的不足之处:(1)入选病例均为心率<70次患者;(2)仅根据血管壁轮廓清晰光滑程度,主观评价冠状动脉图像质量,未与金标准DSA对比,明确其判读狭窄程度的准确性。

综上所述,多模态技术MSCTCA操作不复杂,超重、肥胖患者利用多模态技术行MSCTCA检查,图像质量满足临床诊断需求的前提下,能够显著降低辐射剂量。

### 参考文献

[1]Chong-Fu, Jia, Jie, et al. Image quality and diagnostic value of ultra low-voltage, ultra low-contrast coronary CT angiography[J]. Eur Radiol, 2019, 29 (7): 3678-3685.

- [2]张迪瑞,何路平,于波.腔内影像学对冠状动脉易损斑块的识别与治疗最新进展[J].中国介入心脏病学杂志,2021,29(9):520-522.
- [3]郑璇,沈海林,李振凯,等.640层动态容积CTA两种分类方法对冠状动脉斑块稳定性评价的对比研究[J].临床放射学杂志,2018,37(3):414-418
- [4]Pwsa B, Hha C, Garg D S, et al. Coronary computed tomographic angiography for complete assessment of coronary artery disease: JACC state-of-the-art review[J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 78 (7): 713-736.
- [5]Ron, E. Cancer risks from medical radiation. Health Phys, 2003, 85 (1): p. 47-59.
- [6]沈梓璇,肖梦强,刘金丰,等.等中心扫描联合AIDR3D重建在降低CCTA成像辐射剂量中的应用价值[J].蚌埠医学院学报,2021,46(2):239-243.
- [7]Tang S, Zhang G, Chen Z, et al. Application of prospective ECG-gated multiphase scanning for coronary CT in children with different heart rates[J]. Jpn J Radiol, 2021.
- [8]Apfalter G, Albrecht M H, Schoepf U J, et al. High-pitch low-voltage CT coronary artery calcium scoring with tin filtration: accuracy and radiation dose reduction[J]. Eur Radiol, 2018, 28 (7): 3097-3104.
- [9]Zhang W, Ba Z, Wang Z, et al. Diagnostic performance of low-radiation-dose and low-contrast-dose (double low-dose) coronary CT angiography for coronary artery stenosis[J]. Medicine, 2018, 97 (34): 6.
- [10]Cha M J, Kim S M, Ahn T R, et al. Comparing feasibility of low-tube-voltage protocol with low-iodine-concentration contrast and high-tube-voltage protocol with high-iodine-concentration contrast in coronary computed tomography angiography[J]. PLoS One, 2020, 15 (7): e0236108.
- [11]Li R F, Hou C L, Zhou H, et al. Comparison on radiation effective dose and image quality of right coronary artery on prospective ECG-gated method between 320 row CT and 2nd generation (128-slice) dual source CT[J]. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2020, 21 (8): 256-262.
- [12]Liu K, Diao K, Hu S, et al. Achieving low radiation dose in "one-stop" myocardial computed tomography perfusion imaging in coronary artery disease using 16-cm wide detector CT[J]. Academic Radiology, 2020, 27 (11): 1531-1539.
- [13]肖梦强,沈君,刘金丰,等.等中心扫描降低多层螺旋CT冠状动脉血管成像辐射剂量的随机对照研究[J].中华解剖与临床杂志,2019,24(2):145-149.
- [14]陈文萍,尹克杰,李茗,等.利用虚拟平扫降低冠状动脉CT血管造影辐射剂量的可行性研究[J].中华放射医学与防护杂志,2022,42(1):61-66.
- [15]Chen B, Zhao S, Gao Y, et al. Image quality and radiation dose of two prospective ECG-triggered protocols using 128-slice dual-source CT angiography in infants with congenital heart disease[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35 (5): 937-945.
- [16]Butt N, Parajuli S, Ali L, et al. Comparison of coronary computed tomography angiography leiden score between overweight and obese patients[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2020, 14 (3): S45.
- [17]申太忠,李宝,谢灵争,等.超低剂量宽探测器CT扫描模式在冠状动脉CTA检查患者中的应用价值[J].河北医科大学学报,2022,43(2):203-207.
- [18]Hsueh Y, Yeh T L, Lin C Y, et al. Association of metabolically healthy obesity and elevated risk of coronary artery calcification: a systematic review and meta-analysis[J]. PeerJ, 2020, 8: e8815.
- [19]杜静波,任阿红,李振武,等.80kVp管电压冠状动脉CTA联合ASiR-V图像重建用于超重和I级肥胖患者的可行性[J].中国介入影像与治疗学,2020,17(5):289-293.
- [20]王宏伟,李瑛,高一峰,等.深度学习图像重建算法用于肥胖个体低剂量冠状动脉CT血管成像[J].中国医学影像技术,2021,37(5):754-758.
- [21]彭睿,方正,陈金华,等.缩窄320排CT冠状动脉成像采集时间窗的可行性[J].中国医学影像技术,2020,36(3):460-463.
- [22]张卓璐,李少朕,洪楠,等.采集时间窗对冠状动脉CT图像质量及辐射剂量的影响[J].临床放射学杂志,2019(2):338-341.

(收稿日期:2022-07-17)

(校对编辑:何镇喜)