

## 低管电压联合 ASiR-V 算法“一站式”心脑血管 CTA 扫描模式的应用价值

刘珩<sup>1</sup>, 王雁南<sup>2,3</sup>, 那飞扬<sup>4</sup>, 刘显旺<sup>2,3</sup>, 刘建莉<sup>2,3</sup>, 张小卫<sup>1,5</sup>

1. 兰州大学第二临床医学院, 甘肃 兰州 730000; 2. 兰州大学第二医院放射科, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃省医学影像重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 4. 甘肃省妇幼保健院过敏反应科, 甘肃 兰州 730000; 5. 兰州大学第二医院心内科, 甘肃 兰州 730000

**【摘要】目的:**探讨低管电压联合 ASiR-V 算法“一站式”心脑血管 CTA 扫描模式在动脉粥样硬化导致的心脑血管疾病评估中的临床应用价值。**方法:**回顾性分析需要进行心脑血管疾病筛查扫描的 120 例患者。依据扫描方式不同,分为 3 组,每组 40 人。A 组为低剂量“一站式”心脑血管 CTA 扫描模式组(80 kV, 管电流智能调控,前置 40%ASiR-V,后置 50%ASiR-V),B 组为常规剂量冠状动脉 CTA 扫描组(100 kV, 550 mA),C 组为常规剂量头颈动脉 CTA 扫描组(100 kV, 500 mA)。对比 3 组扫描模式的辐射剂量和对比剂用量,同时将 3 组图像进行主观评价和客观评价。**结果:**低管电压联合 ASiR-V 算法“一站式”心脑血管 CTA 扫描模式有效辐射剂量为  $(1.36 \pm 0.66)$  mSv, B 组的辐射剂量为  $(2.31 \pm 0.75)$  mSv, C 组的辐射剂量为  $(1.12 \pm 0.04)$  mSv, A 组辐射剂量与 B 组+C 组辐射剂量之和差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), A 组与 B 组的 LAD 近端、LCX 近端、RCA 近端的 CT 值差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ), A 组与 B 组的 SD、CNR 值差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), A 组与 B 组 CTA 图像质量主观评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); A 组与 C 组的 CT 值差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ), A 组与 C 组的 SD、CNR 值差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), A 组与 C 组图像质量主观评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论:**低剂量“一站式”头颈冠脉血管成像扫描模式的图像质量能满足临床需求,能全面评估动脉粥样硬化导致的心脑血管疾病。

**【关键词】**动脉粥样硬化;低剂量;一站式扫描;冠状动脉;头颈 CT 血管造影

**【中图分类号】**R318;R816.2

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2023)02-0176-06

## Clinical significance of one-stop cardio-cerebrovascular CTA scanning mode of low-tube voltage combined with ASiR-V algorithm

LIU Heng<sup>1</sup>, WANG Yannan<sup>2,3</sup>, NA Feiyang<sup>4</sup>, LIU Xianwang<sup>2,3</sup>, LIU Jianli<sup>2,3</sup>, ZHANG Xiaowei<sup>1,5</sup>

1. The Second Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Department of Radiology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730000, China; 3. Key Laboratory of Medical Imaging in Gansu Province, Lanzhou 730000, China; 4. Allergy Department, Gansu Provincial Maternity and Child-care Hospital, Lanzhou 730000, China; 5. Department of Cardiology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730000, China

**Abstract: Objective** To investigate the value of one-stop cardio-cerebrovascular CT angiography (CTA) scanning mode of low-tube voltage combined with ASiR-V algorithm in the evaluation of cardiovascular and cerebrovascular diseases caused by atherosclerosis. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 120 patients who needed screening for cardiovascular and cerebrovascular diseases. According to different scanning methods, the patients were divided into 3 groups, with 40 patients in each group. Low-dose one-stop cardio-cerebrovascular CTA scanning mode (80 kV, automatic milliamperage, 40%ASiR-V preposition, 50%ASiR-V postposition) was adopted in group A, conventional-dose coronary CTA scanning mode (100 kV, 550 mA) in group B, and conventional-dose head and neck CTA scanning mode (100 kV, 500 mA) in group C. The radiation dose and contrast agent dosage were compared among 3 groups of scanning modes, and the obtained images were evaluated subjectively and objectively. **Results** The effective radiation dose of one-stop cardio-cerebrovascular CTA scanning mode of low tube voltage combined with ASiR-V algorithm was  $(1.36 \pm 0.66)$  mSv, and the radiation dose was  $(2.31 \pm 0.75)$  mSv in group B and  $(1.12 \pm 0.04)$  mSv in group C. The effective radiation dose in group A was significantly lower than the sum of group B and group C ( $P < 0.05$ ). There was no statistical significance between group A and group B in the CT number of LAD proximal end, LCX proximal

**【收稿日期】**2022-10-26

**【基金项目】**国家自然科学基金(82060080);甘肃省自然科学基金(22JR5RA996)

**【作者简介】**刘珩,住院医师,研究方向:神经影像技术,E-mail: 2177726547@qq.com

**【通信作者】**张小卫,主任医师,E-mail: xwzhang@lzu.edu.cn

end and RCA proximal end, SD, CNR, and the subjective score of CTA image quality ( $P>0.05$ ). The CT number and subjective score of image quality in group A were close to those in group C ( $P>0.05$ ), but there were significant differences in SD and CNR between group A and group C ( $P<0.05$ ). **Conclusion** The low-dose one-stop head and neck coronary angiography scanning mode ensures that the image quality meets the requirements, and it can be used to comprehensively evaluate the cardiovascular and cerebrovascular diseases caused by atherosclerosis.

**Keywords:** atherosclerosis; low dose; one-stop scanning; coronary artery; head and neck CT angiography

## 前言

动脉粥样硬化是引起心脑血管疾病的常见原因之一,其引起的炎症和生化反应最终导致心脑血管大范围受损<sup>[1-2]</sup>。一旦冠状动脉发生动脉粥样硬化,将导致冠状动脉的管腔狭窄甚至闭塞,进而使得心肌缺血、缺氧甚至心肌大面积梗死;当动脉粥样硬化累及头颈动脉时,造成头颈血管的管腔狭窄或阻塞,从而引起血流减慢及脑组织低灌注的缺血性脑卒中。

由于动脉粥样硬化病变常常同时发生在头颈动脉和冠状动脉,且冠心病与脑梗死总是并发于同一患者,所以心脑血管共诊、共治极具意义<sup>[3-4]</sup>。降低动脉粥样硬化疾病患者死亡率的最重要手段是筛查、诊断和评估。目前计算机断层扫描血管造影(CTA)由于具有无创性且操作性强成为临床上评估动脉粥样硬化疾病主要筛查手段,并在检出动脉斑块方面具有一定的优势<sup>[5-6]</sup>。此外,CTA也是冠状动脉形态学评估的首选方式,在检测冠状动脉狭窄方面具有高灵敏度<sup>[7-10]</sup>。但常规冠状动脉CTA的辐射剂量高达12 mSv。若对冠状动脉、头颈部动脉CTA联合检查,将会使得累积辐射剂量大大增加。同时碘对比剂使用过多可能会导致肾功能损害或肾衰竭<sup>[11]</sup>。目前关于低辐射剂量一站式心脑血管联合CTA扫描技术的研究较少<sup>[12-13]</sup>,因此本研究探讨在低管电压结合ASiR-V算法“一站式”心脑血管CTA扫描模式下冠状动脉和头颈动脉的辐射剂量和图像质量。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

收集2021年7月1日~2022年6月31日兰州大学第二医院临床医学院需要进行心脑血管CTA筛查扫描的120例患者资料,对数据进行回顾性分析。纳入标准:由临床医生确认患者具有动脉粥样硬化可能导致心脑血管疾病的高危人群。排除标准:进行过头颈动脉及冠状动脉支架植入、冠状动脉搭桥手术;图像质量欠佳。按照不同扫描模式,将纳入病例分为3组,每组40人。A组为低管电压结合ASiR-V算法“一站式”心脑血管CTA扫描组,其中男28例、女12例,平均年龄( $58.4\pm 3.2$ )岁,

平均BMI( $23.40\pm 2.14$ ) kg/m<sup>2</sup>;B组为常规头颈动脉CTA扫描组,其中男24例、女16例,平均年龄( $56.7\pm 4.1$ )岁,平均BMI( $24.10\pm 2.59$ ) kg/m<sup>2</sup>;C组为常规冠状动脉CTA扫描组,其中男27例、女13例,平均年龄( $59.6\pm 3.2$ )岁,平均BMI( $24.56\pm 3.25$ ) kg/m<sup>2</sup>,3组患者的性别、年龄、BMI方面差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 1.2 CT检测方法

图像采集设备为GE公司Revolution 256层螺旋CT,使用GE AW4.7工作站进行图像后处理;患者均取仰卧位,行右侧肘静脉穿刺,给予浓度为370 mg/mL的碘普罗胺对比剂静脉注射。扫描均采用自动阈值触发扫描。

A组:患者两侧手臂上举置头两侧,触发扫描阈值65 HU,监测至支气管分叉层面的腹主动脉处,自动触发后先进行冠状动脉CTA轴扫,间隔1.6 s瞬时切换进行头颈动脉CTA螺旋扫描,一站式联合扫描共4 s。其中冠状动脉CTA扫描参数为管电压80 kV,管电流智能调控(400~550 mA),噪声指数21,前置40%ASiR-V算法,后置50%ASiR-V算法,冠状动脉冻结技术(Snapshot Freeze, SSF),螺距0.992:1,层间距和层厚为0.625 mm;头颈动脉CTA扫描参数为管电压80 kV,管电流智能调控(400~550 mA),噪声指数4,前置40%ASiR-V算法,后置50%ASiR-V算法,螺距0.992:1,层间距和层厚为0.625 mm。B组:两侧手臂上举置头两侧,管电压100 kV,管电流550 mA,噪声指数21,前置0%ASiR-V算法,后置0%ASiR-V算法,螺距0.992:1,层厚和层间距为0.625 mm。C组:两侧手臂上举置身体两侧,管电压100 kV,管电流500 mA,噪声指数4,前置0%ASiR-V算法,后置0%ASiR-V算法,螺距0.992:1,层厚和层间距为0.625 mm。

### 1.3 观察指标

**1.3.1 有效辐射剂量和造影剂剂量** 由后处理软件自动生成CT容积剂量指数(CT Volume Dose Index, CTDIvol)、剂量长度乘积(Dose Length Product, DLP),并计算出有效辐射剂量(Effective Dose, ED)= $k\times DLP$ ,胸部的 $k$ 值为0.003 1 mSv/(mGy·cm)<sup>[14]</sup>,头颈的 $k$ 值为0.014 mSv/(mGy·cm)<sup>[15]</sup>。注射对比剂的剂量由打药机自动记录。

**1.3.2 客观评价图像质量** 冠状动脉:分别在左前降支

(Left Anterior Descending, LAD)近端、左回旋支(Left Circumflex, LCX)近端、右冠状动脉(Right Coronary Artery, RCA)近端勾画圆形感兴趣区(ROI),面积大小为3 mm<sup>2</sup>,ROI选择避开血管壁、钙化等影响测量结果的部位,分别测量其平均CT值,测量相邻上下层面平均CT值,3组数据取均数以减少误差;同时测量LAD近端同层面的胸壁脂肪ROI,面积3 mm<sup>2</sup>,测量脂肪的CT值与噪声标准偏差(Standard Deviation, SD)值,计算ROI内的对比噪声比(Contrast to Noise Ratio, CNR),公式为:  $CNR=[CT_{血管}-CT_{脂肪}]/SD_{脂肪}$ 。

头颈血管:分别在正常一侧的颈总动脉起始部、大

脑中动脉近端选取ROI,面积大小为3 mm<sup>2</sup>,测量平均CT值,测量相邻上下层面平均CT值,3组数据取均数以减少误差;且在颈总动脉起始部的软组织放置ROI,面积3 mm<sup>2</sup>,测量软组织的CT值与SD值,计算相应CNR,  $CNR=[CT_{颈总动脉}-CT_{软组织}]/SD_{软组织}$ 。

**1.3.3 图像主观评价及数据分析** 将图像传至AW4.7工作站,分别由2名5年以上工作经验的放射科医师遵循双盲法原则对冠状动脉CTA、头颈动脉CTA图像进行主观评分,意见不统一时协商达成一致结果。均采用4分制<sup>[16]</sup>,见表1。

表1 CTA 图像主观评价标准  
Table 1 CTA image subjective evaluation criteria

评分	图像解剖结构	图像噪声	诊断要求
1	解剖结构显示不清,颗粒感非常明显	严重噪声	无法诊断
2	解剖细节模糊,颗粒感很明显	重度噪声	影响诊断
3	大部分解剖结构显示尚可,细节显示略模糊,颗粒感较明显	中度噪声	满足诊断要求
4	解剖结构细节较清楚,对比度较高,颗粒感不明显	轻微噪声	诊断良好

1.4 统计学分析

应用SPSS24.0软件进行统计学分析。计量资料采用均数±标准差描述,组间比较使用*t*检验;等级资料采用例(%)描述,两组比较采用Mann-Whitney 检验,两位观察者对图像主观评分的一致性采用Kappa 检验,*P*<0.05表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 辐射剂量及对比剂剂量

A组ED值为(1.36±0.66) mSv,对比剂平均量为(63.10±2.43) mL;B组ED值为(2.31±0.75) mSv,对比剂平均量为(56.85±4.53) mL;C组ED值为(1.12±0.04) mSv,对比剂平均量为(54.32±3.80) mL。A组的CTDIvol、DLP、ED及对比剂用量与B、C两组比较均有统计学差异(*P*<0.05),其中A组有效剂量比B、C两组有效剂量之和减少了60%,见表2。

表2 不同组别辐射剂量及对比剂用量比较( $\bar{x} \pm s$ )  
Table 2 Comparison of radiation dose and contrast agent dosage among different groups (Mean±SD)

指标	A组	B组	C组
CTDIvol/mGy	8.99±0.09	11.53±0.23	12.02±0.37
DLP/mGy·cm	263.10±9.71	152.37±8.10	289.97±5.62
ED /mSV	1.36±0.66	2.31±0.75	1.12±0.04
对比剂用量/mL	63.10±2.43	56.85±4.53	54.32±3.80

2.2 图像质量客观评价

**2.2.1 A组与B组间冠状动脉CTA客观评价比较** A组与B组患者冠状动脉的3大主分支CT值均达到诊断要求。A组与B组LAD近端、LCX近端、RCA近端的CT值差异均无统计学意义(*P*>0.05),A组与B组SD值与CNR值差异均无统计学意义(*P*>0.05),见表3。

**2.2.2 A组与C组间头颈动脉CTA图像客观评价比较** A组与C组患者头颈总动脉的颈动脉起始部、大脑中动脉近端处的CT值均达到诊断标准。A组与C组颈总动脉起始部、大脑中动脉近端处的CT值差异均无统计学意义(*P*>0.05),A组与C组的SD值与CNR值均有统计学意义(*P*<0.05),见表4。

2.3 图像质量主观评价

**2.3.1 A组与B组间冠状动脉CTA图像主观评价比较** A组冠状动脉CTA图像质量主观评分低于B组,差异无统计学意义(*P*>0.05),见表5。A组图像质量虽低于B组,但不影响诊断。两组图像均能满足诊断要求(图1a、b,图2a~f)。两位观察者间评价一致性较好,Kappa值为0.837(*P*<0.01)。

**2.3.2 A组与C组间头颈动脉CTA图像主观评价比较** A组头颈动脉CTA图像质量评分低于C组,差异无统计学意义(*P*>0.05),见表6。A组图像质量虽低于C组,但不影响诊断。两组图像均能满足诊断要求(图1a、c,图3)。两位观察者间评价一致性较好,Kappa值为0.749(*P*<0.01)。



表 3 不同组别间冠状动脉 CTA 客观评价比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of objective evaluation of coronary CTA in different groups (Mean±SD)

组别	LAD CT值(HU)	LCX CT值/HU	RCA CT值/HU	SD/HU	CNR
A 组	511.45±5.01	483.23±5.87	475.63±4.32	23.28±2.16	15.10±1.95
B 组	513.53±4.36	485.33±4.07	477.08±3.55	22.53±2.05	15.83±1.69
<i>t</i> 值	-1.977	-1.860	-1.641	1.593	-1.778
<i>P</i> 值	0.052	0.067	0.105	0.115	0.079

表 4 不同组别间头颈动脉 CTA 图像客观评价比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 4 Comparison of objective evaluation of head and neck CTA images in different groups (Mean±SD)

组别	颈总动脉起始部CT值/HU	大脑中动脉近端CT值/HU	SD/HU	CNR
A 组	436.68±4.93	377.53±3.83	16.60±2.39	25.03±3.33
C 组	438.48±4.15	378.98±2.91	14.35±1.99	26.65±3.85
<i>t</i> 值	-1.766	-1.906	4.567	-2.019
<i>P</i> 值	0.081	0.061	<0.001	0.047

表 5 不同组别间冠状动脉 CTA 主观评价比较[例(%)]

Table 5 Comparison of subjective evaluation of coronary CTA in different groups[cases (%)]

组别	血管质量评分					<i>Z</i>	<i>P</i> 值
	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分		
A 组( <i>n</i> =40)	0(0)	0(0)	0(0)	12(30)	28(70)	-4.19	<0.001
B 组( <i>n</i> =40)	0(0)	0(0)	0(0)	8(20)	32(80)		

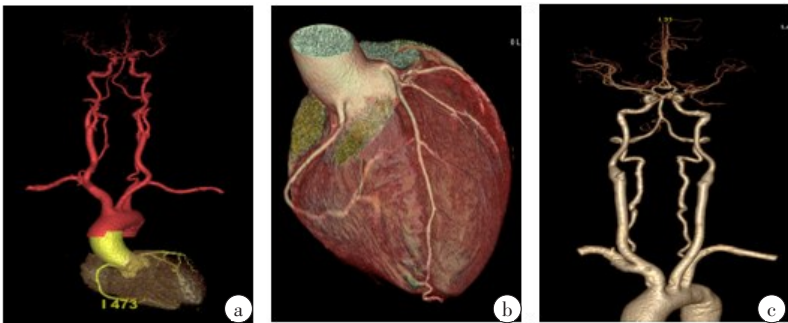


图 1 不同扫描模式重建 VR 图

Figure 1 Reconstructed VR images with different scanning modes

a:心脑血管一站式扫描 VR 图,红色为头颈动脉 CTA,黄色为冠状动脉 CTA;主观评分 5 分;b:常规剂量冠状动脉 CTA 的 VR 图,主观评分 5 分;c:常规剂量头颈动脉 CTA 的 VR 图,主观评分 5 分

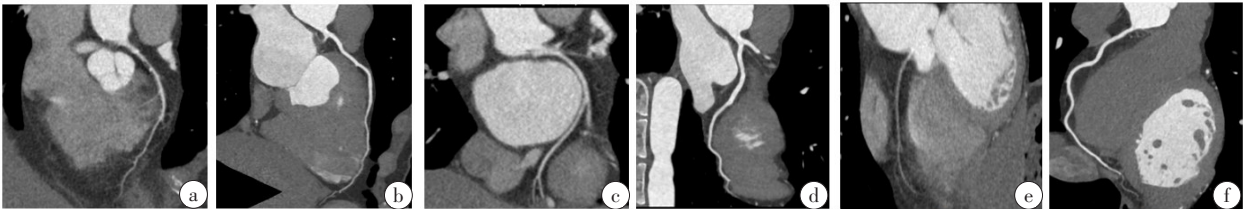


图 2 不同扫描模式下的冠状动脉最大密度投影(MIP)对比图

Figure 2 Comparison of maximum intensity projection (MIP) maps of coronary artery under different scanning modes

a:低管电压联合 ASiR-V 算法一站式扫描 LAD 的 MIP 图;b:常规剂量扫描 LAD 的 MIP 图;c:低管电压联合 ASiR-V 算法一站式扫描 LCX 的 MIP 图;d:常规剂量扫描 LCX 的 MIP 图;e:低管电压联合 ASiR-V 算法一站式扫描 RCA 的 MIP 图;f:常规剂量扫描 RCA 的 MIP 图。图 a~f 解剖结构细节较清楚,对比度较高,颗粒感不明显

表 6 不同组别间头颈动脉 CTA 主观评价比较[例(%)]

Table 6 Comparison of subjective evaluation of head and neck CTA in different groups [cases (%)]

组别	血管质量评分					Z	P 值
	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分		
A 组 (n=40)	0(0)	0(0)	0(0)	10(25)	30(75)	-3.25	<0.001
C 组 (n=40)	0(0)	0(0)	0(0)	6(15)	34(85)		

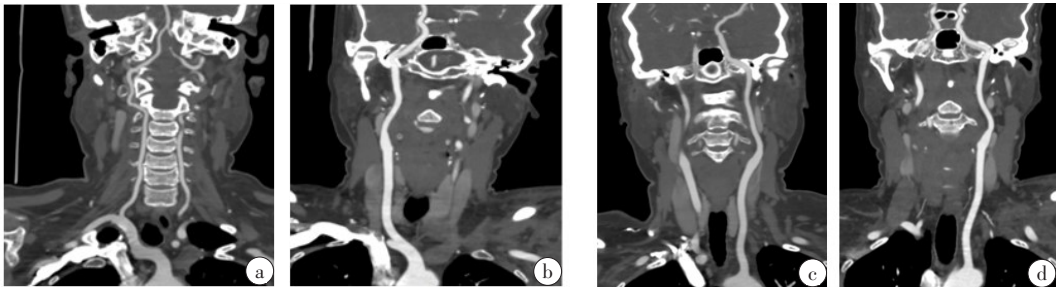


图 3 不同扫描模式下的颈动脉 MIP 对比图

Figure 3 Comparison of carotid artery MIP images under different scanning modes

a: 低管电压联合 ASiR-V 算法一站式扫描右侧颈内血管的 MIP 图; b: 常规剂量扫描右侧颈内血管的 MIP 图; c: 低管电压联合 ASiR-V 算法一站式扫描左侧颈内血管的 MIP 图; d: 常规剂量扫描左侧颈内血管的 MIP 图; 图 a ~ d 均解剖结构细节较清楚, 对比度较高, 颗粒感不明显

3 讨论

动脉粥样硬化常会引起头颈动脉和冠状动脉同时受损。头颈动脉和冠状动脉的检查手段有数字减影血管造影(DSA)、多普勒超声(US)和CT血管造影(CTA)等<sup>[17-19]</sup>。但是由于DSA的有创性和操作过程中风险不可控等缺点,CTA已成为临床评估动脉粥样硬化疾病的可靠工具<sup>[20]</sup>。而以往冠状动脉和头颈动脉CTA的扫描方式是单独进行2次扫描,这样使得检查时间长,对比剂用量增大且辐射剂量大幅度增加。

随着CT设备硬件的快速发展,各种高端、超高端CT被应用于心脑血管疾病的评估,一站式心脑血管CTA大幅度缩短了患者的检查时间和对比剂用量<sup>[12-13,21-22]</sup>。向春林等<sup>[12]</sup>对双源CT低辐射剂量进行“一站式”心脑血管血管CTA成像可行性研究,双源CT的扫描速度快,故辐射剂量有所降低,但对于心率≤75次/min,各种心率失常和心律不齐频繁发作的患者无法保证冠状动脉CTA的图像质量。李万江等<sup>[13]</sup>采用Revolution CT解决了心率失常导致的图像质量差问题,实现自由呼吸、非门控心脑联合CTA,但该研究中并未探讨低管电压结合ASiR-V算法在一站式心脑联合扫描的可行性。

本研究使用宽体探测器Revolution CT的低管电压联合ASiR-V算法进行一站式心脑血管CTA检查,探讨患者所受辐射剂量、对比剂用量及其一站式联合扫描的图像质量。结果显示A与C组的CNR差异有统计学意义,可能是扫描时双手置于头两侧导致。

本研究中低管电压联合ASiR-V算法的“一站式”心脑血管CTA扫描对比剂使用量较单独扫描总对比剂剂量减少50%,“一站式”心脑血管CTA扫描较单独扫描总辐射剂量减少60%;A与B组、A与C组的主观评分及客观评分均无明显差异,由于采用管电压80 kV进行一站式心脑血管CTA扫描,同时结合40%前置ASiR-V算法进一步降低辐射剂量以及50%后置ASiR-V算法保证图像质量。当管电压为80 kV,X线能量降低,更接近碘浓度<sup>[23-24]</sup>,动脉强化的效果会更好。而ASiR-V算法是第三代迭代算法,该算法将物理模型、描述物体模型和噪声模型融合,根据人体不同的组织密度和厚度,自动降低扫描mA值,在保证图像质量的同时降低辐射剂量<sup>[25]</sup>。ASiR-V算法包括前置ASiR-V算法和后置ASiR-V算法<sup>[26]</sup>。前置ASiR-V算法通过不同权重水平来调整CTA检查的管电流量以达到调整被检者辐射剂量的目的;后置ASiR-V算法通过不同重建权重水平来降低所得的图像噪声,改善图像质量,因此本研究采用低管电压结合前置40%ASiR-V算法进行扫描以及后置50ASiR-V算法进行后处理图像重建更好地降低辐射剂量的同时保证图像质量,使得ASiR-V算法发挥较大的临床实用价值。

综上所述,低管电压结合ASiR-V算法“一站式”心脑血管CTA扫描模式在保障图像质量的前提下,减少了造影剂用量,而且降低了辐射剂量,是一种快速、高效、无创的检查新手段,其不仅可以全面有效评价头颈动脉与冠状动脉的粥样硬化程度及其关

系,而且对指导临床干预、治疗提供了可靠精确的证据,具有重要的临床意义。

本研究存在一定的局限性:样本量较小,且只纳入了正常 BMI 的患者,对于 BMI 大于 26 kg/m<sup>2</sup> 的患者未进行分析,后期将加大样本量进行分析。

## 【参考文献】

- [1] Zhou M, Wang H, Zeng X, et al. Mortality, morbidity, and risk factors in China and its provinces, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2019, 394(10204): 1145-1158.
- [2] 杨清贤, 范天睿, 张莉, 等. 心血管颈动脉粥样硬化与心脑血管疾病的相关性[J]. 心血管病防治知识, 2020, 10(20): 95-96.  
Yang QX, Fan TR, Zhang L, et al. Relationship between cardiovascular carotid atherosclerosis and cardiovascular and cerebrovascular diseases [J]. Prevention and Treatment of Cardiovascular Diseases Knowledge, 2020, 10(20): 95-96.
- [3] 夏岩, 姜悦. 脑心共患疾病防治体系建设思路和构想[J]. 中华医学杂志, 2019, 99(39): 3043-3046.  
Xia Y, Jiang Y. Thoughts and ideas on the establishment for simultaneous prevention and treatment of brain and heart diseases[J]. National Medical Journal of China, 2019, 99(39): 3043-3046.
- [4] Lee JM, Choi KH, Koo BK, et al. Prognostic implications of plaque characteristics and stenosis severity in patients with coronary artery disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(19): 2413-2424.
- [5] 包丽薇, 王泽锋, 孙振婷, 等. CTA 评估颈动脉与冠状动脉粥样硬化斑块临床关联的回顾性研究[J]. CT 理论与应用研究, 2017, 26(4): 497-504.  
Bao LW, Wang ZF, Sun ZT, et al. Relationship of atherosclerosis between carotid arteries and coronary arteries by CTA evaluation: a retrospective study [J]. Computerized Tomography Theory and Applications, 2017, 26(4): 497-504.
- [6] Cactano Dos Santos FL, Kolasa M, Terada M, et al. VASIM: an automated tool for the quantification of carotid atherosclerosis by computed tomography angiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(6): 1149-1159.
- [7] Nakanishi R, Osawa K, Kurata A, et al. Role of coronary computed tomography angiography (CTA) post the ISCHEMIA trial: precision prevention based on coronary CTA-derived coronary atherosclerosis [J]. J Cardiol, 2022, 79(5): 572-580.
- [8] 陈祥杰, 吴小玲, 蔡京海. 64 排 128 层螺旋 CT 冠状动脉成像对冠状动脉粥样硬化性心脏病的临床诊断分析[J]. 实用医技杂志, 2021, 28(4): 465-467.  
Chen XJ, Wu XL, Cai JH. 64-slice 128-slice spiral CT coronary imaging in the diagnosis of coronary atherosclerotic heart disease [J]. Journal of Practical Medical Techniques, 2021, 28(4): 465-467.
- [9] Marques H. Quantitative Carotid atherosclerosis assessment from a coronary CT angiography (CTA)-optimized CT protocol acquisition-Proof of concept [J]. Atherosclerosis, 2022: 355.
- [10] 张雨. 双源 CT 冠状动脉 CTA 成像在诊断冠脉粥样硬化中的价值 [J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2018, 6(15): 4-6.  
Zhang Y. Dual-source CT Coronary Angiography in the Diagnosis of Coronary Atherosclerosis [J]. Cardiovascular Disease Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2018, 6(15): 4-6.
- [11] 赵霞, 朱丛丛. 冠状动脉介入碘造影剂致过敏反应的研究现状 [J]. 中国循证心血管医学杂志, 2018, 10(10): 1274-1275.  
Zhao X, Zhu CC. Research status of anaphylaxis caused by iodized contrast media in coronary artery intervention [J]. Chinese Journal of Evidence-Based Cardiovascular Medicine, 2018, 10(10): 1274-1275.
- [12] 向春林, 骆磊, 胡珊, 等. 第三代双源 CT 冠状动脉、头颈动脉一站式 CT 血管成像: 低剂量技术的应用价值 [J]. 放射学实践, 2020, 35(12): 1610-1617.  
Xiang CL, Luo L, Hu S, et al. One-stop CT angiography of coronary artery, head and neck artery using the third generation dual-source CT: application value of low-dose technique [J]. Radiologic Practice, 2020, 35(12): 1610-1617.
- [13] 李万江, 李真林, 帅桃, 等. 宽体探测器 CT 行冠状动脉 CTA 和头颈部 CTA“一站式”扫描 [J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(9): 1395-1399.
- Li WJ, Li ZL, Shuai T, et al. One-stop coronary CTA and head and neck CTA using wide detector CT [J]. Chinese Medical Imaging Technology, 2018, 34(9): 1395-1399.
- [14] Halliburton SS, Abbata S, Chen MY, et al. SCCT guidelines on radiation dose and dose-optimization strategies in cardiovascular CT [J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2011, 5(4): 198-224.
- [15] Sun K, Li KC, Han RJ, et al. Evaluation of high-pitch dual-source CT angiography for evaluation of coronary and carotid-cerebrovascular arteries [J]. Eur J Radiol, 2015, 84(3): 398-406.
- [16] 吴寅波, 史河水, 韩萍, 等. 低剂量 MSCT 一站式全脑灌注与动态动脉成像评价脑动脉瘤及其临床价值 [J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(5): 803-807.  
Wu YB, Shi HS, Han P, et al. Computed tomography perfusion imaging Computed tomography angiography Intracranial aneurysm radiation dosage [J]. Journal of Clinical Radiology, 2015, 34(5): 803-807.
- [17] 谢瑛, 常小妮, 黄大耿, 等. CT 血管造影、经颅多普勒超声对缺血性脑卒中患者颈动脉狭窄的诊断价值分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2018, 16(12): 27-29.  
Xie Z, Chang XN, Huang DG, et al. Diagnostic value of CT angiography and transcranial Doppler ultrasound for carotid artery stenosis in patients with ischemic stroke [J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2018, 16(12): 27-29.
- [18] 王明月, 张蕾, 包晶晶, 等. 多普勒超声与超声造影评价颈动脉粥样硬化斑块易损性的临床研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2021, 37(11): 1215-1218.  
Wang MY, Zhang L, Bao JJ, et al. Evaluation of vulnerability of carotid atherosclerotic plaque by Doppler ultrasound and contrast-enhanced ultrasound [J]. Chinese Journal of Ultrasound Medicine, 2021, 37(11): 1215-1218.
- [19] 王伟, 戚云杰, 马乐艳, 等. 超声和 CTA 在颈动脉粥样硬化诊断中的价值对比 [J]. 世界复合医学, 2021, 7(10): 66-69.  
Wang W, Qi YJ, Ma LY, et al. Comparison of the value of ultrasound and CTA in the diagnosis of carotid atherosclerosis [J]. World Journal of Complex Medicine, 2021, 7(10): 66-69.
- [20] 谢孟臻, 吴斌, 刘于宝, 等. 超低对比剂剂量和流率在头颈部 CT 血管造影中的应用 [J]. 中国医学物理学杂志, 2022, 39(9): 1128-1132.  
Xie MZ, Wu B, Liu YB, et al. Application of ultra-low contrast dose and flow rate in head and neck CT angiography [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2022, 39(9): 1128-1132.
- [21] 张文雯, 孙凯. CT 血管成像在心脑血管一站式成像中的研究进展 [J]. 国际放射医学核医学杂志, 2018, 42(2): 177-180.  
Zhang WW, Sun K. Research progress of CT angiography in cardiovascular and cerebrovascular one-stop imaging [J]. International Journal of Radiological Medicine Nuclear Medicine, 2018, 42(2): 177-180.
- [22] 郑冲, 卢洁. 一站式计算机断层扫描血管成像在头颈及冠状动脉粥样硬化的研究进展 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2020, 22(8): 891-893.  
Zheng C, Lu J. Research progress of one-stop computed tomography angiography in head, neck and coronary atherosclerosis [J]. Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases, 2020, 22(8): 891-893.
- [23] Wiesmann M, Berg S, Böhner G, et al. Dose reduction in dynamic perfusion CT of the brain: effects of the scan frequency on measurements of cerebral blood flow, cerebral blood volume, and mean transit time [J]. Eur Radiol, 2008, 18(12): 2967-2974.
- [24] 韩玫, 黄婷婷. CT 增强碘对比剂过敏反应的高危因素分析 [J]. 河南医学研究, 2021, 30(2): 207-210.  
Han M, Huang TT. High risk factors of anaphylactic reaction of iodine contrast medium in CT enhance scan [J]. Henan Medical Research, 2021, 30(2): 207-210.
- [25] Chen Y, Zhang XB, Xue HD, et al. Head and neck angiography at 70 kVp with a third-generation dual-source CT system in patients: comparison with 100 kVp [J]. Neuroradiology, 2017, 59(11): 1071-1081.
- [26] 王春辉, 马文娟, 孟巴音, 等. 256 排 CT ASIR-V 权重比的变化对冠状动脉 CTA 图像质量及辐射剂量的研究 [J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(6): 1049-1053.  
Wang CH, Ma WJ, Meng BY, et al. Effects of weight ratio of ASIR-V on the quality and radiation dose of coronary artery CTA in 256-slice CT [J]. Journal of Medical Imaging, 2002, 32(6): 1049-1053.

(编辑: 薛泽玲)