·影像技术学·

CARE-kV 技术在下肢动脉 CTA 中的应用

张卫国，马怡尘，刘敏，蒋涛

【摘要】 **目的**：探讨 CARE-kV 技术在下肢动脉 CT 血管成像中(CTA)的应用价值。**方法**：将 78 例下肢动脉 CTA 患者随机分为 A 组(CARE-kV 组)、B 组(根据体重指数确定 kV 值组)各 39 例，分析比较两组图像各测量点的 CT 值、CNR、CTDIvol、DLP、ED，并对重建图像质量、血管边缘形态、血管内对比剂充盈情况进行评估分析。**结果**：A、B 两组图像各测量点平均 CT 值(430.02 和 374.11HU，$P=0.10$)、CNR(26.60±11.20、29.86±9.95，$P=0.13$)、图像主观评分 VR(3.38±0.59、3.31±0.61，$P=0.58$)、MIP(3.79±0.40、3.62±0.49，$P=0.08$)的差异没有统计学意义($P>0.05$)，A、B 两组间 CTDIvol(4.41±1.32 、6.19±3.19，$P=0.02$)、DLP(533.59±185.66、711.29±388.63，$P=0.03$)、ED(8.00±2.76、10.66±5.82，$P=0.03$)的差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论**：CARE-kV 技术应用在下肢动脉 CTA 的检查中，既有效的降低了患者的辐射剂量又能保证图像质量，使管电压的选择更加合理、智能。

【关键词】 体层摄影术，X 线计算机；外周动脉疾病；辐射剂量；图像质量

【中图分类号】R814.42；R543.5 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2015)11-1134-04

DOI：10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.11.018

Application of CARE kV technique in computed tomography arteriography of lower extremity arteries ZHANG Wei-guo, MA Yi-chen, LIU Min, et al. Radiology Department, Beijing Chaoyang Hospital of Capital Medical University, Beijing 100020, P. R. China

【**Abstract**】 **Objective**: Investigate the value of CARE kV technique in computed tomography angiography (CTA) of lower extremity arteries. **Methods**: Seventy-eight consecutive patients who underwent lower extremity CTA were randomly divided into Group A (CARE-kV group) and Group B (kV value was determined according to body mass index), with 39 cases in each group. The imaging findings including CT values at each measure point, contrast to noise ratio (CNR), CT dose index volume (CTDIvol), dose length product (DLP), effective dose (ED), reconstructed image quality, the edge morphology of vascular and intravascular filling of contrast agent of the two groups were measured and analyzed. **Results**: The mean CT values at each measure point (430.02 HU vs 374.11HU, $P=0.10$), CNR (26.60±11.20 vs 29.86±9.95, $P=0.13$), subjective scores of images quality in VR (3.38±0.59 vs 3.31±0.61, $P=0.58$) and MIP (3.79±0.40 vs 3.62±0.49, $P=0.08$) were not significantly different between the two groups ($P>0.05$). There were significant differences of CTDIvol (4.41±1.32 vs 6.19±3.19, $P=0.02$), DLP (533.59±185.66 vs 711.29±388.63, $P=0.03$) and ED (8.00±2.76 vs 10.66±5.82, $P=0.03$). **Conclusion**: CARE kV technique could be used in the lower extremity CTA, which not only could reduce the radiation dose effectively, but also ensure the image quality. The selection of tube voltage could be more reasonable and intelligent.

【**Key words**】 Tomography, X-ray computed; Peripheral arterial disease; Radiation dosage; Image quality

外周动脉阻塞性疾病(peripheral arterial occlusive disease，PAOD)是我国的常见病与多发病。近年来多层螺旋 CT 技术的进步及功能强大的后处理软件能为下肢动脉血管成像提供了必要的基础。陈松宽等[1]研究表明，双源 CT 在诊断 PAOD 方面与 DSA 具有良好的一致性，可以作为 PAOD 诊断的可靠方法。随着人们健康意识的提高及对电离辐射致癌风险认识的深入，放射防护与安全问题以及低剂量扫描开始成为关注的焦点[2]。笔者在下肢动脉 CT 血管成像(CTA)扫描中应用 CARE-kV 技术，分析其对下肢动脉 CTA 检查的图像质量及患者辐射剂量的影响。

材料与方法

1. 临床资料

选取 2014 年 9 月－2015 年 1 月接受下肢动脉 CTA 检查的患者 78 例。男 56 例，女 22 例，年龄 28～88 岁，平均(68.9±12.3)岁。体重指数(body mass index，BMI)16～31 kg/m^2。临床主要表现为不同程度下肢肿胀、皮肤温度降低、趾端变黑、足背动脉搏动减弱、间隙性跛行、静息痛和肢体坏疽等。78 例患者随机分为 A、B 两组，每组 39 例。A 组扫描中开启 CARE-kV 技术和 CARE Dose 4D 技术；B 组扫描前测量患者的身高、体重，计算患者 BMI，根据 BMI 设定管电压，同时开启 CARE Dose 4D 技术。患者排除标准：碘对比剂过敏史，严重肝肾功能不全者，有下肢金

作者单位：100020 北京，首都医科大学附属北京朝阳医院放射科
作者简介：张卫国(1976－)，男，北京人，主管技师，主要从事医学影像技术工作。

属植入物者。

2. 检查方法

采用 Siemens Somatom Definition 双源 CT，扫描前对患者进行呼吸训练。患者取仰卧位，足先进，足固定为内翻位，双手上举过头顶，于深吸气后屏气扫描。扫描范围：从腹主动脉肾门水平到踝关节水平，采用自动触发扫描，触发点定于腹主动脉肾动脉水平，触发阈值 100 HU，注射对比剂后 10 s 启动阈值触发系统。于患者肘正中静脉留置 22G 耐高压套管针，应用双筒高压注射器（OptiVantage DH，Liebel-Flarsheim Company llC）肘静脉团注非离子型对比剂（碘佛醇 350 mg I/mL），对比剂用量按照 1 mL/kg，对比剂注入后再注入生理盐水 30 mL，注射流率 4 mL/s。一般扫描参数：层厚 5 mm，层间距 5 mm，重建层厚 0.6 mm，螺距 1.0，准直器宽度 64×0.6，旋转速度 0.5 s。A 组应用 CARE-kV 技术和 CARE Dose 4D 技术自动选取管电压和管电流，(Dose saving optimized for 11)参考管电流 210 mAs。B 组根据患者 BMI 设置管电压：BMI＜20 kg/m^2，管电压为 80 kV；20 kg/m^2≤BMI＜25 kg/m^2，管电压为 100 kV；25 kg/m^2≤BMI＜30 kg/m^2，管电压为 120 kV；BMI≥30 kg/m^2，管电压为 140 kV；应用 CARE Dose 4D 技术自动选取管电流(Dose saving optimized for 11)，参考管电流 210 mAs。

3. 图像后处理

将原始横轴面图像传输至 GE AW 4.2 工作站进行最大密度投影（maximum intensity projection，MIP）、多平面重组（multiple planar reformation，MPR）、容积再现（volume rendering，VR），重组时手工去除骨骼影。

4. 图像质量评估

主观评价：由两名有经验的副主任医师对下肢动脉 VR 和 MIP 重组图像进行盲法评价，采用 4 分评价法对下肢动脉 VR 和 MIP 重组图像及血管壁进行评价[3]：4 分，动脉显示好，连续性好，管壁光整，无伪影；3 分，动脉大部分显示好，管壁模糊，伪影小，不影响诊断；2 分，局部动脉显示尚可，管壁毛糙，伪影多，连续性差；1 分，动脉未显影（血管病变闭塞除外）。

客观评价：由一名工作 20 年的主管技师在 GE AW4.2 工作站测量横轴面图像下肢各段动脉 CT 强化值和 CT 值标准差（SD 值），测量点包括左侧髂外动脉起始部、右侧髂外动脉起始部、左侧股浅动脉起始部、右侧股浅动脉起始部、左侧腘动脉、右侧腘动脉、左侧胫前动脉远端、右侧胫前动脉远端。SD 值视为图像噪声值。

5. 辐射剂量评估

采用 CT 剂量指数（CT dose index，CTDIvol）及剂量长度乘积（dose length product，DLP）评估患者的受检剂量；有效辐射剂量[ED(mSv)]＝DLP×胸部剂量转换系数（采用欧洲 CT 质量标准指南提出的腹部平均值 0.015 mSv/mGy·cm）。本组统计的辐射剂量仅为下肢动脉 CTA 的辐射剂量，不包括定位像及自动跟踪技术的辐射剂量。

6. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 统计软件对所有数据进行统计分析。采用非参数秩和检验比较 A、B 两组患者年龄、BMI、CTDIvol、DLP、ED、下肢各段动脉 CT 强化值和 CT 值标准差（SD 值）、CNR、及图像的主观评分。2 名观察者间的观察一致性采用 Kappa 检验进行评价，Kappa≥0.75 两者一致性较好；0.75＞Kappa≥0.4 两者一致性一般；Kappa＜0.4 两者一致性较差，以 P＜0.05 为差异具有统计学意义。

结　果

1. 临床资料

A、B 两组 78 例患者均成功的进行了下肢动脉 CTA 检查，两组患者的年龄及 BMI 的差异均无统计学意义（P＞0.05，表 1）。A、B 两组 CTDIvol、DLP、ED 的差异有统计学意义（P＜0.05，表 2）。A、B 两组患者各测量点的 CT 值及 CNR 的差异没有统计学意义（P＞0.05）。

表 1　A、B 两组患者年龄及 BMI 比较

组别	A 组	B 组	U 值	P 值
年龄	69.36±11.57	68.51±13.25	748.50	0.90
BMI	23.72±3.41	23.69±3.34	745.50	0.88

表 2　A、B 两组患者 CTDIvol、DLP、ED 比较

组别	A 组	B 组	U 值	P 值
CTDIvol	4.41±1.32	6.19±3.19	532.50	0.02
DLP	533.59±185.66	711.29±388.63	549.50	0.03
ED	8.00±2.76	10.66±5.82	549.50	0.03

表 3　A、B 两组患者各测量点 CT 值及 CNR 的比较

组别	A 组	B 组	U 值	P 值
左髂 A	471.63±122.06	414.72±129.33	575.00	0.06
右髂 A	434.21±171.78	412.02±128.34	651.00	0.27
左股 A	468.63±125.54	418.95± 114.40	583.00	0.07
右股 A	471.22±127.11	400.88±150.93	565.00	0.05
左腘 A	445.89±145.30	358.66±123.16	586.00	0.11
右腘 A	417.64±149.84	346.04±151.62	549.50	0.05
左胫前 A	366.42±132.90	326.23±132.90	595.00	0.09
右胫前 A	364.51±109.43	315.37±118.98	581.50	0.07
CNR	26.60±11.20	29.86±9.95	611.00	0.13

A、B 两组患者的 VR、MIP 图像评分结果的差异没有统计学意义（P＞0.05，表 4，图 1～2）。2 名医师对 78 例患者颈动脉图像观察一致性较好（k＝0.78，P＜0.05）。

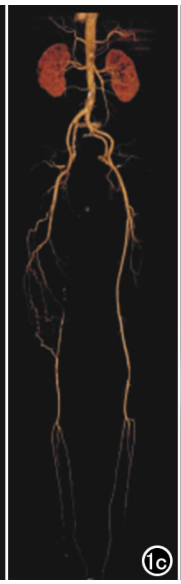

图 1 a～c) 为 CARE-kV 组重组图像，各级动脉血管显示良好。

图 2 a～c) 根据体重指数确定 kV 值组的图像没有明显差别。

表 4 A、B 两组患者 VR、MIP 图像评分的比较

图像	A 组	B 组	U 值	*P* 值
VR	3.38±0.59	3.31±0.61	712.50	0.58
MIP	3.79±0.40	3.62±0.49	624.00	0.08

讨 论

PAOD 是动脉系统疾病中的常见病、多发病，具有多节段、病变范围广、常累及末梢血管等特点[4]。目前，DSA 是血管疾病诊断的“金标准”，但由于其为有创性，穿刺部位血肿，斑块脱落以及穿刺血管形成夹层等易加重下肢缺血症状，因此相当一部分患者难以接受[5]。随着螺旋 CT 的快速发展，下肢 CTA 逐渐成为临床诊断 PAOD 的最常用、有效且无创的检查技术。但由于下肢 CTA 的扫描范围大，一般都是从腹主动脉肾门水平到踝关节水平，采用固定管电压和管电流成像，辐射剂量高。扫描范围包括性腺，无法采取防护措施，性腺对 X 射线敏感度高，过量照射可能引起的远期不良后果中包括男性精子和女性的卵子畸变异常。据统计，世界范围内，CT 检查量约占放射性检查总量的 7%，但其积累的辐射剂量却占总剂量的 40% 以上[6]。如何能在保证图像质量的情况下尽可能减少辐射剂量成为临床急需解决的问题。

目前临床常用的降低辐射剂量的方法有低电压，低电流，自动管电流调节技术。CARE kV 技术作为一种新的减少辐射剂量的方法，为辐射剂量的控制开辟了新领域。CARE kV 技术是可以根据定位像的衰减信息将管电压和管电流优化组合的扫描技术，能计算出不同管电压下所需的管电流的基准值和变化曲线。同时计算 CTDIvol 并进行比较，然后从低到高依次选择管电压。如果 CT 的球管系统硬件允许（主要是对管电流大小的要求），则选择最低的管电压或次低的管电压的进行曝光扫描。当管电压自动调节时，管电流的基准值也随着管电压的变化而变化[7]。CARE Dose 4D 是操作者定义参考管电流后，系统根据受检者部位和脏器的解剖厚度，密度，估算出各层的管电流，使得各层的噪声维持在相同或相近的水平；通过角度管电流，对被扫描物体在轴位图像上不同角度的衰减的差异实时调整管电流，进而减少辐射剂量[8]。由于下肢动脉解剖部位特点是上厚下薄，上宽下窄，体型变化较大，比较适合采用 CARE Dose 4D 技术来降低下肢 CTA 成像的辐射剂量，尤其能降低足部的毫安量。

本组研究显示，使用 CARE-kV 技术联合 CARE Dose 4D 技术扫描（A 组）ED 值 9.03±3.76；根据患者 BMI 设置管电压，使用 CARE Dose 4D 技术（B 组）ED 值 10.66±5.82，A 组比 B 组下降 1.63，下降幅度 15.3%，各测量点 CT 值和 CNR 值的差异没有统计学意义（$P>0.05$），两组间的 VR、（MPR）血管图像评分结果的差异没有统计学意义 $P>0.05$，且图像评分都在 3 分以上，能满足诊断要求。同时使用 CARE-kV 技术联合 CARE Dose 4D 技术扫描方法，可以省去 BMI 的计算过程，减少技师的工作量，实现最优的管电压和管电流的自动选取。

综上所述，智能 CARE-kV 扫描技术比依据患者 BNI 设置管电压的扫描方法，操作简单方便，可以进一步降低辐射剂量，同时保证图像质量，满足辐射防护的最优化，值得临床推广应用。

参考文献：

[1] 陈松宽，杨光钊，茅国群，等. 双源 CT 诊断下肢动脉阻赛性疾病的临床价值[J]. 医学影像学杂志，2014，24(11)：2051-2053.

[2] 张琰琰，杨文洁，张欢，等. CARE-kV 技术对双源 CT 冠状动脉成像图像质量和辐射剂量的影响[J]. 临床放射学杂志，2013，32(11)：1645-1649.

[3] 叶国伟，邹建勋，陈旭高，等. 16 层螺旋 CT 下肢动脉造影四种成像方案的比较分析[J]. 医学影像学杂志，2014，24(3)：434-437.

[4] 夏巍，宋旭升，尹肖睿，等. 宝石 CT 能谱最佳单能量图像在下肢动脉造影中的应用[J]. 中国医学影像学杂志，2014，22(11)：842-845.

[5] 邓小飞，舒政. 多层螺旋 CT 下肢动脉成像技术及临床应用新进展[J]. 国际医学放射学杂志，2009，32(4)：331-334.

[6] 李瑞，林洁，唐坤，等. 低管电压扫描对颈动脉 CT 血管成像图像质量及辐射剂量的影响[J]. 实用放射学杂志，2013，29(5)：819-823.

[7] Winklehner A，Goetti R，Baumueller S，et al. Automated attenuation-based tube potential selection for thoracoabdominal computed tomography angiography：improved dose effectiveness[J]. Invest Radiol，2011，46(12)：767-773.

[8] 曾宪春，付隽，韩丹，等. 智能最佳 kV 联合自动管电流调节技术在眼眶 CT 扫描中的应用价值[J]. 放射学实践，2014，29(9)：1035-1038.

（收稿日期：2015-05-07）

本刊可直接使用的医学缩略语

医学论文中正确、合理使用专业名词可以精简文字，节省篇幅，使文章精炼易懂。现将放射学专业领域为大家所熟知的专业名词缩略语公布如下（按照英文首字母顺序排列），以后本刊在论文中将对这一类缩略语不再注释其英文全称和中文。

ADC（apparent diffusion coefficient）：表观扩散系数

ALT：丙氨酸转氨酶；AST：天冬氨酸转氨酶

BF（blood flow）：血流量

BOLD（blood oxygenation level dependent）：血氧水平依赖

BV（blood volume）：血容量

b：扩散梯度因子

CAG（coronary angiography）：冠状动脉造影

CPR（curve planar reformation）：曲面重组

CR（computed radiography）：计算机 X 线摄影术

CT（computed tomography）：计算机体层成像

CTA（computed tomography angiography）：CT 血管成像

CTPI（CT perfusion imaging）：CT 灌注成像

DICOM（digital imaging and communication in medicine）：医学数字成像和传输

DR（digital radiography）：数字化 X 线摄影术

DSA（digital subtraction angiography）：数字减影血管造影

DWI（diffusion weighted imaging）：扩散加权成像

DTI（diffusion tensor imaging）：扩散张量成像

ECG（electrocardiography）：心电图

EPI（echo planar imaging）：回波平面成像

ERCP（endoscopic retrograde cholangiopancreatography）：经内镜逆行胰胆管造影术

ETL（echo train length）：回波链长度

FLAIR（fluid attenuation inversion recovery）：快速小角度激发反转恢复

FLASH（fast low angel shot）：快速小角度激发

FOV（field of view）：视野

FSE（fast spin echo）：快速自旋回波

fMRI（functional magnetic resonance imaging）：功能磁共振成像

IR（inversion recovery）：反转恢复

Gd-DTPA：钆喷替酸葡甲胺

GRE（gradient echo）：梯度回波

HE 染色：苏木素-伊红染色

HRCT（high resolution CT）：高分辨率 CT

MPR（multi-planar reformation）：多平面重组

MIP（maximum intensity projection）：最大密（强）度投影

MinIP（minimum intensity projection）：最小密（强）度投影

MRA（magnetic resonance angiography）：磁共振血管成像

MRI（magnetic resonance imaging）：磁共振成像

MRS（magnetic resonance spectroscopy）：磁共振波谱学

MRCP（magnetic resonance cholangiopancreatography）：磁共振胰胆管成像

MSCT（multi-slice spiral CT）：多层螺旋 CT

MTT（mean transit time）：平均通过时间

NEX（number of excitation）：激励次数

PACS（picture archiving and communication system）：图像存储与传输系统

PC（phase contrast）：相位对比法

PET（positron emission tomography）：正电子发射计算机体层成像

PS（surface permeability）：表面通透性

ROC 曲线（receiver operating characteristic curve）：受试者操作特征曲线

SPECT（single photon emission computed tomography）：单光子发射计算机体层摄影术

PWI（perfusion weighted imaging）：灌注加权成像

ROI（region of interest）：兴趣区

SE（spin echo）：自旋回波

STIR（short time inversion recovery）：短时反转恢复

TACE（transcatheter arterial chemoembolization）：经导管动脉化疗栓塞术

T_1WI（T_1 weighted image）：T_1 加权像

T_2WI（T_2 weighted image）：T_2 加权像

TE（time of echo）：回波时间

TI（time of inversion）：反转时间

TR（time of repetition）：重复时间

TOF（time of flight）：时间飞跃法

TSE（turbo spin echo）：快速自旋回波

VR（volume rendering）：容积再现

WHO（World Health Organization）：世界卫生组织

NAA（N-acetylaspartate）：N-乙酰天门冬氨酸

Cho（choline）：胆碱

Cr（creatine）：肌酸

（本刊编辑部）