

## 论 著

## 管电流自动补偿在双源CT下肢CTA降低辐射剂量的价值

1. 广东医学院附属南山医院  
(广东 深圳 518052)2. 深圳市蛇口人民医院  
(广东 深圳 518026)薛水培<sup>1</sup> 万素珍<sup>2</sup> 沈比先<sup>1</sup>  
姜梅<sup>1</sup> 汪春荣<sup>1</sup> 张大波<sup>1</sup>  
保莲<sup>1</sup>

**【摘要】目的** 探讨双源CT动态管电流调节技术补偿低电压扫描在下肢CTA降低辐射剂量的价值;**方法** 回顾性的分析双源CT下肢CTA患者64例,根据不同的扫描条件分常规组和实验组各32例,应用统计学软件分析两组病例图像质量、CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED、SNR、CNR是否有统计学意义;**结果** 两组病例图像质量、CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED、SNR、CNR常规组分别为:2.75±0.44、4.30±0.21、483.53±35.73、8.10±0.54、27.43±4.81、23.38±4.61;实验组分别为:2.72±0.46、2.15±0.11、237.09±13.88、3.56±0.21、28.34±4.96、24.14±4.76。两组图像评分、SNR、CNR均无统计学意义(P>0.05);CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED均有的统计学意义(P<0.01),实验组小于常规组约50%;**结论** 双源CT动态管电流调节技术管电流补偿低电压扫描在下肢CTA中降低辐射剂量效果明显,是一个值得推广的方法。

**【关键词】** 双源CT; 管电压; 动态管电流调节; CT血管造影; 辐射剂量。

**【中图分类号】** R543.5; R445.3

**【文献标识码】** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.06.035

通讯作者: 沈比先

## Dual-source CT Using Tube Current Auto Compensatory Scan to Reduce Radiation dose of Lower Extremities CTA

XUE Shui-pei<sup>1</sup>, WAN Su-zhen<sup>2</sup>, SHEN Bi-xian<sup>1</sup>, et al., 1 Nanshan Hospital, Shenzhen 518052, China; 2 Shekou Hospital, Shenzhen 518026, China

**[Abstract] Objective** To investigate the dual-source CT Lower Extremities CTA using tube current auto Compensatory Low voltage scan to reduce radiation dose. **Methods** A retrospective analysis of 64 cases of dual-source CT Lower Extremities CTA imaging data. According to the different points of the scanning conditions we divided routine group and experimental group 32 cases each. We applied statistical software to analysis two groups of cases the image quality,CTDI<sub>vol</sub>, DLP, ED, NR, CNR whether statistical significance. **Results** The routine group respectively:2.75±0.44、4.30±0.21、483.53±35.73、8.10±0.54、27.43±4.81、23.38±4.61;The experimental group respectively:2.72±0.46、2.15±0.11、237.09±13.88、3.56±0.21、28.34±4.96、24.14±4.76; Two sets of image quality, SNR, CNR had no statistical significance (P>0.05); Differences between the two groups CTDI<sub>vol</sub>, DLP, ED values are statistically significant (P<0.01), the experimental group were decreased by approximately 50% compared to the routine group. **Conclusion** The Dual-source CT Lower Extremities CTA using tube current auto Compensatory Low voltage scan to reduce radiation dose effect is obvious.It is a good method worthy of popularizing.

**[Key words]** Dual Source CT, Tube Voltage, CARE DOSE 4D, Computed Tomography Angiography, Radiation Dose

虽然数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)是检查血管的金标准,但由于其有创性,价格贵,并发症较多等原因,DSA作为常规血管检查尚不被普遍接受,且随着CT的快速发展,CT血管造影成像快捷,价格相对便宜,并发症较少等特点已得到临床医生及患者青睐,已经是目前诊断血管疾病的常用手段,但随着其临床应用的越来越多,辐射剂量问题也同时越来越受关注<sup>[1-3]</sup>;下肢CTA扫描范围长、各段厚度和密度相差较大,全程用过高固定管电流、管电压将造成不必要的辐射,或过低则影响图像质量,如何将管电压与管电流优化的结合至关重要。

本研究利用动态管电流动态调节(CARE DOSE 4D)技术,在最大降低管电压情况下,探讨其能否有效补偿,在保证图像质量条件下达到降低辐射剂量的目的。

## 1 资料与方法

**1.1 临床资料** 选取我院2010年1月至2014年1月份64例双下肢CTA成像患者(排除严重肝肾功能障碍、碘过敏试验阳性病例),随机分成常规组和实验组各32例;常规组:男22例,女10例,平均年龄61.3±12.24,平均体重指数23.1±0.22,平均扫描长度(991.28±146.68)mm;实验组:男21例,女11例,平均年龄59.3±15.54,平均体重指数22.8±0.52,平均扫描长度(1006.44±114.59)mm。

**1.2 检查方法与参数选择** 采用西门子双源CT(SOMATOM

Definition CT, DSCT), 扫描范围: 从第3腰椎水平(包部分腹主动脉)向足端扫描至两脚底。造影剂用碘帕醇(370mgI/mL)120mL, 分两次不间断注射, 首次80mL, 流率4.0mL/s, 其次40mL, 流率3.0mL/s; 造影剂注射完毕后注射生理盐水50mL, 流率4.0mL/s。应用对比剂跟踪技术(bolus-tracking), 在膈窝处选择感兴趣区进行肉眼监测, 当膈动脉造影剂显影时手动触发扫描。扫描条件: 常规组管电压120kV, 管电流100mAs; 实验组管电压80kV, 择选CARE DOSE 4D, 参考管电流250mAs; 两组其他扫描条件均相同, 准直64mm×0.6mm, 重建矩阵512×512, 重建层厚0.75mm, 重建间隔0.5mm, 螺距1, 重建视野185~200mm, 滤波核(kernal) B26f。

**1.3 图像评价及噪声测量** 将扫描所得数据传至工作站(Syngo Circulation)进行容积再现(VR)、多平面重建(MPR)、最大密度投影(MIP)、曲面重建(CPR)等重组, 由两位心血管资深医师利用双盲法评价VR、MIP等图像, 进行主观分3段评分(如图1), 第一段: 从腹主动脉远端至髂总动脉髂内外动脉分支处; 第二段: 髂总动脉髂内外动脉分支处至膈动脉分胫前后动脉处; 第三段: 膈动脉分胫前后动脉处至以下部分; 自定3分制进行评分; 3分: 各级分支充分显示, 对比度好、管壁光滑锐利, 无伪影; 2分: 各级分支显示尚可、对比度尚可、管壁光滑度尚可; 1分: 各级分支显示欠佳、对比度差、管壁光滑度差。

在轴位图像上分别测量患者三处图像衰减值和噪声, A1: 第3腰椎水平腹主动脉三层平均CT值及标准差(Standard Deviation,

SD)、两侧腰大肌平均CT值; A2: 髂总动脉中段处三层平均CT值及SD, 双侧臀大肌平均CT值; A3: 胫后动脉两侧平均CT值及SD, 双侧腓肠肌平均CT值。取动脉平均CT值代表信号强度, 各处肌肉CT值代表背景组织信号强度, 各标准差(SD)代表背景噪声, 感兴趣区(ROI)肌肉处避开肌间隙, 血管处确定位于动脉内, 避开钙化及骨质。两组A1、A2、A3三处分别计算信噪比(Signal Noise Ratio,  $SNR=SI_{\text{动脉}}/SD$ ), 对比信噪比(Contrast Noise Ratio,  $CNR=((SI_{\text{动脉}}-SI_{\text{muscle}})/SD)$ ,  $SI_{\text{动脉}}$ 代表动脉CT,  $SI_{\text{muscle}}$ 代表肌肉CT值, SD代表背景噪声值, 并作记录。

**1.4 辐射剂量评估** 计算每位患者检查结束后的扫描长度和记录设备自动计算的CT容积剂量指数(CT Dose Index Volume, CTDI<sub>vol</sub>)、剂量长度乘积(Dose Length Product, DLP), 由DLP乘以转换系数K, 得出有效剂量(Effective Dose ED), K值参考美国医学物理学家协会(American Association Physicists Medicine, AAPM)关于CT辐射剂的测量与报告中成人盆腔为0.015<sup>[4]</sup>。

**1.5 统计学分析** 应用SPSS17.0统计学软件进行分析, 计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两位医师评价图像一致性应用Kappa检验, Kappa值>0.7一致性较好, Kappa值<0.4一致性差; 将两组病例图像评分、CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED, 动脉三处SNR、CNR数据进行独立样本t检验, P<0.05有统计学意义, P>0.05无统计学意义。

## 2 结果

两名医师图像评分一致较

好, Kappa=0.76(Kappa>0.7); 两组患者性别、年龄、体重指数、扫描长度均无统计学意义(P>0.05)。

两组病例各三处CT值、噪声详见表1, 各三处CT值、噪声实验组均稍大于常规组, 但无统计学意义(P>0.05)。

两组图像评分、CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED, 两组三处平均SNR、CNR详见表2; 图像评分实验组小于常规组, SNR、CNR实验组大于常规组, 但均无统计学意义(P>0.05); CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED实验组明显小于常规组, 差异有统计学意义(P<0.01)。

## 3 讨论

由于CT能胜任人体任何部位的检查, CT检查国内外均处上升趋势, 在CT发展的历程中, 其检查的频率在全球范围内成倍增长<sup>[5]</sup>, CT检查产生的辐射剂量约占全部医学辐射剂量的一半<sup>[6]</sup>, CT辐射剂量相关的有: 管电压、管电流、螺距、扫描范围、准直器宽度等等, 与辐射剂量相关的因素同样与图像质量息息相关, 所以如何在保证图像质量前提下尽可能的降低辐射剂量已经成为CT研究的方向之一, 而以管电流与管电压调节效果较为显著<sup>[1-3]</sup>, 降低管电压、管电流固定值, 对于扫描长度较长, 扫描范围内厚度、密度不同的部位可能不能做到扫描最优化, 如下肢CTA等。下肢CTA扫描范围长, 经过性腺器官(射线高敏器官), 各段组织厚度相差较大(如盆腔与膝关节、踝关节处), 如以满足近端(腹部、盆腔)设置全程扫描条件, 中远端扫描条件过高, 使被检者接受不必要的辐射; 而以满足中远端设置全程扫描条件, 可能造成近端

表1 两组各三处CT值、噪声统计分析数据

	腹主动脉远端		髂总动脉		胫后动脉	
	CT值	SD值	CT值	SD值	CT值	SD值
常规组	415.85 ± 67.1	17.43 ± 2.0	408.60 ± 48.9	16.90 ± 1.1	407.48 ± 47.1	15.13 ± 1.5
实验组	458.68 ± 73.2	24.84 ± 2.2	435.02 ± 56.6	20.47 ± 2.0	450.41 ± 58.1	15.84 ± 1.4
t值	1.30	0.78	1.24	1.40	1.73	1.91
P值	P > 0.05	P > 0.05	P > 0.05	P > 0.05	P > 0.05	P > 0.05

表2 两组图像评分、CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED, 两组三处平均SNR、CNR统计分析:

	图像评分	CTDI <sub>vol</sub>	DLP	ED	SNR	CNR
常规组	2.75 ± 0.44	4.30 ± 0.21	483.53 ± 35.73	8.10 ± 0.54	27.43 ± 4.81	23.38 ± 4.61
实验组	2.72 ± 0.46	2.15 ± 0.11	237.09 ± 13.88	3.56 ± 0.21	28.34 ± 4.96	24.14 ± 4.76
t值	-0.28	-50.57	-34.90	-34.90	-1.28	-1.23
P值	P > 0.05	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01	P > 0.05	P > 0.05

图像噪声过大,甚至影响图像质量;又由于下降管电压需成倍增加管电流才能保证图像质量,如果大幅降低管电压成倍增加管电流可能不但不能降低辐射剂量,且可能影响图像质量,如果既要保证图像质量,又要降低辐射剂量,就必须选择管电压管电流最优化的组合。

本研究应用最低管电压结合动态管电流调节技术(CARE DOSE 4D),提高参考管电流(250mAs),管电流一定范围内上下浮动输出,较厚部位管电压不足时试进行管电流的补偿以保证图像质量;较薄部位自动下降管电流输出,以降低辐射剂量,做到根据不同厚度、密度管电压和管电流最优的结合。优化与否势在保证图像质量各项指标(噪声,信噪比等):①针对性的选择主动脉(腰围部)、髂总动脉中段(臀围部)两处相对较厚位置和胫后动脉较远端位置进行测量CT值和噪声,计算信噪比、对比噪声比,结果两组图像信噪比、对比噪声比实验组均大于常规组,CT值、噪声、信噪比、对比噪声比比较均无统计学意义(P > 0.05,表1和表2),由上可见实验组最低管电压在扫描下肢CTA较厚部位时,



图1 图像评分分段

图2 实验组:男性  
65Y, BMI: 19.35图3 常规组:男性,  
56Y, BMI: 21.45

CARE DOSE 4D对扫描条件的补偿能力是足够的,与常规扫描条件无明显区别,能满足临床成像需要;②下肢各段厚度、密度相差较大,所以将厚度、密度相近位置(第一段:从腹主动脉远端至髂总动脉髂内外动脉分支处;第二段:髂总动脉髂内外动脉分支处至腘动脉分胫前后动脉处;第三段:腘动脉分胫前后动脉处至以下部分)进行分段再进行评分,图像质量评分两组无明显差异(图

2、图3),而CTDI<sub>vol</sub>、DLP、ED实验组低于常规组(表2),均有显著的统计学意义(P < 0.01),实验组比常规组下降约50%;上述两点可见管电流选用CARE DOSE 4D能在最低管电压条件厚部位进行条件补偿,较薄部位自动下降管电流,最终在保证图像质量条件下降低辐射剂量,与胡伟<sup>[9]</sup>,李剑等<sup>[10, 12]</sup>诸多研究相符,符合“ALARA”原则<sup>[8]</sup>。

综上所述动态管电流调节

(CARE DOSE 4D)技术能在低管电压情况下自动调整补偿输出,能做到不同厚度,不同密度、不同角度部位不同管电流的输出,从而根据各部位具体情况最大限度的降低了扫描的辐射剂量,在不影响图像质量的前提下将被检者辐射剂量降低约50%;CT扫描时较多部位均存在扫描范围内厚度,密度相差较大的情况,如头颈CTA等适用此方法,该技术参数设置简单、易于操作,辐射剂量下降明显。

参考文献

1. Fraioli F, Catalano C, Napoli A, et al. Low-dose multidetector-row CT angiography of the infra-renal aorta and lower extremity vessels: image quality and diagnostic accuracy in comparison with standard DSA. *Eur Radiol*, 2006, 16(1): 137-146.
2. Wintersperger B, Jakobs T, Herzog P, et al. Aortoi-liac multidetector-row CT angiography with low kV settings: improved vessel enhancement and simultaneous reduction of radiation dose. *Eur Radiol*, 2005, 15(2): 334-341.
3. 代敏, 郑文龙, 吴爱琴, 等. 下肢CT血管成像低kVp和低mAs扫描对比研究[J]. *影像诊断与介入放射学*, 2013, 22(2): 145-148.
4. Cynthia MC, Dianna C, Sue E, et al. The measurement reporting and management of radiation dose in CT[R]. American Association of Physicists in Medicine, 2008. 13. (Report No. 96).
5. Frush DP, Soden B, Frush KS, et al. Improved pediatric multidetector body CT using a size-based color-coded format[J]. *AJR*, 2002, 178(3): 721-726.
6. Sodickson A, Baeyens PF, Andriole KP, et al. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation induced cancer risks from CT of adults[J]. *radiology*, 2009, 251(1): 175-184.
7. 石明国. CT技术发展进入低剂量成像时代[J]. *中国医疗设备*, 2012, 27(01): 39-42.
8. Hundt W, Rust FP, Stabler AM, et al. Dose reduction in multislice computed tomography[J]. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 2005, 29: 140.
9. 胡伟, 李福生. 128层螺旋CT CARE Dose 4D肺动脉成像的剂量降低及辐射优化[J]. *中国辐射卫生*, 2013, 22(2): 190-192.
10. 李剑, 郑敏文, 石明国, 等. 低kV和CARE Dose 4D技术对降低双源CT主动脉成像辐射剂量的价值[J]. *临床放射学杂志*, 2011, 30(10): 1528-1531.
11. Entrikin DW, Leipsic JA, Carr JJ. Optimization of radiation dose reduction in cardiac computed tomographic angiography[J]. *Cardiol Rev*, 2011, 19(4): 163-176.
12. 袁知东, 王成林, 冯飞, 邓乾华, 刘远健, 刘鹏程. Z轴管电流调制技术在多层螺旋CT颈部扫描中的应用[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2012, 03: 95-98.  
(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2015-04-20

(上接第 34 页)

8. 常娜, 李云, 陈清亮, 等. 孤立性肺结节的CT诊断研究进展[J]. *罕少疾病杂志*, 2011, 18(1): 52-55.
9. 叶冠峰, 徐新超, 任为端. 肺炎型肺癌的影像学诊断分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2014, 8(9): 75-77.
10. 陈清勇, 严杰, 胡慧珍, 等. 埃兹蛋白的表达与非小细胞肺癌转移和预后的关系[J]. *中华肿瘤杂志*, 2012, 34(6): 436-440.
11. Rothwell P M, Wilson M, Price J F, et al. Effect of daily aspirin on risk of cancer metastasis: a study of incident cancers during randomised controlled trials[J]. *The Lancet*, 2012, 379(9826): 1591-1601.
12. 郭晋纲, 徐建芳, 任媛, 等. 核素骨显像联合CT, MRI诊断肺癌骨转移的分析[J]. *放射免疫学杂志*, 2013, 26(2): 164-165.
13. 王宝堂, 刘芝艳, 张建明. 肺癌空洞的CT诊断与鉴别诊断[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2014, 5(6): 33-35.  
(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2015-05-08