

论 著

大螺距，低电压双源CT下肢动脉成像与DSA的对照研究

许 权 周文珍* 王 薇

赵晓静 郑少青 刘 浩

南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)医学影像科 (江苏 南京 210006)

【摘要】目的 评价低电压，大螺距双源CT下肢动脉成像诊断准确性。方法 60例怀疑下肢动脉病变患者分为两组：A组，30例患者，扫描方案为大螺距(3.0)，80kVp，迭代重建。B组螺距(1.0)，120kVp，滤过反投影法重建。比较两组CT血管成像辐射剂量及图像质量。对照数字血管造影(DSA)评价A组的诊断准确性。结果 两组CT图像质量评分无统计学意义($P>0.05$)。与DSA对照，A组CTA对下肢动脉狭窄度的诊断敏感性、特异性、准确性、阳性预测值(PPV)及阴性预测值(NPV)分别为98.0%，97.4%，97.6%，95.0%，99.0%，对照DSA检查无统计学差异($P>0.05$)。两组CTA剂量长度乘积存在统计学差异(A组： 152.36 ± 14.31 mGy x cm，B组： 804.64 ± 87.21 mGy x cm， $P<0.001$)。结论 80千伏，大螺距双源CT下肢动脉成像有较高的诊断准确率，同时大幅降低辐射剂量。

【关键词】小剂量测试；大螺距；低千伏；CT血管成像；放射剂量；数字血管造影
【中图分类号】R826.61
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.09.052

High-pitch, Low Voltage Dual-source CT Angiography of the Aorto-iliac System and Lower Extremity Vessels: Diagnostic Accuracy in Comparison with Digital Subtraction Angiography

XU Quan, ZHOU Wen-zhen*, WANG Wei, ZHAO Xiao-jing, ZHENG Shao-qing, LIU Hao.

Department of Radiology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Affiliated Nanjing Hospital of Nanjing Medical University, Jiangsu 210006, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the diagnostic accuracy of high-pitch low voltage CT angiography (CTA) of the aorto-iliac system and lower extremities. **Methods** A total of 60 patients with suspected the aorto-iliac system and lower extremities arterial disease were divided into two groups: Group A [30patients, 80 kVp, high pitch (3.0)]and Group B [30 patients, 120 kVp, low pitch (1.0)]. DSA represented the standard of reference. The image quality and radiation dose of CTA were compared. **Results** The image quality rating of two groups was no difference($P>0.05$). In the assessment of degree of stenoses compared with DSA, the ensitivity,specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value of CTA using high-pitch were98.0%, 97.4%, 97.6%, 95.0%, and 99.0% respectively. The dose length product was significantly lower in group A (152.36 ± 14.31 mGy x cmvs. 804.64 ± 87.21 mSv, $P<0.001$).**Conclusion** The high-pitch 80kVp CTA of the aorto-iliac system and lower extremities provides good diagnostic accuracy on peripheral arterial occlusive disease compared with DSA as well as reduces radiation exposure.

Keywords: Test Bolus; High-pitch; CT Angiography; Low Tube Voltage; Radiation Dose; Digital Subtraction Angiography

随着社会进步，我国老龄人口的增多，发生于下肢动脉的外周动脉硬化闭塞症(PAOD)的发病率也逐年上升。目前下肢动脉狭窄的诊断“金标准”是数字血管造影(DSA)，但是该方法为有创性技术^[1]。下肢动脉CT血管成像(CTA)是临床评价PAOD常见的技术之一，因其无创且易实现而被广泛应用，CTA主要限制是电离辐射。既往研究较多的可以降低辐射剂量的技术主要有低管电压^[2-3]及管电流自动控制技术(ATCM)^[4-5]，而大螺距扫描模式^[6-7]，迭代重建(IR)^[8]则是较新的低辐射剂量技术。

本研究使用大螺距，低电压，ATCM，IR重建多项降低辐射剂量的技术行下肢动脉CTA检查，并与DSA对照，评价多种低剂量技术行下肢动脉CTA的诊断准确性。

1 材料与方法

1.1 研究对象 本研究共包含60例怀疑PAOD的患者(其中男性47例，女性13例，平均年龄 67 ± 13 岁，年龄范围：39-88岁)，分为两组，A组30例患者，其中男性24例，平均年龄 68 ± 12 岁，年龄范围：39-86岁，2022年1月至2022年10月期间于我院就诊怀疑PAOD患者，患者症状按Fontaine方法分型，10例为II期，11例为III期，9例为IV期。B组患者为既往2021年2月至12月期间于我院就诊的30例患者，男性23例，平均年龄 66 ± 14 岁，范围：45-88岁，临床症状为9例为II期，12例为III期，9例为IV期。

1.2 CT扫描技术 所有患者使用128层双源CT(DSCT)(definition flash, siemens medical solutions, forchheim, germany)行下肢动脉CTA检查。扫描范围自腹主动脉肾动脉开口至踝关节水平。

A组扫描方案：大螺距(3.0)；80kVp；参考管电流210mAs，应用ATCM(CareDose4D, siemens healthcare)；层厚5mm。对比剂3mL/s，80mL非离子对比剂碘普罗胺(370mgI/mL)及50mL生理盐水。CTA扫描前先行膝关节水平小剂量测试(test bolus)扫描，CTA扫描触发时间为主动脉达峰时间为 $t+10$ 。采用IR重建进行图像后处理。

B组扫描方案：120kV；参考管电流210mAs，ATCM；标准螺距(1.0)；准直， $2\times64\times0.6$ mm；层厚，5mm。CTA触发采用对比剂示踪法(bolus-tracking)法，感兴趣区(ROI)置于主动脉分叉上方层面，CT值 >150 HU时，延迟7s自动触发扫描。注射100mL非离子对比剂碘普罗胺(370mgI/mL)，50mL生理盐水冲洗，流速3mL/s。滤过反投影法(FBP)后处理图像。

1.3 CT图像分析 综合运用最大密度投影(MIP)、曲面重建(CPR)及轴位图像观察血管。由两位有经验的医师独立评估图像。如分析结果不一致，则通过协商达成一致。

血管强化CT值测量位于以下4个平面：主动脉分叉上方(AA)，双侧股动脉(CFA)，双侧股浅动脉中段(SFA)及双侧小腿中部水平(CA)。ROI尽量包全血管腔。

图像质量评分基于三个分区，分别为腹股，股腘及小腿分区。使用3分评价体系：1分为差，无法做出诊断，图像动脉强化不足，出现明显静脉显影。2分为一般，可以诊断，图像动脉中等强化，轻度静脉显影。3分为优，可准确做出诊断，动脉显著清晰强化，无或几乎无静脉显影。

1.4 DSA检查方法 部分重度狭窄及闭塞患者于CTA检查后两周内进一步行DSA检查，采

【第一作者】许 权，男，主管技师，主要研究方向：CT成像。E-mail: 215168307@qq.com

【通讯作者】周文珍，女，副主任医师，主要研究方向：CT诊断。E-mail: zhouwenzhen@163.com

用德国Siemens数字减影血管造影机(Artis Zee),将4F导管头端置于腹主动脉下端,对比剂(威视派克,320mgI/mL),行腹主动脉下段及两侧髂总动脉造影后将导管超选至两侧髂外动脉,注入对比剂分段行双侧下肢动脉造影。

为评价诊断准确性,将动脉系统分为23个节段:肾下主动脉、左右髂总动脉、髂外动脉、髂内动脉、股总动脉、股深动脉、股浅动脉、腘动脉、胫腓干、胫前动脉、腓动脉和胫后动脉。在每个节段中,狭窄程度采用5级量表进行评估,1级=正常,2级=轻度狭窄($\leq 50\%$ 狭窄),3级=中度狭窄(50-74%狭窄),4级=重度狭窄(75-99%狭窄),5级=闭塞。

1.5 辐射剂量 记录剂量长度乘积(DLP),CT容积剂量指数(CTDIvol)及扫描时间。

1.6 统计学方法 所有统计学分析使用SPSS 16.0软件,统计量以($\bar{x} \pm s$)描述,采用独立t检验比较组间连续性变量,两组间图像质

量评分比较采用非参数Mann-Whitney检验。基于节段模型,计算CTA对照DSA的诊断敏感性、特异性、准确性、阴性预测值(NPV)和阳性预测值(PPV),两者间采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。两位阅片者评估图像间的差异采用Kappa检验,计算k值。

2 结果

2.1 图像分析 定量分析:A组平均CT值较B组高,且具有统计学差异,具体比较结果见表1。

图像定性比较结果:两组CTA扫描均获得足够诊断用图像(图1-图2),两组间图像质量不存在统计学差异($P > 0.05$)。其中A组:腹股区域3例评为2分,27例评为3分;小腿区域4例患者为2分,26例患者为3分。B组:腹股区域3例评为2分,27例评为3分;小腿区域3例评为2分,27例评为3分。60例患者股腘区域的图像均为3分。两位阅片者对图像质量评分的结果一致性良好($k = 0.69$)。



图1A-图1D 低千伏,大螺距CTA与DSA检查对比,图1A-1B分别为MIP及MPR图像,三个解剖区域图像质量均为3分,左侧股浅动脉支架管腔通畅(箭头),支架远端股浅动脉局部闭塞(三角);图2C-2D为DSA图像,证实左侧股浅动脉支架通畅(箭头),支架远端股浅动脉局部闭塞(三角)。



图2A-图2C 低千伏,大螺距CTA与DSA检查对比,图2A为MIP图像,腹股区域图像质量评分为2分,股腘区域及小腿区域图像质量均为3分,左侧股浅动脉(箭头)及左侧胫前动脉(三角)闭塞;图2B-2C为DSA图像,证实CTA左侧股浅动脉(箭头)及左侧胫前动脉(三角)闭塞。

2.2 与DSA对照分析 A组中有14例患者(男性11名,女性3名;平均年龄: 69 ± 12 岁;范围:58-80岁)同时接受了CTA和DSA检查,共有294个动脉段通过CTA和DSA两种检查进行评估,具体结果见表2,低辐射剂量扫描组CTA对于狭窄度大于等于50%病变显示结果见表3,以DSA检查为金标准,低辐射剂量CTA检查的诊断敏感性、特异性、准确性、PPV和NPV分别为98.0%,97.4%,97.6%,95.0%,99.0%,与DSA对照无统计学差异($P > 0.05$)。

2.3 辐射剂量 A, B两组平均扫描时间分别为 2.77 ± 0.20 秒, 15.55 ± 1.04 秒,两组间差异有统计学意义($P < 0.001$)。A, B两组下肢动脉CTA平均DLP分别为 152.36 ± 14.31 mGy $\times$ cm, 804.64 ± 87.21 mGy $\times$ cm,两组间差异有统计学意义($P < 0.001$)。A, B两组CTDIvol分别为 0.94 ± 0.17 mGy, 7.95 ± 1.81 mGy,两组间有统计学差异($P < 0.001$)。

表1 两组CTA血管强化程度

	A组 (n=30)	B组 (n=30)	P
AA	502.63 ± 105.21	359.88 ± 85.01	< 0.001
CFA	559.50 ± 86.64	376.37 ± 79.86	< 0.001
SFA	518.62 ± 99.70	377.62 ± 95.01	< 0.001
CA	362.40 ± 61.19	305.39 ± 81.38	< 0.001
平均	483.45 ± 117.47	354.09 ± 117.60	< 0.001

注: AA:主动脉分叉;CFA:股动脉;SFA:股浅动脉中段;CA:小腿中段。

表2 A组患者血管狭窄度CTA与DSA对照研究结果

CTA检查	DSA					合计
	1级	2级	3级	4级	5级	
1级	117	2	0	0	0	119
2级	7	65	2	0	0	74
3级	0	5	25	0	0	30
4级	0	0	1	34	0	35
5级	0	0	0	2	34	36
合计	124	72	28	36	34	294

3 讨 论

本研究证实采用大螺距, 80kVp, ATCM, IR重建多项技术联合行下肢动脉CTA成像可显著降低辐射剂量且具有较高的诊断准确性。

DSA检查作为评估PAOD的金标准, 其优势在于一方面准确显示下肢动脉狭窄的程度, 另一方面可以开展介入治疗。其局限性在于技术的有创性及较大的辐射剂量。目前CTA技术不断发展, 被临床广泛采用, CT扫描在获得满足诊断图像的同时应尽量降低患者辐射剂量。

既往有较多降低CT检查辐射剂量的研究, 其中降低管电压是比较常见的一种扫描方案, 既往研究采用80kVp管电压, 患者辐射剂量可降低66%^[2]。本研究采用80kVp, 有效降低了辐射剂量, 这与以往的结果类似^[2,9]。大螺距扫描是较新的降低辐射剂量的扫描技术, 大螺距模式扫描速度快, 初期主要是用于心脏及冠状动脉CTA成像^[7,10], 基于该技术可快速成像并降低辐射剂量, 之后有研究也将该技术应用于未成年患者及其他部位的成像^[6,11-12]。本研究则是将大螺距扫描模式应用于下肢动脉CTA成像, 同时联合其它低剂量技术, 相对于标准模式, DLP降低了81% (152.36±14.31比804.64±87.21mGy×cm)。另一方面低剂量扫描模式会导致图像噪声增加, 通过IR重建技术可以提高图像质量^[8,13-14], 本研究图像后处理采用IR技术重建图像, 结果提示低辐射剂量组的图像质量与标准扫描组不存在统计学差异。

本研究除了联合多种低辐射剂量技术外, 另外A组还采用膝关节水平的test bolus测试技术确定大螺距下肢动脉CTA成像延迟时间。下肢动脉大螺距扫描模式的扫描时间非常短, 平均扫描时间只有2.77s, 因此准确把握大螺距模式下肢动脉CTA扫描触发时间尤为关键, 本研究利用胫动脉峰值时间个体化确定CTA触发时间, 结果显示下肢动脉血管强化充分。既往研究^[15]也证实影剂自主动脉至胫动脉的传递速度与胫动脉达峰时间相关性最大。另外尚有研究报道分别于腹部和膝关节水平行两次测试技术个体化计算造影剂流速及时间^[16], 该技术局限性在于操作较费时间, 且增加了造影剂的使用量。

最后, 在本研究中, 我们还评估了多种低辐射剂量CTA扫描模式在PAOD疾病中的诊断准确性, 以DSA为金标准进行了对照研究, 结果提示, 本研究中多种降低辐射剂量技术联合使用的下肢动脉CTA具有较高的诊断准确性(97.6%), 与DSA相比无统计学差异(P>0.05)。

本研究不足在于因属于回顾性研究, 对照组的身高及体重没有记录, 关于患者身高与体重对于CTA图像质量的影像还有待进一步研究。

研究表明, 大螺距, 80kVp, ATCM, IR重建多种低剂量技术联合使用行下肢动脉CTA成像可以显著降低患者辐射剂量并局部较高的诊断准确性。

参考文献

[1] Waugh JR, Sacharias N. Arteriographic complications in the DSA era[J]. Radiology, 1992, 182 (1): 243-246.

[2] Liu B, Gao S, Chang Z, et al. Lower extremity CT angiography at 80kVp using iterative model reconstruction[J]. Diagn Interv Imaging, 2018, 99 (9): 561-568.

[3] 陆建红, 林大营, 周立新, 等. 256层螺旋CT双低剂量扫描用于冠脉支架内再狭窄评估中的图像质量、诊断价值和冠脉造影一致性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (4): 72-75.

表3 A组患者CTA与DSA对下肢动脉狭窄度≥50%病变的显示结果对照

CTA检查	DSA检查		合计
	<50%	≥50%	
<50%	191	2	193
≥50%	5	96	101
合计	196	98	294

[4] Tang YC, Liu YC, Hsu MY, et al. Adaptive Iterative Dose Reduction 3D integrated with automatic tube current modulation for CT coronary artery calcium quantification: comparison to traditional filtered back projection in an anthropomorphic phantom and patients[J]. ACAD RADIOL, 2018, 25 (8): 1010-1017.

[5] Kalra MK, Maher MM, Toth TL, et al. Techniques and applications of automatic tube current modulation for CT[J]. Radiology, 2004, 233 (3): 649-657.

[6] Cao J, Xie N, Qian P, et al. Feasibility analysis of high pitch cervical spine CT in uncooperative patients with acute cervical spine trauma: an initial experience[J]. MEDICINE, 2022, 101 (39): e30785.

[7] Kau T, Eicher W, Reiterer C, et al. Dual-energy CT angiography in peripheral arterial occlusive disease: accuracy of maximum intensive projections in clinical routine and subgroup analysis[J]. Eur Radiol, 2011, 21 (8): 1677-1686.

[8] 丰川, 钱伟亮, 周丹静, 等. 极低辐射剂量扫描结合模型迭代重建技术在下肢CTA中应用研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (3): 117-120.

[9] Qi L, Meinel FG, Zhou CS, et al. Image quality and radiation dose of lower extremity CT angiography using 70 kVp, high pitch acquisition and sinogram-affirmed iterative reconstruction[J]. PLoS One, 2014, 9 (6): e99112.

[10] Kravchenko D, Hart C, Garbe S, et al. Image quality and radiation dose of dual source high pitch computed tomography in pediatric congenital heart disease[J]. Sci Rep, 2022, 12 (1): 9934.

[11] 暴云锋, 黄晓颖, 李知非, 等. 多层双源CT大螺距头颈心血管双期扫描在心率波动患者中应用的可行性研究[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54 (2): 95-100.

[12] Tabari A, Patino M, Westra SJ, et al. Initial clinical experience with high-pitch dual-source CT as a rapid technique for thoraco-abdominal evaluation in awake infants and young children[J]. CLIN RADIOL, 2019, 74 (12): 977. e9-e15.

[13] Freyhardt P, Solowjowa N, Böning G, et al. CT-angiography of the aorta in patients with Marfan disease - High-pitch MDCT at different levels of tube voltage combined with Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction[J]. CLIN IMAG, 2018, 51 (1): 123-132.

[14] Park HS, Jeon K, Lee J, et al. Denoising of pediatric low dose abdominal CT using deep learning based algorithm Denoising of pediatric low dose abdominal CT using deep learning based algorithm[J]. Plos One, 2022, 17 (1): e0260369.

[15] Nakaya Y, Kim T, Hori M, et al. Correlations between aorto-popliteal bolus transit speed and aortic and popliteal bolus transit time during CT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries[J]. Eur J Radiol, 2011, 79 (2): 272-276.

[16] Fleischmann D, Rubin GD. Quantification of intravenously administered contrast medium transit through the peripheral arteries: implications for CT angiography[J]. Radiology, 2005, 236 (3): 1076-1082.

(收稿日期: 2022-12-02)
(校对编辑: 韩敏求)