

论 著

低辐射剂量和低对比剂剂量的下肢CTA方案在疑似糖尿病下肢动脉闭塞性病变检查中的应用*

杜森垚¹ 徐 江² 朱 杰³
司成海^{1,*}

1.秦皇岛市第一医院影像科

(河北 秦皇岛 066000)

2.秦皇岛市第一医院综合内科

(河北 秦皇岛 066000)

3.秦皇岛市中医医院影像科

(河北 秦皇岛 066000)

【摘要】目的 探讨低辐射剂量和低对比剂剂量的下肢动脉血管成像(CTA)在疑似糖尿病下肢动脉闭塞性病变(ASO)检查中的应用价值。**方法** 选取2019年6月至2022年12月在本院进行下肢CTA检查的疑似糖尿病下肢动脉闭塞性病变患者共110例,随机数表法分成常规组(管电压120 kV、对比剂100 mL)和研究组(管电压100 kV,对比剂1 mL/kg)各55例。参照数字减影血管造影(DSA)比较两组诊断效果,同时分析下肢CTA图像质量、碘摄入量和辐射剂量。**结果** 参照DSA金标准,2组CTA对下肢动脉狭窄程度的诊断符合率、ASO诊断效果比较,差异均不显著($P>0.05$)。2组下肢CTA主观图像质量评分比较,差异不显著($P>0.05$)。研究组背景噪声较常规组高($P<0.05$)。信噪比(SNR)较常规组低($P<0.05$)。研究组对比剂剂量、碘摄入量较常规组平均减少了32.65 mL、11.43g,CT剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)和有效辐射剂量(ED)均低于常规组($P<0.05$)。**结论** 低辐射剂量和低对比剂剂量的下肢CTA方案在疑似糖尿病ASO检查中是可行的,在图像质量不影响诊断效果的前提下,能明显减少对比剂剂量、碘摄入量和辐射剂量,提高下肢CTA检查的安全性。

【关键词】 糖尿病; 下肢动脉闭塞性病变; 动脉血管成像; 辐射剂量; 对比剂; 数字减影血管造影

【中图分类号】R445.6

【文献标识码】A

【基金项目】河北省科学技术成果(低放射剂量及低对比剂剂量行糖尿病下肢动脉CTA的应用研究)(20170793)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.11.046

The Application of Lower Limb CTA Protocol with Low Radiation Dose and Low Contrast Agent Dose in the Examination of Lower Limb Arterial Occlusive Lesions of Suspected Diabetes*

DU Sen-yao¹, XU Jiang², ZHU Jie³, SI Cheng-hai^{1,*}.

1.Department of Imaging, The First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

2.Department of General Medicine, The First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

3.Department of Imaging, Qinhuangdao Hospital of Traditional Chinese Medicine, Qinhuangdao 066000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of lower extremity arterial angiography (CTA) with low radiation dose and low contrast agent dose in the examination of lower extremity arterial occlusive lesions (ASO) in suspected diabetes. **Methods** From June 2019 to December 2022, 110 patients with suspected lower limb arterial occlusive disease of diabetes who underwent lower limb CTA in our hospital were randomly divided into the conventional group (120 kV tube voltage, 100 mL contrast medium) and the study group (100 kV tube voltage, 1 mL/kg contrast medium) with 55 cases each. Compare the diagnostic effects of two groups with digital subtraction angiography (DSA), and analyze the image quality, iodine intake, and radiation dose of lower limb CTA. **Results** According to the DSA gold standard, there was no significant difference ($P>0.05$) between the two groups in the diagnostic accuracy and ASO diagnostic effect of CTA on the degree of lower limb arterial stenosis. The comparison of subjective image quality scores of lower limb CTA between the two groups showed no significant difference ($P>0.05$). The background noise of the study group was higher than that of the conventional group ($P<0.05$), and the signal-to-noise ratio (SNR) was lower than that of the conventional group ($P<0.05$). The study group showed an average reduction of 32.65 mL and 11.43g in contrast agent dose and iodine intake compared to the conventional group. The CT dose index (CTDIvol), dose length product (DLP), and effective radiation dose (ED) were all lower in the study group than in the conventional group ($P<0.05$). **Conclusion** The lower limb CTA scheme with low radiation dose and low contrast agent dose is feasible in ASO examination of suspected diabetes. On the premise that the image quality does not affect the diagnostic effect, it can significantly reduce the contrast agent dose, iodine intake and radiation dose, and improve the safety of lower limb CTA examination.

Keywords: Diabetes; Lower Limb Arterial Occlusive Disease; Arterial Angiography; Radiation Dosage; Contrast Agent; Digital Subtraction Angiography

下肢动脉血管闭塞性病变(arteriosclerosis obliterans, ASO)是糖尿病较为常见且严重的并发症,多见于中老年人,且随患者年龄增加和糖尿病病程延长,发生率逐渐升高^[1-2],病变肢体因血液供给不足,早期多出现肢体麻木、发凉、感觉异常等症状,随病情进展,可出现静息痛、间歇性跛行、溃疡、坏疽甚至被迫截肢等不良后果。下肢动脉血管成像(CT-Angiography, CTA)是目前评估下肢动脉血管狭窄程度和诊断ASO的有效检查手段,具有无创、准确度高、操作简单和诊断效果好等优点。但随着CTA的广泛应用,临床发现下肢CTA检查时扫描时间相对较长,患者接受较高的辐射剂量和碘摄入量,会增加辐射损伤、对比剂外渗和对比剂肾病(contrast induced nephropathy, CIN)的并发症风险^[3-4]。因此在不影响下肢CTA图像质量和诊断效果前提下,临床工作者应充分思考如何提高CTA安全性。本研究课题组开展了低辐射剂量和低对比剂剂量的下肢CTA方案,并分析在疑似糖尿病下肢动脉闭塞性病变检查中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2019年6月至2022年12月本院收治的疑似糖尿病下肢动脉闭塞性病变患者共110例。

纳入标准: 因肢体麻木、皮温下降、下肢肿胀、疼痛、局部皮肤发红或间歇性跛行等疑似ASO症状就诊,且有明确糖尿病史,病程 >3 年;年龄40-79岁,精神意识清醒,沟通表达能力尚可;无下肢CTA、数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)检查禁忌证,且均自愿接受上述检查;签署研究知情同意书。排除标准:合并甲亢、心肝肾功能不全或碘对比剂过敏者;哺乳期/妊娠期女性;经沟通后拒绝参与研究者。随机数表法分成常规组和研究组各55例,常规组男35例,女20例,平均年龄(57.83 ± 10.15)岁,糖尿病病程(5.81 ± 1.75)年,体重指数(BMI)(25.06 ± 2.23)kg/m²。研究组33例,女22例,平均年龄(58.02 ± 10.21)岁,糖尿病病程(5.87 ± 1.80)年,

【第一作者】杜森垚,男,主治医师,主要研究方向:医学影像学。E-mail: 2673259824@qq.com

【通讯作者】司成海,男,主任医师,主要研究方向:医学影像学。E-mail: sichenghai@126.com

BMI(25.10±2.27)kg/m²。2组对象资料比较差异不显著(P>0.05)。
1.2 方法 采用美国Philips Medical Systems(Cleveland)公司生产的超高端Brilliance 128排螺旋CT进行下肢CTA检查,仰卧位,足先进,扫描范围为腹主动脉远端至足趾末端,管电流250mA,层厚1.25mm,螺距0.984:1,窗宽600-800,窗位300。常规组CTA扫描管电压120kV,对比剂剂量100mL。研究组CTA扫描管电压100kV,对比剂剂量1mL/kg。2组均采用非离子型对比剂碘海醇(300mgI/mL),对比剂经双筒高压注射器从肘正中静脉团注,注射流速4 mL/s,注射完毕后同样流速追加40-50mL生理盐水。采用对比剂跟踪自动触发技术触发扫描,触发阈值为110HU。将轴位薄层图像传至后处理工作站,采用多平面重建(multiplane reconstruction, MPR)、曲面重建(curved planar reformaion, CPR)、容积重建(volume reconstructio, VR)和最大密度投影(maintensity projection, MIP)等后处理技术进行诊断分析。由2名对本研究及分组方法不知情、CTA放射科经验≥10年的资深CT影像医师共同对下肢CTA图像进行阅片讨论并得出一致结论。

1.3 观察指标

1.3.1 诊断效果 患者均于入院7d内进行DSA检查,下肢动脉狭窄程度=(狭窄处近心端正常血管径-狭窄处血管径)/狭窄处近心端正常血管径×100%。若出现多处狭窄,则以狭窄最严重处计算。狭窄程度分级^[5]:0级,无狭窄(0%);I级,轻度狭窄(<50%);II级:中度狭窄(50%~74%);III级重度狭窄(75%~99%);IV级完全闭塞(100%)。狭窄程度≥50%为ASO诊断标准,狭窄程度≥75%为重度ASO甚至完全闭塞^[6]。DSA结果为金标准,观察2组的诊断效果。
1.3.2 图像质量 (1)主观图像质量评价标准:1分,动脉血管结构和走行显示较差,管壁毛糙,图像噪声大,图象模糊,影响阅片者进行影像诊断;2分:主要动脉节段显示良好,管壁稍毛糙,局部分支、侧枝循环或小血管的显示不清晰,图像质量可基本满足诊断需求;3分:主要动脉节段和局部分支、侧枝循环或小血管显示良好,可伴少许伪影,血管整体显示较清晰,能满足临床诊断需求;4分:动脉血管结构显示清晰,血管边缘光滑,无伪影,图像质量佳。(2)客观图像质量。测量髂总动脉中点和股动脉中点CT值,测量时感兴趣区(region of Interest, ROI)面积为5mm²,测量

3次取平均值,CT标准差的平均值为背景噪声,信噪比(signal to noise ratio, SNR)=髂总动脉平均CT值/背景噪声。
1.3.3 对比剂使用量、碘摄入量和辐射剂量 记录CT剂量指数(CT dose index, CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product, DLP)和有效辐射剂量(effective radiation dose, ED),其中ED=DLP×转换系数k(k=0.018 mSv·mGy⁻¹·cm⁻¹)。记录碘摄入量(单位:g),碘摄入量=碘对比剂浓度(mgI/mL)×对比剂剂量(mL)/1000。
1.4 统计学方法 SPSS 26.0分析相关数据,计数资料用率描述,组间比较2或Fisher确切概率法,组间等级资料比较采用秩和检验;正态分布计量资料用($\bar{x} \pm s$)描述,组间比较成组t检验。P<0.05,为差异有统计学意义,P<0.001时用科学计数法描述。

2 结果

2.1 2组下肢CTA诊断效果比较 参照DSA金标准,常规组和研究组CTA对下肢动脉狭窄程度的符合率分别为83.64%(46/55)、85.45%(47/55),二者差异不显著(P>0.05)。常规组和研究组CTA对下肢ASO的诊断敏感度为93.18%(41/44)、91.30%(42/46),特异度为72.73%(8/11)、88.89%(8/9),准确度为89.09%(49/55)、90.91%(50/55),差异均不显著(P>0.05)。见表1。
2.2 2组下肢CTA图像质量比较 2组下肢CTA主观图像质量评分比较,差异不显著(P>0.05)。见表2,研究组典型下肢CTA见图1-2,患者男,69岁,MIP图像可见造影剂充盈均匀,分支清晰,VR图像可见动脉血管及分支显示完整,未见缺损,图像质量评分为4分。2组髂总动脉中点和股动脉中点CT值比较,差异不显著(P>0.05),研究组背景噪声高于常规组(P<0.05),SNR低于常规组(P<0.05)。见表3。
2.3 2组CTA检查对比剂使用量、碘摄入量和辐射剂量比较 研究组按1mL/kg使用对比剂,平均对比剂剂量为(67.35±7.30)mL,与常规组对比剂使用量100 mL相比,平均减少了32.65 mL。研究组平均碘摄入量为(23.57±3.01)g,较常规组35 g平均减少了11.43g。见图3。研究组CTDIvol、DLP和ED均明显低于对照组(P<0.05)。见表4。

表1 2组下肢CTA对下肢动脉狭窄程度的诊断结果

常规组DSA		CTA			研究组DSA		CTA		
狭窄程度	n	<50%	50%~74%	≥75%	狭窄程度	N	<50%	50%~74%	≥75%
<50%	11	8	3	0	<50%	9	8	1	0
50%~74%	35	3	30	2	50%~74%	36	4	31	1
≥75%	9	0	1	8	≥75%	10	0	2	8
合计	55	11	34	10	合计	55	12	34	9

表2 2组下肢CTA主观图像质量评分比较

组别	N	主观图像质量评分				平均图像质量评分(分)
		1分	2分	3分	4分	
常规组	55	0(0.00)	3(5.45)	10(18.18)	42(70.91)	3.71±0.26
研究组	55	0(0.00)	4(7.27)	11(20.00)	40(72.73)	3.65±0.33
Z/t值		0.735				1.059
P值		0.478				0.292

表3 2组下肢CTA客观图像质量比较

组别	N	髂总动脉中点CT值(Hu)	股动脉中点CT值(Hu)	背景噪声(Hu)	SNR
常规组	55	326.50±27.12	304.23±25.17	25.37±3.61	12.07±2.85
研究组	55	332.18±30.14	310.48±26.58	30.39±4.08	10.60±3.12
t值		1.038	1.266	6.834	2.560
P值		0.301	0.208	2.3×10 ⁻⁴	0.011



图1 研究组双下肢CTA的MIP图像
图2 研究组双下肢CTA的VR图像

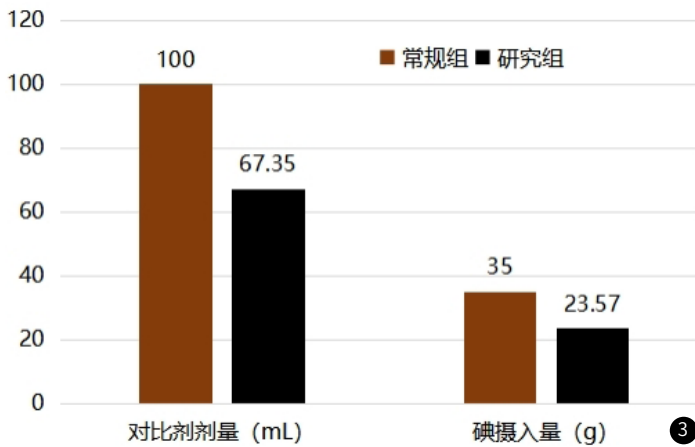


图3 2组下肢CTA检查对比剂剂量和碘摄入量比较

3 讨论

下肢动脉硬化是糖尿病患者出现下肢动脉血管疾病的主要原因,合并高血脂、长期血糖控制不佳、吸烟、饮酒、肥胖等是加剧患肢血管狭窄程度的促进因素^[7-8]。DSA是诊断血管疾病的金标准,能直观清晰的显示病变血管及分支血管的血流状况和狭窄程度,但属于有创检查,不宜作为首选,而且DSA对部分偏心型狭窄可能无法准确评估。CTA具有较高的空间分辨率、操作简单、无创、禁忌证少等优点,易被患者接受。但临床发现,下肢血管范围较大,走行长,血管分支密布,导致下肢CTA检查的时间往往较长,无疑增加了受检者的辐射损伤,高碘摄入也会增加CIN风险。

随着CTA技术的发展,低辐射剂量和低对比剂剂量的下肢CTA方案引起临床重视。降低管电压是降低低辐射剂量的常用方法,辐射剂量与管电压成反比。此外降低管电流也可减少辐射剂量,但作用相对有限^[9]。有报道^[10]指出,控制CT其他扫描参数不变的情况下,将管电压由120kV降至90kV,辐射剂量可减少约35%,将管电压由120kV增加至135kV,辐射剂量增加约33%。但管电压降低会影响X射线的穿透能力,一定程度上增加CTA检查的背景噪声和降低SNR,可能影响图像质量和影像诊断,因此降低管电压时需兼顾CTA图像质量。有报道^[10-11]发现,80 kV低管电压虽能明显增强光电效应和减弱康普顿散射,使血管内CT值增加和增强对比度,但可能不利于管腔内钙化斑块的检出。此外目前下肢CTA检查的碘对比剂剂量多为100mL左右,或按照体质量1.5~2.0mL/kg确定剂量。但碘对比剂需经肾脏处理,较大对比剂剂量无疑会加重肾脏负担和CIN风险,因此合理控制对比剂剂量是预防CIN的关键^[12]。

本研究制定并开展100kV管电压、对比剂1mL/kg的下肢CTA方案,结果显示研究组管电压下降后,背景噪声较常规组高,SNR较常规组低(均 $P<0.05$),但组间主观图像质量评分并无明显差异($P>0.05$),同时参考DSA金标准,组间对下肢动脉狭窄程度和ASO的诊断评估效能也无明显差异($P>0.05$),与文献报道^[13-14]相符,表明与120kV相比,100kV管电压虽会增加噪声和降低SNR,但这种干扰效应是可以接受的,并不明显影响CTA图像质量和医师阅片诊断。低管电压对血管内CT值有良好增强效应,可获得更好的血管强化效果,降低管腔内对比剂所需的浓度值,因此低管电压为降低对比剂剂量提供了可能^[15-16]。对比剂剂量是影响碘摄入量的关键因素,在100 kV管电压条件下,研究组按1mL/kg使用对比剂,明显减少了对比剂使用量和碘摄入量,有利于减少CTA检查带来的不良反应风险,安全性更佳。本研究显示与常规组相比,研究组CTDIvol、DLP和ED均较对照组明显下降($P<0.05$),与文献报道^[17-18]相符,说明100kV管电压、对比剂1mL/kg的下肢CTA方案在减少受检者辐射剂量方面有明显优势,尤其对于需多次进行CTA检查的慢性病患者而言,无疑获益明显。

综合上述分析,本研究验证了与常规下肢CTA方案相比,低辐射剂量和低对比剂剂量在疑似糖尿病ASO检查中的应用价值明显更高,能在不明显影响图像质量和影像诊断效果前提下,减少

表4 2组下肢CTA检查的辐射剂量比较

组别	N	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy/cm)	ED(mSv)
常规组	55	11.05±2.21	1058.52±252.37	19.05±2.81
研究组	55	8.92±1.63	675.68±171.25	12.16±2.07
t值		5.752	9.309	14.641
P值		1.2×10 ⁻⁴	1.8×10 ⁻⁵	2.7×10 ⁻⁵

碘对比剂用量、碘摄入量和辐射剂量,提高CTA检查的安全性,值得推广应用。本研究不足在于样本量偏少,其次未能观察对肥胖(BMI≥28kg/m²)患者的应用效果,后续将对此进一步完善。

参考文献

- [1] 王聪,曾俊怡.超声在诊断糖尿病患者颈动脉及下肢动脉硬化中临床应用价值[J].罕少疾病杂志,2018,25(4):48-50.
- [2] Meffen A,Pepper C J,Sayers R D,et al.Epidemiology of major lower limb amputation using routinely collected electronic health data in the UK:a systematic review protocol[J].BMJ Open,2020,10(6):e037053.
- [3] Rudnick M R,Leonberg-Yoo A K,Litt H I,et al.The controversy of contrast-induced nephropathy with intravenous contrast:what is the risk-science[J].American Journal of Kidney Diseases,2020,75(1):105-113.
- [4] Jesus-Silva S,Chaves A E,Maciel C,et al.Evaluation of prediction score of contrast-induced nephropathy in inpatients undergone to digital or CT angiography[J].Revista Ciências em Saúde,2020,24(3):161-168.
- [5] 王巍,王新宇,王超,等.CT血管成像诊断下肢动脉硬化闭塞症诊断的应用价值[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(1):149-152.
- [6] 莫广盛,余水全,刘锋,等.下肢CTA自拟新注射扫描方案对下肢动脉闭塞性病变的临床诊断价值[J].西部医学,2022,34(9):1390-1395.
- [7] Bosiers M,DeLoose K,Callaert J.Anterograde or retrograde arterial access for diabetic limb revascularization[J].Seminars in Vascular Surgery,2019,31(2):76-80.
- [8] Kim J,Chun D I,Kim S,et al.Trends in lower limb amputation in patients with diabetic foot based on vascular intervention of peripheral arterial disease in Korea:a population-based nationwide study[J].Journal of Korean Medical Science,2019,34(26):e178.
- [9] 庄丽娜,刘义军,赵明月,等.探讨低对比剂剂量低辐射剂量腹部CTA的临床应用价值[J].临床放射学杂志,2022,41(4):724-728.
- [10] Sodagari F,Wood C,Agrawal R,et al.Feasibility of sub-second CT angiography of the abdomen and pelvis with very low volume of contrast media,low tube voltage,and high-pitch technique,on a third-generation dual-source CT scanner[J].Clinical Imaging,2021,82(7):15-20.
- [11] Kubota Y,Yokota H,Mukai H,et al.Low-tube-voltage CT assessment of Adamkiewicz artery:precise comparison between 100-kVp- and 120-kVp protocols[J].European Journal of Radiology,2019,11(5):56-61.
- [12] 苗思萌,沈素,温爱萍.对比剂肾病防治的研究进展[J].中国医刊,2021,56(7):710-713.
- [13] Sodagari F,Wood C,Agrawal R,et al.Feasibility of sub-second CT angiography of the abdomen and pelvis with very low volume of contrast media,low tube voltage,and high-pitch technique,on a third-generation dual-source CT scanner[J].Clinical imaging,2021,82(7):15-20.
- [14] 邓婕,林智胜,王娜琴.低辐射剂量、低对比剂用量和低注射流速在心血管CTA的可行性研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(3):58-61.
- [15] Gitsioudis G,Marwan M,Schneider S,et al.A systematic report on non-coronary cardiac CTA in 1,097 patients from the German cardiac CT registry[J].European Journal of Radiology,2020,13(5):109-126.
- [16] 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 (Baltimore),2018,97(34):e11798.
- [17] 李文超,田蔚莉,朱玉才,等.降低管电压和对比剂浓度对双下肢CTA血管成像图像质量及辐射剂量的影响[J].新疆医科大学学报,2022,45(9):1015-1019.
- [18] Talei F,Davide I,Luca R,et al.Diagnostic value of iterative reconstruction algorithm in low kV CT angiography (CTA) with low contrast medium volume for transcatheter aortic valve implantation (TAVI) planning:image quality and radiation dose exposure[J].British Journal of Radiology,2018,18(3):802-808.

(收稿日期:2023-04-26)

(校对编辑:孙晓晴)