

四肢 CT 血管成像

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002047

下肢动脉血管造影技术对糖尿病足患者
末梢动脉准确显示的应用研究

刘 衡,冉启胜,夏传江,邓 洋

(陆军军医大学大坪医院野战外科研究所放射诊断科,重庆 400042)

【摘要】目的:探讨下肢动脉 CT 血管成像(CT angiography, CTA)技术在糖尿病足患者末梢动脉精准显示的优化扫描方案及对图像质量的影响。**方法:**使用 64 排 CT 对 75 例糖尿病患者行下肢动脉血管造影(CTA),将患者随机分为对照组和优化组。对照组单时相注射对比剂,总碘量=体质量(kg)×450 mg,碘流量=注射总碘量/28/s,locator 定位于腹主动脉远端,动脉 CT 阈值达到 300 触发扫描,移床准备时间 8 s 后开始扫描,参数 Rotation time 1s, Pitch 0.9。优化组双时相分段连续注射对比剂,第一段注射对比剂碘量=体质量(kg)×450 mg×60%,碘流量=第一次注射碘量/14/s,第二段注射对比剂碘量=体质量(kg)×450 mg×40%,碘流量(流速)=第二次注射碘量/14/s, locator 定位于腘动脉,动脉 CT 阈值达到 90 触发扫描,参数 Rotation time 0.7 s, Pitch 0.9。用 EBW 后处理工作站处理图像,由一名高年资技师测量下肢血管每节段的 CT 值,对其结果进行客观评分,由两名中级职称以上的医师对后处理的图像进行主观评分。**结果:**对照组 37 例患者图像中 26 例满足诊断需求,其中 11 例图像双侧下肢末梢动脉(足背动脉)显示不清,优化组 38 例患者图像 36 例满足诊断需求,其中 2 例图像双侧下肢末梢动脉(足背动脉)显示不清,末梢动脉得分分别为 0.910 ± 0.072 和 0.950 ± 0.050 ($P < 0.05$),具有统计学差异,其他区域得分无统计学差异 ($P > 0.005$)。远端末梢动脉客观评价得分分别为 129.0 ± 27.7 和 90.0 ± 13.8 ,髂动脉得分分别为 426.0 ± 54.5 和 392.0 ± 46.2 ($P < 0.05$),具有统计学差异,其余区域得分 $P > 0.05$,无统计学差异,可见优化组不但可以获得更为丰富的末梢动脉图像,还可以降低近端血管 CT 值使之获得均一性更佳的血管图像。**结论:**CTA 技术在糖尿病足患者检查中的优化设计,大大提高了糖尿病足这类有血液循环障碍患者的下肢末梢动脉精准显示,末梢动脉显示成功率提高 24.4%。在能满足诊断要求的同时,提高了下肢末梢动脉的图像质量,提供了更加真实、丰富的诊断信息,使糖尿病足患者能得到更好的影像医疗服务。

【关键词】糖尿病足;下肢动脉 CT 血管成像;locator;末梢动脉;碘流量

【中图分类号】R445.3

【文献标志码】A

【收稿日期】2018-10-31

Application of CT angiography in accurate display of peripheral arteries in
patients with diabetic foot

Liu Heng, Ran Qisheng, Xia Chuanjiang, Deng Yang

(Department of Radiology, Daping Hospital, Army Military Medical University)

【Abstract】Objective: To investigate the application of CT angiography (CTA) in the optimal scanning scheme for accurate display of peripheral arteries in patients with diabetic foot and its effect on image quality. **Methods:** A total of 75 patients with diabetes under went CTA of lower extremity arteries with 64-slice CT, and they were randomly divided into control group and optimization group. In the control group, the contrast agent was injected in a single time phase, with total iodine content=body weight(kg)×450 mg and iodine flow rate=total iodine content injected/28/s, and the locator was located at the distal end of the abdominal aorta; the scan was triggered when the CT threshold of the artery reached 300, and the scan was started after preparation for 8 seconds, with Rotation time of 1 s and Pitch of 0.9. In the optimization group, the contrast agent was injected consecutively in two phases, with iodine dose=body weight (kg)×450 mg×60% and iodine flow rate=iodine dose at first injection/14/s for the first phase and iodine dose=body weight(kg)×450 mg×40% and iodine flow rate=iodine dose at second injection/14/s for the second phase, and the locator was located in the popliteal artery; the scan was triggered when the CT threshold of the artery reached 90, with Rotation time of 0.7 s and Pitch of 0.9. The images were processed by EBW post-processing workstation; a senior technician measured the CT values of each segment of lower extremity blood vessels and determined the objective scores of these results, and two physicians with an intermediate professional title or above determined the subjective score of the post-processing images. **Results:** Of all 37 patients in the control group, 26 had

作者介绍:刘 衡, Email: liuheng6790@163.com,

研究方向:医学影像技术 CT 血管成像。

通信作者:邓 洋, Email: 5476138@qq.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20190529.1011.008.html>

(2019-05-29)

images which met the diagnostic requirements, among whom 11 had unclear display of lower extremity peripheral arteries (dorsal pedal arteries) at both sides. Of all 38 patients in the optimization group, 36 had images which met the diagnostic requirements, among whom 2 had unclear display of lower extremity

peripheral arteries(dorsal pedal arteries) at both sides. There was a significant difference in the score of peripheral arteries between the two groups(0.910 ± 0.072 vs. 0.950 ± 0.050 , $P < 0.05$), while there were no significant differences in the scores of the other regions between the two groups($P > 0.005$). There were significant differences between the two groups in the objective scores of the distal peripheral arteries(129.0 ± 27.7 vs. 90 ± 13.8 , $P < 0.05$) and the iliac artery(426.0 ± 54.5 vs. 392.0 ± 46.2 , $P < 0.05$), while there were no significant differences in the scores of the other regions between the two groups($P > 0.05$), suggesting that the optimization group had more abundant peripheral artery images and lower CT values of proximal vessels to obtain more homogeneous vascular images.

Conclusion: CTA for optimal design in the examination of patients with diabetic foot can greatly improve the accuracy of the display of lower extremity peripheral arteries in patients with blood circulation disorders including diabetic foot, and the success rate of the display of peripheral arteries can be increased by 24.4%. CTA can meet the diagnostic requirements, improve the quality of the images of lower extremity arteries, and provide rich information for diagnosis, thus providing better imaging service for patients with diabetic foot.

【Key words】diabetic foot; CT angiography of lower extremity artery; locator; peripheral artery; iodine flow rate

糖尿病足(diabetic foot, DF)是一种慢性的、进行性肢端缺血、疼痛麻木、溃疡感染性疾病,目前普遍认为其病因主要是大小及微血管病变,周围神经受损及各种损伤所致,DF 是糖尿病致残致死率增高的主要原因^[1]。糖尿病足病因较复杂,下肢血管病变引起的末梢供血不足是其主要的发病原因,下肢动脉粥样硬化、脉管炎等下肢阻塞性疾病均可导致糖尿病足的发生。近年来,随着糖尿病发病率的急剧增高,糖尿病足的发病率亦逐年增多,糖尿病引起的足部问题日益增加,下肢动脉 CT 血管成像(CT angiography, CTA)作为目前成熟且准确安全无创的检查方法,在下肢血管疾病上可以提供足够的影像诊断信息^[2],能为截肢平面提供依据,也能为血管旁路手术作准备,是目前进行糖尿病足最重要的影像学检查方法,已经广泛运用于临床。而糖尿病足由于末梢血管循环障碍,常规的 CTA 检查方式不能够很好地显示此类患者末梢血管情况。本文旨在通过糖尿病足患者血液循环及下肢动脉血管的特点,探讨优化 CTA 检查技术,通过对不同感兴趣区监测,个性化的碘量控制,能在提高质量的基础上同时降低碘注射量和辐射剂量,为糖尿病足患者提供更多更好的末梢动脉信息,帮助临床进一步治疗。

1 资料与方法

1.1 资料

在我院放射科随机收集 2017 年 3 月至 2018 年 3 月需做下肢血管 CTA 检查的糖尿病足患者 75 例,采用随机数学表的方法,将收集病例简单随机分成两组。对照组 37 例,男 24 例,女 13 例,平均年龄(64.9 ± 8.5)岁,患者病程时间 5~28 年,平均病程时间(11.5 ± 5.3)年;优化组 38 例,男 25 例,女 13 例,平均年龄(66.1 ± 6.5)岁,患者病程时间 6~30 年,平均病程时间(12.7 ± 5.3)年。年龄、性别以及患者病程无统计学

差异($P > 0.05$)。纳入标准:糖尿病患者,并伴有一定下肢神经或和血管病变。排除标准:下肢外伤患者、下肢有异物或金属内固定患者、其他 CT 检查禁忌者。

1.2 方法

选用 GE64 排螺旋 CT 机,优维显 370 等对比剂,高压注射器。患者取仰卧位,足先进,扫描范围髂总动脉分支处至足尖。两组扫描参数均为:管电压 120 kV,管电流 300 mA,层厚 0.625 mm,层间隔 0.625 mm。对照组 37 例扫描方案为:一次性注射对比剂,对比剂注射总碘量=体质量(kg) $\times$ 450 mg,碘流量(流速)=注射总碘量/24s。ROI 监测髂动脉,动脉 CT 阈值达到 300 时触发,移床准备时间 8 s 后开始扫描,参数 Rotation time 1 s、Pitch 0.9,扫描下肢全程时间大约 30 s 左右。优化组 38 例分两次注射对比剂,具体方案为:第 1 次注射对比剂碘量=体质量(kg) $\times$ 450 mg $\times$ 60%,碘流量(流速)=第 1 次注射碘量/14s;第 2 次注射对比剂碘量=体质量(kg) $\times$ 450 mg $\times$ 40%,碘流量(流速)=第 2 次注射碘量/14s。ROI 监测腘动脉,动脉 CT 阈值达到 90 时触发,移床需准备 12 s 开始扫描,参数 Rotation time 0.7 s、Pitch 0.9,扫描下肢全程时间大约 22 s 左右。

图像处理:将采集到的原始数据传至 EBW 工作站,进行 VR、MIP、曲面重建等后处理技术分析血管。为保证所有实验可重复性,所有血管分析由 1 名工作经验丰富的高年资主管技师进行分析和 CT 值测量。

图像评价及分析:主观评价将整个 CTA 动脉树分为 37 个节段 4 个区域,由 2 名经验丰富的主治医师从 5 个方面进行评价^[3]。具体 37 个节段分为:髂总动脉、髂内动脉、髂外动脉、股动脉、股深动脉、股浅动脉、腘动脉、胫腓干、胫前动脉、胫后动脉、腓动脉、足背动脉及足底动脉,其中胫前动脉、胫后动脉和腓动脉分成近、中、远 3 段,4 个区域分为腹主动脉、股-POP、小腿动脉、足部动脉。

图像质量从 5 个方面进行评价:①能显示的最远动脉分支级别(0 分:未能显示;1 分:显示主干;2 分:显示直接分支;3 分:显示 2 级分支;4 分:显示 3 级分支;5 分:显示 4 级及以上分支)。②动脉边缘情况(0 分:结构不显示;1 分:结构能显示,但有明显变形或阶梯状伪影;2 分:结构显示清晰,但轻度变形或阶梯状伪影;3 分:结构显示清晰,无肉眼可见

的变形或伪影)。③静脉干扰(0分:无静脉显示;1分:有静脉显示但不干扰诊断;2分:有干扰诊断的静脉污染)。④动脉狭窄分级(1级:正常或轻度无意义狭窄,狭窄程度 0~49%;2级:中度狭窄,狭窄程度 50%~74%;3级:严重狭窄,狭窄程度 75%~99%;4级:完全闭塞)。

客观评价由同一名高年资技师分别测量 2 组图像髂总动脉分叉水平、股骨干 1/2 水平处股动脉、腘动脉,胫骨 1/2 水平处胫前动脉及足背动脉水平 5 个层面的 CT 值,ROI 尽量放置在相同部位的血管中央,避开边缘伪影及血管^[4]。

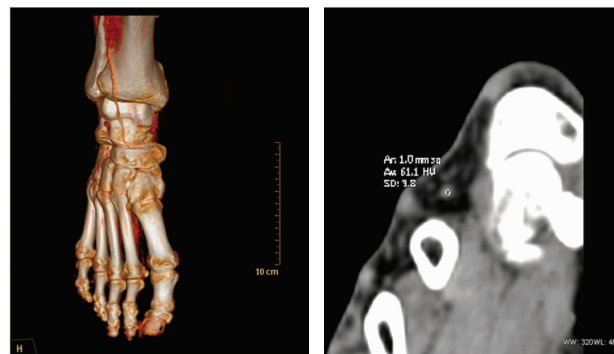
1.3 统计学方法

采用 SPSS 18.0 统计分析软件,计量资料采用均值±标准差表示,两组数据采用独立样本 *t* 检验,列联表数据采用卡方检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

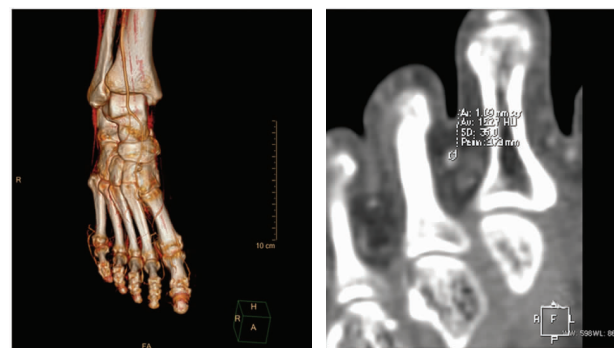
2 结果

对照组 37 例患者中间歇性跛行 15 例,足部静息痛 15 例,足部溃疡 7 例;优化组 38 例患者中间歇性跛行 13 例,足部静息痛 20 例,足部溃疡 5 例,通过卡方检验证实 2 组病例病情严重程度无统计学差异($P=0.555$)。由 2 名中级以上职称经验丰富的医师对 4 个区域进行评分,将 2 名医师评分的结果取平均值。对照组 37 例患者图像中 26 例满足诊断需求,其中 11 例图像双侧下肢末梢动脉(足背动脉)显示不清,优化组 38 例患者图像 36 例满足诊断需求,其中 2 例图像双侧下肢末梢动脉(足背动脉)显示不清,末梢动脉得分分别为 0.910 ± 0.072 、 0.950 ± 0.050 ($P<0.05$),具有统计学差异;腹-髂动脉,股-腘动脉,胫腓动脉得分分别为 0.960 ± 0.046 、 0.960 ± 0.058 、 0.970 ± 0.052 、 0.960 ± 0.052 、 0.970 ± 0.059 ($P>0.005$),没有统计学差异,见表 1。可见优化组较对照组能获得更为丰富的末梢动脉信息且不影响其他区域血管的图像质量如图 1、图 2。远端末梢动脉客观评价得分分别为 129.0 ± 27.7 和 90.0 ± 13.8 ,髂动脉得分分别为 426.0 ± 54.5 、 392.0 ± 46.2 ($P<0.05$),具有统计学差异,股动脉、腘动脉、胫前动脉客观评价得分分别为 440.0 ± 54.0 、 421.6 ± 36.7 、 442.0 ± 45.7 、 444.0 ± 38.2 、 417.0 ± 56.1 、 442.0 ± 36.9 ($P>0.05$),

无统计学差异,见表 2。结果显示,优化组不但可以显示更为精细的末梢动脉,而且还可以降低近端血管 CT 值使之获得均一性更佳的血管图像。



注:VR 图像显示足背动脉不清 注:测量足背动脉 CT 值 61 HU
A. VR 图像 B. 足背动脉 CT 值测量
图 1 对照组,患者,女,69 岁,糖尿病 8 年,Wagner 分级 II



注:VR 图像清楚显示足背动脉 注:测量足背动脉 CT 值 152 HU
A. VR 图像 B. 足背动脉 CT 值测量
图 2 优化组,患者,女,68 岁,糖尿病 9 年,Wagner 分级 II

3 讨论

有研究表明常规检查方案 CTA 对诊断糖尿病足患者胫腓动脉及以上动脉可靠性高,但诊断足部动脉的灵敏性较低^[5],针对糖尿病足类血液循环障

表 1 下肢血管各节段评分比较(主观评价)

组别	例数	腹-髂动脉	股-腘动脉	胫腓动脉	足背动脉
对照组	37	0.960 ± 0.046	0.970 ± 0.052	0.960 ± 0.052	0.910 ± 0.072
优化组	38	0.960 ± 0.058	0.960 ± 0.052	0.970 ± 0.059	0.950 ± 0.050
<i>t</i> 值		0.660	0.202	0.189	2.264
<i>P</i> 值		0.948	0.841	0.851	0.029 ^a

注:a,两组图像质量评分足背动脉主观评价具有统计学差异, $P<0.05$

表 2 下肢血管各节段 CT 值比较(客观评价)

组别	例数	髂总动脉	股动脉	腘动脉	胫前动脉	足背动脉
对照组	37	426.0 ± 54.5	440.0 ± 54.0	442.0 ± 45.7	417.0 ± 56.1	90.0 ± 13.8
优化组	38	392.0 ± 46.2	421.6 ± 36.7	444.0 ± 38.2	442.0 ± 36.9	129.0 ± 27.7
<i>t</i> 值		2.175	1.259	0.199	1.661	5.698
<i>P</i> 值		0.035 ^a	0.215	0.843	0.106	0.000 ^a

注:a,两组髂总动脉 CT 值和足背动脉 CT 值有统计学差异, $P<0.05$

碍的患者有一定的局限性,检查方案有待更进一步优化和提高。下肢 CTA 扫描关键在于把握适当的动脉时相、精准的启动时机、合理的扫描时间和精确的对比剂碘量^[6-7]。但下肢血管较长、扫描范围大,靶血管注入对比剂后达峰时间受年龄、性别、心功能、病史、碘流率等诸多因素影响,造成糖尿病足患者下肢 CTA 扫描难度大,常规检查方案对于末梢动脉血管显示不佳。

常规下肢 CTA 追踪层面定位于髂动脉分支开口处,但由于下肢血管覆盖范围广,扫描范围长,不易设置合适的扫描时间,若时间过短容易造成远端血管充盈不佳,若时间过长容易出现静脉干扰。本文优化组将追踪层面定位于腘动脉^[8],较对照组而言,腘动脉离远端血管更近,需要将整个扫描时间缩短以保证远端动脉血管采集。优化组参数设定为 Rotation time 0.7 s,较对照组 1 s 而言,扫描时间从 30 s 降至 22 s。追踪层面改变,相应的 ROI 阈值启动时间也需做出改变^[9],优化组为 90,对照组为 300。优化组和对照组在图像结果显示上,远端足背动脉客观评价得分分别为 129.0 ± 27.7 和 90.0 ± 13.8 ,主观评价得分分别为 0.950 ± 0.050 和 0.910 ± 0.072 ,差异均有统计学意义(表 1、表 2)。可以说明,通过追踪层面定位于腘动脉,较对照组而言,可以获得更为精细的末梢动脉充盈图像。而在股动脉、腘动脉、胫腓动脉血管显示上没有统计学差异,说明 2 种扫描方法对于稍近端血管显示均有效。

除去不同追踪层面之外,不同的对比剂注射方式也会对增强的效果产生影响,CT 血管成像获得靶血管峰值时间均匀强化的效果对诊断准确和图像质量有重要意义。CTA 最常用的单时相注射方式,固定流速注射,其靶血管的碘信号时间密度曲线为近似正太分布的三角形,这种方式由于波峰的平台时间短,在快速扫描的模式下能获得满意血管强化效果。但是在下肢血管扫描中,由于扫描范围长,单时相在远端血管显示结果不佳,所以优化组在注药方式上进行了改进,采用双时相注射方式,使靶血管区域碘信号时间密度-曲线出现了一个与扫描持续时间匹配的峰值平台区^[10]。该方法可在 CTA 成像的整个容积范围内获得均匀一致的增强效果,其第一时相的注射流速和持续时间影像峰值时间和平台期的峰值,第二时相的流速和持续时间影响平台期的宽度和峰值均匀性。髂动脉在客观评价得分分别为 426.0 ± 54.5 , 392.0 ± 46.2 ,差异具有统计学意义。近端血管 CT 值在合理范围内降低,可以获得近远端血管显示相对均一的图像。因此优化组的双时

相注射方式,第一次注射对比剂可以确保 locator 追踪腘动脉 ROI 于阈值 90 时触发追踪扫描,同时整个下肢血管得到首次充盈,第二次注射对比剂可以保证整个下肢 CTA 扫描在整个峰值平台期内完成,使近端远端血管保持均匀的强化,获得足部血管的优质图像。同时,可以提供更多的末梢血管信息,帮助临床进一步治疗。

综上所述,采用 locator 定位于腘动脉,以相同碘总量,不同碘流率分时相团注的下肢 CTA 扫描优化方案能获得较好的图像质量,提高下肢末梢动脉的图像显示,更易明确糖尿病足患者末梢动脉的情况^[11],还能提供更加丰富的诊断信息。本文不足之处在于,追踪层面只对腘动脉进行了尝试,以后可以通过改变不同追踪层面、不同的阈值启动时间、不同的 Rotation 时间等多参数进行研究。同时,本文通过 2 次分时相注射对比剂,2 次比例为 60% 和 40%,在今后的工作中,可以尝试其他比例进行研究,旨在找出分时相注射对比剂对末梢动脉显示最佳阈值。

参 考 文 献

- [1] Jamal A. The diabetic foot[J]. Diabetes Metab Syndr, 2016, 10(1): 48-60.
- [2] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 下肢动脉硬化闭塞症诊治指南[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(24): 145-151.
- [3] 崔磊, 胡春洪, Sanjeev PS, 等. 下肢动脉 64 层 CT 血管成像两种成像方法图像质量的比较[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(3): 284-289.
- [4] 林观生, 马周鹏, 付文兵, 等. 低管电压低剂量对比剂联合生理盐水在下肢 CTA 中的应用研究[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2018, 16(3): 231-234.
- [5] 吴海凤, 叶宁. 64 排螺旋 CT 下肢动脉血管成像的造影参数的选择[J]. 影像技术, 2013, 25(2): 9-10.
- [6] Fleischmann D, Chin AS, Molvin L, et al. Computed tomography angiography: a review and technical update[J]. Radiol Clin North Am, 2016, 54(1): 1-12.
- [7] Stenzel F, Rief M, Zimmermann E, et al. Contrast agent bolus tracking with a fixed threshold or a manual fast start for coronary CT angiography[J]. Eur Radiol, 2014, 24(6): 1229-1238.
- [8] 王国良, 倪炯, 张炜, 等. 腘动脉解剖对下肢动脉 CT 血管造影选择监测层面的影响[J]. 第二军医大学学报, 2014, 35(2): 221-224.
- [9] 阚晓婧, 罗天友, 吕发金, 等. 智能追踪技术触发阈值对肾动脉 CT 血管成像的影响[J]. 中国医学影像技术, 2008, 24(5): 721-724.
- [10] 王鸣鹏. 医学影像技术学 CT 检查技术卷[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 195.
- [11] 范则杨, 王霄英. 下肢动脉硬化闭塞症 CTA 检查的诊断思路及结构式报告[J]. 放射学实践, 2017, 32(12): 1300-1305.

(责任编辑: 唐秋姗)