

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*

莫广盛 余水全 刘锋 韦彩琴 黄鸣宇

(广州中医药大学附属中山医院医学影像科, 广东 中山 528400)

【摘要】 **目的** 探讨下肢动脉血管成像(CTA)自拟新注射扫描方案对下肢动脉闭塞性病变(ASO)的临床诊断价值。**方法** 选取 2020 年 1 月~2021 年 6 月我院收治的 108 例疑似下肢 ASO 患者,按随机数表法分为 A、B 两组各 54 例,均采用 256 层 CT 行下肢 CTA 检查,其中 A 组采用常规注射扫描方案,B 组自拟新注射扫描方案(第一期盐水 20 mL,流速 4.5 mL/s;第二期对比剂 30 mL,流速 4.5 mL/s;第三期对比剂 70 mL,流速 3 mL/s;第四期盐水 20 mL,流速 3.0 mL/s;四期连续无间断注射)。所得图像上传至工作站进行三维重建,比较两组 CTA 图像质量。由不同资深放射科医师阅片并得出一致诊断结果,以经数字减影血管造影(DSA)结果为金标准,比较两组对 ASO 的诊断效果。**结果** B 组 CTA 图像对小腿动脉、足部动脉区域的动脉节段数显影不良率低于 A 组(0.00% vs 14.81%、1.85% vs 14.81%),静脉显影率 1.85% 低于 A 组 14.81%(均 $P < 0.05$)。B 组 CTA 图像小腿动脉、足部动脉区域的动脉分支、血管边缘显影评分均高于 A 组($P < 0.05$)。参照 DSA 结果,B 组 CTA 图像对下肢血管狭窄程度分级诊断符合率 94.44%(51/54) 高于 A 组 81.48%(44/54),差异有统计学意义($P < 0.05$)。B 组诊断 ASO 的敏感度、准确度均高于 A 组(97.73% vs 82.22%、96.30% vs 83.33%),差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 自拟新注射扫描方案能提高下肢 CTA 显影效果,减少显影不良和静脉显影干扰,提高下肢 CTA 图像质量和 ASO 诊断效能,具有临床推广应用价值。

【关键词】 动脉硬化疾病;下肢动脉闭塞性病变;下肢动脉血管成像;注射扫描方案;图像质量

【中图分类号】 R654.3 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2022.09.027

Clinical value of /self-made new injection scanning scheme of lower extremity CTA in the diagnosis of lower extremity arterial occlusive diseases

MO Guangsheng, YU Shuiquan, LIU Feng, WEI Caiqin, HUANG Mingyu

(Department of Radiology, Zhongshan Hospital Affiliated to Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Zhongshan 528400, Guangdong, China)

【Abstract】 **Objective** To evaluate the diagnostic value of lower extremity arterial angiography (CTA) in lower extremity arterial occlusive lesions (ASO). **Methods** A total of 108 suspected lower extremity ASO patients admitted to our hospital from January 2020 to June 2021 were selected and divided into two groups according to the random number table method; Group A and group B, 54 cases in each group. All patients underwent lower extremity CTA examination by 256-slice CT. Group B: The co-efficient 20 mL, the total velocity is 4) 5 mL/s. The second phase contrast medium was 30 mL, the flow rate was 4.5 mL/s. In the third phase, the contrast medium was 70 mL, and the flow rate was 3 mL/s. The fourth phase was 20 mL saline, with a flow rate of 3) 0 mL/s. Four consecutive injections without interruption). The obtained images were uploaded to the workstation for 3D reconstruction, and the image quality of the two groups of CTA was compared. The results of digital subtraction angiography (DSA) were used as the gold standard to compare the diagnostic effect of ASO between the two groups. **Results** CTA group B image of calf, foot artery areas of segmental arteries imaging defective rate is lower than group A (0.00% 1.85% vs 14.81%, vs 14.81%), vein

基金项目:中山市医学科研项目(2021A020742)

通信作者:余水全,主任医师,E-mail:qazqaz_2005@126.com

引用本文: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. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2022.09.027

enhancement rate 1.85% lower than A set of 14.81% ($P < 0.05$). Group B CTA images leg, foot area of the artery artery branches, vascular imaging score were higher than in group A ($P < 0.05$). Reference DSA results, group B CTA images of lower limb vascular stenosis degree grading diagnosis coincidence rate 94.44% (51/54) higher than that of group A, 81.48% (44/54), the difference was statistically significant ($P < 0.05$). Sensitivity and accuracy of the diagnosis of ASO B group were higher than in group A (97.73% vs 82.22%, 96.30% vs 83.33%), the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** The new self-designed injection scanning scheme can improve the imaging effect of lower extremity CTA, reduce the interference of poor imaging and venous imaging, improve the image quality of lower extremity CTA and the diagnostic efficiency of ASO, which has the value of clinical application.

【Key words】 Atherosclerotic diseases; Arterial occlusive lesion of lower extremity; Lower extremity arterial angiography; Injection scanning protocol; Image quality

下肢动脉闭塞性病变(Arteriosclerosis obliterans, ASO)是动脉硬化疾病的常见类型,受动脉粥样硬化影响,病变部位血管的管腔直径和血管功能发生异常改变,表现为血管腔逐渐狭窄甚至闭塞,下肢血液循环障碍和血氧代谢障碍,引起下肢麻木、皮肤温度下降、肿胀和疼痛等症状。随着 ASO 病情进展,可引起间歇性跛行、趾端缺血发黑甚至肢体残疾等不良后果^[1-2]。因此 ASO 的早发现、早诊断和早治疗是减缓肢体不适症状、抑制病情进展和避免不必要截肢的关键。下肢动脉血管成像(CT-Angiography, CTA)技术为 ASO 临床诊断提供了重要影像学依据,能较好观察血管结构和判断狭窄程度^[3]。但随着下肢 CTA 检查的广泛使用后,常规注射扫描方案的下肢 CTA 图像的显影效果存在明显局限性,有动脉部分节段显影不良、静脉显影干扰等现象,不利于临床准确诊断,造成 ASO 的误诊和漏诊^[4-5]。本科室配备先进的 CTA 仪器设备,科室成员的 CTA 技术经验丰富,为解决常规注射扫描方案存在的问题,创新性自拟新注射扫描方案用于下肢 CTA 检查。为明确新注射扫描方案在 ASO 下肢 CTA 检查的应用价值,本研究进行了深入探究,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 1 月~2021 年 5 月我院收治的 108 例疑似下肢 ASO 患者作为研究对象。纳入标准:①患者因下肢肿胀、酸胀麻木、皮肤温度下降或间歇性跛行等疑似下肢 ASO 症状就医。②无下肢 CTA 或 DSA 检查禁忌。③患者意识正常,知晓并自愿参与配合本研究涉及的相关检查。排除标准:①碘对比剂过敏。②妊娠或哺乳期妇女。③肝肾功能不全。④拒绝参与配合研究者。108 例疑似下肢 ASO 患者按随机数表法分为 A 组和 B 组各 54 例。A 组、B 组入组时相关资料比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 1。本研究经我院伦理委员会审核批准[伦理审查批件号:2021ZSZY-LLK-(005--127)]并患者知情同意。

表 1 两组疑似下肢 ASO 患者相关资料比较 [$n, n(\times 10^{-2}), \bar{x} \pm s$]
Table 1 Comparison of relevant data between two groups of patients with suspected lower extremity ASO

组别	<i>n</i>	男/女	年龄 ($\bar{x} \pm s$)	间歇性跛行	静息痛	趾端缺血发黑
A 组	54	33/21	62.73±10.21	17(31.48)	11(20.37)	3(5.56)
B 组	54	35/19	61.98±10.47	14(25.93)	13(24.07)	5(9.26)
χ^2/t		0.159	0.377	0.407	0.214	0.135
<i>P</i>		0.690	0.707	0.523	0.643	0.713

1.2 方法

1.2.1 下肢 CTA 检查 仪器采用飞利浦 256 层 CT (Brilliance 256 iCT, PhilipsHealthcare),患者取仰卧位进行下肢 CTA 检查,足先进。CTA 扫描参数:管电压 100 kV,管电流 298 mAs,层厚为 1.5 mm,层间距为 0.75 mm,螺距为 0.76,窗宽 600~800,窗位 300。扫描范围:腹主动脉下端分叉处一直往下至足趾末端。

1.2.2 对比剂注射扫描方案 采用双筒高压注射器经肘正中静脉注入非离子型对比剂碘帕醇,对比剂注射总量 100 mL。A 组采用常规注射扫描方案,第一期盐水 25 mL,流速 3.5 mL/s;第二期对比剂 100 mL,流速 3.5 mL/s;第三期盐水 50 mL,流速 2.5 mL/s。B 组采用本科室自拟的新注射扫描方案,第一期盐水 20 mL,流速 4.5 mL/s;第二期对比剂 30 mL,流速 4.5 mL/s;第三期对比剂 70 mL,流速 3 mL/s;第四期盐水 20 mL,流速 3.0 mL/s;四期连续无间断注射。均使用对比剂跟踪自动触发技术进行自动触发扫描方案,触发阈值设定为 110 Hu,监测位置设定在腘动脉。

1.2.3 图像处理 所得的轴位薄层图像上传至飞利浦后处理工作站,图像软件配合自动去骨功能并加以人工修剪可得到完好的血管 VR 图像。采用多平面重建 (Multiplanar reconstruction, MPR)、曲面重建 (Curved planar reformation, CPR)、容积重建 (Volume reconstruction, VR) 以及最大密度投影 (Maintensity projection, MIP) 多种图像后处理方式,并结合原始轴位图像,分析下肢血管病情。所有疑似下肢 ASO 患

者的 CTA 图像均由两名资深放射科医师双盲条件下阅片进行图像质量分析和影像学诊断,两者意见不一致时以资历较高者的诊断结果为准。

1.2.4 DSA 检查 所有疑似下肢 ASO 患者于入院 1 周内接受 DSA 检查,DSA 造影结果能准确了解下肢动脉血管的狭窄闭塞程度。DSA 造影观察下肢动脉管腔狭窄程度,以狭窄闭塞最严重处狭窄程度 $\geq 50\%$ 作为 ASO 的诊断依据, $>75\%$ 表示重度狭窄甚至完全闭塞^[6]。

1.3 观察指标

1.3.1 下肢 CTA 图像显影效果 CTA 动脉树可分成腹主—髂动脉、股—腘动脉、小腿动脉和足部动脉 4 个区域,包括髂总动脉、髂外动脉、髂内动脉、股动脉、股浅动脉、股深动脉、胫前动脉、胫后动脉、足背动脉、足底内外侧动脉等共 40 个动脉部分节段。若观察区域的 CTA 图像中发现任一动脉部分节段未显影,则判断为动脉节段显影不良,计算两组 4 个区域的动脉节段显影不良发生率。同时统计两组 CTA 图像中下肢静脉显影的发生情况,如下肢 CTA 检查常见的股总静脉、大隐静脉显影等,1 例疑似下肢 ASO 患者 CTA 图像可能出现多处静脉显影,CTA 静脉显影发生率 = (出现静脉显影的例数/总例数) $\times 100\%$ 。

1.3.2 下肢 CTA 图像质量评分 对腹主—髂动脉、股—腘动脉、小腿动脉和足部动脉 4 个区域分别进行图像质量评分,评分标准^[7-8]: ①动脉分支的显影级别采用 0~5 分评价,0 分为未显影,1 分为仅主干部位显影,2 分为直接分支显影,3 分为 2 级分支可显影,4 分为 3 级分支可显影,5 分为 ≥ 4 级别分支可显影。评分越高,表示 CTA 图像对动脉分支的显影越清晰,图像质量越好。②动脉血管边缘情况显影级别采用 0~3 分评价,0 分为未显示;1 分为虽能显示血管边缘结构,但图像明显欠清晰,有变形或者阶梯状伪影;2 分为血管边缘结构显示基本清晰,但图像有轻微变形或伪影;3 分为血管边缘结构能清晰显示,图像质量佳,未发现变形或伪影。评分越高,表示 CTA 图像对动脉边缘情况的显影越清晰,图像质量越好。

1.3.3 诊断效果 以 DSA 检查结果为临床诊断金标准,观察 A 组、B 组对 ASO 的狭窄程度分级和诊断效果,计算诊断 ASO 的敏感度、特异度和准确度。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析,计数资料、正态分布计量资料分别 $n(\%)$ 、 $(\bar{x} \pm s)$ 描述,A 组、B 组数据比较采用 χ^2 或 Fisher 确切概率法、 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组下肢 CTA 图像动脉节段数显影不良率比

较 两组 CTA 图像对腹主—髂动脉、股—腘动脉的节段数显影较好,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。B 组小腿动脉、足部动脉区域的动脉节段数显影不良率低于 A 组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 两组下肢 CTA 图像动脉节段数显影不良率比较 [$n, n(\times 10^{-2})$]
Table 2 Comparison of the number of arterial segments in CTA images of lower limbs between the two groups

组别	n	腹主—髂动脉	股—腘动脉	小腿动脉	足部动脉
A 组	54	2(3.70)	3(7.41)	8(14.81)	8(14.81)
B 组	54	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	1(1.85)
χ^2		0.509	1.371	5.499	4.364
P		0.475	0.242	0.019	0.037

2.2 两组下肢 CTA 图像静脉显影发生率比较 A 组有 8 例下肢 CTA 图像出现静脉显影,其中 5 例有静脉显影,但尚可满足影像学阅片诊断,3 例静脉显影较明显,影响影像学阅片诊断,静脉显影发生率为 14.81%(8/54)。B 组仅有 1 例出现静脉显影,但不影响阅片诊断,静脉显影发生率为 1.85%(1/54)。B 组下肢 CTA 图像的静脉显影发生率明显低于 A 组,差异有统计学意义 ($\chi^2 = 4.364, P = 0.037$)。典型病例见图 1。

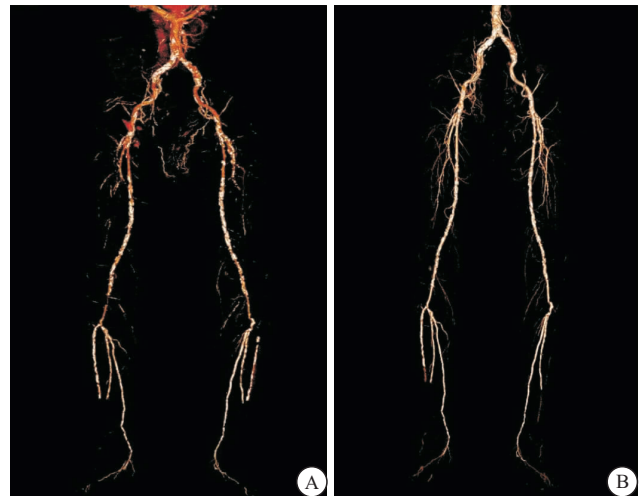


图 1 下肢 CTA 显影图

Figure 1 CTA development of lower limb

注:A.男,65岁,常规注射扫描方案,可见左右髂总静脉及分支有多处静脉显影,此外左右股动脉中上段、股—腘动脉部分可见显影不良;B.男,67岁,采用自拟的新注射扫描方案,可见下肢 CTA 动脉树全段显影清晰,且无静脉显影

2.3 两组下肢 CTA 图像动脉分支显影级别评分比较 A 组、B 组腹主—髂动脉、股—腘动脉的动脉分支、血管边缘显影评分比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),B 组小腿动脉、足部动脉区域的动脉分支、血管边缘显影评分均高于 A 组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 3。

表 3 两组下肢 CTA 图像动脉分支显影级别评分比较($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of arterial branch development level scores on CTA images of lower limbs between the two groups

动脉区域	动脉分支显影				动脉血管边缘显影			
	A 组	B 组	t	P	A 组	B 组	t	P
腹主-髂动脉	3.97±0.42	4.02±0.45	0.597	0.552	2.55±0.30	2.60±0.34	0.810	0.420
股-腓动脉	3.94±0.43	3.98±0.46	0.467	0.642	2.61±0.27	2.63±0.29	0.371	0.711
小腿动脉	1.97±0.36	2.49±0.51	6.121	<0.001	1.90±0.35	2.48±0.32	8.987	<0.001
足部动脉	1.40±0.29	2.27±0.34	14.306	<0.001	1.47±0.29	2.36±0.35	14.389	<0.001

2.4 两组下肢 CTA 图像对动脉狭窄程度分级诊断的符合率比较 108 例疑似下肢 ASO 患者经 DSA 检查,参照 DSA 结果,A 组、B 组的动脉狭窄程度诊断符合率分别为 81.48%(44/54)、94.44%(51/54),B 组动脉狭窄程度诊断符合率高于 A 组($\chi^2=4.285, P=0.038$),差异有统计学意义($P<0.05$),见表 4、5。

表 4 A 组下肢 CTA 图像的狭窄程度分级情况(n)

Table 4 Classification of stenosis degree of CTA images of lower limbs in group A

DSA		A 组		
狭窄程度	n	<50%	50%~75%	>75%
<50%	9	8	6	1
50%~75%	35	2	29	1
>75%	10	0	0	7
合计	54	10	35	9

表 5 B 组下肢 CTA 图像的狭窄程度分级情况(n)

Table 5 Classification of stenosis degree of CTA images of lower limbs in group B

DSA		B 组		
狭窄程度	n	<50%	50%~75%	>75%
<50%	10	9	1	0
50%~75%	33	1	31	1
>75%	11	0	0	11
合计	54	10	32	12

2.5 两组参考 DSA 结果的 ASO 诊断效果比较 参照 DSA 诊断结果,B 组诊断下肢 ASO 的敏感度、准确度均高于 A 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 6。

表 6 两组参考 DSA 结果的 ASO 诊断效果比较[$n, n(\times 10^{-2})$]

Table 6 Comparison of ASO diagnostic effects between the two groups with reference to DSA results

组别	n	敏感度	特异度	准确度
A 组	54	82.22(37/45)	88.89(8/9)	83.33(45/54)
B 组	54	97.73(43/44)	90.00(9/10)	96.30(52/54)
χ^2		4.302	0.449	4.960
P		0.038	0.503	0.026

3 讨论

ASO 是外周血管阻塞性病变(Peripheral vascu-

lar obstructive disease, PAD) 的常见类型,近些年随着人口老龄化进程加快,发病率有升高趋势。ASO 发病隐匿,早期症状不典型,且病情易进展,增加肢体生理不适,降低活动能力和生活质量,若诊治处理不当,可引起溃疡炭疽、截肢等严重后果。近些年血管腔内介入技术和 CTA 技术均得到明显进步^[9-10],在 ASO 介入治疗成功率不断提高的背景下,不断完善 ASO 的临床诊断显得尤为重要。本研究从放射学诊断角度,寻找提高 ASO 诊断效果的可行方案,具有临床意义和社会意义。

下肢 CTA 与其他 ASO 影像学诊断方法比较,虽然 DSA 是公认 ASO 诊断金标准,能准确了解管腔狭窄程度、位置和血流状况等,但 DSA 的弊端也不可忽视,有创性检查和存在并发症风险可能不易被患者所接受,尤其是高龄 ASO 患者,操作时间长,DSA 检查需谨慎评估^[11]。此外 DSA 只能显示管腔投影,而对管腔结构却无法评价,不能准确反映动脉内偏心型斑块。核磁共振血管成像(Magnetic resonance angiography, MRA)检查虽然对下肢血管病变具有较好无创诊断价值,但操作相对复杂,对操作者的经验要求较高,而且检查费用较下肢 CTA 明显昂贵,不宜作为首选^[12-13]。

尽管 CTA 技术得到明显进步,比如动脉树形结构无创成像、照射剂量下降等,对 PAD 诊断有较好敏感度和特异度,但 PAD 是全身血管性病变,常常累及心血管,引起心功能的改变,如心率减慢、心排量降低,导致血管显影延迟,造成血管显影不良^[14-16]。目前 CTA 诊断 ASO 面临的突出难题是:下肢动脉血管的行程较长,CTA 扫描成像对对比剂的达峰时间要求更为严格,对比剂达峰时间影响因素复杂,除上述提及的心功能改变的因素外,还与 ASO 患者自身血管情况、病理生理变化、体重、体位和对比剂浓度和对比剂注射速率等有关^[17-18],其中对比剂注射速率对 CTA 显影效果和图像质量的影响日益受到临床重视,成为影像工作者思考和探究的热点。结合文献报道^[19-20]和临床实际,对比剂注射速率过快,可能造成动脉部分节段的显影不良。对比剂注射速率过慢,流速较低,易错过血管内对比剂达峰时间,对比剂浓度无

法达到 CTA 清晰成像和满足诊断需求,而且常出现静脉显影,比如常见的股总静脉、大隐静脉、股深静脉、股浅静脉、小隐静脉、腘静脉、胫腓干静脉、胫前静脉、胫后静脉、腓静脉等部位,静脉显影会降低 CTA 图像的精确性,对阅片者诊断 ASO 造成干扰,这也是 ASO 误诊和漏诊的重要原因^[21]。

下肢 CTA 诊断 ASO 的最佳对比剂注射扫描方案尚无权威定论,值得探究。本研究 A 组采用常规注射扫描方案,此方案操作简单,基层医院应用尤为普遍,但对比剂注射速率偏低,全程仅 3.5 mL/s,部分 ASO 患者的显影效果欠佳,尤其是腘动脉以下的 CTA 图像^[22]。本研究显示,A 组对小腿动脉、足部动脉区域的动脉节段数显影不良率均高达 14.81%,明显高于 B 组 0.00% 和 1.85%,静脉显影发生率 14.81% 也明显高于 B 组 1.85%,且 A 组有 3 例静脉显影比较明显,已影响影像学判断。本研究上述结论与已往研究^[23-24]有相通之处。分析认为,自拟新注射方案更加符合下肢动脉的走行和分布特点,临床实际中,下肢 CTA 小腿动脉、足部动脉显影不良的原因与此区域动脉节段数较多有关,尤其是小腿动脉,动脉节段分布密集,而常规注射扫描方案无法达到局部满意的对比剂浓度,若对比剂浓度偏低或稳定性较差,易造成 CTA 图像动脉显影不良和静脉显影干扰。

本研究显示,B 组在下肢 CTA 图像质量方面优于 A 组,表现在小腿动脉、足部动脉区域的动脉分支显影级别、血管边缘显影评分均高于 A 组,也充分说明自拟新注射扫描方案在 CTA 图像质量方面有明显优势。分析原因是因为,本研究自拟新注射扫描方案使用不同速率多期注射对比剂,前半部分对比剂流速为 4.5 mL/s,可满足血管阻塞诊断要求的高速率,维持血管内对比剂的足够浓度,提高动脉节段显影和减少静脉显影干扰,后半部分对比剂流速 3.0 mL/s,也可兼顾 ASO 患者心功能改变所致显影延迟所要求的低流速^[25-26]。本研究进一步比较 A 组、B 组的诊断价值,发现 B 组的敏感度、准确度分别为 97.73%、96.30%,明显高于 A 组 82.22%、83.33%,表明本研究自拟新注射扫描方案可为影像诊断专家提供更好的下肢 CTA 图像,动脉节段显影充分,静脉显影干扰小,动脉分支和血管边缘结构显影清晰,是提高 ASO 影像学诊断效果的关键^[27]。

4 结论

本研究自拟新注射方案能提高 ASO 的下肢 CTA 显影效果和图像质量,提高 ASO 的诊断准确性,具有临床推广应用价值。

【参考文献】

- [1] DAISUKE A, KATSUYUKI H, ATSUSHI A, *et al.* Outcomes in Patients with Critical Limb Ischemia due to Arteriosclerosis Obliterans Who Did Not Undergo Arterial Reconstruction [J]. *International Heart Journal*, 2018, 59(5):1041-1046.
- [2] 王辉, 蒋永兴, 田野. 下肢动脉硬化闭塞症:炎症机制与抗炎治疗的研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(2):77-80.
- [3] FRANZESI C, 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]. *The British journal of radiology*, 2018, 91(1092):20170802.
- [4] MEYER BC, OLDENBURG A, FRERICKS B B, *et al.* Quantitative and qualitative evaluation of the influence of different table feeds on visualization of Peripheral arteries in CT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries [J]. *Eur J Radiol*, 2008, 18(8):1546-1555.
- [5] SCHVED J F, GRIS J C, NEVEU S, *et al.* Dual-Energy CTA in Patients with Symptomatic Peripheral Arterial Occlusive Disease: Study of Diagnostic Accuracy and Impeding Factors[J]. *Rofo*, 2017, 189(5):441-452.
- [6] 朱晓娥. 外周血管超声联合 CT 血管造影对于下肢动脉闭塞的价值诊断[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2020, 18(5):150-152, 157.
- [7] 温泽迎, 王道清, 程留慧, 等. 双源 CT 低剂量低流率对比剂注射方案结合低电压扫描技术在糖尿病下肢动脉血管成像中的应用[J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2019, 17(1):41-44.
- [8] 崔磊, 胡春洪, SANJEEV P S, 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.
- [9] SIRACUSE J J, FARBER A. Is Open Vascular Surgery or Endovascular Surgery the Better Option for Lower Extremity Arterial Occlusive Disease[J]. *Adv Surg*, 2017, 51(1):207-217.
- [10] 王剑, 张杰, 林飞鹏. 介入技术治疗下肢动脉硬化闭塞症的效果研究[J]. *中国全科医学*, 2019, 22(S2):124-126.
- [11] 刘衡, 冉启胜, 邓洋, 等. CTA 诊断糖尿病下肢动脉临床分期及下肢动脉狭窄程度的应用价值[J]. *西部医学*, 2019, 31(4):134-138.
- [12] GK A, MTL A, MH B, *et al.* Non-contrast-enhanced MR-angiography (MRA) of lower extremity peripheral arterial disease at 3tesla: Examination time and diagnostic performance of 2D quiescent-interval single-shot MRA vs. 3D fast spin-Echo MRA [J]. *Magnetic Resonance Imaging*, 2021, 76(5):17-25.
- [13] JAH-KABBA A, MATTHIAS K G, REZA H D, *et al.* Mapping of autogenous saphenous veins as an imaging adjunct to peripheral MR angiography in patients with peripheral arterial occlusive disease and peripheral bypass grafting: prospective comparison with ultrasound and intraoperative findings[J]. *PLoS one*, 2014, 9(11):e112340.
- [14] 郝永, 王淑梅, 刘冲, 等. 多排螺旋 CT 下肢 CTA 多种重建方式对下肢动脉阻塞性疾病临床诊断价值的研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2020, 19(13):1445-1448.

- [15] KOLTE D, PARIKH S A, PIAZZA G, *et al.* Vascular Teams in Peripheral Vascular Disease[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2019, 73(19):2477-2486.
- [16] 林观生, 马周鹏, 付文兵, 等. 对比剂不同团注方式对下肢动脉 CT 血管造影成像质量的影响[J]. *海南医学*, 2019, 30(7): 68-71.
- [17] 蒋严, 郭苗苗, 刁楠, 等. 双低技术联合基于原始数据的迭代重建在下肢动脉 CT 血管成像中的应用[J]. *实用放射学杂志*, 2019, 17(4):638-642.
- [18] KINGSTON M J, PERRIMAN D M, NEEMAN T, *et al.* Contrast agent comparison for three-dimensional micro-T angiography: A cadaveric study[J]. *Contrast Media & Molecular Imaging*, 2016, 11(4):319-324.
- [19] 孙伟航, 张鹭丹, 李巍. 256 层 CT 血管造影在下肢动脉硬化闭塞性病变诊断中的应用观察[J]. *血管与腔内血管外科杂志*, 2018, 4(5):27-31.
- [20] LEE T M, LIN C C, PENG B R, *et al.* Integration of taguchi analysis with phantom and innovative gauges: Optimization of the ct scan protocol for peripheral arterial occlusive disease (paod) syndrome[J]. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 2020, 20(9):204-212.
- [21] 刘衡, 冉启胜, 夏传江, 等. 下肢动脉血管造影技术对糖尿病患者末梢动脉准确显示的应用研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2019, 44(10):1351-1354.
- [22] DA NKERL P, HAMMON M, SEUSS H, *et al.* Computer-aided evaluation of low-dose and low-contrast agent third-generation dual-source CT angiography prior to transcatheter aortic valve implantation (TAVI)[J]. *International Journal of Computer Assisted Radiology & Surgery*, 2016, 12(5):1-8.
- [23] GAZAFROUDI S, TAVAKKOLI M B, MORADI M, *et al.* Coronary CT angiography by modifying tube voltage and contrast medium concentration: Evaluation of image quality and radiation dose[J]. *Echocardiography*, 2019, 36(1):1391-1396.
- [24] 石倩倩, 陈伟彬. 低管电压联合高浓度低流率对比剂注射方案颈动脉 CTA 的可行性分析[J]. *放射学实践*, 2021, 36(2): 258-261.
- [25] 朱晓娥. 外周血管超声联合 CT 血管造影对于下肢动脉闭塞的价值诊断[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2020, 18(5):150-152,157.
- [26] GUPTA A, DOSEKUN A K, KUMAR V. Carbon dioxide-angiography for patients with peripheral arterial disease at risk of contrast-induced nephropathy[J]. *World Journal of Cardiology (WJC)*, 2020, 12(2):76-90.
- [27] CHEN P A, HUANG E P, CHEN K T, *et al.* Comparison of four contrast medium delivery protocols in low-iodine and low-radiation dose CT angiography of the aorta[J]. *Clinical Radiology*, 2020, 75(10):797-810.

(收稿日期: 2021-09-27; 修回日期: 2021-12-06; 编辑: 张翰林)

(上接第 1389 页)

- [17] KREAM E J, JONES V A, TSOUKAS M M. Balancing medical education in aesthetics: Review and debate[J]. *Clin Dermatol*, 2022, 40(3):283-291.
- [18] SEIBER T. Ideal Positions: 3D Sonography, Medical Visuality, Popular Culture[J]. *J Med Humanit*, 2016, 37(1):19-34.
- [19] 赵婷. 人体解剖学教学中的美育视角[J]. *继续医学教育*, 2020, 34(9):45-47.
- [20] 刘海涛, 王玉珍, 王博, 等. 医学美学在医学生培养中的作用[J]. *医学与哲学(A)*, 2015, 36(11):81-83.
- [21] KOSE E, KAHRAMANGIL B, AYDIN H, *et al.* A comparison of indocyanine green fluorescence and laparoscopic ultrasound for detection of liver tumors[J]. *HPB (Oxford)*, 2020, 22(5):764-769.
- [22] RUSSOLILLO N, BORELLO A, LANGELLA S, *et al.* Comparison of laparoscopic ultrasound and liver-specific magnetic resonance imaging for staging colorectal liver metastases[J]. *Surg Endosc*, 2021, 35(7):3547-3553.
- [23] 杜锡林, 杨涛, 陈安, 等. 肝血流阻断技术在肝切除术中的应用评述[J]. *西部医学*, 2015, 27(7):961-963,970.
- [24] NAKANO Y, ITANO O, SHINODA M, *et al.* Predictive factors for liver volume and function recovery after resection using three-dimensional analysis[J]. *HPB (Oxford)*, 2020, 22(6): 845-854.
- [25] CAI W, FAN Y, HU H, *et al.* Postoperative liver volume was accurately predicted by a medical image three dimensional visualization system in hepatectomy for liver cancer[J]. *Surg Oncol*, 2017, 26(2):188-194.

(收稿日期: 2022-07-08; 编辑: 张翰林)