

论 著

下肢动脉硬化斑块患者CTA影像特征及与ASO发生的关系

吴涛^{1,*} 刘昱峰² 王国鹏²

1.鹤壁市人民医院急诊科

2.鹤壁市人民医院介入科(河南鹤壁458030)

【摘要】目的 探究下肢动脉硬化斑块患者CT血管造影(CTA)影像特征,分析与下肢动脉粥样硬化闭塞症(ASO)发生的关系。**方法** 回顾性选取医院2022年3月至2025年3月于医院行下肢CTA检查的100例合并下肢ASO高危因素的患者为对象。分析患者下肢动脉硬化斑块的检出率、CTA影像特征及分布情况,评估不同类型斑块对下肢ASO的影响。**结果** 100例患者共统计1600个动脉节段,斑块检出率为54.19%(867/1600)。共检出软斑块136个(15.69%)、钙化斑块457个(52.71%)、混合斑块274个(31.60%)。软斑块CT值略低,边界多不清晰,呈不规则或偏心性分布;钙化斑块,CT值明显高于周围组织,边界清晰,呈斑点状、斑片状、环状或弥漫性分布;混合斑块同时存在低密度脂质成分和高密度钙化成分,边界可部分清晰、部分模糊,呈不均质混杂分布。软斑块在腘动脉出现的频率为28.68%,钙化斑块在髂总动脉出现的频率为34.14%,混合斑块在胫前动脉、胫后动脉出现的频率均为28.47%。不同类型斑块的斑块分级、所在动脉节段血管狭窄程度比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 合并下肢ASO高危因素的患者下肢动脉硬化斑块发生率较高,斑块类型以钙化斑块为主;软斑块主要分布于腘动脉,钙化斑块主要分布于髂总动脉,混合斑块主要分布于胫前及胫后动脉,不同类型斑块对血管狭窄程度影响不大。

【关键词】 下肢动脉粥样硬化闭塞症; 斑块; 计算机断层扫描血管造影

【中图分类号】R543.5

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.051

CTA Features of Patients with Lower Limb Atherosclerotic Plaques and Their Relationship with the Occurrence of ASO

WU Tao^{1,*}, LIU Yu-feng², WANG Guo-peng².

1.Department of Emergency, Hebi People's Hospital, Hebi 458030, Henan Province, China

2.Department of Interventional Medicine, Hebi People's Hospital, Hebi 458030, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the computed tomography angiography (CTA) features of patients with lower limb atherosclerotic plaques, and analyze their relationship with the occurrence of lower limb atherosclerosis obliterans (ASO). **Methods** A total of 100 patients with risk factors for lower limb ASO who underwent lower limb CTA in the hospital from March 2022 to March 2025 were reviewed. The detection rate, CTA features, and distribution of lower limb atherosclerotic plaques were analyzed. The impact of different types of plaques on lower limb ASO was evaluated. **Results** A total of 1,600 arterial segments were enrolled in statistical analysis, and the detection rate of plaques was 54.19% (867/1600). A total of 136 soft plaques (15.69%), 457 calcified plaques (52.71%), and 274 mixed plaques (31.60%) were detected. Soft plaques exhibited slightly lower CT values, unclear boundaries and irregular/eccentric distribution. Calcified plaques exhibited significantly higher CT values than surrounding tissues, clear boundaries, and mottling/patchy/circular/diffuse distribution. Mixed plaques contained both low-density lipid components and high-density calcified components, with partially clear and partially blurred boundaries, presenting heterogeneous mixed distribution. The incidence of soft plaques in the popliteal artery was 28.68%. The incidence of calcified plaques in the common iliac artery was 34.14%, and the incidence of mixed plaques in anterior and posterior tibial arteries was 28.47%. There was no statistically significant difference among different types of plaques in terms of grading and the degree of vascular stenosis in the arterial segment where they were located ($P>0.05$). **Conclusion** Patients with risk factors for lower limb ASO have a higher incidence of lower limb atherosclerotic plaques, and calcified plaques are common. Soft plaques are mainly distributed in the popliteal artery, calcified plaques are mainly distributed in the common iliac artery, and mixed plaques are mainly distributed in the anterior and posterior tibial arteries. Different types of plaques have little influence on the degree of vascular stenosis.

Keywords: Lower Limb Atherosclerotic Obliteration; Plaque; Computed Tomography Angiography

下肢动脉粥样硬化闭塞症(ASO)是临床常见的外周动脉疾病,受下肢供血动脉管腔狭窄或闭塞的影响,患者可出现下肢间歇性跛行、疼痛、溃疡或坏死等临床表现,严重者可导致截肢^[1]。ASO的病理基础与动脉硬化斑块的形成及发展有关,近年来随着CT血管造影(CTA)技术的不断发展,其凭借着高空间分辨率及三维重建等优势,已成为临床评估动脉斑块形态学和下肢动脉病变的重要手段^[2-3]。探究下肢动脉斑块的影像特征有助于早期诊断与干预,然而既往研究多聚焦于颈动脉斑块特征分析,对下肢动脉斑块的CTA特征研究报道较少,且缺乏对不同类型斑块在下肢动脉分布规律的研究^[4]。基于此,本研究分析了下肢动脉硬化斑块患者CTA影像特征,并探究不同斑块类型与下肢ASO发生的关系旨在为临床早期识别高危病变、制定个性化诊疗方案提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究资料 对2022年3月至2025年3月期间医院收治的100例合并下肢ASO高危因素患者的临床资料及影像学资料进行回顾性分析。研究经医院伦理委员会批准,其中男性67例、女性33例,年龄49~83岁,平均(62.54±7.18)岁;合并高危因素:1种61例、2种27例、3种及以上12例。

纳入标准: (1)合并糖尿病、高血压、高脂血症、高同型半胱氨酸血症、吸烟等下肢ASO发病相关高危因素;(2)性别不限,年龄为18周岁及以上;(3)均完成下肢CTA检查,影像学资料完整。**排除标准:** (1)合并下肢血管畸形、下肢静脉瓣膜功能障碍者;(2)近3个月存在下肢外伤史者;(3)存在凝血功能障碍、慢性皮肤感染疾病者;(4)合并其他动脉疾病者。

1.2 研究方法 采用SOMATOM Definition双源64排螺旋CT扫描仪(德国SIEMENS公司)行双下肢CTA检查。患者取仰卧位,双手向上举过头顶,足先进;扫描范围:下肢动脉全程;扫描参数:管电流心电门控、管电压120kV、层厚5 mm、矩阵512×512、螺距1.0。先行下肢动脉平扫,确认激发区域后经肘正中静脉使用双通道注射器依次推注60 mL碘海醇注射液、30 mL生理盐水,注射速率为4.5 mL/s;扫描阈值140 Hu,重建层厚1 mm。相关扫描数据传输至后处理站,行减影技术、最大密度投影技术、容积再现技术等整体重建,获取相应影像学图片。

1.3 观察指标 (1)记录下肢ASO患者斑块检出率,观察不同类型斑块(软斑块、钙化斑块、混合斑块)CTA影像特征。(2)比较不同类型斑块在下肢各动脉(髂总动脉、髂内及

【第一作者】吴涛,男,副主任医师,主要研究方向:血管外科。E-mail: wtgoodluck@163.com

【通讯作者】吴涛

外动脉、股动脉、股深动脉、腘动脉、胫前动脉、胫后动脉、腓动脉共8个节段)的位置分布情况。(3)对斑块形态进行分级,斑块占血管壁周百分比<25%为I级,25%~<50%为II级,50%~75%为III级,>75%为IV级;比较不同类型斑块的形态分级^[5]。(4)测量血管狭窄程度,评估不同类型斑块对下肢动脉狭窄程度的影响。血管狭窄程度分级:狭窄部面积占狭窄部近心端正常血管面积百分比<50%为轻度狭窄,50%~75%为中度狭窄,75%~99%为重度狭窄,100%为闭塞。

1.4 统计学方法 采用SPSS 27.0软件进行数据分析。计量资料数据以($\bar{x} \pm s$)表示;计数资料以n(%)表示,行 χ^2 检验,等级资料行秩和检验;P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 下肢ASO患者斑块检出率及CTA影像特征分析 100例患者共计1600个动脉节段,检出斑块867个,检出率为54.19%。斑块类型包括:软斑块136个(15.69%)、钙化斑块457个(52.71%)、混合斑块274个(31.60%)。软斑块呈均匀低密度影,CT值低于周围组织,通常为30~60 HU,边界多不清晰,呈不规则或偏心性分布,可向血管腔内凸入形成锯齿状(图1)。钙化斑块CT值明显高于周围组织,通常>130 HU,边界清晰,多呈斑点状、斑片状、环状或弥漫性分布(图2)。混合斑块同时存在低密度脂质成分和高密度钙化成分,边界可部分清晰、部分模糊,呈不均质混杂密度影,钙化区域分布于斑块边缘或内部,呈餐巾环征(图3)。

2.2 下肢ASO患者不同类型斑块分布情况比较 检出的867个斑块中,软斑块主要出现在腘动脉(28.68%)、股深动脉(24.26%),

钙化斑块主要出现在髂总动脉(34.14%),混合斑块主要出现在胫前及胫后动脉(28.47%),见表1。

表1 不同类型斑块分布情况比较[n(%)]

| 下肢动脉节段 | 软斑块 | 钙化斑块 | 混合斑块 |
|--------|-------------|-------------|-------------|
| 髂总动脉 | 10(7.35) | 156(34.14) | 4(1.46) |
| 髂内及外动脉 | 8(5.88) | 102(22.32) | 25(9.12) |
| 股动脉 | 11(8.09) | 83(18.16) | 2(0.73) |
| 股深动脉 | 33(24.26) | 49(10.72) | 30(10.95) |
| 腘动脉 | 39(28.68) | 26(5.69) | 22(8.03) |
| 胫前动脉 | 17(12.50) | 11(2.41) | 78(28.47) |
| 胫后动脉 | 10(7.35) | 19(4.16) | 78(28.47) |
| 腓动脉 | 8(5.88) | 11(2.41) | 35(12.77) |
| 合计 | 136(100.00) | 457(100.00) | 274(100.00) |

2.3 下肢ASO患者不同类型斑块分级情况比较 软斑块、钙化斑块、混合斑块的斑块分级比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表2。

2.4 下肢ASO患者不同类型斑块对血管狭窄程度的影响 不同类型斑块所在动脉节段的血管狭窄程度比较无明显差异(P>0.05),见表3。

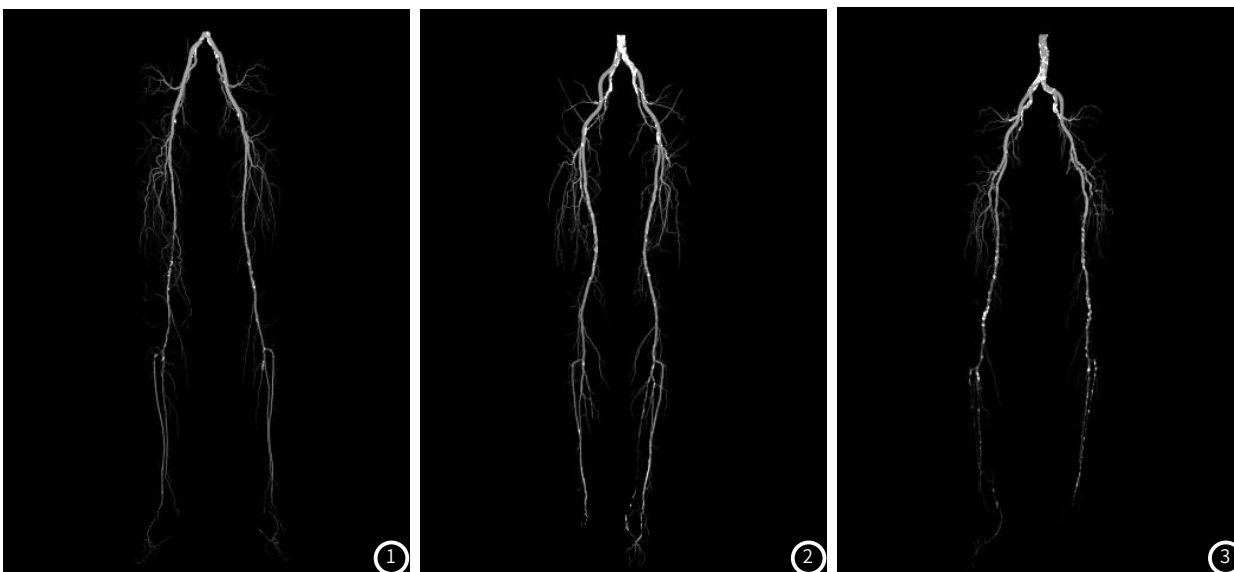


图1 患者男,65岁,双下肢CTA检查示左股深动脉近段软斑块,管腔轻度狭窄;右股深动脉近段软斑块,管腔中度狭窄。
图2 患者男,74岁,双下肢CTA检查示双侧股动脉钙化斑块,管腔轻度狭窄;双侧股深动脉钙化斑块,管腔轻度狭窄;双侧胫前动脉钙化斑块,管腔轻中度狭窄;左腓动脉钙化斑块,管腔轻度狭窄。
图3 患者女,83岁,双下肢CTA检查示双侧髂总动脉、髂内外动脉混合斑块,管腔轻度狭窄;双侧股深动脉混合斑块,管腔轻-中度狭窄;双侧腘动脉混合斑块,管腔中度狭窄;双侧胫前动脉、腓动脉混合斑块,管腔重度狭窄,局部显影欠佳;双侧胫后动脉局部显影欠佳。

表2 不同类型斑块形态分级情况比较[n(%)]

| 斑块类型 | I级 | II级 | III级 | IV级 |
|-------------|----------|-----------|------------|------------|
| 软斑块(n=136) | 9(6.62) | 24(17.65) | 56(41.18) | 47(34.56) |
| 钙化斑块(n=457) | 23(5.03) | 96(21.01) | 198(43.33) | 140(30.63) |
| 混合斑块(n=274) | 13(4.74) | 51(18.61) | 102(37.23) | 108(39.42) |
| z | 4.008 | | | |
| P | 0.135 | | | |

表3 不同类型斑块对血管狭窄程度的影响[n(%)]

| 斑块类型 | 轻度 | 中度 | 重度 | 闭塞 |
|-------------|-----------|------------|------------|-----------|
| 软斑块(n=136) | 25(18.38) | 51(37.50) | 42(30.88) | 18(13.24) |
| 钙化斑块(n=457) | 76(16.63) | 215(47.05) | 108(23.63) | 58(12.69) |
| 混合斑块(n=274) | 39(14.23) | 110(40.15) | 76(27.74) | 49(17.88) |
| χ^2 | 10.170 | | | |
| P | 0.118 | | | |

3 讨论

动脉硬化斑块的形成是下肢ASO的基本病理过程,随着动脉硬化斑块进行性发展,动脉管腔出现严重狭窄甚至完全闭塞,会引起下肢远端组织血流灌注不足,产生一系列缺血症状,最终诱发下肢ASO^[6]。血管狭窄严重程度是临床确定下肢ASO治疗策略的重要影响因素,CTA检查可准确提供病变血管节段、斑块特征、狭窄程度等信息,在治疗方案选择方面具有重要的价值。

本研究对100例合并下肢ASO高危因素患者的CTA影像图进行回顾性分析发现,1600个动脉节段共检出斑块867个,检出率为54.19%,提示存在下肢ASO高危因素患者的下肢动脉硬化斑块检出率较高。下肢动脉硬化斑块的形成与氧化应激、炎症反应、内皮功能损害等因素有关,糖尿病、高血压诱导的氧化应激会促使脂质在动脉内膜沉积,与高脂血症协同扩大脂质核心,加速斑块形成;而吸烟造成的直接内皮损伤、炎症介质释放等会形成血管病变恶性循环,进一步诱导斑块形成^[7-8]。邱小菊等^[9]等研究发现,合并高血压、糖尿病等高危因素患者的斑块检出率为36.0%~62.5%。分析下肢动脉硬化斑块患者CTA影像特征发现,钙化斑块是其常见的斑块类型,张光磊等^[10]的研究也发现,钙化斑块在下肢ASO患者下肢动脉节段中较为常见。对斑块的影像学特征进行分析发现,软斑块呈均匀低密度影伴边缘浸润征象,可向血管腔内凸入形成锯齿状,这一表现可能与下肢动脉承受更高机械应力相关。下肢动脉钙化斑块是一种病理性钙化,其形成与局部碱性磷酸酶增多导致的钙盐沉积于坏死组织中有关^[11]。本研究中钙化斑块的高CT值特性及清晰边界符合经典描述,其分布多样性可能与钙化进程的异质性有关。混合斑块中的餐巾环征属于高危斑块特征之一,提示钙化沉积与脂核的空间耦联模式,这种结构可能通过应力重分布增加纤维帽断裂风险^[12]。

本研究发现,软斑块在腘动脉的检出率较高,其次是股深动脉;钙化斑块在髂总动脉的检出率较高,混合斑块在胫前、胫后动脉的检出率较高。这种分布差异与下肢动脉的血流动力学特点、血管壁结构及局部微环境密切相关。腘动脉及股深动脉因解剖弯曲导致局部血流剪切力降低,易形成血流紊乱,为脂质沉积及软斑块形成提供有利环境;髂总动脉承受高脉压及搏动负荷,其机械应力环境协同促进钙化斑块发展;胫前与胫后动脉因管径细小,血管壁面临高周向应力及复杂血流动力学变化,加速斑块进展与成分演变^[13]。进一步比较不同类型斑块的斑块分级、血管狭窄程度差异发现,软斑块、钙化斑块和混合斑块的以上两个指标比较无明显差异,表明斑块类型可能与下肢ASO患者血管狭窄程度无明显相关性。该结果与冠状动脉领域中斑块性质和动脉狭窄程度有关的结论存在差异^[14],分析原因可能是本研究患者斑块负荷较低,斑块尚未引起明显血管狭窄。此外,不同类型斑块的成分形态异质性可能对血管重构的影响存在代偿机制,使得血管狭窄程度差异不明显。

综上所述,下肢动脉硬化斑块患者斑块类型以钙化斑块为主,不同类型斑块具有典型的CTA影像特征及动脉节段分布特点,其对血管狭窄程度的影响作用不明显。

参考文献

- [1]唐辉,所世腾,俞璐,等.下肢动脉硬化闭塞症患者血管成形术后ASL及IVIM灌注与侧支循环的比较分析[J].中国医学计算机成像杂志,2023,29(3):295-299.
- [2]任娇,王晓妍,吴少虹,等.下肢CTA及足部CT灌注对下肢动脉硬化闭塞症合并足溃疡的研究[J].放射学实践,2024,39(10):1393-1398.
- [3]陈芸,朱彦,王扬,等.基于深度学习的图像重建算法在下肢动脉病变CTA诊断中的研究[J].中国医疗设备,2024,39(3):134-138.
- [4]张帅,李莎,许天旗,等.颈动脉CT血管成像斑块周围脂肪组织与斑块内出血的相关性研究[J].中华放射学杂志,2025,59(2):199-205.
- [5]Pomposelli F.Arterial imaging in patients with lower extremity ischemia and diabetes mellitus[J].J Vasc Surg,2010,52(3):81S-91S.
- [6]Tian SY.Systemic immune-inflammation index predicts restenosis after interventions for lower extremity arteriosclerosis obliterans[J].Heart Surg Forum,2023,26(3):225-233.
- [7]Takahara M.Diabetes mellitus and peripheral artery disease[J].Diabetol Int,2025,16(1):7-12.
- [8]Liu Y,Cui Y,Zhou Z,et al.Relationship between angiotensin II,vascular endothelial growth factor,and arteriosclerosis obliterans[J].Dis Markers,2023,21(2):1316821.
- [9]邱小菊.糖尿病合并高血压患者下肢动脉硬化斑块的超声特征分析[J].世界复合医学,2020,6(12):101-103.
- [10]张光磊,王刚,牛文晶.下肢动脉硬化斑块计算机断层扫描血管成像特点分析[J].血管与腔内血管外科杂志,2024,10(4):401-403.
- [11]俞雯吉,王跃涛.血管钙化:血管钙化与主要急性冠状动脉事件的演变关系[J].中华核医学与分子影像杂志,2021,41(12):763-767.
- [12]吴静萍,孟晓,卫勃,等.基于头颈CTA评估餐巾环征斑块与缺血性脑卒中的相关性研究[J].临床放射学杂志,2024,43(7):1089-1094.
- [13]赵梦婷,张大鹏,王元元,等.彩色多普勒超声及CT血管造影诊断糖尿病下肢动脉病变的研究[J].中国CT和MRI杂志,2025,23(4):192-194.
- [14]刘雅宝,张伯生,骈文婷.冠状动脉CT血管成像的斑块性质与狭窄程度的关联性研究[J].山西医药杂志,2023,52(20):1566-1569.

(收稿日期:2025-07-23)

(校对编辑:赵望淇)