

# 双源CTA对下肢动脉慢性完全闭塞的诊断能力

## ——与DSA对照研究

何东芳<sup>1,2</sup>, 刘甲莲<sup>2</sup>

<sup>1</sup>青岛大学, 山东 青岛

<sup>2</sup>临沂市中心医院, 山东 临沂

收稿日期: 2022年9月26日; 录用日期: 2022年10月19日; 发布日期: 2022年10月28日

### 摘要

目的: 以DSA为金标准, 研究双源CTA常规扫描联合延迟扫描及CT值反向递减征象诊断下肢动脉慢性完全闭塞的价值。方法: 选取2019年1月~2022年3月于我院行下肢动脉双源CTA检查且在近一周内行DSA检查的120位患者, 120位患者均经常规CTA显示为动脉期局部管腔完全不显影或显示为完全闭塞, 对上述患者进行下肢动脉延迟扫描, 并测定CT值确定CT值反向递减征象是否存在。以DSA结果为诊断金标准, 分别以常规CTA、常规CTA联合延迟扫描、常规CTA联合CT值反向递减征象、常规CTA联合延迟扫描及CT值反向递减征象进行诊断, 使用McNemar检验比较检出率, 进行Kappa一致性检验, 并计算不同CTA诊断方式诊断下肢动脉完全闭塞的特异性和诊断符合率。结果: 120位患者中经常规双源CTA诊断为完全闭塞的血管共236段, 经DSA诊断为完全闭塞的血管为202段, 重度狭窄的血管为34段; 常规CTA联合延迟扫描、常规CTA联合CT值反向递减征象、常规CTA联合延迟扫描及CT值反向递减征象分别将236段血管中的223、218、207段诊断为完全闭塞血管。McNemar检验结果显示, DSA (金标准)对于动脉完全闭塞情况的检出率与常规CTA联合延迟扫描、常规CTA联合CT值反向递减征象的检出率存在差异( $P < 0.001$ ), 可认为两种方法检验结果存在差别。Kappa分别为0.514、0.658, 提示两种诊断结果存在一致性, 但一致性一般。DSA (金标准)对于动脉闭塞情况的检出率与常规CTA联合延迟扫描及CT值反向递减征象的检出率不存在差异( $P = 0.063$ ), 可认为两种方法检验结果不存在差别, Kappa = 0.908, 一致性极高。常规CTA、常规CTA联合延迟扫描、常规CTA联合CT值反向递减征象、常规CTA联合延迟扫描及CT值反向递减征象诊断下肢动脉完全闭塞的特异性分别是0% (因本研究只纳入了被常规CTA诊断为完全闭塞的动脉节段)、38.2%、52.9%、85.3%, 四种诊断方法的诊断符合率分别为85.6%、91.1%、93.2%、97.9%。特异性和诊断符合率以常规CTA联合延迟扫描和CT值反向递减征象为最高, 其次为常规CTA联合反向递减征象, 再其次为常规CTA联合延迟扫描, 以常规CTA最低。结论: 常规双源CTA联合延迟扫描和CT值反向递减征象可明显提高CTA对下肢动脉慢性完全闭塞的诊断能力。

### 关键词

下肢动脉硬化闭塞症, 完全闭塞, CT值反向递减征象, 延迟扫描

# Diagnostic Ability of Dual-Source CTA for Chronic Total Occlusion of Lower Extremity Arteries

## —A Comparative Study with DSA

Dongfang He<sup>1,2</sup>, Jialian Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Qingdao University, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Linyi Central Hospital, Linyi Shandong

Received: Sep. 26<sup>th</sup>, 2022; accepted: Oct. 19<sup>th</sup>, 2022; published: Oct. 28<sup>th</sup>, 2022

### Abstract

**Objective:** To investigate the value of dual-source CTA routine scan combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value in the diagnosis of chronic total occlusion of lower extremity arteries with DSA as the gold standard. **Methods:** A total of 120 patients who underwent dual-source CTA examination of lower extremity arteries in our hospital from January 2019 to March 2022 and underwent DSA examination within one week later were included in the study. CTA routine scan showed that the lumen of local artery was completely unseen in all 120 patients or showed complete occlusion, delayed scan of lower extremity arteries was performed on the above-mentioned patients, and CT values were measured to determine whether there were signs of reverse attenuation gradient. Taking DSA as the gold standard, CTA routine scan, CTA routine scan combined with delayed scan, CTA routine scan combined with reverse attenuation gradient sign of CT value, CTA routine scan combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value were used for diagnosis. McNemar test was used to compare the detection rate, and Kappa test was used for consistency. The specificity and diagnostic coincidence rate of different CTA methods in the diagnosis of total arterial occlusion of lower extremity were calculated. **Results:** Among the 120 patients, there were 236 locations of blood vessels diagnosed as complete occlusion by dual-source CTA routine scan, 202 locations of blood vessels were diagnosed as total occlusion by DSA, and 34 locations of blood vessels were diagnosed as severe stenosis; CTA routine scan combined with delayed scan, CTA routine scan combined with reverse attenuation gradient sign of CT value, CTA routine combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value in the diagnosis identified 223, 218 and 207 of the 236 locations of blood vessels as completely occluded blood vessels, respectively. McNemar test results showed that the detection rate of DSA for complete arterial occlusion was different from the detection rate of CTA routine scan combined with delayed scan and CTA routine scan combined with reverse attenuation gradient sign of CT value ( $P < 0.001$ ); Kappa were 0.514 and 0.658, indicating that there was consistency between the two diagnostic results, but the consistency was general. The detection rate of DSA for arterial occlusion was not different from the detection rate of CTA routine combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value ( $P = 0.063$ ), so there was no difference in the results of the two methods. Kappa = 0.908, indicating high consistency. The specificity of CTA routine scan, CTA routine scan combined with delayed scan, CTA routine scan combined with reverse attenuation gradient sign of CT value, CTA routine combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value in the diagnosis of complete occlusion of lower extremity arteries were 0% (Only segments diagnosed as completely occluded by CTA routine scan were included in this study), 38.2%, 52.9%, and 85.3%. The diagnostic coincidence rates of the four methods were 85.6%, 91.1%, 93.2% and 97.9%, respectively. The specificity and diagnostic coincidence rate were the highest with CTA routine combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value, followed by CTA routine scan combined with

reverse attenuation gradient sign of CT value, followed by CTA routine scan combined with delayed scan; CTA routine scan was the lowest. Conclusion: Dual-source CTA routine scan combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value can significantly improve the diagnostic ability of CTA for chronic total occlusion of lower extremity arteries.

## Keywords

Lower Extremity Arteriosclerosis Obliterans, Total Occlusion, Reverse Attenuation Gradient Sign of CT Value, Delayed Scan

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

下肢动脉硬化闭塞症是动脉系统的常见病、多发病, 发病率随年龄增长而上升, 尤其有吸烟史、糖尿病、高脂血症、高血压或高同型半胱氨酸血症等危险因素患者更易患病[1]。数字减影血管造影(Digital Subtract Angiography, DSA)为判断下肢动脉闭塞症的金标准, 但由于其存在一定的创伤性且易发生并发症, 故并非理想的常规筛查手段[2]。近年来计算机断层血管成像(Computed Tomography Angiography, CTA)作为一种无创性检查手段被广泛应用, CTA能够多角度观察病变血管, 评估狭窄程度、范围、管壁斑块等周围病变, 目前已成为检查动脉血管病变可靠的影像学手段[3]。在下肢CT动脉造影中, 慢性完全闭塞和部分闭塞(重度狭窄)均可表现为下肢动脉病变区域管腔内无对比剂密度, 两者鉴别存在困难, 但区分两者对于临床选择治疗方式非常重要[4][5]。因为管腔完全闭塞的下肢动脉再通时会面临更多的挑战和困难, 术后发生再狭窄及不良事件的几率更高[6]。

患者不同的年龄、心肺功能及病变的严重程度导致患者外周动脉显影峰值的差异。一期扫描时部分患者的对比剂循环速度慢于CT扫描速度, 导致部分动脉虽未完全闭塞或重度狭窄, 但在常规动脉期并没有显影。因此, 在一期扫描后进行二期扫描, 能够使循环较慢但并未闭塞的动脉显影, 有利于判断病变是否为完全闭塞。

临床工作中观察到动脉阻塞性疾病存在CT值反向递减征象, 即血管阻塞性病变远端管腔内反向的对比剂填充梯度, 其表现为近端节段血管内CT值较低, 而向远侧血管内CT值反而逐步增加(一般规律为近端血管CT值较高, CT值沿着血管向远侧减小[7][8]。推测原因为侧支循环建立之后, 经侧支到达闭塞病变远端的血液向病变方向反流。此征象可以用来鉴别动脉完全闭塞和重度狭窄[9]。

本研究的目的是探讨常规CTA联合延迟扫描及CT值反向递减征象诊断下肢动脉完全闭塞的价值。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

回顾性分析2019年1月~2022年3月于我院行双源CTA检查并且常规CTA扫描显示阻塞部位管腔对比剂完全不充盈的患者, 共计120例, 其中包括男性89例, 女性31例, 年龄43~83岁, 中位年龄64岁。纳入标准: 1) 患者有间歇性跛行、静息痛、皮温低及足趾坏疽等症状, 踝-肱指数(ABI) < 0.9; 2) 在CTA检查后一周内接受DSA检查; 3) 患者双源CTA常规扫描诊断为动脉管腔完全闭塞; 4) 患者的CTA影像及DSA图像质量良好。排除标准: 伴有恶性肿瘤、严重感染; 伴有自身免疫系统疾病; 伴有精神性

疾病等; 临床资料不全等。

## 2.2. 设备与方法

### 2.2.1. CTA 检查

采用双源 CT 机(Siemens Definition Flash)进行 CTA 检查。患者扫描时呈仰卧位, 足先进。应用人工智能触发扫描系统, 将感兴趣区定位在腹主动脉下段, 当其 CT 值达到 150 HU 时延迟 5 s 启动扫描。扫描范围自双肾水平腹主动脉至足底。扫描条件: 电压 A 管 80 kV, B 管 140 kV, 电流由机器智能控制, 应用非离子型对比剂碘海醇 100 ml 经肘正中静脉注射, 注射速率 4.0 ml/s, 随后以相同速率注入 40 ml 生理盐水。准直器宽度 64 mm × 0.625 mm, 扫描层厚 5.0 mm, 扫描螺距 0.7, 重建层厚为 1.0 mm, 重建间隔 0.5 mm。

延迟扫描: 若第一次扫描时发现动脉阻塞部位位于腘动脉及以上, 则无时间间隔紧接着进行二次扫描, 扫描范围和方向与第一次扫描相同; 若动脉阻塞部位位于腘动脉以下, 则延迟 5 秒进行二次扫描, 扫描范围为从足侧扫描至膝关节。

图像重建: 将原始数据传到 Syngovia 工作站上采用双能量软件将 A、B 两组图像剪影去骨, 然后采用多平面重建(Multi-Planar Reconstruction, MPR), 最大密度投影(Maximum Intensity Projection, MIP)和容积再现(Volume Rendering, VR)技术进行图像重组。

CT 值的测量: 以垂直于血管中心线重建 CT 横轴位图像, 在横轴位图像上测量 CT 值, 测量面积尽可能占据整个血管管腔, 取值位置要避开管壁斑块及骨质成分。CT 值的测量自 CT 图像显示的闭塞远端开始, 测量间隔 10 mm, 共测量 3 个 CT 值, 观察 CT 值的变化规律, 所有 CT 值由两位高年资诊断医师测量取平均值。

### 2.2.2. DSA 检查

采用西门子 Aztis Zee DSA 血管造影机, 根据 CTA 结果采用 Seldinger 技术经皮穿刺侧腓动脉入路, 置入 4F 导管至腰 2 椎体下缘水平, 用高压注射器注入碘海醇(浓度 367 mg/ml), 速率 3~7 ml/s, 共注射对比剂 15 ml, 使双侧髂总动脉、髂外动脉、髂内动脉显影。然后将导管头端置于患侧髂外动脉内, 分段行下肢动脉造影, 如果患者血管狭窄程度较重节段较长可适当增加对比剂剂量。

## 2.3. 评价方法

由 2 位高年资医师独立阅片并判断病变是完全闭塞性病变还是重度狭窄性病变, 结果不同时经商讨得出一致结果。CTA 诊断管腔完全闭塞的标准: 病变血管横断位及多种重建方法都未见强化密度或局部血管腔内对比剂充盈。DSA 作为区别完全闭塞及部分阻塞性病变的诊断标准。DSA 诊断管腔完全闭塞的金标准: DSA 显示病变血管管腔延续和顺行血流的完全中断。DSA 诊断重度狭窄的标准: 管腔狭窄 75%~99%, 狭窄的管腔有顺行血流通过。将一侧下肢动脉分为腹主动脉下段、髂总动脉、髂外动脉、股动脉、腘动脉、胫腓干、胫前动脉、胫后动脉和腓动脉等 9 段。

以 DSA 为标准, 分别计算常规 CTA、常规 CTA 联合延迟扫描、常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象、常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象对诊断下肢动脉完全闭塞的特异性和诊断符合率。

## 2.4. 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计软件, 以 DSA 结果为诊断金标准, 分别以常规 CTA、常规 CTA 联合延迟扫描、常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象、常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象进行诊断, 使用 McNemar 检验比较检出率, 并进行 Kappa 一致性检验,  $P < 0.05$  有统计学意义。

### 3. 结果

#### 3.1. 不同诊断方法诊断下肢动脉完全闭塞节段数比较

120 例患者中经常规双源 CTA 诊断为完全闭塞的血管共 236 段, 常规 CTA 联合延迟扫描、常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象、常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象分别将 236 段血管中的 223 段、218 段、207 段诊断为完全闭塞血管, 236 段动脉经 DSA 诊断为完全闭塞的血管为 202 段, 重度狭窄的血管为 34 段(见表 1)。

**Table 1.** Comparison of the number of segments of lower extremity arterial complete occlusion diagnosed by different diagnostic methods

**表 1.** 不同诊断方式诊断下肢动脉完全闭塞节段数比较

诊断方式	完全闭塞	重度狭窄
常规 CTA	236	0
常规 CTA 合并延迟扫描	223	13
常规 CTA 合并 CT 值反向递减征象	218	18
常规 CTA 合并延迟扫描、CT 值反向递减征象	207	29
DSA	202	34

#### 3.2. CTA 多种方法对下肢动脉完全闭塞检出率的比较

常规 CTA 联合延迟扫描、常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象、常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象与 DSA 比较, 使用 McNemar 检验比较检出率, 并进行 Kappa 一致性检验(见表 2~4)。

McNemar 检验结果显示, DSA (金标准)对于动脉完全闭塞情况的检出率与常规 CTA 联合延迟扫描、常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象的检出率存在差异( $P < 0.001$ ), 可认为两种方法检验结果存在差别。Kappa 分别为 0.514、0.658, 提示两种诊断结果存在一致性, 但是 Kappa 在 0.4~0.75 范围内, 一致性一般。DSA (金标准)对于动脉闭塞情况的检出率与常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象的检出率不存在差异( $P = 0.063$ ), 可认为两种方法检验结果不存在差别。Kappa = 0.908, 提示两种方法诊断结果存在一致性, 且 Kappa > 0.8, 一致性极高。

**Table 2.** Comparison of CTA routine scan combined with delayed scan and DSA

**表 2.** 常规 CTA 联合延迟扫描与 DSA 对比

常规 CTA 联合延迟扫描	DSA		合计	P	Kappa 值
	完全闭塞	重度狭窄			
完全闭塞	202	21	223	<0.001	0.514
重度狭窄	0	13	13		
合计	202	34	236		

**Table 3.** Comparison of CTA routine scan combined with the reverse attenuation gradient sign of CT value and DSA

**表 3.** 常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象与 DSA 对比

常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象	DSA		合计	P	Kappa 值
	完全闭塞	重度狭窄			
完全闭塞	202	16	218	<0.001	0.658
重度狭窄	0	18	18		
合计	202	34	236		

**Table 4.** Comparison of CTA routine scan combined with delayed scan and reverse attenuation gradient sign of CT value and DSA  
**表 4.** 常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象与 DSA 对比

常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象	DSA		合计	P	Kappa 值
	完全闭塞	重度狭窄			
完全闭塞	202	5	207	0.063	0.908
重度狭窄	0	29	29		
合计	202	34	236		

### 3.3. CTA 不同诊断方法诊断下肢动脉完全闭塞的特异性、诊断符合率(见表 5)

常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象、常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象、常规 CTA 联合延迟扫描、常规 CTA 对下肢动脉完全闭塞诊断的特异性分别是 85.3%、52.9%、38.2%、0% (因本研究只纳入了被常规 CTA 诊断为完全闭塞的动脉节段), 四种诊断方式的诊断符合率分别是 97.9%、93.2%、91.1%、85.6%。诊断特异性和诊断符合率以常规 CTA 联合延迟扫描和 CT 值反向递减征象为最高, 其次为常规 CTA 联合反向递减征象, 再其次为常规 CTA 联合延迟扫描, 以常规 CTA 最低。

**Table 5.** The specificity and diagnostic coincidence rate of different diagnostic methods of CTA in the diagnosis of total occlusion of lower extremity arteries

**表 5.** CTA 不同诊断方式诊断下肢动脉完全闭塞的特异性及诊断符合率

诊断方式	特异性	诊断符合率
常规 CTA	0	85.6%
常规 CTA 联合延迟扫描	38.2%	91.1%
常规 CTA 联合 CT 值反向递减征象	52.9%	93.2%
常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象	85.3%	97.9%

## 4. 讨论

### 4.1. 目前诊断下肢动脉闭塞的常用影像学方法概述

下肢动脉硬化闭塞症(Arteriosclerosis Obliterans, ASO)的诊断主要依靠临床症状、踝肱指数(Ankle-Brachial Index, ABI)及影像学检查。影像学检查主要包括超声检查、计算机断层动脉造影(Computed Tomographic Angiography, CTA)、磁共振血管造影(Magnetic Resonance Angiography, MRA)及数字减影血管造影(Digital Subtraction Angiography, DSA)。诊断 ASO 超声检查具有无创、方便、实时动态、费用低、可重复性好的优点, 目前是临床上筛查首选的方法[10]。但超声检查结果的准确性依赖设备及操作者的水平, 因此应用受到一定限制。随着 CT 检查技术的发展, 扫描速度加快、图像分辨率提高以及多种后处理技术的应用使 CTA 在显示周围血管病变方面更具优势, 一次扫描即可观察双侧下肢全程, 同时能够可显示周围软组织结构和骨骼[11]。MRA 也是目前常用的诊断方式, 可以显示动脉硬化闭塞的部位及狭窄程度, 但有时 MRA 会夸大狭窄程度, 另外检查时间长、费用高、不适宜体内有铁磁性物质的患者限制了 MRA 在临床上的应用[12]。DSA 是诊断下肢血管病变的“金标准”, 具有较高的时间分辨率、空间分辨率, 能反映血管形态的动态信息[13]; 而且不受管壁钙化斑块的干扰, 能够清晰显示血管腔内病变狭窄或闭塞的程度、范围以及周围细小的侧支血管情况, 并进行介入治疗和评估预后。但 DSA 属于有创性检查, 存在发生斑块脱落、远端血管闭塞、穿刺部位血肿、动脉瘤穿孔等并发症的风险, 患者的接受度较低。而且 DSA 属于二维成像, 难以准确评估部分偏心性狭窄的病变, 也不能很好的观察血管壁斑块情况

及血管腔周围的情况。

## 4.2. 常规 CTA 诊断下肢动脉闭塞的优缺点

常规 CTA 检查可清晰显示下肢动脉血管树的整体特征, 包括解剖、走行及形态学变化, 且多角度多方位评估病变血管的狭窄程度、狭窄范围、管壁斑块性质, 为临床选择治疗方案、手术方式、预后评估提供有效、可靠的依据。CTA 具有强大的三维重建技术, 常用的 CT 重建技术包括 MPR、MIP 和 VR。MPR 是在薄层断面重建的基础上形成的, 可获得人体组织器官任意方位的二维图像, 在钙化斑块存在的情况下, 也能对管腔内血栓和管壁周围结构较好显示。MIP 重建图像类似于 DSA 血管造影效果, 可清晰显示血管且对比度高, 能在显示动脉狭窄或闭塞的同时显示动脉壁的钙化。VR 能 360° 旋转, 图像立体感强, 可有效地显示血管空间关系, 能最大程度减少血管重叠的影响[14]。然而, 常规 CTA 检查也有一定的劣势, 动脉硬化病变较为严重时, 管腔狭窄造成远端血液流速缓慢, 对比剂浓度较低, 导致部分图像显示效果欠佳。当动脉管腔未完全闭塞, 但管腔内对比剂较少时, CTA 易诊断为完全闭塞, 而 DSA 显示病变为重度狭窄, CTA 高估了病变的狭窄程度(见附图 1)。

## 4.3. 常规 CTA 并延迟扫描的意义

不同患者由于下肢动脉硬化闭塞症的分期不同而在下肢动脉血液循环的速度上有较大差异, 在 CT 扫描速度快于循环速度时, 腘动脉以远血管可能未显影。患者不同的年龄、心肺功能及病变的严重程度导致患者外周动脉显影峰值的差异。Fleischmann 等[15]分别在腹主动脉及腘动脉水平进行同层动态增强, 发现 Fontaine IIb 期患者腹主动脉的峰值通过时间为 14~32 s, 腘动脉的峰值通过时间为 20~48 s, Fontaine III、IV 期患者腹主动脉的峰值通过时间为 14~26 s, 腘动脉的峰值通过时间为 22~46 s。可见临床下肢动脉硬化闭塞症不同分期患者的下肢血管的血液循环时间有广泛的重叠, 且个体之间差异较大。因此一期扫描时部分患者的对比剂循环速度慢于 CT 扫描速度, 导致部分动脉虽未完全闭塞或重度狭窄, 但在常规动脉期并没有显影。因此, 在一期扫描后进行二期扫描, 能够使循环较慢但并未闭塞的动脉显影, 有利于判断病变是否为完全闭塞(见附图 2)。

## 4.4. CT 值反向递减征象的意义及不足

下肢动脉闭塞性病变远端管腔内反向的对比剂填充梯度, 是由于侧支循环形成使闭塞部位远端血管先填充对比剂并显影, 然后由此向近侧反流; 另一个原因是由于 CT 的扫描方向是从头侧向足侧扫描, 闭塞部位以下血管的近侧部扫描时间早于远侧部, 最终导致完全闭塞部位远侧的 CT 值高于近侧的 CT 值, 即 CT 值反向递减征象[16]。在 CT 血管造影中采用反向衰减梯度征可以鉴别下肢动脉完全与次全闭塞[17], 完全闭塞的动脉存在 CT 值反向递减征象(见附图 3), 次全闭塞的动脉为正向递减。

完全闭塞组中有部分病例没有出现反向递减征象, 可能是阻塞部位两端直接形成桥接侧支血管, 在桥血管及阻塞部位远端血管见形成顺行血流, 像正常动脉一样正向递减。

## 4.5. 常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向梯度的意义

以 DSA 为金标准, CTA 检查将部分为重度狭窄的动脉诊断为完全闭塞, 血管狭窄程度被高估, 高估的原因可能是下肢动脉远端管腔细小, 血管壁又存在各种斑块, 对比剂进入管腔内的剂量较少不能在 CTA 上明确显示, 另一个原因是循环较慢, 扫描时对比剂并没有进入目标血管, 导致血管被诊断为完全闭塞。常规 CTA 扫描联合延迟扫描及 CT 值反向梯度能够帮助鉴别动脉完全闭塞和重度狭窄, CTA 常规扫描诊断 236 段血管为完全闭塞, 通过常规 CTA 联合延迟扫描及 CT 值反向递减征象, 识别出其中 29 段血管为重度狭窄, 并不是完全闭塞, 明显提高了 CTA 诊断完全闭塞的能力。常规 CTA 联合延迟扫描

及CT值反向递减征象, 检查时间短、费用低, 而且为无创检查, 患者接受度高, 避免了DSA检查可能导致的并发症。

## 5. 结论

1) 对下肢动脉完全闭塞诊断的特异性和诊断符合率以常规CTA联合延迟扫描和CT值反向递减征象为最高, 其次为常规CTA联合反向递减征象, 再其次为常规CTA联合延迟扫描。

2) 常规CTA联合延迟扫描和CT值反向递减征象可明显提高CTA对下肢动脉完全闭塞的诊断能力。

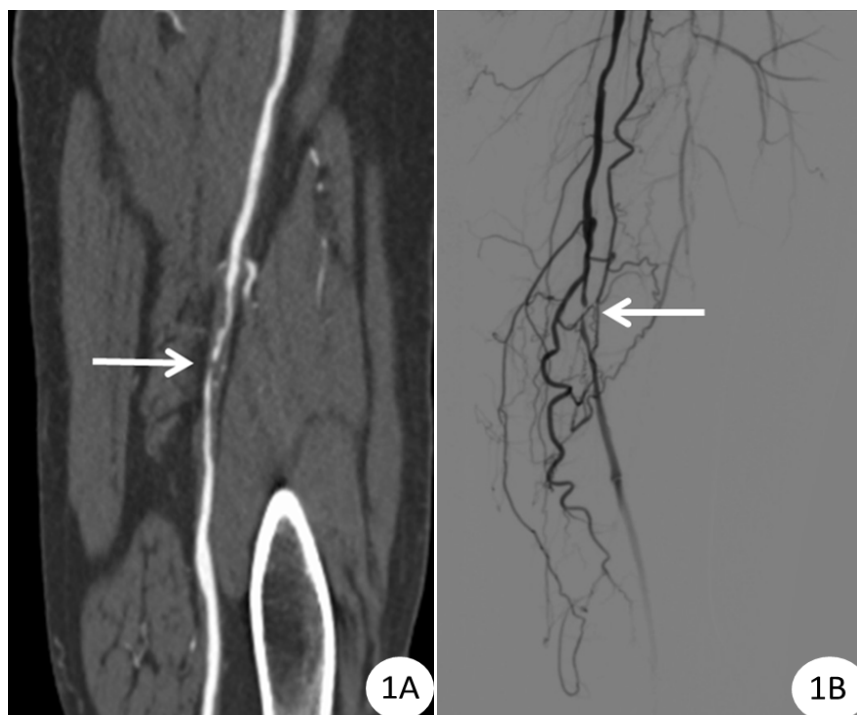
## 参考文献

- [1] Conte, M.S., Bradbury, A.W., Kolh, P., *et al.* (2019) Global Vascular Guidelines on the Management of Chronic Limb-Threatening Ischemia. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **58**, S1-S109.
- [2] Abdelbary, M.H., Mohamed, A.E. and Abdel-Hamid, A. (2018) Accuracy and Safety of CO<sub>2</sub> Digital Subtraction Angiography during Endovascular Treatment of Symptomatic Peripheral Artery Occlusive Disease. A Prospective Study on Egyptian Patients. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, **49**, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejrm.2017.08.014>
- [3] 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.
- [4] Joseph, L.Z., *et al.* (2018) LEO 8. Diabetic Foot Limb Salvage: A Series of 809 Attempts and Predictors for Endovascular Limb Salvage Failure. *Journal of Vascular Surgery*, **68**, E164. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.08.162>
- [5] 曾仲衍, 李嘉宏, 黄敏捷, 等. 血管区域概念引导下行糖尿病足介入治疗对患者创面愈合、跛行距离、踝肱指数及皮肤温度的影响[J]. 糖尿病新世界, 2021, 24(17): 190-193. <https://doi.org/10.16658/j.cnki.1672-4062.2021.17.190>
- [6] Almasri, J., Adusumalli, J., Asi, N., *et al.* (2019) A Systematic Review and Meta-Analysis of Revascularization Outcomes of Infringuinal Chronic Limb-Threatening Ischemia. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **58**, S110-S119. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2019.04.013>
- [7] Rybicki, F.J., Otero, H.J., Steigner, M.L., *et al.* (2008) Initial Evaluation of Coronary Images from 320-Detector Row Computed Tomography. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, **24**, 535-546. <https://doi.org/10.1007/s10554-008-9308-2>
- [8] Steigner, M.L., Mitsouras, D., Whitmore, A.G., *et al.* (2010) Iodinated Contrast Opacification Gradients in Normal Coronary Arteries Imaged with Prospectively ECG-Gated Single Heart Beat 320-Detector Row Computed Tomography. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, **3**, 179-186. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.854307>
- [9] Qu, T.T., *et al.* (2021) Correction to: Differentiating Total from Subtotal Arterial Occlusion in Lower Extremities by Using Reverse Attenuation Gradient Sign in CT Angiography. *European Radiology*, **32**, Article No. 1408. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08219-8>
- [10] 马英, 徐晓旭. 下肢血管彩超诊断下肢动脉硬化闭塞症的临床价值[J]. 中国保健营养, 2020, 30(12): 361.
- [11] Foldyna, B., Lo, J., Mayrhofer, T., *et al.* (2020) Individual Coronary Plaque Changes on Serial CT Angiography: Within-Patient Heterogeneity, Natural History, and Statin Effects in HIV. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, **14**, 144-148. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2019.08.011>
- [12] 杨建威, 高超. 三维对比增强磁共振血管造影诊断下肢动脉硬化闭塞症的价值[J]. 中国医学装备, 2019, 16(9): 83-86.
- [13] Hansen, K., Hansen, P., Ewertsen, C., *et al.* (2019) Vector Flow Imaging Compared with Digital Subtraction Angiography for Stenosis Assessment in the Superficial Femoral Artery—A Study of Vector Concentration, Velocity Ratio and Stenosis Degree Percentage. *Ultrasound International Open*, **5**, E53-E59. <https://doi.org/10.1055/a-0853-2002>
- [14] 蔡华琦, 傅菲, 汪洋, 等. CT血管成像分析下肢动脉硬化闭塞症患者主-髂动脉和肠系膜上动脉狭窄的相关性[J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30(7): 635-639.
- [15] Fleischmann, D. and Rubin, G.D. (2005) Quantification of Intravenously Administered Contrast Medium Transit through the Peripheral Arteries: Implications for CT Angiography. *Radiology*, **236**, 1076-1082. <https://doi.org/10.1148/radiol.2363041392>
- [16] Park, J.Y., *et al.* (2022) Assessment of Coronary Spasms with Transluminal Attenuation Gradient in Coronary Computed Tomography Angiography. *PLOS ONE*, **17**, e0271189. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271189>



- [17] Lee, J.E., Park, H.J., Lee, S.Y., *et al.* (2015) Differential Diagnosis of Chronic Total Occlusive and Subtotal Occlusive Disease of the Lower Extremity Arteries Using Reverse Attenuation Gradient Sign on CT Angiography. *AJR*, **205**, 550-555. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.14251>

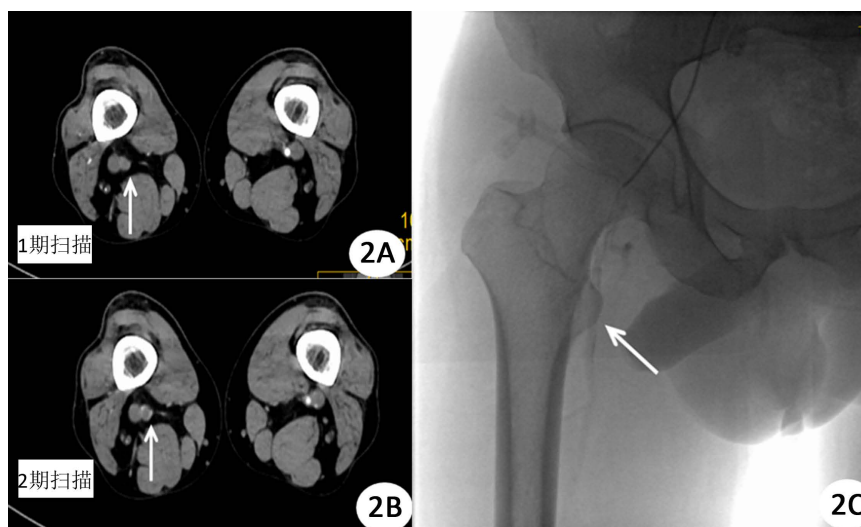
## 附录:



患者男, 54 岁, 图 A: CTA-CPR 图显示左侧股动脉局部管腔完全闭塞; 图 B: DSA 图像显示左股动脉重度狭窄, 见少量血流通, 周围见侧支循环形成。

**Figure S1.** Dual-source CTA and DSA examination case images

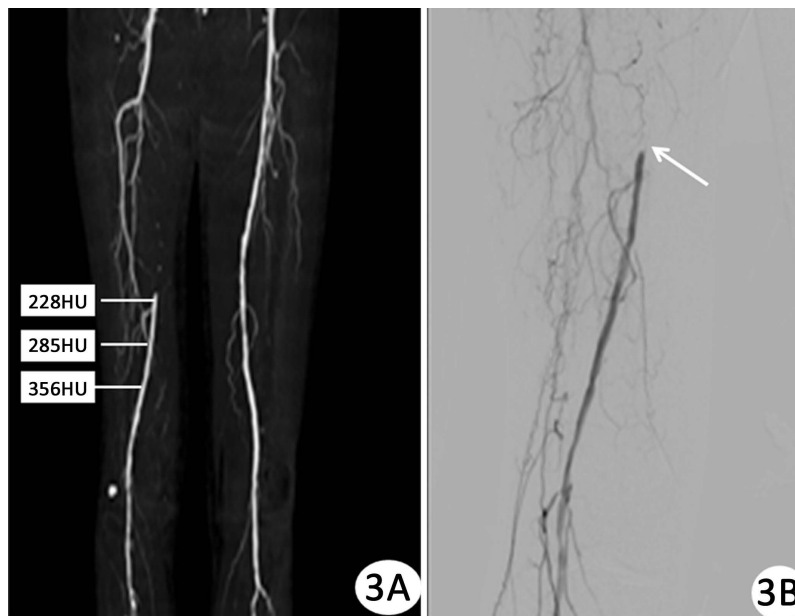
**附图 1.** 双源 CTA 与 DSA 检查病例图像



患者男, 49 岁, 图 A: CTA 图像右侧股动脉一期扫描显示为完全闭塞; 图 B: 二期扫描管腔内见对比剂影, 为重度狭窄; 图 C: DSA 图像显示右侧股动脉重度狭窄。

**Figure S2.** Dual-source CTA routine scan, delayed scan and DSA examination case images

**附图 2.** 双源 CTA 常规扫描、延迟扫描与 DSA 检查病例图像



患者男, 56 岁, 图 A: CTA-MIP 图显示右侧股动脉完全闭塞, 阻塞部位远端管腔 CT 值呈反向梯度变化, 阻塞病变周围见侧支循环形成; 图 B: DSA 证实右侧股动脉完全闭塞, 周围见大量侧支循环形成。

**Figure S3.** Dual-source CTA and DSA examination case images

**附图 3.** 双源 CTA 与 DSA 检查病例图像