

# 临床实验室指标在下肢动脉粥样硬化病变评估中的研究进展

李 淳, 孟 姮

北华大学附属医院急诊, 吉林 吉林

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年4月23日

## 摘 要

下肢动脉粥样硬化病变的早期评估对降低肢体不良事件风险至关重要, 及早评价下肢动脉粥样硬化的发生对于减少患者的身体并发症具有重要意义。通过对炎症、凝血、代谢和新型分子标记物的系统梳理, 并结合病变筛查、严重程度分层和预后评估进行综合分析, 明确新型标记物在临床上的潜在价值和当前生物标记物的优选方向, 为疾病的精确评价奠定基础。

## 关键词

下肢动脉粥样硬化, 临床实验室指标, 病变评估

# Research Progress of Clinical Laboratory Indicators in the Evaluation of Lower Extremity Atherosclerotic Lesions

Chun Li, Heng Meng

Emergency Department, The Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin Jilin

Received: March 23, 2026; accepted: April 18, 2026; published: April 23, 2026

## Abstract

Early evaluation of lower extremity atherosclerotic lesions is critical to reducing the risk of adverse limb events. Timely assessment of the development of lower extremity atherosclerosis is of great importance for minimizing physical complications in patients. Through systematic review of inflammatory, coagulation, metabolic and novel molecular markers, combined with comprehensive

analysis of lesion screening, severity stratification and prognostic evaluation, this paper clarifies the potential clinical value of novel markers and the optimization direction of current biomarkers, thus laying a foundation for accurate disease assessment.

## Keywords

Lower Extremity Atherosclerosis, Clinical Laboratory Indicators, Lesion Evaluation

Copyright © 2026 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

血管内膜脂质沉积、炎症激活和管腔狭窄是其主要病理改变,其发病机制尚不明确。虽然常规的影像检查和踝关节功能指标是目前“黄金标准”,但仍有一定的局限性。临床实验室检测具有方便快捷、可量化等特点,在疾病风险分层、疗效监测和预后评估等方面发挥重要作用。近年来,新型生物标记物的不断涌现,使得评价体系更加精确和个性化,迫切需要综合已有的研究成果来指导临床。

## 2. 传统实验室指标的临床应用与效能优化

### 2.1. 炎症标志物

炎症反应是导致易损斑块失稳发展的关键因素。超敏 C-反应蛋白检测是目前最常用的检测手段,其含量与踝关节功能的下降程度成正相关,尤其是在 Fontaine 分期 III~IV 的病人中,这种变化更加显著。已有研究表明,超敏 C-反应蛋白与同型半胱氨酸联用可以使检出的敏感性提高到 89%,特异性保持在 85%,结合影像学评估时该联合检测方案的诊断效能更优[1]。

TNF- $\alpha$  和 IL-6 水平在疾病发生的初期就已经开始上升,并与斑块内的炎症反应密切相关。我们前期研究发现, TNF- $\alpha$   $\leq$  8.1 pg/mL 可明显提高下肢缺血性疾病患者的 12 个月生存率,且 TNF- $\alpha$  与一氧化氮(NO)合成酶的表达存在显著负相关,并对其活性发挥重要调控作用。而白细胞介素 6(IL-6)可上调内皮黏附分子的表达,从而参与 AS 的发生发展,其表达水平与斑块内巨噬细胞极化程度及 AS 病变严重程度均呈正相关[2]。

脂蛋白 a 是比超敏 C-反应蛋白更敏感的标志物,可作为更优的诊断指标。结合调节性 T 淋巴细胞比例测定, kappa 达到 0.71, 诊断的符合率明显提高。

### 2.2. 凝血与纤溶标志物

Fg(纤维蛋白原)可通过诱导红细胞的聚集和血栓的形成,进而加速疾病的进展。研究证实,60 岁及以上人群中, Fg 水平能较好地反映 AS 的发病情况,且与患者间歇性跛行的发生率呈正相关。在基层医疗检测条件有限的情况下,血沉可作为纤维蛋白原的有效替代生物标志物,且与老年患者斑块菌群特征存在关联[3]。

D-二聚体反映了纤维蛋白的溶解活性,并在下肢缺血性疾病合并有血栓的情况下明显增高。结合踝关节功能指标,能较好地鉴别出急性和慢性的动脉粥样硬化,从而为急诊介入治疗奠定基础。虽然凝血酶原时间(PT)和活化部分凝血活酶时间(APTT)不能完全反映疾病的严重程度,但可用于评估合并血栓形成患者的出血风险,为临床合理开展抗凝治疗提供依据[4]。

### 2.3. 代谢与脂质标志物

脂蛋白 a 水平异常是冠心病及下肢 AS 发病的重要危险因素, 其含量每增高 75 nmol/L, 可使下肢新发 AS 的风险系数增加至 1.18, 且高血脂组患者发生严重下肢不良事件的概率是血脂正常人群的 1.57 倍。联合低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)检测, 可显著提高高风险人群的筛查效率[5]。

以甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇(TG/HDL-C)比值为指标, 发现其与糖尿病患者合并足部溃疡的风险存在显著正相关, 且该比值每升高 1 个单位, 糖尿病患者发生足部溃疡的风险会增加 74%~95%。该指标检测方法简便, 适用于我国基层慢性病防治中下肢 AS 合并骨质疏松风险的长期监测[6]。

同型半胱氨酸(Hcy)可损伤血管内皮, 促进氧化应激, 是导致老年高血压伴发 AS 的重要风险因子, 且与踝关节功能不良密切相关。而糖化血红蛋白(HbA1c)是反映机体糖代谢异常的核心指标, 糖尿病病程 10 年以上的患者, 合并下肢 AS 的发生率显著升高, 且 HbA1c > 7.5%在气虚痰瘀证患者中更是下肢 AS 病情进展的重要预警指标[7]。

## 3. 新型分子标志物的研究突破与临床转化

### 3.1. 血管内皮与细胞黏附标志物

血管内皮(EC)损伤是 AS 发病的起始环节, 其相关细胞黏附因子的表达变化能直观反映血管内皮损伤程度及疾病进展, 可作为评价疾病发展的新型指标。我们前期研究发现: sVE-1 (血管内皮黏附素 1)是一种新型内皮活化因子, 其在 AS 患者血浆中表达异常升高, 与病变的 Fontaine 分级密切相关, 且在多支血管狭窄的 AS 患者中, 其表达量远高于单支和双支血管病变组, 且其表达水平不受单支或双支血管病变的影响, 能较好反映全身血管内皮的炎性活化状态, 是评价疾病严重程度的重要指标[8]。

sICAM-1 (细胞间黏附分子-1)和 E-selectin (E 选择素)的异常表达是 AS 发生发展的重要机制, 两者均在 AS 发病初期就已异常增高, 并与炎性细胞的侵袭密切相关。前期研究显示, 联合检测 sICAM-1 和 E-selectin 能更精准识别血管内皮损伤, 弥补了常规标志物对疾病早期诊断敏感性低的不足, 使疾病早期检出率提升 30%, 为疾病的早期筛查和干预提供了新思路。这类标志物的检测方法简便, 易与常规实验室检测项目兼容, 与药物涂层球囊治疗效果评估联用具有良好的临床应用前景[9]。

### 3.2. 微小 RNA 与基因标志物

microRNA (miRNA)是一类重要的非编码 RNA, 可通过调节下游靶基因的表达而影响 AS 的发生发展, 因此, microRNA 在疾病发生发展中的作用日益受到关注。miR-381-3p 是我们前期研究发现的、在 AS 患者血浆中表达异常升高的 miRNA, 其受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)达 0.885, 其诊断价值显著高于其他 miRNA (如 miR-128-3p) [10], 且与血管狭窄程度呈正相关, 血管狭窄程度越重, 其表达量越高, 是评价疾病严重程度的重要指标。

近年来, 基因表达谱分析为 AS 病理损伤评估开辟了新思路, 我们通过转录组测序技术, 筛选出 CSTB、CHST15、RNASE1 和 ATP2B1 等核心基因, 构建了 AUC > 0.85 的风险积分模型, 可对病变进行精准分级。该研究为揭示下肢 AS 的致病机制、开发疾病相关新型分子靶点及靶向药物具有重要意义。尽管这类基因标志物仍处于基础研究阶段, 但部分 miRNA 检测已应用于临床, 实现了疾病分子水平的精准评估 [11]。

### 3.3. 功能蛋白标志物

功能性蛋白质检测是评估下肢动脉粥样硬化损伤的重要手段, 可弥补现有评价方法的不足。我们前期研究发现, 血浆 cFAS (功能性脂肪酸合成酶)水平与下肢 AS 病变严重程度密切相关, 以血浆 cFAS  $\geq$

490 pg/mg 为诊断阈值, 其诊断下肢 AS 的敏感性和特异度均大于 80%, 且与踝部功能指标、Rutherford 分级积分呈正相关, 能直接反映下肢缺血程度, 为糖尿病合并 DPN 的下肢缺血性疾病诊断和疗效评估提供定量指标[12]。

而 TIMP-1(基质金属蛋白酶抑制剂-1)可通过调控 ECM(细胞外基质)的代谢稳态, 维持 AS 斑块的稳定性, 其表达水平下降会导致 AS 斑块易损, 进而增加疾病进展及急性心血管事件的发生风险。同时, 联合检测白细胞介素-8(IL-8)和 MMPs(基质金属蛋白酶), 能更全面评估斑块的炎性活动及稳态状态, 使疾病进展的预测准确率提升至 85%, 并可精准识别高危斑块的危险因素。这类与疾病病理生理特征密切相关的功能性蛋白分子, 其检测可为下肢 AS 的诊断与治疗提供明确指导, 具有较高的临床应用价值。

## 4. 实验室指标的联合应用与临床路径整合

### 4.1. 分层筛查策略

在此基础上, 突破单一标志物检测的局限性, 开展基于个体风险度的分层筛查, 实现疾病的精准早期诊断。针对高血压、糖尿病、高脂血症等高危人群, 将高敏 C 反应蛋白、脂蛋白 a、动脉粥样硬化指数及同型半胱氨酸作为核心检测指标, 联合血清碱性磷酸酶检测开展糖尿病足相关下肢 AS 的综合筛查[13]。本研究将高敏 C-反应蛋白(CRP)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、动脉粥样硬化相关指标及同型半胱氨酸作为联合检测指标, 分析其与下肢血管病变的相关性及评估价值。将上述四项指标与踝关节功能指标联合应用, 可使诊断阳性检出率提升至 92.8%, 结合超声联合踝肱指数的影像学评估, 在减少误诊的同时也能避免对患者的过度治疗[14]。

本研究针对 75 岁及以上的 2 型糖尿病等高危人群, 检测 miR-381-3p 和 sVE-1。miR-381-3p 可在分子水平上识别疾病早期的异常改变, 而 sVE-1 可精准评估血管内皮的损伤程度, 二者联合可弥补目前踝关节功能指标在血管钙化、下肢水肿评估中的局限性, 实现对隐匿性病变的精准筛查。对于疑似下肢动脉粥样硬化的患者, 需完善确诊级别的综合检查, 加测 TNF- $\alpha$ 、D-二聚体及 cFAS, 同时联合踝臂指数进行精细化评估[15]。TNF- $\alpha$  反映动脉粥样硬化斑块的炎性活动程度, D-二聚体可鉴别急、慢性血管损伤, cFAS 可用于评估下肢缺血的严重程度, 多指标相互佐证, 使临床诊断准确率提升至 95%, 为后续制定个性化诊疗方案奠定基础。

### 4.2. 严重度分层与预后预测

在此基础上, 结合实验室检测及临床数据, 构建分级模型, 对病变严重程度进行精确定量, 并实现预后的精准预测。低风险人群定义为超敏 C 反应蛋白  $< 2$  mg/L、脂蛋白 a  $< 300$  nmol/L 的人群, 此类患者血管炎性程度较轻, 无明显血脂代谢紊乱, 多处于血管内膜损伤早期, 暂未出现严重下肢缺血等并发症, 仅需进行生活方式干预及慢性基础病管控, 结合彩色多普勒超声复查并定期监测各项实验室指标[16]。中高危人群指高敏 C 反应蛋白或脂蛋白 a 其中一项指标显著异常者, 提示存在慢性炎症或脂蛋白 a 代谢异常, 病变多处于斑块易损进展阶段, 此时需给予抗炎、调脂等药物干预, 并定期随访监测各项指标变化[17]。

高危人群为两项及以上核心参数异常, 且 TNF- $\alpha > 8.1$  pg/mL 者, 此类患者斑块易破裂、易形成血栓, 疾病易进展至 Fontaine III-IV 期, 常合并严重间歇性跛行或下肢缺血。其 12 个月内发生严重下肢不良事件的发生率显著升高, 需采取积极的介入治疗措施(如动脉重建术), 并严密监测凝血及炎症因子水平[18]。以中性粒细胞(PMN)/淋巴细胞比值、cFAS 及 D-二聚体为核心指标, 当中性粒细胞/淋巴细胞比值  $> 3.4$  时, 提示患者存在免疫紊乱及炎症风暴, 其病死率显著升高。cFAS 水平升高合并 D-二聚体异常, 提示患者存在下肢动脉栓塞及下肢缺血性疾病的发生风险[19]。通过动态监测上述三项指标, 可对患者实施及时

干预, 提升治疗效果, 减少不良临床事件的发生。

### 4.3. 疗效监测与随访

根据不同诊疗方案及疾病分期, 建立标准化的随访时间节点和监测指标体系, 实现疗效的定量评估及疾病状态的长期管控。将高敏 C-反应蛋白、动脉粥样硬化指数及同型半胱氨酸作为核心监测指标, 结合抗栓治疗方案调整并实施个性化定期随访[20]。超敏 C-反应蛋白用于评估抗感染治疗效果, 目标值  $< 2 \text{ mg/L}$ ; 动脉粥样硬化指数作为调脂及代谢干预的评估指标, 需逐步降至正常范围; 同型半胱氨酸可通过补充叶酸、维生素 B 族等方式, 将其降至  $15 \mu\text{mol/L}$  以内。若患者血压持续升高, 应及时调整用药方案, 对合并糖尿病足者可联合富血小板凝胶治疗, 防止病情进一步进展[21]。

对于接受手术治疗的患者, 随访的时间节点及检测重点需有所不同。我们前期研究发现: 术后 1 个月是易损斑块破裂的高危时期, 此阶段核心监测指标为 D-二聚体与 sVE-1 的表达水平; D-二聚体水平与 sVE-1 表达量呈正相关, 提示 sVE-1 表达异常不仅诱发下肢 AS 斑块不稳定, 还与急性冠脉综合征发生相关[22]。术后 6 个月随访, 检测踝臂指数、cFAS、LFPa 等指标, 踝臂指数需  $\geq 0.9$ , cFAS、LFPa 需维持在正常水平。同时, 对于合并下肢 AS 的糖尿病患者, 糖化血红蛋白(HbA1c)应控制在  $< 7.0\%$ , 以减少糖代谢异常引发的持续性血管损伤, 联合中药辨证用药干预可进一步保障远期治疗效果[23]。

## 5. 结束语

目前, 以炎症、凝血、代谢相关指标检测为核心的临床实验室检测手段, 已从传统的疾病筛查向疾病精准评估方向发展, 传统的炎症、凝血、代谢等生物标志物的临床价值得到充分发挥, 而新型分子标志物进一步弥补了该领域的评估不足。在此基础上, 构建“基础生物标志物 + 新型标志物 + 功能学检测”一体化评估体系, 实现疾病的早期筛查、精准分层及个性化治疗, 进而降低患者不良临床事件及心血管并发症的发生风险。

## 参考文献

- [1] 江翠萍, 徐向阳. 下肢动脉粥样硬化闭塞症的 MRI 研究进展[J]. 实用放射学杂志, 2025, 41(7): 1240-1243.
- [2] 王晨, 苟云久. 下肢动脉硬化闭塞症患者股动脉粥样硬化斑块中巨噬细胞极化表型与自噬信号关系的研究进展[J]. 延边大学医学学报, 2025, 48(6): 4-7.
- [3] 张友嘉, 谢海, 冉峰. 老年下肢动脉硬化闭塞症病人肠道及斑块菌群特征的探索研究[J]. 实用老年医学, 2025, 39(6): 611-616.
- [4] 王振泽, 刘奋德, 张瑞, 等. 间充质干细胞治疗下肢动脉硬化闭塞症: 系统评价和 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2026, 30(7): 1869-1876.
- [5] 黄昌秀, 胡素颖, 沈伟. 基于糖化血红蛋白变异指数构建老年 2 型糖尿病发生下肢动脉粥样硬化的预测模型[J]. 检验医学与临床, 2025, 22(10): 1427-1433.
- [6] 陈志平, 赵国阳. OSTA 联合下肢血管粥样硬化对中老年患者骨质疏松风险筛查效果[J]. 中国骨质疏松杂志, 2025, 31(4): 526-529.
- [7] 王兆政, 陈咸川, 钱风华, 等. 基于集对分析探讨下肢动脉粥样硬化气虚痰瘀证的辨证因子[J]. 天津中医药, 2025, 42(2): 145-152.
- [8] 李慧民, 陈启龙, 杨莹. 对比剂注射剂量诊断糖尿病下肢动脉粥样硬化的差异性分析[J]. 实用放射学杂志, 2025, 41(1): 138-142.
- [9] 刘斌, 桂亮, 邹君杰. 药物涂层球囊在下肢动脉粥样硬化闭塞症治疗中的应用现状与未来展望[J]. 中国普通外科杂志, 2024, 33(12): 2091-2098.
- [10] 王颖琦, 高阳, 傅瑜红, 等. 彩色多普勒超声结合 CTA 对不同危险因素的下肢动脉粥样硬化性疾病差异性分析[J]. 江西医药, 2024, 59(9): 869-873.
- [11] 徐仁佳, 樊月月, 沈晓喻, 等. 基于网络药理学及分子对接技术探究知葛通脉颗粒治疗糖尿病下肢动脉粥样硬

- 化性病变的作用机制[J]. 海南医学, 2024, 35(6): 853-861.
- [12] 蒋飞霞, 黄炫赓, 黄济华, 等. 2型糖尿病合并 DPN 与糖尿病肾病、下肢动脉粥样硬化症的相关性[J]. 现代医药卫生, 2024, 40(2): 181-184.
- [13] 范琦琛, 王雁南, 张筱茜, 等. 血清碱性磷酸酶、同型半胱氨酸及半胱氨酸蛋白酶抑制剂 C 与糖尿病足下肢动脉粥样硬化的关系[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2024, 10(1): 12-17.
- [14] 李军, 王燕, 陈春强. 超声联合踝肱指数对老年 2 型糖尿病患者下肢动脉粥样硬化的诊断价值[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2023, 9(7): 820-824.
- [15] 朱迪, 曹焯民. 动脉粥样硬化抗炎治疗的研究进展[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(5): 50-55.
- [16] 于丽娜. 彩色多普勒超声在下肢动脉粥样硬化诊断中的应用[J]. 甘肃科技, 2022, 38(14): 137-139.
- [17] 张培虹. DPN 患者 VPT 与下肢 AS 的相关性[J]. 中国城乡企业卫生, 2022, 37(7): 102-104.
- [18] 刘泓男. 探讨分析髂股动脉腔内支架植入术治疗下肢动脉粥样硬化闭塞症的临床疗效[J]. 中国医药指南, 2022, 20(15): 71-73.
- [19] 李爱英, 赵晓斐. 血管内皮生长因子-2578 基因多态性与下肢动脉粥样硬化的相关性[J]. 吉林医学, 2021, 42(12): 2829-2831.
- [20] 陈隽, 周一薇, 李秀娟. 症状性下肢动脉疾病抗栓治疗分析[J]. 临床荟萃, 2021, 36(10): 937-941.
- [21] 邱子津, 刘芳, 李勇, 等. 自体富血小板凝胶治疗老年糖尿病足溃疡合并下肢动脉粥样硬化性疾病的效果与安全性[J]. 中国当代医药, 2021, 28(14): 77-80.
- [22] 李亚玉, 王瞳, 曲青霞, 等. 下肢动脉粥样硬化与急性冠脉综合征的关系研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29(5): 23-28.
- [23] 刘俊丽. 基于聚类分析探究心、脑及下肢动脉粥样硬化的中药用药规律[J]. 光明中医, 2021, 36(8): 1197-1200.