

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.21.006  
文章编号: 1005-8982 (2025) 21-0036-05

综述

## 勃起功能障碍与动脉粥样硬化指标的关系研究进展\*

郭兰戈, 李凯, 姚礼忠, 李九智, 南玉奎

(新疆维吾尔自治区人民医院 泌尿中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

**摘要:** 勃起功能障碍是男性健康领域的重要临床问题,其病理生理机制与血管内皮功能密切相关。近年研究表明,勃起功能障碍不仅是男性性功能障碍的表现,更是全身血管系统病变的早期生物学标志。动脉粥样硬化作为心血管疾病的核心病理基础,其相关评估指标与勃起功能障碍的发生、发展存在显著关联。该研究重点关注4项具有临床价值的动脉粥样硬化指标:血浆致动脉硬化指数、动脉粥样硬化指数、Castelli风险指数-1及Castelli风险指数-2。上述指标通过评估脂质代谢异常和血管内皮功能障碍,能够客观反映动脉粥样硬化的进展程度,有助于建立心血管疾病的早期预警体系,更能为勃起功能障碍的预防和干预提供新的临床思路。

**关键词:** 勃起功能障碍; 血浆致动脉硬化指数; 动脉粥样硬化指数; Castelli风险指数-1; Castelli风险指数-2

**中图分类号:** R698.1

**文献标识码:** A

## Advances in the relationship between erectile dysfunction and atherogenic indexes\*

Guo Lan-ge, Li Kai, Yao Li-zhong, Li Jiu-zhi, Nan Yu-kui

(Department of Urology, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang 830001, China)

**Abstract:** Erectile dysfunction (ED) is a significant clinical issue in the field of male health, with its pathophysiological mechanisms closely linked to vascular endothelial function. Recent studies have shown that ED is not only a manifestation of male sexual dysfunction but also an early biomarker of systemic vascular disease. Atherosclerosis, as the core pathological basis of cardiovascular disease, is significantly associated between its related evaluation indices and the development of ED. This study focuses on four clinically relevant atherosclerotic indices: the atherogenic index of plasma, atherogenic coefficient, Castelli's risk index-1, and Castelli's risk index-2. These composite indices objectively reflect the progression of atherosclerosis by assessing lipid metabolism disorders and vascular endothelial dysfunction, thereby contributing to the establishment of an early warning system for cardiovascular diseases. Furthermore, they provide novel clinical insights for the prevention and intervention of ED.

**Keywords:** erectile dysfunction; atherogenic index of plasma; atherogenic coefficient; Castelli's risk index-1; Castelli's risk index-2

收稿日期: 2025-05-25

\* 基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金(No:2022D01C613)

[通信作者] 南玉奎, E-mail: nanyukui@163.com; Tel: 13579959278

勃起功能障碍是指男性无法维持或获得足够的阴茎勃起以完成满意的性生活,这一病症严重影响了患者的生活质量和心理健康。勃起功能障碍的病理生理机制较为复杂,通常由多种因素共同作用所致,其中血管源性勃起功能障碍最为常见<sup>[1]</sup>。勃起功能障碍在与内皮功能障碍和血管损伤相关的疾病中更为常见,例如高血压、高脂血症和糖尿病<sup>[2]</sup>。动脉粥样硬化首先影响小直径血管,减少了一氧化氮 NO 的合成和利用,从而引起内皮功能障碍并破坏血管的完整性<sup>[3]</sup>。因此,高水平的低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、总胆固醇 (total cholesterol, TC) 和甘油三酯 (Triglyceride, TG) 被认为是预测心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 风险的有用指标,这些生物标志物也被临床医生用于预测勃起功能障碍。此外,CVD 和勃起功能障碍具有共同的病理生理机制,冠状动脉疾病、外周动脉疾病及脑血管疾病患者的勃起功能障碍发生率显著高于健康人群<sup>[4-6]</sup>。在 CVD 发生之前尽早识别风险至关重要,尤其是对于那些出现勃起功能障碍症状但尚未表现出全身性疾病和心血管事件的患者<sup>[7]</sup>。勃起功能障碍症状的出现通常早于冠状动脉疾病症状显现及心血管事件发生 2~3 年<sup>[8]</sup>。在这期间通过及时识别和干预,可能延缓或阻止心血管疾病的发展<sup>[9]</sup>。

近年来,基于个体血浆脂质水平的比率,如血浆致动脉硬化指数 (atherogenic index of plasma, AIP)、动脉粥样硬化指数 (atherosclerosis index, AI)、Castelli 风险指数-1 (Castelli risk indexes 1, CRI-1) 及 Castelli 风险指数-2 (Castelli risk indexes 2, CRI-2) 被证明是比传统血脂测量更可靠的心血管事件预测指标<sup>[10]</sup>。既往研究证实,这些动脉粥样硬化指标同样可以作为勃起功能障碍的预测指标。

## 1 动脉粥样硬化指标与勃起功能障碍的关系

基于血脂参数构建的复合指标 (AIP、AI、CRI-1 和 CRI-2),通过量化 TG、LDL-C 及高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C) 间的交互作用,能够更敏感地识别脂质代谢紊乱对血管内皮的损伤,从而为动脉粥样硬化进展及

心血管事件的精准预测提供有力支持。勃起功能障碍作为 CVD 的早期预警信号,其出现往往早于 CVD 的临床症状。THOMPSON 等<sup>[11]</sup>研究涉及 9 457 例接受安慰剂治疗的男性,其中 8 063 例 (85.2%) 在研究开始时未患心血管疾病。在这 8 063 例中,有 3 816 例 (47.3%) 已经出现勃起功能障碍。此外,在研究开始时未患勃起功能障碍的 4 247 例男性中,有 2 420 例 (56.9%) 在 5 年随访期间新发勃起功能障碍。这一现象可通过“动脉尺寸假说”得到合理解释:动脉粥样硬化是一种全身性疾病,所有主要血管的受累程度应大致相同。然而,由于阴茎动脉的直径 (1~2 mm) 小于冠状动脉的直径 (3~4 mm),使其更容易受到动脉粥样硬化斑块负荷和管腔狭窄的影响,勃起功能障碍症状往往早于 CVD 临床症状出现<sup>[12]</sup> (见图 1)。由于勃起功能障碍与动脉粥样硬化具有相似的病理生理机制,这些指标在勃起功能障碍的预测和早期诊断中发挥着关键作用。

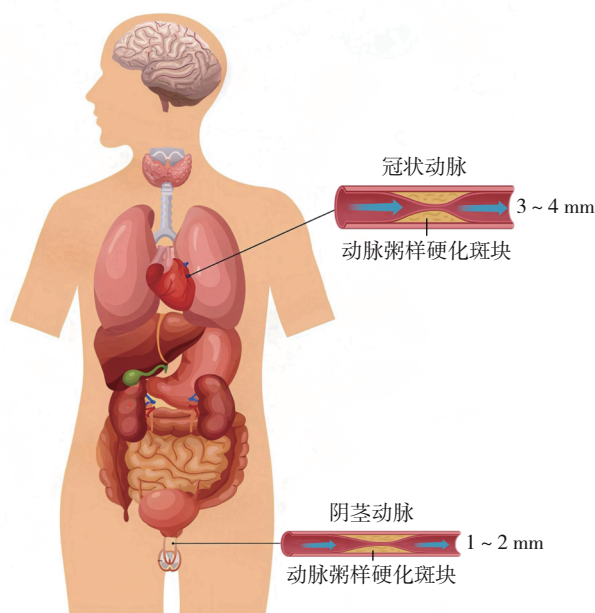


图1 动脉尺寸假说

### 1.1 AIP

AIP 被视为动脉粥样硬化的一个关键指标,通过计算血浆 LDL-C 与 HDL-C 比率的对数得出。AIP 与 HDL “胆固醇酯化比” (fractional cholesterol esterification, FGE)、脂蛋白粒径大小密切相关<sup>[13]</sup>。FGE 反映了 HDL 在成熟过程中,由卵磷脂胆固醇

酰基转移酶催化游离胆固醇转化为胆固醇酯的能力。此外,脂蛋白颗粒的粒径分布会显著影响其代谢特性及心血管疾病风险<sup>[14]</sup>。AIP 已被美国国家胆固醇教育计划专家建议作为血浆样硬化的标志物<sup>[15]</sup>。AIP 在预测勃起功能障碍风险同样具有重要的临床意义。GUO 等<sup>[16]</sup>开展的一项 1 806 例受试者的横断面研究显示,AIP 升高与勃起功能障碍患病率呈正相关,研究结果显示,AIP 每增加 1 个单位,勃起功能障碍发病风险显著提升 65% $[\hat{OR} = 1.65 (95\% \text{ CI}: 1.03, 2.64), P < 0.05]$ 。ERMIS 等<sup>[17]</sup>对勃起功能障碍患者的 AIP 进行评估,发现轻度与重度勃起功能障碍患者之间的 AIP 有差异。SAMBEL 等<sup>[18]</sup>研究显示,AIP 与国际勃起功能指数评分呈负相关。当 AIP  $> 0.232$  时,与较高勃起功能障碍风险相关。CULHA 等<sup>[19]</sup>对 253 例血管源性勃起功能障碍患者的分析显示,重度勃起功能障碍组的 AIP ( $0.617 \pm 0.283$ ) 显著高于轻中度组的 AIP ( $0.489 \pm 0.315$ ) ( $P < 0.05$ ),结果表明 AIP 不仅可以作为动脉粥样硬化风险的标志物,还可以作为评估勃起功能障碍风险的重要指标。

## 1.2 AI

AI 被认为是评估动脉粥样硬化状况的关键指标之一。其计算方法为非 HDL-C 除以 HDL-C。其中,非 HDL-C 是通过 TC 减去 HDL-C 计算得出的,能够全面估计除 HDL-C 之外的所有胆固醇成分,包括极低密度脂蛋白 (very low-density lipoprotein, VLDL)、LDL-C 及脂蛋白(a)等。较高的 AC 比值通常意味着非 HDL-C 水平较高或 HDL-C 水平较低,与心血管疾病、代谢性疾病及勃起功能障碍的发生风险密切相关,其在不同人群中对疾病风险的预测价值已得到多项研究证实。先前研究表明,AI 是预测冠心病、非酒精性脂肪性肝病、代谢综合征及胰岛素抵抗风险的重要指标<sup>[20-22]</sup>。在 LIU 等<sup>[23]</sup>研究报道,动脉粥样硬化性勃起功能障碍患者与健康人群相比较,TG、HDL-C、非 HDL-C 存在差异 ( $P < 0.05$ )。同样,在另一项研究当中也显示,动脉源性勃起功能障碍组与健康组之间非 HDL-C 存在差异 $[\hat{OR} = 0.469 (95\% \text{ CI}: 0.267, 0.826), P = 0.009]$ 。然而目前多数研究未发现 AI 与勃起功能障碍之间存在统计学关联,CULHA 等<sup>[19]</sup>纳入 253 例血管源性勃起功能障碍患者进行研究,结果显示,重度勃起

功能障碍患者的 AI 值 ( $4.11 \pm 1.57$ ) 虽然高于中等勃起功能障碍患者的 AI 值 ( $3.51 \pm 1.49$ ),但两者比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。仅 SAMBEL 等<sup>[18]</sup>研究显示,勃起功能障碍组的 AI 值 ( $4.1 \pm 1.4$ ) 显著高于健康对照组的 AI 值 ( $4.1 \pm 1.4$ ) ( $P < 0.05$ )。AI 作为动脉粥样硬化的综合评估指标,在心血管及代谢性疾病中具有明确的预测价值,但其与勃起功能障碍的关联仍需更大样本研究进一步验证。

## 1.3 CRI-1 和 CRI-2

CRI-1 和 CRI-2 被认为是评估动脉粥样硬化与勃起功能障碍之间联系的关键指标。CRI-1 是通过 TC 与 HDL-C 之比计算得出,而 CRI-2 则是基于 LDL-C 与 HDL-C 的比值计算得出。CRI-1 能够反映脂蛋白颗粒数量、大小与胆固醇含量的不一致,从而更精准地评估血脂异常对心血管系统的潜在影响<sup>[24]</sup>。血浆中约 2/3 的胆固醇由 LDL-C 携带,因此除高甘油三酯血症患者外,CRI-2 对普通高脂血症患者的预测价值高于 TG/HDL-C 比值。高水平 TC 或低水平 HDL-C 可能引起动脉粥样硬化从而导致勃起功能障碍<sup>[25]</sup>。CRI-1、LDL-C、TG 及 TC 均被证实是 CVD 的独立危险因素<sup>[26]</sup>。此外,CRI-1 和 CRI-2 被认为是识别心血管相关临床风险的重要工具,较低的 CRI-1、CRI-2 与 CVD 风险增加显著相关<sup>[27]</sup>。LI 等<sup>[28]</sup>纳入 320 例参与者的队列研究显示,LDL/HDL 和 HDL-C 可能是预测和诊断动脉源性勃起功能障碍的有力指标。在 MINER 等<sup>[29]</sup>研究中,勃起功能障碍患者接受他汀类药物治疗的效果与 CRI-1 密切相关。当 CRI-1  $\geq 3.5$  时,他汀类药物治疗能够显著延长患者的勃起持续时间。KE 等<sup>[30]</sup>研究显示,CRI-2 被证实是勃起功能障碍发生率和严重程度的危险因素 ( $P < 0.05$ )。与健康对照组相比,勃起功能障碍组的 LDL-C、TG、CRI-1、CRI-2 及 TG/HDL-C 水平显著升高 ( $P < 0.05$ ),HDL-C 水平则显著降低 ( $P < 0.05$ )。CRI-1、CRI-2 在评估动脉粥样硬化与勃起功能障碍的关联及预测心血管事件中具有重要作用,并可作为指导临床治疗和评估勃起功能障碍严重程度的重要工具。

## 2 动脉粥样硬化指标研究的局限性与展望

目前研究尚未明确勃起功能障碍与动脉粥样硬化相关指标间的因果关系,勃起功能障碍可能



仅是心血管疾病的伴随表现。尽管动脉粥样硬化是血管源性勃起功能障碍的重要机制,但勃起功能障碍的发生并不仅受血管因素影响。未来研究应进一步探讨 AIP、AC、CRI-1 和 CRI-2 与勃起功能障碍之间的因果关联。此外,结合更全面的血管功能评估参数,如阴茎动脉收缩期峰值流速、舒张末期流速及阻力指数,将有助于更深入理解这些指标在勃起功能障碍病理机制中的作用。

### 3 结论

勃起功能障碍与动脉粥样硬化相关指标 AIP、AC、CRI-1 和 CRI-2 之间存在一定关联,其中, AIP 显示出了作为勃起功能障碍辅助诊断指标的重要潜在价值。深入探讨这些指标在勃起功能障碍中的应用不仅有助于提高勃起功能障碍的诊断准确性,还可能为心血管疾病的早期识别和管理提供重要参考。未来研究应进一步评估相关指标在临床实践中的应用价值,并结合更全面的血管功能评估手段,以优化勃起功能障碍的诊断策略和干预措施,从而实现更有效的疾病预防和治疗。

### 参 考 文 献 :

- [1] 孙国海, 汪珣, 韩友峰, 等. 2 568 例勃起功能障碍患者阴茎海绵体动脉血流分析[J]. 中华男科学杂志, 2023, 29(5): 436-440.
- [2] 曹宇艳, 张青, 刘娟, 等. 血清戊糖素对糖尿病勃起功能障碍的诊断效能研究[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(11): 75-80.
- [3] 管延杰, 王勇, 赵福军, 等. 阴茎海绵体平滑肌细胞在勃起功能障碍中关键作用的研究进展[J]. 临床泌尿外科杂志, 2024, 39(7): 632-635.
- [4] AHMED MEMON S, ADIL M, RAJA KHAN F, et al. Association between erectile dysfunction, cardiovascular risk factors, and coronary artery disease: role of exercise stress testing and International Index of Erectile Function (IIEF-5) questionnaire[J]. Int J Cardiol Heart Vasc, 2022, 40: 101033.
- [5] DEVRIES J J, ZINMER K L, WALSH M E. Coexistence of vasculogenic erectile dysfunction and peripheral artery disease[J]. J Vasc Nurs, 2020, 38(3): 160-162.
- [6] DAI H H, WANG J S, ZHAO Q, et al. Erectile dysfunction and associated risk factors in male patients with ischemic stroke: a cross-sectional study[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(1): e18583.
- [7] GAZZARUSO C, SOLERTE S B, PUJIA A, et al. Erectile dysfunction as a predictor of cardiovascular events and death in diabetic patients with angiographically proven asymptomatic coronary artery disease: a potential protective role for statins and 5-phosphodiesterase inhibitors[J]. J Am Coll Cardiol, 2008, 51(21): 2040-2044.
- [8] JACKSON G, BOON N, EARDLEY I, et al. Erectile dysfunction and coronary artery disease prediction: evidence-based guidance and consensus[J]. Int J Clin Pract, 2010, 64(7): 848-857.
- [9] 张迷磊, 戴霞, 杨琼, 等. 血脂波动性与心血管疾病的研究进展[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(1): 65-71.
- [10] FERNÁNDEZ-MACÍAS J C, OCHOA-MARTÍNEZ A C, VARELA-SILVA J A, et al. Atherogenic index of plasma: novel predictive biomarker for cardiovascular illnesses[J]. Arch Med Res, 2019, 50(5): 285-294.
- [11] THOMPSON I M, TANGEN C M, GOODMAN P J, et al. Erectile dysfunction and subsequent cardiovascular disease[J]. JAMA, 2005, 294(23): 2996-3002.
- [12] MONTORSI P, RAVAGNANI P M, GALLI S, et al. Common grounds for erectile dysfunction and coronary artery disease[J]. Curr Opin Urol, 2004, 14(6): 361-365.
- [13] DOBIÁSOVÁ M, FROHLICH J. The plasma parameter log (TG/HDL-C) as an atherogenic index: correlation with lipoprotein particle size and esterification rate in apoB-lipoprotein-depleted plasma (FER(HDL))[J]. Clin Biochem, 2001, 34(7): 583-588.
- [14] 许娜娜, 许恒, 陈宗锐, 等. 加味柴胡桂枝汤联合康复运动对冠心病 PCI 术后患者小而密低密度脂蛋白、脂蛋白 a 水平和疾病获益感的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(19): 8-13.
- [15] CHUN D W, LEE Y J, LEE J H, et al. Longitudinal trajectories of atherogenic index of plasma and risks of cardiovascular diseases: results from the Korean genome and epidemiology study[J]. Thromb J, 2023, 21(1): 99.
- [16] GUO L G, NAN Y K, YAO L Z. Association between atherogenic indexes and erectile dysfunction: a cross-sectional analysis of the national health and nutrition examination survey 2001-2004[J]. Int Urol Nephrol, 2024, 56(9): 2877-2885.
- [17] ERMIS E, OZBAY OZYILMAZ S, SALABAS E, et al. The relationship between erectile dysfunction and the atherogenic index of plasma[J]. Int J Impot Res, 2020, 32(4): 462-468.
- [18] SAMBEL M, ERDOGAN A, CAGLAYAN V, et al. Can atherogenic indices and the triglyceride-glucose index be used to predict erectile dysfunction?[J]. Sex Med, 2024, 11(6): qfad069.
- [19] CULHA M G, CANAT L, DEGIRMENTEPE R B, et al. The correlation between atherogenic indexes and erectile dysfunction[J]. Aging Male, 2020, 23(5): 1232-1236.
- [20] VAIRAPERUMAL T, TSAI Z Y, LIU P Y. Emerging predictors by non-HDL-C/HDL-C ratio and novel biomarkers for coronary slow flow phenomenon[J]. Acta Cardiol Sin, 2024, 40(4): 367-372.
- [21] ZHAO X F, ZHENG H B, SHAN S S, et al. Association between the non-HDL-cholesterol-to-HDL-cholesterol ratio and the risk of gallbladder polyp formation among men: a retrospective cohort study[J]. Lipids Health Dis, 2020, 19(1): 146.
- [22] MO Z H, HAN Y, CAO C C, et al. Association between non-high-density lipoprotein to high-density lipoprotein ratio and reversion to normoglycemia in people with impaired fasting

- glucose: a 5-year retrospective cohort study[J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2023, 15(1): 259.
- [23] LIU G D, ZHANG Y Y, ZHANG W, et al. Significance of detailed hematological parameters as markers of arteriogenic erectile dysfunction[J]. *Andrology*, 2022, 10(8): 1556-1566.
- [24] CANTEY E P, WILKINS J T. Discordance between lipoprotein particle number and cholesterol content: an update[J]. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*, 2018, 25(2): 130-136.
- [25] ZHANG Z X, YAN M, LI Y Z, et al. The indicative effects of apolipoproteins on organic erectile dysfunction: bridging Mendelian randomization and case-control study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024, 15: 1359015.
- [26] ACHILA O O, ABRHALEY F, KESETE Y, et al. Dyslipidemia and associated risk factors among HIV/AIDS patients on HAART in Asmara, Eritrea[J]. *PLoS One*, 2022, 17(7): e0270838.
- [27] AGONGO G, RAAL F, NONTERAH E A, et al. Non-HDL-C and LDL-C/HDL-C are associated with self-reported cardiovascular disease in a rural West African population: analysis of an array of lipid metrics in an AWI-gen sub-study[J]. *PLoS One*, 2022, 17(12): e0278375.
- [28] LI M, MA Z, ZHANG X L, et al. Significance of blood lipid parameters as effective markers for arteriogenic erectile dysfunction[J]. *Andrology*, 2020, 8(5): 1086-1094.
- [29] MINER M M, BARNES A, JANNING S. Efficacy of phosphodiesterase type 5 inhibitor treatment in men with erectile dysfunction and dyslipidemia: a post hoc analysis of the vardenafil statin study[J]. *J Sex Med*, 2010, 7(5): 1937-1947.
- [30] KE M H, BAO B H, KE Z H, et al. The association between lipid parameters and erectile dysfunction: a two-sample Mendelian randomization and case-control study[J]. *Endocrine*, 2024, 84(3): 903-913.
- (张西倩 编辑)
- 本文引用格式:** 郭兰戈, 李凯, 姚礼忠, 等. 勃起功能障碍与动脉粥样硬化指标的关系研究进展[J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(21): 36-40.
- Cite this article as:** GUO L G, LI K, YAO L Z, et al. Advances in the relationship between erectile dysfunction and atherogenic indexes[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2025, 35(21): 36-40.