

基于IVUS研究载脂蛋白B、载脂蛋白A1及NHR、LMR与冠脉钙化程度的相关性

吴琼¹, 孙宓颖²

¹北华大学临床医学院, 吉林 吉林

²北华大学附属医院心血管内科, 吉林 吉林

收稿日期: 2025年7月1日; 录用日期: 2025年7月24日; 发布日期: 2025年8月5日

摘要

本综述探讨了载脂蛋白B (ApoB)、载脂蛋白A1 (ApoA1)、中性粒细胞与高密度脂蛋白比值(NHR)、淋巴细胞与单核细胞比值(LMR)与冠状动脉钙化斑块程度之间的关联。冠状动脉疾病(CAD)是全球主要的健康威胁, 评估其严重性及钙化程度对疾病管理至关重要。传统的冠脉钙化评估方法存在一定的挑战, 血管内超声(IVUS)技术作为一种先进的成像技术, 具有提供更详细的冠脉钙化信息的优势。在心血管健康中, ApoB与ApoA1的比值作为一种生物标志物, 显示出与冠脉疾病的密切关系, ApoB主要涉及脂质的转运和动脉粥样硬化的发生, 而ApoA1则保护冠状动脉健康。新兴生物标志物如NHR和LMR也表现出用于炎症和免疫反应指示的潜力, 其中NHR可反映炎症活动, 而LMR则提供免疫功能的洞察。结合IVUS技术分析这些生物标志物数据, 能够提供冠脉钙化与生物标志物之间的详细关系洞察, 有助于优化冠心病的临床决策。对载脂蛋白和NHR、LMR进行综合分析显示, 它们在冠脉钙化的临床评估中具有重要价值, 并能显著影响临床决策。目前证实钙化与脂质沉积及炎症相关, 因此基于IVUS, 本文研究不同钙化指数组间载脂蛋白B (apoprotein B, ApoB)、载脂蛋白A1 (apoprotein A1, ApoA1)及NHR、LMR与冠状动脉钙化(coronary artery calcification, CAC)程度的相关性, 为CAC及其钙化程度的诊断、评估提供参考依据。

关键词

冠状动脉疾病(CAD), 钙化斑块, 血管内超声(IVUS), 载脂蛋白, 炎症指标

Research on the Correlations between Apolipoprotein B, Apolipoprotein A1, NHR, LMR and the Degree of Coronary Artery Calcification Based on IVUS

Qiong Wu¹, Miying Sun²

文章引用: 吴琼, 孙宓颖. 基于 IVUS 研究载脂蛋白 B、载脂蛋白 A1 及 NHR、LMR 与冠脉钙化程度的相关性[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 219-225. DOI: 10.12677/acm.2025.1582223

Abstract

This review explores the associations between apolipoprotein B (ApoB), apolipoprotein A1 (ApoA1), the ratio of neutrophils to high-density lipoprotein (NHR), and the ratio of lymphocytes to monocytes (LMR) and the severity of coronary artery calcification plaques. Coronary artery disease (CAD) is a major global health threat, and assessing its severity and calcification degree is crucial for disease management. Traditional methods for assessing coronary artery calcification have certain challenges. Intravascular ultrasound (IVUS) technology, as an advanced imaging technique, offers the advantage of providing more detailed information on coronary artery calcification. In cardiovascular health, the ratio of ApoB to ApoA1 serves as a biomarker and shows a close relationship with coronary artery disease. ApoB mainly involves lipid transport and the occurrence of atherosclerosis, while ApoA1 protects coronary artery health. Emerging biomarkers such as NHR and LMR also show potential for indicating inflammation and immune response, where NHR can reflect inflammatory activity, and LMR provides insights into immune function. Analyzing these biomarker data using IVUS technology can provide detailed insights into the relationship between coronary artery calcification and biomarkers, which is helpful for optimizing clinical decisions in coronary heart disease. A comprehensive analysis of apolipoproteins and NHR, LMR reveals their significant value in the clinical assessment of coronary artery calcification and can significantly influence clinical decisions. It has been confirmed that calcification is related to lipid deposition and inflammation. Therefore, based on IVUS, this study investigates the correlations between apolipoprotein B (ApoB), apolipoprotein A1, NHR, LMR, and the degree of coronary artery calcification (CAC) among different calcification index groups, providing a reference for the diagnosis and assessment of CAC and its calcification degree.

Keywords

Coronary Artery Disease (CAD), Calcified Plaque, Intravascular Ultrasound (IVUS), Apolipoprotein, Inflammatory Markers

Copyright © 2025 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

冠状动脉疾病(CAD)是全球范围内导致心血管事件和死亡的主要原因, 对其早期诊断和有效管理具有重要的临床意义。传统上, 冠脉钙化是 CAD 的一项重要标志, 直接反映了动脉粥样硬化的严重程度[1]。评估冠脉钙化程度的常规方法——如冠状动脉造影和计算机断层扫描——存在三维形态成像限制和放射性暴露等问题, 不利于详细分析钙化斑块病变的性质[1]。近年来, 血管内超声(IVUS)作为一种影像学手段, 提供了高分辨率的冠脉壁三维成像, 正在逐步成为评估冠脉钙化的有效工具, 其分析钙化斑块性质的优势明显。在冠心病的病理生理过程中, 载脂蛋白, 如载脂蛋白 B 和载脂蛋白 A1, 作为循环脂蛋白颗粒的重要成分, 对脂代谢异常及心血管事件的预测具有重要意义。研究表明, 载脂蛋白 B 与冠脉钙化的严重程度之间存在一定关联, 而载脂蛋白 A1 则呈现保护性作用, 其比例被认为是 CAD 风险的潜在

预测指标[2]。此外, 新兴生物标志物如中性粒细胞与高密度脂蛋白比值(NHR)和淋巴细胞与单核细胞比值(LMR), 通过反映炎症和免疫状态, 有助于更加准确地预估冠脉钙化程度及其预后风险[2]-[4]。并且相较于冠脉造影及 IVUS 等方法, 载脂蛋白及炎症指标等血清学指标还具有容易获得、创伤小的优点, 能够为介入医生在术前对患者冠脉钙化负荷进行定量预估。通过结合 IVUS 成像数据和血液生物标志物的计算分析, 我们可以更全面地理解动脉粥样硬化过程中脂蛋白代谢异常、炎症及免疫反应的角色, 进而指导 PCI 策略制定及治疗效果, 以及对判断能否进一步实施介入手术具有指导价值[1] [2]。

因此, 本文旨在研究基于 IVUS 下, 不同钙化指数组间 ApoB、ApoA1 及 NHR、LMR 与冠状动脉钙化(coronary artery calcification, CAC)程度的相关性, 为 CAC 及其钙化程度的诊断、评估提供参考依据。

2. 冠状动脉疾病及其评估方法

2.1. 冠状动脉疾病的影响与严重性

冠状动脉疾病(CAD)作为心血管疾病的常见类型, 严重影响了全世界范围内人群的健康和寿命。CAD 的病理生理特点为冠状动脉内斑块形成及钙化, 这导致了血流的阻碍和心肌缺血, 进而可引发心绞痛甚至心肌梗死。当前研究已经证实, 冠状动脉钙化不仅是 CAD 的标志, 也与心血管事件的增加风险显著相关[5]-[7]。

评估冠状动脉钙化的严重程度对于预测心血管疾病的发生和指导临床治疗具有重要意义。高胆固醇血症、肥胖和糖尿病等已识别的危险因素加剧了冠状动脉钙化进程, 加重了疾病的严重性。因此, 研究者们一直在寻求更为精确的评估方法, 以便更好地进行临床决策和管理[7] [8]。

临床上, 利用冠状动脉造影技术可帮助识别冠状动脉狭窄的程度, 有利于对患者病情的整体评估。然而, 这些方法在操作过程中可能会出现技术误差, 如钙化斑块的遮盖效应, 这限制了它们的评估准确性[6] [8]。

2.2. 传统评估冠脉钙化的方法与挑战

传统的冠状动脉钙化评估方法主要包括冠状动脉 CT 血管造影(冠脉 CTA)和冠状动脉造影。这些技术已被广泛用于预测冠状动脉疾病的严重程度。然而, 它们在检测过程中的局限性逐渐显现出来。我们利用冠脉 CTA 得到的冠脉钙化积分虽为常用指标, 但它无法详尽地评估斑块成分及病变的精细结构, 这可能导致漏诊或误诊[6] [8]。冠状动脉造影作为一种影像学技术, 能够提供动脉内腔的全貌图。它是一种较为经典的评估动脉粥样硬化的方法, 但对于评估钙化斑块内的复杂结构则显得力不从心。此外, 钙化斑块在造影图像中可导致影像模糊, 降低了影像学诊断精度。因此, 上述方法可能无法充分识别阻塞性冠脉疾病[6] [9]。

传统方法的图像分辨率不够、评估钙化范围有限并且钙化评分的概率性解释缺乏对病变复杂性的直接定量评估, 这些都成为临床执行中的挑战。因此, 高分辨率成像技术的出现有望改善这些不足, 从而提供更为精准的治疗方案。

2.3. 血管内超声在冠脉钙化评估中的优势

血管内超声(IVUS)技术在冠状动脉疾病的评估中展示出了独特的优势, 它提供了横截面的高分辨率图像, 能准确评估钙化斑块的大小和成分。由于其超声导管能够直接进入冠状动脉内部, IVUS 可提供钙化斑块的真实性质和形态, 这对于复杂病变的分析和介入治疗策略的制定是至关重要的[7]-[11]。IVUS 不仅可有效辅助钙化斑块的形态评估, 还在经导管冠脉介入治疗(PCI)中扮演了重要角色。研究显示, IVUS 引导下的 PCI 较传统造影指导显著降低了心脏死亡率和靶血管相关不良事件(TVMI 或 TVR)的发生率[11] [12]。其对斑块负担和血管重构的精确评估有效提升了治疗效果。

3. 载脂蛋白与冠脉钙化

由于目前临床上应用他汀类降脂药物的患者居多, 而 ApoA1 和 ApoB 与其他血脂指标相比, 两者不受他汀类降脂药物的影响, 更能稳定准确地反映出体内脂质代谢的情况[13]。因此, 采用 ApoA1 和 ApoB 作为研究指标。

3.1. 载脂蛋白 B 与冠状动脉钙化

载脂蛋白 B (ApoB)是几种主要的血浆脂蛋白的结构蛋白, 包括低密度脂蛋白(LDL)、极低密度脂蛋白(VLDL)和中间密度脂蛋白(IDL)。作为动脉粥样硬化病理过程中的关键因子, ApoB 通过脂蛋白颗粒进入动脉壁, 成为斑块形成的重要物质基础。ApoB 在维持血浆中脂蛋白表面的稳定性方面发挥着重要的作用, 其主要的功能是与 LDL 受体结合将 TG 从肝内转运至肝外。研究显示, 较高的 ApoB 水平与冠状动脉疾病的严重程度及斑块易损性相关[14] [15]。在动脉粥样硬化形成过程中, ApoB 可以促进富含胆固醇的脂蛋白沉积在动脉壁的血管内膜中, 从而引起 CD4⁺辅助性 T 细胞的自身免疫反应, CD4⁺辅助性 T 细胞可以识别 ApoB 的自身肽 B, 进行克隆性扩张, 并促进炎症细胞浸润, 从而诱导动脉斑块变得不稳定[16]。ApoB 还可以加重冠状动脉内皮的氧化应激与炎症反应, 引起冠状动脉病变进展[17]。

ApoB 水平的检测不仅在冠状动脉疾病的临床管理中起到了重要作用, 同时也建议作为疗效评估指标, 帮助实现个性化治疗方案的优化[18]。

3.2. 单位载脂蛋白 A1 与冠状动脉钙化

载脂蛋白 A1 (ApoA1)是高密度脂蛋白(HDL)的主要结构蛋白, 具有促进胆固醇运输和抗氧化的功能, 被认为有助于动脉粥样硬化的逆转。人体内的 ApoA1 中存在多个重复串联的 α -螺旋, 这些重复排列的结构在组成 HDL 颗粒和反向转运脂质方面做出很大的贡献[19]。ApoA1 与心血管健康的正相关性已在多项研究中得到确认, 表明其作为保护因子可以降低冠状动脉钙化和狭窄的风险[20] [21]。

研究表明, ApoA1 水平提高不仅可以促进胆固醇逆转运输, 还在减轻冠状动脉疾病严重性方面发挥重要作用。通过降低氧化应激, ApoA1 能够减缓斑块进展, 提高血管内皮功能。这一功能不仅为临床患者提供了理论支持, 也成为心血管疾病预测和干预的重要依据[21] [22]。

3.3. ApoB/ApoA1 与冠状动脉钙化

除了其生理功能外, 载脂蛋白作为生物标志物在冠状动脉疾病评估中的潜力引起了广泛关注。一项研究表明, ApoB 与 ApoA1 的比值与冠状动脉斑块易损性和多支病变具有显著相关性, 这表明它们作为预测标志物可能改善冠状动脉疾病的风险评估[23]-[25]。ApoB/ApoA1 的值较上述传统血脂指标和一些胆固醇比值更能准确地预测发生 MACE 的风险, 是 CHD 的独立危险因素, 同时还具备衡量冠脉病变的严重程度的作用[26] [27]。

当人体血浆中该比值的水平较高时, 发生 AS 的可能性也会增加, 已经发生 AS 的患者中其严重程度可能也越重。王晓旭等[28]在将该比值预测发生 MACE 的研究中发现, 血清中 ApoB/ApoA1 水平高的人比该比值水平低的人发生 MACE 的概率高出约 46.8 倍; 还发现该比值与冠脉病变程度也显著相关, 随着冠脉病变严重程度的升高, 该比值也呈显著升高趋势。

4. NHR、LMR 与冠脉钙化

病理学研究证实, 动脉斑块内含有大量的炎症细胞和炎症因子, 并且斑块纤维帽中的炎性细胞与炎症因子数量与斑块的易损具有相关性。在斑块中存在巨噬细胞、活化的 T 细胞、中性粒细胞、肥大细胞等炎性细胞成分。

4.1. 中性粒细胞与高密度脂蛋白比值(NHR)

中性粒细胞与高密度脂蛋白比值(NHR)作为一种新兴的生物标志物,其在心血管疾病中的预测作用正在得到越来越多的关注。NHR 是血常规中的中性粒细胞与血脂中 HDL-C 组成的新型炎症标志物,其将二者结合的比值关系能比单一的中性粒细胞或 HDL-C 更全面地反映炎症与 CHD 的关系,能够动态反映机体内与 CHD 相关的促炎因素激活、抗粥样硬化能力受抑制的综合炎症反应状态。NHR 的价值在于其能够灵敏地反映体内炎症活动,这对于冠状动脉疾病的发生和发展具有重要的指导意义[29]-[31]。

Gao 等[32]纳入 766 例患者进行研究发现,冠状动脉疾病(coronary artery disease, CAD)组的 NHR 显著高于对照组。NHR 与冠状动脉狭窄程度呈正相关,Logistic 回归分析表明 NHR 是 CAD 和严重 CAD 的独立危险因素,ROC 曲线分析表明 NHR 对于冠心病的严重程度有一定的预测价值。

涂光等[33]的一项研究得出结论:NHR 是冠状动脉慢血流发生的独立影响因素,对冠状动脉慢血流发生有一定的预测价值。研究表明,NHR 在预测 CSF 和心血管事件中的灵敏度和特异度均较高,具有较强的临床应用潜力。这项预测能力使得 NHR 成为临床上评估冠心病风险的重要工具,尤其是在急性心肌梗死患者的院内主要心血管不良事件(MACE)的风险评估中,NHR 显示出与冠状动脉病变严重程度的显著相关性[31] [34] [35]。

此外,在 ST 段抬高型急性心肌梗死(STEMI)患者的研究中,NHR 被证明是重度冠状动脉狭窄的独立风险因素,并且在 Gensini 评分中的相关性高于其他指标。这表明 NHR 在炎症过程中的作用不仅限于个体炎症反应,还可作为更广泛的心血管健康的指示性指标[2] [3] [35]。

4.2. 淋巴细胞与单核细胞比值(LMR)

淋巴细胞与单核细胞比值(LMR)作为一种反映免疫功能状况的生物标志物,被认为具有预测冠状动脉疾病患者预后和进程的潜力。LMR 的临床意义在于其与炎症水平和免疫系统反应的相关性,这对理解心血管疾病的病理机制至关重要[36]-[38]。

2020 年的一项研究[39]回顾性纳入了 1953 名患者,进行回顾性分析得出结论:LMR ≤ 4.8 是冠心病新的独立危险因素。LMR 值与冠状动脉钙化评分呈负相关,可作为评价冠脉斑块负荷的新指标。

LMR 在预测非 ST 段抬高型急性心肌梗死(NSTE-ACS)患者的冠状动脉慢血流/无复流现象中显示出了显著作用,该研究中的低 LMR 值与手术后慢血流风险增加相关,提示 LMR 作为免疫反应的标志物在评估术后预后中的重要性。此外,研究发现 LMR 可以作为评估代谢综合征(MS)的新指标,与单核细胞/高密度脂蛋白胆固醇比例(MHR)结合,增强了对心血管风险和免疫系统异常的评估[38] [40]。LMR 作为免疫功能的代表,提供了对心血管疾病中复杂炎症机制的一种新的理解方式,同时也为临床决策提供了更多的数据支持[40]。

5. 小结与展望

当今社会,冠心病是威胁人类生命健康的主要心血管疾病之一,在术前为 CAC 及其钙化程度的诊断、评估提供参考依据,可大大提高患者的生活质量及预后,减少其发生冠心病或合并并发症的风险。研究表明,钙化与脂质沉积及炎症息息相关。ApoA1 和 ApoB 与其他血脂指标相比,两者不受他汀类降脂药物的影响,更能稳定准确地反映出体内脂质代谢的情况。NHR 及 LMR 作为新型炎症标志物,相较单一的炎症因子更能反应机体炎症状态。因此,通过比较不同钙化程度组间载脂蛋白 B、载脂蛋白 A1 及 NHR、LMR 与冠状动脉钙化(CAC)程度的相关性,为 CAC 及其钙化程度的诊断、评估提供参考依据。

参考文献

- [1] Peng, J. and Li, J.J. (2021) Predicting Coronary Artery Calcification Using Traditional and Novel Lipid-Related Biomarkers

- in Untreated Patients with Angina-Like Chest Pain. *Atherosclerosis*, **331**, e117. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2021.06.345>
- [2] Shu, H., Han, S., Qiu, W., Li, J., Zhang, X., Su, H., *et al.* (2025) Association of the Monocyte to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and Neutrophil to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio with the Severity of New-Onset Coronary Artery Disease. *Journal of Inflammation Research*, **18**, 463-476. <https://doi.org/10.2147/jir.s501787>
 - [3] Guo, J., Chen, M., Hong, Y., Huang, Y., Zhang, H., Zhou, Y., *et al.* (2023) Comparison of the Predicting Value of Neutrophil to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and Monocyte to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio for In-Hospital Prognosis and Severe Coronary Artery Stenosis in Patients with ST-Segment Elevation Acute Myocardial Infarction Following Percutaneous Coronary Intervention: A Retrospective Study. *Journal of Inflammation Research*, **16**, 4541-4557. <https://doi.org/10.2147/jir.s425663>
 - [4] Okan, T. and Topaloglu, C. (2024) Association of Ratios of Monocyte/High-Density Lipoprotein Cholesterol and Neutrophil/High-Density Lipoprotein Cholesterol with Atherosclerotic Plaque Type on Coronary Computed Tomography. *Cardio-Vascular Journal of Africa*, **34**, 1-6.
 - [5] Lee, J.W., Kim, J.Y., Han, K., Im, D.J., Lee, K.H., Kim, T.H., 马露. 冠状动脉造影和冠状动脉钙化评分在急性胸痛病人评估中的比较[J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(6): 734.
 - [6] 张丽娟, 熊峰. 冠状动脉钙化的影像学评估及临床应用价值进展[J]. 心血管病学进展, 2019, 40(5): 789-792.
 - [7] Rahman, M.N., Nasir, A., Ullah, I., *et al.* (2023) Comparison of Clinical Outcomes of Calcified and Non-Calcified Coronary Artery Lesion Intervention under IVUS Guidance. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, **33**, 1355-1361. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2023.12.1355>
 - [8] Durhan, G., Hazirolan, T., Sunman, H., Karakaya, J., Karcaaltincaba, M., Aytemir, K., 谢胜男. 冠状动脉钙化评分与系统冠心病风险评分(SCORE)联合应用是否能更好地预测冠状动脉的明显狭窄: 与 CT 冠状动脉成像结果的相关性[J]. 国际医学放射学杂志, 2015, 38(3): 292.
 - [9] Mohamed, M., Bosserdt, M., Wieske, V., Dubourg, B., Alkadhi, H., Garciaet, M.J., 孔令红. CT 血管成像与冠状动脉钙化评分相结合改善冠状动脉疾病诊断: 一项对接受有创冠状动脉成像的稳定型胸痛病人的协同 Meta 分析[J]. 国际医学放射学杂志, 2024, 47(3): 379.
 - [10] Doan, K., Liu, T., Yun, W., Kim, Y., Yun, K.H., Oh, S.K., *et al.* (2023) Intravascular Ultrasound Guided Intervention in Calcified Coronary Lesions Showed Good Clinical Outcomes during One Year Follow-Up. *Journal of Clinical Medicine*, **12**, Article 4073. <https://doi.org/10.3390/jcm12124073>
 - [11] Rakotoarison, O., Roleder, T., Zimoch, W., Kuliczowski, W., Reczuch, K. and Kübler, P. (2024) Current Role of Intravascular Imaging in Percutaneous Treatment of Calcified Coronary Lesions. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, **33**, 1277-1287. <https://doi.org/10.17219/acem/175273>
 - [12] Park, H., Kim, J.H., Hyun, J., Jeong, Y., Yang, Y., Choe, K., *et al.* (2019) TCT-358 Clinical Impact of Intravascular Ultrasound Guidance in Stenting for Angiographically Moderate-to-Severe Calcified Coronary Lesion. *Journal of the American College of Cardiology*, **74**, B355. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.08.443>
 - [13] Budoff, M.J., Young, R., Lopez, V.A., Kronmal, R.A., Nasir, K., Blumenthal, R.S., *et al.* (2013) Progression of Coronary Calcium and Incident Coronary Heart Disease Events. *Journal of the American College of Cardiology*, **61**, 1231-1239. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.12.035>
 - [14] Borén, J., Packard, C.J. and Binder, C.J. (2025) Apolipoprotein B-Containing Lipoproteins in Atherogenesis. *Nature Reviews Cardiology*, **22**, 399-413. <https://doi.org/10.1038/s41569-024-01111-0>
 - [15] Ohwada, T., Sakamoto, T., Kanno, Y., Yokokawa, S., Amami, K., Nakazato, K., *et al.* (2019) Apolipoprotein B Correlates with Intra-Plaque Necrotic Core Volume in Stable Coronary Artery Disease. *PLOS ONE*, **14**, e0212539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212539>
 - [16] Marchini, T., Hansen, S. and Wolf, D. (2021) ApoB-Specific CD4⁺ T Cells in Mouse and Human Atherosclerosis. *Cells*, **10**, Article 446. <https://doi.org/10.3390/cells10020446>
 - [17] Taleb, A., Witztum, J.L. and Tsimikas, S. (2011) Oxidized Phospholipids on ApoB-100-Containing Lipoproteins: A Biomarker Predicting Cardiovascular Disease and Cardiovascular Events. *Biomarkers in Medicine*, **5**, 673-694. <https://doi.org/10.2217/bmm.11.60>
 - [18] Singh, K. and Prabhakaran, D. (2024) Apolipoprotein B—An Ideal Biomarker for Atherosclerosis? *Indian Heart Journal*, **76**, S121-S129. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2023.12.001>
 - [19] Bilgic, S. and Sniderman, A.D. (2023) Low-Density Lipoprotein Cholesterol, Non-High-Density Lipoprotein Cholesterol and Apolipoprotein B for Cardiovascular Care. *Current Opinion in Cardiology*, **39**, 49-53. <https://doi.org/10.1097/hco.0000000000001100>
 - [20] Ferin, R., Lima, A., Santos, E., Almeida, C., Pelicano, N., Martins, D., *et al.* (2014) Performance of Apo A-I and B, and Other Cardiovascular Risk Factors in Azorean Patients with Coronary Artery Disease—Preliminary Results. *Atherosclerosis*, **235**,

- e294. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2014.05.886>
- [21] Tewari, S., Singh, P. and Goel, P.K. (2018) Evaluation of $\beta 2$ Microglobulin, Lipoprotein(α), APO A₁ and APO B in Coronary Artery Disease Patients and Its Correlation with the Severity of Coronary Artery Disease. *Heart, Lung and Circulation*, **27**, S28. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.05.162>
 - [22] Zhu, Y.M., Verma, S., Fung, M., McQueen, M.J., Anderson, T.J. and Lonn, E.M. (2017) Association of Apolipoproteins B and A-1 with Markers of Vascular Health or Cardiovascular Events. *Canadian Journal of Cardiology*, **33**, 1305-1311.
 - [23] 王宏宇, 付茜, 苏福祥. 载脂蛋白 B/载脂蛋白 A1 比值与急性冠脉综合征患者冠状动脉多支病变及斑块易损性的相关性[J]. 中国医科大学学报, 2022, 51(7): 577-582.
 - [24] 马培容. 载脂蛋白 A1、B 联合检测对冠心病患者诊断的价值[J]. 中华临床医师杂志: 电子版, 2016, 10(4): 156-157.
 - [25] 覃辉, 黄晓渝. 载脂蛋白 B/载脂蛋白 A1 比值与缺血性卒中的相关性研究进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2024, 41(11): 1047-1050.
 - [26] 陈斌. 2 型糖尿病合并冠心病患者 apoB/apoAI 比值与冠脉病变的相关性[J]. 安徽医药, 2016, 20(1): 74-77.
 - [27] 韩秀, 田雨灵, 卓小桢, 等. 载脂蛋白 A、载脂蛋白 B/载脂蛋白 A 比值与冠脉病变严重程度的相关性[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2019, 40(2): 255-258.
 - [28] 王晓旭, 徐丹. apoB/apoA1 比值与冠心病患者冠脉病变及预后相关性的研究[J]. 重庆医科大学学报, 2018, 43(8): 1041-1046.
 - [29] 涂光, 黄小密, 曾艳芳, 等. 中性粒细胞与高密度脂蛋白比值对冠状动脉慢血流的预测价值研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2023, 31(4): 50-53.
 - [30] 陈建林, 林泓, 方亦升, 等. 中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值在心血管疾病中的应用[J]. 国际心血管病杂志, 2024, 51(6): 360-362, 366.
 - [31] 王祥桢, 葛文浪, 宋思凡, 等. 中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值对急性心肌梗死病人院内主要心血管不良事件的预测价值[J]. 安徽医药, 2024, 28(7): 1333-1338.
 - [32] Gao, J., Lu, J., Sha, W., *et al.* (2022) Relationship between the Neutrophil to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and Severity of Coronary Artery Disease in Patients with Stable Coronary Artery Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article 1015398. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.1015398>
 - [33] 涂光, 黄小密, 曾艳芳, 等. 中性粒细胞与高密度脂蛋白比值对冠状动脉慢血流的预测价值研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2023, 31(4): 50-53.
 - [34] 魏星, 张志鹏, 罗春苗. 中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值和同型半胱氨酸对冠状动脉慢血流的预测价值[J]. 中国心血管病研究, 2023, 21(7): 626-631.
 - [35] Chuang, S., Liu, S., Chien, M., Lee, C., Lee, Y. and Chien, K. (2024) Neutrophil-to-High-Density Lipoprotein Ratio (NHR) and Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio (NLR) as Prognostic Biomarkers for Incident Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality: A Comparison Study. *American Journal of Preventive Cardiology*, **20**, Article ID: 100869. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2024.100869>
 - [36] Kalyoncuoglu, M., Biter, H.İ., Ozturk, S., Belen, E. and Can, M.M. (2020) Predictive Accuracy of Lymphocyte-to-Monocyte Ratio and Monocyte-to-High-Density-Lipoprotein-Cholesterol Ratio in Determining the Slow Flow/No-Reflow Phenomenon in Patients with Non-ST-Elevated Myocardial Infarction. *Coronary Artery Disease*, **31**, 518-526. <https://doi.org/10.1097/mca.0000000000000848>
 - [37] Vahit, D., Akboga, M.K., Samet, Y. and Hüseyin, E. (2017) Assessment of Monocyte to High Density Lipoprotein Cholesterol Ratio and Lymphocyte-to-Monocyte Ratio in Patients with Metabolic Syndrome. *Biomarkers in Medicine*, **11**, 535-540. <https://doi.org/10.2217/bmm-2016-0380>
 - [38] Wu, J.C., Huang, D., Li, J.F., Yi, J.X., Lei, Y. and Yin, J. (2025) Predicting Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality Using the lymphocyte-to-Monocyte Ratio: Insights from Explainable Machine Learning Models. *International Journal of Cardiology Cardiovascular Risk and Prevention*, **24**, Article ID: 200372.
 - [39] Si, Y., Liu, J., Shan, W., Zhang, Y., Han, C., Wang, R., *et al.* (2020) Association of Lymphocyte-to-Monocyte Ratio with Total Coronary Plaque Burden in Patients with Coronary Artery Disease. *Coronary Artery Disease*, **31**, 650-655. <https://doi.org/10.1097/MCA.0000000000000857>
 - [40] Oylumlu, M., Oylumlu, M., Arik, B., Demir, M., Ozbek, M., Arslan, B., *et al.* (2021) Monocyte to High-Density Lipoprotein Cholesterol and Lymphocyte to Monocyte Ratios Are Predictors of In-Hospital and Long-Term Mortality in Patients with Acute Coronary Syndrome. *International Journal of Clinical Practice*, **75**, e13973. <https://doi.org/10.1111/ijcp.13973>