

## · 论著 · 胸部 ·

## PHR预测不合并阻塞性冠状动脉疾病的冠状动脉微血管疾病的价值

李凤祥\* 姬广招 杨民从 孙俊华  
郑州市第七人民医院心血管内科(河南 郑州 450048)

**【摘要】目的** 探究血小板与高密度脂蛋白胆固醇比值(PHR)对不合并阻塞性冠状动脉疾病的冠状动脉微血管疾病(CMVD)的预测价值。**方法** 选2022年9月至2024年6月于我院就诊有心绞痛症状患者272例,行冠状动脉血流储备分数检查(CFR),据CFR结果分为CMVD组(CFR $\leq$ 2, n=176)和非CMVD组(CFR $>$ 2, n=96)。比较两组临床基本资料, Logistic 回归分析CMVD的危险因素, ROC曲线评价预测PHR对CMVD的预测价值。**结果** 相比非CMVD组, CMVD组白细胞、PLT、三酰甘油(TG)及PHR更低, 白蛋白、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)更高( $P<0.05$ )。经过多因素Logistic 回归分析可知, PLT、白蛋白、TG、HDL-C、PHR是CMVD发生的独立危险因素( $P<0.05$ ); ROC曲线显示, PHR预测CMVD发生的ROC曲线下面积(AUC)为0.770[95%CI为(0.711~0.828)]。**结论** PHR对不合并阻塞性冠状动脉疾病的CMVD的预测价值较高。

**【关键词】** 血小板与高密度脂蛋白胆固醇比值; 冠状动脉微血管疾病; 冠状动脉血流储备分数

**【中图分类号】** R543.3

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2026.2.025

## The Value of PHR in Predicting Coronary Microvascular Disease without Concomitant Obstructive Coronary Artery Disease

Li Feng-xiang\*, Ji Guang-zhao, Yang Min-cong, Sun Jun-hua.

Department of Cardiovascular Medicine, Zhengzhou Seventh People's Hospital, Zhengzhou 450048, Henan Province, China

**Abstract: Objective** To explore the predictive value of platelet to high-density lipoprotein cholesterol ratio (PHR) for coronary microvascular disease (CMVD) without obstructive coronary artery disease. **Methods** 272 patients with angina symptoms and normal coronary angiography or without obvious coronary stenosis were enrolled in hospital from September 2022 to June 2024. CMVD was diagnosed by coronary flow reserve (CFR). According to the results of CFR, they were divided into CMVD group (CFR $\leq$ 2, n=176) and non-CMVD group (CFR $>$ 2, n=96). Compared the basic clinical data between the two groups. Logistic regression analysis was conducted to evaluate the risk factors for patients with CMVD. The ROC curve assessed the predictive value of PHR for CMVD. **Results** Compared with the non-CMVD group, the WBC, PLT, TG and PHR in CMVD group were lower, while albumin and HDL-C were higher ( $P<0.05$ ). Logistic regression analysis, PLT, albumin, TG, HDL-C, and PHR were independent risk factors for CMVD ( $P<0.05$ ). The area under curve (AUC) ROC for PHR was 0.770 [95%CI (0.711~0.828)]. **Conclusion** PHR has high predictive value for CMVD without obstructive coronary artery disease.

**Keywords:** Platelet To High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio; Coronary Microvascular Disease; Coronary Flow Reserve

心血管疾病目前是世界范围内的主要死亡原因<sup>[1]</sup>。越来越多的研究发现冠状动脉微血管疾病(CMVD)在心血管疾病中占有很大比例,且与不良的心血管预后密切相关<sup>[2]</sup>。CMVD主要是通过正电子发射断层扫描、单光子发射计算机断层成像术等诊断<sup>[3]</sup>。这些方法由于花费昂贵、操作复杂或是有创操作等原因并未在临床中广泛应用。寻找能够预测CMVD发生的相关指标,不仅能够指导CMVD的诊断和治疗,还能够减少不必要的费用。先前的研究发现血小板(PLT)、血脂异常与CMVD密切相关<sup>[4]</sup>。本文为探究PLT与高密度脂蛋白胆固醇比值(PHR)对不合并阻塞性冠状动脉疾病的CMVD的预测价值。

### 1 资料和方法

**1.1 一般资料** 选医院2022年9月至2024年6月有心绞痛症状的272名患者。

纳入标准:左心室射血分数 $\geq$ 50%,冠脉狭窄 $<$ 20%;年龄 $\geq$ 18岁。排除标准:恶性肿瘤;血液系统疾病、自身免疫系统疾病;心、肝、肾功能严重障碍;严重肺栓塞、瓣膜病、心

肌病;既往PCI史;接受冠状动脉旁路移植术者;近3个月内新发心肌梗死。

**1.2 临床资料收集** 收集患者临床资料,包括年龄、性别、高血压等基本信息。

**1.3 CFR检查** 静息状态下患者侧躺在床上,超声探头引导下确定前降支远端,血流速度( $V_0$ m/s)于舒张早期检测,泵入三磷酸腺苷盐溶液(1mg/mL),记录5 min内前降支远端血流速度/min,统计其最大血流速度( $V_{max}$ ),计算冠状动脉血流储备分数(CFR)值= $V_{max}(1\sim 5\text{ min})/V_0$ 。据CFR值分为非CMVD组(CFR $>$ 2)和CMVD组(CFR $\leq$ 2)。

**1.4 统计学方法** SPSS 26.0分析数据。正态分布计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示, t检验;非正态分布计量资料以[M(1/4), 3/4]]表示,非参数秩和检验。计数资料以(n, %)表示,卡方检验。 $P<0.05$ 为有统计学差异。

### 2 结果

**2.1 两组临床资料比较** 相比非CMVD组, CMVD组白细胞、

**【第一作者】** 李凤祥,男,住院医师,主要研究方向:心血管内科。E-mail: 15638819695@163.com

**【通讯作者】** 李凤祥

PLT、三酰甘油(TG)及PHR更低,白蛋白、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)更高( $P<0.05$ ),见表1。

**2.2 Logistic回归分析** 单因素分析显示,白细胞、PLT、白蛋白、TG、HDL-C、PHR是CMVD发生的危险因素( $P<0.05$ );多因

素分析显示,PLT、白蛋白、TG、HDL-C、PHR是CMVD发生的独立危险因素( $P<0.05$ ),见表2。

**2.3 预测价值** ROC曲线显示,PHR预测CMVD发生的ROC曲线下面积(AUC)为0.770,最佳截断值为186.16,见图1、表3。

**表1 两组临床资料比较**

项目	CMVD组	非CMVD组	P
年龄[岁, M(1/4, 3/4)]	54.00(49.00, 62.00)	55.00(48.00, 62.00)	0.850
女性(例, %)	84(47.7%)	49(51.0%)	0.601
高血压(例, %)	77(42.1%)	53(44.5%)	0.673
糖尿病(例, %)	28(15.9%)	8(8.3%)	0.078
卒中(例, %)	14(8.0%)	4(4.2%)	0.230
吸烟(例, %)	51(29.0%)	24(25.0%)	0.483
饮酒(例, %)	33(18.8%)	16(16.7%)	0.669
心率(bpm)	71.30±9.72	71.01±10.89	0.758
左室射血分数[% , M(1/4, 3/4)]	63.00(61.00,65.00)	63.00(61.00,64.00)	0.191
白细胞[×10 <sup>9</sup> /L, M(1/4, 3/4)]	6.1(4.89, 7.10)	5.20(4.46, 6.50)	0.016
红细胞(×10 <sup>12</sup> /L)	4.38±0.41	4.39±0.46	0.419
血红蛋白(g/L)	133.49±14.19	132.04±15.00	0.167
PLT[×10 <sup>9</sup> /L, M(1/4, 3/4)]	212.00(186.50, 244.50)	187.00(155.00, 223.00)	0.000
中性粒细胞(×10 <sup>9</sup> /L)	3.36(2.61, 4.45)	2.97(2.35, 3.85)	0.106
糖化血红蛋白[% , M(1/4, 3/4)]	5.90(5.60, 6.30)	5.85(5.50, 6.20)	0.572
血糖[mmol/L, M(1/4, 3/4)]	4.73(4.33, 5.48)	4.37(4.78, 5.24)	0.388
肌酐(μmol/L)	66.04±13.80	67.60±13.48	0.113
谷丙转氨酶[U/L, M(1/4, 3/4)]	19.00(13.00, 28.00)	20.50(13.00, 28.00)	0.386
谷草转氨酶[U/L, M(1/4, 3/4)]	18.00(16.00, 23.00)	16.00(16.00, 22.00)	0.664
白蛋白(g/L)	41.46±2.84	42.65±3.63	0.017
总胆固醇(μmol/L)	3.98±0.87	3.91±0.98	0.459
TG[mmol/L, M(1/4, 3/4)]	1.46(1.14, 1.99)	1.13(0.92, 1.50)	0.000
HDL-C[mmol/L, M(1/4, 3/4)]	1.04(0.91, 1.19)	1.19(1.01, 1.33)	0.000
低密度脂蛋白胆固醇(μmol/L)	2.38±0.73	2.35±0.83	0.620
肾小球滤过率[×10 <sup>9</sup> /L, M(1/4, 3/4)]	98.83(90.35, 105.67)	99.13(90.36, 105.67)	0.647
PHR[M(1/4, 3/4)]	209.28(169.34, 242.55)	163.24(121.64, 206.14)	0.000
服用药物			
他汀类(例, %)	45(25.6%)	25(26.0%)	0.932
血管紧张素转换酶抑制剂与血管紧张素 II~I 型受体拮抗剂(例, %)	28(15.9%)	14(14.6%)	0.772
β受体阻滞剂(例, %)	26(14.9%)	18(18.8%)	0.406
钙通道拮抗剂(例, %)	41(23.3%)	15(15.6%)	0.135
硝酸酯类(例, %)	16(9.1%)	11(11.5%)	0.533
阿司匹林(例, %)	43(24.6%)	26(27.7%)	0.580

**表2 单因素及多因素Logistic回归分析**

指标	单因素				多因素			
	OR	95% CI		P	OR	95% CI		P
		下限	上限			下限	上限	
白细胞	1.221	1.029	1.449	0.022	0.980	0.796	1.207	0.852
PLT	1.016	1.010	1.022	0.000	1.018	1.011	1.026	0.000
白蛋白	0.913	0.845	0.986	0.020	0.836	0.758	0.922	0.000
TG	3.068	1.873	5.027	0.000	2.631	1.524	4.543	0.001
HDL-C	0.054	0.016	0.183	0.000	0.118	0.029	0.476	0.003
PHR	4.119	2.459	6.900	0.000	1.018	1.011	1.024	0.000

表3 预测对CMVD的预测效能评估

指标	AUC	SE	P	95% CI	截点	灵敏度	特异度	约登指数
PHR	0.770	0.030	0.000	0.711~0.828	186.16	0.676	0.729	0.405
PLT	0.696	0.034	0.000	0.629~0.763	179.50	0.858	0.479	0.337

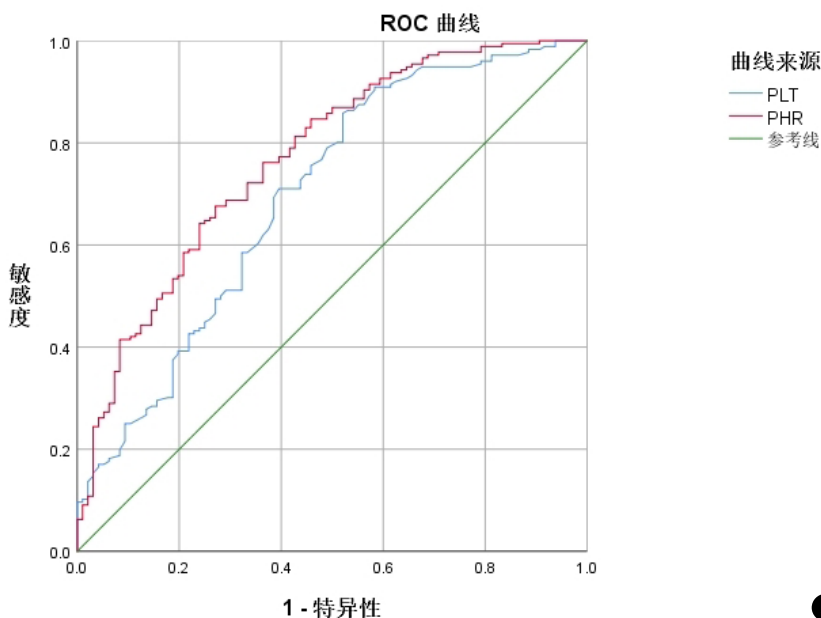


图1 PHR预测CMVD发生的ROC曲线

### 3 讨论

冠状动脉微血管由小动脉和前小动脉构成，而小动脉血管内径<100μm，前小动脉血管内径约100~500μm。正常情况下，冠状动脉微血管不能被冠状动脉造影发现<sup>[5]</sup>。目前没有任何一种检查技术可以直接观察到冠状动脉微血管，只能评估其功能状态参数，如心肌血流量和CFR等诊断冠状动脉微血管疾病<sup>[6]</sup>。

目前冠状动脉微循环疾病诊断方法包括有创及无创的评估检查，有创评估检查包括选择性冠状动脉造影、侵入性冠状动脉血流储备、瞬时无波型比率等；无创评估检查包括经胸超声心动图、心肌声学造影、心脏磁共振成像检查等<sup>[7-8]</sup>。研究表明CFR是对心外膜下大血管和冠状动脉微血管流量的综合评估，在不合并心外膜冠状动脉狭窄时，CFR降低是CMVD的标志<sup>[9-10]</sup>。但评估CFR的方法多因昂贵花费、操作复杂并未广泛应用于临床。

CMVD病理机制包括冠状动脉微循环结构和功能异常<sup>[11]</sup>。冠状动脉微循环结构异常包括管腔狭窄、微血管密度降低、微血管堵塞和微血管周围纤维化等<sup>[12]</sup>。冠状动脉微血管结构异常与高血压、心肌病等原因引起的左心室肥厚密切相关<sup>[13]</sup>。冠状动脉微血管功能异常主要发生在血管内径中等及稍大的小动脉中，主要表现为血管舒张功能障碍，具体的机制包括内皮功能障碍和平滑肌细胞功能失调等<sup>[11]</sup>。这些患者多伴有糖尿病、代谢综合征、血脂异常、高血压、吸烟等心血管疾病危险因素<sup>[14-16]</sup>。

研究发现，CMVD患者的血液中血小板数量及活性明显增加<sup>[17]</sup>。血小板在血栓的形成中起到重要作用，不仅通过形成

微栓子及嗜中性粒细胞-血小板聚集物而损害微血管水平的血流，还可以通过粘附于小静脉内皮、再灌注毛细血管或白细胞，有助于释放有毒分子、血管收缩剂和大量的炎症介质，进一步增强了单核细胞的激活和循环中白细胞的募集<sup>[18-19]</sup>。血小板粘附发生在整个的微血管炎症反应中，而不需要暴露的细胞外基质材料，氧化应激、内皮细胞活化以及伴随的白细胞的募集是血小板在微循环中粘附于内皮细胞的共同特征<sup>[20]</sup>。

HDL-C被证实是冠状动脉血管的保护性脂蛋白，具有逆向转运胆固醇、抗血栓形成和抗动脉粥样硬化作用，也有降低单核细胞活化和单核细胞祖细胞增殖的作用，可减轻内皮细胞所受到的炎症和氧化应激损伤<sup>[21-22]</sup>。研究表明，PHR在代谢综合征患者中显著增加，是代谢综合征的有效生物标志物，也是动脉粥样硬化-血栓形成风险的生物标志物<sup>[23]</sup>。本研究的结果发现CMVD组的PHR值明显高于非CMVD组，差异具有统计学意义。将PHR、PLT等相关指标纳入Logistic回归分析发现，PHR是CMVD发生的独立危险因素(OR=1.018, 95% CI 1.011~1.024, P=0.000)。描绘ROC曲线验证PHR的预测价值，结果显示AUCPHR为0.770，较单一的PLT、HDL-C表现更佳。以186.16作PHR的截断值时，其预测不合并阻塞性冠状动脉疾病的CMVD的灵敏度67.6%，特异度为72.9%，表明PHR对CMVD的发生有很好的预测价值。

综上所述，PHR对不合并阻塞性冠状动脉疾病的CMVD发生有较高预测价值。但本研究为单中心且样本量较少的回顾性研究，由于研究的时间较短，入选的患者较少，单中心的研究

设计及样本量较少是该研究的主要缺点,一些混杂因素的存在可能会影响相关指标的检测;未来可通过增加样本量、设计多中心前瞻性的研究来进一步探讨。

## 参考文献

- [1] Le C, Qin Y, Wang Z, et al. Association of estimated glucose disposal rate with incident cardiovascular disease under different metabolic and circadian rhythm states: findings from a national population-based prospective cohort study[J]. *Diabetol Metab Syndr*, 2024, 16(1): 257.
- [2] Zhou Y, Lin CJ, Yu Q, et al. Development and validation of risk prediction model for recurrent cardiovascular events among Chinese: the Personalized CARDiovascular DIsease risk Assessment for Chinese model[J]. *Eur Heart J Digit Health*, 2024, 5(3): 363-370.
- [3] 严颖, 王碧雲, 卫华. 冠状动脉微血管疾病影像学应用的研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2023, 21(7): 1246-1249.
- [4] 王晓阳, 闫晶晶, 李变玲, 等. 基于CFR探讨非阻塞性冠状动脉微血管病危险因素的研究[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2021, 13(3): 313-317, 321.
- [5] 王贵生, 金尧, 赵经纬, 等. CT容积螺旋穿梭扫描定量评估冠状动脉循环时间的临床应用研究[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(1): 77-79.
- [6] Kunadian V, Chieffo A, Camici PG, et al. An EAPCI expert consensus document on ischaemia with non-obstructive coronary arteries in collaboration with European society of cardiology working group on coronary pathophysiology & microcirculation endorsed by coronary vasomotor disorders international study group[J]. *EuroIntervention*, 2021, 16(13): 1049-1069.
- [7] 杨佳敏, 刘晓林. 多模态影像评价冠状动脉微循环障碍的研究进展[J]. *中国医疗设备*, 2024, 39(8): 165-170.
- [8] Galante D, La Vecchia G, Leone AM, et al. Coronary microvascular dysfunction in angina and non-obstructive coronary arteries: Pathophysiology, diagnosis, novel markers and therapy[J]. *Kardiol Pol*, 2025, 83(3): 269-276.
- [9] 王晓阳, 秦纲. 冠状动脉血流储备与冠状动脉微血管疾病的研究进展[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2020, 28(8): 728-732.
- [10] Jensen SM, Prescott EIB, Abdulla J. The prognostic value of coronary flow reserve in patients with non-obstructive coronary artery disease and microvascular dysfunction: a systematic review and meta-analysis with focus on imaging modality and sex difference[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2023, 39(12): 2545-2556.
- [11] Mejía-Rentería H, Van Der Hoeven N, Van De Hoef T, et al. Targeting the dominant mechanism of coronary microvascular dysfunction with intracoronary physiology tests[J]. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, 2017, 33(7): 1041-1059.
- [12] 中国老年医学学会心血管病分会. 中国多学科微血管疾病诊断与治疗专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2020, 35(12): 1149-1165.
- [13] Kanaji Y, Ahmad A, Sara JDS, et al. Coronary vasomotor dysfunction is associated with cardiovascular events in patients with nonobstructive coronary artery disease[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2024, 17(4): 474-487.
- [14] 《冠状动脉微血管疾病中西医结合诊疗专家共识》项目组. 冠状动脉微血管疾病中西医结合诊疗专家共识[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2022, 20(21): 3841-3850.
- [15] Charytan D, Skali H, Shah N, et al. Coronary flow reserve is predictive of the risk of cardiovascular death regardless of chronic kidney disease stage[J]. *Kidney Int*, 2018, 93(2): 501-509.
- [16] Majmudar M, Murthy V, Shah R, et al. Quantification of coronary flow reserve in patients with ischaemic and non-ischaemic cardiomyopathy and its association with clinical outcomes[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(8): 900-909.
- [17] Ghaffari F, Rasmi Y, Seyed Mohammadzad MH, et al. Increased circulating platelet and endothelial-derived microparticles in patients with cardiac syndrome X[J]. *ARYA Atheroscler*, 2021, 17(1): 1-10.
- [18] Balti DR, Andrianto, Intan RE, et al. Correlation between peripheral immature platelet level and coronary immature platelet levels in coronary artery disease: an observational study in cardiac referral centre in East Java, Indonesia[J]. *J Pak Med Assoc*, 2024, 74(6(Suppl-6)): S18-S22.
- [19] Pedersen OB, Larsen SB, Kristensen SD, et al. Immature platelets and cardiovascular events in patients with stable coronary artery disease[J]. *Platelets*, 2023, 34(1): 2217960.
- [20] Tailor A, Cooper D, Granger D. Platelet-vessel wall interactions in the microcirculation[J]. *Microcirculation (New York, NY: 1994)*, 2005, 12(3): 275-285.
- [21] 许甜甜, 徐峰, 陈建秋, 等. 3.0T MR血管壁成像探讨LDL-c/HDL-c比值与颈动脉易损斑块的关系[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2025, 23(10): 36-39.
- [22] Kundi H, Kiziltunc E, Cetin M, et al. Association of monocyte/HDL-C ratio with SYNTAX scores in patients with stable coronary artery disease[J]. *Herz*, 2016, 41(6): 523-529.
- [23] Jialal I, Jialal G, Adams-Huet B. The platelet to high density lipoprotein-cholesterol ratio is a valid biomarker of nascent metabolic syndrome[J]. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 2021, 37(6): e3403.

(收稿日期: 2024-05-30)

(校对编辑: 韩敏求)