

血浆致动脉粥样硬化指数与中老年人群慢性肝病发病风险前瞻性关联研究

黄更珍¹, 文武¹, 张耀丹²

(1. 四川大学华西临床医学院, 四川大学附属成都市第二人民医院, 成都市第二人民医院消化内科, 四川 成都 610017;
2. 成都中医药大学附属医院, 四川 成都 610072)

【摘要】目的: 探讨基线血浆致动脉粥样硬化指数(AIP)与中国 ≥ 45 岁中老年人群慢性肝病发病风险的前瞻性关联。**方法:** 基于中国健康与养老追踪调查(CHARLS)2011~2018年数据, 纳入基线无慢性肝病的6425名参与者。AIP计算公式为 $\log(\text{甘油三酯}/\text{高密度脂蛋白胆固醇})$ 。采用改良泊松回归模型计算相对危险度(RR)及其95%置信区间(CI), 评估AIP(作为连续变量及四分位数变量)与新发慢性肝病的关联, 并使用限制性立方样条(RCS)探索剂量-反应关系。**结果:** 7年随访期间共诊断新发慢性肝病345例。多变量调整后, AIP每增加1个单位, 慢性肝病发病风险增加58%($RR = 1.58, 95\% CI: 1.20 \sim 2.10$)。与AIP最低四分位(Q1)组相比, 最高四分位(Q4)组人群的发病风险增加50%($RR = 1.50, 95\% CI: 1.12 \sim 2.01$), 且风险随AIP升高呈显著递增趋势(趋势检验 $P = 0.003$)。RCS分析显示, AIP与慢性肝病风险间存在线性正相关关系(P for non-linearity = 0.940)。亚组分析显示, 该关联在不同性别、年龄、BMI及代谢危险因素人群中均稳定存在。**结论:** 在社区中老年人群中, 较高的AIP水平与慢性肝病发病风险增加独立相关, 且存在线性剂量-反应关系。AIP作为一种基于常规血脂的简便复合指标, 或有助于识别慢性肝病高危个体。

【关键词】 血浆致动脉粥样硬化指数; 慢性肝病; 前瞻性队列研究; 流行病学; 危险因素

【中图分类号】 R575 **【文献标志码】** A

A prospective cohort study on the association between the atherogenic index of plasma and the risk of chronic liver disease in middle-aged and older adults

HUANG Geng-zhen¹, WEN Wu¹, ZHANG Yao-dan²

(1. Department of Gastroenterology, West China School of Medicine, Sichuan University, Sichuan University Affiliated Chengdu Second People's Hospital, Chengdu Second People's Hospital, Chengdu 610017; 2. Hospital of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610072, Sichuan, China)

【Abstract】Objective: To investigate the prospective association between the baseline Atherogenic Index of Plasma (AIP) and the risk of incident chronic liver disease (CLD) in Chinese adults aged 45 years and above. **Methods:** This study utilized data from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) from 2011 to 2018. A total of 6,425 participants free of CLD at baseline were included. AIP was calculated as $\log(\text{triglycerides} / \text{high-density lipoprotein cholesterol})$. Modified Poisson regression models were used to calculate the risk ratio (RR) and 95% confidence interval (CI) for the association between AIP (as a continuous variable and in quartiles) and incident CLD (ascertained by self-report of physician diagnosis, excluding fatty liver, liver tumor, or cancer). Restricted cubic splines (RCS) were employed to examine the dose-response relationship. **Results:** During a follow-up of 7 years, 345 incident CLD cases were documented. After multivariable adjustment, each unit increase in AIP was associated with a 58% higher risk of CLD ($RR = 1.58, 95\% CI: 1.20 \sim 2.10$). Compared with participants in the lowest AIP quartile (Q1), those in the highest quartile (Q4) had a 50% increased risk of CLD ($RR = 1.50, 95\% CI: 1.12 \sim 2.01$), with a significant increasing trend across quartiles (P for trend = 0.003). RCS analysis revealed a linear positive association between AIP and CLD risk (P for non-linearity = 0.940). Subgroup analyses showed that the association was consistent across groups defined by sex, age, BMI, and metabolic risk factors. **Conclusion:** An elevated AIP is independently and linearly associated with an increased risk of CLD among community-dwelling middle-aged and older Chinese adults. As a simple

基金项目: 四川省科技厅自然科学基金项目(24NSFSC5633)

作者简介: 黄更珍(1983-), 男, 博士, 主治医师。E-mail: 53914005@qq.com

通讯作者: 张耀丹, 博士。E-mail: 363488093@qq.com

composite lipid index derived from routine tests, AIP may be useful for identifying individuals at high risk for CLD.

【Key words】Atherogenic index of plasma; Chronic liver disease; Prospective cohort study; Epidemiology; Risk factors

慢性肝病是目前全球面临的重大公共卫生问题,其疾病谱系较广,包括代谢相关脂肪性肝病、病毒性肝炎、肝硬化及肝细胞癌等。近年来,在肥胖与2型糖尿病流行的背景下,代谢功能障碍相关脂肪性肝病(metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease, MASLD)患病率急剧上升,已成为慢性肝病中增长最快的类型之一^[1-4]。然而,除MASLD外,病毒性、酒精性等因素导致的肝病同样造成较重的疾病负担。最新国际指南强调,应在具有心血管代谢危险因素的人群中主动开展慢性肝病风险筛查和分层管理^[5]。然而,对于普通社区人群来说,临床上仍缺乏简便、灵敏、可在基层广泛应用的早期预测指标,限制了对慢性肝病高危人群的早期识别与一级预防。

肝脏是全身脂质代谢的核心器官,慢性肝病患者常伴有特征性血脂异常^[6-8]。然而,传统血脂指标如甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)或高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)的单一绝对值难以全面反映脂蛋白谱的整体致动脉粥样硬化负荷,也无法充分评估轻微血脂异常对肝脏及心血管系统的长期累积影响。为弥补这一局限,Dobiás ová等^[9]提出血浆致动脉粥样硬化指数(atherogenic index of plasma, AIP) = $\log(\text{TG}/\text{HDL-C})$ 作为综合反映致动脉粥样硬化脂蛋白与抗动脉粥样硬化脂蛋白平衡的指标。随后的多项研究证实,AIP与冠状动脉粥样硬化程度、心血管事件及死亡风险密切相关^[10-11]。

近年来,AIP在肝病风险评估中具有潜在应用价值。研究^[12-15]显示,AIP升高与代谢性脂肪肝的存在及严重程度显著相关,其诊断效能优于部分传统血脂指标。更重要的是,AIP与2型糖尿病的发病风险密切相关^[16-18],而糖尿病是多种慢性肝病的共同危险因素。这些证据提示,AIP所代表的脂质代谢紊乱可能是连接代谢异常与肝脏损伤的重要表征指标。

然而,现有研究存在明显局限。绝大多数证据来源于横断面设计或特定临床人群,难以推断因果时序;更重要的是,研究焦点几乎完全局限于脂肪性肝病,AIP与更广泛的慢性肝病谱系之间的前瞻性关联尚不明确。因此,本研究基于具有全国代表性的中国健康与退休纵向研究(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)前瞻性队列,旨在系统探讨基线AIP水平与中国中老年社区人群新发慢性肝病风险之间的纵向关联,为慢性肝

病的早期风险识别与分层管理提供流行病学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究数据来源于中国健康与养老追踪调查CHARLS项目。CHARLS是一项针对我国45岁及以上中老年人群的大型全国性前瞻性队列研究,由北京大学国家发展研究院组织实施,用于收集该人群社会经济状况、健康状况、医疗保健等相关信息。项目采用多阶段分层概率抽样法,从全国28个省(自治区、直辖市)的150个县(区)中抽取具有全国代表性的样本。基线调查于2011年完成,并分别于2013、2015及2018年进行了追踪随访。CHARLS项目已通过北京大学生物医学伦理委员会审查(IRB00001052-11015),所有参与者均签署了书面知情同意书。

本研究以CHARLS 2011年基线调查的17 708名参与者为初始人群。依据以下标准进行逐步筛选:排除基线血脂(TG、HDL-C)数据缺失者($n = 6\ 058$);排除基线时自报有慢性肝病(包括脂肪肝、病毒性肝炎、肝硬化等)病史者($n = 401$);排除年龄低于45岁或年龄信息缺失者($n = 410$);排除其余关键协变量(如人口学特征、生活方式、合并疾病等)信息不完整者($n = 4\ 106$);排除慢性肝病随访结局数据缺失者($n = 989$)。最终,共有6 425名参与者纳入最终分析。研究参与者纳入流程如图1所示。

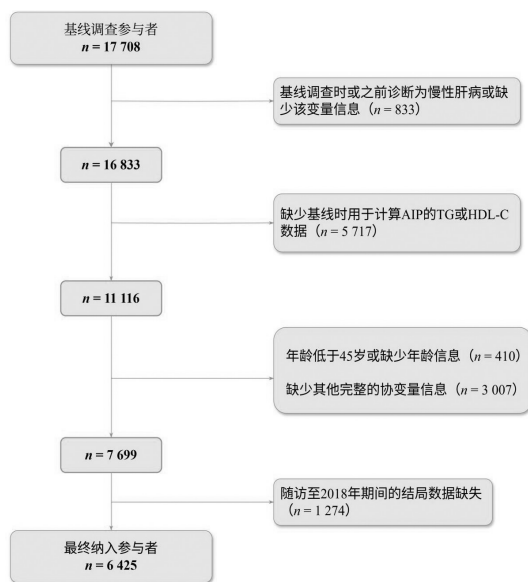


图1 研究参与者纳入流程

CHARLS 为中国健康与养老追踪调查。

1.2 变量定义

本研究的暴露变量为 AIP。其计算公式为： $AIP = \log(TG/HDL-C)$ ，其中 TG 和 HDL-C 单位均为 mg/dL。在统计分析中，AIP 分别作为连续变量和按四分位数分组(Q1-Q4)纳入模型。本研究的结局事件为随访期间(截至 2018 年)新发的慢性肝病。主要通过参与者在历次随访慢性病问卷中对问题“是否有医生曾经告诉过您有肝脏疾病(除外脂肪肝、肿瘤或癌)”的回答来确定。若参与者在任一次随访中首次报告确诊，则记为事件发生；否则，随访至其最后一次参与调查的时间。

本研究控制了以下可能混杂因素：年龄(岁)、性别(男/女)、教育程度(初中以下、初中及以上)、经济水平、吸烟状态(是/否)、饮酒状态(是/否)、体质指数(BMI)(kg/m²)、高血压(是/否)、糖尿病(是/否)。经济水平通过家庭人均年消费来衡量^[19]。高血压定义为收缩压 ≥ 140 mmHg，或舒张压 ≥ 90 mmHg，或正在服用降压药物，或自我报告高血压病史^[20]。糖尿病定义为空腹血糖 ≥ 126 mg/dL 或 HbA1c 水平 $\geq 6.5\%$ ，或正在服用降糖药物或自我报告糖尿病病史^[21]。

1.3 统计学分析

所有统计分析均使用 R 软件(版本 4.2.2)完成。计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验；偏态分布者以 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示，组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验；计数资料以 $[n(\%)]$ 表示，组间比较采用独立样本 χ^2 检验。AIP 四分位分组作为分类变量纳入描述性分析和回归分析。采用改良泊松回归模型计算 AIP 与慢性肝病发病风险的相对危险度(risk ratio, RR)及其 95% 置信区间(confidence interval, CI)。该模型通过带稳健标准误的泊松回归直接估计 RR 值，其估计结果比传统 Logistic 回归的比值比更接近真实的 RR，临床解释更为直观^[22]。为控制混杂，构建了三个层次的回归模型：模型 1 未调整任何协变量。模型 2 调整人口统计学变量(年龄、性别、教育程度、经济水平)。模型 3 在模型 2 基础上，进一步调整生活方式(吸烟、饮酒)及临床指标(BMI、高血压、糖尿病)。为探讨 AIP 与慢性肝病风险间的剂量-反应关系，在完全调整模型(模型 3)的基础上，采用限制性立方样条(restricted cubic splines, RCS)对连续型 AIP 进行拟合，并检验其线性和非线性趋势。最后，为评估关联的稳健性，按性别、年龄、BMI、吸烟、饮酒、高血压和糖尿病状态进行亚组分析，并在各亚组内采用模型 3 的策略进行回归，通过最大似然比检验分析交互作用的统计学意义。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

本研究共纳入 6 425 名符合条件的参与者。随访时间为 7 年，期间共记录 345 例慢性肝病事件。如表 1 所示，慢性肝病组与非慢性肝病组在多项基线特征上存在差异。慢性肝病组男性比例高于非慢性肝病组(53.04% vs. 45.03%， $P = 0.004$)，中位 BMI 亦较高[23.7(21.4, 26.6) kg/m² vs. 23.2(21.0, 25.8) kg/m²， $P = 0.006$]。同时，慢性肝病组的家庭消费水平中位数高于非慢性肝病组[5 230(3 085, 8 850) vs. 4, 670(2 747, 7 977)]， $P = 0.007$ ，且饮酒者比例较高(44.64% vs. 38.40%， $P = 0.024$)。在合并疾病方面，慢性肝病组的高血压患病率高于非慢性肝病组(30.72% vs. 25.41%， $P = 0.033$)。就暴露变量而言，慢性肝病组的基线 AIP 中位数高于非慢性肝病组[0.38(0.18, 0.63) vs. 0.33(0.12, 0.56)]， $P < 0.001$ 。当 AIP 按四分位数分组后，慢性肝病组中处于最高分位(Q4)的比例高于非慢性肝病组(31.88% vs. 24.62%， $P = 0.010$)。两组参与者在年龄、受教育程度及吸烟状况方面的分布差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 1 非慢性肝病组与慢性肝病组一般资料比较[n(%), $(\bar{x} \pm s)$, $M(P_{25}, P_{75})$]

变量	非慢性肝病 $n=6\ 080$	慢性肝病 $n=345$	$t/\chi^2/Z$ 值	P 值
年龄(岁)	57(51.64)	58(52.63)	0.544	0.586
性别			8.129	0.004
男	2 738(45.03)	183(53.04)		
女	3 342(54.97)	162(46.96)		
BMI(kg/m ²)	23.2(21.0, 25.8)	23.7(21.4, 26.6)	-2.742	0.006
消费水平(元/年)	4 670(2 747, 7 977)	5 230(3 085, 8 850)	-2.712	0.007
受教育程度			0.485	0.486
初中以下	5 506(90.56)	308(89.28)		
初中及以上	574(9.44)	37(10.72)		
吸烟			1.077	0.299
否	3 774(62.07)	204(59.13)		
是	2 306(37.93)	141(40.87)		
饮酒			5.085	0.024
否	3 745(61.60)	191(55.36)		
是	2 335(38.40)	154(44.64)		
高血压			4.553	0.033
否	4 535(74.59)	239(69.28)		
是	1 545(25.41)	106(30.72)		
糖尿病			1.790	0.181
否	5 736(94.34)	319(92.46)		
是	344(5.66)	26(7.54)		
AIP	0.33(0.12, 0.55)	0.38(0.18, 0.63)	-3.415	<0.001
AIP 四分位			11.370	0.010
Q1	1 535(25.25)	71(20.58)		
Q2	1 531(25.18)	75(21.74)		
Q3	1 517(24.95)	89(25.80)		
Q4	1 497(24.62)	110(31.88)		

AIP 为血浆致动脉粥样硬化指数。

2.2 AIP 与慢性肝病发生风险的关联

如表 2 所示, AIP 与慢性肝病发病风险呈正相关。在未调整任何协变量的模型 1 中, AIP 每升高 1 单位, 慢性肝病风险增加 67% ($RR = 1.67, 95\% CI: 1.26 \sim 2.21, P < 0.001$)。在调整年龄、性别及教育程度等人口学因素后(模型 2), 该关联强度保持不变 ($RR = 1.67, 95\% CI: 1.27 \sim 2.20, P < 0.001$)。进一步控制吸烟、饮酒、BMI、高血压及糖尿病等混杂因素后(模型 3), AIP 与慢性肝病风险的正向关联依然存在 ($RR = 1.58, 95\% CI: 1.20 \sim 2.10, P = 0.001$)。

将 AIP 按四分位数分组分析显示, 慢性肝病发病风险随 AIP 水平升高呈递增趋势。在完全调整的模型 3 中, 与 Q1 组相比, Q3 组人群的发病风险增加 24% ($RR = 1.24, 95\% CI: 0.91 \sim 1.69$), Q4 组人群的风险增加 50% ($RR = 1.50, 95\% CI: 1.12 \sim 2.01$), 趋势性检验具有统计学意义(趋势检验 $P = 0.003$)。

表 2 AIP 与慢性肝病发病风险的改良泊松回归分析结果

AIP	Model1		Model2		Model3	
	RR (95%CI)	P 值	RR (95%CI)	P 值	RR (95%CI)	P 值
连续	1.67 (1.26, 2.21)	<0.001	1.67 (1.27, 2.20)	<0.001	1.58 (1.20, 2.10)	0.001
分类						
Q1	Ref		Ref		Ref	
Q2	1.06 (0.77, 1.45)	0.735	1.07 (0.78, 1.47)	0.675	1.06 (0.78, 1.46)	0.701
Q3	1.25 (0.92, 1.70)	0.145	1.27 (0.94, 1.73)	0.117	1.24 (0.91, 1.69)	0.170
Q4	1.55 (1.16, 2.07)	0.003	1.56 (1.17, 2.09)	0.002	1.50 (1.12, 2.01)	0.007
趋势检验 P 值	0.001		<0.001		0.003	

AIP 为血浆致动脉粥样硬化指数; Model 1 为未调整模型; Model 2 调整年龄、性别、教育程度和经济水平; Model 3 在 Model 2 基础上进一步调整吸烟、饮酒、BMI、高血压和糖尿病。

2.3 AIP 与慢性肝病风险的剂量-反应关系

限制性立方样条(RCS)分析结果显示, AIP 与慢性肝病发病风险之间存在近似线性的正相关关系(图 2)。整体关联检验具有统计学意义(P for overall = 0.006), 非线性检验无统计学意义(P for non-linearity = 0.940), 支持两者为线性关联。

2.4 亚组分析

亚组分析结果如图 3 所示。在不同性别、年龄、BMI、吸烟状况、饮酒状况、高血压及糖尿病状态的亚组中, AIP 与慢性肝病风险的正相关关系方向基本一致。交互作用检验结果显示, 所有分层变量与 AIP 的交互项均无统计学意义(所有 P for interaction > 0.05), 表明 AIP 对慢性肝病风险的影响在不同特征人群中未见显著的效应修饰作用。

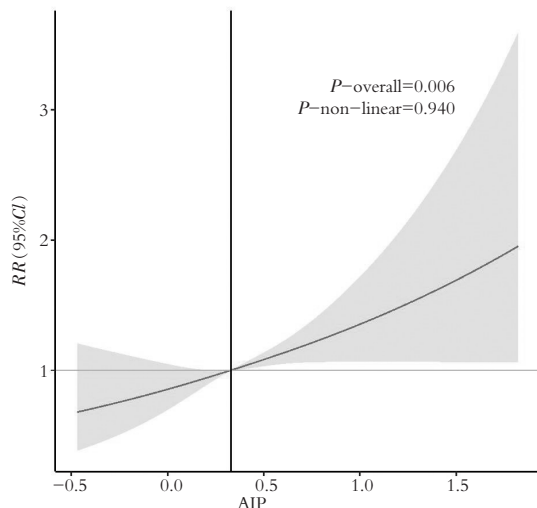


图 2 AIP 与慢性肝病风险之间的剂量-反应关系

实线表示相对危险度估计值, 阴影区域表示 95%CI; 模型调整变量同 Model 3。

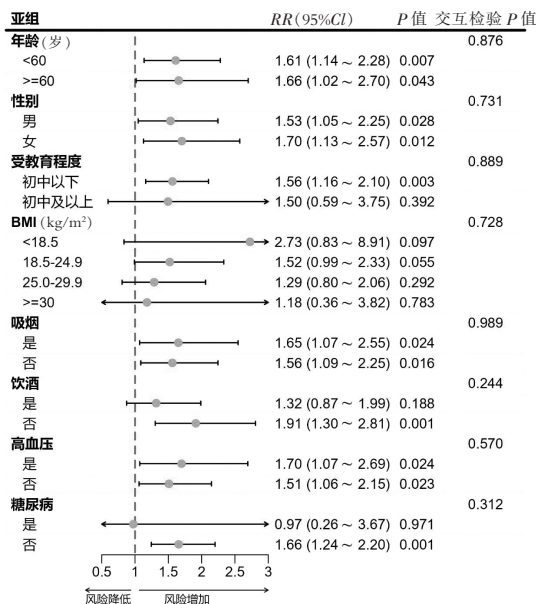


图 3 各亚组 AIP 与慢性肝病风险的关系

结果基于 Model 3; 蓝色点为 RR 值, 横线表示 95%CI。

3 讨论

本研究基于 CHARLS 全国代表性前瞻性队列, 系统评估了中老年社区人群基线 AIP 与随访期间慢性肝病发病风险的关系。结果显示, AIP 升高与慢性肝病发病风险呈独立正相关, 该关联在校正人口学特征、生活方式及多种心代谢危险因素后仍然稳健。将 AIP 按四分位数分层后分析发现, 随着 AIP 水平升高, 慢性肝病发病风险呈逐步上升趋势, 最高四分位人群的发病风险显著高于最低四分位人群。限制性立方样条分析进一步提示, AIP 与慢性肝病风险之间存在近似线性的剂量-反应关系。此外, 在性别、年龄、BMI、吸烟、饮酒、高血压及糖尿病

等多个亚组中, AIP 与慢性肝病风险的正相关关系一致, 未发现显著交互作用。上述结果提示, AIP 作为一种简便的血脂综合指标, 与中老年人群慢性肝病的长期风险密切相关。

本研究结果与既往关于 AIP 与脂肪性肝病的研究总体方向一致。尽管先前研究多聚焦于 AIP 与脂肪性肝病 (NAFLD/MASLD) 的关联^[14-15, 23], 但本研究将关联扩展至更广泛的慢性肝病谱系。AIP 所反映的致动脉粥样硬化脂质负荷与胰岛素抵抗、慢性低度炎症密切相关, 而这些病理过程是多种慢性肝病 (包括病毒性、酒精性及代谢相关性肝病) 发生与进展的共同病理基础^[24-25]。例如, 基于人群的大样本研究表明, AIP 升高及其动态变化与 2 型糖尿病发病风险显著相关^[16-18]。而糖尿病是多种慢性肝病及其纤维化进展的明确危险因素。因此, 本研究中观察到 AIP 与慢性肝病风险的关联, 提示 AIP 可能作为一个反映个体整体代谢紊乱状态的综合指标, 其预测价值并不仅限于某一特定肝病病因。

从机制层面看, 慢性肝病的发生发展与肝脏脂质摄取、合成、氧化及输出之间的失衡密切相关^[26-27]。肝脏是极低密度脂蛋白合成与分泌的主要场所, 高 TG 水平反映肝脏摄取游离脂肪酸增多及脂肪生成增强, 易导致肝内脂质蓄积, 引发脂毒性、线粒体功能障碍与氧化应激, 进而诱导肝细胞损伤和炎症反应^[24, 27]。另一方面, HDL-C 降低提示胆固醇逆转运输能力减弱, 其抗氧化及抗炎作用下降, 使肝脏对代谢应激的耐受性降低^[28]。AIP 将 TG 与 HDL-C 纳入同一公式, 间接反映富含 TG 的脂蛋白和小而密 LDL 颗粒的累积负荷。因此, 本研究中观察到的“AIP 升高—慢性肝病风险增加”的关联, 在脂质代谢及肝脏病理生理层面具有合理性。

从临床与公共卫生角度看, 本研究结果对慢性肝病的风险评估与分层管理具有一定临床和公共卫生意义。首先, AIP 仅基于常规空腹血脂指标计算, 无需额外检测成本; 相较于单一使用 TG 或 HDL-C 截断值, AIP 对轻度 TG 升高和 HDL-C 降低等亚临床异常更为敏感, 有助于在肝功能尚处于正常阶段识别代谢风险持续累积的个体。其次, 本研究未发现 AIP 与慢性肝病风险的关系在性别、年龄、肥胖状态或传统心代谢危险因素亚组中存在显著效应修饰, 提示其预测效应在不同风险人群中具有较好的稳定性。与最新 MASLD 管理指南中强调对具有心代谢危险因素人群开展主动筛查和分层管理的理念一致, AIP 有望作为一种简便的代谢危险标志物, 有助于基层医疗机构在有限条件下更有效地识别需进一步肝脏评估和生活方式干预的高危人群。

当然, 本研究存在以下局限性。首先, 慢性肝病结局主要依赖自报的医生诊断信息, 难以具体区分病毒性肝炎、酒精性肝病及肝硬化等不同病因与分期; 同时, 本研究结局不包括脂肪肝, 因此无法评价 AIP 与 NAFLD/MASLD 的直接关系。尽管此类非差异性错误分类可能低估真实关联, 但仍限制了对不同病因及疾病阶段慢性肝病进行异质性分析的能力。其次, 本研究仅在基线测量 AIP, 未能评估其随时间变化的轨迹及长期累积暴露对慢性肝病风险的影响。第三, 尽管在统计模型中控制了人口学特征、生活方式及主要心代谢危险因素, 仍难以完全排除残余混杂, 如饮食结构、药物使用、乙肝/丙肝感染状况及遗传易感性等。最后, 本研究对象为 45 岁及以上中国人群, 结论推广至更年轻人群及其他人种时需在独立队列中进一步验证。

综上, 本研究基于中国中老年人群全国代表性前瞻性队列, 证实 AIP 升高与慢性肝病发病风险呈近似线性的正相关关系, 且该关联在不同人群亚组中表现稳定。作为一种基于常规血脂指标、计算简便的复合脂质参数, AIP 可能成为评估慢性肝病长期风险及识别高危人群的候选标志物。未来研究应结合影像学及生物标志物进一步细化肝病亚型, 探索 AIP 的最佳截断值及其动态变化模式, 并通过干预性研究验证降低 AIP 是否可有效减少慢性肝病及相关心血管事件的发生风险。

参考文献

- [1] Kan C, Zhang K, Wang Y, *et al.* Global burden and future trends of metabolic dysfunction-associated Steatotic liver disease: 1990-2021 to 2045 [J]. *Annals of Hepatology*, 2025, 30 (2): 101898.
- [2] Le P, Tatar M, Dasarathy S, *et al.* Estimated burden of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease in US adults, 2020 to 2050 [J]. *JAMA Network Open*, 2025, 8 (1): e2454707.
- [3] Alqudah O, Alshahwan HF, Alsamhour J, *et al.* Metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease MASLD: Jordan's perspective based on knowledge and attitude determinants [J]. *Risk Management and Healthcare Policy*, 2024, 17: 2483-2491.
- [4] Asrani SK, Devarbhavi H, Eaton J, *et al.* Burden of liver diseases in the world [J]. *Journal of Hepatology*, 2019, 70 (1): 151-171.
- [5] Tacke F, Horn P, Wai-Sun Wong V, *et al.* EASL-EASD-EASO Clinical Practice Guidelines on the management of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD) [J]. *Journal of Hepatology*, 2024, 81 (3): 492-542.
- [6] Lee JH, Lee HS, Cho AR, *et al.* Non-alcoholic fatty liver disease is an independent risk factor for LDL cholesterol target level [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18 (7): 3442.

- [7] Kathak RR, Sumon AH, Molla NH, *et al.* The association between elevated lipid profile and liver enzymes: a study on Bangladeshi adults[J]. *Scientific Reports*, 2022, 12: 1711.
- [8] Chen H, Miao X, Hu M, *et al.* Associations between high-density lipoprotein cholesterol, non-high-density lipoprotein cholesterol, and their ratio with metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease: a retrospective cohort study[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2025, 16: 1585811.
- [9] Dobiás ová 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 (FERHDL) [J]. *Clinical Biochemistry*, 2001, 34 (7): 583–588.
- [10] Yang C, Sui J, Jin J, *et al.* Associations between the atherogenic index of plasma and coronary heart disease in hypertensive patients: results from NHANES 2005–2018 [J]. *BMC Cardiovascular Disorders*, 2025, 25(1): 738.
- [11] Jin K, Ma Z, Zhao C, *et al.* The correlation between the atherogenic index of plasma and the severity of coronary artery disease in acute myocardial infarction patients under different glucose metabolic states [J]. *Scientific Reports*, 2025, 15: 6128.
- [12] Ismaiel A, Ciobanu OS, Ismaiel M, *et al.* Atherogenic index of plasma in non-alcoholic fatty liver disease: systematic review and meta-analysis [J]. *Biomedicine*, 2022, 10(9): 2101.
- [13] Liu J, Zhou L, An Y, *et al.* The atherogenic index of plasma: a novel factor more closely related to non-alcoholic fatty liver disease than other lipid parameters in adults [J]. *Frontiers in Nutrition*, 2022, 9: 954219.
- [14] Dong BY, Mao YQ, Li ZY, *et al.* The value of the atherogenic index of plasma in non-obese people with non-alcoholic fatty liver disease: a secondary analysis based on a cross-sectional study [J]. *Lipids in Health and Disease*, 2020, 19(1): 148.
- [15] Wang Q, Zheng D, Liu J, *et al.* Atherogenic index of plasma is a novel predictor of non-alcoholic fatty liver disease in obese participants: a cross-sectional study [J]. *Lipids in Health and Disease*, 2018, 17(1): 284.
- [16] Liao Y, Han Y, Cao C, *et al.* Association between atherogenic index of plasma and risk of type 2 diabetes mellitus and the mediating effect of BMI: a comparative analysis in Chinese and Japanese populations [J]. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 2025, 17(1): 349.
- [17] Wen L, Wu Y, Fu X, *et al.* Atherogenic index of plasma and its 5-year changes associated with type 2 diabetes risk: a 10-Year cohort study [J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2025, 24 (1): 349.
- [18] Li YW, Kao TW, Chang PK, *et al.* Atherogenic index of plasma as predictors for metabolic syndrome, hypertension and diabetes mellitus in Taiwan citizens: a 9-year longitudinal study [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 9900.
- [19] Gong J, Wang G, Wang Y, *et al.* Consumption and poverty of older Chinese, 2011–2020 [J]. *The Journal of the Economics of Ageing*, 2022, 23(C): 100410.
- [20] Williams B, Mancia G, Spiering W, *et al.* 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension [J]. *European Heart Journal*, 2018, 39(33): 3021–3104.
- [21] Yu J, Yi Q, Chen G, *et al.* The visceral adiposity index and risk of type 2 diabetes mellitus in China: a national cohort analysis [J]. *Metabolism Research and Reviews*, 2022, 38(3): e3507.
- [22] Zou G. A modified Poisson regression approach to prospective studies with binary data [J]. *American Journal of Epidemiology*, 2004, 159(7): 702–706.
- [23] De Matteis C, Novielli F, Di Buduo E, *et al.* Atherogenic index of plasma identifies subjects with severe liver steatosis [J]. *Scientific Reports*, 2025, 15: 9136.
- [24] Friedman SL, Neuschwander-Tetri BA, Rinella M, *et al.* Mechanisms of NAFLD development and therapeutic strategies [J]. *Nature Medicine*, 2018, 24(7): 908–922.
- [25] Jiang L, Li L, Xu Z, *et al.* Non-linear associations of atherogenic index of plasma with prediabetes and type 2 diabetes mellitus among Chinese adults aged 45 years and above: a cross-sectional study from CHARLS [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2024, 15: 1360874.
- [26] Alves-Bezerra M, Cohen DE. Triglyceride metabolism in the liver [J]. *Comprehensive Physiology*, 2017, 8(1): 1–8.
- [27] Ipsen DH, Lykkesfeldt J, Tveden-Nyborg P. Molecular mechanisms of hepatic lipid accumulation in non-alcoholic fatty liver disease [J]. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 2018, 75(18): 3313–3327.
- [28] Toseska Trajkovska K, Topuzovska S. High-density lipoprotein metabolism and reverse cholesterol transport: strategies for raising HDL cholesterol [J]. *Anatolian Journal of Cardiology*, 2017, 18(2): 149–154.

(收稿日期: 2025-12-06

修回日期: 2026-03-01)