

## 血浆致动脉粥样硬化指数与高血压发病风险关联性的前瞻性 动态队列研究

闫金利<sup>1</sup>, 闫涛<sup>1</sup>, 沈媛<sup>2</sup>, 祁兴月<sup>2</sup>, 张楠<sup>2</sup>, 李海玲<sup>3</sup>, 张春发<sup>1</sup>, 许蕾<sup>1</sup>, 包含<sup>1</sup>, 张星光<sup>1</sup>

(1. 内蒙古医科大学公共卫生学院卫生统计学教研室, 内蒙古呼和浩特 010000; 2. 内蒙古医科大学公共卫生学院卫生检验与检疫学教研室, 内蒙古呼和浩特 010000; 3. 内蒙古医科大学公共卫生学院流行病学教研室, 内蒙古呼和浩特 010000)

**[摘要]** **目的:** 探讨血浆致动脉粥样硬化指数 (AIP) 与高血压发病风险的关联, 并阐明 AIP 作为高血压发病风险预测指标的应用价值。**方法:** 研究对象来源于采用多阶段分层整群抽样方法建立的前瞻性队列人群。根据 AIP 四分位数, 将纳入的研究对象分为 4 组 (Q1 组、Q2 组、Q3 组和 Q4 组), 并采用 Cox 回归模型探讨 AIP 与高血压发生风险的关联性, 使用亚组分析和交互作用检验评估 AIP 与高血压发生风险关联的性别和年龄差异。**结果:** 本研究共纳入 2 532 名研究对象 (Q1 组 632 人、Q2 组 634 人、Q3 组 633 人、Q4 组 633 人), 中位随访时间为 4.69 年, 其中有 1 587 例研究对象最终发生高血压 (发病率为 62.68%)。与 Q1、Q2 和 Q3 组比较, Q4 组研究对象男性占比为 35.70%、吸烟者占比为 36.90%, 体质量指数 (BMI) 和 FPG 值升高 ( $P < 0.001$ )。基于队列研究, 通过多因素 Cox 回归模型分析, 与 Q1 组比较, Q4 组研究对象高血压发病风险增加 24% [风险比 (HR) = 1.24, 95% 置信区间 (CI) = 1.07~1.44,  $P = 0.004$ ]。交互作用检验结果和亚组分析, 年龄和性别与 AIP 之间存在交互作用 ( $P < 0.05$ ); 在女性人群 (HR = 1.42, 95% CI = 1.16~1.73,  $P = 0.001$ ) 和 <60 岁人群 (HR = 1.31, 95% CI = 1.11~1.54,  $P = 0.001$ ) 中, 高 AIP 是发生高血压的危险因素。**结论:** 升高的 AIP 与较高的高血压发病风险有关, 特别是较高的 AIP 与女性人群和 <60 岁人群中高血压发生密切相关。

**[关键词]** 高血压; 血浆致动脉粥样硬化指数; 前瞻性队列研究; 预测指标; Cox 回归模型

**[中图分类号]** R181 **[文献标志码]** A

**[收稿日期]** 2025-03-29 **[录用日期]** 2025-05-16

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目 (82160639, 82460666); 内蒙古自治区科技厅自然科学基金项目 (2023QN08030, 2024QN08016, 2024MS08016, 2024MS08074); 内蒙古自治区卫健委科技计划项目 (202202123, 202201227); 内蒙古自治区教育厅高等学校科学研究项目 (NJZY22617); 内蒙古医科大学面上项目 (2020MS08048, YKD2021MS044, YKD2022MS079, YKD2023MS024); 内蒙古医科大学学科建设项目 (YKD2022XK012, YKD2023XK015); 内蒙古医科大学科技创新团队项目 (YKD2022TD015); 内蒙古医科大学致远人才计划善学人才项目 (ZY20242120); 内蒙古医科大学致远人才计划治学人才项目 (ZY20241204)

**[作者简介]** 闫金利 (1997—), 女, 山东省泰安市人, 在读硕士研究生, 主要从事心血管流行病学方面的研究。

**[通信作者]** 包含, 副教授, 硕士研究生导师 (E-mail: baohan5082@163.com);  
张星光, 教授, 硕士研究生导师 (E-mail: zxcg311@126.com)

©《吉林大学学报 (医学版)》编辑部, 开放获取遵循 CC BY-NC-ND 协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University (Medicine Edition). Open access under CC BY-NC-ND license.

## Prospective dynamic cohort study on correlation between atherogenic index of plasma and risk of hypertension

YAN Jinli<sup>1</sup>, YAN Tao<sup>1</sup>, SHEN Yuan<sup>2</sup>, QI Xingyue<sup>2</sup>, ZHANG Nan<sup>2</sup>, LI Hailing<sup>3</sup>, ZHANG Chunfa<sup>1</sup>,  
XU Lei<sup>1</sup>, BAO Han<sup>1</sup>, ZHANG Xingguang<sup>1</sup>

(1. Department of Health Statistics, School of Public Health, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, China; 2. Department of Health Inspection and Quarantine, School of Public Health, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, China; 3. Department of Epidemiology, School of Public Health, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010000, China)

**ABSTRACT Objective:** To explore the association between atherogenic index of plasma (AIP) and the risk of hypertension, and to clarify the application value of AIP as a risk predictor for hypertension. **Methods:** The subjects were derived from a prospective cohort population established using a multi-stage stratified cluster sampling method. Based on the AIP quartiles, the included subjects were divided into four groups (Q1 group, Q2 group, Q3 group, and Q4 group). The association between AIP and the risk of hypertension was explored using the Cox regression model, and subgroup analysis and interaction tests were employed to assess gender and age differences in this association. **Results:** A total of 2 532 subjects were included in this study (632 in Q1 group, 634 in Q2 group, 633 in Q3 group, and 633 in Q4 group). The median follow-up time was 4.69 years, and 1 587 subjects eventually developed hypertension (the incidence rate was 62.68%). Compared with Q1, Q2, and Q3 groups, the male proportion in Q4 group was 35.70%, and a smoking proportion was 36.90%; the body mass index (BMI) and fasting plasma glucose (FPG) levels ( $P < 0.001$ ). Based on a cohort study and multiple factor Cox regression model analysis, compared with Q1 group, the risk of hypertension in Q4 groups was increased by 24% [hazard ratio (HR) = 1.24, 95% confidence interval (CI) = 1.07–1.44,  $P = 0.004$ ]. The interaction test results and subgroup analysis showed that there was an interaction between age and gender and AIP ( $P < 0.05$ ); in the female population (HR = 1.42, 95% CI = 1.16–1.73,  $P = 0.001$ ) and <60 year old population (HR = 1.31, 95% CI = 1.11–1.54,  $P = 0.001$ ), high AIP was a risk factor for developing hypertension. **Conclusion:** An elevated AIP is associated with a higher risk of hypertension, particularly in the female and <60 year old populations where a higher AIP is closely related to the occurrence of hypertension.

**KEYWORDS** Hypertension; Atherogenic index of plasma; Prospective cohort study; Predictive index; Cox regression model

高血压是导致全球人口过早死亡最常见的原因之一<sup>[1-2]</sup>。与血压升高相关的全因死亡人数占所有死亡人数的19.2%。其中,约40%的缺血性心脏病和卒中的死亡与高血压有关。因此,高血压成为全球严重的公共卫生问题<sup>[3-5]</sup>。目前,虽然抗高血压药物在全球范围内广泛使用,但高血压的控制率却不容乐观,特别是包括中国在内的发展中国家尤为显著<sup>[6-8]</sup>。因此,早期识别和预防高血压的危险因素对于减轻公共卫生负担至关重要。血脂异常已被证实是多数心血管疾病最常见的危险因素<sup>[9-10]</sup>,其可通过损伤血管的结构和功能促进疾病的发生和发展。然而,单一血脂指标[低密度脂蛋白胆固醇

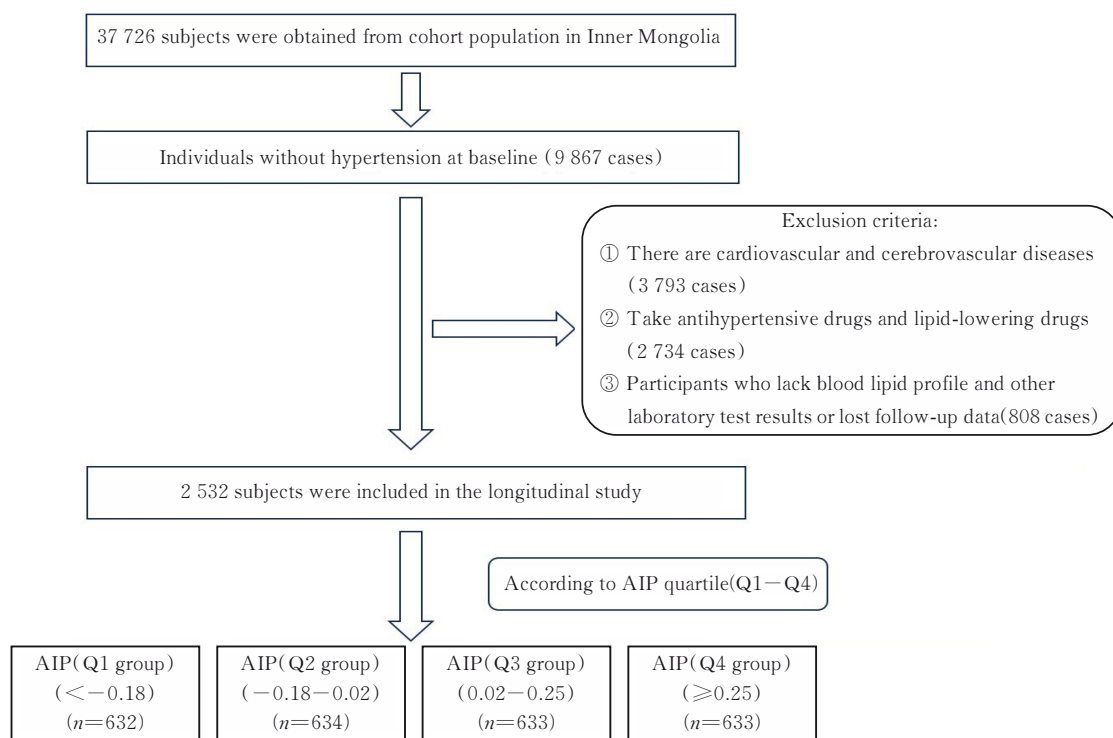
(low density lipoprotein cholesterol, LDL-c)或高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-c)]对疾病风险分层的预测效率低下,而多种脂质参数的联合应用显示出更准确的预测能力<sup>[11]</sup>。其中,血浆致动脉粥样硬化指数(atherogenic index of plasma, AIP)是一项由甘油三酯(triglyceride, TG)与HDL-c脂质参数联合的血脂指标<sup>[12]</sup>。其不仅可动态显示血清中TG和HDL-c水平的变化,还可通过反映脂蛋白颗粒的大小更好地显示血脂异常的致病性和特异性<sup>[13]</sup>。目前,关于AIP与高血压关联性的研究较少,且其与高血压发生具有关联性的研究存在矛盾和不确定

性。日本的一项横断面研究<sup>[14]</sup>结果显示:较高的AIP与高血压和高血压前期的患病风险有关;另一项纵向研究<sup>[15]</sup>结果显示:AIP与高血压的相关性独立于肾功能和血糖水平。然而,一项不包含2型糖尿病的中国成年人群的大型横断面研究<sup>[16]</sup>结果显示:AIP未能成为高血压发生的独立危险因素。因此,鉴于以上研究结果的不一致性,本研究利用一项前瞻性队列研究,探讨AIP在预测高血压高危人群中的潜在应用价值,并进一步评估两者关联的性别和年龄差异,从而为高血压精准防治提供可靠的生物学指标。

## 1 资料与方法

1.1 资料来源 本研究数据来源于一项前瞻性队

列研究,该研究于2015年12月起采用多阶段分层整群抽样方法分3个阶段建立队列人群<sup>[17]</sup>。第一阶段:依据地理位置和经济状况,抽取内蒙古地区6个城市;第二阶段:根据人口数和人群稳定性在选定的城市中抽取区/县;第三阶段:根据社区或村庄的大小在选定的区/县中抽取相应的2~3个居民委员会或村庄。调查的研究对象均自愿参与并签署知情同意书。为消除混杂因素的影响,本研究的排除标准如下:基线时患有高血压、心脑血管疾病的个体( $n=31\ 652$ );任何可能影响生化参数或脂质代谢的疾病或服用抗高血压药物、降脂药物的个体( $n=2\ 734$ );缺乏血脂谱以及其他实验室检查结果或失访数据的个体( $n=808$ )。共纳入2 532名研究对象,中位随访时间为4.69年。见图1。



AIP: Atherogenic index of plasma.

图1 AIP与高血压发生风险关联性的队列研究设计示意图

Fig. 1 Schematic diagram of cohort study design on association between AIP and risk of hypertension

1.2 调查内容和方法 由经统一培训的调查员以一对一面访的方式收集一般人口学信息,包括社会人口学特征(年龄、性别和家族史)、生活方式(吸烟和饮酒状况)、物理测量指标(身高、体质量和血压等)和实验室测量指标(血糖和血脂等)。血压测量采用电子血压计进行,测量时参与者应在平稳休息30 min后,于坐姿状态下进行(分析中使

用2次测量的平均血压值);采用电子身高体质量计测量身高和体质量,测量时参与者应脱去帽子、鞋子及厚重衣物,身体直立、轻靠立柱进行;采用葡萄糖分析仪和自动生化分析仪检测血糖和血脂水平。

1.3 主要检测仪器 电子血压计(型号:欧姆龙HEM-7430,日本欧姆龙株式会社),葡萄糖分析仪(型号:百捷PD-G001-2,勤立生物科技股份有限公司)

限公司), 自动生化分析仪(型号: 卡迪克 Cardiocheck PA, 美国PTS公司)。

**1.4 相关变量的定义** 在本研究中, 吸烟定义为在过去1年内平均每天吸烟 $\geq 1$ 支; 饮酒定义为在过去1年内每月饮酒 $\geq 1$ 次; 疾病家族史定义为直系亲属曾患有高血压、糖尿病、动脉粥样硬化性心血管疾病和(或)恶性肿瘤; 服用降血压和降血脂药物定义为14 d内服用降血压和降血脂的西药、中成药或中药; 体质质量指数(body mass index, BMI)定义为参与者的体质质量(kg)除以身高的平方( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ); 高血压定义为: ①收缩压 $\geq 130$  mmHg和(或)②舒张压 $\geq 80$  mmHg和(或)③抗高血压药物的使用。AIP= $\text{Log}_{10}(\text{TG}/\text{HDL-c})$ 。本研究根据AIP四分位数, 将研究对象分为4组, 第一分位数组(Q1组)、第二分位数组(Q2组)、第三分位数组(Q3组)和第四分位数组(Q4组)。

**1.5 统计学分析** 采用SPSS 25.0统计软件进行统计学分析。各组研究对象TC、空腹血糖(fasting

plasma glucose, FPG)和LDL-c均服从正态性分布, 以 $\bar{x}\pm s$ 表示; 研究对象性别、年龄、吸烟史、饮酒史、家族史和BMI以 $n(\%)$ 表示。组间率的比较采用 $\chi^2$ 检验; 多组间样本均数比较采用单因素方差分析, 组间样本均数两两比较采用SNK- $q$ 检验; 采用单因素和多因素Cox回归模型分析AIP与高血压发生风险的关联性, 并通过亚组分析和交互作用检验评估不同年龄和性别人群AIP与高血压发生风险关联的差异性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 研究对象的基线特征** 本研究共纳入2 532名参与随访调查的研究对象, 平均年龄为(51.58 $\pm$ 9.12)岁, 63.39%的参与者为女性。中位随访时间为4.69年, 1 587例研究对象发生高血压(发病率为62.68%)。与Q1、Q2和Q3组比较, Q4组研究对象男性占比为35.70%、吸烟者占比为36.90%, BMI和空腹血糖值升高( $P<0.001$ )。见表1和2。

表1 2 532名研究对象的基线特征  
Tab.1 Baseline characteristics of 2 532 subjects

Variable	AIP quartile array				$\chi^2$	P
	Q1 (<-0.18)	Q2 (-0.18-0.02)	Q3 (0.02-0.25)	Q4 ( $\geq 0.25$ )		
Number of people	632	634	633	633		
Gender[n(%)]						
Male	185(19.96)	186(20.06)	225(24.27)	331(35.71)	96.49	<0.001
Female	447(27.85)	448(27.91)	408(25.42)	302(18.82)		
Age(year) [n(%)]					3.05	0.383
<60	524(25.47)	504(24.50)	509(24.75)	520(25.28)		
$\geq 60$	108(22.74)	130(27.37)	124(26.10)	113(23.79)		
Smoking [n(%)]					76.49	<0.001
Yes	122(18.07)	140(20.74)	164(24.30)	249(36.89)		
No	510(27.46)	494(26.60)	469(25.26)	384(20.68)		
Drinking [n(%)]					17.24	<0.001
Yes	54(34.18)	28(17.72)	26(16.45)	50(31.65)		
No	578(24.35)	606(25.52)	607(25.57)	583(24.56)		
Family history of illness [n(%)]					29.78	<0.001
Yes	568(26.87)	530(25.07)	516(24.41)	500(23.65)		
No	64(15.31)	104(24.88)	117(27.99)	133(31.82)		
BMI[n(%)]					267.47	<0.001
<24 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	432(38.71)	300(26.88)	228(20.43)	156(13.98)		
$\geq 24 \text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	200(14.12)	334(23.59)	405(28.60)	477(33.69)		

**2.2 AIP与高血压发生风险的关联性** 根据AIP四分位数, 未调整其他因素时, 与Q1组比较,

Q4组研究对象高血压发病风险增加29% [风险比(hazard ratio, HR)=1.29, 95%置信区间

表2 2532名研究对象的基线特征

Tab. 2 Baseline characteristics of 2532 subjects

( $\bar{x}\pm s$ )

Variable	AIP quartile array				F	P
	Q1 (<-0.18)	Q2 (-0.18-0.02)	Q3 (0.02-0.25)	Q4 ( $\geq$ 0.25)		
Number of people	632	634	633	633		
TC[c <sub>B</sub> /(mmol·L <sup>-1</sup> )]	4.64±1.20	4.78±1.28	4.90±1.49	4.67±1.35	10.66	0.014
FPG[c <sub>B</sub> /(mmol·L <sup>-1</sup> )]	5.74±1.20	5.92±1.30	6.15±1.63	6.38±1.76	101.90	<0.001
LDL-c[c <sub>B</sub> /(mmol·L <sup>-1</sup> )]	2.63±1.04	2.89±1.15	3.05±1.28	2.81±1.25	13.18	<0.001

TC: Total cholesterol.

(confidence interval, CI)=1.11~1.50,  $P=0.001$ ]; 调整年龄和性别后的HR为1.24 (95%CI=1.07~1.45,  $P=0.006$ ); 进一步调整吸烟和饮酒后的HR为1.22 (95%CI=1.04~1.44,  $P=0.015$ );

在以上基础上, 对FPG、LDL-c和家族史进行调整后, 观察到HR为1.24 (95%CI=1.07~1.44,  $P=0.004$ )。见表3。

表3 4组研究对象AIP与高血压发生风险的Cox回归模型分析

Tab. 3 Cox regression model analysis of AIP and hypertension risk of subjects in four groups

AIP Quartile array	Unadjusted		Model 1		Model 2		Model 3	
	HR (95%CI)	P	HR (95%CI)	P	HR (95%CI)	P	HR (95%CI)	P
Q1 (<-0.18)	1.00		1.00		1.00		1.00	
Q2 (-0.18-0.02)	1.12(0.97-1.30)	0.124	1.10(0.95-1.27)	0.216	1.09(0.94-1.27)	0.251	1.09(0.94-1.25)	0.260
Q3 (0.02-0.25)	1.30(1.13-1.51)	<0.001	1.27(1.10-1.47)	0.001	1.27(1.09-1.47)	0.002	1.25(1.08-1.44)	0.002
Q4 ( $\geq$ 0.25)	1.29(1.11-1.50)	0.001	1.24(1.07-1.45)	0.006	1.22(1.04-1.44)	0.015	1.24(1.07-1.44)	0.004

Model 1: Age, gender; Model 2: Age, gender, smoking, drinking; Model 3: Age, gender, smoking, drinking, FPG, LDL-c, family history.

### 2.3 AIP与高血压发生风险之间关联的亚组分析

交互分析结果显示: 研究对象性别和年龄与AIP之间存在交互作用 ( $P<0.05$ )。多因素Cox回归模型分析结果显示: 研究对象为女性、年龄<60岁人群中, AIP与高血压发生风险存在关联性。以AIP Q1组为参照, AIP Q4组女性、年龄<60岁研究对象的HR值分别为1.42 (95%CI=1.16~1.73,  $P=0.001$ )、1.31 (95%CI=1.11~1.54,  $P=0.001$ )。男性、年龄 $\geq$ 60岁人群中的AIP与高血压发生风险无关。见表4。

### 3 讨论

本研究基于前瞻性队列人群进行纵向研究, 结果表明: 较高的AIP与高血压的发生风险存在关联性, 特别是较高的AIP与女性人群、<60岁人群中高血压发生有关, 并且独立于年龄、性别、吸烟、饮酒、FPG和LDL-c等高血压传统危险因素。

AIP对高血压发生的影响存在性别差异。既往横断面研究<sup>[14]</sup>结果显示: 与男性受试者比较, 女性受试者中较高的AIP与高血压发生风险有关, 且

差异有统计学意义。与本研究中对性别的分析结果相似。在男性高血压发生中, 除AIP代表的血脂因素外, 还有血管黏附分子、功能障碍的HDL-c颗粒或其脱辅基蛋白功能障碍的脂联素和补体C3等其他因素扮演重要作用<sup>[18-23]</sup>。本研究结果显示: 对于年龄<60岁的研究对象, 较高的AIP与高血压发生风险有关, 且差异有统计学意义; 而在年龄 $\geq$ 60岁的研究对象中未发现差异有统计学意义的关联。研究<sup>[24]</sup>显示: AIP是有效的预测高血压的血脂指标。AIP对高血压的影响在不同年龄组间存在异质性, 具体原因尚待进一步明确。

AIP增高引起的高血压发生风险增加与血脂异常有关。血脂异常作为已知的心血管疾病常见的危险因素, 在高血压的发生中也起着重要作用。从病理生理学角度来看, 首先, 富含TG的脂蛋白被证实具有细胞毒性, 其可通过降低内皮衍生的一氧化氮(nitric oxide, NO)生物利用度导致内皮细胞功能障碍。而长期的内皮细胞损害会导致外周血管阻力增加, 进而引起高血压的发生<sup>[25]</sup>。而HDL-c在发挥胆固醇逆向转运功能的同时, 还具有广泛的生

**表4 AIP与高血压发生风险之间关系的Cox回归模型亚组分析**  
**Tab.4 Subgroup analysis of relationship between AIP and hypertension risk with Cox regression model**

Group	AIP	Unadjusted		Adjusted <sup>a</sup>	
		HR(95%CI)	P	HR(95%CI)	P
Gender					
Male					
	Q1 (<-0.18)	1.00		1.00	
	Q2 (-0.18-0.02)	1.01(0.80-1.30)	0.909	0.99(0.77-1.28)	0.944
	Q3 (0.02-0.25)	1.06(0.83-1.34)	0.656	1.05(0.83-1.34)	0.673
	Q4 (≥0.25)	0.98(0.79-1.22)	0.876	1.03(0.82-1.29)	0.801
Female					
	Q1 (<-0.18)	1.00		1.00	
	Q2 (-0.18-0.02)	1.18(1.00-1.41)	0.056	1.13 (0.95-1.34)	0.168
	Q3 (0.02-0.25)	1.43 (1.21-1.71)	<0.001	1.33(1.12-1.60)	0.001
	Q4 (≥0.25)	1.56(1.29-1.88)	<0.001	1.42(1.16-1.73)	0.001
Age(year)					
<60					
	Q1 (<-0.18)	1.00		1.00	
	Q2 (-0.18-0.02)	1.14(0.97-1.34)	0.100	1.12(0.95-1.31)	0.181
	Q3 (0.02-0.25)	1.37(1.17-1.60)	<0.001	1.31(1.11-1.54)	0.001
	Q4 (≥0.25)	1.39(1.20-1.63)	<0.001	1.31(1.11-1.54)	0.001
≥60					
	Q1 (<-0.18)	1.00		1.00	
	Q2 (-0.18-0.02)	0.96(0.71-1.29)	0.767	0.93(0.68-1.26)	0.622
	Q3 (0.02-0.25)	1.07(0.78-1.45)	0.689	1.04(0.76-1.43)	0.819
	Q4 (≥0.25)	1.03(0.75-1.42)	0.845	0.99(0.71-1.39)	0.971

a: The adjustment factors were age, gender, smoking, drinking, FPG, LDL-c and family history.

物学活性（刺激NO的产生），发挥抗氧化稳定内皮的作用<sup>[26]</sup>。因此，TG水平升高和HDL-c水平降低，即AIP升高，可通过损害血管内皮的结构和功能而导致高血压的发生。

本研究是一项样本量较大、针对前瞻性动态队列开展的纵向研究，具有完整和可信的数据来源，研究结果更为可靠。同时，本研究也存在一定局限性：①由于不同地区生活习惯和经济状况等方面的影响，研究结果是否可扩展到其他地区目前尚不清楚；②本研究为队列研究，随访期间参与者存在失访或部分数据的不完整，可能影响AIP与高血压发生关联性的研究结果。

综上所述，本研究通过队列研究方法，全面评估AIP与高血压的关联，研究结果表明：较高水平的AIP与高血压的发生风险存在关联。而AIP作为在公共卫生实践中较易获得的综合血脂指标，研究提示其可作为高血压风险的预测指标，从而为开展高血压的一级预防和综合管理提供科学依据。

**利益冲突声明：**

所有作者声明不存在利益冲突。

**作者贡献声明：**

闫金利参与研究选题、研究设计、数据分析和论文撰写，闫涛、沈媛、祁兴月、张楠、李海玲、张春发和许蕾参与数据整理及分析，包含和张星光参与研究设计、论文修改及审校。

**[参考文献]**

[1] SCHUTTE A E, JAFAR T H, POULTER N R, et al. Addressing global disparities in blood pressure control: perspectives of the International Society of Hypertension[J]. Cardiovasc Res, 2023, 119(2): 381-409.

[2] ZHOU B, PEREL P, MENSAH G A, et al. Global epidemiology, health burden and effective interventions for elevated blood pressure and hypertension [J]. Nat Rev Cardiol, 2021, 18(11): 785-802.

[3] NEUROLOGY T L. The global challenge of

- hypertension[J]. *Lancet Neurol*, 2023, 22(12): 1087.
- [4] MILLS K T, STEFANESCU A, HE J. The global epidemiology of hypertension [J]. *Nat Rev Nephrol*, 2020, 16(4): 223-237.
- [5] ZHANG M, SHI Y, ZHOU B, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in China, 2004-18: findings from six rounds of a national survey[J]. *BMJ*, 2023, 380: e071952.
- [6] LIU J. Highlights of the 2018 Chinese hypertension guidelines[J]. *Clin Hypertens*, 2020, 26: 8.
- [7] KOSTOVA D, SPENCER G, MORAN A E, et al. The cost-effectiveness of hypertension management in low-income and middle-income countries: a review [J]. *BMJ Glob Health*, 2020, 5(9): e002213.
- [8] LU M K, LI D X, HU Y L, et al. Persistence of severe global inequalities in the burden of hypertension heart disease from 1990 to 2019: findings from the global burden of disease study 2019 [J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 110.
- [9] TEO K K, RAFIQ T. Cardiovascular risk factors and prevention: a perspective from developing countries [J]. *Can J Cardiol*, 2021, 37(5): 733-743.
- [10] MANGIONE C M, BARRY M J, NICHOLSON W K, et al. Statin use for the primary prevention of cardiovascular disease in adults: us preventive services task force recommendation statement [J]. *JAMA*, 2022, 328(8): 746-753.
- [11] BALLARD-HERNANDEZ J, SALL J. Dyslipidemia update [J]. *Nurs Clin N Am*, 2023, 58(3): 295-308.
- [12] ABID H, ABID Z, ABID S. Atherogenic indices in clinical practice and biomedical research: a short review [J]. *Baghdad J Biochem Appl Biol Sci*, 2021, 2(2): 60-70.
- [13] FENG X X, LIU Y, YANG J Q, et al. The combined predictive power of the atherogenic index of plasma and serum glycated albumin for cardiovascular events in postmenopausal patients with acute coronary syndrome after percutaneous coronary intervention [J]. *Lipids Health Dis*, 2024, 23(1): 352.
- [14] TAN M J, ZHANG Y L, JIN L, et al. Association between atherogenic index of plasma and prehypertension or hypertension among normoglycemia subjects in a Japan population: a cross-sectional study [J]. *Lipids Health Dis*, 2023, 22(1): 87.
- [15] YUAN Y, SHI J, SUN W, et al. The positive association between the atherogenic index of plasma and the risk of new-onset hypertension: a nationwide cohort study in China [J]. *Clin Exp Hypertens*, 2024, 46(1): 2303999.
- [16] CHENG W K, ZHUANG J Q, CHEN S W. Dyslipidemia and the prevalence of hypertension: a cross-sectional study based on Chinese adults without type 2 diabetes mellitus [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 938363.
- [17] LU J P, XUAN S, DOWNING N S, et al. Protocol for the China PEACE (patient-centered evaluative assessment of cardiac events) million persons project pilot [J]. *BMJ Open*, 2016, 6(1): e010200.
- [18] OATES J C, RUSSELL D L, VAN BEUSECUM J P. Endothelial cells: potential novel regulators of renal inflammation [J]. *Am J Physiol Renal Physiol*, 2022, 322(3): F309-F321.
- [19] LIU R F, CHENG W L. Association between HDL-C and intensive blood pressure control in patients with hypertension: a post-hoc analysis of SPRINT [J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2024, 26(3): 225-234.
- [20] LEI X T, QIU S, YANG G Y, et al. Adiponectin and metabolic cardiovascular diseases: Therapeutic opportunities and challenges [J]. *Genes Dis*, 2023, 10(4): 1525-1536.
- [21] HONG X S, ZHANG X Y, YOU L L, et al. Association between adiponectin and newly diagnosed type 2 diabetes in population with the clustering of obesity, dyslipidaemia and hypertension: a cross-sectional study [J]. *BMJ Open*, 2023, 13(2): e060377.
- [22] CHEN L, FUKUDA N, MATSUMOTO T, et al. Role of complement 3 in the pathogenesis of hypertension [J]. *Hypertens Res*, 2020, 43(4): 255-262.
- [23] WENZEL U O, KEMPER C, BODE M. The role of complement in arterial hypertension and hypertensive end organ damage [J]. *Br J Pharmacol*, 2021, 178(14): 2849-2862.
- [24] ONAT A, CAN G, KAYA H, et al. "Atherogenic index of plasma" (log<sub>10</sub> triglyceride/high-density lipoprotein-cholesterol) predicts high blood pressure, diabetes, and vascular events [J]. *J Clin Lipidol*, 2010, 4(2): 89-98.
- [25] LIU Y H, ZHU B B, ZHOU W C, et al. Triglyceride-glucose index as a marker of adverse cardiovascular prognosis in patients with coronary heart disease and hypertension [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 133.
- [26] DASTMALCHI L N, GERMAN C A, TAUB P R. High density lipoprotein: When to rethink too much of a good thing [J]. *Am J Prev Cardiol*, 2023, 15: 100511.