

脂质蓄积指数与中青年人群新发高血压发病风险的关系: 一项队列研究

吴欣雨¹, 齐祺¹, 韩全乐¹, 杨静¹, 李雷¹, 王丽艳¹, 尹春晖¹, 田丽英², 吴寿岭³, 李康博⁴

1. 唐山市工人医院心内科; 2. 导管室; 河北唐山 063000; 3. 开滦总医院心内科; 4. 华北理工大学临床医学院

摘要: **目的** 探索脂质蓄积指数(LAP)与中青年人群新发高血压发病风险的关联, 为该人群高血压防治寻求极具临床实用性的新型指标。 **方法** 利用前瞻性队列开滦研究数据库, 以2006年度参加开滦集团职工健康查体的中青年人群(年龄<65岁)作为研究对象, 纳入49 738人进行回顾性队列研究。计算LAP: 男性LAP=[腰围(cm)-64.72]×甘油三酯(mmol/L), 女性LAP=[腰围(cm)-52.99]×甘油三酯(mmol/L)。根据2006年体检LAP水平(LAP₂₀₀₆, 单位为cm·mmol/L)四分位数将研究对象分为4组: 第1四分位组(LAP₂₀₀₆<14.75, n=12 433); 第2四分位组(LAP₂₀₀₆ 14.75~<25.95, n=12 429); 第3四分位组(25.95~<45.67, n=12 441); 第4四分位组(≥45.67; n=12 435)。根据累积LAP(cLAP, 单位为cm·mmol/L·年)暴露水平四分位数分为4组: 第1四分位组(cLAP<68.97; n=10 004); 第2四分位组(cLAP 68.97~<111.14; n=10 005); 第3四分位组(cLAP 111.14~<182.48; n=10 005); 第4四分位组(cLAP ≥182.48; n=10 005)。用Kaplan-Meier法绘制高血压累积发病率曲线, 并采用log-rank检验比较组间差异。采用Cox比例风险回归模型分析不同LAP及cLAP水平对中青年人群新发高血压发病的影响。 **结果** 中位随访9.6(4.0, 14.8)年期间, 共16 529例(33.23%)受试者新发高血压。LAP₂₀₀₆第1~4四分位组累积新发高血压发病率分别为24.19%、33.43%、40.25%、47.39%。校正混杂因素后, Cox回归分析显示, 与LAP₂₀₀₆第1四分位组比较, 第2、3、4四分位组新发高血压的HR(95%CI)分别为1.28(1.22~1.35)、1.52(1.45~1.60)、1.66(1.57~1.76)。与cLAP第1四分位组比较, 第2、3、4四分位组新发高血压的HR(95%CI)分别为1.30(1.21~1.39)、1.57(1.46~1.68)、1.86(1.73~1.98)。 **结论** LAP水平增高与中青年人群新发高血压发病风险增加相关, 是中青年人群新发高血压的独立预测因子。

关键词: 脂质蓄积指数; 中青年人群; 新发高血压; 队列研究

The association between lipid accumulation product and the risk of new-onset hypertension in young and middle-aged population: a cohort study

WU Xinyu¹, QI Qi¹, HAN Quanle¹, YANG Jing¹, LI Lei¹, WANG Liyan¹, YIN Chunhui¹, TIAN Liying²,

WU Shouling³, LI Kangbo⁴

1. Department of Cardiology, Tangshan Workers Hospital, Tangshan 063000, Hebei, China; 2. Catheterization Room, Tangshan Workers Hospital; 3. Department of Cardiology, Kailuan General Hospital; 4. School of Clinical Medicine, North China University of Science and Technology

Abstract: **Objective** To explore the association between lipid storage index (LAP) and the risk of new-onset hypertension in young and middle-aged people, and to seek new indicators for the prevention and treatment of hypertension in this population. **Methods** Using the prospective cohort database of the Kailuan Study, the middle-aged and young population (age < 65 years) who participated in the health check-up of Kailuan Group in 2006 was selected as the research subjects, and a total of 49 738 people were included in the retrospective cohort study. LAP was calculated according to the following formula: for men LAP = [waist circumference (cm)-64.72] × triglycerides (mmol/L), for women LAP = [waist circumference (cm) - 52.99] × triglycerides (mmol/L). According to the LAP level in 2006 (LAP₂₀₀₆, cm·mmol/L), the subjects were divided into 4 groups by quartiles: group Q1 (n = 12 443, LAP₂₀₀₆ < 14.75); group Q2 (n=12 429, LAP₂₀₀₆ 14.75 to < 25.95); group Q3 (n=12 441, LAP₂₀₀₆ 25.95 to < 45.67); and group Q4 (n=12 435, LAP₂₀₀₆ ≥45.67). According to the quartiles of cumulative LAP (cLAP, unit: cm·mmol/L·year) exposure level, the subjects were divided into 4 groups: group Q1 (n=10 004, cLAP<68.97); group Q2 (n=10 005, cLAP 68.97 to <111.14); group Q3 (n=10 005, cLAP

111.14 to < 182.48); Q4 group ($n=10\ 005$, $cLAP \geq 182.48$). The cumulative incidence curves of hypertension were plotted using the Kaplan-Meier method, and the differences between groups were compared using the log-rank test. The Cox proportional hazards regression model was used to analyze the effects of different LAP and cLAP levels on the incidence of new-onset hypertension in the middle-aged and young population. **Results** During a median follow-up of 9.6 (4.0, 14.8) years, a total of 16529 subjects (33.23%) developed new-onset hypertension. The cumulative incidence rates of new-onset hypertension in the first to fourth quartiles of LAP_{2006} were 24.19%, 33.43%, 40.25%, and 47.39%, respectively. After adjusting for confounding factors, Cox regression analysis showed that compared with the first quartile of LAP_{2006} , the HRs (95%CI) for new-onset hypertension in the second, third, and fourth quartiles were 1.28 (1.22–1.35), 1.52 (1.45–1.60), and 1.66 (1.57–1.76), respectively. Compared with the first quartile of cLAP, the HRs (95%CI) for new-onset hypertension in the second, third, and fourth quartiles were 1.30 (1.21–1.39), 1.57 (1.46–1.68), and 1.86 (1.73–1.98), respectively. **Conclusion** The increase in LAP level is associated with an increased risk of new-onset hypertension in young and middle-aged people and is an independent predictor of new-onset hypertension in young and middle-aged people.

Keywords: lipid accumulation index; young and middle-aged population; new-onset hypertension; cohort study

高血压已成为我国最常见的慢性疾病之一。2002年中国健康营养调查数据显示,我国成年人群高血压患病率为18.8%^[1],到2018年其加权患病率已增至27.5%^[2];其中,中青年人群高血压发病率上升趋势尤为明显,18~24、25~34、35~44、45~54岁年龄段分别为5.0%、6.1%、15.0%和29.6%,35~54岁是高血压患病率上升最快的年龄区间^[3]。高血压增加动脉粥样硬化性心脏病、脑卒中、心力衰竭、慢性肾脏病等疾病的发病风险^[2,4];此外,高血压还是导致死亡的主要原因之一^[2]。中青年人群血压升高会明显增加高血压及其并发症的发生风险,增加社会家庭经济负担^[5]。因此加强中青年人群高血压危险因素筛查与管控显得尤为重要。

脂质蓄积指数(lipid accumulation product, LAP)是2005年Kahn^[6]提出的反映机体脂质过度蓄积的指标,由腰围与空腹甘油三酯水平综合计算所得。 $LAP=[\text{腰围}(\text{cm})-\text{不同性别理论最小腰围}(\text{cm})] \times \text{甘油三酯}(\text{mmol/L})$ 。研究显示,LAP所反映的脂质过度蓄积在识别美国成年人心血管风险方面优于体重指数(body mass index, BMI)所反映的超重肥胖,能更好地预测心血管疾病的发病风险。后续研究先后证实了LAP水平升高与高血压、糖尿病、代谢综合征、非酒精性脂肪肝、缺血性脑卒中等发病风险增加相关^[7-14]。尽管前述众多研究显示了LAP的价值,然而目前研究多集中在全人群或中老年人群,特别是在LAP与高血压关系的研究方面。比如,现有研究主要针对整体人群^[15-16],结果发现,成年人群高血压患病风险随着LAP水平的升高而增加。然而,随着社会经济的发展,高血压发病趋势明显年轻化,中青年人群已成为发病率最高的群体^[2],所以寻求该人群高血压发病的危险因素是临床实践的重中之重。结合既往研究,LAP或许是一个非常有望的指标。因此,本研究旨在研究中青年人群中LAP水平与新发高血压的关联,从而为该人群高血

压发病风险的筛查、评估与干预提供一个新的、兼具科学性与临床普适性的指标。

1 对象与方法

1.1 对象 (1)选取参与2006—2007年度开滦研究体检的101 510人参与者作为研究对象。排除有高血压病史者44 327例,既往有癌症者366例、相关数据缺失(腰围、甘油三酯)者1449例。最终49 738人参与者纳入研究。(2)进行累积LAP(cumulative lipid accumulation product, cLAP)分组分析时,在前述人群基础上排除2010年以前罹患高血压者9 663例、cLAP数据缺失者56例,最终40 019人参与者纳入研究。

入选标准:①年龄18~<65岁;②认知能力无缺陷,能够完成问卷填写;③同意参加此项研究并签署知情同意书。

排除标准:①既往罹患恶性肿瘤;②与研究相关的数据缺失(腰围、甘油三酯)者;③随访开始时已患有高血压者。

本研究遵照赫尔辛基宣言,并获得开滦总医院伦理委员会的批准,批准文号:[2006]医伦字5号。所有研究对象均同意参加本研究并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 一般资料收集 采用标准化问卷收集参与者的一般资料:年龄、性别、血压、生活方式(吸烟、饮酒、体育锻炼等)、疾病史(高血压、糖尿病等)和用药记录(降压、降糖和降脂药服用史)、心电图检查(动态心电图或其他心电资料)。糖尿病^[17]:空腹血糖 ≥ 7.0 或 < 7.0 mmol/L但使用降糖药或有糖尿病病史。饮酒史定义:连续1年以上平均每天饮酒 > 1 个标准饮酒量,或已戒酒但不足1年者。吸烟史定义:连续1年以上平均每天吸烟 > 1 支,或已戒烟但不足1年者。体育锻炼:锻炼次数 ≥ 3 次/周,每次持续时间 ≥ 30 min。

1.2.2 BMI计算 采用已校准的RGZ-120型体重秤于早晨07:30—09:00进行身高、体重测量,要求受检者脱鞋,脱帽,穿轻单衣,保持“立正”姿势站立。身高测量精确至0.1 cm,测体重精确至0.1 kg。BMI=体重(kg)/身高²(m²)。

1.2.3 生化指标检测 所有受试者禁食8~12 h于早晨空腹后抽取肘前静脉血5 mL,置于乙二胺四乙酸管中,在30 min内室温下以3 000 r/min(离心半径8 cm)离心10 min,去上层血清,在4 h内用Beckman全自动生化分析仪检测空腹血糖、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高敏C反应蛋白(high sensitivity C reactive protein, hs-CRP)等生化指标,均统一用日立7600自动生化分析仪进行测量,且由同一组专业检验师进行检测。葡萄糖试剂盒由同一公司提供,血糖测量采用己糖激酶法,变异系数在5.55 mmol/L时≤2%,线性上限为33.3 mmol/L。

1.2.4 腰围测量^[18] 用最小刻度为1 mm的腰围尺,要求被测者直立,双脚合并,双臂自然下垂,露出腹部皮肤,测量时平缓呼吸,将皮尺刻度下缘置于距肚脐上缘1 cm处水平环绕1周,记录空腹时腰围数据。

1.2.5 血压测量 研究对象测量血压前至少30 min内禁止吸烟或饮茶、咖啡,并且背靠静坐15 min。采用经校正的台式水银血压计测量右侧肱动脉血压。收缩压读数取柯氏音第1时相,舒张压读数取柯氏音第5时相。连续测量3次,每次测量间隔1~2 min,取其平均值。

1.3 LAP、cLAP计算和分组 本研究测量的腰围呈非正态分布,根据Kahn^[6]提出的最小腰围假说推导LAP计算方法,将18~24岁成年人(本研究男性584人,女性147人,共731人)的腰围测量结果进行对数转换,将对数转换后的腰围均值减去2个标准差得到差值,定义最小腰围为以e为底该差值次方的指数值,最终得到我国北方地区成年人群LAP适用公式:男性LAP=[腰围(cm)-64.72]×甘油三酯(mmol/L),女性LAP=[腰围(cm)-52.99]×甘油三酯(mmol/L),为防止出现负值LAP,若男性腰围<65 cm(202人),女性腰围<53 cm(6人),则分别调至65 cm和54 cm。

$cLAP = (LAP_{2006} + LAP_{2008}) / 2 \times T_{2006-2008} + (LAP_{2008} + LAP_{2010}) / 2 \times T_{2008-2010}$; LAP_{2006} 、 LAP_{2008} 、 LAP_{2010} 分别由2006、2008、2010年度体检数据得出; $T_{2006-2008}$ 、 $T_{2008-2010}$ 为相邻两次LAP测量的时间间隔。 $T_{2006-2008}$ 、 $T_{2008-2010}$ 分别为2.04年、1.96年。

根据LAP和cLAP四分位数进行分组。LAP₂₀₀₆(单位为cm·mmol/L)四分位分组:第1四分位组(LAP₂₀₀₆<14.75, n=12 433);第2四分位组(LAP₂₀₀₆ 14.75~<

25.95; n=12 429);第3四分位组(LAP₂₀₀₆ 25.95~<45.67; n=12 441);第4四分位组(≥45.67; n=12 435)。cLAP(单位为cm·mmol/L·年)四分位组:第1四分位组(cLAP<68.97; n=10 004);第2四分位组(cLAP 68.97~<111.14; n=10 005);第3四分位组(cLAP 111.14~<182.48; n=10 005);第4四分位组(cLAP≥182.48; n=10 005)。

1.4 终点事件收集

1.4.1 高血压的诊断标准^[19] 即在未使用降压药的情况下,非同日三次测量血压,收缩压≥140 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和/或舒张压≥90 mmHg。收缩压≥140 mmHg和舒张压<90 mmHg为单纯收缩期高血压;既往有高血压史或目前正在使用降压药患者,即使血压<140/90 mmHg仍诊断为高血压。

1.4.2 终点事件 2006年年度查体时无高血压史且查体时血压<140/90 mmHg,随访期间血压≥140/90 mmHg,或由二甲以上医院诊断为高血压或正在服降压药。分析cLAP时,2008或2010年年度查体时无高血压史且查体时血压<140/90 mmHg,随访期间血压≥140/90 mmHg,或由二甲以上医院诊断为高血压或正在服降压药。

1.5 随访 分析LAP时,以观察对象完成2006年年度体检结束为随访起点,每年随访1次,终点事件为参与者罹患高血压。最后随访日期为2021年12月31日。分析cLAP时,以观察对象完成2010年年度体检结束为随访起点,每年随访1次,终点事件为参与者罹患高血压。最后随访日期为2021年12月31日。

1.6 统计学方法 采用SAS 9.4软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析;非正态分布的计量资料以中位数(P_{25} , P_{75}) [$M(P_{25}, P_{75})$]表示,多组间比较采用Kruskal-Wallis H检验;计数资料用频数(百分比)表示,多组间比较采用 χ^2 检验。用Kaplan-Meier法绘制累积发病率曲线,并采用log-rank检验比较组间差异。采用Cox比例风险回归模型分析不同LAP水平对中青年人群新发高血压的影响。对多因素分析中的独立影响因素进行受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析,并计算曲线下面积(area under the curve, AUC)以评估各影响因素对新发高血压的区分能力。以双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象的临床基本特征 本研究纳入参与者49 738人,其中男性36 946人(74.28%),女性12 792人

(25.72%), 平均年龄(46.09±10.31)岁。随着LAP₂₀₀₆四分位数升高, 患者的收缩压、舒张压、空腹血糖、甘油三酯、罹患糖尿病比例、服用降糖药比例逐渐升

高(均P<0.001)。各组间BMI、HDL-C、LDL-C、总胆固醇、甘油三酯、hsCRP及体育锻炼、吸烟史、饮酒史等因素比较, 差异有统计学意义(均P<0.001)。见表1。

表1 研究对象基线特征

LAP四分位组	例数	年龄 (岁)	男性 [例(%)]	BMI (kg/m ²)	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)
第1四分位	12 433	46.10±10.13	9 251 (73.24)	21.9±2.5	113.96±11.41	74.64±7.36
第2四分位	12 429	47.02±9.78	8 866 (71.26)	23.9±2.7	116.47±10.95	76.16±6.90
第3四分位	12 441	47.70±9.47	9 150 (73.58)	25.1±2.9	117.56±10.61	76.96±6.54
第4四分位	12 435	46.09±10.31	9 679 (77.85)	26.5±3.2	119.64±10.13	78.01±6.13
合计	49 738	43.54±11.29	36 946 (74.28)	24.4±3.3	116.91±10.98	76.44±6.86
F/H χ^2 值		361.31	145.45	5910.04	597.19	542.16
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
P _{趋势} 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
LAP四分位组	空腹血糖 (mmol/L)	总胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	hsCRP (mg/L)
第1四分位	5.10±1.12	4.57(4.00, 5.17)	0.75±0.35	1.55±0.38	2.27±0.81	0.49(0.20, 1.30)
第2四分位	5.18±1.25	4.80(4.21, 5.38)	1.02±0.35	1.53±0.37	2.33±0.81	0.60(0.22, 1.60)
第3四分位	5.29±1.37	4.96(4.33, 5.56)	1.41±0.50	1.51±0.37	2.35±0.84	0.72(0.30, 1.90)
第4四分位	5.60±1.85	5.10(4.41, 5.81)	2.92±1.80	1.48±0.39	2.28±0.89	1.00(0.40, 2.57)
合计	5.29±1.44	4.85(4.22, 5.50)	1.53±1.28	1.52±0.38	2.31±0.84	0.70(0.26, 1.85)
F/H χ^2 值	239.83	341.01	9723.93	70.82	24.67	76.32
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
P _{趋势} 值	0.107	<0.001	0.026	<0.001	<0.001	0.658
LAP四分位组	腰围 (cm)	糖尿病 [例(%)]	高血脂 [例(%)]	体育锻炼 [例(%)]	吸烟史 [例(%)]	饮酒史 [例(%)]
第1四分位	75.6±6.6	336(2.70)	4 230(34.02)	10 944(88.02)	5 024(40.41)	5 554(44.67)
第2四分位	83.1±6.8	492(3.96)	5 223(42.02)	11 252(90.53)	4 390(35.32)	4 781(38.47)
第3四分位	87.7±7.6	723(5.81)	7 043(56.61)	11 383(91.50)	4 213(33.86)	4 651(37.38)
第4四分位	92.7±9.0	1 292(10.39)	11 285(90.75)	11 365(91.40)	4 543(36.53)	4 983(40.07)
合计	84.8±9.8	2 843(5.72)	27 781(55.85)	44 944(90.36)	18 170(36.53)	19 969(40.15)
F/H χ^2 值	11 413.70	785.04	9 512.35	112.06	126.65	160.06
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
P _{趋势} 值	0.003	0.348	0.105	0.013	0.957	<0.001
LAP四分位组	服用降糖药 [例(%)]	服用降脂药 [例(%)]	LAP ₂₀₀₆ (cm·mmol/L)	LAP ₂₀₀₈ (cm·mmol/L)	LAP ₂₀₁₀ (cm·mmol/L)	cLAP (cm·mmol/L·年)
第1四分位	93(0.75)	19(0.15)	9.5(6.6, 12.1)	14.4(9.12, 22.8)	15.0(9.6, 24.3)	55.9(38.5, 80.4)
第2四分位	123(0.99)	40(0.32)	19.9(17.2, 22.8)	23.3(16.3, 34.3)	24.2(16.8, 35.7)	93.2(72.1, 124.8)
第3四分位	192(1.54)	40(0.32)	33.6(29.4, 38.8)	33.4(23.1, 47.7)	34.6(24.2, 50.4)	138.8(108.3, 182.4)
第4四分位	305(2.45)	93(0.75)	68.6(54.3, 96.9)	55.4(35.1, 86.6)	57.1(36.2, 89.3)	251.3(185.5, 359.3)
合计	713(1.43)	192(0.39)	25.8(14.7, 45.5)	28.1(16.6, 47.7)	29.2(17.2, 50.1)	118.3(73.0, 196.2)
F/H χ^2 值	151.17	62.61	725.04	899.13	922.93	1 047.37
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
P _{趋势} 值	0.485	0.615	0.003	0.363	0.371	0.016

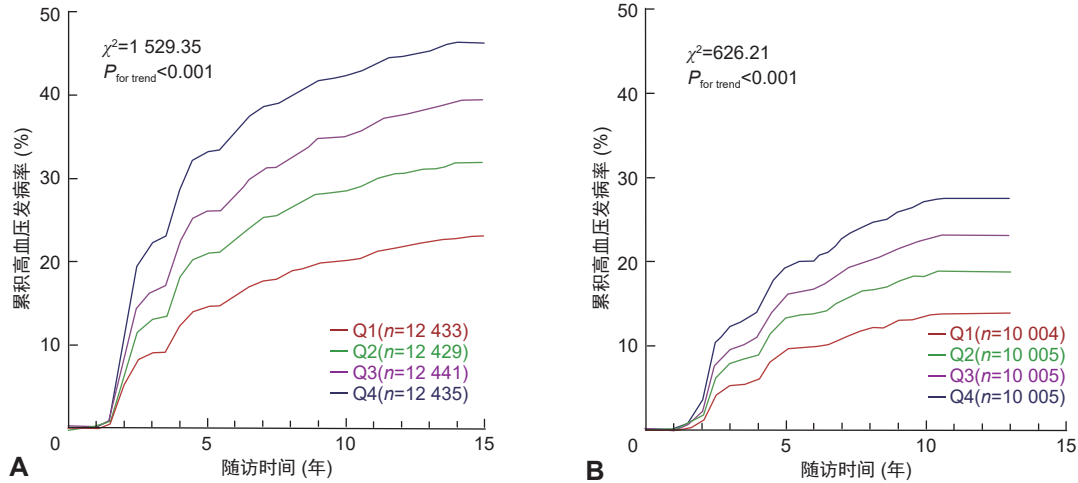
注:符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示;非正态分布的计量资料以中位数(P_{25}, P_{75})表示。LAP四分位组以2006年LAP四分位数进行分组:第1四分位组LAP<14.75 cm·mmol/L;第2四分位组LAP 14.75~<25.95 cm·mmol/L;第3四分位组LAP 25.95~<45.67 cm·mmol/L;第4四分位组LAP≥45.67 cm·mmol/L。LAP为脂质蓄积指数;BMI为体重指数;HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白。LAP₂₀₀₆、LAP₂₀₀₈、LAP₂₀₁₀分别为2006、2008、2010年的脂质蓄积指数;cLAP为累积脂质蓄积指数。

2.2 不同LAP₂₀₀₆分组高血压发生情况 中位随访9.6(4.0, 14.8)年期间,共16 529例(33.23%)患者发生高血压。第1~4四分位组的中位数随访时间分别为10.9(6.4,14.9)年、9.9(4.3,14.8)年、9.2(3.8,14.7)年、

8.3(2.7,14.5)年,高血压发生密度分别为20.38/千人年、30.79/千人年、39.70/千人年、51.78/千人年,累积发病率分别为24.19%、33.43%、40.25%、47.39%,组间差异有统计学意义($\chi^2=1 529.35, P<0.001$)。

分析 cLAP 时, 中位随访 10.9(6.7,14.9)年期间, 共 8 122 例(20.27%)患者新发高血压。第 1~4 四分位组的中位数随访时间分别为 11.8(8.3, 14.9)年、11.2(7.5, 14.9)年、10.6(6.5, 14.8)年、10.1(5.8, 14.7)年, 高血压发

生密度分别为 12.66/千人年、17.85/千人年、22.72/千人年、28.22/千人年, 累积发病率分别为 13.84%、18.73%、23.08%、27.54%, 组间差异有统计学意义($\chi^2=626.21$, $P<0.001$)。见图 1、表 2。



注: LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数。LAP₂₀₀₆分组, 第1四分位组($n=12\ 433$): LAP₂₀₀₆<14.75 cm·mmol/L, 第2四分位组($n=12\ 429$): 14.75 ≤ LAP₂₀₀₆<25.95 cm·mmol/L, 第3四分位组($n=12\ 441$): 25.95 ≤ LAP₂₀₀₆<45.67 cm·mmol/L, 第4四分位组($n=12\ 435$): LAP₂₀₀₆ ≥ 45.67 cm·mmol/L。第1四分位组与第2四分位组比较, $\chi^2=199.7$, $P<0.001$; 第1四分位组与第3四分位组比较, $\chi^2=614.9$, $P<0.001$; 第1四分位组与第4四分位组比较, $\chi^2=1\ 413.9$, $P<0.001$; 第2四分位组与第3四分位组比较, $\chi^2=113.2$, $P<0.001$; 第2四分位组与第4四分位组比较, $\chi^2=545.6$, $P<0.001$; 第3四分位组与第4四分位组比较, $\chi^2=160.6$, $P<0.001$ 。cLAP为累积脂质蓄积指数。cLAP分组, 第1四分位组($n=10\ 004$): cLAP<68.97 cm·mmol/L·年, 第2四分位组($n=10\ 005$): 68.97 ≤ cLAP<111.14 cm·mmol/L·年, 第3四分位组($n=10\ 005$): 111.14 ≤ cLAP<182.48 cm·mmol/L·年, 第4四分位组($n=10\ 005$): cLAP ≥ 182.48 cm·mmol/L·年。第1四分位组与第2四分位组比较, $\chi^2=70.2$, $P<0.001$; 第1四分位组与第3四分位组比较, $\chi^2=249.8$, $P<0.001$; 第1四分位组与第4四分位组比较, $\chi^2=571.0$, $P<0.001$; 第2四分位组与第3四分位组比较, $\chi^2=55.0$, $P<0.001$; 第2四分位组与第4四分位组比较, $\chi^2=239.8$, $P<0.001$; 第3四分位组与第4四分位组比较, $\chi^2=64.9$, $P<0.001$ 。

图 1 不同 LAP₂₀₀₆(A) 及 cLAP(B) 分组中新发高血压累积发病率

表 2 不同 LAP₂₀₀₆ 及 cLAP 分组中新发高血压发病人数、发病密度及累积发病率

分组指标	组别	例数	发病例数	发病密度(95%CI)/(/千人年)	累积发病率(%)
LAP ₂₀₀₆	第1四分位	12 433	2 784	20.38 (19.64~21.16)	24.19
	第2四分位	12 429	3 812	30.79 (29.83~31.78)	33.43 ^a
	第3四分位	12 441	4 558	39.70 (38.57~40.87)	40.25 ^{ab}
	第4四分位	12 435	5 375	51.78 (50.42~53.19)	47.39 ^{abc}
	χ^2 值				1 529.35
	P 值				<0.001
cLAP	第1四分位	10 004	1 349	12.66 (12.01~13.35)	13.84
	第2四分位	10 005	1 834	17.85 (17.05~18.68)	18.73 ^a
	第3四分位	10 005	2 252	22.72 (21.80~23.68)	23.08 ^{ab}
	第4四分位	10 005	2 687	28.22 (27.18~29.31)	27.54 ^{abc}
	χ^2 值				626.21
	P 值				<0.001

注: LAP₂₀₀₆分组, 第1四分位组($n=12\ 433$, LAP₂₀₀₆<14.75 cm·mmol/L); 第2四分位组($n=12\ 429$, LAP₂₀₀₆ 14.75~<25.95 cm·mmol/L); 第3四分位组($n=12\ 441$, LAP₂₀₀₆ 25.95~<45.67 cm·mmol/L); 第4四分位组($n=12\ 435$, LAP₂₀₀₆ ≥ 45.67 cm·mmol/L)。cLAP分组, 第1四分位组($n=10\ 004$, cLAP<68.97 cm·mmol/L·年); 第2四分位组($n=10\ 005$, cLAP 68.97~<111.14 cm·mmol/L·年); 第3四分位组($n=10\ 005$, cLAP 111.14~<182.48 cm·mmol/L·年); 第4四分位组($n=10\ 005$, cLAP ≥ 182.48 cm·mmol/L·年)。与第1四分位组比较, ^a $P<0.001$; 与第2四分位组比较, ^b $P<0.001$; 与第3四分位组比较, ^c $P<0.001$ 。LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数; cLAP为累积脂质蓄积指数。

2.3 不同 LAP₂₀₀₆ 及 cLAP 分组对高血压发病风险的影响 校正年龄、性别、吸烟、饮酒、体育锻炼、HDL-C、

LDL-C、总胆固醇、hsCRP、高血脂、糖尿病、服用降糖药、服用降脂药后, Cox 回归分析结果显示: 与

LAP₂₀₀₆ 第1四分位组比较,第2、3、4四分位组新发高血压的 HR(95%CI)分别为 1.28(1.22~1.35)、1.52(1.45~1.60)、1.66(1.57~1.76)。见表3。与 cLAP

第1四分位组比较,第2、3、4四分位组新发高血压的 HR(95%CI)分别为 1.30(1.21~1.39)、1.57(1.46~1.68)、1.86(1.73~1.98)。见表4。

表3 LAP₂₀₀₆对高血压发病风险影响的Cox回归分析

模型	LAP ₂₀₀₆	B	SE	Wald χ^2 值	HR(95%CI)	P值
1	第1四分位				1.00	
	第2四分位	0.389	0.049	62.82	1.47 (1.40~1.54)	<0.001
	第3四分位	0.681	0.044	239.30	1.85 (1.77~1.94)	<0.001
	第4四分位	0.958	0.039	594.82	2.36 (2.25~2.47)	<0.001
2	第1四分位				1.00	
	第2四分位	0.356	0.049	52.34	1.42 (1.35~1.49)	<0.001
	第3四分位	0.626	0.044	199.78	1.78 (1.70~1.87)	<0.001
	第4四分位	0.870	0.039	484.84	2.21 (2.11~2.32)	<0.001
3	第1四分位				1.00	
	第2四分位	0.251	0.049	25.74	1.28 (1.22~1.35)	<0.001
	第3四分位	0.450	0.045	99.63	1.52 (1.45~1.60)	<0.001
	第4四分位	0.567	0.046	151.21	1.66 (1.57~1.76)	<0.001

注: LAP₂₀₀₆分组,第1四分位组(n=12 433, LAP₂₀₀₆ < 14.75 cm·mmol/L);第2四分位组(n=12 429, LAP₂₀₀₆ 14.75~<25.95 cm·mmol/L);第3四分位组(n=12 441, LAP₂₀₀₆ 25.95~<45.67 cm·mmol/L);第4四分位组(n=12 435, LAP₂₀₀₆ ≥45.67 cm·mmol/L)。模型1未校正其他变量;模型2校正了年龄、性别;模型3在模型2的基础上校正吸烟、饮酒、体育锻炼、HDL-C、LDL-C、总胆固醇、hsCRP、高血脂、糖尿病、服用降糖药、服用降脂药。LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数;HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白。

表4 cLAP对高血压发病风险影响的Cox回归分析

模型	cLAP	B	SE	Wald χ^2 值	HR(95%CI)	P值
1	第1四分位				1.00	
	第2四分位	0.334	0.036	86.88	1.40 (1.30~1.50)	<0.001
	第3四分位	0.567	0.034	270.99	1.76 (1.65~1.89)	<0.001
	第4四分位	0.779	0.033	545.61	2.18 (2.04~2.33)	<0.001
2	第1四分位				1.00	
	第2四分位	0.318	0.036	78.51	1.30 (1.28~1.48)	<0.001
	第3四分位	0.539	0.035	243.12	1.71 (1.60~1.83)	<0.001
	第4四分位	0.739	0.033	489.17	2.10 (1.96~2.24)	<0.001
3	第1四分位				1.00	
	第2四分位	0.264	0.036	53.35	1.30 (1.21~1.39)	<0.001
	第3四分位	0.450	0.035	164.70	1.57 (1.46~1.68)	<0.001
	第4四分位	0.619	0.034	319.08	1.86 (1.73~1.98)	<0.001

注: cLAP分组,第1四分位组(n=10 004, cLAP < 68.97 cm·mmol/L·年);第2四分位组(n=10 005, cLAP 68.97~<111.14 cm·mmol/L·年);第3四分位组(n=10 005, cLAP 111.14~<182.48 cm·mmol/L·年);第4四分位组(n=10 005, cLAP ≥182.48 cm·mmol/L·年)。模型1未校正其他变量;模型2校正了年龄、性别;模型3在模型2的基础上校正吸烟、饮酒、体育锻炼、HDL-C、LDL-C、总胆固醇、hsCRP、高血脂、糖尿病、服用降糖药、服用降脂药。cLAP为累积脂质蓄积指数;HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白。

2.4 不同 LAP₂₀₀₆ 分组对高血压发病风险影响的亚组分析 以 BMI(≥28 kg/m², < 28 kg/m²)及有无高血脂、糖尿病、吸烟史和饮酒史进行亚组分析。LAP₂₀₀₆与 BMI、糖尿病史、吸烟史、饮酒史之间存在交互作用(P_{interaction} < 0.05),而与高血脂史未观察到交互作用(P_{interaction} > 0.05)。不论 BMI 是否 ≥28 kg/m²及有无合并高血脂、糖尿病、吸烟及饮酒, LAP₂₀₀₆均与新发高血压风险相关(P < 0.05)。见表5。

2.5 不同 LAP₂₀₀₆ 及 cLAP 分组对新发高血压影响的死亡竞争风险分析 死亡竞争风险回归模型的结果

与 Kaplan-Meier 生存曲线呈相同趋势。随着 LAP₂₀₀₆及 cLAP 增加,患者罹患高血压及死亡风险也增加。见表6。

2.6 不同指标对高血压影响的 ROC 曲线分析 使用 ROC 曲线对表2中差异有统计学意义的独立影响因素进行分析(对各独立危险因素进行随访3、5、10年的 ROC 曲线区分度评估),结果显示,传统危险因素、传统危险因素+腰围、传统危险因素+BMI、传统危险因素+LAP₂₀₀₆、传统危险因素+cLAP 随访时间为3年的 AUC 分别为 0.948、0.948、0.948、0.948、0.948; C 指数

分别为0.681、0.688、0.688、0.683、0.678。相比于传统危险因素+BMI与传统危险因素+腰围,传统危险因素+cLAP的AUC更大,对中青年人群新发高血压有更好的识别能力。见图2、表7。

表5 LAP₂₀₀₆(连续变量)对新发高血压发病风险影响的亚组分析

指标	分层	例数	发病例数	B	SE	Wald χ^2 值	HR (95%CI)	P 值	交互作用P值
BMI									<0.001
	≥ 28 kg/m ²	43 174	13 425	0.426	0.131	11.54	1.53 (1.18~1.98)	0.001	
	< 28 kg/m ²	6 564	3 104	0.253	0.029	87.58	1.29 (1.22~1.36)	<0.001	
高血脂史									0.310
	有	27 781	10 351	0.316	0.038	76.97	1.37 (1.27~1.48)	<0.001	
	无	21 957	6 178	0.141	0.058	17.56	1.15 (1.03~1.29)	0.016	
糖尿病史									0.003
	有	2 843	1 127	0.032	0.119	0.87	1.03 (0.81~1.30)	0.786	
	无	46 895	15 402	0.258	0.032	86.38	1.29 (1.21~1.38)	<0.001	
吸烟史									<0.001
	有	18 170	6 756	0.204	0.042	28.00	1.23 (1.13~1.33)	<0.001	
	无	31 568	9 773	0.333	0.036	103.95	1.39 (1.30~1.49)	<0.001	
饮酒史									0.006
	有	19 969	7 604	0.260	0.039	46.58	1.30 (1.20~1.40)	<0.001	
	无	29 769	8 925	0.291	0.037	78.16	1.34 (1.24~1.44)	<0.001	

注:模型校正了年龄、性别、吸烟、饮酒、体育锻炼、HDL-C、LDL-C、总胆固醇、hsCRP、服用降糖药、服用降脂药。LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数;BMI为体重指数;HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白。

表6 不同LAP₂₀₀₆及cLAP分组对新发高血压影响的死亡竞争风险

项目	未校正					校正后				
	B	SE	Wald χ^2 值	HR (95%CI)	P 值	B	SE	Wald χ^2 值	HR (95%CI)	P 值
LAP ₂₀₀₆										
第1四分位				1.00					1.00	
第2四分位	0.116	0.033	11.67	1.12(1.05~1.20)	<0.001	0.097	0.034	8.02	1.10(1.03~1.18)	<0.001
第3四分位	0.153	0.032	21.72	1.17(1.09~1.24)	<0.001	0.111	0.033	11.16	1.12(1.05~1.19)	<0.001
第4四分位	0.186	0.032	31.89	1.20(1.13~1.28)	<0.001	0.147	0.034	19.13	1.16(1.08~1.24)	<0.001
cLAP										
第1四分位				1.00					1.00	
第2四分位	0.161	0.036	20.15	1.18(1.09~1.26)	<0.001	0.120	0.036	11.19	1.13(1.05~1.21)	<0.001
第3四分位	0.222	0.034	42.30	1.25(1.17~1.34)	<0.001	0.136	0.035	15.55	1.15(1.07~1.23)	<0.001
第4四分位	0.315	0.033	88.50	1.37(1.28~1.46)	<0.001	0.207	0.034	36.42	1.23(1.15~1.32)	<0.001

注:LAP₂₀₀₆分组,第1四分位组($n=12\ 433$, LAP₂₀₀₆<14.75 cm·mmol/L);第2四分位组($n=12\ 429$, LAP₂₀₀₆ 14.75~<25.95 cm·mmol/L);第3四分位组($n=12\ 441$, LAP₂₀₀₆ 25.95~<45.67 cm·mmol/L);第4四分位组($n=12\ 435$, LAP₂₀₀₆≥45.67 cm·mmol/L)。cLAP分组,第1四分位组($n=10\ 004$, cLAP<68.97 cm·mmol/L·年);第2四分位组($n=10\ 005$, cLAP 68.97~<111.14 cm·mmol/L·年);第3四分位组($n=10\ 005$, cLAP 111.14~<182.48 cm·mmol/L·年);第4四分位组($n=10\ 005$, cLAP≥182.48 cm·mmol/L·年)。模型校正了年龄、性别、吸烟、饮酒、体育锻炼、HDL-C、LDL-C、总胆固醇、hsCRP、高血脂、糖尿病、服用降糖药、服用降脂药。LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数;cLAP为累积脂质蓄积指数;HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇;hsCRP为高敏C反应蛋白。

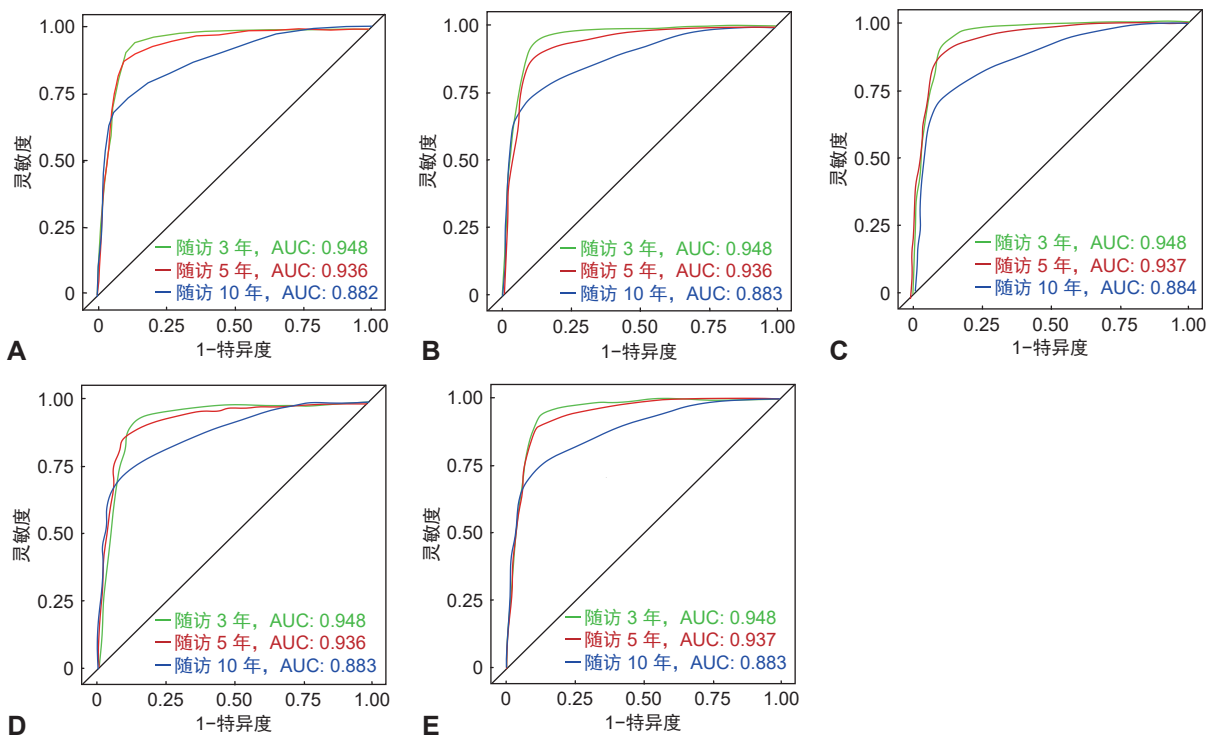
3 讨论

本研究发现,LAP水平增高与中青年人群新发高血压发病风险呈正相关。LAP₂₀₀₆与cLAP预测新发高血压发病的ROC曲线下面积分别为0.948、0.948。与LAP₂₀₀₆第1四分位组比较,第2~4四分位组新发高血压发病风险HR(95%CI)分别为1.28(1.22~1.35)、1.52

(1.45~1.60)、1.66(1.57~1.76);与cLAP第1四分位组比较,第2~4四分位组新发高血压发病风险HR(95%CI)分别为1.30(1.21~1.39)、1.57(1.46~1.68)、1.86(1.73~1.98)。一项针对南京常住居民开展的全人群研究^[15]纳入59 251名受试者,发现与LAP第1三分位组相比,LAP第3三分位组高血压发病风险OR(95%CI)分别为:男性2.03(1.86~2.21),女性1.90(1.73~2.09);与

本研究结果一致。何平等^[9]的前瞻性研究也得到与本研究相同的结论,该研究纳入35~70岁中国社区居民37 233人,logistic回归模型分析发现,在女性人群中,与LAP<16.28 cm·mmol/L组比较,LAP>49.14 cm·mmol/L组高血压患病风险为2.291(95%CI 1.935~2.714);在男性人群中,与LAP<14.88 cm·mmol/L组比较,LAP>50.77 cm·mmol/L组高血压患病风险为2.381(95%CI 1.998~2.837)。然而,Kwon等^[20]的研究结果与本研究结果不同。该研究纳入530名韩国人,平均年龄(54.1±10.0)岁,结果显示LAP水平与高血

压发病风险之间无相关性(OR=1.494,95%CI 0.804~2.777)。分析其原因,可能是由于该人群饮食习惯及生活方式与本研究人群存在差异,也可能是由于该研究样本量较小,存在选择性偏倚。本研究首次探讨了LAP对中青年人群新发高血压发病风险的影响,其结果对临床实践具有较好的普适性与实用性,对该人群高血压防治具有现实意义。此外,现有LAP计算公式是根据美国人群数据计算得出,主要针对墨西哥裔和非洲裔美国人^[6];而本研究得出的LAP计算公式适用于中国北方人群,可为我国人群LAP相关研究提供参考数据。



注: A为传统危险因素; B为传统危险因素+腰围; C为传统危险因素+BMI; D为传统危险因素+LAP; E为传统危险因素+cLAP。传统危险因素包括年龄、性别、吸烟、饮酒、HDL-C、收缩压、舒张压、总胆固醇、hsCRP、高血脂、糖尿病、服用降压药、服用降脂药。BMI为体重指数; LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数; cLAP为累积脂质蓄积指数; ROC为受试者操作特征; AUC为曲线下面积; HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇; hsCRP为高敏C反应蛋白。

图2 传统危险因素、腰围、BMI、LAP₂₀₀₆和cLAP预测中青年人群新发高血压的ROC曲线(n=40 019)

表7 传统危险因素、腰围、BMI、LAP和cLAP对中青年人群新发高血压的C指数(n=40 019)

项目	C指数(95%CI)	P值	净重新分类指数(95%CI)	P值	综合判别改善指数(95%CI)	P值
传统危险因素	0.681(0.677~0.684)	<0.001				
传统危险因素+腰围	0.688(0.684~0.692)	<0.001	0.176(0.158~0.195)	<0.001	0.005(0.004~0.006)	<0.001
传统危险因素+BMI	0.688(0.684~0.691)	<0.001	0.349(0.331~0.368)	<0.001	0.006(0.005~0.007)	<0.001
传统危险因素+LAP ₂₀₀₆	0.683(0.680~0.687)	<0.001	0.111(0.093~0.130)	<0.001	0.001(0.001~0.002)	<0.001
传统危险因素+cLAP	0.688(0.684~0.692)	<0.001	0.163(0.139~0.187)	<0.001	0.000(0.000~0.001)	0.010

注:传统危险因素包括年龄、性别、吸烟、饮酒、HDL-C、收缩压、舒张压、总胆固醇、hsCRP、高血脂、糖尿病、服用降糖药、服用降脂药。BMI为体重指数; LAP₂₀₀₆为2006年脂质蓄积指数; cLAP为累积脂质蓄积指数; HDL-C为高密度脂蛋白胆固醇; hsCRP为高敏C反应蛋白。

研究表明,腰围与甘油三酯均与高血压发病风险高度相关^[21-22],LAP作为结合了腰围与甘油三酯的新指标,能更准确地反映内脏脂肪蓄积程度对相关疾病

产生的影响^[23]。人体脂肪组织具有复杂的生理生化功能,这些功能随着不同区域的分布而发生变化。有研究认为,一些特定区域的脂肪组织对人体健康有益,

如腿部脂肪增加可使糖尿病的发病风险降低^[24]。人体的脂肪分为皮下脂肪与内脏脂肪,相比于皮下脂肪,内脏脂肪能更好地预测高血压风险^[25]。目前,大多数研究通过测量 BMI、腰围等指标来研究肥胖与血压之间的关系^[26-27],但 BMI 不能很好地区分人体肌肉组织与脂肪组织的构成比,腰围亦无法区分皮下脂肪与内脏脂肪的比例,而 LAP 可很好地弥补这一不足^[28-31]。与既往研究比较,本研究综合考虑人群中部分个体并存的超重肥胖,使适用人群更接近真实世界,结果更具普适性。与 Kahn^[6] 研究最早得出 LAP 较 BMI 能更好地预测心血管疾病发病风险一致,本研究证明 LAP 能较好地预测中青年人群高血压发病风险,对医疗健康保健能力的提升具有深远意义。

LAP 与高血压发病相关的机制存在两个方面。一方面,腰围增加时皮下及内脏脂肪蓄积,血浆中脂肪因子分泌异常,产生促炎效应;另外可诱导胰岛素抵抗及激活交感神经,最终引起内皮功能障碍和血压升高,导致高血压发生^[32-34]。另一方面,甘油三酯水平升高时脂质交换增加,使血浆中 HDL-C 降低,内皮功能受损,进而导致血管调节功能异常,降低动脉顺应性,引发高血压^[35-36]。此外,甘油三酯升高者往往存在胰岛素抵抗,胰岛素抵抗通过刺激肾小管重吸收钠、激活交感神经系统和肾素-血管紧张素系统促进高血压的发生发展^[37-38]。

此外,本研究还发现,在有吸烟史、饮酒史及 BMI ≥ 28 kg/m² 的人群中, LAP 水平与高血压发病风险的关联更强。因此,对于具有以上危险因素的人群,应给予更多的关注,采取更积极的相应干预措施,如戒烟、限酒和减重等,使其高血压发病风险进一步降低。

本研究优势:首先,本研究为较早的有关 LAP 与中青年人群高血压发病风险关系的研究,纳入受试者众多,随访时间长,研究结果科学性强;其次,本研究计算出适用于中国北方人群的 LAP 公式,为后续我国人群 LAP 相关研究提供了必要的数据库支持。本研究存在以下局限性:虽然不同性别具有不同 LAP 计算公式,且性别对 LAP 无明显影响,但本研究人群男女比例存在差异,可能对结果产生偏倚。

综上所述, LAP 升高与中青年人群新发高血压发病风险增加相关, LAP 是中青年人群新发高血压的独立预测因子。定期检查 LAP 有助于发现该人群高血压发病的高危个体,以采取积极干预措施,降低该人群新发高血压的发病风险,从而提升人群健康指数,减轻家庭、社会疾病负担,助力早日实现“2030 健康中国”目标。

利益冲突声明 本文无利益冲突

本主题国内外已有的结论

• LAP 升高与全人群或中老年人新发高血压相关。

本文特色与见解

• 本研究为较早的有关 LAP 与中青年人群高血压发病风险关系的研究,纳入受试者众多,随访时间长,研究结果科学性强;本研究计算出适用于中国北方人群的 LAP 公式,为后续我国人群 LAP 相关研究提供了必要的数据库支持;研究 cLAP 与新发高血压之间的关系,并对各独立危险因素之间的预测效能进行了比较。

参考文献

- [1] 李立明, 饶克勤, 孔灵芝, 等. 中国居民 2002 年营养与健康状况调查[J]. 中华流行病学杂志, 2005, 26(7): 478-484.
- [2] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2024 年修订版)[J]. 中华高血压杂志(中英文), 2024, 32(7): 603-700.
- [3] Wang Z, Chen Z, Zhang L, et al. China Hypertension Survey Investigators. Status of hypertension in China: results from the China hypertension survey, 2012-2015[J]. Circulation, 2018, 137(22): 2344-2356.
- [4] 罗云梅, 曾智, 何文博, 等. 我国成人高血压的流行病学现状及趋势[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2024, 31(6): 922-928.
- [5] 吕垚, 周伊恒, 刘力滴, 等. 美国肥胖医学协会《肥胖和高血压临床实践声明》解读[J]. 中国全科医学, 2025, 28(3): 272-279.
- [6] Kahn HS. The lipid accumulation product performs better than the body mass index for recognizing cardiovascular risk: a population based comparison[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2005, 5: 26.
- [7] 汪姜涛, 杜瑞, 朱玲, 等. 成年人脂质蓄积指数与高血压发病的相关性: 一项前瞻性队列研究[J]. 中国全科医学, 2025, 28(12): 1433-1438.
- [8] 马卓然, 袁安彩, 蒋惠如, 等. 脂质蓄积指数与中国成年人高血压关系的 meta 分析[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2023, 43(4): 466-473.
- [9] 何平, 白银晓, 邓浪, 等. 成人脂质蓄积指数与高血压和糖尿病的关系[J]. 中华高血压杂志, 2021, 29(11): 1113-1117.
- [10] 夏弋钦, 连真, 杨华. 脂质蓄积指数与我国中老年人 2 型糖尿病发病关联的纵向研究[J]. 中国慢性病预防与控制, 2024, 32(4): 250-253, 259.
- [11] 段绍杰, 刘尊敬, 陈佳良, 等. 脂质蓄积指数和内脏脂肪指数对成年人代谢综合征的预测价值研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(33): 4211-4217.
- [12] Li YL, Zheng R, Li ST, et al. Association between four anthropometric indexes and metabolic syndrome in US adults[J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 889785.
- [13] 刘奕婷, 王巍. 不同性别人群脂质蓄积指数与非酒精性脂肪性肝病的相关性研究[J]. 中国卫生统计, 2022, 39(2): 210-214.

- [14] 李志栋, 程方兵, 王嘉玮. 脂质蓄积指数与缺血性脑卒中发病的相关关系[J]. 现代预防医学, 2021, 48(11): 2105-2108.
- [15] 秦真真, 李潮, 叶青, 等. 南京市常住居民脂质蓄积指数与高血压和糖尿病患病风险关系的研究[J]. 中国慢性病预防与控制, 2021, 29(7): 505-509.
- [16] Nguyen Ngoc H, Kriengsinyos W, Rojroongwasinkul N, et al. Association of adiposity indices with hypertension in middle-aged and elderly Thai population: national health examination survey 2009 (NHES-IV)[J]. J Cardiovasc Dev Dis, 2019, 6(1): 13.
- [17] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(8): 668-695.
- [18] 成小如, 严若华, 伯坚, 等. 中国前瞻性城乡流行病学研究的设计与方案[J]. 中国循环杂志, 2016, 31(11): 1088-1092.
- [19] 岳博成, 侯旗, 韩全乐, 等. 高血压人群罹患心房颤动对于新发心肌梗死发病风险的影响研究[J]. 中国全科医学, 2023, 26(14): 1739-1744.
- [20] Kwon S, Han AL. The correlation between the ratio of visceral fat area to subcutaneous fat area on computed tomography and lipid accumulation product as indexes of cardiovascular risk[J]. J Obes Metab Syndr, 2019, 28(3): 186-193.
- [21] 游弋, 潘磊磊, 孙葳, 等. 辽宁省成年居民体质指数、腰围和腰围身高比与高血压的关系[J]. 中国慢性病预防与控制, 2021, 29(5): 361-364.
- [22] 王若楠, 张德生, 白朝, 等. 甘油三酯、空腹血糖及甘油三酯葡萄糖乘积指数与高血压发病风险的前瞻性队列研究[J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(3): 482-487.
- [23] Ray L, Ravichandran K, Nanda SK. Comparison of lipid accumulation product index with body mass index and waist circumference as a predictor of metabolic syndrome in Indian population[J]. Metab Syndr Relat Disord, 2018, 16(5): 240-245.
- [24] Choi SI, Chung D, Lim JS, et al. Relationship between regional body fat distribution and diabetes mellitus: 2008 to 2010 Korean National Health and Nutrition Examination Surveys[J]. Diabetes Metab J, 2017, 41(1): 51-59.
- [25] 潘佩, 何森, 陈晓平. 内脏脂肪指数对高血压的预测价值[J]. 中华高血压杂志, 2022, 30(5): 430-434.
- [26] Gouveia LAG, Maria de Fatima NM, Lebrao ML, et al. Association between waist circumference (WC) values and hypertension, heart disease (HD) and diabetes, reported by the elderly-SABE survey: Health, wellness and aging, 2000 and 2006[J]. Arch Gerontol Geriatr, 2014, 59(1): 62-68.
- [27] Huang X, Huang Y, Zhou H, et al. Relationship between weight-adjusted-waist index and blood pressure as well as incident hypertension among middle-aged and elderly Chinese: a longitudinal study[J]. Nutr Metab Cardiovasc Dis, 2024, 34(9): 2095-2106.
- [28] Tohidi M, Hatami M, Hadaegh F, et al. Triglycerides and triglycerides to high-density lipoprotein cholesterol ratio are strong predictors of incident hypertension in Middle Eastern women[J]. J Hum Hypertens, 2012, 26(9): 525-532.
- [29] Sánchez-Íñigo L, Navarro-González D, Pastrana-Delgado J, et al. Association of triglycerides and new lipid markers with the incidence of hypertension in a Spanish cohort[J]. J Hypertens, 2016, 34(7): 1257-1265.
- [30] 栾威, 汪俊华, 赵否曦, 等. 甘油三酯葡萄糖乘积指数与高血压发病风险关联的队列研究[J]. 中国慢性病预防与控制, 2022, 30(10): 731-735.
- [31] 巴合古·依明尼亚孜, 罗涛, 张焕文, 等. 新疆维吾尔族人甘油三酯-葡萄糖指数纵向轨迹与新发高血压的关系[J]. 中华高血压杂志, 2023, 31(10): 945-952.
- [32] Kim H, Lee JH, Lee SK, et al. Chemerin treatment inhibits the growth and bone invasion of breast cancer cells[J]. Int J Mol Sci, 2020, 21(8): 2871.
- [33] da Silva AA, Pinkerton MA, Spradley FT, et al. Chronic CNS-mediated cardiometabolic actions of leptin: potential role of sex differences[J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2021, 320(2): R173-R181.
- [34] 宋婷婷, 姜婷婷, 金元媛, 等. 脂肪因子在高血压中的研究进展[J]. 中华高血压杂志(中英文), 2025, 33(3): 227-233.
- [35] Selwyn AP, Kinlay S, Libby P, et al. Atherogenic lipids, vascular dysfunction, and clinical signs of ischemic heart disease[J]. Circulation, 1997, 95(1): 5-7.
- [36] Urbina EM, Srinivasan SR, Kieley RL, et al. Correlates of carotid artery stiffness in young adults: the Bogalusa Heart Study[J]. Atherosclerosis, 2004, 176(1): 157-164.
- [37] Halkes CJ, Castro Cabezas M, van Wijk JP, et al. Gender differences in diurnal triglyceridemia in lean and overweight subjects[J]. Int J Obes Relat Metab Disord, 2001, 25(12): 1767-1774.
- [38] da Silva AA, do Carmo JM, Li X, et al. Role of hyperinsulinemia and insulin resistance in hypertension: metabolic syndrome revisited[J]. Can J Cardiol, 2020, 36(5): 671-682.

收稿日期: 2025-02-09 责任编辑: 陈小明