

本文引用: 赵建勇, 郭春月, 宋翠. 中老年人甘油三酯葡萄糖乘积指数与高血压的关联研究[J]. 中国动脉硬化杂志, 2024, 32(7): 583-589. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2024.07.005.

[文章编号] 1007-3949(2024)32-07-0583-07

· 临床研究 ·

## 中老年人甘油三酯葡萄糖乘积指数与高血压的关联研究

赵建勇<sup>1</sup>, 郭春月<sup>2</sup>, 宋翠<sup>3</sup>

1. 天津中医药大学第二附属医院重症医学科, 天津市 300250; 2. 天津市第三中心医院研究中心, 天津市 300170;

3. 天津市肿瘤医院空港医院心肺功能科, 天津市 300308

**[摘要]** [目的] 探讨中国中老年人中甘油三酯葡萄糖乘积(TyG)指数与高血压患病风险的相关性, 为高血压的防治提供科学依据。[方法] 数据来源于 2011 年中国健康与养老追踪调查(CHARLS)数据库, 采用多阶段分层抽样方法选择研究对象。采用限制性立方样条回归模型分析 TyG 指数与高血压风险的剂量-反应关系。采用多因素非条件 Logistic 回归模型评估 TyG 指数与高血压患病风险之间的关联。[结果] 共 9 987 例研究对象纳入分析, 平均年龄为(59.16±9.43)岁, 其中男性 4 707(47.13%)例。限制性立方样条回归模型结果显示, 随着 TyG 指数的升高, 高血压的患病风险增加, 呈线性关联(总体关联检验  $P < 0.000 1$ , 非线性关联检验  $P = 0.201 9$ )。多因素 Logistic 回归模型结果表明, 与 Q1(TyG 指数 < 8.23)相比, Q2(8.23 ≤ TyG 指数 < 8.59)、Q3(8.59 ≤ TyG 指数 < 9.04)和 Q4(TyG 指数 ≥ 9.04)时, 高血压的患病风险[OR(95% CI)]分别为 1.09(0.95 ~ 1.26)、1.53(1.33 ~ 1.76)、1.77(1.52 ~ 2.06)。[结论] 随着 TyG 指数的升高, 高血压的患病风险逐渐增加。TyG 指数可能是高血压患病的独立危险因素。

**[关键词]** 甘油三酯葡萄糖乘积指数; 高血压; 中老年人

**[中图分类号]** R5

**[文献标识码]** A

### Association between triglyceride-glucose index and hypertension in middle-aged and older adults

ZHAO Jianyong<sup>1</sup>, GUO Chunyue<sup>2</sup>, SONG Cui<sup>3</sup>

1. Department of Intensive Care Unit, the Second Affiliated Hospital of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300250, China; 2. Research Center, the Third Central Hospital of Tianjin, Tianjin 300170, China; 3. Department of Cardiopulmonary Function, Tianjin Cancer Hospital Airport Hospital, Tianjin 300308, China

**[ABSTRACT]** **Aim** To investigate the relationship between triglyceride-glucose (TyG) index and the risk of hypertension in middle-aged and older adults in China, and to provide scientific basis for the prevention and treatment of hypertension. **Methods** Data were obtained from the China health and retirement longitudinal study (CHARLS) in 2011. A multi-stage stratified sampling method was used to select participants. Restricted cubic spline regression model was used to analyze the dose-response relationship between TyG index and the risk of hypertension. Multivariate unconditional Logistic regression model was used to evaluate the association between TyG index and the risk of hypertension. **Results** A total of 9 987 subjects were included in the analysis, with an average age of (59.16±9.43) years, including 4 707 males (47.13%). The restricted cubic spline regression model showed that the risk of hypertension increased with the elevation of TyG index, and there was a linear association (overall association test  $P < 0.000 1$ , non-linear association test  $P = 0.201 9$ ). The results of multivariate Logistic regression model showed that compared with Q1 (TyG index < 8.23), the OR(95% CI) of hypertension with Q2 (8.23 ≤ TyG index < 8.59), Q3 (8.59 ≤ TyG index < 9.04) and Q4 (TyG index ≥ 9.04), were 1.09 (0.95 ~ 1.26), 1.53 (1.33 ~ 1.76) and 1.77 (1.52 ~ 2.06), respectively. **Conclusions** With the increase of TyG index, the risk of hypertension gradually increased. TyG index may be an independent risk factor of hypertension.

**[KEY WORDS]** triglyceride-glucose index; hypertension; middle-aged and older adults

[收稿日期] 2024-01-24

[修回日期] 2024-03-24

[基金项目] 天津市自然科学基金项目(21JCQNJC01460);天津市卫生健康科技项目(TJWJ2023QN044)

[作者简介] 赵建勇, 硕士, 主治医师, 研究方向为危重症疾病的临床研究, E-mail: zhaojianyong81@163.com。通信作者宋翠, 硕士, 副主任医师, 研究方向为心肺血管疾病的临床研究, E-mail: songcui82@163.com。

高血压是指以体循环动脉血压增高为主要特征(收缩压 $\geq 140$  mmHg和(或)舒张压 $\geq 90$  mmHg),可伴有心、脑、肾等器官的功能或器质性损害的临床综合征。高血压是引发心脑血管疾病的主要危险因素,也是全球范围内过早死亡的主要原因<sup>[1]</sup>。在过去30年里,全球高血压患者人数从6.5亿人增加到12.8亿人,其中82%的高血压患者生活在低收入和中等收入区域<sup>[2]</sup>。随着生活节奏的加快及老龄化社会的深入,我国高血压患病率随年龄的增加呈显著升高趋势,35~44岁年龄组的高血压患病率已接近17%,65~74岁年龄组有高血压的人数超过50%<sup>[3]</sup>。因此,早期识别高血压高危人群对降低高血压及其心血管并发症的发生率至关重要。

胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)是胰岛素敏感性降低和(或)胰岛素反应性下降的状态,可通过兴奋交感神经系统、激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统、增加肾小管钠水重吸收等途径引起血压升高<sup>[4]</sup>。研究表明,IR在高血压的发病机制中起着关键作用<sup>[5]</sup>。高胰岛素正葡萄糖钳夹(hyperinsulinemic euglycemic clamp, HEC)技术是国际上认可的评价胰岛素抵抗的金标准<sup>[6]</sup>。然而,该方法昂贵费时,需要配套设备和专业技术人员,在临床实践和规模较大的人群研究中难以广泛应用。近年来,甘油三酯葡萄糖乘积(triglyceride-glucose, TyG)指数,是由空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)和甘油三酯(triglyceride, TG)水平计算得出的参数,被认为是一种简单又可靠的IR替代标志物,更有利于临床医生对高血压患者的有效管理<sup>[7]</sup>。与HEC相比,TyG指数对于IR的诊断具有更高的灵敏度和特异度<sup>[8]</sup>。

既往研究提示,IR与高血压的风险有关<sup>[9]</sup>。然而,目前关于在中老年人群中TyG指数与高血压风险关联的研究证据有限。因此,本研究基于中国健康与养老追踪调查(China health and retirement longitudinal study, CHARLS)数据库,旨在探讨中老年人群中TyG指数与高血压患病风险之间的关联。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

本研究使用2011年CHARLS<sup>[10]</sup>的基线数据。CHARLS是一项具有全国代表性的纵向调查,覆盖全国28个省/自治区/直辖市,150个县/区,450个村/社区,通过问卷调查、体格检查及实验室检查的方式收集数据。本研究选取年龄 $\geq 45$ 岁者,排除基线年龄、性别、FBG、TG、高血压等重要变量缺失者

以及非空腹状态抽血者,最终纳入研究对象9 987例(图1)。本研究通过北京大学伦理审查委员会的批准,研究对象均签署知情同意书。

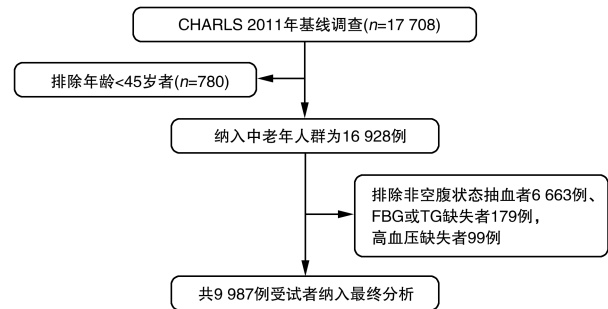


图1. 研究人群入选流程图

Figure 1. Flow chart of the selection process of participants

### 1.2 研究方法

通过问卷调查、体格检查、实验室检查的方式收集数据。问卷调查采用现场面对面个人访谈的方式进行,主要收集一般人口学信息(年龄、性别、婚姻状况、文化程度和居住地)、生活方式(吸烟、饮酒)、既往病史(高血压、糖尿病、脑卒中、血脂异常)等一般资料。体格检查包括身高、体质量、血压。采用欧姆龙HEM-7200电子血压计测量血压,测量过程中让受试者处于放松状态并保持安静。实验室检查:采集空腹静脉血,酶法测定FBG、总胆固醇(total cholesterol, TC)、TG、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDLC)和低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDLC),免疫比浊法测定高敏C反应蛋白(high sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)。

### 1.3 相关定义及诊断标准

吸烟分为从不吸烟、以前吸烟、现在吸烟。饮酒分为从不饮酒、以前饮酒、现在饮酒。婚姻状况分为单身(未婚、离异、丧偶)和其他(已婚、同居)。文化程度分为小学及以下、中学、高中及以上。体质指数(body mass index, BMI)按公式 $BMI = \text{体质量}(\text{kg}) / \text{身高}(\text{m})^2$ 计算。参照《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》的标准,BMI分为正常体质量( $BMI < 24.0 \text{ kg/m}^2$ )、超重( $24.0 \text{ kg/m}^2 \leq BMI < 28.0 \text{ kg/m}^2$ )、肥胖( $BMI \geq 28.0 \text{ kg/m}^2$ )<sup>[11]</sup>。TyG指数 $= \ln [TG(\text{mg/L}) \times FBG(\text{mg/L}) \times 50]$ <sup>[12]</sup>。根据《2018中国高血压防治指南》<sup>[13]</sup>,高血压定义为既往患有高血压病,或平均收缩压(systolic blood pressure, SBP) $\geq 140$  mmHg和/或舒张压(diastolic blood pressure, DBP) $\geq 90$  mmHg,或目前服用降压药物。

## 1.4 统计学分析

采用  $\bar{x}\pm s$  或者中位数(四分位数)的方式描述连续型变量的分布特征。采用  $t$  检验或 Kruskal-Wallis 检验对连续型变量进行比较。分类变量的频率分布采用  $\chi^2$  检验进行比较。采用 Cochran-Armitage 趋势检验进行趋势性分析。使用限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)回归模型分析 TyG 指数与高血压风险的剂量-反应关系<sup>[14]</sup>, 节点分别为第 5、50、95 百分位数。采用多因素非条件 Logistic 回归模型评估 TyG 指数与高血压患病风险之间的关联。根据年龄、性别、吸烟、饮酒、是否单身、文化程度、城乡、是否合并糖尿病或血脂异常进行亚组分析, 评估 TyG 指数与高血压风险的关联。所有统计学分析均使用 SAS 9.4 软件和 Graph Pad

Prism 7.04 软件进行。统计学检验采用双侧检验,  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 研究人群的基本特征

本研究共纳入 9 987 例研究对象, 平均年龄为 (59.16±9.43) 岁, 其中男性 4 707 (47.13%) 例, 高血压患者为 2 913 例 (29.17%)。将 TyG 指数按照四分位数进行分组(Q1: TyG 指数<8.23, Q2: 8.23≤TyG 指数<8.59, Q3: 8.59≤TyG 指数<9.04, Q4: TyG 指数≥9.04), 结果显示, 除了年龄和是否单身因素外, 基于 TyG 指数四分位数的研究人群基线特征的比较差异均有显著性( $P<0.05$ , 表 1)。

表 1. 基于 TyG 指数四分位数的研究人群基本特征

Table 1. Basic characteristics of the study population based on the quartiles of TyG index

变量	TyG 指数四分位数				P
	Q1 (n=2 527)	Q2 (n=2 432)	Q3 (n=2 542)	Q4 (n=2 486)	
男性/[例(%)]	1 415 (56.00)	1 158 (47.62) <sup>a</sup>	1 083 (42.60) <sup>ab</sup>	1 051 (42.28) <sup>ab</sup>	<0.000 1
吸烟/[例(%)]					<0.000 1
从不 <sup>d</sup>	1 386 (54.87)	1 469 (60.50)	1 598 (62.86)	1 594 (64.14)	
以前 <sup>d</sup>	285 (11.28)	242 (9.97)	258 (10.15)	274 (11.03)	
现在	855 (33.85)	717 (29.53)	686 (26.99)	617 (24.83)	
饮酒/[例(%)]					<0.000 1
从不 <sup>e</sup>	1 343 (53.17)	1 395 (57.50)	1 560 (61.44)	1 515 (61.04)	
以前 <sup>e</sup>	196 (7.76)	232 (9.56)	230 (9.06)	191 (7.70)	
现在	987 (39.07)	799 (32.93)	749 (29.50)	776 (31.27)	
单身/[例(%)]	317 (12.54)	283 (11.64)	333 (13.10)	285 (11.46)	0.544 2
文化程度/[例(%)]					0.016 0
小学及以下	1 798 (71.15)	1 682 (69.16)	1 762 (69.32)	1 655 (66.57)	
中学	488 (19.31)	482 (19.82)	488 (19.20)	531 (21.36)	
高中及以上 <sup>f</sup>	241 (9.54)	268 (11.02)	292 (11.49)	300 (12.07)	
城乡/[例(%)]					<0.000 1
城市	781 (30.91)	849 (34.91) <sup>a</sup>	994 (39.10) <sup>ab</sup>	1 130 (45.45) <sup>abc</sup>	
农村	1 746 (69.09)	1 583 (65.09) <sup>a</sup>	1 548 (60.90) <sup>ab</sup>	1 356 (54.55) <sup>abc</sup>	
高血压/[例(%)]	506 (20.02)	580 (23.85) <sup>a</sup>	843 (33.16) <sup>ab</sup>	984 (39.58) <sup>abc</sup>	<0.000 1
糖尿病/[例(%)]	55 (2.18)	95 (3.91) <sup>a</sup>	160 (6.29) <sup>ab</sup>	378 (15.21) <sup>abc</sup>	<0.000 1
血脂异常/[例(%)]	138 (5.46)	208 (8.55) <sup>a</sup>	298 (11.72) <sup>ab</sup>	505 (20.31) <sup>abc</sup>	<0.000 1
年龄/岁	59.37±9.82	59.05±9.55	59.38±9.29	58.83±9.02	0.108 4
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	22.39±2.99	23.14±3.15 <sup>a</sup>	23.91±3.31 <sup>ab</sup>	24.93±3.26 <sup>abc</sup>	<0.000 1
SBP/mmHg	125.99±18.78	127.97±18.82 <sup>a</sup>	130.79±19.78 <sup>ab</sup>	132.41±18.68 <sup>abc</sup>	<0.000 1
DBP/mmHg	73.34±10.95	74.65±10.74 <sup>a</sup>	76.00±11.14 <sup>ab</sup>	77.14±10.77 <sup>abc</sup>	<0.000 1

续表

变量	TyG 指数四分位数				P
	Q1 (n=2 527)	Q2 (n=2 432)	Q3 (n=2 542)	Q4 (n=2 486)	
FBG/(mg/L)	957.6 (892.8, 1 029.6)	997.2 (936.0, 106.38) <sup>a</sup>	1 035.0 (966.6, 1 125.0) <sup>ab</sup>	1 157.4 (1 042.2, 1 414.8) <sup>abc</sup>	<0.000 1
TC/(mg/L)	1 796.3±334.7	1 901.2±344.4 <sup>a</sup>	1 975.1±367.7 <sup>ab</sup>	2 081.2±403.5 <sup>abc</sup>	<0.000 1
TG/(mg/L)	610.7 (522.2, 699.2)	893.9 (805.4, 1 000.1) <sup>a</sup>	1 265.6 (1 115.1, 1 424.9) <sup>ab</sup>	2 039.9 (1 690.4, 2 672.7) <sup>abc</sup>	<0.000 1
HDLc/(mg/L)	602.7±152.8	546.2±142.4 <sup>a</sup>	490.1±130.1 <sup>ab</sup>	408.5±116.3 <sup>abc</sup>	<0.000 1
LDLc/(mg/L)	1 091.9±290.4	1 196.5±314.5 <sup>a</sup>	1 243.6±343.4 <sup>ab</sup>	1 164.2±412.2 <sup>abc</sup>	<0.000 1
hs-CRP/(mg/L)	0.82(0.46, 1.86)	0.91(0.51, 2.00) <sup>a</sup>	1.07(0.59, 2.21) <sup>ab</sup>	1.33(0.72, 2.73) <sup>abc</sup>	<0.000 1
心率/(次/min)	71.18±9.27	71.97±9.17 <sup>a</sup>	72.79±9.61 <sup>ab</sup>	73.66±9.31 <sup>abc</sup>	<0.000 1

注:a为  $P<0.05$ ,与 Q1 组比较;b为  $P<0.05$ ,与 Q2 组比较;c为  $P<0.05$ ,与 Q3 组比较。d为  $P<0.05/3$ ,与现在吸烟两两比较;e为  $P<0.05/3$ ,与现在饮酒两两比较;f为  $P<0.05/3$ ,与文化程度为小学及以下两两比较。

## 2.2 TyG 指数与高血压患病风险的剂量-反应关系

调整年龄、性别、BMI、吸烟、饮酒、单身、文化程度、城乡、HDLc、LDLc、hs-CRP、心率因素后,限制性立方样条函数拟合 Logistic 回归模型分析显示,随着 TyG 指数的升高,高血压的患病风险增加,呈线性关联(图 2,总体关联检验  $P<0.000 1$ ,非线性关联检验  $P=0.201 9$ ),此时赤池信息准则 (akaike information criterion, AIC)、修正的赤池信息准则 (corrected akaike information criterion, AICc) 和贝叶斯信息准则 (Bayesian information criterion, BIC) 分别为 10 942.15、10 942.27 和 11 115.16。

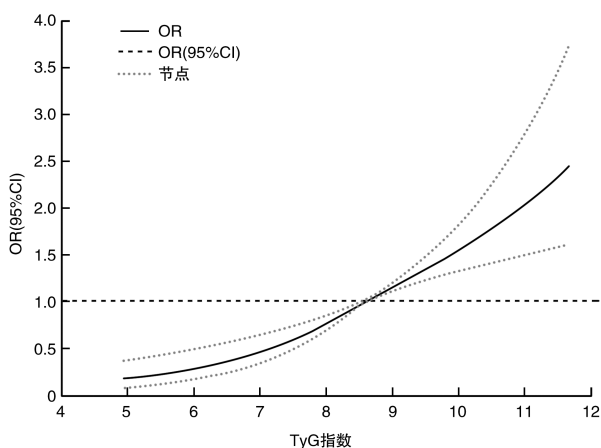


图 2. TyG 指数与高血压患病风险的剂量-反应关系

Figure 2. Dose-response relationship between TyG index and the risk of hypertension

## 2.3 TyG 指数与高血压患病风险的多因素 Logistic 回归分析

将 TyG 指数作为自变量,高血压作为因变量,

调整潜在的协变量,构建不同的多因素 Logistic 回归模型。多因素分析中变量的赋值方法见表 2。多因素 Logistic 回归模型结果显示,与 Q1 (TyG 指数 < 8.23) 相比, Q2 (8.23 ≤ TyG 指数 < 8.59)、Q3 (8.59 ≤ TyG 指数 < 9.04) 和 Q4 (TyG 指数 ≥ 9.04) 时,高血压的风险 [OR (95% CI)] 分别为 1.09 (0.95 ~ 1.26)、1.53 (1.33 ~ 1.76)、1.77 (1.52 ~ 2.06) (表 3)。

表 2. 多因素分析中变量赋值方法

Table 2. Variable assignment methods in multivariate analysis

变量	变量赋值
性别	男性=1, 女性=2
吸烟	从不=0, 以前=1, 现在=2
饮酒	从不=0, 以前=1, 现在=2
单身	否=0, 是=1
文化程度	小学及以下=1, 中学=2, 高中及以上=3
城乡	城市=0, 农村=1
高血压	否=0, 是=1
糖尿病	否=0, 是=1
血脂异常	否=0, 是=1

## 2.4 亚组分析

将研究对象按照年龄 (<65 岁, ≥65 岁)、性别、吸烟、饮酒、单身、文化程度、城乡、糖尿病、血脂异常进行分层,调整年龄、性别、BMI、吸烟、饮酒、单身、文化程度、城乡、HDLc、LDLc、hs-CRP、心率因素后,对 TyG 指数与高血压的风险进行亚组分析。结果显示,除了以前饮酒、单身、伴有糖尿病或血脂异常的人群外,其他分层人群中, TyG 指数升高与高血压的患病风险增加均有关联 ( $P<0.05$ , 图 3)。



表 3. TyG 指数与高血压患病风险的多因素非条件 Logistic 回归分析

Table 3. Multivariate non-conditional Logistic regression analysis of TyG index and the risk of hypertension

TyG 指数	模型 1	模型 2	模型 3
TyG 连续变量	1.86(1.73 ~ 1.99)	1.51(1.40 ~ 1.63)	1.47(1.36 ~ 1.60)
TyG 四分位数			
Q1 (TyG 指数 < 8.23)	1.00	1.00	1.00
Q2 (8.23 ≤ TyG 指数 < 8.59)	1.27(1.10 ~ 1.45)	1.12(0.97 ~ 1.29)	1.09(0.95 ~ 1.26)
Q3 (8.59 ≤ TyG 指数 < 9.04)	2.00(1.76 ~ 2.28)	1.59(1.39 ~ 1.82)	1.53(1.33 ~ 1.76)
Q4 (TyG 指数 ≥ 9.04)	2.71(2.38 ~ 3.08)	1.88(1.64 ~ 2.16)	1.77(1.52 ~ 2.06)

注:模型 1:调整年龄和性别;模型 2:调整年龄、性别、BMI、吸烟、饮酒、单身、文化程度、城乡;模型 3:调整年龄、性别、BMI、吸烟、饮酒、单身、文化程度、城乡、HDLC、LDLC、hs-CRP、心率。

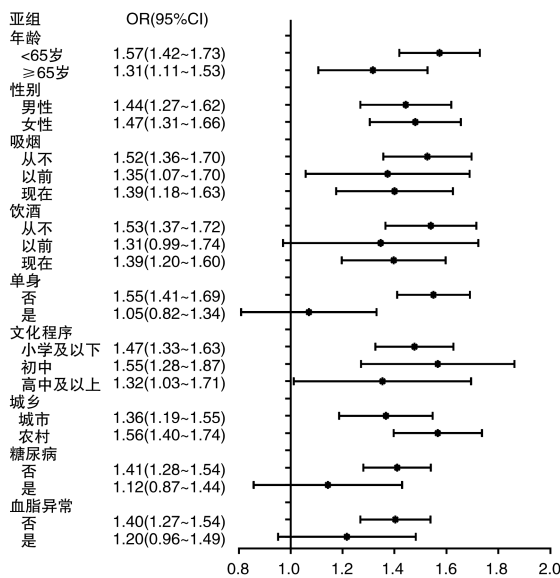


图 3. TyG 指数与高血压患病风险的亚组分析

Figure 3. Subgroup analysis of TyG index and risk of hypertension

### 3 讨论

有效识别胰岛素抵抗的不同状态对于高血压的预防具有重要的临床意义。寻找一种简单、廉价且有效的胰岛素抵抗替代指标尤为迫切。本研究结果提示,在调整潜在的混杂因素之后,随着 TyG 指数的升高,高血压的患病风险逐渐增加。进一步将 TyG 指数按照四分位数分组,与 TyG 指数 < 8.23 相比,8.23 ≤ TyG 指数 < 8.59、8.59 ≤ TyG 指数 < 9.04、TyG 指数 ≥ 9.04 时,高血压的患病风险 [OR(95% CI)] 分别为 1.09(0.95 ~ 1.26)、1.53(1.33 ~ 1.76)、1.77(1.52 ~ 2.06)。

本研究结果与既往研究结果一致<sup>[15-17]</sup>。一项横断面研究表明,TyG 指数的不断升高与我国成人高血压前期和高血压的风险增加显著相关<sup>[18]</sup>,与

TyG 指数最低四分位数相比,TyG 指数最高四分位数组患高血压前期和高血压的风险 [OR(95% CI)] 分别为 1.69(1.18 ~ 2.44) 和 2.53(1.80 ~ 3.57)。蚌埠市一项横断面研究提示,中老年人人群中,TyG 指数增加与高血压和单纯性收缩期高血压患病风险显著相关,与单纯性舒张期高血压患病风险无显著相关性,而且,此研究进一步比较了 TyG 指数、FBG 和 TG 对高血压风险的预测能力,结果显示,不论是男性还是女性人群中,TyG 指数均明显优于 FBG 和 TG<sup>[19]</sup>。中国糖尿病患者癌症风险评估纵向研究和罗马尼亚横断面流行病学研究也发现了类似的结果<sup>[20-21]</sup>。因此,TyG 指数有望成为一种有效、方便的高血压风险初筛标志物,对于高血压的预防具有重要的流行病学意义。

本研究亚组分析结果显示,除了以前饮酒、单身、伴有糖尿病或血脂异常的人群外,在年龄 (< 65 岁, ≥ 65 岁)、性别 (男性、女性)、吸烟 (从不吸烟、以前吸烟、现在吸烟)、饮酒 (从不饮酒、现在饮酒)、非单身、文化程度 (小学及以下、初中、高中及以上)、城乡 (城市、农村)、未伴有糖尿病及未伴有血脂异常的人群中,TyG 指数升高与高血压的患病风险增加均有显著关联。研究提示,不论年龄、性别、吸烟、文化程度、城乡,TyG 指数水平与高血压患病风险的关联均不会发生改变。

TyG 指数与高血压风险的关联机制尚不清楚,但可能与 IR 有关。既往研究表明,IR 是一种与一系列代谢紊乱相关的综合征,通过多种病理生理学机制参与高血压的发生<sup>[22]</sup>。IR 引起的高胰岛素血症可以增强交感神经系统活性,刺激肾上腺素和去甲肾上腺素的分泌,增加心输出量和外周血管阻力,进而导致血压升高。胰岛素通过降低钠/钾 ATP 酶的活性,增加血管平滑肌细胞的 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> 泵,增加其对儿茶酚胺和血管紧张素 II 的敏感性,最终

增加外周血管阻力,引起高血压。此外,IR 相关因子,包括非酯化脂肪酸、细胞因子和脂联素,从多余的脂肪组织中释放出来,这些因素增加了血管内皮影响血管弹性的能力,引起高血压。胰岛素除了具有代谢作用外,还通过刺激内皮细胞产生一氧化氮来舒张血管,并通过增强肾脏对钠的重吸收来调节钠稳态,有助于血压的调节<sup>[23]</sup>。此外,IR 可能通过介导低程度全身性炎症参与高血压的发生与发展<sup>[24]</sup>。

IR 的精准识别对于高血压的风险评估具有重要的临床意义。目前,HEC 是国际上认可的评价 IR 的“金标准”,可适用于各研究人群<sup>[6]</sup>。然而,该方法需要特殊设备和熟练的技术人员,昂贵费时且复杂,难以在临床实践和规模较大的人群研究中广泛应用。稳态模型评估胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment of insulin resistance, HOMA-IR)可以快速评估 IR 的严重程度,但 HOMA-IR 要求对胰岛素进行量化,操作相对困难,而且往往无法实现。TyG 指数作为 FBG 和 TG 的产物,被认为是 IR 的可靠替代标志物。TyG 指数评估 IR 的性能优于 HOMA-IR,能更好地预测颈动脉粥样硬化的发生<sup>[25]</sup>。与 HEC 相比,TyG 指数对于 IR 的诊断具有更高的灵敏度(96.5%)和特异度(85.0%)<sup>[8]</sup>。因此,TyG 指数可以用来评估 IR,它从一个新的角度反映人体内一系列的病理生理变化。

本研究具有一定的局限性。首先,本研究是采用横断面研究设计,无法推断 TyG 指数升高与高血压风险增加之间的因果关系。其次,本研究只纳入了年龄 $\geq 45$ 岁的中老年人群,研究结果的外推性可能受限。再次,日常体力活动可能影响血压的测量,本研究无法区分原发性和继发性高血压。最后,本研究未考虑到患者服用降压、降脂或降糖药物的相关信息,这对研究结果可能有一定的影响。但本研究也有一定的优势,比如数据的收集、整理与分析都是在严格的质量控制下完成的,问卷调查、体格检查及实验室检查均制定了统一的标准化手册。因此,本研究结果具有一定的研究价值。在今后的研究中,应进一步探讨中老年人群中 TyG 指数与高血压不同亚型的关联及其可能的病理生理学机制。

#### [参考文献]

[1] World Health Organization. Hypertension [EB/OL]. (2023-03-16). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>.

- [2] NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants [J]. *Lancet*, 2021, 398(10304): 957-980.
- [3] 赵冬. 中国成人高血压流行病学现状[J]. *中国心血管杂志*, 2020, 25(6): 513-515.  
ZHAO D. Current epidemiology of adult hypertension in China [J]. *Chin J Cardiovasc Med*, 2020, 25(6): 513-515.
- [4] 中华医学会糖尿病学分会. 胰岛素抵抗相关临床问题专家共识(2022版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2022, 14(12): 1368-1379.  
Chinese Diabetes Society. Expert consensus on insulin resistance (2022 edition) [J]. *Chin J Diabetes Mellitus*, 2022, 14(12): 1368-1379.
- [5] ANTONIO-VILLA N E, BELLO-CHAVOLLA O Y, VARGAS-VÁZQUEZ A, et al. Increased visceral fat accumulation modifies the effect of insulin resistance on arterial stiffness and hypertension risk [J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2021, 31(2): 506-517.
- [6] 中华医学会糖尿病学分会胰岛素抵抗学组. 胰岛素抵抗评估方法和应用的专家指导意见[J]. *中华糖尿病杂志*, 2018, 10(6): 377-385.  
Insulin Resistance Group, Diabetes Society, Chinese Medical Association. Expert guidance on assessment methods and application of insulin resistance [J]. *Chin J Diabetes Mellitus*, 2018, 10(6): 377-385.
- [7] HUANG R, CHENG Z, JIN X, et al. Usefulness of four surrogate indexes of insulin resistance in middle-aged population in Hefei, China [J]. *Ann Med*, 2022, 54(1): 622-632.
- [8] GUERRERO-ROMERO F, SIMENTAL-MENDÍA L E, GONZÁLEZ-ORTIZ M, et al. The product of triglycerides and glucose, a simple measure of insulin sensitivity. Comparison with the euglycemic-hyperinsulinemic clamp [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2010, 95(7): 3347-3351.
- [9] WANG F, HAN L, HU D. Fasting insulin, insulin resistance and risk of hypertension in the general population: a Meta-analysis [J]. *Clin Chim Acta*, 2017, 464: 57-63.
- [10] ZHAO Y, HU Y, SMITH J P, et al. Cohort profile: the China health and retirement longitudinal study (CHARLS) [J]. *Int J Epidemiol*, 2014, 43(1): 61-68.
- [11] 中国肥胖问题工作组. 中国成人超重和肥胖症预防与控制指南(节录)[J]. *营养学报*, 2004(1): 1-4.  
Working Group on Obesity in China. Guidelines for the prevention and control of overweight and obesity in Chinese adults (Excerpt) [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2004(1): 1-4.

- [12] 张勇, 蔡翔, 钟钟, 等. 甘油三酯葡萄糖乘积指数对急性冠状动脉综合征患者行急诊 PCI 术远期预后的预测价值 [J]. 中国动脉硬化杂志, 2023, 31(8): 687-696.
- ZHANG Y, CAI X, ZHONG Z, et al. The predictive value of the triglyceride-glucose index for cardiovascular and cerebrovascular outcomes in patients with acute coronary syndrome underwent emergency percutaneous coronary intervention [J]. *Chin J Arterioscler*, 2023, 31(8): 687-696.
- [13] Joint Committee for Guideline Revision. 2018 Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension; a report of the revision committee of Chinese guidelines for prevention and treatment of hypertension [J]. *J Geriatr Cardiol*, 2019, 16(3): 182-241.
- [14] DESQUILBET L, MARIOTTI F. Dose-response analyses using restricted cubic spline functions in public health research [J]. *Stat Med*, 2010, 29(9): 1037-1057.
- [15] MIAO H, ZHOU Z, YANG S, et al. The association of triglyceride-glucose index and related parameters with hypertension and cardiovascular risk; a cross-sectional study [J]. *Hypertens Res*, 2024, 47(4): 877-886.
- [16] SHAN S, LI S, LU K, et al. Associations of the triglyceride and glucose index with hypertension stages, phenotypes, and their progressions among middle-aged and older Chinese [J]. *Int J Public Health*, 2023, 68: 1605648.
- [17] XU J, XU W G, CHEN G, et al. Association of TyG index with prehypertension or hypertension: a retrospective study in Japanese normoglycemia subjects [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1288693.
- [18] WANG K, HE G, ZHANG Y, et al. Association of triglyceride-glucose index and its interaction with obesity on hypertension risk in Chinese: a population-based study [J]. *J Hum Hypertens*, 2021, 35(3): 232-239.
- [19] JIAN S, SU-MEI N, XUE C, et al. Association and interaction between triglyceride-glucose index and obesity on risk of hypertension in middle-aged and elderly adults [J]. *Clin Exp Hypertens*, 2017, 39(8): 732-739.
- [20] ZHU B, WANG J, CHEN K, et al. A high triglyceride glucose index is more closely associated with hypertension than lipid or glycemic parameters in elderly individuals: a cross-sectional survey from the reaction study [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2020, 19(1): 112.
- [21] BALA C, GHEORGHE-FRONEA O, POP D, et al. The association between six surrogate insulin resistance indexes and hypertension: a population-based study [J]. *Metab Syndr Relat Disord*, 2019, 17(6): 328-333.
- [22] MINH H V, TIEN H A, SINH C T, et al. Assessment of preferred methods to measure insulin resistance in Asian patients with hypertension [J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2021, 23(3): 529-537.
- [23] HALL J E, DO CARMO J M, DA SILVA A A, et al. Obesity, kidney dysfunction and hypertension: mechanistic links [J]. *Nat Rev Nephrol*, 2019, 15(6): 367-385.
- [24] DA SILVA A A, DO CARMO J M, LI X, et al. Role of hyperinsulinemia and insulin resistance in hypertension: metabolic syndrome revisited [J]. *Can J Cardiol*, 2020, 36(5): 671-682.
- [25] VASQUES A C, NOVAES F S, DE OLIVEIRA MDA S, et al. TyG index performs better than HOMA in a Brazilian population: a hyperglycemic clamp validated study [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2011, 93(3): e98-e100.
- (此文编辑 许雪梅)