

甘油三酯 - 葡萄糖指数与肥胖指标对老年人群非酒精性脂肪性肝病患病风险的交互作用

程云凤¹, 许慧清², 胡彩红¹, 刘蒙利¹, 张璇¹, 王志勇¹

1. 南京市疾病预防控制中心, 江苏 南京 210003; 2. 南京医科大学公共卫生学院

摘要:目的 探索甘油三酯 - 葡萄糖(triglyceride - glucose, TyG)指数与肥胖指标对 ≥ 60 岁老年人群非酒精性脂肪性肝病(non - alcoholic fatty liver disease, NAFLD)患病风险的影响,为 NAFLD 的早期预防提供依据。方法 2022 年采取分层随机整群抽样法选取南京 95 932 名体检老年人进行问卷调查、体格检查和实验室检查。采用 logistic 回归分析 TyG 与多项肥胖指标对 NAFLD 患病风险的影响,并分析 TyG 与各肥胖指标分别联合后对 NAFLD 的交互作用;采用受试者工作特征曲线评估 TyG 及其联合肥胖指标的诊断价值。结果 本研究中 NAFLD 占 39.66%。调整混杂因素后,logistic 回归分析结果显示,随着 TyG 和肥胖指标 BMI、中国人内脏脂肪指数和脂质蓄积指数的增加,NAFLD 患病风险均上升,OR 值分别为 1.86 (1.80 ~ 1.93)、3.69 (3.57 ~ 3.80)、3.66 (3.54 ~ 3.79) 和 3.28 (3.17 ~ 3.39) (均 $P < 0.001$)。交互作用结果显示,与 TyG 和肥胖指标均为低水平相比,其中之一或二者皆为高水平,NAFLD 风险均增加,且二者存在协同作用。TyG 联合各肥胖指标对 NAFLD 患病风险的诊断能力高于单一指标 TyG。结论 老年人群 NAFLD 患病风险随 TyG 和肥胖指标水平的升高而增加,且具有联合效应。TyG 联合 BMI 可能是老年人群 NAFLD 早期筛查的简单且高效的工具。

关键词:非酒精性脂肪性肝病;老年人群;甘油三酯 - 葡萄糖指数;肥胖指标;交互作用

中图分类号:R589.2 文献标志码:A 文章编号:1003 - 8507(2025)14 - 2676 - 07

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202502367

Interaction between triglyceride - glucose index and obesity indicators on risk of non - alcoholic fatty liver disease among the elderly

CHENG Yun - feng*, XU Hui - qing, HU Cai - hong, LIU Meng - li, ZHANG Xuan, WANG Zhi - yong

* Nanjing Municipal Center for Disease Control and Prevention, Nanjing, Jiangsu 210003, China

Abstract: **Objective** To explore the impact of the triglyceride - glucose index (TyG) and obesity indicators on the risk of non - alcoholic fatty liver disease (NAFLD) among participants aged ≥ 60 years, so as to provide evidence for the early prevention of NAFLD. **Methods** A stratified random cluster sampling method was used to select 95 932 elderly individuals in 2022 in Nanjing. These individuals underwent questionnaires, physical examinations, and laboratory tests. A logistic regression model was used to analyze the effects of the TyG and multiple obesity indicators on the risk of NAFLD, followed by the interaction analysis between TyG and each obesity indicator. The diagnostic value of the TyG and its combination with obesity indicators was assessed using receiver operating characteristic curves. **Results** In the study, the prevalence of NAFLD was 39.66%. After adjusting for confounding factors, logistic regression analysis showed that as the increase of TyG and obesity indicators, including BMI, Chinese visceral adiposity index, and lipid accumulation product, the risk of NAFLD in the elderly increased, with odds ratios of 1.86 (1.80 - 1.93), 3.69 (3.57 - 3.80), 3.66 (3.54 - 3.79), and 3.28 (3.17 - 3.39), respectively ($P < 0.001$). Interaction analysis revealed that compared to low levels of both the TyG and obesity indicator, one variable at a high level or both at high levels increased the risk of NAFLD, indicating a synergistic effect. The diagnostic ability of the TyG combined with obesity indicators for NAFLD risk was higher than that of the TyG alone. **Conclusion** The risk of NAFLD in individuals aged ≥ 60 years increases with higher levels of the TyG and obesity indicators, and they have a combined effect on NAFLD risk. TyG combined with BMI may be a simple and efficient tool for the early screening of NAFLD in elderly people.

Keywords: Non - alcoholic fatty liver disease; Elderly; Triglyceride - glucose index; Obesity; Interaction

非酒精性脂肪性肝病(non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD)是遗传易感个体由于营养过剩和胰岛素抵抗引起的一类慢性代谢应激性肝病,其患病率在全球范围内逐年增长,其中老年人群是 NAFLD 的高发人群^[1-2]。NAFLD 不仅会进一步发展为肝细胞癌,还与肥胖、高血压、糖尿病及心血管疾病等疾病密切相关^[3]。然而,NAFLD 的发病具有隐匿性,在疾病发展的早期往往容易被忽略,并且肝穿活检和影像学检查等诊断方法操作不够便捷、无法早期发现病例,应寻找一些简便的指标来筛查老年人群 NAFLD 的发生情况。研究显示,胰岛素抵抗和肥胖都是 NAFLD 发生与发展的独立危险因素^[4]。胰岛素抵抗的存在会引起脂肪变性,增加肝脏对氧化应激的敏感性,最终导致肝脏炎症、纤维化和坏死^[5]。因此,及时识别和干预胰岛素抵抗有助于 NAFLD 的预防。甘油三酯-葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数是评估胰岛素抵抗的可靠标志物^[6],已广泛运用于各种疾病的诊断模型^[7-8]。本研究旨在评估 TyG 指数与肥胖指标体质量指数(body mass index, BMI)、中国人内脏脂肪指数(Chinese visceral adiposity index, CVAI)和脂质蓄积指数(lipid accumulation product, LAP)对 NAFLD 风险的相互作用,确定更适合中国老年人群 NAFLD 诊断因子,为 NAFLD 早期预防提供依据。

1 资料与方法

1.1 对象 于 2022 年 1—12 月采取分层随机整群抽样方法,选择南京市玄武区、建邺区、栖霞区、六合区、高淳区和江北新区 6 个行政区参加健康体检的居民作为研究对象。纳入标准:(1)年龄 ≥ 60 岁;(2)人体测量指标完善且行腹部超声检查;(3)既往史可追溯,现病史明确。排除标准:自我报告有饮酒史或过量饮酒(男性饮酒折合乙醇量 ≥ 140 g/周,女性 ≥ 70 g/周),或既往已诊断为病毒性肝炎及其他肝病。根据以上纳入标准和排除标准整理后,最终纳入 95 932 例符合标准的老年人。本研究数据信息来源于基本公共卫生服务项目的健康体检数据,已通过南京市疾病预防控制中心伦理委员会审查(批准号:PJ2024-A019-01),所有参与者均知情同意并建立了个人健康档案。

1.2 资料收集

1.2.1 一般资料收集方法 本次调查内容严格遵循《国家基本公共卫生服务规范(第三版)》所规定的健康体检表。在体检登记时收集一般资料,包括年龄、性别、文化程度、婚姻、既往史、吸烟史、饮食习惯等。由经过统一培训的医务人员使用经校准的自动身高仪统一测量调查对象的体质量(kg)和身高(m),其

BMI = 体质量(kg)/身高(m)², BMI < 24 kg/m² 为偏低/正常, BMI ≥ 24 kg/m² 为超重/肥胖;并用腰围尺,经腋中线肋弓下缘和髂嵴连线中点水平绕腹 1 周测量腰围(cm)。

1.2.2 生化指标收集方法 实验室检测采用全自动生化分析仪检测空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)、甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、血清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)、谷草转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)、谷丙转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)和肌酐(creatinine, Cr)水平。计算①TyG 指数 = $\ln[FPG(\text{mmol/L}) \times TG(\text{mmol/L}) \div 2]$ 。②LAP(男性) = [腰围(cm) - 65] \times TG(mmole/L); LAP(女性) = [腰围(cm) - 58] \times TG(mmole/L)。③CVAI(男性) = $-267.93 + 0.68 \times$ 年龄(岁) + $0.03 \times$ BMI(kg/m²) + $4 \times$ 腰围(cm) + $22 \times \log_{10}TG(\text{mmol/L}) - 16.32 \times$ HDL-C(mmole/L); CVAI(女性) = $-187.32 + 1.71 \times$ 年龄(岁) + $4.23 \times$ BMI(kg/m²) + $1.12 \times$ 腰围(cm) + $39.76 \times \log_{10}TG(\text{mmol/L}) - 11.66 \times$ HDL-C(mmole/L)。

1.2.3 NAFLD 的诊断 NAFLD 诊断标准参照《非酒精性脂肪性肝病防治指南(2010 年修订版)》,将肝脏影像学表现符合弥漫性脂肪肝的诊断标准且无其他原因可供解释的参与体检者确定为 NAFLD 患者。

1.3 统计学方法 使用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。呈正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 t 检验;呈非正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验;计数资料用例(%)描述,组间比较采用卡方检验。为避免数据的群体聚集性,采用二水平 logistic 回归模型,分析 TyG(根据中位数分为 2 组, TyG ≤ 1.40 为低 TyG 组, > 1.40 为高 TyG 组)、BMI(根据中国成人超重和肥胖症诊断标准分为正常/偏低组和超重/肥胖组)、CVAI(根据中位数分为 2 组, CVAI ≤ 32.87 为低 CVAI 组, > 32.87 为高 CVAI 组)及 LAP(根据中位数分为 2 组, LAP ≤ 114.81 为低 LAP 组, > 114.81 为高 LAP 组)对 NAFLD 患病风险的影响。分别采用相乘、相加模型,分析 TyG 和肥胖指标对 NAFLD 患病的交互作用。相乘交互作用模型放入二元 logistic 回归模型分析;相加交互作用的评价则采用 Andersson 等^[9]编制的 Excel 计算表,其评价指标包括相对超额危险度比(relative excess risk due to interaction, RERI)、归因危险度(attributable proportion due to interaction, API)、交互作用指数(synergy

index, SI);若存在相加交互作用,则 RERI、API 的 95% CI 不包括 0,SI 的 95% CI 不包括 1^[9]。最后,利用受试者工作特征(receiver operating characteristic curve, ROC)曲线评估 TyG 及其联合肥胖指标对 NAFLD 风险的诊断效能。经过 Bonferroni 校正后,检验水准 $\alpha = 0.0125 [0.05 \div (4 \text{ 种暴露} * 1 \text{ 种结局})]$ 。

2 结果

2.1 研究对象一般特征 本研究共纳入 ≥60 岁老

年人 95 932 例。其中男性 40 387 例(42.10%),女性 55 545 例(57.90%),年龄 60~108 岁,平均(70.40 ± 6.53)岁,其中 38 049 例诊断为 NAFLD,NAFLD 患病率为 39.66%。与非 NAFLD 组相比,NAFLD 组患者的年龄、性别、居住地、吸烟史、饮食习惯以及 TG、TC、HDL-C、LDL-C、ALT、Cr、FPG、TyG、BMI、CVAI 和 LAP 水平差异具有统计学意义($P < 0.001$)。见表 1。

表 1 NAFLD 组与非 NAFLD 组一般特征比较

Table 1 Basic characteristics of NAFLD and Non-NAFLD groups

特征	非 NAFLD 组	NAFLD 组	统计值	P
年龄[岁, $M(P_{25}, P_{75})$]	70.00(66.00, 75.00)	69.00(65.00, 73.00)	$Z = -27.47$	<0.001
性别 [例(%)]			$\chi^2 = 2\ 013.16$	<0.001
男	27 725(47.90)	12 662(33.28)		
女	30 158(52.10)	25 387(66.72)		
居住地 [例(%)]			$\chi^2 = 50.59$	<0.001
城区	20 172(34.85)	12 414(32.63)		
郊区	37 711(65.15)	25 635(67.37)		
吸烟史 [例(%)]			$\chi^2 = 1\ 032.57$	<0.001
从不吸烟	49 310(85.23)	35 077(92.12)		
戒烟	1 205(2.08)	394(1.03)		
现在吸烟	7 341(12.69)	2 605(6.84)		
饮食习惯 [例(%)]			$\chi^2 = 36.35$	<0.001
荤素均衡	55 130(95.29)	36 585(96.08)		
荤食为主	455(0.79)	225(0.59)		
素食为主	2 271(3.93)	1 266(3.33)		
FPG[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	5.68(5.18, 6.40)	5.90(5.35, 6.85)	$Z = -42.31$	<0.001
TG[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	1.22(0.90, 1.71)	1.64(1.21, 2.27)	$Z = -90.08$	<0.001
TC[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	4.87(4.13, 5.58)	5.08(4.36, 5.80)	$Z = -28.01$	<0.001
HDL-C[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	1.44(1.22, 1.74)	1.30(1.10, 1.52)	$Z = -62.08$	<0.001
LDL-C[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	2.67(2.10, 3.22)	2.82(2.27, 3.36)	$Z = -25.56$	<0.001
AST[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	22.00(19.00, 27.00)	22.00(18.40, 27.00)	$Z = -0.78$	0.438
ALT[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	17.10(13.00, 22.90)	20.86(15.70, 29.00)	$Z = -64.12$	<0.001
Cr[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	73.00(62.13, 86.00)	68.00(59.00, 80.00)	$Z = -35.46$	<0.001
TyG[$M(P_{25}, P_{75})$]	1.26(0.93, 1.65)	1.62(1.27, 1.99)	$Z = -124.81$	<0.001
BMI[kg/m ² , $M(P_{25}, P_{75})$]	23.51(21.72, 25.46)	26.00(24.12, 28.07)	$Z = -125.82$	<0.001
CVAI[$M(P_{25}, P_{75})$]	104.23(83.71, 124.34)	130.54(111.63, 150.44)	$Z = -42.31$	<0.001
LAP[$M(P_{25}, P_{75})$]	25.56(25.96, 40.80)	45.31(31.00, 66.96)	$Z = -128.46$	<0.001

2.2 TyG、BMI、CVAI 及 LAP 与 NAFLD 患病风险关系的 logistic 回归分析 以是否患有 NAFLD 为因变量(否 = 0, 是 = 1),将 TyG、BMI、CVAI 及 LAP 亚组(低 TyG、BMI 正常/偏低组、低 CVAI 及低 LAP = 0, 高 TyG、超重/肥胖组、高 CVAI 及高 LAP = 1)分别作为自变量进行 logistic 回归分析。模型 1 为单因素模型组,未调整混杂因素;模型 2 为多因素模型组,纳入了年龄、性别、居住地、吸烟史、饮食习惯、TG、TC、HDL-C、LDL-C、ALT、Cr、FPG 等潜在协变量进行校正分析。

模型 1 显示,较高 TyG 组的 NAFLD 患病风险是

低 TyG 组的 2.98 倍(95% CI: 2.90 ~ 3.06);较高 CVAI 组的 NAFLD 患病风险是低 CVAI 组的 4.37 倍(95% CI: 4.25 ~ 4.50);较高 LAP 组的 NAFLD 患病风险是低 LAP 组的 4.57 倍(95% CI: 4.44 ~ 4.70);超重/肥胖组发生 NAFLD 的风险是 BMI 正常/偏低组的 4.31 倍(95% CI: 4.19 ~ 4.44)(均 $P < 0.001$)。模型 2 调整了上述提及的潜在协变量后,显示较高的 TyG、CVAI 和 LAP 以及超重/肥胖均会增加 NAFLD 的患病风险,OR 值及其 95% CI 分别为 1.86 (1.80 ~ 1.93)、3.66 (3.54 ~ 3.79)、3.28 (3.17 ~ 3.39) 和 3.69 (3.57 ~ 3.80)(均 $P < 0.001$)。见表 2。

表 2 TyG、BMI、CVAI 及 LAP 与 NAFLD 风险的 logistic 回归分析

Table 2 Logistic regression analysis of the association between TyG, BMI, CVAI, LAP and the risk of NAFLD

模型	因素	亚组	例数	β	S. E.	Wald χ^2	P	OR(95% CI)
1	TyG	低	47 964	-	-	-	-	1.00
		高	47 968	1.09	0.01	6 282.11	<0.001	2.98(2.90~3.06)
	BMI	正常/偏低	42 089	-	-	-	-	1.00
		超重/肥胖	53 843	1.46	0.01	9 881.17	<0.001	4.31(4.19~4.44)
	CVAI	低	47 966	-	-	-	-	1.00
		高	47 966	1.48	0.01	10 726.75	<0.001	4.37(4.25~4.50)
	LAP	低	47 978	-	-	-	-	1.00
		高	47 954	1.52	0.01	11 266.67	<0.001	4.57(4.44~4.70)
2	TyG	低	47 964	-	-	-	-	1.00
		高	47 968	0.62	0.02	1 199.79	<0.001	1.86(1.80~1.93)
	BMI	正常/偏低	42 089	-	-	-	-	1.00
		超重/肥胖	53 843	1.30	0.02	6 907.14	<0.001	3.69(3.57~3.80)
	CVAI	低	47 966	-	-	-	-	1.00
		高	47 966	1.30	0.02	5 860.10	<0.001	3.66(3.54~3.79)
	LAP	低	47 978	-	-	-	-	1.00
		高	47 954	1.19	0.02	4 629.94	<0.001	3.28(3.17~3.39)

注:模型 1 为单因素模型,未调整混杂因素;模型 2 为多因素模型,调整了年龄、性别、居住地、吸烟史、饮食习惯、TG、TC、HDL-C、LDL-C、ALT、Cr、FPG。

2.3 TyG、BMI、CVAI 及 LAP 交互作用对 NAFLD 患病风险的影响 进一步分析 TyG 与肥胖指标之间的交互作用对 NAFLD 患病风险的影响,见表 3。结果显示,控制混杂因素后,以低 TyG 且 BMI 正常/偏低组为参照,高 TyG 和超重/肥胖同时存在时患 NAFLD 的风险是其 17.51 倍;以低 TyG 且低 CVAI 组为参照,高 TyG 和高 CVAI 同时存在时患 NAFLD 的风险是其 10.04 倍;同时存在高 TyG 与高 LAP 亦会增加患 NAFLD 的风险,OR 值为 7.40(均 $P < 0.001$)。

控制混杂因素后,相乘作用模型结果显示,高 TyG 和超重/肥胖、高 TyG 和高 CVAI、以及高 TyG 和高 LAP 对 NAFLD 患病有相乘交互作用(均 $P <$

0.001)。相加作用模型结果显示, RERI、API 均 > 0 和 $SI > 1$,且有统计学意义,这表明 TyG 与 BMI、TyG 与 CVAI、以及 TyG 与 LAP 之间对 NAFLD 患病均有协同的相加交互作用。具体来说,TyG 与 BMI 之间的 RERI 为 7.24,表示高 TyG 与超重/肥胖的交互作用比其单独作用之和大 724%;API 为 0.41,表示在高 TyG 与超重/肥胖组中,41% 的 NAFLD 病例是由于两者的交互效应造成的;SI 值是 1.78,即高 TyG 与超重/肥胖组的患病风险比二者独立风险总和大 1.78 倍。其他肥胖指标的相加交互作用评估也得出相似结果。

表 3 TyG 与肥胖指标在 NAFLD 患病风险的交互作用

Table 3 Interaction between TyG and obesity on NAFLD risk

TyG 分层	肥胖指标	肥胖指标分层	总例数	NAFLD 例数	OR(95% CI) ^a	P
低	BMI	正常/偏低	25 561	3 221	1.00	-
		正常/偏低	16 528	5 774	3.75(3.36~4.19)	<0.001
		超重/肥胖	22 403	9 712	7.52(6.79~8.33)	<0.001
		超重/肥胖	31 440	19 342	17.51(16.89~18.16)	<0.001
相乘模型:OR 值(95% CI) ^a = 0.62(0.58~0.66), $P < 0.001$						
相加模型:RERI(95% CI) ^a = 7.24(6.61~7.87), API(95% CI) ^a = 0.41(0.39~0.44), SI(95% CI) ^a = 1.78(1.70~1.87)						
低	CVAI	低	31 863	5 577	1.00	-
		低	16 103	5 391	2.48(2.24~2.74)	<0.001
		高	16 101	7 356	5.36(4.86~5.91)	<0.001
		高	31 865	19 725	10.04(9.64~10.45)	<0.001
相乘模型:OR 值(95% CI) ^a = 0.76(0.71~0.80), $P < 0.001$						
相加模型:RERI(95% CI) ^a = 3.20(2.81~3.59), API(95% CI) ^a = 0.32(0.29~0.35), SI(95% CI) ^a = 1.55(1.47~1.63)						
低	LAP	低	39 179	8 139	1.00	-
		低	8 799	2 620	2.01(1.79~2.27)	<0.001
		高	8 785	4 794	5.33(4.76~5.97)	<0.001
		高	39 169	22 496	7.40(7.10~7.72)	<0.001

(续表)

TyG 分层	肥胖指标	肥胖指标分层	总例数	NAFLD 例数	OR(95% CI) ^a	P
相乘模型:OR 值(95% CI) ^a = 0.69(0.64 ~ 0.74), P < 0.001						
相加模型:RERI(95% CI) ^a = 1.06(0.74 ~ 1.38), API(95% CI) ^a = 0.14(0.10 ~ 0.18), SI(95% CI) ^a = 1.20(1.13 ~ 1.27)						

注:a 表示调整变量包括年龄、性别、居住地、吸烟史、饮食习惯、TG、TC、HDL-C、LDL-C、ALT、Cr、FPG。

2.4 TyG 及其联合肥胖指标对 NAFLD 患病的诊断效能 表 4 显示了 TyG 及其联合肥胖指标评估 NAFLD 患病的截断值、灵敏度、特异度、约登指数和曲线下面积(area under the curve, AUC)。可以看出,与 TyG 单一指标诊断 NAFLD 罹患风险的 AUC 相比, TyG + BMI、TyG + CVAI、TyG + LAP 及 TyG + BMI +

CVAI + LAP 诊断 NAFLD 的 AUC 更高,差异均有统计学意义(均 P < 0.001)。并且,联合指标 TyG + BMI + CVAI + LAP 具有最大的 AUC(AUC = 0.774, 95% CI = 0.771 ~ 0.777),其次为 TyG + BMI(AUC = 0.773, 95% CI = 0.770 ~ 0.776)。

表 4 评估 TyG 单独及联合肥胖指标对 NAFLD 患病的诊断价值

Table 4 Diagnostic value evaluation of the TyG and its combination with obesity indicators

指标	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	AUC(95% CI)	Z ^a	P ^a
TyG	1.36	0.69	0.58	0.27	0.680(0.677 ~ 0.684)	-	-
TyG + BMI	-	0.77	0.63	0.40	0.773(0.770 ~ 0.776)	-62.26	<0.001
TyG + CVAI	-	0.70	0.67	0.37	0.751(0.748 ~ 0.754)	-51.86	<0.001
TyG + LAP	-	0.71	0.64	0.35	0.738(0.734 ~ 0.741)	-65.40	<0.001
TyG + BMI + CVAI + LAP	-	0.77	0.63	0.40	0.774(0.771 ~ 0.777)	-62.98	<0.001

注:a 以 TyG 的 AUC 作为参照。

3 讨论

近年来,随着我国居民生活水平的不断提高及行为习惯、日常饮食结构的不断变化,NAFLD 的患病人数及患病率日益上升,已成为我国第一大肝病病因。据相关调查数据显示,我国 NAFLD 的患病率近 30%^[10],且在老年人群中高发^[2],严重增加社会经济负担。本研究基于南京市社区体检人群调查,结果显示 ≥60 岁老年人 NAFLD 患病率为 39.66%,低于武汉(44.43%)^[11],但高于上海(24.59%)^[12]、北京(25.58%)^[13]和重庆(32.15%)^[14],提示南京市 ≥60 岁老年人 NAFLD 防控形势不容乐观,可能与不同国家、省市之间的经济发展水平、居民生活习惯和调查时间不同有关,应更加重视 NAFLD 的防治工作。

有相关研究表明,由 TG 和 FPG 共同构建的 TyG 指数在评估胰岛素抵抗状态方面具有较高的灵敏度和特异度^[6],且因检测 TG 和 FPG 的操作简便,可对社区人群尤其是老年群体进行大规模筛查,因而能成为胰岛素抵抗的替代评价方法,用以反映与 NAFLD 之间的关系。研究表明,NAFLD 与胰岛素抵抗密切相关。胰岛素抵抗的存在会促进脂肪变性、非酒精性脂肪性肝炎及肝纤维化的发生与发展^[15]。因此,针对体检人群进行胰岛素抵抗状态的评估是 NAFLD 的潜在防治策略。本研究在调整混杂因素后,logistic 回归分析结果显示,高 TyG 水平是 NAFLD 患病的独立危险因素,这与卢蓉等^[16]、康娟等^[17]的研究结果一

致。因此,临床上可以用 TyG 指数作为新兴的且具有良好评估效果的 NAFLD 的诊断指标。

此外,肥胖是 NAFLD 的另一独立危险因素。但有研究发现,NAFLD 也会发生在 BMI 正常的非肥胖个体中。BMI 作为体脂含量的常用替代指标,但不能反映体脂分布。近期的研究表明,体脂分布而非体脂含量,可能在代谢性疾病的进展或全因死亡率中起更关键的作用^[18-19]。CVAI 和 LAP 是近年来提出的两项衡量内脏脂肪的新指标,可作为对传统肥胖指标的补充,对疾病风险诊断评估具有重要意义。本研究调整混杂因素后,logistic 回归分析结果显示,随着肥胖指标 BMI、CVAI 和 LAP 的增加,老年人群 NAFLD 患病风险上升,与 Sheng 等人的研究结果一致^[20]。本研究交互作用分析发现,TyG 指数与各肥胖指标对老年人群 NAFLD 患病的影响存在相乘和相加交互作用。相乘交互作用仅说明统计学上的交互;相加交互作用更具有公共卫生学意义,可以反映交互作用的实际生物学及临床意义^[21]。因此,可以推测同时存在高 TyG 与超重/肥胖、同时存在高 TyG 与高 CVAI 和同时存在高 TyG 与高 LAP 均会增加患 NAFLD 的风险。邓西平等^[22]和田英杰等^[23]的研究也发现,高 TyG 和高肥胖指标存在协同交互作用。其机制可能是脂肪细胞产生的脂肪细胞因子会加重胰岛素抵抗以及过多的脂肪细胞会加重慢性炎症反应^[24-25]。

本研究使用 ROC 曲线评估 TyG 指数及其联合肥胖指标对 NAFLD 患病的诊断效能。结果显示,TyG

指数联合肥胖指标在 NAFLD 诊断过程中的表现好于单一指标 TyG。值得注意的是,本研究中 TyG + BMI 与 TyG + BMI + CVAI + LAP 诊断 NAFLD 患病的效能相近,且由于 TyG + BMI 指标的获取更为简便,故 TyG + BMI 联合指标在老年人群 NAFLD 患病的诊断中更有应用价值。

本研究存在一定的局限性。首先,本研究属于横断面调查,只能说明 TyG 指数及肥胖指标与 NAFLD 之间的相关性,而不能建立因果关系。其次,本研究中 NAFLD 通过腹部超声诊断,相比于肝脏活检,可能存在漏诊等情况。最后,本研究中饮酒量基于自我报告,可能存在一定的选择偏倚。

综上所述,本研究首次从统计学角度探索了 TyG 指数与肥胖指标对南京市老年人群 NAFLD 患病风险的影响。结果支持了 TyG 与 BMI 在 NAFLD 患病风险方面具有相加交互作用,可作为简单且高效的指标为 NAFLD 的早期防控提供依据。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Riazi K, Azhari H, Charette JH, et al. The prevalence and incidence of NAFLD worldwide: a systematic review and meta-analysis[J]. *The Lancet. Gastroenterology & Hepatology*, 2022, 7(9): 851-861.

[2] Yuan QL, Wang H, Gao P, et al. Prevalence and risk factors of Metabolic-Associated fatty liver disease among 73,566 individuals in Beijing, China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(4): 2096.

[3] Man SLA, Deng YH, Ma Y, et al. Prevalence of liver steatosis and fibrosis in the general population and various High-Risk populations: a nationwide study with 5.7 million adults in China [J]. *Gastroenterology*, 2023, 165(4): 1025-1040.

[4] Zaman CF, Sultana J, Dey P, et al. A multidisciplinary approach and current perspective of nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review[J]. *Cureus*, 2022, 14(9): e29657.

[5] Veskovi Ć M, Šutulovi Ć N, Hrn Ć i Ć D, et al. The interconnection between hepatic insulin resistance and metabolic Dysfunction-Associated steatotic liver Disease - The transition from an adipocentric to Liver-Centric approach [J]. *Current Issues in Molecular Biology*, 2023, 45(11): 9084-9102.

[6] Ramdas nayak VK, Sathesh P, Shenoy MT, et al. Triglyceride glucose (TyG) index: a surrogate biomarker of insulin resistance [J]. *The Journal of the Pakistan Medical Association*, 2022, 72(5): 986-988.

[7] Yetim A, Şahin M, Kandemir I, et al. Evaluation of the ability of insulin resistance and lipid-related indices to predict the presence of NAFLD in obese adolescents[J]. *Lipids in Health and Disease*, 2024, 23(1): 208.

[8] Zhao JQ, Fan HX, Wang T, et al. TyG index is positively associated with risk of CHD and coronary atherosclerosis severity among NAFLD patients[J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2022, 21(1): 123.

[9] Andersson T, Alfredsson L, Källberg H, et al. Calculating measures of biological interaction [J]. *European Journal of Epidemiology*, 2005, 20(7): 575-579.

[10] Lu R, Liu Y, Hong TP. Epidemiological characteristics and management of nonalcoholic fatty liver disease/nonalcoholic steatohepatitis in China: A narrative review[J]. *Diabetes Obesity & Metabolism*, 2023, 25 Suppl 1: 13-26.

[11] 帅建, 匡爱霞, 王忠莉, 等. 武汉某社区老年人非酒精性脂肪肝的流行病学特点及危险因素分析[J]. *武汉大学学报: 医学版*, 2019, 40(5): 796-800.

Shuai J, Kuang AX, Wang ZL, et al. Epidemiological characteristics and risk factors of non-alcoholic fatty liver disease in elderly people in a community in Wuhan[J]. *Medical Journal of Wuhan University*, 2019, 40(5): 796-800. (In Chinese)

[12] 庞振军, 陆爱舟, 张国栋. 上海市远郊某社区 ≥60 岁老年人非酒精性脂肪肝患病现状及影响因素[J]. *江苏预防医学*, 2023, 34(3): 328-330.

Pang ZJ, Lu AZ, Zhang GD. Prevalence and determinants of non-alcoholic fatty liver disease among community-dwelling adults aged ≥60 years in suburban Shanghai [J]. *Jiangsu Journal of Preventive Medicine*, 2023, 34(3): 328-330. (In Chinese)

[13] 尹慧君, 李晓利, 徐成, 等. 北京某地区老年人群非酒精性脂肪性肝病的临床特征及影响因素[J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2022, 21(9): 651-654.

Yin HJ, Li XL, Xu C, et al. Clinical characteristics and influencing factors of non-alcoholic fatty liver disease in the elderly at a district in Beijing [J]. *Chinese Journal of Multiple Organ Diseases in the Elderly*, 2022, 21(9): 651-654. (In Chinese)

[14] Kong LX, Yang Y, Li HD, et al. Prevalence of nonalcoholic fatty liver disease and the related risk factors among healthy adults: A cross-sectional study in Chongqing, China [J]. *Frontiers in Public Health*, 2023, 11: 1127489.

[15] Lee KC, Wu PS, Lin HC. Pathogenesis and treatment of non-alcoholic steatohepatitis and its fibrosis[J]. *Clinical and Molecular Hepatology*, 2023, 29(1): 77-98.

[16] 卢蓉, 李慧, 张超, 等. 甘油三酯/葡萄糖指数预测非酒精性脂肪性肝病严重程度效能研究[J]. *实用肝脏病杂志*, 2023, 26(6): 805-810.

Lu R, Li H, Zhang C, et al. Efficacy of triglyceride glucose index in predicting severity of patients with non-alcoholic fatty liver diseases[J]. *Journal of Practical Hepatology*, 2023, 26(6): 805-810. (In Chinese)

[17] 康娟, 刘文徽, 常青, 等. 三酰甘油-葡萄糖指数及其衍生指数与老年男性代谢相关脂肪性肝病的相关性分析[J]. *解放军医学杂志*, 2023, 48(11): 1344-1352.

Kang J, Liu WH, Chang Q, et al. Association between triglyceride glucose index and its related derivative index and metabolic associated fatty liver disease in the elderly men[J]. *Medical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2023, 48(11): 1344-1352. (In Chinese)

[18] Lee SW, Son JY, Kim JM, et al. Body fat distribution is more predictive of all-cause mortality than overall adiposity [J]. *Diabetes Obesity & Metabolism*, 2018, 20(1): 141-147.

- 能的影响:来自行为和 fNIRS 的证据[J]. 沈阳体育学院学报, 2024, 43(3): 77-84, 136.
- Wang WZ, Zhao HP. Effects of physical exercises with varying levels of cognitive engagement on executive functions of the elderly: evidence from behaviors and fNIRS[J]. Journal of Shenyang Sport University, 2024, 43(3): 77-84, 136. (In Chinese)
- [16] 胡耀岭,徐洋洋,王广州. 中国老年人口健康状态转移规律与失能预防策略研究[J]. 中国人口科学, 2024, 38(2): 19-34.
- Hu YL, Xu YY, Wang GZ. The regularity in the elder's health status transition and its implication on disability prevention [J]. Chinese Journal of Population Science, 2024, 38(2): 19-34. (In Chinese)
- [17] Ding W, Hu S, Wang P, et al. Spinal cord injury: the global incidence, prevalence, and disability from the global burden of disease study 2019[J]. Spine, 2022, 47(21): 1532-1540.
- [18] 陈淑琬,赵鹏飞,刘丹丹,等. 2005—2021 年中国道路交通事故死亡趋势分析[J]. 疾病监测, 2025, 40(1): 133-137.
- Chen SW, Zhao PF, Liu DD, et al. Incidence trend of road traffic accident death in China, 2005-2021 [J]. Disease Surveillance, 2025, 40(1): 133-137. (In Chinese)
- [19] Klein SL, Pekosz A, Park HS, et al. Sex, age, and hospitalization drive antibody responses in a COVID-19 convalescent plasma donor population[J]. Journal of Clinical Investigation, 2020, 130(11): 6141-6150.
- [20] Simpkins JW, Singh M, Brock C, et al. Neuroprotection and estrogen receptors[J]. Neuroendocrinology, 2012, 96(2): 119-130.
- [21] Moshi H, Sundelin G, Sahlen KG, et al. Traumatic spinal cord injury in the north-east Tanzania - describing incidence, etiology and clinical outcomes retrospectively [J]. Global Health Action, 2017, 10(1): 1355604.
- [22] 陆翹楚,王康,张露文. 中国中老年人的多重慢病与跌倒风险: 基于 CHARLS 的证据[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(13): 1851-1858.
- Lu QC, Wang K, Zhang LW. Multimorbidity and falls in middle-aged and elderly People in China: evidence from CHARLS [J]. The Journal of Practical Medicine, 2024, 40(13): 1851-1858. (In Chinese)
- [23] Zhao Y, Xue R, Shi N, et al. Aggravation of spinal cord compromise following new osteoporotic vertebral compression fracture prevented by teriparatide in patients with surgical contraindications [J]. Osteoporosis International: a Journal Established as Result of Cooperation Between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA, 2016, 27(11): 3309-3317.
- [24] Fothergill J, O'driscoll D, Hashemi K. The role of environmental factors in causing injury through falls in public places [J]. Ergonomics, 1995, 38(2): 220-223.
- [25] Lu YB, Shang ZZ, Zhang W, et al. Global incidence and characteristics of spinal cord injury since 2000 - 2021: a systematic review and meta-analysis [J]. BMC Medicine, 2024, 22(1): 285.
- [26] 黄文琪,刘丹,邱聪龄,等. 全球消灭脊髓灰质炎进展[J]. 中国疫苗和免疫, 2024, 30(3): 363-369.
- Huang WQ, Liu D, Qiu CL, et al. Progress towards global poliomyelitis eradication [J]. Chinese Journal of Vaccines and Immunization, 2024, 30(3): 363-369. (In Chinese)
- [27] Liu C, Xu T, Xia W, et al. Incidence, prevalence, and causes of spinal injuries in China, 1990-2019: Findings from the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Chinese Medical Journal, 2024, 137(6): 704-710.
- [28] Guan B, Anderson DB, Chen LX, et al. Global, regional and National burden of traumatic brain injury and spinal cord injury, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. BMJ Open, 2023, 13(10): e075049.

收稿日期: 2024-08-08

(上接第 2681 页)

- [19] Kang PS, Neeland IJ. Body fat distribution, diabetes mellitus, and cardiovascular disease: an update [J]. Current Cardiology Reports, 2023, 25(11): 1555-1564.
- [20] Sheng GT, Lu S, Xie QY, et al. The usefulness of obesity and lipid-related indices to predict the presence of Non-alcoholic fatty liver disease [J]. Lipids in Health and Disease, 2021, 20(1): 134.
- [21] 袁悦,李楠,任爱国,等. 流行病学研究中相加和相乘尺度交互作用的分析[J]. 现代预防医学, 2015, 42(6): 961-965, 975.
- Yuan Y, Li N, Ren AG, et al. Analysis of the application of the additive model and the multiplicative statistical model in biological interaction [J]. Modern Preventive Medicine, 2015, 42(6): 961-965, 975. (In Chinese)
- [22] 邓西平,颜睿婷,边姗姗,等. 体质指数与甘油三酯葡萄糖乘积指数对成年人高尿酸血症患病的交互作用[J/OL]. 预防医学情报杂志, 1-7 [2025-05-04]. <https://doi.org/10.19971/j.cnki.1006-4028.240309>.
- Deng XP, Yan RT, Bian SS, et al. Interaction between body mass index and triglyceride-glucose index on the occurrence of hyperuricemia among adults [J]. Journal of Preventive Medicine Information, 1-7 [2025-05-04]. <https://doi.org/10.19971/j.cnki.1006-4028.240309>. (In Chinese)
- [23] 田英杰,吴广,吴云,等. 三酰甘油-葡萄糖乘积指数与肥胖对蒙古族高血压患病的交互作用[J]. 中华高血压杂志, 2023, 31(1): 78-84.
- Tian YJ, Wu G, Wu Y, et al. The interaction between triglyceride-glucose product index and obesity on the prevalence of hypertension in Mongolian population [J]. Chinese Journal of Hypertension, 2023, 31(1): 78-84. (In Chinese)
- [24] Palma R, Pronio A, Romeo M, et al. The role of insulin resistance in fueling NAFLD pathogenesis: from molecular mechanisms to clinical implications [J]. J Clin Med, 2022, 11(13): 3649.
- [25] Cobos-Palacios L, Ruiz-Moreno MI, Vilches-Perez A, et al. Metabolically healthy obesity: Inflammatory biomarkers and adipokines in elderly population [J]. PLoS One, 2022, 17(6): e0265362.

收稿日期: 2025-02-26