

利用 TyG 指数评估胰岛素抵抗及糖尿病的患病风险

张文¹, 文重远², 解为慈¹

1. 天门市第一人民医院内分泌科, 湖北 天门 431700;

2. 武汉大学人民医院内分泌科, 湖北 武汉 430060

【摘要】 目的 通过甘油三酯血糖指数(TyG指数)评估胰岛素抵抗及糖尿病患病风险。方法 研究人群来自中国健康与营养调查(CHNS)数据库,以参加2009年调查的人群为研究样本,采用Spearman相关分析了解TyG指数与稳态模型胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)之间的相关性,利用Logistic回归分析分析TyG指数与糖尿病的患病风险,采用ROC曲线分析TyG指数诊断胰岛素抵抗及糖尿病的效能。**结果** TyG指数与HOMA-IR、体质量指数(BMI)、腰围、收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、血清胰岛素(INS)、空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、血尿酸(UA)、超敏反应蛋白(hs-CRP)呈正相关($P<0.05$),与高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)呈负相关($P<0.05$);校正年龄、性别、体重指数后,TyG指数第2、3、4四分位数组糖尿病的患病风险相对于TyG指数第1四分位数组分别增至1.706、3.070、9.918倍;TyG指数诊断胰岛素抵抗的曲线下面积AUC(95%CI)为0.722(0.712~0.732),最佳切点值为3.797,敏感性为64.27%,特异性为69.20%,约登指数为0.335;TyG指数诊断糖尿病的曲线下面积AUC(95%CI)为0.774(0.765~0.783),最佳切点值为3.839,敏感性为72.39%,特异性为69.50%,约登指数为0.418。**结论** TyG指数可以评估胰岛素抵抗及糖尿病患病风险。

【关键词】 TyG指数;胰岛素抵抗;糖尿病;ROC曲线;横断面研究

【中图分类号】 R587.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2019)22-2882-05

Assessing the risk of insulin resistance and diabetes using TyG index. ZHANG Wen¹, WEN Zhong-yuan², XIE Wei-ci¹. 1. Department of Endocrinology, the First People's Hospital of Tianmen City, Tianmen 431700, Hubei, CHINA; 2. Department of Endocrinology, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, Hubei, CHINA

【Abstract】 Objective To assess the risk of insulin resistance and diabetes by using the triglycerides and glucose (TyG) index. **Methods** Through the database of the China health and nutrition survey (CHNS), the participations in 2009 were chosen as the research sample. The spearman correlation test was used to analyze the correlation between the TyG index and homeostasis model insulin resistance index (HOMA-IR). The logistic regression analysis was used to analyze the risk of the TyG index and diabetes. The receiver operating characteristics (ROC) curve was used to evaluate the efficacy of TyG index in the diagnosis of insulin resistance and diabetes. **Results** The TyG index was positively correlated with HOMA-IR, body mass index (BMI), waist circumference, systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), cholesterol (TC), triglyceride (TG), low density lipoprotein cholesterol (LDL-C), serum insulin (INS), fasting blood glucose (FPG), glycosylated hemoglobin (HbA1c), blood uric acid (UA), hypersensitive C-reactive protein (hs-CRP), and negatively correlated with high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), $P<0.05$. After adjusting for age, gender and body mass index, the risk of diabetes in the second, third and fourth quartile of the TyG index increased to 1.706, 3.070, and 9.918 times, respectively, compared with the first quartile of the TyG index. The area under the curve (AUC) (95% CI) of TyG index for diagnosing insulin resistance was 0.722 (0.712-0.732), and the cut-off value was 3.797, with a corresponding sensitivity of 64.27%, a specificity of 69.20%, and a Yonden's index of 0.335. The AUC (95%CI) of TyG index for diagnosing diabetes was 0.774 (0.765-0.783), and the cut off value was 3.839, with a corresponding sensitivity of 72.39%, a specificity of 69.50%, and a Yonden's index of 0.418. **Conclusion** The TyG index can assess the risk of insulin resistance and diabetes.

【Key words】 TyG index; Insulin resistance; Diabetes; ROC curve; Cross-sectional study

胰岛素抵抗是指各种原因使胰岛素促进葡萄糖摄取和效率下降,机体代偿性的分泌过多胰岛素产生高胰岛素血症,以维持血糖的稳定。老龄化、饮酒、吸烟、高热量饮食、久坐不动的生活方式和肥胖等危险因素易导致胰岛素抵抗。胰岛素抵抗在心血管疾病^[1]和脑血管疾病^[2]的病理发展,在代谢综合征和

2型糖尿病的发病及临床结局中起重要作用,早期筛查及诊断胰岛素抵抗具有重要意义^[3]。高胰岛素正葡萄糖钳夹实验是评估胰岛素抵抗的金标准,但该方法成本高、不实用。近年来推导出了许多评估胰岛素抵抗的简化数学模型^[4],如稳态模型胰岛素抵抗指数(homeostasis model insulin resistance index, HOMA-IR),

通讯作者:张文, E-mail: zhangwen_02@126.com

是一种通过血清葡萄糖和空腹血清胰岛素计算得出的评估胰岛素抵抗的有效方法^[5]。然而, HOMA-IR 要求进行血清胰岛素的测试, 一些基层医院尚未开展此项目, 且对于一些低收入人群可能因费用原因不会做该项检测, 限制了它的临床使用。GUERRERO ROMERO 等^[6]提出并验证了一个新的基于血清甘油三酯和空腹血糖水平评估胰岛素抵抗的公式, 即“甘油三酯血糖指数”(the triglycerides and glucose index, TyG 指数), TyG 指数= \ln [空腹血清甘油三酯(mg/dL)×空腹血糖(mg/dL)/2], 这个公式是一个潜在的诊断胰岛素抵抗的工具。本研究的目的是探讨 TyG 指数与 HOMA-IR、糖尿病的相关性, 了解 TyG 指数诊断胰岛素抵抗、糖尿病的最佳切点值, 利用 TyG 指数评估糖尿病的患病风险。

1 资料与方法

1.1 一般资料 以参加 2009 年中国健康与营养状况调查(China Health and Nutrition Survey, CHNS)的人群为研究样本(共 10 241 例), 排除未成年人、妊娠或哺乳期女性、贫血、慢性肾脏病[肾小球滤过率(eGFR)<15 mL/(min·1.73 m²)]、慢性肝病(ALT>100 U/L), 最后纳入 7 639 例进行分析。

1.2 研究方法 通过 CHNS 官方网站: <https://www.cpc.unc.edu/projects/china/> 下载调查问卷、人口学指标(身高、体质量、血压等)、生化检测项目及结果[空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、血尿酸(UA)、血清胰岛素(INS)及超敏反应蛋白(hs-CRP)等]。

1.3 诊断标准 糖尿病^[7]: 检查前已诊断糖尿病或

服用降糖药物, 或 FPG≥7.0 mmol/L, 或 HbA1c≥6.5%。胰岛素抵抗: 大于 HOMA-IR 值的第 75 百分位数^[8]。

1.4 计算公式 TyG 指数= \ln [空腹血清甘油三酯(mg/dL)×空腹血糖(mg/dL)/2]。稳态模型胰岛素抵抗指数 HOMA-IR=FPG (mmol/L)×空腹血清 INS (mIU/L)/22.5^[9]。体质量指数(BMI)=体质量(kg)/身高(m)²。

1.5 统计学方法 应用 Kolmogorov-Smirnov 检验方法对连续性资料进行正态性检验, 非正态分布的计量资料以中位数(第 1 四分位数, 第 3 四分位数) [M (Q1, Q3)] 表示, 计数资料用百分率表示。将人群按照是否患糖尿病分为糖尿病组和非糖尿病组, 按照不同的 TyG 指数四分位数分成四组(Q1, Q2, Q3, Q4)。非正态分布的计量资料两组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验, 多组间比较采用 Kruskal-Wallis 检验, 计数资料组间比较采用 χ^2 检验。两变量间的相关性采用 Spearman 相关分析。采用非条件 Logistic 回归分析分析 TyG 指数与糖尿病的患病风险, 建立 3 个模型, 模型 1 未予以校正混杂因素, 模型 2 校正年龄、性别, 模型 3 校正年龄、性别、BMI, 结果以比值比(OR)和 95% 可信区间(CI)表示。采用 ROC 曲线分析了解 TyG 指数诊断胰岛素抵抗、糖尿病的效能。统计分析采用 SAS9.2 和 MedCalc 统计学软件进行。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 糖尿病与非糖尿病组人群的一般资料及胰岛素抵抗相关指标比较 糖尿病组人群的年龄、BMI、腰围、SBP、DBP、TC、TG、LDL-C、UA、HOMA-IR、INS、TyG 和 hs-CRP 明显高于非糖尿病组, 差异均有统计学意义($P<0.05$), 见表 1。

表 1 糖尿病与非糖尿病组一般资料及胰岛素抵抗相关指标比较[M (Q1,Q3)]

变量	非糖尿病组(n=7 027)	糖尿病组(n=612)	Z 值	P 值
年龄(岁)	49.9 (39.1, 59.9)	58.0 (48.9, 68.3)	13.81	<0.01
BMI (kg/m ²)	22.9 (20.8, 25.3)	24.8 (22.5, 27.5)	11.66	<0.01
腰围(cm)	82.0 (75.0, 89.0)	89.0 (81.0, 96.0)	14.51	<0.01
SBP (mmHg)	120.0 (110.7, 132.0)	130.0 (120.0, 143.8)	13.52	<0.01
DBP (mmHg)	80.0 (71.3, 87.0)	82.0 (79.0, 90.0)	9.15	<0.01
TC (mmol/L)	4.7 (4.2, 5.4)	5.2 (4.6, 6.0)	11.26	<0.01
TG (mmol/L)	1.2 (0.9, 1.8)	1.8 (1.2, 2.7)	14.70	<0.01
HDL-C (mmol/L)	1.4 (1.2, 1.6)	1.3 (1.1, 1.6)	-6.30	<0.01
LDL-C (mmol/L)	2.9 (2.3, 3.5)	3.2 (2.5, 3.9)	5.75	<0.01
INS (pmol/L)	10.2 (7.2, 14.4)	16.2 (9.7, 27.2)	15.87	<0.01
FPG (mmol/L)	5.0 (4.6, 5.4)	7.3 (6.2, 8.7)	33.99	<0.01
HbA1c (%)	5.5 (5.2, 5.7)	6.7 (6.3, 7.4)	33.37	<0.01
HOMA-IR	2.3 (1.6, 3.3)	5.5 (3.1, 10.3)	24.65	<0.01
UA (umol/L)	294.0 (238.0, 359.0)	314.0 (260.0, 391.5)	5.63	<0.01
hs-CRP (mg/L)	1.0 (0.0, 2.0)	2.0 (1.0, 4.0)	13.60	<0.01
TyG	3.7 (3.5, 3.9)	4.0 (3.8, 4.3)	22.53	<0.01

注: 1 mmHg=0.133 kPa。

2.2 相关性分析 TyG 与 HOMA-IR ($r=0.392$, $P<0.01$)、年龄 ($r=0.162$, $P<0.01$)、BMI ($r=0.366$, $P<0.01$)、腰围 ($r=0.368$, $P<0.01$)、SBP ($r=0.230$, $P<0.01$)、DBP ($r=0.220$, $P<0.01$)、TC ($r=0.339$, $P<0.01$)、TG ($r=0.892$, $P<0.01$)、LDL-C ($r=0.160$, $P<0.01$)、INS ($r=0.341$, $P<0.01$)、FPG ($r=0.336$, $P<0.01$)、HbA1c ($r=0.245$, $P<0.01$)、UA ($r=0.402$, $P<0.01$)、hs-CRP ($r=0.244$, $P<0.01$)呈正相关,与 HDL-C ($r=-0.428$, $P<0.01$)呈负相关。

2.3 TyG 指数不同四分位数分组者一般资料及胰岛素抵抗相关指标比较 根据 TyG 指数的四分位数将其分为四组(Q1, Q2, Q3, Q4)进行分析, TyG 指数 Q4 组的年龄、BMI、腰围、SBP、DBP、FPG、HbA1c、TC、TG、糖尿病患病率高于其他三组,亚临床炎症标志物 hs-CRP 高于其他三组, HDL-C 低于其他三组,与胰岛素抵抗有关的标志物 HOMA-IR、INS 高于其他三组,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

表 2 TyG 指数不同四分位数分组者一般资料及胰岛素抵抗相关指标水平比较[M (Q1,Q3), %]

变量	TyG 指数				χ^2/Z 值	P 值
	Q1 (2.953~3.528) (n=1 910)	Q2 (3.529~3.708) (n=1 909)	Q3 (3.709~3.926) (n=1 911)	Q4 (3.927~5.555) (n=1 909)		
年龄(岁)	45.2 (34.9, 57.6) ^{abc}	50.7 (39.1, 61.0) ^{ab}	52.8 (42.0, 62.1)	53.3 (43.6, 61.5)	213.462	<0.01
BMI (kg/m ²)	21.5 (19.8, 23.7) ^{abc}	22.4 (20.4, 24.8) ^{ab}	23.5 (21.5, 25.7) ^a	24.8 (22.8, 27.2)	943.315	<0.01
腰围(cm)	77.0 (71.0, 84.0) ^{abc}	80.0 (74.0, 87.0) ^{ab}	84.0 (77.0, 90.0) ^a	88.0 (81.0, 94.0)	945.192	<0.01
SBP (mmHg)	118.7 (109.3, 128.0) ^{abc}	120.0 (110.0, 130.0) ^{ab}	122.0 (112.7, 138.0) ^a	126.7 (118.7, 140.0)	378.234	<0.01
DBP (mmHg)	78.7 (70.0, 82.3) ^{abc}	80.0 (70.7, 85.3) ^{ab}	80.0 (74.0, 89.0) ^a	81.3 (78.0, 90.0)	330.220	<0.01
TC (mmo/L)	4.4 (3.9, 4.9) ^{abc}	4.7 (4.1, 5.3) ^{ab}	5.0 (4.4, 5.6) ^a	5.2 (4.6, 5.9)	823.568	<0.01
TG (mmol/L)	0.7 (0.6, 0.9) ^{abc}	1.1 (0.9, 1.2) ^{ab}	1.5 (1.3, 1.7) ^a	2.5 (2.0, 3.2)	5711.862	<0.01
HDL-C (mmol/L)	1.6 (1.4, 1.8) ^{abc}	1.5 (1.3, 1.7) ^{ab}	1.4 (1.2, 1.6) ^a	1.2 (1.0, 1.4)	1306.768	<0.01
LDL-C (mmol/L)	2.6 (2.2, 3.1) ^{abc}	2.9 (2.4, 3.5) ^b	3.2 (2.6, 3.8) ^a	3.0 (2.3, 3.7)	386.309	<0.01
INS (pmol/L)	8.4 (6.1, 11.5) ^{abc}	9.8 (7.2, 13.5) ^{ab}	11.0 (7.9, 15.8) ^a	13.8 (9.4, 21.5)	814.281	<0.01
FPG (mmol/L)	4.8 (4.5, 5.2) ^{abc}	5.0 (4.6, 5.4) ^{ab}	5.1 (4.7, 5.6) ^a	5.4 (4.9, 6.1)	765.063	<0.01
HbA1c (%)	5.4 (5.1, 5.6) ^{abc}	5.5 (5.2, 5.7) ^{ab}	5.5 (5.2, 5.9) ^a	5.7 (5.3, 6.1)	418.763	<0.01
HOMA-IR	1.8 (1.3, 2.5) ^{abc}	2.2 (1.6, 3.0) ^{ab}	2.5 (1.8, 3.7) ^a	3.4 (2.2, 5.8)	1064.537	<0.01
UA (μ mol/L)	257.0 (211.0, 313.0) ^{abc}	277.0 (231.0, 332.0) ^{ab}	300.0 (246.0, 359.0) ^a	358.0 (297.0, 431.0)	1175.278	<0.01
hs-CRP (mg/L)	1.0 (0.0, 2.0) ^{abc}	1.0 (0.0, 2.0) ^{ab}	1.0 (1.0, 2.0) ^a	2.0 (1.0, 3.0)	439.968	<0.01
糖尿病(%)	1.73 ^{abc}	3.51 ^{ab}	6.75 ^a	20.06	535.165	<0.01

注:与同Q4比较,^a $P<0.01$;与同Q3比较,^b $P<0.01$;与同Q2比较,^c $P<0.01$ 。

2.4 TyG 指数与糖尿病的关系 建立 3 个模型,模型 1 未予以校正混杂因素,模型 2 校正年龄、性别,模型 3 校正年龄、性别、BMI,糖尿病患病风险随着 TyG 指数的增高而增高。相对于 TyG 指数第 1 四分位数组,在模型 1 中 TyG 指数第 2、3、4 四分位数组糖尿

病的患病风险分别增至 1.833、3.530、12.583 倍;在模型 2 中 TyG 指数第 2、3、4 四分位数组患病风险分别增至 1.836、3.540、12.579 倍;在模型 3 中 TyG 指数第 2、3、4 四分位数组患病风险分别增至 1.706、3.070、9.918 倍,见表 3。

表 3 TyG 指数四分位分组与糖尿病的关系

四分位分组	模型 1	模型 2	模型 3
Q1	1	1	1
Q2	1.833 (1.200, 2.799)	1.836 (1.202, 2.804)	1.706 (1.115, 2.609)
Q3	3.530 (2.390, 5.213)	3.540 (2.396, 5.229)	3.070 (2.071, 4.549)
Q4	12.583 (8.748, 18.100)	12.579 (8.739, 18.107)	9.918 (6.835, 14.391)

注:模型 1,未予以校正混杂因素;模型 2,年龄、性别;模型 3,年龄、性别、BMI。

2.5 ROC 曲线评价 TyG 指数诊断胰岛素抵抗的效能 以总人群 HOMA-IR 值的第 75 百分位为切割点,高于此切割点的定义为胰岛素抵抗,以 TyG 指数作为检测变量,是否发生胰岛素抵抗作为结局变量进行 ROC 曲线分析,曲线下面积 AUC (95%CI)为 0.722 (0.712~0.732), $P<0.001$, TyG 指数诊断胰岛素抵抗的最佳切点值为 3.797,敏感性为 64.27%,特异性为

69.20%,约登指数为 0.335,见图 1。

2.6 ROC 曲线评价 TyG 指数诊断糖尿病的效能 以 TyG 指数作为检测变量,是否发生糖尿病作为结局变量进行 ROC 曲线分析显示, TyG 指数曲线下面积 AUC (95%CI)为 0.774 (0.765~0.783), $P<0.001$, TyG 指数诊断糖尿病的最佳切点值为 3.839,敏感性为 72.39%,特异性为 69.50%,约登指数 0.418,见图 2。

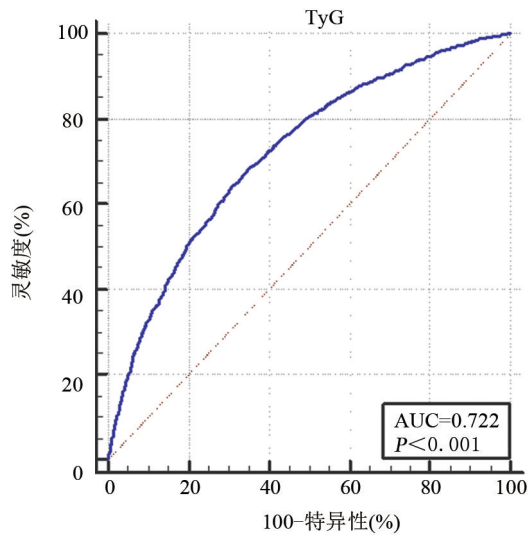


图1 TyG指数诊断胰岛素抵抗的ROC曲线特征

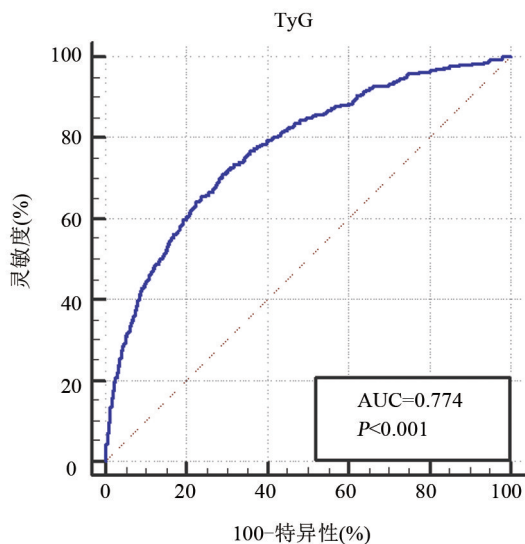


图2 TyG指数诊断糖尿病的ROC曲线特征

3 讨论

世界卫生组织估计,到2025年,大约有3亿人将患有糖尿病,2型糖尿病将更为普遍。2型糖尿病由胰岛素抵抗和胰岛素分泌不足共同作用导致^[10]。研究表明,在糖尿病得到诊断以前,胰岛素抵抗可能已经存在很多年,严重的胰岛素抵抗可导致持久的胰岛细胞功能衰竭^[11]。因此,早期发现胰岛素抵抗,采用准确的方法评估胰岛素抵抗程度,对预防和治疗2型糖尿病至关重要。

高胰岛素正葡萄糖钳夹技术是评估胰岛素抵抗的金标准方法,但价格昂贵、操作复杂,临床上应用困难。HOMA-IR是通过空腹血浆葡萄糖及空腹血清胰岛素计算所得的指标,与高胰岛素正葡萄糖钳夹技术测量的机体总葡萄糖代谢率(即M值)显著相关^[12],是评估胰岛素抵抗的较好指标,但在一些不具备胰岛素检测条件的地区应用仍然受到限制。所以需要研发一些与M值、HOMA-IR相关性好但更为简

易的指标来评估胰岛素抵抗。TyG指数由GUERRE-RO ROMERO等根据空腹血清甘油三酯和空腹血糖推导出^[9],与HOMA-IR的Pearson相关系数为0.322,与高胰岛素正葡萄糖钳夹试验测量的M值的Pearson相关系数为-0.681^[6],可用于流行病学调查中胰岛素抵抗的评估。目前已在不同国家的研究中发现,TyG指数能预测糖尿病的患病风险。如中国5706名农村正常体质量人群约6年的随访研究表明,2型糖尿病发病风险随着TyG指数的升高而升高^[13]。在VM-CUN队列研究中对4820名欧洲白人随访(8.84±4.39)年发现,在基线FPG正常的人群中,处于TyG指数第4个四分位数的人群患糖尿病的风险比第1个四分位数人群高6.87倍,而且TyG指数比FPG或TG能更好地预测正常血糖人群的2型糖尿病患病风险^[14]。在韩国忠州代谢性疾病队列研究中,共有5354名中年非糖尿病患者完成了随访,糖尿病发病率随着TyG指数四分位数成比例增加,在调整了年龄、性别、体质量指数、腰围、收缩压、高密度脂蛋白胆固醇水平、糖尿病家族史、吸烟、饮酒、教育水平和血清胰岛素水平,最高TyG指数四分位数与最低TyG指数四分位数相比,糖尿病发病的风险高出四倍以上,而且TyG指数的预测能力优于TG/HDL-C或HOMA-IR^[15]。在伊朗对1488名无糖尿病直系亲属的人群随访(6.9±1.7)年也发现TyG指数可以预测高危人群的2型糖尿病发病风险^[16]。

上述研究均是前瞻性研究或队列研究,那么在横断面研究中,TyG指数评估胰岛素抵抗的效能如何?能否用于一般人群的糖尿病患病风险评估呢?在TyG指数与代谢综合征关系的横断面研究中发现TyG指数能反映胰岛素抵抗^[17],但尚未发现TyG指数与糖尿病关系的横断面研究。本研究利用CHNS数据库2009年的横断面调查数据进行,研究发现糖尿病组TyG指数、HOMA-IR较非糖尿病组显著升高,TyG指数与HOMA-IR呈正相关,腰围、血压、TG、LDL-C、INS、FPG随着TyG指数四分位数的增加而增加,提示TyG指数与胰岛素抵抗有关,其潜在的机制有:甘油三酯水平升高导致游离脂肪酸升高,从脂肪组织到非脂肪组织的游离脂肪酸流量增加,因此诱导胰岛素抵抗^[18]。亚临床炎症指标hsCRP的升高与空腹血清胰岛素、胰岛素抵抗增加有关^[9],本研究中TyG指数与hsCRP正相关,间接说明TyG指数与胰岛素抵抗相关。同时本研究发现TyG指数最高四分位数组与其余三个四分位数组比较,糖尿病患病率最高,TyG指数3.839为诊断糖尿病的最佳切点值,与诊断胰岛素抵抗的TyG指数最佳切点值3.797接近。因此,利用TyG指数可以推断胰岛素抵抗及糖尿病患病风险,具有重要的临床意义。

参考文献

- [1] PATEL TP, RAWAL K, BAGCHI AK, et al. Insulin resistance: an additional risk factor in the pathogenesis of cardiovascular disease in type 2 diabetes [J]. *Heart Fail Rev*, 2016, 21(1): 11-23.
- [2] YOU CJ, LIU D, LIU L L, et al. Correlation between acute stroke-induced white matter lesions and insulin resistance [J]. *Medicine*, 2018, 97(11): e9860.
- [3] DASGUPTA R, ANOOP S, VENKATESAN P, et al. Differential performance of surrogate indices of fasting insulin resistance in low-birthweight and normal-birth weight cohorts: Observations from Hyperinsulinaemic-Euglycaemic clamp studies in young, Asian Indian males [J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(1): 770-775.
- [4] GUTCH M, KUMAR S, RAZI SM, et al. Assessment of insulin sensitivity/resistance [J]. *Indian J Endocrinol Metab*, 2015, 19(1): 160-164.
- [5] JANCHEVSKA A, GUCEV Z, TASIC V, et al. Homeostasis model assessment-insulin resistance and sensitivity (HOMA-IR and IS) index in overweight children born small for gestational age (SGA) [J]. *Prilozi*, 2018, 39(1): 83-89.
- [6] GUERRERO-ROMERO F, SIMENTAL ME, GONZALEZ OM, 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.
- [7] AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes-2018 [J]. *Diabetes Care*, 2018, 41(Suppl 1): S13-S27.
- [8] ALBERTI KG, ZIMMET PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation [J]. *Diabet Med*, 1998, 15(7): 539-553.
- [9] SIMENTAL ME, RODRIGUEZ-MORAN M, GUERRERO-ROMERO F. The product of fasting glucose and triglycerides as surrogate for identifying insulin resistance in apparently healthy subjects [J]. *Metab Syndr Relat Disord*, 2008, 6(4): 299-304.
- [10] SIDDIQUI S. Depression in type 2 diabetes mellitus—a brief review [J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2014, 8(1): 62-65.
- [11] TANGVARASITTICHA S. Oxidative stress, insulin resistance, dyslipidemia and type 2 diabetes mellitus [J]. *World J Diabetes*, 2015, 6(3): 456-480.
- [12] BONORA E, TARGHER G, ALBERICHE M, et al. Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity [J]. *Diabetes Care*, 2000, 23(1): 57-63.
- [13] ZHANG M, WANG B, LIU Y, et al. Cumulative increased risk of incident type 2 diabetes mellitus with increasing triglyceride glucose index in normal-weight people: The Rural Chinese Cohort Study [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2017, 16(1): 30.
- [14] NAVARRO-GONZALEZ D, SANCHEZ-INIGO L, PASTRANA-DELGADO J, et al. Triglyceride-glucose index (TyG index) in comparison with fasting plasma glucose improved diabetes prediction in patients with normal fasting glucose: The Vascular-Metabolic CUN cohort [J]. *Prev Med*, 2016, 86(99/105): 99-105.
- [15] LEE SH, KWON HS, PARK YM, et al. Predicting the development of diabetes using the product of triglycerides and glucose: the Chungju Metabolic Disease Cohort (CMC) study [J]. *PLoS One*, 2014, 9(2): e90430.
- [16] JANGHORBANI M, ALMASI SZ, AMINI M. The product of triglycerides and glucose in comparison with fasting plasma glucose did not improve diabetes prediction [J]. *Acta Diabetol*, 2015, 52(4): 781-788.
- [17] UNGER G, FABIANA BENOZZI S, PERRUZZA FA. Triglycerides and glucose index: a useful indicator of insulin resistance [J]. *Endocrinol Nutr*, 2014, 61(10): 533-540.
- [18] PARHOFER KG. Interaction between glucose and lipid metabolism: more than diabetic dyslipidemia [J]. *Diabetes Metab J*, 2015, 39(5): 353-362.
- [19] HERDER C, FAERCH K, CARSTENSEN-KIRBERG M A, et al. Biomarkers of subclinical inflammation and increases in glycaemia, insulin resistance and beta-cell function in non-diabetic individuals: the Whitehall II study [J]. *Eur J Endocrinol*, 2016, 175(5): 367-377.

(收稿日期:2019-05-15)