

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.17.012  
文章编号: 1005-8982 (2023) 17-0067-09

临床研究·论著

## 2型糖尿病患者脂质比值、胰岛β细胞功能指数、超敏C反应蛋白与胰岛素抵抗的相关性研究\*

刘亚琴<sup>1</sup>, 连明珠<sup>2</sup>, 赵淑杰<sup>1</sup>

(1. 吉林大学第二医院 内分泌科, 吉林 长春 130025; 2. 上海交通大学医学院附属同仁医院哈密路院区 老年医学科, 上海 200050)

**摘要:** **目的** 探讨2型糖尿病(T2DM)患者总胆固醇(TC)与高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)比值、甘油三酯(TG)与HDL-C比值、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)与HDL-C比值、胰岛β细胞功能指数(HOMA-β)、超敏C反应蛋白(hs-CRP)与胰岛素抵抗的相关性。**方法** 选取2022年1月—2022年8月于吉林大学第二医院内分泌科住院的134例T2DM患者。根据稳态模型评估的胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)四分位数间距将患者分为4组, A组(HOMA-IR < 3.6889), B组(3.6889 ≤ HMOA-IR < 5.5793), C组(5.5793 ≤ HOMA-IR < 8.6986), D组(HOMA-IR ≥ 8.6986)。比较4组患者的血生化指标、血细胞比值和脂质比值等; 采用Spearman相关分析各指标与HOMA-IR的相关性; 采用多元线性逐步回归模型分析T2DM患者胰岛素抵抗的影响因素。**结果** 4组患者的TG、TG/HDL-C、空腹血糖(FBG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、空腹胰岛素(FINS)、HOMA-IR、HOMA-β、单核细胞计数比较, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。与A组相比, B组的FINS和HOMA-IR升高( $P < 0.05$ ), C组的TG、TG/HDL-C、FINS、HOMA-IR、单核细胞计数升高( $P < 0.05$ ), D组的FBG、FINS、HOMA-IR、HOMA-β升高( $P < 0.05$ ); 与B组比较, C组的HOMA-IR升高( $P < 0.05$ ), D组的FBG、HOMA-IR、FINS升高( $P < 0.05$ ); 与C组相比, D组的FINS和HOMA-IR升高( $P < 0.05$ )。Spearman相关分析显示, HOMA-IR与TG( $r_s = 0.234, P = 0.007$ )、TC/HDL-C( $r_s = 0.234, P = 0.006$ )、TG/HDL-C( $r_s = 0.258, P = 0.003$ )、FBG( $r_s = 0.321, P = 0.000$ )、HbA1c( $r_s = 0.236, P = 0.006$ )、FINS( $r_s = 0.844, P = 0.000$ )、HOMA-β( $r_s = 0.265, P = 0.002$ )、单核细胞计数( $r_s = 0.245, P = 0.004$ )、LDL-C/HDL-C( $r_s = 0.172, P = 0.046$ )、hs-CRP( $r_s = 0.170, P = 0.049$ )呈正相关, 与PNR( $r_s = -0.196, P = 0.023$ )呈负相关。多元线性逐步回归分析显示FBG、HbA1c、FINS、单核细胞计数是T2DM患者HOMA-IR的独立危险因素( $P < 0.05$ )。**结论** T2DM患者的LDL-C/HDL-C、TC/HDL-C、TG/HDL-C、HOMA-β、hs-CRP与IR有相关性, FBG、HbA1c、FINS、单核细胞计数是T2DM患者胰岛素抵抗的独立危险因素。

**关键词:** 2型糖尿病; 总胆固醇与高密度脂蛋白胆固醇比值; 甘油三酯与高密度脂蛋白胆固醇比值; 低密度脂蛋白胆固醇与高密度脂蛋白胆固醇比值; 胰岛素抵抗

中图分类号: R587.1

文献标识码: A

## Correlation between lipid ratio, β cell function index, hypersensitive C-reactive protein and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus\*

Liu Ya-qin<sup>1</sup>, Lian Ming-zhu<sup>2</sup>, Zhao Shu-jie<sup>1</sup>

(1. Department of Endocrinology, The Second Hospital of Jilin University, Chuangchun, Jilin 130025, China;  
2. Department of Geriatric Medicine, Tongren Hospital Shanghai Jiao Tong University School Medicine, Shanghai 200050, China)

收稿日期: 2023-01-15

\* 基金项目: 吉林省自然科学基金 (No: 20190201001JC)

[通信作者] 赵淑杰, E-mail: zsjdr@sina.com; Tel: 15943057605

**Abstract: Objective** To explore the correlation of the ratio of total cholesterol (TC) to high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglyceride (TG) to HDL-C, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) to HDL-C, homeostasis model assessment- $\beta$  (HOMA- $\beta$ ) and hypersensitive C-reactive protein (hsCRP) with insulin resistance. **Methods** A total of 134 patients with T2DM who were hospitalized in the Department of Endocrinology of the Second Hospital of Jilin University from January 2022 to August 2022 were selected. According to the interquartile range of insulin resistance index (HOMA-IR) assessed by homeostasis model, the patients were divided into four groups, group A (HOMA-IR < 3.6889), group B (3.6889  $\leq$  HMOA-IR < 5.5793), group C (5.5793  $\leq$  HOMA-IR < 8.6986), group D (HOMA-IR  $\geq$  8.6986). The blood biochemical indicators, blood cell ratio and lipid ratio were compared among the four groups of patients, and the correlation with insulin resistance was observed. **Results** TG, TG/HDL-C, FBG, HbA1c, FINS, HOMA-IR, HOMA- $\beta$ , monocyte count ( $P < 0.05$ ) among four groups A, B, C, and D There is a difference, and the difference is statistically significant. Compared with group A, the levels of FINS and HOMA-IR in group B increased ( $P < 0.05$ ), and the levels of TG, TG/HDL-C, FINS, HOMA-IR, and monocyte count in group C increased ( $P < 0.05$ ), the levels of FBG, FINS, HOMA-IR, HOMA- $\beta$  in group D increased ( $P < 0.05$ ); compared with group B, the level of HOMA-IR in group C increased ( $P < 0.05$ ), D The levels of FBG, HOMA-IR, and FINS in the group increased ( $P < 0.05$ ); compared with group C, the levels of FINS and HOMA-IR in group D increased ( $P < 0.05$ ). Spearman correlation analysis showed that HOMA-IR was correlated with TG ( $r_s = 0.234, P = 0.007$ ), TC/HDL-C ( $r_s = 0.234, P = 0.006$ ), TG/HDL-C ( $r_s = 0.258, P = 0.003$ ), FBG ( $r_s = 0.321, P = 0.000$ ), HbA1c ( $r_s = 0.236, P = 0.006$ ), FINS ( $r_s = 0.844, P = 0.000$ ), HOMA- $\beta$  ( $r_s = 0.265, P = 0.002$ ), monocyte count ( $r_s = 0.245, P = 0.004$ ), LDL-C/HDL-C ( $r_s = 0.172, P = 0.046$ ), and high-sensitivity C-reactive protein ( $r_s = 0.170, P = 0.049$ ) were positively correlated with PNR ( $r_s = -0.196, P = 0.023$ ) were negatively correlated. The results of multiple linear regression analysis showed that FBG, HbA1c, FINS, and monocyte count were independent risk factors for HOMA-IR in T2DM patients ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The increase of LDL-C/HDL-C, TC/HDL-C, TG/HDL-C, HOMA- $\beta$  and hypersensitive C-reactive protein in patients with T2DM is correlated with insulin resistance. FBG, HbA1c, FINS, and monocyte count are independent risk factors for HOMA-IR in T2DM patients.

**Keywords:** diabetes mellitus, type 2; TC/HDL-C; TG/HDL-C; LDL-C/HDL-C; insulin resistance

糖尿病已经成为最严重最常见的慢性代谢性疾病。国际糖尿病联盟数据显示,预计到2045年,全球将有7.832亿糖尿病患者,其中,中国糖尿病患者数将超过1.76亿<sup>[1]</sup>。2021年绝大多数糖尿病患者为2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM),到2045年同样如此<sup>[1]</sup>。胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)不仅是T2DM的发病机制之一<sup>[2]</sup>,还是疾病进展的主要危险因素<sup>[3]</sup>。研究表明,运动、肥胖、睡眠、脂代谢紊乱等多种因素与IR有关<sup>[4-7]</sup>,腹部脂肪能够增加游离脂肪酸的释放,增加甘油三酯(Triglyceride, TG)在肌肉和肝脏中的累积,进而抑制胰岛素的作用<sup>[8]</sup>。TANG等<sup>[9]</sup>研究表明,T2DM患者的高IR与血脂异常风险有相关性。研究表明单纯脂质比值对其他代谢性疾病的预测效能有限<sup>[10]</sup>,因此,探讨脂质比值能否作为一种简单的临床指标识别脂代谢相关疾病的发病风险有一定临床价值。脂质比值包括总胆固醇(total cholesterol, TC)与高密度脂蛋白胆

固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)比值、TG与HDL-C比值、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)与HDL-C比值。ARTHA等<sup>[11]</sup>研究表明TC/HDL-C和LDL-C/HDL-C是预测T2DM患者血糖控制情况的潜在指标。XUE等<sup>[12]</sup>研究表明TG/HDL-C是预测尿白蛋白/肌酐比值(urinary albumin-to-creatinine ratio, UACR)升高较好的指标,而UACR与糖尿病肾病的诊断有关。YU等<sup>[13]</sup>研究发现,中国高血压人群高脂质比值与高尿酸血症存在相关性。LIN等<sup>[14]</sup>的研究也发现了血清TG/HDL-C与急性A型主动脉夹层患者的住院病死率有相关性,是该类患者死亡风险的独立预测因子。每个脂质比值与不同疾病有不同程度的相关性,对TG/HDL-C的研究更多,但关于脂质比值和胰岛 $\beta$ 细胞功能与IR相关性的研究相对较少。本研究拟探讨TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C及胰岛 $\beta$ 细胞功能与IR的关系。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2022 年 1 月—2022 年 8 月于吉林大学第二医院内分泌科住院的 134 例 T2DM 患者, 年龄 18~80 岁。纳入标准: 年龄满 18 岁且符合《中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)》<sup>[15]</sup> 中 T2DM 诊断标准。排除标准: ① 1 型糖尿病、妊娠糖尿病和其他特殊类型糖尿病; ② 存在急性代谢紊乱, 如高渗高血糖综合征、糖尿病酮症酸中毒等; ③ 恶性肿瘤、近期接受过化疗或免疫治疗; ④ 近期服用过可能影响糖脂代谢的药物; ⑤ 临床资料不全或生化指标出现极值。根据稳态模型评估的胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment of insulin resistance, HOMA-IR) 四分位数间距将患者分为 4 组: A 组(HOMA-IR < 3.6889), 共 34 例; B 组(3.6889  $\leq$  HOMA-IR < 5.5793), 共 33 例; C 组(5.5793  $\leq$  HOMA-IR < 8.6986), 共 34 例; D 组(HOMA-IR  $\geq$  8.6986), 共 33 例。

### 1.2 研究方法

收集患者的一般临床资料, 包括性别、年龄、身高、体重, 计算体质量指数(body mass index, BMI)。各组患者禁食 8~12 h 以上, 于次日清晨空腹抽取肘正中静脉血 3 mL。收集患者糖脂代谢及各生化指标, 包括 TG、TC、LDL-C、HDL-C、空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)、空腹胰岛素(fasting insulin, FINS), 计算 TC/HDL-C、TG/HDL-C、LDL-C/HDL-C、HOMA-IR 和胰岛  $\beta$  细胞功能指数(homeostasis model assessment- $\beta$ , HOMA- $\beta$ ),  $HOMA-IR = FINS \times FBG / 22.5$ ,  $HOMA-\beta = 20 \times FINS / (FBG - 3.5)$ ; 血细胞分析仪检测血常规, 包括淋巴细胞计数、中性粒细胞计数、单核细胞计数、血小板计数、血红蛋白, 并计算中性粒细胞与淋巴细胞比值(neutrophil lymphocyte ratio, NLR)、血小板与淋巴细胞比值(platelet lymphocyte rate, PLR)、血小板与中性粒细胞比值(platelet neutrophil ratio, PNR)、淋巴细胞与单核细胞比值(lymphocyte monocyte ratio, LMR); 丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)、总胆红素(total bilirubin, TBIL)、直接胆红素(direct bilirubin, DBIL)、间接胆红素(indirect

bilirubin, IBIL)、碱性磷酸酶、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、胆碱酯酶、总胆汁酸、前白蛋白、纤维结合蛋白、单胺氧化酶、 $\alpha$ L 岩藻糖苷酶、5'-核糖核苷酸水解酶、肌酸激酶、肌酸激酶同工酶、乳酸脱氢酶、 $\alpha$  羟丁酸脱氢酶、超敏 C 反应蛋白(hypersensitive C-reactive protein, hs-CRP)、高敏促甲状腺激素(hypersensitive thyroid stimulating hormone, hs-TSH)、25 羟维生素 D [25-hydroxyvitamin D, 25(OH)D] 等。

### 1.3 统计学方法

数据分析采取 SPSS 26.0 统计软件。计量资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ ) 表示或中位数(上四分位数, 下四分位数)[ $M(P_{25}, P_{75})$ ] 表示, 比较采用方差分析或秩和检验( $H$  检验), 两两比较采用邦弗伦尼分析或克鲁斯卡尔-沃利斯单因素分析; 计数资料以构成比或率(%) 表示, 比较采用  $\chi^2$  检验, 两两比较用  $\chi^2$  检验的多重分析; 相关分析用 Spearman 法; 影响因素的分析用多元线性逐步回归模型。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 各组一般资料及生化指标比较

4 组体重、BMI、TG、TG/HDL-C、FBG、HbA1c、FINS、HOMA-IR、HOMA- $\beta$ 、单核细胞计数、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、5'-核糖核苷酸水解酶比较, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。与 A 组比较, B 组 FINS 和 HOMA-IR 升高( $P < 0.05$ ), C 组的体重、TG、TG/HDL-C、FINS、HOMA-IR、单核细胞计数、ALT 升高( $P < 0.05$ ), D 组 FBG、FINS、HOMA-IR、HOMA- $\beta$ 、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、5'-核糖核苷酸水解酶升高( $P < 0.05$ ); 与 B 组比较, C 组 HOMA-IR 升高( $P < 0.05$ ), D 组 FBG、HOMA-IR、FINS 升高( $P < 0.05$ ); 与 C 组比较, D 组 FINS 和 HOMA-IR 升高( $P < 0.05$ )。见表 1。

### 2.2 HOMA-IR 与一般临床资料和实验室指标的相关性分析

HOMA-IR 与体重( $r_s = 0.293, P = 0.001$ )、BMI( $r_s = 0.291, P = 0.001$ )、TG( $r_s = 0.234, P = 0.007$ )、TC/HDL-C( $r_s = 0.234, P = 0.006$ )、TG/HDL-C( $r_s = 0.258, P = 0.003$ )、FBG( $r_s = 0.321, P = 0.000$ )、HbA1c( $r_s = 0.236, P = 0.006$ )、FINS( $r_s = 0.844, P = 0.000$ )、HOMA- $\beta$ ( $r_s = 0.265, P = 0.002$ )、单核细胞计数( $r_s = 0.245, P = 0.004$ )、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶( $r_s = 0.303, P = 0.000$ )、5'-核

表 1 各组一般资料及生化指标比较

组别	n	男/女/例	年龄/岁, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$	身高/m, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$	体重/(kg, $\bar{x} \pm s$ )	BMI/[kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ ]	TG/[mmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	TC/[mmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]
A组	34	20/14	50.68 ± 13.74	1.68(1.60, 1.73)	67.90 ± 11.19	24.26 ± 2.75	1.36(0.93, 2.01)	5.17 ± 1.12
B组	33	19/14	59.00(49.00, 62.50)	1.68 ± 0.09	70.97 ± 11.53	25.23 ± 3.33	1.92 ± 1.01	5.49 ± 1.08
C组	34	26/8	53.09 ± 11.04	1.71 ± 0.06	76.99 ± 12.87 <sup>①</sup>	26.39 ± 4.04	2.20(1.19, 3.41) <sup>①</sup>	5.51 ± 1.28
D组	33	20/13	56.00(46.50, 60.50)	1.68 ± 0.09	74.88 ± 14.36	26.35 ± 3.65	1.75(1.08, 2.67)	5.69(4.74, 6.64)
χ <sup>2</sup> /F/H值		3.405	4.238	4.291	3.526	2.907	8.418	2.367
P值		0.333	0.237	0.232	0.017	0.037	0.038	0.500

  

组别	LDL-C/[mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ]	HDL-C/[mmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	TC/HDL-C/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	TG/HDL-C/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	LDL-C/HDL-C/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	FBG/[mmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]
A组	2.87 ± 0.98	1.15(0.92, 1.29)	4.71 ± 1.26	1.26(0.72, 1.93)	2.59 ± 0.88	7.40(5.39, 9.59)
B组	3.03 ± 0.85	1.13(0.96, 1.27)	4.78(4.03, 5.93)	1.67(0.93, 2.74)	2.46(2.16, 3.20)	8.05(6.59, 9.65)
C组	2.78 ± 0.75	1.01 ± 0.22	5.42(4.64, 6.00)	2.06(1.25, 4.04) <sup>①</sup>	2.78 ± 0.63	8.19(7.28, 10.35)
D组	3.29 ± 1.20 <sup>③</sup>	1.04(0.88, 1.26)	5.25(4.21, 6.61)	1.84(1.10, 2.97)	3.19(2.20, 4.03)	9.81(7.77, 13.78) <sup>①②</sup>
χ <sup>2</sup> /F/H值	1.793	4.811	6.859	9.103	5.604	12.501
P值	0.152	0.186	0.077	0.028	0.133	0.006

  

组别	HbA1c[% , M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	FINS/[μIU/mL, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	HOMA-IR/[mmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	HOMA-β/[μIU/mL, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	淋巴细胞/[10 <sup>9</sup> /L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]
A组	7.75(6.63, 9.43)	8.35 ± 3.13	2.71 ± 0.65	43.43(18.63, 111.54)	1.81 ± 0.61
B组	7.70(6.95, 9.35)	13.74 ± 4.49 <sup>①</sup>	4.68 ± 0.59 <sup>①</sup>	62.00(36.51, 104.24)	1.79 ± 0.45
C组	8.76 ± 1.47	18.16 ± 5.07 <sup>①</sup>	6.69(5.96, 7.73) <sup>①②</sup>	70.90(42.45, 119.13)	1.91 ± 0.65
D组	9.38 ± 2.23	26.39(22.06, 36.63) <sup>①②③</sup>	11.25(9.64, 20.08) <sup>①②③</sup>	75.19(44.82, 194.06) <sup>①</sup>	1.80(1.40, 2.50)
χ <sup>2</sup> /F/H值	8.138	89.023	124.69	8.98	0.768
P值	0.043	0.000	0.000	0.03	0.857

  

组别	中性粒细胞/[10 <sup>9</sup> /L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	单核细胞/[10 <sup>9</sup> /L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	血小板/[10 <sup>9</sup> /L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	Hb/[g/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	NLR/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]
A组	4.13 ± 1.16	0.40(0.30, 0.50)	224.47 ± 61.50	147.53 ± 20.86	1.99(1.77, 3.02)
B组	4.21 ± 1.43	0.40(0.40, 0.50)	211.90(173.00, 282.80)	147.00(137.00, 165.00)	2.46 ± 0.89
C组	4.21(3.00, 5.67)	0.50(0.30, 0.60) <sup>①</sup>	206.75(158.55, 261.70)	152.53 ± 17.87	2.37(1.83, 2.91)
D组	4.79 ± 1.41	0.50(0.40, 0.60)	221.46 ± 50.37	151.00(138.50, 162.00)	2.72(1.63, 3.55)
χ <sup>2</sup> /F/H值	4.531	8.833	1.175	1.217	0.787
P值	0.210	0.032	0.759	0.749	0.853

  

组别	PLR/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	PNR/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	LMR/[M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	ALT/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	AST/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	TBIL/[μmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]
A组	133.30(95.71, 153.22)	56.68 ± 16.51	4.70 ± 1.66	19.00(15.00, 28.00)	18.00(15.00, 22.00)	14.45(11.20, 20.40)
B组	133.23 ± 40.94	59.38 ± 22.59	4.25(3.45, 4.78)	21.00(15.50, 30.50)	19.00(16.00, 23.00)	14.99 ± 4.97
C组	111.40(87.70, 138.75)	46.56(35.01, 63.63)	4.12 ± 1.56	33.50(20.50, 48.00) <sup>①</sup>	21.00(17.75, 26.75)	14.76 ± 6.63
D组	124.83 ± 41.79	46.33(38.64, 57.11)	4.28 ± 1.81	29.00(17.00, 40.00)	20.00(16.00, 23.50)	12.87 ± 4.56
χ <sup>2</sup> /F/H值	2.838	6.032	3.238	13.068	6.166	3.963
P值	0.417	0.110	0.356	0.004	0.104	0.268

续表 1

组别	DBIL/[μmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	IBIL/[μmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	碱性磷酸酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	γ-谷氨酰转肽酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	胆碱酯酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]
A 组	4.85 ± 2.52	9.70(7.63, 13.88)	78.88 ± 24.60	24.50(16.75, 30.50)	10 266.00 ± 2222.51
B 组	4.13 ± 1.71	10.86 ± 3.54	71.00(66.00, 100.50)	32.00(21.00, 54.00)	9 940.00(8 596.50, 12 034.00)
C 组	3.55(2.58, 5.28)	10.64 ± 4.82	74.88 ± 24.19	38.50(23.00, 55.25)	10 413.76 ± 1 989.81
D 组	9.06 ± 3.37	8.60(6.70, 10.65)	85.52 ± 25.47	36.00(25.00, 70.50) <sup>①</sup>	9 752.00(8 690.50, 11 373.00)
χ <sup>2</sup> /F/H 值	4.376	5.021	3.201	10.407	0.537
P 值	0.224	0.170	0.362	0.015	0.911

  

组别	总胆汁酸/[μmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	前白蛋白/[μmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	纤维结合蛋白/[mg/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	单胺氧化酶/[u/L, $\bar{x} \pm s$ ]	αL 岩藻糖苷酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	5'-核糖核苷酸水解酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	肌酸激酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]
A 组	2.60(2.00, 3.10)	238.38 ± 33.75	438.74 ± 97.11	6.29 ± 1.25	28.15(24.43, 33.40)	1.81 ± 0.91	86.00(75.50, 112.50)
B 组	2.80(2.30, 3.65)	255.18 ± 36.80	486.82 ± 110.20	6.65 ± 1.75	29.21 ± 7.78	1.82 ± 0.65	97.00(66.00, 119.00)
C 组	2.80(2.10, 3.80)	245.50(213.75, 263.25)	413.03 ± 125.61	6.40 ± 1.44	30.28 ± 8.06	1.90(1.60, 2.45)	88.00(70.00, 124.25)
D 组	2.90(2.10, 3.95)	241.64 ± 44.66	441.00(362.00, 544.00)	7.14 ± 1.40 <sup>③</sup>	30.90 ± 7.74	2.20(1.75, 2.70) <sup>①</sup>	95.00(73.50, 125.00)
χ <sup>2</sup> /F/H 值	1.834	4.19	5.88	2.217	1.086	9.884	0.051
P 值	0.608	0.242	0.118	0.089	0.78	0.02	0.997

  

组别	肌酸激酶同工酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	乳酸脱氢酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	α 羟丁酸脱氢酶/[u/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	hs-CRP/[mg/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	hs-TSH/[mIU/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]	25(OH)D/[nmol/L, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> ), $\bar{x} \pm s$ ]
A 组	6.00(5.00, 6.25)	164.50(141.75, 182.75)	111.00(97.00, 126.75)	1.51(0.86, 2.64)	2.09(1.20, 3.05)	19.38 ± 7.66
B 组	6.00(5.00, 7.00)	180.48 ± 32.14	121.94 ± 23.50	1.56(0.88, 3.22)	1.64(1.01, 2.18)	18.94 ± 6.56
C 组	6.50(5.00, 7.00)	179.06 ± 28.47	120.44 ± 20.69	1.70(1.22, 2.78)	1.59(1.23, 2.28)	18.04 ± 6.13
D 组	7.00(5.00, 8.00)	179.64 ± 27.83	118.76 ± 17.00	2.01(1.07, 4.79)	1.98 ± 1.02	16.87 ± 5.72
χ <sup>2</sup> /F/H 值	6.250	4.412	3.740	3.391	3.807	0.952
P 值	0.100	0.220	0.291	0.335	0.283	0.418

注: ①与 A 组比较, P < 0.05; ②与 B 组比较, P < 0.05; ③与 C 组比较, P < 0.05。

糖核苷酸水解酶( $r_s = 0.261, P = 0.002$ )、LDL-C/HDL-C( $r_s = 0.172, P = 0.046$ )、中性粒细胞计数( $r_s = 0.177, P = 0.041$ )、ALT( $r_s = 0.274, P = 0.001$ )、AST( $r_s = 0.185, P = 0.032$ )、单胺氧化酶( $r_s = 0.189, P = 0.029$ )、肌酸激酶同工酶( $r_s = 0.185, P = 0.032$ )、hs-CRP( $r_s = 0.170, P = 0.049$ )呈正相关, 与 PNR( $r_s = -0.196, P = 0.023$ )、DBIL( $r_s = -0.183, P = 0.034$ )呈负相关。见表 2。

### 2.3 单因素线性回归分析 T2DM 患者 HOMA-IR 的影响因素

以 HOMA-IR 为因变量(赋值为实测值), 以体重、BMI、FBG、HbA1c、FINS、HOMA-β、单核细胞计数、γ-谷氨酰转肽酶、5'核糖核苷酸水解酶、中性粒细胞计数、ALT、AST、单胺氧化酶、DBIL、TG、TC/

HDL-C、TG/HDL-C、LDL-C/HDL-C、肌酸激酶同工酶、hs-CRP、PNR(赋值为实测值)为自变量进行单因素线性回归分析(检验水准  $\alpha = 0.05$ ), 结果: 体重 [ $b = 0.140$  (95% CI: 0.013, 0.250)]、BMI [ $b = 0.543$  (95% CI: 0.146, 0.940)]、FBG [ $b = 0.428$  (95% CI: 0.006, 0.800)]、HbA1c [ $b = 0.780$  (95% CI: 0.074, 1.485)]、FINS [ $b = 0.309$  (95% CI: 0.287, 0.331)]、HOMA-β [ $b = 0.013$  (95% CI: 0.008, 0.017)]、单核细胞计数 [ $b = 9.564$  (95% CI: 2.523, 16.606)]、γ-谷氨酰转肽酶 [ $b = 0.068$  (95% CI: 0.028, 0.109)]、5'核糖核苷酸水解酶 [ $b = 1.582$  (95% CI: 0.206, 2.958)]、中性粒细胞计数 [ $b = 1.132$  (95% CI: 0.181, 2.083)]、ALT [ $b = 0.049$  (95% CI: 0.010, 0.088)]、AST [ $b = 0.105$

表 2 HOMA-IR 与一般临床资料和实验室指标的相关性

项目	年龄	身高	体重	BMI	TG	TC	LDL-C	HDL-C	TC/HDL-C	TG/HDL-C
$r_s$ 值	-0.006	0.122	0.293	0.291	0.234	0.119	0.049	-0.155	0.234	0.258
$P$ 值	0.948	0.161	0.001	0.001	0.007	0.170	0.572	0.074	0.006	0.003
项目	LDL-C/HDL-C	FBG	HbA1c	FINS	HOMA- $\beta$	淋巴细胞计数	中性粒细胞计数	单核细胞计数	血小板计数	
$r_s$ 值	0.172	0.321	0.236	0.844	0.265	0.073	0.177	0.245	-0.039	
$P$ 值	0.046	0.000	0.006	0.000	0.002	0.405	0.041	0.004	0.656	
项目	血红蛋白	NLR	PLR	PNR	LMR	ALT	AST	TBIL	DBIL	IBIL
$r_s$ 值	0.103	0.075	-0.084	-0.196	-0.129	0.274	0.185	-0.165	-0.183	-0.157
$P$ 值	0.236	0.390	0.334	0.023	0.138	0.001	0.032	0.056	0.034	0.070
项目	碱性磷酸酶	$\gamma$ -谷氨酰转肽酶	胆碱酯酶	总胆汁酸	前白蛋白	纤维结合蛋白	单胺氧化酶	$\alpha$ L岩藻糖苷酶		
$r_s$ 值	0.028	0.303	0.004	0.099	-0.038	-0.009	0.189	0.143		
$P$ 值	0.749	0.000	0.965	0.253	0.663	0.919	0.029	0.100		
项目	5'-核糖核苷酸水解酶	肌酸激酶	肌酸激酶同工酶	乳酸脱氢酶	$\alpha$ 羟丁酸脱氢酶	hs-CRP	hs-TSH	25(OH)D		
$r_s$ 值	0.261	0.057	0.185	0.126	0.078	0.170	-0.107	-0.136		
$P$ 值	0.002	0.512	0.032	0.147	0.370	0.049	0.220	0.118		

(95% CI: 0.014, 0.195)]、单胺氧化酶[ $b = 1.358$  (95% CI: -0.037)]、TC/HDL-C[ $b = 0.753$  (95% CI: 0.069, 1.437)]、DBIL[ $b = -0.707$  (95% CI: -1.376, 0.962)]与 HOMA-IR 有关( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 T2DM 患者 HOMA-IR 影响因素的单因素线性回归分析

自变量	$b$	95% CI		$S_b$	$b'$	$t$ 值	$P$ 值
		下限	上限				
体重	0.140	0.013	0.250	0.055	0.215	2.532	0.013
BMI	0.543	0.146	0.940	0.201	0.229	2.708	0.008
FBG	0.428	0.006	0.800	0.213	0.172	2.008	0.047
HbA1c	0.780	0.074	1.485	0.357	0.187	2.187	0.031
FINS	0.309	0.287	0.331	0.011	0.924	27.842	0.000
HOMA- $\beta$	0.013	0.008	0.017	0.002	0.406	5.109	0.000
单核细胞计数	9.564	2.523	16.606	3.560	0.228	2.687	0.008
$\gamma$ -谷氨酰转肽酶	0.068	0.028	0.109	0.021	0.277	3.312	0.001
5'-核糖核苷酸水解酶	1.582	0.206	2.958	0.696	0.194	2.274	0.025
中性粒细胞计数	1.132	0.181	2.083	0.481	0.201	2.354	0.020
ALT	0.049	0.010	0.088	0.02	0.213	2.505	0.013
AST	0.105	0.014	0.195	0.046	0.195	2.287	0.024
单胺氧化酶	1.358	0.414	2.301	0.477	0.240	2.846	0.005
DBIL	-0.707	-1.376	-0.037	0.338	-0.179	-2.089	0.039
TG	0.376	-0.131	0.883	0.256	0.127	1.467	0.145
TC/HDL-C	0.753	0.069	1.437	0.346	0.186	2.176	0.031
TG/HDL-C	0.229	-0.115	0.572	0.174	0.114	1.318	0.190
LDL-C/HDL-C	1.212	-0.080	2.503	0.653	0.159	1.856	0.066
肌酸激酶同工酶	-0.014	-0.316	0.288	0.153	-0.008	-0.091	0.928
hs-CRP	0.378	-0.128	0.884	0.256	0.128	1.478	0.142
PNR	-0.042	-0.096	0.012	0.027	-0.132	-1.535	0.127

## 2.4 多元线性回归分析 T2DM 患者 HOMA-IR 的影响因素

以 HOMA-IR 为因变量(赋值为实测值),以体重、BMI、FBG、HbA1c、FINS、HOMA- $\beta$ 、单核细胞计数、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、5'-核糖核苷酸水解酶、中性粒细胞计数、ALT、AST、单胺氧化酶、DBIL、TC/HDL-C

(赋值为实测值)为自变量,进行多元线性回归分析(检验水准  $\alpha=0.05$ ),结果:FBG [ $b=0.786$  (95% CI: 0.628, 0.943)], HbA1c [ $b=-0.336$  (95% CI: -0.580, -0.091)], FINS [ $b=0.323$  (95% CI: 0.305, 0.341)], 单核细胞计数 [ $b=2.043$  (95% CI: 0.073, 4.013)] 是 T2DM 患者 HOMA-IR 的危险因素( $P<0.05$ )。见表 4。

表 4 T2DM 患者 HOMA-IR 影响因素的多元线性回归分析

自变量	$b$	95% CI		$S_b$	$b'$	$t$ 值	$P$ 值
		下限	上限				
体重	-0.007	-0.062	0.048	0.028	-0.011	-0.256	0.798
BMI	0.101	-0.098	0.299	0.100	0.042	1.001	0.319
FBG	0.786	0.628	0.943	0.080	0.316	9.873	0.000
HbA1c	-0.336	-0.580	-0.091	0.123	-0.080	-2.720	0.008
FINS	0.323	0.305	0.341	0.009	0.965	35.203	0.000
HOMA- $\beta$	-0.001	-0.003	0.001	0.001	-0.035	-1.271	0.206
单核细胞计数	2.043	0.073	4.013	0.995	0.049	2.053	0.042
$\gamma$ -谷氨酰转肽酶	-0.008	-0.022	0.006	0.007	-0.032	-1.099	0.274
5'-核糖核苷酸水解酶	0.077	-0.451	0.604	0.266	0.009	0.288	0.774
中性粒细胞计数	0.047	-0.209	0.304	0.129	0.008	0.367	0.714
ALT	0.009	-0.026	0.043	0.018	0.037	0.488	0.626
AST	0.024	-0.054	0.102	0.039	0.045	0.610	0.543
单胺氧化酶	0.062	-0.189	0.313	0.127	0.011	0.491	0.624
DBIL	-0.058	-0.252	0.136	0.098	-0.015	-0.589	0.557
TC/HDL-C	-0.047	-0.244	0.150	0.099	-0.012	-0.474	0.636

## 3 讨论

本研究结果发现 HOMA-IR 与体重、BMI、TG、TC/HDL-C、TG/HDL-C、FBG、HbA1c、FINS、HOMA- $\beta$ 、单核细胞计数、 $\gamma$ -谷氨酰转肽酶、5'-核糖核苷酸水解酶、LDL-C/HDL-C、中性粒细胞计数、ALT、AST、单胺氧化酶、肌酸激酶同工酶、超敏 C 反应蛋白呈正相关,与 PNR、DBIL 呈负相关,且 FBG、HbA1c、FINS、单核细胞计数是 HOMA-IR 的独立危险因素。

胰岛素能够抑制激素敏感性脂肪酶的活性,减少脂肪细胞中 TG 的分解,抑制脂肪酸进入血液,也能够促进葡萄糖进入脂肪细胞,合成脂肪酸和  $\alpha$  磷酸等合成 TG 的原料,促进 TG 的合成<sup>[16]</sup>。IR 是指胰岛素作用的靶器官,如肝脏、肌肉和脂肪组织对胰岛素作用的敏感性降低。脂肪组织对胰岛素的敏感性降低时,胰岛素正常的生理反应无法进行,会导致脂质代谢紊乱。DU 等<sup>[17]</sup>发现 IR 的关键代谢异

常表现为高甘油三酯血症和低 HDL-C,这也代表了糖尿病患者的血脂异常。KARHAPÄÄ 等<sup>[18]</sup>研究发现低 HDL-C 的受试者具有独立于 TG 水平的 IR,表明低 HDL-C 者的 IR 与高 TG 无关,而且该研究得出低 HDL-C 患者葡萄糖摄取能力降低,主要原因是高胰岛素血症可以下调骨骼肌脂蛋白脂肪酶和肝脏脂肪酶活性,导致 HDL-C 降低。IR 作为 T2DM 的特性和始发因素,也导致了 T2DM 脂质代谢紊乱的发生。

一项针对 2015 天津市 7 个区 4 356 人的横断面研究<sup>[19]</sup>发现 TG/HDL-C 与 IR 的关联性最高,其次是 TC/HDL-C, LDL-C/HDL-C 与其关联性最差。PANTOJA-TORRES 等<sup>[20]</sup>对比了甲状腺功能正常的非糖尿病成年人在进行口服葡萄糖耐量试验后 TG/HDL-C 表现为高和低的两组样本 IR 和高胰岛素血症的发生率,结果显示口服葡萄糖耐量试验后高 TG/HDL-C 与 IR 和高胰岛素血症的发生呈正相关。

这说明在糖代谢正常的情况下, TG/HDL-C 可以作为 IR 和高胰岛素血症的标志指标。这些研究结果与本研究部分结果相符。DU 等<sup>[17]</sup>对中国 7 629 例成年人进行的横断面研究发现 TG/HDL-C 是较好的 IR 个体早期识别物。表明脂质代谢紊乱可以影响糖代谢, 导致 IR 的发生, 糖脂代谢相互影响形成恶性循环, 促进 IR 的发生。但本研究结果没有发现脂质比值是 IR 的危险因素, 后续可绘制受试者工作特征曲线, 探讨 TG/HDL-C 对 IR 的预测价值, 其可能成为临床上评估 IR 程度的新型指标。

C 反应蛋白属于五聚蛋白家族的多肽分子, 由肝脏合成, 是炎症的主要标志物, 通过更加灵敏的检测方法可以检测到极低浓度的 C 反应蛋白, 称为 hs-CRP<sup>[21]</sup>。hs-CRP 也是炎症的标志物和中介物, 而炎症又被认为是 IR 发生的机制之一<sup>[22]</sup>。JIANG 等<sup>[23]</sup>对比了妊娠糖尿病患者与健康孕妇 hs-CRP 与 HOMA-IR 的相关性, 结果显示 HOMA-IR 与 hs-CRP 呈正相关, 与本研究的结果相符, 但 hs-CRP 是否是 IR 的独立危险因素还需要进一步调整研究策略、扩大样本量进行研究; 但该研究结果还显示 HOMA-IR 与 25(OH)D 呈负相关, 这与本研究结果不相符, 可能是由于本研究样本量较少有关。MAHDIANI 等<sup>[24]</sup>对比了 T2DM 和健康非糖尿病患者各项指标后发现 IR 患者的 hs-CRP 显著升高, 也与本研究结果相似。

HOMA- $\beta$  是根据稳态模型对胰岛  $\beta$  细胞分泌功能进行评估<sup>[25]</sup>。EZEH 等<sup>[26]</sup>研究发现与健康受试者相比, 多囊卵巢综合征患者脂肪组织的 IR 更明显, 还表明脂肪组织中的 IR 与全身的胰岛素敏感性受损均与胰岛  $\beta$  细胞功能障碍有关。但黄启亚等<sup>[27]</sup>研究未发现新诊断的 T2DM 患者胰岛  $\beta$  细胞功能指数与 IR 具有相关性, 本研究也未发现。胡建霞<sup>[28]</sup>发现大鼠自体脂肪间充质肝细胞能够通过影响胰岛  $\beta$  细胞的凋亡与修复, 改善 IR, 表明大鼠胰岛  $\beta$  细胞功能与 IR 存在相关性, 但是该研究仅限于大鼠, 并未延伸到人体, 因此需要进一步完善研究策略、扩大样本量, 进行更深入的研究来论证胰岛  $\beta$  细胞功能与 IR 的相关性。

本研究结果显示 HOMA-IR 与 PNR 呈负相关。PLR 和 NLR 都是一种新型的标志物, 研究表明 NLR 存在于包括 T2DM 在内的各种慢性炎症疾病中<sup>[29-30]</sup>。ALSEBAEY 等<sup>[30]</sup>研究还发现丙型肝炎患者中

PLR 和 NLR 是 IR 的预测因子, 与 IR 有相关性。CHEN 等<sup>[29]</sup>发现继发于胰腺外分泌疾病的糖尿病患者中的 NLR 炎症标志物显著升高, 并与 IR 相关。以上研究结果与本研究结果不符, 考虑为本研究样本量较小导致的, 未来可以更深入地研究血细胞比值与 IR 的相关性。

单核细胞也是一种炎症指标, 本研究结果表明单核细胞计数是 IR 的独立危险因素。韩啸等<sup>[31]</sup>研究表明单核细胞计数与高密度脂蛋白胆固醇酯的比值可以预测 T2DM 患者 IR 的发生, 比值越大, IR 越严重。REHMAN 等<sup>[32]</sup>指出炎症因子能够损伤内皮细胞, 加重 IR, 使机体处于高糖状态, 诱导氧化应激, 进一步加重 IR。而 ANCUTA 等<sup>[33]</sup>发现单核细胞能够诱导体内炎症细胞向病变部位聚集, 在 T2DM 及并发症发生中具有重要作用。以上研究均表明单核细胞与 IR 存在相关性, 能够导致 IR 的发生, 并且能够促进其进展, 与本研究结果相符。

综上所述, TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、hs-CRP 和 HOMA- $\beta$  与 T2DM 患者 IR 有相关性, 但本研究结果不支持上述指标是 T2DM 患者 IR 的危险因素, 只能证明 FBG、HbA1c、FINS、单核细胞计数是 HOMA-IR 的独立危险因素。本研究仍存在很多局限性, 如样本量较小, 仅正对 T2DM 患者进行研究, 未扩大到整个人群, 结果的适用性有限, 未来将进一步完善研究策略, 扩大样本量, 调整统计方法, 使研究结果能尽可能精确的为临床服务、指导临床治疗。

#### 参 考 文 献 :

- [1] SUN H, SAEEDI P, KARURANGA S, et al. IDF diabetes atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2022, 183: 109119.
- [2] GALICIA-GARCIA U, BENITO-VICENTE A, JEBARI S, et al. Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(17): 6275.
- [3] CHIASSON J L, RABASA-LHORET R. Prevention of type 2 diabetes: insulin resistance and beta-cell function[J]. *Diabetes*, 2004, 53 Suppl 3: S34-S38.
- [4] SAMPATH KUMAR A, MAIYA A G, SHASTRY B A, et al. Exercise and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2019, 62(2): 98-103.
- [5] TANASE D M, GOSAV E M, COSTEA C F, et al. The intricate relationship between type 2 diabetes mellitus (T2DM), insulin



- resistance (IR), and nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD)[J]. *J Diabetes Res*, 2020, 2020: 3920196.
- [6] REUTRAKUL S, van CAUTER E. Sleep influences on obesity, insulin resistance, and risk of type 2 diabetes[J]. *Metabolism*, 2018, 84: 56-66.
- [7] AL-SULAITI H, DIBOUN I, AGHA M V, et al. Metabolic signature of obesity-associated insulin resistance and type 2 diabetes[J]. *J Transl Med*, 2019, 17(1): 348.
- [8] GRUNDY S M. Atherogenic dyslipidemia associated with metabolic syndrome and insulin resistance[J]. *Clin Cornerstone*, 2006, 8 Suppl 1: S21-S27.
- [9] TANG X H, YAN X, ZHOU H D, et al. Associations of insulin resistance and beta-cell function with abnormal lipid profile in newly diagnosed diabetes[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2022, 135(21): 2554-2562.
- [10] GROVER S A, LEVINTON C, PAQUET S. Identifying adults at low risk for significant hyperlipidemia: a validated clinical index[J]. *J Clin Epidemiol*, 1999, 52(1): 49-55.
- [11] ARTHA I M J R, BHARGAH A, DHARMAWAN N K, et al. High level of individual lipid profile and lipid ratio as a predictive marker of poor glycemic control in type-2 diabetes mellitus[J]. *Vasc Health Risk Manag*, 2019, 15: 149-157.
- [12] XUE J, WANG Y X, LI B, et al. Triglycerides to high-density lipoprotein cholesterol ratio is superior to triglycerides and other lipid ratios as an indicator of increased urinary albumin-to-creatinine ratio in the general population of China: a cross-sectional study[J]. *Lipids Health Dis*, 2021, 20(1): 13.
- [13] YU Y, LAN T, WANG D D, et al. The association of lipid ratios with hyperuricemia in a rural Chinese hypertensive population[J]. *Lipids Health Dis*, 2021, 20(1): 121.
- [14] LIN Y J, LIN J L, PENG Y C, et al. TG/HDL-C ratio predicts in-hospital mortality in patients with acute type A aortic dissection[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2022, 22(1): 346.
- [15] 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]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(4): 315-409.
- [16] 王庭槐. 生理学[M]. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2015: 585-586.
- [17] DU T T, YUAN G, ZHANG M X, et al. Clinical usefulness of lipid ratios, visceral adiposity indicators, and the triglycerides and glucose index as risk markers of insulin resistance[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2014, 13: 146.
- [18] KARHAPÄÄ P, MALKKI M, LAAKSO M. Isolated low HDL cholesterol. An insulin-resistant state[J]. *Diabetes*, 1994, 43(3): 411-417.
- [19] 辛鹏, 李静, 李昌昆, 等. 脂质比值 TC/HDL-C、TG/HDL-C 和 LDL-C/HDL-C 与胰岛素抵抗、糖尿病及糖尿病前期的关联性[J]. *中华疾病控制杂志*, 2022, 26(5): 535-540.
- [20] PANTOJA-TORRES B, TORO-HUAMANCHUMO C J, URRUNAGA-PASTOR D, et al. High triglycerides to HDL-cholesterol ratio is associated with insulin resistance in normal-weight healthy adults[J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(1): 382-388.
- [21] MOUTACHAKKIR M, LAMRANI HANCHI A, BARAOU A, et al. Immunoanalytical characteristics of C-reactive protein and high sensitivity C-reactive protein[J]. *Ann Biol Clin (Paris)*, 2017, 75(2): 225-229.
- [22] NDUMELE C E, PRADHAN A D, RIDKER P M. Interrelationships between inflammation, C-reactive protein, and insulin resistance[J]. *J Cardiometab Syndr*, 2006, 1(3): 190-196.
- [23] JIANG X C, LIANG Z D, CHEN D L, et al. Correlation of homocysteine, AHSR, CRP with insulin resistance, 25-(OH)2-VitD, blood lipids in gestational diabetes patients[J]. *Clin Lab*, 2021, 67(2): 312-320.
- [24] MAHDIANI A, KHEIRANDISH M, BONAKDARAN S. Correlation between white blood cell count and insulin resistance in type 2 diabetes[J]. *Curr Diabetes Rev*, 2019, 15(1): 62-66.
- [25] MATTHEWS D R, HOSKER J P, RUDENSKI A S, et al. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man[J]. *Diabetologia*, 1985, 28(7): 412-419.
- [26] EZEH U, CHEN I Y D, CHEN Y H, et al. Adipocyte insulin resistance in PCOS: relationship with GLUT-4 expression and whole-body glucose disposal and  $\beta$ -cell function[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2020, 105(7): e2408-e2420.
- [27] 黄启亚, 杨彩娟, 钟国权, 等. 新诊断 2 型糖尿病患者年龄和体重与胰岛 B 细胞功能及胰岛素抵抗的关系[J]. *现代诊断与治疗*, 2017, 28(2): 201-203.
- [28] 胡建霞. 脂肪间充质干细胞修复胰岛  $\beta$  细胞和改善胰岛素抵抗的作用和相关机制[D]. 青岛: 青岛大学, 2016.
- [29] CHEN G H, TAN C L, LIU X B, et al. Association between the neutrophil-to-lymphocyte ratio and diabetes secondary to exocrine pancreatic disorders[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13: 957129.
- [30] ALSEBAEY A, ELHELBAWY M, WAKED I. Platelets-to-lymphocyte ratio is a good predictor of liver fibrosis and insulin resistance in hepatitis C virus-related liver disease[J]. *Eur J Gastroenterol Hepatol*, 2018, 30(2): 207-211.
- [31] 韩啸, 应长江, 周晓燕, 等. 2 型糖尿病患者单核细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值与胰岛素抵抗关系的研究[J]. *中国糖尿病杂志*, 2021, 29(9): 659-664.
- [32] REHMAN K, AKASH M S H. Mechanisms of inflammatory responses and development of insulin resistance: how are they interlinked[J]. *J Biomed Sci*, 2016, 23(1): 87.
- [33] ANCUTA P, WANG J B, GABUZDA D. CD16<sup>+</sup> monocytes produce IL-6, CCL2, and matrix metalloproteinase-9 upon interaction with CX3CL1-expressing endothelial cells[J]. *J Leukoc Biol*, 2006, 80(5): 1156-1164.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 刘亚琴, 连明珠, 赵淑杰. 2 型糖尿病患者脂质比值、胰岛  $\beta$  细胞功能指数、超敏 C 反应蛋白与胰岛素抵抗的相关性研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(17): 67-75.

Cite this article as: LIU Y Q, LIAN M Z, ZHAO S J. Correlation between lipid ratio,  $\beta$  cell function index, hypersensitive C-reactive protein and insulin resistance in type 2 diabetes mellitus[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2023, 33(17): 67-75.