

# 传统及联合脂质代谢指标与糖尿病发病关系的巢式病例对照研究

白朝<sup>1</sup> 张德生<sup>2</sup> 张瑞<sup>1</sup> 尹春<sup>2</sup> 王若楠<sup>1</sup> 黄文雅<sup>1</sup> 丁婕<sup>1</sup> 杨景丽<sup>1</sup> 黄佩瑶<sup>1</sup>  
柳念<sup>1</sup> 王玉峰<sup>2</sup> 程宁<sup>3</sup> 白亚娜<sup>1</sup>

<sup>1</sup>兰州大学公共卫生学院流行病与卫生统计学研究所 730000; <sup>2</sup>金川集团职工医院, 金昌 737100; <sup>3</sup>兰州大学基础医学院 730000

通信作者: 白亚娜, Email: baiyana@lzu.edu.cn

**【摘要】** 目的 探讨脂质参数与糖尿病发病的关系, 并将传统脂质参数与联合脂质参数进行比较, 以期探讨、识别和预测糖尿病患者的最佳替代指标。方法 以金昌队列为基础, 采用巢式病例对照研究方法, 排除恶性肿瘤和相关内分泌、循环系统疾病后抽取随访期内新发糖尿病患者 1 025 例作为病例组, 然后按照年龄 $\pm$ 2 岁、性别进行 1:1 匹配获得对照组 1 025 例, 进而研究脂质参数与糖尿病的关系。结果 传统脂质参数中, TG、TC 和 LDL-C 水平的第四分位数组的糖尿病发病风险较高, 分别是第一分位数组的 14.00 倍(95%CI: 9.73~20.15)、2.15 倍(95%CI: 1.65~2.79)和 1.66 倍(95%CI: 1.29~2.14), HDL-C 水平的第四分位数组的糖尿病发病风险是第一分位数组的 0.21 倍(95%CI: 0.15~0.28)。联合脂质参数中, TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C 和非 HDL-C 水平的第四分位数组的糖尿病发病风险较高, 分别是第一分位数组的 14.86 倍(95%CI: 10.35~21.34)、8.12 倍(95%CI: 5.94~11.01)、5.85 倍(95%CI: 4.34~7.88)和 5.20 倍(95%CI: 3.85~7.03)。TG、TC、HDL-C、LDL-C、TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、非 HDL-C 的受试者工作特征曲线下面积分别为 0.76(95%CI: 0.74~0.78)、0.59(95%CI: 0.57~0.61)、0.67(95%CI: 0.65~0.69)、0.57(95%CI: 0.55~0.59)、0.77(95%CI: 0.75~0.78)、0.73(95%CI: 0.71~0.75)、0.69(95%CI: 0.67~0.71)、0.66(95%CI: 0.64~0.68); 预测糖尿病的最佳切点分别为 1.40、4.70、1.28、3.25、1.17、3.43、2.46、3.58 mmol/L。结论 脂质代谢紊乱是糖尿病的危险因素。TG 和 TG/HDL-C 是较好的糖尿病预测指标。

**【关键词】** 糖尿病; 脂质代谢; 巢式病例对照研究

**基金项目:** 兰州大学“一带一路”专项(2018ldbzd008); 美国国立卫生研究院(1R01ES029082)

## A nested case-control study on relationship of traditional and combined lipid metabolism indexes with incidence of diabetes

Bai Zhao<sup>1</sup>, Zhang Desheng<sup>2</sup>, Zhang Rui<sup>1</sup>, Yin Chun<sup>2</sup>, Wang Ruonan<sup>1</sup>, Huang Wenya<sup>1</sup>, Ding Jie<sup>1</sup>, Yang Jingli<sup>1</sup>, Huang Peiyao<sup>1</sup>, Liu Nian<sup>1</sup>, Wang Yufeng<sup>2</sup>, Cheng Ning<sup>3</sup>, Bai Yana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; <sup>2</sup>Workers' Hospital of Jinchuan Group, Jinchang 737100, China; <sup>3</sup>School of Basic Medical Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Corresponding author: Bai Yana, Email: baiyana@lzu.edu.cn

**【Abstract】** **Objective** To explore the relationship between lipid indicators and the incidence of diabetes, and to compare the diabetes prediction and identification power of traditional lipid combined lipid indicators, in order to explore the best alternative indicators for identifying and predicting diabetes. **Methods** Based on the Jinchang cohort, a nested case-control study was conducted in 1 025 new cases of diabetes after excluding patients with malignant tumor and related

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200401-00490

收稿日期 2020-04-01 本文编辑 万玉立

引用本文: 白朝, 张德生, 张瑞, 等. 传统及联合脂质代谢指标与糖尿病发病关系的巢式病例对照研究[J].

中华流行病学杂志, 2021, 42(4): 656-661. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200401-00490.



endocrine, circulatory system disease, then an age ( $\pm 2$  years), gender matched 1:1 control group of 1 025 cases was set to analyze the relationship between the incidence of diabetes and lipid parameters. **Results** Among the traditional lipid parameters, the fourth quartile of TG, TC, and LDL-C indicated higher risks of developing diabetes, which was 14.00 times (95%CI: 9.73-20.15), 2.15 times (95%CI: 1.65-2.79) and 1.66 times (95%CI: 1.29-2.14) than that of the first quartile, respectively. The risk of developing diabetes indicated by the fourth quartile of HDL-C was 0.21 times than that indicated by the first quartile (95%CI: 0.15-0.28). In the combined lipid parameters, the fourth quartile of TG/HDL-C, TC/HDL-C, LDL-C/HDL-C and non-HDL-C indicated higher risks of developing diabetes, which was 14.86 times (95%CI: 10.35-21.34), 8.12 times (95%CI: 5.94-11.01), 5.85 times (95%CI: 4.34-7.88) and 5.20 times (95%CI: 3.85-7.03) than that indicated by the first quartile, respectively. The areas under the ROC curve of TG, TC, HDL-C, LDL-C, TG/HDL-C, TC/HDL-C, LDL-C/HDL-C and non-HDL-C were 0.76 (95%CI: 0.74-0.78), 0.59 (95%CI: 0.57-0.61), 0.67 (95%CI: 0.65-0.69), 0.57 (95%CI: 0.55-0.59), 0.77 (95%CI: 0.75-0.78), 0.73 (95%CI: 0.71-0.75), 0.69 (95%CI: 0.67-0.71) and 0.66 (95%CI: 0.64-0.68), respectively. The optimal diabetes predicting point cuts of TG, TC, HDL-C, LDL-C, TG/HDL-C, TC/HDL-C, LDL-C/HDL-C and non-HDL-C were 1.40, 4.70, 1.28, 3.25, 1.17, 3.43, 2.46, and 3.58 mmol/L, respectively. **Conclusions** Lipid metabolic disorder is a risk factor for diabetes. TG and TG/HDL-C are the good lipid metabolism indicators for the prediction of diabetic.

**【Key words】** Diabetes; Lipid metabolism; Nested case-control study

**Fund programs:** 'Belt and Road' Special Project of Lanzhou University (2018ldbrzd008); National Institutes of Health, United States (1R01ES029082)

2型糖尿病是一种常见并且复杂的代谢性疾病,与 $\beta$ 细胞功能受损和不同程度的胰岛素抵抗有关<sup>[1]</sup>。因其发病率、死亡率、致残率高,严重危害人类健康。中国是世界上糖尿病流行最严重的国家,患病人数持续增加,2013年一项糖尿病的全国代表性流行病学调查显示,在中国成年人中,糖尿病前期患病率为35.7%,糖尿病的总标化患病率为10.9%,其中临床确诊的糖尿病患病率为4.0%,但是在糖尿病患者中的知情率和治疗率较低,仅为36.5%和32.2%,而在接受治疗的患者中,仅有49.2%的人群得到了有效的控制<sup>[2]</sup>。研究表明,大多数糖尿病患者存在不同程度的脂质代谢紊乱,而脂质代谢紊乱也被证实与糖尿病风险增加有关<sup>[3-4]</sup>,尤其在2型糖尿病患者中更为常见,通常为混合型脂质代谢紊乱,其特征是高TC、高TG、高LDL-C或低HDL-C<sup>[5]</sup>。传统脂质参数(TG、TC、HDL-C、LDL-C)<sup>[6-7]</sup>和部分联合脂质参数与糖尿病的关系已在一些研究中被确认<sup>[8-10]</sup>。本研究探讨脂质参数与糖尿病的关系,并将传统脂质参数与联合脂质参数进行比较,以期探讨识别和预测糖尿病患者的最佳替代指标。

## 对象与方法

1. 研究对象:采用巢式病例对照研究方法,在金昌队列人群中排除恶性肿瘤和相关内分泌、循环系统疾病患者后抽取随访期内(2013-2015年)新

发糖尿病患者1 025例作为病例组,然后按照年龄 $\pm 2$ 岁、性别进行1:1匹配获得对照组1 025例,共计纳入研究对象2 050例。研究对象均签署了知情同意书。

2. 研究方法:采用自行设计的调查问卷,由经过统一规范培训后的调查员对研究对象进行面对面问卷调查,流行病学调查内容包括一般人口学特征、生活行为习惯、疾病史、家族史等,体格检查和临床生化指标检测由具有临床检验资质的三甲医院检测中心完成,体格检查包括身高、体重、血压等。身高、体重和腰围均采用标准化流程进行测量,测量仪器为深圳双佳电子有限公司生产的SK-X80/TCS-160D-W/H型电脑人体秤。生化检测指标包括FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C等。通过公式计算获得非HDL-C,其计算公式为非HDL-C=TC-HDL-C。

3. 相关定义及诊断标准:吸烟指每天至少吸1支,连续吸烟6个月以上;饮酒指平均每周至少饮1次,连续6个月以上;经常体育锻炼指平均 $\geq 3$ 次/周,锻炼时间 $>30$  min/次;高盐、高脂、高糖膳食指平时的膳食喜好习惯为重盐、油脂较高、高糖。根据WHO推荐的糖尿病诊断标准,糖尿病定义为调查时FPG $\geq 7.0$  mmol/L和(或)已诊断为糖尿病和(或)使用控制血糖药物,符合以上任意一项即诊断为糖尿病<sup>[11]</sup>。

4. 统计学分析:使用EpiData 3.02软件建立数据库,数据录入采用双盲双录入。采用SPSS

26.0 和 MedCalc 16.8 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料用  $\bar{x} \pm s$  描述, 不满足正态分布的定量资料用  $M(P_{25}, P_{75})$  表示, 计数资料用例数和百分比描述。人口学特征采用  $\chi^2$ 、 $t$  检验或秩和检验进行比较。采用 Cox 回归分析拟合单因素及多因素条件 logistic 回归, 将传统和联合脂质代谢指标采用四分位数分组纳入模型, 分析脂质参数与新发糖尿病的关系, 指标评价的 ROC 曲线应用 MedCalc 16.8 软件进行比较, 采用  $Z$  检验, 获取  $Z$  值及  $P$  值。各个指标最佳切点值的确定采用计算约登指数 (灵敏度 + 特异度 - 1), 即选择 ROC 曲线上约登指数最大 (特异度和灵敏度均达到最大) 的那一点作为该指标预测糖尿病的最佳切点值。双侧检验, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. 基线特征: 共纳入研究对象 2 050 人, 对照组和新发病例组各 1 025 例, 年龄为 (54.83±12.28) 岁, 研究对象以工人和初中文化程度居多; 对照组与新发病例组平均年龄差异无统计学意义; 糖尿病家族史、体育锻炼以及高糖饮食在对照组和新发病例组之间的差异有统计学意义; 与对照组相比, 糖尿病新发病例组的 TG、TC、LDL-C、TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、非 HDL-C 水平显著升高, HDL-C 水平较非糖尿病患者低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 1。

2. 金昌队列人群脂质参数的糖尿病发病风险: 将脂质参数按照四分位数分组后计算发病风险分析, 经过多变量调整后, 分析结果显示, 传统脂质参数中, TG 的第四分位数组的糖尿病发病风险是第一分位数组的 14.00 倍 (95%CI: 9.73~20.15), TC 和 LDL-C 的第四分位数组的糖尿病发病风险分别是

第一分位数组的 2.15 倍 (95%CI: 1.65~2.79) 和 1.66 倍 (95%CI: 1.29~2.14), HDL-C 的第四分位数组的糖尿病发病风险是第一分位数组的 0.21 倍 (95%CI: 0.15~0.28)。联合脂质参数中, TG/HDL-C 的第四分位数组的糖尿病发病风险是第一分位数组

表 1 糖尿病新发病例与对照组基线特征

变量	新发病例组 (n=1 025)	对照组 (n=1 025)	合计 (n=2 050)	P 值
年龄 (岁)	54.79±12.16	54.87±12.41	54.83±12.28	0.884
职业				0.359
内勤服务人员	102(9.95)	87(8.49)	189(9.22)	
技术人员	36(3.51)	33(3.22)	69(3.37)	
工人	781(76.20)	778(75.90)	1 559(76.05)	
干部	106(10.34)	127(12.39)	233(11.36)	
文化程度				0.540
小学及以下	256(24.97)	266(25.95)	522(25.46)	
初中	342(33.37)	316(30.83)	658(32.10)	
高中/中专/技校	262(25.56)	260(25.37)	522(25.46)	
大专及以上	165(16.10)	183(17.85)	348(16.98)	
糖尿病家族史				<0.001
是	170(16.59)	115(11.22)	285(13.90)	
否	855(83.41)	910(88.78)	1 765(86.10)	
饮酒				0.171
是	307(29.95)	279(27.22)	586(28.59)	
否	718(70.05)	746(72.78)	1 464(71.41)	
吸烟				0.786
是	562(54.83)	567(55.32)	1 129(55.07)	
否	463(45.17)	458(44.68)	921(44.93)	
体育锻炼				0.006
是	434(42.34)	496(48.39)	930(45.37)	
否	591(57.66)	529(51.61)	1 120(54.63)	
高盐饮食				0.774
是	111(10.83)	107(10.44)	218(10.63)	
否	914(89.17)	918(89.56)	1 832(89.37)	
高脂饮食				0.440
是	97(9.46)	87(8.49)	184(8.98)	
否	928(90.54)	938(91.51)	1 866(91.02)	
高糖饮食				<0.001
是	66(6.44)	119(11.61)	185(9.02)	
否	959(93.56)	906(88.39)	1 865(90.98)	
TG (mmol/L)	2.00(1.40, 2.95)	1.20(0.90, 1.70)	1.60(1.10, 2.30)	<0.001
TC (mmol/L)	4.91±0.96	4.61±0.82	4.76±0.91	<0.001
HDL-C (mmol/L)	1.26±0.32	1.46±0.35	1.36±0.35	<0.001
LDL-C (mmol/L)	3.18±0.78	3.00±0.71	3.09±0.75	<0.001
TG/HDL-C	1.63(1.07, 2.63)	0.86(0.60, 1.29)	1.18(0.75, 1.93)	<0.001
TC/HDL-C	4.08±1.09	3.30±0.81	3.69±1.04	<0.001
LDL-C/HDL-C	2.64±0.75	2.16±0.66	2.40±0.75	<0.001
非 HDL-C (mmol/L)	3.65±0.92	3.16±0.78	3.40±0.89	<0.001

注: 近似正态分布的定量资料用  $\bar{x} \pm s$  描述, 不满足正态分布的定量资料用  $M(P_{25}, P_{75})$  描述, 其余括号外数据为人数, 括号内数据为构成比 (%)

组的 14.86 倍(95%CI: 10.35~21.34), TC/HDL-C 和 LDL-C/HDL-C 的第四分位数组的糖尿病发病风险分别是第一分位数组的 8.12 倍(95%CI: 5.94~11.01) 和 5.85 倍(95%CI: 4.34~7.88), 非 HDL-C 的第四分位数组的糖尿病发病风险是第一分位数组的 5.20 倍(95%CI: 3.85~7.03)。见表 2, 3。

3. 金昌队列人群糖尿病新发病例的基线脂质代谢指标的诊断试验: TG、TC、HDL-C、LDL-C、TG/HDL-C、TC/HDL-C、LDL-C/HDL-C、非 HDL-C 对成年人糖尿病均有预测价值( $P < 0.05$ ), 其受试者工作特征曲线下面积分别为 0.76(95%CI: 0.74~0.78)、0.59(95%CI: 0.57~0.61)、0.67(95%CI: 0.65~0.69)、0.57(95%CI: 0.55~0.59)、0.77(95%CI: 0.75~0.78)、0.73(95%CI: 0.71~0.75)、0.69(95%CI: 0.67~0.71)、0.66(95%CI: 0.64~0.68); 预测糖尿病的最佳切点分别为 1.40、4.70、1.28、3.25、1.17、3.43、2.46、3.58 mmol/L。

TG 和 TG/HDL-C 以及 HDL-C 和非 HDL-C 的预测能力比较差异无统计学意义, 其余指标之间的差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), 在传统脂质参数中, TG 的预测能力最佳, 而在联合脂质参数中, TG/HDL-C 具有较强的预测能力。见表 4, 图 1。

## 讨 论

本研究结果显示, 脂质代谢紊乱是糖尿病的危险因素, TG 和 TG/HDL-C 对糖尿病患者具有较强的鉴别和预测能力。

本研究结果显示, 所有的脂质参数水平都与糖尿病风险增加显著相关。传统脂质参数中, 相关研究结果显示, TG 水平与糖尿病的相关性较强<sup>[9, 12-13]</sup>。本研究结果与之类似。联合脂质参数中, 相关研究结果显示, TG/HDL-C 与糖尿病之间关联性较强<sup>[14-16]</sup>。也有研究显示, TC/HDL-C 对于糖尿病人群的风险标记优于 LDL-C 和 HDL-C<sup>[8]</sup>。Ley 等<sup>[17]</sup>的研究表明, 非 HDL-C 对糖尿病的预测优于 LDL-C。本研究结果与之相似。He 等<sup>[10]</sup>的研究结果显示 TG 与 HDL-C (TG/HDL-C) 结合可能比单独 TG 或 HDL-C 指标具有更高的预测能力, 但是本研究的结果显示 TG 与 TG/HDL-C 曲线下面积差异无统计学意义。

有研究表明, 脂肪酸可通过抑制近端胰岛素信号通路, 引起外周组织的胰岛素抵抗和胰腺胰岛  $\beta$  细胞功能障碍, 进而导致糖尿病的发生<sup>[18-19]</sup>。此外, 也可以认为脂质代谢异常是炎症、内质网应激

表 2 金昌队列人群传统脂质参数的糖尿病发病风险

指标	病例组	对照组	模型 1		模型 2		模型 3	
			OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值
TG (mmol/L)								
Q1 (<1.10)	92	356	1.00		1.00		1.00	
Q2 (1.10~)	219	356	2.44(1.78~3.34)	<0.001	2.42(1.77~3.31)	<0.001	2.38(1.74~3.26)	<0.001
Q3 (1.60~)	292	195	5.32(3.85~7.33)	<0.001	5.22(3.78~7.21)	<0.001	5.13(3.71~7.10)	<0.001
Q4 ( $\geq$ 2.30)	422	118	14.42(10.05~20.69)	<0.001	14.26(9.93~20.47)	<0.001	14.00(9.73~20.15)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	
TC (mmol/L)								
Q1 (<4.20)	219	293	1.00		1.00		1.00	
Q2 (4.20~)	210	281	1.04(0.81~1.33)	0.772	1.02(0.79~1.31)	0.885	1.00(0.77~1.29)	0.991
Q3 (4.70~)	254	231	1.56(1.20~2.03)	0.001	1.50(1.15~1.95)	0.003	1.50(1.15~1.95)	0.003
Q4 ( $\geq$ 5.30)	342	220	2.20(1.71~2.85)	<0.001	2.17(1.68~2.81)	<0.001	2.15(1.65~2.79)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	
HDL-C (mmol/L)								
Q1 (<1.11)	351	148	1.00		1.00		1.00	
Q2 (1.11~)	273	244	0.47(0.36~0.62)	<0.001	0.47(0.36~0.62)	<0.001	0.47(0.36~0.62)	<0.001
Q3 (1.32~)	221	282	0.33(0.25~0.44)	<0.001	0.32(0.24~0.43)	<0.001	0.33(0.25~0.44)	<0.001
Q4 ( $\geq$ 1.55)	180	351	0.15(0.15~0.27)	<0.001	0.20(0.15~0.27)	<0.001	0.21(0.15~0.28)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	
LDL-C (mmol/L)								
Q1 (<2.60)	225	285	1.00		1.00		1.00	
Q2 (2.60~)	230	282	1.04(0.81~1.34)	0.755	1.03(0.80~1.32)	0.850	0.99(0.76~1.28)	0.916
Q3 (3.08~)	268	241	1.43(1.11~1.84)	0.006	1.38(1.07~1.78)	0.014	1.28(0.98~1.66)	0.065
Q4 ( $\geq$ 3.54)	302	217	1.77(1.38~2.27)	<0.001	1.74(1.36~2.24)	<0.001	1.66(1.29~2.14)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	

注: 模型 1 不调整任何变量; 模型 2 调整人口学特征(糖尿病家族史); 模型 3 在模型 2 的基础上调整体育锻炼、高糖饮食

表 3 金昌队列人群联合脂质参数的糖尿病发病风险

指标	病例组	对照组	模型 1		模型 2		模型 3	
			OR 值 (95%CI)	P 值	OR 值 (95%CI)	P 值	OR 值 (95%CI)	P 值
TG/HDL-C								
Q1(<0.75)	102	409	1.00		1.00		1.00	
Q2(0.75~)	205	309	2.45(1.83~3.28)	<0.001	2.42(1.81~3.25)	<0.001	2.37(1.76~3.18)	<0.001
Q3(1.18~)	312	201	5.52(4.05~7.54)	<0.001	5.48(4.01~7.48)	<0.001	5.40(3.94~7.40)	<0.001
Q4(≥1.93)	406	106	15.20(10.63~21.74)	<0.001	15.09(10.54~21.61)	<0.001	14.86(10.35~21.34)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	
TC/HDL-C								
Q1(<2.96)	134	378	1.00		1.00		1.00	
Q2(2.96~)	209	304	1.94(1.46~2.56)	<0.001	1.89(1.42~2.50)	<0.001	1.86(1.41~2.47)	<0.001
Q3(3.57~)	289	223	3.51(2.64~4.66)	<0.001	3.48(2.61~4.63)	<0.001	3.37(2.53~4.49)	<0.001
Q4(≥4.23)	393	120	8.38(6.15~11.41)	<0.001	8.35(6.13~11.40)	<0.001	8.12(5.94~11.01)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	
LDL-C/HDL-C								
Q1(<1.88)	144	368	1.00		1.00		1.00	
Q2(1.88~)	223	291	1.93(1.46~2.53)	<0.001	1.97(1.49~2.59)	<0.001	1.97(1.49~2.60)	<0.001
Q3(2.34~)	296	216	3.57(2.68~4.75)	<0.001	3.59(2.70~4.80)	<0.001	3.55(2.66~4.76)	<0.001
Q4(≥2.84)	362	150	5.79(4.33~7.73)	<0.001	5.90(4.41~7.90)	<0.001	5.85(4.34~7.88)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	
非 HDL-C(mmol/L)								
Q1(<2.79)	164	346	1.00		1.00		1.00	
Q2(2.79~)	226	284	1.81(1.37~2.37)	<0.001	1.77(1.35~2.33)	<0.001	1.71(1.30~2.26)	<0.001
Q3(3.34~)	279	235	2.83(2.14~3.74)	<0.001	2.78(2.10~3.68)	<0.001	2.66(2.03~3.56)	<0.001
Q4(≥3.94)	352	157	5.46(4.05~7.37)	<0.001	5.37(3.97~7.25)	<0.001	5.20(3.85~7.03)	<0.001
趋势检验 P 值			<0.001		<0.001		<0.001	

注:模型 1 不调整任何变量;模型 2 调整人口学特征(糖尿病家族史);模型 3 在模型 2 的基础上调整体育锻炼、高糖饮食

表 4 金昌队列人群糖尿病新发病例的基线脂质代谢指标的诊断试验结果

指标	AUC 值(95%CI)	P 值	最佳切点	灵敏度(%)	特异度(%)
传统脂质参数					
TG	0.76(0.74~0.78) <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	<0.001	1.40	74.15	65.46
TC	0.59(0.57~0.61) <sup>b,c,d,e,f,g,h</sup>	<0.001	4.70	54.44	60.20
HDL-C	0.67(0.65~0.69) <sup>a,c,d,e,g,h</sup>	<0.001	1.28	57.56	65.85
LDL-C	0.57(0.55~0.59) <sup>a,b,d,e,f,g,h</sup>	<0.001	3.25	45.56	65.76
联合脂质参数					
TG/HDL-C	0.77(0.75~0.78) <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	<0.001	1.17	70.44	69.95
TC/HDL-C	0.73(0.71~0.75) <sup>a,b,c,e,f,g,h</sup>	<0.001	3.43	72.68	62.24
LDL-C/HDL-C	0.69(0.67~0.71) <sup>a,b,c,d,f,g,h</sup>	<0.001	2.46	58.44	71.41
非 HDL-C	0.66(0.64~0.68) <sup>a,c,d,e,g,h</sup>	<0.001	3.58	51.32	73.56

注:<sup>a</sup>与 TC 相比差异有统计学意义;<sup>b</sup>与 HDL-C 相比差异有统计学意义;<sup>c</sup>与 LDL-C 相比差异有统计学意义;<sup>d</sup>与 TC/HDL-C 相比差异有统计学意义;<sup>e</sup>与 LDL-C/HDL-C 相比差异有统计学意义;<sup>f</sup>与非 HDL-C 相比差异有统计学意义;<sup>g</sup>与 TG 相比差异有统计学意义;<sup>h</sup>与 TG/HDL-C 相比差异有统计学意义

和/或导致 2 型糖尿病的其他机制的直接原因<sup>[20]</sup>。但是目前脂质代谢与糖尿病发病风险升高的机制尚存在争议。

本研究存在局限性。首先是使用 FPG 及自我报告来诊断糖尿病患者,而未考虑随机血糖,这可

能导致部分患者漏诊。其次,高盐、高脂、高糖饮食均根据调查对象自我判断获取,信息存在一定的偏倚,可能会对研究结果产生一定的影响。最后,没有提供脂质参数与金标准的比较。

综上所述,在传统脂质参数中,TG 是糖尿病患

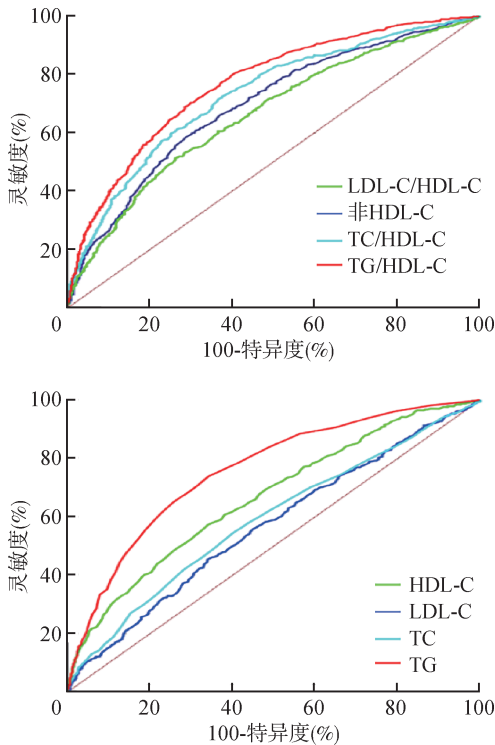


图 1 传统脂质参数和联合脂质参数模型的受试者工作特征曲线

者的良好预测指标。而在联合脂质参数中, TG/HDL-C 是糖尿病患者的良好预测指标。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] Egan AM, Dinneen SF. What is diabetes? [J]. *Medicine*, 2014, 42(12): 679-681. DOI: 10.1016/j.mpmed.2014.09.005.

[2] Wang LM, Gao P, Zhang M, et al. Prevalence and ethnic pattern of diabetes and prediabetes in China in 2013 [J]. *JAMA*, 2017, 317(24): 2515-2523. DOI: 10.1001/jama.2017.7596.

[3] Zhou MC, Li ZY, Min R, et al. Log (TG)/HDL-C ratio as a predictor of decreased islet beta cell function in patients with type 2 diabetes: 6-year cohort study [J]. *J Diabetes*, 2015, 7(5): 689-698. DOI: 10.1111/1753-0407.12229.

[4] Ley SH, Harris SB, Mamakeesick M, et al. Metabolic syndrome and its components as predictors of incident type 2 diabetes mellitus in an aboriginal community [J]. *CMAJ*, 2009, 180(6): 617-624. DOI: 10.1503/cmaj.080972.

[5] Athyros VG, Doumas M, Imprialos KP, et al. Diabetes and lipid metabolism [J]. *Hormones*, 2018, 17(1): 61-67. DOI: 10.1007/s42000-018-0014-8.

[6] 李荣成. 基于队列人群糖尿病发病与相关指标的相关性研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2018.

Li RC. Diabetes and related indicators of dose-response relationship in and interaction research [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2018.

[7] 李亚丽. 金昌队列人群糖尿病前瞻性研究及多重巢式病例对照研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2018.

Li YL. Prospective study and multiple nested case-control study of diabetes mellitus in Jinchang cohort [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2018.

[8] Song QF, Liu XX, Wang AX, et al. Associations between non-traditional lipid measures and risk for type 2 diabetes mellitus in a Chinese community population: a cross-sectional study [J]. *Lipids Health Dis*, 2016, 15: 70. DOI: 10.1186/s12944-016-0239-y.

[9] Hong MY, Ling Y, Lu ZQ, et al. Contribution and interaction of the low-density lipoprotein cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol ratio and triglyceride to diabetes in hypertensive patients: A cross-sectional study [J]. *J Diabetes Investig*, 2019, 10(1): 131-138. DOI: 10.1111/jdi.12856.

[10] He S, Wang S, Chen XP, et al. Higher ratio of triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol may predispose to diabetes mellitus: 15-year prospective study in a general population [J]. *Metabolism*, 2012, 61(1): 30-36. DOI: 10.1016/j.metabol.2011.05.007.

[11] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2017 年版) [J]. *中国实用内科杂志*, 2018, 38(4): 292-344. DOI: 10.19538/j.nk2018040108.

Chinese Diabetes Society. Guidelines for the prevention and control of type 2 diabetes in China (2017 Edition) [J]. *Chin J Pract Intern Med*, 2018, 38(4): 292-344. DOI: 10.19538/j.nk2018040108.

[12] Tirosch A, Shai I, Bitzur R, et al. Changes in triglyceride levels over time and risk of type 2 diabetes in young men [J]. *Diabetes Care*, 2008, 31(10): 2032-2037. DOI: 10.2337/dc08-0825.

[13] Wilson PW, Kannel WB, Anderson KM. Lipids, glucose intolerance and vascular disease: the Framingham Study [J]. *Monogr Atheroscler*, 1985, 13: 1-11.

[14] Sung KC, Park HY, Kim MJ, et al. Metabolic markers associated with insulin resistance predict type 2 diabetes in Koreans with normal blood pressure or prehypertension [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2016, 15(1): 47. DOI: 10.1186/s12933-016-0368-7.

[15] Giannini C, Santoro N, Caprio S, et al. The triglyceride-to-HDL cholesterol ratio: association with insulin resistance in obese youths of different ethnic backgrounds [J]. *Diabetes Care*, 2011, 34(8): 1869-1874. DOI: 10.2337/dc10-2234.

[16] Ren XX, Chen ZA, Zheng S, et al. Association between triglyceride to HDL-C Ratio (TG/HDL-C) and insulin resistance in Chinese patients with newly diagnosed type 2 diabetes mellitus [J]. *PLoS One*, 2016, 11(4): e0154345. DOI: 10.1371/journal.pone.0154345.

[17] Ley SH, Harris SB, Connelly PW, et al. Utility of non-high-density lipoprotein cholesterol in assessing incident type 2 diabetes risk [J]. *Diabetes Obes Metab*, 2012, 14(9): 821-825. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2012.01607.x.

[18] Unger RH, Zhou YT. Lipotoxicity of beta-cells in obesity and in other causes of fatty acid spillover [J]. *Diabetes*, 2001, 50 Suppl 1: S118-121. DOI: 10.2337/diabetes.50.2007.S118.

[19] Roden M, Price TB, Perseghin G, et al. Mechanism of free fatty acid-induced insulin resistance in humans [J]. *J Clin Invest*, 1996, 97(12): 2859-2865. DOI: 10.1172/JCI118742.

[20] Li NS, Fu JY, Koonen DP, et al. Are hypertriglyceridemia and low HDL causal factors in the development of insulin resistance? [J]. *Atherosclerosis*, 2014, 233(1): 130-138. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2013.12.013.