

引用本文:雷庆华,李军华,霍燕飞,等. 身体质量指数联合三酰甘油与高密度脂蛋白胆固醇比值预测2型糖尿病风险[J]. 安徽医药, 2024, 28(1): 90-94. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6469.2024.01.019.

◇临床医学◇



身体质量指数联合三酰甘油与高密度脂蛋白胆固醇比值 预测2型糖尿病风险

雷庆华, 李军华, 霍燕飞, 郭子静, 李霞, 李宗虎

作者单位: 邯郸市中心医院体检中心, 河北 邯郸 056000

通信作者: 李军华, 女, 主任护师, 研究方向为健康体检与慢病健康管理, Email: chagoo@sina.com

基金项目: 邯郸市科学技术研究与发展计划项目(22422083010ZC)

摘要 **目的** 利用体检指标中身体质量指数(BMI)和三酰甘油与高密度脂蛋白胆固醇比值(triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol, TG/HDL-C)联合预测2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)发病风险。**方法** 基于瑞慈医疗集团2010—2016年体检人群的数据库,通过Cox比例风险模型观测不同BMI的人群基线TG/HDL-C对随访期间T2DM风险的影响,并分析TG/HDL-C与BMI是否存在交互作用。**结果** 在随访期间,13 685例研究对象中共有315例最终诊断为T2DM。以BMI=24 kg/m²为界,将所有研究对象分成两个亚组。BMI<24 kg/m²的亚组共有8 238例研究对象,96例在随访结束时患T2DM,对潜在的混杂因素进行调整后,升高的TG/HDL-C导致T2DM事件的风险较高[HR 95%CI=1.47(1.23, 1.74), P<0.001]。与最低五分位数(Q1)相比,升高的TG/HDL-C五分位数(Q2~Q5)T2DM发病率增加[HR 95%CI分别为:0.73(0.28, 1.93)、2.75(1.29, 5.85)、2.81(1.28, 6.20)和3.91(1.51, 10.11)]。BMI≥24 kg/m²的亚组共有5 447例研究对象,219例在随访结束时患T2DM。在两个亚组中,随着TG/HDL-C的增加,T2DM患病风险均呈非线性增加,这一变化在BMI<24 kg/m²的亚组更为明显。绘制两个亚组TG/HDL-C与3年和5年T2DM发病的ROC曲线,在BMI<24 kg/m²的亚组中,ROC曲线下面积分别为0.72和0.77。在BMI≥24 kg/m²的亚组中,ROC曲线下面积则分别为0.55和0.57。**结论** 在BMI<24 kg/m²的人群中,TG/HDL-C的升高提示T2DM患病风险显著增加。

关键词 糖尿病,2型; 身体质量指数; 三酰甘油; 高密度脂蛋白胆固醇; 非线性关系; 疾病风险

Combination of body mass index and the triacylglycerol to high-density lipoprotein cholesterol ratio predicts the risk of type 2 diabetes mellitus

LEI Qinghua, LI Junhua, HUO Yanfei, GUO Zijiang, LI Xia, LI Zonghu

Author Affiliation: Physical Examination Center, Handan Central Hospital, Handan, Hebei 056000, China.

Abstract **Objective** To predict the risk of type 2 diabetes mellitus (T2DM) by combination of body mass index (BMI) and the triglyceride to high density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio in physical examination. **Methods** Based on the database of the 2010-2016 physical examination population of Rui Ci Medical Group, the effect of baseline TG/HDL-C on the risk of T2DM during the follow-up period was observed by Cox proportional risk modeling in people with different BMIs, and we analyzed whether there was an interaction between TG/HDL-C and BMI. **Results** A total of 315 of 13 685 study subjects were ultimately diagnosed with T2DM during the follow-up period. All study subjects were divided into two subgroups using a BMI=24 kg/m². The subgroup with a BMI < 24 kg/m² consisted of a total of 8,238 study subjects. 96 had T2DM at the end of the follow-up period. Adjusting for potential confounders, the elevated TG/HDL-C resulted in a higher risk of incident T2DM [HR 95%CI = 1.47 (1.23, 1.74), P < 0.001]. Compared with the lowest quintile (Q1), elevated TG/HDL-C quintiles (Q2 to Q5) had an increased prevalence of T2DM [HR 95%CI were 0.73 (0.28, 1.93), 2.75 (1.29, 5.85), 2.81 (1.28, 6.20) and 3.91 (1.51, 10.11)]. There were 5 447 study subjects in the subgroup with BMI ≥ 24 kg/m², and 219 developed T2DM at the end of follow-up. In both subgroups, the risk of developing T2DM increased nonlinearly with increasing TG/HDL-C, and this change was more pronounced in the subgroup with BMI < 24 kg/m². When ROC curves were plotted for TG/HDL-C versus 3- and 5-year T2DM incidence in the two subgroups, the areas under the ROC curves were 0.72 and 0.77 in the subgroups with BMI < 24 kg/m², respectively, and 0.55 and 0.57 in the subgroups with BMI ≥ 24 kg/m², respectively. **Conclusion** In the subgroup with BMI < 24 kg/m², elevated TG/HDL-C suggests a significant increase in the risk of T2DM.

Keywords Diabetes mellitus, type 2; Body mass index; Triacylglycerol; High-density lipoprotein cholesterol; Nonlinear relationship; Disease risk

近年来,2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)的发病率在全球范围内稳步上升,中国人口众多,是T2DM的大国,2017年的糖尿病患病达到了11.2%,并且90%是T2DM^[1]。与非T2DM病人相比,T2DM病人发生心脑血管事件、眼底疾病、糖尿病肾病和外周血管疾病的风险及病死率更高^[2]。先前的临床试验已经证明,个体化干预可有效减少或延缓高危人群中T2DM的发病^[3]。因此,识别T2DM风险较高的人群,给予早期干预,可以降低医疗成本,提高生活质量。因此,需要一种新颖、准确且简单的预测指标来识别T2DM的高危人群。

机体的 β 细胞功能障碍和胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)均与T2DM的发病有直接关系。此外,已有研究表明,血脂异常,例如三酰甘油(triglyceride, TG)升高或高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)水平低都能导致血糖异常^[4]。高甘油三酯血症可导致IR和随后的恶性循环后果,其中代偿性高胰岛素血症和IR可进一步加剧高甘油三酯血症^[5]。另一方面,一些临床观察表明,HDL-C与糖尿病风险呈负相关^[6]。目前有研究使用三酰甘油与高密度脂蛋白胆固醇(TG/HDL-C)的比值来预测T2DM的发生,我们在临床工作中发现,身体质量指数(body mass index, BMI)会影响TG/HDL-C与T2DM的关系。所以本研究分析BMI联合TG/HDL-C对T2DM的预测作用。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取瑞慈医疗集团2010—2016年体检人群的体检数据库^[7],所有纳入研究的人群至少两次随访,且随访间隔大于2年。排除基线时有缺失值、基线时诊断为糖尿病、随访时未确定是否患有糖尿病的参与者。最后,共纳入研究对象13 685例。糖尿病诊断标准参见《中国2型糖尿病防治指南(2020年版)》^[1]。根据该诊断标准,随访结束时共有315例诊断为T2DM。病人或其近亲属知情同意,本研究符合《世界医学协会赫尔辛基宣言》相关要求。

1.2 方法 我们记录如下信息:年龄、性别、BMI、TG、HDL-C、血压、天冬氨酸转氨酶(AST)、丙氨酸转氨酶(ALT)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、肌酐(creatinine, Cr)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、空腹血糖(fasting blood glucose, FPG)、吸烟史、饮酒史、T2DM家族史和随访结果(是否患T2DM)。以BMI=24 kg/m²作为分界点,将所有纳入研究的人群分为两个亚组:BMI<24 kg/m²亚组和BMI≥24 kg/m²亚组。其中BMI<24 kg/m²亚组共有

8 238例,96例研究对象在随访结束时患T2DM;BMI≥24 kg/m²亚组共有5 447例,219例研究对象随访结束时患T2DM。根据TG/HDL-C的五分位数将研究人群分为五组,即Q1、Q2、Q3、Q4和Q5组。研究的终点定义如下:在随访期间,研究对象诊断为T2DM或截至随访结束时未出现终点事件。T2DM事件的诊断标准参见《中国2型糖尿病防治指南》^[1]。

1.3 统计学方法 应用R软件(4.1.0版本)进行统计分析。数据分为定量数据和定性数据,正态分布的定量数据用 $\bar{x} \pm s$ 来表示,非正态分布计量资料采用中位数(第25、75百分位数)即 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,定性数据用例(%)表示。分别用单因素方差分析、Kruskal-Wallis秩和检验、Pearson χ^2 检验来分析每组间的差异是否有统计学意义。Cox比例风险模型用于研究不同亚组间TG/HDL-C对T2DM发生风险的影响,TG/HDL-C分别以连续变量和分组变量两种形式代入模型。所有模型都分为不调整任何因素(原始模型),调整性别、年龄(模型I)和调整性别、年龄、收缩压、谷丙转氨酶和肌酐(模型II)共计3个模型。绘制Kaplan-Meier生存曲线以计算不同亚组间累积T2DM发病率,并且通过限制性立方样条模型评估不同亚组间TG/HDL-C与T2DM发病率之间非线性关系。

2 结果

2.1 一般资料比较 在最终纳入研究的13 685例受试者中,至随访结束共有315例(2.3%)诊断为T2DM。如表1所示,在这13 685例受试者中,男性7 396例(54.0%),女性6 289例(46.0%),年龄44.06岁,TG/HDL-C为1.06。根据TG/HDL-C的五分位数,将研究人群分为五组:Q1组,TG/HDL-C为 0.37 ± 0.07 ($n=2\ 737$),Q2组,TG/HDL-C为 0.58 ± 0.06 ($n=2\ 735$),Q3组的TG/HDL-C为 0.82 ± 0.08 ($n=2\ 736$),Q4组的TG/HDL-C为 1.20 ± 0.15 ($n=2\ 740$),Q5组的TG/HDL-C为 2.35 ± 1.01 ($n=2\ 737$)。见表1。

2.2 BMI<24 kg/m²亚组中TG与HDL-C比值与T2DM发病率之间的关系 在BMI<24 kg/m²的人群中,TG与HDL-C比值,与T2DM发病率之间的关系见表2。在未调整任何变量的模型中,T2DM发病率随着TG与HDL-C比值的升高而显著增加[$HR=1.67$; 95%CI: (1.48, 1.89); $P<0.01$]。将TG/HDL-C分成五组,以第一组为参照,随着组别的升高,T2DM发生的风险呈上升趋势(趋势 $P<0.01$)。原始模型未调整任何混杂因素,模型I调整了性别和年龄,模型II在模型I的基础上调整了收缩压、谷丙转氨酶和肌酐,3个模型的结果类似。见表2。

表1 糖尿病 13 685 例一般资料比较

变量	参与者 (n=13 685)	TG/HDL-C 五分组					$F(\chi^2)[Z]$ 值	P 值
		Q1(n=2 737)	Q2(n=2 735)	Q3(n=2 736)	Q4(n=2 740)	Q5(n=2 737)		
年龄/(岁, $\bar{x}\pm s$)	44.06±13.00	39.04±10.75	41.92±12.37	44.98±13.60	46.51±13.25	47.84±12.86	846.31	<0.001
(TG/HDL-C)/ $\bar{x}\pm s$	1.06±0.84	0.37±0.07	0.58±0.06	0.82±0.08	1.20±0.15	2.35±1.01	20 392.00	<0.001
患糖尿病的人数/例(%)	315(2.3)	17(0.6)	27(1.0)	55(2.0)	90(3.3)	126(4.6)	(132.68)	<0.001
收缩压/(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	118.72±13.25	113.40±12.30	116.35±12.89	119.43±13.10	120.95±13.04	123.47±12.52	1 025.46	<0.001
舒张压/(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	74.28±8.84	70.76±7.99	72.56±8.60	74.50±8.61	75.84±8.63	77.72±8.63	1 121.24	<0.001
身体质量指数/ (kg/m^2 , $\bar{x}\pm s$)	23.30±3.28	21.19±2.47	22.19±2.87	23.24±3.07	24.36±3.07	25.51±2.99	3 800.10	<0.001
丙氨酸转氨酶/ [mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	18.00(13.20, 26.40)	14.00(11.30, 18.30)	15.60(12.00, 21.75)	18.00(13.70, 25.00)	21.00(15.10, 29.50)	25.80(18.40, 36.00)	[2 442.68]	<0.001
天冬氨酸转氨酶/ [mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	22.00(18.70, 26.60)	20.00(17.30, 23.70)	21.00(18.00, 24.95)	22.00(18.60, 26.00)	23.00(19.48, 28.00)	25.00(20.80, 30.70)	[315.45]	<0.001
尿素氮/ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	4.64±0.92	4.54±0.93	4.56±0.91	4.68±0.93	4.70±0.91	4.71±0.89	76.28	<0.001
肌酐/(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	69.89±12.77	63.91±11.41	67.73±12.49	70.46±12.75	72.81±12.55	74.54±11.79	1 271.82	<0.001
总胆固醇/ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	4.75±0.72	4.50±0.64	4.64±0.70	4.73±0.72	4.86±0.72	5.03±0.72	946.11	<0.001
三酰甘油/ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	1.36±0.94	0.56±0.12	0.84±0.14	1.13±0.20	1.53±0.29	2.75±1.17	18 656.64	<0.001
高密度脂蛋白胆固醇/ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	1.37±0.24	1.54±0.20	1.45±0.21	1.37±0.21	1.28±0.21	1.19±0.19	4 929.18	<0.001
低密度脂蛋白胆固醇/ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	2.74±0.53	2.54±0.47	2.67±0.51	2.77±0.53	2.87±0.54	2.87±0.54	717.36	<0.001
空腹血糖/(mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	4.94±0.47	4.82±0.44	4.89±0.45	4.95±0.46	5.00±0.46	5.05±0.48	582.21	<0.001
性别/例(%)							(1 960.37)	<0.001
男性	7 396(54.0)	694(25.4)	1 145(41.9)	1 534(56.1)	1 876(68.5)	2 147(78.4)		
女性	6 289(46.0)	2 043(74.6)	1 590(58.1)	1 202(43.9)	864(31.5)	590(21.6)		
抽烟/例(%)							(837.17)	<0.001
不抽烟	2 364(17.3)	156(5.7)	314(11.5)	436(15.9)	628(22.9)	830(30.3)		
偶尔抽烟	457(3.3)	38(1.4)	63(2.3)	100(3.7)	110(4.0)	146(5.3)		
每天抽烟	10 864(79.4)	2 543(92.9)	2 358(86.2)	2 200(80.4)	2 002(73.1)	1 761(64.3)		
饮酒/例(%)							(220.16)	<0.001
不饮酒	292(2.1)	32(1.2)	40(1.5)	58(2.1)	64(2.3)	98(3.6)		
偶尔饮酒	1 939(14.2)	230(8.4)	319(11.7)	409(14.9)	450(16.4)	531(19.4)		
每周饮酒	11 454(83.7)	2 475(90.4)	2 376(86.9)	2 269(82.9)	2 226(81.2)	2 108(77.0)		
T2DM 家族史/例(%)	318(2.3)	59(2.2)	65(2.4)	68(2.5)	64(2.3)	62(2.3)	(0.73)	0.947

注: TG/HDL-C 为三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇, T2DM 为 2 型糖尿病, Q1 为第一组, Q2 为第二组, Q3 为第三组, Q4 为第四组, Q5 为第五组。

2.3 BMI $\geq$ 24 kg/m² 亚组中 TG 与 HDL-C 比值与 T2DM 发病率之间的关系 在 BMI $\geq$ 24 kg/m² 的人群中, TG 与 HDL-C 比值, 与 T2DM 发病率之间的关系见表 3。在未调整任何变量的模型中, T2DM 发病率随着 TG 与 HDL-C 比值的升高而显著增加 [$HR=1.84$; 95% CI : (1.07, 1.31); $P<0.01$]。将 TG/HDL-C 分成五组, 以第一组为参照, 随着组别的升高, T2DM 发生的风险呈上升趋势 (趋势 $P<0.01$)。原始模型未调整任何混杂因素, 模型 I 调整了性别和年龄, 模型 II 在模型 I 的基础上调整了收缩压、谷丙转氨酶和肌酐, 在后两个模型中, 随着 TG/HDL-C 的增加, T2DM 发病率差异无统计学意义。见表 3。

2.4 两亚组的交互作用 根据 BMI=24 kg/m² 的切

点值, 将 BMI 分为两个亚组, TG/HDL-C 与 BMI 的交互作用 $P<0.01$ 。

2.5 两亚组 T2DM 患病率比较 在随访期间共有 315 例 (2.3%) 研究对象患 T2DM。Q1、Q2、Q3、Q4 和 Q5 的 T2DM 分别为 0.6% ($n=17$), 1.0% ($n=27$), 2.0% ($n=55$), 3.3% ($n=90$) 和 4.6% ($n=126$)。随着时间延长, BMI $<$ 24 kg/m² 和 BMI $\geq$ 24 kg/m² 的亚组患 T2DM 的人数均增加, 且 Q1、Q2、Q3、Q4 和 Q5 五组中 T2DM 的患病人数增加均差异有统计学意义 (分别为 $P<0.001$ 和 $P=0.013$)。见图 1。

2.6 TG/HDL-C 与 T2DM 发病率的曲线关系 我们通过使用限制性立方样条分析评估了 TG/HDL-C 与 T2DM 发病率之间的非线性特征。在对性别、年

表2 BMI<24 kg/m²亚组 8 238 例TG/HDL-C 与 T2DM 发病风险的关系

项目	HR 95%CI 与 P 值		
	原始模型	模型 I	模型 II
TG/HDL-C	1.67(1.48,1.89), <0.001	1.63(1.40,1.89), <0.001	1.47(1.23,1.74), <0.001
TG/HDL-C 五分组			
Q1	1	1	1
Q2	0.86(0.33,2.27), 0.765	0.69(0.26,1.84), 0.465	0.73(0.28,1.93), 0.523
Q3	3.84(1.84,7.99),< 0.001	2.28(1.08,4.81), 0.030	2.75(1.29,5.85), 0.001
Q4	4.44(2.13,9.24),< 0.001	2.35(1.11,4.97), 0.025	2.81(1.28,6.20), 0.010
Q5	9.15(4.46,18.78), <0.001	4.62(2.22,9.64), <0.001	3.91(1.51,10.11), <0.001
趋势 P 值	<0.001	<0.001	<0.001

注: TG/HDL-C 为三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇, Q1 为第一组, Q2 为第二组, Q3 为第三组, Q4 为第四组, Q5 为第五组。

表3 BMI≥24 kg/m²亚组 5 447 例TG/HDL-C 与 T2DM 发病风险的关系

项目	HR 95%CI 与 P 值		
	原始模型	模型 I	模型 II
TG/HDL-C	1.19(1.07,1.31), <0.001	1.16(1.05,1.29), <0.001	1.11(0.99,1.25), 0.054
TG/HDL-C 五分组			
Q1	1.00	1.00	1.00
Q2	1.40(0.59,3.12), 0.443	1.37(0.58,3.25), 0.471	1.41(0.59,3.34), 0.440
Q3	1.41(0.62,3.20), 0.418	1.21(0.53,2.76), 0.649	1.09(0.48,2.50), 0.834
Q4	2.24(1.03,4.88), 0.043	2.02(0.92,4.14), 0.078	1.58(0.71,3.49), 0.263
Q5	2.29(1.06,4.94), 0.034	1.98(0.92,4.29), 0.081	1.30(0.55,3.05), 0.545
趋势 P 值	0.003	0.012	0.146

注: TG/HDL-C 为三酰甘油/高密度脂蛋白胆固醇, Q1 为第一组, Q2 为第二组, Q3 为第三组, Q4 为第四组, Q5 为第五组。

龄、收缩压、谷丙转氨酶和肌酐进行调整后,我们可以看到:随着 TG/HDL-C 的升高,T2DM 发病的风险逐渐升高并呈现曲线相关性(BMI<24 kg/m²亚组增长稍快,BMI≥24 kg/m²亚组增长较慢)。见图2。

2.7 两个亚组中 ROC 曲线 我们绘制了两个亚组中,以 TG/HDL-C 分别预测 3 年和 5 年 T2DM 发病的 ROC 曲线、截断值(BMI<24 kg/m²: 3 年为 0.72、0.90; 5 年为 0.77、0.71。BMI≥24 kg/m²: 3 年为 0.55、1.08; 5 年为 0.57、1.05)。

3 讨论

TG/HDL-C 在预测 T2DM 发病率方面显示出相当大的敏感性和特异性^[8]。本研究将研究人群根据 BMI 分为两组,探讨 BMI 联合 TG/HDL-C 预测 T2DM

发病风险,结果发现:两组人群中,随着 TG/HDL-C 的增加,T2DM 发病风险均呈非线性增加,这一变化在 BMI<24 kg/m²的人群中更显著。

血脂异常对 T2DM 发展的影响已在之前的研究中得到充分证实。已经发现 TG/HDL-C 比值是胰岛素抵抗和β细胞功能障碍的潜在预测标志物^[9]。最新研究表明,葡萄糖稳态与脂质代谢密切相关。较高的 TG/HDL-C、TG 和较低的 HDL-C 可加速 T2DM 的发展和进展^[10]。在没有诊断出 T2DM 的健康个体中,胰腺脂质含量沉积增加可能导致β细胞功能障碍增强^[11]。胰腺三酰甘油储存的减少可能有助于 T2DM 中β细胞功能和胰岛素敏感性的正常化。高脂血症通过诱导胰腺β细胞凋亡、下调胰岛素的生物合成和分泌以及糖代谢异常来促进 T2DM 的发展。这些结果与脂肪酸代谢异常有关,包括脂质沉积、内质网应激、炎症反应、氧化应激和胰岛素信号传导缺陷,最终导致β细胞损伤和凋亡^[12]。相反, HDL-C 已被证明是一种潜在的抗糖尿病因子,可改善胰岛素抵抗和β细胞功能障碍^[13]。另一方面,在胰岛素抵抗或高胰岛素血症的 T2DM 病人中,过量的胰岛素分泌可以调节脂蛋白脂肪酶和载脂蛋白的产生以及胆固醇酯转移蛋白的功能,从而进一步促进糖尿病血脂异常的进展^[14]。因此,IR、β细胞功能障碍、TG 和 HDL-C 的恶性循环可显著增加 T2DM 发病和进展的风险。

高的 BMI 是众所周知的 IR 风险因素^[15],而 IR 是 T2DM 发生发展过程中关键的一环^[16]。不同 BMI 的人脂肪的含量是不同的,脂肪组织的特点是乳糜微粒的清除减少和胰岛素介导的脂解抑制受损,这可能导致 IR^[17]。因此,身体脂肪的含量和 IR 之间存在直接联系,而 IR 则直接影响了 T2DM 的发生和疾病进程。本研究就是探讨不同的 BMI 状态下,TG/HDL-C 和 T2DM 的关系。结果显示在 BMI<24 kg/m² 的亚组中,随着 TG/HDL-C 增加或组别的升高, T2DM 的发病风险均增加,在 BMI≥24 kg/m² 的亚组中,在未调整任何混杂因素的情况下,TG/HDL-C 每升高一个单位,T2DM 的发病风险变为原来的 1.84 倍。但在调整潜在的混杂因素后,随着 TG/HDL-C 的升高,T2DM 的发病风险的增加无统计学意义。既往文献也报道了不同的 BMI 人群中,TG/HDL-C 与 T2DM 发病风险的不同^[8,18]。但是对其中的机制并未进行更多的探讨,我们分析可能在高 BMI 的人群中,IR 较严重,故血脂水平的变化对 T2DM 的发病风险影响相对较小。

我们进一步使用非限制性立方样条模型探讨了不同的 BMI 分组下 TG/HDL-C 与 T2DM 发病风险

的非线性相关性。我们发现在两个亚组中,随着TG/HDL-C的增加,T2DM发病风险均升高,并且升高的速度是非线性的,先快后慢。在BMI<24 kg/m²的亚组中,T2DM发病风险增加得较快,在BMI≥24 kg/m²亚组中,增加得较慢。先前的研究表明,一些预测因子的异常,包括血压、体重指数、三酰甘油、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和空腹血糖,不仅与T2DM独立相关,还与其他疾病如心血管疾病、脑血管疾病、心力衰竭和与这些疾病相关的病死率增加有关^[19]。我们绘制了在BMI<24 kg/m²和BMI≥24 kg/m²两个亚组中,以TG/HDL-C分别预测3年和5年T2DM发病的ROC曲线,结果发现在BMI<24 kg/m²亚组中,ROC曲线下面积均高于0.70,尤其在5年的ROC曲线中,曲线下面积达到了0.77,提示在该亚组中TG/HDL-C对T2DM的发病有很强的预测作用。但是在BMI≥24 kg/m²的亚组中,ROC曲线下面积均低于0.60,提示在该亚组中TG/HDL-C与T2DM的发病风险关联较弱。我们在临床工作中很容易获得病人的血脂,在BMI<24 kg/m²的人群中,要关注这些病人的TG/HDL-C,因为这部分人群有较高的患T2DM的风险。

总之,TG/HDL-C的升高对T2DM患病具有一定的预测价值,尤其在BMI<24 kg/m²的人群中。本研究是回顾性研究,病人没有口服葡萄糖耐量试验,所以可能会造成T2DM的漏诊此外,随访期间,TG和HDL-C缺失比较严重,所以我们没有分析TG/HDL-C的动态变化与T2DM的关系。我们使用的是公共数据库,里面没有腰围、臀围等数据,所以我们分析的指标有一定局限性,下一步我们将进一步完善相关数据,加强前瞻性随访,以验证结果。

(本文图1,2见插图1-1)

参考文献

- [1] 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]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(4): 311-398.
- [2] BRAGG F, HOLMES MV, IONA A, et al. Association between diabetes and cause-specific mortality in rural and urban areas of China[J]. JAMA, 2017, 317(3): 280-289.
- [3] KNOWLER WC, BARRETT-CONNOR, FOWLER SE, et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin[J]. N Engl J Med, 2002, 346(6): 393-403.
- [4] YANG T, LIU Y, LI L, et al. Correlation between the triglyceride-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio and other unconventional lipid parameters with the risk of prediabetes and type 2 diabetes in patients with coronary heart disease: a RCSCD-TCM study in China[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21(1): 93-104.
- [5] 周德新. 2型糖尿病患者肥胖与胰岛素抵抗以及血脂的关系[J]. 中国医药指南, 2021, 19(17): 87-88.
- [6] 赵亚楠, 代甜, 夏森, 等. TG与高密度脂蛋白胆固醇对2型糖尿病发病影响的前瞻性队列研究[J]. 中华疾病控制杂志, 2022, 26(8): 945-952.
- [7] CHEN Y, ZHANG XP, YUAN J, et al. Association of body mass index and age with incident diabetes in Chinese adults: a population-based cohort study [J/OL]. BMJ Open, 2018, 8(9): e021768. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-021768.
- [8] LIU HZ, LIU JX, LIU JX, et al. Triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio, a simple but effective indicator in predicting type 2 diabetes mellitus in older adults [J]. Front Endocrinol (Lausanne), 2022, 13: 828581. DOI: 10.3389/fendo.2022.828581.
- [9] 薛敏, 冯帆, 姜国良, 等. 2型糖尿病患者体质量指数、血脂与胰岛β细胞功能的相关性研究[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(2): 194-197.
- [10] QIN H, CHEN Z, ZHANG Y, et al. Triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio is associated with incident diabetes in men: a retrospective study of Chinese individuals [J]. J Diabetes Investig, 2020, 11(1): 192-198.
- [11] WAGNER R, JAGHUTRIZ BA, GERST F, et al. Pancreatic steatosis associates with impaired insulin secretion in genetically predisposed individuals [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2020, 105(11): 3518-3525.
- [12] AL-MRABEH A. β-cell dysfunction, hepatic lipid metabolism, and cardiovascular health in type 2 diabetes: new directions of research and novel therapeutic strategies [J]. Biomedicines, 2021, 9(2): 226.
- [13] COCHRAN BJ, MANANDHAR B, RYE KA. HDL and diabetes [J]. Adv Exp Med Biol, 2022, 1377: 119-127.
- [14] LIU Y, MENG LL, LI JW, et al. A randomized study on the effect of metformin combined with intensive-exercise diet therapy on glucose and lipid metabolism and islet function in patients with renal cell carcinoma and diabetes [J]. Dis Markers, 2022, 2022: 7383745. DOI: 10.1155/2022/7383745.
- [15] GONZÁLEZ-GIL EM, GIMÉNEZ-LEGARRE N, CARDON G, et al. Parental insulin resistance is associated with unhealthy lifestyle behaviours independently of body mass index in children: the feel4diabetes study [J]. Eur J Pediatr, 2022, 181(6): 2513-2522.
- [16] 张雪琼, 任卫红, 万思然, 等. 妊娠8~14周血清糖化血红蛋白联合空腹血浆葡萄糖、胰岛素抵抗指数预测妊娠糖尿病的临床价值[J]. 安徽医药, 2021, 25(10): 2032-2035.
- [17] BOSY-WESTPHAL A, BRAUN W, GEISLER C, et al. Body composition and cardiometabolic health: the need for novel concepts [J]. Eur J Clin Nutr, 2018, 72(5): 638-644.
- [18] CHEN Z, HU H, CHEN M, et al. Association of Triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol ratio and incident of diabetes mellitus: a secondary retrospective analysis based on a Chinese cohort study [J]. Lipids Health Dis, 2020, 19(1): 33-43.
- [19] KIM JA, LEE JS, CHUNG HS, et al. Impact of visit-to-visit fasting plasma glucose variability on the development of type 2 diabetes: a nationwide population-based cohort study [J]. Diabetes Care, 2018, 41(12): 2610-2616.

(收稿日期: 2022-08-15, 修回日期: 2022-11-17)