

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.16.015

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240801.0949.002\(2024-08-01\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240801.0949.002(2024-08-01))

TyG 指数、LDL/ApoB 对糖尿病肾病的预测价值研究*

苗佳盟¹, 刘洁^{1△}, 张晶², 袁媛¹, 陈艳荣¹

(河北大学附属医院:1. 内分泌科;2. 心血管内科, 河北保定 071000)

[摘要] **目的** 研究三酰甘油-葡萄糖(TyG)指数、低密度脂蛋白与载脂蛋白 B 的比值(LDL/ApoB)与糖尿病肾病患者的相关性,并探讨两者及其联合应用对糖尿病肾病的预测价值。**方法** 收集该院内分泌科 2021 年 10 月至 2023 年 9 月 2 型糖尿病(T2DM)住院患者 160 例,研究人群根据尿白蛋白与肌酐比值(UACR)分为 3 组:单纯糖尿病组(UACR<30 mg/g,78 例)、早期糖尿病肾病组(UACR 30~<300 mg/g,45 例)及中期糖尿病肾病组(UACR≥300 mg/g,37 例)。分析 3 组患者一般临床资料、生化指标、LDL/ApoB 和 TyG 指数的差异。此外,将患者分为非糖尿病肾病组(UACR<30 mg/g,78 例)和糖尿病肾病组(UACR≥30 mg/g,82 例),分析 TyG 指数、LDL/ApoB 对糖尿病肾病的预测价值。**结果** 3 组患者的病程、糖化血红蛋白(HbA1c)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL)、载脂蛋白 B(ApoB)、肌酐、肾小球滤过率(eGFR)、LDL/ApoB、TyG 指数比较差异有统计学意义($P<0.05$)。TyG 水平在单纯糖尿病组、早期糖尿病肾病组、中期糖尿病肾病组中依次降低,且 3 组组间比较差异有统计学意义($P<0.05$)。而中期糖尿病肾病组及早期糖尿病肾病组中的 LDL/ApoB 的水平均低于单纯糖尿病组,组间比较差异均有统计学意义($P<0.05$);中期糖尿病肾病的 LDL/ApoB 水平与早期糖尿病肾病组比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。TyG 指数预测糖尿病肾病的受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)为 0.759,LDL/ApoB 预测糖尿病肾病的 ROC AUC 为 0.701,两指标联合预测糖尿病肾病 ROC AUC 为 0.824。**结论** LDL/ApoB、TyG 指数均可以作为 2 型糖尿病肾病的预测指标,两者联合对糖尿病肾病更有预测价值。

[关键词] 甘油三酯-葡萄糖指数;低密度脂蛋白与载脂蛋白 B 的比值;糖尿病肾病;胰岛素抵抗;小而密低密度脂蛋白

[中图法分类号] R578

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2024)16-2476-06

Study on predictive value of TyG index and LDL/ApoB for diabetic nephropathy*

MIAO Jiameng¹, LIU Jie^{1△}, ZHANG Jing², YUAN Yuan¹, CHEN Yanrong¹

(1. Department of Endocrinology; 2. Department of Cardiovascular Internal Medicine, Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding, Hebei 071000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the correlation between TyG index, LDL/ApoB and type 2 diabetic nephropathy (DN), and to explore the predictive value of the both and their combined application in type 2 diabetic nephropathy. **Methods** A total of 160 inpatients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) in the endocrinology department of this hospital from October 2021 to September 2023 were collected and divided into the three groups based on the urinary albumin-to-creatinine ratio (UACR): simple diabetes group (UACR<30 mg/g, 78 cases), early diabetic nephropathy group (UACR 30~<300 mg/g, 45 cases) and middle stage diabetic nephropathy group (UACR≥300 mg/g, 37 cases). The differences in the general clinical data, biochemical indicators and LDL/ApoB and TyG index were compared among the three groups. In addition, the patients were divided into the non-diabetic nephropathy group (UACR<30 mg/g, 78 cases) and diabetic nephropathy group (UACR≥30 mg/g, 82 cases). The predictive value of TyG index and LDL/ApoB to diabetic nephropathy was analyzed. **Results** The disease duration, HbA1c, TC, TG, HDL, ApoB, creatinine, estimated glomerular filtration rate (eGFR), LDL/ApoB and TyG index had statistical differences among the three groups ($P<0.05$). The TyG level in the simple diabetic group, early diabetic nephropathy group and middle stage diabetic nephropathy group was decreased successively, and the differences among the three groups had statistical significant ($P<0.05$). The level of LDL/ApoB in the middle stage diabetic nephropathy group and early stage diabetic nephropathy group was lower than that in the simple diabetic group, and the difference was statistical-

* 基金项目:河北省保定市科技计划自筹经费项目(2041ZF306)。△ 通信作者, E-mail:1149826133@qq.com。

ly significant ($P < 0.05$). The LDL/ApoB level had no statistical difference between the middle stage diabetic group and early stage diabetic nephropathy group ($P > 0.05$). The area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) of TyG index for predicting diabetic nephropathy was 0.759, which of LDL/ApoB for predicting diabetic nephropathy was 0.701, and which of the two indexes combination for predicting diabetic nephropathy was 0.824. **Conclusion** LDL/ApoB and TyG index all could serve as the predictive indicators for type 2 diabetic nephropathy, and their combination has more predictive value for diabetic nephropathy.

[Key words] triglyceride-glucose index; LDL/ApoB ratio; diabetic nephropathy; insulin resistance; small dense low-density lipoprotein

随着社会的发展,糖尿病发病率逐年上升,糖尿病患者中约有 40% 会发展为糖尿病肾病,这些人群中又有 25%~45% 在未来 15 年内会进展为终末期肾病(end-stage renal disease, ESRD)^[1]。ESRD 病死率高,预后差。早期诊断并积极治疗,可以使糖尿病肾病得到逆转。目前临床上常用的糖尿病肾病监测方法包括尿常规检查、尿微量白蛋白测定、肾小球滤过率测定和血肌酐测定等,但每种方法都存在一定的局限性^[2]。因此寻找能反映出糖尿病肾病的指标,对于及早预测糖尿病肾病发生,改善预后至关重要。三酰甘油-葡萄糖(triglyceride-glucose, TyG)指数由空腹血糖及空腹三酰甘油(triglyceride, TG)值联合计算而成,对诊断胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)具有较高的敏感度与特异度^[3-4],且易获取,在临床实践中引起关注。有研究表明, TyG 指数升高时,人群发生微量白蛋白尿的风险增加及估算的肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)降低^[5]。本研究将进一步明确 T2DM 患者 TyG 指数与糖尿病肾病的相关性。sd-LDL 作为低密度脂蛋白(low-density lipoprotein, LDL)的亚型,具有促进动脉粥样硬化的潜在作用^[6-7]。同时有研究表明 sd-LDL 水平与糖尿病肾病的分期密切相关,其水平在 ESRD 中明显升高^[8-9]。然而 sd-LDL 测定方法复杂,未在临床上普及,目前有研究表明, LDL 与 ApoB 的比值(low-density lipoprotein/apolipoprotein B, LDL/ApoB)可以评估 sd-LDL 的水平,其中 LDL/ApoB <1.2 时,表明 LDL 中以 sd-LDL 为主导^[10]。本研究旨在研究 TyG 指数与 LDL/ApoB 指标与糖尿病肾病的相关性,并比较这两个指标单独及联合应用对糖尿病肾病的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 10 月至 2023 年 9 月在本院内内分泌科住院的 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者 160 例为研究对象,选取的患者均符合 1999 年 WHO 2 型糖尿病诊断标准,其中男 87 例、女 73 例。排除标准:(1)1 型糖尿病、妊娠及特殊类型糖尿病患者;(2)糖尿病急性并发症患者,如糖尿病酮症酸中毒、高渗性高血糖状态;(3)合并原发性肾小球、

肾小管疾病患者;(4)急、慢性胰腺炎患者;(5)严重肝功能不全患者;(6)急性感染患者;(7)家族性高三酰甘油血脂的患者。依据尿白蛋白与肌酐的比值(urine albumin to creatinine ratio, UACR)分为 3 组:单纯糖尿病组(UACR <30 mg/g)78 例,早期糖尿病肾病组(UACR 30~ <300 mg/g)45 例,中期糖尿病肾病组(UACR ≥ 300 mg/g)37 例。相关分析中患者分为非糖尿病肾病组(UACR <30 mg/g)78 例和糖尿病肾病组(UACR ≥ 30 mg/g)82 例。本研究经医院伦理委员会审核批准(审批号:HDFYLL-KY-2022-011),所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 方法

收集研究对象的一般情况,包括性别、年龄、糖尿病病程。研究对象抽血前一天清淡饮食,禁食 8 h 以上,于次日晨起时抽取肘部静脉血液和留取 24 h 尿液。使用全自动生化分析仪(美国 Beckman Coulter, IM-MAGE800)并搭配配套试剂,测定 UACR、24 h 尿蛋白定量、尿素(blood urea nitrogen, BUN)、测定血肌酐(serum creatinine, SCr)、尿酸(uric acid, UA)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、TG、高密度脂蛋白(high density lipoprotein, HDL)、LDL、极低密度脂蛋白(very low density lipoprotein, VLDL)、ApoB。此外还使用全自动生化分析仪(美国 Bio-Rad 公司, AU5800),以高效液相色谱法测定血糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin A1c, HbA1c),以己糖激酶法测定空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)。最后,使用全自动生化分析仪(深圳市新产业生物医学工程股份有限公司, MAGLUMIX8),以化学发光法测定血空腹 C 肽(fasting C-peptide, FCP)、空腹胰岛素。计算 eGFR:以肾脏病膳食改良试验(modification of diet in renal disease, MDRD)公式计算^[11],即 $eGFR = 175 \times SCr - 1.234 \times \text{年龄} - 0.179 \times (\text{女性} \times 0.79 / \text{男性} \times 1.00)$; TyG 指数 = $\ln[TG(\text{mg/dL}) \times FPG(\text{mg/dL}) / 2]$ ^[3]。

1.3 统计学处理

采用 SPSS25.0 软件进行数据统计分析,计数资料以例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多重比较采取单因素方差分析,两两比较采用 LSD- t 检验;不符合正态分

布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$, 多重比较采用 Mann-Whitney U 检测, 两两比较采取 Kruskal-Wallis H 检验。采用单因素和多因素 logistics 回归分析 TyG 指数、LDL/ApoB 与糖尿病肾病的相关系; 绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线, 计算曲线下面积(area under curve, AUC) 评估参数的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学差异。

2 结 果

2.1 单纯糖尿病组、早期糖尿病肾病组、中期糖尿病肾病组一般资料比较

3 组患者病程、FPG、HbA1c、TC、TG、HDL、ApoB、SCr、eGFR、LDL/ApoB、TyG 指数比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。3 组性别、年龄、BMI、LDL、VLDL、24 h 尿蛋白定量、尿素、UA、FCP、空腹胰岛素比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。TyG 指数水平在单纯糖尿病组、早期糖尿病肾病组、中期糖尿病肾病组中依次降低, 且 3 组组间两两比较差异有统计学

意义($P < 0.05$)。中期糖尿病肾病组及早期糖尿病肾病组中的 LDL/ApoB 的水平均低于单纯糖尿病组, 组间两两比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。中期糖尿病病组的 LDL/ApoB 水平与早期糖尿病肾病组比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 1。

2.2 TyG 指数、LDL/ApoB 与糖尿病肾病相关性分析

为了评估 TyG 指数、LDL/ApoB 与糖尿病肾病的相关性, 将连续性资料 TyG 指数、LDL/ApoB 划分为三分位数 $Q_1 \sim Q_3$, 其中以 Q_1 为参照。Model1 为未校正任何指标的结果, Model2 为校正年龄、性别、BMI 后的结果, Model3 是在 Model2 的基础上再校正病程、HbA1c、TC、HDL、SCr、eGFR 的结果。分析结果显示在 Model1、Model2 和 Model3 中, 随着 TyG 指数升高, LDL/ApoB 降低, 糖尿病肾病发生风险增加, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表 2、3。

表 1 3 组患者一般资料比较

项目	单纯糖尿病组 (<i>n</i> =78)	早期糖尿病肾病组 (<i>n</i> =45)	中期糖尿病肾病组 (<i>n</i> =37)	$\chi^2/F/U$	<i>P</i>
性别[<i>n</i> (%)]				1.431	0.489
男	45(57.69)	25(55.56)	17(45.95)		
女	33(42.31)	20(44.44)	20(54.05)		
病程[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), 年]	5.50(2.00, 10.00)	8.00(2.00, 13.00)	13.00(8.00, 20.00) ^{ab}	18.811	<0.001
年龄[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), 岁]	52.00(43.00, 60.00)	57.00(46.00, 68.00)	54.00(42.00, 62.00)	3.072	0.215
BMI[$\bar{x} \pm s$, kg/m ²]	26.63±3.65	27.23±3.94	25.42±4.40	2.241	0.110
FPG[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mmol/L]	7.85(6.20, 10.10)	9.70(8.10, 10.70) ^a	12.30(9.70, 17.60) ^{ab}	29.288	<0.001
HbA1c[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), %]	8.55(7.30, 9.50)	9.00(7.80, 9.90)	9.80(8.10, 10.70) ^a	6.988	0.030
TC[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mmol/L]	4.43(3.75, 5.51)	4.61(3.53, 5.56)	6.31(5.13, 7.97) ^{ab}	28.505	<0.001
TG[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mmol/L]	1.57(1.15, 2.02)	1.86(1.50, 2.85) ^a	3.28(1.90, 5.63) ^{ab}	27.144	<0.001
HDL[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mmol/L]	1.11(0.98, 1.40)	1.08(0.87, 1.21)	1.04(0.83, 1.26)	7.241	0.027
LDL[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mmol/L]	3.03(2.38, 3.70)	3.01(2.09, 3.47)	2.74(1.88, 3.59)	3.069	0.216
ApoB[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mmol/L]	0.88(0.73, 1.06)	1.03(0.84, 1.32) ^a	1.24(1.14, 1.56) ^a	24.986	<0.001
24 h 尿蛋白定量[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), g/24 h]	0.52(0.24, 0.75)	0.44(0.30, 0.71)	0.36(0.12, 0.68)	3.144	0.208
尿素[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), μmol/L]	5.54(4.53, 6.82)	5.99(4.48, 7.50)	6.20(5.25, 9.79)	4.015	0.134
SCr[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), μmol/L]	59.50(50.00, 72.75)	64.00(50.00, 85.00)	94.00(65.00, 127.00) ^{ab}	26.375	<0.001
UA[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), μmol/L]	311.00(269.00, 370.50)	314.00(258.00, 404.00)	366.00(273.00, 440.00)	2.610	0.271
FCP[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mIU/L]	2.78(1.99, 3.82)	2.40(1.52, 3.71)	3.52(2.33, 4.51)	5.016	0.081
空腹胰岛素[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃), mIU/L]	11.45(6.47, 14.51)	11.59(6.69, 15.01)	13.45(9.70, 24.36)	4.549	0.103
eGFR($\bar{x} \pm s$, mL·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻²)	131.60±39.12	109.71±38.23 ^a	104.23±60.22 ^a	6.112	0.003
LDL/ApoB[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	1.25(1.19, 1.37)	1.21(0.99, 1.31) ^a	0.93(0.60, 1.21) ^a	23.820	<0.001
TyG 指数[<i>M</i> (<i>Q</i> ₁ , <i>Q</i> ₃)]	9.23(8.80, 9.61)	9.56(9.25, 10.12) ^a	10.42(9.63, 11.28) ^{ab}	40.142	<0.001

^a: $P < 0.05$, 与单纯糖尿病组比较; ^b: $P < 0.05$, 与早期糖尿病肾病组比较。

2.3 TyG 指数、LDL/ApoB 对糖尿病肾病发生风险的预测性能分析

ROC 曲线分析结果显示 TyG 指数预测糖尿病肾病的 AUC 为 0.795 ($P < 0.001$), 灵敏度为 46.3%,

特异度为 96. 2%。LDL/ApoB 预测糖尿病肾病的 AUC 为 0. 701($P<0. 001$),灵敏度为 72. 53%,特异度为 43. 9%。TyG 联合 LDL/ApoB 预测糖尿病肾病

AUC 为 0. 824,灵敏度为 67. 10%,特异度 84. 60%。TyG 联合 LDL/ApoB 的预测能力大于单个指标,见表 4、图 1。

表 2 TyG 指数与糖尿病肾病相关性分析

项目	Model1		Model2		Model3	
	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P
TyG<9. 22	Ref.		Ref.		Ref.	
TyG 9. 22~9. 71	2. 440(1. 091~5. 454)	0. 030	2. 459(1. 091~5. 544)	0. 030	2. 779(1. 018~7. 585)	0. 046
TyG>9. 71	7. 990(3. 368~18. 955)	<0. 001	8. 984(3. 675~21. 96)	<0. 001	6. 337(1. 983~20. 254)	0. 002

表 3 LDL/ApoB 与糖尿病肾病相关性分析

项目	Model1		Model2		Model3	
	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P
LDL/ApoB≤1. 13	Ref.		Ref.		Ref.	
LDL/ApoB 1. 13~1. 28	0. 236(0. 104~0. 536)	0. 001	0. 216(0. 093~0. 502)	<0. 001	0. 296(0. 096~0. 910)	0. 034
LDL/ApoB>1. 28	0. 247(0. 109~0. 559)	0. 001	0. 234(0. 102~0. 536)	0. 001	0. 256(0. 085~0. 768)	0. 015

表 4 TyG 指数、LDL/ApoB 对糖尿病肾病预测性分析

项目	AUC	截断值	灵敏度(%)	特异度(%)	P	95%CI
TyG	0. 759	10. 01	46. 30	96. 20	<0. 001	0. 686~0. 832
LDL/ApoB	0. 701	1. 07	72. 53	43. 90	<0. 001	0. 619~0. 782
TyG+LDL/ApoB	0. 824	0. 56	67. 10	84. 60	<0. 001	0. 760~0. 888

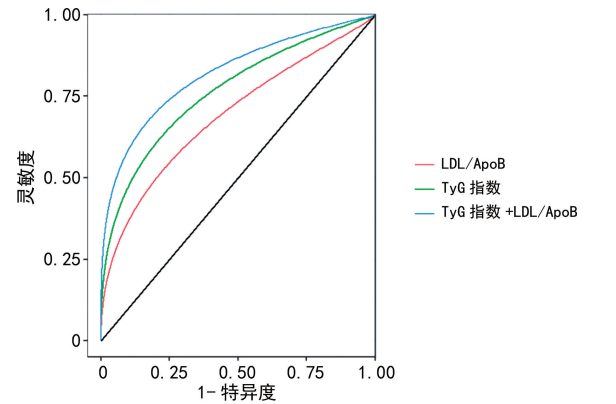


图 1 TyG 指数、LDL/ApoB 及两指标联合预测糖尿病肾病的 ROC 曲线分析

3 讨 论

糖尿病肾病的发生离不开 IR 的致病作用。IR 与慢性肾病 (chronic kidney disease, CKD) 发生早期代谢异常及心血管不良结局密切相关^[11-13]。同时 CKD 会发生一系列的病理生理学变化,包括炎症、肾素-血管紧张素系统活性增强、尿毒症毒素蓄积和代谢性中毒^[11],这些变化干扰胰岛素信号传导通路,破坏胰岛素受体底物 1,进一步降低胰岛素敏感性^[14]。IR 对肾脏的损害作用体现在糖毒性效应:长期的高血糖状态可导致糖基化终产物的累积,这些物质可直接损伤肾脏细胞;血流动力学改变;IR 可导致内皮功能

障碍,血管紧张素Ⅱ和内皮素-1 的表达水平上调,这些因子可使肾小球内压增高,加速肾脏病变的进展;炎症和氧化应激损伤;IR 可增加炎症因子的产生,如肿瘤坏死因子-α(tumor necrosis factor-α, TNF-α)和白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)等炎症因子可加剧肾脏炎症反应和氧化应激,损害肾脏结构和功能^[15];脂毒性效应;IR 常伴随脂肪代谢紊乱,脂质沉积于肾脏可导致肾小管上皮细胞和肾间质细胞的功能受损,促进肾脏病变^[16]。从分子角度而言,胰岛素信号传导在分子水平上是通过胰岛素受体感受胰岛素,胰岛素受体分布在全身,包括肾小管细胞和足细胞上,胰岛素信号通过磷脂酰肌醇 3-激酶(phosphatidylinositol 3-kinase, PI3K)和丝氨酸/苏氨酸激酶(protein kinase B, Akt)信号通路级联传播^[17]。在 IR 状态下,PI3K 途径受损,无法激活内皮细胞产生一氧化氮,无法使内皮细胞舒张,且丝裂原活化蛋白激酶途径会刺激血管收缩,引起组织的损伤^[18],导致肾脏损伤。因此通过反映 IR 的指标来反映糖尿病肾病的情况至关重要。

IR 的常用替代指标是胰岛素抵抗稳态模型(homeostatic model assessment for insulin resistance, HOMA-IR)^[14]。研究发现,东南亚人群中,在年龄>45 岁的人群中,白蛋白尿和肾功能损害的发生率随着

HOMA-IR 四分位数的升高而上升,HOMA-IR 与 >45 岁人群的白蛋白尿或肾功能损害明显相关^[19]。一项大型研究将 TyG 指数作为 T2DM 患者 IR 的评价指标,研究发现,TyG 指数较高的患者更容易发生微量白蛋白尿,同时又随访了 424 例 T2DM 但无糖尿病肾病的患者,发现 TyG 指数高的患者发展为糖尿病肾病的可能性越高^[5]。本研究分析了 TyG 指数与糖尿病肾病的相关性。TyG 指数在 3 组中逐渐升高,差异有统计学意义,TyG 指数与 UACR 呈正相关,并且在矫正其他干扰因素的基础上显示 TyG 的水平越高,越易发生糖尿病肾病,且差异有统计学意义($P<0.05$)。TyG 指数预测糖尿病肾病发病的 AUC 为 0.759($P<0.001$),诊断价值较高。

胰岛素敏感性与血脂中的 LDL 颗粒大小相关,粒径更小的 LDL 与 IR 的相关性更加明显^[20]。相较于其他脂质代谢指标,sd-LDL 能更好地反映 2 型糖尿病患者 IR 的情况,并且与 IR 呈明显正相关^[21]。周立忠^[22]证实了 sd-LDL 为糖尿病肾病患者的尿微量白蛋白排泄率(UAER)的独立影响因素。随着 UAER 的增加和 eGFR 的下降,sd-LDL 水平呈现增高趋势。在年轻的肾脏疾病人群中发现 sd-LDL 水平不仅与 eGFR 呈现正相关,且与肾病的分期相关^[8]。一项大型调查结果表明 CKD 患者的 LDL/ApoB 与 CKD 发生风险呈负相关,同时 CKD 的发生风险随着 LDL 粒径的减小而增加^[23]。本研究通过 LDL/ApoB 来反映 sd-LDL 水平,分析了 LDL/ApoB 与糖尿病肾病的相关性,结果表明 LDL/ApoB 与糖尿病肾病的相关,当 LDL/ApoB 下降时,糖尿病肾病发生的风险增高。而 LDL/ApoB 联合 TyG 指数预测糖尿病肾病发病的 ROC AUC 为 0.824,均高于两指标单独应用,故两指标联合应用对糖尿病肾病的发生更具预测效能。

综上所述,T2DM 患者 IR 加速糖尿病肾病的发生和发展,TyG 指数、LDL/ApoB 均与 IR 密切相关,通过监测 TyG 指数、LDL/ApoB 及联合检测,可以有效追踪糖尿病肾病的发生、发展,为该病的诊断和病情监测提供新的依据。在未来的临床实践中,应更加关注这两个指标,以全面监测糖尿病肾病的进展情况,进一步研究可以专注于寻找减少 IR 发生的药物,减轻 IR 对人体的损害,从而延缓糖尿病并发症的发生,提高糖尿病患者的生活质量。

参考文献

[1] RYE K A,BARTER P J,COCHRAN B J. Apo-lipoprotein A-I interactions with insulin secretion and production[J]. Curr Opin Lipidol, 2016,27(1):8-13.

[2] American Diabetes Association. Introduction;stand-

ards of medical care in diabetes-2022[J]. Diabetes Care,2022,45(Suppl. 1):1-2.

[3] GASTALDELLI A. Measuring and estimating insulin resistance in clinical and research settings[J]. Obesity (Silver Spring),30(8):1549-1563.

[4] FRITZ J,BROZEK W,CONCIN H,et al. The triglyceride-glucose index and obesity-related risk of end-stage kidney disease in austrian adults[J]. JAMA Netw Open,2021,4(3):e212612.

[5] LV L,ZHOU Y,CHEN X,et al. Relationship between the Tyg index and diabetic kidney disease in patients with type-2 diabetes mellitus[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2021, 14: 3299-3306.

[6] 张甜甜,安军,李伟,等. 2 型糖尿病合并冠心病患者小而密低密度脂蛋白与其冠状动脉病变严重程度相关性研究[J]. 心血管病学进展, 2021,42(5):470-475

[7] IKEZAKI H,LIM E,CUPPLES L A,et al. Small dense low-density lipoprotein cholesterol is the most atherogenic lipoprotein parameter in the prospective framingham offspring study[J]. J Am Heart Assoc,2021,10(5):e019140.

[8] FILLER G,TAHERI S,MCINTYRE C,et al. Chronic kidney disease stage affects small, dense low-density lipoprotein but not glycated low-density lipoprotein in younger chronic kidney disease patients:a cross-sectional study[J]. Clin Kidney J,2018,11(3):383-388.

[9] NOELS H,LEHRKE M,VANHOLDER R,et al. Lipoproteins and fatty acids in chronic kidney disease:molecular and metabolic alterations[J]. Nat Rev Nephrol,2021,17(8):528-542.

[10] XIAO L,ZHANG K,WANG F,et al. The LDL-C/ApoB ratio predicts cardiovascular and all-cause mortality in the general population[J]. Lipids Health Dis,2023,22(1):104.

[11] 汪红平,王超凡,高洁,等. 甘油三酯葡萄糖乘积指数及甘油三酯高密度脂蛋白胆固醇比值对初发急性心肌梗死患者近期预后的影响[J]. 中国糖尿病杂志,2022,30(11):835-842.

[12] DAVE N,WU J,THOMAS S. Chronic kidney disease-induced insulin resistance;current state of the field[J]. Current Diabetes Reports, 2018, 18(7): 44.

[13] PARK K,AHN C W,LEE S B,et al. Elevated TyG index predicts progression of coronary artery calcification[J]. Diabetes Care, 2019, 42(8):1569-1573.

[14] SHI W, LIU S, JING L, et al. Estimate of reduced glomerular filtration rate by triglyceride-glucose index: insights from a general Chinese population[J]. Postgrad Med, 2019, 131(4): 287-294.

[15] ARTUNC F, SCHLEICHER E, WEIGERT C, et al. The impact of insulin resistance on the kidney and vasculature[J]. Nat Rev Nephrol, 2016, 12(12): 721-737.

[16] BRØNS C, GRUNNET L G. Mechanisms in endocrinology: skeletal muscle lipotoxicity in insulin resistance and type 2 diabetes: a causal mechanism or an innocent bystander? [J]. Eur J Endocrinol, 2017, 176(2): R67-78.

[17] CHAN D T, WATTS G F, IRISH A B, et al. Insulin resistance and vascular dysfunction in chronic kidney disease: mechanisms and therapeutic interventions[J]. Nephrol Dial Transplant, 2017, 32(8): 1274-1281.

[18] ARTUNC F, SCHLEICHER E, WEIGERT C, et al. The impact of insulin resistance on the kidney and vasculature[J]. Nat Rev Nephrol, 2016, 12(12): 721-737.

[19] LIN C A, LIU Y P, CHEN Y C, et al. Gender-specific and age-specific associations of the homeostasis model assessment for IR (HOMA-IR) with albuminuria and renal function impairment: a retrospective cross-sectional study in southeast China [J]. BMJ Open, 2021, 11(12): e053649.

[20] SONG Y S, HWANG Y C, AHN H Y, et al. Comparison of the usefulness of the updated homeostasis model assessment (HOMA2) with the original HOMA1 in the prediction of type 2 diabetes mellitus in Koreans[J]. Diabetes Metab J, 2016, 40(4): 318-325.

[21] BAKILLAH A, OBEID K K, AL SUBAIEE M, et al. Association of advanced lipoprotein subpopulation profiles with insulin resistance and inflammation in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. J Clin Med, 2023, 12(2): 487.

[22] 周立忠. 小而密低密度脂蛋白胆固醇对糖尿病患者早期肾损伤的评估价值[J]. 中国医药, 2019, 14(7): 1007-1010.

[23] BAE J C, HAN J M, KWON S, et al. LDL-C/Apo B and HDL-C/apoA-1 ratios predict incident chronic kidney disease in a large apparently healthy cohort [J]. Atherosclerosis, 2016, 251: 170-176.

(收稿日期: 2024-01-04 修回日期: 2024-06-22)

(编辑: 姚 雪)

(上接第 2475 页)

[11] 王文静, 谭文君, 张晓刚, 等. 外科 ICU 诊治的 6 例成人重症破伤风患者临床特点和治疗经验[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2020, 41(5): 742-746.

[12] 薛章委, 戴惠婷, 刘杰, 等. 气管切开术在抢救危重型新型冠状病毒肺炎患者中的应用体会[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2020, 20(3): 174-175, 179.

[13] EVMAN M D, SELCUK A A. Vocal cord paralysis as a complication of endotracheal intubation[J]. J Craniofac Surg, 2020, 31(2): e119-120.

[14] NAMA R K, BHOSALE G P, BUTALA B P, et al. Bilateral adductor vocal cord palsy: complication of prolonged intraoperative hypotension after endotracheal intubation[J]. Middle East J Anaesthesiol, 2015, 23(3): 339-342.

[15] 吴元庆, 徐进敬, 邓毅. 颈部外伤的诊治体会[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2018, 24(5): 478-481.

[16] 王海燕. 刎颈致颈部开放性损伤二例[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(20): 3499-3500.

[17] 中国老年医学学会烧创伤分会. 烧伤患者气管切开置管全国专家共识(2018 版)[J]. 中华烧伤杂志, 2018, 34(11): 782-785.

[18] 堵亚茹, 任丽青, 张桂华, 等. 老年烧伤患者气管切开感染的危险因素[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(2): 344-346.

[19] 刘瑞端, 靳安民. 颈脊髓损伤后早期并发症的处理及其治疗的研究进展[J]. 华夏医学, 2021, 34(6): 116-120.

[20] 辛忠, 张建敏. 患儿气管切开取出异物麻醉管理一例[J]. 临床麻醉学杂志, 2020, 36(4): 414-415.

[21] 蒋传亚, 刘业海, 杨克林, 等. 高危气管切开安全性的评估和手术体会[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2009, 44(5): 421-423.

[22] 朱任良, 刘春林, 谢维, 等. 危重喉梗阻临床救治体会[J]. 中国临床新医学, 2019, 12(5): 540-542.

(收稿日期: 2024-01-16 修回日期: 2024-05-18)

(编辑: 唐 璞)