

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.002899

基于限制性立方样条模型分析中老年人群空腹血糖受损与体质指数的关系

王钰麒¹, 彭斌¹, 吴苗¹, 钟立², 唐兰²

(1. 重庆医科大学公共卫生与管理学院卫生统计学教研室, 重庆 400016;

2. 重庆医科大学附属第一医院体检中心, 重庆 400016)

【摘要】目的:调查重庆地区中老年人群空腹血糖(fasting blood-glucose, FBG)水平, 分析空腹血糖受损(impaired fasting glucose, IFG)相关的危险因素, 为糖尿病的防控提供依据。**方法:**回顾性分析 2019 年 1 至 12 月在重庆医科大学附属第一医院进行体检的中老年人群, 收集空腹血糖 FBG 及相关生理生化指标, 应用 logistic 回归模型结合限制性立方样条模型(restricted cubic splines, RCS)分析 IFG 与体质指数(body mass index, BMI)的剂量-反应关系。**结果:**44 525 名体检者共检出 3 913 例 IFG, 检出率为 8.79%, 其中男性检出率为 10.71%; 女性检出率为 6.84% ($P < 0.001$)。将研究对象分为正常血糖(normal glucose tolerance, NGT)组和 IFG 组, 2 组在性别、年龄、BMI、腰围(waist circumference, WC)、收缩压(systolic blood pressure, SBP)、舒张压(diastolic blood pressure, DBP)、高密度脂蛋白(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白(low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triacylglycerol, TG)、尿酸(uric acid, UA)水平差异均有统计学差异 ($P < 0.001$)。调整混杂因素之后, 超重组 ($OR = 1.178, 95\%CI = 1.074 \sim 1.293$)、肥胖组 ($OR = 1.350, 95\%CI = 1.157 \sim 1.574$) 与 IFG 关系具有统计学意义。RCS 结果显示, 男性、40~岁、50~岁、BMI 连续变化与 IFG 关联呈非线性剂量-反应关系。**结论:**超重和肥胖是 IFG 剂量依赖性的危险因素, 随着 BMI 升高, 发生 IFG 的危险性随之升高。

【关键词】空腹血糖受损; 体质指数; 中老年人群; 限制性立方样条

【中图分类号】R587

【文献标志码】A

【收稿日期】2020-01-10

Analysis of the relationship between impaired fasting blood-glucose and body mass index in middle-aged and elderly people based on restricted cubic spline model

Wang Yuqi¹, Peng Bin¹, Wu Miao¹, Zhong Li², Tang Lan²

(1. Teaching and Researching Section of Health Statistics, College of Public Health and Management, Chongqing Medical University; 2. Medical Examination Center, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To investigate the fasting blood-glucose (FBG) levels of middle-aged and elderly people in Chongqing, and analyze the risk factors related to impaired fasting glucose (IFG), so as to provide a basis for the prevention and control of diabetes.

Methods: The middle-aged and elderly people undergoing health examination in a tertiary Grade-A hospital in Chongqing from January to December in 2019 were retrospectively analyzed. FBG and related physiological and biochemical data were collected. The dose-response relationship between IFG and body mass index (BMI) was analyzed using Logistic regression model combined with restricted cubic splines (RCS). **Results:** A total of 3 913 IFG cases were detected in 44 525 subjects, with a detection rate of 8.79%,

of which the detection rate was 10.71% in males and 6.84% in females ($P < 0.001$). The study subjects were divided into normal glucose tolerance (NGT) group and IFG group. The two groups had statistical differences in gender, age, BMI, waist circumference (WC), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), high density lipoprotein-cholesterol (HDL-C), low density lipoprotein-cholesterol (LDL-C), total cholesterol (TC), triacylglycerol (TG), and uric acid (UA) ($P < 0.001$). After ad-

作者介绍:王钰麒, Email: 2019110962@stu.cqmu.edu.cn,

研究方向: 慢病风险评估。

通信作者:唐兰, Email: 1015341159@qq.com。

基金项目:国家重点研发资助项目(编号: 2018YFC1311706); 2020 年重庆医科大学研究生智慧医学专项研发计划资助项目(编号: YJSZHYX202004)。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20210923.1339.002.html> (2021-09-23)

justing for confounding factors, the relationship between overweight group ($OR=1.178$, 95%CI=1.074–1.293) and obesity group ($OR=1.350$, 95%CI=1.157–1.574) and IFG was statistically significant. RCS analysis showed that there was a nonlinear dose-response relationship between the continuous changes of BMI and IFG in males, 40– years old and 50– years old. **Conclusion:** Overweight and obesity are dose-dependent risk factors for IFG. As BMI increases, the risk of IFG increases.

[Key words] impaired fasting glucose; body mass index; middle-aged and elderly people; restricted cubic spline

当前我国经济高速发展,人们的生活方式和饮食习惯发生了质的变化,这种变化会影响血脂、血糖和全身肥胖等,这些因素在一定程度上导致我国糖尿病的发病率明显升高^[1-2]。1997 年美国糖尿病协会提出了空腹血糖受损(impaired fasting glucose, IFG)这一概念,IFG 属于糖尿病前期状态^[3]。由于 IFG 没有明显的临床症状,容易被人们忽视以至于此状态容易转化为糖尿病^[4]。空腹血糖(fasting blood-glucose, FBG)作为识别 IFG 最常用的检测指标,对早期发现、早期干预糖尿病事件具有重大意义。重庆作为中国西部唯一的直辖市,伴随经济快速发展,城镇化程度逐年攀升以及居民生活方式改变,也同样面临糖尿病高发等问题。糖尿病患者大部分都是中老年人,其患病率随年龄增加而增加,发病具有明显的年龄依赖性,我国 2 次全国调查都表明二者的相关系数在 0.9 以上^[5]。因此,本研究以中老年人群为研究对象,探讨体质指数(body mass index, BMI)与 IFG 的剂量关系,为中老年人群防控糖尿病提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

以 2019 年 1 至 12 月在重庆医科大学附属第一医院体检的中老年人群为研究对象(年龄 ≥ 40 岁)。排除标准:妊娠期女性;既往糖尿病、高血压及严重心脑血管疾病患者;体检资料缺失及数据异常。最终本研究纳入 44 525 名研究对象。研究对象平均年龄(54.65 ± 10.32)岁,以 10 岁为一个年龄段,将年龄分为 40~岁、50~岁、60~岁、70~岁 4 个段。

1.2 研究方法

1.2.1 生化指标测定 采集体检者空腹 8~12 h 的静脉血,使用全自动生化分析仪(日本日立 7020)检测 FBG、高密度脂蛋白(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白(low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triacylglycerol, TG)、尿酸(uric acid, UA)等项目。

1.2.2 体格检查 所有体检者均由专业医师进行体格检查,

受试者穿着轻便的衣服进行测量身高(精确到 0.1 cm)、体重(精确到 0.1 kg),计算 BMI=体质量/身高²(kg/m²)。

1.2.3 血压测量 体检者至少静坐 5 min 后,采用 HEM-906 型血压计(日本欧姆龙松阪株式会社)测量体检者的右上肢座位血压,连续测 3 次收缩压(systolic blood pressure, SBP)与舒张压(diastolic blood pressure, DBP),间隔 30 s,将 3 次测量平均值作为血压值。

1.2.4 腰围(waist circumference, WC)测量 采用最小刻度为 0.1 cm 的软尺测定。测量者站立于被测量者正前方,以髂骨上脊与第十二肋骨下缘连线的中点为测量点,将皮尺沿测量点水平环绕腰部一周,重复测量 2 次,记录平均值^[6]。

1.3 诊断标准

1.3.1 空腹血糖受损 按照中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)^[7],FBG 在 3.9~6.1 mmol/L 为正常糖耐量(normal glucose tolerance, NGT),FBG 在 6.1~7.0 mmol/L 为 IFG。

1.3.2 腹型肥胖 男性 WC ≥ 90 cm,女性 WC ≥ 85 cm^[8]为腹型肥胖。

1.3.3 体质指数 按照《中国成年人超重和肥胖症预防与控制指南》^[9]对 BMI 进行划分: BMI <18.5 kg/m² 为过瘦, 18.5 kg/m² $\leq$ BMI <24 kg/m² 为正常, 24 kg/m² $\leq$ BMI <28 kg/m² 为超重, BMI ≥ 28 kg/m² 为肥胖。

1.3.4 高血压 高血压被定义为 SBP ≥ 140 mmHg 和(或)舒张压 DBP ≥ 90 mmHg 和(或)使用抗高血压药物和(或)既往有高血压史,目前正在服抗高血压药^[9]。

1.3.5 血脂异常 按照中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版)^[10]TC ≥ 6.21 mmol/L 为异常;TG ≥ 2.26 mmol/L 为异常;HDL-C <1.03 mmol/L 为异常;LDL-C ≥ 4.16 mmol/L 为异常。

1.3.6 高尿酸血症(hyperuricemia, HUA) 男性 UA 高于 416 mmol/L,女性 UA 高于 357 mmol/L^[11]。

1.4 统计学处理

采用 SAS 9.4 统计软件进行分析。分类变量采用率或构成比表示,组间比较采用卡方检验。定量变量以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,2 组间均数比较采用 t 检验,并通过计算效应值(effect size, ES)指标反映变量在 2 组的差异变化幅度的效应强度。采用多因素 logistic 回归探究 IFG 与 BMI 之间关系,并结合 RCS 模型探究 BMI 连续变化对 IFG 的剂量-反应关系,选取 BMI 的 4 个百分位数 P_5 、 P_{25} 、 P_{75} 、 P_{95} 为节点,绘制 IFG 与 BMI 的 RCS 曲线。若 $P_{\text{overall}} < 0.05$,表明 BMI 与 IFG 存在剂量-反应关系;若 $P_{\text{overall}} < 0.05$ 且 $P_{\text{non-linearity}} > 0.05$ 表明 BMI 与 IFG

存在线性剂量-反应关系;若 $P_{\text{overall}} < 0.05$ 且 $P_{\text{non-linearity}} < 0.05$ 表明 BMI 与 IFG 存在非线性剂量-反应关系。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 纳入研究对象一般情况

通过数据筛选,本研究共纳入 44 525 名研究对象,其中男性 22 374 例(50.25%),平均年龄(54.97 ± 10.76)岁;女性 22 151 例(49.75%),平均年龄(54.32 ± 9.84)岁。IFG 组 BMI

显著高于 NGT 组(25.14 ± 3.01 vs. 23.62 ± 2.90 , $P < 0.001$),且 ES 为 0.514, BMI 在 2 组的差异变化幅度属于中等效应^[12]。表 1 列出了研究 FBG 的关键变量,NGT 组和 IFG 组在年龄、WC、DBP、SBP、HDL-C、LDL-C、TC、TG、UA 水平方面差异有统计学意义($P < 0.001$),但除 WC 和 SBP 外,其他变量在 IFG 组和 NGT 组的差异变化幅度属弱效应($ES < 0.5$)。

2.2 不同 BMI 和性别的 IFG 检出率

在 44 525 名体检者中,共检出 3 913 例 IFG,总检出率为 8.79%,其中男性 2 397 例 IFG,检出率为 10.71%;女性

表 1 研究对象一般特征

变量	NGT组 (n=40 612)	IFG组 (n=3 913)	OR (95%CI)	χ^2 值	P 值
性别				207.90	
男	19977	2397	1.00		
女	20 635	1 516	0.612 (0.572~0.655)		
年龄/岁				705.21	
40~	15 484	777	1.00		
50~	14 716	1 485	2.011 (1.838~2.199)		
60~	6 865	1 022	2.967 (2.691~3.270)		<0.001
70~	3 547	629	3.534 (3.162~3.950)		
BMI				854.11	
过瘦	1 046	36	0.566 (0.404~0.793)		
正常	21 874	1 331	1.00		
超重	14 839	1 901	2.105 (1.957~2.265)		<0.001
肥胖	2 853	645	3.717 (3.357~4.115)		
腹型肥胖				831.17	
否	31 971	2 285	1.00		<0.001
是	8 641	1 628	2.636 (2.463~2.821)		
SBP/mmHg				609.38	
<140	32 011	2 407	1.00		<0.001
≥ 140	8 601	1 506	2.329 (2.174~2.494)		
DBP/mmHg				224.65	
<90	35 946	3 142	1.00		<0.001
≥ 90	4 666	771	1.890 (1.737~2.057)		
HDL-C/(mmol·L ⁻¹)				124.78	
≥ 1.03	35 874	3 217	1.00		<0.001
<1.03	4 738	696	1.638 (1.501~1.788)		
LDL-C/(mmol·L ⁻¹)				58.0601	
<4.16	37 021	3 591	1.00		<0.001
≥ 4.16	3 423	490	1.476 (1.334~1.632)		
TC/(mmol·L ⁻¹)				61.46	
<6.21	37 594	3 485	1.00		<0.001
≥ 6.21	3 018	428	1.530 (1.375~1.703)		
TG/(mmol·L ⁻¹)				432.40	
<2.26	33 800	2 734	1.00		<0.001
≥ 2.26	6 812	1 179	2.140 (1.989~2.302)		
HUA				284.53	
否	32 616	2 695	1.00		
是	7 996	1 218	1.844 (1.716~1.981)		

1 516 例 IFG, 检出率为 6.84%; 男性检出率显著高于女性, 差异具有统计学意义 ($\chi^2=207.903\ 8, P<0.001$)。男性在正常组和超重组的 IFG 检出率显著高于同组女性 ($P<0.001$), 但在过瘦组和肥胖组男性和女性 IFG 检出率无统计学意义 (表 2)。

2.3 单因素和多因素 logistic 回归分析研究 BMI 与 IFG 的关系

表 3 为单因素和多因素 logistic 回归结果。在单因素 logistic 回归模型中, 以 FBG (包括 NGT 和 IFG) 为因变量, 仅以 BMI 为自变量 (分类变量纳入模型)。与正常组相比, 不同 BMI 组 IFG 风险不同, 过瘦组 ($OR=0.566, 95\%CI=0.404\sim 0.793$), 超重组 ($OR=2.105, 95\%CI=1.957\sim 2.265$), 肥胖组 ($OR=3.717, 95\%CI=3.357\sim 4.115$)。模型 1 在单因素 logistic 回归的基础上, 调整性别和年龄, 不同 BMI 组 IFG 的风险仍不同, 差异具有统计学差异。模型 2 在模型 1 的基础上调整 WC、DBP、SBP、HDL-C、LDL-C、TC、TG、UA, 超重和肥胖对 IFG 的影响略有减弱, 而在调整一系列混杂因素后, 过瘦对 IFG 影

响没有统计学意义 ($P=0.899$)。结果详见表 3。

2.4 IFG 与 BMI 的剂量-效应分析

根据多因素 logistic 回归结果校正年龄、性别、WC、DBP、SBP、HDL-C、LDL-C、TC、TG、UA (均以分类变量作为调整变量纳入模型) 后, 在性别、年龄分层的基础上, 采用 4 个节点的 RCS 模型分析 BMI 连续变化与 IFG 的关系, 以 BMI 为横轴, 预测 OR 值为纵坐标, 上下虚线代表 95%CI。40~岁年龄段在 BMI P_{95} 处发生风险最大 ($OR=5.703, 95\%CI=3.769\sim 8.630$) (表 4)。由图 1 看出, 对性别分层后, 男性 BMI 连续变化与 FBG 关联呈非线性剂量-反应关系 ($P_{non-linearity}=0.001\ 2$); 而女性 BMI 连续变化与 FBG 关联呈线性剂量-反应关系 ($P_{non-linearity}=0.447\ 0$)。对不同年龄段绘制 RCS 曲线, 40~岁和 50~岁 BMI 连续变化与 FBG 关联呈非线性剂量-反应关系 ($P_{non-linearity}<0.001$); 而 60~岁和 70~岁 BMI 连续变化与 FBG 关联线性剂量-反应关系 ($P_{non-linearity}=0.620\ 4$ 和 $P_{non-linearity}=0.841\ 4$), 详见图 2。

表 2 不同性别、BMI 组的人群 IFG 检出情况比较

BMI 分组	男性		女性		χ^2 值	P 值
	NGT 组/IFG 组	检出率/%	NGT 组/IFG 组	检出率/%		
过瘦	346/13	3.62	700/23	3.18	0.144	0.704
正常	8 488/650	7.11	13 386/681	4.84	52.888	<0.001
超重	9 263/1 310	12.39	5 576/591	9.58	30.483	<0.001
肥胖	1 880/424	18.40	973/221	18.51	0.006	0.939

表 3 IFG 与 BMI 的多因素 logistic 回归分析结果

模型	BMI 分组	参数估计	Wald χ^2	OR	95%CI	P 值
单因素	过瘦	-0.569	10.963	0.566	0.404~0.793	<0.001
	正常			1.000	Ref.	
	超重	0.745	398.617	2.105	1.957~2.265	<0.001
	肥胖	1.313	398.617	3.717	3.357~4.115	<0.001
模型 1 ^a	过瘦	-0.656	14.422	0.519	0.370~0.728	<0.001
	正常			1.000	Ref.	
	超重	0.663	300.949	1.941	1.801~2.092	<0.001
	肥胖	1.269	571.859	3.559	3.207~3.949	<0.001
模型 2 ^b	过瘦	-0.023	0.016	0.978	0.690~1.385	0.899
	正常			1.000	Ref.	
	超重	0.164	11.999	1.178	1.074~1.293	<0.001
	肥胖	0.299	14.588	1.350	1.157~1.574	<0.001

注: a, 调整年龄和性别; b: 调整年龄、性别、WC、DBP、SBP、HDL-C、LDL-C、TC、TG、UA

表 4 不同性别、年龄三个节点对应的 OR 值

分组		BMI参考值(P_5)/(kg·m ⁻²)	P_{25} 处 OR 值	P_{75} 处 OR 值	P_{95} 处 OR 值
性别	男	19.84	1.547	2.153	2.430
	女	18.90	1.146	1.814	2.364
年龄/岁	40~	19.20	1.527	4.009	5.703
	50~	19.38	1.672	2.782	3.284
	60~	19.30	1.341	1.691	2.175
	70~	18.80	1.230	1.775	2.392

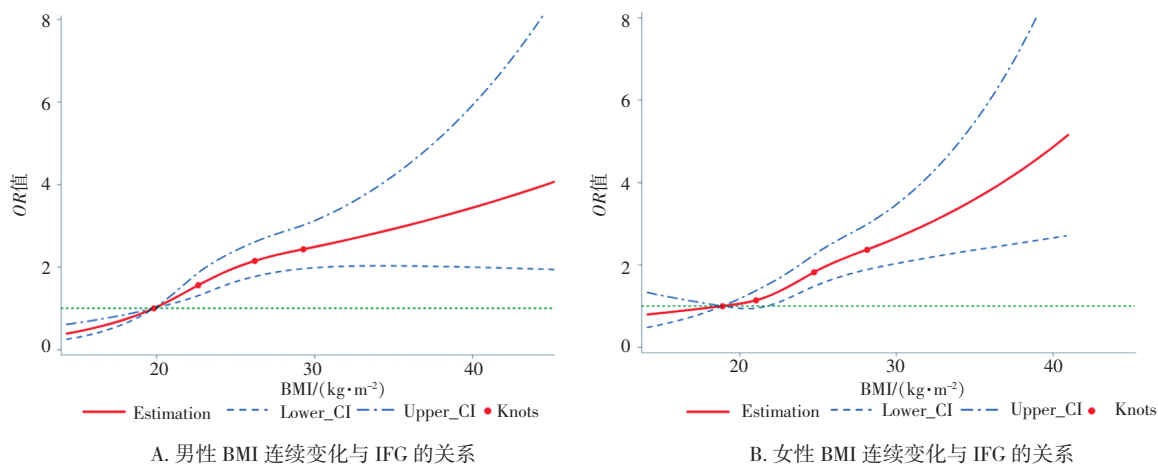


图 1 基于 RCS 模型不同性别的 BMI 连续变化与 IFG 的关系

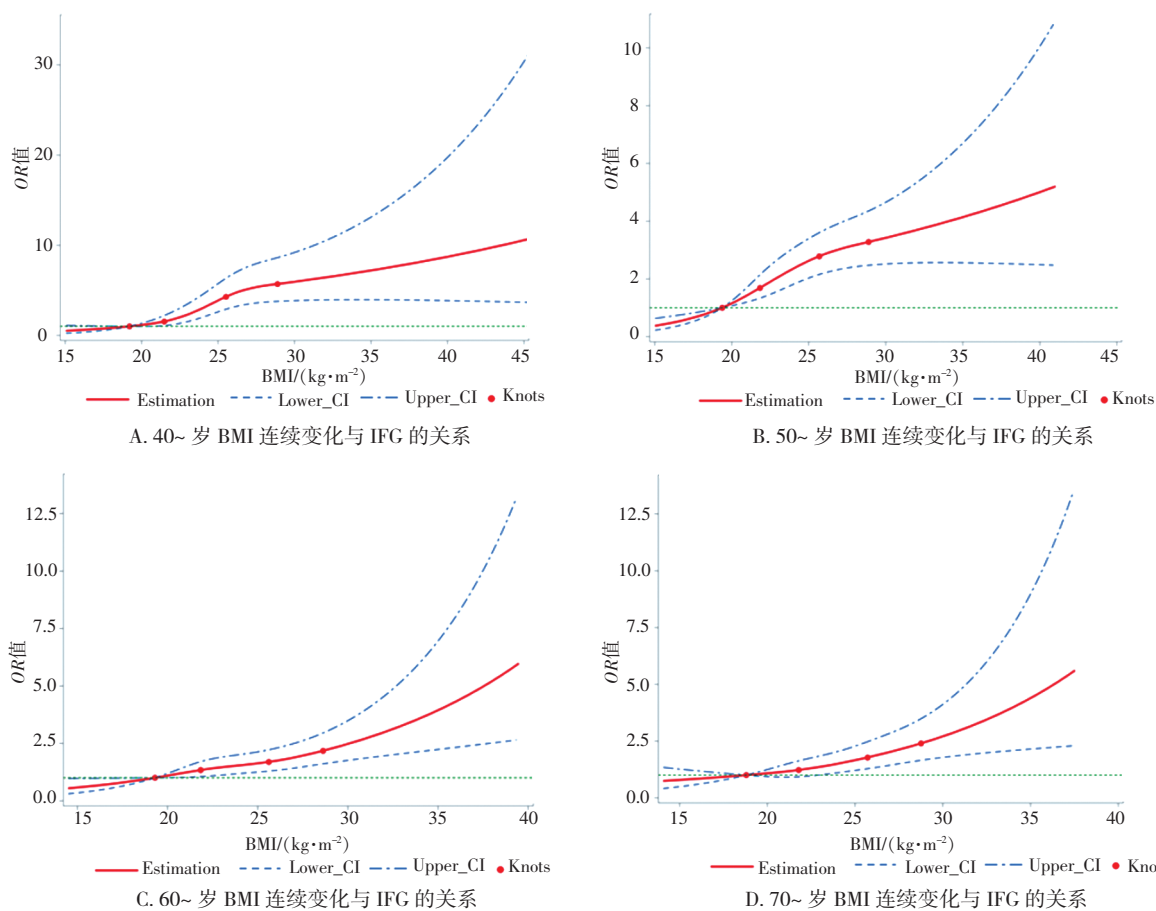


图 2 基于 RCS 模型不同年龄段 BMI 连续变化与 IFG 的关系

3 讨论

IFG 是健康人到糖尿病的必经过程, 如果不加以控制, 很容易引发糖尿病。2003 年, 亚洲心血管疾病国际合作调查结果^[13]显示全国中老年人群 IFG 率为 7.3%; 而在 2018 年的研究中^[14], 全国中老年人

IFG 率上升到 9.7%, 说明我国糖尿病的一级防控不容忽视。本研究体检人群 IFG 检出率为 8.79%, 表明重庆地区中老年人存在 IFG 危险较高。

本研究在调整年龄、性别、WC、DBP、SBP、HDL-C、LDL-C、TC、TG、UA 等影响因素的影响后, 男性 BMI 连续变化与 FBG 之间呈现非线性剂量-反应关系, 而女性 BMI 连续变化与 FBG 之间呈现线性剂

量-反应关系。在对年龄进行分层后,BMI 连续变化与 FBG 也呈现出非线性和线性剂量-反应关系,这都为 IFG 的预防提供依据。无论是对性别还是年龄进行分层,肥胖和超重为 IFG 的危险因素,其作用机制是脂肪细胞通过释放游离脂肪酸,从而降低周围组织对葡萄糖的摄取^[15-16]。一旦身体中存在过多的脂肪,就会影响胰腺的正常功能,导致胰岛素分泌不足,使人们糖耐量降低,最后导致血糖升高。

在国内外大多数的研究中,一般仅把 BMI 作为分类变量纳入模型,且结局变量都是是否患糖尿病。一项美国女性的队列研究结果显示^[17],在调整混杂因素后,BMI 与糖尿病的关系仍然显著,类似的结论也可在对英国男性研究^[18]中找到。而在日本一项队列研究中^[19],把 BMI 作为连续变量纳入限制性立方样条模型中,得到 BMI 是糖尿病的剂量依赖的危险因素。如果仅把 BMI 作为多分类变量纳入模型,很容易造成偏倚,所以本研究首次利用 RCS 的方法探讨 BMI 连续变化对 IFG 的影响。选择 4 个节点,分别是 P_5 、 P_{25} 、 P_{75} 、 P_{95} ,绘制 RCS 曲线,以尽可能客观且准确地展现 BMI 与 IFG 的剂量关系。根据研究所绘制的 RCS 曲线,可知无论是对性别还是年龄分层,随着 BMI 连续增加,发生 IFG 的危险性随之升高。特别是 BMI 超过 25 kg/m² 后,FBG 呈现快速增长的趋势。IFG 与肥胖、生活习惯密切相关,有研究表明当体质指数增加 1 kg/m² 可能使患病风险增加约 25%^[20]。所以针对本研究结果可考虑当人们 BMI 达到一定单位之后,控制体质量可能是预防 FBG 上升最简单和最有效的策略之一^[21-22]。

综上所述,IFG 作为糖尿病的前期状态,早期发现、早期干预 IFG 可以有效控制我国糖尿病的发病趋势。但由于本研究只是对体检者的资料进行回顾性分析,没有调查体检者的生活习惯方式,很多疾病与生活习惯有紧密的联系,在以后的研究中应该进行全面的研究。

参 考 文 献

- [1] 杨小红,何庆莉,周润涛,等. 重庆市西部新城地区体检人群空腹血糖受损发生情况与危险因素分析[J]. 重庆医科大学学报,2016,41(5):499-503.
- [2] 鹿 斌,柏悦恬,胡仁明. 强化慢性病防控,促进全民健康——谈代谢性炎症综合征的综合防治[J]. 医学综述,2020,26(21):4165-4167,4172.
- [3] Sun M, Wang M, Sun C, et al. The cut-off value of impaired fasting glucose should be lower; based on the associations of fasting blood glucose with blood lipids[J]. Prim Care Diabetes, 2020, 14(2): 147-153.
- [4] Rondanelli M, Riva A, Petrangolini G, et al. The metabolic effects of cynara supplementation in overweight and obese class I subjects with newly detected impaired fasting glycemia: a double-blind, placebo-controlled, randomized clinical trial[J]. Nutrients, 2020, 12(11): 3298.
- [5] 潘长玉, 金文胜. 2 型糖尿病流行病学[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2005, 21(5): 491-495.
- [6] 王陇德. 健康管理师-国家职业资格三级[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 23.
- [7] 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.
- [8] 中国肥胖问题工作组. 中国成人超重和肥胖症预防与控制指南(节录)[J]. 营养学报, 2004, 26(1): 1-4.
- [9] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中华医学会心血管病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2018 年修订版)[J]. 中国心血管杂志, 2019, 24(1): 24-56.
- [10] 诸骏仁, 高润霖, 赵水平, 等. 中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版)[J]. 中华健康管理学杂志, 2017, 11(1): 7-28.
- [11] Chobanian AV, Bakris GL, Black HR. The seventh report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. The JNC 7 report[J]. JAMA, 2003, 289(19): 2560-2572.
- [12] 杨丽虹, 刘少南, 吴大嵘, 等. 最小临床意义差值的概念及其估算方法[J]. 中国循证医学杂志, 2020, 20(11): 1345-1352.
- [13] Gu D, Reynolds K, Duan X, et al. Prevalence of diabetes and impaired fasting glucose in the Chinese adult population: international collaborative study of cardiovascular disease in Asia (InterASIA)[J]. Diabetologia, 2003, 46(9): 1190-1198.
- [14] Cho NH, Shaw JE, Karuranga S, et al. IDF diabetes atlas: global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2018, 138: 271-281.
- [15] 赵维纲, 朱惠娟. 肥胖致胰岛素抵抗和高血糖的机制、治疗及评测[J]. 中国医学科学院学报, 2010, 32(1): 7-12.
- [16] 赛米·赛麦提, 买买提·依斯热依力, 艾克拜尔·艾力. 肥胖与 2 型糖尿病关系的研究进展[J]. 中华肥胖与代谢病电子杂志, 2020, 6(2): 130-134.
- [17] Carey VJ, Walters EE, Colditz GA, et al. Body fat distribution and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women: the nurses' health study[J]. Am J Epidemiol, 1997, 145(7): 614-619.
- [18] Wannamethee SG, Shaper AG, Walker M. Overweight and obesity and weight change in middle aged men: impact on cardiovascular disease and diabetes[J]. J Epidemiol Commun Health, 2005, 59(2): 89.
- [19] Sanada H, Yokokawa H, Yoneda M, et al. High body mass index is an important risk factor for the development of type 2 diabetes[J]. Intern Med, 2012, 51(14): 1821-1826.
- [20] Nagaya T, Yoshida H, Takahashi H, et al. Increases in body mass index, even within non-obese levels, raise the risk for type 2 diabetes mellitus: a follow-up study in a Japanese population[J]. Diabet Med, 2005, 22(8): 1107-1111.
- [21] 魏 妹. 体检人群中 2 型糖尿病、空腹血糖受损患病和发病情况及其影响因素分析[D]. 天津: 天津医科大学, 2020.
- [22] Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, et al. Diet, lifestyle, and the risk of type 2 diabetes mellitus in women[J]. N Engl J Med, 2001, 345(11): 790-797.

(责任编辑: 冉明会)