

膳食血糖负荷与糖尿病关系的前瞻性研究

何凤怡, 陈超刚, 林刁珠, 林秀红, 袁智敏, 严 励
(中山大学孙逸仙纪念医院 临床营养科//内分泌科, 广东广州 510120)

摘要:【目的】探讨广州社区中老年人膳食血糖负荷(GL)与糖尿病发病的关系。【方法】研究对象为同时参与我院 2011 年和 2013 年 2 型糖尿病流行病学调查、且资料完整的 40~79 岁广州社区居民, 剔除 2011 年已诊断糖尿病的人群。2015 年对研究对象进行重复调查。采用非条件 Logistic 回归模型研究 GL 与糖尿病的关系。【结果】截止 2015 年, 随访对象共 768 人, 新发糖尿病 102 人, 累计发生率 13.3%。研究对象根据 GL 四分位分组, 各组糖尿病风险分别为 1.00, 0.96, 1.83, 2.11 (95%CI, 1.09~4.07), 趋势检验 $P < 0.01$ 。【结论】膳食 GL 可能是影响我国中老年人糖尿病发病的重要膳食因素, 降低膳食 GL 对于预防我国中老年人糖尿病可能具有一定作用。

关键词: 血糖生成指数; 血糖负荷; 糖尿病; 前瞻性研究

中图分类号: R15, R58 文献标志码: A 文章编号: 1672-3554(2016)06-0898-05

A Prospective Study on Dietary Glycemic Load and Diabetes Mellitus

HE Feng-yi, CHEN Chao-gang, LIN Diao-zhu, LIN Xiu-hong, YUAN Zhi-min, YAN Li
(Department of Clinical Nutrition//Department of Endocrinology, Sun Yat-Sen Memorial Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510120, China)

Corresponding to: CHEN Chao-gang; E-mail: ccg2002@163.com

Abstract: 【Objective】To investigate the association between dietary glycemic load (GL) and diabetes mellitus incidence among middle-aged and elderly adults in Guangzhou, China. 【Methods】Study population were Guangzhou community residents, who had twice participated in epidemiological investigations of type 2 diabetes mellitus which were conducted in Sun Yat-Sen Memorial Hospital in 2011 and 2013, aged 40~79 years, and were not newly or previously diagnosed as diabetes mellitus in 2011. Resurvey was conducted in 2015. Non-conditional logistic regression was used to investigate association between dietary GL and diabetes mellitus. 【Results】During 2011~2015, 102 of 768 participants were diagnosed diabetes mellitus and the cumulative rate was 13.3%. Participants were categorized into 4 groups according to quartiles of energy-adjusted GL. The multivariable-adjusted odds ratios across quartiles of energy-adjusted GL was 1.00, 0.96, 1.83, 2.11 (95%CI, 1.09~4.07) (P for trend < 0.01). 【Conclusion】Among middle-aged and elderly people in Guangzhou, China, dietary GL may be one of the most important dietary factors affecting the incidence of diabetes mellitus. Reducing dietary GL might be helpful for the prevention of diabetes.

Key words: glycemic index; glycemic load; diabetes mellitus; prospective study

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2016, 37(6): 898-902]

最新流行病学调查结果显示, 中国 40 岁以上人群糖尿病患病率超过 11.3%, 且患病率随年龄增加而增加, 70 岁以上人群糖尿病患病率达到 23.5%^[1]。既往有研究表明低血糖生成指数 (glycemic index,

GI) 膳食和/或低血糖负荷 (glycemic load, GL) 膳食有利于血糖控制^[2-3]。本研究小组既往横断面调查结果显示广州社区糖代谢异常人群膳食 GL 显著高于糖代谢正常人群^[4]。本次研究以广州社区

收稿日期: 2016-07-13

基金项目: 广东省科技计划项目 (2011B031800018)

作者简介: 何凤怡, 学士, 医师, 研究方向: 低血糖负荷膳食模式与慢性疾病, E-mail: hefy3@mail.sysu.edu.cn; 陈超刚, 通信作者: E-mail: ccg2002@163.com

中老年非糖尿病人群为研究对象, 前瞻性研究膳食 GL 与糖尿病发病的关系。

1 材料与方 法

1.1 研究对象

研究对象为广州社区居民。纳入标准:①同时参与我院 2011 年和 2013 年 2 型糖尿病流行病学调查, 且体格检查、血液样品检测和膳食调查等资料完整;②2011 年调查时年龄 40 ~ 79 岁;③2011 年调查前未诊断糖尿病, 且 2011 年口服葡萄糖耐量试验不符合糖尿病诊断;④对本研究知情同意。排除标准:①于 2011 年调查前已使用胰岛素或口服降糖药;②患有严重肝脏、肾脏、心脏疾病。纳入队列研究共 799 人, 其中男 259 人(32%), 女 540 人(68%)。

1.2 资料收集

调查内容包括人口特征学调查、体格检查、膳食调查和血液样品检测。体格检查包括身高、体质量和腰围, 计算体质指数。膳食调查采用连续 3 天 24 h 膳食回顾法, 计算膳食能量、营养素摄入量和 GI、GL。血样检测由中山大学孙逸仙纪念医院内分泌实验室组织实施, 抽取研究对象空腹及标准口服葡萄糖耐量试验 2 h 静脉血, 测定空腹血糖和糖耐量 2 h 血糖。2015 年对上述资料进行重复调查。所有参加调查的人员在每次调查前均经过系统的培训, 考核合格后参与调查。

食物 GI 数据来源于中国食物成分表^[5]和 2008 国际 GI 数据库^[6]。GL 计算公式: $GL = \sum(GL \text{ per food}) = \sum(GI \times CHO / 100)$; 式中: CHO 表示食物可食部碳水化合物质量(g)。本次研究膳食数据采用 2011 年、2013 年和 2015 年 3 次膳食调查的平均值, 营养素摄入量及 GL(/1000 kcal, 1 cal \approx 4.2 J) 经膳食能量摄入量校正。

1.3 判定标准

根据世界卫生组织 1999 年糖尿病诊断标准, 空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L, 和/或糖耐量 2 h 血糖 ≥ 11.1 mmol/L 判定为糖尿病; 空腹血糖 6.1 ~ 6.9 mmol/L, 和/或糖耐量 2 h 血糖 7.8 ~ 11.0 mmol/L 判定为糖调节受损。根据《中国成人超重和肥胖症预防与控制指南》诊断标准, 体质指数 24.0 ~ 27.9 kg/m² 判定为超重, ≥ 28.0 kg/m² 判定为肥胖; 腰围男性 ≥ 85 cm, 女性 ≥ 80 cm 判定为中心性肥胖。

1.4 统计学分析

采用 SAS 软件进行数据整理和分析。对膳食 GL 进行四分位换算。以是否糖尿病二分类变量为因变量, 采用非条件 Logistic 回归模型, 分析引入模型的指标包括膳食 GL、性别(男、女)、基线年龄(连续型变量)和基线糖代谢状态(糖代谢正常、糖调节受损)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 研究对象一般特征

研究对象共 799 人, 其中男 259 人(32%), 女 540 人(68%)。2011 年平均年龄 55.6 岁; 超重或肥胖 359 人(45%); 中心性肥胖 415 人(52%); 糖调节受损 421 人(53%)。根据膳食 GL 四分位水平分组, 各组男女构成比差异有统计学意义($P < 0.05$), 基线超重或肥胖、中心性肥胖和糖调节受损比例差异无统计学意义($P > 0.05$; 表 1)。2015 年参加重复调查 768 人, 其中男 256 人(33%), 女 512 人(67%)。失访 31 人, 失访率 4%, 失访人群与随访人群基线年龄、超重或肥胖和中心性肥胖比例差异均无统计学意义($P > 0.05$), 男女构成比、基线糖调节受损比例差异有统计学意义($P < 0.05$)。平均膳食能量、碳水化合物摄入量、GI 与 GL 显著正相关, 脂肪、蛋白质和不可溶膳食纤维摄入量与 GL 显著负相关(表 1)。

2.2 膳食 GL 与糖尿病发病的关系

2011-2015 年新发糖尿病 102 人, 累计发病率 13.3%。膳食 GL 四分位切点分别为 82.3、92.7 和 103.2, Q1-Q4 组累计发病率分别为 9.9%、10.0%、16.6% 和 16.7%, 差异无统计学意义($P = 0.06$)。调整性别、基线年龄和糖代谢状态后, Q1-Q4 组糖尿病风险分别为 1.00、0.96、1.83、2.11(95%CI, 1.09 ~ 4.07), 趋势检验 $P < 0.01$ (表 2)。

2.3 不同体质指数水平膳食 GL 与糖尿病的关系

根据研究对象不同体质指数分层, 超重或肥胖人群, 膳食 GL 四分位切点分别为 81.6、91.2 和 103.1, Q1-Q4 组累计发病率分别为 9.3%、11.6%、20.9% 和 23.3%, 差异有统计学意义($P = 0.03$)。调整性别、基线年龄和糖代谢状态后, Q1-Q4 组糖尿病风险分别为 1.00、0.97、2.24、2.67(95%CI, 1.03 ~ 6.89), 趋势检验 $P = 0.02$ 。体质指数正常人群, 膳食 GL 和糖尿病风险之间关联未见统计学意义(表 3)。

表 1 不同膳食血糖负荷四分位水平研究对象一般特征
Table 1 Characteristics of the study population by quartiles of dietary GL (n = 799)

Characteristic	Quartile 1	Quartile 2	Quartile 3	Quartile 4	P
Dietary data ¹⁾					
Energy/(kcal/d)	1816	1837	1837	1945	<0.01
Carbohydrate/(g/d)	214	235	252	273	<0.01
Fat/(g/d)	35	32	30	26	<0.01
Protein/(g/d)	86	78	75	70	<0.01
Insoluble dietary fiber/(g/d)	13	13	12	11	<0.01
GI	67	70	72	75	<0.01
Other data ²⁾					
Male/%	22	22	40	45	<0.01
Age ≥ 60 years/%	28	26	25	25	0.92
Overweight or Obesity ³⁾ / %	45	47	43	44	0.84
Central Obesity ⁴⁾ / %	52	57	47	53	0.25
Impaired glucose regulation ⁵⁾ / %	51	54	56	51	0.74

1) Cumulative average data of 2011, 2013, and 2015, given as mean and compared with analysis of variance. 2) Baseline data, given as percentage and compared with χ^2 test. 3) Defined as body mass index ≥ 24.0 kg/m². 4) Defined as waist circumference ≥ 85 cm for men or ≥ 80 cm for women. 5) Defined as fasting blood glucose 6.1 ~ 6.9 mmol/L and/or 2h postprandial plasma glucose 7.8 ~ 11.0 mmol/L based on a standard 75 g oral glucose tolerance test.

表 2 研究对象膳食血糖负荷与糖尿病发病风险的相关性
Table 2 Association of glycemc load with risk of diabetes mellitus

Dietary data	2011–2013 (n = 799)		2011–2015 (n = 768)	
	Incident cases	OR ¹⁾ (95%CI)	Incident cases	OR (95%CI)
Quartile 1	6	1.00 [ref.]	19	1.00 [ref.]
Quartile 2	14	2.55 (0.93 ~ 6.99)	19	0.96 (0.48 ~ 1.93)
Quartile 3	18	3.01 (1.12 ~ 8.09)	32	1.83 (0.95 ~ 3.52)
Quartile 4	19	3.78 (1.43 ~ 9.99)	32	2.11 (1.09 ~ 4.07)
P for trend		<0.01		<0.01

1) Compared with multivariate Logistic regression analysis, adjusted for sex (male, female), baseline age (continuous), and glucose metabolism status (normal glucose tolerance, impaired glucose regulation).

2.4 不同腰围水平膳食 GL 与糖尿病的关系

根据研究对象不同腰围分层可见类似结果。中心性肥胖人群,膳食 GL 四分位切点分别为 81.9、92.1 和 103.3, Q1–Q4 组累计发病率分别为 10.0%、10.2%、18.0%和 21.8%,差异有统计学意义 ($P = 0.04$)。调整性别、基线年龄和糖代谢状态后, Q1–Q4 组糖尿病风险分别为 1.00、0.89、2.00、2.75 (95%CI, 1.13 ~ 6.68), 趋势检验 $P = 0.01$ 。腰围正常人群,膳食 GL 和糖尿病风险之间关联未见统计学意义(表 4)。

3 讨论

本研究小组 2011 年调查 1832 例广州中老年人膳食情况,结果表明,与最低五分位 GL 膳食人群相比,最高五分位膳食人群糖代谢异常(包括糖尿病和糖调节受损)风险增加,OR (95%CI) 为 1.58 (1.18 ~ 2.13)^[7]。2013 年于上述研究对象中,随机抽取非糖尿病居民 850 人进行重复调查,实际完成调查 799 人,纳入本次队列研究。随访至 2015 年,

表 3 不同体质指数水平研究对象膳食血糖负荷与糖尿病发病风险的相关性

Table 3 Stratified analysis of glycemic load by body mass index with risk of diabetes mellitus

	2011–2013 (<i>n</i> = 799)		2013–2015 (<i>n</i> = 768)	
	Incident cases	OR ¹⁾ (95%CI)	Incident cases	OR(95%CI)
Normal ²⁾				
Quartile 1	3	1.00[ref.]	11	1.00[ref.]
Quartile 2	6	3.50(0.73 ~ 16.85)	10	1.20(0.45 ~ 3.18)
Quartile 3	9	3.28(0.80 ~ 13.37)	13	1.43(0.55 ~ 3.70)
Quartile 4	7	2.40(0.56 ~ 10.29)	12	1.68(0.65 ~ 4.35)
<i>P</i> for trend		0.14		0.24
Overweight or obesity ³⁾				
Quartile 1	3	1.00[ref.]	8	1.00[ref.]
Quartile 2	6	1.68(0.39 ~ 7.18)	10	0.97(0.35 ~ 2.73)
Quartile 3	11	3.41(0.87 ~ 13.44)	18	2.24(0.87 ~ 5.78)
Quartile 4	12	3.68(0.90 ~ 15.10)	20	2.67(1.03 ~ 6.89)
<i>P</i> for trend		0.03		0.02

1) same as Table 2. 2) Defined as body mass index < 24.0 kg/m². 3) Defined as body mass index ≥ 24.0 kg/m².

表 4 不同腰围水平研究对象膳食血糖负荷与糖尿病发病风险的相关性

Table 4 Stratified analysis of glycemic load by waist circumference with risk of diabetes mellitus

	2011–2013		2011–2015	
	Incident cases	OR ¹⁾ (95%CI)	Incident cases	OR(95%CI)
Normal ²⁾				
Quartile 1	3	1.00[ref.]	9	1.00[ref.]
Quartile 2	5	1.62(0.30 ~ 8.65)	10	1.15(0.40 ~ 3.26)
Quartile 3	8	3.95(0.81 ~ 19.34)	13	1.63(0.60 ~ 4.42)
Quartile 4	7	3.07(0.73 ~ 12.97)	10	1.24(0.45 ~ 3.41)
<i>P</i> for trend		0.08		0.44
Central obesity ³⁾				
Quartile 1	3	1.00[ref.]	10	1.00[ref.]
Quartile 2	6	1.94(0.46 ~ 8.19)	10	0.89(0.34 ~ 2.37)
Quartile 3	13	4.32(1.15 ~ 16.19)	18	2.00(0.82 ~ 4.86)
Quartile 4	12	4.13(1.06 ~ 16.13)	22	2.75(1.13 ~ 6.68)
<i>P</i> for trend		0.02		0.01

1) same as Table 2. 2) Defined as waist circumference < 85 cm for men or < 80 cm for women. 3) Defined as waist circumference ≥ 85 cm for men or ≥ 80 cm for women.

随访人群 768 人, 随访率为 96%。截止至 2015 年, 新发糖尿病 102 人, 糖尿病累计发病率为 13.3%。非条件 Logistics 回归分析结果显示, 与低膳食 GL 组相比, 高膳食 GL 组糖尿病风险增加, 分层分析结果表明, 在肥胖人群中, 上述趋势进一步增强。

Bhupatiraju 等^[8]追踪 3 800 618 人年研究发现膳食 GL 最高五分位人群糖尿病风险比最低五分位人群高 10%。Villegas 等^[9]追踪 64 227 例中国女性 4.6 年研究发现膳食 GL 最高五分位人

群糖尿病发病风险比最低五分位人群高 34%, 且在超重或肥胖(体质指数 ≥ 25 kg/m²)和中心性肥胖(腰臀比 ≥ 0.85)人群中, 风险进一步增加。本次研究获得类似结果, 与膳食 GL 最低四分位组相比, 膳食 GL 最高四分位组糖尿病风险增加, OR 为 2.11(95%CI, 1.09 ~ 4.07)。进一步经体质指数或腰围分层分析, 在肥胖人群中均可见类似结果, 且糖尿病风险更高, 而在非肥胖人群中则未见类似相关关系。在超重或肥胖人群

中,最高四分位组 OR 为 2.67 (95%CI, 1.03 ~ 6.89);在中心性肥胖人群中,最高四分位组 OR 为 2.75 (95%CI, 1.13 ~ 6.68)。既往研究结果表明,高体质指数、高腰臀均为发生糖代谢异常的危险因素^[10],与胆固醇合成增加、高密度脂蛋白胆固醇降低、胰岛素抵抗等病理生理改变相关。

精制谷类 GI 值比全谷类高,摄入精制谷类较多可引起膳食 GL 增加。膳食 GL 的高低可反映膳食中精制谷类和全谷类的比例。但另一方面,某些食物,如肉类和烹调油等的 GI 值很低,可忽略不计。但如果这些食物消费比例大,碳水化合物消费比例小,膳食 GL 也会降低,但这样的低 GL 膳食显然违背了糖尿病饮食原则。本次研究结果膳食 GL 最低四分位组人群平均膳食脂肪供能比为 35%,高于糖尿病饮食原则中推荐的 20% ~ 30%。高脂肪摄入可能与血脂异常等慢性疾病发病风险密切相关^[11]。此外,既往研究结果也表明,高膳食 GL 使冠心病、卒中等发病风险增加,且在肥胖人群中发病风险更高^[12-13]。因此,对膳食 GL 高低的评价可能需要进一步结合 GL 来源的食物。

综上所述,在中老年人中,膳食 GL 可能是影响糖尿病发病的重要因素。尤其在超重或肥胖的中老年人中,降低膳食 GL 对于预防糖尿病可能具有一定作用。

参考文献

- [1] YANG W, LU J, WENG J, et al. Prevalence of diabetes among men and women in China [J]. *N Engl J Med*, 2010, 362(12): 1090-1101.
- [2] 庄媛媛,于英慧,朱晓菲,等. 低血糖负荷膳食对糖尿病病人餐后血糖的影响[J]. *现代预防医学*, 2013, 40(21): 3944-3945.
ZHUANG YY, YU YH, ZHU XF, et al. The effect of low glycemic load diet and treatment on postprandial blood glucose of patients [J]. *Modern Prev Med*, 2013, 40(21): 3944-3945.
- [3] ZIAEE A, AFAGHI A, SARRESHTEH DARI M. Effect of low glycemic load diet on glycated hemoglobin (HbA1c) in poorly-controlled diabetes patients [J]. *Glob J Health Sci*, 2011, 4(1): 211-216.
- [4] 何凤怡,陈超刚,林刁珠,等. 广州社区不同糖代谢状态人群血糖负荷调查分析[J]. *营养学报*, 2015, 37(5): 437-441.
HE FY, CHEN CG, LIN DZ, et al. Survey on dietary glycemic load of Guangzhou population at different stages of glucose metabolism [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2015, 37(5): 437-441.
- [5] 杨月欣,王光亚,潘兴昌. 中国食物成分表 2002 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2002.
YANG YX, WANG GY, PAN XC. *China Food Composition 2002* [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2002.
- [6] ATKINSON FS, FOSTER-POWELL K, BRAND-MILLER J C, et al. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008 [J]. *Diabetes Care*, 2008, 31(12): 2281-2283.
- [7] 何凤怡,陈超刚,林刁珠,等. 膳食纤维和血糖负荷与糖代谢异常风险的相关性 [J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2016, 32(1): 38-41.
HE FY, CHEN CG, LIN DZ, et al. Association of dietary fiber and glycemic load with abnormal glucose metabolism [J]. *Clin J Endocrinol Metab*, 2016, 32(1): 38-41.
- [8] BHUPATHIRAJU SN, TOBIAS DK, MALIK VS, et al. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis [J]. *Am J Clin Nutr*, 2014, 100(1): 218-232.
- [9] VILLEQAS R, LIU S, GAO YT, et al. Prospective study of dietary carbohydrate, glycemic index, glycemic load, and incidence of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Chinese women [J]. *Arch Intern Med*, 2007, 167(21): 2310-2316.
- [10] 侯新国,孙宇,梁凯,等. 山东地区 20 岁及以上人群 2008 年糖尿病及糖尿病前期患病率调查 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2012, 4(10): 613-617.
HOU XG, SUN Y, LIANG K, et al. Investigation of the prevalence of diabetes and prediabetic state among the adults in Shandong province in 2008 [J]. *Clin J Diabetes Mellitus*, 2012, 4(10): 613-617.
- [11] 陈超刚,洪俊,林秀红,等. 广州市老城区社区中老年人居民膳食宏量营养素摄入状况与其血脂的关系 [J]. *中山大学学报(医学科学版)*, 2015, 36(5): 780-785.
CHEN CG, HONG J, LIN XH, et al. Relationships between dietary macronutrients intakes and blood lipids in middle-aged and elderly residents of Guangzhou community [J]. *J SUN Yat-sen Univ (Med Sci)*, 2015, 36(5): 780-785.
- [12] LIU S, WILLETT W C, STAMPFER M J, et al. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women [J]. *Am J Clin Nutr*, 2000, 71(6): 1455-1461.
- [13] OH K, HU FB, CHO E, et al. Carbohydrate intake, glycemic index, glycemic load, and dietary fiber in relation to risk of stroke in women [J]. *Am J Epidemiol*, 2005, 161(2): 161-169.