

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.023

中国 45 岁及以上居民膳食果糖与血脂异常的关系研究

庞邵杰¹, 綦文涛¹, 宋鹏坤², 杨春³, 王勇¹, 宋歌¹, 张坚²✉

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037;

2. 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 北京 100050;

3. 首都医科大学公共卫生学院营养与食品卫生学系, 北京 100069)

摘要: 利用 2010—2012 年中国营养与健康状况监测数据, 对 27 265 名 45 岁及以上居民膳食果糖摄入量与血脂指标及血脂异常的关系进行分析。男性人群血清总胆固醇 (Total Cholesterol, TC)、甘油三酯 (triglycerides, TG) 及高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C) 水平低于女性, 而膳食果糖的摄入量高于女性, 差异具有统计学意义 ($P < 0.001$)。在男性人群中, 随着膳食果糖摄入量四分位水平的增加, 血清 TG 浓度升高而 HDL-C 浓度下降, 趋势检验具有统计学意义 ($P_{\text{趋势}} < 0.001$)。在女性人群中仅发现血清 TG 水平随膳食果糖摄入量四分位水平的增加而升高 ($P_{\text{趋势}} < 0.001$)。调整混杂因素后, 在男性人群中, 与膳食果糖摄入量第一分位相比, 第三分位 (OR: 1.17; 95%CI: 1.03~1.33)、第四分位 (OR: 1.25; 95%CI: 1.08~1.43) 低 HDL-C 血症的发生风险增加; 在女性人群中, 膳食果糖的摄入量与高 TC 血症、高 TG 血症、低 HDL-C 血症、混合型高脂血症及血脂异常的发生风险无关 ($P > 0.05$)。膳食果糖对血脂指标及血脂异常的影响可能存在性别差异。

关键词: 膳食果糖; 血脂异常; 性别; 横断面研究

中图分类号: TS202.3; R151.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)06-0174-08

Research on the Relationship between Dietary Fructose and Dyslipidemia in Chinese Residents Aged 45 and Above

PANG Shao-jie¹, QI Wen-tao¹, SONG Peng-kun², YANG Chun³, WANG Yong¹, SONG Ge¹, ZHANG Jian²✉

(1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China;

2. National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention,

Beijing 100050, China; 3. Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health,

Capital Medical University, Beijing 100069, China)

Abstract: Using the data of China National Nutrition and Health Survey, we explored the relationship between dietary fructose intake and lipid indexes and dyslipidemia of 27 265 Chinese residents aged 45 and above. The level of serum total cholesterol (TC), triglycerides (TG) and high-density lipoprotein Cholesterol (HDL-C) were significantly lower in male while dietary fructose intake was lower in female ($P < 0.001$). With the increase of the dietary fructose quartile level, serum TG concentration was increased while HDL-C was decreased for male residents ($P_{\text{trend}} < 0.001$). Among female residents, we only found serum TG

收稿日期: 2020-07-15

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (ZX1902); 国家自然科学基金项目 (No.81703216)

作者简介: 庞邵杰, 男, 1990 年出生, 博士, 助理研究员, 研究方向为粮油营养与健康。E-mail: psj@ags.ac.cn.

通讯作者: 张坚, 男, 1967 年出生, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为老年营养与慢性病。E-mail: zhjian6708@aliyun.com.

concentration was increased ($P_{trend} < 0.001$). Compared with the first quartile, the risk of low HDL cholesterolemia in the third (OR: 1.17; 95%CI: 1.03~1.33) and fourth (OR: 1.25; 95%CI: 1.08~1.43) quartile were increased after adjustment for confounding factor. There was no association between dietary fructose intake and hypercholesterolemia, hypertriglyceridemia, mixed hyperlipidemia, and dyslipidemia among female residents after adjustment for confounding factor ($P > 0.001$). There were gender differences for the effect of dietary fructose intake on lipid indexes and dyslipidemia.

Key words: dietary fructose; dyslipidemia; gender; cross-sectional study

果糖作为添加糖的重要组成部分,其与健康的关系是近年来的研究热点。膳食果糖在体内的代谢过程无限速酶的影响,研究认为膳食果糖可通过增加肝脏脂肪的重新合成,影响血浆脂蛋白、载脂蛋白的代谢,进而对机体脂代谢产生不利影响^[1-2]。人群干预研究的系统综述和 Meta 分析结果表明高剂量膳食果糖(>100 g/d)的摄入增加血清总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglycerides, TG)水平,未发现其对高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)水平产生影响^[3-5],然而在控制总能量或等热量研究中,膳食果糖的摄入与血脂之间的关系并不明确^[6]。

中国 45 岁及以上居民每日膳食果糖的平均摄入量为 8.29 g,远低于目前人群干预研究中高剂量膳食果糖的摄入水平^[7-8]。目前尚无研究探讨在中国人群当前的膳食果糖摄入状况下其与健康的关系。中国 45 岁以上居民血脂异常的患病率超过 40%,对血脂异常的防控已成为重大的公共卫生学问题^[9]。基于此,本研究将利用 2010—2012 年中国居民营养与健康状况监测数据,探讨 45 岁及以上居民膳食果糖与血脂指标及血脂异常的关系,为糖脂代谢及血脂异常防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究利用 2010—2012 年中国营养与健康状况监测数据中的膳食调查、问卷调查、体格检查、实验室检测等数据进行分析。2010—2012 年中国居民营养与健康状况监测的调查目的、方法及内容在以往研究中已有详细阐述,此次监测采用分层多阶段与人口成比例的整群随机抽样方法,通过样本估计总体,抽取的样本具有全国代表性^[10]。

1.2 样本量

纳入 2010—2012 年中国居民营养与健康状况监测中参加 3 d 24 h 膳食回顾询问调查、个人问卷调查、体格检查、实验室血脂指标检测,且年龄在 45 岁及以上的调查者。排除人口统计学资料缺失者、3 d 膳食调查期间膳食记录不足 1 d 者,每日能量摄入低于 800 kcal 或高于 5 000 kcal 者,问卷调查、体格检查或实验室血脂指标等结果缺失者。最终纳入分析的研究对象 27 265 人。

中国居民营养与健康状况监测(2010—2012)项目的研究方案经过中国疾病预防控制中心营养与健康所伦理委员会的审查和批准(2013-18)。所有调查对象均签署书面知情同意书。

1.3 研究方法

个人问卷调查包含年龄、性别、婚姻状况、文化程度、吸烟、饮酒、运动、家庭收入等。

体格检查是指采用统一测量仪器、标准化方法测量调查者的身高和体重,身高精确度为 0.1 cm,体重精确度为 0.1 kg,重复测量两次,取平均值作为测量值。

实验室血脂指标检测:采集调查对象空腹 10~14 h 静脉血 4 mL,放置 30 min 后 1 500×g 离心 15 min。分离血清存放于冻存管中,于-80 °C 冰箱储存,低温运输至中国疾病预防控制中心营养与健康所中心实验室统一检测。采用日立 7600 型全自动生化仪测定 TC、TG、HDL-C。

根据 3 d 24 h 膳食回顾询问调查数据和中国食物成分数据库计算调查者的每日膳食总能量、蛋白质、碳水化合物及脂肪的摄入量。

1.4 膳食果糖摄入量计算

膳食中的总果糖包括游离状态果糖和结合状态果糖。如本课题组前期研究所述^[8],由于中国

食物成分数据库中无果糖相关数据, 本研究利用美国食物成分数据库中果糖数据、蔗糖数据以及中国预包装食品单体糖和总糖含量数据库, 结合 3 d 24 h 膳食回顾询问调查数据, 分别计算游离状态果糖和结合状态果糖。膳食果糖的食物来源分为 13 个类别, 分别为谷类及制品、水果及制品、蔬菜类及制品、乳类及制品、畜禽鱼类及制品、蛋类及制品、豆类及制品、坚果种子类、糖蜜饯类、无酒精饮料、含酒精饮料、零食类及其他类。

1.5 指标分类及定义

对研究对象进行如下分组: 按照婚姻状况分为未婚、已婚、离异或丧偶; 按照受教育程度划分为小学及以下、初中、高中/中专、大学及以上; 按照地区划分为城市和农村; 参照 2009 年国家统计局全国居民纯收入水平等级划分标准, 将家庭人均收入划分为低收入、中等收入、高收入; 吸烟是指总吸烟量超过 100 支且现在吸烟者; 饮酒是指过去 12 个月中每月至少饮酒一次者; 体育活动是指每周至少进行一次超过 10 分组的中等强度体育活动。

1.6 统计学分析

计量资料以均数 (95%置信区间) 进行统计

描述, 正态性检验采用单样本 *K-S* 拟合优度法。计数资料采用率进行统计描述。两组均数间比较采用 *t* 检验, 采用率的组间比较采用卡方检验。采用 *Cochran-Armitage* 趋势检验探讨膳食果糖四分位间血脂指标的变化情况, 采用趋势卡方检验比较膳食果糖四分位间不同类型血脂异常发生率的差异。采用两水平随机截距 *logistic* 回归模型, 控制其他协变量, 分析膳食果糖摄入量对不同类型血脂异常的影响。

所有数据采用 SAS9.3 软件进行数据清理与统计分析, 双侧检验 $P < 0.05$ 被认为差别有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 研究对象的基本特征

本研究共包含 2010—2012 年中国居民营养与健康状况监测中 45 岁及以上居民 27 265 人, 平均年龄 59.8 岁, 男性 12 351 人, 占 45.3%, 女性 14 914 人, 占 54.7%。婚姻状况、受教育、吸烟、饮酒及体育活动在男女性别间存在统计学差异 ($P < 0.05$)。男性的 BMI、TC、HDL-C 及 TG 水平低于女性 ($P < 0.001$), 而能量、蛋白质、脂肪、碳水化合物摄入量高于女性 ($P < 0.001$), 详见表 1。

表 1 研究对象的基本特征

	总体	男性	女性	<i>P</i> 值
N	27 265	12 351	14 914	
年龄, 岁	59.8 (59.7, 60.0)	60.6 (60.5, 60.8)	59.2 (59.1, 59.3)	<0.001
婚姻状况, n/%				<0.001
未婚	190 (0.7)	126 (1.0)	64 (0.4)	
已婚	24 323 (89.2)	11 582 (93.8)	12 741 (85.4)	
离异或丧偶	2 752 (10.1)	643 (5.2)	2 109 (14.1)	
受教育, n/%				<0.001
小学及以下	13 526 (49.6)	4 962 (40.2)	8 564 (57.4)	
初中	8 328 (30.5)	4 419 (35.8)	3 909 (26.2)	
高中	4 146 (15.2)	2 158 (17.5)	1 988 (13.3)	
大学及以上	1 265 (4.6)	8.12 (6.6)	453 (3.0)	
吸烟, n/%				<0.001
曾经/从不	20 088 (73.7)	5 775 (46.8)	14 313 (96.0)	
现在	7 177 (26.3)	6 576 (53.2)	601 (4.0)	
饮酒, n/%				<0.001
曾经/从不	18 678 (68.5)	5 829 (47.2)	12 849 (86.2)	
现在	8 587 (31.5)	6 522 (52.8)	2 065 (13.9)	
地区, n/%				<0.001

续表 1

	总体	男性	女性	P 值
城市	14 017 (51.4)	6 189 (50.1)	7 828 (52.5)	
农村	13 248 (48.6)	6 162 (49.9)	7 086 (47.5)	
体育活动, n/%				0.038
是	4 256 (15.6)	1 866 (15.1)	2 390 (16.0)	
否	23 009 (84.4)	10 485 (84.9)	12 524 (84.0)	
收入, n/%				0.306
低收入	12 840 (47.1)	5 785 (46.8)	7 055 (47.3)	
中等收入	5 522 (20.3)	2 501 (20.3)	3 021 (20.3)	
高收入	7 696 (28.2)	3 541 (28.7)	4 155 (27.9)	
未回答	1 207 (4.4)	524 (4.2)	683 (4.6)	
BMI/(kg/m ²)	24.1 (24.0, 24.1)	23.7 (23.7, 23.8)	24.4 (24.3, 24.4)	<0.001
TC/(mg/dL)	185.2 (184.7, 185.6)	179.5 (178.9, 180.1)	189.9 (189.3, 190.5)	<0.001
HDL-C/(mg/dL)	46.2 (46.0, 46.3)	45.1 (44.9, 45.4)	47.0 (46.8, 47.2)	<0.001
TG/(mg/dL)	132.1 (130.9, 133.2)	130.0 (128.2, 131.7)	133.8 (132.4, 135.2)	<0.001
能量/(kcal/d)	2 018 (2010, 2026)	2 182 (2169, 2194)	1 882 (1872, 1892)	<0.001
蛋白质/(g/d)	60.3 (60.0, 60.5)	64.4 (64.0, 64.8)	56.8 (56.5, 57.2)	<0.001
脂肪/(g/d)	73.4 (73.0, 73.8)	78.7 (78.0, 79.4)	69.0 (68.4, 69.6)	<0.001
碳水化合物/(g/d)	280.4 (279.1, 281.8)	301.2 (299.0, 303.4)	263.3 (261.6, 265.0)	<0.001

注：所有变量采用均数(95%CI)或 n(%)表示

不同性别在基因、表观遗传学及内分泌学等生理学方面，在吸烟、饮酒等生活方式方面以及社会文化地位均存在差异，这些因素都会影响疾病的发生发展进程。有研究者呼吁在心脑血管及相关危险因素研究中将性别纳入进行特异性分层分析^[11]。本研究在探讨膳食果糖与血脂相关关系中对男女性别分层探讨。

2.2 膳食果糖的食物来源

研究人群每日膳食果糖的摄入量为 9.6 g，男性为 10.0 g，女性为 9.3 g，男性高于女性，差异具有统计学意义 ($P < 0.001$)。游离状态果糖和结合状态果糖的摄入量均表现为男性高于女性 ($P < 0.001$)，详见表 2。膳食果糖的食物来源在男女性别间存在差异，蔬菜类及制品、水果及制品、谷类及制品、含酒精饮料是男性人群膳食果糖的主要来源，水果及制品、蔬菜类及制品、谷类及制

品、零食类是女性人群膳食果糖的主要来源，详见图 1。

1999—2004 年，美国 50 岁以上居民膳食果糖的摄入量在男女中分别为 41 g/d 和 32 g/d，远高于同年龄段的我国居民^[12]。美国 50 岁及以上居民膳食果糖食物来源在过去几十年间发生了巨大变化，食物来源的前三类食物已经从 1977—1978 年的水果及制品、谷类及制品、糖果蜜饯类变为 1999—2004 年的非酒精饮料、谷物及制品、水果及制品^[12-13]。中国 45 岁及以上居民膳食果糖的食物来源主要为蔬菜及其制品、水果及其制品、谷物及其制品。本研究的一项不足之处是不能区别膳食中的添加果糖和天然状态果糖。添加果糖的摄入及其与健康的关系是人们关注的焦点，然而由于我国食材的丰富性和烹调方式的多样性，准确计算膳食中添加果糖的摄入量比较困难。

表 2 膳食果糖的摄入状况

	总体	男性	女性	P 值
膳食果糖/(g/d)	9.6 (9.5, 9.8)	10.0 (9.8, 10.2)	9.3 (9.2, 9.5)	<0.001
游离状态/(g/d)	5.6 (5.5, 5.7)	5.9 (5.7, 6.0)	5.4 (5.3, 5.5)	<0.001
结合状态/(g/d)	4.0 (4.0, 4.1)	4.1 (4.1, 4.2)	3.9 (3.9, 4.0)	<0.001

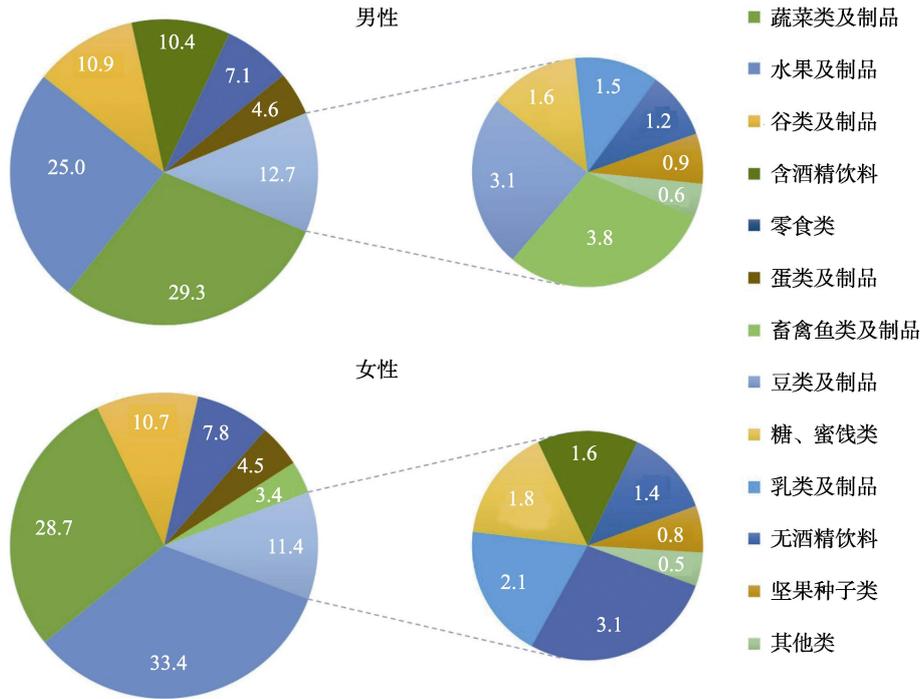


图 1 男性和女性人群膳食果糖的食物来源

2.3 膳食果糖摄入量与血脂指标的关系

在总人群、男性、女性人群中，均发现血清 TG 浓度随膳食果糖摄入量四分位水平的增加而升高，趋势检验具有统计学意义 ($P_{趋势} < 0.001$)。在总人群及男性人群中血清 HDL-C 水平随膳食

果糖摄入量四分位水平的增加而下降 ($P_{趋势} < 0.001$)，而在女性人群中未发现具有趋势性 ($P_{趋势} = 0.267$)。在总人群、男性、女性人群中，均未发现膳食果糖摄入量四分位水平的变化与血清 TC 水平的关系，详见图 2。

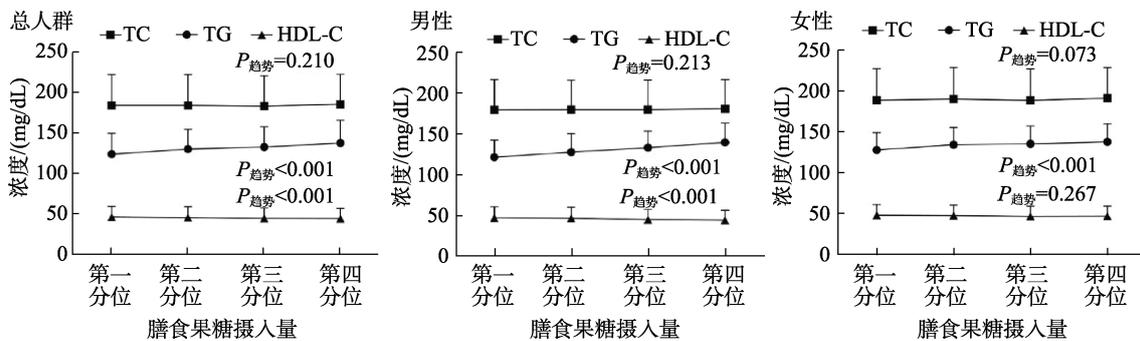


图 2 膳食果糖摄入量与血清 TC、TG 及 HDL-C 的关系

膳食果糖的主要代谢器官是肝脏，其在果糖激酶、醛缩酶及丙糖激酶的作用下生成葡萄糖、乳酸盐及脂肪酸。研究表明当高剂量膳食果糖摄入后，血浆脂质（主要是 TG）水平会出现适应性升高^[7,14]。一项 Meta 分析结果显示膳食果糖摄入量 >90 g/d 时，空腹 TG 水平升高^[15]，然而另一项 Meta 分析结果表明膳食果糖摄入量 >100 g/d，血浆 TC 水平增高，而膳食果糖摄入量 <100 g/d 时，

对 TG 水平无影响，在任何摄入情况下对血浆 HDL-C 水平均无影响^[4]。本研究与两项 Meta 分析结果存在差异的可能有以下几方面原因：（1）研究设计不同，本研究为横断面研究，Meta 分析纳入的研究大多为干预性研究；（2）膳食果糖摄入量不同，本研究人群中膳食果糖的平均摄入量为 9.6 g，Meta 分析中干预人群的摄入量均在 50 g 以上。尽管横断面研究的提供证据等级不如 Meta 分析，但

本研究是基于中国人群膳食果糖的摄入量, 本课题组前期研究表明中国 45 及以上人群每日膳食果糖的平均摄入量为 8.29 g^[8]。此外, 血脂指标对膳食果糖摄入量的反应存可能在性别差异。

2.4 膳食果糖摄入量与血脂异常患病率之间的关系

在总人群和男性人群中, 高 TG 血症、低

HDL-C 血症、混合型高脂血症、血脂异常的患病率随膳食果糖四分位水平的增加而升高 ($P_{趋势} < 0.001$), 而高 TC 血症的患病率与膳食果糖四分位水平无趋势关系 ($P_{趋势} > 0.05$)。在女性人群中, 仅发现高 TG 血症和混合型高脂血症的患病率随膳食果糖四分位水平的增加而升高 ($P_{趋势} < 0.001$), 详见表 3。

表 3 膳食果糖摄入量与不同类型血脂异常患病率之间的关系

%

	膳食果糖摄入量				$P_{趋势}$
	第一分位	第二分位	第三分位	第四分位	
总体	6 816	6 817	6 816	6 816	
高 TC 血症	535 (7.9)	509 (7.5)	506 (7.4)	518 (7.6)	0.592
高 TG 血症	890 (13.1)	992 (14.6)	1 038 (15.2)	1 154 (16.9)	<0.001
低 HDL-C 血症	2 157 (31.7)	2 234 (32.8)	2 440 (35.8)	2 446 (35.9)	<0.001
混合型高脂血症	1 275 (18.7)	1 325 (19.4)	1 384 (20.3)	1 498 (22.0)	<0.001
血脂异常	2 744 (40.3)	2 840 (41.7)	3 043 (44.6)	3 081 (45.2)	<0.001
男性	3 087	3 088	3 088	3 088	
高 TC 血症	185 (6.0)	163 (5.3)	167 (5.4)	155 (5.0)	0.126
高 TG 血症	375 (12.2)	422 (13.7)	471 (15.3)	537 (17.4)	<0.001
低 HDL-C 血症	1 037 (33.6)	1 125 (36.4)	1 261 (40.8)	1 335 (43.2)	<0.001
混合型高脂血症	512 (16.6)	523 (16.9)	571 (18.5)	637 (20.6)	<0.001
血脂异常	1 248 (40.4)	1 332 (43.1)	1 459 (47.3)	1 550 (50.2)	<0.001
女性	3 728	3 729	3 729	3 728	
高 TC 血症	346 (9.3)	341 (9.1)	346 (9.3)	365 (9.8)	0.436
高 TG 血症	504 (13.5)	572 (15.3)	579 (15.5)	614 (16.5)	<0.001
低 HDL-C 血症	1 130 (30.3)	1 109 (29.7)	1 174 (31.5)	1 106 (29.7)	0.956
混合型高脂血症	751 (20.1)	798 (21.4)	829 (22.2)	861 (23.1)	0.001
血脂异常	1 498 (40.2)	1 499 (40.2)	1 596 (42.8)	1 526 (40.9)	0.178

2.5 膳食果糖摄入量与血脂异常发生风险之间的关系

采用两水平随机截距 logistic 回归模型, 调整年龄、性别、文化程度、婚姻状况、吸烟、饮酒、体育活动、家庭收入、城乡、BMI、总能量、蛋白质、脂肪及碳水化合物后, 在总人群和女性人群中, 膳食果糖的摄入量与不同类型血脂异常的发生风险均无关, 在男性人群中, 与膳食果糖摄入量第一分位相比, 第三分位 ($OR: 1.17; 95\%CI: 1.03\sim 1.33$)、第四分位 ($OR: 1.25; 95\%CI: 1.08\sim 1.43$) 低 HDL-C 血症的发生风险增加, 膳食果糖摄入与其他类型血脂异常的发生风险无关, 详见表 4。

本研究利用两水平模型探讨膳食果糖摄入量与血脂异常发生风险的关系。本研究的数据呈嵌套型结构, 水平 1 为个体研究对象, 水平 2 是个体所生活的乡镇或街道。这种数据特点中潜在的“聚集性”不符合传统分析方法中数据独立性和方差齐性等前提假设, 为更准确的进行参数估计和统计学检验, 故采用两水平随机截距模型。针对分层多阶段整群抽样的试验设计, 常采用多水平模型分析方法^[16]。

动物实验及小样本的人群干预试验结果表明高剂量膳食果糖的摄入增加血脂异常的发生风险^[17-18], 这些研究中膳食果糖的供能比超过 20%。一项 Meta 分析结果表明高膳食果糖的摄入(供能

表 4 膳食果糖摄入量与不同类型血脂异常发生风险的两水平 logistic 回归分析

		膳食果糖摄入量				P 值
		第一分位	第二分位	第三分位	第四分位	
总体						
高 TC 血症	Mode1	1.00	0.95 (0.83, 1.08)	0.95 (0.83, 1.08)	0.95 (0.83, 1.10)	0.829
	Mode 2	1.00	0.95 (0.82, 1.08)	0.91 (0.79, 1.05)	0.89 (0.76, 1.04)	0.473
高 TG 血症	Mode 1	1.00	1.10 (1.00, 1.22)	1.13 (1.02, 1.25)	1.23 (1.11, 1.37)	0.002
	Mode 2	1.00	1.08 (0.97, 1.20)	1.09 (0.97, 1.21)	1.16 (1.03, 1.31)	0.101
低 HDL-C 血症	Mode 1	1.00	1.02 (0.94, 1.10)	1.09 (1.01, 1.18)	1.05 (0.97, 1.15)	0.167
	Mode 2	1.00	1.02 (0.94, 1.11)	1.07 (0.98, 1.17)	1.08 (0.98, 1.19)	0.298
混合型高脂血症	Mode 1	1.00	1.03 (0.94, 1.12)	1.06 (0.97, 1.16)	1.13 (1.03, 1.24)	0.059
	Mode 2	1.00	1.01 (0.92, 1.11)	1.02 (0.92, 1.12)	1.06 (0.95, 1.17)	0.739
血脂异常	Mode 1	1.00	1.03 (0.96, 1.10)	1.09 (1.02, 1.18)	1.07 (0.99, 1.16)	0.098
	Mode 2	1.00	1.02 (0.95, 1.11)	1.07 (0.98, 1.16)	1.07 (0.97, 1.17)	0.413
男性						
高 TC 血症	Mode 1	1.00	0.89 (0.72, 1.12)	0.92 (0.74, 1.16)	0.88 (0.69, 1.11)	0.689
	Mode 2	1.00	0.82 (0.65, 1.04)	0.84 (0.66, 1.06)	0.75 (0.57, 0.97)	0.158
高 TG 血症	Mode 1	1.00	1.11 (0.96, 1.30)	1.24 (1.07, 1.44)	1.40 (1.20, 1.64)	<0.001
	Mode 2	1.00	1.04 (0.88, 1.22)	1.10 (0.93, 1.29)	1.16 (0.97, 1.38)	0.403
低 HDL-C 血症	Mode 1	1.00	1.08 (0.97, 1.21)	1.21 (1.08, 1.36)	1.26 (1.12, 1.43)	<0.001
	Mode 2	1.00	1.08 (0.96, 1.22)	1.17 (1.03, 1.33)	1.25 (1.08, 1.43)	0.017
混合型高脂血症	Mode 1	1.00	1.01 (0.88, 1.16)	1.11 (1.07, 1.27)	1.24 (1.08, 1.43)	0.007
	Mode 2	1.00	0.93 (0.81, 1.07)	0.97 (0.83, 1.12)	1.01 (0.86, 0.19)	0.622
血脂异常	Mode 1	1.00	1.08 (0.97, 1.20)	1.19 (1.07, 1.33)	1.27 (1.13, 1.43)	<0.001
	Mode 2	1.00	1.05 (0.93, 1.18)	1.11 (0.98, 1.25)	1.18 (1.03, 1.35)	0.094
女性						
高 TC 血症	Mode 1	1.00	0.98 (0.83, 1.15)	1.00 (0.84, 1.18)	1.02 (0.85, 1.21)	0.976
	Mode 2	1.00	0.95 (0.80, 1.13)	0.90 (0.76, 1.08)	0.91 (0.75, 1.11)	0.705
高 TG 血症	Mode 1	1.00	1.14 (1.00, 1.31)	1.14 (0.99, 1.30)	1.20 (1.04, 1.38)	0.076
	Mode 2	1.00	1.14 (1.00, 1.32)	1.13 (0.98, 1.31)	1.22 (1.04, 1.43)	0.100
低 HDL-C 血症	Mode 1	1.00	0.96 (0.87, 1.07)	0.98 (0.88, 1.10)	0.90 (0.80, 1.02)	0.312
	Mode 2	1.00	1.01 (0.90, 1.13)	1.05 (0.93, 1.18)	1.01 (0.88, 1.16)	0.863
混合型高脂血症	Mode 1	1.00	1.06 (0.95, 1.19)	1.10 (0.98, 1.24)	1.13 (1.00, 1.27)	0.260
	Mode 2	1.00	1.05 (0.93, 1.18)	1.06 (0.93, 1.20)	1.08 (0.94, 1.24)	0.713
血脂异常	Mode 1	1.00	0.98 (0.89, 1.08)	1.05 (0.95, 1.16)	0.96 (0.86, 1.07)	0.346
	Mode 2	1.00	1.01 (0.91, 1.12)	1.08 (0.97, 1.21)	1.02 (0.91, 1.15)	0.458

Mode 1: 粗模型; Mode 2: 调整年龄、性别、文化程度、婚姻状况、吸烟、饮酒、体育活动、家庭收入、城乡、BMI、总能量、蛋白质、脂肪及碳水化合物

比 21%~35%) 增加血脂异常的发生风险是由于其提供了过多的能量而并非果糖本身造成的, 当膳食果糖等能量替代其他碳水化合物时, 果糖并不会对血脂指标产生不利影响^[6]。有研究者认为来自天然食物(水果、蔬菜等)的果糖摄入不会对健康产生不良影响, 而摄入含添加果糖的食物(含糖饮料、甜点等)则会对健康产生不良影响^[19]。

本研究人群中膳食果糖的摄入主要来自于天然食物。另有研究表明身体活动在膳食果糖与健康关系中发挥重要作用, 在运动的过程中果糖能更有效的为骨骼肌提供能量, 在运动后也有助于肌糖原的重新合成。膳食果糖对健康的有害影响一方面是果糖能量摄入的不平衡, 另一方面由于低强度身体活动造成较低的全身能量输出^[20]。本研究

中对能量、碳水化合物、身体活动等因素进行了校正。

3 结论

本研究利用 2010—2012 年中国居民营养与健康状况监测数据以性别分层详细阐释了膳食果糖摄入量与血脂水平及不同类型血脂异常的关系。男性人群膳食果糖的摄入量高于女性人群。在男性人群中,随着膳食果糖摄入量四分位水平的增加,血清 TG 浓度升高而 HDL-C 下降,血清 TC 未呈现趋势关系。在女性人群中,仅发现血清 TG 浓度随膳食果糖摄入量四分位水平的增加而升高。多因素分析调整混杂因素后,在女性人群中,膳食果糖的摄入量与高 TC 血症、高 TG 血症、低 HDL-C 血症、混合型高脂血症及血脂异常均无关,在男性人群中,发现膳食果糖摄入量与低 HDL-C 血症的发生风险增加有关,而与其他类型血脂异常无关。膳食果糖摄入对血脂指标及不同类型血脂异常的影响可能存在性别差异。未来仍需大样本队列研究和随机对照试验进一步验证膳食果糖与血脂异常之间的关系。

参考文献:

[1] TASKINEN M R, PACKARD C J, BOREN J. Dietary fructose and the metabolic syndrome[J]. *Nutrients*, 2019, 11(9): 1987-1932.

[2] CHIU S, MULLIGAN K, SCHWARZ J M. Dietary carbohydrates and fatty liver disease: De novo lipogenesis[J]. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 2018, 21(4): 277-282.

[3] ZHANG Y H, AN T, ZHANG R C, et al. Very high fructose intake increases serum ldl-cholesterol and total cholesterol: A meta-analysis of controlled feeding trials[J]. *The Journal of nutrition*, 2013, 143(9): 1391-1398.

[4] DAVID W D, SIEVENPIPER J L, de SOUZA R J, et al. Effect of fructose on postprandial triglycerides: A systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials[J]. *Atherosclerosis*, 2014, 232(1): 125-133.

[5] 中国营养学会. 食物与健康—科学证据共识[M]. 人民卫生出版社: 北京, 2016: 260-262.
Chinese Nutrition Society. Food & Health—Evidence Based Review[M]. People's Medical Publishing House: Beijing, 2016: 260-262.

[6] CHIAVAROLI L, de SOUZA R J, HA V, et al. Effect of fructose on established lipid targets: A systematic review and meta-analysis of controlled feeding trials[J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4(9): e001700.

[7] 庞邵杰, 蔡文涛, 宋歌, 等. 膳食果糖与健康关系的研究进展[J]. *粮油食品科技*, 2020, 28(1): 76-80.
PANG S J, QI W T, SONG G, et al. Research progress on the relationships between dietary fructose and health[J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2020, 28(1): 76-80.

[8] 庞邵杰, 蔡文涛, 宋鹏坤, 等. 中国 45 岁及以上居民膳食果糖的摄入状况及食物来源[J]. *中国食物与营养*, 2020 (待刊).
PANG S J, QI W T, SONG P K, et al. Intake status and food sources of dietary fructose in Chinese residents aged 45 and above[J]. *Food and Nutrition in China*, 2020 (in press).

[9] 国家卫生计生委疾病预防控制局. 中国居民营养与慢性病状况报告[M]. 人民卫生出版社: 北京, 2016: 55-56.
Disease Control and Prevention Bureau of National Health Commission. Report on Chinese Residents' Chronic Diseases and Nutrition[M]. People's Medical Publishing House: Beijing, 2016: 55-56.

[10] 常继乐, 王宇. 中国居民营养与健康状况监测(2010-2013 年综合报告) [M]. 北京大学医学出版社: 北京, 2016: 2-5.
CHANG J L, WANG Y. China National Nutrition and Health Survey (2010-2013 Comprehensive Report) [M]. Peking University Press: Beijing, 2016: 2-5.

[11] VENTURA-CLAPIER R, DWORATZEK E, SEELAND U, et al. Sex in basic research: Concepts in the cardiovascular field[J]. *Cardiovasc Res*, 2017, 113(7): 711-724.

[12] MARRIOTT B P, COLE N, LEE E. National estimates of dietary fructose intake increased from 1977 to 2004 in the United States[J]. *The Journal of nutrition*, 2009, 139(6): 1228S-1235S.

[13] PARK Y K, YETLEY E A. Intakes and food sources of fructose in the United States[J]. *The American journal of clinical nutrition*, 1993, 58(5): 737S-747S.

[14] TAPPY L, LE K A. Health effects of fructose and fructose-containing caloric sweeteners: Where do we stand 10 years after the initial whistle blowings[J]. *Curr Diab Rep*, 2015, 15(8): 54-65.

[15] LIVESEY G, TAYLOR R. Fructose consumption and consequences for glycation, plasma triacylglycerol, and body weight: Meta-analyses and meta-regression models of intervention studies[J]. *The American journal of clinical nutrition*, 2008, 88(5): 1419-1437.

[16] 庞邵杰. 成年人血脂及磷脂谱与胰岛素抵抗的关系研究. 博士学位论文, 中国疾病预防控制中心, 2018.
PANG S J. Associations of lipid parameters and phospholipid profiles with insulin resistance among adults. Doctoral dissertation, Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2018.

[17] BRIAND F, THIEBLEMONT Q, MUZOTTE E, et al. High-fat and fructose intake induces insulin resistance, dyslipidemia, and liver steatosis and alters in vivo macrophage-to-feces reverse cholesterol transport in hamsters[J]. *The Journal of nutrition*, 2012, 142(4): 704-709.

[18] SANGUESA G, MONTANES J C, BAENA M, et al. Chronic fructose intake does not induce liver steatosis and inflammation in female sprague-dawley rats, but causes hypertriglyceridemia related to decreased vldl receptor expression[J]. *European journal of nutrition*, 2019, 58(3): 1283-1297.

[19] CHOO V L, VIGUILIOUK E, BLANCO M S, et al. Food sources of fructose-containing sugars and glycaemic control: Systematic review and meta-analysis of controlled intervention studies[J]. *BMJ*, 2018, 363: k4644-4661.

[20] TAPPY L, ROSSET R. Health outcomes of a high fructose intake: The importance of physical activity[J]. *J Physiol*, 2019, 597(14): 3561-3571.

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。

(组稿: 李思源)