文章编号: 1000-8020(2023)02-0193-06 ·调查研究·

妊娠期糖尿病高危孕妇孕前体质指数与孕早期糖脂代谢的关系

杨旭博[1] 滕越[2] 姜珊[1] 王杰[1] 赖建强[1]
1 中国疾病预防控制中心营养与健康所,北京 100050;
2 北京市海淀区妇幼保健院,北京 100080

摘要: 目的 探讨妊娠期糖尿病高危孕妇孕前体质指数(body mass index,BMI)与孕早期糖脂代谢之间的关联。**方法** 收集2021年8月—2022年4月在北京市海淀区妇幼保健院营养科就诊的具有妊娠期糖尿病高危因素的孕早期孕妇298例,平均年龄(32.24±4.04)岁,66.11%为初产妇,采血时间平均为孕12.5周。按照孕前BMI将孕妇分为低体重组(15例)、正常体重组(181例)、超重/肥胖组(102例)。比较各组孕妇空腹血糖、空腹胰岛素、血脂四项、C反应蛋白、瘦素与脂联素水平。**结果** (1)孕前超重/肥胖组孕妇孕早期甘油三酯浓度明显高于低体重组(1.51 mmol/L *vs.* 1.15 mmol/L)($P<0.01$),高密度脂蛋白胆固醇水平低于低体重组(1.64 mmol/L *vs.* 1.95 mmol/L)($P<0.01$)。(2)孕前低体重组妇女孕早期胰岛β细胞功能降低,HOMA-β指数为60.41%,超重/肥胖组妇女孕早期空腹胰岛素水平(7.86 *vs.* 3.42 μU/mL)、胰岛素抵抗程度(1.75 *vs.* 0.74)高于低体重组($P<0.01$)。(3)孕妇孕前BMI与孕早期甘油三酯、C反应蛋白、空腹胰岛素、胰岛素抵抗程度呈正相关($r=0.30$、0.28、0.45、0.45,$P<0.01$),与孕早期高密度脂蛋白胆固醇水平呈负相关($r=-0.29$,$P<0.01$)。**结论** 在具有妊娠期糖尿病高危因素的孕妇中,孕前超重肥胖与妊娠早期糖脂代谢水平存在关联。

关键词: 孕前体质指数 血脂水平 胰岛素抵抗 孕早期
中图分类号: R153.1 R714.256 **文献标志码:** A
DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2023.02.004

Effect of pre-pregnancy body mass index on first-trimester pregnant women glucose and lipid metabolism

Yang Xubo[1], Teng Yue[2], Jiang Shan[1], Wang Jie[1], Lai Jianqiang[1]
1 National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China;
2 Haidian Maternal & Child Health Hospital Nutrition Clinic, Beijing 100080, China

ABSTRACT: OBJECTIVE To examine the association of pre-pregnancy body mass index (BMI) and first- trimester glucose and lipid metabolism. **METHODS** A total of 298 pregnant women with high risk factors for gestational diabetes in early pregnancy, with an average age of 32.24 years, 66.11% were primiparous and the average time for blood collection was 12.5 weeks, were collected from August 2021 to April 2022 at the Department of Nutrition, Haidian District Maternal and Child Health Hospital, Beijing. Pregnant women were divided into low weight group ($n=15$), normal weight group ($n=$

基金项目: 中国营养学会"振东国人体质与健康基金"(No.CNS-ZD2019079)
作者简介: 杨旭博,女,硕士研究生,研究方向: 妇幼营养,E-mail: 15531024030@163.com
通信作者: 赖建强,男,博士,研究员,研究方向: 妇幼营养,E-mail: jq_lai@126.com

181), overweight/obese group ($n=102$) according to their pre-pregnancy BMI. Fasting glucose, fasting insulin, lipid quadruple, C-reactive protein, leptin and adiponectin levels were compared among groups. **RESULTS** (1) Triglyceride concentrations were significantly higher in women in the overweight/obese group (1.51 mmol/L *vs*. 1.15 mmol/L) than in women in low weight group ($P<0.01$). HDL cholesterol (HDL-C) levels were lower than in women with low weight (1.64 mmol/L *vs*. 1.95 mmol/L) ($P<0.01$). (2) Pre-pregnancy low weight women had reduced pancreatic β-cell function in early pregnancy with the HOMA-β index of 60.41%, and women in the overweight/obese group had heavier fasting insulin levels (7.86 *vs*. 3.42 μU/mL) and insulin resistance (1.75 *vs* 0.74) in early pregnancy than low weight women ($P<0.01$). (3) Pre-pregnancy BMI was positively correlated with triglycerides, fasting insulin, C-reactive protein levels, and degree of insulin resistance in early pregnancy ($r=0.30$, 0.28, 0.45 and 0.45, $P<0.01$) and negatively correlated with HDL-C levels in early pregnancy ($r=-0.29$, $P<0.01$). **CONCLUSION** Among pregnant women with risk factors for gestational diabetes, pre-pregnancy overweight and obesity are associated with glucose and lipid metabolism levels in early pregnancy.

KEY WORDS: pre-pregnancy body mass index, lipid levels, insulin resistance, first trimester

孕前体质指数(body mass index,BMI)是妊娠结局的独立预测因子,孕前高 BMI 可使巨大儿、剖宫产、妊娠高血压等不良妊娠事件比例升高[1]。孕产妇孕前肥胖和孕期高血糖是妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)的危险因素,已被证明与后代出生体重较高有关[2-3]。随着生活水平的提高,育龄妇女肥胖这一问题越来越严峻[4],2010—2012 年数据显示,我国 15~49 岁育龄妇女超重率和肥胖率分别为 25.4%和 9.2%[5]。了解不同孕前 BMI 孕妇的孕早期血糖血脂水平有着非常重要的意义,本研究对 GDM 高危孕妇的孕前 BMI 与孕早期糖脂及相关激素水平进行分析,并探索之间存在的关联。

1 对象与方法

1.1 调查对象

数据来源于“维生素 D 干预对妊娠期糖尿病发生风险的影响研究”队列,于 2021 年 8 月至 2022 年 4 月在北京市海淀区妇幼保健院营养科纳入具有妊娠期糖尿病高危因素的孕早期孕妇,共 298 例,收集基线信息,采集孕早期空腹肘静脉血,测定血糖、血脂四项、空腹胰岛素、脂联素与瘦素水平,项目已由中国疾病预防控制中心营养与健康所伦理委员会审查通过(No.2020-018),所有研究对象均已签署知情同意书。

纳入标准:(1)孕妇具有一项或多项妊娠期糖尿病危险因素,如:空腹血糖值>5.1 mmol/L,具有 2 型糖尿病家族史或孕前超重肥胖;(2)自然受孕且为单胎妊娠;(3)计划在海淀区妇幼保健院产检并分娩;(4)能够完成项目包含的检测和问卷调查项目。

排除标准:(1)患有全身重大系统性疾病(如结核、HIV 感染、肾病、慢性肝炎、慢性阻塞性肺炎等);(2)已确诊糖尿病、高血压患者,孕前有钙代谢异常或其他慢性病(如心脏瓣膜病)史;(3)不能自主回答问题;(4)正在参加其他相关研究。

1.2 调查方法

在孕妇第一次产前筛查时采集空腹肘静脉血,测定总胆固醇(total cholesterol,TC)、甘油三酯(triglyceride,TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol,HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、空腹血糖(fasting plasma glucose,FPG)、空腹胰岛素(fasting insulin,FINS)、C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin,HbA1c)、瘦素(leptin, LP)与脂联素(adiponectin,APN)水平。由海淀区妇幼保健院采血室完成孕妇空腹静脉血液采集,并由医院检验科完成血液指标检测。

FPG、TC、TG、HDL-C 与 LDL-C 使用 BECKMAN AU5801 生化分析系统分析。FPG 采用己糖激酶法检测,HbA1c 采用高效液相色谱法检测(HLC-723G8 自动分析仪),FINS 用化学发光法检测(Access Ultrasensitive Insulin 试剂盒),

TC用胆固醇酯酶法检测,TG用GPO-POD法检测,HDL-C与LDL-C用直接免疫沉淀法检测,LP与APN用双抗体夹心酶联免疫吸附试验检测,CRP采用免疫荧光定量干化学层析法检测。查询医院记录收集孕妇自我报告的孕前身高、体重(孕前三个月内最近的一次测量结果),计算体质指数[BMI=体重(kg)/身高^2(m^2)],HOMA稳态模型胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)和胰岛β细胞功能指数(HOMA-β)。其中,HOMA-IR = FPG(mmol/L)×FINS(μU/mL)/22.5;HOMA-β = 20×FINS(μU/mL)/[FPG(mmol/L)-3.5](%)。

1.3 判定标准

按照孕前BMI将孕妇分为三组:BMI<18.5为低体重组(15例),18.5≤BMI≤23.9为正常体重组(181例),BMI≥24.0为超重/肥胖组(102例)。

1.4 质量控制

由专人负责研究对象的纳入与管理,由专业医务人员负责采集孕妇血液标本,血样的保存与运输严格按照标准执行,血糖、血脂及相关指标分析由专业检测人员进行。研究对象基线数据从医院记录中导出,血样检测结果由专人录入并核验。

1.5 统计学分析

应用SAS 9.4统计软件处理数据,计数资料用百分比(%)表示,正态性计量资料采用$\bar{x}\pm s$表示,非正态数据采用M(P25,P75)描述。非正态计量资料的组间比较选用Kruskal-Wallis秩和检验,计数资料的组间比较选用χ^2检验或Fisher检验。孕前BMI与糖脂水平及有关激素的相关性采用Spearman分析,以$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

纳入研究对象年龄为(32.24±4.04)岁,检测孕周为(12.50±0.85)周。孕前超重/肥胖孕妇占总体的34.23%。初产妇共有197例,占比66.11%。孕早期增重超过推荐值的孕妇共有72例(24.16%)。由表1可见,纳入研究对象的年龄、孕周、孕早期增重、产次、家庭人均月收入等基本信息在不同组间差异无统计学意义($P>0.05$)。

表1 妊娠期糖尿病高危孕妇基本情况

变量	低体重组(n=15)	正常体重组(n=181)	超重/肥胖组(n=102)	χ^2值	P值
年龄/岁	31.53±4.44	32.14±4.14	32.53±3.80	1.43	0.49
孕周	12.32±0.86	12.51±0.77	12.51±0.98	1.95	0.38
孕早期增重/kg	1.68±1.20	0.88±1.72	1.38±2.18	4.79	0.09
孕早期增重>2kg	5(33.30)	40(24.90)	27(29.67)	1.20	0.55
产次				1.55	0.46
初产	12(80.00)	120(66.30)	65(63.73)		
经产	3(20.00)	61(33.70)	37(36.27)		
文化程度				5.35	0.25
大专及以下	1(6.67)	28(15.47)	18(17.65)		
本科	9(60.00)	80(44.20)	55(53.92)		
硕士及以上	5(33.33)	73(40.33)	29(28.43)		
家庭人均月收入/万元					0.08
<1	7(49.67)	38(20.99)	34(33.33)		
1~2	6(40.00)	109(60.22)	53(51.96)		
>2	2(13.33)	34(18.78)	15(14.71)		
糖尿病家族史				0.21	0.90
无	10(66.67)	128(70.72)	70(68.63)		
有	5(33.33)	53(29.28)	32(31.37)		

注:计量资料采用$\bar{x}\pm s$表示,计数资料采用n(r/%)表示

2.2 孕早期血糖与胰岛功能水平

由表2可见,孕前低体重组孕妇孕早期胰岛β细胞功能降低($P<0.01$),超重/肥胖组孕妇孕早期胰岛素抵抗程度重于低体重组($P<0.01$)。超重/肥胖组孕妇空腹血糖值与糖化血红蛋白水平较高,但差异无统计学意义。

2.3 不同孕前BMI孕妇孕早期血脂水平

由表3可见,低体重组孕妇TG浓度明显低于超重/肥胖组($P<0.01$)。组间HDL-C水平有统计学意义($P<0.01$),随着孕前BMI的升高,HDL-C有下降趋势。超重/肥胖组孕妇CRP水平显著高于低体重组($P<0.01$)。

表2 不同孕前体质指数妊娠期糖尿病高危孕妇孕早期血糖水平 [M(P25,P75)]

体重	FPG/(mmol/L)	HbA1c/%	HOMA-IR	HOMA-β/%
低体重	4.83(4.63,4.97)	5.2(5.1,5.4)	0.74(0.59,0.98)	60.41(45.34,73.33)
正常体重	4.91(4.69,5.16)	5.3(5.1,5.5)	1.15(0.86,1.64)	77.42(54.16,107.38)
超重/肥胖	4.93(4.70,5.16)	5.3(5.1,5.5)	1.75(1.34,2.33)	115.63(88.00,152.92)
χ^2 值	1.61	2.53	59.96	55.24
P 值	0.45	0.28	<0.01	<0.01

注:FPG:空腹血糖;HbA1c:糖化血红蛋白;HOMA-IR:胰岛素抵抗指数;HOMA-β:胰岛β细胞功能指数

表3 不同孕前体质指数妊娠期糖尿病高危孕妇孕早期CRP和血脂水平 [M(P25,P75)]

体重	CRP/(mg/L)	TC/(mmol/L)	TG/(mmol/L)	HDL-C/(mmol/L)	LDL-C/(mmol/L)
低体重	1.1(0.6,4.0)	4.69(4.36,5.52)	1.15(1.05,1.23)	1.95(1.66,2.24)	2.60(2.31,3.09)
正常体重	3.0(0.5,4.0)	5.01(4.52,5.63)	1.24(1.05,1.53)	1.81(1.63,2.08)	2.83(2.47,3.16)
超重/肥胖	4.0(3.0,6.39)	4.96(4.47,5.46)	1.51(1.22,1.98)	1.64(1.41,1.91)	2.86(2.61,3.24)
χ^2 值	23.75	1.66	26.14	25.16	2.77
P 值	<0.01	0.44	<0.01	<0.01	0.25

注:CRP:C反应蛋白;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白胆固醇

2.4 不同孕前BMI孕妇孕早期糖脂相关激素水平

由表4可见,不同孕前BMI的孕早期孕妇瘦素与脂联素水平差异无统计学意义,但孕前超重/肥胖组孕妇的空腹胰岛素水平明显高于孕前低体重组($P<0.01$)。

表4 不同孕前体质指数妊娠期糖尿病高危孕妇孕早期瘦素、脂联素、空腹胰岛素水平 [M(P25,P75)]

体重	LP/(ng/mL)	APN/(μg/mL)	FINS/(μU/mL)
低体重	7.89(4.40,10.14)	12.69(9.22,19.28)	3.42(2.74,4.73)
正常体重	9.35(5.70,13.78)	24.12(11.34,42.63)	5.30(3.97,7.41)
超重/肥胖	10.54(6.14,14.38)	18.38(12.06,46.40)	7.86(6.12,10.70)
χ^2 值	1.87	3.52	61.68
P 值	0.39	0.17	<0.01

注:LP:瘦素;APN:脂联素;FINS:空腹胰岛素

2.5 孕妇孕前BMI与糖脂及相关激素之间的关联

由表5可见,孕妇孕前BMI与孕早期TG、FINS、CRP水平及HOMA-IR程度呈正相关($P<0.01$),与孕早期HDL-C水平呈负相关($P<0.01$)。调整孕周与孕妇年龄前后结果均有统计学意义。

表5 妊娠期糖尿病高危孕妇孕前体质指数与糖脂水平及有关激素的相关性

指标	FPG	HbA1c	TG	TC	HDL-C	LDL-C	APN	LP	FINS	CRP	HOMA-IR	HOMA-β
r	0.05	0.07	0.30	−0.02	−0.29	0.08	0.004	0.07	0.45	0.28	0.45	0.43
P	0.38	0.21	<0.01	0.72	<0.01	0.18	0.94	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$r_{调整}$ (1)	0.04	0.07	0.28	−0.06	−0.32	0.03	0.01	0.07	0.42	0.26	0.41	0.39
$P_{调整}$ (1)	0.50	0.24	<0.01	0.31	<0.01	0.69	0.91	0.25	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注:FPG:空腹血糖;HbA1c:糖化血红蛋白;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白胆固醇;APN:脂联素;LP:瘦素;FINS:空腹胰岛素;CRP:C反应蛋白;HOMA-IR:胰岛素抵抗指数;HOMA-β:胰岛β细胞功能指数;(1)调整孕周与年龄

3 讨论

孕早期空腹血糖与孕前BMI是GDM的良好预测指标[6]。孕前超重肥胖的孕妇更易流产,妊娠晚期时发生GDM与先兆子痫风险增加,分娩时发生产后出血几率增大,其娩出胎儿出现巨大儿、先天畸形、肩难产、早产与死产等结局风险增加[4,7-9]。本研究发现孕前超重/肥胖组孕妇的孕早期FINS水平显著较高,胰岛素抵抗程度较重,孕前低体重孕妇HOMA-β值显著较低,说明肥胖可能是造成胰岛素抵抗的关键所在。本文研究结果与大多数研究一致,孕妇超重肥胖会降低孕早期胰岛素敏感性,加重孕早期的胰岛素抵抗[10]。侯雪晶等[11]发现肥胖孕妇胰岛素抵抗程度与FINS水平显著高于体重正常孕妇。GULECOGLUONEM等[12]发现无论妊娠早期增重如何,超重肥胖组孕妇的FINS水平与胰岛素抵抗程度均高于体重正常孕妇。本次研究中,随着孕前BMI的升高,孕妇孕早期FPG与HbA1c水平逐渐上升,但并无统计学差异,可能与本研究样本量较小有关。与本研究结果一致的是,JULIA

等[10]发现孕妇肥胖并不会使孕早期 FPG 发生显著改变。有研究发现超重肥胖妇女孕早期空腹血糖值较高，但差异无统计学意义[12]。然而，林晶等[13]发现孕前超重组和肥胖组孕妇的孕早期 FPG 与 HbA1c 水平显著较高。孕前超重/肥胖可能与孕妇孕早期血糖水平升高相关，但目前结果不一。

脂肪组织囤积过多可能会使怀孕期间器官的代谢、血管和炎症途径失调，严重影响妊娠结局[14]。在血脂方面，本次研究发现孕前肥胖孕妇 TG 水平显著高于孕前 BMI 正常的孕妇，HDL-C 浓度显著低于孕前 BMI 正常的孕妇，与大多数研究结果一致。蔡江美等[15]发现超重组孕妇妊娠早期 HDL-C 含量低于正常组，TG、TC、LDL-C 含量高于正常组。HARMON 等[16]发现肥胖孕妇孕早期 FPG、FINS、TG 水平都显著高于体重正常孕妇。说明孕前 BMI 与孕早期 TC 与 LDL-C 水平变化密切相关[17]。

本研究存在局限性：(1) 3 组样本量不均衡，已发现随着孕前 BMI 的升高，空腹血糖值升高，然并未发现统计学差异，增加样本量结果可能会有不同；(2) 本研究为回顾性研究，孕前 BMI 为孕妇自我报告体重与身高计算结果，并不十分精确，可能会导致错分偏倚。

肥胖会使怀孕与分娩复杂化，但其产生的影响并不会随着分娩而终止，而是母亲与后代的长期负担[18]。建议加强对肥胖孕妇的管理，控制妊娠前体重和妊娠期体重增长[19]。保持健康的孕前 BMI 可以减少早产、胎龄过大和巨大儿的风险[20]。孕前肥胖对妊娠中晚期糖、脂代谢异常的研究虽已相对广泛，但在妊娠这一特殊时期，孕中晚期能够采取的调整血糖、血脂水平的措施所达到的效果相对有限，在孕早期阶段对孕妇进行营养干预，对降低妊娠期糖尿病的发生率，改善孕妇新生儿结局有重要的作用[21-22]。

参考文献

[1] RICART W, LOPEZ J, MOZAS J, et al. Body mass index has a greater impact on pregnancy outcomes than gestational hyperglycaemia [J]. Diabetologia, 2005, 48(9): 1736-1742.

[2] ARIS I M, SOH S E, TINT M T, et al. Effect of maternal glycemia on neonatal adiposity in a multiethnic Asian birth cohort [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2014, 99(1): 240-247.

[3] ZHAO M, YANG S, HUNG T C, et al. Association of pre- and early-pregnancy factors with the risk for gestational diabetes mellitus in a large Chinese population [J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 7335-7343.

[4] POSTON L, CALEYACHETTY R, CNATTINGIUS S, et al. Preconceptional and maternal obesity: epidemiology and health consequences [J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2016, 4(12): 1025-1036.

[5] 房红芸，赵丽云，琚腊红，等. 中国 15～49 岁育龄妇女营养不良及超重肥胖状况分析 [J]. 中国公共卫生，2018，34(9)：1229-1232.

[6] PAN Y, HU J, ZHONG S. The joint prediction model of pBMI and eFBG in predicting gestational diabetes mellitus [J]. J Int Med Res, 2020, 48(4): 1-7.

[7] BOOTS C, STEPHENSON M D. Does obesity increase the risk of miscarriage in spontaneous conception: a systematic review [J]. Semin Reprod Med, 2011, 29(6): 507-513.

[8] VINTURACHE A, MOLEDINA N, MCDONALD S, et al. Pre-pregnancy body mass index (BMI) and delivery outcomes in a Canadian population [J]. BMC Pregnancy Child, 2014, 14(1): 422-431.

[9] YU Z, HAN S, ZHU J, et al. Pre-pregnancy body mass index in relation to infant birth weight and offspring overweight/obesity: a systematic review and meta-analysis [J]. PLoS One, 2013, 8(4): e61627.

[10] BANDRES-MERIZ J, DIEBERGER A M, HOCH D, et al. Maternal obesity affects the glucose-insulin axis during the first trimester of human pregnancy [J]. Front Endocrinol, 2020, 11: 566673.

[11] 侯雪晶，孙燕，陈秀英. 妊娠期糖尿病与肥胖症、炎症因子、25-(OH) D3 和胰岛素抵抗的关系 [J]. 中国热带医学，2016，16(3)：262-265.

[12] GULECOGLUONEM M G, COKER C, BAYSAL K, et al. The effects of pre-pregnancy obesity and gestational weight gain on maternal lipid profiles, fatty acids and insulin resistance [J]. J Perinat Med, 2021, 49(7): 873-883.

[13] 林晶，陈蕾，沈梦尘，等. 妊娠期糖尿病孕前体质量指数对糖代谢及妊娠结局的影响 [J]. 实用妇产科杂志，2021，37(6)：466-470.

[14] RADZICKA-MULARCZYK S A, PIETRYGA M, BRAZERT J. How mother's obesity may affect the pregnancy and offspring [J]. Ginekol Pol, 2020, 91(12): 769-772.

[15] 蔡江美，夏亚娣，王国华. 孕前不同 BMI 孕妇孕早期及孕晚期血脂水平的变化 [J]. 中国妇幼健康研究，2017，28(1)：63-65.

(下转第 212 页)

参考文献

[1] DREWNOWSKI A, FULGONI V R. Nutrient density: principles and evaluation tools [J]. Am J Clin Nutr, 2014, 99(5 Suppl): 1223S-1228S.

[2] FULGONI V R, KEAST D R, DREWNOWSKI A. Development and validation of the nutrient-rich foods index: a tool to measure nutritional quality of foods [J]. J Nutr, 2009, 139(8): 1549-1554.

[3] SLUIK D, STREPPEL M T, VAN LEE L, et al. Evaluation of a nutrient-rich food index score in the Netherlands [J]. J Nutr Sci, 2015, 4: e14.

[4] MURAKAMI K, LIVINGSTONE M, FUJIWARA A, et al. Application of the Healthy Eating Index-2015 and the Nutrient-Rich Food Index 9.3 for assessing overall diet quality in the Japanese context: different nutritional concerns from the US [J]. PLoS One, 2020, 15(1): e228318.

[5] 中国健康与营养调查项目组. 1989—2009 年中国九省区居民膳食营养素摄入状况及变化趋势(一): 健康与营养调查项目总体方案 [J]. 营养学报, 2011, 33(3): 234-236.

[6] POPKIN B M, DU S, ZHAI F, et al. Cohort Profile: The China Health and Nutrition Survey: monitoring and understanding socio-economic and health change in China, 1989-2011 [J]. Int J Epidemiol, 2010, 39(6): 1435-1440.

[7] 赵丽云, 何宇纳. 中国居民营养与健康状况监测报告之一: 2010—2013 年膳食与营养素摄入状况 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.

[8] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022.

[9] 中国营养学会. 中国居民膳食指南科学研究报告 2021 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022.

[10] 于冬梅, 赵丽云, 琚腊红, 等. 2015—2017 年中国居民能量和主要营养素的摄入状况 [J]. 中国食物与营养, 2021, 27(4): 5-10.

[11] 中国国家卫健委. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.

[12] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准预包装食品营养标签通则: GB 28050—2011 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

[13] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009.

[14] 何宇纳, 王惠君, 房玥晖, 等. 中国精简膳食质量评分 [J]. 卫生研究, 2021, 50(2): 198-204.

[15] DREWNOWSKI A. Uses of nutrient profiling to address public health needs: from regulation to reformulation [J]. Proc Nutr Soc, 2017, 76(3): 220-229.

[16] BERENDSEN A, KRAMER C S, DE GROOT L. The newly developed elderly nutrient-rich food score is a useful tool to assess nutrient density in european older adults [J]. Front Nutr, 2019, 6: 119.

[17] MURAKAMI K, LIVINGSTONE M, FUJIWARA A, et al. Application of the healthy eating index-2015 and the nutrient-rich food index 9.3 for assessing overall diet quality in the Japanese context: different nutritional concerns from the US [J]. PLoS One, 2020, 15(1): e228318.

[18] ZHAI J, MA B, LYU Q, et al. Validation of the nutrient-rich foods index estimated by 24-h dietary recall method among adults in Henan Province of China [J]. Public Health Nutr, 2022: 1-9.

[19] 周昇昇, 李磊, 张丁, 等. 一种新的食物营养评价指数的初步建立和应用 [J]. 营养学报, 2014, 36(1): 63-68.

收稿日期: 2022-08-11

(上接第 197 页)

[16] HARMON K A, GERARD L, JENSEN D R, et al. Continuous glucose profiles in obese and normal-weight pregnant women on a controlled diet: metabolic determinants of fetal growth [J]. Diabetes Care, 2011, 34(10): 2198-2204.

[17] FARIAS D R, FRANCO-SENA A B, VILELA A, et al. Lipid changes throughout pregnancy according to pre-pregnancy BMI: results from a prospective cohort [J]. BJOG, 2016, 123(4): 570-578.

[18] STRAUSS A, ROCHOW N, KUNZE M, et al. Obesity in pregnant women: a 20-year analysis of the German experience [J]. Eur J Clin Nutr, 2021, 75(12): 1757-1763.

[19] 郭琼, 杨慧霞. 妊娠前肥胖与不良妊娠结局的关系 [J]. 中华围产医学杂志, 2015, 18(1): 61-63.

[20] RADZICKA-MULARCZYK S A, PIETRYGA M, BRAZERT J. How mother's obesity may affect the pregnancy and offspring [J]. Ginekol Pol, 2020, 91(12): 769-772.

[21] 苏珍. 孕早期营养干预对妊娠期糖尿病高危妇女糖脂代谢及胎儿预后的影响效果观察 [J]. 糖尿病新世界, 2021, 24(20): 64-67.

[22] 傅铮, 乔玉芳, 林奉森, 等. 孕早期营养干预对妊娠期糖尿病高危妇女糖脂代谢及胎儿预后的影响 [J]. 中国计划生育学杂志, 2019, 27(2): 162-165, 170.

收稿日期: 2022-10-19