DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025237

· 母亲妊娠期不良因素对儿童生长发育影响专栏 ·

孕期血脂水平与子代 3 岁儿童超重肥胖风险的关联

张丽芳[1],何兆聪[1],韦冬梅[1],卢锦华[1],旷雅舒[1],陆敏珊[1],邵丹彤[1],邱琇[1,2],何健荣[1,2]

1.广州医科大学附属广州市妇女儿童医疗中心出生队列研究室,广东 510623;
2.广州医科大学附属广州市妇女儿童医疗中心妇女保健部/广东省高水平临床重点专科(妇幼保健)

【摘要】 目的 探讨孕期血脂水平与子代 3 岁儿童超重肥胖风险的关联,为儿童肥胖防控提供科学依据。**方法** 纳入截至 2021 年 9 月广州出生队列研究中有孕期血脂检测以及子代 3 岁时体格生长数据的 2 432 对母子。孕 13~19^{+6}周(孕中期)和孕 32~39^{+6}周(孕晚期)的血脂指标包括高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、甘油三酯(TG)、胆固醇(TC)。根据世界卫生组织 5 岁以下儿童生长标准,计算儿童年龄别体质量指数(BMI)Z 评分;并以血脂 Z 分按四分位数分为 $Q1$、$Q2$、$Q3$ 和 $Q4$ 四组。采用线性回归分析孕期血脂水平与子代 3 岁时 BMI Z 分的关系,采用稳健 Poisson 回归评估母亲孕期血脂水平与子代 3 岁儿童超重肥胖风险的关联,模型均控制母亲受孕年龄、受教育程度、产次、孕前 BMI 和妊娠期糖尿病等因素。**结果** 不同母亲孕前 BMI 的儿童超重肥胖风险检出率差异有统计学意义($\chi^2=22.85$, $P<0.01$)。线性回归分析结果显示,孕晚期 TG Z 分与子代 3 岁 BMI Z 分呈正相关($\beta=0.10$, 95%$CI=0.02\sim0.18$, $P<0.05$)。稳健 Poisson 回归分析结果显示,与孕中期 TC $Q1$ 组相比,孕中期 $Q4$ 组与子代 3 岁时超重肥胖风险升高相关($RR=1.59$, 95%$CI=1.04\sim2.44$);与孕晚期 TG $Q1$ 组相比,孕晚期 $Q4$ 组增加子代 3 岁时超重肥胖风险($RR=1.79$, 95%$CI=1.02\sim3.12$)(P 值均<0.05)。**结论** 孕中期母亲血清 TC 水平升高会增加子代 3 岁时的超重肥胖风险,孕晚期母亲血清 TG 水平与子代 3 岁时 BMI 和超重肥胖风险呈正相关。

【关键词】 血脂;超重;肥胖症;回归分析;儿童,学龄前

【中图分类号】 R 179 R 723.14 R 715.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2025)08-1074-05

Association between maternal lipids during pregnancy and risk of offspring's overweight and obesity at 3 years of age

ZHANG Lifang, HE Zhaocong, WEI Dongmei, LU Jinhua, KUANG Yashu, LU Minshan, SHAO Dantong, QIU Xiu, HE Jianrong

The Research Laboratory of the Born in Guangzhou Cohort Study, Guangzhou Women and Children's Medical Center, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510623, *Guangdong Province, China*

【Abstract】 Objective To explore the association between maternal lipid levels during pregnancy and the risk of overweight and obesity in offspring at 3 years of age, providing scientific evidences for the prevention and control of childhood obesity. **Methods** A total of 2 432 mother-child pairs with maternal lipid tests during pregnancy and offspring's physical growth data at 3 years of age were included from the Borin in Guangzhou Cohort Study up to September 2021. Lipid indicators, including high density lipoprotein cholesterol (HDL-C), low density lipoprotein cholesterol(LDL-C), triglycerides (TG), and total cholesterol (TC), were measured at 13-19^{+6} weeks (mid-pregnancy) and 32-39^{+6} weeks (late pregnancy). Children's body mass index (BMI) Z score were calculated according to the World Health Organization's growth standards for children under 5 years old. The lipid Z score were divided into four quartiles: $Q1$, $Q2$, $Q3$ and $Q4$. Linear regression was used to analyze the relationship between maternal lipid levels during pregnancy and offspring' s BMI Z score at 3 years of age. Poisson regression with a robust error variance was employed to evaluate the association between maternal lipid levels during pregnancy and the at-risk of overweight and obesity in offspring at 3 years of age, after adjusting for maternal age at conception, education level, parity, pre-pregnancy BMI and gestational diabetes mellitus. **Results** There was a statistically significnt difference in the detection rate of overweight and obesity risk among children with different mothers's pre-pregnancy BMI ($\chi^2=22.85$, $P<0.05$). Linear regression analysis showed that TG levels in late-pregnancy were positively related to BMI Z score ($\beta=0.10$, 95%$CI=0.02-0.18$, $P<0.05$). Poisson regression with a robust error variance indicated that, compared with the $Q1$ group of TC, the $Q4$ group of TC in mid-pregnancy was associated with an increased risk of overweight and obesity in offspring at 3 years of age ($RR=1.59$, 95%$CI=1.04-2.44$); compared with the $Q1$ group of TG, the $Q4$

【基金项目】 国家自然科学基金项目(82273642,82461160320,82173525,82404262);广东省基础与应用基础研究基金项目(2022A1515220104);广州市科技局项目(202201020656,20231A011044)

【作者简介】 张丽芳(1988-),女,广西北海人,硕士,主治医师,主要研究方向为妇幼健康流行病学;何兆聪(1998-),男,广东佛山人,在读硕士,主要研究方向为妇幼健康流行病学。张丽芳和何兆聪为共同第一作者。

【通信作者】 邱琇,E-mail:xiu.qiu@bigcs.org;何健荣,E-mail:jianrong.he@bigcs.org

group of TG during late-pregnancy increased the risk of overweight and obesity in offspring at 3 years of age (*RR*=1.79, 95%*CI*=1.02-3.12) (both *P*<0.05). **Conclusions** Maternal serum TC level during mid-pregnancy can increase the risk of overweight and obesity in offspring at 3 years of age. Maternal serum TG levels during late-pregnancy is positively correlated with BMI and the risk of overweight and obesity in offspring at 3 years of age.

【Keywords】 Plasma lipid; Overweight; Obesity; Regression analysis; Child, preschool

儿童超重肥胖是重大公共卫生问题,在过去的几十年中,中国儿童超重肥胖率不断攀升。1992 年<6 岁儿童的超重率为 2.3%,2015—2019 年上升至 6.8%,增长了 1.8 倍;肥胖率则由 1.6%上升至 3.6%,增长 1.3 倍[1]。预计 2030 年中国 15.6%的学龄前儿童和 31.8%的学龄儿童将发展为超重或肥胖体型[2]。关于儿童超重肥胖危险因素的研究很多,母亲的健康状况被认为是危险因素之一,如孕前高体质量指数(body mass index, BMI)、孕期增重过多、妊娠期糖尿病等[3-4]。但孕期母亲血脂代谢对子代肥胖影响的研究较少,且结论不一致[5-10],可能与孕期血脂的种族差异有关[11]。为此,本文基于前瞻性的广州出生队列研究(Born in Guangzhou Cohort Study, BIGCS),分析孕期血脂水平与子代 3 岁时 BMI 以及超重肥胖风险的关联。

1　对象与方法

1.1　对象　研究对象来自广州出生队列,该队列自 2012 年开始建立,旨在研究社会、生物和环境因素对孕妇妊娠以及儿童健康的影响。本次分析纳入 2018 年 4 月前招募入组且截至 2021 年 9 月子代满 3 岁的母子对为研究对象。纳入标准:母亲入组时孕周<20 周;在广州市妇女儿童医疗中心进行产前检查并分娩;孕期已检测血脂;子代 3 岁时在广州市妇女儿童医疗中心完成生长发育评估。排除标准:双胎或多胎;儿童死亡。共纳入 2 432 对母子,孕妇受孕年龄为(29.93±3.72)岁,孕前 BMI 为(20.74±2.88)kg/m^2;子代 3 岁(中位 32 月)时的 BMI 为(15.27±1.29)kg/m^2。本研究已通过广州医科大学附属妇女儿童医疗中心医学伦理委员会批准审查(批号:穗妇儿科伦批字[2022]第 129B01 号),所有研究对象(孕妇)均签署书面知情同意书。

1.2　方法

1.2.1　一般情况　母亲的受孕年龄、受教育程度(高中及以下、大专、大学本科、研究生及以上),孕前 BMI,产次(初产、经产)为入组时通过自填问卷收集。妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)的诊断标准[12]为孕妇在妊娠 24~28 周期间进行 75 g 口服葡萄糖耐量试验检查,满足以下一项标准诊断为 GDM:空腹血糖>5.1 mmol/L,服糖后 1 h 血糖>10.0 mmol/L,服糖后 2 h 血糖>8.5 mmol/L。GDM 诊断和新生儿性别均来自医疗记录。

1.2.2　孕期血脂水平检测　选取 13~19^{+6} 周(孕中期)和 32~39^{+6}(孕晚期)作为暴露评估窗口期。孕妇空腹采集静脉血检测血清血脂 4 项,包括甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)。采用磷酸甘油氧化酶-过氧化物酶法测定 TG,胆固醇氧化酶-过氧化酶法测定 TC,直接法-表面活性剂清除法测定 LDL,直接法-过氧化氨酶清除法测定 HDL。血脂 4 项均在医院检验科由专业人员使用全自动生化分析仪进行检测。血糖、血脂检测项目均通过国家卫生健康委员会及广东省临床检验中心组织的室间质量评价,结果合格。

1.2.3　儿童身高和体重　由统一培训的研究人员测量儿童体重和身高或身长,测量时要求儿童脱下鞋子,仅保留一层衣服。在年龄<3 岁儿童中,使用 Shekel Healthweigh 称(Shekel Scales Ltd.,以色列)测量体重和身长;在≥3 岁儿童中,使用电子称(SECA 287)测量体重和身高。体重精确至 0.01 kg,身长/身高精确至 0.1 cm;为扣除衣服的额外重量,从每个孩子的体重中减去 0.2 kg。对于无法参加现场随访的儿童(约 25%),通过电话随访,由父母报告幼儿的体重和身高/身长(在其他儿童保健机构的常规测量)。根据世界卫生组织 5 岁以下儿童生长标准,计算儿童 BMI *Z* 分,BMI *Z* 分>1 定义为有超重肥胖风险[13-15]。

1.3　质量控制　所有随访人员都经过标准培训和考核,问卷填写经过逻辑核查,对漏填或有逻辑问题的问卷及时联系研究对象进行补充修正。体重测量仪在使用前进行校验,并定期校正。血样的采集、处理、运输和检测严格按照规范流程。

1.4　统计学分析　采用 Stata 18 软件进行统计分析,连续型变量采用 Q-Q 图进行正态性判定,对近似服从正态分布的计量数据采用($\bar{x}\pm s$)描述集中和离散趋势,分类变量数据用频数和百分比(%)描述。采用两组独立样本 *t* 检验分析受孕年龄、孕前 BMI 等正态分布连续变量的组间差异;采用χ^2 检验比较分类变量的组间分布。由于血脂水平随着孕周变化,对各个检测孕周的血脂水平根据均值和标准差进行 *Z* 分转换,采用线性回归模型分析不同孕期血脂 *Z* 分与子代 3 岁时 BMI *Z* 分的关系;采用稳健 Poisson 回归评估孕期

血脂水平与子代 3 岁时超重肥胖风险的关联，血脂 *Z* 分以四分位数分组后以分类变量纳入分析。模型调整母亲受孕年龄（连续型变量），产次（初产、经产），母亲受教育水平（高中及以下、大专/专科、本科、研究生及以上），母亲孕前 BMI（连续型变量）和 GDM（是、否）。双侧检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 *孕妇和儿童基本情况* 见表 1。

表 1 不同组别子代 3 岁儿童超重肥胖风险检出率比较

Table 1 Comparison of detection rates of overweight and obesity risk in offspring age 3 years old among different groups

组别	人数	超重肥胖风险人数	χ^2 值	*P* 值
母亲受教育程度				
高中及以下	192	21（10.93）	2.82	0.42
大专/专科	583	54（9.26）		
本科	1 325	119（8.98）		
研究生及以上	332	39（11.75）		
母亲产次				
初产妇	1 917	179（9.34）		0.51*
经产妇	514	53（10.31）		
缺失	1	1（100.00）		
母亲孕前 BMI				
正常	1 580	156（9.87）	22.85	<0.01
消瘦	508	27（5.31）		
超重	242	39（16.12）		
肥胖	50	5（10.00）		
缺失	52	6（11.54）		
母亲 GDM				
否	2 066	196（9.49）		0.66*
是	362	37（10.22）		
缺失	4	0		
儿童性别				
男	1 262	125（9.90）	0.32	0.57
女	1 170	108（9.23）		

注：（）内数字为检出率/%；* 为 Fisher 检验。

在子代 3 岁（中位 32 月）时，BMI *Z* 分为（−0.30±1.01）分，233 名（9.58%）幼儿有超重肥胖风险。子代超重肥胖风险组的母亲孕前 BMI［（21.68±3.08）kg/m^2］高于非超重肥胖风险组［（20.64±2.84）kg/m^2］，差异有统计学意义（$t=25.64$，$P<0.01$）。子代超重肥胖风险组的母亲受孕年龄［（30.13±3.47）岁］高于非超重肥胖风险组［（29.90±3.75）岁］，但差异无统计学意义（$t=0.87$，$P=0.38$）。

不同母亲孕前 BMI 的儿童超重肥胖风险检出率差异有统计学意义（$P<0.01$）；不同母亲受教育程度、产次、母亲 GDM 和性别的儿童超重肥胖风险检出率差异均无统计学意义（*P* 值均>0.05）。

2.2 *孕期血脂与子代 3 岁儿童 BMI 的关联* 线性回归分析结果显示，孕中期和孕晚期 TG *Z* 分与子代 3 岁儿童 BMI *Z* 分均呈正相关（*P* 值均<0.01）；在控制母亲受孕年龄、受教育程度、产次、孕前 BMI 和 GDM 等因素后，孕中期 TG *Z* 分与子代 3 岁 BMI *Z* 分的关联无统计学意义（$P>0.05$），孕晚期 TG *Z* 分与子代 3 岁 BMI *Z* 分的关联仍有统计学意义（$P<0.05$）。见表 2。

表 2 孕期血脂水平与子代 3 岁儿童 BMI *Z* 分的线性回归分析

Table 2 Linear regression analysis of maternal lipids during pregnancy and BMI *Z* score in offspring aged 3 years children

孕周	自变量	人数	模型 1		模型 2	
			β 值（95%*CI*）	*P* 值	*β* 值（95%*CI*）	*P* 值
13~19^{+6}	HDL-C	1 586	−0.03（−0.08~0.02）	0.18	0.01（−0.04~0.06）	0.83
	LDL-C	1 584	−0.02（−0.07~0.03）	0.51	−0.03（−0.08~0.02）	0.22
	TC	1 586	−0.00（−0.05~0.05）	0.91	−0.01（−0.05~0.04）	0.85
	TG	1 584	0.08（0.03~0.13）	<0.01	0.05（−0.01~0.10）	0.09
32~39^{+6}	HDL-C	955	−0.06（−0.12~0.01）	0.10	−0.04（−0.10~0.03）	0.30
	LDL-C	956	−0.07（−0.13~−0.01）	0.04	−0.05（−0.11~0.02）	0.15
	TC	956	−0.02（−0.08~0.05）	0.61	0.01（−0.06~0.07）	0.82
	TG	949	0.13（0.05~0.21）	<0.01	0.10（0.02~0.18）	0.02

注：模型 1 为未校正模型，模型 2 调整母亲受孕年龄、受教育程度、产次、孕前 BMI、GDM 等混杂因素。

2.3 *孕期血脂与子代 3 岁儿童超重肥胖风险的关联* 以母亲血脂 *Z* 分按四分位数分别分组后，稳健 Poisson 回归分析结果显示，调整混杂因素前后与低 TC 组（*Q*1）相比，孕中期最高 TC 组（*Q*4）与子代 3 岁时超重肥胖风险升高相关（*RR* 值分别为 1.61，1.59）；与最低 TG 组（*Q*1）相比，孕晚期最高 TG 组（*Q*4）增加子代 3 岁时超重肥胖风险（校正 *RR* 值分别为 1.86，1.79）（*P* 值均<0.05）。见表 3。

表 3 孕期血脂水平与子代 3 岁儿童超重肥胖风险关联的稳健 Poisson 回归分析［*RR* 值（95%*CI*）］

Table 3 Poisson regression with robust error variance the association between maternal lipids during pregnancy and risk of overweight or obesity in offspring aged 3 years child［*RR*（95%*CI*）］

孕周	自变量	人数	模型 1			模型 2		
			*Q*2	*Q*3	*Q*4	*Q*2	*Q*3	*Q*4
13~19^{+6}	HDL-C	1 586	0.71（0.44~1.14）	0.91（0.59~1.42）	0.96（0.62~1.48）	0.76（0.47~1.22）	1.04（0.66~1.64）	1.16（0.74~1.82）
	LDL-C	1 584	1.00（0.62~1.59）	1.13（0.72~1.78）	1.09（0.69~1.73）	0.97（0.60~1.54）	1.15（0.73~1.81）	1.00（0.63~1.59）
	TC	1 586	1.16（0.73~1.86）	0.74（0.44~1.27）	1.61（1.04~2.48）*	1.15（0.72~1.84）	0.73（0.42~1.25）	1.59（1.04~2.44）*
	TG	1 584	0.92（0.56~1.53）	1.49（0.95~2.34）	1.24（0.78~1.98）	0.91（0.55~1.49）	1.36（0.86~2.15）	1.05（0.65~1.70）
32~39^{+6}	HDL-C	955	1.20（0.72~2.01）	1.15（0.68~1.93）	1.23（0.74~2.06）	1.15（0.68~1.95）	1.20（0.72~2.01）	1.26（0.75~2.13）
	LDL-C	956	0.85（0.53~1.38）	0.75（0.46~1.24）	0.79（0.48~1.28）	0.89（0.55~1.43）	0.83（0.50~1.38）	0.84（0.50~1.42）
	TC	956	1.25（0.76~2.05）	0.96（0.57~1.64）	1.13（0.68~1.87）	1.26（0.77~2.07）	0.98（0.57~1.69）	1.16（0.68~1.98）
	TG	949	1.33（0.75~2.35）	1.43（0.82~2.51）	1.86（1.09~3.15）*	1.42（0.79~2.57）	1.38（0.75~2.53）	1.79（1.02~3.12）*

注：模型 1 为未校正模型，模型 2 调整母亲受孕年龄、受教育程度、产次、孕前 BMI、GDM 等混杂因素；* $P<0.05$。

3　讨论

随着肥胖儿童日益增加且学龄期的肥胖干预效果欠佳[16]，将儿童肥胖防控的关键窗口前移至围产期，探索肥胖的风险因子至关重要[17]。通过研究母亲孕期血脂与子代肥胖的关系，可早期识别儿童肥胖的风险因素，为肥胖干预提供依据，从而预防儿童肥胖的发生。

国外关于孕期母体血脂与儿童肥胖的研究尚无确切的结论。如一项来自美国关于孕期血脂与子代 3 岁的 BMI 和肥胖关系的研究发现，在孕周<20 和 24~29 周，高 TG 水平与子代 3 岁更高的 BMI 相关，但未发现 TC 和 LDL-C 与子代肥胖相关[5]，与本研究结果相似。但在本研究中，孕中期 TG 与 BMI 呈正相关，控制母亲孕前 BMI 后，两者关联无统计学意义。本研究发现，孕中期母亲血清 TC 水平增加子代 3 岁时超重肥胖风险。与挪威母亲、父亲和儿童队列研究发现相符[10]，即母亲孕 13~27 周的 TC 水平与子代体重呈正相关，但本研究尚未发现孕期 HDL-C、LDL-C 与子代 3 岁时超重肥胖的相关性。阿姆斯特丹出生儿童和发育的研究发现，母亲孕早期的血脂（TG、TC、游离脂肪酸、载脂蛋白 B/载脂蛋白 A1）不会增加子代 12 岁的肥胖风险[6]。不同研究间的结果不一致，可能是由于血液样本收集方法、血脂检测孕周以及儿童体重测量的时间点不同导致的。

孕期母体血脂与儿童超重肥胖间关系的相关生物学机制尚不明确。TC 被证明能激活哺乳动物雷帕霉素靶蛋白（mammalian target of Rapamycin, mTOR）复合体 1[18]，该复合体可促进细胞增殖和脂肪生成[19]。mTOR 在胎盘中表达，其激活与胎儿生长相关[20]，因胎儿的脂肪组织在孕 14 周已开始出现[21]；这可能进一步解释了本研究结果，即孕中期高的 TC 会增加子代超重肥胖风险。此外，母亲血脂特征可能通过表观遗传机制影响子代肥胖。近期一项研究发现，DNA 甲基化可能在母体 TG 与子代肥胖之间的关系中发挥作用，孕晚期（27~34 周）母体 TG 与脐血 DNA 甲基化的关系比母体血糖、胰岛素或游离脂肪酸更为显著[22]。差异甲基化区域位于涉及免疫功能和脂质代谢的基因附近，TG 相关的胞嘧啶-磷酸-鸟嘌呤（Cytosine Phosphate Guanine, CpG）位点与子代 4~6 月和 4~6 岁的肥胖程度相关，分别介导了母体 TG 与子代肥胖之间关系的 10%和 22%[22]。

本研究探讨孕期母体血脂水平与幼儿超重与肥胖风险的关联，并且是基于前瞻性的队列进行，但仍存在一定局限性：（1）尽管本研究已经调整一些混杂因素，但是仍然可能存在未测量的混杂因素。（2）研究只用 BMI 定义超重肥胖，不能有效区分体内脂肪含量和肌肉组织；此外，只有单时点的体格生长发育数据，未来的研究可以进一步探讨母体孕期血脂水平对多时点儿童体格生长发育轨迹的影响。（3）研究中同时具备孕中期和孕晚期血脂水平数据的样本量较少，在一定程度上限制了对孕期血脂动态变化的深入分析。未来需要更大样本量、更完整孕期数据，以更深入探讨孕期血脂动态变化对儿童生长轨迹的潜在影响。（4）研究未实施多重比较校正，可能增加假阳性的风险。（5）研究人群仅来自广州市，样本代表性及结果外推可能受限，未来的研究应在大样本人群中展开讨论。

综上所述，孕中期母体血清 TC 水平增加子代 3 岁时超重肥胖风险，孕晚期母体血清 TG 水平与子代 3 岁时 BMI 和超重肥胖风险呈正相关。本研究强调妊娠期间血脂评估和控制的重要性，为预防儿童肥胖提供新的证据和思路，未来需要探索降低母体 TC 和 TG 水平的干预措施，以改善儿童肥胖和代谢健康。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] PAN X F, WANG L, PAN A. Epidemiology and determinants of obesity in China[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2021, 9(6): 373-392.

[2] WANG Y, ZHAO L, GAO L, et al. Health policy and public health implications of obesity in China[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2021, 9(7): 446-461.

[3] JEBEILE H, KELLY A S, O'MALLEY G, et al. Obesity in children and adolescents: epidemiology, causes, assessment, and management[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2022, 10(5): 351-365.

[4] LARQUÉ E, LABAYEN I, FLODMARK C E, et al. From conception to infancy-early risk factors for childhood obesity[J]. Nat Rev Endocrinol, 2019, 15(8): 456-478.

[5] MARTIN C L, VLADUTIU C J, ZIKRY T M, et al. Maternal lipid levels during pregnancy and child weight status at 3 years of age[J]. Pediatr Obes, 2019, 14(4): e12485.

[6] BAAS R E, HUTTEN B A, HENRICHS J, et al. Associations between maternal lipid blood levels at the 13th week of pregnancy and offspring's adiposity at age 11-12 years[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2022, 107(10): e4048-e4057.

[7] THAWARE P K, MCKENNA S, PATTERSON C C, et al. Maternal lipids at 28 weeks' gestation and offspring adiposity at age 5 to 7 years[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2018, 103(10): 3767-3772.

[8] YELVERTON C A, O'KEEFFE L M, BARTELS H C, et al. Association between maternal blood lipids during pregnancy and offspring growth

trajectories in a predominantly macrosomic cohort: findings from the ROLO longitudinal birth cohort study[J]. Eur J Pediatr, 2023, 182(12): 5625-5635.

[9] BLANCO S E, TUOMAALA A K, TABASSUM R, et al. Early ascending growth is associated with maternal lipoprotein profile during mid and late pregnancy and in cord blood[J]. Int J Obes, 2023, 47(11): 1081-1087.

[10] ØYRI L K L, CHRISTENSEN J J, SEBERT S, et al. Maternal prenatal cholesterol levels predict offspring weight trajectories during childhood in the Norwegian mother, father and child cohort study[J]. BMC Med, 2023, 21(1): 43.

[11] WAAGE C W, MDALA I, STIGUM H, et al. Lipid and lipoprotein concentrations during pregnancy and associations with ethnicity[J]. BMC Pregnancy Childbirth, 2022, 22(1): 246.

[12] American Diabetes Association. Classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes-2019[J]. Diabetes Care, 2019, 42(Suppl 1): S13-S28.

[13] WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO child growth standards based on length/height, weight and age[J]. Acta Paediatr Suppl, 2006, 450: 76-85.

[14] WHO. WHO child growth standards: training course on child growth assessment [EB/OL]. (2008-12-01)[2025-02-28]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241595070.

[15] ROLLAND-CACHERA M F. Childhood obesity: current definitions and recommendations for their use[J]. Int J Pediatr Obes, 2011, 6(5/6): 325-331.

[16] LISTER N B, BAUR L A, FELIX J F, et al. Child and adolescent obesity[J]. Nat Rev Dis Prim, 2023, 9(1): 24.

[17] WOO BAIDAL J A, LOCKS L M, CHENG E R, et al. Risk factors for childhood obesity in the first 1 000 days: a systematic review[J]. Am J Prev Med, 2016, 50(6): 761-779.

[18] CASTELLANO B M, THELEN A M, MOLDAVSKI O, et al. Lysosomal cholesterol activates mTORC1 via an SLC38A9-Niemann-Pick C1 signaling complex[J]. Science, 2017, 355(6331): 1306-1311.

[19] PANWAR V, SINGH A, BHATT M, et al. Multifaceted role of mTOR (mammalian target of rapamycin) signaling pathway in human health and disease[J]. Signal Transduct Target Ther, 2023, 8(1): 375.

[20] DONG J, SHIN N, CHEN S, et al. Is there a definite relationship between placental mTOR signaling and fetal growth? [J]. Biol Reprod, 2020, 103(3): 471-486.

[21] DESOYE G, HERRERA E. Adipose tissue development and lipid metabolism in the human fetus: the 2020 perspective focusing on maternal diabetes and obesity[J]. Prog Lipid Res, 2021, 81: 101082.

[22] WALDROP S W, NIEMIEC S, WOOD C, et al. Cord blood DNA methylation of immune and lipid metabolism genes is associated with maternal triglycerides and child adiposity[J]. Obesity (Silver Spring), 2024, 32(1): 187-199.

收稿日期: 2025-01-02 **修回日期**: 2025-02-28 **本文编辑**: 王苗苗

(上接第 1073 页)

[28] 阳慧敏. 普通大学生体力活动现状及其影响因素的研究: 以长沙市部分高校为例[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2017.
YANG H M. The study on the actuality and influencing factors of physical activity among college students: taking several universities in Changsha as example[D]. Changsha: Hunan Norm University, 2017. (in Chinese)

[29] 许文鑫, 郭凯林. 我国社区居民体育锻炼的同群效应: 基于 CGSS 数据的实证分析[J]. 中国体育科技, 2024, 60(1): 3-9.
XU W X, GUO K L. Peer effect of physical exercise among community residents in China: an empirical analysis based on data from the Chinese general social survey[J]. J Phys Educ, 2024, 60(1): 3-9. (in Chinese)

[30] 夏俊彪, 史曙生. 计划行为理论视角下大学生课外体育锻炼意愿及影响因素研究[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2025, 48(1): 127-136.
XIA J B, SHI S S. Research on the willingness and influencing factors of college students' extracurricular physical exercise from the perspective of planned behavior theory[J]. J Nanjing Norm Univ (Nat Sci Ed), 2025: 48(1): 127-136. (in Chinese)

[31] 范卉颖, 张加林, 马晓. 家庭对儿童青少年身体活动作用机制的研究进展[J]. 中国学校卫生, 2025, 46(3): 452-456.
FAN H Y, ZHANG J L, MA X. Research updates on potential mechanisms of family on physical influence activity among children and adolescents[J]. Chin J Sch Health, 2025, 46(3): 452-456. (in Chinese)

[32] 扈芷晴, 秦邦辉, 孙艳君, 等. 跨期决策在慢性病患者健康行为研究中的应用[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2021, 21(6): 579-583.
HU Z Q, QIN B H, SUN Y J, et al. Application of inter temporal decision-making in the study of health behavior of patients with chronic diseases[J]. J Nanjing Med Univ (Soc Sci), 2021, 21(6): 579-583. (in Chinese)

[33] 王崇梁. 健康行为改变过程中信息的框架效应研究[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
WANG C L. Study on message framing effects in the process of health behavior change[D]. Changchun: Jilin University, 2019. (in Chinese)

[34] KAI-INEMAN D, TVERSKY A. Prospect theory: an analysis of decision under risk[J]. Econometrica, 1979, 47(2): 363-391.

[35] BOOTH F W, GORDON S E, CARLSON C J, et al. Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology[J]. J Appl Physiol, 2000, 88(2): 774-787.

[36] BLAIR S N, BRODNEY S. Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues[J]. Med Sci Sports Exerc, 1999, 31(11 Suppl): S646-S662.

收稿日期: 2025-06-04 **修回日期**: 2025-07-03 **本文编辑**: 顾璇