

• 运动与儿童体重管理专栏 •

母亲孕期体重增长模式对儿童 0~3 岁 体质量指数轨迹的影响

褚光萍¹, 魏薇¹, 陈婷¹, 曹巧璐¹, 许香香², 龚甜³1. 苏州市姑苏区妇幼保健所妇女保健科, 江苏 苏州 215000; 2. 苏州市立医院妇产科;
3. 苏州市妇幼保健院/苏州市妇幼保健计划生育服务中心妇幼保健部

摘要: **目的** 分析儿童 0~3 岁体质量指数(BMI)轨迹,探讨孕期体重增长模式对儿童 BMI 轨迹的影响。**方法** 选取 2021—2022 年在苏州市姑苏区分娩的孕妇,追踪其儿童 0~3 岁时的身高和体重。采用潜类别增长模型构建儿童 0~3 岁 BMI 变化轨迹,通过曲线下面积(AUC)计算孕妇孕期体重累积 AUC 和增量 AUC。采用 logistic 回归探讨孕期体重 AUC 与儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的关联。**结果** 共 10 590 对母婴数据纳入分析。儿童 0~3 岁 BMI 轨迹拟合为 3 类:适宜生长组、先高后降组和快速生长组。以适宜生长组为参考,多因素 logistic 回归分析显示,与体重累积 AUC Q_1 组相比, Q_2 组($OR=1.26, 95\%CI:1.04\sim1.51$)、 Q_3 组($OR=1.28, 95\%CI:1.07\sim1.54$)、 Q_4 组($OR=1.38, 95\%CI:1.15\sim1.66$)均增加儿童 BMI 先高后降的风险, Q_4 组亦增加儿童快速生长的风险($OR=1.24, 95\%CI:1.05\sim1.46$)。母亲孕期体重增长模式与子代 BMI 轨迹风险的关联在男女童中存在差异。**结论** 儿童 0~3 岁 BMI 轨迹可分为适宜生长、先高后降和快速生长三组模式,母亲孕期不适宜的体重增长模式会增加儿童 0~3 岁呈现先高后降和快速生长 BMI 轨迹的风险。

关键词: 生长轨迹; 孕期体重增长模式; 曲线下面积; 儿童

中图分类号:R173;174 文献标识码:A 文章编号:1008-6579(2026)01-0023-06 doi:10.11852/zgetbjzz2025-0862

Impact of maternal gestational weight gain patterns on body mass index trajectories in children aged 0 - 3 years

CHU Guangping¹, WEI Wei¹, CHEN Ting¹, CAO Qiaolu¹, XU Xiangxiang², GONG Tian³

1. Department of Women's Healthcare, Gusu District Maternal and Child Health Center, Suzhou, Jiangsu 215000, China; 2. Department of Obstetrics, Suzhou Municipal Hospital; 3. Department of Maternal and Child Healthcare, Suzhou Maternal and Child Health Hospital/ Suzhou Maternal and Child Health Family Planning Service Center

Corresponding author: GONG Tian, E-mail: emily_gong2012@163.com

Abstract: **Objective** To analyze the body mass index (BMI) trajectories in children aged 0 - 3 years, and to explore the impact of maternal gestational weight gain (GWG) patterns on these trajectories. **Methods** A cohort of pregnant women who delivered in Gusu District, Suzhou City from 2021—2022 was selected, and their children's height and weight were tracked from birth to 3 years of age. Latent class growth modeling (LCGM) was used to identify distinct BMI trajectories. The area under the curve (AUC) was calculated to determine cumulative GWG AUC and incremental GWG AUC during pregnancy. Multivariable logistic regression was employed to examine the associations between GWG AUC quartiles and the identified BMI trajectory groups. **Results** Data from 10 590 mother-child pairs were analyzed. Three distinct BMI trajectories were identified: appropriate growth group, rise-then-decline group, and rapid growth group. Using the appropriate growth group as reference, multivariable logistic regression analysis showed that compared to the first quartile of cumulative GWG AUC, the second ($OR=1.26, 95\%CI:1.04-1.51$), third ($OR=1.28, 95\%CI:1.07-1.54$), and fourth ($OR=1.38, 95\%CI:1.15-1.66$) quartiles were associated with an increased likelihood of belonging to the rise-then-decline group. The fourth quartile of cumulative GWG AUC also increased the risk of the rapid growth group ($OR=1.24, 95\%CI:1.05-1.46$). Stratified analysis suggested that the associations between GWG patterns and offspring BMI trajectory risks differed between boys and girls. **Conclusions** Children's BMI trajectories from 0 - 3 years can be categorized into three patterns: appropriate growth, rise-then-decline, and rapid growth. Suboptimal maternal GWG patterns are associated with an increased risk of children exhibiting either the rise-then-decline or rapid growth trajectory

基金项目:苏州市应用基础研究(医疗卫生)科技创新项目(SYWD2024034)

作者简介:褚光萍(1988—),女,硕士,副主任医师,主要研究方向为妇幼健康。

通信作者:龚甜, E-mail: emily_gong2012@163.com

patterns.

Keywords: growth trajectory; gestational weight gain pattern; area under the curve; children

过去几十年,我国儿童肥胖率迎来快速上升,儿童肥胖已成为我国重大公共卫生问题之一^[1]。体质指数(body mass index, BMI)作为评估儿童营养状况和肥胖风险的核心指标,其在婴幼儿期的动态变化轨迹(BMI 轨迹),相较于单一时间点的测量值,更能反映生长发育的长期模式和潜在风险^[2]。研究表明,0~3 岁期间的不同 BMI 轨迹与儿童期乃至成年期的肥胖、代谢综合征等慢性疾病风险密切相关^[2-3]。大量研究探讨了孕期增重过多与巨大儿、儿童期超重/肥胖风险的关联^[4-5],然而结局中评价儿童(尤其是 0~3 岁)BMI 的连续、动态变化轨迹的研究相对有限。同时,孕期增重反映的是起末两个时点的孕期体重变化,而孕期体重增长模式同时考虑体重的变化水平和持续时间,可以更准确地估计体重增长的远期影响,然而该模式相关的研究目前仍较少^[6]。因此,本研究采用前瞻性设计,旨在探讨儿童 0~3 岁的 BMI 轨迹模式,分析母亲孕期体重增长与儿童早期 BMI 轨迹模式的关联,为我国生命早期肥胖防控策略的制定和完善提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 研究数据来源苏州市母婴阳光工程项目。纳入 2021 年 1 月 1 日—2022 年 12 月 31 日于苏州市姑苏区辖区医疗机构分娩的孕妇,对婴儿追踪至 3 岁,通过信息系统收集孕前及孕期相关检查结果。纳入标准:1)单胎妊娠;2)在孕早期(<13 周)、孕中期 1(13~21 周前)、孕中期 2(21~28 周前)、孕晚期 1(28~37 周前)和孕晚期 2(37 周以后)五个时间点内均至少有 1 次体检记录;3)儿童在 1 岁前(1 月、3 月、6 月、8 月)至少完成 3 次体检、在 1~2 岁(12 月、18 月)至少完成 1 次体检,在 2~3 岁(24 月、30 月、36 月)至少完成 1 次体检。排除不良妊娠结局、重大疾病等,最终共计纳入 10 590 对母婴数据。根据前瞻性相关文献^[7],设定置信水平 $\alpha=0.05$, $\beta=0.10$,考虑 10%失访,每组纳入人数不少于 1 023 人,本研究人数符合要求。所有研究对象均在建卡时知情同意后纳入,本研究已通过苏州市立医院伦理委员会(S-2024-043-K01)批准。

1.2 方法

1.2.1 孕期及出生情况 所有研究对象的孕期及出生资料通过江苏省妇幼信息系统及自制问卷获取,包括年龄、孕前 BMI、分娩方式、出生体重、出生性别、出生孕周、产次、流产史、户籍类型等。

1.2.2 体格测量及相关定义 孕妇和儿童身高/身长和体重精确度为 0.1cm 和 0.1kg, $BMI = \text{体重} / \text{身高}^2 (\text{kg}/\text{m}^2)$ 。根据孕妇 BMI 分为 4 组:消瘦($BMI < 18.5 \text{ kg}/\text{m}^2$)、正常($18.5 \text{ kg}/\text{m}^2 \leq BMI < 24.0 \text{ kg}/\text{m}^2$)、超重($24.0 \text{ kg}/\text{m}^2 \leq BMI < 28.0 \text{ kg}/\text{m}^2$)、肥胖($BMI \geq 28.0 \text{ kg}/\text{m}^2$)。

1.3 质量控制 项目工作人员为临床医生、妇女保健和儿童保健专业人员,经统一培训合格后上岗,熟悉岗位测量要求。所有仪器设备定期进行校准/校定。质控组按照孕妇产检和儿童体检时间定期提醒和督促其按时参加检查。

1.4 统计学方法 使用潜类别增长模型构建儿童 0~3 岁 BMI 变化轨迹。潜类别增长模型能在纵向观察中识别具有相似 BMI 生长轨迹的人群,使用最大似然法拟合 BMI 轨迹模型似然估计^[8]。本研究依次探索不同性别下 2~6 类轨迹模型。以下指标用于选择最佳拟合模型:1)贝叶斯信息准则(BIC),矫正 BIC(aBIC),其值越接近 0,模型拟合越好。2)平均后验类隶属概率(APPA),APPA 值越大表示轨迹分组能力越强,本研究定为大于 0.7。3)熵值,其表示模型能正确区分个人到相应轨迹的能力,越大代表越好,本研究定位大于 0.5。4)组成员占比,每条轨迹至少纳入 5%的人群^[9-10]。使用 R 中的“lcm”包进行轨迹拟合。

使用曲线下面积(area under curve, AUC)来计算孕期体重的累积效应及纵向趋势^[11-12]。以孕周为自变量,体重为因变量,拟合 3 次曲线。将每个孕妇随访期间体重曲线参数除以随访时间得到 AUC 值。总的 AUC 值代表体重的累积效应,而对应的增量 AUC 为个体体重的变异,代表纵向趋势。根据不同孕前 BMI 分类,分别计算各自组内的累积 AUC 和增量 AUC 的四分位数,将第一分位数作为参照组进行对比。AUC 计算使用 R 中“lmer”函数实现。

所有数据采用 R4.3.2 软件进行分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以例数(%)表示,采用 t 检验和 χ^2 检验比较不同组间差异。调整单因素分析有意义的变量,采用 logistic 回归探讨孕期体重累积 AUC 和增量 AUC 与儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的关联。关联值用比值比(OR)和 95%置信区间(CI)呈现。检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 研究对象基本情况 共计纳入 10 590 对母

婴,男婴 5 374 名(占比 50.75%),母亲分娩年龄(30.11±3.87)岁,孕周(39.49±0.95)周,孕前 BMI 为(21.56±2.77)kg/m²,消瘦、超重、肥胖分别占比 10.74%、14.04%和 2.63%;阴道分娩 6 962 例(占比 65.74%),出生体重为低体重和巨大儿分别占比 1.02%和 5.39%,6 666 名(占比 62.95%)婴儿为第一胎,3 966 名(占比 37.45%)孕妇有流产史。体重累积 AUC 为(62.65±7.43),增量 AUC 为(6.08±2.47)。

2.2 儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的构建 根据 BIC 和 APPA,结合熵值及每组分类的占比,男女生中均呈

现 3 组和 4 组轨迹拟合效果好。但 4 组模型中,男性某些轨迹组的成员占比低于 5%,且两组分类间差别并不明显,结合专业意义,将 BMI 生长轨迹分为 3 类。77.8%的男生和 75.6%的女生生长符合大多数儿童的生长模式,命名为适宜生长组;10.4%的男生和 11.4%的女生呈现较高的 BMI 起点,而后慢慢下降,恢复至适宜的生长模式,命名为先高后降组;11.8%的男生和 13.1%的女生呈现较高水平的生长模式,各阶段均处于较高 BMI 水平,命名为快速生长组。见表 1、图 1。

表 1 儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的潜类别增长模型拟合指标
Tab. 1 Model parameters for distinct growth trajectories in children aged 0 - 3 years

性别	类别	占比(%)	APPA	AIC	BIC	aBIC	熵值
男	1	100.0	1	125 621.1	125 660.7	125 641.6	1.00
	2	12.1/87.9	0.81/0.94	124 633.5	124 706.0	124 671.1	0.74
	3	77.8/10.4/11.8	0.89/0.76/0.79	123 492.1	123 597.5	123 546.7	0.70
	4	72.8/9.4/4.6/13.2	0.87/0.74/0.75/0.71	123 113.3	123 251.7	123 185.0	0.69
	5	5.6/75.5/7.8/2.6/8.6	0.71/0.87/0.75/0.73/0.72	122 786.7	122 958.1	122 875.4	0.74
	6	0.7/6.4/71.2/6.4/2.1/13.3	0.84/0.67/0.84/0.77/0.77/0.69	122 656.1	122 860.4	122 761.9	0.72
女	1	100	1	120 299.8	120 339.2	120 320.1	1.00
	2	85.5/14.5	0.92/0.79	119 410.3	119 482.5	119 447.5	0.66
	3	75.6/11.4/13.1	0.87/0.74/0.77	118 468.6	118 573.6	118 522.7	0.65
	4	69.6/9.5/5.9/15.0	0.86/0.74/0.73/0.72	118 065.9	118 203.7	118 136.9	0.66
	5	67.8/6.2/7.2/2.5/16.4	0.84/0.70/0.74/0.79/0.71	117 819.1	117 989.7	117 907.1	0.68
	6	14.6/4.1/62.4/1.1/14.3/3.5	0.68/0.68/0.79/0.79/0.68/0.73	117 699.1	117 902.4	117 803.9	0.66

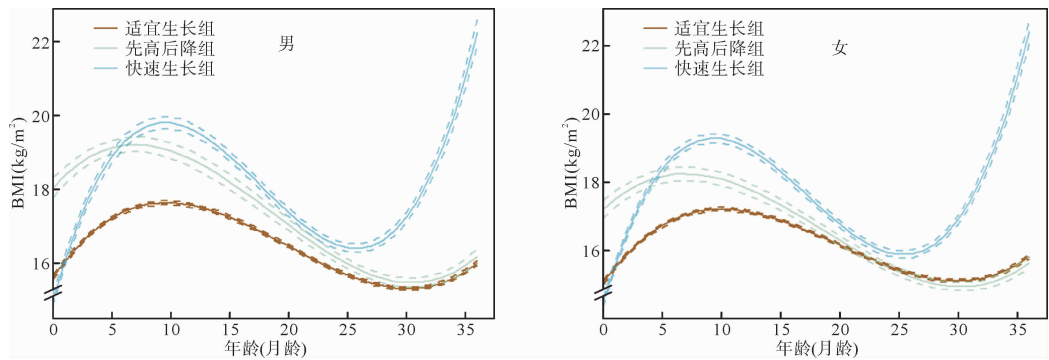


图 1 儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的潜类别增长模型三组轨迹拟合图

Fig. 1 Model fit and group classification of three BMI trajectories in children aged 0 - 3 years

2.3 不同 BMI 轨迹组研究对象特征 不同 BMI 轨迹组下孕龄、孕前 BMI、分娩方式、出生体重、婴儿性别、产次、流产史、孕周、体重累积 AUC 和体重增量 AUC 呈现差异($P<0.05$)。体重累积 AUC 在快速生长组中最高,体重增量 AUC 在先高后降组最高。见表 2。

2.4 孕期 AUC 与 0~3 岁 BMI 轨迹的构建 以适宜生长组为参考,调整孕龄、孕前 BMI、分娩方式、出生体重、性别、孕周、产次、流产史,多因素 logistic 回归分析显示,与累积 AUC Q1 组相比,Q2 组($OR=$

1.26, 95% CI : 1.05~1.51)、Q3 组($OR=1.28$, 95% CI : 1.07~1.54)、Q4 组($OR=1.38$, 95% CI : 1.15~1.66)均增加儿童 BMI 先高后降的风险,Q4 组增加儿童快速生长的风险($OR=1.24$, 95% CI : 1.05~1.46);与增量 AUC Q1 组相比,Q4 组增加儿童 BMI 先高后降的风险($OR=1.27$, 95% CI : 1.06~1.52)。分性别分析时,女生组体重累积、增量 AUC 负担增加 BMI 先高后降的可能性,而男生组增加 BMI 快速生长的风险。见表 3。

表 2 儿童不同 BMI 轨迹组下研究对象特征(例, %)

Tab. 2 Characteristics of enrolled participants according to various BMI trajectory groups(*n*, %)

特征	合计 (<i>n</i> =10 590)	儿童 BMI 变化轨迹			χ^2/t 值	<i>P</i> 值
		适宜生长组 (<i>n</i> =8 122)	先高后降组 (<i>n</i> =1 154)	快速生长组 (<i>n</i> =1 314)		
孕龄(岁)					17.883 ^a	0.007
<25	583(5.51)	452(77.53)	55(9.43)	76(13.04)		
25~30	4 392(41.47)	3 399(77.39)	435(9.9)	558(12.7)		
30~35	4 271(40.33)	3 269(76.54)	512(11.99)	490(11.47)		
≥35	1 344(12.69)	1 002(74.55)	152(11.31)	190(14.14)		
孕前 BMI					64.800 ^a	<0.001
消瘦	1 137(10.74)	946(83.2)	107(9.41)	84(7.39)		
正常	7 687(72.59)	5 916(76.96)	829(10.78)	942(12.25)		
超重	1 487(14.04)	1 068(71.82)	180(12.1)	239(16.07)		
肥胖	279(2.63)	192(68.82)	38(13.62)	49(17.56)		
分娩方式					12.658 ^a	0.002
阴道分娩	6 962(65.74)	5 412(77.74)	718(10.31)	832(11.95)		
剖腹产	3 628(34.26)	2 710(74.7)	436(12.02)	482(13.29)		
出生体重(kg)					61.467 ^a	<0.001
<2.5	108(1.02)	93(86.11)	5(4.63)	10(9.26)		
2.5~<4.0	9 911(93.59)	7 655(77.24)	1 036(10.45)	1 220(12.31)		
≥4.0	571(5.39)	374(65.5)	113(19.79)	84(14.71)		
性别					7.491 ^a	0.024
男	5 374(50.75)	4 181(77.8)	560(10.42)	633(11.78)		
女	5 216(49.25)	3 941(75.56)	594(11.39)	681(13.06)		
产次					66.751 ^a	<0.001
1	6 666(62.95)	5 215(78.23)	608(9.12)	843(12.65)		
2	3 574(33.75)	2 667(74.62)	494(13.82)	413(11.56)		
≥3	350(3.31)	240(68.57)	52(14.86)	58(16.57)		
流产史					13.678 ^a	0.001
无	6 624(62.55)	5 152(77.78)	671(10.13)	801(12.09)		
有	3 966(37.45)	2 970(74.89)	483(12.18)	513(12.93)		
地区					3.137 ^a	0.208
户籍常住	3 600(33.99)	2 795(77.64)	384(10.67)	421(11.69)		
非户籍常住	6 990(66.01)	5 327(76.21)	770(11.02)	893(12.78)		
孕周(周)	39.49±0.95	39.51±0.95	39.51±0.90	39.40±1.00	7.555 ^b	0.001
体重累积 AUC	62.65±7.43	62.29±7.33	63.61±7.56	63.99±7.67	40.969 ^b	<0.001
体重增量 AUC	6.08±2.47	6.09±2.47	6.20±2.50	5.87±2.49	6.337 ^b	0.002

注:^a χ^2 值;^b*t* 值。

表 3 母亲孕期体重 AUC 与儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的关系[OR 值(95%CI)]

Tab. 3 Association between maternal gestational weight AUC and children BMI trajectories[OR(95%CI)]

体重	先高后降组			快速生长组		
	合计	男	女	合计	男	女
累积 AUC						
Q1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q2	1.26(1.05~1.51)*	1.11(0.86~1.45)	1.40(1.08~1.81)*	0.96(0.81~1.14)	1.05(0.82~1.34)	0.88(0.70~1.12)
Q3	1.28(1.07~1.54)*	1.22(0.94~1.59)	1.34(1.03~1.74)*	1.15(0.97~1.36)	1.21(0.94~1.54)	1.11(0.88~1.39)
Q4	1.38(1.15~1.66)*	1.25(0.97~1.62)	1.51(1.16~1.95)*	1.24(1.05~1.46)*	1.32(1.04~1.68)*	1.16(0.92~1.46)
<i>P</i> 值-趋势	0.001	0.067	0.006	0.002	0.011	0.086
<i>P</i> 值-交互	0.001			0.002		
增量 AUC						
Q1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q2	1.04(0.86~1.25)	0.92(0.71~1.19)	1.16(0.89~1.50)	0.96(0.82~1.13)	0.92(0.73~1.16)	1.00(0.80~1.26)
Q3	1.18(0.99~1.41)	1.06(0.82~1.37)	1.29(1.00~1.66)*	0.85(0.72~1.01)	0.79(0.62~1.00)	0.92(0.73~1.17)
Q4	1.27(1.06~1.52)*	1.24(0.96~1.59)	1.29(1.00~1.66)*	0.91(0.77~1.08)	0.92(0.73~1.16)	0.93(0.74~1.17)
<i>P</i> 值-趋势	0.003	0.052	0.034	0.134	0.183	0.419
<i>P</i> 值-交互	0.001			0.652		

注:调整孕龄、孕前 BMI、分娩方式、出生体重、性别、孕周、产次、流产史,**P*<0.05。

3 讨论

3.1 孕期体重增长模式状况 女性不适宜的孕期体重变化会增加未来儿童超重肥胖的风险。国家卫健委发布了不同 BMI 分类人群适宜的体重增加范围。余城东等^[13]报道了全国 13 个城市 12 040 名母亲中,适宜增重人群占比为 39.34%,过多人群达 54.77%。商伟静等^[4]基于 5 个省区县的 2 597 名母婴数据得出,适宜增重人群占比为 38.78%,过多人群为 38.35%。刘宇辞等^[14]基于安徽马鞍山 3 079 名母婴数据发现,适宜增重人群占比为 54.8%,过多人群为 28.6%。孕期增重反映了孕前和临产前两个时点体重变化,孕期在不同时期其体重变化速率不同。累积 AUC 可综合评估体重的累积变化,而增量 AUC 可评估体重的长期趋势,为孕期的精准管理提供了依据^[6]。而当前并无 AUC 的标准,未来可通过前瞻性队列加强相关标准制定,另一方面可从孕期不同阶段进行体重的分阶段管理,关注体重的变化速率。

3.2 儿童 0~3 岁 BMI 轨迹 0~3 岁儿童 BMI 呈现独特的非线性变化轨迹^[15]。单一时点的 BMI 评估并不能有效和准确反映儿童生长状况。过往研究也对 BMI 轨迹进行报道,来亚平^[16]将 3 474 名 0~2 岁 BMI 分为了四组,分别为较快组、较慢组、追赶生长组和适宜组。杨雅涵等^[17]将 1 864 名 0~3 岁儿童 BMI 分为了三组,分别为生长较缓组、生长适宜组和生长快速组。刘宇辞等^[10]将 3 474 名 0~3 岁儿童 BMI 拟合为了一般水平生长型、延迟后持续上升型、加速后持续偏高型和快速增高后下降型四组。不同研究的不同分组也反映了不同地区儿童呈现不同的生长模式,另外也可能与纳入儿童年龄段有关,这也提醒未来研究和临床实践中应更多从纵向连续追踪观察来评估儿童生长发育状况。

3.3 孕期体重 AUC 与儿童 0~3 岁 BMI 轨迹的关系 来亚平^[16]基于马鞍山追踪性研究 3 474 对母婴数据,发现母亲孕期增重过度可显著增加儿童发生较快轨迹的可能性($OR=1.51, 95\% CI: 1.13 \sim 2.03$)。杨雅涵等^[17]基于江苏太仓 1 864 对母婴队列发现,孕期体重增长不足的母亲其子代生长较缓的风险更高($OR=1.84, 95\% CI: 1.19 \sim 2.84$);而并未发现孕期体重增长过多与儿童早期生长轨迹间关联有统计学意义($OR=1.26, 95\% CI: 0.94 \sim 1.68$)。本研究发现,孕期体重累积 AUC 和增量 AUC 与儿童 0~3 岁 BMI 生长轨迹有统计学关联。孕期增重过度会带来胎儿营养过剩,增加未来超重肥胖的风险。孕期增长过度反映的是一种母亲不健康生活方

式,从而影响儿童的健康行为^[18-19]。从表观遗传学角度看,孕期过度增重可永久性地改变胎儿大脑中控制食欲、代谢和应激反应的关键基因(如瘦素受体、糖皮质激素受体基因等)的表达水平^[20]。另外,孕期过度增重导致的宫内环境改变可能穿过胎盘屏障,影响胎儿下丘脑神经回路的关键发育窗口期,打破控制食欲的神经元平衡,从而影响其后代的 BMI 增长轨迹^[21]。本研究还发现孕期增重与儿童 BMI 模式的性别差异,一方面可能与男女童脂肪和瘦体重的不同发育特征有关,另一方面激素、胎盘功能的性别差异也发挥积极作用^[22-23]。近期一项研究提示,饮食诱导的肥胖会影响母亲妊娠期间的生理状态,在胎盘结构、脂质代谢、氧化应激和与胎儿生长、发育和底物供应相关的信号通路方面产生与胎儿性别相关的差异,从而影响胎儿生长发育^[24]。

3.4 本研究的优势和局限性 本研究基于大样本量的追踪研究,数据随访次数多,从而能构建孕期 BMI 的体重负担和儿童 BMI 轨迹,评价累积 AUC 和增量 AUC 与儿童 0~3 岁的 BMI 轨迹的关系,为未来儿童生长发育及孕期体重管理提供了重要依据。本研究也有些不足。首先,未能采集儿童生长发育过程中的潜在饮食(母乳喂养、辅食添加等)、体力活动、社会特征(家庭收入)等影响儿童生长发育的潜在因素,结果外推时应谨慎。其次,本研究人群来自于苏州市姑苏区分娩妇女,姑苏区集中了苏州妇幼优质医疗资源,可能存在选择偏移。

参考文献

- [1] Chong B, Jayabaskaran J, Kong G, et al. Trends and predictions of malnutrition and obesity in 204 countries and territories: An analysis of the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. *Eclin Med*, 2023, 57: 101850.
- [2] Liu C, Chow SM, Aris IM, et al. Early-life factors and body mass index trajectories among children in the ECHO cohort [J]. *JAMA Netw Open*, 2025, 8(5): e2511835.
- [3] Pan XF, Fang ZZ. Obesity in China: What we know and what we can do [J]. *Lancet Public Health*, 2024, 9(12): e1000-e1001.
- [4] 商伟静, 黄爱群, 潘晓平. 孕期体重增长与巨大儿发生的随访数据分析研究[J]. *中国妇幼卫生杂志*, 2021, 12(3): 16-21. Shang WJ, Huang AQ, Pan XP. Follow-up data analysis of gestational weight gain and the prevalence of macrosomia [J]. *Chinese Journal of Women and Children Health*, 2021, 12(3): 16-21. (in Chinese)
- [5] 胡彩霞, 邬天凤, 陈华, 等. 母亲孕期增重及孕前体质量指数对学龄儿童超重肥胖的影响[J]. *中国儿童保健杂志*, 2024, 32(3): 248-254. Hu CX, Wu TF, Chen H, et al. Influence of gestational weight gain and preconception body mass on overweight and obesity of school-age children[J]. *Chin J Child Health Care*,

- 2024, 32(3):248-254. (in Chinese)
- [6] Cook NR, Rosner BA, Chen W, et al. Using the area under the curve to reduce measurement error in predicting young adult blood pressure from childhood measures[J]. *Stat Med*, 2004, 23(22):3421-3435.
- [7] 刘琪. 妊娠期糖尿病及增重过度与儿童 0-2 岁肥胖风险的关联研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2021.
- Liu Q. Associations of gestational diabetes mellitus and excessive gestational weight gain with offspring obesity risk [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2021. (in Chinese)
- [8] Mattsson M, Maher GM, Boland F, et al. Group-based trajectory modelling for BMI trajectories in childhood: A systematic review[J]. *Obes Rev*, 2019, 20(7):998-1015.
- [9] Gallagher C, Moschonis G, Lambert K, et al. Infant BMI trajectories as early risk markers of poor psychosocial health in preadolescence[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1):2890.
- [10] 刘宇辞. 婴幼儿 BMI 生长轨迹与 6 岁儿童肥胖及体成分关联的队列研究[D]. 合肥:安徽医科大学, 2022.
- Liu YC. Association between BMI growth trajectory and obesity and body composition in 6-year-old children: a population-based cohort study[D]. Hefei: Anhui Medical University, 2022. (in Chinese)
- [11] Liu Y, Yan Y, Jiang T, et al. Impact of long-term burden of body mass index and blood pressure from childhood on adult left ventricular structure and function[J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(16):e016405.
- [12] Ou W, Liu P, Zhao N, et al. Association between cumulative body mass index exposure and the risk of incident cardiac conduction block [J]. *J Am Heart Assoc*, 2025, 14(8):e039522.
- [13] 余程东, 张亚钦, 武华红, 等. 母亲孕前体质质量指数和孕期增重对巨大儿的交互作用研究[J]. *中国儿童保健杂志*, 2023, 31(11):1174-1179, 1207.
- Yu CD, Zhang YQ, Wu HH, et al. Interaction of maternal pre-pregnancy body mass index and gestational weight gain on macrosomia[J]. *Chin J Child Health Care*, 2023, 31(11):1174-1179, 1207. (in Chinese)
- [14] 刘宇辞, 陶兴永, 黄锐, 等. 母亲孕前 BMI 和孕期增重对 0~1 岁儿童 BMI 生长轨迹影响作用的研究[J]. *现代预防医学*, 2022, 49(2):246-249, 262.
- Liu YC, Tao XY, Huang K, et al. A study of the effects of maternal pre-pregnancy BMI and gestational weight gain on BMI growth trajectory in infants aged 0 to 1 years[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2022, 49(2):246-249, 262. (in Chinese)
- [15] 苏月月, 王虹, 李晴, 等. 不同性别、年龄及营养状态儿童的人体成分分析[J]. *中国儿童保健杂志*, 2021, 29(7):713-716.
- Su YY, Wang H, Li Q, et al. Analysis of body composition of children with different genders, ages and nutritional status[J]. *Chin J Child Health Care*, 2021, 29(7):713-716. (in Chinese)
- [16] 来亚平. 孕期增重与喂养模式对婴幼儿 BMI 发育轨迹影响的出生队列研究[D]. 合肥:安徽医科大学, 2019.
- Lai YP. Gestational weight gain, breastfeeding and infant growth trajectories: A birth cohort study[D]. Anhui Medical University, 2019. (in Chinese)
- [17] 杨雅涵, 叶梓, 李俊, 等. 孕期体重增长对 0~3 岁儿童生长轨迹的影响[J]. *卫生研究*, 2024, 53(3):375-381.
- Yang YH, Ye Z, Li J, et al. Effect of gestational weight gain on growth trajectory in children aged 0 to 3 years[J]. *Journal of Hygiene Research*, 2024, 53(3):375-381. (in Chinese)
- [18] Österroos A, Lindström L, Wikman P, et al. Maternal body mass index, gestational weight gain, and early childhood growth: A register-based cohort study[J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2024, 103(11):2171-2182.
- [19] Hernández-Barrera L, Trejo-Valdivia B, Téllez-Rojo MM, et al. Pre-gestational obesity and gestational weight gain as predictors of childhood obesity[J]. *Arch Med Res*, 2024, 55(4):103006.
- [20] Zhu Z, Cao F, Li X. Epigenetic programming and fetal metabolic programming[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2019, 10:764.
- [21] Merabova N, Ugartemendia L, Edlow AG, et al. Maternal obesity: Sex-specific in utero changes in fetal brain autophagy and mTOR[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2024, 32(6):1136-1143.
- [22] Boulet N, Briot A, Galitzky J, et al. The sexual dimorphism of human adipose depots [J]. *Biomedicines*, 2022, 10(10):2615.
- [23] Zhang CXW, Candia AA, Sfruzzi-Perri AN. Placental inflammation, oxidative stress, and fetal outcomes in maternal obesity[J]. *Trends Endocrinol Metab*, 2024, 35(7):638-647.
- [24] Napso T, Lean SC, Lu M, et al. Diet-induced maternal obesity impacts feto-placental growth and induces sex-specific alterations in placental morphology, mitochondrial bioenergetics, dynamics, lipid metabolism and oxidative stress in mice[J]. *Acta Physiol (Oxf)*, 2022, 234(4):e13795.

收稿日期:2025-08-18 修回日期:2025-09-19 本文编辑:王悦