

婴儿体脂指数的影响因素分析

张 婷¹, 张 莉¹, 刘慧娟¹, 邢德强², 赵亚楠³, 张一兵⁴, 李 燕¹(1.青岛大学附属山东省妇幼保健院, 山东 济南 250014; 2.聊城市东昌府区妇幼保健院, 山东 聊城 252000;
3.滕州市妇幼保健院, 山东 滕州 277500; 4.东营市人民医院, 山东 东营 257091)

[摘要]目的 探究不同性别婴儿体脂指数(FMI)的影响因素。方法 于2021年10月至2022年12月,在山东省开展婴儿体成分的横断面研究,对研究对象进行电子问卷调查和体成分测量获取研究数据,最终纳入9 291份有效数据,应用多因素线性回归分析不同性别婴儿FMI的影响因素。结果 不同性别婴儿月龄与FMI具有显著正相关。与适于胎龄儿相比,大于胎龄儿的FMI增加(β 值分别为0.086、0.078, $P < 0.001$),小于胎龄儿的FMI降低(β 值分别为-0.088、-0.072, $P < 0.001$)。与6月龄以后添加辅食相比,4~6月龄添加辅食男女婴儿FMI均增加,差异均具有统计学意义(β 值分别为0.099、0.053, $P < 0.001$)。与父母亲体重正常相比、父母亲肥胖与婴儿FMI的增加显著相关(β 值分别为0.058、0.070和0.054、0.058, $P < 0.001$),母亲体重过低与婴儿FMI降低显著相关(β 值分别为-0.039、-0.046, $P = 0.005, 0.002$)。妊娠期糖尿病与婴儿FMI降低显著相关(β 值分别为-0.039、-0.046, $P = 0.005, 0.002$),妊娠期高血压与男婴FMI升高显著相关($\beta = 0.028, P = 0.038$)。纯配方奶喂养对女婴FMI存在显著正向影响($\beta = 0.029, P = 0.046$)。孕期增重不足对女婴FMI存在显著负向影响($\beta = -0.033, P = 0.032$)。结论 影响婴儿身体成分的因素有胎龄别体重、喂养方式、辅食添加时间、母亲孕期增重及孕期疾病等,应在生命早期采取干预措施进行控制,预防子代代谢性疾病的发生。

[关键词] 婴儿; 体成分; 体脂指数; 影响因素

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2024.01.014

[中图分类号] R174**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1673-5293(2024)01-0086-06

Analysis of influencing factor of infant's fat mass index

ZHANG Ting¹, ZHANG Li¹, LIU Huijuan¹, XING Deqiang², ZHAO Yanan³, ZHANG Yibing⁴, LI Yan¹(1. *The Affiliated Shandong Provincial Maternal and Child Health Hospital of Qingdao University, Shandong Jinan 250014, China*; 2. *Liaocheng Dongchangfu District Maternal and Child Health Hospital, Shandong Liaocheng 252000, China*; 3. *Tengzhou Municipal Maternal and Child Health Hospital, Shandong Tengzhou 277500, China*; 4. *Dongying Municipal People's Hospital, Shandong Dongying 257091, China*)

[Abstract] **Objective** To explore influencing factors of fat mass index (FMI) of infants of different genders. **Methods** An infant's body composition cross-sectional study was carried out from October 2021 to December 2022 in Shandong province and healthy infants aged 1-12 months with single birth and no genetic metabolic disease were recruited as study subjects. The data of the infants were obtained through electronic questionnaire investigation and measurement of body composition. Finally, 9 291 valid data were included. Multiple linear regression analysis was used to analyze influencing factors of FMI of the infants of different genders. **Results** The gestational age of the infants of different genders was significantly positively correlated with FMI: as compared with appropriate for gestational age infants (AGA), the FMI of large for gestational age (LGA) infants increased ($\beta = 0.086$ and 0.078 respectively, both $P < 0.001$) and the FMI of the small for gestational age (SGA) infants decreased ($\beta = -0.088$ and -0.072 respectively, both $P < 0.001$). As compared with those male and female infants whose complementary foods were added after 6 months of age, the FMIs of these male and female infants whose complementary foods were added at 4-6 months increased, and the differences were significant ($\beta = 0.099$ and 0.053 respectively, both $P < 0.001$). Compared with these infants whose parents' BMIs were normal, mother and father's obesity was significantly positively correlated with increased FMI of their male and female infants ($\beta = 0.058$ and 0.070 respectively; $\beta = 0.054$ and 0.058 respectively, both $P < 0.001$). And mother's low BMI was correlated

[收稿日期] 2023-06-21**[基金项目]** 国家卫生健康委医药卫生科技发展研究中心项目(WA2020HK24); 山东省自然科学基金(ZR2021MH296)**[作者简介]** 张 婷(1995—),女,住院医师,主要从事儿童保健营养。**[通讯作者]** 李 燕,主任医师。

significantly with decreased FMI of their male and female infants ($\beta = -0.039$ and -0.046 respectively, $P = 0.005$ and 0.002 respectively).Also,gestational diabetes mellitus (GDM) was significantly correlated with decreased FMI of the male and female infants ($\beta = -0.039$ and -0.046 respectively, $P = 0.005$ and 0.002 respectively).Gestational hypertension was significantly correlated with increased FMI of the male infants ($\beta = 0.028$, $P = 0.038$),and length of pure formula milk powder feeding was positively correlated with FMI of the female infants ($\beta = 0.029$, $P = 0.046$),while insufficient weight gain during pregnancy of the mother was significantly negatively correlated with FMI of the female infants ($\beta = -0.033$, $P = 0.032$). **Conclusion** The influencing factors of infant' body composition mainly include weight-for-gestational age, infant's feeding pattern, adding time point of complementary foods,maternal weight gain during pregnancy and pregnancy diseases,etc.Effective intervention measures should be taken in early life of the infants to prevent,control and reduce occurrence of metabolic diseases.

[**Key words**] infant;body composition;fat mass index (FMI);influencing factor

婴儿期是儿童生长发育的第一个高峰期,也是预防后期肥胖与代谢性疾病的关键期。已有研究表明,幼儿肥胖率增长速度比其他年龄段更快^[1]。近 1/2 的肥胖儿童达到超重状态是在 2 岁之前,婴幼儿时期体重的过快增长与后期肥胖的发生密切相关^[2],提示肥胖可能在生命早期就已开始。体成分即身体组织细胞的重要组成部分,广义上将其分为体脂重(fat mass,FM)和瘦体重(又称去脂体重,fat-free mass,FFM)。Van-Itallile^[3]提出体脂指数(fat mass index,FMI)和瘦体重指数(fat-free mass index,FFMI),将体脂重和瘦体重像身体质量指数(body mass index,BMI)一样除以身高的平方,这两个指数能有效地建立体成分与身高的关系,并允许将不同大小的个体进行比较,给营养障碍性疾病的诊断提供更多依据。鉴于不同性别婴儿生长发育存在差异,本研究通过男女婴体脂指数探究其影响因素,为有针对性地干预和控制婴儿超重肥胖提供依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

于 2021 年 10 月至 2022 年 12 月以山东省济南市、聊城市、滕州市、东营市 4 家省市级综合医院及妇幼保健院儿童保健科为研究中心,招募单胎,无遗传代谢病,健康查体正常的 9 533 名婴儿开展多中心横断面研究,进行婴儿体成分及影响因素研究。纳入标准:①1~12 月龄新生儿;②婴儿健康查体正常。排除标准:①诊断患有遗传代谢病;②非单胎妊娠。研究最终纳入 9 291 名研究对象。本研究通过山东省第一医科大学第一附属医院伦理委员会批准[YXLL-KY-2022(017)],所有参加本研究的婴儿监护人均阅读并签署知情同意书。

1.2 方法

本研究应用电子调查问卷收集受试婴儿的基本信息(性别、民族、出生胎龄、出生体重、辅食添加时间)与父母特征(婴儿健康查体时父母亲的身高、体重、母亲孕期增重及孕期合并症)。利用康宇 KF-5000 型婴幼儿营养综合监测系统获得健康查体婴儿的身长、体重、体脂率(fat mass percentage,FMP)、体脂重、瘦体重,并基于 $FMI = \text{体脂重} / \text{身长}^2$ (kg / m^2) 计算体脂指数。

1.3 研究指标与标准

婴儿体重测量精确至 0.01kg,身长精确至 0.1cm,体脂指数精确至 $0.01\text{kg} / \text{m}^2$ 。婴儿出生情况评估指标:①根据出生胎龄(gestational age,GA)分为早产($GA < 37$ 周)、足月($37 \text{ 周} \leq GA < 42$ 周)、过期产儿($GA \geq 42$ 周);②根据出生体重(birth weight,BW)分为低出生体重儿($BW < 2\ 500\text{g}$)、正常出生体重($2\ 500\text{g} \leq BW \leq 4\ 000\text{g}$)、巨大儿($BW > 4\ 000\text{g}$);③根据出生体重和出生胎龄的关系分为小于胎龄儿(婴儿的 BW 在同胎龄平均出生体重的第 10 百分位以下)、适于胎龄儿(婴儿的 BW 在同胎龄平均出生体重的第 10~90 百分位之间)、大于胎龄儿(婴儿的 BW 在同胎龄平均出生体重的第 90 百分位以上)。孕期母亲增重指标: $< 10\text{kg}$ 为孕期增重不足, $10 \sim 15\text{kg}$ 为孕期增重正常, $> 15\text{kg}$ 为孕期增重过高。父母亲体重指标:身体质量指数(body mass index,BMI)根据中华人民共和国卫生行业标准《成人体重判定》(WS/T 428-2013)分为,体重过低($BMI < 18.5\text{kg} / \text{m}^2$),体重正常($18.5\text{kg} / \text{m}^2 \leq BMI < 24.0\text{kg} / \text{m}^2$),超重($24.0\text{kg} / \text{m}^2 \leq BMI < 28.0\text{kg} / \text{m}^2$),肥胖($BMI \geq 28.0\text{kg} / \text{m}^2$)。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计学分析,通过构建箱型图对 9 533 份数据进行体成分异常数据清除,最终 9 291 份数据被纳入。计量资料采用均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,利用独立样本 t 检验差异;婴儿出生情况、辅食添加时间、母亲孕期状况、父母亲体重状态等定性资料用频数[n(%)]表示,利用 χ^2 检验差异。婴儿体成分影响因素分析采用多因素线性回归模型,纳入的因素包括:婴儿月龄、胎龄别体重状态、添加辅食前喂养方式、辅食添加时间、母亲孕期增重情况、孕期合并症、父母亲体重状态,其中分类变量给予哑变量处理,以双侧检验 $P < 0.05$ 为

差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同性别研究对象的一般情况

在 9 291 名婴儿中,男婴 4 905 名(52.8%)。男女婴平均出生体重分别为(3.34 ± 0.47)kg 和(3.22 ± 0.46)kg,差异有统计学意义($P < 0.001$),其中早产儿 234 名(4.73%),过期产儿 14 名(0.31%),小于胎龄儿 381 名(7.87%),大于胎龄儿 722 名(14.07%)。男女婴母亲妊娠期糖尿病的差异具有统计学意义($P = 0.047$),见表 1。

表 1 不同性别婴儿及父母的基本信息特征 [n(%), $\bar{x} \pm s$]

Table 1 Basic characteristics of infants and parents in different gender groups [n(%), $\bar{x} \pm s$]

特征	男婴(n=4 905)	女婴(n=4 386)	χ^2/t	P
婴儿特征				
出生体重(g)	3.34±0.47	3.22±0.46	12.608	<0.001
出生胎龄			0.284	0.868
早产儿	234(4.77)	205(4.67)		
足月儿	4 657(94.94)	4 166(94.98)		
过期产儿	14(0.29)	15(0.35)		
出生体重			54.861	<0.001
低出生体重儿	158(3.22)	217(4.95)		
正常出生体重儿	4 462(90.97)	4 033(91.95)		
巨大儿	285(5.81)	136(3.10)		
胎龄别体重			3.681	0.159
小于胎龄儿	381(7.77)	350(7.98)		
适于胎龄儿	3 802(77.51)	3 451(78.68)		
大于胎龄儿	722(14.72)	585(13.34)		
辅食添加时间			0.702	0.704
未添加辅食	3 379(68.89)	3 038(69.27)		
4~6 月龄	502(10.23)	426(9.71)		
6 月龄以后	1 024(20.88)	922(21.02)		
父母特征				
母亲孕期增重			0.381	0.827
孕期增重不足	805(16.42)	729(16.62)		
孕期增重正常	2 358(48.07)	2 126(48.47)		
孕期增重过高	1 742(35.51)	1 531(34.91)		
孕期合并症				
妊娠期糖尿病	511(10.42)	403(9.19)	3.947	0.047
妊娠期高血压	150(3.06)	150(3.42)	0.970	0.325

(转下表)

(续上表)

特征	男婴(n=4 905)	女婴(n=4 386)	χ^2/t	P
母亲 BMI			0.494	0.920
体重过低	220(4.49)	209(4.77)		
体重正常	2 367(48.26)	2 111(48.13)		
超重	1 579(32.19)	1 399(31.90)		
肥胖	739(15.06)	667(15.20)		
父亲 BMI			4.519	0.211
体重过低	168(3.43)	168(3.83)		
体重正常	1 859(37.90)	1 575(35.91)		
超重	1 803(36.76)	1 653(37.69)		
肥胖	1 075(21.91)	990(22.57)		

2.2 不同性别婴儿 FMI 影响因素的多因素线性回归分析

婴儿的月龄、大于胎龄儿、4~6 月龄添加辅食、父母亲肥胖对婴儿 FMI 均具有显著正向相关($P<0.001$),小于胎龄儿、妊娠期糖尿病、母亲体重过低与婴儿 FMI 均具有显著负向相关($P<0.05$)。男婴中,妊娠期高血压与 FMI 存在显著正向影响($P=0.038$);女婴中,纯配方奶喂养与 FMI 存在显著正向影响($P=0.046$),孕期增重不足对 FMI 呈显著负向影响($P=0.032$),见表 2,仅列出为阳性结果。

表 2 影响婴儿 FMI 的多因素线性回归分析
Table 2 Multiple linear regression analysis of influencing factors of infants' FMI

分组	男婴		女婴	
	$\beta(95\%CI)$	P	$\beta(95\%CI)$	P
婴儿特征				
月龄	0.289(0.053~0.068)	<0.001	0.263(0.046~0.061)	<0.001
胎龄别体重(适于胎龄儿为参照)				
大于胎龄儿	0.086(0.122~0.232)	<0.001	0.078(0.102~0.221)	<0.001
小于胎龄儿	-0.088(-0.314~-0.168)	<0.001	-0.072(-0.263~-0.115)	<0.001
喂养方式(纯母乳喂养为参照)				
纯配方奶喂养	0.004(-0.071~0.092)	0.797	0.029(0.001~0.167)	0.046
辅食添加时间(6 月龄以后为参照)				
4~6 月龄	0.099(0.162~0.312)	<0.001	0.053(0.052~0.211)	<0.001
父母特征				
孕期增重情况(孕期增重正常为参照)				
孕期增重不足	-0.022(-0.099~0.012)	0.124	-0.033(-0.118~-0.005)	0.032
孕期合并症				
妊娠期糖尿病	-0.043(-0.166~-0.038)	0.002	-0.045(-0.181~-0.041)	0.002
妊娠期高血压	0.028(0.007~0.234)	0.038	-0.019(-0.184~0.037)	0.190
母亲体重状态(以体重正常为参照)				
体重过低	-0.039(-0.234~-0.043)	0.005	-0.046(-0.249~-0.057)	0.002
肥胖	0.058(0.061~0.177)	<0.001	0.070(0.079~0.198)	<0.001
父亲体重状态(以体重正常为参照)				
肥胖	0.054(0.043~0.147)	<0.001	0.058(0.045~0.152)	<0.001

3 讨论

3.1 儿童肥胖及防控干预

WHO 最新数据统计,5 岁以下儿童肥胖人数已达 4 200 万^[4]。儿童早期肥胖是一个严重的健康问题,儿童肥胖影响儿童早期的身心发育,同时增加生命后期肥胖及其相关的健康风险。儿童早期作为预防超重肥胖的重要阶段,因此这一年龄段人群的相关研究具有更高的价值,应被重点关注。最初控制肥胖的干预措施主要集中在年龄较大的儿童及成年人身上,但其在逆转疾病的发生率与严重程度方面相对不足。已有多篇综述强调了 2 岁以下儿童的肥胖干预措施,儿童超重/肥胖的控制关口应前移,在妊娠期及婴儿期应及时采取干预措施^[5-7]。

3.2 FMI 的优越性及其影响因素

体成分检测可用于婴儿超重肥胖的精准评估,能明确给出身体组织各成分的值,实现脂肪组织与去脂组织的区分,优于传统监测手段即身长别体重(weight for height, W/H)。体脂指数和瘦体重指数由 VanItallie 等^[8]于 1990 年首次提出,作为身高调整指数,FMI 和 FFMI 能够在不同体型的人之间进行比较。FMI 提供了单独说明体脂肪量并考虑其相对于身高的可能性,因此对于超重、肥胖的判定更有说服力。众多研究证实婴幼儿的超重肥胖与母亲的体重状态有关,母亲肥胖会明显增加婴幼儿超重肥胖的风险^[8-10]。本研究同样提示母亲肥胖与 FMI 呈正相关。在 Weng 等^[11]的研究中指出父亲 BMI 高的儿童超重的风险更高,即父亲 BMI 与儿童超重呈正相关。大于胎龄儿、配方奶喂养、妊娠期高血压的发生增加婴儿高体重状态的风险,本研究结果与之一致^[12-14]。

3.3 FMI 与妊娠期糖尿病

许多研究提示妊娠期糖尿病使儿童患超重肥胖的风险增加,但也有研究示宫内暴露于妊娠期糖尿病的儿童与非暴露组相比,其 BMI 无统计学差异^[15]。本研究结果示妊娠期糖尿病与 FMI 呈负相关,一方面可能考虑随访时间的问题,本研究是在婴儿期,妊娠期糖尿病对于 FMI 可能是远期影响,另一方面近年来产检越来越重视,医院产检越来越规范,能做到及时发现、及时诊断、及时治疗和及时控

制,并且在胎儿出生后,家长的儿童保健意识也越来越强,同时儿童保健科的相关专案建立且制定针对高危因素儿童个体化指导方案。基于以上两方面考虑,妊娠期糖尿病暴露与婴儿肥胖的关系可能减弱。

3.4 小结

本研究还存在一定的局限性。首先针对婴儿 FMI 的研究相对较少,影响因素的证据多来自于超重肥胖儿童群体的影响因素研究,其次影响因素的数据均来自于父母自填式问卷调查,可能存在一定的回忆偏倚。

综上所述,胎龄别体重、喂养方式、辅食添加时间、孕期增重、妊娠期糖尿病和高血压、父母亲 BMI 可能是婴儿 FMI 的影响因素。因此,应在生命早期采取有效的干预措施进行预防与控制。妊娠期妇女应合理膳食,控制增重在合理范围,预防妊娠期并发症的发生。

[参考文献]

- [1]Zhang J, Wang H, Wang Z, et al. Prevalence and stabilizing trends in overweight and obesity among children and adolescents in China, 2011-2015 [J]. BMC Public Health, 2018, 18(1): 571.
- [2]Weng S F, Redsell S A, Swift J A, et al. Systematic review and meta-analyses of risk factors for childhood overweight identifiable during infancy [J]. Arch Dis Child, 2012, 97(12): 1019-1026.
- [3]VanItallie T B, Yang M U, Heymsfield S B, et al. Height-normalized indices of the body's fat-free mass and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status [J]. Am J Clin Nutr, 1990, 52(6): 953-959.
- [4]World Health Organization. Obesity and overweight [EB/OL]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>, 2021-06-09.
- [5]Matvienko-Sikar K, Toomey E, Delaney L, et al. Effects of healthcare professional delivered early feeding interventions on feeding practices and dietary intake: A systematic review [J]. Appetite, 2018, 123: 56-71.
- [6]Rotevatn T A, Melendez-Torres G J, Overgaard C, et al. Understanding rapid infant weight gain prevention: a systematic review of quantitative and qualitative evidence [J]. Eur J Public Health, 2020, 30(4): 703-712.

[7]Blake-Lamb T L, Locks L M, Perkins M E, et al. Interventions for Childhood Obesity in the First 1 000 Days A Systematic Review[J]. Am J Prev Med, 2016, 50(6): 780-789.

[8]Ardic C, Usta O, Omar E, et al. Effects of infant feeding practices and maternal characteristics on early childhood obesity[J]. Arch Argent Pediatr, 2019, 117(1): 26-33.

[9]Isganaitis E, Venditti S, Matthews T J, et al. Maternal obesity and the human milk metabolome: associations with infant body composition and postnatal weight gain[J]. Am J Clin Nutr, 2019, 110(1): 111-120.

[10]Catalano P M, Shankar K. Obesity and pregnancy: mechanisms of short term and long term adverse consequences for mother and child[J]. BMJ, 2017, 356: j1.

[11]Weng S F, Redsell S A, Nathan D, et al. Estimating overweight risk in childhood from predictors during infancy[J]. Pediatrics, 2013, 132(2): e414-e421.

[12]Owen C G, Martin R M, Whincup P H, et al. Effect of infant feeding on the risk of obesity across the life course: a quantitative review of published evidence[J]. Pediatrics, 2005, 115(5): 1367-1377.

[13]孙嘉鸿. 儿童早期超重肥胖的孕期相关因素及 DNA 甲基化机制研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2020.

[14]黄艺文, 闫银坤, 于晓冉, 等. 北京市 4 区婴幼儿体成分检测及超重肥胖影响因素研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(2): 130-134.

[15]贾朝霞, 赵永鲜, 黄丽丽, 等. 妊娠期糖尿病与儿童超重肥胖的相关性研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2021, 29(7): 717-720.

[专业责任编辑: 何守森]

[中文编辑: 向婉婉; 英文编辑: 杨周岐]

加强编辑部诚信建设的要求

- 为了落实《关于进一步加强科研诚信建设的若干意见》, 本刊特提出以下要求:
- 1.《中国妇幼健康研究》编辑部的全体成员应认真学习文件精神, 全面落实文件提出的要求; 为进一步加强科研诚信建设, 营造诚实守信的良好科研环境而努力。
 - 2.认真贯彻文件精神, 坚持自律与监督并重, 认真自查本刊在既往工作中是否存在违背科研诚信要求的行为, 立即进行整改工作。
 - 3.加强论文的质量把关、审核工作。对抄袭、剽窃他人论文、篡改研究数据、弄虚作假的文章, 一经发现, 立即撤回, 并将情况反馈到作者单位。该作者两年内不得在本刊发表论文。
 - 4.要求文章作者在投稿的同时, 应对论文的诚信签署“承诺书”, 明确承诺文章的真实性和实践性。对待存在有疑问数据的文章, 本刊有责任要求作者所在单位附上证明文书。
 - 5.《中国妇幼健康研究》对有关涉及伦理方面的文章, 必须经该单位“医学伦理委员会”审核通过, 并征得患者和家属的知情同意。
 - 6.作者投稿需在我刊官网进行在线注册, 坚决杜绝从事论文买卖、代写代投以及伪造、虚构数据的中介服务稿件来源。如果发现编辑部有人有此行为, 将严肃处理。
 - 7.加强编辑部自身建设, 进一步完善编辑部审稿程序, 扩大专业审稿队伍, 切实提高审稿质量, 加强对学术论文的审核把关。完善责任追究制度, 对编辑部审稿、刊发过程中出现的违背诚信、造成后果的事实, 将严格追究当事人员的责任。

《中国妇幼健康研究》编辑部
2024 年 1 月 12 日