

doi: 10.7499/j.issn.1008-8830.2019.08.009

论著·临床研究

孕前双亲体重指数、母孕期体重增值及其交互作用对新生儿出生体重的影响

史晓薇¹ 岳婕¹ 吕敏¹ 王丽² 白娥² 帖利军¹

(西安交通大学第一附属医院 1. 儿科; 2. 妇产科, 陕西 西安 710061)

[摘要] **目的** 探讨孕前双亲体重指数(BMI)和母孕期体重增值及其交互作用对新生儿出生体重的影响。**方法** 选取2017年1月至2018年10月在西安交通大学第一附属医院做定期产检并足月单胎分娩的孕妇1127例,收集其孕前BMI、孕期体重增值、孕前丈夫BMI、新生儿出生体重等信息,分析新生儿出生体重与孕前父母BMI和母亲孕期体重增值之间的相关性及其交互作用。**结果** 1127例足月新生儿中,低出生体重检出25例(2.22%),巨大儿检出43例(3.82%)。低出生体重儿、正常体重儿、巨大儿三组双亲孕前BMI值、母亲孕期体重增值的比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。新生儿出生体重与孕前双亲BMI值、母亲孕期体重增值呈低度正相关($r=0.097-0.322$, $P<0.05$);母亲孕前低体重可增加低出生体重儿的发生风险($RR=4.17$, $95\%CI: 1.86-9.38$);母亲孕前超重/肥胖、孕期体重增值超标可增加巨大儿的发生风险(分别 $RR=3.59$, $95\%CI: 1.93-6.67$; $RR=3.21$, $95\%CI: 1.39-7.37$)。未发现母亲孕前BMI与孕期体重增值对新生儿出生体重的交互作用。**结论** 孕前双亲BMI和母亲孕期体重增值与新生儿出生体重有关,而母亲孕前BMI和孕期体重增值之间无交互作用。
[中国当代儿科杂志, 2019, 21(8): 783-788]

[关键词] 低出生体重; 巨大儿; 体重指数; 孕期; 新生儿

Influence of pre-pregnancy parental body mass index, maternal weight gain during pregnancy, and their interaction on neonatal birth weight

SHI Xiao-Wei, YUE Jie, LYU Min, WANG Li, BAI E, TIE Li-Jun. Department of Pediatrics, First Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China (Email: xwshi2010@163.com)

Abstract: Objective To investigate the influence of pre-pregnancy parental body mass index (BMI), maternal weight gain during pregnancy, and their interaction on neonatal birth weight. **Methods** A total of 1127 pregnant women who underwent regular prenatal examinations and full-term singleton delivery in the First Hospital of Xi'an Jiaotong University from January 2017 to October 2018 were enrolled. The data on their pre-pregnancy BMI, maternal weight gain during pregnancy, pre-pregnancy BMI of the husband, and neonatal birth weight were collected. The interaction between pre-pregnancy parental BMI and maternal weight gain during pregnancy was analyzed, and their correlation with neonatal birth weight was analyzed. **Results** Among the 1127 full-term neonates, the detection rates of low birth weight neonates and macrosomia were 2.22% (25/1127) and 3.82% (43/1127) respectively. There were significant differences in pre-pregnancy parental BMI and maternal weight gain during pregnancy among the low birth weight, normal birth weight, and macrosomia groups ($P<0.05$). Neonatal birth weight was positively correlated with pre-pregnancy parental BMI and maternal weight gain during pregnancy ($r=0.097-0.322$, $P<0.05$). Low maternal weight before pregnancy increased the risk of low birth weight ($RR=4.17$, $95\%CI: 1.86-9.38$), and maternal overweight/obesity before pregnancy ($RR=3.59$, $95\%CI: 1.93-6.67$) and excessive weight gain during pregnancy ($RR=3.21$, $95\%CI: 1.39-7.37$) increased the risk of macrosomia. No interaction between pre-pregnancy maternal BMI and maternal weight gain during pregnancy was observed. **Conclusions** Pre-pregnancy parental BMI and maternal weight gain during pregnancy are related to neonatal birth weight, and there is no interaction between pre-pregnancy maternal BMI and maternal weight gain during pregnancy.
[Chin J Contemp Pediatr, 2019, 21(8): 783-788]

Key words: Low birth weight; Macrosomia; Body mass index; Pregnancy; Neonate

[收稿日期] 2019-02-21; [接受日期] 2019-06-13

[作者简介] 史晓薇, 女, 博士, 副主任医师。Email: xwshi2010@163.com。

新生儿出生体重是反映胎儿生长发育状况最直观的指标之一,异常的出生体重不仅增加新生儿疾病或死亡发生风险^[1],还与其儿童期/成年期多种慢性病的发生密切相关^[2]。如低出生体重儿有更高的死亡风险,且成年后发生慢性疾病的风险也明显升高,而巨大儿与儿童期及成年期肥胖相关^[3]。父母体重状态是儿童肥胖的重要预测因素之一,目前国内外大部分研究结果表明母亲孕前体重指数(BMI)和母亲孕期体重增值对后代生长发育水平及体重状态有直接的影响,但研究结论尚未统一^[4-5]。关于父亲体重状态对后代生长发育水平的影响研究较少并存在争议,如队列研究发现父亲BMI与儿童0~59月龄的BMI呈正相关^[6],也有研究证实父亲BMI与儿童0~2岁BMI无显著关联性^[7]。孕前父母的BMI和母孕期增重之间对后代生长发育的影响是否存在交互作用仍不清楚。因此,父母体重状态与后代体格发育之间的关系仍需进一步研究。本研究旨在探讨孕前双亲BMI和母亲孕期增重及其交互作用对新生儿出生体重的影响,为预防异常出生体重儿的发生提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

前瞻性纳入2017年1月至2018年10月在我院门诊建立围生保健手册,行定期产检并足月单胎分娩的妊娠妇女及其子代为研究对象。纳入标准:

(1)单胎活产;(2)足月儿;(3)新生儿出生时状况良好,出生后1 min Apgar评分为8~10分。

排除标准:(1)新生儿有出生缺陷者;(2)孕前或孕期母亲有糖尿病、高血压者;(3)孕妇和/或其丈夫有吸毒史和/或药物滥用史者;(4)信息缺失者。所有参与研究孕妇及其丈夫均知情并签署知情同意书。

1.2 方法

孕前双亲身高、体重在来我院行孕前检查或首次确定早孕(要求8周内)时由经过培训的调查人员进行测量。采用同一测量仪器(无锡市仪器厂有限公司)测量身高和空腹体重,每次测量前都对仪器进行校准。测量时身高精确到0.1 cm,体重精确到0.1 kg。同时进行问卷调查,问卷内容包括既往孕产史、孕妇及其丈夫有无慢性病史、

吸毒及药物滥用等信息;记录其就诊卡号并嘱其定期产检。孕期及新生儿信息(包括待产入院体重、妊娠期并发症、新生儿体重等)由研究人员通过就诊卡号从医院电子病历信息系统获得。本研究获得了西安交通大学第一附属医院伦理委员会的批准(批件号为:G-26)。

1.3 诊断标准

根据《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》^[8],按照BMI(kg/m^2)结果划分为体重过低($\text{BMI}<18.5$)、体重正常($18.5 \leq \text{BMI} \leq 23.9$)、超重($24.0 \leq \text{BMI} \leq 27.9$)、肥胖($\text{BMI} \geq 28$)。

母亲孕期增重标准^[9]:孕前低体重孕妇适宜增重为12.5~18.0 kg;孕前体重正常孕妇适宜增重为11.5~16.0 kg;孕前体重超重孕妇适宜增重为7.0~11.5 kg;孕前肥胖孕妇适宜增重为5.0~9.0 kg。

1.4 统计学分析

采用SPSS 20.0软件进行统计学分析,计量资料采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用SNK-*q*检验;计数资料采用例数和百分率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验和线性趋势检验。新生儿出生体重与父母BMI及母亲孕期体重增值之间的相关性采用Pearson相关分析法,为避免其他变量对被分析变量关系的影响进一步采用偏相关分析法进行分析。用二项logistic回归模型分析变量间的交互作用。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象一般情况

按照纳入标准和排除标准,1127例孕妇及1127例新生儿纳入研究。1127例孕妇中,产前体重正常763例(67.70%),低体重148例(13.13%),肥胖/超重216例(19.17%)。209例(18.54%)孕妇孕期体重增加不足,534例(47.38%)增重过多,体重增长正常者384例(34.07%)。孕前不同BMI值组孕期体重增长不足、正常和过多的分布差异有统计学意义($\chi^2=142.32, P<0.001$),见表1。进一步线性趋势检验显示,孕前BMI越低孕期体重增长越容易不足,而孕前BMI越高孕期体重增长越容易过多($\chi^2=122.42, P<0.001$)。

1127例孕妇分娩的1127例新生儿中,男婴

605例(53.68%)，女婴522例(46.32%)；出生胎龄为 38.8 ± 1.4 周，出生身长为 50.3 ± 1.1 cm(范围：46~55cm)；出生体重为 3310 ± 370 g(范围：1900~4550g)。1127名新生儿中，低出生体重儿发生率为2.22%(25/1127)；巨大儿发生率为3.82%(43/1127)。新生儿父亲正常体重占43.21%(487/1127)，低体重占3.82%(43/1127)，肥胖及超重占52.97%(597/1127)。

表1 母孕前体重与孕期体重增长情况分析 [n(%)]

孕前体重分组	例数	孕期体重增长		
		不足	正常	过多
低体重组	148	52(35.1)	51(34.5)	45(30.4)
正常组	763	156(20.4)	291(38.1)	316(41.4)
超重/肥胖组	216	1(0.5)	42(19.4)	173(80.1)
χ^2 值		142.32		
P值		<0.001		

2.2 新生儿出生体重与孕前双亲BMI和母亲孕期体重增值的相关性

Pearson相关分析显示，新生儿出生体重与母亲孕前BMI值、母亲孕期体重增值和孕前父亲BMI值均呈低度正相关。进一步用偏相关分析法进行分析，结果与Pearson分析结果一致，见表2。

表2 新生儿出生体重与孕前双亲BMI和母亲孕期体重增值的相关性分析

项目	Pearson分析		多变量偏相关分析	
	r值	P值	r值	P值
孕前母亲BMI	0.322	<0.001	0.321	<0.001
孕期母亲体重增值	0.264	<0.001	0.245	<0.001
孕前父亲BMI	0.097	0.001	0.078	0.009

表4 不同出生体重组新生儿双亲孕前体重及母孕期增重状况的比较 [n(%)]

组别	例数	孕前母亲体重			孕期母亲增重			孕前父亲体重		
		过低	正常	超重/肥胖	不足	适宜	过多	过低	正常	超重/肥胖
低出生体重组	25	10(40.00)	14(56.00)	1(4.00)	11(44.00)	13(52.00)	1(4.00)	3(12.00)	9(36.00)	13(52.00)
正常体重组	1059	137(12.94)	727(68.65)	195(18.41)	193(18.22)	364(34.37)	502(47.40)	40(3.78)	461(43.53)	558(52.69)
巨大儿组	43	1(2.33)	22(51.16)	20(46.51)	5(11.63)	7(16.28)	31(72.09)	0(0)	17(39.53)	26(60.47)
χ^2 值		51.05			31.75			6.97		
P值		<0.001			<0.001			0.14		

2.3 新生儿出生体重的影响因素

低出生体重、正常体重、巨大儿三组双亲孕前BMI值、母亲孕期体重增值的比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。进一步组间两两比较发现，母亲孕前BMI均值在各组间差异均有统计学意义($P<0.05$)；低出生体重组孕前父亲BMI均值和孕期母亲增重值小于正常体重组和巨大儿组($P<0.05$)。见表3。

表3 不同出生体重组新生儿双亲孕前BMI及母亲孕期增重的比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	孕前母亲BMI (kg/m ²)	孕期母亲增重 (kg)	孕前父亲BMI (kg/m ²)
低出生体重组	25	18.7 ± 2.1	13 ± 3	22.9 ± 3.4
正常体重组	1059	21.5 ± 2.8 ^a	16 ± 5 ^a	24.2 ± 3.0 ^a
巨大儿组	43	24.4 ± 2.5 ^{ab}	16 ± 4 ^a	25.0 ± 2.4 ^a
F值		35.07	5.49	3.85
P值		<0.001	0.005	0.02

注：a示与低出生体重组比较， $P<0.05$ ；b示与正常体重组比较， $P<0.05$ 。

低出生体重、正常体重、巨大儿三组新生儿母亲孕前体重、母亲孕期体重增值分类的构成比差异有统计学意义(分别 $\chi^2=51.05$ 、31.75，均 $P<0.001$)，见表4。线性趋势检验显示，从低出生体重、正常体重到巨大儿组母亲孕前体重过低的比例逐渐降低，而母亲孕前超重/肥胖的比例逐渐增加($\chi^2=33.46$ ， $P<0.001$)；三组新生儿母亲孕期增重不足的比例逐渐降低，而孕期增重过多的比例逐渐增加($\chi^2=24.31$ ， $P<0.001$)。三组间孕前父亲体重分类构成比差异无统计学意义($\chi^2=6.97$ ， $P=0.14$)。见表4。

2.4 母亲孕前 BMI 值、孕期体重增值与新生儿出生体重的关系

单因素 logistic 回归分析结果显示, 与正常体重组对比, 母亲孕前低体重可增加低出生体重儿的风险 ($RR=4.17$, $95\%CI: 1.86\sim 9.38$); 孕前

超重/肥胖可增加巨大儿发生的风险 ($RR=3.59$, $95\%CI: 1.93\sim 6.67$); 孕期增重过多可增加巨大儿的风险 ($RR=3.21$, $95\%CI: 1.39\sim 7.37$), 但可降低低出生体重儿发生的风险 ($RR=0.05$, $95\%CI: 0.07\sim 0.42$), 见表 5。

表 5 母亲孕前 BMI 及孕期增重与新生儿出生体重的关系

变量	例数	子代低出生体重儿			子代巨大儿		
		检出率 [n(%)]	RR 值 (95%CI)	P 值	检出率 [n(%)]	RR 值 (95%CI)	P 值
母孕前体重							
低体重	148	10(6.76)	4.17(1.86~9.38)	0.003	1(0.68)	0.25(0.03~1.89)	0.51
正常体重	763	14(1.83)	1.00	/	22(2.88)	1.00	
超重/肥胖	216	1(0.46)	0.16(0.02~1.17)	0.32	20(9.26)	3.59(1.93~6.67)	0.001
母孕期体重增值							
不足	209	11(5.26)	1.59(0.70~3.63)	0.67	5(2.39)	1.32(0.41~4.21)	0.28
适宜	384	13(3.39)	1.00	/	7(1.82)	1.00	
过多	534	1(0.19)	0.05(0.07~0.42)	0.01	31(5.81)	3.21(1.39~7.37)	0.04

2.5 母亲孕前 BMI、孕期增重对新生儿出生体重的交互作用

二项 logistic 回归模型分析显示, 母亲孕前超重/肥胖、孕期增重过多对巨大儿发生, 以及母

亲孕前低体重、孕期增重不足对低出生体重儿发生均无交互作用 ($OR=1.42$, $95\%CI: 0.25\sim 7.95$ 和 $OR=3.65$, $95\%CI: 0.55\sim 8.04$), 见表 6。

表 6 母亲孕前 BMI 和孕期增重对新生儿出生体重的交互作用分析

巨大儿				低出生体重儿			
孕前超重/肥胖	孕期增重过多	OR 值 (95%CI)	P 值	孕前低体重	孕期增重不足	OR 值 (95%CI)	P 值
-	-	1.00	/	-	-	1.00	/
+	-	10.6(1.04~18.1)	0.04	+	-	0.67(0.04~12.70)	0.79
-	+	0.21(0.01~4.87)	0.33	-	+	0.39(0.02~7.26)	0.53
+	+	1.42(0.25~7.95)	0.69	+	+	3.65(0.55~8.04)	0.18

注: “-”指阴性, “+”指阳性。

3 讨论

本研究旨在探讨孕前父母 BMI、母亲孕期体重增值与子代出生体重的关系, 为排除妊娠期糖尿病、高血压、孕周等对出生体重有明显影响的因素, 本研究在样本选择时排除了母亲孕期有糖尿病、高血压、母亲本人及其丈夫有吸毒史或药物滥用史者。本研究 1127 例足月新生儿中, 低出生体重儿和巨大儿的检出率分别为 2.22% 和 3.82%, 低于近年上海^[10]和乌鲁木齐^[11]的检出率。可能与本研究在样本选择时排除了对出生体重有

明确影响的病理因素有关。

新生儿出生体重是多种因素作用的结果, 主要包括遗传因素(如父母的体重)和环境因素(各种影响宫内环境的因素)。本研究分析新生儿出生体重与母亲孕前 BMI 和孕期体重增值的关系, 结果发现, 新生儿出生体重与母亲孕前 BMI 和孕期体重增值有关 (r 值分别为 0.322 和 0.264, 均 $P<0.05$)。且母亲孕前超重/肥胖和母亲孕期体重增值过多与巨大儿发生相关, 而孕前低体重和孕期体重增长不足与低出生体重发生相关, 与国内外类似的研究结果相一致^[10,12]。目前关于母亲孕前

BMI 和孕期体重增值对新生儿出生体重的影响机制尚不清楚。母亲肥胖在一定程度上反映了肥胖的遗传与环境因素背景,是儿童肥胖的重要预测因子。妊娠妇女宫内营养与孕期的体重状态密切相关,而宫内营养状态可能与后代脂肪组织发育、能量代谢调节以及食欲形成等相关^[13-14]。如孕前超重/肥胖或孕期增重过多的孕妇更可能发生胰岛素抵抗,导致机体代谢异常,胎儿可通过胎盘获取更多的来自母体的营养物质,导致胎儿高胰岛素血症并加速胎儿在母体内的生长发育,增加巨大儿的发生风险^[15]。另有研究发现,孕前低体重孕妇的血容量、心输出量均低于正常孕妇,故其胎盘供血可能也相对较少,经胎盘传递给胎儿的营养物质不足,继而导致新生儿出生体重较低^[16]。遗传因素在新生儿体重差异中也起重要作用,新生儿体重遗传度达 61%~95%^[17]。从基因水平上看,目前已发现 600 余种基因位点与肥胖的发生有关,基因位点的多态性决定了个体肥胖的易感性,其表达受环境和表观遗传学的影响,如宫内和早期不良暴露引起后代的表观遗传学修饰的改变,影响子代体重的增长轨迹^[18-19],即母亲对新生儿出生体重的影响可能包括基因多态性、宫内环境及其对后代表观遗传学改变等,但仍需相关的研究进一步探讨和验证。

新生儿出生体重与父亲 BMI 关系的研究较少,研究结果也不尽一致^[6-7]。国内郭思玉^[20]的研究发现,父亲体重状态与儿童 4 岁时 BMI 显著相关,但未见备孕期父亲 BMI 与新生儿出生体重的研究报道。本研究分析结果显示,父亲 BMI 与新生儿出生体重呈低度正相关($r=0.097$, $P<0.05$)。另外,从低出生体重组、正常出生体重组到巨大儿组,父亲的 BMI 均值呈增高趋势。父亲 BMI 对新生儿出生体重的影响及机制尚不清楚。以往研究表明,父亲体重状态可能通过遗传影响子代,也可能通过肥胖高危家庭环境的形成如饮食行为习惯等影响小儿行为习惯^[21]。而父亲对子代出生体重的影响可能主要与遗传和表观遗传学有关,最近的研究发现人类精子的表观基因组在环境因素影响下发生着动态变化,精子 DNA 甲基化涉及食欲中枢控制的遗传位置。如在一项队列研究中,对 23 名白人成年男性(13 名正常体重男性,10 名肥胖男性)进行表观遗传标记研究,发现不同体重状态

的男性精子细胞表观遗传标记存在差异,而这种差异可能通过改变或控制基因表达遗传给下一代,并对其体重状态产生影响^[20,22]。另外,本研究发现父亲 BMI 对子代出生体重的影响弱于母亲,孕前父亲和母亲 BMI 与子代出生体重相关系数分别为 0.097 和 0.322,从低出生体重、正常体重到巨大儿三组新生儿,母亲孕前超重/肥胖和孕期体重增值过多的构成比呈上升趋势,而父亲孕前体重的构成比三组间差异无统计学意义,与文献报道一致^[23-24],进一步支持宫内环境对新生儿出生体重的影响。新生儿出生体重与父亲的体重呈较低的相关性,在之后的生长发育过程中会受到来自父亲饮食行为等环境因素的影响,父亲体重的影响作用会进一步明显^[24]。

出生体重是由遗传因素、母体营养环境、胎儿及胎盘因素等多种因素共同作用的结果。这些因素之间是否存在交互作用,相关的研究报道较少。林友结等^[25]对母亲孕前 BMI 值和孕期体重增加对新生儿出生体重的影响进行研究,未发现二者有交互作用。本研究也未发现两者间存在交互作用。但本研究存在样本来源于单一医院,样本量不够大等局限,相关的研究有待在多中心大样本中进一步深入。

综上所述,孕前双亲 BMI 和母孕期体重增加与新生儿出生体重有关,而二者对新生儿出生体重无交互作用。备孕期夫妇双方应采取有关措施控制体重及保持适宜母孕期增重,以减少新生儿异常出生体重的发生。另外,本研究结果提示,孕前双亲 BMI 和母孕期体重增加与新生儿出生体重呈低度正相关,可能与新生儿出生体重受多因素调节有关,如不良孕产史、妊娠期合并症、基因多态性等,相关的研究有待进一步深入。

[参 考 文 献]

- [1] 张琼,吴运芹,庄严,等. 超低和极低出生体重儿神经发育结局及影响因素分析[J]. 中国当代儿科杂志, 2016, 18(8): 683-687.
- [2] Gamboa Delgado EM, Rangel-Díaz YA, Gutiérrez-Gómez YY. Association between birth weight and cardiometabolic risk factors in children of Bucaramanga, Colombia[J]. Nutr Hosp, 2017, 34(5): 1105-1111.
- [3] Szabelska-Zakrzewska K, Durko A, Socha-Banasiak A, et al. Metabolic syndrome in overweight or obese children and adolescents based on own material Abstract Key words[J]. Dev

- Period Med, 2018, 22(4): 351-357.
- [4] 兰茜, 张璐, 张亦奇, 等. 成都市孕妇孕期增重对新生儿出生体重的影响 [J]. 卫生研究, 2018, 47(6): 900-905.
- [5] Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, et al. Gestational weight gain across continents and ethnicity: systematic review and meta-analysis of maternal and infant outcomes in more than one million women[J]. BMC Med, 2018, 16(1): 153.
- [6] Corsi DJ, Subramanian SV, Ackerson LK, et al. Is there a greater maternal than paternal influence on offspring adiposity in India?[J]. Arch Dis Child, 2015, 100 (10): 973-979.
- [7] Gómez-López L, Van Hulst A, Barnett TA, et al. Does parental body mass index status modify the associations among birth weight, early growth and childhood adiposity?[J]. Paediatr Child Health, 2013, 18(2): e2-e9.
- [8] 陈春明, 孔灵芝. 中国成人超重和肥胖症预防控制指南 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 4.
- [9] Zhou A, Xiong C, Hu R, et al. Pre-pregnancy BMI, gestational weight gain, and the risk of hypertensive disorders of pregnancy: a cohort study in Wuhan, China[J]. PLoS One, 2015, 10(8): e0136291.
- [10] 赵建萍, 黄文斌, 覃冰清, 等. 孕前体重指数及孕期体重增长与新生儿出生体重的关系 [J]. 中国医药导报, 2018, 15(30): 84-86.
- [11] 李慧君, 李德君, 丁桂凤. 乌鲁木齐市孕妇体重状况与妊娠并发症及分娩结局的相关性分析 [J]. 新疆医学, 2018, 48(8): 871-873.
- [12] Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, et al. Association of gestational weight gain with maternal and infant outcomes: a systematic review and meta-analysis[J]. JAMA, 2017, 317(21): 2207-2225.
- [13] Lindsay KL, Brennan L, Rath A, et al. Gestational weight gain in obese pregnancy: impact on maternal and foetal metabolic parameters and birth weight[J]. J Obstet Gynaecol, 2018, 38(1): 60-65.
- [14] Zhou Z, Lin Q, Xu X, et al. Maternal high-fat diet impairs follicular development of offspring through intraovarian kisspeptin/GPR54 system[J]. Reprod Biol Endocrinol, 2019, 7(1): 13.
- [15] Zhao R, Xu L, Wu ML, et al. Maternal pre-pregnancy body mass index, gestational weight gain influence birth weight[J]. Women Birth, 2018, 31(1): e20-e25.
- [16] Richardson BS, Ruttinger S, Brown HK, et al. Maternal body mass index impacts fetal-placental size at birth and umbilical cord oxygen values with implications for regulatory mechanisms[J]. Early Hum Dev, 2017, 112: 42-47.
- [17] Demerath EW, Choh AC, Czerwinski SA, et al. Genetic and environmental influences on infant weight and weight change: the Fels Longitudinal Study[J]. Am J Hum Biol, 2007, 19(5): 692-702.
- [18] Donkin I, Versteyhe S, Ingerslev LR, et al. Obesity and bariatric surgery drive epigenetic variation of spermatozoa in humans[J]. Cell Metab, 2016, 23(2): 369-378.
- [19] Roy SM, Chesi A, Mentch F, et al. Body mass index (BMI) trajectories in infancy differ by population ancestry and may presage disparities in early childhood obesity[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2015, 100(4): 1551-1560.
- [20] 郭思玉. 父亲体重状态和儿童饮食行为对学龄前儿童体格发育影响的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [21] Mejia-Lancheros C, Mehegan J, Murrin CM, et al. Smoking habit from the paternal line and grand-child's overweight or obesity status in early childhood: prospective findings from the lifeways cross-generation cohort study[J]. Int J Obes (Lond), 2018, 42(11): 1853-1870.
- [22] Jenkins TG, Aston KI, James ER, et al. Sperm epigenetics in the study of male fertility, offspring health, and potential clinical applications[J]. Syst Biol Reprod Med, 2017, 63(2): 69-76.
- [23] Linabery AM, Nahhas RW, Johnson W, et al. Stronger influence of maternal than paternal obesity on infant and early childhood body mass index: the Fels Longitudinal Study[J]. Pediatr Obes, 2013, 8(3): 159-169.
- [24] Sørensen TIA, Ajslev TA, Ängquist L, et al. Comparison of associations of maternal peri-pregnancy and paternal anthropometrics with child anthropometrics from birth through age 7 y assessed in the Danish National Birth Cohort[J]. Am J Clin Nutr, 2016, 104(2): 389-396.
- [25] 林友结, 蔡倩莹, 徐云云, 等. 母亲孕前体质指数和孕期体重增加及其交互作用对新生儿出生体重的影响 [J]. 中华流行病学杂志, 2018, 39(6): 770-775.

(本文编辑: 邓芳明)