

孕期体重变化率与足月产新生儿体重关联剂量反应关系的研究

毛圆圆 胡文斌 刘琴 刘丽 黎渊明 沈月平

【摘要】 目的 探讨孕期体重变化率与足月产新生儿出生体重关联强度的剂量反应关系。**方法** 选取 2006 年 1 月至 2013 年 12 月江苏省昆山市围产保健监测系统 18 868 名孕产妇与足月产新生儿为研究对象。使用多因素 logistic 回归及限制性立方样条法分析产妇孕期体重变化率[即(末次产检体重-初次产检体重)/(末次产检孕周-初次产检孕周)]与足月产新生儿出生体重关联强度及其剂量反应关系。调整因素包括产妇年龄、教育程度、孕前 BMI、户籍状态、经产妇、初次产检孕周与胎儿性别。**结果** 高水平的孕期体重变化率在孕前低 BMI($OR=3.15, 95\%CI: 1.40 \sim 7.07$)、正常 BMI($OR=3.64, 95\%CI: 2.84 \sim 4.66$)、超重($OR=2.37, 95\%CI: 1.71 \sim 3.27$)的产妇中与分娩足月巨大儿有统计学关联;孕前低 BMI($OR=0.28, 95\%CI: 0.13 \sim 0.61$)及正常 BMI($OR=0.37, 95\%CI: 0.22 \sim 0.64$)产妇与分娩足月低体重儿有统计学关联。孕期体重变化率与分娩足月巨大儿的关联强度呈现非线性“S”形剂量反应关系(非线性检验 $P<0.0001$);与分娩足月低体重儿的关联强度呈“L”形非线性剂量反应关系(非线性检验 $P<0.0001$)。**结论** 孕期体重变化率与分娩足月低体重儿的关联强度呈现“L”形曲线,而与分娩足月巨大儿的关联强度呈现“S”形曲线。

【关键词】 孕期体重变化率; 出生体重; 限制性立方样条

A dose-response analysis on the association of gestational weight gain rate and the normal term neonate birth weight Mao Yuanyuan^{1,2}, Hu Wenbin³, Liu Qin^{1,2}, Liu Li^{1,2}, Li Yuanming^{1,2}, Shen Yueping⁴. 1 Department of Obstetrics and Gynecology, Kunshan First People's Hospital, Jiangsu 215300, China; 2 Affiliated Kunshan Hospital of Jiangsu University; 3 Kunshan Center for Disease Control and Prevention; 4 School of Public Health, Medical College of Soochow University
Corresponding author: Shen Yueping, Email: shenyueping@suda.edu.cn

This work was supported by a grant from the Medical Clinic Science and Technology Development Fund of Jiangsu University 2014 (No. JLY20140052).

【Abstract】 Objective To examine the dose-response relationship between gestational weight gain rate and the neonate birth weight. **Methods** A total of 18 868 women with singleton gestations who delivered between January 2006 and December 2013 were included in this study. Maternal and neonate details of these women were drawn from the Perinatal Monitoring System database. Gestational weight gain rate was defined as the total weight gain during the last and first prenatal care visits divided by the interval weeks. Both Multiple logistic regression analysis and restricted cubic spline methods were performed. Confounding factors included maternal age, education, pre-pregnancy body mass index (BMI), state of residence, parity, gestational weeks of prenatal care entry, and sex of the neonate. **Results** The adjusted odds ratio for macrosomia was associated with gestational weight gain rate in lower pre-pregnancy BMI ($OR=3.15, 95\%CI: 1.40-7.07$), normal ($OR=3.64, 95\%CI: 2.84-4.66$) or overweight ($OR=2.37, 95\%CI: 1.71-3.27$). The odds ratios of low birth weight appeared a decrease in those women with lower pre-pregnancy BMI ($OR=0.28, 95\%CI: 0.13-0.61$) while the normal weight ($OR=0.37, 95\%CI: 0.22-0.64$) group with gestational weight gain, the rate showed an increase. Association of gestational weight gain rate for macrosomia was found a S-curve in those term delivery women (non-linearity test $P<0.0001$). However, L-curve was observed for low birth weight and gestational weight gain rate in term births (non-linearity test $P<0.0001$). **Conclusion** A S-curve was seen between gestational weight gain rate and term delivered macrosomia while L-curve was observed among term delivered low birth weight neonates.

【Key words】 Gestational weight gain rate; Birth weight; Restricted cubic spline

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.08.024

作者单位: 215300 江苏省昆山市第一人民医院妇产科(毛圆圆、刘琴、刘丽、黎渊明); 江苏大学附属昆山医院(毛圆圆、刘琴、刘丽、黎渊明); 江苏省昆山市疾病预防控制中心(胡文斌); 苏州大学医学部公共卫生学院(沈月平)

通信作者: 沈月平, Email: shenyueping@suda.edu.cn

前瞻性研究显示出生体重与儿童期肥胖存在关联^[1]。其中低出生体重与巨大胎儿是其他不良疾病结局的基础。孕期孕妇体重变化可直接影响到新生儿出生体重^[2-3]。目前国内孕期体重变化与出生结局的研究多为以医院为单位的小样本,或者仅探究孕期体重变化(率)与出生体重的线性变化趋势,未能全面呈现孕期体重变化区间对新生儿出生体重关联强度非线性变化^[2-5]。而限制性立方样条(restricted cubic spline)是剂量-反应关系分析中常用的有效方法^[6-7]。为此本研究采用回顾性队列研究,利用以人群为基础的围产保健监测数据,探究孕期体重变化率与新生儿出生体重之间关联强度的剂量-反应关系。

对象与方法

1. 围产保健监测系统:该系统是基于江苏省昆山市三级预防保健网络,覆盖全市医疗机构的妇幼保健体系,监测对象为具有本地户籍且在此居住的所有育龄妇女及其胎(新生)儿,以及无本地户籍而长期(>1年)在此居住并准备生育的妇女。监测内容主要包括围产保健登记建卡(年龄、职业、教育程度、建卡日期、怀孕次数与分娩次数、末次月经周期、预产期、疾病史、家族史,身高与体重);产前检查(随访孕周、随访日期、身高与体重等)及分娩记录(分娩日期、分娩孕周、分娩方式、新生儿体重、性别等),并记录在《围产保健册》上,由主检医生录入围产保健监测系统。儿童保健监测包括新生儿出生时(出生日期、性别、孕龄、出生体重、分娩方式等)及产后 42 d 内(新生儿及父母姓名、疾病家族史、喂养方式、身长与体重等)直至其入学前情况,并随时录入儿童保健监测系统。该系统人员由市妇幼保健所统一按围产保健监测方案培训,并发放围产保健资格证书^[8]。

2. 研究对象:基于昆山市围产保健监测系统,选取 2006 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日产妇与新生儿相关数据,其中围产保健产妇 48 390 例,新生儿 63 154 例,使用围产保健关键变量进行产妇与新生儿数据匹配后共计 20 637 对。排除产妇初/末次产检体重数据及新生儿出生体重数据缺失者 3 225 例,共获得产妇-新生儿 19 825 对(86.48%, 19 825/20 637)。其中排除者年龄(25.26, 95% CI: 25.14 ~ 25.38 岁)低于纳入研究组(25.96, 95% CI: 25.91 ~ 26.01 岁),但出生体重(3 478.9 g ± 462.7 g)高于研究组(3 358.7 g ± 427.5 g)($P < 0.001$)。为排除孕周

对孕期体重变化及新生儿出生体重的影响,本研究排除早产($n=477$, 2.4%)与过期妊娠($n=480$, 2.4%),最终纳入样本为 18 868 对。

3. 变量定义:本文 BMI 分析采用《中国成人超重和肥胖症预防控制指南(试行)》(中国标准)定义,即产妇孕前 BMI(kg/m^2)为 <18.5(偏瘦)、18.5 ~ (正常)、24.0 ~ (超重)和 28.0 ~ (肥胖)和 WHO 推荐(WHO 标准)的定义,即孕前 BMI <18.5(偏瘦)、18.5 ~ (正常)、25.0 ~ (超重)和 30.0 ~ (肥胖)。初次产前检查时孕周定义为产妇在产前第一次到医疗卫生机构检查,并依据末次月经时间核实孕周。孕期体重变化率(kg/week)=(末次产检体重-初次产检体重)/(末次产检孕周-初次产检孕周),并依据对照组四分位间距划分为分类变量。本研究中低出生体重儿、正常体重儿及巨大儿分别定义为出生体重 <2 500 g、2 500 ~ 3 999 g 及 $\geq 4 000$ g。孕期体重变化率划分为低于、介于及高于美国医学研究院(IOM)推荐值^[9]。

4. 统计学分析:用 χ^2 检验(分类变量)或方差分析(连续性变量)比较产妇与新生儿特征在低出生体重、正常及巨大儿间的差异。产妇孕期体重变化率(kg/week)按照对照组四分位间距(P_{25} 、 P_{50} 及 P_{75} 分别为 0.38、0.49 及 0.59)划分为 4 个水平:<0.38、0.38 ~、0.49 ~、 ≥ 0.59 。按照孕前 BMI 进行分层,调整相关混杂因素(产妇年龄、教育程度、经产妇、户籍状态、新生儿性别),以新生儿出生体重为因变量,拟合无序多分类 logistic 回归模型(以正常出生体重为对照),同时获得低出生体重与巨大儿各个孕期体重变化水平的 OR 值及其 95% CI,其中孕期体重变化率以哑变量进入 logistic 回归模型。孕期体重变化率 4 个水平对新生儿出生体重的趋势检验采用有序数值变量(取值 1、2、3、4)在同一多因素模型中计算。

依据 IOM(2009)发布的孕期体重变化推荐区间分组^[9],分析不同 BMI 下(WHO 标准与中国标准)低及高于 IOM(2009)推荐值的比例。产妇孕期体重变化率与新生儿出生体重关联强度的剂量-反应关系计算、检验见文献[6-8, 10-11],利用 Stata 10.0 软件绘制限制性立方样条图,同时考虑混杂变量。统计分析软件为 SAS v9.2,所有检验采用双侧检验, $\alpha=0.05$ 。

结 果

1. 新生儿出生体重间一般特征比较:产妇分娩时年龄、孕期体重变化率、经产妇、孕前 BMI 及新生儿性别在新生儿出生体重间分布的差异有统计学意

义($P < 0.05$);其中新生儿男性为巨大儿的比例明显高于低出生体重儿(67.3% vs. 39.9%, $P < 0.000 1$)。产妇初次产检孕周、教育程度及户籍(是否本地户籍)在出生体重之间分布的差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2. 孕期体重变化率分布:依据 IOM(2009)对孕期体重变化率推荐值和 WHO 的 BMI 标准,将产妇孕期体重变化率分为低于、介于及高于 IOM(2009)推荐值进行分析。表 2 结果显示,在孕前不同水平 BMI(偏瘦、正常、超重及肥胖)产妇中,孕期体重变化率介于 IOM(2009)推荐值的比例逐渐减小,而高于 IOM(2009)推荐值的比例则逐渐增加。孕期体重变化率低于 IOM(2009)推荐值则相对比例较小,但是在肥胖人群中占 33.0%。按照 BMI 中国标准,同样观察到相似结果。

3. 孕期体重变化率与新生儿出生体重的 logistic 回归分析:就孕期体重变化率与巨大儿的关联,总体而言,调整混杂变量之后,高水平的孕期体重变化率在孕前低 BMI($OR = 3.15, 95\% CI: 1.40 \sim 7.07$)、正常 BMI($OR = 3.64, 95\% CI: 2.84 \sim 4.66$)、超重($OR = 2.37, 95\% CI: 1.71 \sim 3.27$)产妇中均与足月分娩巨大儿存在统计学关联。在不同孕前 BMI 组内,除孕前肥胖产妇之外,孕期体重变化率的增加与分娩巨大儿的关联均有明显线性上升趋势(趋势检验, $P < 0.000 1$)。

孕期体重变化率与足月分娩低出生体重儿呈现负关联。在按照孕前 BMI 分层后,孕前低 BMI($OR = 0.28, 95\% CI: 0.13 \sim 0.61$)及正常 BMI($OR = 0.37, 95\% CI: 0.22 \sim 0.64$)产妇中,高水平的孕期体重变化率与分娩足月低出生体重儿有统计学关联,且有明显线性下降趋势(趋势检验, $P < 0.000 1$)。未发现在超重产妇中孕期体重变化率与分娩足月低出生体重儿存在统计学关联(表 3)。

4. 孕期体重变化率与足月新生儿出生体重关联强度剂量-反应关系分析:为进一步探究孕期体重变化率与新生儿出生体重的关联,使用限制性立方样条分析模型,观察到足月分娩的产妇中孕期体重变化率与分娩低出生体重之间关联强度呈“L”形非线性剂量-反应关系(非线性检验, $P < 0.000 1$);而与分娩巨大儿的关联强度呈现“S”形非线性剂量-反应关系(非线性检验, $P < 0.000 1$)(图 1)。

讨 论

本研究结果显示,考虑混杂因素后随着孕期体重变化率的增加,其与分娩足月低体重儿的关联强度呈非线性“L”形曲线;而与分娩足月巨大儿的关联强度呈非线性“S”形剂量-反应关系曲线。

孕前及孕期体重变化可影响一系列的孕期结局及产妇产后体重滞留,因此要求产妇孕期体重变化应处于合理的区间^[9,12]。目前对孕期体重变化与胎儿出

表 1 足月不同新生儿出生体重间产妇-新生儿一般特征的比较

变 量	正常体重儿	低出生体重儿	巨大儿	χ^2/F 值	P 值
产妇-新生儿对数	17 347(91.94)	178(0.94)	1 343(7.12)		
产妇年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	25.9 \pm 3.6	25.6 \pm 4.0	26.6 \pm 3.8	24.89	<0.000 1
初次产检孕周($\bar{x} \pm s$, 周)	11.1 \pm 5.4	10.9 \pm 5.9	11.4 \pm 5.6	2.29	0.101 4
末次与初次产检孕周差值($\bar{x} \pm s$, 周)	26.3 \pm 6.1	25.4 \pm 6.6	26.3 \pm 6.4	2.01	0.133 7
体重变化($\bar{x} \pm s$, kg)	12.5 \pm 4.4	10.7 \pm 4.6	13.4 \pm 4.7	43.38	<0.000 1
孕期体重变化率($\bar{x} \pm s$, kg/week)	0.48 \pm 0.17	0.43 \pm 0.18	0.52 \pm 0.17	41.06	<0.000 1
产妇教育程度				4.17	0.382 7
大专以下	15 854(91.4)	162(91.0)	1 238(92.2)		
大专及以上	326(1.9)	4(2.2)	31(2.3)		
不详	1 167(6.7)	12(6.7)	74(5.5)		
本地户籍				2.86	0.239 1
是	14 855(85.6)	154(86.5)	1 128(84.0)		
否	2 492(14.4)	24(13.5)	215(16.0)		
初产妇	13 603(78.4)	149(83.7)	967(72.0)	33.29	<0.000 1
孕前 BMI(kg/m ²)				423.61	<0.000 1
<18.5	3 349(19.3)	50(28.1)	95(7.1)		
18.5 ~	11 678(67.3)	112(62.9)	826(61.5)		
24.0 ~	1 931(11.1)	16(9.0)	322(24.0)		
≥ 28.0	389(2.2)	0(0.0)	100(7.4)		
男性新生儿	8 939(51.5)	71(39.9)	904(67.3)	136.04	<0.000 1

注:括号外数据为例数,括号内数据为构成比(%)

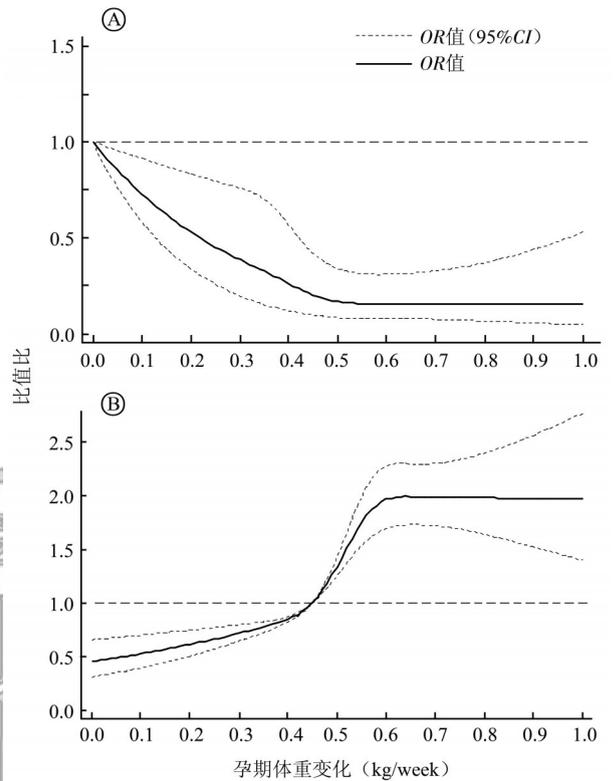
表 2 按照 IOM(2009) 孕期体重变化率分组 孕前不同标准 BMI 产妇的分布

孕前 BMI (kg/m ²)	合计	IOM 推荐值		
		低于	介于	高于
合计	18 868(100.0)	3 494(19.6)	5 981(31.7)	9 185(48.7)
WHO 标准				
<18.5	3 494(18.5)	971(27.8)	1 413(40.4)	1 110(31.8)
18.5~	13 562(71.9)	2 337(17.6)	4 310(31.8)	6 915(51.0)
25.0~	1 615(8.6)	329(20.4)	229(14.2)	1 057(65.5)
≥30.0	197(1.1)	65(33.0)	29(14.7)	103(52.3)
中国标准				
<18.5	3 494(18.5)	971(27.8)	1 413(40.4)	1 110(31.8)
18.5~	12 616(66.9)	2 073(16.4)	4 047(32.1)	6 496(51.5)
24.0~	2 269(12.0)	508(22.4)	452(19.9)	1 309(57.7)
≥28.0	489(2.6)	150(30.7)	69(14.1)	270(55.2)

注: 同表 1

生体重的关系已开展了包括中国人群^[2-5, 10, 13]的大量研究, 主要结果是较低的孕期体重变化与低出生体重关联, 而较高孕期体重变化与巨大儿关联^[1]。其中对天津市 3 万多样本的研究结果显示, 不论是孕前 BMI 偏高还是孕期体重变化增加, 与分娩巨大儿的关联均在增加, 而孕前正常 BMI 产妇中, 随着孕期体重变化的增加, 其与分娩低出生体重儿的关联在逐渐减小 ($OR=0.77, 95\%CI: 0.60 \sim 0.99$)^[3], 同本研究结果一致, 但以上研究中提及的趋势为线性趋势。本研究中孕期体重变化率 >0.25 kg/week 其与分娩低出生体重儿的关联强度明显; 而孕期体重变化率介于 $0.35 \sim 0.60$ kg/week 时其与分娩巨大儿的关联强度处于急剧变化区间。Cedergren^[14] 分析了近 30 万瑞典出生医学登记人群样本, 呈现孕期体重变化全区间内取值对产妇与胎儿不良结局的关联强度波动, 为 IOM(2009 年) 孕期体重变化推荐值的修正提供了重要证据。

已有研究对孕期体重变化表达方式中, 有总孕期增重^[3, 11, 15]、净增重(总增重-新生儿出生体重)^[16]、增重比例(总增重/孕前体重)^[17]、孕期体重变化率^[2, 4, 18]及早中晚三阶段孕期增重^[19]。本研究中使



注: ①孕期体重变化率与低出生体重儿: 产妇孕期体重变化率取 4 个节点(0.29, 0.38, 0.49 及 0.59), 限制性立方样条模型分析结果提示非线性剂量-反应关系 ($P<0.000 1$), 4 个节点其 OR 值(95%CI) 分别为 0.40(0.21~0.77)、0.29(0.13~0.63)、0.17(0.08~0.35) 及 0.16(0.08~0.31); ②孕期体重变化率与巨大儿: 产妇孕期体重变化率取 4 个节点(0.35, 0.45, 0.55 及 0.65), 限制性立方样条模型分析结果提示, 非线性检验 $P<0.000 1$, 4 个节点其 OR 值(95%CI) 分别为 0.70(0.62~0.79)、0.81(0.78~0.84)、1.26(1.19~1.32) 及 1.94(1.67~2.25); 调整变量同表 3

图 1 产妇孕期体重变化率与新生儿出生体重 关联强度剂量-反应关系

用孕期体重变化率, 考虑到产前保健是一个连续的过程, 且本研究中分娩前未记录到产妇体重, 而产妇在开展初次产检及末次产前检查孕周不尽相同(分娩低出生体重、正常体重与巨大儿的产妇其记录末次与初次产检孕周差值为 25.4 ± 6.6 、 26.3 ± 6.1 及 $26.3 \pm 6.4, P=0.133 7$), 故使用孕期体重变化率作

表 3 孕期体重变化率与足月产新生儿出生体重关联分析

体重变化率 (kg/week)	分娩巨大儿(产妇 BMI, kg/m ²)					分娩低出生体重儿(产妇 BMI, kg/m ²)				
	未分	<18.5	18.5~	24.0~	≥28.0	未分	<18.5	18.5~	24.0~	≥28.0
<0.38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.38~	1.54 (1.28~1.87)	0.98 (0.39~2.46)	1.73 (1.32~2.26)	1.45 (1.04~2.04)	2.05 (1.08~3.88)	0.44 (0.30~0.65)	0.27 (0.13~0.59)	0.50 (0.31~0.82)	0.64 (0.17~2.45)	-
0.49~	2.15 (1.78~2.59)	2.32 (1.01~5.34)	2.56 (1.97~3.32)	1.65 (1.14~2.39)	1.54 (0.77~3.06)	0.36 (0.23~0.55)	0.27 (0.12~0.58)	0.40 (0.24~0.69)	0.35 (0.04~2.83)	-
≥0.59	3.05 (2.56~3.64)	3.15 (1.40~7.07)	3.64 (2.84~4.66)	2.37 (1.71~3.27)	1.71 (0.89~3.32)	0.36 (0.24~0.55)	0.28 (0.13~0.61)	0.37 (0.22~0.64)	0.73 (0.18~2.83)	-
趋势检验 P 值	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.070 2	<0.000 1	0.035 7	<0.000 1	0.896 6	-

注: 调整变量为产妇年龄、教育程度、经产妇、户籍状态、新生儿性别

为衡量孕期体重变化指标,以校正孕周对其影响,更加准确地反映了孕妇在孕期内的体重变化。但研究中依据 IOM(2009)推荐值,按照孕前 BMI 分层,计算孕期体重变化率与出生体重之间的关联,结果显示低于 IOM(2009)推荐值与分娩低出生体重儿没有统计学关联;与巨大儿的关联分析中,孕前 BMI 偏低及超重产妇中同样未发现低于 IOM(2009)推荐值与分娩巨大儿有统计学关联(数据未显示),提示该标准是否适合中国人群尚待进一步研究。

本研究结果还显示,分娩低体重儿、正常出生体重及巨大儿组产妇孕期体重变化率(kg/week)分别为 0.43 ± 0.18 、 0.48 ± 0.17 及 0.52 ± 0.17 。就产妇孕期体重变化率,与 Jeffries 等^[20]开展的入组产妇 < 14 孕周的随机对照试验结果相似[干预组为 (0.44 ± 0.173) kg/week,对照组为 (0.46 ± 0.156) kg/week]。本研究结果显示,孕期体重变化率与分娩足月巨大儿呈现“S”形剂量-反应关系曲线,在曲线斜率变化最大、孕期体重变化率介于 $0.4 \sim 0.6$ kg/week,考虑可能与巨大儿之间无关联;但是本研究使用限制性立方样条,以 0.45 kg/week 为参比,关联强度的 OR 值为 0.45 。就新生儿性别与出生体重之间的关系,可能与遗传因素相关,但也有学者提出与男性胎儿睾丸核素有关,或男胎暴露于母体抗原差异所致,但目前尚未有明确的研究证据。已有研究显示男性新生儿与巨大儿呈现正相关^[21]。本文也重复了该结果。

本研究存在局限性。首先样本源自市级围产保健监测数据,缺少随机对照临床试验的严格纳入和排除标准;其次由于研究样本的限制,未能给出不同孕前 BMI 层内孕期体重变化率与新生儿出生体重的剂量-反应关系,特别是超重/肥胖产妇;但是平行分析中(正常孕前 BMI 产妇),未分层与正常孕前 BMI 孕期体重变化率与新生儿出生体重关联强度的剂量-反应关系曲线轨迹基本一致。

[本研究由“江苏大学 2014 年度医学临床科技发展基金”支持(基金编号:JLY20140052)]

参 考 文 献

- [1] Ludwig DS, Rouse HL, Currie J. Pregnancy weight gain and childhood body weight: a within-family comparison [J]. *PLoS Med*, 2013, 10(10): e1001521.
- [2] Hu WB, Zhao Y, Luo XM, et al. Association between gestational weight gain and birth weight(2001-2009): a cohort study carried out in Kunshan city, Jiangsu province, China [J]. *Chin J Epidemiol*, 2012, 33(3): 313-317. (in Chinese)
胡文斌, 赵瑶, 罗晓明, 等. 江苏省昆山市孕产妇孕期体重变化与胎儿出生体重关系的流行病学分析[J]. *中华流行病学杂志*, 2012, 33(3): 313-317.
- [3] Li N, Liu E, Guo J, et al. Maternal prepregnancy body mass index

- and gestational weight gain on pregnancy outcomes [J]. *PLoS One*, 2013, 8(12): e82310.
- [4] Chen Z, Du J, Shao L, et al. Prepregnancy body mass index, gestational weight gain, and pregnancy outcomes in China [J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2010, 109(1): 41-44.
- [5] Liu Y, Dai W, Dai X, et al. Prepregnancy body mass index and gestational weight gain with the outcome of pregnancy: a 13-year study of 292, 568 cases in China [J]. *Arch Gynecol Obstet*, 2012, 286(4): 905-911.
- [6] Orsini N, Li R, Wolk A, et al. Meta-analysis for linear and nonlinear dose-response relations: examples, an evaluation of approximations, and software [J]. *Am J Epidemiol*, 2012, 175(1): 66-73.
- [7] Desquilbet L, Mariotti F. Dose-response analyses using restricted cubic spline functions in public health research [J]. *Stat Med*, 2010, 29(9): 1037-1057.
- [8] Shi P, Yang W, Yu Q, et al. Overweight, gestational weight gain and elevated fasting plasma glucose and their association with macrosomia in chinese pregnant women [J]. *Maternal Child Health J*, 2014, 18(1): 10-15.
- [9] Institute of Medicine (US). *Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines* [M]. Washington DC: National Academy of Sciences, 2009.
- [10] Shan X, Chen F, Wang W, et al. Secular trends of low birthweight and macrosomia and related maternal factors in Beijing, China: a longitudinal trend analysis [J]. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2014, 14: 105.
- [11] Wang WP, Chen FF, Mi J, et al. Gestational weight gain and its relationship with the birthweight of offspring [J]. *Chin J Obstet Gynecol*, 2013, 48(5): 321-325. (in Chinese)
王文鹏, 陈芳芳, 米杰, 等. 孕妇孕期适宜体质量增加范围的探讨及其与新生儿出生体质量的关系 [J]. *中华妇产科杂志*, 2013, 48(5): 321-325.
- [12] Leveraging Action to Support Dissemination of Pregnancy Weight Gain Guidelines: Workshop Summary [M]. Washington DC: 2013 by the National Academy of Sciences, 2013.
- [13] Johnson J, Clifton RG, Roberts JM, et al. Pregnancy outcomes with weight gain above or below the 2009 Institute of Medicine guidelines [J]. *Obstet Gynecol*, 2013, 121(5): 969-975.
- [14] Cedergren MI. Optimal gestational weight gain for body mass index categories [J]. *Obstet Gynecol*, 2007, 110(4): 759-764.
- [15] Li N, Liu E, Guo J, et al. Maternal prepregnancy body mass index and gestational weight gain on offspring overweight in early infancy [J]. *PLoS One*, 2013, 8(10): e77809.
- [16] Wen SW, Goldenberg RL, Cutter GR, et al. Intrauterine growth retardation and preterm delivery: prenatal risk factors in an indigent population [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 1990, 162(1): 213-218.
- [17] Shepard MJ, Saftlas AF, Leo-Summers L, et al. Maternal anthropometric factors and risk of primary cesarean delivery [J]. *Am J Public Health*, 1998, 88(10): 1534-1538.
- [18] Cnattingius S, Bergstrom R, Lipworth L, et al. Prepregnancy weight and the risk of adverse pregnancy outcomes [J]. *N Engl J Med*, 1998, 338(3): 147-152.
- [19] Brown JE, Murtaugh MA, Jacobs DR, et al. Variation in newborn size according to pregnancy weight change by trimester [J]. *Am J Clin Nutr*, 2002, 76(1): 205-209.
- [20] Jeffries K, Shub A, Walker SP, et al. Reducing excessive weight gain in pregnancy: a randomised controlled trial [J]. *Med J Aust*, 2009, 191(8): 429-433.
- [21] Li G, Kong L, Li Z, et al. Prevalence of macrosomia and its risk factors in china: a multicentre survey based on birth data involving 101 723 singleton term infants [J]. *Paediatr Perinat Epidemiol*, 2014, 28(4): 345-350.

(收稿日期: 2015-01-14)

(本文编辑: 张林东)