

论著与临床研究

GDM 胎儿体重与母儿血清微量元素含量的相关性研究

胡诗曼¹, 石中华^{1,2*}

基金项目: 国家重点研发计划(项目编号: 2022YFC2703500); 国家自然科学基金(项目编号: 81971410); 江苏省重大疾病生物资源样本库出生队列子库开放课题(项目编号: TC2021B024)

作者单位: 1. 210000 江苏 南京, 南京医科大学附属妇产医院南京市妇幼保健院产科; 2. 213001 江苏 常州, 南京医科大学常州市妇幼保健院(现单位)

作者简介: 胡诗曼, 南京医科大学硕士研究生在读; 石中华, 毕业于南京医科大学, 博士研究生, 主任医师, 主要研究方向为妊娠期糖尿病

* 通信作者, E-mail: jesse_1982@163.com

【摘要】目的 探讨妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)胎儿体重与母血、新生儿脐血微量元素含量的关系。**方法** 构建 GDM 胎儿体重队列, 根据入组和排除标准选择 2022 年 3~8 月南京市妇幼保健院因非病理性手术指征剖宫产分娩的产妇, 分为正常对照组 27 例(C 组)、GDM 组 38 例(G 组), 包括 GDM 适龄儿组 19 例(GA 组)和 GDM 巨大儿组 19 例(GM 组), 比较队列前期检测的所有母体外周血及新生儿脐静脉血 9 种微量元素的含量, 探讨 GDM 胎儿体重与微量元素的相关性。**结果** 与 C 组相比, G 组产妇产血清砷含量减少; 脐血中锌、砷元素减少。与 GA 组相比, GM 组产妇产血清中硒元素含量减少, 铅元素含量增加; 脐血中砷元素增加。**结论** 母体血清中砷、硒元素含量的减少与 GDM 和巨大儿的发生发展可能有关。孕期适当补充部分微量元素有望降低 GDM 发病率, 减少分娩 GDM 巨大儿的风险。

【关键词】 妊娠期糖尿病; 巨大儿; 微量元素

【中图分类号】 R 714. 256

【文献标志码】 A

【文章编号】 1674-4020(2024)05-073-06

doi: 10. 3969/j. issn. 1674-4020. 2024. 05. 15

Correlational study between fetal weight with gestational diabetes mellitus and maternal fetal serum trace element content

Hu Shiman¹, Shi Zhonghua^{1,2*}

1. Department of Obstetrics, Obstetrics and Gynecology Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Nanjing Maternal and Child Health Hospital, Nanjing Jiangsu 210000; 2. Changzhou Maternal and Child Health Hospital, Changzhou Medical Center, Nanjing Medical University (current unit), Changzhou Jiangsu 213001, P. R. China

* Corresponding author, E-mail: jesse_1982@163.com

【Abstract】Objective To explore the relationship between fetal growth weights and the content of trace elements in maternal blood and neonatal cord blood in pregnant women with gestational diabetes mellitus (GDM). **Methods** The GDM fetal weight cohort was constructed. According to the inclusion and exclusion criteria, selected postpartum women who underwent cesarean section due to non pathological surgical indications at Nanjing Maternal and Child Health Hospital from March to August 2022, 27 cases in the normal control group (group C) and 38 cases in the GDM group (group G), including 19 cases in the GDM age-appropriate infants group (group GA) and 19 cases in the GDM macrosomia group (group GM). The contents of 9 trace elements in all maternal peripheral blood and newborn umbilical venous blood detected at the earlier stage of the cohort were compared to explore the correlation between GDM fetal weight and trace elements. **Results** Compared with group C, the serum arsenic content in group G postpartum women decreased; the zinc and arsenic elements in cord blood decreased. Compared with the group GA, the selenium content in the serum of mothers in the group GM decreased while the lead content increased; and arsenic increased in cord blood. **Conclusion** The decrease in arsenic and selenium content in maternal serum may be related to the occurrence and development of GDM and macrosomia. Appropriate supplementation of some trace elements during pregnancy is expected to reduce the incidence rate of GDM and reduce the risk of delivery of GDM macrosomia.

【Key words】gestational diabetes mellitus; macrosomia; trace elements

随着三孩政策全面实施,高龄高危孕妇比例日益增长,以妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)为典型代表的并发症越来越普遍,其中GDM引发的巨大儿(出生体重 $\geq 4\,000\text{ g}$)发病率逐年升高(高达25%~42%)^[1]。GDM巨大儿不仅与肩难产、产后出血、新生儿低血糖等母婴近期不良结局相关,还增加了子代肥胖、糖尿病等远期代谢综合征的风险^[2-3]。因此,深入研究GDM巨大儿的发生发展机制,寻找有效的干预措施,对于促进子代健康和重大慢性疾病的源头防控具有重要的临床意义。

作为影响人体健康的重要因素,微量元素与妊娠期糖尿病的发生密切相关^[4],其通过对胰岛素分泌、合成、储存及代谢的作用,影响胎儿的生长。既往有文献报道,微量元素摄入不足无法满足胎儿以及母体需求时,会引起人体细胞以及相关组织功能受损,与GDM、妊娠期高血压疾病等的发生密切相关^[5-6]。也有文献报道过高的铁代谢和铜代谢会增加GDM的发生率^[7-8]。因此,本研究构建GDM胎儿体重队列,旨在研究母体微量元素与GDM发生发展的相关性,并分析脐血微量元素与GDM巨大儿发生的相关性,以期为GDM巨大儿的临床防治提供新的思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究在江苏省重大疾病生物资源样本库出生队列子库开放课题《代谢健康与妊娠期糖尿病的发生和转归》(TC2021B024)的资助下,构建了GDM胎儿出生队列。从队列中随机选择2022年3~8月在南京市妇幼保健院进行规律产检并分娩的产妇300例。

GDM诊断标准:符合2022年美国糖尿病学会(ADA)中关于GDM的诊断标准^[9]:75 g OGTT血糖值符合空腹血糖 $\geq 5.1\text{ mmol/L}$ 、服糖后1 h血糖 $\geq 10\text{ mmol/L}$ 、服糖后2 h血糖 $\geq 8.5\text{ mmol/L}$ 中的任何一项指标。

入组标准:①我院规律产检并分娩的单胎孕妇;②孕妇年龄18~35周岁;③孕妇自愿加入本研究;④剖宫产分娩。排除标准:①糖尿病合并妊娠或其他预先诊断的代谢性疾病;②胎儿合并严重先天畸形及遗传代谢性疾病;③合并其他严重的妊娠合并症如妊娠期高血压疾病、胎膜早破等;④有绒毛膜羊膜炎或严重感染;⑤在样本采集前3个月内使用抗生素或注射过地塞米松进行治疗;⑥有需要药物治疗的慢性病,不属于本次研究范畴;⑦剖宫产手术指征为病理性因素。

根据出院诊断排除高龄产妇38例、辅助生殖受孕35例、妊娠期高血压疾病27例、甲状腺功能异常21例、早产10例、胎儿生长受限8例、妊娠期肝内胆汁淤积症15例、血液样本缺失21例,自然分娩60例。根据严格

的入组标准和排除标准选择65例因非病理性手术指征剖宫产分娩的产妇,根据有无GDM分为正常对照组27例(C组)、GDM组(G组)38例。根据新生儿体重将G组分为GDM适龄儿组(GA组)和GDM巨大儿组(GM组),每组各19例,各组剖宫产手术指征详见表1。

表1 各组产妇剖宫产手术指征(例)

手术指征	C组	G组	
		GA组	GM组
瘢痕子宫	17	9	4
臀位	7	5	1
GDM巨大儿	0	2	14
社会因素	3	3	0
合计	27	19	19

1.2 研究方法

1.2.1 病历资料采集 收集各组产妇的基线资料,包括年龄、孕前BMI、孕次、产次、手术指征等。

1.2.2 标本采集及检测 产妇剖宫产前留取空腹静脉血5 mL,新生儿娩出后即刻抽取脐血5 mL。采集后送检,使用仪器ICP-MS采用质谱法测量两种血样中钙、铁、镁、铅、锌、铜、锰、砷、硒含量。

1.3 统计学方法

采用SPSS 25.0软件进行统计学分析。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验分析,相关性分析采用线性回归,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 C组与G组、GA组与GM组产妇一般资料比较

C组与G组、GA组与GM组产妇年龄、孕前体质指数(body mass index, BMI)、孕周、孕次、产次相比,差异无统计学意义($P > 0.05$),新生儿体重相比,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表2、下页表3。

2.2 孕妇血清中微量元素含量比较

C组与G组产妇血清中砷元素含量差异有统计学意义($P < 0.05$),详见下页表4。GA组与GM组产妇血清中铅和硒元素含量差异有统计学意义($P < 0.05$),详见下页表5。

表2 C组与G组产妇一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

项目	C组	G组	t 值	P 值
	27例	38例		
年龄(岁)	30.89 \pm 2.42	31.55 \pm 3.34	1.367	0.176
孕前BMI(kg/m ²)	21.31 \pm 2.1	22.97 \pm 3.13	1.572	0.121
孕次(次)	2.00 \pm 0.92	2.05 \pm 1.06	1.240	0.909
产次(次)	0.56 \pm 0.51	0.39 \pm 0.55	0.114	0.220
孕周(周)	39.13 \pm 0.26	39.25 \pm 0.48	1.720	0.090
新生儿体重(g)	3 286.3 \pm 260.11	3 808.42 \pm 495.86	4.046	<0.001

表 3 GA 组与 GM 组产妇一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

项目	GA 组	GM 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
	19 例	19 例		
年龄(岁)	32.42 ± 2.50	30.68 ± 3.89	1.318	0.196
孕前 BMI(kg/m ²)	22.71 ± 2.70	23.24 ± 3.57	0.777	0.443
孕次(次)	2.26 ± 1.24	1.84 ± 0.83	1.94	0.060
产次(次)	0.47 ± 0.51	0.32 ± 0.58	0.435	0.667
孕周(周)	39.14 ± 0.49	39.37 ± 0.44	0.219	0.828
新生儿体重(g)	3 367.89 ± 160.64	4 248.95 ± 264.40	2.153	0.038

表 4 C 组与 G 组产妇血清微量元素比较($\bar{x} \pm s$)

项目	C 组	G 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
	27 例	38 例		
锌(mg/L)	5.50 ± 0.63	5.27 ± 0.69	<0.001	0.999
钙(mg/L)	60.28 ± 5.07	59.72 ± 5.57	0.636	0.527
镁(mg/L)	29.91 ± 2.13	29.06 ± 2.35	0.164	0.871
铁(mg/L)	428.11 ± 34.33	413.82 ± 25.75	1.454	0.151
铅(μg/L)	8.99 ± 2.62	9.18 ± 3.67	1.706	0.093
铜(mg/L)	1.33 ± 0.21	1.35 ± 0.20	0.359	0.721
锰(μg/L)	18.09 ± 3.13	16.49 ± 3.15	0.095	0.927
砷(μg/L)	0.0008 ± 0.0012	0.0006 ± 0.0008	2.475	0.016
硒(μg/L)	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.756	0.453

表 5 GA 组与 GM 组产妇血清微量元素比较($\bar{x} \pm s$)

项目	GA 组	GM 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
	19 例	19 例		
锌(mg/L)	5.52 ± 0.82	5.03 ± 0.47	1.337	0.190
钙(mg/L)	58.15 ± 3.78	61.22 ± 6.80	0.998	0.325
镁(mg/L)	29.58 ± 2.55	28.62 ± 2.14	0.400	0.725
铁(mg/L)	422.77 ± 25.29	404.08 ± 23.83	0.489	0.628
铅(μg/L)	8.82 ± 2.83	9.13 ± 4.13	2.313	0.027
铜(mg/L)	1.31 ± 0.22	1.40 ± 0.19	0.693	0.493
锰(μg/L)	16.40 ± 3.32	16.77 ± 3.04	0.636	0.529
砷(μg/L)	0.0005 ± 0.0006	0.0007 ± 0.001	0.765	0.449
硒(μg/L)	0.1121 ± 0.02	0.1100 ± 0.01	2.171	0.037

2.3 母体微量元素与新生儿体重的相关性

在入组的 65 例产妇中,产妇血清中锌、镁、铁、铜、锰、砷、硒元素含量增加,新生儿体重呈下降趋势;铅和钙元素含量的增加,新生儿体重呈增加趋势。其中锌元素与新生儿体重的相关性有统计学意义($P < 0.05$)。见图 1。

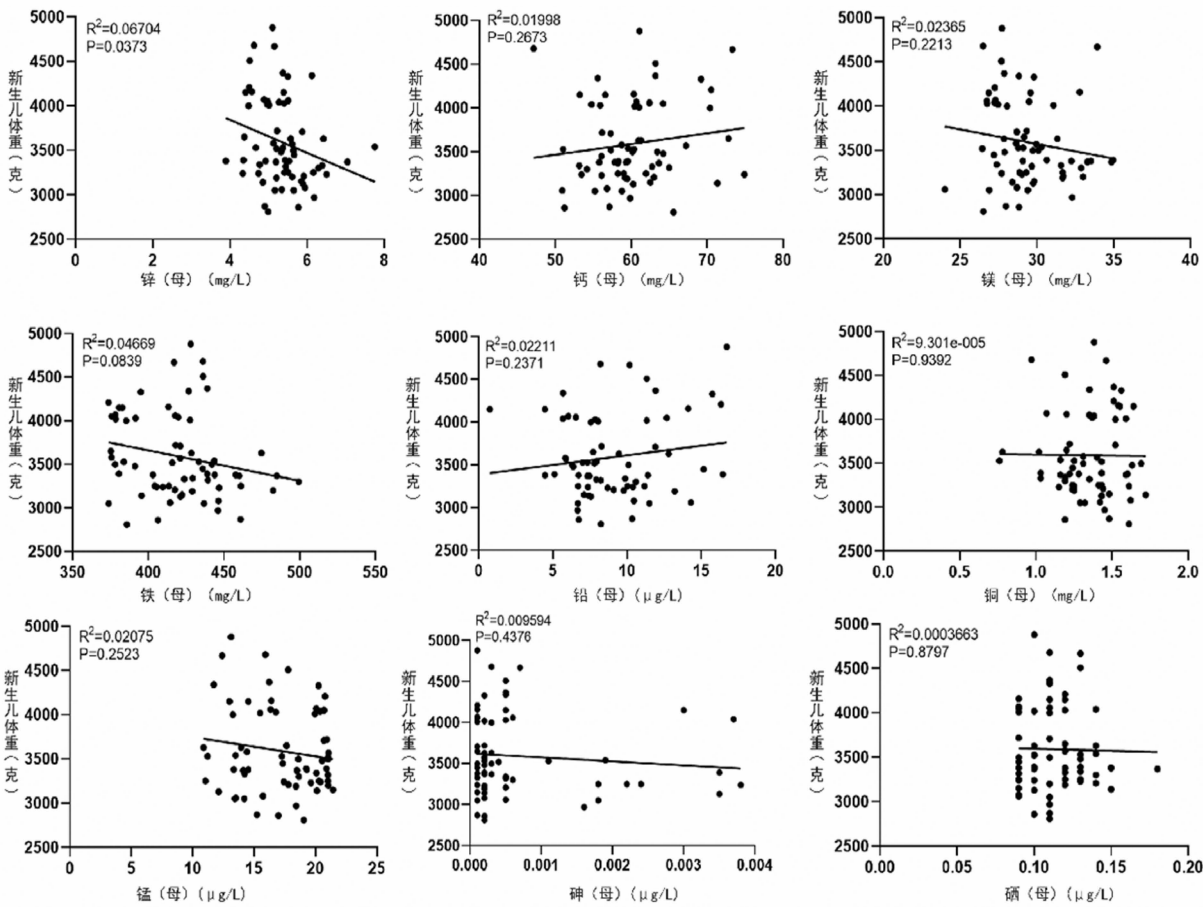


图 1 母体微量元素与新生儿体重相关性分析

2.4 新生儿脐血中微量元素含量比较

C组与G组新生儿脐血中砷和锌元素含量差异有统计学意义($P < 0.05$),见表6。GA组与GM组新生儿脐血中砷元素含量差异有统计学意义($P < 0.05$),见表7。

表6 C组与G组新生儿脐血微量元素比较($\bar{x} \pm s$)

项目	C组 27例	G组 38例	t值	P值
锌(mg/L)	2.92 ± 1.68	2.02 ± 1.04	4.400	<0.001
钙(mg/L)	61.58 ± 6.83	59.79 ± 5.98	0.573	0.569
镁(mg/L)	30.17 ± 2.33	28.83 ± 2.68	0.618	0.539
铁(mg/L)	486.4 ± 46.85	478.79 ± 51.16	0.692	0.491
铅(μg/L)	6.75 ± 2.86	7.14 ± 2.8	0.477	0.635
铜(mg/L)	0.65 ± 0.33	0.61 ± 0.3	0.528	0.599
锰(μg/L)	16.55 ± 3.21	16.25 ± 2.99	0.619	0.538
砷(μg/L)	0.0011 ± 0.0019	0.0005 ± 0.0007	2.785	0.007
硒(μg/L)	0.11 ± 0.02	0.1 ± 0.02	1.523	0.133

表7 GA组与GM组新生儿脐血微量元素比较($\bar{x} \pm s$)

项目	GA组 19例	GM组 19例	t值	P值
锌(mg/L)	2.04 ± 1.12	1.99 ± 0.98	0.858	0.396
钙(mg/L)	59.81 ± 6.36	59.77 ± 5.74	0.255	0.801
镁(mg/L)	28.19 ± 2.95	29.47 ± 2.27	0.612	0.545
铁(mg/L)	470.22 ± 47.32	487.36 ± 54.65	0.917	0.366
铅(μg/L)	6.78 ± 2.68	7.5 ± 2.94	0.939	0.354
铜(mg/L)	0.62 ± 0.32	0.6 ± 0.29	0.424	0.674
锰(μg/L)	16.13 ± 3.08	16.37 ± 2.98	0.000	0.990
砷(μg/L)	0.0003 ± 0.0002	0.0007 ± 0.0009	3.058	0.004
硒(μg/L)	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.01	0.620	0.539

2.5 母儿微量元素的相关性分析

在入组的65例产妇中,新生儿脐血中锌、钙、镁、铁、铅、砷、硒七种元素随着母血含量的增加呈现出增加趋势,锰元素和铜元素在脐血中的含量随母血中含量增加呈现出减少趋势,其中母血与新生儿脐血中的钙、镁、铅、砷、硒含量的相关性有统计学意义($P < 0.05$)。见图2。

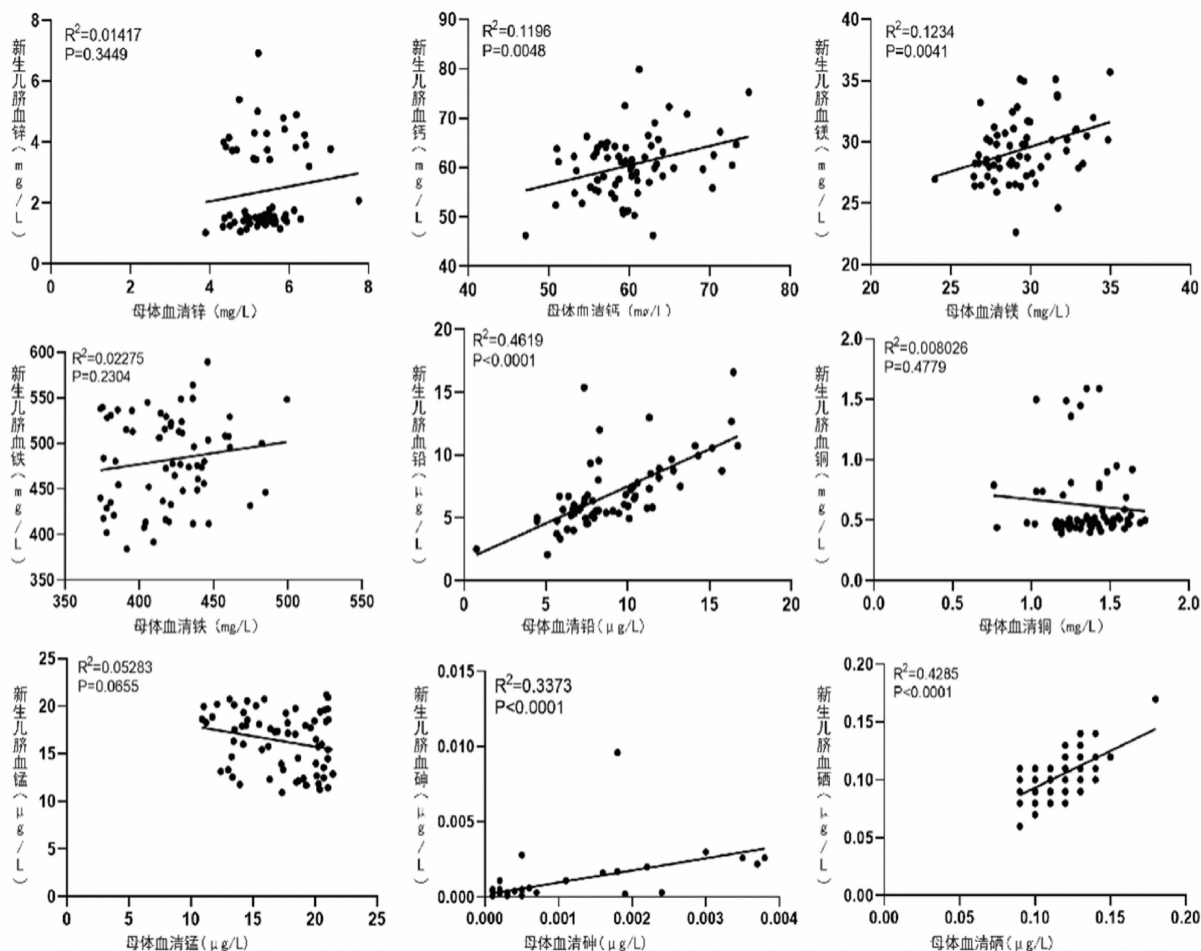


图2 母体微量元素与新生儿微量元素相关性分析

3 讨论

本研究结果显示,与 C 组相比,G 组产妇血清砷含量减少;脐血中锌、砷元素减少。与 GA 组相比,GM 组产妇血清中硒元素含量减少,铅元素含量增加;脐血中砷元素增加。

有研究表明,锌可能与维持生理葡萄糖吸收、调节细胞内葡萄糖利用和胰岛素抵抗程度的降低有关^[10],GDM 与母体血清锌的失衡密切相关^[11]。因此,有研究建议孕妇在怀孕期间需要补充微量元素锌^[12]。锌在胎盘中主动运输,表明了锌对胎儿生长的重要性,本研究中 G 组较 C 组,GM 组较 GA 组,母体血清锌含量在数值上有所降低,但暂无统计学意义。

妊娠过程中产妇体内钙的缺乏程度随孕周增加,靶组织的钙离子浓度减少会导致胰岛素抵抗出现,缺钙还会增加母体患妊娠期高血压疾病的风险,也会导致胎儿骨钙化影响其发育^[13]。本研究中 G 组产妇母体血清及新生儿脐血中钙含量减少,与此相符。

镁与蛋白质、DNA 和 RNA 的合成、细胞能量的产生和存储、线粒体膜的稳定以及与葡萄糖和胰岛素代谢有关^[14]。胰岛素刺激胰岛素敏感组织对镁的摄取,细胞内镁浓度降低,镁-ATP 复合物从而降低,导致胰岛素抵抗和胰岛素产生/分泌降低^[15]。本研究中产妇血清镁 G 组少于 C 组,GM 组少于 GA 组,G 组新生儿脐血中镁元素含量也少于 C 组新生儿,与此相一致。

铁是一种参与多种生理过程的必需微量营养素。本研究中,GM 组产妇血清铁低于 GA 组,G 组低于 C 组,与许多研究结论相符^[16-17]。但目前也有研究提出,过量的铁负荷也可能是病理因素之一,特别是与 2 型糖尿病和 GDM 有关^[18]。其潜在机制可能为高铁触发氧化应激,导致胰岛 β 细胞功能的进行性损害,增加胰岛素抵抗,进一步导致糖耐量损伤。这还需要更大的样本量和进一步研究来论证。

铅是一种神经毒素,不利于胎儿生长发育。G 组相较于 C 组产妇及新生儿血液中铅含量增加,但无统计学意义,GM 组相较于 GA 组,产妇血液中铅含量变化差异无统计学意义,脐血中铅含量增加且差异有统计学意义,铅元素含量与 GDM 的关系有待进一步研究。

铜是多种金属酶的重要组成部分,有研究认为铜通过不断提供一个活性位点和增强氧化应激来促进糖尿病的发生发展,提示铜可能通过产生 ROS 导致葡萄糖代谢紊乱^[19]。同时,铜和锌在肠道共同竞争同一种金属硫蛋白。妊娠状态下,铜的增加势必会造成锌吸收的减少^[20],这与 GDM 产妇血清中锌含量减少的发现相一致。本研究中产妇母体血清铜在 G 组中多于 C 组,GM 组中多于 GA 组,虽差异无统计学意义,但这种增加趋势与该观点相符。

锰参与葡萄糖的代谢,Li 等^[21]研究表明,锰水平升高与 GDM 风险增加相关。锰是锰-超氧化物歧化酶的

关键成分,可抑制线粒体和胰岛中活性氧的形成,活性氧被发现参与了超氧化物解偶联蛋白 2 通路等通路的激活,抑制葡萄糖刺激的胰岛素分泌,导致线粒体和 β 细胞功能障碍^[22]。过量接触锰是有毒的,在过量锰暴露的情况下,中枢神经系统对葡萄糖稳态的调节作用可能会受到影响^[23]。

砷以其致癌作用而闻名,是一种广泛存在的有毒重金属,人们主要通过受污染的饮用水接触到砷。有研究证明孕早期砷暴露的增加与 GDM 发病有关,但孕中晚期的研究仍缺乏。本研究砷在血液中的含量微乎其微。

硒是抗氧化酶谷胱甘肽过氧化物酶的活性位点成分,有研究表明,硒可以结合并激活胰岛素受体,并显示出胰岛素模拟活性,如降低血糖水平,增加组织对葡萄糖的摄取,提高细胞对葡萄糖的利用^[24]。GDM 患者补充硒摄入量可改善血糖控制,降低患者的氧化应激水平^[25-26]。本研究中新儿脐血血清及 C、G 组产妇血清中硒含量差异无统计学意义,但 GM 组产妇血清中硒含量较 GA 组减少且差异有统计学意义。

综上所述,除钙、铅外,其余母体血清微量元素与新生儿体重呈负相关。母体微量元素含量变化也会对照血微量元素的变化产生影响,因此微量元素的缺失或与新生儿体重的增加有一定关系。本研究中 GM 组相对于 GA 组部分微量元素增加,可能与 GM 组产妇饮食摄入及本研究样本量较少有关,还需要更多研究进一步验证。

产妇的营养储备和饮食为胎儿发育提供了所有的微量营养素,这对安全妊娠起着至关重要的作用。产妇体内微量元素的变化对 GDM 的发生发展及巨大儿的发生可能具有重要的影响,孕期及时补充锌、镁、铁、硒等微量元素,控制铜元素等的摄入,有望成为降低 GDM 发病、减少分娩 GDM 巨大儿风险的有效措施。

【参考文献】

- [1] 谢幸,孔北华,段涛. 妇产科学 [M]. 第九版. 北京:人民卫生出版社, 2018:105.
- [2] Sweeting A, Wong J, Murphy HR, et al. A clinical update on gestational diabetes mellitus [J]. Endocrine Reviews, 2022, 43 (5):763-793.
- [3] Boney CM, Verma A, Tucker R, et al. Metabolic syndrome in childhood: association with birth weight, maternal obesity, and gestational diabetes mellitus [J]. Pediatrics, 2005, 115 (3): e290-e296.
- [4] 郑慧敏. 微量元素和人体成分与妊娠期糖尿病发生发展的关系 [J]. 中国妇幼保健, 2016, 31: 5334-5337.
- [5] 丁梅,王开秀,张华,等. 妊娠糖尿病孕妇血清及新生儿脐血中微量元素的探讨 [J]. 山西医药杂志, 2018, 47: 2527-2529.
- [6] 王艳霞,肖景华,李亚妮,等. 孕妇血清铁、锌微量元素与妊娠期高血压疾病的关系研究 [J]. 现代检验医学杂志, 2019, 34: 130-131,136.
- [7] Yang K, Yang Y, Pan B, et al. Relationship between iron metabolism and gestational diabetes mellitus: a systemic review and

- meta analysis [J]. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 2022, 31 (2):242-254.
- [8] Lian S, Zhang T, Yu Y, et al. Relationship of circulating copper level with gestational diabetes mellitus: a meta-analysis and systemic review [J]. Biological Trace Element Research, 2021, 199 (12): 4396-4409.
- [9] Introduction: standards of medical care in diabetes-2022 [J]. Diabetes Care, 2022, 45 (Suppl 1): S1-S2.
- [10] Cooper-Capetini V, de Vasconcelos DAA, Martins AR, et al. Zinc supplementation improves glucose homeostasis in high fat-fed mice by enhancing pancreatic β -cell function [J]. Nutrients, 2017, 9 (10):1150.
- [11] Fan J, Zhang T, Yu Y, et al. Is serum zinc status related to gestational diabetes mellitus a meta-analysis [J]. Maternal & Child Nutrition, 2021, 17 (4): e13239.
- [12] Li X, Zhao J. The influence of zinc supplementation on metabolic status in gestational diabetes: a meta-analysis of randomized controlled studies [J]. The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine, 2021, 34 (13):2140-2145.
- [13] Varshney S, Adela R, Kachhawa G, et al. Disrupted placental vitamin D metabolism and calcium signaling in gestational diabetes and pre-eclampsia patients [J]. Endocrine, 2023, 80 (1): 191-200.
- [14] Volpe SL. Magnesium in disease prevention and overall health [J]. Advances in Nutrition, 2013, 4 (3):378s-383s.
- [15] Wells IC. Evidence that the etiology of the syndrome containing type 2 diabetes mellitus results from abnormal magnesium metabolism [J]. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 2008, 86 (1-2):16-24.
- [16] 王绍胜, 马洪, 高文文, 等. 妊娠期糖尿病与正常孕妇末梢血微量元素水平研究 [J]. 成都医学院学报, 2020, 15: 482-485.
- [17] 史东晔, 郭胜利, 郭丽丽, 等. 全血微量元素含量与妊娠期糖尿病相关性研究 [J]. 检验医学与临床, 2015, 12: 2515-2517.
- [18] Liu L, Yan F, Yan H, et al. Impact of iron supplementation on gestational diabetes mellitus: a literature review [J]. Diabetes, Obesity & Metabolism, 2023, 25 (2):342-353.
- [19] Liu B, Feng W, Wang J, et al. Association of urinary metals levels with type 2 diabetes risk in coke oven workers [J]. Environmental Pollution, 2016, 210:1-8.
- [20] 关燕鸣. 妊娠糖尿病患者血清中硒、锌、铜、钙含量分析 [J]. 中国妇幼保健, 2013, 28: 36-38.
- [21] Li Q, Zhang G, Lin L, et al. Plasma manganese levels and risk of gestational diabetes mellitus: a prospective cohort study [J]. Environmental Science & Technology, 2022, 56 (22): 15860-15868.
- [22] O'Neal SL, Zheng W. Manganese toxicity upon overexposure: a decade in review [J]. Current Environmental Health Reports, 2015, 2 (3):315-328.
- [23] Grayson BE, Seeley RJ, Sandoval DA. Wired on sugar: the role of the CNS in the regulation of glucose homeostasis [J]. Nature Reviews Neuroscience, 2013, 14 (1):24-37.
- [24] Stapleton SR. Selenium: an insulin-mimetic [J]. Cellular and Molecular Life Sciences, 2000, 57 (13-14):1874-1879.
- [25] Hamdan HZ, Hamdan SZ, Adam I. Association of selenium levels with gestational diabetes mellitus: an updated systematic review and meta-analysis [J]. Nutrients, 2022, 14 (19):3941.
- [26] Wołonciej M, Milewska E, Roszkowska-Jakimiec W. Trace elements as an activator of antioxidant enzymes [J]. Postępy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej (Online), 2016, 70 (0): 1483-1498.

(收稿日期:2023-07-30 编辑:杨叶)

(上接第 66 页)

- [20] Siskind S, Brenner M, Wang P. TREM-1 modulation strategies for sepsis [J]. Front Immunol, 2022, 13(1):907387.
- [21] 夏长河, 刘芳, 张傲, 等. 血清可溶性髓系细胞触发受体 1、基质金属蛋白酶-3 等指标联合对肛瘻镜下手术治疗肛瘻患者切口感染的预测效果 [J]. 广西医科大学学报, 2021, 38 (6): 1155-1160.
- [22] Zheng F. Pathogenic characteristics of pulmonary infection in hospitalized patients with chronic heart failure and diagnostic value of sTREM-1, sCD163, and sTWEAK [J]. Pak J Med Sci, 2022, 38(3Part-1):536-541.
- [23] 刘大响, 王令焕, 徐梅, 等. 头颈恶性肿瘤术后切口感染影响因素及 CRP 与 sTREM-1 和 IL-6 水平 [J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(3):430-433.
- [24] Ackland GL, Van Duijvenboden S, Abbott TEF, et al. Interleukin-1 receptor antagonist, mode of analgesia and risk of caesarean delivery after onset of labour: a Mendelian randomisation analysis [J]. Br J Anaesth, 2022, 128(1):89-97.
- [25] 李明, 潘旭. 剖宫产术后切口感染患者血清炎症应激指标与应激激素和免疫应答的相关性 [J]. 中华实验和临床感染病杂志(电子版), 2019, 13(1):70-75.
- [26] 刘翠云, 邓丽慧. 剖宫产术后感染危险因素及 T 淋巴细胞亚群、白介素簇水平变化 [J]. 中国计划生育学杂志, 2020, 28 (5):660-665.
- [27] 胡万芹, 杜玲, 吴灿, 等. 剖宫产术后感染相关因素及炎症因子和 T 淋巴细胞亚群指标的研究 [J]. 中华医院感染学杂志, 2018, 28(4):590-593.
- [28] 程瑶瑶, 王艳君, 宋化雨, 等. 剖宫产术后切口感染患者外周血 sTREM-1、TNF- α 、白细胞介素-8 表达及对免疫应答的影响 [J]. 中国病案, 2021, 22(9):93-97.
- [29] 王会菊, 靳荣, 卢慧. 剖宫产术后切口感染炎症指标与免疫应激的相关性 [J]. 中华医院感染学杂志, 2021, 31(5): 763-767.
- [30] 刘世舜, 山洁, 董美玉, 等. 红外线照射治疗对剖宫产术后切口感染患者感染控制与微循环改善的作用研究 [J]. 中华医院感染学杂志, 2017, 27(2):418-421.

(收稿日期:2023-08-11 编辑:陈郢霖)