

# 孕中期维生素D水平与脂代谢关联的研究

金丹<sup>1</sup> 陶瑞雪<sup>2</sup> 尹万军<sup>1</sup> 姚梦楠<sup>1</sup> 余宛琪<sup>1</sup> 朱鹏<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>安徽医科大学公共卫生学院儿少卫生与妇幼保健学系,合肥 230032; <sup>2</sup>合肥市第一人民医院妇产科 230031; <sup>3</sup>人口健康与优生安徽省重点实验室,合肥 230032

通信作者:朱鹏, Email: pengzhu@ahmu.edu.cn

**【摘要】** 目的 探讨孕中期维生素D水平与脂代谢指标的关系。方法 于2015年3月至2018年2月在合肥3家医院产科门诊招募1 875名处于孕中期的孕妇作为研究对象。进行问卷调查并留取清晨空腹静脉血,检测其血清25(OH)D、脂代谢指标TC、TG、HDL-C和LDL-C。采用Cubic非线性模型和线性回归模型分析孕中期维生素D水平与脂代谢指标间的关系。结果 孕中期维生素D缺乏率为75.3%, TC、TG、HDL-C和LDL-C均值分别是(233.22±38.87)、(226.24±83.88)、(79.04±12.77)和(109.54±25.95)mg/dl。多因素线性回归结果显示,以25(OH)D五分位组(Q1~Q5)中Q5为对照组,Q1~Q4组的TC、TG均显著升高,Q1和Q2组的LDL-C显著升高,且在Q1组观察到TC、TG和LDL-C的最高差值(TC: $\beta=16.88$ , 95%CI: 10.50~23.26; TG: $\beta=34.92$ , 95%CI: 21.32~48.53; LDL-C: $\beta=9.06$ , 95%CI: 4.77~13.35)。未观察到5组间HDL-C的显著差异。以维生素D是否缺乏分层后结果显示,当25(OH)D<50 nmol/L时,25(OH)D每增加10 nmol/L, TC、TG和LDL-C分别降低3.53 mg/dl (95%CI: 1.30~5.75)、7.42 mg/dl (95%CI: 2.41~12.44)和2.08 mg/dl (95%CI: 0.60~3.57), 差异有统计学意义;而当25(OH)D≥50 nmol/L时,未发现25(OH)D与TC、TG和LDL-C间存在显著关联。无论维生素D是否缺乏,均未观察到25(OH)D与HDL-C的显著关系。结论 孕中期维生素D水平与脂代谢指标间存在非线性关系,仅在维生素D缺乏状态下,25(OH)D与脂代谢指标存在显著负相关。

**【关键词】** 孕中期; 维生素D; 脂代谢

**基金项目:** 国家自然科学基金(81872631, 81472991); 安徽省高校优秀青年人才基金重点项目(gxyqZD2018025); 安徽省学术和技术带头人后备人选科研项目(2017H141); 合肥市卫生与计划生育委员会应用医学研究项目(hwk2018zd002); 国家级大学生创新训练项目(201710366029)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.07.016

## Association between vitamin D level and lipid metabolism during second trimester

Jin Dan<sup>1</sup>, Tao Ruixue<sup>2</sup>, Yin Wanjun<sup>1</sup>, Yao Mengnan<sup>1</sup>, Yu Wanqi<sup>1</sup>, Zhu Peng<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Maternal, Child and Adolescent Health, School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei 230032, China; <sup>2</sup>Department of Gynecology and Obstetrics, Hefei First People's Hospital, Hefei 230031, China; <sup>3</sup>Key Laboratory of Population Health and Eugenics, Anhui Medical University, Hefei 230032, China

Corresponding author: Zhu Peng, Email: pengzhu@ahmu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To explore the relationship between the vitamin D levels and lipid metabolism during second trimester. **Methods** A total of 1 875 pregnant women who were in the second trimester and had antenatal care in 3 hospitals in Hefei of Anhui province from March 2015 to February 2018 were included. Baseline questionnaire survey was performed, and fasting venous blood samples were collected from the pregnant women to detect serum 25(OH)D, cholesterol (TC), triglyceride (TG), high-density lipoprotein (HDL-C) and low-density lipoprotein (LDL-C) levels. Cubic non-linear model and linear regression model were used to analyze the linear relationship between vitamin D levels and lipid metabolism indicators in the second trimester. **Results** The vitamin D deficiency rate was 75.3% (1 412/1 875) in the pregnant women. The mean levels of lipid metabolism indicators TC, TG, HDL-C and LDL-C were (233.22±38.87), (226.24±83.88), (79.04±12.77), and (109.54±25.95) mg/dl respectively. Multivariate linear regression model results showed, compared with Q5 of the 25(OH)D, the TC and TG levels of Q1-Q4 groups significantly increased, and the LDL-C of Q1 and Q2 groups significantly increased. The highest difference between TC, TG

and LDL-C was observed in Q1 group. (TC:  $\beta=16.88$ , 95% CI: 10.50–23.26; TG:  $\beta=34.92$ , 95% CI: 21.32–48.53; LDL-C:  $\beta=9.06$ , 95% CI: 4.77–13.35). No significant differences in HDL-C level among the 5 groups were observed. When stratified with vitamin D deficiency the results showed that, when 25(OH)D was  $<50$  nmol/L, TC, TG and LDL-C levels decreased by 3.53 (95% CI: 1.30–5.75), 7.42 (95% CI: 2.41 to 12.44) and 2.08 mg/dl (95% CI: 0.60–3.57) along with a 10 nmol/L increase of 25(OH)D, the difference was statistically significant, and when 25(OH)D was  $\geq 50$  nmol/L, no significant correlation was found between 25(OH)D level and TC, TG and LDL-C levels. No significant relationship between 25(OH)D level and HDL-C level was observed regardless of vitamin D deficiency. **Conclusions** There was a nonlinear relationship between vitamin D levels and lipid metabolism indicators in the second trimester. There was a significant negative correlation between 25(OH)D level and lipid metabolism indicators only in the deficiency of vitamin D.

**【Key words】** Second trimester; Vitamin D; Lipid metabolism

**Fund programs:** National Natural Science Foundation of China (81872631, 81472991); Key Projects of Excellent Young Talents Fund in Universities of Anhui Province (gxyqZD2018025); Public Welfare Technology Application Linkage Fund of Anhui Provincial Science and Technology Department (2017H141); Applied Medicine Research Project of Hefei Municipal Health Planning Commission (hwk2018zd002); National College Student Innovation Training Program (201710366029)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2019.07.016

血脂是血浆中的 TG 和类脂(磷脂、糖脂、固醇、类固醇)的总称<sup>[1]</sup>,脂代谢异常与心血管疾病、糖尿病和神经变性等密切相关<sup>[2]</sup>。除肥胖、体力活动和饮食等因素影响脂代谢水平外<sup>[3-6]</sup>,维生素 D 缺乏与脂代谢异常间可能存在相关性,并可能通过某些生物学途径增加代谢性疾病的风险<sup>[7]</sup>。但相关研究证据多来自一般人群,且少量妊娠期维生素 D 与脂代谢关联的研究结论并不一致<sup>[8-10]</sup>。此外,维生素 D 的生物学效应可能具有非线性影响<sup>[11-13]</sup>,但既往研究却很少关注维生素 D 与脂代谢的非线性关系。本研究利用合肥市母婴健康队列,在大样本检测的基础上,分析孕期维生素 D 水平与脂代谢指标间的线性和非性关系,为阐明两者关系提供科学证据。

## 对象与方法

1. 研究对象:2015 年 3 月至 2018 年 2 月从安徽省合肥市 3 家医院产科共招募 6 205 名 18~45 周岁、孕 13~28 周、长期居住在合肥市的孕妇,进行问卷调查并留取空腹静脉血,随访至分娩。排除严重妊娠并发症(心功能不全、重度贫血、妊娠期高血压等)、肝肾功能异常、甲状腺功能异常、多胎妊娠、人工辅助生殖、孕期随访资料不完整以及失访孕妇,共获得有效研究对象 5 179 人。从中随机选取 2 000 人作为本研究的研究对象,排除有任 1 项指标检测结果低于检测下限的 125 份样本,本研究最终共纳入分析样本为 1 875 人。所有孕妇均签署知情同意书,研究方案通过安徽医科大学生物医学伦理委员会审批(批号:2015002)。

2. 调查方法:孕妇于孕 13~28 周在产科门诊进行产检时,采用面对面问卷调查方法,用自行设计的

结构化问卷,调查获得孕妇社会人口学特征、孕妇健康状况、孕期生活方式等信息。所有孕妇于 7:00~9:00 空腹采血(禁食 8~12 h),由医务人员采集孕妇静脉血 5 ml,置于 4 °C 冰箱冷藏,当天转运至人口健康与优生安徽省重点实验室。以 3 000 r/min 的转速离心 5 min,吸取上层血清于 EP 管中-80 °C 冻存待测。

## 3. 研究指标:

(1) 孕妇社会人口学特征:通过结构化问卷获得社会人口统计学指标:母亲的年龄、文化程度、月收入、居住地、交通方式、采血季节等。

(2) 孕妇健康状况:由孕妇报告孕前体重、现场测量身高和血压并计算 BMI 和平均动脉压(mean arterial pressure, MAP) = (SBP + 2 × DBP) / 3<sup>[14]</sup>, 孕妇疾病史、妊娠并发症及产次等从孕妇保健手册中获得。

(3) 孕期生活方式:包括近 3 个月每周  $\geq 10$  min 体力运动频率、每天坐或躺的时间,近 1 周晒太阳频率、饮食情况(水果、鱼、豆制品、牛奶和蛋黄摄入频率)以及维生素 D 补充剂、鱼肝油服用情况。

(4) 25(OH)D 检测:使用化学发光免疫法(DiaSorin 公司提供)检测血清 25(OH)D 浓度,其检测范围为 10~375 nmol/L,灵敏度为 10 nmol/L。根据美国内分泌学会所推荐标准<sup>[15]</sup>,维生素 D 缺乏为 25(OH)D 浓度  $<50$  nmol/L,非缺乏为 25(OH)D 浓度  $\geq 50$  nmol/L。

(5) 脂代谢指标:检测 TC、TG、HDL-C 和 LDL-C,使用 CoD-PAP 法检测 TC、GpO-PAP 法检测 TG, HDL-C 和 LDL-C 均采用直接测定法检测。

4. 统计分析:使用 EpiData 3.1 软件进行数据双录入,SPSS 20.0 软件进行统计分析。采用五分位

法对 25(OH)D 水平分组(Q1 ~ Q5),单因素方差分析和趋势性  $\chi^2$  检验比较 5 组间孕妇特征变量,筛选混杂因素( $P < 0.05$ )。采用多因素线性回归模型,分析 25(OH)D 五分位组间 25(OH)D 水平与脂代谢指标的线性变化趋势及各组与对照组间的差值,再对差值进行 Cubic 非线性趋势拟合。以维生素 D 是否缺乏分层,进行 25(OH)D 水平与脂代谢指标间的线性回归分析。

### 结 果

1. 孕妇基本特征与维生素 D: 本研究随机抽取的 1 875 名孕妇与整体 5 179 名孕妇在一般特征指标及维生素 D 水平方面差异均无统计学意义,提示具有人群同质性。本研究中,孕妇年龄为(28.7±4.3)岁,59.4% 具有初中以上文化程度,经产妇 1 072 人(57.2%),近 1 周体力活动 < 3 次和坐或躺时间 ≥ 4 h/d 的比例分别为 64.3% 和 72.2%。32.9% 的孕妇近 1 周服用维生素 D 补充剂(≥ 3 次),25(OH)D 的均值为(40.20±16.68)nmol/L,维生素 D 缺乏率为 75.3%。

趋势性  $\chi^2$  检验结果显示,25(OH)D 水平越低的孕妇,孕前 BMI 和 MAP 越低,机动车出行、每周体力

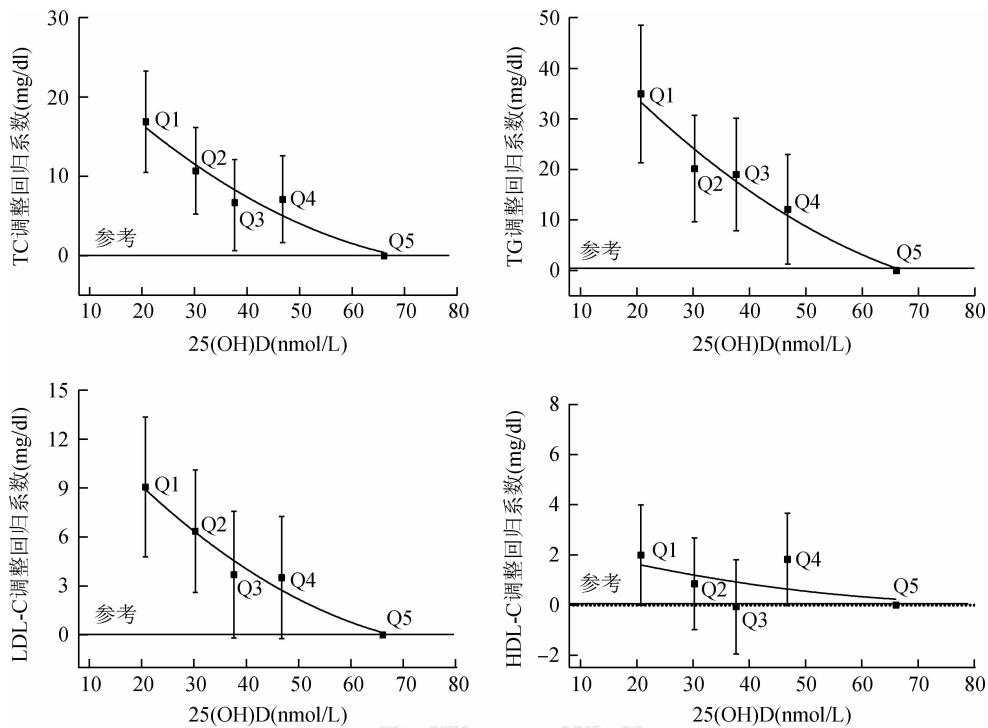
活动 < 3 次、每天坐或躺时间 > 4 h、近 1 周从不摄入维生素 D 补充剂、鱼肝油以及从不晒太阳频率的比例也越低,而每周牛奶摄入 ≥ 3 次、夏秋季采血的比例则越高,差异均有统计学意义(表 1)。

2. 孕期 25(OH)D 五分位组间脂代谢比较的多因素分析: 孕期 TC、TG、HDL-C 和 LDL-C 值分别是(233.22±38.87)、(226.24±83.88)、(79.04±12.77)和(109.54±25.95)mg/dl。调整孕妇社会人口学指标(出行方式和采血季节)、健康状况(孕前 BMI 和 MAP)和生活方式(体力运动、坐或躺时间、晒太阳频率、牛奶摄入、维生素 D 和鱼肝油补充)后,25(OH)D 五分位组间的脂代谢指标差异见图 1。以 25(OH)D 的 Q5 组为对照,Q1 ~ Q4 组的 TC、TG 均显著升高,Q1 和 Q2 组的 LDL-C 显著升高,在 Q1 组观察到 TC、TG 和 LDL-C 的最高差值(TC:  $\beta = 16.88$ , 95%CI: 10.50 ~ 23.26; TG:  $\beta = 34.92$ , 95%CI: 21.32 ~ 48.53; LDL-C:  $\beta = 9.06$ , 95%CI: 4.77 ~ 13.35)。未观察到 5 组间 HDL-C 的显著差异。使用 Cubic 模型进行非线性拟合,25(OH)D 五分位组间 TC( $r^2 = 0.95$ ,  $P < 0.001$ )、TG( $r^2 = 0.97$ ,  $P < 0.001$ )、LDL-C( $r^2 = 0.97$ ,  $P < 0.001$ )呈显著非线性关系,HDL-C 无显著

表 1 孕中期 25(OH)D 五分位组间特征变量比较

孕妇特征	孕中期 25(OH)D 五分位分组					趋势检验 P 值
	Q1(n=378)	Q2(n=381)	Q3(n=366)	Q4(n=375)	Q5(n=375)	
25(OH)D 浓度(nmol/L)						
$\bar{x} \pm s$	20.75±3.91	30.26±2.35	37.55±2.05	46.61±3.56	66.07±12.38	
范围	10.00 ~ 25.75	25.76 ~ 34.00	34.02 ~ 41.01	41.25 ~ 53.25	53.27 ~ 114.00	
社会人口学特征						
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	28.8±4.2	28.7±4.3	28.6±4.3	28.3±4.2	28.9±4.4	0.446
大学以上(%)	231(61.1)	229(60.1)	209(57.1)	225(60.0)	220(59.7)	0.531
月收入 < 4 000 元(%)	291(77.0)	287(75.3)	292(79.8)	311(82.9)	299(79.7)	0.111
机动车出行(%)	301(79.6)	286(75.1)	259(70.8)	256(68.3)	272(72.5)	0.023
城市居住(%)	355(93.5)	348(91.3)	333(91.0)	347(92.5)	340(90.7)	0.238
夏秋季采血(%)	157(41.5)	166(43.6)	169(46.2)	212(56.5)	251(66.9)	<0.001
健康状况						
孕前 BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	21.68±2.98	21.25±2.69	20.97±2.66	21.15±2.78	21.10±2.75	0.006
平均动脉压 (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )	82.34±7.36	81.76±6.89	81.77±6.72	82.72±6.64	81.15±6.80	0.021
孕周增重 (kg/周, $\bar{x} \pm s$ )	7.82±4.10	7.72±4.11	7.65±4.01	7.66±3.73	7.25±3.5	0.333
经产妇 (%)	227(60.1)	220(57.7)	202(55.2)	204(54.4)	219(58.4)	0.408
生活方式(%)						
体力活动 < 3 d/周	252(66.7)	257(67.5)	228(62.3)	241(64.3)	227(60.5)	0.048
坐或躺(≥ 4 h/d)	292(77.2)	277(72.7)	263(71.9)	267(71.2)	254(67.7)	0.005
从不晒太阳	129(34.1)	92(24.1)	101(27.6)	93(24.8)	95(25.3)	0.001
从不补充维生素 D	233(61.6)	243(63.8)	201(54.9)	220(58.7)	204(54.4)	<0.001
从不补充鱼肝油	375(99.2)	377(99.0)	359(98.1)	363(96.8)	348(92.8)	<0.001
水果(≥ 3 次/周)	354(93.7)	357(93.7)	341(93.2)	350(93.3)	357(95.3)	0.488
牛奶(≥ 3 次/周)	196(51.9)	212(55.6)	201(54.9)	225(60.0)	233(62.1)	0.002
蛋黄(≥ 3 次/周)	289(76.5)	290(76.1)	276(75.4)	280(74.7)	292(77.9)	0.845
豆制品(≥ 3 次/周)	165(43.7)	161(42.3)	161(44.0)	169(45.1)	179(47.7)	0.175
鱼(≥ 3 次/周)	23(6.1)	36(9.4)	31(8.5)	44(11.7)	29(7.7)	0.224





注:纵坐标用25(OH)D水平与脂代谢指标(TC、TG、LDL-C和HDL-C)间多因素线性回归模型中调整回归系数表示,Q1~Q5:25(OH)D的五分位

图1 孕期25(OH)D五分位组间的脂代谢指标差异

非线性关系( $r^2=0.29, P=0.056$ )。

3. 孕期25(OH)D水平与脂代谢线性关系的分层分析:由于25(OH)D与脂代谢指标间存在非线性关系,以维生素D是否缺乏分层。调整混杂因素后的多因素线性回归模型结果显示:当25(OH)D < 50 nmol/L时( $n=1\ 412$ ),25(OH)D每增加10 nmol/L,TC、TG和LDL-C分别降低3.53(95%CI:1.30~5.75)、7.42(95%CI:2.41~12.44)和2.08(95%CI:0.60~3.57)mg/dl,差异有统计学意义;而当25(OH)D  $\geq$  50 nmol/L时( $n=463$ ),未发现25(OH)D与TC、TG和LDL-C间存在有统计学意义的关联。无论维生素D是否缺乏,均未观察到25(OH)D与HDL-C的显著关系(表2)。

另外,调整混杂因素,以维生素D非缺乏为对照,维生素D缺乏孕妇的TC( $\beta=10.89, 95\%CI:$

6.74~15.04)、TG( $\beta=22.40, 95\%CI:13.50\sim31.30$ )、LDL-C( $\beta=5.88, 95\%CI:3.09\sim8.67$ )显著升高,但HDL-C差异无统计学意义。

### 讨 论

本研究发现,随着孕中期25(OH)D水平的降低,TC、TG、LDL-C水平呈现显著升高趋势。进一步分层分析发现,当维生素D处于缺乏状态时,TC、TG、LDL-C随着25(OH)D水平升高而显著降低,但当维生素D处于非缺乏状态时,上述关联的显著性消失。研究结果显示,孕期25(OH)D与脂代谢指标的关系可能受25(OH)D水平的影响,不同维生素D状态下,25(OH)D与脂代谢指标的关系不同。本研究提示,孕期维生素D水平在脂代谢中可能发挥一定重要作用,维生素D缺乏可能引起脂代谢指标显

表2 孕中期25(OH)D水平与脂代谢线性关系的分层分析

脂代谢指标	<50 nmol/L		$\geq$ 50 nmol/L	
	$\beta$ 值(95%CI)	P值	$\beta$ 值(95%CI)	P值
TC(mg/dl)	-0.353(-0.575~-0.130)	0.002	-0.274(-0.557~0.008)	0.057
TG(mg/dl)	-0.742(-1.244~-0.241)	0.004	0.106(-0.394~0.606)	0.677
HDL-C(mg/dl)	-0.035(-0.108~0.037)	0.340	-0.041(-0.136~0.054)	0.400
LDL-C(mg/dl)	-0.208(-0.357~-0.060)	0.006	-0.197(-0.391~-0.002)	0.053

注:调整孕妇社会人口学指标(出行方式和采血季节)、健康状况(孕前BMI和平均动脉压)和生活方式(体力运动、坐或躺时间、晒太阳频率、牛奶摄入、维生素D和鱼肝油补充)

著改变。

既往有关维生素D与脂代谢关系的研究多来自一般人群<sup>[16-18]</sup>,而少量的妊娠期横断面研究结论也并不一致。一项孕早期的研究表明<sup>[10]</sup>,维生素D水平与TC、TG呈显著正相关。另一项孕中晚期的研究显示,孕中期维生素D水平与TG有统计学关联,但与TC无关,孕晚期维生素D水平与TC、TG均无统计学关联<sup>[19]</sup>。本研究发现孕期维生素D水平与脂代谢存在关联,但未观察到明确而一致的脂代谢指标,这可能是孕期脂代谢水平生理性升高的结果,影响结果差异化还可能包括种族、地域、观察孕周和体质指数等因素<sup>[20]</sup>。

虽然本研究未观察到维生素D水平与HDL-C存在显著相关性,但结果显示,随着维生素D水平升高,HDL-C呈降低趋势。一项关于9~11岁儿童FPG、脂代谢与25(OH)D关系的研究也发现,无论血糖或TC是否异常,维生素D水平与HDL-C间均呈负相关,且高血糖时两者关联更显著<sup>[14]</sup>。这提示HDL-C可能有双向作用,正常范围内对人体健康有一定的保护作用,但超过某一界值时可能成为危险因素。

与以往研究不同,本研究发现孕期25(OH)D与脂代谢指标的关系受到维生素D状态的影响。只有当维生素D缺乏时,随着25(OH)D水平的升高,脂代谢指标才显著降低,提示对维生素D缺乏孕妇补充维生素D可能会显著改善血脂异常。目前中国的孕产妇保健中尚未常规开展维生素D缺乏的筛查,若开展孕期维生素D缺乏筛查和补充,可能具有降低血脂异常的筛查效益;而在维生素D非缺乏时,25(OH)D与脂代谢指标无显著性关联,提示维生素D非缺乏孕妇补充维生素D并不会对血脂保护产生额外效益。但考虑到本研究为横断面研究,上述结论支撑开展孕期筛查的证据力不足,仍需要开展干预研究加以明确。

本研究优势在于通过分层分析,阐明孕中期25(OH)D与脂代谢指标的非线性关系,更客观地呈现两者间的关联。本研究依托前瞻性出生队列研究,研究样本量相对较大,研究指标信息收集准确,研究结论可靠性好。此外,本研究对包括体力活动和饮食情况等大量混杂因素进行了调整,分析结论更为可信。但本研究属于横断面研究,无法确定因果关系;且本研究未测量如炎症、脂联素和甲状旁腺激素等与维生素D与脂代谢相关的其他生物学指标<sup>[21-23]</sup>,在机制方面尚不能提供证据。本研究仅在

一个城市人群中进行,结论外推时需谨慎。

综上所述,孕中期维生素D水平与脂代谢指标间呈非线性关系,维生素D在脂代谢中可能发挥一定重要作用,但仅在维生素D缺乏状态下,25(OH)D才与脂代谢指标呈显著负相关,提示对维生素D缺乏孕妇补充维生素D可能会显著改善血脂异常。高质量的干预研究有利于上述推论的阐明。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版)[J]. 中华心血管病杂志, 2016, 44(10):833-853. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2016.10.005. Joint Committee Issued Chinese Guideline for the Management of Dyslipidemia in Adults. 2016 Chinese guideline for the management of dyslipidemia in adults[J]. Chin J Cardiol, 2016, 44(10): 833-853. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2016.10.005.
- [2] Aspray TJ, Bowring C, Fraser W, et al. National osteoporosis society vitamin D guideline summary[J]. Age Ageing, 2014, 43(5):592-595. DOI:10.1093/ageing/afu093.
- [3] Farias DR, Franco-Sena AB, Vilela AAF, et al. Lipid changes throughout pregnancy according to pre-pregnancy BMI: results from a prospective cohort[J]. BJOG, 2016, 123(4): 570-578. DOI:10.1111/1471-0528.13293.
- [4] Swift DL, Houmard JA, Slentz CA, et al. Effects of aerobic training with and without weight loss on insulin sensitivity and lipids[J]. PLoS One, 2018, 13(5): e0196637. DOI: 10.1371/journal.pone.0196637.
- [5] Vekic J, Zeljkovic A, Stefanovic A, et al. Obesity and dyslipidemia[J]. Metabolism, 2019, 92: 71-81. DOI:10.1016/j.metabol.2018.11.005.
- [6] Johansson I, Nilsson LM, Esberg A, et al. Dairy intake revisited-associations between dairy intake and lifestyle related cardio-metabolic risk factors in a high milk consuming population[J]. Nutr J, 2018, 17:110. DOI:10.1186/s12937-018-0418-y.
- [7] Li JB, Vosegaard T, Guo Z. Applications of nuclear magnetic resonance in lipid analyses: an emerging powerful tool for lipidomics studies[J]. Prog Lipid Res, 2017, 68: 37-56. DOI: 10.1016/j.plipres.2017.09.003.
- [8] Tao MF, Shao HF, Gu JH, et al. Vitamin D status of pregnant women in Shanghai, China[J]. J Mater Fetal Neonatal Med, 2012, 25(3):237-239. DOI:10.3109/14767058.2011.569613.
- [9] Lepsch J, Eshriqui I, Farias DR, et al. Association between early pregnancy vitamin D status and changes in serum lipid profiles throughout pregnancy[J]. Metabolism, 2017, 70: 85-97. DOI: 10.1016/j.metabol.2017.02.004.
- [10] Al-Ajlan A, Krishnaswamy S, Alokail MS, et al. Vitamin D deficiency and dyslipidemia in early pregnancy[J]. BMC Pregnancy Childbirth, 2015, 15: 314. DOI: 10.1186/s12884-015-0751-5.
- [11] Tao RX, Zhou QF, Xu ZW, et al. Inverse correlation between vitamin D and C-reactive protein in newborns[J]. Nutrients, 2015, 7(11):9218-9228. DOI:10.3390/nu7115468.
- [12] Zhu P, Tong SL, Hu WB, et al. Cord blood 25-hydroxyvitamin D and fetal growth in the China-Anhui birth cohort study[J]. Sci Rep, 2015, 5:14930. DOI:10.1038/srep14930.
- [13] Zhu P, Tong SL, Hao JH, et al. Cord blood vitamin D and

- neurocognitive development are nonlinearly related in toddlers [J]. *J Nutr*, 2015, 145(6): 1232–1238. DOI: 10.3945/jn.114.208801.
- [14] 朱大年, 王庭槐. 生理学[M]. 8 版. 北京: 人民卫生出版社, 2013.  
Zhu DN, Wang TH. *Physiology* [M]. 8<sup>th</sup> ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2013.
- [15] Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an endocrine society clinical practice guideline [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2011, 96(7): 1911–1930. DOI: 10.1210/jc.2011-0385.
- [16] Jiang XJ, Peng M, Chen SH, et al. Vitamin D deficiency is associated with dyslipidemia: a cross-sectional study in 3 788 subjects [J]. *Curr Med Res Opin*, 2019, 35(6): 1059–1063. DOI: 10.1080/03007995.2018.1552849.
- [17] Szternel L, Krintus M, Bergmann K, et al. Association between fasting glucose concentration, lipid profile and 25(OH)D status in children aged 9–11 [J]. *Nutrients*, 2018, 10(10): 1359. DOI: 10.3390/nu10101359.
- [18] Fu JL, Han LW, Zhao YL, et al. Vitamin D levels are associated with metabolic syndrome in adolescents and young adults: the BCAMS study [J]. *Clin Nutr*, 2018. DOI: 10.1016/j.clnu.2018.08.039.
- [19] 张悦, 戴永梅, 苗苗, 等. 妊娠中晚期孕妇血清 25-羟维生素 D 水平与血脂的相关性研究 [C]// 中国营养学会第十三届全国营养科学大会暨全球华人营养科学家大会论文汇编. 北京: 中国营养学会, 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 农业部食品与营养发展研究所, 中科院上海生科院营养科学研究所, 2017: 2.  
Zhang Y, Dai YM, Miao M, et al. Correlation between serum 25-hydroxyvitamin D levels and blood lipids in pregnant women in the second trimester [C]// Proceedings of the 13<sup>th</sup> national nutrition science conference and global Chinese nutrition scientists conference. Beijing: China Nutrition Society, China Center for Disease Control and Prevention, Nutrition and Health Development Institute of Nutrition, Institute of Nutritional Sciences, Shanghai Institute of Bioscience, Chinese Academy of Sciences, 2017: 2.
- [20] Jafari T, Fallah AA, Barani A. Effects of vitamin D on serum lipid profile in patients with type 2 diabetes: a Meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Clin Nutr*, 2016, 35(6): 1259–1268. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.03.001.
- [21] Ning CH, Liu LN, Lv GD, et al. Lipid metabolism and inflammation modulated by vitamin D in liver of diabetic rats [J]. *Lipids Health Dis*, 2015, 14: 31. DOI: 10.1186/s12944-015-0030-5.
- [22] Khan RJ, Gebreab SY, Riestra P, et al. Associations between vitamin D and cardiovascular disease risk factors in african americans are partly explained by circulating adipokines and C-reactive protein: the Jackson heart study [J]. *J Nutr*, 2016, 146(12): 2537–2543. DOI: 10.3945/jn.116.239509.
- [23] Gunnarsson Ö, Indridason ÓS, Franzson L, et al. Factors associated with elevated or blunted PTH response in vitamin D insufficient adults [J]. *J Int Med*, 2009, 265(4): 488–495. DOI: 10.1111/j.1365-2796.2008.02044.x.

(收稿日期: 2018-12-17)

(本文编辑: 李银鸽)

## 读者·作者·编者

## 本刊常用缩略语

本刊对以下较为熟悉的一些常用医学词汇将允许直接用缩写, 即在文章中第一次出现时, 可以不标注中文和英文全称。

OR	比值比	HBcAg	乙型肝炎核心抗原
RR	相对危险度	HBeAg	乙型肝炎 e 抗原
CI	可信区间	HBsAg	乙型肝炎表面抗原
$P_n$	第 $n$ 百分位数	抗-HBs	乙型肝炎表面抗体
AIDS	艾滋病	抗-HBc	乙型肝炎核心抗体
HIV	艾滋病病毒	抗-HBe	乙型肝炎 e 抗体
MSM	男男性行为者	ALT	丙氨酸氨基转移酶
STD	性传播疾病	AST	天冬氨酸氨基转移酶
DNA	脱氧核糖核酸	HPV	人乳头瘤病毒
RNA	核糖核酸	DBP	舒张压
PCR	聚合酶链式反应	SBP	收缩压
RT-PCR	反转录聚合酶链式反应	BMI	体质指数
$C_t$ 值	每个反应管内荧光信号达到设定的阈值时所经历的循环数	MS	代谢综合征
PAGE	聚丙烯酰胺凝胶电泳	FPG	空腹血糖
PFGE	脉冲场凝胶电泳	HDL-C	高密度脂蛋白胆固醇
ELISA	酶联免疫吸附试验	LDL-C	低密度脂蛋白胆固醇
A 值	吸光度值	TC	总胆固醇
GMT	几何平均滴度	TG	甘油三酯
HBV	乙型肝炎病毒	COPD	慢性阻塞性肺疾病
HCV	丙型肝炎病毒	CDC	疾病预防控制中心
HEV	戊型肝炎病毒	WHO	世界卫生组织