

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.08.022
网络首发 https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250514.1557.014(2025-05-14)

sFlt-1/PlGF 预测子痫前期孕妇发生维生素 D 缺乏的价值分析*

李晓多¹, 张 燕¹, 张元钰¹, 陈 霞¹, 姜 丽¹, 林 伟¹, 董晓静^{2△}
(1. 重庆市綦江区妇幼保健院妇产科, 重庆 401420; 2. 重庆医科大学附属第二医院妇产科, 重庆 400010)

[摘要] **目的** 探讨可溶性 fms 样酪氨酸激酶-1(sFlt-1)与胎盘生长因子(PlGF)比值(sFlt-1/PlGF)预测子痫前期孕妇发生维生素 D 缺乏的价值。**方法** 选取 2023 年 1—11 月在重庆市綦江区妇幼保健院进行产检并能完成随访的 740 例单胎妊娠子痫前期孕妇为研究对象, 根据 1,25-二羟维生素 D₃[1,25-(OH)₂D₃]水平分为正常组(*n*=44)和缺乏组(*n*=696)。收集各组产前体重、身高、BMI、年龄、新生儿体重、教育水平、职业等信息, 并于孕 12~14 周空腹 6~8 h 后抽取 5 mL 外周静脉血, 检测外周血 sFlt-1、PlGF、1,25-(OH)₂D₃ 水平, 并评估 sFlt-1/PlGF 对子痫前期发生维生素 D 缺乏的预测价值。**结果** 两组患者的身高、年龄、BMI、教育水平和职业等一般情况比较, 差异均无统计学意义(*P*>0.05)。两组产前体重、1,25-(OH)₂D₃ 水平、sFlt-1/PlGF 和新生儿体重比较, 差异均有统计学意义(*P*<0.05)。单因素分析结果显示, 产前体重、sFlt-1/PlGF、新生儿体重为 PE 患者发生维生素 D 缺乏的危险因素; 多因素分析结果显示, sFlt-1/PlGF 和新生儿体重为预测 PE 患者发生维生素 D 缺乏的因素(*P*<0.05); 所有这些变量纳入建立列线图模型。受试者工作特征(ROC)曲线显示训练组与验证组的曲线下面积(AUC)分别为 0.66(95%CI: 0.56~0.77)和 0.63(95%CI: 0.49~0.76)。**结论** 在子痫前期孕妇中, sFlt-1/PlGF 升高可能是预测维生素 D 缺乏的一个早期预警指标。

[关键词] 子痫前期; 维生素 D; 可溶性 fms 样酪氨酸激酶-1; 胎盘生长因子; 预测价值
[中图法分类号] R714.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)08-1888-06

Analysis of the value of sFlt-1/PlGF in predicting vitamin D deficiency in pregnant women with preeclampsia*

LI Xiaoduo¹, ZHANG Yan¹, ZHANG Yuanyu¹, CHEN Xia¹, JIANG Li¹, LIN Wei¹, DONG Xiaojing^{2△}
(1. Department of Obstetrics and Gynecology, Qijiang Health Center for Maternal and Child Care, Chongqing 401420, China; 2. Department of Obstetrics and Gynecology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of the ratio of soluble Fms-like tyrosine kinase-1 (sFlt-1) to placental growth factor (PlGF) in predicting vitamin D deficiency in pregnant women with preeclampsia. **Methods** A total of 740 singleton pregnant women who underwent prenatal examination in Qijiang Health Center for Maternal and Child Care from January to November 2023 and were able to complete follow-up were selected as the research subjects. They were divided into the normal group (*n*=44) and the deficiency group (*n*=696) according to the vitamin D [1,25-(OH)₂D₃] level. Information such as age, BMI, pregnancy history, family history and medical history of each group was collected. 5 mL of peripheral venous blood was drawn after fasting for 6—8 hours at 12—14 weeks of pregnancy to detect the levels of sFlt-1, PlGF and vitamin D in peripheral blood, and evaluated the predictive value of sFlt-1/PlGF for vitamin D deficiency in preeclampsia. **Results** There were no statistically significant differences in general conditions such as height, age, BMI, educational level and occupation between the two groups (*P*>0.05). There were statistically significant differences in the prenatal weight, vitamin D level, sFlt-1/PlGF and neonatal birth weight between the two groups (*P*<0.05). The results of univariate analysis showed that the prenatal weight, sFlt-1/PlGF, and neonatal birth weight were risk factors for vitamin D deficiency in patients with PE. The results of multivariate analysis

* 基金项目: 重庆市妇幼保健科研培育专项项目(2023FY110)。 △ 通信作者, E-mail: xffdoctor@163.com。

showed that sFlt-1/PlGF and neonatal birth weight were factors for predicting vitamin D deficiency in patients with PE ($P<0.05$). All these variables are used to establish the nomogram prediction model. The receiver operating characteristic (ROC) curve showed that area under the curve (AUC) of the training group and the validation group was 0.66(95%CI:0.56–0.77) and 0.63(95%CI:0.49–0.76), respectively. **Conclusion** In pregnant women with preeclampsia, elevated sFlt-1/PlGF may be an early warning indicator for predicting vitamin D deficiency.

[Key words] preeclampsia; vitamin D; soluble fms-like tyrosine kinase-1; placental growth factor; predictive value

子痫前期(pre-eclampsia, PE)是女性妊娠期特有的疾病之一,以妊娠期高血压和蛋白尿为主要临床表现^[1]。我国 9.2%~12.1%的孕产妇死于该病。目前针对 PE 尚无有效治疗手段,临床干预策略以控制病情进展为核心,通过动态评估母婴状态,在必要时适时终止妊娠以最大限度保障母婴安全。有研究表明,PE 不仅会增加孕妇妊娠不良结局的发生,影响胎儿健康,还会增加孕妇及子代远期心血管事件的发生风险^[2]。目前临床上首先通过基础风险评估进行初步分层,在此基础上结合动态监测的平均动脉压、子宫动脉搏动指数等血流动力学指标进行预测^[3],同时纳入胎盘生长因子(placental growth factor, PlGF)与其对应受体可溶性 fms 样酪氨酸激酶-1(soluble fms-like tyrosine kinase-1, sFlt-1)^[4],这两项指标的比值(sFlt-1/PlGF)可在孕中期开始准确地预测 PE,可进一步提高预测的灵敏度和特异度,进而及时地采取干预措施,保障孕妇妊娠期的安全^[5]。

人体内的维生素 D 主要以维生素 D₃ 形式存在,与其结合蛋白结合后在 25-羟化酶和 1 α -羟化酶作用下生成有生物学活性的 1,25-(OH)₂D₃^[6]。1,25-(OH)₂D₃ 参与机体多种疾病的调节过程,包括高血压、糖尿病及自身免疫性疾病等^[7-8]。近年研究发现,1,25-(OH)₂D₃ 能够通过抑制胎盘滋养层细胞凋亡,改善 PE 的妊娠结局,而维生素 D 免疫抑制作用受限时可导致 PE 发生^[9]。

本研究通过观察 sFlt-1/PlGF、产妇产前体重及新生儿体重等相关指标在 PE 患者中预测维生素 D 缺乏的应用价值,以期为早期识别高风险人群及积极治疗提供帮助。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择于重庆市綦江区妇幼保健院 2023 年 1—11 月进行产检并完成随访的单胎妊娠 PE 孕妇 740 例为研究对象。根据《妊娠期高血压疾病诊治指南(2020)》,妊娠 20 周后孕妇出现收缩压 ≥ 140 mmHg 和/或舒张压 ≥ 90 mmHg,伴有下列任意 1 项,诊断为 PE:24 h 尿蛋白定量 ≥ 0.3 g 或尿蛋白肌酐比值 $\geq$

0.3,或随机尿蛋白+(无条件进行蛋白定量时的检查方法);无蛋白尿但伴有以下任何 1 种器官或系统受累:心、肺、肝、肾等重要器官或血液系统、消化系统、神经系统的异常改变,胎盘及胎儿受到累及等。纳入标准:(1)为常年居住在綦江区的非流动人口;(2)可以如实提供与研究相关的信息;(3)详细了解本研究的过程,主动加入;(4)单胎妊娠。排除标准:(1)存在糖尿病、心脏病、肾脏疾病等内科疾病;(2)存在系统性红斑狼疮等自身免疫性疾病;(3)未进行规范的产前检查或信息不完全。本研究通过重庆市綦江区妇幼保健院医学伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 资料收集

收集符合入组条件的 740 例患者的临床资料,包括产前体重、身高、BMI、年龄、新生儿体重、教育水平、职业等信息。并追踪维生素 D 水平、sFlt-1/PlGF、妊娠结局等。

1.2.2 实验室检测

两组患者均于孕 12~14 周空腹 6~8 h 后抽取 5 mL 外周静脉血,抗凝试管中保存,5 000 r/min 离心 5 min,静置后取上部分血清置于试剂盒中,检测血清中 sFlt-1 和 PlGF 水平。1,25-(OH)₂D₃ 水平采用高效液相色谱串联质谱仪(Applied Biosystems)进行检测,检验严格按照产品说明书进行操作。根据检测结果,将 PE 孕妇分为正常组[1,25-(OH)₂D₃ ≥ 30 ng/mL, $n=44$]和缺乏组[1,25-(OH)₂D₃ < 30 ng/mL, $n=696$]。

1.2.3 数据质量控制

临床资料数据将由专人负责收集,数据收集人员为具备丰富临床经验的主治医师,能够与患者或其委托人进行有效的沟通和判断,从而确保获取可靠的数据信息。所有收集的数据将由专人进行审核,以确认数据的完整性,并检查是否存在填写错误或漏项。此外,随访记录也由专人负责。

1.3 统计学处理

采用 R3.5.2 及 SPSS21.0 对数据进行分析。正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用 t

检验;计数资料以例数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用单因素和多变量 logistic 回归分析维生素 D 缺乏的危险因素。多因素回归分析中 $P<0.05$ 的变量被用于形成列线图模型。基于多因素 logistic 回归分析的结果预测维生素 D 缺乏的风险因素,并采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线来评估列线图模型的能力,曲线下面积(area under curve,AUC)越大,准确度越高,AUC 为 0.5~1.0,其中 0.5 表示随机概率,1.0 表示完全遵从性。AUC>0.6 表示合理的估计。此外,采用代表观

测结果与预测概率之间一致性的校准曲线来评估性能。采用决策曲线分析(decision curve analysis,DCA)评估所有患者的临床效用,并量化不同阈值概率下的净收益。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组一般资料比较

两组患者身高、年龄、BMI、教育水平和职业等一般情况比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);两组产 前体重、1,25-(OH)₂D₃ 水平、sFlt-1/PlGF 和新生儿 体重比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

表 1 两组一般资料的比较

项目	缺乏组($n=696$)	正常组($n=44$)	t/χ^2	P
产前体重($\bar{x}\pm s$,kg)	55.48±9.46	58.55±11.85	-2.055	0.040
身高($\bar{x}\pm s$,cm)	158.29±4.89	158.91±4.69	-0.815	0.415
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	22.44±8.75	23.09±3.98	-0.490	0.624
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	28.22±7.24	30.19±4.68	-1.615	0.107
1,25-(OH) ₂ D ₃ ($\bar{x}\pm s$,ng/mL)	14.87±6.14	34.99±4.38	-20.321	<0.001
sFlt-1/PlGF($\bar{x}\pm s$)	25.27±13.95	18.36±3.89	8.750	<0.001
新生儿体重($\bar{x}\pm s$,g)	3 229.25±468.71	3 420.34±394.93	-2.645	0.008
教育水平[$n(\%)$]			58.310	0.183
小学及以下	20(2.88)	4(9.09)		
初中、高中及中专	389(55.89)	25(56.82)		
大专及本科	284(40.80)	15(34.09)		
研究生及以上	3(0.43)	0		
职业[$n(\%)$]				0.670
办事人员	46(6.61)	1(2.27)		
服务人员	11(1.58)	0		
个体	10(1.44)	0		
商业人员	85(12.21)	8(18.18)		
专业技术人员	90(12.93)	8(18.18)		
生产、运输人员	3(0.43)	0		
其他	451(64.80)	27(61.36)		

2.2 预后因素的分析

共线性分析结果显示,产前体重、身高、BMI、年龄、sFlt-1/PlGF、新生儿体重的方差膨胀因子分别为 1.416、1.162、1.225、1.026、1.013、1.059,说明变量无共线性。单因素分析结果显示,产前体重、sFlt-1/

PlGF、新生儿体重为 PE 患者发生维生素 D 缺乏的危险因素;多因素分析结果显示,sFlt-1/PlGF 和新生儿 体重为预测 PE 患者发生维生素 D 缺乏的因素,见表 2、3。

表 2 PE 患者发生维生素 D 缺乏的单因素 logistic 回归分析

项目	β	SE	Z	P	OR	95%CI
产前体重	-0.03	0.01	-2.04	0.041	0.97	0.94~0.99
身高	-0.03	0.03	-0.82	0.415	0.97	0.92~1.04
BMI	-0.01	0.01	-0.47	0.638	0.99	0.97~1.02

续表 2 PE 患者发生维生素 D 缺乏的单因素 logistic 回归分析

项目	β	SE	Z	P	OR	95%CI
年龄	-0.02	0.01	-1.40	0.161	0.98	0.95~1.01
sFlt-1/PlGF	0.05	0.02	3.28	0.001	1.05	1.02~1.08
新生儿体重	-0.01	<0.01	-2.66	0.008	0.99	0.99~0.99

表 3 PE 患者发生维生素 D 缺乏的多因素 logistic 回归分析

项目	β	SE	Z	P	OR	95%CI
产前体重	-0.07	0.07	-0.91	0.363	0.93	0.81~1.08
身高	0.05	0.07	0.67	0.503	1.05	0.92~1.20
BMI	0.13	0.19	0.69	0.493	1.14	0.78~1.66
年龄	-0.02	0.01	-1.45	0.148	0.98	0.95~1.01
sFlt-1/PlGF	0.05	0.02	3.41	<0.001	1.05	1.02~1.09
新生儿体重	-0.01	<0.01	-2.34	0.019	0.99	0.99~0.99

2.3 列线图预测模型的建立

采用多变量 logistic 回归的预测因素,建立列线图预测模型,见图 1。ROC 曲线显示训练组的 AUC 为 0.66(95%CI:0.56~0.77, $P<0.05$),验证组 AUC 为 0.63(95%CI:0.49~0.76, $P<0.05$)。采用

Bootstrap 对验证组和训练组进行验证,C-index 值在验证组为 0.99,在训练组为 0.98。此外,DCA 的结果表明列线图模型具有良好的临床实用性,其净收益值为 0.953,见图 2。

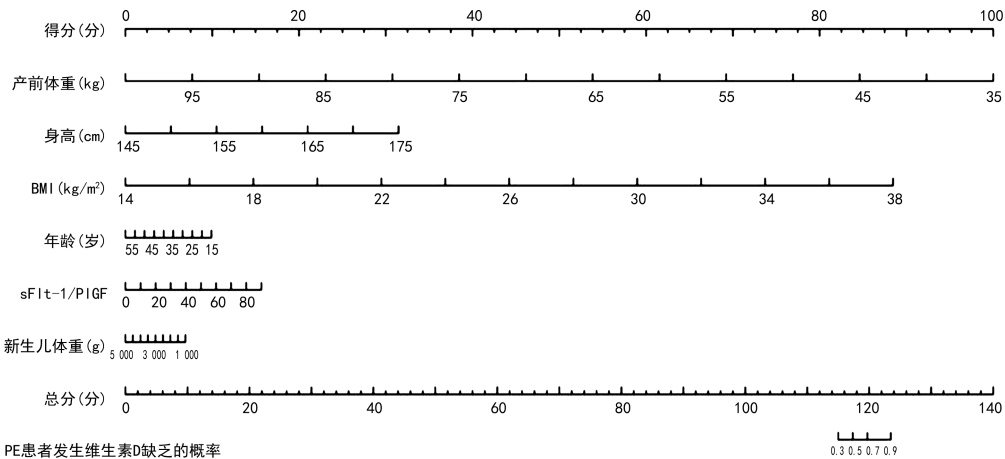
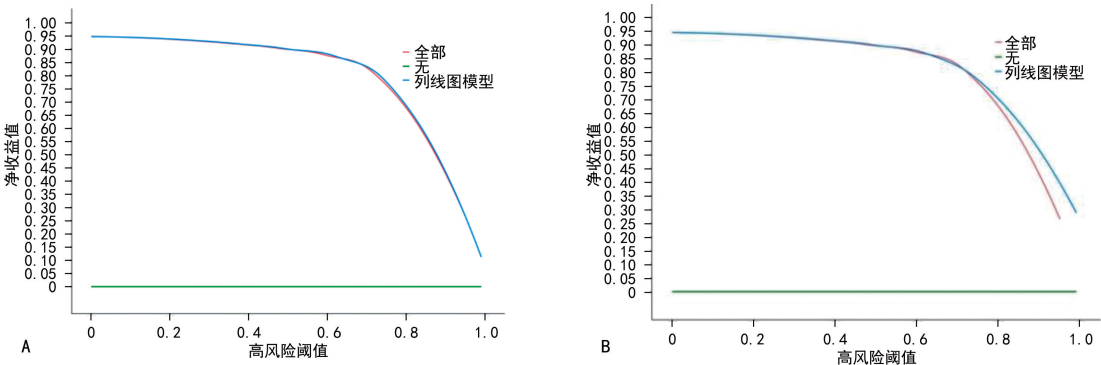


图 1 列线图预测模型



A: 验证组 B: 训练组。

图 2 列线图预测模型的验证

3 讨论

PE 是妊娠期间常见且严重的并发症之一,通常

发生在妊娠 20 周之后,主要表现为高血压和蛋白尿。不仅对孕妇的健康构成威胁,还可能对胎儿产生不良

影响^[10]。目前临床多以控制病情发展,评估并及时终止妊娠,《妊娠期高血压诊治指南(2020)》指出 sFlt-1、PlGF 对预测 PE 患者发生维生素 D 缺乏的风险具有临床价值,低钙摄入人群应该每日补充钙剂以预防 PE^[11-12]。此外有研究发现,维生素 D 缺乏可能增加 PE 的发病风险,当维生素 D 缺乏时可能抑制肾素基因的转录,对肾素-血管紧张素系统起负性调节作用,这种负性调节作用降低,肾素-血管紧张素分泌增加使血压病理性升高^[13];其次易导致继发性甲状旁腺功能亢进,甲状旁腺素水平升高增强血管平滑肌紧张性,可使血管变僵硬并促进动脉粥样硬化从而导致血压升高^[14];而且,维生素 D 缺乏者胰岛素抵抗和代谢综合征发生风险较正常人群高^[15-16];另有研究显示,维生素 D 缺乏不仅可以通过增强氧化应激反应导致内皮细胞损伤,并释放相关的炎症因子,还可通过减少维生素 D 受体和 1- α 羟化酶等分子机制造成内皮功能障碍致 PE^[17-19]。

本研究纳入了 740 例 PE 临床患者进行研究,结果表明,维生素 D 缺乏组与正常组在多项临床指标上存在明显差异,两组产前体重、sFlt-1/PlGF 及新生儿体重比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。此外,新生儿体重在缺乏组中较低,这一发现进一步支持了维生素 D 缺乏对胎儿发育的不良影响。以上研究结果表明,维生素 D 不足可能与胎儿出生体重减少相关,这提示临床工作者需要在孕期加强对维生素 D 水平的监测和管理,以改善孕期结局。

本文的研究结果与已有文献中一致。有研究已经证明,维生素 D 缺乏与 PE 的发生密切相关,sFlt-1/PlGF 也被广泛认为是预测 PE 的重要生物标志物^[20]。已有研究表明,sFlt-1/PlGF 升高预示着胎盘功能异常,可能导致妊娠期高血压和 PE 的发生^[21-23]。因此,本研究中发现的 sFlt-1/PlGF 升高与维生素 D 缺乏之间的关系,为现有证据提供了进一步的支持。因此,临床上应加强对孕妇维生素 D 水平的监测,并考虑通过营养干预或补充维生素 D 来降低 PE 的风险,从而改善妊娠结局^[24-25]。

同时,本研究发现维生素 D 水平与新生儿体重之间的关联也具有重要临床意义,维生素 D 缺乏可能会对胎儿的生长发育产生不利影响,导致新生儿体重偏低,本研究结果与已报道的文献研究相符合^[26]。这一发现提示在产前管理中,除了常规的健康监测外,维生素 D 水平的评估和干预应成为改善母婴健康的重要策略。

尽管本研究揭示了维生素 D 缺乏与 PE 之间的关系,但仍存在一些局限性。首先,本研究的样本量较为有限,特别是正常组的样本量偏小,这可能影响结果的广泛性和可靠性。其次,本研究未能详细探讨其他可能影响维生素 D 缺乏的因素,如遗传、环境和其他代谢紊乱等。未来的研究应考虑更大样本量的

多中心研究,并结合更多的生物标志物和外部因素进行综合分析。

综上所述,维生素 D 缺乏与 PE 的发生具有明显相关性,并且与新生儿体重降低相关。维生素 D 作为一种重要的营养素,其缺乏可能会影响母婴的整体健康^[26]。临床上应加强对 PE 孕妇维生素 D 水平的监测和干预,以降低并发症的发生风险并改善妊娠结局。

参考文献

- [1] 陈晶. 妊娠期早发型子痫前期的发生情况及影响因素分析[J]. 福建医药杂志, 2023, 45(5): 58-60.
- [2] 吕莉娟, 段红丽, 李慧, 等. 子痫前期对子代远期不良影响[J]. 中华围产医学杂志, 2019, 22(5): 357-360.
- [3] 尚韦韦. 孕早中期血清胎盘生长因子、妊娠相关血浆蛋白 A 及子宫动脉血流联合预测子痫前期的临床研究[J]. 大医生, 2023, 8(19): 128-131.
- [4] TJWA M, LUTTUN A, AUTIERO M, et al. VEGF and PlGF: two pleiotropic growth factors with distinct roles in development and homeostasis[J]. Cell Tissue Research, 2003, 314(1): 5.
- [5] 王丽婷. HIF-1 α 、VEGF、sFlt-1 在子痫前期患者胎盘组织中的表达及临床意义[J]. 中国计划生育学杂志, 2020, 28(3): 366-369.
- [6] 聂思珪, 姜威. 维生素 D 在炎症性肠病中的作用[J]. 广东化工, 2023, 50(2): 59-61.
- [7] JEAN G, SOUBERBIELE J C, CHAZOT C. Vitamin D in chronic kidney disease and dialysis patients[J]. Nutrients, 2017, 9(4): 328.
- [8] BIKLE D. Nonclassic actions of vitamin D[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2009, 94(1): 26-34.
- [9] 王茹, 李建华. 基因多态性与子痫前期的相关性[J]. 解剖学杂志, 2020, 43(1): 56-59.
- [10] 庄雪仪, 张宇, 周萍萍, 等. 子痫前期孕妇发生子痫的危险因素分析[J]. 中国妇幼保健, 2023, 38(10): 1877-1882.
- [11] CETIN I, MAZZOCCO M I, GIARDINI V, et al. PlGF in a clinical setting of pregnancies at risk of preeclampsia and/or intrauterine growth restriction[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2017, 30(2): 6.
- [12] RANA S, KARUMANCHI S A, LINDHEIMER M D. Angiogenic factors in diagnosis, management, and research in preeclampsia[J]. Hypertension, 2014, 63(2): 198-202.
- [13] MA R, GU Y, ZHAO S, et al. Expressions of

vitamin D metabolic components VDBP, CYP2R1, CYP27B1, CYP24A1, and VDR in placentas from normal and preeclamptic pregnancies[J]. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2012,303(7):E928-935.

[14] SUGDEN J A,DAVIES J I,WITHAM M D,et al. Vitamin D improves endothelial function in patients with type 2 diabetes mellitus and low vitamin D levels[J]. *Diabet Med*, 2008,25(3): 320-325.

[15] TAYLOR E N,FORMAN J P. Parathyroid hormone and the risk of incident hypertension[J]. *J Hypertens*, 2008,26(7):1390-1394.

[16] 曾庆媛,文舒,吕瑜玫,等. 维生素 D 及其代谢通路基因多态性与妊娠期高血压疾病相关性研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2022,43(11):1033-1037.

[17] JABLONSKI K L,CHONCHOL M,PIERCE G L,et al. 25-Hydroxyvitamin D deficiency is associated with inflammation-linked vascular endothelial dysfunction in middle-aged and older adults[J]. *Hypertension*, 2011,57(1):63-69.

[18] 马亚楠. 维生素 D 受体基因多态性与子痫前期遗传易感性的关系[J]. *中华围产医学杂志*, 2015,18(6):442-445.

[19] 寇帅,任永变,李丽,等. 子痫前期病理生理学特征与再妊娠复发的相关性研究[J]. *临床误诊误治*, 2019,32(4):113-116.

[20] 曹翠影,韩永宾,张靖霄,等. PIGF、25-羟基维生素 D 及 sFlt-1 的表达水平与子痫前期的相关性研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2022,21(9): 967-970.

[21] 黄杨,孟琳,吕慧,等. 血清 PIGF、sFlt-1 及 PLGF 水平对妊娠期高血压的预测效能及与子痫前期发病的关系[J]. *广东医学*, 2023,44(3): 284-287.

[22] 孙文苑,马利娟,吴思沂,等. 孕中期血清 sFlt-1、PIGF 和补体系统激活因子对子痫前期危险因素孕妇发生子痫前期的预测价值[J]. *中国妇产科临床杂志*, 2020,21(5):489-491.

[23] 张秀芝,张文宁. 孕中期孕妇血清 sFlt-1 PLGF 水平及比值变化对子痫前期的预测价值[J]. *中国妇幼保健*, 2021,36(23):5389-5391.

[24] 张娟,陕晓嫣. 孕母维生素 D 缺乏对婴幼儿生长发育的影响研究[J]. *中国保健营养*, 2019,29(20):90-91.

[25] 方凤凤,张莹,陈海青,等. 不同孕期维生素 D 水平及其变化与孕中晚期血压的关系分析[J]. *中国妇幼保健*, 2025,40(9):1557-1561.

[26] 王朦朦,王颖,陈赵静,等. 维生素 D 补充与妊娠期糖尿病患者血糖控制和不良母婴结局的研究进展[J]. *中国医学科学院学报*, 2021,43(2): 253-258.

(收稿日期:2025-01-21 修回日期:2025-04-29)
(编辑:管佩钰)

(上接第 1887 页)

[33] HOLDSWORTH J,PRESTON A,GENTILE P,et al. Process for disinfection of N95 respirators during COVID-19 utilizing sterile processing department;a single center acute care hospital[J]. *Am J Infect Control*, 2021,49(4): 489-491.

[34] 杜丽. 乙型肝炎病人污染器械清洗方法及其清洗效果[J]. *中国医疗器械信息*, 2021,27(2):35-36.

[35] 虞挺峰. 管腔类医疗器械清洗消毒及灭菌研究进展[J]. *生命科学仪器*, 2023,21(增刊 2):106.

[36] 王慧敏,范小兰. 超声震荡联合多酶液在口腔专科医院器械集中清洗中的应用效果[J]. *温州医科大学学报*, 2023,53(4):319-321.

[37] 冯少棉,梁慕儿,唐坤如. 多酶清洗液与碱性清洗液对妇科医疗器械清洗质量的影响[J]. *齐鲁护理杂志*, 2021,27(7):158-160.

[38] 朱天婵,黄海燕,曹晓东. 多酶清洗剂和碱性清洗剂对医疗器械清洗效果的 meta 分析[J]. *中华现代护理杂志*, 2023,29(8):1093-1096.

[39] 刘明秀,黄玺,周绍莲. 双氧水联合碱性清洗剂对双极电凝清洗效果观察[J]. *中国消毒学杂志*, 2023,40(9):701-703.

[40] KREMER T A,PATEL A,SUMMERS C,et al. Assessing detergent residuals for reusable device cleaning:cytotoxicity testing[J]. *Biomed Instrum Technol*, 2022,56(1):26-33.

[41] SENEVIRARNE C J,KHAN S A,ZACHAR J,et al. Efficacy of ultrasonic cleaning products with various disinfection chemistries on dental instruments contaminated with bioburden[J]. *Int Dent J*, 2025,75(3):1632-1639.

(收稿日期:2024-10-13 修回日期:2025-05-28)
(编辑:唐 璞)