

脐血25羟基维生素D水平与早产儿呼吸窘迫综合征关系的临床研究

牛相吉, 刘 燕*, 孙梦雅, 王 贺, 姜 红, 李 婷

青岛大学附属医院儿童医学中心新生儿科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年6月11日; 录用日期: 2025年7月4日; 发布日期: 2025年7月14日

摘 要

目的: 探讨脐血25羟基维生素D [25 hydroxyvitamin D, 25(OH)D]水平与早产儿呼吸窘迫综合征(Respiratory distress syndrome, RDS)的关系, 为RDS的预防提供新思路。方法: 选择2024年1月至2024年12月日照市人民医院新生儿重症监护室(Neonatal intensive care unit, NICU)收治的243例早产儿纳入研究。早产儿出生时采集脐血测定25(OH)D水平, 并根据其水平分为充足组[25(OH)D > 20 ng/mL]、不足组[25(OH)D 12~20 ng/mL]、缺乏组[25(OH)D < 12 ng/mL]。比较三组早产儿临床特征差异, 采用单因素及多因素logistic回归分析脐血25(OH)D水平对早产儿RDS的影响。结果: 共有243例早产儿纳入研究, 其中充足组70例(28.8%), 不足组74例(30.5%), 缺乏组99例(40.7%)。3组间PS的应用、PS应用 ≥ 2 次、BPD、有创通气天数、无创通气天数、氧疗天数及住院天数的比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。组间两两比较显示, 缺乏组的PS应用、应用PS ≥ 2 次的发生率, 均高于充足组、不足组($P < 0.05$)。缺乏组有创通气天数、无创通气天数、氧疗天数及住院天数, 均高于充足组($P < 0.05$)。单因素及多因素logistic回归分析显示25(OH)D < 12 ng/mL是早产儿发生RDS的独立危险因素。结论: 早产儿脐血维生素D缺乏发生率较高, 维生素D缺乏可能会增加早产儿RDS的发生。

关键词

早产儿, 25羟基维生素D, 呼吸窘迫综合征, 肺表面活性物质

Clinical Study on the Relationship between Cord Blood 25 Hydroxyvitamin D Levels and Respiratory Distress Syndrome in Preterm Infants

Xiangji Niu, Yan Liu*, Mengya Sun, He Wang, Hong Jiang, Ting Li

*通讯作者。

文章引用: 牛相吉, 刘燕, 孙梦雅, 王贺, 姜红, 李婷. 脐血 25 羟基维生素 D 水平与早产儿呼吸窘迫综合征关系的临床研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(7): 770-776. DOI: 10.12677/acm.2025.1572053

Department of Neonatology, Children's Medical Center, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Jun. 11th, 2025; accepted: Jul. 4th, 2025; published: Jul. 14th, 2025

Abstract

Objective: To investigate the relationship between 25-hydroxyvitamin D [25(OH)D] levels in umbilical cord blood and respiratory distress syndrome (RDS) in preterm infants, and to provide new insights for the prevention of RDS. **Methods:** A total of 243 preterm infants admitted to the neonatal intensive care unit (NICU) of Rizhao People's Hospital from January 2024 to December 2024 were included in the study. 25(OH)D levels in umbilical cord blood were measured at birth. The infants were divided into sufficient group [25(OH)D > 20 ng/mL], insufficient group [25(OH)D 12~20 ng/mL] and deficient group [25(OH)D < 12 ng/mL] based on 25(OH)D levels. The clinical characteristics of the preterm infants in three groups were compared. Univariate and multivariate logistic regression analyses were used to analyze the effect of 25(OH)D levels in umbilical cord blood on RDS in preterm infants. **Results:** A total of 243 preterm infants were included in the study, including 70 cases (28.8%) in the sufficient group, 74 cases (30.5%) in the insufficient group and 99 cases (40.7%) in the deficient group. There were statistically significant differences in the application of pulmonary surfactant (PS), the application of PS ≥ 2 times, bronchopulmonary dysplasia (BPD), days of invasive ventilation, days of non-invasive ventilation, days of oxygen therapy and length of hospital stay among the three groups ($P < 0.05$). Pairwise comparisons between groups showed that the incidence of PS application and PS application ≥ 2 times in the deficient group was higher than that in the sufficient group and the insufficient group ($P < 0.05$). The days of invasive ventilation, non-invasive ventilation, oxygen therapy and length of hospital stay in the deficient group were longer than those in the sufficient group ($P < 0.05$). Univariate and multivariate logistic regression analysis showed that 25(OH)D < 12 ng/mL was an independent risk factor for RDS in preterm infants. **Conclusion:** The incidence of vitamin D deficiency in umbilical cord blood of preterm infants is relatively high. Vitamin D deficiency may increase the risk of RDS in preterm infants.

Keywords

Preterm Infants, 25 Hydroxyvitamin D, Respiratory Distress Syndrome, Pulmonary Surfactant

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

新生儿呼吸窘迫综合征(Respiratory distress syndrome, RDS)为早产儿常见的危重并发症,是影响早产儿预后的重要因素之一[1][2]。近年来研究发现,维生素D在呼吸系统发育及功能维持中发挥重要作用[3]。动物实验研究表明维生素D可通过激活维生素D受体(Vitamin D receptor, VDR)信号通路,促进肺泡II型上皮细胞增殖分化,增强肺表面活性蛋白(Surfactant protein, SP)的转录合成[4]-[6]。然而,目前国内缺乏有关维生素D水平与RDS相关性的临床研究。本研究通过检测脐血25-羟基维生素D[25-hydroxyvitamin D, 25(OH)D]水平,探讨维生素D对早产儿RDS的影响,以期对RDS的早期临床预防和营

养干预提供新思路。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

选取 2024 年 1 月至 2024 年 12 月在日照市人民医院新生儿重症监护室(Neonatal intensive care unit, NICU)住院的早产儿为研究对象。排除标准：(1) 存在肺腺瘤畸形、膈疝、先天性肺血管疾病等先天性肺部疾病。(2) 合并肺部感染、气胸、持续肺动脉高压的患儿。(3) 生后未检查脐血维生素 D。(4) 生后 24 小时内死亡的。本研究获得青岛大学附属医院医学伦理委员会批准(审批号：QYFYWZLL30262)。

纳入研究的早产儿按脐血 25(OH)D 水平，分为充足组[25(OH)D > 20 ng/mL]、不足组[25(OH)D 12~20 ng/mL]、缺乏组[25(OH)D < 12 ng/mL] [7]。

2.2. 研究方法

2.2.1. 脐血 25(OH)D 检测

所有纳入的早产儿均于娩出后 2 min 内断脐，于断脐后的胎盘端脐动脉处，使用 5 ml 注射器抽取脐动脉血 2 ml，采用化学发光微粒子免疫检测法进行 25(OH)D 水平检测。所用仪器为美国安捷伦的高效液相色谱仪串联质谱仪。

2.2.2. 临床资料收集

由专人收集母亲和患儿的临床资料。母亲临床资料包括年龄、剖宫产/顺产、初/经产妇、妊娠期糖尿病、妊娠期高血压、产前使用足疗程的地塞米松、胎膜早破、羊水污染。患儿临床资料包括性别、胎龄、出生体重、双胎或多胎、有无出生窒息、肺表面活性物质(Pulmonary surfactant, PS)的应用及次数、支气管肺发育不良(Bronchopulmonary dysplasia, BPD)、有创通气天数、无创通气天数、氧疗天数、住院天数、死亡。

2.2.3. RDS 应用 PS 的指征[2]

1) 经鼻持续气道正压通气(nCPAP)压力 ≥ 6 cmH₂O，吸入气中的氧浓度分数(FiO₂) > 0.30。2) 生后病情进展快，需要机械通气的严重 RDS。3) 剖宫产尤其择期剖宫产出生和糖尿病母亲的新生儿，呼吸困难进行性加重，需要气管插管、机械通气，行胸片或肺部超声检查显示 RDS 变化。RDS 病情进展，持续需要高浓度氧，给予第 2 次 PS。

2.3. 统计方法

采用 SPSS29.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{X} \pm s$)表示，三组间比较采用方差分析；计数资料采用百分率(%)表示，三组间的比较采用 χ^2 检验；非正态分布计量资料采用中位数和四分位间距[M(P25, P75)]描述，两组间比较采用非参数检验的 Wilcoxon 秩和检验，三组间差异比较采用的 Kruskal-Wallis 检验。采用单因素及多因素 logistic 回归分析脐血 25(OH)D 水平对早产儿 RDS 的影响。P < 0.05 被认为具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 研究对象的一般情况

本研究共纳入 243 例早产儿，平均胎龄 32.94 ± 2.31 周；平均出生体重 1919.76 ± 477.79 g；脐血 25(OH)D 水平 15.27 ± 8.47 ng/mL。其中，充足组 70 例(28.8%)，不足组 74 例(30.5%)，缺乏组 99 例(40.7%)。

3.2. 三组早产儿的临床资料比较

三组早产儿的性别、胎龄、出生体重、剖宫产率、母亲妊娠期糖尿病及产前足疗程糖皮质激素应用差异无统计学意义($P > 0.05$), 但母亲妊娠期高血压、出生窒息的发生率比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

Table 1. Comparison of clinical data among three groups of premature infants

表 1. 三组早产儿的临床资料比较

因素	充足组(n = 70)	不足组(n = 74)	缺乏组(n = 99)	χ^2/H	P
母亲情况					
年龄[M(P25, P75)]/岁	31 (28, 35.25)	31 (27, 36)	30 (26, 35)	1.272	0.530
剖宫产[n(%)]	60 (85.7)	57 (77.0)	83 (83.8)	2.134	0.344
初产妇[n(%)]	26 (37.1)	32 (43.2)	40 (40.4)	0.557	0.757
妊娠期糖尿病[n(%)]	25 (35.7)	33 (44.6)	36 (36.4)	1.575	0.455
妊娠期高血压[n(%)]	7 (10.0)	13 (17.6)	26 (26.3)	7.195	0.027*
产前足疗程的糖皮质激素[n(%)]	38 (54.3)	48 (64.9)	46 (46.5)	5.778	0.056
胎膜早破[n(%)]	33 (47.1)	28 (37.8)	33 (33.3)	3.329	0.189
羊水污染[n(%)]	3 (4.3)	5 (6.8)	2 (2.0)	2.456	0.293
新生儿情况					
男婴[n(%)]	45 (64.3)	48 (64.9)	60 (60.6)	0.403	0.817
胎龄[M(P25, P75)]/W	33.57 (32.87, 34.32)	33.71 (32.35, 34.36)	33.28 (31.14, 34.57)	0.990	0.609
出生体重[M(P25, P75)]/g	2050 (1750, 2300)	2000 (1640, 2271)	1920 (1540, 2150)	4.689	0.096
双胎或多胎[n(%)]	19 (27.1)	19 (25.7)	31 (31.3)	0.738	0.692
出生窒息[n(%)]	21 (30.0)	22 (29.7)	46 (46.5)	6.969	0.031*

注: *: 三组间比较, $P < 0.05$, 差异有统计学意义。

3.3. 三组早产儿结局指标的比较

三组早产儿结局指标的比较显示, PS 应用、PS ≥ 2 次、BPD、有创通气天数、无创通气天数、氧疗天数及住院天数的比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。两两组间比较显示, 缺乏组中 PS 应用、PS ≥ 2 次的发生率, 均高于充足组及不足组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。缺乏组有创通气天数、无创通气天数、氧疗天数及住院天数, 均高于充足组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

3.4. 25(OH)D 水平与 RDS 的相关性分析

以 PS 应用为因变量(是 = 1, 否 = 0), 以 25(OH)D < 12 ng/mL 为自变量进行二元 logistic 回归分析, 结果显示维生素 D 缺乏(OR = 2.074, $P = 0.017$)是早产儿发生 RDS 的危险因素。调整性别、胎龄、妊娠期糖尿病、产前足疗程的糖皮质激素等混杂, 进行多因素 logistic 回归显示维生素 D 缺乏(OR = 3.112, $P = 0.039$)仍是早产儿发生 RDS 的独立危险因素。见表 3。

Table 2. Comparison of outcomes of premature infants in each group with different vitamin D levels
表 2. 不同维生素 D 水平各组早产儿结局的比较

结局	充足组 (n = 70)	不足组 (n = 74)	缺乏组 (n = 99)	χ^2/H	P	P1	P2	P3
PS 应用[n(%)]	10 (14.3)	14 (18.9)	37 (37.4)	13.790	0.001*	0.456	< 0.001*	0.008*
PS ≥ 2 次[n(%)]	7 (10.0)	6 (8.1)	20 (20.2)	6.351	0.042*	0.692	0.075	0.028
BPD [n(%)]	6 (8.6)	8 (10.8)	21 (21.2)	6.428	0.040*	0.650	0.027*	0.070
有创通气天数 [M(P25, P75)]/d	0 (0, 0)	0 (0, 1)	0 (0, 3)	12.876	0.002*	0.100	<0.001*	0.066
无创通气天数 [M(P25, P75)]/d	0 (0, 2)	0 (0, 5)	1.5 (0, 14)	13.837	<0.001*	0.078	<0.001*	0.064
氧疗天数 [M(P25, P75)]/d	2 (0, 3.25)	3 (1, 5)	4 (2, 7)	20.824	<0.001*	0.031*	<0.001*	0.023*
住院天数 [M(P25, P75)]/d	9 (7, 22.25)	14.5 (9, 27)	18 (10, 31.25)	17.701	<0.001*	0.007*	<0.001*	0.189
死亡[n(%)]	1 (1.4)	2 (2.7)	0 (0.0)	2.534	0.273	1.000	0.414	0.182

注：P1：不足组与充足组相比；P2：缺乏组与充足组相比；P3：不足组与缺乏组的比较。*：P < 0.05，差异有统计学意义。PS：Pulmonary surfactant；RDS：Respiratory distress syndrome；BPD：Bronchopulmonary dysplasia；ROP：Retinopathy of prematurity。

Table 3. Correlation analysis between vitamin D deficiency and RDS
表 3. 维生素 D 缺乏与 RDS 的相关性分析

变量	OR/B 值(95%CI)	P	校正后的 OR/B 值(95%CI)	P
维生素 D 缺乏	2.074 (1.140~3.774)	0.017*	3.112 (1.056~9.167)	0.039*
男婴	1.927 (1.013~3.664)	0.045*	4.233 (1.314~13.633)	0.016*
胎龄	0.402 (0.315~0.514)	<0.01*	0.198 (0.119~0.328)	<0.01*
妊娠期糖尿病	0.712 (0.386~1.311)	0.276	0.477 (0.154~1.480)	0.200
产前足疗程的糖皮质激素	0.305 (0.165~0.562)	<0.01*	0.009 (0.001~0.060)	<0.01*

注：*P < 0.05，差异有统计学意义。

4. 讨论

本研究发现，维生素 D 缺乏增加早产儿 PS 的使用率，延长呼吸支持时间及住院时间，是 RDS 的独立危险因素。加强妊娠期母亲维生素 D 的管理，有可能降低 RDS 的发生率及严重程度。

维生素 D 是人体不可或缺的脂溶性维生素，在人体各项生理功能中发挥重要作用。胎儿无内源性维生素 D 产生，其维生素 D 来源主要是通过胎盘从孕母体内获得。脐血 25-(OH)D 水平反映了胎儿宫内维生素 D 的储备情况。然而，需注意的是，脐血维生素 D 水平可能同时受母体日照时间、膳食摄入、季节变化等因素影响[8]，这些因素也可能独立影响胎儿肺发育。本研究虽通过多因素回归校正了胎龄、男婴等临床常见的影响因素，未将这些潜在混杂因素纳入校正，未来需前瞻性收集母体环境暴露数据进一步验证。

由于早产、母亲孕期维生素 D 补充不足等原因,维生素 D 缺乏已成为早产儿不容忽视的健康问题,不同地区、不同人群,维生素 D 水平有较大差异[9]-[14]。爱尔兰一项大型前瞻性母婴队列研究发现[11],脐带血维生素 D 不足发生率高达 80%,维生素 D 缺乏发生率接近 46%。有研究报道[14],上海地区早产儿维生素 D ≤ 20 ng/mL 的发生率为 76.6%,维生素 D 缺乏的发生率为 27.2%。本研究中,脐血维生素 D 不足发生率为 71.2%,维生素 D 缺乏的发生率为 40.7%,与其他研究结果基本一致。结果提示要加强妊娠期及早产儿维生素 D 的补充。

维生素 D 可以促进肺部发育和成熟。实验研究表明[15]-[17], $1,25-(\text{OH})_2\text{D}_3$ 作为维生素 D 的活性形式,可与 II 型肺泡表面的特异性结合位点相结合,促进肺表面活性物质中磷脂的产生,从而促进胎儿肺功能的成熟和表面活性物质的合成。动物实验已经证实,维生素 D 的缺乏会降低肺活量,影响肺泡的数量以及肺泡隔膜的厚度,从而影响肺部的发育。一项 Meta 分析对 12 项队列研究和 3 项病例对照研究分析发现[18],出生后 24 小时内维生素 D 缺乏与 RDS 的发生显著相关, $25-(\text{OH})\text{D} < 20$ ng/mL 与 RDS 的相关性 OR 值 4.549, <15 ng/mL 与 RDS 相关性的 OR 值高达 17.267。本研究发现,维生素 D 缺乏的早产儿,RDS 的发病率高,PS 的重复使用率也高,呼吸支持时间和住院时间均显著延长,维生素 D 缺乏是早产儿 RDS 的独立危险因素,与既往研究结果一致。本研究还发现,维生素 D 不足早产儿的用氧时间和住院时间显著长于维生素 D 充足的早产儿。研究结果表明,早产儿 RDS 的发生与胎儿体内维生素 D 水平不足有关。加强妊娠期孕母维生素 D 的补充可能会降低 RDS 发生率及严重程度,缩短呼吸支持使用率和使用时间,并进一步缩短住院时间,改善早产儿预后。但需要警惕的是,本研究观察到的关联性可能存在双向解释:一方面,维生素 D 缺乏可能通过上述机制直接损害肺发育;另一方面,严重 RDS 患儿因缺氧、炎症反应或肠外营养延迟,可能继发维生素 D 代谢障碍。尽管脐血采样时间早于 RDS 发生的时间,但胎儿期潜在的病理状态(如慢性缺氧或胎盘功能不全)可能同时导致维生素 D 储备不足和肺发育不良。这一问题未来需要进一步的研究证实。

本研究同时发现,维生素 D 缺乏的早产儿合并母亲妊娠期高血压及出生窒息的比例较高。赵斐等人的研究[19]也发现补充维生素 D 可降低妊娠期高血压及胎儿窘迫的发生风险。这可能也是维生素 D 缺乏导致 RDS 发生率升高的原因之一,后续需进一步研究。

综上所述,本研究发现维生素 D 缺乏在早产儿中的发生率较高,可能增加 RDS 的发病率及 PS 的使用率,同时延长呼吸支持时间及住院时间。然而,本研究为单中心研究,纳入的早产儿胎龄偏大,样本可能存在选择偏倚。未将母体日照、营养等环境因素纳入研究,也无法完全排除维生素 D 缺乏与 RDS 双向关系的可能性。未来尚需通过多中心、大样本研究进一步明确维生素 D 水平与早产儿,尤其是超早产儿 RDS 的关系。

利益冲突

所有作者声明无利益冲突。

基金项目

青岛西海岸新区科技惠民专项(2022-54);山东省医药卫生科技青年项目(202406030908)。

参考文献

- [1] Patel, R. (2016) Short- and Long-Term Outcomes for Extremely Preterm Infants. *American Journal of Perinatology*, 33, 318-328. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1571202>
- [2] 中华医学会儿科学分会新生儿学组. 中国新生儿肺表面活性物质临床应用专家共识[J]. 中华儿科杂志, 2021, 59(8): 627-632.

- [3] 李少维, 林惠玲, 叶桂青, 等. 婴幼儿及儿童血清维生素 A、维生素 E 及维生素 D 水平分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2020, 31(9): 1161-1165.
- [4] 冯雪英, 单延春, 衣明纪. 母乳中维生素 D 水平及影响因素研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2018, 26(6): 590-593.
- [5] Nguyen, M., Trubert, C.L., Rizk-Rabin, M., Rehan, V.K., Besançon, F., Cayre, Y.E., *et al.* (2004) 1,25-Dihydroxyvitamin D3 and Fetal Lung Maturation: Immunogold Detection of VDR Expression in Pneumocytes Type II Cells and Effect on Fructose 1,6 Bisphosphatase. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, **89**, 93-97. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2004.03.054>
- [6] Mandell, E., Seedorf, G.J., Ryan, S., Gien, J., Cramer, S.D. and Abman, S.H. (2015) Antenatal Endotoxin Disrupts Lung Vitamin D Receptor and 25-Hydroxyvitamin D 1 α -Hydroxylase Expression in the Developing Rat. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, **309**, L1018-L1026. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00253.2015>
- [7] 中华医学会儿科学分会儿童保健学组, 中华儿科杂志编辑委员会. 中国儿童维生素 D 营养相关临床问题实践指南[J]. 中华儿科杂志, 2022, 60(5): 387-394.
- [8] Principi, N., Bianchini, S., Baggi, E. and Esposito, S. (2012) Implications of Maternal Vitamin D Deficiency for the Fetus, the Neonate and the Young Infant. *European Journal of Nutrition*, **52**, 859-867. <https://doi.org/10.1007/s00394-012-0476-4>
- [9] Yang, C., Mao, M., Ping, L. and Yu, D. (2020) Prevalence of Vitamin D Deficiency and Insufficiency among 460,537 Children in 825 Hospitals from 18 Provinces in Mainland China. *Medicine*, **99**, e22463. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000022463>
- [10] Munns, C.F., Shaw, N., Kiely, M., Specker, B.L., Thacher, T.D., Ozono, K., *et al.* (2016) Global Consensus Recommendations on Prevention and Management of Nutritional Rickets. *Hormone Research in Paediatrics*, **85**, 83-106. <https://doi.org/10.1159/000443136>
- [11] Kiely, M., O'Donovan, S.M., Kenny, L.C., Hourihane, J.O., Irvine, A.D. and Murray, D.M. (2017) Vitamin D Metabolite Concentrations in Umbilical Cord Blood Serum and Associations with Clinical Characteristics in a Large Prospective Mother-Infant Cohort in Ireland. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, **167**, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2016.12.006>
- [12] 游芳, 孔庆平, 强光峰, 等. 维生素 D 水平与极低出生体重儿临床结局的相关研究[J]. 中国儿童保健杂志, 2022, 30(2): 216-220.
- [13] Kim, I., Kim, S., Park, G., Yoon, S. and Song, J. (2018) Association between Vitamin D Level at Birth and Respiratory Morbidities in Very-Low-Birth-Weight Infants. *American Journal of Perinatology*, **10**, 1-7. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1646968>
- [14] 侯劲伊, 陆澄秋, 钱蓓倩, 等. 早产儿维生素 D 水平与呼吸窘迫综合征的关系[J]. 中国优生与遗传杂志, 2023, 31(5): 982-986.
- [15] Schittny, J.C. (2017) Development of the Lung. *Cell and Tissue Research*, **367**, 427-444. <https://doi.org/10.1007/s00441-016-2545-0>
- [16] Gayan-Ramirez, G. and Janssens, W. (2021) Vitamin D Actions: The Lung Is a Major Target for Vitamin D, FGF23, and Klotho. *JBMR Plus*, **5**, e10569. <https://doi.org/10.1002/jbm4.10569>
- [17] Sakurai, R., Singh, H., Wang, Y., Harb, A., Gornes, C., Liu, J., *et al.* (2021) Effect of Perinatal Vitamin D Deficiency on Lung Mesenchymal Stem Cell Differentiation and Injury Repair Potential. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, **65**, 521-531. <https://doi.org/10.1165/rcmb.2020-0183oc>
- [18] Kim, Y.J., Lim, G., Lee, R., Chung, S., Son, J.S. and Park, H.W. (2023) Association between Vitamin D Level and Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, **18**, e0279064. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0279064>
- [19] 赵斐, 赵晴, 徐红梅. 维生素 D 与妊娠期高血压疾病、子痫前期及妊娠结局的相关性研究[J]. 中华妇幼保健, 2024, 39(8): 1379-1382.