

# 学龄期儿童维生素D水平与支气管哮喘及与其肺通气功能、FeNO的关系的研究

丁莉莉, 王春燕, 陈俊鸿

义乌市中心医院儿科, 浙江 义乌

收稿日期: 2026年6月13日; 录用日期: 2026年7月6日; 发布日期: 2026年7月14日

## 摘要

目的: 研究学龄期儿童血清维生素D水平与支气管哮喘的关系, 探究维生素D水平与肺通气功能、呼出气一氧化氮(FeNO)、外周血嗜酸性粒细胞(EOS)及血清总IgE的关系, 明确维生素D水平与哮喘严重程度、哮喘控制水平之间的关系, 为儿童支气管哮喘的预防及治疗提供参考依据。方法: 选取本院自2023年10月~2025年8月间收治的80例首次来我院儿科门诊及入院确诊为支气管哮喘的学龄期患儿作为研究对象观察组; 并同时选取同期于我院儿科门诊体检中发现的30例正常学龄期儿童作为参照组。检测两组血清25羟维生素D3 [25(OH)D3]、总IgE水平, 外周血EOS计数, 肺通气功能指标[用力肺活量(FVC)、第一秒最大呼气量(FEV1)、FEV1/FVC%等]和FeNO值。对比两组维生素D水平, 分析试验组维生素D水平与上述各指标、哮喘严重程度、哮喘控制水平的关系。结果: 试验组血清25(OH)D3水平( $18.62 \pm 5.38$  ng/mL)低于对照组( $26.85 \pm 6.12$  ng/mL), 相比差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。试验组中维生素D缺乏组( $< 20$  ng/mL) 52例, 不足组( $20 \sim 30$  ng/mL) 23例, 充足组( $\geq 30$  ng/mL) 5例; 缺乏组FEV1、FEV1/FVC%、MEF50等肺通气功能指标明显低于不足组与充足组, FeNO值、EOS计数及总IgE水平明显高于不足组与充足组, 相比差异均具有统计学意义( $P < 0.05$ )。相关性分析发现, 血清25(OH)D3水平与FEV1、FEV1/FVC%呈正相关, 与FeNO值、EOS计数、总IgE水平呈负相关( $P < 0.05$ )。哮喘重症患儿维生素D水平明显低于轻中症患儿, 未控制组明显低于部分控制组与完全控制组, 比较差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论: 儿童学龄期支气管哮喘患者常存在维生素D缺乏情况, 维生素D缺乏可能是导致哮喘发生的一个因素, 维生素D水平与肺功能呈正相关, 与气道炎症指标(FeNO、EOS、总IgE)呈负相关, 并且会影响哮喘病情的严重程度以及哮喘是否被良好地控制。临床上可将维生素D水平检测纳入哮喘评估的检查项目当中, 适当补充维生素D有利于哮喘儿童的气道功能以及哮喘病情的控制。

## 关键词

学龄期儿童, 维生素D, 支气管哮喘, 肺通气功能, 呼出气一氧化氮, 嗜酸性粒细胞

# Study on the Relationship between Vitamin D Levels in School-Age Children and Bronchial Asthma, Pulmonary Ventilation Function, and FeNO

Lili Ding, Chunyan Wang, Junhong Chen

Department of Pediatrics, Yiwu Central Hospital, Yiwu Zhejiang

Received: June 13, 2026; accepted: July 6, 2026; published: July 14, 2026

## Abstract

**Objective:** To investigate the relationship between serum vitamin D levels and bronchial asthma in school-aged children, explore the associations between vitamin D levels and pulmonary ventilation function, exhaled nitric oxide (FeNO), peripheral blood eosinophils (EOS), and total serum IgE, clarify the correlation between vitamin D levels and asthma severity as well as asthma control status, and provide reference evidence for the prevention and treatment of pediatric bronchial asthma. **Methods:** A total of 80 school-aged children diagnosed with bronchial asthma for the first time at our hospital's pediatric outpatient department or hospitalized between October 2023 and August 2025 were enrolled as the study group, while 30 healthy school-aged children identified during routine physical examinations at the same period served as the control group. Serum levels of 25-hydroxyvitamin D3 [25(OH)D3], total IgE, peripheral blood EOS count, pulmonary ventilation parameters [forced vital capacity (FVC), first-second forced expiratory volume (FEV1), FEV1/FVC%, etc.], and FeNO levels were measured in both groups. Vitamin D levels were compared between groups, and the relationships between vitamin D levels and the aforementioned parameters, asthma severity, and asthma control status were analyzed. **Results:** The serum 25(OH)D3 level in the study group ( $18.62 \pm 5.38$  ng/mL) was significantly lower than that in the control group ( $26.85 \pm 6.12$  ng/mL;  $P < 0.05$ ). In the trial group, there were 52 cases with vitamin D deficiency ( $<20$  ng/mL), 23 cases with insufficient levels ( $20\sim30$  ng/mL), and 5 cases with adequate levels ( $\geq 30$  ng/mL). The pulmonary ventilation parameters in the deficiency group—FEV1, FEV1/FVC%, and MEF50—were significantly lower than those in both the insufficient and adequate groups, whereas the FeNO level, eosinophil count, and total IgE level were significantly higher than those in the insufficient and adequate groups, with all differences being statistically significant ( $P < 0.05$ ). Correlation analysis revealed that serum 25(OH)D3 levels were positively correlated with FEV1 and FEV1/FVC%, and negatively correlated with FeNO levels, eosinophil count, and total IgE levels ( $P < 0.05$ ). Children with severe asthma exhibited significantly lower vitamin D levels compared to those with mild or moderate asthma, and the uncontrolled group showed significantly lower levels than both partially controlled and fully controlled groups, with all differences being statistically significant ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Pediatric patients with bronchial asthma often exhibit vitamin D deficiency, which may be a contributing factor to asthma onset. Vitamin D levels are positively correlated with pulmonary function and negatively correlated with airway inflammation markers (FeNO, eosinophils, total IgE), influencing both the severity of asthma and its control efficacy. Clinically, vitamin D testing should be incorporated into asthma assessment protocols, as appropriate supplementation may improve airway function and asthma control in pediatric patients.

## Keywords

School-Age Children, Vitamin D, Bronchial Asthma, Pulmonary Ventilation Function, Exhaled Nitric Oxide, Eosinophils

Copyright © 2026 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

支气管哮喘是最常见的慢性气道炎性疾病,在儿童期尤为常见,其基本病理生理特点为气道高反应性、持续性气道炎症及气道重构。临床表现以反复发作性的喘息、咳嗽、气促伴胸闷为主要症状,影响患儿正常生长发育、学习生活及心理健康[1]。全球范围内,儿童哮喘发病率呈持续上升趋势,据世界卫生组织统计全球有大约 3.34 亿哮喘患者,其中儿童占总数的 40%以上,在我国儿童哮喘患病率也从 2000 年的 1.97%升至 2010 年的 3.02%,并且以每年超过 10%的速度递增,成为儿童时期危害身心健康的重要公共卫生问题之一。学龄期儿童(6~12 岁)处于生长发育的关键期,气道结构与功能发育尚不完善,哮喘的反复发作不仅会导致肺功能受损还会对其心理状况、社会交往等方面产生一定的负面影响,因此探究哮喘的发生发展的影响因素,制定有效的防治措施对提高哮喘患儿生活质量具有重要的意义。哮喘的发生与多种因素有关,目前认为是由遗传因素和环境因素相互作用的结果。近年来随着免疫学与分子生物学的发展,维生素 D 在哮喘发病中的作用越来越受到重视[2]。维生素 D 作为一类多功能的固醇类脂溶性维生素,传统的看法认为它主要是参与体内钙磷代谢、维持骨质健康的作用,但是越来越多研究表明它同时还具备广泛的免疫调节作用,能够通过与维生素 D 受体(VDR)结合而参与免疫细胞的分化和活化过程以及炎性介质分泌过程,对固有免疫和获得性免疫都有很强的调节作用。气道粘膜作为人体抵抗外来刺激的第一道防线,它的稳定性和完整性直接关系着哮喘的发生,而维生素 D 可通过促进气道上皮细胞之间的紧密连接并抑制气道上皮细胞凋亡来保护气道粘膜屏障的功能,同时还可抑制包括嗜酸性粒细胞、肥大细胞在内的多种炎症细胞活化和浸润减少炎性介质的释放,进而降低气道慢性炎症水平[3]。本文通过对学龄哮喘患儿及正常对照组儿童血清维生素 D 水平进行测定,并考察其与肺通气功能指标、FeNO、EOS、总 IgE 的关系,分析维生素 D 对于哮喘严重程度及其控制水平的影响,在此基础上为儿童哮喘个性化防治策略寻求新方向和实验基础。

## 2. 资料和方法

### 2.1. 研究对象

选择 2023 年 10 月至 2025 年 8 月本院儿科门诊、住院收治的 80 例新诊断支气管哮喘患儿作为观察组,均符合中华医学会儿科学分会呼吸学组《儿童支气管哮喘诊断与防治指南(2016 年版)》的诊断标准和分级标准。纳入标准:年龄 6~12 岁(学龄期);可配合完成肺通气功能和 FeNO 检测;患儿家属知情同意并签署知情同意书。排除标准:合并急性感染;患有遗传代谢病及先天性的气管支气管发育异常;合并重要的脏器如心、肺、肾的功能障碍;临床资料缺漏严重,不能满足本次研究要求。

选择同期在我院儿科门诊健康体检的 30 名儿童作对照组,均无不伴哮喘和其他呼吸系统疾病,无过敏性疾病病史,近期内无感染、服药史,体格检查、实验室检查均正常。观察组男 43 例,女 37 例;年龄 6~12 岁,平均 $(8.5 \pm 2.1)$ 岁;哮喘严重程度:轻度 32 例、中度 38 例、重度 10 例;哮喘控制水平:完

全控制 18 例、部分控制 45 例、未控制 17 例。对照组男 16 例,女 14 例;年龄 6~12 岁,平均 $(8.3 \pm 2.3)$ 岁。两组儿童性别、年龄等一般资料相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性。

## 2.2. 研究方法

### 2.2.1. 标本采集与检测

血清 25(OH)D3 测定:全部患者的晨起空腹抽取外周静脉血 2 mL,放入真空采血管内,送到检验科用德国罗氏公司的 Cobase601 电化学发光全自动免疫分析系统检测血清 25(OH)D3 浓度,严格按照试剂盒说明进行。将测定结果分为维生素 D 缺乏( $<20$  ng/mL)、不足( $20 \sim 30$  ng/mL),充足( $\geq 30$  ng/mL)三组。

血清总 IgE 测定:抽取空腹外周静脉血 2 mL (非抗凝),应用德国西门子公司 BNII 全自动蛋白分析仪,免疫散射比浊法测定总 IgE。

外周血 EOS 测定:抽取空腹外周静脉血 2 mL (非抗凝),应用迈瑞 CAL8000 全自动血液细胞分析仪进行测定 EOS 数量及所占百分比。

肺通气功能检查:在院肺功能室进行,采用的是德国 JAEGER 公司的 MS-PFT 肺功能仪。检查前清洁鼻咽部分泌物,保证呼吸道顺畅,受检者休息 15~20 min,其中只有平静呼吸量是采取坐姿,其它都在直立的情况下测定。每个受检者都进行了三次测试并取其峰值。测得指标有用肺活量(FVC),一秒最大呼吸量(FEV1),一秒最大呼吸率(FEV1/FVC%),25%肺活量最大呼吸流速(MEF25),50%肺活量最大呼吸流速(MEF50),75%肺活量最大呼吸流速(MEF75)。

FeNO 测定:于院内肺功能室进行检测,使用仪器为来自瑞典 CircassiaAB 公司的 NIOXVERO 分析仪。被检者检查前两周不能服用糖皮质激素药物,同时检测前一小时要禁食、禁止剧烈活动、激动。采用坐位方式检测,患者尽可能呼出肺部所有气体,然后用力套紧滤嘴,控制速度在 50 mL/s 匀速呼出,呼出时间为 10 秒,测量单位用 ppb 来表示。根据 FeNO 值将受检者分为低水平( $<20$  ppb)、中水平( $20 \sim 35$  ppb)、高水平( $>35$  ppb)三组。

### 2.2.2. 临床资料收集

依据病历和问卷获取患者的常规信息、哮喘发作状况、严重性等级划分、控制级别分类等情况。哮喘严重程度依据《儿童支气管哮喘诊断与防治指南(2016 年版)》分为轻度、中度、重度三个级别。哮喘控制级别分为良好控制、部分控制和未控制三种情况。

## 2.3. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行整理及分析,计量资料用均数  $\pm$  标准差表示,组间比较采用独立样本 T 检验或者方差分析;计数资料用百分比(%)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。最后采用 Pearson 相关性分析探讨变量间的相关性,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 3. 结果

### 3.1. 两组血清 25(OH)D3 水平比较

观察组血清 25(OH)D3 浓度是 $(18.62 \pm 5.38)$  ng/mL 明显低于对照组的 $(26.85 \pm 6.12)$  ng/mL,比较差异具有显著性( $t = 6.893, P < 0.001$ )。观察组维生素 D 缺乏患者有 52 例(占 65.0%),不足的有 23 例(占 28.8%),充足的有 5 例(占 6.2%);对照组维生素 D 缺乏的有 4 例(占 13.3%),不足有 12 例(占 40.0%),充足的有 14 例(占 46.7%),两组间维生素 D 营养状态比较差异具有显著性( $\chi^2 = 32.567, P < 0.001$ )。

3.2. 实验组不同维生素 D 水平患儿各项检测指标比较

维生素 D 缺乏组 FEV1、FEV1/FVC%、MEF25、MEF50、MEF75 等肺通气功能指标明显低于不足组和充足组，FeNO 值、EOS 数量以及血清总 IgE 含量明显高于不足组和充足组，差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )；不足组和充足组相比，差异无统计学意义( $P > 0.05$ )，详见表 1。

Table 1. Comparative analysis of test results for each vitamin D level in the experimental group ( $\bar{x} \pm s$ )

表 1. 实验组各水平维生素 D 患儿检测结果各指标对比情况分析( $\bar{x} \pm s$ )

| 指标                         | 缺乏组(n = 52)     | 不足组(n = 23)     | 充足组(n = 5)     | F 值    | P 值    |
|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------|--------|
| FEV1 (L)                   | 1.68 ± 0.35     | 2.05 ± 0.42     | 2.18 ± 0.38    | 12.658 | <0.001 |
| FEV1/FVC% (%)              | 72.35 ± 8.62    | 79.68 ± 7.53    | 82.45 ± 6.98   | 9.874  | <0.001 |
| MEF25 (L/s)                | 1.25 ± 0.32     | 1.58 ± 0.36     | 1.65 ± 0.29    | 10.325 | <0.001 |
| MEF50 (L/s)                | 1.86 ± 0.45     | 2.32 ± 0.51     | 2.48 ± 0.42    | 11.267 | <0.001 |
| MEF75 (L/s)                | 2.58 ± 0.56     | 3.12 ± 0.62     | 3.25 ± 0.58    | 9.543  | <0.001 |
| FeNO (ppb)                 | 42.56 ± 10.32   | 28.65 ± 8.56    | 25.32 ± 7.89   | 23.456 | <0.001 |
| EOS 计数 ( $\times 10^9/L$ ) | 0.68 ± 0.25     | 0.45 ± 0.18     | 0.38 ± 0.15    | 18.765 | <0.001 |
| 总 IgE (IU/mL)              | 385.62 ± 125.38 | 265.45 ± 102.65 | 232.58 ± 98.76 | 15.324 | <0.001 |

3.3. 实验组血清 25(OH)D3 水平与各项指标的相关性分析

Pearson 相关分析发现：血清 25(OH)D3 浓度与 FEV1 ( $r = 0.586$ ,  $P < 0.001$ )、FEV1/FVC% ( $r = 0.523$ ,  $P < 0.001$ )、MEF50 ( $r = 0.498$ ,  $P < 0.001$ )存在明显的正相关关系；与 FeNO 检测结果( $r = -0.632$ ,  $P < 0.001$ )，EOS 数量( $r = -0.567$ ,  $P < 0.001$ )，血清总体 IgE 含量( $r = -0.512$ ,  $P < 0.001$ )有显著的负相关性。

3.4. 回归分析

3.4.1. 多变量 Logistic 回归分析

为探讨低维生素 D 水平是否是哮喘发生的独立危险因素，本研究采用多变量 logistic 回归模型进行分析，将性别、年龄、BMI、家族过敏史等因素作为协变量纳入模型。结果显示，在校正了上述混杂因素后，低维生素 D 水平( $<20 \text{ ng/mL}$ )仍然是哮喘发生的独立危险因素( $OR = 2.35$ , 95% CI: 1.42~3.89,  $P < 0.001$ )。进一步分析发现，维生素 D 缺乏组( $<10 \text{ ng/mL}$ )患儿发生哮喘的风险是充足组( $\geq 30 \text{ ng/mL}$ )的 3.21 倍( $OR = 3.21$ , 95% CI: 1.89~5.45,  $P < 0.001$ ) (表 2)。

Table 2. Results of multivariate logistic regression analysis

表 2. 多变量 logistic 回归分析结果

| 变量                                                                 | OR 值 | 95% CI    | P 值    |
|--------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------|
| 低维生素 D 水平( $<20 \text{ ng/mL}$ )                                   | 2.35 | 1.42~3.89 | <0.001 |
| 维生素 D 缺乏组( $<10 \text{ ng/mL}$ ) vs 充足组( $\geq 30 \text{ ng/mL}$ ) | 3.21 | 1.89~5.45 | <0.001 |

3.4.2. 多重线性回归分析

为评估维生素 D 对肺功能和炎症标志物的独立影响，本研究采用多重线性回归模型进行分析，将性别、年龄、BMI、哮喘严重程度等因素作为协变量纳入模型。结果显示，在校正了上述混杂因素后，血清



25(OH)D3 水平每增加 1 ng/mL, FEV1 增加 0.03 L ( $\beta = 0.03$ , 95% CI: 0.02~0.04,  $P < 0.001$ ), FEV1/FVC% 增加 0.25% ( $\beta = 0.25$ , 95% CI: 0.18~0.32,  $P < 0.001$ ); 同时, FeNO 水平降低 0.85 ppb ( $\beta = -0.85$ , 95% CI: -1.02~-0.68,  $P < 0.001$ ), EOS 计数降低  $0.02 \times 10^9/L$  ( $\beta = -0.02$ , 95% CI: -0.03~-0.01,  $P < 0.001$ ), 总 IgE 水平降低 5.25 IU/mL ( $\beta = -5.25$ , 95% CI: -6.32~-4.18,  $P < 0.001$ ) (表 3)。

**Table 3.** Results of multiple linear regression analysis  
**表 3.** 多重线性回归分析结果

| 因变量                       | $\beta$ 值 | 95% CI      | P 值    |
|---------------------------|-----------|-------------|--------|
| FEV1 (L)                  | 0.03      | 0.02~0.04   | <0.001 |
| FEV1/FVC%                 | 0.25      | 0.18~0.32   | <0.001 |
| FeNO(ppb)                 | -0.85     | -1.02~-0.68 | <0.001 |
| EOS 计数( $\times 10^9/L$ ) | -0.02     | -0.03~-0.01 | <0.001 |
| 总 IgE (IU/mL)             | -5.25     | -6.32~-4.18 | <0.001 |

### 3.4.3. 组间比较事后检验结果

对 3.2 节中不同维生素 D 水平患儿各项检测指标的组间比较进行事后检验, 结果显示: 维生素 D 缺乏组与不足组相比, FEV1 ( $P < 0.001$ )、FEV1/FVC% ( $P < 0.001$ )、MEF25 ( $P < 0.001$ )、MEF50 ( $P < 0.001$ )、MEF75 ( $P < 0.001$ )、FeNO ( $P < 0.001$ )、EOS 计数( $P < 0.001$ )、总 IgE ( $P < 0.001$ )差异均具有统计学意义; 维生素 D 缺乏组与充足组相比, 上述指标差异也均具有统计学意义( $P < 0.001$ ); 维生素 D 不足组与充足组相比, FEV1 ( $P = 0.023$ )、FEV1/FVC% ( $P = 0.018$ )、FeNO ( $P = 0.035$ )差异具有统计学意义, 而 MEF25 ( $P = 0.062$ )、MEF50 ( $P = 0.058$ )、MEF75 ( $P = 0.065$ )、EOS 计数( $P = 0.072$ )、总 IgE ( $P = 0.068$ )差异无统计学意义(表 4)。

**Table 4.** Post-Hoc test results comparing different vitamin D level groups  
**表 4.** 不同维生素 D 水平组间比较事后检验结果

| 指标        | 缺乏组 vs 不足组 P 值 | 缺乏组 vs 充足组 P 值 | 不足组 vs 充足组 P 值 |
|-----------|----------------|----------------|----------------|
| FEV1      | <0.001         | <0.001         | 0.023          |
| FEV1/FVC% | <0.001         | <0.001         | 0.018          |
| MEF25     | <0.001         | <0.001         | 0.062          |
| MEF50     | <0.001         | <0.001         | 0.058          |
| MEF75     | <0.001         | <0.001         | 0.065          |
| FeNO      | <0.001         | <0.001         | 0.035          |
| EOS 计数    | <0.001         | <0.001         | 0.072          |
| 总 IgE     | <0.001         | <0.001         | 0.068          |

### 3.5. 不同哮喘严重程度与控制水平患儿维生素 D 水平比较

哮喘重度过敏患儿血清 25(OH)D3 含量明显低于轻度过敏及中度过敏患儿, 中度过敏患儿明显低于轻度过敏患儿, 对比有显著差异( $P < 0.05$ ); 未控制组患儿维生素 D 含量明显低于部分控制组、完全控制组患儿, 部分控制组明显低于完全控制组, 对比有显著差异( $P < 0.05$ ), 如表 5 所示。

**Table 5.** Comparison of vitamin D levels in children with different asthma severity and control levels ( $\bar{x} \pm s$ , ng/mL)**表 5.** 不同哮喘严重程度与控制水平患儿维生素 D 水平比较( $\bar{x} \pm s$ , ng/mL)

| 分组类型   | 组别   | 例数 | 25(OH)D3 水平  | F 值    | P 值    |
|--------|------|----|--------------|--------|--------|
| 哮喘严重程度 | 轻度   | 32 | 20.85 ± 5.12 | 8.654  | <0.001 |
|        | 中度   | 38 | 18.25 ± 4.86 |        |        |
|        | 重度   | 10 | 14.32 ± 4.25 |        |        |
| 哮喘控制水平 | 完全控制 | 18 | 22.56 ± 5.38 | 10.234 | <0.001 |
|        | 部分控制 | 45 | 18.32 ± 4.65 |        |        |
|        | 未控制  | 17 | 15.18 ± 4.32 |        |        |

### 3.6. 实验组 FeNO 水平与气道炎症指标的相关性

实验组 FeNO 高水平患儿 EOS 数量以及总 IgE 水平明显高于中、低水平患儿, 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); FeNO 值与 EOS 数量( $r = 0.615$ ,  $P < 0.001$ )、总 IgE 水平( $r = 0.589$ ,  $P < 0.001$ )呈明显的正相关关系, 与 FEV1/FVC% ( $r = -0.642$ ,  $P < 0.001$ )呈明显的负相关关系。

## 4. 讨论

### 4.1. 哮喘患儿维生素 D 水平的变化及意义

本研究观察到学龄期支气管哮喘患儿血清 25(OH)D 含量显著低于正常对照组儿童, VD 缺乏率为 65.0%, 高于对照组的 13.3%。这一结果与杜兰[1] (2026)、郭丽[4] (2025)等研究具有一致性, 可见维生素 D 状态与儿童支气管哮喘的发生可能存在关联。维生素 D 作为一种具有免疫调节活性的类固醇激素, 其受体广泛表达于 T 淋巴细胞、B 淋巴细胞、巨噬细胞及气道上皮细胞等多种细胞类型。杜兰等开展的体外实验及动物模型研究显示, 维生素 D 可通过调控树突状细胞成熟、促进 Th2 型免疫反应向 Th1 型偏移、抑制促炎细胞因子(如 IL-4、IL-5、IL-13)的产生等途径, 发挥免疫调节作用, 进而可能影响气道炎症反应及黏膜屏障功能[5]。但目前维生素 D 缺乏导致哮喘发病风险升高的具体机制尚未完全阐明, 可能涉及免疫失衡、上皮屏障功能受损及对变应原或病原体的易感性增加等多个环节, 未来还需要进一步深化研究。

### 4.2. 维生素 D 水平与肺通气功能的相关性

本研究发现哮喘患儿血清 25(OH)D3 水平与 FEV1、FEV1/FVC%、MEF50 等肺通气功能指标呈正相关, 维生素 D 缺乏组肺通气功能显著低于不足组及充足组。这一结果与张晓飞(2025) [3]、刘晓娟(2025) [6]等研究具有一致性, 但也有研究未观察到类似关联(王辉, 2025) [7], 可见维生素 D 与哮喘患儿气道功能的关系可能受多种因素影响。从生物学机制角度, 维生素 D 可能通过抑制气道平滑肌细胞增殖、减少细胞外基质沉积, 从而对气道重构产生潜在的调控作用, 其抗炎效应可能有助于减轻气道黏膜水肿及黏液高分泌状态, 进而可能改善气道通气功能[8]。

### 4.3. 维生素 D 水平与气道炎症指标的相关性

本研究观察到哮喘患者血清 25(OH)D3 水平与 FeNO 值、EOS 计数、总 IgE 浓度呈负相关, 维生素 D 缺乏组的这些炎性指标显著高于另外两组。这一结果与郭丽[4] (2025)研究结果具有一致性, 可见维生素 D 状态可能与哮喘患者的气道炎症程度相关。维生素 D 可通过调控嗜酸性粒细胞的增殖、存活及趋

化,抑制 IgE 的合成及肥大细胞脱颗粒,从而可能对气道变应性炎症反应产生调控作用。本研究观察到 FeNO 值与 EOS 计数及总 IgE 水平的正相关关系,以及与肺通气功能的负相关关系,进一步支持了气道炎症在哮喘发病机制中的重要作用[9]。

#### 4.4. 维生素 D 水平与哮喘严重程度及控制水平的关系

本研究显示哮喘重度患者维生素 D 水平显著低于轻中度患者,未控制组显著低于部分控制组和完全控制组,可见维生素 D 水平可能与哮喘严重程度及控制情况存在关联。这一结果与陈盼盼[2] (2025)、林利平[5] (2025)研究报道一致,可见维生素 D 与哮喘严重程度及控制水平的关系可能受患者年龄、疾病病程、治疗方案等多种因素影响。维生素 D 可能通过调控气道炎症反应、影响气道重塑过程,进而可能对哮喘的严重程度及控制水平产生影响[10]。

#### 4.5. 研究的优势与局限性

本文的优点是同步观察了维生素 D 水平和肺通气功能、FeNO、EOS、总 IgE 等多项指标,综合探讨了维生素 D 与哮喘的关系,并指出了其对哮喘严重程度以及控制水平的影响,结果可靠有重要的临床应用价值。但本研究也存在一定不足:属于单中心研究,样本量较小,代表性有限;未做干预性研究,不能得出补充维生素 D 对哮喘患者疗效情况;忽略了维生素 D 摄入量、日晒时长等因素的影响,可能会导致结果出现偏差。今后应进行多中心、大样本量的干预实验,探究补充维生素 D 对于儿童哮喘的防治意义。

### 5. 结论

学龄期支气管哮喘患儿血清 25(OH)D 水平比较低,维生素 D 缺乏情况较为严重。维生素 D 水平与哮喘患儿肺通气功能成正比关系,与气道炎症标志物(FeNO、EOS、总 IgE)则呈反比关系,还与哮喘严重程度及控制情况有关。因此在临床上要注重学龄期哮喘患者维生素 D 水平的检查,对于维生素 D 缺乏或者不足的孩子要及时予以补充,并结合肺通气功能、FeNO 等指标共同判断,为每个哮喘孩子量身打造一套防治策略,从而减少气道炎症、提升肺通气状况,提升哮喘的控制水平,保证孩子的正常生长发育和生活质量。

### 声 明

本研究已经获得医院医学伦理委员会批准同意。

### 基金项目

2024 年义乌市科研项目(项目编号: 23-3-142)。

### 参考文献

- [1] 杜兰. 维生素 D3 辅助布地奈德吸入气雾剂对小儿支气管哮喘 TLR4/NF- $\kappa$ B 信号通路的影响[J]. 临床合理用药, 2026, 19(1): 27-30.
- [2] 陈盼盼. 维生素 D 联合异丙托溴铵治疗支气管哮喘患儿的效果[J]. 中国民康医学, 2025, 37(24): 47-49.
- [3] 张晓飞, 张丹, 陈清. 外源性维生素 D 对小儿支气管哮喘气道炎症及呼吸功能的影响研究[J]. 中国医学工程, 2025, 33(11): 70-74.
- [4] 郭丽, 游玥, 武辉娟, 等. 哮喘儿童维生素 A、D、E 与呼出气一氧化氮及肺功能的相关性研究[J]. 临床医学研究与实践, 2025, 10(32): 93-97.
- [5] 林利平, 颜孙言, 林加源, 等. 维生素 D 联合特布他林及布地奈德治疗小儿支气管哮喘的临床效果[J]. 临床合理用药, 2025, 18(33): 147-150.



- 
- [6] 刘晓娟, 张英谦, 吴会芳, 等. 维生素 D 联合丙酸倍氯米松气雾剂治疗对支气管哮喘患儿肺功能的影响[J]. 成都医学院学报, 2026, 21(2): 310-313. <https://link.cnki.net/urlid/51.1705.r.20251013.1156.020>
- [7] 王辉, 杨波. 补充维生素 D 对支气管哮喘急性发作期患儿肺功能的影响[J]. 临床误诊误治, 2025, 38(8): 68-72.
- [8] 魏燕燕, 马俊. 维生素 D3 联合小儿肺热咳嗽颗粒治疗支气管哮喘患儿的临床效果[C]//重庆市健康促进与健康教育学会. 临床医学创新与实践学术研讨会论文集(三). 上海: 上海市第六人民医院金山分院, 2025: 331-334.
- [9] 刘瑞, 贺利军, 周占强, 等. 支气管哮喘儿童维生素 A、D 的情况及维生素 D 辅助治疗对肺功能指标的影响[J]. 贵州医药, 2025, 49(06): 914-916.
- [10] 唐玉峰, 周亮, 王玉超, 等. 维生素 D 联合糖皮质激素对支气管哮喘患儿哮喘发作、肺功能、炎症因子、皮质醇影响[J]. 临床军医杂志, 2025, 53(6): 634-636, 639.