

• 呼吸系统疾病的实验室检测专题 • DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2025. 19. 005

# 变应性鼻炎合并哮喘患者 FeNO 水平与下气道反应性、气道重塑的关系\*

陈 艳<sup>1</sup>, 刘 妮<sup>1</sup>, 孙 雅<sup>2△</sup>

延安大学附属医院:1. 耳鼻咽喉头颈外科;2. 呼吸与危重症医学科一病区, 陕西延安 716000

**摘要:**目的 探讨变应性鼻炎(AR)合并哮喘患者呼出气一氧化氮(FeNO)水平与下气道反应性、气道重塑的关系。方法 选取 2019 年 3 月至 2024 年 3 月该院收治的 109 例 AR 患者作为 AR 组,101 例哮喘患者作为哮喘组,105 例 AR 合并哮喘患者作为 AR 合并哮喘组,另选取同期在该院体检的 100 例健康体检者作为对照组。检测各组 FeNO 水平、下气道反应性阳性率及气道重塑指标[气道壁厚度(T)/气道腔外径(D)比值、气道壁总面积占气道总面积百分比(WA%) ]。比较 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组、对照组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%;比较下气道反应阳性、阴性 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平;采用 Pearson 相关分析 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与气道重塑指标的相关性。结果 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%均高于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );AR 合并哮喘组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%均高于 AR 组、哮喘组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组中、重度患者 FeNO 水平均高于轻度患者,重度患者 FeNO 水平高于中度患者,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。下气道反应阳性 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平高于下气道反应阴性 AR 合并哮喘患者,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。Pearson 相关分析结果显示,AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与 T/D 比值、WA%均呈正相关( $r=0.525, 0.687, P<0.05$ )。结论 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平升高,并且与患者病情严重程度、下气道反应性、气道重塑均密切相关。

**关键词:**变应性鼻炎; 哮喘; 呼出气一氧化氮; 下气道反应性; 气道重塑; 相关性

**中图法分类号:**R765.21;R562.2+5;R446.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-9455(2025)19-

2618-05

## Relationship of FeNO level with lower airway responsiveness and airway remodeling in patients with allergic rhinitis and asthma\*

CHEN Yan<sup>1</sup>, LIU Ni<sup>1</sup>, SUN Ya<sup>2△</sup>

1. Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery; 2. Ward 1 of the Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an, Shaanxi 716000, China

**Abstract: Objective** To investigate the relationship between fractional exhaled nitric oxide (FeNO) level and lower airway responsiveness and airway remodeling in patients with allergic rhinitis (AR) and asthma. **Methods** A total of 109 patients with AR admitted to the hospital from March 2019 to March 2024 were selected as the AR group, 101 patients with asthma were selected as the asthma group, 105 patients with AR combined with asthma were selected as the AR combined with asthma group, and 100 healthy people who underwent physical examination in the hospital were selected as the control group. The levels of FeNO, the positive rate of lower airway responsiveness and airway remodeling indexes [airway wall thickness (T)/airway lumen diameter (D) ratio, the percentage of total airway wall area to total airway area (WA%)] were measured in each group. The levels of FeNO, the positive rate of lower airway responsiveness, T/D ratio and WA% were compared among the AR group, asthma group, AR combined with asthma group and control group. The levels of FeNO were compared between positive and negative lower airway responsiveness AR patients with asthma. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between FeNO level and airway remodeling in

\* 基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划项目(S2022-JC-YB-1686)。

作者简介:陈艳,女,主治医师,主要从事耳鼻咽喉头颈外科学方向的研究。△ 通信作者, E-mail: 706664805@qq.com。

引用格式:陈艳,刘妮,孙雅. 变应性鼻炎合并哮喘患者 FeNO 水平与下气道反应性、气道重塑的关系[J]. 检验医学与临床, 2025, 22(19):

indicators in AR patients with asthma. **Results** The level of FeNO, the positive rate of lower airway reactivity, T/D ratio and WA% in AR group, asthma group and AR combined asthma group were higher than those in control group, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The level of FeNO, the positive rate of lower airway reactivity, T/D ratio and WA% in the AR combined with asthma group were higher than those in the AR group and the asthma group, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The levels of FeNO in moderate and severe patients in AR group, asthma group and AR combined with asthma group were higher than those in mild patients, and the levels of FeNO in severe patients were higher than those in moderate patients, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The FeNO level of AR patients with positive lower airway reaction and asthma was higher than that of AR patients with negative lower airway reaction and asthma, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). Pearson correlation analysis showed that FeNO level in AR patients with asthma was positively correlated with T/D ratio and WA% ( $r = 0.525, 0.687, P < 0.05$ ). **Conclusion** FeNO level is increased in AR patients with asthma, and it is closely related to disease severity, lower airway responsiveness and airway remodeling.

**Key words:** allergic rhinitis; asthma; exhaled nitric oxide; lower airway responsiveness; airway remodeling; correlation

变应性鼻炎(AR)和哮喘均为临床常见的气道反应性疾病,且二者在发病机制、病理、生理、免疫等多方面存在共同之处,二者相互依存,相互伴发<sup>[1]</sup>。既往有研究表明,18%~40%的AR患者会合并哮喘,表明AR合并哮喘发生风险较高<sup>[2]</sup>。AR合并哮喘主要与多种免疫细胞相互影响有关,免疫细胞相互作用可诱导呼吸道形成炎症网络,导致患者发生下气道反应阳性,且以气道重塑为主要病理特征<sup>[3]</sup>,严重影响患者的生活质量。下气道反应性和气道重塑是评价AR合并哮喘患者病情进展的重要指标,目前主要采取支气管激发试验检测下气道反应性,但该试验操作过程复杂,甚至可能导致患者哮喘发作,容易增加患者风险<sup>[4]</sup>。考虑到下气道反应性常与气道阻塞的可逆性并存。因此,采用支气管舒张试验作为替代方法,用于评估患者是否存在可逆性气流受限,从而间接反映下气道反应性的存在<sup>[5]</sup>。气道重塑常采用胸部CT检查,但CT检查不仅存在辐射,而且价格昂贵,对医生技术要求也较高<sup>[6]</sup>,临床应用存在一定局限性。因此,寻找能够便捷、灵敏反映AR合并哮喘患者下气道反应性和气道重塑的临床指标对评估AR合并哮喘患者的病情进展、指导临床治疗具有重要意义。呼出气一氧化氮(FeNO)是反映气道炎症反应的重要指标,近年来因其无创、简便等优点已被广泛用于呼吸道疾病病情评估,且具有较好的评估价值<sup>[7-8]</sup>。但目前关于FeNO与AR合并哮喘患者下气道反应性、气道重塑的关系鲜见文献报道。鉴于此,本研究通过检测AR合并哮喘患者FeNO水平,并分析其与下气道反应性、气道重塑的关系,以期为临床评估AR合并哮喘患者的病情及临床诊治提供参考依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取2019年3月至2024年3月本院收治的109例AR患者作为AR组,101例哮喘患者作为哮喘组,105例AR合并哮喘患者作为AR合

并哮喘组,另选取同期本院100例健康体检者作为对照组。纳入标准:(1)AR患者符合《中国变应性鼻炎诊断和治疗指南(2022年,修订版)》<sup>[9]</sup>、哮喘患者符合《支气管哮喘防治指南(2020年版)》<sup>[10]</sup>中的诊断标准;(2)年龄18~65岁;(3)所有患者均处于非急性发作期。排除标准:(1)伴有鼻息肉、慢性鼻窦炎等其他鼻部疾病者;(2)伴有慢性阻塞性肺疾病、急性呼吸道感染等其他呼吸系统疾病者;(3)近1个月内使用过抗菌药物、激素等治疗者;(4)存在肾、肝等重大脏器功能异常者;(5)妊娠期、哺乳期女性;(6)合并恶性肿瘤者;(7)合并其他过敏性疾病者;(8)存在精神疾病者。所有研究对象均知情同意并签署知情同意书。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(院准字2019年第014号)。

## 1.2 方法

**1.2.1 FeNO水平检测** 所有研究对象检测前1h禁止剧烈运动或进行其他咽部、鼻腔检查,检查前3h禁食,取坐位,平稳呼吸并尽量呼气排出肺内气体,采用瑞典NIOX VERO仪器检测FeNO水平,含紧滤嘴,先吸气再平稳呼气,平稳保持6~10s完成检测,检测3次取平均值。

**1.2.2 疾病严重程度判定标准** 根据《中国变应性鼻炎诊断和治疗指南(2022年,修订版)》<sup>[9]</sup>中的标准将AR组患者分为轻度(症状轻微,对睡眠、工作、学习、日常生活等生活质量未产生明显影响)、中度(症状较重,对睡眠、工作、学习、日常生活等生活质量产生明显影响)、重度(症状严重,对睡眠、工作、学习、日常生活等生活质量产生严重影响)。依据《支气管哮喘防治指南(2020年版)》<sup>[10]</sup>中的标准将哮喘组患者分为轻度(哮喘症状 $\geq 1$ 次/周但 $< 1$ 次/d,可能影响睡眠、活动,夜间哮喘症状 $> 2$ 次/月但 $< 1$ 次/周,第1秒用力呼气容积(FEV<sub>1</sub>)占预计值% $\geq 80\%$ 或呼气流量峰值(PEF) $\geq 80\%$ 个人最佳值,PEF变异率为20%~30%)、中度(每天有症状,影响活动、睡眠,夜

间哮喘症状≥1 次/周,FEV<sub>1</sub> 占预计值%为 60%~<80%或 PEF 为 60%~79%个人最佳值,PEF 变异率>30%)、重度(每日有症状且频繁出现,夜间哮喘症状经常出现,体力活动受限,FEV<sub>1</sub> 占预计值%<60%或 PEF<60%个人最佳值,PEF 变异率>30%)。依据 AR、哮喘严重程度判定标准拟订 AR 合并哮喘患者疾病严重程度分级,轻度:AR、哮喘均符合轻度标准;中度:任何一项符合中度标准;重度:任何一项符合重度标准。

**1.2.3 下气道反应性检测** 所有研究对象通过支气管舒张试验检测是否存在可逆性气流受限,从而获得下气道反应性结果。操作步骤:采用德国耶格医疗器械有限公司的肺功能测定仪检测所有研究对象平静呼吸后深吸气、深呼气的 FEV<sub>1</sub>。检测常规肺功能后采用硫酸沙丁胺醇气雾剂(万托林,葛兰素史克制药有限公司)4 喷(400 μg)至肺内,以储雾罐接咬口嘱患者用嘴包严实,从残气位缓慢深吸气吸入。休息 15 min 后复测 FEV<sub>1</sub>。下气道反应阳性判定标准<sup>[11]</sup>:用药后 FEV<sub>1</sub> 较基础肺功能指标值增加≥12%,且绝对值增加≥200 mL 判定为下气道反应阳性,反之则为下气道反应阴性。

**1.2.4 气道重塑指标检测** 所有研究对象均采用高分辨率胸部 CT 检查,选取主动脉弓与气道分叉处上、下各 1 cm、右肺下静脉与横膈顶上约 2 cm 位置,图像放大后,以电子标尺测量气道内直径(L)、气道腔外径(D),连续测量 3 次取平均值,计算气道壁厚度(T)与 D(T/D)比值、气道壁总面积占气道总面积百分比

(WA%)。其中 T/D 比值=(D-L)/D,WA%=(D<sup>2</sup>-L<sup>2</sup>)/D<sup>2</sup>×100%。

**1.2.5 基线资料收集** 收集所有研究对象性别、年龄、体质量指数(BMI)、病程、病情严重程度等基线资料。

**1.3 统计学处理** 采用 SPSS21.0 统计软件进行数据分析处理。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验,多组间比较采用单因素方差分析,多组间两两比较采用 SNK-*q* 检验。计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Pearson 相关分析 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与气道重塑指标的相关性。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

**2.1 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组、对照组一般资料比较** AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组、对照组性别、年龄、BMI、病程、病情严重程度比较,差异均无统计学意义(*P*>0.05)。见表 1。

**2.2 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组、对照组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、气道重塑指标比较** AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%均高于对照组,差异均有统计学意义(*P*<0.05);AR 合并哮喘组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%均高于 AR 组、哮喘组,差异均有统计学意义(*P*<0.05);AR 组、哮喘组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%比较,差异均无统计学意义(*P*>0.05)。见表 2。

表 1 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组、对照组一般资料比较[n(%)或  $\bar{x} \pm s$ ]

| 组别         | <i>n</i> | 性别        |           | 年龄<br>(岁)  | BMI<br>(kg/m <sup>2</sup> ) | 病程<br>(年) | 病情严重程度    |           |         |
|------------|----------|-----------|-----------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
|            |          | 男         | 女         |            |                             |           | 轻度        | 中度        | 重度      |
| 对照组        | 100      | 53(53.00) | 47(47.00) | 33.59±6.14 | 23.12±2.27                  | —         | —         | —         | —       |
| AR 组       | 109      | 50(45.87) | 59(54.13) | 34.13±6.35 | 23.05±2.11                  | 4.58±1.09 | 35(32.11) | 69(63.30) | 5(4.59) |
| 哮喘组        | 101      | 46(45.54) | 55(54.46) | 32.78±6.56 | 23.38±2.39                  | 4.43±1.03 | 34(33.66) | 63(62.38) | 4(3.96) |
| AR 合并哮喘组   | 105      | 48(45.71) | 57(54.29) | 33.78±6.50 | 23.42±2.27                  | 4.52±1.12 | 28(26.67) | 71(67.62) | 6(5.71) |
| $\chi^2/F$ |          | 1.618     |           | 0.831      | 0.702                       | 0.509     |           | 1.493     |         |
| <i>P</i>   |          | 0.655     |           | 0.477      | 0.551                       | 0.602     |           | 0.474     |         |

注:—表示无数据。

表 2 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组、对照组 FeNO 水平及下气道反应性阳性率、气道重塑指标比较[ $\bar{x} \pm s$  或 *n*(%)]

| 组别                  | <i>n</i> | FeNO(ppb)                  | 下气道反应性阳性                | T/D 比值                  | WA%(%)                   |
|---------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 对照组                 | 100      | 14.69±3.58                 | 3(3.00)                 | 0.30±0.06               | 57.16±3.20               |
| AR 组                | 109      | 93.82±24.06 <sup>*</sup>   | 14(12.84) <sup>*</sup>  | 0.38±0.07 <sup>*</sup>  | 65.03±4.19 <sup>*</sup>  |
| 哮喘组                 | 101      | 94.16±26.45 <sup>*</sup>   | 18(17.82) <sup>*</sup>  | 0.40±0.08 <sup>*</sup>  | 66.18±4.34 <sup>*</sup>  |
| AR 合并哮喘组            | 105      | 108.96±31.37 <sup>*#</sup> | 36(34.29) <sup>*#</sup> | 0.48±0.11 <sup>*#</sup> | 70.05±4.67 <sup>*#</sup> |
| <i>F</i> / $\chi^2$ |          | 322.016                    | 37.316                  | 82.730                  | 173.125                  |
| <i>P</i>            |          | <0.001                     | <0.001                  | <0.001                  | <0.001                   |

注:与对照组比较,<sup>\*</sup>*P*<0.05;与 AR 组、哮喘组比较,<sup>#</sup>*P*<0.05。

**2.3 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组不同严重程度患者 FeNO 水平比较** AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组轻、中、重度患者 FeNO 水平比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组中、重度患者 FeNO 水平均高于轻度患者,重度患者 FeNO 水平高于中度患者,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 3。

表 3 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组不同严重程度患者 FeNO 水平比较( $\bar{x}\pm s$ ,ppb)

| 组别       | 疾病严重程度 | <i>n</i> | FeNO                       | <i>F</i> | <i>P</i> |
|----------|--------|----------|----------------------------|----------|----------|
| AR 组     | 轻度     | 35       | 84.26±21.52                | 7.411    | 0.001    |
|          | 中度     | 69       | 96.29±26.71 <sup>*</sup>   |          |          |
|          | 重度     | 5        | 126.65±6.54 <sup>*#</sup>  |          |          |
| 哮喘组      | 轻度     | 34       | 84.43±22.16                | 6.352    | 0.003    |
|          | 中度     | 63       | 97.28±27.80 <sup>*</sup>   |          |          |
|          | 重度     | 4        | 127.73±5.19 <sup>*#</sup>  |          |          |
| AR 合并哮喘组 | 轻度     | 28       | 94.14±25.93                | 8.417    | <0.001   |
|          | 中度     | 71       | 111.92±30.40 <sup>*</sup>  |          |          |
|          | 重度     | 6        | 143.10±10.12 <sup>*#</sup> |          |          |

注:与同组轻度比较,<sup>\*</sup> $P<0.05$ ;与同组中度比较,<sup>#</sup> $P<0.05$ 。

**2.4 下气道反应阳性 AR 合并哮喘患者和下气道反应阴性 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平比较** 下气道反应阳性 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平为(122.42±34.68)ppb,高于下气道反应阴性 AR 合并哮喘患者的(101.94±27.47)ppb,差异有统计学意义( $t=3.308,P=0.001$ )。

**2.5 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与气道重塑指标的相关性** Pearson 相关分析结果显示,AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与 T/D 比值、WA%均呈正相关( $r=0.525,0.687,P<0.05$ )。

3 讨 论

AR、哮喘是慢性炎症反应分别发生在鼻、呼吸道的同一气道疾病,二者发病机制均与下气道反应性、变态反应、炎症反应等多种生理过程相关,常同时发病<sup>[12]</sup>。AR 合并哮喘患者临床主要表现为喷嚏、鼻塞、咳嗽、喘息等,若不及时治疗可能影响患者肺、肾等其他脏器功能,甚至危及生命安全<sup>[13]</sup>。近年来,有文献报道,下气道反应性、气道重塑均是促进 AR 合并哮喘患者病情持续恶化的重要因素<sup>[14]</sup>。因此,需寻找可有效评估 AR 合并哮喘患者下气道反应性、气道重塑的指标,以期指导临床治疗。

FeNO 主要由下呼吸道上皮细胞分泌,正常情况下机体产生的一氧化氮(NO)可舒张血管平滑肌和气道,维持气道稳定,但是当气道发生炎症反应时,气道中 NO 合酶可与 Th2 型细胞因子和转录激活因子 6 结合,导致 NO 水平升高,从而增加 FeNO 水平<sup>[15]</sup>。有研究表明,AR、哮喘患者 FeNO 水平均明显升

高<sup>[15-16]</sup>,与本研究结果一致。本研究结果显示,AR 合并哮喘组 FeNO 水平高于对照组、AR 组、哮喘组,且 AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组轻、中、重度患者 FeNO 水平依次升高,由此表明 FeNO 水平在 AR 合并哮喘患者中升高更明显,且与 AR、哮喘、AR 合并哮喘患者疾病严重程度均密切相关。FeNO 与血液嗜酸性粒细胞、痰嗜酸性粒细胞、免疫球蛋白 E 等炎症指标相关,可反映气道炎症程度<sup>[17]</sup>,进而参与 AR、哮喘及 AR 合并哮喘等气道慢性炎症疾病的病理学变化。FeNO 水平升高提示白细胞介素(IL)-4/IL-13 介导的Ⅱ型炎症活化、炎症细胞浸润增加,其水平与 AR、哮喘及 AR 合并哮喘患者的病情严重程度呈正相关<sup>[18-19]</sup>。

本研究结果显示,AR 组、哮喘组、AR 合并哮喘组下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%均高于对照组,AR 合并哮喘组下气道反应性阳性率、T/D 比值、WA%均高于 AR 组、哮喘组,由此提示 AR 患者和哮喘患者均存在气道重塑、下气道反应性,且 AR 合并哮喘患者气道重塑、下气道反应性更为严重。目前临床普遍认为,炎症反应是导致气道重塑、下气道反应性的重要发病机制,AR、哮喘患者的慢性持续炎症反应及急性反复发作时炎症反应均会对气道黏膜组织造成炎性损伤,增加神经敏感性,导致患者气道壁结构改变及气道出现过早的收缩反应,从而发生气道重塑及下气道反应性<sup>[19-20]</sup>。由于 AR、哮喘在发病部位、病理等方面均存在密切联系,故推测 AR 合并哮喘患者病情可能交互影响,进而加速 2 种疾病的进程,导致 AR 合并哮喘患者气道重塑和下气道反应性更严重。

本研究结果显示,下气道反应阳性 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平高于下气道反应阴性 AR 合并哮喘患者,表明 FeNO 水平与 AR 合并哮喘患者下气道反应性密切相关。FeNO 主要由 NO 合酶催化产生,其水平升高表明患者 NO 分泌量增多,NO 过度激活会导致炎症细胞募集,引起气道黏膜水肿、充血,造成上皮细胞脱落和腺体分泌亢进,诱导气道平滑肌收缩,从而导致下气道反应性<sup>[21]</sup>。HAYASHI 等<sup>[22]</sup>研究表明,高 FeNO 水平患者 WA%高于低 FeNO 水平患者。本研究 Pearson 相关分析结果显示,AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与 T/D 比值、WA%均呈正相关,与 HAYASHI 等<sup>[22]</sup>研究共同证实 FeNO 水平与 AR 合并哮喘患者气道重塑密切相关。FeNO 水平升高表明气道处于炎症反应状态,尤其是嗜酸性粒细胞性炎症反应,而嗜酸性粒细胞会进一步分泌促炎性细胞因子(转化生长因子-β<sub>1</sub>),促进间质细胞和气道上皮细胞中细胞外基质激活,造成气道平滑肌中纤维结合蛋白沉积,引起基质沉积于上皮下的黏膜,增厚气道管壁<sup>[23]</sup>,从而导致气道重塑发生。同时,气道炎症反应加重还会破坏上皮细胞的修复过程,造成气道上皮损

伤,促进平滑肌细胞迁移、杯状细胞增殖、成纤维细胞增殖,从而导致气道重塑发生<sup>[24]</sup>。

综上所述,AR 合并哮喘患者 FeNO 水平、气道重塑指标、下气道反应性阳性率均高于 AR、哮喘患者,且 AR 合并哮喘患者 FeNO 水平与疾病严重程度、下气道反应性、气道重塑均密切相关,可通过检测 FeNO 水平评估 AR 合并哮喘患者的病情进展情况、下气道反应性、气道重塑情况,从而采取针对性治疗措施。但本研究仍存在一定局限性,关于 FeNO 水平如何影响 AR 合并哮喘患者下气道反应性、气道重塑的机制尚未完全明确,后续仍需开展临床研究进行深入探讨。

参考文献

[1] 严旌仁,杨屿楠,李智群,等. 变应性鼻炎与哮喘的因果关联分析[J]. 医学研究与战创伤救治,2023,36(11):1143-1148.

[2] MA D,ZHENG Q,SUN J,et al. Efficacy of sublingual immunotherapy in allergic rhinitis patients with asthma: a systematic review and Meta-analysis[J]. Am J Rhinol Allergy,2023,37(6):766-776.

[3] CONG S,FENG Y,TANG H. Network pharmacology and molecular docking to explore the potential mechanism of urolithin A in combined allergic rhinitis and asthma syndrome [J]. Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol, 2023,396(9):2165-2177.

[4] LEE J,SONG J U. Diagnostic comparison of methacholine and mannitol bronchial challenge tests for identifying bronchial hyperresponsiveness in asthma:a systematic review and Meta-analysis[J]. J Asthma,2021,58(7):883-891.

[5] 张帮艳,赵丽,姚红梅,等. 呼出气一氧化氮联合尘螨过敏状态预测呼吸道症状特应症患者的气道高反应研究[J]. 中国实用内科杂志,2023,43(6):497-501.

[6] ZHU Y,HUANG B,JIANG G. Correlation between changes in serum YKL-40,LXRs,PPM1A,and TGF-β1 levels and airway remodeling and lung function in patients with bronchial asthma[J]. J Asthma,2024,61(7):698-706.

[7] GONG Z,HUANG J,XU G,et al. The value of bronchodilator response in FEV<sub>1</sub> and FeNO for differentiating between chronic respiratory diseases: an observational study[J]. Eur J Med Res,2024,29(1):97.

[8] CELIS-PRECIADO C A,LACHAPELLE P,COUILLARD S. Exhaled nitric oxide (FeNO):bridging a knowledge gap in asthma diagnosis and treatment[J]. Clin Exp Allergy,2023,53(8):791-793.

[9] 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会鼻科组,中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会鼻科学组. 中国变应性鼻炎诊断和治疗指南(2022 年,修订版)[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2022,57(2):106-129.

[10] 中华医学会呼吸病学分会哮喘学组. 支气管哮喘防治指南(2020 年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志,2020,43(12):

1023-1048.

[11] 庞新举,王秋萍,张勇,等. 中重度持续性变应性鼻炎患者下气道反应性及炎症特征观察[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科,2013,20(2):61-64.

[12] DEMKOW U,STELMASZCZYK-EMMEL A. Extracellular vesicles in allergic rhinitis and asthma and laboratory possibilities for their assessment[J]. Int J Mol Sci, 2021,22(5):2273.

[13] KUTIN A S,ALMZAIEL A J,AL-BADRY A. Sirtuin 1 expression enhances the inflammatory response in allergic rhinitis combined with asthma[J]. Arch Razi Inst,2022, 77(6):2385-2393.

[14] REBROVA S,EMELYANOV A,SERGEEVA G,et al. Markers of eosinophilic airway inflammation in patients with asthma and allergic rhinitis [J]. Allergy Asthma Proc,2024,45(1):e9-e13.

[15] 杨丹芬,谢园媛,姜棚菲,等. 支气管哮喘患者呼吸道菌群及 FeNO、Th/Treg 细胞水平变化[J]. 中国微生态学杂志,2022,34(7):829-832.

[16] 李依寒,宋盼盼,俞晨杰,等. 变应性鼻炎和支气管哮喘口鼻呼出气一氧化氮的相关性研究[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志,2021,21(2):86-90.

[17] LI Y H,YU C J,QIAN X Y,et al. The correlation between FeNO and nNO in allergic rhinitis and bronchial asthma[J]. Medicine (Baltimore),2021,100(39):e27314.

[18] 郝建利,冯彦. 呼出气一氧化氮测定在预测变应性鼻炎伴或不伴哮喘中的应用价值[J]. 国际耳鼻咽喉头颈外科杂志,2022,46(4):213-216.

[19] KHALFAOUI L,PABELICK C M. Airway smooth muscle in contractility and remodeling of asthma: potential drug target mechanisms[J]. Expert Opin Ther Targets, 2023,27(1):19-29.

[20] 司宝婧,刘长山. 气道反应性检测在儿童及青少年哮喘管理中的临床应用[J]. 国际儿科学杂志,2024,51(5):341-345.

[21] URBANKOWSKI T,PRZYBYŁOWSKI T. Blood eosinophils,FeNO and small airways dysfunction in predicting airway hyperresponsiveness in patients with asthma-like symptoms[J]. J Asthma,2022,59(7):1376-1386.

[22] HAYASHI Y,TANABE N,MATSUMOTO H,et al. Associations of fractional exhaled nitric oxide with airway dimension and mucus plugs on ultra-high-resolution computed tomography in former smokers and nonsmokers with asthma[J]. Allergol Int,2024,73(3):397-405.

[23] MENIGOZ C,DIROU S,CHAMBELLAN A,et al. Use of FeNO to predict anti-IL-5 and IL-5R biologics efficacy in a real-world cohort of adults with severe eosinophilic asthma[J]. J Asthma,2023,60(6):1162-1170.

[24] YU X,LI L,CAI B,et al. Single-cell analysis reveals alterations in cellular composition and cell-cell communication associated with airway inflammation and remodeling in asthma[J]. Respir Res,2024,25(1):76.