

潮气肺功能、FeNO与TRACK在5岁以下儿童哮喘症状控制监测中的应用价值研究

汤翰林¹, 徐嘉璇¹, 郑晨曦¹, 孔庆平², 郑钦亮^{3*}, 李秋波^{3*}

¹济宁医学院, 山东 济宁

²泗水县妇幼保健计划生育服务中心儿科, 山东 济宁

³济宁医学院附属医院儿科, 山东 济宁

收稿日期: 2025年9月11日; 录用日期: 2025年10月4日; 发布日期: 2025年10月13日

摘要

目的: 本研究通过比较不同症状5岁前哮喘患儿潮气肺功能、FeNO含量及TRACK的变化规律, 探讨其对临床症状控制的意义。方法: 从2024年2月到2025年2月, 共98例5岁以下哮喘患儿, 其中32例为良好控制组, 部分控制34例, 未控制32例。另选取33例健康儿童为对照组。分别测定儿童的潮气功能、FeNO和TRACK评分, 并将测试结果和评分结果进行对比。结果: 达峰时间比、达峰容积比在未控制组与部分控制组、良好控制组、对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。FeNO在未控制组与部分控制组、良好控制组、对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。比较各组之间的TRACK, TRACK在未控制组、部分控制组、良好控制组两两之间, 在未控制组、部分控制组与对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 5岁前哮喘患儿的达峰时间比、达峰容积比、FeNO和TRACK均可用于评价5岁以内哮喘患者的控制疗效。动态监测哮喘患者的这几个指标, 可更精确、更全面地评价5岁以下哮喘患儿的控制情况。

关键词

潮气肺功能, 呼出气一氧化氮, 哮喘控制测试, 哮喘控制

Study on the Application Value of Tidal Lung Function, FeNO and TRACK in Monitoring Asthma Symptom Control in Children under 5 Years Old

*通讯作者。

文章引用: 汤翰林, 徐嘉璇, 郑晨曦, 孔庆平, 郑钦亮, 李秋波. 潮气肺功能、FeNO与TRACK在5岁以下儿童哮喘症状控制监测中的应用价值研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(10): 1222-1227. DOI: 10.12677/acm.2025.15102876

Hanlin Tang¹, Jiakuan Xu¹, Chenxi Zheng¹, Qingping Kong², Qinliang Zheng^{3*}, Qiubo Li^{3*}

¹Jining Medical University, Jining Shandong

²Department of Pediatrics, Sishui County Maternal and Child Health Care and Family Planning Service Center, Jining Shandong

³Department of Pediatrics, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

Received: September 11, 2025; accepted: October 4, 2025; published: October 13, 2025

Abstract

Objective: This study aimed to explore the significance of tidal lung function, fractional exhaled nitric oxide (FeNO) levels, and Test for Respiratory and Asthma Control in Kids (TRACK) scores in evaluating clinical symptom control by comparing their changes in asthmatic children under 5 years old with different symptom control statuses. **Methods:** A total of 98 asthmatic children under 5 years old were enrolled from February 2024 to February 2025, including 32 in the well-controlled group, 34 in the partially controlled group, and 32 in the uncontrolled group. Additionally, 33 healthy children were selected as the control group. Tidal lung function, FeNO levels, and TRACK scores were measured for all subjects, and the results were compared among groups. **Results:** There were statistically significant differences in the ratio of time to peak tidal flow (TPTEF/TE) and ratio of volume to peak tidal flow (VPEF/VE) between the uncontrolled group and the partially controlled group, well-controlled group, and control group (all $P < 0.05$). Significant differences in FeNO levels were also observed between the uncontrolled group and the other three groups (all $P < 0.05$). For TRACK scores, pairwise comparisons showed statistically significant differences between the uncontrolled, partially controlled, and well-controlled groups; moreover, the uncontrolled and partially controlled groups differed significantly from the control group (all $P < 0.05$). **Conclusion:** TPTEF/TE, VPEF/VE, FeNO levels, and TRACK scores can be used to evaluate the control efficacy of asthma in children under 5 years old. Dynamic monitoring of these indicators enables more accurate and comprehensive assessment of asthma control in this pediatric population.

Keywords

Tidal Lung Function, Fractional Exhaled Nitric Oxide, Test for Respiratory and Asthma Control in Kids, Asthma Control

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

支气管哮喘临床上以喘息、呼吸急促为主，伴有或无胸闷、咳嗽等症状[1]-[3]。在孩子安静的时候，可以做潮气肺功能的测试；通过对患者的潮气呼吸流量-容积曲线进行周期性分析，获取患者的潮气量、达峰时间比、达峰容积比等参数，以评价患者的气道功能[4]。目前，该方法已经被用于小儿哮喘的诊断和治疗[5]-[7]。呼气一氧化氮(FeNO)是一种重要的生物学标记，可用于识别气道炎症类型，评估哮喘控制程度[8]。哮喘控制测试TRACK分数是一种针对5岁以下儿童建立的用于哮喘控制程度定量评价的工具。可以在某种程度上反映了短期内哮喘的控制状况，并且可以预测其长期发病的危险[9] [10]。本文主要探讨3种检测手段和评价指标对5岁以下哮喘患儿的临床意义。

2. 对象与方法

2.1. 研究对象

本项目在 2024 年 2 月~2025 年 2 月间来院就诊的未满 5 岁患儿 98 例, 按哮喘症状控制程度及参照《全球哮喘防治倡议(GINA) 2024 版指南》分良好控制组 32 例: 过去 4 周内无日间哮喘症状(如喘息、咳嗽、呼吸急促), 无夜间因哮喘觉醒, 无日常活动(如玩耍、跑步)受限, 无哮喘急性发作, 无需使用支气管扩张剂等缓解药物, 部分控制组 34 例: 过去 4 周内出现 1~2 项下述情况: ① 每周日间哮喘症状 ≤ 2 次; ② 夜间因哮喘觉醒 ≤ 1 次; ③ 日常活动轻度受限; ④ 哮喘急性发作 1 次; ⑤ 每周使用缓解药物 ≤ 2 次, 未控制组 32 例: 过去 4 周内出现 ≥ 3 项上述“部分控制”中的情况, 或哮喘急性发作 ≥ 2 次, 或因哮喘需急诊就诊、住院治疗。另选 33 例健康儿童为对照组。

入选标准: 经临床诊断为支气管哮喘的患儿; 接受标准化的哮喘控制治疗至少一个月; 所有入选的哮喘患儿均能通过气道肺功能测定, 铁一氧化氮测定和修订的中文版 TRACK 量表; 患者家长知情同意。

排除标准: 在过去 4 个星期内, 曾有过呼吸系统、消化道等疾病的感染史或手术史; 就诊时已有哮喘急性发作; 患儿依从性低。

2.2. 方法

分别测定各组患儿的潮气肺功能、FeNO 和 TRACK 评分, 并记录测试结果和评分; 比较良好控制组、部分控制组、未控制组和对照组 FeNO、潮气肺功能和 TRACK 的差别。

2.3. 疗效评价

采用“TRACK”问卷, 对测验成绩进行统计, 满分 100; 分数愈高者, 气喘病的控制愈好; 分愈低者, 气喘病的控制愈差。

肺部功能测试: 选择的患儿在安静的睡眠中进行。选取 TV、达峰时间、达峰容积比为评价指标。

FeNO: 在安静条件下, 用 FeNO 测定仪对 FeNO 进行测定。测试前 1 小时内禁止剧烈运动, 不能进食, 不能饮用碳酸饮料, 不能饮用豆浆类饮料, 不能饮用过冷或过热的水。

2.4. 统计方法

所得资料以 SPSS26.0 软件处理。计量数据采用均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)、中位数和四分位数[M (P25, P75)]来表达。应用 Kruskal-Wallis H 检验, 对 5 岁前哮喘患儿进行潮气肺功能、FeNO 和 TRACK 等指标进行比较。以 $P < 0.005$ 为差异有统计学意义。正态性检验结果(采用 Shapiro-Wilk 检验, 所有指标均不符合正态分布, P 均 < 0.05); 因数据不符合正态分布, 故用 Kruskal-Wallis H 检验; 多重比较方法组间两两比较采用 Dunn's 检验结合 Bonferroni 校正。

3. 结果

3.1. 不同组肺功能指标对比研究

请参阅表 1。两组间的 TV 无统计学差异($P > 0.05$)。对各组之间峰值时间比值相比, 有统计学差异($P < 0.05$)。经成对对比发现, 达峰时间比在未控制组与部分控制组、良好控制组、对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。对各组之间的达峰容积比进行比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 进一步进行两两比较, 达峰容积比在未控制组与部分控制组、良好控制组、对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

Table 1. Comparison of wet lung function indicators among different groups**表 1.** 不同组湿性肺功能指标对比

指标	未控制组	部分控制组	良好控制组	对照组	H 量	P 值
TV/(ml/kg)	9.50 (8.50, 13.78)	9.20 (6.03, 12.95)	11.35 (9.85, 13.43)	10.70 (9.55, 12.50)	6.431a	0.092
TPTEF/TE/%	23.80 (23.10, 27.98)	29.10 (24.18, 37.38)	32.90 (27.03, 37.38)	35.80 (30.15, 39.20)	28.521a	<0.001
达峰容积比/%	26.10 (25.20, 30.43)	30.70 (27.95, 40.18)	34.45 (30.45, 38.43)	36.5 (31.55, 39.60)	24.802a	<0.001

a 表示组间多重比较采用 Dunn's 检验结合 Bonferroni 校正, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3.2. 不同组中 FeNO 含量的对比

请参阅表 2。各组患者 FeNO 水平均有统计学差异($P < 0.05$)。经成对对比后发现, FeNO 在未控制组与部分控制组、良好控制组、对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

Table 2. Comparison of FeNO among different groups**表 2.** FeNO 在各组之间的比较

组别	未控制组	部分控制组	良好控制组	对照组	H 量	P 值
FeNO/ppb	22.00 (14.00, 25.75)	11.00 (9.00, 14.25)	10.00 (8.25, 12.00)	12.00 (10.00, 18.00)	39.071a	<0.001

ppb (parts per billion) 为呼出气一氧化氮(FeNO)浓度单位。a 表示组间多重比较采用 Dunn's 检验结合 Bonferroni 校正, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3.3. 各组间 TRACK 值的对比

请参阅表 3。各组间 TRACK 水平相比, 均有统计学差异($P < 0.05$)。再作成对对比: 未控制组、TRACK 在未控制组、部分控制组、良好控制组两两之间, 未控制组、部分控制组与对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

Table 3. Comparison of TRACK among different groups**表 3.** 各组 TRACK 的对比

组别	未控制组	部分控制组	良好控制组	对照组	H 量	P 值
TRACK (分)	55.00 (40.00, 55.00)	70.00 (58.75, 80.00)	90.00 (80.00, 95.00)	100.00 (95.00, 100.00)	100.539a	<0.001

a 表示组间多重比较采用 Dunn's 检验结合 Bonferroni 校正, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

4. 讨论

潮气肺功能的测定与一般的肺功能测定有区别, 它包括容积、流量和时间等参数。本研究中症状未控制水平的潮气量总体波动在 6 ml/kg~14 ml/kg 之间, 高于或等于正常值。提示儿童非急性期气道阻塞基本不会发生。小儿哮喘患者的潮气量变化并不受病情控制程度的影响, 潮气量不能用于临床症状的监控和评价。各组患者的达峰时间比和达峰容积比均有统计学差异($P < 0.05$)。提示不同控制水平的哮喘儿童, 其气道梗阻的严重程度是不同的。对各组达峰时间比和达峰容积比分别进行两两对比分析, 结果显示, 未控制组和部分控制组、良好控制组和对照组的达峰时间比和达峰容积比差异有显著性($P < 0.05$), 而部分控制组、良好控制组和对照组之间差异不显著($P > 0.05$)。提示, 达峰时间比、达峰容积比等指标可以

较好地反映儿童小气道梗阻状况, 从而对病情的控制进行一定的评价, 从而对病情进行合理的干预。

呼出气一氧化氮(FeNO)是一种由一氧化氮合成酶(NOS)催化 L-精氨酸产生的气体。本项目采集 5 岁以下哮喘患儿的呼出气一氧化氮含量, 通过两两对比分析, FeNO 在未控制组与部分控制组、良好控制组、停药随访组、对照组之间差异均有统计学意义($P < 0.05$), 部分控制组、良好控制组、对照组两两之间差异均无统计学意义($P > 0.05$)。且未控制组的 FeNO 浓度明显高于其他各组。5 岁前哮喘儿童在非急性发作期呼出气一氧化氮含量仍然处于异常高值, 可以判断其为哮喘症状尚未得到控制的程度。但是, 如果儿童的呼出气一氧化氮在正常的范围之内, 单用呼出气一氧化氮是不能判断病情的轻重的。但是, 可以通过对儿童哮喘儿童呼出气一氧化氮的动态监测, 来预测儿童哮喘病情的改变趋势。

小儿哮喘控制测验(TRACK)是一种定量评价 5 岁以下哮喘患儿哮喘控制程度的工具。对各组的 TRACK 作成对对比分析, 发现 TRACK 在未控制组、部分控制、良好控制组两两之间, 未控制组、部分控制组与对照组之间的差异均有统计学意义($P < 0.05$), 而良好控制组与对照组之间的差异无统计学意义($P > 0.05$)。 TRACK 分数在 5 岁前用于评价 5 岁前哮喘症状的控制程度是有效的, 它可以作为一种量化的指标来评价 5 岁以下哮喘患儿的症状控制, 从而使得症状的控制状况更加明确、直观。

5. 结论

本研究拟采用潮气肺功能、 FeNO 和 TRACK 等客观指标, 从气道阻塞、气道炎症和整体控制三个角度来评价 5 岁前哮喘的控制状况。潮气肺功能 TV 不适合用来监测和评价病情的程度。而能够反映小气道阻塞情况的潮气肺功能指标达峰时间比与达峰容积比异常降低可评估哮喘患儿处于症状未控制水平。呼出气一氧化氮的异常升高, 反应了气道炎症程度, 可以判断儿童哮喘的病情是否得到控制。在 5 岁以前, 这些指标在评价未控制的哮喘症状方面有很大的应用价值。 TRACK 对于评价哮喘患儿的病情是良好控制、未控制状态有很大的意义。动态监测哮喘患者不同病程中潮气肺功能峰值和达峰容积比、呼出气一氧化氮浓度和 TRACK 积分等指标, 可更准确地评价儿童哮喘的病情。

致 谢

感谢郑钦亮教授、李秋波教授提供指导帮助, 感谢郑钦亮教授提供基金支持。

基金项目

基金号: 济宁市重点研发计划(2022YXNS090)。

参考文献

- [1] 成青, 董冉, 丁红梅, 等. 呼出气一氧化氮对激素敏感性咳嗽诊断的预测价值[J]. 同济大学学报, 2021, 42(1): 92-96.
- [2] 王芳. 儿童呼吸和哮喘控制测试(TRACK)中文版与国际版评估的比较[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2021.
- [3] 张渊源, 李成尧, 高文娟, 等. 潮气呼吸肺功能在喘息性疾病患儿中的应用研究[J]. 中国妇幼健康研究, 2021, 32(10): 1508-1512.
- [4] 江文辉. 呼出气一氧化氮检测在儿童气道疾病的临床应用[J]. 中国实用儿科杂志, 2021, 36(6): 437-440.
- [5] 赖茂, 谢楚杏. 丙酸氟替卡松联合孟鲁司特钠治疗儿童咳嗽变异性哮喘的疗效及对肺功能、 FeNO 及气道炎症的影响[J]. 海南医学, 2021, 32(11): 1434-1437.
- [6] Butler, C.A. and Heaney, L.G. (2020) Fractional Exhaled Nitric Oxide and Asthma Treatment Adherence. *Current Opinion in Allergy & Clinical Immunology*, 21, 59-64. <https://doi.org/10.1097/aci.0000000000000704>
- [7] 马艺菲. 183 例支气管哮喘患者不同控制水平相关因素分析[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2022.
- [8] Belachew, E.A., Netere, A.K. and Sendekie, A.K. (2022) Adherence to Inhaled Corticosteroid Therapy and Its Clinical Impact on Asthma Control in Adults Living with Asthma in Northwestern Ethiopian Hospitals. *Patient Preference and*

Adherence, **16**, 1321-1332. <https://doi.org/10.2147/ppa.s365222>

- [9] 吴金颖, 崔妮, 李洁. PDCA 循环管理模式在小儿哮喘治疗中的效果及对患儿呼吸功能及症状恢复的影响[J]. 航空航天医学杂志, 2021, 32(2): 255-256.
- [10] 杨剑秋, 董燕丽. 呼出气一氧化氮联合嗜酸性粒细胞百分比在咳嗽变异性哮喘患者临床诊断与疗效评估中的应用价值[J]. 名医, 2025(5): 57-59.