【DOI】 10.3969 / j. issn. 1671-6450. 2025. 03. 023

综　述

TRPV1、TRPA1 参与慢性气道疾病发病机制及临床应用研究进展

薛永新，何丹综述　陈炎城审校

基金项目：2022 年度梅州市社会发展科技计划项目（20220B4）
作者单位：514000　广东省梅州市人民医院呼吸与危重症医学科
通信作者：薛永新，E-mail：xueyongxin2010@163.com

【摘　要】 慢性气道疾病是一类持续存在的呼吸系统疾病，对患者的生活质量和健康状况造成了严重影响，是全球公共卫生重要问题之一。瞬时受体电位锚蛋白亚型 1（TRPA1）和瞬时受体电位香草酸亚型 1（TRPV1）是 2 种重要的离子通道受体，两者活化参加气道平滑肌收缩、炎性介质释放、黏液分泌增加等反应，可引发气道炎性反应和气道高反应性等病理过程，在慢性气道疾病的发病机制中发挥着重要作用。因此，针对 TRPV1 和 TRPA1 的药物干预可能成为治疗慢性气道疾病的新策略。文章从发病机制和临床应用两方面展开综述，归纳总结 TRPV1、TRPA1 与慢性气道疾病的研究进展，以期为慢性气道疾病诊疗提供借鉴。

【关键词】 慢性气道疾病；瞬时受体电位锚蛋白亚型 1；瞬时受体电位香草酸亚型 1；发病机制；临床应用
【中图分类号】 R56　　【文献标识码】 A

TRPV1, TRPA1 involved in the pathogenesis of chronic airway diseases and progress of clinical application research

Xue Yongxin, He Dan, Chen Yancheng. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Meizhou People's Hospital, Guangdong, Meizhou 514000, *China*
Funding program: 2022 *Meizhou City Social Development Science and Technology Plan Project* (20220B4)
Corresponding author: *Xue Yongxin*, *E-mail*: *xueyongxin*2010@163.*com*

【Abstract】 Chronic airway diseases (CADs) are a class of persistent respiratory diseases that have a serious impact on the quality of life and health status of patients, which are important issues in global public health. Transient receptor potential anchor protein subtype 1 (TRPA1) and transient receptor potential vanilloid subtype 1 (TRPV1) are ion channel receptors that play a significant role in the pathogenesis of CADS. The activation of TRPV1 and TRPA1 participates in airway smooth muscle contraction, release of inflammatory mediators, and increase in mucus secretion, which can trigger pathological processes such as airway inflammation and hyperresponsiveness. process. Therefore, pharmacological interventions targeting TRPV1 and TRPA1 may become a new strategy for the treatment of CADs. In order to further summaries the research progress of TRPV1, TRPA1 and CADs, this paper reviews the pathogenesis and clinical application of TRPV1 and TRPA1, with a view to providing a reference for the diagnosis and treatment of CADs.

【Key words】 Chronic airway diseases; Transient receptor potential anchor protein subtype 1; Transient receptor potential vanilloid subtype 1; Pathogenesis; Clinical application

慢性气道疾病是一类持续存在的呼吸系统疾病，临床上可表现为咳嗽、咯痰、气促、胸闷、呼吸困难和肺功能衰竭等症状，通常与长期暴露于空气污染物、烟雾、粉尘等有害物质有关，包括慢性阻塞性肺疾病（chronic obstructive pulmonary disease，COPD）、哮喘、支气管炎等疾病[1]。流行病学研究表明，慢性气道疾病对患者的生活质量和健康状况造成了严重影响，是危害全球公共卫生重要问题之一[2]。瞬时受体电位（TRP）是一类非选择性跨膜运输的阳离子通道，其中瞬时受体电位锚蛋白亚型 1（transient receptor potential ankyrin 1，TRPA1）和瞬时受体电位香草酸亚型 1（transient receptor potential vanilloid 1，TRPV1）在慢性气道疾病的发病机制中发挥着重要作用[3]。研究表明，TRPV1 和 TRPA1 的活化可以导致气道平滑肌收缩、炎性介质释放、黏液分泌增加等病理生理反应，从而引发气道炎性反应和气道高反应性[4]。所以，针对 TRPV1 和 TRPA1 的药物干预可能成为治疗慢性气道疾病的新策略。为进一步全面归纳总结 TRPV1、TRPA1 与慢性气道疾病关系的研究进展，文章从发病机制和临床应用两方面展开综述，以期为慢性气道疾病诊疗提供借鉴。

中国知网　https://www.cnki.net

1　TRPV1、TRPA1 的结构和功能

TRPV1 和 TRPA1 是 2 种重要的离子通道受体，它们在感受多种刺激和调节机体生理功能中发挥着重要作用。TRPV1 是一种非选择性阳离子通道，由 4 个多肽链组成，包括 N 端、C 端、跨膜区和 P 区。N 端和 C 端位于细胞外，跨膜区包含 6 个跨膜片段（S1～S6），P 区则与 C 端相邻。S5 和 S6 跨膜片段上存在正电荷氨基酸残基，是 TRPV1 感受刺激的关键部位[5]。与 TRPV1相比，TRPA1 的 N 端和 C 端都位于细胞内，而跨膜区则包含 5 个跨膜片段（S1-S5）。TRPA1 的 S1～S4 跨膜片段上也存在正电荷氨基酸残基，是感受刺激的关键部位[6]。TRPV1 和 TRPA1 主要感受机械刺激、化学刺激和热刺激等外界刺激，并将这些刺激转化为神经信号传递到中枢神经系统[7]。具体来说，TRPV1 主要感受辣椒素类化合物、高温、酸碱度变化等刺激；TRPA1 主要感受组织缺血、炎性介质、甲醛等刺激。此外，TRPV1 和 TRPA1 还参与了疼痛、炎性反应、过敏反应等生理和病理过程。因此，TRPA1 和 TRPV1 分别被描述为“炎性反应的守门人”和“通往疼痛通路的分子门户”，因为它们在组织损伤和炎性反应期间产生疼痛感方面发挥着关键作用[8]。

TRPV1 和 TRPA1 主要表达于上呼吸道和肺部的神经元、平滑肌细胞、免疫细胞等细胞表面。在呼吸系统中，TRPV1 和 TRPA1 在小直径、缓慢传导的无髓鞘（C 纤维）神经元中大量选择性地表达。其中，C 纤维是迷走神经支气管肺传入的主要类型，主要负责引发对吸入酸性气溶胶、香烟烟雾、臭氧等刺激物的肺防御反射反应[9]。研究表明，TRPV1 和 TRPA1 参与了多种生物学过程，包括疼痛感受、炎性反应、过敏反应、血管张力调节等，参与了慢性气道疾病多个阶段[10]。在感觉传导方面，TRPV1 和 TRPA1 主要分布于感觉神经元，可以感受温度、酸碱度、机械压力等多种刺激，并将这些刺激转化为神经信号传递到中枢神经系统[11]。在炎性反应方面，TRPV1 和 TRPA1 在炎性反应中也扮演着重要角色，它可以介导炎性细胞的活化和趋化，促进炎性介质的释放，参与炎性反应的发生和维持[12]。在血管张力调节方面，TRPV1 和 TRPA1 还可以调节血管张力，通过介导钙离子内流和一氧化氮的释放，影响血管平滑肌的收缩和松弛[13]。在胃肠道功能方面，TRPV1 在胃肠道上皮细胞上也有表达，可以感受胃酸的刺激，并通过神经和内分泌途径调节胃肠道的运动和分泌[14]。此外，TRPV1 和 TRPA1 可能还参与神经调节和免疫调节、过敏反应等生理和病理过程[15]。

2　TRPV1、TRPA1 在慢性气道疾病发病机制中的作用

2.1　TRPA1 在慢性气道疾病发病机制中的作用

TRPA1 离子通道主要在神经元中表达，但也存在于非神经元组织中，如肺脏中 T 细胞、B 细胞和肥大细胞等。TRPA1 通道的激活涉及多种机制和刺激形式，一是亲电子激动剂激活，这类激活通常由具有电负性化学基团的化合物引起，它们与 TRPA1 通道上的特定位点结合，导致通道开放，进而允许阳离子流入细胞内，产生生理效应；二是非亲电子激动剂激活，此类激活包括了各种物理和化学刺激，比如低温、机械刺激以及某些内源性炎性介质（如缓激肽、胰蛋白酶等）。当 TRPA1 通道被激活后会引起痛觉、温度感知、哮喘、瘙痒等众多生理与病理过程发生变化。

研究表明，触发 TRPA1 通道导致啮齿动物肺中迷走神经支气管肺 C 纤维的激活，TRPA1 通道的激活可引起咳嗽反射，故 TRPA1 通道似乎是肺组织防御系统中不可或缺的一部分[16]。事实上，TRPA1 激活已成为诱发与环境和职业暴露于呼吸道刺激物相关咳嗽的关键机制。此外，TRPA1 通道是冷敏感通道在病理条件下的关键介质，缺乏 TRPA1 的小鼠在冷敏感性方面表现出反应降低，其可能参与疾病状态下对有害刺激的超敏反应。所以，TRPA1 是冷刺激诱发气道高反应乃至哮喘病治疗的潜在靶点[17]。

2.2　TRPV1 在慢性气道疾病发病机制中的作用

TRPV1 通道的激活涉及多种机制和刺激形式，如温度、化学物质和内源性物质等。TRPV1 能被高温（>42℃）激活，导致钙离子流入细胞内，从而传递疼痛信号。TRPV1 也可被辣椒素和某些植物来源的香草素等化合物激活，这些物质通常与 TRPV1 的特定结合位点相互作用，引起通道开放。此外，花生四烯酸代谢物、过氧化氢、一氧化氮等机体内源性物质也能激活 TRPV1 通道。TRPV1 可以被多种炎性介质激活，导致离子通道开放，引起细胞内钙离子浓度升高，进而激活多种炎性反应相关基因的表达，促进炎性细胞的浸润和活化；TRPV1 还可以调节气道平滑肌细胞的增殖和分化，导致气道收缩，进一步加重哮喘的症状[18]。此外，TRPV1 蛋白的磷酸化状态对其功能维持具有至关重要的作用，蛋白激酶 A 和钙/钙调蛋白依赖性蛋白激酶Ⅱ可以通过磷酸化作用增强 TRPV1 活性，而钙调磷酸酶则通过去磷酸化作用使通道脱敏[19]。

TRPV1 通道作为一种多模式激活的离子通道，在支气管狭窄、气管黏膜水肿和咳嗽反射等过程中发挥重要作用。TRPV1 通道在支气管平滑肌细胞中表达，并参与调节支气管的收缩和舒张。在炎性反应或其他病理条件下，TRPV1 的活性可能增强，导致支气管平滑肌收缩加剧，从而引发支气管狭窄。TRPV1 通道在气道上皮细胞中表达，并参与调节黏液分泌和黏膜水肿[20]。炎性反应或其他刺激可通过激活 TRPV1 通道，导致黏液分泌增加和黏膜水肿，从而引发气道阻塞和呼吸困难。此外，TRPV1 通道在气道感受器中表达，并参与调节咳嗽反射。当气道受到刺激时，如病毒感染、过敏反应或吸入有害物质，TRPV1 通道的活性可能增强，导致咳嗽反射的触发和持续[21]。

3　靶向 TRPV1、TRPA1 药物在慢性气道疾病临床中的应用

3.1　西药制剂

咳嗽是呼吸系统疾病的常见症状和最重要的呼吸防御反射。影响气道反射的相关传入神经主要包括对各种机械刺激敏感的有髓 Aδ 纤维和对各种类型的化学刺激敏感的无髓 C 纤维。肺纤维的神经末梢含有 TRPV1，各种物理和化学刺激可激活 TRPV1 诱发咳嗽。在接受肺部手术的患者中，术后急性或慢性咳嗽的患者血清前列腺素 E2（PGE2）和缓激肽（BK，TRPV1 的上游蛋白）水平显著升高。因此，PGE2 和 BK 可通过激活 TRPV1 通路增加呼吸道炎性反应和引发咳嗽。此外，当吸入气雾剂时，PGE2 和 BK 会引起动物和人类有意识的咳嗽，而服用血管紧张肽Ⅰ转化酶抑制剂的患者也会由于 BK 分解减少而导致过度咳嗽。TRP 通道被氧化应激、炎性和缺氧激活，并可能参与气道疾病的发病机制在于：TRPA1 和 TRPV1 主

中国知网　https://www.cnki.net

要在感觉神经中表达，也存在于气道上皮细胞和平滑肌细胞中。TRPA1 是主要的气道刺激物传感受体，具有被缺氧和高氧激活的独特特征，而 TRPV1 是检测低 pH、高温、缓激肽和其他内源性炎性介质的多模式传感器。急性臭氧暴露可直接刺激 TRPA1 通道，然后激活支气管肺纤维，这是气道炎性反应和气道高反应性（BHR）的重要触发因素。同时，TRPA1 和 TRPV1 在体外肺纤维化（AEC）中通过香烟烟雾提取物（CSE）和体内细颗粒物（PM2.5）诱导炎性反应信号传导。

N-乙酰半胱氨酸是一种含有巯基的化合物，具有抗氧化应激作用。N-乙酰半胱氨酸可减轻支气管哮喘大鼠趋化因子 CXCL8-CXCR1/2 释放从而缓解炎性反应；并且可抑制 TRPV1 表达，调节钙调蛋白激酶生成，降低相关神经因子水平，最终改善支气管哮喘症状[22]。LY294002 是 PI3K 常用抑制剂，LY294002 可抑制 PI3K 表达水平，降低 NF-κB 的活性，并抑制 IκB 降解，并且抑制 TRPV1 表达，有利于维持过敏性鼻炎—哮喘综合征大鼠氧化与抗氧化的动态平衡，降低气道神经源性炎性反应[23]。加巴喷丁是神经递质 γ-氨基丁酸（GABA）受体激动剂，近年来也用于慢性咳嗽治疗[24-26]，研究发现加巴喷丁可降低感染后咳嗽大鼠肺泡灌洗液和肺组织瞬时中 TRPV1 表达，降低气道神经源性炎性反应，从而缓解咳嗽。

3.2　中药制剂　厚朴麻黄汤由厚朴、麻黄、苦杏仁、石膏、半夏、干姜、细辛等药物组成，具有宣肺化饮、止咳平喘效果。研究表明，厚朴麻黄汤可以调控 TRPA1 和 TRPV1 表达，减轻支气管炎性细胞浸润，缓解黏膜水肿，减少黏液分泌，最终改善哮喘小鼠症状[12]。祛风宣肺方由麻黄、青风藤、紫菀、百部等药物组成，具有疏散风邪、宣肺止咳之功。祛风宣肺方可下调 PLC、PKC 通路及下游 TRPA1、TRPV1 相关蛋白表达，抑制气道神经源性炎性反应，缓解咳嗽敏感性，最终降低咳嗽高敏感模型豚鼠咳嗽次数[27]。祛风止咳方由麻黄、荆芥、杏仁、蝉蜕、蛇蜕等药物组成[28-29]，降低气道上皮黏膜敏感性，抑制咳嗽中枢敏化。射干麻黄汤由射干、麻黄、细辛、半夏等药物组成，是治疗寒性哮喘的代表方剂[30-32]。射干麻黄汤下调哮喘大鼠肺组织 TRPV1，调节钙稳态从而降低 NRF-1、mtTFA 表达，最终减轻气道炎性反应，抑制气道重塑，并调节免疫应答，改善哮喘大鼠症状及体征[33]。

有研究基于表面等离子共振技术探讨麦冬、百部对肺炎支原体感染小鼠咳嗽作用机制，发现麦冬、百部药液与 TRPA1 蛋白在体外结合较好，进一步动物实验表明麦冬、百部通过与 TRPA1 结合，下调肺组织中 TRPA1 表达，进而发挥止咳作用[34-35]。新对叶百部碱是对叶百部的主要活性成分，实验证实新对叶百部碱可通过抑制肺炎支原体肺炎小鼠肺组织 TRPA1 表达，从而发挥止咳镇咳作用[36-37]。

4　小结与展望

TRPA1 和 TRPV1 是 2 种重要的离子通道受体，它们在呼吸系统中的应用越来越受到关注。研究表明[38-40]，TRPA1 和 TRPV1 可以参与哮喘、慢性阻塞性肺疾病等慢性气道疾病的发病机制，通过感受各种刺激，如烟雾、气味、气体等，从而引起气道炎性反应和气道高反应性。此外，TRPA1 和 TRPV1 还可介导神经免疫调节，促进炎性反应细胞的聚集和炎性介质的释放，进一步加重了呼吸系统疾病的症状。因此，针对 TRPA1 和 TRPV1 的药物干预可能成为治疗呼吸系统疾病的新策略。目前已经有一些药物被发现可以调节 TRPA1 和 TRPV1 的活性，如西药制剂（N-乙酰半胱氨酸、LY294002 等）和中药制剂（厚朴麻黄汤、射干麻黄汤、麦冬、百部等），这些药物有望用于预防和治疗呼吸系统疾病，改善患者的生活质量。

参考文献

[1] 龚霞，孙健. 小气道疾病与早期慢性阻塞性肺疾病关系的研究进展[J]. 浙江医学，2023，45（22）：2455-2459. DOI：10.12056/j.issn.1006-2785.2023.45.22.2023-1369.

[2] 张为，孙峰，杨建中，等. 成人慢性气道炎症性疾病急症诊疗急诊专家共识[J]. 中国急救医学，2021，41（4）：277-284. DOI：DOI：10.3969/j.issn.1002-1949.2021.04.001.

[3] Liu Y，Gong XY，Qiao PY，et al. Exploring the TRP channel superfamily：Research hotspots and development trends from function to disease[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci，2023，27（20）：9478-9498. DOI：10.26355/eurrev_202310_34122.

[4] 刘亚男，李晓佳，金雪梅，等. 探究瞬时受体电位阳离子通道 TRPA1/TRPV1 在慢性阻塞性肺疾病（COPD）发生机制中的作用[J]. 药物生物技术，2020，27（1）：38-41. DOI：10.19526/j.cnki.1005-8915.20200108.

[5] Benitez-Angeles M，Morales-Lazaro SL，Juarez-Gonzalez E，et al. TRPV1：Structure，endogenous agonists，and mechanisms[J]. Int J Mol Sci，2020，21（10）：3421. DOI：10.3390/ijms21103421.

[6] Talavera K，Startek JB，Alvarez-Collazo J，et al. Mammalian transient receptor potential trpa1 channels：From structure to disease[J]. Physiol Rev，2020，100（2）：725-803. DOI：10.1152/physrev.00005.2019.

[7] 唐婧，肖继，王德明. TRPV1：一个治疗急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征的新靶点[J]. 实用医学杂志，2014，30（6）：988-990. DOI：10.3969/j.issn.1006-5725.2014.06.051.

[8] 朱海，王一，贺奕博，等. TRPV1/TRPA1 对小鼠子宫内膜异位症炎症及疼痛的作用[J]. 复旦学报：医学版，2022，49（6）：934-941. DOI：10.3969/j.issn.1672-8467.2022.06.013.

[9] 瞿慧，鲁刚，潘晓峰，等. 小剂量地佐辛抑制芬太尼诱发咳嗽反射的临床观察[J]. 临床麻醉学杂志，2012，28（12）：1232-1233.

[10] 杨维杰，骆媛，王永安. 瞬时受体电位通道在呼吸系统疾病中的作用研究进展[J]. 中国药理学与毒理学杂志，2021，35（6）：471-480. DOI：10.3867/j.issn.1000-3002.2021.06.010.

[11] 谭东宇，王静宇，高悦，等. 天然冰片对癫痫持续状态小鼠海马组织 TRPV1、TRPA1 及 GABA 表达的影响[J]. 中华中医药杂志，2019，34（11）：5090-5094.

[12] 胡方媛，范玉浩，范欣生，等. 厚朴麻黄汤对哮喘小鼠气道炎症及 TRPA1，TRPV1 mRNA 与蛋白表达的影响[J]. 中国实验方剂学杂志，2020，26（1）：37-42. DOI：10.13422/j.cnki.syfjx.20200139.

[13] 高璐，王祁，赵博，等. TRPV1 和 TRPA1 通道在心血管疾病中的作用[J]. 国际心血管病杂志，2024，51（1）：4-6. DOI：10.3969/j.issn.1673-6583.2024.01.002.

[14] 周易，黄雨晴，叶松. 清郁和降汤抑制反流性食管炎大鼠 5-HT 释放及 TGR5/TRPA1 通路蛋白表达[J]. 广州中医药大学学报，

中国知网　https://www.cnki.net

2023, 40(12): 3115-3122. DOI: 10.13359/j.cnki.gzxbtcm.2023.12.025.

[15] 叶泽熙，甘小亮. TRPV1/TRPA1 在眼科术后痛觉过敏中的作用[J]. 眼科学报，2022, 37(9): 760-765. DOI: 10.3978/j.issn.1000-4432.2022.07.03.

[16] 李佳珊，马建岭，史利卿，等. 瞬时受体电位 A1/V1 通道联动在慢性咳嗽中的作用机制探讨[J]. 心肺血管病杂志，2021, 40(2): 215-218. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2021.02.023.

[17] 崔海洋，孙文武，王忠华，等. 大鼠肺内冷敏感通道受冷空气刺激后增强炎性因子表达的研究[J]. 军事医学，2015, 39(10): 759-764. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2015.10.007.

[18] 刘洪，范欣生，朱悦. 五拗汤对 PM2.5 诱导加重哮喘小鼠模型的效应及 TRPA1 和 TRPV1 表达的影响[J]. 中国中西医结合杂志，2019, 39(8): 997-1003. DOI: 10.7661/j.cjim.20181218.237.

[19] 崔金瑜，汝触会，陈爱凤，等. 基于肺胃同治法探讨肃肺和胃汤对反流性胃肺疾病大鼠肺胃组织 PKA、cAMP、SP 及 TRPV1 蛋白表达的影响[J]. 中国中医药科技，2023, 30(1): 24-29.

[20] 李磊，曹振东，严璐，等. 督灸对哮喘小鼠效应及 TRPV1 相关神经-免疫炎症的影响[J]. 山西中医，2022, 38(1): 60-64. DOI: 10.20002/j.issn.1000-7156.2022.01.022.

[21] 贾维刚，曲颖，张玉奇，等. 芩百清肺浓缩丸对感染后咳嗽豚鼠 SP、M2 受体及 TRPV1 的影响[J]. 中华中医药杂志，2022, 37(8): 4684-4687.

[22] 王萍，农开旭，邢春蕊. N-乙酰半胱氨酸对支气管哮喘大鼠 CXCL8-CXCR1/2 及 TRPV1 神经元敏感性的影响[J]. 中国老年学杂志，2023, 43(9): 2176-2181. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2023.09.035.

[23] 李丽，许翀，柴若楠. LY294002 对过敏性鼻炎-哮喘综合征大鼠氧自由基、TRPV1 神经元敏感性及 TSLP 表达的影响[J]. 西部医学，2023, 35(9): 1276-1281. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2023.09.006.

[24] 李天浩，王惠琴，高小娟，等. 加巴喷丁对感染后咳嗽大鼠肺组织瞬时受体电位香草酸亚型 1、P 物质、降钙素基因相关肽的影响研究[J]. 陕西医学杂志，2019, 48(7): 819-822. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7377.2019.07.001.

[25] Hong JSW, Atkinson LZ, Al-Juffali N, et al. Gabapentin and pregabalin in bipolar disorder, anxiety states, and insomnia: Systematic review, meta-analysis, and rationale[J]. Mol Psychiatry, 2022, 27(3): 1339-1349. DOI: 10.1038/s41380-021-01386-6.

[26] Mattle AG, McGrath P, Sanu A, et al. Gabapentin to treat acute alcohol withdrawal in hospitalized patients: A systematic review and meta-analysis[J]. Drug Alcohol Depend, 2022, 241: 109671. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2022.109671.

[27] 李佳珊，史利卿，马建岭，等. 祛风宣肺方对模型豚鼠肺组织病理及 PLC-β/PKC 与 TRPA1/V1 蛋白表达的影响[J]. 中华中医药杂志，2021, 36(6): 3246-3250.

[28] 胡玉珍，王弘. 养阴祛风止咳方治疗变异性哮喘患者的临床疗效[J]. 深圳中西医结合杂志，2023, 33(2): 50-52. DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2023.02.015.

[29] 沈王丰，刘美秀，曹健，等. 祛风止咳方辅助治疗咳嗽变异性哮喘风盛挛急证临床研究[J]. 国际中医中药杂志，2021, 43(12): 1179-1183. DOI: 10.3760/cma.j.cn115398-20210802-00009.

[30] 唐文君，曾珠，杨洪静，等. 加味射干麻黄汤联合布地奈德福莫特罗粉吸入剂对支气管哮喘急性发作期寒哮证患者的临床疗效[J]. 中成药，2024, 46(9): 3187-3190. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.09.059.

[31] 陈丽平，韩立，卞华，等. 射干麻黄汤与定喘汤治疗支气管哮喘寒热证候的药理学分析[J]. 中国临床药理学杂志，2024, 40(16): 2413-2417. DOI: 10.13699/j.cnki.1001-6821.2024.16.024.

[32] 明溪，王紫薇，边际，等. 加减射干麻黄汤治疗儿童咳嗽变异性哮喘的疗效及安全性 Meta 分析[J]. 中国中西医结合儿科学，2024, 16(3): 191-197. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3865.2024.03.002.

[33] 李秋慧，单晓晓，刘晓莹，等. 基于 TRPV1/NRF-1/mtTFA 通路研究射干麻黄汤对寒性哮喘大鼠的改善作用[J]. 中国中药杂志，2023, 48(23): 6414-6422. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20230831.403.

[34] 刘楠楠，郭百慧，王晓溪，等. 麦冬对肺炎支原体感染后咳嗽小鼠 TRPA1、SP、CGRP 的影响[J]. 中华中医药学刊，2024.

[35] 刘畅，蒙艳丽，梁爽，等. 百部对肺炎支原体感染小鼠咳嗽因子 TRPA1 表达的影响[J]. 中华中医药学刊，2022, 40(6): 107-110.

[36] 何石燕，英菲雨，夏星，等. 基于 Wnt/β-catenin 通路探究对叶百部碱抗卵巢癌的作用机制[J]. 中草药，2024, 55(17): 5887-5897. DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.17.015.

[37] 梁爽，蒙艳丽，刘畅，等. 新对叶百部碱对肺炎支原体肺炎小鼠肺组织致咳因子 TRPA1 表达的影响[J]. 中国中医药科技，2022, 29(5): 758-761.

[38] Weng J, Liu Q, Li C, et al. TRPA1-PI3K/Akt-OPA1-ferroptosis axis in ozone-induced bronchial epithelial cell and lung injury[J]. Sci Total Environ, 2024, 918: 170668. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170668.

[39] Yang D. TRPA1-related diseases and applications of nanotherapy[J]. Int J Mol Sci, 2024, 25(17): 9234. DOI: 10.3390/ijms25179234.

[40] Alizadehasl A, Alavi MS, Alavi MS, et al. TRPA1 as a promising target in ischemia/reperfusion: A comprehensive review[J]. Iran J Basic Med Sci, 2024, 27(3): 270-278. DOI: 10.22038/IJBMS.2023.74590.16198.

(收稿日期: 2024-10-08)

中国知网 https://www.cnki.net