

· 标准·指南·共识·

雷暴哮喘防控专家共识

北京整合医学学会变态反应学分会 北京医学会过敏(变态)反应学分会 中华医学
会变态反应学分会 中国医师协会变态反应医师分会

通信作者:王学艳,首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应中心,北京 100038,
Email: wangxueyan2018@163.com;张罗,首都医科大学附属北京同仁医院过敏科、耳鼻
咽喉头颈外科,北京 100730,Email: dr.luozhang@139.com;程雷,南京医科大学第一附
属医院(江苏省人民医院)耳鼻咽喉科、变态反应(过敏)科、过敏诊疗中心,南京
210029,Email: chenglei@jsph.org.cn;童朝晖,首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与
危重症医学科 北京呼吸疾病研究所,北京 100020,Email: tongzhaohuicy@sina.com

【摘要】 雷暴哮喘是雷暴天气与高浓度过敏原协同作用,在易感个体引发的群体性哮喘急性发
作,具有突发性、季节性、地域性等特点。近年在我国北方等地区发生频率呈上升趋势,已成为亟待关
注的公共卫生问题。目前国内对雷暴哮喘的认知不足、警惕性不够,尚未建立完善预警体系,缺乏规
范的诊疗防控指南,存在引发严重公共卫生事件的潜在风险。为规范雷暴哮喘诊疗与防控,多个领域
专家基于国内外研究结果,结合我国雷暴哮喘事件特点制定本共识,旨在为临床医师、公共卫生机构
提供科学指导,全面提升雷暴哮喘的预警、诊治及防控能力,降低疾病危害,避免灾难性公共卫生事件
发生。

【关键词】 雷暴哮喘; 花粉; 机制; 危险因素; 防治策略

基金项目:2024 年首都卫生发展科研专项自主创新项目(首发 2024-2-2089)

Expert consensus on the prevention and control of thunderstorm asthma

Allergy Branch, Beijing Association of Holistic Integrative Medicine; Allergy Branch, Beijing Medical
Association; Chinese Society of Allergy, Chinese Medical Association; Chinese College of Allergy and
Asthma, Chinese Medical Doctor Association

Corresponding authors: Wang Xueyan, Allergy Center, Beijing Shijitan Hospital, Capital Medical
University, Beijing 100038, China, Email: wangxueyan2018@163.com; Zhang Luo, Department of
Otolaryngology Head and Neck Surgery, Department of Allergy, Beijing Tongren Hospital, Capital
Medical University, Beijing 100730, China, Email: dr.luozhang@139.com; Cheng Lei, Departments of
Otorhinolaryngology and Allergology, Clinical Allergy Center, The First Affiliated Hospital with Nanjing
Medical University, Nanjing 210029, China, Email: chenglei@jsph.org.cn; Tong Zhaohui, Department of
Respiratory and Critical Care Medicine, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing
Institute of Respiratory Medicine, Beijing 100020, China, Email: tongzhaohuicy@sina.com

【Abstract】 Thunderstorm asthma is an acute asthma exacerbation triggered by the
synergistic effect of thunderstorm weather and high-concentration allergens in susceptible
individuals, characterized by sudden onset, seasonality, and regional distribution. In recent years, its
incidence has been increasing in northern China and other regions, emerging as a pressing public
health concern. Currently, there is insufficient awareness and vigilance regarding thunderstorm
asthma in China, with a lack of comprehensive early warning systems and standardized diagnostic,

DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20251229-01236

收稿日期 2025-12-29 本文编辑 韩锬

引用本文:北京整合医学学会变态反应学分会,北京医学会过敏(变态)反应学分会,中华医学会变态反
应学分会,等. 雷暴哮喘防控专家共识[J]. 中华预防医学杂志, 2026, 60(3): 301-314. DOI: 10.3760/cma.j.
cn112150-20251229-01236.



中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



therapeutic, and preventive guidelines, posing potential risks for severe public health incidents. To standardize the diagnosis, treatment, and prevention of thunderstorm asthma, this consensus was developed by multidisciplinary specialists based on domestic and international research findings, tailored to the characteristics of thunderstorm asthma events in China. It aims to provide scientific guidance for clinicians and public health institutions to enhance early warning, diagnosis, treatment, and prevention capabilities for thunderstorm asthma, mitigate disease harm, and prevent catastrophic public health incidents.

【Key words】 Thunderstorm asthma; Pollen; Mechanism; Risk factors; Prevention and control strategies

Fund program: 2024 Capital Health Development Research Special Independent Innovation Project (2024-2-2089)

雷暴哮喘是指在雷暴天气期间或紧随其后出现的支气管哮喘急性发作或加重现象,多发生在花粉、真菌播散高峰季节^[1]。流行性雷暴哮喘(epidemic thunderstorm asthma, ETSA)则表现为局部地区雷暴天气后,哮喘急性发作病例集中暴发,病情严重者可危及生命。ETSA具有突发性、群体性、季节性、地域性等特征,涉及特定环境和气象因素与易感人群的相互作用。近40余年国内外多地相继报道ETSA相关事件,这些报道警示:当缺乏有效的预警机制,且医疗机构急救物资储备不足,雷暴哮喘易引发医疗挤兑、危及患者生命,甚至导致灾难性公共卫生事件^[2]。我国详细报道的首次ETSA发生在2018年,近3年相关报道呈明显增加趋势,其中北方草原地区尤为突出,提示我国雷暴哮喘存在频发倾向,其风险可能被低估,已成为公共卫生领域需重点关注的焦点^[3]。随着全球气候变化加剧,ETSA将更加频发。为规范雷暴哮喘的诊治和防控,提升临床医生及公共卫生机构的应急响应能力,由呼吸病学、变态反应学、气象学、流行病学等多领域专家联合制定本共识,旨在为临床实践开展与公共卫生决策制定提供科学依据。本共识已在国际实践指南注册与透明化平台(<https://www.guidelines-registry.cn/>)注册(注册编号:PREPARE-2025CN1840)。

一、流行病学特征

雷暴哮喘呈全球性分布,在温带、亚热带地区高发,尤其集中于花粉浓度偏高且雷暴天气频繁的区域。自1983年7月英国伯明翰及其周边地区首次报道ETSA事件以来^[4],全球已累计记录36起雷暴哮喘事件,覆盖欧洲、北美、中东、亚洲、大洋洲及非洲等多个地区^[2, 5-7]。其中澳大利亚的发病情况尤为突出,已记录11起ETSA事件,且所有事件均发生于春季温带草本植物花粉飘散期。仅墨尔本一地,就累计报告7起相关事件。值得关注的是,

2016年11月墨尔本爆发的雷暴哮喘,是迄今为止公开报道的规模最大、破坏性最强的一次。当时春季草花粉(以黑麦草花粉为主)浓度达102粒/m³,真菌浓度达366粒/m³,傍晚雷暴过后,累计3365名患者因突发呼吸道症状前往急诊科就诊,急诊就诊量达往年同期的6.7倍,住院人数为往年同期的9.9倍,最终造成10人死亡^[8]。综合目前国外已报道的雷暴哮喘事件,这些气传过敏原[主要包括:温带禾本科花粉(以黑麦草花粉为代表)、杂草花粉(苋科、蒿属等)、橄榄树花粉、桦树花粉以及枝孢菌属、链格孢属等真菌孢子]是引起雷暴哮喘的关键因素^[7, 9-12]。

近年来,我国ETSA已由偶发转变为反复出现的公共卫生问题。目前北方地区累计报道5起ETSA事件,分别发生于2018年9月陕西榆林^[13],2016年、2019年、2022年9月宁夏回族自治区^[14-16],2023年9月2日内蒙古呼和浩特^[17-19],上述区域均为秋季蒿属植被集中分布区;此外,南方地区也已报道2起ETSA事件(重庆^[20]、深圳^[21])(见表1)。综合国内ETSA就诊特征总结如下:①就诊高峰集中于雷暴后1~4h;②发病人群以中青年为主,儿童与成人均可受累,男性发病率略高于女性;③临床以胸闷、喘息等气道痉挛症状为主,轻中度哮喘占多数;④个体易感因素包括过敏性鼻炎病史、蒿属花粉过敏史、支气管哮喘病史、皮质类固醇类药物用药依从性差、花粉季雷暴发生时段户外活动暴露;⑤多数患者发病前未明确诊断支气管哮喘。我国雷暴哮喘集中于北方秋季(9月为高峰),蒿属花粉是核心致敏原。我国人群蒿属花粉平均致敏率达28.6%,西北地区58.2%^[22];花粉症患者中更是高达81.86%^[23],凸显其核心致敏原地位。王学艳专家团队以“五位一体”防控理念为指导,在北方多省份(北京、内蒙古、新疆、辽宁、河北等)建立186个花粉监测站,构建格点化预报系统^[24]。监测显示,内



蒙古地区蒿属花粉占全年气传花粉总量 35.3%^[25], 8—9 月为花粉播散期, 2023 年呼和浩特 ETSA 爆发前后浓度均处于高位^[19]。印证花粉暴露引发的气道炎症反应, 与蒿属花粉浓度峰值及季节性持续高浓度暴露均密切相关。

北方地区花粉症患病率呈显著上升趋势, 7 年间从 18.5% 攀升至 32.2%^[23, 25], 雷暴哮喘易感人群基数持续扩大; 叠加全球气候变化背景下极端天气事件频发, 我国北方雷暴哮喘的防控形势日趋严峻。此外, 南方部分地区(如重庆、深圳等地)已有雷暴哮喘病例报道, 但亟待开展气传过敏原(包括花粉、真菌孢子等)的专项监测与流行病学调查, 为雷暴哮喘的精准防控提供科学依据。

二、雷暴哮喘发生机制

(一)雷暴哮喘发作的 3 大条件

雷暴哮喘是特定气象条件与生物过敏原共同作用, 在易感人群中引发的急性哮喘事件。雷暴诱发哮喘发作的可能机制主要包括以下 3 个关键环节^[5, 26-27]: (1)存在季节性的高浓度过敏原。几乎所有的雷暴哮喘事件均发生在花粉和真菌孢子播散高峰季节^[28]。从我国近几年发生雷暴哮喘的地点和时间看, 主要在北方秋季蒿花粉过敏高发区(如

呼和浩特、榆林、宁夏等)的 8 月底到 9 月初, 此时正值以蒿花粉为主, 同时伴随葎草、藜花粉的高峰期; 此外, 另有研究发现一些雷暴哮喘患者对真菌的皮肤点刺试验呈阳性, 且血清中真菌特异性免疫球蛋白 E(specific immunoglobulin E, sIgE)抗体升高, 提示真菌可能在雷暴哮喘中起作用^[29]; (2)雷暴天气的物理作用导致过敏原颗粒破碎与再分布。雷暴发生时, 其强烈的上升气流(速度可达米每秒量级), 能高效地将地面花粉、真菌孢子等过敏原颗粒聚集并抬升, 随后这些较大的颗粒在高空富含水汽的环境中, 因渗透压及雷击作用破裂为可吸入小气道的细小颗粒, 或发生更为复杂的理化变化^[30]。蒿花粉作为诱发雷暴哮喘的主要过敏原, 此过程不仅可以释放位于外壁的过敏原组分[Art (artemisia vulgaris allergen) v 1 和 Art v 3 组分]^[31], 其破碎还可引起花粉内部 Art v 2、Art v 4、Art v 7 组分等 7 种蛋白组分的释放。最终, 这些高浓度、多组分的过敏原颗粒随雷暴下沉气流在近地面扩散, 致使对多个组分过敏的易感个体^[32]将超高载量过敏原吸入小气道, 从而诱发哮喘急性发作; (3)雷暴哮喘的发生依赖于对特定过敏原致敏的敏感人群。过敏性鼻炎是最主要的危险因素, 而哮喘(尤其控制不佳

表 1 国内已报道的 ETSA 特点

发生地区	时间	致敏原	例数	性别		年龄特征	就诊高峰时间	既往哮喘史	既往过敏性鼻炎史	FeNO >35 ppb	哮喘严重程度
				男	女						
宁夏石嘴山 ^[14]	2016 年	黑沙蒿花粉	182	未统计	未统计	19~50 岁	未报告	未统计	未统计	未检测	未报告
陕西榆林 ^[13]	2018 年 9 月	蒿属花粉	51	44	7	3~14 岁	雷暴后 18~24 h	25%	67%	51% (25/49)	轻中度为主
宁夏 ^[15]	2019 年 9 月 11 至 13 日	蒿属花粉	2 709	1823	886	平均 46.6 岁	雷暴后 1~5 h	未统计	87%	未检测	未报告
宁夏 ^[16]	2022 年 9 月 8 日	蒿属花粉	320	131	189	平均(29.8±14.9)岁	雷暴后 1~4 h	13.8%	78.1%	未检测	轻度为主
呼和浩特 ^[17, 21-22]	2023 年 9 月 2 日	蒿属花粉	756	413	343	未统计	雷暴后 3~8 h	13.17%	87.11%	58.54% (24/41)	中度为主
重庆 ^[20]	2024 年 4 月 2 日	桑树/构树/银杏/菠菜/香蒲花粉	55	21	34	8~67 岁	雷暴后 72 h 内	34.55%	69.09%	中位数 150.5 ppb (其中 6 例)	轻中度为主
深圳 ^[21]	2024 年 4 月 22 日至 10 月 22 日	未明确	60	43	17	平均(52.47±16.74)岁	雷暴后 1~4 h	未统计	未统计	未检测	中重度为主

时)则显著增加重症风险^[33];易感者通常对当地主要季节性过敏原(如温带禾草花粉)致敏^[34]。在人口学上,青壮年风险最高^[35],且存在基因与环境相互作用的影响^[36](图1)。

全球气候变暖背景下,雷暴哮喘的潜在威胁将进一步加剧:一方面气温与CO₂浓度上升可能延长花粉季、提升花粉产量^[37-41],另一方面极端降水和雷暴事件的频率、强度也预计增加^[41-43]。高浓度花粉与强对流天气这两大核心驱动因素协同增强的概率增大,不仅会加重传统高发区风险,还可能将威胁扩展至更多地区。

(二)免疫学机制

雷暴哮喘发生的免疫学机理主要是免疫球蛋白E(immunoglobulin E, IgE)介导的速发相2型炎症反应:在致敏个体中,大量花粉过敏原蛋白与肥大细胞表面的特异性IgE结合,触发高亲和力IgE受体(Fc epsilon RI, FcεRI)交联,导致肥大细胞迅速脱颗粒。组胺、白三烯等介质的释放,直接引发支气管痉挛和血管渗漏,构成急性、可逆的速发相反应,是气流受限的首要环节^[44-45]。同时也有迟发相反应:活化的肥大细胞及2型固有淋巴样细胞(type 2 innate lymphoid cells, ILC2s)释放白细胞介素-4(interleukin-4, IL-4)、白细胞介素-5(interleukin-5, IL-5)、白细胞介素-13(interleukin-13, IL-13)等核心2型细胞因子。IL-5驱动嗜酸性粒细胞募集与活化;IL-4/13增强其气道浸润。活化的嗜酸性粒细胞释放毒性蛋白[如主要碱性蛋白(major basic protein, MBP)、嗜酸性粒细胞阳离子蛋白(eosinophil cationic protein, ECP)]直接损伤气道上皮,形成导致炎症迁延与气道高反应性的正反馈环路^[45-46]。此外,发病机制不限于IgE途径。吸入的超高浓度微细花粉颗粒本身作为强烈刺激物,可通过非IgE依赖的途径(如直接损伤气道上皮、激活固有免疫受体)独立触发炎症,这解释了为何部分非特异性个体也会出现症状^[44, 46]。

三、雷暴哮喘患者临床特征

(一)临床特点

雷暴哮喘临床表现为在雷暴发生时和紧随其后(就诊高峰多为雷暴发生后1~4 h)出现的哮喘急性发作症状,主要表现为喘息、气促、呼吸困难、胸闷,咳嗽^[12, 15, 17]。仅有2.4%~40%的患者既往确

诊支气管哮喘(澳大利亚37%,内蒙古儿童40%)。具有明确哮喘病史的雷暴哮喘患者症状更重,常需要住院治疗,甚至可危及生命。在雷暴哮喘发生前部分患者已经出现鼻痒、鼻塞、打喷嚏、流鼻涕等过敏性鼻炎症状,伴或不伴眼睛痒、面部皮肤痒、外耳道痒等花粉症表现^[12, 18-19, 21]。

46%~67%的患者既往有明确的过敏性鼻炎病史。此外,患者还可有变应性结膜炎、特应性皮炎、气传过敏原(真菌、花粉等)致敏等既往史,过敏性鼻炎、哮喘和特应性皮炎等过敏性疾病家族史^[12, 18-19, 21]。

雷暴哮喘发作时,肺部听诊可闻及散在哮鸣音,呼气相延长。重症患者可出现发绀、辅助呼吸肌用力,双肺呼吸音显著减低,听诊常不能闻及哮鸣音。严重的患儿还可以出现皮下积气和纵隔气肿等表现。

(二)辅助检查

1. 血嗜酸性粒细胞计数升高:54.2%~81.67%的患者外周血嗜酸性粒细胞升高^[16, 21],提示存在嗜酸性粒细胞表型或2型炎症内型^[48]。外周血嗜酸性粒细胞升高支持雷暴哮喘诊断,血白细胞和中性粒细胞计数有助于与呼吸道感染相鉴别。

2. 血清总IgE升高:95.12%的患者IgE>30 IU/ml^[17, 21-22],提示存在过敏状态。血清总IgE升

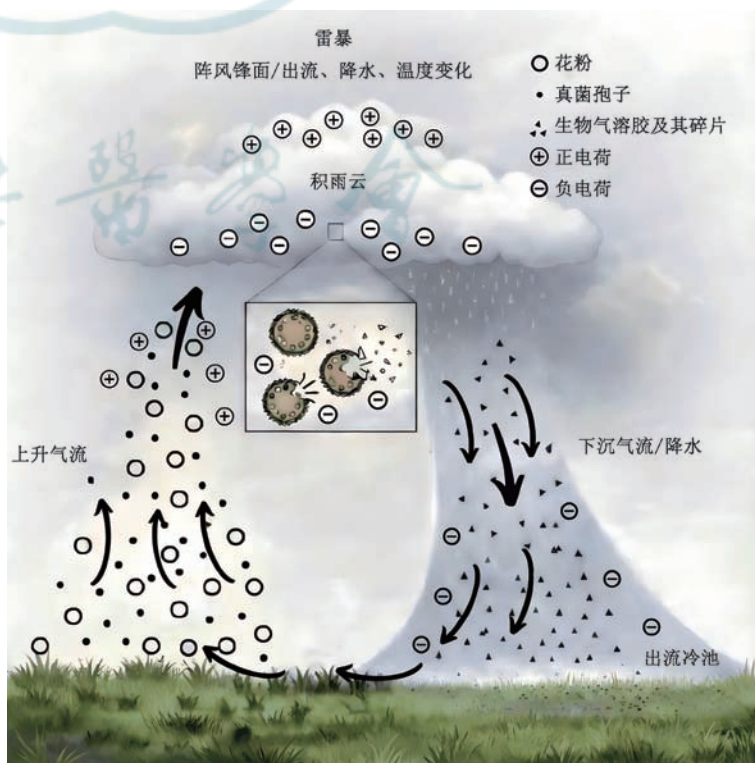


图1 雷暴哮喘发病机制



高支持雷暴哮喘诊断。

3. 过敏原检测:有助于明确过敏原。哮喘急性发作期不适宜进行皮肤点刺试验,可采用体外过敏原检测方法检查。59% 患者艾蒿花粉 IgE 检测阳性。重症患者及大部分患者对蒿属花粉过敏^[13],表明蒿属花粉是重要过敏原及个体易感因素。

4. 动脉血气分析:轻度急性发作患者 PaO₂ 及 SaO₂ 可无明显下降,但 PaCO₂ < 45 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)。中重度发作患者可出现 PaO₂ 及 SaO₂ 下降,重度及危重度患者还可出现二氧化碳潴留,pH 值降低提示合并呼吸性酸中毒,应及时给予机械通气。

5. 肺功能检查:肺功能测定有助于雷暴哮喘的诊断及评估气流受限的严重程度。急性发作时患者可出现不同程度的阻塞性通气功能障碍,FEV₁/预计值%及呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF)下降。危重患者多不能耐受肺功能检查。存在阻塞性通气功能障碍的患者吸入支气管舒张剂后 FEV₁ 增加 > 12%,且 FEV₁ 绝对值增加 > 200 ml 提示支气管舒张试验阳性,表明存在可变性气流受限,支持支气管哮喘诊断。部分患者急性发作时气流阻塞不完全可逆,可在抗炎治疗 4 周后复查,如与基线值比较 FEV₁ 增加 > 12%,且 FEV₁ 绝对值增加 > 200 ml 也有助于诊断哮喘。支气管激发试验阳性提示存在气道高反应性,哮喘急性发作期不适宜进行支气管激发试验。若患者支气管舒张试验阴性,且 FEV₁ 占预计值% ≥ 70%,可待病情稳定后评估进行支气管激发试验^[49]。

6. 呼出气一氧化氮(fractional concentration of exhaled nitric oxide, FeNO):51.00%~58.54% 的成人患者 FeNO > 35 ppb^[13, 17],患者 FeNO ≥ 20 ppb,提示气道存在嗜酸性炎症。FeNO 水平升高可客观反映雷暴哮喘患者气道嗜酸性炎症的严重程度,可以作为评估气道炎症类型和哮喘控制水平的指标。

7. 其他检查:如心电图、胸片或胸部 CT、心脏超声、血心肌酶、N 端 B 型脑钠肽前体(N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-pro BNP)、D-二聚体等检查有助于鉴别诊断排除急性心肌梗死、急性肺栓塞、急性左心衰、气胸等引起急性呼吸困难症状的其他疾病。

四、雷暴哮喘诊断及严重程度分级

雷暴哮喘的诊断是一个结合了特定环境诱因、典型临床症状、阳性治疗反应及过敏背景的综合过程。临床医生在面对雷暴天气后突发喘息、咳嗽的

患者,尤其是群体发病、且主要发生于过敏体质的人群时,应高度警惕此病。需要进行详细的病史询问、体格检查和必要的辅助检查,排除其他具有相似表现的疾病,确保本病的准确诊断和及时治疗。

诊断标准:(1)雷暴天气暴露史、所在区域致敏花粉或真菌孢子播散季节;(2)雷暴天气期间或雷暴结束后 0.5~8 h 内突发喘息、咳嗽、气促、胸闷等哮喘急性发作样临床表现,且症状出现时间与雷暴开始时间具有明确时序关联;(3)符合支气管哮喘的诊断标准;(4)除外可引起相似表现的其他疾病如:急性心肌梗死、急性肺栓塞、急性左心衰、气胸等。

如既往已经明确诊断支气管哮喘或发病时支气管舒张试验阳性,则雷暴哮喘可确诊。如未曾诊断过支气管哮喘,患者存在过敏性鼻炎、变应性结膜炎、特应性皮炎、花粉或真菌致敏等任一过敏性疾病既往史和或家族史,或外周血嗜酸性粒细胞计数 ≥ 150 个/μl 和(或)FeNO ≥ 20 ppb,可拟诊雷暴哮喘,并给予相应治疗。待病情稳定后门诊评估进行肺功能支气管舒张试验、呼气流量峰值变异率监测或支气管激发试验检查,结合治疗效果及可变性气流受限客证证据确诊雷暴哮喘^[48, 50]。

雷暴哮喘诊断时需与以下疾病鉴别:

(1)其他类型的哮喘急性发作:普通哮喘发作也可能由感染、冷空气、运动等非雷暴因素诱发。鉴别的关键在于明确发作是否与雷暴天气在时间上高度相关,以及是否呈现区域性、群体性暴发的特点。

(2)急性支气管炎或肺炎:通常由感染引起,伴有发热、咳脓痰等感染症状,血常规检查常提示白细胞和中性粒细胞升高,而雷暴哮喘患者的外周血嗜酸粒细胞百分比常明显增高。

(3)慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)急性加重:多见于有长期吸烟史的中老年人,症状与哮喘相似,但肺功能检查表现为不可逆或部分可逆的气流受限,且对支气管舒张剂的反应通常不如哮喘患者显著。

(4)心源性哮喘(急性左心衰竭):同样表现为突发呼吸困难、喘息,但患者常有心脏病史,听诊除哮鸣音外,双肺底常可闻及湿性啰音,并可能伴有端坐呼吸、咳粉红色泡沫痰等症状。心脏超声、NT-proBNP 检测有助于鉴别。

(5)上气道梗阻(如喉头水肿、异物吸入):可表现为吸气性呼吸困难、三凹征、声音嘶哑或失声,与



雷暴哮喘的呼气性呼吸困难为主不同。喉镜检查可明确诊断。

严重程度分级:雷暴哮喘本质为支气管哮喘急性发作,病情严重程度分级参考支气管哮喘防治指南^[48]分为四级:轻度、中度、重度和危重度(见表2)。

五、雷暴哮喘的治疗

(一)治疗原则

雷暴哮喘是一种特殊类型的过敏性哮喘急性发作。治疗以“快速缓解症状、预防病情进展、降低重症率”为目标,根据病情严重程度分级治疗。

(二)治疗方案

支气管哮喘急性发作的处理主要参考支气管哮喘防治指南(2024版)^[48]以及儿童支气管哮喘诊断与防治指南(2025版)^[51]中的处理原则。

1.轻中度发作的处理:

(1)支气管舒张剂:吸入性短效 β_2 受体激动剂(short-acting β_2 -agonist, SABA)是治疗急性发作有效的方法。若呼吸困难显著缓解,PEF占预计值% $>60\%\sim 80\%$,且疗效可维持3~4 h,可判定初始治疗反应良好。也可每4~6 h雾化吸入SABA联合短效抗胆碱能药物(short-acting muscarinic antagonist, SAMA)。急性发作早期应联合吸入性糖皮质激素(inhaled corticosteroids, ICS),或使用布地奈德-福莫特罗等复合制剂。

(2)糖皮质激素:对SABA初始治疗反应不佳

或在控制药物治疗基础上发生急性发作的患者,如哮喘症状使日常活动受限或PEF下降 $>20\%$ 达2 d以上,推荐口服泼尼松 $0.5\sim 1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 或等效剂量的其他口服糖皮质激素(oral corticosteroids, OCS)治疗5~7 d,症状缓解后迅速减停或完全停药。雾化吸入糖皮质激素是哮喘急性发作的重要治疗手段,尤其适用于存在全身性糖皮质激素禁忌证者(如胃十二指肠溃疡、糖尿病),可以短期给予糖皮质激素溶液雾化吸入治疗,如布地奈德、丙酸氟替卡松等。

(3)抗感染药物:不推荐常规使用抗菌药物治疗雷暴哮喘急性发作,除非存在明确的呼吸道或肺部细菌感染证据。若明确有病毒感染,应早期抗病毒治疗,但需警惕抗哮喘药物和抗病毒药物之间的潜在相互作用。

经以上处理后,需要严密观察和评估患者病情,当病情持续恶化,收入院治疗。病情好转、稳定者可以离院继续治疗。建议患者在急性发作缓解后,尽早就诊于过敏(变态)反应科和呼吸科进行肺功能相关检查、过敏原筛查和维持治疗。

2.中重度发作的处理:

(1)氧疗:对单纯低氧血症(经皮血氧饱和度 $<95\%$)和呼吸困难的患者可给予控制性氧疗,通过脉搏血氧仪监测血氧饱和度,使用鼻导管或者面罩吸入氧气,使患者的血氧饱和度维持在95%及以上。

表2 哮喘急性发作时病情严重程度的分级^[48]

临床特点	轻度	中度	重度	危重
气短	步行、上楼时	稍事活动	休息时	休息时,明显
体位	可平卧	喜坐位	端坐呼吸	端坐呼吸或平卧
讲话方式	连续成句	单句	单词	不能讲话
精神状态	可有焦虑,尚安静	时有焦虑或烦躁	常有焦虑、烦躁	嗜睡或意识模糊
出汗	无	有	大汗淋漓	大汗淋漓
呼吸频率	轻度增加	增加	常 >30 次/min	常 >30 次/min
辅助呼吸肌活动或三凹征	常无	可有	常有	胸腹矛盾呼吸
哮鸣音	散在,呼吸末期	响亮、弥散	响亮、弥散	减弱乃至无
脉率(次/min)	<100	$100\sim 120$	>120	变慢或不规则
奇脉	无, $<10\text{ mmHg}$	可有, 10 mmHg	常有, $10\sim 25\text{ mmHg}$ (成人)	无,提示呼吸肌疲劳
基线支气管舒张剂治疗后 PEF 占预计值% 或个人最佳值%	$>80\%$	$60\%\sim 80\%$	$<60\%$ 或 100 L/min 或作用时间 $<2\text{ h}$	无法完成检测
PaO ₂ (吸空气,mmHg)	正常	≥ 60	<60	<60
PaCO ₂ (mmHg)	<45	≤ 45	>45	>45
SaO ₂ (吸空气,%)	>95	$91\sim 95$	≤ 90	≤ 90
pH 值	正常	正常	正常或降低	降低

注:PaO₂:动脉血氧分压;PaCO₂:动脉血二氧化碳分压;SaO₂:动脉血氧饱和度;只要符合某一严重程度的指标 ≥ 4 项,即可提示为该级别的急性发作;1 mmHg=0.133 kPa



(2)糖皮质激素:优先选择糖皮质激素雾化吸入治疗,必要时使用全身糖皮质激素,尽可能在就诊 1 h 内给药。OCS 吸收好,起效时间与静脉滴注或推注相近,推荐用法:①口服泼尼松 $0.4\sim 0.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 或等效的其他 OCS;②重度急性发作患者或不宜 OCS 的患者,可以静脉滴注或推注,甲泼尼龙 $80\sim 160\text{ mg/d}$ 分次给药,或氢化可的松 $400\sim 1\,000\text{ mg/d}$ 分次给药。地塞米松因半衰期较长,对肾上腺皮质功能抑制作用较强,一般不推荐使用。从静脉滴注或推注到口服的序贯疗法可减少糖皮质激素用量和不良反应,如静脉滴注或推注糖皮质激素 2~3 d,继之以口服糖皮质激素 3~5 d。症状缓解后序贯吸入 ICS/长效 β_2 受体激动剂(long-acting β_2 -agonists, LABA)治疗。

(3)支气管舒张剂:首选吸入 SABA 治疗,初始治疗阶段建议每 20 min 重复给药或持续雾化吸入,后续可按需每 4 h 给药 1 次。吸入型 SABA(如沙丁胺醇或特布他林)较口服和静脉滴注起效更快、不良反应更少。若对 SABA 反应不佳,可用 SABA 联合 SAMA 溶液雾化吸入治疗。重度患者还可以联合静脉滴注茶碱类药物:可选择氨茶碱、多索茶碱或二羟丙茶碱。

(4)其他:伴有过敏性休克和血管性水肿的哮喘患者应肌肉注射肾上腺素治疗。伴有过敏性鼻炎或其他过敏性疾病的哮喘患者可给予抗组胺药物治疗。大多数哮喘急性发作应尽量避免使用具有呼吸抑制作用的镇静催眠药物。重或危重度急性发作的哮喘患者经过上述药物治疗,同时给予氧疗后,若临床症状和肺功能无改善甚至继续恶化,出现呼吸衰竭,应及时给予机械通气治疗,其指征主要包括:意识改变、呼吸肌疲劳、 $\text{PaCO}_2\geq 45\text{ mmHg}$ 等。对部分患者可使用经鼻高流量氧疗,经鼻(面)罩无创机械通气治疗,若无改善则尽早行气管插管机械通气。

(三)急性发作期后的处理

1. 急性发作后管理:

急性发作缓解后需及时复诊,轻中度发作建议 3~5 天内就诊,所有患者均需在 1 周内完成复诊。复诊时全面评估患者情况,具体包括以下三方面:(1)实验室检查:在病情稳定后(通常 1~4 周后),可进行皮肤点刺试验和/或血清特异性 IgE 检测,明确引发雷暴哮喘的主要气传过敏原;血清总 IgE 水平和血嗜酸性粒细胞计数检测;(2)哮喘控制评估:采用成人 ACT 问卷,儿童 CACT 问卷评估日常哮喘控

制水平,同时进行肺功能和 FeNO 检查;(3)合并症评估:系统评估患者合并症情况,予以规范治疗并常规防控,减少急性发作。医生结合评估结果,调整长期控制方案,同时优化下一次雷暴事件的个体化防护计划^[51]。

2. 长期管理:

急性发作缓解后,未使用任何控制性药物,或仅按需使用 SABA 等既往治疗不规范者应参照指南启动规范的长期控制治疗。已规范治疗者需将控制药物升级(建议疗程不少于 2 周),后续依据控制情况予以长期规律维持治疗,建议参照中国过敏性哮喘诊治指南(2025 年版)^[52]进行长期管理。同时进行雷暴哮喘相关个体防控措施宣教和管理。

六、雷暴哮喘个体防控措施

(一)雷暴哮喘危险人群识别

处在我国北方蒿属花粉播散地区的蒿属花粉过敏者(在南方地区需要关注真菌和花粉过敏者)、季节性过敏性鼻炎及花粉症患者是雷暴哮喘的危险人群。哮喘患者,尤其是未规律应用 ICS 治疗和/或在过去的一年有哮喘相关住院史是重症雷暴哮喘的高危个体^[2, 33, 53]。

识别危险人群是雷暴哮喘个体防控的基础,其中重症雷暴哮喘危险人群是防控的重中之重。临床生物标记物如:第 1 秒用力呼气容积、血液嗜酸性粒细胞计数、FeNO 以及花粉特异性 IgE 水平等辅助精确预测高危个体是目前研究的焦点。其中雷暴哮喘相关过敏原特异性 IgE 水平对于预测雷暴哮喘风险水平具有临床应用潜在价值,值得进一步研究^[13, 53]。

(二)雷暴哮喘危险个体预防治疗

1. 规范治疗:

过敏性鼻炎患者在花粉播散季开始前 2~4 周开始规律使用鼻用糖皮质激素;对过敏性鼻炎患者,筛查、识别和治疗可能存在的隐匿性哮喘;哮喘患者需规范使用 ICS/LABA,规律随访,确保病情处于良好控制状态^[48, 51]。

2. 特异性免疫治疗(allergen specific immunotherapy, AIT):

AIT 是针对过敏性疾病病因的预防措施,国外回顾性研究表明舌下免疫治疗(sublingual immunotherapy, SLIT)对雷暴哮喘显示出预防效果^[54]。建议对已明确对雷暴哮喘相关花粉(如蒿属花粉)过敏的过敏性鼻炎和(或)轻中度哮喘患者在非花粉季启动 AIT,可能降低未来雷暴季节发作



风险。已接受 AIT 者仍需在雷暴季节采取标准防护措施。

3. 生物制剂治疗:

中重度过敏性哮喘患者经规范 ICS/LABA 治疗仍控制不佳,且血清 sIgE 显著升高、外周血嗜酸性粒细胞增多时,可在医生评估后使用生物制剂治疗,降低急性发作风险^[48]。研究表明间歇性季节前应用奥马珠单抗能有效减少学龄儿童秋季哮喘的急性发作^[55],初步表明生物制剂间歇性使用也能够获益。提示生物制剂有望成为雷暴哮喘的预防措施,值得进一步研究^[56]。

4. 免疫调节治疗:

研究显示免疫调节剂可通过调节机体免疫平衡减轻气道高反应性;提前应用免疫调节剂可改善季节性变应性鼻炎患者的呼吸道症状,减少发作期对症药物使用,尤其适用于花粉过敏介导的气道过敏性疾病防控^[57]。提示可作为雷暴哮喘高危人群预防干预辅助手段,但还需要更多循证证据。建议在花粉高发季及雷暴天气频发期来临之前,由医师综合评估病情后,酌情应用免疫调节剂^[57-61]。

(三)雷暴天气个体防护措施及应急处理

1. 规避环境暴露:

(1)关注预警:花粉、真菌播散季密切关注官方发布的花粉浓度监测报告(当蒿属花粉浓度 ≥ 100 粒/1 000 mm²时,应提高警戒级别)及强对流天气预警(包括雷暴大风、短时强降水、冰雹等)。

(2)减少外出:在花粉浓度高峰时段(清晨及黄昏)减少户外活动。必须外出时,应全程正确佩戴 N95/KN95 级别防护口罩,佩戴密封性好的护目镜,避免花粉刺激眼结膜引发过敏症状;穿着长袖衣裤,减少皮肤暴露;外出后清洁:回家后立即更换并单独清洗衣物,用温水洗脸、漱口,或冲洗鼻腔清除附着的花粉颗粒^[51];雷暴预警后,在预计发生前 1~2 h 返回室内,停留至雷暴结束后至少 4 h。

(3)净化室内:花粉、真菌浓度高峰期关闭门窗,使用空气净化器(建议 HEPA H13 级或以上),维持室内湿度 40%~60%。定期进行湿式清扫,避免户外晾晒衣物、被褥。雷暴发生时关紧门窗,保持空气净化器运行。

2. 雷暴哮喘自我应急处理:

一旦发作,需迅速采取以下应急措施:立即脱离暴露环境(协助患者进入室内,关闭门窗);若患者随身携带急救药物,立即使用吸入性 SABA(如沙丁胺醇),常规可重复吸入 1~2 喷,每 20 min 1 次,也

可选用布地奈德-福莫特罗等复合制剂;对于合并过敏性鼻炎或其他过敏性疾病的患者,可联合使用抗组胺药物辅助缓解症状;若出现喘息、呼吸困难、言语不连贯、口唇发紫,或通过峰流速仪自测 PEF 周变异率 $>30\%$,亦或 1 h 内使用吸入性 SABA 超过 8 喷仍无明显缓解,提示可能为哮喘重度发作^[48]。此时需立即强化干预:每 20 min 吸入 2~4 喷 SABA,同时即刻拨打 120 急救电话;保持患者坐位,持续按需使用 SABA 维持症状,同步准备好既往医疗记录,为急救人员提供诊疗参考。

七、雷暴哮喘防控公共卫生策略

雷暴哮喘的发生具有突发性和群体性,易引起公共卫生事件风险发生和医疗资源挤兑,甚至出现社会舆情。雷暴哮喘公共卫生策略侧重于群体层面的监测预警与资源调配,是对个体防控的制度化支撑,其防控需要建立“监测-预警-响应-干预-评估”全链条闭环体系。以“流行病学调查-花粉/真菌监测-植被调研-气象报告-环境监测-群体遗传易感性分析”多维数据联动为核心,在卫生健康行政部门指导下,整合多部门资源形成防控合力,是雷暴哮喘防控的关键^[43](见图 2)。

(一)建立多部门协作机制

雷暴哮喘是过敏原浓度、气象条件与人群易感性等多种因素共同作用的结果,其有效防控需突破单一学科或部门的局限,建立多学科、跨部门协作机制是根本^[62]。建议联合临床医疗机构、科研院所(涵盖生命科学、前沿技术应用等研究场景)、气象、疾控中心、生态环境等部门,搭建统一的区域数据共享平台与跨学科联动机制。气象和生态环境部门负责气传致敏原(花粉、真菌孢子)常态化监测,实施整合并共享气传过敏原动态数据(如日均花粉计数、优势致敏花粉种类等)及关键气象要素预报数据(如雷暴路径、湿度、气压、风速等);医疗机构和(或)疾控中心主导,开展流行病学调查,厘清过敏性鼻炎、哮喘等高危人群的分布特征,并结合临床诊疗数据,分析雷暴哮喘发病规律;科研院所利用现代生物学与多组学研究方法,开展雷暴哮喘患者群体遗传易感性研究;林草、园林部门开展致敏植物生长发育及传播扩散机制研究,阐明典型区域致敏植物空间分布格局。在此基础上,运用人工智能算法,融合上述多源数据,构建“气传致敏原-气象-人群”三级预警体系^[63]。根据气传致敏原与气象相结合的大数据,精准计算出易感人群发生 ETSA 的临界点,可为制订和采取进一步防控措施



提供重要决策支持。目前国内发生的 ETSA 中,以内蒙古呼和浩特市为代表的北方地区是报道频次较多的区域^[19],单次事件病例数可达数千例,重庆等南方地区亦有病例报道^[21, 64]。北方地区处在同一纬度区域,气候条件相似,ETSA 发生具有区域特点。2025 年 7 月,北京世纪坛医院牵头,联合中国气象研究院和内蒙古呼和浩特市卫生健康委员会,整合气象、植被、环境、医疗等多元数据建立的“气传致敏原浓度及健康影响格点化预报系统”正式上线,初步建设的预报系统在区域防控体系中发挥重要作用,为其他区域系统搭建预警模型提供借鉴。

(二) 预警信息发布

预警信息发布是降低雷暴哮喘人群发病风险、减轻疾病公共卫生危害的重要举措,应遵循“及时、精准、全覆盖”的核心原则。在发布渠道上,应构建传统媒体与新媒体协同联动的立体传播网络:一方面依托电视、广播等传统媒介实现区域广泛覆盖,另一方面借助短信、主流社交媒体平台、专业应用程序(APP)及区域政务服务平台等新媒体渠道开展同步推送;针对过敏性鼻炎、哮喘等雷暴哮喘高危人群,可依托医疗机构慢病管理系统实施精准信息投递,确保重点人群优先获取^[50]。预警信息内容需明确界定高危人群范围、细化可操作的防护措施(如减少外出、关闭门窗、规范佩戴防护口罩等),并清晰提供就近医疗机构就诊指引及应急联系信息,以保障疑似病例及时就医。易发生雷暴哮喘的过敏性鼻炎患者,年龄分布跨度涵盖儿童至中青年群体^[43],该类人群对预警信息的高效获取是提升防控效果的关键。在信息过载背景下,新媒体渠道应作为针对该人群的优选预警信息推送载体,建议联合传播力强、影响力广的主流新媒体平台,采用视频解读、语音播报等直观易懂的呈现形式,增强信息传播效率与受众接受度。通过构建多渠道、分层次、差异化的预警信息发布体系,实现预警信息从“广泛传播”向“精准触达、高效接收、快速响应”的转变,为雷暴哮喘防控全链条中的干预措施落地提供前置支撑,最大限度降低疾病对公众健康的威胁及公共卫生应急风险。

(三) 医疗机构应急预案与资源储备

1. 制定专项应急预案:

呼吸科、变态反应科、急诊科、耳鼻喉科、儿科和重症医学科等应在气传致敏原(花粉、真菌孢子)播散季来临前做好应急储备与人员调配工作,动态调整医护人力配置,避免雷暴后接诊量激增导致的

医疗挤兑。组建多学科救治团队,开展诊治专项培训和演练,提高雷暴哮喘的快速识别与救治能力。在雷暴哮喘预警发布期间,优化就诊流程,急诊预检分诊进行分区诊疗,设置救治绿色通道,实现重症患者快速救治^[65]。基层医疗机构需健全与上级医院的双向转诊机制,提升轻症患者初步处置与转诊效率,避免病情进展。

2. 资源储备:

二级以上医疗机构应在区域花粉和真菌播散季前储备足量的急救药物,包括 SABA(如沙丁胺醇气雾剂/雾化液)、糖皮质激素(如甲泼尼龙、泼尼松)、抗组胺药(如氯雷他定、西替利嗪)、肾上腺素等;配备充足的血氧饱和度仪、雾化装置、吸氧设备、无创/有创呼吸机、气管插管器械包等器械;设置临时诊疗区域与留观区,划分轻症处置区、中重度抢救区,避免群体就诊时的医疗资源拥挤。

(四) 公众健康教育

提升公众自我防护意识是防控雷暴哮喘的重要基础。应以精确化和多元化的方式开展面向大众的健康宣教活动,通过社区健康讲座、科普文章、短视频、线上直播等形式,向公众系统普及蒿属花粉核心致敏物种(北方区域重点为艾蒿、黄花蒿、大籽蒿等优势种)的生物学特征,明确其夏秋季(7—10 月份)的主要播散周期及晨间、午后的释放高峰规律;深入浅出地讲解雷暴哮喘的发病机制、典型症状(如突发喘息、胸闷、呼吸困难)以及应急处理流程(如急救药物的正确使用等);指导易感人群动态关注气传致敏原(花粉、真菌孢子)浓度预警及雷暴天气预报,在花粉释放高峰时段及雷暴前后加强个人防护。指导公众建立自我监测体系,记录症状发作规律;指导家庭常备雷暴哮喘急救药物,确保熟练掌握急救药物的吸入方法。通过常态化科普宣教,助力公众形成“有意识、能防护、会用药”的综合应对能力。

八、环境干预措施

(一) 已发生雷暴哮喘地区的环境干预措施

鉴于近年来国内如陕西省榆林市、宁夏银川市以及内蒙古的呼和浩特市等地由于蒿属等草花粉浓度较高,加之天气干燥、多风等气候原因,成为我国雷暴哮喘的高发区域,对当地居民的生命财产造成巨大损失及严重危害^[65],因此需要对这些地区的环境积极的进行干预,其措施如下:

1. 植被规划与植被优化:

在对这些区域进行绿化提升的同时,有计划地



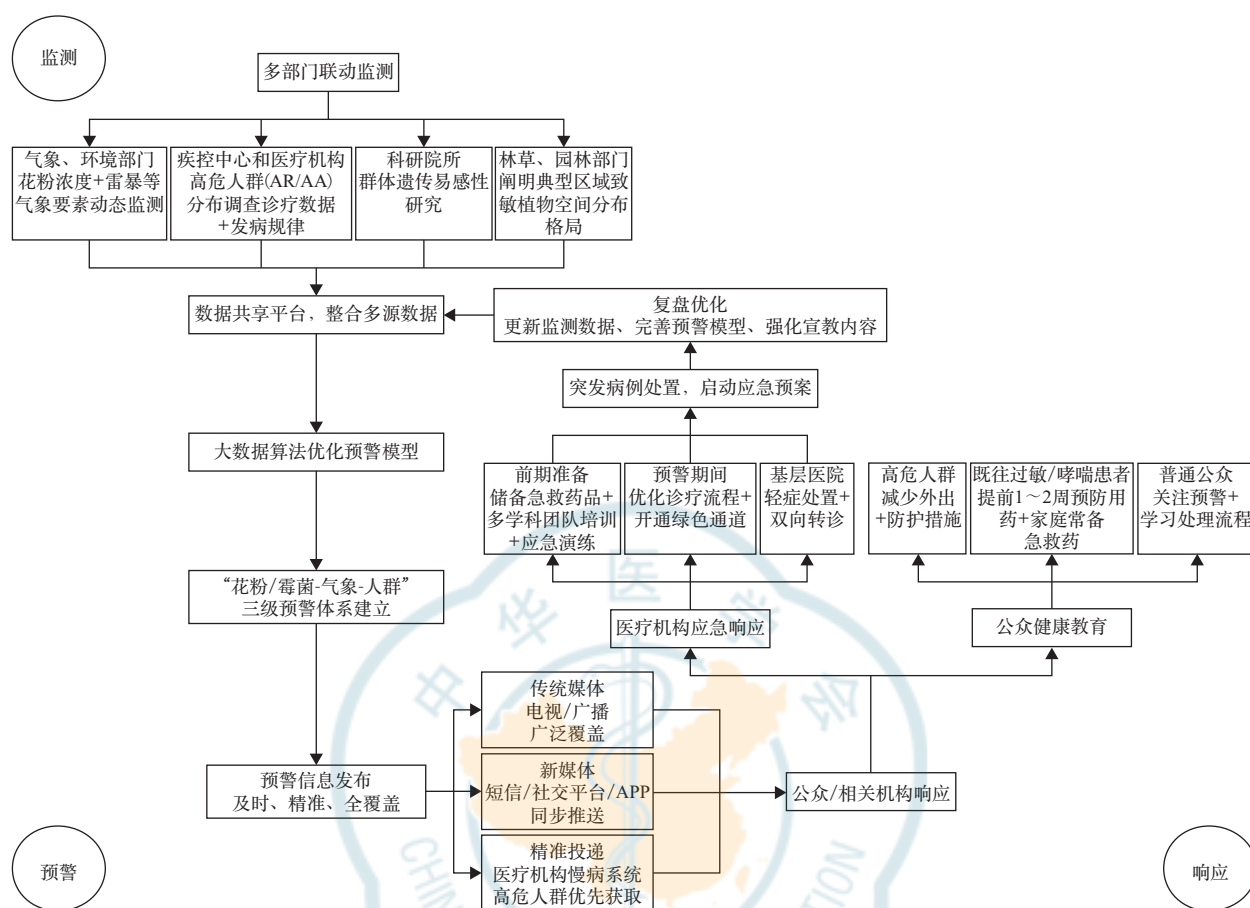


图2 雷暴哮喘公共卫生协作流程图

减少野外蒿属植物的分布面积及数量。园林部门在城市绿化、景观设计中,优先选择有益于改善空气质量、低致敏性或非致敏性的植物品种,是植被治理的关键^[64-65]。

2. 人工干预生长:

在致敏植物花期来临前,对蒿属等植物采用修剪、疏花、使用新型高效花粉抑制剂和疏雄剂等技术减少花粉产生量;或者对蒿属植物、茼蒿等草本植物在开花前进行刈割或者拔除,降低花粉的产生与传播。这种人工干预次数与强度,要因地制宜地实施。

3. 气传致敏原的传播控制:

根据气象条件,采用物理阻隔法,结合预测预报、每日巡查结果及人流量密集程度,划定花粉致敏高发重点区域,加大立体喷水喷雾频次及数量、进行地面湿化清扫、增加空气湿度等;在致敏植被集中区域,喷洒可降解的花粉脱落剂及固定剂等,促使花粉快速降落,降低空气中花粉浓度^[68]。公共建筑应定期进行霉菌检测和环境评估,及时处理发霉问题。

4. 治理空气污染和遏制全球气候变暖:

加强臭氧、氮氧化物、碳氧化物、空气粉尘(如PM_{2.5})等污染物的管控,降低污染物与气传致敏原的协同致病作用。

(二) 未发生雷暴哮喘地区的环境干预

鉴于未来雷暴哮喘发生地区的不可预测性,对尚未发生明显ETSA的其他地区在气传致敏原(花粉、真菌孢子)的产生方面也需要积极的环境干预,如加强环境中的花粉和真菌孢子的监测与预警^[69]。

除前述措施外,在城区增设绿化空间时,要尽可能在设计阶段,根据空间位置、功能、地形等,合理设计绿化植物品种、种植密度、空间布局等,降低城市绿化致敏植物的影响程度,切实抓好导致雷暴哮喘的致敏植物的源头管控;对于现有绿化空间,借助遥感技术提取各类致敏植物的空间分布和植物密度,评估其花粉散布的危害等级,结合树木养护,有计划的修剪现有优势致敏植物,对集中成片栽植的高致敏性植物群落进行植物空间结构优化配置,调整树木密度,并营造乔灌木复合林层,增加植物表面对花粉的吸附、阻滞等方式。



九、结语与展望

针对我国北方等地区雷暴哮喘频发的现状,本共识基于 1983 年以来国内外研究证据、临床实践及多学科专家意见,明确其核心定义为雷暴天气与高浓度花粉过敏原协同诱发的群体性哮喘急性发作,并界定其突发性、季节性、地域性等临床特征,系统梳理了疾病流行病学特征、发病机制、危险因素、诊疗规范、个体防护、公共卫生干预及环境治理等防控策略,为临床诊疗与公共卫生决策提供了依据。

本共识尚存阶段性局限:其一,蒿花粉等核心致敏原的关键致敏蛋白组分鉴定及精确暴露阈值尚未明确;其二,气象因素与过敏原暴露的协同致病分子机制研究深度不足;其三,区域性风险预警模型的普适性与精准度亟待多中心临床数据验证;其四,基层医疗机构的早期识别流程与规范化处置能力仍需系统性强化。本共识循证医学层面仍有提升空间,推荐意见多以观察性研究及多学科专家经验为主要支撑,高质量前瞻性临床研究、大样本多中心随机对照试验数据相对有限。

展望未来,需深化多学科交叉合作,开展雷暴哮喘队列研究,明确我国易感人群特征,明确临床及生物标志物对识别高危人群的作用,完成易感人群分层,精准指导个体防控;聚焦气传致敏原致敏组分及暴露阈值解析,阐明气象、过敏原协同致病的分子免疫机制;依托大数据与人工智能技术构建精准预警模型,完善大气污染与过敏原综合监测网络;推动多中心临床研究,研发靶向脱敏制剂,优化个体化诊疗方案;强化基层医疗救治能力,健全多部门联防联控机制,深化“五位一体”精准防控体系,为气候敏感型呼吸系统疾病的防治提供范式借鉴。

执笔人:

方秋红(首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科)

马婷婷(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

方秋红和马婷婷对本文有同等贡献

撰写专家组名单:(以下按姓氏拼音排序)

白永飞(中国科学院植物研究所)

程雷[南京医科大学第一附属医院(江苏省人民医院)耳鼻喉科、变态反应(过敏)科、过敏诊疗中心]

方秋红(首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科)

高中山(浙江大学医学院免疫研究所 浙江大学农业与生物技术学院)

蒋萍(天津市第一中心医院呼吸与危重症医学科)

姜英淑(北京市园林绿化局)

李新宇(北京市园林绿化科学研究院)

李梓铭(北京市气象台)

刘新民(北京大学第一医院呼吸与危重症医学科)

马婷婷(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

马艳良(北京大学人民医院呼吸与危重症医学科)

单广良(中国医学科学院基础医学研究所)

孙兆彬(中国气象科学研究院,中国气象局气象与医疗健康重点开放实验室,灾害天气科学与技术全国重点实验室)

童朝晖(首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科)

王学艳(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

王洪田(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

王向东[首都医科大学附属北京同仁医院耳鼻咽喉头颈外科,北京市耳鼻咽喉科研究所,过敏性疾病北京实验室(北京市教育委员会),慢性鼻病新药及诊断技术研发北京市重点实验室,首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应研究所]

魏庆宇(中国医科大学附属盛京医院过敏反应科)

向莉(国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院过敏反应科)

谢华(北部战区总医院呼吸内科与变态反应疾病诊治中心)

尹金淑(首都医科大学附属北京世纪坛医院耳鼻喉科)

于顺利(中国科学院植物研究所)

张焕萍(山西医科大学第三医院过敏反应科)

张俊晶(呼和浩特市第一医院变态反应中心,内蒙古自治区过敏性疾病重点实验室)

张罗(首都医科大学附属北京同仁医院过敏科和耳鼻咽喉头颈外科)

支玉香[中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院变态(过敏)反应科,过敏性疾病精准诊疗研究北京市重点实验室]

撰写秘书组名单:(以下按姓氏拼音排序)

陈力嘉(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

刘婷婷(内蒙古医科大学第五临床医学院)

宁慧宇(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

张倩玉(首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科)

郑凯莉(首都医科大学附属北京世纪坛医院变态反应科)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] Nickovic S, Petković S, Ilić L, et al. Prediction of airborne pollen and sub-pollen particles for thunderstorm asthma outbreaks assessment[J]. Sci Total Environ, 2023, 864: 160879. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160879.
- [2] Thien F, Davies JM, Hew M, et al. Thunderstorm asthma:



- an overview of mechanisms and management strategies [J]. *Expert Rev Clin Immunol*, 2020, 16(10): 1005-1017. DOI: 10.1080/1744666X.2021.1826310.
- [3] Li X, Jin P, Zhi L. Thunderstorm asthma in China: an emerging clinical and public health concern[J]. *Lancet, Respir Med*, 2026, 14(1): 10-11. DOI: 10.1016/S2213-2600(25)00396-0.
 - [4] Packe GE, Ayres JG. Asthma outbreak during a thunderstorm[J]. *Lancet (Lond Engl)*, 1985, 326(8448): 199-204. DOI: 10.1016/S0140-6736(85)91510-7.
 - [5] Chatelier J, Chan S, Tan JA, et al. Managing exacerbations in thunderstorm asthma: current insights[J]. *J Inflammation Res*, 2021, 14: 4537-4550. DOI: 10.2147/JIR.S324282.
 - [6] Forouzan A, Masoumi K, Haddadzadeh Shoushtari M, et al. An overview of thunderstorm-associated asthma outbreak in southwest of Iran[J]. *J Environ Public Health*, 2014, 2014(504017): 1-4. DOI: 10.1155/2014/504017.
 - [7] Losappio L, Heffler E, Contento F, et al. Thunderstorm-related asthma epidemic owing to olea europaea pollen sensitization[J]. *Allergy*, 2011, 66(11): 1510-1511. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2011.02699.x.
 - [8] Lindstrom SJ, Silver JD, Sutherland MF, et al. Thunderstorm asthma outbreak of November 2016: a natural disaster requiring planning[J]. *Med J Aust*, 2017, 207(6): 235-237. DOI: 10.5694/mja17.00285.
 - [9] D'Amato G, Liccardi G, Frenguelli G. Thunderstorm-asthma and pollen allergy[J]. *Allergy*, 2007, 62(1): 11-16. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2006.01271.x.
 - [10] D'Amato G, Cecchi L, Liccardi G. Thunderstorm-related asthma: not only grass pollen and spores[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2008, 121(2): 537-538. DOI: 10.1016/j.jaci.2007.10.046.
 - [11] D'Amato G, Corrado A, Cecchi L, et al. A relapse of near-fatal thunderstorm-asthma in pregnancy[J]. *Eur Ann Allergy Clin Immunol*, 2013, 45(3): 116-117.
 - [12] Thien F, Davies JM, Douglass JA, et al. Thunderstorm asthma: current perspectives and emerging trends[J]. *J Allergy Clin Immunol: Pract*, 2025, 13(6): 1273-1280. DOI: 10.1016/j.jaip.2025.04.001.
 - [13] Xu YY, Xue T, Li HR, et al. Retrospective analysis of epidemic thunderstorm asthma in children in yulin, northwest China[J]. *Pediatr Res*, 2021, 89(4): 958-961. DOI: 10.1038/s41390-020-0980-9.
 - [14] 杨国华, 张静虹, 宝瑞, 等. 石嘴山市雷暴天气与花粉症的关系 [J]. *宁夏医学杂志*, 2019, 41(4): 339-341. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2019.04.0339.
 - [15] 孙伟, 龚瑞, 高洁, 等. 宁夏过敏性哮喘暴发事件调查分析 [J]. *职业卫生与应急救援*, 2021, 39(6): 693-695. DOI: 10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2021.06.019.
 - [16] 严梅, 靳泉鹏, 褚娇娇, 等. 一起群体性雷暴哮喘的调查分析 [J]. *宁夏医学杂志*, 2023, 45(3): 270-273. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2023.03.0270.
 - [17] 刘德艳, 柴少卿, 李俊利, 等. 内蒙古呼和浩特地区儿童雷暴哮喘事件回顾性分析[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2024, 39(5): 364-368. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20240329-00188.
 - [18] 李伟伟, 白一萍, 文锋, 等. 呼和浩特地区群体性雷暴哮喘的相关危险因素分析[J]. *中华急危重症护理杂志*, 2024, 5(12): 1103-1107.
 - [19] Fan C, Li X, Cai H, et al. Epidemic thunderstorm asthma in Hohhot, northern China: a retrospective analysis of clinical characteristics in 155 patients[J]. *J Allergy Clin Immunol: Pract*, 2024, 12(9): 2514-2516. e1. DOI: 10.1016/j.jaip.2024.06.012.
 - [20] 周薇, 严宇, 黄静, 等. 重庆地区 55 例春季雷暴哮喘回顾性分析 [J]. *中华预防医学杂志*, 2025, 59(12): 2082-2089. DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20250509-00412.
 - [21] 杨秀芬, 邹林, 王丙栋, 等. 2024 年深圳地区夏季 60 例雷暴哮喘患者回顾性分析 [J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2025, 20(10): 1331-1335.
 - [22] Lou HF, Ma SY, Zhao Y, et al. Sensitization patterns and minimum screening panels for aeroallergens in self-reported allergic rhinitis in China[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 9286. DOI: 10.1038/s41598-017-10111-9.
 - [23] Ma TT, Fan CE, Tong X, et al. Epidemiology, diagnosis and prevention of allergic rhinitis in high-pollen areas of northern China[J]. *Clin Exp Allergy: J Br Soc Allergy Clin Immunol*, 2025, 55(10): 967-969. DOI: 10.1111/cea.70087.
 - [24] 王洪田, 白永飞, 单广良, 等. 中国北方花粉过敏性疾病的“五位一体”精准防治体系 [J]. *科学通报*, 2025. <https://link.cnki.net/urlid/11.1784.N.20250522.1127.012>
 - [25] Wang XY, Ma TT, Wang XY, et al. Prevalence of pollen-induced allergic rhinitis with high pollen exposure in grasslands of northern China[J]. *Allergy*, 2018, 73(6): 1232-1243. DOI: 10.1111/all.13388.
 - [26] Thien F, Beggs PJ, Csutoros D, et al. The Melbourne epidemic thunderstorm asthma event 2016: an investigation of environmental triggers, effect on health services, and patient risk factors[J]. *Lancet Planet Health*, 2018, 2(6): e255-e263. DOI: 10.1016/S2542-5196(18)30120-7.
 - [27] Price D, Hughes KM, Dona DW, et al. The perfect storm: temporal analysis of air during the world's most deadly epidemic thunderstorm asthma (ETSA) event in Melbourne [J]. *Ther Adv Respir Dis*, 2023, 17: 17534666231186726. DOI: 10.1177/17534666231186726.
 - [28] Venkatesan P. Epidemic thunderstorm asthma[J]. *Lancet Respir Med*, 2022, 10(4): 325-326. DOI: 10.1016/S2213-2600(22)00083-2.
 - [29] Dales RE, Cakmak S, Judek S, et al. The role of fungal spores in thunderstorm asthma[J]. *Chest*, 2003, 123(3): 745-750. DOI: 10.1378/chest.123.3.745.
 - [30] Harun NS, Lachapelle P, Douglass J. Thunderstorm-triggered asthma: what we know so far[J]. *J Asthma Allergy*, 2019, 12: 101-108. DOI: 10.2147/JAA.S175155.
 - [31] Zhao L, Fu W, Gao B, et al. Variation in IgE binding potencies of seven artemisia species depending on content of major allergens[J]. *Clin Transl Allergy*, 2020, 10(1): 50. DOI: 10.1186/s13601-020-00354-7.
 - [32] Gao Z, Fu WY, Sun Y, et al. Artemisia pollen allergy in China: component-resolved diagnosis reveals allergic asthma patients have significant multiple allergen sensitization[J]. *Allergy*, 2019, 74(2): 284-293. DOI: 10.1111/all.13597.
 - [33] Hew M, Lee J, Susanto NH, et al. The 2016 melbourne thunderstorm asthma epidemic: risk factors for severe attacks requiring hospital admission[J]. *Allergy*, 2019, 74(1): 122-130. DOI: 10.1111/all.13609.



- [34] Lee J, Kronborg C, O'Hehir RE, et al. Who's at risk of thunderstorm asthma? The ryegrass pollen trifecta and lessons learnt from the Melbourne thunderstorm epidemic[J]. *Respir Med*, 2017, 132: 146-148. DOI: 10.1016/j.rmed.2017.10.012.
- [35] Smith ML, MacLehose RF, Wendt CH, et al. Sex and age characteristics of thunderstorm asthma emergency department visits[J]. *Hyg Environ Health Adv*, 2024, 11: 100099. DOI: 10.1016/j.heha.2024.100099.
- [36] Pham J, Bui DS, Lodge CJ, et al. Genetic ancestry is associated with asthma, and this could be modified by environmental factors. A systematic review[J]. *Clin Exp Allergy: J Br Soc Allergy Clin Immunol*, 2023, 53(6): 668-671. DOI: 10.1111/cea.14308.
- [37] Li B, Liu D, Yu E, et al. Warming-and-wetting trend over the China's drylands: observational evidence and future projection[J]. *Global Environ Change*, 2024, 86: 102826. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2024.102826.
- [38] D'Amato G, Chong-Neto HJ, Monge Ortega OP, et al. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens[J]. *Allergy*, 2020, 75(9): 2219-2228. DOI: 10.1111/all.14476.
- [39] Qi W, Bian S, Li L, et al. Changes of pollen allergens in northern China[J]. *Int Arch Allergy Immunol*, 2025, Epub ahead of print: 1-10. DOI: 10.1159/000547301.
- [40] Burbank AJ. Climate change and the future of allergies and asthma[J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2025, 25(1): 20. DOI: 10.1007/s11882-025-01201-0.
- [41] Mousavi F, Oteros J, Shahali Y, et al. Impacts of climate change on allergenic pollen production: a systematic review and meta-analysis[J]. *Agric For Meteorol*, 2024, 349: 109948. DOI: 10.1016/j.agrformet.2024.109948.
- [42] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R/OL]. [2023-10-27]. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- [43] 孔锋, 郭君, 王一飞, 等. 近 56 年来中国雷暴日数的时空分异特征[J]. *灾害学*, 2018, 33(3): 87-95.
- [44] Beggs PJ. Thunderstorm Asthma and Climate Change[J]. *JAMA*, 2024, 331(10): 878. DOI: 10.1001/jama.2023.26649.
- [45] Makrufardi F, Manullang A, Rusmawatinengtyas D, et al. Extreme weather and asthma: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Respir Rev: Off J Eur Respir Soc*, 2023, 32(168): 230019. DOI: 10.1183/16000617.0019-2023.
- [46] Idrose NS, Dharmage SC, Lowe AJ, et al. A systematic review of the role of grass pollen and fungi in thunderstorm asthma[J]. *Environ Res*, 2020, 181: 108911. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108911.
- [47] Lambrecht BN, Hammad H, Fahy JV. The cytokines of asthma[J]. *Immunity*, 2019, 50(4): 975-991. DOI: 10.1016/j.immuni.2019.03.018.
- [48] 中华医学会呼吸病学分会. 支气管哮喘防治指南(2024 年版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2025, 48(3): 208-248. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20241013-00601.
- [49] Haddadzadeh Shoushtari M, Afrakhteh S, Borsi SH, et al. Pulmonary function tests in thunderstorm-associated respiratory symptoms: a cross-sectional study[J]. *Iran J Med Sci*, 2024, 49(1): 40-45. DOI: 10.30476/ijms.2023.96337.2784.
- [50] 中国医药教育协会儿科专业委员会, 中华医学会儿科学分会呼吸学组哮喘协作组, 中国医师协会呼吸医师分会儿科呼吸工作委员会, 等. 中国儿童雷暴哮喘专家共识[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2024, 39(5): 321-326. DOI: 10.3760/cma.j.cn101070-20240417-00243.
- [51] 中华医学会儿科学分会呼吸学组, 中华儿科杂志编辑委员会, 中国医药教育协会儿科专业委员会. 儿童支气管哮喘诊断与防治指南(2025)[J]. *中华儿科杂志*, 2025, 63(4): 324-337. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20250124-00074.
- [52] 中华医学会变态反应学分会, 中国人体健康科技促进会慢性气道疾病专业委员会. 中国过敏性哮喘诊治指南(第二版, 2025 年)[J]. *中华内科杂志*, 2025, 64(11): 1026-1054. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20250713-00407.
- [53] Douglass JA, Lodge C, Chan S, et al. Thunderstorm asthma in seasonal allergic rhinitis: the TAISAR study[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2022, 149(5): 1607-1616. DOI: 10.1016/j.jaci.2021.10.028.
- [54] O'Hehir RE, Varese NP, Deckert K, et al. Epidemic thunderstorm asthma protection with five-grass pollen tablet sublingual immunotherapy: a clinical trial[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 198(1): 126-128. DOI: 10.1164/rccm.201711-2337LE.
- [55] Teach SJ, Gill MA, Togias A, et al. Preseasonal treatment with either omalizumab or an inhaled corticosteroid boost to prevent fall asthma exacerbations[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2015, 136(6): 1476-1485. DOI: 10.1016/j.jaci.2015.09.008.
- [56] Brusselle GG, Koppelman GH. Biologic therapies for severe asthma[J]. *N Engl J Med*, 2022, 386(2): 157-171. DOI: 10.1056/NEJMra2032506.
- [57] 石海云, 郑凯莉, 樊长娥, 等. 脾氨肽口服溶液对季节性过敏性鼻炎预防与治疗的应用研究[J]. *中华预防医学杂志*, 2024, 58(8): 1219-1229. DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20240131-00106.
- [58] 吴雨萱, 刘洋, 蔡惠娇, 等. 雷暴哮喘的机制、病因及治疗[J]. *国际耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2025, 49(2): 100-104. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4106.2025.02.008.
- [59] Kevat A. Thunderstorm asthma: looking back and looking forward[J]. *J Asthma Allergy*, 2020, 13: 293-299. DOI: 10.2147/JAA.S265697.
- [60] 宋玲玲, 宋薇薇, 林小平, 等. 卡介菌多糖核酸治疗变应性鼻炎临床疗效分析[J]. *吉林医学*, 2016, 37(6): 1453-1454.
- [61] 马婷婷, 刘士辉, 石海云, 等. 脾氨肽口服溶液治疗季节性过敏性鼻炎的临床研究[J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2022, 29(9): 596-599. DOI: 10.16066/j.1672-7002.2022.09.013.
- [62] 王洪田, 张俊晶, 马婷婷, 等. 雷暴哮喘的突发公共卫生事件分级响应及应急处置对策[J]. *中华卫生应急电子杂志*, 2025, 11(1): 1-5. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-9133.2025.01.001.
- [63] 北京医学会过敏变态反应学分会. 过敏性疾病诊治和预防专家共识(Ⅲ)[J]. *中华预防医学杂志*, 2022, 56(12): 1685-1693. DOI: 10.3760/cma.j.cn112150-20220209-00118.
- [64] 黄飞月, 刘丽萍, 张克标, 等. 重庆市 125 例流行性雷暴哮喘患者急救治疗的回顾性分析[J]. *职业卫生与应急救援*, 2025, 43(4): 536-538. DOI: 10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2025.240642.
- [65] 佟鑫, 张俊晶. 雷暴哮喘的发生机理及防治策略[J]. *科学通报*, 2025. <https://link.cnki.net/urlid/11.1784.N.20250624.1234.018>



- [66] 许诗婷. 现代城市道路绿化景观设计及植物配置分析探讨[J]. 大众标准化, 2024(9): 85-87.
- [67] 张慧慧, 尚晓倩. 城市景观绿化设计布局对扬尘污染的弱化影响研究[J]. 环境科学与管理, 2024, 49(2): 44-48.
- [68] 马佳瑞, 杨燕妮, 张淑红, 等. 雷暴哮喘的危险因素、发病原因及防治策略[J]. 实用心脑血管病杂志, 2024, 32(10): 7-11.
- [69] 贾润梅, 刘秀云, 徐文源, 等. 雷暴哮喘现状及机制等研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2024, 41(12): 1114-1118. DOI: 10.16241/j.cnki.1001-5914.2024.12.015.



中華醫學會

