

· 论著 ·

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.07.012

云南省不同海拔及气象因素与变应原分布的关系

朱元莉^{1,2}, 王美兰¹, 张铁松¹, 陈德玉^{1,2}, 张婷^{1,2}, 高映勤¹✉

(1. 昆明医科大学附属儿童医院耳鼻喉科, 云南 昆明 650228; 2. 大理大学, 云南 大理 671003)

【摘要】 目的 了解云南省不同海拔地区变应原分布情况及气象因素对变应原致敏率的影响, 为云南省不同地区制定合理的变应原筛查方案提供理论依据。方法 回顾性分析 2022 年 1 月至 2023 年 12 月就诊于昆明市儿童医院耳鼻喉科且常住地为西双版纳州、德宏州、红河州、昭通市、昆明市、大理州、迪庆州 7 个地区的变应性鼻炎 (AR) 患儿的临床资料, 行皮肤点刺试验 (SPT), 分析 SPT 检测的阳性结果及人口学资料; 同时结合 7 个地区海拔及同期的气象数据 (平均气温、平均年相对湿度、平均年风速和平均年降水量), 分析海拔及气象因素与变应原的关系。结果 共收集到 8 175 份数据, 在不同气象及海拔下, 尘螨及部分花粉变应原的 SPT 阳性率比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 不同海拔下 (包括高海拔地区) 尘螨仍为主要致敏原。尘螨 SPT 阳性率与平均年气温呈正相关, 与海拔呈负相关 (P 均 < 0.05); 花粉 SPT 阳性率与平均年相对湿度呈负相关 ($P < 0.05$); 尘螨 SPT 阳性率随年龄的增加而升高 ($P < 0.05$)。结论 云南不同气象因素及海拔地区致敏原的分布可能存在差异, 需个性化制定诊治及预防方案。

【关键词】 变应性鼻炎; 气象因素; 海拔; 变应原; 皮肤点刺试验

Relationship between different altitudes and meteorological factors and the distribution of allergens in Yunnan Province

ZHU Yuanli^{1,2}, WANG Meilan¹, ZHANG Tiesong¹, CHEN Deyu^{1,2}, ZHANG Ting^{1,2}, GAO Yingqin¹✉

(1. Department of Otolaryngology, Children's Hospital Affiliated to Kunming Medical University, Kunming 650228, China;

2. Dali University, Dali 671003, China)

Corresponding author: GAO Yingqin, E-mail: gyinqin@163.com

【Abstract】 Objective To understand the distribution of allergens in different altitude areas of Yunnan Province and evaluate the impact of meteorological factors on the sensitization rate of allergens, providing a theoretical basis for formulating reasonable allergen screening programs in different regions of Yunnan Province. **Methods** A retrospective analysis was conducted in children with allergic rhinitis (AR) admitted to Department of Otolaryngology of Kunming Children's Hospital from January 2022 to December 2023, and their permanent places of residence were Xishuangbanna prefecture, Dehong prefecture, Honghe prefecture, Zhaotong, Kunming, Dali prefecture, and Diqing prefecture. Skin prick tests (SPT) were performed, and the positive results of SPT and demographic data were analyzed. At the same time, the relationship between altitudes and meteorological factors and allergens was analyzed by considering the altitudes of these seven regions and meteorological data (average temperature, average annual relative humidity, average annual wind speed, and average annual precipitation) during the same period. **Results** A total of 8, 175 data sets were collected. Under different meteorological and altitude conditions, the positive rate of SPT for dust mites and partial pollen allergens showed significant differences (all $P < 0.05$), and dust mites remained the main allergen even at high altitudes. The positive rate of dust mite SPT was positively correlated with the average annual temperature and negatively correlated with the altitude (both $P < 0.05$); the positive rate of pollen SPT was negatively correlated with the average annual relative humidity ($P < 0.05$); the positive rate of dust mite SPT was increased with age ($P < 0.05$). **Conclusion** The distribution of allergens in different meteorological and altitude areas of Yunnan Province may vary, and personalized diagnosis, treatment, prevention programs need to be formulated.

【Key words】 Allergic rhinitis; Meteorological factor; Altitude; Allergen; Skin prick tests

收稿日期: 2024-06-10

基金项目: 云南省科技计划项目 (202103AF140008); 昆明市卫生科技人才培养项目 (2023-培养类别 -00); 昆明市卫生科技人才培养项目暨技术中心建设项目 [2020-SW (技) -09]

作者简介: 朱元莉, 硕士研究生, 研究方向: 儿童变应性鼻炎, E-mail: 17387201723@163.com; 高映勤, 通信作者, 主任医师, 硕士生导师, 研究方向: 儿童变应性鼻炎, E-mail: gyinqin@163.com

变应性鼻炎 (allergic rhinitis, AR) 是一种鼻黏膜慢性炎症性疾病, 由过敏个体暴露于变应原后释放免疫球蛋白 E (immunoglobulin E, IgE) 介导的递质 (主要是组胺) 所致^[1-2]。流行病学研究表明, AR 患病率在中国甚至全世界范围呈逐年增加趋势^[3]。据估计, AR 影响了 10%~30% 的成人和约 40% 的儿童^[4]。变应原分布的地域性及多样性增加了 AR 筛查的难度。

变应原的分布受气候和环境影响较大, 不同地区变应原的构成存在明显差异^[5]。在气候因素中, 影响较大的因素有气温、湿度、风速、降水量等^[6-8]。温度升高可增加空气中花粉及真菌孢子的浓度而诱导 AR 发生, 温度和湿度的降低可下调鼻黏膜对变应原引起变态反应的阈值, 增加症状发作的可能, 而风速可影响花粉的传播以及空气中的花粉浓度, 降水可通过“冲刷”减少空气中的花粉颗粒^[9-11]。Barnes^[8] 研究发现, 尘螨与真菌的分布与温度及湿度相关。不同的气候条件和海拔影响变应原的分布^[12-14]。生活在高海拔地区的哮喘儿童花粉致敏率较高, 但螨致敏率较低, 反之亦然^[15]。中国青海地区的一项哮喘患病率调查显示, 低海拔地区的哮喘患病率高于高海拔地区^[16]。过敏性哮喘与 AR 属于“同一气道”的变应性疾病, 推测 AR 与海拔可能存在相关性^[17]。

云南省的气候、海拔特征多样, 各地区变应原种类分布亦呈现多样性, 且各地区的经济状况及医疗条件有较大差异, 了解各地区变应原分布特征及相对优势变应原, 可为临床制定合理的变应原筛查方案、优化变应原检测组合、合理配置资源提供理论依据。对于医疗条件较差、不具备变应原检测条件的地区, 其指导意义更为深远, 可指导患者回避本地优势变应原, 减少变态反应, 降低 AR 的发病率。为此, 本研究分析了云南不同海拔地区变应原分布情况及气象因素对变应原致敏率的影响, 为云南不同地区制定的变应原筛查方案提供参考, 现报道如下。

1 对象与方法

1.1 地区选择

以海拔 500 m 为一梯度, 根据云南省气候环境特点, 选择常居住地为西双版纳州 (海拔 552 m)、德宏州 (海拔 920 m)、红河州 (海拔 1 307 m)、昭通市 (海拔 1 685 m)、昆明市 (海拔 1 891 m)、

大理州 (海拔 2 090 m) 和迪庆州 (海拔 3 459 m) 7 个地区, 所选地区涵盖云南省所有气候带。

1.2 研究对象

选择 2022 年 1 月至 2023 年 12 月在昆明市儿童医院耳鼻咽喉科就诊, 常居住地为以上 7 个地区, 3~16 岁的 AR 患儿。纳入标准: ①症状及体征诊断标准满足《儿童变应性鼻炎诊断和治疗指南 (2022, 修订版)》, 其中鼻塞、流涕、鼻痒、阵发性喷嚏等局部症状出现 2 项或以上、每日症状持续或累计 1 h 以上, 体征可见双侧鼻黏膜苍白、肿胀, 下鼻甲水肿, 鼻腔有多量水样分泌物; ②皮肤点刺试验 (skin prick tests, SPT) 结果为阳性 (行 SPT 前患儿已停止口服抗组胺药、含抗组胺药成分的抗感冒药和中成药、外用糖皮质激素 1 周以上)^[18]。排除标准: 资料记录不全者。本研究中, 8 岁以下患儿家属及 8 岁或以上患儿已签署知情同意书, 研究方案已通过昆明市儿童医院伦理委员会审批 (批件号: 2022-03-056-K01)。

1.3 资料收集

记录入组患儿的人口学资料, 并统计其常见的 11 种吸入性变应原 SPT 结果。收集各地区与本研究中 SPT 结果阳性报告时间相一致的气象数据及平均海拔。气象数据来源于昆明市气象局, 包括气温、相对湿度、风速、降水量。海拔数据来自政府官方网站 (<https://www.yn.gov.cn/>)。计算各个地区的平均年气温、平均年相对湿度、平均年风速和平均年降水量。

1.4 变应原种类及结果判读

本研究中的 AR 患儿均采用 SPT 标准试剂盒 (北京协和药业, 中国) 进行变应原检测。选取的 SPT 的变应原种类为符合云南省变应原特点的 11 种吸入性变应原: 屋尘螨 / 粉尘螨、大籽蒿、油菜、向日葵、藜、葎草、杨树、柳树、梧桐、桦树、枝状枝孢。SPT 的结果以皮肤反应指数 (skin index, SI) 进行分级, SI 为变应原风团平均直径与阳性对照风团平均直径的比值, 其中 SI 为 (0.25, 0.50] 记 (+); SI 为 (0.50, 1.00] 记 (++) , SI 为 (1.00, 2.00] 记 (+++) , SI 大于 2.00 记 (++++), 分级为 (++) 或以上判为阳性^[19]。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析。考虑到气候和地理因素存在高度相关性, 主成分分析前行 KMO 检验, 不同气象因素及海拔以主成分分析计算荷载, 以荷载较高的气象因素把 7 个地点进

行区域合并。计数资料以 $n (%)$ 表示，各个地区性别以及变应原阳性率差异采用 χ^2 检验；年龄呈偏态分布以 $M (P_{25}, P_{75})$ 表示，各个地区年龄间差异采用秩和检验，尘螨组合（屋尘螨/粉尘螨）、花粉（大籽蒿、油菜、向日葵、藜、葎草、杨树、柳树、梧桐、桦树）与气候、海拔及年龄层（每2岁为一层）相关性分析采用 Spearman 秩相关性分析。总体比较 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义，多重比较 $P < 0.05/10$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 地区合并

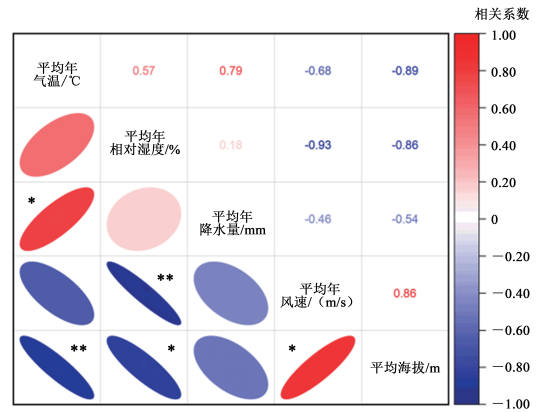
不同时间段内7个地区的平均年气温与平均海拔、平均年相对湿度与平均年风速均呈负相关（均 $P < 0.01$ ），见图1。以荷载较高的因素为依据将7个地区的数据分类行主成分分析（ $KMO = 0.614, P = 0.02$ ）。主成分分析的成分1中具有较大荷载的为平均年气温，成分2中具有较大荷载的为平均年相对湿度。结合主成分分析结果，将平均年温度和平均年相对湿度相一致的地区合并，即将西双版纳州及德宏州归为第1个区域，昭通市归为第2个区域，昆明市、红河州归为第3个区域，大理州归为第4个区域，迪庆州归为第5个区域。

2.2 基线资料分析

共收集8175份SPT阳性报告，其中西双版纳州303份，德宏州51份，昭通市389份，昆明6800份，红河321份，大理209份，迪庆102份。男5439例（65.4%），女2826例（34.6%），年龄为6（4, 8）岁，不同地区的性别构成比、年龄比较差异均无统计学意义（ P 均 > 0.05 ）。见表1。

2.3 不同环境下云南各地区患儿SPT阳性率差异

对云南省各地区患儿的SPT阳性率进行分析发现，排名前4位的分别为尘螨组合（72.8%）、



注：* $P < 0.05$ ，** $P < 0.01$ 。

图1 气象因素及海拔相关性分析

Figure 1 Correlation analysis of meteorological factors and altitude

桦树（44.9%）、油菜（40.9%）和大籽蒿（39.3%），随着海拔升高，尘螨组合占比下降，花粉占比有上升趋势（图2）。不同气象及海拔因素下变应原中尘螨组合、杨树、向日葵、梧桐、桦树、藜、葎草、大籽蒿SPT阳性率比较差异均有统计学意义（ P 均 < 0.05 ），不同海拔下尘螨组合均为主要变应原（表2）。

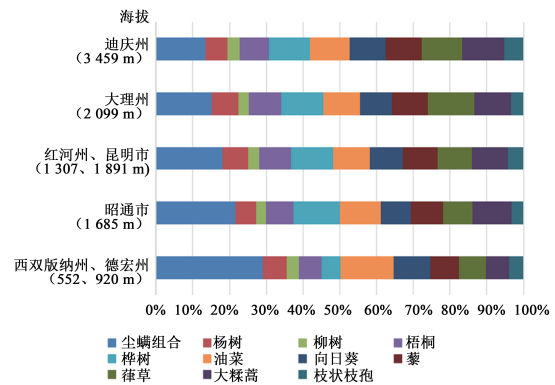


图2 各地区SPT阳性率百分比堆积条形图

Figure 2 Stacked bar chart of SPT positive rate by region

表1 不同地区的研究对象性别、年龄组成

Table 1 Gender and age composition of research subjects from different regions

人口学资料	西双版纳州、 德宏州 (n=354)	昭通市 (n=389)	红河州、昆明市 (n=7 121)	大理州 (n=209)	迪庆州 (n=102)	χ^2/H 值	P 值
性别 /n (%)						4.446	0.349
男	224 (63.3)	242 (62.2)	4 669 (65.6)	146 (69.9)	68 (66.7)		
女	130 (36.7)	147 (37.8)	2 452 (34.4)	63 (30.1)	34 (33.3)		
年龄 / 岁	6 (4, 8)	6 (4, 9)	6 (4, 8)	6 (4, 9)	6 (4, 8)	6.279	0.179

表2 不同气象及海拔因素下变应原点刺阳性率差异

Table 2 Difference of positive rate of allergen punctures under different meteorological and altitude factors

变应原	SPT 阳性 /n (%)					χ^2 值	P 值
	西双版纳州、德宏州	昭通市	红河州、昆明市	大理州	迪庆州		
尘螨组合	313 (88.4)	294 (75.8)	5 184 (73.0)	145 (69.7)	58 (56.9) ^{abc}	58.421	<0.001
杨树	63 (19.4)	68 (19.4)	17 (28.2) ^b	66 (34.0) ^b	24 (25.5) ^b	24.053	<0.001
柳树	31 (10.2)	31 (9.7)	611 (12.0)	22 (13.0)	12 (13.5)	1.887	0.756
梧桐	62 (18.8)	85 (26.2)	2 151 (35.3) ^a	71 (40.8) ^a	33 (34.0) ^a	34.917	<0.001
桦树	15 (15.5)	81 ^a (44.0)	1 169 ^a (45.8)	51 (53.1) ^a	10 (47.6)	20.710	<0.001
油菜	120 (44.3)	83 (39.2)	1 573 (40.5)	53 (46.5)	36 (45.6)	3.439	0.487
向日葵	58 (30.1)	40 (28.6)	716 (36.4)	27 (39.7)	30 (41.7) ^b	15.382	0.004
藜	17 (23.9)	47 (30.9)	1 100 (38.2)	37 (45.7)	7 (41.2)	10.862	0.028
葎草	16 (21.9)	42 (28.0)	1 022 (37.4)	45 (58.4) ^{ab}	7 (46.7)	17.169	0.002
大籽蒿	65 (19.3)	141 (37.3) ^a	2 699 (40.0) ^a	92 (46.2) ^a	48 (48.5) ^a	50.734	<0.001
枝状枝孢	18 (12.0)	30 (11.6)	679 (17.2)	20 (15.7)	6 (22.2)	6.362	0.174

注：与西双版纳州、德宏州比较，^a $P < 0.005$ ；与昭通市比较，^b $P < 0.005$ ；与红河州、昆明市比较，^c $P < 0.005$ 。

2.4 尘螨组合和花粉 SPT 阳性率与气候及海拔因素的相关性分析

尘螨组合 SPT 阳性率与平均年气温呈正相关、与海拔呈负相关 (P 均 < 0.05)，与平均年降水量、平均年相对湿度、平均年风速无关 (P 均 > 0.05)。花粉 SPT 阳性率与平均海拔呈正相关 ($P < 0.05$)，与平均气温、湿度、风速及平均年降水量无关 ($P > 0.05$)。见表 3。

表3 尘螨和花粉 SPT 阳性率与气象及海拔因素相关性
Table 3 Correlation between the positive rate of dust mite or pollen spot and meteorological and altitude factors

指标	尘螨组合 SPT 阳性率		花粉 SPT 阳性率	
	r_s 值	P 值	r_s 值	P 值
平均年气温	0.900	0.037	-0.800	0.104
平均年相对湿度	0.718	0.172	-0.564	0.322
平均年风速	-0.800	0.104	0.600	0.285
平均年降水量	0.700	0.188	-0.600	0.285
海拔	-0.990	0.001	0.900	0.037

2.5 尘螨组合和花粉 SPT 点刺阳性率与年龄层的相关性分析

吸入性变应原中尘螨组合 SPT 阳性率随着年龄层的增加而增加 ($r = 0.990$, $P = 0.001$)，花粉 ($r = 0.800$, $P = 0.200$) 和枝状枝孢 ($r = -0.400$, $P = 0.600$) 均未显示与年龄具有相关性。

3 讨论

目前，AR 的临床诊断方法包括 SPT、皮内试

验、皮肤划痕试验、血清 IgE 等，其中 SPT 在临床应用较为广泛^[20]。SPT 是一种高效、可靠的检测方法，用于鉴定 IgE 介导的变态反应，通过测定变应原的反应强度，为免疫治疗及变应原回避提供理论依据^[21]。

本研究显示，在云南地区随着海拔升高，尘螨 SPT 阳性率逐渐下降，但尘螨仍是高海拔地区的主要致敏原。自 1970 年开始就有学者假设随着海拔升高和湿度降低，尘螨变应原阳性率会降低^[15]。本研究中，尘螨阳性率随着海拔的升高逐渐下降，从西双版纳的 88.4% 下降到迪庆州的 56.9%，这与之前的报道一致。有研究显示，生活在高海拔地区的儿童与尘螨过敏相关的呼吸道症状的发病率较低，而花粉过敏的患病率较高^[22]。本研究中迪庆州尘螨 SPT 阳性率仍高于其他变应原，与之前的报道有差异。但在厄瓜多尔，对高海拔城市 (2 500~2 800 m) 的尘螨研究显示，在室内灰尘样本中经常存在丰富的螨及其变应原^[23]。在科多帕西火山保护区 (海拔 4 800 m) 采集的 10 个灰尘样本中也发现了螨的踪迹^[24]。而且，高海拔地区用于建筑物隔热、供暖和玻璃等现代建筑技术以及全球变暖可改变尘螨生活条件的环境参数、室内适宜的温度人为改变了高海拔地区低温、干燥的气候条件，使高海拔地区逐渐适宜螨的生存^[25]。因此，即使在高海拔地区，临床医师也不能忽略螨对呼吸道造成的影响，需要对高原地区螨进行更深入的研究。

有研究者提出，高海拔气候疗法可以对变应性气道病患者产生积极影响，高海拔造成人体低氧

状态,诱导低氧诱导因子-1 α 水平升高,促进叉头框蛋白P3(forkhead box protein P3,FOXP3)的转录和调节性T细胞的产生,可能导致炎症的消退;同时高海拔地区的低氧还会影响抗原呈递细胞的功能,从而影响免疫反应的发生^[26]。海拔升高还导致紫外线辐射增加,使人体维生素D水平增加,并通过调节淋巴细胞、肥大细胞和抗原呈递细胞的作用来抑制过度的炎症反应,导致适应性免疫抑制^[27]。但前期笔者研究团队对低海拔地区(西双版纳)和高海拔地区(迪庆州)进行流行病学调查时发现,高海拔地区的AR患病率高于低海拔地区,自我报告的AR患病率(分别为36.0%和19.7%)高于国际报告的AR患病率(8.5%~14.6%),提示AR的发病机制是复杂和多因素作用的^[28]。对于高海拔地区的变应性气道疾病患者,针对性治疗不应仅局限于考虑海拔,治疗计划应综合评估变应原的暴露程度、气候条件、植被类型等多重因素。

本研究中,平均海拔与花粉SPT阳性率呈正相关。随着海拔的升高,气候表现为干燥、风速大,更有利于花粉传播。高海拔地区的污染物会减少,较少的环境污染和更多的阳光照射具有免疫调节和抗炎作用^[29-30]。气候因素(温度、风速、湿度、降水量等)的变化,可能影响花粉的暴露时间和尘螨的生长繁殖。温度与花粉季节的时间密切相关,包括开始日期、高峰排放日期、结束日期和持续时间。美国学者的一项研究显示,20世纪末较暖的温度使春季花粉排放的开始时间提前了10~40 d且延长了花粉季的持续时间。温度升高还可因新的入侵物种而产生新的花粉来源^[31]。降水对花粉排放有短期和长期影响。短期强降水通过湿沉降降低了大气中的花粉水平,而长期累积降水的变化通过影响植物的生长从而增加花粉排出,改变总花粉产量^[32-33]。本研究中花粉SPT阳性率与气温、降水量、湿度、风速无相关性,但在既往研究中当相对湿度较大时,花粉颗粒不易飘散,即干燥和风速较大更有利于花粉传播,查阅海拔相关分级,医学上划分高海拔地区为2 500 m以上^[34],而本研究以500 m为一海拔梯度的话,可能存在分级过细,导致结果无相关性,日后研究将整合数据进一步分析。

本研究中尘螨的SPT阳性率在不同年龄段存在差异,且随年龄的增加而增加,这与国内王玮豪等^[35]和杨娜等^[36]报道结果一致。陈德晖等^[37]研究表明随年龄增长,儿童自主活动能力增强,接

触变应原时间延长、机会增多,导致免疫应答反应异常,年龄增加是螨过敏呼吸道变态反应性疾病患儿的危险因素。

云南不同地区变应原的阳性率各有差异。随着海拔的升高,尘螨SPT阳性率逐渐下降,而花粉SPT的阳性率逐渐升高,高海拔地区(大理州、迪庆州)草花粉SPT阳性率较高。在温度高的地区,更适合尘螨生长和繁殖,但不能忽略高原地区螨的存在;在湿度低、风速高的地区,更适合花粉的传播,并且气温升高会使花粉季节提前,延长花粉暴露的持续时间。因此,针对每个地区常见的变应原应采取特定的诊断和预防措施,这对变应原的防控和变应性疾病的治疗具有重要意义。

云南省独特的立体气候使不同海拔下的植被分布不同,需根据不同海拔及气候类型分析当地主要变应原的分布情况,可为临床制定合理的变应原筛查方案、优化变应原检测组合,进一步避免资源浪费,也可指导AR患者个性化规避变应原,减少变态反应出现。本研究仅为单中心研究,尽管进行了地域分组,但由于医院的地理位置限制,纳入研究的对象以昆明地区为主,部分相关系数不低的有达到0.8,可能因为分组过细及样本量少,导致结果可能存在偏差。因此,今后应进行多中心研究,扩大研究范围,使得研究结论更科学、更客观、更严谨。

参 考 文 献

- [1] 中国医师协会儿科医师分会儿童耳鼻咽喉专业委员会,许政敏,谷庆隆,等.儿童过敏性鼻炎诊疗:临床实践指南[J].中国实用儿科杂志,2019,5(3):169-175. DOI: 10.19538/j.ek2019030601.
Otolaryngology Professional Committee of Pediatrician Branch of Chinese Medical Doctor Association, XU Z M, GU Q L, et al. Clinical practice guideline: diagnosis and treatment in children with allergic rhinitis[J]. Chin J Pract Pediatr, 2019, 5(3): 169-175. DOI: 10.19538/j.ek2019030601.
- [2] 韩东园,徐博怀,余璐洁,等.变应性鼻炎非特异性免疫治疗的研究进展[J].新医学,2022,53(11):806-809. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2022.11.004.
HAN D Y, XU B H, YU L J, et al. Research progress on non-specific immunotherapy for allergic rhinitis[J]. J New Med, 2022, 53(11): 806-809. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2022.11.004.
- [3] LUO X, HONG H, LU Y, et al. Impact of air pollution and meteorological factors on incidence of allergic rhinitis: a low-latitude multi-city study in China[J]. Allergy, 2023, 78(6):

- 1656-1659. DOI: 10.1111/all.15469.
- [4] DIERICK B J H, VAN DER MOLEN T, FLOKSTRA-DE BLOK B M J, et al. Burden and socioeconomics of asthma, allergic rhinitis, atopic dermatitis and food allergy [J]. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*, 2020, 20 (5): 437-453. DOI: 10.1080/14737167.2020.1819793.
- [5] LUO W, LI Y, XU L, et al. Pollen allergens sensitization characteristics and risk factors among allergy rhinitis of children in China's mainland: a multicenter study [J]. *Heliyon*, 2023, 9 (4): e14914. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14914.
- [6] ARIANO R, CANONICA G W, PASSALACQUA G. Possible role of climate changes in variations in pollen seasons and allergic sensitizations during 27 years [J]. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2010, 104 (3): 215-222. DOI: 10.1016/j.anaai.2009.12.005.
- [7] 李英, 李月丛, 吕素青, 等. 石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系 [J]. *生态学报*, 2014, 34 (6): 1575-1586. DOI: 10.5846/stxb201304180736.
- LI Y, LI Y C, LÜ S Q, et al. The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang [J]. *Acta Ecol Sin*, 2014, 34 (6): 1575-1586. DOI: 10.5846/stxb201304180736.
- [8] BARNES C. Fungi and atopy [J]. *Clin Rev Allergy Immunol*, 2019, 57 (3): 439-448. DOI: 10.1007/s12016-019-08750-z.
- [9] 何珊, 牟喆, 彭丽, 等. 气象环境因素对儿童变应性鼻炎自觉症状影响的研究 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2015, 29 (16): 1458-1462, 1466. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1781.2015.16.012.
- HE S, MU Z, PENG L, et al. Effects of meteorological and environmental factors on subjective symptoms of allergic rhinitis in children [J]. *J Clin Otorhinolaryngol Head Neck Surg*, 2015, 29 (16): 1458-1462, 1466. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1781.2015.16.012.
- [10] DENG S Z, JALALUDIN B B, ANTÓ J M, et al. Climate change, air pollution, and allergic respiratory diseases: a call to action for health professionals [J]. *Chin Med J*, 2020, 133 (13): 1552-1560. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000861.
- [11] SCHRAMM P J, BROWN C L, SAHA S, et al. A systematic review of the effects of temperature and precipitation on pollen concentrations and season timing, and implications for human health [J]. *Int J Biometeorol*, 2021, 65 (10): 1615-1628. DOI: 10.1007/s00484-021-02128-7.
- [12] 王晓艳, 王洪田, 王学艳. 尘螨的生物学特性与除螨措施及其效果 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 55 (7): 720-725. DOI: 10.3760/cma.j.cn115330-20200226-00131.
- WANG X Y, WANG H T, WANG X Y. The biological feature of house dust mite and research progress on interventions [J]. *Chin J Otorhinolaryngol Head Neck Surg*, 2020, 55 (7): 720-725. DOI: 10.3760/cma.j.cn115330-20200226-00131.
- [13] 娄鸿飞, 马思远, 赵岩, 等. 京津冀地区自报过敏性鼻炎患者吸入过敏原检测临床相关性分析 [J]. *首都医科大学学报*, 2017, 38 (5): 665-670. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2017.05.008.
- LOU H F, MA S Y, ZHAO Y, et al. Sensitization patterns for aeroallergens in self-reported allergic rhinitis within Beijing, Tianjin, and Hebei Region [J]. *J Cap Med Univ*, 2017, 38 (5): 665-670. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2017.05.008.
- [14] OZKAYA E, SOGUT A, KÜÇÜKKOÇ M, et al. Sensitization pattern of inhalant allergens in children with asthma who are living different altitudes in Turkey [J]. *Int J Biometeorol*, 2015, 59 (11): 1685-1690. DOI: 10.1007/s00484-015-0975-0.
- [15] BISOFFI L, SASSUDELLI G, AGOSTINIS F, et al. Pediatric asthma and altitude: a complex interplay between different environmental factors [J]. *Ital J Pediatr*, 2024, 50 (1): 42. DOI: 10.1186/s13052-023-01492-x.
- [16] 高芬, 杨庆娟, 张海国. 2006至2007年青海省支气管哮喘患病率调查 [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2011, 34 (3): 165-168. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2011.03.003.
- GAO F, YANG Q J, ZHANG H G. An epidemiological study of bronchial asthma in Qinghai Province [J]. *Chin J Tuberc Respir Dis*, 2011, 34 (3): 165-168. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2011.03.003.
- [17] NAPPI E, PAOLETTI G, MALVEZZI L, et al. Comorbid allergic rhinitis and asthma: important clinical considerations [J]. *Expert Rev Clin Immunol*, 2022, 18 (7): 747-758. DOI: 10.1080/1744666X.2022.2089654.
- [18] 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、小儿学组. 儿童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 (4): 392-404. DOI: 10.3760/cma.j.cn115330-20220303-00092.
- Subspecialty Group of Rhinology of Editorial Board of Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Subspecialty Groups of Rhinology and Pediatrics of Society of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery of Chinese Medical Association. Guideline for diagnosis and treatment of pediatric allergic rhinitis (2022, revision) [J]. *Chin J Otorhinolaryngol Head Neck Surg*, 2022, 57 (4): 392-404. DOI: 10.3760/cma.j.cn115330-20220303-00092.
- [19] 王洪田, 马琳, 王成硕, 等. 过敏原皮肤点刺试验的专家共识 [J]. *北京医学*, 2020, 42 (10): 966-985. DOI: 10.15932/j.0253-9713.2020.10.912.
- WANG H T, MA L, WANG C S, et al. Expert consensus on allergen skin prick test [J]. *Beijing Med J*, 2020, 42 (10): 966-985. DOI: 10.15932/j.0253-9713.2020.10.912.
- [20] 赵飞, 李丹, 孙庆山, 等. 皮肤点刺试验诊断过敏性鼻炎效能及过敏原检出率的临床分析 [J]. *中国实验诊断学*, 2022, 26 (1): 14-16. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4287.2022.01.005.
- ZHAO F, LI D, SUN Q S, et al. Efficacy of skin prick test in the diagnosis of allergic rhinitis and clinical analysis of allergen detection rate [J]. *Chin J Lab Diagn*, 2022, 26 (1): 14-16. DOI: 10.3969/j.issn.1007-4287.2022.01.005.
- [21] SKYPALA I J, HUNTER H, KRISHNA M T, et al. BSACI guideline for the diagnosis and management of pollen food syndrome in the UK [J]. *Clin Exp Allergy*, 2022, 52 (9): 1018-1034. DOI: 10.1111/cea.14208.
- [22] CHARPIN D, BIRNBAUM J, HADDI E, et al. Altitude and

- allergy to house-dust mites: a paradigm of the influence of environmental exposure on allergic sensitization[J]. *Am Rev Respir Dis*, 1991, 143 (5 Pt 1): 983-986. DOI: 10.1164/ajrccm/143.5_Pt_1.983.
- [23] VALDIVIESO R, IRAOLA V, ESTUPIÑÁN M, et al. Sensitization and exposure to house dust and storage mites in high-altitude areas of Ecuador[J]. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2006, 97 (4): 532-538. DOI: 10.1016/S1081-1206 (10) 60946-5.
- [24] VALDIVIESO R, IRAOLA V, PINTO H. Presence of domestic mites at an extremely high altitude (4800 m) in Andean Ecuador[J]. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 2009, 19 (4): 323-324.
- [25] GRAFETSTÄTTER C, PROSSEGGER J, BRAUNSCHMID H, et al. No concentration decrease of house dust mite allergens with rising altitude in alpine regions[J]. *Allergy Asthma Immunol Res*, 2016, 8 (4): 312-318. DOI: 10.4168/aaair.2016.8.4.312.
- [26] KRZYWINSKA E, STOCKMANN C. Hypoxia, metabolism and immune cell function[J]. *Biomedicines*, 2018, 6 (2): 56. DOI: 10.3390/biomedicines6020056.
- [27] FIETEN K B, DRIJVER-MESSELINK M T, COGO A, et al. Alpine altitude climate treatment for severe and uncontrolled asthma: an EAACI position paper[J]. *Allergy*, 2022, 77 (7): 1991-2024. DOI: 10.1111/all.15242.
- [28] GAO Y Q, SEAH J J, WANG M L, et al. An unusually high prevalence of allergic rhinitis at high altitudes in 6-7 year old children - An epidemiological study[J]. *World Allergy Organ J*, 2024, 17 (5): 100887. DOI: 10.1016/j.waojou.2024.100887.
- [29] RIJSENBEK-NOUWENS L H, BEL E H. High-altitude treatment: a therapeutic option for patients with severe, refractory asthma[J]. *Clin Exp Allergy*, 2011, 41 (6): 775-782. DOI: 10.1111/j.1365-2222.2011.03733.x.
- [30] BASLER L, SAXER S, SCHNEIDER S R, et al. Asthma rehabilitation at high vs. low altitude and its impact on exhaled nitric oxide and sensitization patterns: randomized parallel-group trial[J]. *Respir Med*, 2020, 170 : 106040. DOI: 10.1016/j.rmed.2020.106040.
- [31] D'AMATO G, CHONG-NETO H J, MONGE ORTEGA O P, 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.
- [32] MAKRA L, MATYASOVS.ZKY I, PÁLDY A, et al. The influence of extreme high and low temperatures and precipitation totals on pollen seasons of Ambrosia, Poaceae and Populus in Szeged, southern Hungary[J]. *Grana*, 2012, 51 (3): 215-227. DOI: 10.1080/00173134.2012.661764.
- [33] ZHANG Y, STEINER A L. Projected climate-driven changes in pollen emission season length and magnitude over the continental United States[J]. *Nat Commun*, 2022, 13 (1): 1234. DOI: 10.1038/s41467-022-28764-0.
- [34] 高蕾, 李方明, 马海林, 等. 长期高海拔暴露对高原移居大学生睡眠质量的影响[J]. *高原科学研究*, 2021, 5 (1): 49-55. DOI: 10.16249/j.cnki.2096-4617.2021.01.007.
- GAO L, LI F M, MA H L, et al. Effects of long-term exposure to high altitude on sleep quality of college students migrated to high altitude[J]. *Plateau Sci Res*, 2021, 5 (1): 49-55. DOI: 10.16249/j.cnki.2096-4617.2021.01.007.
- [35] 王玮豪, 孔维封, 郑瑞, 等. 广州地区不同性别变应性鼻炎吸入性及食入性变应原谱特征分析[J]. *中山大学学报(医学科学版)*, 2022, 43 (1): 10-17. DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ (med.sci) .2022.0.
- WANG W H, KONG W F, ZHENG R, et al. Pattern of inhalant and food allergens in patients with allergic rhinitis by gender in Guangzhou[J]. *J SUN Yat-sen Univ (Med Sci)*, 2022, 43 (1): 10-17. DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ (med.sci) .2022.0.
- [36] 杨娜, 魏庆宇, 李婷婷. 辽阳地区变应性鼻炎/哮喘过敏原体外检测结果及年龄分布特征[J]. *中国医师杂志*, 2016, 18 (8): 1208-1210. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2016.08.022.
- YANG N, WEI Q Y, LI T T. In vitro detection results and age distribution characteristics of allergic rhinitis/asthma allergens in Liaoyang Area[J]. *J Chin Physician*, 2016, 18 (8): 1208-1210. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-1372.2016.08.022.
- [37] 陈德晖, 江梅, 李靖, 等. 广州地区儿童呼吸道变态反应性疾病螨性变应原相关危险因素分析[J]. *国际呼吸杂志*, 2010, 30 (17): 1029-1033. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2010.017.002.
- CHEN D H, JIANG M, LI J, et al. Risk factors of acarines sensitization for respiratory allergic diseases of children in Guangzhou urban districts[J]. *Int J Respir*, 2010, 30 (17): 1029-1033. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2010.017.002.

(责任编辑: 林燕薇)