

支气管哮喘患儿肺康复临床研究进展

钱孔嘉,徐红贞,陈志敏,郑 迎

浙江大学医学院附属儿童医院 国家儿童健康与疾病临床医学研究中心,浙江
杭州 310052

[摘 要] 支气管哮喘是以慢性气道炎症、气道高反应性为特征的异质性疾病。随着生命全周期健康理念发展,儿童支气管哮喘的治疗重心由最初的药物控制逐渐转变为功能康复与药物辅助的综合管理模式。作为一种非药物干预的综合性疾病管理方法,肺康复在儿童哮喘的控制中与药物治疗起着同样重要的作用。研究表明,通过Buteyko呼吸训练、缩唇呼吸训练、膈肌呼吸训练、阈值压力负荷吸气肌训练及瑜伽呼吸训练等呼吸训练可改善患儿第一秒用力呼气量、用力肺活量、呼气流量峰值和最大通气量等肺功能指标;通过运动前评估、运动实施、运动效果评价可提高哮喘患儿身体素质、神经肌肉协调能力和自信心;通过健康教育、心理支持及营养干预等综合干预措施可提高患儿的康复训练依从性及有效性。本文综述了哮喘患儿肺康复中的呼吸训练、体育运动及其他综合性干预措施等研究进展,旨在为临床科学、合理开展哮喘患儿肺康复管理提供理论依据和实践指导。



[关键词] 肺康复;支气管哮喘,儿童;呼吸训练;体育运动;健康教育;心理支持;营养;综述

[中图分类号] R725.6 [文献标志码] A

Advances in pulmonary rehabilitation for children with bronchial asthma

QIAN Kongjia, XU Hongzhen, CHEN Zhimin, ZHENG Ying (*Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, National Clinical Research Center for Child Health, Hangzhou 310052, China*)

Corresponding author: XU Hongzhen, E-mail: 6184020@zju.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0001-9962-1963>

[Abstract] Bronchial asthma is a heterogeneous disease characterized by chronic airway inflammation and airway hyperresponsiveness. With the development of the

收稿日期(Received):2023-02-21 接受日期(Accepted):2023-07-03 网络预发表日期(Online):2023-08-09

基金项目(Funding):国家自然科学基金(81870023);浙江省重点研发计划(2020C03062)

第一作者(First author):钱孔嘉,主管护师,主要从事儿科护理工作;E-mail: 6511082@zju.edu.cn; <https://orcid.org/0000-0002-8961-3940>

通信作者(Corresponding author):徐红贞,主任护师,硕士生导师,主要从事儿科护理管理及护理教育研究;E-mail: 6184020@zju.edu.cn; <https://orcid.org/0000-0001-9962-1963>

whole-life-cycle health concept, the focus of treatment for bronchial asthma in children has gradually shifted from pharmacological control to an integrated management model of functional rehabilitation and pharmacological assistance. As a non-pharmacological integrated approach, pulmonary rehabilitation plays an equally important role in the management of childhood asthma as pharmacological treatments. Breathing techniques such as Buteyko breathing, pursed lip breathing, diaphragmatic breathing training, threshold-pressure inspiratory muscle training and yoga breathing can improve lung function indicators such as forced expiratory volume in first second (FEV1), forced vital capacity (FVC), peak expiratory flow (PEF) and maximal voluntary ventilation (MVV) in children. Comprehensive pre-exercise assessment, development of exercise prescriptions, and implementation and evaluation of exercise effects can improve physical fitness, neuromuscular coordination, and self-confidence of children with asthma. The comprehensive interventions of health education, psychological support and nutritional intervention can improve the compliance and effectiveness of rehabilitation training. This article reviews the research progress on respiratory training, physical exercise, and comprehensive interventions in the pulmonary rehabilitation of asthmatic children, to provide theoretical basis and practical guidance for the scientific and rational management of pulmonary rehabilitation of asthmatic children in clinical settings.

[**Key words**] Pulmonary rehabilitation; Bronchial asthma, children; Respiration training; Sport; Health education; Psychological support; Nutrition; Review

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2023, 52(4): 518-525.]

[**缩略语**] 全球哮喘防治倡议(Global Initiative for Asthma,GINA); 阈值压力负荷吸气肌训练(threshold-pressure inspiratory muscle training, TIMT); 第一秒用力呼气量(forced expiratory volume in first second, FEV1); 用力肺活量(forced vital capacity, FVC); 呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF); 脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂)

支气管哮喘(简称哮喘)是儿童最常见的慢性呼吸道疾病之一,且在儿童中的发病率呈逐年上升趋势,可影响约20%的儿童^[1]。哮喘对儿童的生活质量、运动能力和肺功能产生负面影响,同时也增加了家庭压力和社会经济负担。尽管近年来关于儿童哮喘的诊断、治疗与管理水平获得很大进步,但研究显示仍有约20%的患儿哮喘症状未达到良好的控制,控制情况有待提高^[2]。目前, β 受体激动剂和糖皮质激素作为治疗儿童哮喘的主要药物已广泛应用于临床,但仍存在一定的副作用。因此,需要探索更安全、有效的干预措施来补充或替代药物治疗。肺康复是指在全面、整体评估患者后进行的包括呼吸训练、运动、健康教育和行为改变等个体化综合性干预措

施^[3],旨在通过稳定或逆转慢性呼吸系统疾病患者的全身状况,减轻患者的临床症状和并发症、提高患者参与度、降低医疗成本^[4]。规范的肺康复可对哮喘患儿支气管高反应性、气道炎症、生活质量和哮喘控制产生积极作用。GINA指南^[5]将肺康复推荐为哮喘患者非药物治疗的核心内容。本文综述了哮喘患儿肺康复的方法以及临床应用现状,旨在为我国科学、合理地开展肺康复提供理论依据和实践指导。

1 呼吸训练

哮喘发作时可呈现喘息、胸闷、咳嗽、气急、呼吸困难等症状。呼吸练习技术侧重于使用适当的呼吸模式来降低呼吸频率、减少过度换气,

使二氧化碳水平恢复正常,从而减少支气管痉挛和呼吸困难^[6]。呼吸训练主要包括 Buteyko 呼吸、缩唇呼吸、膈肌呼吸、TIMT 及瑜伽呼吸等呼吸技巧的训练,适用于能理解指令并配合训练的患儿,需要结合患儿病情,根据患儿的依从性、偏好和意愿进行练习。

1.1 Buteyko 呼吸训练

Buteyko 呼吸训练最早由俄罗斯呼吸治疗师 Konstantin 发明,是一种利用鼻和膈呼吸来建立正常呼吸频率和呼吸模式的呼吸再训练技术^[7]。Buteyko 呼吸训练^[8]包括患者休息时持续用鼻子呼吸、患者运动时根据需要使用防张嘴贴及更高级的技术(如控制暂停、延长停顿、减少呼吸),其治疗形式可根据患儿的具体情况采取个体化的方案。Vagedes 等^[9]在 6~15 岁哮喘部分控制的 32 例患儿常规治疗中加入 Buteyko 呼吸训练,患儿或家属需要接受 5 d 的理论和实践培训,而后患儿持续练习 3 个月,每天两次,每次 15 min,结果显示 Buteyko 呼吸训练可提高患儿 FEV₁、改善患儿父母情绪,但在短期内不会降低治疗药物的用量。Elnaggar 等^[10]的一项随机对照试验纳入 FEV₁/FVC 值超过 60 但小于 80、年龄为 8~14 岁的轻度或中度哮喘患儿 54 例,其中接受 Buteyko 呼吸训练的 18 例患儿每次训练 30 min,每周三次,持续 3 个月,结果发现 Buteyko 组在改善血清总免疫球蛋白 E、通气功能结局指标和哮喘控制方面均优于对照组。但 Buteyko 呼吸训练用于哮喘患儿的既往研究缺乏统一的临床实施方法和标准,干预效果也不尽相同,未来还需更多的循证依据以验证其应用价值。

1.2 缩唇呼吸训练

缩唇呼吸训练是一种抗阻呼气训练,通过增加气道内压,减轻或防止小气道过早闭合,改善通气换气,减少肺内残气量,适用于呼吸短促或喘息患儿^[11]。训练时患儿保持坐或站的垂直姿势,放松肩膀和颈部肌肉,闭上嘴,用鼻子慢慢吸气至少 2 s,缩唇慢慢地呼出肺里所有的空气,持续至少 4 s,注意不要用力把空气挤出来,呼气的至少应该是吸气的两倍^[12]。El-Helaly 等^[13]在 40 例 6~13 岁中度持续性哮喘患儿中应用缩唇呼吸训练,15~20 min 一次(每次 5 组,组间休息),每周三次,持续 3 个月,结果显示患儿的肺功能指标如 FEV₁、FVC、PEF 和最大通气量等均有改善。

缩唇呼吸训练操作简便,但需要确保每次动作标准,且需长期坚持,因此,未来需要在合适的训练时间、借助互联网+平台进行辅助监督等提高患儿训练依从性方面进一步探索。

1.3 膈肌呼吸训练

膈肌呼吸是一种缓慢而深长的呼吸方法,通过调节自主神经功能影响呼吸系统^[14]。训练时患儿取平卧位,用鼻吸气,经口呼气。吸气时一只手放在上胸部,尽可能保持放在胸前的手不动,另一只手放在腹部的同时加压腹部;呼气时收紧腹肌,通过噘起的嘴唇呼气时让腹肌向内收缩。一般吸气 2 s,呼气 4~6 s,吸气与呼气时间比为 1:2 或 1:3^[15]。每次练习重复以上步骤 5 次,每日两次^[16]。一项系统综述表明,膈肌呼吸训练在短期和长期均能适度改善患者的生活质量^[17]。然而膈肌呼吸训练进行时动作指令性强,因此,适用于配合良好的青少年。

1.4 TIMT

TIMT 是一种在压力负荷仪器检测下,配合不同呼吸强度、频率以保证最大有效训练阈值使相关吸气肌群功能得以提升的训练方法^[18]。哮喘患者可能会出现包括呼吸肌在内的肌肉量减少,这与皮质类固醇的治疗有关^[19]。运动诱发的支气管收缩和哮喘患者慢性支气管收缩可能与吸气肌做功增加有关,因此增加哮喘患者吸气肌的力量可以减轻呼吸困难的程度,提高运动耐受性。目前常以最大吸气压的高低来反映吸气肌肌力。在一项随机对照试验中,34 例哮喘患儿使用压力阈值加载装置,设置最大吸气压 40% 的吸气肌训练,分为两个阶段:第一阶段为连续 15 次横膈膜呼吸,每次间隔 10 s,持续 15 min;第二阶段为 5 min 的持续肌肉耐力呼吸。每次 20 min,每周三次,连续 12 周^[20]。Lima 等^[21]设置了同样的最大吸气压值,但锻炼频率略有不同,每次训练前进行 25 min 的坐位和仰卧位呼吸再教育,随后实施 20 min 间歇呼吸,5 min 耐力呼吸,每周两次,连续 7 周。上述两项研究结果均显示 TIMT 能有效改善患儿的呼吸功能、增强呼吸肌力量,对哮喘症状的感知改善方面有显著优势。但针对哮喘病程的不同阶段,仍须探索 TIMT 的最大适应压力阈值及最优干预频率。

1.5 瑜伽呼吸训练

瑜伽是一种通过体式、冥想练习和调息法的

结合,将身体、精神和思想结合起来的练习^[22]。体式是指通过改变一个人的姿势来增加呼吸潜力,有助于增加肌肉力量,可为调息做准备,增加肺容量;调息法是指缓慢或快速的吸气、停留和呼气,其目的是通过控制呼吸过程,从而减少过度通气^[23]。Tahan等^[24]在研究中纳入20例6~17岁哮喘患儿,患儿在瑜伽专家全程授课下接受瑜伽呼吸训练,包括10 min的调息、40 min的体式和10 min的放松;Jasrotia等^[25]则在瑜伽专家的指导下对30例10~14岁哮喘青少年进行瑜伽呼吸训练,包括22 min的体式、10 min的调息和5 min的冥想;Gupta等^[26]纳入150例8~14岁的哮喘患儿,在接受了两种调息及8种体式训练后实施为期6周的瑜伽呼吸训练。以上各项研究中,瑜伽呼吸训练干预时间从三周至一年不等;干预频率从每周三次、每次30 min,到每天30~60 min^[27]。结果表明,与未接受瑜伽呼吸训练患儿比较,接受瑜伽呼吸训练的哮喘患儿在肺功能和生活质量方面均有所改善,且药物用量、心率、呼吸频率和旷课天数均减少^[24-26]。说明瑜伽呼吸训练是治疗儿童哮喘有效的辅助手段,但瑜伽呼吸训练的形式、每次训练的时长存在很大差异,因此各年龄段哮喘患儿在不同病程阶段的瑜伽呼吸训练的方式、时间、频次、效果评价等须进一步探讨。

2 体育运动

哮喘儿童与正常儿童一样,规律的中等强度及以上运动对健康有益,且在哮喘症状控制和心理健康方面有积极作用,安全性良好^[28]。体育运动可减少促炎性细胞因子的产生、增加抗炎细胞因子的释放及降低单核细胞和巨噬细胞受体的表达,进而在一定程度上抑制机体对变应原的炎症反应^[29]。然而,由于担心引起呼吸困难,许多哮喘患儿不敢参加体育运动,我国学龄期哮喘儿童运动严重不足^[30]。可通过设计个体化运动方案,提高哮喘患儿的身体素质、神经肌肉协

调能力和自信心。

2.1 运动前评估

哮喘患儿在运动前应做综合评估,如近期症状控制情况、心肺功能情况、生长发育情况、身体素质和运动能力,从而决定运动的类型、时间和强度,必要时可邀请运动医学科医师等专业人员参与患儿的日常训练,纠正不良的运动方式,指导患儿正确开展运动。临床常用的哮喘量化评估工具包括哮喘控制测试(asthma control test)、儿童哮喘控制测试(childhood asthma control test)、儿童呼吸和哮喘控制测试(test for respiratory and asthma control in kids)^[31],根据患儿哮喘控制的情况可分为哮喘未控制、部分控制、控制良好。哮喘未控制或急性发作期间应暂停体育运动,合并感染时也建议暂停,直到患儿无症状1 d后可逐渐恢复体育运动^[32]。患儿的心肺功能测定主要包括肺功能、动脉血气分析、直接/间接血氧饱和度测定,PEF不低于预计值80%时方能开始运动^[33]。同时须兼顾患儿的心理状态,易疲劳、情绪紧张或心理压力过大时均不建议开展体育运动。

2.2 运动实施

建议哮喘控制不良患儿参加体力输出持续时间短(5~10 min以内)、呼吸负荷不重的中低强度运动,在保证运动安全和避免哮喘发作的前提下,循序渐进地增加运动强度、延长运动时间^[34]。针对哮喘控制良好的患儿,则根据不同年龄患儿的生长发育情况、喜好及运动的内容决定运动形式。学龄前儿童可参与的运动包括爬行、步行、骑行等,可酌情参加如游泳、篮球、体操等运动^[35];学龄期儿童和青少年参与的运动包括有氧运动、抗阻运动、柔韧性训练^[36]。依据美国运动医学学会指南^[37]和美国胸科学会与欧洲呼吸学会声明^[38],哮喘患儿的有氧运动处方见表1。理想的计划是每周120 min,至少分两次或三次进行,建议持续至少3个月,推荐中等强度的运动^[39]。

表1 6~17岁哮喘患儿有氧运动处方

Table 1 Suggested prescriptions of aerobic exercise for 6-17 year-old children with asthma

指 标	有氧运动
频率/时间	每周2~5次,每次20~30 min;不能忍受20 min持续活动的患儿,建议选择2~3 min的高强度间歇运动;运动进行1个月且患儿可以耐受,可以延长到每次40 min,每周5次
强度	建议以最大工作率的60%~75%进行;至少达到60%的最大摄氧量
方式	推荐进行可以活动大肌肉群的运动方式,如步行、慢跑或骑自行车

2.3 运动效果评价

程波利等^[40]将 112 例 7~14 岁哮喘患儿随机分为两组,其中干预组根据患儿兴趣结合病情选择运动项目,包括游泳、篮球、羽毛球、乒乓球、跳绳、健美操及慢跑,条件允许时游泳为首选;运动强度个体化,并随患儿运动能力的提高及时调整,以不出现哮喘相关症状如咳嗽、胸闷等为限;每周三次,每次至少 20 min。结果表明,干预组 PEF 日内变异率自第 13 周开始持续低于对照组,日间和夜间症状评分及应急用药量均显著小于对照组($P<0.05$)。Basaran 等^[41]将 62 例轻、中度哮喘患儿随机分为运动组和对照组,运动组接受 8 周中等强度的篮球训练,每周三次(周一、周三和周五),每次约 1 h(15 min 热身、30~35 min 极量篮球训练、10 min 放松和柔韧性训练),发现对哮喘儿童的生活质量和运动能力均有益,是一种有效的哮喘儿童运动方案。以上研究表明,体育锻炼可以改善哮喘儿童的肺功能和哮喘控制,但哪种形式的运动对哮喘患儿收益更佳目前尚无定论,需要更多的研究去证实。

2.4 运动中注意事项

哮喘患儿在运动前应热身,必要时可在运动前 10 min 吸入支气管舒张剂^[32]。运动时应避免极端的环境条件,如严寒、炎热或潮湿^[42]。避免温度的突然变化,冬季进行户外运动时需注意环境温度,如果吸入的空气突然变暖可导致支气管腔内迅速升温,引起气道水肿和支气管收缩^[43]。同时建议避免在受污染的环境中锻炼。低温和空气污染时锻炼可诱发起气道高反应性、运动性支气管痉挛和加重哮喘^[44]。此外,运动训练期间应监测患儿的血压、心率和 SpO_2 ,并观察其呼吸困难、呼吸音、出汗情况。有氧运动训练中 SpO_2 应始终不低于 88%,如患儿在运动中 SpO_2 低于 88% 或下降超过 4%,应停止训练,并进行氧疗^[45]。总体而言,运动方式、时间、强度的选择需在专业人士综合评估的前提下,依据患儿自身耐受水平及运动环境情况而定,具有较大的个体差异,同时运动中应加强观察和监测。

3 其他综合性干预措施

除了上述呼吸训练、体育运动,其他综合性干预措施如健康教育、心理支持及营养干预等可为哮喘患儿肺康复提供重要基础保障。

3.1 健康教育

健康教育是哮喘管理的重要组成部分,可改变患儿和主要照顾者的用药行为,有助于改善治疗依从性、提高急性发作管理能力并避免触发因素,从而有利于哮喘控制。美国一个以学校为基础的教育项目为哮喘儿童提供哮喘教育,结果发现这种教育方式可以显著降低哮喘发病率^[46]。健康教育的地点可以是学校、医院、社区、网络教育等;健康教育的内容包括哮喘的发病机制、病理生理、哮喘加重的诱因、药物及其对疾病的作用,以及如何使用吸入药物、自我管理技术^[47-48];健康教育的方式可以多种多样,如医务人员宣教、同伴互助,使用哮喘教育视频、海报、漫画书、贴纸、宣教 APP 及多种智能硬件和软件的开放应用等^[49-50]。然而,现阶段我国针对哮喘患儿的健康教育多为普适性教育,涵盖内容多且杂,缺乏具有导向性的肺康复教育,建议在门诊科普计划中增加定向的哮喘肺康复呼吸与运动等宣教,以提高健康教育的精准性。

3.2 心理支持

哮喘症状发作次数、急救药物使用次数、反复住院次数、旷课天数、肺功能情况等与哮喘患儿出现一系列社会心理问题均有关。国外学者对 7000 余名儿童和青少年的横断面调查分析发现,哮喘青少年焦虑症的总患病率高达 22.7%,是健康人群的三倍^[51]。此外,在儿童和成人的其他多项研究中也发现,心理社会压力(急性、严重或慢性)与哮喘患病率的增加和哮喘预后恶化有关^[52]。Wood 等^[53]也提出了家庭情感氛围、亲子关系质量、情绪调节能力等可能共同成为儿童哮喘疾病严重程度的风险或保护因素。因此,儿童及其父母的心理状态可以促进或阻碍儿童哮喘的管理,对于哮喘控制不佳的儿童,医务人员应对患儿及其家庭进行心理评估,做好心理支持和干预。

3.3 营养干预

世界卫生组织报告,自 1975 年以来,全球肥胖人数增加了两倍,仅 2016 年以来就影响了 3.4 亿儿童和青少年^[54]。肥胖是哮喘发生发展的危险因素,并增加呼吸困难和运动障碍^[55]。大量脂肪的摄入会加重呼吸道炎症,研究表明,哮喘患者在食用高脂肪食物 4 h 后,痰中性粒细胞数会增加^[56]。而水果、蔬菜和抗氧化剂可能可以减轻

呼吸道炎症,降低哮喘风险^[57],同时鱼类对预防哮喘具有一定的保护作用^[58]。以上研究表明,食物和营养在哮喘的发生、发展和控制中发挥一定作用,有必要开展饮食营养相关研究,建立并提供哮喘患儿的合理饮食营养方案,并评价饮食在哮喘中的作用,同时积极对肥胖进行干预。

4 结 语

肺康复作为哮喘患儿非药物治疗措施,主要包括呼吸训练、体育运动、健康教育、心理支持、营养干预等,对改善支气管高反应性、气道炎症、生活质量和哮喘控制均有积极作用。呼吸训练包括Buteyko呼吸训练、缩唇呼吸训练、膈肌呼吸训练、TIMT和瑜伽呼吸训练等,可以减少支气管痉挛和呼吸困难,改善肺功能,但目前国内缺乏统一的临床实施标准,训练依从性及持久性同样有待进一步验证。未来有必要探讨各年龄段哮喘患儿在不同病程阶段的呼吸训练方式,可探索适用于儿童的趣味性高的新方法以增加依从性,并借助互联网技术辅助监督并监测训练的有效性,提高训练的持久性。规律的中等及以上强度体育运动对患儿哮喘症状控制和心理健康方面有积极作用,但许多家长担心运动会引起呼吸困难。未来需要进一步研究制订规范、有效的评估方法,根据患儿自身耐受水平及运动环境等提供个性化运动指导,并借助软件设备监测患儿运动期间呼吸困难、心率、SpO₂等情况,并给予实时反馈,希望能为哮喘患儿提供“精确运动处方”。现阶段,我国针对哮喘患儿的健康教育多为普适性教育,缺乏针对性,同时对哮喘患儿的心理、营养状态关注也不够,未来可根据哮喘患儿的需求来制订肺康复教育主题。同样,希望肺康复能在基层医院及社区、学校推广开展,实现院外长期康复,使肺康复个体化方案更加合理、科学。

志谢 研究得到国家自然科学基金(81870023)、浙江省重点研发计划(2020C03062)支持

Acknowledgements This work was supported by National Natural Science Foundation of China (81870023), Key R&D Program of Zhejiang Province (2020C03062)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Conflict of Interests The authors declare that there is no conflict of interests

©The author(s) 2023. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

参考文献(References)

- [1] FAINARDI V, ESPOSITO S, CHETTA A, et al. Asthma phenotypes and endotypes in childhood[J]. *Minerva Med*, 2022, 113(1): 94-105.
- [2] XIANG L, ZHAO J, ZHENG Y, et al. Uncontrolled asthma and its risk factors in Chinese children: a cross-sectional observational study[J]. *J Asthma*, 2016, 53(7): 699-706.
- [3] TROOSTERS T, DEMEYER H, HORNIKX M, et al. Pulmonary rehabilitation[J]. *Clin Chest Med*, 2014, 35(1): 241-249.
- [4] SPRUIT M A. Pulmonary rehabilitation[J]. *Eur Respir Rev*, 2014, 23(131): 55-63.
- [5] Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention (updated 2018) [EB/OL]. (2019-04-20) [2023-02-10]. <https://ginasthma.org/reports/2019-gina-report-global-strategy-for-asthma-management-and-prevention>.
- [6] BURGESS J, EKANAYAKE B, LOWE A, et al. Systematic review of the effectiveness of breathing retraining in asthma management[J]. *Expert Rev Respir Med*, 2011, 5(6): 789-807.
- [7] BTS/SIGN. British guideline on the management of asthma[EB/OL]. (2016-09-01) [2023-02-15]. <https://www.brit-thoracic.org.uk/quality-improvement/guidelines/asthma>.
- [8] BRUTON A, LEWIS G T. The Buteyko breathing technique for asthma: a review[J]. *Complement Ther Med*, 2005, 13(1): 41-46.
- [9] VAGEDES J, HELMERT E, KUDERER S, et al. The Buteyko breathing technique in children with asthma: a randomized controlled pilot study[J]. *Complement Ther Med*, 2021, 56: 102582.
- [10] ELNAGGAR R, SHENDY M. Efficacy of noninvasive respiratory techniques in the treatment of children with bronchial asthma: a randomized controlled trial[J]. *Bull Fac Phys Ther*, 2016, 21(1): 1-10.
- [11] 芮 萌, 段蕴铀. 慢性阻塞性肺疾病肺康复研究进展[J]. *武警医学*, 2020, 31(5): 441-445.
RUI Meng, DUAN Yunyou. Research progress in pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Medical Journal of the Chinese People's Armed Police Force*, 2020, 31(5): 441-445. (in Chinese)
- [12] VATWANI A. Pursed lip breathing exercise to reduce shortness of breath[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2019, 100(1): 189-190.
- [13] EL-HELALY N, ABOEL-MAGD M F. Ventilatory functions response to breathing training versus aerobic training in asthmatic children[J]. *Egypt J Pediatr*

- Allergy Immunol**, 2012, 10(1): 33-37.
- [14] HAMASAKI H. Effects of diaphragmatic breathing on health: a narrative review[J]. **Medicines (Basel)**, 2020, 7(10): 65.
 - [15] 周敏, 赵建平. 现代肺康复常用方法[J]. **中国实用内科杂志**, 2018, 38(5): 410-413.
ZHOU Min, ZHAO Jianping. Methods of modern pulmonary rehabilitation[J]. **Chinese Journal of Practical Internal Medicine**, 2018, 38(5): 410-413. (in Chinese)
 - [16] KARAM M, KAUR B P, BAPTIST A P. A modified breathing exercise program for asthma is easy to perform and effective[J]. **J Asthma**, 2017, 54(2): 217-222.
 - [17] PREM V, SAHOO R C, ADHIKARI P. Effect of diaphragmatic breathing exercise on quality of life in subjects with asthma: a systematic review[J]. **Physiother Theory Pract**, 2013, 29(4): 271-277.
 - [18] 伊默, 贾元敏, 赵宝生, 等. 阈值压力负荷吸气肌训练对哮喘患者肺康复及生活质量影响的Meta分析[J]. **中华护理杂志**, 2021, 56(7): 1001-1007.
YI Mo, JIA Yuanmin, ZHAO Baosheng, et al. Effect of threshold-pressure inspiratory muscle training on pulmonary rehabilitation and quality of life in patients with asthma: a meta-analysis[J]. **Chinese Journal of Nursing**, 2021, 56(7): 1001-1007. (in Chinese)
 - [19] SILVA I S, FREGONEZI G A, DIAS F A, et al. Inspiratory muscle training for asthma[J]. **Cochrane Database Syst Rev**, 2013, 2013(9): CD003792.
 - [20] ELNAGGAR R K. A randomized placebo-controlled study investigating the efficacy of inspiratory muscle training in the treatment of children with bronchial asthma[J]. **J Asthma**, 2021, 58(12): 1661-1669.
 - [21] LIMA E V, LIMA W L, NOBRE A, et al. Inspiratory muscle training and respiratory exercises in children with asthma[J]. **J Bras Pneumol**, 2008, 34(8): 552-558.
 - [22] PASCOE M C, THOMPSON D R, SKI C F. Yoga, mindfulness-based stress reduction and stress-related physiological measures: a meta-analysis[J]. **Psychoneuroendocrinology**, 2017, 86: 152-168.
 - [23] SENGUPTA P. Health impacts of Yoga and pranayama: a state-of-the-art review[J]. **Int J Prev Med**, 2012, 3(7): 444-458.
 - [24] TAHAN F, EKE GUNGOR H, BICICI E. Is Yoga training beneficial for exercise-induced bronchoconstriction?[J]. **Altern Ther Health Med**, 2014, 20(2): 18-23.
 - [25] JASROTIA R, MONDAL S, KUMAR V, et al. Impact of adjunct treatment with yoga on severity, illness score, and drug dosage in controlled asthmatic children[J]. **Natl J Physiol Pharm Pharmacol**, 2019, 9(12): 1139-1144.
 - [26] GUPTA M, JIT S, KAUR P. Effectiveness of selected Yoga postures and procedures for improvement in pulmonary functions in 8-14 year old children of nasobronchial allergy[J]. **Int J Med Res Rev**, 2017, 5(2): 149-155.
 - [27] LACK S, BROWN R, KINSER P A. An integrative review of Yoga and mindfulness-based approaches for children and adolescents with asthma[J]. **J Pediatr Nurs**, 2020, 52: 76-81.
 - [28] Global Initiative for Asthma. Global strategy for asthma management and prevention (2022 update) (EB/OL). (2022-07-28) [2023-06-08]. <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/05/gina-main-report-2022-wmsa.pdf>.
 - [29] 阮娟娟, 邵菡清, 朱静叶, 等. 肺康复治疗在缓解期哮喘儿童中的应用研究[J]. **护理与康复**, 2021, 20(12): 86-88.
RUAN Juanjuan, SHAO Hanqing, ZHU Jingye, et al. A study of pulmonary rehabilitation in children with asthma in remitting period[J]. **Journal of Nursing and Rehabilitation**, 2021, 20(12): 86-88. (in Chinese)
 - [30] 管仁政, 金蓉, 李蕾, 等. 中国儿童哮喘行动计划对学龄期哮喘儿童运动的影响[J]. **中华医学杂志**, 2022, 102(18): 1379-1382.
GUAN Renzheng, JIN Rong, LI lei, et al. Effect of China Children's Asthma Action Plan on exercise in school-age children with bronchial asthma[J]. **National Medical Journal of China**, 2022, 102(18): 1379-1382. (in Chinese)
 - [31] 中华儿科杂志编辑委员会, 中华医学会儿科学分会呼吸学组, 中国医师协会儿科医师分会儿童呼吸专业委员会. 儿童支气管哮喘规范化诊治建议(2020年版)[J]. **中华儿科杂志**, 2020, 58(9): 708-717.
The Editorial Board, Chinese Journal of Pediatrics; the Subspecialty Group of Respiratory Diseases, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; the Children's Respiratory Professional Committee, the Society of Pediatrics of Chinese Medical Doctor Association. Recommendations for diagnosis and management of bronchial asthma in children (2020)[J]. **Chinese Journal of Pediatrics**, 2020, 58(9): 708-717. (in Chinese)
 - [32] 姜源, 徐红贞, 陈志敏. 儿童肺康复应用进展[J]. **中华实用儿科临床杂志**, 2022, 37(18): 1434-1437.
JIANG Yuan, XU Hongzhen, CHEN Zhimin. Application of pulmonary rehabilitation in children[J]. **Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics**, 2022, 37(18): 1434-1437. (in Chinese)
 - [33] 伊默. 学龄期哮喘患儿家长参与运动处方制定的决策辅助方案构建[D]. 济南: 山东大学, 2022.
YI Mo. Construction of decision aid program for parental involvement in exercise prescription for school-age children with asthma[D]. Jinan: Shandong University, 2022. (in Chinese)
 - [34] CAGGIANO S, CUTRERA R, DI MARCO A, et al. Exercise-induced bronchospasm and allergy[J]. **Front Pediatr**, 2017, 5: 131.
 - [35] 关宏岩, 赵星, 屈莎, 等. 学龄前儿童(3~6岁)运动指南[J]. **中国儿童保健杂志**, 2020, 28(6): 714-720.
GUAN Hongyan, ZHAO Xing, QU Sha, et al. Physical

- activity guideline for Chinese preschoolers aged 3–6 years[J]. **Chinese Journal of Child Health Care**, 2020, 28(6): 714-720. (in Chinese)
- [36] 朱为模.《ACSM 运动测试与运动处方指南》的过去、现在与未来[J]. **体育科研**, 2022, 43(6): 1-9. ZHU Weimo. The past, present and future of ACSM's guidelines for exercise testing and prescription[J]. **Sport Science Research**, 2022, 43(6): 1-9. (in Chinese)
- [37] DEBORAH R, JONATHAN K, EHRMAN, et al. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**[M]. 10th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health, 2018: 270-275, 359-363.
- [38] SPRUIT M A, SINGH S J, GARVEY C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation[J/OL]. **Am J Respir Crit Care Med**, 2013, 188(8): e13-64.
- [39] WANROOIJ V H, WILLEBOORDSE M, DOMPELING E, et al. Exercise training in children with asthma: a systematic review[J]. **Br J Sports Med**, 2014, 48(13): 1024-1031.
- [40] 程波利, 黄英. 运动在儿童哮喘管理中的作用[J]. **南方医科大学学报**, 2014, 34(1): 75-78. CHENG Boli, HUANG Ying. Role of exercise in asthma management in children[J]. **Journal of Southern Medical University**, 2014, 34(1): 75-78. (in Chinese)
- [41] BASARAN S, GULER-UYSAL F, ERGEN N, et al. Effects of physical exercise on quality of life, exercise capacity and pulmonary function in children with asthma[J]. **J Rehabil Med**, 2006, 38(2): 130-135.
- [42] BOULET L P, O'BYRNE P M. Asthma and exercise-induced bronchoconstriction in athletes[J]. **N Engl J Med**, 2015, 372(7): 641-648.
- [43] COTE A, TURMEL J, BOULET L P. Exercise and asthma[J]. **Semin Respir Crit Care Med**, 2018, 39(1): 19-28.
- [44] GERHARDSSON DE VERDIER M, GUSTAFSON P, MCCRAE C, et al. Seasonal and geographic variations in the incidence of asthma exacerbations in the United States[J]. **J Asthma**, 2017, 54(8): 818-824.
- [45] 中国医师协会呼吸医师分会, 中华医学会呼吸病学分会, 中国康复医学会呼吸康复专业委员会, 等. 中国慢性呼吸道疾病呼吸康复管理指南(2021年)[J]. **中华健康管理学杂志**, 2021, 15(6): 521-538. Chinese Association of Chest Physicians, Chinese Thoracic Society, Respiratory Rehabilitation Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine, et al. Guidelines for respiratory rehabilitation management of chronic respiratory diseases in China[J]. **Chinese Journal of Health Management**, 2021, 15(6): 521-538. (in Chinese)
- [46] LIPTZIN D R, GLEASON M C, CICUTTO L C, et al. Developing, implementing, and evaluating a school-centered asthma program: step-up asthma program[J]. **J Allergy Clin Immunol Pract**, 2016, 4(5): 972-979.e1.
- [47] ARIKAN-AYYILDIZ Z, IŞIK S, ÇAĞLAYAN-SÖZMEN Ş, et al. Efficacy of asthma education program on asthma control in children with uncontrolled asthma[J]. **Turk J Pediatr**, 2016, 58(4): 383-388.
- [48] WANG L, TIMMER S, ROSENMAN K. Assessment of a university-based outpatient asthma education program for children[J]. **J Pediatr Health Care**, 2020, 34(2): 128-135.
- [49] MICKEL C F, SHANOVICH K K, EVANS M D, et al. Evaluation of a school-based asthma education protocol[J]. **J Sch Nurs**, 2017, 33(3): 189-197.
- [50] 中华医学会呼吸病学分会哮喘学组. 支气管哮喘患者自我管理中国专家共识[J]. **中华结核和呼吸杂志**, 2018, 41(3): 171-178. Asthma Group, Respiratory Disease Branch of Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on self-management of patients with bronchial asthma[J]. **Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Diseases**, 2018, 41(3): 171-178. (in Chinese)
- [51] DUDENEY J, SHARPE L, JAFFE A, et al. Anxiety in youth with asthma: a meta-analysis[J]. **Pediatr Pulmonol**, 2017, 52(9): 1121-1129.
- [52] LANDEO-GUTIERREZ J, FORNO E, MILLER G E, et al. Exposure to violence, psychosocial stress, and asthma[J]. **Am J Respir Crit Care Med**, 2020, 201(8): 917-922.
- [53] WOOD B L, LIM J, MILLER B D, et al. Testing the biobehavioral family model in pediatric asthma: pathways of effect[J]. **Fam Process**, 2008, 47(1): 21-40.
- [54] World Health Organization. Obesity and overweight (EB/OL). (2021-06-09)[2023-01-20]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
- [55] TEAGUE W G. Childhood asthma risk with moderate exercise: good news for most! [J]. **J Allergy Clin Immunol Pract**, 2022, 10(1): 240-241.
- [56] WOOD L G, GARG M L, GIBSON P G. A high-fat challenge increases airway inflammation and impairs bronchodilator recovery in asthma[J]. **J Allergy Clin Immunol**, 2011, 127(5): 1133-1140.
- [57] ROMIEU I, BARRAZA-VILLARREAL A, ESCAMILLA-NÚÑEZ C, et al. Dietary intake, lung function and airway inflammation in Mexico City school children exposed to air pollutants[J]. **Respir Res**, 2009, 10(1): 122.
- [58] PAPAMICHAEL M M, SHRESTHA S K, ITSIOPOULOS C, et al. The role of fish intake on asthma in children: a meta-analysis of observational studies[J]. **Pediatr Allergy Immunol**, 2018, 29(4): 350-360.

[本文编辑 沈敏 刘丽娜]