临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.004017

有氧运动、呼吸肌训练及联合训练对支气管哮喘患儿呼吸康复效果的随机对照试验

祝玉婷，尹华英，刘玉琳，刘曦璇，刘丽芳

（重庆医科大学附属儿童医院呼吸科/国家儿童健康与疾病临床医学研究中心/儿童发育疾病研究教育部重点实验室/儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地/重庆市卫生健康委儿童重要器官发育与疾病重点实验室，重庆 400000）

【摘 要】目的：本研究对支气管哮喘患儿进行有氧运动、呼吸肌训练及有氧运动联合呼吸肌训练的随机对照试验，旨在比较3种干预方法对支气管哮喘患儿呼吸康复的效果，为其呼吸康复方案选择提供循证依据。**方法：**采用便利抽样法选取2023年5月至2024年5月重庆医科大学附属儿童医院呼吸科门诊就诊的112例支气管哮喘患儿，随机分为有氧运动组、呼吸肌训练组和联合训练组，在规范化药物治疗的基础上分别进行相应的干预，持续6个月。**结果：**干预3个月后，联合训练组6 min步行距离、肺功能指标高于呼吸肌训练组，最大口腔吸气压、肺功能指标高于有氧运动组，差异有统计学意义（$P<0.05$），但3组生存质量和哮喘控制水平差异无统计学意义（$P>0.05$）；干预6个月后，联合训练组6 min步行距离、最大口腔吸气压、肺功能指标、生存质量高于有氧运动组和呼吸训练组，哮喘控制水平高于有氧运动组，差异有统计学意义（$P<0.05$）；3组干预3个月和干预6个月6 min步行距离、最大口腔吸气压、肺功能指标、哮喘控制水平、生存质量高于干预前，且随时间延长而显著变化，差异具有统计学意义（$P<0.05$）。**结论：**在规范化药物治疗基础上，3种干预方法均能改善哮喘患儿的运动能力、吸气肌肌力、肺功能、哮喘控制水平和生存质量，其中有氧运动联合呼吸肌训练效果更显著且随时间延长更明显，建议临床在条件允许时优选有氧运动联合呼吸肌训练应用于支气管哮喘患儿以期获得更好的呼吸康复效果。

【关键词】支气管哮喘；有氧运动；呼吸肌训练；呼吸康复；患儿

【中图分类号】R473.72 **【文献标志码】**A

A randomized controlled trial on the effects of aerobic exercise, respiratory muscle training, and combined training on respiratory rehabilitation in children with bronchial asthma

Zhu Yuting, Yin Huaying, Liu Yulin, Liu Xixuan, Liu Lifang

(*Department of Respiratory Disease, Children's Hospital of Chongqing Medical University; National Clinical Research Center for Child Health and Disorders; Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders; China International Science and Technology Cooperation Base of Child Development and Critical Disorders; Key Laboratory of Children's Vital Organ Development and Diseases of Chongqing Municipal Health Commission*)

【Abstract】*Objective*: To conduct a randomized controlled trial on the effects of aerobic exercise, respiratory muscle training, and the combination of the two training methods on respiratory rehabilitation in children with bronchial asthma, providing evidence-based support for the selection of respiratory rehabilitation programs. ***Methods*:** A total of 112 children with bronchial asthma who visited the respiratory clinic of a grade 3A general children's hospital in Chongqing from May 2023 to May 2024 were selected using convenience sampling and randomly divided into aerobic exercise group, respiratory muscle training group, and combined training group. On the basis of standardized drug treatment, corresponding interventions were carried out for each group for 6 months. ***Results*:** After 3 months of intervention, the combined training group exhibited significantly higher scores in the 6-minute walking distance and lung function in-

作者介绍：祝玉婷，Email：13667687615@163.com，研究方向：儿科临床护理、儿童慢病管理。

通信作者：尹华英，Email：sarah6524@126.com，

基金项目：第四批重庆医科大学附属儿童医院护理学院级科研资助项目（编号：CHCQMU2023.09）。

优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20251225.1636.004（2025-12-29）

dicators than the respiratory muscle training group, and exhibited significantly higher scores in maximum inspiratory mouth pressure and lung function indicators than the aerobic exercise group ($P<0.05$). However, there were no significant differences in quality of life and asthma control levels across the three groups ($P>0.05$). After 6 months of intervention, the combined training group exhibited significantly higher scores in the 6-minute walking distance, maximum inspiratory mouth pressure, lung function indicators, and quality of life than both the aerobic exercise group and the respiratory muscle training group, and exhibited significantly higher scores in asthma control levels than the aerobic exercise group ($P<0.05$). The 6-minute walking distance, maximum inspiratory mouth pressure, lung function indicators, asthma control levels, and quality of life improved in all three groups after 3 months and 6 months of intervention, with significant changes over time ($P<0.05$). ***Conclusion***: On the basis of standardized drug treatment, all three intervention methods can improve motor function, inspiratory muscle strength, lung function, asthma control levels, and quality of life in children with asthma. Specifically, the combination of aerobic exercise and respiratory muscle training shows a more significant effect that becomes more pronounced over time. Thus, this combined training method is recommended in clinical practice where appropriate for children with asthma to achieve better respiratory rehabilitation effects.

【Key words】bronchial asthma; aerobic exercise; respiratory muscle training; respiratory rehabilitation; pediatric patient

支气管哮喘（以下简称“哮喘”）是儿童时期最常见的慢性呼吸系统疾病，严重影响患儿的运动耐力、肺功能及生活质量，药物治疗是目前哮喘的首选治疗方法[1-2]。全球哮喘防治倡议（Global Initiative for Asthma，GINA）指出，针对持续气流受限患者需结合呼吸康复治疗以提升功能状态[3]。近年，有氧运动与呼吸肌训练在哮喘康复中备受关注，前者可以改善运动耐力、心肺功能及心理状态[4]，但缺乏呼吸肌针对性训练；后者通过增强呼吸肌力量与耐力、优化呼吸模式来降低呼吸功耗[5]，但对全身运动能力提升有限。现有研究证实[6-7]，单一干预对呼吸康复具有积极作用，但存在三大关键问题亟待明确：其一，2种训练方式的效果差异尚未系统比较；其二，联合干预是否产生协同增效作用；其三，干预时长对疗效的调节机制仍需验证。基于此，本研究拟通过随机对照试验，系统评估有氧运动、呼吸肌训练及两者联合干预对哮喘患儿的康复效果。研究将从运动能力、呼吸肌力、肺功能、哮喘控制水平及生活质量五大维度进行综合评价，旨在为优化哮喘患儿呼吸康复方案提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究采用便利抽样法选取2023年5月至2024年5月于重庆医科大学附属儿童医院呼吸科门诊就诊的哮喘患儿作为研究对象。纳入标准：①年龄6~12岁；②诊断符合《儿童支气管哮喘规范化诊治建议（2020年版）》[2]诊断标准；③经哮喘规范治疗3个月以上，且肺功能检测显示阻塞性通气功能障碍或小气道功能障碍的哮喘患儿；④未接受过呼吸康复治疗；⑤患儿及家长自愿加入本研究。排除标准：①处于哮喘急性发作期；②合并其他呼吸系统疾病如支气管肺炎、支气管肺发育不良等；③合并心血管系统疾病如心肌炎、先天性心脏病等；④合并运动神经系统疾病或骨关节疾病，无法配合运动训练；⑤存在精神或心理异常，无法配合。退出和终止标准：①经临床医生或研究者判断患儿不适合继续参与试验项目；②患儿及家属主动要求退出或终止试验。本研究已通过医院伦理委员会审批[（2023年）伦审（研）第（199）号]，临床试验中心注册号（MR-50-23-019226），研究对象及家长均签署知情同意书。

1.2 样本量

本研究的主要结局指标为6 min步行距离（m），根据文献[17-19]，3种方法干预后6 min步行距离（m）的均数分别为523、563、572，各组差值的标准差分别为56、43、54。设定检验水准$\alpha=0.05$，$\beta=0.1$。采用多样本均数比较的样本量估算公式：$n=\varphi^2(Si^2/g)/[(xi-x)^2/(g-1)]$计算，每组需要26例患儿，考虑20%的失访率，则每组至少需要33例。

1.3 分组

研究者根据患儿就诊的先后顺序进行编号（1-114）后录入Excel表中，利用Excel的RAND函数生成随机数字，借助升序功能从小到大进行排序，依次将患儿分配至有氧运动组、呼吸肌训练组、联合训练组，确保各组分配的随机性与均衡性。

1.4 干预方法

所有纳入的患儿按照全球哮喘防治创议（GINA）进行常规药物治疗[3]，并且由儿童呼吸专科护士对患儿及家长进行

一对一用药指导，确保患儿熟练掌握正确用药方法（见《儿童哮喘常用吸入装置使用方法及质控专家共识》）[9]。3组在规范药物治疗的基础上根据分组进行如下干预，见表1。

1.5 质量控制

利用微信网络信息平台建立3个呼吸康复指导群，家长居家监督患儿进行训练，每次训练后打卡，上传视频，并在打卡视频上显示当天的日期和时间，避免重复上传。呼吸康复护士于每晚查看患儿训练视频，一对一点评并解答家长疑问，每周评估患儿训练的依从性、安全性及有效性等，并进行科学地指导和调整，以达到训练目的。

1.6 评价指标

患儿在入组当天、干预3个月后和干预6个月后的常规门诊复诊时，由儿童呼吸专科护士和呼吸康复治疗师对患儿进行一对一随访，并进行结局指标的测量。

1.6.1 主要结局指标 ①运动能力：采用6 min步行试验评估运动耐力[19]。患儿在平坦地面上沿长30 m直线尽可能快速来回行走6 min，测量患儿6 min步行距离。行走过程中每隔1 min提醒患儿1次剩余时间，若出现气促、呼吸困难、胸闷等不适症状时立即停止。②呼吸肌肌力：测量最大口腔吸气压评估呼吸肌肌力，目前广泛应用于呼吸功能评估[20]。测量时患儿取直立位，先缓慢呼气至呼气末，随后立即用力快速吸气至吸气末，重复进行5次，最终选取其测得的最大值。

1.6.2 次要结局指标 ①肺功能：采用德国Jaeger生产的MasterScreen肺功能测试仪测定。指标包括用力肺活量（FVC），第1秒用力呼气容积（FEV_1），一秒率（FEV_1/FVC），呼气峰流速（PEF），肺活量时的最大呼气流速（MEF_{75}、MEF_{50}、MEF_{25}），用力呼气中期流速（$MMEF_{75/25}$）。采用实际值占预计值的百分比（%）进行数据分析。②哮喘控制水平：采用儿童哮喘控制测试（children-asthma control test，C-ACT）问卷或哮喘控制测试（asthma control test，ACT）问卷测定[21]。通过回忆近4周患儿临床症状出现的严重程度来作答。4~11岁患儿选用C-ACT问卷，共27分，7个问题，1~4题由患儿完成，5~7题由家长完成，得分≤19分为未控制，20~22分为部分控制，≥23分为完全控制。≥12岁患儿选用ACT问卷，共25分，5个问题，均由患儿完成，得分≤19分为未控制，20~24分为部分控制，25分为完全控制。③生存质量：采用PAQLQ问卷对患儿的生存质量进行评估。中文版PAQLQ是针对支气管哮喘儿童专门设计的，适用于7~17岁的患儿[22]。画卷版PAQLQ问卷是专门针对5~7岁儿童设计。PAQLQ问卷包括症状、活动和情感3个维度，由儿童回忆过去1周被哮喘困扰的程度作答，得分越高，说明生活质量越好。

1.7 统计学方法

采用SPSS22.0统计软件进行数据分析，计量资料数据满足正态分布采用（$\bar{x} \pm s$）表示，多组间比较采用方差分析、两两比较采用LSD检验采用重复测量方差分析检验各指标干预前后变化情况。数据不满足正态分布采用M（IQR）表示，多组间比较采用Kruskal wails H检验，两两组间比较采用Mann-whitney U检验，采用广义估计方程检验各指标干预前后变化情况；计数资料采用n（%）表示，组间比较采用卡方检验，检验水准α=0.05。

表1 3组训练干预方法对比

项目	有氧运动组	呼吸肌训练组	联合训练组
干预依据	根据《中国哮喘儿童运动处方专家共识》制定[10]	根据《儿童支气管哮喘居家呼吸康复方案的构建》制定[6]	患儿根据自身时间进行每日2次呼吸肌训练和每周至少3次有氧运动。呼吸肌训练的干预依据、方式、强度、注意事项同呼吸肌训练组，同样有氧运动的干预依据、方式、强度、注意事项同有氧运动组。
干预方式	患儿每次根据自身喜好选择慢跑、跳绳、打篮球、体操等任一种有氧运动。	使用阈值压力负荷训练器（KOO三球仪呼吸训练器）进行呼吸肌肌力训练和耐力训练。 肌力训练：要求患儿同时吸呼起3个小球，当3个小球全部到达顶端时即可放松。 耐力训练：最初要求患儿吸呼1个小球达3 s及以上，当患儿能在最高档位吸呼1个小球达3 s及以上时，改为吸呼2个小球，以此类推。	
干预强度	从低强度开始，以不出现运动诱发哮喘症状为前提，逐渐增加到中等强度，即达到最大预测心率（208-0.7×年龄）的60%~70%[10]	根据患儿干预前测量的最大口腔吸气压的40%设定初始训练负荷[11]，随后每周对训练效果评估，逐档调整训练负荷，当肌力训练档位达最高档后，开始进行1周耐力和1周肌力的交替训练。	
	每周至少3次，每次30 min，包括5 min的热身运动、20 min正式运动和5 min的放松运动	每日2次，每次15 min，包括肌力训练和耐力训练	
注意事项	当哮喘患儿存在哮喘急性发作风险时，指导其暂时不适宜运动训练，坚持哮喘规范治疗，避免接触过敏原和环境刺激物[14]，待哮喘控制2周后，再酌情恢复运动训练[15]	训练时保持舒适的坐姿或站姿，确保呼吸顺畅，避免过度用力或憋气[19]，如有呼吸困难、头晕或其他不适症状，应立即停止训练并休息，待症状缓解后再继续训练	

2 结 果

2.1 3组间一般资料比较

本研究共纳入112例患儿，完成全程干预的有108例，失访原因均为患儿及家长自愿放弃呼吸康复训练。3组间一般资料比较差异均无统计学意义（P>0.05）。见表2。

2.2 干预前后3组间运动能力及呼吸肌力比较

干预前3组6 min步行距离、最大口腔吸气压差异无统计学意义（P>0.05）；干预3个月联合训练组6 min步行距离高于呼吸肌训练组、最大口腔吸气压高于有氧运动组，干预6个月联合训练组6 min步行距离、最大口腔吸气压均高于呼吸肌训练组，有氧运动组6 min步行距离高于呼吸肌训练组，而呼吸肌训练组最大口腔吸气压高于有氧运动组，差异均具有统计学意义（P<0.05）。3组干预3个月和干预6个月6 min步行距离、最大口腔吸气压高于干预前，且随时间延长而显著变化，差异具有统计学意义（P<0.05）。见表3。

2.3 干预前后3组间肺功能、哮喘控制水平及生存质量比较

干预前3组肺功能指标差异均无统计学意义（P>0.05）；干预前及干预3个月3组哮喘控制水平、生存质量总分及各维度差异均无统计学意义（P>0.05），干预3个月联合训练组FEV_1、FEV_1/FVC、$MMEF_{50}$、$MMEF_{25}$、$MMEF_{75/25}$高于有氧运动和呼吸肌训练组，且$MMEF_{75}$、生存质量症状维度高于有氧运动组；干预6个月联合训练组FEV_1、FEV_1/FVC、$MMEF_{75}$、$MMEF_{50}$、$MMEF_{25}$、$MMEF_{75/25}$、生存质量总分及各维度高于有氧运动组和呼吸肌训练组，哮喘控制水平高于有氧运动组，差异均具有统计学意义（P<0.05）。有氧运动组干预6个月FVC、FEV_1、PEF、$MMEF_{75}$、$MMEF_{50}$、$MMEF_{25}$、$MMEF_{75/25}$均高于干预前，且$MMEF_{75}$、$MMEF_{50}$、$MMEF_{25}$高于干预3个月；呼吸肌训练组干预3个月和干预6个月FEV_1、$MMEF_{75}$、$MMEF_{50}$、$MMEF_{25}$、$MMEF_{75/25}$高于干预前，且干预6个月FVC、PEF高于干预前；联合训练组干预3个月和干预6个月的各项指标均高于干预前，且干预月6个月的$MMEF_{75}$高于干预3个月，差异具有统计学意义（P<0.05）。3组干预3个月和干预6个月哮喘控制水平、生存质量总分及各维度高于干预前，且随时间延长而显著变化，差异具有统计学意义（P<0.05）。见表4、表5。

3 讨 论

3.1 3种干预方法对哮喘患儿呼吸康复的效果具有差异

本研究显示，3种方法干预均能改善哮喘患儿的运动能力、呼吸肌肌力、肺功能、哮喘控制水平及生活质量，这与既往多项研究结论总体一致。然而这3种干预方法在效果上也表现出一定的差异性。相较于呼吸肌训练，有氧运动在增强运动耐力方面

表2 干预前3组间一般资料比较（n,%;$\bar{x}\pm s$）

项目		有氧运动组（n=37）	呼吸肌训练组（n=37）	联合训练组（n=34）	$\chi^2/H/F$值	P值
性别	男	17(45.95)	19(51.35)	18(52.94)	0.388	0.824
	女	20(54.05)	18(48.65)	16(47.06)		
年龄（岁）		8.28 ± 1.97	7.84 ± 1.72	7.89 ± 1.72	0.655	0.521
身高（cm）		131(123,136.8)	126(120,136)	124.15(120.5,135.3)	1.134	0.567
体质量（kg）		26.5(21.6,35)	26(22,29.8)	25.95(23,30)	0.352	0.838
BMI（kg/m^2）		16.18(14.58,18.59)	15.8(14.78,17.09)	16.26(15.09,18.31)	0.446	0.800

表3 干预后3组之间运动能力、呼吸肌肌力比较（$\bar{x}\pm s$）

项目	分组	干预前	干预3个月	干预6个月	$F_{组间}$,$P_{组间}$	$F_{时间}$,$P_{时间}$	$F_{交互作用}$,$P_{交互作用}$
运动能力	有氧运动组（n=37）	542.14 ± 45.80	561.08 ± 50.68[a]	592.43 ± 71.33[ab]	3.097,0.049	102.275,0.000	6.439,0.000
	呼吸肌训练组（n=37）	536.68 ± 62.45	548.68 ± 57.65[a]	558.27 ± 56.78[abc]			
	联合训练组（n=34）	553.65 ± 56.93	582.56 ± 49.73[ad]	602.62 ± 51.42[abd]			
	F值	0.858	3.699	5.285			
	P值	0.427	0.028	0.007			
呼吸肌肌力	有氧运动组（n=37）	50.51 ± 14.98	66.38 ± 16.04[a]	76.43 ± 14.98[ab]	5.628,0.005	348.697,0.000	3.231,0.013
	呼吸肌训练组（n=37）	52.10 ± 15.59	72.13 ± 8.54[ac]	83.13 ± 10.26[abc]			
	联合训练组（n=34）	53.17 ± 12.65	76.41 ± 10.11[ac]	89.28 ± 9.40[abcd]			
	F值	0.303	6.202	10.405			
	P值	0.739	0.003	<0.001			

注：a，与干预前比较P<0.05；b，与干预3个月比较P<0.05；c，与有氧运动组比较P<0.05；d，与呼吸肌训练组比较P<0.05

表4　干预后3组之间肺功能各项指标比较（$\bar{x} \pm s$）

项目	分组	干预前	干预3个月	干预6个月	$F_{组间}$，$P_{组间}$	$F_{时间}$，$P_{时间}$	$F_{交互作用}$，$P_{交互作用}$
FVC（%）	有氧运动组（n=37）	96.45 ± 11.84	98.11 ± 10.44	99.68 ± 9.62[a]	0.350，0.705	12.426，0.000	0.197，0.940
	呼吸肌训练组（n=37）	94.23 ± 12.40	96.69 ± 12.21	98.75 ± 11.58[a]			
	联合训练组（n=34）	94.11 ± 8.28	97.18 ± 5.85[a]	98.40 ± 6.46[a]			
	F值	0.519	0.194	0.175			
	P值	0.596	0.824	0.840			
FEV_1（%）	有氧运动组（n=37）	87.60 ± 11.12	89.58 ± 9.95	92.2 ± 11.15[a]	2.576，0.081	29.974，0.000	2.973，0.020
	呼吸肌训练组（n=37）	86.49 ± 11.54	90.27 ± 13.11[a]	92.62 ± 13.60[a]			
	联合训练组（n=34）	87.43 ± 9.74	96.26 ± 9.26[acd]	99.02 ± 9.19[acd]			
	F值	0.111	3.932	3.850			
	P值	0.895	0.023	0.024			
FEV_1/FVC（%）	有氧运动组（n=37）	90.89 ± 5.55	91.50 ± 6.58	92.53 ± 7.20	8.167，0.001	11.118，0.000	3.527，0.010
	呼吸肌训练组（n=37）	92.18 ± 8.52	93.58 ± 8.99	93.86 ± 9.04			
	联合训练组（n=34）	93.08 ± 9.19	99.17 ± 9.03[acd]	100.72 ± 7.83[acd]			
	F值	0.698	8.094	10.384			
	P值	0.500	0.001	<0.001			
PEF（%）	有氧运动组（n=37）	88.56 ± 14.50	91.45 ± 14.36	93.79 ± 13.60[a]	1.519，0.224	14.440，0.000	0.361，0.836
	呼吸肌训练组（n=37）	85.83 ± 13.75	90.42 ± 14.03	91.86 ± 13.67[a]			
	联合训练组（n=34）	89.20 ± 11.16	95.51 ± 10.38[a]	97.02 ± 12.33[a]			
	F值	0.656	1.472	1.366			
	P值	0.521	0.234	0.260			
$MMEF_{75}$（%）	有氧运动组（n=37）	72.64 ± 13.65	76.20 ± 16.26	81.22 ± 15.47[ab]	3.915，0.023	21.268，0.000	1.541，0.191
	呼吸肌训练组（n=37）	71.90 ± 16.94	77.79 ± 21.73[a]	78.59 ± 18.89[a]			
	联合训练组（n=34）	76.07 ± 14.62	85.76 ± 13.65[ac]	90.99 ± 15.48[abcd]			
	F值	0.754	2.955	5.345			
	P值	0.473	0.056	0.006			
$MMEF_{50}$（%）	有氧运动组（n=37）	56.48 ± 10.49	59.51 ± 12.78	64.02 ± 14.98[ab]	4.441，0.014	22.518，0.000	1.479，0.210
	呼吸肌训练组（n=37）	56.55 ± 12.51	62.12 ± 17.31[a]	63.16 ± 16.83[a]			
	联合训练组（n=34）	60.13 ± 13.31	69.46 ± 12.42[acd]	73.21 ± 17.48[acd]			
	F值	1.034	4.502	4.013			
	P值	0.359	0.013	0.021			
$MMEF_{25}$（%）	有氧运动组（n=37）	48.7（41.2，52.9）	45.9（41.2，52.2）	50.7（43.6，60.9）[ab]	10.977，0.004	35.972，0.000	12.022，0.017
	呼吸肌训练组（n=37）	46.4（41.3，55.8）	50.2（40.2，59.8）[a]	51.5（47.5，63.9）[a]			
	联合训练组（n=34）	48.3（44.1，52.8）	58.85（51.5，68.7）[acd]	61.35（52.6，68.5）[acd]			
	F值	0.182	14.996	9.443			
	P值	0.913	0.001	0.009			
$MMEF_{75/25}$（%）	有氧运动组（n=37）	54.94 ± 10.41	58.38 ± 12.66	61.99 ± 16.29[a]	5.002，0.008	24.168，0.000	2.127，0.079
	呼吸肌训练组（n=37）	56.06 ± 12.50	61.98 ± 18.82[a]	63.25 ± 17.62[a]			
	联合训练组（n=34）	58.50 ± 13.75	70.10 ± 13.22[acd]	73.79 ± 19.77[acd]			
	F值	0.779	5.475	4.587			
	P值	0.462	0.005	0.012			

注：a，与干预前比较，P<0.05；b，与干预3个月比较，P<0.05；c，与有氧运动组比较，P<0.05；d，与呼吸肌训练组比较，P<0.05

表现更佳；而呼吸肌训练则在提升呼吸肌力量方面更为有效。其原因是本研究采用阈值压力负荷吸气肌训练，该方法不受呼吸气流和呼吸模式的限制，是吸气肌训练中最为有效的抗阻方式之一。它能够强化呼气肌，改善哮喘患者的肺功能，并增强肺康复效果[7]。杨雪凝等[8]的研究也表明，呼吸肌训练不仅能有效增强呼吸肌肉的力量，还能对肺功能产生积极影响。国外多项研究同样发现，运动训练有利于改善肺功能，更好地控制哮喘的症状，从而提高哮喘患者的生活质量[14]。此外，有氧运动对小

表5 干预后3组之间哮喘控制水平、生存质量总分及各维度比较[$M_d(P_{25},P_{75})$]

项目	分组	干预前	干预3个月	干预6个月	Wald(χ^2)$_{组间}$，$P_{组间}$	Wald(χ^2)$_{时间}$，$P_{时间}$	Wald(χ^2)$_{交互作用}$，$P_{交互作用}$
哮喘控制水平	有氧运动组（n=37）	22(20,23)	23(23,25)[a]	25(25,26)[ab]	5.019,0.081	409.124,0.000	1.357,0.852
	呼吸肌训练组（n=37）	22(21,23)	24(23,24)[a]	25(25,26)[ab]			
	联合训练组（n=34）	22(21,23)	24(23,25)[a]	26(25,27)[ab]			
	H值	2.181	1.695	7.030			
	P值	0.336	0.428	0.030			
生存质量总分	有氧运动组（n=37）	139(134,143)	145(144,148)[a]	151(148,154)[ab]	5.628,0.060	632.891,0.000	13.145,0.011
	呼吸肌训练组（n=37）	140(138,144)	145(143,148)[a]	153(149,157)[ab]			
	联合训练组（n=34）	139(135,143)	147(145,149)[a]	156.5(154,158)[abcd]			
	H值	1.839	2.985	21.051			
	P值	0.399	0.225	<0.001			
症状	有氧运动组（n=37）	62(60,63)	64(62,65)[a]	66(65,67)[ab]	9.293,0.010	569.323,<0.001	11.499,0.021
	呼吸肌训练组（n=37）	63(61,64)	64(62,65)[ac]	67(65,68)[abc]			
	联合训练组（n=34）	62(60,64)	65(63,66)[ac]	68(68,69)[abcd]			
	H值	4.423	7.459	18.001			
	P值	0.110	0.024	<0.001			
活动	有氧运动组（n=37）	28(26,31)	31(30,32)[a]	33(32,34)[ab]	0.644,0.725	532.595,<0.001	26.215,<0.001
	呼吸肌训练组（n=37）	29(28,29)	30(30,31)[a]	33(32,34)[ab]			
	联合训练组（n=34）	28(27,29)	30(29,31)[a]	34(33,35)[abcd]			
	H值	2.467	2.915	16.825			
	P值	0.291	0.233	<0.001			
情感	有氧运动组（n=37）	49(47,51)	52(50,52)[a]	53(52,54)[ab]	6.023,0.049	274.197,<0.001	8.324,0.080
	呼吸肌训练组（n=37）	49(48,51)	51(50,52)[a]	53(52,54)[ab]			
	联合训练组（n=34）	49.5(48,50)	52(51,52)[a]	54(53,55)[abcd]			
	H值	0.137	1.822	13.695			
	P值	0.934	0.402	0.001			

注：a，与干预前比较，P<0.05；b，与干预3个月比较，P<0.05；c，与有氧运动组比较，P<0.05；d，与呼吸肌训练组比较，P<0.05

气道功能的改善需要较长时间，但对大气道指标的改善效果持续积累；而呼吸肌训练则能快速改善小气道功能，并持续提升整体肺功能。这与 Jiang J 等[26]的系统评价结果一致，发现有氧运动干预显著改善了哮喘患儿的 FVC 和 $MMEF_{25-75}$，但对 FEV_1 改善效果不显著。这表明有氧运动可能对肺容量的改善更为有效，而对气流受限的改善则需要更为全面的干预策略。本研究还显示，有氧运动与呼吸肌训练相结合，对哮喘患儿呼吸康复效果的改善优于任一单一干预的方法，其中对肺功能大小气道功能的全面改善与 Ma QY 等[27]的研究结果一致。

3.2 有氧运动联合呼吸肌训练对哮喘患儿呼吸康复的效果具有协同效应

本研究发现，呼吸肌训练能显著增强呼吸肌肉的力量，改善肺功能。单独进行有氧运动或呼吸肌训练相比，在提升哮喘控制水平和生活质量方面，没有显著差异，这与伊默等[7]和游煌俊等[25]的 Meta 分析等结果基本一致。然而，将有氧运动与呼吸肌训练相结合能显著提升哮喘控制水平和生活质量，表明该联合训练对哮喘患儿呼吸康复的效果具有协同效应。这种协同效应可能源自多种生理机制的综合作用。通过阈值压力负荷训练器进行的呼吸肌训练，针对性地增强膈肌、斜角肌和腹肌等呼吸肌群的力量和耐力，改善呼吸模式，减少呼吸困难感，从而提高患儿进行体力活动的意愿和能力。呼吸肌群力量增强后可减少运动中可能发生的"血液窃流"现象，确保了运动肌肉的能量供应，进而提升运动耐力[24]。Fabero-Garrido R 等[23]研究也发现，呼吸肌功能锻炼能促进肺部扩张，提高肺和胸廓的顺应性，改善通气功能。2项 Meta 分析研究[7,25]为这种机制提供了支持，发现阈值压力负荷吸气肌训练能显著改善哮喘患者的 FVC、FEV_1、呼气峰值流速和最大自主通气量[7,25]。有氧运动则通过提高整体心肺耐力、最大摄氧量和提高心血管效率，降低静

息心率、减轻气道炎症（如降低IL-6、TNF-α等炎症因子），间接优化了呼吸肌的代谢环境和氧合能力，为呼吸肌功能的进一步优化提供了基础[17]。

3.3 3种干预方法对哮喘患儿呼吸康复的效果具有时间依赖效应

本研究显示，3种干预方法对哮喘患儿呼吸康复的效果随时间推移而显著改变，表明其具有时间依赖性效应，这与伊默等[7]研究显示的干预时间超过8周效果更显著一致。联合训练在干预3个月后，在改善小气道功能和提升运动耐力方面表现出显著优势，随着干预时间延长至6个月，其在大气道功能、哮喘控制和生活质量方面的累积效应更为显著。这一发现证实了干预持续时间在哮喘康复管理中的重要性。然而，本研究干预6个月后未进行持续的随访，因此需进一步研究以验证3种干预方法对哮喘患儿呼吸康复效果的时间依赖性。

综上，有氧运动与呼吸肌训练作为非药物干预方法，展现出良好的安全性。本研究中参与的患儿均未出现不良反应。建议在临床应用中，若条件允许，优选有氧运动联合呼吸肌训练对哮喘患儿进行6个月的呼吸康复，以获得更多益处。同时也可根据患儿的个体状况及资源的可用性，灵活选择单一的有氧运动或呼吸肌训练作为有效的替代方案。对于无法耐受有氧运动或主要表现为呼吸肌无力的患儿，建议优先进行呼吸肌训练，以较快改善小气道功能和增强呼吸肌力量；而对于运动耐力受限为主要问题的患儿，则应优先考虑纳入有氧运动，以提高运动能力。

本研究为哮喘患儿呼吸康复提供了有力的循证依据，但为单中心研究且样本量有限，未来研究应考虑通过多中心合作扩大样本量，并延长干预后的随访时间，以进一步验证有氧运动与呼吸肌训练相结合的长期持续性益处。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 祝玉婷：研究方案设计、实施研究、数据收集、分析数据、论文撰写、论文修改；尹华英：研究方案设计、论文修改；刘玉琳：研究方案设计、实验技术指导；刘曦璇、刘丽芳：数据收集

参 考 文 献

[1] 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. 儿童支气管哮喘共患病诊治专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志，2023，38(4)：245-259.

Pediatric committee of the China Medical Education Association, asthma collaborative group of the respiratory branch of the Chinese Medical Association's pediatric society, pediatric respiratory committee of the respiratory physicians branch of the China Medical Doctors Association, et al. Expert consensus on diagnosis and treatment of childhood bronchial asthma comorbidity[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2023, 38(4): 245-259.

[2] 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.

Editorial board of the Chinese journal of pediatrics, respiratory group of the pediatric branch of the Chinese medical association, pediatric respiratory committee of the pediatric branch of the Chinese medical doctor association. Recommendations for diagnosis and management of bronchial asthma in children (2020)[J]. Chin J Pediatr, 2020, 58(9): 708-717.

[3] Boulet LP, Reddel HK, Bateman E, et al. The global initiative for asthma (GINA): 25 years later[J]. Eur Respir J, 2019, 54(2): 1900598.

[4] 殷 菊，徐保平. 哮喘儿童的呼吸康复[J]. 中国实用儿科杂志，2024，39(8)：586-589，594.

Yin J, Xu BP. Pulmonary rehabilitation in children with asthma[J]. Chin J Pract Pediatr, 2024, 39(8): 586-589, 594.

[5] 杨姝晖，刘玉琳，车小燕，等. 呼吸康复在支气管哮喘患儿中的应用进展[J]. 中华现代护理杂志，2023，29(7)：976-980.

Yang SH, Liu YL, Che XY, et al. Progress in the application of respiratory rehabilitation in children with bronchial asthma[J]. Chin J Mod Nurs, 2023, 29(7): 976-980.

[6] 车小燕，刘玉琳，杨 帆，等. 儿童支气管哮喘居家呼吸康复方案的构建[J]. 军事护理，2022，39(12)：43-46，74.

Che XY, Liu YL, Yang F, et al. Construction of home-based respiratory rehabilitation protocol for children with bronchial asthma[J]. Mil Nurs, 2022, 39(12): 43-46, 74.

[7] 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 M, Jia YM, Zhao BS, et al. Meta-analysis of the effects of threshold pressure-loaded inspiratory muscle training on pulmonary rehabilitation and quality of life in patients with asthma[J]. Chin J Nurs, 2021, 56(7): 1001-1007.

[8] 杨雪凝，李雪儿，王 松，等. 慢性阻塞性肺疾病患者呼吸肌训练的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志，2022，57(1)：49-55.

Yang XN, Li XE, Wang S, et al. Summary of the best evidence of respiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Chin J Nurs, 2022, 57(1): 49-55.

[9] 上海市医学会儿科分会呼吸学组，上海儿童医学中心儿科医疗联合体. 儿童哮喘常用吸入装置使用方法及质控专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志，2020，35(14)：1041-1050.

Shanghai Medical Association pediatric respiratory group, Shanghai Children's Medical Center pediatric medical community. Expert consensus on usage and quality control of common inhalation devices in chil-

dren with asthma[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2020, 35(14): 1041-1050.

[10] 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. 中国哮喘儿童运动处方专家共识[J]. 中华实用儿科临床杂志，2022，37(8)：563-571.

Chinese Medical Education Association Pediatric Committee, Asthma Cooperative Group, Respiratory Group, Pediatrics Branch, Chinese Medical Association, Pediatric Respiratory Working Committee, Respiratory Physicians Branch, Chinese Medical Doctor Association, et al. Expert consensus on exercise prescription for asthmatic children in China[J]. Chin J Appl Clin Pediatr, 2022, 37(8): 563-571.

[11] Elnaggar RK. 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.

[12] 刘 芳，刘怡然，刘 琳. 运动康复训练对支气管哮喘儿童运动能力和生活质量干预效果的系统评价[J]. 中国当代儿科杂志，2021，23(10)：1050-1057.

Liu F, Liu YR, Liu L. Effect of exercise rehabilitation on exercise capacity and quality of life in children with bronchial asthma: a systematic review [J]. Chin J Contemp Pediatr, 2021, 23(10): 1050-1057.

[13] 杨姝晖，刘玉琳，王 倩，等. 运动康复对支气管哮喘患儿肺功能、有氧能力及生存质量影响的 Meta 分析[J]. 中华现代护理杂志，2022，28(21)：2808-2816.

Yang SH, Liu YL, Wang Q, et al. Meta-analysis of the effects of exercise rehabilitation on pulmonary function, aerobic capacity and quality of life in children with bronchial asthma[J]. Chin J Mod Nurs, 2022, 28(21): 2808-2816.

[14] 邢双涛，冯世杰，张一凡，等. 不同运动方式对哮喘患儿肺功能影响的网状 Meta 分析[J]. 河南师范大学学报（自然科学版），2023，51(2)：149-156.

Xing ST, Feng SJ, Zhang YF, et al. A network meta-analysis of the role of different exercises in pulmonary function in children with asthma[J]. J Henan Norm Univ Nat Sci Ed, 2023, 51(2): 149-156.

[15] 宫玉翠，陈洁雅，李平东，等. 慢性呼吸疾病肺康复护理专家共识[J]. 中华护理杂志，2020，55(5)：709-710.

Gong YC, Chen JY, Li PD, et al. Expert consensus on pulmonary rehabilitation nursing of chronic respiratory diseases[J]. Chin J Nurs, 2020, 55(5): 709-710.

[16] 刘晓梅，汪启银. 阈值压力负荷呼吸肌训练对支气管哮喘慢性持续期患者运动耐力及肺功能的影响[J]. 河南医学研究，2020，29(28)：5267-5268.

Liu XM, Wang QY. Effects of threshold pressure load respiratory muscle training on exercise endurance and lung function of patients with chronic bronchial asthma[J]. Henan Med Res, 2020, 29(28): 5267-5268.

[17] 陈 琼，王风琴，孙 欣. 有氧运动改善哮喘儿童运动能力和生活质量的实验研究[J]. 广州体育学院学报，2020，40(5)：125-128.

Chen Q, Wang FQ, Sun X. Aerobic exercise improved exercise capacity and quality of life in asthmatic children[J]. J Guangzhou Sport Univ, 2020, 40(5): 125-128.

[18] 杨 帆，刘玉琳，王 倩，等. 呼吸康复训练对支气管哮喘儿童肺功能及运动耐力的影响[J]. 现代医药卫生，2023，39(1)：16-20，25.

Yang F, Liu YL, Wang Q, et al. Effect of respiratory rehabilitation training on pulmonary function and exercise endurance in children with bronchial asthma[J]. J Mod Med Health, 2023, 39(1): 16-20, 25.

[19] Zou H, Chen XS, Zhang J, et al. Breaking barriers: novel reference equations for the six-minute walk distance and work in obese Chinese adults[J]. J Health Popul Nutr, 2025, 44: 91.

[20] 何彦璐，杨志勇，陈玮锭，等. 南京市学龄前儿童吸气肌相关指标预计值研究[J]. 中国儿童保健杂志，2024，32(5)：507-510，526.

He YL, Yang ZY, Chen WD, et al. Reference values for inspiratory muscle related indexes of preschool children in Nanjing[J]. Chin J Child Health Care, 2024, 32(5): 507-510, 526.

[21] 申 芳. C-ACT 和改良中文版 TRACK 在 6 岁以下哮喘儿童中的应用研究[D]. 天津：天津医科大学，2020.

Shen F. Study on application of C-ACT and modified Chinese TRACK in asthma children under 6 years old[D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2020.

[22] 张卜元，侯 伟，段毅娜. 哮喘儿童生命质量的影响因素[J]. 中国儿童保健杂志，2023，31(12)：1359-1364，1369.

Zhang BY, Hou W, Duan YN. Influencing factors of quality of life in asthma children[J]. Chin J Child Health Care, 2023, 31(12): 1359-1364, 1369.

[23] Fabero-Garrido R, Del Corral T, Plaza-Manzano G, et al. Effects of respiratory muscle training on exercise capacity, quality of life, and respiratory and pulmonary function in people with ischemic heart disease: systematic review and meta-analysis[J]. Phys Ther, 2024, 104(3): pzad164.

[24] 杨慧敏，郑雪坚，欧阳秋霞. 呼吸康复训练对支气管哮喘患儿肺功能及运动耐力的影响分析[J]. 中国实用医药，2023，18(20)：163-166.

Yang HM, Zheng XJ, Ouyang QX. Effect analysis of respiratory rehabilitation training on pulmonary function and exercise tolerance in children with bronchial asthma[J]. China Pract Med, 2023, 18(20): 163-166.

[25] 游煌俊，刘冲冲，孙伟铭，等. 吸气肌训练对支气管哮喘患者肺功能影响的 Meta 分析[J]. 中国康复，2024，39(2)：105-110.

You HJ, Liu CC, Sun WM. Effect of inspiratory muscle training on pulmonary function of patients with asthma: a meta-analysis[J]. Chin J Rehabil, 2024, 39(2): 105-110.

[26] Jiang J, Zhang D, Huang YP, et al. Exercise rehabilitation in pediatric asthma: A systematic review and network meta-analysis[J]. Pediatr Pulmonol, 2022, 57(12): 2915-2927.

[27] Ma QY, Lu M, Yang QY, et al. Effects of aerobic exercise-based pulmonary rehabilitation on quality of life in pediatric asthma: A systematic review and meta-analysis[J]. Heart Lung, 2025, 69: 11-30.

（收稿：2025-06-03；修回：2025-09-17；录用：2025-10-22）

（责任编辑：李青颖）

本文引用格式：

祝玉婷，尹华英，刘玉琳，等. 有氧运动、呼吸肌训练及联合训练对支气管哮喘患儿呼吸康复效果的随机对照试验[J]. 重庆医科大学学报，2026，51(5)：722-729.