

DOI: 10.20135/j.issn.1006-8147.2024.03.0285

综述

慢性呼吸系统疾病的肺康复研究进展

李璨¹, 何静春¹, 高晓¹, 刘学焕², 廉馨莹¹ 综述, 刘筠¹ 审校

(1.天津医科大学第四中心临床学院, 天津 300140; 2.南开大学人民医院放射科, 天津 300143)

摘要 肺康复旨在改善患者的呼吸功能、运动能力和生活质量, 在慢性呼吸系统疾病中担任重要角色。对肺康复的发展史及其在慢性阻塞性肺疾病、支气管扩张、支气管哮喘、间质性肺疾病等慢性呼吸系统疾病中的临床应用以及利用 CT 和 MRI 技术从肌肉和脑功能方面客观评估其疗效进行综述, 发现通过综合性的康复计划可以减轻慢性呼吸系统疾病的症状、提高运动耐力、改善心理健康、提高生活质量并减少社会负担。

关键词 肺康复; 慢性呼吸系统疾病; 影像学

中图分类号 R49, R563, R445

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2024)03-0285-04

慢性呼吸系统疾病包括哮喘、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、间质性肺疾病(interstitial lung disease, ILD)、肺结节病、尘肺病和其他慢性呼吸系统疾病, 占全球疾病负担的 7%^[1]。这些疾病不仅会导致呼吸困难、疲劳、焦虑、抑郁和恐惧等症状, 还会损害个人运动耐力和日常活动的 ability, 从而降低生活质量, 并增加住院和死亡的风险, 为家庭和社会带来沉重负担。肺康复是一种综合的干预手段, 可以改善患者相关症状, 包括运动能力、与健康相关的生活质量、呼吸困难、疲劳、焦虑和抑郁等, 减轻患者疾病负担, 减少医疗资源的利用。

1 肺康复的定义与发展

美国胸科医师协会(American College of Chest Physicians, ACCP)在 1974 年首次提出肺康复。1999 年, 美国胸腔协会(American Thoracic Society, ATS)进一步定义肺康复为: 一项针对慢性呼吸系统疾病患者的多学科护理计划, 目的是优化患者身体状况, 从而提升参加社会生活和自我管理的能力。2006 年, ATS/欧洲呼吸协会(European Respiratory Society, ERS)将肺康复定义为: 一种基于证据的、多学科的、全面的干预措施, 适用于有症状且日常生活活动减少的慢性呼吸系统疾病患者, 其与患者的个性化治疗相结合, 旨在通过稳定或逆转疾病的全身表现来减少症状、优化功能状态、增加社会参与度并降低医疗成本。2013 年 ATS/ERS 肺康复的关键概念和进展声明概括总结: 肺康复是指在对患者

进行全面详细评估和个性化治疗基础上的一套多学科合作的综合干预措施, 包括但不限于运动锻炼、教育和日常行为的改变, 旨在减轻呼吸困难症状, 提高运动耐力, 改善生活质量, 增加参与社会活动的 ability, 改善身心状态, 同时提高有利于健康行为的长期依从性^[2]。肺康复最初主要应用于 COPD 的管理, 后逐渐延申至支气管扩张(支扩)、ILD、支气管哮喘等其他慢性呼吸系统疾病中。

2 肺康复在慢性呼吸系统疾病中的应用

2.1 COPD 肺康复是 COPD 综合治疗中的重要部分, 是一种多维度、综合性的治疗措施, 在延缓病情进展、提高生活质量和降低再入院率方面起关键作用。诸晶^[3]将 104 例 COPD 患者分为常规用药加呼吸训练组和常规用药组, 在进行两个月的康复训练后, 发现常规用药加呼吸训练组治疗总有效率高于常规用药组; 两组干预后血氧饱和度(SaO_2)、氧分压(PaO_2)、第 1 秒用力呼气容积预计值($\text{FEV}_1\%$)、第 1 秒用力呼气容积与用力肺活量比值(FEV_1/FVC)、4 项生存质量量表简表(WHOQOL-BREF)评分及 6 min 步行距离(6MWD)均较治疗前改善。二氧化碳分压(PaCO_2)与改良版英国医学研究委员会呼吸问卷(breathlessness measurement using the modified British Medical Research Council, mMRC)评分、慢性阻塞性肺疾病评估量表(COPD Assessment Test, CAT)评分、COPD 患者生存状况评估(Body-Mass Index, Airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise Capacity Index, BODE)评分较干预前降低, 且常规用药加呼吸训练组上述指标改善优于常规用药组。Stefan 等^[4]对来自 4 446 家医院 197 376 例 COPD 患者进行分析显示, 在出院后 90 d 内进行肺康复训练的患者与没有进行康复训练的患者相比, 1 年后再入院的风险更低; 且开展康复训练的患者每人每年的住院时

基金项目 天津市卫生局一般项目(JYZ202204); 天津市教委科研计划一般项目(2022KJ268); 天津医科大学第四中心医院优秀青年人才项目(tjdszxyy20220006)

作者简介 李璨(1999-), 女, 硕士在读, 研究方向: 影像医学与核医学; 通信作者: 刘筠, E-mail: cjr.liujun@vip.163.com。

间也低于没有康复训练或在出院后 90 d 以上才开始康复训练的患者。GOLD 2023 指南推荐恶化风险较高的 COPD 患者参加正式的康复训练, COPD 急性加重期肺康复的开始时间为住院期间或出院 4 周内, 说明 COPD 患者急性加重期康复治疗及其介入时机的前移已获得认可。

2.2 支扩 研究表明, 肺康复可以有效改善支扩患者的临床症状、降低并发症及发病率。英国胸科协会 (British Thoracic Society, BTS) 成人支扩指南推荐, 呼吸困难导致功能受限 (mMRC 评分 ≥ 1) 的支扩患者应进行肺康复。对支扩患者进行高强度的吸气肌训练 8 周后发现, 与对照组相比, 最大吸气压和最大呼气压以及运动能力均有显著改善^[5]。蔡仁萍等^[6]对 90 例轻中度支扩患者进行研究, 将其分为常规治疗组、噻托溴铵组和联合治疗组, 1 年后联合治疗组 mMRC 评分和支扩严重程度指数 (bronchiectasis severity index, BSI) 评分均较常规治疗组明显下降, 肺功能指标第 1 秒用力呼气容积占预计值百分比 ($FEV_1\%$ pred)、用力肺活量占预计值百分比 ($FVC\%$ pred)、 FEV_1/FVC 均较常规治疗组明显上升, 随访期间急性加重次数明显减少。在一项研究运动与非囊性纤维化支扩患者心血管疾病风险的试验中, Choi 等^[7]对 165 842 例支扩患者研究发现, 与不锻炼者相比, 锻炼者患心肌梗死或卒中的风险显著降低, 即运动与支扩患者的心血管疾病风险降低有关。上述研究共同揭示针对支扩患者不同的干预手段都具有显著的临床效果, 吸气肌训练、联合治疗和定期锻炼均被证明可以改善患者症状、提高肺功能, 并减少并发症的发生, 为未来制定个性化的支扩康复计划提供了方向。

2.3 支气管哮喘 哮喘是一种异质性疾病, 通常与呼吸道高反应性和炎症有关, 可表现为喘息、呼吸急促、胸闷和咳嗽等症状, 强度随时间变化, 伴随可持续存在的气流受限。以往观点认为运动可能会诱发哮喘发作, 但最近研究证明肺康复对任何程度的哮喘均有益, 特别是中重度持续性哮喘, 不同的体育运动都能改善哮喘的呼吸困难、运动耐力、体力活动水平, 并减少不良事件的发生, 从而提高生活质量^[8]。对轻、中度哮喘并出现运动诱发症状的儿童和青少年的研究发现, 12 周的运动训练可以显著改善患者的心肺适能和肌肉力量^[9]。对 95 例哮喘患者的研究表明, 在进行 8 周的肺康复训练后, 难治性哮喘和高体重指数哮喘患者也同样能改善和控制症状, 其潜在机制可能与气道炎症减轻、气道重塑、血清促炎介质的降低有关^[10]。对于儿童哮喘患者, 在

进行 3 个月居家呼吸肌训练和运动训练后, 康复组最大吸气压、6MWD、肺功能等各项指标、哮喘控制水平均高于对照组^[11]。

2.4 ILD ILD 是一组以肺泡壁、肺泡腔不同形式和程度炎症和纤维化为病理基础, 以进行性加重呼吸困难、弥漫性肺浸润影、气体交换障碍、限制性通气功能障碍及低氧血症为主要临床表现的一组弥漫性肺疾病的总称。2013 年 ATS/ERS 肺康复关键概念和进展中提出, 对 ILD 患者进行肺康复可以改善运动耐力、减轻呼吸困难症状、提高生活质量^[2]。一项对 701 例间质肺纤维化患者的多中心研究显示, 在进行每周 5~6 d, 每天 2~3 节, 持续 6~12 个月运动训练后, 6MWD 增加, 且病死率和肺移植率降低^[12]。Nolan 等^[13]对 163 例特发性肺纤维化和 163 例 COPD 患者研究发现, 在完成 8 周门诊联合居家肺康复后, 两者肺康复的完成率和运动反应相似, 且在特发性肺纤维化患者中, 肺康复未完成和无反应患者 1 年内全因病死率增加。由于 ILD 情况复杂且个体间差异很大, 因此康复训练在这类患者中的应用存在挑战, 需要在专业医务人员的监督下完成, 以确保康复的安全性和有效性。此外, 制定个体化和针对性的治疗方案, 对这类患者更有益。

2.5 其他慢性呼吸系统疾病 随着肺康复的发展及其适应证的不断扩大, 其他慢性呼吸系统疾病包括肺癌、肺动脉高压、肺移植等疾病均可从肺康复训练中受益。Scott 等^[14]对 90 例完成手术或放化疗的肺癌患者进行了每周 3 次, 连续 16 周的运动训练后, 发现有氧和有氧加阻力训练显著改善了肺癌患者的最大耗氧量 (VO_{2peak}), 且有氧训练的获益最高, 因此有氧训练可能是肺癌患者改善心肺功能的最佳方式。一项对 54 例肺移植患者的研究显示, 在进行每周 3 次耐力和力量训练, 持续 20 周的高强度间歇训练 (high-intensity interval training, HIIT) 后, 患者肌肉力量和生活质量均明显改善, 虽然 HIIT 对 VO_{2peak} 改善不明显, 但在坚持运动干预的参与者中, HIIT 对心肺健康有明显益处^[15]。对肺动脉高压患者的研究证实, 康复训练可以显著改善运动耐力、肺功能和焦虑抑郁情况, 且未发现因运动引起的重大不良事件^[16]。需要注意的是由于肺动脉高压患者的血流动力学容易发生变化, 在训练过程中, 如果出现胸痛、头晕、心悸、低血压或晕厥等表现, 应立即停止训练并给予必要治疗^[2]。

3 肺康复训练的影像学研究进展

影像学方法为肺康复训练效果的全面评估提供了另一视角, 为个体化治疗方案的制定和调整提

供了科学依据。目前使用影像学方法对慢性呼吸系统疾病的研究主要集中在肌肉和脑功能方面。影像学方法可以揭示康复前、后骨骼肌肉系统的变化。计算机断层扫描(computed tomography, CT)研究表明, COPD 患者康复组和非康复组竖脊肌和胸肌的横截面积均呈逐年下降趋势, 但年变化率不同, 康复组下降速度减慢, 即肺康复可以减缓肌肉质量的逐年下降^[17]。术后非小细胞肺癌患者康复组肺功能、肌肉质量均优于非康复组, 且术后并发症特别是血栓事件的发生率也更低^[18]。

脑与肺的连接涉及感觉、运动、自主神经等多个方面, 而这些方面都直接或间接影响着呼吸系統功能。在磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)对脑功能的研究中, 使用度中心性(degree centrality, DC)和功能连接(functional connectivity, FC)对稳定期 COPD 患者脑网络连接和脑功能连接进行研究证实, COPD 患者右侧舌回、双侧辅助运动区和右侧中央旁小叶的 DC 明显下降, 另外左侧小脑前叶、左侧舌回、左侧梭状回、右侧岛叶、右侧额下回、边缘叶、扣带回、左侧壳核、豆状核、右侧楔前叶和右侧中央旁小叶, 这些异常中枢之间 FC 显著降低^[19]。Herigstad 等^[20]使用脑功能成像对 31 例 COPD 患者研究表明, 肺康复与习得性呼吸困难相关的神经反应改变有关, 最终会影响呼吸困难的感觉, 而呼吸困难程度的变化与岛叶和前扣带回皮质的活动性呈正相关。焦虑程度的变化与控制运动和注意力相关脑区的活动性呈负相关。前扣带回皮质、岛叶和前额叶皮质康复前的活动性与呼吸困难和焦虑的改善有关。脑功能的研究可能为发现肺康复训练发挥作用的机制提供新的见解, 通过探索大脑与呼吸系统的关系, 可以深入挖掘康复训练对认知、情绪和运动控制等方面的影响, 为未来优化肺康复方案提供更科学的基础。

另外, 通过胸部 CT 分析得到的胸廓纵横径、肺组织密度、肺体积、气道壁厚度、管腔直径、气道壁面积百分比和管径周长为 10 mm 支气管壁截面积平方根(P_{i10})以及肺血管等参数也被用来对 COPD 患者进行评估, 有望替代目前临床上测量肺功能的指标。

4 肺康复训练方法新进展

传统肺康复的方法包括运动、呼吸肌训练、长期氧疗、心理支持、健康教育和营养支持等, 其中运动训练被视为肺康复的基石。一些严重的慢性呼吸系统疾病患者, 在低强度运动时也会出现严重的气流受限, 因此这类患者多因呼吸困难不能耐受有氧训练。全身振动是一种训练方式, 受试者站在振动

平台上, 诱导身体正弦振荡, 从而产生反射诱导的肌肉收缩。使用全身振动的方式对 38 例 COPD 患者的研究发现, 全身振动可以改善柔韧性、平衡表现和肌肉力量等^[21]。唱歌、跳舞、瑜伽、太极、运动视频游戏和认知行为疗法等对改善慢性呼吸疾病的肺功能、焦虑抑郁情况和生活质量均有益, 可以用来替代或补充传统的肺康复运动训练^[22]。吸入氧气可以改善患者的临床表现, 最近有研究表明, 相较于单纯吸入氧气, 吸入氢氧混合气体对 COPD 急性加重患者呼吸困难、咳嗽和咳痰量表(breathlessness, cough, and sputum scale, BCSS)评分的改善更明显^[23]。这一发现强调了氢氧混合气体在缓解 COPD 急性加重患者症状方面的独特价值, 为改善患者临床症状提供了新的治疗途径。

另外, AI 技术的发展尤其是移动医疗的应用为肺康复提供了更方便智能的方式, Bentley 等^[24]开发了一种由辅助、康复和远程医疗技术支持的数字移动健康技术——SMART-COPD, 其通过智能手机应用程序和活动追踪器, 提示和指导患者完成相应的动作, 帮助患者在进行肺康复后保持或增加身体活动。Yilmaz 等^[25]发明了一款集成于背心中, 可多通道采集肺音的可穿戴听诊器, 该设备可以录制和存储肺各处的呼吸音, 且稳定性高、噪音小, 通过进一步加工处理来实时监测患者的呼吸状况, 有利于指导远程康复。吸入药物因其起效快、不良反应少已经成为慢性呼吸系统疾病患者的重要治疗方式, 但患者依从性差、吸入技术不佳都会影响疗效。智能吸入器将传感器集成在吸入器中, 再通过蓝牙连接到智能手机应用程序。这些设备不仅可以提醒患者按时使用吸入设备, 还可以根据使用时间、吸入技术、吸入剂量或问卷得分等提供个性化的反馈^[26]。智能吸入器的应用极大提高了患者依从性, 改善了肺康复效果。此外, 虚拟现实技术和在线网络平台正逐渐成为患者康复管理中不可或缺的一部分, 患者可以通过虚拟现实技术沉浸式的进行康复训练, 增强了趣味性和互动性。同时在线网络平台为患者提供了更便捷的康复信息获取途径, 使医患沟通更加及时和便利^[27]。当前涌现的新技术不仅丰富了肺康复的内容, 也为越来越多的患者提供了多样化的治疗选择, 为迈向个体化、精确化治疗打下了坚实基础。

5 小结及展望

肺康复已经成为慢性呼吸系统疾病治疗的重要组成部分, 在慢性呼吸系统疾病的管理中起重要作用。尽管肺康复的益处得到了证实, 但门诊或社区的实施率仍然低下, 可能是因为宣传教育不到

位,或专业康复师等人员配备不足等。另外,目前仍然不能根据患者自身情况制定最精准的康复方案。

未来应该不断加大肺康复的宣传工作,加强康复团队的专业培训,提高医务人员的康复治疗水平。此外,肺康复治疗应更加注重个体差异,根据患者的具体病情、生理特点和心理需求,制定更为精准的康复方案。利用影像学评估肺康复效果的手段正逐渐兴起,应继续加大影像技术的应用,探索更合适的指标,丰富疗效的评估方法,以满足不同患者的需求。

参考文献:

- [1] SORIANO J B, KENDRICK P J, GUPTA V, et al. Prevalence and attributable health burden of chronic respiratory diseases, 1990 – 2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. *Lancet Respir Med*, 2020, 8(6): 585–596.
- [2] 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]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2013, 188(8): e13–e64.
- [3] 诸晶. 呼吸康复训练在慢性阻塞性肺疾病治疗中的应用效果[J]. *临床合理用药*, 2023, 16(17): 162–165.
- [4] STEFAN M S, PEKOW P S, PRIYA A, et al. Association between initiation of pulmonary rehabilitation and rehospitalizations in patients hospitalized with chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2021, 204(9): 1015–1023.
- [5] OZALP O, INAL INCE D, CAKMAK A, et al. High-intensity inspiratory muscle training in bronchiectasis: a randomized controlled trial[J]. *Respirology*, 2019, 24(3): 246–253.
- [6] 蔡仁萍, 潘倩倩, 孙培欣, 等. 噻托溴铵联合肺康复治疗轻中度支气管扩张症的疗效[J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2020, 19(4): 403–406.
- [7] CHOI H, KIM S H, HAN K, et al. Association between exercise and risk of cardiovascular diseases in patients with non-cystic fibrosis bronchiectasis[J]. *Respir Res*, 2022, 23(1): 288.
- [8] VILANOVA-PEREIRA M, JÁCOME C, RIAL PRADO M J, et al. Effectiveness of nordic walking in patients with asthma: a study protocol of a randomized controlled trial[J]. *PLoS One*, 2023, 18(3): e281007.
- [9] SANZ SANTIAGO V, DIEZ VEGA I, SANTANA SOSA E, et al. Effect of a combined exercise program on physical fitness, lung function, and quality of life in patients with controlled asthma and exercise symptoms: a randomized controlled trial[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2020, 55(7): 1608–1616.
- [10] RICKETTS H C, SHARMA V, STEFFENSEN F, et al. A pragmatic randomised controlled trial of tailored pulmonary rehabilitation in participants with difficult-to-control asthma and elevated body mass index[J]. *BMC Pulm Med*, 2022, 22(1): 363.
- [11] YANG S, ZHANG Z, LIU Y, et al. The effects of combined respiratory muscle and exercise training in children with bronchial asthma: a randomised controlled study[J]. *J Asthma Allergy*, 2023, 16: 293–303.
- [12] GULER S A, HUR S A, STICKLAND M K, et al. Survival after in-patient or outpatient pulmonary rehabilitation in patients with fibrotic interstitial lung disease: a multicentre retrospective cohort study[J]. *Thorax*, 2022, 77(6): 589–595.
- [13] NOLAN C M, POLGAR O, SCHOFIELD S J, et al. Pulmonary rehabilitation in idiopathic pulmonary fibrosis and COPD: a propensity-matched real-world study[J]. *Chest*, 2022, 161(3): 728–737.
- [14] SCOTT J M, THOMAS S M, HERNDON J E, et al. Effects and tolerability of exercise therapy modality on cardiorespiratory fitness in lung cancer: a randomized controlled trial[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2021, 12(6): 1456–1465.
- [15] ULVESTAD M, DURHEIM M T, KONGERUD J S, et al. Effect of high-intensity training on peak oxygen uptake and muscular strength after lung transplantation: a randomized controlled trial[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2020, 39(9): 859–867.
- [16] MORRIS N R, KERMEEN F D, JONES A W, et al. Exercise-based rehabilitation programmes for pulmonary hypertension[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 3(3): CD11285.
- [17] HIGASHIMOTO Y, SHIRAIISHI M, SUGIYA R, et al. Effect of pulmonary rehabilitation on erector spinae muscles in individuals with COPD[J]. *Respir Care*, 2021, 66(9): 1458–1468.
- [18] CHOI J, YANG Z, LEE J, et al. Usefulness of pulmonary rehabilitation in non-small cell lung cancer patients based on pulmonary function tests and muscle analysis using computed tomography images[J]. *Cancer Res Treat*, 2022, 54(3): 793–802.
- [19] LI H, XIN H, YU J, et al. Abnormal intrinsic functional hubs and connectivity in stable patients with COPD: a resting-state MRI study[J]. *Brain Imaging Behav*, 2020, 14(2): 573–585.
- [20] HERIGSTAD M, FAULL O K, HAYEN A, et al. Treating breathlessness via the brain: changes in brain activity over a course of pulmonary rehabilitation[J]. *Eur Respir J*, 2017, 50(3): 1701029.
- [21] GUEDES-AGUIAR E D O, TAIAR R, PAINEIRAS-DOMINGOS L L, et al. Effects of a single session of systemic vibratory therapy on flexibility, perception of exertion and handgrip strength in chronic obstructive pulmonary disease individuals: a quasi-experimental clinical trial[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(9): 3241.
- [22] VOLPATO E, FARVER-VESTERGAARD I, BRIGHTON L J, et al. Nonpharmacological management of psychological distress in people with COPD[J]. *Eur Respir Rev*, 2023, 32(167): 220170.
- [23] ZHENG Z, SUN W, HU J, et al. Hydrogen/oxygen therapy for the treatment of an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease: results of a multicenter, randomized, double-blind, parallel-group controlled trial[J]. *Respir Res*, 2021, 22(1): 149.
- [24] BENTLEY C L, POWELL L, POTTER S, et al. The use of a smartphone app and an activity tracker to promote physical activity in the management of chronic obstructive pulmonary disease: randomized controlled feasibility study[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2020, 8(6): e16203.
- [25] YILMAZ G, RAPIN M, PESSOA D, et al. A wearable stethoscope for long-term ambulatory respiratory health monitoring[J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(18): 5124.
- [26] HONKOOP P, USMANI O, BONINI M. The current and future role of technology in respiratory care[J]. *Pulm Ther*, 2022, 8(2): 167–179.
- [27] 王菲, 鲍向英, 徐剑锋, 等. 移动医疗在慢性呼吸系统疾病患者呼吸康复中的应用进展[J]. *中国护理管理*, 2023, 23(9): 1406–1410.

(2023-11-20 收稿)