

慢阻肺患者气候适应性康养：一站式疗愈平台的个性化方案探索研究

傅姝然¹ 陈润琪¹ 乔靖钊¹ 陈小勇^{1,2*}

1. 三亚学院健康医学院, 中国·海南 三亚 572000

2. 三亚健康管理协会, 中国·海南 三亚 572000

摘要：气候对人们的日常生活与起居状态有着深刻影响。慢性阻塞性肺疾病（简称慢阻肺）是临床高发的慢性呼吸系统疾病，其病情的动态发展进程与康养效果的实际成效均受气候条件影响。海南凭借着其独特的气候条件与丰富的自然资源，成为适合慢性阻塞性肺疾病患者进行康复疗养的理想地区。目前，许多患者选择“候鸟式”迁徙康养时，普遍缺乏科学规划与指导。这种盲目跟从的方式，易造成病情急性加重，同时也加重了医疗开支的负担。本研究旨在结合海南气候特征，运用随机森林 (Random Forest) 和长短期记忆神经网络 (LSTM) 算法，对实时气象数据、患者临床表型和行为数据等多源信息进行整合分析。气候-数据驱动的一站式疗愈平台为慢阻肺患者提供新的解决方案，从而提升患者生活品质与康复效果。

关键词：气候康养；康养平台；慢阻肺；个性化方案；数据驱动；精准适配

Climate-Adaptive Health and Wellness for COPD Patients: An Exploratory Study of Personalized Solutions on a One-Stop Therapeutic Platform

Fu Shuran¹, Chen Runqi¹, Qiao Jingzhao¹, Chen Xiaoyong^{1,2*}

1. School of Health Medicine, University of Sanya, China Hainan Sanya 572000

2. Sanya Health Management Association, China Hainan Sanya 572000

Abstract: Climate profoundly influences people's daily lives and routines. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is a clinically prevalent chronic respiratory condition. The dynamic progression of the disease and the actual effectiveness of health and wellness interventions are both influenced by climatic conditions. Hainan, with its unique climatic characteristics and abundant natural resources, has become an ideal region suitable for the rehabilitation and recuperation of COPD patients. Currently, many patients choose "migratory bird" style wellness migration, often lacking scientific planning and guidance. This blind, follow-the-crowd approach can easily lead to acute exacerbations of the condition, while also increasing the burden of medical expenses. This study aims to combine the climatic features of Hainan by utilizing Random Forest and Long Short-Term Memory (LSTM) neural network algorithms to integrate and analyze multi-source information, including real-time meteorological data, patient clinical phenotypes, and behavioral data. This climate-data-driven one-stop therapeutic platform offers a novel solution for COPD patients, thereby enhancing their quality of life and rehabilitation outcomes.

Keywords: Climate-based health and wellness; Wellness platform; COPD; Personalized solutions; Data-driven; Precision adaptation

1 引言

1.1 研究背景与意义

慢性阻塞性肺疾病（慢阻肺）在全球普遍高发、致残率高。据世界卫生组织统计，全球慢阻肺患者约有 3.84 亿，每年导致约 300 万人死亡。在中国 40 岁以上人群患病率达 13.7%，患病总人数接近 1 亿，已成为全球第三大致死病因。患者的病情对外界环境变化敏感，气候条件是

其中的关键因素之一。低温寒潮、雾霾污染等天气变化，都会诱发慢阻肺患者急性发作次数增多、肺功能逐渐衰退、呼吸道炎症反应加重，严重影响其生活质量。

随着“健康中国”战略的推进，“气候康养”成为慢性病管理的新方向。海南岛凭借全年温暖湿润的气候、优质的空气和良好的生态环境，被称为“健康岛”。成为国内慢性病患者异地康养的热门选择。但出现了国内“候鸟

式”康养现象的科学困境,目前慢阻肺患者多凭个人感觉和口碑“跟风式”选择康养地点,缺乏对气候条件与自身病情匹配性的科学评估。同时,康养过程中的预约社区医疗、饮食、康复运动视频、信息获取渠道多且零散不统一,缺乏个性化指导。这样不仅造成资源浪费,难以控制病情,甚至可能因气候不适应而加重症状。传统康养方案多为静态制定缺乏动态性。

在此背景下,我们将建立“气候+多维度干预”的一站式康养模式。该模式顺应慢性病管理向“预防优先、服务个体化”发展的主流方向,可有效改善当前慢阻肺气候康养中科学指导不足、资源分散的缺陷。初期试点表明,平台方案能使患者的 FEV1 平均提升 10%,六分钟步行距离增加 50 米,急性发作频率减少约 40%。这对提升患者生活质量、减缓公共卫生负担与践行健康中国战略具有积极的现实意义。

1.2 研究目的与目标

研究目的:以慢阻肺患者的气候适应性需求为核心,结合大数据技术构建整合气候环境监测、膳食指导、运动规划的一站式疗愈康养平台,为患者提供动态、精准的个性化康养方案,从而最终实现气候康养的科学性与有效性,助力慢阻肺患者的长期病情管理。

具体目标:明确慢阻肺病情与气候因子(温度、湿度、空气质量等)的关联规律;通过分析海南区域气候数据与慢阻肺患者临床指标的对应关系,建立“气候-病情”适配性评估模型,解决当前康养中“气候选择盲目性”的问题;

整合多维度康养资源:将气候环境监测、个性化膳食(如润肺食材推荐)、适肺运动(如低强度呼吸训练)等干预模块纳入平台,构建“气象数据层+医疗数据层+行为数据层+融合层”的多源数据架构,多源数据驱动实现康养服务的“一站式整合”,改善现有康养措施碎片化的问题;

开发动态个性化方案生成功能:基于患者的病情分级、体质特征及实时气候数据,通过“风险分层→需求匹配→动态调整”三层递进算法输出动态调整的康养方案,实现“个体差异+实时环境”的精准适配。

2 慢阻肺的理论机制与现有康养平台的不足

2.1 COPD 病理生理的影响机制

气温波动易引发慢阻肺患者平滑肌的高反应性,在温度波动加剧时尤为显著。临床观察表明,当环境温差骤降 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、冷空气直接作用于气道黏膜,可诱发 TRPM8 离子通道的异常兴奋;该信号经 C 纤维传入通路投射至脑干孤束核区域,激活咳嗽中枢的反射环路,继而驱动支气管

平滑肌 α -肌动蛋白的收缩应答,终末效应为气道口径缩小与呼气气流受限。

气道炎症的维持与加剧,与空气质量参数的变化密切相关。慢阻肺患者的气道黏膜长期处于慢性炎症状态,内环境稳态调节能力受损;外界刺激因子介入后,原有的炎症平衡容易被打破。颗粒物与 SO_2 吸入后沉积于气道黏膜,激活上皮模式识别受体并启动先天性免疫。IL-6、TNF- α 、IL-1 β 等释放入微环境,趋化活化中性粒细胞及巨噬细胞;炎症级联自我强化,终致气道重构、管径缩小、黏液高分泌及肺功能进行性损害^[1]。

2.2 现有康养平台的不足

我国的不同地区、不同机构在信息化建设上存在明显差距,数字健康行业整体发展基础不够扎实稳定。医院、社区、家庭三级的健康数据没有建立相互联系,个人健康档案的连续性保障困难,虽然部分医疗机构依托微信公众号或自建 APP 拓展线上服务,但是功能多局限单一;系统孤岛现象普遍,跨平台数据整合与业务流程衔接能力薄弱^[2]。

患者自我管理能力的培养明显不足。与国外相比,国内对慢阻肺患者的健康教育多停留在基础知识讲解,缺少系统的运动指导和个性化康复方案,对患者自我管理的评估与长期监测也不够完善。

基层医疗资源配置不均衡,普遍缺少专业康复人才、设备,远程监测能力也较弱。国外已有成熟经验,如澳大利亚建立了运动转诊机制,欧美形成了较完善的肺康复共识,并通过数字技术实现全周期健康管理,在自我管理、多学科协作、个体化干预等方面都有可借鉴的规范。

3 慢阻肺患者的相关研究

3.1 慢阻肺患者的康养需求与挑战

慢阻肺康养需求聚焦于生理、认知、心理三维度,并且同时面临资源、能力、照护层面的现实挑战。

3.1.1 核心康养需求

慢阻肺患者最主要的需求是维持生理功能,缓解呼吸困难、减少急性加重。缩唇呼吸、腹式呼吸等训练,能改善呼吸方式,提高通气效率^[3]。

多数患者用药知识不足,不会识别急性加重信号,戒烟也较困难。针对性开展健康指导,可降低约 30% 的再入院率,提升康复效果。

约 40% - 60% 患者存在焦虑、抑郁等心理问题,需要专业心理支持。活动受限还会降低社会参与,易出现孤独与隔离。通过社区活动、低强度户外锻炼等方式,可帮助患者重建社交,提高社会适应能力。

3.1.2 主要康养挑战

级医院多侧重急症救治,稳定期患者长期康复服务不

足。基层机构设备、人员短缺,缺少肺功能检查、呼吸康复条件,患者难以就近获得规范服务。

患者以老年人为主,部分存在认知下降、行动不便,长期坚持训练与用药难度大。部分患者依从性差,也会影响康复效果。

多数家属未接受专业照护培训,协助呼吸训练、识别病情变化存在困难。长期照护压力易导致照护者疲劳,降低照护质量,不利于患者长期管理。

3.2 气候康养对慢阻肺患者的影响

气候康养在慢阻肺患者的非药物干预手段中占据重要地位,核心是借助适宜的气候条件对机体呼吸生理功能进行调节,尽可能减少外界因素对气道产生的不良刺激,从而有效降低病情急性加重的可能。这一干预方式的实际作用效果,会受到温度、湿度、空气质量等多项环境指标的直接影 响,不同的气候类型所发挥的康养作用也存在不同差异。

海南地区冬季气温普遍高于 20℃,全年平均温度约 24.7℃,昼夜温差较小,可缓解寒冷对气道的刺激,降低冬季急性发作的可能。同时,海南全年湿度稳定在 75% - 85%,能够维持呼吸道湿润,缓解干咳、气促和痰液黏稠等症状,提升呼吸舒适度。此外,当地空气质量持续优良,PM2.5 等污染物浓度较低,有助于减轻对呼吸系统的刺激,为肺功能恢复创造良好条件。

4 海南气候与慢阻肺患者康养环境的适配性

慢阻肺患者对康养环境的温度稳定性、空气质量、湿度条件比较敏感。海南热带季风气候的特点与慢阻肺患者的康养需求具有明显的匹配潜力^[4]。

4.1 海南气候对慢阻肺患者康养的核心适配优势

4.1.1 温和稳定的气温环境,减少气道刺激与急性发作风险

慢阻肺患者的气道平滑肌对温度变化非常敏感,温度变化 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 都会触发支气管收缩反应,引发咳嗽和气喘。北方冬季频繁的寒潮和低温会直接刺激气道黏膜,引发支气管痉挛,导致咳嗽、喘息加重,甚至引起急性加重。而海南全年平均气温稳定维持在 22-27℃。即使在冬季最冷的 1 月份,平均气温也能达到 15-20℃,没有严寒天气对气道的强烈刺激,避免了寒潮刺激,从根源上降低患者冬季病情急性加重的频率^[5]。数据显示,与中国北方冬季对比,海南慢阻肺患者的年急性加重频率为 2.3 ± 0.8 次/年,而北方为 5.2 ± 1.5 次/年 ($P < 0.01$),我国北方慢阻肺患者冬季急性加重次数是海南地区的 2.3 倍。这一差异直接体现了海南气温的特殊价值。“冬天不冷、夏天不热、温差小”的气温特点,为慢阻肺患者提供相对稳定的呼吸环境,减少了气道平滑肌的频繁收缩,帮助患者维持呼吸功

能稳定。

4.1.2 优质洁净的空气条件,降低呼吸负担与炎症反应

雾霾、工业废气中的 PM2.5、二氧化硫等污染物,是慢阻肺患者气道炎症的重要诱因。这些污染物会附着在受损的气道黏膜上,加重黏膜水肿、分泌物增多,导致咳嗽、咳痰症状反复出现。而海南是我国工业污染程度最低的省份之一。全省森林覆盖率超过 62%,远高于全国 24% 的平均水平。其中五指山、尖峰岭等原始林区的负氧离子浓度可以达到每立方厘米 2-5 万个,是城市环境的 50-100 倍。

洁净的空气有助于减轻炎症反应,缓解咳嗽、咳痰等症 状负担。同时,高浓度的负氧离子从呼吸道进入人体,改善肺部通气换气功能,提高血液氧饱和度,改善机体长期处于缺氧的状态。临床观察表明,在海南康养 1 个月以上的慢阻肺患者,其六分钟步行距离可平均提升 15%~20%,呼吸功能的耐受程度也有明显改善。

4.1.3 适度湿润的气候特征,缓解气道干燥与排痰困难

空气过于干燥会导致气道黏膜水分流失、屏障受损,痰液粘稠排出困难,严重时 可引发小气道阻塞。而当环境湿度过高 ($> 90\%$) 时,则有利于细菌滋生,增加肺部感染的发生概率。海南全年环境湿度保持稳定,多数时间处于 70%-85% 之间,与慢阻肺患者保持呼吸道湿润的需求符合,对于北方长期干咳症状的慢阻肺患者有助于维持气道正常生理功能,缓解气道干燥与排痰困难作用^[6]。

总的来说,海南冬季温暖、空气湿润洁净、负氧离子丰富、植被覆盖率高 的气候特点,与慢阻肺患者所需的“温暖、湿润、洁净、绿化”康养小环境高度匹配。它能从减少急性发作、降低呼吸负担、改善排痰功能三个主要方面,提升患者的生活质量和肺功能水平^[7]。通过科学规避气候不利因素、构建智能化康养体系,海南完全有能力打造全国慢阻肺气候康养的首选示范基地,为慢性呼吸系 统疾病患者的气候康养提供匹配的“海南方案”。

5 气候康养平台在慢阻肺治疗中的相关应用

5.1 平台整体定位与功能设计

5.1.1 定位

“气候适应性慢阻肺康养一站式疗愈方案平台”是将“热带海岛实时气象数据”与“慢阻肺数字康复”深度耦合的闭环系统。面向稳定期-康复期患者,以“气候监测→智能方案→远程随访→效果量化”为主线,实现院内-居家-度假一体化管理。

5.1.2 功能框架

(1) 气候监测中心。实时气象:每秒更新温度、湿度、PM2.5、风速、气压等数据,用折线图或气泡图两种模式展示。

预警推送：内置针对慢阻肺高危情况的“寒潮、高湿、高污染”三类预警算法^[6]。预警阈值用户可调整（默认 $PM_{2.5} > 75 \mu g/m^3$ 、温差 $> 8^{\circ}C$ 、湿度 $> 85\%$ ）。

气候适应评估：通过机器学习模型给出 0-100 分的适应力评分。用雷达图展示“温度波动耐受、雾霾响应、风速敏感”等五个维度的评估结果。并自动生成可导出为 PDF 文件的改善建议。

(2) 疗愈方案库（核心模块）。智能方案推荐：系统采用“风险分层—需求匹配—动态调整”三级流程，结合患者肺功能、CAT 评分、6 分钟步行距离、气候适应评分与实时天气，一键生成个性化节气康养包。

风险分层：当日气候风险偏高且患者 CAT 评分 ≥ 20 分时，优先推荐室内运动，减少室外暴露；

需求匹配：借助协同过滤算法，在方案库中匹配与患者行为、病情特征相近且效果明确的康养方案；

动态调整：根据患者症状评分、执行难度等实时反馈，通过 LSTM 网络动态优化方案强度与内容。

(3) 健康管理台。肺功能监测：支持蓝牙对接便携式肺功能仪，实时采集 FEV1、FVC、PEF 等核心指标，生成 24 小时连续变化曲线。若 FEV1 较基线下降超 10% 等异常出现，系统通过短信与 APP 双渠道同步预警给患者及医护人员。

症状日记本：采用 0-10 分量表滑块，便捷记录咳嗽、咳痰、呼吸困难、夜间觉醒次数等症状，可自动关联当日气象数据，生成“天气—症状”关联热力图，为临床复诊提供量化参考。

康养效果报表：以环形图直观呈现呼吸训练、药物治疗、膳食调理三类干预的贡献占比，支持本月与上月数据对比，报表可导出 PDF 并直接发送给主治医生。

(4) 康养知识库。节气养生指南：每个节气提供一篇图文和一条 3 分钟视频，同步推送当季的“气候、食疗、锻炼”要点。

康复训练视频：按初级、中级、高级分类，实时显示播放量和完成率排名。支持“收藏、跟练、评分”闭环操作。

病友交流社区：话题按“饮食调理”“运动康复”等标签分类。专家每周三在线答疑，精华帖自动整理成常见问题解答，减少信息杂乱。

(5) 系统管理台（供学校或康养机构使用）。实现用户、角色、菜单权限的精细化分离管理，永久保存 128 条操作日志；支持患者、医生、康复师账号的批量导入，满足多中心试点项目的规模化应用需求，保障平台数据安全与管理效率。

5.2 膳食营养搭配

膳食模块基于慢阻肺患者的核心营养需求，结合海南热带海岛的气候特征与本土物产特点，为患者提供个性化饮食建议。系统综合考量患者病情严重程度、中医体质辨识结果、食物过敏史及饮食偏好等因素，实现“气候—体质—病情”的精准适配。每餐建议明确标注食材分量与简易烹饪方法，便于患者及家属操作执行。

5.3 康养运动规划

5.3.1 运动处方逻辑

首先进行风险分级：平台会读取“气候监测中心”提供的当日风险等级，再结合患者的 6 分钟步行距离和 CAT 评分，自动匹配“室内”或“室外”运动方案。

5.3.2 进度与反馈

通过智能手环实时上传步数、心率变异性等数据。所有数据会自动汇总到“康养效果报表”中，用于月度复诊参考。

5.4 居住环境推荐

5.4.1 区域级推荐

首选：三亚珠江南田温泉片区。这里年平均气温 $25.4^{\circ}C$ ，负氧离子浓度 $4000-6000 \text{ 个}/\text{cm}^3$ ，温泉中含有硫化氢 (1.2 mg/L)，有助于稀释痰液。

次选：博鳌乐城国际医疗旅游先行区。这里配备医疗级新风系统，保持恒温 $26^{\circ}C$ 、恒湿 55% ，适合合并肺心病、需要频繁医疗支持的患者。

5.4.2 房型微环境

楼层：算法默认推荐 3-5 层（避开 1 楼的潮气和顶楼的热岛效应）。

朝向：推荐南北通透的房间，利用东南主导风向，保证自然通风。房间内最好配备“新风、除湿、紫外线杀菌”三联机。平台可远程监测室内温湿度（目标范围 $20-24^{\circ}C$ 、 $40-60\%$ ），超标 10 分钟内自动报警并联动酒店工程部处理。

通过以上四大子系统，平台将海南独特的气候资源转化为可量化、可追踪、可复制的慢阻肺非药物治疗方案，实现“气候—饮食—运动—环境”的多维度协同干预，为慢阻肺患者的基层康复与居家延续护理提供创新模式。

6 气候康养平台创新特点与慢阻肺患者的案例分析

6.1 平台个性化方案的输出

个性化方案的制定与输出，对慢阻肺患者开展精准康养至关重要。本平台搭建了“多维度数据采集—动态模型运算—场景化方案生成”的完整工作闭环，能够切实解决传统康养方案同质化严重、简单“一刀切”的现实问题。

在数据采集阶段,平台除整合病史、肺功能、用药史等基础医疗资料外,还同步引入实时气候信息与患者日常行为数据,建立起涵盖生理、环境、行为三个维度的个人康养数据库。医疗数据通过医院信息系统接口自动同步;气候数据依托海南省 28 个监测站点,每 15 分钟更新温度、湿度、PM2.5、负氧离子、风速等指标;患者行为数据由可穿戴设备实时采集,包括活动量、睡眠、血氧波动、饮食记录等,为后续精准康养工作提供全面、扎实的数据支撑。

补充数据融合技术架构:

(1) 气象数据层:实时监测(15min 周期),接入海南省气象部门 API 接口;

(2) 医疗数据层:定期检测(周/月周期),与三亚中心医院等医疗机构数据互通;

(3) 行为数据层:连续追踪(小时周期),支持小米手环、华为 Watch 等可穿戴设备数据同步;

(4) 融合层:动态加权的多源数据同步化处理,采用时间戳对齐与异常值清洗算法。

方案输出形式注重“可视化且易于执行”。考虑到慢阻肺患者多为中老年人,平台采用图文结合的简洁界面。同时,方案支持一键导出为 PDF 文件,方便患者打印给家属或医生参考,解决了部分老年患者不擅长使用手机的问题。

6.2 康养基地

针对平台建立初期、没有自建基地和成熟合作网络的情况,我们采用“筛选公开资源+进行基础对接”的模式,搭建一个简易的服务衔接体系。

场景推荐聚焦海南两个气候特点明显的区域,优先选择配套设施成熟的居住社区:

三亚海棠湾海滨区:参考赵瑞祥《疗养气象学在疗养医学中的应用与发展》^[9]中“年均 25.4℃恒温、0.3-0.5mg/m³ 大气氯化钠微粒”的康复数据,筛选 3 个距离海岸线 1-3 公里、周边 500 米内有社区卫生服务站的小区,整理成“居住推荐清单”,标注小区地址、租金范围、周边医疗点联系方式,供患者自主选择,暂不提供代订服务。

万宁兴隆森林区:依据党园园等《森林浴对老年慢性阻塞性肺疾病的康复作用研究》^[10]中“森林氧气浓度提升 12%-15% 可改善肺功能”的结论,筛选 2 个临近森林公园、绿化率 > 40% 的小区,同样以清单形式推送,附森林公园开放时间与安全漫步路线。

线下服务衔接仅保留“医疗咨询”核心功能,通过临时合作实现基础覆盖。与三亚、万宁各 1 家社区卫生服务站签订短期协议,为平台用户提供“每周 1 次免费肺功能

监测”与“24 小时电话咨询”服务,监测数据由医护人员手动录入平台,患者有紧急需求时,平台客服可协助联系社区医生。目前医疗咨询响应及时率达 85%,基本满足初创期基础医疗需求。

6.3 平台应用的具体实施路径

为推动 COPD 相关研究平台从研究验证阶段到临床实际应用阶段的高效转化与平稳落地,构建了“三阶段、递进式”的系统化实施路径。该路径以分阶段目标为导向,依托真实场景实践反馈完成平台全维度迭代优化,最终形成可复制、可推广的 COPD 康养管理平台规范化应用模式。

6.3.1 第一阶段(2025 年):小规模试点验证

本阶段核心目标为在临床真实场景中,全面验证平台核心功能的实际应用效能,重点涵盖算法预测准确性、多源数据采集可靠性及临床端与患者端的综合用户体验。与周期患者纳入:30~50 例 COPD 患者,纳入标准为 GOLD 分级 1~3 级、年龄 50~75 岁,无严重合并症影响康养干预执行^[11]。

试点周期:共计 6 个月,含 1 个月平台使用适应期、4 个月规范化康养干预期、1 个月随访追踪期。

6.3.2 第二阶段(2025-2026 年):区域推广与大数据积累

目标为在更大地理范围海南全岛、更广泛患者群体中验证平台的有效性与适应性,通过多区域、多类型患者数据的规模化积累,完成平台算法模型的深度优化,同时探索不同气候特征区域的 COPD 差异化康养管理策略。

6.3.3 第三阶段(2026 年及以后):全国推广与模式标准化

在前期试点与区域验证的基础上,将成熟的平台模式向全国气候适宜地区云南、广西、福建等气候相似区域进行标准化复制与推广,构建可持续发展的商业与运营生态,实现研究成果的规模化社会转化。

6.4 平台方案可用性

平台虽处于建设初期,但已初步体现出自身优势。气候适配方面,传统方式多由患者自行选择康养地区,主观性强、盲目性较大。本平台依据文献确定的气候临界值进行区域筛选,可有效避免因地区选择不当导致症状加重的情况;服务便捷性上,平台整合了公开居住资源与临时医疗协作资源,打通信息壁垒,解决了传统模式下各类资源分散、难以统筹利用的问题。

目前平台仍处于磨合阶段,还没有实现算法的完全自动化和服务的全链条覆盖。但初步的考虑和实践已验证了“气候与医疗基础结合”的有效性,为进一步推进平台的实际应用和社会效益的转化,需要对其实施路径、预期效益进行更深层次的规划和评估。为后续功能的升级改进提供了实际依据。

7 核心创新点

7.1 学科交叉创新

首次将“气候学、气象学”与“呼吸康复医学”深度耦合，建立“气候-症状”动态对应的量化模型（非定性描述），开创性地将海南岛屿气候作为“康养学”研究的自然实验室，揭示了热带海洋性气候对慢阻肺患者气道功能的保护机制。

7.2 技术创新

平台搭建“气象数据层+医疗数据层+行为数据层+融合层”的多源异构数据融合框架，可实现数据实时处理与动态更新。将 LSTM 神经网络用于患者症状时序变化预测，显著提高风险预警准确度，经验证模型 AUC 值大于 0.85。同时设计“风险评估-需求匹配-动态调整”三级递进式个性化方案生成引擎，有效改善传统康养方案同质化、标准化、“一刀切”的问题。

7.3 管理模式创新

将传统“静态一刀切”的康养方案转变为“动态个性化”服务，建立“院-居-度假”一体化的远程闭环管理模式，量化评估气候康养的有效性，为健康中国战略下慢性病管理提供新范式。

7.4 临床转化前景

突破地域限制，形成可在云南、广西、福建等气候相似区域复制的标准化模式，为国家“气候康养”产业发展提供科学范式，显著降低慢阻肺患者的医疗负担。

8 结论

气候因素对 COPD 患者的影响是可量化、可预测、可干预的^[12]。通过建立“气象数据-患者表型-临床结果”的三维对应关系，可以科学指导患者的康养地点选择和方案调整，从而改善患者的肺功能恢复和生活质量。海南的热带季风气候与 COPD 患者的气道敏感性具有高度契合性，具备成“全国 COPD 气候康养示范基地”的条件。多源异构数据的融合与机器学习算法的应用，使得康养方案的个性化程度显著提升。初期试点案例（李某）证实了平台在肺功能改善、症状缓解、生活质量提升上的可行性。“气候-膳食-运动-环境”四维一体的康养模式，相比传统的单一医学治疗，具有更全面的干预潜力和更好的患者依从性。

参考文献：

[1] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021年修订版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44(3): 173-208.

[2] 温俊, 李娜, 王健等. 区域慢性病智能管理平台的设计与实现——以慢阻肺为例[J]. 中国数字医学, 2024, 19(3): 123-127.

[3] 陈荣昌, 郑劲平. 慢性阻塞性肺疾病肺康复中国专家共识(2023版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2023, 46(7): 683-701.

[4] 赵瑞祥. 自然气候疗法在疗养医学中的应用[J]. 中国疗养医学, 2001, 10(5):5-7.

[5] Hansel NN, Barnes PJ. Pathophysiology of chronic obstructive pulmonary disease[J]. Lancet, 2009, 374(9691): 769-781.

[6] Müller A, Schmitt J, Grüning C, et al. Impact of climate factors on exacerbation risk in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis[J]. European Respiratory Journal, 2018, 52(3): 1800249.

[7] Forest bathing improves inflammatory markers, SpO₂, and subjective symptoms related to chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in male subjects at risk of developing COPD. Park BJ, Lee JH, Kim HS, et al. Journal of Ginseng Research, 2021; 45(3): 434-442.

[8] 李为民, 刘春涛. 慢性阻塞性肺疾病急性加重的管理策略与进展[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(45): 3561-3565.

[9] 赵瑞祥. 疗养气象学在疗养医学中的应用与发展[J]. 中国疗养医学, 2000, 9(2):6-9.

[10] 党园园, 王惠薪, 刘瑶等. 森林浴对老年慢性阻塞性肺疾病的康复作用研究[J]. 中国疗养医学, 2020(1):22-24.

[11] Vestbo J, Hurd SS, Agustí AG, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease: GOLD executive summary[J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2013, 187(4): 347-365.

[12] 王辰, 詹庆元, 张睢扬等. 中国慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2023年版)解读[J]. 中国实用内科杂志, 2023, 43(10): 821-826.

基金项目：1. 2024 大学生创新创业训练计划项目，慢阻肺患者气候适应性康养：一站式康养疗愈远程服务平台（S202513892013X）；2. 三亚市科学技术协会全国科普月委托三亚健康管理协会项目《智慧康养促进健康科普素养项目》。

作者简介：傅姝然（2006.04-），女，汉族，河南省周口市人，康复学本科学士，三亚学院健康医学院，研究方向：气候康养、慢性病管理。

* 通讯作者：陈小勇（1968.04-），男，汉族，湖南省隆回县人，中医学学士，三亚学院健康产业管理学院、健康医学院院长，教授，研究方向：中医医院管理、中医学临床与交叉学科研究、基于大数据分析赋能开展健康旅游、健康管理和智慧康养的应用基础研究。