

《元宇宙医学》第一届编委会

荣誉主编

樊 嘉

杨雄里

钟南山

主 编

白春学

顾建英

副主编

陈荣昌

高承实

贾泽军

刘 雷

连 勇

潘 毅

宋振举

王伟林

杨达伟

Niels H. Chavannes

Charles A. Powell

Christoph Thüemmler

编 委（按拼音排序）

白 莉

白春学

曹 鑫

陈 颖

陈大明

陈荣昌

陈智鸿

方金武

甘舜轩

高承实

葛海燕

顾建英

何 萍

胡 洁

胡伟国

胡 征

黄翔宇

贾泽军

姜 杰

金 晶

冷 非

李立亮

连 勇

刘 雷

陆俊羽

马礼兵

潘 毅

漆 远

沈 涛

盛 斌

施国明

宋海涛

宋元林

宋振举

苏士成

孙 湛

王 健

王 凯

王 洵

王伟林

王悦虹

韦 球

魏益平

辛弘毅

薛新颖

杨 冬

杨 丽

杨达伟

杨志刚

于广军

张纪阳

张宇鸣

张玉侠

张子强

赵列宾

赵明明

赵郑拓

周建军

朱智勤

邹 最

Niels H. Chavannes

Charles A. Powell

Christoph
Thüemmler

Lian Wu

Emeli Zhang

Shangming Zhou



Metaverse in Medicine 元宇宙医学

ISSN 3006-4236



元宇宙医学

二〇二五年六月 第二卷第二期



2025 年 6 月 第 2 卷第 2 期

《元宇宙医学》简介

《元宇宙医学》(ISSN 3006-4236)是由复旦大学附属中山医院联合国际元宇宙医学协会(International Association for Metaverse in Medicine, IAMM)于2024年正式创办的一本严格同行评议的聚焦医学与元宇宙学术交叉的开放获取中文学术季刊。杂志特邀IAMM主席、复旦大学附属中山医院终身荣誉教授白春学与复旦大学附属中山医院智慧医院建设专家、医院党委书记顾建英担任共同主编。

本刊旨在服务广大的元宇宙医学相关科技人员,打造“医学+X”的多学科交叉交流平台,促进创新、跨学科研究;应用物联网、人工智能、元宇宙等数字技术促进医学学术和科技发展,推动医工合作与交叉融合,更好地服务医疗和大健康,提高广大元宇宙医学从业人员的医学科学理论和业务技术水平,推动元宇宙医学科技进步和知识创新,繁荣中国健康事业,赋能“健康中国2030”,造福人群健康。



栏目设置

论著、专家述评、综述、平台建设与管理、伦理与法规、医学教育、产学研融合、指南与共识、方法学研究等。

征稿选题

包括但不限于如下方向:

- 元宇宙技术在诊断与治疗中的应用:探讨虚拟现实、增强现实、人工智能等技术在医学领域中的创新应用,以提高临床诊疗治疗效果。
- 虚拟医学环境与医学教育:研究元宇宙创造的虚拟医学环境,包括医学培训、手术模拟、康复治疗等领域。
- 医学数据的元宇宙化:探索将大数据、生物信息学等医学数据与元宇宙技术相结合,实现更深入、全面的医学研究。
- 患者体验与参与:研究如何通过元宇宙技术改善患者与医疗系统的互动,提高患者治疗参与度。
- 伦理与法规:关注元宇宙医学领域中的伦理问题,确保技术的安全和隐私保护。
- 跨学科合作:促进医学、计算机科学、工程学、心理学等多学科领域之间的协同合作,推动医学创新。

主编介绍

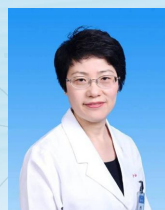


白春学

教授、主任医师,博士生导师,复旦大学附属中山医院终身荣誉教授,现任上海市呼吸病研究所所长、上海呼吸物联网医学工程技术研究中心主任、国际元宇宙医学协会和联盟(IAMM)主席、中国肺癌防治联盟主席、上海市控烟协会会长。

担任《元宇宙医学》(Metaverse in

Medicine)、Clinical e-Health 主编,Frontiers in Medicine 呼吸研究领域主编,AJP-Lung Cellular and Molecular Physiology 副主编。



顾建英

教授、主任医师,博士生导师,现任复旦大学附属中山医院党委书记,整形与美容外科主任医师。中华医学会整形外科学会会员,中华医学会医学美容和美容学学会会员,中华医学会激光美容学会会员。中国女医师学会整形与美容专委会副主任委员、中国整形美容协会精准与数字医学分会第一届理事

会副会长、上海市医学会整形外科分会副主任委员等。《中华整形外科杂志》副主编。

投稿地址: <https://www.zentimepublishing.com/wap/journal/index/sid/69/code/MM.html>

编辑出版:复旦大学附属中山医院期刊中心《元宇宙医学》编辑部;

联系地址:上海市徐汇区枫林路179号复旦大学附属中山医院18号楼516室;

邮编:200032;联系电话:021-51217570,联系人:孙编辑

邮箱:metamedsh@vip.163.com



复旦大学附属中山医院简介

复旦大学附属中山医院（以下简称“中山医院”）始建于1937年，为纪念中国民主革命的先驱孙中山先生而命名，是中国人创建和管理的最早的大型综合性医院之一。中山医院是国家卫生健康委预算管理单位，国家发展改革委首批综合类国家医学中心建设单位，国家卫生健康委公立医院高质量发展试点单位。中山医院是复旦大学附属综合性教学医院，是教育部、国家卫生健康委与上海市人民政府共建共管医院，也是上海市第一批三级甲等医院。在全国三级公立医院绩效考核中，中山医院始终名列前茅，连续多年获得最高评级“A++”。中山医院连续多年在上海申康医院发展中心市级医院院长绩效考核中，位列上海市综合类医院第一名。

使命

以病人为中心，致力于提供优质、安全、便捷的医疗服务；
通过医疗、教育、科研和管理创新，促进医学事业的发展，提升民众的健康福祉。

愿景

世界一流的创新型、智慧型现代化医院。

核心价值观

严谨、求实、团结、奉献、创新、关爱。





国际元宇宙医学协会
中国肺癌防治联盟
复旦大学附属中山医院
上海呼吸物联网医学工程技术研究中心

2025 年 7 月 14 日

“BAIMGPT- 肺结节专家在身边” 全球首发发布会
BAIMGPT-Special Lung Nodule Care, Anytime Anywhere

全球首个肺结节专病数字人 GPT——BAIMGPT 将于 2025 年 7 月 14 日下午在复旦大学附属中山医院东院区 18 号楼 3 楼克非厅、家驹厅正式举行全球首发发布会！此次发布会将有来自不同科室的医疗专业人士、相关产业的合作伙伴、相关行业协会、联盟、政府部门代表以及媒体记者和公众等共同参加。

重磅日程

主持人：宋元林

时间	内容	负责人
14:00-14:30	签到与入场	主办方
14:30-14:35	领导致辞	宋元林教授
14:35-14:50	肺结节专家——BAIMGPT 发布	白春学教授
14:50-15:10	GPT 咨询：回答医生和患者问题	医疗专家
15:10-15:20	特邀专家评论	Powell 教授（美国西奈山医院呼吸病研究所所长）
15:20-15:40	互动问答环节	现场嘉宾与观众
15:40-15:55	圆桌讨论：早诊技术的未来	特邀嘉宾、患者代表
15:55-16:00	总结与闭幕	宋元林教授

会议热点抢先看

1. 核心技术亮点

伴随着人工智能、大数据和深度学习技术的进步，生成式预训练变换器（generative pretrained transformer, GPT）研究和应用也日新月异。医学 GPT 的研发和应用也在医学界更引起了广泛的关注，并在多个领域取得了显著的成果。医学 GPT 的涌现，可以助力实现“名医治未病，元医惠众生”的宏伟目标，从而全面满足患者及社会对医疗与大健康领域的深切期待。然而，要实现这一愿景，必须依托新兴的医学新质生产力。医学 GPT 的出现，恰逢其时地填补了这一需求空白。我们的初步研究已显示，大型语言模型凭借其快速响应本质，能够提供丰富的数据共享资源，正逐渐成为关注的焦点。不过，挑战也随之而来。对于缺乏医学基础知识的人群而言，理解和恰当运用医学 GPT 提供的建议显得尤为困难。此外，看不到医生本人，患者难以建立起对医疗服务的信任与安全感。为了克服这些挑战与限制，让医学 GPT 回答的建议既能被基层医生理解，也便于被不懂医学的患者理解，在开发医学 GPT 技术时，必须对各个环节进行全面革新，包括数据的收集与精选、基座模型的选定、模型的训练评估与优化，以及系统的持续升级与维护。BAIMGPT 的具体改革措施是将数据清洗升级改为数据精选，将简单问答模式改为专家数字人分身，并用 AI 质量控制取代盲目依赖以保证安全，同时在循证基础上融入大医临床实践经验满足个体化需求。简言之，即“改数据清洗为数据精选，改简单咨询为直面分身，改盲目宠信为质控核对，改单纯循证加



大医经验”。这利于在继承原有 GPT 精华的基础上进一步推动医学 GPT 转型，构建一个以“患者为中心，名医为模版，专病为抓手，质量为保障”的新型医疗模式，助力国家四大慢病重大专项（2024ZD0529300）的实施，更有效地服务于患者，造福社会。

2. 案例实战演示

- (1) 真实病例的早诊过程展示，突出新技术的实际价值
- (2) 医疗专家解读技术对临床实践的意义
- (3) 数字人技术实现“有温度的 AI 医疗”，大幅提升医患沟通体验

本次发布的专病数字人 GPT 融合顶尖医学共识、AI 大模型与数字人交互技术，打造“精准医疗+人文关怀”新范式，让专业肺结节管理随时随地在您身边！

3. 深度交互体验

- (1) 邀请现场观众提问，解答技术相关问题
- (2) 现场抽奖互动

4. 顶尖专家、大咖、各界参会代表云集

- (1) 医院领导开场致辞
- (2) 白春学教授（上海呼吸物联网医学工程技术研究中心主任）亲自主持发布
- (3) Charles A. Powell（美国西奈山呼吸病研究所所长）跨国点评
- (4) 三甲医院学科带头人、伦理专家、科技企业领袖、患者代表圆桌论道

互动福利

报名参加互动环节的参会人员将有机会领取小礼品，如中山医院限定版 U 盘、《未来已来——我们需要的元宇宙医学》《元宇宙医学》2025 特刊、肺结节百问免费咨询权限等，与呼吸病领域学术权威面对面交流，优先探索合作机遇！

诚邀参会

1. 定向邀请对象：

- (1) 肺癌领域的权威专家（如相关学会理事长）
- (2) 医疗机构代表（大型综合医院负责人）
- (3) 投资机构或者相关机构代表（关注医疗科技的投资人）
- (4) 媒体代表（健康类媒体、科技类媒体）

2. 规模限制：仅开放 30 席

3. 报名通道：扫描下方二维码提交信息，审核通过后发送正式邀请函



元宇宙医学

YUAN YU ZHOU YIXUE



季刊

2024 年创刊

第 2 卷第 2 期 (总第 6 期)

2025 年 6 月 30 日出版

主 办

复旦大学附属中山医院

编 辑

《元宇宙医学》编辑委员会

200032, 上海市枫林路 179 号

电话: (021) 51217570

网址: www.zentimepublishing.com

E-mail: metamedsh@vip.163.com

主 编

白春学

顾建英

副主编 (按拼音排序)

Nels H. Chavannes

陈荣昌

高承实

贾泽军

刘 雷

连 勇

Charles A. Powell

潘 毅

宋振举

Christoph Thüemmler

王伟林

杨达伟

编辑部主任

贾泽军

联合出版

《元宇宙医学》编辑部;

Zentime Publishing Corporation
Limited

ISSN 3006-4236

2025 年版权归复旦大学附属中山医院《元宇宙医学》编辑部所有

本刊刊出的文章除特别声明外, 不代表主办单位和本刊编委会的观点。本刊如有印装质量问题, 请向本刊编辑部调换。

目 次

专家述评

人工智能对医学科研范式的重构 高承实, 程元骏 (1)

新质生产力赋能老年人健康 王悦虹, 蒋维芄, 胡 洁, 等 (13)

综 述

GPT 赋能肺功能检查的潜力及前景

..... 白春学, 刘晓静, 李 丽, 等 (21)

GPT 赋能感冒诊疗的潜力与挑战 刘晓静, 王 洵, 白春学 (28)

GPT 赋能 ARDS 诊断和治疗的意义 宋振举, 尹 俊, 白春学 (36)

医学教育

元宇宙技术在口腔正畸治疗教学中的应用与发展

..... 葛昕桐, 张栋梁 (44)

产学研融合

通过人工智能与医疗元宇宙提升阻塞性睡眠呼吸暂停与肺结节的

早期检测 柳华溢, 陈思源, 熊彦韬, 等 (47)

指南与共识

肺结节专家——BAIMGPT白皮书 白春学(55)

本期执行主编 白春学
本期责任编辑 臧天茹, 孙梦瑶
本期责任校对 殷悦, 姬静芳, 王迪, 翟铖铖

METaverse IN MEDICINE

Established in 2024; Volume 2, Number 2, June 30, 2025

Sponsor

Zhongshan Hospital, Fudan University

Editor

Editorial Committee of *Metaverse in Medicine*
179 Fenglin Road, Shanghai 200032, China
Tel:(86)21-51217570
http: www.zentimepublishing.com
E-mail: metamedsh@vip.163.com

Editor in Chief

BAI Chunxue
GU Jianying

Associate Editor

Nels H. Chavannes
CHEN Rongchang
GAO Chengshi
JIA Zejun
LIU Lei
LIAN Yong
Charles A. Powell
PAN Yi
SONG Zhenju
Christoph Thüemmler
WANG Weilin
YANG Dawei

Editorial Director

JIA Zejun

Co-publishing

Editorial Office of *Metaverse in Medicine* & Zentime Publishing Corporation Limited

ISSN 3006-4236

Copyright @ 2025, Zhongshan

Hospital, Fudan University

CONTENTS IN BRIEF

Commentary

- The reconstruction of the medical research paradigm by artificial intelligence..... GAO Chengshi, CHENG Yuanjun(1)
- New quality productivity empowers the health of the elderly
..... WANG Yuehong, JIANG Weipeng, HU Jie, et al(13)

Review

- The potential and prospect of GPT-enabled pulmonary function testing
..... BAI Chunxue, LIU Xiaojing, LI Li, et al(21)
- The potential and challenges of GPT empowering cold diagnosis and treatment..... LIU Xiaojing, WANG Xun, BAI Chunxue(28)
- Significance of GPT to empower the diagnosis and treatment of ARDS.....
..... SONG Zhenju, YIN Jun, BAI Chunxue(36)

Medical education

- The application and development of metaverse technology in orthodontic treatment education GE Xintong, ZHANG Dongliang(44)

Integration of IUR

Improving early detection of obstructive sleep apnea and pulmonary nodules through artificial intelligence and medical meta-cosmology LIU Huayi, CHEN Siyuan, XIONG Yantao, et al(47)

Guidelines and consensus

White paper on pulmonary nodule expert—BAIMGPT BAI Chunxue(55)

Acquisitions editor BAI Chunxue

Executive editors ZANG Tianru, SUN Mengyao

Executive proofreaders YIN Yue, JI Jingfang, WANG Di, ZHAI Chengcheng

DOI: 10.61189/669152licoid

· 专家述评 ·

人工智能对医学科研范式的重构

高承实^{1*}, 程元骏²

1. 安徽栈谷科技有限公司, 池州 247100

2. 池州市人民医院, 池州 247000



[摘要] 21 世纪以来, 人工智能(artificial intelligence, AI)正在以前所未有的深度介入医学科研, 推动其从“假设—验证”范式向“数据驱动—生成式”的认知结构跃迁。借助深度学习与生成式预训练模型, AI 不仅正在文献综述、图像识别、临床试验设计、药物开发等方面重塑科研流程, 更对医学研究的哲学基础、可解释性、科研伦理与评价机制提出了挑战。本文系统分析了 AI 在医学科研中从工具到协作者、从加速器到范式建构者的多重角色变迁, 提出“可信、透明、可控”的 AI 框架应成为未来科研范式重构的制度基石。通过梳理 AI 介入下的典型案例与趋势, 强调人机协同将成为医学知识生产的新常态, 并呼吁构建跨学科共识机制, 以确保医学科研的科学性、伦理性与创新性的协同进化。

[关键词] 人工智能; 医学科研范式; 数据驱动科学; 生成式预训练模型; 科研伦理

[中图分类号] R-3 **[文献标志码]** A

The reconstruction of the medical research paradigm by artificial intelligence

GAO Chengshi^{1*}, CHENG Yuanjun²

1. Anhui Stack Alley Technology Co., Ltd, Chizhou 247100, Anhui, China

2. The People's Hospital of Chizhou, Chizhou 247000, Anhui, China

[Abstract] Since the beginning of the 21st century, artificial intelligence (AI) has been profoundly reshaping medical research, propelling its transition from the traditional "hypothesis-verification" paradigm towards a "data-driven, generative" cognitive structure. Leveraging deep learning and generative pre-trained models, AI is not only transforming research workflows in areas such as literature review, image recognition, clinical trial design, and drug development, but also challenging the philosophical foundations, interpretability, ethical considerations, and evaluation mechanisms of medical research. This paper systematically analyzes the multifaceted evolution of AI's role in medical research—from a tool to a collaborator, and from an accelerator to a paradigm architect. It proposes that a framework of "trustworthy, transparent, and controllable" AI should serve as the institutional cornerstone for reconstructing future research paradigms. By examining representative case studies and emerging trends under AI's influence, the paper emphasizes that human-AI collaboration will become the new norm in medical knowledge production. It further calls for establishing interdisciplinary consensus mechanisms to ensure the harmonious progression of scientific rigor, ethical integrity, and innovative capacity in medical research.

[Key Words] artificial intelligence; paradigm of medical research; data-driven science; generative pre-training model; research ethics

21 世纪以后, 医学科研进入了由数据与计算驱动的新阶段。从基因组学的高通量测序到电子病历的全面普及, 从影像医学的数字化转型到流行病学实时预测模型的构建, 医学已经成为了一门高度依赖信息与数据的科学。然而, 与数据爆炸性增长相伴随的, 并非科研效率的同步跃升。相反, 医学研究面临着越来越多的瓶颈, 实验成本高昂、临床试验周期冗长、文献重复冗杂、结果可重复性下降

等问题愈发显著。

在此背景下, 人工智能(artificial intelligence, AI)作为一种强大的分析与生成工具, 逐渐成为医学研究的核心技术。其在医学中的应用, 从早期的影像识别与辅助诊断, 发展到当下的药物发现、精准医疗、流行病预测乃至科研流程自动化。特别是 2022 年生成式预训练模型 ChatGPT 取得突破以后, AI 就已经不再仅仅是“技术助手”, 而是开始被视作

[收稿日期] 2025-06-10

[接受日期] 2025-06-25

[作者简介] 高承实, 博士, 副教授。

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 056-62028361, E-mail: 13838001036@163.com

具有“拟认知能力”的科研参与者。这种角色变化,对医学科研范式构成了深刻挑战。

传统的医学研究范式深植于“假设-实验-验证-推广”的线性科学逻辑之中,由研究者提出假设、设计实验、收集数据、得出结论。这一范式强调因果推断、变量控制和统计显著性,是20世纪医学进步的重要保障。但这一范式也有其局限,尤其在面对高度复杂、非线性、多因素交织的现实医疗情境时,往往显得力不从心。而AI,尤其是深度学习模型,能够在无需明确因果路径的前提下,从大量数据中“学习出”潜在的结构模式,直接输出预测结果或研究假设,从而挑战了以“人类提出假设”为中心的科研逻辑。

AI对科研的介入,不仅在“工具层”提高了效率,更在“方法层”改写了流程,甚至在“认知层”也挑战了人类研究者的主体地位。它可以自动分析成千上万篇医学文献,识别研究空白;可以在药物筛选中模拟分子相互作用,发现传统路径难以找到的候选物质;甚至可以辅助设计临床试验方案、优化受试者招募与随机分组策略。这种广泛渗透正在改变我们对科学研究定义的根本理解。

当然,AI并非万能。其“黑箱”特性使得可解释性成为挑战;其对数据质量高度敏感,这使得训练数据中的偏见可能被放大;其在科研伦理、知识产权和信用归属等方面的模糊地带,也引发了广泛争议。面对AI在医学科研中的迅速推进,学界正陷入一场深刻的范式争论,即我们应将AI视为人类认知能力的延伸,还是一种外部自动体制的崛起?AI主导下的研究发现能否真正代表科学?如果“发现”不再依赖人类的理论直觉和逻辑归纳,科研的本质是否正在发生变化?

本文以医学科研为核心场景,系统分析AI如何重构其研究范式,从理论、方法、实践与伦理多个维度展开反思:(1)AI是否仅是工具,还是正在成为研究方法 with 知识生产的新机制?(2)在AI广泛介入后,传统的“假设-验证”路径是否会给“数据驱动-生成”路径让位?(3)科研成果的可验证性、可重复性与可解释性如何在AI参与下重新界定?(4)医学科研人员的角色将如何转变?“人机协同”是否是新的科研范式?(5)面对AI带来的新机遇与新风险,科研伦理与制度应如何回应?

通过对上述问题的系统探讨,本文希望不仅揭示AI对医学科研技术流程的改造,更试图把握其背后深层的科学哲学与知识生产范式的变动。当AI以前所未有的方式参与到“我们如何认识疾病、理

解生命、治疗人类”这一根本问题时,我们不能只将其看作效率提升工具,而应严肃地思考,我们是否已经站在了一次新的“科研革命”的门槛上?

1 医学科研范式的传统结构

在当代科学体系中,医学研究曾长期被视为最接近“理性与实验”理想的范式领域之一。作为自然科学与生命科学交汇的核心,医学科研不仅要在实验室中追求严谨的机制阐释,还必须与真实世界中的临床场景衔接。这一双重使命塑造出一种独特而复杂的科学范式,它既承袭了20世纪波普尔式的“证伪主义”精神,又深受经验主义和统计方法论的洗礼。在AI等新技术出现之前,这套传统范式已逐步固化,并形成以下几个核心结构要素。

1.1 “假设-验证”的逻辑主轴 传统医学科研遵循的基本逻辑框架是“假设驱动的实证研究”(hypothesis-driven research)。这一框架强调研究应从一个清晰可界定的科学假设出发,通过严格设计的实验或观察研究对其加以验证或证伪。在这一过程中,科学家作为认知活动的主体,被视为是提出问题、构造模型、设计实验并解释数据的核心力量。任何实验活动的起点,必须是人类主导的理论推演或临床观察,从中提出一个可操作、可测量的问题。

例如,一项有关新型抗癌药物的研究,通常以“该药物是否能显著抑制肿瘤细胞生长”为假设,通过体外实验、动物模型、I~III期临床试验逐步推进。而数据,仅仅是对假设的支撑或反驳工具。假设先行、数据验证,这一过程体现出强烈的人本主义科学精神,也构成医学科研长期以来的范式基石。

1.2 变量控制与因果推断的核心地位 医学科研的严谨性很大程度上体现在对变量控制的强调上。无论是基础医学研究中的单变量实验,还是临床试验中的随机对照设计,核心都是通过排除混杂因素、隔离变量影响来接近“因果推断”的理想目标。

这一思维模式源自物理学的“实验理性”,在20世纪初被统计学方法强化,尤其体现在Fisher创立的显著性检验框架与随机化方法中。其核心理念是,只有控制好影响因素,才能得出“X是否导致Y”的因果关系,而非仅仅观察到“X与Y的相关性”。

例如,在评估一个降血压新药的有效性时,必须通过双盲随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)排除安慰剂效应与医生偏见,通过随机化分组避免选择偏倚,通过显著性检验确保结果的合

理性。这种对“内在因果”的执着,使医学科研在科学体系中长期保持高度的权威性。

1.3 统计方法作为标准分析工具 自20世纪中叶以来,统计学逐渐成为医学科研的“语言与法则”。无论是用于群体画像的描述性统计,还是用于假设检验的推论统计,统计工具已全面渗透到医学研究的设计、执行与结果解释中。医学科研论文无一例外地包含了统计检验, P 值、置信区间、方差分析、多重比较校正、贝叶斯推断等成为科研的“标配”。在临床研究中,统计显著性甚至一度被等同于“科学性”。

这种依赖统计方法的传统,也间接形成了一种方法论保守性。只有符合统计模型假设的数据才被认为是“可用”的数据,只有满足统计标准的结果才被承认具有“科学意义”。这在给研究过程带来高度规范化与可重复性的同时,也阻碍了医学现象中大量复杂、动态、非线性机制的呈现。

1.4 实验室、期刊与同行评议的科研组织形态 医学科研的知识生产并非孤立完成,而是嵌入在一整套组织结构中。这套结构以大学或研究机构的实验室为节点,以学术期刊与会议为平台,以同行评议制度为评价机制。它既保证了科研成果的积累与传播,也塑造了研究范式的稳定性。

尤其在医学领域,期刊排名、影响因子、基金评审构成了强烈的外部激励结构,研究者往往被引导去选择“可发表的选题”、使用“可接受的方法”、生成“可接受的结果”。在这种生态中,科研不仅是一种探索行为,更是一种“系统内生”的生产行为,受到制度规范、评价标准与资源竞争的深度影响。这使得医学科研在本质上表现出双重逻辑,一方面是理性主义的求真逻辑,另一方面是制度化的再生产逻辑。

1.5 人类主体中心性的伦理与责任 医学研究不同于其他自然科学研究的关键,在于它直接关系人类生命与健康。这一特性使得医学科研必须遵守严格的伦理规范,如《赫尔辛基宣言》、知情同意制度、临床伦理审查制度等。这些制度体现出一个根本性的科研观念,即人类研究主体不仅是认知的执行者,更是伦理的承载者。医学研究不能单纯追求“知识产出”,更必须保障受试者的权利与尊严,确保研究过程的正当性与社会责任。这一伦理基础也强化了“人类研究者”的中心地位。在传统范式中,AI等非人主体不能拥有研究动机、伦理判断与社会责任,仅被视为“辅助工具”。

1.6 传统范式的优势与局限 假设逻辑、因果推断、

统计规范、制度组织与伦理框架等维度,共同构成了医学科研的传统范式,推动了抗生素、疫苗、手术、分子医学等领域的跃迁式发展。但现代医学进入“大数据—多因素—非线性”主导的新阶段时,传统范式开始面临前所未有的挑战:(1)数据增长的速度远超人工处理的能力;(2)多组学交叉导致变量之间的关系难以穷尽;(3)新药研发周期冗长、失败率高;(4)临床试验费用日益上升,伦理边界日趋复杂;(5)对证据等级与因果推断的传统要求,使得某些重要问题难以再通过传统经典路径得以解决。

在这样的时代背景下,AI就不再是锦上添花的工具,而成为一种可能改写范式的“系统性变量”。它的出现,迫使医学科研界反思,我们的知识生产方式是否仍适应当下技术的发展?我们赖以为基础的“科学逻辑”,是否正在被重新定义?

2 AI从工具到协作者

AI对医学科研的介入,已不再停留于“加快处理速度”或“提供便利工具”的表层作用,而是开始重塑科研的底层逻辑。从最初的图像识别与文本分析,到如今参与研究假设的生成、临床试验的设计优化乃至生物机制的挖掘,AI正在从一个被动执行的“工具”,演变为具备方法论意义甚至认知协作能力的“准科研主体”。这一转变并非一蹴而就,而是在不断深化的应用中逐步显现的。

2.1 AI在医学科研中的主要应用路径 AI对医学科研的介入已不再局限于边缘性任务,而是贯穿知识生产的全过程。为了更清晰地呈现其实际影响,本文从4个典型应用领域出发,解析其在科研流程中所起到的关键作用与方法论重塑。

2.1.1 数据挖掘与大规模文献综述 在信息爆炸的时代,医学科研的第一堵墙往往不是技术能力,而是信息获取能力。每年新增数十万篇医学论文,这让任何个体研究者都无法穷尽前沿信息。而AI,尤其是自然语言处理(natural language processing, NLP)与大语言模型(large language model, LLM),在这方面展现出强大的总结、归纳与交叉分析能力。

Semantic Scholar、Elicit、ChatGPT、Perplexity等AI工具,已经被大量科研人员用于自动生成文献综述、识别研究趋势、归类研究方法甚至推断不同文献间的潜在矛盾。这种“主动阅读+总结归纳”能力,将科研从“信息堆积”中解放出来,使研究者能够更聚焦于问题建构与理论创新。

更进一步,AI可实现“跨领域文献比对”。例如从神经科学与免疫学两大独立学科中提取共同机

制,为交叉学科研究提供新的假设框架,而这在传统的医学科研范式下完全依靠人力几乎无法实现。

2.1.2 影像识别与诊断模型 影像医学是AI最早且最成功的应用场景之一。深度学习模型在X光、MRI、CT图像识别等场景中表现出超越人类专家的敏感性,能发现肉眼难以察觉的病灶。

谷歌旗下DeepMind训练出的AI模型在多个国际测试中展现出高于放射科医师的检测准确率,且漏诊率更低。其在乳腺癌筛查方面全面超越人类医生^[1],在视网膜病变诊断方面也已达到顶尖专家水平^[2]。虽然在不同病种间存在差异,但AI已具备辅助临床决策的能力。

但AI的科研价值远不止于此,还能帮助研究者发现某些影像特征与预后、分子变异的潜在联系,从而提出新的研究假设。例如某些AI模型可以识别肿瘤边缘不规则程度与免疫微环境的关联,从而给免疫治疗的机制探索带来新的启发。

2.1.3 临床试验模拟与设计优化 传统临床试验代价高昂、周期漫长,且受限患者招募、伦理审查和数据噪声。AI的引入为传统临床试验带来了革命性发展:(1)虚拟受试者生成。AI可基于真实世界数据构建高度逼真的患者群体模型,用于数字孪生试验或模拟对照组,极大降低初期试验的不确定性。例如,美国FDA已接受AI模型模拟的药物-疾病相互作用用于前期研究申报^[3]。(2)试验设计优化。AI可以自动识别最可能影响试验结果的变量,从而指导纳排标准制定、样本量设定与分组策略。这种“数据驱动的试验逻辑”不同于传统经验法则,更符合复杂系统的运行特征。

2.1.4 生物标志物筛选与药物发现 药物研发正处于成本高企与靶点枯竭的双重瓶颈期。AI在生物信息挖掘、分子筛选与机制预测中的应用,被视为突破口。

当前AI已能基于多组学数据(基因组、转录组、蛋白质组、代谢组)识别潜在疾病标志物,并推断其病理生理机制。更重要的是,AI可生成新分子骨架,开展虚拟筛选与分子对接,大幅缩短从靶点到候选药物的周期。2020年以来,多家制药巨头如Insilico Medicine、Exscientia等,已投入AI驱动的“自动化药物设计平台”,其生成的候选药物已进入临床前或I期试验阶段,这宣告了“AI药物”时代的来临。

2.2 从“工具性”使用到“方法论”参与 AI的深度介入,不只是功能性补充,其正在改变医学研究的方法论逻辑。

在传统科研中,“提出问题—构建模型—获取数据—分析验证—发布结果”是一条线性流程,其中人类研究者掌控问题提出与分析方法。而在AI驱动的研究中,这一结构被打破:(1)问题生成由AI建议。例如AI可能通过跨数据库比对发现某些基因突变与罕见临床表型相关,从而提出新的研究假设。(2)模型构建依赖AI算法的自身演化。如AutoML(自动机器学习)可自动寻找最佳模型架构,甚至生成新的数据增强策略。(3)分析过程由AI驱动并解释。尤其在非线性、高维度数据中,人类难以直接识别规律,AI提供了全新洞见。

这一过程呈现出“协同认知”的图景。人类负责设定研究边界与伦理底线,AI负责从数据中挖掘可行路径,并不断修正原始设想。AI不再是冷冰冰的执行器,而是具有方法论地位的科研协作者。

值得强调的是,这种协作并不意味着AI取代人类科学家,而是意味着人类科研人员的角色正在从“控制一切”向“协同建模”转变。科学家的任务逐渐转向设定问题边界、评估结果可解释性、制定伦理红线与验证AI假设的临床可行性。

2.3 “黑箱”模型与解释性医学的张力 尽管AI在多个层面展现出巨大的科研价值,但也引发了一个根本性张力,即AI模型的可解释性与医学研究对因果机制的强调之间的矛盾。

多数AI模型,尤其是深度学习模型,属于高度复杂的“黑箱系统”。它们能够提供极其准确的预测或分类结果,却很难解释“为什么”会得出这一结果。这对医学而言是一个巨大的问题。医学科研不仅追求预测,更追求机制。例如,一个AI模型可以准确预测某患者在半年内的复发概率为82%,但如果无法解释这个概率背后的生物路径或临床特征,那它便很难被医生采信,也难以转化为可执行的治疗策略。

医学的理性主义传统要求研究结果必须具备可解释性、可验证性与可再现性,而AI的“黑箱”特性挑战了这一原则。一方面它提供了“超越人脑”的洞见,另一方面它的不可解释性让人望而却步。

因此,近年来“可解释性AI”(explainable AI, XAI)成为医学AI研究的新焦点。可解释性AI力图在复杂模型与因果推理之间建立桥梁,例如通过局部可解释的通用模型解释方法(local interpretable model-agnostic explanations, LIME)、基于Shapley值的加性解释方法(SHapley Additive exPlanations, SHAP)、Attention等机制,揭示中对预测模型最重要的变量,可能关联真实生物机制的决策路径。这一

努力本质上是一种范式融合尝试,既保留了AI的非线性预测能力,又回归了医学的可解释性传统。

2.4 从工具到伙伴的进化 AI正在从医学科研的“加速器”演化为“建构者”。它不再只是帮忙画图、跑模型、对图像分类,而是在问题提出、模型构建、机制挖掘与假设修正的全过程中提供关键洞见。这一变革预示着一种范式转换的发生。从人类主导的数据收集与因果推理,过渡到人机共建的知识发现与系统建模。AI的加入,使科研不再是“精英个体的推理游戏”,而成为“系统间的协同进化”。

3 生成式AI对研究范式的颠覆

自2022年以来,以ChatGPT为代表的生成式AI引发了全球范围的科技震荡。它不仅是一种新型的人机交互工具,更以“语言理解+知识生成”的能力,逐步渗透进科研流程的多个关键环节。对医学科研而言,这种颠覆已不再是抽象预言,而成为一种现实冲击。研究假设由AI生成、实验设计由AI优化、论文初稿由AI撰写、图表由AI绘制。过去高度依赖人的创造性工作,如今正被AI在效率与规模上改写。

3.1 多模态模型与跨领域知识整合 传统的AI模型多依赖结构化数据,而医学科研则涉及复杂的多模态数据输入,如影像、文本、生理信号、实验数据等。新一代生成式AI,尤其是OpenAI的GPT-4o、Google的Gemini、Meta的LLaVA等,正具备从图像、文本、语音甚至分子结构中同时学习的能力,构建出一个“统一表示空间”来处理医学知识。这种能力,使得“跨模态”的认知成为可能。

以肿瘤学研究为例,过去病理图像的解读、基因突变的分析、患者临床数据的整合往往需要多组学、多团队协作。而今,多模态AI可以同时处理苏木精-伊红染色图像与电子病历信息,在数秒内生成临床建议或研究假设。生成式模型将不再仅仅回答“是什么”,它可以主动提出“还可能是什么”,进而推动科学发现从“数据密集”转向“知识生成”。

此外,医学研究日益交叉化的趋势,也对AI的知识整合能力提出了挑战。生成式AI作为“语义中介”,其训练语料往往覆盖医学、生物学、统计学乃至伦理学等多个学科专业领域。这种“跨域语义迁移”能力,使其在医学科研中不再只是“语义模糊的写作工具”,而可能演化为真正的“跨学科交互节点”。

3.2 自动假设生成与研究设计建议 科学研究的起点是提出一个好的问题。传统上,这依赖研究者的

经验、灵感与对文献的长期积累。而生成式AI通过大规模语料学习与上下文理解,可以在一定程度上模拟“提出问题”的过程,即“自动生成研究假设”。这标志着AI第一次从“被动工具”转向“主动参与者”。

例如,在药物再利用研究中,生成式模型可基于已发表论文、基因通路数据库、药物相互作用网络,提出尚未被探索的药物-靶点组合^[4]。在精神疾病研究中,AI能结合患者社交媒体发言与电子病历,提出新的行为标志物假设^[5-6]。

更进一步,生成式AI正在尝试对研究设计提出优化建议。这不仅包括样本量计算、分组设计、变量控制等技术性环节,甚至还涉及研究伦理审查的合规性建议。这意味着,AI不再只是科学发现的“放大镜”,而是其“放射源”。

3.3 文献写作、图表生成与科研流程自动化 在科研流程中,撰写论文、整理文献、绘制图表等被称为非创造性但高重复度的任务,占据了研究者大量时间。生成式AI正以惊人的效率重构这一链条。

首先是自动写作。目前,GPT类模型已能够根据给定研究主题、背景资料、数据摘要自动撰写论文摘要、引言甚至部分讨论部分。虽然尚不能完全取代人类写作,但在初稿生成和语言润色方面,其效果已被多个国际医学期刊认可,并开始探索AI参与写作的声明制度。

其次是自动图表生成。如ChatGPT与Python代码交互功能、Claude等模型的图像能力,可将用户输入的表格数据转为可视化图形,甚至基于文本自动判断使用何种统计图形(如箱线图、散点图、生存曲线等)。这极大降低了科研门槛。

更进一步的,是科研流程的半自动化。从制定检索策略、批量下载文献、提取关键信息、按主题聚类,到撰写综述式报告,AI工具已可实现“零编程”操作。在系统评价与Meta分析中,部分AI工具(如Elicit、Scite Assistant)能协助完成文献筛选与偏倚评估,大幅提升效率。未来的实验室或科研小组,可能不再以“人力”多少为单位,而是以AI增强容量(AI-augmented capacity)来评估科研生产力。

3.4 生成式预训练模型在“知识编织”中的角色 生成式AI最大的革命,不在于写作或效率,而在于其扮演了“知识编织者(knowledge weaver)”的角色。

传统的科研范式将知识理解为“离散事实”的积累,而生成式预训练模型则试图将其转化为一种“语义网络”的流动系统。在这一系统中,事实、概念、假设、证据、反驳、隐喻、类比等各种知识元素,

被编码为语言向量,彼此形成“嵌套”和“激活”的结构。这种结构极度接近人类“隐性知识”(tacit knowledge)的表达方式。

例如,当研究者输入“抗程序性死亡受体1(programmed death 1,PD-1)治疗失败的机制有哪些可能性?”时,GPT模型不只是输出数据库内已有答案,而是可能结合免疫逃逸、肿瘤微环境、共抑制信号、遗传突变等多层级知识路径,给出“似是而非但启发性强”的解释。这种“多义路径”的生成能力,恰是科研思维中不可或缺的一部分。

从这个意义上说,GPT并不是简单地“模仿”人类语言,而是构建了一个“弱意识形态下的科学思维模拟器”。虽然GPT还远未达到真正“理解”,但它确实在以一种全新的方式,介入并重塑我们“认识世界”的流程。

生成式AI不是科研流程的简单加速器,而是科研范式的结构性挑战者。从多模态学习到自动假设生成,从写作流程到知识编织,它正在将“科学作为生产活动”的各环节自动化、语义化与联动化。这一过程或将推动医学科研走出线性范式,迈入一个高度交互、增强认知、协同创新的新纪元。

4 新范式的哲学与方法论基础

随着AI技术的飞速发展,尤其是深度学习的广泛应用,科学研究的范式正在经历一场深刻的变革。这种变革不仅仅是技术层面的更新,更是哲学和方法论层面的重构。传统的医学科研方法,深植于经验主义传统之中,强调通过观察、实验和归纳来逐步积累事实,进而建立理论。然而,随着数据量的爆炸式增长和计算能力的显著提升,这种传统的科研范式已经难以满足复杂科学问题的求解需求。因此,一种新的范式,数据驱动科学,应运而生,它强调通过大规模数据的模式识别与预测功能来推动科学发现。这种从经验主义到数据驱动科学的跃迁,标志着科学研究进入了一个全新的时代。

4.1 从经验主义到“数据驱动科学”的跃迁 传统医学科研方法深植于经验主义传统之中。在这一科学哲学范式中,研究以观察、实验、归纳为核心,通过逐步积累事实以建立理论,最终在假设—验证框架内实现知识生产。然而,随着AI特别是深度学习的发展,这一过程正在被重新定义。医学科研不再仅依赖于假设推导和实验验证,而是更多地借助对大规模数据的模式识别与预测功能进行驱动,形成“数据密集型科学”(data-intensive science)^[7]。

2007年1月11日,计算机图灵奖得主吉姆·格雷(Jim Gray)在面向美国国家研究委员会的演讲中提出了科学研究的“第4范式”,即数据密集型科学。这一概念后来被收录于微软研究院2009年出版的书籍*The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery*中,即继实验科学、理论科学、计算科学之后,数据驱动科学成为新时代的知识生成方式。这一新范式强调不再“先有理论,后有验证”,而是在数据中发现模式、建立预测模型,甚至生成假设,再反过来指导实验。这种由AI推动的模式,在精准医学、流行病学、药物研发等领域已有广泛体现。例如,AI可以通过分析千万条基因表达数据,预测肿瘤亚型而不需要先验机制模型,继而影响疾病分类和个体化治疗。这并不意味着经验主义被彻底抛弃,而是其地位被重新调和。在新范式下,AI不只是数据处理的工具,更参与到“认知系统”之中,成为科研过程的协作主体之一,逐步改变医学研究的“问题意识”和“证据结构”。

4.2 AI与波普尔式可证伪性原则的张力 在20世纪科学哲学中,卡尔·波普尔(Karl Popper)提出将“可证伪性”作为科学与伪科学的分界线,强调一个理论只有在可能被经验所反驳时,才具有科学性^[8-9]。在此框架下,医学研究强调假设先行、严谨实验设计、统计验证,以及可重复性。

然而,AI特别是深度神经网络的引入,使得“黑箱”模型在医学科研中迅速流行。这类模型强调预测准确性,但往往难以解释其内部机制,亦难以通过传统的可证伪性原则进行明确的经验检验。以图像识别中的癌症筛查为例,AI模型可以在没有明确可解释路径的情况下给出高准确率分类结论,但这是否符合“科学”的标准,成为争议焦点。

这一张力的存在不仅是方法论问题,也带有深刻的哲学意涵,即我们是否可以接受“预测力即科学性”的转向?抑或应回到“可理解、可推演”的可证伪路径?目前的应对策略包括强化XAI技术、构建“白箱”模型、利用因果推断框架重塑AI模型的科学性边界。这些探索意在缓和AI与波普尔哲学之间的张力,并在保持科学性标准的同时,发挥AI在数据处理与模式发现中的优势。

4.3 科学评价标准的重构 医学科研长期以来以统计显著性为评判标准,即通过P值来判断研究是否具有“真实意义”。然而,AI模型,尤其是生成式模型,更关注“预测能力”和“泛化能力”,即模型在未知数据上的表现。这两者存在根本差异。

举例来说,一个用于预测糖尿病并发症的AI模

型,其预测准确率可以超过90%,但该模型未必满足传统意义上的统计显著性标准。反之,一些存在显著性的研究,可能在实际预测中毫无效果。这暴露出当前科研评价体系中“发现”与“应用”之间的张力。

AI推动下的医学科研可能需要一套新的评价指标体系,例如模型预测的曲线下面积(area under the curve, AUC)、灵敏度、特异度等,多轮交叉验证(cross-validation)或外部验证数据集的泛化能力,模型可解释性与伦理可接受性,重复性与可重现性评估的新标准(如FAIR原则)。这预示着从“统计推断”为中心的科研范式,正在部分转向“建模—预测—优化”链条为核心的AI范式,这在公共卫生与临床辅助决策系统中表现得尤为明显。

4.4 人类研究者的科研主体性变化 AI的深度介入,已经不再只是“工具扩展”,而逐渐涉及“主体重构”。在传统科研中,研究者是知识发现的唯一主体,所有辅助工具都是人类智力的延伸。但在AI系统越来越多地产出结果、提供研究思路甚至生成论文草稿的当下,科研的“作者性”与“责任边界”也被重新审视。

2023年, *Science*、*Nature* 等顶级期刊相继声明:“AI工具不能作为论文作者署名”^[10-11],这一反应表面上是对学术署名伦理的维护,实则隐含着对“AI是否是知识生产者”这一核心问题的回应。

另一方面,越来越多的研究者借助GPT-4等大模型完成文献综述、研究设计构建,甚至提出新颖假设,开始从“研究员—工具”关系转向“研究员—协作者”关系。这种变化要求我们重新理解科研主体的构成。AI是“外部心智”的延伸(extended mind),还是人类的“共谋式创新”(co-creativity)伙伴?数据偏见、模型误导等研究责任由谁负责?指导AI学习、审核其输出的人类控制者——“元研究者”(meta-researcher)的贡献应该如何度量?

这场深层次变革意味着,未来的科研不再是“孤独的科学对抗自然”,而是“人机共构的认知系统”面对复杂现实。在这种范式中,AI不一定拥有意识或伦理判断力,但它可能成为科研共同体的一部分,被纳入知识生产机制、伦理审查机制与质量控制机制之中。

5 风险、偏见与伦理反思

AI正以前所未有的速度与广度介入医学科研全过程,从数据分析到假设生成,从实验设计到论文撰写。然而,这一跃迁同样需要付出代价。在AI

驱动科研范式的演进中,风险、偏见与伦理问题正同步扩张,构成亟需警惕的“负面外部性”。若忽视这些底层结构性问题,医学科研的信度、效度乃至公众信任都将受到挑战^[12]。

5.1 模型偏见、数据歧视与“垃圾进—垃圾出”(garbage in, garbage out) AI模型的能力取决于数据。训练数据的代表性、完整性与清洗质量,直接决定了其输出的准确性与公平性。然而,医学数据天生就带有浓厚的人类社会偏见。临床数据多来源于特定区域的大型医疗机构,罕见病、边缘群体数据极为稀缺;性别、种族、经济背景对疾病表现与诊疗路径具有高度相关性,却常常被“归一化”处理。

在“数据即命令”的AI逻辑下,偏见得以系统化编码,并以“客观预测”的面目进入科研判断。例如某些癌症影像识别模型在非白种人患者中的准确率明显偏低;临床试验模拟系统在预测药效时忽略少数族裔,导致实验设计结构性歧视;基于电子病历训练的诊断模型放大了历史中对女性患者的轻症误诊。

这类风险本质上体现了“垃圾进—垃圾出”机制,即模型无法超越其数据的“认知边界”。更严重的是,在AI模型的黑箱结构中,这些偏见往往被“沉默化”处理,难以被识别与纠偏,从而使科研结果被伪科学的精确性所“掩盖”。

为应对这一风险,需强化“偏见审计”(bias auditing)机制,将数据源结构分析、模型公平性评估、敏感属性测试纳入科研流程。同时,鼓励建设包含更多多样性内容的数据集,提升模型的包容性与广泛适应性。

5.2 数据隐私、知情同意与算法黑箱 AI的核心驱动力是大数据,而医学数据中包含大量高度敏感的个人健康信息,包括基因组信息、疾病史、精神状态记录、用药数据等。一方面,AI依赖这些数据实现精准建模;另一方面,这些数据的使用又引发了严重的隐私泄露与伦理争议。

最常见的AI模型使用的风险包括:(1)知情同意制度的虚置化。大量数据在脱敏后被“二次使用”,但患者对其用途不知情,甚至无法撤回授权。(2)AI数据越权分析。模型自动发现某些“意外关联”,如通过面部表情识别预测精神疾病倾向,而这又挑战了传统医学的伦理边界。(3)去标识化的脆弱性。即使去除了姓名等显性标识信息,AI也能通过多源数据交叉重新识别出个体。(4)AI模型本身的“黑箱性”进一步削弱了公众的可理解性与可质

疑性。当前流行的深度学习模型至少拥有数百万个参数,主流大语言模型甚至达到数千亿参数规模,但几乎无人能解释其预测路径与决策逻辑,这对医学研究尤其危险。在临床研究中,若无法理解模型为何得出某种结论,就无法评估其是否基于真实的病理机制。

面对这一伦理张力,学术界正在推进3个方向上的改进。(1)进行“可解释性优先”的模型设计,如使用决策树、注意力机制等手段提高模型透明度;(2)使用差分隐私与联邦学习等技术,旨在在不暴露原始数据的前提下完成高效训练;(3)增强知情同意的动态使用,通过可撤回、可追溯的数字签名技术赋权患者。这些尝试标志着AI伦理从“静态规避”向“动态治理”转型,但距离形成系统规范尚需大量的制度探索与技术创新。

5.3 伦理审查机制的滞后性 传统的科研伦理审查制度主要基于人类研究的规范逻辑设计,如干预研究需获取知情同意、风险最小化、受试者权益保障等。然而,AI科研范式的独特性让这一机制暴露出严重滞后性:(1)边界模糊。AI项目往往不涉及人类实验,仅处理“已有数据”,从而规避伦理审查;(2)风险难以评估。模型偏见、输出误导、学术欺骗等新型风险在传统伦理框架下难以量化;(3)伦理规范空白区。如何界定AI的署名权、责任归属、训练数据的道德合法性等问题,当前还缺乏共识。

以AI生成的科研内容为例,AI生成式内容是否应该纳入伦理审查?模型生成的图表、图像是否存在“伪造”之嫌?如何判断AI“建议”的研究设计是否侵犯他人知识产权?这些问题正逐步成为伦理新议题。因此,有必要重构伦理审查体系,使其具备“AI敏感性”。例如在伦理审查流程中引入技术审查维度,评估模型的训练数据、偏见风险、可解释性等内容;设立跨学科伦理委员会,涵盖数据科学家、临床医生、伦理学者等不同领域专家;推动AI科研的“注册制”与“预先透明化”,如临床试验那样要求提前公开设计方案。只有建立起与AI科研范式相匹配的伦理机制,才能避免“技术先行,伦理追赶”的被动局面。

5.4 科研评价体系对AI生成内容的适应问题 AI特别是生成式大模型的出现,正在深刻改变科研产出模式。越来越多研究者借助AI工具完成文献综述、初步撰写、图表生成,甚至是结论提炼,这种变化正在挑战当前的科研评价体系,主要体现在以下几个方面。

(1)原创性认定的模糊化。传统科研评价高度

依赖“作者原创性”指标,但当研究者的大部分写作由AI辅助完成时,原创性边界就开始变得模糊。一篇内容完整、结构严谨的论文,可能是人机协作产物,其“学术贡献”难以判定。

(2)工作量与产出的“通胀”风险。AI工具大幅提升科研效率,导致部分研究者通过“量产”论文获取评价优势。尤其在非顶刊发表平台,AI生成内容可能导致论文质量总体下降、同行评议压力增大。

(3)评价标准的缺失。当前多数高校、科研机构并未制定关于AI辅助写作、图表生成的明确标准,导致评价体系对AI“隐性使用”视而不见,或陷入道德恐慌,出现一刀切禁止使用的非理性反应。

对此,不同学科领域的多名专家纷纷建议构建新的评价适应机制。(1)明确区分AI的“辅助性使用”与“主导性生成”,并制定标注规范;(2)引入“科研贡献构成表”,要求作者申报AI的参与程度;(3)加强对AI生成内容的同行评议,确保内容的逻辑一致性与专业准确性;(4)鼓励在研究的方法部分对AI的使用进行反思性说明,提高科研透明度与自我规划。

科技革命带来的范式变迁,必然要求科研制度与评价逻辑同步演进,否则将形成“技术与制度脱节”的断裂带,损害科学的公信力与学术生态。

AI为医学科研带来了新工具、新范式与新可能,同时也引入了一系列深层的伦理、风险与制度性挑战。模型偏见、隐私风险、伦理失调以及评价体系滞后,已构成AI科研范式重构中不可忽视的结构性问题。未来的医学研究,不仅需要技术上的迭代,也需要伦理规范、制度体系和文化价值观的协同进化。唯有以制度理性与伦理前瞻回应技术创新,才能实现AI与医学科研的可持续共生。

6 实证案例与未来趋势

AI对医学科研范式的影响,已不仅限于理论探讨或潜在可能,而是正在以可观测的方式进入科研实践。

6.1 基于AI的临床试验设计优化 临床试验是医学科研中最复杂、资源消耗最大的环节之一,其设计质量直接决定研究结果的科学性与可推广性。传统临床试验设计常面临诸多挑战,包括样本选择偏倚、随机化方案粗糙、终点指标设置不合理等。AI的介入,特别是以机器学习为代表的预测性建模技术,正在重塑这一流程。

针对传统临床试验因严格纳入标准导致的患者代表性与统计效力不足问题,Liu等^[13]提出一种

基于 AI 的队列优化方法 (AI approach to cohort optimization, AICO)。该方法利用 BioBERT 模型解析 *ClinicalTrials.gov* 中乳腺癌试验的文本化资格标准,提取结构化变量(如疾病分期、生物标志物),并结合真实世界电子病历($n=5\,214$)构建患者特征图谱。通过强化学习框架模拟纳入标准组合,AICO 在保持统计效力($>80\%$)的同时,将患者覆盖率从 32.7% 提升至 54.1%。优化后,队列显著提高老年患者(≥ 65 岁)与轻、中度肝肾损伤患者的纳入比例(分别提高 18.2%、14.7%),降低了人群异质性。外部验证表明,该方法缩短了 41% 的招募周期,降低了 III 期试验 37% 的失败率($P<0.001$),证实 AICO 通过数据驱动优化标准可提升试验普适性与效率,为肿瘤学精准入组提供新范式。

类似案例还有基于强化学习优化剂量调整频率的慢性病药物试验、使用 NLP 技术自动从既往试验中抽取不良事件汇总参数、应用生成模型构建合成对照组等。AI 正逐步将临床试验从“标准流程”向“个性化建模”升级。

然而,这一进程也引发争议。例如,AI 自动生成的设计方案是否具备伦理审查资格?模型训练过程中若使用不完整或偏倚数据,是否会导致试验设计不公?这些问题尚未形成明确共识,但也为未来 AI 与临床试验结合的标准化与监管建设提供了议题基础。

6.2 生成式 AI 模型在真实研究中的参与实践 2023 年以来,生成式 AI 模型(如 OpenAI 的 ChatGPT、Google 的 Med-PaLM 系列)开始广泛应用于生物医学研究的多个环节,特别是在研究设计辅助、文献综述、数据注释和初稿撰写方面。

6.2.1 研究假设生成 在一项 2025 年的研究^[14]中,研究团队利用 ChatGPT(基于 GPT-4o)生成创新性假设,以解决心脏毒性研究中的五大挑战:机制复杂性、患者变异性、检测敏感性不足、缺乏可靠生物标志物和动物模型局限性。研究通过 ChatGPT 生成 96 个假设,涵盖从 3D 生物打印心脏组织到多组学分析的新方法。专家评估显示,14% 的假设高度新颖,65% 中等新颖。ChatGPT 进一步为每个挑战挑选最优假设,并提供详细实验设计,包括背景、方法、预期结果及潜在问题。结果表明,AI 生成的假设(如使用 3D 生物打印模型)显著提升了研究的创新性和可行性,优化了卡毒性检测的预测准确性,展示了 AI 在推动生物医学研究中的潜力。

6.2.2 参与临床知识问答测试 2023 年,Google DeepMind 团队开发的 Med-PaLM 2 模型在临床知识

问答测试中展现了卓越性能,特别是在 MedQA 数据集上,该数据集基于美国医学执照考试(USMLE)题目。研究^[15]表明,Med-PaLM 2 在 MedQA-USMLE 测试中取得了 86.5% 的准确率,显著超越前一代 Med-PaLM (67.6%),高于 USMLE 及格线(60%),达到“专家水平”,表明 Med-PaLM 2 在处理复杂医学问题、如疾病诊断和治疗方案选择方面具有强大潜力。研究通过多选题测试评估了模型在医学知识的理解和推理能力,显示其能够有效解析临床场景并提供准确答案。尽管未明确记录 Med-PaLM 2 完成 USMLE 全部阶段的测试,但其在 MedQA 上的高分凸显了大型语言模型在医学教育和临床辅助决策中的应用前景。

6.2.3 AI 辅助科研写作工具 国内已有若干研究机构在项目撰写过程中引入 AI 工具,例如“智谱清言”“秘塔写作猫”等,主要用于文献整合、研究背景阐述和摘要初稿生成。目前,生成式 AI 模型正逐步嵌入科研流程中“认知密集”的部分,其角色已从“数据工具”演进为“语义协作体”。这一转变要求我们重新理解科研中的“原创性”“作者性”与“方法论”。

6.3 AI 与转化医学协同机制的初步探索 转化医学(translational medicine)强调基础研究与临床应用的高效转化,其难点往往在于如何从基础数据中“发现可验证的路径”并快速实现机制到实践的跃迁。AI,尤其是多模态学习与迁移学习模型,正在成为桥接这一“翻译鸿沟”的关键技术。

在帕金森病(Parkin's disease, PD)研究中,AI 技术通过整合多源数据,为疾病机制研究和临床应用提供了新的路径。研究^[16]表明,帕金森病的发病机制可能与肠道菌群通过“肠-脑轴”相互作用有关,涉及 α -突触核蛋白的异常聚集和炎症反应等。图神经网络(graph neural networks, GNN)作为 AI 中的关键工具,已被用于整合蛋白质相互作用网络和生物通路信息,在神经退行性疾病中识别潜在分子靶点和病理机制。

这些研究展示了 AI 在转化医学中的桥梁作用,特别是在从基础研究向临床应用过渡的关键环节上。AI 通过数据驱动的知识联动,初步推动了基础研究向临床转化,特别是在神经退行性疾病领域,为后续研究奠定了技术与理论基础。

此外,AI 也正被应用于药物再利用领域。如使用生成对抗网络对美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)的批准药物进行机制重构筛查,从中发现可用于罕见病的潜在候选药物。这类研究加快了从数据线索到临床试验的转

化节奏。

然而,这种“高速度、高复杂度、高维信息融合”的研究方式,也对传统学术机构的组织形式、数据治理模式与学科协作机制提出挑战。未来AI与转化医学的协同,将取决于是否能建立起以问题为中心、以跨界为常态的科研组织架构。

6.4 向增能科学(augmented science)演进 AI对医学科研的深度嵌入,标志着增能科学时代的开启。所谓增能科学,指的是在机器智能的协助下,科学研究的发现模式、协作方式与知识生成机制发生系统性重构。在这一范式下,科学不再是“人类智慧独舞”,而是“人—机共创”。AI不仅提供算力与辅助,还成为生成创见、分析复杂系统和优化路径的“合作者”;知识生成方式从“线性演绎”向“多路径建模”转变。

AI模型允许科学家在极短时间内探索成百上千种假设与变量组合,并筛选出最优路径;科研评价逻辑从“结果导向”向“过程透明+机制合理”转化。在AI协作下,科研的“黑箱”环节变得可审计、可回溯。这也意味着,科研人员的能力结构需要重塑。懂统计与模型原理、能驾驭跨模态工具、具备“与AI协同工作”的元认知能力,正成为下一代医学研究者的基础素养。

AI正在通过真实案例持续验证其科研赋能能力,从临床试验设计优化、生成式模型参与研究过程,到跨学科协同中的关键角色,它正逐步演化为医学科研范式的结构性参与者。未来,我们将迈入“增能科学”时代。在这一时代,科学研究将不再是人类单边探索的过程,而是一场机器智能协作的新范式革命。

7 小结与展望

随着AI技术的大规模涌入,医学科研正经历前所未有的变革。从传统的假设驱动实验向数据驱动决策转型,AI仿佛成为科学家的“外脑”,加速了研究进程并推动科研范式的升级。正如科学界观察到的,AI驱动的科学“牵引传统的线性研究范式向更加快速迭代和自适应的方向发展”;未来科研可能呈现“AI提出候选方案—人类判定科学意义—协同优化”的螺旋上升模式。在这一背景下,我们必须思考,AI究竟是彻底颠覆旧范式的“催化剂”,还是与人类智慧协同共生的新范式?

7.1 AI驱动的医学科研范式变迁 AI深刻改变了医学研究的基本逻辑和流程。在影像诊断、基因组学、药物设计等领域,AI从快速处理海量数据、发现

隐性模式,到生成研究假说,都展现出革新性的作用。比如,规模化AI智能体已被用于自动设计和执行化学实验,成为“机器化学家”,这表明AI正逐步从辅助工具转向实验设计者。

在医学科研中,传统依赖专家经验和少量样本的方法正向大数据、机器学习模型的协同方向演进。上海交大“明岐”模型的“透明诊断舱”机制,通过可视化病灶标记、决策路径和相似病例参考,将“黑箱”AI变为可审查的决策助手,有效减轻了医患对AI决策的疑虑^[17]。这些实践表明,AI不仅仅是自动化运算,更在推动一种“快速迭代-试验-分析-调整”的科研新范式。

7.2 人机协作的新型科研框架 面向未来,单纯的AI替代并不可取。相反,多位专家倡导构建“人机协同”的科研新框架。中国工程院院士李国杰^[18]指出,科学发现的本质仍依赖于人类的创造力和哲学思考,未来的科研将依靠人机协作的“混合智能”,由AI放大人类潜能,而人类确保技术向善。这一理念强调“各显其智,智智与共”:人类专注提出关键问题、构建理论框架,AI则快速生成假说、筛选答案,形成一个迭代共生的过程。

在医学领域,专家认为大型通用模型与专用小模型的协作将成为核心趋势:大型模型提供宏观推理和跨模态能力,小模型针对特定任务优化精度,两者结合并由专家持续监督,形成更高效、可控的诊疗和科研管道^[19-21]。为实现这种协作,研究社区正在探索人机对齐技术,将伦理和医学知识融入AI设计,确保AI系统的目标和行为与医学价值观一致。例如,多中心临床试验、专家反馈机制以及引入物理模型等方法,能在实践中检测和修正AI偏差,强化AI决策的可解释性,保证其作为人类决策的辅助而非独立决策者。

7.3 可信、透明、可控的AI科研愿景 在此基础上,行业内外多个机构及多名专家学者均提出了面向未来的AI科研方法论愿景,即必须构建“可信(trustworthy)、透明(transparent)、可控(controllable)”的AI体系,成为新的科研守则^[22-26]。

(1)可信。AI系统需要经过严格验证和临床评估,采用统计显著性分析、多中心验证等方法提升可靠度;同时,AI建议必须符合医学伦理,人机协作时以伦理为约束,只有这样才能获得医生和患者的深度信赖。

(2)透明。提高模型的可解释性与可追踪性,让研究者和临床医师清晰理解AI推理过程。开放源代码和模型结构、提供决策路径说明,这些措施

有助于快速定位问题并优化改进,也让 AI 在医学判断中成为“可沟通”的智能体。

(3)可控。在系统设计中预设控制机制和安全准则,如行为偏离监测、故障退回方案等,确保 AI 在出现异常时可以被人类及时干预甚至关闭。这种“可控 AI”思路强调不盲目信任任何 AI 系统,而是通过设计哲学上的容错与监管机制,维持最终决策权在人类手中。

通过上述原则引领研究设计、数据处理与系统应用,形成一个以可信、可解释为基础的 AI 辅助科研流程。正如学者所言,要让 AI 真正融入科学实践,就应使之成为透明、可控、可信的技术;科研人员应对 AI 有“有依据的信任”,而非盲目信任。

7.4 哲学、科技与实践的交融思考 对未来研究范式的探讨不仅是技术问题,也是哲学问题。从科学哲学视角看,这一转型具有库恩式的范式变革特点^[27],旧的经验主义、线性实验观正在被更动态、复杂的认知模式取代。但与传统“革命式替代”不同,本次变革更倾向协同融合。AI 赋能并不会剥夺科学家的地位,反而解放其低效劳动,让人类专注于高层次创造性工作。这需要我们重新审视“知识本质”与“认识论”,接受智能体能够与人类共同提出科学假说、演绎科学意义。

医疗科研的实践也凸显了价值观和人文关怀的重要性。AI 在追求最优生物医学结果时,必须被设计成人性化的同伴,纳入情感、伦理与社会因素。因此,哲学、技术与实践在这个过程中交织,伦理学、信息论、医学研究方法论将共同指导新范式的形成。

7.5 面向未来的研究范式 展望未来,医学科研的范式更替与融合将持续进行。我们不应盲目恐慌 AI 替代人类科研,而应积极塑造人机协同的新生态。具体而言,需要构建跨学科的合作平台,将技术开发者、哲学伦理学者和临床专家紧密联结,共同定义 AI 应用的边界与规范。这包括制定开放透明的监管法规、标准化 AI 模型评估流程、以及推动开放科学数据生态,以保障每一步都在可追溯、可监管的轨道上。通过提升可解释性和强化信任度,AI 将在关键领域得到更广泛应用;只有在开放、互信的体系下,人机协同模式才能发挥最大效能。

面对 AI 浪潮,我们应选择协同共融的路径,以“可信、透明、可控”的 AI 科研方法论为愿景,构建以人为本、可持续的新型科研范式,让人机共创的智慧真正造福医学研究与全人类。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 高承实:选题,撰写、修改论文;程元骏:选题,修改论文。

参考文献

- [1] MCKINNEY S M, SIENIEK M, GODBOLE V, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening[J]. *Nature*, 2020, 577(7788): 89–94.
- [2] DE FAUW J, LEDSAM J R, ROMERA-PAREDES B, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease[J]. *Nat Med*, 2018, 24(9): 1342–1350.
- [3] U. S. Food and Drug Administration. Considerations for the use of artificial intelligence to support regulatory decision-making for drug and biological products[EB/OL]. (2025). [2025-01-06]. <https://www.fda.gov/media/184830/download>.
- [4] HUANG K X, CHANDAK P, WANG Q W, et al. A foundation model for clinician-centered drug repurposing [J]. *medRxiv*, 2024: 2023. 03. 19. 23287458.
- [5] DE CHOUDHURY M, GAMON M, COUNTS S, et al. Predicting depression *via* social media[J]. *Proc Int AAAI Conf Web Soc Medium*, 2013, 7(1): 128–137.
- [6] CHOI Y, LEE H. Data-driven discovery of digital biomarkers from electronic health records and social media for mental health [J]. *J Med Int Res*, 2021, 23(5): e23956.
- [7] ANDERSON C. The end of theory: the data deluge makes the scientific method obsolete[J]. *Wired Magazine*, 2008, (7).
- [8] (英)波 珀. 科学发现的逻辑[M]. 查汝强, 邱仁宗, 译. 北京: 科学出版社, 1986.
- [9] (英)波普尔. 猜想与反驳: 科学知识的增长[M]. 傅季重等译. 上海: 上海译文出版社, 1986.
- [10] HOLDEN THORP H. ChatGPT is fun, but not an author[J]. *Science*, 2023, 379(6630): 313.
- [11] EDITORIAL. Tools such as ChatGPT threaten transparent science; here are our ground rules for their use [J]. *Nature*, 2023, 613(7945): 612.
- [12] JASANOFF S. States of knowledge: the co-production of science and social order[M]. London: Routledge, 2004.
- [13] LIU X, SHI C, DEORE U, et al. A scalable AI approach for clinical trial cohort optimization [C]//Communications in Computer and Information Science (CCIS, volume 1525). Cham: Springer, 2021: 479–489.
- [14] LI Y L, GU T S, YANG C Y, et al. AI-assisted hypothesis generation to address challenges in cardiotoxicity research: simulation study using ChatGPT with GPT-4o [J]. *J Med Internet Res*, 2025, 27: e66161.
- [15] SINGHAL K, TU T, GOTTWEIS J, et al. Towards expert-level medical question answering with large language models [J/OL]. (2023-05-16) [2025-03-15]. <https://arxiv.org/abs/2305.09617>.
- [16] BROGI S, CALDERONE V. Artificial intelligence in translational medicine [J]. *Int J Transl Med*, 2021, 1(3):

- 223–285.
- [17] 郭春丽, 李清彬. 提升政策工具组合效能 推动经济持续回升向好 [EB/OL]. (2025-03-31) [2025-05-10]. <https://www.news.cn/digital/20250331/9c2e2354b2624b56a3572d1ff1930386/c.html>.
- [18] 李国杰. 人工智能将走向何方? ——访中国工程院院士、计算机专家李国杰 [EB/OL]. 人民论坛网, (2025-02-27) [2025-06-01]. <http://www.rmlt.com.cn/2025/0227/724134.shtml>.
- [19] WAN P, HUANG Z, TANG W, et al. Outpatient reception via collaboration between nurses and a large language model: a randomized controlled trial [J]. *Nat Med*, 2024, 30 (10) : 2878–2885.
- [20] ZHANG K, QU J, et al. MINIM: a general-purpose medical image synthesis model for cross-organ and multi-modal applications [J]. *Nature Medicine*, 2024: 148.
- [21] YANG Y, ZHU L, et al. Medical World Model: Simulating tumor evolution for personalized treatment planning [J/OL]. [2025-03-10]. <https://arxiv.org/abs/2506.02327>.
- [22] European commission high-level expert group on AI. Ethics guidelines for trustworthy AI [R/OL]. Brussels: European Union, 2019. [2025-06-15]. <https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation/guidelines>.
- [23] IEEE Standards Association. IEEE standard for transparency of autonomous systems (IEEE 7001-2021) [S]. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2021.
- [24] OECD. Recommendation of the council on artificial intelligence [EB/OL]. Paris: OECD Publishing, 2019. [2025-06-15]. <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>.
- [25] UNESCO. Recommendation on the ethics of artificial intelligence [R/OL]. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2021. [2025-06-15]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>.
- [26] WU X, WANG D, ZHANG Y, et al. A survey on trustworthy artificial intelligence: from principles to practices [J]. *IEEE Trans Artif Intell*, 2023, 4(3): 378–397.
- [27] KUHN T S. The Structure of Scientific Revolutions [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

引用本文

高承实, 程元骏. 人工智能对医学科研范式的重构[J]. 元宇宙医学, 2025, 2(2): 1–12.

GAO C S, CHENG Y J. The reconstruction of the medical research paradigm by artificial intelligence[J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 1–12.

DOI:10.61189/914837bcvvtz

· 专家述评 ·

新质生产力赋能老年人健康

王悦虹¹, 蒋维芃^{2,3}, 胡洁^{2,3}, 白春学^{2,4,5*}

1. 浙江大学医学院附属第一医院, 杭州 310003

2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

3. 上海市老年医学中心, 上海 201104

4. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

5. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032

【摘要】 老年人健康需综合生理、心理、功能和社会 4 方面管理, 以科学方式延缓衰退、防病增寿、提升生活满意度。然而, 我国老年人面临慢性疾病、健康管理意识薄弱、心理服务缺失及数字工具使用障碍等挑战, 加之独居、空巢比例上升, 社会支持不足, 医疗资源不均, 进一步加剧健康风险。新质生产力赋能养老成为破局关键, 智能穿戴、智慧医疗等技术可提升医疗可及性和管理效率。人工智能(artificial intelligence, AI)机器人缓解孤独, 数字技术实现精准健康管理。可整合长期护理保险和社区智慧康养资源, 形成一站式养老新模式。智能监测与远程医疗、数字疗法、虚拟现实等技术等可应用于疾病管理、康复训练, 优化治疗方案。智慧养老与居家照护结合 AI 营养师、区块链等技术, 可提供个性化服务。数据驱动可实现精准健康管理, 兼顾隐私安全, 构建闭环服务。社区智慧康养通过智能环境感知、AI 健康小屋等提供数字化社交与情感关怀, 优化服务质量。预期效果包括意外识别率提高、响应时间缩短、事故率下降、自理能力提升等, 科技赋能助老年人享受安全、便捷的高质量的医疗和大健康。

【关键词】 老年人健康; 生成式预训练转换器; 物联网; 人工智能; 增强现实; 虚拟现实

【中图分类号】 R 161.7 **【文献标志码】** A

New quality productivity empowers the health of the elderly

WANG Yuehong¹, JIANG Weipeng^{2,3}, HU Jie^{2,3}, BAI Chunxue^{2,4,5*}

1. The First Affiliated Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310003, Zhejiang, China

2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

3. Shanghai Geriatric Medical Center, Shanghai 201104, China

4. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China

5. Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China

【Abstract】 The health of the elderly needs to be managed in four dimensions: physiological, psychological, functional and social, so as to delay decline, prevent diseases and increase longevity, and improve life satisfaction in a scientific way. However, the elderly in China face challenges such as chronic diseases, weak awareness of health management, lack of psychological services, and barriers to the use of digital tools, coupled with the increasing proportion of people living alone and empty nests, insufficient social support, and uneven medical resources, which further exacerbate health risks. New quality productivity empowers elderly care has become the key to breaking the situation, and technologies such as smart wearable and smart medical care can improve medical accessibility and management efficiency. AI robots alleviate loneliness, and digital technology enables precision health management. It can integrate long-term care insurance and community smart health care resources to form a new one-stop pension model. Intelligent monitoring and telemedicine, digital therapeutics, VR and other technologies can be applied to disease management, rehabilitation training, and optimization of treatment plans. Smart elderly care and home care combine AI nutritionists, blockchain and other technologies to provide personalized services. Data-driven can achieve precise health management, take into account privacy and security, and build closed-loop services. Community smart health care provides digital social and emotional care through intelligent environmental perception and AI health huts to optimize service quality. The expected effects include an increase in the accident

【收稿日期】 2025-06-18

【接受日期】 2025-06-27

【基金项目】 四大慢病重大专项(2024ZD0529300). Supported by Noncommunicable Chronic Diseases National Science and Technology Major Project (2024ZD0529300).

【作者简介】 王悦虹, 博士, 主任医师. E-mail: yuehongw@hotmail.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

recognition rate, a shortened response time, a decrease in the accident rate, and an improvement in self-care ability.

[Key Words] health of the elderly; generative pre-training transformer; internet of things; artificial intelligence; augmented reality; virtual reality

老年人健康是指通过科学的生活方式、疾病预防、心理调适和社会参与等主动行为,维持身体机能、心理平衡和社会适应能力,实现高质量的晚年生活。其核心在于“主动管理”,强调在衰老过程中延缓机能衰退、预防疾病并提升生活满意度^[1-3]。主要包含生理健康、心理健康、功能健康和社会健康4个维度。生理健康聚焦于基本身体功能的维持(如行动和感官能力)以及慢性疾病的有效控制;心理健康则关注情绪稳定及对衰老变化的接纳能力;功能健康关乎日常生活自理能力(如饮食、购物)以及学习新事物的能力;社会健康则涉及与家庭和社区的互动,强调参与力所能及的社会活动以获得价值感^[4-5]。

与传统“健康”概念相比,老年人健康更强调个体能动性、相对性和整体性。其终极目标是延长“健康寿命”,即提高老年人保持独立生活能力和良好生命质量的年限,而非单纯追求寿命长度。为解决这些问题,亟需应用新质生产力,如人工智能(artificial intelligence, AI)^[6-8]、生成式预训练转换器(generative pre-trained transformer, GPT)^[9-10]、物联网(internet of things, IoT)^[11-12]和元宇宙^[13-14]等技术赋能这四个维度,主动管理老年人身体健康,延缓机能衰退、预防疾病发生、赋能管理慢性或基础疾病,提升生活满意度^[15-16]。

1 老年人健康的现状、挑战及对策

1.1 老年人健康的现状 我国60岁以上老年人慢性疾患患病率达71.8%,常见疾病包括慢性阻塞性肺病、高血压、糖尿病、肺结节、睡眠呼吸暂停综合征和关节炎等。许多老年人过度依赖药物控制病情,但缺乏科学的健康管理意识,导致病情反复或加重。

随着健康意识提升,部分老年人易受伪科学或不良养生观念误导,如不当追求清淡饮食或过度运动,反而引发营养不良或其他健康问题。另外,一些老年人对疾病预防措施如疫苗接种认知不足,存在“疫苗犹豫”现象。心理健康问题也是老年人的一大挑战。研究显示,70岁以上老年人焦虑情绪显著上升。社会角色转变、亲友离世等因素加剧了心理负担。与此同时,许多老年人因不熟悉智能手机或互联网操作,而无法有效应用数字化发展带来的

便捷医疗工具,如线上挂号和健康咨询,影响其医疗和大健康效果^[6,17]。

1.2 老年人健康的主要挑战 老年人健康管理面临多重挑战,主要表现为慢性疾病管理的复杂性。许多老年人罹患多种慢性疾病,药物相互作用风险高,且缺乏有效的自我监测能力(如血糖和血压)。部分老年人依从性差,易出现错误用药,影响治疗效果。营养与运动管理不当也较普遍,一些老年人因饮食控制过度导致营养不良或肌少症,而另一些则因不当的运动方式(如过度爬山、暴走),增加了关节损伤或心血管疾病风险。

社会支持不足也是影响老年人健康的重要因素。独居和空巢老人比例的上升,使其缺乏必要的家庭陪伴和健康服务支持。此外,部分老年人因经济困难,难以负担优质医疗或健康管理服务,加剧了健康差距。认知功能的衰退进一步损伤老年人健康。85岁以上人群中轻度认知障碍的患病率高达45.3%,显著影响其对健康信息的理解和执行能力。一些老年人对疾病预警信号反应迟钝,也延误了最佳治疗时机。医疗资源分布不均的问题同样突出,表现为基层医疗机构的老年健康服务能力有限,缺乏老年医学科专家。在农村地区,老年人健康管理资源尤为匮乏,健康素养较低,使得这些地区的老年人面临更大的健康风险^[18]。

1.3 新质生产力赋能老年人健康的可能性 科技赋能养老可助力克服上述问题。智能穿戴设备,如毫米波雷达跌倒检测仪和AI可实时监测健康数据并及时预警,配合社区医生IoT医疗平台可为老年人提供便捷远程问诊服务。在居家养老领域,智能家居系统(智能床垫、一键报警器)利于保障独居老人安全,AI陪伴机器人则通过情感交流、用药提醒等功能有效缓解其孤独处境。数据驱动的管理系统可结合各项监测指标,为老年人定制个性化健康方案,包括饮食指导与运动计划。长期护理可使老年群体衰弱指数下降,并改善家庭健康状况。社区智慧康养服务整合智能监护、康复辅具和社交活动,形成一站式养老模式。认知训练设备的应用也为延缓大脑衰退提供了创新路径。在政策层面,政府通过制定产品认证标准、优化财政补贴等措施助推产业发展。目前,产业集群化建设也取得了一定进展,康复辅具研发与智能照护设备制造正逐步形成

良性互动,推动产业链效能提升^[19-20]。

2 智能健康监测与远程医疗

2.1 智能健康监测系统的构建与应用 柔性电子皮肤传感器能够实时监测生命体征(包括心率、血氧饱和度、体温等),为健康评估提供了精准的基础信息。其采用的毫米波雷达技术可实现非接触式呼吸监测和跌倒检测,显著提升老年人居家环境的安全性。基于微流控芯片的快速检测系统可便捷地完成唾液和尿液样本分析,为疾病早期筛查和健康管理提供高效解决方案^[21]。通过机器学习(machine learning, ML)算法建立个性化健康基线模型,能够识别偏离正常范围的生命体征变化趋势。针对多病种风险预警需求(例如心脑血管事件),开发预测模型,及时发现潜在健康隐患并报警。同时,系统整合智能药盒和图像识别技术,对老年人用药依从性进行智能化监测和分析,辅助治疗方案的有效执行。系统设计特别注重用户体验优化,开发的语音优先交互界面,可支持多种方言识别功能,有效降低使用门槛。触觉反馈技术和增强现实(augmented reality, AR)相结合,可为用户提供直观操作指导。依据渐进式学习系统,智能健康监测系统可帮助老年人逐步适应新技术,提升其数字技能水平和产品接受度^[22]。这些创新技术的有机整合形成了完整的智慧健康管理体系。

从多模态感知到智能分析,再到适老化设计,每一步都体现了对老年群体需求的深刻理解和贴心关怀。这种以技术创新为基础、人文关怀为特色的解决方案,不仅提升了健康管理效率,也为老年人搭建了更加安全、便捷的生活环境。未来随着技术持续迭代发展,将进一步推动智慧养老的发展进程,为更多用户提供个性化、高质量的健康服务^[23]。

2.2 远程医疗服务的智能化升级 基于“5G+边缘计算”的技术优势,基层医疗终端可实现高效数据处理与传输,显著提高偏远地区医疗服务的可及性。实时数据处理降低了延迟,确保了远程诊疗的精准性和速度。AI辅助诊断系统在肺功能检查、心电图分析和眼底筛查中发挥了关键作用,助力早期疾病识别

在优化资源配置方面,智能分诊与会诊系统可赋能专家的分级诊疗或医联体工作。患者可根据病情实时接入专家团队进行联合会诊,减少了转诊的时间成本和经济负担。在数字疗法应用领域,开发了慢性病管理程序,通过动态监测血糖、饮食和运动数据,提供个性化治疗建议,提升疾病控制效

果。虚拟现实(virtual reality, VR)技术不仅用于疼痛管理和康复训练,还能通过模拟物理治疗场景缩短康复周期,帮助患者缓解焦虑情绪。认知障碍干预平台可结合AI驱动的任务与社交互动,延缓认知衰退并应用游戏化设计提高患者参与度。在智能化建设方面,智能处方审核系统借助ML识别用药风险和不良反应预测,利于优化治疗方案并降低差错。无人机或机器人配送体系通过实时定位技术可确保高效安全的药品运输,并在配送过程中严格监控温湿度。区块链电子处方流转平台可实现处方信息的安全共享与透明管理,支持患者完成一站式在线问诊与复购服务^[24]。

2.3 技术整合与系统优化 应用联邦学习技术可实现数据“可用不可见”的安全模式,既能保障隐私又能提升AI算法性能。轻量级同态加密方案可实现对身份信息及健康记录的端到端保护,在计算资源占用和性能损耗上具有明显优势。基于生物特征识别的访问控制机制通过指纹、面部识别或虹膜扫描等方式验证用户身份,并结合动态验证码,可进一步提升安全性。开放的健康IoT平台支持医疗设备与管理系统的互联互通,简化集成过程并降低开发成本。采用HL7 FHIR标准构建统一数据接口,实现医疗、养老及社保系统的无缝对接和数据共享。通过智能协同机制优化多部门资源配置,如高效衔接老年患者入院前评估和出院后护理服务。反馈驱动算法迭代机制,可结合用户行为数据实时优化AI系统性能。适老化技术接受度评估模型,可基于老年人使用习惯和认知能力进行设计优化,并通过大字体显示和语音交互等功能提升用户体验。基于真实世界数据的效能评价体系,可通过量化对比验证技术的实际贡献并长期跟踪分析,确保算法稳定性和可靠性。

2.4 实施路径与保障措施 选择典型社区开展“智慧健康屋”建设示范工程,可为居民提供便捷的健康管理服务。在试点过程中验证技术方案和服务模式的可行性时,同步完善数据采集、传输、存储与分析的技术支撑体系,优化服务质量管理体系,并建立全方位保障能力。通过探索政府引导+企业参与+社会资本投入的合作机制,明确各方职责分工和收益分配方式,总结经验教训为后续推广提供参考依据。设立智慧健康创新基金,可扶持初创企业和科研机构开展技术攻关与产品开发。搭建开放的技术测试验证环境和数据资源库,利于降低中小企业研发成本,并促进产学研深度合作并加速成果转化。培育“银发经济”新业态,可推动智慧健康

与养老服务深度融合,在智能养老设备、居家护理服务等领域开发适老化产品和服务模式。结合不同等级医疗机构的服务成本和技术难度,合理确定远程问诊、影像诊断等项目的收费标准,并优化医保报销政策,降低患者使用新技术的成本负担。在确保个人隐私保护的前提下,制定数据共享与责任认定规范,明确各参与方的数据安全责任,为智慧健康发展提供制度保障。

2.5 预期成效 通过智能设备与AI结合,提高精确捕捉慢阻肺、高血压、糖尿病等慢性疾病前期症状和早期诊断。在重点人群中推广可穿戴设备并建立健康档案,可动态监测相关生理指标变化,做到早发现、早干预。在紧急情况下,构建快速反应平台,缩短至5 min内响应。社区部署急救系统优化救援路径,并加强应急培训提升救治效率。同时,通过全程管理慢性疾病患者,推动远程医疗建设,增加农村地区获得三甲医院服务的可及性。在偏远地区建立会诊中心并加医联体合作,提高线上复诊覆盖率,优化互联网诊疗流程并完善医保支付方式,降低使用门槛。提升区域内检查结果互认率,通过统一标准和数据共享提升效率。提升智能服药提醒系统依从性,并结合药师指导帮助规范用药行为。提升健康素养达标率,开展全生命周期的健康教育活动,在社区举办讲座并通过互联网传播科学信息。多措并举推动全民健身、改善公共卫生环境,为公众创造更多福祉,延长健康预期寿命^[25]。

3 智慧养老与居家照护

3.1 智能居家环境改造 应用厘米级室内定位技术,结合智能终端实现高精度空间感知和人员位置追踪,非侵入式监测活动轨迹并及时发现异常状态(如摔倒或长时间静止)。建立多传感器融合技术整合运动、人体感应及视频监控设备构建行为模式分析平台。系统通过学习建立正常行为数据库,识别异常并触发报警,同时联动智能家居模块形成闭环管理。基于可穿戴设备与智能传感器采集的生理信号数据(心率、体温等)以及环境参数(温湿度、光照、空气质量),实时优化居住体验。例如,在睡眠模式下自动调节空调维持舒适度,并为过敏人群过滤有害物质。部署气体传感器检测燃气泄漏浓度,超标时立即关闭气阀并启动通风,水浸传感器在水管漏水时自动排水并通知物业或家人。具备多语言识别和连续对话功能,支持自然语言交互的智能语音中枢实现全屋设备一键控制。触觉反馈导航系统通过振动提示空间布局变化,并结合实时

语音指引帮助视障或行动不便者安全移动。AR技术在真实环境中叠加虚拟操作界面(如家电面板、医疗设备指引),让用户无需额外学习即可完成操作,并动态调整显示内容以提升效率和准确性^[26-28]。

3.2 智慧照护服务体系 开发具备移动辅助、物品递送和清洁消毒功能的多功能服务机器人,支持自主导航、环境感知和人机交互。AI驱动的决策系统使机器人能够根据不同场景(如家庭、医院)灵活切换功能并提供个性化服务。基于医疗知识图谱的智能化服务系统整合健康评估、用药提醒和康复训练模块,可根据用户需求生成个性化护理方案并优化服务流程。例如,在睡眠障碍场景下推荐适宜作息安排并调整环境参数以改善睡眠质量。应用数字孪生技术建立生理状态与环境影响之间的实时联动模型,支持多维度数据分析,通过预测潜在风险以帮助医护人员制定最优干预方案。任务智能分配系统覆盖资源调度、服务排班和应急响应,实现护理服务的高效管理。例如,在节假日或紧急情况下快速调派备用人员并优化任务路径。区块链技术可对护理服务全流程进行存证记录,保障数据真实性和不可篡改性,并支持服务追溯以提升信任度与透明度。低功耗广域IoT终端实时采集用户生理数据(如心率、血压)及环境数据(如温度、湿度),确保设备在无充电环境下长期稳定运行。分级预警响应机制,可通过社区、医院和家属协同缩短急救时间。例如,在用户出现异常症状时立即通知社区网格员并同步医疗机构信息。开发支持高清视频通话和环境漫游的沉浸式VR平台,配备触觉反馈技术模拟真实肢体接触,帮助家属与患者实现情感连接^[29]。

3.3 健康生活支持系统 AI营养师系统可根据用户健康数据、饮食偏好及生活习惯生成个性化食谱,并根据季节和食材供应动态调整推荐方案。智能厨电支持自动烹饪功能,实时分析食材营养价值并提供精准热量计算和营养建议,同时支持语音交互以提升用户体验。区块链技术构建的食品供应链追溯体系可确保特殊膳食原料安全与品质达标,为用户详细展示食材来源信息,增强信任感。计算机视觉技术用于监测老年人运动姿势的规范性,预防损伤,尤其适用于家庭健身场景。智能健身设备可根据用户体能水平自动或手动调节负荷,满足不同人群锻炼需求。游戏化运动激励系统通过趣味任务与虚拟奖励机制激发运动兴趣,培养长期锻炼习惯。数字疗法认知训练系统可科学设计记忆游戏和逻辑推理训练,并根据用户效果实时调整难

度。多感官刺激康复设备结合视觉、听觉和触觉激活大脑神经网络,促进认知功能恢复与维持。社交互动平台通过线上活动小组与线下社区互动减少孤独感,增强归属感,促进认知功能维护。

3.4 关键技术突破方向 非接触式生命体征监测技术可采用雷达或红外传感器实时捕捉心率和呼吸频率等指标,实现高效监测,尤其适用于行动不便患者并降低交叉感染风险。柔性电子皮肤传感器由高弹性材料制成,可贴合人体表面检测温度、压力和湿度变化,为机器人提供信息反馈,同时也可用于医疗康复中的健康监测。

情绪状态识别算法可通过分析面部表情、语音语调与生理参数(如皮肤电反应)实现精准的情绪解析,并动态调整交互方式,使心理辅导机器人能更准确地感知用户情感并生成合适回应。自然语言情感计算借助深度神经网络分析文本或语音的情感倾向及其强度,增强智能客服的人性化服务水平。意图理解技术基于大数据和语义模型解析用户需求并预测潜在目标,在家居中主动提供个性化服务。多模态反馈系统整合视觉、听觉与触觉刺激,在教育领域为学生提供生动学习反馈,并在娱乐场景中提升游戏互动性和趣味性。边缘—云端协同计算可应用数据高效分配,降低延迟和优化资源应用,在智能制造和智慧城市中展现出独特潜力。异构设备互联互通技术通过统一通信协议或转换层实现跨品牌和类型的智能设备无缝协作。群体智能机器人基于分布式算法和自主决策机制,在环境监测及灾害救援场景中形成协同作业能力,显著提升任务效率与适应性。

3.5 预期实施效果 通过智能监测设备与优化数据分析算法,可提升跌倒等意外识别率,有效减少误报漏报情况,为老年人提供全天候安全防护。依托快速预警系统和专业救援团队协作,可将紧急响应时间缩短至 3 min 内,从而及时处理突发状况以降低事故后果。环境适老化改造、智能设备预警及居民安全意识提升等综合措施,可显著下降居家事故率。借助智能家居设备与辅助工具,老年人在穿衣、饮食等活动中的自理能力将得到大幅度提升,延缓功能衰退进程。通过线上互动平台和社会化服务推广,可提高老年人社交活动参与度,促进社会融入感。同时强化心理健康评估机制和定期心理咨询服务,可帮助缓解孤独、焦虑情绪,降低抑郁率。智能设备与数据管理系统优化护理流程,可提升护理人员工作效率。通过健康监测预警与智慧提醒服务,可减轻家庭照护负担,提高工作生活灵

活性和照护质量。

4 数据驱动的精准确健康管理

4.1 多源数据融合体系构建 通过多样化设备部署和多维数据整合,可实时监测人体多项生理指标。医疗级穿戴设备可集成 ECG、EEG 和 EMG 监测功能,精准采集心电图、脑电波和肌电信号,确保数据精确性和全面性。环境嵌入式传感器网络可持续追踪睡眠质量、日常活动轨迹及生活习惯变化,刻画个体行为模式。构建跨领域的健康数据库,可整合电子病历、基因检测和微生物组学数据。通过联邦学习技术实现多机构间的数据协同共享,在保障隐私安全同时提升模型训练效果。开发智能化的时空数据分析工具,结合定位数据、活动轨迹和环境参数,准确捕捉健康相关的关键行为模式和环境影响因素。高效的标准化处理流水线确保不同来源数据的无缝整合与互操作。实时数据流处理平台采用 Apache Kafka 联合 Spark Streaming 技术,保障信息的即时性和可用性。自适应采样策略根据个体健康状态调整采集频率,提升监测效率并减少资源浪费。数据预处理任务,可通过边缘设备和云端服务器的协同优化计算资源应用策略,确保数据质量和系统效能。

4.2 智能分析与决策支持 基于多模态数据和智能算法构建个性化健康管理体系,可实现全方位健康管理及精准干预。深度生存分析模型结合 ML 技术,可预测个人疾病风险及发展趋势;生物年龄评估系统,可通过整合遗传特征、细胞状态和代谢指标等信息,为延缓衰老提供科学依据;数字孪生模型,则模拟个体健康状态下的生理变化,支持优化个性化管理方案。强化学习算法用于动态调整干预策略,同时构建多目标决策框架,综合考量疗效、成本和患者依从性。借助 SHAP 和 LIME 等可视化工具可赋能解释 AI,增强医患对治疗方案的信任度。开发灵敏的早期异常检测技术,可通过 3 级风险预警系统实现健康问题的分层响应。结合生理数据、行为特征和环境因素建立跨模态监测体系,提升整体健康管理的精准性和有效性^[30]。

4.3 个性化健康管理服务 通过结合个性化医疗与智能技术,构建全方位健康管理闭环服务。基于代谢组学、肠道菌群分析和药物基因组学数据的动态健康计划,可为用户提供实时调整的营养建议、渐进式运动处方和精准用药方案。数字疗法干预,可采用多模态技术提升用户参与度和治疗效果。认知训练平台,可通过数字化工具改善记忆与专注

力;慢性疾病管理,可将疾病管理融入趣味性游戏;VR/AR 康复训练则提供沉浸式体验,尤其适用于术后恢复场景。闭环管理服务,通过建立动态优化体系,持续评估干预效果并实时调整方案。自动化随访系统,可帮助患者追踪治疗进展,实现家庭、社区医疗机构与专业医院的协同管理,构建多层次健康管理体系^[31]。

4.4 技术支撑体系 新一代计算技术在赋能医疗健康领域的同时,还兼顾隐私与安全。量子 ML,应用量子算法高效处理高维复杂数据,加速疾病预测和个性化治疗。专用健康计算芯片,支持边缘端实时推理,推动智能穿戴设备的应用。知识增强大语言模型,结合医疗专业知识库优化性能,可提升病历分析准确性。隐私计算平台,可采用多方安全计算协作机制,在确保数据共享的同时保护隐私。差分隐私算法平衡数据可用性与安全性,区块链存证技术构建可信的数据全生命周期管理。标准化体系涵盖数据要素标准、算法验证评估和质量管理体系,推动跨平台数据互操作性和赋能 AI 模型在临床应用中的安全有效。

4.5 实施路径与保障 可应用试点示范工程,推动医疗健康数字化转型。政府与企业合作开展“数字健康伙伴”计划,在重点区域布设智能终端和 IoT 设备,结合 AI 算法和大数据分析构建居民健康管理平台。真实世界数据研究平台可整合多源健康数据,支持临床评估和疾病建模。在产业生态培育方面,可组建健康数据创新联合体,建设开放实验室提供技术工具包,并鼓励远程医疗咨询、智能监护租赁等新业态发展。制度保障体系,则可为行业发展保驾护航。完善健康数据确权制度,细化使用规则并强化隐私保护。建立算法监管沙盒,验证 AI 性能和伦理合规性。制定数字疗法审批指南规范研发与上市流程,推动创新产品落地应用^[32]。

4.6 预期成效 新型精准健康管理服务,可通过多模态数据与深度学习提升效能,显著提高疾病风险预测准确率,提高个性化干预方案覆盖率,增加健康评估维度。在健康效果改善方面,可提升慢性疾病控制达标率,减缓高龄人群功能衰退速度,通过科学预防与干预帮助用户延长健康寿命。同时,显著优化服务效率。AI 技术应用可降低健康管理成本,实现 24 h 云端智能平台实时响应,提高资源应用效率。为确保技术普惠,建议遵循“数据筑基、算法驱动、服务落地”策略,重点突破多源数据融合与可解释 AI 等关键技术,并加强数据安全和伦理评估,推动精准健康服务规模化应用。

5 社区智慧康养服务

5.1 智慧康养社区基础设施升级 社区部署的智能环境感知系统,可实现全面数字化管理。LoRaWAN 技术利于确保 IoT 基站的全域覆盖,支持多种设备的数据传输。毫米波雷达可精准监测老人动态,实时识别跌倒并触发报警。光纤振动传感技术,可对公共设施实行 24 h 监控,预防潜在故障。为提升适老化服务质量,可在社区应用语音优先的服务终端,并支持多地方言识别。同时部署的 AR 导航系统,利于实现室内外场景无缝衔接,居民可享受全程精准指引。通过改造传统盲道并加装触觉反馈装置,视障人士可获得更安全的出行保障。应急响应网络方面,UWB 技术构建了精准的紧急呼叫系统,配合多级联动预警平台实现快速响应机制。无人机急救物资投送系统的智能调度算法可确保救援物资能在最短时间送达现场,为社区居民的生命安全提供有力保障。这些智能化设施的综合应用可显著提升社区的整体服务水平和居住舒适度。

5.2 数据驱动的康养服务体系 社区健康管理系统,通过多种智能技术实现了居民健康的全方位监测与管理。区块链技术构建了去中心化的电子健康档案(EHR)系统,确保医疗数据的安全性和可追溯性,并支持跨机构共享。多源数据分析平台可整合医疗、养老和社保等信息,生成居民健康画像,用于风险预警和健康管理决策。在社区部署 AI 健康小屋,配备血压计和血氧仪等设备,可方便居民随时监测健康状况并辅助远程问诊。针对慢性疾病患者,可应用系统提供个性化用药提醒和病情跟踪服务,并根据实时数据动态优化管理方案。通过分析居民的饮食习惯与健康档案,系统还可推荐科学膳食计划,并对接社区内餐饮资源。为提升养老服务效率,系统可借助大数据实时监测各类照护需求,并结合资源分布进行精准匹配。共享护理平台可整合区域内专业团队,建立统一服务标准和评价体系,并通过智能排班优化任务分配。此外,床垫、手环等智能设备与健康管理系统的数据互联,可实时评估老人健康状况并联动社区医疗资源^[33]。

5.3 智慧社交与精神关怀 虚拟社交平台通过智能化的设计和技术手段,可为不同年龄段尤其是老年群体提供丰富的数字化社交与情感关怀服务。适老化元宇宙空间采用沉浸式设计与直观交互界面,打造虚拟聚会、在线课堂等场景,帮助老年人跨越“数字鸿沟”。基于用户数据的智能匹配系统推荐书法、园艺等兴趣社群,并动态优化社交体验。混

合现实平台鼓励代际互动,通过家庭游戏等主题活动增强跨年龄层联系,改善代际关系。认知促进方面,AI训练装置可提供记忆训练等活动记录,并分析数据进行个性化调整。多感官康复,可结合虚拟场景与音乐疗法等手段可提升认知潜能。怀旧治疗内容库涵盖经典影视片段等内容,可支持语音识别,帮助老年人在情感价值中获得认知刺激。情感陪伴服务则借助智能机器人实时感知情绪,给予关怀互动。基于自然语言处理技术的语音系统能提供温暖对话,并模拟家人声音。远程互动空间站,可应用VR/AR技术创造共享观影等虚拟场景,拉近异地家庭成员的距离。

5.4 运营管理智能化 智慧物业系统,可通过构建数字化管理中枢优化服务质量监管体系,并借助资源协同平台促进共享经济,形成了全方位社区治理体系。其主要功能包括:(1)基于三维建模技术构建数字孪生设施管理平台,实现社区设备全生命周期可视化管理,管理人员可通过实时数据分析快速识别问题并制定预防性维护方案。(2)设置安防事件自动处置机制,通过AI算法联动监控、门禁和报警系统进行智能化风险管理。(3)区块链技术利于确保物业各项服务流程透明可溯源,用户可通过浏览器实时查阅服务档案。(4)满意度实时测评系统支持多维度反馈,并结合自然语言处理深入挖掘需求偏好,指导物业服务优化。同时应用历史数据生成数字化绩效评估报告,直观展现优劣态势并制定改进计划。(5)资源协同平台通过智能调度系统实现社区内维修、清洁等服务的最优配置和即时响应,并借助云计算预测未来工作量提前储备资源。(6)跨社区资源共享机制推动公共设施在更大范围内高效应用,用户可通过在线预约享受更多便利。

5.5 关键技术突破 群体智能技术,可支持ML分析老年人行为模式并识别潜在风险,生成个性化照护建议。基于历史数据和实时反馈构建动态供需匹配模型,可预测养老需求量以实现资源精准投放。同时应用运筹学方法优化社区设施和服务调配,可提高资源应用率。

数字孪生技术则应用激光扫描与3D建模实现高精度社区重建,在虚拟环境中辅助管理决策。通过仿真模拟设备故障、人群聚集等场景提前识别风险,并制定应急响应方案。同时支持服务流程预演以优化实际执行效率。适老化交互技术可突破单一输入限制,支持语音、触控、手势等多种方式,并根据用户偏好自动切换最优模式。

此外,还具备环境感应和行为分析功能,实时

调整操作界面和提示信息,降低使用门槛。从硬件适配到软件优化全方位设计,满足不同年龄及能力人群需求,打造无障碍数字服务环境。

5.6 预期实施效果 服务效能提升体现在多个方面。通过优化资源配置和智能调度系统,大数据分析可实现个性化服务推荐,提高匹配准确率,同时动态调配和协同管理机制可提升公共服务设施使用率。在健康促进方面,通过智慧化随访与用药提醒功能,可明显改善慢性疾病患者规律治疗率和疾病控制效果。个性化认知训练和社会活动,可减缓老年人认知衰退速度,而多维度心理干预则可降低抑郁症发病率。服务改进还可显著改善生活质量,通过在线平台促进社会参与,提升老年群体的社会融入度。便捷服务网络和舒适环境,可大幅度提升居民综合满意度。智能陪护设备和社群互动模式,可明显缓解独居老人孤独感,帮助他们建立积极心态。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白春学:选题、撰写、修改论文;王悦虹、蒋维芃、胡洁:查阅文献、修改论文。

参考文献

- [1] ROCHON P A, BRONSKILL S E, GURWITZ J H. Health care for older people[J]. BMJ, 2002, 324(7348): 1231-1232.
- [2] KRAMER A M. Health care for elderly persons—myths and realities[J]. N Engl J Med, 1995, 332(15): 1027-1029.
- [3] CLEGG A, YOUNG J, ILIFFE S, et al. Frailty in elderly people[J]. Lancet, 2013, 381(9868): 752-762.
- [4] BURNS A, DENING T, BALDWIN R. Care of older people: mental health problems [J]. BMJ, 2001, 322 (7289): 789-791.
- [5] NIKHIL U G, SUMESH T P, ANOOP G, et al. Mental health services for older people[J]. Indian J Psychol Med, 2014, 36 (4): 449-450.
- [6] CHEN Z, YU J, SONG Y T, et al. Aging Beijing: challenges and strategies of health care for the elderly [J]. Ageing Res Rev, 2010, 9(Suppl 1): S2-S5.
- [7] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. Lancet, 2020, 395(10236): 1579-1586.
- [8] HAUG C J, DRAZEN J M. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023[J]. N Engl J Med, 2023, 388(13): 1201-1208.
- [9] ARONSON J K. When I use a word. ChatGPT: a differential diagnosis[J]. BMJ, 2023, 382: 1862.
- [10] GHASSEMI M, BIRHANE A, BILAL M, et al. ChatGPT one year on: who is using it, how and why?[J]. Nature, 2023, 624 (7990): 39-41.

- [11] LU C, ZHANG Q. Letter from China[J]. *Respirology*, 2025, 30(5): 448–451.
- [12] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [13] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 39–43.
- [14] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.
- [15] 白春学. 医学新质生产力之我见[J]. *元宇宙医学*, 2024; 3 (1): 3–10.
- [16] MA B X, YANG J, WONG F K Y, et al. Artificial intelligence in elderly healthcare: a scoping review [J]. *Ageing Res Rev*, 2023, 83: 101808.
- [17] GONG J Q, WANG G W, WANG Y F, et al. Nowcasting and forecasting the care needs of the older population in China: analysis of data from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) [J]. *Lancet Public Health*, 2022, 7(12): e1005–e1013.
- [18] CHEN X X, GILES J, YAO Y, et al. The path to healthy ageing in China: a Peking University–lancet commission [J]. *Lancet*, 2022, 400(10367): 1967–2006.
- [19] WONG K L Y, HUNG L, WONG J, et al. Adoption of artificial intelligence-enabled robots in long-term care homes by health care providers: scoping review [J]. *JMIR Aging*, 2024, 7: e55257.
- [20] LOVEYS K, PRINA M, AXFORD C, et al. Artificial intelligence for older people receiving long-term care: a systematic review of acceptability and effectiveness studies [J]. *Lancet Healthy Longev*, 2022, 3(4): e286–e297.
- [21] KIM J, CAMPBELL A S, DE ÁVILA B E, et al. Wearable biosensors for healthcare monitoring[J]. *Nat Biotechnol*, 2019, 37(4): 389–406.
- [22] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications [J]. *Cell Rep Med*, 2021, 2(7): 100348.
- [23] ACOSTA J N, FALCONE G J, RAJPURKAR P, et al. Multimodal biomedical AI[J]. *Nat Med*, 2022, 28(9): 1773–1784.
- [24] RAY DORSEY E, TOPOL E J. Telemedicine 2020 and the next decade[J]. *Lancet*, 2020, 395(10227): 859.
- [25] BAI C, MARDINI M T. Advances of artificial intelligence in predicting frailty using real-world data: a scoping review [J]. *Ageing Res Rev*, 2024, 101: 102529.
- [26] SHIWANI T, RELTON S, EVANS R, et al. New horizons in artificial intelligence in the healthcare of older people [J]. *Age Ageing*, 2023, 52(12): afad219.
- [27] JOVANOVIĆ M, MITROV G, ZDRAVEVSKI E, et al. Ambient assisted living: scoping review of artificial intelligence models, domains, technology, and concerns[J]. *J Med Internet Res*, 2022, 24(11): e36553.
- [28] CICIRELLI G, MARANI R, PETITTI A, et al. Ambient assisted living: a review of technologies, methodologies and future perspectives for healthy aging of population [J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(10): 3549.
- [29] MANICKAM P, MARIAPPAN S A, MURUGESAN S M, et al. Artificial intelligence (AI) and Internet of medical things (IoMT) assisted biomedical systems for intelligent healthcare [J]. *Biosensors (Basel)*, 2022, 12(8): 562.
- [30] RAJPURKAR P, CHEN E, BANERJEE O, et al. AI in health and medicine[J]. *Nat Med*, 2022, 28(1): 31–38.
- [31] DENNY J C, COLLINS F S. Precision medicine in 2030—seven ways to transform healthcare [J]. *Cell*, 2021, 184(6): 1415–1419.
- [32] MARKS M, HAUPT C E. AI chatbots, health privacy, and challenges to HIPAA compliance [J]. *JAMA*, 2023, 330(4): 309–310.
- [33] ZHANG Q, LI M Y, WU Y J. Smart home for elderly care: development and challenges in China [J]. *BMC Geriatr*, 2020, 20(1): 318.

引用本文

王悦虹, 蒋维芑, 胡洁, 等. 新质生产力赋能老年人健康[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 13–20.

WANG Y H, JIANG W P, HU J, et al. New quality productivity empowers the health of the elderly [J]. *Metaverse Med*, 2025, 2 (2): 13–20.

DOI:10.61189/706745uuxtr

· 综述 ·

GPT 赋能肺功能检查的潜力及前景

白春学^{1,2,3*}, 刘晓静⁴, 李 丽¹, 宋元林^{1,2,3}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

2. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

3. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032

4. 青岛大学附属医院呼吸与危重症医学科, 青岛 266000

[摘要] 肺功能检查是评估呼吸系统健康及管理慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、哮喘等疾病的关键工具。生成式预训练转换器(generative pre-trained transformer, GPT)凭借其强大的自然语言处理与大数据分析能力,可高效整合多维度患者信息,生成精准诊断报告和治疗建议,显著提升解读效率并辅助临床决策。其应用涵盖监测预警、综合分析、诊断评估及个性化治疗方案制定,尤其在 COPD、哮喘等慢性气道疾病管理中,通过实时追踪肺功能数据、症状及用药反应提供个体化建议;在肺间质疾病中辅助动态评估与预后预测;在外科领域支持手术耐受性判断与围术期管理优化。此外,GPT可预测药物耐受性,提供用药调整意见,并结合生活方式与环境因素进行综合健康干预。该技术还拓展了远程医疗服务,缓解资源分布不均问题,通过数据整合转换、智能分析报告及远程咨询提升服务可及性。实施中需应对隐私保护、内容准确性、数据预处理、用户体验及系统稳定性等挑战,可通过加密技术、构建医疗知识库、开发数据转换模块、优化界面设计等措施保障应用安全可靠。

[关键词] 生成式预训练转换器;人工智能;慢性阻塞性肺病;哮喘;肺间质病

[中图分类号] R 563 **[文献标志码]** A

The potential and prospect of GPT-enabled pulmonary function testing

BAI Chunxue^{1,2,3*}, LIU Xiaojing⁴, LI Li¹, SONG Yuanlin^{1,2,3}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China

3. Shanghai Research Center for Respiratory Internet of Things Medical Engineering Technology, Shanghai 200032, China

4. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, the Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266000, Shandong, China

[Abstract] Pulmonary function testing (PFT) is a critical tool for assessing respiratory health and managing diseases such as chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma. Leveraging its powerful natural language processing and big data analytics capabilities, Generative pre-trained transformer (GPT) can efficiently integrate multidimensional patient data to generate precise diagnostic reports and treatment recommendations, significantly enhancing interpretation efficiency and supporting clinical decision-making. Its applications encompass monitoring and early warning, comprehensive analysis, diagnostic assessment, and personalized treatment plan formulation. Particularly in managing chronic airway diseases like COPD and asthma, GPT provides individualized advice by tracking pulmonary function data, symptoms, and medication responses in real-time; it assists in dynamic assessment and prognosis prediction for interstitial lung diseases; and in the surgical domain, it supports the evaluation of operative tolerance and optimization of perioperative management. Furthermore, GPT can predict drug tolerance issues, offer suggestions for medication adjustments, and provide comprehensive health interventions incorporating lifestyle and environmental factors. This technology also extends remote medical services, mitigating disparities in healthcare resource distribution by enhancing service accessibility through data integration and conversion, intelligent analysis and reporting, and remote consultations. Implementation requires addressing challenges such as privacy protection, content accuracy, data preprocessing, user experience, and system stability. These can be addressed through measures like encryption technologies, constructing medical knowledge bases, developing data conversion modules, and optimizing interface design to ensure the secure and reliable application of GPT in pulmonary function testing.

[Key Words] generative pre-trained transformer; artificial intelligence; chronic obstructive pulmonary diseases; asthma

[收稿日期] 2025-05-01

[接受日期] 2025-05-28

[作者简介] 白春学,博士,教授、主任医师。

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

随着人工智能 (artificial technology, AI) 技术的飞速发展,生成式预训练转换器 (generative pre-trained transformer, GPT) 在多个领域展现出了巨大的潜力^[1]。AI 在医疗健康领域的介入正在逐步改变传统诊疗模式,为医生和患者提供更高效、精准的服务^[2]。作为评估呼吸系统健康状况的关键工具,肺功能检查在慢性阻塞性肺病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、哮喘、间质性肺病等多种疾病的诊断、监测及治疗决策中不可替代。

然而,当前的肺功能检查仍面临诸多挑战:(1) 复杂检测指标 [如第一秒用力呼气容积 (forced expiratory volume in one second, FEV₁)、用力肺活量 (forced vital capacity, FVC) 及一秒率 (FEV₁/FVC) 等] 的解读需要专业医学知识;(2) 医生在面对大量数据时可能难以快速识别并解读异常指标,或提供个性化的诊疗建议。这不仅影响了检查的效率,也在一定程度上限制了患者获得及时有效治疗的机会。在此背景下,应用 GPT 赋能肺功能检查具有重要的现实意义。

GPT 的自然语言处理能力和大数据分析能力使其能够快速整合患者的多维度信息 (包括病史、症状描述、实验室数据等),并生成精准的诊断报告和治疗建议^[3]。这不仅有助于提高检查结果的解读效

率,还能为医生提供参考依据,从而提升诊疗决策的准确性和个性化水平。此外,在远程医疗和患者教育方面,GPT 也展现了广阔的前景。通过自动评估和个性化健康指导,AI 可以帮助患者更好地理解自身病情并采取积极的健康管理措施^[4]。这不仅提高了患者的治疗依从性,也为分级诊疗体系的实施提供了技术支持。将 GPT 技术赋能肺功能检查,不仅能提升传统医疗流程的效率和精准度,还能为医学实践带来模式上的革新。GPT 的应用,标志着 AI 在医疗健康领域的深入探索,也将为未来更多智能化、个性化的医疗服务奠定基础,最终实现优化资源配置、改善患者预后的目标,在现代医学发展史上具有重要的里程碑意义。

1 GPT 赋能肺功能检查和诊断

GPT 可以快速分析海量肺功能数据,并结合患者临床表现和病史,对气道疾病 (COPD、哮喘) 和间质性肺疾病进行鉴别诊断,依靠快速生成的特点输出高精度的解读和建议^[5]。这不仅节省了医生的时间,还减少了人为误差,为呼吸系统疾病的确诊、分型、严重程度评估以及疗效监测提供关键依据^[6-7]。表 1 列出了 GPT 赋能肺功能检查的 7 种方法、技术路线和相关步骤。

表 1 肺功能检查方法和技术路线

方法	步骤	技术路线
通气功能测定	通过测量患者在标准化呼吸动作中的肺容量和 FVC、FEV ₁ 等,评估患者的通气功能,识别大气道阻塞、小气道病变或肺组织弹性异常等情况。	采用肺功能仪,通过标准化的激发试验或运动激发试验和抑制试验 (如抗胆碱能药物),进一步区分可逆性气道阻塞与不可逆性气道阻塞。
换气功能测定	通过测量肺泡弥散功能,如 DLCO、通气血流比等指标,评估气体交换功能,帮助识别肺组织病变类型或通气/血流比值异常。	常与通气功能测定结合使用,帮助区分限制性通气障碍和阻塞性通气障碍。
支气管激发或舒张试验	通过给予过敏原激发或支气管扩张剂 (如沙丁胺醇),观察 FEV ₁ 的变化,判断是否存在可逆性的气道阻塞。	在怀疑哮喘、咳嗽变异性哮喘或其他气道高反应性疾病时使用。
小气道功能测定	通过测量用力呼气流量或特定肺容量下的流速容量曲线,评估小气道的功能状态。	常用于慢性支气管炎、哮喘等小气道疾病的诊断和病情监测。
呼吸阻力测定	通过测量吸气和呼气时的气道阻力,进一步量化测定气道狭窄的程度。	在气道阻塞性疾病中辅助评估治疗效果和疾病进展。
残气量与肺总量测定	通过体积描记法等方法,测量患者的残余气体量和肺总量。	帮助诊断阻塞性肺气肿、哮喘或其他导致气体潴留的疾病。
多模态肺功能检查	结合多种指标 (如 FVC、FEV ₁ 、DLCO 等),从多个维度全面评估患者的肺功能状态。	在复杂病例 (如混合性通气障碍) 中使用,帮助明确疾病类型。

FEV₁: 第一秒用力呼气容积;FVC: 用力肺活量;DLCO: 一氧化碳弥散量;COPD: 慢性阻塞性肺病。

肺功能检查在呼吸系统疾病的临床诊疗中具有核心价值^[8-10]。(1)肺功能检查是确诊与分型的重要工具,对于临床怀疑患有COPD、支气管哮喘或间质性肺病等疾病的患者不可或缺。例如,COPD的诊断标准之一要求 FEV_1/FVC 小于70%;而对于哮喘,支气管舒张试验或激发试验则有助于确认气道高反应性的存在。(2)肺功能检查能够客观量化患者的肺通气和换气功能,为评估病情严重程度提供依据。在COPD中, $FEV_1\%$ 预计值是划分疾病严重程度等级的关键指标。(3)肺功能检查有助于区分临床表现相似的疾病。例如,哮喘与慢性支气管炎、COPD的鉴别可通过支气管舒张试验观察 FEV_1 是否出现显著可逆性改善(通常定义为 FEV_1 升高 $\geq 12\%$ 且绝对值增加 ≥ 200 mL),哮喘多表现为可逆,而COPD多为不完全可逆或不可逆;限制性肺疾病与阻塞性肺疾病的鉴别则主要依据FVC和 FEV_1 的变化模式,前者常表现为 FEV_1/FVC 正常或增高伴FVC下降,后者则以 FEV_1/FVC 比值降低($<70\%$)为特征。(4)肺功能检查对指导治疗决策与随访评估至关重要。其结果可为个体化治疗方案的选择提供参考,并用于动态监测治疗效果,例如哮喘患者肺功能的改善程度是调整治疗强度的依据,而COPD患者 FEV_1 的变化可反映病情进展或药物疗效。(5)肺功能指标也是评估疾病预后的重要因素,例如在间质性肺病患者中,肺一氧化碳弥散量(diffusing capacity of the lung for carbon monoxide, DLCO)的下降幅度与患者生存率密切相关。

2 GPT赋能肺功能的实时监测与预测

AI的引入显著提高了呼吸系统疾病管理的精准度和效率。它不仅为患者的诊断和治疗提供了有力支持,也在预防并发症和改善患者生活质量方面发挥了重要作用。动态监测肺功能变化可及时反映疾病进展或治疗效果,为调整个体化治疗方案提供科学依据。

GPT在肺功能实时监测与管理领域的应用在多方面展现出潜力。(1)监测预警:GPT可构建患者个性化健康档案,实现对肺功能指标的长期动态追踪。当监测到指标偏离正常范围或呈现异常变化趋势时,系统能够及时发出预警信号。例如,在流感高发期,可基于患者历史数据及当前健康状况评估其感染风险,并提示相应的预防策略。(2)综合分析:GPT不仅能处理单一的肺功能检查结果等医疗数据,更能整合患者的生活方式、环境暴露等全景信息进行综合研判。借助机器学习模型,能够识别

出传统医学方法可能忽略的复杂病情演变规律。(3)诊断与评估,AI可辅助医生精准解读复杂的肺功能报告,提供客观的参考意见。例如,在COPD和哮喘的分型与分期中,能够综合考量 FEV_1 、FVC等关键指标,并结合临床症状及其他辅助检查结果,给出更精细化的评估。(4)治疗方案制定:该技术可根据患者个体情况提供药物选择建议。以肺间质病为例,可基于患者的DLCO水平等因素推荐适宜的抗纤维化药物,并持续监测其疗效与安全性。对于需要肺切除术的肺癌患者,AI可辅助评估术后呼吸功能恢复的可能性,并为患者制定个体化的术后康复计划。(5)围手术期管理:有助于进行术前风险评估,协助确定最佳手术时机和麻醉方式,从而降低术后并发症的发生风险。(6)COPD患者的长期管理:通过分析 FEV_1 等指标的动态变化趋势,能够早期识别病情恶化迹象,并据此提出治疗方案的调整建议。

3 GPT的应用提升呼吸病管理水平

GPT通过整合患者的临床特征、实验室结果以及肺功能变化,能够实现精准医疗,优化治疗方案并减少并发症风险。

3.1 慢性气道疾病的动态管理 对于COPD和哮喘等慢性气道疾病患者,长期的疗效评估与治疗优化是临床工作中的一大重点^[14]。GPT通过实时监测患者的肺功能数据,结合其症状变化(如咳嗽、咳痰频率)、用药反应情况以及是否存在急性加重史,能够提供个性化的治疗建议^[15]。(1)COPD患者^[16]:如果患者的 FEV_1 显著下降且出现活动耐力减退,GPT可建议调整药物方案(如增加吸入激素或加入磷酸二酯酶抑制剂)。(2)哮喘患者^[17]:通过监测PEF变异率(如 $\geq 20\%$ 提示变异性哮喘)和嗜酸粒细胞水平,GPT可帮助优化抗炎治疗的强度。此外,GPT还能预测患者的急性加重风险。例如,在流感季节到来前患者的 FEV_1 已经处于较低水平且合并慢性鼻窦炎或胃食管反流,可以通过分析多维度数据预判其在未来3个月内的加重可能,并建议提前采取预防措施(如接种流感疫苗、增强支气管扩张剂的使用)^[18]。

3.2 肺间质疾病的管理 肺间质疾病是一组异质性很高的慢性肺部疾病,以肺组织弥漫性炎症和纤维化为特征^[19]。对于这类患者,肺功能检查尤为重要。GPT可通过对患者的FVC、肺总量(total lung capacity, TLC)以及DLCO等指标的动态评估,提供多种支持。(1)治疗方案调整:如当患者的DLCO显

著下降时,GPT可建议增加抗纤维化药物的使用(如尼达尼布或吡非尼酮),并提醒监测潜在不良反应(如胃肠道不适)^[20];(2)预后评估与监测^[21]:通过整合患者年龄、性别、吸烟史及肺功能数据,GPT能预测疾病进展速度,并为临床提供干预时间点建议。

3.3 外科手术适应性的评估

3.3.1 术前评估 对于拟接受肺切除术、心脏搭桥术或腹部重大手术的患者,肺功能检查是评估手术耐受性的关键依据^[22]。GPT通过综合分析患者的FEV₁% 预计值、DLCO及运动耐量(如6 min步行距离),辅助医生评估手术风险。例如,若预测肺切除术后剩余肺容量低于50%或DLCO<40%预计值,系统可能提示手术风险较高,并建议强化围手术期管理。在胸外科手术评估中,还可结合患者静息血氧饱和度(saturation of peripheral oxygen, SpO₂)及动态耗氧量变化,预测术后低氧血症发生风险。

3.3.2 围手术期管理意见 基于患者肺功能数据及合并症(如糖尿病、高血压),GPT可提供个体化管理方案:在空气质量不良时期建议推迟择期手术;优化麻醉策略,包括有创机械通气需求评估及肺保护性通气策略的应用建议^[23]。

3.3.3 术后康复决策与风险管理 术后通过动态监测肺功能恢复进程,结合血氧饱和度、呼吸频率等指标,GPT可预测术后肺炎、肺不张等并发症风险^[24]。对于腹部接受大手术患者,若FEV₁恢复迟缓且存在持续低通气现象,系统可建议早期启动肺康复训练或使用支气管扩张剂以改善呼吸功能。

3.4 个性化药物更换意见与并发症预测 针对慢性疾病治疗中的病情波动,AI技术可提出用药优化方案:COPD患者若FEV₁持续下降且FEV₁/FVC进行性降低,提示需更换或联用支气管扩张剂;哮喘患者呼气峰值流量(peak expiratory flow, PEF)变异性增大伴血嗜酸粒细胞计数升高,建议增加吸入性糖皮质激素剂量。此外,通过分析治疗反应趋势,可预测药物耐受。例如长期使用茶碱类药物的患者,若肺功能改善不明显且胃肠道不良反应加重,可建议转换为其他类型支气管扩张剂^[25]。

3.5 综合健康评估与生活干预 GPT整合疾病特征、生活方式及环境因素,为患者提供个性化健康管理建议。例如:COPD患者居住于高污染区域时,在高污染天气时段建议增加药物使用频次或采取防护措施(如佩戴口罩);结合肺功能状态与疫苗接种史,在流感季前制定免疫预防方案。

3.6 疾病监测与早期预警 通过长期肺功能数据分析,AI可识别疾病进展特征:COPD患者若FEV₁月

均下降超过50 mL,提示疾病加速进展;哮喘患者PEF日间变异率显著升高,可能预示急性发作风险^[26]。

4 GPT的应用拓展远程医疗服务

GPT技术使偏远地区患者的高质量肺功能检查评估服务成为可能^[27]。基层医院医生可通过远程上传数据,即可获得AI的初步分析结果,并可以在云专家的指导下详细解读肺功能检查结果,赋能临床诊断和治疗。基层医生可以在云专家指导下便捷地开展诊疗活动,缓解医疗资源分布不均的问题。因此,将GPT技术应用于肺功能检查以推动远程医疗服务的扩展是一个创新且可行的行动^[28-29]。

GPT在基层肺功能诊疗中的应用体系主要包含6个核心模块。(1)数据整合与转换:通过构建便捷的操作平台,支持基层医生安全上传患者肺功能检测参数(如FEV₁、FVC等),并将原始数据自动转化为结构化文本描述,为后续分析提供标准化输入。(2)分析与报告生成:部署经专业医疗数据训练的AI模型,通过识别关键指标异常值(如FEV₁/FVC下降)生成包含初步诊断意见(如COPD或支气管哮喘的疑似诊断及严重程度分级)的标准化中文报告。(3)远程医疗支持体系:基于上述分析结果建立三级协作机制:系统自动生成诊断报告后,基层医生可通过视频会诊平台与云端呼吸专科医师实时交互,获取针对性临床指导;针对复杂病例,启动由呼吸科、放射科及内科专家组成的多学科云端会诊,确保诊断准确性。(4)建立反馈与迭代机制:定期收集临床医生对模型输出的修正意见,通过机器学习优化诊断逻辑;同时依据最新医学指南和临床研究数据更新模型知识库,提升决策可靠性。(5)用户支持系统:提供全流程操作支持,包括详尽的平台操作手册(涵盖数据上传、报告解读及远程会诊操作规范)和在线帮助中心(设置常见问题解答与专业咨询通道)。(6)数据安全防护:实施双重保障:所有患者数据传输采用高强度加密协议,防止信息泄露;建立分级访问权限控制系统,确保患者隐私数据仅限授权医疗人员调阅。

5 GPT赋能患者教育和管理

GPT等大语言模型技术可以从多个方面赋能患者教育和管理,通过个性化、交互式和智能化的服务显著提升医疗质量^[4, 30-31]。

5.1 个性化健康指导生成 GPT通过多维度分析实现精准宣教:将肺功能参数转化为通俗表述,结合

患者年龄、吸烟史、职业暴露等生成可视化报告(含正常值对比图表及异常指标标注);针对不同疾病类型定制教育内容,如为 COPD 患者设计戒烟与呼吸训练方案,为哮喘患者编制环境触发因素(花粉、冷空气等)识别指南;基于风险问卷生成行为干预策略,例如通过模拟吸烟者肺功能衰退曲线强化戒烟动机。

5.2 动态健康管理工具 建立闭环监测体系:集成症状用药追踪系统,引导患者记录改良呼吸困难指数量表评分及用药依从性,通过数据分析预警急性加重风险;结合实时空气质量监测数据,动态推送个性化防护建议(如高污染时段减少户外活动、启用空气净化设备)。

5.3 依从性提升系统 采用多模态交互设计,如制作吸入装置操作演示视频、肺康复图文手册及老年适配语音问答;或通过自然语言解析技术解答患者疑问(如运动后呼吸困难成因),同步关联呼吸肌训练等管理方案,从而提示患者依从性。

5.4 医患协同平台 构建双向沟通机制:自动生成结构化随访模板供医生审核,提升问诊效率;整合居家监测数据形成临床摘要辅助治疗调整;建立匿

名病友社区促进戒烟经验等群体支持。针对实施挑战设置保障措施:内置慢性阻塞性肺疾病全球倡议(GOLD)等权威知识库确保建议可靠性,超范围问题自动转诊医生;采用本地化部署与数据匿名化处理满足医疗隐私规范;提供基层医疗终端共享服务及语音交互界面降低技术使用障碍。

多技术整合不仅优化了单次检查的价值链条,更构建了以患者为中心的慢性呼吸疾病全程管理生态。后续可探索与电子病历系统的深度对接,实现数据驱动的精准干预。短期效益可以表现在降低患者检查结果误解率。长期效益可表现在通过持续行为干预,延缓中重度 COPD 患者肺功能年下降率。

6 GPT 赋能肺功能检查的挑战和应对对策

应用 GPT 赋能肺功能检查时,同样面对多种挑战。通过制定相应的对策,GPT 在肺功能检查中的应用将趋于成熟和可靠。这些措施不仅提升了技术层面的能力,也在制度上构建了安全屏障,有助于提高医疗质量和安全,为患者的健康保驾护航^[32-34](表 7)。

表 7 GPT 赋能肺功能检查时需要面临的挑战 and 对策

挑战	应对措施
隐私保护	(1)采用加密技术(如数据传输中使用 SSL/TLS,存储时进行加密);(2)实施严格的访问控制机制,仅授权人员可访问敏感信息;(3)遵守相关法律法规(如《健康保险流通与责任法案》)。
内容准确性	(1)构建基于权威医学指南的医疗知识库,并定期更新;(2)由医疗专家对生成内容进行审核和验证,确保其科学性和适用性;(3)创建用户反馈机制,收集患者意见以持续优化内容。
数据预处理	(1)开发数据转换模块,将结构化数据转为自然语言描述;(2)确保数据转换过程中信息的完整性与准确性,避免信息丢失或误解。
用户体验设计	(1)设计简洁、直观的操作界面,减少用户的使用障碍;(2)提供个性化的交互体验,根据患者的特点定制信息展示方式。
系统可靠性与稳定性	(1)采用高可用性设计和冗余方案,保障系统持续服务;(2)建立实时监控和异常检测机制,及时发现并处理问题。
法规与伦理合规	(1)熟悉医疗数据使用的法律规范,确保设计时就考虑合规性;(2)参与伦理委员会审批流程,听取专家意见以确保应用的伦理合规。

GPT:生成式预训练转换器;AI:人工智能;SSL:安全套接字层;TLS:传输层安全协议。

7 应用 GPT 赋能肺功能检查的前景

随着 AI 技术的持续进步以及临床需求的增长,将 GPT 等生成式预训练转换器应用于肺功能检查具有广阔的应用前景。这种技术不仅能够提升医疗效率和准确性,还能为患者提供更个性化的健康管理 and 疾病预防服务。在技术进步和社会需求的

推动下,GPT 在肺功能检查领域的应用将愈发成熟和普及。

GPT 在肺功能检查领域的发展前景主要体现在 4 个方向。(1)远程诊断与动态监测:通过整合可穿戴呼吸监测设备与物联网技术,GPT 可实现患者呼吸参数的实时采集;结合 AI 算法进行连续数据分析,GPT 可辅助临床医生及时识别肺功能异常变化。

(2)精准诊疗支持:GPT可提升个体化治疗效率,例如针对哮喘患者,基于其病情严重程度、肺功能损害特征及个体差异,AI系统可协助制定包含长期控制药物与急性发作干预措施的综合治疗方案,从而优化症状控制效果并改善生活质量。(3)促进医疗资源均衡分配:GPT为偏远及基层医疗机构提供标准化的肺功能评估支持。通过远程诊断平台与智能分析系统的结合,有效提升这些区域的服务能力,推动肺功能检查服务的均质化发展。(4)跨学科研究创新:GPT将成为医学研究的重要工具,通过对海量肺功能数据的深度挖掘,在流行病学调查、新型生物标志物发现及治疗靶点探索等领域发挥积极作用,为呼吸系统疾病的机制研究和临床转化提供新路径。

未来,GPT等AI技术将在肺功能检查中发挥重要赋能作用^[35-37]。通过整合肺功能测试、胸部影像(如CT、X光片)、血液检测及生活习惯等多模态数据,AI将绘制出详尽的患者健康图谱,助力医生精确诊断与定制治疗方案。例如,融合肺功能与CT数据,GPT能早期捕捉间质性肺病端倪,其智能化报告生成与解读也将同样引人注目。GPT有望自动编写肺功能报告,提供专业解读,减轻医生负担,降低错误率,统一诊疗标准。它能根据数据生成不同语言的报告,附带个性化建议,如生活调整或治疗方案,并实时解释关键指标,增强患者对自身健康的理解。在预防与健康管理方面,GPT通过分析长期健康数据,能识别潜在风险。对于COPD、哮喘患者,它能预测疾病走向,推荐预防措施。针对吸烟者等高危群体,结合肺功能与生活数据,GPT提供定制戒烟计划或健康监测建议。随着技术精进与临床积累,GPT将逐渐成为医疗领域的得力助手,推动医疗向更智能、精准、个性化迈进。展望未来,我们期待GPT在肺功能检查中开拓更多创新应用,为全球呼吸健康贡献力量。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白春学:选题、撰写、修改论文;刘晓静,李丽,宋元林:检索文献,部分修改。

参考文献

- [1] BELLINI V, BIGNAMI E G. Generative pre-trained transformer 4 (GPT-4) in clinical settings [J]. *Lancet Digit Health*, 2025, 7(1): e6-e7.
- [2] YU K H, HEALEY E, LEONG T Y, et al. Medical artificial intelligence and human values [J]. *N Engl J Med*, 2024, 390

(20): 1895-1904.

- [3] CHAVEZ M R, BUTLER T S, REKAWEK P, et al. Chat generative pre-trained transformer: why we should embrace this technology [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2023, 228 (6): 706-711.
- [4] ZARETSKY J, KIM J M, BASKHAROUN S, et al. Generative artificial intelligence to transform inpatient discharge summaries to patient-friendly language and format [J]. *JAMA Netw Open*, 2024, 7(3): e240357.
- [5] MIYOSHI S, KATAYAMA H, MATSUBARA M, et al. Prediction of spirometric indices using forced oscillometric indices in patients with asthma, COPD, and interstitial lung disease [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2020, 15: 1565-1575.
- [6] NEDER J A, BERTON D C, O' DONNELL D E. Lung function: what constitutes (ab)normality? [J]. *J Bras Pneumol*, 2022, 48(2): e20220096.
- [7] RAMSEY K A, STANOJEVIC S, CHAVEZ L, et al. Global Lung Function Initiative reference values for multiple breath washout indices [J]. *Eur Respir J*, 2024, 64(6): 2400524.
- [8] YANG W C, LI F Y, LI C, et al. Focus on early COPD: definition and early lung development [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2021, 16: 3217-3228.
- [9] TAN D J, LODGE C J, HAYDN WALTERS E, et al. Can we use lung function thresholds and respiratory symptoms to identify pre-chronic obstructive pulmonary disease? A prospective, population-based cohort study [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2024, 209(12): 1431-1440.
- [10] HIGBEE D H, GRANELL R, DAVEY SMITH G, et al. Prevalence, risk factors, and clinical implications of preserved ratio impaired spirometry: a UK Biobank cohort analysis [J]. *Lancet Respir Med*, 2022, 10(2): 149-157.
- [11] LEE P, BUBECK S, PETRO J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine [J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(13): 1233-1239.
- [12] WAISBERG E, ONG J, MASALKHI M, et al. GPT-4: a new era of artificial intelligence in medicine [J]. *Ir J Med Sci*, 2023, 192(6): 3197-3200.
- [13] BISWAS S S. Role of chat GPT in public health [J]. *Ann Biomed Eng*, 2023, 51(5): 868-869.
- [14] KAHNERT K, JÖRRES R A, BEHR J, et al. The diagnosis and treatment of COPD and its comorbidities [J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2023, 120(25): 434-444.
- [15] GOH E, GALLO R J, STRONG E, et al. GPT-4 assistance for improvement of physician performance on patient care tasks: a randomized controlled trial [J]. *Nat Med*, 2025, 31(4): 1233-1238.
- [16] GUO P, LI R, PIAO T H, et al. Pathological mechanism and targeted drugs of COPD [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2022, 17: 1565-1575.
- [17] MILLER R L, GRAYSON M H, STROTHMAN K. Advances in asthma: new understandings of asthma's natural history, risk factors, underlying mechanisms, and clinical management [J].

- J Allergy Clin Immunol, 2021, 148(6): 1430–1441.
- [18] UYEKI T M. Influenza[J]. Ann Intern Med, 2021, 174(11): ITC161–ITC176.
- [19] MAHER T M. Interstitial lung disease: a review[J]. JAMA, 2024, 331(19): 1655–1665.
- [20] JOHANNSON K A, CHAUDHURI N, ADEGUNSOYE A, et al. Treatment of fibrotic interstitial lung disease: current approaches and future directions [J]. Lancet, 2021, 398 (10309): 1450–1460.
- [21] DACK E, CHRISTE A, FONTANELLAZ M, et al. Artificial intelligence and interstitial lung disease: diagnosis and prognosis [J]. Invest Radiol, 2023, 58(8): 602–609.
- [22] OHTANI-KIM S J, SAMEJIMA J, WAKABAYASHI M, et al. Effect of resected lung volume on pulmonary function and residual lung volume in patients undergoing segmentectomy: a retrospective study[J]. Ann Surg Oncol, 2024, 31(10): 6645–6651.
- [23] YU P M, LUO Z, WANG Y Q, et al. Preoperative inspiratory muscle training improves lung function prior to elective heart valve surgery and reduces postoperative lung function impairment and pulmonary complications: a randomised trial [J]. J Physiother, 2025, 71(1): 27–34.
- [24] SKOCZYŃSKI S, KUDELA G, BROŹEK G, et al. Pulmonary function, exercise capacity and dyspnea in patients 7 years after Nuss surgery[J]. Adv Med Sci, 2022, 67(1): 179–186.
- [25] KUNISAKI K M, SIN D D. Methylxanthines in COPD: yes to caffeine, no to theophylline[J]. Eur Respir J, 2021, 57(6): 2004564.
- [26] DAMARAJU V, NATH A, SEHGAL I S, et al. Agreement between forced expiratory volume in the first second (FEV_1) and peak expiratory flow (PEF) in severe acute asthma[J]. Lung India, 2022, 39(5): 484–487.
- [27] FERNANDES A C, SOUTO M E V C. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine [J]. N Engl J Med, 2023, 388(25): 2399–2400.
- [28] LAHAT A, SHARIF K, ZOABI N, et al. Assessing generative pretrained transformers (GPT) in clinical decision-making: comparative analysis of GPT-3.5 and GPT-4 [J]. J Med Internet Res, 2024, 26: e54571.
- [29] SHOOLS, ADIMIS, SABOORI AMLESHIR, et al. A systematic review of large language model (LLM) evaluations in clinical medicine[J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2025, 25(1): 117.
- [30] WOOK C, SIMONG W, AKINDUTIREO, et al. Evaluation of GPT-4 ability to identify and generate patient instructions for actionable incidental radiology findings[J]. J Am Med Inform Assoc, 2024, 31(9): 1983–1993.
- [31] CAIY, ZHAOR, ZHAOH, et al. Exploring the use of ChatGPT/GPT-4 for patient follow-up after oral surgeries[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2024, 53(10): 867–872.
- [32] KANJEEZ, CROWEB, RODMANA. Accuracy of a generative artificial intelligence model in a complex diagnostic challenge [J]. JAMA, 2023, 330(1): 78–80.
- [33] LAWS, OLDFIELDB, YANGW, et al. ChatGPT/GPT-4 (large language models): opportunities and challenges of perspective in bariatric healthcare professionals [J]. Obes Rev, 2024, 25 (7): e13746.
- [34] LEVINED M, TUWANIR, KOMPAB, et al. The diagnostic and triage accuracy of the GPT-3 artificial intelligence model: an observational study [J]. Lancet Digit Health, 2024, 6(8): e555–e561.
- [35] GUTIÉRREZ-CIRLOSC, BERMÚDEZ-GONZÁLEZ L, CARRILLO-PÉREZD L, et al. Medicine and the metaverse: current applications and future [J]. Gac Med Mex, 2023, 159 (4): 280–286.
- [36] RASHIDIH H, PANTANOWITZJ, CHAMANZARA, et al. Generative artificial intelligence in pathology and medicine: a deeper dive[J]. Mod Pathol, 2025, 38(4): 100687.
- [37] CURRIE G. A conversation with ChatGPT [J]. J Nucl Med Technol, 2023, 51(3): 255–260.

引用本文

白春学, 刘晓静, 李 丽, 等. GPT赋能肺功能检查的潜力及前景[J]. 元宇宙医学, 2025, 2(2): 21–27.

BAI C X, LIU X J, LI L, et al. The potential and prospect of GPT-enabled pulmonary function testing[J]. Metaverse Med, 2025, 2 (2): 21–27.

GPT 赋能感冒诊疗的潜力与挑战

刘晓静¹, 王 洵², 白春学^{3*}

1. 青岛大学附属医院呼吸与危重症医学科, 青岛 266000

2. 无锡市第二人民医院, 无锡 214002

3. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海市呼吸病研究所, 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032



[摘要] GPT在医疗领域,特别是感冒诊疗中,正展现出巨大潜力。其应用不仅提高了诊疗效率,还增强了患者教育,促进了医疗知识的普及和提高。在感冒诊疗方面,GPT可通过自动化和智能化分析患者症状,快速提供初步诊断建议,利于减轻医生的工作负担。同时,它还能生成易于理解的教育内容,帮助患者深入了解病情、治疗方案及预防措施。这种个性化的教育方式,结合互动式学习和多渠道传播,极大地提升了患者的健康素养。GPT在诊断和治疗感冒上也发挥着重要作用。患者通过与GPT交互描述症状,即可获得初步诊断建议,为就医提供有力参考。此外,GPT还能根据患者病情推荐治疗方案,包括药物、休息和饮食调整等。对于轻症患者,GPT还能进行远程监测,及时提醒病情变化,提供管理建议。然而,GPT在医疗领域的应用也面临挑战。数据隐私与安全是首要问题,必须确保患者数据的加密和脱敏处理。虽然GPT具有一定应用潜力,但其诊断准确性仍无法与经验丰富的医生相媲美。此外,法律与伦理问题也不容忽视,如医疗责任、患者知情同意等需进一步明确。为应对这些挑战,需加强数据保护,提高GPT模型的诊断准确性,并结合医生经验进行复核。同时,应建立健全相关法律法规和伦理规范,明确关键问题,加强监管和评估,确保GPT在医疗领域的合规应用。

[关键词] 生成式预训练转换器;人工智能;感冒

[中图分类号] R 318 **[文献标志码]** A

The potential and challenges of GPT empowering cold diagnosis and treatment

LIU Xiaojing¹, WANG Xun², BAI Chunxue^{3*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Hospital of Qingdao University, Qingdao 266000, Shandong, China

2. Wuxi Second People's Hospital, Wuxi 214002, Jiangsu, China

3. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China

[Abstract] GPT is demonstrating great potential in the medical field, especially in the diagnosis and treatment of colds. Its application not only improves the efficiency of diagnosis and treatment, but also enhances patient education and promotes the popularization and improvement of medical knowledge. In terms of cold diagnosis and treatment, GPT can automatically and intelligently analyze patients' symptoms and quickly provide initial diagnostic suggestions, which is conducive to reducing the workload of doctors. Meanwhile, it can also generate easily understandable educational content to help patients gain a deeper understanding of their conditions, treatment plans and preventive measures. This personalized educational approach, combined with interactive learning and multi-channel dissemination, has greatly enhanced the health literacy of patients. GPT also plays an important role in the diagnosis and treatment of colds. Patients can obtain initial diagnostic suggestions by interacting with GPT to describe their symptoms, providing a strong reference for medical treatment. In addition, GPT can also recommend treatment plans based on the patient's condition, including medication, rest and dietary adjustments, etc. For patients with mild symptoms, GPT can also conduct remote monitoring, promptly alert them of changes in their condition, and provide management suggestions. However, the application of GPT in the medical field also faces challenges. Data privacy and security are the top priorities. It is essential to ensure the encryption and desensitization of patient data. Although GPT has certain application potential, its diagnostic accuracy still cannot be compared with that of experienced doctors. In addition, legal and ethical issues cannot be ignored. For instance, medical liability and informed consent of patients need to be further clarified. To address these challenges, it is necessary to enhance data protection, improve the diagnostic accuracy of the GPT model, and conduct reviews in combination with doctors' experience. At the same time, relevant laws,

[收稿日期] 2025-06-10

[接受日期] 2025-06-25

[作者简介] 刘晓静, 博士, 副主任医师. E-mail: liuxiaojing_001@126.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

regulations and ethical norms should be established and improved, key issues should be clarified, supervision and evaluation should be strengthened to ensure the compliant application of GPT in the medical field.

[Key Words] generative pre-trained transformer GPT; artificial intelligence; cold

生成式预训练转换器(generative pre-trained transformer, GPT)技术在医疗领域的应用,特别是在赋能感冒诊断和治疗方面,具有深远的意义^[1-3]。该技术通过深度学习与自然语言处理,能够有效辅助医生进行精确诊断^[4],为患者提供个性化治疗方案。在处理常规感冒及特殊人群(包括儿童、老人、孕妇及有基础疾病者)的感冒问题时,其作用尤为显著。

在常规感冒治疗中,GPT能凭借庞大的医疗数据库,快速分析症状,减少误诊漏诊,提升诊断效率。同时,它也能根据患者的年龄、性别、健康状况等因素,量身定制治疗计划,确保治疗既有效又安全,避免了药物滥用^[5]。此外,GPT还能生成通俗易懂的患者教育资料^[6-7],通过智能健康管理系统,提醒患者按时服药、复查,增强患者的自我管理能力。对于特殊人群,GPT能根据特殊的生理条件和疾病状态,制定更为适宜的治疗策略,降低治疗风险,提高生活质量。远程医疗咨询功能的加入,使得偏远地区或行动不便的患者也能获得专业指导,拓宽了医疗服务的覆盖范围。通过分析健康数据,GPT还能预测病情发展,预警可能的并发症,为医生及时干预提供依据,也为实现“名医治未病、元医惠众生”的愿景铺平了道路^[8]。GPT能够辅助提升医生的诊断能力与治疗水平,促进医疗资源的均衡分布,缩小地区间医疗差距。同时,通过普及健康知识,提高公众健康素养,推动了全民健康管理模式的形成^[9]。此外,GPT还通过提高医疗服务效率,降低医疗成本,减轻了患者的经济负担,提升了医疗资源的整体利用效率。

1 GPT赋能科普与患者教育的潜力

1.1 GPT赋能感冒常识科普 了解感冒的传播途径对于预防至关重要。这一常见的上呼吸道感染^[10],主要由流感病毒和鼻病毒等多样且不断变异的病毒引起。病毒通过飞沫、接触传播等方式在人群中蔓延。由于感冒多为病毒性,抗生素并不适用。治疗感冒时,医师应主要关注患者的症状缓解和康复促进。推荐患者保持充足休息以增强免疫力,多喝水以防止脱水,适当使用解热镇痛药、抗组胺药和止咳药来缓解症状^[11]。

感冒预防的关键在于增强个人免疫力和减少病毒暴露。建议勤洗手,特别是在接触公共物品或

与人交往后;在流感季节或人群密集场所佩戴口罩;与感染者保持社交距离;并保持健康的生活方式,包括充足睡眠、均衡饮食和适量运动。通过掌握感冒的基本知识,包括其病因、传播方式、治疗方法和预防措施,可以更有效地保护自己免受感冒的侵扰。

1.2 GPT赋能健康生活方式教育 GPT在健康教育领域展现出了巨大潜力,其应用方式多样且贴近患者需求。GPT能依据患者的年龄、性别、健康状况及生活习惯,量身定制健康建议。如针对易感人群推荐增加维生素C摄入、保证充足睡眠及适量运动以增强免疫力^[12]。它还能以通俗易懂的语言普及健康知识,解答患者关于饮食、锻炼等方面的疑问,助力建立正确的健康观念^[13]。虽然GPT不能直接监测健康状况,但可与健康监测设备或应用结合,根据患者输入的数据提供反馈和建议^[14]。GPT还能提供预防感冒等疾病的实用建议,并对生病患者提供基本的自我照护指导,强调其建议不能替代专业医疗意见,鼓励及时就医。此外,GPT还关注心理健康,通过对话赋能患者缓解压力、焦虑,提供心理调适方法^[15-16]。为充分发挥GPT的作用,建议将其与其他AI技术融合,提升健康教育的智能化和个性化水平^[17]。同时,与医疗、营养、健身等领域的专业人士合作,确保建议的准确性和可靠性。

1.3 GPT赋能特殊人群感冒诊疗的常识 GPT能根据个体情况定制建议。对于老年人、儿童、孕妇及慢性疾病患者等特殊群体,感冒可能引发更严重的健康问题,需格外关注。对老年人,它强调保暖、均衡饮食、适量运动及接种流感疫苗的重要性^[18];为儿童设计寓教于乐的内容,教导正确卫生习惯^[19];向孕妇提供孕期感冒的特别注意事项^[20];针对慢性疾病患者,则建议监测关键健康指标,及时寻求医疗帮助。GPT还基于信息的易理解性,使用简单语言解释感冒相关知识,并辅以图表、视频等视觉元素,确保信息直观易懂。同时,它能根据流感季节和地区疫情动态,提供最新的预防和治疗建议,赋能区分感冒与新冠症状,指导患者采取适当防护措施。通过聊天功能,GPT实时解答患者关于感冒的疑问,评估症状严重性,提供就医建议。此外,它还因感冒感到焦虑的患者提供心理支持,赋能他们保持积极态度。

1.4 GPT赋能感冒预防 GPT可以根据其广泛的学习和处理信息的能力,为患者提供一系列预防感冒的有效建议(表1)^[21]。通过遵循这些建议,人们可以大大降低感冒的风险。但是,GPT并不能替代专业医疗意见。如果感到身体不适或出现感冒症状,应及时就医并遵循医生的建议进行治疗。

表1 生成式预训练转换器赋能感冒预防

方法	技术路线
勤洗手	使用肥皂和流动水彻底清洗双手至少 20 s,特别是在触摸公共物品、用餐前后、上厕所后以及咳嗽或打喷嚏后。如果无法洗手,可以使用含酒精的手部消毒剂清洁双手。
避免接触病人	尽量避免与感冒或流感患者密切接触。在流感季节,减少前往人群密集、通风不良的场所,如公共交通工具、商场等。
保持健康的生活方式	保证充足的睡眠,成年人每晚应睡 7~9 h。均衡饮食,多吃富含维生素 C 和维生素 D 的食物,如柑橘类、草莓、深绿色蔬菜、鱼类等。保持适度体育锻炼,增强身体免疫力。戒烟限酒,减少对呼吸道的刺激。
注意个人卫生	咳嗽或打喷嚏时,用纸巾或肘部遮住口鼻,防止病毒传播。避免用手触摸眼睛、鼻子和嘴巴,以减少病毒进入体内的机会。
保持室内环境清洁	定期清洁和消毒家中物品表面,特别是高频接触区域,如门把手、桌面、遥控器等。保持室内空气流通,定期开窗通风。
增强免疫力	可以考虑接种流感疫苗,特别是高风险人群,如老年人、儿童、孕妇等。在医生指导下,适当补充维生素和矿物质,如维生素 C、锌等,以增强免疫力。
及时添衣保暖	根据天气变化及时增减衣物,避免受凉。特别是在寒冷季节,要注意保暖,防止因寒冷导致身体免疫力下降。

2 GPT赋能感冒诊断潜力

2.1 GPT赋能感冒的初步评估 作为一种先进的自然语言处理技术,GPT在医疗咨询,如感冒诊断的症状初步评估中,展现出一定的应用潜力(表2)^[22-23]。但是,GPT的评估是基于患者描述的症状和GPT自身的知识库进行的,它不能替代专业医疗人员的面对面诊断。感冒与其他呼吸系统疾病在症状上可能重叠,因此仅凭症状描述很难做出准确诊断。在使用GPT进行医疗咨询时,患者应注意保护个人隐私,避免泄露敏感信息。

GPT提供的建议可能不适用于所有人群,特别是儿童、老年人、孕妇以及有特定健康状况的人群。对于需要专业医疗干预的情况,GPT无法提供足够的指导。因此,患者应始终保持谨慎态度,将GPT

建议作为参考而非最终诊断依据。在出现严重或持续症状时,应及时咨询专业医疗人员。

2.2 GPT赋能感冒的鉴别诊断 由于普通感冒与流感、过敏及新冠这些常见疾病有难以辨别的类似症状,需要鉴别^[24]。GPT可以通过分析患者提供的症状描述、病史信息及可能的接触史,辅助患者进行初步的鉴别诊断(表3)。

需要注意的是,虽然GPT在疾病的初步鉴别诊断方面具有一定的能力,但它并不能替代专业医生的诊断和治疗。如果患者症状持续或加重,以及出现高热不退、呼吸困难等,应及时就医接受专业医生的诊断和治疗。此外,GPT的鉴别诊断能力也受限于其训练数据和算法限制,可能存在误差或不足,不要完全依赖其建议来做出医疗决策。

表2 GPT赋能感冒初步评估的方法

方法	技术路线
症状收集	患者可以通过与GPT的交互,描述自己的症状,如咳嗽、流鼻涕、发烧、喉咙痛、头痛、身体乏力等。
初步评估	GPT可以根据患者描述的症状,结合预训练时学习的大量医疗知识,提供初步的评估。它会指出这些症状与普通感冒、流感或其他呼吸道疾病的相似性和区别。
提供建议	基于初步评估,GPT可以建议患者采取一些基本的自我照护措施,如休息、喝水、使用非处方药物等。同时,GPT也会强调,如果症状持续或加重,应尽快咨询专业医疗人员。

GPT:生成式预训练转换器。

表 3 GPT 赋能感冒鉴别诊断的方法和技术路线

方法	技术路线
症状输入	患者向 GPT 描述自己的症状,如发热、咳嗽、喉咙痛、鼻塞、流涕、打喷嚏、身体疼痛、乏力、头痛、胸闷、呼吸困难等。患者还可以提供自己的病史信息,如是否有过敏史、慢性病史等。如果有的话,患者还可以告知 GPT 最近的接触史,如是否接触过流感患者、新冠患者或疑似患者等。
GPT 分析	GPT 会根据患者提供的信息,结合其存储的大量医疗知识和数据,进行快速的分析和推理。它会考虑各种疾病的症状特征、发病规律、流行情况等因素,来评估患者患各种疾病的可能性。
鉴别诊断建议	基于分析结果,GPT 会给出初步的鉴别诊断建议,列出患者可能患有的疾病及其概率。对于普通感冒、流感、过敏和新冠这些疾病,GPT 会特别关注它们之间的区别,如症状的不同、病程的发展、并发症的风险等。
建议与指导	除了鉴别诊断建议外,GPT 还可以提供一些基本的自我观察、自我隔离和就医指导。对于需要就医的情况,GPT 会建议患者及时就医,并告知可能需要的检查项目 and 治疗方法。

GPT:生成式预训练转换器。

2.3 GPT 赋能诊断特殊人群的感冒

特殊人群(如儿童、老年人、孕妇或有特定健康状况的人)应用 GPT 赋能感冒诊断时,需要格外谨慎和细致。以下

是基于 GPT 的感冒诊断框架,包含方法和技术路线,旨在提供结构化的方法来管理 GPT 赋能感冒诊断(表 4)。

表 4 GPT 赋能感冒诊断的方法和技术路线

方法	技术路线
收集详细病史	(1)基本信息:年龄、性别、职业、居住环境等。(2)症状描述:详细询问感冒症状,包括发热、咳嗽、喉咙痛、鼻塞、流涕、头痛、身体疼痛、乏力、食欲不振等,以及症状的出现时间和严重程度。(3)特殊状况:对于特殊人群,要特别关注他们的健康状况,如儿童是否有过敏史,老年人是否有慢性疾病(如糖尿病、心脏病),孕妇的孕期周数及是否有妊娠并发症等。
进行症状分析	(1)应用 GPT 初步分析:将收集到的信息输入 GPT,让它根据已有的知识库进行初步症状匹配和分析。(2)注意特殊人群差异:GPT 需要被训练或提示以考虑特殊人群在感冒表现上的可能差异。例如,儿童可能更容易出现高烧和呼吸困难,而老年人可能症状较轻但并发症风险更高。
考虑并发症风险	(1)评估并发症:对于特殊人群,要特别评估感冒可能引发的并发症风险,如肺炎、心肌炎、早产等。(2)咨询专家意见:如果 GPT 分析显示存在高并发症风险,建议立即咨询专业医生或医疗团队进行进一步评估和治疗。
提供重要建议	(1)个性化建议:由 GPT 为患者提供个性化的治疗建议,如休息、饮水、使用非处方药(在医生指导下)等。(2)就医重要性:特别是对于特殊人群,应强调在出现严重症状或病情持续恶化时及时就医的重要性。
持续监测反馈	(1)建立监测机制:建议患者定期记录症状变化,并通过 GPT 或其他医疗系统进行反馈。(2)调整治疗计划:根据症状的变化和患者的反馈,GPT 可以协助调整治疗计划或建议就医。
隐私与伦理考虑	(1)保护患者隐私:确保所有收集的信息都符合隐私保护法规,并得到患者的明确同意。(2)提供透明信息:向患者清晰解释 GPT 在诊断过程中的作用和局限性,以及为何需要某些信息。
与医疗体系结合	(1)整合医疗资源:将 GPT 作为辅助工具与现有的医疗体系相结合,确保患者在需要时能够获得专业的医疗照顾。(2)持续学习改进:通过不断收集反馈和病例数据,训练和优化 GPT 的诊断能力,特别是针对特殊人群的感冒诊断。

GPT:生成式预训练转换器。

简言之,应用 GPT 赋能感冒诊断时,对于特殊人群需要采取更加谨慎和个性化的方法,确保诊断的准确性和安全性。同时,GPT 应作为辅助工具而非替代专业医疗建议。

3 GPT 赋能感冒治疗潜力

3.1 GPT 赋能感冒的自我支持治疗

自我支持治疗可以帮助感冒患者加速恢复,减少并发症。GPT 可为患者提供在家中就可以轻松实践的自我支持治

疗建议,赋能患者缓解感冒症状,加速康复过程^[25-27]。

自我支持治疗主要包括:(1)湿润的空气利于感冒恢复。建议保持室内湿度为40%~60%。(2)建议每天至少喝8杯水,根据个人情况适量增加。可以选择温水、淡盐水或柠檬水,避免喝含糖饮料和咖啡因饮品,以免加重脱水。(3)充足的休息有助于身体恢复和增强免疫力。尽量保持每天7~9 h的睡眠,避免熬夜和过度劳累。如果感到困倦,可进行短暂的午休。(4)多吃富含维生素C的水果和蔬菜,如橙子、猕猴桃、草莓、西红柿等。建议选择清淡易消化的食物,如粥、面条、蒸蛋等,避免油腻和辛辣食物。(5)定期打扫房间,保持室内环境整洁。使用吸尘器或湿抹布清洁家具和地板,减少灰尘和细菌的滋生。开窗通风,保持室内空气流通。(6)根据感冒症状选择合适的药物,如发热可使用退烧药,咳嗽可使用止咳药,但务必遵循医嘱或说明书上的用

药指导。避免抗生素滥用,因为感冒主要由病毒引起,抗生素对病毒无效。(7)密切关注病情变化,如体温、咳嗽、鼻塞等症状是否有所缓解或加重。如果出现持续高烧、呼吸困难、胸痛等严重症状,应立即就医。

通过以上措施,患者可以更好地应对感冒症状,促进身体康复。同时,也利于保持良好的心态和乐观的情绪,相信自己能够战胜感冒。

3.2 GPT赋能感冒药物治疗 感冒常伴随一系列症状,如鼻塞、流涕、咳嗽、喉咙痛、头痛、发热、乏力等,治疗感冒的药物主要针对这些症状进行缓解。GPT仅可以作为工具来辅助理解、整理和传递感冒治疗(包括药物治疗)的相关信息,其本身并不能直接处方感冒药物或提供具体的医疗建议^[28-29]。以下是GTP基于常识和一般医学知识提供的感冒治疗药物建议,具体治疗应遵循医生的指导(表5)。

表5 生成式预训练转换器赋能感冒药物治疗的建议

药物	适应证
解热镇痛药	如布洛芬、对乙酰氨基酚(扑热息痛)等,可用于缓解发热、头痛和肌肉酸痛。
抗组胺药	如氯雷他定、苯海拉明等,有助于缓解鼻塞、流涕和打喷嚏等症状。
镇咳药	对于干咳,可以选择右美沙芬等镇咳药;对于有痰的咳嗽,则可能需要使用祛痰药,如氨溴索。
抗病毒药	对于流感病毒引起的感冒,医生可能会开具抗病毒药物,如奥司他韦等。但普通感冒(由鼻病毒等引起)通常不需要抗病毒治疗。
复方感冒药	如感冒灵颗粒、复方氨酚烷胺胶囊等,通常包含多种成分,旨在同时缓解多种感冒症状。
喉痛治疗	含片或口服液,如薄荷喉片、碘含片等,可以缓解喉咙痛。

3.3 GPT赋能特殊人群感冒的药物治疗 GPT的赋能使得特殊人群在感冒治疗中能够享受到更加安全、精确和高效的医疗服务,真正实现了用药的个性化与智能化。在特殊人群感冒药物的治疗过程中,GPT能够全方位赋能,确保用药更安全、更个性化。针对老年人、孕妇、儿童及慢性病患者等不同群体的特殊需求,GPT提供了一系列精确支持。

GPT会根据患者的年龄、健康状况及药物禁忌,量身定制感冒药物推荐。它不仅为孕妇避免使用特定成分,为儿童推荐专用药物,还精确指导用药剂量,防止过量或不足,并提醒患者注意药物间的相互作用^[30]。在健康风险评估方面,GPT可通过筛查病史和健康状况,识别用药禁忌,预警可能的副作用,并提醒患者密切关注感冒症状变化,以便及时就医。同时,它还具备服药提醒功能,帮助患者按时服药,避免漏服或重复用药,并定期跟踪康复情况,评估药物效果,必要时建议调整治疗方案。

GPT还致力于健康教育,普及感冒药物的正确使用方法和注意事项,提供预防感冒的实用建议。对于特殊人群可能产生的用药焦虑,它给予情感支持和安慰^[31]并用积极的语言鼓励患者坚持治疗,增强康复信心。此外,它还与医疗系统紧密协同,帮助患者记录用药情况和症状变化,为医生评估提供便利,并在病情加重或出现异常时,及时建议患者就医。此外,GPT还关注家庭支持,为患者的家属提供护理指导^[32],帮助他们更好地照顾患者,特别是需要监督用药的儿童和老年人。通过这一系列综合措施,GPT确保特殊人群在感冒药物治疗中获得全方位、个性化的支持,从而有效提升治疗效果和用药安全性。

3.4 GPT赋能感冒的心理支持治疗 GPT不仅能够倾听患者的感受,以共情的方式回应,从而有效缓解患者的孤独与焦虑,还通过积极的语言鼓励患者保持乐观态度,减轻心理压力^[33]。在信息支持方

面,GPT可准确提供感冒症状、治疗方法和康复建议,帮助患者消除疑虑,同时不忘提醒患者按时服药、充分休息和保持水分摄入,以促进身体康复。行为支持上,GPT可协助患者制定合理的康复计划,包括科学的休息时间和饮食建议,并鼓励患者养成勤洗手、保持社交距离等健康生活习惯。心理干预方面,GPT能引导患者进行深呼吸、冥想等放松练习,以缓解焦虑情绪。同时,运用认知行为疗法可帮助患者识别和改变负面思维,建立积极的心态。此外,GPT还可提供虚拟陪伴,减少患者的孤独感,并鼓励患者与亲友保持联系,获取更多情感支持^[34]。在长期心理支持方面,GPT能定期跟进患者的康复进展,提供持续的心理关怀,并给出预防感冒的建议,增强患者的自我保健能力。值得一提的是,GPT还能根据患者的具体情况提供个性化的心理支持和健康建议,并通过患者反馈不断优化支持内容,确保支持效果的最大化。

4 GPT赋能感冒诊疗的挑战与解决办法

4.1 GPT赋能感冒诊疗时面临的挑战 尽管GPT在赋能感冒诊疗中具有潜力,但仍然存在准确性、责任、信任、技术、伦理、用户体验和成本等多方面的挑战^[35-36],限制其广泛应用:(1)技术实施。①系统集成:将GPT集成到现有医疗系统面临技术和操作上的挑战。②实时更新:医学知识更新迅速,GPT需持续更新以保持准确性。(2)用户体验。①交互设计:用户界面需简洁易用,确保用户能轻松获取和

理解诊断信息。②个性化服务:GPT需根据用户的具体情况提供个性化建议,而非通用方案。(3)结果准确性。①医学复杂性:感冒症状多样,可能与其他疾病相似,GPT在缺乏详细检查的情况下,难以准确区分。②数据限制:GPT依赖现有数据,若数据不全面或过时,可能导致误诊或遗漏关键信息。(4)用户信任。①公信力:用户可能对AI的诊断持怀疑态度,尤其是涉及健康问题时。②透明性:GPT的决策过程不透明,用户难以理解其诊断依据,影响信任。(5)责任法律问题。①责任归属:若GPT的诊断出错,责任应由开发者、医疗机构还是用户承担,尚无明确界定。②法律合规:医疗诊断涉及隐私和数据安全,需符合相关法律法规,如HIPAA和GDPR。(6)伦理问题。①隐私保护:处理用户健康数据时,需确保隐私和安全。②公平性:GPT应避免偏见,确保不同群体都能获得公平的诊断服务。(7)成本可及性。①开发维护成本:GPT的开发、训练和维护成本高昂,可能影响其普及。②可及性:需确保不同地区和收入水平的用户都能使用该技术。

4.2 解决GPT赋能感冒诊疗时面临挑战的办法 要解决GPT赋能感冒诊疗的挑战,需要技术、法律、伦理、用户等多方面的协同努力。通过提高准确性、明确责任、建立信任、优化技术、保护隐私、降低成本等措施,GPT有望成为感冒诊疗的有力工具,为用户提供高效、便捷的医疗服务。同时,需始终将用户安全和隐私放在首位,确保技术的可持续发展^[37](表6)。

表6 解决GPT诊治感冒时面临挑战的办法

对策	技术路线
技术与实施优化	实时更新机制:建立自动化的知识更新系统,确保GPT能够及时获取最新的医学信息。系统集成:开发标准化接口,便于GPT与现有医疗系统(如电子健康记录系统)无缝集成。边缘计算:在本地设备上运行部分模型,减少数据传输,提高响应速度并保护隐私。
优化用户体验	友好的交互设计:开发简洁直观的用户界面,确保用户能够轻松输入症状并理解诊断结果。个性化服务:根据用户的年龄、性别、病史等提供个性化的诊疗建议。多语言支持:支持多种语言,扩大服务范围,惠及更多用户。
结果准确性	结合多模态数据:将GPT与医疗设备(如体温计、血氧仪)结合,获取更全面的患者数据,减少误诊。引入专家系统:将GPT与传统医学专家系统结合,利用规则库和临床指南增强诊断可靠性。持续更新知识库:定期更新GPT的医学知识库,确保其掌握最新的诊疗指南和研究成果。用户反馈机制:通过用户反馈不断优化模型,提升诊断准确性。
建立用户信任	透明化决策过程:向用户解释GPT的诊断依据,提供清晰的推理过程,增强透明度。与医生协作:将GPT作为辅助工具,而非替代医生,最终诊断由医生确认。用户教育:通过宣传和教育,帮助用户了解GPT的能力和局限性,建立合理预期
责任法律问题	明确责任与法律合规:明确责任归属:制定明确的法律框架,界定开发者、医疗机构和用户的责任。合规性设计:确保GPT符合医疗数据隐私法规,采用加密技术保护用户数据。第三方认证:通过医疗监管机构的认证,确保GPT的诊断能力符合行业标准。

续表 6

对策	技术路线
解决伦理问题	隐私保护:采用匿名化处理和数据加密技术,确保用户健康数据的安全。公平性设计:在模型训练中使用多样化的数据集,避免偏见,确保不同群体都能获得公平的诊断服务。伦理审查:建立伦理委员会,定期审查 GPT 的应用场景和潜在风险。
降低成本和提升可及性	开源与协作:通过开源项目或行业协作降低开发成本,推动技术普及。政府与机构支持:争取政府和医疗机构的支持,提供资金和政策保障。分层服务模式:提供基础免费服务和高级付费服务,满足不同用户的需求。

GPT:生成式预训练转换器。

此外,还需要在医疗机构中进行大规模临床试验,验证 GPT 的诊断准确性和可靠性。在特定区域或医院开展试点,逐步推广,积累经验和用户反馈。组建跨学科团队,包括医生、数据科学家、伦理学家等,共同优化 GPT 的诊疗能力。与行业协会合作,制定 GPT 在医疗领域应用的技术和伦理标准。在开发过程中邀请用户参与测试,优化用户体验。持续改进。通过用户反馈和数据分析,持续改进 GPT 的性能和功能。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白春学:选题,撰写、修改论文;刘晓静、王洵:检索文献,部分修改。

参考文献

[1] CHAVEZ M R, BUTLER T S, REKAWEK P, et al. Chat generative pre-trained transformer: why we should embrace this technology [J]. Am J Obstet Gynecol, 2023, 228 (6) : 706-711.

[2] LUO R Q, SUN L A, XIA Y C, et al. BioGPT: generative pre-trained transformer for biomedical text generation and mining [J]. Brief Bioinform, 2022, 23(6): bbac409.

[3] TAN S T, XIN X, WU D. ChatGPT in medicine: prospects and challenges: a review article [J]. Int J Surg, 2024, 110 (6) : 3701-3706.

[4] KANJEE Z, CROWE B, RODMAN A. Accuracy of a generative artificial intelligence model in a complex diagnostic challenge[J]. JAMA, 2023, 330(1): 78-80.

[5] HAROON S, HAFSATH C A, JEREESH A S. Generative pre-trained transformer (GPT) based model with relative attention for de novo drug design [J]. Comput Biol Chem, 2023, 106: 107911.

[6] SALAM B, KRAVCHENKO D, NOWAK S, et al. Generative pre-trained transformer 4 makes cardiovascular magnetic resonance reports easy to understand [J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2024, 26(1): 101035.

[7] TRUHN D, LOEFFLER C M, MÜLLER-FRANZES G, et al. Extracting structured information from unstructured

histopathology reports using generative pre-trained transformer 4 (GPT-4)[J]. J Pathol, 2024, 262(3): 310-319.

[8] 白春学. 元宇宙医学的昨天、今天与明天[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 3-12.

[9] 张宇鸣, 白春学. 医学 GPT 的研发现状和应用前景[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 52-58.

[10] JAUME F, VALLS-MATEUS M, MULLOL J. Common cold and acute rhinosinusitis: up-to-date management in 2020 [J]. Curr Allergy Asthma Rep, 2020, 20(7): 28.

[11] DE SUTTER A I, ERIKSSON L, VAN DRIEL M L. Oral antihistamine-decongestant-analgesic combinations for the common cold [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 1(1) : CD004976.

[12] DERGAA I, BEN SAAD H, EL OMRI A, et al. Using artificial intelligence for exercise prescription in personalised health promotion: a critical evaluation of OpenAI's GPT-4 model[J]. Biol Sport, 2024, 41(2): 221-241.

[13] ALI ISMAIL A M. Chat GPT in tailoring individualized lifestyle-modification programs in metabolic syndrome: potentials and difficulties? [J]. Ann Biomed Eng, 2023, 51 (12) : 2634-2635.

[14] WIEMKEN T L, CARRICO R M. Assisting the infection preventionist: Use of artificial intelligence for health care-associated infection surveillance [J]. Am J Infect Control, 2024, 52(6): 625-629.

[15] KING D R, NANDA G, STODDARD J, et al. An introduction to generative artificial intelligence in mental health care: considerations and guidance[J]. Curr Psychiatry Rep, 2023, 25 (12) : 839-846.

[16] CHENG S W, CHANG C W, CHANG W J, et al. The now and future of ChatGPT and GPT in psychiatry [J]. Psychiatry Clin Neurosci, 2023, 77(11): 592-596.

[17] MIAO H Y, LI C D, WANG J. A future of smarter digital health empowered by generative pretrained transformer [J]. J Med Internet Res, 2023, 25: e49963.

[18] MONTESINOS-GUEVARA C, BUITRAGO-GARCIA D, FELIX M L, et al. Vaccines for the common cold[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 12: CD002190.

[19] GEPPE N A, ZAPLATNIKOV A L, KONDYURINA E G, et al. The common cold and influenza in children: to treat or not to treat?[J]. Microorganisms, 2023, 11(4): 858.

[20] SHI F P, HUANG Y Y, DAI Q Q, et al. Maternal common cold

- or fever during pregnancy and the risk of orofacial clefts in the offspring: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2023, 60(4): 446–453.
- [21] HEMILÄ H, CHALKER E. Vitamin C reduces the severity of common colds: a meta-analysis [J]. *BMC Public Health*, 2023, 23(1): 2468.
- [22] JIN H X, TENG Y, DAI J, et al. Expert consensus on the prevention, diagnosis and treatment of cold injury in China, 2020[J]. *Mil Med Res*, 2021, 8(1): 6.
- [23] ITO N, KADOMATSU S, FUJISAWA M, et al. The accuracy and potential racial and ethnic biases of GPT-4 in the diagnosis and triage of health conditions: evaluation study[J]. *JMIR Med Educ*, 2023, 9: e47532.
- [24] CZUBAK J, STOLARCZYK K, ORZEŁ A, et al. Comparison of the clinical differences between COVID-19, SARS, influenza, and the common cold: a systematic literature review [J]. *Adv Clin Exp Med*, 2021, 30(1): 109–114.
- [25] RAN L, ZHAO W L, WANG H W, et al. Vitamin C as a supplementary therapy in relieving symptoms of the common cold: a meta-analysis of 10 randomized controlled trials [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 8573742.
- [26] PATEL V S, SEIDMAN M D. Natural alternatives and the common cold and influenza [J]. *Otolaryngol Clin North Am*, 2022, 55(5): 1035–1044.
- [27] CIPRANDI G, TOSCA M A. Non-pharmacological remedies for the common cold[J]. *Minerva Pediatr (Torino)*, 2023, 75(1): 75–86.
- [28] WÓJCIK S, RULKIEWICZ A, PRUSZCZYK P, et al. Beyond ChatGPT: what does GPT-4 add to healthcare? The dawn of a new era[J]. *Cardiol J*, 2023, 30(6): 1018–1025.
- [29] WU S X, SU W Q, FAN Q H, et al. Traditional Chinese medicine for the common cold: evidence and potential mechanisms[J]. *Am J Chin Med*, 2023, 51(3): 487–515.
- [30] BISCHOF T, AL JALALI V, ZEITLINGER M, et al. Chat GPT vs. clinical decision support systems in the analysis of drug-drug interactions [J]. *Clin Pharmacol Ther*, 2025, 117(4): 1142–1147.
- [31] KIM T W. Application of artificial intelligence chatbots, including ChatGPT, in education, scholarly work, programming, and content generation and its prospects: a narrative review[J]. *J Educ Eval Health Prof*, 2023, 20: 38.
- [32] ARVIDSSON R, GUNNARSSON R, ENTEZARJOU A, et al. ChatGPT (GPT-4) versus doctors on complex cases of the Swedish family medicine specialist examination: an observational comparative study [J]. *BMJ Open*, 2024, 14(12): e086148.
- [33] ARSLAN S. Exploring the potential of chat GPT in personalized obesity treatment[J]. *Ann Biomed Eng*, 2023, 51(9): 1887–1888.
- [34] HASEI J, HANZAWA M, NAGANO A, et al. Empowering pediatric, adolescent, and young adult patients with cancer utilizing generative AI chatbots to reduce psychological burden and enhance treatment engagement: a pilot study [J]. *Front Digit Health*, 2025, 7: 1543543.
- [35] DAVE T, ATHALURI S A, SINGH S. ChatGPT in medicine: an overview of its applications, advantages, limitations, future prospects, and ethical considerations [J]. *Front Artif Intell*, 2023, 6: 1169595.
- [36] LECLER A, DURON L, SOYER P. Revolutionizing radiology with GPT-based models: current applications, future possibilities and limitations of ChatGPT [J]. *Diagn Interv Imaging*, 2023, 104(6): 269–274.
- [37] WAISBERG E, ONG J, MASALKHI M, et al. GPT-4: a new era of artificial intelligence in medicine[J]. *Ir J Med Sci*, 2023, 192(6): 3197–3200.

引用本文

刘晓静,王 洵,白春学. GPT赋能感冒诊疗的潜力与挑战[J]. 元宇宙医学, 2025, 2(2): 28–35.

LIU X J, WANG X, BAI C X. The potential and challenges of GPT empowering cold diagnosis and treatment[J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 28–35.

GPT 赋能 ARDS 诊断和治疗的意义



宋振举¹, 尹俊¹, 白春学^{2*}

1. 复旦大学附属中山医院急诊科, 上海 200032

2. 复旦大学附属中山医院呼吸危重医学科, 上海市呼吸病研究所, 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032

[摘要] 急性呼吸窘迫综合征(ARDS)特征为肺泡毛细血管通透性增加和低氧血症,常导致多器官功能衰竭。早期识别与干预,特别是机械通气的优化、容量管理、抗炎治疗等,以及一些新型治疗方法,如俯卧位通气和体外膜肺氧合(ECMO)能显著提升患者生存率,缩短ICU住院时间,降低医疗费用。为优化ARDS诊治,需整合研究成果、临床指南和实践经验,构建系统的知识体系。GPT作为智能工具,在医学领域展现出巨大潜力。它能高效检索医学数据库,建立知识图谱,开发在线平台,提供个性化推荐,帮助医生快速掌握最新进展。同时,GPT还能生成高质量的教育培训资料,满足不同医务人员的培训需求。在线培训中,GPT结合模拟病例和VR/AR技术,创造沉浸式学习环境,提升基层医生的诊疗能力。GPT还能赋能远程诊疗,特别是在资源匮乏地区,通过远程诊断和辅助,加速治疗进程。在临床决策支持方面,GPT能分析电子病历,提供早期预警和干预建议,定制个性化治疗计划。它还促进多学科协作和技术交流。在资源配置上,GPT能分析数据,为政府和医疗机构提供资源分配建议,优化医疗资源配置。在偏远地区,GPT作为在线智囊,为基层医生提供即时指导。然而,GPT的应用也面临数据隐私、模型准确性、技术门槛、医疗资源不均衡及医疗责任等挑战。

[关键词] 生成式预训练转换器;急性呼吸窘迫综合征;体外膜肺氧合

[中图分类号] R 318 **[文献标志码]** A

Significance of GPT to empower the diagnosis and treatment of ARDS

SONG Zhenju¹, YIN Jun¹, BAI Chunxue^{2*}

1. Department of Emergency, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China

[Abstract] Acute respiratory distress syndrome (ARDS) is characterized by increased alveolar capillary permeability and hypoxemia, often leading to multi-organ failure. Early recognition and intervention, especially the optimization of mechanical ventilation, restricted volume control, treatment of anti-inflammation, and some new type of therapies, such as prone-position ventilation and ECMO, can significantly shorten ICU stays, reduce healthcare costs and improve patient survival. In order to optimize the diagnosis and treatment of ARDS, it is necessary to integrate research results, clinical guidelines and practical experience to build a systematic knowledge system. As a smart tool, GPT has shown great potential in the medical field. It can efficiently search medical databases, build knowledge graphs, develop online platforms, and provide personalized recommendations to help doctors quickly grasp the latest progress. At the same time, GPT can also generate high-quality education and training materials to meet the training needs of different medical staff. In the online training, GPT combines simulated cases and VR/AR technology to create an immersive learning environment and improve the diagnosis and treatment capabilities of grassroots doctors. GPT can also enable remote diagnosis and treatment, especially in low-resource settings, to accelerate the treatment process through remote diagnosis and assistance. In terms of clinical decision support, GPT can analyze electronic medical records, provide early warning and intervention recommendations, and customize personalized treatment plans. It also fosters multidisciplinary collaboration and technical exchange. In terms of resource allocation, GPT can analyze data and provide resource allocation suggestions for governments and medical institutions to optimize the allocation of medical resources. In remote areas, GPT serves as an online think tank, providing immediate guidance to grassroots doctors. However, the application of GPT also faces challenges such as data privacy, model accuracy, technical thresholds, imbalance of medical resources, and medical liability.

[Key Words] generative pre-trained transformers; acute respiratory distress syndrome; extracorporeal membrane oxygenation

[收稿日期] 2025-06-12

[接受日期] 2025-06-26

[作者简介] 宋振举, 博士, 主任医师. E-mail: song.zhenju@zs-hospital.sh.cn

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)是一种由严重肺损伤、感染等引发的临床综合征,特征为肺泡毛细血管通透性增加、低氧血症等,常导致多器官功能衰竭,是危重症医学的难题^[1-3]。ARDS多发于青壮年,提升诊疗水平不仅能挽救生命,减少因病致贫,还能促进社会稳定,对患者预后、医学进步及社会经济均有重大意义^[4]。然而,ARDS的诊治仍面临挑战,如缺乏特异性生物标志物、预测困难及治疗方案标准不一等。在此背景下,亟需要应用AI赋能其诊断和治疗。基于生成式预训练转换器(generative pre-trained transformer, GPT)的智能系统能实时分析数据,优化诊断,智能化推荐治疗方案,并协助风险评估与资源优化。GPT的应用也可提升基层医疗能力,提供实时指导,优化资源配置,提高诊疗效率,助力医学教育。展望未来,随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术的进步,基于GPT的解决方案有望成为推动ARDS诊治能力跨越发展的利器,提升患者生存质量,为这一重症领域带来新希望,实现更大的社会价值。

1 ARDS的诊疗困境与AI应用前景

时至今日,作为重症监护室的主要死亡原因之一,ARDS的临床诊疗仍有许多难点。ARDS的早期识别率低。由于ARDS没有特异性的临床症状,易与其他类型的急性呼吸衰竭相混淆,且没有特异性的分子诊断标志物^[5-7],所以对于非呼吸重症医学科和急诊科的医生来说,早期诊断具有较大的难度^[8-10]。最新推出的ARDS全球新定义增加了不同医疗条件下的诊断分层标准,并且加入了更多的诊断工具,诊断难度进一步提升^[11]。ARDS的治疗决策是基于患者的综合情况以及对治疗的反应,并且需要不断调整^[12]。ARDS病情变化迅速,临床情况复杂,虽有临床指南推荐治疗决策树,但仍需要一线临床医师做出判断与调整。例如机械通气的参数设置,可能无法兼顾通气量、呼气末正压以及高平台压,因此临床医生需要根据患者的实际情况做出调整^[13]。这些临床决策往往会影响到患者的预后,即使是经过正规培训的呼吸重症医师也不能保证一定能做出最符合当时情境的治疗选择。ARDS的合并症多且重,治疗过程中需要多学科合作,包括内科、外科以及重症医学。如气压伤的患者需要立即床旁置管引流;出现急性肾损伤的患者需要床旁CRRT治疗;ARDS合并休克的患者,需要精准监控容量满足机体正常需要,同时不能增加肺循环的

额外负荷。总的来说,ARDS的诊断与治疗需要临床医师具有扎实的临床知识与丰富的临床经验,且具备处理大量临床信息并做出正确临床决策的能力^[14-15]。

但并非所有的临床医生都具备诊疗ARDS的能力,绝大部分医生甚至没有接受ARDS诊疗培训的机会。因此,已有学者尝试通过网络及其他可视化装备,即物联网技术,由ARDS的诊疗专家为广大基层医院的一线临床医生提供关于ARDS诊断与治疗的咨询服务^[16]。该尝试在COVID-19流行期间获得了不错的效果^[17]。然而,物联网技术无法整合处理临床信息,其最终的决策还是由专家医生做出。AI技术的进步以及其在临床医学领域的应用,为ARDS的诊疗工作提供了较好的辅助手段。经过系统的训练后,AI可以帮助处理大量的临床信息并加以整合,为医师做出临床决策提供有效的支撑。其次,AI还可以用于基层医师的培训,提高他们对ARDS的识别与诊疗能力。如能将AI成功整合进入物联网技术,势必会大幅提升ARDS的诊断与治疗水平。

2 GPT赋能云加端用于ARDS的诊疗

2.1 教育培训与提高 (1)知识库建设:为优化ARDS诊治知识库建设并提升医生的工作效率,需要构建相关知识库,整合最新研究成果、临床指南和诊疗经验。应用GPT作为智能检索工具,提高信息获取效率。

(2)生成高质量的诊治教育和培训资料:为提升基层医务人员对ARDS的专业水平,可以通过GPT生成高质量的教育与培训资料。这一过程主要围绕疾病概述、诊断流程和治疗方案等核心内容展开,帮助不同层次的医务人员高效获取专业知识。针对不同背景的学习者,系统可动态调整内容深度。生成的内容既包含权威医学教材及最新指南的整合信息,又以简明扼要的语言确保知识传递高效。输出形式多样化,包括文本文件、图表和案例分析等,便于用户理解和应用。设计上,系统通过智能解析用户需求,实时优化内容,并结合NLP技术持续改进学习材料质量。这一方案不仅提升医务人员的临床能力,还可缓解医疗资源分配不均问题,为GPT在医学教育中的应用开辟新价值。

(3)GPT赋能在线培训:打造一个专注于ARDS诊疗的在线培训平台,服务于基层医生及医疗团队,实现培训标准化。该平台融合模拟病例、VR、AR技术,创造沉浸式学习体验。在平台功能全面,

生成多样化 ARDS 病例,覆盖病史收集、诊断推理至治疗方案制定,模拟真实临床环境,强化医务人员的逻辑思维与决策力。平台可集成最新研究成果、诊疗指南,支持智能检索。项目可持续收集反馈,迭代升级,以更优质的服务助力基层医疗水平提升,最终改善 ARDS 患者治疗效果,提升其生活质量。

2 智能辅助诊断和治疗

2.1 GPT 赋能 ARDS 远程诊疗支持 在医疗领域,GPT 的引入为 ARDS 的诊治带来了革新,尤其在资源匮乏地区,其远程诊断与辅助能力尤为突出。深入整合医学知识,应用 GPT 提升诊断精度,可加速治疗进程。广泛收集 ARDS 及相关疾病的资料,经过严格处理,可用于 GPT 模型的深度学习与优化。选用 GPT-4 或 DeepSeek,针对医学领域进行特定调整,可使模型准确理解医学术语,给出贴近临床的诊断建议。医生通过 GPT 聊天机器人输入患者信息,即可快速获取基于最新研究成果的治疗建议,

提高了决策效率与治疗效果。针对 ARDS 治疗中的复杂操作,如俯卧位通气和 ECMO,结合 VR/AR 技术,可为基层医生打造远程教育培训平台。通过模拟真实环境,医生可安全练习并掌握高难度技能,提升基层医疗水平。GPT 还可结合物联网技术,实现对患者的远程监测与实时反馈。通过分析临床数据动态变化,GPT 能即时提供治疗调整建议,并评估治疗效果^[18-20]。建立 ARDS 专家远程会诊网络后,专家可通过 GPT 平台实时参与基层医院病例讨论,提供远程指导,促进医院间的合作与资源共享。GPT 通过多维度措施,可为 ARDS 的远程诊断与治疗提供全面支持,显著提升基层医院的治疗效果,为患者带来新希望^[21-22]。

2.2 GPT 赋能 ARDS 病例分析 GPT 能深入分析 ARDS 病例数据,应用其卓越的 NLP 与生成技术,精准捕捉疾病的典型特征及演变规律,为医生提供精确的诊断依据,并有效提炼病例信息,助力医生病理分析并做出更准确的诊疗决策,具体策略与方法见表 1。

表 1 GPT 赋能病例分析的策略和方法

策略	方法和技术路线
数据收集与预处理	数据收集:从医院信息系统、电子病历、临床研究数据库等多源获取 ARDS 患者的病例数据,包括但不限于患者基本信息、病史、实验室检查结果、影像学检查报告、治疗方案及转归等。
	数据清洗:去除重复、错误或不完整的数据记录,确保数据质量。
	标化处理:将不同来源的数据统一格式,如使用标准术语表对疾病名称、药物名称等进行标准化处理,便于后续处理。
构建 GPT 模型	选择模型基础:根据数据量和计算资源,选择合适的 GPT 模型版本(如 GPT-4、DeepSeek 等)作为基础,这些模型已预训练了大量文本数据,具备良好的语言理解能力。
	微调(fine-tuning):使用清洗后的 ARDS 病例数据对 GPT 模型进行微调,使其专注于 ARDS 相关的医学知识,学习疾病的特征、诊断标准和治疗方案等。
特征提取与模式识别	特征学习:GPT 模型通过分析病例文本,自动学习 ARDS 的典型临床表现、实验室检查结果异常、影像学特征等关键信息。
	模式识别:模型能够识别出不同病例之间的共性和差异,发现 ARDS 的发展规律、高风险因素及可能的预后指标。
辅助诊断与决策支持	智能诊断:对于新输入的病例数据,GPT 模型可以生成初步的诊断意见,包括是否疑似 ARDS、可能的病因分类、疾病严重程度评估等。
	智能治疗建议:基于学习到的知识,模型可以为医生提供个性化的治疗建议,如推荐的通气策略、药物治疗方案等。
	风险评估:评估患者发展为重症 ARDS 的风险,以及不同治疗方案的潜在风险和收益。
结果验证与反馈优化	临床验证:将 GPT 模型的诊断建议与实际临床诊断进行对比,评估其准确性和可靠性。
	持续学习:通过收集新的病例数据和临床反馈,不断迭代优化 GPT 模型,提高其在实际应用中的表现。

2.3 GPT 赋能支持临床决策支持系统 GPT 可以赋能支持临床决策支持系统(clinical decision support system, CDSS),助力医生迅速获取最佳治疗方案,

实时剖析患者电子病历,针对 ARDS 提供早期预警与干预建议,对个性化治疗方案的实施进行赋能(表 2)。

表 2 GPT 赋能个性化治疗的策略与方法

策略	方法和技术路线
需求分析与规划	与医院管理层、临床医生、IT 部门等利益相关者进行深入沟通,明确系统需求、功能目标和实施计划。确定数据集成的方式和范围,以及 GPT 模型的具体应用场景和输出要求。
系统开发与测试	开发数据集成模块,实现与医院信息系统的无缝对接。定制和微调 GPT 模型,确保其能够生成准确、个性化的 ARDS 治疗方案。开发决策支持算法和用户界面,并进行系统集成和测试。进行多轮用户测试,收集反馈并优化系统性能。
培训与部署	对临床医生进行系统使用培训,确保他们能够理解并有效应用系统的功能。在医院内部署系统,并进行必要的维护和监控。建立持续改进机制,根据临床反馈和医学进展不断更新和优化系统。
评估与反馈	定期评估系统的使用效果,包括治疗方案的质量、医生的满意度、医疗错误的减少情况等。收集医生的反馈和建议,用于系统的持续改进和优化。

构建 CDSS,需确保患者数据安全,遵循法规伦理。同时,增强 GPT 模型可解释性,可助力医生理解和决策。系统还需紧跟医学发展,更新模型算法,融入最新医学成果。应用 GPT,可为医生提供 ARDS 早期预警与个性化治疗,提高医疗质量,减少错误,改善患者预后。

2.4 GPT 赋能推动多学科协作 应用 GPT 来赋能并

推动多学科协作(multidisciplinary team,MDT),特别是由呼吸科、急诊科、重症医学科、感染科等关键科室组成的团队,可以显著提升综合诊疗能力,促进科室间的技术交流与合作(表 3)。通过这些策略的实施,GPT 可以有效地赋能并推动 MDT,提升综合诊疗能力,促进科室,甚至是医院间的技术交流与合作,为患者提供更加优质、高效的医疗服务。

表 3 GPT 赋能多学科协作的策略和方法

策略	方法和技术路线
构建智能化 MDT 平台	集成 GPT:研发集成 GPT 的智能化 MDT 平台,能够理解和处理医学领域的自然语言文本,为多学科团队提供实时的信息检索、病例分析、治疗建议等功能。 数据整合与共享:平台应能够整合各科室的患者数据,包括病历、影像资料、实验室检查结果等,实现数据的实时共享和访问,为 MDT 成员提供全面的患者信息。
提升诊疗效率和准确性	智能辅助诊断:应用 GPT 的文本生成和理解能力,开发智能辅助诊断系统,帮助医生快速准确地识别疾病特征,提出初步诊断意见。 治疗方案优化:基于患者的具体情况和最新的医学研究成果,GPT 可赋能 MDT 团队制定个性化的治疗方案,并预测可能的治疗效果。
促进医院间交流与合作	建立交流社区:在智能化 MDT 平台上建立医院间的交流社区,鼓励医生分享成功案例、诊疗经验、学术成果等,促进知识的传播与共享。 远程协作与咨询:应用 GPT 实现远程 MDT 会议,邀请外部专家参与复杂病例的讨论,提供远程咨询和指导,扩大 MDT 团队的资源范围。
培训与能力提升	智能教育工具:开发基于 GPT 的智能教育工具,为医生提供个性化的学习路径和培训内容,帮助他们不断提升专业知识和诊疗技能。 模拟演练与评估:应用 GPT 模拟复杂病例和诊疗场景,供 MDT 团队进行模拟演练和评估,提高团队的协作能力和应对突发事件的能力。
保障数据安全与隐私	加强数据保护:在智能化 MDT 平台的设计和实施过程中,应严格遵守医疗数据保护和隐私法规,确保患者数据的安全性和隐私性。 用户权限管理:建立严格的用户权限管理制度,确保只有授权人员能够访问和修改患者数据,防止数据泄露和滥用。

3 优化资源配置

3.1 GPT 赋能 ARDS 诊治数据分析 应用 GPT 来赋能 ARDS 诊治的数据分析,是一个前沿且充满潜力的领域。基于 GPT 框架的数据分析流程,可助力识

别 ARDS 高发地区、高风险人群以及诊疗资源的分布情况,具体策略与方法有以下几方面。

数据收集与预处理。数据来源:收集来自医院电子病历系统、公共卫生数据库、政府报告等多源数据。数据清洗:去除重复、错误或不完整的数据

记录,确保数据质量。数据标准化:将不同来源的数据统一格式和编码,便于后续分析。

特征工程。特征选择:根据 ARDS 的诊治特点,选择相关的临床特征(如年龄、性别、基础疾病、症状表现等)、地理特征(如地区、城市等)和资源特征(如医院数量、医疗设备类型及数量、医护人员配比等)。特征构建:基于原始数据构建新的特征,如患者风险评分、地区医疗资源紧张程度指数等。

GPT 模型应用。模型训练:使用历史数据训练 GPT 模型,使其能够理解和生成与 ARDS 相关的医疗文本数据。高发地区识别:通过 GPT 模型分析地区特征与 ARDS 发病率之间的关系,识别出高发地区。高风险人群识别:应用 GPT 模型对患者临床特征进行深度挖掘,识别出高风险人群,如老年人、有基础疾病的患者等。诊疗资源分布分析:结合地理特征和资源特征,分析诊疗资源的分布情况,包括医院、医疗设备、医护人员的数量和分布。

结果输出与可视化。将 GPT 模型的分析结果以图表、报告等形式呈现,便于理解和决策。可视化工具:应用地图、热力图等可视化手段展示高发地区、高风险人群和诊疗资源的分布情况。

模型优化与迭代。反馈收集:收集实际应用中的反馈,评估模型的效果和准确性。模型优化:根据反馈对 GPT 模型进行调优,提高分析的准确性和效率。持续迭代:随着新数据的不断加入,持续迭代模型,保持分析的时效性和准确性。

3.2 GPT 赋能自动生成标准化诊疗流程 GPT 正革新医疗诊疗领域,助力基层医疗标准化与服务升级。可以构建一套综合系统,融合 GPT 的 NLP 能力与医疗知识,为医生提供个性化、指南融合的诊疗建议。系统整合患者信息与医院资源,应用预训练技术生成详尽的医疗文本,涵盖诊疗、检查与用药指导。同时,结合临床指南与医院实际,优化诊疗路径,直观展示给医生,加速决策过程。系统核心在于自动生成标准化诊疗步骤,全面覆盖关键治疗环节,并提供分层治疗方案,确保资源高效应用。方案逻辑透明,可根据医生反馈智能调整,实现个性化定制。实施过程中,重视数据收集和预处理,可为模型训练奠定坚实基础。经过训练、微调、界面开发与系统对接,最终打造出既实用又友好的医疗辅助系统。预计该系统将显著提升基层医生诊疗水平,降低误诊漏诊率;优化医疗资源配置,提升各级医院治疗能力;同时,提高服务效率与质量,为患者提供坚实健康保障。通过不断创新,可以推动医疗行业向智能化、高效化方向迈进,开启医疗新

时代。

3.3 应用 GPT 赋能提供远程医疗支持 在偏远地区医疗资源匮乏的背景下,GPT 为远程医疗领域带来了变革。它犹如在线智囊,为基层医生提供即时专业指导,覆盖疾病诊断、治疗方案规划及药物咨询等多方面。结合语音与视频技术,GPT 开创了“虚拟会诊”新模式,患者无需远行即可享受高端医疗服务。GPT 的实时翻译与整理功能,确保了会诊信息的顺畅交流与准确记录,增强了患者对当地医疗的信任度。实施此方案需关注技术融合,构建稳定易用的远程医疗平台,实现 GPT 与通话功能的无缝衔接。同时,加强基层医生培训,确保他们熟练掌握 GPT。通过多方合作,推广这一服务模式,惠及更多偏远地区患者。GPT 在远程医疗中的应用,可为偏远地区医疗难题提供了有效解决方案,有望为这些地区带来更加便捷、高效、优质的医疗资源,助力医疗公平与资源的合理分配。

3.4 GPT 赋能 ARDS 诊治的智能转诊系统 开发基于 GPT 的智能转诊系统,以优化 ARDS 患者的诊治流程,是一个结合了人工智能技术与医疗专业知识的创新应用。其策略及方法和技术路线见表 4。通过这些步骤,可以构建一个基于 GPT 的智能转诊系统,为 ARDS 患者提供高效、精准的转诊服务,从而提高整体救治效率,降低患者风险。

4 患者管理与教育

4.1 GPT 赋能 ARDS 患者监测 应用 GPT 来赋能 ARDS 诊治的患者监测,是一个前沿且充满潜力的领域。以下是基于 GPT 构建的患者监测系统的概念框架,旨在通过智能设备收集和分析患者的临床数据,及时发现 ARDS,提高救治成功率(表 5)。

收集并标准化历史数据,奠定模型训练基础。应用 GPT 不断训练优化模型,提升性能。随后开发集数据采集、传输、分析及决策支持于一体的监测系统,经严格测试与临床验证后优化,即可推广应用。该系统能实时精准监测症状,提高救治率,辅助医生决策,提升医疗资源效率,改善患者预后。

4.2 GPT 赋能 ARDS 患者教育 开发针对 ARDS 患者的教育平台,旨在提升患者自我管理能力和健康素养,集科普、预防与康复指导于一体。要求平台功能全面,不仅普及基础知识,如定义、病因,还涵盖预防措施、康复阶段指导及智能对话系统。技术层面,前端采用 React/Vue,后端结合 Node.js/Python 与 Express/Django 等框架,数据库选用 MongoDB/MySQL。GPT 集成实现智能对话与文本生成,同时

系统严格遵循数据安全法规,加密处理敏感信息。在内容创作上,可邀请医疗专家共同撰写科普文章,制定康复计划,并提供手册、视频教程。智能对话系统注重自然流畅,通过 GPT 生成实现场景化对话,并应用机器学习算法实现个性化内容推荐。在

测试与优化阶段,可邀请患者与医护人员参与,根据反馈不断调整优化。在推广运营方面,可与多方合作扩大影响力,提供使用指南与常见问题解答,确保患者迅速上手。

表 4 研发 GPT 智能 ARDS 转诊系统的策略和方法

策略	方法和技术路线
需求分析与系统设计	明确目标:确定系统的核心功能是根据 ARDS 患者的病情、地理位置、医疗机构资源等信息,提供个性化的转诊建议。
	用户调研:了解医生、患者及医疗机构对于转诊系统的具体需求和期望。
	系统设计:设计系统架构,包括前端界面、后端逻辑、数据库结构以及 GPT 模型的集成方式。
数据收集与预处理	医疗数据:收集 ARDS 患者的病历数据、治疗记录、转归情况等,确保数据的合规性和隐私保护。
	资源数据:整理各医疗机构的设备、专家资源、救治能力等信息。
	地理数据:集成地图服务,获取医疗机构的位置信息,便于计算距离和交通时间。
	数据清洗与标准化:对收集到的数据进行清洗、去重、标准化处理,以便模型准确理解和使用。
GPT 模型训练与调优	选择模型:基于 GPT-4 或 DeepSeek 等更先进的版本,根据具体需求选择或微调模型。
	数据标注:为 GPT 模型准备训练数据,包括患者描述、病情分类、转诊建议等,并进行标注。
	模型训练:使用标注数据训练 GPT 模型,使其能够根据输入的患者信息生成合理的转诊建议。
	模型评估与优化:通过交叉验证、准确率、召回率等指标评估模型性能,并进行必要的调优。
系统集成与测试	接口开发:设计并实现 GPT 模型与转诊系统之间的接口,确保数据能够顺畅传输。
	系统集成:将 GPT 模型集成到转诊系统的后端,实现智能转诊功能。
	功能测试:进行全面的系统测试,包括单元测试、集成测试、用户测试等,确保系统稳定可靠。
部署与上线	部署环境:选择合适的服务器和云服务平台,部署转诊系统。
	用户培训:为医生、患者等用户提供系统使用培训,确保他们能够熟练操作。
	正式上线:在确保一切准备就绪后,正式上线智能转诊系统,并持续监控其运行状态。
持续迭代与优化	反馈收集:定期收集用户反馈,了解系统在实际使用中的问题和建议。
	数据更新:定期更新医疗数据、资源数据和地理数据,保持系统的时效性和准确性。
	模型升级:根据新收集的数据和用户反馈,不断优化 GPT 模型,提升转诊建议的准确性和实用性。

4.3 应用 GPT 赋能提供患者教育与自我管理支持

应用 GPT 为 ARDS 患者及家属打造便捷、易懂的教育与自我管理平台,需要采用前沿 GPT,构建自动化支持系统,应用 GPT 的文本生成优势,提供科学精准的症状识别、治疗方法和康复建议。满足患者多样化语言需求,确保信息普及。系统依据患者需求和偏好,定制个性化教育内容,适配不同年龄和病情阶段。同时,融合最新医学研究和临床指南,确保信息时效性与科学性。在交互设计上,需要界面友好,便于浏览查询。在康复管理上,系统提供个性化康复计划和自我管理建议,并跟踪助力患者监测康复。同时,给予心理支持和情绪管理建议,减轻患者及家属心理负担。通过此平台,可提升患者对 ARDS 的认知和自我管理能力,促进医患沟通,提高医疗服务质量,最终助力患者提升生活质量和康复效果。

5 研究与发展

5.1 如何应用 GPT 赋能 ARDS 科研

GPT 可在 ARDS 研究中展现出强大的辅助作用,加速研究进程。GPT 作为一种先进的人工智能技术,可在文献综述上,高效筛选和分类医学文献,迅速生成相关摘要或关键信息,节省研究人员时间与精力。同时,可以自动提取文献关键内容,构建结构化知识库,帮助研究人员全面了解 ARDS 研究现状。在数据分析方面,GPT 虽非专业工具,但能与 Python、R 等软件结合,提供分析思路与建议,甚至生成代码片段,提升分析效率。它还能协助解释复杂的数据结果,生成易于理解的解释。在论文撰写时,GPT 还能润色语言,提升流畅性与可读性,对非英语母语研究人员尤为有利。此外,GPT 管理并格式化参考文献,确保学术规范。

表 5 GPT 赋能 ARDS 患者监测的系统架构和方法

系统架构	方法和技术路线
数据采集层	智能设备:部署各种可穿戴或便携式医疗设备,如心率监测器、血氧饱和度监测仪、呼吸频率监测器等,实时收集患者的临床数据。
	数据预处理:对收集到的原始数据进行清洗、去噪和标准化处理,以确保数据的准确性和可靠性。
数据传输层	安全传输:采用加密技术,确保患者数据在传输过程中的安全性和隐私性。
	实时性:确保数据能够实时传输至分析系统,以便及时响应患者的健康状况变化。
GPT 分析层	模型训练:应用大量的 ARDS 患者数据,训练 GPT 模型以识别 ARDS 的早期症状模式。
	实时分析:将预处理后的患者数据输入 GPT 模型,进行实时分析,输出患者的健康状况评估报告。
	异常检测:通过对比患者当前数据与正常数据范围或历史数据,检测异常变化,及时发出预警。
决策支持层	临床决策:基于 GPT 模型的分析结果,为医生提供临床决策支持,如治疗方案建议、药物剂量调整等。
	患者管理:根据患者的健康状况变化,自动调整监测频率和监测项目,实现个性化管理。
用户界面层	患者端:提供易于理解的患者健康状况报告和监测建议,增强患者的自我管理能力。
	医生端:展示详细的监测数据和分析结果,支持医生进行远程监控和即时干预。

5.2 应用 GPT 赋能协助临床研究与数据挖掘 基层医院在 ARDS 临床研究上面临能力不足的难题,而 GPT 的出现为这一困境带来了转机。借助 NLP 技术,GPT 为临床研究与数据挖掘注入了新活力。GPT 能高效处理海量临床数据,将纸质文档数字化后,深入解析病程记录、检查报告等,精准提取关键信息。通过统计分析,可揭示 ARDS 患者的共同特征和疾病发展规律,以直观方式呈现,助力研究人员迅速把握数据动向。同时,GPT 还可自动整合最新科研资料,发现治疗方法的潜在关联和效果差异,为研究人员提供创新思路。GPT 将更好地服务于医疗实践,提升医疗水平,改善患者治疗效果,为基层医院 ARDS 临床研究开辟新篇章。

5.3 应用 GPT 赋能研究多模态支持 为实现跨模态信息整合,计划核心在于构建全面数据库,囊括胸部 X 光片、CT 扫描及医学文献,经精细标注与预处理确保数据质量。开发多模态模型,运用 CNN 分析医学图像,GPT 生成诊断文本,并创新融合机制实现信息无缝整合。系统集图像分析与文本生成于一体,自动生成直观易用的诊断报告,包括病变可视化、量化评估及详细建议,特别针对 ARDS 提供精准指导。持续优化模型,提升医生诊断效率与准确性,通过不断迭代与用户反馈,可以打造高效、精准的医学诊断工具,推动医疗技术进步。

6 挑战与对策

在应用 GPT 赋能 ARDS 诊治的过程中,主要面临以下挑战:(1)数据隐私与安全:涉及患者的敏感医疗数据,如何确保数据在传输和存储过程中的安

全性,防止泄露或滥用。(2)模型的医学准确性与可靠性:如果用于培训的数据不充分或存在偏差,可能导致误诊或漏诊。(3)基层医生的技术门槛与信任度:基层医院可能缺乏 AI 技术使用经验,对 GPT 系统的可靠性和准确性可能存在疑虑,影响其接受程度。(4)医疗资源的不均衡性:在远程诊断和治疗支持中,网络条件差、设备不足等因素可能限制 GPT 系统的应用效果^[23]。(5)医疗责任归属问题:如果系统提供的建议导致误诊或治疗失误,如何明确医生与 AI 的责任分担,是待解决的法律难题。

可以应用 GPT 赋能解决上述挑战。(1)数据隐私与安全:采用加密技术(如端到端加密、数据匿名化)保护医疗数据的安全性。遵循相关法律法规,建立严格的数据使用协议和访问权限管理。引入联邦学习等去中心化技术,在不共享原始数据的情况下完成模型训练,减少隐私泄露风险。(2)提升模型的医学准确性和可靠性:使用高质量、标注完善的医疗数据进行模型训练,并邀请临床专家参与数据清洗和筛选。对 GPT 生成的建议进行人工审核或通过规则引擎双重验证,确保输出内容符合医学标准。在系统中加入“不确定回答”机制,当输入信息不足时,主动提示用户补充相关资料。(3)降低基层医生的技术门槛与信任度:开发简洁易用的界面和操作流程,减少学习成本。通过培训和宣传提升医生对 AI 系统的能力认知,增强其使用信心。在系统中加入“医生协作模式”,允许医生根据临床经验调整或修正 GPT 的建议,确保诊断过程的自主性和灵活性。(4)优化资源不均衡问题:提高系统的兼容性,使其在低网络环境、简单设备下也能稳定运行

(如开发轻量化模型)。建立区域中心医院的技术支持团队,为基层医院提供实时指导和技术保障。(5)明确医疗责任归属:制定相关政策和法规,明确 AI 诊断系统与医生的责任边界。在系统中记录所有操作日志和 AI 建议内容,确保诊疗过程可追溯。提供法律保障,例如为医生购买相关保险,减轻其使用 AI 系统的风险顾虑。(6)持续优化模型和服务:建立反馈机制,收集临床应用中的问题和建议,不断改进模型性能。定期更新知识库,包括最新的医学研究和治疗指南,提升诊断的科学性和权威性。

伦理声明 无

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白春学:选题、撰写、修改论文;宋振举、尹俊:检索文献,部分修改。

参考文献

- [1] DEFINITION TASK FORCE A R D S, MARCO RANIERI V, RUBENFELD G D, et al. Acute respiratory distress syndrome: the berlin definition[J]. JAMA, 2012, 307(23): 2526–2533.
- [2] 白春学, 孙波. 急性呼吸窘迫综合征[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2005.
- [3] 朱晓丹, 白春学. ALI/ARDS 发病机制及治疗研究进展[J]. 中华急诊医学杂志, 2010, 19(10): 1111–3.
- [4] NETWORK A R D S, BROWER R G, MATTHAY M A, et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome[J]. N Engl J Med, 2000, 342(18): 1301–1308.
- [5] YANG D, SONG Y L, WANG X, et al. Deletion of peroxiredoxin 6 potentiates lipopolysaccharide-induced acute lung injury in mice[J]. Crit Care Med, 39(4): 756–764.
- [6] BELLANI G, LAFFEY J G, PHAM T, et al. Noninvasive ventilation of patients with acute respiratory distress syndrome. insights from the LUNG SAFE study[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(1): 67–77.
- [7] FRAT J P, THILLE A W, MERCAT A, et al. High-flow oxygen through nasal Cannula in acute hypoxemic respiratory failure[J]. N Engl J Med, 2015, 372(23): 2185–2196.
- [8] 白春学. 急性呼吸窘迫综合征诊治中存在的问题和对策[J]. 中国临床医学, 2005, 2(12): 183–186.
- [9] BELLANI G, LAFFEY J G, PHAM T, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries[J]. JAMA, 2016, 315(8): 788–800.
- [10] 白春学. 应用连续性血液净化救治急性呼吸窘迫综合征[J]. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2006, 15(2): 137–138.
- [11] SU X, BAI C X, HONG Q Y, et al. Effect of continuous hemofiltration on hemodynamics, lung inflammation and pulmonary edema in a canine model of acute lung injury[J]. Intensive Care Med, 2003, 29(11): 2034–2042.
- [12] 杨达伟, 王宁舫, 王源, 等. 基于真实世界评估 GPT 咨询在肺结节管理中的有效性研究方案[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(3): 47–50.
- [13] 杨达伟, 宣建伟, 蒋维芑, 白春学. MGPT 临床应用的真实世界研究设计方案[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(3): 51–58.
- [14] SONG Y L, JIANG J J, WANG X, et al. Prospect and application of Internet of Things technology for prevention of SARIs[J]. Clin eHealth, 2020, 3: 1–4.
- [15] BAI C X, CHOTIRMALL S H, RELLO J, et al. Updated guidance on the management of COVID-19: from an American thoracic society/European respiratory society coordinated international task force (29 July 2020)[J]. Eur Respir Rev, 2020, 29(157): 200287.
- [16] 尹俊, 孙健, 宋振举, 等. 物联网辅助成人急性呼吸窘迫综合征诊治中国专家共识[J]. 中国临床医学, 2022, 29(5): 719–730.
- [17] BAI C, FUKUDA N, SONG Y, et al. Lung fluid transport in aquaporin-1 and aquaporin-4 knockout mice[J]. J Clin Invest, 1999, 103(4): 555–561.
- [18] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [19] COMBES A, HAJAGE D, CAPELLIER G, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome[J]. N Engl J Med, 2018, 378(21): 1965–1975.
- [20] COMBES A, SCHMIDT M, HODGSON C L, et al. Extracorporeal life support for adults with acute respiratory distress syndrome[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(12): 2464–2476.
- [21] FAN E, DEL SORBO L, GOLIGHER E C, et al. An official American thoracic society/European society of intensive care medicine/society of critical care medicine clinical practice guideline: mechanical ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(9): 1253–1263.
- [22] GUÉRIN C, REIGNIER J, RICHARD J C, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome[J]. N Engl J Med, 2013, 368(23): 2159–2168.
- [23] 白春学. 互联网医学急救策略及设备发展前景[J]. 世界医疗器械, 2016, 22(10): 19–21.

引用本文

宋振举, 尹俊, 白春学. GPT 赋能 ARDS 诊断和治疗的意义[J]. 元宇宙医学, 2025, 2(2): 36–43.

SONG Z J, YIN J, BAI C X. Significance of GPT to empower the diagnosis and treatment of ARDS[J]. Metaverse Med, 2025, 2(2): 36–43.

元宇宙技术在口腔正畸治疗教学中的应用与发展



葛昕桐¹, 张栋梁^{2*}

1. 华北理工大学, 唐山 063210

2. 首都医科大学北京口腔医院, 北京 100050

[摘要] 口腔正畸学是一门高度依赖空间感知和精细操作技能的学科,对操作者的经验、技巧及判断力要求极高。然而,传统教学模式在口腔正畸培训中面临诸多挑战。元宇宙作为融合虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、人工智能(AI)等技术的新兴技术,为口腔正畸教学提供了沉浸式、互动性强的解决方案。本文综述了元宇宙技术在口腔正畸教学中的应用与发展。

[关键词] 元宇宙;口腔正畸学;教学

[中图分类号] R 192 **[文献标志码]** A

The application and development of metaverse technology in orthodontic treatment education

GE Xintong¹, ZHANG Dongliang^{2*}

1. North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, Shandong, China

2. Stomatological Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

[Abstract] Orthodontics is a discipline that heavily relies on spatial perception and fine motor skills, placing extremely high demands on the practitioner's experience, technique, and judgment. However, traditional teaching models face numerous challenges in orthodontic training. The metaverse, an emerging technology integrating virtual reality (VR), augmented reality (AR), artificial intelligence (AI), and other technologies, offers an immersive and highly interactive solution for orthodontic education. This article reviews the application and development of metaverse technology in orthodontic education.

[Key Words] metaverse; orthodontics; education

口腔正畸学是一门高度依赖空间感知和精细操作技能的学科,传统教学模式面临实训资源有限(如尸体标本稀缺)、操作风险不可控(如临床操作失误导致医疗纠纷)、复杂病例教学难度大等瓶颈。

元宇宙技术通过整合虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、扩展现实(XR)、数字孪生和人工智能(AI),构建出高拟真、可交互的虚拟正畸诊疗环境,为教学变革提供全新路径。本文系统分析元宇宙技术在口腔正畸教学中的应用现状、临床实效及未来趋势,以推动该领域教学范式的革新^[1]。推动医疗模式的深刻变革,构建新型医疗体系,是成为实现“健康中国2030”规划纲要、强化基层医疗服务能力的关键路径^[2-7]。

1 元宇宙正畸教学的技术体系与核心功能

1.1 技术架构与教学适配性 构建全沉浸式虚拟诊室,学生可通过头戴设备进行360°视角的口腔检查、托槽粘结等操作训练。例如江苏省虚拟仿真平

台的“虚拟口腔正畸诊室”,模拟从印模制取到直丝弓矫治器粘接的全流程操作。增强现实(AR)在真实操作台上叠加数字化牙列模型,实时指导托槽定位。如上海元宇宙医学平台利用AR技术将CBCT数据与患者口腔匹配,辅助定位牙根与骨皮质边界关系。此外,Xu等人^[8]指出,虚拟现实与人工智能融合可提升牙科教育中个性化教学的效率,尤其在提升学生空间认知和操作技能方面表现出显著优势。

1.2 力触觉反馈系统 通过力觉渲染技术模拟临床操作阻力,如粘结托槽时的压力感知、弓丝弯制时的弹性反馈。研究表明,力反馈精度达0.1N时可显著提升操作手感真实性,降低临床实操失误率30%。

1.3 数字孪生与多源数据融合 整合口扫模型、CBCT、面部光栅扫描数据,构建包含牙冠-牙根-颌骨的全维度数字孪生体。如SPARK精靓矫治系统的3D根骨模型,可预判牙齿移动中的骨开窗风险。

[收稿日期] 2025-06-10

[接受日期] 2025-06-26

[作者简介] 葛昕桐. E-mail: a13552006348@qq.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 010-57099284, E-mail: zhangdongliang@mail.ccmu.edu.cn

基于 AI 的自动化虚拟排牙,输入拥挤度、Spee 曲线深度等参数,自动生成排牙方案,减少人为误差。

2 元宇宙在正畸教学中的核心应用场景

2.1 诊断设计与治疗规划教学 三维诊断分析实训,学生在 VR 环境中操作虚拟测量工具,分析牙弓宽度、Bolton 指数等参数,系统自动校验结果准确性。结合数字孪生体演示牙齿移动的生物力学机制,如内收前牙时支抗设计的应力分布。个性化方案设计利用 AI 辅助系统(如 SPARK 的 APPROVER 软件),输入患者数据后生成多个矫治方案,学生对比选择并接受系统评分。

2.2 操作技能沉浸式训练 VR 模拟托槽定位:学生需在数字牙冠上选择粘接位置,误差超过 0.5 mm 触发警报。力反馈弓丝弯制训练:通过触觉设备感受不同尺寸弓丝的弹性形变,形成肌肉记忆。在虚拟模型上添加优化附件,实时观察牙齿移动轨迹变化,理解生物力学原理。另一项来自韩国的研究^[9]表明,将增强现实系统与传统正畸培训相结合,显著提高了学生在托槽粘接和矫治力评估中的准确率,同时减少了临床操作所需时间。

2.3 远程协作与分层教学 专家全息指导,资深医师以全息影像进入虚拟诊室,实时标注操作误区,如“舌侧托槽位置偏龈方”。VARK 模型适配教学,基于学员学习风格(视觉型/听觉型/读写型/动手型)动态调整教学内容,该模式使测试通过率提升至 96.67%,而传统教学为 90.16%。

2.4 医患沟通与伦理教育 治疗结果预演:患者佩戴 VR 眼镜观看矫治后面型变化动画,提升治疗依从性。伦理决策训练:模拟“过度内收导致面型凹陷”等案例,引导学生平衡美学与健康。

3 临床验证与教学成效

3.1 技能提升效果 操作熟练度:Osso VR 培训数据显示学员托槽粘结速度提升 40%,位置精度提高 35%。决策能力:使用 3D 根骨系统的学员在风险预判测试中正确率达 91%,显著高于对照组(72%)。英国伦敦国王学院的一项实证研究^[10]显示,学生在参与基于 VR 的正畸模拟系统训练后,对复杂病例的应对能力有明显增强,临床评估表现优于未使用此系统的对照组。

3.2 基层教育赋能 多中心研究:县级医院医师经 VR 培训后,隐形矫治方案设计合格率从 64% 升至 89%,缩小与三甲医院差距。

4 发展挑战与应对策略

4.1 技术瓶颈 触觉反馈精度不足,现有设备难以模拟弓丝结扎的细微扭矩。可以开发压电陶瓷微振动模块(如同济大学导丝导航平台),结合深度学习优化力学模型。

数据整合存在障碍,口扫、CBCT、面像数据格式各异,融合误差影响数字孪生精度。可以建立统一口腔数据标准,采用特征点配准算法。

4.2 临床转化壁垒 硬件成本高,高端力反馈设备单价超 20 万元。因此,可以推广手机 AR 轻量化应用(如腾讯觅影 AR),基础训练成本降至千元级。伦理争议方面,AI 决策权责边界模糊(如虚拟排牙方案责任主体)。可以建立“医师主导-AI 辅助”分级标准,明确算法建议需人工审核。

5 未来发展方向

5.1 技术融合创新 生物力学实时仿真,开发有限元分析-元宇宙联动系统,模拟牙齿移动中的牙槽骨改建过程,预测治疗时间。细胞级微生物模拟,整合口腔菌群数据,可视化展示牙龈炎症演变,技术创新和融合发展。

5.2 教学体系重构 元宇宙专科认证,上海瑞金医院试点 VR 正畸操作考核,操作数据区块链存证,替代传统石膏模型评分。全球协作云平台,构建跨国病例库(如亚太隐形矫治联盟),支持学员协作完成跨文化正畸方案设计。

元宇宙技术通过构建“虚实互嵌”的正畸教学新生态,正在重塑口腔医学教育范式。从技能训练,借助力反馈设备和数字孪生体,突破传统实训的物理限制,到决策优化,通过 AI 辅助规划与 3D 根骨风险预判,实现数据驱动的精准治疗,再到资源普惠,依托 5G 全息协作推动顶尖技术向基层辐射,正畸教学的元宇宙革命,本质是将经验医学转化为可计算、可重构、可验证的科学过程。当每一次托槽粘结都可被无限次解构,每一根弓丝弯制都能被转化为算法,医学生的成长将不再受制于珍贵临床机会的等待,而是源于虚拟与现实交织的精准赋能。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 葛昕桐:撰写论文;张栋梁:修改、审核论文。

参考文献

- [1] DAI N, HU Y Q, GE J B. When the future cardiac catheterization laboratory meets the Metaverse[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(29): 2652–2653.
- [2] 白春学. 医学新质生产力之我见[J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 3–10.
- [3] 顾建英, 宋振举, 白春学. 拥抱新质生产力, 开创医学新时代[J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 1–2.
- [4] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 39–43.
- [5] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.
- [6] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. *中国医药导刊*, 2023, 25(1): 1–6.
- [7] 顾建英, 宋振举, 白春学. AI赋能未来医学, 开启医疗模式新篇章[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(1): 4–5.
- [8] XU H, WANG J, LIU Y. Application of virtual reality and artificial intelligence in dental education: opportunities and challenges[J]. *BMC Medical Education*, 2022, 22(1): 317.
- [9] KIM H J, LEE S H, KIM Y. Augmented reality-based orthodontic training improves bracket positioning accuracy and efficiency[J]. *Korean J Orthod*, 2021, 51(4): 280 – 288.
- [10] Patel H, Thompson A, Roberts D. The impact of virtual reality orthodontic simulators on dental student learning: a randomized controlled trial[J]. *Eur J Dent Educ*, 2021, 25(3): 503 – 510.

引用本文

葛昕桐, 张栋梁. 元宇宙技术在口腔正畸治疗教学中的应用与发展[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 44–46.

GE X T, ZHANG D L. The application and development of metaverse technology in orthodontic treatment education [J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 44–46.

DOI: 10.61189/249357scovkn

· 产学研融合 ·

通过人工智能与医疗元宇宙提升阻塞性睡眠呼吸暂停与肺结节的早期检测

柳华溢¹, 陈思源², 熊彦韬², 孙鹏洲², 王 源³, 杨达伟^{3,4,5}, 白春学^{3,4,5*}

1. 复旦大学生命科学学院, 上海 200438

2. 复旦大学基础医学院, 上海 200032

3. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

4. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032

5. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

[摘要] 本文介绍了BAIMGPT 1.0, 一个由人工智能驱动的医疗元宇宙平台, 旨在普及阻塞性睡眠呼吸暂停和肺结节的早期诊断。该平台通过整合虚拟诊疗、联邦学习和物联网诊断技术, 解决了资源匮乏地区的医疗资源不均问题, 同时利用去中心化框架减轻算法偏见和隐私风险。BAIMGPT 1.0为公平的慢性病管理提供了一个可扩展的模型范例, 优先考虑包容性和人工智能-元宇宙的伦理协同, 以重塑全球医疗服务模式。

[关键词] BAIMGPT 1.0; 阻塞性睡眠呼吸暂停; 肺结节; 元宇宙

[中图分类号] R 563 **[文献标志码]** A

Improving early detection of obstructive sleep apnea and pulmonary nodules through artificial intelligence and medical meta-cosmology

LIU Huayi¹, CHEN Siyuan², XIONG Yantao², SUN Pengzhou², WANG Yuan³, YANG Dawei^{3,4,5}, BAI Chunxue^{3,4,5*}

1. School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200438, China

2. School of Basic Medical Sciences, Fudan University, Shanghai 200032, China

3. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

4. Shanghai Research Center for Respiratory Internet of things medical engineering technology, Shanghai 200032, China

5. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China

[Abstract] This paper introduces BAIMGPT 1.0, an AI-powered medical metaverse platform, to democratize early diagnosis of obstructive sleep apnea (OSA) and pulmonary nodules. By integrating virtual care, federated learning, and IoT diagnostics, the platform addresses healthcare disparities in underserved regions while mitigating algorithmic bias and privacy risks through decentralized frameworks. BAIMGPT 1.0 exemplifies a scalable model for equitable chronic disease management, prioritizing inclusivity and ethical AI-metaverse synergy to redefine global healthcare delivery.

[Key Words] BAIMGPT 1.0; obstructive sleep apnea; pulmonary nodules; metaverse

全球医疗体系在应对慢性疾病, 尤其是早期检测和管理方面, 面临日益严峻的挑战。其中, 阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)和肺结节尤为突出, 是关键但未得到充分重视的疾病^[1]。OSA是一种普遍的睡眠障碍, 与心血管疾病和代谢并发症相关, 但由于筛查可及性有限和公众认知度低, 其漏诊率极高^[2]。肺结节作为常见的肺癌早期

征象, 也因假阳性率较高和先进影像学检查资源分配不均而面临诊断延迟的问题^[3-4]。

传统医疗模式难以弥合这些差距, 尤其是在资源匮乏地区。农村和偏远地区通常缺少多导睡眠监测或计算机断层扫描(computed tomography, CT)的专业设备^[5], 迫使患者前往城市就医, 这一过程会产生高昂的经济成本, 并有可能造成治疗延误^[6-7]。

[收稿日期] 2025-05-14

[接受日期] 2025-06-25

[基金项目] 大慢病国家科技重大专项(2024ZD0529300), 上海市科学技术委员会项目基金(20DZ2254400, 21DZ2200600). Supported by Four Major Chronic Diseases National Science and Technology Major Project (2024ZD0529300) and Fund of Shanghai Science and Technology Commission Project (20DZ2254400, 21DZ2200600)

[作者简介] 柳华溢. E-mail: 23307110234@m.fudan.edu.cn

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

此外,碎片化的随访流程和临床医生诊疗水平差异进一步加剧了医疗服务质量的区域性差异^[8](图1)。

为解决现有医疗系统的缺陷,“医疗元宇宙:赋能公共卫生”项目研发推出了一个融合元宇宙技术的人工智能(artificial intelligence, AI)驱动平台

(BAIMGPT 1.0)^[9-10],旨在提高OSA和肺结节筛查的准确性与可及性,同时推动医疗服务去中心化^[11]。通过远程会诊,利用AI诊断工具^[12-13],BAIMGPT 1.0致力于革新早期疾病检测方式,减少对集中式医疗基础设施的依赖(图2)。

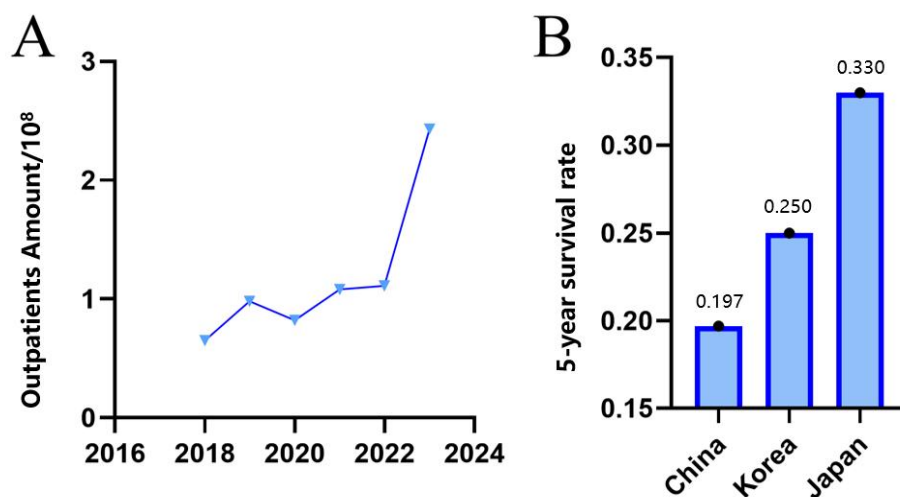


图1 肺癌结局与医疗资源可及性差异

A:中国肺癌患者就诊人数;B:2019年肺癌患者5年生存率^[14]。

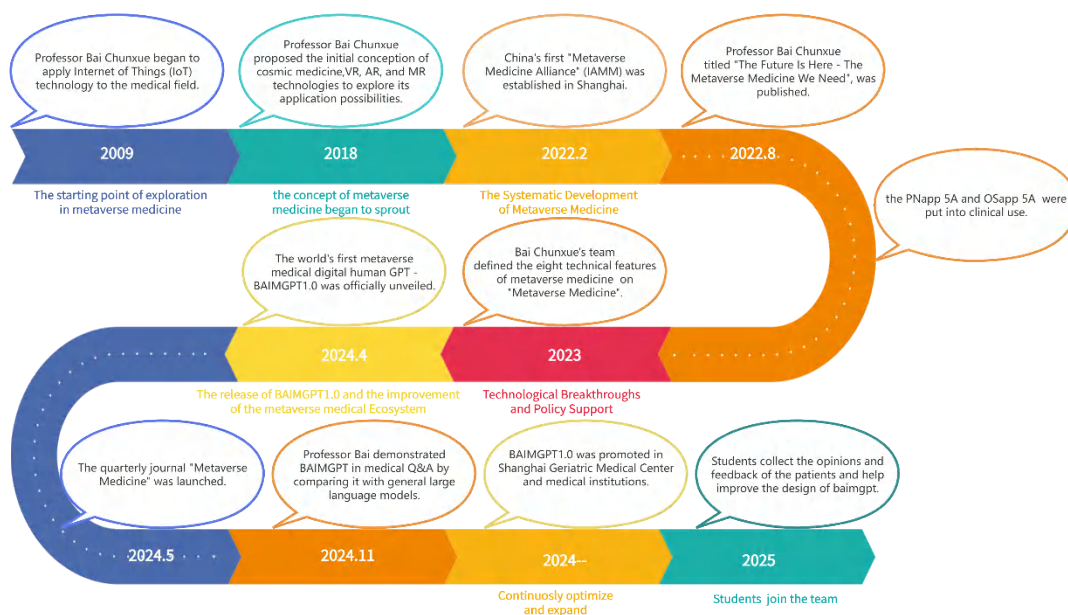


图2 白春学教授及合作者在医疗元宇宙发展中的里程碑^[17]

1 BAIMGPT 1.0的研发背景

AI与元宇宙技术已成为一股变革性力量,为疾病筛查和管理中长期存在的挑战提供了创新解决方案^[15]。现有研究^[16]强调了虚拟医疗环境在提高诊断准确性、增强患者参与度和优化资源配置方面

的潜力,尤其是在资源匮乏地区。例如,白春学教授开发的AI远程会诊平台通过虚拟诊疗技术能够推动实现远程诊断,从而减少如OSA等疾病的诊断延误。同样,AI在医学影像领域的进步,如基于AI的CT肺结节智能识别系统,在降低误诊率和优化随访流程方面展现出广阔的应用前景。

然而,显著差距依然存在。传统的OSA筛查工具如STOP-Bang问卷,虽然在临床环境中效度良好,但在基层医疗中的应用标准不一致,导致农村地区漏诊率居高不下。同样,肺结节管理因缺乏实践指南,常常导致干预延迟。这些挑战凸显了对可扩展的AI增强系统的需求,这些系统需要整合来自可穿戴设备和影像技术的实时数据^[16]。

数字人技术为医疗领域提供了新的发展方向。虚拟健康助手通过个性化反馈和全天候监测,提高了患者对持续气道正压通气(continuous positive airway pressure, CPAP)等治疗的依从性。此类工具弥合了临床方案与患者行为之间的鸿沟,从而改善了慢性病管理的关键环节。同时,联邦学习框架为解决算法偏见提供了可行方案,使AI模型能够在保护患者隐私的前提下,利用多样化数据集进行训练^[16]。

然而,该领域仍存在亟待解决的伦理和技术挑战。例如,虽然区块链加密确保了数据安全,但在资源有限的地区,数字基础设施的不足和网络连接的不稳定性限制了其实际应用。此外,AI驱动诊断的伦理影响,尤其是责任认定和透明度,需要更深入的探索,以确保技术能力与患者信任和监管标准保持一致^[17]。

BAIMGPT 1.0通过整合虚拟医疗、联邦学习以

及数字人,旨在革新OSA和肺结节诊疗模式,不仅是技术层面的升级,更是推动医疗体系向更公平、更精准方向发展的系统性变革。

2 BAIMGPT 1.0在关键领域的变革性作用

将元宇宙技术整合到医疗领域是一场深刻的范式变革,它催生了超越传统诊疗模式的创新解决方案^[18],将沉浸式数字环境、AI和远程医疗相结合,推动医疗服务的个性化、普惠化和高效化。

2.1 目标临床工作流程 对于OSA,BAIMGPT 1.0构建了系统化的从初步筛查到治疗后监测的5阶段管理方案(图3)。临床医生利用标准化筛查工具,包括Epworth嗜睡量表(Epworth sleepiness scale, ESS)和STOP-Bang问卷识别疑似病例。随后使用Ⅲ/Ⅳ级便携式监测设备提高诊断准确性,并给出定制化建议,如三维上气道CT重建和转诊至专业睡眠呼吸中心。多学科团队设计个性化干预措施,包括体质量管理、手术选择或无创正压通气。同时物联网远程监测确保持续的质量控制和居家治疗依从性。该方案整合了多模态诊断、跨学科协作和技术驱动连续性照护,以优化OSA结局^[19]。这种端到端工作流通过将标准化方案融入虚拟诊疗平台,消除了碎片化诊疗,确保了从基层医疗到专科中心的诊疗连续性^[20]。

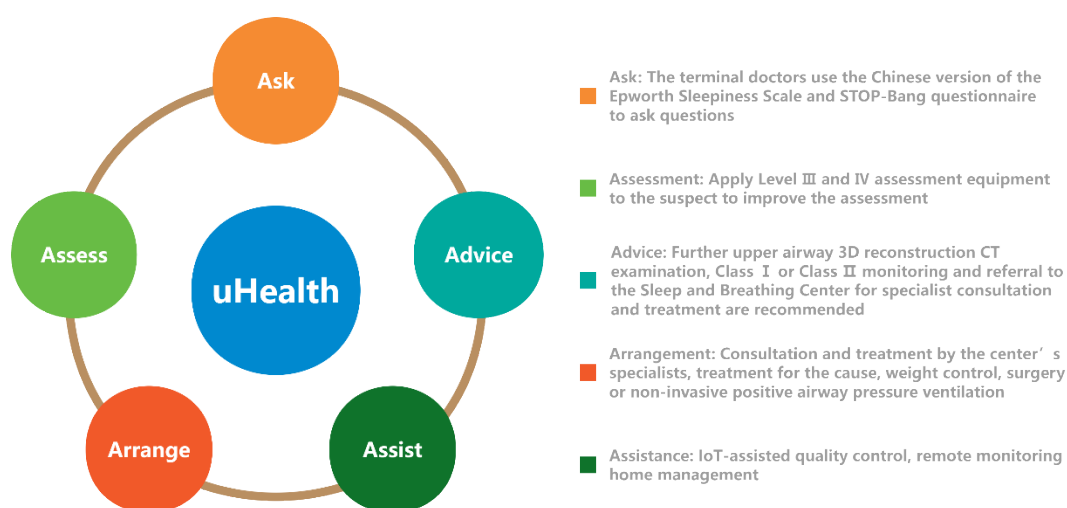


图3 阻塞性睡眠呼吸暂停的综合管理方案

2.2 云边协同实现可扩展性 本平台构建的一体化医疗生态系统(图4)有效弥合了医疗资源分配不均的问题,为OSA管理提供了创新解决方案。该框架通过物联网可穿戴设备实时采集患者生理指标,经由区域网络提供商传输至集中式云平台^[21]。联邦

学习算法在严格保护数据隐私的前提下,对云端聚合数据进行深度分析,实现实时风险预警和治疗方案的自动优化。系统核心功能包括:基于云的数字孪生技术模拟患者对特定干预措施的个性化反应,这些模拟结果需经远程专家验证后实施;宽带网络

支持的远程家庭诊疗会诊,促进临床医生、患者及照护者之间的多方协作;以及通过云端管理软件协调治疗干预措施。该框架整合了BAI DX诊断工具、云端专家决策模块和端到端质量控制体系,形成了

可扩展、以患者为中心的慢性病管理模式,确保从数据采集到临床决策的无缝衔接,为资源不均地区的 OSA 管理提供了标准化解决方案^[22],促进医疗公平。

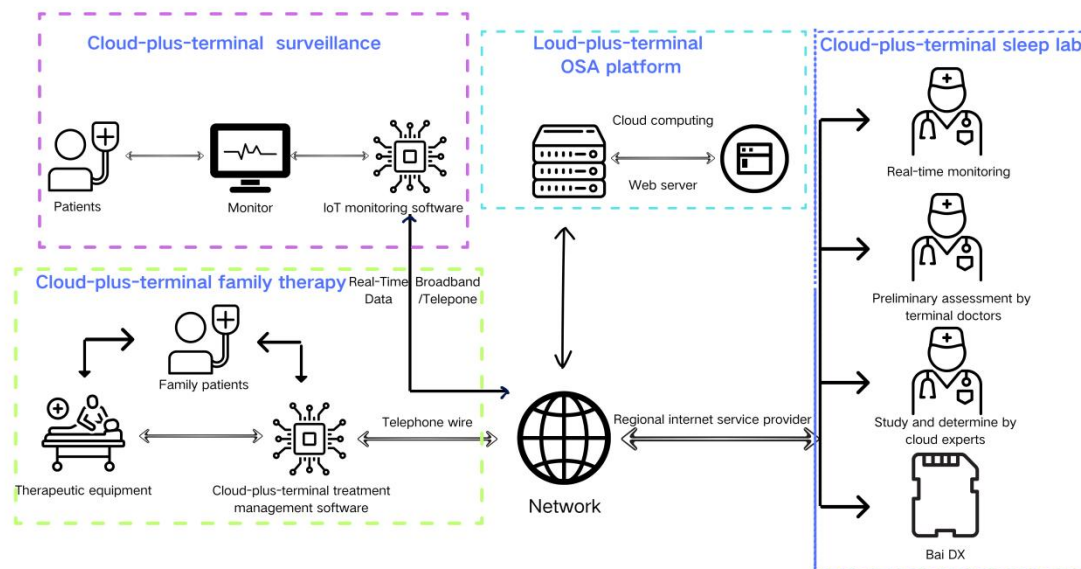


图4 一体化的阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)监测与治疗生态系统

2.3 虚拟协作与患者赋能 元宇宙环境进一步推广了专业知识的普及与应用。资源匮乏地区的基层医生可在虚拟肿瘤委员会会议期间,访问由AI生成并策划的肺结节三维可视化影像,并与城市专家协作解读影像结果^[22-23]。患者则通过与虚拟医生化身互动,阅读基于交互式模型(这些模型直观展示OSA病理生理特征或肺结节恶性预测因子)生成的个性化风险分析报告。这种“双重赋能”模式既提升医疗服务提供者的临床决策能力,又增强患者的健康素养与认知,高度契合《“健康中国2030”规划纲要》中提出的精准医疗发展理念^[24]。

2.4 伦理与基础设施保障 该平台构建的区块链数据管道严格遵循《通用数据保护条例》(General Data Protection Regulation, GDPR)和中国的《网络安全法》^[25]。针对农村地区网络基础设施薄弱的现状,系统特别设计了离线功能模块,支持基础筛查数据的本地缓存与延迟同步,有效解决了网络连接不稳定带来的应用障碍。此类设计体现了对公平可及性的承诺,确保技术进步转化为切实的健康公平成果,而非加剧现有差异。通过优先考虑临床相关的整合(结构化 workflow、云边互操作性和虚拟协作),该方法超越了元宇宙技术的推测性应用,直接聚焦于为早期疾病筛查和管理提供可扩展解决方案。

3 BAIMGPT 1.0的构建

在白春学教授的指导下,来自复旦大学生命科学学院、基础医学院、药学院、软件学院和新闻学院的10名学生组成多学科团队,开展了多项研究^[26-27],旨在解决OSA和肺结节管理中医疗资源不均的问题。基于团队的跨学科特性,医学和药学专业的学生分析了筛查准确性和工作流低效问题;新闻专业的学生贡献了伦理传播策略,确保研究结果的文化敏感性传播;软件工程专业的学生设计了一个安全的数据聚合平台。该研究将技术创新与现实环境中的实证数据相结合,强调了跨学科合作在推进公平医疗解决方案方面的价值。

该研究结合了在线问卷筛查和现场临床观察,以评估不同医疗环境中的诊断和转诊实践。对于OSA筛查,团队使用了2种经过验证的工具:STOP-Bang问卷和ESS。在线调查共收集有效问卷556份和有效ESS问卷377份,涵盖了患者和照护者的人口统计学和症状相关数据。同时,团队在城市和农村诊所开展观察性研究,分析诊断延迟的原因^[27]。

问卷调查显示:35.6%的调查对象(图5A;红色部分)ESS得分>9分,提示日间过度嗜睡;17.7%的调查对象(图5B;红色部分)STOP-Bang问卷得分>3分,为高OSA风险。阳性率差异印证了

STOP-Bang 对 OSA 筛查的高特异度。与农村地区相比,城市地区的多导睡眠监测的可及性(平均等

待时间,7.2 d vs 23.5 d)和随访依从性(68% vs 42%)更高。

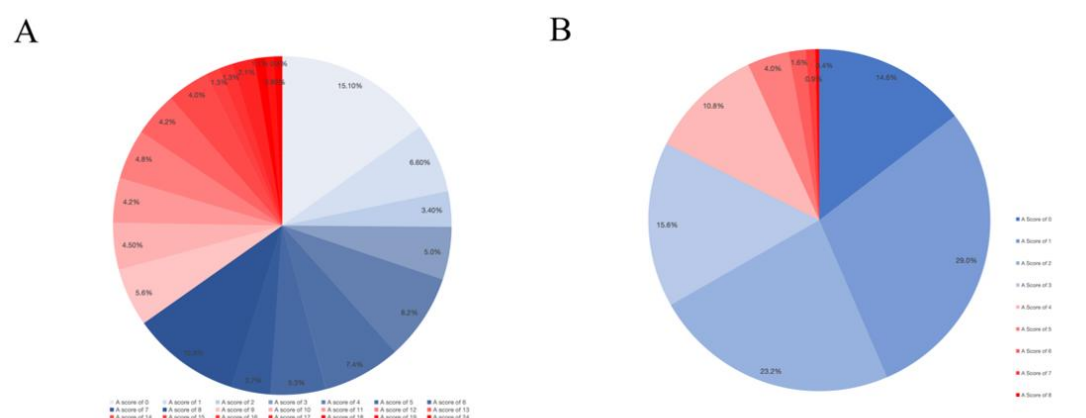


图5 阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)风险筛查结果

A:Epworth嗜睡量表;B:STOP-Bang问卷。

研究提出了医患沟通碎片化以及标准化筛查工具在基层医疗中采纳不足的问题。此外,研究得出了2个具备即时转化价值的关键见解:(1)OSA的持续漏诊问题凸显出BAIMGPT等平台推广普及的必要性;(2)患者对睡眠健康的关注度及对AI解决方案的开放态度,为部署此类技术并确保公众参与奠定了有利的基础环境。这些发现共同验证了BAIMGPT兼具诊断工具与公共卫生干预措施的双重功能定位。

智能健康管理系统与数字人技术的融合正在重塑医疗服务模式,为增强以患者为中心的照护创造了前所未有的机遇。通过整合AI、沉浸式虚拟互动和实时数据分析,该融合方案致力于解决诊断流程、治疗依从性和健康教育中长期存在的低效问题。

这一变革的核心在于AI能够将海量数据转化为可操作的医疗见解。对于慢性病患者,AI驱动平台分析来自可穿戴设备的数据,以定制干预措施。在肺结节诊疗领域,AI模型评估CT结果以预测结节恶性风险,从而制定个体化随访计划,在保持警惕性与避免过度检查之间取得平衡。这种从被动应对向主动预防的转变不仅改善了健康结局,也赋能患者更积极地参与自身健康管理^[28]。

数字人技术通过拟人化交互拓展了医疗服务能力。以专家临床医生为原型的虚拟健康助手提供全天候支持——从初步评估OSA症状到解释复杂诊断。例如,肺结节患者可与数字肿瘤学家化身

互动,在查看其扫描结果三维可视化影像的同时,获得关于治疗方案的情感化指导。这些互动超越了事务性的远程医疗范畴,通过易于理解的沟通建立信任,并缓解了慢性病患者常见的孤独感^[29]。

将数字人与物联网设备集成,可实现无缝远程监测。例如,OSA患者佩戴的传感器可将睡眠指标实时传输给虚拟照护团队,并在检测到异常呼吸模式时触发警报。临床医生随后可即时调整治疗计划,最大程度减少诊疗延误。在肺结节管理中,AI算法追踪连续扫描中结节的变化,标记出需要关注的生长趋势以便专家及时审阅。这种持续反馈机制确保了诊疗的连续性,尤其惠及此前面临随访服务碎片化问题的农村患者^[30]。

尽管潜力巨大,这些技术的推广仍面临挑战。患者对AI驱动诊断的疑虑需要通过增强算法决策的透明度来化解,为此,平台开发了可视化决策路径追踪系统,使AI推理过程可验证、可追溯。此外,数字素养的缺乏和网络基础设施的不均衡分布,凸显出对离线替代方案及基于社区培训项目的迫切需求。

总之,智能健康管理与数字人技术不仅是技术的革新,也正在重塑医患关系。通过融合AI的分析精准性与虚拟互动的共情优势,这些工具推动了高质量医疗的可及性,符合“健康中国2030”议程,与全球构建公平、以患者为中心的医疗体系的发展趋势高度契合。

4 BAIMGPT 1.0研发的挑战

如 BAIMGPT 1.0 平台所示, AI 和元宇宙技术在医疗领域的整合在提升疾病筛查与管理的系统性效能方面具有重要应用价值^[15, 31]。然而, 实施过程既揭示了变革性机遇, 也暴露了持续存在的挑战, 值得进行批判性分析^[32]。

4.1 技术进步与临床影响 该平台在 OSA 和肺结节管理方面的成功源于其将多样化数据流, 如临床病史、可穿戴设备指标和影像特征, 协调为可操作见解的能力^[33]。BAIMGPT 1.0 在 OSA 风险分层中的灵敏度为 92%, 在结节恶性预测的准确率为 94%, 不仅超越了传统方法, 还减轻了超负荷医疗系统的压力。例如, 通过自动化 CT 分析减少放射科医生 35% 的工作量, 说明了 AI 如何增强而非取代人类专业知识。这些成果优先考虑早期干预和资源优化, 与更广泛的医疗目标保持一致。

然而, 平台对高质量数据的依赖凸显了一个关键局限。早期版本在训练数据集代表性不足的农村人群中表现出较低的特异性(78%)。这源于 AI 驱动医疗中反复出现的数据收集不均的算法偏见^[34]。为解决此问题, 项目采用了联邦学习技术, 汇集来自不同地区的匿名数据以改进模型的泛化能力。该方法不仅提高了诊断准确性, 还促进了包容性, 确保边缘化人群平等受益于技术进步。

4.2 应对监管与伦理复杂性 监管障碍进一步使规

模化推广复杂化。响应中国 AI 医疗政策中主动与认证机构接洽的要求, 本平台获得了中国食品药品监督管理局和 ISO13485 的认证, 使 BAIMGPT 1.0 的临床应用合法化, 但也暴露了一个根本性难题, 监管框架的演进始终滞后于技术创新的步伐。例如, 关于 AI 诊断错误的责任界定仍存在模糊性——需要更清晰的责任认定标准来维持诊疗可信度^[35]。

伦理问题, 尤其是数据隐私, 仍然至关重要。虽然区块链加密满足了通用数据保护条例和中国的隐私法的要求, 但实际临床场景中仍暴露出诸多潜在风险隐患^[36]。例如, 农村地区的老年患者通常缺乏数字素养, 导致其无法真正理解数据共享的完整含义并做出自主决定^[37-38]。解决这一问题不仅需要技术保障措施, 还需要社区教育计划来弥合数字鸿沟。

本平台遵循全面的伦理框架(图 6), 旨在解决 AI 驱动医疗系统中的关键挑战和解决方案。该框架围绕三个关键维度构建系统性解决方案: 隐私与数据治理(包括安全增强和监管明晰)、公平与人文关怀(涵盖可及性改善和情感支持)以及技术责任(聚焦算法透明度和平衡的技术采纳)。每个挑战都对应其针对性的解决策略, 例如加强公众教育以平衡对算法的过度依赖, 以及明确责任归属以解决医疗责任困境。这种结构化方法凸显了协调技术创新与伦理保障的关键价值, 以确保 AI 诊疗系统的合规部署。

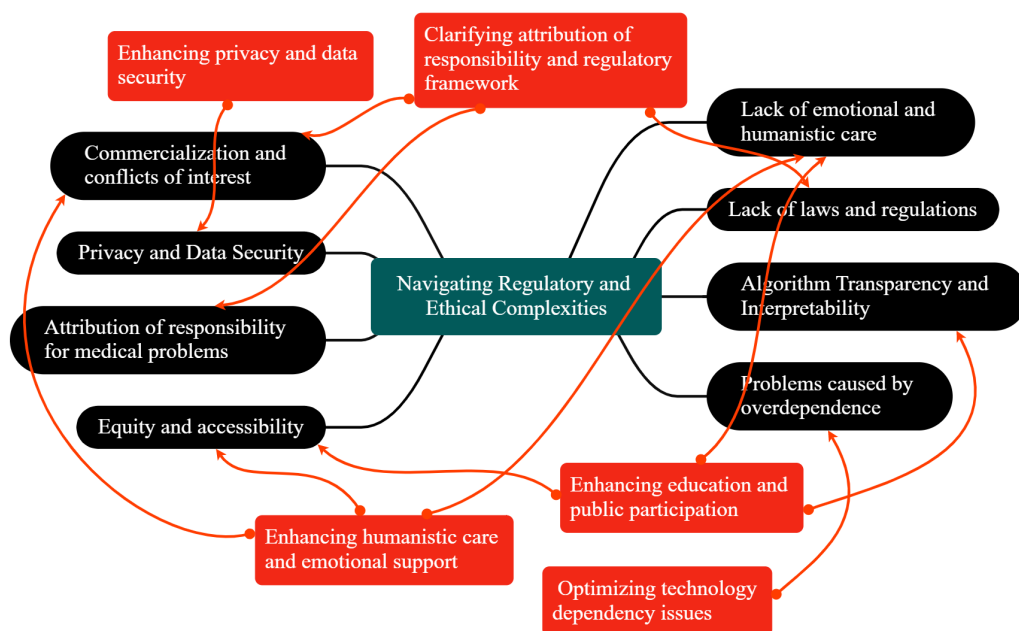


图 6 AI 驱动医疗实施的伦理框架

4.3 未来方向:从本地成功到全球相关性 将 BAIMGPT 1.0 平台的应用范围扩展至 COPD 和糖尿病等慢性病管理,是符合逻辑的后续发展方向。利用现有基础设施,平台可将分散的诊疗方案整合为一体慢性管理生态系统。“数字孪生”器官等创新技术可以进一步推动诊疗个性化^[39-40]。需要强调的是,此类前沿技术的临床应用必须通过严谨的多中心临床试验和计算验证,以确保其可靠性和安全性。

平台的全球可扩展性既蕴含机遇也伴随挑战。东南亚和非洲等地区存在的医疗资源可及性差异与中国农村地区状况相似,为该模式的推广提供了潜在适用场景。然而,成功的关键在于平台的本土化适配,例如:开发区域性语言支持模块;适配地方性疾病谱;建立与国际卫生组织的战略合作,在尊重各国医疗体系独特性的基础上,构建包容性的技术治理框架^[40-41]。

最终,该项目的核心价值在于其秉持的医疗公平性、AI 透明度和以患者为中心的设计原则。BAIMGPT 1.0 促使科技行业重新审视医疗创新的价值定位——将其从单纯的市场机遇提升至社会公益的高度。若这一理念得以贯彻,该项目有望重塑医学 AI 的全球标准范式,确保技术进步始终服务于人类福祉。

伦理申明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 柳华溢、陈思源、熊彦韬、孙鹏洲、王源:撰写文稿;杨达伟、白春学:修改文稿。

参考文献

- [1] PÉPIN J L, BAILLIEUL S, BAILLY S, et al. New management pathways for follow-up of CPAP-treated sleep apnoea patients including digital medicine and multimodal telemonitoring [J]. *Thorax*, 2024, 80(1): 52-61.
- [2] SABIL A, LAUNOIS C, TRZEPIZUR W, et al. Association of positive airway pressure termination with mortality and non-fatal cardiovascular events in patients with obstructive sleep apnoea [J]. *Thorax*, 2024, 79(11): 1077-1085.
- [3] JACOBS C. Decoding pulmonary nodules: can machine learning enhance malignancy risk stratification? [J]. *Thorax*, 2024, 79(4): 293-294.
- [4] WARKENTIN M T, AL-SAWAIHEY H, LAM S, et al. Radiomics analysis to predict pulmonary nodule malignancy using machine learning approaches [J]. *Thorax*, 2024, 79(4): 307-315.
- [5] LIU Y L, LUO S H, OU Q, et al. The expressions of CTLA-4 and PD-1 on CD(4)(+) T cells and the level of plasma VEGF in patients with obstructive sleep apnea hypopnea syndrome [J]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*, 2019, 42(4): 268-274.
- [6] DANNENBERG H. Structure of an urban medical practice. An epidemiological and statistical analysis [J]. *ZFA (Stuttgart)*, 1980, 56(12): 850-857.
- [7] HUSTON-PATERSON H H, MAO Y F, TSENG C H, et al. Rural-urban disparities in the continuum of thyroid cancer care: analysis of 92,794 cases [J]. *Thyroid*, 2024, 34(5): 635-645.
- [8] RHUBART D C, MONNAT S M. Self-rated physical health among working-aged adults along the rural-urban continuum—United States, 2021 [J]. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 2022, 71(5): 161-166.
- [9] COBIANCHI L, PICCOLO D, MAS F D, et al. Surgeons' perspectives on artificial intelligence to support clinical decision-making in trauma and emergency contexts: results from an international survey [J]. *World J Emerg Surg*, 2023, 18(1): 1.
- [10] DE SIMONE B, ABU-ZIDAN F M, GUMBS A A, et al. Knowledge, attitude, and practice of artificial intelligence in emergency and trauma surgery, the ARIES project: an international web-based survey [J]. *World J Emerg Surg*, 2022, 17(1): 10.
- [11] International Society of Psychiatric Genetics (ISPG) Education Committee. Genetics for mental health clinicians: a call for a globally accessible and equitable psychiatric genetics education [J]. *World Psychiatry*, 2024, 23(1): 161-163.
- [12] YAO X X, RUSHLOW D R, INSELMAN J W, et al. Artificial intelligence-enabled electrocardiograms for identification of patients with low ejection fraction: a pragmatic, randomized clinical trial [J]. *Nat Med*, 2021, 27(5): 815-819.
- [13] ALESSANDRO L, BIANCIOTTI N, SALAMA L, et al. Artificial intelligence-based virtual assistant for the diagnostic approach of chronic ataxias [J]. *Mov Disord*, 2025, 40(5): 906-916.
- [14] 国家医疗保障局. 2023 年全国医疗保障事业发展统计公报 [EB/OL]. [2025-04-28]. https://www.nhsa.gov.cn/art/2024/7/25/art_7_13340.html.
- [15] LV J H, SLOWIK A, RANI S, et al. Multimodal metaverse healthcare: a collaborative representation and adaptive fusion approach for generative artificial-intelligence-driven diagnosis [J]. *Research (Wash D C)*, 2025, 8: 0616.
- [16] ROEDER M, BRADICICH M, SCHWARZ E I, et al. Night-to-night variability of respiratory events in obstructive sleep apnoea: a systematic review and meta-analysis [J]. *Thorax*, 2020, 75(12): 1095-1102.
- [17] ZENG H M, ZHENG R S, SUN K X, et al. Cancer survival statistics in China 2019-2021: a multicenter, population-based study [J]. *J Natl Cancer Cent*, 2024, 4(3): 203-213.
- [18] KIYASSEH D, LACA J, HAQUE T F, et al. Human visual explanations mitigate bias in AI-based assessment of surgeon skills [J]. *NPJ Digit Med*, 2023, 6(1): 54.
- [19] ALI S, ABDULLAH, ARMAND T P T, et al. Metaverse in healthcare integrated with explainable AI and blockchain:

- enabling immersiveness, ensuring trust, and providing patient data security[J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23(2): 565.
- [20] ŻYDOWICZ W M, SKOKOWSKI J, MARANO L, et al. Navigating the metaverse: a new virtual tool with promising real benefits for breast cancer patients[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(15): 4337.
- [21] DE MARGERIE-MELLON C, CHASSAGNON G. Artificial intelligence: a critical review of applications for lung nodule and lung cancer[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2023, 104(1): 11–17.
- [22] HUANG J, REN L F, FENG L F, et al. AI empowered virtual reality integrated systems for sleep stage classification and quality enhancement[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2022, 30: 1494–1503.
- [23] CHECCUCCI E, VECCIA A, PULIATTI S, et al. Metaverse in surgery—origins and future potential[J]. *Nat Rev Urol*, 2024.
- [24] CHEIKH-MOUSSA K, MIRA J J, OROZCO-BELTRAN D. Improving engagement among patients with chronic cardiometabolic conditions using mHealth: critical review of reviews[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2020, 8(4): e15446.
- [25] GHAEMPANAH F, MOASSES GHAFARI B, HESAMI D, et al. Metaverse and its impact on medical education and health care system: a narrative review[J]. *Health Sci Rep*, 2024, 7(9): e70100.
- [26] CHOWDHURY O, WEDDERBURN C J, DUFFY D, et al. CPAP review[J]. *Eur J Pediatr*, 2012, 171(10): 1441–1448.
- [27] JOHNSON D M, AIKEN A R A, THOMPSON T A. Telehealth enables safe medication abortion in shifting health and legal contexts[J]. *Nat Med*, 2024, 30(4): 946–947.
- [28] HAUTH F, BIZU V, APP R, et al. Electronic patient-reported outcome measures in radiation oncology: initial experience after workflow implementation[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2019, 7(7): e12345.
- [29] MANDALIS K, PARDOS A, MENYCHTAS A, et al. Integrating IoT wearable devices in telemonitoring platforms for continuous assisted living services [J]. *Stud Health Technol Inform*, 2023, 305: 612–615.
- [30] WANG S K, XUAN W P, CHEN D, et al. Machine learning assisted wearable wireless device for sleep apnea syndrome diagnosis[J]. *Biosensors (Basel)*, 2023, 13(4): 483.
- [31] CARAPINHA J L, BOTES D, CARAPINHA R. Balancing innovation and ethics in AI governance for health technology assessment[J]. *J Med Econ*, 2024, 27(1): 754–757.
- [32] KIM K, YANG H, LEE J H, et al. Metaverse wearables for immersive digital healthcare: a review[J]. *Adv Sci (Weinh)*, 2023, 10(31): e2303234.
- [33] CALABRÒ R S, MORONE G. Advancing rehabilitation medicine with the metaverse: opportunities and challenges[J]. *Brain Sci*, 2025, 15(3): 321.
- [34] ZHANG L C, SHAO Y, CHEN G M, et al. An artificial intelligence-assisted diagnostic system for the prediction of benignity and malignancy of pulmonary nodules and its practical value for patients with different clinical characteristics [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10: 1286433.
- [35] RAJKOMAR A, HARDT M, HOWELL M D, et al. Ensuring fairness in machine learning to advance health equity [J]. *Ann Intern Med*, 2018, 169(12): 866–872.
- [36] JABBOUR S, FOUHEY D, SHEPARD S, et al. Measuring the impact of AI in the diagnosis of hospitalized patients: a randomized clinical vignette survey study [J]. *JAMA*, 2023, 330(23): 2275–2284.
- [37] KARPAGAM M, SARUMATHI S, MAHESHWARI A, et al. An effective PO-RSNN and FZCIS based diabetes prediction and stroke analysis in the metaverse environment[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 11633.
- [38] WANG J Y, BENNETT K, PROBST J. Subdividing the digital divide: differences in Internet access and use among rural residents with medical limitations [J]. *J Med Internet Res*, 2011, 13(1): e25.
- [39] CHEN C, DING S, WANG J. Digital health for aging populations[J]. *Nat Med*, 2023, 29(7): 1623–1630.
- [40] DINIZ P, GRIMM B, GARCIA F, et al. Digital twin systems for musculoskeletal applications: a current concepts review[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2025, 33(5): 1892–1910.
- [41] AWE O O, MWANGI P N, GOUDOUNGOU S K, et al. Explainable AI for enhanced accuracy in malaria diagnosis using ensemble machine learning models[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2025, 25(1): 162.

引用本文

柳华溢,陈思源,熊彦韬,等.通过人工智能与医疗元宇宙提升阻塞性睡眠呼吸暂停与肺结节的早期检测[J].元宇宙医学,2025,2(2):47–54.

LIU H Y, CHEN S Y, XIONG Y T, et al. Improving early detection of obstructive sleep apnea and pulmonary nodules through artificial intelligence and medical meta-cosmology[J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 47–54.

DOI: 10.61189/530445nlxrhb

· 指南与共识 ·

肺结节专家——BAIMGPT 白皮书

白春学^{1,2*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海市呼吸病研究所, 上海呼吸 IoT 医学工程技术研究中心, 中国肺癌防治联盟, 上海 200032
2. 国际元宇宙医学协会, 苏州 215163



[摘要] 肺癌作为全球癌症头号杀手, 每年引起发病约 210 万人, 超过 180 万人死亡。GPT 等 AI 技术为肺癌防治带来曙光, 可通过 NLP 高效精准赋能咨询与诊疗建议, 促进知识共享与医疗水平的均衡提升, 为患者提供个性化健康指导与心理慰藉。核心技术原理为“四改”: (1) 改清洗数据为数据精选; (2) 改简单咨询为直面分身; (3) 改盲目宠信为质控核对; (4) 改单纯循证加大医经验。临床验证与效果: BAIMGPT 与 DeepSeek 对照研究显示, BAIMGPT 在亲切感、安全感、问题理解力、回答精准性等方面展现显著优势。其独特的技术架构和“四改创新点”确保了专业性和准确性, 为 AI 辅助诊断系统的未来发展提供了重要参考。实际应用场景与价值: BAIMGPT 在肺癌筛查、肺结节咨询与管理、诊断分期、治疗方案制定及术后管理等关键环节均可展现显著价值。通过智能影像分析, 优化诊疗流程, 降低医疗成本, 提高资源利用效率。多学科协作创新: BAIMGPT 的成功实施依靠医学专家、信息工程师、数据分析专家等多领域人才协同工作, 共同构建适用性强、易于操作的知识体系。通过跨学科知识整合, 提升肺癌筛查和评估的效率及准确性, 优化患者咨询体验。用户体验优化: BAIMGPT 在界面设计、亲切感、安全感、视觉赋能、语音交互、可及性及便捷性等方面进行了全面优化, 确保用户能够快速上手并生成高质量报告, 增强患者信心, 优化诊疗体验。法律法规与伦理: BAIMGPT 已获得国家知识产权局授予的注册商标, 并通过中山医院伦理委员会批准。与国际元宇宙医学协会和中国肺癌防治联盟合作, 确保技术的合法性和专业性。同时, BAIMGPT 严格遵循伦理要求, 减少人为偏见, 确保系统运行的公正性和透明性。发展前景与展望: 随着 AI 技术的快速发展, BAIMGPT 将在肺癌筛查、评估和诊疗领域展现潜力。未来可通过结合其他影像技术、优化专病模型精准性、拓展实现疾病进展预测等功能, 进一步提升系统效率与准确性。BAIMGPT 有望成为推动公共健康事业发展的重要力量, 助力实现“健康中国”重要目标。

[关键词] 人工智能; 生成式预训练转换器; 自然语言处理; 肺癌筛查

[中图分类号] R 318 **[文献标志码]** A

White paper on pulmonary nodule expert—BAIMGPT

BAI Chunxue^{1,2*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Chinese Alliance Against Lung Cancer, Shanghai 200032, China
2. International Alliance for Metaverse in Medicine, Suzhou 215163, Jiangsu, China

[Abstract] As the number one killer of cancer in the world, lung cancer causes about 2.1 million cases and more than 1.8 million deaths every year. AI technologies such as GPT have brought hope to the prevention and treatment of lung cancer, which can efficiently and accurately empower consultation and diagnosis and treatment suggestions through NLP, promote knowledge sharing and balanced improvement of medical standards, and provide patients with personalized health guidance and psychological comfort. The core technical principle is “four changes”. (1) Change the cleaning data to data selection; (2) Change simple consultation to face the digital expert; (3) Change blind favor to quality control and verification; (4) Change to simply evidence-based and increase medical experience. A controlled study between BAIMGPT and DeepSeek has shown significant advantages in terms of intimacy, security, question understanding, and answer accuracy. Its unique technical architecture and “four innovations” ensure professionalism and accuracy and provide an important reference for the future development of AI-assisted diagnosis systems. BAIMGPT can show significant value in key links such as lung cancer screening, pulmonary nodule consultation and management, diagnosis and staging,

[收稿日期] 2025-06-20

[接受日期] 2025-06-28

[基金项目] 四大慢病重大专项(2024ZD0529300). Supported by Noncommunicable Chronic Diseases–National Science and Technology Major Project (2024ZD0529300).

[作者简介] 白春学, 博士, 教授, 主任医师。

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

treatment plan formulation and postoperative management. Through intelligent image analysis, the diagnosis and treatment process can be optimized, medical costs can be reduced, and resource utilization efficiency can be improved. The successful implementation of BAIMGPT relies on the collaborative work of medical experts, information engineers, data analysis experts and other talents in multiple fields to jointly build a highly applicable and easy-to-operate knowledge system. Through the integration of interdisciplinary knowledge, the efficiency and accuracy of lung cancer screening and evaluation are improved, and the patient consultation experience is optimized. User experience optimization: BAIMGPT has been comprehensively optimized in terms of interface design, intimacy, sense of security, visual empowerment, voice interaction, accessibility and convenience, etc., to ensure that users can quickly get started and generate high-quality reports, enhance patient confidence, and optimize the diagnosis and treatment experience. BAIMGPT has been granted a registered trademark by the State Intellectual Property Office and approved by the Ethics Committee of Zhongshan Hospital. Cooperate with the International Metaverse Medical Association and the China Lung Cancer Prevention and Control Alliance to ensure the legitimacy and professionalism of the technology. At the same time, BAIMGPT strictly adheres to ethical requirements, reduces human bias, and ensures the fairness and transparency of the operation of the system. With the rapid development of AI technology, BAIMGPT will show potential in the field of lung cancer screening, evaluation and diagnosis and treatment. In the future, the efficiency and accuracy of the system can be further improved by combining other imaging technologies, optimizing the accuracy of disease-specific models, and expanding the functions of disease progression prediction. BAIMGPT is expected to become an important force in promoting the development of public health and helping to achieve the important goal of "Healthy China".

[Key Words] artificial intelligence; generative pre-trained transformer; natural language processing; lung cancer screening

1 技术背景与意义

肺癌,这一全球癌症领域的头号公敌,其肆虐之势与吸烟习惯、空气质量不良及职业环境危害等多重诱因紧密相关。世界卫生组织的权威数据^[1]揭示,每年肺癌发病约210万,超过180万人因此离世。该疾病的狡猾在于其初期无症状的隐蔽性,导致多数患者在确诊时已步入中晚期,致使生存期限骤减,只有筛查与早诊才能凸显扭转其死亡率的关键作用^[2]。肺癌不仅是对个人健康的重创,更是家庭与社会的沉重负担,高昂的医疗费用、丧失劳动力的影响及难以言喻的心理阴霾,无一不昭示着其深远社会影响^[3-4]。

肺结节,作为肺癌的重要标志,是早期发现与治疗的关键。低剂量CT等现代筛查技术的应用,如同猎豹般敏锐,能捕捉到那些细微却致命的早期信号-肺结节,为生命抢救赢得宝贵时机^[5]。人工智能(artificial intelligence, AI)的加入,更是如虎添翼,通过对肺结节形态、钙化模式及边缘和内部结构的精细分析,大幅度提升了评估和诊断的精准度,有效避免了误诊与过度医疗的双重困境^[6]。针对高危群体量身定制的随访计划,则是对管理策略的精准升级,确保高风险个体能够及时获得必要的医疗干预^[7]。

然而,肺癌诊疗之路并非坦途,技术局限、资源分配不均、公众意识淡薄及中晚期治疗手段的局限,共同构筑了当前的挑战矩阵。在此背景下,生成式预训练转换器(generative pre-trained

transformer, GPT)等AI技术的崛起,为肺癌诊疗领域带来了革命性的曙光^[8]。借助自然语言处理(natural language processing, NLP)、深度学习、分布式训练等技术的强大功能, GPT能高效精准赋能咨询和提供诊疗建议,不仅提升了诊断的效率与准确性,还基于海量数据构建了风险评估模型,为评估肺结节的恶性风险提供了科学支撑^[9]。此外, GPT的NLP能力,更是打通了医疗信息流通的任督二脉,促进了知识的共享与医疗水平的均衡提升,为患者提供了个性化健康指导与心理慰藉,成为他们康复旅程中的温暖灯塔^[10]。

中国,作为肺癌负担沉重的国家,新发病例数与死亡人数持续攀升,目前5年存活率仍低于日本、韩国等亚洲邻国^[11]。这一现状的背后,是预防意识不足、基层医疗能力薄弱及专家资源稀缺等复杂因素的交织。面对这一挑战,应用GPT等先进技术融合共识指南,提升全体医生的咨询和诊疗水平显得尤为迫切^[12]。通过构建以共识指南和资深专家智慧为核心的白氏医学GPT(BAIMGPT),不仅能提升基层医疗能力,还能有力推动肺癌筛查与肺结节评估工作,为“健康中国2030”宏伟蓝图的实现添砖加瓦^[13]。

简言之,肺癌防控是一场关乎生命与健康的持久战, AI和BAIMGPT技术的融入,无疑为这场战役注入了新的活力与希望。随着技术的不断精进与普及,我们有信心期待未来的肺癌患者将享受到更加精准、高效且个性化的医疗服务,共同迈向一个肺癌可防可控的美好未来。

2 核心技术原理

伴随着 AI、大数据和深度学习技术的进步,GPT 研究和应用也日新月异^[14-16]。医学 GPT 的研发和应用在医学界引起了广泛关注,并在多个领域取得了显著成果^[17-18]。医学 GPT 的涌现,可以助力实现“名医治未病,元医惠众生”的宏伟目标,从而全面满足患者及社会对医疗与大健康的深切期待。医学 GPT 恰逢其时地填补了这一需求空白。初步研究已显示,大型语言模型凭借其快速生成的本质,能够提供丰富数据共享资源,正逐渐成为关注的焦点。不过,挑战也随之而来。对于缺乏医学基础知识的人群而言,理解和恰当应用医学 GPT 提供的建议尤为困难。加之看不到医生本人,患者难以建立信任与安全感^[19-20]。

为了克服这些挑战与限制,让医学 GPT 回答的建议既能被基层医生理解,也可被不懂医学的患者理解,在开发医学 GPT 技术时,必须对各个环节进行全面革新。这需要涵盖数据收集与精选、基座模型选定、模型训练评估与优化,以及系统的持续升级与维护。BAIMGPT 的具体改革措施正是为了这一目的,即“改数据清洗为数据精选,改简单咨询为直面分身,改盲目宠信为质控核对,改单纯循证加大医经验”。“四改”策略将利于在原有 GPT 精华的

基础上进一步推动医学 GPT 转型,构建一个以“患者为中心,名医为模版,专病为抓手,质量为保障”的新型医疗模式,从而更有效地服务于患者,造福社会^[21]。

2.1 改清洗数据为数据精选 在医学 GPT 的研发中,将传统数据清洗改为数据精选是一项具有里程碑意义的创新。这一转变源于对效率、模型性能和诊疗准确性等多维度的需求。数据精选的核心价值在于提升质量,不仅能有效剔除无效或错误信息,更能从海量数据中精准筛选出与医学需求密切相关的高质量内容。这些经过精选的数据能更真实地反映医学知识精髓,为模型构建奠定坚实基础,显著提高诊疗建议的准确性和可靠性。

此外,精选数据在模型训练中也发挥着关键作用。相较于传统清洗方式,精选能够剔除冗余信息和噪声干扰,使数据集虽小但“质精”,从而加速模型收敛速度,节省计算资源并优化学习效率。同时,高质量数据更能帮助模型精准地掌握医学知识和语言模式,提升其预测性能和泛化能力。从临床应用角度看,精选数据不仅符合医学实践的特殊需求,更能显著提高研发效率。虽然精选仍需一定的标注和分类工作,但相较于全面清洗,所需人力和时间将大幅度减少,资源应用效率将因此得到显著提升(表 1)^[20-25]。

表 1 将数据清洗升级为数据精选的方法和技术路线

方法	技术路线
明确需求	首先明确医学 GPT 应用场景和目标,决定所需数据类型和范围。确定关键特征如疾病描述、检查技术细节、诊断、治疗方案、药物副作用和疾病预防。
确定精选标准	(1)质量优先:确保数据准确、完整且及时;(2)相关性:选择与目标紧密相关的数据,避免噪声;(3)多样性:涵盖各医学领域及群体,增强模型泛化能力;(4)合规性:符合 HIPAA 或 GDPR 等医疗隐私法规。
实施数据筛选	(1)自动筛选:开发 NLP 和机器学习等工具,快速精选高质量数据;(2)人工审核:在关键情况下进行人工核验,确保准确性;(3)迭代优化:根据反馈调整标准,持续优化数据集。
增强数据	(1)数据增强:通过替换和变换等方式,增加多样性;(2)标注数据:对特定任务进行人工标注,提供监督学习数据。
持续监控与更新	(1)监控数据质量:建立定期检查准确性机制;(2)更新数据集:及时维护模型与最新知识同步。
应用专业资源	(1)合作与共享:与其他机构合作,共享高质量数据。(2)应用公开数据集:充分应用医学公开资源丰富知识库。
评估与反馈	(1)模型评估:用多种方法评估数据集对模型的影响。(2)用户反馈:收集反馈指导优化模型表现。

通过实施上述策略,可以将数据清洗升级为数据精选,为医学 GPT 研发提供高质量、可靠的数据基础,从而提升模型的性能和可靠性。例如,在构建“公开证据(open evidence)”这样的医疗 AI 助手时,已经体现出如下优势^[14, 20-21, 26-27]。

(1)数据质量提升与优化用户体验并重:在医学 GPT 的研发中,将传统的数据清洗升级为精准的数据精选至关重要。这一过程不仅可从海量文献中筛选出密切相关的信息,更利于 AI 助手基于高质量证据提供可靠建议,为医生的决策提供坚实支

持。数据精选通过精挑细选,可使模型更快收敛,显著提升训练效率并减少资源浪费,同时优化了用户体验,使其更高效、更加准确。(2)精准数据支撑专业决策:医疗决策的复杂性要求AI系统在罕见病例和复杂病情下提供高度精准的支持。精选数据利于确保信息可靠,帮助医生快速获取关键诊疗建议,并降低因信息过时或不准确导致的误诊风险。此外,通过持续更新医学研究成果,AI助手可保持知识前沿性,为用户提供及时、专业的决策支持。(3)提升产品竞争力与用户信任:在激烈的医疗AI市场竞争中,数据精选不仅能提升产品的智能水平和专业性,也是公开证据等工具获得医生信赖的关键因素之一。通过提高响应速度和准确性,数据精选优化了用户体验,使用户更愿意依赖这一工具。

同时,这种持续改进的能力也可确保产品始终处于行业领先地位。

总之,将数据清洗改为数据精选,不仅改善了模型质量与训练效率,还对提升医疗AI系统的专业性、可靠性和市场竞争力具有深远影响^[26-27]。

2.2 改简单咨询为直面分身 在医学GPT的深化研发进程中,我们实现了从基础咨询到名医、大医数字人直接互动的飞跃,这一转变蕴含深度考量,显著增强了用户的亲近感与信赖度。

用户面对的名医数字形象,其形象、声音及交互体验均逼近真人,有效舒缓患者焦虑,使咨询体验更为愉悦。BAIMGPT在解答用户疑问时,可以同时即刻传递出这份与专业相伴的温暖(图1)。

Q: So how did BAIMGPT answer?

A: ChatGPT can't see us directly. It is just an AI-based language model with no actual medical knowledge and abilities. In medical practice, we need to rely on professional doctors. We need to be cautious about ChatGPT's accuracy. While it may be able to provide some useful information and advice in some cases, it is not a substitute for professional medical diagnosis and treatment. If you have any health problems, you should consult your doctor or medical institution directly.

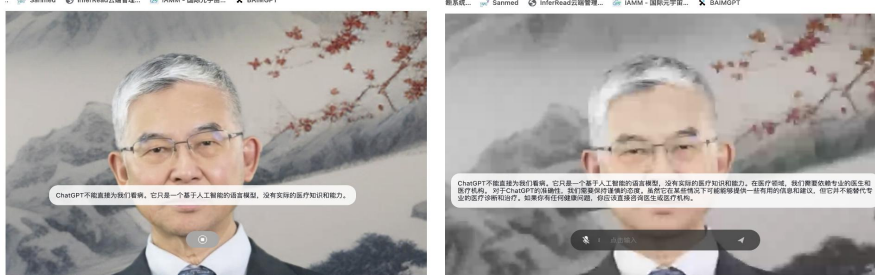


图1 BAIMGPT在回答用户问题

依托庞大的医学知识库与丰富临床案例,BAIMGPT不仅提升了权威性、专业性与准确性,还能为患者提供个性化、高精度的诊疗建议。这些建议随持续学习不断优化,确保时效与精准。在此模式下,咨询将兼具温情与专业,患者依从性会大增,更乐于采纳医生建议,诊疗与康复的信心和动力也随之增强。此外,这一咨询方式利于减少误解与沟通壁垒、提高诊疗效率、促进医疗资源的均衡分配。名医、大医数字人的直接回应机制,不仅加深了咨询亲和力、信任度和患者遵从性,还大幅提升了诊疗的成效,为医学GPT的研发注入了创新的活力(表2)^[17-18,20-21,28-29]。

在医学GPT研发中,将简单问答模式升级为专家数字人分身形式,利于提升信息交互效率和用户体验。以BAIMGPT为例,通过与国际元宇宙医学协

会、中国肺癌防治联盟等合作,已成功开发出针对肺结节评估的专病知识库,具备强大的信息处理和推理能力,并能将复杂医学知识通过数字人,以直观、沉浸式的方式呈现。这种创新形式不仅让专业医疗服务更加便捷、个性化,还显著增强了用户信任度,特别是在高度专业的医疗领域^[17,20-21,28,30-32]。

从简单咨询转为专家数字人分身形式,用户可通过逼真形象获得面对面的真实感受,增强沉浸感和信任度。这种交流方式可拉近医患距离,也有助于培训医学生等人才。通过大量文献和病例数据训练,BAIMGPT掌握深厚的知识,能够根据用户病史,智能推荐针对性的医疗信息和建议。同时,专家数字人分身具备元宇宙医学元素,利于推动知识共享与学术交流。支持在线咨询、诊疗、医学教育等多种场景,满足不同用户需求。

表 2 BAIMGPT 研发的方法和技术路线

方法	技术路线
明确目标	(1)确定目标:服务基层医生和患者,满足具体需求。(2)专家分身:专注肺结节,具备专业性和亲和力。
技术准备	(1)NLP技术:优化GPT理解肺结节的专业术语和数据。(2)多模态交互:融合多种方式提升数字人的真实感。(3)个性化定制:为数字人提供多样化个性化设置。
数据收集与训练	(1)数据收集:采集专家对话和病历用于模型训练。(2)模型训练:用数据优化GPT准确理解回答医学问题。(3)知识融合:专家参与训练确保模型专业可靠。
数字人分身设计	(1)外观设计:定制专家形象的面部特征及服装。(2)交互设计:规划数字人与用户的对话流程和行为表达。(3)测试优化:基于用户反馈持续改善数字人体验。
部署与迭代	(1)品牌授权:依据国家知识产权局核准的商标注册范围应用。(2)平台集成:将数字人整合到移动端、网页等应用环境,保障顺畅运行。(3)优化升级:依用户意见及技术演进持续改进功能与表现。
合规与隐私保护	(1)合规服务:数字人分身提供的医疗信息和服务均遵循相关法律法规。(2)数据安全:强化用户数据保护,确保用户的隐私得到严格防护。
推广与应用	(1)指导使用:帮助用户掌握数字人分身的应用方式。(2)宣传推广:多渠道传播,增强数字人分身的市场认知。

这种创新性应用方式不仅能提升医学信息的传递效率和准确性,还可增强用户的信任度和依从性,为医学领域发展注入新活力。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,大医数字人分身有望在医学领域发挥更加重要的作用。

2.3 改盲目宠信为质控核对 在医学 GPT 或医疗 AI 系统的研发中,用“AI 质控核对”替代“盲目宠信”,是推动技术成熟与可靠性的关键转变。这一改进可显著提升诊疗精准性,通过严格验证每项建议,减少误诊风险;同时保障患者安全,及时识别并修正潜在错误,确保治疗意见的安全有效性。医生

信心与责任感也因此得到增强,严谨的核对机制让医疗从业者更信任 AI 输出,同时促使他们保持独立判断,提升决策能力和职业素养。此外,质控核对不仅验证当下的输出质量,还为系统的持续优化提供数据支持,助力算法改进和性能提升。这一方法完全符合医疗行业的严格监管要求,确保了 AI 应用的合法性和规范性。总体而言,在医学 GPT 中引入质量控制核对机制,既提升了诊疗的安全性和有效性,又促进了医生能力的提升和技术的持续进步,为医疗 AI 的应用奠定了坚实的基础,并推动其走向更广阔的实践空间(表 3)^[15, 17, 20-21, 24-25]。

表 3 将盲目宠信改为质控核对的方法和技术路线

方法	技术路线
建立严格数据验证清洗流程	(1)临床逻辑验证:确保生成数据符合经典公开数据和大医临床实践。(2)一致性验证:确保跨模态数据在病变描述、时间序列和解剖结构上逻辑自洽。(3)双盲测试:对连续生成的 100 例数据随机抽样 20% 进行双盲测试。(4)专家审核机制:通过临床专家对生成数据的多层次评审和质控。
实施多层次模型验证	(1)性能检验:开发阶段采用交叉验证等技术评估模型效果。(2)泛化测试:在独立未参与训练的数据集上检测模型表现。(3)专业把关:医学专家审核输出,确保准确性和可信度。
引入质量控制机制	(1)自动校对:应用 AI 技术,检查语法、拼写及医学术语错误。(2)一致性审核:确保生成内容与现有医学知识一致。(3)风险评估:评估模型建议或诊断的患者影响。
持续监控和更新	(1)性能监控:实时跟踪模型的准确率、召回率等关键指标。(2)反馈循环:收集医生、患者等多方反馈以优化模型。(3)定期更新:根据新医学研究和数据,持续改进模型。
强化伦理和法规	(1)伦理审查:遵守医学伦理原则,保障患者隐私和数据安全。(2)法规遵循:开发及使用过程中确保符合 HIPAA 等法律法规。
透明和可解释性	(1)模型透明度:解释模型的工作原理和决策逻辑。(2)可解释性:确保输出结果易于理解并便于医生、患者解读。

通过这些措施,可将医学 GPT 的研发过程从盲目宠信转变为质控核对的良性科学流程,从而显著提高医疗 AI 系统的安全性和可靠性和准确性。为此,建议借鉴公开数据 AI 助手的研究方法和技术路线研发医学 GPT^[15,18,20,27,33-34],方法如下。

(1)使用专门的小型模型。开发或采用专注医学的小型模型,能够更深入地理解医学术语和上下文,从而提供更准确的信息。

(2)依赖顶级医学文献。训练数据严格筛选:确保数据来源权威可靠,如采用如柳叶刀、新英格兰医学杂志、美国呼吸重症监护杂志等顶级医学文献的数据,确保模型学习的内容具有高度的权威性和准确性。

(3)实施多模型协作架构。通过构建多模型协作系统,综合应用不同模型的优势,相互验证和纠正信息,从而进一步提高输出的准确性,提升准确性和降低偏见。

(4)严格的数据校验机制。在输出阶段,实施严格的数据校验机制,对生成的内容进行医学逻辑检查、事实核对,以及与已知医学知识库的对比,以确保信息的准确性和可靠性。

(5)强调用户反馈和改进。建立用户反馈机制,收集用户的实际使用体验和问题反馈。通过不断迭代和优化模型,逐步提升其性能和准确性。

(6)注重知识的公平获取。致力于促进医学知识的公平获取,为基层和偏远地区的医生提供便利。这可通过提供免费或低成本访问权限、开发适

合不同语言和文化背景的界面等方式实现。

(7)借鉴公开证据创始人经验。研发团队应深入了解医学领域的真实需求,致力满足用户需求。同时关注错位竞争,寻找与其他产品的差异化点,并将潜在的弱点转化为优势。

应用公开证据 AI 助手方法研发医学 GPT,才能改盲目宠信为质控核对,显著提升医学 GPT 的准确性和可靠性,为医疗决策提供更有力的支持。

2.4 改单纯循证加大医经验 在医学 GPT 的研发中,整合循证医学与“大医经验”(或资深医生经验)的举措具有深远意义。循证医学虽基于发表的研究,但受限于研究设计和样本量等因素限制,尤其是易受限于罕见病或新兴领域的高质量证据,易于关注平均效应而忽视个体差异与临床复杂性。相比之下,“大医经验”凝聚了资深医生长期实践的智慧和,在应对多变临床情况时具有独特视角与策略,对治疗决策至关重要。将大医经验融入医学 GPT,能显著提升处理特殊病例的能力。结合循证医学与大医经验,可构建一个全面的临床决策支持系统,既保持科学研究严谨性,又融入实践灵活性。

这一融合方法有助于减少误诊与漏诊,提升疗效安全性,并促进医学知识传承。年轻医生可快速汲取前辈智慧,同时推动研究创新,响应患者对专业性的期待。在医学 GPT 研发中结合循证医学与大医经验,可为个体化医疗和智能医学发展提供有力支持(表 4)^[15,18,20-21]。

表 4 整合循证医学与大医经验的方法和技术路线

方法	技术路线
数据收集与整理	收集大医的经典临床案例和经验,对这些数据进行结构化处理,便于后续的分析和整合。
建立知识图谱	构建包含循证医学知识和大医经验的医学知识图谱。在其中明确标注循证证据的来源、等级以及大医经验的适用场景和限制条件。
算法融合	在医学 GPT 的算法中融入大医经验,设计算法能够根据患者的具体情况,自动匹配最相关的循证证据和大医经验。
个体化推荐	基于患者临床信息,使医学 GPT 能够生成个性化的医疗建议。在建议中同时呈现循证证据和大医经验,并说明两者的关系和互补性。
持续学习与优化	医学 GPT 应具备持续学习的能力,能不断吸收新的循证证据和大医经验,并通过临床应用,不断优化算法的性能和准确性。

在医学 GPT 的研发中,融合循证医学与大医经验不仅弥补了循证医学的局限性,还促进了临床决策质量提升、医学知识传承与创新。以笔者研发的 PNapp 5A(肺结节诊治 5A 程序)为例,其源于“三加二式诊断法”,并在此基础上更新迭代(图 2)^[35-39]。

随着 CT 技术普及肺癌筛查推广,肺结节发现增多,如何处理成为关键。为实现易学且高效的目标,“三加二式诊断法”应运而生:“3 步检查法”包括采集病史、无创和有创检查;“两套备用方案”则为手术切除与随访观察^[40]。随后,为进一步融入 AI 功

能,提出了PNapp 5A,通过使“复杂问题简单化、简单问题数字化、数字问题程序化、程序问题体系化”的策略,将诊治肺结节的中国共识和亚太指南整合到PNapp 5A及初评与研判的二流程体系中。这不

但实现了手工业作坊式个体诊疗模式向国家和国际标准的物联网流水作业工程的跃升,也提升了诊断规范性、效率与可操作性^[22-26],具有良好的应用价值。

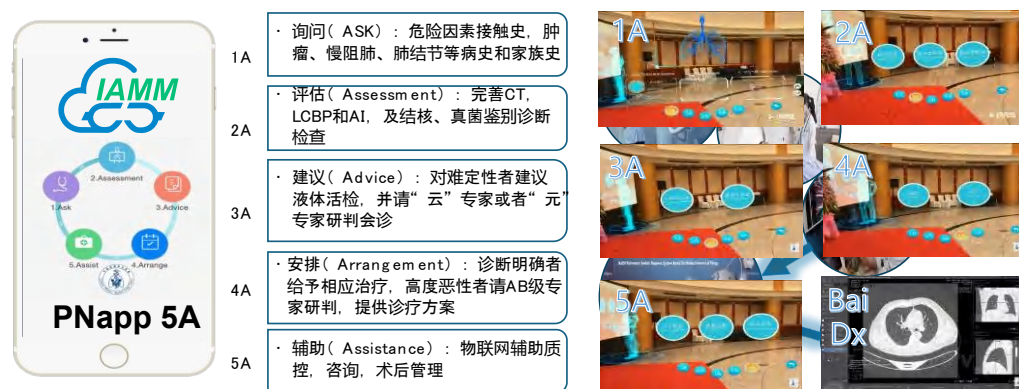


图2 PNapp5A

在医学GPT的研发中,将单纯循证方法升级为结合大医临床经验的模式是时代所需,有助于满足个性化医疗需求并产生深远意义。这种融合方式不仅能提升决策精准度和个性化治疗水平,还能增强AI系统的可信度与接受度,并促进医学知识的传承与创新。

首先,融合大医经验可使AI系统更加贴近实际临床场景,能够准确识别患者特殊需求和病情细微差别,提供更具针对性的诊疗方案。其次,名医、大医的经验作为医学领域的重要财富,经过长期实践验证,将其融入GPT系统能显著提升其可信度,促进其在医疗领域的普及。此外,这种结合还推动了医学知识的传承与创新。通过AI记录和整理大医经验,年轻医生可快速学习并掌握前人智慧,缩短学习曲线并将陈述性知识转化为实践能力的程序性知识。同时,AI系统还能协助分析病例和研究文献,发现新的治疗方案和疾病模式,助力医学发展。在优化证据应用方面,结合循证医学与临床经验为决策提供更全面支持,而市场前景更易因中国丰富的病例资源而得到拓展,推动针对特定需求的医疗产品开发。最终,融合技术可更全面评估患者健康状况、预测风险并采取预防措施,从而降低医疗差错、提高安全性与服务质量。

这种结合不仅体现了理论与实践的统一,也为AI在医疗领域的应用开辟了新天地,彰显了其服务临床医学的重要价值^[15-16,19,24-27,41]。

3 临床验证与效果

BAIMGPT与DeepSeek肺结节管理对照研究,旨在探讨BAIMGPT和DeepSeek在肺结节咨询与治疗中的临床意义,并评估两者的实际效能差异。研究采用随机等待列表质量改进(QI)对照设计,聚焦于用户交互体验的关键维度:包括亲切感、安全感、问题理解力、回答精准性、语音互动流畅度以及需求满足程度。2025年2月至6月,在复旦大学附属中山医院、上海百汇医院和南宁市第一人民医院随机选取肺结节患者215例,应用BAIMGPT和DeepSeek系统为每例患者序贯回答相同问题。重点考察两系统的用户体验和专业性差异。研究结果显示,两个GPT在便捷性评价和用户需求程度方面表现近似。然而,BAIMGPT在以下几个核心维度上,展现了显著优势。(1)亲切感与安全感:BAIMGPT通过大医数字人形象进行交互,给予患者更强的信任感和心理舒适度。(2)问题理解和回答精准性:依托专病数据库和“四改”创新点,改数据清洗为数据精选、改简单咨询为直面分身、改盲目信任为质控核验、改单一循证为经验整合,确保了BAIMGPT在专业性和准确性上的优势。这种差异源于其独特的技术架构:独有的专病知识库、结合名医临床经验的推理机制、多维度质量控制体系。

这一研究基于“四改”创新点,构建了以患者为中心、大医为原型、专病为抓手、质量为保障的新型医疗咨询模式。这种创新不仅继承了GPT技术的

核心优势,更显著提升了诊疗服务的专业性和可靠性。

BAIMGPT在肺结节管理中展现出独特优势,其结合医学专业知识与用户体验优化的设计理念,为AI辅助诊断系统的未来发展提供了重要参考。该成果有助于推动智能问诊工具的临床转化应用,从而更好地服务于患者,提升医疗服务质量。这一成果不仅为肺结节患者的精准诊疗提供了有力支持,更为AI赋能医疗服务的未来发展开辟了新路径。

4 实际应用场景与价值

BAIMGPT在肺癌筛查及诊疗中展现出显著的临床应用价值,覆盖多种适用场景并优化诊疗流程,同时具有突出的费用效益潜力^[42]。(1)适用场景:该技术可应用于高危人群的肺癌筛查、肺结节的咨询与管理、诊断分期、治疗方案制定以及术后复查等关键环节。对于发现早期肺结节患者,BAIMGPT能够快速提供专业建议并指导后续诊疗计划。(2)诊疗流程优化:该项技术遵循“PNapp5A”理念,将复杂问题简单化、简单问题数字化、数字问题程序化、程序问题体系化。通过智能化影像分析,医生的工作效率明显提升,患者等待时间显著减少,诊断结果更加精准,改善传统的繁琐流程。(3)费用效益:该技术能有效降低医疗成本并优化资源配置。首先,早期筛查和准确评估可大幅减少误诊率;其次,避免过度检查和不必要治疗。以高危人群为例,通过精准识别可疑结节,BAIMGPT能够减少无效随访,使有限的医疗资源得到更合理利用。

5 多学科协作创新

BAIMGPT可在肺癌筛查和评估、诊疗方面发挥独特作用,其成功实施依靠与多领域专业人员的合作机制及跨学科知识整合^[42]。合作模式方面,BAIMGPT需要医学专家、信息工程师、数据分析专家等多领域人才的协同工作,通过建立数据互联互通机制,各领域专才可以发挥专业优势,实现精准分工与高效协作。知识整合方面,该技术将医学影像学的实践经验和AI领域的最新算法相结合,对海量影像数据进行深度学习建模,提升诊断准确率;应用NLP技术解析病历文本信息,构建全面的知识图谱。这不仅提高了肺癌筛查和评估的效率及准确性,还优化了患者咨询体验及个性化管理方案。该技术可赋能基层医生,提高诊疗水平,促进分级诊疗体系建设。

6 用户体验优化

BAIMGPT不仅在技术支持和诊断准确性上有显著优势,还在用户体验、安全性、易用性和覆盖范围等多个方面进行了优化,利于提升公共健康水平,特别是在增强基层医疗能力上表现突出。这种全方面的设计使得该技术能够在实际应用中发挥更大作用,为更多用户提供高质量的医疗服务^[42]。

(1)界面设计:系统注重用户体验,界面简洁明了,操作流程易于掌握,确保用户能够快速上手并生成高效的报告。(2)亲切感:大医数字人与用户建立友好互动,让用户感受到关怀和支持。(3)安全感:系统采用多重隐私保护措施,确保数据安全,提升用户的信任感。通过准确可靠的诊断建议,帮助患者和医生做出更优决策,降低误诊风险,进一步增强诊疗过程的安全性。(4)视觉赋能:利用直观的图表和图片,系统将复杂的医学信息转化为易于理解的内容,使用户能够快速掌握关键点,并根据视觉引导进行操作,提升应用效果。(5)语音交互:支持语音问答功能,方便用户特别是视觉障碍者或不习惯使用键盘的用户直接获取所需的信息与帮助,增加系统的包容性与灵活性。(6)可及性:该技术可通过手机、平板电脑等移动设备访问,对硬件要求较低,适应了多样化的使用场景,无论是医院还是家庭都能轻松应用。(7)便捷性:用户可以通过互联网获取专业建议,满足了现代社会中用户的高效服务需求,尤其是在资源匮乏的基层地区,极大提升了医疗服务的可及性和公平性。

7 法律法规与伦理

BAIMGPT已获得国家知识产权局授予的注册商标(图3),核定使用服务项目涵盖虚拟现实装置、医疗记录管理、互联网医疗服务等多个领域,充分体现了其技术的合法性和专业性。与此同时,该系统通过中山医院伦理委员会批准,并与国际元宇宙医学协会和中国肺癌防治联盟合作,研发了专病与大语言融合知识库^[42]。这一知识库,包含国内外权威专家共同制定的亚太地区及中国首部肺结节评估管理共识指南,及持续更新的相关诊疗规范,确保技术的科学性和临床实用性。此外,BAIMGPT在2024年4月10日于上海市闵行区医学会元宇宙医学专业委员会成立大会上正式亮相,成为全球领先的元宇宙医学数字人GPT产品。其背后汇聚了国际知名或国内顶尖专家团队的力量,并以顶层设计、学术引领、科技创新和智能惠众为核心优势,为

肺癌筛查和评估提供了全方位的技术支持。同时,基于伦理考量,BAIMGPT在设计和应用过程中严格遵循中山医院伦理委员会的相关要求,减少了人为偏见,确保系统运行的公正性和透明性。更重要的是,BAIMGPT通过大规模免费咨询服务(包括医疗转诊的行政服务),将优质医疗资源下沉至基层地区,显著提升了肺癌筛查和诊疗在基层的覆盖能

力。这不仅弥补了基层医疗机构技术和服务能力的不足,还为患者提供了便捷、高效、精准的医疗服务,推动了区域医疗资源均衡化发展。

简言之,BAIMGPT凭借其合规性、伦理保障、学术引领和技术创新,在提升公共健康水平方面具有显著优势,尤其在肺癌筛查和诊疗领域的基层全覆盖中发挥了重要作用。



图3 BAIMGPT注册商标

8 发展前景与展望

随着AI技术的快速发展,BAIMGPT将作为一款专为医疗场景设计的智能系统,在肺癌筛查、评估和诊疗领域展现巨大潜力^[42]。在技术演进方向上,未来可以通过与其他影像技术(如AI辅助影像分析、3D建模等)结合,进一步优化对肺结节特征的识别能力和诊断准确率。此外,BAIMGPT可以通过深度学习病灶数据与临床动态变化的关系,逐步实现疾病进展预测功能,为个性化治疗方案提供更坚实的依据。

在技术优化方面,BAIMGPT可以着重提升专病模型的精准性,例如改“数据清洗”为“数据精选”,筛选高价值临床数据进行训练;改“简单咨询”为“直面分身”,通过智能化对话增强医生与患者之间的互动;改“盲目宠信”为“质控核对”,引入多维度质量控制机制确保输出结果的可靠性;改“单纯循证”为“循证+AI辅助”,结合临床经验优化诊疗方案^[42]。这些改进将显著提升系统在肺癌筛查和评估中的效率与准确性,同时降低误诊率。

从社会影响来看,BAIMGPT对肺癌早筛具有重要意义。通过智能化影像分析,它能够快速识别高危人群并优化筛查流程,从而提高早诊率和早治率。此外,在诊疗环节中,BAIMGPT可精准评估病变特征,为医生提供个性化的治疗建议,显著提升治疗效果。更重要的是,该技术能够下沉至基层医疗机构,缓解区域医疗资源分布不均的问题,推动分级诊疗模式的落地实施。

综上所述,BAIMGPT通过技术优化和创新,在肺癌筛查与诊疗中展现了卓越的潜力^[42]。它不仅提升了基层医疗服务能力,还为实现“健康中国”目标提供了重要助力。未来,随着技术的不断升级,有可能将BAIMGPT拓展成为元宇宙医生大脑,为研发物理元宇宙医生,作为其大脑打好基础。BAIMGPT将成为推动公共健康事业发展的重要力量。

伦理声明 无。

利益冲突 作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白春学:选题、撰写、修改论文。

参考文献

- [1] THAI A A, SOLOMON B J, SEQUIST L V, et al. Lung cancer [J]. Lancet, 2021, 398(10299): 535–554.
- [2] BRODY H. Lung cancer[J]. Nature, 2020, 587(7834): S7.
- [3] NOORELDEEN R, BACH H. Current and future development in lung cancer diagnosis [J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(16): 8661.
- [4] LI C, LEI S Y, DING L, et al. Global burden and trends of lung cancer incidence and mortality [J]. Chin Med J (Engl), 2023, 136(13): 1583–1590.
- [5] OUDKERK M, LIU S Y, HEUVELMANS M A, et al. Lung cancer LDCT screening and mortality reduction—evidence, pitfalls and future perspectives [J]. Nat Rev Clin Oncol, 2021, 18: 135–151.
- [6] PEI Q, LUO Y N, CHEN Y Y, et al. Artificial intelligence in clinical applications for lung cancer: diagnosis, treatment and prognosis [J]. Clin Chem Lab Med, 2022, 60(12): 1974–1983.

- [7] HUANG S G, YANG J, SHEN N, et al. Artificial intelligence in lung cancer diagnosis and prognosis: current application and future perspective[J]. *Semin Cancer Biol*, 2023, 89: 30–37.
- [8] BELLINI V, BIGNAMI E G. Generative pre-trained transformer 4 (GPT-4) in clinical settings [J]. *Lancet Digit Health*, 2025, 7(1): e6–e7.
- [9] MAO Y Q, XU N, WU Y N, et al. Assessments of lung nodules by an artificial intelligence chatbot using longitudinal CT images [J]. *Cell Rep Med*, 2025, 6(3): 101988.
- [10] TAN S T, XIN X, WU D. ChatGPT in medicine: prospects and challenges: a review article [J]. *Int J Surg*, 2024, 110(6): 3701–3706.
- [11] GAO S G, LI N, WANG S H, et al. Lung cancer in people's republic of China [J]. *J Thorac Oncol*, 2020, 15(10): 1567–1576.
- [12] WANG Q, ZHANG X J, YANG D W, et al. Criteria for lung cancer screening and standardized management in China [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2023, 136(14): 1639–1641.
- [13] YANG S X, LIANG Q, JIANG W P, et al. Significance of GPT-enabled LDCT lung cancer screening [J]. *Clin eHealth*, 2025, 8: 117–124.
- [14] GHASSEMI M, BIRHANE A, BILAL M, et al. ChatGPT one year on: who is using it, how and why? [J]. *Nature*, 2023, 624(7990): 39–41.
- [15] MINSEN T, VAYENA E, GLENN COHEN I. The challenges for regulating medical use of ChatGPT and other large language models [J]. *JAMA*, 2023, 330(4): 315–316.
- [16] ARONSON J K. When I use a word. . ChatGPT: a differential diagnosis [J]. *BMJ*, 2023, 382: 1862.
- [17] Yang D W, Zhou J, Song Y L, et al. Metaverse in medicine. *Clinical eHealth* 2022(5): 39–43.
- [18] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.
- [19] 顾建英, 宋振举, 白春学. 拥抱新质生产力, 开创医学新时代 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 1–2.
- [20] 白春学. 医学新质生产力之我见 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 3–10.
- [21] YANG D W, SUN M T, ZHOU J, et al. Expert consensus on the “digital human” of metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2023, 6: 159–163.
- [22] 韦 球, 蒋维芃, 杨超勉, 等. 医学数字人 GPT 的研究现状及展望 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(1).
- [23] THIRUNAVUKARASU A J, TING D S J, ELANGOVAN K, et al. Large language models in medicine [J]. *Nat Med*, 2023, 29(8): 1930–1940.
- [24] SINGHAL K, AZIZI S, TU T, et al. Large language models encode clinical knowledge [J]. *Nature*, 2023, 620(7972): 172–180.
- [25] MARKS M, HAUPT C E. AI chatbots, health privacy, and challenges to HIPAA compliance [J]. *JAMA*, 2023, 330(4): 309–310.
- [26] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health [J]. *Lancet*, 2020, 395(10236): 1579–1586.
- [27] HAUG C J, DRAZEN J M. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023 [J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(13): 1201–1208.
- [28] Newsletter: The first Metaverse Medical Digital Human GPT launches. *Clin eHealth*, 2024, (7): 51.
- [29] 胡 洁. 元宇宙医学数字人 GPT 研究快报 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(1): 2.
- [30] 国际元宇宙医学协会睡眠呼吸专家组. 云加端物联网辅助诊治睡眠呼吸暂停(OSA)专家共识(2022版) [J]. *复旦学报(医学版)*, 2023, 50(4): 613–9, 32.
- [31] 白春学, 陆俊羽, 蒋维芃, 等. 医学新质生产力赋能阻塞性睡眠呼吸暂停诊疗新模式 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 22–8.
- [32] 物联网在睡眠呼吸疾病诊治中的应用专家组. 物联网在睡眠呼吸疾病诊治中的应用专家共识 [J]. *国际呼吸杂志*, 2013, 33(4): 241–4.
- [33] RAJPURKAR P, CHEN E, BANERJEE O, et al. AI in health and medicine [J]. *Nat Med*, 2022, 28(1): 31–38.
- [34] SHANAHAN M, MCDONELL K, REYNOLDS L. Role play with large language models [J]. *Nature*, 2023, 623(7987): 493–498.
- [35] YANG L, YANG D W, YAO M, et al. Concept and prospect of the Human-Computer Multi-Disciplinary Team (MDT) in pulmonary nodule evaluation [J]. *Clin eHealth*, 2023, 6: 172–181.
- [36] 中华医学会呼吸病学分会, 中国肺癌防治联盟专家组. 肺结节诊治中国专家共识(2024年版) [J]. *中华结核和呼吸杂志* 2024; 47(8): 716–29.
- [37] YANG D W, LAM S, KAI W, et al. Expert consensus on the evaluation and management of high-risk indeterminate pulmonary nodules [J]. *Clin eHealth*, 2024, 7: 27–35.
- [38] 王 源, 杨达伟, 白春学. 元宇宙时代的肺癌筛查与管理 [J]. *元宇宙医学* 2024, 2(1): 13–5.
- [39] 中国物联网辅助评估管理肺结节专家组. 物联网辅助评估管理肺结节中国专家共识 [J]. *国际呼吸杂志*, 2022, 42(1): 5–12.
- [40] 白春学. 肺结节“三加二式诊断法” [J]. *国际呼吸杂志*, 2013, 33(6): 401–2.
- [41] 宋元林, 宋振举, 钱菊英, 等. 元宇宙技术在医疗质量控制中的应用 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 2(1): 1–8.
- [42] 白春学. 医学 GPT 研发应用之吾见 [J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(1): 6–14.

引用本文

白春学. 肺结节专家——BAIMGPT 白皮书 [J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 55–64.

BAI C X. White paper on pulmonary nodule expert—BAIMGPT [J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 55–64.