Open Access
DOI:10.3724/zdxbyxb-2026-0040

智能医药

·专题报道·

[编者按] 人工智能（AI）已经从实验走向应用。AI的兴起对医学研究、临床诊治、公共卫生服务等必将产生深远影响。从初始将AI作为提高效率的工具到无所不能的AI智能体，面对AI日益爆发的能量，人们不禁要问：AI将代替医生吗？AI会进行医学创新吗？李鲁教授2025年11月30日在杭州召开的“长城健康生态合作会议”上所作“AI在科学发现与科技创新中的地位及作用”报告中提出“人机协同赋能创新”的观点，特组约成文以为本专题开篇。

人机协同赋能医学创新

李 鲁[1,2]

1. 浙江大学医学院社会医学系，浙江 杭州 310058
2. 智慧健康公共服务浙江省工程研究中心（浙江树人学院），浙江 杭州 310015

Human-AI synergy in empowering medical innovation

LI Lu[1,2] (*1. Department of Social Medicine, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310058, China; 2. Zhejiang Provincial Engineering Research Center for Smart Health Public Service at Zhejiang Shuren University, Hangzhou 310015, China*)
Corresponding author: LI Lu, E-mail: lilu@zju.edu.cn, ORCID: 0000-0002-9477-7093

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2026, 55(1): 1-3.]

人工智能（artificial intelligence，AI）是当下一个充满机遇和挑战的热门话题。AI技术在医学领域的应用正在快速崛起，这种深刻的关联和广泛的前景也带来了关于医学创新、医疗服务的新思考。本文汲取了几位诺贝尔奖、图灵奖、菲尔兹奖得主等顶尖学者的观点（北师香港浸会大学新闻公关处. 顶级学术天团在BNBU同框，他们如何看AI与未来？[EB/OL]. (2025-11-20)[2025-12-05]. https://bnbu.edu.cn/info/1075/111699.htm.）和AI在医学融入应用的实例，拟从AI的核心定位、人类在AI时代的不可替代性，以及人机协同的共生范式三方面谈谈人机协同赋能医学创新这个话题。

1 AI为科技创新赋能及其局限性

回顾人类进入工业文明以来的前三次革命，蒸汽机的发明打破了对传统人力（畜力）及自然动力的依赖，电气化的应用实现了生产生活必需的动能跨空间输送及按需瞬时使用，计算机和互联网的普及实现了生产自动化、管理现代化。通俗地理解历次工业革命就是解放人的体力，开发人的脑力。学术地阐释，工业革命是通过技术工具解放人类生理局限、拓展能力边界的过程，即“代替”人类原本依赖体力或脑力完成的重复性、机械性任务，“强化”人类核心能力（感知、决策、协作等）的效率、范围和深度。因此，AI代表的是

收稿日期（Received）：2025-12-09 修改返回日期（Revised）：2025-12-15 接受日期（Accepted）：2026-01-10 网络预发表日期（Online）：2026-01-16
基金项目（Funding）：国家社会科学基金（21BGL235）；浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划（2023C03161）；浙江省自然科学基金（LY22G030019）
作者简介（Author）：李 鲁，教授，博士生导师，主要从事卫生政策与健康体系、弱势群体健康保护与发展研究；E-mail：lilu@zju.edu.cn；ORCID：0000-0002-9477-7093

继蒸汽机解放劳动力、电气化扩展生产力、计算机实现自动化后的第四次工业革命的核心科技，其本质是实现脑力的解放，是强大的工具。

将AI作为第四次工业革命的核心科技，源于AI具有三大优势：一是处理海量数据水平，能够高效处理和分析远超人类能力范围的庞大数据集；二是构建复杂模型能力，能够构建复杂的模型并挖掘数据中的规律，解析复杂问题；三是提升科研效率，显著加速科研进程，例如复旦大学郁金泰教授团队利用AI大模型分析百万级样本，不仅发现了帕金森病新致病基因位点，还从7000余种化合物中快速筛选出有效分子，将原本需耗时数十年的研究压缩至5年(江庆龄. AI加持，找到延缓帕金森病新靶点[N]. 中国科学报，2025-02-26.)。正如RNA三维结构与靶向药物研究泰斗埃里克·韦斯特霍夫(Eric Westhof)教授强调“AI是极其重要的工具。要善用AI提供的非凡助力，让我们的大脑能够专注于更具创造性的领域”。

然而，不得不清醒认识AI存在三大固有的局限性：一是对已知数据和理论的依赖。其所有判断和输出都基于已有的知识和数据，无法真正突破已知边界。诺贝尔奖得主乔希姆·弗兰克(Joachim Frank)教授认为“AI所知晓的一切都源于过去，对未来则一无所知。”“AI固然能加速问题的解决，但其根本局限在‘已知’，而科学的本质在发现‘未知’”。二是对反常现象缺乏敏感性或批判性思维。当遇到与现有理论相矛盾的数据时，AI难以进行深刻解读和理论突破。诺贝尔奖得主丹·谢赫特曼(Daniel Shechtman)教授用自己的发现突破了“晶体原子排列必须具有周期性”的认知，他认为“运气”在科学发现中的作用是一种不可预判的偶然性，依赖逻辑和数据的AI永远无法捕捉到“运气”及其背后的可能性。因为AI缺乏批判性思维，也就难以孕育颠覆性的创造。三是AI不具备直觉、灵感等人类独有的特质，无法克隆人类灵魂从而成为颠覆人类的主导力量。

2 人类在AI时代具有不可替代性

尽管AI能力强大，但人类在从0到1的科学发现和科技创新中拥有AI无法替代的核心价值。

——人类的直觉和洞察力是颠覆性创新的密码。丹·谢赫特曼教授回忆：“面对重大发现，当数据与那些挥之不去的‘理论’矛盾时，我更相信直觉，因为直觉是你全部知识储备的融合”。即使面对整个科学界的反对，凭借自身专业直觉，丹·谢赫特曼教授坚持关于非周期性晶体的新理论，二十多年后(2011年)终获诺贝尔奖。

——人类的信心和坚持是科研攻坚克难的利器。1982年丹·谢赫特曼教授发现“准晶体”结构，完全颠覆“晶体原子排列必须具有周期性”传统理论，很长时间受到学界的质疑。丹·谢赫特曼教授坚信自己的实验结果，坚守科学发现的初心。他认为，若将这一突破性发现及相关数据交由AI评判，基于AI遵从既有知识体系的逻辑，与主流科学界的判定一样，大概率会被直接判定为“不符合科学规律”。

——人类跨学科素养是科技创新的灵感来源。莱斯利·兰伯特(Leslie Lamport)教授认为只有人类才会打破边界而具备跨学科素养和联想能力。他因跨学科运用了物理学狭义相对论知识创新计算机理论，最终获图灵奖。

总结几位大奖得主对人类核心特质的共识：第一是直觉和洞察力，这是在长期专业知识积淀基础上形成的一种本能判断；第二是信心和坚持，这是在面对质疑和反对时，能够坚持自己的科学观点；第三是跨学科素养和联想能力，这是创新常常诞生于不同学科交叉点的重要原因。在迎接AI为代表的科技创新大潮中，人类需要通过角色和能力的“进化”，升级为聚焦于提出假说、解读反常现象、进行跨学科联想等最具创造性的主体，进而具备与之相适应的能力。

3 构建人机协同的共生范式及实现路径

3.1 人类与AI的共生角色

必须重视并掌握AI，因其辅助人类脑力劳动的作用是空前强大的。AI不仅可以代替人类进行繁杂的重复性演算，而且可以代替人类汇聚科学规律及方法进行创新性建构。在医疗科技领域，运用AI对大模型生物信息进行数据分析和深度学习，能够快速准确地挖掘数据间的关联性，从而迅速发现新的基因、预测蛋白质结构，大大缩短基因编辑、新药研发的周期。

必须坚定人类在AI时代科技创新的主导角色，在生命科学和医药研发中提出创新性的科学问题和靶点，并坚守最终的临床验证、价值判断

和理论升华的责任;同时充分发挥AI赋能作用,让AI承担数据筛选、模型模拟、实验设计辅助等重复性、高强度计算工作,构建人机协同的共生体系。

必须营造人机协同共生的学术环境和教育生态。莱斯利·兰伯特批评“大学即职业培训所”的狭隘功利性观念。他鼓励“人生应当充满乐趣。发掘心中所爱,正是教育的真谛。”“要追随内心去学习,因为我们无法预判十年后哪些知识会变得重要。”莱斯利·兰伯特拿下图灵奖的关键论文正源于大学时代因数学兴趣而对狭义相对论有了深刻理解。AI将改变知识传承和技术创造的样式,应当与数理化、计算机一样成为大学通识课、必修课,成为人类更好发展的工具。同时,AI时代更需要建立一个能够容错、包容异想天开的学术生态环境,避免人类的创新萌芽被扼杀在“AI的逻辑”下。

3.2　人机协同的实现路径

(1)改革高等教育。高等教育应打破学科界限,培养通识教育者和兴趣导向者,同时鼓励学生发挥想象力和创造力。AI将从教育理念、知识结构到教学方式、临床实践全面渗透医学及其教育,为医工结合、医文融合的“新医科”开辟更好的实验平台,创造如物理学家克里克和生物学家沃森合作发现DNA双螺旋结构这样更多人类里程碑式的发现和发明。

(2)优化学术环境。菲尔兹奖得主埃菲·杰曼诺夫(Efim Zelmanov)教授认为学术环境是极其重要的。为何优秀的学子常涌现于优秀的院校?因为在那里,他们不仅从导师身上汲取知识,更在与同侪的切磋中成长,在浓厚的学术氛围中启迪心智。建立包容不同学科、不同文化的学术环境,鼓励研究人员不被传统规则束缚,包括不受AI的“局限”,提出“离经叛道”的想法和“不切实际”的方案,给予他们足够的空间支持探索和验证。

(3)建立支持性生态系统。由政府、大学和科研机构、企业和社会组织共同参与建立人机协同AI共生支持体系,为AI与人类协同创造环境、制定规矩。AI参与生物科技研发、AI代替人类承担医疗服务等,不仅需要全面政策支持,而且亟待相关伦理规范及法律的完善,确保AI在人类主导下造福人类、改变世界。

4　结　语

总之,AI是工具赋能而非替代,与人类的关系是协同共生而非主导。科学的本质是人类对未知的好奇和追问,这是AI无法模拟的。从长远来看,我们应善用AI的工具价值,同时坚守人类的初心——好奇心、创造力和批判性思维,这将使人类在AI时代既能保持创新的本能,又能充分发挥AI代替人类脑力劳动的强大优势。当务之急我们要构建“AI工具+人类创新+优质生态”互补体系。拥抱AI时代,构建人机协同的共生体系,不仅需要技术层面的突破,还需要教育、环境和生态的优化。通过建立更包容、开放的生态系统,为AI在人类医学发展中创造更多可能性。

随着AI技术和医学研究的深度融合,我们正在经历一个前所未有的机遇和挑战,医学科学需要保持对生老病死的终极追问,同时发挥AI在医学知识更新和技术创新中的强大工具作用,构建生命健康的人机协同体系。

志谢　本研究得到国家社会科学基金(21BGL235)、浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划(2023C03161)和浙江省自然科学基金(LY22G030019)支持

Acknowledgements　This study was supported by National Social Science Fund of China (21BGL235), “Pioneer” and “Leading Goose” R&D Program of Zhejiang (2023C03161), and Zhejiang Provincical Natural Science Foundation of China (LY22G030019)

数据可用性　本研究未生成任何新数据集,所有分析数据均已公开,并已在文中明确标引

Data Availability　This study did not generate any new datasets, all data analyzed are publicly available, and have been properly cited

医学伦理　本研究不涉及人体或动物实验

Ethical Approval　This study does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the author

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

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

[本文编辑　沈　敏　余　方]