

人工智能在智能医疗保健中的应用研究

王祖恒^{1,3},韦春梦^{1,3},鲁文浩^{2,3},李 箔^{2,3},王富博^{1,2,3}

(1. 广西医科大学第一临床医学院,南宁 530021;2. 广西医学生命科学研究院,南宁 530021;3. 广西医科大学数字医学与健康广西高校工程中心,南宁 530021)



王富博,外科学博士,UCLA泌尿系肿瘤研究博士后,广西医科大学教授,博士生导师、博士后合作导师,数字医学与健康广西高校工程研究中心主任,广西高发重大疾病人工智能多模态临床决策创新基地负责人。入选广西八桂青年拔尖人才(第一批)、南宁“邕江计划”领军人才、广西医科大学“杰出青年人才”、广西企业“创新达人”。主持国家及省部级项目8项,包括国家重点研发计划课题1项,国家自然科学基金面上项目、青年项目各1项,担任“973”计划学术骨干。近5年来,授权国家发明专利8项,申请国家发明专利11项。以第一作者或通信作者发表*Nature Cell Biology*、*Molecular Cancer*、*BMC Medicine*、*Cell Death and Disease*、*International Journal of Cancer*等SCI期刊论文36篇,总影响因子280分,总被引3 800余次。研究成果先后在国际泌尿外科年会(SIU)、美国泌尿外科年会(AUA)、韩国泌尿外科年会(KUA)等国际会议上做会议报告。荣获第十届中国国际大学生创新大赛全国总决赛铜奖2项,第八届、第九届、第十届中国国际大学生创新大赛广西赛区选拔赛获金奖,第七届南宁市创新创业(人才)项目投融资路演大赛二等奖,2021年“力合星空杯”生物医药大健康成果转化创业大赛一等奖等。

摘要 人工智能(AI)赋能的医疗健康系统通过整合多阶段时序数据、多模态影像特征及多维度生物信息学参数,展现出巨大的潜力,持续优化临床实践范式并驱动医疗体系变革。本研究系统阐释了AI技术及基于大规模临床数据构建AI医疗模型的框架,继而论证了采用闭环数据迭代机制提升模型性能的研究路径;随后,详细介绍基于AI医疗保健的发展路线图。特别地,本研究以前列腺癌为例展示了AI医疗中的未来应用,描绘了AI技术在疾病筛查、诊疗决策及预后评估中的实施路径。基于上述研究,创新性地提出智慧医疗“数字人”概念模型,该模型通过融合动态生物特征数据与电子健康档案,为个体化健康管理提供理论框架。我们相信,持续演进的AI技术将通过重构诊疗流程、优化资源配置及创新服务模式,全面重塑未来医疗生态系统。

关键词 人工智能;机器学习;深度学习;大语言模型;智慧医疗

中图分类号:TP18;R-05 文献标志码:A 文章编号:1005-930X(2025)01-0001-08

DOI:10.16190/j.cnki.45-1211/r.2025.01.001

Application of artificial intelligence in intelligent healthcare

WANG Zuheng^{1,3}, WEI Chunmeng^{1,3}, LU Wenhao^{2,3}, LI Xiao^{2,3}, WANG Fubo^{1,2,3}. (1. The First Clinical Medical College of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 2. Life Sciences Institute, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 3. University Engineering Research Center of Digital Medicine and Healthcare, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China)

Abstract The artificial intelligence (AI)-based healthcare system, by integrating multi-phase temporal data, multi-modal imaging features, and multidimensional bioinformatics parameters, demonstrates great potential to continuously optimize existing clinical practice paradigms and drive systemic transformations in healthcare. This study systematically elaborates on AI technologies and the framework for constructing AI healthcare models

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(No. 82372828);广西杰出青年基金资助项目(No. 2023GXNSFFA026003)

[通信作者] 王富博,E-mail:wangfubo@gxmu.edu.cn

[收稿日期] 2025-02-18

based on large-scale clinical data, subsequently presenting a research pathway that improves model performance through a closed-loop data iteration mechanism. Furthermore, a detailed roadmap for the development of AI-based healthcare is provided. In particular, this study takes prostate cancer as an example to showcase the future applications of AI in healthcare, illustrating the implementation pathways of AI technologies in disease screening, diagnostic decision-making, and prognosis assessment. Based on the aforementioned research, the “Digital Human” concept model for smart healthcare is innovatively proposed. This model, by integrating dynamic biological feature data and electronic health records, provides a theoretical framework for personalized health management. It is believed that the continuously evolving AI technologies will fundamentally reshape the future healthcare ecosystem by reconstructing diagnostic and treatment processes, optimizing resource allocation, and innovating service models.

Keywords artificial intelligence; machine learning; deep learning; large language model; intelligent healthcare

近几十年，随着医疗技术的发展，全球人均预期寿命逐年上升^[1]。然而，随着人口老龄化加剧，各种慢性疾病的患病率逐年升高，包括冠心病、糖尿病、慢性呼吸系统疾病、癌症等^[2-4]。这给医疗系统造成了巨大负担，尤其对于低收入和中等收入国家^[5]。因此，加强相关疾病的筛查，提高早期发现率，对于改善疾病整体治疗水平及减轻医疗负担至关重要。

通用医疗人工智能(artificial intelligence, AI)为医疗保健带来了前所未有的可能性。它能够支持临床医生执行多种核心任务，促进高效沟通，从而克服信息交流障碍。此外，AI技术的应用有助于促进高质量医疗服务的可及性，并在一定程度上减少临床医生的行政负担，从而优化医疗资源的分配与利用^[6]。1950年，艾伦·图灵在其著作《计算机器与智能》中提出了“机器能思考吗？”这一问题，为AI这一新领域奠定了概念基础。此后，AI的研究应用持续拓展，其与医疗保健系统的交叉融合已成为医学技术发展的重要驱动力^[7]。医疗AI通过同步整合时序临床数据、多模态影像特征及多组学数据等，展现出优化临床诊疗路径并重构现代医疗体系的深远潜力。医用可穿戴传感器精度的持续迭代、医学成像技术的范式突破、异构计算架构的性能提升以及高通量测序技术的普适化应用，共同推动医疗数据呈现指数级增长态势。AI算法的核心优势体现在对复杂医疗数据的分布式表征学习能力，可通过揭示传统方法难以捕捉的隐式关联模式，为临床诊断决策支持、早期疾病筛查及个体化治疗方案制定提供新的范式。

目前，AI技术已在儿科疾病的临床决策^[8]、皮肤病学^[9]、放射学、眼科学^[10]、病理学等影像诊断^[11]、肿

瘤分级^[12]、心血管疾病预测^[13]、癌症治疗预后^[14]、癌症分子变化预测^[15]、新型治疗药物的发现与开发^[16]及流行病的控制^[17]等领域展现出了优越的性能。美国食品药品监督管理局(FDA)已经批准超过400种基于AI和(或)机器学习(machine learning, ML)的医疗设备。需要指出的是，当前获批产品中多集中于放射影像辅助诊断领域，提示医疗AI在检验诊断、康复干预、慢病管理等医疗保健场景仍存在明显的技术突破空间。

1 新兴AI技术

AI算法主要分为两类：预测式AI和生成式AI。预测式AI通过学习训练数据中的模式来预测新场景的结果，而生成式AI则能够基于训练数据生成未明确提供的新输出。实现预测式AI的两种主要技术是ML和深度学习(deep learning, DL)。ML依靠数学算法从数据中识别模式以生成模型，而DL采用模仿大脑神经网络结构的多层神经网络算法，以提高预测能力。在过去10年中，受大数据、算法优化、计算能力提升及互联网技术发展的推动，ML和DL在多个领域的任务中均表现出色，包括人脸识别、图像分类、语音识别、自动翻译及医疗保健等^[18]。主要的ML技术包括支持向量机(support vector machine, SVM)、决策树以及K均值(K-Means)等无监督学习算法^[19]。当前，DL领域应用最广泛的技术之一是卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)^[20]。ML的核心目标在于模拟或复制人类的模式识别能力。然而，与DL方法相比，传统的ML方法通常需要更长的时间来完成针对特定问题的训练和测试。

近年来,生成式AI迅速发展,其中,大语言模型(large language model, LLM)尤为引人关注。据预测,到2032年,生成式AI市场规模将达到1.3万亿美元,并将对健康管理等多个领域产生深远影响^[21]。2022年11月,OpenAI将人工智能与自然语言处理技术相结合,推出了基于LLM的聊天生成预训练转换器(chat generative pre-trained transformer, ChatGPT)^[22]。ChatGPT具备理解自然语言对话并生成类似人类书写风格的高质量文本的能力。凭借其在大规模数据处理方面的高效性与精准性,ChatGPT在翻译、文本摘要、编程等多个领域均得到广泛应用。

此外,2024年12月,中国深度求索公司推出的DeepSeek以极低的成本与卓越的性能在国内外引起广泛关注,并在基准测试中表现优于OpenAI的GPT-4o,开源特性则使其更具应用前景^[23]。DeepSeek R1-Zero推理能力接近OpenAI的o1-0912,其首次实证了LLM的推理能力可以通过单纯强化学习框架实现有效激发,无需依赖监督式微调的辅助。该研究突破性地揭示了强化学习机制在推动模型自主进化层面的潜力,不仅彰显了算法架构的原创性突破,并为未来人工智能系统的演进路径提供了新的技术范式参考^[24]。此外,DeepSeek通过思路链推理展示出优越的推理能力,将复杂的任务分解为更易解决的步骤,突破了ChatGPT等LLM的“黑箱”效应^[25]。已有研究显示,DeepSeek能够以极高的准确性、清晰度帮助非医疗从业人员了解相关医疗知识,如实施心肺复苏^[26]。

除了ChatGPT和DeepSeek,诸多研究机构与企业亦相继推出LLM。例如,Google发布了BERT、T5、LaMDA、PaLM及Gemini 1.5 Pro,NVIDIA推出了Megatron-Turing NLG,Meta研发了Llama 2^[27]。在医疗保健领域,LLM的潜在应用日益增加,并有望在多个方面带来积极变革,包括患者监测与分类、医学教育(面向医学生及患者)、医疗文档的优化,以及行政任务的自动化^[28]。其中,Med-PaLM 2已展现出接近人类临床医生的专家水平^[29]。对于临床医生而言,LLM具备编码医学知识、自动化医疗文档(如知情同意书)、增强远程医疗互动以及辅助临床试验注册的潜力^[30]。此外,LLM的应用正逐步突破文本处理的局限,向多模态方向发展,以整合和分析图像等多种数据类型。然而,目前大多数LLM仍缺乏完善的安全机制,难以有效防止大规模

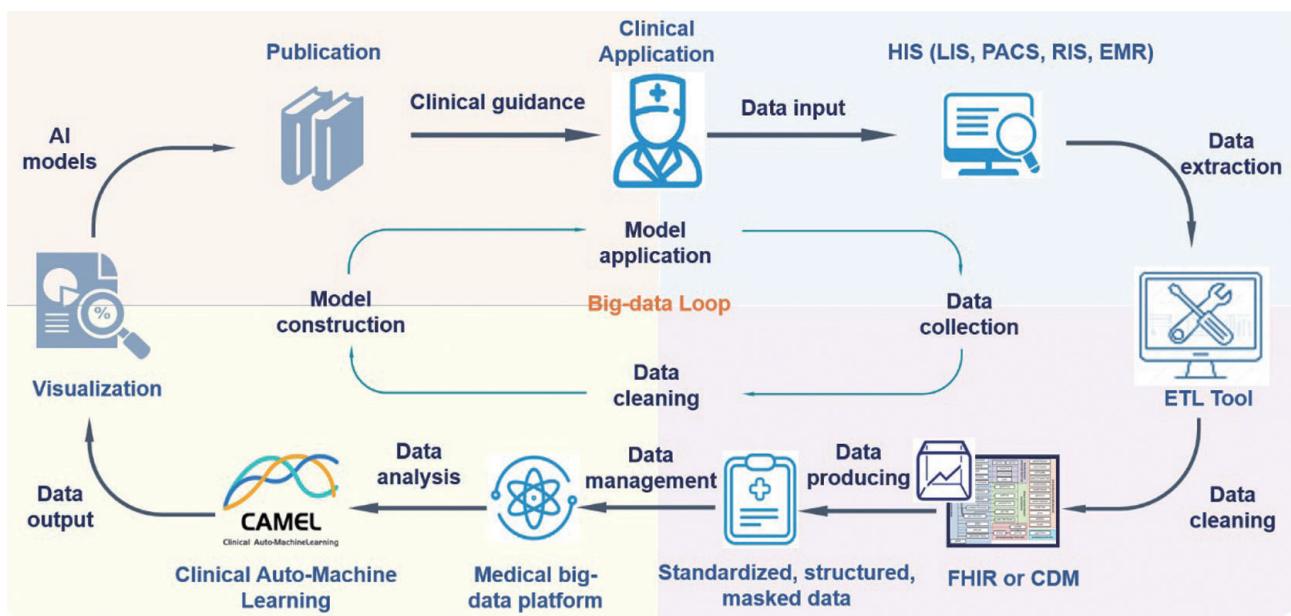
生成健康相关的虚假信息,这仍是制约LLM发展与应用的一大障碍^[31]。

2 AI模型的开发与完善模式

基于AI的临床决策支持系统(AI-based clinical decision support systems, AI-CDSS)的开发遵循多阶段系统工程框架,涵盖数据采集、质量控制、特征工程、模型优化、外部验证及临床部署等关键环节^[32]。

首先,电子健康档案(electronic health records, EHR)主要经由医院信息系统(hospital information system, HIS)整合以下核心模块:实验室信息管理系统(laboratory information management system, LIS),医学影像存档与通信系统(picture archiving and communication system, PACS),放射科信息管理系统(radiology information system, RIS),电子病历系统(electronic medical records, EMR)。采用数据抽取、转换、加载(extract-transform-load, ETL)引擎执行三级数据处理流程:(1)提取阶段:从源数据库中提取数据;(2)转换阶段:对提取的数据进行清洗和转换,通过规范确保数据同质性,如OHDSI通用数据模型(common data model, CDM)标准化映射、HL7临床文档架构(clinical document architecture, CDA)、快速医疗互操作性资源(fast healthcare interoperability resources, FHIR)绑定^[33];(3)加载阶段:将处理好的数据以增量或全量的方式加载到数据仓库中。统一的数据格式不仅有助于减少特征选择偏差^[34],还能增强在跨人群、多机构协作、异质医疗场景的泛化效度^[35]。随后,统一的医疗数据将上传并汇聚到医疗大数据云平台,格式化的EHR或临床变量可根据需要轻松提取并以可视化形式呈现。各种智能医疗模型通过自动化机器学习(automated machine learning, AutoML)建立,当前主要技术类型涵盖:传统机器学习优化(Auto-sklearn)、神经架构搜索(neural architecture search, NAS)、特征工程自动化(ExploreKit)。

部分学者认为AI医疗模型需要进一步验证,在这之前其临床应用仍有很长的路要走^[36],另一些学者则认为AI可能加剧疾病(如癌症等)过度诊疗的问题。基于AI的医疗保健模型即将进入下一轮模型验证周期,通过提供持续的训练数据来消除潜在偏倚,并提高模型的准确性^[37]。这个迭代过程通过反馈循环不断迭代模型,并结合真实世界数据进行优化(图1)。



AI医疗保健模型的开发过程包括数据收集、数据清洗、数据研究和数据应用。模型将在大数据循环中进行验证、修改和完善。

图1 AI医疗保健模型的开发与完善过程

3 AI在医疗保健中的应用模式

基于AI的医疗保健代表了一种智能系统,利用AI算法从大数据中计算出最佳治疗决策^[37]。从宏观层面来看,它是一个以人为主的动态健康管理过程,建立在基于AI的医疗保健模型之上,涵盖智能筛查系统、智能诊断系统、智能治疗系统和智能随访系统(图2),从而实现基于临床大数据的疾病智慧诊疗一体化。

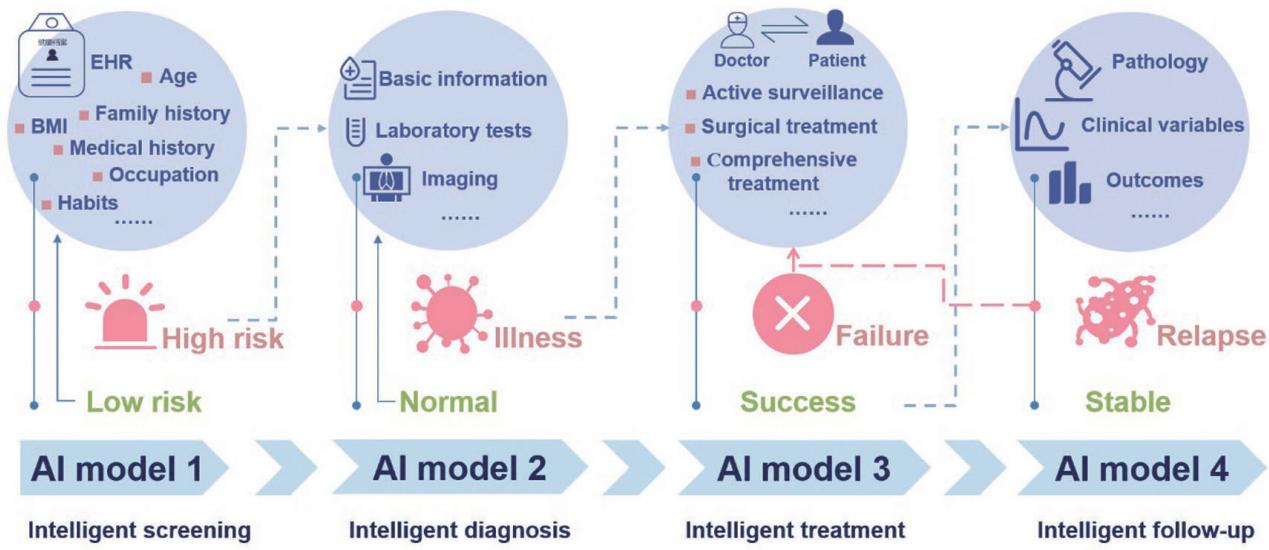
3.1 智能筛查系统 智能筛查系统整合EHR全维度数据要素,访问包括年龄、体质指数、家族史、病史、职业、习惯和其他因素在内的人口统计学参数,以及可用的基因信息。通过实时动态风险演算,实现受检者精准分层,将受检者分类为低风险或高风险组。低风险人群进入下一轮筛查,高风险人群进一步启动多模态诊断联检,如实验室检查、影像学检查和液体活检中的生物标志物检测等。

3.2 智能诊断系统 智能诊断系统根据多项检查

和人口学信息的多模态数据判断疑似受检者是否患病,特别是液体活检在受检者分类和诊断中的作用愈发重要。基于跨组学数据整合(基因组学、转录组学、蛋白组学、代谢组学等)的深度表征学习,在疾病的早期诊断和定位方面表现出色^[38-39]。

3.3 智能治疗系统 如果诊断结果正常,受检者进入下一轮筛查;然而,一旦确诊为某一特定疾病,智能治疗系统将基于临床治疗指南等帮助医生将受检者分配到主动监控、手术治疗、保守治疗或综合治疗组。受检者在充分了解治疗选择后,将与医生共同决定最终治疗方案。如果所选治疗方案失败,将重新评估情况,并提供替代方案。

3.4 智能随访系统 治疗成功后,患者将通过智能随访系统进行检查,这包括病理和遗传变化的综合分析,以及对临床变量(如液体活检中的生物标志物)的动态监测。在患者处于稳定状态时,将进行定期随访,且一旦疾病复发,将重新进入智能治疗系统。通过这些基于智能模型的系统,每位患者都能获得全方位的健康管理。



AI医疗保健将整合智能筛查、智能诊断、智能治疗和智能随访,形成临床实践的整体过程,带来以人为中心的全程管理。

图2 AI医疗保健的发展路线图

4 AI医疗保健未来模式:以前列腺癌(prostate cancer, PCa)为例

在展望上述基于AI技术的医疗保健未来时,我们构建了以PCa管理为核心的场景。智能医疗健康管理应用程序“健康管家”会在受检者50岁生日(智能筛查触发点)时提醒其前往PCa智能一站式服务中心进行筛查。受检者到达后,系统将无缝安排其进行一系列医疗流程,包括上述的智能筛查、智能诊断、智能治疗及智能随访。

在智能筛查中心,受检者的EHR,包括身高、体重、年龄、家族史、生活习惯、职业背景及基因信息,将被全面审查。接着,受检者将接受血清前列腺特异性抗原(prostate specific antigen, PSA)水平的检测。基于人工智能的筛查模型将其分类为高风险组。随后,受检者将被转送至智能诊断中心,进行一系列实验室检查(包括血常规、尿常规、粪便常规、血液生化等)、影像学检查(如B超、MRI,甚至PET-CT等)及液体活检(涵盖基因组学、转录组学、蛋白组学、代谢组学等生物标志物的分析)。智能诊断系统通过整合多模态、多维度数据,评估PCa的可能性,并预测肿瘤的位置。

在智能治疗中心,患者将接受自动化机器人手术治疗。最后,筛查、诊断和治疗过程中生成的所有信息将被存储在个人健康记录中,并通过智能随访系统同步传递给家庭医生。整个基于AI的医疗

干预过程自然流畅且无痛,旨在实现个性化、高效、精准的医疗服务。

5 AI医疗保健的未来展望

未来基于AI的医疗保健,将建立在从出生起便持续记录和集成的数字化健康档案之上。每个人将成为“数字人”概念的一部分,并通过智能手机应用程序或其他智能穿戴设备进行实时监控,以便及时发现潜在的健康问题(图3)。最终,所有人都将通过基于AI的医疗保健系统实现全面的健康管理。这一未来医疗模式将突破地理位置、种族或经济状况的限制,确保即使在资源匮乏的地区或环境中,患者也能平等地享受到医疗服务^[40-41]。

值得注意的是, AI旨在辅助而非取代临床医生。临床医生提供的情感支持仍然是患者护理中不可或缺的一部分^[42]。在临床医生的合作与监督下, AI将在医疗保健领域释放其全部潜力,促进以患者为中心的护理和综合健康服务。未来的医疗保健,将显性或隐性地融入我们的日常生活。

然而,目前AI技术在临床应用之前仍有难题亟待解决。生产力悖论研究表明,技术不能快速实现其价值在于两个根本原因:许多技术的早期版本存在缺陷;最终成功的工具是经过不断迭代而不断改进的工具。AI技术亦是如此,上世纪60年代始,研究人员开发了旨在协助(或取代)临床医生担任诊断者的AI工具。然而,这些工具被证明效果欠佳,

无法获得广泛认可或商业可行性，这导致了长达数十年的“AI寒冬”^[43]。研究表明，LLM能够生成极具说服力的虚假信息，这些信息具有吸引眼球的标题、看似真实的参考资料、来自患者和医生的虚构推荐，以及能够引起不同人口群体共鸣的内容^[44]。此外，一些其他原因限制了LLM在医疗健康领域的发展：第一，医疗保健受到严格监管，隐私法规限制了数据共享；第二，EHR市场已经高度集中，专门从事LLM相关工具的非EHR公司面临着巨大的壁垒；第三，医疗保健行业参与者众多，使得LLM的实施比直接面向消费者的行业复杂得多；第四，医疗保健领域并非一成不变，这意味着LLM可能会过时；第五，虽然“快速失败并不断迭代”对于面向消费者的应用程序来说是一个合理的要求，但医疗保健的风险太高，不能容忍信息技术工具的更新而出现导致患者损害的缺陷的可能性^[45]。

尽管存在上述难题,专家认为仅需5~10年就能克服上述医疗保健生产力悖论,对于一些数字化

先进的机构则可能更早^[45]。但是，必须承认的是这一切都不会自动发生。开发人员需要有效解决有关隐私、偏见、安全性和患者可负担性的问题，监管机构需要制定标准，以促进大众对AI的信任，而不会过度扼杀创新。

每个人都将被数字化为“数字人”，并在“数字警察”（智能医疗模型）的持续监控下。PHR：个人健康记录；TIA：短暂性脑缺血发作；CI：脑梗塞；CH：脑出血；CS：脑卒中；SAH：蛛网膜下腔出血；AVM：动静脉畸形；NVA：近视；THCA：甲状腺癌；GD：Graves病；CMT：先天性肌性斜颈；COVID-19：新型冠状病毒-2019；COPD：慢性阻塞性肺病；SARS：严重急性呼吸综合征；CHD：冠心病；ACS：急性冠状动脉综合征；AMI：急性心肌梗死；SLE：系统性红斑狼疮；CHD：先天性心脏病；AAA：腹主动脉瘤；PHA：原发性高醛固酮症；CKD：慢性肾病；LDH：腰椎间盘突出；DVT：深静脉血栓。

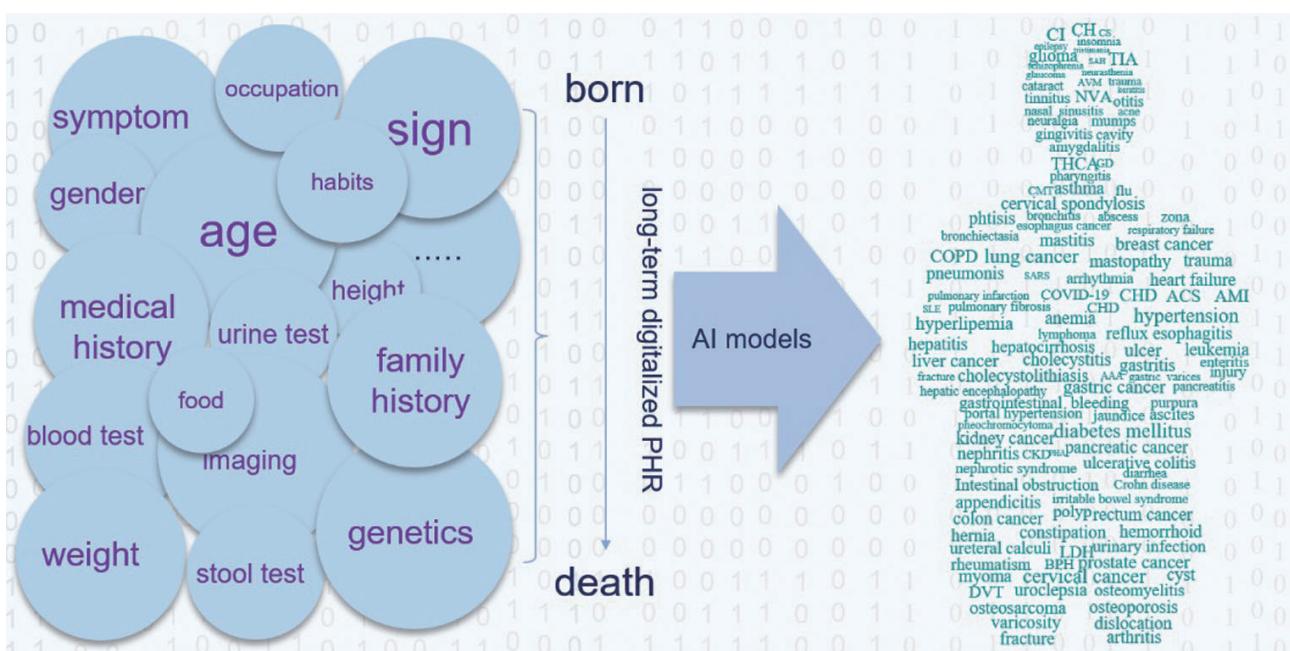


图3 AI“数字人”:基于AI的医疗保健未来的思想图景

6 小 结

AI在医疗领域的应用展现出巨大的潜力,有望革新现有的医疗实践。通过整合多阶段、多模态和多维度的数据,AI驱动的医疗保健可以显著提高早期诊断、治疗规划和患者护理质量。“数字人”模型

为个性化健康管理提供了前瞻性的理论框架，展示了如何通过持续监测和数据驱动的决策来改变医疗服务的交互方式。

尽管AI已经在肿瘤学、放射学和儿科等多个医疗领域取得了显著成果，但我们仍需面对数据隐私、偏差和监管等挑战。然而，AI技术的不断进步

以及LLM的应用,为未来临床实践的进一步融合奠定了基础。通过持续的反馈机制, AI模型将不断完善其准确性和可靠性,从而为全球医疗系统带来更多福祉。

未来,AI将在医疗保健领域创造更加高效、公平的医疗体系。然而,AI的应用应始终作为临床医生的辅助工具,而非取代医生,从而确保患者护理中的人文关怀不被忽视。展望未来,医疗行业必须克服现有的障碍,以实现AI的全部潜力,确保所有患者无论地理位置、种族或经济状况如何,都能够平等地享受到医疗服务。

参考文献:

- [1] NAGHAVI M, ONG K L, AALI A, et al. Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990—2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. *The lancet*, 2024, 403 (10440): 2100-2132.
- [2] REYNOLDS H R, NOEL BAIREY MERZ C, BERRY C, et al. Coronary arterial function and disease in women with No obstructive coronary arteries[J]. *Circulation research*, 2022, 130(4): 529-551.
- [3] DEMIR S, NAWROTH P P, HERZIG S, et al. Emerging targets in type 2 diabetes and diabetic complications[J]. *Advanced science*, 2021, 8(18): e2100275.
- [4] BRAY F, JEMAL A, GREY N, et al. Global cancer transitions according to the human development index (2008—2030): a population-based study[J]. *The lancet oncology*, 2012, 13(8): 790-801.
- [5] THE LANCET. Global cancer: overcoming the narrative of despondency[J]. *Lancet*, 2023, 401(10374): 319.
- [6] MOOR M, BANERJEE O, ABAD Z S H, et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence [J]. *Nature*, 2023, 616(7956): 259-265.
- [7] TOPOL E J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence[J]. *Nature medicine*, 2019, 25(1): 44-56.
- [8] RAMGOPAL S, NELSON SANCHEZ-PINTO L, HORVAT C M, et al. Artificial intelligence-based clinical decision support in pediatrics[J]. *Pediatric research*, 2023, 93(2): 334-341.
- [9] ESTEVA A, KUPREL B, NOVOA R A, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks[J]. *Nature*, 2017, 542(7639): 115-118.
- [10] TING D S W, CHEUNG C Y, LIM G, et al. Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes[J]. *JAMA*, 2017, 318(22): 2211-2223.
- [11] BERK K, SCHALPER K A, RIMM D L, et al. Artificial intelligence in digital pathology - new tools for diagnosis and precision oncology[J]. *Nature reviews clinical oncology*, 2019, 16(11): 703-715.
- [12] BULTEN W, KARTASALO K, CHEN P C, et al. Artificial intelligence for diagnosis and Gleason grading of prostate cancer: the PANDA challenge[J]. *Nature medicine*, 2022, 28(1): 154-163.
- [13] VAN SMEDEN M, HEINZE G, VAN CALSTER B, et al. Critical appraisal of artificial intelligence-based prediction models for cardiovascular disease[J]. *European heart journal*, 2022, 43(31): 2921-2930.
- [14] CORTI C, COBANAJ M, MARIAN F, et al. Artificial intelligence for prediction of treatment outcomes in breast cancer: Systematic review of design, reporting standards, and bias[J]. *Cancer treatment reviews*, 2022, 108: 102410.
- [15] CIFCI D, FOERSCH S, KATHER J N. Artificial intelligence to identify genetic alterations in conventional histopathology[J]. *The journal of pathology*, 2022, 257(4): 430-444.
- [16] VAMATHEVAN J, CLARK D, CZODROWSKI P, et al. Applications of machine learning in drug discovery and development[J]. *Nature reviews drug discovery*, 2019, 18(6): 463-477.
- [17] ALBALAWI U, MUSTAFA M. Current artificial intelligence (AI) techniques, challenges, and approaches in controlling and fighting COVID-19: a review[J]. *International journal of environmental research and public health*, 2022, 19(10): 5901.
- [18] YU K H, BEAM A L, KOHANE I S. Artificial intelligence in healthcare[J]. *Nature biomedical engineering*, 2018, 2(10): 719-731.
- [19] GOULD M K, HUANG B Z, TAMMEMAGI M C, et al. Machine learning for early lung cancer identification using routine clinical and laboratory data[J]. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 2021, 204(4): 445-453.
- [20] DEO R C. Machine learning in medicine[J]. *Circulation*, 2015, 132(20): 1920-1930.
- [21] DE FREITAS J, COHEN I G. The health risks of generative AI-based wellness apps[J]. *Nature medicine*, 2024,

- 30(5): 1269-1275.
- [22] OMAR M, ULLANAT V, LODA M, et al. ChatGPT for digital pathology research[J]. *The lancet digital health*, 2024, 6(8): e595-e600.
- [23] CONROY G, MALLAPATY S. How China created AI model DeepSeek and shocked the world[J]. *Nature*, 2025, 638(8050): 300-301.
- [24] DEEPSEEK-AI, GUO D Y, YANG D J, et al. DeepSeek-R1: incentivizing reasoning capability in LLMs via reinforcement learning[EB/OL]. (2025-01-22). [2025-02-01]. <https://arxiv.org/abs/2501.12948v1>.
- [25] PENG Y F, MALIN B A, ROUSSEAU J F, et al. From GPT to DeepSeek: Significant gaps remain in realizing AI in healthcare[J]. *Journal of biomedical informatics*, 2025: 104791.
- [26] SEMERARO F, CASCELLA M, MONTOMOLI J, et al. Comparative analysis of AI tools for disseminating CPR guidelines: Implications for cardiac arrest education[J]. *Resuscitation*, 2025, 208: 110528.
- [27] THIRUNAVUKARASU A J, TING D S J, ELANGOVAN K, et al. Large language models in medicine[J]. *Nature medicine*, 2023, 29(8): 1930-1940.
- [28] PATEL S B, LAM K. ChatGPT: the future of discharge summaries?[J]. *The lancet digital health*, 2023, 5(3): e107-e108.
- [29] SINGHAL K, TU T, GOTTFWEIS J, et al. Toward expert-level medical question answering with large language models[J]. *Nature medicine*, 2025.
- [30] DECKER H, TRANG K, RAMIREZ J, et al. Large language model-based chatbot vs surgeon-generated informed consent documentation for common procedures [J]. *JAMA network open*, 2023, 6(10): e2336997.
- [31] MENZ B D, MODI N D, SORICH M J, et al. Health disinformation use case highlighting the urgent need for artificial intelligence vigilance: weapons of mass disinformation[J]. *JAMA internal medicine*, 2024, 184(1): 92-96.
- [32] ADAMSON A S, GILBERT WELCH H. Machine learning and the cancer-diagnosis problem - No gold standard [J]. *New England journal of medicine*, 2019, 381(24): 2285-2287.
- [33] STANG P E, RYAN P B, RACOOSIN J A, et al. Advancing the science for active surveillance: rationale and design for the observational medical outcomes partnership [J]. *Annals of internal medicine*, 2010, 153(9): 600-606.
- [34] PARikh R B, TEEPLE S, NAVATHE A S. Addressing bias in artificial intelligence in health care[J]. *The journal of the American medical association*, 2019, 322(24): 2377-2378.
- [35] COUZIN-FRANKEL J. Medicine contends with how to use artificial intelligence[J]. *Science*, 2019, 364(6446): 1119-1120.
- [36] JACOBS C, VAN GINNEKEN B. Google's lung cancer AI: a promising tool that needs further validation[J]. *Nature reviews clinical oncology*, 2019, 16(9): 532-533.
- [37] NORGEOT B, GLICKSBERG B S, BUTTE A J. A call for deep-learning healthcare[J]. *Nature medicine*, 2019, 25: 14-15.
- [38] ADIR O, POLEY M, CHEN G, et al. Integrating artificial intelligence and nanotechnology for precision cancer medicine[J]. *Advanced materials*, 2020, 32(13): e1901989.
- [39] PENSON A, CAMACHO N, ZHENG Y Y, et al. Development of genome-derived tumor type prediction to inform clinical cancer care[J]. *JAMA oncology*, 2020, 6(1): 84-91.
- [40] HOSNY A, AERTS H J W L. Artificial intelligence for global health[J]. *Science*, 2019, 366(6468): 955-956.
- [41] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. *The lancet*, 2020, 395(10236): 1579-1586.
- [42] ISRANI S T, VERGHESE A. Humanizing artificial intelligence[J]. *JAMA*, 2019, 321(1): 29-30.
- [43] GREENHILL A T, EDMUND B R. A primer of artificial intelligence in medicine[J]. *Techniques and innovations in gastrointestinal endoscopy*, 2020, 22(2): 85-89.
- [44] MENZ B D, KUDERER N M, BACCHI S, et al. Current safeguards, risk mitigation, and transparency measures of large language models against the generation of health disinformation: repeated cross sectional analysis[J]. *British medical journal*, 2024, 384: e078538.
- [45] WACHTER R M, BRYNJOLFSSON E. Will generative artificial intelligence deliver on its promise in health care? [J]. *The journal of the American medical association*, 2024, 331(1): 65-69.

本文引用格式：

王祖恒,韦春梦,鲁文浩,等.人工智能在智能医疗保健中的应用研究[J].广西医科大学学报,2025,42(1): 1-8.

DOI:10.16190/j.cnki.45-1211/r.2025.01.001

WANG Z H, WEI C M, LU W H, et al. Application of artificial intelligence in intelligent healthcare [J]. *Journal of Guangxi medical university*, 2025, 42(1): 1-8. DOI: 10.16190/j.cnki.45-1211/r.2025.01.001