

# 人工智能在医院药学服务中的应用与发展

周晓倩<sup>1</sup>, 钱懿轶<sup>2</sup>, 杨富蓉<sup>1</sup>, 杨松焯<sup>1</sup>, 陈韦兆<sup>2</sup>, 翁稚颖<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室, 云南 昆明

<sup>2</sup>云南省阜外心血管病医院药剂科, 云南 昆明

收稿日期: 2023年7月13日; 录用日期: 2023年8月4日; 发布日期: 2023年8月11日

## 摘要

随着国家各项鼓励医疗人工智能(AI)政策的陆续出台, 人工智能在医疗领域飞速发展, 切实带动了多个方面的进步。在医院药学服务中, 人工智能虽然起步较晚, 但也充分展示出其发展的优势和潜力。处方前置审核、慢病管理、个体化用药是医院药学服务的重要内容, 通过对人工智能在上述三方面工作中的应用和研究进展进行综述, 同时展望其发展趋势, 提出建议, 以期为促进人工智能在医院药学服务中的发展提供更多的参考。其中包括对HIS系统中嵌入人工智能的处方前置审核系统、研发各类“互联网+”人工智能慢病管理平台、机器学习剂量预测模型和智能应用程序(APP)的联合应用等具体实现形式的分析和概括, 提出基层医院的经费和设备与大型医院的差距、患者接受程度以及很多方面的发展停留在研发阶段可能是目前人工智能在医院药学服务方面发展的最大局限和亟待解决的问题。

## 关键词

AI, 药学服务, 处方前置审核, 慢病管理, 个体化用药

# Application and Development of Artificial Intelligence in Hospital Pharmacy Services

Xiaoqian Zhou<sup>1</sup>, Yiyi Qian<sup>2</sup>, Furong Yang<sup>1</sup>, Songye Yang<sup>1</sup>, Weizhao Chen<sup>2</sup>, Zhiying Weng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Pharmacy, Kunming Medical University & Yunnan Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products, Kunming Yunnan

<sup>2</sup>Department of Pharmacy, Fuwai Cardiovascular Hospital, Kunming Yunnan

Received: Jul. 13<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 4<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 11<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

With the successive introduction of various national policies to encourage medical artificial intel-  
\*通讯作者。

文章引用: 周晓倩, 钱懿轶, 杨富蓉, 杨松焯, 陈韦兆, 翁稚颖. 人工智能在医院药学服务中的应用与发展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(8): 12536-12541. DOI: 10.12677/acm.2023.1381758

ligence (AI), artificial intelligence has developed rapidly in the medical field, effectively driving progress in many aspects. In hospital pharmacy services, although artificial intelligence started late, it also fully demonstrated the advantages and potential of its development. Pre-prescription review, chronic disease management, and individualized medication are important contents of hospital pharmacy services, and by reviewing the application and research progress of artificial intelligence in the above three aspects, and looking forward to its development trend, suggestions are made in order to provide more references for promoting the development of artificial intelligence in hospital pharmacy services, including the analysis and summary of specific implementation forms such as the pre-prescription review system embedded in artificial intelligence in the HIS system, the research and development of various "Internet+" artificial intelligence chronic disease management platforms, the joint application of machine learning dose prediction models and intelligent applications (APP), etc. It is proposed that the gap between the funds and equipment of grassroots hospitals and large hospitals, the degree of patient acceptance and the development of many aspects staying in the research and development stage may be the biggest limitation and urgent need to be solved in the current development of artificial intelligence in hospital pharmacy services.

## Keywords

AI, Pharmacy Services, Pre-Prescription Review, Chronic Disease Management, Individualized Medicine

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

人工智能(Artificial Intelligence, AI)的概念于 1956 年美国达特默斯召开的一次学术会议上首次被 McCarthy 提出[1], 经过不断发展, 该领域的研究已经涵盖机器人、图像语言识别、专家系统等内容, 被广泛地应用于医疗、教育、商务等很多领域[2]。近年来, 我国出台了一系列有关医疗 AI 的政策文件, 促进了医疗 AI 技术产业发展, 有效提高了我国医疗资源的配置效率及医疗服务质量, 尤其在影像医学、核医学、口腔医学甚至新冠肺炎等方面取得了良好成就[3] [4] [5] [6] [7], 作为诊疗服务终端环节的药房同样朝着智慧化、数字化的方向发展[8]。作为医疗服务模式从“以疾病为中心”到“以患者为中心”转变的重要环节之一, 同时作为医院药学服务的主体, 我国临床药学从 1978 年开始发展, 2011 年颁布的“医疗机构药品管理条例”, 要求医疗机构应配备适当数量的临床药师, 临床药学才走上正轨[9]。因此, 相对于医疗体系其他部门而言, AI 在临床药学中的研究与应用起步较晚, 但同时也在临床药学的各个方面展示出巨大的发展潜力和诱人的发展前景。处方前置审核、慢病管理及个体化用药是临床药师工作的重点模块, 这些模块的发展在很大程度上体现了临床药师工作发展的现状与趋势。笔者将从上述三个重要模块对 AI 在医院药学服务中的应用与研究进展进行综述, 提出其发展的局限性, 展望其发展趋势, 以期为促进 AI+ 临床药学发展提供参考。

## 2. 处方前置审核

随着 2018 年国家卫生健康委员会《医疗机构处方审核规范》[10] (以下简称《规范》)的发布, 明确了药师是处方审核的第一责任人, 处方前置审核成为硬性要求。但医院处方量较大, 点评方向较多, 要

求高,而药学部门人力不足,尤其是临床药师,如果依靠传统的人工处方审核,必然造成审方效率低、时间长、工作滞后等问题[11][12],导致患者就医时间延长,容易引发医患矛盾。因此,《规范》同时鼓励医疗机构利用信息化辅助实施处方审核,各类 AI 辅助处方前置审核系统应运而生。处方前置审核系统内置数百万条处方审核规则,融合了药典、说明书、各类指南以及各项临床应用指导原则等合理用药相关标准,审核速度快、效率高,从根本上弥补了医疗机构审方人力不足、耗时长的问题。目前国内市面上已有的 AI 处方前置审核系统包括四川美康的 PASS 药师审方干预系统、爱思唯尔·大通的智能互动审方中心、美德医前置审核系统、上海的天际健康前置审核系统、北京的普华和诚前置审核系统、慧药通临床用药审方干预系统,都采用“两审两拦截”的工作模式,其中天际健康与普华和诚国内用户较多。武明芬等从系统的审核速度、功能特点、版本更新及维护、用户体验和市场售价等几个方面对这些系统进行了综合评价,总结了各系统的优势与不足,表明目前国内已有的前置审核系统功能已经能满足医疗机构日常工作的基本要求,但仍存在数据库不全面、更新不及时等问题,有待进一步完善和发展[13]。洪顺福等[14]和李汶睿等[15]对全国已开展处方前置审核的医院情况进行统计,总结了处方前置审核系统存在的利弊,并指出大多数医疗机构均采用了“系统审核 + 问题处方人工复核”的工作模式,提出信息化处方前置审核是医院药学发展的必然趋势。目前我国的处方前置审核系统主要在大型三甲医院配备,基层医院由于受到基础设施建设、经费、人员配置等方面的限制,覆盖率较低[16]。随着 AI 的发展和普及,在一定程度上实现了处方前置审核系统与基层医院现有的 HIS 系统之间的兼容,正在逐渐缩小与大型综合医院之间的差距[17]。

### 3. 慢病管理

随着人口老龄化的加剧,我国慢病发病人数快速上升,慢病管理也成为各项卫生政策关注的重点,2016 年国务院下发《“健康中国 2030”规划纲要》[18],2017 年印发《中国防治慢性病中长期规划(2017~2025 年)》[19]。慢病患者的用药管理、个体化用药等作为医院药学服务内容的一部分,慢病管理同样受到临床药师的高度重视,但由于慢病影响因素复杂,患者众多且分布广泛,而医疗机构临床药师短缺,对于慢病患者的管理往往有心无力,无法做到跟踪管理,因此,有一个操作简单、功能齐全的慢病管理平台对于患者和临床药师都十分重要。随着“互联网+”和 AI 的出现与发展,国内慢病管理模式也在不断被研究和挖掘,医疗机构开始研发各类“互联网+”AI 慢病管理平台,基本功能大同小异,主要包括患者信息建档、用药教育、线上问诊与随访、智能服药及复诊提醒等。张玉罗等指出,随着我国慢病患者持续增加,慢病管理由传统模式向基于“互联网+”AI 技术的慢病管理模式的转变势在必行,在辅助慢病干预、合理控制患者治疗费用及服务商效益分配、提供个性化定制服务、改善慢病患者依从性等方面,“互联网+”AI 技术展现出较好的发展潜质[20]。那孝花等的研究表明,对 2 型糖尿病患者运用“互联网+”慢病管理模式可以有效提高患者的自我管理能力和改善其生活质量[21]。王力等研究表明与传统管理模式相比,将“互联网+”慢病管理模式运用于高血压患者,可以改善患者的各项指标,患者的血压得到了更好的控制,还能降低高血压患者的并发症发生率,并提出该模式应广泛应用与临床[22]。李哲明等在浙江大学医学院附属儿童医院研发了基于 AI 技术的儿童慢病管理平台,并将其运用于儿童慢病患者,医院通过该平台为患者制定合理的管理决策,可以有效降低发病率,提升区域内儿童健康水平,同时,AI 的介入减轻了医护人员的工作压力[23]。许伟岚等通过对比 AI 辅助系统风险管理与常规管理两种管理模式对老年慢病患者的风险管理作用,结果显示 AI 辅助管理组慢性病管理依从性、投诉事件发生率均低于常规管理组,满意率高于常规管理组,表明 AI 辅助系统应用于老年慢性病患者风险管理中的作用效果显著,可在一定程度上提高防跌倒认知水平,提高慢性病管理依从性,减少投诉事件的发生,从而提高患者的满意度[24]。然而,他们都表示在研究中存在相同的问题——慢病患者中有相当一部分是老

年患者，他们对互联网以及新兴事物的接受程度有限，需要较长时间来提高，这就意味着慢病管理由传统模式向“互联网+”AI管理模式的转变是一个漫长的过程，这是AI运用到慢病管理中长期存在的也是后续的研究亟待解决的最大问题。

#### 4. 个体化用药

随着医疗模式从“以疾病为中心”向“以患者为中心”的转变，“个体化用药”理念更加广泛的被提及，并成为医院药学服务工作中的重要方向，尤其是对于安全范围窄、个体差异大的如华法林、他克莫司、万古霉素等药物而言，个体化用药具有重大意义。多年来，临床药师利用治疗药物监测(therapeutic drug monitoring, TDM)和药物基因组检测(pharmacogenomics, PGx)不断推进国内个体化给药的发展。自我我国开始推动发展AI以来，越来越多的临床药师着手研究AI与个体化用药的结合，从早期的人工神经网络(artificial neural network, ANN)、决策树(decision tree, DT)、随机森林(random forest, RF)和支持向量机(support vector machine, SVM)等各类预测模型的建立，到后期的应用程序(Application, APP)，再到近期预测模型与APP的结合，AI在个体化用药方面趋向于简便、快捷、安全、准确的方向发展[25][26]。CAO HUA [27]、JIANG SHAOJUN [28]等研发了紫花苜蓿APP用于长期华法林抗凝患者的远程用药指导，偏远地区的患者可以在当地医院复查凝血功能以后上报到APP，医生通过APP指导患者剂量调整和下次复查时间，显著提高了患者用药的安全性、有效性、依从性以及经济性。目前紫花苜蓿APP已经在部分合作医院投入使用。张永春等基于移动医疗技术和AI构建了由App和后台管理系统组成的华法林抗凝自我管理——“抗凝助手”，以期患者通过App的辅助实现自我管理，并做了前瞻性队列研究验证其可靠性，结果表明患者自己输入复查结果并根据“抗凝助手”的建议进行自我管理在理论上是可行的[29]。但为保证安全性，目前尚未大面积推广应用。沈爱宗等利用AI技术开发了可嵌入HIS系统的临床智能药物推荐功能和抗菌药物合理使用预警系统功能，实现了AI通过结合患者疾病诊断、症状及实验室检查指标推荐个体化的药物治疗方案，并利用病历中相关信息实现个性化抗菌药审核，可大大减少临床药师医嘱点评的工作难度，促进个体化给药，但目前均处于初步试用阶段[30][31]。HUANG XIAOHUI [32][33]、CHEN HUAN [34]、ZHENG PING [35]、GUO WEI [36]等利用不同的机器学习算法分别成功构建并验证了万古霉素血药浓度、局部枸橼酸抗凝剂量调整、他克莫司血药浓度、利培酮活性部分浓度预测模型，验证结果显示上述模型的预测性能均优于传统的群体药代动力学预测模型，未来经过前瞻性、多中心、大样本的验证后，有望应用于临床，届时患者用药和剂量调整将更加安全、直接，不再需要多次监测血药浓度，临床药师可以根据模型预测结果指导医生处方以及患者用药，这对于患者、医生和临床药师都具有重大意义。此外，FENG CHUNLAI [37]、HE XIA [38]等基于基因表达数据和基因多态性利用机器学习算法分别建立了药物性肝损伤预测深度学习模型和儿童急性淋巴细胞白血病大剂量甲氨蝶呤肝损伤危险评分模型，上述模型可以早期预测和预警不良反应的发生，为早期药物发现和临床合理用药提供非常有用的信息，模型建立方法还可以用于其他药物引起的不良反应预测模型的构建，并有望成为药物安全性评价的重要组成部分。

#### 5. 结语

AI的快速发展，带动了诸多领域的进步，缔造出“AI+学科”的发展模式。在医院药学服务中，AI的发展同样不容小觑，在处方前置审核、慢病管理、个体化用药等方面已经取得了良好成就。就目前来说，已经成功应用于医院药学服务实际工作的AI主要覆盖中心城市大型医院，但多数设备需要连接HIS系统，配置和操作难度较大，基层医院由于经费、设备、人力等原因引进较少，且基层医院患者存在接受程度不高的问题，将来随着AI的发展与普及，操作简化，设备智能化提高，在国家各项政策的支

持下, AI + 临床药学与微信等手机 APP 的高度结合有望实现, 基层医院与大型医院之间的差距有望缩小, 患者的接受程度也有望提高。此外, 尚有很多方面的发展仍停留在研究阶段, 尤其是各类机器学习预测模型, 虽然显示出对临床药师、医生、患者等多方面的优势, 但实际应用于临床的少之又少, 未来我们应该针对上述模型开展基于真实世界的前瞻性队列研究, 验证其可靠性、安全性, 促进其应用与发展。

总之, 在未来的研究中, 我们应该顺应时代潮流, 抓住 AI 发展带来的机遇, 接受 AI 发展带来的挑战, 促进 AI 与临床药学的深度融合, 助力“健康中国行动”。

## 基金项目

国家自然科学基金——腺苷酸环化酶 AC2 亚型在慢性阻塞性肺病疾病发病中的作用及其分子机制研究, 81860012; 云南省国际科技合作平台——滇美分子药物联合研究中心, 2015IC001。

## 参考文献

- [1] Lawrence, D.R., Palacios-González, C. and Harris, J. (2016) Artificial Intelligence. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 25, 250-261. <https://doi.org/10.1017/S0963180115000559>
- [2] 满靖怡. 浅谈人工智能在药学领域的应用[J]. 产业创新研究, 2020(18): 113-114.
- [3] 易思敏, 陈敏. 基于知识图谱的智能医学影像辅助诊断系统研究现状分析[J]. 中国数字医学, 2020, 15(8): 57-59.
- [4] 刘洪臣. 人工智能口腔医学[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(12): 915-919.
- [5] 蔡耀婷, 宋锦平. 人工智能技术在新型冠状病毒肺炎疫情防控工作中的应用及启示[J]. 护理研究, 2020, 34(7): 1117-1118.
- [6] 张戎, 刘洪臣. 人工智能技术在临床医疗中的应用概述[J]. 中华老年口腔医学杂志, 2021, 19(1): 40-44.
- [7] 于观贞, 刘西洋, 张彦春, 等. 人工智能在临床医学中的应用与思考[J]. 第二军医大学学报, 2018, 39(4): 358-365.
- [8] 宋晓丹. 数字化药房的建设与持续优化改进[J]. 中国现代医药杂志, 2022, 24(6): 83-86.
- [9] 周歧骥, 廖英勤, 黄祖良. 临床药国内外发展现状及发展建议[J]. 临床合理用药杂志 2022, 15(4): 178-181.
- [10] 关于印发医疗机构处方审核规范的通知[J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报, 2018(6): 31-34.
- [11] 徐晖, 黄水金, 姜洪满. 基于人工智能的门诊处方前置审核模式的实践与评价[J]. 海峡药学, 2022, 34(1): 144-147.
- [12] 沈峻, 鲁威. 基于人工智能的区域处方前置审核系统建设与应用[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2019, 16(4): 493-496.
- [13] 武明芬, 史卫忠, 赵志刚. 国内处方前置审核系统的比较[J]. 中南药学, 2019, 17(9): 1547-1552.
- [14] 洪顺福, 陈双双, 卢丽珠, 等. 开展处方前置审核的分析与思考[J]. 中医药管理杂志, 2019, 27(18): 216-218.
- [15] 李汶睿, 李岷, 赵春景, 等. 我国医疗机构处方前置审核开展的现状分析[J]. 中国药房, 2021, 32(5): 524-529.
- [16] 姚华星, 赵一丹, 连正辉, 等. 信息化手段控制处方剂量在合理用药中的作用[J]. 海峡药学, 2019, 31(4): 289-291.
- [17] 徐锦秀. 实行处方前置审核促进药物合理应用研究[J]. 智慧健康, 2022, 8(11): 114-116.
- [18] 中共中央 国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2016(32): 5-20.
- [19] 国务院办公厅关于印发中国防治慢性病中长期规划(2017-2025 年)的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2017(7): 17-24.
- [20] 张玉罗, 陈文俊, 陈晨, 等. “互联网+”人工智能模式在慢病管理中的应用研究[J]. 高考, 2018(25): 211-234.
- [21] 那孝花. “互联网+”慢性病管理模式在 2 型糖尿病患者中的应用[J]. 人人健康, 2020(14): 393.
- [22] 王力, 陈康, 魏文志, 等. 互联网+全程慢病管理模式对高血压慢病的疗效研究[J]. 河北医药, 2018, 40(12): 1803-1806.
- [23] 李哲明, 俞刚. 基于人工智能技术的儿童慢病管理平台的研制与应用[J]. 中国医疗设备, 2020, 35(S2): 172-174.

- [24] 许伟岚, 齐金玲, 李喜春, 等. 人工智能辅助系统对老年慢性病患者居家风险管理的作用[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2021, 42(11): 974-976.
- [25] 徐楚鸿, 艾又生, 陈华庭. 人工神经网络法预测肾移植术后患者环孢素 A 的血药浓度[J]. 中国医院药学杂志, 2008(4): 276-278.
- [26] 宋学武, 高慧儿, 张弋. 基于人工智能的机器学习算法在个体化用药领域的应用进展[J]. 中国新药与临床杂志, 2021, 40(10): 683-688.
- [27] Cao, H., Jiang, S.J., Lv, M., *et al.* (2021) Effectiveness of the Alfalfa App in Warfarin Therapy Management for Patients Undergoing Venous Thrombosis Prevention and Treatment: Cohort Study. *JMIR mHealth and uHealth*, **9**, e23332. <https://doi.org/10.2196/23332>
- [28] Jiang, S.J., Lv, M., Wu, T.T., *et al.* (2022) A Smartphone Application for Remote Adjustment of Warfarin Dose: Development and Usability Study. *Applied Nursing Research*, **63**, Article ID: 151521. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2021.151521>
- [29] 张永春, 李海琳, 李业涛, 等. 人工智能辅助华法林抗凝自我管理可靠性评价的前瞻性队列研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2021, 28(5): 504-509.
- [30] 沈爱宗, 刘琳琳, 赵景鹤, 等. 抗菌药物合理使用预警系统及成效分析[J]. 中国医院药学杂志, 2019, 39(1): 92-96.
- [31] 沈爱宗, 刘琳琳, 黄金柱, 等. 基于人工智能的药物治疗推荐功能介绍及应用效果分析[J]. 中国医院药学杂志, 2021, 41(17): 1764-1768.
- [32] Huang, X.H., Yu, Z., Bu, S.H., *et al.* (2021) An Ensemble Model for Prediction of Vancomycin Trough Concentrations in Pediatric Patients. *Drug Design, Development and Therapy*, **15**, 1549-1559. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S299037>
- [33] Huang, X.h., Yu, Z., Wei, X., *et al.* (2021) Prediction of Vancomycin Dose on High-Dimensional Data Using Machine Learning Techniques. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, **14**, 761-771. <https://doi.org/10.1080/17512433.2021.1911642>
- [34] Chen, H., Ma, Y.Y., Hong, N., *et al.* (2021) Early Warning of Citric Acid Overdose and Timely Adjustment of Regional Citrate Anticoagulation Based on Machine Learning Methods. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, **21**, Article No. 126. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01489-8>
- [35] Zheng, P., Yu, Z., Li, L.R., *et al.* (2021) Predicting Blood Concentration of Tacrolimus in Patients with Autoimmune Diseases Using Machine Learning Techniques Based on Real-World Evidence. *Frontiers in Pharmacology*, **12**, Article ID: 727245. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.727245>
- [36] Guo, W., Yu, Z., Gao, Y., *et al.* (2021) A Machine Learning Model to Predict Risperidone Active Moiety Concentration Based on Initial Therapeutic Drug Monitoring. *Frontiers in Psychiatry*, **12**, Article ID: 711868. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.711868>
- [37] Feng, C.L., Chen, H.W., Yuan, X.Q., *et al.* (2019) Gene Expression Data Based Deep Learning Model for Accurate Prediction of Drug-Induced Liver Injury in Advance. *Journal of Chemical Information and Modeling*, **59**, 3240-3250. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.9b00143>
- [38] He, X., Yao, P.L., Li, M.T., *et al.* (2021) A Risk Scoring Model for High-Dose Methotrexate-Induced Liver Injury in Children with Acute Lymphoblastic Leukemia Based on Gene Polymorphism Study. *Frontiers in Pharmacology*, **12**, Article ID: 726229. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.726229>