

## 未来医院药物管理新模式的探索——数智药学大脑建设与实践经验

陈菲菲<sup>a</sup>, 董曦浩<sup>a</sup>, 滕天立<sup>a</sup>, 李伟俊<sup>a</sup>, 吕宁<sup>a</sup>, 陈梁芳<sup>a</sup>, 黄肖肖<sup>b</sup>, 姜赛平<sup>a</sup>, 周敏<sup>b</sup>, 马楠<sup>c</sup>, 黄朝阳<sup>c</sup>, 邵乐文<sup>d</sup>, 卢晓阳<sup>a</sup>, 赵青威<sup>a</sup>, 顾国煜<sup>e\*</sup> (浙江大学医学院附属第一医院, a.临床药学部, b.医工信息部, c.医务部, d.护理部, e.党委办公室, 杭州 310003)

**摘要:** **目的** 构建数智药学大脑系统, 探索未来医院药品管理新模式, 为医疗机构药品数智化管理提供参考与借鉴。**方法** 系统介绍未来医院数智药学大脑的架构与管理, 并评价其应用效果。**结果** 数智药学大脑实施后, 取药时间缩短, 药品报损减少, 保障了患者用药的及时性与安全性; 工作强度降低, 工作效率提高, 调剂差错降低, 工作流程完善, 提升了医院药事管理水平。**结论** 基于数智药学大脑构建的药物管理新模式有助于推进医院数智化改革, 加强药事管理水平, 提升医疗服务质量。

**关键词:** 数智药学大脑; 智能药柜; 可视化监测; 药房管理; 新模式

中图分类号: R952 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2022)21-2738-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2022.21.005

引用本文: 陈菲菲, 董曦浩, 滕天立, 等. 未来医院药物管理新模式的探索——数智药学大脑建设与实践经验[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(21): 2738-2743.

### Exploration of the New Model of Drug Administration in the Future Hospital—Construction and Practical Experience of the Digital-intelligent Pharmaceutical Brain System

CHEN Feifei<sup>a</sup>, DONG Xihao<sup>a</sup>, TENG Tianli<sup>a</sup>, LI Weijun<sup>a</sup>, LYU Ning<sup>a</sup>, CHEN Liangfang<sup>a</sup>, HUANG Xiaoxiao<sup>b</sup>, JIANG Saiping<sup>a</sup>, ZHOU Min<sup>b</sup>, MA Nan<sup>c</sup>, HUANG Zhaoyang<sup>c</sup>, SHAO Lewen<sup>d</sup>, LU Xiaoyang<sup>a</sup>, ZHAO Qingwei<sup>a</sup>, GU Guoyu<sup>e\*</sup> (*The First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, a.Department of Clinical Pharmacy, b.Department of Medical and Information Center, c.Medical Department, d.Nursing Department, e.Party Committee Office, Hangzhou 310003, China*)

**ABSTRACT: OBJECTIVE** To construct the digital-intelligent pharmaceutical brain system, and explore the new model of drug management in hospital, providing reference for the digital-intelligent management of pharmacy in medical institutions. **METHODS** The framework and management of the digital-intelligent pharmaceutical brain system were systematically introduced, and its application effect was evaluated. **RESULTS** After the implementation of the digital-intelligent pharmaceutical brain, the time of taking medicine was shortened, and the number of ineffective drugs was reduced, ensured the timeliness and safety of medication for patients; the work intensity was reduced, the work efficiency was improved, the dispensing errors were reduced, and the work flow was improved, improved the level of hospital pharmacy management. **CONCLUSION** The new model of drug management based on the digital pharmaceutical brain is helpful to promote digital-intelligent reform of hospitals, strengthens the level of pharmaceutical management, and improves the quality of medical services.

**KEYWORDS:** digital and intelligent pharmaceutical brain; automated dispensing cabinets; visual monitor; pharmaceutical administration; new model

近年来, 国家卫生健康委员会针对智慧医院建设明确提出了须大力发展智慧医疗、智慧服务、智慧管理等方面, 以改善患者就医体验, 提升医院管理水平<sup>[1-3]</sup>。在国家政策引领下, 浙江大学医学院附属第一医院总部一期新院区致力于打造“未来智慧医院”, 围绕以患者为中心, 借助于互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能、5G等前沿创新信息技术, 搭建了总部一期数智药学

大脑, 包括以智慧医疗、智慧服务、智慧管理为特色的管理中枢“可视化监测预警系统平台”, 以及神经元“智能设备系统”, 以期解决传统药品管理架构存在数据受保护性差、可追溯性差、监管无法全面覆盖等弊端<sup>[4-6]</sup>, 进而实现医院药品数智化管理, 为临床安全用药和医院药事管理提供更有力的支撑。医院数智药学大脑建设在医院建设项目中起着至关重要的作用, 它为医院向着更为智慧的

基金项目: 浙江省重点研发计划(2019C04006)

作者简介: 陈菲菲, 女, 硕士, 药师 E-mail: cffzere@163.com

\*通信作者: 顾国煜, 男, 硕士 E-mail: zygyy@zju.edu.cn

方向发展提供助力,同时也为管理者提供了坚实的抓手。笔者将介绍医疗机构数智药学大脑的定义、架构、管理及应用效果,为探索数智药学“大脑”的创新引擎和构建药品管理模式提供借鉴。

## 1 医疗机构数智药学大脑定义

数智药学大脑,即可视化监测预警平台,是一套由笔者所在医院药学部自主研发的动态数据监控决策系统,旨在解决目前中国智慧药学所涉及的药品管理智能化、全程化等重难点问题。该系统通过整合物联网、人工智能、医疗大数据、云计算等数字技术,以数据系统作为支撑,智能设备终端为“神经元”,通过预警分类及后台调控阈值进行数据整合分析,全面连接医院内所有与药品管理相关的智能设备终端,突破原有单点设备的信息化管理,构建药学数据可视化管理中枢,实现药品管理从自动化向数智化的转变。见图1。

## 2 医疗机构数智药学大脑架构

### 2.1 智能设备系统

笔者所在医院新院区借鉴了国内外医疗机构自动化智能药柜构建模式<sup>[7-9]</sup>,并根据《三级医院评审标准(2020年版)》《中华人民共和国药品管理法》《医疗机构药事管理规定》《处方管理办法》及《麻醉药品和精神药品管理条例》等药事管理及药物管理相关条款细则要求,构建了药房毒性、麻醉及精神药品(简称“毒麻精药品”),病区药品和手术药房智能管理系统。

**2.1.1 药房毒麻精药品智能管理设备** 毒麻精药品智能管理系统是为中心药房和门急诊药房的毒

麻精药品提供智能管理解决方案的智能药柜。该设备主要由计算机控制系统和药柜2个部分组成。2个主柜和1个辅柜构成药柜实体,并安装有带触摸显示屏的计算机和视频监控,可同步对接医院HIS系统。主柜包含数十格层和计算机控制储药盒,两者均有LED指示灯引导取药,根据笔者所在医院目前毒麻精药品使用的种类数量和规格进行分类存放。而辅柜则用于存放病房回收的毒麻精药品空安瓿。

**2.1.2 病区药品智能管理设备** 药品智能管理系统是为病区的药品提供智能管理解决方案的智能药柜。针对病房普遍存在未按医嘱发放、可追溯性差、无可视化监控及输液摆放混乱等药品管理问题,为此与厂家联合研发设计了智能药柜和输液柜的一体化设备。通过为期半年的建设与布局,笔者所在医院新院区已在30个病区治疗室上线使用该设备,同时根据病房实际使用需求增加主柜数量以保障患者用药需求。病区智能药柜储药单元由普通储药单元、单支管控储药单元、带盖药盒储药单元以及冷藏模块组成,拿药补药时均可通过指示灯提示进行,保障用药安全性。依据病房实际使用药品需求制定药柜目录,不同储药单元存储不同种类药品,包括麻精药品、针剂、口服药、外用药、冷藏药等。智能药柜控制单元由计算机系统、触摸屏、电子锁、指纹刷卡模块、摄像头等组成。此外,药柜冷藏模块可通过冷链实时监测和反馈存储的温湿度。病区药品智能药柜通过自带药品管理系统同步接入医院管理信息

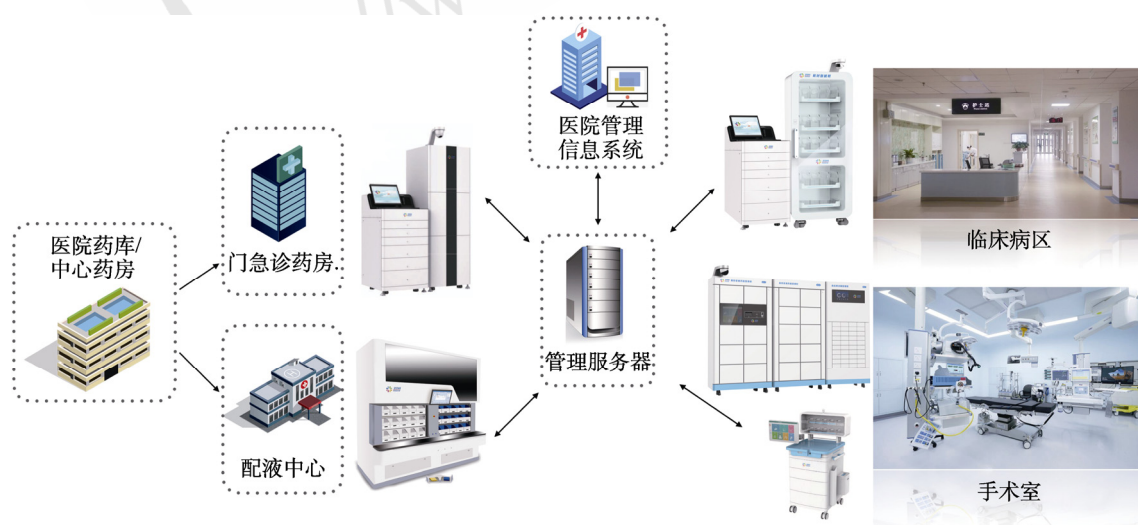


图1 数智药学大脑网络

Fig. 1 Network of the digital-intelligent pharmaceutical brain system

系统(hospital information system, HIS),通过中央监控平台系统实现可追溯、闭环化的管理。

**2.1.3 手术药房智能药柜设备** 手术药房智能管理系统是为手术室的麻醉药品、精神药品、普通药品提供智能管理解决方案的智能药柜,即为麻醉套餐药箱、肌松药和其他常用药品提供智能管理解决方案的系统设备。该设备由存储手术药箱和肌松药盒的单元格以及存放其他常用药品的药车组成,并安装摄像头、冷链系统、可触摸显示屏、麻醉药箱感应系统、药箱定位系统,通过手术药房智能管理系统软件将监测到的各项数据同步至医院中央监控平台系统,实现麻醉药箱实时定位和闭环化管理。

## 2.2 智能软件系统

**2.2.1 智能药柜药品管理软件系统** 药房和病区智能药柜药品管理系统应:①具有库存更改、盘点、退药、空安瓿回收、统计查询、数据维护等功能;②支持效期和批号管理,可自动预警近效期药品的品种和数量;③支持补药管理系统,可设置药品最大数量与预警数量,具有预警提示紧急缺少待补药品的功能;④支持按照清单补药,同时可设置临时补药,满足药品及时供给;⑤支持处方预审核系统,设定审方规则,智能判断医嘱的合法性、规范性及适宜性,并将结果反馈给终端 HIS 审方系统;⑥具备发药管理系统,医嘱发药可按照病区或患者模式进行调配,具备记录药品调配使用的全流程;⑦设置应急发药模式,保障紧急情况用药。手术室智能药柜软件系统应包括麻醉套餐药箱管理系统、手术室精麻药品智能管理系统和手术室药品智能管理系统,建立标准化手术室取药流程,具备可追溯的信息化管理流程。

**2.2.2 可视化监测预警软件系统** 可视化监控预警系统应:①对接智能药柜药品管理系统和 HIS,通过后台数据处理系统同步显示所有涉及药品的相关数据;②全天 24 h 对院内智能药柜进行监控,实时动态记录保存整个药品调剂与使用的过程,具备远程回放和可追溯任何节点的功能;③对近效期和失效药品实时监测预警,及时提醒管理人员预警信息;④统计并显示医嘱下达至患者用药的具体时间;⑤分类统计汇总每日病区 and 药房药品医嘱数,以及手术室药箱使用数量;⑥实时定

位显示手术药箱在院内分布情况,及时掌握手术药箱药品在途信息情况;⑦实时反馈药柜内冷藏药品温湿度实时监控情况以及设备强弱电实时状态等至智慧大屏上,进而满足实时监测预警。

## 2.3 智能管理中枢

**2.3.1 管理架构** 数智药学大脑管理中枢,即可视化监测预警平台,通过整合院内 HIS,未来将打通多院区、审方系统等多平台,面向医院管理者、临床药学部、麻醉科、护理部、保卫部等多部门,通过数据大屏、管理终端、设备终端等多路径展现,以智能设备、院内数据权限、多科室协同作业支撑,进而实现医嘱状态、药品管理、药箱追踪、远程监控、智能预警、设备轮巡等多业务实时数据监测。同时对数智药学大脑所涉及的业务、数据、安全和技术等进行了标准规范,以保障整个平台安全顺利运行。

**2.3.2 功能模块** 数智药学大脑中枢借助核心仪表盘检测、视频监控管理、设备实时操作记录、设备健康度轮巡、药品库存与效期、医嘱处理时效以及实时监测预警七大功能模块,同时依托医院整体强大的网络信息支持,以“临床药学部”为数据集散中心,通过后台的整理分析,实现所有智能设备和设备中药品的智能定位、实时追踪、智能监测、智能决策和闭环管理五大特色功能。

**2.3.3 平台搭建** 笔者所在医院总部一期新院区将已建设完的病区、中心药房、门急诊药房以及手术药房的智能药柜设备全部链接入可视化监测预警平台的管理中枢服务器,再通过中枢服务器后台数据处理统计、分析和决策,将智能药柜近效期药品、麻精药品使用、医嘱下达至患者用药的具体可及性时间、冷藏药品温湿度实时监控情况、手术药箱使用情况、设备强弱电实时状态等通过管理端可视化前置,最后汇总到智慧大屏上,满足实时监测预警,达到智慧监管的目的,可视化监测预警系统平台见图 2。

## 3 医疗机构数智药学大脑管理

### 3.1 组织架构及职能

临床药学部联合医务部、护理部、医工信息部、麻醉科等部门组成多学科数智药学大脑管理组,专门负责对医院数智药学大脑的开发、管理进行指导、培训和监督。管理人员参与制订全院数智药学大脑相关的管理条例,建立健全智能药





图2 可视化监测预警系统平台

Fig. 2 Visual monitoring and early warning system platform

柜药品的使用与检查制度，并定期组织检查，做好检查记录，及时纠正存在的问题和隐患。明确各部门使用智能药柜人员包括医师、护士、麻醉师及药师的职责，定期对其进行相关的教育和培训。根据智能药柜的特点与功能，加强管理全院毒麻精药品的储存、保管、发放、调配和使用。定期对管理工作存在的问题进行总结，提出改进意见，并适时修订制度。

### 3.2 药物数智化管理模式制定

近年来，智能药柜在医疗机构得到了广泛应用，但其尚存在一些不足，主要包括未按医嘱拿药、药品库存盘点与效期维护费时、冷藏药品温湿度监控难、设备故障问题未及时处理等，导致药品分散式调剂模式难以在全院推广<sup>[10-13]</sup>。为此，临床药学部将已建设的智能药柜设备全部链接入数智药学大脑管理中枢，以改进智能药柜应用的不足。依据智能药柜建设实施的经验，经医院临床药学部、医务部、护理部及保卫部等多部门协商，制定了以可视化监测预警平台为中枢，以智能药柜设备为载体，以设备链、处方链、药物链为基准，以设备、医嘱、药品为对象的医院药品数智化管理新模式，见图3。

### 3.3 设备管理

**3.3.1 操作记录** 笔者所在医院对智能药柜操作进行了规定，制定了双人取药模式，操作需要通过双工号或双指纹确认，以保障患者用药安全性。数智药学大脑实时监测记录药师从药柜取麻精毒

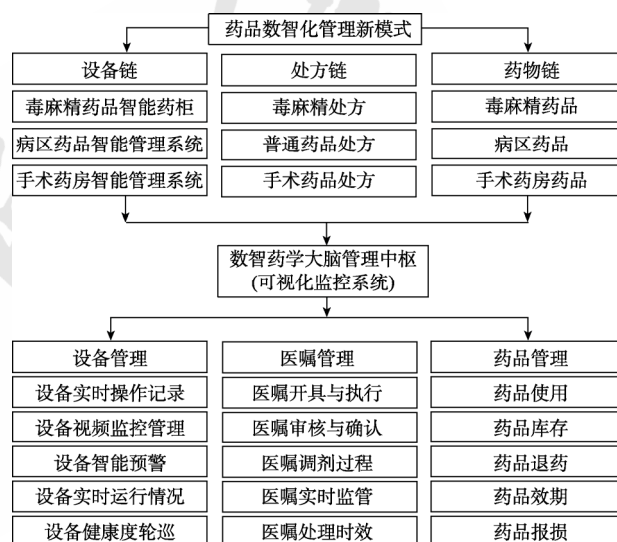


图3 医疗机构药物数智化管理模式

Fig. 3 Digital-intelligent management model of drug in medical institutions

药品、病区护士取病房药品及麻醉师从药柜取药箱与肌松药盒整个操作流程，实现责任到人。

**3.3.2 视频监控** 全院设置有智能药柜的场所应安装出入口控制装置和视频监控设备，周围应安装安全报警装置，智能药柜应安装视频监控设备和安全报警装置。将视频监控连入数智药学大脑平台，实时动态呈现，且视频能够自动保存至少180 d。

**3.3.3 智能预警** 数智药学大脑平台能够将监测到的医嘱超时、药品近效、操作异常、温湿度报警、药箱定位信息丢失等数据实时反馈至数智大屏或智能移动设备终端，方便管理人员实时掌握

各节点预警信息，及时处理各种情况。

**3.3.4 运行情况** 智能药柜等智能设备整个运行情况能够被数智药学大脑实时监控，包括设备运行异常、故障等，有助于管理人员及时发现并处理，保障患者用药可及性。

**3.3.5 健康度轮巡** 数智药学大脑对智能设备的健康度轮巡包括对网络、监控、医嘱数、盘点数、预警数、设备报警等进行实时统计监测，实时动态了解设备各项监测指标情况。

**3.4 医嘱管理**

中心和门急诊药房毒麻精药品、病区药品及手术药房药品是医院药品管理的重要组成部分。因此，数智药学大脑的构建对于管理医院药品医嘱是十分重要的，见图 4。中心和门急诊药房设置毒麻精药品智能药柜后，从医师开具医嘱至护士给患者用药全流程各节点信息数据经药学大脑处理后，均可实时通过智慧大屏或者智能设备终端获得，有助于加强对毒麻精药品的管理。病区智能药柜通过药学大脑监控管理，提高了护士拿取药品准确性，保障患者安全用药。手术室药房麻醉师从智能药柜取药箱至还回药箱，借助于麻醉药箱的定位系统，通过数智药学大脑后台数据处理，实现了实时动态的可视化监测。

**3.5 药品管理**

**3.5.1 药品使用** 药师取麻精药品、病区护士取病房药品及麻醉师取药箱与肌松药盒至患者最后用药，药品整个使用流程各节点信息通过 PDA 扫码记录，最终数智药学大脑平台通过数据处理以流程图展现出来，实现药品可视化、可追溯性的闭环管理。

**3.5.2 药品库存** 设置药柜药品和药箱库存预警数量值，当库存低于预警值时，通过大脑系统预警

提醒药师对药柜进行补充药品或药箱。此外，智能药柜的补药流程也通过药学大脑实现了可视化实时监测预警，对于错误补药或异常状态也能够及时报警提醒，从而保障患者用药可及性与安全性。

**3.5.3 药品退药** 数智药学大脑对药品退药信息实时动态分类统计，便于药师和护士及时处理退药情况，确保药品库存准确性，有助于改善药品管理效率，简化药品繁琐费时的退药流程。

**3.5.4 药品效期** 在药学大脑平台设置效期预警时间为近 6 个月，通过后台数据处理分析，当监测到近效期药品时，及时预警提醒责任药师或护士更换近效期药品，保障用药安全性及减少药品因失效报损。

**4 医疗机构数智药学大脑应用效果**

**4.1 缩短取药时间，保障患者用药及时性**

病区 30 个智能药柜构建应用后，通过智能药柜补药软件系统统计各病房临时医嘱进入药柜完成整个调剂流程所需的时间，发现病房护士平均取药时间为 4.17 min。对比原来由药房药师调配临时医嘱到护士取药所需时间为 35.28 min，新模式使用后，缩短了取药时间，有效保障了患者用药及时性。新模式实施后，同时减少了病区护士调剂差错的发生。与传统手术药房工作模式比较，手术药房智能药柜应用后，麻醉师取手术药箱和肌松药盒的时间由原来 5~8 min 缩短至 15~25 s，有效缩短了取药时间，保障了患者手术用药及时性。

**4.2 降低工作强度，提升药事管理水平**

病区智能药柜使用后，药师每日临时医嘱调配数由 4 279 条下降至 2 935 条，降幅达 33.7%，降低了药师工作强度。与传统病房治疗室采用备药管理模式比较，护士每日养护药品时间由约

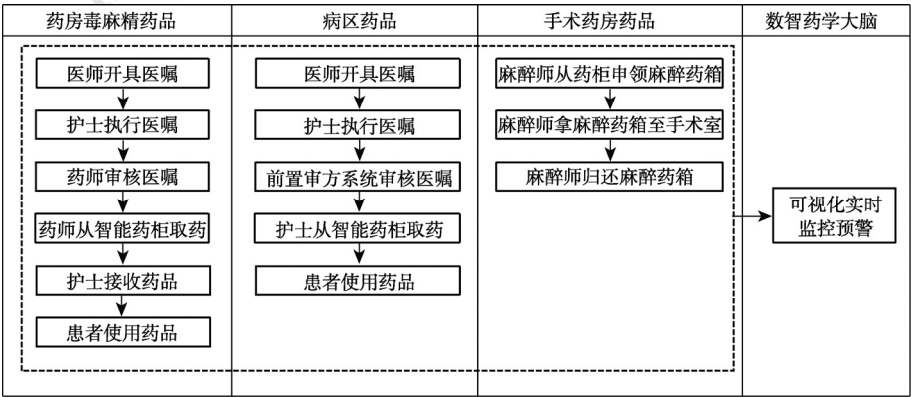


图 4 基于数智药学大脑管理的医嘱调剂流程

Fig. 4 Dispensing process of medical order based on the management of the digital-intelligent pharmaceutical brain system

15 min 下降至 5 min, 减少了护士工作量。手术室智能药柜使用新模式后, 无须药师进行人工发放麻醉药箱和肌松药盒, 只需要麻醉师自取即可, 极大地减少了药师工作量。值得关注的是, 新模式实施后, 病房药品管理规范率明显提高, 由 2021 年 3 月的 53.33% 提高至 2022 年 7 月的 98.24%, 提升了医院药事管理水平。

#### 4.3 减少药品报损, 保障用药安全性

病区基于药学大脑构建智能药柜使用模式后, 实现了对所有存储药品效期和冷藏温湿度的实时监控, 数据可视化完成度达 100%。新模式实施后, 每月病区药品因药品近效期和冷藏温度超限报损件数为 0, 有效减少了药品报损。同时新模式有助于避免患者使用因过期和冷藏温湿度超限失效的药品导致药物不良事件的发生, 保障了患者用药安全。

#### 4.4 加强毒麻精药品管理, 实现可追溯闭环管理

新模式构建应用后, 药房药师与病区护士取麻精药品和手术药房麻醉师取麻醉药箱时, 通过工号或指纹登录, 按病区或者患者发放药品以及按手术间取麻醉药箱等方式进行, 整个流程被记录至智能药柜取药软件信息系统, 同步至 HIS, 最后经后台中央管理服务中枢处理后, 实时更新至智能设备终端, 实现可追溯闭环化管理。此外, 还可通过药学大脑平台实时掌握毒麻精药品的库存和批号, 实现精细化管理。

### 5 结语

面对医疗服务需求的不断增长, 传统医院药品调剂和管理模式已满足不了当前的临床用药需求<sup>[9,14]</sup>。笔者所在医院中心药房、门急诊药房、病区以及手术药房采用智能药柜进行药品调剂的新模式, 同时研发了“数智药学大脑管理中枢”-可视化监测预警系统平台, 并将两者精准对接, 实时有效地掌控了各项药品管理监测指标, 实现了可视化可追溯的闭环管理, 该新模式有助于推进智慧医院发展。在未来, 发热药房、静脉配置中心、口服药房、药库和临床药学研究中心等使用的全部智能设备将被链接入数智药学大脑, 并将该模式向多院区展开建设, 实现全院药品数智化管理。当前, 国内尚未有建设数智药学大脑相关的经验, 笔者所在医院率先通过建设数智药学大脑, 并依据建设经验正在制定《医疗机构数智药学大脑建设标准规范》, 契合智慧医疗的发展方

向, 有助于推动全国医疗机构数智化改革, 加强药事管理水平, 提升医疗服务质量。

### REFERENCES

- [1] KWON H, AN S, LEE H Y, et al. Review of smart hospital services in real healthcare environments[J]. *Healthc Inform Res*, 2022, 28(1): 3-15.
- [2] WANG B Q, REN X Y, GAI X H, et al. Practice and thinking of smart hospital construction under the background of COVID-19 epidemic prevention and control[J]. *J Xi'an Jiao tong Univ(Med Sci)*(西安交通大学学报: 医学版), 2022, 43(5): 659-662.
- [3] LI H B, LIU H T, WU Y P. Practice of smart management platform based on big data construction at hospital[J]. *Chin J Heal Inform Manag*(中国卫生信息管理杂志), 2022, 19(1): 110-115.
- [4] XING L M, XU M, LI X. Experience of application of intelligent drug closed-loop management in optimization of drug management process[J]. *China Med Equip*(中国医学装备), 2019, 16(4): 137-141.
- [5] CELLO R, CONLEY M, COOLEY T, et al. ASHP guidelines on the safe use of automated dispensing cabinets[J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2021, 79(1): e71-e82.
- [6] LI M J, LI J R, YANG K T, et al. Application of new intelligent narcotic drug management system in operating room pharmacy[J]. *China Med Equip*(中国医学装备), 2021, 18(12): 139-143.
- [7] PEDERSEN C A, SCHNEIDER P J, GANIO M C, et al. ASHP national survey of pharmacy practice in hospital settings: Dispensing and administration—2020[J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2021, 78(12): 1074-1093.
- [8] ZHANG L, ZHU Y, ZHU Q Q. The application of intelligent drug control system in operation pharmacy[J]. *China Digit Med*(中国数字医学), 2020, 15(6): 143-144.
- [9] NING H, WANG L, TONG F, et al. Establishing decentralized medication distribution model on automated dispensing cabinet for inpatient[J]. *Chin J Hosp Pharm*(中国医院药学杂志), 2019, 39(8): 865-869.
- [10] ZHANG S, TONG F, WANG X E, et al. The management and practice of automated dispensing cabinet in clinical use[J]. *J North Pharm*(北方药学), 2019, 16(7): 155-157.
- [11] NANNI A N, RANA T S, SCHENKAT D H. Screening for expired medications in automated dispensing cabinets[J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2020, 77(24): 2107-2111.
- [12] ZHU C H, YU J L, WANG W P, et al. Practice and experience of automated dispensing cabinet in wards for drug management mode[J]. *China Pharm*(中国药房), 2017, 28(22): 3102-3105.
- [13] ZHENG W Y, LICHTNER V, VAN DORT B A, et al. The impact of introducing automated dispensing cabinets, barcode medication administration, and closed-loop electronic medication management systems on work processes and safety of controlled medications in hospitals: A systematic review[J]. *Res Social Adm Pharm*, 2021, 17(5): 832-841.
- [14] HU S S, ZHONG M, GENG W, et al. Satisfaction survey of nurses in Grade Three Hospital on automated dispensing cabinets[J]. *Xinjiang Med J*(新疆医学), 2021, 51(12): 1345-1348.

收稿日期: 2022-09-09

(本文责编: 沈倩)