基于智慧物联体系的手术室药品闭环管理模式的构建Δ

钱　骅[1*]，倪美鑫[1#]，曹汉忠[2]，顾海娟[1]，夏娴娴[1]（1.南通市肿瘤医院药剂科，江苏 南通　226361；2.南通市肿瘤医院麻醉科，江苏 南通　226361）

中图分类号　R95　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1001-0408（2024）14-1696-05
DOI　10.6039/j.issn.1001-0408.2024.14.04

摘　要　目的　为提升医院手术用药安全的药事管理水平提供参考。**方法**　我院手术室药房借助物联网理念和手段，搭建手术室药品智慧物联体系（以下简称为“物联体系”），并对其进行优化完善。从质量、效率、成本、满意度4个方面设置评价指标比较物联体系试行初期（2022年第一季度）及优化完善后（2023年第一季度）我院手术室药品管理水平。**结果**　通过1年多的优化完善，我院以手术室药品流通走向为轴线，搭建了以智能药车为硬件基础，以麻醉医嘱信息系统为软件媒介，集成手术麻醉系统、医院信息系统的药品全流程可追溯的物联体系。物联体系优化完善后，手术室麻醉医嘱规范化评分由试行初期的（68.5±3.5）分显著提升至（97.0±2.7）分，账物相符率由（82.40±8.85）%显著上升至（96.50±4.80）%，取用药时间由（40±8）min显著缩短至（12±3）min，每日退药频次由（36.0±6.5）次显著下降至（15.5±3.0）次，每月报损金额由（1 292.61±305.90）元显著降低至（594.24±195.05）元，医护人员满意度由（80.5±6.5）分显著提升至（96.0±3.0）分，各项指标变化均具有统计学意义（$P<0.05$）。**结论**　我院构建的该物联管理体系有效保障了手术用药的可及性、及时性、安全性，有利于手术室药品管理质量的提升。

关键词　手术室药品；智慧物联；闭环管理；麻醉医嘱

Construction of a closed-loop management model of drugs in operating room based on intelligent Internet of Things system

QIAN Hua[1], NI Meixin[1], CAO Hanzhong[2], GU Haijuan[1], XIA Xianxian[1] (1. Dept. of Pharmacy, Nantong Tumor Hospital, Jiangsu Nantong 226361, China; 2. Dept. of Anesthesiology, Nantong Tumor Hospital, Jiangsu Nantong 226361, China)

ABSTRACT　OBJECTIVE To provide reference for improving the level of hospital pharmaceutical management for operating room drugs. **METHODS** The operating room pharmacy of our hospital utilized the concept and means of the Internet of Things (IoT) to build an intelligent IoT system for operating room drugs (hereinafter referred to as the "IoT system"), and optimized and improved it. The quality of drug management in the operating room of our hospital during the initial phase of the IoT system (Q1 2022) and after optimization and improvement (Q1 2023) were compared by setting indicators from four aspects: quality, efficiency, cost, and satisfaction. **RESULTS** After more than a year of optimization and improvement, our hospital has built a traceable IoT system for the entire drug process that integrated surgical anesthesia systems and hospital information systems, with the direction of drug circulation in the operating room as the axis, using intelligent drug vehicles as the hardware foundation, and anesthesia doctor's order information system as the software medium. After the optimization and improvement of the IoT system, the standardized score of anesthesia orders in the operating room increased from (68.5±3.5) points in the initial period to (97.0±2.7) points; the consistency rate between accounts and materials increased from (82.40±8.85)% to (96.50±4.80)%; the time of taking medicine was shortened from (40±8) min to (12±3) min; the frequency of drug withdrawal was reduced from (36.0±6.5) times/day to (15.5±3.0) times/day; the cost of loss drugs was decreased from (1 292.61±305.90) yuan to (594.24±195.05) yuan; the satisfaction was increased from (80.5±6.5) points to (96.0±3.0) points. All indicators were significantly improved with statistically significant differences ($P<0.05$). **CONCLUSIONS** The intelligent IoT system constructed by our hospital effectively ensures the accessibility, timeliness, and safety of intraoperative medication, which is conducive to improving the quality of drug management in the operating room.

KEYWORDS　operating room drugs; intelligent Internet of Things; closed-loop management; anesthetic orders

手术用药安全是医药护三方共同追求的目标。近年来手术室药品管理模式经过不断的变革完善，由传统手术室“先用药，后结算”的管理模式，逐渐发展为手术药房“基数药箱”模式，部分医院更是引入智能药车等工

Δ **基金项目**　江苏省药学会-奥赛康医院药学科研项目（No. A202236）

＊ **第一作者**　主管药师。研究方向：药事管理。E-mail：852920164@qq.com

通信作者　主任药师。研究方向：医院药学。E-mail：nmx1965@163.com

具，根据自身院情进行了本土化的修改优化，探索了多种手术室药品管理新模式[1-2]。此类尝试虽然实现了刚性化、数字化管理，提高了工作效率，管理主体也由手术室护士逐渐向药师转变，使得药品管理日趋规范化，但是仍有诸多共性问题有待改善，例如：(1)手术室药品本身存在种类多、耗量多、特殊药品数量多，药品使用及管理人员配备少、药品可利用的存放空间少、用药准备时间短等特点，导致手术室药品批号管理困难、术中用药可及性差等一系列问题。(2)手术用药过程中麻醉医生多为口头医嘱，导致术中用药的可追溯性差。(3)麻醉医生单人给药的模式使得术中用药安全缺乏保障。(4)因计费模式不一导致账物不符的隐患亦不容小觑——若采取根据手术记录单事后手动计费的模式，不仅增加了工作环节，还可能会出现多记、少记、漏记的问题[3]；若采用药品从智能药车中取用后即自动推送收费的模式，又可能增加退药、退费操作的工作量。

我院一直致力于不断探索、优化手术室药品的管理模式，以最大限度降低手术室药品管理相关隐患。2022年初，为响应国家卫生健康委提出的智慧医疗、智慧服务、智慧管理“三位一体”建设方针，我院手术室药房尝试借助物联网理念和手段，搭建手术室药品智慧物联管理体系（以下简称为“物联体系”），旨在解决当前手术室药品管理中存在的共性问题，着力实现手术用药闭环管理。通过1年多的优化完善，我院以手术室药品流通走向为轴线，搭建了以智能药车为硬件基础，以麻醉医嘱信息系统为软件媒介，集成手术麻醉系统、医院信息系统（hospital information system，HIS）的物联体系，在实现手术用药安全、高效可及的同时，为药品闭环管理和医院药事管理新模式的探索提供了有力的支撑，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　我院手术室药品管理的基础情况

我院是地市级三级甲等肿瘤专科医院，因肿瘤专科的特殊性，手术通常呈现时间长、危险性大、进程多变等特点，因此手术过程中药品的可及性和及时性显得尤为重要，这也加大了日常手术室药品管理的难度。我院共开放手术室11间，在物联体系试行初期，我院手术室为药品配备的硬件设备有智能药车2辆、基数药车11辆，配备的软件系统包括手术麻醉系统（麦迪斯顿）和HIS（东华），手术室药品管理模式为智能药车专管麻醉药品和精神药品（以下简称“麻精药品”）与基数药车管理非麻精药品相结合的模式。为打破术中麻醉医生单人给药的模式，我院物联体系取消了移动基数药车，将智能药车交由手术室药师专人管理，用药流程调整为麻醉医生在HIS内下达医嘱、打印医嘱单，手术室药师在麻醉准备间统一审核、发药，麻醉护士与药师双人核对确认，最后至手术间用药的模式[4]。经过1年多的优化完善，我院手术室新增加配备了麻醉医嘱信息系统和麻醉医嘱平板电脑，并将智能药车配备的数量增至每间手术室1辆，智能药车搭载的系统也升级为手术间专用版本。

1.2　物联管理流程优化设计

“智慧物联”即借助物联网的理念和手段，实现系统、设备、人员之间的互联互通，智能辅助决策和全流程准确、合理、可数字化追溯。经过1年多的优化完善，我院物联体系可分为感知层、传输层、数据处理层、应用层4个层次（图1），并基于该框架，结合院情，最终形成了以手术室药品流通为轴线，智能药车、麻醉医嘱信息系统、HIS、手术麻醉系统集成管理的全流程信息化可追溯的闭环管理体系，可实现药品信息和医疗行为的抓取、整合，涵盖手术药品领（请领入库）、存（储存、养护）、取（取、退药）、用（术中使用）、费（计费）/废（空安瓿回收、残余药液处置）全过程；同时，基于医院药事及药物管理相关条款细则，为保证药品分级管理的合理合规，我院参照相关专家共识[5]并结合实际工作情况，合理安排了手术室药品的流转路径，最终形成了我院手术室药品智慧物联管理流程（图2）。

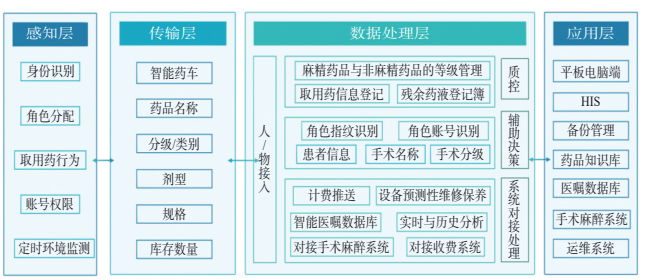
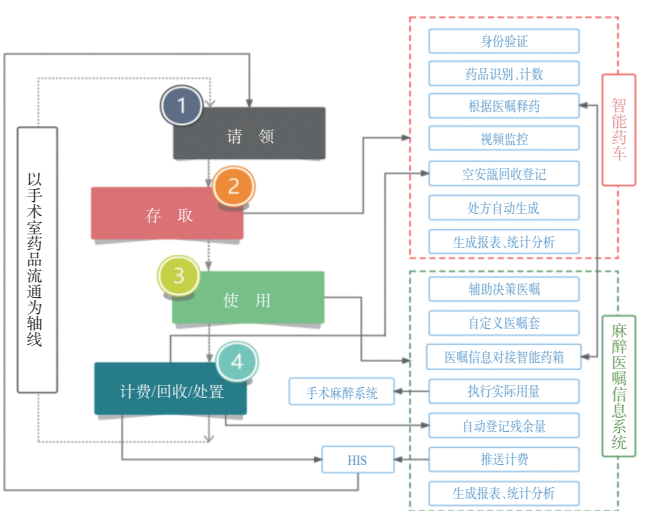


图1　我院物联体系结构



注：虚线箭头代表药品在手术室的全部流程，实线箭头代表系统功能流向。

图2　我院手术室药品智慧物联管理流程示意图

1.3　物联体系的优化完善措施

1.3.1　完善软硬件设备功能，形成集成管理体系

首先，我院委托第三方自主研发了麻醉医嘱信息系统，并与智能药车、HIS和手术麻醉系统进行了对接。麻

醉医嘱信息系统兼具患者详情、术前麻醉评估、麻醉知情同意、医嘱管理、三方核查、麻醉记录单、麻醉总结、复苏登记、收费等多个功能（图3）。麻醉医嘱信息系统可通过对接HIS，获取患者的详细信息，包括基本信息、现病史、生命体征、既往史等。麻醉医生对患者进行术前评估后，麻醉医嘱信息系统可自动评定患者的麻醉风险等级，从而生成麻醉风险评估报告单。基于系统评估报告单提示的医嘱注意事项或自动生成的智能辅助决策医嘱，麻醉医生可视具体情况选取系统推荐的医嘱套或者开具个性化医嘱。一次性医嘱在给药后，麻醉护士即可在平板电脑中的麻醉医嘱端内点击“执行”，该医嘱将自动推送至HIS进行计费；维持性医嘱则需麻醉医生在给药结束后及时暂停医嘱并录入实际用量，再经麻醉护士核对确认无误后推送至HIS执行计费。这种“预医嘱”的模式（图4），避免了既往在HIS内开立医嘱后立即收费的问题，减少了后续退费、补收费的麻烦。此外，该物联体系还兼具统计查询、登记簿、监测预警等功能，能实时动态记录、保存整个手术室药品的流通使用动向，方便药师实时掌握药品的库存和效期情况，实现精细化管理。



图3　麻醉医嘱信息系统功能界面示例



图4　麻醉医嘱信息系统收费操作界面示例

其次，我院将手术室的智能药车升级为手术间专用版，其具备的基础功能包括通过指纹或账号密码对人员身份进行识别和认证，通过称重计数实现药品存取的感应识别及记录，通过优先取用规则的设定实现效期批号管理，通过自带摄像头和防断电保护功能实现24 h视频监控，自动盘点生成报表等。在原有功能基础上，升级后的智能药车还对接了麻醉医嘱信息系统。术前，手术室的医护人员可通过智能药车界面查看当日手术列表、输入患者住院号、使用配备的多功能移动鼠标扫描患者腕带3种方式获取患者对应的医嘱信息；术中，智能药车可根据医嘱信息定向释药，未开具医嘱的药品则无法取出；术后，智能药车根据实际取用药情况汇总自动生成麻精药品处方。同时，智能药车中还设置了应急发药模块，以保障急诊或其他紧急情况下的药品供应，但应急取药需在取药后12 h内在系统中补齐相关信息。此外，我院还对手术室药品目录和对应分级进行了系统维护，除对麻精药品和非麻精药品进行色标管理外，还对药车抽屉进行划区管理，设置不同的安全警示等级；完善角色管理和取用权限分配，例如：药师仅有补药、养护的权限，麻醉护士仅有取、退药权限，麻醉医生仅有处方确认及打印权限等。

1.3.2　人员职责分工再造，形成闭环管理

通过对手术室软硬件功能的集成整合、对接，医药护人员的分工调整和优化，我院系统性地重整了手术用药的标准化操作流程，以制度规范环节管理，以职责促进制度落实，形成了安全且可追溯的闭环管理流程。

麻醉医生术前访视患者、完善麻醉风险评估后，在麻醉医嘱信息系统中通过辅助决策医嘱或常用医嘱套功能开具医嘱，完成术前准备工作；之后，药师对麻醉医生开具的麻醉医嘱进行事前审核；随后，麻醉护士根据患者的医嘱信息在智能药车内取用并配制手术用药，与麻醉医生双人核对后给药。术中，麻醉医生可根据患者的病情变化及时调整医嘱；根据实际用药情况，麻醉护士在平板电脑端的麻醉医嘱信息系统中执行医嘱，系统自动推送至HIS计费。手术结束后，麻醉医生在智能药车系统中一键打印患者处方，核对无误后签字盖章；麻醉护士负责空安瓿回收，并与麻醉医生或药师双人配合对麻精药品剩余药液进行处置、登记；药师核查药品取用及计费情况，以确保账物相符，对回收的麻精药品空安瓿、打印的处方进行数量、批号的核查，确认无误后请领药品。药师将请领的药品及时补充到相应智能药车内，完成药品养护、登记簿整理导出等工作。药学部定期对麻醉医嘱进行处方点评。物联体系试行初期与优化完善后的手术室用药流程对比见图5。

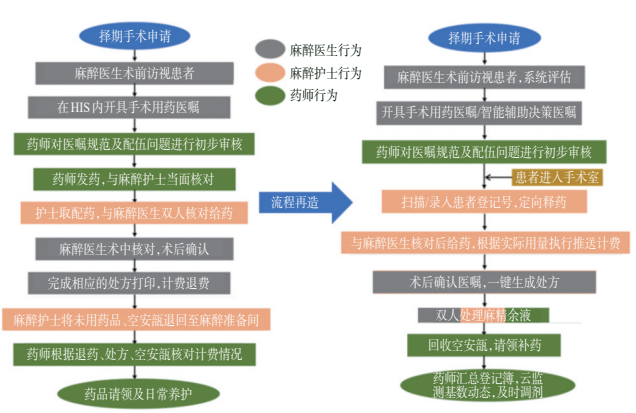


图5　物联体系试行初期与优化完善后的手术室用药流程对比

1.3.3　手术室药品智慧物联管理工作流程再造

基于手术室药品领、存、取、用、费/废全流程信息化可追溯的闭环管理理念，我院对物联体系搭建完成后手术室药品的流转路径细化梳理如下：

（1）药品请领。手术室专职药师负责从病区药房领取药品，请领单为HIS根据手术室药品收费记录生成的汇总单。请领单可根据患者信息汇总，也可按药品品种汇总，以便核查。麻精药品设置有单独的请领单，请领的品种数量与处方的药物品种数量、空安瓿回收数量相符。请领完成后，药品实物与系统库存记录（包括药品数量、批号、效期等信息）由病区药房同步流转至手术室药房。

（2）药品存取。我院根据手术室等级及对应手术类别确定各手术室智能药车配置的药品目录及基数，保障药车中药品的周转率。药品请领回手术室后，应及时由药师补入智能药车中，药师在智能药车的中央管理端汇总核对存入药品的数量、批号等信息与请领单是否相符、补药后库存与基数是否相符。

（3）药品使用和药品计费/回收/处置。除前文所述的药品使用和药品计费/回收/处置流程外，值得一提的是，手术过程中，药师可通过智能药车中央管理端监测各手术室的药品库存动态，并在库存低于警戒值时及时进行干预。智能药车的中央管理系统还可与麻醉医嘱信息系统进行智能匹配盘点，核实取用药情况与实际执行用药信息是否相符、推送收费是否成功，进而判断账物是否相符，形成当日质控数据。若发现异常提示，手术室药师应立即查找原因并及时反馈给当日质控人员进行解决。

1.3.4　其他

为了保障物联体系的安全运营及推进，我院成立了多部门联动的质控小组，负责督导项目的开发、管理、监督，参与制订相关的管理条例。项目实施人员来自麻醉科、药剂科、护理部、信息科等多个部门，各自分工明确，围绕手术室用药安全这一核心，通过戴明环管理法不断排查、整改各流程中可能存在的问题和隐患，进一步细化了麻醉医生、麻醉护士、药师之间的配合与监管流程，避免了既往麻醉医生同时具备使用权、处方权和管理权的情况[6]，实现了医药护全员参与的闭环式管理。同时，质控小组定期对物联体系的运行进行总结和优化，并及时就更新内容对相关人员开展培训，以最大限度减少实际操作过程中的差错。

1.4　评价指标

目前，针对手术室药品管理质量的评估尚缺乏统一的评价指标。本研究通过查阅文献[7]，从质量、效率、成本、满意度4个方面设置指标，结合我院实际情况拟定了相应的评价指标。（1）质量指标包含麻醉医嘱规范化评分及账物相符率。其中，麻醉医嘱规范化评分采用百分制，根据江苏省三级肿瘤医院评审标准实施细则，每月抽取1%的手术患者病历，由临床药学室进行医嘱点评；账物相符率＝库存数量与实盘数量无差异品种数/手术室药品总品种数×100%。（2）效率指标包含取用药时间及退药频次。其中，取用药时间即下达医嘱至给药的时间间隔。我院物联体系试行初期，取用药时间包含医生下达医嘱后手术室药房根据医嘱单备药时间+麻醉护士取药核对时间+手术间配制时间；物联体系优化完善后，取用药时间包含麻醉护士在对应手术间智能药车取药时间+配制时间。退药频次是指退药操作次数，包括系统退药和人工退药频次。（3）成本指标指因药品报损、过期及提前制备导致的浪费金额。（4）满意度指标为手术室医护人员对手术室药品规范化管理工作的满意度评分（总分为100分，分值越高代表医护人员越满意），调查问卷依托问卷星平台发放和回收。

1.5　统计学方法

统计我院物联体系试行初期（2022年第一季度）以及物联体系优化完善后（2023年第一季度）的药品管理质量、效率、成本、满意度各项评价指标的变化，采用SPSS 25.0软件进行统计学分析。计量资料以$\bar{x}\pm s$表示，采用χ^2检验进行组间比较。检验水准$\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　质量指标

我院物联体系优化完善后，手术室麻醉医嘱规范化评分为（97.0±2.7）分，较试行初期的（68.5±3.5）分显著升高（$P<0.05$）。仅对实际给药的医嘱执行计费的模式，不仅实现了用药节点的可追溯，且账物相符率由物联体系试行初期的（82.40±8.85）%显著上升至优化完善后的（96.50±4.80）%（$P<0.05$）。

2.2　效率指标

我院物联体系优化完善后，每间手术室都配备了智能药车，实现了手术用药的即取即用，取用药时间由物联体系试行初期的（40±8）min显著缩短至优化完善后的（12±3）min（$P<0.05$）。根据医嘱按需取用的模式，有效避免了退药事件的发生，每日退药频次由物联体系试行初期的（36.0±6.5）次显著下降至优化完善后的（15.5±3.0）次（$P<0.05$）。

2.3　成本指标

我院物联体系优化完善后，在本研究数据收集的3个月内（2023年第一季度），没有发生因药品效期问题导致报损的事件；即取即用的模式下，因提前制备导致的报损浪费事件明显减少，有效避免了人力资源和医疗资源的浪费，手术室药品月均报损金额由物联体系试行初期的（1 292.61±305.90）元显著降低至（594.24±195.05）元（$P<0.05$）。

2.4　满意度指标

物联体系试行初期及物联体系优化完善后，分别收集了医护人员的满意度有效问卷35、41份，满意度平均分由（80.5±6.5）分显著提升至（96.0±3.0）分（$P<0.05$）。

3 讨论

近年来，智能药车等设备在医疗机构得到了广泛应用，然而智能药品管理设备带来的隐患和风险也不容小觑。如何合理优化利用、扬长避短，让其由“数字化大玩具”成为药品管理的“好帮手”，真正融入日常药品的管理和应用中，是药学人员不断探索和实践的方向。目前，已有医院开发了“数智药学大脑”系统，构建了全院范围内的网络布局，是全院实现药品数智化管理的优秀案例[8]。然而，全院范围内数字化的实现绝非一蹴而就，受地区经济因素和医疗机构自身信息化发展程度的限制，各医疗机构基础信息化程度参差不齐，在可行性、经济性上均有一定难度。我院自引入智能药车以来不断探索手术用药闭环管理，以智能药车为载体，由点到面构建了物联体系，形成了一套手术室药品管理新模式。

围术期药品储备供应工作的好坏直接影响手术能否顺利实施，将智能药车放入手术室有效保障了手术用药的可及性、及时性；术中麻醉医生开具医嘱、麻醉护士执行医嘱的双人核对模式，避免了传统模式术中用药的单人操作带来的风险，有效保障了手术用药的安全性；通过麻醉医嘱信息系统、智能药车与HIS的对接整合，有效保障了手术室药品的账物相符。

我院物联体系的创新点在于：以手术用药零风险为出发点，力求实现取用药零等待、术中用药零差错、账物相符零误差，以现有手术室药品管理的共性问题为切入点，率先实现了手术麻醉医嘱的电子化和手术用药的全流程管理。在物联体系实施过程中，药剂科、麻醉科联合医务科完善了手术室药品管理制度，对术前、术中、术后用药进行了体系化的约束；通过对麻醉医生、麻醉护士、药师之间的闭环流程设计，避免了手术用药单人给药的情况，不仅形成了手术用药环环相扣的监管模式，保障了用药的安全性、准确性，且医药护协同配合的模式，促进了学科间的交叉和融合，各有所长，取长补短，实现了多学科的交流和协作。

我院物联体系尚存在不足，今后我院将针对现有遗留问题不断攻坚。例如，空安瓿限时回收报警系统应尽早落地，以实现空安瓿回收的及时性，防止遗失、损毁；手术麻醉系统与HIS之间的数据传输、数据对接功能不够流畅，后期还需不断完善，使麻醉记录单内容更翔实。

综上所述，我院通过实施物联体系，实现了手术室药品的全流程可监管、可追溯，提升了医院药事管理质量，为药品的信息化链式管理模式提供了新的思路。医药护三方协同配合的闭环管理模式，不仅保证了手术用药的规范性、安全性，还保障了手术室药品供应的快速、准确、便捷。今后我院将进一步优化完善药品信息化管理模式，推动我院药事管理质量稳步提升。

参考文献

[1] 靳萍. 智能药柜在医院手术室信息化建设中的应用[J]. 中国医疗设备，2017，32(1)：122-124，135.
JIN P. Application of intelligent medicine cabinet in information construction of hospital operating room[J]. China Med Devices，2017，32(1)：122-124，135.

[2] 成月佳，侯旭敏，张晓峰，等. 运用智能化药车精细化管理手术室麻醉药品实践探索[J]. 中国医院，2021，25(1)：77-79.
CHENG Y J，HOU X M，ZHANG X F，et al. Application of intelligent medicine cabinet in refined narcotic management of the operating department[J]. Chin Hosp，2021，25(1)：77-79.

[3] 许蕾，邱壮，马晶晶，等. 医院智慧型手术室药房的建设与应用[J]. 中国药业，2023，32(2)：31-35.
XU L，QIU Z，MA J J，et al. Construction and application of intelligent operating room pharmacy in a hospital[J]. China Pharm，2023，32(2)：31-35.

[4] 钱骅，倪美鑫，曹汉忠，等. 手术室药品规范化管理模式的探讨与评价[J]. 海峡药学，2022，34(9)：161-163.
QIAN H，NI M X，CAO H Z，et al. Discussion and evaluation on standardized management model of operating room pharmacy[J]. Strait Pharm J，2022，34(9)：161-163.

[5] 刘东，李国辉，赵荣生，等. 医疗机构麻醉药品和第一类精神药品信息化管理专家共识[J]. 医药导报，2022，41(1)：1-7.
LIU D，LI G H，ZHAO R S，et al. Expert consensus on information management of narcotic drugs and psychotropic drugs of category Ⅰ in medical institutions[J]. Her Med，2022，41(1)：1-7.

[6] 张方明，黄秋瑞，孙晓鸣，等. 智能化手术室药房管理系统建立的实践[J]. 医药导报，2018，37(5)：634-636.
ZHANG F M，HUANG Q R，SUN X M，et al. Practice of establishing pharmacy management system in intelligent operating room[J]. Her Med，2018，37(5)：634-636.

[7] 吴荷玉，赵诗雨，马琼，等. 手术室药品管理质量评价指标体系的构建与应用[J]. 护理学杂志，2022，37(17)：46-49，59.
WU H Y，ZHAO S Y，MA Q，et al. Construction and application of an evaluation index system for drug management in the operating room[J]. J Nurs Sci，2022，37(17)：46-49，59.

[8] 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.
CHEN F F，DONG X H，TENG T L，et al. Exploration of the new model of drug administration in the future hospital：construction and practical experience of the digital-intelligent pharmaceutical brain system[J]. Chin J Mod Appl Pharm，2022，39(21)：2738-2743.

（收稿日期：2023-11-07　修回日期：2024-06-22）
（编辑：孙　冰）