

智慧静脉药物配液机器人风险屏障机制探讨

葛立萌¹, 祁建平¹, 张志康², 桑鹏飞²

(1. 河北省沧州中西医结合医院智能静配中心 河北 沧州 061000; 2. 上海全自配业智能科技有限公司 上海 200949)

摘要 随着医学技术的进步, 静配用药集中调配中心(PIVAS)的日常工作趋向自动化与智能化, 全自动化静脉药品配液设备的风险自检处理情况直接关系到设备的工作效率和临床使用价值。智慧静脉药物配液机器人依托本院医工合作平台, 发展医药创新型设备, 是一种安全、高效、可靠的全自动设备, 其高效的风险屏障机制是保证智慧静脉药物配液机器人精准配置的关键。

关键词 智慧配液机器人; 风险屏障; 自动报警

中图分类号 R95 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2024)03-0484-05

Study on risk barrier mechanism of intelligent intravenous drug dispensing robot

GE Limeng¹, QI Jianping¹, ZHANG Zhikang², SANG Pengfei²

(1. Intelligent PIVAS, Cangzhou Hospital of Integrated TCM-WM · Hebei, Cangzhou 061000, China; 2. Shanghai QZPY Intelligent Technology Co., LTD, Shanghai 200949, China)

Abstract With the progress of medical technology, the daily work of Pharmacy Intravenous Admixture Services(PIVAS) tends to be automatic and intelligent. The risk management of fully automated intravenous drug dispensing equipment is directly related to the work efficiency and clinical value of the equipment. The intelligent intravenous drug dispensing robot relies on the hospital's medical and industrial cooperation platform to develop innovative medical equipment, which is a safe, efficient and reliable automatic equipment, and its efficient risk barrier mechanism is the key to ensure the accurate drug dispensing.

Key words Intelligent Dispensing Robot; Risk Barrier; Automatic Alarm

随着智能医疗技术的发展和进步^[1-2], 静脉用药集中调配中心(Pharmacy Intravenous Admixture Services, PIVAS)突破了传统人工静配壁垒, 药物集中配置智能化是静配发展的必然趋势。既往研究表明市场现有的产品多为单体式半自动化设备, 且更多关注静脉药物配置中心的效率问题, 鲜少对自动化设备风险事件处理情况进行报道^[3-15]。静配中心具有任务紧迫、风险大、

质量要求高等特点, 且全自动化设备缺少人工灵活性^[16], 全自动化静脉药品配液设备的风险自检处理情况直接关系到设备的工作效率和临床使用价值。智慧静脉药物配液机器人实现了全流程“一站式”自动化配置药品, 兼具风险屏障和自动检测报警功能, 保证了配液流程安全、高效地进行。本文就智慧静脉药物配液机器人的风险屏障自动报警机制进行探讨。

收稿日期: 2024-01-31 录用日期: 2024-04-14

Received Date: 2024-01-31 Accepted Date: 2024-04-14

通讯作者: 葛立萌, Email: 769398863@qq.com

Corresponding Author: GE Limeng, Email: 769398863@qq.com

引用格式: 葛立萌, 祁建平, 张志康, 等. 智慧静脉药物配液机器人风险屏障机制探讨[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(3): 484-488.

Citation: GE L M, QI J P, ZHANG Z K, et al. Study on risk barrier mechanism of intelligent intravenous drug dispensing robot[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(3): 484-488.

1 药品上机位置风险屏障自动报警处理机制

信息化与自动化相辅相成^[7]，全自动智能设备需依靠准确无误的信息流来实现自动、智能化功能，药品数量和放置位置无差错才可以保证配置正确流畅。药品种类繁多，且机器药匣密集紧凑，如果出现位置差错，则发生药品错配，这会造成不可估量的损失，甚至可能给患者带来严重后果。智慧静脉药物配液机器人设置了位置差错风险自检功能，一旦发现风险系统将会自动报警，以避免因人工粗心大意造成的差错。

1.1 药品上机流程 药品贴二维码预处理→扫描药品信息→药品放入药匣→掌上电脑(Personal Digital Assistant, PDA)扫描药品信息→PDA扫描药匣信息→分配药柜位置→药匣放入药柜→扫描药柜信息→药柜显示和药品信息一致→关闭柜门。

1.2 实现方法 智慧静脉药物配液机器人药品上机前需要对药品进行3步处理。①药品贴二维码进行预处理。每种药品都有相对应的二维码，扫描二维码查看药品规格、数量、有效期等信息。②确认信息后的药品放入对应药匣。③PDA依次扫描药品二维码、药匣二维码，并进行药柜位置匹配，专属药柜门打开，药匣放入药柜，扫描药柜二维码，如果位置正确，PDA提示匹配成功，药柜显示药品信息；如果位置错误，PDA进行报警提示，药柜提示错误。工作人员可及时知晓风险位置，重新摆放药品位置，确保药匣信息与药柜信息一一对应，匹配信息在PDA端与显示器端同时显现，两端操作人员可同时查验放置位置是否正确，实现单人操作双人核对的效果。

1.3 检测方法 选择西林瓶和安瓿瓶两类药瓶药品医嘱，每批次随机选择不同种药品，人为随机制造位置差错风险，最后查验检测系统是否报警且报警次数是否符合差错设置次数。药品上机位置风险屏障共测试2000单配置任务，制造风险560次，报警率100%（见表1）。

2 自动取药风险屏障自动报警处理机制

智慧静脉药物配液机器人在药品配置过程中自动抓取药瓶进入配置单元，此过程无需人工操作。如果药瓶未抓取成功，则配液工作无法进行；倘若未抓取正确药瓶且机器人继续流程作业，则会造成药品配置混乱，耽误临床配液，这将会造成人力和物力的双重损失。所以机械手抓取药品成功与否，信息反馈是否及时，风险处理是否及时直接关乎整个自动化效率，由此可见风险报警在自动化工作中尤为重要。

2.1 取药流程 药品抓取机械手抓取药品，并送至预处理工位→安瓿瓶割瓶（西林瓶消毒）→安瓿瓶敲瓶→移栽机械手抓取药品，并送至配置工位→药品配置。

2.2 实现方式 智慧静脉药物配液机器人机械手具有AI识别功能和风险报警处理系统。如果未抓取药品，机械手自动暂停作业并报警，工作人员可及时知晓并进行人工核查；排除故障后对机械手复位，继续作业。机器人在药瓶抓取环节既实现了自动化配置，又具有灵活性和实效性功能，解决了配液风险的后顾之忧，其在临床具有较强的实用性。

2.3 检测方法 机械手抓取药品进入预处理工位，移栽机械手将预处理完毕的药品移动至配置工位，药品抓取机械手与移栽机械手先后对药品药瓶进行移动处理。因药品抓取机械手与移栽机械手先后连续作业，存在连贯性，所以

表1 药品上机位置风险屏障自动报警机制检测结果

Table 1 Risk alarm detection results of drug loading position

药品批次	检测次数(次)	检测率(%)	报警次数(次)	报警率(%)
第一批(20种, 400瓶)	40	10	40	100
第二批(30种, 600瓶)	120	20	120	100
第三批(50种, 1000瓶)	400	40	400	100

两种风险预警同时进行检测。每批次采用西林瓶和安瓿瓶医嘱，人为随机制造药品抓取和移栽差错风险。对药品抓取机械手与移栽机械手能否成功抓取药品进行风险自动报警，并检测报警次数是否符合差错设置次数。检测风险屏障共运行 2400 瓶药品，随机制造风险 1220 次，药品抓取机械手风险报警率 95%~100%；药品移栽机械手风险报警率 90%~100%，且保持稳定（见表 2）。

3 液袋、移液器传送与贴签风险屏障自动报警处理机制

药品配置关乎医疗安全，关乎患者生命。智慧静脉药物配液机器人可代替人工作业，在实现药品配置自动化、高效能的同时，也设置了风险屏障检测和自动报警功能，是保证精准配置药品的关键所在。

3.1 液袋传送与贴签流程 根据医嘱信息扫描液袋条形码→放入轨道（移液器自动进入轨道）→进入配液工位→自动贴签→完成药品配置。

3.2 实现方式 ①根据医嘱信息扫描识别液袋

条形码，如果液袋放置错误，系统将自动进行风险识别，以颜色（红色）和文字显示“扫描错误”等两种方式进行风险报警。②移液器专用轨道进入配液工位，在进入工位后进行自动感应。如果系统未感应到移液器，设备将自动报警，并停止运行。③瓶签自动贴至液袋，系统自动扫描瓶贴二维码信息，核验当前配置药品医嘱信息，并检测贴签是否成功。如未成功，系统将自动停止作业，进行报警。

3.3 检测方法 液袋成功进入设定工位后，系统将自动贴签。因进液袋与贴签环节将依次进行，存在连贯性，所以两种风险预警同时进行检测。以成功进仓液袋为对象进行医嘱贴签风险预警检测，人为随机制造差错风险，并检测液袋工位和贴签工位是否报警以及报警次数与风险设置次数是否一致。液袋风险共运行 1400 单，设置风险 580 次，报警率从 90% 提升到 100%，且保持稳定。同时，医嘱标签风险测试运行 1400 单，设置风险 580 次，报警率 100%，且保持稳定（见表 3）。

此外，本团队进行了移液器传送风险预警检测。每次选医嘱 10 单，并放置 9 个移液器自

表 2 自动取药风险屏障自动报警检测结果

Table 2 Risk alarm detection results for automatic medication dispensing

药品批次	检测情况		药品抓取机械手		药品移栽机械手		检测结果
	检测次数 (次)	检测率 (%)	报警次数 (次)	报警率 (%)	报警次数 (次)	报警率 (%)	
第一批 (10种, 100瓶)	20	20	20	100	18	90	移栽机械手第 10、15 次未报警，排除故障后继续测试时可报警
第二批 (20种, 200瓶)	60	30	57	95	58	97	药品抓取机械手第 20、43、44 次未报警，移栽机械手第 51、52 次未报警，排除故障后继续测试时可报警
第三批 (30种, 300瓶)	120	40	118	98	120	100	药品抓取机械手第 8、9 次未报警，排除故障后继续测试时可报警
第四批 (50种, 600瓶)	300	50	300	100	300	100	风险报警机制运行良好
第五批 (60种, 1200瓶)	720	60	720	100	720	100	风险报警机制运行良好

专用轨道进入配液工位，共检测 200 次，结果显示 200 次检测报警功能运行良好。

4 敲瓶风险屏障自动报警处理机制

安瓿瓶是药品包装常用材质，且质量、规格无统一标准，在敲瓶环节对力度的要求较高，既不可“敲碎”，又不可“敲不掉”，且敲瓶过程中应尽可能减少玻璃碎屑。智慧静脉药物配液机器人在处理敲瓶差错时设置了自检功能，一旦出现敲瓶风险系统将会立即报警停机，并提示人工处理风险事件，以确保配置正确，提高配置效率。

4.1 敲瓶流程 药品进入预处理工位→安瓿瓶割瓶→敲瓶→药品配置。

4.2 实现方式 智慧静脉药物配液机器人对安

瓿瓶进行自动敲瓶处理，其参考了人工敲瓶的概念“先割后敲”，并针对不同药品设置了不同敲瓶参数，结果会出现“敲碎”和“敲不掉”两种不良情况。若出现“敲碎”情况，移栽药瓶机械手传感器将检测不到药瓶，机器人系统将报警并暂停配液。若出现“敲不掉”情况，系统将进行风险预警，并停止作业。

4.3 检测方法 选择安瓿瓶药品医嘱，人为随机制造“敲碎”和“敲不掉”两种差错风险，分别设置风险检测次数各 20 次，检测敲瓶工位是否报警，以及报警次数与设置差错次数是否一致。安瓿瓶敲瓶风险检测共运行 1400 单，总计敲碎 140 次，报警 138 次；敲不掉 140 次，报警 140 次。敲碎报警率从 90% 提升到 100%；敲不掉报警率 100%，且保持稳定（见表 4）。

表 3 液袋传送和医嘱标签风险报警检测结果

Table 3 Risk alarm detection results for liquid bag transfer and medical advice labeling

药品批次	检测情况		液袋传送风险报警情况			医嘱标签风险报警情况		
	检测次数 (次)	检测率 (%)	报警次数 (次)	报警率 (%)	检验结果	报警次数 (次)	报警率 (%)	检验结果
第一批 (200 单)	20	10	18	90	第 10、11 次未报警，排除故障后恢复功能	21	105	除人为制造风险报警外，打印机缺纸故障报警一次
第二批 (400 单)	80	20	76	95	第 25、26、36、37 次未报警，排除故障后恢复功能	80	100	风险报警系统运行良好
第三批 (800 单)	480	60	480	100	风险报警系统运行良好	480	100	风险报警系统运行良好

表 4 安瓿瓶敲瓶风险报警检测结果

Table 4 Risk alarm detection results of ampule opening

药品批次	检测次数(次)		检测率(%)		报警次数(次)		报警率(%)		检测结论
	敲碎	敲不掉	敲碎	敲不掉	敲碎	敲不掉	敲碎	敲不掉	
第一批 (10 种, 200 瓶)	20	20	10	10	18	20	90	100	敲瓶环节第 14、15 次未报警，排除故障后恢复报警功能
第二批 (20 种, 400 瓶)	40	40	10	10	40	40	100	100	风险报警系统运行良好
第三批 (40 种, 800 瓶)	80	80	10	10	80	80	100	100	风险报警系统运行良好

5 讨论

传统的人工静脉药物集中配置中心虽然存在一定缺陷,却具有不可替代的人工灵活性,可随时处理药物配置中的风险事件。风险处理在静脉药物配置自动化设备的运行中尤为关键,小则影响药品配置效率,大则影响药品配置医疗安全,高效、安全、准确是静配工作的核心,三者缺一不可。

智慧静脉药物配液机器人突破了单体式半自动化配液的技术瓶颈,在实现智能自动化作业的同时兼顾了风险报警功能。风险报警功能有助于工作人员随时掌握药品配置中的异常情况,及时解决风险事件,保证医嘱配置无误,最终实现无风险配置,规避自动化设备盲配、错配等风险,避免设备与实际工作流程脱节^[18]。此外,人工配药过程中每单医嘱独立配置,多个医嘱之间无关联,而在智能自动化药物配置过程中各医嘱之间、配置步骤之间存在连贯性,属于“一步错,步步错”模式。智慧静脉药物配液机器人风险自检预警机制把差错控制在初始步骤,以确保后续工作顺利、精准进行。本研究借助医工融合技术,持续优化智慧静脉药物配液机器人全自动化智能配液设备风险屏障机制及其他智能技术,以提高机器人在医疗场景应用的实用性,实现人机共融^[19],助力国内高端医疗设备建设。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: ①葛立萌、桑鹏飞负责设计论文框架,起草论文;②葛立萌、祁建平、张志康、桑鹏飞均参与该项目具体操作及研究过程的实施;③葛立萌负责论文修改;④祁建平、张志康负责拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] 王冠元,刘婧林,施琪,等.全程信息化管理在我院 PIVAS 的应用实践[J].中国药房.2018,29(7):873-878.
- [2] 李志勇,李鹏伟,高小燕,等.人工智能医学技术发展的聚焦领域与趋势分析[J].中国医学装备,2018,15(7):136-145.
- [3] 沈国荣,尤晓明,李轶.我院 PIVAS 的自动化建设与实践[J].中国药房,2017,28(7):940-943.
- [4] 黄继勋,陈凯霞.我院静脉用药集中调配中心自动化建设与实践[J].中国药房,2017,28(34):4842-4868.
- [5] 汪子欣,李霞,张海.静脉用药调配中心自动化建设的应用与实践[J].大理大学学报,2022,2(7):29-32.
- [6] 高菲菲,叶璇,杜琼,等.全自动配液机器人冲配细胞毒性药物工作量提升的优势考察[J].中国药师,2021,24(11):2132-2137.
- [7] 杨春松,杨亚亚,张伶俐,等.我国静脉用药集中调配中心信息化和自动化现状调查[J].儿科药理学,2021,27(1):35-38.
- [8] 杨亚亚,杨春松,高山,等.我国静脉用药集中调配中心自动化现状的循证评价[J].海峡药学,2020,32(7):232-236.
- [9] 华小黎,幸明,王旭,等.智能化建设在细胞毒性药物集中调查中的应用与实践[J].中国现代应用药学,2022,39(21):2762-2769.
- [10] 周宪珍,雷清梅,朱亚芳,等.智能静脉用药机器人的临床用药效果[J].实用医学杂志,2017,33(19):3304-3307.
- [11] 方宝霞,吴松湖,刘菁,等.静脉用药集中调配中心全面质量管理体系构建与应用[J].中国药房,2023,34(15):1789-1803.
- [12] 李新燕,秦宗玲,王喆,等.医院静脉用药调配中心的自动化系统建设与实践[J].中国医院药学杂志,2019,39(11):1194-1197.
- [13] 江东梅,胡和应,孙莉颖,等.智能静脉药物调配机器人批量匹配技术在 PIVAS 工作中的应用实践[J].机器人外科学杂志(中英文),2021,2(6):471-475.
- [14] 卢贞,高沁,周志峰,等.智能化系统在院 PIVAS 的应用效果分析[J].海峡药学,2023,35(3):94-98.
- [15] 王奕江,程晓莉,胡和立,等.智能静脉用药配置机器人在临床静脉输液配药过程中的应用探究[J].海峡药学,2020,32(5):223-224.
- [16] 代玲玉,彭丽娟,冯远宇,等.智能配药机器人在临床静脉输液配药中的应用[J].中国当代医药,2022,29(22):42-45,49.
- [17] 陈盛新,栾志鹏.美国医疗机构药房信息系统与自动化[J].药学实践杂志,2010,28(3):235-238.
- [18] 黄博,钱晓萍.医院 PIVAS 智能化建设与实践[J].中国药事,2022,11(33):1300-1307.
- [19] 董敬,汪安安,李坤鹏,等.医疗服务机器人研究进展综述[J].中国医疗器械杂志,2023,47(6):645-650,658.

编辑:魏小艳