

基于智能辅助设备的PIVAS工作新流程研究^Δ

丁海文*, 刘 圣, 陈昭琳, 唐丽琴, 童 彤[†][中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)药学部, 合肥 230001]

中图分类号 R952 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2026)01-0099-06
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2026.01.18



摘要 目的 构建静脉用药调配中心(PIVAS)工作新流程,有效串联智能化设备,促进PIVAS智能化发展。方法 基于智能辅助设备优化PIVAS工作流程,建立智能审方(自动审方+人工干预)、智能贴签、智能调配、智能分拣、成品输液质量检测体系的流程化模式。考察智能审方的不合理医嘱率,智能贴签机、智能分拣机的工作效率及差错率,智能配药机器人的调配效率及精准度。结果 智能审方模式下不合理医嘱由0.157%下降为0.050%($P<0.05$);自动贴签效率为21.7张/min,高于人工贴签效率的13.8张/min($P<0.05$),日贴签差错率由6.1‰降至2.5‰($P<0.05$);同时操作2台智能配药机器人显著提高了批量调配效率,降低药液残留量($P<0.05$);并建立成品输液质量检测体系(外观性状、丁达尔效应、不溶性微粒、浊度、吸光度、pH与渗透压),以保证成品输液质量,降低输液风险。结论 我院PIVAS与智能化设备串联的新流程能够提高PIVAS全流程作业效率、降低调配差错,保证成品输液质量,提升药学服务水平。

关键词 静脉用药调配中心;智能化;流程优化;调配效率;成品输液质量

Study on the new workflow of PIVAS based on intelligent auxiliary devices

DING Haiwen, LIU Sheng, CHEN Zhaolin, TANG Liqin, TONG Tong[Dept. of Pharmacy, the First Affiliated Hospital of USTC (Anhui Provincial Hospital), Hefei 230001, China]

ABSTRACT **OBJECTIVE** To build a new workflow of pharmacy intravenous admixture services (PIVAS), effectively connect intelligent equipment, and promote the intelligent development of PIVAS. **METHODS** Based on intelligent auxiliary equipment, PIVAS workflow was optimized, and a process-oriented model was established. This model integrated intelligent prescription review (automatic prescription review+manual intervention mode), intelligent labeling, intelligent allocation, intelligent sorting, and finished infusion quality inspection system. Furthermore, an assessment was conducted to examine unreasonable medical order rate of intelligent prescription review, the working efficiency and error rate of intelligent labeling machine and intelligent sorting machine, and the dispensing efficiency and accuracy of intelligent dispensing robot. **RESULTS** Under the intelligent prescription review mode, the rate of unreasonable medical orders decreased from 0.157% to 0.050% ($P<0.05$); automatic labeling efficiency reached 21.7 sheets/min, surpassing the manual labeling efficiency of 13.8 sheets/min ($P<0.05$), and the daily labeling error rate decreased from 6.1‰ to 2.5‰ ($P<0.05$). Simultaneously operating two dispensing robots significantly improved the efficiency of batch dispensing and reduced the residual amount of liquid medicine ($P<0.05$); additionally, a quality testing system for finished infusion was established, involving appearance, Tyndall effect, insoluble particles, turbidity, absorbance, pH and osmotic pressure, to ensure the quality of finished infusion and reduce the risk of infusion. **CONCLUSIONS** The new process of PIVAS connected with intelligent devices in our hospital can improve work efficiency, reduce dispensing errors, ensure the quality of finished infusion, and improve the level of pharmaceutical care.

KEYWORDS pharmacy intravenous admixture service; intelligent; workflow optimization; dispensing efficiency; quality of finished infusion

^Δ 基金项目 安徽省中医药传承创新科研项目(No.2024CCX079);中国科学技术大学校级教学研究项目(No.2024xjyxm100);中国科学技术大学研究生教育创新计划教学改革研究项目(No.2024ycjg26)

* 第一作者 主管药师,硕士。研究方向:医院药学与静脉用药调配技术。E-mail:dinghaiwen@ustc.edu.cn

[†] 通信作者 副主任药师,硕士。研究方向:医院药学。E-mail:tongmaoji@163.com

静脉用药调配中心(pharmacy intravenous admixture services, PIVAS)是医院各病区进行静脉用药集中调配、混合、核对检查及下送分发的药学部门,其在提高医院静脉用药物调配质量、保障患者合理用药和加强医护人员职业防护等方面具有重要作用^[1]。随着人工智能在医疗领域的不断应用,智能化建设已成为未来PIVAS的

发展趋势。通过引入各种智能化设备、构建全流程智能化管理平台,PIVAS可在一定程度上提高各环节的工作质量和效率^[2]。然而,盲目地追求智能化设备的引入,却未同步提升其自动化技术与运行效率,这使得很多医院购置的智能化设备一直处于闲置状态,无法体现其应有价值^[3]。近年来,中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)(下称“我院”)PIVAS陆续引进多种智能化设备,通过重新构建工作流程来建立了包含智能审方(自动审方+人工干预)、智能贴签、智能调配、智能分拣、成品输液质量检测的全流程工作模式。基于此,本文拟系统介绍该PIVAS工作新流程在医嘱审核、贴签、分拣、配药、成品输液质量检测等方面的工作成效,以期为提高PIVAS全流程作业的工作效率、保证成品输液质量、保障患者用药安全、促进PIVAS智能化建设提供参考。

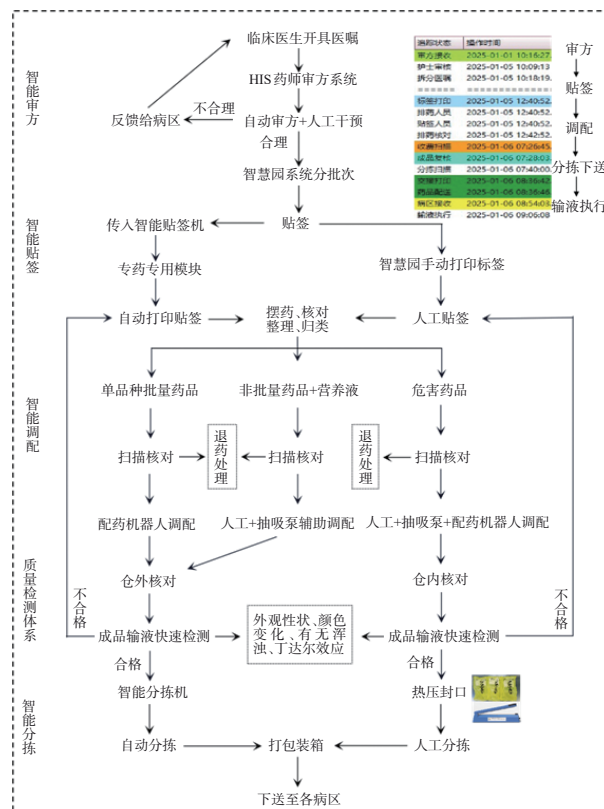
1 基于智能化设备的PIVAS工作新流程构建

PIVAS主要工作流程为配制前准备、配制阶段、核对分拣及装箱下送。旧工作流程模式下,我院PIVAS自动化程度低,各智能化设备无法有效串联,工作效率低。2024年2月,我院基于智能化设备重新构建了新的工作流程,具体优化措施如下:完善“自动审方+人工干预”双轨机制并增设智能化预警模块;细化标签生成与打印联动流程;建立输液分拣扫描与输液执行扫码确认机制,打通临床科室数据接口,同步实时回传。最后,经上述优化措施改进后,我院PIVAS实现了医嘱审核、贴签、分拣、调配、成品输液质量检测等工作的新流程。重整的工作流程见图1。

2 智能化设备在新流程中的应用

2.1 自动审方+人工干预

我院建立了静脉用药“自动审方+人工干预”模式,其中住院患者的医嘱审核主要参照《中药注射剂调配技术手册》^[4]、《静脉用药临床应用指导》^[5]、《静脉用药物集中调配手册》^[6]等有关规定,并结合药品使用说明书以及各类药物应用指南等相关标准。采用PIVAS管理系统中的医嘱审核系统对接收的临床医嘱进行自动审核,审核内容主要有药物适应证、用法用量、皮试结果、配伍禁忌、药物相互作用和药物浓度或稀释溶剂等^[7],审查结果根据不合理级别以蓝色、黄色、红色和黑色警示灯来反馈(蓝色表示合理,黄色表示不适宜,红色表示不推荐,黑色表示禁用)。药师通过点击警示灯查看审核反馈,单击查看药品说明书,双击查看患者症状及检查项目结果以判断医嘱的合理性,并且对不合理医嘱进行干预,与病区医生沟通后,将相关医嘱药品打包并配送至病区。智能审方及结果查询流程图见图2。



HIS:医院信息系统。

图1 我院PIVAS的工作新流程图



图2 智能审方及结果查询流程图

2.2 智能贴签

智能贴签机可实现病区输液医嘱自动提取、输液溶剂自动识别、标签自动打印与粘贴、相关医嘱信息实时追踪查询等自动化输液贴签功能^[8]。审方药师对病区医嘱进行审核后,依据用药时间、给药方式、药物特性、患者液体量等信息划分调配批次。PIVAS管理系统后台自动提取医嘱信息并分批传输至智能贴签设备,工作人员按照智能设备提示,选择用药批次或溶剂种类,将对应的输液袋放至传送带上,由贴签机自动打印标签并将其贴在输液袋上。当医嘱处方的溶剂发生更改时,贴签机会发出语音警示,提示工作人员更换相应的溶剂。我院PIVAS针对每日贴签量大且溶剂相同的药品的医嘱

标签,设置了专药专用贴签模块,以适用于贴签机;而针对非批量分散性药品的医嘱标签,则采用人工贴签。贴签机工作示意图见图3。

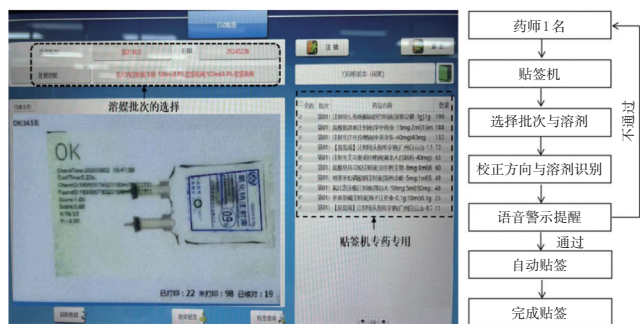


图3 贴签机工作示意图

2.3 智能调配

智能配药机器人可以提高临床药物配制中批量药品的调配效率,减少配药差错率,提高配药精准度及同质性,有效降低药物残留量,并能避免工作人员在调配细胞毒性药物时的职业暴露^[9]。智能配药机器人能通过扫描二维码实现患者信息、医嘱信息、仓内静脉输液调配信息的自动传输以及静脉用药物的自动调配,并可根据药品的不同品种和溶解难易程度而实现个体化调配参数设置,保证成品输液的标准化和同质化^[10]。我院PIVAS智能配药机器人主要用于批量药品和部分细胞毒性药物的调配,具体过程为:配药人员登录PIVAS账号,扫码核对患者医嘱信息,根据静脉用药物的溶解特性进行调配参数个性化设置(包括溶剂体积、转针速度、推拉次数、抽拉角度、残留稀释、静置时间、二次配药等技术参数),再由设备自动完成整个调配操作(图4)。

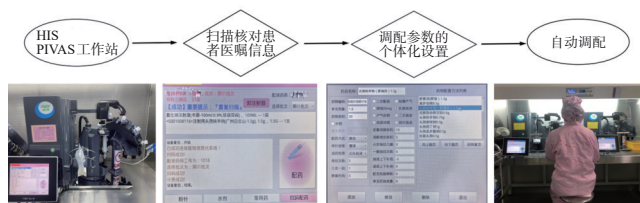


图4 智能配药机器人调配流程图

2.4 智能分拣

近年来,以智能机械臂、旋转太极轮等技术为代表的分拣设备被越来越多地应用于PIVAS,以提高分拣效率,减少分拣差错^[11]。我院PIVAS开发的旋转式全自动分拣系统(24位、48位)可分拣50~500 mL各种规格输液软袋,通过扫描二维码自动提取或识别成品输液的标签信息(包括患者信息、病区及输液总数、批次等),随后由传送带将成品输液按批次和病区自动分拣到相应的储位上。此外,该系统还具有对上游工序出现的未计费、二次计费、退药医嘱、批次错误、病区错误等异常输液的检查功能;同时依托PIVAS管理系统实现分拣全流程追溯,代码01表示该成品输液已通过分拣机并正确分拣,避免了输液调配遗漏和分拣遗漏。智能分拣系统的工作界面示意图见图5,具体工作流程见图6。

程追溯,代码01表示该成品输液已通过分拣机并正确分拣,避免了输液调配遗漏和分拣遗漏。智能分拣系统的工作界面示意图见图5,具体工作流程见图6。

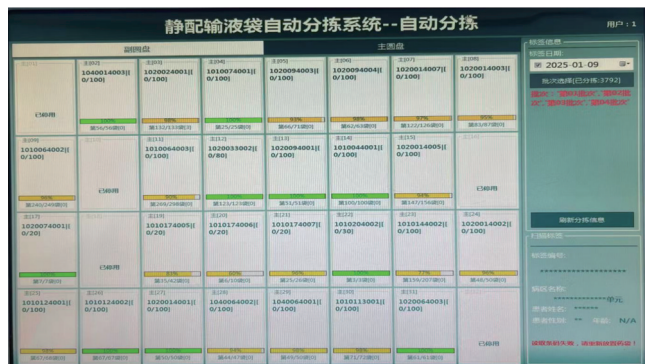


图5 智能分拣系统的工作界面示意图

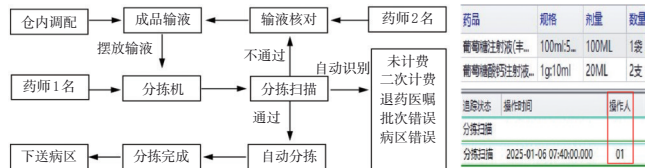
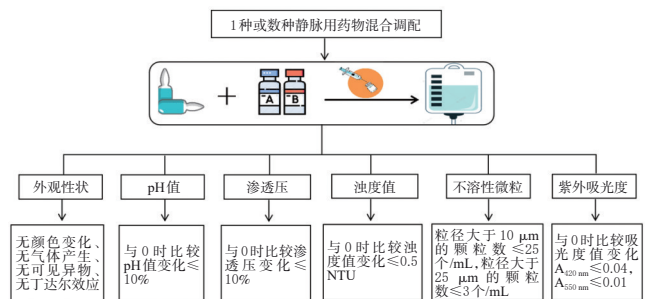


图6 智能分拣系统的工作流程图

2.5 成品输液质量检测体系

国家卫生健康委颁布的《静脉用药调配中心建设与管理指南》的附件3指出,成品输液外观应无色、无气体、无沉淀或者其他可见异物。研究表明,成品输液外观(如颜色、沉淀、气泡)、pH值、浊度和不溶性微粒的变化,可反映药品溶解和/或稀释后在溶剂中的物理稳定性^[12]。丁达尔效应作为静脉用药物调配的溶液性状控制指标,可在不破坏药品溶液包装的情况下,直观反映成品输液的质量及物理稳定性^[12]。Koller等^[13]报道,当成品输液在420 nm处的吸收变化不超过0.040 0个单位且在550 nm处的吸收变化不超过0.010 0个单位时,即可判定该溶液物理稳定。基于此,根据静脉用药物或制剂的性质,我院PIVAS首次提出并建立了成品输液质量检测体系,用于考察1种或多种静脉用药物调配的成品输液质量,通过观察/测定其外观性状、丁达尔效应、不溶性微粒、浊度、吸光度、pH与渗透压等物理指标及其变化,系统评估成品输液的物理稳定性与相容性^[12,14](图7)。



NTU: 散射浊度单位(nephelometric turbidity unit)。

图7 成品输液质量检测体系的建立

2.6 统计学方法

采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。计量资料的组间比较采用配对 t 检验;计数资料以率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

3 智能化流程的应用效果评价

3.1 “自动审方+人工干预”模式实施前后不合格医嘱率比较

选取2023年11月—2024年1月(A组,自动审方)及2024年3—5月(B组,自动审方+人工干预)的医嘱作为研究对象,分别有235 002、286 032份。其中A、B组不合理医嘱分别有369、143份,主要包括用药不适宜、用法用量、溶剂选择不适宜、配伍禁忌、药物相互作用等; χ^2 检验分析结果显示,B组(自动审方+人工干预)各类不合格医嘱率(不合格医嘱数/总医嘱数 $\times 100\%$)均显著低于A组(自动审方)($P<0.05$),具体见表1。

表1 “自动审方+人工干预”模式实施前后不合格医嘱率比较

不合格类型	A组/(%)	B组/(%)	χ^2	P
用药不适宜	0.031(73)	0.014(40)	12.86	<0.0001
用法用量	0.036(85)	0.011(31)	29.35	<0.0001
溶剂选择	0.066(155)	0.012(34)	138.72	<0.0001
配伍禁忌	0.015(35)	0.009(26)	5.21	0.0227
药物相互作用	0.009(21)	0.004(11)	5.98	0.0145
总体不合格	0.157(369)	0.050(143)	156.43	<0.0001

3.2 人工贴签与智能贴签的工作效率比较

为评价智能贴签机的工作效能,本研究统计了2024年2月我院PIVAS基于智能化设备重构工作流程前后1周内,智能贴签机与人工贴签的相关数据。统计分析显示,人工平均每日贴签2 752张、智能贴签机平均每日贴签1 367张;智能贴签机贴签效率为21.7张/min,显著高于人工贴签的13.8张/min($P<0.05$),且其差错率2.5%显著低于人工贴签的6.1%($P<0.05$)。

3.3 人工调配与智能配药机器人调配的效率及精准度比较

为评价智能配药机器人的批量调配效率及精准度,本文选取溶解和稀释溶剂相同的单瓶批量药品(如注射用艾司奥美拉唑钠、注射用泮托拉唑钠、注射用奥美拉唑钠、注射用艾普拉唑钠、注射用头孢吡辛钠、注射用头孢哌酮钠等)作为研究对象。根据药品溶解特性,将智能配药机器人的调配参数设置为推拉次数(1~5次)、静置时间(0.5、10 s)、残留稀释(0、1次)、转针速度(慢或快)、溶剂体积(0~10 mL)、抽拉角度(0°、60°、90°、180°)。随后,选取调配熟练且稳定的工作人员,将其分成人工调配组 and 智能配药机器人调配组(又细分为操作1台机器组、同时操作2台机器组、同时操作3台机器组),记录4

组在2 h内调配批量药品成品输液的总袋数,并用1 mL注射器抽吸各组的空安瓿残留量,以此评估人工调配与智能配药机器人调配的效率及精准度。统计数据显示,人工调配量为(250.3 \pm 12.6)袋,同时操作1台机器调配量为(152.0 \pm 3.6)袋,同时操作2台机器调配量为(360.0 \pm 6.5)袋,同时操作3台机器调配量为(211.3 \pm 4.0)袋。与人工调配组相比,同时操作2台机器组的调配效率显著提升($P<0.05$);残留量分析表明,人工调配组空安瓿残留量为(0.24 \pm 0.03) mL,智能配药机器人组为(0.16 \pm 0.01) mL,后者空安瓿药液残留量显著低于人工组($P<0.05$)。

3.4 人工分拣与智能分拣的效率及差错比较

在输液调配环节中,未计费、停药误配、重复调配的成品输液在人工分拣中难以识别,易引发分拣差错;而智能分拣系统具备异常输液提醒功能,此类异常成品输液会通过传送带自动输送至固定差错位,经人工二次核查后完成正确分拣,有效降低了分拣差错。本文统计2024年2月我院PIVAS基于智能化设备重构工作流程前后1周内,智能分拣机与人工分拣两种模式下的成品输液分拣差错情况。数据显示,其间平均每日分拣总袋数为4 119袋,人工分拣在未计费、二次计费、退药医嘱、批次错误、病区错误的差错分别为6.6、2.7、4.2、2.1、4.6袋,差错率依次为1.60‰、0.66‰、1.02‰、0.51‰、1.12‰;智能分拣对应的分拣差错降至1.6、1.3、0.9、1.1、1.7袋,差错率降至0.39‰、0.32‰、0.22‰、0.27‰、0.41‰,各项差异均有统计学意义($P<0.05$)。

3.5 成品输液质量检测

针对成品输液核对环节,我院PIVAS设置质检专员,对每天调配的成品输液进行质量控制,具体步骤为(图8)——第一步:采用非侵入性目视检查法快速筛查,通过目视法观察确认成品输液澄清无浑浊、沉淀、结晶及气体,借助红色激光笔(650 nm波长,无色溶液用1 mW、有色溶液用5 mW)于90°入射光方向检测丁达尔效应,同时确保静脉乳剂及含脂肪乳营养液无油滴析出、破乳及分层,合格者直接分拣配送,不合格者立即重配;第二步针对疑似质量问题或临床反馈异常的成品输液,通过专业仪器检测pH、渗透压、浊度、不溶性微粒及紫外吸光度,分析其稳定性与药物相容性,为临床明确输注方式提供数据支撑。该环节的设立成效显著,实现外观异常输液拦截率100%,降低不合格输液重配率,减少临床相关不良反应发生率,提高临床用药安全,同时也可指导国内PIVAS技术人员更加规范、准确、快速地进行静脉用药成品输液质量。

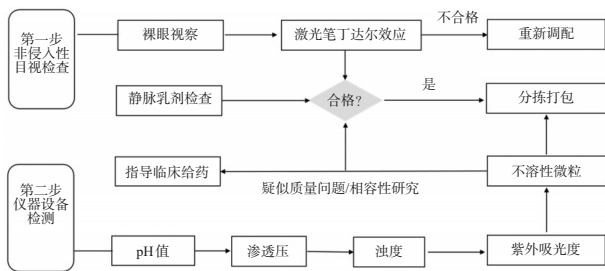


图8 成品输液质量检测流程

4 讨论

国内PIVAS迅速发展,各类相关软件和硬件,机械化、智能化设备被陆续引入医院建设。由于自动化设备的投入成本高昂,而很多医院购置的智能化设备却处于闲置状态,因此如何最大限度地利用这些资源具有重大意义。我院通过对PIVAS智能化设备进行创新设计,构建了包含自动审方+人工干预、智能贴签、智能调配、智能分拣、成品输液检测体系的新服务模式,有效解决了原PIVAS工作流程的弊端,从而保证了静脉用药调配工作的规范化、标准化、同质化,提高了PIVAS的工作效率和准确性,保障了患者的临床用药安全。

4.1 提升医嘱审核服务质量

“自动审方+人工干预”的审方模式,有效杜绝了患者在住院期间因不同治疗时间、不同给药途径发生配伍禁忌、重复用药等不合理的用药现象。审方环节发现的不合理医嘱,由药师及时反馈至临床医生并督促治疗方案调整,可有效减少不合理医嘱数量,提升处方整体质量,减少医疗资源的浪费。另外,PIVAS药师通过“自动审方+人工干预”模式节省下的时间可以对药物相容性、配伍禁忌、稳定性、给药时间、输注顺序等方面进行医嘱合理化设计与建议,辅助临床制定患者个体化治疗方案,提升整体医疗质量,实现个体化用药。

4.2 提升贴签效率并减少差错

石岩硕等^[8]报道,智能贴签机的应用可避免人工贴签错误,减少贴签时间。我院PIVAS针对每天贴签量大且溶剂相同的药品的医嘱标签,设置专药专用贴签模块,以适用于智能贴签机。本研究结果显示,智能贴签机的贴签效率和减少差错的能力均优于人工贴签。由于贴签机自动化程度不够,部分操作仍需人工辅助完成;且特殊异形瓶(如圆形玻璃瓶)轮廓多样,易导致标签出现褶皱、翘边、偏移等问题。因此,建议设备研发团队增设异形瓶专用贴签模块,通过集成机器视觉系统对标签粘贴质量、药品放置位置等进行实时监测;当检测到标签存在气泡、褶皱、翘边、偏移等异常时,系统自动控制贴标头进行二次按压,确保贴标质量。

4.3 提升调配效率,精准把控药物剂量

我院PIVAS智能调配主要用于批量药品的调配,相同溶剂的药品可重复用注射器,在节省时间与成本的同时减少污染机会,大幅提高调配效率。对于分散性药品,机器调配需不断更换注射器、装卸针头,此举不仅会降低调配效率,还可间接增加针头与针栓活塞暴露机会,提高输液污染概率。本研究结果显示,智能配药机器人可以提高批量调配速度,且同时操作2台配药机器人调配效率最高。智能配药机器人使用专用注射器(侧孔),将溶剂沿西林瓶内壁缓慢加入,既可避免产生大量泡沫,又能实现药物的精准抽吸。因此,对于临床上剂量要求高的场景(如贵重药品、儿科药品、肿瘤化疗药),建议优先使用配药机器人,可减少浪费并保证用药精度。王冠元等^[15]研究发现,全自动智能静脉用药调配机器人ML300可以模仿人工配药过程,通过相应程序及机械结构实现静脉输液药品的配制,能够精确地完成药品的抓取、计量和调配工作。由此可见,智能配药机器人能够智能化、精准化和高效化处理更加复杂的配药任务,有望在更多的医疗场景中得到应用。

4.4 提升分拣效率,降低分拣差错

成品输液的分拣工作流程比较繁杂,仓内调配顺序并非按病区分类。为提高分拣效率,我院PIVAS智能分拣系统实现按批次和病区自动分拣到相应的储位上,能够检查上游工序出现的各种异常输液,提高分拣效率,减少分拣差错。此外,PIVAS管理系统可与智能分拣机实现信息互通,以代码“01”标识成品输液已完成精准分拣,既解决了病区未收到输液时PIVAS无法追溯的难题,又避免了因重复调配、打包配送造成的药品资源浪费。细胞毒性药物在仓外打包(复核、分拣、入筐)是暴露高风险点,人员反复接触、装筐动作易致外溢,增加医护人员的暴露风险^[16]。因此,对于细胞毒类药物,PIVAS工作人员调配后在仓内直接完成核对、封口和打包,可最大限度避免化疗药物可能泄漏的风险。另外,建议设备研发团队在后期智能分拣设备的开发中,着重围绕如何增加防护等级、精简人工操作环节进行优化设计。

4.5 控制成品输液质量,保证临床用药安全

传统的成品输液核对环节,药师只核对溶剂、药品规格、剂量是否正确,然而调配的成品输液质量尚没有统一的控制指标及方法;而临床用药中,药物输注顺序、联用方式等均可能引发成品输液相容性改变,若此类输液进入人体血液循环,易导致静脉炎、热原反应等严重风险^[10,17]。成品输液质量检测体系的建立,实现了外观异常输液100%拦截,有效降低了不合格输液重配率,显著减少了临床相关不良反应发生。该体系用于评估静

脉用药混合调配后,在规定用药期限内的稳定性与相容性,为临床合理用药提供科学依据:一方面,通过目视检查技术可在不破坏包装的前提下直观反映物理相容性,实现现场即时检测且操作简便;另一方面,通过仪器检测pH、渗透压等关键指标,精准判断成品输液内在质量,指导临床用药。然而,该体系仍存在局限性:一是检测依赖人工操作,且成品输液无法即时配送至病区以保障患者用药时效性;二是部分检测需抽取液体样本,易破坏输液包装完整性。因此,后续需进一步完善体系、强化技术研发,整合检测步骤开发一体化智能检测设备,实现更及时、全面的质量检测。目前,我院正研发基于机器视觉与深度学习技术的输液质量检测设备,通过深度学习分析模块生成预测结果,结合预设质量判定标准完成最终质量判定。

综上所述,通过PIVAS智能化设备创新设计对现有的工作流程和信息系统进行自动化开发和优化,能有效地串联智能化设备,优化资源配比,提高工作效率,但在实际应用时可能会出现智能设备的损坏与维修更新,影响工作流程的顺畅性。对此,相关管理与技术人员应当定期维护及时修复故障和漏洞,提升机器人的适应性和智能化水平;加强技术研发不断改进机器人的硬件和软件,提高其稳定性和可靠性,通过持续学习和更新,让机器人能够更好地适应各种药品和复杂情况,为临床提供更安全、更准确的药学服务。

参考文献

[1] 彭珍珍,邓小云,漆艳玲,等. 依托信息与可视化技术实现静配中心输液闭环化管理和药学服务拓展[J]. 中国医院药学杂志,2023,43(6):695-699.

[2] 李由,张佳思,胡颖,等. 静脉配药机器人在智慧型药事服务中的应用[J]. 重庆医学,2022,51(24):4313-4317.

[3] 江东梅,胡和立,孙莉颖,等. 智能静脉药物调配机器人批量调配技术在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.

[4] 刘圣. 中药注射剂调配技术手册[M]. 北京:人民卫生出版社,2024:1-415.

[5] 刘圣,沈爱宗,唐丽琴. 静脉用药物临床应用指导[M]. 北京:人民卫生出版社,2021:3-1077.

[6] 刘圣. 静脉用药物调配技术手册[M]. 北京:人民卫生出版社,2024:1-884.

[7] 周月,周宇,商永光,等. 静脉用药调配中心智能化医嘱审核系统的应用与评价[J]. 临床药物治疗杂志,2024,22(1):61-64.

[8] 石岩硕,连玉菲,庞国勋,等. 智能贴签系统在我院静脉用药集中调配中心的应用效果[J]. 中国医疗设备,2022,37(1):106-109.

[9] 童彤,丁海文,沈爱宗,等. 智能机器人调配注射用头孢哌酮钠舒巴坦钠技术参数的优化[J]. 中国医院药学杂志,2022,42(17):1794-1797,1816.

[10] 丁海文,童彤,杜黎黎,等. 配药机器人批量调配参数的优化[J]. 医疗卫生装备,2024,45(2):35-40.

[11] 耿魁魁,徐文,魏泽元,等. 医疗机构静脉用药调配中心智能化发展现状与展望[J]. 中国医院用药评价与分析,2020,20(6):756-759.

[12] 丁海文,童彤,沈爱宗,等. 123种静脉药物成品输液物理性质考察[J]. 中国医院药学杂志,2023,43(24):2729-2735.

[13] KOLLER A K, KREBS S, DÖRJE F. Medication safety in intravenous therapy: a compatibility study of clonidine with drugs frequently used in intensive care[J]. *Pharmaceutics*,2020,13(1):21.

[14] 童彤,丁海文,吴健,等. 成品输液物理稳定性与相容性检查指标专家共识[J]. 医药导报,2024,43(2):149-155.

[15] 王冠元,李文莉,刘婧琳,等. 全自动智能静脉用药调配机器人ML300在静脉用药调配中心的开发与应用[J]. 中国组织工程研究,2025,29(34):7362-7368.

[16] 邹林珂,闫峻峰,刘慧,等. 医疗机构细胞毒性药物职业暴露风险防控指南[J]. 中国药房,2023,34(13):1537-1546.

[17] HOLYK A A, LINDNER A H, LINDNER S E, et al. Physical compatibility of Normosol-R with critical care medications used in patients with COVID-19 during simulated Y-site administration[J]. *Am J Health Syst Pharm*,2022,79(1):e27-e33.

(收稿日期:2025-06-10 修回日期:2025-12-05)

(编辑:刘明伟)