

多工位配药机器人用于静脉输液调配的经济学评价



孙志洪, 赵少良, 周芙蓉, 刘飞宇, 王鹏程, 邹少华, 郭晨煜

青岛大学附属烟台毓璜顶医院药学部 (山东烟台 264000)

【摘要】目的 探讨多工位配药机器人的调配效率及经济性。**方法** 选取我院静脉用药调配中心 4 名工作经验和能力相当的药师及 3 种常用药物, 采用交叉设计比较人工调配和配药机器人调配的效率。运用成本效益分析开展经济学评价, 比较两种调配模式的成本、效益和净收益, 并对评价结果进行敏感性分析。**结果** 配药机器人的调配效率、成本和净收益均显著高于人工调配 ($P < 0.001$)。敏感性分析显示, 调整人工成本和耗材成本后, 配药机器人调配的净收益仍显著高于人工调配 ($P < 0.001$), 提示结果具有良好的稳健性。**结论** 与人工调配相比, 多工位配药机器人在调配效率和经济性方面优势明显, 具备广泛的临床应用前景。

【关键词】 多工位配药机器人; 静脉用药调配中心; 调配效率; 成本效益分析; 经济学评价

Economic evaluation of multi-station drug dispensing robots for intravenous infusion preparation

SUN Zhihong, ZHAO Shaoliang, ZHOU Furong, LIU Feiyu, WANG Pengcheng, ZOU Shaohua, GUO Chenyu

Department of Pharmacy, Yantai Yuhuangding Hospital Affiliated to Qingdao University, Yantai 264000, Shandong Province, China

Corresponding authors: GUO Chenyu, Email: shgcy@vip.qq.com; ZOU Shaohua, Email: zshzqf@163.com

【Abstract】Objective To investigate the efficiency and cost-effectiveness of multi-station drug dispensing robots. **Methods** The study selected 4 pharmacists with comparable experience and skills, and 3 commonly used medications from our hospital's pharmacy intravenous admixture service. A crossover design was employed to compare the manual and robotic dispensing efficiency. Cost-effectiveness analysis was conducted for the economic evaluation, comparing the costs, benefits, and net profits of both dispensing modes, and sensitivity analysis was performed on the evaluation results. **Results** The dispensing efficiency, cost and net profits of the robotic dispensing were significantly higher than manual dispensing ($P < 0.001$). Sensitivity analysis results revealed that even after adjusting labor and material costs, the net profit of robotic dispensing was still significantly higher than that of manual dispensing ($P < 0.001$), indicating strong robustness. **Conclusion** Compared to manual dispensing, multi-

DOI: 10.12173/j.issn.1005-0698.202407023

通信作者: 郭晨煜, 副主任药师, Email: shgcy@vip.qq.com

邹少华, 主任药师, Email: zshzqf@163.com

<https://ywlxbox.whuzhmedj.com/>

station drug dispensing robots exhibit significant advantages in dispensing efficiency and cost-effectiveness, showing broad clinical application prospects.

【Keywords】 Multi-station dispensing robot; Pharmacy intravenous admixture services; Dispensing efficiency; Cost-effectiveness analysis; Economic evaluation

静脉用药调配中心 (pharmacy intravenous admixture service, PIVAS) 是医疗机构为患者提供静脉用药集中调配专业技术服务的部门^[1]。PIVAS 通常承担着整个医院的静脉输液调配, 工作强度高且风险大。目前国内 PIVAS 仍然以人工调配为主, 存在一系列的安全隐患, 如意外刺伤, 操作不当造成的药液飞溅、泄漏及扩散, 长期重复机械操作导致的调配人员手部关节劳损、变形, 这些均会对人员健康造成不利影响^[2-4]。另外, 人工调配的差错率相对较高, 调配过程难以追溯, 一旦出错会直接威胁患者的生命安全^[5]。同时, PIVAS 的日常运行和维护成本较高, 而人工成本近年来又不断攀升, 这些都困扰着 PIVAS 的持续健康发展。

随着人工智能和机器人技术的发展, 医疗机器人成为了一个新兴的、多学科交叉的研究领域, 近年来智能配药机器人受到了越来越多的关注^[6-7]。根据国外的应用经验, 机器人能够安全、精准地完成调配任务, 并很好地集成到 PIVAS 的工作流程中, 同时还能杜绝重复性工作带来的职业伤害, 减少调配错误, 降低对工作人员技能水平的要求^[2]。

目前, 国内的配药机器人尚处于起步阶段, 但发展迅速。针对配药机器人的应用研究较少, 尤其缺乏对其调配效率和经济性的真实且全面的评价。开展经济学评价, 能够深入比较不同调配模式的经济学优劣, 了解其适用场景, 有助于科室的精细化运营管理, 能够为 PIVAS 的高质量发展提供有力的证据支持。

注射用泮托拉唑钠、注射用盐酸丙帕他莫和注射用丙戊酸钠 3 种药物在我院 PIVAS 中每日配置量较大, 手工操作的工作强度较高, 消耗的人力资源较多, 且其配置方法适用于多工位配药机器人的批量冲配。因此本研究选取上述药物, 通过交叉实验比较人工和多工位配药机器人的调配效率, 以卫生体系角度开展经济学评价^[8], 并对评价结果进行敏感性分析, 确保结论的稳健性。

1 资料与方法

1.1 药品与设备

药品: 注射用泮托拉唑钠 [湖南赛隆药业 (长沙) 有限公司, 批号: 01-23041601, 规格: 40 mg/支], 注射用盐酸丙帕他莫 (海南皇隆制药股份有限公司, 批号: 20230701, 规格: 1 g/支), 注射用丙戊酸钠 (沈阳新马药业有限公司, 批号: 23041402, 规格: 0.4 g/支)。

设备: 安充多工位智能配药机器人 (苏州安充医疗科技有限公司, 型号: AC-T6-XL24), 该设备能同时进行 6 组静脉输液的自动冲配, 理论冲配效率为 200~300 袋/小时。我院 PIVAS 日均调配 3 000 袋输液, 其中适用于多工位配药机器人的有 37 个药品品种, 约 1 500 袋输液。当前, PIVAS 配备 2 台多工位配药机器人, 负责调配用量较大的 10 个品种 (约 700 袋输液), 占每日调配量的 23.3%。截止 2024 年 6 月, 2 台机器人已正常运行 3 年。

1.2 研究方案

本研究为实验性研究, 采用交叉设计, 选择 4 名药师依次参与人工组和机器组的输液调配。参与研究的 4 名药师中, 男女各占 50%, 平均年龄为 (27 ± 1) 岁, 从事静脉用药集中调配的平均工作年限为 (3.0 ± 0.5) 年, 职称均为初级药师。经操作考核, 4 名药师在手工调配和操作多工位配药机器人方面的熟练程度无明显差异。4 名药师交替参与人工组和机器组的调配操作, 确保了 2 组操作人员的基线特征一致, 交叉设计有效减少了操作人员对结果的影响。此外, 研究采用了盲法, 除数据收集人员外, 所有操作人员在实验过程中均不知晓研究目的。

具体实验方案: 根据输液的调配模式, 研究分为人工组和机器组。在人工组中, 2 名药师严格按照《静脉用药调配中心建设与管理指南 (试行)》^[1] 的要求, 通过“一辅一配”的工作模式进行注射用泮托拉唑钠 (1 支/袋)、注射用盐酸丙帕他莫 (2 支/袋) 和注射用丙戊酸钠 (2 支/

袋) 3 种药物的调配。在机器组中, 1 名药师操作 1 台配药机器人进行上述 3 种药物的调配, 每袋输液处方中的药物剂量与人工组一致。操作人员基于每日实际工作量开展人工组或机器组的输液调配, 同一名操作人员在同一天内只能采用固定的调配模式。整个研究过程中, 为减少误差, 无论人工组还是机器组, 每名操作人员需调配每种药物 3 次(天), 即每种药物累计调配 12 次(天), 且每种药物调配数量不少于 300 袋。数据收集人员在此期间需要记录调配时间及调配数量, 收集并计算经济学评价相关指标, 包括成本、效益及净收益等。最后, 为验证经济学评价结果的稳健性, 通过调整人工成本及耗材成本, 进行单因素敏感性分析。

1.3 评价指标

首先比较两种调配模式的工作效率, 评价指标为调配速度和调配效率。调配速度定义为在人工组或机器组中, 每袋输液的调配时间, 单位为秒/袋。调配效率定义为在机器组或人工组中, 每人每小时调配的输液数量, 单位为袋/小时/人, 按公式(1)、公式(2)进行计算。

$$\text{调配速度} = \frac{\text{操作时间(秒)}}{\text{调配输液数量}} \quad (1)$$

$$\text{调配效率} = \frac{\text{调配输液数量} \div \text{操作时间(小时)}}{\text{操作人员数量}} \quad (2)$$

通过成本效益分析比较人工组和机器组单位时间的成本、效益与净收益, 单位为元/小时^[9]。本研究从卫生体系角度开展经济学评价, 成本主要计算直接费用, 包括仪器设备费(含折旧费和修理费)、人工成本和耗材成本 3 部分, 不考虑房屋折旧费及水电费, 人工组和机器组的成本明细见表 1。仪器设备的折旧费和修理费按照以下公式进行计算^[10]:

$$\text{仪器设备费} = \text{折旧费} + \text{修理费} \quad (3)$$

$$\text{折旧费} = \frac{\text{仪器原值} + \text{折旧年限}}{252 \text{天} \times 8 \text{小时} \times 60 \text{分钟}} \times \text{机器占用时间(分钟)} \quad (4)$$

$$\text{修理费} = \frac{\text{仪器原值} \times 5\%}{252 \text{天} \times 8 \text{小时} \times 60 \text{分钟}} \times \text{机器占用时间(分钟)} \quad (5)$$

水平层流台按原值 2 万元, 折旧年限 5 年计算, 水平层流台的仪器设备费为 2.5 元/小时, 即人工组的仪器设备费为 2.5 元/小时。配药机器人按原值 80 万元, 折旧年限 10 年计算^[10], 配药机器人的仪器设备费为 59.5 元/小时, 考虑到

配药机器人也需要在水平层流台中工作, 因此机器组的仪器设备费为 62.0 元/小时。人工成本按 15 000 元/月/人, 每月 22 个工作日, 8 小时工作制计算, 折合为 85.2 元/小时/人。耗材成本包括注射器、无粉灭菌手套、医用外科口罩、一次性帽子、洁净服、消毒液等费用。经前期测算, 除注射器外的耗材成本为 0.44 元/袋。本研究中每支注射器用于 10 袋液体的调配, 每支注射器价格为 1.3 元。因此, 调配输液的耗材成本为 0.57 元/袋。综上, 本研究中的成本为仪器设备费、人工成本及耗材成本三者之和。效益为配置费收入, 依据我院所在地区的静脉用药集中调配收费标准, 每袋普通药物输液的配置费为 4.5 元。净收益为效益和成本两者之差。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 20 软件进行数据统计和分析, 符合正态分布的计量资料, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 Student *t* 检验; 不符合正态分布的计量资料, 以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料以频数和率表示, 组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法。所有检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。使用 GraphPad Prism 8.3 软件进行图片制作。

2 结果

2.1 调配效率

对机器组和人工组的调配时间进行记录并计算 2 组的调配速度, 结果如表 2 所示, 机器组调配注射用丙戊酸钠和注射用盐酸丙帕他莫的速度均显著快于人工组 ($P < 0.05$), 而 2 组调配注射用泮托拉唑钠的速度差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

根据调配速度计算出两种调配模式的调配效率, 见图 1。机器组 3 种药物的调配效率均显著高于人工组 ($P < 0.001$)。注射用丙戊酸钠, 机器组与人工组调配效率分别为 (268.25 ± 48.20) 袋/小时/人 vs. (111.98 ± 21.76) 袋/小时/人; 注射用盐酸丙帕他莫, 2 组调配效率分别为 (232.85 ± 18.74) 袋/小时/人 vs. (100.16 ± 20.70) 袋/小时/人; 注射用泮托拉唑钠, 2 组调配效率分别为 (293.10 ± 22.67) 袋/小时/人 vs. (165.64 ± 33.50) 袋/小时/人。

2.2 经济学评价

基于调配效率对两种调配模式开展经济学评价, 分别计算 2 组的成本、效益与净收益, 结果

表1 人工组和机器组的成本比较

Table 1. Comparison of costs between the manual and robotic groups

成本项目	人工组	机器组
仪器设备费 ^a		
水平层流台	2.5元/小时	2.5元/小时
配药机器人	-	59.5元/小时
人工成本 ^b	170.4元/小时 (2名工作人员)	85.2元/小时 (1名工作人员)
耗材成本 ^c	0.57元/袋	0.57元/袋

注：^a含折旧费和修理费；^b按15 000元/月/人计算；^c含注射器、无粉灭菌手套、医用外科口罩、一次性帽子、洁净服、消毒液等。

表2 两种调配模式的调配速度比较 ($\bar{x} \pm s$, 秒/袋)Table 2. Comparison of dispensing speeds between the two dispensing modes ($\bar{x} \pm s$, seconds/bag)

调配药品名称	机器组	人工组	差值 (95% CI)	t	P
注射用丙戊酸钠	13.79 ± 2.30 (n=535)	16.69 ± 3.48 (n=300)	-2.90 (-5.39, -0.40)	-2.046	0.025
注射用盐酸丙帕他莫	15.55 ± 1.26 (n=768)	18.73 ± 3.99 (n=320)	-3.17 (-5.78, -0.56)	-2.624	0.021
注射用洋托拉唑钠	12.35 ± 0.99 (n=1 096)	11.28 ± 2.27 (n=346)	1.07 (-0.45, 2.59)	1.498	0.155

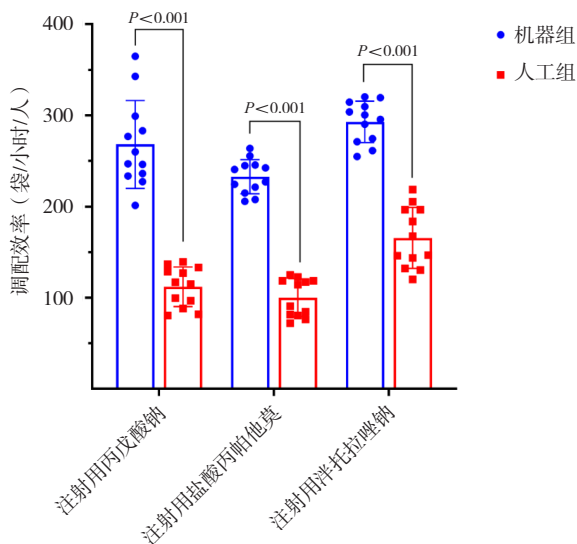


图1 两种调配模式的调配效率比较

Figure 1. Comparison of dispensing efficiency between the two dispensing modes

见表3。两种调配模式调配3种药物均能够产生净收益，即效益大于成本。人工组调配3种药物的成本均显著低于机器组 ($P < 0.001$)，而机器组调配3种药物的效益和净收益均显著高于人工组 ($P < 0.001$)。

2.3 敏感性分析

考虑到人工成本在总成本中占比较高，本研究进行了敏感性分析。分别将人工成本调整至10 000元/月/人 (56.8元/小时/人)和20 000元/月/人 (113.6元/小时/人)时，两种调配模式的成本效益分析见表4和表5。同时将注射器价格

调整至0.6元/支，即耗材成本为0.50元/袋时，两种调配模式的成本效益分析见表6。敏感性分析结果表明，人工成本和耗材成本调整后，机器组成本仍然明显高于人工组 ($P < 0.001$)，但其效益与净收益也均显著高于人工组 ($P < 0.001$)，表明整体结果的稳健性较好。

3 讨论

如何实现静脉输液调配的提质增效是PIVAS需要考虑的核心问题，而自动化设备的引入则为上述问题的解决提供了可能性。本研究根据我院实际情况，比较了人工组和机器组的调配效率，并对两种调配模式的成本、效益和净收益进行经济学分析。结果表明，与人工调配相比，配药机器人的调配效率更高且具备经济优势。

3.1 配药机器人的应用现状

目前，国内的配药设备主要有4种类型：全自动配药机器人、半自动配药机器人、手持式加药机及双向精密配液泵。其中，全自动配药机器人主要用于细胞毒药物的混合调配，能够实现药物剂量的精准控制，降低差错，并为操作人员提供良好的职业防护^[2, 11]。缺点是设备昂贵，调配速度低，难以满足大型医院对细胞毒药物调配的需求。半自动配药机器人通常用于普通药物及抗菌药物的混合调配，主要分为单工位和多工位两种类型。单工位半自动配药机器人每次只能调配1袋输液，效率与人工调配相差无几。金唐慧等^[3]研究表明，1人操作1台单工位配药机器人调配卡络磺钠、头孢唑肟、

表3 两种调配模式的成本效益分析 ($\bar{x} \pm s$, 元/小时)
Table 3. Cost-effectiveness analysis of the two dispensing modes ($\bar{x} \pm s$, CNY/hour)

调配药物名称	成本			效益			净收益					
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>			
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>			
注射用丙戊酸钠	300.10 ± 27.47	236.73 ± 12.40	7.283	<0.001	1 207.14 ± 216.90	503.92 ± 97.92	10.236	<0.001	907.04 ± 189.43	267.19 ± 85.51	10.665	<0.001
注射用盐酸丙帕他莫	279.92 ± 10.68	229.99 ± 11.80	10.867	<0.001	1 047.81 ± 84.34	450.70 ± 93.16	16.460	<0.001	767.89 ± 73.66	220.71 ± 81.36	17.271	<0.001
注射用泮托拉唑钠	314.27 ± 12.92	267.32 ± 19.10	7.054	<0.001	1 318.97 ± 102.01	745.38 ± 150.77	10.915	<0.001	1 004.70 ± 89.09	478.07 ± 131.67	11.475	<0.001

表4 人工成本调整为10 000元/月/人时两种调配模式的成本效益分析 ($\bar{x} \pm s$, 元/小时)
Table 4. Cost-effectiveness analysis of the two dispensing modes with manual cost adjusted to 10 000 CNY/month/person ($\bar{x} \pm s$, CNY/hour)

调配药物名称	成本			效益			净收益					
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>			
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>			
注射用丙戊酸钠	271.70 ± 27.47	179.93 ± 12.40	10.547	<0.001	1 207.14 ± 216.90	503.92 ± 97.92	10.236	<0.001	935.44 ± 189.43	323.99 ± 85.51	10.191	<0.001
注射用盐酸丙帕他莫	251.52 ± 10.68	173.19 ± 11.80	17.047	<0.001	1 047.81 ± 84.34	450.70 ± 93.16	16.460	<0.001	796.29 ± 73.66	277.51 ± 81.36	16.375	<0.001
注射用泮托拉唑钠	285.87 ± 12.92	210.52 ± 19.10	11.321	<0.001	1 318.97 ± 102.01	745.38 ± 150.77	10.915	<0.001	1 033.10 ± 89.09	534.87 ± 131.67	10.856	<0.001

表5 人工成本调整为20 000元/月/人时两种调配模式的成本效益分析 ($\bar{x} \pm s$, 元/小时)
Table 5. Cost-effectiveness analysis of the two dispensing modes with manual cost adjusted to 20 000 CNY/month/person ($\bar{x} \pm s$, CNY/hour)

调配药物名称	成本			效益			净收益					
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>			
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>			
注射用丙戊酸钠	328.50 ± 27.47	293.53 ± 12.40	4.019	0.001	1 207.14 ± 216.90	503.92 ± 97.92	10.236	<0.001	878.64 ± 189.43	210.39 ± 85.51	11.138	<0.001
注射用盐酸丙帕他莫	308.32 ± 10.68	286.79 ± 11.80	4.686	<0.001	1 047.81 ± 84.34	450.70 ± 93.16	16.460	<0.001	739.49 ± 73.66	163.91 ± 81.36	18.167	<0.001
注射用泮托拉唑钠	342.67 ± 12.92	324.12 ± 19.10	2.788	0.011	1 318.97 ± 102.01	745.38 ± 150.77	10.915	<0.001	976.30 ± 89.09	421.27 ± 131.67	12.094	<0.001

表6 注射器成本调整为0.6元/支时两种调配模式的成本效益分析 ($\bar{x} \pm s$, 元/小时)
Table 6. Cost-effectiveness analysis of the two dispensing modes with syringe cost adjusted to 0.6 CNY/unit ($\bar{x} \pm s$, CNY/hour)

调配药物名称	成本			效益			净收益					
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>			
	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>	人工组	<i>t</i>	<i>P</i>	机器组	<i>t</i>	<i>P</i>			
注射用丙戊酸钠	281.33 ± 24.10	228.89 ± 10.88	6.869	<0.001	1 207.14 ± 216.90	503.92 ± 97.92	10.236	<0.001	925.82 ± 192.80	275.03 ± 87.04	10.657	<0.001
注射用盐酸丙帕他莫	263.62 ± 9.37	222.98 ± 10.35	10.084	<0.001	1 047.81 ± 84.34	450.70 ± 93.16	16.460	<0.001	784.19 ± 74.97	227.73 ± 82.81	17.257	<0.001
注射用泮托拉唑钠	293.75 ± 11.33	255.72 ± 16.75	6.514	<0.001	1 318.97 ± 102.01	745.38 ± 150.77	10.915	<0.001	1 025.22 ± 90.68	489.66 ± 134.01	11.466	<0.001

复合辅酶和头孢硫脒等输液的效率为 58~83 袋/小时, 低于人工调配 (83~108 袋/小时); 而 1 人操作 2 台配药机器人调配上述药物的效率为 93~130 袋/小时, 略高于人工调配。国内多项研究^[5, 12]也报道了类似的结果, 1 人操作 1 台单工位配药机器人的调配速度低于人工调配, 但机器调配的残留量、泄漏率及健康损害事件的发生率更低。多工位配药机器人能够同时调配多袋输液, 理论上调配速度更高, 但目前国内相关研究较少。有研究^[7]报道了多工位配液机器人调配输液时的残留量、不溶性微粒、细菌内毒素及无菌检查均符合要求, 但未探讨其工作效率, 也未开展经济学评价。

3.2 多工位配药机器人的优势

本研究首次在国内评价了多工位配药机器人的调配效率, 并开展了成本效益分析。结果显示: 多工位配药机器人的调配效率为 232~293 袋/小时/人, 显著高于人工调配的 100~165 袋/小时/人。与其他研究中的单工位配药机器人相比, 多工位配药机器人的优势显著, 效率约为其 3~4 倍^[3]。本研究选择的 1 支/袋和 2 支/袋的静脉输液在 PIVAS 的日常工作中均较常见, 2 支/袋静脉输液的调配流程更为复杂, 操作更繁琐, 因此调配效率更低。结果显示, 无论机器组还是人工组, 1 支/袋静脉输液的调配效率均高于 2 支/袋。然而需要注意的是, 2 支/袋的静脉输液意味着更多的抽吸动作, 长期手工操作的职业风险 (关节劳损变形及腱鞘炎等) 更高, 这恰恰也是多工位配药机器人的优势所在。对于 2 支/袋的注射用丙戊酸钠和注射用盐酸丙帕他莫, 机器调配的效率分别是人工调配的 2.39 倍和 2.32 倍, 而对于 1 支/袋的注射用泮托拉唑, 机器调配为人工调配的 1.77 倍。这提示随着每袋输液中药物支数的增加, 机器调配的速度优势可能进一步显现。

在成本效益分析中, 人工组调配注射用泮托拉唑钠、注射用丙戊酸钠及注射用盐酸丙帕他莫的成本更低, 但因为机器组的调配速度更快, 因此可以产生更高的净收益。本研究结果显示, 机器组调配上述 3 种药物的平均净收益分别是人工组的 2.10 倍、3.39 倍和 3.48 倍。敏感性分析结果显示, 当人工成本降低至 10 000 元/月/人时, 机器组调配 3 种药物的净收益分别为人工组的 1.93 倍、2.89 倍和 2.87 倍, 人工成本的降低会减小机器调配的经济优势。而当人工成本提高

至 20 000 元/月/人时, 机器组调配 3 种药物的净收益分别是人工组的 2.32 倍、4.18 倍和 4.51 倍, 人工成本的提高会进一步凸显机器调配的经济优势。人工成本在 10 000~20 000 元/月/人范围内的变动并不会改变机器调配的经济优势。同样, 耗材价格的降低也没有改变结果。

结果提示, 机器调配的工作效率显著高于人工调配且兼具经济优势, 因此多工位配药机器人可以部分替代药师的手工调配工作, 不仅能够提高工作效率, 提升医疗服务质量, 而且能有效降低医院在人力资源方面的投入, 实现科室的持续健康发展^[13]。

3.3 配药机器人的不足

尽管与人工调配相比, 多工位配液机器人在调配速度和成本效益方面存在优势, 同时能够降低差错, 减轻劳动强度, 减少针刺伤的发生^[14], 但也并非完美无缺。当配液量较大时, 机器调配较人工调配优势明显。相反, 当配液量较小时, 机器调配的优势可能并不显著。此外还需要注意配药机器人存在的共性问题, 即药物交叉污染和细菌污染的风险^[15], 应加强日常清洁消毒, 并做好定期维护保养。

3.4 研究局限性分析

本研究也存在不足之处。通常情况下, 随着工作时间的延长, 工作人员的疲劳程度显著增加, 手工调配速度会随着工作时间的延长而降低, 而机器组的调配速度可能不会有明显改变, 本研究未评价工作时长对调配效率的影响。此外, 本研究也未对两种调配模式的员工满意度、调配质量及不良事件等进行比较分析, 有待后续开展进一步研究。

综上, 本研究通过科学的研究设计和严谨的方案实施, 全面客观评价了真实世界中多工位配药机器人的调配效率及成本效益。各家医院可以复刻研究过程, 并根据各自的实际情况进行模拟推算, 为 PIVAS 配药机器人的引进提供科学依据。与人工调配相比, 配药机器人在调配效率及成本效益方面具有显著优势。随着 PIVAS 的逐步推广, 配药机器人很有可能成为未来的发展趋势。然而, 在实际应用中, 仍需综合考量多种因素, 充分发挥配药机器人的优势, 实现 PIVAS 的高质量发展。

参考文献

- 1 国家卫生健康委员会. 静脉用药调配中心建设与管理指南 (试行) [S]. 2021.
- 2 杨明. 静配中心应用机器人调配危害药品的安全与质

- 量管控效果[J]. 实用药物与临床, 2021, 24(7): 668-672. [Yang M. Safety and quality control effect of compounding hazardous drug by robot in hospital PIVAS[J]. Practical Pharmacy and Clinical Remedies, 2021, 24(7): 668-672.] DOI: 10.14053/j.cnki.ppcr.202107020.
- 3 金唐慧, 单倩倩, 王永, 等. 配药机器人在静脉用药调配中心的应用[J]. 中国现代应用药学, 2020, 37(13): 1656-1660. [Jin TH, Shan DD, Wang Y, et al. Application of dispensing robot in Pharmacy intravenous admixture services[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2020, 37(13): 1656-1660.] DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2020.13.024.
- 4 李昭. 医用配药抽吸泵在某三级医院静脉药物配置中的应用[J]. 医学理论与实践, 2017, 30(24): 3760. DOI: 10.19381/j.issn.1001-7585.2017.24.091.
- 5 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. [Dai LY, Peng LJ, Feng YY, et al. Application of intelligent dispensing robot in clinical intravenous infusion dispensing[J]. China Modern Medicine, 2022, 29(22): 42-45, 49.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2022.22.011.
- 6 黄彩玲, 蔡倩萍, 李宝瑜. 静配中心机器人配药试运行后工作质量和效率的方法探讨[J]. 卫生经营管理, 2018, 15(24): 17-18, 20. DOI: 10.16659/j.cnki.1672-5654.2018.24.017.
- 7 汪文静, 王志敏, 彭艳红, 等. 智能配药机器人在化疗药物配制中的应用效果[J]. 全科护理, 2021, 19(15): 2097-2100. DOI: 10.12104/j.issn.1674-4748.2021.15.021.
- 8 俞恬, 刘少华, 魏安华, 等. 基于 Markov 模型的胰高血糖素样肽 1 受体激动剂联合二甲双胍治疗 2 型糖尿病药物经济学评价[J]. 药物流行病学杂志, 2024, 33(4): 388-401. [Yu T, Liu SH, Wei AH, et al. Pharmacoeconomic evaluation of glucagon-like peptide-1 receptor agonist combined with metformin in the treatment of type 2 diabetes mellitus[J]. Chinese Journal of Pharmacoepidemiology, 2024, 33(4): 388-401.] DOI: 10.12173/j.issn.1005-0698.202304014.
- 9 孙丽华, 吴晶, 主编. 药物经济学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022: 43-45.
- 10 王洁, 王金玲, 王晓飞, 等主编. 医院执行政府会计制度操作指南[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2019: 339-340.
- 11 金唐慧, 凌思宇, 包其, 等. 配药机器人调配静脉输液的质量控制研究[J]. 医药导报, 2021, 40(4): 530-533. [Jin TH, Ling SY, Bao Q, et al. Research on the quality control of dispensing robots for intravenous infusions[J]. Herald of Medicine, 2021, 40(4): 530-533.] DOI: 10.3870/j.issn.1004-0781.2021.04.019.
- 12 陈文, 康乐, 胡蓉. 配药机器人在静脉药物配制中心的应用效果研究[J]. 护理研究, 2021, 35(14): 2625-2626. [Chen W, Kang L, Hu R. Study on application effect of dispensing robot in pharmacy intravenous admixture services[J]. Chinese Nursing Research, 2021, 35(14): 2625-2626.] DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2021.14.039.
- 13 杨婷, 杨樟卫, 高申. 静脉用药调配中心输液调配成本测算与减出增入方案探讨[J]. 药学服务与研究, 2016, 16(5): 342-345. [Yang T, Yang ZW, Gao S. Discussion of cost calculation and optimization scheme of pharmacy intravenous admixture service[J]. Pharmaceutical Care and Research, 2016, 16(5): 342-345.] DOI: 10.5428/pcar20160505.
- 14 杨典丽, 李菁, 俞亚静. 基于失效模式和效应分析的静脉用药调配中心抗肿瘤药物管理策略研究[J]. 药学前沿, 2024, 27(5): 841-847. [Yang DL, Li J, Yu YJ. Study on the management strategy of anticancer drugs in pharmacy intravenous admixture services based on failure mode and effect analysis[J]. Frontiers in Pharmaceutical Sciences, 2024, 27(5): 841-847.] DOI: 10.12173/j.issn.1008-049X.202401197.
- 15 张文忠, 季红, 王宁, 等. 智能配药机器人在临床药物配制中的应用研究进展[J]. 护理研究, 2023, 37(15): 2760-2764. [Zhang WZ, Ji H, Wang N, et al. Research progress on the application of intelligent dispensing robot in clinical drug preparation[J]. Chinese Nursing Research, 2023, 37(15): 2760-2764.] DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2023.15.016.

收稿日期: 2024 年 07 月 10 日 修回日期: 2024 年 12 月 03 日
本文编辑: 洗静怡 周璐敏