

配药机器人在静脉用药调配中心的应用

金唐慧, 单倩倩, 王永, 沈国荣* (苏州大学附属第一医院药学部, 江苏 苏州 215006)

摘要: 目的 探讨配药机器人在静脉用药调配中心的应用。方法 将配药机器人调配药品以及人工调配药品的效率、残留量、推拉针筒次数、手部意外刺伤发生率、调配药品的准确率进行对比观察。结果 配药机器人调配卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶、头孢硫脒 4 种药品, 残留量分别为 0.13 ± 0.01 , 0.14 ± 0.01 , 0.12 ± 0.01 , 0.14 ± 0.01 , 均低于内控标准($\leq$ 溶媒体积的 5%); 配药机器人能够减少手部推拉针筒的次数; 在观察的时间内, 人工调配发生手部意外刺伤 6 次, 而配药机器人未发生, 人工调配共发生 60 次差错, 而配药机器人仅发生 4 次。随着调配时间的延长, 第 3 小时内机器的调配效率高于人工; 1 h 内, 1 名工作人员同时操作 2 台配药机器人的工作效率高于人工调配。结论 配药机器人能显著降低工作人员的劳动强度及职业伤害, 提高调配的准确率及效率, 在静脉用药调配中心有一定的应用前景。

关键词: 配药机器人; 静脉用药调配中心; 人工调配

中图分类号: R952 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2020)13-1656-05

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2020.13.024

引用本文: 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.

Application of Dispensing Robot in Pharmacy Intravenous Admixture Services

JIN Tanghui, SHAN Qianqian, WANG Yong, SHEN Guorong* (Department of Pharmacy, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To investigate the application of configuration robot in pharmacy intravenous admixture services. **METHODS** Comparison of the efficiency, residue, times of push-pull syringes, incidence of accidental stabbing in the hands, and accuracy of the deployment between the configuration robot and the manual dispensing of the drug. **RESULTS** The configuration robot was equipped with four kinds of drugs: carbazochrome sodium sulfonate, ceftizoxime sodium for injection, coenzyme complex and cefathiamidine. The residual amounts were 0.13 ± 0.01 , 0.14 ± 0.01 , 0.12 ± 0.01 , 0.14 ± 0.01 , respectively, which were lower than the internal control standard($\leq 5\%$ of the dissolved media product). The intravenous drug configuration robot could reduce the times of the hand push-pull syringes. During the observation period, manual accidental stab wounds occurred 6 times, but the configuration robot did not occur, manual deployment occurred a total of 60 errors, while the dispensing robot only 4 times. With the extension of the deployment time, the machine deployment efficiency was higher than the manual in the third hour, and in one hour, the efficiency of one staff member operating two dispensing robots at the same time was higher than the manual deployment. **CONCLUSION** The configuration robot can significantly reduce the labor intensity and occupational injuries of the staff, improve the accuracy and efficiency of the deployment, and has certain application prospects in pharmacy intravenous admixture services.

KEYWORDS: dispensing robot; pharmacy intravenous admixture services; artificial dispensing

静脉用药调配中心(pharmacy intravenous admixture services, PIVAS)工作人员紧缺、工作量大, 长期高频率、高强度的重复动作容易导致配置人员手部关节劳损、变形、意外刺伤^[1]; 另外反复穿刺容易产生微粒, 影响成品输液质量; 工作人员手套表面微生物的存在也容易造成成品输液的污染^[2], 而静脉输液污染是引发医院感染的重要原因之一。配药机器人能够解决这些问题, 工作人员只需安装针筒、将消毒好的输液袋和西林瓶固定在机器上, 减少了手部推拉针筒的操作, 大大减轻了工作人员的负担和职业危害, 可被用于抗菌药物、普通药物以及化疗药物的调配。配药

机器人适用于大多数西林瓶药品的调配(极难溶的药物除外)。经过前期的实践, 配药机器人在苏州大学附属第一医院 PIVAS 主要用于调配卡络磺钠、脑蛋白水解物、复合辅酶、注射用头孢唑肟钠、丹参多酚、注射用骨肽, 以及回抽预溶好的头孢硫脒、哌拉西林。卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶、头孢硫脒 4 种药品在该院 PIVAS 用量较大, 包含不同种类及不同支数(卡络磺钠和复合辅酶是普通药物, 一般用 4 支/袋和 2 支/袋, 注射用头孢唑肟钠是抗菌药物粉针剂, 预溶好的头孢硫脒相当于水针剂), 本研究以该 4 种药品为研究对象, 具有一定的代表性。通过研究配药机

基金项目: “重大新药创制” 国家科技重大专项(2017ZX09304021)

作者简介: 金唐慧, 女, 硕士, 主管药师 Tel: 13913106498 E-mail: jintanghui@163.com *通信作者: 沈国荣, 男, 主任药师 Tel: (0512)67973018 E-mail: sgrong@126.com.

器人调配这 4 种药品的工作效率及残留量, 以及一定时间内发生意外刺伤和差错的次数, 与人工调配比较, 从而评价该设备是否优于人工。

1 材料与方法

1.1 材料

卡络磺钠(江苏吴中医药集团有限公司苏州制药厂, 批号: 18102072; 规格: 20 mg); 注射用头孢唑肟钠(西南药业股份有限公司, 批号: 18110121; 规格: 1.0 g); 复合辅酶(北京双鹭药业股份有限公司, 批号: 20181004; 规格: 0.2 mg); 头孢硫脒(山东鲁抗医药股份有限公司, 批号: 181101; 规格: 1.0 g)。

1.2 仪器

PYJQR-F02A 粉针配药机(无锡安之卓医疗机器人有限公司)。

1.3 配药机器人的工作流程

配药机器人的工作流程见图 1。

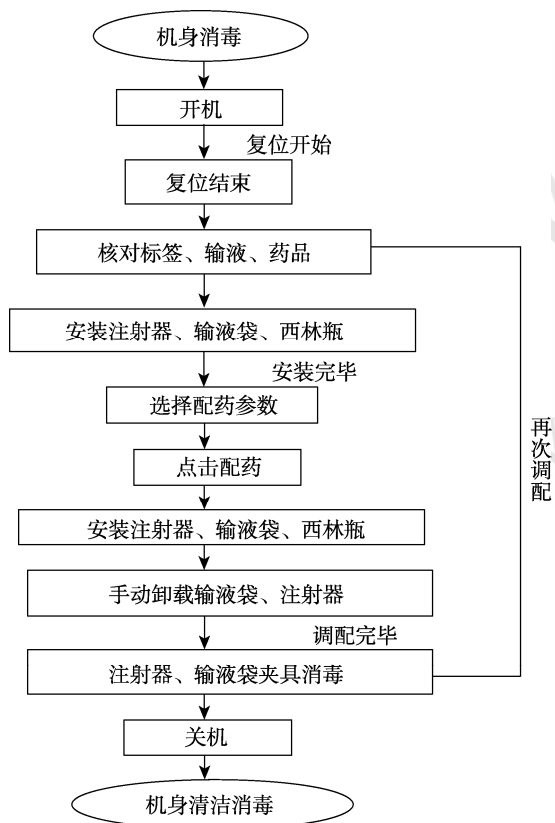


图 1 配药机器人的工作流程

Fig. 1 Process of dispensing robot

1.4 观察指标

1.4.1 配药机器人对调配工作效率的影响 随机抽取 PIVAS 10 名工作年资不同的工作人员, 分别使用 1 台配药机器人和人工调配的方式调配卡络

磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶、头孢硫脒这 4 种药品, 分别记录这 2 种调配方式第 1, 2, 3 小时内调配的成品输液袋数, 以及 1 名工作人员同时操作 2 台配药机器人 1 h 内的调配袋数, 考察配药机器人对工作效率的影响。

1.4.2 配药机器人对药品残留量的影响 按“1.4.1”项下方法, 留取 2 种调配方式调配的药品空瓶, 按照统计学的方法抽样, 抽取每个空瓶的残留量(残留体积), 分别记录并求其平均值。

1.4.3 配药机器人对工作人员劳动强度的影响 以人工调配卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶、头孢硫脒这 4 种药品为例, 计算 1 h 内平均推拉针筒次数, 考察配药机器人对工作人员劳动强度的影响。

1.4.4 配药机器人对工作人员意外刺伤发生率的影响 观察记录 6 个月内使用配药机器人与人工调配发生工作人员意外刺伤的次数。

1.4.5 配药机器人对调配准确率的影响 观察记录 PIVAS 内部 6 个月内使用配药机器人与人工调配发生差错的次数, 考察配药机器人对准确率的影响。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件进行数据的录入与统计分析, 以 $\bar{x} \pm s$ 对数据进行描述, 考察正态分布情况后采用 t 检验或非参数检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 配药机器人与人工调配工作效率的比较

分析数据符合正态分布, 用 t 检验, 结果见表 1~2。由表 1 可以看出, 在调配开始的第 1 小时, 同一个工作人员调配同一药品, 人工的速度远比起配药机器人快。分析原因, 工作人员在操作配药机器人时, 安装更换针筒、固定输液袋及西林瓶均需耗费时间, 且等待配药的时间较长。长时间的人工调配后, 人容易产生疲倦与劳累, 工作效率也会随时间的延长而降低^[3]。第 2 小时开始, 人工调配的效率与配药机器人相比, 已经没有明显的优势, 第 3 小时内配药机器人的工作效率高于人工调配的工作效率, 且配药机器人在 3 h 内的工作效率相对稳定, 不受调配时长的影响。1 名工作人员只操作 1 台配药机器人时, 等待配药的时间较长, 所以实际工作中一人可以同时操作 2 台机器, 由表 2 可以看出, 在加药开始的第 1 小时内, 同时操作 2 台配药机器人的效率明显高于人工调配。

表 1 一人操作 1 台配药机器人与人工调配工作效率的比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 Comparison of efficiency between robotic dispensing(1 person operate 1 machine) and artificial dispensing($\bar{x} \pm s$)

药品	第 1 小时		第 2 小时		第 3 小时	
	机器效率	人工效率	机器效率	人工效率	机器效率	人工效率
卡络磺钠	58.3±8.6	83.4±14.3	59.6±9.2	65.6±12.9	56.8±7.5	53.7±11.6
注射用头孢唑肟钠	72.4±12.2	91.2±16.1	73.6±10.4	76.2±15.2	71.2±9.7	64.9±15.8
复合辅酶	69.7±8.5	96.3±15.4	68.3±7.6	79.3±11.2	69.2±7.3	65.1±12.3
头孢硫脒	83.4±7.4	108.3±15.1	84.2±6.9	86.4±13.5	82.8±8.9	70.4±10.5

表 2 1 台和 2 台配药机器人与人工调配工作效率的比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 2 Comparison of the efficiency of one and two dispensing robots with artificial dispensing($\bar{x} \pm s$) 袋/小时

药品	操作 1 台	人工调配	同时操作 2 台
卡络磺钠	58.3±8.6	83.4±14.3	92.5±10.3
注射用头孢唑肟钠	72.4±12.2	91.2±16.1	115.8±9.4
复合辅酶	69.7±8.5	96.3±15.4	112.1±7.6
头孢硫脒	83.4±7.4	108.3±15.1	130.4±9.7

2.2 配药机器人与人工调配残留量的比较

分析数据符合正态分布,用 t 检验,结果见表 3~4。

注射用无菌粉末残留量限度标准^[4]中指出,药品标示装量 ≤ 50 mg,残留限度 $\leq 15\%$;标示装量 50~150 mg,残留量限度 $\leq 10\%$;标示装量 150~500 mg 的,残留量限度 $\leq 7\%$;标示装量 >500 mg,残留量限度 $\leq 5\%$ 。苏州大学第一附属医院 PIVAS 以残留体积 $\leq$ 溶媒体积的 5%作为内控标准。

配药机器人调配药品时,一般抽取药品西林瓶容积的 1/3 作为溶媒体积。检测使用配药机器人调配的 4 种药品的残留量,抽样每个空瓶及平均残留量均合格。从表 3 可以看出,10 位工作人员操作配药机器人调配同一药品平均残留量数据相差不大,这表明不同人员操作机器对药品残留量的影响很小,同一种药品的残留量相对固定,与人员以及操作的台数没有关系。而人工调配的残留量 10 位工作人员的数据有差异,这与每个人的加药习惯、操作方法有关系。分析表 4 数据可以看出,卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶这 3 种药品,配药机器人调配的药品残留量比人工调配的残留量大,究其原因,配药机器人的针筒垂直固定,部分西林瓶瓶口如注射用头孢唑肟钠的橡胶塞没有缺口时,药液不能被完全抽干净,而人工调配时,可以通过针尖斜插的方法将药液抽干净。另外,配药机器人调配的头孢硫脒残留

量与人工调配的差异不大,没有统计学意义,这可能与溶解药品的溶媒体积有关(卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶这 3 种药品一般抽取 2~3 mL 溶媒溶解,头孢硫脒抽取 5 mL 溶媒溶解,本研究未做深入研究)。

表 3 配药机器人与人工调配残留量的比较

Tab. 3 Comparison of residues between robotic dispensing and artificial dispensing mL

序号	卡络磺钠		注射用头孢唑肟钠		复合辅酶		头孢硫脒	
	机器人	人工	机器人	人工	机器人	人工	机器人	人工
加药人 1	0.123	0.06	0.142	0.125	0.112	0.095	0.145	0.16
加药人 2	0.15	0.075	0.147	0.085	0.108	0.055	0.138	0.11
加药人 3	0.138	0.05	0.145	0.062	0.122	0.072	0.142	0.11
加药人 4	0.128	0.06	0.135	0.102	0.118	0.135	0.14	0.25
加药人 5	0.135	0.075	0.133	0.075	0.115	0.085	0.13	0.12
加药人 6	0.13	0.03	0.146	0.105	0.126	0.105	0.143	0.17
加药人 7	0.138	0.05	0.143	0.09	0.122	0.068	0.145	0.06
加药人 8	0.129	0.075	0.122	0.085	0.116	0.076	0.133	0.20
加药人 9	0.133	0.095	0.139	0.11	0.112	0.128	0.135	0.08
加药人 10	0.128	0.02	0.129	0.12	0.128	0.068	0.144	0.13

注:人工调配卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶用 2~3 mL 的溶媒溶解,头孢硫脒用 5 mL 的溶媒溶解。配药机器人调配复合辅酶用 2 mL 的溶媒,调配卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠用 3 mL 的溶媒。

Note: Artificially dispensed carbazochrome sodium sulfonate, ceftizoxime sodium for injection and coenzyme complex were dissolved in 2~3 mL solvents; artificially dispensed cefthiamidine in 5 mL. Meanwhile, robotic dispensed coenzyme complex was dissolved in 2 mL solvents; robotic dispensed carbazochrome sodium sulfonate and ceftizoxime sodium for injection in 3 mL.

表 4 配药机器人与人工调配残留量的比较($\bar{x} \pm s$)

Tab. 4 Comparison of residues between robotic dispensing and artificial dispensing($\bar{x} \pm s$) mL

药品	配药机器人残留量	人工调配残留量
卡络磺钠	0.13±0.01	0.06±0.02 ¹⁾
注射用头孢唑肟钠	0.14±0.01	0.10±0.02 ¹⁾
复合辅酶	0.12±0.01	0.09±0.03 ¹⁾
头孢硫脒	0.14±0.01	0.14±0.06 ¹⁾

注:与配药机器人组比较,¹⁾ $P<0.001$ 。

Note: Compared with robotic dispensing group, ¹⁾ $P<0.001$.

2.3 人工调配推拉针筒次数记录

以人工调配卡络磺钠、注射用头孢唑肟钠、复合辅酶、头孢硫脒这 4 种药品为例, 计算 1 h 内平均推拉针筒次数, 结果见表 5。

由表 5 数据可以看出, 工作人员在 1 h 内平均推拉数百次针筒, 而苏州大学第一附属医院 PIVAS 每天平均调配时间为 4~5 h, 长期高频率、高强度的重复动作容易导致手部关节劳损、变形。配药机器人的引进很好地解决了这一问题, 工作人员只需安装针筒、将消毒好的输液袋和西林瓶固定在机器上, 减少了手部推拉针筒的操作, 大大减轻了工作人员的劳动强度。

表 5 人工调配推拉针筒次数记录

Tab. 5 Records of times of push-pull syringes by artificial dispensing

药品	每袋加药支数	推拉针筒次数
卡络磺钠	4	834±143
注射用头孢唑肟钠	2	547±97
复合辅酶	2	578±92
头孢硫脒	2	325±45

注: 推拉针筒次数按卡络磺钠每袋 10 次, 注射用头孢唑肟钠、复合辅酶每袋 6 次, 头孢硫脒每袋 3 次。

Note: Carbazochrome sodium sulfonate was injected 10 times per bag by push-pull syringes; ceftizoxime sodium for injection and coenzyme complex 6 times per bag; cefathiamidine 3 times per bag.

2.4 配药机器人与人工调配意外刺伤发生率的比较

6 个月内人工调配意外刺伤手部发生 6 次, 而使用配药机器人调配药品未发生意外刺伤工作人员手部的现象。

由统计数据可以看出, 人工调配时, 由于操作不当或不熟练, 工作人员在半年内共发生 6 次意外刺伤, 而使用配药机器人时未发生这种现象。这是由于操作配药机器人时, 工作人员只需安装好注射器、输液袋及药品, 在这过程中, 针帽都是戴在针尖上的, 直到机器人开始调配时, 才拔掉针帽, 此时全程由机器人操作调配, 工作人员不会再接触到注射器及药品, 这就大大减少了工作人员被误伤的概率。

2.5 配药机器人与人工调配准确率的比较

分别记录了 PIVAS 内部 6 个月内使用配药机器人和人工调配发生差错的次数, 结果见表 6。

由表 6 数据可以看出, 统计的半年内人工调配时, 每月的平均差错在 10 例, 主要针对摆药错误、剂量错误、未换针筒 3 种类型, 而使用配药

机器人时发生错误的例数较少, 这是因为配药机器人在调配前就在设定页面选择好药品种类及药品支数, 所以减少了在调配过程中发生摆药及剂量错误的概率, 且每调配完 6 袋输液, 页面就会提示更换针筒, 更换加药品种时也会提示卸载注射器, 这样就不会发生调配完一种药品未换注射器就调配另一种药品的错误。配药机器人发生的几例差错主要是针对设定药品支数错误及上药时未注意到西林瓶本身的破损从而导致成品输液的报损。

表 6 配药机器人与人工调配差错次数的比较

Tab. 6 Comparison of errors between robotic dispensing and artificial dispensing

月份	配药机器人调配差错	人工调配差错
1	1	10
2	0	8
3	0	7
4	2	16
5	1	5
6	0	14

注: 主要针对摆药错误、剂量错误、未换针筒 3 种类型。

Note: Mainly aimed at misplacement and wrong dosage of medicine and no change of syringes.

3 讨论

3.1 配药机器人的优势

在人工调配操作过程中, 使用注射器加药尤其是加多只药, 需要反复穿刺药品瓶塞^[5], 针尖可能误碰到手套、输液袋及物体表面而造成污染, 而使用配药机器人安装西林瓶、输液袋等操作时, 针帽都是戴在针尖上的, 直到开始调配时, 才拔掉针帽, 与下文所提到的全密闭的设备相比, 需要手动卸载输液袋和注射器, 但是在调配过程中手部不会触碰到输液袋加药口及针尖, 手动卸载时, 针帽也会自动戴住, 大大减少了微生物的污染, 另外在人工调配的过程中, 工作人员也容易被针尖所误伤, 这也减少了一定的人员伤害。另外, 人工操作时, 一次抽取过多的药液(10 mL 以上)时, 手容易碰到注射器的针栓, 而配药机器人直接推拉针栓, 每次抽取 15 mL 的溶媒溶解药品, 一次最多可以抽取 17 mL 的药液, 不仅可以减少污染, 也可以减少穿刺输液袋的次数。配药机器人可以减少手部推拉针筒的操作, 从而减轻了工作人员的劳动强度。在实际工作中, 工作人员因为长期的加药工作, 手部都有一定的劳损、腱鞘

炎现象。配药机器人能够减少工作人员被意外刺伤的概率,减少调配的差错,提高工作的准确率。工作效率方面,配药机器人在长时间调配时有明显的优势,如果后期能大批应用于 PIVAS,一名工作人员可以同时操作 2 台机器,从而可以减少人员的配比,大大减轻工作人员的劳动强度及职业伤害。

3.2 配药机器人与同类设备的比较

现还有一种全自动配药机器人被广泛应用于 PIVAS,这种全自动配药机器人是一个全密闭内部自带负压的设备,体积较大,溶解方式单一,只有摇晃一个动作,工作效率平均在每人每小时 (42.13 ± 6.83) 袋^[6],主要用于抗肿瘤药物以及抗菌药物的调配。本研究所研究的配药机器人体积较小,可以直接放置在生物安全柜或水平层流台上,可以模拟手工抽吸动作,有多种溶解方式,除可以调配抗肿瘤药物及抗菌药物,也可用于各种普通药物的调配。工作效率方面,文献只记录了全自动配药机器人平均每小时调配的袋数,未指明具体的药品品种,单纯从平均调配袋数来看,本研究所研究的配药机器人在工作效率方面有一定的优势。另外,现有文献记录的同种设备^[7],只是介绍了配药机器人的工作原理、使用流程及参数设置优化,没有具体的数据分析体现配药机器人的优势,而本研究从 5 个方面数据体现了配药机器人的优势。

3.3 配药机器人的不足

①难溶且需要静置的药品,无法通过配药机器人的来回抽拉、震摇溶解彻底,因此不适用于配药机器人。②配药机器人的针筒垂直固定,对

于特殊的胶塞,瓶壁与胶塞缝隙处液体无法完全抽取。③配药机器人体积和质量较大,机器底部台面及背面的清洁有一定的难度。

近年来,职业安全已经成为医务人员越来越关注的问题^[8]。本研究结果表明,配药机器人能显著降低工作人员的劳动强度,在静脉用药调配中心有良好的应用前景。更需要说明的是配药机器人在减轻工作人员劳动强度、工作模式优化的同时,与之相适应的摆药、消毒、成品输液核对等各个环节也得到了进一步的优化。但机器的清洁问题以及对洁净操作台环境的影响,仍有待进一步探讨。

REFERENCES

- [1] 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): 3760-3761.
- [2] 李芸, 沈国荣, 龚晓英, 等. 静脉用药调配中心洁净室物体表面微生物动态监测和持续改进[J]. 医药导报, 2016, 35(1): 104-106.
- [3] 李林, 李燕, 杨萍, 等. 双向精密配液泵在静脉用药调配中的应用[J]. 护士进修杂志, 2017, 32(9): 862-863.
- [4] ZHANG Y, CHENG J, RAN X J, et al. Reduction of drug residual in intravenous drug admixture by QCC [J]. China Pharm(中国药房), 2014, 25(1): 42-44.
- [5] 王晓红, 崔秀彦, 李红娜, 等. 新型溶药器对减少静脉药物配置中不溶性微粒的研究[J]. 护士进修杂志, 2012, 27(10): 933-935.
- [6] 周宏珍, 雷清梅, 朱亚芳, 等. 智能静脉用药配置机器人的临床应用效果[J]. 实用医学杂志, 2017, 33(19): 3304-3307.
- [7] 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]. 中国卫生产业, 2018, 15(24): 17-18, 20.
- [8] 张秀贵, 高瑛, 卢秀霞. 医用配药柜在临床安全用药中的应用与管理[J]. 齐鲁护理杂志, 2016, 22(13): 99-100.

收稿日期: 2019-07-03

(本文责编: 曹粤锋)