

# 静脉输液自动加药混合调配系统在我院静脉用药调配中心的开发与应用<sup>Δ</sup>

沈国荣\*,王 永,金唐慧,洪 晓,包健安,缪丽燕<sup>#</sup>(苏州大学附属第一医院药学部,江苏 苏州 215006)

中图分类号 R942;R952 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2020)03-0364-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2020.03.22

**摘要** 目的:介绍静脉输液自动加药混合调配系统在我院静脉用药调配中心(PIVAS)的开发与应用情况。方法:基于现有的PIVAS条码管理系统,结合自动混合调配设备,我院开发并设计了可实现药品实时扫描计费、混合调配参数设置以及静脉输液自动加药混合调配的静脉输液自动加药混合调配系统。通过与人工调配模式比较,考察5名工作人员共调配注射用复合辅酶、注射用卡络磺钠各300袋静脉输液的加药效率和空瓶内药液残留量,评价该系统的应用效果。结果:该系统实现了静脉输液的自动化混合调配,且在人工调配与系统自动调配模式下,注射用复合辅酶的加药效率分别为(96.6±10.0)、(193.5±20.0)袋/h( $P<0.001$ ),空瓶内药液残留量分别为(0.09±0.02)、(0.11±0.01) mL;注射用卡络磺钠的加药效率分别为(83.8±12.9)、(118.8±6.7)袋/h( $P<0.001$ ),空瓶内药液残留量分别为(0.08±0.02)、(0.12±0.01) mL;残留量均低于注入溶剂体积不超过5%(≤0.15 mL)的内控标准。结论:我院静脉输液自动加药混合调配系统可提高静脉输液调配工作效率,减少工作人员的强度。

**关键词** 静脉输液自动加药混合调配系统;静脉用药调配中心;混合调配;自动化;加药效率;残留量

## Development and Application of Automatic Dosing and Mixing System of Intravenous Infusion in PIVAS of Our Hospital

SHEN Guorong, WANG Yong, JIN Tanghui, HONG Xiao, BAO Jian'an, MIAO Liyan (Dept. of Pharmacy, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Jiangsu Suzhou 215006, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To introduce the development and application of automatic dosing and mixing system of intravenous infusion in PIVAS of our hospital. METHODS: Based on the bar code management system in PIVAS, combined with automatic mixing equipment, our hospital developed and designed automatic dosing and mixing system of intravenous infusion which could realize real-time scanning and charging of drugs, setting parameters of mixed dispensing and automatic dosing and mixed dispensing of intravenous infusion. Compared with manual dispensing model, work efficiency of 5 staff who dispensed Coenzyme complex for injection and Carbazochrome sodium sulfonate for injection 300 bags each as well as the amount of drug residues in

[9] 张彩霞,刘阳云,刘庚勋,等.鼻内镜术后白眉蛇毒血凝酶致低纤维蛋白原血症1例[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2016,30(1):70-71.

[10] 郭茵,李泳桃.注射用白眉蛇毒血凝酶致低纤维蛋白原血症2例[J].药品不良反应杂志,2016,18(3):218-220.

[11] CASTRO HC, RODRIGUES CR. Current status of snake venom thrombin-like enzymes[J]. *Toxin Rev*, 2006, 25(3):291-318.

[12] 曾诚.药源性肾损害[J].中国医院药学杂志,2013,33(4):319-321.

[13] LEBLANC M, KELLUM JA, GIBNEY RTN, et al. Risk factors for acute renal failure: inherent and modifiable risks[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2005, 11(6):533-536.

[14] 刘可欣,管玫,严郁,等.抗菌药物的药源性肾损害[J].中国药师,2015,18(3):476-479.

[15] 袁梅,张弋.中药、中药成分与常见食物对他克莫司血药浓度的影响[J].药品评价,2013,10(16):20-24.

[16] MCLAUGHLIN GE, ROSSIQUÉ-GONZÁLEZ M, GELMAN B, et al. Use of phenobarbital in the management of acute tacrolimus toxicity: a case report[J]. *Transplant Proc*, 2000, 32(3):665-668.

[17] 李正翔.临床药师的职业风险与合理用药[J].中国药房,2013,24(1):1-4.

<sup>Δ</sup> 基金项目:“重大新药创制”科技重大专项课题(No.2017ZX-09304021)

\* 主任药师。研究方向:医院药学。E-mail:sgrong@126.com  
<sup>#</sup> 通信作者:主任药师,教授,博士。研究方向:临床药学。E-mail:miaoliyansuzhou@163.com

(收稿日期:2019-07-04 修回日期:2019-12-16)  
(编辑:邹丽娟)

empty bottle were investigated to evaluate the effects of the system. RESULTS: The system realized automatic mixing of intravenous infusion. In manual dispensing model and automatic dispensing model, the mixing efficiency of Coenzyme complex for injection were  $(96.6 \pm 10.0)$  and  $(195.2 \pm 10.7)$  bag/h ( $P < 0.001$ ); mixing efficiency of Carbazochrome sodium sulfonate for injection were  $(83.8 \pm 12.9)$  and  $(118.8 \pm 6.7)$  bag/h ( $P < 0.001$ ). The amount of residual liquid in Coenzyme complex for injection empty bottle were  $(0.09 \pm 0.02)$  and  $(0.11 \pm 0.01)$  mL; Carbazochrome sodium sulfonate for injection empty bottle were  $(0.08 \pm 0.02)$  and  $(0.12 \pm 0.01)$  mL, which were all lower than the internal control requirements that injected solvent volume was no more than 5% (0.15 mL). CONCLUSIONS: The automatic dosing and mixing system of intravenous infusion could improve the efficiency of intravenous infusion dispensing and reduce the labor intensity of the staff.

**KEYWORDS** Automatic dosing and mixing system of intravenous infusion; PIVAS; Mixed dispensing; Automatic; Efficiency of mixing drug; Residual amount

我国开展静脉用药调配中心(PIVAS)工作约二十年以来,在提高医院静脉输液调配质量、保障患者安全合理用药和加强医护人员职业防护等方面发挥了重要作用,同时也是在实现医院药学服务由单一的药品调剂供应型到全面的药学服务型转变中的重要环节<sup>[1-2]</sup>。

PIVAS涉及的工作流程较多,主要包括用药医嘱审核、批次排定、摆药贴签、加药混合调配、成品输液核对以及包装运送等,目前除了加药混合调配流程以手工操作为主外,其他各流程在我院基本都实现了不同程度的信息化、自动化<sup>[3-6]</sup>。在加药混合调配过程中,静脉药物混合调配人员在加药时难免会遭受职业伤害,除了药物、消毒剂等化学性因素外,还有来自噪音、锐器伤等物理因素带来的伤害,如何减少有毒物品的接触暴露及职业损伤也越来越受到行业人员的重视<sup>[7-10]</sup>。

目前,国内已有医院PIVAS尝试了应用双向精密配液泵进行静脉输液的加药混合调配,结果表明可显著降低调配操作次数及穿刺次数,从而降低操作人员的劳动强度,提高成品输液质量<sup>[11]</sup>。我院PIVAS每日调配静脉输液量达9 000袋左右,为了提高静脉输液混合调配的信息化、自动化水平,我院药学部与相关设备公司合作,在现有的PIVAS条码管理信息系统框架下,开发设计了静脉输液自动加药混合调配系统(AMSII),并应用到实际工作中,实现了静脉输液加药混合调配的自动化操作。现就该系统的开发与应用情况介绍如下。

## 1 软件设计与硬件组成

### 1.1 系统运行环境

系统架构采用客户机/服务器(C/S)模式,Client程序开发工具为Visual Studio 2016,数据库采用SQLserver 2010,数据库运行服务器采用Windows Server 2010;PC端硬件环境为Window 10,软件环境为NET Framework 4.6。

### 1.2 软件设计

AMSII操作软件的设计思路是利用条码技术实现调配间内静脉输液加药混合调配信息的自动传输和相关药品参数的个体化设置,操作软件主要包括药品扫描计费系统、加药混合调配参数设置软件以及加药机操作

控制软件三个部分。药品扫描计费系统包括操作人员信息模块和药品计费模块;加药混合调配参数设置软件主要通过设置药品的名称、规格、厂家、溶解难度系数、溶解药物所需的溶剂体积、冲洗次数、注射器针头穿刺深度、注射器活塞抽吸行程等参数,实现最优混合调配质量;加药机操作控制软件主要通过扫描静脉输液标签二维码,接收PIVAS条码管理系统的静脉用药医嘱信息,包括患者基本信息、药品名称、规格、数量以及输液批次信息等,将接收的输液标签信息发送至加药机控制设备,指令加药机根据该药品的混合调配参数进行自动加药混合调配。AMSII组成结构示意图见图1。

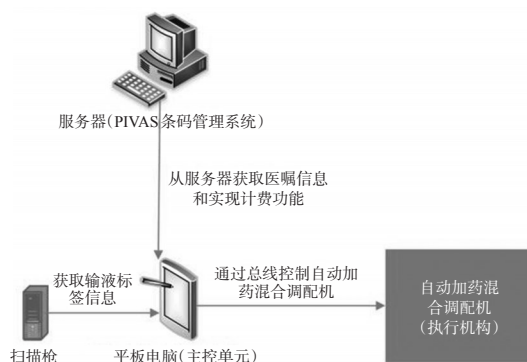


图1 AMSII组成结构示意图

Fig 1 Diagram of AMSII structure

### 1.3 硬件组成

AMSII的硬件主要包括三个部分:Honeywell扫描枪、触摸式平板电脑和自动加药混合调配机。扫描枪用于扫描静脉输液标签二维码以获取相关的输液标签信息并对相关药品进行实时计费;触摸式平板电脑用于操作人员信息登入、药品相关参数设置以及自动加药混合调配操作控制;自动加药混合调配机用于静脉输液的混合调配。自动加药混合调配机外观见图2。

## 2 系统功能与应用效果

AMSII的功能主要包括药品实时扫描计费、混合调配参数设置以及静脉输液自动加药混合调配。该系统的特点是信息化、自动化程度高,除了手工摆放输液和药品外,混合调配工序均一键自动完成,无需手动操作,并且调配的输液质量可靠,空西林瓶内药液残留量较

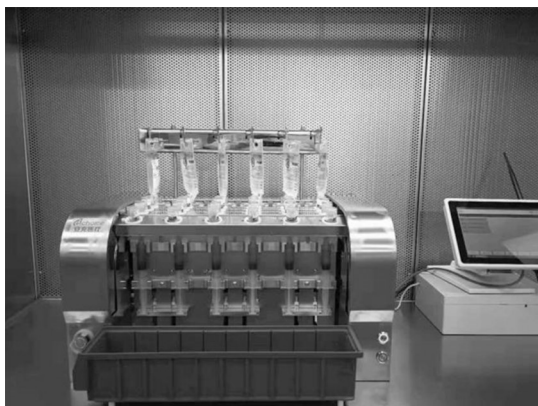


图2 自动加药混合调配机外观

Fig 2 Appearance of automatic mixing machine

少,同时也避免了由于人工加药操作不当可能产生的药液泄露现象。

### 2.1 药品实时扫描计费

该系统在信息化方面的设计比较全面,包含了输液标签信息实时传输和药品计费功能。通过扫描输液标签条码,除了获取患者基本信息、用药医嘱信息以及摆药贴签人员信息外,同时可对该医嘱状态进行判断:如果该医嘱没有停止,即对相关药品进行实时计费;如果临床医师已停止使用该医嘱,则系统会自动提示操作人员停止调配该袋输液。关于具备上述药品实时计费功能的PIVAS相关设备目前国内尚属首次报道。

### 2.2 混合调配参数设置

该系统在参数设置功能方面主要包括运动参数设置、速度参数设置、设备参数设置以及配药参数设置等方面。运动参数主要是用来设置控制卡的参数,主要有每圈脉冲数、每个脉冲的运行距离、最大转速、加速度以及减速度,从而保证设备平稳运行;速度参数设置用来修改调试速度和加工速度;设备参数主要用来设置与设备相关的参数,如设备是几号工位的、可以放几排西林瓶、最多可以配多少瓶药、计费接口的选择、控制卡类型、舵机控制、单片控制等参数;配药参数主要用来设置计费的文件对接方式、加药注射器的使用次数和设备的工作模式,工作模式包括单机模式、本地模式和联机模式。单机模式是指不需要扫描输液标签条码,直接选择药品类型即可调配的模式;本地模式是指需要扫描输液标签条码,从本地读取医嘱,没有计费功能的模式;联机模式是需要扫描输液标签条码,从本地读取医嘱信息,同时具有实时计费功能的模式。混合调配参数设置页面见图3。

### 2.3 静脉输液自动混合调配流程

使用AMSII后的混合调配流程,除了调配前的基本准备工作外,主要包括登入系统(输入调配人、核对人信息)、安装加药注射器、扫描输液标签条码、摆放药品、加药机自动混合调配、退出空西林瓶、取出输液袋、核对药

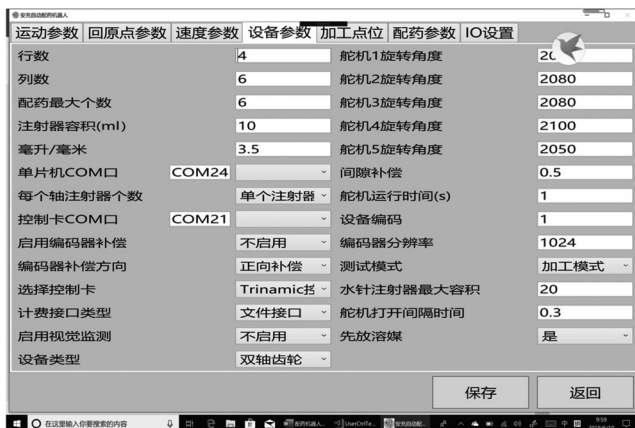


图3 混合调配参数设置界面

Fig 3 Interface of mixed dispensing parameter setting

品、签字、传递出仓等流程。在安装加药注射器时,每个工位每次只能安装1个,由于系统对不同的药品品种进行了限制设定,当扫描输液标签条码后,系统会自动提示要求更换加药注射器,以免造成药液交叉混入。静脉输液自动加药混合调配流程见图4。

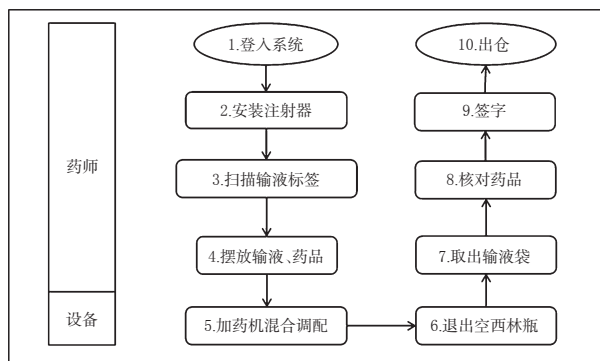


图4 静脉输液自动加药混合调配流程

Fig 4 Flow chart of automatic dosing and mixing of intravenous infusion

### 2.4 应用效果

目前该系统主要用于西林瓶装的粉末注射剂和注射液的自动加药混合调配,适用于各种规格的西林瓶和不同厂家生产的输液。通过对混合调配工作效率和空瓶内药液残留量的考察,结果显示使用该系统后实现了静脉输液的自动加药混合调配,提高了输液调配效率,降低了操作人员的工作强度。

2.4.1 加药效率的考察方法 根据药品溶解的难易程度和每袋输液内调配的药品数量不同,考察单人使用AMSII和单人人工调配的注射用复合辅酶(每袋输液加2支)、注射用卡络磺钠(每袋输液加4支)这2种药品的调配耗时,计时包括准备工作、扫描、安装加药注射器、自动混合调配、核对等环节。每次连续调配60袋输液,计算每小时的平均调配袋数,选取5位操作人员进行相应的调配操作,总样本量为300袋输液。

2.4.2 残留量的考察方法 分别留取使用AMSII后和



人工调配的复合辅酶、卡络磺钠这2种药品的空瓶,用规格为1 mL注射器抽取每个空瓶内残留的药液,计算平均残留量。考察样本来自“2.4.1”项的样本,共考察调配300袋输液后的空瓶内药液残留量。

2.4.3 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。计量资料符合正态分布时,以 $\bar{x} \pm s$ 对数据进行描述,采用 $t$ 检验进行组间比较,以 $P < 0.05$ 为差异有统计意义。

2.4.4 考察结果 2种调配方式下加药效率和残留药量的比较见表1、表2。

表1 2种调配方式下加药效率的比较( $\bar{x} \pm s, n=300$ )

Tab 1 Comparison of work efficiency between 2 dispensing models( $\bar{x} \pm s, n=300$ )

药品	人工调配,袋/h	使用AMSII调配,袋/h	P
注射用复合辅酶	96.6±10.0	193.5±20.0	<0.001
注射用卡络磺钠	83.8±12.9	118.8±6.7	<0.001

表2 2种调配方式下残留药量的比较( $\bar{x} \pm s, n=300$ )

Tab 2 Comparison of residual liquid amount between 2 dispensing models( $\bar{x} \pm s, n=300$ )

药品	人工调配,mL	使用AMSII调配,mL	内控标准,mL
注射用复合辅酶	0.09±0.02	0.11±0.01	≤0.15
注射用卡络磺钠	0.08±0.02	0.12±0.01	≤0.15

由表1计算可知,与人工调配比较,使用AMSII调配注射用复合辅酶、卡络磺钠这2种药品,效率分别提高100.31%、41.77%( $P$ 均小于0.001),表明使用AMSII调配样本药品的效率均高于人工调配的效率。

由表2可知,使用AMSII调配和人工调配的药品,虽前者残留量稍高于后者,但二者空瓶内残留药量均符合我院PIVAS制定的内控限度标准,即残留量一般为不超过注入溶剂体积的5%(注射用复合辅酶和注射用卡络磺钠抽取的溶剂体积均为3 mL,残留量限度按3 mL×5%计算为0.15 mL)。

### 3 讨论

在PIVAS的信息化、自动化建设方面,我国多数医院尚处于起步阶段,相关的自动化设备有待不断研发和应用。经笔者调查,目前,PIVAS正探索性使用的静脉输液自动加药混合调配设备主要有全自动配液机器人(有进口、国产产品)、双向精密配液泵(有进口、国产产品)以及国内研发生产的自动加药机器人等。这些设备主要有以下特点:全自动配液机器人目前主要用于细胞毒性药物的加药混合调配,使用该设备可以减少细胞毒性药物对人员的职业暴露以及能够精准控制药物剂量<sup>[12]</sup>;双向精密配液泵主要用于注射用粉末剂的复溶和注射液的移液,可以提高工作效率,降低调配工作强度,减少职业伤害,也可以使用双向精密配液泵探索浓溶液预调配流程。另外,有报道采用 Repeater 配液泵调配可以减少西林瓶中药物残留量和成品输液中的不溶性微粒,提高给药的准确性和安全性<sup>[13]</sup>。

本文介绍的AMSII属于自动加药机器人,采用了多工位结构设计,一次操作可同时调配6袋输液,因此在调配效率方面有明显提高。另外,该系统在信息化设计方面也有较大突破,一次扫描可同时实现输液标签信息传输和药品计费功能,并同步判断该袋输液是否因医嘱的停止而需要中止调配。该系统在加药混合调配参数设置方面针对不同药品品种和溶解的难易程度,实现了个性化参数设置,如溶剂体积量、注射器针尖穿刺深度、溶解时的冲洗次数等,确保药品完全溶解。同时,在加药注射器使用一定频次后,系统会根据设定的穿刺参数自动提示更换针筒,避免长时间使用可能导致的静脉输液污染。但该系统的不足之处在于需要人工安装药品,在全自动化操作方面还有待进一步开发设计。综上,我院AMSII的开发和应用,对国内PIVAS加药混合调配流程再造和自动化建设具有重要的参考意义。

### 参考文献

- [1] 张石革,马国辉.论药师职责转型的时代使命与其必然性[J].中国药房,2006,17(2):84-86.
- [2] 岳红霞,赵忠倾,温娜.静脉用药调配中心与住院药房合并工作模式探讨[J].中国药业,2014,23(20):83-84.
- [3] 包健安,吴憩,沈国荣,等.医院静脉药物调配中心的信息建设[J].中国医院药学杂志,2010,30(13):1144-1146.
- [4] 沈国荣,李轶,王永,等.智能摆药系统在静脉用药调配中心的应用[J].中国药房,2013,24(41):3898-3900.
- [5] 尤晓明,李轶,郁文刘,等.智能分拣系统在我院PIVAS中的应用[J].中国药房,2016,27(16):2248-2250.
- [6] 钱晓萍,江翊国,孙晓鸣,等.一体化智能PIVAS/住院药房的构建和应用[J].中国现代应用药学,2019,36(3):364-367.
- [7] 孙妍,马骁驰,白荣,等.PIVAS建立对我院临床科室护理人员抗肿瘤药物职业暴露的防护作用调查[J].中国药房,2018,29(6):739-745.
- [8] 唐琳琳,李义清,李汉高,等.静脉用药调配中心药学人员职业危害分析[J].药学服务与研究,2018,18(3):221-224.
- [9] 黄伟丽,李奇峰,秦文,等.医务人员锐器伤发生相关因素分析及防护对策[J].中华医院感染学杂志,2018,28(18):2872-2875.
- [10] 姜媛媛,张晓霞,秦涛,等.静脉药物配置中心护士的职业暴露与防护[J].护理实践与研究,2013,10(1):81-82.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 郝志英,王晓霞,张文静,等.机械化在静脉输液调配中的应用[J].中国药物与临床,2017,17(10):1431-1432.

(收稿日期:2019-04-09 修回日期:2019-07-01)

(编辑:刘萍)