

DOI: 10.19338/j.issn.1672-2019.2024.05.003

· 论 著 ·

## 智能输液系统的设计实现与应用效果研究

章泽恒<sup>1</sup>, 罗鑫<sup>2</sup>, 王虹<sup>3</sup>

(1. 湖南省药品审评与不良反应监测中心, 湖南 株洲 412000; 2. 湖南明康中锦医疗科技股份有限公司, 湖南 长沙 410000; 3. 湖南新云医疗装备工业有限公司, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** **目的** 为解决输液过程中的医疗隐患与提高工作效率问题, 该研究设计了一套智能输液系统。**方法** 智能输液系统由服务器、病区监控终端、床头终端及输液终端四部分组成, 通过 3 家医院的临床试验, 验证其有效性和安全性。**结果** 该研究设计的试验组与对照组总体有效率, 滴速调节、输液控制和报警功能等主要疗效指标, 外观、显示功能和通讯距离等次要疗效指标比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。仅在结构方面, 研究涉及的试验组产品优于对照组 ( $P<0.05$ )。**结论** 该研究设计的智能输液系统实现了输液全流程的自动化、智能化管理, 提高了护理诊疗工作的工作效率, 提升了患者就医体验, 为临床工作质量控制提供了有力的工具。

**关键词:** 智能输液; 滴速调节; 智能化管理

**中图分类号:** TP273

## Design and implementation of intelligent infusion system and its application effect

ZHANG Zeheng<sup>1</sup>, LUO Xin<sup>2</sup>, WANG Hong<sup>3</sup>

(1. Hunan Drug Evaluation and Adverse Reaction Monitoring Center, Zhuzhou, Hunan 412000, China;

2. Hunan Mingkang Zhongjin Medical Technology Co., Ltd., Changsha, Hunan 41000, China;

3. Hunan Xinyun Medical Equipment Industry Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China)

**Abstract:** **[Objective]** In order to solve the medical hidden trouble and improve the work efficiency in the infusion process, this study designed an intelligent infusion system. **[Methods]** The intelligent infusion system consists of four parts: server, ward monitoring terminal, bedside terminal and infusion terminal. Its effectiveness and safety were verified through clinical trials in three hospitals. **[Results]** There was no significant difference between the experimental group and the control group in the overall effective rate, the main efficacy indicators such as drip rate adjustment, infusion control and alarm function, and the secondary efficacy indicators such as appearance, display function and communication distance. Only in terms of structure, the products of the experimental group involved in this study were superior to those of the control group, and the difference is statistically significant. **[Conclusion]** The intelligent infusion system designed in this study realizes the automatic and intelligent management of the whole infusion process, provides a powerful tool for the quality control of clinical work, improves the work efficiency of nursing diagnosis and treatment, and improves the patient's medical experience.

**Keywords:** intelligent infusion; dropping rate adjustment; intelligent management

静脉输液是现代药物治疗的重要给药途径, 在治疗疾病和挽救患者方面具有不可替代的作用<sup>[1]</sup>。根据报道, 全国范围内不同等级医院整体

静脉输液使用率达 93.13%<sup>[2]</sup>, 连续几年的《国家医疗质量安全改进目标》均重点提及需规范静脉输液。由此可见, 静脉输液会直接影响护理工作

收稿日期: 2023-05-06

[通信作者] 王虹, Tel: 18153782028; E-mail: wh015@ncmed.cn

质量和患者满意度。

目前,大部分医院的静脉输液管理仍以人工巡查为主,不仅会明显增加临床护理人员的工作强度,降低工作效率,同时因医疗资源紧张导致的巡查不及时为临床常见现象<sup>[3]</sup>。输液完成时,处理不及时会造成血液回流或肿胀,情况严重还可能导致医患关系紧张<sup>[4]</sup>。此外,患者擅自调节滴注速度现象普遍,也容易被临床忽视<sup>[5]</sup>。静脉药物输注速度的快慢对治疗效果有较大影响,其关系到药物发挥的效果,同时也关系到患者的安全<sup>[6]</sup>,临床上应根据不同的药物、不同的患者,选择合适的输注速度,发挥最大治疗效果,减轻护理工作负担<sup>[7]</sup>。

为加强输液质量管控,提升护理工作效率和质量,提升患者满意度,临床对于智能输液系统的需要愈发迫切。本研究设计了一种输液监控系统,可以实时监测运行状态、输液速度、报警提

示信息等,动态估算输液剩余时间,并进行远程调节控制。输液完成可自动封闭输液管,同时通过信息系统发出提示信息,提醒护士/家属进行下一步操作。预期可以解决传统输液过程中药物不能及时更换、异常问题不易发现、医疗资源分配不合理等痛点。

## 1 智能输液系统的设计实现

### 1.1 结构组成

智能输液系统主要由服务器、病区监控终端、床头终端及输液终端四部分组成,如图 1 所示。其中服务器与护士工作站等医院信息系统交互,读取患者输液的医嘱信息,对输液终端的数据进行采集和控制;医院信息系统显示当前输液状态,管理输液清单,实现输液工作管理;床头终端显示输液卡信息,进行输液控制,更改输液设置;远程输液终端进行数据搜集(重量、滴数、电量等),显示输液相关信息,以及输液速度控制。

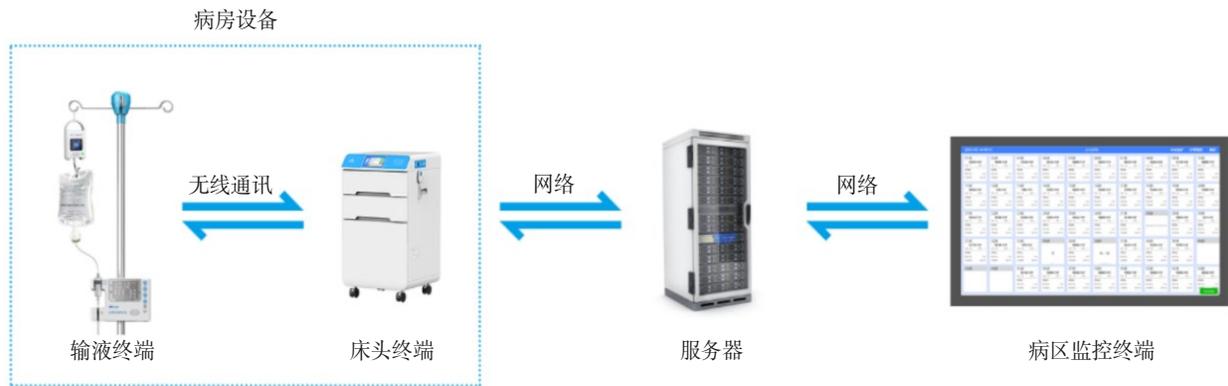


图 1 智能输液系统示意图

### 1.2 功能设计

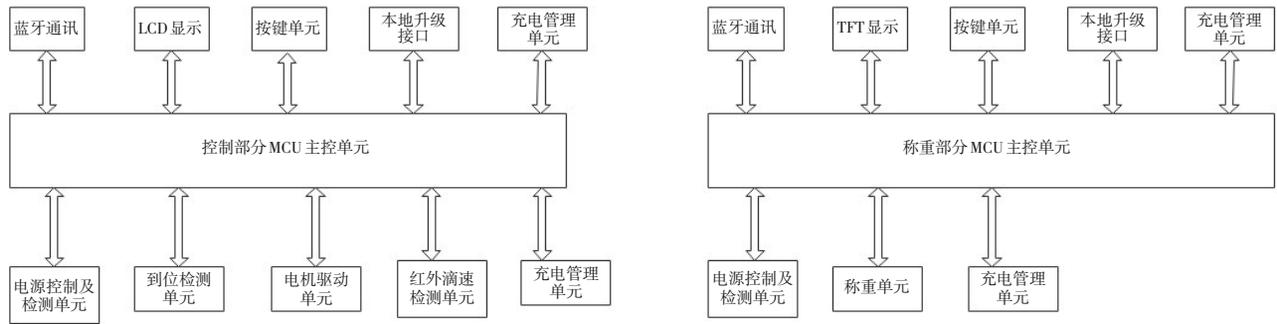
智能输液系统主要具备监护功能、控制功能和报警功能。其中监护功能主要包括在病房床头终端上显示输液状态和进度,以及在输液终端上显示输液状态和进度;控制功能主要包括在病房床头终端上显示输液清单,在病房床头终端上调节输液速度,在输液终端上调节输液速度,以及输液终端根据指令实施控制动作;报警功能主要包括输液完成报警,系统故障报警,输液管路堵、漏报警,电池欠压报警,网络异常提示,滴速异常报警等。

该系统可以实时采集监护信息和报警信息,并将数据发送到护士站,通过大屏幕显示输液患

者状况,医护人员借助数字化手段管理静脉输液过程,实时了解各输液患者的情况,化被动为主动,更合理地安排工作计划并开展。

### 1.3 工作原理

输液终端是实现输液监控功能的核心产品,由称重和控制两部分组成,如图 2 所示。称重部分由微控制单元(microcontroller unit, MCU)主控单元、蓝牙通讯、薄膜晶体管(thin film transistor, TFT)显示、按键、本地升级、充电管理单元、电源控制及检测、称重单元几部分组成。控制部分由 MCU 主控单元、蓝牙通讯、TFT 显示、按键、本地升级、充电管理单元、电源控制及检测、位置检测、电机驱动、红外滴速检测单元几部分组成。



LCD——液晶显示屏。

图 2 输液终端原理框图

1.3.1 重量采集 远程输液终端通过称重传感器读取重量数据，在两个不同的时间读取两个重量数据，通过公式换算出重量的变化量。

1.3.2 速度检测 远程数据终端通过红外实现速度数据采集。当液滴经过红外检测线时，MCU 检测到电平变化，记录液滴经过的时间，利用一段时间内经过的液滴数量，计算输液速度。

1.3.3 速度控制 远程输液终端利用电机带动控制阀，把电机的转动转化为控制阀的水平移动，通过控制阀卡紧输液的程度来控制药液的自流速度，时间速度调节。

1.3.4 通讯原理 病房床头终端和远程输液终端通过无线连接，采用成熟的无线模块，实现数据的交互。

1.3.5 电量检测 MCU 通过模拟-数字 (analog to digital, AD) 转换读取电池电压，通过电压判断剩余电量。

1.3.6 人机操作 远程输液终端有液晶显示屏 (liquid crystal display, LCD) 显示，有按键操作。床头终端采用触摸屏控制，通过物理指示灯和喇叭实现声光报警。

1.3.7 通讯连接 输液终端和床头终端通过蓝牙无线连接，进行数据和命令的交互；床头终端和服务器通过互联网连接，进行数据和命令交互；服务器和护士工作站通过物联网进行连接，进行数据和命令交互。

## 2 智能输液系统的应用效果研究

本研究于 2016 年 12 月 20 日至 2017 年 3 月 20 日在长沙市第三医院、湖南中医药大学第二附属医院、益阳市中心医院进行了有效性及安全性

评价临床试验 (备案号: 湘械临备 20160221)。试验组为本研究设计产品，对照组为已上市同类对照医疗器械。主要疗效评价指标包含滴速调节、输液控制、报警功能的验证，次要疗效指标包含外观、结构、显示功能、通讯距离等，安全性指标包含不良事件、生命体征、体格检查等。从有效性角度作统计学的样本估算，临床研究总样本量为 132 例，试验组和对照组每组 66 例，为保证样本均匀，3 家中心各承担 44 例 (其中试验组 22 例，对照组 22 例)，其中湖南中医药大学第二附属医院有 1 例筛选失败，故对照组入组数据为 65 例。计数资料以百分率 (%) 表示，采用  $\chi^2$  检验比较两组产品的结果，所有统计分析均应在意向性治疗 (intention-to-treat, ITT) 分析集进行， $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2.1 两组总有效率比较

试验组与对照组总有效率比较差异无统计学意义 ( $\chi^2=1.048, P=0.306$ )，见表 1。

表 1 试验组与对照组总有效率比较

组别	n	有效/例	无效/例	有效率/%
对照组	65	64	1	98.46
试验组	66	66	0	100.00

### 2.2 两组疗效指标比较

主要疗效指标如表 2 所示，滴速调节、输液控制和报警功能均表现良好，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

次要疗效指标如表 3 所示，外观、显示功能和通讯距离均表现良好，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。本研究的智能输液系统在结构方面明显优于对照组。

表 2 主要疗效指标分析 [n(%)]

指标	对照组(n=65)	试验组(n=66)	$\chi^2$	P
滴速调节				
5分	65(100.00)	66(100.00)	-	-
输液控制				
3分	1(1.54)	0(0.00)	2.031	0.154
4分	3(4.62)	2(3.03)		
5分	61(93.85)	64(96.97)		
输液结束报警				
5分或NA	65(100.00)	66(100.00)	-	-
无液滴报警				
5分或NA	65(100.00)	66(100.00)	-	-
泄漏报警				
5分或NA	65(100.00)	66(100.00)	-	-
无线断开报警				
5分或NA	65(100.00)	66(100.00)	-	-

表 3 次要疗效指标分析 [n(%)]

指标	对照组(n=65)	试验组(n=66)	$\chi^2$	P
外观				
5分	65(100.00)	66(100.00)	-	-
结构				
3分	1(1.54)	0(0.00)	8.651	0.003
4分	7(10.77)	0(0.00)		
5分	57(87.69)	66(100.00)		
显示功能				
4分	5(7.69)	0(0.00)	3.070	0.080
5分	60(92.31)	66(100.00)		
通讯距离				
5分或NA	65(100.00)	66(100.00)	-	-
标识				
5分	65(100.00)	66(100.00)	-	-

### 2.3 不良事件发生情况

本研究共发生不良事件 2 例，1 例为湖南中医药大学第二附属医院的对照组筛选失败，另 1 例为长沙市第三医院对照组的设备错误提醒，与试验产品相关的不良事件为 0 例。试验前后受试者的各项生命体征均无异常，试验产品与对照产品关于生命体征异常的不良事件为 0 例。

## 3 讨论

输液过程中经常伴随患者自行调整输液速度、巡视不到位、换液不及时等现象，输液完成后也常见回血、空气注入、凝血等现象，影响静脉输液的安全性和有效性。部分医院针对静脉输液建立等级巡查制度，多层次医护人员常态化巡查，

不仅增加工作量，也容易发生信息传递出现差错等问题，存在安全隐患。

本研究实现了输液全流程的自动化、智能化管理，为临床工作质量控制提供了有力的工具，提高了护理诊疗工作的工作效率，规范了临床输液操作步骤，提高了输液安全性和患者的满意度<sup>[8]</sup>。相对于对照组，本系统功能强大、操作简便、成本较低，有利于在各级医疗机构推广应用：采用称重传感器原理，监测更精准；具备连接医院住院管理系统(hospital information system, HIS)的功能，输血量、输液速度可以从电子医嘱中获取并自动设置；此外，还可以远程监测和控制输液状态。

后续，该系统可从以下几个方面进行拓展：第一，家属移动端应用场景。针对陪护人员临时外出，仍需要了解患者输液状态的需求，可通过微信或支付宝的小程序功能，扫码快捷获取输液状态，便于陪护人员实时监测病人输液的滴速是否合理，剩余时间是否充足。第二，完善数据化综合处理能力。《国家医疗质量安全改进目标》指出，静脉输液应关注治疗药物使用体积、频次、数量、药品种类和不良反应/事件等情况，后续可将以上信息整合进智能输液系统，及时反馈预警信息，合理规划静脉输液治疗路径。

### 参考文献

- [1] 国家卫生健康委办公厅. 2023 年国家医疗质量安全改进目标 [EB/OL]. (2023-02-24) [2023-04-23]. <http://www.nhc.gov.cn/zygj/s7657/202302/a61fc382f3b64c7e99dafbf8cf4da8a1/files/77317826a9d14f50902d11385b17e37e.pdf>.
- [2] 王辉, 谢欣苇, 刘正跃, 等. 156 所综合性医院住院患者静脉输液指标的综合分析[J]. 药学实践杂志, 2017, 35(6): 573-576.
- [3] 肖继荣, 付沫, 陈红宇. 由静脉输液引发护患纠纷的原因分析及对策[J]. 解放军护理杂志, 2006, 23(6): 85-86.
- [4] 胡志帅, 牛惠芳, 郑冬雁, 等. 输液泵常见故障类不良事件的原因及风险性[J]. 医疗装备, 2022, 35(11): 35-37.
- [5] 喻早云, 陈宁, 胡丽娟. 门诊患者自行调节输液滴速的原因调查及护理干预[J]. 中国高等医学教育, 2015(4): 141, 147.
- [6] 高尔鹏, 方国英, 王天勇, 等. 医嘱中静脉输液滴速安全性探讨[J]. 浙江临床医学, 2019, 21(1): 116-117.
- [7] 王建荣. 输液治疗护理实践指南与实施细则[M]. 北京: 人民军医出版社, 2009.
- [8] 金叶, 王小飞, 徐宇红, 等. 闭环管理式静脉输液信息系统的开发与应用[J]. 护理学杂志, 2022, 37(13): 48-50.

(张咏 编辑)