

输液报警器的临床研究进展

程 敏¹ 向晓漫¹ 王耶欣¹ 鄢善彤¹ 刘宇航¹ 赵孙宸欣¹ 莫 霖^{2*}

(1 重庆医科大学, 重庆 400000; 2 重庆医科大学附属儿童医院, 重庆 400000)

【摘要】目前国内临床每年的输液量庞大,在静脉输液治疗中常出现输液回血、拔针不及时等安全隐患。为方便患者、家属及护理人员在输液过程中的监管,针对传统输液方式的输液报警器兴起,即当液体即将输完时,输液报警器通过报警提示患者和护理人员拔针或者换液。本研究从目前静脉输液所存在的临床问题、输液报警器发展现状、市场现状3个方面展开,综述输液报警器的相关临床研究进展,总结输液报警器在自身设计以及临床应用方面的问题,并提出对输液报警器未来发展的设想与建议。

【关键词】 静脉输液治疗; 输液报警器; 综述

中图分类号: Q819

文献标识码: A

文章编号: 1671-8194 (2022) 17-0062-04

Clinical Research Progress on Infusion Alarm

CHENG Min¹, XIANG Xiaoman¹, WANG Yexin¹, YA Shantong¹, LIU Yuhang¹, ZHAO Sunchenxin¹, MO Lin^{2*}

(1 Chongqing Medical University, Chongqing 400000, China;

2 Children's Hospital Affiliated to Chongqing Medical University, Chongqing 400000, China)

【Abstract】 Currently there is huge demand for infusion therapy in China. However, there are such potential risks with intravenous infusion, like blood returning, tardy withdrawal of injection needles and so on. For effective supervision of the infusion process by patients, their relatives and nurses, alarming apparatus intended for conventional infusion therapy has been invented. Once the injection solution is running out, the alarming apparatus will remind the patients or nurses to withdraw needles or supplement new injections. From the perspectives of clinical problems with existing intravenous infusion, current development of infusion alarming apparatus and the status quo of the markets, the paper probed into clinical research progress in infusion alarming apparatus. It summarized problems with the design and clinical application of existing infusion alarming apparatus and proposed suggestions to future development of the alarming apparatus.

【Key words】 Intravenous infusion treatment; Infusion alarming apparatus; Review

1 静脉输液所面临的临床问题

静脉输液治疗是临床治疗体系中最重要治疗方法之一。2011—2020年的不完全统计,我国输液产量每年超过100亿瓶(袋),远超于国际水平。在如此庞大的输液量下,需要患者家属及责任护士实时观察输液情况,以防因患者输液完毕后不及时拔掉输液管出现回血甚至造成空气栓塞等不良现象,威胁患者的生命安全^[1]。当前,我国社会老龄化日趋加剧,人们的生活压力增大,患者在输液治疗时,常会由于缺少家属看护或是自我看护不周等出现意外,加之现阶段国内医疗供需缺口较大,护患比例紧张,故常会有输液不良反应的发生,更甚者会导致医患纠纷,产生不良的社会影响,威胁患者和医护的人身安全^[2]。

在静脉输液治疗中,有41.8%的患者担心因看护不当导致液体走空。国家药品不良反应监测中心所发布的2020年药品不良反应或事件所收集的报告数据反映,由注射给药所引起的不良反应事件占总体的

56.7%,其中静脉注射给药占91.1%。卫生健康委员会不完全统计,我国每日都会有4起医疗纠纷由输液治疗引起^[3]。

针对输液监测的以上种种问题,目前我国在一些重症科室配备了输液泵。但国内输液自动监控问题仍未完全解决。由此可见,输液报警器的研究开发显得尤为必要。输液报警器不仅能提高医院医护人员的工作效率和质量,降低医护压力,而且为输液者提供了保障生命安全的缓冲带,降低医疗相关事故的发生率,对提高并改善输液治疗质量、改善患者输液体验、缓和医患关系均具有十分积极且重要的意义。

2 输液报警器的发展现状

为了提高医院医护人员的工作效率和质量,改善患者输液体验,针对传统输液方式的输液报警器兴起。输液报警器是基于光电传感技术、计算机技术和无线通信技术发展起来的,适用于传统输液导管检测输液过程并及时进行报警。以下是输液报警器的发展现状分析。

2.1 光电式报警器 光电式输液报警器主要是通过光

*通信作者: E-mail: molin999@126.com

电传感器,采用红外线^[4]、激光^[5]和自然光等光源,利用光-电方式采集信号,根据不同的探测方法和原理,检测液面下降到预定位置时光信号的变化,产生不同的电信号,从而判断药物输完否。根据检测原理可分为:①透射率。主要原理为根据光源穿过空瓶或墨菲管与含液体的输液瓶或墨菲管时透射率不同,探头感知输液液面低于指定位置时透射率的变化,光电转换器将这一光学变化转化为电信号,从而触发报警^[6]。其优点为输液报警器报警率高,在自然光源、日光灯和黑暗环境下均可使用。②折射率。此类输液报警器一般以红外光为媒介,根据气体对红外线的折射系数与液体对红外线的折射系数不相同,二者对红外线的反射能力以及透光能力不相同的原理,来实时检测输液管内部状态,进而监控输液瓶内的液体残余量,完成输液报警^[7]。将光学传感器安装在输液瓶底部,光源照射在输液报警上,当瓶内药液水位低于阈值时报警。③反射。利用平行光线射入液体与空气的界面产生较强反射作用的原理,在输液支架上安装光源发射装置以及接收装置。当输液时,墨菲管内的药液保持一定的液面高度,光发射器发出的光束经过反射后,照射到光电管上产生光电信号,输出电平信号;当输液接近完毕时,光发射器的光反射后被接收器的光电管接收,电平信号发生变化,从而激活报警功能^[8]。但光电式输液报警器易受环境背景光的影响,不能应用于硝普钠等需要避光输液的药物^[9]。

2.2 超声波式报警器 该类报警器通常安装在输液瓶的瓶底位置,利用高频声波的反射原理测量液位高度,即仪器发出的超声波脉冲传到液面时会被反射,继而测出瓶内液位的高度^[10]。超声波探测器在柱状液体中具有衰减较小、穿透力较强的特点。基于超声波的空气探测器灵敏度高、可靠稳定,且能测出小间隙的连续小气泡^[11]。但超声波式易受输液架晃动和光线环境等影响,且每次更换输液瓶都需重新调整和固定,安装调试复杂,可靠性得不到保障。

2.3 电容式报警器 在电容式的相应装置中,电容量的变化有一定的原理,即会随着电容式传感器两极板之间的介质而变化。将1对电容板放在输液管外壁两侧,当输液管内有空气存在时,极板间的相对介电常数会发生变化,电容量也会随之改变^[12]。由此即可检测出输液管内是否有空气存在。其电容量会随莫非滴管中液位的变化而变化,从而检测到输液的完成。但这类装置的电容传感器电路较为复杂,包含振荡器、解调器、触发器等部件,部分类似于AD7746的电容测量芯片,系统复杂、价格较高^[13]。

2.4 电磁式报警器 该类报警器运用电磁场原理设置液位传感器和遥感信号发送装置。首先,将液位传感器放置在相应瓶套上,并使其与信号发送装置连接。在输液时,液位传感器可实时根据输液瓶的外形与重量的变化随时调整自身的高度。当液面达到事先设置好的报警高度时,便可通过遥感信号将警报发送至护理站总机^[14]。

2.5 图像处理法报警器 该类报警器对图片进行预处理,包括灰度化处理、图像滤波和池化操作;用Canny边缘检测出整体轮廓,用投影法对液位进行粗定位,检测液位所在位置,判断是否到达了液位警戒线,当液位线小于设定阈值,即发出警报告知,当液位线大于设定阈值,则表示输液未结束^[15]。但因其摄像机价格昂贵,无法应用于需要避光输液的药物,故可推广性差。

2.6 称重式报警器 将输液报警器制成上下双挂钩样式,利用重力传感器测量药液和输液瓶的重力之和来监测剩余的药液量,并定时对重量、持续时间等参数进行监测,满足设定阈值后引发警报。但其易受弹簧弹性限度变化的影响,不适用于长时间使用,设置方法繁琐,不同的液体容量需重新设置1次,且会受药液包装制造公差的影响^[16]。

2.7 探针式报警器 在输液过程中,将穿刺针刺入输液通道内,随着药液滴注的减少和结束,穿刺针振动频率、振幅等参数随穿刺针周围的介质变化逐渐发生改变,激振器的振动参数受到影响发生变化,输液报警器通过在气液2种介质中穿刺针振动参数的变化,实现对输液的监控。但电极针自身影响因素很多,如电极针的直径、两电极针轴线之间的距离等,要求相对较高,实用性不高^[17]。

2.8 压力感应报警器 基于压力感应原理的输液报警器主要以压力传感器为媒介对输液过程进行监控。在输液时,压力传感器感受到恒定的液体压力,压力垫位置固定,衔铁与触电接通,指示灯亮;当压力传感器检测到变化的压强后,压力垫位置变动,使连接杆带动开关位置改变,从而报警^[18]。

2.9 浮球法报警器 设置不透光的浮球于莫非滴管内,在正常输液过程中,莫非滴管内的液体将浮球托起,浮球会遮挡红外发射管与红外接收管之间的光路;在输液即将结束时,墨菲管内液面进行性降低,浮球下降,红外线的发射管与接收管之间的光路通畅无阻后,报警装置发出信号。但此类报警器制作与安装不便利,且会污染输液管内液体。

3 报警情况及方法

多数输液报警器的报警情况差异不大,大多是在检测液体有无基础之上结合自身检测原理之特点,增

加部分报警条件。常见的报警情况主要有液体少于阈值、滴速有误、输液终止、电量过低、气泡报警、管路阻塞报警等^[19]。其中管路阻塞报警是指在输液过程中,当患者与设备之间的管路,即输液系统发生阻塞,且阻塞压力达到阈值时,会触发阻塞报警,导致该情况的可能原因包括输液管路弯折不畅、调节器未开放、输液针头与患者通路不畅。

输液报警器最常见的报警方法是通过Led闪烁和声音(即蜂鸣报警)进行提示。随着报警器的进一步发展,报警形式也越来越多样化,如短消息提示、无线蓝牙传输、护士站终端系统等。随着物联网发展及远程智能技术的推广,无线蓝牙技术可实现输液全流程数据跟踪与闭环管理、输液实时可视化远程监控及智能报警,紧密融合信息化时代的特征。

4 报警处理方法

输液报警器进行报警后,部分输液报警器还可实现其他功能,如自动换液、自动截流等。①自动换液:可实现根据输液要求,随意设置瓶数,并自动换液。该法通过在输液袋底部设置浮球,使浮球随液面浮动,在液面下降至底部时,磁化开关,使控制其他药袋的开关(浮球)打开,从而实现自动换袋,又或通过增设进气道和出液道实现此功能。②自动截流:外置开关,此功能的实现可采用螺杆电机的正反转来控制输液管的打开关闭,从而实现换瓶。其原理为:水位感应器夹在滴壶上的输液管,通过检测水位是否下降来判断输液管内是否还有药液,检测的信号发回单片机处理,螺杆电机正转,螺母向前移动,实现输液管的截止;反之螺杆电机反转,实现输液管的打开,继续输液工作^[20]。电磁阀控制,自动截止也可通过电磁阀及驱动电路利用单片机进行控制,当输液完毕时,单片机控制电磁阀关闭,实现自动截止功能。

5 报警器的临床应用范围

据调研显示,输液报警器目前已被广泛应用在各科室输液治疗中,其可靠性、安全性及稳定性都均得到验证。

5.1 冠状动脉介入治疗 当冠状动脉介入治疗应用于手术过程中时,易出现未及时补充对比剂,管道进入空气需术者进行二次排气操作,影响手术的连贯性。使用报警器可减少对比剂未补充与二次排气的情况,保证手术的安全性、连贯性、完成率,有较高的临床价值^[27]。

5.2 眼科输液 在部分眼科疾病的药物治疗中,大部分通过静脉输液的方式进行治疗。由于眼部观察不便或是输液为仰卧位等原因,极易出现无法观测吊瓶余量的情况。输液报警器的使用可使医护高质量

的对患者进行用药指导、个性化护理,大大提高了输液满意度。

5.3 血液透析 在血液透析过程中,患者几乎无法自行观察到输液是否完毕,且有空气进入会导致透析泵管路凝集等问题^[29]。输液报警器应用于透析泵可有效阻止空气进入造成血块形成的风险,节省了由于空气进入引起透析器凝结更换配套所产生的费用。

5.4 普通门诊 在门急诊中,静脉输液治疗是抢救患者与治疗疾病的重要方法之一。门急诊患者输血量相较于其他科室更大,出现看护不周的可能性也更大,使用前置性报警器可有效降低这一风险,节约补液滴空的更换时间。

5.5 儿科病房 由于患儿对于药物质量要求更高,在护理上难度更大,要求更高。通过应用输液报警器可实时检测药液余量,必要时对药液进行加热处理,可减少护士巡查次数,保证患儿与家属更好的休息。

6 报警器市场容量

6.1 市场需求 ①西南地区医院输血量逐年上升,输液报警器需求增加。截至2019年,整个西南地区仅重庆市所含包括医院、卫生服务中心、妇幼保健院等在内的卫生机构共计21 058所,其中医院共1 707所,同比增长6.58%。重庆市各级医院于18年采购输液器及配套设备可达1 000万批。由此可见,西南地区医院数量多,输液需求量大,输液报警器的需求逐年呈阶梯式上升。②当前医疗配套设备缺口大,倒逼输液报警器需求增加。目前国内医疗供需缺口较大,护患比例紧张。在如此高强度医疗压力下,护患比例的失衡极易造成输液不良反应导致医疗事故,从而引起医患纠纷。输液报警器的应用能够让护士提前知晓患者的换药取针情况,更高效快捷的处理多名病患的需求,从而减少医疗事故的发生,减轻医护人员的压力。由此可见,相关医院配备自动化监护设备将逐渐变成市场刚需。

6.2 应用医院 据调研,类似的输液监控设备,如安欣舒智能化安全输液控制系统在重庆总共已投入使用约1 000台。在大型三甲医院如新桥医院的消化科、肿瘤科计约100余台,重医附二院江南分院全院约600台,重医附属儿童医院的血液科约200台。在四川华西医院、四川省人民医院等10家三甲医院也已投入使用。

6.3 市场问题 现阶段市面上的输液报警器大多是电容传感式报警器,也有部分光电式、压力传感式报警器,价格在5~300元/个,价格区间相差较大。临床应用较多的产品以廉价的基本型号为主,功能单一,通

常只能产生蜂鸣和闪光报警,且多存在使用不便、精确度低等缺陷。现阶段最为突出的问题是输液报警器在市场中占比小、质量参差不齐。多数输液报警器价格昂贵、操作繁琐、应用范围局限,仅大型医院的部分重症病房安装和使用,导致许多小型医疗机构对此类产品普及度低、民众对输液报警器的认知模糊、信任度不高,进一步增加了输液报警器的普及困难。在国家政策引导下,加快输液报警器的技术革新以及在医疗机构的广泛普及显得尤为必要。

7 小结与展望

近年来,随着医疗技术的进步,国内外出现了以光电、称重、压力、超声、电容等监测原理的各式输液报警器,多应用在门诊给药、血液透析、冠状动脉介入治疗中,在一定程度上减轻了医患负担。但输液报警器使用后续带来的警报疲劳问题却很少被关注。随着临床报警设备逐渐增多,医护人员易由于报警响应过多而缺乏反应,导致警报脱敏问题,进而造成对临床重要警报的疏忽,威胁患者的生命安全。国外临床相关降低警报疲劳装置的试验设计主要从仪器阈值和延迟报警2个方面入手,通过降低阈值、设置智能阈值提醒或是延迟报警来减少警报疲劳。对比国内,在研究开发输液报警器时也应重点关注临床应用中产生的问题,并采用相应设置减少警报疲劳情况的发生。此外,输液报警器不仅需对输液进程进行监控报警,还可与互联网大数据相结合,提供完整的服务链条和智能云端数据化设计,建设智能信息化管理,建立完善的产品体系,如提供完整的服务链条体系、智能云端数据化设计、通过可穿戴设备实现产品的可拓展性、定制智能化系统等。

输液报警器的普及应用必须依靠国家政策和市场条件的扶持。目前新兴的小型输液报警器市场份额占比小,在医疗机构中普及度低,要想提高其市场份额既需要在硬实力上随着市场要求与趋势不断改进创新,也需要国家的大力支持,如《“十三五”医疗器械科技创新专项规划》,为输液报警器在内的小型电子医疗器械夯实市场根基,使其能更快、更全面的在市场中进行推广与普及。输液报警器自身的硬实力加上医院的科学推广,患者的信赖,将产、学、研、用环环相扣,必然能为静脉输液治疗的患者带去福音。

参考文献

- [1] 黄凤霞,苏媛媛,赵倩,等.输液报警器的进展分析[J].科技视界,2019(1):46-48.
- [2] 文家雄,邓杰.基于无线传感网络输液报警系统的设计与应用研究[J].中国医疗设备,2021,36(9):114-117.
- [3] 孟圣亚,魏威,杨金利,等.无人陪护输液报警装置设计[J].科技与创新,2019(19):71-73,75.
- [4] 余子安,翟超.一种基于窄带物联网的电容式静脉输液报警器[J].中国医疗器械杂志,2019,43(4):307-309.
- [5] 苏媛媛,黄凤霞,赵倩,等.压力传感输液报警器的设计[J].科技视界,2019(13):10-11.
- [6] 叶盈,姚碧君,应静君,等.智能化实时监控在输液安全中的应用研究[J].中国实用护理杂志,2019,35(23):1815-1818.
- [7] 杨佳林,佟帅辰.基于数据可视化的智能输液分析报警系统[J].数字技术与应用,2019,37(3):63,66.
- [8] 肖美慧,席明霞,屈婧,等.全闭环输液监测系统在临床输液安全管理中的应用[J].护理学报,2020,27(3):14-17.
- [9] 陆天成,朱上昊,吴树倩,等.共享式可报警医用输液恒温加热装置研究[J].信息技术与信息化,2019(11):189-192.
- [10] 张娇,李金池,郭宸宇,等.一种无线输液报警系统设计[J].中国科技信息,2019,(1):58-59.
- [11] 徐阳,宋海龙,傅燕翔,等.对《医用注射泵和输液泵校准规范》中阻塞报警误差判定的建议[J].计量与测试技术,2020,47(1):42,45.
- [12] 张晓梅,张爱华,康利芳,等.品管圈活动在降低输液泵非有效报警率中的实践[J].世界最新医学信息文摘(连续型电子期刊),2020,20(79):101-102.
- [13] 王颖,郑一宁,赵娅,等.输液报警器临床使用及管理现状调查[J].护理学杂志,2021,36(17):50-53.
- [14] 欧阳威,钟冬秀,罗峰,等.弹套莫菲滴壶式微型智能输液报警器在静脉输液中的应用观察[J].赣南医学院学报,2021,41(10):1040-1042.
- [15] 杨娜,陈云,杨金花,等.基于单片机的输液监控模拟系统[J].长江信息通信,2021,34(8):75-77.
- [16] 金子璇.一种新型输液报警器的设计制作和测试[J].中国新通信,2019,21(14):136-137.
- [17] 张筱诗,蓝永贞,梁红丽,等.输液报警器在神经内科夜间输液中的应用[J].国际医药卫生导报,2021,27(19):3097-3100.
- [18] 孙鹏,唐永菁.一种便携式无线输液报警器的设计[J].医疗装备,2021,34(9):20-21.
- [19] 施啸,史雷萌,胡威,等.基于nRF24L01的智能点滴输液报警器系统设计[J].物联网技术,2021,11(7):97-98,103.
- [20] 任天森,丁晶晶,杨茜,等.报警式动脉加压输液袋的设计及应用分析[J].医学理论与实践,2021,34(5):899-900.