

基于物联网技术的智慧手术室研究与实现^{*}

成鹏飞 周向红 贺吉群 杨伟芳 王晓乔

(湖南科技大学管理学院 湘潭 411201) (中南大学湘雅医院 长沙 410008) (中南大学湘雅三医院 长沙 410013) (湖南科技大学管理学院 湘潭 411201)

〔摘要〕 分析手术室信息化的现状与问题以及物联网技术在手术室的应用前景, 介绍基于物联网技术和信息技术的智慧手术室系统架构、功能模块, 有效整合手术室的设备、器械和药品资源以及手术参与各类人员的信息。

〔关键词〕 物联网技术; 智慧手术室; 系统架构; 系统功能

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2016.08.003

Research and Implementation of Wisdom Operating Rooms Based on the Internet of Things Technology CHENG Peng-fei, ZHOU Xiang-hong, Management Institute, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China; HE Ji-qun, Xiang-Ya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China; YANG Wei-fang, Third Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410013, China; WANG Xiao-qiao, Management Institute, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China

〔Abstract〕 The paper analyzes the current situations and problems of operating room informatization and the application prospect of the Internet of Things technology in operating rooms. It introduces the system architecture and functional modules of wisdom operating rooms based on the Internet of Things and information technology. Also, it effectively integrates the equipment, instrument and medicine resources in operating rooms, as well as information of participants in operations.

〔Keywords〕 Internet of Things technology; Wisdom operating rooms; System architecture; System function

1 引言

随着信息技术的快速发展, 信息化管理的水平已成为医院评价的重要标志^[1]。手术室是实施手术抢救和治疗的重要场所, 是医院业务运营的核心部

门, 其管理质量及运行效率影响整个医院的业务管理质量和水平。目前, 尽管传统的手术室已进行了一些信息化建设^[2], 但基本上仍处于一个封闭和孤立的环境中, 主要表现在: (1) 信息化技术与管理不全面系统, 其信息的输入、输出和处理使得医疗服务流程更加复杂, 工作负荷加大, 容易出错, 难以保证医疗信息和实际医疗服务的一致性, 且增加了医疗服务成本。(2) 无法实现手术室与外部的通信交流, 也无法集中调阅病人的各种临床数据和图像信息, 更不能自动保存手术过程中的相关信息。

〔收稿日期〕 2016-02-25

〔作者简介〕 成鹏飞, 教授, 博士; 通讯作者: 贺吉群。

〔基金项目〕 湖南省社科项目 (项目编号: 15JD21)。

(3) 无法实现对医护人员、医疗器械和物品的跟踪、状态监控,无法支持医疗资源的优化调度。

智慧手术室是医院信息化的一个重要环节,物联网技术的发展提高了现代医疗技术与信息技术的集成度,各种物品、设备和人员,通过物联网技术,与信息管理系统进行信息共享,不仅可以大幅提高手术室的使用效率,实现人员、标本、耗材与药品的智能化管理,还能让医生在全面了解患者的情况下,更专注于手术操作,提高手术的精准度,从而提高医疗水平与质量,有效解决了传统手术室信息化存在的问题。因此,数字化、智能化已逐渐成为手术室未来建设与发展的方向。

2 手术室物联网技术的应用

2.1 概述

随着物联网技术的发展,射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备技术在医疗行业逐步得到推广应用^[3-5],从而大大加速了医院的数字化进程。当前,已有一些大型医院使用物联网技术实现了重要医疗设备及药品的追踪,以及患者和医护人员的管理,为手术室不同信息系统、医疗设备的整合,实现手术室整体信息化、数字化、智能化打下了基础,见图 1。

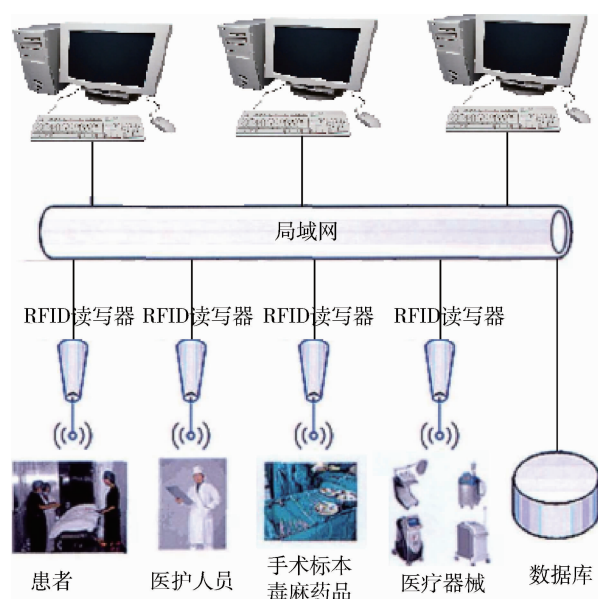


图 1 物联网技术在手术室的应用

2.2 医护人员管理

手术室是医院的重要部门,为减少手术过程中的创伤感染,要求最大限度地保持无菌的环境,因此,必须加强进出手术室医护人员的管理,如外科医生、麻醉医生、手术室护士和护工等,进出人员必须佩戴可唯一标识身份的 RFID 胸卡。应用物联网和管理信息技术整合门禁^[6-7]、智能排班、智能化衣鞋柜和手术衣鞋的发放与回收,对人员的流动进行合理的监管和控制。根据排班信息对相关人员设置不同的权限,对进出手术室的人员进行身份识别,限制人员进出与设备的使用。

2.3 患者管理

手术患者的健康卡或手上的智能腕带含有姓名、手术位置、手术类型、手术日期和手术名称等。使用 PDA 对患者身份进行识别确认^[8],不仅可以准确快速接送和转运患者,还可以让护理人员方便快捷准确地对患者开展护理和术前准备工作,同时还能将患者与手术间进行关联,实现手术过程的实时监控。

2.4 手术标本、毒麻药品管理

利用 RFID 电子标签进行手术标本管理和术中用血管理^[9], RFID 电子标签的唯一性确保了手术标本送检和术中用血的唯一性和安全性,在不改变原有医院流程的前提下,可降低医护工作人员劳动量,简化流程,保证手术流程的安全性。通过电子标签可以将内用药与外用药严格分开放置,可设置开启人员权限并对每支毒麻药品实行追踪管理,从而有效保证患者使用麻药等药品时的准确与安全,降低用药出错的几率。

2.5 医疗器械管理

对医疗设备、手术器械和高耗材实行条码化管理^[10],可实现医疗设备、手术器械全过程质量和参数的监控,盘点或追踪设备位置,有效管理医疗设备,便于追溯,从而有效保证安全;对高耗材进行全程追溯管理,实现手术设备的单机核算,对设备的

使用效率、收益、运行消耗等进行数据统计和分析。

3 智慧手术室系统架构

3.1 概述

医院给病人实施手术的过程，其实是手术医生、麻醉医生、手术护士、患者、患者家属，甚至医院管理者共同参与和协作完成的过程。手术医生需要掌握与病人相关的各种手术资料的完整展现与记录；麻醉医生需要监控与病人麻醉有关材料及实施麻醉的全程记录；手术护士术前需要根据病人情况进行排班、术前准备、术中护理及手术记录；病人及家属关切手术的进展情况。智慧手术室将物联网技术、信息技术与医疗软硬件平台整合，能及时满足参与和关心病人手术各方人员的需求，在有效提高手术质量基础上，允许患者家属实时了解手术进展情况。

3.2 架构

智慧手术室需实现对医护人员、患者、手术器械、物品和药品的有效管理，因此智慧手术室的系统架构需具有开放性、柔性和可扩展性，按实现功能的不同，一般可划分为物联感知层、网络通讯层、数据及服务支撑层和智慧应用层等，见图 2。物联感知层以物联网技术为核心，通过传感器、RFID、摄像头和执行机构等实现对各种设备、人员等的识别、信息采集、监测、控制和服务，从而使智慧手术室对周围环境具有智能感知能力。网络通讯层为各种设备、系统和人员之间信息的流动、共享和应用提供基础。数据及服务支撑层可实现医疗健康数据信息资源的融合、共享和共用，数据和信息是支撑手术室更加智慧的关键。智慧应用层对各类感知信息、历史信息通过统计、智能分析、预测、仿真等手段进行综合加工，为医护人员、医院管理者和患者提供智慧手术室的各种应用功能。

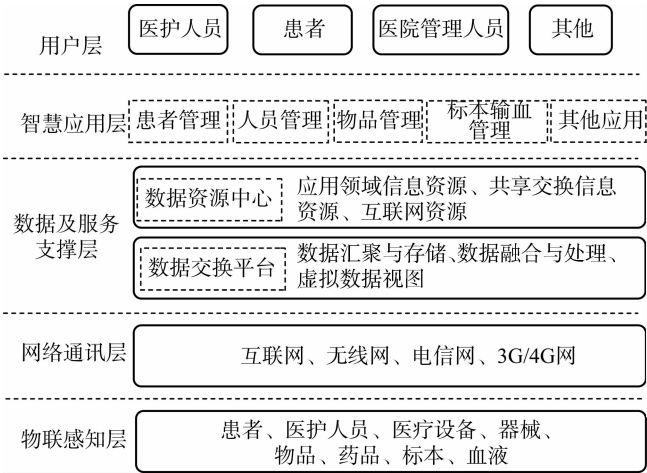


图2 智慧手术室系统架构

4 智慧手术室功能实现

4.1 概述

智慧手术室建设的目的是有效整合信息、设备、器械和药品等各种资源，更好地满足手术医生、麻醉医生、手术护士、患者家属、医院管理者等各种主体的不同需求。可以说智慧手术室是一套可实现对参与手术过程的医护人员、患者、器械设备、药品耗材等进行综合管理的智能化信息系统，能有效将与患者有关的信息和资源进行集中管理，与医院建立患者信息共享机制，因此智慧手术室包括手术患者管理、手术人员管理、医用物品管理、手术标本及输血管理和管理员子系统等，见图 3。

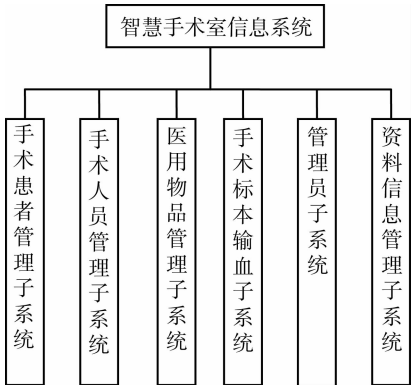


图3 智慧手术室管理系统功能

4.2 手术患者管理子系统

智慧手术室的手术患者管理子系统与医院信息系统、电子病历系统、检验检查系统和病案信息系统等信息系统通过通讯技术和物联网技术进行数据交互,共享患者和医疗信息,实现对患者的手术全流程管理。

4.2.1 发出手术申请单 病室医生发出手术申请单前,需在手术患者管理子系统上核对系统自动生成的限制条件,如手术名称、手术时间、检查检验结果(BTR、出凝血时间、肝肾功能等)、麻醉方式、配血结果、手术部位、术者级别,以及特殊说明和要求等,提交上级医生审核,审核通过后,才能正式向手术室发出手术申请。

4.2.2 手术室接收手术申请 手术室值班负责人调阅患者信息,根据各病室手术申请情况和病人情况,设置相应的排序条件,手术患者管理子系统根据人员信息、手术间使用情况和设定的排序条件,自动安排手术间、手术护士、麻醉师和护工,为医护人员赋予相关手术间、设备和医药品的使用权限。经优化调整确认后,系统自动将每个病房的手术申请单的结果,配合安排等情况反馈到各个病室及医生,以便做好术前的各项准备工作。

4.2.3 患者的接送 根据手术患者管理子系统生成的安排,手术室护士应提前通过系统向病房提出接领病人的申请,接领病人的护工在病房应使用PDA扫描患者腕带,确认患者相关信息后,才能接回患者。在手术室入口,由门禁系统扫描患者腕带,核查患者信息并再次确认手术时间、手术医生、麻醉医师和手术间等信息,护工根据相关提示,将患者送入对应的手术间,交给相关护士。麻醉师和手术医师开始麻醉,进行手术。手术结束后,护工在送病人离开手术室前,应再一次扫描患者腕带,回病房,与病房护士完成相关交接手续。

4.2.4 手术监护 患者被送入手术间后,护士将再一次通过腕带或电子标签核对病人信息,开启监护记录,实时监控和记录患者在麻醉、插管、切皮、手术、送麻醉后监测治疗室等环节和操作过程中的各项生命体征及多角度的视频录像。

4.2.5 手术信息动态发布 患者送入手术室、手术过程、手术结束送入麻醉后监测治疗室等信息通过家属等候区的大屏幕滚动播放^[11],患者家属也可使用智能手机通过患者账号登录智慧手术室系统,实时查询手术进展状态。通过手术动态信息的发布,可让患者家属实时了解手术进展状况,增加手术过程的透明度,有利于缓解患者家属的紧张情绪。智慧手术室系统的患者管理子系统通过多个环节,如病房、手术室交换区、手术等待区、手术间、复苏室等,对患者腕带动态扫描核对,可实现患者手术各个环节的追踪管理,有效提高医院管理水平和手术安全性。

4.3 手术人员管理子系统

4.3.1 功能 集成门禁管理、智能排班、人员动态管理和设备管理等功能。手术室入口大门采用自动移门,人员进入手术室时,系统自动采集员工信息并与手术智能排班模块生成的排班信息进行比较,验证进入手术室人员的身份和权限,以及当天是否参与手术,如符合条件,则自动开门,否则需护士长授权才能进入,如强行进入,系统将声光报警,提示非法侵入。获准进入手术室的医护人员可刷开智能衣柜,自动获取对应大小的手术服和鞋,离开手术室时,需及时归还,否则下次手术时将无法使用任何工作鞋服,且不能进入手术工作区,从而可有效规范工作鞋服的使用流程,确保手术室环境质量。

4.3.2 效果 手术人员管理子系统不仅可控制手术室人员的进出,还可记录手术流程中人员到位和进出时间,可实现对进入手术室的人员(包括手术医生、护士、麻醉师)的定位管理,方便管理者了解每台手术的实际参与人员,监控手术过程中的人员服务内容和质量,从而可方便实现手术过程的责任跟踪与划分,加强手术质量和医护人员的绩效考核,有效提高医护人员的责任心。手术人员管理子系统还可实现对手术室不同区域和手术间的分区管理,对人员的流动进行合理监管和控制,依据手术排班信息和权限级别,设置进入不同区域和手术间的权限,确保具有一定权限级别的人员出入对应的工作区域,避免无权限人员进入受控区,有效保证

手术安全。

4.4 医用物品管理子系统

所有医用物品（组织物件、消毒包、麻醉药品、医用器械和高耗材等）采用无线电子标签，存放在具有 RFID 读写器和电脑控制的机柜（或冰柜、冰箱）中，当医护人员取用医用物品时，系统通过识别人员身份，根据排班信息，自动选择其有权限使用的手术物品，当物品数量低于安全库存时，系统自动提示药房补充库存，从而有效实现手术期间物品的分发、计费、统计和库存管理等工作。可实现手术器械和设备使用过程中的参数监控与记录，实现手术器械与设备的单机核算，从而方便器械和设备的使用效率、收益、运行消耗等的统计与分析。

4.5 手术标本及输血管理子系统

利用 RFID 电子标签进行手术标本管理和术中用血管理，RFID 电子标签的唯一性确保了手术标本送检和术中用血的安全性和唯一性，确保输血过程的安全无误。系统可自动获取患者的所有在院信息，包括传染病信息，可有效避免交叉感染。标本送检和术中输血的整个过程和流程可被监控和管理，实现全程可追踪、全程可追溯。管理人员和医生都可通过多媒体手段得到丰富多元的手术信息，有利于手术医生对手术过程做出准确判断，也有利于管理人员制定更加实用的管理流程。符合当今移动医疗的发展，实现手术的信息化管理，方便快捷，安全准确，提高工作效率和管理效率。

4.6 管理员子系统

具有管理人员排班查阅、人员定位查阅、手术进展查询、科室间对话（申请手术器械包、输血、快速病理切片等）、手术群组消息、手术间人员对话、手术情况查询、患者家属通知、警报提示等功能模块。还可以查阅手术安排，查看患者当前位置，了解手术动态，查看术中特殊步骤采集图，推送各类通知（准备物件、准备饮食、准备接人等）。还提供全面准确的统计图表，方便科室领导全面快速了解手术相关数据，为手术流程优化提供决策依据。

4.7 资料信息管理子系统

包括对手术过程的视频信息、患者信息以及各种经典手术案例资料的分类存档、资料查阅与展示等功能模块。自动将每个手术间的视频按时间分类存档，当需要查阅时，可便捷检索并完整展现手术过程中的所有信息，如手术直播、手术录像回放、患者基本信息、患者手术信息、患者电子病历、患者的各种检查化验结果以及患者围术期的生理信息等。资料信息管理系统不仅能加强对手术室的规范管理，还是教学科研和学术交流的重要手段。手术资料支持按病历检索，可查询到住院号、姓名、手术名称、手术时间、科室、手术医生、麻醉医生、手术护士、麻醉方法，以及再现任何时间点的手术视频资料，从而可有效提高医护人员的责任心，达到手术流程的规范管理的目的。保存的经典手术案例可供实习医生和护理人员反复观摩学习，可有效加快医护人员的培养，提高手术效率与手术质量。资料信息管理子系统采集的海量手术信息，可建立病例分析数据库，具有宝贵的学术科研价值。

5 结语

智慧手术室信息系统与医院其他信息系统可实现无缝衔接、信息共享、交互支持，共同构成一个完整的、安全高效的、闭环式医疗质量管理体系。智慧手术室信息系统是一个智能、安全、高度集成化的信息系统，其成功应用大幅降低手术室的运行和管理成本，可优化原来较为繁琐落后的流程，提高管理人员的应急能力及管理水平，降低治疗费用，提高治疗质量，减少医患矛盾和冲突。智慧手术室信息系统还可以应用云计算、大数据等技术，对各种医疗信息进行综合应用，为手术方案、手术过程中的意外事故等突发事件提供辅助决策。

参考文献

- 1 郝俊峰, 宁伟东, 王新. 医院信息化建设的问题与对策 [J]. 中国管理信息化, 2015, 18 (17): 66-67.

(下转第 31 页)

造^[5], 失约率得到有效控制; 另一高点是 2015 年 8 月, 由于免费预约出现部分患者没有及时退号, 浪费号源, 于是通过建立失信人黑名单, 有效控制了失约率^[6]。

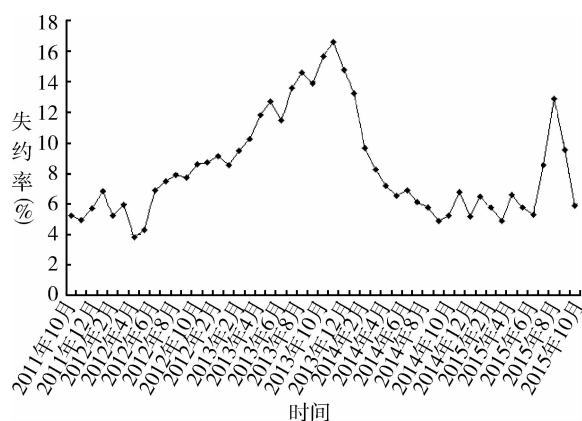


图 4 2011 年 10 月 -2015 年 10 月失约率曲线

5 结语

门诊预约系统是一个低投入、高产出的项目, 医院在人力、设备、资金上的投入较少, 但却能给患者提供较大的便利, 提高医院工作效率、资源利用率, 规范门诊症疗行为。福建医科大学附属协和医院门诊预约系统自运行以来, 赢得了广大医院员工、患者的好评, 但现有的预约挂号系统建立在患者已经明确知道自己要看哪个科的基础上, 对于首

诊患者目前主要通过导诊护士、志愿者提供咨询服务。为此, 正在设计测试自助导诊分诊系统并计划在不久后正式上线运行, 自助导诊分诊系统通过手机、自助机等为患者提供导诊服务, 患者先通过症状自查选择相应的人体部位 (以图形或列表形式展现), 然后从列表中选择相应的症状、病程等, 最后系统自动得出可能的诊断并建议患者到相应的科室找对应医生预约取号就诊, 该系统的引入将为患者提供更完整的预约服务, 大大方便患者。

参考文献

- 1 范志宇, 邱旭, 柴桦, 等. 大型综合性医院门诊预约挂号的需求趋势与应用价值分析 [J]. 医学与哲学, 2009, 30 (12): 36-37.
- 2 唐珍, 郑丹. 预约挂号遭遇四大难题: 标本兼治才是解决之道 [J]. 医院领导决策参考, 2009, (17): 10-12.
- 3 卢武红, 尼木格日勒, 霍永胜, 等. 大型综合性医院门诊预约挂号存在的问题及对策探讨 [J]. 中国数字医学 2015, 10 (9): 55-56, 72.
- 4 陶敏芳, 秦逸, 刘威. 我院门诊预约服务的实践 [J]. 中华医院管理杂志, 2012, 28 (1): 37-41.
- 5 刘姿, 邱访, 任小丹, 等. 门诊实名制预约挂号实践与对策初探 [J]. 中国循证医学杂志, 2009, 9 (10): 1055-1059.
- 6 辛均益, 陈启岳, 王宏宇. 预约诊疗服务信用度管理机制的探索与应用 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2014, 11 (4): 335-340.

(上接第 18 页)

- 2 张世霞. 面向网络技术的医院信息化管理建设研究 [J]. 数字技术与应用, 2015, (8): 100.
- 3 武玲玉, 阳莉萍, 杨娥玲. 基于 RFID 技术实现手术室智能化管理系统的临床应用 [J]. 牡丹江医学院学报, 2015, 36 (2): 67-73.
- 4 阳莉萍, 武玲玉, 唐伟, 等. 基于 RFID 技术的手术室物联网应用系统的研究 [J]. 中国当代医药, 2014, 21 (11): 176-178.
- 5 李岩, 赵体玉. 射频识别技术在于术室信息化建设中的应用进展 [J]. 护理研究, 2014, 28 (5): 525-526.
- 6 赵体玉, 李秀云. 数字化手术室安全门控管理系统的开发及应用 [J]. 中华护理杂志, 2012, 47 (11): 1008-1010.
- 7 赵体玉, 曾莉莉, 夏述燕, 等. 基于无线射频识别技术的于术室安全门控管理系统的应用 [J]. 护理学杂志, 2014, 29 (12): 43-46.
- 8 刘晓岚. PDCA 循环管理法在手术室管理中的应用 [J]. 国际护理学杂志, 2014, 20 (11): 3205-3207.
- 9 杨喜群, 陈肖敏, 徐欣, 等. 手术室移动护理信息管理系统的应用 [J]. 中华护理杂志, 2010, 45 (4): 341-342.
- 10 郑西川, 秦环龙, 张建国, 等. 影像电子病历远程诊断共享平台研究 [J]. 医疗卫生装备, 2007, 28 (3): 3941.
- 11 陈敏亚, 夏勇. 物联网技术在医疗器械管理中的应用 [J]. 中国数字医学, 2011, 6 (2): 105-106.