

基于射频识别技术的检验标本全生命周期管理系统研发

徐宏忍, 孟国艳, 安婧, 白敏凤, 尹利民 (通信作者)

昆明市第一人民医院 (云南昆明 650011)

〔摘要〕检验前标本质量对检验结果质量有着至关重要的影响, 如标本运输时间过长、标本采集时间不正确等均可能对检验结果产生影响。传统采用条形码管理的检验前标本质量控制工作难以开展。基于此, 该研究利用 UHF-168 长距桌面读写器、ZEBRA ZT420 射频识别 (RFID) 标签打印机、ZEBRA TC200J 个人数字助手 (PDA) 等系统硬件及 PowerBuilder 9.0 开发工具、Oracle 11g 数据库, 建立基于 RFID 技术的检验标本全生命周期管理系统, 实现对检验标本的全生命周期跟踪和管理。并在各病区 and 检验科设置检验标本采集区、标本交接区, 在采集区和交接区设置固定阅读器, 对区域内的电子标签进行识别和记录, 将识别的检验标本标签信息, 通过数据传输接口写入数据库, 使用检验标本全生命周期管理系统实现检验标本的全生命周期管理, 持续改进标本转运流程。经实践, 使用基于 RFID 技术的检验标本全生命周期管理系统, 可以准确计算检验标本转运时间合格率, 持续改进检验标本转运时间, 实现检验标本的全生命周期管理, 提高标本转运效率, 保证医疗安全。

〔关键词〕流程优化; 射频识别; 全生命周期; 医疗安全; 持续改进

〔中图分类号〕R197.39 〔文献标识码〕B 〔文章编号〕1002-2376 (2023) 23-0-0

Research and Development of Life Cycle Management System for Test Specimen Based on Radio Frequency Identification Technology Xu Hongren, Meng Guoyan, An Jing, Bai Minfeng, Yin Limin (Corresponding Author). The First People's Hospital of Kunming, Kunming Yunnan 650011, China

〔Abstract〕The quality of samples before inspection has a crucial impact on the quality of inspection results. For example, situations such as long sample transportation time and incorrect sample collection time may have an impact on the test results. In addition, it is difficult to carry out quality control of pre-inspection specimens with traditional barcode management. Based on the those, in this study, system hardware such as UHF-168 long-range desktop reader and writer, ZEBRA ZT420 RFID label printer, ZEBRA TC200J personal digital assistant (PDA), as well as PowerBuilder 9.0 development tools and Oracle 11g database were utilized to establish a full life cycle management system for test specimens based on radio frequency identification (RFID) technology, achieving full life cycle tracking and management for test specimens. In addition, the collection and handover areas for laboratory specimens were set up in each ward and laboratory, and fixed readers were set up in the collection and handover areas. With the identification and recording of electronic labels within the area, the identified specimen label information was written into the database through a data transmission interface, and the specimen lifecycle management system was used to achieve the full lifecycle management of the specimen, continuously improving the specimen transfer process. Through practice, the use of test specimen life cycle management system based on RFID can accurately calculate the pass rate of test specimen transport time, continuously improve the test specimen transport time, realize the whole life cycle management of test specimens, improve the efficiency of specimen transport, and ensure medical safety.

〔Key words〕Process optimization; radio frequency identification; Full lifecycle; Medical safety; Continuous improvement

目前, 标本检验前的质量指标尚无有效的统计方法^[1]。新型冠状病毒感染疫情期间, 检验科每日需处理大量检验标本, 每一个标本均需扫码交接,

整个过程不仅费时、费力, 且常出现数量不一致等问题。新型冠状病毒核酸检测有较强的时效性要求, 如将时间浪费于标本交接, 可导致最终的检验报告出具时间延迟, 影响疫情防控。同时, 检验科其他血液和体液标本也只能采用逐个扫码交接, 耗时

收稿日期: 2023-07-18

间长，且易出错，导致部分急诊样本无法在第一时间上机检测，可能延误患者诊疗。鉴于此，本研究将射频识别^[2]（radio frequency identification, RFID）技术运用到检验标本管理中，结合现有的软硬件建立检验标本的全生命周期管理系统，以期实现检验标本的全生命周期管理，提高医务人员工作效率，保证检验质量和医疗安全。

1 基于 RFID 的检验标本全生命周期管理系统概述

检验科参考目前成熟的标本交接系统，并融入 RFID 识别功能，设计了基于 RFID 技术的检验标本全生命周期管理系统。本系统依托院内现有的 LIS 系统，在数据库中增加了部分字段，以实现检验标本的全生命周期管理。本系统通过在病区内设置标本采集完成区和交接区，在标本采集完成后与送出病区时，将标本放至采集完成区与交接区，布置在该区域的阅读器自动阅读区域内的检验标本标签信息，通过数据接口把标本采集时间等信息录入数据库。检验科收到标本后，LIS 系统会记录标本的上机检测、审核、标本销毁时间等信息，通过以上功能对检验标本的采集、送检及检验科核收、检测、销毁等所有时间节点进场记录，实现了对检验标本的全生命周期管理。

2 系统架构设计

系统的架构图^[3]如图 1 所示，可将系统分为感知层、网络层、服务层和应用层。感知层的硬件主要包括 UHF-168 长距桌面读写器和 ZEBRA TC200J 个人数字助手（PDA），该层的主要功能是识别 RFID 标签信息，通过网络或蓝牙将信息传至接口计算机。接口计算机通过网络层进行数据传输，网络层的硬件主要包括楼层交换机和核心交换机。服务层的软硬件主要包括 Oracle 11g 数据库软件和数据库服务器，数据通过网络层传输至数据库服务层，数据库服务层提供数据存储服务。应用层的软硬件包括 PowerBuilder 9.0 开发工具和 ZEBRA ZT420 RFID 标签打印机，基于感知层、网络层和服务层实现数据采集、传输、存储，系统的应用层实现标本的采集确认和交接功能、标本接收功能、标本销毁功能。通过感知层、网络层、服务层和应用层的功能实现检验标本全生命周期管理。本系统所用标签为预制 RFID 不干胶标签，规格为 60 mm × 20 mm，可反复擦写。RFID 标签内容采用起始 2 位识别码 + 8 位流水号的编码方式，即根据采血管种类的不同，分别设置不同的识别码。考虑到打印的质量和效率，本系统配备了 ZEBRA ZT420 RFID 打印机，其具有打印速度快、准确的特点，适合大规模打印场景。RFID 标签的识别场景包括桌面式识别场景和个人数字助手（personal digital assistant, PDA）识别场景，桌面式识别场景主要是用于标本采集和送检确认，而 PDA 识别场景主要是用于标本批量核收。

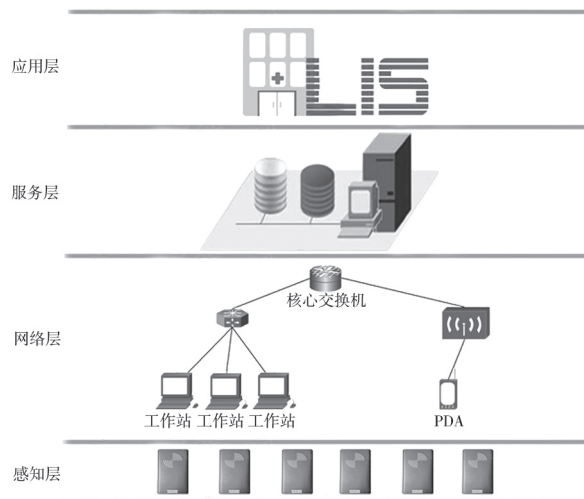


图 1 系统架构图

3 系统功能设计

根据科室现有的软硬件条件，设计了检验标本处理流程^[4]（图 2）。该流程中在门诊标本检验前环节，可准确记录标本的采集、送检、核收及退回时间。住院标本分为血液标本和体液标本，病区护士需要先将样本管和患者医嘱信息关联。采集血液标本时，护理人员可使用 PDA 扫描样本试管条码，记录标本采集时间。采集体液标本时，一般是将样本容器发放至患者，让患者自行留取，这就导致无法准确记录样本采集时间。标本送检多由护工逐楼层收取标本后，统一送至检验科进行核收。在此过程中，无法记录标本送检时间，影响时效性检验标本的检验结果。本研究结合 RFID 技术特点，在病区设立标本采集区和标本交接区，并配置 RFID 桌面式读写器，利用 RFID 标签识别码实现标本数据和交接数据的采集。在数据库增加字段，获取数据后通过接口，以条码号为主键将采集时间、采集地点、交接时间、交接地点，存入 LIS 系统，和现有的 LIS 系统构成检验标本全生命周期^[5]管理系统。

4 系统功能的应用与实施

4.1 标本采集确认和交接功能的应用与实施

在病区设立标本采集确认和交接区域，经过反复实地论证，标本柜宜置于护士站旁。护士站区域监控无死角覆盖，通过定期视频回顾，可通过 PDCA 流程持续改进标本放置流程。通过流程优化，患者放标本时，值班护士可指导患者正确放置标本，避免标本丢失等问题。护士站已配备接入内网的电脑，系统所使用的桌面读写器采用 USB 口传输数据，在内网电脑上安装读写器操作软件，

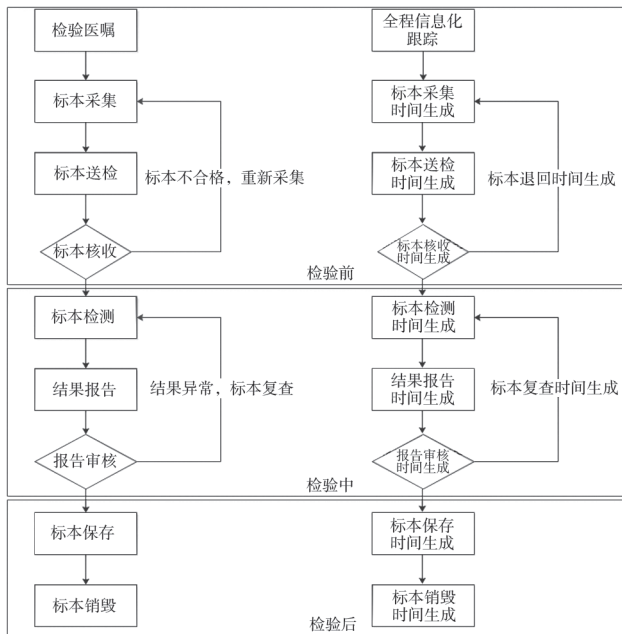


图 2 检验标本处理流程图

该读写器软件可实现自动读取并将数据导出至指定文件夹。桌面读写器固定在标本柜的正下方，可实现高效地读取区域^[6]内的 RFID 标签信息。

考虑到简单易用的原则，桌面读写器的软件设计参考了目前流行的读写器软件功能，以厂家提供的 DEMO 为基础，进行了客户化改造，操作界面如图 3 所示，增加了采集确认、送检登记、批量接收和标本销毁功能^[7]。该操作软件安装到护士站的内网电脑中，有新标本放至标本柜时只需选择业务

模式，点击“开始盘存”按钮，系统自动将盘存的标签信息导出至指定文件夹，数据接口会把条码号、读取时间、业务模式、终端标号，存入数据库。通过条码号和业务模式进行逻辑判断，决定数据是否需要存入，上述 3 种业务模式均只需存入 1 条数据，避免了数据冗余。

4.2 标本接收功能的应用与实施

标本接收功能分为桌面式批量接收^[8]和 PDA 批量接收模式。桌面式批量接收模式需要连接内网电脑，通过桌面式读写器实现。PDA 批量接收模式则是通过 PDA 批量识别 RFID 标签，再将识别的标签信息通过蓝牙接收器传输^[9]至标签接收电脑，标签接收电脑中的数据软件会把条码号、读取时间、业务模式、终端标号存入数据库。

4.3 标本销毁功能的应用与实施

在检验科设置了标本销毁箱^[10]，在该箱的侧方安装桌面阅读器，并在内网电脑中安装桌面读写器操作软件，选择业务模式“标本销毁”并点击“开始盘存”按钮，即可实现标本的销毁登记功能。

5 应用效果

5.1 研究对象

选取 2023 年 1 月使用 RFID 技术管理的 1000 支检验标本，和未使用 RFID 技术管理的 1000 支检验标本，分别统计核收标本所需时间（核收时间）、采集至送检时间（滞留时间）^[11]、送检至检验科收到的时间（转运时间）。规定滞留时间需小于 30 min，转运时间小于 30 min。对比两种方法滞留与转运时间的达标率^[12]及核收时间。

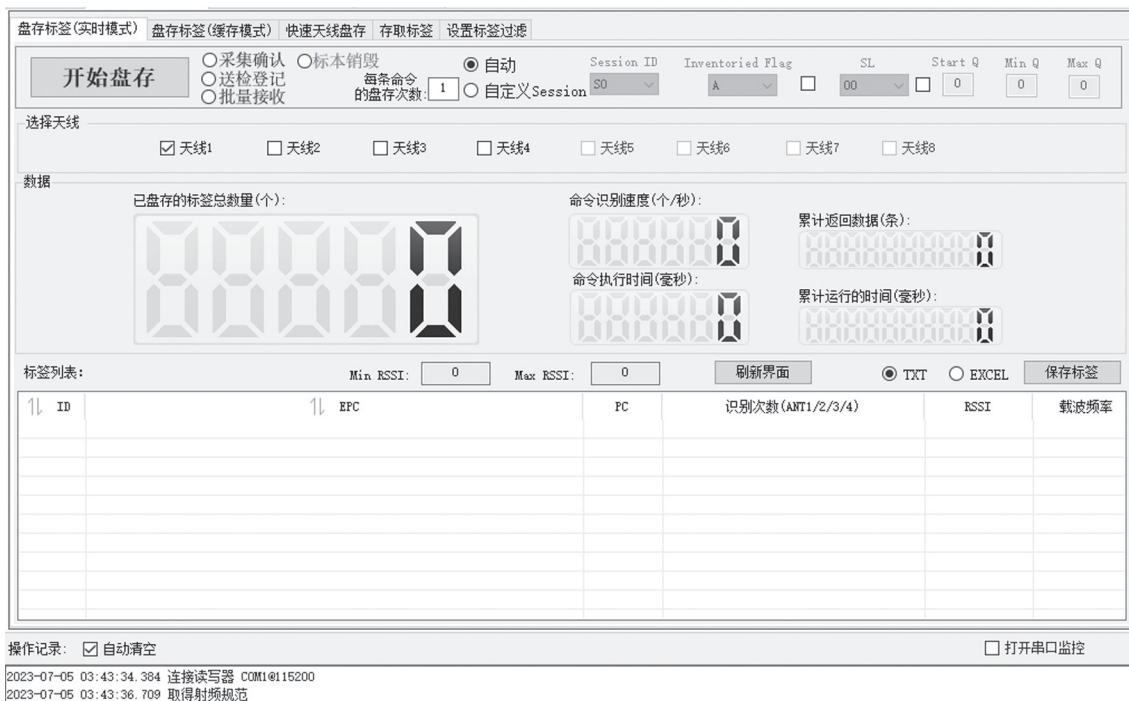


图 3 桌面式 RFID 读写器软件界面

核算建设基于 RFID 技术的检验标本全生命周期管理系统的硬件成本,具体包括长距桌面读写器、标签打印机、PDA、RFID 标签等各项硬件成本(以医院实际招标价格为准)。根据医院的病区数量和标本量,计算若使用人工进行普通条码扫描,需要的人力成本^[13]。通过分析系统投入成本与人力成本,得出系统的经济效益^[14]。

5.2 结果

5.2.1 两种方法滞留与转运时间的达标率及核收时间比较

如表 1 所示,使用 RFID 技术管理标本可明显缩短核收时间。经过测试,人工扫描 1 000 支条码,完成接收、计费、编号等工作,耗时约 1 h;而使用 RFID 阅读器结合自动接收接口^[15],进行以上操作,耗时约 10 min,提高了医务工作者效率。

表 1 两种方法滞留与转运时间的达标率及核收时间比较

组名	标本数量	滞留时间 达标率 (%)	转运时间 达标率 (%)	核收时间 (min)
使用 RFID 技术管理	1 000	75.6	85.6	10.53
未使用 RFID 技术管理	1 000			60.25

注:RFID 为射频识别

5.2.2 经济效益分析比较

为保证基于 RFID 技术的检验标本全生命周期管理系统覆盖医院所有病区^[16],应配备足够硬件,其成本构成如表 2 所示。在实际工作中,若使用条形码进行标本管理,每天需安排 2 名护工进行扫码工作,护工工资成本每年约为 36 000 元/人,扫码工作的年人力成本为 72 000 元。本系统前期投入成本较条形码管理高,但使用的 RFID 标签可反复使用,其余硬件均为一次性投入,长远经济效益良好。

表 2 使用 RFID 检验标本全生命周期管理系统的硬件成本

项目	单价(元)	数量	总价(元)
RFID 读写器(台)	2 000.0	40	80 000
RFID 标签打印机(台)	27 000.0	1	27 000
PDA(台)	4 500.0	4	18 000
RFID 标签(个)	0.4	35 000	14 000
合计			139 000

6 讨论

RFID 标签用于大型设备、医疗废物、血液制品等管理已很成熟,也带来了较好的经济效益和社会效益^[17]。但目前将其用于大量检验标本管理方面的研究较少。对于日均标本量约为 5 000 的检验科,通过传统条形码进行标本管理,效率低下且易出错。

本系统引入 RFID 标签替代了传统条形码,重塑了检验标本全流程管理,解决了使用传统条码无法动态跟踪和批量识别的问题。本系统结合了普通

条码和 RFID 标签的优点,在关联条码环节,采用普通条码扫码枪,而在可以批量识别的位置采用 RFID 标签识别器,普通条码和 RFID 标签的内容一致,只是不同场景使用不同的识别器,充分发挥 2 种识别器的优点,提高工作效率。检验前指的是从医生开具医嘱至标本采集后被送至实验室开始检测前时期,这一阶段的质量控制直接决定了样本采集是否标准和规范,并最终影响检测结果。本系统通过使用 RFID 标签可精确记录标本采集和送检时间,为检验前质量控制提供了原始数据。科室可通过定期分析数据,协同临床进行标本检验前的质量控制,进而保证检验质量。检验结果的及时性和准确性作为检验质量的重要指标,对于患者诊疗起到至关重要的作用。本系统通过检验前质量控制,保证了标本送检的及时率和标本采集的正确率。标本送检的及时率为后续检验结果的时效性提供了保障。而标本采集的正确率直接关系到检验结果的准确率,尤其是对于部分需要定时采集的标本,采集时间错误会导致检测结果与临床不符,进而延误患者治疗。本系统通过提高标本采集的及时性和正确性,保证了检验结果的及时性和准确性,进一步保证了患者安全^[18]。本系统中检验标本的 TAT 统计分析涵盖了检验前、中、后各环节,通过管控采集至送检时间、送检至检验科收到时间、检验科收到至检测时间、检测至审核时间、审核至销毁时间,实现检验标本的全生命周期管理。通过系统的使用,在提高医务人员工作效率、保证检验质量和患者安全方面取得了很好的效果。

本系统运行过程中发现 RFID 标签的识别率有待提高。系统运行中发现部分标签需要多次扫描才能被识别,此时需要找到无法识别的标签,避免重复使用,再次出现问题。而在大量检验标本中寻找无法识别的标签,可导致时间延误。但上述问题可通过在打印标签时进行识别检查解决,避免后续使用不合格的条码。

综上所述,基于 RFID 技术检验标本全生命周期管理系统实现了检验标本的全生命周期管理,避免出现无法跟踪采集和送检时间的问题,提高了医务人员工作效率,保证了检验质量及患者安全。

[参考文献]

- [1] 张洪磊, 田雨, 朱兴骅, 等. 基于物联网的医学实验室信息管理系统 [J]. 中国数字医学, 2012, 7(1): 64-67.
- [2] 吴卫锋. 检验前质量控制在生化检测中的应用 [J]. 检验检疫学刊, 2019, 29(3): 114-115.
- [3] 张婧, 周洪静. 基于无线局域网实时定位系统的医疗设备可视化追溯监管系统研究 [J]. 中国医疗器械杂志, 2021, 45(5): 487-491.
- [4] 张洪进, 王慧娟, 李函. 医疗废物信息系统的设计 [J].

医疗卫生装备, 2021, 42(4): 39-44.

[5] 裴宇权, 刘莉, 勾建梅, 等. 手术室高值耗材智能全流程闭环管理系统的构建及效果分析 [J]. 中国医疗管理科学, 2022, 12(2): 35-40.

[6] 任晓敏, 周好杨, 唐荣高, 等. 医疗设备管理信息平台的设计与构建 [J]. 中国医疗器械杂志, 2022, 46(3): 265-268.

[7] 江盼盼. 射频识别技术在医院固定资产智能化管理中的应用 [J]. 中国研究型医院, 2022, 9(6): 37-40.

[8] 徐鑫, 王从, 杜立挺, 等. 射频识别技术在手术室仪器设备全生命周期管理中的应用效果分析 [J]. 延安大学学报(医学科学版), 2022, 20(1): 89-92.

[9] 毛琳琳, 郑焜, 沈云明, 等. 基于 RFID 的医疗设备全生命周期资产跟踪管理系统 [J]. 中国医疗设备, 2022, 37(1): 9-11, 32.

[10] 胡兴军. RFID: 医院信息化建设的利器 [J]. 中国医疗器械信息, 2007, 13(2): 31-36.

[11] 洪范宗, 郑溪水, 苏秋玲, 等. 基于 RFID 的医疗设

备定位方案研究 [J]. 医疗卫生装备, 2013, 34(9): 33-34, 38.

[12] 叶旭辉, 王光辉, 王金忠. 基于 RFID 技术的血液管理系统设计 [J]. 中国数字医学, 2010, 5(11): 68-70.

[13] 陈平, 郑捷文. 基于 RFID 的远程医疗急救系统 [J]. 医疗设备信息, 2008, 23(3): 25-27.

[14] 孟莎, 霍刚, 黄耿文, 等. 基于 SPD 模式的智能手术套包应用管理研究 [J]. 中国数字医学, 2022, 17(8): 29-36.

[15] 孙海霞, 薛茹. RFID 系统的组成及工作原理 [J]. 西藏科技, 2005, (9): 59-60.

[16] 刘骏峰, 庞辉. RFID 技术在医院管理中的应用 [J]. 医学信息, 2014, (30): 17.

[17] 王华生, 徐然, 梁树森, 等. RFID 信息管理技术在消毒供应室应用 [J]. 中华医院感染学杂志, 2008, 18(6): 823-825.

[18] 程之红, 焦雅辉, 徐渊洪, 等. RFID 技术在医疗安全管理中的应用前景 [J]. 中国医院, 2010, 14(8): 5-7.



(上接第 页)

利多卡因作为临床外科常用的局部神经阻滞药物, 既有良好的局部麻醉效果, 又具有抗炎、止疼的作用。研究表明, 超声雾化利多可因卡应用于纤维支气管镜检查、清醒气管插管和术后镇痛^[5]。该雾化面罩将患者的口鼻全部罩住, 雾化药液可通过口鼻进入下呼吸道, 确保雾化吸入的完整性及有效性。清醒气管插管患者使用该雾化面罩时, 可通过氧气雾化给药, 诱导吸入局部麻醉剂利多卡因及增加插管前给氧量。对于口腔软组织术后吸入利多卡因的患者, 既能起到镇痛效果又可增加氧气吸入促进恢复。

本研究结果显示, 该设计通过精确控制氧气流量, 患者的雾化时间稍有延长, 但成人与儿童两组分别比较均无统计学意义。在雾化时间相近的前提下, 试验组剩余药量均少于对照组。该雾化面罩通过氧气冲击使雾化药液形成雾化颗粒发挥治疗作用, 该雾化方法可通过调节氧流量, 形成不同直径的雾化颗粒达到治疗不同部位的效果。面罩与普通含嘴式雾化器相比, 降低了雾化气流的直接冲击感雾化过程中对气流的敏感性, 雾化药液更充分地随呼吸频率进入呼吸道。研究表明, 在小儿雾化吸入过程中, 小儿呼吸系统疾病患儿采用氧气雾化器进行雾化吸入治疗, 可获得较好的临床治疗效果, 且有利于降低不良反应发生率^[6-7]。临床对胸部手术后需吸氧患者可通过该雾化面罩直接给氧, 保证雾化过程中持续给氧。

4 总结

本研究设计的储液仓与面罩一体的便携式雾化面罩能有效解决氧气雾化吸入时的体位限制、操作不便、药液浪费等问题, 同时满足老人、儿童等特殊患者的雾化需求, 且操作简便, 可提高雾化治疗效果。但同时, 本设计也存在不足, 如去枕仰卧位患者的雾化吸入仍不能应用该雾化面罩, 储液仓加入药液较多时易增加患者面部压力等, 后续仍需持续改进。

[参考文献]

[1] 杜光, 赵杰, 卜书红, 等. 雾化吸入疗法合理用药专家共识(2019年版) [J]. 医药导报, 2019, 38(2): 135-146.

[2] 陈红娟, 贾晓颖, 刘旭光. 一次性氧气雾化转换装置的设计及应用 [J]. 医疗装备, 2021, 34(12): 19-20.

[3] 林宝丽, 于美华, 何丽云, 等. 便捷式面罩固定带的研制与应用 [J]. 中国医学装备, 2016, 13(7): 6-8.

[4] 张亭, 周雅箐, 袁魁远, 等. 一种新型雾化吸入面罩的研制 [J]. 医疗卫生装备, 2021, 42(3): 106-108.

[5] 窦梦娇, 李瑞博, 马月, 等. 一种储液仓与面罩一体的便携式雾化面罩, CN216091745U[P]. 北京市: 2022-03-22.

[6] 冯英博, 王纯, 张倩, 等. 雾化吸入利多卡因用于口腔软组织手术术后镇痛效果评价 [J]. 中国实用口腔科杂志, 2020, 13(6): 355-358.

[7] 李永红. 氧气雾化器与超声雾化器进行雾化吸入治疗小儿呼吸系统疾病临床疗效对比 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2020, 7(47): 76, 80.