

远程移动中央综合监护与自动预警系统在COVID-19重症患者救治中的应用实践

陈学斌^{1a}, 段军^{1b}, 安峥^{1a}, 唐刚², 高敏^{1a}, 张伟硕^{1a}, 李天庆³

1. 中日友好医院 a. 医学工程处; b. SICU, 北京 100029;

2. 北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029; 3. 国家心血管病中心 中国医学科学院阜外医院, 北京 100037

[摘要] 中央监护系统是对重症患者实时监测的重要工具。目前各医院中央监护系统只能对单一品牌型号监护仪数据的集成监测, 未能对不同科室、不同品牌、不同型号监护仪和呼吸机数据实现远程集成监测, 更无法对患者状态进行综合评价及自动预警提示。在本次新冠肺炎重症救治工作中, 研究团队克服了临时改造的重症病房未设立中央监护系统, 各种设备品牌、型号不统一等问题, 建立了远程移动中央综合监护及自动预警系统, 不仅实现不同品牌、不同型号监护仪和呼吸机的实时数据及报警信息的远程集成监管, 通过NEWS (National Early Warning Score) 综合评估预警系统对患者病情的实时自动综合评价, 第一时间将重要病情变化通知给相关医护人员。医护人员可以通过移动端APP和PC端访问该中央综合监护系统, 克服时间和空间限制, 对患者进行24 h实时监测和及时处置, 并可以进行异地远程会诊。临床实践结果显示, 该系统能有效提高重症患者的监护处置效率, 对新冠肺炎重症、危重症患者的精准施治发挥了重要作用。

[关键词] 远程移动中央综合监护; 自动预警; 新型冠状病毒肺炎; 重症监护

Explore and Practice of a Novel Remote Integrated Central Monitoring and Automatic Early Warning System for Intensive Care Patients with COVID-19

CHEN Xuebin^{1a}, DUAN Jun^{1b}, AN Zheng^{1a}, TANG Gang², GAO Min^{1a}, ZHANG Weishuo^{1a}, LI TIANqing³

1. a. Department Medical Engineering; b. SICU, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;

3. National Center for Cardiovascular Diseases, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, China

Abstract: The central monitoring system is an important tool for clinical supervision of critical patients. At present, the central monitoring system can only supervise the data of patients from single brand monitors in one ward, which cannot integrated monitor the data of patients in different clinical unit with different brands monitor equipment remotely, nor can it evaluate the status of patients comprehensive automatically and remotely. At early war for coronavirus disease 2019 (COVID-19), the monitors and ventilators of different brand and models were donated and installed in the interim intensive care unit, so the patients could not be integrated monitored with conventional central monitoring system. We explored a remote integrated central monitoring and automatic early warning system based on the Internet of things, which overcame the shortcomings of the conventional central monitoring system. The system can not only remotely monitor real-time clinical status and alarm data of patients in different clinical units with different brand models of monitors and ventilators, and can evaluate the patients' condition with NEWS automatically 24 hours a day overcome the time and space constraints. Based on the system, medical staff can access the central monitoring system through mobile app and PC system, and take remote consultation with other experts. In practice, the system helps medical staff to monitor the intensive care patients with COVID-19 timely and remotely, which plays an important role for precise treatment.

Key words: remote integrated central monitoring system; automatic early warning; coronavirus disease 2019; intensive care

[中图分类号] R473.5; TP391

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2020.00.000

[文章编号] 1674-1633(2020)00-0000-00

引言

中央监护系统是目前医疗机构对患者状态及报警数据

集中监测的重要辅助工具, 中央监护的应用有助于患者病情的及时发现和救治, 能够提高患者的监护效率^[1-3]。目前医院的中央监护系统是基于单一品牌监护仪设备的集成监管, 不同品牌型号的监护仪设备之间不能实现统一的集成监管, 而医院不同科室间监护仪设备的品牌型号相差较大, 不能在中央监护系统上统一集成监管, 此外医院的中央监护系统多分布于重点监护科室, 普通病房的中央监护系统

收稿日期: 2020-03-14

基金项目: 国家卫生健康委医管中心医院卫生技术评估试点项目; 北京化工大学-中日友好医院生物医学转化工程研究中心联合基金项目 (PYBZ1818; PYBZ1809; PYBZ1813)。

通信作者: 李天庆, 研究员, 主要研究方向为医院设备耗材管理信息化、大型医疗设备效率效益监管信息化、消化内镜预防性维护信息化、医疗设备运行可靠性、医疗设备共享调配和远程ICU。

通信作者邮箱: lttqilin@126.com

相对较少, 由于医院网络环境的限制, 中央监护系统无法移动使用, 对于一些收治于普通病房的特殊患者无法实现远程集成监护^[4-7]。

报警提示功能是临床中央监护系统的重要功能, 在患者临床监护中, 低风险监护患者死亡事件时有发生, 为减少临床不必要的患者死亡事件, 临床有多种患者状况评价系统, 均是基于患者监护数据的评价评分完成对患者危急情况的综合评价, 目前的使用较为广泛的是 NEWS 综合评估预警系统, 该系统通过对患者呼吸频率、血氧饱和度、患者体温、血压、心率等的综合评分实现对患者病情的预警提示, 但是目前的 NEWS 综合评估预警系统对患者情况的分析评估主要是依赖于医护人员的手工统计实现的, 无法有效实现对患者病情的实时持续评估预警^[8-12]。

本研究建立了一种远程移动式中央综合监护及自动预警系统, 该系统可以在临床多种环境条件下兼容多种品牌型号的监护仪设备, 可便携实现对多科室多品牌监护设备的远程监测, 能够综合监测患者床单元其他设备如呼吸机设备的数据, 同时该系统整合了 NEWS 综合评估预警系统, 能自动实现对患者危急情况的综合评价及预警提示。本系统可适用不同医院不同的网络环境, 系统亦可不依赖医院网络环境组网, 实现系统的稳定运行。

在中日医院援鄂医疗队所负责新型冠状病毒肺炎 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) 重症患者救治病区, 成功搭建了移动式中央监护站, 对重症患者生命体征 24 h 实时监护; 建立患者病情分级监测及自动预警系统, 第一时间及时精准处置; 实现远程诊疗, 医护人员在驻地指导一线救治, 专家远程异地会诊。

2 研究方法

2.1 数据采集模块建设

为实现对不同品牌、不同型号监护设备的数据采集, 本系统通过综合数据采集装置分别解析不同品牌型号监护仪和呼吸机的通讯传输协议实现设备数据采集, 解析协议需要得到相关设备厂家的支持与配合。医疗设备使用中产生的数据种类繁多, 综合数据采集器采集的数据类型主要是设备监测的患者体征参数及报警信息, 具体采集数据类型可以根据医护人员监管需求设定。

2.2 网络传输及数据存储模块

该系统需要适应不同医疗机构的不同网络环境, 采集的数据可以通过无线或有线的传输到集成监护端, 实现数据的集成监管。数据存储模块是实现采集数据的存储于回溯, 本移动中央综合监护系统将采集的数据存储于医院存储单元或医院特定云平台存储当中, 根据医院特有的环境完成数据存储。

2.3 应用展示模块

展示内容包括: 患者实时监测数据, 设备报警数据, 患者危急情况自动预警内容。展示方式必须完整、简洁、重点突出, 便于医护人员及时了解患者病情。展示终端便于医护人员在不同地点对相关数据进行实时监控和系统回溯, 包括但不限于 PC 端和移动端。

在该系统中嵌入 NEWS 综合评估预警系统, 基于临床患者数据能够实现对患者危急事件的自动预警。常规的 NEWS 综合评估预警系统, 见表 1, 当对患者监测参数的综合评估达到 5 分和单项达到 3 分时, 中央监护系统即开始自动预警提示。

表1 NEWS综合评估预警系统

生命体征	评分(分)						
	3	2	1	0	1	2	3
呼吸频率(次/min)	<9	9~11	—	—	—	21~24	>24
氧饱和度	<92%	92~93%	94%~95%	>95%	—	—	—
吸氧	—	是	—	否	—	—	—
体温(°C)	<35.1	—	—	35.1~36.0	36.1~38.0	>39	—
收缩压(mmHg)	<91	91~100	101~110	111~219	—	—	>219
心率(次/min)	<41	—	41~50	51~90	91~110	111~130	>130
意识清醒等级	—	—	—	A	—	—	V, P, U

2.4 数据安全保障

数据安全性是集成监管的最重要内容, 项目团队制定了详细的方案, 在数据采集存储及数据使用方面都确保了数据的安全。采集数据为设备监测状态参数数据, 不涉及患者信息, 实时数据和报警数据采用不同采集通道采集, 建立独立数据存储单元, 对不同数据实行不同的数据存储隔离; 在数据使用方面, 团队制定了严格的人员授权机制, 保障数据的安全。

2.5 临床应用情况

项目团队前期开展的“基于患者生命体征监测的快速急救智能预警指征研究”课题, 构建了患者危急事件自动预警及快速反应系统, 实时监测患者生命体征参数并进行综合评估, 对患者危急情况及时做出预警提示, 在中日医院日常医疗的临床验证中取得较好的效果。在此基础上, 结合 COVID-19 的特殊情况, 构建了远程移动中央综合监护与自动预警系统, 在中日医院援鄂医疗队负责的重症病房进行部署实施。

3 研究结果

3.1 综合数据采集模块

医疗设备间数据的采集与传输是按照相应的数据协议

来实现的,在本项目中通过综合采集器采集设备数据的方式主要有两种:主动采集和被动接收。主动采集是指数据收集器按照一定的传输要求将采集指令按照一定的时间频率发送给监护仪,设备按照采集器发出指令将特定的数据传输出来;被动接收是指监护设备会按照一定的时间频率将设备所有的监测参数直接推送给数据综合采集器,采集器获得数据后按照数据协议将需要的数据解析展示出来(图1)。在本研究中按照不同设备的协议采用了不同的数

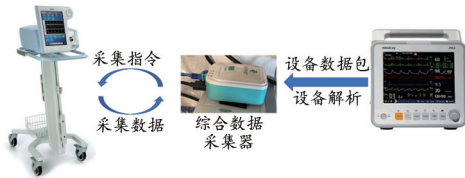


图1 综合数据收集器采集数据

据采集方式,如对于V60呼吸机采用主动采集的方式实现,部分迈瑞监护仪设备采用了被动接收的方式采集数据。

综合数据采集模块采集数据的装置,见图2,可以安装于医疗设备上,能够采集不同品牌型号监护仪设备的实时数据和报警数据,常规采集的实时数据有6个,分别是血氧分数、心率、呼吸频率和血压监测值等,采集的设备报警数据有12个,包括血压监测异常报警,呼吸频率异常报警、心率及血氧分数异常报警等,具体数据,见表2。装置所采集的呼吸机数据17个,包括8个实时监测数据和9个设备报警数据,具体数据,见表3。本系统解析了2种类型的监护仪和2种型号呼吸机的传输协议,具体见表4。



图2 综合数据采集装置

表2 装置采集的监护仪实时数据与报警数据

采集时间	实时数据类型	报警数据类型
2020-02-24 06:02:31	血氧分数	NBP平均压过低
2020-02-24 06:02:32	心率	NBP平均压过高
2020-02-24 06:02:33	NBP平均值	NBP收缩压过低
2020-02-24 06:02:34	NBP高值	NBP收缩压过高
2020-02-24 06:02:35	NBP低值	NBP舒张压过低
2020-02-24 06:02:36	呼吸频率	NBP舒张压过高
2020-02-24 06:02:37	—	呼吸频率过低
2020-02-24 06:02:38	—	呼吸频率过高
2020-02-24 06:02:39	—	心率过低
2020-02-24 06:02:40	—	心率过高
2020-02-24 06:02:41	—	血氧分数过低
2020-02-24 06:02:42	—	血氧分数过高

3.2 网络传输及数据存储模块

本系统通过有线网络或无线网络均可实现数据传输,数据可存储于医院固定的存储单元,或者存储于规定的云

数据库,具体情况可按照医院实际应用环境确定。此次在重症病房建立了不依赖于所在医院的稳定的数据传输及存储系统,通过移动路由器及移动网卡与综合数据采集器进行自组网,实现采集数据的传输。采集数据统一存储于新的云平台系统,具体的采集及存储平台,见图3。

表3 装置采集的呼吸机实时数据与报警数据

采集时间	呼吸机实时数据	呼吸机报警数据
2020-02-23 00:00:03	分钟呼气量	每分呼气量过高
2020-02-23 00:00:08	峰压	每分呼气量过低
2020-02-23 00:00:13	呼出潮气量	电池电压低
2020-02-23 00:00:18	呼气压力	呼气末正压过低
2020-02-23 00:00:24	呼吸频率	呼吸频率过高
2020-02-23 00:00:29	模式	呼吸暂停
2020-02-23 00:00:34	设备时间	吸气潮气量过低
2020-02-23 00:00:44	吸入氧气浓度	吸气流量过低
2020-02-23 00:00:44	—	氧浓度过低

表4 重症病区远程移动中央综合监护系统监测的监护仪和呼吸机

设备类型	设备品牌	型号
监护仪	迈瑞	IPM8
	迈瑞	EPM12M
呼吸机	迈克唯	Servo-i
	飞利浦	V60

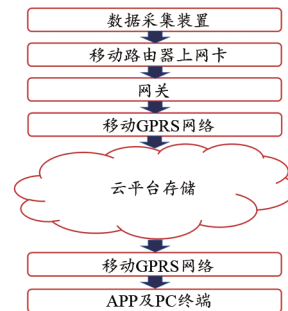


图3 本系统的网络传输及数据存储示意图

3.3 应用展示模块

基于疫情防控的要求,展示模块分为移动端APP和PC端,既可以保证医护人员不同时间不同地点对患者病情实时监护,又能尽量减少不必要的聚集。手机APP可查看单台设备的实时数据和报警信息,当床单元监测数据触发NEWS综合评估预警系统时,NEWS预警信息直接推送到手机APP,图4为重症病区患者床单元监护仪呼吸机真实数据移动端APP展示。

该系统可以承载多个页面床单元设备组群数据展示,PC展示终端每个页面可展示8个床单元设备数据,可设置自动翻页时间或根据报警情况更换页面,亦可根据医护人员工作需要选择设置关注显示床单页面。理论上系统能承载的床单元监测数目没有限制,在实际情况下承载的数量取决于综合数据采集器的安装量与数据传输网络的带宽,临床测试显示该系统至少可以承载64个床单元设备组数据监测。在本次临床应用中,根据重症病区临床实际情况系统承载了8个床单元设备数据的监测,图5为重症病区

清洁区医护工作站 PC 端床单元监护仪、呼吸机综合实时真实数据展示。PC 端为综合展示终端，集成展示床单元相关监护仪和呼吸机等设备使用数据、报警信息及 NEWS 预警信息，如图 5 所示。当某一患者病情触发设备报警或 NEWS 预警信息，PC 端可以在页面显示声光报警信息，并将 NEWS 预警信息推送到移动端 APP。系统中患者床位信息，可在手机端 APP 设置绑定，确保患者与监护数据对应。



图4 重症病区床单元监护仪呼吸机真实数据移动端APP展示
注：a. 实时数据综合展示模块；b. 床单元医疗设备组数据展示，可以展示呼吸机和监护仪的实施运行数据及报警数据；c. APP端NEWS预警信息的推送数据。



图5 重症病区清洁区医护工作站PC端床单元设备组真实数据展示

每个床单元患者的具体监护数据可以展开查看，展示数据包括监护设备的实时数据和历史数据及其趋势图。回溯显示并重症病区床单元医疗设备组中监护仪数据及趋势图，见图 6，包括患者心率、血氧饱和度等数据及 NEWS 预警数据及回顾趋势，图 6 中右侧箭头所示为 NEWS 预警的实时数据，左侧趋势图中最下方柱状图即为 NEWS 预警的数据回顾。



图6 重症病区床单元监护仪真实数据展示

3.4 系统的的核心安全

项目团队通过人员授权、加密独立单元进行数据分类

传输与存储等手段保障临床数据的安全^[13-14]。一是本项目的系统只获取医疗设备的使用数据，不涉及患者的个人信息；二是系统在新冠肺炎临床使用中，手机端 APP 和 PC 端展示模块都执行了严格的授权许可，有权限的医护人员方可使用该系统；三是建立了独立的数据存储隔离系统，数据的传输及存储均采用独立的通道单元，不相互混淆，保障了系统的数据安全。

3.5 临床应用情况

2020 年 2 月 7 日，医疗队提出建设针对救治 COVID-19 患者的病情的远程移动中央综合监护与自动预警系统的要求。项目组对相关病区监护仪和呼吸机等设备通讯传输协议进行解析，结合救治需要开展硬件匹配、软件设计、信息传输等工作。该系统于 2 月 11 号完成部署，应用于临床，患者床单元监护仪和呼吸机的使用数据、报警信息和 NEWS 预警信息通过手机移动端、PC 端实时展示，实现对重症患者生命体征 24 小时不间断监护，患者病情可以第一时间得到有效处置。

中日医院医疗队中法新城病区累计治疗 72 名患者，有创呼吸机治疗脱机率 100%，实施 IABP+VA-ECMO 救治危重 COVID-19 患者，ECMO 治疗脱机率 100%，成功治愈累计 23 名危重型 COVID-19 患者，充分展现了作为国家队和顶尖级呼吸与危重症团队的实力。

4 讨论

目前的医疗机构中央监护站多设置在本科室护士站和医生办公室，只能对单一品牌、型号监护仪的数据监管和报警提示，同一医院不同病房的患者病情不同，配置监护仪品牌、型号亦不同，无法统一集成监管。呼吸机等重症患者救治设备的数据和报警信息大多只存在病房内，不能和监护仪一样集成监管。当出现 COVID-19 等突发公共卫生事件时，快速实现对不同病区、不同品牌型号监护仪和呼吸机等设备信息集成监管和报警提示成为重症患者救治的难题。医疗设备的报警数据是中央站集成监管的重要内容，体现了对患者病情的变化，但是临床数据统计结果显示，设备的报警信息多数为假阳性报警信息，重复无效的报警信息容易造成医护人员的报警疲劳，忽略重要的报警信息^[15-19]。

在 COVID-19 危重症患者中有 48.6% 的患者易快速进展为急性呼吸窘迫综合征^[20]。如何第一时间发现危重症患者病情变化并快速处置、提高救治及时性和准确性是最棘手的问题，也是新建隔离病房的共性问题。

中日医院医疗队负责的同济医院中法新城病区建立较早，来不及设立中央站，且监护仪和呼吸机品牌型号众多，无法快速组网，收治重症患者后无法重新施工改造。按照诊疗规范，危重症患者应有医护人员 24 h 在病房内照护；一般的重症患者，医护人员每 4 h 交接班，进入隔离病房

巡查患者生命体征及病情变化,巡查间隔期间病人如有不适按呼叫器通知医护人员,如果患者未及时发觉病情变化或未有效呼叫,即存在医疗安全风险。

项目组在重症病区快速搭建远程移动中央综合监护与自动预警系统,应用结果显示该系统对提高危重症及特殊患者的监护和救治具有重要临床价值,主要表现在:①实现患者床单元设备数据的集成监测,克服了传统中央站只能监测单一品牌型号监护仪的不足,实现了多品牌、多型号监护仪的数据统一监测,同时实现监护仪与呼吸机设备数据实时集成监测,避免病区内穿戴厚重防护服导致医护人员对图像设备数据敏感性的降低所致对患者病情的判断不准确不及时,提高了监管效率和准确性;②医护人员可通过移动端APP和PC端多种监测模式实现对患者的监测,上级医生可以在清洁区或者驻地指挥病区内值班人员开展救治,而不是必须亲自更换防护服进入病区救治,提高救治效率,减少了医护人员感染的机会,也便于实现异地专家远程实时会诊治疗;③实现患者病情的综合评价预警,系统整合最新的NEWS综合评估预警方法,依据监护数据自动评估、实时预警,便于医护人员充分掌握患者病情,及时通知病区内值班人员第一时间干预处置,提高处置及时性;④通过对设备监测信息及NEWS评估信息的回顾查看,提高了对患者病情整体分析与判断水平,有利于更好地开展病例讨论,不断提高综合诊疗水平。

5 总结

本研究提出了一种远程移动中央综合监护及自动预警系统,实现不同病区、不同品牌、不同型号监护仪和呼吸机等设备的实时数据和报警信息集成监管,通过NEWS综合评估预警自动实现对患者状况的评价及预警提示。该系统对新冠肺炎患者的远程实时监护与精准施治发挥了重要作用。

此项研究已初步形成专家共识,将进一步为相关突发公共卫生事中的危重症患者救治贡献一份力量。在今后的日常工作中,亦可通过医联体、互联网医疗中心等远程医疗网络,使老少边穷地区危急重症患者享受到国家级专家的医疗服务,提高基层的救治能力和水平。

[参考文献]

- [1] 陈碧江.基于物联网的远程移动医疗监护系统研究[J].信息记录材料,2019,20(7):184-185.
- [2] 高明亮.远程医疗中央监护系统[J].山西电子技术,2019,(6):49-51.
- [3] 张茫茫.中央监护系统的发展趋势与网络开发[J].信息记录材料,2017,18(11):89-90.
- [4] 沈志梅,王敏,王加凤.品管圈在提升护士中央监护系统操作技术中的应用[J].国际护理学杂志,2018,37(8):1127-1130.

- [5] 陆丽英,沈亚梅,金科威.多参数中央监护系统的结构及主要故障[J].医疗卫生装备,2015,36(10):147-148.
- [6] 李永,田金,许锋.迈瑞iPM-9800中央监护系统联网故障排除方法探讨[J].中国医学装备,2016,13(6):113-114.
- [7] 卓玉明.MFM-CNS中央监护系统的原理和维修保养[J].医疗卫生装备,2016,29(9):81-82.
- [8] Friman O,Bell M,Djärv T,*et al*.National early warning score vs rapid response team criteria—prevalence, misclassification, and outcome[J].*Acta Anaesthesiol Scand*,2019,63(2):215-221.
- [9] Spagnolli W,Rigoni M,Torri E,*et al*.Application of the National Early Warning Score (NEWS) as a stratification tool on admission in an Italian acute medical ward: A perspective study[J].*Intern J Clin Prac*,2017,71(3-4):e12934.
- [10] Uppanisakorn S,Bhurayanontachai R,Boonyarat J,*et al*.National Early Warning Score (NEWS) at ICU discharge can predict early clinical deterioration after ICU transfer[J].*J Crit Care*,2018,43:225-229.
- [11] Abbott TEF,Cron N,Vaid N,*et al*.Pre-hospital National Early Warning Score (NEWS) is associated with in-hospital mortality and critical care unit admission: A cohort study[J].*Ann Med Surg*,2018,27:17-21.
- [12] Kivipuro M,Tirkkonen J,Kontula T,*et al*.National early warning score (NEWS) in a Finnish multidisciplinary emergency department and direct vs. late admission to intensive care[J].*Resuscitation*,2018,128:164-169.
- [13] 吴韦韦.监护仪中央站数据采集系统设计[J].内江科技,2018,39(12):30-31.
- [14] 西安理邦科学仪器有限公司.监护数据关联的方法、装置、中央站和存储介质:中国,CN201711041929.9[P].2019-05-07.
- [15] Casey Siobhán,Avalos Gloria,Dowling Maura. Critical care nurses' knowledge of alarm fatigue and practices towards alarms: A multicentre study[J].*Inten Crit Care Nurs*,2018,;.
- [16] Johnson KR,Hagadorn JI,Sink DW.Alarm safety and alarm fatigue[J].*Clin Perinatol*,2017,44(3):713-728.
- [17] Kivipuro M,Tirkkonen J,Kontula T,*et al*.National early warning score (NEWS) in a Finnish multidisciplinary emergency department and direct vs. late admission to intensive care[J].*Resuscitation*,2018,128:164-169.
- [18] 杨丽平,张志刚,张彩云,等.ICU报警疲劳产生的原因及预防策略[J].中国护理管理,2017,(9):1274-1277.
- [19] 殷绮.ICU医护人员仪器报警疲劳的研究进展[J].护理研究,2018,21:3325-3328.
- [20] Liu Y,Sun W,Li J,*et al*.Clinical features and progression of acute respiratory distress syndrome in coronavirus disease 2019[J].*medRxiv*,2020. 