

远程重症系统建设的探索与实践

魏光耀^{1,2} 苑志勇¹ 荆亚军¹ 周维桂¹ 王富华¹ 刘莹¹ 姚波¹ 邢金燕¹

¹ 青岛大学附属医院重症医学科, 青岛大学医疗集团, 山东青岛 266555; ² 青岛大学, 山东青岛 266071

通信作者: 邢金燕, Email: xingjy@qdu.edu.cn

【摘要】 目的 查找远程重症系统建设中面临的问题, 探索构建远程重症系统架构, 验证已建成的远程重症系统的应用效果。**方法** 以青岛大学附属医院为牵头单位, 青岛大学医疗集团为依托, 建设以集团核心医院为中心、集团内成员单位为节点医院重症监护病房(ICU)的远程重症系统。通过查阅文献及现场调研论证, 查找影响远程重症系统建设的原因。现场调研相关医院重症医学科实际情况, 论证选择有意向的 ICU 以及合作第三方通讯和设备公司, 通过物联网及 5G 通信技术建成远程重症系统。通过开展远程监护、可视化查房、会诊、教学等活动, 验证其系统功能。**结果** 相关人员认知不足、远程医疗执业认证要求、信息安全问题和设备信息集成障碍是影响远程重症系统建设的主要原因。远程重症系统架构包含床单元设备及音视频信息物联采集、采集信息无损安全传输、信息在远程中心实时显示、中心与各节点医院 ICU 工作人员实时互动、诊疗信息云端储存 5 个部分。经验证患者诊疗数据信息可通过 5G 网络专线实时、安全、无损传输。通过该系统可实现患者监护、呼吸机、输液工作站应用信息及音视频监控信息实时、稳定上传; 结合远程会议连线与当地医务人员进行双向交流, 可实现实时远程监护、可视化远程查房、远程会诊、远程教学等功能。**结论** 远程重症系统在医疗集团内部建设是可行的, 可以安全有效地实现实时远程监护、可视化远程查房、远程会诊、远程教学等功能。

【关键词】 远程重症; 远程医疗; 重症医学; 远程教学

基金项目: 山东省临床重点专科建设项目(2019-4)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220310-00233

Exploration and practice of building tele-critical care system

Wei Guangyao^{1,2}, Yuan Zhiyong¹, Jing Yajun¹, Zhou Weigui¹, Wang Fuhua¹, Liu Ying¹, Yao Bo¹, Xing Jinyan¹

¹Department of Critical Care Medicine, the Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266555, Shandong, China; ²Qingdao University, Qingdao 266071, Shandong, China

Corresponding author: Xing Jinyan, Email: xingjy@qdu.edu.cn

【Abstract】 Objective To look for the problems faced in the construction of the tele-critical care system, explore the framework of construction of the tele-critical care system, and verify the application effects of the established tele-critical care system. **Methods** Through literature review and on-site investigation and demonstration, the causes affecting the construction of the tele-critical care system were explored. Through on-site investigation of the actual situation of the critical care department in relevant hospitals, arguing and choosing intended intensive care unit (ICU) and cooperative third-party communication and equipment companies, and through the Internet of Things and 5G communication technology, a tele-critical care system with the core hospital of the group as the center and the member institutes within the group as the nodes was built. Via the established tele-critical care system, activities such as tele-monitoring, visual remote ward rounds, remote consultation, remote teaching were carried out to verify the functions of the system. **Results** The insufficient cognition of relevant personnel, tele-medicine practice certification requirements, information security issues and the barriers of equipment information integration were the main causes affecting the construction of tele-critical care system. There were five parts in the tele-critical care system architecture foundations, including bed unit equipment and audio and video information collection system, lossless and secure transmission of collected information, real-time display of information in the remote center, real-time staff interaction between the centre and the nodal hospitals, and information cloud storage. It has been verified that patients' diagnostic and treatment information can be transmitted safely, losslessly and in real-time by a special line through private 5G network. Through this system, real-time and stable upload of audio and video information of patients and application information of monitors, ventilators and infusion work stations can be achieved; combined with tele-conference connections to conduct two-way communication with local medical staff, real-time tele-monitoring, visual remote ward rounds, remote consultation, remote teaching and other functions can be achieved. **Conclusion** The tele-critical care system we established is feasible to construct within the medical group and can safely and effectively realize the functions of real-time tele-monitoring, visual remote ward rounds, remote consultation, and remote teaching.

【Key words】 Tele-critical care; Tele-medicine; Critical care medicine; Remote teaching

Fund program: Key Clinical Specialty Construction Project of Shandong Provincial in China (2019-4)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220310-00233

危重症患者病情复杂多变,需临床工作者快速做出判断并给予相应处理。有研究表明,由专业重症医师管理的重症监护病房(intensive care unit, ICU)能够改善患者预后,包括缩短住院时间及降低并发症和病死率^[1]。然而我国重症医学人才培养体系尚不健全,专业重症人才极度短缺^[2],不同地域、不同医院间重症医疗水平参差不齐,而重症医学科作为医院的平台科室,其医疗服务能力和水平直接影响一个医院的总体救治尤其是急危重症患者的救治能力。借鉴欧美等医学较发达国家的成功经验,通过远程重症系统来扩展专业人才服务半径,是解决这一问题的有效参考方案之一^[3-5],但目前国内远程重症系统的建设应用仍旧少见^[6]。在新冠肺炎疫情期间,青岛大学附属医院借鉴其他领域经验,尝试在新冠隔离病房和专家会诊室之间建设了应用于重症患者的远程会诊系统,该系统展现出专业人才集约利用及感染防控等多方面优势^[7],为远程重症系统建设提供了可行性模板。为加强医联体内部各医院之间医疗紧密联系,充分发挥青岛大学医疗集团核心医院重症医学科优势学科的带动作用,青岛大学附属医院自2020年开始探索远程重症系统建设,现将情况汇报如下。

1 方 法

1.1 远程重症系统建设难点分析:通过美国国立医学图书馆 PubMed、科学网(Web of Science)、中国知网、万方数据等国内外数据库,检索关键词“tele-ICU”“tele critical care”“e-ICU”“远程 ICU”“远程重症”等,查询相关研究文献,了解远程重症系统研究和应用进展及其在国内外发展建设中所遇到的障碍。青岛大学附属医院组织人员到青岛大学医疗集团下属多家医院进行调查论证,了解基层医院 ICU 实际情况。结合文献学习及医院实际调研结果,组织包含重症医学科、远程医疗中心、信息科等相关职能部门在内的多学科联合研讨,明确远程重症系统功能需求,并分析建设远程重症系统的可行性,运用头脑风暴法对建设中可能面临的问题及难点进行汇总分析。

1.2 设计制定远程重症系统架构:结合文献检索信息及前期调研结果,根据临床需求和设备实际情况,初步制定远程重症系统的模型并确定先期运行合作单位。根据实际情况不断调整,制定技术方案以实现患者监护及诊疗资料尽可能全面采集、医疗信息安全保障并实时无损传输的远程重症系统功能,构

建以医疗集团核心医院为中心、集团内成员单位为节点的远程重症系统架构。

1.3 制定远程重症系统建设计划:根据调研分析结果和确定的系统架构,组建包括重症医学专家、远程医疗中心技术人员、信息科学技术人员及第三方医疗设备公司、网络通讯公司相关技术人员的远程重症系统建设团队,分工负责。建设团队通过查阅物联网及 5G 通讯技术相关资料,依据《互联网诊疗管理办法(试行)》《国务院办公厅关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》等相关政策规定,结合医院实际情况、远程重症系统功能需求和前期新冠期间远程会诊系统建设经验^[7],制定建设计划并不断修正完善,按计划推进工作进程。

1.4 远程重症系统功能验证:在系统建设完成后,通过实际开展实时远程监护、可视化远程查房、远程会诊、远程教学等活动,验证系统功能的有效性及其局限性,并不断调整与改进。

2 结果

2.1 影响远程重症系统建设的主要问题及解决方案:影响远程重症系统建设的难点汇总如图 1 所示。目前制约远程重症系统建设的主要难点: ① 建设成本高, 相关激励政策不足^[8-9]; ② 远程医疗中各方权利义务的分担及医疗事故责任认定等相关法律法规不健全^[10-11]; ③ 远程医疗及多点执业资质认证要求^[12-13]; ④ 相关人员对远程重症接受程度不高^[14]; ⑤ 重症医疗数据量大, 诊疗时效性要求高, 对网络传输能力要求高^[15]; ⑥ 远程医疗中信息安全问题^[16]; ⑦ 可视化设备的清晰度及灵活性要高^[15]。



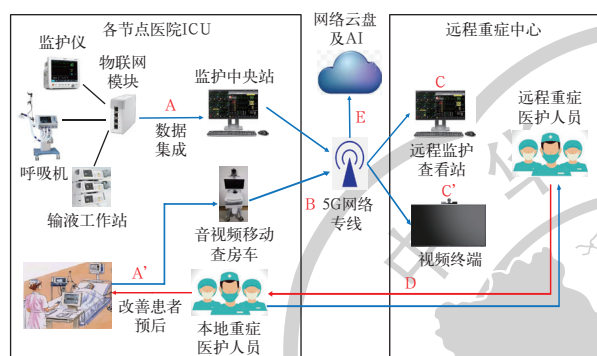
图1 青岛大学医疗集团远程重症系统建设难点鱼骨图

在基层医院实际情况调查中还发现以下问题：

① 相关人员对远程重症认知不足;② 各医院 ICU 使用医疗设备的品牌及型号差异较大,不同设备之间信息提取接口型号及信息格式均不同,医疗设备信息采集集成显示存在困难。

结合医院实际情况分析,本院建设远程重症系统的主要难点有以下 4 点:相关人员认知不足、远程医疗执业认证要求、信息安全问题和设备信息集成障碍。

2.2 远程重症系统架构:远程重症系统架构如图 2 所示,包含床单元设备及音视频信息物联采集、采集信息无损安全传输、信息在中心实时显示、中心与各节点医院 ICU 工作人员实时互动、患者诊疗信息云端存储 5 个部分。



注: A 为床单元设备信息物联采集, A' 为床旁音视频信息采集, B 为采集信息通过 5G 网络专线传输, C 为床旁设备信息在中心实时展示, C' 为床旁音视频信息在中心实时展示, D 为重症监护病房(ICU)工作人员通过会议专线互动, E 为诊疗信息云端存储

图 2 青岛大学医疗集团远程重症系统架构图

2.2.1 床单元设备及音视频信息物联采集:将床旁注射泵组成输液工作站,以中国迈瑞公司的“瑞智连”系统为床单元设备物联基础,床旁监护仪、呼吸机、输液工作站运行及监测数据信息通过物联网模块采集并集成于中央监护系统中,另添加患者床旁音视频移动查房车采集音视频信息,作为床单元物联信息采集终端。

2.2.2 采集信息无损安全传输:由中国联通公司负责网络通讯传输工作,架设 5G 虚拟专线保障信息安全和数据无损传输。

2.2.3 采集信息在中心显示:患者监护仪、呼吸机、输液工作站运行及监测数据信息通过远程监护查看站软件在远程重症中心显示屏集成显示。另一台显示屏安装专用视频会议软件,展示临床采集的音视频信息。

2.2.4 中心与各节点医院 ICU 工作人员实时互动:通过会议专线实现远程重症中心工作人员与节点医院 ICU 工作人员实时“面对面”交流,以完成病情交流、信息采集、操作指导等。

2.2.5 诊疗信息云端存储:所有患者的全部诊疗信

息实时传输至中国联通公司网络云盘进行云端存储,可供随时调阅,为后期大数据分析及人工智能研发备用。

2.3 信息安全设置:远程重症系统应用过程中的诊疗信息安全问题由中国联通公司提供解决方案。首先,构建 5G 网络专线,通过专线进行医疗数据的传输,实现数据信息的安全隔离。此外,各网络终端设备均配备 5G SIM 卡,且 5G SIM 卡与 5G 客户终端设备(customer premise equipment, CPE)绑定,查看信息的设备端与 5G CPE 绑定,以获得虚拟 IP 地址。需连入该网络的设备,必须先通过 5G CPE 的认证才能获取相关信息,以此来保障患者信息的安全性。

2.4 远程重症系统建设计划及实施:系统架构设计完成后,经团队讨论制定实施方案和计划,自 2020 年 10 月开始推进远程重症系统建设,至 2021 年 3 月建设基本完成,具体工作步骤见图 3。

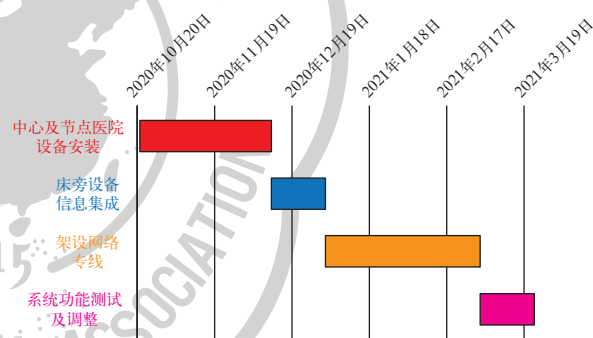


图 3 青岛大学医疗集团远程重症系统建设进程

2.5 远程重症系统功能验证:2021 年 3 月 23 日远程重症系统建设基本完成,经试运行稳定后当日即进行第 1 例危重症患者远程会诊,随后团队通过实时远程监护、可视化远程查房、远程会诊、远程教学等活动验证其系统功能。截至 2022 年 4 月,已与包括省内及贵州安顺、海南凌水在内的多家集团内医院 ICU 进行联网。在实际应用过程中,如有需要会诊的患者,当地医生可将患者信息接入系统当中,并电话通知远程重症团队,双方约定会诊时间。在会诊时,双方进行音视频连接,专家可通过远程重症系统查看患者诊疗信息,借助移动查房车的音视频设备查看患者床旁实景信息,并与当地医疗团队沟通病情及诊疗方案,最终给出会诊意见。在会诊结束后,可依据患者诊疗需求及家属意愿,决定是否进行持续监护。经验证,该系统可以稳定地将患者监护信息、呼吸机参数信息、输液工作站药物应用信息、

音视频监控信息实时上传,并于远程重症中心集成显示(图4)。其中,监护信息包含床旁监护仪全部信息资料;呼吸机信息包含呼吸波形、设置参数等信息,并可手动调阅相关信息界面;注射泵信息经输液工作站采集,展示注射泵设置参数、剩余药量及用药时长信息,并可备注各注射泵用药名称;音视频信息通过移动查房车配备的 1080P 高清摄像头及会议专用音频设备采集,高清摄像头下患者毛孔清晰可见,音质无损传输,实现专家远程实时查看患者。远程重症中心监护查看站可同屏显示所有入网患者信息,对具体感兴趣患者信息可按需调整显示参数类别,实现关注信息重点展示。通过 5G 专线经远程会议连线可与当地医务人员进行双向交流,并可查看患者床旁精细部位及全景,以此实现实时远程监护、可视化远程查房、远程会诊、远程教学等功能(图5)。



图5 青岛大学医疗集团远程重症系统应用实景

2.5.1 实时远程监护:依据患者病情需求,在获取患者家属知情同意并由当地医院提出申请后,远程重症专家可借助远程重症系统对其进行实时远程监护。专家于远程重症中心可持续获取患者各项实时诊疗信息及床旁音视频信息,以此实现对患者病情的实时远程监护。发现患者病情变化时,可通过电话或会议专线提醒并指导当地医护人员早期介入治疗,从而减少不良事件的发生。此外,患者诊疗信

息全程存储,可随时调阅,确保专家掌握患者诊疗全流程信息。

2.5.2 可视化远程查房:通过远程重症系统,专家可定期对入网的各节点医院中的患者开展可视化远程查房。专家根据音视频移动查房车采集的实时音视频信息,指导当地医护人员对患者进行查体操作,观察患者的临床表现,结合实时采集传输的患者各项诊疗信息,对其下一步诊疗进行指导。远程查房完成后,还可通过远程监护追踪患者对诊疗调整的反应,实时调整诊疗方案。

2.5.3 远程会诊:远程会诊由节点医院发起请求并上传患者诊疗信息,专家于远程重症中心与节点医院医护人员进行音视频连线。由节点医院医护人员汇报患者病情及当前诊疗难点,专家通过远程重症系统查看患者各项实时诊疗信息及患者临床体征、医护人员临床操作、医疗设备管路连接等床旁实景信息。根据诊疗需要,与当地医疗团队交流患者的病情,指导床旁医生进行诊疗操作及信息采集,包括远程指导穿刺、远程指导床旁超声检查、呼吸机参数设置、肺功能监测等,充分掌握患者病情,并给出下一步诊疗建议,实现对异地危重患者的诊疗指导。

2.5.4 远程教学:借助远程重症系统,本院定期组织专家对各节点医院开展远程教学活动,包括床旁教学查房、疑难病例讨论等。床旁教学查房由重症医学专家主导开展,专家对示教病例进行展示及讲解,并进行中心与节点双向的临床技能操作演示。通过配备高清摄像头及音视频设备的移动查房车,可清楚展示临床查体及操作过程,并与各医院 ICU 医护人员进行双向沟通,为学员答疑解惑。疑难病例讨论由各医院 ICU 提供需讨论的疑难病例,由远程重症中心高年资医生主导,病例提供方医护人员对示教患者的病情及诊疗经过进行汇报,同时系统同步展示云端存储的患者监护信息,最终各医院相关医生参与讨论,促进各地医护人员的



注:A为患者监护及设备信息集成显示,B为床旁输液工作站信息展示界面,C为床旁呼吸机信息

图4 青岛大学医疗集团远程监护查看站实时展示患者多维信息

交流学习。

3 讨论

重症医学是研究危及生命的病理生理状态的发生发展规律及其诊治方法的二级临床学科。近年来我国重症医学专业迅猛发展,但因重症医疗资源需求增多、专业重症人才短缺、优质重症医疗资源地域分配不均等原因,重症医疗资源供需不平衡的问题日益突出^[2, 17]。相同的问题在医疗水平先进的美国同样存在^[14],为解决上述难题,早在 1975 年,美国的 Grundy 等^[18]就尝试将远程通讯技术应用于医疗中。随后的 40 余年中,伴随着科技水平的进步,远程重症在不断发展^[14],其在改善临床预后^[4]、双向转诊^[19]、教学^[20]、大数据分析^[21]等多领域的应用均有成功案例。本院借鉴欧美国家成熟的远程医疗技术经验,探索远程重症系统建设存在的问题,结合实际制定解决方案,应用 5G 及物联网技术,成功建设以医疗集团核心医院为中心、集团内成员单位为节点的远程重症系统。

3.1 本院建设的远程重症系统具有以下优势:

① 对异地危重病患者进行实时远程监护;② 患者诊疗信息实时传输,床旁信息及周围环境可视化;③ 远程专家“瞬时达”,有效扩展专家服务半径;④ 实现医疗集团内各医院间信息共享,促进分级诊疗政策的实施;⑤ 患者诊疗信息云端储存,实现诊疗全流程管理;⑥ 开展远程可视化床旁教学,提高教学效果;⑦ 促进医疗集团内医院诊疗同质化。

在临床工作中,危重症患者病情复杂多变,早期发现患者病情变化并及时精确干预是改善预后的重要手段。基层医院 ICU 及年轻医生或因水平及经验问题,不能及时发现患者的病情变化,往往贻误最佳干预时机。远程重症系统可实时采集并传输患者各项诊疗信息及床旁音视频信息,实现远程重症专家团队对节点医院 ICU 患者诊疗的实时远程监护及指导,使危重症患者于当地即可接受专家的诊疗服务。研究证明,通过远程重症系统获取重症专家的远程医疗服务,可有效降低 ICU 患者的病死率,缩短 ICU 住院时长^[22]。

在传统的远程会诊中,专家对患者病情的了解往往来自于临床管床医生的汇报,难以获取实时、客观和全面的诊疗数据及音视频资料。在临床诊疗工作中,对患者临床表现和诊疗信息的采集疏漏或未及时发现,可能导致诊疗判断失误,甚至更严重的后果。借助远程重症系统的诊疗信息物联集成传输

及专线会议功能,可实现远程重症专家线上“现场观察指导”,避免会诊时诊疗资料全部来自于管床医生的弊端,提高会诊效率,充分发挥专家作用。

与普通患者可以等待专家会诊或转诊不同,重症患者病情危重,随时可能发生生命危险,会诊时效性要求高。远程重症数分钟内即可开展,重症专家通过线上即可“来到现场”开展诊疗,减少异地间来回奔波,可有效扩大重症专家医疗服务半径。此外,远程重症还可增加重症专家的服务人群,保障不同亚专业方向专家的患者资源,有利于医生的专业化发展。

借助医疗网络专线,可实现医疗集团内各医院间信息共享,有利于分级诊疗政策的实施。有研究表明,应用远程重症监护有利于早期识别需转院治疗的潜在风险患者,促使其提前转诊治疗;又可提供补充医疗,减少不必要的转诊^[19]。通过识别患者疾病严重程度并进行分诊,开展“小病在社区,大病进医院”的双向转诊管理,既减轻了大城市综合医院的诊疗压力,又可为基层医院保留患者资源。

该系统在使用过程中,患者全部医疗信息均储存于网络云盘中,向前可回溯,向后可追踪,实现患者诊疗全流程管理。该功能在患者双向转诊过程中可避免诊疗信息的丢失,减少采集信息带来的时间及费用消耗,保障转诊诊疗的连贯性。此外,远程重症系统的广泛应用意味着重症患者临床数据的大量积累。在当今的“大数据”时代,数据具有极高的研究价值,可用于进行数据统计、数据挖掘、研发人工智能等^[21]。随着重症患者诊疗数据储存的增加,未来可利用数据挖掘技术发掘出隐藏在大数据中的有用信息,以及研发辅助临床诊疗的人工智能算法模型,用于临床科学研究、指导临床决策,从而更好地为医生和患者服务。

通过远程重症系统开展先进医学知识及临床经验的教育培训,可增加基层医院 ICU 医务人员受教育机会,加强人才队伍建设。梅奥医学中心的一项远程教育研究表明,开展远程医学教育可提高受教育方对医疗最佳实践的依从性,从而降低患者 ICU 病死率,缩短 ICU 住院时长^[20]。借助会议专线及专业音视频设备,学员与学员之间虽身处异地,但可同时“来到”患者身边,实时、高清查看患者的临床体征及专家的临床操作,“面对面”交流学习,提高教学效果。教学患者的诊疗信息前后可追溯,利于学员掌握患者诊疗的全过程。

在同质化诊疗方面,应用远程重症系统,可增加医疗集团内各医院科室间学习交流机会,借此开展学科建设指导、人员培训交流等工作,提升基层医院科室水平。此外,还可制定统一医疗质量控制标准,实现医疗集团内诊疗同质化管理。

3.2 经过近 1 年的试运营及改进,该系统仍存在以下问题有待解决:① 不同生产厂家、不同型号设备的信息物联采集存在障碍。因为不同设备间数字端口开放型号、权限及信息格式差异,导致床旁设备信息采集仍有困难。本研究应用的瑞智联系统对迈瑞公司的监护仪、呼吸机和输液泵数据可以全部采集,但对其他公司的设备不能实现全部数据无损接入及采集。② 绩效激励政策不足,集团内核心医院和成员单位医护人员使用远程重症系统的积极性均不高,缺少系统运行的长效激励机制。③ 收费及医保报销问题。各地远程医疗发展政策不同,目前国内远程医疗尚无统一收费及医保报销标准,还需协调有关部分制定远程重症服务项目及收费标准,申请将远程重症费用纳入医保报销政策中,减轻患者负担。

4 结 论

随着我国医疗事业的发展,对重症医学资源需求增加和由于人才紧缺导致的专业服务能力不足间的矛盾日益凸显,远程重症是缓解这一矛盾的有效方法。相关人员认知不足、对远程医疗执业认证和信息安全的担心及设备信息集成障碍,是我国远程重症系统建设中存在的主要问题。本研究成功构架并建设完成包含床单元信息采集、信息无损传输、采集信息实时同屏显示、工作人员实时互动、诊疗信息云端存储在远程重症系统。该系统可以有效实现远程实时监护、远程可视化查房、远程会诊、远程教学等功能,可有效扩大优质医疗资源服务半径,缓解偏远地区医疗资源匮乏情况。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Huard P, Kalavrouziotis D, Lipes J, et al. Does the full-time presence of an intensivist lead to better outcomes in the cardiac surgical intensive care unit? [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2020, 159 (4): 1363–1375. e7. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.03.124.
- [2] 杨培蔚. 重视中国重症医学专科医师的培养 [J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32 (12): 1416–1417. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200306-00247.
- [3] Lilly CM, Greenberg B. The evolution of Tele-ICU to Tele-critical care [J]. Crit Care Med, 2020, 48 (4): 610–611. DOI:

- 10.1097/CCM.00000000000004276.
- [4] Fusaro MV, Becker C, Scurlock C. Evaluating Tele-ICU implementation based on observed and predicted ICU mortality: a systematic review and Meta-analysis [J]. Crit Care Med, 2019, 47 (4): 501–507. DOI: 10.1097/CCM.00000000000003627.
- [5] Chen J, Sun DL, Yang WM, et al. Clinical and economic outcomes of telemedicine programs in the intensive care unit: a systematic review and Meta-analysis [J]. J Intensive Care Med, 2018, 33 (7): 383–393. DOI: 10.1177/0885066617726942.
- [6] 余晓红, 崔芳芳, 翟运开. 二级医院远程医疗建设与应用情况分析 [J]. 中国医院统计, 2021, 28 (3): 264–268, 273. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5253.2021.03.016.
- [7] 姚波, 孙运波, 孔心涓, 等. 数字化远程会诊系统在提高新型冠状病毒肺炎精准医疗及避免交叉感染中的应用 [J]. 精准医学杂志, 2020, 35 (1): 53–56. DOI: 10.13362/j.jpm.202001013.
- [8] Kumar G, Falk DM, Bonello RS, et al. The costs of critical care telemedicine programs: a systematic review and analysis [J]. Chest, 2013, 143 (1): 19–29. DOI: 10.1378/chest.11-3031.
- [9] 蒋帅, 孙东旭, 翟运开, 等. 我国远程医疗服务人员激励问题与对策探讨 [J]. 中华医院管理杂志, 2021, 37 (1): 30–33. DOI: 10.3760/cma.j.cn111325-20200716-01641.
- [10] 郑晶, 方鹏骞, 蒋帅, 等. 远程医疗服务体系运行影响因素分析 [J]. 中华医院管理杂志, 2020, 36 (6): 511–515. DOI: 10.3760/cma.j.cn111325-20200223-00267.
- [11] Subramanian S, Pamplin JC, Hravnak M, et al. Tele-critical care: an update from the Society of Critical Care Medicine Tele-ICU Committee [J]. Crit Care Med, 2020, 48 (4): 553–561. DOI: 10.1097/CCM.00000000000004190.
- [12] 中华人民共和国中央人民政府. 医师执业注册管理办法 [EB/OL]. (2017-02-28) [2022-01-15]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5230277.htm.
- [13] 中华人民共和国中央人民政府. 卫生健康委介绍互联网诊疗管理办法(试行)等 3 个文件的有关工作情况 [EB/OL]. (2018-09-14) [2022-01-15]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-09/14/content_5322040.htm.
- [14] Khurram M, Asmar S, Joseph B. Telemedicine in the ICU: innovation in the critical care process [J]. J Intensive Care Med, 2021, 36 (12): 1377–1384. DOI: 10.1177/0885066620968518.
- [15] Herasevich V, Subramanian S. Tele-ICU technologies [J]. Crit Care Clin, 2019, 35 (3): 427–438. DOI: 10.1016/j.ccc.2019.02.009.
- [16] 周彬, 沈黎, 吴繁, 等. 医院信息系统外联的安全管理探索与实践 [J]. 中华医院管理杂志, 2021, 37 (9): 730–733. DOI: 10.3760/cma.j.cn111325-20210113-00033.
- [17] 李祥, 古丽巴努木·胡西塔尔, 王毅, 等. 新疆维吾尔自治区 2019 年重症医学发展现状调查分析 [J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32 (7): 854–860. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200506-00357.
- [18] Grundy BL, Crawford P, Jones PK, et al. Telemedicine in critical care: an experiment in health care delivery [J]. JACEP, 1977, 6 (10): 439–444. DOI: 10.1016/s0361-1124(77)80239-6.
- [19] Tyler PD, Celi LA. Tele-ICU increases interhospital transfers: does big brother know better? [J]. Crit Care Med, 2017, 45 (8): 1417–1419. DOI: 10.1097/CCM.00000000000002510.
- [20] Kovacevic P, Dragic S, Kovacevic T, et al. Impact of weekly case-based tele-education on quality of care in a limited resource medical intensive care unit [J]. Crit Care, 2019, 23 (1): 220. DOI: 10.1186/s13054-019-2494-6.
- [21] Kindle RD, Badawi O, Celi LA, et al. Intensive care unit telemedicine in the era of big data, artificial intelligence, and computer clinical decision support systems [J]. Crit Care Clin, 2019, 35 (3): 483–495. DOI: 10.1016/j.ccc.2019.02.005.
- [22] Tanios MA, Teres D, Park H, et al. The impact of implementing an intensivist model with nighttime in-hospital nocturnist and effect on ICU outcomes [J]. J Intensive Care Med, 2020, 35 (5): 461–467. DOI: 10.1177/0885066618758246.

(收稿日期: 2022-03-10)