

· 全民健康助力全面小康 ·

人工智能促进医疗大数据助力人民健康保障

——危重症实时预警是人工智能应用于临床医学的先锋

王迪芬¹ 刘頔²¹ 贵州医科大学附属医院重症医学科, 贵阳 550004; ² 北京师范大学互联网发展研究院, 北京 100875

通信作者: 王迪芬, Email: 1078666485@qq.com

【摘要】 通过人工智能对医疗工作中的重要组成部分危重症大数据的智能算法及应用, 探讨重症医学临床实时预警与人工智能相结合的价值。利用人工智能对医疗工作中危重症大量数据集的学习、计算和分析来模拟人类思维, 对重症医学临床产生的大量监测治疗数据进行整合, 分析人工智能在医疗工作中危重症预警的应用必要性、可行性、相关性、数据学习、应用架构等, 推动医疗工作中危重症实时预警在临床医学的率先应用。医疗工作中重症医学的发展需要整合大数据和人工智能, 通过实时预警、精准、科学的医疗数据智能化应用, 更有效地降低危重症诊疗过程中危及生命的不确定性问题, 提高危重症患者的治愈率。人工智能技术与重症医学大数据的完美结合, 能为医疗工作中危重症实时预警在临床医学的率先应用提供有利的保障。

【关键词】 人工智能; 医疗工作; 医疗大数据; 重症医学; 危重症预警

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC2001900); 贵州省临床重点学科建设项目(2011-52); 贵州省高层次人才特助经费(TZJF-2011-25)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200719-00567

Artificial intelligence provides promotion of big data in medical work and contribution to people's health as soon as possible: real-time warning of critical illness is the pioneer of artificial intelligence in clinical medicine

Wang Difen¹, Liu Di²

¹Department of Critical Medicine, the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou, China; ²Beijing Normal University Internet Institute, Beijing 100875, China

Corresponding author: Wang Difen, Email: 1078666485@qq.com

【Abstract】 Through the big data intelligent algorithm and application of artificial intelligence in critically ill patients, the value of the combination of clinical real-time warning and artificial intelligence in critical care medicine was explored. Artificial intelligence was used to simulate human thinking by studying, calculating, and analyzing a large amount of critical illness data in the medical work, and integrate a large number of clinical monitoring and treatment data generated in critical care medicine. The necessity, feasibility, relevance, data learning and application architecture of the application of artificial intelligence in the early warning of critical illness in medical work were analyzed, thus to promote the pioneering application of real-time warning of critical illness in clinical medicine. The development of critical care medicine in medical work requires the integration of big data and artificial intelligence. Through real-time early warning, accurate and scientific intelligent application of medical data, the life threatening uncertainties in the diagnosis and treatment of critically ill patients can be more effectively reduced and the success rate of the treatment of critically ill patients can be improved. The perfect combination of artificial intelligence technology and big data of critical care medicine can provide a favorable guarantee for the pioneering application of real-time warning of critical care medicine in clinical work.

【Key words】 Artificial intelligence; Medical work; Medical big data; Intensive care medicine; Warning of critical illness

Fund program: National Key Research and Development Plan of China (2018YFC2001900); Guizhou Provincial Key Clinical Discipline Construction Project of China (2011-52); Special Aid Fund for High-level Personnel in Guizhou Province of China (TZJF-2011-25)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200719-00567

随着网络信息技术革命的加速推进,以第五代移动通信技术(5G)、大数据、云计算、人工智能(AI)等为代表的新一代信息技术已经成为医疗工作中医疗卫生服务的重要支撑,各类信息系统的广泛应用、

各类设备和仪器的逐步数字化、智能化,诸如远程诊断设备、智能化器械、可穿戴监测设备、影像辅助诊断系统、临床决策支持系统、医用机器人等新产品、新业态加速普及应用,伴随着信息技术、数字技

术、智能技术的逐步演进,医疗工作中传统的疾病预警、诊断、治疗、预后模式正在发生变化,作为专注于医疗工作中危重症状态的发生发展规律以及研究并实施相应诊疗方法的临床医学学科,重症医学及其工作场所重症监护病房(ICU)尤其如此^[1]。

1 人工智能化是危重症预警的必然需求

当前,新一代信息技术发展的突出特征是数字化、网络化、智能化,具体表现为社会的全面数据化、信息物理系统(CPS)的广泛采用、新一代人工智能的应运而生。作为医疗工作中重要组成部分的重症医学,是研究危及生命的疾病状态的发生发展规律及其诊治方法的临床医学学科。重症医学是一个跨多学科领域,它侧重于危重疾病状态的实时监测、快速诊断、及时救治和预防,关乎威胁患者生命的很多重要因素,如生命体征、意识状态的突然改变,各种原因和意外伤害导致的各种休克、组织器官氧代谢利用障碍、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)、水和电解质及酸碱平衡紊乱,各种病原微生物导致的感染、脓毒症(sepsis)、脓毒性休克、多器官功能障碍综合征(MODS)等复杂情况。ICU运用各种先进的监测救治设备实时获取危及生命的预警信息,及时有效地给予医疗干预救治措施和技术,迅速逆转疾病向恶性病理生理方向发展,是成功救治危重症、降低危重症病死率的前提和基本必需条件。

重症医学救治危重症的最基本策略就是要求对重症患者进行实时、全方位、全天候的生命监测与支持,这个过程本身就会产生和积累大量的数据信息,它们可以直接或间接地体现患者实时出现的危重疾病状态的变化、验证诊疗思维和救治措施的有效性、直到治愈或死亡的整个过程,对于临床实践具有宝贵的分析和研究价值。但是,受制于信息技术发展不同阶段的客观“瓶颈”,早期的危重症信息技术只能提供基础的生命体征监测,存在诸多局限,使医护人员无法及时准确地获得患者病情状况的信息和数据,也无法明确同样药物、同样治疗手段对不同患者的治疗效果,因而在总结、分析和研究过程中无法充分利用医疗数据信息以便于为患者提供更加个体化、精准化的治疗^[2]。

危重症治疗的过程中可获得大量信息和数据,将原始数据转化为有价值的医疗信息,并运用这些数字化的信息“反哺”医疗服务的实施过程,形成实时、科学、准确、有效的智能化临床预警和诊疗决策支持体系,是提高重症医学数据应用质量的重要科

学课题之一^[3-5]。在危重症预警和后续诊疗过程中,其专业任务和常规治疗任务有所不同,更具高度的独特性和复杂性,需要基于深度计算和分析评估的主动预警及有意识的决策。主动预警在危重症治疗流程中是至关重要的环节之一,及时性是对于这项工作最大的要求,并将深刻影响着后续的诊断决策和治疗方案。

2 人工智能化危重症预警的应用

人工智能化危重症预警的应用主要基于数据、算法和算力,在现代医疗体系中,对于来自于真实世界的临床数据处理主要经过3个层级,即终端传感器(智能仪器/设备)、网关和医疗数据中心,搭建实时智能危重症预警监控系统,将对危重症的预防和提前干预起到积极的作用。

2.1 数据学习:2015年,由麻省理工学院建立的大样本重症监护数据库(MIMIC)已经升级到第3代,新增了2.8万余条数据信息且结构更加简单。这个数据库包括了生命体征、药物、实验室结果、护理记录、操作代码、住院时间、疾病诊断代码等数据信息,具有很高的数据质量,且研究结果重复性好、可靠性高,为重症医学的临床研究和实践提供了高质量的数据资源^[6-8]。

ICU作为数据产生的主要场所,借助这样的数据集,我们在危重症的预警和诊疗工作中将具备更有利的条件来开展更多的回顾性分析研究。但是,由于重症医学与患者关联的各种医护系统、治疗仪器及设备产生的源数据存在着普遍的异构性(源数据环境、目的数据环境结构不同)和多样性,导致不同子系统模型不匹配,且可能出现数据在集成过程中出错甚至失败,这是重症医学临床实践在跟踪关键参数变化时可能出现的主要风险因素之一。

为了更好地理清危重症医疗数据智能化应用的可实现路径,测试容错性、时间特性等智能化应用可扩展性,以MIMIC为例,人们开始围绕重症医学数据库开展不同程度和不同侧重的挖掘研究^[8]。一方面,有传统的数据库挖掘研究方法,如简化急性生理学评分(SAPS)、序贯器官衰竭评分(SOFA)等重大疾病评分系统;另一方面,有以人工智能技术中较为浅层的机器学习和模仿了生物神经系统间的信息交流并能利用人工神经网络来抽取简单特征的深度学习方法。我们对适用的人工智能学习方法进行了梳理,以便于针对数据异质性优化重症医学工作中的大数据分析,有助于设计出智能化危重症预

警应用的逻辑架构,通过对来自于不同监测/处理源头和过程的规则进行优化,并能与专家系统进行比较,从而在重构源数据算法后进行进一步计算分析^[3](表 1)。

2.2 应用框架:实时性是重症医学对于智能化危重症预警支持要求的关键要素之一。它体现在为危重症医护人员提供及时准确的重要信息,确保信息的质量和可用性,并使危重症医护人员在复杂和不可预测的情况下能够获得持续性常态化的支持及决策方面的智能辅助^[9]。构建一个适用的智能化危重症预警辅助体系,至少应具备传输、存储、计算、处理和交换数据等功能,不仅如此,还必须确保医疗数据、患者信息、实施方案等要素在预警环体系中的准确传播。因此,智能化危重症预警辅助体系不仅需要临床实践数据的支持,而且还需要包含计划、组织、执行和评估等医疗保健服务全流程的支撑。这样才有可能提高危重症所需的重大、紧急的治疗决策和维护方案等方面的效率与质量,从而产生优化重症医疗资源和减少医疗失误误差发生的优势作用。

重症医学是一门依靠强信息处理能力的临床医学,是医疗工作中的重要组成部分。在实施危重症治疗服务的过程中,关乎患者生命健康的信息源头和体现范

围各不相同,通过智能仪器/设备在临床中的使用和信息反馈传输、统计,针对需求条件进行关联机器学习,并生成可量化的评估参数,这样的逻辑框架,在经验总结、知识发现、信息检索、数据集成、自动化和决策辅助支持等应用方面具有巨大的潜力,这一思路已开始被广泛认可,数字化的医疗档案在重症医学临床实践中也被发现适用于越来越多的应用情景,实际参与解决智能化危重症预警时出现的具体问题^[1,9-10](图 1)。

重症医学的信息整合、传播和存储应用实践已经积累出一部分经验,广泛认为,通过类似上述的应用框架,有条件为危重症医护人员提供一种智能预警,通常以主动代理的形式负责管理、保存医疗数

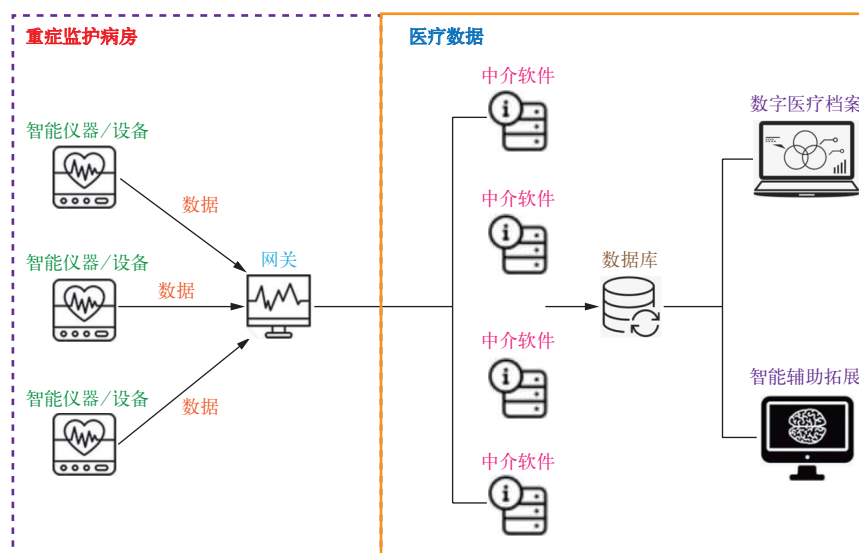


图 1 智能化危重症预警辅助体系

表 1 可用于危重症预警的人工智能学习方法

方法	解释
决策树	使用决策树作为预警、诊断、治疗、预后环节中每个分支分配值的预测模型
关联规则	用于发现各类大型数据库变量之间的关系
神经网络	根据生物神经网络的运行特性,在其互连互通过程中存储不同的节点和推论,用来探索系统间输入和输出变量之间的复杂关系
强化学习(深度学习)	多层神经网络,基于较强的硬件处理能力,尝试模拟人脑模型进行视觉分析和语言识别
归纳逻辑编程	使用逻辑和功能编程来获得、复制系统中存在的知识及其关系
支持向量机	用于模拟两种可能结果之间的预测模型(如治愈或死亡)
聚类分析	用于将观察结果分配给类似研究对象的子集
贝叶斯网络	表示变量之间的相互依赖性(如给定一组症状计算疾病发生的概率)
学习相似度	通过对相似的实例和相似度的度量来生成系统的模型
离散项学习	对临床病例中离散量的结构和相互关系进行学习
遗传演算法	利用自然选择、进化、变异和交叉机制逐步改进算法
规则学习	将系统的特征转换为规则,然后应用于新的示例中
增强决策树(集成模型)	监督并通过调整原路径的残差进行学习
随机森林(集成模型)	创建“森林”与“树”的数量模型进行监督和分类计算
演算法(集成模型)	一种助推算法,旨在从多个弱分类器中生成一个强分类器
自然语言处理	人机有效通信

据信息并实时回答请求,精准地将有价值的信息资源匹配给具体的操作行为,使医护人员可以正确和及时完成医疗服务工作^[11]。与此同时,这是一种动态框架,它可以集成、传播和归档信息,并通过分类聚合建模,产生诸如死亡预测、风险分类、药物用量优化、数字医疗档案语义提取分析、出院和再入院预测等有针对性的解决方案,在救治需求产生并发起要求时,价值信息就会在系统环境内各个环节中传递,并能同时满足信息的安全性、可靠性、可伸缩性,使更多的数据信息集成及可相互操作的特性变得更加容易和简单。这不仅能对现有危重症医疗系统持续迭代优化,更能不断为新的医疗仪器/设备提供更好的集成方案^[12]。

2.3 应用场景:以神经危重症为例,在神经危重症的医疗服务工作中,常常包含着极其复杂的病例。例如脑损伤患者的评估及护理,多模式监测(MMM)的运用在神经危重症护理设置中创造了丰富的数据,它可以收集来自于呼吸机、颅内压、血流动力学、体温、液体出入量等一系列神经学检查和其他生理参数,这些积累的数据为实现自动化智能预警奠定了基础^[13-14]。人工智能的最新进展不断地被投入到实际的临床环境应用中,具有不同环境适应能力的智能系统可以与人类进行互动,并具有嵌入式、上下文感知、个体化、自适应等特征,可以用于连续实时监测和治疗神经疾病护理患者。不仅如此,神经系统恶化的早期迹象可以被更迅速地发现并得到适当的决策辅助,从而改善患者的预后。

可用于神经危重症预警的人工智能应用,通常在其机器学习甚至深度学习系统使用两种学习算法,一种是监督类,另一种是无监督类^[15]。在监督学习中,可以向模型加载标记数据,模型使用这些数据来预测某个结果。监督学习模型可以通过分类(如决策树分析)或回归(使用先前标记的数据预测趋势)产生结果;在无监督学习中,数据是未标记的,系统试图通过识别模式来对未标记的数据进行聚类。监督学习的一种较为复杂的形式是使用人工神经网络,这一复杂的人工智能系统能够应用迭代学习成功地完成多元非线性分析和多因素分类,还有可能发现表示复杂数据关系的新模型。有一种神经网络的临床应用实践^[13],它利用层次聚类方法(一种降维技术)来识别神经危重症患者的数据簇。通过将这些患者的生理状态(如感染、多器官功能衰竭和死亡的风险)与数据联系起来,神经网络能

够确定复杂的预警和预后模式。数据以树状图和热图的形式呈现,其中,生理数据簇与特定病症状态之间的关联是显而易见的。在这种情况下,神经网络实现了无监督学习,能够识别和关联数据的结果与特定的状态,并发现参数之间的新的关联。

可见,人工智能在神经重症监护数据分析和算法决策领域取得了很大进展,除了在智能预警和辅助决策方面的进步外,技术的发展也使这些计算行为可以持续地根据患者的健康状况来决定。这样的智能化危重症预警系统一方面可以监测患者的参数变化,及时对患者的治疗提供辅助支持;另一方面,系统还能引导监测的参数进行适应性调整和匹配,直接优化患者的医护方案,且在过程中不需要任何人工输入。例如:智能系统能自适应地修改特定患者的护理模式,包括麻醉药/镇痛药、抗癫痫药、血压、葡萄糖、液体/电解质、神经肌肉阻滞和呼吸机的设置^[16]。在可预见的未来,当智能决策能力与智能执行能力能够更加精准地相互结合时,智能化危重症预警可以在较少甚至没有人工监督的情况下完全支持对神经危重症患者的智能化管理。

3 人工智能危重症预警的价值

我们正处于重症医学智能化发展的萌芽成长期,在这个阶段,智能危重症临床决策系统的功能将因为数据的持续集成、算力的不断优化等智能辅助能力的提升而越发丰富^[9]。危重症临床医护人员作为集约化的数据信息使用者,人工智能手段可以帮助他们在密集配置智能电子仪器的ICU场所中更加高效地应对庞大的异构性数据信息处理问题,如基础和深入的检测记录、实验室数据、药物处方流转及管理、诊断治疗护理记录等不同格式的文字、图像、视频、声音等信息。

我们认为,重症医学非常适合人工智能技术的应用。对于重症医学这样一门基于信息的临床医学而言,它的复杂动态特征体现在危重症临床预警、诊断、治疗、预后等环节中的不确定性,同样,在这些环节中产生的数据信息也呈现出分散、多样、异构的特征。正因如此,才需要利用人工智能技术进行不同语言的分析,集成各种源头各种载体的数据,并通过人工智能学习算法对数据信息进行动态调整,实现定制化、精准化的实时数据分析呈现。智能危重症预警的应用架构体现了人工智能技术用于重症医学的应用基础,它可以衍生出一些重要的技术范式,如智能硬件、数据模型之间的互操作性

(interoperability), 这将推动人工智能技术在重症医学领域的应用更具增长的潜力和实践价值^[3]。

4 总 结

由此可见,对于人工智能在医疗工作中的危重症预警而言,数据的分析和决策能力是十分重要的。为了实现更有价值的信息互动并指导医护人员进行科学治疗,人工智能技术在重症医学领域的应用中,必须解析源自各种模式收集来的大量数据,在对这些数据进行分析时,通常采用两种方法,即传统的数据挖掘方法和人工智能机器/深度学习(数据驱动)方法。危重症治疗,不仅仅是简单地解决某一特定的生理数据或变量发生的问题,而是要帮助患者由危重症状态转向一种良好的生理状态。

在医疗工作的重症医学领域,以患者为中心,聚焦危重症临床诊疗过程的诊断、治疗、护理、科研、管理等工作场景,其中重症医学知识和临床实践都产生了各种大量纷杂的数据,需通过机器学习、云端分析计算,联合临床相关的干预、治疗思路,最终为临床提供有益思考和预警提示。在信息化基础之上,把患者经常需要连接的多个不同的机器或设备产生的信息,以及各医用计算机系统内的临床医疗人员相关知识、思考、经验总结等模型整合在一起,把繁琐的工作通过数字化处理,或基于数据化直接调用或指导工作,在业务数字化的过程中推动数据业务化,真正将医护人员需要付诸的精力和所需的理解降至最低,以“拟人智能”特性或功能侧重于危重症医疗工作的应用,提供具有自适应、自校正、自协调等特征的智能化危重症预警。未来,数字化、网络化、智能化的信息技术应用将更广泛地赋能医疗服务、公共卫生服务、药品供应、医疗保障、健康管理等医疗卫生与健康事业,有效提升国民整体健康水平。人工智能技术与重症医学大数据的完美结合,能为医疗工作中危重症实时预警在临床医学的率先应用提供有利的保障。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 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.
- [2] Chapalain X, Huet O. Is artificial intelligence (AI) at the doorstep of intensive care units (ICU) and operating room (OR)? [J]. Anaesth Crit Care Pain Med, 2019, 38 (4): 337–338. DOI: 10.1016/j.accpm.2019.05.003.
- [3] Norrie J. The challenge of implementing AI models in the ICU [J]. Lancet Respir Med, 2018, 6 (12): 886–888. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30412-0.
- [4] 刘頔, 王迪芬. 新型冠状病毒肺炎疫情防控策略与互联网数字化医疗战“疫”关联的思考 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2020, 27 (3): 376–378. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.03.033.
- [5] Liu D, Wang DF. Emerging considerations of prevention and control strategy for corona virus disease 2019 combined with online digital health care [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2020, 27 (3): 376–378. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.03.033.
- [6] 刘頔, 王迪芬. 智能技术对改善老年人健康管理的适应性探索 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2019, 26 (5): 627–629. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.05.029.
- [7] Liu D, Wang DF. The exploration of applicability of the intelligent technology to improve the elderly health management [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2019, 26 (5): 627–629. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.05.029.
- [8] 范勇, 李沛尧, 张楠, 等. 基于大样本重症监护数据库 MIMIC-III 的无创和有创血压测量一致性研究 [J]. 北京生物医学工程, 2018, 37 (2): 122–129. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3208.2018.02.003.
- [9] Fan Y, Li PY, Zhang N, et al. Study on the consistency between non-invasive and invasive blood pressure measurements based on MIMIC-III multi-parameter intensive care database [J]. Beijing Biomed Eng, 2018, 37 (2): 122–129. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3208.2018.02.003.
- [10] 李开源, 冯聪, 贾立静, 等. MIMIC 数据库在急诊医学临床研究过程中运用的思考 [J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30 (5): 494–496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.05.021.
- [11] Li KY, Feng C, Jia LJ, et al. Discussion of the implementation of MIMIC database in emergency medical study [J]. Chin Crit Care Med, 2018, 30 (5): 494–496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.05.021.
- [12] 张家艳, 郑建立, 郑西川, 等. MIMIC 数据库智能挖掘研究概述 [J]. 计算机技术与发展, 2020, 30 (1): 144–148. DOI: 10.3969/j.issn.1673-629X.2020.01.026.
- [13] Zhang JY, Zheng JL, Zheng XC, et al. Application of artificial intelligence technology in MIMIC database mining [J]. Comput Technol Develop, 2020, 30 (1): 144–148. DOI: 10.3969/j.issn.1673-629X.2020.01.026.
- [14] Peixoto H, Guimarães T, Santos MF. A new architecture for intelligent clinical decision support for intensive medicine [J]. Procedia Comput Sci, 2020, 170: 1035–1040. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.077.
- [15] Ma X, Si Y, Wang Z, et al. Length of stay prediction for ICU patients using individualized single classification algorithm [J]. Comput Methods Programs Biomed, 2020, 186: 105224. DOI: 10.1016/j.cmpb.2019.105224.
- [16] Yang CC, Veltri P. Intelligent healthcare informatics in big data era [J]. Artif Intell Med, 2015, 65 (2): 75–77. DOI: 10.1016/j.artmed.2015.08.002.
- [17] Khovrich M, Elkhovskaya L, Fonin V, et al. Intelligent approach for heterogeneous data integration: information processes analysis engine in clinical remote monitoring systems [J]. Procedia Comput Sci, 2019, 156: 134–141. DOI: 10.1016/j.procs.2019.08.188.
- [18] Al-Mufti F, Dodson V, Lee J, et al. Artificial intelligence in neurocritical care [J]. J Neurol Sci, 2019, 404: 1–4. DOI: 10.1016/j.jns.2019.06.024.
- [19] 刘江萍, 李焱, 刘文华, 等. 基于人工智能的轻型输入性新型冠状病毒肺炎患者胸部 CT 的影像学分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2020, 32 (3): 275–278. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.03.005.
- [20] Liu JP, Li Y, Liu WH, et al. Imaging analysis of chest CT of mild imported corona virus disease 2019 patients based on artificial intelligence [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2020, 32 (3): 275–278. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2020.03.005.
- [21] Gonçalves A, Portela F, Santos MF, et al. Towards of a real-time big data architecture to intensive care [J]. Procedia Comput Sci, 2017, 113: 585–590. DOI: 10.1016/j.procs.2017.08.294.
- [22] Youssef A, Chaudhary ZK, Wiljer D, et al. Mapping evidence of patients' experiences in integrated care: a scoping review [J]. Gen Hosp Psychiatry, 2019, 61: 1–9. DOI: 10.1016/j.genhosppsych.2019.08.004.

(收稿日期: 2020-07-19)