

· 论著 ·

【编者按】 随着我国老龄化进程加快、慢性病人数量逐年增长，通过基层医疗卫生机构采集并上传至远程心电图中心的心电数据量呈几何级增长，危急值心电图的比例也相应增加，因此寻找能帮助医生准确判读心电图、优化诊断流程、提高危急值心电图诊断时效性的手段越发重要。本研究通过将人工智能（AI）技术运用到远程心电云平台中，使平台能依据AI预分析诊断结果进行优先级自动排序，并显示于诊断病例管理列表中。对符合危急值心电图诊断标准的心电图，系统还能自动推送至诊断病例管理列表中，置顶并附带声音提示。该技术不但可帮助医生提高诊断准确性，还缩短了远程心电图中心医生对危急值心电图的响应时间与危急值心电图诊断时间，有助于基层医疗卫生机构更好地救治急危重症患者。



扫描二维码
查看原文

人工智能在远程心电云平台辅助决策 基层危急值心电图中的应用价值研究

余新艳¹，顾志乐²，张晓娟¹，赵晓晔³，张海澄^{4*}

【摘要】 背景 远程心电云平台对心血管疾病防治具有积极的底层支撑作用。在探索应用人工智能（AI）技术协同医生更好地判读心电图的同时，如何优化诊断流程、提高危急值心电图诊断时效性是研究者在远程心电云平台建设中必须关注和解决的问题。目的 探讨AI在远程心电云平台辅助决策基层危急值心电图中的应用价值。方法 选取2019年6月至2021年6月基层医疗卫生机构采集并上传至纳龙远程心电云平台的20 808份12导联静态心电图，同时经AI（AI组）诊断和专业心电图医生（医生组）诊断后，将符合危急值心电图诊断标准的心电图纳入危急值组，符合正常心电图诊断标准的心电图纳入正常组，结果虽异常但不符合危急值心电图诊断标准的心电图纳入阳性组。以医生组诊断结果作为金标准，统计AI组与医生组诊断的一致性、符合率及AI组诊断的灵敏度、阳性预测值，统计各组心电图诊断用时。结果 AI组诊断的危急值组、阳性组、正常组心电图分别为619、15 634、4 555份；医生组诊断的危急值组、阳性组、正常组心电图分别为619、15 759、4 430份。AI组与医生组诊断具有强一致性〔 $Kappa$ 值=0.984，95%CI（0.982，0.987）， $P<0.001$ 〕；两组诊断符合率为99.4%；AI组诊断灵敏度为99.4%，阳性预测值为100.0%。危急值组、阳性组、正常组的诊断平均用时比较，差异有统计学意义（ $P<0.001$ ），其中危急值组诊断平均用时较阳性组、正常组短（ $P<0.001$ ）。结论 AI应用于远程心电云平台中，不但可协助医生判读心电图，提高诊断的准确性，还可优化诊断流程，缩短危急值心电图诊断用时，有助于基层急危重症患者的救治。

【关键词】 心血管疾病；人工智能；诊断技术，心血管；心电图记录术；远程心电云平台；基层医疗机构；诊断

【中图分类号】 R 54 【文献标识码】 A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2021.01.411

余新艳，顾志乐，张晓娟，等. 人工智能在远程心电云平台辅助决策基层危急值心电图中的应用价值研究 [J]. 中国全科医学, 2022, 25 (11): 1363-1367, 1372. [www.chinagp.net]

YU X Y, GU Z L, ZHANG X J, et al. Application of artificial intelligence technologies in a cloud-based platform for electrocardiography analysis to support the diagnosis of a critical ECG in primary care [J]. Chinese General Practice, 2022, 25 (11): 1363-1367, 1372.

Application of Artificial Intelligence Technologies in a Cloud-based Platform for ECG Analysis to Support the Diagnosis of a Critical Electrocardiography in Primary Care YU Xinyan¹, GU Zhile², ZHANG Xiaojuan¹, ZHAO Xiaoye³, ZHANG Haicheng^{4*}

1. Health Management (Physical Examination) Center, the First People's Hospital of Yinchuan, Yinchuan 750001, China

2. Damiao Community Health Station, the First People's Hospital of Yinchuan, Yinchuan 750001, China

3. School of Electrical and Information Engineering, Northern Minzu University, Yinchuan 750021, China

4. Department of Cardiology, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

基金项目：国家社科基金重大项目（18ZDA086-4）；银川市科技创新重点重大专项（2021-SF-009）；北方民族重点研发项目（2021JYCJ10）

1.750001 宁夏回族自治区银川市第一人民医院健康管理（体检）中心 2.750001 宁夏回族自治区银川市第一人民医院大庙社区卫生服务站 3.750021 宁夏回族自治区银川市，北方民族大学电气信息工程学院 4.100044 北京市，北京大学人民医院心内科

*通信作者：张海澄，主任医师；E-mail: haichengzhang@bjmu.edu.cn

本文数字出版日期：2022-03-17

*Corresponding author: ZHANG Haicheng, Chief physician; E-mail: haichengzhang@bjmu.edu.cn

【Abstract】 Background The cloud-based platform for electrocardiography (ECG) analysis plays a supporting role in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. During the construction of a cloud-based platform for ECG analysis, problems that should be focused and addressed are exploring ways to better use artificial intelligence (AI) technologies supporting ECG analysis, and improving the process and effectiveness of AI-aided diagnosis of a critical ECG. **Objective** To explore the use of AI technologies in a cloud-based platform for ECG analysis to support the diagnosis of a critical ECG in primary care. **Methods** The 12-lead resting ECGs ($n=20\ 808$) uploaded to Nalong Cloud-based ECG Analysis Platform by primary healthcare institutions were selected from June 2019 to June 2021. After being interpreted by AI-based algorithms and physicians, respectively, ECG findings were classified into critical group (critical ECGs), normal group (normal ECGs), and positive group (abnormal but not critical ECGs). The results interpreted by the AI-based algorithm were compared with those interpreted by physicians (defined as the gold standard) to assess the diagnostic agreement and coincidence rate between AI-based and physician-based interpretations, and to assess the diagnostic sensitivity, and positive predictive value of AI-based interpretation. And the mean time for making diagnoses of three groups of ECGs was calculated. **Results** By the AI-based interpretation, 619, 15 634 and 45 55 ECGs were included in the critical, positive, and normal groups, respectively. And by the physician-based interpretation, 619, 15 759 and 4 430 ECGs were included in the critical, positive, and normal groups, respectively. There was high agreement between AI-based and physician-based interpretation results of ECGs [$Kappa=0.984$, $95\%CI(0.982, 0.987)$, $P<0.001$], with a diagnostic coincidence rate of 99.4%. The diagnostic sensitivity and positive predictive value of AI-based interpretation for ECGs was 99.4%, and 100.0%, respectively. The mean time for making diagnoses of critical ECGs, abnormal but not critical ECGs, and normal ECGs was statistically different ($P<0.001$), the mean time of critical critical ECGs was shorter than normal ECGs and abnormal but not critical ECGs ($P<0.001$). **Conclusion** AI technologies used in a cloud-based platform for ECG analysis could provide physicians with support for interpreting ECGs, which may contribute to improving the interpretation accuracy, optimizing the diagnostic process, shortening the time for diagnosing a critical ECG, and the treating of critical patients in primary care.

【Key words】 Cardiovascular Diseases; Artificial intelligence; Diagnostic techniques, cardiovascular; Electrocardiography; Remote electrocardiography cloud platform; Primary medical institutions; Diagnosis

心电图诊断现广泛应用于临床,其针对心血管疾病的检查尤为有效,但我国精通心电图诊断的医生比例不到3%,供需比严重不平衡(1:6 944)^[1-2],诊疗人才分布不均衡,基层医疗卫生机构(如社区卫生服务站、社区卫生服务中心、乡镇卫生院等)缺乏精通心电图诊断的医生(该类医生多任职于大型三甲医院)^[3]。随着计算机技术、通信技术与医疗技术的发展,各地纷纷通过建设“远程心电云平台”的方法建立“基层检查、上级诊断”的模式以解决上述矛盾。但是,随着我国人口老龄化进程的加快、慢性病人数量逐年增长,基层医疗卫生机构采集并上传至远程心电诊断中心的心电数据呈几何级增长,危急值心电图的比例也相应增加。如何辅助医生更好更快地完成心电图诊断、解决基层医疗卫生机构心电图诊断水平参差不齐的问题、满足社会日益增长的心电图诊断需求,已成为临床亟待解决的重要问题。

人工智能(artificial intelligence, AI)起源于1950年艾伦·图灵对机器智能的测试。AI通过利用各种模糊逻辑理论的分类及回归算法、人工神经网络算法、机器学习算法等技术手段,根据输入的经验与信息,以及构建概念,完成人类易于执行但难于形式化描述的任务,其信息存储和信息处理能力优势明显^[4-5]。目前, AI

本研究价值:

(1)本研究对人工智能(AI)在远程心电云平台中的应用加以阐述,有利于相关工作者了解AI在远程心电云平台建设中的应用价值;(2)本研究较详尽地描述了如何通过AI技术提升“危急值”心电图诊断时效性,为今后AI在远程心电云平台的应用指明了研究方向。

本研究局限性:

本研究仅列举了AI在远程心电云平台辅助决策基层危急值心电图中的应用,而未涉及AI技术辅助远程心电云平台上其他不同级别与性质的医疗机构,及针对同一医疗机构中不同科室的心电数据进行快速准确诊断的应用。

已经成为医疗创新的前沿领域,从新药研发、疾病预测、高级成像到医疗管理等环节,均离不开AI技术的支持, AI已成为医疗行业的有力辅助和支撑^[6-7]。因此,探索如何应用AI技术更好地协同医生判读心电图、优化心电图诊断流程、提高危急值心电图诊断时效性显得尤为重要。本研究通过分析基层医疗卫生机构采集并上传至远程心电云平台的20 808份12导联静态心电图,阐述AI在远程心电云平台辅助决策基层危急值心电图

的应用价值。

1 资料与方法

1.1 资料来源 选取2019年6月至2021年6月基层医疗卫生机构采集并通过互联网上传至纳龙远程心电云平台的12导联静态心电图。心电图经AI(AI组)诊断和专业心电图医生(医生组)诊断后,符合“危急值心电图诊断标准”的心电图纳入危急值组;诊断结果符合“正常心电图”或“大致正常心电图”的心电图纳入正常组;诊断结果虽异常但不符合“危急值心电图诊断标准”的心电图纳入阳性组。本研究经银川市第一人民医院伦理委员会批准〔银一医伦理第(2020-110)号〕。

1.2 纳入标准与排除标准 纳入标准:同时具备AI诊断结果及专业心电图医生诊断结果的12导联静态心电图。排除标准:(1)一般资料不全;(2)缺失“上传时间”或“诊断时间”项;(3)缺失AI和/或专业心电图医生诊断结果。

1.3 病例采集方法 各级医疗机构工作人员使用指定账号登录纳龙系统采集端,通过系统采集端录入患者基本信息(姓名、性别、年龄、既往史、有无不适症状等),采集患者15~30s 12导联静态心电图,并通过4G/5G网络自动上传至纳龙远程心电云平台。远程心电云平台将原始心电图数据按预设调度方案分配至相应基层医疗卫生机构所属远程心电诊断中心进行诊断。在诊断中心的分析诊断端病例管理界面可以显示患者信息、心电图检查时间、上传时间、数据来源单位及采集人员的联系方式。

1.4 预警及诊断流程 纳龙远程心电云平台心电AI诊断算法(AI智能分析)对各基层医疗卫生机构采集的心电数据进行AI智能分析,将符合“危急值心电图诊断标准”的心电图自动推送至诊断分析端并进行声音提示,同时通过后台智能调度,将此类病例自动推送至目前登录医生中最高职称者的诊断界面并置顶(夜班或节假日时自动推送至值班医生诊断界面),以危急符号标识预警。系统确保在相应医生诊断完上一份心电图时自动打开预警心电图,同时将此病例信息推送至该诊断医生微信号进一步提醒。纳龙远程心电云平台在诊断界面自动将AI诊断为阳性和正常的心电图按上传时间排序,阳性心电图排列于正常心电图前。经远程心电诊断中心的专业心电图医生判读后,原始心电图诊断报告自动回传至采集端基层医疗卫生机构,病例管理界面自动显示病例诊断时间,对于危急值心电图病例,诊断中心医生依据病例管理界面显示的数据来源单位,电话通知其采集人员及时采取120急救措施。见图1~2。

1.5 判读标准 (1)危急值心电图诊断及AI预警标准参考《心电图危急值2017中国专家共识》^[8]; (2)AI组及医生组诊断术语参照《心电图诊断术语规范化中国专家共识(2019)》^[9]; (3)以医生组诊断结果

为“金标准”; (4)AI与医生诊断同一份心电图,结果相符记为“符合”,结果不符记为“不符合”; (5)诊断用时以AI组诊断为标准进行统计。诊断用时=心电图诊断结束时间-心电图上传时间。

1.6 统计学方法 采用SPSS 20.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用方差分析,组间两两比较采用LSD-*t*检验;计数资料以相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验;诊断一致性分析采用Kappa检验,以Kappa值 ≥ 0.40 为两组数据具有一致性,Kappa值在0.41~0.60具有中等一致性,在0.61~0.80具有较强一致性,在0.81~1.00具有强一致性。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 诊断结果 共获得20 808份12导联静态心电图,其中男性9 322例,女性11 486例,平均年龄(63.6 ± 13.7)岁;医生组诊断的危急值组619份、正常组4 430份、阳性组15 759份;AI组诊断的危急值组619份、正常

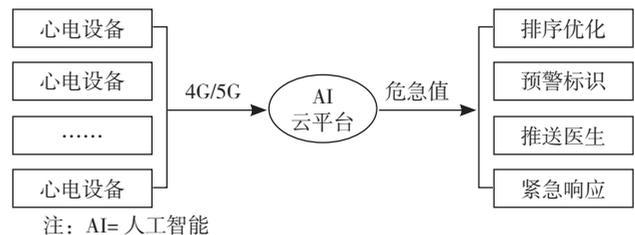


图1 病例预警流程

Figure 1 Process of early warning of a critical ECG by the AI-based algorithm

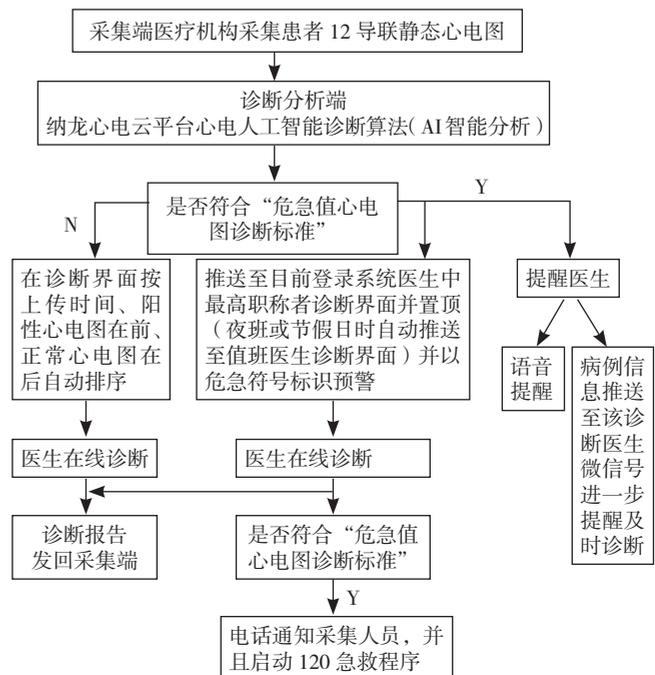


图2 病例诊断流程

Figure 2 Process of the diagnosis of a patient with critical ECG supported by the AI-based algorithm

组 4 555 份、阳性组 15 634 份。

2.2 AI 组与医生组诊断一致性分析 AI 组诊断与医生组诊断具有强一致性 [$Kappa$ 值 =0.984, 95%CI (0.982, 0.987) , $P<0.001$] , 见表 1。

2.3 AI 组与医生组诊断符合率统计 AI 组诊断结果与医生组诊断结果符合率为 99.4%。

2.4 AI 组诊断灵敏度、阳性预测值统计 AI 组诊断灵敏度为 99.4%, 阳性预测值为 100.0%。危急值组、阳性组、正常组的灵敏度分别为 100.0%、92.1%、100.0%; 阳性预测值分别为 100.0%、100.0%、100.0%。

2.5 诊断平均用时统计 20 808 份心电图诊断平均用时 (16.36 ± 7.85) min, 其中危急值组诊断平均用时 (3.95 ± 1.98) min、阳性组诊断平均用时 (13.92 ± 5.17) min、正常组诊断平均用时 (26.75 ± 6.57) min。危急值组、阳性组及正常组诊断平均用时比较, 差异有统计学意义 ($F=11\ 295.76$, $P<0.001$); 其中正常组诊断平均用时较阳性组、危急值组延长 ($P<0.001$), 阳性组诊断平均用时较危急值组延长 ($P<0.001$)。

2.6 心电图诊断用时及占比统计 危急值组诊断用时介于 0.60~9.99 min, 阳性组诊断用时介于 3.20~4.11 min, 正常组诊断用时介于 12.40~52.22 min, 详见表 2。

3 讨论

随着“国家远程医疗信息系统建设”政策的提出、

表 1 AI 组与医生组诊断一致性分析 (例)

Table 1 Diagnostic agreement between AI-based and physician-based interpretation results of ECGs

AI 组	医生组			总计
	危急值组	阳性组	正常组	
危急值组	619	0	0	619
阳性组	0	15 634	0	15 634
正常组	0	125	4 430	4 555
总计	619	15 759	4 430	20 808

注: AI= 人工智能

表 2 心电图诊断用时及占比统计表

Table 2 Distribution of seven types of time durations for making diagnoses of critical ECGs, normal ECGs, and abnormal but not critical ECGs

	危急值组		阳性组		正常组	
	例数 (例)	占比 (%)	例数 (例)	占比 (%)	例数 (例)	占比 (%)
≤ 2 min	86	13.89	0	0	0	0
>2~5 min	373	60.26	693	4.40	0	0
>5~8 min	128	20.68	1 418	9.00	0	0
>8~12 min	32	5.17	3 563	22.61	0	0
>12~20 min	0	0	8 120	51.53	716	16.16
>20~30 min	0	0	1 944	12.33	2 307	52.08
>30 min	0	0	21	0.13	1 407	31.76

国家远程医疗政策下“互联网+技术”的应用及后疫情时代推动下的远程问诊、分级诊疗等举措的实施, 多地均加大了远程医疗的建设力度。远程心电云平台的建设对心血管疾病的防治具有积极的底层支撑作用^[10], 在分级诊疗的形势下, 其更能提升基层医疗卫生机构对心血管疾病的诊疗能力, 而心电图, 尤其是危急值心电图诊断的时效性必须关注。如何从同一时段大量上传的心电图数据中及时发现、诊断、回传危急值心电图并启动危急值救治流程, 是研究者在远程心电云平台建设中必须考虑和解决的问题。

远程心电云平台的基本框架是云平台涵盖区域内的各级医疗卫生机构将自己采集到的原始心电图数据通过互联网上传至远程心电图诊断中心, 再由专业心电图诊断医生出具带有电子签名的诊断报告并回传至相应基层医疗卫生机构。目前各地的远程心电诊断中心基本分为层次型、中心辐射型和融合型三类^[11]。AI 是一门研究、开发、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的新科学^[12], 其中医疗 AI 是指将 AI 技术运用于医疗相关领域, 达到赋能及提升医疗诊断水平的目的^[13]。AI 与医疗的合理融合将为社会提供更高效、精准、个性化的医疗服务, 并将在改善医疗资源分配不均、降低医疗成本、提高医疗效率等方面发挥日益重要的作用^[14-16]。AI 远程心电云平台的搭建可充分利用 AI 对心电图进行初步处理, 从而在提高心电图诊断质量的同时有效缩短诊断时间^[17]。

危急值心电图是指可引起严重血流动力学变化甚至危及患者生命的心电图表现。心电图医生如能及时、准确地报告危急值心电图则有助于临床医生迅速做出判断、诊疗, 从而使患者最大限度地获得救治机会^[18]。各地远程心电诊断中心的医疗工作者时常面临高峰期时段大量心电图数据同时上传至诊断中心的问题, 既往多数远程心电云平台仅依据上传时间顺序将心电图数据依次排列, 忽视了危急值心电图诊断的急迫性, 容易贻误患者最佳治疗时间。目前多数远程心电诊断中心均存在高峰期诊断医生严重不足的问题, 因此更需第一时间诊断出危急值心电图, 以利于基层医生及时决策和快速救治患者。因此, 本研究将 AI 技术运用于远程心电云平台, 使平台能依据 AI 预分析诊断结果进行“危急值心电图-阳性心电图-正常心电图”的优先级自动排序, 并显示于诊断病例管理列表中, 以提高危急值心电图的诊断时效性, 进而助力临床决策。

本研究对 20 808 份 12 导联静态心电图的诊断结果进行统计, 分别依据 AI 诊断和专业心电图医生诊断列出危急值组、阳性组及正常组心电图, 结果显示 AI 组与医生组的诊断在划分不同心电图分组上具有强

一致性。同时,本研究以医生组诊断为对照,统计得出AI组与医生组在心电图不同分组上的诊断符合率达99.4%,表明本研究的AI分析具有足够的准确度,能完成病例的预分析诊断。本研究进一步以医生组诊断分组为金标准,统计得出AI组诊断分组的灵敏度为99.4%,阳性预测值为100.0%,表明AI诊断能准确分组心电图,为进一步利用AI技术将分组后心电图智能排序并实现危急值心电图预警的目标打下坚实基础。

心电图诊断用时统计结果显示,危急值组中13.89%、74.15%、94.83%、100.00%的心电图分别于2 min、5 min、8 min、10 min内完成诊断,诊断最短用时仅0.6 min,最长用时也不足10 min;阳性组仅4.40%的心电图于5 min内完成诊断,87.34%的心电图于20 min内完成诊断,诊断最短用时3.2 min;正常组最短诊断用时12.4 min,68.24%的心电图于30 min内完成诊断。由此表明,AI智能排序能于5 min内完成AI预判为“危急值”的多数心电图诊断。本研究统计了各组诊断平均用时,结果显示危急值组诊断平均用时〔(3.95±1.98) min〕短于阳性组〔(13.92±5.17) min〕和正常组〔(26.75±6.57) min〕。以上数据说明,AI技术预诊断原始心电图数据并将之智能排序能有效降低诊断队列中危急值心电图的分析等待时间。

本研究发现,危急值心电图诊断时效性优于阳性和正常心电图,原因可能是:除AI算法准确可靠和AI排序优化诊断流程外,远程心电云平台还为保障诊断中心医生能第一时间发现危急值心电图设置了危急值心电图特殊符号标识及声音同步提醒预警,且将此病例信息推送至该诊断医生微信进一步预警提醒其及时诊断,此设置在晚上及节假日只有1名医生值班时非常重要。这些举措进一步提高了危急值心电图诊断的时效性,利于患者的及时救治。

将AI技术充分运用在远程心电云平台的建设中不但可准确协助诊断,还可大幅提升诊断的时效性,为患者提供准确快速的医学帮助。本研究团队今后也将继续探索如何提高和保障AI诊断的准确性,尤其是多样化危急重病例的识别上如何更好发挥AI优势^[19-21],关注和解决AI大数据技术安全保障、AI分析用户信息安全、院内数据与AI技术融合壁垒、AI分析后生成的无效扰乱数据等问题^[22]。同时也要时刻牢记“AI不可取代专业心电图医生诊断,只能协助诊断”的原则,使AI妥善地应用于医学领域,达到解放部分人力的效果^[23-25]。

综上所述,有AI加入的远程心电云平台不但可准确协助医生诊断,还可提高远程心电诊断中心医生对危急值心电图的响应时效,缩短危急值心电图诊断时间,有助于基层医疗卫生机构危急重患者的救治。

作者贡献:余新艳进行研究的实施与可行性分析、数据收集、撰写论文;顾志乐进行数据整理、结果的分析与解释;张晓娟进行审校;赵晓晔进行统计学处理;张海澄进行文章的构思与设计、对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 郑以军. 家庭医生团队综合干预2型糖尿病患者疗效观察[J]. 中国城乡企业卫生, 2018, 33(9): 115-117. DOI: 10.16286/j.1003-5052.2018.09.047.
- [2] JORDAN P, MPASA F, TEN HAM-BALOYI W, et al. Implementation strategies for guidelines at ICUs: a systematic review[J]. Int J Heal Care Qual Assur, 2017, 30(4): 358-372. DOI: 10.1108/ijhcqa-08-2016-0119.
- [3] 杨森, 石建伟, 金花, 等. 基层医疗机构全科医学管理者领导力研究进展[J]. 中国全科医学, 2020, 23(22): 2763-2767. DOI: 10.1007/s00259-019-04373-w. YANG S, SHI J W, JIN H, et al. Research progress on the leadership of managers in primary medical institutions[J]. Chin Gen Pract, 2020, 23(22): 2763-2767. DOI: 10.1007/s00259-019-04373-w.
- [4] 贾明权. 人工智能在军事领域的应用思考[C]. 成都市科协, 成都市科学技术局. 2018成都人工智能发展论坛, 2018.
- [5] 王彦雨, 高芳. 主要国家人工智能技术发展路线图规划模式及启示[J]. 中国科技论坛, 2022(1): 180-188. DOI: 10.13580/j.cnki.fstc.2022.01.022. WANG Y Y, GAO F. Model and enlightenment of artificial intelligence development roadmap in major countries[J]. Forum on Science and Technology in China, 2022(1): 180-188. DOI: 10.13580/j.cnki.fstc.2022.01.022.
- [6] 刘琪, 谷笑颖. 医疗人工智能应用中的伦理困境及对策研究[J]. 医学与哲学, 2019, 40(21): 5-8. LIU Q, GU X Y. Ethical dilemma and countermeasures in the application of medical artificial intelligence[J]. Med Philos, 2019, 40(21): 5-8.
- [7] 王海星, 田雪晴, 游茂, 等. 人工智能在医疗领域应用现状、问题及建议[J]. 卫生软科学, 2018, 32(5): 3-5, 9. WANG H X, TIAN X Q, YOU M, et al. Application status, problems and suggestions of artificial intelligence in medical field[J]. Soft Sci Heal, 2018, 32(5): 3-5, 9.
- [8] 中国心电学会危急值专家工作组. 心电图危急值2017中国专家共识[J]. 临床心电学杂志, 2017, 26(6): 401-402.
- [9] 全军心血管专业委员会心脏无创检测学组. 《心电图诊断术语规范化中国专家共识(2019)》编写专家组. 心电图诊断术语规范化中国专家共识(2019)[J]. 实用心电学杂志, 2019, 28(3): 161-165. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2019.03.002.
- [10] 余新艳, 马忠. 远程网络在公共卫生体系中价值的思考[J]. 中国医院院长, 2020(14): 60-63.
- [11] 王宏治, 景显超. 远程心电诊断在分级诊疗中的应用[J]. 实用心电学杂志, 2018, 27(5): 348-350. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2018.05.011.

- 1328-1331. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2020.12.15.
- XIE N H, YAN H, DING J, et al. Reliability and validity analysis of the hospital anxiety and depression scale among HIV/AIDS patients [J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2020, 26 (12): 1328-1331. DOI: 10.13419/j.cnki.aids.2020.12.15.
- [22] ZHENG Y P, ZHAO J P, PHILLIPS M, et al. Validity and reliability of the Chinese Hamilton depression rating scale [J]. Br J Psychiatry, 1988, 152: 660-664. DOI: 10.1192/bjp.152.5.660.
- [23] 范连梅, 龚磊. 抑郁障碍共病焦虑障碍临床症状调查及相关因素分析 [J]. 基层医学论坛, 2019, 23 (14): 1935-1937. DOI: 10.19435/j.1672-1721.2019.14.004.
- FAN L M, GONG L. Clinical symptoms investigation and related factors analysis of comorbid anxiety disorder in depressive disorder [J]. The Medical Forum, 2019, 23 (14): 1935-1937. DOI: 10.19435/j.1672-1721.2019.14.004.
- [24] 李德海, 侯玉玲, 贺海玉, 等. 焦虑抑郁共病社会心理因素分析及层级护理干预效果 [J]. 河北医药, 2020, 42 (4): 635-637. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2020.04.039.
- LI D H, HOU Y L, HE H Y, et al. Effects of social psychic factors on the anxiety and depression comorbidity and the intervention effects of hierarchical nursing [J]. Hebei Medical Journal, 2020, 42 (4): 635-637. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7386.2020.04.039.
- [25] JURUENA M F, CLEARE A J, PARIANTE C M. The hypothalamic pituitary adrenal axis, glucocorticoid receptor function and relevance to depression [J]. Braz J Psychiatry, 2004, 26 (3): 189-201. DOI: 10.1590/s1516-44462004000300009.
- [26] DUVIVIS H E, VOGELZANGS N, KUPPER N, et al. Differential association of somatic and cognitive symptoms of depression and anxiety with inflammation: findings from the Netherlands Study of Depression and Anxiety (NESDA) [J]. Psychoneuroendocrinology, 2013, 38 (9): 1573-1585. DOI: 10.1016/j.psneuen.2013.01.002.
- [27] FOX C K, GROSS A C, RUDSER K D, et al. Depression, anxiety, and severity of obesity in adolescents: is emotional eating the link? [J]. Clin Pediatr (Phila), 2016, 55 (12): 1120-1125. DOI: 10.1177/0009922815615825.
- [28] HOLTON S, FISHER J, NGUYEN H, et al. Pre-pregnancy body mass index and the risk of antenatal depression and anxiety [J]. Women Birth, 2019, 32 (6): e508-514. DOI: 10.1016/j.wombi.2019.01.007.
- [29] GANLEY R M. Emotion and eating in obesity: a review of the literature [J]. Int J Eat Disord, 1989, 8 (3): 343-361. DOI: 10.1002/1098-108x (198905) 8:3<343:aid-eat2260080310>3.0.co;2-c.
- (收稿日期: 2021-12-24; 修回日期: 2022-01-25)
(本文编辑: 程圣)

(上接第 1367 页)

- [12] VISVIKIS D, CHEZE LE REST C, JAOUEN V, et al. Artificial intelligence, machine (deep) learning and radio (geno) mics: definitions and nuclear medicine imaging applications [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 46 (13): 2630-2637. DOI: 10.1007/s00259-019-04373-w.
- [13] 张寒. 公众理解视域下医疗 AI 的应用及治理 [J]. 科普研究, 2020, 15 (3): 20-27, 109. DOI: 10.19293/j.cnki.1673-8357.2020.03.004.
- ZHANG H. Public understanding of the application and governance of artificial intelligence in medicine and healthcare [J]. Stud Sci Pop, 2020, 15 (3): 20-27, 109. DOI: 10.19293/j.cnki.1673-8357.2020.03.004.
- [14] 黄麒玮, 王奕. 基于人工智能的精准预约对医疗企业预约的改进 [J]. 广西质量监督导报, 2018 (11): 87-88.
- [15] 袁紫藤, 陶金婷, 谈莹, 等. 国内外医疗人工智能应用现状及相关政策 [J]. 医学信息学杂志, 2019, 40 (5): 1-9. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6036.2019.05.001.
- [16] 郑阳. 医疗人工智能的关键技术及应用 [J]. 医学信息, 2021, 34 (2): 19-22.
- ZHENG Y. Key technology and application of medical artificial intelligence [J]. J Med Inf, 2021, 34 (2): 19-22.
- [17] HALCOX J P J, WAREHAM K, CARDEW A, et al. Assessment of remote heart rhythm sampling using the AliveCor heart monitor to screen for atrial fibrillation: the REHEARSE-AF study [J]. Circulation, 2017, 136 (19): 1784-1794. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030583.
- [18] 时慧, 滕培娜, 孟艳红, 等. 93 例心电图危急值报告的临床分析及应用 [J]. 影像研究与医学应用, 2017, 1 (14): 8-9.
- [19] CHO Y, KWON J M, KIM K H, et al. Artificial intelligence algorithm for detecting myocardial infarction using six-lead electrocardiography [J]. Sci Rep, 2020, 10 (1): 20495. DOI: 10.1038/s41598-020-77599-6.
- [20] 杨瑶瑶. 人工智能背景下的移动医疗平台现状及展望 [J]. 未来与发展, 2020, 44 (2): 5-11.
- YANG Y Y. Study on the status quo and prospect of mobile healthcare platform under the background of artificial intelligence [J]. Futur Dev, 2020, 44 (2): 5-11.
- [21] XIONG H, LIANG M L, LIU J Z. A real-time QRS detection algorithm based on energy segmentation for exercise electrocardiogram [J]. Circuits Syst Signal Process, 2021, 40 (10): 4969-4985. DOI: 10.1007/s00034-021-01702-z.
- [22] 吴非, 王志, 夏传真. 推进大数据与 AI 技术在医疗卫生系统应用的建议 [J]. 中国发展, 2020, 20 (2): 6-10. DOI: 10.15885/j.cnki.cn11-4683/z.2020.02.003.
- [23] ALLAN T, PEDRO H A, JAIME C, et al. Artificial Intelligence in Medicine [M]. Germany: Springer, 2022.
- [24] 邵雪, 赵天祺, 孙亚茹, 等. 人工智能在临床医学的新型优势 [J]. 内蒙古医科大学学报, 2021, 43 (3): 316-319. DOI: 10.16343/j.cnki.issn.2095-512x.2021.03.028.
- TAI X, ZHAO T Q, SUN Y R, et al. New advantages of artificial intelligence in clinical medicine [J]. J Inn Mong Med Univ, 2021, 43 (3): 316-319. DOI: 10.16343/j.cnki.issn.2095-512x.2021.03.028.
- [25] 谈在祥, 韩晓平, 丁甜甜. 我国医疗人工智能的发展困境与对策 [J]. 卫生经济研究, 2020, 37 (6): 13-15. DOI: 10.14055/j.cnki.33-1056/f.2020.06.023.
- TAN Z X, HAN X P, DING T T. The development dilemma and countermeasures of medical AI in China [J]. Heal Econ Res, 2020, 37 (6): 13-15. DOI: 10.14055/j.cnki.33-1056/f.2020.06.023.
- (收稿日期: 2021-11-22; 修回日期: 2021-12-15)
(本文编辑: 程圣)