

医疗人工智能产品对患者安全的影响及对策研究

董婷婷

(华中科技大学同济医学院医药卫生管理学院 武汉 430030)

〔摘要〕 构建医疗人工智能产品对患者安全影响框架,结合临床实践,从医疗人工智能研发者、医疗机构、卫生技术人员、政府4个角度分析医疗人工智能产品对患者安全的不利影响,提出相关对策建议,为完善患者安全保障体系提供参考依据。

〔关键词〕 患者安全;医疗人工智能;医疗风险;影响因素;对策

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.02.002

Study on the Impact of Medical Artificial Intelligence Products on Patient Safety and Countermeasures DONG Tingting, School of Medicine and Health Management, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

〔Abstract〕 A framework for the impact of medical Artificial Intelligence (AI) products on patient safety is built. Combined with clinical practice, the paper analyzes the adverse effects of medical AI products on patient safety from four perspectives of medical AI developers, medical institutions, health technicians and government, and puts forward relevant countermeasures and suggestions, so as to provide references for improving the patient safety guarantee system.

〔Keywords〕 patient safety; medical Artificial Intelligence (AI); medical risk; influencing factor; countermeasure

1 引言

2017年国务院发布《新一代人工智能发展规划》^[1],明确提出到2030年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平。随着人工智能技术在医疗领域应用逐渐成熟,如何减少人工智能产品的不利影响,切实保障患者安全等问题备受重视。2019年中国医院协会发布《患者安全目标》^[2],强调加强医学设备安全,防范和减少意外伤害,切实保障患者安全。在新政策和新形势下涉及患者安全

的医疗人工智能产品越来越多,如医学影像辅助诊断系统、手术机器人,尚处于发展过程中、缺乏稳定性的产品可能会影响患者健康甚至危及生命^[3-4]。本文分析医疗人工智能产品应用过程,探讨其对患者安全造成的不利影响并提出相应对策,从而助力和谐医患关系以及患者安全保障体系建设。

2 理论依据

Avedis Donabedian^[5]于1966年提出用结构-过程-结果的三维质量评价模式客观评价医疗服务质量,结构即支撑医疗服务的组织框架、人力资源等,过程即将结构置于具体实践活动中,结果即最终结论。该模式的提出和发展为医疗服务质量评价

〔收稿日期〕 2020-12-18

〔作者简介〕 董婷婷,硕士研究生。

提供了更广泛的视野,其本质是将医疗卫生服务看成是一个由结构、过程和结果构成的系统,3者相辅相成,良好的结构能够增加良好过程的可能性,而良好的过程也会对结果带来影响。从结构、过程、结果3个维度分析问题的方式可广泛应用于医疗服务质量控制、质量缺陷追踪、质量评价体系构建等领域^[6]。有国内学者针对远程医疗服务质量开展相关研究^[7],将结构界定为设施设备、人员配置、政策,将过程界定为医患沟通、诊疗规范、信息共享,将结果界定为对健康产出、医疗费用、满意度的影响。合理运用该模式,使结构、过程、结果有机融合,有助于在医疗服务过程中及时发现问題并补救。

3 医疗人工智能对患者安全影响框架

3.1 总体框架

本文基于结构-过程-结果三维质量评价理论,结合国内外研究成果^[8-9],尝试构建医疗人工智能产品对患者安全影响的研究框架。在本研究中结构要素包括医疗人工智能研发者、医疗机构、卫生技术人员、政府,过程包括智能诊断、智能医疗、健康管理、疾病预测、药物研发,结果指对患者安全的不利影响,见图1。该框架的基本思想是:医疗人工智能产品通过医疗人工智能研发者、医疗机构、卫生技术人员、政府4个结构要素,作用于智能诊断、智能医疗、健康管理、疾病预测、药物研发等具体过程,对患者安全产生不利影响。在此框架中通过结构、过程、结果3个维度进行分析,从而为更好地解决患者安全问题提供系统的建议。

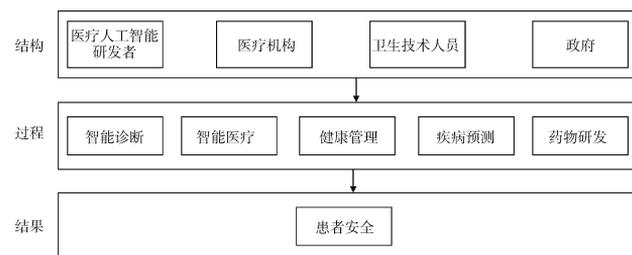


图1 医疗人工智能患者安全影响研究总体框架

3.2 结构要素

3.2.1 医疗人工智能研发者 医学科学技术水平对患者安全的影响体现在两方面,一是医学发展相对于疾病变异具有滞后性,目前受医学发展水平限制对部分疾病还不具备治疗能力,尚有空白领域。二是医学科学技术应用需要临床试验,应用不成熟技术可能产生巨大医疗风险^[10]。医疗器械质量对患者安全的影响体现在不良事件上,医疗过程中会应用医疗器械辅助诊治,从确认需求、开发测试到临床试验,再到产品上市应用各环节均可能产生故障,发生危害患者健康的不良事件^[11]。

3.2.2 医疗机构 医疗机构对患者安全的影响指医疗机构自身问题导致医疗缺陷事件^[12],主要体现在规章制度、教育培训等医疗机构管理水平方面,医疗机构管理水平较大程度影响医疗风险发生的数量和频率。

3.2.3 卫生技术人员 卫生技术人员指取得国家行政许可、掌握医药卫生知识和技能以提供诊断治疗、公共卫生、药剂、护理服务为职业的人员^[13],包括医生、护士、医技人员等。卫生技术人员水平对患者安全的影响指卫生技术人员自身问题导致医疗缺陷事件并对患者安全造成负面影响^[12],影响因素包含卫生技术人员诊疗水平、操作流程规范性、使用新设备熟练程度以及责任心、服务意识等道德修养。

3.2.4 政府 政府对患者安全的影响体现在技术研发、应用标准等法律法规方面。法律法规是患者安全的重要保障,有效且完善的法律法规可推动技术运行更加符合法理、伦理以及情理,使技术发展不偏离合法合规的轨道^[14]。

3.3 具体过程

人工智能在医疗健康各领域均有应用,其中智能诊断、智能医疗、健康管理、疾病预测、药物研发领域应用较为普遍^[15-16]。患者接受医疗服务的方式决定了医疗人工智能产品对患者安全产生影响的过程,例如患者进行乳腺检查,如果医学影像辅

助诊断系统出现误诊将影响医生判断,进而对患者安全产生不利影响。本文主要选择医学影像辅助诊断系统、手术机器人、康复机器人、远程医疗4个典型产品,分析其在实际过程中对患者安全产生的不利影响。

3.4 结果

医疗人工智能产品受不同结构要素影响,且通过不同过程对患者安全产生影响,但最终都是围绕同一结果,即对患者安全产生不利影响。

4 医疗人工智能产品对患者安全的不利影响

4.1 医疗人工智能研发者

4.1.1 医学技术水平的影响 以康复机器人为例,主要涉及的技术包括深度学习算法、感知觉与运动功能的生物重建和增强、肌电信息融合感知与控制等,是典型的多技术和多学科交叉复杂系统^[17]。如果康复机器人技术水平不够成熟,容易在辅助患者行动过程中造成伤害。(1) 技术研究。在一项运动辅助技术研究中^[18], Lokmat 等实现对患者下肢步态活动自由程度以及受限范围运动控制,从理论角度这一方法可以实现步态与人机耦合力双重把控,但是对处理器计算能力有较高要求。针对患者病情不稳定、模型参数与实际不契合的现实状况,akahashi 研究团队对腕关节康复训练机器人控制设计进行改善优化; Wege 等在滑膜部位设置控制器以有效适应患者病情动态变化,但是在严格条件下该系统稳定性并不乐观。上述技术研究中所考虑的系统稳定性、实时性等都与患者安全紧密相关。一项人机信息交互技术研究涉及脑机接口、肌电检测等技术^[19],其主要作用在于同时检测患者实际意图和外部环境系统,但存在3方面问题:意图产生环节信息识别准确性、意图识别环节信息反馈时效性、反馈刺激环节信息内容形式有效性,直接影响机器人能否准确实现预期的患者运动功能康复训练,将对患者功能康复疗效和安全性产生长期影响。(2) 产品设计思路。康复机器人设计的基本思

路是^[20]: 部署多个传感器分布在腰部、腿部、脚底等部位,通过传感器收集患者肌肉和步态信息,如肌力疲劳度、心跳、呼吸频率等,机器人借此捕捉行走方式并通过深度学习算法对患者最佳体重支持力进行评估,以任务形式促使患者进行康复训练,最终学习获得符合人体实际需求的运动方式。如果技术水平达不到国家标准,例如在路径规划、关节运动匹配度等方面存在问题^[21],无法实现人机实时交互、协调配合,则患者不能有效指挥、控制机器人,难以对肢体侧进行准确重复性运动练习,最终将阻碍运动功能康复进程^[22],甚至会导致跌倒等意外,影响患者生命健康。

4.1.2 医疗器械质量的影响 以手术机器人为例,通常手术机器人和患者有较紧密接触,甚至直接接触及患者器官,如果在手术过程中手术机器人发生器械故障将直接影响手术计划,威胁患者生命健康。(1) 器械特点。手术机器人结构复杂、性能参数众多,使用手术机器人时存在风险。手术机器人可实现功能较多,通常具备软件、硬件、人机交互和显示单元等模块。其中软件模块主要包括空间配准、重构影像以及手术规划等;硬件辅助设施主要包括定位装置、影像采集等,此模块要求匹配临床手术空间;人机交互和显示模块主要负责和医生互动,重点关注手术实际需求以及具体使用场合^[23]。此外手术机器人涉及器械性能参数较多,如高频电刀、机械臂位移情况、自由度、图像处理、定位以及触觉反馈等^[24]。在实际使用过程当中如果出现手臂关节固定螺栓松动、系统死机等异常情况,会对患者器官直接造成伤害。(2) 运作原理。器械质量影响患者安全,以达·芬奇手术机器人为例^[25],其实施手术时医生并不与患者直接接触,而是在操作主控台通过三维视觉等系统操作控制,将手术动作通过传感器同步翻译给置于患者体内的机械手臂,手臂前端安装具有分离、切割、缝合等多种功能的特殊手术器械,精确模拟医生动作完成手术。这一过程涉及器械复杂且全程由计算机控制,如果出现故障较难保障手术安全。

4.2 医疗机构

4.2.1 概述 以远程医疗为例,现阶段我国部分医疗机构并未针对远程医疗服务模式建立较为完善的应用标准和教育培训体系,导致其在具体实施过程中难以对质量进行严格把控,威胁患者生命安全。

4.2.2 远程医疗应用标准不完善 在进行远程医疗服务时双方需进行信息传输,图片、文字、视频、照片等形式医疗信息传输量较大。部分医疗机构的网络性能或远程医疗系统性能未达到标准,一旦出现问题,如诊疗信息传输过慢、信息传输失误、资料不全或不准确、咨询诊断失误可能导致误诊、漏诊^[26],降低医疗服务质量水平,对患者生命安全造成不利影响。

4.2.3 卫生技术人员缺乏远程医疗培训 部分地区医疗管理机构没有意识到远程医疗服务的现实意义与发展前景,对组织工作人员进行远程医疗培训活动并不重视^[27],导致卫生技术人员缺乏系统操作能力,对患者安全产生不利影响。

4.3 卫生技术人员

以医学影像辅助诊断系统为例,在使用过程中卫生技术人员诊断结果会直接影响患者安全,主要出于以下3方面原因:一是医疗人工智能科学技术不成熟,其辅助诊断结果以概率结论支持临床决策,难以保证完全准确^[28]。目前人工智能产品在医疗领域应用处于辅助诊断阶段,无法完全替代卫生技术人员。二是人工智能产品识别出的患者特征和治疗结果之间关联,只是基于相关性研究而不是因果关系,分析结果较难直接转为临床应用^[29],只能作为临床试验研究以及其他原因和效果关系的参考。三是医疗人工智能涉及信息科学、医学、生物学以及机器学习等多学科领域,对操作人员的专业知识和技能水平要求较高,除计算机技术专业外还需要全面了解医疗相关知识,以保证各项操作符合规范^[30]。总之医学影像辅助诊断系统无法取代人工诊断,这就要求医疗人员必须综合专业知识、临床经验、患者病情等做出诊断决策,操作熟练、符合

流程规范,对最终诊断结果负责,否则可能直接影响患者生命健康。

4.4 政府

当前我国政府层面的政策指导多停留在宏观部署规划方面,主要发挥引导性作用。随着人工智能行业迅速发展,为保障患者生命安全,应制定专门的法律法规和规章制度来规范医疗人工智能产品应用。此外各机构之间的医疗信息化平台缺乏协同性,不同平台、版本之间缺乏标准化信息交互接口,软件信息传输通讯信道不同,系统兼容较差,医疗信息无法有效共享^[31],降低人工智能产品为患者提供医疗服务的质量。

5 对策建议

5.1 建设技术开放平台,夯实技术水平

5.1.1 建立公平有效机制 算法是医疗人工智能产品发展的基石^[32],人工智能与医疗行业的融合发展需要各研发方加强技术共享、平台建设等方面的部署,促进资源共享,进而为实现安全、创新发展提供坚实基础。加快建设技术平台,围绕算法建立公平有效、程序完善的机制是保障患者安全的必然要求。

5.1.2 大力促进技术开放平台建设 医疗人工智能研发者应将算法作为核心,将有效数据和高性能硬件作为基础,整合各类数据多方合作,共同研发识别感知、计算推理以及人机交互等共性技术,加快建设开放、可复用的人工智能技术平台。我国医疗人工智能研发者可参考谷歌、IBM等企业,在此类技术平台中实现数据处理、面向应用的特征提取与标注,根据应用目标动态选取不同应用模型、根据不同应用模型使特征数值化,选取算法计算,根据反馈不断优化^[33],逐步形成成熟、共享且可靠的技术开发体系。

5.1.3 严格规范算法设计规则^[34] 一方面要规范算法设计者行为。在人机关系方面,算法技术进步的本质是人为意识更新,因此技术人员应尽可能避

免主观意识影响算法水平。医疗人工智能研发管理人员应对参与算法设计人员行为进行规范,保障算法正确无误且公平。另一方面要明确算法内部运行机制,加强算法可视性与透明性。医疗人工智能研发者需要保证算法或数据能被审查,使用先进技术研究突破技术盲点,使复杂算法更简单而可理解。此外还需要避免对算法的刻意隐瞒,提高透明度。

5.2 加强智能器械管理,保障智能器械质量

5.2.1 建立高效质量监管体系 为保证人工智能在与医疗产业深度融合过程中保持良好安全性,研发者需要严格遵循医疗器械监管制度并建立高效质量监管体系,使用标准化方法有效评估医疗人工智能器械。

5.2.2 遵循医疗器械监管制度,保障器械质量 我国医疗器械监管规范包括《医疗器械监督管理条例》、《医疗器械软件注册技术审查指导原则》、《医疗器械网络安全注册技术审查指导原则》、《移动医疗器械注册技术审查指导原则》等^[35],将医疗器械按照风险程度分成3类实行分类管理。医疗人工智能研发者需根据规范的管控机制和程序对产品进行备案和注册,重点关注数据质量控制、临床使用风险。

5.2.3 对医疗器械进行综合评价 医疗人工智能研发者可以从设备、数据、环境等多个维度对医疗器械进行综合评价。首先,对医疗人工智能硬件和软件进行评估^[36]。研发者应该对其数据收集、储存以及传输等过程进行质量管控,以保障设备运行稳定、功能有效等。例如医学影像设备属于独立性较强的产品,需要对网络响应效率、内存管理等方面进行综合性测试检查,在临床实践条件下测评。其次,对数据标准化程度进行衡量评估。作为临床实践效果质量控制的重要资料,数据集涵盖临床使用、仿真模拟等多方面信息,由于数据来源多且结构与形态不一致,需要按照规范流程进行处理。数据处理可以分为设计、采集、整理以及管理等环节,在不同环节中存在不同质量风险,需要在各个工作环节中建立并完善医疗人工智能数据质量管理

体系^[37],例如在对数据进行标注时,管理人员在标注规范、标注流程、人员责任管理以及质量审核等方面制定规范化操作规则。最后,在多种差异性环境中进行质量评估。除了在规定的网络带宽环境下进行检测外,医疗人工智能研发者还应该在实际工作条件下开展日常性质量控制,判断医疗器械是否随环境条件不同产生显著变化。若出现性能偏离现象则需对影响因素进行深入分析研究,及时报告不良事件。

5.3 提高医疗机构管理水平,推动复合型人才培养

5.3.1 医疗机构需建立健全标准化管理流程规范 一方面,建立医院患者安全管理组织体系。例如设置安全监管机构,为保障治疗过程安全提供支持。制定修改患者安全相关制度体系、管理计划、监控指标。另一方面,建立规范的临床诊断治疗程序。同类型患者群体使用相同产品诊治效果可能存在差异性,主要是受到使用设备的卫生技术人员的影响,例如操作熟练度,进而导致难以对产品治疗效果进行客观性评价。医院管理者应致力于诊疗过程标准化,保证卫生技术人员能严格按照规章制度使用医疗人工智能产品,避免意外发生。

5.3.2 建立健全人才培养和引进机制 拥有高质量专家人才队伍是保证医疗人工智能产品顺利应用的核心要素,应加强优秀医疗人才队伍建设,用多种方式培养和吸引医学人工智能复合型人才,更好地保障患者医疗安全^[38]。各地医疗机构应重视院校合作,通过设立专项奖学金、建立实训基地、共同培养等手段强化人才实践能力与知识水平,逐渐加大与院校跨学科合作力度,实现医学、计算机、工程等学科交叉融合^[39]。此外还要对机构内部人才引进制度进行优化完善,积极鼓励人工智能医疗领域创新,为患者提供更优质服务并推动该领域可持续发展。

5.3.3 卫生技术人员要提高自身专业水平和道德修养 卫生技术人员在日常工作中的道德判断以及对自身行为的约束直接影响诊疗服务效率与质量^[40]。因此医务工作者必须加强社会责任、道德义

务等方面认识,秉持道德规范,将科研的求真精神以及救死扶伤的人文精神相统一。此外还应积极参加医院培训和继续教育计划,不断提升医疗专业水平,培养良好执业习惯和素养。

5.4 完善法律法规,构建健康环境

5.4.1 完善法律法规,把控医疗人工智能发展方向 通过完善相关政策、管理规范等保证人工智能技术在医疗领域实现广泛、良性应用^[41]。建议政府部门以国际通用标准或规范作为参考,对医疗人工智能产品的预防性、包容性、可逆性进行把控^[42],在国家卫健委公布的相关规范、临床控制体系基础上,建立健全我国人工智能在医疗领域的准入机制、质量控制体系以及评估制度,将其作为立法与公共政策制定的参考依据。

5.4.2 着力构建开放共享的健康医疗大数据云平台^[30] 对各级医疗机构信息数据进行统一管理,实现患者个体医疗健康数据高度整合。利用标准化接口整合各机构数据,实现信息系统同步更新、医疗健康信息共享。

6 结语

本文基于结构-过程-结果三维质量评价理论,构建医疗人工智能产品对患者安全影响的框架,从医疗人工智能研发者、医疗机构、卫生技术人员、政府 4 个角度出发,以医学影像辅助诊断系统、手术机器人、康复机器人、远程医疗为例,分析医疗人工智能产品在实际应用过程中对患者安全的不利影响,提出应对措施,推动医疗人工智能产品安全可靠地应用。

参考文献

- 1 《电子政务》编辑部. 新一代人工智能发展规划推进办公室召开 2019 年工作会议 [J]. 电子政务, 2019 (3): 96.
- 2 《中国卫生》编辑部. 中国医院协会患者安全目标 (2019 版) [J]. 中国卫生, 2019 (12): 57-58.
- 3 王姗姗, 翟晓梅. 人工智能医学应用的伦理问题 [J]. 中国医学伦理学, 2019, 32 (8): 972-976.

- 4 周吉银, 刘丹, 曾圣雅. 人工智能在医疗领域中应用的挑战与对策 [J]. 中国医学伦理学, 2019, 32 (3): 281-286.
- 5 陈皓然, 吴秋惠, 王鸯鸯, 等. 基于结构过程结果 (SPO) 模型的药学服务评价研究概述 [J]. 中国药师, 2020, 23 (4): 733-735.
- 6 刘敏杰, 张兰凤, 叶赞, 等. 结构-过程-结果模式在护理质量评价中的应用进展 [J]. 中华护理杂志, 2013, 48 (4): 371-374.
- 7 曹红梅, 胡红岩, 顾海, 等. 结构-过程-结果视角下的远程医疗服务质量评价 [J]. 卫生经济研究, 2019, 36 (3): 32-35.
- 8 郭晓贝, 王颖, 杨雪柯. 患者参与预防跌倒安全管理及影响因素的研究进展 [J]. 护理学杂志, 2019, 34 (1): 103-107.
- 9 O'Hara J K, Lawton R J. At a Crossroads? Key Challenges and Future Opportunities for Patient Involvement in Patient Safety [J]. BMJ Qual Saf, 2016, 25 (8): 565-568.
- 10 王洁. 医学科技进步对医患关系的影响 [D]. 南京: 南京医科大学, 2006.
- 11 欧阳昭连. 在用医疗器械风险管理问题及对策研究 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2007.
- 12 许莘. 医疗风险影响因素分析及预警预控研究 [D]. 上海: 第二军医大学, 2013.
- 13 马辉. 浅议卫生技术人员概念界定 [J]. 中国医院管理, 2014, 34 (8): 66-67.
- 14 倪楠. 人工智能发展过程中的法律规制问题研究 [J]. 人文杂志, 2018 (4): 122-128.
- 15 高奇琦, 吕俊延. 智能医疗: 人工智能时代对公共卫生的机遇与挑战 [J]. 电子政务, 2017 (11): 11-19.
- 16 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.
- 17 郑悦, 景晓蓓, 李光林. 人机智能协同在医疗康复机器人领域的应用 [J]. 仪器仪表学报, 2017, 38 (10): 2373-2380.
- 18 史小华. 坐/卧式下肢康复机器人研究 [D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2014.
- 19 明东, 蒋晟龙, 王忠鹏, 等. 基于人机信息交互的助行外骨骼机器人技术进展 [J]. 自动化学报, 2017, 43 (7): 1089-1100.

- 20 李静, 朱凌云, 苟向锋. 下肢外骨骼康复机器人及其关键技术研究 [J]. 医疗卫生装备, 2018, 39 (8): 95-100.
- 21 王秋惠, 魏玉坤, 刘力蒙. 康复机器人研究与应用进展 [J]. 包装工程, 2018, 39 (18): 83-89.
- 22 梁旭, 王卫群, 侯增广, 等. 康复机器人的人机交互控制方法 [J]. 中国科学: 信息科学, 2018, 48 (1): 24-46.
- 23 梁晓雄, 余国瑞, 黄莉. 手术机器人的检测方法 [J]. 上海计量测试, 2019, 46 (3): 50-51.
- 24 张捷, 顾海, 孙健华, 等. 机器人技术在医疗临床的应用及前景展望 [J]. 机床与液压, 2016, 44 (3): 52-55.
- 25 嵇武, 李宁, 黎介寿. 我国机器人手术开展的现状与前景展望 [J]. 腹腔镜外科杂志, 2011, 16 (2): 85-88.
- 26 朱士俊. 我国远程医疗发展现状、难点和对策分析 [J]. 中国信息界, 2006 (4): 60-63.
- 27 梁丹. 我国远程医疗的影响因素分析及其对策研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- 28 叶涛, 乔幕. 辅助医疗下的 AI 破题路——专访四川大学计算机学院学术院长章毅 [J]. 产城, 2019 (1): 28-31.
- 29 金征宇. 人工智能医学影像应用: 现实与挑战 [J]. 放射学实践, 2018, 33 (10): 989-991.
- 30 孔鸣, 何前锋, 李兰娟. 人工智能辅助诊疗发展现状与战略研究 [J]. 中国工程科学, 2018, 20 (2): 86-91.
- 31 厉杰, 章富荣. 人工智能提升我国医疗效率的机遇与挑战 [J]. 江南论坛, 2020 (10): 30-32.
- 32 赵显鹏. 机器学习在医疗健康数据分析中的应用 [J]. 电子世界, 2020 (18): 116-117.
- 33 王志宏, 杨震. 人工智能技术研究及未来智能化信息服务体系的思考 [J]. 电信科学, 2017, 33 (5): 1-11.
- 34 肖博达, 周国富. 人工智能技术发展及应用综述 [J]. 福建电脑, 2018, 34 (1): 98-99, 103.
- 35 王玥, 戴海洋. 医疗 AI 安全风险的伦理与法律保障机制研究 [J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2020, 12 (3): 241-251.
- 36 王浩, 萧毅, 孟祥峰, 等. 医学影像人工智能临床使用质量控制 [J]. 中华放射学杂志, 2019 (9): 723-727.
- 37 王浩, 孟祥峰, 王权, 等. 人工智能医疗器械用数据集管理与评价方法研究 [J]. 中国医疗设备, 2018, 33 (12): 1-5.
- 38 王海旭, 陈艳萍, 赵凯. 中国人工智能医疗产业发展的现状及国际经验借鉴 [J]. 卫生经济研究, 2020, 37 (9): 9-11, 15.
- 39 范舜, 谈在祥. 人工智能背景下“新医科”建设的挑战与变革 [J]. 中国高校科技, 2019 (7): 56-59.
- 40 姚鸿萍, 侯佳, 张师容, 等. 人工智能在医学人才专业技能与伦理素质培养中的应用与探索 [J]. 中国医学伦理学, 2019, 32 (11): 1477-1480.
- 41 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.
- 42 Vogel, Lauren. Plan Needed to Capitalize on Robots, AI in Healthcare [J]. Canadian Medical Association Journal, 2017, 189 (8): E329-E330.

《医学信息学杂志》版权声明

(1) 作者所投稿件无“抄袭”、“剽窃”、“一稿两投或多投”等学术不端行为, 对于署名无异议, 不涉及保密与知识产权的侵权等问题, 文责自负。对于因上述问题引起的一切法律纠纷, 完全由全体署名作者负责, 无需编辑部承担连带责任。(2) 来稿刊用后, 该稿包括印刷出版和电子出版在内的出版权、复制权、发行权、汇编权、翻译权及信息网络传播权已经转让给《医学信息学杂志》编辑部。除以纸载体形式出版外, 本刊有权以光盘、网络期刊等其他方式刊登文稿, 本刊已加入万方数据“数字化期刊群”、重庆维普“中文科技期刊数据库”、清华同方“中国期刊全文数据库”、中邮阅读网。(3) 作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付, 不再另行发放。作者如不同意文章入编, 投稿时敬请说明。

《医学信息学杂志》编辑部