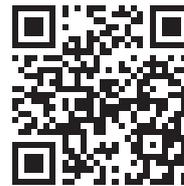


DOI: 10.61189/280960cuidjz

· 专家述评 ·

元宇宙技术在医疗质量控制中的应用

宋元林^{1,2}, 宋振举³, 钱菊英⁴, 蒋维芄¹, 白春学^{1,2,5,6*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
2. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
3. 复旦大学附属中山医院急诊科, 上海 200032
4. 复旦大学附属中山医院心内科, 上海 200032
5. 上海呼吸物联网医学技术工程研究中心, 上海 200032
6. 国际元宇宙医学联盟, 苏州 215163

[摘要] 医疗质量控制对提升医疗服务、保障患者权益以及提高医疗效率至关重要。它如同一把精准的标尺, 衡量每个医疗环节的达标情况。通过质量控制, 能及时发现并纠正问题, 包括诊断准确性、治疗适当性、用药合理性等, 确保医疗服务的安全、有效、适宜和连贯。然而, 当前医疗质量控制面临很多难点: (1) 数据收集和处理工作量大, 医疗数据种类多、来源复杂且分散, 难以整合; (2) 数据分析和利用困难, 需要专业医疗人员解读、发现问题并提出改进方案; (3) 质量控制监管不到位, 需要完善医疗质量管理体系; (4) 持续改进难度大, 要求医疗机构有持续改进的动力和能力, 并应用新技术赋能质量控制。将元宇宙去中心化数据共享技术应用于医疗质控, 是医疗领域的一个重大创新。通过建立完善的质控体系, 简化流程, 强化监管, 并大力提升质控人员素质, 加强信息管理和效果评估, 结合元宇宙技术的实时监控反馈优势, 从而全面提升医疗服务质量: (1) 构建去中心化医疗质控平台, 实现医疗数据的实时采集、传输与分析, 保障医疗质量实时监控与反馈; (2) 利用去中心化技术优化医疗流程, 提升效率并降低错误率; (3) 实施远程医疗质控, 让专家远程指导基层医疗工作; (4) 深度挖掘与分析医疗质量数据, 发现规律并为持续改进提供依据; (5) 开展医疗质量教育与培训, 提升医护人员的质量意识与技能; (6) 进行医疗质量预测与预警, 实时分析数据, 把握质量趋势。尽管物联网和元宇宙去中心化技术为医疗质控带来了新的机遇, 仍存在技术不成熟、用户接受度低、数据安全与隐私保护以及使用成本等挑战。

[关键词] 医疗质量控制; 物联网; 元宇宙; 人工智能; 机器学习

[中图分类号] R 197; TP 18 **[文献标志码]** A

Application of metaverse technology in medical quality control

SONG Yuanlin^{1,2}, SONG Zhenju³, QIAN Juying⁴, JIANG Weipeng¹, BAI Chunxue^{1,2,5,6*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
2. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China
3. Department of Emergency, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
4. Department of Cardiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
5. Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China
6. International Alliance for Metaverse in Medicine, Suzhou 215163, Jiangsu, China

[Abstract] Medical quality control is very important to improve medical services, protect patients' rights and interests, and improve medical efficiency. It is like a precise ruler to measure whether each medical procedure meets the standards. Through quality control, problems can be found and corrected in a timely manner, such as diagnostic accuracy, treatment appropriateness, medication rationality, etc., to ensure the safety, effectiveness, appropriateness and consistency of medical services. However, at present, medical quality control faces many difficulties: (1) data collection and processing are challenging, medical data are diverse, complex and scattered, and integration is difficult; (2) data analysis is difficult to use, and professional medical personnel need to interpret it in order to find problems and propose improvement plans; (3) quality control supervision is not in place, and the medical quality management system needs to be improved, and the investment is large; (4) It is difficult to make continuous improvement, which requires medical institutions to have the motivation and ability to continuously improve, and apply new quality control technologies that keep pace with

[收稿日期] 2024-06-18

[接受日期] 2024-06-23

[作者简介] 宋元林, 主任医师. E-mail: song.yuanlin@zs-hospital.sh.cn

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

the times. For example, the application of metaverse decentralized data sharing technology to medical quality control is a major innovation in the medical field, which can comprehensively improve the quality of medical services by establishing a sound quality control system, simplifying processes, strengthening supervision, and vigorously improving the quality of quality control personnel, strengthening information management and effect evaluation, and combining the real-time monitoring and feedback advantages of metaverse technology: (1) build a decentralized medical quality control platform to realize real-time collection, transmission and analysis of medical data, and ensure real-time monitoring and feedback of medical quality; (2) using decentralized technology to optimize medical processes, improve efficiency and reduce error rates; (3) implement telemedicine quality control, so that experts can remotely guide primary medical work; (4) in-depth mining and analysis of medical quality data, discovering patterns and providing basis for continuous improvement; (5) carry out medical quality education and training to improve the quality awareness and skills of medical staff; (6) carry out medical quality prediction and early warning, analyze data in real time, and grasp the quality trend. Although the Internet of Things and metaverse decentralization technology have brought new opportunities for medical quality control, there are still some challenges, such as immature technology, low user acceptance, data security and privacy protection, and cost.

[Key Words] medical quality control; Internet of Things; metaverse; artificial intelligence; machine learning

医疗质量控制(质控)在提升医疗服务质量、保障患者权益、提高医疗效率、促进医学发展、提升医生素质以及改善医院管理等多个层面发挥关键作用。从提高医疗服务质量的角度看,质控如同一把精准的标尺,时刻衡量着每个医疗环节的达标程度。这一流程有助于及时发现并纠正医疗过程中存在的问题,例如诊断准确性、治疗适当性及用药合理性等。通过有效的质控,可以确保医疗服务在安全性、有效性、准确性和连贯性上达到高标准,从而整体提升医疗服务质量^[1-3]。

在医疗工作中,保障患者权益是质控的一个重要目标。医疗事故可能给患者带来无法挽回的损失,甚至危及生命。严格的医疗质控能有效预防这类事故,保障患者的生命安全和健康权益^[2]。提高医疗效率一直是医院和医生追求的目标,质控通过分析和改进各个环节的工作流程,进而缩短患者等待时间,提高治疗效率,增加患者整体满意度。此外,医疗质控对于促进医学发展具有深远意义^[3-4]。在质控过程中收集的大量医疗数据,不仅可以反映患者的病情和治疗效果,其中还蕴含着医学规律,极具研究价值。深入挖掘和分析这些数据,有望优化现有治疗方案,发现新疗法,甚至开辟全新的医学领域。同时,严格的医疗质控体系也促进医生不断提升医疗技能和服务态度,这不仅提升了医生个人素质,也增强了医疗团队的整体实力^[1,5-6]。

经过20余年的临床实践,我们发现医疗质控存在不少问题。为了解决这些问题,亟需引进和研发新技术,如物联网^[7-10]、元宇宙^[11-13]等,以推动医疗质控向系统性工程转变。当前,这些技术正逐步实现“以患者为中心,以专病为抓手,以专家为重点,以质控为保障”的设计者愿景,并显著提升医院的管理水平。新技术赋能医院完善质控体系,在各个

环节做到严谨、高效、有序发展,不仅可以增强医院的竞争力,更能够赢得患者和社会的广泛认可和信赖,对人类的健康事业作出更大贡献^[14-16]。

1 医疗质控面临的问题

当前,医疗质控的主要问题包括质控标准不明确或过于复杂、质控过程繁琐、结果难以量化、信息不对称、监管力度不足、质控人员素质参差不齐、质控成本高昂、质控效果难以评估、质控技术落后等(表1)^[1,3]。

2 医疗质控问题的解决策略

为解决医疗质控面临的问题,首先需要制定明确的、简洁的质控标准,以便医护人员更好地理解 and 执行。其次,通过优化流程和简化质控过程,来降低人力、物力以及成本,实现对质控效果的准确评估。再次,建立透明的信息系统并加大监管力度,更新质控技术,通过教育和培训提升质控人员素质,以确保质控的有效实施。最后,确保这些措施得到有效执行,从而全面提升医疗质量(表2)^[4-5,14,17]。为确保有效解决质控问题,新技术的引入是关键,特别是物联网和元宇宙技术,对于确保医疗质控改革和全面提升医疗质量至关重要。

3 物联网具备医疗质控的基础

3.1 物联网在医疗领域的广泛应用

物联网技术赋能医疗质控基于物联网或互联网医疗概念被广泛认可。随着互联网医疗概念的普及,并成功应用于临床实践,物联网的十大功能也逐渐应用于医疗领域。(1)在线监测:实时监测患者的生理指标,如心率、血压、血糖等。这对于慢性病患者和重症患者尤为重要,因为它可以帮助及时发现异常情况,并

表1 医疗质控的问题

问题	具体分析
质控标准不明确	医疗质控的标准不明确或者过于复杂,导致医护人员难以理解和执行。
质控过程繁琐	医疗质控的过程繁琐,需要大量的人力和物力,增加医疗负担。
质控结果难以量化	医疗质控的结果常难以量化,无法准确评估质控的效果,质控效率低下。
质控信息不对称	医疗质控的信息不对称,医护人员和患者往往无法获取到完整的质控信息,质控难度加大。
质控监管力度不足	医疗质控的监管力度不足,无法对医疗机构进行有效的监管,质控效果不佳。
质控人员素质参差不齐	医疗质控人员的素质参差不齐,部分人员素质不高,影响质控的效果。
质控成本高昂	医疗质控需要投入大量人力、物力和财力,加大医疗机构压力。
质控效果难以评估	医疗质控的效果难以评估,无法准确判断质控的效果,也无法进行有效的质控。
质控技术落后	许多医疗机构的质控技术相对落后,无法进行有效的质控。
缺乏有效的质控体系	许多医疗机构缺乏完善的医疗质控体系,即便有质控体系,也无法有效执行。

表2 医疗质控问题的解决策略

方法	具体内容
明确质控标准	医疗机构应制定明确的、简洁的质控标准,以便医护人员理解和执行。
简化质控过程	通过优化流程、采用物联网和AI等自动化工具,简化质控过程,降低人力和物力的投入。
量化质控结果	采用科学的方法,特别是物联网和AI技术量化质控结果,以准确评估质控的效果。
消除质控信息不对称	通过建立透明的信息系统,例如采取去中心化数据共享技术,让医护人员和患者都能获取到完整的质控信息。
加大质控监管力度	政府和相关机构应用AI和物联网等现代技术加大对医疗机构的监管力度,确保质控的有效实施。
更新质控技术	医疗机构应采用先进的技术,如大数据、AI和元宇宙等技术,进行有效的质控。
提高质控人员素质	通过物联网和元宇宙技术赋能培训和教育,提高质控人员的素质,确保他们能够胜任工作。
合理控制质控成本	医疗机构应合理控制医疗质控的成本,避免过度投入,同时应用AI和元宇宙技术减少成本支出。
有效评估质控效果	通过物联网等科学的方法,有效评估医疗质控的效果,以便进行有效的质控。
建立和完善质控体系	医疗机构应建立和完善医疗质控体系,使用物联网或元宇宙技术赋能质控体系,确保其有效执行。

为医生提供及时的诊断依据。(2)定位追溯:追踪患者的位置信息,这对紧急救援和患者管理至关重要。例如,在紧急情况下,迅速确定患者的位置可为救援工作争取宝贵时间。(3)报警联动:根据预设规则,在检测到异常情况时自动触发报警,及时通知相关人员,从而保障患者安全。(4)指挥调度:高效调度医疗资源,包括医生、护士、医疗设备等,进而提高医疗服务效率。(5)预案管理:根据预设的预案自动化管理医疗流程,提高医疗服务的规范性。(6)安全隐私:保障患者医疗数据的安全,防止数据泄露,保护患者隐私。(7)远程维保:支持远程医疗维护和保养,降低医疗设备的维护成本。(8)在线升级:实现设备的在线升级,提升设备性能并延长使用寿命。(9)领导桌面:为医疗管理者提供实时的数据支持,帮助他们做出更准确的决策。(10)统计决策:深度挖掘和分析医疗数据,为医疗决策提供数据支持。简言之,物联网在医疗领域的应用极大提

升了医疗服务的效率和质量,保障患者安全,降低医疗成本,并为医疗行业的发展提供了强大的技术支持^[7-10]。

3.2 物联网为辅助医疗质控奠定了基础 基于物联网十大功能的医疗应用经验和常规应用基础,可将其拓展应用于医疗质控(表3)。

3.3 基于物联网技术开展质控的探讨和实践 利用物联网技术开展医疗质控的策略主要有以下几方面:(1)建立物联网医疗质控平台:通过物联网技术,可以实现医疗数据的实时采集、传输和分析,从而实时监控医疗质量,并提供反馈信息。(2)优化医疗流程:物联网技术可以帮助医疗机构优化医疗流程,提升医疗效率,降低医疗错误的发生率。(3)实施远程医疗质控:通过物联网技术,专家可以远程指导和监督基层医疗机构的医疗工作,实现远程医疗质控。(4)深度挖掘和分析医疗质量数据:物联网技术可以收集大量的医疗质量数据,通过对这些数

表3 物联网辅助医疗质检的基础

功能	常规应用	拓展应用于医疗质检
在线监测	一般以集中监测为主、控制为辅。	可用于医疗质检中心的集中监测。
定位追溯	基于传感器、移动终端、家庭智能设施、视频监控系统等GPS和无线通信技术。	可用于追溯各医院相关科室医疗工作,指导提高医疗质量。
报警联动	提供事件报警和提示,提供基于工作流程的联动功能。	可提供质检标准的报警,提供质检管理中心、学科质检中心和各医院相关科室的三级联动的反应功能,指导治疗。
指挥调度	基于时间排程和事件响应规则的指挥、调度和派遣功能。	可用于质检管理中心、学科质检中心的医疗急救调度和派遣功能,包括灾害医学的医疗服务。
预案管理	基于预先设定的规章或法规对事物产生的事件进行处置。	可预先设定各学科医疗质量管理规章,进行全天候管理和及时处置。
安全隐私	由于物联网所有权属性和隐私保护的重要性,物联网系统必须提供相应的安全保障机制。	可辅助各医院在临床工作中为患者提供相应的安全保障机制,赋能去中心化数据共享的医疗服务。
远程维保	能够提供或提升服务,主要适用于企业产品售后联网服务。	可用于远程医疗的联网服务,辅助各医院开展远程医疗,提高强基层、广覆盖水平
在线升级	保证系统本身能够正常运行,也是企业产品售后自动服务的手段之一。	保证质检管理中心、学科质检中心和各医院相关科室的三级联动的物联网系统正常运行。
领导桌面	主要仪表盘(dashboard)或智能商务个性化门户,经过多层过滤提炼的实时资讯,辅助主管负责人把控全局。	利于质检管理中心和学科质检中心根据收集的海量信息,深度挖掘或者拓展诊疗功能,指导如何更好地解决医疗问题。
统计决策	基于联网信息的数据挖掘和统计分析,提供决策支持和统计报表功能。	利于学科质检中心根据联网信息的数据挖掘和统计分析,发现和提出解决问题的方法及提供决策支持。

据的深度挖掘和分析,揭示医疗质量的规律,为医疗质量的持续改进提供依据。(5)提供医疗质量教育和培训:物联网技术可以提供丰富的医疗质量教育资源,有助于医护人员提高医疗质量意识和技能。(6)医疗质量的预测和预警:物联网技术可以通过对医疗数据的实时分析,预测医疗质量的趋势,实现医疗质量的预警^[7-10]。

4 应用元宇宙赋能医疗质检的可能性

元宇宙技术可以提供一种全新的医疗质检模式,通过虚拟现实(virtual reality, VR)和增强现实(augmented reality, AR)等技术,实现医疗质量的实时监控和反馈,及时发现和纠正医疗过程中的问题,以提高医疗服务质量^[18-21]。

4.1 元宇宙技术已经逐步应用于临床 元宇宙技术已经在医疗领域显示出其独特的功能和潜力。具体的临床应用示例如下:(1)VR和AR技术。AR、VR技术可以应用于模拟医疗手术过程,让医生在虚拟环境中训练,从而提高技能和信心;还可以用于患者教育和康复训练,例如VR技术可以用于患者居家物理治疗^[18-21]。(2)人工智能(artificial intelligence, AI)和机器学习(machine learning, ML)

技术。这2项技术可以用于分析大量的医疗数据,帮助医生进行疾病诊断和治疗。例如,AI和ML技术可以用于分析医学影像,协助医生发现肿瘤等疾病的早期迹象^[22-23]。(3)区块链技术:区块链技术可以用于存储和共享医疗数据,确保数据的安全性和隐私性;还可以用于药品供应链管理,确保药品的来源和质量^[24]。(4)物联网(Internet of Things, IoT)技术:物联网技术可以用于连接各种医疗设备,实时收集和分析医疗数据,帮助医生进行远程监控和诊断^[9]。(5)去中心化技术:去中心化技术可以用于构建去中心化的医疗平台,实现医疗数据的实时共享,提高医疗服务的效率和质量。简言之,元宇宙技术正在改变医疗领域的许多方面,包括诊断、治疗、教育和数据管理等,有望为患者和医生带来更好的体验和结果^[25]。

4.2 元宇宙技术辅助医疗质检的潜能 元宇宙ROBLOX八大特征应用于医疗质检具有很大潜力。“身份”特征可以追踪患者与医护人员的行为和表现,“朋友”特征可以让专家与基层实时协作,“沉浸感”特征可以借助VR/AR技术提升医护人员的技能,“便捷性”特征可以实现专家远程指导,“多元化”特征可以提供丰富的教育资源,“全时空”特征

可以实现医疗质量监控,“文明”特征可以构建完善的质控体系(表4)^[12-13,26]。

表4 元宇宙ROBLOX八大特征辅助医疗质控的潜能

特征	具体内容	医疗质控中的应用潜能
身份(Identity)	在元宇宙中,每个用户都有一个独特的数字身份。	可以为每个患者和医护人员创建一个数字身份,以便于跟踪他们的行为和表现。
朋友(Friends)	元宇宙允许用户与朋友互动和社交。	可以让专家与基层医护人员实时沟通和协作,共同提高医疗质量。
沉浸感(Immersive)	元宇宙提供了高度沉浸式的体验。	可以应用VR和AR技术,让医护人员身临其境地体验各种医疗场景,提高技能和知识。
便捷性(Anywhere)	元宇宙可以在任何地方访问。	可以让专家远程指导基层医疗工作,提高医疗质量。
多元化(Variety)	元宇宙包含了各种各样的内容和体验。	可以提供丰富的教育资源,帮助医护人员提高医疗质量意识和技能。
全时空(Omni-presence)	元宇宙可以在任何时间和地点存在。	可以实现对医疗质量的实时监控和反馈。
经济系统(Economy)	元宇宙有一个独立的经济系统。	可以引入激励机制,鼓励医护人员提高医疗质量。
文明(Civility)	元宇宙是一个充满文明和规则的世界。	可以建立完善的医疗质量管理体系,确保医疗质量的持续改进。

4.3 应用元宇宙技术赋能医疗质控 应用元宇宙去中心化数据共享技术赋能医疗质控,可以从以下6个方面入手:(1)建立去中心化的医疗质控平台。通过元宇宙去中心化数据共享技术,可以实现医疗数据的实时采集、传输和分析,从而实现对医疗质量的实时监控和反馈。(2)应用去中心化技术优化医疗流程。去中心化技术可以帮助医疗机构优化医疗流程,提高医疗效率,降低医疗错误的发生率。(3)应用去中心化技术进行远程医疗质控。通过去中心化技术,可以实现远程的医疗质控,使得专家可以远程指导和监督基层医疗机构的医疗工作。(4)应用去中心化技术深度挖掘和分析医疗质量数据。去中心化技术可以收集大量的医疗质量数据,通过对这些数据的深度挖掘和分析,可以发现医疗质量的规律,为医疗质量的持续改进提供依据。(5)应用去中心化技术进行医疗质量的教育和培训。去中心化技术可以提供丰富的医疗质量教育资源,帮助医护人员提高医疗质量意识和技能。(6)应用去中心化技术进行医疗质量的预测和预警。去中心化技术可以通过对医疗数据的实时分析,预测医疗质量的趋势,实现医疗质量的预警。总之,元宇宙去中心化数据共享技术为医疗质控提供了新的可能,但也同样面临技术问题、数据安全、技术接受度和成本等方面的挑战^[12-13,15]。

4.4 赋能各级医院提高医疗质量 去中心化和数据

共享技术可以通过以下方式提高医疗质控的水平:(1)数据共享。通过去中心化和数据共享技术,可以实现医疗数据的实时共享,使得各级医疗机构和医护人员能够及时获取患者的完整医疗记录,从而更好地了解患者的病情,制定更准确的诊疗方案。(2)远程医疗。去中心化和数据共享技术使得远程医疗成为可能,患者可以在任何地方接受医疗服务,而医生也可以通过远程方式对患者进行诊断和治疗,这有助于提高医疗服务的质量和效率。(3)控制医疗质量。通过去中心化和数据共享技术,可以实现医疗质量的实时监控和反馈,及时发现和纠正医疗过程中的问题,从而提高医疗服务的质量。(4)医疗培训和教育。去中心化和数据共享技术可以使得医疗培训和教育更加便捷和高效,通过远程方式进行医疗培训和教育,可以提高医护人员的医疗技能和知识水平,从而提高医疗服务的质量^[14-15,17]。

5 建立去中心化数据共享质控平台

基于上述的物联网和元宇宙技术,由国家或各省市的质控管理中心委托有基础的单位建立去中心化的数据共享质控平台,由各学科质控中心具体实施执行。

5.1 建立去中心化的医疗质控平台的潜能 通过元宇宙去中心化数据共享技术,可以实现医疗数据的

实时采集、传输和分析,从而实现对医疗质量的实时监控和反馈(表5)^[17,27-28]。应用区块链、边缘计算、物联网、AI技术,构建去中心化医疗质控平台。通过区块链技术建立数据共享网络,确保数据的透明与安全;采用边缘计算技术分散处理任务,提升

服务器响应速度;使用物联网技术实现设备互联互通,实时采集数据;AI技术助力数据分析预测,支持决策。同时,建立开放标准协议,促进各方互联互通,共享数据。这些技术的融合将极大提升医疗质量,保障患者健康^[22-23]。

表5 建立去中心化的医疗质控平台的方法

方法	具体内容
应用区块链技术	区块链技术具有去中心化、不可篡改和安全性的特点,可以用于构建去中心化的医疗质控平台。通过区块链,可以建立一个分布式、透明的医疗质量数据共享网络,让所有参与者都可以查看和验证数据,同时保护数据的安全和隐私。
应用边缘计算技术	边缘计算技术可以将数据处理任务分散到各个节点,减轻中心服务器的负担,提高系统的响应速度和可靠性。在医疗质控平台中,可以应用边缘计算技术,让各个医疗机构成为数据处理的节点,实现数据的本地化处理和共享。
应用物联网技术	物联网技术可以实现医疗设备、患者和医护人员间的互联互通,实时收集和分析医疗质量数据。在去中心化的医疗质控平台中,可以应用物联网技术实现医疗质量数据的实时采集、分析和共享。
应用人工智能技术	人工智能技术可以用于数据分析、预测和决策支持,帮助医疗机构提升医疗质量。在去中心化的医疗质控平台中,可以应用人工智能技术,实现医疗质量数据的智能分析、预测和决策支持。
建立开放的标准和协议	为了实现去中心化的医疗质控平台,需要建立开放的标准和协议,让各个医疗机构和设备制造商能够遵循这些标准和协议,实现数据的互联互通和共享。

5.2 完善去中心化技术优化医疗流程 去中心化技术可以帮助医疗机构优化医疗流程,提高医疗效率,降低医疗错误的发生率等(表6)。通过元宇宙数据共享,可增强医疗可及性,让患者随时随地获得高质量服务;优化资源配置,减少资源浪费;实时

数据共享,加快医疗决策速度,提高医疗效率;提供医疗服务质量信息,助力服务质量持续改进;满足患者个性化需求,提升患者满意度。总之,此技术能全面优化医疗服务,惠及患者^[14-15,17]。

表6 去中心化技术优化医疗流程的方法

方法	具体内容
提高医疗服务的可及性	通过去中心化的数据共享技术,医疗机构可以随时随地提供医疗服务,患者也可以不受场所限制,随时获取及时、高质量的医疗服务。
优化医疗资源配置	去中心化的数据共享技术可以提供医疗资源的分布和使用情况,从而实现医疗资源的合理配置,避免资源浪费,降低医疗成本。
实时数据共享	通过去中心化的数据共享技术,可以实现医疗数据的实时共享,提高医疗决策的效率,从而提高医疗效率。
提供医疗服务质量信息	去中心化的数据共享技术可以提供医疗服务质量的信息,从而实现医疗服务质量的持续改进。
医疗服务个性化	通过去中心化的数据共享技术,可以实现医疗服务的个性化,满足患者的个性化需求,从而提高患者满意度。

5.3 应用去中心化技术挖掘和分析医疗质量数据 去中心化技术可以收集大量的医疗质量数据,通过对这些数据的深度挖掘和分析,发现医疗质量的规律,为医疗质量的持续改进提供依据(表7)^[12,23]。这些技术融合,将挖掘数据潜力,为医疗改进提供依据,保障患者健康。

5.4 应用去中心化技术进行医疗质量的预测和预

警 去中心化技术可以实时分析医疗数据,预测医疗质量的趋势,实现医疗质量预警。可以通过以下步骤实现:(1)应用去中心化的数据收集机制,实时汇聚各个医疗机构的质量数据,构建一个全面的、实时的医疗质量数据监测体系。这可以确保数据的真实性和时效性,为后续的预测和预警提供可靠基础^[14-15]。(2)借助大数据分析和人工智能技术,深

表7 应用去中心化技术挖掘和分析医疗质量数据

方法	具体内容
应用区块链技术进行数据溯源	区块链技术可以记录所有医疗质量数据的历史记录,包括数据来源、修改和更新等信息,从而实现数据的溯源,确保数据的真实性。
应用边缘计算技术进行数据预处理	边缘计算技术可以在数据产生的源头进行预处理,减少数据传输的带宽和延迟,提高数据处理的效率和准确性。
应用物联网技术进行数据实时采集	物联网技术可以实现医疗设备、患者和医护人员之间的互联互通,实时收集和分析医疗质量数据。
应用人工智能技术进行数据深度挖掘	人工智能技术可以用于数据分析、预测和决策支持,帮助医疗机构提高医疗质量。通过人工智能技术,可以对大量的医疗质量数据进行深度挖掘,发现潜在的规律和趋势,为医疗质量的改进提供依据。
应用去中心化技术进行数据共享	去中心化技术可以实现医疗质量数据的实时共享,在保护数据安全和用户隐私的同时,所有用户都可以查看和验证数据。

度挖掘和分析去中心化的医疗质量数据。通过识别数据中的关键指标、异常模式和潜在趋势,建立预测模型,用以预估未来一段时间内的医疗质量情况。(3)基于预测结果,设定合理的预警阈值。一旦实际监测数据触及或接近阈值,会自动触发预警系统,预警系统向相关人员发送警示信息,相关人员采取应对措施,从而避免潜在的医疗质量问题升级为严重的医疗事件^[22-23]。(4)支持跨机构、跨地区建立医疗质量预警系统。不同医疗机构之间可以实时共享预警信息,协同应对潜在的医疗质量风险,从而提升整个医疗系统的稳定性和安全性。(5)通过不断的实践反馈和模型优化,可以进一步提高预警系统的准确性和敏感性,使其更好地服务于医疗质控工作^[29]。综上所述,应用元宇宙的去中心化数据共享技术,可以实现医疗质量的实时预测和预警,从而提前识别并应对潜在的医疗质量风险,保障患者安全,提升医疗服务水平^[12-13]。

6 物联网和元宇宙技术赋能医疗质控的限制

物联网和元宇宙技术在医疗质控中的应用存在一定的限制。尽管这些技术在医疗领域已经取得进展,但它们仍然处于发展阶段,技术成熟度有待提高。首先,物联网技术在医院环境中的稳定性和可靠性尚需验证,而元宇宙技术则受限于VR、AR等技术的发展。其次,数据安全和隐私保护问题是另一大挑战。物联网和元宇宙技术需要收集和处理大量的医疗数据,必然涉及到数据安全和隐私保护的问题。因此,必须重视数据安全,以防止患者隐私信息泄露,并避免发生严重的法律和道德问题。再次,医生和患者对这些新技术的接受度可能不高。医生需要时间适应新技术,而患者可能会对

这些技术感到疑虑或恐惧。最后,维护和升级这些技术需要持续的投入。总之,物联网和元宇宙技术在赋能医疗质控方面具有巨大的潜力,但也不乏限制和挑战,而医疗结构需要采取相应措施来应对这些挑战^[30-31]。

针对目前医疗质控的痛点和难点,有以下策略:(1)建立完善的医疗质控体系。医疗机构应建立完善的医疗质控体系,明确质控的标准和流程,确保质控的有效执行。(2)简化质控流程。通过信息化手段,简化医疗质控流程,减少人力物力的投入,降低质控成本。(3)加强质控监管。加强医疗质控的监管力度,对医疗机构进行有效的监管,确保质控的效果。(4)提高质控人员素质。加强对质控人员的培训和教育,提高其素质,确保他们能够胜任质控工作。(5)加强质控信息管理。加强医疗质控信息的管理,确保信息的准确性和完整性,避免信息不对称的问题。(6)加强质控效果评估。加强对医疗质控效果的评估,准确判断质控的效果,从而进行有效的质控。(7)提高质控技术。引进先进的质控技术,提高医疗质控的效果。(8)应用元宇宙技术。元宇宙技术可以提供一种全新的医疗质控模式,通过VR和AR技术,可以实现医疗质量的实时监控和反馈,及时发现和纠正医疗过程中的问题,提高医疗服务的质量^[12-13,32]。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 宋元林、宋振举、钱菊英、蒋维芑:调研和检索文献、撰写论文、修改论文;白春学:选题、撰写论文、修改论文。

参考文献

- [1] LEATHERMAN S, BERWICK D M. Accelerating global improvements in health care quality [J]. *JAMA*, 2020, 324(24): 2479–2480.
- [2] CHOUDHRY N K, FLETCHER R H, SOUMERAI S B. Systematic review: the relationship between clinical experience and quality of health care[J]. *Ann Intern Med*, 2005, 142(4): 260–273.
- [3] 顾丹萍, 王文辉, 谭申生. 上海市医疗质量控制评价体系分析与思考[J]. *中华医院管理杂志*, 2017, 33(3): 222–224.
- [4] HUSSEY P S, WERTHEIMER S, MEHROTRA A. The association between health care quality and cost: a systematic review[J]. *Ann Intern Med*, 2013, 158(1): 27–34.
- [5] TAYLOR M J, MCNICHOLAS C, NICOLAY C, et al. Systematic review of the application of the plan-do-study-act method to improve quality in healthcare [J]. *BMJ Qual Saf*, 2014, 23(4): 290–298.
- [6] DANIEL M, RENCIC J, DURNING S J, et al. Clinical reasoning assessment methods: a scoping review and practical guidance[J]. *Acad Med*, 2019, 94(6): 902–912.
- [7] 白春学. 实用物联网医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [8] 白春学. 物联网医学分级诊疗手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- [9] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [10] BAI C X. Letter from China[J]. *Respirology*, 2018, 23(7): 718–719.
- [11] 白春学. 元宇宙医学的昨天、今天与明天[J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(1): 3–12.
- [12] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 39–43.
- [13] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.
- [14] 周炯, 范靖, 林洪义, 等. “互联网+医疗”质量控制体系和管理指标初探[J]. *中华医院管理杂志*, 2020, 36(9): 739–741.
- [15] 宋振举, 顾建英, 白春学. 如何建设元宇宙医院?[J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(1): 13–21.
- [16] 张纪阳, 于佳婕, 周宸彬, 等. 元宇宙医院的现况与未来[J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(1): 22–27.
- [17] 张阳, 陈妍, 孙洲, 等. 医疗质量控制信息平台构建与应用[J]. *中国卫生质量管理*, 2021, 28(3): 56–57.
- [18] XIONG J H, HSIANG E L, HE Z Q, et al. Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives[J]. *Light Sci Appl*, 2021, 10(1): 216.
- [19] BARTEIT S, LANFERMANN L, BÄRNIGHAUSEN T, et al. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review [J]. *JMIR Serious Games*, 2021, 9(3): e29080.
- [20] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications [J]. *Cell Rep Med*, 2021, 2(7): 100348.
- [21] YEUNG A W K, TOSEVSKA A, KLAGER E, et al. Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature [J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(2): e25499.
- [22] HAUG C J, DRAZEN J M. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023 [J]. *N Engl J Med*, 2023, 388(13): 1201–1208.
- [23] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. *Lancet*, 2020, 395(10236): 1579–1586.
- [24] O’DONOGHUE O, VAZIRANI A A, BRINDLEY D, et al. Design choices and trade-offs in health care blockchain implementations: systematic review [J]. *J Med Internet Res*, 2019, 21(5): e12426.
- [25] AHMAD R W, SALAH K, JAYARAMAN R, et al. The role of blockchain technology in telehealth and telemedicine [J]. *Int J Med Inform*, 2021, 148: 104399.
- [26] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. *中国医药导刊*, 2023, 25(1): 1–6.
- [27] 吴聘, 王志勇, 徐蕾, 等. 基于人工智能的电子病历数据质量控制[J]. *解放军医院管理杂志*, 2021, 28(2): 134–135.
- [28] ALONSO S G, ARAMBARRI J, LÓPEZ-CORONADO M, et al. Proposing new blockchain challenges in eHealth [J]. *J Med Syst*, 2019, 43(3): 64.
- [29] CROSSLAND L, JANAMIAN T, JACKSON C L. Key elements of high-quality practice organisation in primary health care: a systematic review [J]. *Med J Aust*, 2014, 201(3 Suppl): S47–S51.
- [30] KOSTICK-QUENET K, RAHIMZADEH V. Ethical hazards of health data governance in the metaverse [J]. *Nat Mach Intell*, 2023, 5(5): 480–482.
- [31] SOLAIMAN B. Telehealth in the metaverse: legal & ethical challenges for cross-border care in virtual worlds [J]. *J Law Med Ethics*, 2023, 51(2): 287–300.
- [32] WANG G, BADAL A, JIA X, et al. Development of metaverse for intelligent healthcare [J]. *Nat Mach Intell*, 2022, 4(11): 922–929.

引用本文

宋元林, 宋振举, 钱菊英, 等. 元宇宙技术在医疗质量控制中的应用[J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(2): 1–8.

SONG Y L, SONG Z J, QIAN J Y, et al. Application of metaverse technology in medical quality control [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(2): 1–8.