Published Online October 2021 in Hans. <a href="http://www.hanspub.org/journal/hjdm">http://www.hanspub.org/journal/hjdm</a> <a href="https://doi.org/10.12677/hjdm.2021.114018">https://doi.org/10.12677/hjdm.2021.114018</a>

# 后疫情时代数字医疗的应用及研究进展

段小琪1,2,3, 周 芹2,3,4, 张 琪5, 王雅思6, 杜 密2,3,7\*

- 1山东大学齐鲁医学院口腔医学院(口腔医院)牙周科, 山东 济南
- 2山东省口腔组织再生重点实验室, 山东 济南
- 3山东省口腔生物材料与组织再生工程实验室, 山东 济南
- 4山东大学齐鲁医学院口腔医学院(口腔医院)特诊科, 山东 济南
- 5复旦大学基础医学院,上海
- 6哈尔滨工业大学计算机学院,黑龙江 哈尔滨
- 7山东大学齐鲁医学院口腔医学院(口腔医院)种植科, 山东 济南

收稿日期: 2021年8月17日; 录用日期: 2021年9月22日; 发布日期: 2021年9月29日

### 摘要

研究目的:新型冠状病毒肺炎(COVID-19)防控期间,医疗大数据、远程医疗、人工智能辅助诊疗等数字医疗技术在COVID-19筛查和诊治、药品和疫苗研发、医疗物资调配和管控以及远程医学教学等方面发挥了重要作用。尽管此次疫情体现了数字医疗的应用潜力并极大地刺激其发展创新力,数字医疗概念在医疗行业的普及度和认知度有待提高。本文旨在总结疫情发生以来数字医疗的应用并展望其发展前景。方法:本文通过综述2020年1月至今的文献,结合数字医疗技术在COVID-19疫情防控中的应用场景,立足于三种医疗健康领域的关键工具(医疗数据、远程医疗、人工智能辅助医疗)和一类医疗教学辅助工具("数字人"模型),阐述数字医疗的基本概念、总结后疫情时代的数字医疗关键技术,并探讨其未来发展前景。结果:数字医疗技术在疫情期间的应用场景覆盖了疾病的风险评估、早期筛查、诊断、治疗和预后判断。应用范围包括疫情预警、肺炎诊断、疫苗研发和肺炎精准治疗等,且在医疗教学方面发挥重要作用。结论:数字医疗技术自疫情伊始至今在公共卫生及医疗领域拥有广阔的应用。后疫情时代,数字医疗继续在数字健康库的建立和远程医疗的扩展等方面发挥作用。

#### 关键词

新冠肺炎,远程医疗,医疗大数据,人工智能

# Application and Research Progress of Digital Medicine in the Post-Epidemic Era

Xiaoqi Duan<sup>1,2,3</sup>, Qin Zhou<sup>2,3,4</sup>, Qi Zhang<sup>5</sup>, Yasi Wang<sup>6</sup>, Mi Du<sup>2,3,7\*</sup>

文章引用: 段小琪,周芹,张琪,王雅思,杜密.后疫情时代数字医疗的应用及研究进展[J].数据挖掘,2021,11(4):196-202.DOI: 10.12677/hjdm.2021.114018

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Department of Periodontology, School and Hospital of Stomatology, Cheeloo College of Medicine, Shandong \*通讯作者。

University, Jinan Shandong

Received: Aug. 17<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2021; published: Sep. 29<sup>th</sup>, 2021

#### **Abstract**

Aim: The coronavirus disease 2019 (COVID-19) exposes the weaknesses of the current health care system. Meanwhile, digital medicine technologies (including medical big data, 5G telemedicine, artificial intelligence assisted medicine, etc.) have been playing important roles in the medical education, diagnosis and treatment of COVID-19, drug discovery, and medical supplies delivery. This article aimed to demonstrate the current applications of digital medicine in COVID-19 settings and discuss the future of digital medicine. Methods: We reviewed the articles that published since January 2020 and selected papers that investigated the applications of digital medicine during the COVID-19 pandemic. Then we classified various applications into four subgroups across the whole procedure of medical treatment. Finally, we reported our findings as a narrative review. Results: We found a wide use of digital medicine technology in the settings of preventing and treating COVID-19, such as cases screening, medical image reading, vaccine development and disease treatment. Moreover, digital medicine played an important role in medical education during the pandemic. Conclusion: The application of digital medicine varies from the risk prediction, screening, diagnosis, and treatment of COVID-19. During the post-epidemic era, digital medicine continues to work on various settings, especially the development of digital health database and telemedicine.

#### **Keywords**

The Novel Coronavirus Pneumonia, Telemedicine, Medical Big Data, Artificial Intelligence

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0). http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



Open Access

#### 1. 前言

2019年12月至今,一场新型冠状病毒肺炎的防控聚焦了大多数人的视线,在此期间,数字医疗(Digital Treatment/medicine)参与到防疫的众多环节,并形成多种多样的应用场景,例如在线医疗服务、肺炎智能影像诊断、机器人参与抗疫一线工作等。数字医学的定义尚存在争议,但总体来讲其目的是提供医疗健康服务;其方法包括数据分析、传感技术、通信技术、互联网技术、虚拟现实技术、个性化医疗等先进技术;其范围涵盖医学、生命科学、计算机科学、信息学、电子学与工程学等众多学科。

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Shandong Key Laboratory of Oral Tissue Regeneration, Jinan Shandong

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Shandong Engineering Laboratory for Dental Materials and Oral Tissue Regeneration, Jinan Shandong

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Department of VIP Center, School and Hospital of Stomatology, Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan Shandong

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>School of Basic Medicine, Fudan University, Shanghai

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>School of Computer Science, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup>Department of Implantology, School and Hospital of Stomatology, Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan Shandong

疫情防控期间,国家接连出台了《国家卫生健康委办公厅关于在疫情防控中做好互联网诊疗咨询服务工作的通知》、《关于加强信息化支撑新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控工作的通知》,这些文件无一不强调了数字医疗的重要作用。同时,大众通过各种信息化渠道对数字医疗的价值有了一定的感性认识,并逐渐形成网上就诊的思维。然而,由于数字医疗技术对跨学科专业的需求,其在学术及医疗界的认知度和普及性还有待提高,其发展也受到了极大的限制。本文归纳总结了数字医疗在目前疫情防控中的应用场景(图 1),拟通过三种医疗健康领域的关键工具(生物医疗数据、远程医疗和人工智能辅助医疗)以及一类辅助医学教育的工具("数字人"模型),举例介绍如何将数字科技应用在医疗领域,旨在推广并普及数字医疗技术的基本概念,同时探讨其未来发展前景。图 1 从左至右代表疾病的完整周期,包括疾病筛查、诊断、治疗和预后。在疾病早期筛查阶段,数字医疗技术主要体现为使用智能机器人测温,辅助隔离观察;在疾病诊断阶段,智能算法的使用可以有效帮助研究人员完成病毒测序,增加对病毒的了解,同时人工智能(AI)算法已经用于肺炎 X 线片的阅读,有效地对肺炎病例进行诊断;在疾病治疗阶段,数字医疗的应用主要有新药研发、疫苗研发和远程会诊。

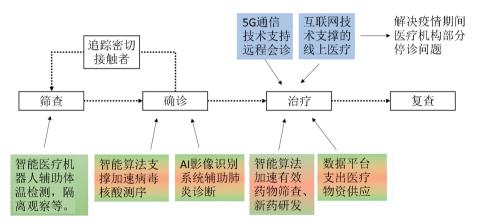


Figure 1. The demonstration of the application of digital medicine in the COVID-19 settings. Colour orange indicates the domain of Bio-medical big data, colour blue indicates the domain of telemedicine, mixed colour indicates the interdisciplinary domains

图 1. 数字医学技术在新型冠状病毒肺炎疫情防控中的应用图解。橙色表示医疗大数据范畴,蓝色表示远程医疗范畴,绿色表示人工智能辅助医疗范畴,混合色表示交叉范畴

# 2. 生物医疗大数据(Bio-Medical Big Data)及分析

疫情应用情景: I) 共享 COVID-19 患者临床症状、肺部影像学图像等加速对疾病的认知; II) 病毒全基因组测序的完成加速生产核酸检测试剂盒; III) 对病毒蛋白质结构和组学的研究助力于有效药品研发; IV) 医疗物资供需平台的建立有效提高医用物资对接效率,减少浪费; V) 基于上述类型医疗数据开展的多种数据分析为疾病的预防、治疗、预后提供依据。

理想状态下,医疗数据库由全面详实的健康及患病记录构成,记录来源多种多样,不仅包括医疗从业人员制作的手写或电子记录、图像、视频、录音对话、基因组和代谢组数据、传感器(穿戴设备)数据等,还包括病人自报的社会人口学信息、生活方式,以及保险保单与理赔数据。其中医疗过程中最基础的电子病历(Electronic health records, EHRs)在国内的普及程度远远不如一些发达国家(美国的普及率已超过90%,而中国7000多家医院一半以上没有EHRs系统)。

数据即基础,医疗保健的技术创新基于准确且详细的医疗数据。一些科技公司已经认识到医疗数据 带来的保健领域的机遇,例如,苹果公司已经推出了针对其用户的电子健康记录,微软公司希望将其云 技术推广到医疗保健行业。该种患者档案的建立和病例的收集将提供对患者和疾病全面且完整的概述, 从而获得深入的病情分析并制定医疗计划。

目前国家已督促落实东、西、南、北、中五大医疗健康大数据区域中心(分别位于江苏、贵州、福建、山东、安徽),但我国的医疗数据质量远远不能满足智能医疗的要求。如果将医院数据分为数字化、集成化、数据化、要素化、结构化、语义化和智能化7个层级,国内大部分医院目前仅实现了数字化。我们认为未来发展前景主要体现在解决医院信息孤岛和提高数据可用性方面:

- 1) 政府建立健全标准制度、监督规范,旨在消除信息不对称、资源不均衡;
- 2) 医院在收集信息时合规采集、存储,促进数据结构统一化,通过电子格式传送和交流;
- 3) 大数据企业承担一部分数据采集、存储、传输、追踪的任务,建立医疗数据平台,以保证数据的 归档、共享和持续稳定增加。

传统医疗数据分析通常服务于流行病及公共健康领域,旨在了解疾病的发生发展规律,指导疾病预防及临床工作。而当优质的数据(尤其是高维度的生物医学数据,如组学数据)持续产生并累积时,计算机整合和分析数据的优势将体现出来。比如以 EHRs 为例,其多以自然语言文本形式出现,学者们尝试应用人工智能(Artificial intelligence, AI)的一个方向——自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)——在医疗文本中提取有用的信息,将非结构化的医疗文本转化为包含重要医学信息的结构化数据[1],同时节省大量的人力和时间。除 NLP 之外,计算机视觉技术(computer vision, CV)在医学图像的分析中发挥重要作用,比如利用 AI 算法,构建并训练的深度学习(deep learning)模型辅助阅读医学影像进行疾病诊断,详见下文(AI 辅助的疾病诊疗)。

#### 3. 远程医疗(Telemedicine)

疫情应用情景: I) 应用 5G 技术实现远程会诊。武汉当地的各家医院已经通过 5G 进行互联,另外,武汉协和医院与北京朝阳医院、北京友谊医院实现成功对接。II) 实体医疗机构在疫情期间通过在线问诊平台提供在线问诊服务,方便此次肺炎疫情防控期间大众就诊。

我们这里讨论狭义的"远程医疗",主要涉及两大方面: I) 基于物联网(Internet of Things, IoT)技术的以生物传感器为代表的实时远程监测慢性病患者生命体征或远程护理指导,以及远程检查、诊断、手术、治疗等; II) 基于 5G 等移动网络技术的以在线问诊为代表的互联网医疗。

远程监测目前已经相对成熟的应用在了糖尿病监测等领域(例如,实时血糖远程监测系统) [2]。互联网医疗在降低患者交叉感染、实现患者就医行为"物理隔绝"的同时,也打破了医疗资源地域限制,为患者就医提供了巨大方便,已经在国内取得较大发展[3]。另外,全国首例基于 5G 的远程人体手术于 2019年 3 月 16 日完成。位于三亚的解放军总医院海南医院神经外科医生通过 5G 网络,跨越近 3000 公里,成功指导了北京解放军总医院第一医学中心神经外科的帕金森病人"脑起搏器"植入术。

值得一提的是,互联网医疗行业目前的发展正处在政策红利期。2014至今,我国持续出台对互联网 医疗行业的鼓励政策(图 2),政策风向趋于利好,行业逐渐规范。根据卫健委数据,我国互联网医院数量 已由 2014年的 1 家增加到 2020年的 269 家。

目前远程医疗的应用前景主要包括:

- 1)解决偏远地区医疗资源紧缺难题。目前优质的医疗资源主要集中在大城市、三甲医院,将远程医疗和分级诊疗制度相结合,并把优质的医疗资源向偏远地区输送,可有效解决医疗资源分配不均、偏远地区就医困难等难题。
- 2) 立足于 5G 通信及 IoT 技术, 融合小设备无线通信技术及高速移动通信技术, 广泛实现远程手术, 将外科医生的手术技巧延伸至千里之外, 解决分级诊疗存在的潜在问题, 缩小医疗发达与不发达地区的 医疗水平差距。

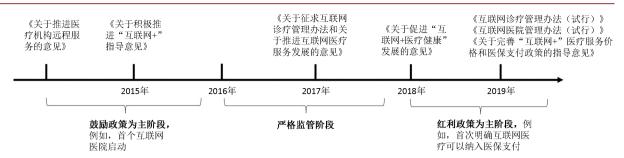


Figure 2. The supporting of the development of digital medicine in China in recent six years (2014-present)

图 2. 近五年(2014~今)国家出台促进数字医疗领域发展的相关政策和指南

#### 4. AI 辅助的疾病诊疗

疫情应用情景: I) 基于 COVID-19 患者肺部影像学资料,多个 COVID-19 辅助诊断 AI 模型成功建立,总准确度可达 80%以上[4]; II) 智能医疗机器人应用在导诊、消毒、送递、测温等多个环节,减少 医护人员与观察患者的接触。

由 AI 辅助的医疗方式主要包括两种类型的应用:虚拟化(virtual)和"物理化"(physical)[5]。虚拟化应用体现在利用医疗信息进行健康管理,前文(详见医疗数据)已提到的数据整合与分析属于此类型应用。例如,AI 结合计算机视觉技术辅助医生进行疾病诊疗的案例屡见不鲜,其中 AI 系统诊断糖尿病早起视网膜病变曾引起学术界的普遍关注[6]。而"物理化"应用则主要以机器人的形式体现,迄今医疗机器人已有 30 余年的发展历史,它的细分领域包括手术机器人、康复机器人、护理机器人和服务机器人[7]。在协助外科医生进行手术的过程中,手术机器人不仅可以为后者提供病灶区域的可缩放的清晰三维视图,还可以提高人类医生的手部运动在操作精细小型外科手术器械时的稳定性和精准性。使用手术机器人进行协助能够有效减少患者创伤、缩短住院时间、加速伤口血管化愈合并降低感染等术后并发症的风险[8],但其局限性(例如,成本高)也不容忽视。

据国际机器人联盟(IFR)统计数据,2018年我国医疗机器人市场规模已达34亿元,预计2025年,国内医疗机器人市场规模将突破百亿元,可见其巨大的市场机遇。目前的研究热点可主要集中在:

- 1) 结合智能识别,继续实现精细化,例如实现对人体不同组织的自动识别。
- 2) 继续降低对病人的创伤,例如单孔微创机器人或自带推进器的微型机器人。
- 3) 实现特殊环境下的机器人操作,例如海上、水下、交通运输途中等不稳定的环境。

# 5. "数字人"模型(Digital Human Models, DHMs)辅助手术模拟及医学教学

疫情应用情景:疫情期间,DHMs 技术使医学生可不受课堂及标本限制,进行正常授课和学习。例如,DHMs 解剖系统应用于医学生的日常教学,DHMs 辅助虚拟手术为青年医师演练复杂手术提供帮助。

DHMs 包括认知性"数字人"模型(Cognitive DHMs),侧重于语言、表情和人类情感表达[9];和物理性"数字人"模型(Physical DHMs),利用信息技术与 AI 技术实现人体从微观到宏观的结构和机能的数字化,可视化,最终实现人体信息在数字世界中的精确模拟构建[10]。应用于医疗和人体工程学的 DHMs 多属于后者。DHMs 的构建数据来自于人体,一般可通过医学影像技术拍摄数千张 CT 片,并进行虚拟解剖,最后将收集的数据进行三维重建。因此可有效使用在医学教学中,如解剖学医学生可通过虚拟解剖 DHMs 了解人体结构;青年医师也可以在 DHMs 上模拟基本手术操作;针对复杂手术,医生也可以术前模拟整个手术流程。然而,目前 DHMs 大部分的研究仍集中在第一代即"可视化人体"(Visible Human)阶段,仅基于几何定量描绘和计算机三维重建技术构建人体的解剖结构,把实体标本变成切片数据,实是数字化解剖人,缺乏生理变化[11]。因此,我们认为未来虚拟"数字人"的研究方向主要包括:

- 1) 数字虚拟人体不同系统的解剖结构构建。比如,清晰地分割出循环系统、神经系统等。而如何使用计算机精准识别、标记和分割不同组织结构是限制其发展的基础问题。
- 2) 实现人体组织的生理和病理虚拟变化。比如,肌肉可收缩,血管受到损伤后悔破裂,机体摄入药物后会出现血液等生化指标的变化等。

# 6. 后疫情时代(Post-epidemic era)的关键数字医疗技术

随着疫情防控的常态化,后期疫情时代的数字科技更有效赋能医疗,其关键技术主要包括:数字健康库的建立、移动医疗和远程医疗的扩展:1)我国正在努力建立更全面和可获取的电子健康记录档案,不仅可以帮助医护人员迅速掌握就诊者的既往史和现病史,更能有效了解国民健康状况。2)根据国家卫健委统计数据,疫情发生后第三方互联网就诊服务平台的咨询量比同期增长了20多倍,不仅起到了普及医疗知识的作用,还有效缓解线下医疗机构的压力。

#### 7. 讨论

尽管数字医疗体现出很大的创造力和潜力,但目前对数字医疗的切实发展模式和长期效果仍无定论,同时我们还应看到数字医疗面临的挑战及其局限性。首先,如何保证数据的安全性和私密性是亟需解决的问题之一;另外为推动数字医疗的变革和发展,医疗健康与科技领域(计算机,电子工程,通信等)的专业知识缺一不可,因此多类人才的合作以及跨学科的多能型人才培养愈加重要;第三,除人才需求之外,资金和政策支持也需继续完善。

就短期发展而言,数据收集、整合和分析可以以促进科研工作(如发现疾病的发生发展规律)的开展为切入点;远程医疗可首先侧重大众的保健和慢病的远程监控和复查;AI 辅助诊治可从协助医生操作以及扩大医生手术视野入手。整体看来,数字医疗不仅能协助医生等其他健康从业人员做出决策,且有潜力推动整个医疗行业的发展。

#### 8. 总结

数字医疗技术自疫情伊始至今在公共卫生及医疗领域体现出广阔的应用,场景覆盖了疾病的完整诊疗周期,包括风险评估、早期筛查、诊断、治疗和预后判断。其应用范围包括疫情预警、肺炎诊断、疫苗研发和肺炎精准治疗等。在后疫情时代,数字医疗技术在数字健康库的建立和远程医疗的扩展等方面继续发挥作用,有效提高医疗活动的工作效率。

## 参考文献

- [1] Liang, H., Tsui, B.Y., Ni, H., et al. (2019) Evaluation and Accurate Diagnoses of Pediatric Diseases Using Artificial Intelligence. *Nature Medicine*, 25, 433-438. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0335-9
- [2] 刘慧明,李国红,赵列宾. 远程监测技术应用于糖尿病治疗和管理的研究进展[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2014, 34(11): 1688.
- [3] Tu, J., Wang, C. and Wu, S. (2015) The Internet Hospital: An Emerging Innovation in China. *Lancet Glob Health*, **3**, e445-e446. <a href="https://doi.org/10.1016/S2214-109X(15)00042-X">https://doi.org/10.1016/S2214-109X(15)00042-X</a>
- [4] Wang, S., Kang, B., Ma, J., *et al.* (2020) A Deep Learning Algorithm Using Ct Images to Screen for Corona Virus Disease (Covid-19). MedRxiv. <a href="https://doi.org/10.1101/2020.02.14.20023028">https://doi.org/10.1101/2020.02.14.20023028</a>
- [5] Hamet, P. and Tremblay, J. (2017) Artificial Intelligence in Medicine. *Metabolism*, 69, S36-S40. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011
- [6] Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., et al. (2016) Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. JAMA, 316, 2402-2410. https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216

- [7] 倪自强, 王田苗, 刘达. 医疗机器人技术发展综述[J]. 机械工程学报, 2015, 51(13): 45-52.
- [8] Ashrafian, H., Clancy, O., Grover, V., *et al.* (2017) The Evolution of Robotic Surgery: Surgical and Anaesthetic Aspects. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, **119**, i72-i84. <a href="https://doi.org/10.1093/bja/aex383">https://doi.org/10.1093/bja/aex383</a>
- [9] Chaffin, D.B. (2007) Human Motion Simulation for Vehicle and Workplace Design. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 17, 475-484. <a href="https://doi.org/10.1002/hfm.20087">https://doi.org/10.1002/hfm.20087</a>
- [10] Woldstad, J.C. (2000) Digital Human Models for Ergonomics.
- [11] Zhu, W., Fan, X. and Zhang, Y. (2019) Applications and Research Trends of Digital Human Models in the Manufacturing Industry. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 1, 558-579. https://doi.org/10.1016/j.vrih.2019.09.005