下一代移动通讯技术与个人健康管理*

陈亚兰　张　涵　董建成　　沈百荣

（南通大学医学院医学信息学系　南通 226001）　（四川大学华西医院系统遗传研究院　成都 610041）

〔摘要〕　介绍 5G 技术发展概况及其在医疗领域的应用情况，详细阐述 5G 技术下的健康管理新生态，包括数字医疗、数字康复、数字健康和个人健康管理等，对未来发展提出展望，为相关研究提供参考。

〔关键词〕　5G；健康管理；个性化；智慧健康；参与医学

〔中图分类号〕R－058　　〔文献标识码〕A　　〔DOI〕10.3969/j.issn.1673－6036.2022.04.001

Next Generation Mobile Networks and Personal Health Management

CHEN Yalan, ZHANG Han, DONG Jiancheng, Department of Medical Informatics, Medical School of Nantong University, Nantong 226001, China; SHEN Bairong, Institutes for Systems Genetics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

〔**Abstract**〕　The paper introduces the development of 5G technology and its application in the medical field, elaborates the new ecology of health management under 5G technology, including digital therapeutics, digital rehabilitation, digital healthcare, personal health management, etc., puts forward the prospect of future development and provides references for related study.

〔**Keywords**〕　5G; health management; personalized; smart health; participatory medicine

1　引言

1.1　5G 技术发展概况

以第 5 代蜂窝移动通信技术（5th Generation Mobile Networks，5G）为代表的下一代移动通讯技术（Next Generation Mobile Networks，NGMN），在现有 G1 到 G4 技术演进基础上实现了真正意义上的多源网络融合。5G 与人工智能（Artificial Intelligence，AI），物联网（Internet of Things，IoT），大数据（Big Data，BD），云计算（Cloud Computing，CC）以及其他行业的交融推动各行业变革，渗透到社会和日常生活的方方面面，包括催生数字孪生和元宇宙技术，使生活更加便捷、智能化[1]。

1.2　5G 技术应用情况

1.2.1　为数字创新提供更多可能性　5G 技术应用正在从根本上迅速改变传统医学实践，为医疗和健康管理领域带来变革，实现健康管理延伸、协同服务和智能决策，提高健康管理资源辐射能力和可及性，催生了一系列新应用、新模式和新业态[2]。基于 5G 技术的智慧医疗不仅能促进医疗技术均衡发展、解决“看病贵”“治病难”等基本医疗难题，

〔收稿日期〕　2022－03－03

〔作者简介〕　陈亚兰，博士，讲师，发表论文 20 篇；通讯作者：沈百荣，教授，博士生导师，发表论文 200 余篇。

〔基金项目〕　国家自然科学基金“癌症寡转移标志物发现的信息学模型及其应用”（项目编号：32070671）；四川省区域创新合作项目“川桂合作－分级诊疗的智能导诊系统和模式”（项目编号：2020YFQ0019）；国家自然科学基金青年科学基金“基于本体的前列腺癌生活方式信息学模型构建与应用”（项目编号：82102186）。

同时其具有低延迟、高速度、高分辨率带宽、高可靠性、低能耗等特点，加上未来便携式 5G 电子设备的小型化、集成化和智能化发展，低功耗智能穿戴设备应用在疾病个性化预防和治疗护理方面将具有深远影响。

1.2.2 改变整个医疗生态系统 5G 技术应用可以突破当前无线网络技术限制。此外多样化的高效低耗能设备可以提供优秀的用户体验，为参与医学（Participatory Medicine，PM）发展提供更多可能性，更好地促进智慧健康（Smart Health，SH）及智慧病人（Smart Patient，SP）发展[3-4]，实现患者与医疗人员、医疗机构、医疗设备间的互联互通和信息充分共享，促进医院内外业务协同及医疗资源高效配置。

1.2.3 赋能智慧健康服务 为满足日益增长的健康需求，各国都高度重视健康服务与信息化深度融合，5G 已成为推动健康服务创新发展、提升医疗健康服务质量和促进医疗普惠的重要抓手。近年来 5G 技术在医疗健康领域的应用不断深化，传统医疗服务正逐步向万物互联的智慧健康服务过渡[5-6]。这些技术应用可以从根本上改变疾病筛查、诊断和监测，使疾病管控和进展更加精准，进一步细化个性化治疗。

2 智慧健康及智慧医疗

随着“5G + 健康医疗”的发展，医疗保健系统在整体互联互通中又向分散的网络端点移动。在更完整、更具临床相关性和实时性的信息基础上，早筛查、早评估、早干预的健康管理系统形成，为实现全人群、全生命周期的健康管理服务提供更多科学依据。相关技术发展推动智慧医疗领域部分概念不断更新演变，如从 eHealth 到 iHealth 的过渡，应用人工智能数据挖掘技术更好地辅助临床决策并提供更个性化的治疗。智慧医疗健康发展和创新有助于传染病及非传染性疾病的预防、诊断、治疗、预后和管理，见表 1。

表 1 智慧医疗领域概念举例

概念	定义	参考文献
eHealth electronic health	广泛使用健康信息、通信技术和网络，加强以患者为中心的护理服务	[7]
mHealth Mobile health	通过移动设备提供医疗服务，包括智能手机、平板电脑、可穿戴式监测设备；这一定义已扩大到包括移动应用程序、社交媒体和位置跟踪技术，以获得慢性病监测、诊断和管理相关数据	[8]
iHealth Intelligent health	通过将实时自我监控与来自患者环境的更多上下文信息和新颖的内置数据分析工具相结合，进一步构建和扩展 eHealth，以提升医疗决策效率和质量	[9]
cHealth Connected health	指允许远程提供医疗保健的各种技术措施，目的是提高医疗保健接受者的效率、成本效益和满意度	[10]
Smart health	描述使用移动和无线技术提供和改善医疗保健的术语	[11]
E - patients	指在网上寻求健康相关信息的患者	[12]
Smart patient	智慧患者是能够在个人健康管理中发挥积极作用的人；能够通过可靠的健康信息做出循证选择，利用多样化的智能技术进行自我监测、自我保健；能够平等参与临床决策以获得最佳和最合适的治疗	[13]

3 5G 在个人健康管理领域的应用

3.1 数字医疗（Digital Therapeutics，DTx）

3.1.1 内涵和功用 5G 为无数医疗新技术创造了巨大机遇，从而形成了一个通过 5G 集成的医疗生态系统。数字医疗作为数字健康的分支，代表医疗健康行业的一系列技术、产品和服务。Sepah S C、Jiang L 和 Peters A L[14] 在 2015 年首次提到“数字治疗”一词并将其正式定义为“在线提供的基于证据

的行为治疗，可以提高医疗保健的可及性和有效性”。数字医疗传输的信息不仅专注于药物依从性、诊断或远程医疗，还可能包括有关患者症状或实验室结果的信息，使患者和临床医生能够更有效地管理治疗。其可以单独使用或与药物、设备和其他疗法一起使用，以优化患者护理和健康结果。例如数字治疗可以是一款智能手机应用，可实现刺激饮食、改变锻炼行为或者督促患者坚持服药以促进有效疾病管理的功能。

3.1.2 关键特征 数字医疗的一个关键特征是利用互联网、移动电话等基础设施以及人工智能、机器学习和大数据分析方面的新成果，对个体治疗策略进行优化，从而实现个性化医疗原则。数字医疗包括预防、管理、治疗医学紊乱或疾病的一系列循证治疗干预，包括数字传感器、可穿戴设备以及某些虚拟现实（Virtual Reality，VR）和人工智能设备，通过改变患者行为和远程监控帮助治疗疾病，从而产生增强的和长期的健康结果。与传统疗法相比数字医疗可以提供更安全、精准、经济的选择。可以说，无论是数字单一疗法的发展，还是数字医疗与现有药物疗法的结合，都比针对患者开发新的分子实体和创造医疗价值的途径更快、成本更低。5G 在一定程度上可以促进传统制药企业商业模式调整，数字治疗技术也有望被纳入核心药物开发方法。

3.2 精准预后，延续临床护理

3.2.1 以患者为中心的护理模式 健康信息技术的日益广泛使用开启了以患者为中心的护理新时代，其打破面对面护理模式，实现实时、动态和技术辅助的评估和干预[7]。5G 网络的普及进一步推动远程监测、远程会诊、远程教育和远程健康公关的发展，为精准的延续护理提供了创新和可行机会[15]。通过将健康管理终端与医院、社区、家庭等场所连接，可多渠道集成用户健康信息数据，医生可以此为基础智能地进行更全面且连续的记录与分析，推荐最佳健康干预和治疗方案，帮助患者进行自我监测和症状管理，优化整个护理过程的患者参与度。

3.2.2 电子健康干预措施 利用 5G 环境下的 mHealth、iHealth 等技术，患者可以更多地使用电子健康干预措施，包括教育、制定自我管理策略、量身定制信息以及与临床医生远程沟通，以管理自身的轻度症状。临床医生将有更多的时间治疗有严重症状的患者。这些便捷的干预手段在密集的门诊和家庭环境之间架起桥梁，从而实现护理的连续性，促进患者与医师之间建立稳固的联系，有助于提高干预的可接受性。研究表明基于互联网的康复手段目前在心血管康复[8]、骨关节炎[16]等疾病中提供监测和指导等症状管理是可行和有效的。

3.2.3 智能家居（Smart Home，SH） 其可以在居民进行日常活动时持续或在更短时间间隔内监测居民健康状态。这种高效、低调的隐匿式监测和可穿戴设备结合，可以更好地捕捉个人的全面健康功能状态，从而实现可持续的临床延续护理[17]。Jintronix、Reflexion Health 等公司已开发可在出院后康复过程中通过游戏机等手段提供个性化的物理疗法和护理跟踪的设备与应用[18]。5G 技术应用使得全方面医学监测评估和多学科康复成为可能[19]，也使得疾病的预后管理形式更加多样化且管理效果更加高效。

3.3 数字健康促进群体预防

如果说 5G 将疾病诊疗和护理升级到了新的高度，那么对于预防来讲，5G 将给数字健康（Digital Health，DH）和全民健康覆盖（Universal Health Coverage，UHC）带来跨越式革命。5G 网络铺设可以提升现代计算智能技术和云等高性能计算设施资源的互操作性，与此同时社交网络、智能手机、可穿戴设备和基于云的数据平台发展，使大量临床相关和个人数据的实时收集、存储和分析成为可能[5]。5G 技术可以将医院内部的完整内网、个人、设备供应、资源分配等数据网络囊括在云端，运用多样化的智能系统、设备及应用，以高吞吐量对数据信息进行深入深度智能测算，供卫生行政部门进行群体健康或特定疫情态势的分析、标注、接触者追踪和人员流动监测，见图 1。同时在智能网络中可以实现准时制物流、精准库存控制、资产跟踪和

物料分配，执行优化、高效且低延迟的疾病管理或病毒传播监测，这也有望将公共卫生系统从反应性转变为主动性并更具预测性[20]。简而言之，巨大的带宽可用性实现了健康信息和资源的高效共享及疾病的早期预防，显著减少传染病传播。随着人工智能应用越来越多，公共卫生及医疗保健系统可以更好地预测高危患者，帮助卫生专业人员更快地做出反应，支持政策制定者对公众健康管理、公共卫生资源及财政分配做到最大程度精准配置。

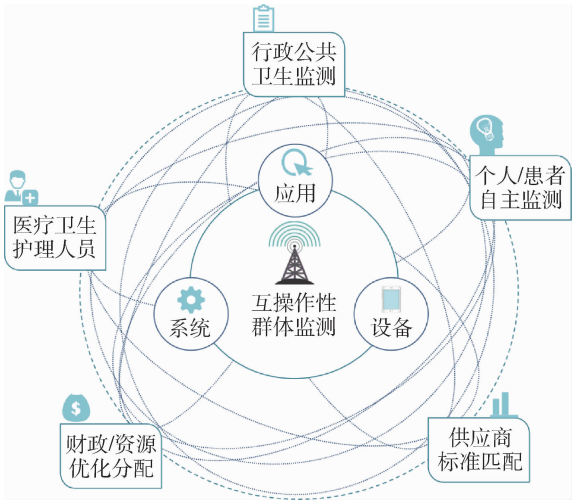

图 1　5G 数字健康网络下的实时群体健康监测和疾病预防

3.4　个性化健康管理

3.4.1　个人健康管理　5G 对医疗领域的影响力更多体现在其可以实现更精准的个性化健康管理。5G 代表了一种全新的数字医疗网络，结合医疗物联网（The Internet of Medical Things，IoMT）以及增强型移动宽带（Extended Mobile Broadband，eMBB）等技术应用，可以全方位提升个人或患者的医疗体验。5G 技术应用于个人健康管理领域，助力可穿戴设备、机器人、智慧家居等逐步进入家庭，尤其是在医养结合及居家养老领域发挥重要作用，使得个人健康管理变得更加精准和高效，见表 2。

表 2　5G 技术在个人健康管理领域中的应用举例

个人健康管理领域	5G 功能应用
家庭护理	从多个 IoMT 获取患者的实时健康状态信息需要较高数据传输速率
远程健康监控	低延时、高带宽、高安全
虚拟咨询	高数据率和通道容量 高数据率才能支撑流媒体播放高清视频 不间断流媒体服务 安全漏洞可能损害患者隐私
实时健康服务	低延时、高带宽、高安全
增强现实和虚拟现实（健康促进）	无缝连接、增强副作用现实以实现反向促进健康管理（提高健康管理效能）
人工智能驱动的机器人	低延时、可及性强、个性化
非药物治疗	数字药物、生活方式处方、运动处方等

3.4.2　多样化设备应用　5G 环境下的多样化设备可以多源收集患者特定数据，快速处理、分析和返回信息，向患者推荐最适合个人特征的治疗方案，使患者拥有更多自主管理能力，全面掌握自身信息和数据，实时监控个人生理、行为、环境、安全、社交数据，通过智能分析更个性化地理解和管理自身健康情况，从而更好地针对不同生活习惯进行全面、个性化的健康管理，见图 2。

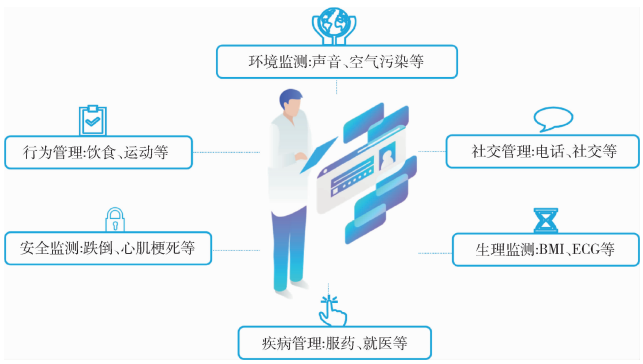

图 2　5G 环境下的个人健康管理

3.4.3　健康行为促进　数字医疗行业可推动大规模的行为改变，使个体可以获取更为安全且精准高

效的非药物治疗（运动处方或生活方式处方等）[21]。例如研究表明以饮食和锻炼为目标的系统行为干预可以显著降低 2 型糖尿病患病风险。这一发现促使美国开展了生活方式改变项目[22]。一项借助 Zoom© 监督的个性化运动研究表明使用网络技术的运动推荐是可行和可以接受的，具有较高依从性[23]。Chatbot 通过定制对话可以更好地促进饮食、运动等生活方式的个性化修正[1]。得益于技术进步和成本下降，使用者可以通过虚拟现实技术进入特定场景进行个性化定制的心理和行动治疗。

4 5G 在健康管理的应用前景及局限性

4.1 应用前景

5G 医疗应用探索已初见成效，然而其快速增长也使数字格局变得复杂。因此基础设施建设、技术标准制定实施、有效监管、隐私保护和数据标准化是未来 5G 快速推进的保障。例如实施通用标准和提升互操作性对于收集运行人工智能应用程序所需海量数据至关重要。未来 5G 医疗行业标准的研究与制定将推动数字医疗健康进一步蓬勃发展，促进智慧医疗、远程医疗、互联网诊疗、重大慢性病管理等领域发展。当前突破点主要聚焦于 5G 网络切片、纳米物联网及基于 5G 的认知系统（5G - based Cognitive System，5G - Csys）等技术。虽然其中许多努力仍处于试点阶段，但不断增加的研发投资和政策支持将继续证明 5G 医疗的巨大潜力。

4.2 局限性

5G 虽极大地改变生活和健康，但其非技术障碍以及监管、隐私问题需要谨慎处理。目前国际上关于 5G 较多的争议在于其通信频谱（Radiofrequency Electromagnetic Fields，RF - EMF）对健康的影响，给 5G 未来发展带来挑战。随着不同传播模式、射频辐射的增加，需要建立新的频率指南、监管战略和政策。未来大多数国家将采用 2020 年 ICNIRP 准则[24]，实施最佳实践原则，以强有力的证据让用户放心并遵守监管许可。这些标准包括同行评审和临床试验有意义的研究并包含对隐私和安全的适当保护。

5 结语

5G 超低时延、大容量、高速度、无缝连接、高可靠性和低功耗的发展正在重塑医疗健康发展方向，使患者能够更加积极主动参与医疗，使个人和群体疾病防控更具针对性和有效性。5G 医疗健康为人口老龄化带来的相关健康和社会挑战提供了有前景的解决方案。然而在广泛实施之前 5G 还有许多障碍需要克服。采取谨慎的方法并将暴露程度保持在合理可达到水平，在无线通信不断扩张的市场中比较难以实现，应对此类挑战的解决方案正在演变。

参考文献

1 Chen Y L, Sinha B, Ye F, et al. Prostate Cancer Management with Lifestyle Intervention: From Knowledge Graph to Chatbot [J]. Clinical and Translational Discovery, 2022, 2 (1): e29.

2 范春，徐安琪，马诚浩，等．基于数字健康平台的重点人群“5G + 健康管理”的建设与研究［J］．信息与电脑，2021（4）：21 - 24.

3 Wang B, Li G Y, Xu L, et al. Nanoporous Boron Nitride Aerogel Film and Its Smart Composite with Phase Change Materials [J]. ACS Nano, 2020, 14 (12): 16590 - 16599.

4 白晋伟，沈百荣．医学信息学的新机遇和挑战：从参与性医学到智能健康管理［J］．医学信息学杂志，2019，40（4）：2 - 5.

5 Ozturk T, Talo M, Yildirim E A, et al. Automated Detection of COVID - 19 Cases Using Deep Neural Networks with X - ray Images [J]. Comput Biol Med, 2020 (121): 103792.

6 Smidt H J, Jokonya O. The Challenge of Privacy and Security When Using Technology to Track People in Times of COVID - 19 Pandemic [J]. Procedia Comput Sci, 2021 (181): 1018 - 1026.

7 Penedo F J, Oswald L B, Kronenfeld J P, et al. The Increasing Value of eHealth in the Delivery of Patient - centred Cancer Care [J]. Lancet Oncol, 2020, 21 (5): e240 - e251.

8 Bostrom J, Sweeney G, Whiteson J, et al. Mobile Health and Cardiac Rehabilitation in Older Adults [J]. Clin Cardiol, 2020, 43 (2): 118 - 126.

9 Berrouiguet S, Perez - Rodriguez M M, Larsen M, et al. From eHealth to iHealth: Transition to Participatory and Personalized Medicine in Mental Health [J]. J Med Internet Res, 2018, 20 (1): e2.

10 Chen S C, Hu R, McAdam R. Smart, Remote, and Targeted Health Care Facilitation Through Connected Health: Qualitative Study [J]. J Med Internet Res, 2020, 22 (4): e14201.

11 Redfern J. Smart Health and Innovation: Facilitating Health - related Behaviour Change [J]. Proc Nutr Soc, 2017, 76 (3): 328 - 332.

12 Riggare S. E - patients Hold Key to the Future of Healthcare [J]. BMJ, 2018 (360): k846.

13 Chen Y, Yang L, Hu H, et al. How to Become a Smart Patient in the Era of Precision Medicine? [J]. Adv Exp Med Biol, 2017 (1028): 1 - 16.

14 Sepah S C, Jiang L, Peters A L. Long - term Outcomes of a Web - based Diabetes Prevention Program: 2 - year Results of a Single - arm Longitudinal Study [J]. J Med Internet Res, 2015, 17 (4): e92.

15 Selzler A M, Wald J, Sedeno M, et al. Telehealth Pulmonary Rehabilitation: A Review of the Literature and an Example of a Nationwide Initiative to Improve the Accessibility of Pulmonary Rehabilitation [J]. Chron Respir Dis, 2018, 15 (1): 41 - 47.

16 Xie S H, Wang Q, Wang L Q, et al. Effect of Internet - Based Rehabilitation Programs on Improvement of Pain and Physical Function in Patients with Knee Osteoarthritis: Systematic Review and Meta - analysis of Randomized Controlled Trials [J]. J Med Internet Res, 2021, 23 (1): e21542.

17 Wang J, Spicher N, Warnecke J M, et al. Unobtrusive Health Monitoring in Private Spaces: The Smart Home [J]. Sensors (Basel), 2021, 21 (3): 864.

18 Pham T N, Wong J N, Terken T, et al. Feasibility of a Kinect ® - based Rehabilitation Strategy after Burn Injury [J]. Burns, 2018, 44 (8): 2080 - 2086.

19 Salawu A, Green A, Crooks M G, et al. A Proposal for Multidisciplinary Tele - Rehabilitation in the Assessment and Rehabilitation of COVID - 19 Survivors [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17 (13): 4890.

20 Aerts A, Bogdan - Martin D. Leveraging Data and AI to Deliver on the Promise of Digital Health [J]. Int J Med Inform, 2021 (150): 104456.

21 Lucini D, Pagani M. Exercise Prescription to Foster Health and Well - Being: A Behavioral Approach to Transform Barriers into Opportunities [J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18 (3): 968.

22 Fisher E B, Walker E A, Bostrom A, et al. Behavioral Science Research in the Prevention of Diabetes: Status and Opportunities [J]. Diabetes Care, 2002, 25 (3): 599 - 606.

23 Buckinx F, Aubertin - Leheudre M, Daoust R, et al. Feasibility and Acceptability of Remote Physical Exercise Programs to Prevent Mobility Loss in Pre - Disabled Older Adults during Isolation Periods Such as the COVID - 19 Pandemic [J]. J Nutr Health Aging, 2021, 25 (9): 1106 - 1111.

24 Bonato M, Dossi L, Gallucci S, et al. Assessment of Human Exposure Levels Due to Mobile Phone Antennas in 5G Networks [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19 (3): 1546.

《医学信息学杂志》开通微信公众号

《医学信息学杂志》微信公众号现已开通，作者可通过该平台查阅稿件状态；读者可阅览当期最新内容、过刊等；同时提供国内外最新医学信息研究动态、发展前沿等，搭建编者、作者、读者之间沟通、交流的平台。可在微信添加中找到公众号，输入“医学信息学杂志”进行确认，也可扫描右侧二维码添加，敬请关注！

《医学信息学杂志》编辑部