

基于多视角分析框架的 5G 急救医疗服务国外研究进展^{*}

纪 浩 虞颖映

(1 杭州医学院医学情报与卫生政策研究中心 杭州 311399 2 浙江省医学情报研究所 杭州 311399)

〔摘要〕 从 5G 急救医疗服务内涵、特征、架构、关键技术等方面阐述 5G 急救医疗服务国外研究进展，提出展望，以期为我国数字化急救医疗提供参考。

〔关键词〕 5G；急救医疗服务；特征与架构；关键技术簇

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2022.04.002

Research Progress of 5G Emergency Medical Service Abroad Based on Multi-perspective Analysis Framework JI Hao, YU Yingying, 1Medical Information and Health Policy Research Center, Hangzhou Medical College, Hangzhou 311399, 2Zhejiang Institute of Medical Information, Hangzhou 311399, China

〔Abstract〕 The paper expounds the research progress of 5G emergency medical service abroad from the aspects of connotation, characteristics, architecture and key technologies of 5G emergency medical service, and puts forward the prospect, so as to provide references for digital emergency medical service in China.

〔Keywords〕 5G; emergency medical service; characteristics and architecture; key technology cluster

1 引言

急救医疗服务是我国卫生健康事业的重要组成部分。随着云计算、传感器、物联网、人工智能等技术的兴起，以及 5G 在核心网、无线空口以及承载网传输技术上实现突破，技术赋能急救医疗服务的优势进一步凸显。近年来对基于 5G 的急救医疗

服务研究成为政界、学界、产业界关注的热点，相关应用逐渐出现，如 2016 年美国启动 5G 健康综合救援项目，2017 年爱尔兰推出 5G 互联救护车，2019 年日本防卫医科大学建设基于 5G 的 VR 急救指挥中心，2021 年 FirstNet 和 AT&T 公司联合部署用于医疗急救的 5G Evolution 路由器等。本文针对 5G 急救医疗服务在国外的最新进展，基于系统的文献梳理，建立融合内涵辨析、特征归纳、架构提

〔修回日期〕 2022-03-03

〔作者简介〕 纪浩，硕士，发表论文 12 篇；通讯作者：虞颖映，硕士，副研究员，发表论文 40 余篇。

〔基金项目〕 浙江省哲学社会科学规划课题“基于信息级联和精英群体沉默的网络意见偏差及引导机制研究”（项目编号：21NDQN247YB）；浙江省软科学研究计划项目“共同富裕导向下浙江省老年健康服务资源配置绩效评价及提升路径研究”（项目编号：2022C35012）；浙江省高等教育研究基金重点项目“基于信息级联和学生意见领袖的高校负面网络舆情传播与引导研究”（项目编号：ZDB202003）；浙江省教育厅一般科研项目“‘一老一小’健康服务资源配置效率评价及优化机制研究：以浙江省为例”（项目编号：Y202146074）。

炼、技术剖析与趋势研究的多维度综合分析框架,实现对相关信息的挖掘,以期为我国急救医疗服务领域的实践应用、政策制定、技术创新等提供参考。

2 5G 急救医疗服务内涵

2.1 概述

目前 5G 急救医疗服务内涵还未形成统一的概念及概念体系,在学术界主要有 3 个界定视角,分别是服务质量(Quality of Service)视角、过程管理(Process Management)视角、技术融合(Technology Integration)视角。3 个视角下的概念界定各有侧重,但基本统一于 5G 急救医疗服务的高效率、全过程与智慧化。本文认为 5G 急救医疗服务是以提升急救医疗服务质量为目标,集成 5G 网络、物联网、传感器、车载工程、人工智能等技术手段,实现对急救医疗资源的优化配置,以及对急救服务全过程数字化管理的复杂系统工程。

2.2 服务质量视角

5G 急救医疗服务是以提升远程急救服务质量与管理绩效为导向,基于 5G 通信网络、远程交互技术,实现对患者院前急救信息的获取以及对远端医护人员的实时指导,是一项高效率的远程诊断与远程急救工具,或以提高服务质量与降低服务成本为目标的“移动健康(m-Health)服务模式”。

2.3 过程管理视角

5G 急救医疗服务是一项面向应急服务的闭环式运作流程,在 5G 通信网络与急救医疗领域深度融合的框架下,将相对独立的医疗机构、医护人员、医疗设备等急救要素联络起来,实现各环节的无缝衔接与信息共享,强调区域协同、信息共享以及优质医疗资源的及时可达。

2.4 技术融合视角

5G 急救医疗服务是在先进技术基础上对急救服务的重构,关注通信技术、传感器技术、车载技术和

人工智能等在急救服务领域的有机融合与充分应用,保障病患、医护人员、医疗机构和医疗设备等的实时互动,具有数字化、自动化、智能化特征^[1]。

3 5G 急救医疗服务特征

3.1 数字化

一方面,急救服务功能的实现需以数字化为根基。例如最佳救援线路规划,需在纳入病患数据、地理数据、道路拥堵数据、医院(急救站点)数据等多维信息要素的基础上,基于深度学习算法实现救援路径选择^[2];远程急救指导,远端专家需基于患者生命体征数据、现场诊断数据以及与现场救护人员的交互数据进行服务。另一方面,5G 急救医疗服务可实现基于数字化的价值增值。例如基于对病患数据的长期追踪完成高质量健康数据积累,进而实现异常或偏差数据预警;在数据快速传输、最小化错误计算、资源有效利用以及多维需求响应的基础上,使智能设备拥有高计算力,保证 5G 急救医疗服务技术不断优化与迭代^[3]。

3.2 精准化

一是治疗精准化。基于网络切片和边缘计算,5G 机器人能辅助专家面向急诊患者提供精准化的手术。二是医疗保健精准化。融入 5G,后 5G 移动通信(5G-and-Beyond, B5G),知识图谱以及人工智能算法的急救医疗服务具备精准化的医疗保健能力。三是医疗判断精准化。基于 5G 技术可以在全球范围内实现对病患数据的实时采集与传输,通过大数据挖掘技术,对在紧急情况下的病患提供更加精准的医疗判断与健康干预^[4]。

3.3 预见性

融合 5G 技术的物联网允许将可植入式传感器装备到患者体内,从而实现对监测数据实时回传,有利于患者状态异常指标的早期发现。后续则通过开发一个框架优化深度学习相关技术参数,在对大数据降维的基础上实现对聚集性突发传染病的预测。新研究通过构建融合机器学习算法的急救医疗

服务平台,使机器能够自学习病患的各类急救参数,如行为、症状和病理变量等,实现在预测的基础上更好地应对病患的突发状况^[5]。

3.4 融合化

一是 5G 与人融合。基于 5G,救护专家能够与患者进行更好的串联,可通过手势、图片或动画与患者交流,实现急救帮扶。二是 5G 与其他技术融合。5G 分别可与人工智能、云计算、急救车、无人机、物联网、传感器、区块链、医疗设备、算法等融合,还可实现 5G 的交叉融合以及“超级融合”等。三是 5G 技术提供商与医疗机构融合。数据显示通过技术购买与商业往来,医疗机构与 5G 技术或设备提供商形成了更为深厚的合作关系,驱动 5G 技术最佳地分布在急救医疗服务的各个环节^[2]。

3.5 协同化

一是数据间协同。表现为院前急救数据、急救指挥数据以及院内分诊数据的协同。二是救护专家间协同。表现为不同地域的专家可以在同一时间对同一病患展开协同急救。三是医疗设备间协同。表现为智慧急救车、医疗无人机、生命体征监护仪等各医疗设备之间的实时通信,解决信息孤岛难题。四是人与技术协同。5G 支持下的技能互联网允许医疗数据库、医用机器人、医疗服务模式对专家急救的智慧化支撑。

3.6 智慧化

其一,网络资源部署智慧化。5G 边缘计算能力、支持低延迟和改进的带宽等属性能够突破长期演进、全球通信系统对于在急救医疗服务中使用体域网的限制,实现更加智慧化的网络资源部署。其二,数据采集、传输以及分析智慧化。采集:融入 5G 网络的传感器系统、可穿戴设备会以更智慧化的方式实现对病患数据的定向采集。传输:5G 技术具有增强的连接性,可以保证小型医疗设备与传感器以及小型设备相互之间的通信,即设备到设备(Device to Device, D2D)的通信^[2]。分析:5G 网络切片和边缘计算能力可以实现对病患数据在靠近

来源的网络边缘处理,在有限的决策时间范围内提供智慧化分析。其三,急救环节衔接智慧化。可实现院前急救与院内分诊的智慧对接、5G 无人机与 5G 急救车的智慧协同、急救指挥中心对急救资源的智慧化调度、院内专家对现场医护人员的智慧化远程指导与帮扶等。

4 5G 急救医疗服务架构

4.1 概述

架构是对系统中的实体以及实体之间关系所进行的抽象描述,是一系列决策集合。5G 急救医疗服务建立在各类架构之上,主要包括技术架构、网络架构、数据架构以及业务架构。

4.2 技术架构

一般意义上的 5G 急救医疗服务技术架构由终端采集模块、网络传输模块、数据连接模块以及应用服务模块 4 部分构成。随着新技术的兴起有关 5G 急救医疗服务技术架构的研究围绕关键方法、组成逻辑以及技术集成深入开展。近期研究开始关注融入智能可穿戴设备和基于边缘计算的急救医疗服务整体技术架构的优化,其优势主要包括以下方面:降低急救医疗服务过程中的反应时间和运行成本;收集大量异构急救医疗大数据进行聚合和分析,实现对患者病情的准确判断;减少延迟、降低能耗、提升医疗数据传输效率。

4.3 网络架构

当前主流 5G 急救医疗服务网络架构由短距离传输模块和远程通信模块协同部署而成。其一,短距离传输。包括紫蜂、Wi-Fi、蓝牙、WiMAX 等,主要应用于急救医疗服务中的近端通信,典型应用场景包括体域网等。其二,远程通信。包括 5G 通信技术、长期演进技术等,在某些急救场景下通用分组无线业务、全球移动通信系统等被广泛应用于将数据从本地服务器传输到远端基站。最新的研究已开始对支撑急救医疗服务的网络架构进行优化,包括提出 LTE-M 以适应蜂窝网络中物联网设备需

求;将 LoRaWAN 协议进一步制度化,以支持急救医疗应用程序;将技能互联网应用于 5G 急救医疗服务,其通过实施资源隔离,为整张网络提供可靠性和健壮性,保证会话期间的稳定性。

4.4 数据架构

4.4.1 数据采集 广泛采取的技术形式为联合 5G 网络与传感器集群系统的数据抓取。一是通过佩戴身体传感器采集生命体征参数,包括体温、血压、心跳和血糖等;二是通过将各类无线传感器嵌入到血压、心电图等设备上,实现对病患生命体征数据的实时感知。三是基于虚拟传感器的急救医疗数据采集平台,解决物理传感器的异构性和资源处理的局限性等问题。

4.4.2 数据存储 5G 急救医疗服务的数据存储主流机制可理解为基于 Hadoop 框架完成云计算平台的搭建,从而完成一系列智慧化数据存储动作。Hadoop 框架是数据架构的“大脑”,负责存储数据、运行应用和执行进程^[4]。前沿研究开始对 Hadoop 框架优化,其以数据库为基点,基于 5G 网络连接物联网、传感器、智能医疗系统以及移动应用等,实现急救数据在救护车、医院、药房、急救中心、社区等单元的存储、协同与共享。

4.4.3 数据服务 以数据采集和数据存储为基础,通过融合智能医疗设备、边缘计算、人工智能、网络切片以及各类算法、技术等,实现以数据驱动为主要形式的急救医疗服务。比较成功的数据服务案例有:IBM 公司基于 5G 网络共享千万量级糖尿病患者数据,并开发个性化诊治方案;阿里巴巴集团将 5G、人工智能与 CT 诊断技术相融合,实现对急救病患生命体征数据的快速扫描与分析,并在 20 秒内做出诊断。

4.5 业务架构

4.5.1 院前急救 该环节是 5G 急救医疗服务业务架构中的前提与基础。在 5G 通信网络、5G 智慧救护车、智能医疗设备、边缘计算等支撑下,将急救工作充分前置,抢占急救黄金时间。现场急救人员通过采集患者生命体征数据实现对其病情的初步

诊断、评估与干预,同时将结果(心电图、生化分析指标、超声图像等)实时回传至附近的急救站、专科医院、智慧急救指挥中心等,等待下一步急救指令。

4.5.2 急救指挥与分诊 该环节是 5G 急救医疗服务业务架构中的核心内容。在对院前急救大数据分析的基础上,可实现对一定区域范围内急救医疗单元接诊能力的评估,如果患者端与救援端实现恰当匹配则启动 5G 救护车最佳线路规划程序,同时基于统一时钟源通知接诊机构按时间窗口排列数据,进行急救药品、急救设备、急救科室、急救人员准备。如果附近急诊机构不具备充分的接诊条件则启动远程急救。

4.5.3 远程急救 该环节是 5G 急救医疗服务业务架构中的重要保障。远程急救的载体是 5G 智慧急救车或流动医院,包括远程医疗指导、远程会诊、远程病情评估和远程手术,核心逻辑是将多地的医护专家在同一时间链接起来以实现联合急救。此外 5G 医疗无人机技术已逐渐成熟,将成为远程急救的必要补充。

5 5G 急救医疗服务关键技术

5.1 数据管理技术

一是数据采集与传输。通过可穿戴设备、物联网、可植入式芯片、无线体域网技术等完成对目标病患生命体征数据的实时感知。二是数据过滤与清洗。基于滤波去噪、去除异常值、数据插补等实现对高维数据的降维与去噪,将杂乱、冗余的患者大数据(位置数据、生命体征数据、天气数据、社区数据等)规范化处理。三是数据转换与集成。通过 Kettle、Apator、Talend 以及 Athena 技术手段将过滤与清洗后的数据转化为可以被机器识别的结构化信息。四是数据存储技术。包括分布式存储、可伸缩集群技术、数据捆绑技术以及雾计算等。五是数据安全技术。急救医疗服务涉及患者大量私密信息,急救各环节设计均将安全性纳入关键评判标准。

5.2 数据科学技术

其一,数据协同。融合关联数据、时间序列分

析、实时数据分析等技术，将割裂的数据进行协同，确保数据在急救车、医院、药房、手术室、急救指挥中心、社区等各单元的同步与共享。其二，知识发现。主流技术包括知识图谱、个性化推荐、数据挖掘、数据画像等，基于知识发现可实现对急救患者的智能分诊、最佳救援路线规划以及急救预测预警等。其三，移动计算。边缘计算是移动计算技术的典型代表，将其赋能智能医疗设备以执行各种繁重的计算任务。其他移动计算技术还包括移动云计算、图像分析、视频分析等。其四，人工智能。主要包括机器学习、深度学习、联合学习等，人工智能技术赋能医疗设备，提供更加精准的急救诊断与医疗服务。

5.3 网络优化技术

一是网络部署。针对长、短距离通信网络进行优化部署，短距离传输涉及 Wi - Fi、Zig - Bee、蓝牙、6LowPAN 等技术，长距离通信包括通用分组无线业务（General Packet Radio Service，GPRS），全球移动通信系统（Global System for Mobile Communications，GSM）和长期演进技术（Long Term Evolution，LTE）等，新兴技术还涉及 LoRa、SIGFOX、通信无人机等。二是拥塞控制。通过扩展通信通道、增加上行链路容量确保在急救场景下现场救护人员与非现场专家实时连接。主要技术包括扩容增量、D2D、自动化技术以及软件定义网络。三是资源隔离。研究选择引入路由规划以实时资源隔离，提出用于多跳网络中设备间通信的设备感知路由和调度算法。四是抖动控制。基于机器学习、深度学习等智能算法对网络吞吐量、网络延迟等 QoS 参数

进行优化与控制。

5.4 智能医疗工具、系统及平台技术

一是先进医疗工具。包括智能可穿戴设备、智能医疗设备、智能眼镜、虚拟现实技术等。医疗机器人、医用无人机、增强现实、扩展现实以及混合现实等工具被广泛使用。二是先进医疗系统。电子健康系统、移动医疗系统正向融入 5G 的医疗传感器集群系统、医疗物联网集群系统、智能医疗设备集群系统等更为复杂的技术演进。三是先进医疗平台。如 5G 智慧急救车、流动医院、医院到家等平台概念。新研究还提出“智慧急救医疗综合服务体系”概念，表明单一急救医疗服务平台已向融合智慧急救车、智慧病房、智慧急救指挥中心、流动医院等转变。

5.5 前沿交叉技术

其一，远程触觉技术。以远程触觉技术为核心的“触觉互联网”是在急救过程中提供远程会诊、开展远程精准手术的有效工具。新的研究关注边缘触觉设备、纳米物联网等与远程触觉技术的交叉。其二，全息通信技术。以 B5G 为基础，交叉增强现实、虚拟现实、混合现实、扩展现实、通信工程等技术，能为协同多端医疗单元、开展远程急救、远程研讨病例等提供更加沉浸式的服务体验。其三，技能互联网技术。技能互联网以网络切片技术为基础，通过融合电气工程、计算机科学、机械工程等实现对触觉互联网更为深入的延展，更有效地支撑 5G 急救的多类场景。其四，万物互联技术。实现设备到设备、人到人、人到设备、人到流程和人到数据的普遍连接，确保急救过程中各单元之间的有效联动。

表 1 关键技术簇、技术基础、典型技术工具及服务场景

关键技术簇	具体技术基础	典型技术概念、方案及工具
数据管理技术	数据采集与传输	可穿戴设备；传感器；物联网；可植入式芯片；无线体域网技术
	数据过滤与清洗	滤波去噪；去除异常值；数据插补
	数据转换和集成	ETL 工具（Kettle、Aptar、Talend）；NoETL 工具（Athena）
	数据存储技术	Hadoop 框架；分布式存储；数据捆绑；可伸缩集群技术；雾计算技术
	数据安全技术	区块链技术；身份验证；隐私和匿名技术；人脸识别；指纹识别；虹膜识别；认证协议
数据科学技术	数据协同	关联数据技术；时间序列分析；实时数据分析；大数据分析技术；智能物联网；智能云计算
	知识发现技术	知识图谱；个性化推荐；数据挖掘技术；数据画像技术
	移动计算技术	边缘计算技术；移动云计算；图像分析；视频分析

续表 1

网络优化技术	人工智能技术	机器学习；深度学习；人工神经网络；联合学习；智能决策；认知计算与计算神经科学
	网络部署	短距离通信（Wi-Fi、Zig-Bee、蓝牙、6LowPAN）；长距离通信（GPRS、GSM、LTE）；LoRa；SIGFOX；通信无人机
	拥塞控制技术	扩容增量；设备到设备通信（D2D）；自动化（资源认知、数据认知）；软件定义网络
智能医疗工具、系统及平台	资源隔离技术	网络切片技术；路由规划技术；双向通信技术
	抖动控制技术	算法优化（机器学习、深度学习、网络调度算法）；吞吐量控制技术
	先进医疗工具	医疗机器人；医用无人机；无线服务机器人；智能眼镜；AR、VR、XR 以及 MR 相关工具；智能可穿戴设备；智能医疗设备
技术	先进医疗系统	电子健康系统（e-Health）；移动医疗系统（m-Health）；医疗传感器集群系统；医疗物联网集群系统；智能治疗设备集群系统
	先进医疗平台	智慧急救车（车载技术、集成技术、自动控制技术）；流动医院（Hospital To Home, H2H）；智慧急救病房；智慧急救指挥中心
	前沿交叉技术	远程触觉技术
	远程触觉技术	生物工程、计算机工程、通信工程等交叉；触觉互联网（Tactile Internet, TI）；纳米物联网；边缘触觉设备；精准医疗技术
	全息通信技术	Beyond 5G（B5G）；增强现实；虚拟现实；混合现实；扩展现实；通信工程；视频技术等交叉
	技能互联网技术	电气工程（通信、网络）；计算机科学（人工智能、数据科学）；机械工程（触觉机器人、触觉传感器）等交叉
	万物互联技术	计算机工程；数据科学；物联网工程；人因工程等技术交叉，包括：设备到设备、人到人、人到设备、人到流程和人到数据等连接，即 IoE

注：资料来源于对国外文献的梳理、归纳与提炼。

6 结论与展望

6.1 结论

国外对 5G 急救医疗服务的认知基本统一于其服务的高效率、全过程与智慧化，以提升急救服务绩效为目标，将 5G 技术与医疗领域深度融合，打破时空限制、强化区域协同、实现数据共享、前移急救关口，最大范围内确保优质急救医疗资源的可达性，支撑医护人员为患者提供更加精准的医疗诊断和有效治疗。5G 急救医疗服务具备数字化、智慧化、融合化、协同化、精准化以及预见性 6 大特征。最新数据显示上述所有特征并非固化，而是随着更多技术的出现与引入逐渐发生趋势性演变。5G 在急救医疗服务中更多地充当“管道”角色，为满足多种急救医疗服务场景，其通过吸收、融合、嵌入的方式充分链接其他关键技术，形成以 5G 为技术基础的技术创新平台，从而实现对急救医疗服务的高水平支撑。此外急救数据采集向基于智能可穿

戴设备的方向演进；资源隔离、技能互联网等技术或概念开始被用来优化网络架构；数据是 5G 急救医疗服务过程中的重要“资产”，数据架构解释了数据的存在形式和流动方向；业务架构规范了 5G 急救医疗服务的服务内容。

6.2 展望

- 6.2.1 趋势 1：5G 网络覆盖问题研究 全面网络覆盖是有效链接急救病患、急诊医生、医疗设备等各项单元的最基础要素，是完善 5G 急救医疗服务的重要保障。但由于 5G 蜂窝塔覆盖半径较小，不能用很少的基站塔覆盖较广的区域，与 4G 相比 5G 网络覆盖率仍有较大提升空间，这一挑战在偏远的农村地区尤为突出。
- 6.2.2 趋势 2：5G 医疗设备操作易用性研究 研究显示即使是已配置 5G 医疗设备的医护人员，由于缺乏专业系统培训而对相关设备、运行程序、某项技术等感到陌生，尤其在紧急态势下可能出现误
- (下转第 19 页)

- 探索 [J]. 医学信息学杂志, 2019, 40 (10): 25-29.
- 24 蒋雅丽. 5G 如何赋能医疗 [J]. 通信世界, 2018 (28): 22.
- 25 杨敬, 葛涵涛, 陆焯晔. 5G 技术在智慧医疗领域的应用场景浅析 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2020, 17 (6): 804-808.
- 26 赵延红, 原宝华, 梁军. 区块链技术在医疗领域中的应用探讨 [J]. 中国医学教育技术, 2018, 32 (1): 1-7.
- 27 朱岩, 甘国华, 邓迪, 等. 区块链关键技术中的安全性研究 [J]. 信息安全研究, 2016, 2 (12): 1090-1097.
- 28 吴蜜, 涂玉麟, 彭俊玮. “区块链+智慧医疗”面临的机遇与挑战 [J]. 科技经济导刊, 2020, 28 (15): 203-204.
- 29 Fabris P. Smart Hospital' on the Horizon [J]. Building Design & Construction, 2019, 60 (7): 42, 44.
- 30 Esmaeilzadeh Pouyan, Mirzaei Tala. The Potential of Blockchain Technology for Health Information Exchange: Experimental Study From Patients' Perspective [J]. J Med Internet Res, 2019, 21 (6): e14184.
- 31 郑序颖. 区块链首次落地医疗场景: 常州医联体破解信息孤岛困境 [J]. 科技新时代, 2017 (4): 61.
- 32 贺永超, 任虹旭, 于丽, 等. 探讨移动互联网结合区块链技术在新冠肺炎疫情下医联体联合诊疗中的应用价值 [J]. 卫生职业教育, 2021, 39 (9): 145-146.
- 33 向菲, 张柏林, 范伯男. 区块链技术在海外医疗卫生领域中的应用 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2018, 27 (8): 31-37.
- 34 Yue X, Wang H, Jin D, et al. Healthcare Data Gateways: Found Healthcare Intelligence on Blockchain with Novel Privacy Risk Control [J]. J of Med Sys, 2016, 40 (10): 218.
- 35 姚国章, 薛新成. 区块链技术在应急管理中的应用现状及未来发展研究 [J]. 改革与开放, 2021 (10): 43-49.
- 36 扈维浩, 张艳. 区块链有望重塑医疗卫生事业信任格局 [J]. 中国电信业, 2020 (4): 72-75.
- 37 陈越, 陈敏. 5G 技术在医疗卫生领域应用探讨 [J]. 中国数字医学, 2020, 15 (1): 14-15.
- 38 蔡丽君, 陈松长, 徐晨明, 等. “5G+区块链”赋能植入前遗传学检测技术用于罕见病的精准防控 [J]. 中华生殖与避孕杂志, 2021, 41 (6): 486-495.
- 39 周剑明. 基于 5G 与区块链构建智慧医疗网络安全应用体系 [J]. 张江科技评论, 2021 (1): 26-28.
- 40 乔康, 游伟, 王领伟, 等. 基于区块链的 5G 物联网数据共享方案 [J]. 网络与信息安全学报, 2020, 6 (4): 45-55.

(上接第 13 页)

操作、乱操作等问题。因此面向急救人员开展 5G 医疗设备操作培训、研发更加友好的交互界面、简化设备操作流程等仍值得深入研究。

6.2.3 趋势 3: 聚焦下一代网络研发 尽管 5G 网络能满足绝大部分急救医疗场景, 但其在传输速率和移动性上仍有一定局限。如缺乏支撑持续超清视频流的能力、不能保障稳定的全息通信服务、无法充分保证在高速移动状态下 (如高速救护车) 急救设备的实时连接等。

6.2.4 趋势 4: 医疗设备能量耗散研究 用于急救医疗服务的设备尺寸有限, 同时还与一系列传感器实时联络, 而驱动相关设备需要提供源源不断的能源, 这对于电池寿命以及置换成本提出严峻挑战, 然而目前仍没有解决上述问题的有效方法。

6.2.5 趋势 5: 患者数据安全及隐私保护研究 用于采集、传输、存储患者数据的传感器、通信链路、数据库可能缺乏隐私性和安全性。未来亟待解决的问题包括: 一是在大数据分析时应注重对患者隐私保护; 二是必须建立面向患者敏感信息的数据保密机制; 三是用于采集、传输、存储的相关技术

工具需经过详细的风险评估。

参考文献

- 1 Nayak S, Patgiri R. A Vision on Intelligent Medical Service for Emergency on 5G and 6G Communication Era [J]. EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, 2020, 6 (22): 1-13.
- 2 Hka F, Swk B, Ep C, et al. The Role of Fifth-generation Mobile Technology in Prehospital Emergency Care: An Opportunity to Support Paramedics [J]. Health Policy and Technology, 2020, 9 (1): 109-114.
- 3 Nanda S, Panigrahi C R, Pati B. Emergency Management Systems Using Mobile Cloud Computing: A Survey [EB/OL]. [2020-11-03]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/dac.4619>.
- 4 Nayak S, Patgiri R. 6G Communication Technology: A Vision on Intelligent Healthcare [M]. Singapore: Springer, 2021: 1-18.
- 5 Otoum S, Ridhawi I A, Mouftah H T. Preventing and Controlling Epidemics Through Blockchain-Assisted AI-Enabled Networks [J]. IEEE Network, 2021, 35 (3): 34-41.