

5G 技术在外科领域中的应用

张学文 王赓霄 盛基尧 刘水 杨永生

吉林大学第二医院肝胆胰外科 吉林省 5G 医学应用科技创新中心, 长春 130041

通信作者: 张学文, Email: zwx515@sohu.com

【摘要】 第 5 代移动通信技术(简称 5G 技术)具备高系统容量、高数据传输速率、大规模设备连接、极低延迟、超可靠性等特点。随着 5G 技术的出现,现代外科在远程手术、远程会诊、远程指导和教学、远程监护和急救等方面取得新进展。“5G+外科”目前处在起步阶段,随着 5G 技术的逐渐完善,其在外科领域的应用将不断深化与拓展。

【关键词】 第 5 代移动通信技术; 远程医疗; 远程手术; 远程会诊; 远程指导和教学; 远程监护和急救

基金项目: 吉林省卫生服务能力提升项目(2017F009)

DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20200423-00281

Application of 5G technology in surgery

Zhang Xuewen, Wang Zhenxiao, Sheng Jiyao, Liu Shui, Yang Yongsheng

Department of Hepatopancreatobiliary Surgery, the Second Hospital of Jilin University, Jilin Province Innovation Center of 5G Medical Application Technology, Changchun 130041, China
Corresponding author: Zhang Xuewen, Email: zwx515@sohu.com

【Abstract】 The fifth generation wireless systems (5G technology) has the characteristics of high system capacity, high data transmission rate, massive device connectivity, extremely low latency, and ultra-reliability. With the advent of 5G technology, modern surgery has made new progress in telesurgery, tele-consultation, remote instruction and teaching, remote monitoring and ambulance. “5G+surgery” is still in its infancy, and with the gradual improvement of 5G technology, its application in the surgical field will continuously deepen and expand.

【Key words】 The fifth generation wireless systems; Telemedicine; Telesurgery; Tele-consultation; Remote instruction and teaching; Remote monitoring and ambulance

Fund program: Program of Health Service Capability Enhancement of Jilin Province (2017F009)

DOI:10.3760/cma.j.cn115610-20200423-00281

远程医疗是一种在医学实践中,克服地理障碍,通过远程电子设备进行通信交互,从而提供临床支

持、改善健康状况的医学模式,包括远程会诊、远程指导和教学、远程监护等^[1-2]。历史上,古希腊人和印第安人被认为是最早使用远程医疗的人,他们通过最原始的烟和光信号传达医疗信息。20 世纪初,远程医疗广泛应用于心电图的电报传送^[3]。不局限于简单形式的信息传递,1962 年,Michael DeBakey 博士利用洲际通信卫星,在瑞士日内瓦举办的会议上,以视频形式展示了正在美国休斯敦施行的一台主动脉瓣置换术^[4-5]。在我国,远程医疗已有 30 多年的历史,主要体现在远程会诊上,从单一的电视监控、电话远程会诊逐渐发展为以移动通信为媒介的多样性远程会诊形式^[6]。在部分乡村、偏远或欠发达地区,基层医师可将患者相关信息上传至远程会诊系统,获得专家的远程指导意见^[7]。近年来,随着腹腔镜外科手术和机器人外科手术技术的不断发展和进步,远程手术也得到迅速发展。如今,远程医疗基于第 5 代移动通信技术(the fifth generation wireless systems, 5G),能够更好地提高医学人才和医疗设备的资源利用效率,提升医院包括诊断、治疗、护理等方面的服务水平,推动医疗的信息化和远程化,从而促进医疗卫生工作重心下移、医疗卫生资源下沉,缓解患者看病难等问题。

与以往的移动通信网络比较,5G 网络有着极高的数据传输速率、极低的延迟时间和能够处理大量设备的能力,具备超高的可靠性和高效的资源利用性^[8]。5G 技术传输数据量大的特点使得医院实时、全面采集在院患者病情信息成为可能。随着远程监控设施、可穿戴生命体征检测设备和人工智能分析软件的应用,医师能够更及时、准确地把握患者病情变化,实现早诊断、早治疗。其广泛连接的特性使医务人员之间的信息分享更为便捷,在重要事件发生时,现场采集的患者数据能够即刻分享至各个职能部门,有助于更有效地调动医疗资源和更合理地制订治疗方案。而其低延迟、传输稳定等特性,使远程手术实时同步操作成为可能,操作者与被控制的设

备之间延迟极低,几乎同步,远程操作更加精准,手术的安全性大幅提升,且术中实时指导及教学更加可靠而高效。笔者基于 5G 技术以上特点,阐述 5G 技术在远程手术、远程会诊、远程指导和教学、远程监护和急救等方面的研究进展。

1 5G 技术在外科远程手术中的应用

远程手术是一种新兴的外科手术模式,其利用无线网络和机器人技术将相距遥远的外科医师和患者关联起来^[9]。虽然机器人远程手术可增加外科医师之间的手术合作、更好地分配时间资源,避免医患双方的长途跋涉,但以往远程通信延迟较大^[10]。在机器人远程外科手术中,主控台发出的控制信号通过网络传输至机器人手臂,然后移动相应手术器械,再将视频图像返回至外科医师站点,数据传输还需要编码、传输和解码过程,这不可避免地产生时间延迟。时间延迟与数据量和网络质量密切相关。以往 4G 网络的延迟时间约为 60.0 ms^[11]。对于精度极高的外科手术,该延迟时间相对较长。因此,目前远程外科手术尚未得到广泛应用。

2015 年,下一代移动通信网络提出 5G 技术的部分标准^[12]。对于有极低延迟需求用户,5G 系统应能提供 10.0 ms 端-端延迟,特殊情况甚至要控制延迟时间 < 1.0 ms。目前,国际电信联盟 (ITU) 将 5G 划分为增强移动宽带、大规模机器通信及超可靠低延迟通信 3 种应用场景。(1) 增强移动宽带,其支持带宽要求高的应用程序,如大规模视频流、虚拟现实、增强现实等。(2) 大规模机器通信,其支持大规模的物联网部署,如大规模的传感、监视和测量等。(3) 超可靠低延迟通信,其支持延迟敏感服务,如自动驾驶、无人机、触觉互联网等^[13]。对于远程外科手术,可靠低延迟通信能提供 1.0 ms 甚至 0.5 ms 的理想延迟,由此提高术中解剖分离、组织缝合、血管结扎等精细操作的精准性与同步性。

虚拟现实和增强现实技术是伴随计算机技术、传感器技术、图像技术等发展而产生的一种新兴科技。虚拟现实技术可为术者提供多感官模拟,营造较为真实的虚拟手术环境,使术者、助手及观摩者获得更加清晰的手术视野或操作画面。此外,外科医师还可通过增强现实技术在虚拟环境中模拟真实的手术操作,再将虚拟图像转换为全息影像图,全息影像图可覆盖在患者需要手术操作的真实部位,让术者更加确切地了解正在解剖的位置和深度,这极大提高了手术的精准度。虚拟现实和增强现实技术在

远程外科手术中的应用决定了其对网络质量的较高需求,包括高网络带宽、低延迟及高可靠性等^[14]。网络的低延迟和高可靠性本身相互冲突,以往的移动通信网络难以达到相应标准^[15]。5G 技术同时满足以上两种条件,并极大地提高了网络带宽或系统容量,因此,其在外科手术中能更好地发挥作用。

随着 5G 技术的不断发展和完善,其在远程手术中的应用已取得突破性进展。2018 年 12 月 18 日,中国人民解放军总医院通过 5G 网络远程操作机器人手术钳及电刀,对福建医科大学孟超肝胆医院内的小猪施行肝小叶切除术。该手术被认为是全世界首例 5G 远程外科手术^[16]。远程动物手术的经验积累和技术完善为远程人体手术打下基础,2019 年 3 月 16 日,中国人民解放军总医院成功施行全国首例远程人体手术。该远程手术操作者身处中国人民解放军总医院海南医院,通过 5G 及机器人外科技术,为北京中国人民解放军总医院(两地距离约 3 000 km)帕金森病患者施行脑起搏器植入的手术操作^[17]。

2 5G 技术在外科远程会诊、远程指导和教学中的应用

远程会诊可为分隔两地的医师和患者提供无缝远程视频交互,并及时传输生物传感器和其他监测设备所收集的数据^[18-19]。该过程对网络的数据传输速率、延迟时间及可靠性要求极高。5G 网络能几近实时远距离、多地传输高清视频、图像及患者检查数据等信息,会诊专家可得到最新数据反馈,并提出较为贴切的会诊意见,同时多地会诊更能综合更多专家的指导意见,这提高了会诊效率及会诊意见的准确性和全面性。

对于病情危重或需行高难度手术患者,基层医院由于外科手术水平及条件的限制,经常需要专家协助制订手术方案或进行手术现场指导。5G 网络下,专家可通过虚拟现实和增强现实等技术,远程全方位评估患者病灶,并能实时、灵活地指导手术操作和规划手术方式。这可大幅缩短手术等待时间,促进医疗资源下沉,提升医疗服务质量。笔者团队 2019 年 4 月 10 日成功演示了吉林省首例“5G+医疗”远程手术指导及远程手术教学,现场与医院手术室连线,远程指导 1 例门静脉高压症患者的高难度“脾切除+贲门周围血管离断术”,在 5G 技术的助力下,全程连贯、准确,画面高清,音质传输时间无延迟^[20]。

基础手术技巧和先进手术技术的学习,是临床

外科可持续发展的基石。以往手术教学活动中,由于距离、终端数量或网络质量等条件限制,基层医师难以参与其中,或仅得到音频不同步等低质量的教学体验。笔者认为:随着 5G 技术的出现,远程教学能为全国外科医师提供实时、不受地域及终端数量限制的学习条件,这为外科领域的发展提供了新保障。

3 5G 技术在外科远程监护和急救中的应用

远程监护是医疗监护的远程化,通过无线网络,实现及时、持续和长期监控患者生命体征的目的。近年来,通过可穿戴设备完成对患者的远程监测表现出良好的发展前景,使用可穿戴传感器和可植入传感器从人体内外分别采集生物信息,并将监测穿戴者生命体征数据和危急报警信息第一时间上传至监测端^[21]。依托 5G 低延迟和精准定位能力,远端医护人员可实时根据患者当前状态,及时判断和处理病情。此外,在诊断与治疗过程中,医师可及时评价在院或出院患者的病情,患者也可主动提交相关数据,在医患交互中完成复查和发现异常,这可以节省患者诊断与治疗时间,提高医师工作效率。

移动 ICU(危重症转运车)属于远程急救的范畴,依托 5G 网络,转运车可将患者的病史、实时监测数据及车内医疗条件等信息及时传至医院。这使医院在第一时间掌握患者病情,提前制订急救方案并进行资源准备,实现院前急救与院内救治的无缝对接,同时转运车还能得到实时的道路交通情况,优化转运路线及目的医院的选择,缩短转运时间。2019 年 4 月 26 日,安徽省立医院的一辆移动 ICU 在转运患者过程中,通过 5G 无线网络,将相关视频、音频等数据完整、实时、流畅地传至深圳会议现场,现场专家及其他医院工作人员及时掌握患者病情相关信息,为患者的及时救治争取了宝贵时间^[22]。

4 “5G+外科”的安全性和伦理学相关问题

“5G+外科”的安全性存在一定隐患,随着人们对 5G 通信网络依赖性的提升,数据安全和隐私保护受到极大威胁。对于远程外科手术,不可控因素的出现,可能会引起通信数据延迟、抖动和丢失,切断远程通信系统与互联网的连接,阻碍主控台与远程操作员之间的通信,甚至改变操作指令和感官反馈数据^[23]。这可能最终导致手术失误,严重时威胁患者生命。此外,远程监测采集的患者信息、病情、生理数据等也存在被窃取风险。

“5G+外科”亦存在相关伦理学问题。例如 5G

网络下的远程外科手术并非绝对实时,极低延迟时间对治疗结果的影响尚不明确。“5G+医疗”的伦理学问题是其发展中不可忽视的一项内容,值得研究者进一步探讨和论证。

5 结语

5G 技术及物联网、大数据、人工智能等多种先进技术,正引领医学发生新的技术革命。这场革命由 5G 技术领航,通过提供增强移动宽带、大规模机器通信和可靠低延迟通信等服务,多方面提升目前医疗水平,助力外科发展。“5G+外科”目前尚处在起步阶段。笔者相信:随着该技术逐渐完善,其在外科领域的应用将不断深化与拓展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgeons. Guidelines for the surgical practice of telemedicine [J]. Surg Endosc, 2000, 14(10): 975-979. DOI: 10.1007/s004640000290.
- [2] Zhao J, Zhang Z, Guo H, et al. Development and recent achievements of telemedicine in china [J]. Telemed J E Health, 2010, 16(5): 634-638. DOI: 10.1089/tmj.2009.0159.
- [3] Barold SS. Willem Einthoven and the birth of clinical electrocardiography a hundred years ago [J]. Card Electrophysiol Rev, 2003, 7(1): 99-104. DOI: 10.1023/A:1023667812925.
- [4] Evans CR, Medina MG, Dwyer AM. Telemedicine and telerobotics: from science fiction to reality [J]. Updates Surg, 2018, 70(3): 357-362. DOI: 10.1007/s13304-018-0574-9.
- [5] Augestad KM, Lindsetmo RO. Overcoming distance: video-conferencing as a clinical and educational tool among surgeons [J]. World J Surg, 2009, 33(7): 1356-1365. DOI: 10.1007/s00268-009-0036-0.
- [6] 周丽君, 张丽萍, 于京杰, 等. 远程医学技术的发展与应用 [J]. 医疗卫生装备, 2014, 35(8): 119-121. DOI: 10.7687/J. ISSN 1003-8868.2014.08.119.
- [7] Piao C, Terrault NA, Sarkar S. Telemedicine: an evolving field in hepatology [J]. Hepatol Commun, 2019, 3(5): 716-721. DOI: 10.1002/hep4.1340.
- [8] Chih-Lin I, Han S, Xu Z, et al. 5G: rethink mobile communications for 2020+ [J]. Philos Trans A Math Phys Eng Sci, 2016, 374(2062): pii: 20140432. DOI: 10.1098/rsta.2014.0432.
- [9] Choi PJ, Oskouian RJ, Tubbs RS. Telesurgery: past, present, and future [J]. Cureus, 2018, 10(5): e2716. DOI: 10.7759/cureus.2716.
- [10] Raison N, Khan MS, Challacombe B. Telemedicine in surgery: what are the opportunities and hurdles to realising the potential? [J]. Curr Urol Rep, 2015, 16(7): 43. DOI: 10.1007/s11934-015-0522-x.
- [11] Avgousti S, Panayides AS, Christoforou EG, et al. Medical telerobotics and the remote ultrasonography paradigm over 4G wireless networks [C]. 2018 IEEE 20th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), Ostrava, 2018; 1-6. DOI: 10.1109/healthcom.2018.8531194.
- [12] Next Generation Mobile Networks. NGMN 5G White Paper [EB/OL]. (2015-12-17) [2020-03-08]. <https://www.ngmn.org/wp->

- content/uploads/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf.
- [13] 刘荣,赵国栋,孙玉宁,等.5G 远程机器人手术动物实验研究[J/CD].中华腔镜外科杂志;电子版,2019,12(1):45-48. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2019.01.008.
- [14] Elbamby MS, Perfecto C, Bennis M, et al. Towards low-latency and ultra-reliable virtual reality[J]. IEEE Network, 2018, 32(2): 78-84. DOI: 10.1109/MNET.2018.1700268.
- [15] Soret B, Mogensen P, Pedersen KI, et al. Fundamental tradeoffs among reliability, latency and throughput in cellular networks[C]. IEEE Globecom Workshops, Austin, TX, 2014:1391-1396. DOI: 10.1109/glocomw.2014.7063628.
- [16] 刘荣,赵国栋,孙玉宁,等.5G 远程机器人手术动物实验研究[J/CD].中华腔镜外科杂志;电子版,2019,12(1):45-48. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2019.01.008.
- [17] 刘晶.首例远程 5G 人体手术开创医疗新时代[N/OL].中国电子报, 2019-03-19[2020-03-08]. http://www.cena.com.cn/5g/20190318/99233.html.
- [18] Thuemmler C, Gavras A, Paulin A, et al. 5G-PPP white paper on eHealth vertical sector[EB/OL]. (2019-10-09) [2019-11-01]. https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-eHealth-Vertical-Sector.pdf.
- [19] Islam SM, Kwak D, Kabir MH, et al. The internet of things for health care: a comprehensive survey[J]. IEEE Access, 2015, 3: 678-708. DOI: 10.1109/ACCESS.2015.2437951.
- [20] 衣兵.吉林大学与吉林移动合作签约暨 5G 联合创新实验室揭牌仪式举行[EB/OL]. (2019-04-11) [2020-03-08]. http://www.jl.xinhuanet.com/2019-04/11/c_1124353683.htm.
- [21] Andreu-Perez J, Leff DR, Ip HMD, et al. From wearable sensors to smart implants-toward pervasive and personalized healthcare[J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2015, 62(12): 2750-2762. DOI: 10.1109/TBME.2015.2422751.
- [22] 许敏,申云亮,蒋侃.国内首台“5G 移动 ICU”合肥上线,急救能力极大提升[EB/OL]. (2019-05-14) [2020-03-08]. http://www.cnii.com.cn/telecom/2019-05/14/content_2164231.htm.
- [23] Kalam E, Abou A, Ferreira, et al. Bilateral teleoperation system using QoS and secure communication networks for telemedicine applications[J]. IEEE Systems Journal, 2016, 10(2): 709-720. DOI: 10.1109/jsyst.2015.2422992.

(收稿日期: 2020-04-23)

本文引用格式

张学文,王赓霄,盛基尧,等.5G 技术在外科领域中的应用[J].中华消化外科杂志,2020,19(5):482-485. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20200423-00281.

Zhang Xuwen, Wang Zhenxiao, Sheng Jiyao, et al. Application of 5G technology in surgery[J]. Chin J Dig Surg, 2020, 19(5): 482-485. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20200423-00281.

读者·作者·编者

本刊 2020 年第 6 期重点内容介绍

- 食管胃结合部腺癌诊断与治疗的现状和争议 曹晖 赵恩昊
- Siewert II 型食管胃结合部腺癌外科诊断与治疗策略 王晓娜 梁寒
- 食管胃结合部腺癌外科治疗进展:胸外科视角 尹俊 谭黎杰
- 全腔镜下 Siewert II 型食管胃结合部腺癌手术入路技术要点解析 刘天舟 王骏扬 刘晶晶等
- 达芬奇机器人手术系统、腹腔镜与开腹手术治疗局部进展期 Siewert II 型和 III 型食管胃结合部腺癌的倾向评分匹配近期疗效分析 廖存香 冯青 李平昂等
- Siewert II 型和 III 型食管胃结合部腺癌不同手术入路根治术后预后影响因素分析 杜迎新 邓靖宇 梁寒等
- 胸段食管鳞癌腹部淋巴结转移预测模型构建及其转移概率的风险分层分析 李强明 张国庆 侯志超等
- 完全腹腔镜全胃切除食管空肠手工吻合重建的应用价值 马欣俐 徐佳 顾佳毅等
- 食管胃结合部腺癌新辅助化疗 CT 征象与病理退缩分级的相关性研究 李佳铮 刘一婷 付佳等