

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20211043

• 综述 •

5G 便携式远程超声的应用进展

赵佳琦¹, 孙光霞², 陈蕊³, 刁宗平⁴, 范恺洋^{5*}

1. 同济大学附属上海市第四人民医院超声医学科, 上海 200434
2. 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院医务处, 上海 200003
3. 上海中医药大学附属曙光医院超声中心, 上海 201203
4. 上海交通大学医学院附属瑞金医院超声科, 上海 200025
5. 海军军医大学(第二军医大学)教务处, 上海 200433

[摘要] 随着网络信息技术的发展和超声仪器性能的改进, 便携化、智能化的超声设备在临床诸多领域发挥了重要作用, 远程技术的实现使超声诊疗工作摆脱了空间位置的束缚, 应用场景的外延得以拓展。本文通过总结便携式远程超声在临床疾病诊断、急危重症抢救、围手术期辅助、军事卫勤保障、学员带教等方面的应用现状, 充分体现其“小身材、大功能”的独特优势, 并结合目前 5G 技术高速率、低延迟的特点, 对其应用拓展进行展望。

[关键词] 便携式超声; 远程医学; 军民融合; 海洋医学

[引用本文] 赵佳琦, 孙光霞, 陈蕊, 等. 5G 便携式远程超声的应用进展[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(7): 853-858. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20211043.

Application of 5G portable remote ultrasound: recent progress

ZHAO Jiaqi¹, SUN Guangxia², CHEN Rui³, DIAO Zongping⁴, FAN Kaiyang^{5*}

1. Department of Ultrasound, Shanghai Fourth People's Hospital Affiliated to Tongji University, Shanghai 200434, China
2. Medical Affair Office, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China
3. Center of Ultrasound, Shuguang Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China
4. Department of Ultrasound, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China
5. Office of Teaching Affairs, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] With the development of information technology and the improvement of ultrasonic instrument performance, portable and intelligent ultrasonic equipment has played an important role in many clinical fields. Remote technology has made the ultrasonic diagnosis and treatment free from the restriction of location, and the applied field has been expanded. In this review, we summarized the application status of portable remote ultrasound in clinical disease diagnosis, emergency rescue, perioperative assistance, military medical support, and student teaching, which fully reflected its unique advantage of “small size and multiple functions”. Based on the characteristics of high speed and low delay of 5G technology, its expanded application was also prospected.

[Key words] portable ultrasound; remote medicine; civil-military integration; marine medicine

[Citation] ZHAO J, SUN G, CHEN R, et al. Application of 5G portable remote ultrasound: recent progress [J]. Acad J Naval Med Univ, 2023, 44(7): 853-858. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20211043.

远程超声具有快速、无创、无辐射的特点, 有“未来听诊器”之称, 最早由美国国家航空航天局

研制成功并用于监测宇航员身体状况, 后推广至民用^[1]。传统的远程超声是指通过设置会诊端和远

[收稿日期] 2021-10-18 **[接受日期]** 2022-03-07

[基金项目] 国家自然科学基金(81501492), 上海市自然科学基金(20ZR1457900), 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院人才建设三年行动计划——“金字塔”人才工程军事医学人才项目(1009)。Supported by National Natural Science Foundation of China (81501492), Natural Science Foundation of Shanghai (20ZR1457900), and Military Medical Talent Project of “Pyramid” Talent Program of Three-year Action Plan for Talent Construction of The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (1009).

[作者简介] 赵佳琦, 博士, 副教授, 副主任医师, 硕士生导师. E-mail: qiqiblue67@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81870201, E-mail: kaiyang1974@163.com

程端,将基层或远程端疑难病例的超声图像通过网络传输技术传输到会诊端,上级专家基于上传的图像提供诊疗意见的一种远程医疗技术^[2]。近年来,随着互联网信息技术的不断发展和超声仪器性能的不断改进,便携化的超声设备作为快速、有效和无创的床边诊疗工具在临床诸多领域发挥了重要作用^[3]。一线或基层医师在遇到疑难复杂病情或战创伤急救环境下,可以借助其内置的互联网通信技术向上级医院专家、不同院区专家、军事卫勤基地专家发起实时远程会诊,不但能够解决当前问题,还可通过反复实践训练提高对疑难复杂和急危重伤情的超声诊断技能,为诊疗和抢救生命赢得最佳时机^[4]。而今随着5G技术和云计算的出现与普及,网络延迟、存储和信息共享困难等难题得到解决,因此基于5G和云平台的便携式远程超声将具有更为广阔的应用前景。

1 远程医疗与远程超声的发展

远程医疗指将通信技术、多媒体技术、互联网技术等与医疗技术相结合,在降低诊疗开支、加快诊疗速度、提高诊疗水平的基础上,满足广大人民群众保健需求的跨越空间的医疗服务。远程医疗的历史可追溯至1906年,国外学者利用远程通话方式对医院患者的心电图进行远程分析^[5]。20世纪50年代,美国国家航空航天局开发了“应用于农村帕帕戈医疗保健的空间技术”的地面并行项目^[6]。之后,首次将远程超声应用于国际空间站,开展了肌肉骨骼超声、眼部创伤超声及创伤重点超声评估(focus assessment with sonography in trauma, FAST)等远程超声技术^[1]。此后,远程超声技术推广至民用,早期应用于产科、心内科,后逐渐拓展至急诊科和院前急救领域,成为远程诊断复杂疾病的有效方法^[7-8]。

2001年,日本已有200余家大型医院实施了远程医疗,参与的医院和诊所超过千家。由于日本的CT、MRI、高档超声仪器普及率高,而影像医师相对较少,远程医疗成为主要的会诊途径^[9]。与X线、MRI、CT不同,超声检查的准确性在很大程度上依赖于超声医师的操作,且会诊医师对远程图像的要求依据个人习惯有所不同,这导致远程超声会诊质量不高。但是远程影像学技术(X线、MRI、CT)的开展为远程超声技术的发展奠定了

良好的基础。

2 便携式超声的应用

在日常临床工作中,传统推车式超声设备体积比较大,较难满足特殊临床场景的应用需求前移。小型化、低功耗、高性能的便携式超声设备配备了多种贴合临床需求的实用设计,全面照顾到医师的使用需求和患者的诊疗实际,适用场景广,可完成快速准确诊断、及时引导治疗和术中安全定位等,更加适合急危重症、麻醉镇痛、康复理疗等临床专科诊疗^[10]。

21世纪初,便携式超声被用于急诊护理,标志着便携式超声时代的到来^[11]。在FAST的临床实践中,便携式超声也得到广泛应用。美国超声医学研究所、急诊医师学院、胸科医师学院和超声心动图学会等相继发布了便携式超声使用指南^[12]。便携式超声因具有小型化、移动化、图像优质化、信息智能化等优势,在急危重症的床旁救治中的应用已形成专家共识^[13]。相对其他影像学技术,便携式超声更加适用于紧急救治中的复杂特殊环境,设备小巧可随身携带,出诊灵活,适用于狭小、拥挤的空间(舰艇、直升机、救护车等),尤其是掌上超声获得了更多临床医师的青睐。掌上超声可随时开机使用(可实现1 min内快速开启),在创伤、群伤及急危重症的紧急救治中能即时为医师提供更多信息,从而有效缩短救治时间、提高救治成功率^[14]。例如在2014年上海“12·31”外滩拥挤踩踏事件中,救援医院第一时间开通绿色通道、召集各科专家展开应急救治^[15],其中便携式超声使用率达90%;在2020年新型冠状病毒肺炎患者的救治中,便携式超声也是唯一可进入隔离区的可视化影像设备,在重症患者的气道管理、循环管理、疗效评估、介入治疗等方面发挥了重要作用^[16-17]。

3 便携式远程超声的应用

便携式超声具备远程功能^[18],可利用超声仪内置通信模块通过互联网连接到手机、平板电脑等移动终端,将这些智能终端作为实时显示屏,通过远程传输分享超声影像,进行视频会诊甚至反向调控。

3.1 FAST FAST技术是便携式超声应用实践的首要内容。急诊床旁超声可对胸腹部闭合损伤(伤

后出血等)进行规范快速评估,为下一步诊断、治疗赢得宝贵时间,提高救治成功率。FAST技术并非用于明确某个脏器的损伤,而是用于检查脏器损伤后导致的胸腹各腔隙的积液情况,适合军地医疗卫生部门在急救一线推广普及^[19]。针对创伤常见疾病,可以通过依次扫查腹腔、心包、胸腔有无异常回声和征象来判断腹腔内出血、心包出血(填塞)、血胸、气胸等。通过远程超声检查将FAST获取的图像传送至后方医院,实现快速远程会诊,降低了基层一线医师的技术门槛,有助于早期准确诊断和及时救治,可作为急症救治体系的有益补充。

3.2 针对急危重症的床旁介入超声救治 在FAST技术基础上,运用便携式超声引导可开展针对急危重症的床旁介入超声救治。床旁介入超声是指在实时床旁超声设备的监视引导下,针对体内的病

变或目标,通过穿刺或置管技术以进一步诊断或治疗。床旁介入超声技术主要包括:(1)超声引导下穿刺活检,为病理诊断提供组织标本依据;(2)超声引导下穿刺引流,为快速抢救赢得时间;(3)实体肿瘤的消融治疗,适合有微创治疗需求和不耐受手术者。在急诊医学、重症医学和外科麻醉等诊疗活动中,床旁介入超声具有实时显示、引导准确、超微创、无射线损伤、床旁操作灵活等优势^[20]。目前介入救治技术在临床上广泛开展,如超声引导下肝脓肿穿刺置管引流术(图1)、胆汁性腹膜炎穿刺引流术等。介入技术可治疗的疾病种类繁多,包括外伤、炎症、梗阻等多种急危重症^[21],一些不宜手术的重症患者可通过介入超声微创治疗方式迅速缓解临床症状,达到手术治疗的效果。

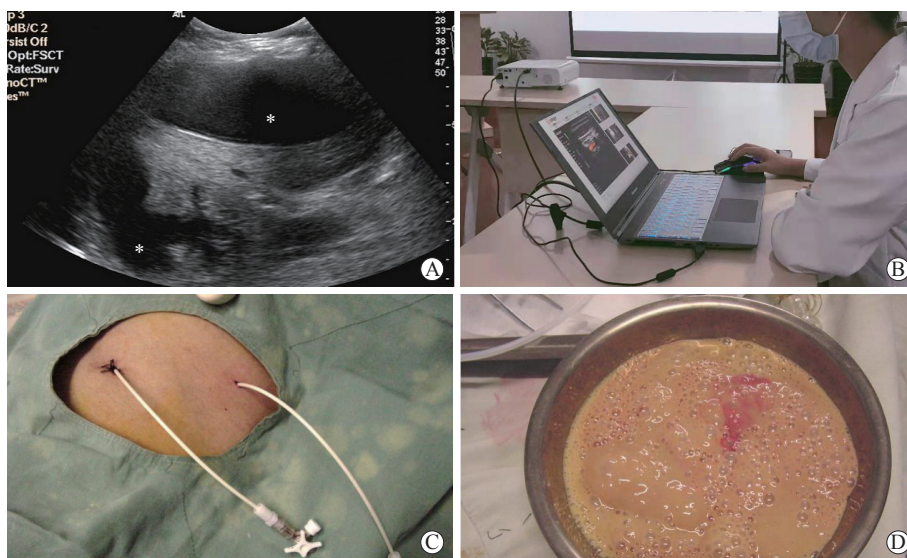


图1 床旁超声引导下肝脓肿穿刺置管引流术

A:肝脓肿远程超声图像(星号所示);B:远程超声专家端;C:肝脓肿穿刺置管术;D:引流出黄脓液(约500 mL)。

对于病情复杂危重、技术要求高、操作难度大的患者进行介入治疗时可借助5G网络传输,利用超声影像和音频的实时传输技术,请上级专家或不同院区专家提供科际、院际间的远程视频会诊,实时指导下级医师介入操作、提出诊疗咨询意见和建议。远程便携式超声设备可清晰、流畅地展现超声探头移动,图像信息反馈精准无误。

3.3 特殊场景的便携式超声远程应用 基于卫勤战备保障职能^[22],近年来便携式超声在我国军事医疗重大任务中日益发挥重要作用。便携式超声远程功能的应用主要是早期诊断和检伤分类,从而为前线医疗队的初步处理提供依据。以海军和平方舟

医院船“和谐使命”任务为例,约59.2%的患者由随舰配备的1台便携式超声完成主平台超声检查工作,检出的疾病主要包括消化系统、泌尿系统、女性生殖系统、甲状腺等浅表器官软组织病变及外周血管疾病等^[23-24]。不同于以往前出巡诊,医疗队首次携带1台便携式远程超声设备,通过小艇转运、搭载直升机等方式到达访问国的偏僻外岛、村落、社区、学校、监狱等地完成巡诊,结果发现肾结石、脂肪肝是检出最多的疾病^[25]。在医院船上开展手术时,便携式超声在围手术期也有广泛的应用,包括术前检查、明确诊断、术后随访、疗效评估等,还可用于术中超声引导下神经阻滞麻醉^[26]。

基于远程功能的便携式超声可实现实时图像信息采集、传输和交互,也被拓展用于卫勤演练、军事医学交流、岛礁医疗保障、军医带教等^[27]。

4 5G 远程超声机器人应用

随着超声技术的智能化发展,远程医疗的构建逐步完善。移动通信经几十年的发展和创新现已进入全数字、全连接的5G通信时代,开启了全行业对“连接”的重新定义与产业升级。5G技术具备低延迟和高通量的优势,峰值传输速率可达10 GB/s,延迟低至1 ms,使远程超声设备的应用摆脱了空间位置的束缚,使用场景的外延不断被拓展^[28]。近年来,首批国家5G远程超声会诊中心已在国内20余家医院相继落地^[2]。5G通信技术专家端操作搭载便携式超声装备的5G远程超声机器人,可筛查并实时评估受检者是否患有某种疾病及其严重程度,借助低延时网络传输环境下的音视频,实现“所见即所得”,保证医师仿真远程操作机械臂的实时准确性,并能实时与患者进行沟通,其流畅清晰的画面和实时同步的功能有助于对基层医师进行更好的培训与指导,远程会诊重大疑难病症,实现优势医疗资源下沉^[29]。2019年解放军

总医院海南医院吕发勤在5G环境下于北京对相隔3 000余千米的南海岛礁患者成功实施远程超声机器人检查,这是世界首例5G超声机器人的远程操作^[2]。此外,网络技术还可以远程监控超声设备的运行状态,实现远程故障维修,从而极大地提升了维护效率,降低了人工成本。

5 5G 远程超声教学的应用

基于5G在无线空口技术、承载网传输技术和核心网技术等多方面的突破和快速发展,5G支持下的网络传输+边缘云应用+核心云存储全面助力未来远程及移动超声的网络架构及服务模式构建^[28]。新一代便携式超声仪可配备远程教学云平台,借助云技术可实现远程教学,这是便携式超声远程会诊系统的拓展应用。将超声临床工作“情境再现”于超声诊断学课堂实践,学员不进医院就能在课堂上“仿诊室”见习超声医师在临床环境完成的诊疗工作,浏览常见疾病超声实时影像资料,临床教员可在医院超声诊室远程操作并答疑,与学员对图像、视频、音频等信息同步进行实时互动,使学员通过较短的培训周期学会便捷使用相关超声设备,有效打破学习壁垒,提高学习效率^[30](图2)。



图2 远程超声见习教学

A:教员在医院诊室进行临床超声检查;B:学员在大学教室通过远程超声设备实现“仿诊室”见习。

6 展 望

便携式远程超声临床应用前景广阔,5G技术重新定义了远程移动超声,将医疗服务延伸到了诊室外、户外、院外甚至更复杂的野外场景,构建了超声在远程移动等新型应用场景中的具体服务模式,必将使多方受益。然而,超声影像具有动态属性,对数据传输的实时性、稳定性及带宽的要求极高,现有网络及接入设备难以具备便携式超声移动环境下的稳定传输能力^[31];同时,由于超声从业

人员能力水平参差不齐,部分机构数据采集质量偏低,达不到远程医疗服务标准,在远程及移动超声应用的过程中尚未形成统一的规范,仍需进一步加强战(现)场一线救治的远程超声培训,建立统一的临床操作指南和适应国情的法规标准,从而确保流程标准化、质量安全可控。

对于未来远程超声设备在医疗领域的应用趋势还应思考以下几个问题:(1)专科化、轻型化。大多数便携超声诊断仪机身仍偏重,不便应用于战时局促、拥挤的救治空间及复杂多样的临床诊疗

场景。(2) 扩展存储功能。机器内部存储空间有限,大批量图像资料不能保存和传输,不利于连续性开展远程会诊。(3) 优化探头配置。大部分便携式超声机器仅配置腹部和浅表探头,可对常见疾病损伤等进行诊断,但是对于合并心血管疾病和颅脑、神经、肌肉损伤等复杂伤情的患者诊断受限。

(4) 完善功能模块。大多数便携式超声设备彩色多普勒功能成像质量仍需优化,无超声造影、弹性超声功能模块嵌入,对穿刺针的显示功能不佳。

(5) 注重便携超声设备的信息化、智能化建设。基于5G网络,在信息安全的前提下,让医疗信息在医师、技师、医学生、管理者、支付者间高效流转,通过构建常见伤FAST数据库、战创伤超声快速诊断机器人、基层医师超声自学系统等,充分挖掘5G便携式远程超声的应用潜能。

综上所述,鉴于一线急诊救治现场缺乏超声医师、偏远基层医疗单位缺乏资深的超声医师、战场环境和无人环境缺乏超声检查条件等现状,未来5G便携式远程超声的应用更应做到标准规范、流程完整、精准高效,最终实现医工结合、军民融合、合作共赢。

[参考文献]

- [1] CONSTANTINESCU E C, NICOLAU C, SĂFTOIU A. Recent developments in tele-ultrasonography[J]. *Curr Health Sci J*, 2018, 44(2): 101-106. DOI: 10.12865/CHSJ.44.02.01.
- [2] 刘义灏,黄钰清,吕发勤,等. 远程超声技术的研究进展[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(4): 244-246. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2019.04.002.
- [3] 宋焯,赵峰,陈明,等.《社区全科医生使用便携式超声技术探查甲状腺及颈动脉服务规范》的AGREE工具评价结果与应用建议[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(22): 2843-2849. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.150.
- [4] 王涛,刘绍祖,张兴文. 远程超声的临床应用现状及展望[J]. *临床超声医学杂志*, 2021, 23(4): 306-308. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2021.04.019.
- [5] MERRITT C, TAN S Y. Willem Einthoven (1860-1927): father of electrocardiography[J]. *Singapore Med J*, 2012, 53(1): 17-18.
- [6] BRITTON N, MILLER M A, SAFADI S, et al. Tele-ultrasound in resource-limited settings: a systematic review[J]. *Front Public Health*, 2019, 7: 244. DOI: 10.3389/fpubh.2019.00244.
- [7] MACEDONIA C R, LITTLEFIELD R J, COLEMAN J, et al. Three-dimensional ultrasonographic telepresence[J]. *J Telemed Telecare*, 1998, 4(4): 224-230. DOI: 10.1258/13576339819322280.
- [8] BAGAYOKO C O, TRAORÉ D, THEVOZ L, et al. Medical and economic benefits of telehealth in low- and middle-income countries: results of a study in four district hospitals in Mali[J]. *BMC Health Serv Res*, 2014, 14(Suppl 1): S9. DOI: 10.1186/1472-6963-14-S1-S9.
- [9] 潼沢正臣他. 日本远程医疗的进展和研究方向[J]. 王双艳,译. *日本医学介绍*, 2003(3): 141-142.
- [10] 张伟丽,彭碧波,李胜男,等. 便携式超声在战场战伤救治中应用与展望[J]. *中华灾害救援医学*, 2021, 9(8): 1189-1193. DOI: 10.13919/j.issn.2095-6274.2021.08.012.
- [11] MELNIKER L A, LEIBNER E, MCKENNEY M G, et al. Randomized controlled clinical trial of point-of-care, limited ultrasonography for trauma in the emergency department: the first sonography outcomes assessment program trial[J]. *Ann Emerg Med*, 2006, 48(3): 227-235. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2006.01.008.
- [12] JARMAN R D, COLCLOUGH A, MCDERMOTT C, et al. EFSUMB clinical practice guidelines for point-of-care ultrasound: part one (common heart and pulmonary applications) SHORT VERSION[J]. *Ultraschall Med*, 2023, 44(1): 36-49. DOI: 10.1055/a-1882-6116.
- [13] 床旁超声在急危重症临床应用专家共识组. 床旁超声在急危重症临床应用的专家共识[J]. *中华急诊医学杂志*, 2016, 25(1): 10-21. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.01.005.
- [14] 尹万红,曾学英,王波,等. 掌上超声在ICU医师院内急会诊中的价值[J]. *中华急诊医学杂志*, 2017, 26(4): 415-419. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.04.012.
- [15] 王泽锋. 上海踩踏急救六十小时:第二军医大学长征医院救治上海外滩踩踏事件18名伤员纪实[J]. *人人健康*, 2015(2): 46-47.
- [16] 贾兰婷,赵佳琦,张世奇,等. 超声在新型冠状病毒肺炎诊疗中的应用[J]. *第二军医大学学报*, 2020, 41(4): 414-419. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.04.0414.
- [17] JIA L T, ZHAO J Q, ZHANG S Q, et al. Application of ultrasound in diagnosis and treatment of coronavirus disease 2019[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2020, 41(4): 414-419. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.04.0414.
- [17] 张航,赵佳琦,张赛. 新型冠状病毒肺炎疫情下急症介入超声的诊疗[J]. *第二军医大学学报*, 2020, 41(5): 487-492. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.05.0487.
- ZHANG H, ZHAO J Q, ZHANG S. Diagnosis and treatment of emergency interventional ultrasound under the epidemic of coronavirus disease 2019[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2020, 41(5): 487-492. DOI: 10.16781/

- j.0258-879x.2020.05.0487.
- [18] NELSON B P, MELNICK E R, LI J. Portable ultrasound for remote environments, part I: feasibility of field deployment[J]. *J Emerg Med*, 2011, 40(2): 190-197. DOI: 10.1016/j.jemermed.2009.09.006.
- [19] CARTER N J, GAY D. FAST in the deployed military setting[J]. *J R Army Med Corps*, 2018, 164(5): 332-334. DOI: 10.1136/jramc-2018-000906.
- [20] 董宝玮, 梁萍. 介入性超声新进展[J]. *临床超声医学杂志*, 2000, 2(1): 61-62. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2000.01.042.
- [21] 徐兴凯, 张航, 忻俊, 等. COVID-19 疫情下重症超声介入治疗 1 例急性心包填塞体会[J]. *内科急危重症杂志*, 2020, 26(5): 433-435. DOI: 10.11768/nkjwzzz20200522.
- [22] 李建萍, 陆晓, 周全, 等. 军队医院为部队服务保障功能[J]. *解放军医院管理杂志*, 2019, 26(4): 338-339, 357. DOI: 10.16770/j.cnki.1008-9985.2019.04.011.
- [23] 赵佳琦, 俞磊, 张冲, 等. 医院船“和谐使命-2018”海外超声医疗服务的实践与思考[J]. *海军医学杂志*, 2019, 40(3): 197-202, 212. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0754.2019.03.002.
- [24] 王嘉锋, 赵佳琦, 张冲, 等. 便携式超声在“和平方舟”号医院船海外医疗服务中的应用探讨[J]. *中华航海医学与高气压医学杂志*, 2019, 26(6): 505-507. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2019.06.003
- [25] ZHAO J, ZHOU Y, WANG J, et al. Portable ultrasonography onboard deployment in the PLA(N) peace ark hospital ship in mission harmony 2018[J]. *Disaster Med Public Health Prep*, 2022, 16(2): 835-839. DOI: 10.1017/dmp.2020.420.
- [26] PAINE G F, BONNEMA C L, STAMBAUGH T A, et al. Anesthesia services aboard USNS COMFORT (T-AH-20) during Operation Iraqi Freedom[J]. *Mil Med*, 2005, 170(6): 476-482. DOI: 10.7205/milmed.170.6.476.
- [27] 盛建国, 章建全, 宋家琳, 等. 交互式实践教学在军队任职教育学员介入超声培训中的应用[J]. *临床超声医学杂志*, 2017, 19(2): 135-136. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2017.02.024.
- [28] 国家卫生健康委能力建设和继续教育中心, 中国医学装备协会超声装备技术分会战创伤与急重症超声专业委员会, 中国医学装备协会超声装备技术分会远程及移动超声专业委员会. 5G 远程超声技术应用专家共识[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17(2): 115-123. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2020.02.005.
- [29] 刘延花, 张元吉, 李梅, 等. 超声远程遥控机器人系统的志愿者初步应用研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2019, 28(1): 66-70. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2019.01.014.
- [30] 陈蕊, 赵佳琦. 基于智能便携彩超云技术的实时远程教学系统在超声诊断学实践带教中的初步应用[J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(4): 309-311. DOI: 10.16245/j.cnki.issn1008-6978.2019.04.031.
- [31] 刘义灏, 吕发勤, 黎檀实. 5G 超声时代来临: 远程超声应用的现状及进展[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(4): 241-243. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2019.04.001.

[本文编辑] 孙岩