❖影像技术学

5G robot assisted tele-ultrasound for diagnosing acute abdomen

LI Keyan[1], REN Xiuyun[1], LYU Faqin[2,3], ZHAO Yuanyuan[1], ZHANG Ming[4], WU Dudu[1], WU Shengzheng[1,3*]

(1. *Department of Ultrasound, Hainan Hospital of Chinese PLA General Hospital, Sanya* 572013, *China*; 2. *Department of Ultrasound, Third Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing* 100089, *China*; 3. *The Second School of Clinical Medicine, Southern Medical University, Guangzhou* 510405, *China*; 4. *Department of Electrocardiogram and Ultrasound, Sansha People's Hospital, Sansha* 573100, *China*)

[**Abstract**] **Objective** To observe the value of 5G robot assisted tele-ultrasound for diagnosing acute abdomen. **Methods** Data of 44 patients with acute abdomen in Yongxing island who underwent 5G robot assisted tele-ultrasound were retrospectively analyzed. Taken the subsequent visit results of experts, other imaging examinations (X-ray, CT, MRI, etc.) and follow-up as the referent diagnostic standards, the diagnostic accuracy of 5G robot assisted tele-ultrasound was evaluated. The influence of doctor's experience of 5G robot assisted tele-ultrasound on the time spent of examination was analyzed, and the diagnostic efficacy was observed. **Results** The time spent of tele-ultrasound examination of each patient was 10—27 min, with an average of (17.91±3.99) min. According to referent diagnostic standards, 39 cases were positive and 5 cases were negative. 5G robot assisted tele-ultrasound diagnosed 34 positive cases, 10 negative cases but missed 5 cases, including 3 cases of middle and lower ureteral calculi and 2 cases of gallbladder neck calculi, totally correctly diagnosed 39 cases. The accuracy of 5G robot assisted tele-ultrasound for diagnosing acute abdomen was 88.64% (39/44), the sensitivity was 87.18% (34/39), the specificity was 100% (5/5), and the missed diagnosis rate was 12.82% (5/39). All 44 cases were examined by the same doctor when he had primary, intermediate and advanced experience. Respectively 18, 12 and 14 cases were examined, and 3, 1 and 1 cases were missed. The examination time was (20.83±3.38), (17.25±2.70) and (14.71±2.87) min respectively. There were significant differences in the overall comparison of the three and the comparison between the two (all $P<0.05$). **Conclusion** 5G robot assisted tele-ultrasound could quickly diagnose acute abdomen in real time under special conditions such as lack of medical resources, and its efficacy was good.

[**Keywords**] abdomen, acute; telemedicine; robotics; ultrasonography

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.06.030

5G 远程机器人超声诊断急腹症

李柯研[1]，任秀昀[1]，吕发勤[2,3]，赵媛媛[1]，张　铭[4]，武杜杜[1]，吴盛正[1,3*]

（1. 中国人民解放军总医院海南医院超声诊断科，海南 三亚　572013；2. 中国人民解放军总医院第三医学中心超声诊断科，北京　100089；3. 南方医科大学第二临床医学院，广东 广州　510405；4. 三沙市人民医院心电超声科，海南 三沙　573100）

［**摘　要**］ **目的**　观察 5G 远程机器人超声诊断急腹症的价值。**方法**　回顾性分析 44 例于永兴岛接受 5G 远程机器人超

［**基金项目**］解放军总医院军事医学科研计划（QNC19050、CX19025）。

［**第一作者**］李柯研（1995—），男，陕西西安人，本科，医师。研究方向：超声医学。E-mail：15692537619@163.com

［**通信作者**］吴盛正，中国人民解放军总医院海南医院超声诊断科，572013；南方医科大学第二临床医学院，510405。E-mail：emailwsz@126.com

［**收稿日期**］2021-12-31　　［**修回日期**］2022-03-31

声检查的急腹症患者，以专家复诊结果、其他影像学检查(X线、CT、MRI等)及随访结果作为参考诊断标准，评估5G远程机器人超声诊断的准确性，分析医师5G远程机器人超声操作经验对检查时长的影响，观察其诊断效能。**结果** 每例患者远程超声检查时间为10～27 min，平均(17.91±3.99)min。根据参考标准，44例中，阳性39例、阴性5例；5G远程机器人超声检出阳性34例、阴性10例；正确诊断39例，漏诊5例，包括3例输尿管中下段结石和2例胆囊颈部结石，其诊断急腹症的准确率为88.64%(39/44)，敏感度为87.18%(34/39)、特异度为100%(5/5)，漏诊率为12.82%(5/39)。44例检查均由同一名医师于其具有初、中及高级操作经验时进行，分别检查18、12及14例，漏诊3、1及1例，检查时长分别为(20.83±3.38)、(17.25±2.70)及(14.71±2.87)min，三者总体比较及两两比较差异均有统计学意义(P均<0.05)。**结论** 5G远程机器人超声检查可在医疗资源匮乏等特殊情况下快速、实时诊断急腹症，且效能较佳。

［**关键词**］ 急腹症；远程医学；机器人；超声检查

［**中图分类号**］ R656.1；R445.1 ［**文献标识码**］ A ［**文章编号**］ 1003-3289(2022)06-0928-04

远程医疗是解决偏远医疗资源匮乏地区及因大型公共卫生事件处于隔离状态下而医疗不可及情形的有效方法[1]。随着5G网络的应用及医疗领域机器人的发展，5G远程机器人超声已可用于实时远程检查，快速、准确诊断，以指导临床治疗。本研究观察5G远程机器人超声诊断急腹症的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2019年7月1日—2020年12月31日44例就诊于永兴岛三沙市人民医院并接受中国人民解放军总医院海南医院5G远程机器人超声检查的急腹症患者，男35例，女9例，年龄19～35岁，平均(23.6±4.5)岁；一般情况尚可，意识清楚，知情、同意并能配合5G远程机器人超声检查。

1.2 仪器与方法

1.2.1 远程超声诊断系统 MGIUS-R3远程超声诊断系统(深圳华大智造科技股份有限公司)，由医师端、患者端及远程交互系统构成；医师端设备位于中国人民解放军总医院海南医院，包括远程超声操作系统、模拟操作杆及超声诊断仪模拟操作面板；患者端设备位于三沙市人民医院，包括华声四叶草便携式超声诊断仪、机械臂系统及固定于机械臂上的C5-1凸阵探头(频率2.5～5.0 MHz)；远程交互系统基于5G网络，包括声像图网络传输系统及高清音视频交互系统。

1.2.2 远程检查 检查前调试仪器及网络，确保设备安全、5G网络稳定通畅、音视频清晰且交互实时。由1名具有10年以上超声诊断经验的主治医师在医师端进行操作(图1)，接到远程检查申请后，通过视频语音系统与患者端的患者及医护人员进行实时交流，明确检查目的并完成病史采集，必要时由患者端医护人员进行体格检查；之后适当选取患者体位，采用模拟操作杆遥控患者端机械臂，将探头置于患者腹部，接触压力上限40 N，扫查腹盆部，观察实质脏器、腹腔及阑尾有无病变；同时实时操作模拟仪器面板，调节仪器参数，存储图像资料，完成超声诊断，并记录检查时长(自询问患者病史开始至出具超声诊断报告为止)。

1.3 评估 受限于患者端当地医疗水平，部分检查无法实现，故以复诊结果为参考诊断标准；对未接受复诊者以其他影像学检查(X线、CT、MRI等)及随访结果为标准。

将医师端医师所具备的5G远程机器人超声操作经验划分为3个等级：①初级，操作经验<6个月；②中级，操作经验为6个月～1年；③高级，操作经验>1年。

1.4 统计学分析 采用SPSS 19.0统计分析软件。以$\bar{x}\pm s$表示符合正态分布的计量资料，采用单因素方差分析或t检验进行比较。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

对44例急腹症患者均顺利完成5G远程机器人超声检查，未见明显不良反应。检查过程中5G网络稳定，未出现明显卡顿，医患远程交流顺畅；机械臂可较准确地还原操控杆动作，但因无法感受到探头与患者体表接触的真实触感而难以做出观察小病变及输尿管走行等所需的精细调整；医师端图像经压缩后质量略有下降，但可较清晰地还原原始声像图信息，部分图像因探头与体表接触不良等而显示不全(图1A)；此外，扫查速度较快或受呼吸影响较明显时，易因切面移动较快造成图像延迟或分辨率下降。

每例患者远程超声检查时间为10～27 min，平均(17.91±3.99)min。经超声专家复诊、其他影像学检查及随访，确诊阳性39例、阴性5例；5G远程机器人超声检出阳性34例(图1)、阴性10例，正确诊断39例，漏诊5例，包括3例输尿管中下段结石和2例胆囊颈部结石(表1)，其诊断急腹症的准确率为88.64%(39/44)，敏感度为87.18%(34/39)，特异度为100%(5/5)，漏诊率为12.82%(5/39)。

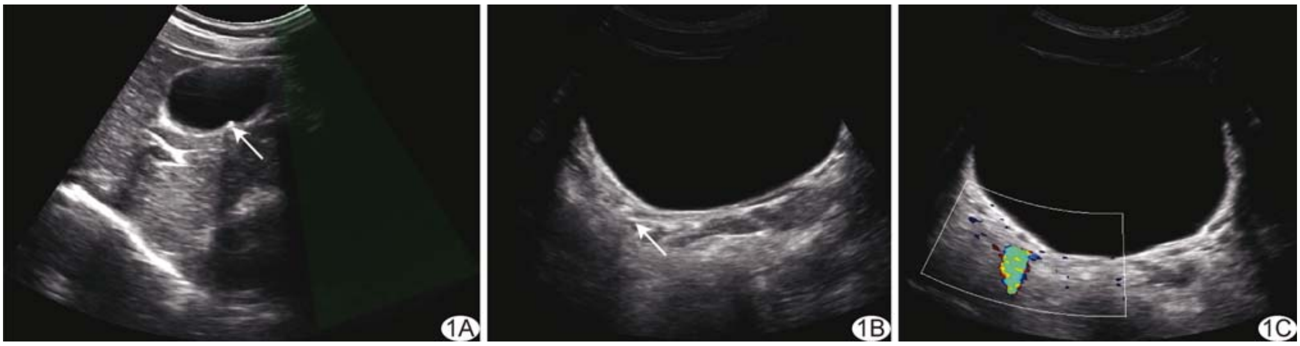

图 1　5G 远程机器人超声医师端所见声像图　A.患者男,32 岁,胆囊结石,声像图示细小胆囊结石(箭),后方见弱声影,绿色部分为探头与体表接触不良所致;B、C.患者男,25 岁,泌尿系统结石,声像图示右侧输尿管下段小结石(B,箭),后方见明显彩色闪烁伪像(C)

表 1　5G 远程机器人超声诊断急腹症

急腹症类别	参考诊断标准(例)	5G 远程机器人超声		
		检出(例)	漏诊(例)	准确率(%)
泌尿系统结石	17	14	3	82.35
胆囊结石伴或不伴胆囊炎	11	9	2	81.82
非结石性急性胆囊炎	4	4	0	100
阑尾炎	4	4	0	100
急性胰腺炎	3	3	0	100

44 例检查均由同一名医师于其具有初、中及高级操作经验时进行,分别检查 18、12 及 14 例,漏诊 3、1 及 1 例;检查时长分别为(20.83±3.38)、(17.25±2.70)及(14.71±2.87)min,三者总体比较及两两比较差异均有统计学意义(P 均<0.05)。

3　讨论

超声具有便捷及无创等优势,可快速评估多种急腹症或闭合性损伤,为紧急干预提供指导[2-4]。传统远程超声检查多由基层检查医师获取超声图像并传输至会诊端,存在时效性差、医师操作不当等弊端。随着新一代 5G 信息通讯技术和机器人技术的发展,5G 远程机器人超声兼具传统会诊模式的优点并可实现同步实时操作,可用于偏远地区或因隔离致患者不便外出等特殊情况[5-6]。

本研究结果显示,5G 远程机器人超声诊断急腹症的准确率为 88.64%,敏感度为 87.18%,特异度为 100%,漏诊率为 12.82%,诊断效能较佳;每例患者远程超声检查时间为 10～27 min,平均(17.91±3.99)min,表明其效率尚可、时效性较强;可在医疗资源匮乏的情形下快速、准确诊断急腹症。除采集图像过程外,5G 远程机器人超声技术诊断流程与普通超声检查基本无明显差异;医生端显示的超声图像虽经压缩,但质量基本符合超声诊断要求,且随医师操作经验增加,检查时长明显缩短。

本组 5G 远程机器人超声检查漏诊 3 例输尿管中下段结石和 2 例胆囊颈部结石,考虑与机械臂压力不足或检查过程中患者呼吸配合度较差有关;且 2 例胆囊颈部结石位置均较深在,1 例并伴胆囊体积增大,颈部结石位于远场,受胆囊后方回声增强和肠道气体干扰而无法清晰显示结石回声,医师未能通过合理调节仪器参数优化图像,另 1 例受肺内气体干扰而肋间斜切面显示不清,于肋缘下切面观察时,机器操作难以兼顾向下加压和调整角度两种需要。本研究所用 5G 远程超声诊断系统内置压力传感器,基于安全考虑,将腹部检查模式的接触压力上限设置为 40 N,对于肥胖患者常因难以充分避开肠管及气体干扰而影响诊断效能。

由于医师端模拟操作杆形状及重量均与常规超声探头不同,影响操作手感;且不同于普通超声可直接由医师现场实时观察并调整探头位置,进行 5G 远程机器人超声检查时,需由医师端医师于摄像设备下反复、缓慢移动探头,将其置于目标位置,导致 5G 远程机器人超声检查耗时高于普通超声[7];此外,患者侧卧或扫查体表不平坦区域时,机械臂探头有时无法与皮肤完全贴合或无法充分调整角度,导致切面显示范围较小,需重复多次扫查才能采集到较满意的图像。

综上所述,5G 远程机器人超声检查可于特殊条件下快速、实时诊断急腹症,其诊断效能尚可,值得于特殊环境下推广应用。受限于海岛特殊环境及人群规模,本研究样本量小,且无法严格以金标准诊断各种病变,有待后续加以完善。

[参考文献]

[1] OHANNESSIAN R, DUONG T A, ODONE A. Global telemedicine implementation and integration within health systems to fight the COVID-19 pandemic: A call to action[J]. JMIR Public Health Surveill, 2020,6(2):e18810.

[2] VALENZUELA J, STILSON B, PATANWALA A, et al.

Prevalence， documentation， and communication of incidental findings in focused assessment with sonography for trauma (FAST) examinations[J]. Am J Emerg Med，2020，38(7)：1414-1418.
[3] ZANOBETTI M， COPPA A， NAZERIAN P， et al. Chest abdominal-focused assessment sonography for trauma during the primary survey in the emergency department： The CA-FAST protocol[J]. Eur J Trauma Emerg Surg，2018，44(6)：805-810.
[4] BASNET S， SHRESTHA S K， PRADHAN A， et al. Diagnostic performance of the extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST) patients in a tertiary care hospital of Nepal[J]. Trauma Surg Acute Care Open，2020，5(1)：e000438.
[5] 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/CD]．中华医学超声杂志(电子版)，2020，17(2)：115-123.
[6] WU S， WU D， YE R， et al. Pilot Study of Robot-assisted Teleultrasound Based on 5G Network： A new feasible strategy for early imaging assessment during COVID-19 pandemic[J]. IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control，2020，67(11)：2241-2248.
[7] 郭朝锋，王晓静，薛洁，等．全面腹部超声检查在急腹症诊断中的价值[J]．中国医学影像学杂志，2013，21(12)：920-923.