

· 病例报告 ·

5G 远程超声引导下经皮肾穿刺碎石取石术 1 例报告

周翔^{1,2}, 杨杰^{1,2}, 艾克巴尔·阿布来提², 田金勇², 邵云强², 买买提江·达吾提², 叶新华³, 李杰¹, 宋宁宏^{1,2*}¹南京医科大学第一附属医院泌尿外科, 江苏 南京 210029; ²南京医科大学附属克州人民医院泌尿外科, 新疆 克州 845350; ³南京医科大学第一附属医院超声科, 江苏 南京 210029

[关键词] 5G; B超; 肾结石; 手术

[中图分类号] R692.4

[文献标志码] B

[文章编号] 1007-4368(2022)03-452-05

doi: 10.7655/NYDXBNS20220324

泌尿系结石是泌尿系统的常见疾病, 北美地区发病率为 7%~13%, 欧洲为 5%~9%, 亚洲为 1%~5%。同时, 泌尿系结石的复发率较高, 5~10 年内复发率可达 50%, 20 年内复发率可达 75%。地理环境、气候、饮食、基因差异、性别、职业以及年龄均可影响泌尿系结石的发病率。泌尿系统结石按发病部位可分为肾结石、输尿管结石、膀胱结石和尿道结石。按结石成分可分为草酸钙结石、磷酸钙结石、磷酸铵镁结石、尿酸结石以及胱氨酸结石^[1]。在中国成年人中, 肾结石的发病率可达 5.9%^[2]。由于新疆南部炎热干旱以及高脂饮食, 泌尿系结石在新疆南部地区的发病率较高, 其中维吾尔族居民的结石发病率更高^[3]。新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州(克州)地处祖国最西端, 鹿角形、复杂性肾结石患者尤为多见^[4], 常需要经皮肾镜碎石取石术处理。其中 B 超引导下进行肾穿刺建立工作通道是该术式的核心和难点。但这一步操作技术要求高、难度大、学习曲线长, 目前仅部分经验丰富的泌尿外科医师能够掌握, 地处山区边疆的基层医疗单位, 成功开展此类手术难度较大。如遇风险性高、难度大的肾结石患者, 往往建议患者转院或请院外专家手术会诊, 但无论采用哪种方法, 均会极大增加患者的经济负担。

近年来, 随着机器人以及网络通讯技术的进步, 远程手术得以实现。远程手术可以节约和优化医疗资源, 为农村、灾区、战场等不均衡地区提供高

质量的医疗服务。同时远程手术也可减少患者等待时间, 降低病情恶化风险。新兴的 5G 移动通讯技术是最新一代的蜂窝通讯技术, 5G 网络显示出许多优势, 5G 无线网络技术的出现为远程手术提供了更多机会。因此, 南京医科大学第一附属医院在国际及国内上首次尝试使用 5G 远程超声引导下经皮肾穿刺碎石取石术, 现报告如下。

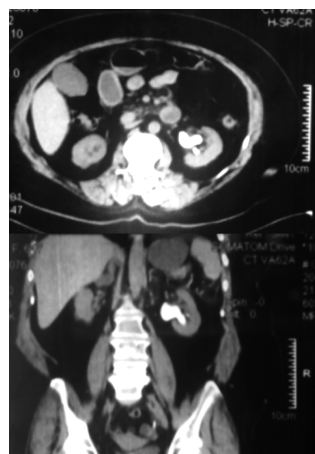
1 病例资料

患者女, 64 岁, 维吾尔族, 身高 155 cm, 体重 85 kg。患者 2 个月前因双侧腰背部疼痛就诊, 行中下腹部 CT 检查提示: 右侧输尿管下段结石、左肾结石。血常规检查提示: 白细胞 32×10^9 个/L, 急诊行右侧输尿管支架置入术, 并予抗炎、补液及营养等对症治疗。1 个月前患者至当地医院行右侧输尿管支架管取出术、左侧行经皮肾镜碎石术治疗失败, 留置左侧输尿管支架 1 根。患者再次入院后行中下腹部 CT 检查提示: 左侧肾盂多发高密度影, 部分呈“鹿角状”, 大小约 $2.60 \text{ cm} \times 1.93 \text{ cm}$, 结石最大直径 5.5 cm, 左侧肾盂、输尿管及膀胱走行区可见输尿管支架管影(图 1)。血常规检查提示: 白细胞计数 5.5×10^9 个/L, C 反应蛋白 6.08 mg/L, 尿白细胞++。

手术设备及伦理: 远程超声诊断系统(MGIUS-R3, 深圳华大智造云影医疗科技有限公司)(图 2), 患者端位于新疆克州人民医院手术室, 医生端位于南京医科大学第一附属医院本部。5G 移动通讯技术(中国移动), 网速 100 Mb/s; 德国 STORZ F9.8 输尿管镜, 北京爱科普能钛激光治疗机, 直径 600 μm 光纤, 武汉大华电视监视系统。本研究获得南京医科大学附属克州人民医院伦理委员的批准(伦审

[基金项目] 国家自然科学基金(82071638); 自治州科技攻关重点项目(科技援疆项目)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: songninghong@126.com

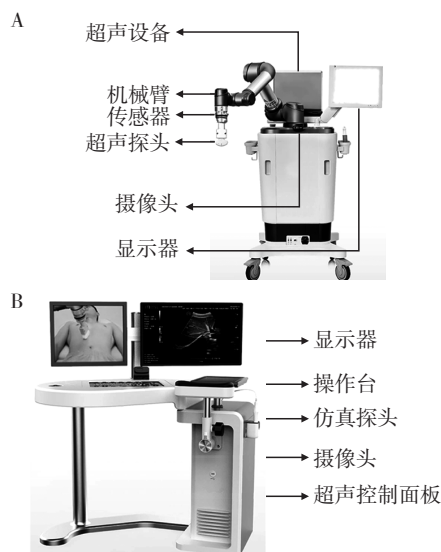


鹿角形肾结石,结石最大直径5.5 cm,无积水。

图1 患者中下腹部CT平扫结果

号:2021-06-01)以及患者的知情同意。

网络连接方案以及网络安全:通过公共5G无线网络实现远程超声诊断系统医生端与患者端之间的连接(图3)。5G客户端设备(CPE,customer premise equipment)作为5G基站产生的5G无线网络信号的终端接收器。B超影像数据也从5G CPE传输到5G基站。然后通过5G核心网将数据从该站传输到



A:患者端;B:医生端。

图2 远程超声诊断系统

目的站。远程超声诊断系统患者端产生的影像学信息会编译成对应的字节码,采用加密数据流传输,医生端解码获得影像。

手术操作:术前予抗感染治疗3 d,尿白细胞恢

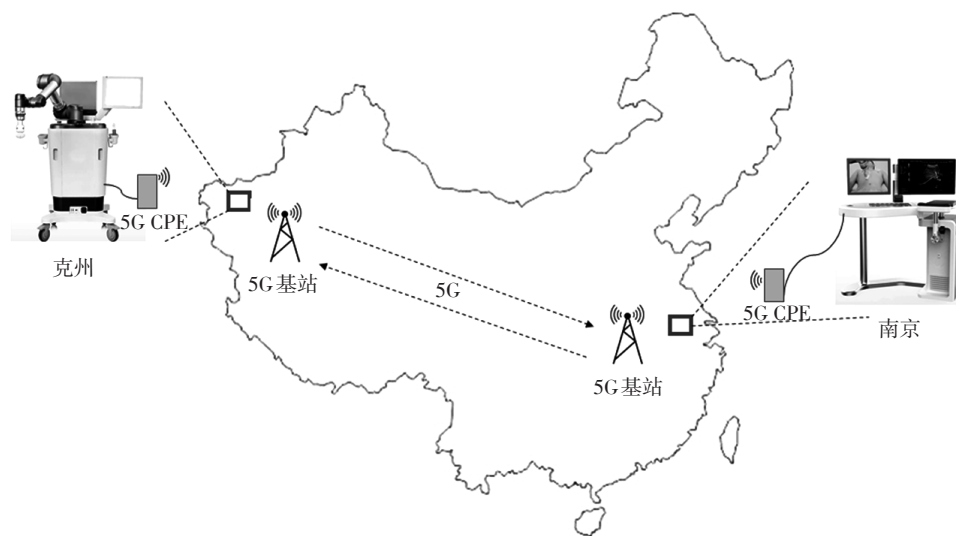


图3 远程辅助手术网络连接示意图

复至正常水平。超声诊断系统患者端与医生端正确连接。术中先取截石位,采用F9.8输尿管镜成功更换左侧输尿管支架管后改为俯卧位,根据患者体位摆放远程超声诊断系统患者端(克州)(图4A、B)。医生于南京医科大学第一附属医院本部(南京)操作远程超声诊断系统医生端(4C),克州人民医院术者(克州人民医院医师)在彩色多普勒超声引导下于左侧12肋下缘与肩胛线之间,经穹窿部穿刺进入肾中盏后组(图4D)。穿刺成功后,置入斑马

导丝,退出针鞘。克州人民医院术者(江苏援疆专家和克州人民医院医师)于导丝穿刺点做1 cm横行切口,沿导丝依次置入F8~F14扩张器,留置16号V型扩张器鞘,建立经皮肾通道。采用输尿管镜联合钬激光碎石取石。利用远程超声确定结石残留情况。留置14号肾造瘘管。手术总时长50 min,出血10 mL。术后第2天复查腹部平片未发现残留结石。术中单向数据传输延迟70 ms,偶发性数据丢包率为5%。



A: 超声诊断系统患者端摆放示意图; B: 新疆克州人民医院术者摆放超声诊断系统患者端机械臂; C: 南京医科大学第一附属医院医生操作超声诊断系统医生端; D: 在远程B超引导下新疆克州人民医院术者建立经皮肾镜碎石取石工作通道。

图4 远程超声诊断系统中操作

2 讨论

新疆地区有独特的文化、地理环境、饮食习惯以及生活方式。研究显示新疆地区的结石发病率较高,并且维吾尔族泌尿系结石患者中婴幼儿及青少年所占比例较高,可达58.47%^[5]。新疆地区的维吾尔族人群倾向于摄入高蛋白和高嘌呤的食物,例如动物内脏、牛肉以及羊肉,水果蔬菜摄入较少^[6]。这就导致内源性酸的排泄增加和尿酸结石的形成^[7]。此外,新疆地区位于内陆地区,气候较为干旱,年降水量只有约150 mm。此地居民处于持续脱水环境,因此尿量减少,尿液浓度增高,结石形成风险增加。同时,更多的阳光照射促进了维生素D的合成,增加了钙的吸收^[8]。新疆地下水普遍偏硬、高盐、低碱性^[9]。新疆维吾尔族人群常吃哈密瓜、葡萄、红枣等含糖量高的水果,也是导致尿石症的另一个危险因素^[10]。草酸钙是新疆地区最常见的结石成分,可占有所有结石类型的66%,其次是尿酸盐结石(19.7%)、碳酸磷灰石(11.7%),与国内其他地区相比,草酸钙结石占比相对较大。在发病部位中,绝大部分为上尿路结石(约78%),与国内其他地区相比,发病部位无明显差异^[11]。由于新疆地区存在很多气候问题,如干旱、沙尘暴、寒潮、干热风 and 冰雹,当地的经济处于初级阶段,不利于当地卫生事业的发展^[12-13]。因此,医院就诊患者的结石通常较大,病情较复杂,需行经皮肾镜的患者较多^[14]。B超是常用的经皮穿刺辅助定位工具^[15],具有穿刺简便、无射线暴露、易区分肾盏穹窿以及背侧肾盏等优点,但对于导丝位置以及扩张深度难以监测。如遇肾周渗液较多、肾内血块及积气时,则B超定位的准确性会受到影响^[16]。缺少系统的肾脏B超训练以及准确的术前B超定位成为阻碍边疆地区开展经皮肾镜手术的阻碍之一。

随着现代医疗技术的进步,远程医疗逐渐兴起。远程会诊、远程诊断、移动病房、远程患者图像

共享、远程中风急诊、数字化手术室、远程教学培训等方面取得了长足进展。其中,远程辅助手术是一种远程在场的方法,专家不仅可以提供远程指导,还可以与手术现场直接互动。借助于远程操纵器,指导者可以通过机械臂移动摄像机或仪器。1997年4月,第1次远程洲际手术在美国和澳大利亚之间实现,信号传输延迟1 s^[17]。2000年至今,远程辅助手术得到了进一步探索。虽然手术时间相对延长,但操作的准确性得到了提高。远程辅助手术具有广阔的前景,并极力推荐用于帮助偏远地区新手外科医生的手术病例中,可以降低患者风险。但远程辅助手术还有诸多需要改进的地方。远程辅助手术的局限性主要是数据传输,包括远距离数据传输的网络带宽、网速以及网络延迟等。5G通讯技术是目前我国最新一代大规模应用的通讯技术,网速可高达10 Gbps。相对有线网络需要特定的网线或光缆,5G网络可以让连接设备具有更好的移动性,让网络光缆带来的地域限制不复存在。只需专用的5G CPE作为信号中继站和放大器,就可以通过无线连接在两个站点之间进行远程辅助手术。由于5G无线网络带来的连接设备的移动性更好,远程手术可以在有线光缆缺乏的地区(如战场、受灾地区以及山区)成功开展^[18]。此外,5G网络的延迟时间相对较短。研究认为远程手术的理想延迟时间应小于100 ms,延迟135~200 ms术者感觉较为明显,但术者可以适应以及安全有效地开展手术,如果延迟时间超过300 ms,就会出现错误操作等问题^[19-20]。目前,国内Zheng等^[17]通过5G技术成功实现了距离3 000 km的远程实验动物的腹腔镜手术,平均往返数据传输延迟114 ms,数据丢包率为1.20%。刘荣等^[21]通过5G技术成功实现了距离50 km的实验猪的肝脏楔形切除,单向数据传输延迟小于150 ms。在国内临床实践中,5G远程脑部手术、骨科手术均已成功实现^[22-23]。考虑到新疆克州地区的结石发病率较高、医疗水平有限,且国际及国内尚未开展过5G远

程超声引导下经皮肾穿刺碎石取石术,因此尝试在南京与克州地区行此手术。南京医科大学第一附属医院距离新疆克州人民医院直线距离约4 000 km,术中结果显示,单向数据传输延迟70 ms,偶发性数据丢包率为5%,完全满足手术需求。患者1个月前曾在外院肾结石手术失败,且无肾积水,行经皮肾镜穿刺难度较大,在远程B超医生端的操作下定位,约15 min成功建立碎石取石工作通道,术后复查无残留结石。

5G远程超声引导下经皮肾穿刺碎石取石术应注意的技术要点:①术前应测试两地间的网速、带宽、数据传输延迟以及丢包率,有条件的地方可以采取有线网络连接作为备用网络方案,应确保术中的有效网络连接。②目前市场尚缺乏远程B超机械臂专用的无菌保护套,可暂时使用达芬奇机器人的机械臂无菌保护套,保护套固定不能阻挡医生端视野以及妨碍机械臂操作。③远程B超的患者端以及摄像头等设备应摆放于患侧的对侧,否则会影响后续手术操作。④医生端看到的患者端操作情况均为患者端的1个摄像头实时拍摄,为二维图像,深度感觉较差;医生端模拟探头的使用感觉与实际B超操作仍有差距,医生端B超操作应加强练习。

通讯技术和机器人工程技术发展促进了远程外科手术的快速发展,并促进了初步的临床应用。尽管国内外诸多远程手术均取得了令人满意的治疗效果,但目前研究多为个案报道,尚缺乏大规模的研究报道。此外,远程手术设备的外科医生控制台和患者端的设计需要紧凑和便携,才能最终达到随时随地手术的要求,同时医生端获得的患者端实时操作画面应该多维度,以利于位置感知;医生端模拟探头的操作感觉应更加优化,以接近实际使用B超的感觉。只有这样,在有有线网线铺设困难或无法铺设的偏远地区,患者才能得到及时、高质量的治疗,最大限度地减少治疗延误。同时,远程外科手术在临床充分使用之前,仍有一系列安全、法律、财务、经济和伦理的问题需要解决。在安全方面,术中要能确保设备间的持续可靠连接,保证网络的低延时,通信企业需要采取措施保证足够的带宽和远程手术的优先级。同时必须研究网络漏洞和攻击,并对网络攻击进行评估、预防和破解,还需设计用于5G网络的安防系统。此外,外科手术机器人需要结合人工智能技术,如手术中危险动作的警告,以提高机器人的智能,降低手术风险。在法律、国家政策支持以及医保报销方面,可进行远程手术单

位的资质评估、远程手术规范以及远程手术涉及的医疗事故的责任认定等法律问题需进一步解决。同时,远程手术相关设备购置的政策支持以及手术相关花费的医保报销仍是决定远程手术能否大面积推广的重要因素。伦理方面,在存在网络攻击、网络瘫痪以及设备故障可能性的背景下,尽管采取了防护措施,采用网络连接进行手术仍会可能让患者面临诸多无法预知的风险。当无法准确描述潜在风险以及未制定完备的安全计划时,实施远程手术就会陷入伦理的两难境地。

[参考文献]

- [1] TAGUCHI K, CHO S Y, NG A C, et al. The urological association of Asia clinical guideline for urinary stone disease[J]. *Int J Urol*, 2019, 26(7):688-709
- [2] ZENG G, MAI Z, XIA S, et al. Prevalence of kidney stones in China: an ultrasonography based cross-sectional study [J]. *BJU Int*, 2017, 120(1):109-116
- [3] 周磊,阿不都沙拉木·阿不都瓦克,何万鹏,等. 新疆单中心成人上尿路尿酸结石与代谢综合征的相关性[J]. *现代泌尿外科杂志*, 2018, 23(5):352-356
- [4] 买买提江·达吾提,木合塔尔·吾布力. 微创经皮肾镜取石术治疗肾结石的临床疗效分析[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2016, 16(85):88
- [5] LUO J, TUERXUN A, SHATAER A, et al. Kidney stone composition in third-world areas: What Kashgar tells us? [J]. *J Endourol*, 2018, 32(6):465-470
- [6] WUMANER A, KEREMU A, WUMAIER D, et al. High incidence of urinary stones in Uyghur children may be related to local environmental factors [J]. *J Pediatr Urol*, 2014, 10(2):289-293
- [7] TRINCHIERI A, MANDRESSI A, LUONGO P, et al. The influence of diet on urinary risk factors for stones in healthy subjects and idiopathic renal calcium stone formers[J]. *Br J Urol*, 1991, 67(3):230-236
- [8] LETAVERNIER E, DAUDON M. Vitamin D, hypercalciuria and kidney stones[J]. *Nutrients*, 2018, 10(3):366
- [9] WANG S. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in the Yanqi Basin of Xinjiang Province, Northwest China [J]. *Environ Monit Assess*, 2013, 185(9):7469-7484
- [10] WANG H C, LIU C, HE H Y, et al. A case-control study on the risk factors of urinary calculus in Uyghur children in the Kashi region [J]. *Genet Mol Res*, 2015, 14(2):5862-5869
- [11] YE Z, ZENG G, YANG H, et al. The status and characteristics of urinary stone composition in China [J]. *BJU Int*, 2020, 125(6):801-809

[12] 张家宝,陈洪武,毛炜峰,等. 新疆气候变化与生态环境的初步评估[J]. 沙漠与绿洲气象,2008,2(4):1-11

[13] 张雷,杨波,程晓凌. 干旱区发展的资源环境基础评价:以新疆为例[J]. 干旱区地理,2011,34(5):713-718

[14] 陈宗跃,纪世琪,朱国栋,等. 480例新疆南部维吾尔族尿结石成分分析与代谢评价[J]. 现代预防医学,2010,37(3):570-571

[15] 岳闯,鹿超,张力峰,等. 应用输尿管软镜、微通道经皮肾镜和超细经皮肾镜治疗10~20 mm肾结石的研究[J]. 南京医科大学学报(自然科学版),2019,39(11):1625-1628

[16] 经皮肾镜取石术中国专家共识[J]. 中华泌尿外科杂志,2020,41(6):401-404

[17] ZHENG J, WANG Y, ZHANG J, et al. 5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China [J]. Surg Endosc, 2020, 34(11):5172-5180

[18] VENEZIANO D, TAFURI A, RIVAS J G, et al. Is remote live urologic surgery a reality? Evidences from a systematic review of the literature [J]. World J Urol, 2020, 38(10):2367-2376

[19] XU S, PEREZ M, YANG K, et al. Determination of the latency effects on surgical performance and the acceptable latency levels in telesurgery using the dV-Trainer((R)) simulator[J]. Surg Endosc, 2014, 28(9):2569-2576

[20] HUNG AJ, CHEN J, SHAH A, et al. Telementoring and telesurgery for minimally invasive procedures [J]. J Urol, 2018, 199(2):355-369

[21] 刘荣,赵国栋,孙玉宁,等. 5G远程机器人手术动物实验研究[J]. 中华腔镜外科杂志(电子版),2019,12(1):45-48

[22] 田伟,张琦,李祖昌,等. 一站对多地5G远程控制骨科机器人手术的临床应用[J]. 骨科临床与研究杂志,2019,4(6):349-354

[23] 刘金鑫,靳泽宇,李雯雯,等. 5G远程医疗的探索与实践[J]. 电信工程技术与标准化,2019,32(6):83-86

[收稿日期] 2021-11-09
(本文编辑:陈汐敏)

(上接第447页)

e0193609

[35] XU J Y, ZHENG Y Y, WANG L J, et al. miR-124: a promising therapeutic target for central nervous system injuries and diseases[J]. Cell Mol Neurobiol, 2021: 1-23

[36] ZHANG Z G, CHOPP M. Exosomes in stroke pathogenesis and therapy[J]. J Clin Invest, 2016, 126(4):1190-1197

[37] KIM G, KIM M, LEE Y, et al. Systemic delivery of microRNA-21 antisense oligonucleotides to the brain using T7-peptide decorated exosomes [J]. J Control Release, 2020, 317:273-281

[38] YANG J, ZHANG X, CHEN X, et al. Exosome mediated delivery of miR-124 promotes neurogenesis after ischemia [J]. Mol Ther Nucleic Acids, 2017, 7:278-287

[39] GE X, GUO M, HU T, et al. Increased microglial exosomal miR-124-3p alleviates neurodegeneration and improves cognitive outcome after rmTBI [J]. Mol Ther, 2020, 28(2):503-522

[收稿日期] 2021-07-30
(本文编辑:陈汐敏)