

手术机器人辅助下后侧入路腰椎间融合的术中护理配合

梁敏¹, 黄浚燊², 张春燕¹, 李玉希², 黄霖²

(1. 中山大学孙逸仙纪念医院手术室 广东 广州 510120; 2. 中山大学孙逸仙纪念医院骨科 广东 广州 510120)

摘要 **目的:** 探讨手术室护士在骨科手术机器人辅助下后侧入路腰椎间融合术中的护理配合。**方法:** 选取2018年8月~2018年10月中山大学孙逸仙纪念医院运用XGK-6508A智能骨科微创手术系统辅助完成后侧入路腰椎间融合术的3例患者,术中均采用骨科手术机器人辅助行后侧入路椎弓根钉置入和入椎弓根钉棒内固定+椎管减压+椎间Cage植骨融合术,同时回顾同时期非机器人辅助手术病例4例。手术室护士完成术前手术模拟演练、患者准备、手术间、仪器及物品准备与检查,术中完成设备安置、对接、管理和手术医生配合应用等。观察所有患者的住院天数、手术时间、术中出血量、置钉数、手术前后总曝光次数、手术前注册曝光次数、手术中验证曝光次数和手术费用。**结果:** 机器人组和非机器人组的置钉数分别为 (5.00 ± 1.00) 个和 (5.00 ± 1.15) 个,术中出血量两组分别为 (216.67 ± 246.64) ml和 (262.50 ± 249.58) ml,住院天数分别为 (17.33 ± 4.51) d和 (18.50 ± 6.76) d,以上指标两组之间均无统计学差异($P > 0.05$);手术时间分别为 (285.00 ± 44.44) min和 (196.25 ± 85.09) min,手术曝光次数分别为 (9.00 ± 3.00) 次和 (4.75 ± 0.50) 次,手术费用分别为 $(15\,634.17 \pm 7\,218.14)$ 元和 $(12\,130.50 \pm 1\,478.62)$ 元,以上指标两组之间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:** 机器人辅助手术具有巨大的潜力,在完善的术前准备、掌握患者情况的前提下,熟练掌握手术机器人系统的连接、器械的使用,熟悉手术步骤,医护人员配合默契,经专业技术培训的专业团队合作,是手术顺利完成的关键。

关键词 手术机器人; 机器人辅助骨科手术; 后侧入路腰椎间融合术; 手术室护理

中图分类号 R684 R473 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2020)03-0202-10

收稿日期: 2020-03-26 录用日期: 2020-06-10

Received Date: 2020-03-26 Accepted Date: 2020-06-10

基金项目: 广东省自然科学基金(2017A030310554, 2020A1515010371 和 2017A030313652)

Foundation Item: Guangdong Natural Science Foundation (2017A030310554, 2020A1515010371 and 2017A030313652)

通讯作者: 黄霖, Email: huangl5@mail.sysu.edu.cn

Corresponding Author: HUANG Lin, Email: huangl5@mail.sysu.edu.cn

引用格式: 梁敏, 黄浚燊, 张春燕, 等. 手术机器人辅助下后侧入路腰椎间融合的术中护理配合[J]. 机器人外科学杂志, 2020, 1(3): 202-211.

Citation: LIANG M, HUANG J S, ZHANG C Y, et al. Intraoperative nursing cooperation in robot-assisted PLIF surgery[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2020, 1 (3): 202-211.

Intraoperative nursing cooperation in orthopaedic robot-assisted PLIF surgery

LIANG Min¹, HUANG Junshen², ZHANG Chunyan¹, LI Yuxi², HUANG Lin²

(1. Department of Operating Room, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, China;

2. Department of Orthopaedics, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, China)

Abstract **Objective:** To investigate the intraoperative nursing cooperation of in posterior lumbar interbody fusion (PLIF) surgery assisted by orthopedic surgical robot. **Methods:** From August 2018 to October 2018, 3 cases of PLIF surgeries were performed and assisted by the XGK-6508A intelligent minimally invasive orthopedic surgery system in Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University. During the surgery, the pedicle screw placements were performed with the assistance of orthopedic surgical robot by posterior approach, while the pedicle screw and rod fixation, vertebral canal decompression and the intervertebral cage insertion were performed manually. Besides, 4 cases of PLIF surgeries without the assistance of orthopedic surgical robots were also reviewed. Operation room nurses completed the preoperative surgical simulation exercises, patient preparations and inspection on surgical room, equipment and routine items, as well as intraoperative equipment placement, docking, management and application in cooperation with the surgeons. The hospital stays, operation time, intraoperative blood loss, number of screws, total number of exposures before and after the operations, the number of preoperative registered exposures, the number of verified exposures in operation, the number of consumable materials and operation expenses of all patients were observed. **Results:** The number of screws in the robot group (RG) and the non-robot group (NRG) was 5.00 ± 1.00 Vs 5.00 ± 1.15 , the intraoperative blood loss was $(216.67 \pm 246.64)\text{ml}$ (RG) Vs $(262.50 \pm 249.58)\text{ml}$ (NRG), the hospital stay time was $(17.33 \pm 4.51)\text{d}$ (RG) Vs $(18.50 \pm 6.76)\text{d}$ (NRG). The above data shows no statistical difference between the two groups ($P > 0.05$). The operative time was $(285.00 \pm 44.44)\text{min}$ (RG) Vs $(196.25 \pm 85.09)\text{min}$ (NRG), the surgical exposure times were 9.00 ± 3.00 (RG) Vs 4.75 ± 0.50 (NRG) and the surgical expenses were $\text{¥}15\ 634.17 \pm 7\ 218.14$ (RG) Vs $\text{¥}12\ 130.50 \pm 1\ 478.62$ (NRG). These differences between the two groups were statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion:** Robot-assisted surgery is of great potential. Besides knowing the patient's situation well and preparing well before operation, mastering the connection of surgical robot system well and the proper using of instruments, skillfully in the surgical procedures, professional team with good cooperation are keys to a successful robot-assisted surgery.

Key words Surgical robots; Robot-assisted orthopedic surgery; PLIF surgery; Operating room nursing

在脊柱疾病中，大多需要借助钉棒固定系统才能完成手术治疗，但脊柱解剖结构复杂，传统的徒手置钉容易造成椎弓根损伤^[1]，椎弓根螺钉置入错位可导致严重的临床相关并发症，如神经血管损伤、硬膜挫伤或内脏和肌肉损伤等^[2]，导致脊柱手术难度大、风险高。近年来，手术机器人技术也逐渐进入脊柱骨科领域，其初衷之一是帮助脊柱外科医生更精确、更方便地放置椎弓

根钉，减少人工失误和术后并发症，但手术流程复杂，仪器设备繁多、复杂，需要手术室护士能够准备充足物品、合理摆放各仪器设备、熟练掌握手术步骤，做好机器人手术的护理配合。2018年8月~2018年10月我院手术室护士配合脊柱外科创新性地运用XGK-6508A智能骨科微创手术系统辅助完成后侧入路腰椎间融合术3例，手术效果满意，现将情况报道如下。

1 资料与方法

1.1 机器人辅助手术病例纳入与排除标准

1.1.1 纳入标准

①确诊为单一 / 两个节段腰椎间盘突出症或腰椎管狭窄症患者；②接受行后侧入路腰椎间融合手术治疗者；③同意术中采用骨科手术机器人辅助穿刺定位治疗者。

1.1.2 排除标准

①非单一 / 两个节段腰椎间盘突出症或腰椎管狭窄症患者；②不接受后侧入路腰椎间融合手术治疗者；③不接受术中采用骨科手术机器人辅助穿刺定位治疗者。

1.2 一般资料

1.2.1 临床资料

手术病例 3 例（男 1 例，女 2 例），年龄分别为 62 岁、47 岁、64 岁，均通过医院伦理委员会的审查；2 例分别诊断为 $L_{4/5}+L_5/S_1$ 腰椎管狭窄症及 $L_{3/4}+L_{4/5}$ 腰椎管狭窄症，均有腰部及双下肢麻木、间歇性跛行症状；1 例诊断为 $L_{4/5}$ 右侧旁中央型突出型腰椎间盘突出症，有腰痛及右下肢麻木症状；所有病例均有手术指征，术前与患者充分沟通后均签署手术知情同意书，完善所有相关检验及腰椎正侧位 + 动力位 X 线，腰椎 CT + 骨三维成像和腰椎 MR 的影像学检查，制定手术方案以及完成置钉规划；术中均采用骨科手术机器人辅助行后侧入路椎弓根钉置入和入手椎弓根钉棒内固定 + 椎管减压 + 椎间 Cage 植骨融合术。其余 4 例非机器人辅助手术病例的临床资料见表 1。

1.2.2 骨科手术机器人系统简介

我院使用的 XGK-6508A 智能骨科微创手术系统（简称 XGK-6508A 手术系统），是深圳市鑫君特智能医疗器械有限公司自主研发的一种

高精度微创骨科手术系统（如图 1）。可用于脊柱外科手术中克氏针穿刺和骨钉钻孔。系统在机械臂上装有智能骨钻，并配有双目视觉系统，可根据手术规划要求及 C 型臂 X 线图像数据，自主引导手术机器人操作机械臂运动到手术部位，启动安装在手术机器人操作臂上的手术工具（智能骨钻）进行手术。手术过程中可通过视频图像全程监控，手术机器人在三维空间中实现动态跟踪，手术工具配置了传感器以确保安全，机器人平台配备紧急停止按钮，在手术过程中随时可以停止操作。

1.3 术前准备

1.3.1 手术模拟演练

根据患者病情特点与手术方式，与手术医生一起制定手术方案，了解 XGK-6508A 手术系统的工作原理，配合医生以及工程师进行骨科手术机器人辅助下后侧入路腰椎间融合术的模拟演练，了解手术术区的显露过程、骨科手术机器人的操作、椎弓根螺钉置入的顺序、椎板切除和椎间盘摘除的方式以及 cage 置入融合的过程，熟悉手术常规耗材与机器人配套器械，关注高风险和易出血的操作步骤，预备应对突发事件的措施，以提高术中配合的流畅度和降低手术风险。

1.3.2 患者准备

术前 1d 访视手术患者，详细阅读患者的医疗记录、过敏史和手术史，以充分了解患者的情况和生命体征。耐心地与患者交谈，鼓励其说出疑惑并认真解答，让患者平静地接受手术，配合医生向患者及其家属详细讲解 XGK-6508A 手术系统的优势和成功病例，避免过多专用词汇，观察患者的神态、面容等体貌特征来全面评估其身体状况及耐受能力^[3-4]；介绍后侧入路腰椎间融合术的手术方式、手术过程、手术特

表 1 手术病例一般资料

Table 1 General information on all surgical cases

分组	序号	性别	年龄 (岁)	诊断	症状	手术时间	手术方式
机器人组	1	女	64	L _{4/5} +L ₅ /S ₁ 腰椎管狭窄症	腰臀部疼痛，左下肢麻痛，间歇性跛行	2018-09-19	机器人辅助腰椎后路 L ₄ ~S ₁ 椎弓根钉棒内固定 +L _{4/5} ，L ₅ /S ₁ 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术
	2	男	62	L _{3/4} +L _{4/5} 腰椎管狭窄症	腰部疼痛，双下肢麻痛，间歇性跛行	2018-08-01	机器人辅助腰椎后路 L ₃₋₅ 椎弓根钉棒内固定 +L _{3/4} ，L _{4/5} 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术
	3	女	47	L _{4/5} 腰椎间盘突出症	腰部疼痛，右下肢放射痛	2018-08-02	机器人辅助腰椎后路 L ₄₋₅ 椎弓根钉棒内固定 +L _{4/5} 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术
非机器人组	1	男	63	L _{4/5} ，L ₅ /S ₁ 腰椎管狭窄症	下腰部疼痛，间歇性跛行	2018-05-30	腰椎后路 L ₄ ~S ₁ 椎弓根钉棒内固定 + L _{4/5} ，L ₅ /S ₁ 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术
	2	男	62	L _{3/4} ，L _{4/5} 腰椎间盘突出症	腰部疼痛，下肢麻痛	2018-05-30	腰椎后路 L ₃₋₅ 椎弓根钉棒内固定 +L _{3/4} ，L _{4/5} 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术
	3	男	56	L ₅ /S ₁ 腰椎间盘突出症	腰部疼痛，下肢麻痛	2018-08-10	腰椎后路 L ₅ ~S ₁ 椎弓根钉棒内固定 +L ₅ /S ₁ 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术
	4	女	53	L _{4/5} 腰椎管狭窄症	腰部疼痛，间歇性跛行	2018-08-17	腰椎后路 L ₄₋₅ 椎弓根钉棒内固定 +L _{4/5} 椎间盘摘除 + 椎间 cage 植骨融合术



图 1 XGK-6508A 手术系统外观

Figure 1 Appearance of XGK-6508A

注：从左到右分别为机器人主体、工作站和坐标定位板。

点及手术环境,让患者及家属对手术环境有个初步了解,缓解患者及家属紧张、焦虑的情绪,增强他们的安全感。

1.3.3 手术间、仪器及物品准备

1.3.3.1 手术间准备:该手术所需仪器设备繁多(XGK-6508A手术系统、术中神经监测仪、C型臂X线机等),因此,手术间选择在45m²防辐射的百级层流净化手术室进行,手术间空间规划、设备物品布局均需合理(如图2)。

1.3.3.2 仪器准备:手术开始前,巡回护士需将XGK-6508A手术系统的机器人本体、医生工作站以及术中神经监测仪、C型臂X线机在手术室内进行合理定位放置,确认XGK-6508A手术系统各组部件的图像信号、音频信号、数据传输和机械臂处于待机状态,确保可以连接设备并

运行自检程序,导入术前病历及手术所需的相关资料。配合神经监测员对接术中神经监测仪各组成部分,开机检查C型臂X线机的各种参数设置。

1.3.3.3 物品准备:常规脊柱手术的手术器械包、手术衣、放射防护物品、机械臂透明无菌罩2个、C臂机透明无菌罩2个、超声骨刀、高频电刀、电刀刷、双极、吸引器、齐全型号的人工椎间盘和椎弓根钉棒系统以及相关缝线、止血耗材。所有器械和植入物均需保证灭菌合格处于备用状态。

1.4 手术方法

所有患者均采用全身麻醉、俯卧位行后路入路手术,在C型臂X线机的定位后,把带有手术坐标定位板信息的X线图像导入系统,在医生工作站完成置钉路径的规划。在后正中切口显露手术节段双侧椎弓根部位,手术机器人通过双目测量系统,计算出需要的移动轨迹和偏转方位及角度,并指引机械臂到达手术位置和状态,由智能骨钻穿刺椎弓根植入克氏针。医生可在医生工作站控制机械臂和智能手术器械,完成整个机器人辅助下克氏针穿刺的操作过程。手术医生通过管状钻扩大针孔并依次置入椎弓根钉,然后按常规后侧入路椎管减压腰椎间融合手术方法完成手术。

1.5 术中配合

1.5.1 巡回护士的配合要点

1.5.1.1 麻醉配合:建立输血和输液两条良好的外周静脉通道,配合麻醉医生行颈内静脉穿刺和动脉穿刺,规划管道布局和保持管道通畅,维持有效静脉输液用药和动脉血压监测。

1.5.1.2 体位安置:患者取俯卧位,使用专用的俯卧位垫,置于带镜面的专用俯卧位头架上,口鼻悬空,避免眼部受压,保持颈椎呈中立位;

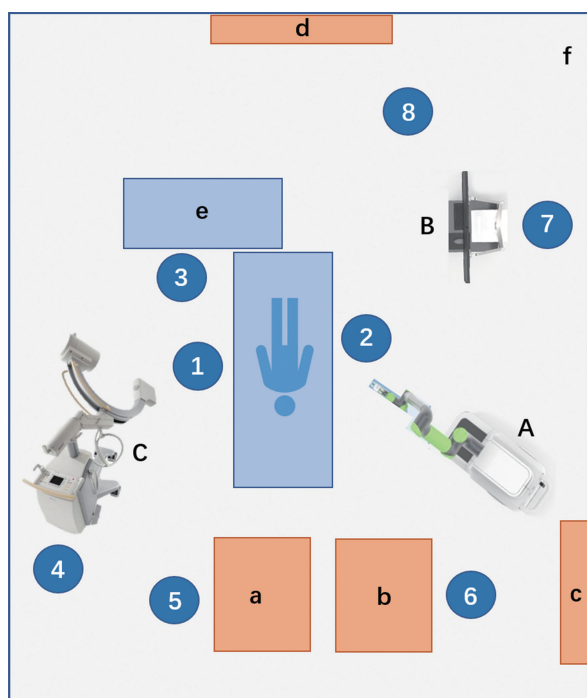


图2 手术室布局

Figure 2 Operating room layout

注:1.主刀医生;2.一助医生;3.器械护士;4.影像技工;5.麻醉医生;6.神经监测员;7.工程师;8.巡回护士;A.手术机器人;B.工作站;C.C型臂X线机;a.麻醉监护仪;b.神经监测仪;c.储物柜;d.药品柜;e.器械台;f.防辐射门。

双上肢自然置于身体两侧托手架上，保持功能位置，避免尺神经损伤；将前胸、肋骨两侧、髂前上棘、耻骨联合作为支撑点，胸腹部悬空，以免影响循环和呼吸^[5]，避免会阴部受压，下肢略低于心脏水平^[6]，双膝屈曲 20°，膝关节处垫啫喱垫，小腿处用软枕垫高，踝部背曲保持足部自然下垂状态^[7]，理顺各种管道，避免受压，保持各管道通畅。

1.5.1.3 皮肤及暴露部位管理：术前做好各种防止皮肤压力性损伤的措施，术中注意观察患者皮肤情况，体位安置后保持床单平整，因脊柱手术多为中老年患者，常合并有糖尿病等基础疾病，尤其需要注意压疮的防护^[7]。术中加强检查：尤其在改变体位后、升降手术床后、固定坐标定位板后再次检查，确保患者皮肤不被坐标定位板、器械升降台挤压。采用综合措施预防术中低体温的发生。因手术需进行多次术中 X 线照射，要做好患者的防辐射护理。

1.5.1.4 术中特殊仪器的使用：在完成手术钻

孔前的所有工作后，固定坐标定位板(如图 3)。由于坐标定位板是用于对 C 型臂 X 线机摄影的图像进行定位，所以，必须保证坐标定位板上的定位区域能够被完整拍摄。坐标定位板应牢固地固定在 C 型臂拍摄区间，以避免松动造成手术机器人定位误差，一旦松动则需要重新安装，并需重新建立手术机器人系统新的三维坐标转换，故巡回护士应做好定位板的固定以及密切观察。在手术机器人执行过程中，为了减少误差，保证手术室内地面平整，缆线布局合理，避免人员走动牵绊缆线，协助技工推送与撤离 C 型臂 X 线机与机器人本体部分，确保机器人与 C 臂机均有足够活动范围且彼此不相互碰撞。严格控制手术间人员的频繁走动，无关人员谢绝进入，避免碰撞机器人。手术间人数控制在 8 人以内，手术间门口张贴明显标识“除参加手术人员外，谢绝他人参观”。如发现手术设备（包括医生工作站、骨科手术机器人、坐标定位板、C 型臂 X 线机和连接



图 3 安装固定坐标定位板

Figure 3 Fix the coordinate positioning board

各设备的网络部件)有水或潮湿时,应立即停止操作,关闭电源,保障手术过程中所有人员的安全。

1.5.1.5 密切观察病情变化:由于患者处于俯卧位,术中要密切留意患者生命体征的变化,如呼吸频率、气道压力、血氧饱和度等参数,注意观察出血量及尿量情况,及时调整滴液速率,维持正常容量。

1.5.1.6 系统对接与撤离:巡回护士在医生的指导下移动 XGK-6508A 手术系统的机器人本体部分进入术区和固定医生 workstation 在手术区外,医生 workstation 与手术机器人通过网线相连,并接入 C 型臂 X 线机的视频线。使用结束后巡回护士将 XGK-6508A 手术系统与 C 型臂 X 线机分别协助推至室间一角,术毕手术床复位,与器械护士共同做好常规器械、敷料及特殊耗材的清点。及时清洁护理 XGK-6508A 手术系统术区部分(机械臂、镜头、智能骨钻),完成机器人手术患者的登记以及相关手术记录。

1.5.1.7 系统的维护和管理:术后给机器人系统遮盖防尘罩,放置在固定位置,尽可能减少机

器的移动,以免造成震动损害。术后机器人手术器械用专用器械托承载,避免受压,轻拿轻放,常规高温灭菌,严禁使用有腐蚀性的溶剂擦拭浸泡灭菌。

1.5.2 器械护士的配合要点

1.5.2.1 术前准备:术前提前了解患者的情况,熟悉拟定的手术方案及流程,对于手术的步骤做到心中有数,熟悉手术机器人相关特殊器械的使用和安装。提前 30min 洗手,整理器械并与巡回护士对点器械、相关耗材的数目。按使用的先后顺序及医生的使用习惯将器械有序放置,方便取用。

1.5.2.2 建立无菌屏障:与巡回护士配合,器械护士提前将机械臂透明无菌套展开并小心缩叠,一手托底一手递交无菌套的袖口给巡回护士,逐渐将无菌套从手术机器人的机械臂远端延展至中心柱,同时器械护士确保无菌套上的透明硬质塑片固定在双目摄像机上并予以捆扎,之后再依次安装好智能骨钻及钻头、钻头导管,并用拧匙锁定,同样给 C 臂机也套上透明无菌套并捆扎(如图 4)。



图 4A 透明硬质塑片固定在双目摄像机上并予以捆扎

Figure 4A The transparent rigid plastic plate is fixed on the binocular camera

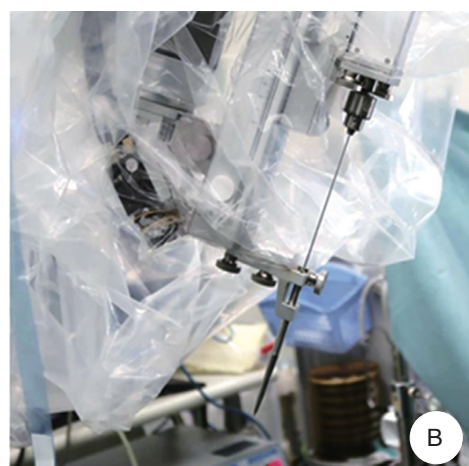


图 4B 套好透明无菌罩后依次安装好智能骨钻及钻头、钻头导管

Figure 4B Fix the drill and the catheter after the transparent aseptic cover is fitted

1.5.2.3 术中配合：因手术室内仪器设备繁多，需合理安置固定器械台，避免影响设备仪器对接与撤离；此外，手术床可能需要经常调整高度配合 C 型臂 X 线机，因此术区入台时需留有足够空间，避免升降手术床时受卡或带倒入台及台上器具。及时整理器械台、入台和术区的手术器具以及相关物品，避免污染及掉落。另外在 C 型臂 X 线机进行照射前要清理术区器具，避免器具遮挡坐标定位板或手术部位。器械护士需熟悉手术步骤，做好台上物品管理，主动配合，快速、准确地传递和更换手术器械，且避免碰触坐标定位板以及手术机器人的骨钻部分。注意观察术中操作时，术者污染区有无与设备无菌套接触，发现靠太近时需及时提醒手术医生，一旦发现有接触时需及时更换设备无菌套。

1.6 观察指标

观察所有患者的住院天数、手术时间、术中出血量、有无二次手术（翻修手术）、置钉数、手术前后总曝光次数、手术前注册曝光次数、手术后验证曝光次数、耗材数量、手术费用。

1.7 统计学方法

所有数据采用 SPSS 26.0 (IBM 公司, 美国) 统计学软件进行分析，计量资料采用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。对机器人组和非机器人组的各项指标比较采用独立样本 t 检验，以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究统计了 3 例机器人辅助手术病例（机器人组）和 4 例非机器人辅助手术病例（非机器人组）的相关指标，其中包括置钉点、置钉数、手术时间、术中出血量、手术总曝光次数、手术前注册曝光次数、手术后验证曝光次数、手术费用、有无二次手术以及住院天数和

术后住院天数。机器人组和非机器人组的置钉数分别为 (5.00 ± 1.00) 个和 (5.00 ± 1.15) 个，术中出血量两组分别为 (216.67 ± 246.64) ml 和 (262.50 ± 249.58) ml，住院天数分别为 (17.33 ± 4.51) d 和 (18.50 ± 6.76) d，以上指标两组之间比较，均无统计学差异 ($P > 0.05$)；手术时间分别为 (285.00 ± 44.44) min 和 (196.25 ± 85.09) min，手术曝光次数分别为 (9.00 ± 3.00) 次和 (4.75 ± 0.50) 次，手术费用两组分别为 $(15\ 634.17 \pm 7\ 218.14)$ 元和 $(12\ 130.50 \pm 1\ 478.62)$ 元，以上指标两组之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，见表 2。

3 讨论

本文的所有手术病例其手术流程及结果均满意，但从统计结果来看，3 例机器人辅助手术病例对比传统人手手术暂未凸显出优势。我们分析，原因主要有以下几点：①骨科手术机器人辅助下后侧入路腰椎间融合术的术式较新颖，虽然有手术流程指引和术前模拟，但术中医生、护士间的配合仍较欠缺；②此术式步骤较多，流程复杂，人机间的配合仍有欠缺，如系统规划、器械安装、指令执行等方面，各个环节之间的衔接不紧凑。由于初次接触，相关步骤技术掌握较困难，存在学习曲线；③脊柱手术风险较大，置钉路径的偏移可能会导致严重后果。因此由于对机器人置钉准确率的不确定性，手术医生需保守在术中进行多次比对验证，因此牺牲了一些手术时间和辐射次数；④由于本次试验例数较少，因此统计结果不能完全真实反映机器人辅助手术对比传统人手手术在这些方面的优劣，但从结果来看，骨科机器人辅助脊柱手术还是保障了基本的手术安全。我们相信，在以上所提人为因素得到解决后，尤其是手术流程熟悉程度提高和学习曲线问题解决后^[8-9]，骨科手术

表 2 病例术后相关因素统计情况

Table2 Statistics of postoperative related indicators in all cases

	机器人辅助手术			$\bar{x} \pm s$	非机器人辅助手术				$\bar{x} \pm s$	P 值
	患者 1	患者 2	患者 3		患者 1	患者 2	患者 3	患者 4		
置钉点	L ₄ -L	L ₃ -L	L ₄ -L	—	L ₄ -L	L ₃ -L	L ₅ -L	L ₄ -L	—	—
	L ₄ -R	L ₃ -R	L ₄ -R		L ₄ -R	L ₃ -R	L ₅ -R	L ₄ -R		
	L ₅ -L	L ₄ -L	L ₅ -L		L ₅ -L	L ₄ -L	S ₁ -L	L ₅ -L		
	L ₅ -R	L ₄ -R	L ₅ -R		L ₅ -R	L ₄ -R	S ₁ -R"	L ₅ -R"		
	S ₁ -R	L ₅ -L			S ₁ -L	L ₅ -L				
		L ₅ -R			S ₁ -R"	L ₅ -R"				
置钉数(个)	5	6	4	5.00 ± 1.00	6	6	4	4	5.00 ± 1.15	1.000
手术时间 (min)	300	320	235	285.00 ± 44.44	315	165	190	115	196.25 ± 85.09	0.166
术中出血量 (ml)	500	100	50	216.67 ± 246.64	600	50	300	100	262.50 ± 249.58	0.819
手术总曝光 次数	9	12	6	9.00 ± 3.00	5	4	5	5	4.75 ± 0.50	0.035
手术前注册 曝光次数	3	4	2	3.00 ± 1.00	—	—	—	—	—	—
手术后验证 曝光次数	6	8	4	6.00 ± 2.00	5	4	5	5	4.75 ± 0.50	0.271
手术费用 (元)	18 723.5	20 793.5	7 385.5	15 634.17 ± 7 218.14	13 760.5	13 396.5	10 081.5	11 284	12 130.50 ± 1 478.62	0.491
有无二次手 术	无	无	无	—	无	无	无	无	—	—
住院天数 (d)	22	17	13	17.33 ± 4.51	22	26	11	15	18.50 ± 6.76	0.808

机器人辅助置钉对比人手置钉将极大地显示出其优势,重点将表现在置钉效率将大幅度提高。由于机器人系统的术前规划与术中自动置入克氏针取代了人手置钉的定位、尖锥开孔、手锥扩孔、探针探孔的重复操作,大大减少手术时间,保存了术者精力以及减少了和器械护士配合的失误,这个优势在置入多枚椎弓根螺钉上将表现得更为突出。手术时间减少的附带效益则是术中出血量亦降低,不仅能减少手术患者的伤害、加快术后恢复,还能减少术中止血耗材的使用,从而在一定程度上减少患者的手术费用。此外,置钉效率的提高还能减少术中C臂X线机的使用频次,从而降低患者以及手术医生及手术护士的辐射曝光剂量,保障辐射安全。

骨科手术机器人辅助下的脊柱手术术式较新,流程步骤较传统手术增多,对手术室护士的配合提出了更高的要求,因此手术前需对手术室护士进行高要求、高频次培训。手术室护士必须从术前手术模拟演练即全程参与其中,详细、熟练地掌握手术步骤及做好术前患者、手术间、仪器设备以及器械耗材的准备;术中巡回护士除了做好基本的麻醉配合、体位皮肤管理、病情观察之外,还需要规划好设备仪器的安置、对接、固定和撤离,避免术中仪器设备的故障导致手术延误甚至伤害;器械护士不仅需要配合手术医生,还需要配合骨科手术机器人,因此,器械护士必须熟悉拟定的手术方案及方法,对于手术的步骤做到心中有数,对

机器人的运作流程熟记于心，确保机器人术中操作的无菌保障和骨钻运行的安全。

此外，虽然手术机器人配置了传感器以确保安全，工作平台配备紧急停止按钮，在手术过程中随时可以停止操作，但手术机器人辅助置钉的容错率仍一定程度上低于人手，原因在于机器人在骨钻下潜及钻入时，手术医生的观察视角碍于站位会有所偏差，且钻入深度全凭智能骨钻的压力反馈，使得手术医生无法根据手感、经验规避穿刺错误的风险。因此，巡回护士应将急停操作盒放在容易触碰到的地方，在机器人工作时应守候在工作平台，且熟悉工作平台操作，根据手术医生指示或系统反馈信息及停止机器人操作，并做好应对突发状况的准备。

4 总结

本次骨科手术机器人在后侧入路腰椎间融合术的初步应用尝试中，由于应用过程中存在较多人为因素的影响，且应用例数较少，未能得到机器人辅助手术对比传统人手手术有优势的统计结果。机器人辅助手术仍有巨大的发展潜力，有文献指出，未来脊柱外科医生将越来越频繁地使用机器人辅助技术来完成手术，且将会进行大量的测试^[10]，在以上所提人为因素得到解决，尤其是手术流程熟悉程度提高和学习曲线问题解决，手术机器人大量应用临床和改进后，骨科手术机器人辅助置钉对比人手置钉将极大地显示出其优势。因此手术室护士只有在完善的术前准备、熟悉患者情况的前提下，掌握机器人手术的工作流程和相应的步骤细节，更好地协助术者和机器人顺利完成手术，解决

存在的人为因素影响，才能充分发挥出该术式潜在的优势。

参考文献

- [1] Lau D, Terman S W, Patel R, et al. Incidence of and risk factors for superior facet violation in minimally invasive versus open pedicle screw placement during transforaminal lumbar interbody fusion: a comparative analysis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 18 (4): 356–361.
- [2] Aoude A A, Fortin M, Figueiredo R, et al. Methods to determine pedicle screw placement accuracy in spine surgery: a systematic review[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24 (5): 990–1004.
- [3] 朱炜, 叶家薇, 邹瑞芳. 沟通交流技巧在心理干预中的应用进展 [J]. *中国实用护理杂志*, 2004, 20 (2): 67–68.
- [4] 林友娇, 翁佩君, 曾佩君. AF 钉棒系统后路复位治疗脊柱胸腰段骨折的手术配合 [J]. *现代医院*, 2010, 10 (10): 85–86.
- [5] 贾连顺, 李家顺. 脊柱创伤外科学 [M]. 上海: 上海远东出版社, 2000: 241.
- [6] 封丹, 叶凤林. 退行性脊柱侧弯椎弓根螺钉内固定减压植骨融合术的手术配合 [J]. *全科护理*, 2018, 16 (6): 696–698.
- [7] Herron D, Marohn M. A consensus document on robotic surgery[J]. *Surg Endosc*, 2008, 22 (2): 311–325.
- [8] Shiva J, Ward D, Schlachta C M. Getting started with robotics in general surgery with cholecystectomy: the Canadian experience[J]. *Can J Surg*, 2009, 52 (5): 374–378.
- [9] Joseph J R, Smith B W, Liu X, et al. Current applications of robotics in spine surgery: a systematic review of the literature[J]. *Neurosurgical Focus*, 2017, 42 (5): E2.
- [10] Overley S C, Cho S K, Mehta A I, et al. Navigation and Robotics in Spinal Surgery: Where Are We Now?[J]. *Neurosurgery*, 2017, 80 (3S): S86.