

• 病例报告 •

微创超声骨刀在机器人辅助骶骨肿瘤切除术中的应用

付艺伟¹ 吴晖² 邹昌业¹ 沈靖南¹ 尹军强¹¹中山大学附属第一医院骨肿瘤科,广东省骨科学重点实验室,广州 510080;²中山大学附属第一医院胃肠外科,广州 510080;

通信作者:尹军强,Email: yinjunq@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 骶骨肿瘤切除手术难度高,并发症风险大。近年来机器人辅助骶骨肿瘤切除手术逐渐得到开展,但现有机器人器械难以切除骨组织,限制了手术机器人在骶骨肿瘤中的应用。本研究探索微创超声骨刀在机器人辅助骶骨肿瘤切除术中的应用范围和效果。2015年5月至2021年3月期间中山大学附属第一医院共18例骶骨肿瘤患者行达芬奇机器人辅助骶骨肿瘤切除术,回顾性选取3例术中使用微创超声骨刀进行截骨的骶骨肿瘤患者,男2例、女1例,年龄分别为24、32、71岁。神经鞘瘤2例,节细胞神经瘤1例。记录手术时间、出血量、术后住院时间,随访评估患者复发及并发症情况。3例手术时间分别为80、240、300 min,术中出血量为30、30、100 ml。2例完整切除骶骨,1例分块切除。术后住院时间分别为5、3、7 d;术后随访时间为58、17、31个月,随访期间未发现肿瘤复发。1例术后出现左足酸痛,无其他术中及术后并发症。超声骨刀联合手术机器人可实现精准截骨、减少术中出血、加速术后康复,对特定的骶骨肿瘤的治疗有突出优势。

【关键词】 骨肿瘤;骶骨;机器人手术;超声骨刀

DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20220913-00541

Application of minimally invasive ultrasonic osteotome in robotic-assisted sacral tumor resectionFu Yiwei¹, Wu Hui², Zou Changye¹, Shen Jingnan¹, Yin Junqiang¹¹Department of Musculoskeletal Oncology, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Orthopedics and Traumatology, Guangzhou 510080; ²Department of Gastrointestinal Surgery, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080

Corresponding author: Yin Junqiang, Email: yinjunq@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Sacral tumors are surgically challenging and at a high risk of complications. In recent years, robotic-assisted resection has been gradually applied in sacral tumors, but it is difficult to remove bone tissue by present robotic instruments, which limits the application of surgical robot in sacral tumor. The present study aimed to explore the application range and therapeutic effect of minimally invasive ultrasonic osteotome in robotic-assisted sacral tumor resection. Eighteen patients underwent robotic-assisted sacral tumor resection in the First Affiliated Hospital of Sun Yat-Sen University from May 2015 to March 2021 by the Da Vinci robotic surgical system. Among them three patients who underwent osteotomy with minimally invasive ultrasonic osteotome were enrolled. There were 2 males and 1 female, aged 24, 32, 71 years, respectively. The tumors included 2 schwannomas and 1 ganglioneuroma. The operation time, bleeding volume and postoperative hospitalization days were recorded. The recurrence and complications were evaluated during follow-up. The operative time of the 3 patients was 80, 240 and 300 minutes, and the intraoperative bleeding volume was 30, 30 and 100 ml. Complete resection was performed in 2 cases and intralesional resection in 1 case. The postoperative hospital stay was 5, 3 and 7 days respectively. The follow-up time was 58, 17 and 31 months respectively. No tumor recurrence was found during the follow-up. As regards complications, only one patient had left foot pain after operation, and there were no other intraoperative or postoperative complications. The therapeutic advantages of ultrasonic osteotome combined with the Da Vinci robotic surgical system can achieve precise osteotomy, reduce intraoperative bleeding and accelerate postoperative recovery for certain patients with sacral tumors.

【Key words】 Bone neoplasms; Sacrum; Robotic surgical procedures; Piezosurgery

DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20220913-00541

原发性骶骨肿瘤发病率低,仅占所有脊柱肿瘤的1%~7%,大多为良性或低度恶性肿瘤,如神经鞘瘤、骨巨细胞瘤、脊索瘤等^[1]。由于骶骨肿瘤起病隐匿,早期症状非特异,往往在患者就诊时肿瘤体积已经较大^[2]。由于骶骨肿瘤大多对放射治疗和化学治疗不敏感,外科手术依然是主要的治疗手段。骨盆区域空间狭小,且容纳了很多重要的组织、器官,

因此巨大的骶骨肿瘤常累及髂血管、骶神经、输尿管和直肠等,给切除手术造成了很大难度,术中大出血等并发症风险较高^[3-4]。与传统的开腹切除手术相比,达芬奇机器人手术系统辅助骶骨肿瘤切除手术具有高清三维成像、震颤过滤、微创的优点,有利于在狭小的盆腔中进行解剖操作,可减少术中出血量和伤口并发症发生率,并加速术后康复^[5-7]。然



而,现有的达芬奇手术机器人手术系统并非针对骨肿瘤切除而设计,不能实施截骨操作,且微创切口也难以兼容传统的骨刀器械,限制了其在骶骨肿瘤中的应用和推广。目前国内尚无在机器人辅助手术中使用超声骨刀进行截骨报道,本研究旨在探索微创超声骨刀在机器人辅助骶骨肿瘤切除术中的应用范围和效果。

临床资料

一、研究对象

本研究纳入于中山大附属第一医院行达芬奇机器人手术系统辅助肿瘤切除术的骶骨肿瘤患者,术中使用微创超声骨刀进行截骨。排除标准:既往曾接受骶骨肿瘤切除手术及随访资料不完整者。

2015 年 5 月至 2021 年 3 月我院行达芬奇机器人手术系统辅助骶骨肿瘤切除术共 18 例,其中术中使用微创超声骨刀的 3 例纳入本研究,男 2 例、女 1 例,年龄分别为 24、32、71 岁。神经鞘瘤 2 例,节细胞神经瘤 1 例;肿瘤长径为 6.5、5.6、5.6 cm;1 例累及骶骨 $S_{1,2}$, 2 例累及骶骨 $S_{2,3}$ 。

本研究经中山大学附属第一医院伦理委员会审批通过(2021-120),所有患者及家属均知情同意。

二、临床资料

(一)病例 1

男,71 岁,40 余年前无明显诱因出现腰部疼痛,活动后加重,休息可缓解,未予特殊诊治。6 年前开始出现左腿后方疼痛伴麻木,对症治疗未见明显好转。3 年前于外院检查发现骶骨肿物,定期复查过程中发现肿物逐渐增大。体格检查示左下肢后侧及足部的痛觉、触觉较右侧减退。盆腔 CT

示 S_1 水平骶管内软组织肿块,病灶与相邻硬脊膜囊分界不清,病灶沿左侧第一骶孔进入左盆腔,并包绕左侧骶内动脉;且小肠区可见一肿物,性质待定。穿刺活检提示骶骨肿物形态符合间叶源性梭形细胞肿瘤,考虑神经鞘瘤可能。结合临床、影像及病理结果,诊断为骶骨神经鞘瘤合并小肠肿物。

经骨肿瘤科、胃肠外科、泌尿外科、麻醉科、影像科和病理科等多学科诊疗团队讨论,拟行机器人辅助前路小肠肿瘤及骶骨肿瘤切除术。术前流质饮食及清洁灌肠,术前 2 h 给予预防性抗生素。

全身麻醉,取截石位。于右上腹距脐 4 cm 处置入 15 mm 穿刺器作为镜头孔,建立气腹(15 mmHg)。机器人 8 mm 机械臂操作孔分别位于肿瘤对侧髂前上棘内上方 4 cm(机械臂 1)、脐水平线与肿瘤同侧锁骨中线的交点(机械臂 2)、机械臂 2 外侧 6~8 cm(机械臂 3)。在镜头孔与机械臂 1 操作孔的连线中点外上方 4 cm 处置入另一 8 mm 穿刺器作为辅助孔,用于吸引和超声骨刀。操控达芬奇机器人的机械臂由经验丰富的胃肠外科医师操纵。切开盆腔、骶前肿瘤表面的后腹膜,贴肿瘤表面分离骶前静脉丛和骶内动静脉等重要组织结构,充分游离肿瘤的骶前部分。根据机械臂的长度,匹配合适长度的超声骨刀,由骨肿瘤科医生使用超声骨刀切除肿瘤的骶骨内部分。因骶骨内肿瘤与 S_1 神经根分界不清,为尽可能保护患者术后功能行分块切除。平骶孔处离断肿瘤,使用超声骨刀进行开窗,使镜头和机械臂不被肿瘤上端的骶骨所遮挡。充分显露骶孔内残留肿瘤予以刮除,过程中注意保护患者的骶神经根(图 1)。将标本置入标本袋中,经下腹正中 4 cm 切口取出。冲洗盆腔手术创面,放置引流管,连续缝合关闭盆腔后腹膜切缘,闭合手术残腔。从正中切口取出小肠

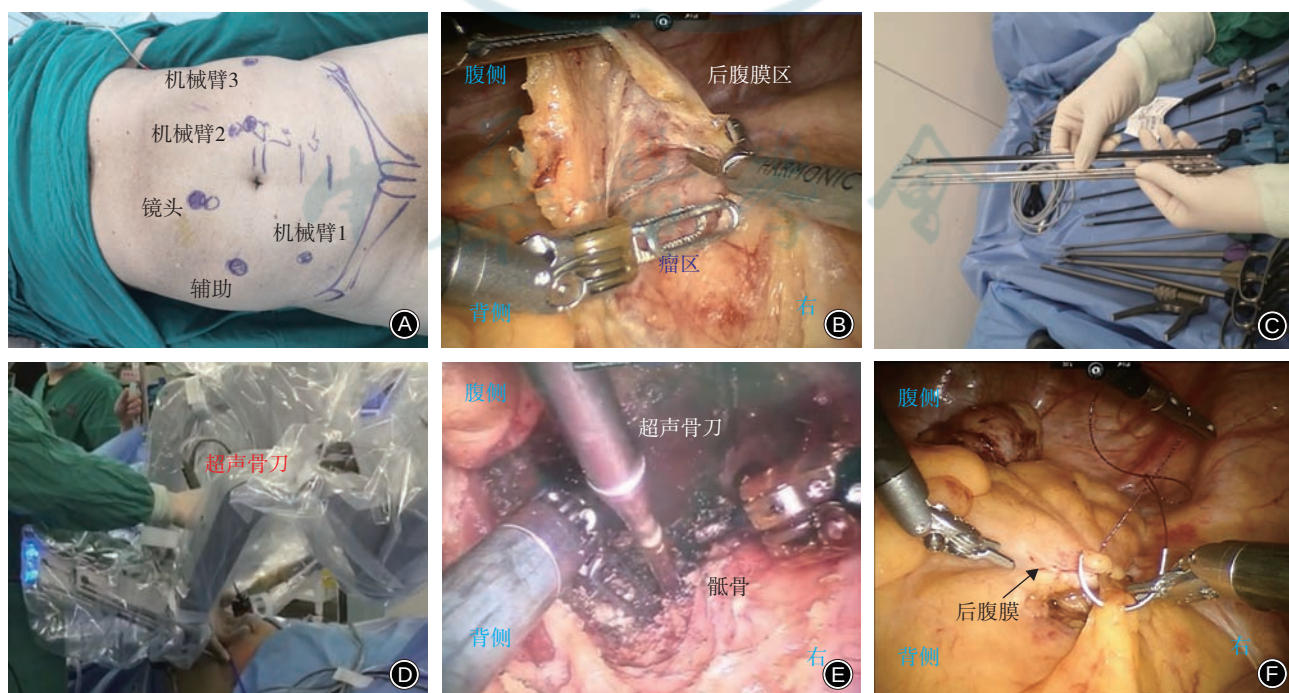


图 1 超声骨刀联合手术机器人操作图 A 机器人操作孔定位(紫色圆标记处) B 使用超声刀切开后腹膜,游离肿瘤表面血管等重要组织结构 C 根据机械臂的长度,匹配合适长度的超声骨刀 D、E 术中经辅助孔使用超声骨刀联合手术机器人进行开窗和截骨操作 F 连续缝合关闭后腹膜切缘



肿物,于肿瘤上下缘 3 cm 处离断小肠肿物及系膜,用切割闭合器行肠吻合并缝合加固,缝合肠系膜裂孔。移除机器人床旁操作系统,关闭腹壁切口及各操作孔。

手术时间为 300 min,术中出血量为 100 ml;术后住院时间 7 d。病理示骶骨神经鞘瘤及小肠胃肠间质瘤。随访 31 个月未见肿瘤复发,患者诉左足偶有酸痛,疼痛可自行缓解,无需服用镇痛药,未见其他并发症(图 2)。

(二)病例 2

女,24 岁,体检发现盆腔肿物 2 月余,无明显临床症状。体格检查无明显异常;盆腔 CT 示盆腔左后部 65 mm×55 mm

大小卵圆形肿块,病灶后缘延伸至左侧第 2 骶孔,左侧第 2 骶孔扩大,考虑为神经源性肿瘤。诊断为 S₂ 神经源性肿瘤。

经多学科诊疗团队讨论,拟行机器人辅助骶骨肿瘤切除术。术前准备与手术方式与病例 1 基本相同。将取出肿瘤所需的较长切口设计在阴阜区域从而遮蔽瘢痕。在充分游离肿瘤的骶前部分,见肿瘤基底部位于骶孔深部,采用超声骨刀进行截骨,使肿瘤完整切除。

手术时间为 80 min,术中出血量为 30 ml,术后住院时间 5 d。病理结果示骶骨神经鞘瘤。随访 58 个月未见肿瘤复发及相关并发症(图 3)。

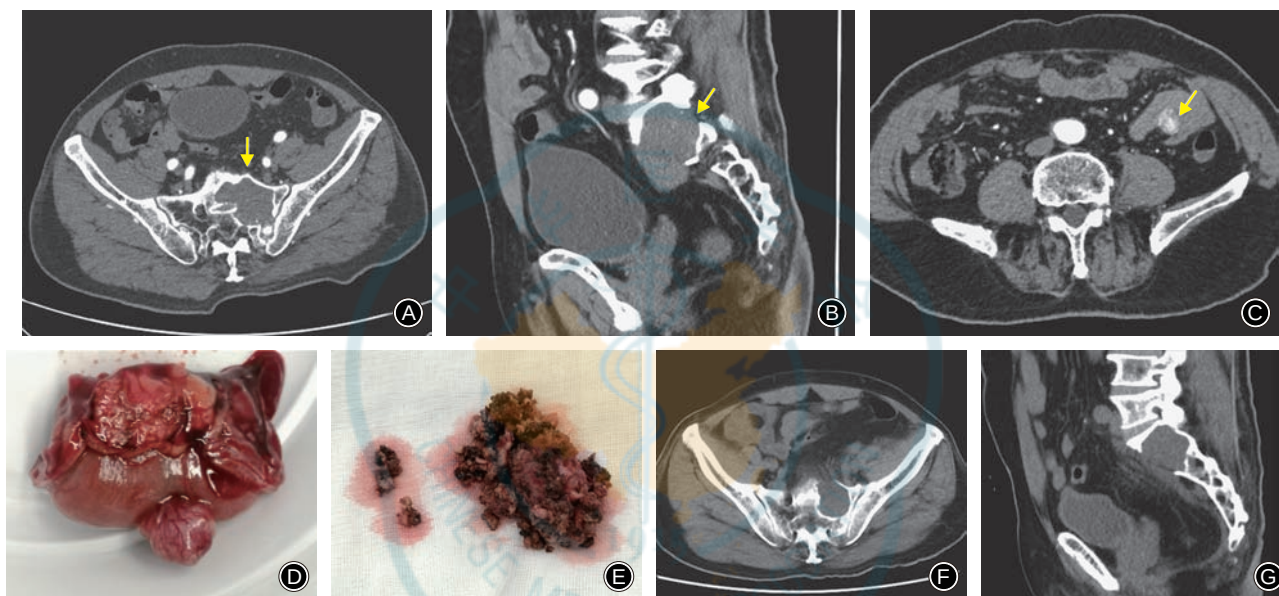


图 2 男,71 岁,骶骨神经鞘瘤 A,B 术前 CT 横断面及矢状面重建片示骶骨肿物主体(箭头所示)位于骶骨内部 C 术前盆腔 CT 示小肠区肿物(箭头所示) D 术后标本(小肠肿物) E 术后标本(骶骨肿物) F,G 术后随访 31 个月 CT 示无复发迹象

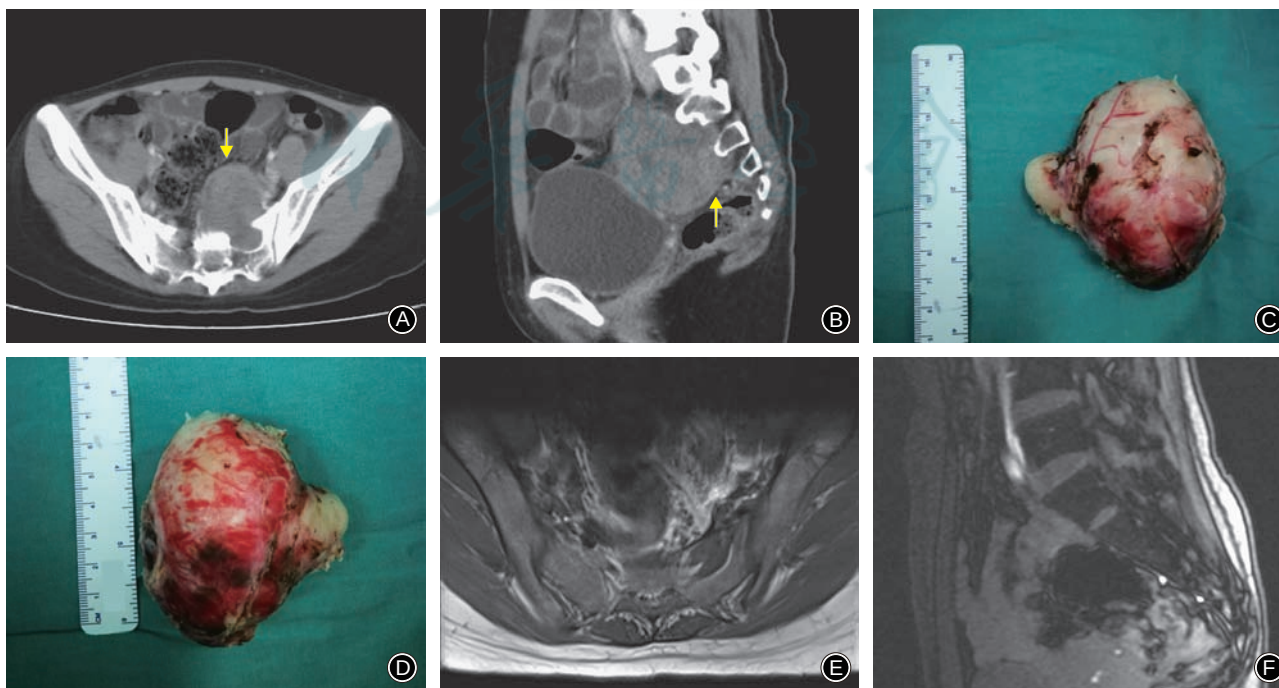


图 3 女,24 岁,骶骨神经鞘瘤 A,B 术前 CT 横断面及矢状面重建片示骶前肿物(箭头所示)累及骶骨 C,D 术后标本(正面观及背面观),灰黄色卵圆形肿物,质地中等,肿物表面可见包膜覆盖 E,F 术后 57.5 个月 MRI 横断面及矢状面 T2WI 未见复发

(三) 病例 3

男, 32 岁, 1 年前因阑尾炎于外院行 CT 检查时发现骶骨肿瘤, 无明显临床症状。体格检查无明显异常; 盆腔 CT 示骶骨前方及左侧 S₂、S₃ 椎体前缘见异常密度影, 病变最大横截面约 56 mm×41 mm, 大部分位于骶椎前方, 小部分向后向左侧第 2 骶孔内生长并包绕神经根, 不排除神经源性肿瘤可能。诊断为骶骨神经源性肿瘤。

经多学科诊疗团队讨论, 拟行机器人辅助下骶骨肿瘤切除术。术前准备与手术方式与病例 1 基本相同。采用超声骨刀进行截骨, 从而彻底离断肿瘤, 使肿瘤得以完整切除。

手术时间为 240 min, 术中出血量为 30 ml, 术后住院时间 3 d。病理结果示节细胞神经鞘瘤。随访 17 个月未见肿瘤复发及相关并发症(图 4)。

讨 论

一、机器人辅助骶骨肿瘤切除手术的优势与局限

因肿瘤体积较大、部位深在及毗邻重要解剖结构, 骶骨肿瘤切除的手术难度大, 并发症发生率高^[8-10]。近年来, 达芬奇机器人手术系统因其微创、精准、加速康复的优势, 逐渐应用于骶骨肿瘤切除手术^[11-13]。Oh 等^[14]报告 5 例经前路的机器人辅助骶骨肿瘤切除手术, 中位手术时间为 240 min (120, 300) min, 术中出血量为 250 (200, 1300) ml。本研究团队既往报告 5 例经前路的机器人辅助骶骨肿瘤切除手术, 手术时间为 90 (60, 100) min, 术中出血量为 50 (30, 100) ml^[15]。Baek 等^[16]通过系统回顾文献发现, 与开腹手术切除骶前肿瘤的患者相比, 接受微创手术(腹腔镜、机器人)的患者手术时长更短、术后住院天数更短、并发症发生率更低。

虽然机器人手术系统具有明显的优势, 但是现有机器人手术器械并非为骨组织所设计, 无法在微创手术中实现开窗、截骨等操作。当肿瘤累及骶骨需要进行截骨时, 难以单纯通过前路使用机器人切除骶骨肿瘤, 往往需要联合开放后路手术。Corrado 等^[17]报告 3 例机器人辅助前路联合开放后路的骶骨肿瘤切除手术, 手术时间为 435 (340, 510) min, 术中出血量为 500 (200, 550) ml, 手术时间和术中出血量主要集中在开放后路手术。通过检索机器人骶骨肿瘤切除术的 8 篇文献^[11-15, 17-19], 我们采用 student-*t* 检验发现前后路联合机器人手术组 (12 例) 的手术时间、术中出血量和术后住院天数均大于单纯前路机器人手术组 (9 例), 手术时间分别为 (352.22±86.04)、(193.33±139.83) min, 术中出血量分别为 (617.78±231.07)、(241.82±361.74) ml, 术后住院时间分别为 (13.00±5.35)、(6.17±2.44) d, 差异均有统计学意义 (*t*=3.00, *P*=0.007; *t*=2.69, *P*=0.015; *t*=3.84, *P*=0.001)。上述结果说明, 联合后路开放手术时机器人手术的优势并不突出, 如果能实现前路开窗和截骨将进一步发挥机器人手术的优势。

二、微创超声骨刀在机器人辅助骶骨肿瘤切除手术中的应用

传统的骨刀精度差, 容易损伤骶骨周围软组织, 截骨面和周围软组织创面渗血多, 影响术野和安全。更重要的是, 传统的骨刀和机器人手术系统并不兼容。“杆”型设计的超声骨刀可通过戳卡, 适用于腹腔镜等微创手术。超声骨刀高频小幅度的机械振动可在破坏骨组织的同时, 保护周围的血管和神经等软组织^[20-21]; 且超声骨刀机械振动产生的热量可发挥止血的作用, 更有效地降低术中出血量^[22]。因此, 在机器人辅助骶骨肿瘤切除手术中应用超声骨刀可同时在微创条件下完成软组织分离和精准截骨的操作, 实现“软硬兼吃”的

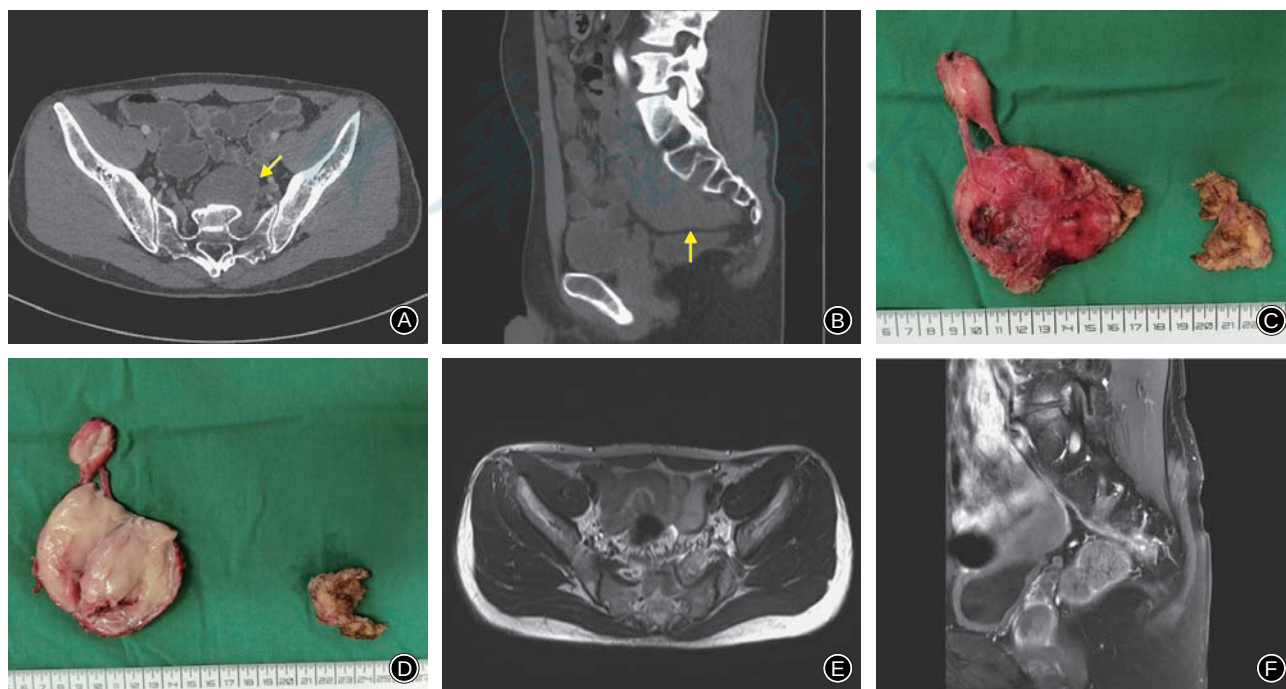


图 4 男, 32 岁, 节细胞神经瘤 A, B 术前 CT 横断面及矢状面重建片示骶前肿物(箭头所示)累及骶骨 C 术后标本(体外剖开, 正面观) D 术后标本(体外剖开, 背面观) E, F 术后 17 个月 CT 横断面及矢状面重建片示无复发迹象



效果,仅通过前路微创手术便完成骶骨肿瘤切除,减少开腹手术和后路手术的并发症。

本组3例超声骨刀联合手术机器人使肿瘤得以通过前路微创手术完成切除,避免了开腹手术和后路手术。3例手术时间分别为80、240、300 min,术中出血量分别为30、30、100 ml;术中均未输注红细胞、未中转开腹手术;使用超声骨刀开窗及截骨时,切缘未见大量渗血。术中出血主要来自于分离骶前静脉丛,使用双极电凝及物理压迫止血效果良好。除病例1因肿瘤累及S₁神经根难以完整切除外,余2例均实现完整切除。本组病例1为老年男性,开腹或后路手术的手术风险较大,机器人辅助前路切除肿瘤的手术方案可最大限度降低并发症风险。由于该例神经鞘瘤为良性肿瘤,肿瘤在骶骨内瘤体较大,且累及S₁神经根,为避免患者术后出现感觉运动障碍、大小便功能障碍等严重并发症,予以分块切除。

三、微创超声骨刀联合手术机器人切除骶骨肿瘤的优势

相较于开腹手术,超声骨刀联合手术机器人应用于狭小的骨盆区域具有更加明显的优势,可提高操作精度和减少术中出血。而且手术机器人关节灵活、震颤过滤的特点较腹腔镜操作难度更低。本研究患者术后住院天数短,随访过程中无重大并发症,充分体现了超声骨刀联合手术机器人的治疗优势和安全性。

机器人辅助骶骨肿瘤切除手术作为一种微创手术,能更好地满足患者对美观的需求。机器人的镜头孔切口和操作孔切口较小,瘢痕不明显。由于病例2为青年女性,将取出肿瘤所需的较长切口设计在阴阜区域,伤口愈合后通过阴毛遮蔽瘢痕,从而避免了开腹手术的长瘢痕。

四、微创超声骨刀联合手术机器人切除骶骨肿瘤的适用范围

超声骨刀联合手术机器人切除骶骨肿瘤时需要注意的是:(1)机器人辅助骶骨肿瘤切除手术适用于最大径<10 cm的骶骨良性肿瘤,当肿瘤最大径≥10 cm,腹腔镜视野将受到限制,难以充分暴露肿瘤和实现完整切除,此时可通过机器人手术分离骶前血管,联合后路手术实现切除;(2)恶性肿瘤难以在微创条件下实现完整切除,但可以将机器人用于前路软组织游离;(3)累及的骶神经根超过1个节段,仅通过前路手术难以很好地保护神经功能,因此需联合后路开放手术;(4)超声骨刀更适合应用在骶骨内瘤体较小(<5 cm)的肿瘤,若骶骨内瘤体较大则肿瘤更易累及骶神经,不利于截骨和完整切除,所以术前需充分评估肿瘤与邻近重要组织的解剖关系,选择更加安全稳妥的手术方式;(5)超声骨刀应配有限制深度的附件,以免骨刀刀头局部高温损伤骶神经。

五、研究局限性

本研究的局限性在于:(1)回顾性研究,存在选择偏倚;(2)样本量较少,因骶骨肿瘤发病率较低,使用超声骨刀联合机器人手术进行切除的例数有限。超声骨刀联合机器人手术的疗效和安全性有待于前瞻性的大样本进一步明确。

超声骨刀联合手术机器人可实现精准截骨、减少术中出血、加速术后康复,治疗优势突出,具有良好的安全性,对特

定患者具有较高的临床应用价值,可在临床推广使用。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 付艺伟:研究设计、随访管理、统计分析、论文撰写和修改;吴晖:研究实施、手术操作、数据分析与解释;邹昌业:研究实施、手术操作、数据采集;沈靖南:手术操作、方法学指导、论文审阅;尹军强:论文选题、手术操作、技术指导、论文审阅

参 考 文 献

- [1] Mukherjee D, Chaichana KL, Adogwa O, et al. Association of extent of local tumor invasion and survival in patients with malignant primary osseous spinal neoplasms from the surveillance, epidemiology, and end results (SEER) database[J]. World Neurosurg, 2011, 76(6): 580-585. DOI: 10.1016/j.wneu.2011.05.016.
- [2] Bergh P, Gunterberg B, Meis-Kindblom JM, et al. Prognostic factors and outcome of pelvic, sacral, and spinal chondrosarcomas - A center-based study of 69 cases[J]. Cancer, 2001, 91(7): 1201-1212. DOI: 10.1002/1097-0142(20010401)91:7<1201::aid-cncr1120>3.0.co;2-w.
- [3] Fuchs B, Dickey ID, Yaszemski MJ, et al. Operative management of sacral chordoma[J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87A(10): 2211-2216. DOI: 10.2106/JBJS.D.02693.
- [4] Sun W, Ma XJ, Zhang F, et al. Surgical treatment of sacral neurogenic tumor: a 10-year experience with 64 cases[J]. Orthop Surg, 2016, 8(2): 162-170. DOI: 10.1111/os.12245.
- [5] Gutt CN, Oniu T, Mehrabi A, et al. Robot-assisted abdominal surgery[J]. Br J Surg, 2004, 91(11): 1390-1397. DOI: 10.1002/bjs.4700.
- [6] Maeso S, Reza M, Mayol JA, et al. Efficacy of the Da Vinci surgical system in abdominal surgery compared with that of laparoscopy: a systematic review and meta-analysis[J]. Ann Surg, 2010, 252(2): 254-262. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181e6239e.
- [7] Jun C, Sukumaran M, Wolinsky JP. Robot-assisted resection of pre-sacral schwannoma[J]. Neurosurg Focus, 2018, 45(VideoSuppl): V1. DOI: 10.3171/2018.7.FocusVid.1892.
- [8] Zhang HY, Thongtrangan I, Balabhadra RS, et al. Surgical techniques for total sacrectomy and spinopelvic reconstruction[J]. Neurosurgical focus, 2003, 15(2): E5. DOI: 10.3171/foc.2003.15.2.5.
- [9] Zhang Y, Guo W, Tang X, et al. En bloc resection of pelvic sarcomas with sacral invasion: a classification of surgical approaches and outcomes[J]. Bone Joint J, 2018, 100-B(6): 798-805. DOI: 10.1302/0301-620X.100B6.BJJ-2017-1212.R1.
- [10] Ruggieri P, Angelini A, Pala E, et al. Infections in surgery of primary tumors of the sacrum[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(5): 420-428. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3182213a44.
- [11] Chinder PS, Hindiskere S, Doddarangappa S, et al. Robotic surgery assisted staged en-bloc sacrectomy for sacral chordoma: a case report[J]. JBJS Case Connect, 2019, 9(2): e0240. DOI: 10.2106/JBJS.CC.18.00240.
- [12] Castiglione M, Conti C, Frondizi D, et al. A combined one-staged robot-assisted sacral chordoma resection[J]. World Neurosurg, 2020, 141: 210-214. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.06.056.



- [13] Melling N, Scognamiglio P, Teller S, et al. First in literature intra-neuronal sacral nerve stimulation for fecal incontinence after robotic-assisted en-bloc sacrectomy with transection of nerve roots [J]. World Neurosurg, 2020, 136: 208-212. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.12.173.
- [14] Oh JK, Yang MS, Yoon DH, et al. Robotic resection of huge presacral tumors case series and comparison with an open resection[J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 27(4): E151-154. DOI: 10.1097/BSD.0b013e318299c5fd.
- [15] Yin J, Wu H, Tu J, et al. Robot-assisted sacral tumor resection: a preliminary study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2018, 19(1): 186. DOI: 10.1186/s12891-018-2084-9.
- [16] Baek SK, Hwang GS, Vinci A, et al. Retrorectal tumors: a comprehensive literature review[J]. World J Surg, 2016, 40(8): 2001-2015. DOI: 10.1007/s00268-016-3501-6.
- [17] Corrado G, Zoccali C, Salducca N, et al. Anterior robotic approach in en-bloc sacrectomy: a preliminary experience[J]. J Robot Surg, 2019, 13(1): 53-59. DOI: 10.1007/s11701-018-0807-4.
- [18] Zhang Z, Shi F, She J. Robot-assisted tumorectomy for an unusual pelvic retroperitoneal leiomyoma: a case report[J]. Medicine (Baltimore), 2022, 101(31): e29650. DOI: 10.1097/MD.00000000000029650.
- [19] Garzon - Muvdi T, Belzberg A, Allaf ME, et al. Intraoperative nerve monitoring in robotic-assisted resection of presacral ganglioma: operative technique[J]. Oper Neurosurg (Hagerstown), 2019, 16(1): 103-110. DOI: 10.1093/ons/opy040.
- [20] Detchou DK, Dimentberg R, Vaughan KA, et al. Navigated ultrasonic osteotomy to aid in en bloc chordoma resection via spondylectomy[J]. World Neurosurg, 2020, 143: 319-324. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.08.021.
- [21] Ruzevick J, Raza SM, Recinos PF, et al. Technical note: orbitozygomatic craniotomy using an ultrasonic osteotome for precise osteotomies[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 134: 24-27. DOI: 10.1016/j.clineuro.2015.04.005.
- [22] Hu X, Ohnmeiss DD, Lieberman IH. Use of an ultrasonic osteotome device in spine surgery: experience from the first 128 patients[J]. Eur Spine J, 2013, 22(12): 2845-2849. DOI: 10.1007/s00586-013-2780-y.

(收稿日期:2022-09-13)

(本文编辑:马宝意)

中华医学会

