

机器人辅助下置钉技术治疗先天性重度脊柱侧后凸一例报道

杜钰堃¹, 毕一方², 郭建伟¹, 周许辉³, 齐宗华¹, 黄辉¹, 李光辉¹, 张丽¹, 西永明¹

(1. 青岛大学附属医院脊柱外科 山东 青岛 266000; 2. 青岛疗养院 山东 青岛 266000;

3. 海军军医大学第二附属医院脊柱外科 上海 200000)

摘要 本团队在 Renaissance 脊柱手术机器人辅助下手术治疗了 1 例先天性重度混合型脊柱侧后凸的青少年患者, 术前患者全脊柱 X 线正侧位片示 Cobb 角: 胸弯 87°, 腰弯 57°, 胸椎后凸角度 70°, 存在冠状位失平衡。通过全面充分的术前规划, 术中在 Renaissance 脊柱手术机器人辅助下置入 11 枚螺钉, 并行 T₁₁ 半椎体切除及 T₁₂ 部分椎体切除。术后胸腰椎矫正率达 71%, 后凸畸形矫正。

关键词 脊柱侧凸; 脊柱机器人; Cobb 角; 椎弓根螺钉

中图分类号 R687 文献标识码 A 文章编号 2096-7721 (2020) 04-0300-05

Robot-assisted screw placement technique in treating severe congenital scoliosis and kyphosis: a case report

DU Yukun¹, BI Yifang², GUO Jianwei¹, ZHOU Xuhui³, QI Zonghua¹, HUANG Hui¹,

LI Guanghui¹, ZHANG Li¹, XI Yongming¹

(1. Department of Spine Surgery, the Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266000, China; 2. The Sanatorium of Qingdao, Qingdao 266000, China; 3. Department of Spine Surgery, the second Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200000, China)

Objective An adolescent patient with severe congenital scoliosis and kyphosis was treated under assistance of Renaissance spinal robot. The whole spine radiography image was evaluated before operation. The coronal Cobb angles was 87°(thoracic), 57°(lumbar) and the sagittal Cobb angle was 70°, which meant the coronal was unbalanced. Eleven screws were placed with the assistance of Renaissance spinal robot. The excisions of T₁₁ hemivertebrae and T₁₂ subtotal vertebrae were achieved in surgery. The postoperative correction rate of thoracic and lumbar was 71% and the kyphosis was corrected.

Key words Scoliosis; Spine robot; Cobb angle; Pedicle screws

收稿日期: 2020-03-25 录用日期: 2020-06-25

Received Date: 2020-03-25 Accepted Date: 2020-06-25

基金项目: 泰山学者工程资助 (ts20190985)

Foundation Item: The Taishan Scholars program of Shandong, China (ts20190985)

通讯作者: 西永明, Email: xym700118@163.com

Corresponding Author: XI Yongming, Email: xym700118@163.com

引用格式: 杜钰堃, 毕一方, 郭建伟, 等. 机器人辅助下置钉技术治疗先天性重度脊柱侧后凸一例报道 [J]. 机器人外科学杂志, 2020, 1(4): 300-304.

Citation: DU Y K, BI Y F, GUO J W, et al. Robot-assisted screw placement technique in treating severe congenital scoliosis and kyphosis: a case report[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2020, 1(4):300-304.

脊柱侧凸临床上常见于 10 岁左右的青少年，其定义为至少 Cobb 角 $>10^\circ$ 。临床上常见的治疗方式包括运动、支具治疗和手术治疗，当脊柱侧凸患者 Cobb $>45^\circ\sim 50^\circ$ 时，患者往往需要手术矫形治疗^[1-4]。患者脊柱除了向侧方弯曲以外，常伴有椎体发育不良和椎体旋转等问题，使得手术矫形时徒手置钉的难度也大大增加，置钉的方向、角度和长度不理想可导致矫形失败等一系列严重并发症。近年来，随着骨科机器人技术的快速发展，在其辅助下大大提高了置钉的准确性、安全性^[5]。本研究中我们在脊柱骨科机器人辅助下完成了 1 例重度先天性脊柱侧后凸后路矫形手术，现将情况报道如下。

1 临床资料

患者，女，9 岁，以“发现脊柱侧后凸畸形 2 年”为主诉入院。患者约 2 年前发现胸腰段脊柱向左侧后凸畸形，呈“S”型，双下肢不等长（右侧较左侧长约 2cm），左侧骨盆较右侧高约 2cm，右肩部较对侧高约 2cm，Adams 实验（+），月经初潮后 1 年，神经系统查体无异常。入院行全脊柱 X 线正侧位片示胸弯 87° ，腰弯 57° ，胸椎后凸角度 70° ，存在冠状位失平衡。完善 MR 扫描及 CT 三维重建，并根据术前 CT 完成 3D 术前建模。诊断：重度混合型先天性脊柱侧凸^[6]。

患者侧后凸明显，伴有冠状面、矢状面失平衡且存在椎体旋转和半椎体，经过术前讨论后，优先处理矢状位后凸畸形，决定利用 Renaissance 脊柱手术机器人（Mazor 公司，以色列）结合患者术前 CT 扫描原始数据重建三维模型并术前规划设计所有钉道，拟行机器人辅助下 T_{11/12} 半椎体切除、T₉~L₃ 节段矫形融合术，术后视冠状面代偿情况决定是否 2 期采取固定至骨盆的矫形手术治疗（如图 1~3）。

2 手术方法

2.1 全身麻醉、术前准备及椎体暴露

全身麻醉后，安放脊髓神经诱发电位监测器，使患者取俯卧位。常规碘伏消毒，铺无菌手术单。取腰背部正中纵行切口，长约 20cm，切开皮肤、皮下、腰背筋膜，剥离两侧的椎旁肌至关节突关节的外缘。

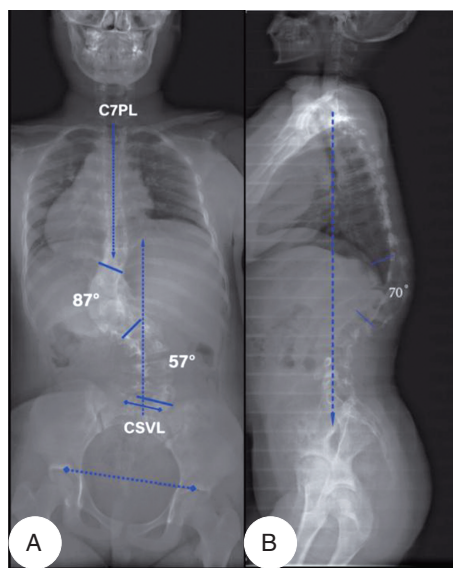


图 1 重度混合型先天性脊柱侧后凸

Figure 1 Severe hybrid congenital scoliosis and kyphosis

注：A. Cobb 角：胸弯 87° ，腰弯 57° ；B. 胸椎后凸角度 70° 。



图 2 术前 3D 打印模型

Figure 2 Preoperative 3D printed model

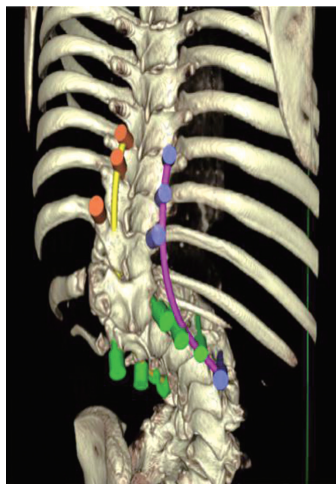


图3 Renaissance 机器人术前钉道规划
Figure 3 The preoperative screw trajectory planning of renaissance robot

2.2 机器人平台架构及图像匹配

固定平台的架设完成后，利用术中“C”型臂 X 线机（西门子公司，德国）扫描后使得荧光透视图像（正位和侧位）自动注册至术前 CT，使透视图像与术前规划 CT 影像相匹配。

2.3 椎弓根空心螺钉置入

根据机器人工作站提示将机器人放置于合适的固定平台轨道位置。工作站根据导入的术前计划将机器人精确引导到预定位置，随后放置相应机械臂及套管组件，于 T₈₋₉ 双侧、右侧 T₁₀ 和 L₁₋₃ 双侧分别电钻钻孔、置入导丝，透视后示导丝位置满意。沿导丝方向攻丝扩孔后，置入空心椎弓根螺钉，透视显示椎弓根钉位置满意（如图 4~6）。

2.4 椎管减压及截骨

T₁₁₋₁₂ 行揭盖样椎板切除，进一步切除双层 T₁₀₋₁₂ 关节突关节，于关节突关节外缘向腹侧分离胸膜及腹部血管。分离胸膜时左侧胸膜破裂，给予严密缝合。经椎间隙楔形截骨，行 T₁₁ 半椎体切除及 T₁₂ 部分椎体切除。

2.5 穿棒矫形及植骨融合

先凹侧穿棒，旋棒矫形，锁帽适当固定，再凸侧穿棒，旋棒矫形，锁紧螺帽。术中透视见钉棒位置及矫形效果良好，术中神经监护未见异常。将自体碎骨块及人工骨行两侧椎板及关节突间植骨，放置横联，探查见硬膜囊膨胀良好。止血冲洗，放置两根引流管，逐层缝合，手术时间为 5.5h，出血量约 550ml，自体血回输约 200ml。

2.6 术后情况

术后第 4d 两根引流管均已拔出，术后无并发症出现。术后复查全脊柱正侧位 X 线片示：胸腰椎矫正率达 71%，侧后凸畸形矫正（如图 7）。

2.7 术后随访及治疗

术后 2 年随访发现，患者佩戴矫正鞋治疗冠状位失平衡效果较差，考虑患者存在侧凸及后凸多种畸形，年龄较小，仍处于发育阶段，且术前双下肢不等长，因此第 1 次术后冠状位失平衡矫正效果较差。第 2 次入院后给予患者 2 期 L₃₋₅ PONTE 截骨矫形术，术后 3 个月复查患者冠状位失平衡纠正效果满意（如图 8）。

3 讨论

脊柱侧凸矫形手术一直被认为是脊柱外科中要求最高、难度最大及风险最高的手术。脊柱侧凸患者当 Cobb 角超过 40°~50° 时，需采取手术治疗的方式以纠正侧凸畸形。从 20 世纪 60 年代美国 Harrington 医生利用发明的哈氏棒治疗脊柱侧凸以来，脊柱侧凸矫形手术的发展可谓如火如荼^[7-8]。目前，后路融合矫形手术一直被认为是手术治疗的金标准。然而，当前矫形术中的置钉一般为徒手完成置入，术中螺钉的位置、角度和深度等常依赖手术者的临床经验，但由于脊柱侧凸患者存在多椎体旋转、半椎体等复杂情况，置钉的准确性无法得到有效的保证。



图4 术中透视定位

Figure 4 Intraoperative scan localization

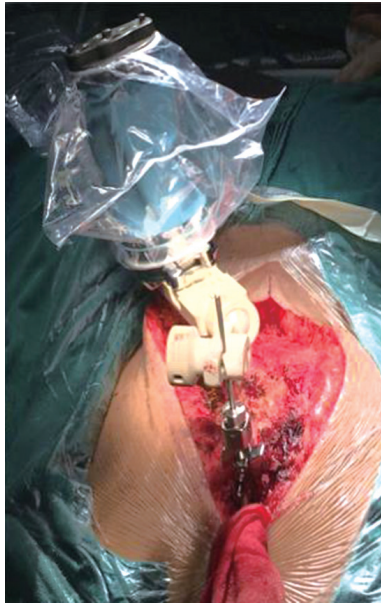


图5 棘突夹及引导装置的搭建

Figure 5 The placement of spinous process clamp and guidance device

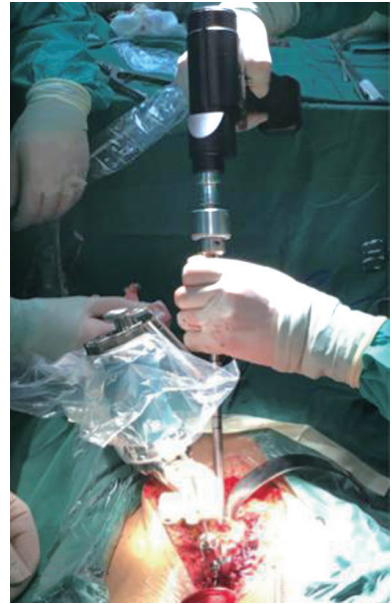


图6 通过套管建立钉道

Figure 6 The establishment of screw trajectory through cannula

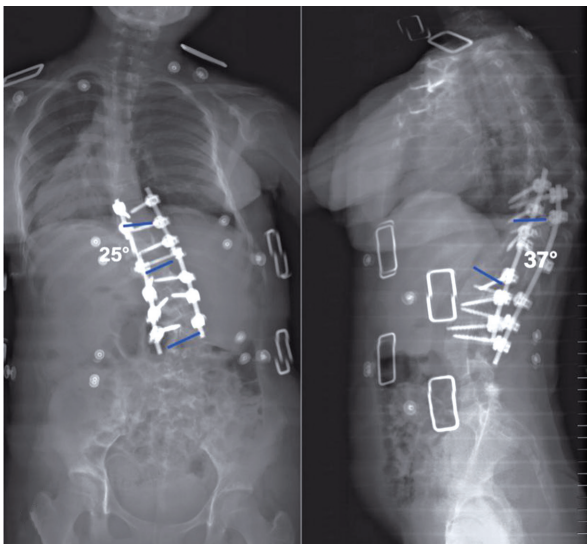


图7 术后全脊柱正侧位X线片

Figure 7 The postoperative whole spine radiography images showed that kyphosis

注：后凸得到矫正，胸腰弯矫正率达71%。

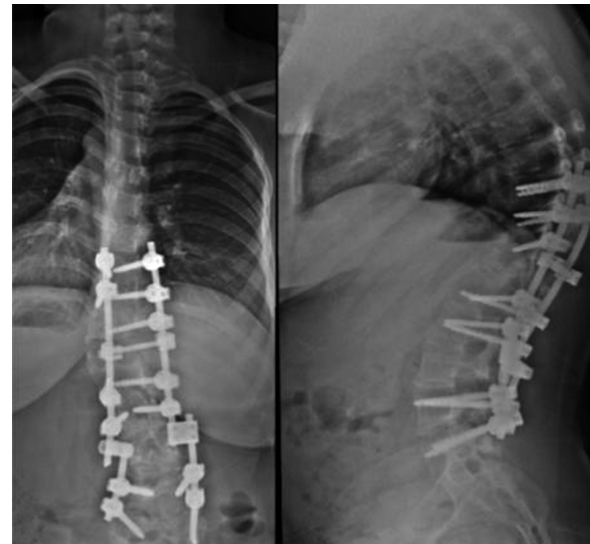


图8 第2次术后全脊柱正侧位X线片

Figure 8 The second-time postoperative whole spine radiography images

注：冠状面失平衡矫正满意。

近年来，随着数字医学和影像医学的融合发展，脊柱手术机器人系统辅助内固定技术得到了快速推广。手术机器人可利用患者的影像学资料进行三维立体化建模，术前个性化规划

手术方案，具有操作可控、精度高、稳定性好等优势^[9]。Macke JJ等^[10]通过合理的图像制导，发现手术机器人可提高脊柱侧凸开放矫形术中置钉的安全性和准确性。对于脊柱侧凸患者的

手术治疗, 翟功伟等^[11]通过比较脊柱机器人辅助下置钉与传统徒手置钉后发现脊柱机器人辅助下置钉具有精准度更高、术中出血少、术后住院时间短、患者恢复快等优点。

脊柱手术机器人的特点是可为脊柱手术提供高精度定位, 辅助手术者面对各种复杂病例, 对置钉的角度、位置及深度精准把握, 提高了手术安全性、成功率和稳定性。同时由于其学习曲线较短, 中青年医师可快速掌握, 从而可帮其完成高难度置钉, 提高手术技术^[12]。

本例中患者脊柱侧后凸畸形呈“S”型, 且存在 T₁₂ 半椎体、L₅ 蝶形椎及多椎体旋转, 故术中椎弓根螺钉的准确置入对于矫形的成功至关重要。本例利用 Renaissance 脊柱手术机器人术前根据患者病情并结合 CT 三维影像个性化制定手术方案, 术中根据机器人中内置的复杂算法从而调整机械臂的位置和相应的套管组件, 协助手术者完成多个椎体的椎弓根螺钉精准置入, 相比于徒手置钉, 机器人辅助精准置钉在保障矫形效果的同时也可避免损伤周围神经及脊髓。但由于脊柱机器人安装较为复杂, 因此延长了手术时间, 此外由于精准置钉的需要, 术中透视次数仍较多, 也增加了术者和患者术中射线的暴露时间, 以上不足未来仍需不断改进。但不可否认的是脊柱机器人辅助下的矫形手术一改传统矫形手术中凭借手术者经验徒手置钉的操作, 为手术治疗脊柱侧凸提供了新的选择, 也为医学与多学科的有机融合提供了新的思路。

参考文献

- [1] Negrini S, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, et al. Braces for idiopathic scoliosis in adolescents[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016, 41(23):1813–1825.
- [2] Romano M, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, et al. Exercises for adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, 38(14):E883–E893.
- [3] 邱贵兴, 庄乾宇. 青少年特发性脊柱侧弯的流行病学研究进展[J]. *中华医学杂志*, 2006, 86(11): 790–792.
- [4] 朱泽章, 邱勇, 王斌, 等. 青少年特发性脊柱侧凸的支具治疗[J]. *中华骨科杂志*, 2004, 24(5): 276–280.
- [5] YANG J S, HE B, TIAN F, et al. Accuracy of Robot-Assisted Percutaneous Pedicle Screw Placement for Treatment of Lumbar Spondylolisthesis: A Comparative Cohort Study[J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 2479–2487.
- [6] Winter R B. Congenital scoliosis[J]. *Orthop Clin North Am*, 1988, 19(2): 395–408.
- [7] Bettany-Saltikov J, Weiss H R, Chockalingam N, et al. Surgical versus non-surgical interventions in people with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015. DOI: 10. 1002/14651858. CD010663. pub2
- [8] Benson D R, Dewald R L, Schultz A B. Harrington rod distraction instrumentation: its effect on vertebral rotation and thoracic compensation[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1977, (125): 40–44.
- [9] Jiang B, Pennington Z, Azad T, et al. Robot-Assisted versus Freehand Instrumentation in Short-Segment Lumbar Fusion: Experience with Real-Time Image-Guided Spinal Robot[J]. *World Neurosurg*, 2020. DOI: 10. 1016/j. wneu. 2020. 01. 119
- [10] Macke J J, Woo R, Varich L. Accuracy of robot-assisted pedicle screw placement for adolescent idiopathic scoliosis in the pediatric population[J]. *J Robot Surg*, 2016, 10(2): 145–150.
- [11] 翟功伟, 高延征, 高坤, 等. 脊柱机器人辅助与传统后路椎弓根螺钉内固定矫形术治疗脊柱侧凸的效果比较[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2019, 33(7): 636–640.
- [12] Kim H J, Kang K T, Park S C, et al. Biomechanical advantages of robot-assisted pedicle screw fixation in posterior lumbar interbody fusion compared with freehand technique in a prospective randomized controlled trial-perspective for patient-specific finite element analysis[J]. *Spine J*, 2017, 17(5): 671–680.