

· 技术创新 ·

天玑骨科机器人辅助经皮椎体成形术

张 冶, 董 岩, 郭 松, 尚 军*

(徐州仁慈医院脊柱科, 江苏徐州 221005)

摘要: [目的] 介绍“天玑”骨科机器人辅助经皮椎体成形术的手术技术和初步临床效果。[方法] 1例女性患者, 58岁, 摔伤致胸椎压缩性骨折(T₁₂), 采用“天玑”骨科机器人行椎体成形术。采用C形臂X线机正侧位2D空间扫描采集二维影像数据信息, 机器人操作平台规划导针, 导针置入并验证, 骨水泥注入。记录手术时间、术中透视次数及剂量, 并对术后影像结果进行分析。[结果] 本例患者手术耗时55 min, 术中进行1次C形臂X线机正侧位二维扫描, 6次X线透视; 出血量约为5 ml, 无任何手术并发症; 术后第2 d可以下地行走; 术后X线检查提示: 骨水泥注入量及分布位置满意。[结论] 国产“天玑”骨科机器人利用二维影像辅助椎体成形术是一种新的精准、微创的手术方案。

关键词: 脊柱, 微创, 椎体成形术, 骨科机器人, 二维影像

中图分类号: R687 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 09-0835-04

Tianji orthopaedic robot assisted percutaneous vertebroplasty // ZHANG Ye, DONG Yan, GUO Song, SHANG Jun. Department of Spine Surgery, Xuzhou Renci Hospital, Xuzhou 221005, China

Abstract: [Objective] To introduce the surgical technique and preliminary outcome of Tianji orthopaedic robot assisted percutaneous vertebroplasty (PVP). [Methods] A 58-year-old female who was suffered from thoracic vertebral compression fracture (T₁₂) secondary to falling received Tianji orthopaedic robot assisted PVP. After the two-dimensional data collected by using the C-arm X-ray machine were imputed, the robot operation platform made a operation plan, then guided and verified the needle placement and bone cement injection. The operation time, fluoroscopy times and radial dose were recorded, and clinical and imaging consequences were analyzed. [Results] The operation was lasted for 55 minutes, with only once of two-dimensional scan with the C-arm X-ray machine and 6 times of X-ray fluoroscopy. The patients got about 5ml of intraoperative blood loss without any complications, and returned walking on the second day after operation. As imaging findings postoperatively, the amount and distribution of bone cement injected were satisfactory. [Conclusion] The domestic "Tianji" orthopedic robot using two-dimensional image data to assist PVP is a new accurate and minimally invasive surgical scheme.

Key words: spine, minimally invasive surgery, percutaneous vertebroplasty, orthopaedic robot, two-dimensional image

脊柱骨质疏松性骨折迫使患者卧床, 而长期卧床所带来的并发症, 例如褥疮、坠积性肺炎、骨质大量流失等, 严重影响患者的健康, 甚至危及生命^[1]。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)是治疗脊柱骨折的重要术式之一, 术中准确的穿刺定位可以避免损伤神经及周围血管组织等^[2], 并能有效缓解疼痛、缩短手术时间、减少住院天数^[3-5]。早期利用术中影像技术可以准确定位穿刺及入针点, 但该术式的穿刺精准度、穿刺耗时、术中影像透视次数及骨水泥在伤椎中的分布等均高度依赖术者的经验及技巧, 故而在一定程度上影响疗效^[6]。随着人工智能的不断发展, 机器人导航及辅助手术越来越受到重视,

随之而来的机器人辅助下经皮穿刺定位在脊柱手术中得到快速发展^[7]。

经过近几年的不断发展, 高精度的机器人辅助穿刺定位系统也逐渐走向临床。并在国内外得到广泛应用。天玑机器人在北京积水潭医院等数十家单位开展了广泛的临床应用^[8, 9]。本文现就天玑骨科机器人如何在二维影像下进行手术规划这一新技术进行报道, 以评价其可行性及有效性。

1 手术技术

1.1 术前准备

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.09.14

作者简介: 张冶, 副主任医师, 研究方向: 脊柱, (电话)15852165615, (电子信箱)413842792@qq.com

* 通信作者: 尚军, (电话)13623634222, (电子信箱)drshjun@126.com

患者术前完善胸椎 X 线片、胸椎 CT、胸椎核磁共振、骨密度测定等相关检查，以明确胸椎压缩性骨折诊断（图 1a~1c）。进行术前访视，介绍手术方式、麻醉方式，对患者进行术前健康宣教并告知术后注意事项。

1.2 麻醉与体位

常规行全身麻醉（气管内插管），麻醉满意后，患者取俯卧位，将定位器放置于胸腰段体表，利用 C 形臂 X 线机进行 X 线透视，准确定位伤椎，并做标记。

1.3 手术操作

常规消毒铺巾后，于头架安装导航机器人示踪器。固定满意后，将机械臂套入无菌保护套拖动至术区（图 1d）。利用 C 形臂 X 线机以 T₁₂椎体为中心进行正侧位 2D 空间扫描，并将数据导入机器人操作平台中，在操作平台中对 C 形臂 X 线机采集的二维 T₁₂椎体影像数据进行穿刺点及入路规划（图 1e, 1f）。规划完毕后，利用机械臂根据术者在操作台的执行方式，完成粗略定位；再利用机械臂在术区小范围内，在偏差最小化条件下，对 T₁₂左侧椎弓根完

成精准定位，左侧 10 点钟方向。

在定位点做一长约 0.5 cm 纵行切口，通过导航机器人套筒于 T₁₂左侧椎弓置入导针，正位透视见针尖位于椎弓根影的中线处，侧位透视见针尖位于椎弓根的 1/2 处，位置满意。继续置入导针，针尖至椎体后壁时，正位透视针尖位于椎弓根影的内侧缘，位置满意。继续钻入 2~3 mm，直至到达椎体后 1/4 处。顺导针更换骨水泥工作套管，工作套管距椎体后缘皮质前方 2~3 mm 处，更换精细钻放入工作套管，缓慢钻入椎体，当侧位透视钻头尖到达椎体 1/2 处时，正位透视钻头尖不超过椎弓根影与棘突连线 1/2。继续钻入，当侧位透视钻头尖到达椎体前缘时，正位透视钻头尖靠近棘突边缘，位置满意。取出精细钻，配置弯曲头骨水泥注入器，至患椎前 3/4 处（图 1g）。调制骨水泥至糊状时，在 C 形臂 X 线机透视下缓慢注入骨水泥 4 ml。再次透视，见椎体高度恢复，无骨水泥外溢，骨水泥注入量及分布满意（图 1h）。切口周围碘伏消毒，无菌敷料覆盖切口，术毕。

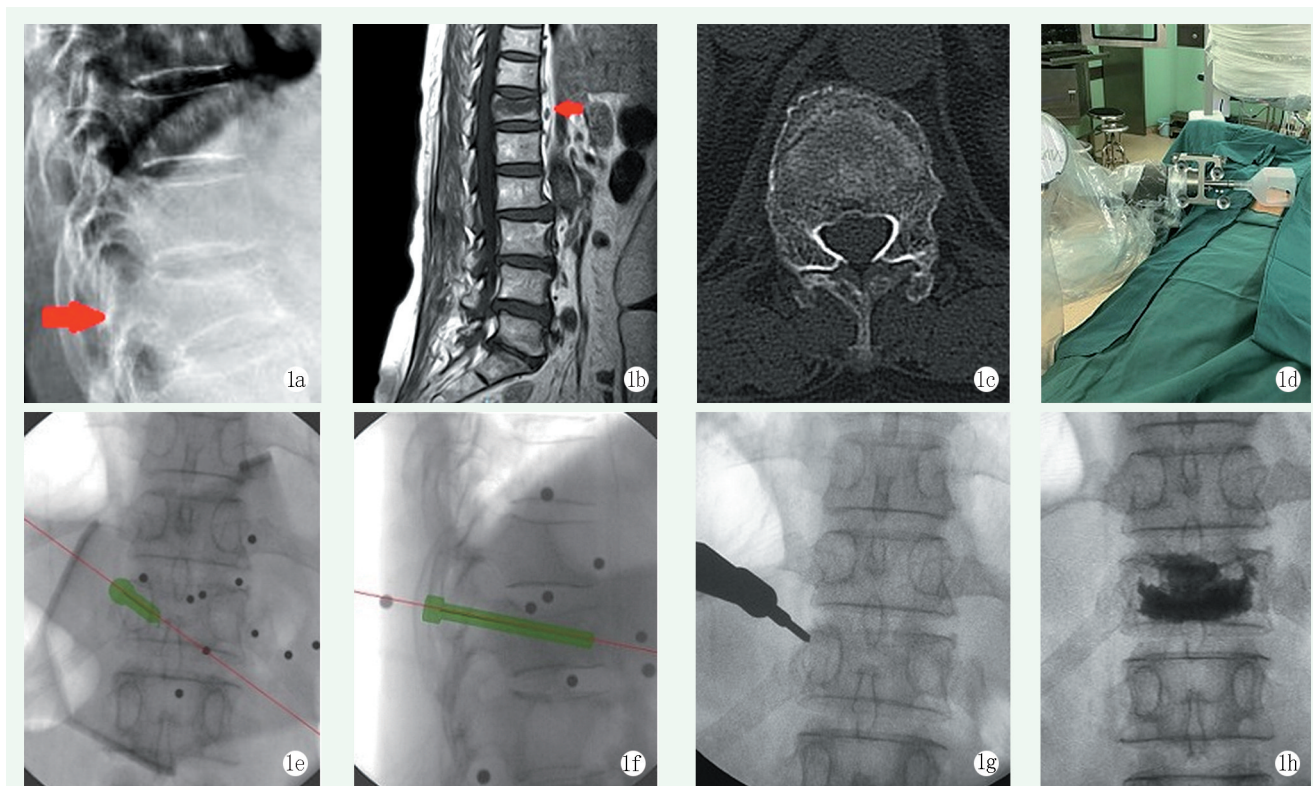


图 1 患者，女，58 岁，摔伤致腰背部疼痛 4 h 1a: 术前 X 线片见 T₁₂椎体压缩性改变、楔形变（红色箭头区域） 1b, 1c: 术前 MRI、CT 见 T₁₂椎体信号改变，髓内水肿（红色箭头区域） 1d: 利用脊柱定位器进行体表定位，安装导航机器人示踪器，机械臂套入无菌保护套拖动至术区 1e, 1f: 术中采集二维影像数据、规划导针穿刺点及入路 1g: 利用 C 形臂 X 线机确认导针位置，反复透视获得导针满意位置 1h: 使用骨水泥注入器，注入骨水泥，透视验证骨水泥位置及分布满意

1.4 术后处理

术后复查 X 线片示 T₁₂ 椎体骨折术后骨水泥在位，位置满意。术后 6 h 患者疼痛基本缓解；术后 24 h，可佩戴腰围适度下床活动；术后 1~3 d，早期直腿抬高锻炼，防止神经根粘连；术后 4~7 d，增加双下肢肌肉的锻炼，增加屈膝、屈髋的被动锻炼；术后 1 周，即可行五点式、飞燕式腰背部功能锻炼。

2 典型病例

患者，女，58 岁，以“摔伤致腰背部疼痛 4 h”为主诉入院，腰背部剧烈疼痛，无法下地。查体：脊柱生理曲度存在，胸腰段棘突压痛(+)，叩痛(+)，脊柱活动无法配合完成。双下肢感觉、运动、正常。病理征未引出。术前 X 线片、CT 及 MRI 示：T₁₂ 椎体压缩性骨折，骨密度 T 值为 -4.1 SD。入院诊断：胸椎压缩性骨折 (T₁₂)，入院时视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS) 评分 8 分。本研究获医院伦理委员会批准，患者知情同意。

本例患者手术耗时 55 min，术中进行 1 次 C 形臂 X 线机正侧位二维扫描，6 次 X 线透视 (伤椎定位、二维扫描前定位、导针位置定位、骨水泥注入定位)。术中出血量 5 ml，术后患者疼痛基本缓解，术后第 2 d 佩戴腰围保护下地活动。术后无不适主诉，无并发症。术后 1 个月随访，患者无疼痛等症状，腰背部活动良好，VAS 评分 0 分。

3 讨论

随着我国逐渐进入老龄化社会，骨质疏松导致的脊柱脆性病理性骨折越来越多，严重影响患者生活质量。老龄患者体质较差，常合并基础病，对于手术的耐受力较差，术后康复周期较长，因此寻找一种创伤小、疗效好、恢复快的手术方式迫在眉睫。骨科手术机器人具有高精度、高稳定性、高自动化、高智能化等特点，已被骨科医生广泛应用于临床中^[10-12]。在过去的数年间，大多数临床研究都侧重于脊柱手术机器人辅助置入椎弓根螺钉固定技术，甚至大多数脊柱手术机器人的系统设计也仅限于螺钉置入，以便进行脊柱内固定^[13-14]。随着数十年的发展，目前经皮椎体成形术已广泛应用于骨质疏松性椎体压缩骨折的治疗，该术式在手术时间、骨水泥注入量、缓解疼痛、早期康复锻炼、止痛药物使用、创伤面积等方面的优势已被国内外许

多专家所认可^[15-17]。

以往大多数利用脊柱机器人辅助进行经皮椎体成形术的研究，其手术方式几乎完全复制脊柱机器人辅助椎弓根螺钉置入的技术。该方式虽然发挥了脊柱机器人的稳定性、安全性及精准度，但相对于传统徒手穿刺，其术中的放射剂量却大大增加。有报道了“天玑”机器人在连续透视收集实时数据以形成三维影像时，平均累计吸收放射剂量为 21.7 μSv^[18]。根据脊柱机器人的成像原理，一次全椎体三维影像的获取，需要至少 100 次 C 形臂 X 线机的透视，远远超过徒手穿刺的透视次数，这对于术者及患者健康的危害无疑是巨大的。由于椎体成形工作套管的横径远远小于下胸段及腰段的椎弓根横径，在经皮椎体成形手术置入骨水泥的过程中，无需置入椎弓根螺钉。透视百次而集成的三维影像显然并不必要，而仅需透视 2 次的正侧位二维影像更加适用于经皮椎体成形术。本研究运用“天玑”骨科机器人采用 2D 空间扫描，集成二维影像，辅助行经皮椎体成形术，在发挥机器人高安全性、高精度、高智能化等多项优势的前提下，大大降低了其高放射量的劣势。是一种“精准”微创手术的新技术尝试。但本研究尚处于探索阶段，存在病例样本量不足等缺陷，仍需进一步研究来加强结论的可信度，后期需结合更多数据及指标来评价该项技术的临床效果。尽管仍存在许多有待解决的问题，但本次的新技术突破在今后的临床运用中具有巨大潜能。

参考文献

- [1] Shingo M, Toshitaka Y, Atsushi O, et al. Risk factors related to perioperative systemic complications and mortality in elderly patients with osteoporotic vertebral fractures—analysis of a large national inpatient database [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15 (1): 518.
- [2] 王翀, 李京, 田征, 等. 经皮椎体成形术与非手术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的 Meta 分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2014, 22 (6): 493-498.
- [3] Mehmet FI, Bahattin H. Efficacy of percutaneous vertebroplasty in the treatment of malignant and benign vertebral fractures: single-center experiences [J]. *J Clin Int Radiol*, 2021, 5 (2): 72-78.
- [4] Nie B, Wang QL, Li BL, et al. Exploration of percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture as day surgery: a retrospective study [J]. *Eur Spine J*, 2021, 30: 2718-2725.
- [5] Lin S, Hu J, Wan L, et al. Robot-guided percutaneous kyphoplasty in treatment of multi-segmental osteoporotic vertebral compression fracture. [J]. *Chin J Repar Reconstr Surg*, 2020, 34 (9): 1136-1141.

- [6] 郝海虎, 刘强, 吴斗, 等. 经皮椎体成形术与经皮球囊扩张椎体成形术治疗新鲜骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效对比 [J]. 中国药物与临床, 2019, 19 (3): 352-354.
- [7] 刘文勇, 胡蕊燕, 王再跃, 等. 脊柱手术机器人研究进展及趋势分析 [J]. 骨科临床与研究杂志, 2020, 5 (3): 185-189.
- [8] Han XG, Tian W, Liu YJ, et al. Safety and accuracy of robot-assisted versus fluoroscopy-assisted pedicle screw insertion in thoracolumbar spinal surgery: a prospective randomized controlled trial [J]. J Neurosurg Spine, 2019, 30 (5): 1-8.
- [9] Jiang B, Ahmed AK, Zygourakis CC, et al. Pedicle screw accuracy assessment in Excelsius GPS robotic spine surgery: evaluation of deviation from pre-planned trajectory [J]. Chin J Neurosurg, 2018, 4 (3): 118-123.
- [10] 李玉希, 黄浚燊, 刘婷, 等. 脊柱手术机器人在脊柱外科手术中的应用进展 [J]. 机器人外科学杂志, 2021, 2 (2): 143-150.
- [11] Yuan W, Cao WH, Meng XY, et al. Learning curve of robot-assisted percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. World Neurosurg, 2020, 138 (suppl 19): e323-e329.
- [12] 李川, 阮默, 苏踊跃, 等. 手术机器人在骨科领域中的应用及发展 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23 (3): 272-276.
- [13] Johnson N. Imaging, navigation, and robotics in spine surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41 (Supp 17): S32.
- [14] 林书, 胡珏, 万仑, 等. “天玑”骨科机器人辅助下经皮椎弓根螺钉植钉安全性评价 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35 (7): 813-817.
- [15] 粟迎春. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效 [J]. 实用医学杂志, 2017, 33 (2): 273-275.
- [16] 张在田, 张绪华, 卫志华, 等. 机器人辅助与手工单侧穿刺椎体成形术治疗骨质疏松性骨折的疗效比较 [J]. 中国现代医生, 2018, 56 (27): 84-87.
- [17] 郑博隆, 郝定均, 林斌, 等. “天玑”骨科手术机器人辅助与徒手穿刺椎体成形术治疗上胸椎骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2021, 23 (1): 20-26.
- [18] Han X, Tian W, Liu Y, et al. Safety and accuracy of robot-assisted versus fluoroscopy-assisted pedicle screw insertion in thoracolumbar spinal surgery: a prospective randomized controlled trial [J]. J Neurosurg Spine, 2019, 30 (5): 615-622.

(收稿:2021-05-01 修回:2021-09-17)
(同行评议专家:郭开今 陈建民)
(本文编辑:闫承杰)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊关于学术不端处理意见的声明

为维护学术刊物的严肃性和科学性,也为维护本刊的声誉和广大作者的正当权益,本着对广大读者、作者负责的精神,本刊编辑部再次重申坚决反对剽窃、抄袭他人稿件的行为;一经查实,给予如下处理:撤稿、杂志和网站通告、通知作者单位给予相应处理、3年内不刊登该作者为第一作者的稿件。对信息虚假及数据伪造、篡改和剽窃、一稿两投、一稿两用等学术不端行为,据其性质、情节轻重以及造成的影响程度,给予如下处理:如稿件未刊登一律退稿,如稿件已刊登一律撤稿,并通知作者单位,2年内不刊登该作者为第一作者的稿件。

为倡导优良学风,规范学术行为,净化学术空气,凡向本刊投稿的作者均须严格遵守《中华人民共和国著作权法》等国家有关法律、法规,杜绝学术不端行为。

附:一稿两投和一稿两用的认定:凡属原始研究的报告,同语种一式两份投寄不同的杂志,或主要数据和图表相同,只是文字表达可能存在某些不同之处的两篇文稿,分别投寄不同的杂志,属一稿两投;一经为两个杂志刊用,则为一稿两用。会议纪要、疾病的诊断标准和防治指南、有关组织达成的共识性文件、新闻报道类文稿分别投寄不同的杂志,以及在一种杂志发表过摘要而将全文投向另一种杂志,不属一稿两投。但作者若要重复投稿,应向有关杂志编辑部作出说明。

《中国矫形外科杂志》编辑部