

# 机器人辅助经皮固定联合局限性椎板切除术治疗单节段老年腰椎结核的疗效观察

尹之玮<sup>1</sup>,唐六一<sup>1,2</sup>,胡 甌<sup>2</sup>,俞 阳<sup>2</sup>,林 书<sup>2</sup>

1. 西南医科大学临床医学院,四川 泸州 646000;2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)骨科,四川 成都 610072

**【摘要】** 目的 评估并比较机器人辅助短节段经皮固定联合单侧局限性椎板切除病灶清除与前路手术方法治疗老年单节段腰椎结核患者的临床疗效。**方法** 回顾性收集 97 例单节段腰椎结核老年患者,其中 46 例患者接受机器人辅助短节段经皮固定联合单侧局限性椎板切除术,51 例接受前路手术治疗。比较机器人辅助组 and 前路组的手术时间、术中失血量、术后引流量、住院时间、下地活动时间、并发症、输血率、白蛋白输注率、住院费用、腰痛视觉模拟评分(VAS)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)和实验室检查结果。**结果** 97 例患者在平均 19 个月的随访中均符合骨性融合标准。机器人辅助组的术中失血量明显低于前路组,住院时间和下地活动时间明显短于前路组( $P<0.05$ );两组并发症发生率比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。术后 7 天和 1 个月,机器人辅助组的 VAS 评分明显低于前路组( $P<0.001$ );术后 7 天、1 个月和 3 个月,机器人辅助组的 ODI 评分均明显优于前路组( $P<0.05$ );机器人辅助组在术后 24 小时和术后 1 个月的血红蛋白和白蛋白明显高于前路组( $P<0.05$ )。**结论** 机器人辅助短节段经皮固定联合单侧局限性椎板切除病灶清创,可作为治疗单节段腰椎结核老年患者的一种有效而安全的手术。

**【关键词】** 机器人;经皮;椎板切除;腰椎;结核

**【中图分类号】** R459.9

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1672-6170(2024)03-0034-05

**Observation on the efficacy of robot-assisted percutaneous fixation combined with localized laminectomy in the treatment of single segment lumbar tuberculosis in the elderly** YIN Zhi-wei<sup>1</sup>, TANG Liu-yi<sup>1,2</sup>, HU Jiang<sup>2</sup>, YU Yang<sup>2</sup>, LIN Shu<sup>2</sup> 1. Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; 2. Department of Orthopedics, Sichuan Academy of Medical Sciences · Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China), Chengdu 610072, China

**【Corresponding author】** TANG Liu-yi

**【Abstract】** **Objective** To evaluate and compare the clinical efficacy between robot assisted short-segment percutaneous fixation combined with unilateral localized laminectomy and anterior surgery in the treatment of elderly patients with single segment lumbar tuberculosis. **Methods** Ninety-seven older patients with single segment lumbar tuberculosis were retrospectively collected. Among these patients, 46 were treated with robot-assisted short-segment percutaneous fixation combined with unilateral localized laminectomy and 51 were treated with the anterior surgical approach. The operative time, blood loss, postoperative drainage, hospital stay, ambulation time, complications, blood transfusion rate, albumin infusion rate, hospital cost, visual analogue scale (VAS), Oswestry Disability Index (ODI) and laboratory results were compared between the two groups. **Results** All 97 patients met criteria for bony fusion during an average follow-up of 19 months. The intraoperative blood loss of the robot-assisted group was significantly less than that of the anterior group, and the hospitalization time and ambulation time were significantly shorter than those of the anterior group ( $P<0.05$ ). There were no significant differences in complication rates between the two groups ( $P>0.05$ ). After 7 days and one month of surgery, VAS score in the robot-assisted group was significantly lower than that in the anterior group ( $P<0.001$ ). The ODI score of the robot-assisted group was significantly better than that of the anterior group after 7 days, 1 month and 3 months of operation ( $P<0.05$ ). Hemoglobin and albumin in the robot-assisted group were significantly higher than those in the anterior group after 24 hours and one month of surgery ( $P<0.05$ ). **Conclusions** Robot-assisted short-segment percutaneous fixation combined with unilateral localized laminectomy is an effective and safe treatment for older patients with single segment lumbar tuberculosis.

**【Key words】** Robot; Percutaneous; Laminectomy; Lumbar; Tuberculosis

**【基金项目】**四川省科技厅科技支撑项目(编号:2022YFS0018, 2022YFS0019, 2022YFS0100);国家重点研发计划(编号:2022YFC2407506);

**【通讯作者简介】**唐六一,男,主任医师。四川省老年医学学会骨科专委会副主任委员,四川省国际医学交流促进会创伤与骨科专委会副主任委员,四川省医学会骨科专委会常委,四川省医学会骨科专委会微创学组副组长,四川省卫健委学术技术带头人。研究方向:脊柱疾病的诊治和骨科机器人的应用。

近年来,随着中国人口老龄化,老年脊柱结核的发病率呈上升趋势<sup>[1]</sup>。老年患者的病程隐匿,通常会逐渐形成脓肿、骨坏死,甚至脊柱不稳。前路手术可以充分暴露前、中柱,暴露硬膜囊,在直视下彻底清除病灶,重建脊柱稳定性<sup>[2]</sup>。不过前路手术仍有一些缺点,例如胸膜和腹膜并发症、血管相关并发症和腰椎神经丛损伤<sup>[3,4]</sup>。传统后路手术虽然有坚强的三柱固定,但广泛破坏了后柱的结构,可能将结核菌带入原本健康的后柱,存在结核感染扩

大的风险。目前,机器人辅助骨科手术具有置入螺钉精确度高等优点,可使组合手术更安全,使常规手术更微创<sup>[5]</sup>。本研究提供了一种改良的后路入路,比较该技术与前路手术治疗高龄单节段腰椎结核患者的临床效果,现总结报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 2017 年 1 月至 2021 年 9 月我院骨科收治的 97 例单节段腰椎结核老年患者,纳入标准:年龄 $\geq 65$  岁,单节段病变位于 L<sub>1/2</sub> ~ L<sub>4/5</sub>,短节段固定(两或三节段内固定);脊柱不稳/畸形;死骨形成;通过病原微生物基因 NGS (next-generation sequencing,NGS) 分析报告或术后病理学分析确诊

为结核杆菌。排除标准:多节段病变;超过 30° 的严重后凸畸形;存在广泛的重力性脓肿;资料不完整或难以接受诊断和治疗。所有患者在入组前均提供了书面知情同意书,本研究经四川省人民医院机构审查委员会批准。根据手术不同分为机器人辅助组( $n=46$ ) 和前路组( $n=51$ ),机器人辅助组男 27 例,女 19 例,年龄 65 ~ 86 岁;体重指数 15.2 ~ 31.8 kg/m<sup>2</sup>,平均随访时间 18.60 个月。前路组男 28 例,女 23 例,年龄 65 ~ 85 岁,体重指数 16.5 ~ 32.6 kg/m,随访时间 19.07 个月。两组患者在年龄、性别、体重指数、病变节段和随访时间等方面比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较

项目	机器人辅助组( $n=46$ )	前路组( $n=51$ )	统计量	$P$
年龄(岁)	70.782 $\pm$ 5.664	72.509 $\pm$ 5.937	$t=-1.462$	0.147
性别(男/女, $n$ )	27/19	28/23	$\chi^2=0.142$	0.707
体重指数(kg/m <sup>2</sup> )	21.265 $\pm$ 2.988	20.529 $\pm$ 2.730	$t=1.267$	0.208
病变部位( $n$ )	L <sub>1</sub> /L <sub>2</sub>	11	$\chi^2=-0.627$	0.531
	L <sub>2</sub> /L <sub>3</sub>	9		
	L <sub>3</sub> /L <sub>4</sub>	12		
	L <sub>4</sub> /L <sub>5</sub>	14		
随访期(月)	18.608 $\pm$ 5.322	19.078 $\pm$ 5.011	$t=-0.448$	0.655

## 1.2 手术方法

**1.2.1 前路组** 全身麻醉后,患者取侧卧位。采用腹膜后入路暴露病灶。病灶彻底清创,冲洗脓腔,刮除病变周围可疑坏死骨,准备植骨床,取髂骨进行椎间植骨融合,螺钉内固定。在放置引流管和关闭切口前,局部使用异烟肼(0.1 克)。采集的样本进行病理学检查。两组内固定植入物均为中国江苏常州鼎健医疗科技有限公司生产的椎弓根螺钉和连接杆等。

**1.2.2 机器人辅助组** 使用“天玑”机器人系统,主要包括机械臂、光学跟踪系统和机器人工作站(由北京积水潭医院和北京天智航技术有限公司共同开发)。全身麻醉后,患者俯卧。使用 C 型臂定位病变区段。做一个 3 厘米的正中切口。骨质破坏严重一侧进行暴露,放置适当大小的可扩张通道以支撑工作通道。切除部分椎板、关节突和黄韧带,椎间隙病变。使用各种规格的刮匙经椎间隙清除坏死组织和炎性肉芽肿,生理盐水冲洗脓腔。取髂骨,将髂骨分块放入椎间隙进行打压植骨。患者追踪器固定在上位椎体棘突。机器人机械臂末端将校准器固定皮肤表面,并使用 C 型臂扫描采集三维图像。图像数据传输到机器人工作站,并规划螺钉

轨迹。将机械臂的校准器更换成引导器,机械臂根据计划移动到指定位置。通过引导器将导丝钻入椎骨。然后,通过导丝插入椎弓根螺钉,安装连接杆,并加压固定锁紧螺帽。典型病例男,84 岁,手术图片见图 1。

**1.3 观察项目** 记录两组患者手术时间、术中失血量、术后引流量、住院时间、下地活动时间、并发症、输血率、白蛋白输注率和住院费用等。记录术前、术后 7 天、1 个月和 3 个月以及最后一次随访时的视觉模拟疼痛评分(VAS)和 Oswestry 功能障碍指数(ODI),VAS 评分为 0 ~ 10 分,ODI 指数为 0% ~ 100%。根据 Gertzbein 和 Robbins 的评分标准,通过术后 3 天内的计算机断层扫描(computed tomography,CT)的三维重建对螺钉准确性进行评估<sup>[6]</sup>。炎症指标包括术前、术后 24 小时、1 个月、3 个月和最后一次随访时的 C 反应蛋白(C-reaction protein,CRP) 和红细胞沉降率(erythrocyte sedimentation rate,ESR)。营养状况指标包括术前、术后 24 小时、1 个月、3 个月和最后一次随访时的血红蛋白和白蛋白。根据 Lee 等<sup>[7]</sup> 制定的改良放射学标准,在随访时通过 CT 扫描对移植物融合状况进行评估。

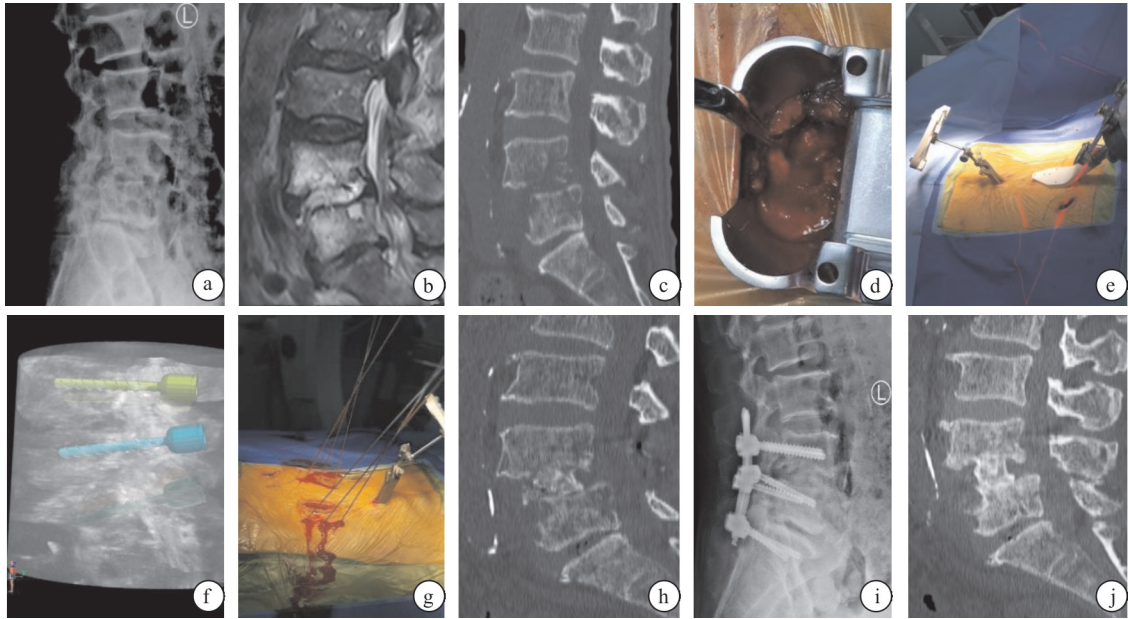


图1 机器人辅助局限性椎板切除减压植骨内固定术 a: 术前侧位 X 射线片;b: 术前磁共振图像;c: 术前 CT 扫描;d: 单侧局限性椎板切除、清创和植骨;e: 机器人注册;f: 在工作站上规划植入螺钉;g 插入导针;h 术后一个月的后前位 X 射线片;i: 术后一个月的侧面 X 射线片;j: 术后一年的 CT 扫描

**1.4 统计学方法** 应用 SPSS 19.0 统计。计量资料以均数±标准差表示,比较采用  $t$  检验;非正态分布的计量资料比较采用  $U$  检验;计数资料以例数(%)表示,比较采用卡方检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组临床指标比较** 两组手术时间、术后引流量比较,差异无统计学意义( $P = 0.330$ )。机器人辅

助组的术中失血量明显低于前路组,住院时间和下地活动时间明显短于前路组( $P < 0.05$ )。两组并发症发生情况比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者的伤口并发症均在局部换药后痊愈,肺部并发症包括肺炎和胸腔积液主要发生在前路组。两组输血率和白蛋白输注率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 2 两组临床指标比较

临床指标	机器人辅助组( $n = 46$ )	前路组( $n = 51$ )	统计量	$P$
手术时间(min)	154.347±21.771	150.196±19.948	$t = 0.980$	0.330
术中失血量(ml)	216.087±47.538	331.960±166.613	$t = -4.757$	0.000
术后引流量(ml)	146.304±29.163	165.88±86.88	$t = -1.517$	0.134
住院时间(d)	12.173±3.240	13.882±2.604	$t = -2.874$	0.005
下地时间(d)	2.369±1.322	4.254±1.230	$t = -7.273$	0.000
并发症( $n$ )	7	11	$\chi^2 = 0.646$	0.422
伤口并发症	2	1		
心血管并发症	2	4		
神经系统	1	0		
肺部并发症	1	4		
尿路感染	1	2		
输血情况( $n$ )	1	5	$\chi^2 = 1.290$	0.256
输注白蛋白情况( $n$ )	3	9	$\chi^2 = 1.830$	0.176
住院费用(元)	66833.413±3499.088	54215.647±7015.144	$t = 5.964$	0.000

**2.2 两组疼痛评分和功能指数比较** 术后 7 天和 1 个月时,机器人辅助组的 VAS 评分明显低于前路组( $P < 0.001$ );术后 7 天、1 个月和 3 个月,机器人

辅助组的 ODI 评分明显优于前路组( $P < 0.001$ )。两组其余时间点的 VAS 和 ODI 评分比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 3。

表 3 两组疼痛评分和功能评分比较 (分)

内容	机器人辅助组 (n=46)	前路组 (n=51)	统计量	P	
VAS 评分(分)	术前	5.628±1.417	5.568±1.360	t=0.211	0.833
	术后 7 天	1.913±0.755	2.647±0.955	t=-4.167	0.000
	术后 1 个月	1.260±0.880	2.098±0.854	t=-4.750	0.000
	术后 3 个月	0.521±0.547	0.568±0.608	Z=-0.397	0.692
	末次随访	0.478±0.547	0.392±0.493	Z=0.815	0.417
ODI 指数	术前	71.869±9.289	72.823±6.147	t=-0.602	0.549
	术后 7 天	36.065±10.671	43.529±8.994	t=-3.736	0.000
	术后 1 个月	28.565±3.691	34.117±5.066	t=-6.111	0.000
	术后 3 个月	23.347±3.978	26.666±3.723	t=-4.243	0.000
	末次随访	20.826±3.978	22.098±3.981	t=-1.426	0.157

**2.3 两组实验室指标比较** 两组在任何时间点的 CRP 和 ESR 指标比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 机器人辅助组在术后 24 小时和术后 1 个月

的血红蛋白和白蛋白明显高于前路组 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 4 两组实验室指标比较

实验室指标	机器人辅助组 (n=46)	前路组 (n=51)	t	P	
CRP (mg/L)	术前	30.369±17.931	29.235±15.785	0.331	0.741
	术后 24 小时	31.065±13.373	28.745±13.151	0.861	0.392
	术后 1 个月	22.826±10.822	21.588±8.525	0.629	0.531
	术后 3 个月	14.195±3.618	14.667±5.237	-0.510	0.611
	末次随访	3.891±2.330	3.803±2.271	0.187	0.852
血沉 (mm/h)	术前	34.717±11.848	35.882±12.462	-0.471	0.639
	术后 24 小时	34.087±8.931	34.058±9.722	0.015	0.988
	术后 1 个月	24.347±9.305	22.176±6.195	1.365	0.176
	术后 3 个月	24.130±7.796	22.745±5.840	0.996	0.322
	末次随访	12.195±3.618	10.705±4.759	1.167	0.246
血红蛋白 (g/L)	术前	121.217±14.617	123.215±15.565	-0.690	0.492
	术后 24 小时	101.804±10.329	88.803±13.062	5.397	0.000
	术后 1 个月	112.456±9.916	101.117±14.258	4.582	0.000
白蛋白 (g/L)	术前	36.956±1.977	37.784±2.460	-1.814	0.073
	术后 24 小时	31.347±1.968	29.902±2.662	3.060	0.003
	术后 1 个月	34.1304±1.845	32.019±2.626	4.533	0.000

**2.4 影像学评估** 机器人辅助组共放置了 224 枚螺钉, 其中 176 枚螺钉的椎弓根螺钉放置精确度达到最佳水平 (A 级, 78.5%)。其余的椎弓根螺钉植入分别为 B 级 (29 枚, 12.9%)、C 级 (15 枚, 6.6%)、D 级 (3 枚, 1.3%) 和 E 级 (1 枚, 0.4%)。91.4% 的螺钉 (A 级和 B 级) 被认为在临床上是可以接受的。97 例患者的平均随访时间为 19 个月 (12~35 个月)。所有患者均符合最终骨性融合标准<sup>[7]</sup>。

### 3 讨论

大多数老年腰椎结核患者伴有一些基础疾病, 如高血压、糖尿病、冠状动脉硬化、骨质疏松等<sup>[8]</sup>。

当出现骨坏死时, 通常建议对老年脊柱结核患者进行早期诊断、早期手术干预, 恢复脊柱稳定性, 促进患者早期锻炼, 有利于减少卧床并发症, 加快治疗进程, 达到快速康复的目的<sup>[9]</sup>。

在腰椎结核中, 椎体往往部分破坏, 传统 C 臂辅助下的后路经皮螺钉可能穿透病灶, 造成螺钉不稳。在本研究中, 机器人辅助组的 91.4% 的螺钉 (A 级和 B 级) 被认为是临床可接受的, 同时还实现了短节段固定, 保留了腰椎运动功能。此外, 在本研究中, 单侧局限性椎板切除清创术是可行的, 并且可以保留棘突、棘突韧带和对侧的椎板和关节突关节<sup>[9]</sup>。三柱固定和保留的一侧关节突关节有助

于术后即刻的稳定性。本研究中,机器人辅助组的下地活动时间明显短于前路组(2.3 天 vs 4.2 天, $P=0.000$ )。此外,机器人辅助组术后 7 天、1 个月的 VAS 评分和术后 7 天、1 个月、3 个月的 ODI 评分均优于前路组,这可能与机器人辅助组术后脊柱的短期稳定性更好有关。因此,术后机器人辅助组在疼痛评估和功能评估要优于前路组,这对减少老年人卧床并发症,促进快速康复有明显的益处。

在并发症方面,前路组的并发症发生率为 21.5% (11/51),机器人辅助组为 15.2% (7/46)。两组患者的伤口并发症均在局部换药后痊愈。以往常规开放后路腰椎结核病灶清除术的主要问题在于脊柱后方正常结构受到破坏,切口内空腔较大,结核杆菌黏附于内固定上,切口容易形成窦道,难以愈合。本研究通过经皮入路将内固定切口与清创切口分开,避免了病变组织与内固定的接触,避免了细菌附着在内固定上,同时采用微创通道进行病灶清除,减小切口内腔隙,潜在地降低了内固定松动的风险。此外,经正中的有限椎板切除术是一种常规的后路入路,操作简便,不增加手术时间。机器人辅助组失血较少的原因主要是局限椎板切除减压和经皮椎弓根螺钉入路。失血较少也有助于更好的血红蛋白和白蛋白实验室检测结果,这对手术部位感染风险和高龄患者的恢复非常重要<sup>[10]</sup>。

综上,机器人辅助短节段经皮固定术联合单侧局限性椎板切除术进行清创治疗单节段腰椎结核老年患者是一种安全有效的手术方法。

#### 【参考文献】

- [1] Ding C, Wang S, Shanguan Y, et al. Epidemic Trends of Tuberculosis in China from 1990 to 2017: Evidence from the Global Burden of Disease Study [J]. *Infect Drug Resist*, 2020, 3: 1663-1672.
- [2] Wang T, Ma Z, Lei W, et al. Clinical efficacy of different open approaches in the surgical treatment of thoracolumbar tuberculosis: a single-center retrospective comparative study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1):352.
- [3] Tezuka F, Sakai T, Nishisho T, et al. Variations in arterial supply to the lower lumbar spine [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(12): 4181-4187.
- [4] Garg N, Vohra R. Minimally invasive surgical approaches in the management of tuberculosis of the thoracic and lumbar spine [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2014, 472(6):1855-1867.
- [5] 李佳鸿,林书,唐六一,等.骨科机器人辅助下经皮固定小切口减压术治疗晚期胸腰椎转移瘤[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2023, 37(9):1113-1118.
- [6] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15(1):11-14.
- [7] Lee CK, Vessa P, Lee JK. Chronic disabling low back pain syndrome caused by internal disc derangements. The results of disc excision and posterior lumbar interbody fusion [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1995, 20(3):356-361.
- [8] Wang YX, Zhang HQ, Li M, et al. Debridement, interbody graft using titanium mesh cages, posterior instrumentation and fusion in the surgical treatment of multilevel noncontiguous spinal tuberculosis in elderly patients via a posterior-only [J]. *Injury*, 2017, 48(2): 378-383.
- [9] Zeng H, Liao S, Liang Y, et al. Wiltse transforaminal thoracic interbody fusion approach for the treatment of single segment thoracic spinal tuberculosis in elderly patients with osteoporosis: A retrospective study of 20 cases [J]. *Exp Ther Med*, 2023, 25(3):135.
- [10] Chen L, Liu C, Ye Z, et al. Predicting Surgical Site Infection Risk after Spinal Tuberculosis Surgery: Development and Validation of a Nomogram [J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2022, 23(6):564-575.

(收稿日期:2024-01-12;修回日期:2024-03-12)

(本文编辑:彭羽)

[1] Ding C, Wang S, Shanguan Y, et al. Epidemic Trends of Tuberculosis in China from 1990 to 2017: Evidence from the Global