

## 3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定治疗合并骨质疏松的腰椎不稳症的临床研究

张史飞, 温干军, 周植森, 陈坚, 陈榕生, 袁浩彬, 孙俊辉, 郑帅

(暨南大学附属第六医院·东莞市东部中心医院脊柱外科 广东 东莞 523573)

**摘要** **目的:** 探究 3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定治疗腰椎不稳症合并骨质疏松的临床效果。**方法:** 选取 2019 年 5 月—2020 年 5 月本院收治的 96 例腰椎不稳症合并骨质疏松患者, 采用随机数字表法将其分为研究组 ( $n=48$ ) 和对照组 ( $n=48$ )。两组患者均采用椎弓根螺钉双皮质固定治疗, 对照组于 X 线辅助下行手术治疗, 研究组结合 3D 打印技术行手术治疗。比较两组手术情况、住院时间、并发症发生率、腰椎功能优良率、植骨融合率、手术前后影像学复位情况 (伤椎高度、伤椎前缘高度压缩比、Cobb 角)、炎症-应激因子 [CRP、TNF- $\alpha$ 、P 物质 (SP)、前列腺素 E2 (PGE2)]、疼痛程度 (VAS 评分)、腰椎功能 (ODI 评分)。**结果:** 相较于对照组, 研究组手术时间、住院时间和术中出血量明显下降 ( $P<0.05$ ), 而置钉准确率显著升高 ( $P<0.05$ ); 3D 打印技术模拟的伤椎高度、伤椎前缘压缩比、Cobb 角与实际值的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 相较于术前, 两组患者术后即刻伤椎高度明显升高 ( $P<0.05$ ), 而伤椎前缘高度压缩比、Cobb 角显著下降 ( $P<0.05$ ), 且研究组改善情况明显优于对照组 ( $P<0.05$ ); 两组患者术后的炎症因子均升高, 但是研究组患者各时间点的升高趋势均明显低于对照组 ( $P<0.05$ ); 两组患者术后 1 个月、6 个月、12 个月 VAS、ODI 评分均低于术前, 且研究组患者术后 1 个月评分改善情况优于对照组 ( $P<0.05$ ), 两组患者术后 6 个月、12 个月 VAS、ODI 评分比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 研究组患者术后 12 个月腰椎功能优良率、植骨融合率与对照组比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 研究组患者术后并发症发生率与对照组比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。**结论:** 3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定治疗腰椎不稳症合并骨质疏松患者的临床效果好、并发症少, 能更有效降低手术创伤引起的炎症、应激反应, 具有较高的推广和应用价值。

**关键词** 腰椎不稳症; 骨质疏松; 3D 打印; 椎弓根螺钉双皮质固定; 腰椎功能

**中图分类号** R683 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 03-0355-07

### Clinical study of 3D printing combined with pedicle screw bicortical fixation in the treatment of lumbar spine instability with osteoporosis

ZHANG Shifei, WEN Ganjun, ZHOU Zhisen, CHEN Jian, CHEN Rongsheng, YUAN Haobin, SUN Junhui, ZHENG Shuai  
(Department of Spine Surgery, the Sixth Affiliated Hospital of Jinan University/ Dongguan Eastern Central Hospital, Dongguan 523573, China)

**Abstract** **Objective:** To explore the clinical effect of 3D printing combined with pedicle screw bicortical fixation in the treatment of lumbar spine instability with osteoporosis. **Methods:** 96 patients with lumbar spine instability combined with osteoporosis who were treated in the Sixth Affiliated Hospital of Jinan University from May 2019 to May 2020 were selected. They were divided into the study group ( $n=48$ ) and the control group ( $n=48$ ) using a random number table. Both groups were treated with pedicle screw bicortical fixation, while the control group was treated under the assistance of X-ray, and the study group was assisted with 3D printing technology. The operative conditions, length of hospital stay, incidence rate of complications, good and excellent rate of lumbar spine function, bone graft fusion rate, imaging reduction before and after operation (injured vertebra height, anterior edge height compression ratio, Cobb angle), inflammatory- stress factors [C reactive protein (CRP), tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), substance P (SP), prostaglandin E2 (PGE2)], VAS score, Oswestry Disability Index (ODI) of patients in the two groups were compared. **Results:** Compared with the control group,

**基金项目:** 东莞市社会科技发展项目 (201950715001274)

**Foundation Item:** Social Science and Technology Development Project of Dongguan City (201950715001274)

**引用格式:** 张史飞, 温干军, 周植森, 等. 3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定治疗合并骨质疏松的腰椎不稳症的临床研究 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6 (3): 355-361.

**Citation:** ZHANG S F, WEN G J, ZHOU Z S, et al. Clinical study of 3D printing combined with pedicle screw bicortical fixation in the treatment of lumbar spine instability with osteoporosis [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(3): 355-361.

**通讯作者 (Corresponding Author):** 张史飞 (ZHANG Shifei), Email: thooshe23772@21cn.com

the study group showed a significant decrease in operative time, length of hospital stay, and intraoperative bleeding ( $P<0.05$ ), while the accuracy of nail placement was significantly increased ( $P<0.05$ ). There was no statistically significant difference in the simulated height of the injured vertebra, compression ratio of the anterior edge of the injured vertebra, and Cobb angle between 3D printing and the actual values ( $P>0.05$ ). Compared to that before surgery, the height of the injured vertebrae in the two groups immediately after surgery was significantly increased ( $P<0.05$ ), while the compression ratio of the anterior edge height of the injured vertebrae and Cobb angle were significantly reduced ( $P<0.05$ ), and the improvement of patients in the study group was significantly better than that in the control group ( $P<0.05$ ). The inflammatory factors in the two groups of patients increased after surgery, but the increasing trend of the study group was significantly lower than that in the control group at different timepoints ( $P<0.05$ ). The VAS and ODI scores of patients in the two groups at 1 month, 6 months, and 12 months after operation were lower than those before operation, and the improvement in the scores of the study group at 1 month after surgery was better than that of the control group ( $P<0.05$ ). There was no statistically significant difference in VAS and ODI scores at 6 months and 12 months after operation ( $P>0.05$ ). The difference in the good and excellent rate of lumbar spine function and bone graft fusion rate at 12 months after operation between the two groups of patients was not statistically significant ( $P>0.05$ ), and there was no statistically significant difference in incidence rate of postoperative complications between the two groups of patients ( $P>0.05$ ).

**Conclusion:** 3D printing combined with pedicle screw bicortical fixation has a good clinical effect and fewer complications in the treatment of patients with lumbar spine instability and osteoporosis, it could more effectively reduce the inflammation and stress response caused by surgical trauma, which is of high promotion and application value.

**Key words** Lumbar Spine Instability; Osteoporosis; 3D Printing; Bicortical Fixation with Pedicle Screw; Lumbar Spine Function

腰椎不稳症是腰部椎间关节无法承受正常负荷引起的腰椎退变疾病, 轻微的活动即引起腰痛、进行性畸形及神经压迫, 导致患者的日常生活活动无法正常进行<sup>[1-2]</sup>。目前, 临床上可通过复位固定术来进行复位, 其效果较好且固定牢靠, 但多数中老年腰椎不稳症患者伴有骨质疏松, 导致固定结构把持力不够, 易导致拔钉、滑脱椎体复位失败等情况<sup>[3]</sup>。有学者指出, 腰椎不稳症合并骨质疏松的患者应用椎弓根螺钉双皮质固定术治疗, 术后均未出现椎弓根螺钉松动、拔出及断裂等并发症, 能显著改善患者腰椎功能<sup>[4]</sup>。此外, 近年来 3D 打印技术在骨科得到了广泛应用, 可于术前对病变部位建模, 从而直观地分析病变情况, 指导医生制定更精准的手术方案<sup>[5-6]</sup>。然而, 目前关于 3D 打印技术应用于腰椎不稳症合并骨质疏松患者的研究较少。基于此, 本研究探究了 3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定治疗腰椎不稳症合并骨质疏松的临床效果, 现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2019 年 5 月—2020 年 5 月本院收治的 96 例腰椎不稳症合并骨质疏松患者为研究对象, 采用随机数字表法将其分为研究组 ( $n=48$ ) 和对照组 ( $n=48$ ), 两组患者一般资料<sup>[7]</sup>比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 见表 1。本研究过程符合相关伦理规定。纳入标准: ①经 X 线、CT 检查诊断为腰椎不稳症, 且伴有骨质疏松<sup>[8]</sup>; ②单节段

腰椎不稳; ③经规范性保守治疗疗效不佳或无效; ④ ASA 分级 I~II 级; ⑤自主行为能力良好, 无沟通交流障碍; ⑥手术接受度较高; ⑦签署手术知情同意书。排除标准: ①有胸腰椎手术史者; ②脊柱畸形患者; ③心脏、肝、肾功能异常者; ④合并免疫性疾病、感染性疾病和血液疾病者; ⑤合并恶性肿瘤者; ⑥骨折患者。

**1.2 方法** 两组患者均参照《原发性骨质疏松症基层诊疗指南(实践版·2019)》<sup>[9]</sup>常规行抗骨质疏松治疗, 择期行椎弓根螺钉双皮质固定治疗。术前常规禁饮食, 患者取俯卧位, 全身麻醉, 麻醉成功后, 选择病变节段椎体为中心, 做正中纵形切口, 将关节突和椎板暴露出来, 剥离两侧软组织, 进针点选择腰椎人字嵴顶点, 确认钉道周边均为骨质后, 将导针置入其中。对照组于 X 线辅助下行手术治疗, X 线下明确椎弓根位置、深度、椎弓根前后缘距离, 选择合适钉道置入, 直至出现突破感, 表明手锥已经穿透椎体前壁, 椎弓根螺钉的长度要比椎体前壁至椎弓根进钉点长度长 2~3 mm, 置入后再次使用 X 线确认位置和深度, 确认效果满意后安装预弯的连接棒, 椎管和神经根管常规减压, 把病变椎间盘切除, 再融合。研究组结合 3D 打印技术行手术治疗, 术前行腰椎薄层 CT 扫描, 将扫描数据以 DICOM 格式导入 Mimics 17.0 软件构建三维模型, 随后以 STL 格式导入 Geomagic 13.0 软件, 应用 HY-5000FDM 专业 3D 打印机把 PLA 材料按照 1:1 的比例打印, 获得腰椎部位的三维模型实体。于三维模型实体模拟

表 1 两组患者一般资料比较 [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ]Table 1 Comparison of general data between the two groups of patients [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ]

组别	性别 (男/女)	年龄(岁)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	病变腰椎		合并症			ASA 分级	
				L4~5	L5~S1	高血压	高脂血症	糖尿病	I 级	II 级
研究组 (n=48)	20/28	60.53 ± 7.23	24.15 ± 1.27	27 (56.25)	21 (43.75)	7 (14.58)	4(8.33)	3(6.25)	30 (62.50)	18 (37.50)
对照组 (n=48)	23/25	59.60 ± 7.68	23.89 ± 1.25	24 (50.00)	24 (50.00)	5 (10.42)	6 (12.50)	4(8.33)	33 (68.75)	15 (31.25)
$\chi^2/t$ 值	0.379	0.611	1.011	0.377	0.381	0.447	0.000	0.416		
P 值	0.538	0.543	0.315	0.540	0.537	0.504	1.000	0.519		

手术操作,明确进钉点、方向、长度等情况。研究组手术操作步骤与对照组基本相同,不同之处在于研究组结合术前 3D 打印三维模型实体制定了精准手术规划,按照规划进行手术操作(如图 1)。

**1.3 观察指标** 观察指标主要包括:①两组患者手术情况和住院时间;②术中出血量(一是吸引器直接吸引的血量,二是使用纱布估算法计算,先将无菌纱布称重,然后将手术过程中使用过的纱布再次进行称重,两者相差的数值,加上吸引器中的失血量即为术中失血量);③患者的出院指征(患者腰痛症状缓解,腰椎 X 线未观察到椎间隙异常,无牵引性骨刺及脊柱序列不良现象,伸屈侧位 X 线片可观

察到稳定旋转和滑移,椎体前屈时无异常的前倾活动);④两组患者术前、术后即刻影像学复位情况;⑤两组患者术前、术后 1 d、3 d、7 d 炎性-应激因子,包括 CRP、TNF- $\alpha$ 、P 物质(Substance P, SP)、前列腺素 E2(Prostaglandin E2, PGE2),以术前炎症指标水平为初始值,对比不同时间点与术前的差值;⑥两组患者术前、术后 1 个月、6 个月、12 个月疼痛程度、腰椎功能[采用视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS)<sup>[10]</sup>评估疼痛程度,总分为 0~10 分,得分越高,疼痛感越强;采用 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Dysfunction Index, ODI)<sup>[11]</sup>评估腰椎功能,分值范围 0~100 分,分值越低表示腰椎功能越好];⑦两组患者术后 12 个月腰椎功能优良率、植骨融合率[参照 Nakai 标准判定腰椎功能优良率,优为腰痛症状消失,工作生活恢复正常;良为腰痛症状消失或有明显减轻,劳累后有腰痛,但不影响工作;差为腰痛无明显改善。优良率=(优+良)/总例数×100%<sup>[12]</sup>。腰椎侧位 X 线片判定植骨融合情况,融合节段周边有连续骨桥连接或植骨间隙有连续骨小梁通过,且无内固定物松动、植骨块移位等,则可判定为植骨融合<sup>[13]</sup>。影像学结果由 3 位高资历的影像科医生在设盲条件下进行“背靠背”测量后得出];⑧两组患者术后并发症发生率,包括切口感染、脑脊液漏、切口出血、螺钉松动。

**1.4 统计学方法** 所有数据采用 SPSS 22.0 软件进行统计学处理,计数资料用例数(百分比)[ $n(\%)$ ]表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。分别采用 Bartlett 检验与 Kolmogorov-Smirnov 检验确认计量资料的方差齐性和正态性,用均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间

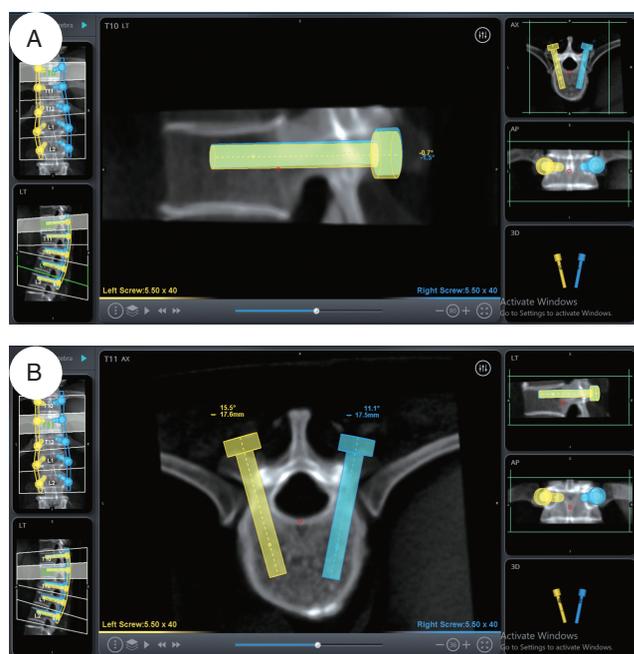


图 1 3D 打印术前规划

Figure 1 3D printing for preoperative planning

注: A. 术前计算机模拟椎弓根螺钉置入的侧面图; B. 术前计算机模拟椎弓根螺钉置入的平面图

比较和组内比较分别采用独立样本 *t* 检验和配对样本 *t* 检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 手术情况和住院时间比较** 相较于对照组，研究组手术时间、术中出血量和住院时间明显下降 ( $P < 0.05$ )，而置钉准确率显著升高 ( $P < 0.05$ )，见表 2。

**2.2 3D 打印模拟与实际操作中的影像学指标差异** 应用 3D 打印技术在术前模拟的伤椎高度、伤椎前缘压缩比、Cobb 角和术前实际操作中的数据相比，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

**2.3 影像学复位情况比较** 两组患者术前影像学指标差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )；相较于术前，两组患者术后即刻伤椎高度明显升高 ( $P < 0.05$ )，而伤椎前缘高度压缩比、Cobb 角显著下降 ( $P < 0.05$ )，且研究组患者的改善情况明显优于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 3。典型病例手术后 X 线图像如图 2~3。

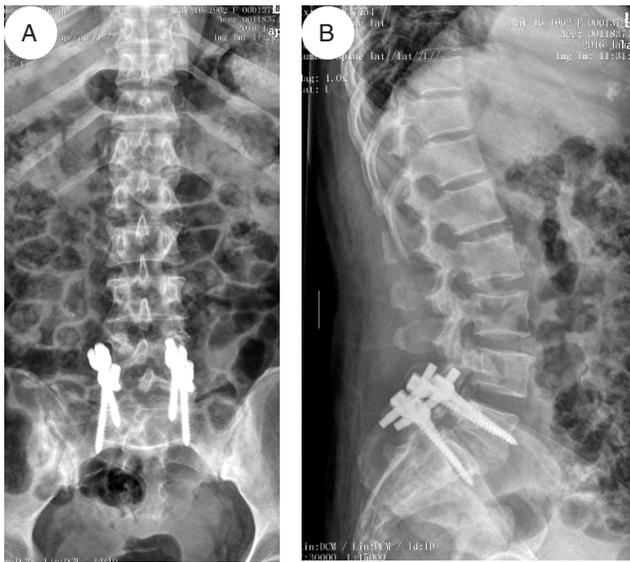


图 2 研究组患者手术后 X 线图像

Figure 2 X-ray images of patients in the study group after surgery

注：A. 术后即刻正位；B. 术后即刻侧位

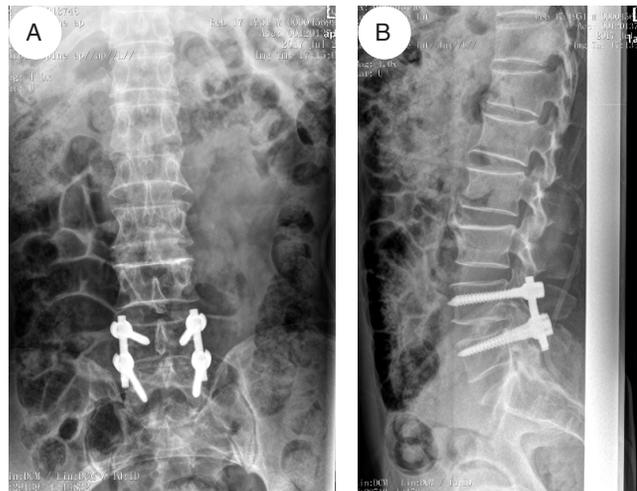


图 3 对照组患者手术后 X 线图像

Figure 3 X-ray images of patients in the control group after surgery

注：A. 术后即刻正位；B. 术后即刻侧位

**2.4 炎性 - 应激因子比较** 两组患者术后的炎症因子均升高，但是研究组患者各时间点的升高趋势均明显低于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表 4。

**2.5 疼痛程度及腰椎功能比较** 术前、术后 6 个月、12 个月，两组患者 VAS、ODI 评分差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )；两组患者术后各时间点 VAS、ODI 评分均较术前降低，且研究组术后 1 个月疼痛程度、腰椎功能改善情况优于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表 5。

**2.6 腰椎功能优良率及植骨融合率比较** 两组术后 12 个月腰椎功能优良率、植骨融合率比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，见表 6。

**2.7 术后并发症比较** 两组患者术后并发症发生率比较，差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，见表 7。

## 3 讨论

腰椎不稳症的发病机制与腰椎退变、创伤等有关，是引起慢性腰痛的常见原因<sup>[14]</sup>。椎弓根螺钉双皮质固定能够有效提高腰椎不稳症患者的临床疗效，但椎弓根螺钉双皮质固定的手术操作一般于 X

表 2 两组患者手术情况和住院时间比较 [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ]

Table 2 Comparison of operative conditions and length of hospital stay between the two groups of patients [ $\bar{x} \pm s, n(\%)$ ]

组别	手术时间 (h)	术中出血量 (mL)	置钉准确率	住院时间 (d)
研究组 (n=48)	2.84 ± 0.35	305.47 ± 19.61	48 (100.00)	18.69 ± 2.84
对照组 (n=48)	3.06 ± 0.39	326.17 ± 20.58	42 (87.50)	20.73 ± 3.15
<i>t</i> / $\chi^2$ 值	2.909	5.045	4.444	3.332
<i>P</i> 值	0.005	<0.001	0.035	0.001

表 3 两组患者影像学复位情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Table 3 Comparison of imaging reduction between the two groups of patients ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	伤椎高度 (mm)		伤椎前缘高度压缩比 (%)		Cobb 角 (°)	
	术前	术后即刻	术前	术后即刻	术前	术后即刻
研究组 (n=48)	16.47 ± 2.16	22.57 ± 2.23 <sup>a</sup>	17.30 ± 2.29	12.43 ± 1.92 <sup>a</sup>	22.13 ± 3.17	12.54 ± 2.20 <sup>a</sup>
对照组 (n=48)	16.72 ± 2.25	21.08 ± 2.30 <sup>a</sup>	16.86 ± 2.45	13.21 ± 1.85 <sup>a</sup>	21.86 ± 3.05	14.17 ± 2.43 <sup>a</sup>
t 值	0.555	3.222	0.909	2.027	0.425	3.445
P 值	0.580	0.002	0.366	0.046	0.672	0.001

注：与同组术前比较，<sup>a</sup>P<0.05表 4 两组患者炎性-应激因子比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Table 4 Comparison of inflammatory-stress factors between the two groups of patients ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	TNF-α (pg/mL)			CRP (mg/L)			SP (pmol/L)			PGE2 (μg/mL)		
	术后 1 d	术后 3 d	术后 7 d	术后 1 d	术后 3 d	术后 7 d	术后 1 d	术后 3 d	术后 7 d	术后 1 d	术后 3 d	术后 7 d
研究组 (n=48)	13.13 ± 1.34	7.98 ± 0.56	2.86 ± 0.21	3.81 ± 0.06	2.23 ± 0.11	1.08 ± 0.05	3.52 ± 0.42	2.40 ± 0.14	0.90 ± 0.07	33.24 ± 5.11	21.14 ± 2.55	6.47 ± 0.45
对照组 (n=48)	16.66 ± 1.84	11.20 ± 0.77	6.56 ± 0.55	4.87 ± 0.14	3.32 ± 0.09	2.59 ± 0.24	5.01 ± 0.52	3.69 ± 0.30	2.18 ± 0.16	44.58 ± 5.73	30.40 ± 2.88	13.32 ± 0.89
t 值	10.744	23.431	43.542	48.215	53.134	42.674	15.444	26.996	50.779	10.233	16.678	47.587
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表 5 两组患者疼痛程度及腰椎功能比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Table 5 Comparison of pain degree and lumbar function between the two groups of patients ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	组别	术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
VAS 评分	研究组 (n=48)	7.12 ± 0.74	3.38 ± 0.42 <sup>a</sup>	2.31 ± 0.36 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.27 <sup>a</sup>
	对照组 (n=48)	6.95 ± 0.71	3.71 ± 0.45 <sup>a</sup>	2.42 ± 0.40 <sup>a</sup>	0.92 ± 0.31 <sup>a</sup>
	t 值	1.149	3.714	1.416	1.011
	P 值	0.254	<0.001	0.160	0.315
ODI 评分	研究组 (n=48)	65.73 ± 8.31	42.65 ± 5.39 <sup>a</sup>	30.08 ± 4.46 <sup>a</sup>	24.51 ± 3.21 <sup>a</sup>
	对照组 (n=48)	64.91 ± 8.07	45.17 ± 5.62 <sup>a</sup>	31.26 ± 4.74 <sup>a</sup>	25.46 ± 3.09 <sup>a</sup>
	t 值	0.490	2.242	1.256	1.477
	P 值	0.625	0.027	0.212	0.143

注：与同组术前比较，<sup>a</sup>P<0.05

表 6 两组患者腰椎功能优良率及植骨融合率比较 [n (%) ]

Table 6 Comparison of good and excellent rate of lumbar function and bone graft fusion rate between the two groups of patients [n (%) ]

组别	优	良	差	优良率	植骨融合率
研究组 (n=48)	29 (60.42)	18 (37.50)	1 (2.08)	47 (97.92)	48 (100.00)
对照组 (n=48)	25 (52.08)	20 (41.67)	3 (6.25)	45 (93.75)	48 (100.00)
χ <sup>2</sup> 值				0.261	—
P 值				0.610	1.000

注：“—”表示采用确切概率法检验，无χ<sup>2</sup>值

表 7 两组患者术后并发症比较 [n (%) ]

Table 7 Comparison of postoperative complications between the two groups of patients [n (%) ]

组别	切口感染	脑脊液漏	切口出血	螺钉松动	总发生率
研究组 (n=48)	1 (2.08)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (2.08)
对照组 (n=48)	1 (2.08)	1 (2.08)	2 (4.17)	1 (2.08)	5 (10.42)
χ <sup>2</sup> 值					0.416
P 值					0.519

线辅助下完成,椎旁肌剥离范围广、手术创伤大,不利于患者术后康复。

3D 打印是一种新兴的手术辅助技术,该技术将临床医生对骨科疾病的观察从二维层面提升至三维空间,已在跟骨骨折、骨质疏松性椎体压缩性骨折手术中得到良好应用<sup>[15-16]</sup>。目前,3D 打印技术在腰椎不稳症手术中也得到了初步应用。梁浩辉等人<sup>[17]</sup>开展的一项队列研究纳入了 48 例腰椎不稳症患者,通过对比分析发现,与 X 线辅助手术相比,采用 CT 结合计算机辅助设计联合 3D 打印能明显提高置钉准确率,有效改善患者腰椎活动度。3D 打印技术模拟的伤椎高度、伤椎前缘压缩比、Cobb 角与实际术前的数值差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ),表明在术前对椎体模型进行打印,对实际情况模拟程度较高。本研究将 3D 打印技术应用于腰椎不稳症合并骨质疏松患者的椎弓根螺钉双皮质固定术中,结果显示,3D 打印技术也能明显改善腰椎不稳症合并骨质疏松患者伤椎高度、伤椎前缘高度压缩比、Cobb 角的复位情况,提高置钉准确率,与上述研究结果相近。本研究还发现,手术中应用 3D 打印技术后,可以明显改善术中相关指标,缩短术后住院时间。说明 3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定能提高手术效率,减少创伤,加速康复进程,更有效地改善病椎的生理结构。分析其原因在于,术前通过 3D 打印技术获得胸腰椎部位的三维模型实体,医生可对椎管、小关节解剖及病变情况进行更精确、立体、直观的评估,据此可制订更精准的手术规划,且使手术规划更加个体化,有助于预知术中情况<sup>[18-19]</sup>;且在三维模型实体上进行术前练习,能达到精准穿刺、磨除的效果,不仅能最大程度地保证脊柱的完整性及稳定性,还能尽量减少神经根损伤、硬膜破裂,从而促进患者术后康复<sup>[20]</sup>。

然而,手术创伤作为一种强烈的应激源,不可避免会引起炎症反应、应激反应<sup>[21]</sup>。本研究发现,腰椎不稳症合并骨质疏松患者术后血清 CRP、TNF- $\alpha$ 、SP、PGE2 水平明显高于术前,而 3D 打印技术的应用可明显降低上述指标水平。CRP、TNF- $\alpha$  是临床常见炎症因子,CRP 是一种急性时相蛋白,机体发生炎症时其水平迅速升高;TNF- $\alpha$  主要由激活的单核巨噬细胞分泌,参与杀伤靶细胞和加速

细胞凋亡的进程,从而激活局部炎症反应和内皮细胞<sup>[22-23]</sup>。SP、PGE2 属于应激指标,其中 SP 通过多种途径上调谷氨酸等的释放量而传递痛觉,PGE2 能促进炎症细胞的局部浸润,二者水平的升高均提示手术应激程度加重<sup>[24-25]</sup>。由此可见,3D 打印技术有助于降低手术引起的炎症、应激反应,这与其能明显减轻手术创伤有关,或许也能降低术后并发症的发生率。但本研究结果显示,3D 打印结合椎弓根螺钉双皮质固定治疗的术后并发症发生率虽低于 X 线辅助下手术治疗,但差异无统计学意义,出现这种结果的原因可能是由于样本量较少,未来的研究中还需要加大样本量来进一步验证。此外,本研究结果中,椎弓根螺钉双皮质固定过程中应用 3D 打印技术大幅改善了腰椎不稳症合并骨质疏松患者术后 1 个月的疼痛程度和腰椎功能,但两种手术方法术后 6 个月、12 个月 VAS、ODI 评分相近,且术后 12 个月均获得了较高的腰椎功能优良率及植骨融合率,说明椎弓根螺钉双皮质固定治疗腰椎不稳症合并骨质疏松可获得良好的远期疗效,而 3D 打印技术的应用在改善术后近期疗效方面具有明显优势。

综上所述,椎弓根螺钉双皮质固定是治疗腰椎不稳症合并骨质疏松患者的有效方法,能获得良好的远期效果,其联合应用 3D 打印结合技术有助于减轻手术创伤引起的炎症、应激反应,促进患者术后康复,改善术后近期疗效,值得临床推广应用。但本研究样本量较少,可能会对研究结果造成影响,后续会继续增加样本量,进一步验证本结论的可靠性。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** 张史飞负责实际操作,文章撰写;温千军、袁浩彬负责数据采集,统计分析;周植森、陈坚、陈榕生、孙俊辉、郑帅负责数据收集。

## 参考文献

- [1] Park S H, Lee M M. Effects of a progressive stabilization exercise program using respiratory resistance for patients with lumbar instability: a randomized controlled trial[J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25(1): 1740-1748.
- [2] 孙凤龙,梁庆晨,王宏庆,等. 脊柱内镜下经椎间孔腰椎椎间融合术治疗腰椎间盘突出症伴腰椎不稳的早期临床研究[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2019, 12(10): 754-760.
- [3] WANG Q D, GUO L X. Biomechanical role of osteoporosis in the vibration characteristics of human spine after lumbar interbody fusion[J]. *Int J Numer Method Biomed Eng*, 2020, 36(12): e3402.
- [4] 张史飞,任绍东,屠永刚,等. 椎弓根螺钉双皮质固定治疗合并骨质疏松的腰椎不稳症[J]. *中医正骨*, 2017, 29(9): 73-76.

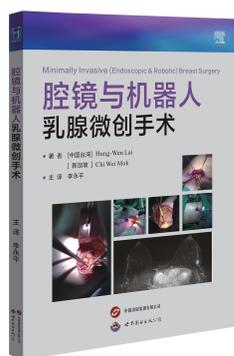
- [5] Zamborsky R, Kilian M, Jacko P, et al. Perspectives of 3D printing technology in orthopaedic surgery[J]. Bratisl Lek Listy, 2019, 120(7): 498-504.
- [6] 房亚峰, 崔国峰, 魏戎. 3D 打印辅助跗骨窦微创切口复位内固定治疗跟骨骨折的效果 [J]. 河南医学研究, 2019, 28(17): 3120-3121.
- [7] Bronheim R S, Caridi J M, Steinberger J, et al. American Society of Anesthesiologists' Status Association with cost and length of stay in lumbar laminectomy and fusion: results from an institutional database[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45(5): 333-338.
- [8] 《中国定量 CT(QCT) 骨质疏松症诊断指南》工作组, 程晓光, 王亮, 等. 中国定量 CT(QCT) 骨质疏松症诊断指南 (2018)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2019, 25(6): 733-737.
- [9] 中华医学会, 中华医学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 原发性骨质疏松症基层诊疗指南 (实践版·2019)[J]. 中华全科医师杂志, 2020, 19(4): 316-323.
- [10] Chiarotto A, Maxwell L J, Ostelo R W, et al. Measurement properties of visual analogue scale, numeric rating scale, and pain severity subscale of the brief pain inventory in patients with low back pain: a systematic review[J]. J Pain, 2019, 20(3): 245-263.
- [11] 陈亦豪, 徐仲煌, 张娇, 等. 经椎体强化联合局部神经阻滞治疗椎体压缩骨折远处疼痛的效果 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2019, 12(3): 233-239.
- [12] 李锐, 张仁赞, 刘正蓬, 等. 3D 打印技术辅助 TESSYS 减压术治疗腰椎管狭窄的疗效分析 [J]. 局解手术学杂志, 2021, 30(5): 395-399.
- [13] 李颖, 谢兆林, 江建中, 等. 极外侧入路腰椎间融合术联合经椎弓根钉内固定治疗退行性腰椎不稳的疗效观察 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(3): 275-277.
- [14] Iii W S, Orias A A E, Shifflett G D, et al. Image-based markers predict dynamic instability in lumbar degenerative spondylolisthesis[J]. Neurospine, 2020, 17(1): 221-227.
- [15] 黄国伟, 沈杰, 韦山, 等. 3D 打印技术辅助跗骨窦入路治疗跟骨关节内骨折的疗效分析 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2020, 13(9): 767-771.
- [16] 陆建华, 陈维凯, 罗宗平, 等. 数字骨科 3D 打印技术辅助经皮椎体后凸成形术治疗 OVCF 的临床效果 [J]. 江苏医药, 2019, 45(7): 684-688.
- [17] 梁浩辉, 张史飞, 任绍东, 等. CT 结合计算机辅助设计联合 3D 打印在腰椎不稳症患者椎弓根螺钉双皮质固定术中的应用 [J]. 中外医学研究, 2021, 19(3): 21-23.
- [18] ZHUANG Y D, ZHOU M C, LIU S C, et al. Effectiveness of personalized 3D printed models for patient education in degenerative lumbar disease[J]. Patient Educ Couns, 2019, 102(10): 1875-1881.
- [19] 黄勇兄, 郑晓青, 庄见雄, 等. 3D 打印技术在经皮椎间孔镜手术治疗腰椎管狭窄症中的应用 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(1): 89-91.
- [20] 王敏, 赵庆豪, 苏志海, 等. 基于 CT/MRI 融合建立的 Kambin 三角三维模型与标本测量的对比研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(1): 67-73.
- [21] 崔威, 梁英林, 潘建宏. MIS-TLIF 单侧与双侧椎弓根钉内固定治疗腰椎间盘突出症合并腰椎不稳的疗效比较 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2021, 36(9): 909-912.
- [22] Jalali M, Ranjbar T, Mosallanezhad Z, et al. Effect of propolis intake on serum C-reactive protein (CRP) and tumor necrosis factor-alpha (TNF- $\alpha$ ) levels in adults: a systematic review and Meta-Analysis of clinical trials[J]. Complement Ther Med, 2020, 50(1): 102380.
- [23] 刘维曦, 刘刚, 闫鹏磊, 等. 单侧双通道内镜技术治疗腰椎退变疾病的近期疗效 [J]. 江苏医药, 2021, 47(8): 822-825.
- [24] 何勤威, 孙付国, 曾义, 等. 地佐辛配合罗哌卡因浸润麻醉对胸腹腔镜联合食道癌根治术治疗老年患者术后免疫应激反应及血清 DA、SP、PGE2 表达的影响 [J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(9): 2156-2161.
- [25] 石武帝, 柯雯芸. 关节镜下经皮微创钢板内固定术与切开复位内固定术对胫骨平台骨折患者膝关节活动度、疼痛应激和炎症因子的影响比较 [J]. 创伤外科杂志, 2019, 21(3): 201-205.

收稿日期：2023-11-30

编辑：刘静凯

## 《腔镜与机器人乳腺微创手术》购书信息

《腔镜与机器人乳腺微创手术》一书由上海复旦大学附属浦东医院乳甲整形外科李永平教授精心主译，其原著由乳腺外科领域的权威专家 Hung-Wen Lai 教授与 Chi Wei Mok 教授联合编写。本书汇聚了 27 例精选病案及 532 幅高清手术图片，通过病例讨论等简单易懂的方式生动地展示了腔镜下保乳手术、乳房切除术、乳房重建术，以及机器人辅助下乳房切除术、乳房重建术等一系列乳腺微创技术。此次推出的中文版为乳腺、整形外科医生提供了一份详尽而全面的手术操作指南。书中深入剖析了各类乳腺微创手术的技术要点与操作规范，有助于临床医生精准预判潜在风险并制定相应预案。本书不仅适合乳腺、整形外科专业人士阅读，同时也为相关学科的医生和医学生提供了宝贵的学习资源。



订阅电话：029-87286478      QQ：2713004807

本刊编辑部