

# 经皮脊柱内镜下可视化置钉在 Endo-LIF 椎弓根螺钉置钉中的应用价值<sup>\*</sup>

李枫 刘德敏 侯伟光

(西南医科大学附属成都三六三医院骨科, 四川成都 610041)

**【摘要】** 目的 研究经皮内镜下可视化置钉在经皮内镜下后路腰椎融合术(Endo-PLIF)椎弓根螺钉置钉中的应用价值。方法 纳入 2020 年 10 月—2021 年 4 月我院有腰椎融合手术指征的腰椎间盘突出性腰痛、腰椎管狭窄症伴腰椎不稳、腰椎间盘突出伴腰椎不稳、腰椎滑脱症(Meyerding 分级 I、II)患者共 50 例。50 例患者随机分为甲、乙两组, 每组 25 例。甲组的手术方式为经皮内镜下后路腰椎融合术+经皮脊柱内镜下可视化椎弓根螺钉置钉, 乙组的手术方式为经皮内镜下后路腰椎融合术+传统 X 线透视下经皮椎弓根螺钉置钉。比较两组 X 线透视总次数、导丝置入时间、手术时间、术后住院时间; 采用 Gertzbein-Robbins 标准评价置钉优良率; 术前及术后 24 h VAS 评分和 ODI 指数、改良 Macnab 标准及术后并发症的发生率评价疗效。同时对经皮内镜下改进的置钉器械进行 3D 打印制造并验证其可行性、实用性。通过上述指标观察其医患 X 线辐射情况、微创性、置钉的优良率及手术效果。**结果** 全部患者均完成了手术和随访。甲组患者 X 线透视总次数、手术时间、导丝置入时间, 均少于乙组( $P < 0.05$ ), 两组术后住院时间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组术前、术后 24 h VAS、ODI 比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 但两组术后 24 h VAS、ODI 均较术前改善( $P < 0.05$ )。末次随访时, 两组患者改良 Macnab 标准的优良率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。甲组经皮内镜置钉优良率优于乙组( $P < 0.05$ )。两组患者术后并发症发生率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 经皮内镜下置钉能减少医患 X 线辐射次数, 降低医患辐射暴露风险, 且置钉的优良率较高; 同时, 3D 打印的经皮内镜下置钉器械具有可行性和实用性。

**【关键词】** 内镜; 微创; 腰椎融合术; 腰椎退行性疾病; 效率

**【中图分类号】** R687.3 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2023.08.014

## The application value of percutaneous endoscopic visualization of screw placement in endo-lif pedicle screw placement

LI Feng, LIU Demin, HOU Weiguang

(Department of Orthopedics, 363 Hospital Affiliated to Southwest Medical University, Chengdu 610041, China)

**【Abstract】 Objective** To explore application value of percutaneous endoscopic visualization of screw placement in percutaneous endoscopic posterior lumbar interbody fusion (Endo-PLIF) pedicle screw placement. **Methods** A total of 50 patients with lumbar discogenic low back pain, lumbar spinal stenosis with lumbar instability, lumbar disc herniation with lumbar instability, and Lumbar spondylolisthesis (Meyerding classification I and II) with indications for lumbar fusion surgery from October 2020 to April 2021 are selected. Fifty patients were randomly divided into the two groups, A and B, with 25 patients in each group. In group A, the procedure is Endo-PLIF+Visual pedicle screw placement under percutaneous spinal endoscopy, while in group B, the procedure is Endo-PLIF+traditional percutaneous pedicle screw placement. The total number of X-ray fluoroscopies, guide wire placement time, operation time, and postoperative hospital stay are compared between the two groups. The Gertzbein-Robbins criteria are used to evaluate the excellent rate of nail placement. The preoperative and 24-hour postoperative VAS score and ODI index, modified MacNab criteria and postop-

基金项目: 吴阶平医学基金会临床科研专项资助课题(320.6750.2021-6-7)

通讯作者: 侯伟光, 教授, 硕士研究生导师, E-mail: 1017296520@qq.com

引用本文: 李枫, 刘德敏, 侯伟光. 经皮脊柱内镜下可视化置钉在 Endo-LIF 椎弓根螺钉置钉中的应用价值[J]. 西部医学, 2023, 35(8): 1167-1172. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2023.08.014

erative complication rate to evaluate the efficacy. Besides, improved percutaneous endoscopic nail placement device is manufactured by 3D printing and research validates its feasibility and practicality. The above mentioned indexes were used to observe X-ray radiation for doctors and patients, minimally invasive nature, excellent rate of nail placement and surgical results. **Results** All patients complete the operation and follow-up visits. The total frequencies of fluoroscopy in A group is less than B group's ( $P < 0.05$ ). The pedicle wire insertion time and operation time in group A are less than those in group B ( $P < 0.05$ ). No significant differences are found in postoperative hospital stay in A group compared with B group ( $P > 0.05$ ). There is no significant difference in VAS and ODI between the two groups compared with each other before and 24 hours after surgery ( $P > 0.05$ ). However, VAS and ODI in both groups at 24-hour postoperatively are markedly ameliorated compared with those before surgery ( $P < 0.05$ ). At the final follow-up, there is no significant difference in the excellent rate of modified MacNab between the two groups ( $P > 0.05$ ). Comparing the two groups, the excellent rate of percutaneous endoscopic nail placement in A group is better than B group ( $P < 0.05$ ). The difference in the incidence of postoperative complications is not statistically significant ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Percutaneous endoscopic screw placement can reduce the number of X-ray and radiation exposure risk for doctors and patients, and the excellent rate of nail placement is relatively high. Meanwhile, the 3D-printed percutaneous endoscopic screw placement instruments have feasibility and practicality.

**【Key words】** Endoscopy; Minimally Invasive; Lumbar Interbody Fusion; Lumbar Degenerative Disease; Efficiency

近年来,随着微创技术的发展,经皮内镜微创腰椎减压融合术取得了良好的短期临床疗效。在椎间融合过程中,椎弓根往往需要经皮螺钉固定。目前,椎弓根螺钉置入的引导方法从传统的 X 线透视下经皮螺钉置入发展到现在的导航技术、机器人技术等精确螺钉置入。然而,在大多数医院,机器人和导航技术难以普及,依赖传统的 X 线透视下经皮螺钉置入仍占大多数,并且传统经皮置钉方式透视次数较多,辐射暴露量较大,对医师和患者的健康有较大影响。国内外诸多研究报道,辐射可损伤人体多个器官和组织,尤其是眼睛、甲状腺和性腺,在严重的情况下还会导致人类染色体变异,这也与多种肿瘤的发生有关<sup>[1-3]</sup>。椎弓根螺钉置入的靶点通常是横突中点与上关节突的交点或者人字嵴顶点。人字嵴的顶点因为骨质增生很难找到,所以横突中点法更可靠。基于此,本研究设想在经皮内镜下后路腰椎融合术(Endoscopic posterior lumbar interbody fusion, Endo-PLIF)中通过经皮内镜可视化找到横突中点与上关节突的交点,然后进行可视化置钉。同时,通过研究开发经皮内镜下相关置钉器械,并实现 3D 打印制造使内镜置钉具有可行性,旨在降低医患的辐射暴露风险,提高椎弓根螺钉置入的准确性,探讨临床外科治疗的应用价值。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入 2020 年 10 月—2021 年 4 月我院接受 Endo-PLIF 治疗的腰椎退行性疾病患者 50 例,随机分为甲、乙两组,每组 25 例。纳入标准:①腰椎间盘突出源性腰痛。②腰椎管狭窄症伴腰椎不稳。③腰椎间盘突出症伴腰椎不稳。④腰椎滑脱症(Meyer-

ding 分级 I、II)。⑤上述接受正规保守治疗无效或严重影响生活质量的患者。排除标准:①多节段腰椎退行性疾病。②合并严重脊柱畸形。③合并腰椎感染性疾病,如腰椎结核。④严重单节段腰椎滑脱(Meyerding 分级 III、IV、V)。⑤合并恶性肿瘤、慢性肺部疾病、凝血障碍、精神疾病等不能耐受手术的疾病。⑥既往同节段腰椎手术史。其中甲组的手术方式为经皮内镜下后路腰椎融合术+经皮脊柱内镜下可视化椎弓根螺钉置钉,乙组的手术方式为经皮内镜下后路腰椎融合术+传统 X 线透视下经皮椎弓根螺钉置钉。甲组男 15 例,女 10 例,年龄 50~71 岁,平均(60.24±5.90)岁;乙组男 18 例,女 7 例,年龄 52~68 岁,平均(58.92±4.78)岁。所有患者均由同一位主任医师完成手术。本研究获得西南医科大学附属成都三六三医院伦理委员会批准,所有患者充分知情并签署知情同意书。

1.2 手术方法 甲组手术方法为经皮内镜下可视化置入导丝+内镜下椎间融合+螺钉置入。麻醉:全麻插管。体位:腹部悬空,俯卧位。定位:使用 G 臂 X 射线仪,标识四个椎弓根在体表的投影。消毒、铺巾。导丝置入:根据标识,通过约 1 cm 切口,逐级置入扩张管,放置工作通道,放置内镜,在内镜下寻找上关节突的外缘,分离横突根部的软组织,暴露横突中点与上关节突的交点,用射频标记穿刺点,根据椎弓根的解剖角度,使用 3D 制作的长柄开路锥在内镜的直视下开路,探针探查后置入导丝。依次进行相同操作,对其余三个椎弓根进行导丝置入。最后 X 线透视相关位置准确性,不准确者进行相关调整。减压融合:融合进针点在同侧上下椎弓根连线棘突旁开 0.5 cm,

作长约 1 cm 纵向切口,逐级扩张,放入通道管,置入内镜到达关节突,找到上下关节突缝隙,分离、暴露软组织,找到下关节突尖部,利用环锯(椎板咬骨钳)去除下关节突尖部、部分体部,暴露上关节突,根据需要去除部分关节突扩大侧椎管,若有减压需要,去除椎板直至对侧。暴露黄韧带,咬除部分黄韧带,暴露神经根和硬膜囊,使暴露区域大于植入 Cage 区域(以上操作去除的骨组织作植骨备用),利用通道舌状面保护行走神经根与硬膜囊,利用铰刀、髓核钳、刮匙处理椎间隙,最后检查终板处理情况,待椎间隙处理完毕后,用自体骨颗粒或人工骨填充椎间隙,更换大通道,将 Cage 置入椎间隙内。置钉:选择合适的椎弓根螺钉依次通过导丝引导下进行椎弓根螺钉固定,安装内固定棒,透视位置满意后进行切口冲洗、缝合,放置引流条和纱布包扎。术后管理:给予常规护理和对症处理,引流 12~24 h,患者术后早期使用腰围或腰部支具下床活动。乙组手术方法同传统方法一致(传统 X 线透视下置入导丝+内镜下椎间融合+螺钉置入)。

1.3 观察指标 记录各项指标:X 线透视总次数、导丝置入时间、手术时间及术后住院时间;术前及术后 24 h 采用视觉模拟量表(VAS)<sup>[4]</sup>和 Oswestry 残疾指数(ODI)<sup>[5]</sup>评价疗效;采用改良 Macnab<sup>[6]</sup>标准评价末次随访疗效,优良率:(优+良)/总数×100%;采用 Gertzbein-Robbins 标准<sup>[7]</sup>评价置钉优良率,优良率:(A+B)/总数×100%;术后并发症及其他情况;同时观察验证 3D 打印的内镜下置钉器械的可行性、实用性。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 24.0 软件分析本次研究结果所得到的数据资料,计量资料采用( $\bar{x} \pm s$ )表示,数据若满足正态分布,组间采用独立  $t$  检验,反之采用非参数检验;组内采用配对  $t$  检验;计数资料采用  $\chi^2$  检验;等级资料采用秩和检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组基线资料对比 两组患者性别、年龄、病程、手术节段、疾病类型及随访时间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

2.2 两组手术资料指标及术后相关指标对比 甲组较乙组的导丝置入时间、手术时间短( $P < 0.05$ );甲组 X 线透视总次数少于乙组( $P < 0.05$ );两组术后住院时间相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 2。

2.3 两组疗效指标对比 两组患者术前、术后 24 h VAS、ODI 相比,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );但是两组术后 24 h VAS、ODI 均较术前明显改善( $P < 0.05$ )。见表 3。末次随访时,采用改良 MacNab 标

表 1 两组患者基线资料对比 [ $n, (\bar{x} \pm s)$ ]

Table 1 Demographics and various baseline data comparison of the two groups

项目	甲组( $n=25$ )	乙组( $n=25$ )	$t/z/\chi^2$	$P$
男/女	15/10	18/7	0.802	0.370
年龄(岁)	60.24±5.90	58.92±4.78	0.870	0.389
病程(月)	39.56±20.83	40.96±21.30	0.235	0.815
手术节段				
L3-L4	6	5	0.117	0.733
L4-L5	19	20		
疾病类型			1.588	0.662
腰椎间盘突出性腰痛	3	1		
腰椎管狭窄症伴腰椎不稳	7	10		
腰椎间盘突出症伴腰椎不稳	9	8		
腰椎滑脱症	6	6		
随访时间(月)	5.44±1.50	5.64±1.89	0.109	0.913

表 2 两组患者手术时间、导丝置入时间、X 线透视总次数及术后住院时间对比 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of operation time, guide wire placement time, total number of X-ray fluoroscopies and postoperative hospital stay in the two groups

项目	甲组( $n=25$ )	乙组( $n=25$ )	$t/z$	$P$
手术时间(min)	169.20±11.79	176.40±11.23	2.211	0.032
导丝置入时间(min)	38.68±7.85	45.48±10.54	2.588	0.013
X 线透视总次数(次)	8.76±2.01	20.64±4.28	5.908	<0.001
术后住院时间(d)	4.60±1.35	5.00±1.08	1.257	0.209

准,两组疗效的优良率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 4。

表 3 两组 VAS 评分和 ODI 指数对比 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

Table 3 Comparison of VAS scores and ODI indices between the two groups

项目	术前	术后 24 h	$t$	$P$
VAS				
甲组	7.56±0.82 <sup>①</sup>	4.28±0.94 <sup>②</sup>	13.201	<0.001
乙组	7.52±0.59 <sup>①</sup>	4.56±1.08 <sup>②</sup>	13.473	<0.001
ODI				
甲组	51.04±4.09 <sup>②</sup>	37.96±3.59 <sup>④</sup>	34.185	<0.001
乙组	51.36±5.56 <sup>②</sup>	38.64±5.28 <sup>④</sup>	26.052	<0.001

注:①两组术前 VAS 相比, $z=0.235, P=0.815$ ;②两组术前 ODI 相比, $t=0.232, P=0.818$ ;③两组术后 VAS 相比, $z=0.960, P=0.337$ ;④两组术后 ODI 相比, $t=0.532, P=0.597$ 。

表 4 两组患者末次随访改良 Macnab 标准的优良率对比

Table 4 Comparison of improved Macnab for the last follow-up of the two groups

级别	$n$	优	良	可	差	优良率( $\times 10^{-2}$ )
甲组	25	19	5	1	0	96
乙组	25	17	6	2	0	92
$P$						0.505

2.4 两组患者椎弓根螺钉 Gertzbein-Robbins 分级置钉优良率比较 两组患者共置入 200 枚椎弓根螺钉,通过术后 CT 复查,结果显示,甲组内镜 Gertzbein-

Robbins 分级置钉的优良率优于乙组经皮置钉 ( $P < 0.05$ ), 见表 5。

表 5 两组患者椎弓根螺钉 Gertzbein-Robbins 分级置钉优良率比较

Table 5 Gertzbein-Robbins grades of vertebral arch screws in the two groups

组别	n	A		B		C		D		E		优良率 ( $\times 10^{-2}$ )
		(内/外)	(内/外)	(内/外)	(内/外)	(内/外)	(内/外)	(内/外)	(内/外)			
甲组	25	86(0/0)	9(1/8)	5(1/4)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	95	
乙组	25	75(0/0)	9(3/6)	14(2/12)	2(0/2)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	0(0/0)	84	
P											0.032	

注: 内指螺钉穿破椎弓根内侧缘; 外指螺钉穿破椎弓根或椎体外侧缘。

### 2.5 两组术后并发症发生率对比 两组患者术后并

发症发生率相比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 6。

表 6 两组患者术后随访并发症对比

Table 6 Comparison of postoperative follow-up complications in the two groups

组别	n	有无并发症		发生率( $\times 10^{-2}$ )
		无	有	
甲组	25	24	1	4.00
乙组	25	25	0	0.00
P				0.312

### 2.6 3D 打印的内镜置钉器械 3D 打印的内镜置钉器械见图 1。

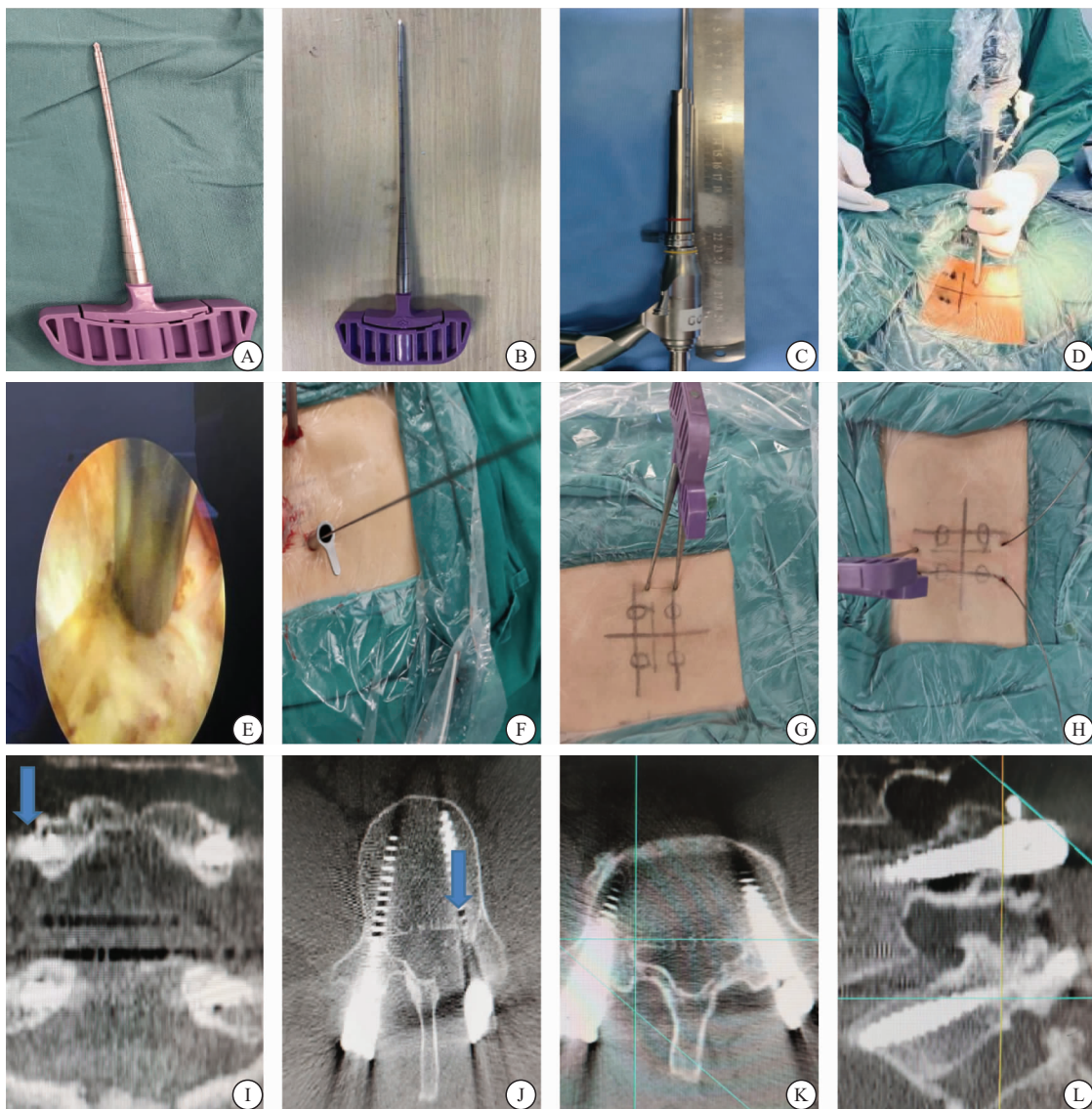


图 1 3D 打印的内镜置钉器械

Figure 1 3D printed endoscopic nail placement instrument

注: A. 传统经皮开路锥; B. 3D 打印开路锥; C. 3D 打印开路锥与内镜通道组合图; D. 内镜置入确认穿刺点(横突中点与上关节突外侧缘的交点); E 和 F 为内镜可视下开路锥开路, 置入导丝; G 和 H 为传统 X 线透视下经皮置钉过程; I 和 L 为术后 CT 显示椎弓根螺钉在椎弓根的位置; 蓝色箭头标记为椎弓根螺钉穿透骨皮质。

### 3 讨论

经皮内镜腰椎融合技术自 2012 年问世以来,以创伤小、出血少、康复快,疗效与开放手术相似等优点,发展迅速<sup>[8-11]</sup>。目前,在大多数医院中置钉技术仍然是 X 线透视下置钉,在置钉手术过程中必须依靠 C 臂或 G 臂进行定位、穿刺,对于未熟练掌握该技术的术者来说就需要多次透视定位,有时透视次数高达数十次增加了医患辐射暴露风险,延长了手术总时间。相关研究表明<sup>[1-2]</sup>,长期或长期间歇连续接受多次辐射可直接影响机体自身免疫系统的防御免疫功能,直接抑制机体的非特异性自身免疫和特异性自身免疫功能,使人体的晶状体、性腺、甲状腺等多个脏器功能受到免疫损伤,危害人体健康。国际辐射防护委员会(ICRP)研究报告在长时间连续接受射线辐射后,发生实体肿瘤的相对死亡风险大约是一般健康人的 1.6 倍<sup>[3]</sup>。根据国外文献报道<sup>[12]</sup>,长时间暴露于辐射后医务人员癌症发生率是 29%,其中 85% 甲状腺癌被认为与辐射暴露有关。ICRP 明确规定,最大允许辐射暴露年剂量为 20 mSv<sup>[13]</sup>;但是研究报道<sup>[14]</sup>,需要手术的骨科患者,尤其是创伤骨科患者,在住院期间平均的辐射暴露剂量在 30mSv,大幅度超过 ICRP 建议的一年允许最大剂量,说明了进行骨科手术时射线防护的必要性。Kim<sup>[15]</sup>研究表明 Endo-LIF 会增加术中 X 线暴露时间,使医患接受更多的术中 X 射线照射,并且接受内镜手术的患者比接受开放手术的患者多 2.4 倍的辐射暴露量。传统制造技术的特点为制造精度有限、强度控制较难、单一制作加工时间长<sup>[16]</sup>;而 3D 打印技术可以解决上述传统制作技术的问题,同时通过多种合金的混合技术,增加了开路锥及探针的韧性和强度,其制作时间较短、成本较低,打印的工具精度较高<sup>[17-18]</sup>。本实验中,我们所需的开路锥的满足条件为强度、精度、光洁度高、韧性好。因此,本研究选择 3D 打印技术来制作上述所需工具,实现了工具制作的个性化,并且通过临床应用证明了其具有可行性及实用性,所制作的工具可以反复利用,成本较低。

传统的置钉技术对于进针点的确定并不是非常困难,但经皮微创置钉学习曲线较高,为了确保手术安全和置钉的准确性,实际手术过程中需要在 X 线透视下频繁地调整进针点及方向,增加了辐射透视次数和医患的辐射暴露量<sup>[19-20]</sup>。对于操作熟练的内镜医师而言,在内镜可视化下置钉可以较快地寻找到进针点和较准确地判断进针方向,从而减少了 X 线透视次数。本研究结果也证实了在内镜下置钉可以明显减少 X 线透视的曝光次数和缩短手术的操作时间。并且在本研究,利用 G 臂进行术中透视,并不会因内

镜的放置而影响透视过程,是因为 G 臂上行高度高于操作时内镜放置的高度,且 G 臂可以同时正、侧位的透视。本研究改良了现有的置钉工具,其设计理念和基本原理为设计与内镜相匹配的开路锥(长度与直径)及长度适宜的探针,能够在通道下可视化顺利穿刺并辅助确认穿刺点。

本研究具体结果显示,甲组导丝置入时间、手术时间均短于乙组( $P < 0.05$ );甲组 X 线透视总次数明显少于乙组( $P < 0.05$ )。虽然内镜下置钉需要置入四次内镜通道,但是减少了透视次数,相当于减少了透视所花时间(包括透视、机器摆放等),所以在导丝置入时间、手术时间上,甲组较乙组用时少。因此,在可视化置钉和经皮置钉之间,内镜下可视化置钉能减少手术过程中的辐射次数。通过术后复查 CT,甲组内镜置钉 Gertzbein-Robbins 分级置钉优良率优于乙组经皮置钉( $P < 0.05$ ),说明在可视化下较精准地寻找到穿刺点,能较好地保证置钉的优良率,并且椎弓根螺钉的精准置入有利于椎体获得坚强内固定,使脊柱稳定性更强,减少远期并发症<sup>[21-22]</sup>。但是在两组中有少量椎弓根螺钉偏移了有效位置,术后复查发现大部分偏移螺钉位于椎体或椎弓根外侧,分析其原因为本研究中大部分为老年患者,存在骨质疏松,其骨质量和强度降低,若第一次置钉位置不佳,进行多次调整时将会造成骨骼的把持力下降,根据“宁上勿下,宁外勿内”的置钉原则,为了使椎弓根螺钉达到有效的固定和提高手术安全,部分患者置入的螺钉存在突破椎弓根或椎体外侧骨皮质情况。而其中 7 枚椎弓根螺钉突破椎弓根内侧骨皮质,分析其原因为螺钉螺纹穿透骨皮质或因调整次数增加,使骨骼把持力下降导致安置钉棒后发生偏移,但术中神经监测未发现异常,术后患者未见神经刺激症状。

两组术后住院时间相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ );两组术前、术后 24 h VAS 评分和 ODI 指数比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但是两组术后 24 h VAS 评分、ODI 指数均较术前显著改善( $P < 0.05$ );两组末次随访改良 Macnab 标准的优良率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。综上结果提示,两种微创手术方式均具有良好的临床疗效。但两组末次随访时出现评价为“可”的患者,其原因可能受其标准的评价方式多为患者的主观描述,存在统计差异;同时部分患者年龄较大、病程时间较长、随访时间较短等,也是造成上述问题的原因之一。两组并发症发生率比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),分析原因可能为内镜下暴露横突穿刺点时利用射频消融处理周围软组织,其等离子效应可能对周围神经具有刺激作用,所以手

术过程当中分离横突软组织时应降低等离子能量标准。

上述结果说明,本研究有以下优势:①在置钉方式上实现了可视化置钉,减少了手术过程中 X 线透视次数,降低了医患的辐射暴露风险,对于开展这项技术的医院提供了新的选择。②在透视次数上因在可视化下置钉,能够较快、较准确地寻找到进针点及方向,无需多次透视验证进针点,在较大程度上减少了因“盲穿”所增加的辐射暴露量。③在时间上虽然内镜置钉需要耗时去安装内镜通道,但是传统经皮置钉技术透视次数较多,透视流程耗时较长,其手术时间较长。④在置钉的准确性上也得到提高。⑤临床效果良好。

#### 4 结论

经皮内镜下置钉能减少医患 X 线辐射次数,降低医患辐射暴露风险,且置钉的优良率较高;同时,3D 打印的经皮内镜下置钉器械具有可行性和实用性。

#### 【参考文献】

- [1] 谢加兵,徐祝军,丁国正,等. 移动式 C 型臂 X 射线机图像拼接在骨科手术中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(17): 3117-3123.
- [2] 刘占军. 探讨放射医学检查中射线防护的重要作用[J]. 世界最新医学信息文摘, 2016, 16(66): 172.
- [3] PIERCE D A, PRESTON D L. Radiation-related cancer risks at low doses among atomic bomb survivors[J]. Radiat Res, 2000, 154(2): 178-186.
- [4] 何二兴,刘成伟,尹知训,等. 后路椎间盘镜下单个可膨胀融合器固定融合术治疗腰椎退行性疾病的远期疗效分析[J]. 中国内镜杂志, 2014, 20(10): 1009-1013.
- [5] 赵智娴,唐敏,代群莉. 采用 ODI 评分系统指导腰椎术后患者个体化护理的效果观察[J]. 当代护士(中旬刊), 2019, 26(1): 41-44.
- [6] MACNAB I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1971, 53(5): 891-903.
- [7] 王成伟,侯克东. 骨科机器人辅助改良经椎间孔腰椎间融合术治疗退行性腰椎滑脱症的安全性及临床疗效观察[J]. 中国医刊, 2022, 57(2): 220-223.
- [8] OSMAN S G. Endoscopic transforaminal decompression, interbody fusion, and percutaneous pedicle screw implantation of the lumbar spine: A case series report[J]. Int J Spine Surg, 2012, 6: 157-166.
- [9] LEE S H, ERKEN H Y, BAE J. Percutaneous Transforaminal Endoscopic Lumbar Interbody Fusion: Clinical and Radiological Results of Mean 46-Month Follow-Up[J]. Biomed Res Int, 2017, 2017: 3731983. doi: 10.1155/2017/3731983.
- [10] WANG MY, GROSSMAN J. Endoscopic minimally invasive transforaminal interbody fusion without general anesthesia: initial clinical experience with 1-year follow-up[J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(2): E13. doi: 10.3171/2015.11.
- [11] 舒冬平,李绍刚,邓汉华,等. 微创通道经椎间孔椎间融合术与传统术式治疗单节段腰椎退行性疾病的疗效比较[J]. 临床和实验医学杂志, 2016, 15(12): 1195-1197.
- [12] 陈慧娟,李燕,张艳. 骨科手术间射线暴露和辐射防护研究进展[J]. 护理研究, 2019, 33(7): 1194-1197.
- [13] STANISZEWSKA M A, KUJAWSKI K, KOPEĆ R, et al. ERCP procedures as a source of radiation risk to a single gastroenterologist[J]. Med Pr, 2017, 68(6): 735-741.
- [14] 陈方平,袁洪,王安莉,等. 互联互通标准化测评对医院信息化的作用[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2014, 11(6): 588-592.
- [15] KIM C H, LEE C H, KIM K P. How High Are Radiation-related Risks in Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Compared With Traditional Open Surgery?: A Meta-analysis and Dose Estimates of Ionizing Radiation[J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(2): 52-59.
- [16] 赵圆圆,罗海超,梁紫鑫,等. 光聚合微纳 3D 打印技术的发展现状与趋势[J]. 中国激光, 2022, 49(10): 330-359.
- [17] 彭秋霖. 机械工件 3D 打印关键技术分析[J]. 机械管理开发, 2022, 37(04): 285-287, 290.
- [18] 董霞. 计算机辅助工业设计与 3D 打印技术初探[J]. 现代工业经济和信化, 2022, 12(04): 97-98.
- [19] 陈祥铠,郑丰裕. 经皮与开放两种手术方式治疗单节段胸腰椎骨折的疗效对比[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(6): 1022-1027.
- [20] KOUYOUMDJIAN P, GRAS-COMBE G, GRELAT M, et al. Surgeon's and patient's radiation exposure during percutaneous thoraco-lumbar pedicle screw fixation: A prospective multicenter study of 100 cases[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2018, 104(5): 597-602.
- [21] 黄帅豪,段琪飞,昌耘冰. O 型臂 X 线机与 C 型臂 X 线机引导经皮置钉在双通道内镜下减压椎间融合术中应用的对比研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2021, 31(8): 712-718.
- [22] 付松,邵诗泽,王龙强,等. 机器人经皮置钉 Quadrant 通道下减压、椎间融合治疗腰椎滑脱症[J]. 脊柱外科杂志, 2017, 15(1): 7-12.

(收稿日期: 2022-05-20; 修回日期: 2023-08-07; 编辑: 黎仕娟)