

·临床研究论著·

3D 导航引导与徒手椎板关节突螺钉置钉在单节段腰椎融合手术中的应用比较

李坤 陈志龙 余国庆 王晶 王航 刘丽 喻锋

【摘要】 目的 比较 3D 导航引导与徒手椎板关节突螺钉置钉在单节段腰椎融合手术中的疗效。
方法 纳入 2020 年 1 月至 10 月我院骨科收治的拟行单节段腰椎融合手术的病人 30 例,按参与研究的奇偶顺序分为两组,3D 导航组 15 例,行 3D 导航引导下椎板关节突螺钉置钉,徒手置钉组 15 例,行徒手椎板关节突螺钉置钉。统计两组病人的术中透视次数、操作时间、术中失血量及 24 h 引流量,拔除引流管后统计并对比两组的置钉准确性,分别于术后第 1、3、7 天测量两组的红细胞沉降率(ESR)及 C 反应蛋白(CRP)水平,同时对比两组的日本矫形外科协会(JOA)评分改善情况及椎间融合情况。**结果** 两组病人均顺利完成手术,未予以输血。3D 导航组的术中透视次数、手术时间、术中失血量及引流量分别为(2.43±0.25)次、(110.86±10.75) min、(150.45±23.46) mL、(83.87±10.63) mL,徒手置钉组分别为(6.52±1.21)次、(152.37±13.45) min、(213.68±34.68) mL、(156.84±15.67) mL,3D 导航组各项手术指标均优于徒手置钉组($P < 0.05$);3D 导航组的置钉准确性显著优于徒手置钉组(100% vs. 73.33%, $P < 0.05$);术后第 1、3、7 天时,3D 导航组的 ESR、CRP 均较徒手置钉组显著降低($P < 0.05$);末次随访时,3D 导航组的 JOA 改善率为 75.00%,稍高于徒手置钉组的 72.41%,但两组对比,差异无统计学意义($P > 0.05$)。随访期间,两组均达到良好椎间融合,无椎间融合期移位、螺钉断裂、松动或移位等情况出现。**结论** 3D 导航引导与徒手椎板关节突螺钉置钉均可有效改善单节段腰椎融合手术病人的 JOA 评分,但与徒手置钉相比,3D 导航引导下椎板关节突螺钉置钉可改善病人手术指标,提升置钉准确性,降低术后 ESR 和 CRP,可作为腰椎椎板关节突螺钉置钉的优先选择方案。

【关键词】 脊柱融合术;腰椎;外科手术,计算机辅助;对比研究

Comparative Study of 3D Navigation Guidance vs. Free Hand Lamina Articular Screw Placement in Single Level Lumbar Fusion. LI Kun, CHEN Zhi-long, YU Guo-qing, WANG Jing, WANG Hang, LIU Li, YU Feng. Department of Orthopaedics, Ezhou Central Hospital, Ezhou 436000, China

Corresponding author: YU Feng, E-mail: yufeng8108@163.com

【Abstract】 Objective To compare the effect of laminar process screw placement under the guidance of 3D navigation and free-hand laminar process screw placement. **Methods** From January to October 2020, 30 patients with single segment lumbar fusion were treated in Department of Orthopedics of our hospital. They were divided into two groups according to the parity order of the participants in the study. A total of 15 patients in the 3D navigation group received the placement of the lamina articular screw under the guidance of 3D navigation, and 15 patients in the free-hand group received the placement of the lamina articular screw by hand. The intraoperative fluoroscopy times, operation time, intraoperative blood loss, drainage volume and the accuracy of nail placement were recorded. The erythrocyte sedimentation rate (ESR) and C-reactive protein (CRP) were measured at 1, 3, and 7 days after surgery. At the same time, the improvement of the Japanese Orthopaedic Association (JOA) score was compared between the two groups. **Results** The operations of the two groups were successfully completed without blood transfusion and complications. The intraoperative fluoroscopy times, operation time, intraoperative blood loss and drainage volume in the 3D navigation group were 2.43 ± 0.25, (110.86 ± 10.75) min, (150.45 ± 23.46) mL, (83.87 ± 10.63) mL, and those in the free-hand nail group were 6.52 ± 1.21, (152.37 ± 13.45) min, (213.68 ± 34.68) mL, (156.84 ± 15.67) mL, respectively. All surgical indexes in 3D

DOI:10.3969/j.issn.1674-8573.2021.06.002

基金项目:湖北省卫生健康委员会科研项目(WJ2021F078)

作者单位:鄂州市中心医院骨科,湖北鄂州 436000

通信作者:喻锋, E-mail: yufeng8108@163.com

navigation group were better than those in free-hand nail group ($P < 0.05$). In the 3D navigation group, the screw position was better than the free-hand nailing group ($P < 0.05$). In the 3D navigation group, the ESR and CRP levels at 1, 3, and 7 days postoperatively were lower than the free-hand nail group ($P < 0.05$). In the 3D navigation group, the JOA improvement rate at the last follow-up was 75.00%, which was slightly higher than 72.41% in the free-hand nail group ($P > 0.05$). During the follow-up period, there was no dislocation during the intervertebral fusion, and no screw breakage, loosening or dislocation occurred in the two groups. **Conclusion** The 3D navigation-guided lamina process screw placement and freehand lamina process screw placement can effectively improve the JOA score of patients with single-segment lumbar fusion surgery, but the 3D navigation-guided lamina articular process screw placement can improve the patient's surgical indicators, increase the accuracy of the placement, and reduce the degree of postoperative ESR and CRP more significantly than the freehand lamina process screw placement. The 3D navigation-guided lamina articular process screw placement can be used as the first choice for lumbar facet screw placement.

【Key words】 Spinal fusion; Lumbar vertebrae; Surgery, computer-assisted; Comparative study

腰椎手术微创化治疗能为术后康复及手术疗效提供较大的帮助,一侧椎弓根螺钉技术结合对侧关节突关节螺钉固定技术能在不剥离对侧软组织的情况下实现双侧固定,对于无症状侧腰背肌肌群起到良好的保护作用,同时可以减少手术时间和术中出血量^[1-2]。但由于椎板关节突螺钉进针位置及角度要求严格,“C”型臂 X 线机辅助下的徒手置钉往往误差较大,不能兼顾正、侧位及斜位等多角度的准确性,且透视次数较多,存在手术时间长、辐射剂量大等弊端^[3]。而 3D 导航技术利用 3D 立体影像技术系统,在手术中为医生提供 3D 立体影像,为术者提供最佳的手术路径,大大提高置钉精确性,同时还具有辐射少等优势,近年来在脊柱外科手术中得到广泛的应用。

本文通过观察 3D 导航技术辅助椎板关节突螺钉置钉的准确性,并在手术指标、术后红细胞沉降率 (ESR) 及 C 反应蛋白 (CRP) 波动情况、神经功能改善情况等方面与徒手置钉的病人进行对比,分析 3D 导航技术辅助椎板关节突螺钉置钉的优点与不足,为腰椎手术的微创精准化治疗提供相应的临床参考。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①年龄为 45~65 岁;②根据病史、症状、体征及影像学资料确诊为 L_{4/5} 节段单侧症状的腰椎间盘突出或椎管狭窄病人;③愿意参与该研究者;④随访时间 > 6 个月。

排除标准:①严重骨质疏松病人,骨密度 T 值 < -4.5 SD;②影像学检查结果存在明显腰椎不稳表现者及存在腰椎椎弓峡部断裂者;③腰痛症状为主或双侧症状病人;④患有肿瘤、结核及解剖变异者;⑤

认知、精神障碍等无法配合研究者。

二、一般资料

将 2020 年 1 月至 10 月本院行单节段腰椎融合手术治疗的 30 例病人纳入研究,按参与研究的奇偶顺序分为术中 3D 导航组和徒手置钉组。3D 导航组 15 例,男 7 例,女 8 例,年龄为 (52.54±4.47) 岁,身体质量指数 (BMI) 为 (22.37±2.07) kg/m²;徒手置钉组 15 例,男 7 例,女 8 例,年龄为 (53.50±4.38) 岁, BMI 为 (22.29±1.99) kg/m²。两组病人性别、年龄、BMI、疾病类型与病变部位比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

此研究符合《赫尔辛基宣言》,病人及家属知情同意参与该临床研究,签署知情同意书。

三、手术方法

术前根据 CT、MRI 等影像学资料,测量好相关数据以指导术中置钉的准确性,并排除解剖结构变异导致的手术失败可能。手术由同一术者主刀,采用美敦力 S7 手术导航系统 (图 1 a)。全身麻醉成功后,病人俯卧位,取后正中切口显露 L_{4/5} 棘突及单侧椎板、人字嵴等结构。①椎弓根螺钉的置入:按照 Roy-Camille 法分别于 L₄ 及 L₅ 单侧人字嵴的顶点置入适当大小椎弓根螺钉,共两枚。②腰椎单节段减压融合:按经典的经椎间孔入路,切除 L₄ 下关节突及 L₅ 部分上关节突,实施 L_{4/5} 节段的单侧减压,将单侧减压至彻底通畅,处理椎间盘后行椎间融合。③椎板关节突螺钉的置入:3D 导航组在导航的辅助下置入适当大小的椎板关节突螺钉,如图 1 b 所示,导航参考架固定于对侧髂骨上,患侧切口内置放通道系统,图 1 c 为术中置钉过程中,矢状面、冠状面及横断面三维实时展示螺钉的进钉方向及深度,图 1 d 显示手术切口仅 4 cm 左右,创伤小;徒手置钉组在“C”型臂 X 线机透视的辅助下置入适当大小的椎板关节突

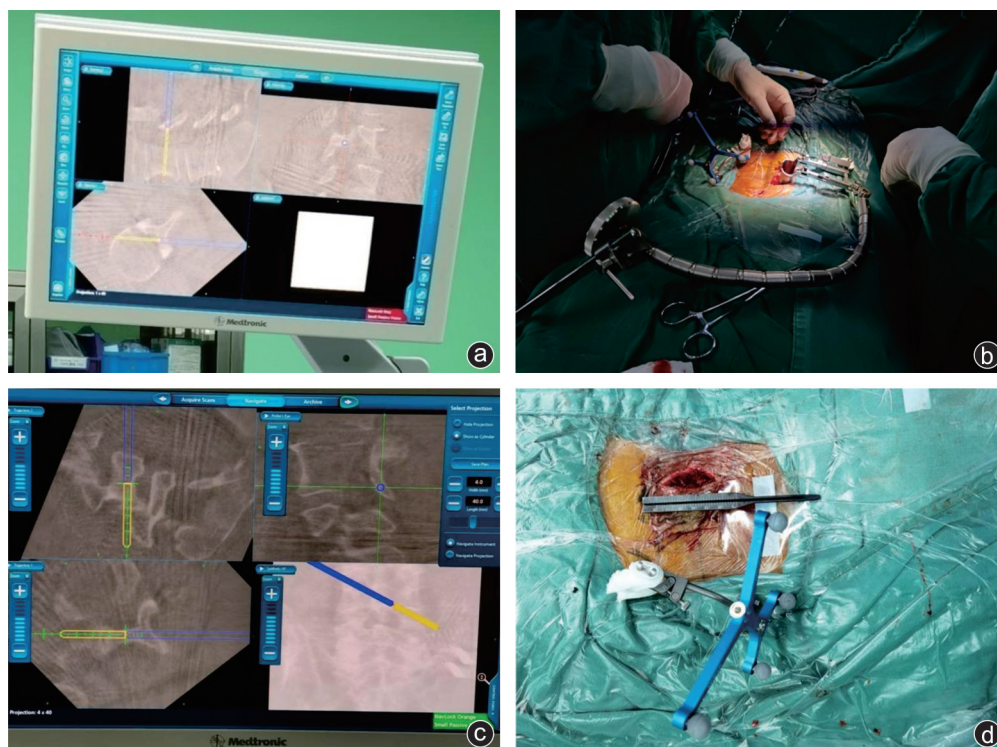


图1 3D导航系统辅助下行椎板关节突螺钉置钉及腰椎减压融合过程 a:术中用美敦力S7手术导航系统;b:导航参考架固定于髂骨上,通道系统位于对侧;c:术中进钉时矢状面、冠状面及横断面实时影像;d:术后切口长约4 cm

螺钉。椎板关节突螺钉的置入由一侧棘突基底向对侧椎板、关节突关节到横突基底部。④常规放置负压引流一根后,逐层缝合筋膜、皮下,可吸收线缝合皮肤。

四、观察指标

1. 依据手术麻醉记录单比较两组术中透视次数、术中失血量、手术操作时间及术后24 h引流量。

2. 引流管拔除后,复查腰椎CT,获得每个螺钉整个长度的轴向图像,根据Kaito等^[4]的Grade分级方法评估椎板关节突螺钉的位置,根据螺钉是否穿破皮质,将置钉准确性分为4级:①0级,螺钉完全处于钉道内,没有穿破骨皮质;②1级,螺钉穿破皮质<2 mm;③2级,螺钉穿破皮质≥2 mm,但无神经受压等症状;④3级,出现相关并发症(峡部骨折、突破椎弓根内外侧壁出现神经症状)。其中0级或1级为可接受的置钉,2级或3级为不良置钉,分别统计两组间置钉精确性并比较两组间的差异。

3. 术后第1、3、7天,分别抽取两组病人空腹静脉血样4 mL,通过Westergen法检测ESR水平,采用

全自动生化分析仪(美国Array-360)检测CRP水平。

4. 术前、末次随访(术后6个月)时,予以两组日本矫形外科协会(JOA)评分^[5]评价其功能改善情况,总分为29分。JOA评分改善率=(末次得分-术前得分)/(29-术前得分)×100%。

5. 于术后3 d和术后3、6个月时复查腰椎正侧位X线片,并记录随访期间椎间融合情况,螺钉断裂、松动或者移位等发生情况。

五、统计学分析

本文研究数据以SPSS 20.0(IBM公司,美国)进行处理,[例(%)]用于表示非等级计数资料,检验方法是卡方检验;均数±标准差($\bar{x}\pm s$)用于表示计量资料,符合正态分布时予以*t*检验,非正态分布时则予以秩和检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

两组手术均顺利完成,均无输血、并发症出现。根据表1所示,3D导航组术中透视次数、手术操作时间、术中失血量及术后24 h引流量均比徒手置钉

表1 两组手术指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	术中透视次数(次)	操作时间(min)	术中失血量(mL)	24 h引流量(mL)
徒手置钉组	15	6.52±1.21	152.37±13.45	213.68±34.68	156.84±15.67
3D导航组	15	2.43±0.25	110.86±10.75	150.45±23.46	83.87±10.63
<i>t</i> 值	-	14.074	7.088	3.999	4.698
<i>P</i> 值	-	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

组低($P < 0.05$)。

3D 导航组的置钉准确率(100.00%)优于徒手置钉组(73.33%)($\chi^2=4.615, P=0.032$, 表 2)。

术后第 1、3、7 天时, 导航引导组病人的 ESR、CRP 水平均比徒手置钉组低($P < 0.05$, 图 2)。

末次随访时, 3D 导航组的 JOA 评分为(25.50±1.47)分(24~27分), JOA 改善率为 75.02%; 徒手置钉组的 JOA 评分为(25.00±1.36)分(23~27分), JOA 改善率为 72.41%; 两组的 JOA 评分比较, 差异无统计学意义($t=1.732, P=0.094$)。

术后两组均随访半年, 椎间均良好融合, 无椎间融合期移位、螺钉断裂、松动或者移位等情况发生。

典型病例见图 3。

讨 论

随着 3D 导航技术不断发展进步并逐渐被广泛应用于骨科临床, 可个体化为病人设计手术入路、置钉方向, 进一步提升了手术操作的精准性、安全性^[6-7], 在脊柱外科领域得到越来越广泛的应用^[8-9]。林玉江^[10]认为 3D 导航操作比较便捷迅速, 尤其适用于经皮穿刺操作, 能够安全、准确、微创地引导经椎板关节突螺钉的置入。

相较于徒手置钉, 3D 导航引导置钉可减少透视次数、术中失血量、引流量及手术操作时间。徒手置钉主要依赖“C”臂机透视的正位、侧位及 45°斜位片来参考螺钉进钉的位置、深度及倾斜角度, 需要反复确认位置, 调整螺钉进钉点及倾斜角度, 无法进行立体观察, 需要术者对于棘突及对侧椎板、关节突的三维解剖结构不断进行构想。尤其是在腰椎手术微创化治疗中, 由于对侧肌肉组织不进行剥离, 对于解剖结构要求极高, 要求术者不断对进针方向实施调整, 致使手术操作时间延长, 并增大手术创伤, 如存在解剖结构变异情况, 置钉难度将会进一步提高, 同时可能发生相关并发症^[11]。而 3D 导航技术在术前对病人腰椎进行三维个体化重建, 展开手术模拟, 对进针方向、深度实时进行三维展示, 置钉全程通过三维手术导航系统引导, 可准确对病人病变部位进行判断, 精准置钉, 使置钉反复尝试次数减少, 进而减轻手术创伤, 并使手术操作时间缩短^[12]。与此同时, 本次研究还发现, 3D 导航组的置钉准确性优于徒手置钉组($P < 0.05$)。徒手置钉操作在一定程度上受术者经验、技术水平等因素的影响, 加之病人置钉周围解剖结构难以辨认, 可增加置钉难度, 需反复尝试, 导致钉道松动、移位等发生, 进而难以达到理想的螺钉位置。3D 导航引导通过可视化、空间立体导航技术的应用, 术中可对解剖关系与手术操作进行动态显示, 于多个层面对螺钉置钉点进行观察, 精准将螺钉置入, 确保螺钉达到理想位置^[8, 13]。

实施腰椎手术的病人, 术后 ESR、CRP 水平均会出现不同程度升高, 其升高程度与手术创伤大小相关, 并可影响术后恢复^[14]。本研究中, 术后第 1、3、7 天时, 3D 导航组病人的 ESR、CRP 水平均比徒手置钉组低($P < 0.05$), 提示与徒手置钉比较, 3D 导航引导置钉术后炎性反应更轻。3D 导航引导椎板关节突螺钉的置入, 能在三维状态下动态观察进钉的深度及位置, 具有三维立体影像, 操作简便直观, 能提

组别	例数	0级	1级	2级	3级
徒手置钉组	15	4(26.67)	7(46.67)	3(20.00)	1(6.67)
3D 导航组	15	9(60.00)	6(40.00)	0(0.00)	0(0.00)
χ^2 值	-	4.615			
P 值	-	0.032			

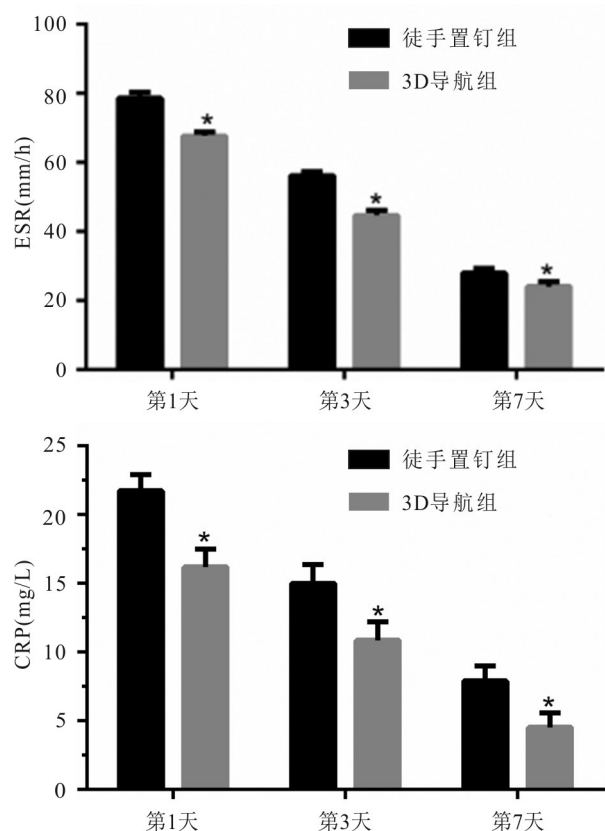


图 2 术后第 1、3、7 天时, 徒手置钉组与 3D 导航组的 ESR 及 CRP 数值的变化(与徒手置钉组比较, $P < 0.05$)

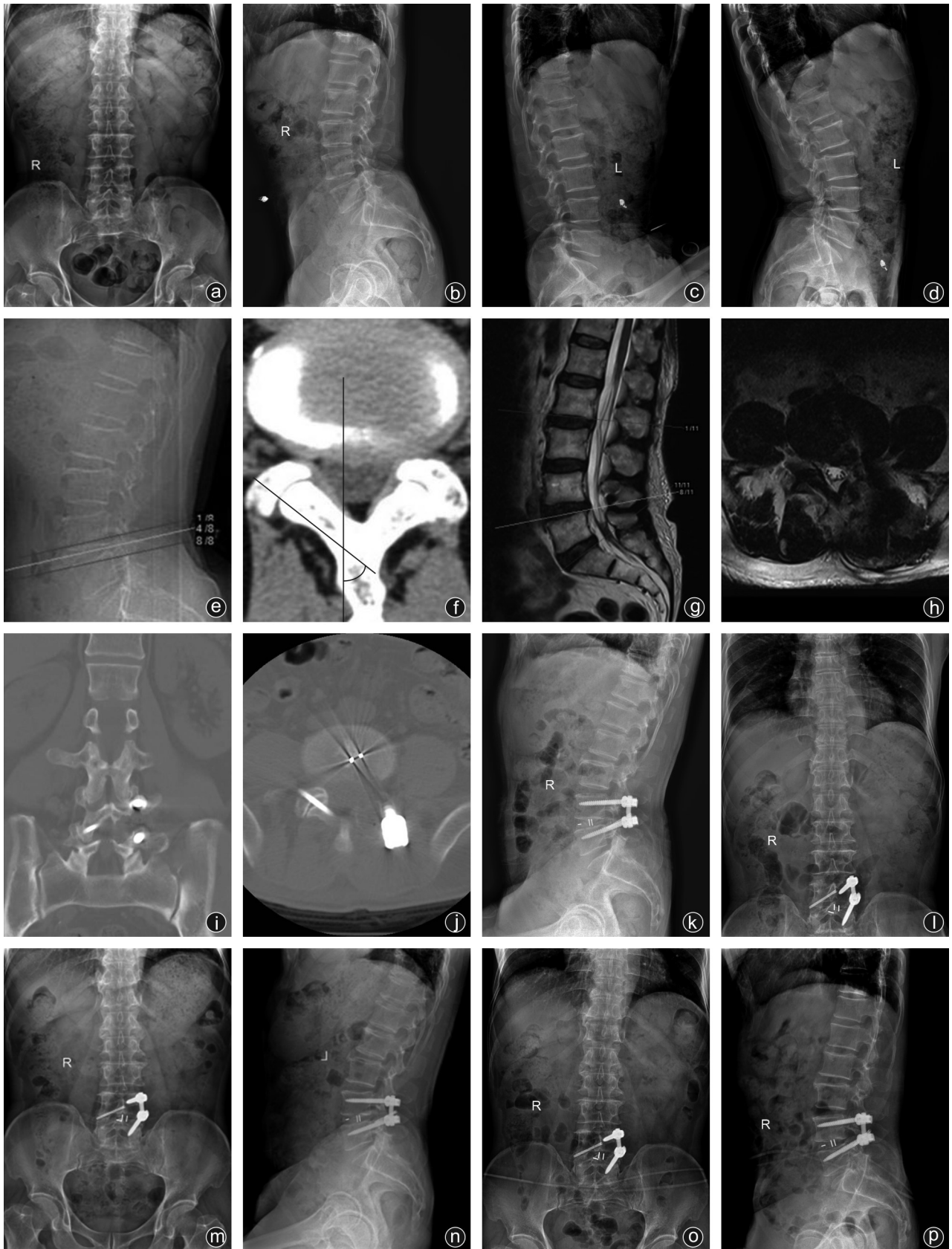


图3 病人,男,53岁,术前及术后影像学资料 a,b:术前正侧位片,正位片上可测得椎板关节突螺钉的下倾角为 $45.62^{\circ} \pm 2.15^{\circ}$;c,d:术前腰椎屈伸位片未见明显不稳表现,e,f:术前CT检查,测得椎板关节突螺钉的外倾角为 $44.21^{\circ} \pm 2.33^{\circ}$,椎板的厚度为5 mm左右,其空间结果足够椎板关节突螺钉的置入;g,h:术前MRI检查,可见L_{4/5}节段椎间盘向一侧突出,压迫硬膜囊及同侧神经根;i,j:术后CT三维重建影像,以评估椎板关节突螺钉位置;k~p:分别为术后3天、3个月、6个月的腰椎正侧位片,可见6个月后椎体间实现良好融合,内固定位置良好

高置钉的效率与精确性,避免反复寻找进钉点与进钉角度导致的置钉时间延长以及出血量增多,从而减少手术的创伤,术后恢复快,炎性反应小。除此以外,本次研究还发现,末次随访时,两组的 JOA 评分改善率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),提示 3D 导航引导置钉与徒手置钉均可对病人 JOA 评分进行改善,恢复病人腰椎功能。但 3D 导航引导创伤相对较小、置钉位置更为优越,具体临床上可依据病人病情,优先选择 3D 导航引导进行置钉,进一步提升手术效果、安全性。

综上所述,在椎板关节突螺钉置钉方面,3D 导航引导较徒手置钉手术创伤更小,置钉更为精准,且术后炎性反应更轻,在引导椎板关节突螺钉置钉中有着较大的优势。然而,本研究仍存在诸多不足,如仅于近 1 年内选取本院接收 30 例病人为对象,观察指标较少,存在较高的主观性,均可能对研究结果的精准性造成影响,使结论存在片面性、局限性等。因此,后续需进一步展开多中心、大规模的研究,增加样本数量、观察指标等,从而客观上对 3D 导航引导下椎板关节突螺钉置钉与徒手椎板关节突螺钉置钉展开对比与评价研究。

参 考 文 献

- [1] Cao Y, Chen Z, Jiang C, et al. The combined use of unilateral pedicle screw and contralateral facet joint screw fixation in transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(11): 2607-2613.
- [2] Liu F, Jiang C, Cao Y, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion using unilateral pedicle screw fixation plus contralateral translaminar facet screw fixation in lumbar degenerative diseases[J]. *Indian J Orthop*, 2014, 48(4): 374-379.
- [3] Amoretti N, Amoretti ME, Hovorka I, et al. Percutaneous facet screw fixation of lumbar spine with CT and fluoroscopic guidance: a feasibility study[J]. *Radiology*, 2013, 268(2): 548-555.
- [4] Kaito T, Matsukawa K, Abe Y, et al. Cortical pedicle screw placement in lumbar spinal surgery with a patient-matched targeting guide: A cadaveric study[J]. *J Orthop Sci*, 2018, 23(6): 865-869.
- [5] Costanzo G, Cellocco P, Francesco AD, et al. The role of JOA score as an indication for surgical or conservative treatment of symptomatic degenerative lumbar spinal stenosis[J]. *J Orthopaed Traumatol*, 2005, 6(3): 150-153.
- [6] Rajasekaran S, Rajan V, Kamath V, et al. Iso-C3D navigation assisted pedicle screw placement in deformities of the cervical and thoracic spine[J]. *Indian J Orthop*, 2010, 44(2): 163-168.
- [7] 关宏刚, 王刚, 霍智铭, 等. IsoC-3D 计算机导航结合 Mast Quadrant 通道管微创治疗腰椎退行性疾病[J]. *中国骨伤*, 2012, 25(6): 451-454.
- [8] Hussain I, Virk MS, Link TW, et al. Posterior Lumbar Interbody Fusion With 3D - Navigation Guided Cortical Bone Trajectory Screws for L4/5 Degenerative Spondylolisthesis: 1 - Year Clinical and Radiographic Outcomes [J]. *World Neurosurg*, 2018, 110: e504-e513.
- [9] Jarvers JS, Katscher S, Franck A, et al. 3D-based navigation in posterior stabilisations of the cervical and thoracic spine: problems and benefits. Results of 451 screws[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2011, 37(2): 109-119.
- [10] 林玉江. ISOC3D 导航与 CT 导航的比较以及引导经皮关节突螺钉置入的方法学研究[D]. 复旦大学, 2008.
- [11] 曾忠友, 吴鹏, 宋永兴, 等. 小切口单侧椎弓根螺钉联合对侧经椎板关节突螺钉固定并椎间融合治疗腰椎椎变的并发症分析[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(3): 232-241.
- [12] Kelley BV, Hsiue PP, Uffill-Brown AM, et al. Utilization Trends and Outcomes of Computer-Assisted Navigation in Spine Fusion in the United States[J]. *Spine J*, 2021, 21(8): 1246-1255.
- [13] Rodriguez A, Neal MT, Liu A, et al. Novel placement of cortical bone trajectory screws in previously instrumented pedicles for adjacent-segment lumbar disease using CT image-guided navigation[J]. *Neurosurg Focus*, 2014, 36(3): E9.
- [14] 郑琦, 金阳辉, 应小樟, 等. 经皮内镜下病灶清除灌洗引流术治疗单节段化脓性脊柱炎的早期效果[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(4): 361-367.

(收稿日期: 2021-04-09)

(本文编辑: 陈姗姗)

引用格式

李坤, 陈志龙, 余国庆, 等. 3D 导航引导与徒手椎板关节突螺钉置钉在单节段腰椎融合手术中的应用比较[J]. *骨科*, 2021, 12(6): 493-498. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.06.002.