

·临床研究论著·

皮质骨轨迹螺钉内固定术治疗腰椎融合术后邻近节段退变的临床疗效观察

陈豪杰¹ 黄小强² 刘团江² 何伟² 张子龙¹ 乔瑞¹ 杨佳瑞¹ 赵帅²

【摘要】 目的 探讨皮质骨轨迹(cortical bone trajectory, CBT)螺钉内固定治疗腰椎融合术后邻近节段退变(adjacent segment degeneration, ASD)的临床疗效。方法 选取2016年6月至2019年11月西安交通大学附属红会医院收治的腰椎后路术后ASD病人60例作为研究对象,其中28例采用CBT螺钉内固定技术(CBT组),32例采用传统椎弓根螺钉(pedicle screw, PS)内固定技术(PS组)。比较两组病人的手术时间、术中出血量、住院时间、术前及术后第1天肌酸磷酸激酶(creatin phosphokinase, CPK)水平、术前及术后各时间点的腰痛和下肢疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)和日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分,观察两组围手术期的手术相关并发症情况以及术后末次随访螺钉松动断裂情况。结果 本组60例病人随访(12.68±2.91)个月(8~18个月)。CBT组手术时间、术中出血量、住院时间、术后1 d的CPK水平均低于PS组,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。CBT组术后1周的腰痛及下肢疼痛VAS评分低于PS组,两组比较,差异有统计学意义($t = -2.115, P = 0.038$);但末次随访时,两组间的VAS评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组病人术前、术后1周及末次随访时的ODI、JOA评分比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。CBT组术后有3例病人各有1枚螺钉穿破骨皮质,PS组有4例病人术后第1天出现中度贫血,两组病人术中均未出现硬膜囊破裂、脑脊液漏、神经损伤、伤口感染等并发症。两组病人术后末次随访X线片均未见螺钉松动断裂情况。结论 CBT内固定技术与传统PS内固定技术相比,能达到同等的治疗效果,同时还具有术区暴露范围小、出血量少、手术时间短、住院时间短等优点,对治疗腰椎融合术后ASD具有一定的微创价值。

【关键词】 腰椎; 脊柱融合术; 手术后并发症; 邻近节段退变; 临床疗效; 皮质骨轨迹螺钉

Clinical observation of cortical bone track screw internal fixation in the treatment of adjacent segmental degeneration after lumbar fusion. CHEN Hao-jie¹, HUANG Xiao-qiang², LIU Tuan-jiang², HE Wei², ZHANG Zi-long¹, QIAO Rui¹, YANG Jia-rui¹, ZHAO Shuai². ¹Xi'an Medical University, Xi'an 710068, China; ²Department of Orthopaedics, Honghui Hospital Affiliated to Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710054, China

Corresponding author: HUANG Xiao-qiang, E-mail: huangxq73@163.com

【Abstract】 Objective To explore the clinical efficacy of cortical bone trajectory (CBT) screw fixation in the treatment of adjacent segment degeneration (ASD) after lumbar fusion. **Methods** Sixty patients with ASD treated in Honghui Hospital affiliated to Xi'an Jiaotong University from June 2016 to November 2019 were selected. Among them, 28 patients were treated with CBT internal fixation (CBT group) and 32 patients with traditional pedicle screw (PS) fixation (PS group). The operation time, intraoperative blood loss, hospital stay, the level of creatine phosphokinase (CPK) before and 1 day after operation, the visual analogue scale (VAS) score of low back pain and lower limb pain, Oswestry Disability Index (ODI) and Japan Orthopaedic Association (JOA) scores were compared between the two groups. Perioperative complications and screw loosening, fractures in the last follow-up were observed. **Results** Sixty patients were followed up for (12.68±2.91) months (8-18 months). The time of operation, the amount of blood loss during operation, the time of hospitalization and the level of CPK on the 1st day after operation in CBT group were lower than those in PS group, and the difference

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.02.010

基金项目:陕西省重点研发计划资助项目(2019SF-192)

作者单位:1. 西安医学院,西安 710068;2. 西安交通大学医学院附属红会医院骨科,西安 710054

通信作者:黄小强, E-mail: huangxq73@163.com

was statistically significant (all $P < 0.05$). The VAS score in CBT group was lower than that in PS group 1 week after operation, and the difference was statistically significant ($t = -2.115, P = 0.038$). But at the last follow-up, there was no significant difference between the two groups ($P > 0.05$). There was no significant difference in ODI and JOA scores between the two groups before operation, 1 week after operation and at the last follow-up (all $P > 0.05$). In the CBT group, 3 patients each had a screw piercing the broken bone cortex, and 4 patients in the PS group had moderate anemia on the first day after operation. there were no complications such as dural sac rupture, cerebrospinal fluid leakage, nerve injury and wound infection in the two groups. No screw loosening and fracture was found in the last follow-up X-ray films of the two groups. **Conclusion** Compared with the traditional PS fixation, CBT internal fixation can achieve the same therapeutic effect, and has the advantages of small exposure area, less bleeding, short operation time and short hospital stay. It has a certain minimally invasive value in the treatment of ASD.

【Key words】 Lumbar vertebrae; Spinal fusion; Postoperative complications; Adjacent segment degeneration; Clinical efficacy; Cortical bone trajectory screw

传统椎弓根螺钉(pedicle screw, PS)内固定技术联合椎间融合术是治疗腰椎退变性疾病的一线治疗方式,但因其限制了脊柱的正常活动,改变了融合节段邻近节段的生物力学,导致邻近节段退变(adjacent segment degeneration, ASD)^[1-3]。近年来,ASD已成为融合术后的主要并发症,病人不可避免地出现下背痛和神经根病的复发;目前,常采用传统PS内固定技术联合椎间融合术治疗ASD,延长手术节段,对邻近退变节段进行重新减压植骨内固定并取出原内固定。

2009年, Santoni等^[4]提出皮质骨轨迹(cortical bone trajectory, CBT)螺钉内固定技术,独特的外“八”字置钉轨迹使螺钉同时穿过椎弓根内壁、椎弓根外壁和椎体外上壁三层皮质骨结构,其力学稳定性更加可靠,且椎旁肌肉剥离少,对关节突韧带侵犯概率低。近年来, CBT内固定技术治疗腰椎退变性疾病的应用日益广泛,其螺钉把持力强、创伤相对较少,临床疗效亦值得肯定,逐渐为脊柱外科医生所认可,但关于CBT内固定技术治疗邻椎病的相关报道还很少。

本研究通过回顾性分析2016年6月至2019年11月于西安交通大学医学院附属红会医院脊柱外科病院接受再治疗的60例腰椎融合术后ASD病人的临床资料,旨在比较CBT螺钉内固定技术与传统PS内固定技术治疗腰椎融合术后ASD的临床疗效。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准:①有明确的腰痛或者下肢放射痛,行保守治疗3个月以上无效;②初次手术均获得良好临床效果;③根性疼痛分布在下肢的部位与初次不同;④影像学明确诊断为腰椎术后ASD(腰椎间盘突出、腰椎管狭窄、失稳、退变性脊柱侧突);⑤均行腰椎后路椎体间融合术。

排除标准:①严重骨质疏松(骨密度T值 < -4.5 SD)者;②初次手术未融合;③初次手术出现内固定断裂、感染;④腰椎术后结核、布鲁氏杆菌病、肿瘤。

二、一般资料

共纳入60例腰椎融合术后ASD病人,其中28例采用CBT内固定技术治疗的病人纳入CBT组,32例采用传统PS内固定技术的病人纳入PS组。两组病人手术均由我院同一医疗小组完成手术。

CBT组和PS组的年龄、性别、骨密度、身体质量指数(body mass index, BMI)等比较,差异均无统计学意义(P 均 > 0.05 ,表1)。

三、手术方法

(一)CBT组手术方法

全麻插管成功后,病人取仰卧位,常规爱尔碘消毒,铺无菌单,贴刀口膜。取责任节段椎间隙为中心后正中直切口,长约8 cm,依次切开皮肤、皮下组

表1 两组病人的一般资料比较

组别	例数	年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	性别(男/女, 例)	骨密度T值($\bar{x} \pm s$, SD)	BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)
CBT组	28	69.35 \pm 5.53	14/14	-2.71 \pm 0.18	22.87 \pm 1.81
PS组	32	67.28 \pm 5.75	18/14	-2.72 \pm 0.23	23.21 \pm 0.94
$t(\chi^2)$ 值	-	1.421	0.234	0.187	-0.908
P 值	-	0.161	0.628	0.852	0.369

织、腰背筋膜,棘突旁骨膜下钝性显露计划置钉的腰椎椎板及双侧关节突,行退变的腰椎间隙上位椎体下 1/2、下位椎体上 1/2 椎板减压。探查责任间隙受压神经根,充分减压并扩大神经根管,减压充分后探查神经根通道。分别于退变节段上下椎体双侧椎弓根,以横突下缘 1~2 mm 的水平线与上关节突内侧缘 2~3 mm 垂线的交点为置钉点,矢状位向头端倾斜 8°~9°,横断面向外倾斜 25°~26° 植入 4 枚 CBT 螺钉。安装两侧预弯后的纵向连接棒,适当撑开责任间隙,责任腰椎间隙试模合适后,植入减压骨粒融合器 1 枚。“C”型臂 X 线机透视后见内固定位置良好,安装横连。冲洗伤口,低位留置引流管 1 根,清点敷料及器械数目无误,逐层缝合伤口,无菌敷料包扎。

(二) PS 组手术方法

全麻插管成功后,取仰卧位,按常规爱尔碘消毒,铺无菌单,贴刀口膜。取责任节段椎间隙为中心后正中直切口,长约 15 cm,依次切开皮肤、皮下组织、腰背筋膜,棘突旁骨膜下钝性显露原钉棒内固定,完整取出螺帽、纵向连接棒、椎弓根螺钉以及横连。棘突旁骨膜下钝性分离退变间隙的上位或下位椎体的椎板及双侧关节突,分别于退变节段的上下双侧椎弓根的人字脊或横突的中线与上关节突外侧缘的垂线之交点植入椎弓根钛合金螺钉。探查双侧神经根,开放双侧神经根通道,切除责任间隙的椎间盘,取出髓核,刮除纤维环,于充分减压后扩大神经根管,减压充分后探查受压神经根松弛。安装两侧预弯纵向连接棒,适当撑开责任间隙,责任间隙试模合适后,植入减压骨粒融合器 1 枚。“C”型臂 X 线机透视后见内固定位置良好,安装横连。冲洗伤口,低位留置引流管 1 根,清点敷料及器械数目无误,逐层缝合伤口,无菌敷料包扎。

(三) 术后处理

两组病人术后均使用抗生素预防感染(不超过 48 h),采用甘露醇、抑酸等对症处理。术后第 1 天复查血常规、电解质及肌酸磷酸激酶(creatine phos-

phokinase, CPK) 水平,术后引流量小于 50 mL 时拔除引流管,后佩戴腰背支具下床活动,术后 3 周行腰背肌功能锻炼。术后 1、3、6、9、12 个月复查 X 线片。

四、评价标准

收集两组的手术时间、术中出血量、术前及术后第 1 天的 CPK 水平。收集术前、术后 1 周和末次随访时的疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)和日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评估治疗分数。

五、统计学处理

使用 SPSS 19.0 统计学软件(IBM 公司,美国),计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不同时间点 VAS 评分、ODI 等数据的比较采用配对 *t* 检验,同一指标的组间比较采用独立样本 *t* 检验,两组间计数资料的比较采用卡方检验, $P < 0.05$ 被认为差异有统计学意义。

结 果

一、围手术期一般资料

两组病人均顺利完成手术,随访(12.68±2.91)个月(8~18 个月)。CBT 组的手术时间、术中出血量、住院时间均显著少于 PS 组,差异具有统计学意义(P 均 < 0.05);两组病人术后第 1 天的 CPK 均较术前显著升高,CBT 组病人术后第 1 天的 CPK 水平显著低于 PS 组,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。详见表 2。

二、临床疗效比较

两组病人术后 1 周及末次随访时的 VAS 评分、ODI 及 JOA 评分较术前均有明显改善,差异具有统计学意义(P 均 < 0.05)。CBT 组术后 1 周的 VAS 评分显著低于 PS 组,两组间比较,差异有统计学意义($t = -2.115, P = 0.038$);其他时间点、各指标的组间比较结果,差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。详见表 3。

表 2 两组病人术中出血量、手术时间、住院时间、CPK 水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间(min)	术中出血量(mL)	住院时间(d)	CPK 水平(U/L)	
					术前	术后第 1 天
CBT 组	28	126.60±6.09	260.17±14.68	5.32±0.81	109.32±4.18	197.67±7.24*
PS 组	32	163.43±12.14	340.00±35.10	6.18±0.96	109.65±4.75	289.03±7.50*
<i>t</i> 值	-	-15.118	-11.742	-3.719	-0.288	-47.803
<i>P</i> 值	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.775	< 0.001

注:与同组术前比较,* $P < 0.05$

表3 两组病人不同时间点的VAS评分、ODI及JOA评分比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS评分(分)			ODI(%)			JOA评分(分)		
		术前	术后1周	末次随访	术前	术后1周	末次随访	术前	术后1周	末次随访
CBT组	28	5.96±0.69	1.93±0.66*	1.35±0.48*	53.61±2.64	5.54±0.69*	4.39±0.56*	10.71±1.18	21.07±1.54*	23.46±1.26*
PS组	32	5.81±0.64	2.25±0.51*	1.59±0.49*	52.93±2.43	5.25±0.67*	4.43±0.66*	10.75±1.27	20.65±1.70*	23.84±1.68*
<i>t</i> 值	-	0.873	-2.115	-1.911	1.039	1.649	-0.251	-0.125	0.997	-0.979
<i>P</i> 值	-	0.386	0.038	0.061	0.303	0.104	0.802	0.900	0.323	0.331

注:与同组术前比较,**P* < 0.05

三、并发症情况

两组病人术中均未出现硬膜囊破裂、脑脊液漏、神经损伤、伤口感染、螺钉松动、断裂等并发症。术后复查经CT重建平扫后发现, CBT组3例病人各有1枚螺钉穿破骨皮质, 未损伤周围血管、神经。PS组有4例病人术后出现轻度贫血, 未诉特别不适; 3例病人术后3个月复查时诉腰背酸困不适, 进行中医理疗等腰背肌锻炼后症状缓解。两组病人术后末次随访复查X线片未见螺钉松动、断裂及症状复发。

典型病例见图1、2。

讨论

腰椎融合术后ASD是一个非常值得关注的问题, 在脊柱翻修手术中占有相当大的比重。据报道, 腰椎融合术后发生无症状性退行性改变的风险高达57%, 而发生有症状性ASD的概率为1.9%~30.3%^[5-8]。ASD的病理过程主要包括腰椎融合术后邻近节段腰椎间盘突出、椎管狭窄、邻近节段不稳、邻近节段腰椎侧突、椎体压缩性骨折等, 其主要发病机制是内固定融合术限制了脊柱的正常活动性, 同



图1 病人,女,72岁,骨密度T值为-2.8 SD,因“腰椎后路椎体间融合术后(L₄~S₁)间盘突出症(L₃₋₄)”入院行“CBT螺钉内固定技术联合后路椎体间融合术” a,b:术前腰椎正侧位X线片示原内固定位置良好;c,d:术前腰椎CT、MRI示L₃₋₄间盘突出;e,f:术后10个月腰椎正侧位X线片示内固定位置良好;g:术后腰椎CT横断面平扫示CBT螺钉位置良好



图2 病人,男,70岁,骨密度T值为-2.0 SD,因“腰椎后路椎体间融合术后(L₅~S₁)腰椎间盘突出症(L₄₋₅)”入院行传统PS内固定技术联合腰椎后路椎体间融合术 a、b:术前腰椎正侧位X线片示原内固定位置良好;c、d:术前腰椎CT、MRI检查示L₄₋₅间盘突出;e、f:术后9个月X线片可见内固定位置良好

时改变融合节段邻近节段的生物力学,加速了邻近节段的退变进程^[3]。一般而言,传统上对腰椎后路融合术后无症状性退行性改变不作特殊的外科介入治疗,按照初次术后随访要求继续随访即可;对有症状性ASD的病人,传统上采用初次手术治疗方案——传统PS内固定技术联合椎间融合术。与PS固定技术相比,应用CBT螺钉固定技术行腰椎后路融合也可获得满意的临床疗效,而且能显著减少术中出血量,术后CPK升高水平更低,并可避免肌肉剥离过多造成的术后早期腰背部疼痛不适。不同于PS内固定技术,CBT内固定技术的置钉方式在矢状面上从尾侧向头侧、水平面由内向外,从而使进针点更靠近中线,对椎旁肌的剥离更少,同时对上关节突、乳突、神经、血管损伤的概率更低^[9-13]。

如果采用与初次手术相同的内固定方式,再次置入原钉道的螺钉松动率将大大增加。初次腰椎融合术发展到ASD的病程一般很长,这类病人的骨质量均有不同程度的下降,在其进行腰椎后路减压融合内固定手术中,若采用传统的PS,其螺钉松动率

将会不可避免地增大,远期可能发生螺钉-骨界面的松动,继而导致螺钉的拔出、内固定失败以及交界性后凸等发症。因CBT螺钉与椎体皮质骨的接触面积更大,所以螺钉把持力更大,抗拔出能力更强。CBT内固定技术治疗骨质疏松性腰椎退变性疾病病人,与传统椎弓根骨水泥钉道强化内固定技术相比,不仅在螺钉把持力、术后临床疗效方面相当,且术中出血量、手术时间更少,手术更加微创,同时可以减少病人术后早期腰背不适的发生概率^[14]。Yee等^[15]通过对微创经椎间孔椎间融合术与开放椎间融合术后邻近节段病变的比较研究推断微创经椎间孔椎间融合术后ASD的发生风险更低,主要因为椎旁肌肉剥离更少。Wang等^[16]认为后路融合术过程对后方复合体(如椎旁肌)的损伤将会增加术后ASD的发生率。有学者认为PS的置入过程中如损伤到邻近节段的上关节突可加速邻近节段的退行性改变^[17-18]。同时,有关学者已经证实腰椎融合术中CBT螺钉内固定技术能取得与传统PS内固定技术同等的临床疗效,且植入CBT螺钉时对腰椎后方韧

带复合体的损伤更小,置钉位置更安全,对神经、血管以及硬脊膜的侵犯风险更低^[19-20]。李孝静等^[21]认为CBT螺钉内固定技术联合腰椎后路椎体间融合术治疗腰椎退变性疾病,与传统PS内固定技术相比,手术时间更短、术中出血量少、创伤小、术后恢复快,临床疗效满意。张世浩等^[22]认为CBT螺钉内固定技术联合腰椎斜外侧椎间融合术治疗邻椎病不仅临床效果确切,而且创伤小、并发症发生率低,同时螺钉通道全部在皮质骨内,把持力更强,减少了螺钉松动的风险,对伴有骨质疏松的邻椎病效果显著。刘光普等^[23]认为CBT螺钉内固定技术联合腰椎后路椎间融合术治疗腰椎融合术后ASD,可以在不取出原有内固定的基础上进行邻近节段固定,增加了螺钉把持力,手术创伤小。Mullin等^[24]认为一半病人的椎弓根可以实现螺钉双轨迹,证明了CBT螺钉内固定技术在腰椎后路翻修手术中的可行性。本研究中,CBT组与PS组相比,在达到同等临床效果的同时,手术时间、术中出血量、CPK水平更低及住院时间更短,与以往研究一致。彭俊等^[25]认为行腰椎后路融合术时,采用CBT螺钉内固定技术与传统PS固定技术相比,可显著降低术后病人血清肌酸激酶浓度(血清肌酸激酶浓度可预测医源性肌肉损伤程度,其术后浓度变化与损伤程度呈正相关性)。本研究CBT组术后1周腰腿痛VAS评分低于PS组,主要原因可能是传统PS内固定技术对椎旁肌肉剥离范围大,且PS组病人因内固定取出的需要,手术切口延长,创伤更大,与以往研究一致。

患有邻椎病的病人因为腰腿疼再次入院时的平均年龄往往很大,按照初次手术方案,我们为避免初次手术采用的金属螺钉与再次手术采用的金属螺钉材质的差异可能带来的电解反应危险,需要拆除初次手术的内固定装置,这样手术的切口长度较初次手术时更长、失血量也会更多,年龄增加、手术切口增长等因素不可避免地增加了病人的手术风险。CBT内固定技术置钉与PS内固定技术置钉轨迹不同,无需对原手术节段进行操作,同样能对邻近节段进行减压、植骨、融合、内固定操作,并且能达到相同的手术效果。CBT内固定技术较传统PS内固定术具有椎旁肌肉剥离少,上关节突、乳突侵犯少,螺钉把持力强等优点;此外我们认为,与传统PS固定技术相比,CBT螺钉具有较小直径,植钉时切口更小,肌肉组织剥离更少,术中出血量少,术后感染率低,病人恢复快,体现了微创及快速康复的理念。

目前CBT内固定技术应用的适应证包括:①腰

椎退变性疾病病人,对于合并骨质疏松的病人固定效果更佳;②肥胖、腰背肌发达以及高髯棘病人;③传统螺钉轨迹植钉术后出现的邻椎病;④椎弓根螺钉松动拔出、固定失败后的补救性植钉;⑤以椎体前中柱破坏为主的疾病,如腰椎结核,椎间隙感染等;⑥邻近节段退变性疾病。该技术同样存在以下缺点:①既往手术导致峡部缺如、钉道破坏或因骨质破坏性疾病导致椎板或峡部区域骨质破坏时,缺少CBT螺钉进针点;②植钉技术要求高,钉道方向错误时再次改道困难,峡部和椎弓根骨折风险无法避免;③同时存在上位及下位神经根损伤风险;④长节段固定时钉棒连接困难;⑤学习曲线长,徒手置钉精度低,且置钉过程中螺钉容易刺破椎弓根及椎体骨皮质。随着脊柱机器人、导航、3D导板导航以及三维CT术前钉道轨迹规划等新辅助技术的诞生,为辅助螺钉植入提供更多选择。有关研究表明相比徒手置钉,脊柱机器人、导航、3D导板导航辅助置入CBT螺钉精度更高、更安全^[26-29]。因此新辅助置钉技术可以解决CBT螺钉的置钉困难、准确率低等问题,所以CBT作为一种微创的置钉方式,在治疗邻椎病上值得推荐。

综上所述,与传统PS内固定技术相比,CBT螺钉内固定技术治疗ASD能达到同等的临床效果,而且具有术区暴露范围小、出血量少、手术时间短、住院时间短、螺钉把持力强等优点,对伴有骨量不同程度降低的ASD具有一定微创价值。但本研究为回顾性研究,选择偏倚可能会影响研究观察指标;其次,CBT内固定技术是新型的置钉技术,学习曲线可能会影响研究结果;最后,本研究随访时间短,未对病人远期临床疗效与远期并发症进行观察,需要大样本前瞻性研究进一步进行验证。

参 考 文 献

- [1] Hilibrand AS, Robbins M. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion? [J]. Spine J, 2004, 4(6 Suppl): 190S-194S.
- [2] Lee CK. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1988, 13(3): 375-377.
- [3] Park P, Garton HJ, Gala VC, et al. Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(17): 1938-1944.
- [4] Santoni BG, Hynes RA, McGilvray KC, et al. Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws [J]. Spine J, 2009, 9(5): 366-373.
- [5] Boden SD, Davis DO, Dina TS, et al. Abnormal magnetic-resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. A prospective investigation [J]. J Bone Joint Surg Am, 1990, 72(3): 403-408.

- [6] Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow-up[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(20): 2253-2257.
- [7] Bae JS, Lee SH, Kim JS, et al. Adjacent segment degeneration after lumbar interbody fusion with percutaneous pedicle screw fixation for adult low-grade isthmic spondylolisthesis: minimum 3 years of follow-up[J]. Neurosurgery, 2010, 67(6): 1600-1607.
- [8] 王强, 罗为民, 许宇霞. 皮质骨钉道螺钉内固定在经椎间孔入路腰椎椎间融合术中的疗效分析[J]. 中国现代手术学杂志, 2019, 23(3): 201-205.
- [9] Lee GW, Son JH, Ahn MW, et al. The comparison of pedicle screw and cortical screw in posterior lumbar interbody fusion: a prospective randomized noninferiority trial[J]. Spine J, 2015, 15(7): 1519-1526.
- [10] Marengo N, Ajello M, Pecoraro MF, et al. Cortical bone trajectory screws in posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive surgery for maximal muscle sparing - a prospective comparative study with the traditional open technique [J]. Biomed Res Int, 2018, 2018: 7424568.
- [11] Hung CW, Wu MF, Hong RT, et al. Comparison of multifidus muscle atrophy after posterior lumbar interbody fusion with conventional and cortical bone trajectory [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2016, 145: 41-45.
- [12] Bohl MA, Hlubek RJ, Kakarla UK, et al. Divergent bilateral posterior lumbar interbody fusion with cortical screw fixation: description of new trajectory for interbody technique from midline exposure[J]. World Neurosurg, 2018, 113: e480-e485.
- [13] Chin KR, Pencle FJR, Coombs AV, et al. Clinical outcomes with midline cortical bone trajectory pedicle screws versus traditional pedicle screws in moving lumbar fusions from hospitals to outpatient surgery centers [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(6): E791-E797.
- [14] 高海, 李惠民, 陈银河, 等. 皮质骨螺钉固定与椎弓根螺钉固定在腰椎后路融合术中应用效果比较的 Meta 分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(11): 977-984.
- [15] Yee TJ, Terman SW, La Marca F, et al. Comparison of adjacent segment disease after minimally invasive or open transforaminal lumbar interbody fusion [J]. J Clin Neurosci, 2014, 21(10): 1796-1801.
- [16] Wang H, Ma L, Yang D, et al. Incidence and risk factors for the progression of proximal junctional kyphosis in degenerative lumbar scoliosis following long instrumented posterior spinal fusion [J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95(32): e4443.
- [17] Etebar S, Cahill DW. Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability[J]. J Neurosurg, 1999, 90(2 Suppl): 163-169.
- [18] Min JH, Jang JS, Jung BJ, et al. The clinical characteristics and risk factors for the adjacent segment degeneration in instrumented lumbar fusion[J]. J Spinal Disord Tech, 2008, 21(5): 305-309.
- [19] Takenaka S, Mukai Y, Tateishi K, et al. Clinical outcomes after posterior lumbar interbody fusion: comparison of cortical bone trajectory and conventional pedicle screw insertion [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(10): E1411-E1418.
- [20] Amaritsakul Y, Chao CK, Lin J. Comparison study of the pullout strength of conventional spinal pedicle screws and a novel design in full and backed-out insertions using mechanical tests [J]. Proc Inst Mech Eng H, 2014, 228(3): 250-257.
- [21] 李孝静, 江淳, 马启明. 皮质骨通道螺钉结合改良腰椎后路椎间融合术治疗腰椎退变性疾病临床疗效[J]. 骨科, 2020, 11(3): 216-222.
- [22] 张世浩, 谭亮, 林云志, 等. OLIF 联合皮质骨轨迹螺钉治疗腰椎退行性疾病的临床疗效分析[J]. 中国临床解剖学杂志, 2020, 38(2): 198-201, 207.
- [23] 刘光普, 刘磊, 宋飞霏, 等. 后路减压椎间融合联合皮质骨轨迹螺钉内固定治疗腰椎融合术后邻近节段退行性病疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(3): 278-280.
- [24] Mullin JP, Perlmutter B, Schmidt E, et al. Radiographic feasibility study of cortical bone trajectory and traditional pedicle screw dual trajectories [J]. J Neurosurg Spine, 2016, 25(6): 727-732.
- [25] 彭俊, 詹玉林, 刘英杰, 等. 皮质骨通道螺钉与椎弓根螺钉行腰椎后路椎间融合的疗效比较[J]. 中国修复重建外科杂志, 2017, 31(11): 1341-1345.
- [26] 陈豪杰, 刘世长, 张嘉男, 等. 徒手与机器人辅助皮质骨轨迹螺钉固定治疗合并骨质疏松症的腰椎退行性疾病对比研究[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(9): 73-79.
- [27] 王希骥, 张永远, 杨瑞泽, 等. 3D 打印及导航技术辅助腰椎皮质骨轨迹螺钉置入的准确性及疗效分析[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(12): 1864-1869.
- [28] Le X, Tian W, Shi Z, et al. Robot-assisted versus fluoroscopy-assisted cortical bone trajectory screw instrumentation in lumbar spinal surgery: a matched-cohort comparison [J]. World Neurosurg, 2018, 120: e745-e751.
- [29] Wang K, Zhang ZJ, Chen JX, et al. Design and application of individualized, 3-dimensional-printed navigation template for placing cortical bone trajectory screws in middle-upper thoracic spine: cadaver research study [J]. World Neurosurg, 2019, 125: e348-e352.

(收稿日期: 2020-06-12)

(本文编辑: 陈姗姗)

引用格式

陈豪杰, 黄小强, 刘团江, 等. 皮质骨轨迹螺钉内固定术治疗腰椎融合术后邻近节段退变的临床疗效观察[J]. 骨科, 2021, 12(3): 241-247. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.03.010.