

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的临床疗效

李孝静 江婷 马启明

【摘要】 目的 探讨皮质骨通道(cortical bone trajectory, CBT)螺钉结合改良腰椎后路椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF)治疗腰椎退变性疾病的临床疗效。方法 回顾分析我院2016年1月至2018年1月的72例腰椎退变性疾病病人的临床资料,按手术方式分为椎弓根螺钉PLIF组(29例)、CBT螺钉PLIF组(24例)和改良CBT螺钉PLIF组(19例)。分析三组的手术时间、术中出血量、术后引流量、术后卧床及住院时间、术后血清肌酸激酶(creatinase, CK)浓度及围手术期并发症;比较各组术后12个月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)及融合率。结果 改良CBT螺钉PLIF组的手术时间、术中出血量、术后引流量、术后住院时间、术后12个月的ODI均显著少于其他两组,差异均有统计学意义($P < 0.05$);椎弓根螺钉PLIF组的CK值和术后卧床时间均显著高于其他两组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。三组的并发症发生率、术后12个月的VAS评分和融合率比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。结论 CBT螺钉固定结合改良PLIF术式治疗腰椎退变性疾病手术时间短、术中出血量少、创伤小、术后恢复快,临床疗效满意。

【关键词】 腰椎退变性疾病;皮质骨通道螺钉;椎弓根螺钉;脊柱融合术

Application of modified posterior lumbar interbody fusion with cortical bone trajectory screw in the treatment of lumbar degenerative disease. LI Xiao-jing, JIANG Ting, MA Qi-ming. Department of Orthopaedics, The Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230061, China

Corresponding author: JIANG Ting, E-mail: jiangting70@163.com

【Abstract】 Objective To explore the clinical effect of modified posterior lumbar interbody fusion (PLIF) with cortical bone trajectory (CBT) screw fixation technique in the treatment of lumbar degenerative disease. **Methods** Seventy-two patients with lumbar degenerative disease treated with single segment fusion operation from January 2016 to January 2018 were retrospectively analyzed. According to the operation methods, the patients were divided into pedicle screw PLIF group (29 cases), CBT screw PLIF group (24 cases) and modified CBT screw PLIF group (19 cases). The operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage, postoperative bed and hospital stay, postoperative serum creatine kinase (CK) concentration and perioperative complications were analyzed in the three groups, and the visual analogue scale (VAS) score, Oswestry disability index (ODI) and fusion rate of the patients at 12th month after operation in each group were compared. **Results** The operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, postoperative hospital stay, and 12-month ODI in the modified CBT screw PLIF group were significantly reduced as compared with those in the remaining two groups, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). The CK value and postoperative bed rest time in the pedicle screw PLIF group were significantly increased as compared with those in the rest two groups, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There was no statistically significant difference in the incidence of complications, VAS score and fusion rate at 12th month after operation among the three groups (all $P > 0.05$). **Conclusion** CBT screw fixation combined with modified PLIF procedure for the treatment of lumbar degenerative diseases has shorter operation time, less intraoperative blood loss, less trauma, quicker postoperative recovery, and more satisfactory clinical efficacy.

【Key words】 Degenerative lumbar diseases; Cortical bone trajectory screw; Pedicle screw; Spinal fusion

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2020.03.007

基金项目:合肥市卫生和计划生育委员会应用医学研究项目(hwk2017yb006)

作者单位:安徽医科大学第三附属医院骨科,合肥 230061

通信作者:江婷, E-mail: jiangting70@163.com

椎弓根螺钉内固定是脊柱外科中最常用的内固定技术,在治疗腰椎退行性病变和其他腰椎疾患时都有良好的表现。椎弓根螺钉内固定系统对脊柱序列及稳定性的维持是腰椎融合内固定手术的关键^[1]。椎弓根螺钉的把持力主要由椎弓根内松质骨提供,而腰椎退变性疾病病人主要为老年人,这些病人往往存在不同程度的骨量减少或骨质疏松,致使椎弓根螺钉在松质骨中的把持力降低,容易出现内固定松动、拔出、断裂等情况,使内固定系统失效^[2];并且传统椎弓根螺钉的植入方式需要大范围剥离肌肉,对软组织损伤较大^[3,4]。

Santoni 等^[5]在 2009 年提出了皮质骨通道(cortical bone trajectory, CBT)螺钉技术,近些年逐渐广泛应用于治疗腰椎疾病,显示出良好的生物力学性能及微创性^[6-8]。目前脊柱外科医生多将 CBT 螺钉应用于腰椎后路椎间融合术(posterior lumbar interbody fusion, PLIF),但传统 PLIF 为全椎板减压,虽减压较为彻底,但破坏了脊柱后柱的结构,带来了邻近节段加速退变等潜在并发症。改良 PLIF 技术能有效减少对脊柱后柱结构的破坏,但目前鲜有关于 CBT 螺钉固定结合改良 PLIF 技术治疗腰椎退变性疾病报道。因此本研究回顾性分析比较了椎弓根螺钉结合 PLIF、CBT 螺钉结合 PLIF、CBT 螺钉结合改良 PLIF 三种手术方法治疗腰椎退变性疾病疗效差异,以期为临床治疗腰椎退变性疾病选择手术方法提供一定的参考。

资料与方法

一、纳入与排除标准

纳入标准:①腰椎退变性疾病;②行单节段 PLIF 术或改良 PLIF 术治疗;③随访资料完整。排除标准:①腰椎骨折、肿瘤、感染性等非退变性疾病;②行非融合手术者;③多节段手术者。

二、一般资料

收集 2016 年 1 月至 2018 年 1 月于我科采用 CBT 螺钉或椎弓根螺钉固定治疗单节段腰椎退行性疾病的病人。共 72 例纳入研究,其中男 40 例,女 32 例;年龄为 55~73 岁。按手术方式不同分为三组。

传统椎弓根螺钉内固定 PLIF 手术的 29 例纳入椎弓根螺钉 PLIF 组,男 19 例,女 10 例,年龄为 55~71 岁;腰椎间盘突出症 13 例,腰椎管狭窄症 9 例,腰椎失稳症 7 例;骨质疏松症 15 例,骨量减少者 9 例,骨量正常者 5 例;术前疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分为(6.9±1.1)分,Oswestry 功

能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)为(65.3±5.9)%。

CBT 螺钉内固定 PLIF 手术的 24 例纳入 CBT 螺钉 PLIF 组,男 11 例,女 13 例,年龄为 58~73 岁;腰椎间盘突出症 12 例,腰椎管狭窄症 7 例,腰椎失稳症 5 例;骨质疏松症 13 例,骨量减少者 8 例,骨量正常者 3 例;术前 VAS 评分为(7.2±1.0)分,ODI 为(65.8±6.4)%。

CBT 螺钉内固定改良 PLIF 手术的 19 例纳入改良 CBT 螺钉 PLIF 组,男 10 例,女 9 例,年龄为 57~73 岁;腰椎间盘突出症 9 例,腰椎管狭窄症 6 例,腰椎失稳症 4 例;骨质疏松症 12 例,骨量减少者 5 例,骨量正常者 2 例;术前 VAS 评分为(7.1±0.8)分,ODI 为(66.8±5.6)%。

三组病人术前一般资料比较,差异均无统计学意义(P 均>0.05)。

三、手术方法

手术采用全身麻醉,病人取俯卧位,均取后正中切口,逐层切开并分离椎旁肌肉。

椎弓根螺钉 PLIF 组,切口长约 8 cm,显露病变节段上下椎体的横突与关节突外侧交界处的人字嵴结构。人字嵴顶点处进钉,置入 Mark 钉,透视确认后,选择 4 根合适的椎弓根螺钉拧入,安装预弯后的连接棒并暂不锁紧尾帽,行相应节段全椎板切除减压,将切除的椎板咬碎,在椎间植入碎骨并置入已填充碎骨的融合器,加压并锁紧钉棒系统。置引流装置,冲洗后逐层缝合切口。

CBT 螺钉 PLIF 组,切口长约 6 cm,仅需显露病变节段椎板外侧及关节突内侧缘。CBT 进针点为上关节突中线于横突下缘下方 1 mm 交点,用球头磨钻开口,进钉方向冠状位由内向外倾 5°~15°,矢状位头倾 25°~30°,根据不同椎体调整角度,透视确认钉道位置合适后,先进行全椎板减压,减压过程中注意保护钉道,椎间植骨并植入融合器,再选择合适的 CBT 螺钉置入,安装连接棒,其余处理同椎弓根螺钉 PLIF 组。

改良 CBT 螺钉 PLIF 组进针同 CBT 螺钉 PLIF 组,不同点在于减压方式。准备钉道后进行减压,手术保留完整棘突、棘上和棘间韧带。切除责任椎间隙上位椎体的部分椎板及下关节突内侧部分,去除黄韧带,再切除下位椎体增生内聚的上关节突,并行侧隐窝减压。在进行开窗减压的过程中,使用弧形骨刀切除椎板需把握好力度,防止损伤硬膜及神经,应尽可能保留下位椎体的椎板上部,尤其是峡部。

减压完成后进行椎间植骨融合并置入钉棒系统,缝合时将腰背筋膜缝合至棘突韧带复合体,以保持后方棘突韧带复合体与腰背部肌筋膜的完整性,其余处理同上。

四、术后处理

术后三组处理措施相同。术后2 d内常规使用头孢呋辛钠1.5 g静脉滴注,每12 h给药1次;使用地塞米松5 mg静脉滴注,每天1次;脱水、神经营养药物治疗2 d。术后24 h引流量<50 ml时拔除引流管。术后1周鼓励病人在床上锻炼腰背肌,根据病人耐受情况嘱其戴腰围下地活动,并逐步加大活动量。术后3、6、12个月定期随访。

五、观察指标

记录三组的手术时间、术中出血量、术后引流量、术后卧床、住院时间、术后1 d的血清肌酸激酶(creatinase, CK)浓度及围手术期并发症;记录复查时的腰痛VAS评分和ODI;复查三维CT,融合节段如有连续的桥接骨小梁形成则代表融合。

六、统计学方法

采用SPSS 17.0软件(IBM公司,美国)对数据进行统计学处理,手术时间、术中出血量等计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,三组间计量资料的总体比较采用方差分析,组间两两比较采用LSD法;并发症发生率等计数资料的比较采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 表

示差异有统计学意义。

结 果

一、一般资料

三组病人的手术时间、术中出血量、术后引流量、术后1 d的CK值、术后卧床及住院时间比较,差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。组间比较,改良CBT螺钉PLIF组病人的手术时间、术中出血量、术后引流量及术后住院时间均显著少于椎弓根螺钉PLIF组和CBT螺钉PLIF组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05);CBT螺钉PLIF组的术中出血量、术后引流量、术后1 d的CK值、术后卧床及住院时间均显著少于椎弓根螺钉PLIF组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05),见表1。

二、临床疗效

三组病人术后12个月的腰痛VAS评分和ODI均较术前明显改善,差异均有统计学意义(P 均 <0.05);三组间术后的VAS评分比较,差异无统计学意义($F=0.768, P=0.468$),但其ODI比较,差异有统计学意义($F=21.026, P<0.0001$)。改良CBT螺钉PLIF组病人的ODI明显低于其他两组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。见表2。

末次随访时复查三维CT示三组病人融合器均在位,均获得良好的骨性融合。

表1 三组病人围术期的一般资料比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	手术时间 (min)	术中出血量 (ml)	术后引流量 (ml)	术后1 d CK值 (IU/L)	术后卧床时间 (d)	术后住院时间 (d)
CBT螺钉PLIF组	24	127.2±4.1	166.1±16.8 ^a	166.7±15.9 ^a	222.1±18.6 ^a	3.7±0.7 ^a	6.5±0.9 ^a
改良CBT螺钉PLIF组	19	112.1±4.9 ^{ab}	144.1±19.9 ^{ab}	140.2±16.3 ^{ab}	220.8±15.0 ^a	3.1±0.7 ^a	5.2±0.9 ^{ab}
<i>F</i> 值	-	45.954	71.314	96.334	325.588	25.631	73.881
<i>P</i> 值	-	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:与椎弓根螺钉PLIF组比较,^a $P<0.05$;与CBT螺钉PLIF组比较,^b $P<0.05$

表2 末次随访三组病人VAS评分和ODI比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS评分(分)		ODI(%)	
		术前	术后12个月	术前	术后12个月
椎弓根螺钉PLIF组	29	6.9±1.1	1.1±0.7 [*]	65.3±5.9	10.6±2.5 [*]
CBT螺钉PLIF组	24	7.2±1.0	1.0±0.6 [*]	65.8±6.4	9.9±1.7 [*]
改良CBT螺钉PLIF组	19	7.1±0.8	0.8±0.7 [*]	66.8±5.6	6.7±1.8 ^{ab*}
<i>F</i> 值	-	0.653	0.768	0.380	21.026
<i>P</i> 值	-	0.524	0.468	0.685	<0.001

注:与术前比较,^{*} $P<0.05$;与椎弓根螺钉PLIF组比较,^a $P<0.05$;与CBT螺钉PLIF组比较,^b $P<0.05$

三、并发症

椎弓根螺钉 PLIF 组发生螺钉松动 1 例、切口脂肪液化 1 例(经清创后愈合),并发症发生率为 6.9% (2/29)。CBT 螺钉 PLIF 组发生硬脊膜损伤 1 例,缝合后未出现脑脊液漏,并发症发生率为 4.2% (1/24)。改良 CBT 螺钉 PLIF 组出现融合器移位 1 例,并发症发生率为 5.3% (1/19)。三组间并发症发生率比较,差异无统计学意义($\chi^2=0.436, P=1.000$)。

典型病例见图 1、2。

讨 论

由于良好的安全性及有效性,椎弓根螺钉内固定目前广泛应用于各种脊柱外科疾病的手术治疗,但由于术中软组织剥离范围广、出血量较大、创伤较大,对于骨质疏松病人,术后易出现螺钉松动或拔出,导致手术失败^[9],对于肥胖病人,过度牵拉肌肉组织也容易造成置钉困难,椎弓根骨折、术后感染等并发症也较为常见^[10,11]。

CBT 螺钉技术近年来得到了推广和应用,其入钉点较传统椎弓根螺钉更偏内,此处椎弓根峡部由内到外逐渐增厚^[12],进针方向由内下斜向外上,进钉时经过入钉点的背侧、椎弓根的后内侧、前外侧和椎体的前外侧壁^[13]四个皮质骨接触面,螺钉和皮质骨的接触面积增大,把持力增强。Mai 等^[14]发现 CBT 螺钉理论止点处的骨密度更高。Santoni 等^[5]和 Matsukawa 等^[15]研究发现 CBT 螺钉与传统螺钉相比具有更高的抗轴向拔出力。Baluch 等^[16]在尸体上进行疲劳试验,发现 CBT 螺钉的抗疲劳性更好。Bohl 等^[17]研究发现,使用 CBT 螺钉固定所需的手术切口较椎弓根螺钉小,由于椎旁肌剥离范围减小,最终减少了手术时间和术中出血量。Marengo 等^[18]的回顾性研究发现,101 例使用 CBT 螺钉固定进行腰椎融合术的病人术后症状均显著改善,而且具有较高的椎间融合率,在术后 12 个月随访时,融合率为 94%。2014 年, Mizuno 等^[19]结合 CBT 螺钉技术提出了中线融合技术,进一步缩小手术创伤,减少了肌肉



图1 病人,女,64岁,诊断为L₅椎体滑脱症,采用CBT螺钉固定PLIF术 a、b:术前腰椎矢状位和横截面MRI可见L₅椎体滑脱,导致硬膜囊及神经根受压;c、d:术前腰椎正侧位X线片可见L₅椎体退变性滑脱;e、f:术后腰椎正侧位X线片可见滑脱的椎体得到复位,内固定及融合器位置良好



图2 病人,女,68岁,L_{3/4}椎间盘突出症合并骨质疏松,采用CBT螺钉固定改良PLIF手术治疗 a、b:术前腰椎MRI示L_{3/4}椎间盘突出压迫硬膜囊及神经根;c、d:术前腰椎正侧位X线片示L_{3/4}椎间隙高度轻度丢失,椎体前缘可见骨质增生;e、f:术后正侧位X线片可见L_{3/4}椎间隙高度恢复,内固定及融合器位置良好,保留了后方棘突韧带复合体

剥离和小关节破坏。

与传统的椎弓根螺钉相比, CBT螺钉的优点在于:①进钉点更靠内,减少了软组织剥离,手术出血量少,病人术后可早期恢复活动^[20,21],对于肥胖病人,其置钉更容易^[22];②CBT螺钉的头倾角及外倾角减少了神经根及硬膜囊受损的风险^[13,23];③CBT螺钉与皮质骨的接触面大,把持力更强,尤其适用于骨质疏松病人;④术后感染、螺钉松动、邻近节段退变等发生率更低^[24];⑤由于其钉道与传统椎弓根钉不同,因此还可作为翻修手术的选择之一^[25,26]。

腰椎退行性疾病的治疗目标主要是解除神经受压及重建脊柱稳定性,而后柱的棘突韧带复合体对维持脊柱后柱稳定具有重要意义,后柱结构的破坏可能会加速上位节段退变^[27]。目前关于CBT螺钉技术的研究大多采用的是传统PLIF术式,传统PLIF减压切除范围较广,术中需切除病变节段上位椎体的棘突与椎板、下位椎体1/2左右的棘突与椎板以及关节突关节内侧,虽然能够彻底解除致压因素,但

也有不足之处:①在进行减压及融合时难免多次牵拉硬膜囊和神经根,可能会造成其损伤^[28],导致神经根及硬膜粘连,部分病人术后症状可能无改善或加重,并增加翻修难度;②手术对软组织剥离较多,创伤较大,术后病人可能出现较长时间的腰痛;③切除棘突韧带复合体可能会影响邻近节段的稳定性^[29]。

改良PLIF术为有限减压,其优势在于:①术中对患侧进行开窗减压,在开窗过程中保留了部分椎板和棘突韧带复合体,因此脊柱后柱结构稳定性尽可能地被保留下来;②尽可能地保留了更多的关节突关节,进一步增强后柱稳定性;③不仅可以对单侧进行充分减压,对于双侧神经受压的病人也可在对侧“开窗”减压;④由于切除的组织较少,所以手术时间、出血及创伤均减少,术后硬膜及神经根粘连减少,瘢痕组织减少;⑤该术式保留了下位椎体的峡部,骨性结构保留较多,植骨后即刻稳定性高,远期融合率高^[30];⑥关闭切口前可将棘突韧带复合体与腰背筋膜缝合在一起,有利于术后腰背肌功能的恢

复,减少腰痛及术后卧床时间。然而,应用时仍要考虑适应证,如对于合并Ⅱ度以上腰椎滑脱症的病人,由于其椎管及椎间隙均严重狭窄,需切除棘突韧带复合体及全椎板、撑开椎间隙方可充分减压,因此不适合使用改良 PLIF 术式。

本研究中,椎弓根螺钉 PLIF 组与 CBT 螺钉 PLIF 组的手术时间比较,差异并无统计学意义,这与 Hung 等^[2]报道的结果一致;理论上, CBT 螺钉置入时所需剥离的软组织较少,可缩短手术时间^[17],两组手术时间相近的原因可能与 CBT 螺钉 PLIF 组术中需多次透视有关。 CBT 螺钉 PLIF 组的术中出血量明显少于椎弓根螺钉 PLIF 组,这可能与 CBT 螺钉 PLIF 组手术切口较小,软组织剥离较少有关;而改良 CBT 螺钉 PLIF 组由于减压时骨组织切除较少,韧带组织得以保留,因此手术时间和术中出血量、术后引流量最少。椎弓根螺钉 PLIF 组的术后卧床和住院时间最长,可能是因其手术创伤较大,术后引流量最多,拔管时间晚,病人术后腰痛较重,恢复活动时间最晚。这进一步说明应用 CBT 螺钉和改良 PLIF 术式更为微创、术后恢复更快。 CK 大量存在于肌肉组织中,其活性测定可用于肌肉疾病的诊断,肌肉损伤后,血清中 CK 的含量可显著增高,椎弓根螺钉 PLIF 组因肌肉组织破坏较多,因此术后 CK 值明显高于其他两组。

本研究中三组的并发症发生率无明显差异,与 Sakaura 等^[24]报道的结果不一致,可能与本研究样本数量较少,随访时间较短有关。

椎弓根螺钉 PLIF 组和 CBT 螺钉 PLIF 组术后 12 个月的 VAS 评分和 ODI 比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),与 Lee 等^[31]报道的结果一致,说明两种螺钉都具有良好的临床疗效,可能与两组病人使用了相同的减压方式,病人均可获得彻底的减压及牢靠的内固定有关,报道显示 CBT 螺钉技术创伤更小且不影响疗效^[24,32];虽然改良 CBT 螺钉 PLIF 组术后 12 个月的 VAS 评分与另外两组比较,差异无统计学意义,但 ODI 明显降低,提示保留后柱结构的改良 PLIF 手术更有利于缓解病人疼痛,改善病人生活质量,远期疗效可能更好。本研究纳入的病人为老年病人,大部分存在骨量减少或骨质疏松, CBT 螺钉 PLIF 组与改良 CBT 螺钉 PLIF 组病人未出现螺钉松动情况,提示 CBT 螺钉具有良好的把持力。

椎弓根螺钉固定 PLIF 术、 CBT 螺钉固定 PLIF 术、 CBT 螺钉固定改良 PLIF 术这三种手术方法治疗腰椎退行性疾病均有较好的临床疗效和融合率。

CBT 螺钉结合改良 PLIF 术式最大程度地保留了脊柱后柱的完整性和稳定性,并且具有更少的手术出血量,更小的手术创伤,更短的术后恢复时间,有效减少了病人围术期痛苦,术后 1 年病人生活质量更高,具有更满意的治疗效果,值得进一步应用及推广。但本研究为回顾性研究,并且研究对象局限于单节段腰椎退变病人,样本量较少,随访时间仅 1 年,其远期疗效仍需大量研究进一步验证。

参 考 文 献

- [1] 谢希惠, 黄洪. 后路椎弓根钉内固定复位联合 cage 椎间植骨融合治疗腰椎不稳[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2017, 32(7): 744-745.
- [2] 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.
- [3] Bresnahan LE, Smith JS, Ogden AT, et al. Assessment of paraspinal muscle cross-sectional area after lumbar decompression: minimally invasive versus open approaches [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(3): E162-E168.
- [4] 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.
- [5] Santoni BG, Hynes RA, McGilvray KC, et al. Cortical bone trajectory for lumbar pedicle screws [J]. Spine J, 2009, 9(5): 366-373.
- [6] 姚羽, 薛华伟, 赵剑, 等. 腰椎皮质骨通道螺钉固定系统的生物力学实验[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(3): 362-366.
- [7] Keorochana G, Pairuchvej S, Trathitephun W, et al. Comparative outcomes of cortical screw trajectory fixation and pedicle screw fixation in lumbar spinal fusion: systematic review and meta-analysis [J]. World Neurosurgery, 2017, 102: 340-349.
- [8] Matsukawa K, Yato Y, Hynes RA, et al. Cortical bone trajectory for thoracic pedicle screws: a technical note [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30 (5): E497-E504.
- [9] Ponnusamy KE, Iyer S, Gupta G, et al. Instrumentation of the osteoporotic spine: biomechanical and clinical considerations [J]. Spine J, 2011, 11(1): 54-63.
- [10] Lee GW, Ahn MW. Comparative study of cortical bone trajectory-pedicle screw (cortical screw) versus conventional pedicle screw in single-level posterior lumbar interbody fusion: a 2-year post hoc analysis from prospectively randomized data [J]. World Neurosurg, 2018, 109: e194-e202.
- [11] Sakaura H, Miwa T, Yamashita T, et al. Cortical bone trajectory screw fixation versus traditional pedicle screw fixation for 2-level posterior lumbar interbody fusion: comparison of surgical outcomes for 2-level degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. J Neurosurg Spine, 2018, 28(1): 57-62.
- [12] Ivanov AA, Faizan A, Ebraheim NA, et al. The effect of removing the lateral part of the pars interarticularis on stress distribution at the neural arch in lumbar foraminal microdecompression at L₃-L₄ and L₄-L₅: anatomic and finite element investigations [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(22): 2462-2466.
- [13] Iwatsuki K, Yoshimine T, Ohnishi Y, et al. Isthmus-guided cortical bone trajectory for pedicle screw insertion [J]. Orthop Surg, 2014,

- 6(3): 244-248.
- [14] Mai HT, Mitchell SM, Hashmi SZ, et al. Differences in bone mineral density of fixation points between lumbar cortical and traditional pedicle screws[J]. Spine J, 2016, 16(7): 835-841.
- [15] Matsukawa K, Yato Y, Imabayashi H, et al. Biomechanical evaluation of the fixation strength of lumbar pedicle screws using cortical bone trajectory: a finite element study [J]. J Neurosurg Spine, 2015, 23(4): 471-478.
- [16] Baluch DA, Patel AA, Lullo B, et al. Effect of physiological loads on cortical and traditional pedicle screw fixation [J]. Spine, 2014, 39(22): 1297-1302.
- [17] 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.
- [18] Marengo N, Beijano P, Cofano F, et al. Cortical bone trajectory screws for circumferential arthrodesis in lumbar spine: clinical and radiological outcomes of 101 cases [J]. Eur Spine J, 2018, 27(suppl 2): 1-9.
- [19] Mizuno M, Kuraishi K, Umeda Y, et al. Midline lumbar fusion with cortical bone trajectory screw [J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2014, 54(9): 716-721.
- [20] 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): 1411-1418.
- [21] Chin KR, Pencle F, 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.
- [22] 田乃峰, 倪文飞, 林焱. 应用皮质骨通道置钉技术治疗腰椎退行性病变肥胖患者的临床疗效[J]. 浙江创伤外科, 2018, 23(4): 637-641.
- [23] Matsukawa K, Yato Y, Nemoto O, et al. Morphometric measurement of cortical bone trajectory for lumbar pedicle screw insertion using computed tomography [J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 26(6): E248-E253.
- [24] Sakaura H, Miwa T, Yamashita T, et al. Posterior lumbar interbody fusion with cortical bone trajectory screw fixation versus posterior lumbar interbody fusion using traditional pedicle screw fixation for degenerative lumbar spondylolisthesis: a comparative study [J]. J Neurosurg Spine, 2016, 25(5): 591-595.
- [25] 王燕燕, 张建锋, 范顺武, 等. 皮质骨轨迹螺钉固定技术在腰椎翻修中的应用[J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(18): 1143-1149.
- [26] Kaye ID, Prasad SK, Vaccaro AR, et al. The cortical bone trajectory for pedicle screw insertion[J]. JBJS Rev, 2017, 5(8): e13.
- [27] 陈辉, 吴小涛, 王运涛, 等. 腰椎后柱“骨-髓-骨”结构的完整性对邻近节段生物力学的影响[J]. 现代医学, 2007, 35(6): 454.
- [28] DiPaoLa CP, Molinari RW. Posterior lumbar interbody fusion [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2008, 16(3): 180-189.
- [29] Lai PL, Chen LH, Niu CC, et al. Relation between laminectomy and development of adjacent segment instability after lumbar fusion with pedicle fixation[J]. Spine, 2004, 22: 2527-2532.
- [30] Hey HW, Hee HT. Lumbar degenerative spinal deformity: surgical options of PLIF, TLIF and MI-TLIF [J]. Indian J Orthop, 2010, 44(2): 159-162.
- [31] 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.
- [32] Snyder LA, Martinez-Del-Campo E, Neal MT, et al. Lumbar spinal fixation with cortical bone trajectory pedicle screws in 79 patients with degenerative disease: perioperative outcomes and complications [J]. World Neurosurg, 2016, 88: 205-213.

(收稿日期: 2020-01-16)

(本文编辑: 陈姗姗)

本文引用格式

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. DOI:10.3969/j.issn.1674-8573.2020.03.007.