

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2013.04.002 [http://www.crter.org]

陈涛, 贾世青, 陈武, 黎品泉. 椎体间融合内固定治疗腰椎滑脱症: 脊柱-骨盆参数的变化[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(4):576-581.

椎体间融合内固定治疗腰椎滑脱症: 脊柱-骨盆参数的变化

陈涛, 贾世青, 陈武, 黎品泉

广西玉林骨科医院骨科, 广西壮族自治区玉林市 537000

文章亮点:

1 椎间盘高度的恢复影响滑脱度、滑脱角及其余脊柱-骨盆参数的变化, 因此, 对于采用后路椎体间融合治疗的腰椎滑脱症患者, 椎间盘高度的恢复非常重要。

2 通过内固定前后影像学分析患者的骨盆代偿模式, 个体化地重建椎间盘高度, 这样可获得良好脊柱-骨盆矢状位序列, 从而使患者内固定植入治疗后保持站立、行走时无需更多的骨盆代偿机制及肌肉的能量消耗, 最终使机体处于良好姿势调节模式下, 提高生活质量。

关键词:

骨关节植入物; 脊柱植入物; 腰椎滑脱症; 内固定; 脊柱骨盆参数; 滑移度; 滑脱角; 椎间盘高度; 后路椎体间融合; 腰椎前凸; 骨盆倾斜角; 骶骨倾斜角

摘要

背景: 脊柱-骨盆参数的异常与腰椎椎体滑脱症的发生、进展密切相关。

目的: 探讨腰椎椎体滑脱症患者内固定治疗后脊柱-骨盆参数的变化及临床意义。

方法: 行腰椎椎体滑脱症后路腰椎椎体间融合内固定治疗且有完整随访资料的患者共 60 例, 测量分析所有患者内固定前后 X 射线平片的腰椎前凸、骨盆投射角、骶骨倾斜角和骨盆倾斜角、矢状面平衡、椎体滑脱度、椎体滑脱角和椎间盘高度。将上述参数植入前后测量结果进行配对 *t* 检验比较, 并对相关参数指标进行相关分析。

结果与结论: 植入前后滑脱度、滑脱角、椎间盘高度、腰椎前凸、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角及矢状面平衡比较, 差异均有显著性意义($P < 0.01$)。椎间盘高度的恢复与腰椎前凸、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、滑脱度及滑脱角的变化存在明显的线性相关, 腰椎前凸的变化与滑脱角、滑脱度、骨盆倾斜角及骶骨倾斜角的变化存在线性相关。说明后路腰椎椎体间融合内固定能够显著地改善腰椎椎体滑脱症患者的骶骨倾斜角、骨盆倾斜角、腰椎前凸及矢状面平衡; 运用后路腰椎椎体间融合内固定治疗腰椎椎体滑脱症患者, 必须考虑不同骨盆投射角下的骨盆代偿模式, 个体化地重建椎间盘高度。

Interbody fusion and internal fixation for lumbar spondylolisthesis: Changes of spino-pelvic parameters

Chen Tao, Jia Shi-qing, Chen Wu, Li Pin-quan

Department of Orthopedics, Yulin Orthopedic Hospital, Yulin 537000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Abstract

BACKGROUND: Abnormality of spino-pelvic parameters is closely related to the occurrence and progress of lumbar spondylolisthesis.

OBJECTIVE: To explore the change and clinical significance of spino-pelvic parameters in lumbar spondylolisthesis patients after internal fixation.

METHODS: A retrospective analysis was conducted on 60 patients with lumbar spondylolisthesis undergoing posterior lumbar interbody fusion and internal fixation. The pre-and post-operative lumbar

陈涛, 男, 1976 年生, 广西壮族自治区玉林市人, 汉族, 广西中医学院毕业, 主治医师, 主要从事脊柱外科方面的研究。
18907755086@189.cn

通讯作者: 贾世青, 副主任医师, 广西玉林骨科医院骨科, 广西壮族自治区玉林市 537000
Jiashiqing088@163.com

中图分类号:R318
文献标识码:A
文章编号:2095-4344
(2013)04-00576-06

收稿日期: 2012-06-05
修回日期: 2012-07-27
(20120329025/D·C)

Chen Tao, Attending physician,
Department of Orthopedics,
Yulin Orthopedic Hospital, Yulin
537000, Guangxi Zhuang
Autonomous Region, China
18907755086@189.cn

Corresponding author: Jia
Shi-qing, Associate chief
physician, Department of
Orthopedics, Yulin Orthopedic
Hospital, Yulin 537000,
Guangxi Zhuang Autonomous
Region, China
Jiashiqing088@163.com

Received: 2012-06-05
Accepted: 2012-07-27

lordosis, pelvic projectional angle, sacral slope angle, pelvic tilting angle, sagittal balance, slip degree, slip angle and height of intervertebral disc were measured on X-ray film. These parameters were analyzed using *t*-test between pre- and post-operation. Linear correlations between these parameters were analyzed.

RESULTS AND CONCLUSION: There were significant differences between pre- and post-operative slip degree, slip angle, height of intervertebral disc, lumbar lordosis, pelvic tilting, sacral slope and sagittal balance ($P < 0.01$). The restoration of height of intervertebral disc showed significant correlation with the change of lumbar lordosis, pelvic tilting, sacral slope, slip degree and slip angle. The change of lumbar lordosis was significantly correlated with the change of slip angle, slip degree, pelvic tilting and sacral slope. It indicates that posterior lumbar interbody fusion and internal fixation can significantly improve the sacral slope, pelvic tilting, lumbar lordosis and sagittal balance of the patients with lumbar spondylolisthesis. Therefore, when treating lumbar spondylolisthesis patients with posterior lumbar interbody fusion and internal fixation, compensatory mode of pelvis with different pelvic projectional angles must be considered, and surgical surgeons should restore the height of intervertebral disc individually.

Key Words: bone and joint implants; spinal implants; lumbar spondylolisthesis; internal fixation; spino-pelvic parameters; slip degree; slip angle; height of intervertebral disc; posterior lumbar interbody fusion; lumbar lordosis; pelvic tilting angle; sacral slope angle

Chen T, Jia SQ, Chen W, Li PQ. Interbody fusion and internal fixation for lumbar spondylolisthesis: Changes of spino-pelvic parameters. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2013;17(4): 576-581.

0 引言

目前, 治疗腰椎椎体滑脱症的手术方法较多, 经后路椎体间融合因其可有效地撑开椎间隙, 获得满意脊柱-骨盆矢状面序列重建等优点, 已被广泛地运用^[1-5]。以往关于后路椎体间融合治疗腰椎椎体滑脱症的研究大多集中在疗效与并发症的比较^[6-7]。近年来, 脊柱-骨盆矢状面序列在维持脊柱矢状面平衡方面的重要作用获得普遍关注。研究发现, 脊柱-骨盆参数的异常与腰椎椎体滑脱症的发生、进展密切相关^[8-11]。因此, 研究腰椎椎体滑脱症患者的脊柱-骨盆序列及形态具有重要的临床意义。迄今, 国内尚无关于腰椎椎体滑脱症后路椎体间融合后脊柱-骨盆参数变化的研究, 实验通过内固定治疗前、后影像学分析, 旨在探讨后路椎体间融合对脊柱-骨盆参数的影响及意义。

1 材料和方法

设计: 数据参数分析。

时间及地点: 于2005年1月至2007年1月在玉林市骨科医院完成。

对象: 行后路椎体间融合治疗、有完整临床及影像学资料的腰椎椎体滑脱症患者60例, 其中男36例、女24例, 平均年龄56岁(29-73岁), 平均随访26个月(21-31个月)。所有患者均为L₅椎体峡部崩裂性滑脱, 根据Meyerding分级标准^[12], I度滑脱19例, II度滑脱23例, III度滑脱18例。患者均有顽固性腰背痛, 伴有下肢放射痛, 32例伴有间歇性跛行, 且保守治疗3个月以上无效。所有病例行CT和MRI检查, 滑移椎必须行冠状面椎弓根扫描。

诊断标准: 运用腰椎正侧外、腰椎左右斜位片及腰椎CT平扫证实, 椎弓根峡部断裂伴椎体滑移即为该疾病^[13]。

纳入标准: ①患者均有顽固性腰背痛, 伴有下肢放射痛。②保守治疗3个月以上无效。③所有病例行CT和MRI检查, 滑移椎体必须行冠状面椎弓根扫描。

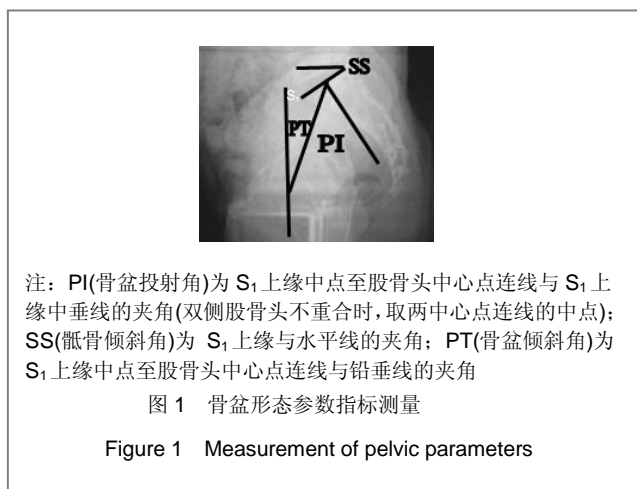
排除标准: ①以前施行过腰椎手术。②伴有发育性或退变性椎管狭窄。

方法:

内固定植入物介绍: Telamon椎间融合器购于美国美敦力公司, 材质为钛合金, 生物相容性好。

椎间融合器置入方法: 取俯卧位, 完成术区暴露后, 先行椎弓根螺钉固定, 再行全椎板减压。神经根拉钩牵开神经根及硬膜囊显露椎间隙, 切开后纵韧带、纤维环后摘除髓核组织, 再利用配套的撑开器两侧交替逐步撑开椎间隙至合适高度, 去除剩余的髓核组织、纤维环以及终板软骨至终板表面渗血, 植入Telamon椎间融合器(Medtronic Sofamor Danek公司, 美国)。安装纵向连接杆, 此时滑脱多已基本复位。透视见位置满意后, 对融合间隙进行适当加压, 生理盐水冲洗后逐层缝合切口并放置引流管。

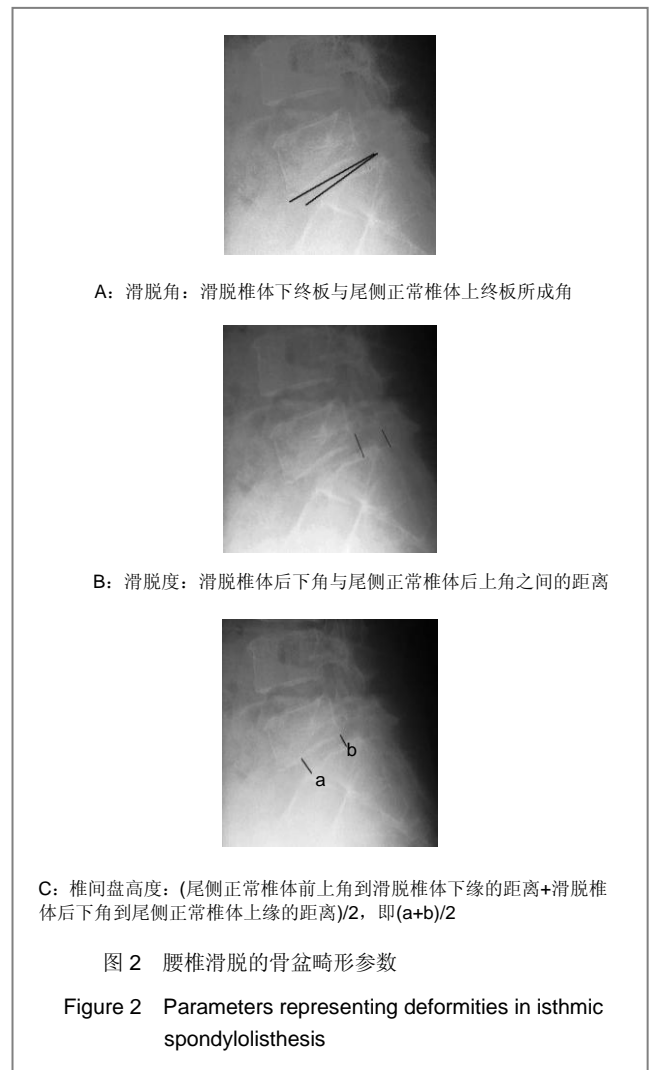
影像学测量指标: 见图1。



①腰椎前凸: T_{12} 椎体上终板与 S_1 椎体上终板之间的角度^[14]。②矢状面平衡: C_7 铅垂线与骶骨后上角之间的垂直距离(C_7 铅垂线在骶骨后上角前方为+, 后方为-)^[14]。③骨盆投射角: S_1 上缘中点至股骨头中心点连线与 S_1 上缘中垂线的夹角(双侧股骨头不重合时, 取两中心点连线的中点)^[15]。④骶骨倾斜角: S_1 上缘与水平线的夹角^[15]。⑤骨盆倾斜角: S_1 上缘中点至股骨头中心点连线与铅垂线的夹角^[15]。⑥滑脱角: 滑脱椎体下终板与尾侧正常椎体上终板所成角^[16], 见图2A。⑦滑脱度: 滑脱椎体后下角与尾侧正常椎体后上角之间的距离^[16], 见图2B。⑧椎间盘高度: (尾侧正常椎体前上角到滑脱椎体下缘的距离+滑脱椎体后下角到尾侧正常椎体上缘的距离)/2^[16], 见图2C。

置入后处理: 置入后24-36 h拔除引流管。置入后第3天行腰椎X射线检查, 以确认复位及固定情况, 第7天在腰围保护下鼓励患者坐起及下床行走。所有患者置入后四五个月内佩戴腰围, 并禁止腰部的弯曲和扭转活动。

主要观察指标: 观察各参数的变化, 即植入前后滑脱度、滑脱角、椎间盘高度、腰椎前凸、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角及矢状面平衡。



统计学分析: 采用SPSS 16.0统计软件对数据进行统计处理, 植入前后参数比较采用配对t检验, 对60例腰椎椎体滑脱症患者的脊柱-骨盆矢状位形态参数的变化进行相关性分析, 检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 参与者数量分析 所有患者均获得随访, 实验过程无脱落, 随访时间21-31个月。

2.2 疗效及不良反应分析 置入过程时间180-260 min, 平均220 min; 植入过程中出血量500-620 mL, 平均560 mL。由于术中过度牵拉神经根, 植入后3例(5%)患者出现会阴部感觉减退, 但无尿便失禁, 经注射甲基强的松龙和甲钴胺后, 7-10 d后症状消失。2例(3%)置入后第5-7天出现发热、腰痛、红细胞沉降率增快等深部椎间隙低毒性感染的症状, 经积极抗炎治疗, 症状于术后第14-18天消失。2例(3%)置入后出现腰部酸痛, 其

中1例X射线平片提示融合器后移, 给予卧床休息并腰围保护3个月, 置入后14个月随访, 融合器植骨完全融合, 症状消失; 另1例X射线片示融合器及椎弓根螺钉位置均良好, 保守治疗8个月后症状消失。4例(7%)形成假关节并出现螺钉断裂。

2.3 参数测量结果分析 内固定前后脊柱-骨盆参数测量结果, 见表1。

表1 腰椎滑脱症患者后路椎体间融合内固定治疗前后脊柱-骨盆参数测量值比较

Table 1 Comparison of pre-and post-operative spino-pelvic parameters in the lumbar spondylolisthesis patients treated with posterior lumbar interbody fusion and internal fixation (x±s)

指标	治疗前	随访末期	P
椎体滑移度(mm)	18.6±12.8	7.2±4.6	< 0.01
滑脱角(°)	23.8±10.5	12.6±6.8	< 0.01
椎间盘高度(mm)	7.6±3.2	16.2±4.6	< 0.01
骨盆投射角(°)	56.8±10.4	56.5±8.9	> 0.05
骶骨倾斜角(°)	30.2±13.8	41.3±9.9	< 0.01
骨盆倾斜角(°)	26.6±10.6	15.2±7.8	< 0.01
腰椎前凸角(°)	52.8±12.6	68.2±9.6	< 0.01
矢状面平衡(mm)	-31.2±26.5	-36.6±28.2	< 0.01

注: 腰椎滑脱症患者经后路椎体间融合内固定治疗后, 除骨盆投射角无显著变化外, 其他指标差异均有显著性意义(P < 0.01)

各参数变化的Pearson相关分析结果, 见表2。

表2 腰椎滑脱症患者后路椎体间融合内固定治疗后滑脱度、滑脱角及椎间盘高度变化与脊柱-骨盆参数的 Pearson 相关性分析

Table 2 Pearson correlation between the changes of slip degree, slip angle and height of intervertebral disc and spino-pelvic parameters in the lumbar spondylolisthesis patients treated with posterior lumbar interbody fusion and internal fixation

指标	椎间盘高度		滑脱角		椎体滑移度	
	r	P	r	P	r	P
腰椎前凸角	0.72	0.003	0.43	0.020	0.56	0.017
骶倾斜角	0.67	0.031	0.64	0.008	0.53	0.004
骶骨倾斜角	0.59	0.021	0.51	0.023	0.63	0.025

2.4 典型病例结果分析 40岁女性患者, L₅峡部崩裂性滑脱。内固定治疗前骨盆投射角52.9°, 骶骨倾斜角28.8°, 骨盆倾斜角24.1°, 腰椎前凸46.3°, 矢状面平衡-31.8 mm, 滑脱度16.2 mm, 滑脱角20.6°, 椎间盘高

度5.6 mm, 见图3a; 内固定治疗后骨盆投射角 52.3°, 骶骨倾斜角41.6°, 骨盆倾斜角10.7°, 腰椎前凸59.8°, 矢状面平衡-32.8 mm, 滑脱度6.8 mm, 滑脱角11.2°, 椎间盘高度15.9 mm, 见图3b。



a: 治疗前椎间盘间隙狭窄



b: 治疗后椎间盘高度提升

图3 女性40岁患者L₅峡部崩裂性滑脱椎体间融合内固定治疗前后影像学分析

Figure 3 Radiographic analysis of a 40-year-old female patient with L₅ isthmic spondylolisthesis before and after posterior lumbar interbody fusion and internal fixation

3 讨论

近年来, 许多研究证实高骨盆投射角与腰椎椎体滑脱症的发生、进展密切相关^[17-20]。由于骨盆投射角等于骨盆倾斜角与骶骨倾斜角之和、骨盆投射角与骶骨倾斜角密切相关、骶骨倾斜角与腰椎前凸密切相关, 因此, 高骨盆投射角的必然导致骶骨倾斜角增大, 进而是腰椎前凸也增大。人体通过腰椎前凸来适应骶骨向前的倾斜, 为保持平衡, 骶骨倾斜角越大, 腰椎前凸角也越大。陡峭的骶骨平台意味着在站立姿势时椎间盘承受的剪切力更大, 向前滑脱的趋势更明显。正常人的骨盆入射角反映了髋关节位于L₅正下方的解剖关系, 随着腰椎滑脱程度的加重, 人体矢状位平衡被破坏, 为代偿这种改变, 机体通过增大骨盆倾斜角, 减小骶骨倾斜角来调节, 使得重力线仍在髋关节之上, 建立新的平衡^[16,21]。因此, 骨盆在维持脊柱的矢状位序列方面具有重要的临床意义。特别是在腰椎椎体滑脱症患者中, 脊柱-骨盆矢状位的平衡状态是否得以恢复是预测术后疗效的最可靠指标^[22,23]。

手术治疗腰椎椎体滑脱症主要是通过通过对滑移椎体的复位来重新建立脊柱-骨盆矢状面正常的生理序列, 使得术后患者保持站立时无需通过骨盆过度代偿, 使得肌肉能量消耗最低, 符合生物力学上经济的姿势调节模式。许多参数, 如滑脱度、滑脱角及椎间盘高度被运用于评估滑脱椎体的复位。然而, 滑脱度、滑脱角及椎间盘高度改变对脊柱-骨盆矢状面形态的影响仍为被充分的研究。此外, 这些参数中到底哪个参数对脊柱-骨盆矢状面形态影响最为显著, 迄今仍不清楚。

Kawakami等^[24]运用腰椎后外侧融合治疗退变性腰椎椎体滑脱症患者, 发现滑脱度的减小, 腰椎前凸的随之恢复, 对改善患者术后疗效起到重要作用。Boachie-Adjei等^[25]对6例重度腰椎椎体滑脱症患者进行治疗, 证实滑脱角的减小对恢复脊柱-骨盆矢状面形态尤为重要。Godde等^[26]报告了运用楔形cage能有效恢复腰椎前凸。近来, Park等^[16]运用后路椎体间融合治疗58例腰椎滑脱症患者, 结果发现滑脱度、滑脱角、椎间盘高度及脊柱-骨盆参数均获明显的改善。本实验中滑脱度、滑脱角及椎间盘高度术后均获显著的改善。骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、腰椎前凸及矢状面平衡术后也获显著的改善。即使实验未对这些参数的改变与临床疗效进行相关分析, 但这些参数的改变, 使得患者术后站立、行走无需消耗更多的肌肉能量, 缓解疲劳, 符合生物力学上经济的姿势调节模式。患者术后骨盆倾斜角平均减小 10° , 这意味着患者在保持站立时, 无需更多的骨盆代偿机制, 改变患者不经济的姿势调节模式。在术前测量以上各种参数值, 便于在术中通过调整椎体间融合器及钉棒的弧度来调节滑脱度、滑脱角及椎间盘高度, 使得腰椎前凸得以恢复生理状态, 通过骨盆形态的自行调整, 从而促使腰椎-骶骨之间重建新的平衡。表1结果证实, 在腰骶段由于内植物固定而变为复合体之后, 腰椎前凸增大, 躯体为了重新建立腰椎-骶骨段的平衡状态, 将带动骶骨倾斜角增大, 骨盆倾斜角减小, 从而恢复脊柱-骨盆矢状面序列, 使得腰椎椎体滑脱症患者术后姿势调节模式更为经济, 显著改善患者的生活质量。

Park等^[16]运用后路椎体间融合治疗58例腰椎滑脱症患者, 发现椎间盘高度的恢复与腰椎前凸的重建密切, 但他并没有发现椎间盘高度的恢复、滑脱度、滑脱角的变化与骨盆倾斜角、骶骨倾斜角变化的相关性。在本研究中, 发现椎间盘高度的恢复与腰椎前凸、滑脱度、滑脱角、骨盆倾斜角及骶骨倾斜角的变化密切相关, 腰

椎前凸变化与滑脱度、滑脱角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角的变化密切相关。由于椎间融合器的使用, 使得椎间盘高度得到即刻的恢复, 随访期椎间盘高度仍保持良好。椎间盘高度恢复, 导致了滑脱度、滑脱角的减小, 使得腰椎前凸恢复生理状态。骶骨倾斜角是描述骨盆空间位置的相关性参数, 它决定骶骨在矢状位上的方向, 腰椎前凸越大, 骶骨倾斜角也越大。在站立位上, 人体通过腰椎前凸来适应骶骨向前的倾斜, 为保持平衡, 骶骨倾斜角越大, 腰椎前凸也越大。为了适应术后增大的腰椎前凸, 患者骨盆通过自身调整机制, 骶骨倾斜角则变大, 随之骨盆倾斜角减小。Vaz等^[27]证实骨盆投射角值较大时将为骨盆的旋转提供更大的活动范围, 使其能在更大范围内来调节脊柱的序列, 而较小的骨盆投射角值意味着骶骨倾斜角和骨盆倾斜角的可变空间较小, 对脊柱序列的调节能力降低。本组患者骨盆倾斜角值均比正常人群大, 这说明骨盆为了维持脊柱的平衡, 已经从正常状态变为旋后状态。这种旋转不仅会影响骨盆自身的生物力学分布, 引起肌肉能量过度消耗, 还会导致双侧髋臼负重面的改变, 日后可能会对髋关节产生相应的影响。由于骨盆投射角值较小, 以及受到髋关节周围韧带等结构的限制, 骨盆不能无限度地旋转, 限制了骨盆对脊柱序列的调节能力。当骨盆的代偿作用不足时, 可能会导致脊柱矢状位失平衡, 这可能是本组部分患者出现脊柱失平衡的原因之一。椎间盘高度的恢复影响滑脱度、滑脱角及其余脊柱-骨盆参数的变化, 因此, 对于采用后路椎体间融合治疗的腰椎滑脱症患者, 椎间盘高度的恢复非常重要, 理论上说, 高骨盆投射角的患者, 需要椎间盘高度的恢复大, 这样才会消除骨盆代偿机制, 使骨盆倾斜角、骶骨倾斜角处于生理状态, 机体的能量消耗最低。低骨盆投射角的患者, 需要椎间盘高度的小, 若过度的恢复椎间盘高度, 会导致骨盆状态由后旋状态变为前旋状态。因此, 在考虑对滑移椎体复位时, 因不同骨盆投射角的骨盆代偿能力不同, 所以一定要把骨盆的代偿机制考虑进去, 量化不同骨盆投射角下所需要的滑移椎体复位程度。

综上所述, 对腰椎椎体滑脱症患者行后路椎体间融合手术治疗, 因椎间盘高度的恢复影响其余脊柱-骨盆参数的改变, 所以一定要获得满意的椎间盘高度重建, 但同时充分考虑患者的骨盆代偿模式, 个体化地重建椎间盘高度, 这样可获得良好脊柱-骨盆矢状位序列, 从而使患者术后保持站立、行走时无需更多的骨盆代偿机

制及肌肉的能量消耗, 最终使机体处于经济的姿势调节模式下, 显著提高患者植入后的生活质量。

作者贡献: 贾世青进行试验设计。陈武、黎品泉进行实施、实验评估、资料收集。陈涛成文, 并对文章负责, 贾世青审核。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 实验已获伦理委员会批准, 并获知情同意权。

作者声明: 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。

4 参考文献

- [1] Bose B, Balzarini M, Gimmestad G, et al. Uninstrumented posterolateral fusion as an adjunct to interbody fusion. *Neurosurgery Quarterly*. 2004; 14(3):174-178.
- [2] Ruan DK, He Q, Ding N, et al. Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi. 2004;14(3):156-160.
阮狄克, 何琼, 丁宁, 等. PLF与PLIF手术治疗腰椎滑脱症的疗效比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(3):156-160.
- [3] Fan SW, Fang XQ, Zhang HJ, et al. Zhonghua Guke Zazhi. 2006;26(2):105-109.
范顺武, 方向前, 张宏军, 等. 椎间隙撑开在腰椎滑脱症复位和融合中的应用价值[J]. 中华骨科杂志, 2006, 26(2):105-109.
- [4] Wu Y, Tang H, Li Z, et al. Outcome of posterior lumbar interbody fusion versus posterolateral fusion in lumbar degenerative disease. *J Clin Neurosci*. 2011; 18(6): 780-783.
- [5] Musluman AM, Yilmaz A, Cansever T, et al. Posterior lumbar interbody fusion versus posterolateral fusion with instrumentation in the treatment of low-grade isthmic spondylolisthesis: midterm clinical outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(4):488-496.
- [6] Kaito T, Hosono N, Mukai Y, et al. Induction of early degeneration of the adjacent segment after posterior lumbar interbody fusion by excessive distraction of lumbar disc space. *J Neurosurg Spine*. 2010;12(6):671-679.
- [7] Oh SK, Lee CS, Chung SS. Correlation of pelvic parameters with isthmic spondylolisthesis. *Asian Spine J*. 2009;3(1): 21-26.
- [8] Mac-Thiong JM, Wang Z, de Guise JA, et al. Postural model of sagittal spino-pelvic alignment and its relevance for lumbosacral developmental spondylolisthesis. *Spine*. 2008; 33(21):2316-2325.
- [9] Vialle R, Ilharberde B, Dauzac C, et al. Is there a sagittal imbalance of the spine in isthmic spondylolisthesis? A correlation study. *Eur Spine J*. 2007;16(10):1641-1649.
- [10] Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. The importance of spino-pelvic balance in L5-S1 developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements. *Spine*. 2005;30(6 Suppl):S27-34.
- [11] Meyerding H. Low backache and sciatic pain associated with spondylolisthesis and protruded intervertebral disc: incidence, significance and treatment. *J Bone Joint Sur (Am)*. 1947; 29(2): 461-470.
- [12] Labelle H, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study. *Spine*. 2004; 29(18):2049-2054.
- [13] Kim KT, Suk KS, Cho YJ, et al. Clinical outcome results of pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis with kyphotic deformity. *Spine*. 2002; 27(6): 612-618.
- [14] Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine*. 2009;34(8):785-791.
- [15] Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998;7(2):99-103.
- [16] Park SJ, Lee CS, Chung SS, et al. Postoperative changes of pelvic parameters and sagittal balance in adult isthmic spondylolisthesis. *Neurosurgery*. 2011; 68(2):355-363.
- [17] Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, et al. Correlation of pelvic incidence with low- and high-grade isthmic spondylolisthesis. *Spine*. 2002; 27(18):2026-2029.
- [18] Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and low-grade spondylolisthesis. *Spine*. 2006; 31(21):2484-2490.
- [19] Rajnics P, Templier A, Skalli W, et al. The association of sagittal spinal and pelvic parameters in asymptomatic persons and patients with isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech*. 2002; 15(1):24-30.
- [20] Marty C, Boisaubert B, Descamps H, et al. The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients. *Eur Spine J*. 2002; 11(2):119-125.
- [21] Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, et al. Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine*. 1998; 23(16):1750-1767.
- [22] Labelle H, Roussouly P, Chopin D, et al. Spino-pelvic alignment after surgical correction for developmental spondylolisthesis. *Eur Spine J*. 2008; 17(9):1170-1176.
- [23] Hresko MT, Hirschfeld R, Buerk AA, et al. The effect of reduction and instrumentation of spondylolisthesis on spinopelvic sagittal alignment. *J Pediatr Orthop*. 2009; 29(2):157-162.
- [24] Kawakami M, Tamaki T, Ando M, et al. Lumbar sagittal balance influences the clinical outcome after decompression and posterolateral spinal fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine*. 2002; 27(1):59-64.
- [25] Boachie-Adjei O, Do T, Rawlins BA. Partial lumbosacral kyphosis reduction, decompression, and posterior lumbosacral transfixation in high-grade isthmic spondylolisthesis: clinical and radiographic results in six patients. *Spine*. 2002; 27(6):E161-168.
- [26] Godde S, Fritsch E, Dienst M, et al. Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion. *Spine*. 2003; 28(15):1693-1699.
- [27] Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J*. 2002; 11(1):80-87.