

退变性腰椎滑脱中腰椎-骨盆结构参数的特点分析

周林杰, 杨民, 郑伟伟, 张俊宇

(皖南医学院弋矶山医院创伤骨科, 安徽 芜湖 241001)

【摘要】 目的: 分析退变性腰椎滑脱(degenerative lumbar spondylolisthesis, DLS)中腰椎-骨盆结构特点及其在退变性腰椎滑脱症中的意义。方法: 对 2015 年 4 月至 2017 年 1 月收治的 45 例单纯退行性 L_{4,5} 节段腰椎滑脱患者(滑脱组)的临床资料进行回顾性分析, 并与同期 50 例(对照组)体检资料齐全的健康者进行比较。通过影像学资料对受试者的腰椎-骨盆结构参数进行统计分析, 分析 DLS 患者的脊柱-骨盆特点。观察退变性腰椎滑脱患者椎间盘及关节突关节退变特点。利用 Spearson 分析各观察项目之间的相关性。**结果:** 滑脱组 L_{4,5} 关节突关节角、腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角为(36.5±11.2)°、(44.2±7.3)°、(66.5±11.6)°、(22.2±10.0)°、(33.4±11.3)°。对照组 L_{4,5} 关节突关节角、腰椎前凸角、骨盆入射角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角为(44.4±8.2)°、(36.7±8.5)°、(55.4±13.2)°、(14.4±7.0)°、(42.3±13.1)°。滑脱组骨盆入射角、腰椎前凸角、骨盆倾斜角明显大于对照组($P<0.05$), 而关节突关节角、骶骨倾斜角小于对照组($P<0.05$)。两组骨盆入射角与骨盆倾斜角、骶骨倾斜角之间有相关性($P<0.05$), 椎间盘退变与关节突关节之间存在相关性($P<0.05$)。滑脱组 L₃-S₁ 椎间盘及 L_{4,5} 关节突关节退变更加严重。**结论:** 腰椎-骨盆结构在退变性腰椎滑脱中发生了明显的变化。腰椎前凸及骨盆后倾现象在腰椎退变性滑脱身体代偿机制中有重要作用, 腰椎关节突关节退变与椎间盘退变是相互促进的, 腰椎滑脱加剧椎间盘与关节突关节退变。

【关键词】 退变性腰椎滑脱; 脊柱-骨盆平衡; 椎间盘退行性变; 关节突关节

中图分类号: R681.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.09.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analysis of characteristics of lumbar spine-pelvic structural parameters in degenerative lumbar spondylolisthesis
ZHOU Lin-jie, YANG Min, ZHENG Wei-wei, and ZHANG Jun-yu. Department of Traumatology and Orthopaedics, Yijishan Hospital, Wannan Medical College, Wuhu 241001, Anhui, China

ABSTRACT Objective: To analyze the characteristics of lumbar spine-pelvic structure in degenerative lumbar spondylolisthesis and its significance in degenerative lumbar spondylolisthesis(DLS). **Methods:** The clinical data of 45 patients with simple degenerative L_{4,5}-segment lumbar spondylolisthesis (spondylolisthesis group) admitted from April 2015 to January 2017 were retrospectively analyzed, which were compared with 50 healthy people with complete physical examination data in the same period(control group). Statistical analysis of the lumbar spine-pelvic structure parameters of the subjects through imaging data was performed to analyze the characteristics of the spine-pelvis of DLS patients. The degenerative characteristics of intervertebral disc and articular process joint were observed in degenerative lumbar spondylolisthesis. Use Spearson to analyze the correlation between observation items. **Results:** The facet joint angle, lumbar lordosis angle (LL), pelvic incidence angle(PI), pelvic tilt angle (PT), sacral slope angle (SS) in spondylolisthesis group of L_{4,5}-segment were (36.5±11.2)°, (44.2±7.3)°, (66.5±11.6)°, (22.2±10.0)°, (33.4±11.3)°, respectively, while in control group were (44.4±8.2)°, (36.7±8.5)°, (55.4±13.2)°, (14.4±7.0)°, (42.3±13.1)°. PI, LL, PT of spondylolisthesis group were obviously larger than that of control group ($P<0.05$), the facet joint angle and SS of spondylolisthesis group were smaller than that of control group($P<0.05$). The correlation analysis showed that PI value was related to the PT and SS in two group. The degree of degeneration of intervertebral disc was related to the degree of spondylolisthesis. The degree of degeneration of L₃-S₁ intervertebral disc and L_{4,5} facet joint in spondylolisthesis group was more serious ($P<0.05$). **Conclusion:** Lumbar spinal-pelvic structure of degenerative lumbar spondylolisthesis has undergone significant changes. Lumbar lordosis and pelvic dumping phenomenon in the mechanism of lumbar degeneration plays an important role. Lumbar facet joint degeneration and lumbar intervertebral disc degeneration are

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 81341054, 81171732); 皖南医学院人才引进基金(编号: YR201411)

Fund program National Natural Science Foundation of China (No.81341054, 81171732)

通讯作者: 杨民 E-mail: pkuyang@hotmail.com

Corresponding author: YANG Min E-mail: pkuyang@hotmail.com

mutually promoted, and lumbar spondylolisthesis aggravates intervertebral disc and facet joint degeneration.

KEYWORDS Degenerative lumbar spondylolisthesis; Balance of Lumbar pelvis; Intervertebral disc degeneration; Facet joint

腰椎滑脱 (degenerative lumbar spondylolisthesis, DLS) 是椎体在其下椎体上的获得性前位移, 与腰椎退行性变化相关, 其椎体环中的骨性结构没有相关的破坏或缺损, 并且主要发病于 40 岁以上的成年人的 L₄ 与 L₅ 之间, 滑脱程度一般不严重常为 I 度, 发病率女性约为男性 4 倍, 但退变性腰椎滑脱症发生的病因目前未明^[1]。既往对腰椎滑脱的研究多集中于对腰椎关节突或椎间盘的局部研究^[2-3]。近年来, 随着对退变性腰椎滑脱的病理机制的认识, 脊柱-骨盆的整体结构与脊柱病变逐渐被重视。脊柱-骨盆作为一个维持躯体平衡的复合体结构, 以耗能最小的方式将躯干的重力负荷向下肢传导且维持躯体的平衡, 当脊柱-骨盆复合体的解剖序列发生异常, 脊柱-骨盆整体的平衡关系也将消失^[2-3]。本研究回顾性分析 2015 年 4 月至 2017 年 1 月我院 45 例 L₄ 单节段退变性腰椎滑脱患者的临床影像资料, 着重于探讨退变性腰椎滑脱患者腰椎-骨盆骨性结构变化, 旨在研究退变性腰椎滑脱中脊柱-骨盆复合体结构变化特点及其之间相互作用机制, 为临床退变性腰椎滑脱的诊治提供相关理论基础。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 滑脱组 (1) 纳入标准: 因腰腿痛而于我院就诊, 诊断为单纯 L₄ 退变性腰椎滑脱; 影像学资料完整、清晰; 未曾接受手术治疗。(2) 排除标准: 腰椎感染、肿瘤、骨折、侧弯等病变; 腰骶移行椎; 髋关节及膝关节存在脱位、骨折、结核等病变。

1.1.2 对照组 (1) 纳入标准: 无腰痛疾患, 无腰椎滑脱病史; 影像学资料完整、清晰; 未曾接受脊柱手术治疗。(2) 排除标准: 腰椎感染、肿瘤、骨折、侧弯等病变; 腰骶移行椎; 髋关节及膝关节存在脱位、骨折、结核等病变等。

1.2 临床资料

脊柱退变受年龄和性别等因素影响, 笔者将两组间性别、年龄相匹配, 基本情况见表 1。

1.3 研究方法

试验对象均行腰椎正侧位 X 线、腰椎 CT 和腰椎 MRI 检查。应用本院影像诊断系统“PACS 临床系统”对两组研究对象脊柱-骨盆相关参数及椎间盘和关节突关节退变情况进行测量统计。

1.4 观察项目与方法

(1) 脊柱-骨盆相关参数测量参照 Noren 等^[1-2]描述。①骨盆入射角 (pelvic incidence, PI): 双侧股骨头

表 1 滑脱组及对照组性别及年龄分布

Tab.1 Gender and age contrast between spondylolisthesis group and control group

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)
		男	女	
滑脱组	45	18	27	51.2±13.4
对照组	50	21	29	45.3±11.6
检验值		$\chi^2=0.039$		$t=1.51$
P 值		0.843		0.112

的中心连线中点和 S₁ 上终板的中点连线与 S₁ 上终板的中垂线所成夹角; ②骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT): 中垂线与 S₁ 上终板中点和股骨头中点连线所成夹角; ③骶骨倾斜角 (sacral slope, SS): S₁ 上终板与水平线的夹角; ④腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL): L₁ 与 S₁ 上终板之间夹角; ⑤ L_{4,5} 关节突关节角: CT 片骨窗条件下测量两组 L_{4,5} 关节突关节角, 即选取平行于椎间隙上下终板的中间层面, 关节突关节面后外侧点与前内侧点的连线与椎体正中矢状线所成的夹角。(2) L_{4,5} 关节突关节退变分级依据 Pathria 关节突关节分级标准进行分级^[2], 要求在腰椎 CT 横断面上骨窗像上对小关节进行分级: 关节突无退变, 间隙正常为 0 级; 间隙轻度变窄或 (和) 轻微骨赘或增生为 I 级; 间隙明显变窄或 (和) 关节中度退变、硬化或增生为 II 级; 关节间隙骨性接触间隙基本消失或 (和) 关节明显硬化和骨赘增生明显为 III 级。(3) 依据 Pfirrmann 等^[2]分级标准对两组 L₃-S₁ 椎间盘进行分级评估。(4) 对各脊柱-骨盆参数、椎间盘及关节突关节退变程度之间进行相关性分析。

1.5 统计学处理

应用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。定量资料以均数±标准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示, 对两组性别进行卡方检验, 两组年龄、各脊柱-骨盆参数之间的比较采用独立样本 t 检验; 两组的椎间盘退变程度及 L_{4,5} 关节突关节退变程度应用秩和检验; 各脊柱-骨盆参数、椎间盘及关节突关节退变程度之间相关性检验采用 Pearson 相关分析, 差异显著性标准为 $P<0.05$ 。

2 结果

两组脊柱-骨盆参数和 L_{4,5} 关节突关节角测量结果显示 (表 2), 滑脱组的骨盆入射角、骨盆倾斜角及腰椎前凸角大于对照组, 而关节突关节角、骶骨倾斜角小于对照组 ($P<0.05$)。两组椎间盘及关节突关节退变程度、骨盆入射角、骨盆倾斜角、骶骨倾斜角

表 2 两组受试者脊柱-骨盆参数和 L_{4,5} 关节突关节角的影像学测量结果比较 ($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

Tab.2 Comparison of spine-pelvic structural parameters in subjects between two groups ($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

组别	例数	骶骨倾斜角	腰椎前凸角	L _{4,5} 关节突关节角	骨盆倾斜角	骨盆入射角
滑脱组	45	33.4±11.3	44.2±7.3	36.5±11.2	22.2±10.0	66.5±11.6
对照组	50	42.3±13.1	36.7±8.5	44.4±8.2	14.4±7.0	55.4±13.2
t 值		-5.62	3.324	-4.823	3.968	4.062
P 值		0.002	0.024	0.009	0.019	0.017

表 3 两组受试者脊柱-骨盆参数和椎间盘及关节突退变程度之间的相关系数(r)

Tab.3 Correlation coefficient between spinal-pelvic parameters and the degenerative degree of intervertebral disc and facet joint in subject of two groups(r)

变量	滑脱组(例数=45)						对照组(例数=50)					
	PI	PT	SS	LL	Pfirmann 分级	Pathria 分级	PI	PT	SS	LL	Pfirmann 分级	Pathria 分级
PI												
PT	0.661 ^①						0.635					
SS	0.682 ^①	-0.223					0.702	-0.134				
LL	0.286	0.243	0.356				0.583	0.411	0.413			
Pfirmann 分级	-0.142	0.073	-0.094	0.087			-0.040	0.021	-0.115	0.057		
Pathria 分级	-0.086	0.130	-0.047	0.094	0.840 ^①		-0.102	0.092	-0.095	0.107	0.729	

注:与对照组比较, ^①P<0.05

Note: Compared with control group, ^①P<0.05

和腰椎前凸角之间的相关性分析结果见表 3。两组椎间盘退变程度结果(表 4)显示,DLS 组其相应节段椎间盘退变程度均高于对照组(P<0.05)。两组 L_{4,5} 关节突退变程度比较结果见表 5,DLS 组 Pathria 分级 III 级患者数量明显多于对照组(P<0.05)。

表 4 两组受试者相应椎间盘退变程度比较(例)

Tab.4 Comparison of Pfirmann grade of intervertebral disc degeneration in L₅-S₁ between two groups(case)

Pfirmann 分级	L ₅ -L ₄ 椎间盘		L ₄ -L ₅ 椎间盘		L ₅ -S ₁ 椎间盘	
	滑脱组	对照组	滑脱组	对照组	滑脱组	对照组
I 级	4	9	0	1	0	2
II 级	11	16	0	6	5	7
III 级	21	18	3	19	12	16
IV 级	8	7	8	21	24	17
V 级	1	0	34	3	4	8
Z 值	-2.361		-6.800		-1.975	
P 值	0.018		<0.001		0.037	

注:滑脱组=45 例,对照组=50 例

Note:Forty-five patients in spondylolisthesis group and 50 patients in control group

表 5 两组受试者 L_{4,5} 关节突退变情况

Tab.5 Pathria grade of degeneration of facet joint between two group

组别	例数	Pathria 分级(例)			
		0 级	I 级	II 级	III 级
滑脱组	45	0	3	15	27*
对照组	50	5	13	20	12

注:与对照组比较, *Z=-4.121, P<0.05

Note:Compared with control group, *Z=-4.121, P<0.05

3 讨论

DLS 是椎体在其下位椎体上的获得性向前位移,其无椎板和峡部的破坏或缺损,在 L₄ 和 L₅ 椎体频发,多见于>40 岁女性。椎体间的相对位移一般不严重,常为 I 度滑脱^[8-9]。然而,就退变性腰椎滑脱发生的解剖病理机制目前尚无统一定论。

3.1 DLS 脊柱-骨盆参数变化及意义

DLS 是脊柱椎体间发生的位移,使得躯体脊柱-骨盆相对平衡被打破,同时骨盆与脊柱在矢状面的平衡异常也会使椎体间的相互作用力发生改变^[10]。研究表明,通过手术方式恢复腰椎-骨盆平衡也能明显缓解患者的临床症状^[11-12]。骨盆入射角能反映骨盆解剖形态,称为“骨盆指数”,其大小不受躯干姿势

的影响,在成年前骨盆入射角随年龄的增长会发生改变,但成年后不发生改变^[13]。有研究发现,DLS 患者对比与无腰椎滑脱者其骨盆入射角明显增大^[14]。Aono 等^[15]对 142 位中年健康女性的影像资料进行了 8~14 年的长期随访,其中有 18 人出现了 DLS,并发现这 18 人的骨盆入射角明显要大于未发生滑脱的志愿者。此外 DLS 患者有着更大的腰椎曲度角及腰骶角,而这种大的骨盆倾斜及腰椎曲度角进一步增加 L_{4,5} 之间向前向下的应力,从而有了椎体向前滑移的趋势^[17-18]。Barrey 等^[19]发现腰椎间盘突出患者骨盆倾斜角增大,可能是与骨盆向后倾斜减少椎间盘内压和缓解疼痛有关。Roussouly 等^[20]也指出骨盆入射角与骶骨倾斜角有显著相关性,而骶骨倾斜角增大后随着身体重心的变化会使腰椎曲度角代偿性增大。

3.2 DLS 椎间盘及关节突关节退变

退变性腰椎滑脱的患者关节突矢状化趋势明显,椎间盘退变严重^[21-22],但就两者之间的因果关系尚未形成统一定论。椎间盘的退变脱水带来的结果是椎间隙的高度丢失,这种高度的丢失使得关节突关节的相对稳定状态发生改变,关节突关节运动状态发生异常进而发生关节突关节炎,在关节突关节炎的炎症反复刺激下关节突关节代偿增生,DLS 组中椎间盘与关节突关节退变程度相关系数比对照组大是由于在 DLS 患者中椎间盘退变程度更高、关节突关节应力刺激更加严重致关节突关节退变程度更加严重。这种关节突关节炎随着年龄的增长退变增生愈来愈严重,从而在 CT 上表现为关节突增生、关节间隙消失。在这种长时间的关节突关节炎刺激下,关节突代偿增生作用促使关节突关节形态变化,即关节突关节矢状化。关节突关节退变带来的是关节突关节活动范围的减小,关节僵硬。同时笔者发现 DLS 和对照组中椎间盘退变和关节突退变之间有明显的相关性($P<0.05$),人体组织的退变随着年龄的增长逐渐加剧,而两组之间椎间盘和关节突关节退变是相互影响相互促进的。

3.3 椎间盘、关节突关节退变与脊柱-骨盆参数变化关系

研究表明脊柱-骨盆结构异常会加剧椎间盘、关节突关节的退变^[16]。笔者通过 DLS 脊柱的椎间盘和关节突退变及脊柱骨盆-参数的研究,验证了既往研究指出的退变性腰椎滑脱中椎间盘和关节突退变加剧,关节突关节矢状化明显。同时笔者也将椎间盘、关节突的退变与脊柱-骨盆相关参数之间相关性行统计分析,发现之间并无明显相关性($P<0.05$)。在椎间盘退变过程中,应力是不容忽视的,这种应力作用

在脊柱-骨盆矢状面表现更为突出。腰椎前凸由上到下逐渐增大,而 L_{4,5} 和 L₅S₁ 占腰椎前凸的主要部分,所以 L_{4,5} 和 L₅S₁ 所受到的应力最大,其中 L_{4,5} 为甚,是腰椎滑脱和椎间盘退变的好发节段。椎间盘的严重退变带来的结果是椎间隙的高度丢失,椎间隙高度丢失会引起椎间不稳使椎间组织和椎旁组织结构应力发生改变,而腰椎作为人体应力最为集中的位置,腰椎间盘退变效应会急剧放大。同时在局部失衡和代偿相互交替过程中,当局部失衡引起 DLS 始动时则需要关节突关节等椎体间结构进行代偿。这种应力改变在结构力学上表现为脊柱-骨盆参数改变。同时脊柱-骨盆失衡也会引起椎间盘受力不均衡加剧进而加速椎间盘退变,这还表现在滑脱椎间盘的邻近椎间盘。由于椎体间的相对滑移这种椎间盘退变与脊柱-骨盆失衡相关代偿更加明显^[17-19]。但是在本研究未发现两者有明显相关性,这可能是在椎间失稳代偿过程中是多因素参与的,同时研究中观察的椎间盘退变程度存在主观偏差,并非客观可测量定性指标。

恢复 DLS 患者正常脊柱-骨盆参数对于重建脊柱稳定性,改善患者功能或生活质量具有重要临床意义^[19-20]。本研究从椎体间的局部角度和脊柱骨盆整体角度出发,发现 DLS 患者椎间盘、关节突关节退变严重有更大骨盆入射角、骨盆倾斜角,对评估 DLS 患者脊柱-骨盆平衡稳定性具有指导意义。笔者下一步研究将从病理组织角度结合临床表现分类等出发,进一步研究 DLS 的脊柱-骨盆结构变化特点,增加研究对象数量,减小偏倚。

参考文献

- [1] Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves[J]. Eur Spine J, 1998, 7(2): 99-103.
- [2] Pfirrmann CW, Metzger A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(17): 1873-1878.
- [3] Kim CH, Chung CK, Park SB, et al. A change in lumbar sagittal alignment after single-level anterior lumbar interbody fusion for lumbar degenerative spondylolisthesis with normal sagittal balance [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(7): 291-296.
- [4] Mino DE, Munterich JE. Lumbar fusion surgery for degenerative conditions is associated with significant resource and narcotic use 2 years postoperatively in the commercially insured: a medical and pharmacy claims study[J]. J Spine Surg, 2017, 3(2): 141-148.
- [5] Jakoi AM, Pannu G, D'Oro A, et al. The clinical correlations between diabetes, cigarette smoking and obesity on intervertebral degenerative disc disease of the lumbar spine[J]. Asian Spine J, 2017, 11(3): 337-347.
- [6] Calce SE, Kurki HK, Weston DA. Principal component analysis in the evaluation of osteoarthritis[J]. Am J Phys Anthropol, 2017, 162(3): 476-490.

- [7] Esposito CI, Miller TT, Kim HJ, et al. Does degenerative lumbar spine disease influence femoroacetabular flexion in patients undergoing total hip arthroplasty[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2016, 474(8): 1788-1797.
- [8] Goda Y, Sakai T, Harada T, et al. Degenerative changes of the facet joints in adults with lumbar spondylolysis[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(6): E738-E742.
- [9] Zhu F, Bao H, Liu Z, et al. Lumbar retrolisthesis in aging spine: what are the associated factors[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(6): E677-E682.
- [10] Klimov VS, Vasilenko II, Evsyukov AV. Impact of sagittal balance parameters on life quality in elderly and senile patients after surgery for degenerative lumbar spine stenosis[J]. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*, 2017, 81(2): 56-66.
- [11] Chang DG, Ha KY, Kim YH. Spinopelvic alignment by different surgical methods in the treatment of degenerative sagittal imbalance of the lumbar spine[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(4): E390-E397.
- [12] Radovanovic I, Urquhart JC, Ganapathy V, et al. Influence of post-operative sagittal balance and spinopelvic parameters on the outcome of patients surgically treated for degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2017, 26(4): 448-453.
- [13] Challier V, Boissiere L, Obeid I, et al. One-level lumbar degenerative spondylolisthesis and posterior approach: is transforaminal lateral interbody fusion mandatory? A randomized controlled trial with 2-year follow-up[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(8): 531-539.
- [14] Tempel ZJ, Gandhoke GS, Bolinger BD, et al. The influence of pelvic incidence and lumbar lordosis mismatch on development of symptomatic adjacent level disease following single-level transforaminal lumbar interbody fusion[J]. *Neurosurgery*, 2017, 80(6): 880-886.
- [15] Aono K, Kobayashi T, Jimbo S, et al. Radiographic analysis of newly developed degenerative spondylolisthesis in a mean twelve-year prospective study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(8): 887.
- [16] 任杭岭, 耿伟, 马金柱, 等. 腰椎滑脱症患者手术前后脊柱-骨盆矢状位参数变化与临床疗效的相关性分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2015, 29(10): 1269-1274.
- RENG HL, GENG W, MA JZ, et al. Correlation analysis of changes of spine-pelvic sagittal parameters before and after operation and effectiveness in patients with lumbar spondylolisthesis[J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2015, 29(10): 1269-1274. Chinese.
- [17] Flouzat-Lachaniette CH, Ratte L, Poignard A, et al. Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion for adult degenerative scoliosis with 1 or 2 dislocated levels[J]. *J Neurosurg Spine*, 2015, 23(6): 739-746.
- [18] 周子玉, 侯彩云, 司建伟. 退行性腰椎滑脱与退行性腰椎椎管狭窄症患者脊柱-骨盆矢状面参数的差异[J]. *脊柱外科杂志*, 2019, (3): 207-210.
- ZHOU ZY, HOU CY, SI JW. Difference in sagittal spinopelvic parameters between degenerative lumbar spondylolisthesis and degenerative lumbar spinal stenosis[J]. *Ji Zhu Wai Ke Za Zhi*, 2019, (3): 207-210. Chinese.
- [19] Barrey C, Roussouly P, Perrin G, et al. Sagittal balance disorders in severe degenerative spine. Can we identify the compensatory mechanisms[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(5): 626-633.
- [20] Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L₅-S₁ isthmoclysis and low-grade spondylolisthesis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(21): 2484-2490.
- [21] Yoshiiwa T, Miyazaki M, Notani N, et al. Analysis of the relationship between ligamentum flavum thickening and lumbar segmental instability, disc degeneration, and facet joint osteoarthritis in lumbar spinal stenosis[J]. *Asian Spine J*, 2016, 10(6): 1132-1140.
- [22] Kitchen WJ, Mohamed M, Bhojak M. Neurogenic claudication secondary to degenerative spondylolisthesis: is fusion always necessary[J]. *Br J Neurosurg*, 2016, 30(6): 662-665.

(收稿日期: 2020-03-15 本文编辑: 王宏)