

· 临床研究 ·

开放获取

不同腰椎滑脱状态脊柱-骨盆矢状面参数比较

王双^a, 赵阳阳^{b*}, 张健^b

(邢台市人民医院 a: 放射科; b: 脊柱骨科, 河北邢台 054001)

摘要: [目的] 比较不同腰椎滑脱状态脊柱-骨盆矢状面参数。[方法] 回顾性分析 2020 年 1 月—2024 年 6 月 104 例腰椎滑脱症患者和 40 例体检正常人群的全脊柱侧位 X 线片, 依据影像所见, 32 例为连续两节段, 72 例为单节段滑脱, 40 例为无滑脱者。比较三组临床及影像参数。[结果] 双节段组腰痛 VAS 评分 $[(5.2 \pm 0.8) \text{ vs } (4.8 \pm 0.7), P=0.012]$, 腿痛 VAS 评分 $[(5.5 \pm 1.0) \text{ vs } (5.1 \pm 0.9), P=0.046]$, ODI 指数 $[(48.5 \pm 6.6)\% \text{ vs } (44.2 \pm 5.4)\%, P=0.001]$ 显著高于单节段组。三组年龄、性别、BMI 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。双节段组、单节段组、无滑脱组的骨盆入射角 (pelvic incidence, PI) $[(65.2 \pm 6.5)^\circ \text{ vs } (53.7 \pm 5.3)^\circ \text{ vs } (44.9 \pm 4.8)^\circ, P<0.001]$ 、骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) $[(26.6 \pm 3.8)^\circ \text{ vs } (18.6 \pm 3.0)^\circ \text{ vs } (10.6 \pm 2.2)^\circ, P<0.001]$ 、脊柱矢状面偏移距离 (sagittal vertical axis, SVA) $[(6.7 \pm 1.5) \text{ cm vs } (3.4 \pm 0.7) \text{ cm vs } (0.9 \pm 0.2) \text{ cm}, P<0.001]$ 、骶骨倾斜角 (sacral slope, SS) $[(38.6 \pm 4.7)^\circ \text{ vs } (35.1 \pm 3.6)^\circ \text{ vs } (34.3 \pm 3.2)^\circ, P<0.001]$ 依次降低, 而胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK) $[(29.7 \pm 6.8)^\circ \text{ vs } (31.5 \pm 7.2)^\circ \text{ vs } (34.0 \pm 8.0)^\circ, P<0.001]$ 和腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL) $[(44.8 \pm 4.6)^\circ \text{ vs } (48.3 \pm 5.5)^\circ \text{ vs } (49.7 \pm 6.5)^\circ, P<0.001]$ 依次显著增加。腰痛 VAS 评分与 PI、PT、SVA、SS 呈正相关, 与 TK、LL 呈负相关 ($P<0.05$)。[结论] 连续两节段腰椎滑脱症临床症状更严重, PI、PT、SVA、SS 增加, TK、LL 降低, 脊柱-骨盆矢状面参数改变更加显著。

关键词: 连续两节段腰椎滑脱症, 脊柱-骨盆矢状面参数, 影像测量

中图分类号: R681.5

文献标志码: A

文章编号: 1005-8478 (2025) 10-0937-04

Comparison of spinopelvic sagittal parameters among different lumbar spondylolisthesis states // WANG Shuang^a, ZHAO Yang-yang^{b*}, ZHANG Jian^b. a. Department of Radiology; b. Department of Spine Surgery, People's Hospital of Xingtai City, Xingtai 054001, Hebei, China

Abstract: [Objective] To compare the spinopelvic sagittal parameters among different lumbar spondylolisthesis states. [Methods] A retrospective research was done on lumbar spondylolisthesis 104 patients and 40 normal subjects from January 2020 to June 2024. According to the imaging findings, 32 patients had two consecutive segments of spondylolisthesis (the double group), 72 had single segment spondylolisthesis (the single group), and 40 had no spondylolisthesis (the normal group). The clinical and imaging parameters of the three groups were compared. [Results] The double group proved significantly higher low back pain VAS score $[(5.2 \pm 0.8) \text{ vs } (4.8 \pm 0.7), P=0.012]$, leg pain VAS score $[(5.5 \pm 1.0) \text{ vs } (5.1 \pm 0.9), P=0.046]$, ODI index $[(48.5 \pm 6.6)\% \text{ vs } (44.2 \pm 5.4)\%, P=0.001]$ than the single group. There was no significant difference in age, gender and BMI among the three groups ($P>0.05$). The double group, single group and normal group had pelvic incidence (PI) $[(65.2 \pm 6.5)^\circ \text{ vs } (53.7 \pm 5.3)^\circ \text{ vs } (44.9 \pm 4.8)^\circ, P<0.001]$, pelvic tilt (PT) $[(26.6 \pm 3.8)^\circ \text{ vs } (18.6 \pm 3.0)^\circ \text{ vs } (10.6 \pm 2.2)^\circ, P<0.001]$, sagittal vertical axis (SVA) $[(6.7 \pm 1.5) \text{ cm vs } (3.4 \pm 0.7) \text{ cm vs } (0.9 \pm 0.2) \text{ cm}, P<0.001]$, sacral slope (SS) $[(38.6 \pm 4.7)^\circ \text{ vs } (35.1 \pm 3.6)^\circ \text{ vs } (34.3 \pm 3.2)^\circ, P<0.001]$ ranked up-down significantly, whereas thoracic kyphosis (TK) $[(29.7 \pm 6.8)^\circ \text{ vs } (31.5 \pm 7.2)^\circ \text{ vs } (34.0 \pm 8.0)^\circ, P<0.001]$ and lumbar lordosis (LL) $[(44.8 \pm 4.6)^\circ \text{ vs } (48.3 \pm 5.5)^\circ \text{ vs } (49.7 \pm 6.5)^\circ, P<0.001]$ down-up significantly. The VAS score of low back pain was positively correlated with PI, PT, SVA and SS ($P<0.05$), whereas negatively correlated with TK and LL ($P<0.05$). [Conclusion] The two consecutive segments lumbar spondylolisthesis presents more serious clinical symptoms, with more significant spinopelvic sagittal parameters changes, including increased PI, PT, SVA and SS, while decreased TK and LL.

Key words: two consecutive segments lumbar spondylolisthesis, spinopelvic sagittal parameters, image measurement

腰椎滑脱症是常见的腰椎退变性疾病, 指在腰椎退变的病理基础上发生矢状面的椎体相对滑移, 症见

腰腿疼痛、间歇性跛行等^[1]。脊柱-骨盆正常的矢状面序列能保证较低能量消耗的前提下维持躯体平衡,

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.120112

△基金项目: 河北省邢台市重点研发计划项目 (编号: 2022ZC056)

作者简介: 王双, 主管技师, 研究方向: 医学影像学, (电子信箱) WS12819130WS@163.com

* 通信作者: 赵阳阳, (电子信箱) Zyy15132996612@outlook.com

腰椎滑脱后矢状面参数改变以代偿腰椎退变引起的矢状面失衡^[2]。既往报道显示, 腰椎滑脱症患者骨盆入射角 (pelvic incidence, PI) 增加, 重心前移, 躯体增加骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT) 代偿重心变化^[3]。但目前腰椎滑脱症脊柱-骨盆矢状面参数变化研究主要集中于单节段病变或纳入病例较为笼统, 少有连续两节段病变的相关研究^[4, 5]。本研究分析连续两节段腰椎滑脱症脊柱-骨盆矢状面参数特点, 探讨该类患者的矢状面失衡的代偿机制, 报道如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

回顾性分析 2020 年 1 月—2024 年 6 月 104 例腰椎滑脱症患者的临床与影像资料, 依据影像, 32 例为连续两节段 (双节段组), 72 例为单节段滑脱 (单节段组), 纳入 40 例体检人群的全脊柱侧位 X 线片 (对照组)。腰椎滑脱症病变节段与临床症状及体征相符, 滑脱分级 I~II 级, 临床及影像资料完整。排除腰椎侧凸、肿瘤、结核以及有手术治疗史的患者, 或存在骨盆、下肢疾病的患者。本研究经医院伦理委员会批准 (审查编号: 2022[082]), 患者均知情同意。

1.2 影像测量方法

所有观察对象拍摄全脊柱侧位 X 线片, 患者侧身站立, 脊柱与 X 线机保持平行, 双臂屈肘自然下垂, 拍摄脊柱侧面 X 线片。在标准脊柱侧面 X 线片上测量脊柱-骨盆矢状面参数, 由同一名影像科医师完成, 连续测两次, 取两次平均值。(1) 脊柱参数: 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL): 分别在 S₁、L₁ 上终板作切线, 两条切线相交所呈夹角为 LL; 脊柱矢

状面偏移距离 (sagittal vertical axis, SVA), 过 C₇ 中心作一条铅垂线, 该线延长与 S₁ 后上缘所呈的水平距离为 SVA; 胸椎后凸角 (thoracic kyphosis, TK): 分别在 T₅ 上终板以及 T₁₂ 下终板作切线, 两条切线相交所呈夹角为 TK; (2) 骨盆参数: PI: 作骶骨终板中垂线, 该垂线与终板中点至股骨头中心连接线所呈夹角为 PI; PT: 作骶骨终板中点与股骨头中心连接线, 该线与重力线所呈夹角为 PT; 骶骨倾斜角 (sacral slope, SS): 骶骨终板平面的水平夹角为 SS。

1.3 评价指标

记录患者一般资料。患者临床评分: 视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)。影像测量指标包括 PI、PT、SVA、SS、TK、LL。

1.4 统计学方法

采用 SPSS.20 软件进行统计分析, 计数资料采用 χ^2 检验。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 采用单因素方差分析, 两组比较采用 LSD 法; 资料不符合正态分布时, 采用秩和检验。腰痛 VAS 评分分别与影像测量指标行 Pearson 相关分析。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组临床资料比较

双节段组腰痛、腿痛 VAS 评分、ODI 指数显著高于单节段组, 单节段组高于无滑脱组 (P<0.05); 三组年龄、性别、BMI 差异无统计学意义 (P>0.05), 见表 1。

表 1. 三组临床资料比较

Table 1. Comparison of clinical data among the three groups

指标	双节段组 (n=32)	单节段组 (n=72)	无滑脱组 (n=40)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	55.7±6.3	56.3±5.8	55.3±5.6	0.674
性别 (例, 男/女)	13/19	28/44	15/25	0.403
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.5±2.8	24.1±3.0	24.8±2.6	0.447
腰痛 VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	5.2±0.8	4.8±0.7	1.0±0.2	<0.001
腿痛 VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	5.5±1.0	5.1±0.9	0.9±0.2	<0.001
ODI 指数 (% , $\bar{x} \pm s$)	48.5±6.6	44.2±5.4	10.9±2.4	<0.001

2.2 三组影像资料比较

双节段组、单节段组、无滑脱组 PI、PT、SVA、SS 均逐渐降低, TK、LL 均逐渐增加 (P<0.05), 但单节段组 LL、SS 与无滑脱组差异无统计学

意义 (P>0.05), 见表 2。

2.3 腰痛 VAS 评分与影像测量指标的 Pearson 相关分析

腰痛 VAS 评分与 PI、PT、SVA、SS 呈正相关,

与 TK、LL 呈负相关 ($P<0.05$)，见表 3。

表 2. 三组影像资料 ($\bar{x}\pm s$) 与比较				
Table 2. Comparison of imaging data among three Groups ($\bar{x}\pm s$)				
指标	双节段组 ($n=32$)	单节段组 ($n=72$)	无滑脱组 ($n=40$)	P 值
PI ($^{\circ}$)	65.2 $\pm$ 6.5	53.7 $\pm$ 5.3	44.9 $\pm$ 4.8	<0.001
PT ($^{\circ}$)	26.6 $\pm$ 3.8	18.6 $\pm$ 3.0	10.6 $\pm$ 2.2	<0.001
SVA (cm)	6.7 $\pm$ 1.5	3.4 $\pm$ 0.7	0.9 $\pm$ 0.2	<0.001
SS ($^{\circ}$)	38.6 $\pm$ 4.7	35.1 $\pm$ 3.6	34.3 $\pm$ 3.2	<0.001
TK ($^{\circ}$)	29.7 $\pm$ 6.8	31.5 $\pm$ 7.2	34.0 $\pm$ 8.0	<0.001
LL ($^{\circ}$)	44.8 $\pm$ 4.6	48.3 $\pm$ 5.5	49.7 $\pm$ 6.5	<0.001

表 3. 腰痛 VAS 评分与影像测量指标的 Pearson 相关分析		
Table 3. Pearson correlation analysis of low back pain VAS score and imaging measurements		
指标	r 值	P 值
PI	0.365	<0.001
PT	0.410	<0.001
SVA	0.423	<0.001
SS	0.349	<0.001
TK	-0.343	<0.001
LL	-0.322	<0.001

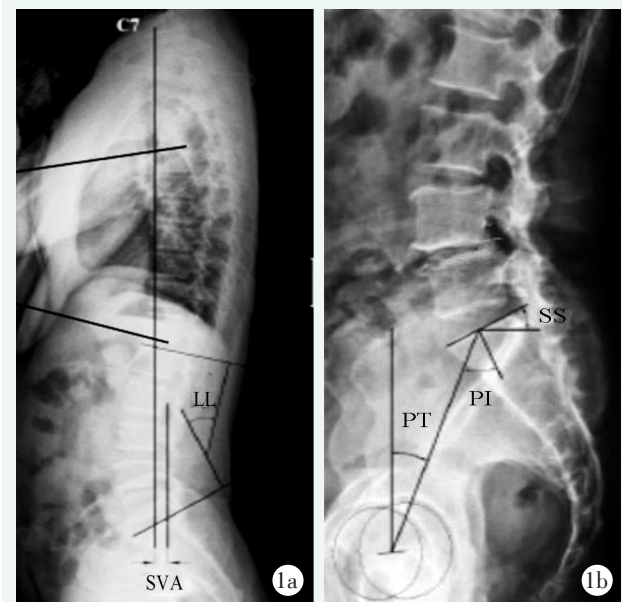


图 1. 脊柱-骨盆矢状面参数测量示意图。1a: 脊柱参数测量示意图；1b: 骨盆参数测量示意图。
Figure 1. Measurement of sagittal spinopelvic parameters. 1a: Measurement of the spinal parameters; 1b: Measurement of pelvic parameter.

3 讨论

本研究根据病变节段不同将腰椎滑脱症分为双节

段组以及单节段组，结果发现双节段组各项脊柱-骨盆矢状面参数变化更显著，腰痛、腿痛 VAS 评分、ODI 指数显著高于单节段组 ($P<0.05$)，而且腰痛 VAS 评分与 PI、PT、SVA、SS 呈正相关，与 TK、LL 呈负相关 ($P<0.05$)。分析原因：(1) 腰椎滑脱，导致脊柱参数改变，增生的小关节、突出髓核相应导致神经根压迫以及椎管狭窄，导致腰痛腿痛症状；(2) 连续两节段滑脱相较于单节段滑脱矢状面的失衡更严重，椎旁肌肉疲劳以及椎间不稳程度更重，可能加重腰腿痛；(3) 脊柱矢状面失衡导致椎旁肌肉疲劳、超负荷，导致疼痛症状，躯体通过各种方式来缓解疼痛，当代偿能力不足时疼痛进一步加重^[9, 10]。本研究显示，双节段组、单节段组、无滑脱组 PI、SVA、SS 均逐渐降低，TK、LL 均逐渐增加 ($P<0.05$)，但单节段组 LL、SS 与无滑脱组差异无统计学意义 ($P>0.05$)，说明连续两节段腰椎滑脱症较单节段患者脊柱-骨盆矢状面参数改变更加显著。

PI 是常用的骨盆形态学评估参数，在成年后该值趋于稳定，众多研究表明，腰椎滑脱患者 PI 值大于非腰椎滑脱群体，高 PI 能够预测腰椎滑脱。PT、SS 是骨盆姿势参数，PI、PT、SS 三者联系紧密， $PI=PT+SS$ ^[11]。腰椎前凸是人类的特殊结构，常用于评估矢状面平衡，LL 用于腰椎曲度的评估，脊柱平衡的评估通常建立在骨盆参数与 LL 之间的关系，例如 $PI-LL\geq 11^{\circ}$ 可认为矢状面失衡^[12]。SVA 也是脊柱平衡整体评估的参数之一，通常其数值越大脊柱平衡失衡越严重。TK 指矢状面上胸椎表现出的前后弯曲，腰椎曲度的改变也会导致胸椎发生代偿性变化。报道称，腰椎滑脱症大多继发于椎间盘退变，同时又能加快椎间盘退变，导致 LL 进一步降低，腰椎前凸丢失，同时，为缓解下腰痛躯体也会代偿性的降低 LL^[13]。由于 LL 的丢失，引起躯体矢状位相应前倾^[14]。随着双节段组 LL 的显著下降，SVA 增加，脊

柱-骨盆矢状面的参数也相应发生较大幅度的改变,以代偿椎体滑脱造成的矢状面失衡,这种代偿表现为TK降低以及骨盆后倾,骨盆后倾导致PI增加,由于与PT、SS的固定关系,两节段患者PT、SS相较于单节段以及无滑脱组也显著增加^[15]。

综上所述,连续两节段腰椎滑脱症临床症状更严重,PI、PT、SVA、SS增加,TK、LL降低,脊柱-骨盆矢状面参数改变更加显著。

利益冲突声明 所有作者声明没有利益冲突

作者贡献声明 王双: 酝酿设计实验、实验研究、采集数据、分析和解释数据、起草文章、统计分析; 赵阳阳、张健: 采集数据、分析和解释数据、文章审阅、指导、支持性贡献

参考文献

- [1] Diebo BG, Balmaceno-Criss M, Lafage R, et al. Sagittal alignment in the degenerative lumbar spine:surgical planning [J]. J Bone Joint Surg Am, 2024, 106 (5): 445-457. DOI: 10.2106/JBJS.23.00672.
- [2] 田浩, 韩鹏, 赵薇, 等. 腰椎管狭窄累及节段数对脊柱骨盆矢状参数的影响 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (13): 1241-1244. DOI: 10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100652.
Tian H, Han P, Zhao W, et al. The influence of the number of involved segments in lumbar spinal stenosis on sagittal parameters of the spine and pelvis [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (13): 1241-1244. DOI: 10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100652.
- [3] Aksoy A, Gündoğmuş CA, Kesimer MD, et al. High sacral slope, lumbar lordosis, and sacral slope-to-pelvic incidence ratio are associated with new bone formation in ankylosing spondylitis [J]. Turk J Med Sci, 2024, 54 (6): 1319-1326. DOI: 10.55730/1300-0144.5915.
- [4] 王帅, 潘琦, 陈庭瑞, 等. TLIF 远端凹侧撑开矫正冠状失平衡退行性腰椎畸形 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (7): 596-600. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.07.05.
Wang S, Pan Q, Chen TR, et al. TLIF distal concave side distraction for correcting coronal imbalance in degenerative lumbar deformity [J]. Orthopedic Journal of China, 2021, 29 (7): 596-600. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.07.05.
- [5] Menezes CM, Lacerda GC, Lamarca S. Sagittal alignment concepts and spinopelvic parameters [J]. Rev Bras Ortop (Sao Paulo), 2022, 58 (1): 1-8. DOI: 10.1055/s-0042-1742602.
- [6] 张佐格, 白依格, 陈小苹. CT、MRI 在腰椎滑脱症诊断治疗中的应用价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18 (3): 141-143. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.03.043.
Zhang ZG, Bai YiG, Chen XP. Application value of CT and MRI in diagnosis and treatment of lumbar spondylolisthesis [J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2020, 18 (3): 141-143. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.03.043.
- [7] 桑龙, 吴克第, 陈文健, 等. 腰椎滑脱内镜与通道经椎间孔椎体间融合比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (17): 1564-1570. DOI: 10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100825.
Sang L, Wu KD, Chen WJ, et al. Lumbar olisthe between endoscopic and channel by the intervertebral foramen vertebrae fusion comparison [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (17): 1564-1570. DOI: 10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100825.
- [8] Shahi P, Chadha M, Sehgal A, et al. Sagittal balance, pulmonary function, and spinopelvic parameters in severe post-tubercular thoracic kyphosis [J]. Asian Spine J, 2022, 16 (3): 394-400. DOI: 10.31616/asj.2020.0464.
- [9] 戎飞龙, 尹若峰, 冯蒙蒙, 等. 退变性腰椎滑脱症和腰椎管狭窄症与椎体周围肌容量的相关性: CT 和 MRI 影像资料分析 [J]. 中国组织工程研究, 2019, 23 (24): 3840-3845. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1294.
Rong FL, Yin RF, Feng MM, et al. Correlation between degenerative lumbar spondylolisthesis and lumbar spinal stenosis and perivertebral muscle volume: analysis of CT and MRI image data [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2019, 23 (24): 3840-3845. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1294.
- [10] 钟仲, 周红海, 陈龙豪, 等. 腰椎小关节与腰椎间盘突出、腰椎滑脱的相关性研究进展 [J]. 广西医学, 2022, 44 (3): 348-350, 361. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2022.03.23.
Zhong Z, Zhou HH, Chen LH, et al. Research progress on the correlation between lumbar small joints and lumbar disc herniation and lumbar spondylolisthesis [J]. Guangxi Medical Journal, 2022, 44 (3): 348-350, 361. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2022.03.23.
- [11] Aoui M, Sahnoun N, Fourati C, et al. Pelvic incidence in thoracolumbar fractures:Is there an impact [J]. Tunis Med, 2024, 102 (11): 922-926. DOI: 10.62438/tunismed.v102i11.4941.
- [12] Iwasa M, Hamada H, Uemura K, et al. Errors in the radiographic measurement of pelvic incidence [J]. J Orthop Res, 2023, 41 (6): 1266-1272. DOI: 10.1002/jor.25477.
- [13] Doi K, Okazaki T, Shibamoto K, et al. Relevance of lumbar subcutaneous edema and local lordosis [J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 2024, 64 (12): 451-454. DOI: 10.2176/jns-nmc.2024-0187.
- [14] Zhang ZF, Qi DB, Wang TH, et al. Association of sagittal spinopelvic realignment with correction in lower lumbar lordosis after surgical treatment in degenerative lumbar scoliosis [J]. Orthop Surg, 2021, 13 (7): 2034-2042. DOI: 10.1111/os.13138.
- [15] Kim HJ, Chun HJ, Shen F, et al. Analysis of pelvic compensation for dynamic sagittal imbalance using motion analysis [J]. Eur spine J, 2020, 29 (3): 428-437. DOI: 10.1007/s00586-019-06267-9.

(收稿:2025-02-16 修回:2025-03-24)

(同行评议专家: 聂志红, 霍霁, 付秀信)

(本文编辑: 郭秀婷)