

临床论著

峡部裂性腰椎滑脱的影像学相关因素分析

李 宁, 曾 燕, 赵 晨, 邓晓娟, 王 毅

(重庆医科大学附属第三医院放射科 401120 重庆市)

【摘要】目的:探讨腰椎峡部裂及峡部裂性腰椎滑脱(isthmic spondylolisthesis, IS)的影像学相关因素,以了解 IS 的发生发展机制。**方法:**选取 2018 年 7 月~2020 年 8 月在我院行全脊柱 X 线正侧位片检查的 34 例正常体检者作为正常组(A 组),年龄 26.8 ± 5.6 岁(18~35 岁);另选取腰椎峡部裂组(B 组)21 例,腰椎峡部裂伴峡部退变组(C 组)23 例,IS 组(D 组)19 例,B、C、D 组峡部裂均位于 L5。所有图像均由两位高年资放射科诊断医师判定。测量各组的脊柱-骨盆平衡参数和下腰椎解剖参数,脊柱平衡参数包括胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、矢状面轴向垂直距离(sagittal vertical axis, SVA);骨盆平衡参数包括骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS);下腰椎解剖参数包括椎板角、椎间隙角。通过单因素方差分析比较 4 组间各影像学参数差异,通过 Logistic 回归分析腰椎峡部裂及 IS 的相关因素,最后通过受试者工作特征曲线(receiver operating characteristics curve, ROCC)及约登指数确定临界值。**结果:**单因素方差分析结果显示,4 组间 TK、SVA、PI、PT、SS、L3 椎板角、L4 椎板角均有统计学差异($P < 0.05$)。Logistic 回归分析结果显示 SS、TK、L3/4 椎间隙角和 L5/S1 椎间隙角(L5/S1 intervertebral space angle, LSA)与腰椎峡部裂的发生密切相关,SS 和 TK 与腰椎峡部裂的发生呈正相关($P < 0.05$),L3/4 椎间隙角、LSA 与腰椎峡部裂的发生呈负相关($P < 0.05$);PI 和 SVA 与 IS 的发生呈正相关($P < 0.05$)。ROCC 及约登指数结果显示腰椎峡部裂的正相关因素 SS、TK 临界值分别为 28.4° 、 25.8° ;其负相关因素 L3/4 椎间隙角、LSA 的临界值分别为 10.8° 、 6.0° ;IS 的正相关因素 PI、SVA 的临界值分别为 50.5° 、 10.9mm 。**结论:**SS、TK、L3/4 椎间隙角、LSA、PI、SVA 与 L5 IS 的发生、发展密切相关,SS、TK 增大易发生腰椎峡部裂,而 L3/4 椎间隙角、LSA 是腰椎峡部裂的保护性因素;PI、SVA 增大易发生 IS。

【关键词】腰椎滑脱;下腰椎;峡部裂;脊柱-骨盆平衡参数;相关因素

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2021.07.03

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2021)-07-0598-07

Analysis of imaging factors related to isthmic spondylolisthesis/LI Ning, ZENG Yan, ZHAO Chen, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2021, 31(7): 598-604

【Abstract】 Objectives: To explore the imaging relevant factors of lumbar spondylolysis and isthmic spondylolisthesis in order to understand the occurrence and development mechanism of isthmic spondylolisthesis. **Methods:** A retrospective analysis of 34 normal patients who underwent full spine X-ray radiographs in our hospital from July 2018 to August 2020 were regarded as the normal group (group A), and their age was 18-35 (26.8 ± 5.6) years old. In addition, 21 patients were selected in the lumbar isthmus fissure group (group B), 23 cases in the group with lumbar isthmus fissure with isthmus degeneration (group C), and 19 cases in the group with isthmus spondylolisthesis (group D), the isthmus fissures of group B, C, D are all located at L5. All images were determined by two senior radiologists. The spine-pelvic balance parameters and lower lumbar anatomical parameters of all images were observed. The spine balance parameters include thoracic kyphosis (TK), lumbar lordosis (LL), and sagittal axial vertical distance (sagittal vertical axis, SVA); pelvic balance parameters include: pelvic incidence (PI), pelvic tilt (PT), sacral slope (SS); lower lumbar anatomical parameters include: lamina angle, intervertebral space angle were recorded and analyzed. One-way analysis of variance was used to compare the differences in imaging parameters between the 4 groups. The Logistic regression was

第一作者简介:男(1988-),在读硕士研究生,研究方向:骨关节影像学

电话:(023)60353074 E-mail:lining_cqmu@163.com

通讯作者:曾燕 E-mail:300766@hospital.cqmu.edu.cn

used to analyze the relevant factors of lumbar spondylolysis and isthmic spondylolisthesis. The receiver operating characteristics curve (ROCC) and the Yorden index were used to determine the critical value. **Results:** The results of one-way analysis of variance showed that TK, SVA, PI, PT, SS, L3 lamina angle and L4 lamina angle were different among the four groups, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Logistic regression analysis results showed that SS, TK, L3/4 intervertebral space angle and L5/S1 intervertebral space angle (LSA) were closely related to the occurrence of lumbar spondylolysis. SS and TK were positively related to the occurrence of lumbar spondylolysis ($P < 0.05$), L3/4 intervertebral space angle LSA was negatively correlated with the occurrence of lumbar spondylolysis ($P < 0.05$); PI and SVA were positively correlated with the occurrence of isthmic spondylolisthesis ($P < 0.05$). The results of ROCC and Yorden index showed that the critical values of the positive correlation factors SS and TK of lumbar spondylolysis were 28.4° and 25.8° , the critical values of the negative correlation factors L3/4 intervertebral space angle and LSA were 10.8° and 6.0° ; The critical values of PI and SVA, which were positively relevant factors of lumbar spondylolisthesis, were 50.5° and 10.9mm . **Conclusions:** SS, TK, and L3/4 intervertebral space angle, LSA, PI, and SVA are closely related to the occurrence and development of isthmic spondylolisthesis. Increased SS and TK are prone to lumbar spondylolysis, while L3/4 intervertebral space angle and LSA are protective factors for lumbar spondylolysis; increased PI and SVA are prone to isthmic spondylolisthesis.

【Key words】 Spondylolisthesis; Lower lumbar spine; Isthmus; Spino-pelvic balance parameters; relevant factors

【Author's address】 Department of Radiology, the Third Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 401120, China

腰椎峡部裂是指腰椎一侧或两侧椎弓上下关节突之间的峡部骨质缺损不连续,在一般人群中的发生率约为 5%~8%^[1-4]。由于剪切力的存在,峡部裂几乎不能自然愈合,同时由于腰椎生物力学原因,峡部裂可逐步发展为腰椎滑脱,此种类型的腰椎滑脱称之为峡部裂性腰椎滑脱 (isthmic spondylolisthesis, IS),多累及 L5 节段,是引起腰痛甚至腿痛的常见病因之一。IS 的发生原因学说众多,但缺乏全面的认识,研究参数均较单一,且多数只是将 IS 与正常腰椎进行对比研究,忽视了正常腰椎—峡部裂—峡部退变—IS 这一发展进程。文献报道 IS 的腰椎前凸角 (lumber lordosis, LL)、骨盆入射角 (pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT)、骶骨倾斜角 (sacral slope, SS) 较正常人增大,但增大的程度与 IS 之间的关系尚不明确,且椎板角、椎间隙角等下腰椎局部参数是否也具有相关性,目前研究仅限于 L5/S1 椎间隙角 (L5/S1 intervertebral space angle, LSA)。本研究回顾性分析 2018 年 7 月~2020 年 8 月具有全脊柱侧位 X 线片的受试者,旨在全面研究腰椎峡部裂及 IS 脊柱-骨盆平衡参数及下腰椎解剖学参数,探讨腰椎峡部裂及 IS 的相关因素,进一步了解 IS 的发生发展机制。

1 资料和方法

1.1 研究对象

选择我院 2018 年 7 月~2020 年 8 月具有全脊柱正侧位 X 线片的受试者进行回顾性研究。纳入标准:①具有完整的全脊柱 X 线正位片和侧位片;②图像质量合格,满足测量要求;③正常对照组 (A 组) 年龄 18~35 岁, B、C、D 组年龄 18~70 岁;④B、C、D 组:峡部裂均位于 L5 椎,峡部不连续但边缘光整纳入峡部裂组 (B 组),峡部不连续且边缘硬化欠光整纳入腰椎峡部裂伴退变组 (C 组),峡部不连续伴滑脱纳入 IS 组 (D 组)。排除标准:①小关节缺失、发育异常的先天性峡部裂及其所致的腰椎滑脱;②合并脊柱畸形、腰椎骶化、骶椎腰化等;③合并腰椎创伤、肿瘤、炎症、结核或代谢性骨病;④ ≥ 2 个节段的腰椎滑脱;⑤既往有腰椎手术及支具治疗史。通过纳入排除标准, A 组共 34 例,其中男 22 例,女 12 例,年龄 26.8 ± 5.6 岁 (18~35 岁); B 组共 21 例,其中男 13 例,女 8 例,年龄 32.3 ± 9.3 岁 (19~62 岁); C 组共 23 例,其中男 13 例,女 10 例,年龄 48.4 ± 9.1 岁 (35~67 岁); D 组共 19 例,其中男 5 例,女 14 例,年龄 49.6 ± 14.7 岁 (29~79 岁)。

1.2 影像学测量

在全脊柱侧位 X 线片 (包含双侧股骨头) 上测量脊柱-骨盆矢状平衡参数和下腰椎解剖学参数, 所有参数均由 2 名医师分别测量 2 次, 取 4 次测量的平均值纳入统计学分析。脊柱参数(图 1): ①胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK), T5 椎体上终板切线与 T12 椎体下终板切线之间的夹角; ②腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL), L1 椎体上终板切线与 S1 上终板切线之间的夹角; ③矢状面轴向垂直距离(sagittal vertical axis, SVA), C7 铅垂线与骶骨后上角之间的水平距离, 铅垂线落在骶骨后上角前方记为正值, 落在后方记为负值。骨盆参数(图 2): ①骨盆入射角(pelvic incidence, PI), 骶骨终板中点与双侧股骨头中心所连直线与 S1 上终板垂线形成的夹角; ②骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT): 骶骨终板中点与双侧股骨头中心所连直线

与水平垂线形成的夹角; ③骶骨倾斜角(sacral slope, SS): 骶骨上终板切线与水平线之间的夹角。下腰椎解剖学参数: ①L3 和 L4 椎板角, 椎板上下缘中线与椎体后缘的夹角 (图 3); ②L3/4、L4/5 椎间隙角及 L5/S1 椎间隙角(LSA), 上椎体下终板切线与下椎体上终板切线之间的夹角 (图 4~6)。

1.3 统计学方法

应用 SPSS 25.0 统计软件进行统计学分析, 符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 比较 4 组间脊柱-骨盆平衡参数及下腰椎影像学参数的差异。采用 Logistics 回归-向前步进 (似然比法) 分析峡部裂及 IS 的相关因素: 分析峡部裂的相关因素时将 A 组作为非峡部裂组, B、C、D 组作为峡部裂



图 1 脊柱影像学参数测量示意图: ①胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK), T5 椎体上终板切线与 T12 椎体下终板切线之间的夹角; ②腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL), L1 椎体上终板切线与 S1 上终板切线之间的夹角; ③矢状面轴向垂直距离(sagittal vertical axis, SVA), C7 铅垂线与骶骨后上角之间的水平距离, 铅垂线落在骶骨后上角前方记为正值, 落在后方记为负值 图 2 骨盆影像学参数测量示意图: ①骨盆入射角(pelvic incidence, PI), 骶骨终板中点与双侧股骨头中心所连直线与 S1 上终板垂线形成的夹角; ②骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT), 骶骨终板中点与双侧股骨头中心所连直线与水平垂线形成的夹角; ③骶骨倾斜角(sacral slope, SS), 骶骨上终板切线与水平线之间的夹角 图 3 椎板角: 椎板上下缘中线与椎体后缘的夹角

Figure 1 Spine imaging parameter measurement: ①thoracic kyphosis(TK), the angle between the upper endplate tangent of the T5 vertebral body and the lower endplate tangent of the T12 vertebral body; ②lumbar lordosis(LL), the angle between upper endplate tangent of the L1 vertebral body and the upper endplate of S1; ③the sagittal vertical axis (SVA), The horizontal distance between the C7 plumb line and the upper posterior corner of the sacrum, the plumb line falling in front of the upper posterior corner of the sacrum is recorded as a positive value, and falling behind is recorded as a negative value **Figure 2** Pelvic imaging parameter measurement: ①pelvic incidence (PI), the angle formed by the straight line between the midpoint of the sacral endplate and the center of the bilateral femoral heads and the vertical line of the S1 superior endplate; ②pelvic tilt (PT), the angle formed by the straight line between the midpoint of the sacral endplate and the center of the bilateral femoral heads and the horizontal vertical line; ③sacral slope(SS), the angle between the tangent to the upper endplate of the sacrum and the horizontal line **Figure 3** Lamina angle: the angle between the midline of the lower edge of the lamina and the posterior edge of the vertebral body

组;分析 IS 时将 A、B、C 组作为非滑脱组,D 组作为滑脱组。采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristics curve,ROCC) 及约登指数确定峡部裂及 IS 相关因素的临界值。所有统计学结果均以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 单因素方差分析

经单因素方差分析显示,4 组间 TK、SVA、PI、PT、SS、L3 椎板角、L4 椎板角均存在差异,且差异均有统计学意义($P<0.05$),LL 及椎间隙角无差异($P>0.05$,表 1)。

2.2 相关因素分析

将 A 组作为非峡部裂组,B、C 和 D 组作为腰椎峡部裂组,经 Logistics 回归分析显示,SS、TK、L3/4 椎间隙角和 LSA 与腰椎峡部裂密切相关,SS

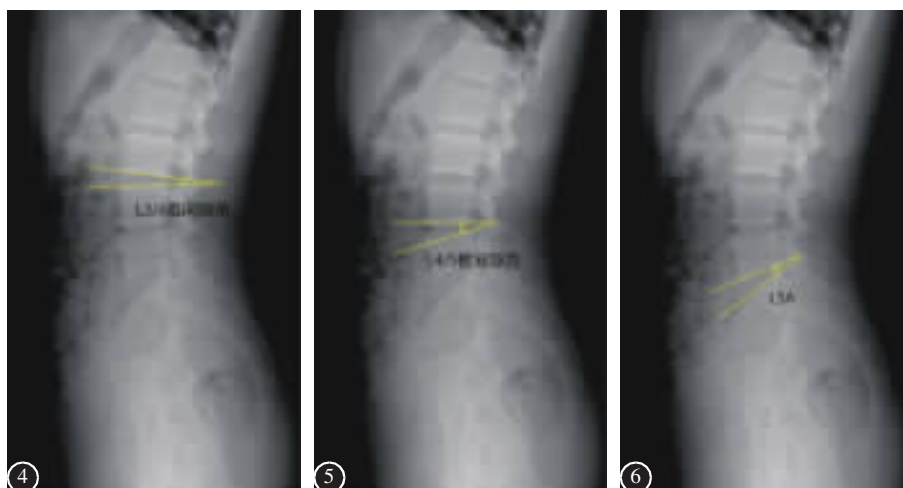


图 4~6 L3/4、L4/5 椎间隙角及 L5/S1 椎间隙角(LSA):上椎体下终板切线与下椎体上终板切线之间的夹角

Figure 4~6 L3/4, L4/5 intervertebral space angle and L5/S1 intervertebral space angle(LSA): the angle between the tangent to the lower endplate of the upper vertebral body and the tangent to the upper endplate of the lower vertebral body

表 1 4 组间影像学参数的比较

($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Comparison of imaging parameters between the groups

影像学参数 Imaging parameters	A组(n=34) A group	B组(n=21) B group	C组(n=23) C group	D组(n=19) D group	F值 F value	P值 P value
骨盆入射角(°) Pelvic incidence(PI)	40.75±7.12	44.86±8.57	46.05±6.75	53.04±10.78	9.250	0.000
骨盆倾斜角(°) Pelvic tilt(PT)	14.36±6.15	15.32±8.66	17.54±8.59	21.39±7.06	3.873	0.012
骶骨倾斜角(°) Sacral slope(SS)	26.66±6.49	29.29±7.93	31.99±7.19	34.99±9.38	5.495	0.002
矢状轴向垂直距离(mm) Sagittal vertical axis(SVA)	-16.45±27.14	-12.63±33.46	-10.61±27.74	12.63±55.47	2.890	0.040
胸椎后凸角(°) Thoracic kyphosis(TK)	25.15±8.38	25.86±8.38	32.58±7.81	33.71±9.19	6.729	0.000
腰椎前凸角(°) Lumbar lordosis(LL)	48.24±4.11	48.68±11.22	49.19±5.14	52.70±12.84	1.237	0.301
L3 椎板角(°) L3 lamina angle	24.61±5.10	24.79±4.83	27.36±3.90	27.45±3.30	2.971	0.036
L4 椎板角(°) L4 lamina angle	22.86±2.76	23.58±4.09	24.81±4.23	26.17±5.33	3.148	0.029
L3/4 椎间隙角(°) L3/4 intervertebral space angle	11.10±1.71	10.34±3.46	10.24±1.31	9.70±2.35	1.715	0.169
L4/5 椎间隙角(°) L4/5 intervertebral space angle	12.70±2.08	12.37±3.49	12.26±2.04	11.06±2.97	1.650	0.183
L5/S1 椎间隙角 LSA(°) L5/S1 intervertebral space angle	13.70±4.11	12.70±4.23	11.89±1.83	10.71±5.09	2.548	0.061

和 TK 与腰椎峡部裂的发生呈正相关 ($P<0.05$), L3/4 椎间隙角和 LSA 与腰椎峡部裂的发生呈负相关 ($P<0.05$); 将 A、B 和 C 组作为非滑脱组, D 组作为腰椎滑脱组, Logistics 回归分析显示 PI 和 SVA 均与 IS 的发生呈正相关($P<0.05$)(表 2)。

2.3 临界值确定

将腰椎峡部裂正相关因素 SS 和 TK、负相关因素 L3/4 椎间隙角和 LSA, IS 正相关因素 PI 和 SVA 进行 ROCC 分析(图 7、8), 并通过约登指数确定峡部裂及 IS 的临界值, 结果显示, 当 $SS>28.4^{\circ}$ 、 $TK>25.8^{\circ}$ 时, 发生腰椎峡部裂的危险明显增大; 而 L3/4 椎间隙角 $>10.8^{\circ}$ 、 $LSA>6.0^{\circ}$ 时, 不容易发生腰椎峡部裂; 当 $PI>50.5^{\circ}$ 、 $SVA>10.9\text{mm}$ 时, 发生 IS 的危险明显增大(表 3)。

3 讨论

腰椎峡部裂和 IS 的发生有多方面因素, 包括

表 2 腰椎峡部裂和峡部裂性腰椎滑脱影像学相关因素 Logistics 回归分析结果

Table 2 Logistic regression analysis results of imaging relevan factors for lumbar spondylolysis and isthmic spondylolisthesis

影像学参数 Imaging parameters	B 值 B value	P 值 P value
腰椎峡部裂 Lumbar spondylolysis		
骶骨倾斜角 SS	0.169	0.000
胸椎后凸角 TK	0.089	0.005
L3/4 椎间隙角 L3/4 intervertebral space angle	-0.386	0.007
L5/S1 椎间隙角 LSA	-0.155	0.031
峡部裂性腰椎滑脱 Isthmic spandylolisthesis		
骨盆入射角 PI	0.123	0.001
矢状面轴向垂直距离 SVA	0.018	0.016

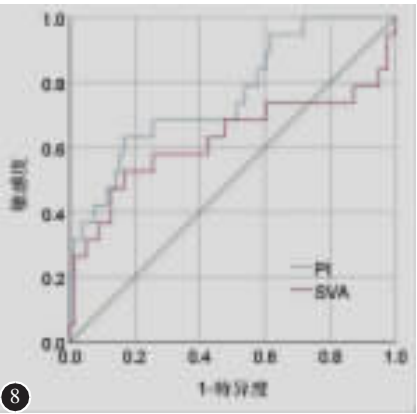
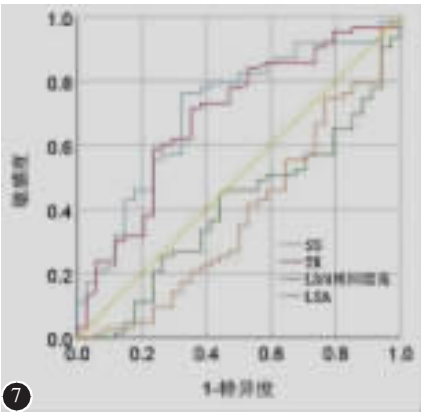


图 7 腰椎峡部裂相关因素的受试者工作特征曲线(ROCC)分析

图 8 峡部裂性腰椎滑脱相关因素的 ROCC 分析

Figure 7 Receiver operating characteristic curve (ROCC) analysis of relevant factors for lumbar spondylolysis and spondylolisthesis

Figure 8 ROCC analysis of relevant factors for lumbar isthmic spondylolisthesis

表 3 约登指数确定腰椎峡部裂和峡部裂性腰椎滑脱的临界值

Table 3 Youden indexes determine the critical value of lumbar spondylolysis and isthmic spondylolisthesis

影像学参数 Imaging parameters	敏感度 Sensitivity	1-敏感度 1- Sensitivity	特异度 Specificity	约登指数 Yorden index	对应值 Corresponding value
腰椎峡部裂 Lumbar spondylolysis					
骶骨倾斜角 SS	0.762	0.324	0.676	0.438	28.4°
胸椎后凸角 TK	0.714	0.353	0.647	0.361	25.8°
L3/4 椎间隙角 L3/4 intervertebral space angle	0.444	0.441	0.559	0.003	10.8°
L5/S1 椎间隙角 LSA	0.968	0.941	0.059	0.027	6.0°
峡部裂性腰椎滑脱 Isthmic spandylolisthesis					
骨盆入射角 PI	0.632	0.167	0.833	0.465	50.5°
矢状轴向垂直距离 SVA	0.526	0.167	0.833	0.360	10.9mm

以脊柱-骨盆矢状位平衡为基础的整体因素,也包括以椎间小关节、椎间盘和韧带在内的局部因素。以往研究往往基于单一因素,没有整体、全面评价 IS 发病的相关因素。另外,对每个因素之间的相互关系的分析也缺乏,更没有统一的结论。且以往峡部裂的治疗目的是峡部愈合,恢复椎弓的完整和稳定,却少有评价脊柱-骨盆矢状面平衡参数、下腰椎局部解剖参数的术后改变,也就是 IS 的危险因素依然存在。因此全面了解 IS 的发病相关因素及每个因素之间的相互关系,建立统一的认识,不仅可以了解 IS 的发生、发展机制,更能指导临床制定恰当的治疗方式并改善患者预后。

本研究发现,4 组间 TK、LL、SVA 呈增大趋势,SVA 的增大说明躯干重心发生了前移,而这种重心前移势必引起 TK、LL 增大的代偿性改变,即需要更大的 TK 和 LL 来代偿脊柱的矢状面失平衡^[5],而腰椎失衡又反过来增加腰椎峡部裂及 IS 的发生。Hammerberg 等^[9]研究发现,在正常人群中 C7 铅垂线会随着年龄的增长而前移,LL 则会随着年龄的增长而减小,这说明 SVA 增大可能是退变的结果,也可能是 IS 所致腰椎失衡的结果,而 LL 的增大,势必是腰椎失衡造成的代偿性结果。本研究结果表明,TK>25.8°时,发生腰椎峡部裂的可能性明显增大。何守玉等^[7]通过对比 60 例 L5/S1 IS 患者和正常人发现,成人 IS 患者脊柱-骨盆矢状面参数与正常人相比 PI、PT、SS、LL 均较大。本研究结果从 A 组到 D 组,PI、PT、SS 呈增大趋势,这些趋势都直接或间接表明骨盆发生了前倾,骨盆前倾进一步又会造成重心前移,增加峡部剪切力,进而增加滑脱的危险,这与 Jabłońska-Sudoł 等^[8]的研究结果一致。本研究还发现,当 SS>28.4°时发生腰椎峡部裂的可能性明显增加,当 PI>50.5°时,发生 IS 的可能性显著性增加。周庆双等^[9]的研究也证实,低 PI 患者滑脱程度较轻,高 PI 患者腰骶部椎间隙塌陷,滑脱程度重。本研究从 A 组至 D 组,L3 和 L4 椎板角呈增大趋势,这可能是因为 LL 增大造成峡部剪切力增大所致,这种结果会导致当峡部骨质结构完整时椎板角增加,而当峡部骨质结构薄弱时发生峡部裂,后者可能与 L5 椎弓峡部裂的发生直接相关。从 A 组至 D 组,L3/4 椎间隙角、L4/5 椎间隙角、LSA 均呈减小趋势,这可能是 LL 增大引起的剪切力致使峡部断裂,椎间隙角失代偿。本研究结果表明,L3/4

椎间隙角、LSA 与腰椎峡部裂的发生呈负相关,当 L3/4 椎间隙角>10.8°、LSA>6.0°时,不容易发生峡部裂。

对于各种影像学参数与 IS 之间,何为因何为果,目前说法不一,但可以肯定的是,在 IS 发生发展过程中,脊柱平衡参数、骨盆参数、下腰椎参数均会发生直接或代偿性的改变,并且这些参数之间相互关联,反过来加速 IS 的进展,形成一个因果链。临床上应该密切关注腰椎峡部裂及 IS 发生的高危因素,对于 TK>25.8°、SS>28.4°的人群,重点观测 L5 峡部,且采取临床干预,防止 TK、SS 过大,通过物理牵引等复位技术恢复整个脊柱-骨盆平衡,并改善生物力学环境^[10],可能会延缓或终止峡部裂的发生。Le Huec 等^[11]认为,任何涉及腰椎的手术,都要考虑到矢状面平衡。Tempel 等^[12]通过对比峡部裂患者术前和术后的脊柱骨盆参数与发生邻近腰椎疾病的相关性发现,较大的 PT-LL 失配与发生邻近腰椎疾病明显相关。郭新虎等^[13]的研究提示,恢复脊柱-骨盆平衡比纠正滑移更为关键。对于 PI>50.5°的腰椎峡部裂患者,给予临床干预可能会延缓或终止 IS 的发展进程。L3/4 椎间隙角、LSA 与腰椎峡部裂的发生呈负相关,阈值分别为 10.8°、6.0°,将过小的 L3/4 椎间隙角、LSA 复位至此阈值以上可能会改善脊柱-骨盆平衡,延缓甚至终止峡部裂的发生。

尽管既往文献报道了 IS 与正常人的脊柱-骨盆平衡参数,但是均忽视了 IS 的疾病发展进程。本研究根据 IS 的发展进程,分为腰椎峡部裂、峡部裂伴峡部退变、IS 三组与正常人的参数进行了组间比较,并通过新增下腰椎参数 L3 椎板角、L4 椎板角、L3/4 椎间隙角、L4/5 椎间隙角和 LSA,能够更全面认识 IS 的各参数改变。为更深一步全面了解 IS 的进展机制,应该还要研究包括椎弓根长度^[14,17]等微骨性结构以及椎间盘^[15]、韧带等非骨性结构的改变,这些将是未来的研究重点,而 CT 和 MRI 等影像学技术在这一领域更具优势。IS 也许还有其他危险因素,例如 Eroglu 等^[16]的研究表明,腰椎小关节矢状化在 IS 患者中占很大比例,可能是该病的风险因素之一,但还需要更多的研究来证实。由于本研究未纳入手术后的脊柱-骨盆参数来验证我们的研究结果,同时本研究病例相对较少,更深层的研究有待进一步的病例积累和探索。

总之, 本研究结果显示, SS、TK、L3/4 椎间隙角、LSA、PI、SVA 与 L5 峡部裂及 IS 的发生存在相关性, 且上述参数存在临界值, 临床参考此结果, 通过干预进行预防性治疗, 可能会延缓甚至终止 L5 IS 的发展进程。

4 参考文献

1. Beutler WJ, Fredrickson BE, Murtland A, et al. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis: 45-year follow-up evaluation[J]. Spine, 2003, 28(10): 1027-1035.
2. Lafage R, Schwab F, Challier V, et al. Defining spino-pelvic alignment thresholds: should operative goals in adult spinal deformity surgery account for age[J]. Spine, 2016, 41(1): 62-68.
3. Brooks BK, Southam SL, Mlady GW, et al. Lumbar spine spondylolysis in the adult population: using computed tomography to evaluate the possibility of adult onset lumbar spondylosis as a cause of back pain[J]. Skeletal Radiol, 2010, 39(7): 669-673.
4. Sakai T, Sairyo K, Takao S, et al. Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(21): 2346-2350.
5. 刘勇, 刘臻, 朱锋, 等. 成人腰椎峡部裂性滑脱症与退变性滑脱症患者脊柱骨盆矢状面形态学研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(4): 307-311.
6. Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly[J]. J Spinal Disord Tech, 2003, 16(1): 44-50.
7. 何守玉, 朱锋, 邱勇, 等. 成人峡部裂性腰椎滑脱患者脊柱-骨盆矢状面参数变化及其临床意义 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(2): 109-115.
8. Jabłońska-Sudoł K, Maciejczak A. Relationship between the spino-pelvic parameters and the slip grade in isthmic spondylolisthesis[J]. Neurol Neurochir Pol, 2015, 49(6): 381-388.
9. 周庆双, 陈曦, 李松, 等. 骨盆入射角对成人腰骶部峡部裂滑脱程度和矢状面形态的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(1): 34-40.
10. Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P. Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification[J]. Eur Spine J, 2011, 20(5): 641-646.
11. Le Huec JC, Thompson W, Mohsinaly Y, et al. Correction to: sagittal balance of the spine[J]. Eur Spine J, 2019, 28(9): 1889-1905.
12. 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.
13. 郭新虎, 李危石, 郭昭庆, 等. 高度发育不良性腰椎滑脱复位程度与脊柱-骨盆矢状位参数变化的关系[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(8): 679-686.
14. Matthews PG, Phan K, Rao PJ, et al. Pedicle length and degree of slip in lumbosacral isthmic spondylolisthesis [J]. Orthop Surg, 2015, 7(2): 108-111.
15. 张奎渤, 刘辉, 王建儒, 等. L5 轻度峡部裂型滑脱患者脊柱-骨盆矢状面参数与椎间盘退变的关系[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(7): 605-609.
16. Eroglu A, Carll BA, Pusat S, et al. The Role of the features of facet joint angle in the development of isthmic spondylolisthesis in young male patients with L5-S1 isthmic spondylolisthesis[J]. World Neurosurg, 2017, 104(8): 709-712.
17. Matthews PG, Phan K, Rao PJ, et al. Pedicle length and degree of slip in lumbosacral isthmic spondylolisthesis [J]. Orthop Surg, 2015, 7(2): 108-111.

(收稿日期:2020-12-10 末次修回日期:2021-05-31)

(英文编审 谭 啸)

(本文编辑 李伟霞)