

L4/5 单节段融合对不同腰椎 Roussouly 分型 腰椎骨盆矢状位参数和临床疗效的影响

焦海斌, 胡学昱, 黄培培, 梁卓文, 段 伟, 王 哲

(第四军医大学附属西京医院骨科 710032 西安市)

【摘要】目的:探讨腰椎单节段(L4/5)融合对不同腰椎 Roussouly 分型腰椎骨盆矢状位参数和临床疗效的影响。**方法:**回顾我院 2008 年 3 月~2012 年 3 月行 L4/5 节段融合的患者 317 例,共纳入具有健康相邻节段、随访 ≥ 3 年、资料齐全者 51 例。男 25 例,女 26 例,平均年龄 43.45 岁。依据腰椎前凸顶点位置将腰椎矢状位曲线分为四型(Roussouly 分型):Ⅰ型,顶点位于 L5 椎体或者 L4/5 椎间隙;Ⅱ型,顶点位于 L4 底部或者中部;Ⅲ型,顶点位于 L4 上部或者 L3/4 椎间隙;Ⅳ型,顶点位于 L3 椎体及其以上。术前、术后和末次随访时行视觉模拟评分(VAS)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)、JOA 评分,测量腰椎前凸(LL)、上半圆(UP arc)、L4/5 椎间前凸(I-VA4-5)、骨盆入射角(PI)、骨盆倾斜角(PT)、骶骨倾斜角(SS)、C7 垂线骶骨距离/股骨头骶骨距离比值(C7PL/SFD ratio),术前相邻节段评估应用 MRI Modified Pfirrmann Scale(Modic)量表分析,随访应用 UCLA 量表结合脊柱退变稳定性标准评估影像学相邻节段退变(rASD)情况。**结果:**本组腰椎 Roussouly 分型的分布如下:Ⅰ型 10 例(19.61%),Ⅱ型 15 例(29.42%),Ⅲ型 20 例(39.22%),Ⅳ型 6 例(11.76%)。平均随访 42.58 个月(36~67 个月)。Ⅰ型:术后和末次随访时的 LL、UP arc 和 SS 较术前显著提高,PT 减小,具有统计学差异($P < 0.01$)。Ⅱ和Ⅲ型:LL 末次随访时较术前显著提高($P < 0.05$),而 SS、PT、PI 无显著性变化,Ⅱ型末次随访时 UP arc 较术前和术后显著提高。Ⅳ型:LL、UP arc、SS、PT 和 PI 手术前和术后对比无显著性差异。各型术后及随访时的 IVA4-5 较术前提高,而 C7PL/SFD 比值减小,各型术后及末次随访时的 VAS、ODI 和 JOA 评分与术前相比显著改善。本组病例中 rASD 发病率为 17.64%,rASD 相关危险因素分析发现:年龄、随访时间、IVA4-5、PI 是显著危险因素。**结论:**单节段融合可显著增加节段前凸角,但在不同腰椎 Roussouly 分型中对脊柱-骨盆参数的影响有所不同。节段椎间角度是 ASD 的显著危险因素,年龄越大,随访时间越长,PI 值较高时较容易发生 rASD。

【关键词】相邻节段退变;L4/5 椎间融合;L4/5 椎间角;Roussouly 分型

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.05.06

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-05-0405-10

The clinical efficacy of lumbar L4/5 single level fusion and its effect on the lumbar-pelvis sagittal alignment parameters of different Roussouly type/JIAO Haibin, HU Xueyu, HUANG Peipei, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(5): 405-414

【Abstract】 Objectives: To investigate the effect of single L4/5 fusion(SL4/5) on the lumbar-pelvis sagittal alignment parameters of different Roussouly type and its clinical efficacy. **Methods:** Between March 2008 and March 2012, 317 patients with lumbar fusion of SL4/5 were collected, and 51 cases of them(with healthy adjacent segments, complete follow-up data, follow-up time ≥ 3 years) included in this study, 25 males and 26 females, with an average age of 43.45 years. They were categorized into 4 types on the basis of lumbar lordosis of lumbar sagittal vertex position curve(Roussouly type): Type I, vertex located in L5 vertebral body or L4/5 intervertebral space; Type II, vertex located at the bottom or middle of the L4; Type III, vertex located at the upper part of L4 or L3/4 intervertebral space; Type IV, vertex located at the L3 vertebral body and above. The VAS, ODI and JOA scores were compared, and the lumbar-pelvic parameters were measured, such as pelvic incidence(PI), sacral slope(SS), pelvic tilt(PT), lumbar lordosis(LL), UP arc and intervertebral lordosis of lumbar 4-5(IVA4-5), C7 plumb line/Sacro-femoral distance ratio(C7PL/SFD ratio) at the preopera

第一作者简介:男(1982-),硕士研究生,主治医师,研究方向:脊柱骨折及退变

电话:(029)84775288 E-mail:jiaohaibin2001@163.com

通讯作者:胡学昱 E-mail:huxueyu@fmmu.edu.cn;王哲 E-mail:wangzhe@fmmu.edu.cn.

tion, postoperation and final follow-up. MRI was adopted to evaluate radiographic adjacent segment degeneration (rASD) before the operation, and the UCLA Grading Scale and intervertebral stability criteria of lumbar degeneration were introduced to evaluate rASD after the operation. Changes of the parameters in different periods were statistically analyzed. **Results:** The mean follow-up time was 42.58 months (36 to 67 months). The distribution of patients according to Roussouly type was as following: Type I, 10 cases (19.61%); Type II, 15 cases (29.42%); Type III, 20 cases (39.22%); Type IV, 6 cases (11.76%). In Type I: there were significant improvements ($P < 0.01$) in LL, UP arc, IVA4-5 and SS at postoperation and final follow-up compared with those at preoperation, but PT decreased. In Type II and III: IVA4-5 had significant improvement ($P < 0.05$) at the postoperation and final follow-up compared with that at preoperation, the LL at final follow-up significantly increased ($P < 0.05$) compared with that at preoperation, while the SS, PT and PI showed no significant differences. In Type II, UP arc significantly increased at the final follow-up. In Type IV: the IVA4-5 ($P < 0.05$) significantly increased with statistically significant differences to the preoperative, but there was no significant difference in LL, UP arc, SS, PT or PI between preoperation and postoperation. The ratio of C7PL/SFD significantly decreased at the postoperation and final follow-up compared with that at preoperation in all types. VAS, ODI, JOA scores at postoperation and final follow-up had significant improvement than the preoperatives. The general prevalence of rASD was 17.64% in all patients. Analysis of rASD risk factors showed: age, follow-up time, PI, IVA4-5 were major risk factors. **Conclusions:** SL4/5 can significantly increase IVA4-5, but has different effects to spine-pelvis sagittal alignment parameters according to the types of Roussouly. IVA4-5 is a significant risk factor of rASD, the older age, the longer follow-up time and higher PI values are more prone to rASD.

【Key words】 Adjacent segment degeneration; L4/5 interbody fusion; Intervertebral angle of L4/5; Types of Roussouly

【Author's address】 The Department of Orthopedics, Xijing Hospital, the Fourth Military Medical University, xi'an, 710032, China

以往研究^[1]表明,多节段融合后显著影响腰椎骨盆矢状位参数及平衡,且与临床疗效及影像学相邻节段退变(radiographic adjacent segment degeneration, rASD)相关,而单一节段融合对腰椎骨盆矢状位参数和 rASD 的作用尚无定论。基于 Roussouly 不同腰椎曲线类型^[2]的评价近来受到关注,有学者认为^[3],单节段融合的作用与 Roussouly 分型密切相关,而至今未见基于腰椎功能曲线类型的单节段融合对腰椎骨盆矢状位序列变化和临床疗效的研究报道。为了更好地评估 L4/5 融合对腰椎骨盆矢状位参数的影响,探索 rASD 发病的危险因素,本研究基于 Roussouly 类型,探讨具有健康相邻节段的腰椎单节段(SL4/5)融合对腰椎骨盆矢状位参数、rASD 和临床疗效的影响。

1 资料和方法

1.1 一般资料

纳入标准:①年龄在 25~55 岁之间,随访不少于 3 年;②患有 SL4/5 退变性疾病患者,如腰椎间盘突出、腰椎管狭窄、腰椎滑脱(I 度);③术前、术后均行腰椎正侧位、过屈过伸位、站立位脊柱全

长侧位 X 线片。除病变节段外 The University of California at Los Angeles (UCLA)^[4-5]分级在 2 级内;④CT 上未见假关节形成;⑤目标节段椎间盘病变被 MRI 证实存在;⑥目标节段的相邻节段 MRI Modified Pfirrmann Scale (Modic)^[6]分级小于等于 III 级。

排除标准:(1)既往有腰椎内固定手术史;(2)急性腰椎损伤;(3)腰椎骨折及骨折不愈合;(4)腰椎管内肿瘤及占位性病变;(5)腰椎感染性疾病或再次手术;(6)骨盆、下肢关节病变者;(7)中枢性及外周神经系统疾病;(8)严重呼吸系统、消化系统、泌尿系统及妇科疾病;(9)患有精神疾病,不能合作者;(10)目标节段以外腰椎 Modic 分型 IV 或 V 级;(11)矢状位严重失衡者 C7PL/SFD $\geq \pm 1$,脊柱侧凸大于 20°;(12)体重指数大于 30%。

回顾我院 2008 年 3 月~2012 年 3 月间行 SL4/5 标准 TLIF 手术治疗患者 317 例(手术均由经验丰富的同一年资的术者完成);共 51 例符合纳入排除标准,依照 Roussouly 分型分类统计,如表 1。

1.2 临床评估

应用视觉模拟评分(VAS;0~10)评估腰部和下肢疼痛状况,采用日本骨科协会(JOA;1~29)评估腰椎临床状况,采用 Oswestry 功能障碍指数(ODI;0~100%)评估临床功能。

1.3 影像评估

1.3.1 测量指标 术前、术后及末次随访收集前述患者解剖标志清晰的影像学资料进行指标测量。站立位脊柱全长片的标准按照 Horton 等^[7]描述方法,应用图形处理分析软件进行参数测量(Surgimapspine 2014, The Physicion Driven Image Solution, USA),包括:PI、PT、SS 按照 Legaye 等^[8]描绘方法测量;腰椎前凸角(LL):L1 上终板和 S1 上终板间夹角;L4/5 椎间前凸角(IVA4-5):L4 下终板和 L5 上终板间的夹角;腰椎前凸上半圆(UP arc)^[9],腰椎前凸下半圆(LOW arc)^[9],C7PL/SFD 比值(C7PL/SFD ratio)^[10,11]。测量方法如图 1 所示。

1.3.2 rASD 评估 术前相邻节段健康状况评估采用 Modic 分级系统,Ⅲ级以下被定义为椎间盘退变。影像 ASD 按照以下标准^[4,12,13]:(1)相邻节段形成滑移大于 4mm;(2)在过屈和过伸位矢状位 X 线片角度改变大于 11°;(3)椎间高度丢失大于 10%;(4)在 UCLA 椎间盘退变分级中大于Ⅱ级或者更高者。指标均由一位放射科医生和一位脊柱科医生共同完成,评估不一致时经商讨后确定,参数在三周内测量两遍取均值。

1.4 腰椎分型方法

依据 Roussouly 等^[2]腰椎功能分型,结合李危石等^[14]关于我国腰椎分类的研究结果,本研究按照腰椎前凸顶点位置将腰椎分为 4 种类型:Ⅰ型,腰椎前凸顶点位于 L5 椎体或者 L4/5 间隙;Ⅱ型,顶点位于 L4 底部或者中部;Ⅲ型,顶点位于 L4 上部或者 L3/4 间隙;Ⅳ型,顶点位于 L3 椎体及其以上部位(图 2)。应用 Surgimapspine 软件建立脊柱曲线,曲线与铅垂线相切处确定腰椎前凸顶点(Apex)。

1.5 统计分析

采用统计软件 SPSS 19.0(SPSS, Chicago, IL, USA)软件包对数据进行统计学分析,计量资料采用 *t* 检验和单因素方差分析,计数资料采用非参数检验,分类变量采用 χ^2 检验或分割法检验,对两位观察者评估术前 MRI 椎间盘 Pfirrmann 分级、术后 UCLA 椎间盘退变分级的一致性计算组

内相关系数(intarclass correlation coefficients, ICCs)值;对测量参数可信度计算组间相关系数(interclass correlation coefficients, ICCs);由第三人进行数据统计分析。所有数据采用均数±标准差表示, $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 一致性分析

两位测量者评估术前 MRI 相邻节段退变时的一致性为 0.957;评估术后 UCLA 退变等级的一致性为 0.873;在测量参数时两位测量者一致性为 0.925,两次测量间的相关性是 0.932 和 0.905,总体数据可靠,具有一致性。

2.2 一般情况

随访病例临床功能改善显著,各型末次随访的 VAS、JOA、ODI 评分与术前相比显著改善,在 4 种类型中脊柱平衡 C7PL/SFD 比值末次随访较术前减小(表 2),末次随访未见严重退变病例,融合良好,无内固定失效,无再次手术者。按照 Roussouly 分型,Ⅲ型占比最高(39.22%);手术时年龄最大者 53 岁,随访时年龄最大是 57 岁,最长随访时间是 67 个月,平均随访时间 42.59 个月,各型性别构成检验无统计学意义(表 1)。

2.3 影像评估分析

2.3.1 参数测量结果 LL 在术前与术后无显著差异,随访较术前有显著性提高;末次随访时 UP arc 较术前和术后有显著性统计学差异,下半圆变化与 SS 相同;除Ⅰ型外 SS、PT 和 PI 在各时间点之间无显著统计学差异,Ⅰ型的随访 SS 提高,PT 减低。按照 Roussouly 分型比较,Ⅰ型:LL、UP arc、SS 较术前显著性提高,PT 较术前减小,术后和末次随访无显著性差异;Ⅱ和Ⅲ型:末次随访的 LL 较术前和术后有显著提高,Ⅱ型随访 UP arc 较术前和术后显著提高;Ⅳ型:LL、UP arc 手术前后无显著性差异(表 3)。

2.3.2 分析各类型之间 IVA4-5 变化 总体 IVA4-5 在术后和随访时较术前显著提高,术后与随访之间无显著性差异;各类型术后及随访时 IVA4-5 较术前显著提高(表 3);各类型之间在术前、术后和末次随访时比较 IVA4-5 差异,Ⅰ型与Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型之间在术前、术后和末次随访时比较具有显著差异($P<0.001$),但Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ之间无显著性差异($P>0.05$,表 3)。

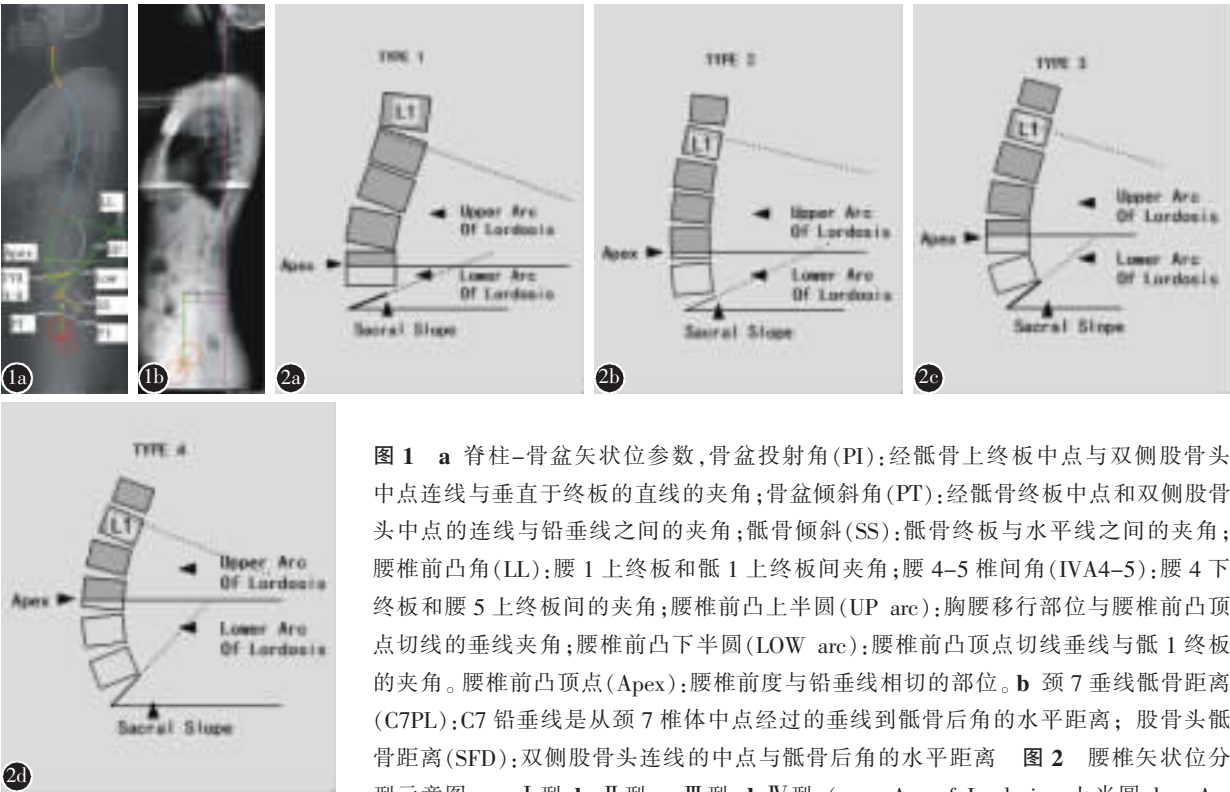


图 1 a 脊柱-骨盆矢状位参数,骨盆投射角(PI):经骶骨上终板中点与双侧股骨头中点连线与垂直于终板的直线的夹角;骨盆倾斜角(PT):经骶骨终板中点和双侧股骨头中点的连线与铅垂线之间的夹角;骶骨倾斜(SS):骶骨终板与水平线之间的夹角;腰椎前凸角(LL):腰 1 上终板和骶 1 上终板间夹角;腰 4-5 椎间角(IVA4-5):腰 4 下终板和腰 5 上终板间的夹角;腰椎前凸上半圆(UP arc):胸腰移行部位与腰椎前凸顶点切线的垂线夹角;腰椎前凸下半圆(LOW arc):腰椎前凸顶点切线垂线与骶 1 终板的夹角。腰椎前凸顶点(Apex):腰椎前度与铅垂线相切的部位。b 颈 7 垂线骶骨距离(C7PL):C7 铅垂线是从颈 7 椎体中点经过的垂线到骶骨后角的水平距离;股骨头骶骨距离(SFD):双侧股骨头连线的中点与骶骨后角的水平距离 图 2 腰椎矢状位分型示意图 a I 型 b II 型 c III 型 d IV 型 (uper Arc of Lordosis: 上半圆;low Arc of Lordosis: 下半圆;Sacral Slop: 骶骨倾斜角;Apex: 腰椎前凸顶)

Figure 1 a Parameters of sagittal spine –pelvic alignment on radiologic, PI: Angle between the line perpendicular to the S1 end plate at its midpoint and the line connecting this point to the middle axis of the femoral heads. PT: The angle between the line connecting the midpoint of the sacral plate to the bicoxo–femoral axis and the vertical plane. SS: The angle between the sacral plate and the horizontal plane. LL: the angle between L1and the S1–endplate. IVA4–5: The angle between the lines to the inferior endplate of L4 and the superior endplate of L5. Up arc: The angle between the tangent line to the vertical axis at the apex of the lumbar curve and the superior end plate of IP. Low arc: The angle between the tangent to the vertical axis at the apex of the lumbar curve and the superior end plate of S1; Apex: The tangent line to the vertical axis at the apex of the lumbar curve b C7PL: Distance from a vertical line drawn from the center of the C7 vertebral body to the posterior corner of the sacrum. SFD: Distance between the C7 plumb line and the posterior corner of the sacrum **Figure 2** Lumbar sagittal schematic diagram types of lumbar a I type b II type c III type d IV type(uper Arc of Lordosis: UP arc; low Arc of Lordosis: LOW arc; Sacral Slop: SS)

表 1 按照 Roussouly 腰椎类型统计随访病例一般资料

Table 1	Demographic and clinical details of participants at follow-up according to the type of Roussouly				
	I 型 I Type	II 型 II Type	III 型 III Type	IV 型 IV Type	合计 Total
例数 (%) Number (%)	10 (19.61)	15 (29.42)	20 (39.22)	6 (11.76)	51 (100)
年龄 (岁) Age (year)	40.2 (22~52)	44.95 (30~53)	43.47 (22~53)	45.66 (32~51)	43.45 (22~53)
性别 (男:女) sex (male:female)	7:3	7:8	9:11	2:4	25:26
随访时间 (月) Follow-up (month)	41.7 (36~56)	44.46 (36~64)	46.68 (36~67)	42.5 (36~66)	42.59 (36~67)
身体指数 (kg/m ²) Body mass index at baseline (kg/m ²)	23.74 (19.63~28.07)	24.32 (21.78~29.15)	23.85 (20.41~28.93)	24.37 (21.15~29.64)	23.81 (19.63~29.64)

2.3.3 rASD 发生因素分析 本组病例 SL4/5 融合后 rASD 发病率约 17.64%，Ⅲ型发病率最高(9.8%)，卡方检验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型 rASD 的发生率无明显差异，(Ⅱ:Ⅲ, $P=0.207$; Ⅲ:Ⅳ, $P=0.33$; Ⅱ:Ⅳ, $P=0.053$)，在Ⅲ和Ⅳ型内发病率达到 25%和 50%。融合以下节段(L5/S1)发生 2 例，融合以上节段发生 7 例。UCLA 评估主要表现为Ⅱ型。

将病例分为无 rASD 组和有 rASD 组(表 4)，年龄、随访时间、术后和末次随访的 IVA4-5、PI 值，在两组之间存在显著性差异。两组按照腰椎分型统计，Ⅲ和Ⅳ型的 IVA4-5 在术后和随访时具有显著性差异，术前 IVA4-5 在Ⅲ型差异显著，在Ⅳ型无显著性差异，但是功能评分在两组之间差异不明显。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ型 IVA4-5 角度不足时发生 rASD(图 3~5)。

3 讨论

脊柱-骨盆矢状序列排列在组织和管理脊柱方面具有重要作用，用于指导椎间融合、腰椎间盘突出置换、截骨矫形等脊柱退变性疾病的治疗。人类脊椎是由连续的相反的曲线组成，而腰椎前凸是人类特有结构，是脊柱矢状位形态多样性的关键因素，虽然统一的量化参数仍然不清楚，但是大量研究^[15-17]逐渐揭示生理和病理状态下脊柱各段曲线相互关联。从解剖学上可将脊柱分为颈椎、胸椎、腰椎和骶椎，但从形态上来看，矢状位曲线从头端到尾侧的椎体解剖形态是不一致的，Roussouly 建议对脊柱按照功能分段^[15]，每段曲线被限定在曲线相互移行的拐点之间，腰椎曲线的

远端终点在 S1 终板上，近端拐点在 L1 的上部或者下部，甚至在 T12 的上部。Roussouly 依据 SS 角度范围结合腰椎曲线上两圆相交顶点位置将腰椎曲线分为 4 种功能类型；李危石等^[14]对我国人群的腰椎分型与 Roussouly 分型相似，亚洲人群具有小的 PI 值，对应相对较小的 SS。腰椎类型明确了脊柱矢状位形态的特征，可以更好地理解局部或者脊柱生物力学特征^[18]，帮助分析影响脊柱退变性疾病(如滑脱、小关节综合症、椎间盘突出等)的形成因素；分型有利于分析脊柱退变时腰椎的代偿作用，可以个性化指导临床应用。

文献报道多节段融合显著影响脊柱-骨盆参数^[19]，与临床症状的改善密切相关，而单一节段腰椎融合对腰椎骨盆参数的作用尚无共识。Kim 等^[1]报道术后即刻融合节段前凸角较术前提前提高，随访时减少，与术前相比无显著差异，而 LL 随访时较术前显著提高。但是 Pellet 等^[3]报道单节段 ALIF 手术即使应用带有前凸的 cage 对腰椎前凸角度无显著性影响。Berthonnaud 等^[9,15]将腰椎前凸曲线分成两个上下在前凸顶点相切的圆，下半圆与 SS 相等，LL 和 SS 具有较高的相关性($R=0.86$)^[20]；文献^[21]报道下腰椎对腰椎曲线的贡献接近 68.6%，可以推断，下半圆对腰椎前凸的影响最大。PI 是固定的骨盆形态参数，具有较大的取值范围，而且 $PI=PT+SS$ 的公式明确了相互调节的关系^[8,10]，因此 SS 取值范围较大，与 SS 高度相关的 LL 范围亦随之变化，手术对 LL 的影响受 SS 的限制。手术对不同 Roussouly 腰椎类型的影响存在差异^[3,22]，Barrey 等^[23]指出，I 型腰椎下半圆较

表 2 按照腰椎类型分析术前和末次随访时功能变化

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

Table 2 The clinical efficacy were analyzed according to the types of lumber

		C7PL/SFD 比值 C7PL/SFD ratio	JOA 评分 JOA scores	ODI	VAS
I	术前 Preoperation	0.33±0.49	7.7±2.75	52.4±10.06	5.8±1.03
	末次随访 Final follow up	0.32±0.33 ^①	24.8±2.87 ^①	7.6±5.92 ^①	0.7±0.67 ^①
II	术前 Preoperation	0.053±0.44	10.40±3.91	56.77±12.09	6.53±0.83
	末次随访 Final follow up	0.36±0.48 ^①	25.4±2.22 ^①	8.08±7.24 ^①	0.93±0.88 ^①
III	术前 Preoperation	0.44±0.41	9.15±3.57	53.55±10.41	6.3±1.03
	末次随访 Final follow up	0.38±0.31 ^①	25.6±1.93 ^①	7.33±4.73 ^①	0.8±0.69 ^①
IV	术前 Preoperation	0.3±0.39	10.83±3.65	57.21±11.08	6.5±1.08
	末次随访 Final follow up	0.26±0.22 ^①	24.83±1.47 ^①	8.36±3.23 ^①	0.83±0.41 ^①
总体 Total	术前 Preoperation	0.16±0.53	9.43±3.6	54.69±10.77	6.29±0.98
	末次随访 Final follow up	0.31±0.35 ^①	25.29±2.02 ^①	7.93±5.44 ^①	0.84±0.7 ^①

注:①与术前相比较 $P<0.05$

Note: Compared with preoperation, $P<0.05$

表 3 不同腰椎 Roussouly 分型术前、术后和末次随访时腰椎骨盆参数变化 (x±s)
Table 3 The changes of lumbar pelvis parameters for the patients with different Roussouly type at preoperation, postoperation and final follow-up

		LL	UP arc	IVA4-5	SS	PT	PI
I (n=10)	术前 Preoperation	18.32±7.75	11.42±2.4	2.24±1.31	14.19±7.68	23.24±7.53	37.45±11.99
	术后 Postoperation	31.74±10.19 ^①	14.57±3.47 ^①	4.31±2.37 ^①	22.02±7.01 ^①	15.53±6.25 ^①	38.56±11.14
	末次随访 Final follow-up	32.63±12.63 ^①	16.49±3.81 ^①	4.58±1.58 ^①	24.54±8.65 ^①	14.73±7.0 ^①	41.01±10.79
II (n=15)	术前 Preoperation	38.03±6.85	13.14±4.98	4.00±1.22 ^③	32.01±3.82	20.88±12.84	50.26±8.74
	术后 Postoperation	42.06±7.95	14.92±3.18	7.93±2.81 ^{①③}	32.56±5.66	19.31±9.11	51.55±12.21
	末次随访 Final follow-up	44.49±6.73 ^①	16.18±3.42 ^{①②}	8.37±1.93 ^{①③}	34.45±6.69	17.96±8.16	52.06±11.10
III (n=20)	术前 Preoperation	47.06±6.9	17.83±2.1	4.71±1.73 ^③	36.72±3.96	16.52±7.72	53.67±8.67
	术后 Postoperation	49.97±8.51	17.91±2.07	9.54±3.08 ^{①③}	39.46±4.57	12.88±7.01	52.27±6.67
	末次随访 Final follow-up	53.56±4.48 ^①	19.18±2.2	9.44±2.13 ^{①③}	37.79±4.80	12.64±6.35	50.73±7.08
IV (n=6)	术前 Preoperation	53.86±5.94	18.28±1.97	3.34±2.74 ^③	42.23±2.84	29.03±7.81	70.45±5.19
	术后 Postoperation	55.66±7.24	19.04±1.93	8.15±3.19 ^{①③}	44.25±5.25	20.26±4.94	68.33±10.84
	末次随访 Final follow-up	58.67±12.13	20.42±2.73	8.61±2.86 ^{①③}	45.19±2.4	23.82±8.76	68.89±7.15
总体(n=51) Total	术前 Preoperation	40.04±13.83	15.53±3.95	4.14±2.14	31.59±10.51	19.26±9.99	50.40±14.09
	术后 Postoperation	44.25±11.26	16.44±3.2	8.22±3.43 ^①	33.98±9.22	15.82±7.55	49.43±11.53
	末次随访 Final follow-up	47.68±11.8 ^①	19.07±3.18 ^{①②}	8.28±2.88 ^①	34.98±8.46	15.78±7.84	50.94±11.69

注:①与术前比较 P<0.05;②与术后比较 P<0.05;③与 I 型组比较 P<0.001
Note: ①Compared with preoperation, P<0.05; ②Compared with postoperation, P<0.05; ③Compared with type I group, P<0.001

短,角度较小,而且 SS 较小,手术中需要恢复的 LL 较少;II 型脊柱椎间盘位置基本水平,对于 II 型脊柱失衡的手术治疗相对容易,因为所需重建的腰椎前凸小。Videbaek 等^[22]指出,Roussouly 腰椎分型与临床疗效相关,对于腰椎曲线弧度较大的 III 型和 IV 型需要更大的椎间融合角度,而且 Pellet 等^[3]报道融合手术对脊柱-骨盆参数及矢状平衡的影响与 Roussouly 分型有关。

本研究发现,术前按照 Roussouly 腰椎分型统计,与 Chaleat-Valayer 等^[24]报道的慢性腰痛(LBP)患者分型状况相似,II 型和 III 型占比显著增高,II 型较多的原因可能是椎间盘退变和姿势适应的结果^[24]。SL4-5 融合后对不同腰椎类型矢状序列的参数影响具有差异,IVA4-5 在各型中手术后和末次随访都显著提高;UP arc 在 I 和 II 型随访较术前显著提高,总体随访较术前和术后显著提高;除 I 型外 SS、PT 和 PI 在各时间点之间无显著统计学差异,可见 I 型的随访 SS 提高,PT 减低。IV 型 LL、UP arc、SS、PT、PI 手术前后无显著性差异。不同腰椎类型参数的变化与其力学特征相关^[25],I 型和 II 型腰椎较短,伴有较长的胸弯,具有较小的 SS,脊柱的代偿调节能力较为局限,手术对下半圆的干预对腰椎的影响较大,各参数较

术前有显著地改变,术前矢状位失衡显著改善,随访时较术前 C7PL/SFD 比值显著减小;III 和 IV 型腰椎具有较大的 SS 和较长的下半圆及腰椎,腰椎曲线弧度较大,代偿调节能力较强,手术的影响主要是融合节段前凸角度显著提高,UP arc 及 LL、SS、PT 变化无显著性差异,随访时 C7PL/SFD 比值较术前显著改善,但是可见 C7PL/SFD 比值较 I 型和 II 型小,术前矢状位平衡较好。尽管 L4/5 融合对矢状位参数影响存在差异,但是各类型术后和末次随访时临床疗效相似,较术前显著改善。我们比较各类型在术前、术后、末次随访时的 IVA4-5,发现术前 I 型与 II 型、III 型差异有统计学意义,和 IV 型差异不明显,而 II、III 和 IV 之间无显著差异,术前的变化差异主要存在 I 型与其他三型之间,这可能与病例退变程度相关;术后和末次随访时 IVA4-5 在 I 型与 II、III、IV 型之间存在显著差异,而 II、III、IV 型之间无差异,我们推测存在无差异的原因是未能考虑 II、III、IV 型腰椎需要更大的椎间融合角度有关,手术时未能给予足够的椎间融合角度。因此手术时选择合适的角度个性化治疗成为必须。Pellet 等^[3]研究了腰椎关节分型和 ALIF 对脊柱矢状位平衡的影响,建议在 PI 较低的病例中如 I、II 型病例中维持原位就可,无

表 4 rASD 发生的危险因素分析

Table 4 Analysis of Risk Factor for rASD

因素 Factor	无 rASD 组 (n=42) No rASD group	rASD 组 (n=9) rASD group
年龄(Y) Age(Y)	42.24±9.69	49.66±6.12 ^①
性别比(男:女) sex ratio(man:Female)	23:19	2:7
随访时间 Follow-up	41.05±11.50	53.22±13.42 ^①
BMI(kg/m ²)	23.81±6.49	24.79±3.21
LL 术前 Preop	44.83±8.7	48.98±7.7
术后 Postop	43.11±11.82	47.75±7.77
随访 FU	47.68±11.8	53.56±9.22
IVA4-5		
术前 Preop	4.14±2.13	4.17±2.33
术后 Postop	9.99±2.57	6.31±2.39 ^①
随访 FU	9.75±2.23	7.17±1.64 ^①
C7PL/SFD 比值 C7PL/SFD ratio		
术前 Preop	0.51±0.36	0.57±0.44
术后 Postop	0.42±0.29	0.43±0.29
随访 FU	0.35±0.31	0.32±0.42
SS 术前 Preop	31.77±11.91	37.12±5.71
术后 Postop	33.02±9.65	38.61±5.27
随访 FU	36.53±6.07	40.82±6.01
PT 术前 Preop	18.42±10.14	23.17±8.75
术后 Postop	15.14±7.75	19.00±5.9
随访 FU	16.05±7.39	16.76±12.07
PI 术前 Preop	48.24±13.62	60.51±12.32 ^①
术后 Postop	47.74±11.34	57.34±9.34 ^①
随访 FU	48.53±11.49	57.33±10.72 ^①
IVA4-5		
I 术后 Postop	4.31±2.37	
II 术前 Preop	4.11±2.32	4.66
术后 Postop	9.04±2.57	6.12
随访 FU	9.14±2.61	6.81
III 术前 Preop	5.34±1.42	3.11±0.85 ^①
术后 Postop	10.57±2.47	6.65±2.68 ^①
随访 FU	10.11±1.93	7.72±1.51 ^①
IV 术前 Preop	3.04±2.75	4.67±3.6 ^①
术后 Postop	10.59±1.03	5.79±2.79 ^①
随访 FU	10.86±1.01	6.36±2.11 ^①
JOA 术前 Preop	9.26±3.52	10.22±4.8
随访 FU	25.41±2.03	24.77±1.98
ODI 术前 Preop	55.08±10.25	51.67±13.27
随访 FU	7.68±5.76	7.46±4.34
VAS 术前 Preop	6.23±0.97	6.56±1.01
随访 FU	0.79±0.71	1.11±0.61

注:①与无 rASD 组比较 $P<0.05$ Note: ①Compare with no rASD group, $P<0.05$

需增加节段前凸角度,对于具有较大 SS 的病例如 III、IV 型的病例中较大的前凸角度是有必要的。

腰椎融合技术在治疗腰椎退变性疾病中取得了显著的临床疗效。在评估术后远期疗效时,脊柱矢状位平衡和相邻节段退变(ASD)成为关注的焦点,严重的脊柱矢状位失衡和 ASD 可能需要面临再次手术。尽管很多研究者^[26,27]致力于探索 ASD 的发生机制,但是确切的 ASD 发生机制仍不是很清晰。既往研究^[13,28,29]表明,多种因素影响 rASD 的发生,比如年龄、大于 55 岁女性、绝经、BMI、随访时间等因素;还有相邻节段的健康状况也显著影响 ASD 的发生^[30]。尽管本研究中我们限定了年龄和相邻节段的健康状况,但是在退变组和无退变组相关因素对比中发现,时间和年龄仍具有统计学意义($P=0.033$ 、 $P=0.007$),患者的年龄偏大和随访时间大于 5 年对 rASD 的发生有显著影响。但是本研究中发现 rASD 与临床症状不相关,与 Anandjiwala 等^[31]研究相似。

近年来随着对脊柱骨盆参数研究的深入,发现 PI、SS、矢状位平衡(SVA)^[28,32]以及 PI-LL 的匹配状况^[33]影响 ASD 的发生;多篇文献证明节段前凸角度的恢复程度,影响长期的临床疗效及 rASD 的发生^[1,3,28]。但是这些研究都是基于单一腰椎矢状位曲线,而至今未见基于 Roussouly 类型研究 ASD 发病相关危险因素的报道。我们发现 rASD 组主要存在于 III、IV 型,IVA 4-5 显著低于无 rASD 组,可能与椎间融合角度对相邻节段的运动及力学影响相关;Gottfried 等^[19]报道腰椎前凸变浅常引起脊柱骨盆不平衡,导致多种并发症,可能是重力的变化引起非融合节段压力增加。同时 Akamaru 等^[34]研究了单节段融合角度对相邻节段运动的影响,发现 L4/5 融合在在前凸不足(7°)、原位(21°)和过伸(31°)三种状态下相邻节段运动状态不同,较低的前凸角度对相邻节段影响显著,作者建议可以考虑融合在原位或者过伸位。

虽然本研究中入组病例排除了可能的影响因素,仍不能排除随访时间和年龄的个体因素对 ASD 发生的影响,较小的椎间融合角,较大的 PI 值是主要危险因素。不同腰椎分型比较发现,II 型中 IVA4-5 角度在 rASD 组和无 rASD 组间无显著性差异,可能是融合所需角度容易被达到;但是 III 型和 IV 型术后和随访时 rASD 组 IVA4-5 角度显著小于无 rASD 组,可能是手术对不同类型腰椎的节段融合角度影响差异显著,手术中未能按照腰椎类型完全恢复椎间角度所致。PI 大的患者

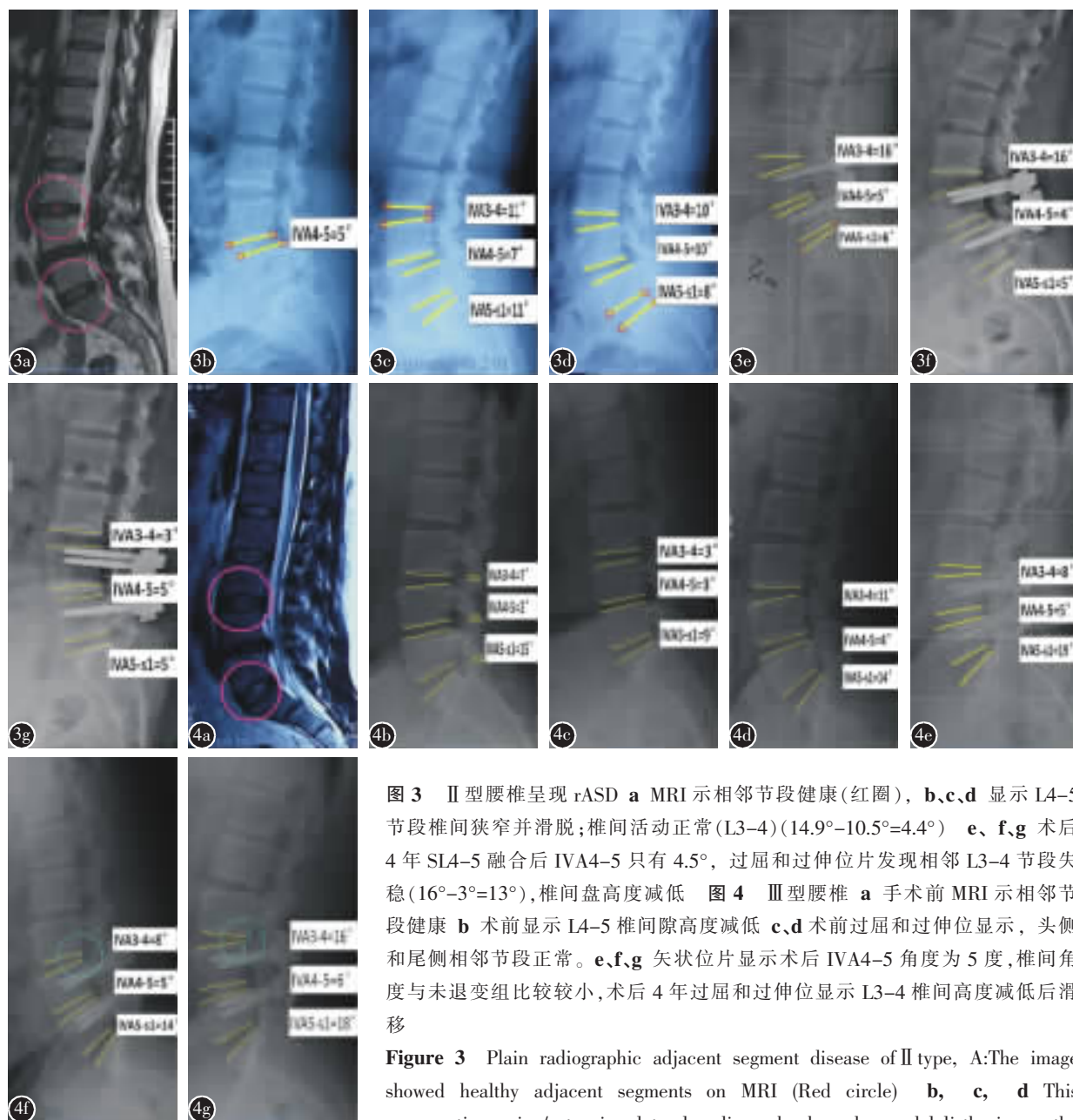


图 3 II型腰椎呈现 rASD **a** MRI 示相邻节段健康(红圈), **b、c、d** 显示 L4-5 节段椎间狭窄并滑脱;椎间活动正常(L3-4)($14.9^{\circ}-10.5^{\circ}=4.4^{\circ}$) **e、f、g** 术后 4 年 SI4-5 融合后 IVA4-5 只有 4.5° , 过屈和过伸位片发现相邻 L3-4 节段失稳($16^{\circ}-3^{\circ}=13^{\circ}$), 椎间盘高度减低 **图 4** III型腰椎 **a** 手术前 MRI 示相邻节段健康 **b** 术前显示 L4-5 椎间隙高度减低 **c、d** 术前过屈和过伸位显示, 头侧和尾侧相邻节段正常。 **e、f、g** 矢状位片显示术后 IVA4-5 角度为 5° , 椎间角度与未退变组比较较小, 术后 4 年过屈和过伸位显示 L3-4 椎间高度减低后滑移

Figure 3 Plain radiographic adjacent segment disease of II type, A:The image showed healthy adjacent segments on MRI (Red circle) **b, c, d** This preoperative exion/extension lateral radiograph showed spondylolisthesis on the

L4-5 level; the other hand cranial and caudal adjacent segment showed a normal appearance, angular stability on cranial adjacent segment (L3-4)($14.9^{\circ}-10.5^{\circ}=4.4^{\circ}$) **e, f, g** The degree of IVA4-5 was 4.5° . The L3-4 showed instability ($16^{\circ}-3^{\circ}=13^{\circ}$) and disc height decreased on the cranial adjacent segment in the flexion/extension lateral radiographs at postoperative 4 year **Figure 4** Plain radiographic adjacent segment disease of III type **a** The image showed healthy adjacent segments on MRI (Red circle) **b** This preoperative standing lateral radiograph showed Intervertebral height decrease on the L4-5 level. **c,d**:This preoperative exion/extension lateral radiograph showed decrease on the L4-5 level; the other cranial and caudal adjacent segment showed a normal appearance **e, f, g** The degree of IVA4-5 was five degree, more less compared with other patients. The L3-4 showed spondylolisthesis and decreased of disc height on the cranial adjacent segment (blue circles) in the flexion/extension lateral radiographs at postoperative 4 year

容易发生 ASD, 主要分布于 III、IV 型病例中, 大的 PI 需要与之相适应的 LL, 节段前凸角度恢复不足, 引起局部生物力学调节机制不能适应所致^[34]。

Kim 等^[5]报道, 手术后维持 L4/5 椎间角度大于 20° 可能更有利于预防临床 ASD 的发生。但 Soh 等^[35]研究发现每个融合节段前凸角度大于 15° 是预防

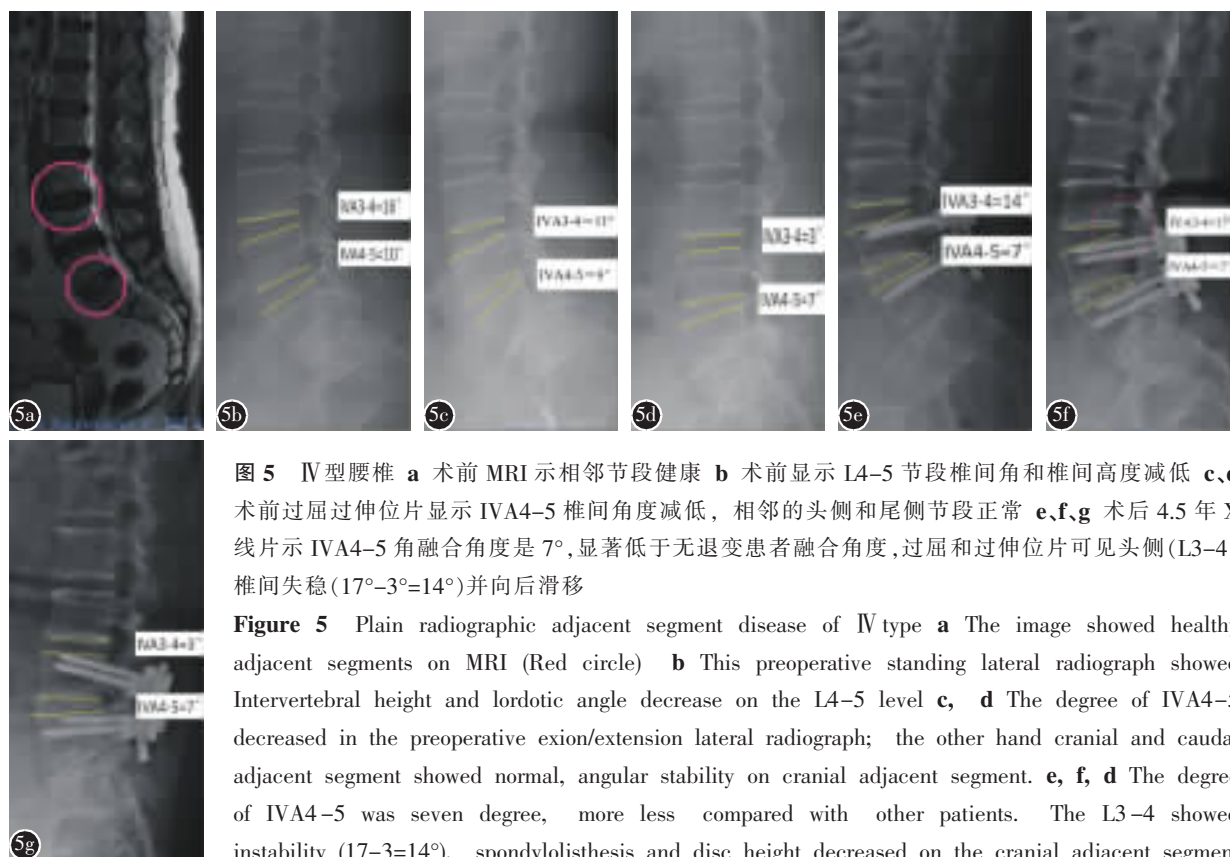


图 5 IV 型腰椎 a 术前 MRI 示相邻节段健康 b 术前显示 L4-5 节段椎间角和椎间高度减低 c、d 术前过屈过伸位片显示 IVA4-5 椎间角度减低, 相邻的头侧和尾侧节段正常 e、f、g 术后 4.5 年 X 线片示 IVA4-5 角融合角度是 7°, 显著低于无退变患者融合角度, 过屈和过伸位片可见头侧(L3-4) 椎间不稳 ($17^{\circ}-3^{\circ}=14^{\circ}$) 并向后滑移

Figure 5 Plain radiographic adjacent segment disease of IV type a The image showed healthy adjacent segments on MRI (Red circle) b This preoperative standing lateral radiograph showed Intervertebral height and lordotic angle decrease on the L4-5 level c, d The degree of IVA4-5 decreased in the preoperative exion/extension lateral radiograph; the other hand cranial and caudal adjacent segment showed normal, angular stability on cranial adjacent segment. e, f, d The degree of IVA4-5 was seven degree, more less compared with other patients. The L3-4 showed instability ($17^{\circ}-3^{\circ}=14^{\circ}$), spondylolisthesis and disc height decreased on the cranial adjacent segment (red circles) in the flexion/extension lateral radiographs at 4.5 year

rASD重要因素。结果虽然存在差异,可见节段前凸角度是重要的致病因素。因此我们认为,节段前凸角度恢复不足与融合术后 rASD 形成密切相关,相对于患者的年龄、随访时间和 PI 等因素,IVA4-5 融合角是唯一可以手术干预的危险因素,依据 Roussouly 分型限定的各型腰椎的生物力学特征,建议在治疗中恢复理想的角度,对于Ⅲ和Ⅳ型腰椎患者,在进行关节融合时,一个大的腰椎融合角度是必要的。

本研究的病例选择和研究方式仍存在不足,本研究为回顾性研究,入选病例未包括相邻节段已经退变的病例。此外,单节段 L4/5 融合对于临床的远期疗效及相邻节段退变的影响还有待于前瞻性设计、长期随访及大样本研究观察。

4 参考文献

- Kim SB, Jeon TS, Heo YM, et al. Radiographic results of single level transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative lumbar spine disease: focusing on changes of segmental lordosis in fusion segment[J]. Clin Orthop Surg, 2009, 1(4): 207-213.
- Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, et al. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position [J]. Spine, 2005, 30(3): 346-353.
- Pellet N, Aunoble S, Meyrat R, et al. Sagittal balance parameters influence indications for lumbar disc arthroplasty or ALIF[J]. Eur Spine J, 2011, 20(Suppl 5): 647-662.
- Ghiselli G, Wang JC, Hsu WK, et al. L5-S1 segment survivorship and clinical outcome analysis after L4-L5 isolated fusion [J]. Spine, 2003, 28(12): 1275-1280.
- Kim KH, Lee SH, Shim CS, et al. Adjacent segment disease after interbody fusion and pedicle screw fixations for isolated L4-L5 spondylolisthesis: a minimum five-year follow-up [J]. Spine, 2010, 35(6): 625-634.
- Pfirrmann CW, Metzendorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration [J]. Spine, 2001, 26(17): 1873-1878.
- Horton WC, Brown CW, Bridwell KH, et al. Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? A critical comparison of three techniques[J]. Spine, 2005, 30(4): 427-433.
- Legaye J, Duval-Beaupere 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.
9. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, et al. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2005, 18(1): 40-47.
10. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine [J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(1): 80-87.
11. 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(Suppl 5): 626-633.
12. Ghiselli G, Wang JC, Bhatia N N, et al. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2004, 86-A(7): 1497-1503.
13. Lee CS, Hwang CJ, Lee SW, et al. Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(11): 1637-1643.
14. 李危石, 孙卓然, 陈仲强. 正常脊柱-骨盆矢状位参数的影像学研究[J]. *中华骨科杂志*, 2013, 33(5): 447-453.
15. Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Geometrical and mechanical analysis of lumbar lordosis in an asymptomatic population: proposed classification [J]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 2003, 89(7): 632-639.
16. Lee CS, Chung SS, Kang KC, et al. Normal patterns of sagittal alignment of the spine in young adults radiological analysis in a Korean population[J]. *Spine*, 2011, 36(25): E1648-E1654.
17. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud E, et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults[J]. *Spine*, 2010, 35(22): E1193-E1198.
18. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 609-618.
19. Gottfried ON, Daubs MD, Patel AA, et al. Spinopelvic parameters in postfusion flatback deformity patients[J]. *Spine J*, 2009, 9(8): 639-647.
20. Legaye J, Duval-Beaupere G. Sagittal plane alignment of the spine and gravity: a radiological and clinical evaluation [J]. *Acta Orthop Belg*, 2005, 71(2): 213-220.
21. Korovessis PG, Stamatakis MV, Baikousis AG. Reciprocal angulation of vertebral bodies in the sagittal plane in an asymptomatic Greek population[J]. *Spine*, 1998, 23(6): 700-705.
22. Videbaek TS, Bunger CE, Henriksen M, et al. Sagittal spinal balance after lumbar spinal fusion: the impact of anterior column support results from a randomized clinical trial with an eight- to thirteen-year radiographic follow-up [J]. *Spine*, 2011, 36(3): 183-191.
23. Barrey C, Jund J, Nosedà O, et al. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases: a comparative study about 85 cases[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1459-1467.
24. Chaleat-Valayer E, Mac-Thiong JM, Paquet J, et al. Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 634-640.
25. Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Sagittal parameters of the spine: biomechanical approach[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(Suppl 5): 578-585.
26. Radcliff KE, Kepler CK, Jakoi A, et al. Adjacent segment disease in the lumbar spine following different treatment interventions[J]. *Spine J*, 2013, 13(10): 1339-1349.
27. Lawrence BD, Wang J, Arnold PM, et al. Predicting the risk of adjacent segment pathology after lumbar fusion: a systematic review[J]. *Spine*, 2012, 37(22 Suppl): S123-S132.
28. Kumar MN, Baklanov A, Chopin D. Correlation between sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion[J]. *Eur Spine J*, 2001, 10(4): 314-319.
29. Chen BL, Wei FX, Ueyama K, et al. Adjacent segment degeneration after single-segment PLIF: the risk factor for degeneration and its impact on clinical outcomes[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(11): 1946-1950.
30. Lee MJ, Dettori JR, Standaert CJ, et al. Indication for spinal fusion and the risk of adjacent segment pathology: does reason for fusion affect risk? A systematic review [J]. *Spine*, 2012, 37(22 Suppl): S40-S51.
31. Anandjiwala J, Seo JY, Ha KY, et al. Adjacent segment degeneration after instrumented posterolateral lumbar fusion: a prospective cohort study with a minimum five-year follow-up[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(11): 1951-1960.
32. 黄觅, 于森, 刘晓光, 等. 腰椎融合术后相邻节段退变的相关因素分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2014, 24(3): 199-203.
33. Rothenfluh DA, Mueller DA, Rothenfluh E, et al. Pelvic incidence-lumbar lordosis mismatch predisposes to adjacent segment disease after lumbar spinal fusion [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(6): 1251-1258.
34. Akamaru T, Kawahara N, Tim YS, et al. Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis[J]. *Spine*, 2003, 28(14): 1560-1566.
35. Soh J, Lee JC, Shin BJ. Analysis of risk factors for adjacent segment degeneration occurring more than 5 years after fusion with pedicle screw fixation for degenerative lumbar spine [J]. *Asian Spine J*, 2013, 7(4): 273-281.

(收稿日期:2014-12-29 修回日期:2015-04-07)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)