

临床论著

退变性腰椎滑脱 French 分型和 CARDS 分型的可重复性与可信度研究

盛亚超^{1,2}, 孙旭², 朱泽章², 史本龙², 孙伟翔², 陈曦², 袁鑫鑫², 邱勇²

(1 南京大学医学院附属南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院骨科 223800 宿迁市;

2 南京大学医学院附属南京鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:对退变性腰椎滑脱的 French 分型及 CARDS 分型进行可重复性与可信度的对比分析,探讨两种分型在退变性腰椎滑脱患者中的应用价值。**方法:**回顾性分析 2012 年 1 月~2016 年 6 月期间 118 例腰椎退变性滑脱(L4/5 91 例、L5/S1 27 例)患者,其中男性 26 例,女性 92 例,平均年龄 61.1±8.1 岁。3 名脊柱外科医师对患者术前 X 线片独自进行两次测量,分别使用 French 分型和临床与影像学分型(clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis, CARDS 分型)进行评估和分型,收集结果,作同一观察者间可重复性及不同观察者间可信度分析。应用 Kappa 值比较分析两种分型的差异性。**结果:**3 位观察者使用 French 分型系统共进行 708 次(118 例×3×2 次)分型,包括 1 型 261 次,2 型 107 次,3 型 83 次,4 型 54 次,5 型 203 次,观察者内分型一致率 80.5%~86.4%(Kappa 值 0.740~0.815),属于“基本可信”;观察者间分型一致率为 79.7%~82.2%(Kappa 值 0.728~0.758),属于“基本可信”。测量并分型单个患者平均花费时间约 138s。CARDS 分型系统共 708 次分型中,包括 A 型(A1)19 次,B 型(B1 90 次,B2 59 次)149 次,C 型(C1 291 次,C2 108 次)399 次,D 型(D1 98 次,D2 43 次)141 次,观察者内总体一致率 90.7%~93.2%(Kappa 值 0.878~0.911),属于“完全可信”;观察者间总体一致率 88.1%~94.1%(Kappa 值 0.844~0.921),属于“完全可信”。测量并分型单个患者平均花费时间约 67s。**结论:**两种分型系统具有较高的可重复性与可信度,CARDS 分型可信度与可重复性优于 French 分型。

【关键词】退变性滑脱;French 分型;CARDS 分型;可信度;可重复性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.03.06

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2017)-03-0228-07

Reproducibility and reliability analysis of French and CARDS classification in degenerative spondylolisthesis/SHENG Yachao, SUN Xu, ZHU Zezhang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(3): 228-234

【Abstract】 Objectives: To compare the reproducibility and reliability of the French classification and the CARDS classification for degenerative spondylolisthesis (DS), and to compare the clinical values of these two classifications. **Methods:** One hundred and eighteen L4/5 or L5/S1 DS patients treated surgically from January 2012 to June 2016 were retrospectively analyzed. There were 26 males and 92 females, among whom the average age was 61.1±8.1 years. Three spine surgeons independently and separately measured the preoperative X-rays. The intra-observer reproducibility and inter-observer reliability were analyzed. The Kappa value was calculated to compare the difference between the two classifications. **Results:** A total of 708 measurements were performed by the 3 surgeons for each classification. In French classification, 261 cases were described as type 1, 107 cases as type 2, 83 cases as type 3, 54 cases as type 4 and 203 cases as type 5. The intra- and inter-observer agreements were 80.5%~86.4%(Kappa value, 0.740~0.815) and 79.7%~82.2%(Kappa value, 0.728~0.758), respectively. The mean time spent on classification for a single case was about 138 seconds. In CARDS classification, 19 cases were classified into type A(A1), 149 cases into type B (90 cases in type B1, 59 cases in type B2), 399 cases into type C(291 cases in type C1, 108 cases in type C2), and 141

基金项目:南京市临床医学中心资助项目

第一作者简介:男(1989-),硕士在读,研究方向:脊柱外科

电话:(025)68182222-61021 E-mail:443565759@qq.com

通信作者:朱泽章 E-mail:zhuzezhang@126.com

cases into type D (98 cases in type D1, 43 cases in type D2). The intra- and inter-observer agreements were 90.7%–93.2% (Kappa value, 0.878–0.911) and 88.1%–94.1% (Kappa value, 0.844–0.921), respectively. The mean time spent on classification for a single case was about 67 seconds. **Conclusions:** The two classifications have satisfying intra-observer reproducibility and inter-observer reliability for degenerative spondylolisthesis patients. CARDS classification's reliability and repeatability are better than those of French.

【Key words】 Degenerative spondylolisthesis; French classification; CARDS classification; Reliability; Repeatability

【Author's address】 Department of Orthopaedic, Medical School of Nanjing University, Suqian People's Hospital of Nanjing Drum Tower Hospital Group, Suqian, 223800, Jiangsu, China

退变性腰椎滑脱 (degenerative spondylolisthesis, DS) 是指在腰椎间盘及关节突关节退变基础上发生的椎体相对滑移, 椎弓根结构保持完整, 以 50 岁以上的中老年女性发病率最高^[1-5]。DS 常见于 L4/5、L5/S1 节段, 基本影像学表现为滑脱节段椎体前移、椎间隙高度丢失和局部后凸畸形^[3]。2014 年, Kepler 等^[4]依据椎间高度、滑脱节段位移、局部滑脱角和临床症状四个参数提出了 DS 的临床与影像学 (clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis, CARDS) 分型, 张奎渤等^[5]研究证实其可靠性良好并建议推广使用; 同年法国脊柱外科协会以 Schwab 关于成人脊柱畸形的分型系统^[6]为基础, 综合考虑了腰椎滑脱椎间隙改变和脊柱骨盆矢状面代偿及失衡而提出了 French 分型^[7]。然而, 任何一个新的分型在被广泛应用于临床评估及指导手术策略制定前, 需经多次检验证实其可靠性。本研究拟对 French 分型系统及 CARDS 分型系统的可信度与可重复性进行比较研究, 并对比分析两者的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

对 2012 年 1 月~2016 年 6 月期间我科连续收治的 133 例 DS 患者的影像学资料进行回顾分析, 符合以下标准的病例纳入本研究: (1) 临床诊断为退变性腰椎滑脱 (L4/5 或 L5/S1); (2) 有清晰的包含骨盆和股骨头的术前站立位全脊柱侧位 X 线片及腰椎过屈、过伸侧位 X 线片。排除标准: (1) 有腰椎骨折、外伤史; (2) 有脊柱手术史; (3) 有脊柱侧凸。最终, 共计 118 例 DS 患者入选本研究, 其中 L4/5 滑脱 91 例, L5/S1 滑脱 27 例, 男性 26 例, 女性 92 例, 年龄 42~79 岁, 平均 61.1 ± 8.1 岁。纳入患者均存在下肢疼痛、麻木、间歇性跛行或不全瘫痪等症状, 其中仅单侧症状者 (左 52 例,

右 31 例) 83 例, 双侧均存在症状者 35 例。

1.2 研究方法

使用 Surgimap (美国, Version: 2.2.9.9.1) 在电脑上测量, 由 3 位脊柱外科专科医生对 118 例患者分别独立地进行分型, 间隔 2 周后重新进行分型, 该 3 位医生经过培训后对两种分型系统均已熟练掌握。分型后收集结果行观察者间的可信度及观察者内可重复性分析。

1.3 French 分型及影像学测量参数

Gille 等^[7]报道的 French 分型系统依据: (1) 矢状面是否失衡 (以 $SVA > 4\text{cm}$ 为失衡标准); (2) LL 与 PI 关系; (3) 局部前凸角退变程度 (以 $SL \leq 5^\circ$ 为退变标准); (4) 矢状位是否存在失衡代偿 ($SVA \leq 4\text{cm}$ 时 $PT > 25^\circ$), 分为 5 型, 具体分型方法见图 1、2。

French 分型于站立位全脊柱侧位 X 线片上测量^[7,12]: (1) 腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL), L1 上终板与 S1 上终板夹角; (2) 骨盆入射角 (pelvic incidence, PI), S1 终板中点垂线与股骨头中心连线夹角; (3) 骨盆倾斜角 (pelvic tilt, PT), S1 终板中点到股骨头中心连线与垂线的夹角; (4) 局部前凸角 (segmental lordosis, SL), 滑脱节段头侧椎体上终板与尾侧椎体下终板的夹角; (5) 矢状面偏移 (sagittal vertical axis, SVA), C7 椎体中心垂线与 S1 后上缘的距离 (图 3)。

1.4 CARDS 分型及影像学测量参数

Kepler 等^[4]提出的 CARDS 具体分型依据: (1) 椎间隙高度是否消失; (2) 滑脱节段滑脱角是否存在后凸; (3) 滑脱位移是否为 5mm 或以内 (图 4、5)。另外根据患者是否存在下肢神经症状进一步分为 3 个亚型, 无下肢症状计为 0, 单侧下肢症状计为 1, 有双下肢症状计为 2, 因此, CARDS 分型共包括 A0、A1、A2、B0、B1、B2、C0、C1、C2、D0、D1、D2 共 12 个亚型。

CARDS分型在站立位全脊柱侧位 X 线片及腰椎过屈、过伸侧位 X 线片上测量^[4]: (1)椎间隙高度 (height of the intervertebral disk, HOD), 滑脱节段头侧椎体的下终板与尾侧椎体的上终板间距离 (前后缘高度 h1 和后缘高度 h2 的平均值); (2)滑脱角 (slip angle, SA), 滑脱节段头侧椎体下终板及尾侧椎体上终板延长线交角; (3)滑脱位移 (slip degree, SD), 滑脱椎体下终板后缘在尾侧椎体上终板投射点至尾侧椎体后缘距离 (图 6)。

1.5 统计分析

应用 SPSS (美国, 19.0) 统计软件对两种分型数据分别进行一致性检验分析, 计算 Kappa 值。Kappa 值在 0.41~0.60 表明一致性为一般可信 (中等)^[8,10], Kappa 值在 0.61~0.80 表明一致性为基本可信 (良好), 在 0.81~1.00 表明一致性为完全可信 (极好)。

2 结果

French 分型和 CARDS 分型均可对所选全部病例进行分型。三位观察者使用两种分型系统的

分型结果比较及可信度、可重复性分析见表 1~4。

三位观察者使用 French 分型系统共进行 708 次 (118 例×3×2 次) 分型, 包括 1 型 261 次 (36.9%), 2 型 107 次 (15.1%), 3 型 83 次 (11.7%), 4 型 54 次 (7.6%), 5 型 203 次 (28.7%), 观察者内分型一致率 82.8% (80.5%~86.4%), 平均可重复 Kappa 值为 0.767 (0.740~0.815), 属于“基本可信”; 观察者间平均分型一致率为 80.8% (79.7%~82.2%), 平均可信度 Kappa 值为 0.741 (0.728~0.758), 属于“基本可信”。测量并分型单



图 1 退变性腰椎滑脱的 French 分型示意图

Figure 1 Diagram of French classification system for DS

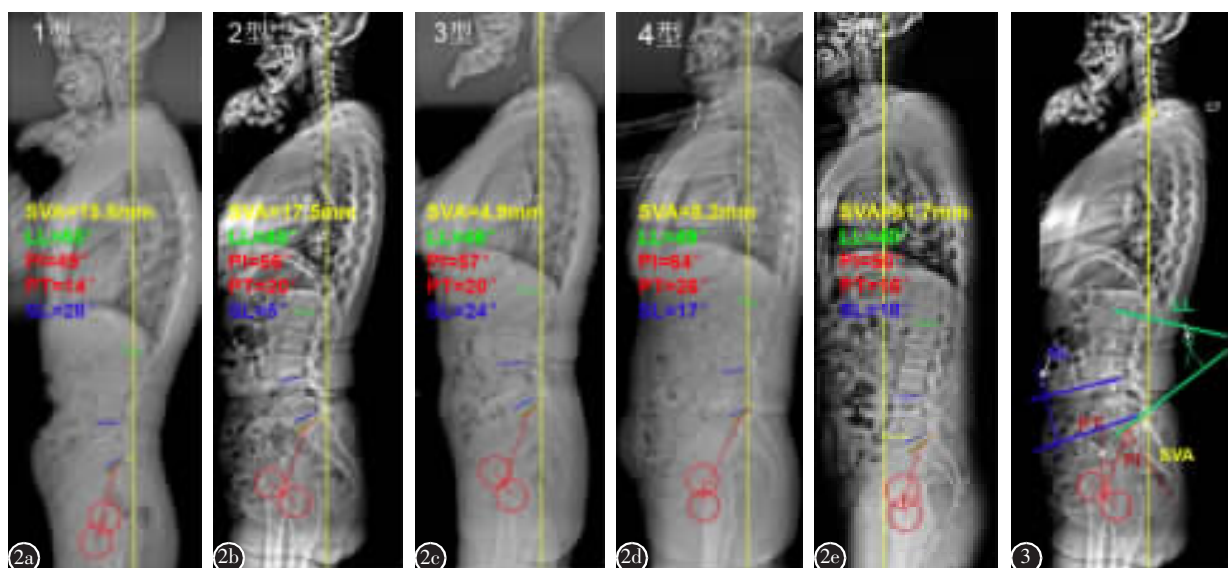


图 2 French 分型各型图示 a SVA(15.8mm)<4cm, LL(53°)>PI(49°)-10°, SL(28°)>5°, 为 1 型 b SVA(17.5mm)<4cm, LL(48°)>PI(56°)-10°, SL=5°, 为 2 型 c SVA(4.9mm)<4cm, LL(46°)<PI(57°)-10°, PT(20°)<25°, 为 3 型 d SVA(8.2mm)<4cm, LL(49°)<PI(64°)-10°, PT(26°)>25°, 为 4 型 e SVA(81.7mm)>4cm, 为 5 型 图 3 French 分型测量参数示意图: LL, 腰椎前凸角; PI, 骨盆入射角; PT, 骨盆倾斜角; SL, 局部前凸角; SVA, 矢状垂直偏距

Figure 2 Diagram of French classification a SVA(15.8mm)<4cm, LL(53°)>PI(49°)-10°, SL(28°)>5° (type 1) b SVA(17.5mm)<4cm, LL(48°)>PI(56°)-10°, SL=5° (type 2) c SVA(4.9mm)<4cm, LL(46°)<PI(57°)-10°, PT(20°)<25° (type 3) d SVA(8.2mm)<4cm, LL(49°)<PI(64°)-10°, PT(26°)>25° (type 4) e SVA(81.7mm)>4cm (type 5) Figure 3 Measurements of French classification: LL, lumbar lordosis; PI, pelvic incidence; PT, pelvic tilt; SL, segmental lordosis; SVA, sagittal vertical axis

个患者平均花费时间约 138s。

CARDS 分型系统共 708 次分型中, 包括 A1 型 19 次(2.7%), B1 型 90 次(12.7%), B2 型 59 次(8.3%), C1 型 291 次(41.1%), C2 型 108 次(15.3%), D1 型 98 次(13.8%), D2 型 43 次(6.1%), 观察者内总体一致率 91.5%(90.7%~93.2%), 可重复性 Kappa 值 0.889(0.878~0.911), 属于“完全可信”; 观察者间总体一致率 91.5%(88.1%~94.1%), 可信度 Kappa 值 0.888(0.844~0.921), 属于“完全可信”。测量并分型单个患者平均花费时间约 67s。



图 4 退变性腰椎滑脱的 CARDS 分型示意图

Figure 4 Diagram of CARDS classification system for DS



图 5 CARDS 分型 a A 型, L4/5 椎间高度消失 b B 型, 椎间高度存在, 滑脱距离 3.2~4.4mm c C 型, 椎间高度存在, 腰椎侧位及动力位片滑脱距离 9.1~9.6mm d D 型, 腰椎过屈侧位片示 L4/5 间隙呈后凸状 图 6 CARDS 分型参数测量: HOD, 椎间隙高度 $([h_1+h_2]/2)$; SA, 滑脱角(ab 与 cd 夹角); SD, 滑脱位移(ae 长度)

Figure 5 Diagram of CARDS classification a Type A, Loss of disc height at L4/5 b type B, Disc height partially preserved with vertebral with translation ranged 3.2~4.4mm c Type C, Disc height partially preserved with vertebral translation ranged 9.1~9.6mm d Type D, kyphotic alignment of L4/5 disc in lumbar lateral flexion X-ray Figure 6 Measurements of CARDS classification: HOD, height of the intervertebral disk $([h_1+h_2]/2)$; SA, slip angle(angle of line ab and line cd); SD, slip degree(length of line ae)

表 1 118 例 DS 患者 French 分型的可重复性分析

Table 1 Intra-observer reproducibility of the French classification of DS

	两次分型一致的例数 Cases in repeatability between the observer		
	1	2	3
1 型 Type1	39	40	36
2 型 Type2	13	14	13
3 型 Type3	9	11	10
4 型 Type4	6	7	7
5 型 Type5	29	30	29
合计 Total	96	102	95
Kappa	0.747	0.815	0.740

表 2 118 例 DS 患者 French 分型的可信度分析

Table 2 Inter-observer reliability of the French classification of DS

	分型一致的例数 Cases in agreement between observers		
	1-2	1-3	2-3
1 型 Type1	40	37	38
2 型 Type2	14	13	13
3 型 Type3	9	9	9
4 型 Type4	6	8	8
5 型 Type5	28	27	27
合计 Total	97	94	95
Kappa	0.758	0.728	0.738

表 3 118 例 DS 患者 CARDS 分型的可重复性分析

Table 3 Intra-observer reproducibility of the CARDS classification of DS

观察者 Observers	两次分型一致的例数 Cases in repeatability between the observer								Kappa
	A1 型 Type A1	B1 型 Type B1	B2 型 Type B2	C1 型 Type C1	C2 型 Type C2	D1 型 Type D1	D2 型 Type D2	合计 Total	
1	3	13	8	48	15	16	7	110	0.911
2	3	12	7	46	16	16	7	107	0.878
3	3	14	7	46	15	16	6	107	0.878

表 4 118 例 DS 患者 CARDS 分型的可信度分析

Table 4 Inter-observer reliability of the CARDS classification of DS

观察者 Observers	分型一致的例数 Cases in agreement between observers								Kappa
	A1 型 Type A1	B1 型 Type B1	B2 型 Type B2	C1 型 Type C1	C2 型 Type C2	D1 型 Type D1	D2 型 Type D2	合计 Total	
1-2	3	12	7	47	17	16	7	109	0.899
1-3	3	12	7	48	18	16	6	111	0.921
2-3	3	12	5	45	17	17	5	104	0.844

另外,三位研究者对 91 例 L4/5 DS 患者使用 French 系统和 CARDS 系统分型时可重复性 Kappa 值分别为 0.769 (0.723~0.838) 和 0.865 (0.829~0.884), 可信度 Kappa 值分别为 0.727 (0.709~0.734) 和 0.901 (0.892~0.913), 而对 27 例 L5/S1 DS 患者使用两种系统分型时可重复性 Kappa 值分别是 0.758 (0.733~0.794) 和 0.928 (0.892~0.945), 可信度 Kappa 值分别是 0.791 (0.740~0.794) 和 0.854 (0.779~0.892), 均显示 CARDS 分型系统的可重复性及可信度较 French 分型系统高。

3 讨论

3.1 DS 的 French 及 CARDS 分型系统

French 分型系统依据 LL 与 PI 关系、SL、PT 及脊柱矢状面平衡情况进行分型^[18,19], 综合考虑了腰椎滑脱椎间隙改变和脊柱骨盆矢状面代偿及失衡。Gille 等^[7]认为,1 型的患者为仅滑脱椎处轻度异常改变,可能的原因是关节突关节退变;2 型患者为椎间盘退变,尤其是椎间盘前侧退变较后侧更严重的情况;3 型和 4 型为进一步加重者,因 LL 明显减小时,弯腰动作大大增加下腰椎所受折曲力,两型间的区分依据 PT。PT 反映的是 LL 丢失时是否有骨盆后倾^[7,9], 以代偿脊柱前倾失平衡,即无矢状面失平衡者中,可能有骨盆后倾的代偿成分(PT>25°),此类为 4 型,无 PT 代偿者即为 3 型。5 型为脊柱处于失代偿状态者,评判参数采用 SVA。

CARDS分型依据椎间高度、滑脱节段位移、局部滑脱角和临床症状四个参数。A型是滑脱椎间高度完全塌陷,提示椎间盘严重退变,但此型一般有良好的稳定性^[10];B型与C型的区别在于滑脱节段的位移程度: $\leq 5\text{mm}$ 者归为B型, $>5\text{mm}$ 者属于C型;D型指的是滑脱节段局部存在后凸畸形。该后凸角事实上是反映椎间盘前、后缘高度变化的情况,与椎间盘退变、腰痛等密切相关^[11],此型与French分型中2型有相交之处。同时,Kepler等^[4]根据有无以及是单侧还是双侧下肢神经症状,把患者进一步分0、1、2三型,故CARDS分型共有12个亚型。

3.2 French分型与CARDS分型的可靠性比较

根据上述,French分型系统考虑矢状面失衡等因素,较全面,但临床上接触尚少,在被用于指导手术策略或科研评估前,其可靠性和可重复性必须经检验证实。目前国内对其可信度和可重复性相关研究尚缺乏,本研究三位观察者对118例退变性腰椎滑脱患者进行French分型,可信度和可重复性均较高,分别是80.8%(Kappa值为0.741)和82.8%(Kappa值为0.767),均属基本可信。平均测量、分型时间为138s。

CARDS分型较French分型更简单、测量分型速度快(平均67s),本研究发现其可信度为91.5%(Kappa值为0.888),可重复性为91.5%(Kappa值为0.889),均属完全可信。本研究所选取病例均是我院住院患者,均有明显临床症状主诉,故未统计到有“0”亚型者,其中三位观察者对椎间隙高度完全消失(A型)判断完全一致,均属A1型。对分型主要分歧存在于对B型、C型的判别,二者分型主要依据是滑脱距离: $\leq 5\text{mm}$ 者归为B型, $>5\text{mm}$ 者属于C型,测量误差和影像学资料的清晰程度都造成了最终的判断分歧,且分型系统要求在腰椎侧位中立、过屈、过伸任一X线片上滑脱距离大于5mm均划入C型,这也增加了测量误差的产生,局部滑脱角前凸的消失判别上也存在一定误差。但较French分型而言,其测量及分型都较简单、直观,其中A、D两型甚至可以直接肉眼观测得到分型结果。本研究中CARDS分型的可信度和可重复性较张奎渤等^[5]的研究更高,可能的主要原因是本研究采用的是Surgimap软件进行电脑上测量电子图片,较手工划线和测量胶片准确度要高。但另一方面,因临床工作中常

用测量主要在胶片上测量,所以本研究结果可能较临床工作状态时要显得过于理想,但关于测量时间,因实际胶片测量时可能较电脑测量时简便,无需精确记录部分参数值,反而可能更快。

3.3 French分型及CARDS分型的临床意义

French分型因考虑脊柱-骨盆矢状面相关参数变化,对手术策略的制定可提供更多的参考价值^[13-15]。1型的患者被推荐选择简单的后融合或动态固定系统,但此分型未考虑患者动力位腰椎侧位X线片上的变化,对腰椎不稳的评估欠缺,从而减少了对手术的指导价值,这也是French分型的不足之处。2型患者在治疗时被推荐后方融合联合前方椎间融合,以此增加前柱支撑,一定程度恢复滑脱椎局部的前凸和其稳定性。但分型系统被提出时作者们并未对各型患者手术指征或治疗策略比如减压等作出详细阐述,这可能还需要进一步的前瞻性研究。3型和4型患者手术的固定节段可根据腰椎前凸的丢失情况进一步选择,短节段的固定或长节段的矫形,尤其是对于下腰椎(L3~S1)前凸丢失者,后路长节段固定联合矫形显得比保留腰椎活动度更为重要^[7]。5型患者已处于失代偿状态。鉴于脊柱整体平衡在影响患者的生活质量及决定滑脱是否需要复位中有着重要意义^[16,17],Gille等^[7]建议,脊柱失衡的处理应处于优先地位,即可能根据矢状面失衡具体情况选择固定节段,第二步或次要再考虑退变性腰椎滑脱的问题。

而根据Kepler等^[4]所述,CARDS分型中A型可理解为退变后的“二次稳定”,对无临床症状者,可选择保守治疗^[5,10],对A1、A2型可选择单纯减压;B型和C型中,后者被建议选择内固定+融合方案,前者可根据临床症状选择保守治疗;对于D型,腰椎缺乏前柱支撑及腰椎不稳与腰痛症状密切相关^[11],采用椎间融合器行前柱融合、重建前柱支撑及恢复腰椎前凸尤为重要,内固定器械可起到矫形及固定作用,并提高融合率。DS患者的临床症状常为患者就诊原因,分型纳入临床参数,也使研究、科研评估更加方便,这是CARDS分型的优势之处。

3.4 本研究不足之处

本研究只纳入L4/5、L5/S1单节段滑脱患者,两种分型在其他节段以及后滑脱病例中的可靠性本研究未作探讨。同时,本研究采取回顾性研究,

病例选择时可能有主观选择偏差,因对比需要,未纳入多节段滑脱者等,存在选择偏倚,同时仅纳入 118 例患者,可能会造成最终结果一定的误差。另外,关于 CARDS 分型中的临床参数,即是否存在下肢临床神经症状,也因回顾性研究而无法对其作有意义的统计,因而对于其分型及手术指导方面的优势难有说明作用。

3.5 结论

综上所述, French 分型系统用于 DS 具有较高的可信度与可重复性,分型花费时间稍长,较繁琐,但其综合考虑到矢状面平衡问题,对腰椎滑脱的手术策略制定有更多的指导意义。CARDS 分型可信度和可重复性更优,且其分型方法简明,更便于临床应用;两种分型系统均值得临床推广应用,对于部分病例,联合应用两种分型可以获得更准确的评估结果。两种分型系统对手术策略的进一步指导作用,还需进一步前瞻性研究证实。

4 参考文献

1. 陈曦, 孙旭, 陈忠辉, 等. 经椎间孔椎体间融合与后外侧融合治疗轻度腰椎滑脱症的中期随访对比研究[J]. 中华解剖与临床杂志, 2015, 20(4): 287-292.
2. 张琨, 张奎渤, 李泽民, 等. L4 退变性滑脱患者脊柱-骨盆矢状面参数的特点与相关性分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(17): 1600-1604.
3. Kong LD, Zhang YZ, Wang F, et al. Radiographic restoration of sagittal spinopelvic alignment after posterior lumbar interbody fusion in degenerative spondylolisthesis [J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(2): E87-E92.
4. Kepler CK, Hilibrand AS, Sayadipour A, et al. Clinical and radiographic degenerative spondylolisthesis (CARDS) classification[J]. Spine J, 2015, 15(8): 1804-1811.
5. 张奎渤, 刘辉, 王建儒, 等. 腰椎退变性滑脱临床与影像学分型的可信度与可重复性分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(8): 729-733.
6. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. Spine, 2012, 37(12): 1077-1082.
7. Gille O, Challier V, Parent H, et al. Degenerative lumbar spondylolisthesis. Cohort of 670 patients, and proposal of a new classification[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2014, 100(6): S311-S315.
8. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data[J]. Biometrics, 1977, 33(1): 159-174.
9. Jiang L, Qiu Y, Xu L, et al. Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population[J]. Eur Spine J, 2014, 23(7): 1420-1426.
10. Matsunaga S, Ijiri K, Hayashi K. Nonsurgically managed patients with degenerative spondylolisthesis: a 10- to 18-year follow-up study[J]. J Neurosurg, 2000, 93(2 Suppl): 194-198.
11. Liao JC, Lu ML, Niu CC, et al. Surgical outcomes of degenerative lumbar spondylolisthesis with anterior vacuum disc: can the intervertebral cage overcome intradiscal vacuum phenomenon and enhance posterolateral fusion?[J]. J Orthop Sci, 2014, 19(6): 851-859.
12. Ferrero E, Ouldslmane M, Gille O, et al. Sagittal spinopelvic alignment in 654 degenerative spondylolisthesis [J]. Eur Spine J, 2015, 24(6): 1219-1227.
13. 郑召民, 刘辉. 脊柱-骨盆矢状面平衡及其在成人脊柱畸形治疗中的作用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(3): 278-282.
14. 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.
15. 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.
16. Mac-Thiong JM, Wang Z, de Guise JA, et al. Postural model of sagittal spino-pelvic alignment and its relevance for lumbosacral developmental spondylolisthesis[J]. Spine, 2008, 33(21): 2316-2325.
17. Berven S, Deviren V, Labelle H, et al. 77. Spondylolisthesis and lumbo-pelvic parameters: defining the relationship between radiographic measures and health-related quality of life[J]. Spine J, 2007, 7(5): 37S-38S.
18. Funao H, Tsuji T, Hosogane N, et al. Comparative study of spinopelvic sagittal alignment between patients with and without degenerative spondylolisthesis[J]. Eur Spine J, 2012, 21(11): 2181-2187.
19. Liu H, Li S, Zheng Z, et al. Pelvic retroversion is the key protective mechanism of L4/5 degenerative spondylolisthesis [J]. Eur Spine J, 2015, 24(6): 1204-1211.

(收稿日期: 2017-01-02 修回日期: 2017-03-06)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)