

过屈过伸位摄片辅助架在腰椎退行性疾病患者 腰椎稳定性评估中的作用

林凡国,赵春阳,单冰晨,周震涛,周志强,周晓中

(苏州大学附属第二医院骨科 215004 苏州市)

【摘要】目的:评价自行设计的过屈过伸位摄片辅助架(flexion-extension radiograph bracket,FERB)在评估腰椎退行性疾病患者腰椎稳定性中的价值。**方法:**2021 年 5 月~2022 年 1 月在我院住院的 63 例 L4/5 退行性疾病患者自愿参与本研究。男性 35 例,女性 28 例;年龄 33~84 岁(56.7 ± 14.6 岁)。患者入院后拍摄常规站立过伸过屈侧位 X 线片,同时在过屈过伸位摄片辅助架辅助下拍摄腰椎过伸过屈位 X 线片。比较两种方法拍摄的 X 线片上矢状位平移距离(sagittal translation,ST)、椎体间节段成角(segmental angulation,SA)、椎体间后开口角度(posterior opening,PO)和腰椎前凸角度变化(changes of lumbar lordosis,CLL), $ST\geq 3\text{mm}$ 或 $SA\geq 15^\circ$ 或过屈位片 $PO\geq 5^\circ$ 定义为腰椎不稳(lumbar instability,LI),计算并比较两种方法对 LI 的检出率。**结果:**63 例患者均完成两种方法摄片。61 例患者感觉使用过屈过伸位摄片辅助架更舒适,2 例腰部严重疼痛患者(轻微伸展和弯曲腰部即感到腰部疼痛难以忍受)感觉两种方法无明显差异。摄片辅助架辅助下腰椎过伸过屈位 X 线片上 ST 为 $2.31\text{mm}(0, 3.23)$,SA 为 $9.75^\circ\pm 5.12^\circ$,PO 为 $-1.0^\circ(-5.0^\circ, 1.0^\circ)$,CLL 为 $34.81^\circ\pm 15.01^\circ$,常规站立过伸过屈侧位 X 线片上 ST 为 $0.5\text{mm}(0, 1.42)$,SA 为 $5.67^\circ\pm 3.98^\circ$,PO 为 $-1.0^\circ(-4.0^\circ, 0^\circ)$,CLL 为 $25.35^\circ\pm 13.88^\circ$,摄片辅助架辅助下腰椎过伸过屈位 X 线片中 ST、LA、PO、CLL 均显著性高于常规站立过伸过屈侧位 X 线片($P<0.05$)。摄片辅助架辅助下腰椎过伸过屈位 X 线片中有 24 例(38.1%)检测出 LI,常规站立过伸过屈侧位 X 线片中仅有 5 例(7.9%)检测出 LI,两种方法 LI 的检出率有统计学差异($P<0.05$)。**结论:**与常规站立过伸过屈侧位 X 线片相比,过屈过伸位摄片辅助架辅助下摄片可以标准化操作流程,减少患者摄片时的不适感,提高 LI 的检出率。

【关键词】腰椎退行性疾病;X 线片;过屈过伸位;摄片辅助架;腰椎稳定性

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2022.10.05

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2022)-10-0895-06

Roles of flexion-extension radiograph bracket in assessing lumbar instability in patients with degenerative lumbar diseases/LIN Fanguo, ZHAO Chunyang, SHAN Bingchen, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(10): 895-900

【Abstract】Objectives: To investigate the roles of flexion-extension radiograph bracket(FERB) in evaluating lumbar stability in patients with lumbar degenerative diseases. **Methods:** A total of 63 in-hospital patients with L4/5 degenerative lumbar diseases in our hospital participated voluntarily in the study from May 2021 to January 2022. There were 35 males and 28 females, aged 33-84 years(56.7 ± 14.6 years) old. Routine standing lateral flexion-extension radiographs(LFERs) and FERB-aided LFERs(FERB-LFERs) were taken after admissions of patients. Sagittal translation(ST), segmental angulation(SA), posterior opening(PO), and changes of lumbar lordosis(CLL) were measured for comparisons between LFER and FERB-LFER. Lumbar instability(LI) was defined as $ST\geq 3\text{mm}$ or $SA\geq 15^\circ$ on flexion-extension radiographs, or $PO\geq 5^\circ$ on flexion radiographs. The detection rates of LI by the two photography methods of X-ray films were calculated and compared. **Results:** All the 63 patients completed the two methods of photography, respectively. 61 patients felt radiograph aided with FERB more comfortable, and the other 2 patients with severe waist pain(unbearable pain when stretching or bending the waist slightly) felt no significant difference between the two methods. On the lumbar FERB-

基金项目:苏州市科技发展计划(医疗卫生科技创新)指导性项目(SKYD2022094)

第一作者简介:男(1982-),医学硕士,副主任医师,研究方向:脊柱外科

电话:(0512)67784399 E-mail:fancoolin@163.com

通讯作者:周晓中 E-mail:zhouxz@suda.edu.cn

LFERs, the ST was 2.31mm(0, 3.23), SA was $9.75^{\circ} \pm 5.12^{\circ}$, PO was $-1.0^{\circ}(-5.0^{\circ}, 1.0^{\circ})$, CLL was $34.81^{\circ} \pm 15.01^{\circ}$. On the routine LFERs, the ST was 0.5mm(0, 1.42), SA was $5.67^{\circ} \pm 3.98^{\circ}$, PO was $-1.0^{\circ}(-4.0^{\circ}, 0^{\circ})$, and CLL was $25.35^{\circ} \pm 13.88^{\circ}$. ST, SA, PO and CLL on the FERB-LFERs were significantly higher than those on routine LFERs($P < 0.05$). LI was detected in 24 cases(38.1%) on the FERB-LFERs, and only in 5 cases(7.9%) on the routine LFERs. The detection rates between the two photography methods were statistically different($P < 0.05$). **Conclusions:** Compared with routine lateral flexion-extension radiographs, photography aided with the flexion-extension radiograph bracket can standardize the procedures, reduce the discomfort of patients during the process of radiographs, and increase the detection rate of lumbar indisability.

[Key words] Degenerative lumbar diseases; X-ray; Flexion-extension; Radiograph bracket; Lumbar instability

[Author's address] Department of Orthopaedics, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou, 215004, China

脊柱退行性疾病是骨科临床中常见疾病,包括腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症及腰椎滑脱症等。对于顽固性腰背痛经保守治疗无法缓解、合并下肢神经症状的患者,应考虑手术治疗^[1-3]。手术前应进行腰椎稳定性检查,以确定手术方式。目前,评估腰椎稳定性最广泛使用的方法是在站立过屈过伸侧位 X 线片上测量矢状位滑移距离或椎体间成角^[4]。然而,脊柱退行性疾病患者往往会伴有疼痛性脊柱侧凸、腰椎僵硬和痉挛,几乎不允许腰椎活动,传统拍摄过伸过屈位 X 线片会加重患者腰部疼痛,患者由于疼痛无法充分过伸过屈,影响过伸过屈位片对腰椎稳定性的检测结果,其可靠性经常受到质疑^[5-8]。近年来,对腰椎不稳的辅助检查方法发展迅速,出现了各种 X 射线检查方法的改进和仰卧位 CT 或 MRI 等技术^[5-7]。我们设计了一种过屈过伸位摄片辅助架(flexion-extension radiograph bracket, FERB),用于辅助腰椎退变性疾病患者腰椎过伸过屈位的拍摄,本研究旨探讨其在腰椎退行性疾病患者腰椎稳定性评估中作用。

1 FERB 的设计与制作

FERB 由三部分组成(图 1),三部分之间由螺栓相连,便于拆卸和转运。最上方为支撑平台,包括半弧形的倚靠工具以及工具两侧加装的扶手,半弧形倚靠工具由聚乙烯材料制成,允许 X 线穿透,以减少过度曝光的影响,确保胶片清晰且可测量。弧形支架高 30cm,宽 40cm,其中底边到圆弧的中心距离为 15cm,圆弧半径为 15cm。扶手可帮助患者在检查过程中支撑身体平稳站立,减少患者的恐惧,避免摔倒。患者拍片时身体紧靠辅助架,同时双手扶住扶手以保持身体平衡。中间为可

调节高低的升降平台,旋转侧面的滑轮即可调整平台高度,拍摄过程中根据患者身高进行辅助架的升降调节。最底层为四角底座,提供整个支架的稳定性。该摄片辅助架已申请实用新型专利(ZL 2021 2 0321649.9)。

2 FERB 的临床应用

本研究通过医院伦理委员会批准,主要针对 2021 年 6 月~2022 年 1 月入住我院拟接受手术的腰椎退行性疾病患者(包括腰椎间盘突出症、腰椎管狭窄症及腰椎滑脱症)。纳入标准:(1)CT 和 MRI 提示 L4/5 节段腰椎退行性疾病;(2)顽固性腰背痛,保守治疗 6 周无法缓解;(3)伴下肢神经症状;(4)知情同意。排除标准:有胸腰椎手术史、急性脊柱创伤、肿瘤、强直性脊柱炎、多节段脊柱退行性疾病和严重脊柱侧凸的患者。所有入组患者均签署知情同意书,入院后常规拍摄腰椎正侧位、常规站立过伸过屈侧位以及辅助架下腰椎过伸过屈位 X 线片,询问患者两种检查方法的舒适度对比情况。

2.1 一般资料

共有 63 例患者纳入本研究,男性 35 例,女性 28 例,年龄 33~84 岁(56.7 ± 14.6 岁)。

2.2 检查方法

常规站立过伸过屈侧位片(LFER 组)和摄片辅助架辅助下过伸过屈侧位片(FERB-LFER 组)均在同一摄片设备上,患者距离放射源同一距离,以此保证 X 线片放大比例一致。FERB 放置在距离放射源 1m 处,支具与放射源垂直。在拍摄过屈位 X 线片时,患者直立于辅助架前,身体前缘靠近辅助架,调节辅助架高度,使辅助架最高点平行于双侧髂嵴水平,患者双手扶住支具两侧扶

手以保持身体平衡,然后身体最大程度向前弯曲,此时拍摄辅助架辅助下过屈位 X 线片。拍摄后患者更改为身体后缘靠近工具,双手扶住支具两侧扶手以保持身体平衡,然后身体最大程度后仰,此时拍摄辅助架辅助下过伸位 X 线片(图 2)。

2.3 数据测量

所有数据均在放射学软件 (Neusoft PACS/RIS) 上进行测量。由 3 名具有 10 年以上临床经验的脊柱外科医生独立完成测量,测量前医生不知道 X 线片属于哪种摄片方法。测量数据包括两种摄片方法下矢状位平移距离 (sagittal translation, ST)、椎体间节段成角 (segmental angulation, SA)、

椎体间后开口角度 (posterior opening, PO) 和腰椎前凸角度变化 (changes of lumbar lordosis, CLL)。测量方法见图 3。ST: 过屈位片上和过伸位片上 L4 椎体相较于 L5 椎体向前平移距离 (a) 记录为正数,向后平移 (a1) 记录为负数,两个距离之间的差值定义为 $ST(a-a1)$; SA: 过伸位 L4、L5 椎体间成角 ($\beta1$) 与过屈位椎体间成角 (β) 的差值定义为 $SA(\beta-\beta1)$; PO: 过屈位 L4、L5 椎体间成角的负值定义为 $PO(-\beta)$; CLL: 腰椎前凸角为 L1 上终板与 S1 上终板间的夹角,过伸位腰椎前凸角 ($\alpha1$) 与过屈位腰椎前凸角 (α) 的差值定义为 $CLL(\alpha1-\alpha)$ 。过屈过伸位 X 线片上 $ST \geq 3mm$ 或 $SA \geq 15^\circ$ 或过

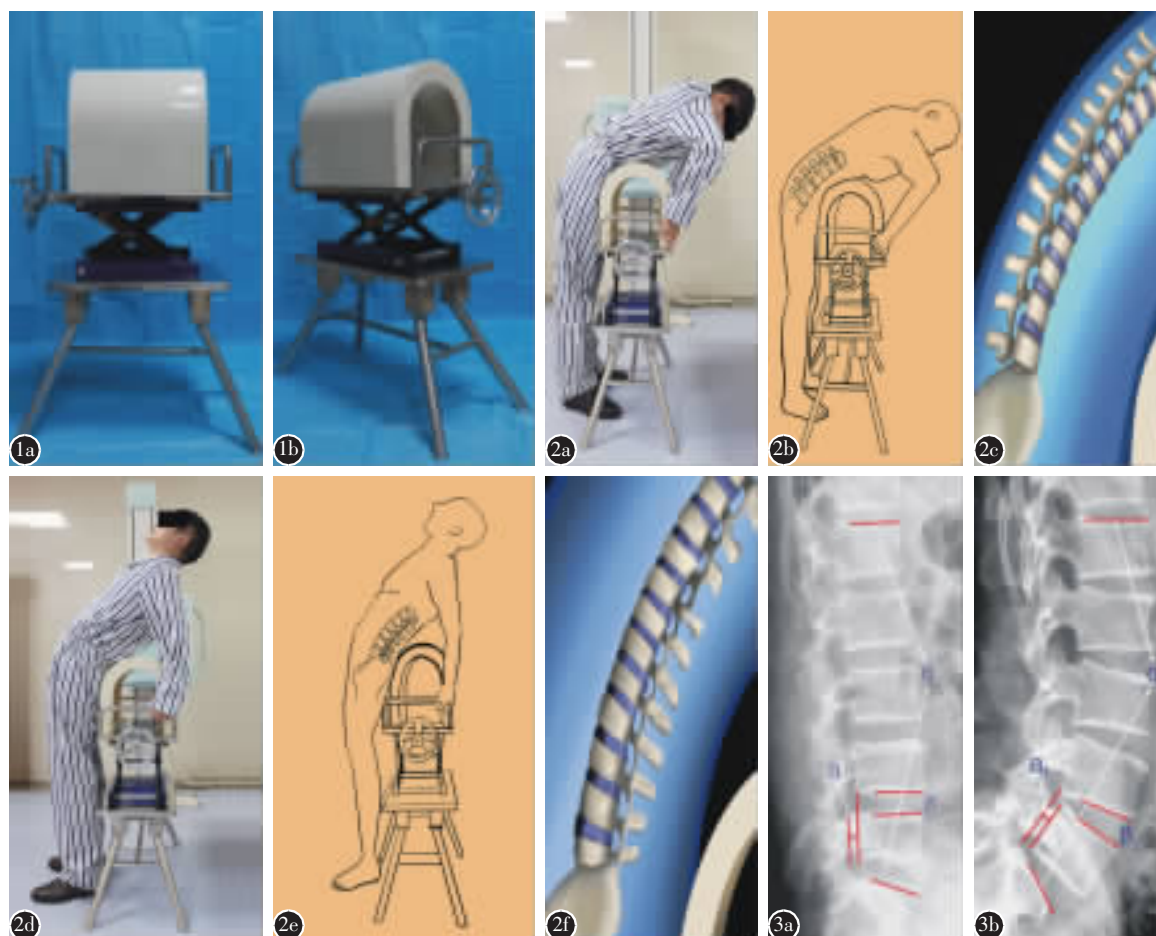


图 1 摄片辅助架 a 正面 b 侧面 图 2 摄片辅助架辅助下摄片 a~c 过屈位片摄片 d~f 过伸位摄片 图 3 矢状位平移距离(ST)、椎体间节段成角(SA)、椎体间后开口角度(PO)和腰椎前凸角度变化(CLL)的测量方法;在过屈、过伸位片上测量 L4 椎体相较于 L5 椎体向前、向后平移的距离 a、a1, L4 和 L5 椎体间成角 β 、 $\beta1$, 腰椎后凸角 α 、 $\alpha1$, $ST=a-a1$, $SA=\beta-\beta1$, $PO=-\beta$, $CLL=\alpha1-\alpha$

Figure 1 Radiograph bracket a Front view b Laterl view **Figure 2** Photography aided with radiograph bracket a~c Flexion position d~f Extension position **Figure 3** The measurement methods of sagittal translation(ST), segmental angulation(SA), posterior opening(PO) and changes of lumbar lordosis(CLL). Measuring the forward and backward translation distance of L4 vertebral body compared with L5 vertebral body on the extension and flexion photographs as a and a1, L4 and L5 segment angulation as β and $\beta1$, lumbar lordosis as α and $\alpha1$, $ST=a-a1$, $SA=\beta-\beta1$, $PO=-\beta$, $CLL=\alpha1-\alpha$

屈位片 $PO \geq 5^\circ$ 定义为腰椎不稳(LI)^[7,8], 计算两种摄片方法腰椎不稳(LI)的检出率。将 FERB-LFER 与 LFER 的 ST、SA、PO 及 LI 相关数据进行比较。

2.4 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计软件进行数据分析。连续变量以均数 $\pm$ 标准差表示, 两样本间比较采用 t 检验, 若不符合正态分布, 则采用秩和检验, 用中位数(P25, P75)表示, 比较 FERB-LFER 和 LFER 之间的 SA、CLL、ST、PO 差异; 采用卡方检验或 Fisher 精确检验比较 FERB-LFER 和 LFER 的 $PO \geq 5^\circ$ 比率和 LI 比率; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

63 例患者均完成两种方法的拍摄, 61 例患者认为使用 FERB 摄片更舒适, 2 例患者认为两种方法之间几乎没有差异, 该 2 例患者均为腰部严重疼痛患者, 轻微伸展和弯曲腰部即感到腰部疼痛难以忍受。

两种摄片方法测量的 ST、SA、PO 和 CLL 结果见表 1、图 4, 两组间比较均有统计学差异($P < 0.01$)。两种摄片方法测量 LI 和后开口角 $\geq 5^\circ$ 的情况见表 2, LFER 组有 5 例 (7.9%) $ST \geq 3\text{mm}$, 无 $PO \geq 5^\circ$ 患者; FERB-LFER 组有 17 例 (27%) $ST \geq$

3mm, 7 例 (11.1%) $PO \geq 5^\circ$, 两组比较有统计学差异($P < 0.05$)。FERB-LFER 组 9 例 (14.3%) $SA \geq 15^\circ$, LFER 组无 $SA \geq 15^\circ$ 患者。FERB-LFER 组 7 例 $PO \geq 5^\circ$ 患者中, 4 例 $ST \geq 3\text{mm}$, 1 例 $SA \geq 15^\circ$, 1 例 $ST \geq 3\text{mm}$ 且 $SA \geq 15^\circ$, 1 例无 $ST \geq 3\text{mm}$ 和

表 1 两种摄片方法矢状位平移距离(ST)、椎体间节段成角(SA)、椎体间后开口角(PO)和腰椎前凸角度变化(CLL)测量结果

Table 1 ST, SA, PO and CLL measurement results of two photographic methods

	常规摄片 LFER	摄片架辅助 FERB-LFER	t 值 t value	P 值 P value
ST(mm)	0.5(0, 1.42)	2.31(0, 3.23)	-5.556	0.001
SA($^\circ$)	5.67 $\pm$ 3.98	9.75 $\pm$ 5.12	-6.118	0.001
PO($^\circ$)	-1.0(-4.0, 0)	-1.0(-5.0, 1.0)	-2.201	0.001
CLL($^\circ$)	25.35 $\pm$ 13.88	34.81 $\pm$ 15.01	-4.978	0.001

表 2 两种摄片方法腰椎不稳及后开口角度 $\geq 5^\circ$ 比较

Table 2 Comparisons of lumbar instability and posterior opening angle $\geq 5^\circ$ between the two methods

	常规摄片 LFER	摄片架辅助 FERB-LFER	χ^2 值 χ^2 value	P 值 P value
腰椎不稳 Lumbar instability	5(7.9)	24(38.1)	16.170	0.001
椎体间后开口角 $\geq 5^\circ$ Posterior opening angle $\geq 5^\circ$	0(0)	7(11.1)	5.445	0.020

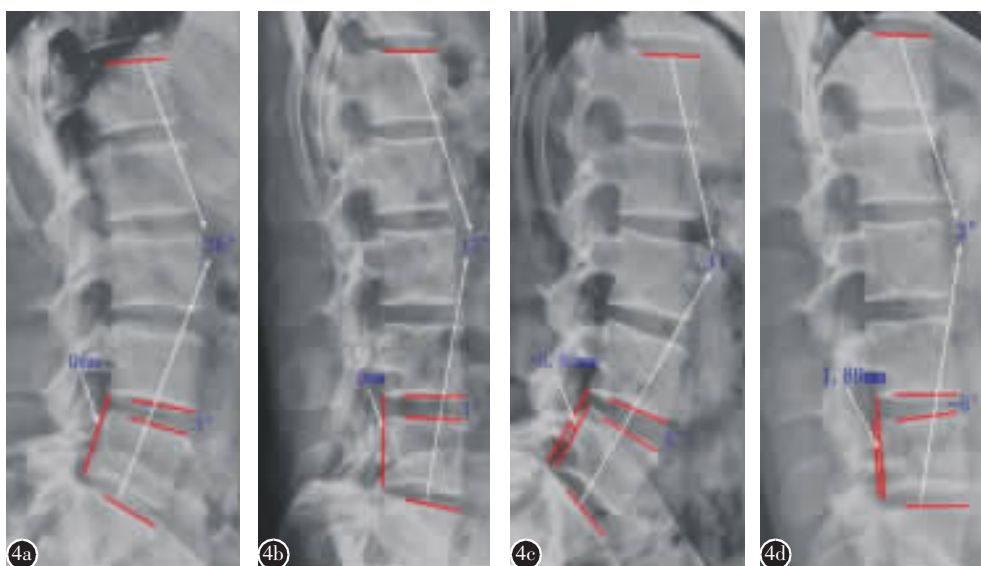


图 4 患者男性, 35 岁, 腰椎间盘突出症 a、b 常规站立过伸过屈侧位 X 线片上 $ST=0\text{mm}$, $SA=2^\circ$, $PO=-3^\circ$, $CLL=23^\circ$ c、d 辅助架辅助下腰椎过伸过屈位 X 线片上 $ST=5.69\text{mm}$, $SA=11^\circ$, $PO=6^\circ$, $CLL=38^\circ$

Figure 4 A 35-year-old male patient with lumbar disc herniation a, b Traditional lateral flexion-extension radiographs showed $ST=0\text{mm}$, $SA=2^\circ$, $PO=-3^\circ$, $CLL=23^\circ$ c, d Lateral flexion-extension radiographs aided with the bracket showed $ST=5.69\text{mm}$, $SA=11^\circ$, $PO=6^\circ$, $CLL=38^\circ$

SA $\geq 15^\circ$ 。表明在 LI 的检测过程中,PO 应该作为一个单独的诊断因素。

4 讨论

随着人口老龄化,腰椎退行性疾病的发生率也在逐年上升,严重影响患者生活质量^[9]。腰椎退行性疾病患者通常伴有持续腰痛,若严格保守治疗无效,或者出现神经压迫症状,应进行手术治疗。手术前应评估局部节段稳定性,以制定详细手术方案。然而对 LI 的诊断仍然缺乏金标准,国内外针对 LI 的研究主要分两个方面,即 LI 的临床诊断和放射学诊断。临床诊断主要考虑到“临床”或“功能性”不稳定,即临床体格检查中可以检查到的 LI,尽管这种类型的不稳定还没有得到足够的证明,也没有任何黄金标准来衡量,但它是康复治疗师最感兴趣的领域之一^[10]。主要依靠一些临床试验和问卷筛查工具来实现,最常用的 LI 临床试验包括俯卧不稳定试验、被动腰椎伸展试验、异常运动模式、后剪切试验、俯卧桥试验、仰卧桥试验、屈伸过程中棘间间隙改变、被动椎间运动试验、主动直腿抬高试验^[11]以及各种基于主观症状和体征的 LI 问卷筛查工具^[11-13]。这些临床试验和筛查工具可用于普通社区鉴别 LI 患者,在临床环境中使用可靠,对患者安全。

评估 LI 最广泛使用的放射学诊断工具是站立位屈伸侧位 X 线片。然而,不同机构的成像方法可能有所不同,摄片过程中患者的配合程度对过伸过屈位片有很大影响。近年来国内外针对 LI 的放射学诊断方法研究较多,以期找到一种能够操作方便,能够大规模应用的 LI 诊断工具。Tomonori 等^[7]的研究发现,在拍摄过伸过屈位片时,前方有人扶住患者双手,可以明显增加 LI 的检出率。还有研究表明,MRI 检查关节突关节内液体的存在与腰椎不稳有良好的相关性,且随着关节突关节内液体规模的增大,腰椎不稳发生的概率增大^[14,15]。Zhou 等^[16]的研究发现自然坐位 X 线片显示高滑移率,仰卧矢状位 MRI 显示前滑脱减少,自然坐位 X 线片和仰卧矢状位 MRI 结合可以用于退行性腰椎滑脱患者腰椎稳定性评估。Liu 等^[17]发现标准直立腰椎侧位 X 线片和仰卧矢状 MRI 联合应用时矢状位平移距离明显大于传统过伸过屈位 X 线片,是一种简便可行的诊断 LI 的方式,具有降低辐射暴露和减少成本的潜力。

Kanno 等^[18]和 Charest-Morin 等^[19]的研究发现轴向负荷或者直立 MRI 比常规 MRI 显示更大程度的滑脱,比 X 线片在直立位置观察到的滑脱程度更大。但这些研究主要关注椎体间平移不稳定,忽视了椎体间节段成角不稳定,可能会漏诊以椎间成角异常改变的椎间不稳。同时因为患者的配合程度对成像影响很大,患者的疼痛耐受性和配合程度不同,可能导致不同的检查结果。为了解决这一问题,我们设计了一种过屈过伸位摄片辅助架,该辅助架的高度可根据患者的身高调整,使辅助架的最高点平行于双侧髂嵴水平,这样可以获得最大程度的腰椎伸屈,同时标准化的操作流程可以最大程度地减少偏差,利于临床推广。在本研究中,我们发现常规站立过伸过屈侧位片拍摄时,患者腰部疼痛加重,同时由于担心摔倒,不敢最大程度进行腰椎伸屈位检查,而使用辅助架摄片时,由于支架的支撑,使维持腰背部伸展或屈曲位置的肌肉和韧带的负担减轻,将腰部疼痛的症状大大缓解,从而提高患者在检查过程中的舒适度,避免了因腰痛无法配合检查而导致的 LI 漏诊。结果表明,FERB-LFER 的 LI 检出率(38.1%)明显高于 LFER(7.9%),同时 FERB-LFER 能显著提高 ST、SA、PO,腰椎前凸的变化明显高于 LFER,提示患者借助辅助工具可以更安全、更舒适地完成腰椎过屈过伸位 X 线片的拍摄。

综上所述,与常规站立过伸过屈侧位 X 线片相比,辅助架辅助过伸过屈位 X 线片可以减少患者摄片过程中的不适,使摄片过程更加安全舒适,避免了因腰痛无法配合检查而导致的 LI 的漏诊,同时标准化操作,可以得到满意的过伸过屈位 X 线片图像,有一定的临床应用和推广价值。但本研究样本较小,后期需要进行更大样本量的检查验证;其次,本研究 LI 的诊断标准是以传统过伸过屈位 X 线片为参考,后期研究中,应进行正常人群的检测,检测正常人群在辅助架辅助下过伸过屈位 X 线片数据,以制定辅助架辅助下过伸过屈位 X 线片 LI 的诊断标准。

5 参考文献

1. Wu X, Ma Y, Ding R, et al. Should adjacent asymptomatic lumbar disc herniation be simultaneously rectified? a retrospective cohort study of 371 cases that received an open fusion or endoscopic discectomy only on symptomatic segments [J]. Spine J, 2021, 21(3): 411-417.

2. Gupta A, Chhabra HS, Nagarjuna D, et al. Comparison of functional outcomes between lumbar interbody fusion surgery and discectomy in massive lumbar disc herniation: a retrospective analysis[J]. *Global Spine J*, 2021, 11(5): 690–696.
 3. 陈博来, 李永津, 苏国义, 等. 后外侧入路经皮内窥镜下腰椎椎间融合术治疗腰椎滑脱症的临床疗效分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(6): 527–533.
 4. Wood KB, Popp CA, Transfeldt EE, et al. Radiographic evaluation of instability in spondylolisthesis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1994, 19(15): 1697–1703.
 5. Cho IY, Park SY, Park JH, et al. MRI findings of lumbar spine instability in degenerative spondylolisthesis[J]. *J Orthop Surg*, 2017, 25(2): 1–5.
 6. Kao Y, Liu Z, Leng J, et al. a preoperative predictive model of lower lumbar spine instability based on three-dimensional computed tomography: a retrospective case-control pilot study [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(2): 484–492.
 7. Tomonori M, Mitsunori Y, Yoshinori T, et al. Do we have adequate flexion-extension radiographs for evaluating instability in patients with lumbar spondylolisthesis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2019, 45(1): 48–54.
 8. 胥少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2012. 2100–2101.
 9. Ning L, Kirkham B, Joseph H, et al. Utility of flexion-extension radiographs in lumbar spondylolisthesis: a prospective study[J]. *Spine*, 2015, 40(16): E929–E935.
 10. 汪文龙, 刘正, 吴四军, 等. 单侧双通道内镜下减压治疗腰椎管狭窄症的早期疗效观察[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(10): 911–918.
 11. Leungbootnak A, Puntumetakul R, Kanpittaya J, et al. Validity of a screening tool for patients with a sub-threshold level of lumbar instability: a cross-sectional study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(22): 12151.
 12. Chatprem T, Puntumetakul R, Yodchaisarn W, et al. A screening tool for patients with lumbar instability: a content validity and rater reliability of thai version[J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2020, 43: 515–520.
 13. Chatprem T, Puntumetakul R, Kanpittaya J, et al. A diagnostic tool for people with lumbar instability: a criterion-related validity study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 976.
 14. Aggarwal A, Garg K. Lumbar facet fluid—does it correlate with dynamic instability in degenerative spondylolisthesis: a systematic review and meta-analysis [J]. *World Neurosurg*, 2021, 149: 53–63.
 15. Naeem K, Nathani KR, Barakzai MD, et al. Modifications in lumbar facet joint are associated with spondylolisthesis in the degenerative spine diseases: a comparative analysis [J]. *Acta Neurochir(Wien)*, 2021, 163(3): 863–871.
 16. Zhou QS, Sun X, Chen X, et al. Utility of natural sitting lateral radiograph in the diagnosis of segmental instability for patients with degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2021, 479(4): 817–825.
 17. Liu N, Wood KB, Schwab JH, et al. Utility of flexion-extension radiographs in lumbar spondylolisthesis: a prospective study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2015, 40(16): E929–E935.
 18. Kanno H, Ozawa H, Koizumi Y, et al. Changes in lumbar spondylolisthesis on axial-loaded MRI: do they reproduce the positional changes in the degree of listhesis observed on X-ray images in the standing position[J]. *Spine J*, 2015, 15(6): 1255–1262.
 19. Charest-Morin R, Zhang H, Shewchuk JR, et al. Dynamic morphometric changes in degenerative lumbar spondylolisthesis: a pilot study of upright magnetic resonance imaging[J]. *J Clin Neurosci*, 2021, 91: 152–158.
- (收稿日期:2022-02-07 末次修回日期:2022-04-08)
(英文编审 谭 啸)
(本文编辑 卢庆霞)