

临床论著

青年战士腰椎峡部裂的分型与治疗

赵广民, 王俊峰, 李放, 张志成, 关凯

(解放军总医院第七医学中心骨一科 100700 北京市)

【摘要】目的:根据青年战士腰椎峡部裂临床特点及影像学表现进行分型,根据不同分型采用不同手术方式,评价治疗效果及并发症。**方法:**回顾性分析 2010 年 3 月~2016 年 12 月期间,我科收治的青年战士腰椎峡部裂患者 326 例。均为男性,年龄 18~36 岁,平均 22.4 ± 5.1 岁。根据临床特点和影像学表现将所有病例分为 3 型,A 型为单纯型峡部裂,无椎间盘突出及腰椎滑脱;B 型为峡部裂伴有轻度椎间盘突出或 I 度滑脱,无神经压迫症状及体征;C 型为峡部裂合并 I 度或 II 度滑脱并椎间盘突出同时有神经压迫症状及体征。影像学检查:术前均进行腰椎正侧位、左右斜位、站立位全长正侧位 X 线片,腰椎 CT 及矢状位重建,腰椎 MRI 检查。腰椎 X 线片观察腰椎峡部裂位置及滑脱情况,腰椎 CT 明确峡部裂的程度及位置。腰椎 MRI 观察椎间盘突出及神经压迫情况。手术方法:A 型或 B 型病例采用椎弓根钉固定,有滑脱进行复位,清理峡部,取髂骨峡部原位植骨。C 型病例采用后路椎板减压,椎间盘切除,椎间植骨融合椎弓根螺钉内固定术。术后半年、1 年、1 年半门诊随访,采用视觉模拟评分(VAS)评价腰痛情况,Oswestry 功能障碍指数(ODI)评价功能改善情况。术后半年、1 年、1 年半、2 年及以后进行 CT 及矢状位重建判断峡部愈合情况。**结果:**A 型和 B 型病例共 305 例,C 型 21 例。283 例得到随访,通过平均 20.0 ± 7.8 个月的随访,VAS 由术前的平均 5.6 ± 1.1 分降至终末随访的 1.1 ± 0.3 分,ODI 由术前的平均 25.2 ± 3.2 分降至末次随访的 5.3 ± 1.7 分。术后半年复查 CT 发现,A 和 B 型病例峡部裂愈合 252 例,愈合率 91%(252/278),平均愈合时间 12 个月,愈合后再次手术取出内固定。椎间植骨病例无需取出内固定。**结论:**青年战士 A、B 型腰椎峡部裂病例采用椎弓根螺钉固定,峡部自体髂骨原位植骨融合率高,效果好,C 型战士峡部裂则宜采用后路椎间植骨融合椎弓根螺钉内固定术。

【关键词】腰椎峡部裂;分型;青年战士;峡部修复

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.11.04

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2019)-11-0984-06

Classification and treatment of lumbar spondylolysis in young soldiers/ZHAO Guangmin, WANG Junfeng, LI Fang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(11): 984-989

【Abstract】 Objectives: To classify lumbar spondylolysis in young soldiers according to the clinical features and imaging findings, and evaluate the therapeutic outcome and complications of different surgical methods. **Methods:** From March 2010 to December 2016, 326 cases of young soldiers with lumbar spondylolysis were admitted into our department. All were male, with an average age of 22.4 ± 5.1 years (18-36 years). All patients were divided into three types according to clinical features and imaging findings as follows: Type A, simplex spondylolysis, no disc herniation or slippage; type B, spondylolysis with mild intervertebral disc herniation or degree I slippage, without nerve compression symptoms and signs; type C, spondylolysis with degree I or II slippage and intervertebral disc herniation and accompanied with nerve compression symptoms and signs. Preoperative lumbar spine AP and lateral radiographs, left and right oblique radiographs, full-length standing AP and lateral radiographs, lumbar CT scan and sagittal reconstruction, and lumbar MRI were performed. The position of spondylolysis were evaluated using lumbar X-ray, and the diagnosis and position of spondylolysis were determined based on lumbar CT. Lumbar disc herniation and nerve compression status were assessed using MRI. Operation method: type A or type B cases were treated with pedicle screw fixation, slip reduction and in situ bone graft fusion. Type C cases were treated with posterior decompression and intervertebral disc excision, intervertebral bone graft fusion with pedicle screw fixation. Patients were followed up at 6 months, 1

第一作者简介:男(1967-),博士,副主任医师,研究方向:脊柱伤病

电话:(010)84008001 E-mail:zgmind55@163.com

通讯作者:李放 E-mail:FANGL6722@vip.sina.com

year, 18 months and then every year after the operation. VAS was adopted to evaluate back pain. Lumbar disability function was evaluated with ODI. CT and sagittal reconstruction were performed at 6 months, one year, 18 months, and 2 years after the operation. **Results:** Type A and type B include 305 cases, type C 21 cases. A total of 283 cases were followed up. At an average follow-up of 20.0 ± 7.8 months, the average VAS was decreased from 5.6 ± 1.1 points before surgery to 1.1 ± 0.3 points at the last follow-up, and the average ODI was decreased from 25.2 ± 3.2 points before surgery to 5.3 ± 1.7 points. Six months after operation, we found isthmus union on CT scan in 252 type A and type B cases with the healing rate of 91% (252/278), the average healing time was 12 months, and internal fixation were removed after healing. No removal of internal fixation was required in the cases of intervertebral bone grafting. **Conclusions:** Type A and type B cases of lumbar spondylolysis in young soldiers can be treated using pedicle screw fixation, and iliac crest autograft in isthmus may achieve satisfying fusion rate. For type C patients, posterior intervertebral bone grafting and pedicle screw fixation were appropriate.

[Key words] Lumbar spondylolysis; Direct repair; Young soldier; Classification

[Author's address] Department of Orthopaedics, the 7th Medical Center of PLA Army General Hospital, Beijing, 100700, China

腰椎峡部裂是引起青年战士腰痛的主要原因之一。除了椎间盘源性腰痛外,腰椎峡部裂也是青年战士中最为常见的伤病。由于青年战士的高负荷训练,使得其较普通人群腰椎峡部裂的发病率明显提高。腰椎峡部裂的发病原因尚不明确,目前通常认为是在峡部发育异常的基础上受到反复的过伸及剪切应力所致。腰椎峡部一旦断裂后,自行修复愈合的能力有限,进一步导致腰椎滑脱及椎间盘突出。此类患者保守治疗效果差,严重影响正常生活和训练,通常需要手术干预。目前对于腰椎峡部裂的手术治疗存在争议,主要在手术方式的选择,如何保证既不影响腰椎正常活动的同时,又能提高峡部愈合率,同时在此基础上尽量达到正常的生理功能是脊柱外科医生面临的难题。因此,我们根据战士峡部裂的临床表现,影像学特点对患者的腰椎峡部裂进行分型,根据分型采取不同的手术方式进行治疗,取得了较好的治疗效果,报道如下。

1 资料和方法

1.1 一般资料

自 2010 年 3 月至 2016 年 12 月,共收治青年战士腰椎峡部裂患者 326 例。均为男性,年龄 18~36 岁,平均 22.4 ± 5.1 岁。其中, L5 双侧峡部裂 271 例, L5 单侧峡部裂 4 例, L4 双侧峡部裂 45 例, L4、5 双侧峡部裂 4 例。 L3 双侧峡部裂 1 例, L2 双侧峡部裂 1 例。 L5 峡部裂合并 I 度滑脱 23 例,合并 II 度滑脱 4 例, L5 峡部裂合并 L5/S1 髓核突出 21 例。所有病例均表现为腰痛,部分合并单侧或

双侧下肢放射痛及麻木症状。经保守治疗半年以上疼痛症状仍反复发作。

影像学检查:术前均进行腰椎正侧位、左右斜位、站立位全长正侧位 X 线片观察腰椎滑脱情况,并采用 Meryeding 分型对滑脱程度进行评估。具体标准: I 度,在腰椎侧位 X 线片上,上位椎体位移不超过下位椎体 1/4; II 度,在腰椎侧位 X 线片上,上位椎体位移在下位椎体的 1/4~1/2; III 度,在腰椎侧位 X 线片上,上位椎体位移在下位椎体的 1/2~3/4; IV 度,在腰椎侧位 X 线片上,上位椎体位移超过下位椎体 3/4。通过腰椎双斜位 X 线片观察腰椎峡部裂位置,腰椎 CT 及矢状位重建进一步明确腰椎峡部裂节段,腰椎 MRI 观察髓核突出及神经压迫情况。

1.2 纳入标准和排除标准

纳入标准: (1) 青年战士,反复腰痛病史半年以上,经保守治疗无效,伴或不伴有下肢放射性麻木及疼痛; (2) 影像学显示腰椎椎弓峡部裂,且患者全身情况良好,无手术禁忌证。排除标准: (1) 年龄大于 40 岁,腰痛病史小于半年; (2) 既往有腰椎手术史; (3) 影像学显示腰椎滑脱大于 II 度。

1.3 峡部裂分型

根据临床表现和影像学表现将所有患者的腰椎峡部裂分为 3 型: A 型为单纯峡部裂型(图 1a~c); 临床表现无下肢神经压迫症状和体征, X 线片及 CT 显示单侧或双侧峡部裂,无腰椎滑脱,腰椎 MRI 未见椎间盘异常及神经根压迫表现; B 型(图 1d~f) 为无神经症状的腰椎峡部裂并椎间盘轻度突出或 I 度滑脱型; 此型无根性压迫症状和体征,

X线及 CT 表现腰椎峡部裂伴或不伴有 I 度滑脱, MRI 表现椎间盘信号异常、轻度椎间盘突出但无神经压迫; C 型(图 1g~i)为峡部裂合并椎间盘突出或滑脱的神经压迫型, 此型有根性压迫症状和体征, 影像学表现峡部裂合并 I 度或 II 度滑脱并椎间盘突出, 腰椎 MRI 显示腰椎间盘突出或椎间孔狭窄并有神经压迫。

1.4 手术方法

全身麻醉, A 型或 B 型病例采用俯卧位, 腰后正中切口, 逐层暴露至椎板和关节突外侧缘, 峡部上下两节采用椎弓根螺钉固定, 滑脱节段采用椎弓根螺钉较深拧入以备复位, 彻底去除峡部瘢痕组织, 用磨钻、骨刀或枪钳去除峡部裂隙上下硬化骨质, 注意避免损伤下部前外侧的神经根, 直到出现渗血骨面。将切口皮瓣向外剥离, 触及髂嵴后方, 切开筋膜, 暴露一侧髂骨, 推开后外侧骨膜, 用环锯钻取单面皮质骨柱, 切成两份, 并用刮匙取出部分松质骨备用。将峡部裂节段棘突用布巾钳向后下方提拉, 充分暴露清理好的峡部裂隙, 先将松

质骨植入裂隙, 然后将半块骨柱植入裂隙并用植骨棒打压紧密, 松开布巾钳, 植骨块稳定嵌入峡部裂隙。预弯连接杆, 固定于椎弓根螺钉尾端, 因椎弓根螺钉尾端深浅差异, 此时滑脱节段已复位。透视确认内固定位置好, 放置两侧负压引流管, 分层缝合伤口。典型病例见图 2。C 型患者采用俯卧位, 逐层切开皮肤、肌肉, 暴露椎板和关节突外缘, 峡部上下安置椎弓根螺钉, 根据神经受压侧别采用后路全椎板或半椎板减压, 切除椎间盘, 松解受压神经根, 刮除上下终板软骨, 椎间采用减压骨粒置入后, 再用同种异体骨块置入椎间隙。有滑脱病例同样采用椎弓根螺钉置入的深浅不同安置预弯的连接杆进行复位。放置 1 侧的负压引流, 逐层缝合手术切口。

1.5 统计学分析

数据采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析。视觉模拟评分 (visual analogue score, VAS) 和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 以均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用 t 检验。 $P <$

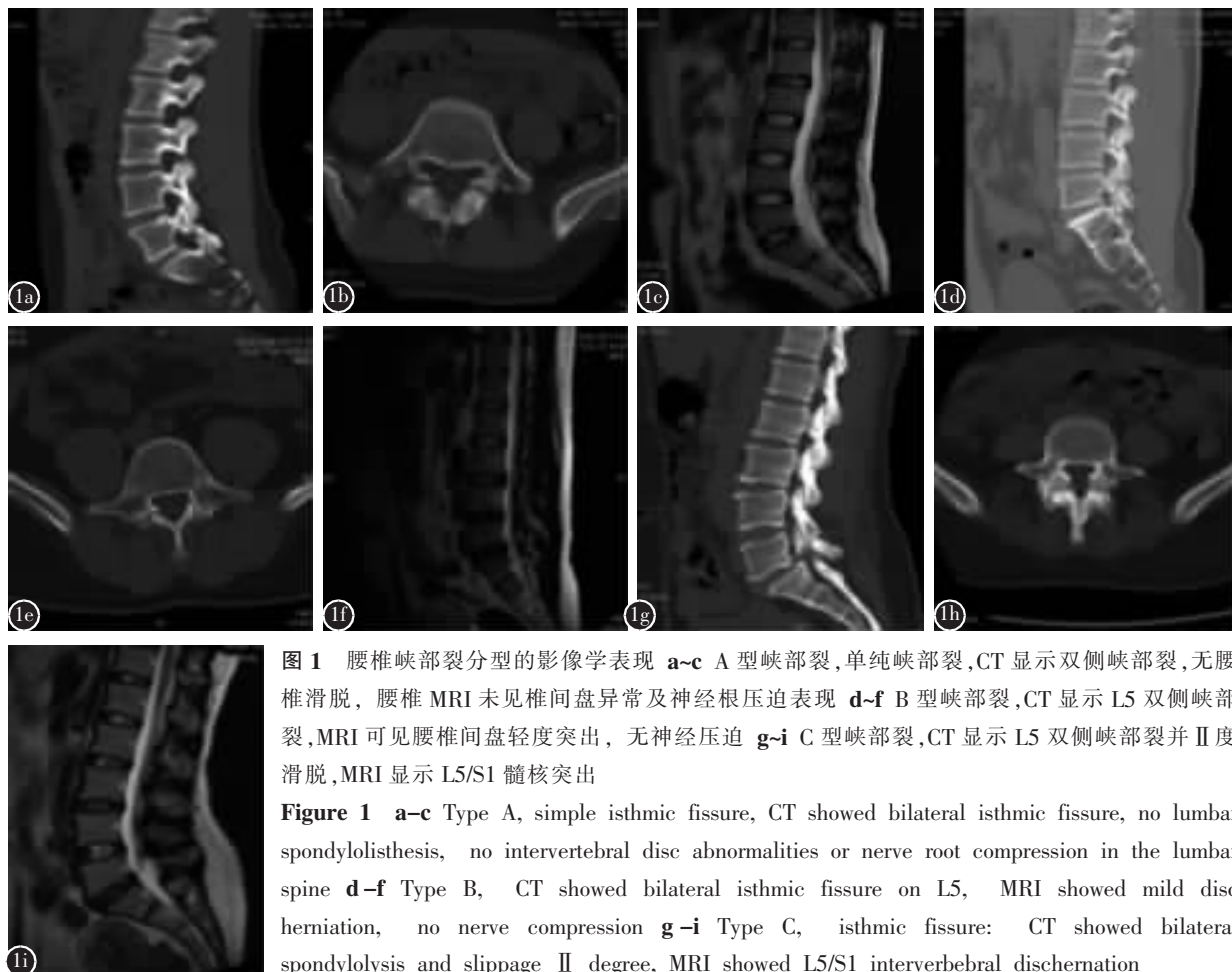


图 1 腰椎峡部裂分型的影像学表现 a~c A 型峡部裂, 单纯峡部裂, CT 显示双侧峡部裂, 无腰椎滑脱, 腰椎 MRI 未见椎间盘异常及神经根压迫表现 d~f B 型峡部裂, CT 显示 L5 双侧峡部裂, MRI 可见腰椎间盘轻度突出, 无神经压迫 g~i C 型峡部裂, CT 显示 L5 双侧峡部裂并 II 度滑脱, MRI 显示 L5/S1 髓核突出

Figure 1 a~c Type A, simple isthmus fissure, CT showed bilateral isthmus fissure, no lumbar spondylolisthesis, no intervertebral disc abnormalities or nerve root compression in the lumbar spine d~f Type B, CT showed bilateral isthmus fissure on L5, MRI showed mild disc herniation, no nerve compression g~i Type C, isthmus fissure: CT showed bilateral spondylolysis and slippage II degree, MRI showed L5/S1 intervertebral disc herniation

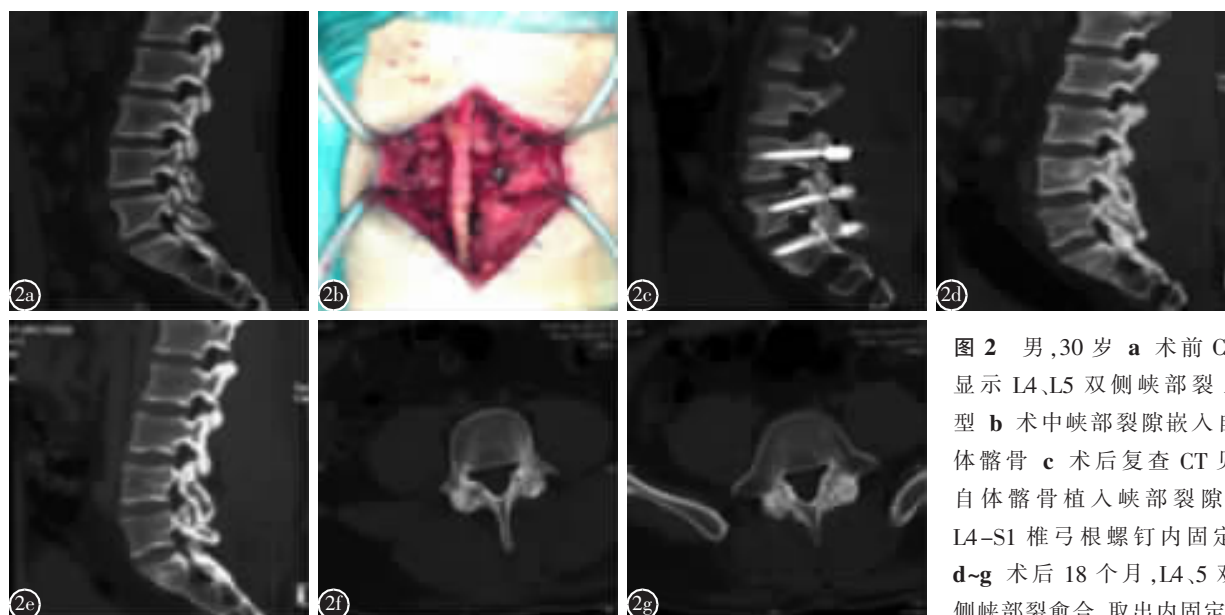


图 2 男, 30 岁 a 术前 CT 显示 L4, L5 双侧峡部裂 A 型 b 术中峡部裂隙嵌入自体髂骨 c 术后复查 CT 见自体髂骨植入峡部裂隙, L4-S1 椎弓根螺钉内固定 d~g 术后 18 个月, L4, L5 双侧峡部裂愈合, 取出内固定

Figure 2 Male, 30 years old a Preoperative CT showed L4, L5 bilateral spondylolysis, type I b Intraoperative photo showed spondylolysis crack filled with autogenous iliac c Postoperative CT showed autogenous iliac implanted isthmus cracks, L4-S1 pedicle screw internal fixation d-g One and a half years after surgery, the implants were removed after isthmus on both sides were fused at L4 and L5

0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 峡部裂分型情况

根据临床表现和影像学结果, 326 例病人, A 和 B 型病例共 305 例, 其中 A 型(单纯峡部裂型) 284 例。B 型中峡部裂合并轻度椎间盘突出, 无神经压迫症状体征的 10 例, 合并一度滑脱的 11 例。C 型 21 例。

2.2 手术结果及并发症

所有病例手术均顺利完成, A 型及 B 型病例手术时间 80~120min, 平均 95 ± 20 min, 术中出血量 50~100ml, 平均 75 ± 25 ml。C 型病例手术时间 80~140min, 平均 100 ± 30 min。术后常规抗生素静滴 48h 预防感染, 72h 拔出伤口引流管, 拔出引流管后第二天带腰部支具下地。术后 1 周出院休养。峡部植骨组患者, 术后有 3 例出现下肢麻木疼痛症状, 其中 2 例术后复查 CT 发现一侧 L5 椎弓根螺钉置入偏内进入椎管压迫神经根, 再次手术调整钉位, 术后下肢疼痛麻木症状缓解。1 例术后 CT 发现峡部植骨块过深进入椎间孔压迫神经根, 经保守治疗 2 周后缓解。3 例出现伤口感染, 经抗生素静滴 2 周和换药后伤口愈合良好。1 例术后 8 个月复查发现一侧连接杆断裂, 峡部尚未愈合, 再

次手术重新置入新的连接杆。1 例出现 1 枚椎弓根螺钉断裂, 再次手术重新置入新的椎弓根螺钉。

2.3 随访结果

326 例患者, 283 例得到随访, 随访时间 6~48 个月, 平均 20.0 ± 7.8 个月。手术后 VAS 和 ODI 较术前有明显改善 ($P < 0.05$, 表 1)。术后 CT 发现, A 和 B 型病例峡部裂愈合 252 例, 愈合率 91% ($252/278$), 平均愈合时间 12 个月, 愈合后再次手术取出内固定。11 例术后 1 年半单侧愈合, 10 例随访不足 1 年, 双侧未愈合, 继续观察。椎间植骨患者无需取出内固定。

表 1 术前及术后随访 VAS 及 ODI 结果

Tab 1 Preoperative and postoperative comparison of VAS and ODI

	VAS(分)	ODI(分)
术前 Preoperation	5.6 ± 1.1	25.2 ± 3.2
术后 3 个月 3 months postoperation	$1.8 \pm 0.3^{\text{①}}$	$6.8 \pm 1.7^{\text{①}}$
术后 1 年 1 year postoperation	$1.2 \pm 0.2^{\text{①}}$	$5.9 \pm 2.1^{\text{①}}$
术后 18 个月 18 months postoperation	$1.1 \pm 0.3^{\text{①}}$	$5.3 \pm 1.7^{\text{①}}$

注: ①与术前比较 $P < 0.05$

Note: ①Compared with preoperation, $P < 0.05$

3 讨论

青少年腰椎峡部裂是引起腰部疼痛比较常见的疾病,尤其好发于特殊项目的运动员和高负荷训练的年轻战士,发病机制主要是在峡部发育不良的基础上因反复的腰部过伸及旋转造成疲劳性断裂^[1-4]。普通青少年人群发病率为 3%~6%^[5,6],但在特定项目运动员如举重、柔道、足球运动员及高负荷训练的战士中发病率远高于普通人群,但尚无关于该人群发病率的报道。峡部裂发生的节段最常见为 L5,可以占到所有峡部裂的 85%~95%,其次是 L4,占到 5%~15%^[5,7]。据我们所知,本研究病例数是到目前为止最大宗报道。

青少年峡部裂分为早期、进展期和晚期,早期和部分进展期病例可以通过保守治疗愈合。Fujii^[8]等根据峡部裂的 CT 表现将其分为三期,应力反应期、应力骨折期和峡部缺损期(不愈合期),也就是早期、进展期和终末期。部分未经严格保守治疗的进展期和晚期病例也就是骨缺损病例则不能自行愈合,如进一步发展则成为腰椎滑脱。对保守治疗无效的进展期病例和骨缺损病例必须手术干预。如超过 4.5 个月未愈合则定义为不愈合^[9,10]。以上分期只是根据影像学变化进行的分期,对于进行保守治疗和手术治疗指征有指导意义,但对于需要手术治疗的病例,如何选择手术方式目前尚没有关于分型的报道。鉴于此,为尽可能地选择合适的手术方式,本研究将我科收治的大宗战士峡部裂病例根据临床症状,体征及影像学特点进行分型以指导该病的治疗。截至末次随访,根据分型采用不同的治疗方式取得了比较好的效果,这也是对本病的初次分型探索。

腰椎峡部裂患者最主要的症状是腰痛,但该疼痛症状与椎间盘源性腰痛有着不同的临床特点:峡部裂所致的腰痛往往都发生于腰部后伸及扭转时疼痛加剧,而椎间盘源性腰痛更多见于久坐坐及长期固定于某个姿势时加重。但也有不易区分的情况,针对此种情况,我们会采用 C 型臂 X 线机透视下进行少量利多卡因(不超过 0.5ml)峡部局部封闭的方法来进行鉴别。

对于腰椎峡部不愈合期的患者,手术的目的是使峡部裂节段的稳定和愈合。手术方法多种多样,没有统一的理想方案。根据固定方式分为节段内固定和节段间固定,节段内固定包括经峡部提拉螺钉^[11]、横突棘突间钢丝固定^[12]、椎弓根螺钉椎

板钩、椎弓根螺钉 U 型棒、动态椎弓根螺钉 U 型棒等,节段间固定则为节段间的椎弓根螺钉固定。Buck^[11]提出的拉力螺钉固定是最早的节段内固定方法,其优点为采用本节段固定不影响邻近节段功能,但因占用植骨床面积,容易出现植骨失败及断钉等并发症而逐渐被淘汰。横突棘突间钢丝固定同样是节段内固定,但需过多的暴露,出血较多,也为多数人摒弃。钉钩系统作为节段内固定有优势,但会出现钩部拉力上翘,影响其固定效果。U 型棒及类似的动态钉 U 形聚酯胶管固定不适合腰椎滑脱病例,没有复位作用,对于棘突发育缺陷病例不适合。因此,目前多采用节段间椎弓根螺钉固定,该固定仍是最可靠的一种固定方式。该方法虽然固定了一个活动节段,但峡部愈合后可取出内固定而减少邻近节段退变的影响。我们对于大多数 A 型和 B 型病例都采用节段间椎弓根螺钉固定,固定牢固,峡部裂愈合后再取出椎弓根螺钉,并未影响邻近节段退变。

目前植骨融合多采用峡部植骨融合、椎间植骨融合和后外侧植骨融合。对于青少年患者来说,椎间植骨融合丧失了运动节段,使得出现邻近节段退变的可能性大大增加,因此对于大多数患者,也就是 A 型和多数 B 型患者不适合,只有少数有神经压迫,明显滑脱并有明显神经症状需要同时减压的病例才适合。因此我们只对少数的 C 型病例不得已采用了椎间融合。

对于腰椎峡部裂来说,峡部裂的愈合是最终的目的,但如何判断是否融合尚无统一的临床标准。有些文献采用 Suk 标准^[13]:(1)融合,在植骨或融合间隙可观察到连续的骨小梁,且该椎体的活动度 $<4^{\circ}$;(2)可能融合,其椎体活动度 $<4^{\circ}$,但骨小梁观察不清;(3)骨小梁观察不清且椎体的活动度 $>4^{\circ}$ 。我们认为该标准只适合椎间融合病例,不适合峡部植骨病例,因愈合后需要取出内固定以保证病变节段的正常活动,如融合失败,则手术失败。因此,判断峡部愈合必须有切实可靠的依据,椎间活动度不能作为融合证据。峡部融合的判定必须采用 CT 峡部重建或矢状位重建判断。有些文献报道融合率为 100%^[14],根据本研究的病例随访情况,这种可能性很小,可能由于采用的融合标准判定出现偏差。也有作者采用 CT 轴位图像判断愈合^[15],其标准为连续 4 个层面的愈合才能定义为愈合,但我们的病例采用 CT 矢状位重建评

峡部裂愈合更为可靠,因轴位断层因上下重叠造成假阳性愈合情况,经过矢状位重建判断这一严格标准,我们的病例原位融合率可以达到 91%。所有原位融合病例都进行了二次手术取出内固定。影响融合率的因素与年龄、固定的可靠性、峡部裂隙的大小、骨不连的类型、峡部裂骨床处理的可靠性有关。峡部裂类似于骨不连,与骨折有很大的差异,在愈合上相对时间要长很多。我们的病例中有术后长达 3 年才完全愈合的病例。

本文的研究缺陷在于未设对照组,如单纯峡部裂(A 型)病例是否有自行愈合的可能性,而避免手术,我们的病例选择主要是针对超过 6 个月的保守治疗无效的病例,属于进展期或晚期,自行愈合的可能性很小。对于骨不连患者如单纯采用经皮固定行植骨则大大降低了愈合的可能性。因此,我们还是采用切开固定并自体植骨的方式。

对于青少年峡部裂研究的展望,如何使峡部裂更好更快的融合是研究的方向,我们针对这一问题已进行了初步的探索,如在峡部裂自体植骨同时采用 BMP 同时植入峡部缺损可以加速峡部愈合进行研究。

4 参考文献

1. 崔尚斌,刘少喻,苏培强,等.应用 Smiley face rod 固定系统治疗 L5 椎弓峡部裂的疗效分析[J].中国脊柱脊髓杂志,2017,27(10): 878-882.
2. Christopher C, Gillis A, Kurt Eichholz B, et al. A minimally invasive approach to defects of the pars interarticularis: Restoring function in competitive athletes [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 139: 29-34. doi: 10.1016/j.clineuro.2015.08.024.
3. Standaert CJ, Herring SA, Halpern B, et al. Spondylolysis[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2000, 11(4): 785-803.
4. Sterba M, Arnoux PJ, Labelle H, et al. Biomechanical analysis of spino pelvic postural configurations in spondylolysis subjected to various sport related dynamic loading conditions [J]. Eur Spine J, 2018, 27(8): 2044-2052.
5. Standaert CJ, Herring SA. Spondylolysis: a critical review[J]. Br J Sports Med, 2000, 34(6): 415-422.
6. Beutler WJ, Fredrickson BE, Murland A, et al. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis 45-year follow-up evaluation[J]. Spine, 2003, 28(10): 1027-1035.
7. Amato ME, Totty WG, Gilula LA. Spondylolysis of the lumbar spine: demonstration of defects and laminal fragmentation [J]. Radiology, 1984, 153(3): 627-629.
8. Fujii K, Katoh S, Sairyo K, et al. Union of defects in the pars interarticularis of the lumbar spine in children and adolescents: the radiological outcome after conservative treatment [J]. J Bone J Surg Br, 2004, 86(2): 225-231.
9. Arima H, Suzuki Y, Togawa D, et al. Low-intensity pulsed ultrasound is effective for progressive-stage lumbar spondylolysis with MRI high-signal change[J]. Eur Spine J, 2017, 26(12): 3122-3128.
10. Herman MJ, Pizzutillo PD. Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent: a new classification[J]. Clin Orthop Relat Res, 2005, 434: 46-54.
11. Buck JE. Direct repair of the defect in spondylolisthesis. Preliminary report[J]. J Bone Joint Surg Br, 1970, 52(3): 432-437.
12. Nicol RO, Scott JH. Spondylolysis/Lytic, Repair by wiring[J]. Spine, 1986, 11(10): 1027-1030.
13. Tsuji T, Watanabe K, Hosogane N, et al. Risk factors of radiological adjacent disc degeneration with lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis [J]. J Orthop Sci, 2016, 21(2): 133-137.
14. 王彦东,赵燕,党培业,等.单节段固定关节突峡部融合治疗年轻人轻度峡部裂腰椎滑脱的临床观察[J].现代生物医学进展,2017,17(32): 6287-6290.
15. Kobayashi A, Kobayashi T, Kato K, et al. Diagnosis of radiographically occult lumbar spondylolysis in young athletes by magnetic resonance imaging[J]. Am J Sports Med, 2013, 41(1): 169-176.

(收稿日期:2019-03-29 修回日期:2019-10-11)

(英文编审 庄乾宇/谭 啸)

(本文编辑 姜雅浩)