

临床论著

经椎旁肌间隙入路与后正中入路手术治疗
青年峡部裂症的疗效比较

胡慧敏, 王 哲, 郭云杉, 刘志恒, 杜俊杰, 陶惠人, 李新奎, 杨 柳, 罗卓荆

(第四军医大学西京医院全军骨科研究所 710032 陕西省西安市)

【摘要】目的:比较经椎旁肌间隙入路与后正中入路峡部植骨融合钉钩内固定治疗青年峡部裂症的临床疗效。方法:2006年3月~2010年5月,我院收治青年峡部裂症患者28例,其中L3 4例,L4 8例,L5 16例。随机分为两组,均接受峡部植骨融合钉钩内固定治疗,其中14例经椎旁肌间隙入路(A组)、14例经后正中入路(B组),术前两组患者年龄、性别比、节段分布、VAS评分和ODI均无显著性差异。记录两组患者手术时间、术中出血量及术后引流量;术后3d、3个月、6个月、1年、2年时采用VAS评分评估术后腰部疼痛情况;术前、术后3个月、6个月、1年、2年采用ODI评估腰部功能恢复情况;术后1年采用三维CT评价植骨融合情况。结果:A组手术时间100~140min,平均104min,术中出血80~150ml,平均124ml,术后引流35~85ml,平均54ml;B组手术时间120~160min,平均133min,术中出血120~210ml,平均197ml,术后引流53~122ml,平均80ml。A组较B组手术时间缩短、出血量少($P<0.05$)。术后3d时A组患者VAS评分(6.31 ± 0.9 分)明显高于B组(4.79 ± 1.1 分)($P<0.05$),但3个月和6个月时A组VAS评分及ODI(VAS: 1.13 ± 1.2 分、 1.07 ± 1.4 分;ODI: 0.135 ± 0.099 、 0.137 ± 0.041)低于B组(VAS: 2.93 ± 1.7 分、 2.36 ± 1.3 分;ODI: 0.187 ± 0.112 、 0.179 ± 0.029)($P<0.05$),12个月及2年随访时两组VAS评分及ODI无显著性差异($P>0.05$)。术后1年时三维CT重建两组各有13例峡部裂处形成连续骨桥,植骨融合率均为92.8%,均未见内固定松动、脱出。结论:采用经椎旁肌间隙入路植骨融合钉钩内固定治疗青年峡部裂症较经后正中入路创伤小,手术时间短,术后恢复快,可获得较满意疗效。

【关键词】峡部裂症;经椎旁肌间隙入路;后正中入路;有效性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.09.08

中图分类号:R681.5,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-09-0804-06

Wiltse and midline approach for lumbar spondylolysis in adolescent: a randomized controlled trial/HU Huimin, WANG Zhe, GUO Yunshan, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(9): 804-809

【Abstract】Objectives: To compare the effectiveness, advantages and disadvantages of Wiltse and midline approach for lumbar spondylolysis in adolescent by vertebral pedicle screw-vertebral plate Hook system. Methods: Randomized controlled trial was carried out on 28 cases of spondylolysis(young patients) of our hospital from March 2006 to May 2010(L3 in 4 cases, L4 in 8 cases, L5 in 16 cases), all cases underwent either Wiltse(14 cases) or midline approach(14 cases). Age, sex-ratio, segment distribution, visual analogue scale (VAS) score and Oswestry dysfunction index(ODI) scale showed no group-related difference. Operation time, operative blood loss and postoperative drainage were recorded. The VAS was used to assess pain at postoperative 3 days, 3 months, 6 months, one year and two years; the ODI was used to assess the functional recovery in preoperative and postoperative 3 months, 6 months, one year and two years; the three dimensional CT was used to evaluate fusion status one year after operation. Results: For Wiltse approach, the average operation time was 104min(100-140min), the average intraoperative blood loss was 124ml(80-150ml), the postoperative drainage was 54ml(35-85ml). For midline approach, the average operation time was 133min(120-160min), the intraoperative blood loss was 197ml(120-210ml) and the postoperative drainage was 80ml(53-122ml), all showed higher value than Wiltse approach group($P<0.05$). Wiltse approach group had higher VAS score(6.31 ± 0.9) than midline approach group(4.79 ± 1.1) in postoperative 3 days($P<0.05$), while had lower VAS

第一作者简介:男(1981-),医学博士,主治医师,研究方向:脊柱脊髓损伤与修复

电话:(029)84776288 E-mail: dochuhuimin@hotmail.com

and ODI(VAS: 1.13 ± 1.2 , 1.07 ± 1.4 ; ODI: 0.135 ± 0.099 , 0.137 ± 0.041) than Midline approach(VAS: 2.93 ± 1.7 , 2.36 ± 1.3 ; ODI: 0.187 ± 0.112 , 0.179 ± 0.029) in postoperative 3 and 6 months($P < 0.05$), while two groups showed no difference in postoperative 12 and 24 months($P > 0.05$). The three dimensional CT showed continuous bony bridging in 13 cases of both groups in postoperative one year, with the fusion rate of 92.8%, no instrument failure was noted. **Conclusions:** Treatment of lumbar spondylolysis in adolescent by vertebral pedicle screw-vertebral plate Hook system through Wiltse approach is reliable and effective with less invasive than midline approach.

[Key words] Spondylolysis; Wiltse approach; Midline approach; Effectiveness

[Author's address] Department of Orthopaedics, Xijing Hospital, Fourth Military Medical University, Xi'an, 710032, China

对无腰椎滑脱且椎间盘完整性良好的青少年峡部裂症患者,经后正中入路行峡部植骨融合钉钩内固定术不仅完成了对断裂峡部的修复及固定,还可以避免对邻近节段的固定及融合,近年来已在临床广泛应用并取得了较满意效果^[1,2]。然而,经后正中入路需要对椎旁肌进行广泛剥离,容易导致相应血管及神经损伤,从而引发术后腰痛、腰部无力和腰椎失稳等临床症状的发生。理论上经椎旁肌间隙入路可避免上述问题,更符合青少年峡部裂治疗的解剖要求。我们将经椎旁肌间隙入路与后正中入路手术行峡部植骨融合钉钩内固定治疗青年峡部裂症的临床疗效进行前瞻性对比研究,报告如下

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准:①腰椎单节段峡部裂且无滑脱或 I 度以内滑脱患者;②腰痛影响生活及工作,以坐、立和行走时腰痛和运动后腰痛加重,卧床后症状缓解为特点;③经保守治疗半年以上无效及症状反复发作;④MRI 检查示椎间盘无明显退变。排除标准:①椎间盘退变或突出;②下肢广泛感觉运动障碍;③腰椎严重失稳,如 II 度及以上滑脱等;④多节段峡部裂;⑤伴有其他腰椎病变。

2006 年 3 月至 2010 年 5 月共纳入 28 例单节段青年峡部裂症患者,采用随机数字表方法分为椎旁肌间隙入路组(A 组)和后正中入路组(B 组),均接受峡部植骨融合钉钩内固定手术治疗。A 组 14 例,男 10 例,女 4 例;年龄 18~24 岁,平均 21 岁;其中 L3 1 例,L4 4 例,L5 9 例;伴 I 度以内滑脱 6 例;术前 VAS 评分 6~9 分,平均 7.47 分;ODI $0.63 \sim 0.47$,平均 0.547。B 组 14 例,男 9 例,女 5 例;年龄 17~24 岁,平均 20 岁;其中 L4 4

例,L5 10 例;伴 I 度以内滑脱 5 例;术前 VAS 评分 6~9 分,平均 7.72 分;ODI $0.68 \sim 0.46$,平均 0.572 分。经 Mann-Whitney U 检验,两组基本情况无显著性差异。

1.2 手术方法及术后处理

1.2.1 椎旁肌间隙入路(Wiltse 入路) 患者全麻后俯卧位,腹部悬空,以病变间隙为中心取腰部正中纵切口,长约 4cm,依次切开皮肤及皮下组织,自腰背筋膜表面分离皮下组织至后正中线两侧约 2.5cm 处。纵行切开胸腰筋膜,分别从两侧多裂肌与最长肌间隙进入,显露手术节段关节突关节及相应椎板,放置单齿拉钩充分显露椎板、峡部及小关节突,注意保护上位关节囊。用标准方法于病变椎置入双侧椎弓根螺钉。注意椎弓根螺钉进钉点适当靠外侧,以便充分保护关节囊。将峡部裂处的瘢痕、骨痂及硬化骨质彻底去除至可见新鲜渗血骨面,从髂后上棘取 $1.5 \times 1 \text{cm}$ 两块半板骨块,将两骨块松质骨面嵌入两侧峡部缺损间隙内。患椎椎板下以专用工具潜行剥离黄韧带。用模具确定大小后于病椎椎板下缘置入相应型号的椎板钩。在轻度上翘位置首先锁定椎板钩侧固定棒,随后加压并适当提拉后锁定椎弓根钩侧固定棒。C 型臂 X 线机透视无误后置引流管,逐层关闭腰背筋膜、皮下及皮肤。

1.2.2 后正中入路 取后正中切口,长约 7cm。腰部后正中切口进入,依次切开皮肤、皮下、深筋膜,切开棘上韧带,自棘突、椎板骨膜下剥离双侧骶棘肌显露病变节段关节突关节及椎板,安放单齿拉钩充分显露双侧椎板、峡部及小关节突,余手术方法同 Wiltse 入路。

术后两组患者均留置负压引流,24h 引流量小于 50ml 后拔除。术后应用抗生素 3d,术后 3d 复查腰椎 X 线片证实内固定位置良好后于支具

保护下下地活动。

1.3 随访及观察指标

记录两组患者手术时间、术中出血量、术后引流量；术后 3d、3 个月、6 个月、1 年和 2 年时采用 VAS 评分评估患者腰痛情况；术后 3 个月、6 个月、1 年、2 年两组病例均通过门诊随访，行 ODI 评估患者腰椎功能改善情况，常规拍摄腰椎正侧、过伸过曲位、双斜位 X 线片；术后 1 年行三维 CT 重建了解内固定及峡部植骨融合情况，融合标准为：术前峡部低密度区（项圈症）消失，有小梁骨桥形成成为融合；峡部与移植骨块间连续性好，无透光带，但移植骨块未完全改建为不完全融合；峡部与移植骨块间有透光带存在为未融合；移植骨块吸收、塌陷为假关节形成。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 11.0 软件，两组样本均数先进行方差齐性检验，方差齐采用两样本均数 t 检验；方差不齐采用近似法 t 检验。

2 结果

两组手术时间、术中出血量、术后引流量见表 1。A 组平均手术时间及术中出血量、术后引流量均较 B 组减少 ($P < 0.05$)。术后 3d, A 组腰部疼痛 VAS 评分高于 B 组, 但 3、6 个月时 A 组腰部疼痛 VAS 评分低于 B 组, 12 个月及 2 年随访时两组无显著性差异 (表 2)。术后 3、6 个月时 A 组 ODI 较 B 组低, 术后 12 个月及 2 年两组无显著性差异 (表 3)。术后 1 年时三维 CT 重建, 两组各有 13 例峡部裂处形成连续骨桥, 融合率均为 92.8%; 各有 1 例移植骨块未完全改建, 峡部与移植骨块间连续性好, 无透光带, 但未见连续骨小梁骨桥形成。两组均未无内固定脱落、断裂及移位 (图 1、2)。

表 1 各组手术时间、术中出血量及术后引流量比较

Table 1 Operation time, operative bleeding and post-operation drainage between groups ($\bar{x} \pm s$)

	肌间隙入路 (n=14) Wiltse approach	后正中入路 (n=14) Midline approach
手术时间 (min) Operation time	104.70±12.50 ^①	133.50±47.95
术中出血 (ml) Operative Bleeding	124.60±14.50 ^①	197.20±59.19
术后引流量 (ml) Post-operation drainage	54.60±12.67 ^①	80.20±16.42

注: ①与后正中入路组比较 $P < 0.05$

Note: ①Compared with midline approach, $P < 0.05$

3 讨论

Wiltse 首先将峡部裂定义为应力性骨折, 其主要发生在反复外伤或偶尔的创伤事件后, 但也发现有遗传倾向^[3,4]。峡部裂时松动的后弓对骨折处造成刺激, 相对不稳定的椎体对相应椎间盘施加过度的力量都可以产生症状^[5]。尽管大多数患者经过保守治疗 (休息、支具、物理治疗、临时限制活动、镇痛, 手法治疗) 病情会有显著缓解, 但症状严重的患者仍需手术治疗。在过去, 不论是否有椎间盘变性和滑脱, 跨节段融合被广泛应用于峡部裂的治疗^[6-8]。后来人们意识到腰椎融合可能改变相邻节段的力学负荷, 会导致病变相邻节段加速退变^[9-13], 这种退变会导致新的症状产生^[14]。因此, 对青少年峡部裂患者由于其不伴有或仅伴有轻度椎间盘变性和滑脱, 进行峡部的直接修复成为值得考虑的方法。针对峡部裂的直接修复方法多样, 由于峡部植骨融合钉钩内固定可以为峡部修复提

表 2 术后不同时间点两组腰痛 VAS 评分

Table 2 VAS score at different time points after operation between groups

	肌间隙入路 (n=14) Wiltse approach	后正中入路 (n=14) Midline approach
术后 3d Postoperation 3 days	6.31±0.9 ^①	4.79±1.1
术后 3 个月 Postoperation 3 months	1.13±1.2 ^①	2.93±1.7
术后 6 个月 Postoperation 6 months	1.07±1.4 ^①	2.36±1.3
术后 1 年 Postoperation 1 year	0.97±1.3	1.05±1.3
术后 2 年 Postoperation 2 years	1.09±0.9	1.13±1.0

注: ①与后正中入路组同时点比较 $P < 0.05$

Note: ①Compared with midline approach $P < 0.05$

表 3 术前与术后不同时间点两组 ODI

Table 3 ODI score at different times between groups

	肌间隙入路 (n=14) Wiltse approach	后正中入路 (n=14) Midline approach
术前 Preoperative	0.547±0.135	0.572±0.164
术后 3 个月 Postoperation 3 months	0.135±0.099 ^{①②}	0.187±0.112 ^①
术后 6 个月 Postoperation 6 months	0.137±0.041 ^{①②}	0.179±0.029 ^①
术后 1 年 Postoperation 1 year	0.127±0.046 ^①	0.134±0.037 ^①
术后 2 年 Postoperation 2 years	0.103±0.036 ^①	0.114±0.028 ^①

注: ①与术前比较 $P < 0.05$; ②与后正中入路组比较 $P < 0.05$

Note: ①Compared with preoperative, $P < 0.05$; ②Compared with midline approach, $P < 0.05$

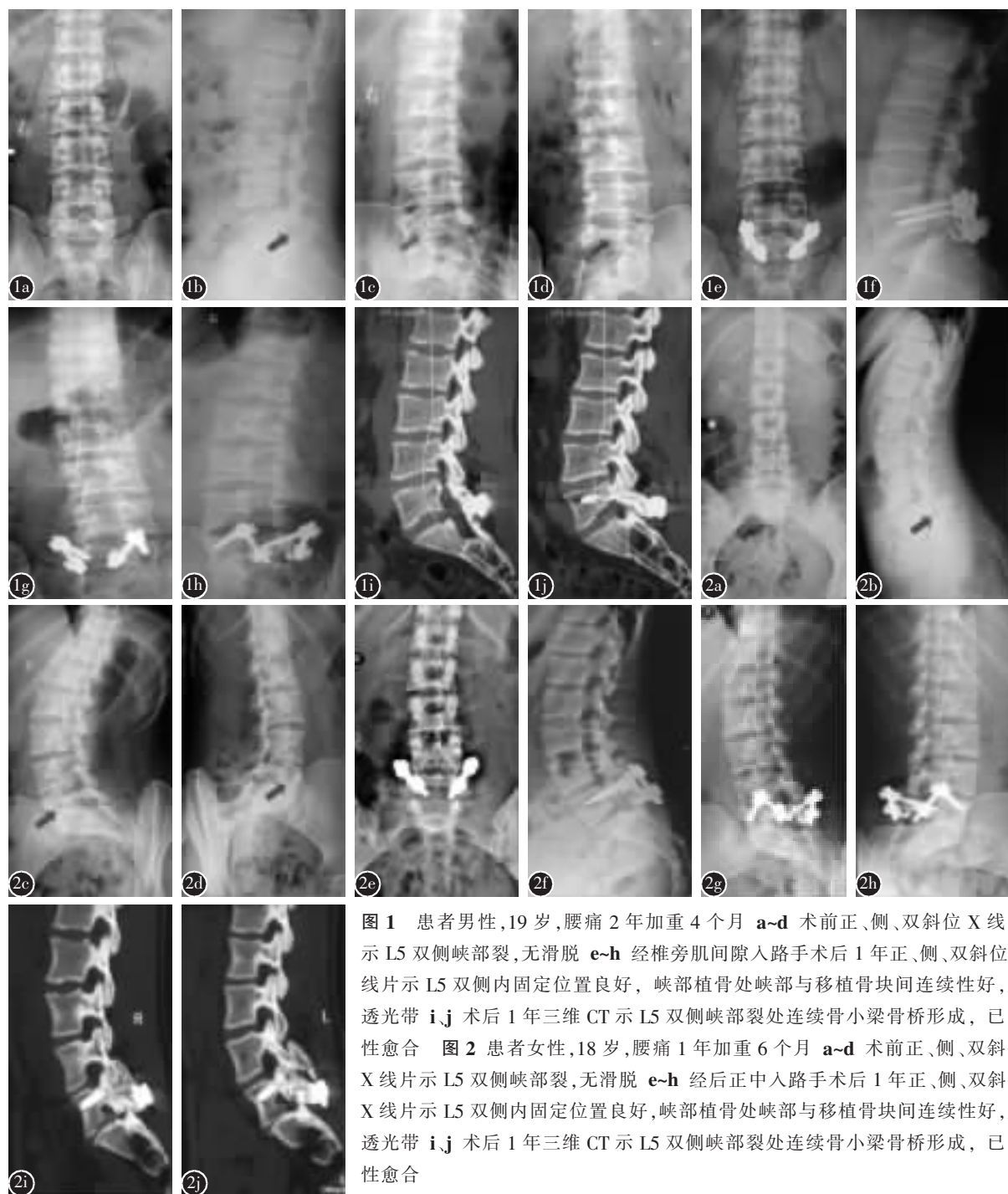


图 1 患者男性, 19 岁, 腰痛 2 年加重 4 个月 **a~d** 术前正、侧、双斜位 X 线片示 L5 双侧峡部裂, 无滑脱 **e~h** 经椎旁肌间隙入路手术后 1 年正、侧、双斜位 X 线片示 L5 双侧内固定位置良好, 峡部植骨处峡部与移植骨块间连续性好, 无透光带 **i, j** 术后 1 年三维 CT 示 L5 双侧峡部裂处连续骨小梁骨桥形成, 已骨性愈合 **图 2** 患者女性, 18 岁, 腰痛 1 年加重 6 个月 **a~d** 术前正、侧、双斜位 X 线片示 L5 双侧峡部裂, 无滑脱 **e~h** 经后正中入路手术后 1 年正、侧、双斜位 X 线片示 L5 双侧内固定位置良好, 峡部植骨处峡部与移植骨块间连续性好, 无透光带 **i, j** 术后 1 年三维 CT 示 L5 双侧峡部裂处连续骨小梁骨桥形成, 已骨性愈合

Figure 1 male, 19 years old, with low back pain two years and aggravated four months **a~d** The A-P, lateral and oblique X-ray preoperative show spondylolysis on L5 for both sides, with no slippage **e~h** One year after surgery through Wiltse Approach, the A-P, lateral and oblique view of X-ray preoperative show the internal fixation was stable, and there is not euphotic zone between isthmus and the transplanted bone blocks **i, j** One year after surgery, three-dimensional CT preoperative show bone bridge were formed, and solid union in isthmus **Figure 2** female, 18 years old, with low back pain for one year and aggravated for six months **a~d** The A-P, lateral and oblique X-ray preoperative show spondylolysis on L5 both sides, with no slippage **e~h** One year after surgery through Midline Approach, the A-P, lateral and oblique X-ray preoperative show the internal fixation was stable, and there is not euphotic zone between isthmus and the bone graft **i, j** One year after surgery, three-dimensional CT preoperative show bone bridge were formed, and solid union in isthmus

供确切的固定与充足的移植骨量,取得了良好的治疗效果而被脊柱外科医生认可^[7,15-17]。

峡部植骨融合钉钩内固定通常经腰椎后正中入路完成,该入路于 1942 年被提出,其沿棘突椎板向两侧剥离并牵开椎旁肌群,术中可直接分离到达椎板表面,向两侧继续分离则可进一步对关节突及横突进行显露。该入路解剖关系简单,术野开阔,也便于操作,可以从背侧直接完成全椎板或半椎板切除、椎管减压、髓核摘除、神经探查松解、椎板及棘突间植骨、经椎管后路行腰椎椎间融合等手术,很快成为脊柱后路手术的标准入路,至今仍被广泛采用。但是,经后正中入路进行峡部裂修复的缺点很明显,峡部裂修复术中不需要处理正中部分的棘突及椎板,仅为显露峡部及靠外侧的椎弓根螺钉进钉点而对椎旁肌进行大范围剥离,加上持续牵拉压迫造成肌肉缺血以及支配椎旁肌的脊神经后支损伤,常引发患者术后腰痛和肌肉萎缩^[18-20]。椎旁肌本身的血供、代谢和神经支配特点又使得这一过程会持续较长时间,这些因素都是引起术后顽固性腰痛的重要原因,因此多数患者伴随腰椎手术后综合征(FBSS)^[3],导致术后临床疗效不如影像学的恢复令人满意。

Wiltse 于 1968 年提出经椎旁肌间隙入路(Wiltse approach/paraspinal approach),采用经最长肌与多裂肌间的肌间隙作为手术入路治疗极外侧型腰椎间盘突出症^[21]。后来考虑到美容效果及降低再次手术的技术难度,Wiltse 于 1988 年建议只做一个后正中切口^[22]再向两侧分离到该椎旁肌间隙。该入路利用肌肉间隙可直接显露峡部裂修复术中需要植骨的峡部及安放内固定的上关节突、椎板下缘,既满足了手术操作需要,又避免了棘突及椎板处肌肉的剥离和损伤,可降低后正中入路肌肉、神经、血管损伤导致的腰痛及 FBSS 的发生率。为此我们设计了随机对照研究来观察经椎旁肌间隙手术入路行峡部直接修复钉钩内固定手术与经典后正中入路手术的临床疗效。通过随机对照研究我们发现,采用两种入路均可取得满意的临床效果,术后患者疼痛缓解,生活质量提高,但经椎旁肌间隙入路较经后正中入路手术时间缩短、术中出血及术后引流量减少($P<0.05$),术后 3 个月、6 个月时肌间隙入路组腰部 VAS 评分及 ODI 低于后正中入路组($P<0.05$),但术后第 3 天肌间隙入路组腰部 VAS 评分明显高于后正中

入路组($P<0.05$),12 个月及 2 年随访时两组 VAS 评分及 ODI 无显著性差异($P>0.05$)。分析发现术后第 3 天后正中入路比肌间隙入路术后早期椎旁肌肿胀程度轻,同样患者自控镇痛(patient controlled analgesia, PCA)情况下经肌间隙入路腰部手术部位疼痛较严重,其原因可能为后正中入路将椎旁肌、腰背筋膜同棘突、椎板的骨性附丽切断,从而破坏了原本致密的骨筋膜间隙,使得术后水肿的肌肉压力得到释放。反过来看经肌间隙入路对骨性附丽没有任何损伤,整个分离过程除了将致密的腰背筋膜部分切开外其余操作均在自然间隙内进行,缝合伤口时将切开的腰背筋膜紧密缝合,对骨筋膜结构基本没有破坏,因此术后疼痛、肿胀较严重。术后 3、6 个月时经肌间隙入路组腰部 VAS 评分及 ODI 低于后正中入路组,经肌间隙入路表现出了明显的优势,腰部的疼痛及不适明显较后正中入路轻。分析原因可能为:(1)经肌间隙入路没有破坏多裂肌血运及神经支配;(2)手术切口及显露范围较后正中入路小,从而保护了椎旁肌,在维持腰椎稳定和运动功能中具有重要作用;(3)避免椎旁肌持续受强力拉钩牵拉、压迫造成的缺血坏死。而后正中入路显露时需将椎旁肌从棘突和椎板的附着点上广泛剥离,使得肌肉对腰椎的控制力下降,加上肌肉本身的损伤所致力量减退,即便肌肉与棘突通过瘢痕愈合,其力量也较正常组织减弱^[23],使椎旁肌不能有效对抗脊柱屈曲应力,而且背伸力量也降低,引起腰椎不稳和负荷增大,从而引发术后腰痛、腰部无力和腰椎失稳等临床症状的发生。术后 12 个月及 2 年随访时两组腰部 VAS 评分及 ODI 未见显著性差异,两组较术前均取得显著疗效,后正中入路组的腰部疼痛与不适症状消失,椎旁肌入路组在 2 年内没有明显改变,这说明后正中入路手术操作带来的损伤和不适在术后 2 年得到恢复及代偿。

综上所述,采用小切口径椎旁肌间隙入路峡部植骨融合钉钩内固定治疗青年峡部裂症相对于传统后正中入路简单、安全,可以微创操作地对峡部进行确实的处理、牢靠的固定,对无椎间盘退变或椎体滑脱的青少年峡部裂患者可以取得良好的效果,在术后 6 个月内腰部的疼痛及功能改善明显优于后正中入路组,但术后 3d 腰部切口疼痛较明显,所以应加强术后早期的镇痛治疗。由于本组缺乏 2 年以上长期随访资料,且患者多数需要再

次手术取出内固定, 二次手术操作会再次破坏血运、神经支配及肌肉骨骼附丽及稳定性, 该入路在术后远期及二次内固定取出手术后的情况有待进一步观察。

4 参考文献

1. 张建党, 邹德威, 马华松, 等. 椎弓根钉-椎板钩系统和经椎板拉力螺钉治疗青少年腰椎峡部裂的临床比较[J]. 中国现代医药杂志, 2010, 12(11): 69-71.
2. 匡正达, 彭宝淦, 张新宇, 等. 椎弓根钉-椎板钩系统固定植骨治疗年轻人腰椎峡部裂[J]. 颈腰痛杂志, 2008, 29(2): 132-134.
3. Winter M, Jani L. Results of screw osteosynthesis in spondylolysis and low-grade spondylolisthesis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 1989, 108(2): 96-99.
4. Wiltse LL, Widell EH Jr, Jackson DW. Fatigue fracture: the basic lesion is inthmic spondylolisthesis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1975, 57(1): 17-22.
5. Schneiderman G, Flannigan B, Kingston S, et al. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of disc degeneration: correlation with discography[J]. Spine, 1987, 12(3): 276-281.
6. Tsirikos AI, Garrido EG. Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents[J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(6): 751-759.
7. Hensinger RN. Spondylolysis and spondylolisthesis in children and adolescents[J]. J Bone Joint Surg Am, 1989, 71(7): 1098-1107.
8. Nachemson A. Repair of the spondylolisthetic defect and intertransverse fusion for young patients [J]. Clin Orthop Relat Res, 1976, 117: 101-105.
9. Miyakoshi N, Abe E, Shimada Y, et al. Outcome of one-level posterior lumbar interbody fusion for spondylolisthesis and postoperative intervertebral disc degeneration adjacent to the fusion[J]. Spine, 2000, 25(14): 1837-1842.
10. Axelsson P, Johnsson R, Stromqvist B. The spondylolytic vertebra and its adjacent segment: mobility measured before and after posterolateral fusion[J]. Spine, 1997, 22(4): 414-417.
11. Weinhaber SL, Guyer RD, Herbert M, et al. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion: a cadaveric study[J]. Spine, 1995, 20(5): 526-531.
12. Lee CK. Accelerated degeneration of the segment adjacent to a lumbar fusion[J]. Spine, 1988, 13(3): 375-377.
13. Leong JC, Chun SY, Grange WJ, et al. Long-term results of lumbar intervertebral disc prolapse[J]. Spine, 1983, 8(7): 793-799.
14. Mihara H, Onari K, Cheng BC, et al. The biomechanical effects of spondylolysis and its treatment[J]. Spine, 2003, 28(3): 235-238.
15. Tokuhashi Y, Matsuzaki H. Repair of defects in spondylolysis by segmental pedicular screw hook fixation: a preliminary report[J]. Spine, 1996, 21(17): 2041-2045.
16. Kakiuchi M. Repair of the defect in spondylolysis: durable fixation with pedicle screws and laminar hooks [J]. J Bone Joint Surg Am, 1997, 79(6): 818-825.
17. Roca J, Iborra M, Cavanilles-Walker JM, et al. Direct repair of spondylolysis using a new pedicle screw hook fixation: clinical and CT-assessed study: an analysis of 19 patients[J]. J Spinal Disord, 2005, 18 Suppl: S82-89.
18. Kim KT, Lee SH, Suk KS, et al. The quantitative analysis of tissue injury markers after mini-open lumbar fusion [J]. Spine, 2006, 31(6): 712-716.
19. Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, et al. Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies[J]. J Spinal Disord, 2006, 19(2): 77-86.
20. Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery: a histologic and enzymatic analysis[J]. Spine, 1996, 21(8): 941-944.
21. Wiltse LL, Bateman JG, Hutchinson RH, et al. The paraspinal sacrospinalis-splitting approach to the lumbar spine[J]. J Bone Joint Surg Am, 1968, 50(5): 919-926.
22. Wiltse LL, Spencer CW. New uses and refinements of the paraspinal approach to the lumbar spine[J]. Spine, 1988, 13(6): 696-706.
23. Schwender JD, Holly LT, Rouben DP, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion(TLIF): technical feasibility and initial results[J]. J Spinal Disord, 2005, 18(Suppl): 1-6.

(收稿日期:2013-02-25 末次修回日期:2013-07-22)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)