

基础研究

腰椎峡部裂对上位脊椎稳定性影响的生物力学研究

刘 晖,何明长,林 斌,赵卫东

(中国人民解放军第一七五医院骨科 363000 福建省漳州市)

【摘要】目的:通过生物力学方法测量腰椎峡部裂模型上位脊椎三维活动范围,分析峡部裂上位脊椎稳定性,为腰椎峡部裂外科治疗提供新的理论依据。**方法:**9 具成人新鲜腰椎标本,切断 L5 双侧椎弓峡部制成实验模型,通过脊柱三维运动试验机对造模前(正常组)及造模后(峡部裂组)标本施加前屈、后伸、左右侧弯和左右旋转 10N·m 力矩,由脊柱三维运动测量系统分析比较峡部裂组及正常组上位及同序脊椎节段的运动范围。**结果:**9 具标本峡部裂组上位脊椎(L4)在前屈、后伸及旋转活动范围均值分别是 12.71°、4.79°、3.71°,正常组均值分别为 10.41°、3.70°、2.78°,两组比较有显著性差异(P 值均 <0.01),峡部裂组分别增加了 22.1%、29.4%、33.8%,而侧屈活动范围峡部裂组均值为 7.74°,正常组为 7.67°,两组比较无显著性差异($P>0.05$)。峡部裂同序脊椎(L5)在前屈、后伸及旋转活动范围均值分别为 12.69°、6.29°、4.10°,正常组均值分别为 10.12°、5.19°、3.01°,两组比较有显著性差异(P 值均 <0.01),峡部裂组分别增加 25.4%、44.1%、36.4%,而侧屈活动范围峡部裂组为 6.12°,正常组为 6.06°,两组比较无显著性差异($P>0.05$)。**结论:**腰椎峡部裂对上位脊椎稳定也有重要影响,可导致上位脊椎在前屈、后伸和旋转方向失稳。

【关键词】 腰椎;峡部裂;生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2009.10.08

中图分类号:R681.5,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2009)-10-0745-04

The biomechanical effect of lumbar spondylolysis on the stability of upper adjacent level/LIU Hui,HE Mingchang,LIN Bin,et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord,2009,19(10):745~748

【Abstract】 Objective:To evaluate the biomechanical effect of lumbar spondylolysis on the stability of upper adjacent level and to supply the theoretical basis for surgical treatment of lumbar spondylolysis.**Method:**Nine fresh-frozen human lumbar spines were used for this study.The bony defects were created on L5 bilateral pars interarticularis.The range of motion(ROM) were measured on machine at following direction,extension-flexion,axial rotation and bilateral bending,10N·m-torque was applied on the specimens in two different conditions as follows:1) intact spine,2) bilateral pars defects on the L5.The ROM at different motion between two groups were compared.**Result:**After creating the pars interarticularis defects at L5,the ROM at flexion-extension and axial rotation of L4 were 12.71°,4.79° and 3.71° respectively,while 10.41°,3.70°,2.78° respectively in intact spine,which showed significant difference ($P<0.01$).The ROM at lateral bending of L4 in lumbar spondylolysis were 7.74°, while 7.67° in intact spine,which showed no significant difference($P>0.05$).The ROM at flexion-extension and axial rotation of L5 in lumbar spondylolysis were 12.69°,6.29° and 4.10° respectively,while 10.12°,5.19° and 3.01° in intact spine,which showed significant difference ($P<0.01$).The ROM at lateral bending of L5 in lumbar spondylolysis were 6.12°,while 6.06° in intact spine,which showed no significant difference ($P>0.05$).**Conclusion:**Bilateral pars interarticularis defects have impact on the biomechanical stability on adjacent upper level which can lead to instability of adjacent upper level at flexion-extension and axial rotation.

【Key words】 Lumbar vertebrae;Spondylolysis;Biomechanics

【Author's address】 The Orthopedics Department of the 175th Hospital of PLA,Zhangzhou,363000,China

腰椎峡部裂(lumbar spondylolysis,LS)为腰

椎一侧或两侧椎弓上下关节突之间的峡部骨质缺损不连续,亦称椎弓峡部裂或峡部不连。该疾病是一种常见的脊柱疾患,发病率 3%~7%,某些特殊人群可达高达 20%^[1]。在腰椎峡部裂的研究中,国

第一作者简介:男(1975-),主治医师,硕士,研究方向:脊柱外科
电话:(0596)2931538 E-mail:fjhemingchang@126.com
通讯作者:何长明

内外许多学者关心的是峡部裂同序脊椎稳定性,往往忽略了上位脊椎稳定性。国内目前尚未检索到对峡部裂上位脊椎稳定性生物力学研究的文献报道。我们利用人体新鲜标本上制备峡部裂模型,通过脊柱三维运动方法分析峡部裂对上位脊柱稳定性的影响。

1 材料和方法

1.1 实验标本及处理

本实验采用 9 具成人新鲜尸体腰椎标本(均为急性脑死亡患者,保留 L1~S2),实验前标本行 X 线检查,排除腰椎峡部裂,椎体滑脱及明显的椎间盘退变、腰椎结核、肿瘤,脊柱骨折等疾病。剔除肌肉、脂肪等软组织、保留棘上、棘间韧带、黄韧带、后纵韧带、前纵韧带、关节突囊、椎间盘及骨性结构的完整,将 L1 椎体上端部分和整个骶骨(保留 L5~S2 的脊柱功能单位)分别用聚甲基丙烯酸甲酯(即牙托粉)包埋。包埋时,腰椎保持直立在包埋盒中,尽量使上、下两个包埋盒底面相互平行。在 L4、L5 椎体前正中偏外,左右两侧各拧入一颗带标尺的克氏针。标尺上设置有至少 3 个不共线的圆形状态。标本制备好后,用双层塑料袋密封,储存在-20℃冰柜中备用。实验前将标本移至室温下逐渐解冻,约 1.5h。

1.2 生物力学测试

制备好的腰椎标本固定在脊柱三维运动试验机(南方医科大学生物力学实验室研制)上,通过加载盘对腰椎标本施加 10.0N·m 的纯力偶矩。所施加的力矩共有前屈/后伸、左/右侧屈和左/右轴向旋转 6 组。由 3D 红外线扫描仪拍摄在零载荷和最大载荷时的脊柱运动,将图像存入计算机,由计算机对图像进行处理,计算出腰椎的三维运动范围(ROM)。测试完整正常脊柱标本后,切断 L5 双侧峡部,形成 L5 双侧峡部裂模型,然后同样对其进行 6 种状态下的运动范围测试。

通过脊柱三维运动机施加最大载荷为 10.0N·m,该载荷使腰椎产生生理范围内运动又不产生腰椎破坏^[2]。每种载荷进行三次加载、卸载循环,以将腰椎的粘弹性影响消除到最小,第三次加载时进行运动学测量,脊柱三维运动测量结果可由四个主要参数描述,即中性区 NZ(neutral zone),脊柱自身形变弹性区 EZ(elastic zone),最大位移 MD(maximum displacement)和运动范围

ROM(range of motion)。中性区是指脊柱在零载荷时相对中立位的位移;脊柱自身弹性区是指脊柱在外力作用下本身发生的蠕变位移;MD 外力加载下由零载荷到最大载荷的位移;运动范围(ROM)是指最大位移减去脊柱自身弹性区的活动度。

1.3 统计学处理

本实验对 ROM 进行统计分析。用 SPSS 11.5 统计软件处理数据,求出各组数据的均值及标准差,检验其方差齐性。并用两小样本配对 t 检验,得出 P 值。分析在各种状态下正常脊柱活动及峡部裂后上位脊椎三维活动是否存在显著差别。P<0.05 为有显著性差异。

2 结果

见表 1、2。在前屈、后伸及旋转时上位椎体(L4)活动范围峡部裂组明显大于正常组,有显著性差异(P<0.01),分别增加了 22.1%、29.4%、33.8%;而侧屈时活动范围两组间无显著性差异(P>0.05)。在前屈、后伸及旋转时同序椎体(L5)活动范围峡部裂组均大于正常组,有显著性差异(P<0.01),分别增加 25.4%、44.1%、36.4%,而两组侧屈活动范围无显著性差异(P>0.05)。

表 1 10.0N·m 力矩作用下 L4 椎体三维活动范围 (n=9, $\bar{x}\pm s$, °)

状态	正常组	峡部裂组
前屈	10.41±0.67	12.71±0.65 ^①
后伸	3.70±0.27	4.79±0.35 ^①
左侧屈	7.63±0.45	7.71±0.39
右侧屈	7.72±0.39	7.78±0.39
左旋	2.86±0.33	3.82±0.41 ^①
右旋	2.69±0.27	3.61±0.32 ^①

注:①与正常组比较 P<0.01

表 2 10.0N·m 力矩作用下 L5 椎体三维活动范围 (n=9, $\bar{x}\pm s$, °)

状态	正常组	峡部裂组
前屈	10.12±0.54	12.27±1.20 ^①
后伸	5.19±0.36	6.29±0.41 ^①
左侧屈	6.06±0.35	6.13±0.31
右侧屈	6.06±0.31	6.11±0.29
左旋	2.98±0.29	4.10±0.26 ^①
右旋	3.04±0.29	4.11±0.41 ^①

注:①与正常组比较 P<0.01

3 讨论

椎弓峡部是上下关节突之间的骨性连接,是构成脊柱三关节复合体的重要一部分,椎弓峡部同时是构成脊柱后柱的重要结构之一,因此腰椎峡部在维持脊柱三关节复合体稳定及整个脊柱稳定中至关重要。作用在腰椎椎间盘的力主要是上下的压应力,而前后的剪切应力多被上下关节突面间的前后压应力所拮抗,椎弓峡部是连接上下关节突之间的枢纽,因此椎弓峡部在维持前后剪力平衡具有重要作用。腰椎峡部断裂时,失去抵抗向前剪力的重要结构,这样就改变了腰椎正常的生物力学传导模式,使得同序的椎体向前剪力增大。剪力的增大并长期作用于同序脊椎,使得维持脊柱稳定的骨性结构及周围软组织疲劳、受损甚至脊柱滑脱及椎间盘退变。因此在成人发生因峡部裂导致脊柱滑脱的比率为 6%^[3,4],并且出现同序椎间盘退变^[5]。腰椎峡部裂在受到前屈及后伸状态下负荷时,此时向前的剪力增大,并且由于椎弓峡部裂,丧失了抵抗向前剪力的作用,因此在前屈及后伸时脊柱的三维活动度增加。杨建成等^[6]发现双侧峡部断裂后,腰椎前屈/后伸运动范围分别增加 26.6%和 55.9%,较正常标本有显著性增大。董凡等^[7]的实验研究发现双侧小关节的骨性结构和同侧小关节的关节囊对扭转载荷起着重要的抵抗作用。当双侧峡部断裂时,小关节对脊柱旋转运动的制约作用丧失,椎间盘及双侧小关节共同组成的脊柱三关节稳定结构被破坏,故旋转运动活动范围明显增加。本研究中峡部裂同序脊椎在前屈、后伸及旋转活动范围均较正常组显著增大。一般认为后部结构破坏并不会引起侧屈运动的明显增加^[8,9],本实验结果与此观点相同,双侧峡部裂后左右侧弯三维活动度未发生显著性改变。

由于峡部裂时同序脊柱失稳,这样就改变脊柱正常的承受力传导方向,为了重建脊柱受力平衡,同序及上位脊椎受力均受到影响。同序脊椎受力改变主要表现在前屈、后伸及左右旋转,因此上位脊椎受力在前屈、后伸及旋转状态也同样受到影响。Mihara 等^[10]用小牛脊柱模型试验发现,当腰椎峡部裂时上位脊椎的伸屈活动度增大了 6.4%,旋转运动增大了 20.1%,较正常对照组有显著性差别,说明腰椎峡部裂影响上位脊椎的稳定性。本实验采用人体脊柱模型实验,更能真实说明峡部裂上位脊椎稳定性破坏。本实验的脊柱三维运动

测试,峡部裂组较正常组的 L4(峡部裂模型上位脊椎)在前屈、后伸及旋转活动范围均显著增大,但在侧屈活动范围增加并不明显,此结果与脊柱后柱结构破坏一般不影响侧屈活动的观点相一致。

在临床上,根据峡部裂患者腰痛定位及影像学分析,笔者常发现峡部裂患者上位脊椎失稳而导致的脊柱影像学的改变;峡部裂患者手术时通过提拉上位脊椎时发现上位脊椎松弛,活动度较大。这都说明峡部裂患者上位脊椎稳定明显受到影响。目前很多文献报道腰椎峡部裂的手术治疗主要以短节段固定为主,如峡部螺丝钉固定法、横突棘突钢丝捆绑法、钩螺钉固定法及记忆合金内固定,短节段椎弓根钉内固定等方法^[11]。在本实验中通过峡部裂组上位三维活动范围测试发现峡部裂组较正常组有明显差异,提示峡部裂上位脊椎稳定性受到影响。因此,通过本试验证明在峡部裂患者手术中,单纯追求脊柱单节段固定的同时应考虑延长上节段脊柱固定融合,这样有利于脊柱滑脱的复位及巩固腰椎稳定性并减少下腰痛等手术并发症,提高手术疗效。

综上所述,腰椎峡部裂不仅导致同序脊椎失稳,同时也使得上位脊椎稳定性受到影响。因此在临床上对峡部裂患者进行诊断及治疗时,应该认识到此种生物力学改变带来的影响。

4 参考文献

1. Lundin DA, Wiseman D, Ellenbogen RG, et al. Direct repair of the pars interarticularis for spondylolysis and spondylolisthesis [J]. *Pediatr Neurosurg*, 2003, 39(4): 195-200.
2. Asano S, Kaneda K, Umehara S, et al. The mechanical properties of the human L4-5 functional spinal unit during cyclic loading, the structural effect the posterior elements [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1992, 17(11): 1343-1352.
3. Ehara S, Shimamura T. Paradoxical motion in spondylolisthesis due to two segment instability [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1997, 116(6-7): 435-436.
4. Wiltse LL, R Othman LG. Spondylolisthesis: classification, diagnosis, and natural history [J]. *Semin Spine Surg*, 1989, 1(2): 78-83.
5. Hollenberg GM, Beattie PF, Meyers SP, et al. Stress reactions of the lumbar pars interarticularis: the development of new MRI classification criteria [J]. *Spine*, 2002, 27(2): 181-186.
6. 杨建成, 靳安民, 邵振海, 等. 双侧峡部裂对腰椎稳定性影响的实验研究 [J]. *中国临床解剖杂志*, 1999, 17(2): 177-178.
7. 董凡, 戴克戎, 傅筱魁. 小关节完整性与腰椎稳定性的相关研究

- [J].中华骨科杂志,1993,13(5):366-369.
8. Goel VK, Goyal S, Clark C, et al. Kinematics of the whole lumbar spine: effect of discectomy[J]. Spine, 1985, 10(6):543-554.
9. Abumi K, Panjabi MM, Kramer KM, et al. Biomechanical evaluation of lumbar spinal stability after graded facetectomies[J]. Spine, 1990, 15(11):1142-1147.
10. Mihara H, Onri K. The biomechanical effects of spondylolysis and the treatment[J]. Spine, 2003, 28(3):235-238.
11. Debusscher F, Troussel S. Direct repair of defects in lumbar spondylolysis with a new pedicle screw hook fixation: clinical, functional and Ct-assessed study [J]. Eur Spine, 2007, 32(16):1650-1658.

(收稿日期:2009-03-02 修回日期:2009-05-18)

(英文编审 蒋欣)

(本文编辑 彭向峰)

(上接第 724 页)

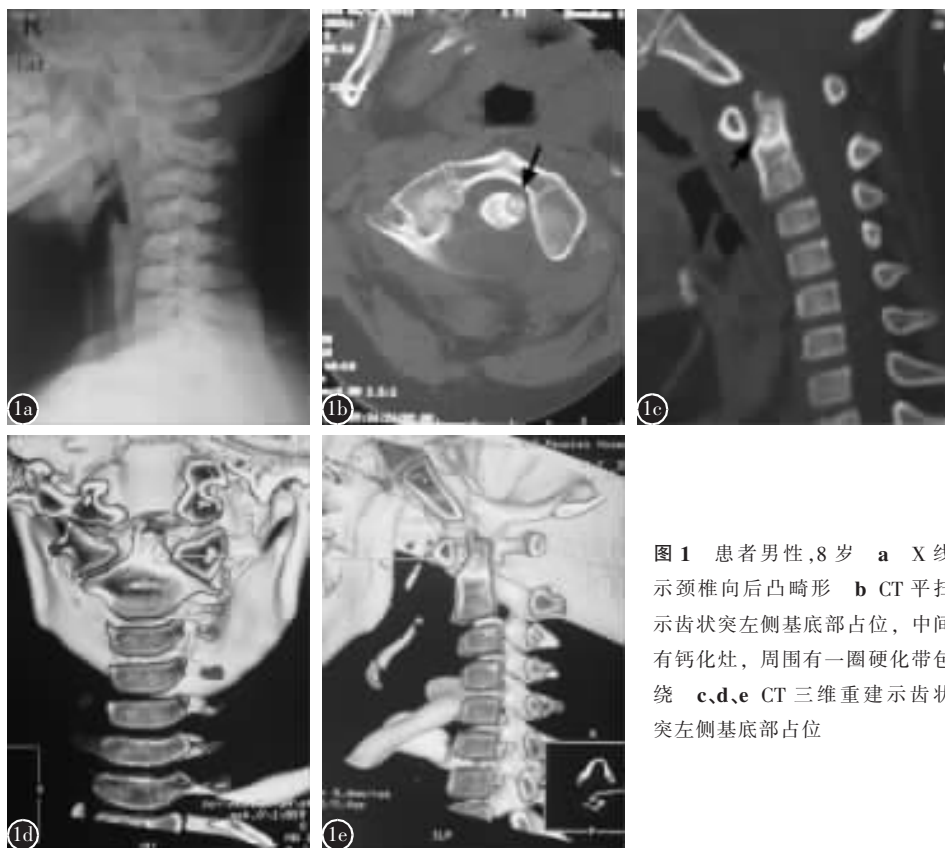


图 1 患者男性,8岁 a X线示颈椎向后凸畸形 b CT平扫示齿状突左侧基底部占位,中间有钙化灶,周围有一圈硬化带包绕 c、d、e CT三维重建示齿状突左侧基底部占位

的差别主要体现在病灶直径上,骨样骨瘤的肿瘤直径一般小于 1.5cm,而成骨细胞瘤通常超过 2cm,在症状上,成骨细胞瘤的疼痛通常在白天加重,非甾体类抗炎药通常不能缓解其疼痛^[4]。骨样骨瘤的术后复发率约为 4.5%,恶变非常罕见,极少数骨样骨瘤可转变为成骨细胞瘤^[2]。

对于位于枢椎的肿瘤,由于此位置解剖结构较为复杂,手术可能会引起重要解剖结构尤其是颈髓的损伤,以往大多数学者对此类手术采取保守态度。也有学者建议可以在 CT 引导下进行病灶的精确切除,对于大多数枢椎肿瘤都可采取手术治疗^[5]。但手术后往往会造成寰枢关节的不稳。由于骨样骨瘤是良性肿瘤,极少发生恶变,而长期使用非甾体类抗炎药能够有效缓解症状,起到很好的治疗效果^[4]。故我们采用保守治疗,取得了良好效果。

参考文献

1. Neumann D, Dorn U. Osteoid osteoma of the dens axis[J]. Eur

Spine J, 2007, 16(3):271-274.

2. Bruneau M, Cornelius JF, George B. Osteoid osteoma and osteoblastoma of the occipitocervical junction [J]. Spine, 2005, 30(19):567-571.
3. Piper JG, Menezes AH. Manage strategies for tumors of the axis vertebra[J]. J Neurosurg, 1996, 84(4):543-551.
4. Winkelmann S, Hirsch W, Burdach S, et al. Therapy of osteoid osteomas: always surgically [J]. Klin Padiatr, 2003, 215(1):35-39.
5. Saifuddin A, White J, Sherazi Z, et al. Osteoid osteoma and osteoblastoma of the spine: factors associated with the presence of scoliosis[J]. Spine, 1998, 23(1):47-53.
6. 肖建如, 贾连顺, 倪斌, 等. 寰枢椎肿瘤的手术治疗(附 22 例报告)[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2001, 11(6):330-332.

(收稿日期:2009-07-28 修回日期:2009-08-07)

(本文编辑 卢庆霞)