维普资讯 http://www.cqvip.com

局解手术学杂志 2006年第15卷第1期
J Regional Anat & Operative Surg, 2006, Vol. 15, No. 1

椎间盘髓核摘除对腰椎间小关节承载功能影响的实验研究

徐力鹏[1]，肖 进[2]，原 林[3]，赵卫东[3]，樊继宏[3]（1. 驻香港部队医院，广东 深圳 518048；2. 解放军第一五七中心医院二外科，广东 广州 510510；3. 南方医科大学临床解剖学研究所，广东 广州 510515）

［摘 要］ **目的** 分析椎间盘髓核摘除后腰椎小关节受力大小及变化情况。**方法** 采用8具新鲜脊柱腰骶段（$L_1 \sim S_1$）标本，在MTS系统上用压敏片分别测量$L_3 - L_4$、$L_4 - L_5$两个节段小关节面在中立位和前屈、后伸位时受力大小；摘除$L_4 - L_5$椎间盘髓核，重复测量。**结果** 完整脊柱标本中，$L_4 - L_5$与$L_3 - L_4$节段关节面受力大小相似：中立位时受力占轴向压缩载荷的15%；前屈10°、20°时受力占压缩载荷的比例减为9%、5%；后伸10°、20°时受力占压缩载荷的比例增至23%、33%。$L_4 - L_5$椎间盘髓核摘除后，$L_4 - L_5$节段小关节面在各个运动状态下受力均显著增大，而$L_3 - L_4$节段小关节受力也有增加的趋势。**结论** 腰椎小关节有一定的承载功能。腰椎间盘切除术后，同一平面及相邻平面小关节受力增加，可能引发腰痛。

［关键词］腰椎；小关节；压敏片；生物力学；髓核摘除
［中图分类号］R681.53 ［文献标识码］A ［文章编号］1672-5042(2006)01-0004-03

Changes of force of the lumbar facet joints after lumbar disc excision: an in vitro study

XU Li-peng, XIAO Jin, YUAN Lin, ZHAO Wei-dong, FAN Ji-hong (The Hospital for the Army Stationed in Hongkong, Shenzheng 518048, China)

Abstract: Objective To study the force of lumbar facet joints before and after lumbar disc excision. **Methods** Totally 8 fresh lumbar-sacral spines ($L_1 - S_1$) were placed on the MTS system. The compressive stress of the facet joints of the $L_3 - L_4$ and $L_4 - L_5$ motion segments was measured using pressure-sensitive films. The compressive stress on lumbar facet joints was measured in the position of erection, flexion and extension. Then $L_4 - L_5$ nucleus was resected and and the force was measured when the same positions were repeated. **Results** $L_3 - L_4$ and $L_4 - L_5$ segments could bear the same force before operation. In neutral position, the facet joints could carry about 15% axial compressive stress. In flexion posture, the force borne by the facet joints decreased. In flexion at 10°, 20°, the force was about 9% and 5% of the compressive force. In extension position, the force of the facet joints increased. In extention at 10°, 20°, the force was about 23% and 33%, respectively. After disc excision, the force of facet joints of $L_4 - L_5$ increased remarkably, and the force of $L_3 - L_4$ also had the trend of increase. **Conclusion** The lumbar facet joints can share some of the compressive forces of the spine. The force of facet joints of the disc-resected segment and the adjacent segment increases, which may be a reason of lumbar pain after disc excision.

Keywords: lumbar spine; facet joint; pressure-sensitive film; biomechanics; lumbar disc excision

腰椎间盘切除术后总的满意率为73% ~92%，腰痛是术后最常见的并发症[1]。其发生可能与椎间隙变窄导致神经根受压，手术创伤、局部血肿、粘连性蛛网膜炎、硬膜或神经根鞘膜纤维化等有关，而腰椎小关节的退行性变是一个重要的病因。本实验通过测定正常$L_3 - L_4$、$L_4 - L_5$腰椎标本和$L_4 - L_5$椎间盘髓核摘除后标本小关节在各种运动状态下的受力变化情况，探讨$L_3 - L_4$、$L_4 - L_5$节段小关节承载功能在椎间盘髓核摘除前后的变化。

1 材料与方法

1.1 实验标本制备

8例腰骶段（$L_5 \sim S_1$）脊柱标本，取自生前无脊柱疾患的青壮年男性新鲜尸体（平均年龄23.7岁，平均体重62.3 kg），标本置于-20 ℃冷冻冰柜中保存，实验前12 h取出，室温下自然解冻。剔除脊柱的肌肉，保留关节、椎间盘、韧带等骨连接结构。保持标本处于生理弯曲状态。在处理标本的过程中随时用生理盐水使标本保持湿润。

1.2 压力测量方法

采用超低压型压敏片（LLW）测量小关节面所承受的压应力，压力范围5 ~25 kgf/cm²（0.49 ~2.45 MPa）。实验室温度18 ~28 ℃，湿度35% ~80%。将标本固定于MTS 858材料测试系统上，MTS的加载杆可使标本在水平面轴向旋转运动，在冠状面（左、右侧弯）或矢状面（前屈、后伸）产生运动，并可控制运动角度。

首先用完整的腰骶段（$L_1 - S_1$）标本，在$L_3 - L_4$、$L_4 - L_5$两侧的小关节囊上作长15 mm切口，将压敏片插入小关节间隙。将标本置于中立位，以100 N/s的速度向标本顶端施加400 N轴向负载，保持最大负载1 min后卸载，立即取出压敏片。间隔5 min，以消除蠕变的影响，再进行下一步骤。此过程重复3次，取平均值作为该状态下小关节面的压力值。依次在前屈10°、前屈20°、后伸10°、后伸20°等状态下分别按上法测试小关节受力情况。然后对标本进行以下破坏：在$L_4 - L_5$椎间盘左侧纤维环切一小口，用髓核钳夹出髓核。处理后的$L_4 - L_5$椎间隙高度约下降4 mm。在MTS上重复上述的步骤检测小关节的受力情况。

1.3 数据处理

数据用SPSS10.0统计软件包进行统计分析，采用t检验比

［作者简介］徐力鹏（1964 -），男，湖南省湘潭市人，副主任医师，主要从事骨科临床与基础方面的研究。
［通讯作者］肖 进，E-mail：xiaojinhn@yahoo.com.cn，电话：（020）61657125

［收稿日期］2005-10-18 ［修回日期］2005-12-20

维普资讯 http://www.cqvip.com

较在不同运动状态下小关节面的受力情况。

2 结果

维持400 N轴向载荷,完整标本和L_4-L_5髓核摘除后标本(破坏标本)单侧小关节面在各个状态下受力情况见表1。表中括弧内百分比为两侧小关节面受力之和与轴向载荷之比(即该数据×2/400)。中立位时完整和破坏标本各节段左右两侧小关节面受力无显著差异,可合并处理。完整标本在中立位、前屈、后伸等各状态下,L_3-L_4与L_4-L_5比较小关节压力均无显著性差异($P>0.05$)。L_4-L_5破坏标本,各状态下L_4-L_5小关节受力明显增大($P<0.01$),且L_4-L_5小关节受力大于L_3-L_4($P<0.01$);前屈10°和20°时,破坏标本L_3-L_4小关节受力较完整标本增大($P<0.05$);后伸10°和20°时,L_3-L_4小关节受力与完整标本无显著性差异($P>0.05$);随着前屈角度的加大,小关节面受力呈减小趋势,随着后伸角度加大,小关节面受力呈增加趋势。

表1 L_3-L_4和L_4-L_5节段小关节各种状态下受力情况(N,$\bar{x}\pm s$)

	L_3-L_4		L_4-L_5	
	完整标本	破坏标本	完整标本	破坏标本
中立位	32.41±5.36(15%)	34.31±3.43(17%)	31.16±7.15(15%)	42.89±6.71#△(21%)
前屈10°	18.77±3.65(9%)	25.18±8.43*(13%)	18.32±4.46(9%)	33.52±14.69#△(17%)
前屈20°	8.41±1.66(5%)	13.90±4.24*(7%)	9.38±1.82(5%)	23.86±8.72#△(12%)
后伸10°	45.86±11.10(23%)	44.64±6.63(22%)	45.92±11.06(23%)	62.78±8.33#△(31%)
后伸20°	63.43±12.43(33%)	70.03±8.46(35%)	65.68±10.16(33%)	96.16±13.87#△(48%)

*:与相同状态下同节段完整标本比较,$P<0.05$;#:$P<0.01$;△:与L_3-L_4节段比较,$P<0.01$

L_4-L_5髓核摘除后,L_4-L_5小关节在中立位及前屈、后伸各个位置受力都有所升高(图1),同时L_3-L_4小关节的的受力情况也发生了变化(图2),在各个运动状态中L_4-L_5小关节受力均大于L_3-L_4(图3)。

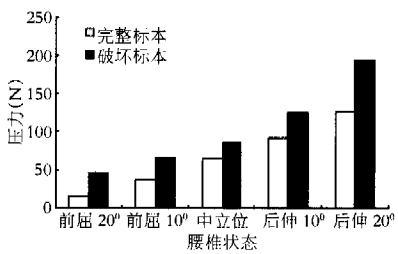


图1 椎间盘摘除前后L_4-L_5小关节受力情况

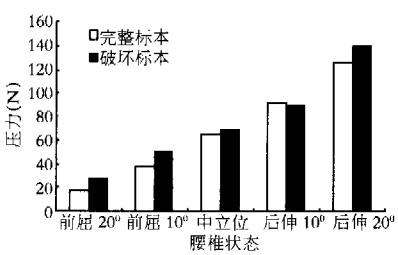


图2 椎间盘摘除前后L_3-L_4小关节受力情况

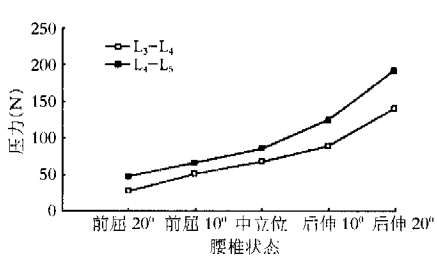


图3 椎间盘摘除后L_3-L_4与L_4-L_5小关节受力比较

3 讨论

3.1 椎间盘与小关节承载功能的关系

脊柱承载时,小关节与椎间盘之间存在着独特的动态变化关系。脊柱受到侧方剪切、前剪切和轴向压缩作用时,椎间盘是承载的主要结构,此时若脊柱出现移位,小关节可传导部分载荷[2]。当椎间盘受压时,首先是椎间盘内压力增高,髓核发生蠕变,可均匀地向各个方向传递载荷,载荷维持一段时间以后才出现小关节压力上升,说明正常的椎间盘对小关节有保护功能,能防止小关节承受过大载荷而发生退变[3]。

3.2 髓核摘除后脊柱承载功能的变化

髓核摘除后,纤维环的完整性遭到破坏,椎间盘内压力骤减,椎体间纤维环的交叉韧带松驰,椎间盘塌陷,出现前屈后伸和轴向旋转不稳定[4]。小关节在中立位和前屈、后伸位时压力升高,腰椎后部结构的应力水平上升,而前部结构应力水平下降[5]。

从形态学来看,在L_4-L_5节段,为适应腰段脊柱生理后凸,髓核位于椎间盘中间偏后的位置。髓核摘除后,椎间隙变窄,轴向加载时椎间盘塌陷,腰段后凸增大,轴向载荷在椎体中心的水平剪切分力增大。此分力是由小关节抵抗的,因此,小关节受力也增大。本实验结果显示,髓核摘除后中立位时L_4-L_5小关节受力由31.16 N增至42.89 N,占轴向载荷的比例也从15%升至21%。正常腰椎前屈时小关节面压力较中立位迅速下降。髓核摘除后,前屈10°时小关节承载17%,前屈20°为12%,而正常标本这两个值分别是5%、9%。后伸时小关节压力较中立位增大,后伸10°时小关节承载31%,后伸20°时为48%,几乎承受了轴

维普资讯 http://www.cqvip.com

向载荷的一半。正常腰椎的前屈主要由后纵韧带和椎间盘后纤维环对抗，而后伸则主要由前纵韧带和前纤维环对抗。髓核摘除后，纤维环韧带松驰，对抗前屈和后伸力矩的功能下降。因此髓核摘除后，腰椎在矢状面上运动时，原本由椎间盘承受的载荷有一部分被加于小关节上，导致小关节面受力明显增大。尤其后伸时小关节受力极大，故椎间盘术后病人应尽量避免做后伸动作，以免小关节应力过大，发生磨损破坏，甚至骨折，引起腰痛。

对小关节和腰痛的关系的研究表明，小关节的病变是引起腰痛的重要来源之一[6]。异常增高的压力是导致小关节面发生病变，进而引发腰痛的原因。椎间盘组织退变总是伴随着同节段小关节明显的骨关节炎性改变，而在椎间盘正常的节段小关节也正常或仅有轻微退变[7]。本文认为正常的椎间盘能保护小关节免于承受过大的负荷，因而不会发生损伤、退变。椎间盘破坏后，在相同的条件下，在矢状面上运动时小关节受力增大，过大的压力可能造成小关节的破坏，从而出现腰痛，影响椎间盘手术效果。

3.3 髓核摘除的相邻节段小关节受力变化

正常腰椎标本中 L_3-L_4 与 L_4-L_5 小关节在各个平面的运动中所受压力的大小相同。L_4-L_5 髓核摘除后 L_3-L_4 小关节受力也发生了变化。前屈 10°、20°和后伸 20°时受力明显增大，中立位时受力基本不变。总的看来，在矢状面上运动时小关节受力有增大的趋势。这说明 L_4-L_5 髓核摘除后，相邻节段的小关节也受到影响，邻近的 L_3-L_4 小关节面受力也增大。Moore 等[8]认为在椎间盘损伤的同一平面和相邻的上一个平面均发生了椎间盘和小关节的退行性改变。本文认为椎间盘髓核摘除后，相邻节段的小关节面也出现应力增高，而高应力是关节面发生退行性变的原因。因此，椎间盘手术有导致相邻节段小关节发生退变的可能。

3.4 骨性阻挡作用

本实验从压敏片显示的受力分布图上观察到小关节与椎板的直接接触，即所谓“骨性阻挡”作用。在正常的腰椎，由于椎间盘高度较大，小关节一般不同椎板直接接触，只有当过度后伸时才可能发生[2]。而在 L_4-L_5 髓核摘除后，在中立位和前屈、后伸各个状态都可能发生 L_4 下关节突与 L_5 椎板峡部的直接骨性接触。这种阻挡对小关节可能起到一定程度的保护，可以分担一部分载荷。但如果轴向压力过大或反复顶触可以造成 L_5 椎板增生甚至峡部损伤，从而引发腰痛。这也是椎间盘退变或手术一个可能的并发症。

[参考文献]

[1] Takeshima T, Kambara K, Miyata S, et al. Clinical and radiographic evaluation of disc excision for lumbar disc herniation with and without posterolateral fusion[J]. Spine, 2000, 25(4): 450-456.

[2] 吴浩波，严世贵，陈其昕，等. 不同运动负荷下腰椎应力的三维非线性有限元分析[J]. 中国运动医学杂志，2004，23(5)：480-484.

[3] Hedman TP, Fernie GR. *Mechanical response of the lumbar spine to* seated postural loads[J]. Spine, 1997, 22(7): 734-743.

[4] 孟壮志，朱青安，范 真，等. 腰骶部椎间盘髓核摘除对脊柱稳定性影响的生物力学研究[J]. 中国临床解剖学杂志，1999，17(1)：75-76.

[5] 戴力扬，屠开元，徐印坎，等. 椎间盘切除对腰椎应力分布影响的研究[J]. 中华外科杂志，1991，29(2)：126-128.

[6] Bridwell KH, DeWald RL. 脊柱外科学[M]. 胡有谷，党耕町，唐天驷，等，译. 第2版. 北京：人民卫生出版社，2000. 1420.

[7] 齐振熙，马英锋. 退变性腰椎滑脱的三维有限元分析[J]. 中国骨伤，2004，17(12)：714-716.

[8] Moore RJ, Crotti TN, Osti OL, et al. Osteoarthrosis of the facet joints resulting from anular rim lesions in sheep lumbar discs[J]. Spine, 1999, 24(6): 519-525.

（编辑：余汇洋）

关于单位符号的使用

各种单位除在无数值的叙述性文字中和科普读物中可使用中文名称或中文符号外，均应使用符合。单位符号都是正体拉丁和希腊字母，无复数形式，符号后不附加圆点（正常语法名字尾标点符号除外）。来源于人名的单位，例如：Pa、Gy、W 等和 106 以上的词头，例如：M、G、T 等的首字母大写以外均为小写，“升”的符号可用大写(L)也可用小写(l)，一般在单位使用不加词头时用大写。数值与单位符号之间、单位符号与相邻的其他符号（例如：化学元素符号）之间应留半个阿拉伯数字空隙，词头与其所组合的单位符号之间不需空隙。词头不能单独使用，也不能重叠使用（例如：“mμm”应为“nm”）。

（本刊编辑部）