

# 兔腰神经根的解剖位置及实验性硅胶管压迫程度的测量

岳寿伟 王永慧 吴宗耀 刘庆 张伟

**【摘要】目的** 确定兔腰神经根的解剖位置及硅胶管在椎间管内压迫神经根的程度。**方法** 18 只纯种新西兰成年兔, 雄性, 随机分为 2 组: A 组 6 只, 利用几何作图原理, 测量脊神经的长度、角度、脊神经在椎间外孔的直径及椎间外孔面积等解剖特点; B 组 12 只, 采用断层解剖技术, 6 只用于测量冠状面和椎间外孔矢状面上硅胶管的压迫程度, 6 只用于关节突关节矢状面的压迫程度。测量工具主要有: 圆规、量角器和游标卡尺。**结果** 脊神经长度、与硬脊膜的夹角及椎间外孔面积在不同椎间隙各不相同。 $L_5$ 、 $L_6$  脊神经长度分别为  $5.83 \pm 1.18$  和  $8.94 \pm 1.64$  mm, 与硬脊膜的夹角分别为  $55.2 \pm 11.1$  和  $29.6 \pm 4.2^\circ$ 。硅胶管的截面积为椎间管关节突关节矢状面面积的 20% 左右, 为椎间外孔面积的 50% 左右。**结论** 本模型为脊神经轻度受压实验模型, 接近于临床椎间盘突出和椎间管狭窄对脊神经的压迫。按照 A 组实验的结果进行插管, 实验成功率高, 不会因硅胶管损伤脊髓和脊神经而影响实验结果。

**【关键词】** 断层解剖; 脊神经根; 压迫; 兔

**Anatomic localization of lumbar spinal nerve root and the determination of compression in rats** YUE Shou-wei\*, WANG Yonghui, WU Zongyao, LIU Qing, ZHANG Wei. Department of Rehabilitation, Xi'an Hospital of the Third Military Medical University, Chongqing 430038, China

**【Abstract】Objective** To investigate the anatomic lumbar nerve root localization and to measure the degree of compression induced by silastic tube implantation in rats. **Methods** Eighteen pure New Zealand rabbits, weighing from 2.5 kg to 3.0 kg, were randomly allocated into 2 groups: group A ( $n=6$ ), in which the animals were dissected according to the geometrical principles to localize the lumbar spinal nerve roots, and the length of spinal nerve, the angle to the dura matter, and the anatomical characteristics such as the diameter of the spinal nerve at the external intervertebral foramen and the sagittal area of the foramen were measured; group B ( $n=12$ ), from which the extent of compression of intervertebral foramen was measured by using the sectional anatomic techniques after the artificial implantation of a silastic tube was performed. **Results** The length of lumbar intervertebral canal, the angle and area of intervertebral foramen varied at various lumbar intervertebral spaces; the length of the spinal nerve root was  $5.83 \pm 1.18$  mm at  $L_{5-6}$  and  $8.94 \pm 1.64$  mm at  $L_{6-7}$ , its angles to the dura matter were  $55.2 \pm 11.1^\circ$  and  $29.6 \pm 4.2^\circ$ , respectively, on condition that the measured sectional area of the silastic tube was 20% of the sagittal area of the intervertebral canal and 50% of the area of the external intervertebral foramen. **Conclusion** The animal models of spinal nerve root compression established in this experimental study is similar to that seen in clinical settings. It is suggested that high successful intubation rate and slim possibility of injury to the spinal cord can be expected if it is manipulated in the way described above.

**【Key words】** Anatomic localization; Spinal nerve root; Compression; Rabbit

慢性腰背痛是临床常见病, 经过大量研究, 人们已逐渐认识到神经根在神经通道内受到慢性压迫和由此引起的炎症是引起慢性腰腿痛的常见原因。我们采用硅胶管从兔椎间外孔插入神经通道, 制作了腰神经轻度慢性压迫模型。本实验采用断层解剖方法测量了兔腰神经根的解剖位置及硅胶管在椎间孔内压迫神经根的程度。

## 材料与方法

纯种新西兰成年兔, 雄性, 18 只, 体重 2.5 ~ 3.0 kg。随机分为 2 组: A 组 6 只, 研究腰神经通道的解剖学特点; B 组 12 只, 研究硅胶管在神经通道内压迫神经根的程度。先进行 A 组实验, 由 A 组的实验结果指导 B 组实验。

A 组: 空气栓塞将兔处死, 腰部剃毛, 依次切开皮肤、筋膜, 钝性分离肌肉, 观察椎间外孔形状, 然后用咬骨钳咬去  $L_1 \sim L_7$  棘突、关节突关节, 暴露脊髓和椎间外孔, 观察腰神经通道内容物及其位置, 测量椎间外孔

基金项目: 山东省自然科学基金 (Y2001C22)

作者单位: 430038 重庆, 第三军医大学西南医院康复中心 (岳寿伟、吴宗耀); 山东大学齐鲁医院康复科 (王永慧、刘庆、张伟)

面积、脊神经的长度、角度、脊神经在椎间外孔的直径。具体方法:如图 1, O 点为脊神经出硬脊膜处, A 点为脊神经出椎间外孔处, 在硬脊膜外边缘找点 B, 使  $OB = OA$ , OA 即为脊神经, 亦即腰神经通道的长度, 角 AOB 即为脊神经和硬脊膜的夹角, 利用几何作图原理测出角 AOB 的大小。测量工具为圆规、量角器和游标卡尺。

B 组:用 3% 戊巴比妥钠(每公斤体重 1 ml)行静脉麻醉。兔下腰部剃毛, 常规消毒, 铺无菌巾, 沿  $L_1 \sim S_1$  棘突的正中偏左, 依次切开皮肤、腰背筋膜、多裂肌的外脊侧、骶棘肌筋膜, 钝性剥离至横突, 再暴露其基底部的乳状突, 其后方即椎间外孔。根据 A 组测得的结果, 将相应长度的硅胶管从椎间外孔沿相应的方向缓慢塞入椎间管内, 分别压迫  $L_5$  和  $L_6$  神经根。手术成功后, 依次缝合筋膜和肌肉以及皮肤。10 d 后处死, 取  $L_4 \sim L_7$  脊柱区,  $-20^\circ\text{C}$  冰冻后, 采用断层技术, 6 个标本取关节突关节内侧面的矢状面, 余 6 个标本取正中冠状面和椎间外孔矢状面, 研究硅胶管在腰神经通道内压迫神经根的情况。

硅胶管内径 1.5 mm, 外径 2.5 mm, 截面积  $4.91\text{ mm}^2$ , 硬度 50 shA (LX-A 橡胶硬度测量仪)。拉伸强度 8.5 MPa, 撕裂强度 14 kN/m, 扯断伸长率 504% (AJS-5kNH 实验机)。

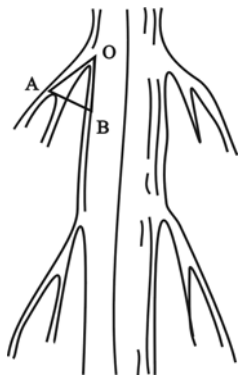


图 1 兔腰神经根与硬膜囊夹角的测量

## 结 果

肉眼观察见椎间外孔近似三角形, 其前方为乳状突、后方为关节突关节、椎弓根, 底为相应椎间盘。椎间孔前部狭小, 后部宽大。 $L_1 \sim L_7$  乳状突逐渐向脊柱中线靠近, 至  $L_7$  乳状突为紧靠其相应关节突关节。因此以椎间盘为底边的椎间外孔的高从  $L_{1-2}$  到  $L_{6-7}$  逐渐增高。在插管时多以横突和乳状突为标志, 即横突根部, 乳状突的后方。脊神经位于腰神经通道的上部, 其下方依次为椎间动脉和椎间静脉。 $L_4 \sim L_7$  脊神经穿出硬脊膜后, 斜向前外, 且斜度逐渐增加, 神经根与硬膜囊的夹角由  $80^\circ$  左右降至  $25^\circ$  左右;  $L_3$  脊神经近乎垂

直地穿出硬脊膜和椎间外孔;  $L_1$  和  $L_2$  脊神经斜向前上穿出硬脊膜, 与硬膜囊的夹角为  $130^\circ$  左右。脊神经在椎间外孔处的直径均为 2.0 mm 左右, 无统计学差异。兔腰神经通道的长度、脊神经在椎间外孔的直径以及与硬脊膜的夹角见表 1。

按照 A 组实验的结果, 即将长分别为 10 mm 和 12 mm (包括 2 mm 对硬膜囊的压迫、2 mm 椎间外孔的固定和相应腰神经通道的长度) 的硅胶管沿与硬脊膜的夹角分别为  $50^\circ$  和  $30^\circ$  左右的方向缓慢插入椎间管内, 分别压迫  $L_5$  和  $L_6$  神经根。结果, 10 只实验动物 1 只双下肢瘫痪, 余 9 只活动如常。10 d 后制作冰冻切片可见: 经关节突关节矢状面的椎间管形状如哑铃形, 上部高度约为下部高度的 2 倍, 脊神经位于椎间管的上部, 9 例硅胶管位于椎间管的下  $1/3$ , 与相应的脊神经保持一定的距离, 硅胶管的截面积为椎间管矢状面面积的 20% 左右, 1 例硅胶管插断脊神经; 椎间外孔矢状面上, 见椎间外孔形如三角形, 前部狭小, 后部宽大, 脊神经在前, 硅胶管在后, 其截面积为椎间外孔面积的 50% 左右; 冠状面上, 9 例无硬膜囊和脊髓破裂, 硅胶管轻度压迫硬膜囊和脊髓, 1 例硬膜囊破裂。B 组实验证实本方法插管成功率高, 约为 90%。具体测量结果见表 2, 图 2。

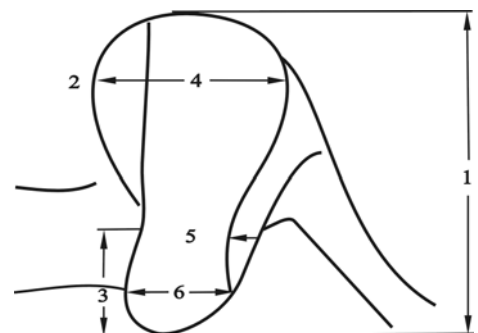


图 2 兔腰椎间孔数值的测量

## 讨 论

腰椎间盘突出症所引起的神经根压迫的机理尚不完全清楚。传统观点认为, 该病引起一系列的临床症状和体征是突出的椎间盘对神经根的直接压迫所致, 因此在治疗上主要解除突出椎间盘的机械压迫, 而研究的重点也多是椎间盘和椎间隙的变化。实际上, 除椎间盘和椎间隙外, 神经根在神经通道内的粘连和卡压也是引起腰椎间盘突出症临床症状和体征的重要原因。腰神经通道是指腰神经自离开硬膜囊至椎间外孔这一较窄的骨性纤维性通道, 此通道的任何一部分出现病变, 均可产生腰痛。

因此建立接近于神经根在神经通道内受压的动物模型, 进行各项研究指标的观测, 有利于了解疾病的发

表 1 兔腰神经根不同解剖位置测量值( $n=6, \bar{x} \pm s$ )

| 测量项目       | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | L <sub>3</sub> | L <sub>4</sub> | L <sub>5</sub> | L <sub>6</sub> | L <sub>7</sub> |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 脊神经根长度(mm) | 6.01 ± 1.01    | 5.21 ± 0.92    | 5.18 ± 0.24    | 4.76 ± 0.18    | 5.83 ± 1.18    | 8.94 ± 1.64    | 11.63 ± 1.46   |
| 与脊髓夹角(°)   | 128.50 ± 11.50 | 126.50 ± 12.20 | 97.00 ± 8.60   | 78.30 ± 11.30  | 55.20 ± 11.10  | 29.60 ± 4.20   | 25.00 ± 3.80   |
| 脊神经直径(mm)  | 2.05 ± 0.17    | 1.94 ± 0.18    | 2.05 ± 0.20    | 2.03 ± 0.21    | 1.86 ± 0.19    | 2.20 ± 0.19    | 2.11 ± 0.16    |

表 2 兔腰椎断层解剖测量值( $n=6, \bar{x} \pm s$ )

| 测量项目                     | L <sub>5/6</sub> | L <sub>6/7</sub> |
|--------------------------|------------------|------------------|
| 1- 椎间孔高度(mm)             | 7.85 ± 0.60      | 9.48 ± 0.81      |
| 2- 椎间孔上部高度(mm)           | 5.31 ± 0.43      | 6.28 ± 0.40      |
| 3- 椎间孔下部高度(mm)           | 2.55 ± 0.18      | 3.18 ± 0.28      |
| 4- 椎间孔上部宽度(mm)           | 3.38 ± 0.38      | 4.04 ± 0.55      |
| 5- 椎间孔中部宽度(mm)           | 2.83 ± 0.54      | 2.78 ± 0.46      |
| 6- 椎间孔下部宽度(mm)           | 2.43 ± 0.26      | 3.38 ± 0.26      |
| 椎间孔面积(mm <sup>2</sup> )  |                  |                  |
| (关节突关节内侧矢状面)             | 23.19 ± 2.64     | 30.86 ± 3.85     |
| 脊髓宽度(mm)                 |                  |                  |
| (相应脊神经出硬膜囊处)             | 6.32 ± 0.62      | 7.28 ± 0.81      |
| 椎间外孔前边长度(mm)             | 3.75 ± 0.25      | 4.56 ± 0.36      |
| 椎间外孔后边长度(mm)             | 2.71 ± 0.16      | 2.94 ± 0.23      |
| 椎间外孔底边长度(mm)             | 3.80 ± 0.12      | 4.11 ± 0.27      |
| 椎间外孔面积(mm <sup>2</sup> ) | 9.88 ± 1.46      | 11.23 ± 1.84     |
| 硅胶管截面积(mm <sup>2</sup> ) | 4.91             | 4.91             |

生、发展及临床治疗的开展。

目前,研究者们已经建立了大量的动物模型,用于研究神经根受压后的变化。一般可分为急性神经根受压模型和慢性神经根受压模型,施加压迫所用的材料也各不相同。如 Kobayashi 等<sup>[1]</sup>用金属圈压迫狗的脊神经根的急性神经根受压模型;Cornefjord 等<sup>[2]</sup>用一带有缺口的套管套在猪的腰神经根上的慢性压迫模型;Toh 等<sup>[3]</sup>用特制的“H”型金属夹夹住兔的腰骶部硬膜囊和神经根的慢性压迫模型等。以往压迫模型均须手术打开椎板,术中出血多,创伤大,对神经的损伤程度不易控制,而且不太符合临床的病理变化。因为,临床上压迫是缓慢发生的,神经根在神经通道内靠椎间管内的韧带固定,当其受到压迫时,有一定的缓冲余地,其压迫程度和力量是不断变化的。这正是临床接诊的大部分患者虽有反复发作的腰腿痛病史,但并未出现下肢运动神经和感觉神经受损的原因。为此,我们设计了一个腰神经和硬膜囊轻度慢性受压模型,本实验方法兔的骨性结构未受到破坏,近似于椎间盘突出和侧隐窝狭窄对神经根的压迫;不需打开椎板,易于操作,术中出血少,很好地控制了混杂因素。

我们在 A 组实验中观察到横突根部,乳状突的后方即为椎间外孔,其前部狭小,后部宽大。脊神经位于腰神经通道的上部,其下方为椎间动脉和椎间静脉。

椎间外孔的这一解剖结构有利于我们从横突根部,即椎间孔后部,沿相应方向将相应长度的硅胶管插入相应椎间孔内,不易损伤神经,但易损伤血管引起出血,所以,手术插管时动作要轻柔。椎间外孔面积、脊神经长度(从硬膜囊到相应椎间外孔)及其与硬脊膜的夹角依椎间隙的不同而各不相同(表 1)。L<sub>5</sub>、L<sub>6</sub> 脊神经分别长为 5.83 ± 1.18 mm 和 8.94 ± 1.64 mm,与硬脊膜的夹角分别为 55.2 ± 11.1° 和 29.6 ± 4.2°。L<sub>5</sub>、L<sub>6</sub> 脊神经出硬膜囊处的脊髓宽度分别为 6.32 ± 0.62mm 和 7.28 ± 0.81 mm。所以将长分别为 10mm 和 12 mm 的硅胶管沿与硬脊膜的夹角分别为 50 和 30°左右的方向缓慢插入椎间管内,压迫 L<sub>5</sub> 和 L<sub>6</sub> 神经根的同时对相应硬膜囊造成的是轻度压迫。在 B 组实验中,10 只实验动物有 1 只双下肢瘫痪,余 9 只活动如常。冠状面上,9 例无硬膜囊和脊髓的破裂,硅胶管轻度压迫硬膜囊和脊髓,1 例硬膜囊破裂,硅胶管插入脊髓内。分析 1 例插管失败的原因,可能为插管角度和硅胶管的长度未掌握好,导致硬膜囊破裂,造成神经根和脊髓受损。硅胶管在椎间管内压迫神经根的程度研究显示:硅胶管的截面积为椎间管矢状面面积的 20% 左右,为椎间外孔面积的 50% 左右。

本实验所制造的模型为脊神经轻度受压实验模型,实验时无需打开椎板,出血少,操作简便,接近于临床椎间盘突出和腰椎间管狭窄对脊神经的压迫。按照 A 组实验的结果进行插管,实验成功率高,不会因硅胶管损伤脊髓和脊神经而影响实验结果。

## 参 考 文 献

- 1 Kobayashi S, Yoshizawa H, Hachiya Y, et al. Vasogenic edema induced by compression injury to the spinal nerve root: Distribution of intravenously injected protein tracers and gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging. *Spine*, 1993, 18: 1410-24.
- 2 Cornefjord M, Satok, Olmarker K, et al. A model for chronic nerve root compression studies. *Spine*, 1997, 22: 946-957.
- 3 Toh E, Mochida J. Histologic analysis of the lumbosacral nerve roots after compression in young and aged rabbits. *Spine*, 1997, 22: 721-726.

(收稿日期:2002-04-03)

(本文编辑:熊芝兰)