

# 腰椎管狭窄症马尾神经冗余征发生的相关影响因素研究

邓波<sup>1</sup>, 李旭东<sup>1</sup>, 罗小中,<sup>1</sup> 颜学亮<sup>2,3</sup>

(1. 南华大学附属第七医院骨科, 湖南 长沙 410000); 2. 南华大学附属第二医院脊柱外科, 湖南 衡阳 421000; 3. 中南大学生命科学学院, 湖南 长沙 410000)

**【摘要】** 目的: 探讨腰椎管狭窄症马尾神经冗余征形成的相关影响因素。方法: 回顾分析 2016 年 1 月至 2019 年 6 月收治的腰椎管狭窄症患者 116 例, 根据是否发生马尾神经冗余征(redundant nerve roots, RNRs), 分为冗余组和非冗余组, 其中非冗余组 74 例, 男 38 例, 女 36 例, 年龄(62.00±10.41)岁, 身体质量指数(body mass index, BMI)为(23.09±2.22) kg·m<sup>-2</sup>; 最大狭窄节段分别为 L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> 12 例, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> 38 例, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> 20 例, L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> 4 例。冗余组 42 例, 男 18 例, 女 24 例, 年龄(63.36±8.73)岁, BMI 为(22.63±2.60) kg·m<sup>-2</sup>; 最大狭窄节段分别为 L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> 3 例, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> 9 例, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> 27 例, L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> 4 例。仰卧位行 MRI 检查, 观察矢状位马尾神经的走形以及形态。分析比较术前腰腿痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)及 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI); 比较两组患者发生腰椎滑脱及黄韧带肥厚发生率; 同时测量最狭窄处椎间隙高度, 椎间孔高度, 椎间隙高度+椎体高度, 椎间隙层面正中矢状径, 椎体层面正中矢状径以及狭窄节段活动度(range of motion, ROM)。结果: 116 例腰椎管狭窄症患者, 其中 42 例患者发生 RNRs, 发生率为 36.2%。两组性别、年龄、BMI、术前腰腿痛 VAS 及 ODI 比较, 差异无统计学意义(P>0.05); 两组症状持续时间、腰椎滑脱率以及黄韧带肥厚发生率比较, 差异有统计学意义(P<0.05); 两组椎间隙高度、椎间孔高度、椎间隙高度+椎体高度、椎间隙层面正中矢状径、ROM 比较, 差异有统计学意义(P<0.05); 但两组椎体层面正中矢状径比较, 差异无统计学意义(P>0.05)。结论: 椎间隙高度、椎间孔高度、椎间隙高度+椎体高度、椎间隙层面正中矢状径是腰椎管狭窄症马尾神经冗余征形成的关键因素。

**【关键词】** 马尾神经冗余征; 椎间高度; 椎间孔高度; 腰椎管狭窄症

中图分类号: R681.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20201408

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Study on related influencing factors on the occurrence of redundant sign in the cauda equina in lumbar spinal stenosis**  
DENG Bo<sup>1</sup>, LI Xu-dong<sup>1</sup>, LUO Xiao-zhong<sup>1</sup>, YAN Xue-liang<sup>2,3</sup> (1. Department of Orthopaedics, the Seventh Affiliated Hospital of University of South China, Changsha 410000, Hunan, China; 2. Department of Spinal Surgery, the Second Affiliated Hospital of University of South China, Hengyang 421000, Hunan, China; 3. School of Life Science of Central South University, Changsha 410000, Hunan, China)

**ABSTRACT Objective** To analyze the relational factors influencing the formation of cauda equina redundant nerve roots (RNRs) of the lumbar spinal stenosis. **Methods** Clinical data of 116 patients with lumbar spinal stenosis treated from January 2016 to June 2019 were retrospectively analyzed. The patients were divided into redundant nerve roots (RNRs) group and non-RNRs group based on the presence or absence of RNRs on sagittal T2-weighted MRI. In the non-RNRs group, there were 74 patients, including 38 males and 36 females with an average age of (62.00±10.41) years old, the body mass index (BMI) was (23.09±2.22) kg·m<sup>-2</sup>; the maximum stenosis segment was L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> in 12 cases, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> in 38, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> in 20, and L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> in 4, respectively. In the RNRs group, there were 42 patients, including 18 males and 24 females with an average age of (63.36±8.73) years old, the BMI was (22.63±2.60) kg·m<sup>-2</sup>; the maximum stenosis segment was L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> in 3 cases, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> in 9, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> in 27 and L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> in 3, respectively. MRI was performed in the supine position to observe the conshape and morphology of the redundant nerve in the sagittal position. The preoperative low back and leg pain visual analogue scale (VAS), and preoperative Oswestry disability index (ODI) were analyzed, and the rate of spondylolisthesis and ligamentum flavum hypertrophy were compared. Simultaneously, the inter-vertebral height, intervertebral foramen height, inter-vertebral height+vertebral height, median sagittal diameter at the inter-vertebral space level (DIW-MSD), median sagittal diameter at the pedicle level (DV-MSD), range of motion (ROM) of the stenotic segment were measured and analyzed. **Results** Among the 116 patients with lumbar spinal stenosis,

通讯作者: 颜学亮 E-mail: 1282332385@qq.com

Corresponding author: YANG Xue-liang E-mail: 1282332385@qq.com

42 patients developed RNRs, with an incidence of 36.2%. There were no significant differences in gender, age, BMI, preoperative VAS for lumbar and leg pain and ODI between two groups ( $P>0.05$ ). There were statistically significant differences regard to the duration of symptoms and the rate of spondylolisthesis and ligamentum flavum hypertrophy ( $P<0.05$ ); the inter-vertebral height, intervertebral foramen height, inter-vertebral height+vertebral height, DIW-MSD, ROM of the stenotic segment were also significantly different between two groups ( $P<0.05$ ). However, there was no significant difference in DV-MSD between two groups ( $P>0.05$ ). **Conclusion** The inter-vertebral height, inter-vertebral foramen height, inter-vertebral height+vertebral height, DIW-MSD and ROM of the stenotic segment were the crucial factors related to RNRs in lumbar spinal stenosis.

**KEYWORDS** Redundant nerve roots; Intervertebral height; Intervertebral foramen height; Lumbar spinal stenosis

马尾神经冗余征 (redundant nerve roots, RNRs) 是指椎管内的马尾神经出现松弛, 迂曲, 甚至粘连而产生的一系列临床现象<sup>[1-2]</sup>。有研究认为 RNRs 与腰椎管狭窄症患者症状严重程度密切相关<sup>[3]</sup>。在 RNRs 与腰椎管狭窄的相关性研究中, SAVARESE 等<sup>[4]</sup>对 171 例腰椎管狭窄症患者进行回顾性研究, 通过测量腰椎管横截面积 (cross-sectional area, CSA) 以评价腰椎管狭窄程度, 提示腰椎管狭窄程度及腰椎滑脱程度与 RNRs 的发生密切相关, 椎管狭窄和腰椎滑脱是 RNRs 存在的独立危险因素, 尤其是腰椎硬膜囊 CSA $<50\text{ mm}^2$  时发生 RNRs 可能性越大。HUR 等<sup>[5]</sup>通过测量比较椎管内的椎间盘突出面积、黄韧带肥厚面积及腰椎动力位节段角度, 认为腰椎动力位活动度增大和黄韧带肥厚是 RNRs 发生的主要原因。而 KUBOSCH 等<sup>[6]</sup>则认为脊柱的退变程度和活动范围是否是 RNRs 的形成原因或影响因素尚不确定, 仍需进一步研究。本研究回顾分析 2016 年 1 月至 2019 年 6 月收治的 116 例腰椎管狭窄患者的临床资料以及影像学资料, 统计学分析椎间隙高度、椎间孔高度、椎间隙高度+椎体高度、椎间隙层面正中矢状径以及狭窄节段 ROM 在 RNRs 形成中临床以及放射学意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

**1.1.1 纳入标准** 符合腰椎管狭窄症的诊断标准, 有间歇性跛行症状; 年龄 $>18$ 岁; 腰椎 X 线、CT 和 MRI 检查完整清晰, 单一节段或者多节段的椎管狭窄。

**1.1.2 排除标准** 既往有脊椎手术史; 感染性疾病; 未在我院接受 MRI 检查; 患者接受过脊髓干预, 如硬膜外注射或脊髓造影; 先天性腰椎管狭窄病史; 椎体发生过陈旧性骨折。

### 1.2 临床资料

共纳入 116 例患者, 根据是否发生 RNRs, 分为冗余组和非冗余组。非冗余组 74 例, 男 38 例, 女 36 例, 年龄 (62.00 $\pm$ 10.41) 岁, 身体质量指数 (body mass index, BMI) (23.09 $\pm$ 2.22)  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; 最大狭窄节段: L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> 12 例, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> 38 例, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> 20 例, L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> 4 例。冗余组 42 例, 男 18 例, 女 24 例, 年龄 (63.36 $\pm$ 8.73) 岁,

BMI 为 (22.63 $\pm$ 2.60)  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ; 最大狭窄节段: L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub> 3 例, L<sub>3</sub>-L<sub>4</sub> 9 例, L<sub>4</sub>-L<sub>5</sub> 27 例, L<sub>5</sub>-S<sub>1</sub> 3 例。

### 1.3 RNRs 判断方法

通过 MRI T2 加权相, 根据马尾在椎管内是否出现松弛、迂曲以及匍行的表现, 由 3 位放射科医生负责判断 RNRs, 其中有 2 位或者 3 位医生判断 RNRs, 则认为是 RNRs。

### 1.4 观察项目与方法

收集腰椎正侧位、动力位 X 线、腰椎 CT 检查、MRI 矢状位 T1 加权图像和横断面 T1 加权图像。

**1.4.1 两组一般情况和临床表现观察** 比较两组患者性别、年龄、BMI、症状持续时间和症状严重的程度, 包括术前腰腿痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 以及术前 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)。

**1.4.2 放射学参数测量** 腰椎狭窄部位、椎间隙高度、椎间孔高度、椎体高度、椎间隙层面正中矢状径、椎体层面正中矢状径、狭窄节段活动度、腰椎滑移率、黄韧带肥厚发生率。

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析, 年龄、BMI、症状持续时间、术前 ODI、椎间隙高度、椎间孔高度、椎间隙高度+椎体高度、椎间隙层面正中矢状径、椎体层面正中矢状径、狭窄节段 ROM 等定量资料以均数 $\pm$ 标准差 ( $\bar{x}\pm s$ ) 表示, 采用独立样本  $t$  检验; 性别、腰椎滑移率以及黄韧带肥厚发生等定性资料以例表示, 采用  $\chi^2$  检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

116 例腰椎管狭窄症患者, 其中 42 例发生 RNRs, 发生概率为 36.2%。两组性别、年龄、BMI、术前腰腿痛 VAS 及 ODI 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 两组症状持续时间、腰椎滑脱率以及黄韧带肥厚发生比较, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。见表 1。两组椎间隙高度、椎间孔高度、椎间隙高度+椎体高度、椎间隙层面正中矢状径比较, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 但两组椎体层面正中矢状径比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 2。

### 3 讨论

本研究纳入的腰椎管狭窄症患者 MRI 检查结果中出现 RNRs 发生率为 36.2%，这与以往文献报道腰椎管狭窄症患者中 RNRs 发生率可达 33.8%~42.3%是一致的<sup>[2]</sup>。腰椎管狭窄症患者的机械压迫被认为是 RNRs 形成根本原因<sup>[5]</sup>。在椎管内,这些受压的神经会随腿部和躯干的伸展过程中被明显地拉伸,最终导致它们的延长。此外,有学者认为 RNRs 可能与马尾神经微血管功能异常有关,马尾神经局部缺血,促使马尾神经螺旋、迂曲<sup>[6]</sup>。

以往对于 RNRs 的认识主要通过脊髓造影来进行判断,随着 MRI 的普及以及应用,MRI 为 RNRs 的诊断提供了重要的依据,对于 RNRs 的认识和研究也有了进一步的加深。RNRs 的 MRI 影像学特点是 T2 加权像上表现为椎管内松弛、迂曲以及缠绕的高信号影,而在 T1 加权像和脂肪抑制像中则难以观察<sup>[6]</sup>。本研究发现 RNRs 更加倾向于发生在 L<sub>4,5</sub> 及以上狭窄的节段,考虑较高节段椎管内马尾神经数目较多,受压后更易形成 RNRs 有关。YOKOYANA

等<sup>[7]</sup>发现 2 节段或多节段狭窄患者在术前和术后行走的距离比单一节段狭窄患者要短得多。

本研究中发现两组腰椎管狭窄症患者年龄、性别、BMI、术前腰痛 VAS、术前腿疼 VAS 以及术前 ODI 比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。这与 HUR 等<sup>[5]</sup>的研究是一致的。然而,本研究发现两组腰痛腿痛症状持续时间比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。这与之前的相关研究表明年龄越大、症状持续时间越长,RNRs 发生的概率越大是一致的<sup>[5]</sup>。然而,本研究结果表明年龄与 RNRs 发生无明显相关性。SAVARESE 等<sup>[4]</sup>研究表明腰椎滑脱患者发生 RNRs 的概率是 55.56%,而没有发生腰椎滑脱的患者发生 RNRs 的概率为 23.61%,最终表明腰椎滑脱症患者更容易出现 RNRs。本研究与 SAVARESE 等<sup>[4]</sup>的研究结果是一致的。有研究表明黄韧带肥厚是腰椎管狭窄主要的致病因素,同时,黄韧带的肥厚与马尾神经承受机械压力有密切的关系<sup>[8]</sup>。在本研究中冗余组患者出现黄韧带的肥厚的概率高于非冗余组 ( $P<0.05$ )。HUR 等<sup>[5]</sup>研究表明患者椎管内黄韧带肥厚比

表 1 两组腰椎管狭窄患者一般临床资料和临床表现比较

Tab.1 Comparison of general clinical data and clinical manifestations between two groups of patients with lumbar spinal stenosis

组别	例数	年龄( $\bar{x}\pm s$ )/岁	性别/例		BMI( $\bar{x}\pm s$ )/(kg·m <sup>-2</sup> )	术前 VAS( $\bar{x}\pm s$ )/分	
			男	女		腰痛	腿痛
冗余组	42	63.36±8.73	18	24	22.63±2.60	6.57±1.15	7.19±1.11
非冗余组	74	62.00±10.41	38	36	23.09±2.22	6.45±0.83	6.89±1.09
检验值		1.067	0.774		0.616	0.605	1.407
P 值		0.292	0.379		0.541	0.546	0.162

  

组别	例数	术前 ODI( $\bar{x}\pm s$ )/分	症状持续时间( $\bar{x}\pm s$ )/月	最大狭窄节段/例				腰椎滑脱/例	黄韧带肥厚/例
				L <sub>2</sub> -L <sub>3</sub>	L <sub>3</sub> -L <sub>4</sub>	L <sub>4</sub> -L <sub>5</sub>	L <sub>5</sub> -S <sub>1</sub>		
冗余组	42	40.14±3.62	28.00±4.41	3	9	27	3	26	21
非冗余组	74	40.57±3.25	22.36±5.49	12	38	20	4	16	7
检验值		0.649	1.982					18.82	24.05
P 值		0.518	<0.000 1					<0.000 1	<0.000 1

注:症状持续时间指患者腰腿痛持续时间

表 2 两组腰椎管狭窄患者影像学参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.2 Comparison of radiographic parameters between two groups of patients with lumbar spinal stenosis( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	椎间隙高度/mm	椎间孔高度/mm	椎间隙高度+椎体高度/mm	椎间隙层面正中矢状径/mm	椎体层面正中矢状径/mm	狭窄节段 ROM/°
冗余组	42	7.25±1.65	16.76±2.77	35.40±3.39	9.22±2.08	12.87±2.16	7.15±2.46
非冗余组	74	9.12±1.67	20.50±3.73	38.57±3.27	15.25±2.71	13.56±1.78	5.46±3.08
t 值		5.85	5.66	4.86	12.43	1.85	3.04
P 值		<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1	0.060 0	0.002 9

椎管内其他结构与 RNRs 发生具有更强的关系。

RNRs 的出现与腰椎管狭窄密切相关<sup>[9]</sup>。本研究采用椎间隙层面正中矢状径和椎体层面正中矢状径两种方法来评估椎管狭窄的程度。CT 测量评价腰椎管狭窄的方法很多,其中最简单和常用的是测量正中矢状径法。在以往的研究中椎管正中矢状径大多采用的是椎体层面正中矢状径,正中矢状径在椎间隙层面与椎体层面不一致,两者分别使用可提高腰椎管狭窄的符合率。在本研究中,通过测量两组患者椎间隙层面正中矢状径和椎体层面正中矢状径,结果提示在椎间隙层面正中矢状径上冗余组要小于非冗余组( $P<0.05$ )。然而,两组椎体层面正中矢状径差异无统计学意义( $P>0.05$ )。这表明腰椎管狭窄症患者 RNRs 的形成是由于椎间隙处椎管狭窄所导致的。笔者分析认为在椎间隙层面出现椎间盘突出、黄韧带的肥厚以及硬脊膜囊后方脂肪,这些因素最终导致椎间隙层面正中矢状径明显狭窄。这与 SAVARESE 等<sup>[4]</sup>和 HUR 等<sup>[5]</sup>的研究结果是一致的。

椎间隙高度的测量分为前缘、中间及后缘的高度,本研究测量的是椎间隙后缘的高度,因为椎体的后缘和椎体高度是构成椎管的长度。目前还未有相关的报道对椎间隙高度、椎间孔的高度以及椎间隙高度+椎体高度是否与腰椎管狭窄症患者 RNRs 形成的相关性的研究。为了避免不同患者的个体差异,采用了椎间隙高度/椎体高度这个比值。由于该比值较为恒定,通过这 3 个数值一起来评判椎管长度的指标,本研究发现在腰椎管狭窄症患者中冗余组在椎间隙高度、椎间孔的高度以及椎间隙高度/椎体高度均小于非冗余组。笔者分析认为由于椎间隙高度、椎间孔的高度变小引起椎管长度的变短,最终引起马尾在椎管内所占有的长度变小。众所周知,马尾神经是漂浮在椎管内的脑脊液当中的,马尾神经总的长度是没有发生改变,当容纳马尾的椎管的长度变短时,那么马尾神经可能就会出现 RNRs 现象。

脊柱曲度是脊柱结构中重要的特征,脊柱曲度的维持与脊柱疾病的预防有密切的关系<sup>[10]</sup>。ONO 等<sup>[1]</sup>在椎管造影中发现 RNRs 的发生率在腰椎背伸位中立位高于屈曲位。陈金水等<sup>[11]</sup>对 93 例行腰椎后路椎板全切减压手术的腰椎管狭窄症患者发生 RNRs 的因素进行分析,结果提示腰椎前凸角度和腰椎活动度与 RNRs 的发生有关。本次研究中发现冗余组的患者在狭窄节段的 ROM 角度上要大于非冗

余组( $P<0.05$ )。再次说明腰椎管狭窄症患者出现 RNRs 与腰椎活动度相关。

综上所述,腰椎管狭窄症患者出现 RNRs 的现象很普遍。本次研究和以往的研究再次明确腰痛症状持续越长、腰椎滑移以及黄韧带肥厚是 RNRs 形成的相关因素。此外,笔者还证明了椎间隙高度、椎间孔的高度、椎间隙高度+椎体高度是导致 RNRs 形成关键因素。

#### 参考文献

- [1] ONO A, SUETSUNA F, IRIE T, et al. Clinical significance of the redundant nerve roots of the cauda equina documented on magnetic resonance imaging[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(1): 27-32.
- [2] MIN J H, JANG J S, LEE S H. Clinical significance of redundant nerve roots of the cauda equina in lumbar spinal stenosis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2008, 110(1): 14-18.
- [3] OZTURK A K, GOKASLAN Z L. Clinical significance of redundant nerve roots of the cauda equina[J]. World Neurosurg, 2014, 82(6): e717-e718.
- [4] SAVARESE L G, FERREIRA-NETO G D, HERRERO C F, et al. Cauda equina redundant nerve roots are associated to the degree of spinal stenosis and to spondylolisthesis[J]. Arq Neuropsiquiatr, 2014, 72(10): 782-787.
- [5] HUR J W, HUR J K, KWON T H, et al. Radiological significance of ligamentum flavum hypertrophy in the occurrence of redundant nerve roots of central lumbar spinal stenosis[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2012, 52(3): 215-220.
- [6] KUBOSCH D, VICARI M, SILLER A, et al. The lumbar spine as a dynamic structure depicted in upright MRI[J]. Medicine, 2015, 94(32): e1299.
- [7] YOKOYAMA K, KAWANISHI M, YAMADA M, et al. Clinical significance of postoperative changes in redundant nerve roots after decompressive laminectomy for lumbar spinal canal stenosis[J]. World Neurosurg, 2014, 82(6): e825-e830.
- [8] POUREISA M, DAGHIGHI M H, EFTEKHARI P, et al. Redundant nerve roots of the cauda equina in lumbar spinal canal stenosis, an MR study on 500 cases[J]. Eur Spine J, 2015, 24(10): 2315-2320.
- [9] YANG S M, PARK H K, CHO S J, et al. Redundant nerve roots of cauda equina mimicking intradural disc herniation: a case report[J]. Korean J Spine, 2013, 10(1): 41-43.
- [10] CHERNUKHA K V, DAFFNER R H, REIGEL D H. Lumbar lordosis measurement. A new method versus Cobb technique [J]. Spine, 1998, 23(1): 74-79; discussion 79-80.
- [11] 陈金水, 林松庆, 徐皓, 等. 腰椎前凸角和活动度与马尾神经根松弛症的相关性研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(1): 24-26.  
CHEN J S, LIN S Q, XU H, et al. Lumbar lordosis angle and range of motion in development of redundant nerve roots[J]. Chin J Bone Joint Injury, 2016, 31(1): 24-26. Chinese.

(收稿日期:2021-06-17 本文编辑:王宏)