

# 马尾冗余症在腰椎管狭窄症患者中的临床意义及相关危险因素分析

吴仲宣,肖良,赵泉来,刘晨,孙斌洲,耿寅,江雨剑

(皖南医学院脊柱外科研究中心 皖南医学院弋矶山医院脊柱骨科,安徽 芜湖 241001)

**【摘要】** 目的:探究马尾冗余症(redundant nerve roots, RNRs)在腰椎管狭窄患者中的诊疗意义,并筛选与 RNRs 相关的危险因素。方法:回顾性分析 2015 年 4 月 1 日至 2020 年 11 月 30 日 196 例于皖南医学院弋矶山医院脊柱外科就诊的腰椎管狭窄症患者临床资料。根据是否出现 RNRs 将所有患者分为 RNRs 阳性组和 RNRs 阴性组。比较两组患者一般临床资料、影像学参数、视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)等指标差异性,利用二元 Logistic 回归分析筛选与 RNRs 高度相关的危险因素。结果:RNRs 阳性组 59 例, RNRs 阴性组 137 例。196 例腰椎管狭窄症患者 RNRs 发生率为 30.10%(59/196)。两组患者 VAS、ODI 组间差异有统计学意义( $P<0.05$ ), RNRs 阳性组患者临床症状较 RNRs 阴性组重。年龄、狭窄节段数、腰椎硬膜囊面积平均值、最狭窄节段及最狭窄节段硬膜囊面积差异有统计学意义( $P<0.05$ )。二元 Logistic 回归分析显示狭窄节段数、椎管正中矢状径平均值及腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值与 RNRs 产生与否具有相关性( $P<0.05$ ),其中狭窄节段数回归系数为-1.115,椎管正中矢状径回归系数为-1.707,腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值回归系数为 7.556。结论:伴有 RNRs 的腰椎管狭窄症患者临床症状较不伴者明显严重。狭窄节段数、椎管正中矢状径、腰椎椎间隙硬膜囊面积是 RNRs 发生的高危因素,其中腰椎椎间隙硬膜囊面积相关性最高。

**【关键词】** 马尾神经冗余症; 椎管狭窄症; 危险因素; 椎间隙硬膜囊面积

中图分类号:R683

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2023.09.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Clinical significance and risk factors of redundant nerve root in patients with lumbar spinal stenosis

WU Zhong-xuan, XIAO Liang, ZHAO Quan-lai, LIU Chen, SUN Hong-zhou, GENG Yin, JIANG Yu-jian (Spine Surgery Research Center of Wannan Medical College, Department of Spine Surgery, Yijishan Hospital, the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241001, Anhui, China)

**ABSTRACT Objective** To investigate the clinical significance and screen the risk factors of redundant nerve roots (RNRs) in patients with lumbar spinal stenosis. **Methods** The clinical data of 196 patients with lumbar spinal stenosis in the department of Spinal Surgery, Yijishan Hospital, Wannan Medical College from April 1, 2015 to November 30, 2020 were retrospectively analyzed. All patients were divided into RNRs positive group and RNRs negative group according to the presence of RNRs. The differences in general clinical data, imaging parameters, visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI), and other indicators between the two groups were compared. The risk factors which are highly correlated with RNRs were screened by binary Logistic regression analysis. **Results** There were 59 cases in the RNRs positive group, with an occurrence rate of 29.95% (59/137), and 137 cases in the RNRs negative group. The incidence rate of RNRs in 196 patients with lumbar spinal stenosis was 30.10% (59/196). VAS and ODI scores of patients in the two groups were statistically significant ( $P<0.05$ ), and clinical symptoms of patients in the RNRs positive group were more severe than those in the RNRs negative group. There were significant differences in age, number of stenosis segments, average area of lumbar dural sac, area of the narrowest segment and the narrowest segment ( $P<0.05$ ). Binary logistic regression analysis showed that the number of stenosis segments, the average median sagittal diameter of spinal canal, and the average area of dural sac in lumbar intervertebral space were correlated with the generation of RNRs ( $P<0.05$ ). The regression coefficient of the number of stenosis segments was -1.115, the regression coefficient of the median sagittal diameter of the spinal canal was -1.707, and the regression coefficient of the mean dural sac

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:81972108);皖南医学院弋矶山医院科技创新团队“攀峰”培育计划和皖南医学院弋矶山医院科研能力“高峰”培育计划项目(编号:PF2019007, GF2019T02, GF2019G07, GF2019G12)

Fund program: National Natural Science Foundation of China (No.81972108)

通讯作者:赵泉来 E-mail:quanlai1986@126.com

Corresponding author: ZHAO Quan-lai E-mail:quanlai1986@126.com

area of the lumbar intervertebral space was 7.556. **Conclusion** The clinical symptoms of patients with lumbar spinal stenosis accompanied by RNRs are more severe than those without them. The number of narrow segments, median sagittal diameter of the spinal canal, and the area of the lumbar intervertebral dural sac are the high-risk factors for RNRs, with the area of the lumbar intervertebral dural sac has the highest correlation.

**KEYWORDS** Redundant nerve root; Spinal stenosis; Risk factors; Intervertebral dural sac

腰椎管狭窄症是由于先天或后天因素所致腰椎管或椎间孔狭窄,进而引起马尾神经受压、血液循环障碍,出现下肢疼痛麻木、神经源性跛行、伴或不伴腰痛症状的一组综合征<sup>[1]</sup>。它是中老年患者最常见的脊柱退行性疾病之一,严重者可出现大小便失禁,甚至下肢瘫痪<sup>[2-3]</sup>。腰椎管狭窄症往往继发于腰椎间盘突出症或腰椎滑脱症, MRI 可以直观判断狭窄程度及狭窄节段,对疾病做出准确的诊断。在众多腰椎管狭窄患者中,某些患者行磁共振检查可以观察到一种特殊征象——马尾神经在形态上发生改变,这种现象最早于 1954 年由 VERBIEST<sup>[4]</sup>描述,1968 年 CREMSSAN 等<sup>[5]</sup>将其命名为马尾神经冗余症(redundant nerve roots, RNRs)。马尾神经冗余症是指马尾神经在椎管内表现出迂曲、缠绕、匍行的现象。据研究表明,腰椎管狭窄症患者中 RNRs 的发生相对普遍,其发生率可达 33.8%~42.3%<sup>[6-7]</sup>。但目前的病理生理机制尚不明确,且对于临床治疗的指导价值不明。有学者认为,由于各种原因导致椎管内容积减少,马尾神经受到挤压,当患者在做腰椎屈伸运动时,神经由于压迫而不断被拉伸,从而导致马尾的松弛与迂曲<sup>[8-9]</sup>。TSUJI 等<sup>[10]</sup>认为 RNRs 由于狭窄持续时间较长而导致马尾神经血流量减少,马尾神经局部缺血,神经元细胞坏死缺失,神经纤维排列紊乱、数量减少,同时合并有脱髓鞘、施万细胞增殖以及神经内膜纤维化等表现,狭窄处神经根产生一种“摩擦性神经炎”,从而导致马尾神经冗余的产生。既往众多研究表明,马尾神经根冗余的出现,在一定程度上提示该患者神经开始或已经出现了不可逆转的损伤,往往预示着患者预后较差,术后功能恢复不理想<sup>[6-7, 11-13]</sup>,但其发生的高危因素目前仍不清楚。因此,本研究通过回顾性分析观察合并有 RNRs 的腰椎管狭窄症患者临床症状是否较无 RNRs 者明显,此外试图筛选出与 RNRs 发生相关的高危因素,为临床诊治提供参考价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准:(1)患者均诊断为腰椎管狭窄症。诊断依据为影像学上测量腰椎硬膜囊水平面最狭窄处的横截面积 $<1\text{ cm}^2$ <sup>[14]</sup>,合并或不合并间歇性跛行。(2)所有患者临床资料完整。

排除标准:先天或后天性脊柱畸形的患者;既往

有腰椎手术史;合并腰椎肿瘤、感染、神经损伤,既往有脊柱外伤史的致脊柱骨质破坏或椎管内各径线短缩的患者;腰椎峡部裂所致腰椎滑脱症造成的继发性腰椎管狭窄症患者;随访资料不完整,或不满足基本测量条件。

### 1.2 一般资料

收集 2015 年 4 月 1 日至 2020 年 11 月 30 日于皖南医学院弋矶山医院脊柱骨科就诊的 196 例腰椎管狭窄症患者临床资料,其中男 94 例,女 102 例,年龄 37~86 (63.77 $\pm$ 9.13) 岁,身高 153~175 (164.06 $\pm$ 4.76) cm, 体重 42~97 (63.90 $\pm$ 8.61) kg, 身体质量指数 (body mass index, BMI) 15.03~34.37 (23.75 $\pm$ 3.13)  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 骨密度值 (bone mineral density, BMD) 为 (1.08 $\pm$ 0.16)  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

### 1.3 观察项目与方法

根据 MRI 上是否出现马尾神经冗余征象(图 1)将所有患者分为 RNRs 阳性组和 RNRs 阴性组。比较两组患者一般临床资料、影像学参数、视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 等<sup>[15]</sup>指标差异性,利用二元 Logistic 回归分析筛选与 RNRs 高度相关的危险因素。



图 1 腰椎 MRI 矢状面上出现 RNRs

Fig.1 Lumbar MRI showed RNRs on sagittal view

影像学参数从我院 PACS 系统获得,在患者侧位 X 线片上测量椎间隙高度和腰椎前凸角(图 2)。椎间隙高度为椎体前缘高度与椎体后缘高度的平均

值,腰椎前凸角是 L<sub>1</sub> 上终板与 S<sub>1</sub> 上终板之间的成角<sup>[16]</sup>。在患者腰椎 MRI 横断位 T2 加权像上测量椎管正中矢状径和硬膜囊面积(图 3),椎管正中矢状径取椎间盘后缘中点与两侧椎板交点的连线,硬膜囊面积为硬膜囊围成区域的横截面积<sup>[17-18]</sup>。分别记录出现 RNRs 节段以下所有节段硬膜囊面积的平均值(即硬膜囊面积平均值)和最狭窄节段硬膜囊面积(即硬膜囊面积最小值),RNRs 阴性组患者硬膜囊面积平均值则记为 L<sub>1</sub>-L<sub>5</sub> 节段硬膜囊面积平均值。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析,定量资料符合正态分布以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用成组设计定量资料的 *t* 检验;定性资料比较采用  $\chi^2$  检验。采用二元 Logistic 回归分析筛选 RNRs 的相关危险因素。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 伴有 RNRs 患者临床特征

196 例中 59 例出现 RNRs, 出现率为 30.10% (59/196)。冗余节段 L<sub>2,3</sub> 5 例, L<sub>3,4</sub> 19 例, L<sub>4,5</sub> 30 例, L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 5 例。根据 MRI 上是否出现马尾神经冗余征象将所有患者分为 RNRs 阳性组(59 例)和 RNRs 阴性组(137 例)。RNRs 阳性组患者年龄较 RNRs 阴性组高(*t*=3.759, *P*=0.000)。性别、身高、体重、BMI、BMD 组间比较差异无统计学意义。RNRs 阳性组患者的硬膜囊面积平均值明显低于 RNRs 阴性组(*t*=6.723, *P*=0.000)。两组患者最狭窄节段构成比比较,差异有统计学意义( $\chi^2=9.106, P=0.011$ ),但椎管正中矢状径、椎间高度、腰椎前凸角组间比较差异无统计学意义(*P*>0.05)。见表 1。

### 2.2 伴有 RNRs 患者 ODI 与 VAS 比较

RNRs 阳性组患者 ODI 高于 RNRs 阴性组(*t*=15.949, *P*=0.000)。RNRs 阳性组患者 VAS 高于 RNRs 阴性组(*t*=15.303, *P*=0.000)。见表 2。

### 2.3 Logistic 回归分析

RNRs 阳性组与 RNRs 阴性组患者年龄、狭窄节段数、椎间隙硬膜囊面积平均值、最狭窄节段分布差异有统计学意义(*P*<0.05)。二元 Logistic 回归分析显示狭窄节段数(*P*=0.000)、椎管正中矢状径平均值(*P*=0.046)及腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值(*P*=0.000)与 RNRs 产生与否具有相关性,其中狭窄节段

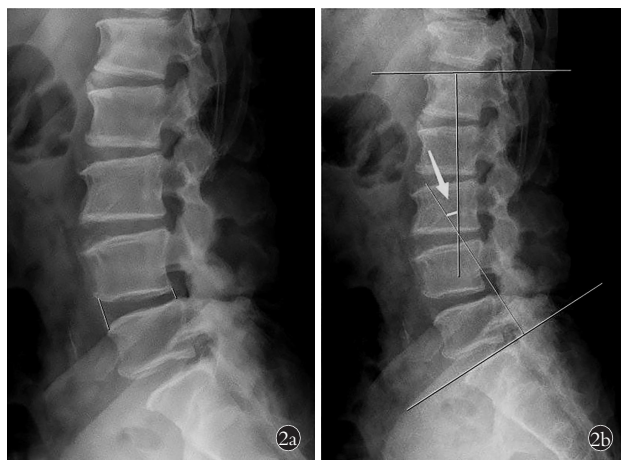


图 2 腰椎 X 线矢状位椎间隙高度和前凸角的测量 2a. 腰椎椎间隙高度取椎体前缘高度与椎体后缘高度的平均值 2b. 腰椎前凸角为 L<sub>1</sub> 上终板与 S<sub>1</sub> 上终板之间的夹角

Fig.2 Measurement of the height and anterior convex angle of lumbar intervertebral space in sagittal X-ray position 2a. Measurement method of lumbar intervertebral space height, taking the average height of anterior and posterior vertebral edges 2b. Lumbar lordosis angle was measured as the angle between the upper end plate of L<sub>1</sub> and S<sub>1</sub>

数回归系数为-1.115,椎管正中矢状径回归系数为-1.707,腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值回归系数为 7.556。这表明狭窄节段数越多、椎管正中矢状径越长,冗余节段以下硬膜囊面积平均值越小,RNRs 越可能出现。见表 3。

## 3 讨论

### 3.1 RNRs 发病机制及发病率

RNRs 曾被认为是一种罕见的先天性异常,1954 年,VERBIEST<sup>[4]</sup>首次在腰椎管狭窄患者 X 线

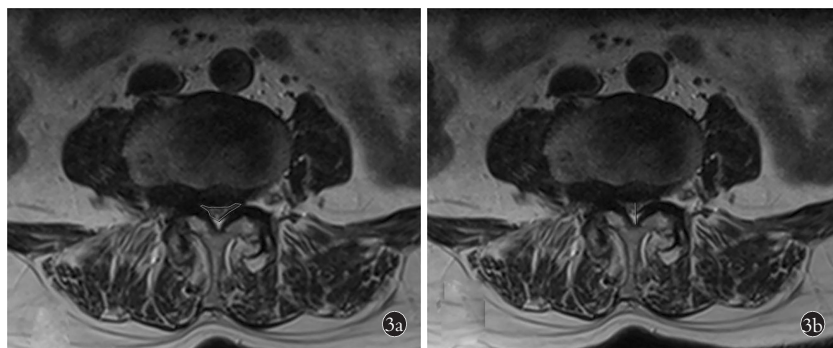


图 3 腰椎 MRI 横断位 T2 加权像 3a. 横断面硬膜囊面积的测量方法,即硬膜囊围成区域的横截面积 3b. 横断面椎管正中矢状径的测量方法,取椎间盘后缘中点与两侧椎板交点的连线

Fig.3 Transverse T2-weighted image of lumbar MRI 3a. Measurement method of the area of the dural sac in cross section, that is, the cross-sectional area of the area surrounded by the dural sac 3b. Method for measuring the sagittal diameter of the median of the transverse spinal canal, taking the line connecting the midpoint of the posterior edge of the intervertebral disc and the intersection of the two vertebral plates

表 1 RNRs 阳性组和 RNRs 阴性组患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general clinical data between RNRs-positive and RNRs-negative patients

组别	例数	性别/例		年龄( $\bar{x}\pm s$ )/岁	身高( $\bar{x}\pm s$ )/cm	体重( $\bar{x}\pm s$ )/kg	BMI( $\bar{x}\pm s$ )/ (kg·m <sup>-2</sup> )	BMD( $\bar{x}\pm s$ )/ (g·cm <sup>-3</sup> )	狭窄节段( $\bar{x}\pm s$ ) /个
		男	女						
RNRs 阳性组	59	29	30	67.07±7.36	164.10±4.15	64.32±7.66	23.89±2.74	1.04±0.17	2.47±0.77
RNRs 阴性组	137	65	72	62.35±9.48	164.04±5.01	63.72±9.01	23.69±3.29	1.09±0.16	1.77±0.78
检验值		$\chi^2=0.048$		$t=3.759$	$t=0.094$	$t=0.451$	$t=0.402$	$t=1.686$	$t=5.801$
P 值		0.826		0.000	0.925	0.652	0.688	0.093	0.000

组别	例数	椎管正中矢状 径( $\bar{x}\pm s$ )/cm	椎间高度( $\bar{x}\pm s$ ) /cm	腰椎前凸角 ( $\bar{x}\pm s$ )/°	椎间隙硬膜囊 面积( $\bar{x}\pm s$ )/cm <sup>2</sup>	最狭窄节段/例			最狭窄节段硬膜囊 面积( $\bar{x}\pm s$ )/cm <sup>2</sup>
						L <sub>3,4</sub>	L <sub>4,5</sub>	L <sub>5</sub> S <sub>1</sub>	
RNRs 阳性组	59	1.30±0.24	1.12±0.49	38.56±13.36	0.46±0.14	16	42	1	0.39±0.12
RNRs 阴性组	137	1.27±0.23	1.05±0.24	44.78±47.51	0.63±0.16	23	93	21	0.44±0.19
检验值		$t=0.819$	$t=1.293$	$t=0.987$	$t=6.723$	$\chi^2=9.106$			$t=2.004$
P 值		0.414	0.198	0.325	0.000	0.011			0.047

表 2 RNRs 阳性组和 RNRs 阴性组患者 VAS 和 ODI 比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.2 Comparison of VAS and ODI between RNRs-positive and RNRs-negative patients( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	VAS/分	ODI/%
RNRs 阳性组	59	5.78±0.69	58.97±4.90
RNRs 阴性组	137	3.80±1.07	42.93±9.09
t 值		15.303	15.949
P 值		0.000	0.000

脊髓造影中发现马尾神经根迂曲,1968 年 CREMSSAN 等<sup>[5]</sup>将其命名为马尾神经冗余症。目前的研究认为,冗余神经根是腰椎管狭窄症的一种常见的伴随症状,在本研究中 30.10%的腰椎管狭窄患者产生了马尾神经冗余的现象。RNRs 患者由于神经根长期受压迫造成神经不可逆损伤。KOBAYASHI<sup>[11]</sup>曾在文章中提到,这种不可逆的损伤是神经根特有的,在神经根动脉本身存在所谓的血流流出。机械压迫导致了脑脊液流动的紊乱,从静脉充血开始的循

环紊乱,以及血管神经屏障的破坏导致的神经根内水肿的形成,当该区域因压迫增加而容积减小时,神经内液体压力可能增加,水肿液体扩散至脑脊液中使得脑脊液压力进一步增加。另一方面,神经根组织在压迫下已经退化,各种化学介质释放,加重神经根症状。在腰椎反复屈伸运动过程中,狭窄部位的神经根被不断拉伸、收缩,表现有增厚的趋势,通常会增加这些机制的严重性<sup>[7,11]</sup>,CHEN 等<sup>[16]</sup>对 93 例腰椎管狭窄症患者进行了回顾性研究,发现较大的腰椎前凸角度和运动范围增加了 RNRs 形成的风险,且伸展位时检出率要高于中立位和屈曲位,患者术后恢复较差。SUZUKI 等<sup>[7]</sup>也指出 RNRs 的发病机制是椎管狭窄区域的神经根受到挤压的原因,尽管 RNRs 的病因尚不明确,但是这是目前普遍被认可的发病机制。

### 3.2 合并 RNRs 的腰椎管狭窄症患者临床特点

众多研究对马尾神经根的形态及 RNRs 产生的病理机制、临床意义等方面为切入点进行研究。任涛等<sup>[17]</sup>及曹和涛等<sup>[19]</sup>根据马尾神经冗余征 MRI 影像

表 3 腰椎管狭窄患者 RNRs 危险因素 Logistic 分析结果

Tab.3 Logistic analysis of risk factors for RNRs in patients with lumbar spinal stenosis

项目	回归系数	标准误	Walds 统计值	P 值	OR 值	95%可信区间	
						下限	上限
年龄	-0.031	0.025	1.558	0.212	0.970	0.924	1.018
狭窄节段数	-1.115	0.268	17.271	0.000	0.328	0.194	0.555
椎管正中矢状径平均值	-1.707	0.855	3.986	0.046	0.181	0.034	0.969
椎间高度平均值	-0.745	0.654	1.296	0.255	0.475	0.132	1.712
腰椎后凸角	0.005	0.007	0.618	0.432	1.005	0.992	1.019
腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值	7.556	1.734	18.998	0.000	1912.397	63.969	57172.511
最狭窄节段	-2.044	1.191	2.946	0.086	0.130	0.013	1.336
最狭窄节段硬膜囊面积	2.108	1.573	1.796	0.180	0.121	0.006	2.650

学的形态特点,将其分为 3 型,即藤索型、葡萄串珠型、蛇纹石型。最常见的为藤索型,最严重的为蛇纹石型,这时的马尾已出现严重迂曲,甚至团块状卷曲、层叠,为马尾神经冗余症的晚期病变。SUZUKI 等<sup>[20]</sup>通过组织病理学研究观察到冗余神经根的病理改变具有双重性:神经纤维排列紊乱和减少以及脱髓鞘现象,还观察到神经内膜纤维化和神经膜细胞增殖,冗余神经根在狭窄上方发现迂曲,并向下游延伸到狭窄阶段的下方,这一发现从微观角度解释了本研究病例中为什么有的神经根冗余发生在狭窄阶段上方,而有的却在狭窄阶段下方。总之,腰椎管狭窄症患者椎管内出现冗余神经根都预示着患者神经功能开始或已经出现损害。因此,RNRs 对患者预后的影响是比较有临床意义的研究方向。有学者认为 RNRs 与手术预后没有直接的相关性,MIN 等<sup>[12]</sup>对 68 例因单节段腰椎管狭窄症行椎板切除术的患者进行研究,将其分为有 RNRs 和无 RNRs 两组,认为尽管没有 RNRs 组的患者临床结果稍好,但两组患者手术结果之间差异并无统计学意义。但 MARQUES 等<sup>[21]</sup>得出的结论则是减压手术后,RNRs 患者的临床评分更差,恢复率更低。李会侠等<sup>[22]</sup>通过对比后路腰椎内固定椎间融合术后两组患者的临床疗效指标,得出结论,术后 RNRs 未解除患者较不伴有 RNRs 患者或术后 RNRs 解除的患者恢复差。鉴于这些结果,RNRs 可被视为腰椎管狭窄症患者的负预后因素。笔者通过对两组患者症状指标(VAS、ODI)的分析显示,两组患者的临床症状差异有统计学意义,有 RNRs 的患者比无 RNRs 的患者临床症状相对较重,这与大部分学者认为的伴有 RNRs 的腰椎管狭窄症患者的临床症状较重且术后恢复较差相一致,总体来看,有 RNRs 组的患者手术后功能恢复是比无 RNRs 组患者差的。

### 3.3 RNRs 对腰椎管狭窄症患者的预后评估及 RNRs 形成的高危因素分析

明确 RNRs 产生的危险因素,对临床医生选择合适的治疗时机及手术方案具有重要指导意义。然而,目前关于 RNRs 形成的危险因素报道较少。本研究中首先比较了伴有 RNRs 患者与无 RNRs 患者一般资料,包括年龄、性别、病程、身高、体重、BMI、BMD、狭窄节段数、椎管正中矢状径平均值、椎间高度平均值、腰椎前凸角、腰椎硬膜囊面积平均值、最狭窄节段、最狭窄节段硬膜囊面积等指标,结果显示年龄、狭窄阶段数、腰椎硬膜囊面积平均值、最狭窄节段及最狭窄节段硬膜囊面积差异有统计学意义。随后采用 Logistic 回归分析进行了进一步研究并发现狭窄节段数、椎管正中矢状径、腰椎椎间隙硬膜囊

面积平均值是腰椎管狭窄症患者 MRI T2WI 产生 RNRs 的危险因素。因此,狭窄阶段越多、椎管正中矢状径越长和腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值越小的腰椎管狭窄症患者可能更容易出现 RNRs,从数据分析得出椎管正中矢状径的回归系数为负值,即椎管正中矢状径越长,越容易出现 RNRs,椎管的尺寸不能仅仅通过测量椎管正中矢状径来确定。LASSALE 等<sup>[23]</sup>对椎管解剖进行研究则采用了椎管正中矢状径与横径相结合的方法来评估椎管的尺寸。椎管正中矢状径对椎管狭窄程度具有参考价值,但是不能代表椎管的狭窄程度,所以椎管正中矢状径长与硬膜囊面积窄不相矛盾。此次研究表明 RNRs 的出现不是单纯由最狭窄节段压迫马尾引起,而主要是由椎管容积减少引起,椎管容积即腰椎椎间隙硬膜囊面积平均值。据任涛等<sup>[17]</sup>之前研究,RNRs 的发生并不是由于某一间隙椎管压迫所致,而是由于椎管容量普遍减少所致,这也验证了研究结果,笔者猜测当马尾神经的空间代偿能力(马尾神经本身的弹性性质和周围的缓冲空间)超过本身的承受极限时可能会发生 RNRs。出现马尾受压并不代表一定表现出严重临床症状,但当临床上确诊马尾冗余症时,说明患者马尾神经已经出现不可逆损害,即表示马尾神经已存在较严重缺血、缺氧及微循环障碍,此时需尽快解除压迫,防止神经进一步损伤。

### 3.4 结论

腰椎管狭窄症患者腰椎 MRI T2WI 上 RNRs 非常常见,其临床症状较重。狭窄节段数、椎管正中矢状径、腰椎椎间隙硬膜囊面积是 RNR 发生的高危因素,其中腰椎椎间隙硬膜囊面积相关性最高。对于临床这部分指标异常的患者要高度重视,争取做到早诊断、早治疗,对那些存在危险因素的患者早期手术可能能够取得更好的手术效果。

#### 参考文献

- [1] SIRVANI M, BHATIA M, GANIYUSUFOGLU K A, et al. Degenerative lumbar spinal stenosis: correlation with Oswestry Disability Index and MR imaging[J]. Eur Spine J, 2008, 17(5): 679-685.
- [2] 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识组. 腰椎管狭窄症手术治疗规范中国专家共识(2014 年)[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(35): 2724-2725.  
CHINESE EXPERT CONSENSUS GROUP ON SURGICAL TREATMENT OF LUMBAR SPINAL STENOSIS. China expert consensus on surgical treatment of lumbar spinal Stenosis (2014)[J]. Natl Med J China, 2014, 94(35): 2724-2725. Chinese.
- [3] KATZ J N, HARRIS M B. Lumbar spinal stenosis[J]. N Engl J Med, 2008, 358(8): 818-825.
- [4] VERBIEST H. A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal[J]. J Bone Joint Surg Br, 1954, 36-B(2): 230-237.
- [5] CRESSMAN M R, PAWL R P. Serpentine myelographic defect

- caused by a redundant nerve root[J]. *J Neurosurg*, 1968, 28(4): 391-393.
- [6] 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.
- [7] SUZUKI K, TAKATSU T, INOUE H, et al. Redundant nerve roots of the cauda equina caused by lumbar spinal canal stenosis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1992, 17(11): 1337-1342.
- [8] 周晓航, 史凯文, 丁洪伟. 磁共振在腰椎管狭窄症诊断中的应用现状[J]. *磁共振成像*, 2019, 10(1): 77-80.  
ZHOU X H, SHI K W, DING H W. Application of MRI in diagnosis of lumbar spinal stenosis[J]. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2019, 10(1): 77-80. Chinese.
- [9] PARKE W W, GAMMELL K, ROTHMAN R H. Arterial vascularization of the cauda equina[J]. *J Bone Jt Surg*, 1981, 63(1): 53-62.
- [10] TSUJI H, TAMAKI T, ITOH T, et al. Redundant nerve roots in patients with degenerative lumbar spinal stenosis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1985, 10(1): 72-82.
- [11] KOBAYASHI S. Pathophysiology, diagnosis and treatment of intermittent claudication in patients with lumbar canal stenosis[J]. *World J Orthop*, 2014, 5(2): 134-145.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] FAIRBANK J C, PYNSENT P B. The Oswestry disability index[J]. *Spine*, 2000, 25(22): 2940-2952.
- [16] CHEN J S, WANG J Y, WANG B H, et al. Post-surgical functional recovery, lumbar lordosis, and range of motion associated with MR-detectable redundant nerve roots in lumbar spinal stenosis[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2016, 140: 79-84.
- [17] 任涛, 郑明辉, 王翔, 等. 腰椎管狭窄症马尾神经冗余征的观察及临床意义[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2018, 36(2): 221-225.  
REN T, ZHENG M H, WANG X, et al. The observation and clinical significance of redundant nerve roots of cauda equina in lumbar spinal stenosis[J]. *Chin J Clin Anat*, 2018, 36(2): 221-225. Chinese.
- [18] 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.
- [19] 曹和涛, 万娟, 侯冬梅, 等. 马尾神经根冗余 MRI 特征分析[J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39(4): 658-663.  
CAO H T, WAN J, HOU D M, et al. Analysis of redundant MRI features of the cauda equina nerve root[J]. *J Clin Radiol*, 2020, 39(4): 658-663. Chinese.
- [20] SUZUKI K, ISHIDA Y, OHMORI K, et al. Redundant nerve roots of the cauda equina: clinical aspects and consideration of pathogenesis[J]. *Neurosurgery*, 1989, 24(4): 521-528.
- [21] MARQUES C J, HILLEBRAND H, PAPAVERO L. The clinical significance of redundant nerve roots of the cauda equina in lumbar spinal stenosis patients: a systematic literature review and meta-analysis[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2018, 174: 40-47.
- [22] 李会侠, 赵玉龙, 王祺, 等. 腰椎管狭窄合并马尾神经冗余患者的手术疗效分析[J]. *天津医药*, 2021, 49(10): 1085-1088.  
LI H X, ZHAO Y L, WANG Q, et al. Analysis of surgical outcomes of lumbar spinal stenosis with redundant nerve roots[J]. *Tianjin Med J*, 2021, 49(10): 1085-1088. Chinese.
- [23] LASSALE B, MORVAN G, GOTTIN M. Anatomy and radiological anatomy of the lumbar radicular canals[J]. *Anat Clin*, 1984, 6(3): 195-201.

(收稿日期: 2022-05-06 本文编辑: 王宏)