

· 综 述 ·

马尾神经根松弛症的研究进展

钟远鸣¹, 廖俊城², 霍杰钊², 赵犀², 张翼升², 邓文仕²

(1. 广西中医药大学第一附属医院, 广西 南宁 530023; 2. 广西中医药大学, 广西 南宁 530001)

摘 要 马尾神经根松弛症 (redundant nerve roots, RNRs) 是一种特殊影像学表现, 在腰椎管狭窄症 (lumbar spinal stenosis, LSS) 患者中发生率较高。目前国内外学者对 RNRs 做了较多的相关研究, 但对其发生率、形成机制、临床意义等尚无统一定论。本文从 RNRs 的内涵、发生率、形成机制、临床表现、诊断、治疗以及 RNRs 与 LSS 术后疗效的相关性几个方面对 RNRs 的研究进展进行了综述。

关键词 椎管狭窄; 腰椎; 马尾神经根松弛症; 综述

腰椎管狭窄症 (lumbar spinal stenosis, LSS) 是一种相对常见的脊柱疾病, 是导致腰腿痛的常见病因之一, 严重影响患者的日常生活。随着人们对 LSS 认识的不断深入, 发现某些 LSS 患者的马尾神经根在椎管狭窄段上方会出现环状、迂曲、缠绕、松弛甚至黏连, 而由此导致的一系列临床症状被命名为马尾神经根松弛症 (redundant nerve roots, RNRs)。随着医学影像技术的不断发展, RNRs 在临床上越来越多被发现, 但目前国内外学者对该病的发生率、形成机制、临床意义等尚无统一定论。现就 RNRs 的研究进展综述如下。

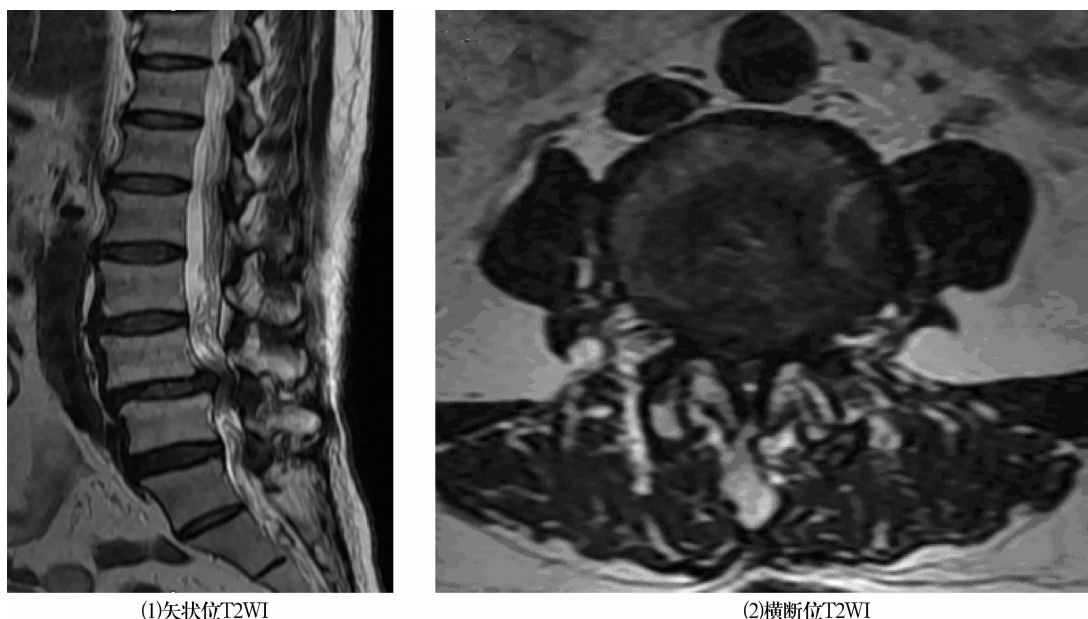
1 RNRs 的内涵

RNRs 是指某些 LSS 患者椎管内马尾神经根出现环状、迂曲、缠绕、松弛甚至黏连 (图 1) 而产生的腰腿

痛、间歇性跛行等一系列临床症状^[1-4]。该病最早由 Verbiest^[5] 报道, 后来由 Cressman 等^[6] 正式命名。在以往的研究中 RNRs 被认为是一种罕见的先天性异常疾病, 但随着对该病研究的不断深入, 学术界普遍认为 RNRs 与腰椎管狭窄有着密切的关系^[7]。目前, 越来越多学者已证实 RNRs 是 LSS 在影像学上的一种特殊表现, 其本质是腰椎退行性变^[8]。

2 RNRs 的发生率

因研究对象和研究方法的不同, 目前临床所报道的 RNRs 发生率存在较大差异。国外有文献报道, RNRs 在老年人中的发生率为 8.2%, 在 LSS 患者中占 33.8% ~ 42%^[9-11]。Poureisa 等^[1] 回顾性分析了 500 例有症状的 LSS 患者的 MRI, 结果显示 15% 的



(1)矢状位T2WI

(2)横断位T2WI

图 1 马尾神经根松弛症 MRI

(1)腰椎管狭窄段上方马尾神经根出现环状、迂曲、缠绕、松弛、黏连;(2)腰椎管严重狭窄,黄韧带增厚

LSS 患者合并有 RNRs。Chen 等^[2] 回顾性分析了 93 例接受手术的 LSS 患者的病例资料, 结果发现 37 例合并有 RNRs, 其发生率为 39.8%。Cong 等^[4] 的研究结果显示, 在有症状的 LSS 患者中, RNRs 的发生率约为 40.7%。范大鹏等^[12] 报道, 在 1000 例 LSS 患者的腰椎管造影中, 仅发现 15 例 (1.5%) 合并有 RNRs。李洪潮等^[13] 研究结果显示, 在 250 例 LSS 患者的椎管造影中, 仅 9 例 (3.6%) 合并有 RNRs。

临床所报道的 RNRs 发生率之所以存在差异, 可能与以下因素有关: ① 过去对 RNRs 认识的不足。② 检查手段的差异。Ono 等^[14] 研究认为, 在检出 RNRs 的敏感性上 MRI 检查不如脊髓造影, 尤其在神经根相互重叠时。③ 检查体位的不同。据 Poureisa 等^[1] 报道, 过伸位时在 MRI 上更容易发现 RNRs。④ 数据统计来源的不同。部分学者是通过验尸报告分析得出 RNRs 的发生率^[9], 而部分学者是通过分析 LSS 患者的 MRI 得出 RNRs 的发生率^[1,2,4]。由于目前缺乏大样本的流行病学调查研究, 所以 RNRs 在 LSS 患者中的发生率尚无统一论。

3 RNRs 的形成机制

目前关于 RNRs 的形成机制也尚未明确。有研究者通过对严重 LSS 患者的尸解解剖研究发现, 所有松弛的马尾神经根均通过了椎管狭窄处, 因此提出 RNRs 与椎管狭窄段的慢性压迫有关^[9,15]。也有学者认为, RNRs 的形成与腰椎管狭窄处的压力引起马尾神经血管异常有关; 由于静脉管壁较薄和较低的流动压力, 在腰椎管狭窄的情况下神经根的静脉比动脉更容易因受压发生变形, 从而破坏马尾神经根正常静脉的血液流动而引起马尾神经的局部缺血^[16]。但大多数学者认为, RNRs 的发生可能是由于腰椎管狭窄对马尾神经根长期挤压的结果。当腰椎管狭窄时, 屈曲位下椎管变宽变长, 马尾神经根上移, 此时马尾神经根在硬膜内可自由上下移动; 而在背伸位时, 椎管变窄变短, 尤其在狭窄处, 马尾神经根依靠重力无法向下移动, 因此狭窄部位对马尾神经根产生挤压, 从而使神经根拉长, 随着腰椎反复活动, 反复挤压摩擦, 神经根出现脱髓鞘、纤维变性、水肿甚至黏连, 并逐渐形成冗长、变粗、迂曲的马尾神经根, 堆积在狭窄椎管上方^[10,17-19]。导致马尾神经根松弛的物理因素常包括腰椎管狭窄、黄韧带肥厚、椎间盘突出等^[11,17]。Chen 等^[2] 将 93 例 LSS 患者分成马尾神经根松弛组 (RNRs 组) 和非马尾神经根松弛组 (NRNRs 组), 结果显示 2

组患者在屈曲位时腰椎前凸角无明显差异, 而 RNRs 组患者在中立位和背伸位时腰椎前凸角及腰椎活动度均大于 NRNRs 组; 认为腰椎前凸角度和腰椎活动度的改变是导致马尾神经根松弛的 2 个主要因素。Yang 等^[20] 报道了 1 例腰椎间盘突出症合并 RNRs 患者, 其松弛的马尾神经根位于椎间盘突出的下方。

综上所述, RNRs 的具体形成机制还有待于进一步深入研究。笔者认为, 在今后的研究中可以观察腰椎管狭窄挤压硬膜囊对 RNRs 的影响, 以探讨腰椎管狭窄程度与 RNRs 的相关性, 从而进一步明确 RNRs 的形成机制。

4 RNRs 的临床表现

RNRs 曾被认为是一种罕见的先天性异常疾病, 无特有的临床表现。Suzuki 等^[9] 研究发现, RNRs 在 LSS 患者中发生率超过 40%; 并认为 LSS 合并 RNRs 者的腰腿部疼痛症状和功能障碍较单纯 LSS 者更严重。Ono 等^[14] 的研究结果也证明, 合并 RNRs 的 LSS 患者有更严重的症状及体征。Savarese 等^[21] 也认为 RNRs 与 LSS 有关, 尤其当硬膜囊最大横截面积 $< 55 \text{ mm}^2$ 时, 马尾神经根松弛更频繁; 同时还认为腰椎管狭窄和脊柱滑脱是 RNRs 的 2 个相互独立的危险因素。随着研究的不断深入, 越来越多的学者认为 RNRs 并非是一种罕见的先天性疾病, 而是 LSS 在影像学上的一种特殊表现, 多继发于椎间盘病变及椎管退行性变。RNRs 的一般症状、体征与 LSS 大致相同, 除了有慢性的腰腿疼痛及间歇性跛行等症状及体征外, RNRs 患者还常在下蹲、弯腰站立后出现腰部疼痛伴下肢放射痛、麻木, 休息后亦难以缓解, 而活动跳跃后可缓解。

5 RNRs 的诊断

以往诊断 RNRs 多依靠脊髓造影术。脊髓造影能清晰地显示马尾神经根的排列情况与椎管的通畅程度, 是诊断 RNRs 的最主要的辅助检查方法。在行椎管造影时, 如疑有 RNRs, 应让患者缓慢地改变体位, 以便从不同角度观察狭窄段上方马尾神经根的形态。尽管脊髓造影术仍然是诊断 RNRs 的“黄金标准”, 但随着科学技术的进步, MRI 检查也能更清晰地显示出椎管和马尾神经根的情况, 尤其在 T2 矢状位上能够直观地观察到狭窄段上方迂曲、缠绕、松弛甚至黏连的神经根。而且与脊髓造影术相比, MRI 检查具有安全、方便、无创、快速等优点。Ono 等^[14] 研究发现, 在 146 例 LSS 患者中, 使用脊髓造影确诊为 RNRs 者有 76 例, 而使用 MRI 检查确诊为 RNRs 者有 49 例;

同时还发现当神经根表现出迂曲时,用 MRI 检出 RNRs 的比例高达 97.6%,而神经根表现出缠绕时 MRI 检出率仅为 23.5%。Villafañe 等^[22] 研究认为,RNRs 在 MRI 上的成像结果有助于提高慢性腰椎退行性椎管狭窄的诊断率。Hakan 等^[23] 认为,MRI 检查能够清晰地显示马尾神经根,因此可以通过 MRI 检查正确诊断出 RNRs。Nayman 等^[24] 认为,MRI 3D - CISS 序列可以获得较高的空间分辨率,并且能提供关于解剖结构的详细信息,从而可以更加充分地阐明脊柱的细微异常,因此在诊断 RNRs 上拥有较大优势。但是在检查时常因患者体位的变化导致 RNRs 假阴性的出现,所以在诊断 RNRs 时不应单纯依靠椎管造影术或 MRI 检查,而应结合患者临床症状和相关检查做出诊断。

6 RNRs 的治疗

国内外绝大多数学者认为,手术减压是治疗 RNRs 的唯一方法^[25]。而关于 RNRs 患者手术时机的选择,目前国内外尚无相关研究报道。因 RNRs 是 LSS 在影像学上的一种特殊表现,故治疗 RNRs 时可参考 LSS 的手术指征;但 RNRs 的手术方法与单纯 LSS 的手术方法存在一定区别。单纯 LSS 的手术目的是解除神经根压迫,从而缓解患者的症状和体征,而 RNRs 的手术目的是扩大椎管,解除椎管梗阻及神经根黏连、压迫。RNRs 患者除了硬膜外造成椎管狭窄、梗阻病变外,还伴有硬膜内马尾神经根黏连、迂曲、缠绕等改变。因此,治疗上除了手术解除硬膜外造成椎管狭窄及梗阻的因素外,必要时还应切开硬膜囊,探查马尾神经根是否存在黏连,若存在黏连,需充分松解黏连的马尾神经根,甚至行硬膜成形术。而对于切开的硬膜囊是否需要重新缝合,目前学术界尚无统一论。部分学者采用筋膜或脂肪组织修补硬膜囊,以扩大硬膜囊的容积;也有部分学者主张将硬膜囊开放^[24-25]。范大鹏等^[26] 根据 RNRs 的临床与病理特点,将其分成 3 种临床类型;并认为 I 型即无症状型可不做特殊处理或以治疗原发病为主,II 型需行手术扩大椎管并进行充分减压,III 型需手术切开硬膜囊减压并松解黏连神经根。有学者认为如果单纯行椎管扩大减压术,松弛而迂曲、黏连的马尾神经根有可能会嵌顿在不能扩张的硬膜腔内,从而产生难以缓解的急性症状^[27]。目前临床上对于 RNRs 的治疗主要行椎板切除、椎管扩大减压术,必要时增生神经根松解、硬膜成型术。对于 LSS 患者行减压术后是否增加脊柱融合术尚存争议^[28],而对于合并 RNRs 的 LSS 患

者是否需增生脊柱融合术目前尚无相关文献报道。

7 RNRs 与 LSS 术后疗效的相关性

RNRs 是否与 LSS 术后疗效具有相关性,目前国内外学者尚存争议。有研究认为 RNRs 与 LSS 术后疗效具有相关性^[2,9,11,14],但也有研究认为 RNRs 与 LSS 术后疗效无明显相关性^[10,17]。Chen 等^[2] 通过对 93 例行手术减压的 LSS 患者进行研究后发现,非 RNRs 组患者术后日本骨科协会 (Japanese orthopedic association, JOA) 评分高于 RNRs 组;并认为在 LSS 患者中,RNRs 阳性患者术后在腰腿痛、肢体麻木及行走功能等方面较 RNRs 阴性患者预后差。Poureisa 等^[1] 认为,在合并 RNRs 的 LSS 患者中,马尾神经松弛的相对长度 (马尾神经松弛长度/狭窄处上一椎体的高度) 越长,其预后可能会更好;并提出马尾神经松弛的相对长度可作为其手术预后的指标。而 Min 等^[10] 通过对 68 例行手术治疗的 LSS 患者进行研究后认为,RNRs 组和非 RNRs 组在症状持续时间、椎管狭窄程度及手术前后 JOA 评分方面无明显差异。Yokoyama 等^[29] 对 33 例 LSS 患者行椎板切除减压术治疗,并根据术后第 7 天患者的 MRI 将患者分成 RNRs 解决组和持续性 RNRs 组;结果显示,RNRs 解决组患者功能恢复较持续性 RNRs 组更好。对于脊柱外科医师而言,术前在影像学上准确识别 RNRs 非常重要,因为有研究者发现若影像学上存在 RNRs,在手术操作过程中发生硬膜囊撕裂的风险更高^[7]。Mattei 等^[30] 也认为,对于症状较轻的 LSS 患者而言,RNRs 的存在可能有助于指导医师对患者进行手术减压,并且可以通过 RNRs 预测 LSS 手术疗效。

上述研究结果提示,RNRs 对 LSS 术后疗效有一定的影响,也可被看作是 LSS 术后功能恢复情况的潜在有力的预测指标^[4]。为进一步评价 RNRs 与 LSS 术后疗效的相关性,今后需进行多中心、大样本的临床随机对照研究。

8 小 结

RNRs 是一种特殊影像学表现,在 LSS 患者中发生率较高。近年来,国内外学者对 RNRs 进行了基础和临床研究,在一定程度上丰富了对 LSS 影像学的认识,但其具体形成机制还有待于进一步深入研究,而且 RNRs 对 LSS 的诊断价值、临床疗效的预测等有待于更接近临床的大样本、前瞻性的随机对照研究加以证实。

9 参考文献

[1] POUREISA M, DAGHIGHI MH, EFTEKHARI P, et al. Re-

- dundant 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.
- [2] CHEN JS, WANG JY, WANG BH, 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.
- [3] 张强. 腰椎管狭窄症患者中马尾神经冗余征的 MR 分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [4] CONG L, ZHU Y, YAN Q, et al. A meta-analysis on the clinical significance of redundant nerve roots in symptomatic lumbar spinal stenosis[J]. *World Neurosurg*, 2017, 105: 95-101.
- [5] 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.
- [6] CRESSMAN MR, PAWL RP. Serpentine myelographic defect caused by a redundant nerve root. Case report[J]. *J Neurosurg*, 1968, 28(4): 391-393.
- [7] OZTURK AK, GOKASLAN ZL. Clinical significance of redundant nerve Roots of the cauda equina[J]. *World Neurosurg*, 2014, 82(6): 717-718.
- [8] DUNCAN AW, KIDO DK. Serpentine cauda equina nerve Roots[J]. *Radiology*, 1981, 139(1): 109-111.
- [9] 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.
- [10] MIN JH, JANG JS, LEE SH. Clinical significance of redundant nerve Roots of the cauda equina in lumbar spinal stenosis[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2008, 110(1): 14-18.
- [11] HUR JW, HUR JK, KWON TH, 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.
- [12] 范大鹏, 贾连顺. 马尾神经根松弛症的椎管造影诊断研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 1994, 4(3): 100-102.
- [13] 李洪潮, 孟志斌, 李俊. 马尾神经根松弛症诊断及治疗研究[J]. *海南医学院学报*, 2001, 7(1): 17-18.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] OLMARKER K, RYDEVIK B, HOLM S. Edema formation in spinal nerve Roots induced by experimental, graded compression. An experimental study on the pig cauda equina with special reference to differences in effects between rapid and slow onset of compression[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1989, 14(6): 569-573.
- [17] 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.
- [18] KODA M, ROKKAKU T, MANNOJI C, et al. Spontaneous migration of a redundant nerve root accompanied by absorption of lumbar disk herniation. A case report[J]. *Neuroradiol J*, 2012, 25(5): 617-620.
- [19] 丛宇, 毛广平, 施忠平, 等. 马尾松弛症成因解析[J]. *江苏医药*, 2015, 41(6): 697-699.
- [20] YANG SM, PARK HK, CHO SJ, et al. Redundant nerve roots of cauda equina mimicking intradural disc herniation; a case report[J]. *Korean Journal of Spine*, 2013, 10(1): 41-43.
- [21] SAVARESE LG, FERREIRA-NETO GD, HERRERO CF, 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.
- [22] VILLAFANE FE, HARVEY A, KETTNER N. Redundant nerve root in a patient with chronic lumbar degenerative canal stenosis[J]. *J Chiropr Med*, 2017, 16(3): 236-241.
- [23] HAKAN T, CELIKOGLU E, AYDOSELI A, et al. The redundant nerve root syndrome of the Cauda equina[J]. *Turk Neurosurg*, 2008, 18(2): 204-206.
- [24] NAYMAN A, OZBEK S. Redundant nerve root syndrome of the cauda equina; the benefits of 3D CISS MRI sequence[J]. *Spine J*, 2015, 15(10): 31.
- [25] 戴力扬, 贾连顺. 马尾神经根松弛症[J]. *天津医药*, 1989, 31(6): 382-384.
- [26] 范大鹏, 贾连顺, 刘洪奎. 马尾神经根松弛症的临床诊断及治疗[J]. *上海医学*, 1994, 17(9): 514-517.
- [27] 毛广平, 陈跃先, 赵建宁. 马尾神经松弛症 2 例[J]. *中国矫形外科杂志*, 2005, 13(23): 1836.
- [28] 史少岩, 黄研生, 郝定均. 腰椎管狭窄的治疗进展[J]. *中国骨伤*, 2017, 30(5): 484-488.
- [29] 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): 825-830.
- [30] MATTEI TA, MENDEL E. Redundans nervi radix cauda equina: pathophysiology and clinical significance of an intriguing radiologic sign[J]. *World Neurosurg*, 2014, 82(6): 719-721.