

论 著

(临床研究)

基于 MRI 分析黄韧带横截面积与神经根沉降征的相关性

李 增, 肖 杰, 龙 浩, 古 娟

【摘要】 目的 分析黄韧带面积(LFA)与中央型腰椎管狭窄症中神经根沉降征(NRS)的相关性。**方法** 回顾性分析 2016 年 9 月至 2018 年 6 月贵阳市第四人民医院脊柱外科收治并且明确诊断为中央型腰椎管狭窄症患者 90 例的临床资料, MRI 明确为单节段(L4/5)狭窄, 至少一个扫描层面的硬膜囊横截面积(CSA) $\leq 100 \text{ mm}^2$ 。根据 NRS 分为阳性组和阴性组。通过 surgimap 测量 L4/5 节段 LFA、CSA 和最小椎管有效矢状径(ESD)。采用受试者工作特征曲线(ROC-curve)分析 LFA 和 NRS 相关性。**结果** NRS 阳性患者 47 例, 阴性患者 43 例。NRS 阳性组 LFA 为 $(140.69 \pm 8.79) \text{ mm}^2$, NRS 阴性组 LFA 为 $(119.30 \pm 11.94) \text{ mm}^2$ 。2 组的年龄、LFA、CSA、ESD 差异均具有统计学意义($P < 0.01$)。ROC 曲线分析显示 LFA 作为 NRS 阳性的预测因子的最佳临界点为 130.63 mm^2 , 敏感性为 93.6%, 特异性为 86.0%, AUC 为 0.940 (95% CI: 0.890 ~ 0.989, $P < 0.01$)。**结论** NRS 阳性的发生与 LFA 有关, LFA 可作为评估腰椎管狭窄节段硬膜囊变窄程度的一个定量指标。

【关键词】 中央型腰椎管狭窄症; 神经根沉降征; 黄韧带面积; 硬膜囊横截面积; 有效矢状径

【中图分类号】 R681.5 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2019)05-0478-04

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2019.05.007

Correlation between ligamentum flavum area and nerve root sedimentation sign based on MRI analysis

LI Zeng¹, XIAO Jie², LONG Hao², GU Juan¹

(1. Graduate School of Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550002, Guizhou, China; 2. Department of Spinal Surgery, Guiyang Fourth People Hospital, Guiyang 550002, Guizhou, China)

【Abstract】 Objective To analysis the correlation between the ligamentum flavum area (LFA) and the nerve root sedimentation sign (NRS) in lumbar central spinal stenosis (LCSS). **Methods** The clinical data of 90 patients with LCSS who were admitted to orthopedics in the Guiyang Fourth People Hospital from September 2016 to June 2018 were retrospectively analyzed. The single segment stenosis (L4/5) was clearly diagnosed on MRI. At least one scan layer of the dural sac cross-sectional area (CSA) $\leq 100 \text{ mm}^2$. The patients were divided into positive group and negative group according to NRS. LFA, CSA, and effective sagittal diameter (ESD) of L4/5 segmental were measured by surgimap. The correlation between LFA and NRS by Receiver Operating Characteristic Curve (ROC-curve). **Results** There were 47 cases of NRS positive and 43 cases of NRS negative. The average LFA of the NRS positive group was $(140.69 \pm 8.79) \text{ mm}^2$, and the average LFA of the NRS negative group was $(119.30 \pm 11.94) \text{ mm}^2$. The age, CSA, ESD and LFA of NRS positive group and NRS negative group were statistically significant ($P < 0.01$). ROC-curve analysis showed that the best cut-off point for the LFA was 130.63 mm^2 , with

93.6% sensitivity, 86.0% specificity, and area under the curve (AUC) of 0.940 (95% CI: 0.890-0.989, $P < 0.01$).

Conclusion The occurrence of NRS positive is related to LFA. LFA can be used as a quantitative indicator to assess the degree of narrowing of the dural sac in lumbar spinal stenosis.

作者单位: 550002 贵阳, 贵阳中医学院研究生院(李 增、古 娟);
550002 贵阳, 贵阳市第四人民医院脊柱外科(肖 杰、
龙 浩)

通信作者: 肖 杰, E-mail: 1275924323@qq.com

[Key words] Lumbar central spinal stenosis; nerve root sedimentation sign; ligamentum flavum area; cross-sectional area; effective sagittal diameter

0 引言

中央型腰椎管狭窄症(Lumbar central spinal stenosis, LCSS)是一种临床复杂多变脊柱疾病,患病率约为 27.2%,通常导致下肢或腰臀部疼痛,引起感觉和运动障碍,以及下肢神经源性间歇性跛行^[1]。LCSS 可定义为由小关节的关节炎变化,椎间盘突出与骨赘结合以及脊神经根受压引起的硬膜囊和椎管尺寸的减小,具有活动时临床症状加重,休息后减轻的特点,导致影像学表现常与临床症状有差异^[2],目前确诊通过临床症状、体征、影像学资料等综合诊断,但国内外目前仍未有金标准^[3]。2010 年 Barz 等^[4]提出将神经根沉降征(nerve root sedimentation sign, NRS)作为一项新的影像学指标来帮助诊断 LCSS。该指标具有简单、直观等特点,在助于鉴别有症状和无症状的腰椎管狭窄^[5]。尽管已经认可 NRS 作为一项定性指标协助诊断 LCSS,但目前其发生机制尚不完全清楚^[6]。黄韧带(ligamentum flavum, LF)的增厚可以压迫硬膜囊和神经根,减小椎管的直径,并导致椎管狭窄,因此,黄韧带的增厚也被认为是导致 LCSS 的主要原因之一^[7]。以前的研究表明,黄韧带面积(ligamentum flavum area, LFA)与衰老、椎间盘退变和腰椎管狭窄等有关^[8-9]。因此,我们假设 LFA 是可能导致 NRS 阳性的一个关键形态学参数。通过比较 NRS 阳性患者和 NRS 阴性患者在磁共振成像(MRI)中的 LFA,分析 LFA 与 NRS 之间的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2016 年 9 月至 2018 年 6 月贵阳市第四人民医院脊柱外科收治的明确 L4/5 节段中央型腰椎管狭窄症 90 例患者的临床资料,其中男 31 例(34.4%),女 59 例(65.6%),平均年龄(75.09±7.77)岁。纳入标准:①在 LCSS 诊断后 3 个月内拍摄并可供 MRI 图像;②年龄超过 60 岁的患者;③有间歇性跛行,距离≤500 m;④最狭窄的水平位于 L3~L4。排除标准:①既往脊柱受伤史;②腰椎手术史;③既往脊柱介入史,如椎体后凸成形术;④任何可能影响疼痛严重程度的先天性脊柱疾病或缺陷。每位患者均接受腰椎 MRI 检查。

1.2 MRI 检查方法 采用 1.5T 磁共振成像仪

(PHILIPS),行腰椎矢状面及横断面扫描,层厚 3.0 mm,层距 1.0 mm。将图片导入 surgimap(version 2.2.13, Nemaris Inc 公司,美国)软件进行数据处理,由不了解 NRS 的 2 位放射科医师独立测量以下数据:LFA、硬膜囊横截面积(cross-sectional area, CSA)、最小椎管有效矢状径(effective sagittal diameter, ESD),取 2 位医师平均值。

1.3 NRS 的判定 对于 NRS 的判定,参考 Barz 等^[6]的判定方法,即于腰椎双侧小关节顶点间作一水平直线,排除本节段离开硬膜囊的神经根外,仍有神经根位于该直线的腹侧,即认为 NRS 阳性;若除离开硬膜囊的神经根外,其余所有神经根位于连线背侧,即为 NRS 阴性。由 2 位高年资骨科医师在腰椎 MRIT2 加权图像横断面 L4/5 节段观测,在矢状位确定狭窄位于 L4/5 节段。判定结果分析一致性后经 2 位医师协商确定。

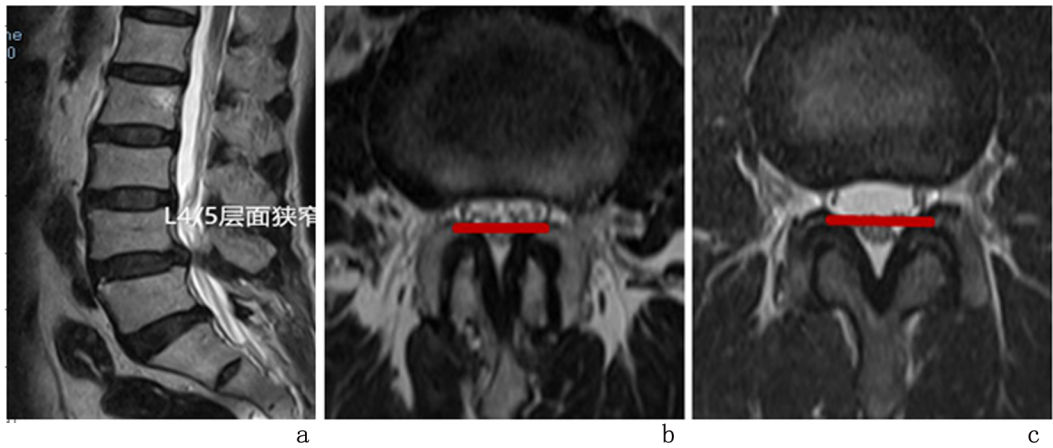
1.4 统计学分析 采用 SPSS 23.0 统计软件进行数据分析。计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,符合正态分布的采用独立样本 *t* 检验;计数资料采用卡方检验;采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC-curve)分析 LFA 与 NRS 的相关性;读片观测者间判定结果采用 Kappa 一致性检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 NRS 判读结果 NRS 阳性为神经根位于椎管的腹侧,NRS 阴性为神经根位于椎管背侧,见图 1。最终判定 NRS 阳性患者有 47 例,NRS 阴性患者有 43 例,观测者间 Kappa 值为 0.867,显示为重度相关性。提示具有良好的重复一致性。

2.2 NRS 阳性和阴性患者一般资料及形态学参数比较 与 NRS 阴性组比较,NRS 阳性组患者年龄较大,黄韧带面积较厚,硬膜囊面积和有效矢状径较小,差异均有统计学意义($P < 0.01$);2 组患者的性别比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.3 NRS 与 LFA 的相关性分析 NRS 与 LFA 相关性的 ROC 曲线下面积(area under ROC curve, AUC)为 0.940(95%CI: 0.890~0.989, $P < 0.01$),灵敏度为 93.6%,特异性为 86.0%,约登指数为 0.796,最佳临界值为 130.63 mm²。见图 2。



a:矢状位可见L4/5层面狭窄;b:NRS阳性;c:NRS阴性

图1 中央型腰椎管狭窄症患者腰椎MRI T2加权图像

表1 中央型腰椎管狭窄症神经根沉降征阳性和阴性患者一般资料及形态学参数比较

项目	NRS阴性组(n=43)	NRS阳性组(n=47)
男/女(n)	18/25	12/35
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	72.42 \pm 8.02	77.54 \pm 6.72*
LFA($\bar{x} \pm s$,mm ²)	119.30 \pm 11.94	140.69 \pm 8.79**
CSA($\bar{x} \pm s$,mm ²)	80.89 \pm 9.45	56.60 \pm 9.73**
ESD($\bar{x} \pm s$,mm)	8.78 \pm 0.79	6.97 \pm 0.96**

LFA:黄韧带面积;CSA:硬膜囊横截面积;ESD:有效矢状径与NRS阴性组比较,* $P<0.05$ 、** $P<0.01$

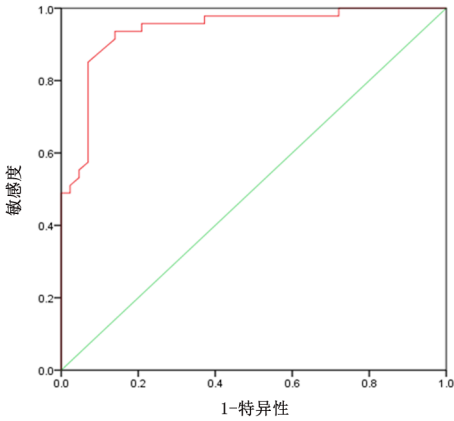


图2 中央型腰椎管狭窄症黄韧带面积与神经根沉降征的ROC曲线

3 讨论

老年患者中最常见的脊柱疾病是LCSS,其主要引起神经源性间歇性跛行和腰痛^[1]。对于LCSS的诊断,目前暂无一个定性的金标准^[10]。2010年Barz等^[4]研究MRI时发现一个诊断腰椎管狭窄症患者的定性指标:神经根沉降征,在腰椎MRI的T2WI图像中,

用一直线连接腰椎两侧小关节顶点,除离开硬膜囊的两条神经根,剩余马尾神经根位于椎管腹侧定义为阳性,马尾神经根均位于椎管背侧定义为阴性。研究发现该指标与腰椎管狭窄症的严重程度存在明显的相关性^[6]。对于NRS的发生机制,目前仍然未明确,Fazal等^[11]认为NRS可能与椎管退变程度相关;Barz等^[6]研究认为狭窄层面的硬膜外压力增高是NRS阳性的主因。张楠等^[12]研究认为椎管前后方的压迫可能是导致NRS阳性的原因。因此本研究选用椎管后方的黄韧带研究其增厚对NRS的影响。黄韧带的厚度在L2/L3、L3~L4、L4/5和L5~S1水平之间显著不同,并且在L4/5层面最厚^[13-14]。故本研究只测量L4/5层面的LFA,以获得最准确的厚度测量。

本研究NRS阳性组和阴性组的硬膜囊面积及最小椎管有效矢状径比较差异有统计学意义($P<0.01$),说明硬膜囊的减小及椎管前后径的压缩可能是导致NRS阳性的因素。ROC曲线证实LFA与NRS具有显著相关性($AUC=0.940$, $P<0.01$),说明NRS的出现与黄韧带的增厚有关。研究发现随着年龄的增长黄韧带变得更厚^[8],本研究中NRS阳性组年龄、LFA均大于NRS阴性组,可能的机制为随着年龄的增长,黄韧带退变增厚更加严重,这与Park等^[15]研究认为腰椎间盘突出症患者的黄韧带厚度明显比腰椎管狭窄患者薄相类似。黄韧带为分段韧带结构,连接椎管中相邻的椎板,正常含有20%的胶原纤维和80%的弹性纤维^[16]。在LCSS患者中,黄韧带表现出胶原纤维的增加和弹性纤维的损失,导致纤维化^[7]。黄韧带增厚的过程始于机械应力,其引起炎症,组织损伤,瘢痕形成,最后引起纤维化^[17],而金属蛋白酶及其调节因子与腰椎管

组织的退变也有一定的相关性^[18]。许多研究认为 MRI 上的黄韧带厚度与 LCSS 的体征和症状相关^[8]。Altinkaya 等^[12]证实黄韧带的增厚与年龄、椎间盘退变和体重指数相关。

本研究有一些局限性,解剖学上退行性腰椎管狭窄症可能涉及中央管、椎间孔和侧隐窝等^[2],但我们仅研究中央型腰椎管狭窄症。其次,腰椎管狭窄症涉及多个层面,本研究只涉及 L4/5 层面,结果可能有一些局限性。第三,由于技术原因及个体解剖变异导致 MRI 中切片角度及水平的可能不均匀, MRI 图像中测量的这些形态参数可能在 MRI 上测量 LFA 时导致相关误差,对此采用多位医师测量并行 Kappa 分析检测一致性。第四,研究方法为回顾性观察性质。

综上所述,黄韧带肥厚的程度可反映硬膜囊的受压程度, LFA 可作为预测 NRS 阳性的一个指标,其在 L4/5 层面的最佳临界值为 130.63 mm²。同时本研究为 NRS 产生的机制提供了新的思路。

[参考文献]

- [1] Manchikanti L, Kaye AD, Manchikanti K, *et al.* Efficacy of epidural injections in the treatment of lumbar central spinal stenosis: A systematic review [J]. *Anesth Pain Med*, 2015, 5 (1): e23139.
- [2] Veresciagina K, Mehrkens A. Minimum ten-year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization [J]. *J Spine Surg*, 2018, 4(1):93-101.
- [3] Andreisek G, Imhof M, Wertli M, *et al.* A systematic review of semiquantitative and qualitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201(5):W735-W746.
- [4] Barz T, Melloh M, Staub LP, *et al.* Nerve root sedimentation sign: evaluation of a new radiological sign in lumbar spinal stenosis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(8):892-897.
- [5] Tomkins-Lane CC, Quint DJ, Gabriel S, *et al.* Nerve root sedimentation sign for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: reliability, sensitivity, and specificity [J]. *Spine*, 2013, 38(24): E1554-E1560.
- [6] Barz T, Staub LP, Melloh M, *et al.* Clinical validity of the nerve root sedimentation sign in patients with suspected lumbar spinal stenosis [J]. *Spine J*, 2014, 14(4):667-674.
- [7] Yabe Y, Hagiwara Y, Ando A, *et al.* Chondrogenic and fibrotic process in the ligamentum flavum of patients with lumbar spinal canal stenosis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40 (7): 429-435.
- [8] Abbas J, Hamoud K, Masharawi YM, *et al.* Ligamentum flavum thickness in normal and stenotic lumbar spines [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2010, 35(12):1225-1230.
- [9] 苏士乐, 刘浩, 章宏志, 等. 黄韧带外椎板扩大开窗治疗腰椎管狭窄症近期疗效观察 [J]. *东南国防医药*, 2014, 16(1): 81-82.
- [10] de Schepper EI, Overvest GM, Suri P, *et al.* Diagnosis of lumbar spinal stenosis: an updated systematic review of the accuracy of diagnostic tests [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38 (8):E469-E481.
- [11] Fazal A, Yoo A, Bendo JA. Does the presence of the nerve root sedimentation sign on MRI correlate with the operative level in patients undergoing posterior lumbar decompression for lumbar stenosis? [J]. *Spine J*, 2013, 13(8):837-842.
- [12] 张楠, 刘娜, 丑凯平, 等. 神经根沉降征与重度中央型/混合型腰椎管狭窄受压节段硬膜囊横截面积变化的相关性研究 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(10):919-925.
- [13] Altinkaya N, Yildirim T, Demir S, Alkan O, Sarica FB. Factors associated with the thickness of the ligamentum flavum: Is ligamentum flavum thickening due to hypertrophy or buckling? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2011, 36(16):E1093-E1097.
- [14] 李增, 肖杰, 龙浩. 前方脑脊液空间闭塞程度与腰椎管狭窄症的相关性分析 [J]. *骨科*, 2018, 9(5):388-391.
- [15] Park JB, Chang H, Lee JK. Quantitative analysis of transforming growth factor-beta 1 in ligamentum flavum of lumbar spinal stenosis and disc herniation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26:E492-E495.
- [16] Li S, Xia H, Han C. Retrospective analysis on correlation factors of preserving the ligamentum flavum in microendoscopic discectomy [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2015, 139:46-50.
- [17] Munns JJ, Lee JY, Espinoza Orías AA, *et al.* Ligamentum flavum hypertrophy in asymptomatic and chronic low back pain subjects [J]. *PLoS One*, 2015, 10(5):e0128321. doi: 10.1371/journal.pone.0128321.
- [18] 流小舟, 徐海栋, 周光新, 等. 椎间盘退变中基质金属蛋白酶作用的研究进展 [J]. *医学研究生学报*, 2015, 28(11):1213-1217.

(收稿日期:2018-11-05; 修回日期:2019-01-29)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:吕镲烽)