

## · 临床研究 ·

## 腰椎间孔狭窄症的 MRI 图像分析与临床意义

周辉,董刚,黄海,夏志敏,张政宏

(杭州市中医院骨伤科,浙江 杭州 310007)

**【摘要】** 目的:通过对腰椎旁矢状位 MRI 图像的分析,探讨影响腰椎间孔形态、孔内神经根周围环境的主要因素,寻找在腰椎旁矢状位 MRI 图像上评价腰椎间孔狭窄症(LPS)的主要量化指标。方法:2007 年 1 月至 2009 年 8 月接受 MRI 检查,并经手术证实为 LPS 的 35 例 MRI 图像进行系统回顾性分析,其中男 27 例,女 8 例;年龄 35~82 岁,平均 54.5 岁;病史 4 个月~8 年,平均 32 个月。同时与 37 例正常腰椎间孔的 MRI 图像作对比性研究,观察两组资料矢状位 MRI 图像上 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔有效空间的垂直径、上位矢状径、根孔比例,分析引起 LPS 的主要因素。结果:LPS 组 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔有效空间的垂直径、上位矢状径小于正常组,椎间孔有效空间的根孔比例大于正常组。腰椎间盘、纤维环后外侧突出,黄韧带肥厚是 LPS 的主要软组织性因素;关节突关节、椎体后外缘终板平面增生肥大,骨赘突入椎间孔是 LPS 的主要骨性因素;神经根的水肿、粘连是 LPS 的主要根性因素,且多种因素往往复合存在。结论:软组织性、骨性、根性因素的复合引起 LPS, MRI 检查可以充分显示 LPS 的解剖形态及引起 LPS 的病理改变,腰椎间孔有效空间的上位矢状径、垂直径、根孔比例可以作为腰椎旁矢状位 MRI 图像上评价 LPS 的量化指标。

**【关键词】** 腰椎间孔狭窄症; 磁共振; 病理状态,解剖学

DOI:10.3969/j.issn.1003-0034.2010.08.009

**MRI finding of the lumbar foraminal stenosis and its clinical significance** ZHOU Hui, DONG Gang, HUANG Hai, XIA Zhi-min, ZHANG Zheng-hong. Department of Orthopaedics, the Hospital of Traditional Chinese Medicine of Hangzhou, Hangzhou 310007, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To observe morphological changes of lumbar intervertebral foramen and pathologic changes around the nerve root and to explore the main evaluation index for lumbar foraminal stenosis (LPS) in parasagittal MRI finding. **Methods:** From Jan. 2007 to Aug. 2009, MRI finding in 35 patients with the LPS that were confirmed by surgery was retrospectively analyzed. This group including 27 males, 8 females; aged from 35 to 82 years with the mean of 54.5 years; the course was from 4 months to 8 years with the mean of 32 months. At the same time compared with another group including 37 cases whose MRI finding of foramen were normal. To find out the differences between two groups in effective foraminal height, effective superior foraminal width, the effective ratio of nerve root cross-sectional area and foramen cross-sectional area by analyzing the parasagittal MRI finding of L<sub>4,5</sub> or L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> foramen. To analyze the main factors that included LPS. **Results:** Effective foraminal height and effective superior foraminal width in L<sub>4,5</sub> or L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> foramen in LPS group was smaller than that of control group ( $P < 0.01$ ). The effective ratio in LPS group was larger than that of control group ( $P < 0.01$ ). A variety of interacting factor were included LPS. Degeneration of the vertebral disk and hypertrophic ligamentum flavum were the main factors of soft tissue. Hypertrophy of the articular process and osteophyte on border of the vertebral body were the main factors of bone tissue. The edema and adhesion of nerve root with adjacent tissue were the main factors of nerve root. **Conclusion:** The compound factors of soft tissue, bone tissue and nerve root resulted in LPS. MRI can adequately demonstrate anatomic structure of the foramen and pathologic changes of LPS. Effective foraminal height, effective superior foraminal width and the effective ratio can regard as the main evaluation index for LPS in parasagittal MRI finding.

**KEYWORDS** Lumbar foraminal stenosis; Magnetic resonance; Pathological conditions, anatomical

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2010, 23(8): 587-590 www.zggszz.com

腰神经根管是腰神经根从硬膜囊分出后,斜向外下直至出椎间孔走向外周的通道,而椎间孔作为椎管侧方的窗口,则是腰神经根管中神经根最易受压,进而产生神经根损伤症状的区域。鉴于 MRI 高

度对比性和多角度成像的特点, MRI 检查逐渐在腰椎间孔狭窄症(LPS)的诊断中显示出其独特的优势。对 2007 年 1 月至 2009 年 8 月接受 MRI 检查,并经手术证实为 LPS 的 35 例 MRI 图像进行系统的回顾,分析如下。

## 1 资料与方法

**1.1 临床资料** 本组 35 例,其中男 27 例,女 8 例;

基金项目:浙江省医药卫生科研基金项目(编号:2007A160)

通讯作者:董刚 Tel:0571-85157591-453 E-mail:dgg1206@163.com

年龄 35~82 岁,平均 54.5 岁;病史 4 个月~8 年,平均 32 个月。其中 LPS 发生在单侧 L<sub>4,5</sub> 11 例,单侧 L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 22 例,单侧 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 1 例,双侧 L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 1 例。15 例有不同程度的椎间盘突出,7 例伴随中央椎管狭窄。症状与体征:所有患者均有不同程度下肢放射痛,32 例存在下腰痛、腰部背伸活动受限,且下腰痛出现时间多早于下肢放射痛;33 例有不同程度的下肢感觉减退,膝、跟腱反射减弱,以及拇趾背伸肌力下降;直腿抬高或加强试验阳性 31 例,不同程度间歇性跛行 28 例。为评价 LPS 患者腰椎旁矢状位 MRI 图像上各量化参数变化,同时与 37 例(L<sub>4,5</sub> 12 例,L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 25 例)正常椎间孔 MRI 图像作对比性研究。两组临床资料经统计学分析无统计学差异,具有可比性(见表 1)。

**1.2 观测项目** MRI 图像均为 Philips 1.5 T MRI 扫描所得,考虑到 LPS 多发生于 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔,且各腰椎间孔与正中矢状面距离不等,故选择 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔最为清晰的 T2W1 矢状层面作为研究对象,观测椎间孔有效空间的垂直径、上位矢状径、根孔比例,忽略男女、左右椎间孔之间的差异。其中垂直径为上位椎体椎弓根中点至下位椎体椎弓根中点之间的距离,上位矢状径为上位腰椎椎弓根以下椎体后缘皮质中点到椎间孔后缘的距离,根孔比例为椎间孔矢状截面上神经根截面面积与椎间孔截面面积的比值。当椎间盘突出等因素导致椎间孔垂直径狭窄时,以上位椎体椎弓根中点至突出物顶点的距离为垂直径,突出物以上部分为椎间孔有效空间;同样当上关节突增生进入椎间孔等因素导致椎间孔矢状径狭窄时,以上位腰椎椎弓根以下椎体后缘皮质中点到增生生物前缘的距离为上位矢状径,增生生物以前部分为椎间孔有效空间。

**1.3 测量方法** 应用 Adobe Photoshop CS4 软件测量 MRI 图像上各量化指标的像素单位,通过像素单位间接反映椎间孔各量化指标的变化。将观察图像在 Adobe Photoshop CS4 中打开后,适当调整图像视图比例、色阶、对比度,使椎间孔、神经根清晰度、对比度良好。打开标尺工具,按照椎间孔有效空间的垂直径、上位矢状径测量原则,标记图像上两点间的直线,通过标尺工具栏读出直线的长度(见图 1a-1b)。打开磁

表 1 两组临床资料比较

Tab.1 Comparison of general data between two groups

组别	性别(例)		年龄(x±s,岁)
	男	女	
LPS 组	27	8	54.5±9.61
正常组	26	11	53.6±8.83
统计值	$\chi^2=0.437$		$t=0.423$
P 值	0.508		0.674

性套索工具,分别细致勾勒出图像上神经根、椎间孔的有效截面,调出直方图面板,通过直方图面板读出截面面积(见图 1c-1d)。

**1.4 统计学分析** 应用 SPSS 12.0 软件进行统计分析,两组间性别构成比采用  $\chi^2$  检验,两组间年龄、椎间孔有效空间各量化指标的比较采用成组设计定量资料的  $t$  检验进行统计处理,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 统计学结果** 本组 12 个椎间孔发生 L<sub>4,5</sub> LPS, 25 个椎间孔发生 L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> LPS。L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔各量化指标的像素单位见表 2, LPS 组 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔有效空



图 1 女,42 岁,无椎间孔狭窄症,椎间孔有效空间量化指标的测量 1a. 有效垂直径 1b. 有效上位矢状径 1c. 椎间孔有效截面面积 1d. 神经根截面面积

Fig.1 A 42-year-old female patient without LPS, measurements of the main evaluation index for foramen 1a. Effective foraminal height 1b. Effective superior foraminal width 1c. The area of effective cross section of intervertebral foramina 1d. The cross-sectional area on nerve root

表 2 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔有效空间各量化指标的像素单位( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.2 Image element of the evaluation index for L<sub>4,5</sub> and L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> lumbar intervertebral foramen( $\bar{x}\pm s$ )

分组	L <sub>4,5</sub> 椎间孔			L <sub>5</sub> S <sub>1</sub> 椎间孔		
	垂直径	上位矢状径	根孔比例(%)	垂直径	上位矢状径	根孔比例(%)
LPS 组	20.54±8.12	13.87±3.02	36.34±2.25	20.26±7.73	13.34±3.23	39.71±2.36
正常组	28.76±2.74	17.57±2.17	20.52±2.07	27.65±2.43	17.42±1.98	23.44±1.96
t 值	-3.320	-3.446	17.920	-4.560	-5.383	26.497
P 值	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000

间的垂直径、上位矢状径小于正常组,说明 LPS 组椎间孔有效空间的垂直径或上位矢状径明显减小;正常组 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔有效空间的根孔比例小于 LPS 组,说明 LPS 组神经根有更少的有效活动空间。

**2.2 狭窄的类型与因素** 从狭窄类型分析,垂直径明显狭窄的椎间孔 18 个(见图 2),矢状径明显狭窄者 16 个(见图 3),垂直径、矢状径均明显狭窄者 3 个(见图 4)。从狭窄的原因分析:软组织和骨性因素多同时存在,相互影响,软组织因素中主要为椎间盘、纤维环的后外侧突出(16 例),黄韧带肥厚(6 例);骨性因素主要为小关节突关节(14 例)、椎体后外缘终板平面(10 例)增生肥大,骨赘突入椎间孔;此外术中见多数患者存在神经根水肿、粘连,可能是根性痛的重要影响因素。

**3 讨论**

椎间孔是一个由骨与软组织界定的骨纤维性管道,在下腰椎椎间孔为圆形、椭圆形或倒置的泪滴形窗口。腰椎间孔的矢状径从上到下依次变小,而腰神经根和背根神经节(DRG)的横断面积却逐渐变大,

这样对于下腰椎神经根来说则是一个相对更小的椎间孔,或是更小的根孔比例。此外,下腰段椎间孔较长,腰神经根斜行穿过椎间孔需要更长的行程。以上因素决定了 LPS 好发于 L<sub>4,5</sub>、L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔,我们的研究显示 LPS 时 S<sub>1</sub> 神经根受累率高达 67.6%,明显高于 L<sub>4</sub> 神经根,而腰椎间盘突出症、中央椎管狭窄症则是 LPS 的重要前置或伴随因素。

腰椎间隙变窄是造成 LPS 的最主要原因,正常腰椎间隙高约 9 mm,腰椎间孔垂直径 20~23 mm<sup>[1]</sup>,当腰椎间隙小于 3 mm<sup>[2]</sup> 或椎间孔高度小于 15 mm 时,能够明显观察到椎间孔对神经根的压迫。椎间隙变窄发展初期主要是椎间孔的垂直径和下位矢状径的减小,而对上位矢状径无明显影响<sup>[3]</sup>,考虑到神经根多位于椎间孔的上半部分,椎间孔下半部分的狭窄在矢状径上并不会对神经根造成挤压。伴随着椎间隙的进一步变窄,椎弓根的下沉,脊柱稳定性继发性下降,改变了关节突关节的应力分布,诱导下位椎体的上关节突逐渐向前上方移位,当上关节突进一步半脱位时,生物力学的改变又能促进小关节突关

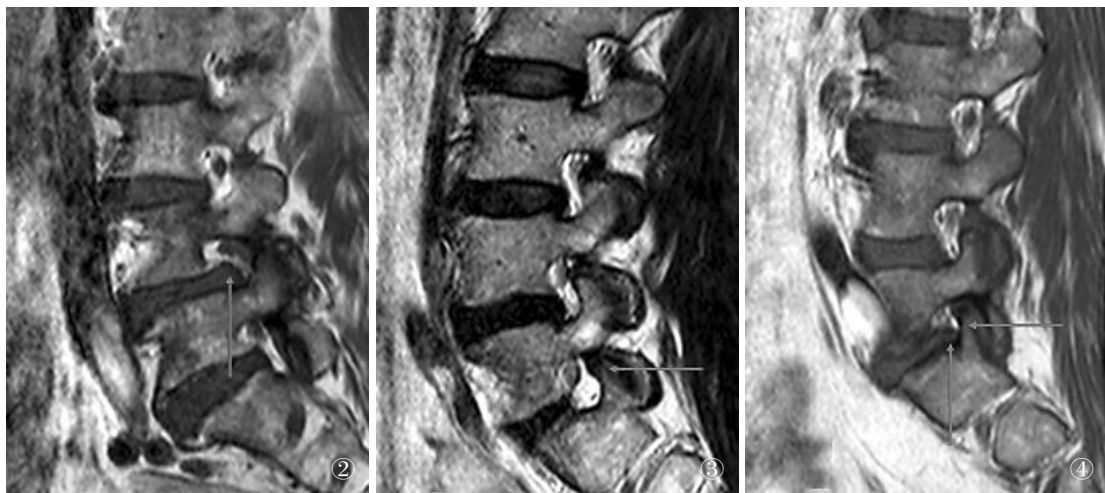


图 2 男,51 岁,L<sub>4,5</sub> 椎间孔垂直径狭窄,L<sub>4</sub> 神经根受压于后外侧突出的椎间盘及 L<sub>4</sub> 椎弓根下切迹(箭头所示) 图 3 女,53 岁,L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔矢状径狭窄,L<sub>5</sub> 神经根受压于狭窄的盘黄间隙与增生的上关节突前缘(箭头所示) 图 4 女,45 岁,L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 椎间孔垂直径、矢状径均狭窄,L<sub>5</sub> 神经根受压于后外侧突出的椎间盘上方与增生的上关节突前缘(箭头所示)

Fig.2 A 51-year-old male patient with effective foraminal height stenosis in L<sub>4,5</sub> foramen,nerve root of L<sub>4</sub> was compressed by axillary process of the vertebral disk and inferior notch of the L<sub>4</sub> pedicle (arrow point at place) Fig.3 A 53-year-old female patient with effective superior foraminal width stenosis in L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> foramen,nerve root of L<sub>5</sub> was compressed by stenotic disk-flavum ligamentum space and hyperplastic articular process(arrow point at place) Fig.4 A 45-year-old female patient with effective foraminal height and effective superior foraminal width stenosis in L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> foramen,nerve root of L<sub>5</sub> was compressed by axillary process of the vertebral disk and hyperplastic articular process(arrow point at place)

节骨赘的形成,以及黄韧带的肥厚、变性、皱褶,这样在周围增生骨赘、肥大黄韧带、松弛纤维环等软组织性、骨性因素共同作用下,椎间孔容积逐渐减小,同时椎间孔内神经根周围的脂肪也逐渐被挤压、游离出椎间孔。在这个病理过程中,黄韧带的肥大变性是一个重要的软组织性环节,正常生理状态下,黄韧带的弹性纤维允许黄韧带的正常收缩,而不发生膨出,但在肥大变性条件下,其收缩度大大降低,极易发生椎间孔内膨出<sup>[4]</sup>。

生理状态下神经根截面占椎间孔截面的 10%~30%,但由于椎间孔内存在纤维隔,神经根被支持、固定在一个较小的孔道内,其在紧张、松弛状态下的伸缩性较小,约为 0.7 mm<sup>[5]</sup>。同时腰神经根缺乏外膜、束膜的保护,耐受牵拉、挤压、化学刺激的能力较低,这样椎间孔内软组织牵拉、椎体移位等因素极易导致神经根及周围组织的无菌性炎变、水肿、缺血,且各种病理因素相互影响,恶性循环。此外,炎性介质的释放,促进了神经根与周围组织的粘连,使神经根与周围组织的滑动变成了摩擦,同时炎变大大刺激了 DRG 神经元的兴奋性,提高 DRG 对摩擦的敏感性<sup>[6]</sup>,这样持续的神经根刺激,最终诱发神经根病变,成为 LPS 的重要根性因素。

本研究表明腰椎间盘突出、纤维环后外侧突出,黄韧带肥厚是 LPS 的主要软组织性因素;关节突关节、椎

体后外缘终板平面增生肥大,骨赘突入椎间孔是 LPS 的主要骨性因素;而神经根的水肿、粘连则是 LPS 的根性因素,且多种因素往往复合存在。MRI 检查可以充分显示 LPS 的解剖形态及引起 LPS 的病理改变,腰椎间孔有效空间的上位矢状径、垂直径、根孔比例可以作为腰椎旁矢状位 MRI 图像上评价 LPS 的量化指标。

参考文献

[1] Jenis LG, An HS. Spine update. Lumbar foraminal stenosis [J]. Spine, 2000, 25(3):389-394.  
 [2] 郝毅,郑海潮,任国良,等. 腰椎间盘高度与椎间孔相关的解剖学研究[J]. 中国骨伤, 2006, 19(11):641-644.  
 [3] Cinotti G, De Santis P, Nofroni I, et al. Stenosis of lumbar intervertebral foramen: anatomic study on predisposing factors [J]. Spine, 2002, 27(3):223-229.  
 [4] Hansson T, Suzuki N, Hebelka H, et al. The narrowing of the lumbar spinal canal during loaded MRI: the effects of the disc and ligamentum flavum [J]. Eur Spine J, 2009, 18(5):679-686.  
 [5] Miyamoto H, Dumas GA, Wyss UP, et al. Three-dimensional analysis of the movement of lumbar spinal nerve roots in nonsimulated and simulated adhesive conditions [J]. Spine, 2003, 28(20):2373-2380.  
 [6] Kiritani T, Takebayashi T, Mizuno S, et al. Electrophysiologic changes in dorsal root ganglion neurons and behavioral changes in a lumbar radiculopathy model [J]. Spine, 2007, 32(2):65-72.

(收稿日期:2010-03-17 本文编辑:连智华)

本刊关于中英文摘要撰写的要求

为了便于国际间的交流,本刊要求述评、骨伤论坛、临床研究、基础研究及综述类栏目的稿件必须附中英文摘要。

临床研究和基础研究等论著类稿件的中英文摘要按结构式的形式撰写,即包括目的(说明研究的背景和要解决的问题)、方法(说明主要工作过程,包括所用原理、条件、材料、对象和方法,有无对照、病例或实验次数等)、结果(客观举出最后得出的主要数据资料)、结论(对结果的分析、研究、比较、评价,提出主要贡献和创新、独到之处,或提出问题及展望)4部分,文字一般不超过 400 字,英文摘要应较中文摘要详细。述评、骨伤论坛和综述类稿件可采用报道性摘要的形式,文字在 200 字左右。

中英文摘要均采用第三人称撰写,不使用第一人称“I”“We”“本文”主语,应着重反映文章的新内容和新观点。不要对论文的内容作诠释和评论。不要使用非公知公用的符号和术语,英文缩写第一次出现时要注明英文全称,其后括号内注明缩写。

英文摘要的内容应包括文题(为短语形式,可为疑问句)、作者姓名(汉语拼音,姓的全部字母均大写,复姓应连写;名字的首字母大写,双字名中间加连字符)、作者单位名称、所在城市、邮政编码、省和国名。作者应列出全部作者的姓名,如作者工作单位不同,只列出通讯作者的工作单位,在通讯作者姓名的右上角加“\*”,同时在单位名称首字母左上角加“\*”,例如:MA Yong-gang\*, LIU Shi-qing, LIU Min, PENG Hao. \*Department of Orthopaedics, People's Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, Hubei, China

另外,有关中医药英译要求:中药材译名用英文;中成药、方剂的名称用汉语拼音,剂型用英文,并在英文后用括号加注中文,例如:Xuefu Zhuyu decoction(血府逐瘀汤);中医证型的英译文后以括号注明中文,例如:Deficiency both of Yin and Yang(阴阳两虚)。