

ferentially stimulates endothelial cells; implications on the control of inflammation via toll-Like receptor 3[J]. *Inflamm Ation*, 2014, 37(1): 65-70.

[15] Revenaugh MS. Extracorporeal shock wave therapy for treatment of osteoarthritis in the horse, clinical applications[J]. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 2005, 21(3): 609-625.

[16] Rompe JD, Cacchio A, Weil L Jr, et al. Plantar fascia-specific stretching versus radial shock-wave therapy as initial treatment of plantar fasciopathy[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(15): 2514-2522.

[17] Schaden W, Fischer A, Sailer A, et al. Extracorporeal shockwave therapy of nonunion or delayed osseous union[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 387(387): 90-94.

[18] Wess O. Extracorporeal shockwaves for pain relief-hypothesis of a neural working mechanism[J]. *J Endourol*, 2009, 23(A15-A16): 239-241.

[19] Eriksen EF. Treatment of bone marrow lesions (bone marrow edema)[J]. *Bonekey Rep*, 2015, 11(4): 755.

[20] Zhang L, Cui Y, Liang D, et al. High-energy focused extracorporeal shock wave therapy for bone marrow edema syndrome of the hip: A retrospective study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(16): E19747.

[21] Kang S, Gao F, Han J, et al. Extracorporeal shock wave treatment can normalize painful bone marrow edema in knee osteoarthritis: A comparative historical cohort study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(5): E9796.

[22] Wang CJ, Wen LH, Ko JY, et al. Extracorporeal shock wave shows regression of osteoarthritis of the knee in rats[J]. *J Surg Res*, 2011, 171(2): 601-608.

(收稿日期:2020-07-14 本文编辑:王宏)

# 腰椎过伸位 MRI 在腰椎管狭窄诊断中的临床应用

史明<sup>1</sup>, 张文捷<sup>1</sup>, 钟远鸣<sup>2</sup>, 罗满<sup>1</sup>, 许仕龙<sup>1</sup>, 唐广军<sup>1</sup>, 魏亚新<sup>1</sup>

(1. 广西中医药大学附属国际壮医医院, 广西 南宁 530023; 2. 广西中医药大学第一附属医院, 广西 南宁 530000)

**【摘要】** 目的: 通过腰椎过伸位 MRI 检查, 研究腰椎过伸位下椎管狭窄程度的变化, 评估腰椎过伸位 MRI 扫描对腰椎管狭窄的诊断价值。方法: 2018 年 9 月至 2020 年 2 月, 纳入 26 例腰椎管狭窄进行腰椎中立位和过伸位 MRI 扫描, 男 11 例, 女 15 例; 年龄 43~85(64.00±10.37) 岁。由于 6 例患者在过伸位下诱发并加重了腰腿痛症状, 无法采集到合格的 MRI 数据, 最终完成检查共采集到 20 例患者的合格数据, 采用 Mimics 21.0 医学图像处理软件测量腰椎管狭窄的相关诊断参数, 统计分析其变化规律, 评价过伸位下腰椎管的狭窄程度和神经受压情况。结果: 腰椎管矢径及横截面积不随体位发生明显变化; 硬膜囊矢径、盘黄间隙在过伸位时均有不同程度变小。结论: 对于腰椎管狭窄的影像学诊断, 腰椎过伸位 MRI 扫描可较好地补充常规中立位 MRI 检查, 对腰椎管狭窄程度的临床诊断更具敏感性。

**【关键词】** 腰椎; 椎管狭窄; 磁共振成像

中图分类号: R455.2

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.11.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Clinical application of lumbar hyperextension MRI in the diagnosis of lumbar spinal stenosis** SHI Ming\*, ZHANG Wen-jie, ZHONG Yuan-ming, LUO Man, XU Shi-long, TANG Guang-jun, and WEI Ya-xin. \*Guangxi International Zhuang Medical Hospital Affiliated to Guangxi University of TCM, Nanning 530023, Guangxi, China

**ABSTRACT Objective:** To evaluate the diagnostic value of lumbar hyperextension MRI, through studying the changes of spinal stenosis degree in lumbar hyperextension position. **Methods:** From September 2018 to February 2020, 26 patients with lumbar spinal stenosis did lumbar spine neutral and hyperextension MRI scans. There were 11 males and 15 females, aged from 43 to 85 (64.00±10.37) years. As 6 patients induced and aggravated the symptoms of low back and leg pain in the hyperextension position, qualified MRI data could not be collected. Because of that, a total of 20 patients' qualified data were collected. Mimics Medical 21.0 medical image processing software was used to measure the relevant diagnostic parameters of lumbar spinal stenosis, analyze the change rules statistically, and evaluate the degree of lumbar spinal stenosis and changes in nerve compression in the hyperextension position. **Results:** The sagittal diameter and cross-sectional area of the lumbar spinal bony canal do not change significantly with the body position; the sagittal diameter of the dural sac, the sagittal diameter of the dural

基金项目: 广西国际壮医医院院内基金面上项目(编号: GZ202019)

Fund program: Guangxi International Zhuang Medical Hospital Intra-hospital Fund Project (No. GZ202019)

通讯作者: 史明 E-mail: shiming621@126.com

Corresponding author: SHI Ming E-mail: shiming621@126.com

sac, and the disc yellow space all have different degrees of decline in the hyperextension position. **Conclusion:** For the imaging diagnosis of lumbar spinal stenosis, lumbar spine hyperextension position MRI can be a good complement for the routine neutral MRI examination, and it is more sensitive to the clinical diagnosis of lumbar spinal stenosis.

**KEYWORDS** Lumbar vertebrae; Spinal stenosis; Magnetic resonance imaging

腰椎管狭窄症(lumbar spinal stenosis, LSS)是指椎管、神经根管等狭窄,并产生相应症状的一种临床综合征,其可因骨性结构(椎板、关节突关节等),软组织(黄韧带、小关节囊、硬膜外脂肪等)等各种因素引起<sup>[1]</sup>。典型表现是活动时出现腰背痛、下肢麻木等症状,不少患者表现为“骑车日行千里,徒步寸步难行”的特征,休息或卧位前屈时缓解,就诊时无阳性体征<sup>[2]</sup>。针对腰椎管狭窄症的上述特点,本研究试图通过对腰椎管狭窄患者行过伸位腰椎 MRI 扫描,并与常规中立位下的 MRI 图像进行对比,对过伸位下腰椎管狭窄程度的变化情况做出更精准的临床评估。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例选择

纳入标准:有下肢间歇性跛行、腰背痛等症状,常规 CT 或 MRI 检查后初步诊断为腰椎管狭窄症,病程 6 个月以上;具有独立行为能力,愿意接受本临床研究,可配合相关检查。排除标准:常规 CT 证实的发育性(先天性)腰椎管狭窄患者;有肝肾等重要脏器严重系统性疾病和恶性肿瘤的患者;合并肿瘤、神经炎症、外周血管病变等病变者;体内有金属内植物或有心理疾病等无法配合完成本研究的病例。

### 1.2 一般资料

2018 年 9 月至 2020 年 2 月,共纳入 26 例腰椎管狭窄患者参加试验,其中男 11 例,女 15 例;年龄 43~85(64.00±10.37)岁。纳入的受试者在检查前均签署知情同意书。由于腰椎管狭窄患者对后伸位检查耐受性较差,部分患者在过伸位下诱发及加重了腰腿痛症状,甚至个别患者出现了难以忍受的疼痛及心悸胸闷等症状,故最终配合完成检查者仅 20 例,检测 L<sub>3</sub> 至 S<sub>1</sub> 共 3 个层面,共统计出 60 个腰椎间盘

节段的 MRI 数据。

### 1.3 检查方法

**1.3.1 设备及体位** 检查设备应用 GE 公司 Silent 型超导 3.0T 磁共振机。受检者仰卧于检查床上,精确摆位严格保证平卧并左右对称,受试者脊柱中心线与扫描中心线一致,定位激光线与腰部正中矢状面重合。首先行常规自然位置即中立位扫描,以标准腰椎成像体位作为中立位,然后再做过伸位腰椎 MRI 扫描。使用自行设计的可调式腰椎体位支架,根据患者的腰椎屈伸活动度,将腰椎体位支架调整至过伸位,患者仰卧其上行 MRI 扫描。

**1.3.2 成像序列** 中立位及过伸位均行 Sag FSE T1WI(TR:600 ms、TE:12.66/Ef), Sag FSE T2WI(TR:3300 ms、TE:128.76/Ef), Axi FSET2WI (TR:300ms、TE:109.39/Ef) 成像。扫描图像见图 1,2。

### 1.4 观察项目与方法

对腰椎管狭窄患者进行 MRI 扫描,由于在 T2WI 像上硬膜囊边界比较清晰,易于图像界定,故选择 L<sub>3</sub> 至 S<sub>1</sub> 共 3 个椎间盘层面的轴位 T2WI 图像,收集患者资料并采用 Mimics 21.0 医学图像处理软件测量以下参数:中立位和过伸位两种体位下的硬膜囊横截面积(cross-sectional area of dural sac, DSCA),硬膜囊矢径(anterioposterior distance of dural sac, DAP),腰椎管横截面积(cross-sectional area of bony canal, BCA),腰椎管矢径(anterioposterior distance of bony canal, BAP),盘黄间隙(disk-flavum ligamentum space, DS)。其中硬膜囊横截面积和腰椎管横截面积依据相应组织边缘来界定;硬膜囊矢径是在椎间盘层面所测硬膜囊前后径的最大值;腰椎管矢径是在椎间盘层面所测骨性椎管前后径的最大值;盘黄间隙,即上关节突前缘与内缘的交点做垂

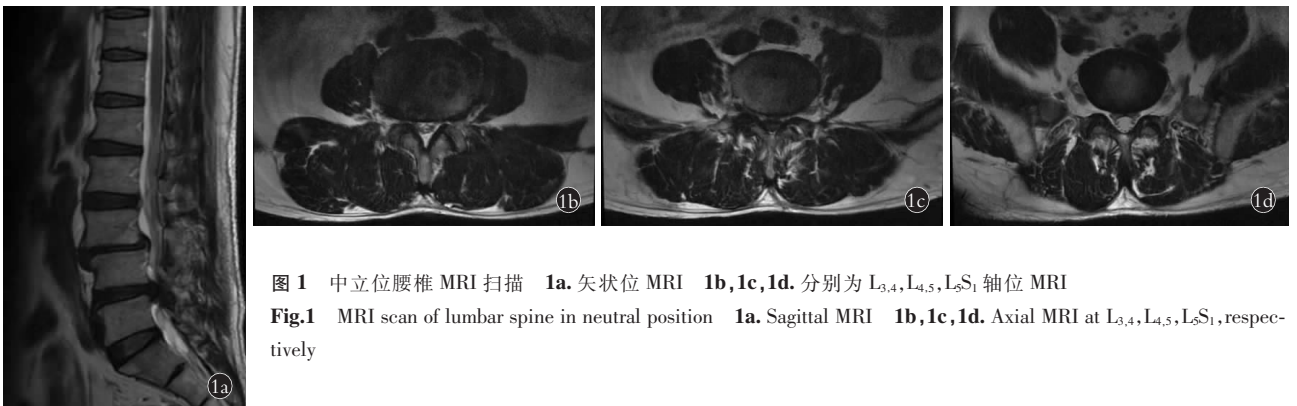


图 1 中立位腰椎 MRI 扫描 1a. 矢状位 MRI 1b, 1c, 1d. 分别为 L<sub>3,4</sub>, L<sub>4,5</sub>, L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 轴位 MRI

Fig.1 MRI scan of lumbar spine in neutral position 1a. Sagittal MRI 1b, 1c, 1d. Axial MRI at L<sub>3,4</sub>, L<sub>4,5</sub>, L<sub>5</sub>S<sub>1</sub>, respectively

线,垂线与椎间盘形成另一交点,测量两交点间距为盘黄间隙。测量方法见图 3-5。

### 1.5 统计学处理

所有原始数据取小数点后 2 位, 定量资料以均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,使用 PEMS 3.1 医学统计软件进行分析,经方差齐性检验,两组方差齐,样本均数较小,组间采用独立样本 *t* 检验,检验水准  $\alpha$  取双侧 0.05。

## 2 结果

### 2.1 硬膜囊横截面积

患者下腰椎(L<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>)硬膜囊横截面积在过伸位时均减小, 但仅有 L<sub>4,5</sub> 和 L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 层面的数据有统计学差异( $P<0.05$ )。见表 1。

表 1 腰椎管狭窄 20 例患者不同体位 MRI 硬膜囊横截面积测量结果( $\bar{x}\pm s, \text{mm}^2$ )

Tab.1 DSCA by MRI measurements in 20 patients with lumbar spinal stenosis at different positions( $\bar{x}\pm s, \text{mm}^2$ )

层面	中立位	过伸位	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
L <sub>3,4</sub>	105.14±35.98	87.11±44.01	1.418	0.164
L <sub>4,5</sub>	99.64±32.67	76.38±29.41	2.366	0.023
L <sub>5</sub> S <sub>1</sub>	103.33±42.84	75.53±35.56	2.233	0.032

### 2.2 硬膜囊矢径

本组患者下腰椎(L<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>)硬膜囊矢径在过伸位时减小,各层面数据差异均有统计学意义( $P<0.01$ )。见表 2。

表 2 腰椎管狭窄 20 例患者不同体位 MRI 硬膜囊矢径测量结果( $\bar{x}\pm s, \text{mm}$ )

Tab.2 DAP by MRI measurements in 20 patients with lumbar spinal stenosis at different positions( $\bar{x}\pm s, \text{mm}$ )

层面	中立位	过伸位	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
L <sub>3,4</sub>	11.56±2.33	9.47±1.99	3.050	0.004
L <sub>4,5</sub>	10.27±3.42	7.67±2.16	2.878	0.006
L <sub>5</sub> S <sub>1</sub>	12.68±2.86	9.36±3.58	3.240	0.003

### 2.3 腰椎管横截面积

本组患者不同体位 MRI 各层面腰椎管横截面积差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),提示下腰椎(L<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>)腰椎管横截面积未随体位改变发生变化。见表 3。

### 2.4 腰椎管矢径

本组患者不同体位 MRI 各层面腰椎管矢径差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),提示下腰椎(L<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>)管矢径未随体位改变发生显著变化。见表 4。

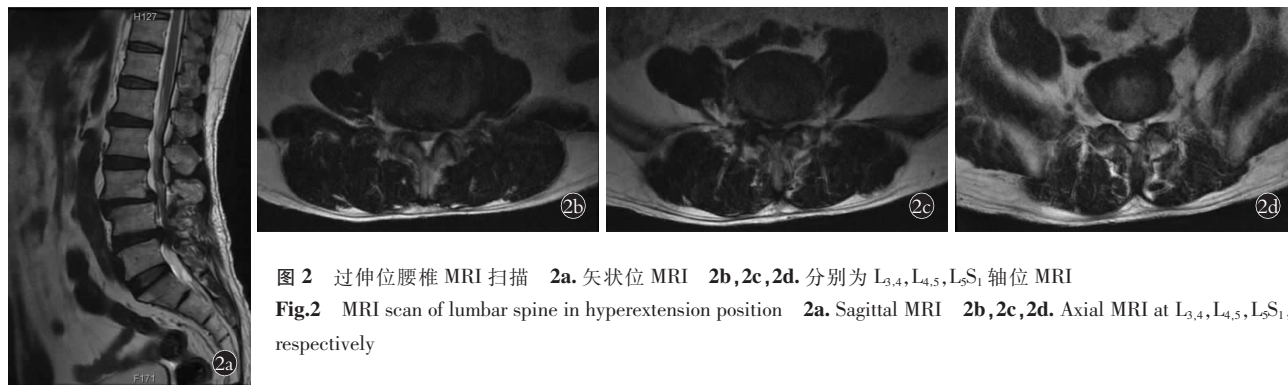


图 2 过伸位腰椎 MRI 扫描 2a. 矢状位 MRI 2b,2c,2d. 分别为 L<sub>3,4</sub>,L<sub>4,5</sub>,L<sub>5</sub>S<sub>1</sub> 轴位 MRI  
Fig.2 MRI scan of lumbar spine in hyperextension position 2a. Sagittal MRI 2b,2c,2d. Axial MRI at L<sub>3,4</sub>,L<sub>4,5</sub>,L<sub>5</sub>S<sub>1</sub>, respectively

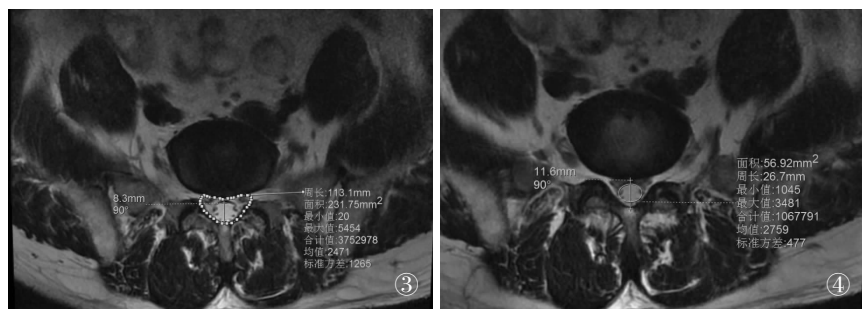


图 3 腰椎管横截面积(绿色心形面积)与硬膜囊矢径(绿色直线)实际测量图

图 4 腰椎管矢径(绿色直线)与硬膜囊横截面积(黄色椭圆形面积)实际测量图

图 5 盘黄间隙测量方法示意图

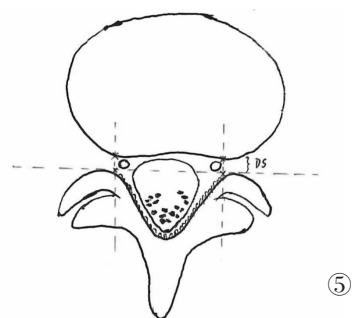


Fig.3 The actual measurement diagram of cross-sectional area of bony canal (green heart area) and anteroposterior distance of dural sac (green line)  
Fig.4 The actual measurement diagram of anteroposterior distance of bony canal (green line) and coiss-sectional area of dural dac (yellow oval area)  
Fig.5 Diagram of disk-favum ligamentum space measurement method



## 2.5 盘黄间隙

本组患者下腰椎(L<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>)盘黄间隙在过伸位时均不同程度减小,各层面数据差异均有统计学意义( $P<0.01$ )。见表 5。

表 3 腰椎管狭窄 20 例患者不同体位 MRI 腰椎管横截面积测量结果( $\bar{x}\pm s, \text{mm}^2$ )

**Tab.3 BCA by MRI measurements in 20 patients with lumbar spinal stenosis at different positions( $\bar{x}\pm s, \text{mm}^2$ )**

层面	中立位	过伸位	t 值	P 值
L <sub>3,4</sub>	176.14±65.48	182.63±59.78	0.327	0.745
L <sub>4,5</sub>	182.37±76.59	174.62±72.44	0.329	0.744
L <sub>5</sub> S <sub>1</sub>	219.42±86.09	216.33±67.39	0.126	0.900

表 4 腰椎管狭窄 20 例患者不同体位 MRI 腰椎管矢径测量结果( $\bar{x}\pm s, \text{mm}$ )

**Tab.4 BAP by MRI measurements in 20 patients with lumbar spinal stenosis at different positions( $\bar{x}\pm s, \text{mm}$ )**

层面	中立位	过伸位	t 值	P 值
L <sub>3,4</sub>	16.44±3.33	15.56±3.23	0.848	0.402
L <sub>4,5</sub>	13.27±3.56	13.58±2.92	0.301	0.765
L <sub>5</sub> S <sub>1</sub>	15.09±2.17	14.67±3.39	0.467	0.643

表 5 腰椎管狭窄 20 例患者不同体位 MRI 盘黄间隙测量结果( $\bar{x}\pm s, \text{mm}$ )

**Tab.5 DS by MRI measurements in 20 patients with lumbar spinal stenosis at different positions( $\bar{x}\pm s, \text{mm}$ )**

层面	中立位	过伸位	t 值	P 值
L <sub>3,4</sub> (左)	5.07±0.67	4.23±0.92	0.002	0.002
L <sub>3,4</sub> (右)	4.97±0.58	4.19±0.73	3.741	0.001
L <sub>4,5</sub> (左)	4.62±0.67	2.58±0.71	9.345	0.000
L <sub>4,5</sub> (右)	4.53±0.81	2.71±0.98	6.402	0.000
L <sub>5</sub> S <sub>1</sub> (左)	4.69±0.92	3.27±1.03	4.598	0.000
L <sub>5</sub> S <sub>1</sub> (右)	4.78±1.05	3.33±0.85	4.800	0.000

## 3 讨论

### 3.1 腰椎管狭窄症的影像学诊断

在相当长的一段时间里,脊髓造影都被当做诊断 LSS 的“金标准”,但其存在一定有创性和风险性,而且其对侧隐窝的显示效果不佳,目前在临床的应用已大幅减少。而以往的传统观念,将骨性结构作为 LSS 严重程度的定量标准<sup>[2]</sup>,即腰椎管中央矢状径 13~15 mm 为异常,10~13 mm 为狭窄,<10 mm 为绝对狭窄,但实际上不少患者骨性椎管并不狭窄,却有明显的腰椎管狭窄症状。所以,经过临床实践的检验,这种“标准”也与临床有所脱节,如表 3 和表 4 结

果所示,骨性通道在体位变化时基本保持不变,而硬膜囊等软性结构可发生明显变化,仍可导致腰椎管狭窄。

目前 MRI 已广泛应用于腰椎管狭窄症的诊断,通过 MRI 横断面、矢状面、冠状面多面扫描,充分显示椎管内解剖结构<sup>[3]</sup>。正中矢状位,可以观察椎体结构、终板、椎间盘、后纵韧带、椎管内容物和周围软组织;从旁矢状位可以观察椎体侧面、椎间孔及其内容物、关节突关节;横断面可通过相邻水平观察神经根的走行路径。随着 MRI 的普及,国外学者已经研究并制定了相关的腰椎中央管狭窄 MRI 分级系统,并逐步用于临床<sup>[4]</sup>。而且近年来很多学者提出了更多的腰椎管狭窄诊断指标,比如马尾神经冗余征<sup>[5]</sup>、马尾神经沉降征<sup>[6-7]</sup>、脑脊液前方闭塞征<sup>[8]</sup>、硬膜外脂肪增多征<sup>[9]</sup>等 MRI 指标。由此可见,越来越多的学者开始将研究重点放在腰椎运动单元的“铰链区”<sup>[10]</sup>,椎间盘层面的纤维性椎管及“软性”致压物得到了重视,腰椎“铰链区”的纤维结缔组织皱褶或肥厚造成的纤维性椎管狭窄占了很大的比例,并且这种纤维性致压物会随着腰椎的运动发生变化,这进一步解释了为什么很多患者当腰部参与活动时才产生症状。

### 3.2 体位相关的腰椎管形态变化

本组研究发现,椎间孔的动态变化在腰椎体位变化中表现最明显,神经根管狭窄在腰椎退变的患者中症状也更严重,由表 5 可知,腰椎过伸位时关节突关节重叠增加,椎间盘呈现向后挤出的倾向,盘黄间隙减小,神经压迫也增加,产生腰腿痛症状。而腰椎前屈位下相邻椎体关节突关节重叠接触则会减少,椎间盘高度成恢复趋势,盘黄间隙变大,椎间孔高度、横截面积均可变大,上位椎弓根对神经根的压迫解除,症状减轻。这就能很好地解释为什么退行性腰椎管狭窄患者多合并腰椎曲度变直,甚至出现腰椎后凸,其实可以理解成脊柱为了迁就神经逃逸而出现的一种代偿性结构改变。

### 3.3 过伸位腰椎 MRI 扫描对 LSS 的诊断价值

LSS 是临床上最为常见的脊柱退行性疾病之一,病变范围较为广泛、病理改变多种多样。但椎间盘退变往往是 LSS 的主要起始因素,同时与狭窄程度、黄韧带退变、关节突关节退变互为因果<sup>[11]</sup>。众所周知,椎间盘是人体最早、最易随年龄增长而发生退行性改变的组织,退变椎间盘含水量少,并且逐渐失去弹性和韧性及支撑重量的作用;椎间盘的变性又可导致椎间关节的松动和异常活动,从而加速了骨赘的形成,过伸时伴随突出加重的椎间盘突入椎管;骨赘的形成虽然限制了相应水平的椎间活动,但同时又会伴随相邻椎间关节的代偿性不稳,从而引

起椎管后方小关节增生、椎板增厚以及黄韧带的退变增厚。所以,随着腰椎退变的加重,越来越多的因退变而增生的结构占据了椎管内的有效空间,从而使得缓冲间隙不断减少,所以过伸位会更容易出现神经的功能性受压改变。

本组研究表明,腰椎过伸位下骨性椎管指标(BAP及BCA)无明显变化,但硬膜囊横截面积、硬膜囊矢径以及盘黄间隙均有不同程度减小,尤其是盘黄间隙在多个层面均有明显变小。因此,过伸时腰椎管前方退变椎体向后滑移,纤维环松弛,使纤维环、髓核向后突出加重以及黄韧带弯曲、皱折均可使腰椎管变窄,导致走行神经根及硬膜囊腹侧受压。

以上对腰椎管狭窄患者过伸位椎管狭窄程度变化的结果分析提示腰椎过伸位MRI检查对常规体位的补充价值较大,尤其是对“软性”致压物及纤维性椎管的狭窄程度的临床评估更具敏感性。本研究也揭示了部分患者腰椎过伸时才出现临床症状或者症状加重的原因,对于疑有腰椎管狭窄而常规影像检查无法确诊者,腰椎过伸位MRI检查可以作为常规中立位的重要补充。

参考文献

[1] 胡有谷. 腰椎管狭窄症[M]. 北京:人民卫生出版社,2010:1048-1050.  
HU YG. Lumbar Spinal Stenosis[M]. Beijing:People's Medical Publishing House,2010:1048-1050. Chinese.

[2] Steurer J,Roner S,Gnannt R. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis:a systematic literature review[J]. BMC Musculoskelet Disord,2011,12(1):1-9.

[3] Lurie J,Tomkins-Lane C. Management of lumbar spinal stenosis[J]. BMJ,2016,352(1):6234.

[4] Yuan S,Zou Y,Li Y,et al. A clinically relevant MRI grading system for lumbar central canal stenosis[J]. Clin Imaging,2016,40(6):1142-1145.

[5] 赵兴,范顺武. 若干未受重视的腰椎管狭窄的MRI表征[J]. 中华骨科杂志,2016,36(22):1405-1409.  
ZHAO X,FAN SW. MRI characterization of several neglected lumbar spinal stenosis[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi,2016,36(22):1405-1409. Chinese.

[6] Barz T,Melloh M,Staub P,et al. Increased intraoperative epidural pressure in lumbar spinal stenosis patients with a positive nerve root sedimentation sign[J]. Eur Spine J,2014,23(5):985-990.

[7] Osama M. Dawood,Tamir A. The MRI finding of the nerve root sedimentation sign:Its clinical validity and operative relativity for patients with lumbar spinal stenosis[J]. Springer Open,2014,45(1):203-209.

[8] Lee GY, Lee JW, Choi HS, et al. A new grading system of lumbar central canal stenosis on MRI:an easy and reliable method[J]. Skeletal Radiol,2011,40(8):1033-1039.

[9] Ishihara S,Fujita N,Azuma K,et al. Spinal epidural lipomatosis is a previously unrecognized manifestation of metabolic syndrome [J]. Spine(Phila Pa 1976),2019,10(19):1016-1018.

[10] 赵兴文. 腰椎管狭窄的动态MRI研究及手术模型的有限元分析[D]. 天津医科大学,2017:9-10.  
ZHAO XW. Kinetic MRI analysis of lumbar spinal stenosis and finite element analysis of lumbar surgical model [D]. Tianjin Medical University,2017:9-10. Chinese.

[11] Karki DB, Adhikary KP, Gurung G. Magnetic resonance imaging findings in lumbar disc degeneration in symptomatic patients[J]. J Nepal Health Res Counc,2015,13(30):154-159.

(收稿日期:2020-10-15 本文编辑:王宏)