

临床论著

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张楠¹, 刘娜¹, 丑凯平¹, 王明达¹, 郑伟¹, 张雪娇¹, 王玉映², 闫景龙²(1 齐齐哈尔医学院附属第二医院骨外科 161000 黑龙江省齐齐哈尔市; 2 哈尔滨医科大学
附属第二临床医学院骨六科 150081 黑龙江省哈尔滨市)

【摘要】目的:评价神经根沉降征与重度中央型/混合型腰椎管狭窄节段硬膜囊横截面积变化之间的关系,并探讨其可能的发生机制。**方法:**回顾性分析 2012 年 1 月~2015 年 6 月齐齐哈尔医学院附属第二医院明确诊断为腰椎管狭窄症(LSS)的 87 例患者的 MRI 图像,均被确诊为中央型或混合型 LSS, MRI 明确显示 L3/4 或 L4/5 节段至少一个扫描层面的硬膜囊横截面积 (cross-sectional area, CSA) $\leq 80\text{mm}^2$ 。患者均有间歇性跛行,行走距离 $\leq 500\text{m}$ 。单节段狭窄 61 例,其中 L3/4 狭窄 19 例, L4/5 狭窄 42 例;双节段(L3/4、L4/5)狭窄 26 例,共筛选出符合标准的狭窄节段 113 个,分析其中神经根沉降征阳性的发生率,并将其分为沉降征阳性组与沉降征阴性组。L3/4、L4/5 节段各扫描 3 层,在横截面 MRI T2 加权相图像上测量最小硬膜囊 CSA、最小椎管正中矢状径(PAD)、最大硬膜囊横截面积差(CSAD),组间比较采用 t 检验;进一步采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC-curve)即 ROC 曲线分析神经根沉降征阳性发生率与最小硬膜囊 CSA、最小椎管 PAD、最大硬膜囊 CSAD 之间的相关性。**结果:**在 113 个重度腰椎管狭窄节段中,28 个狭窄节段沉降征阴性,85 个狭窄节段沉降征阳性,神经根沉降征阳性发生率为 75.22%。神经根沉降征阳性组最小椎管 PAD 为 $12.00 \pm 2.10\text{mm}$,阴性组为 $11.47 \pm 2.04\text{mm}$,两组比较有统计学差异($P < 0.05$);阳性组最大硬膜囊 CSAD 为 $36.94 \pm 13.97\text{mm}^2$,阴性组为 $18.60 \pm 7.70\text{mm}^2$,两组比较有统计学差异($P < 0.01$);阳性组最小硬膜囊 CSA 为 $47.34 \pm 12.55\text{mm}^2$,阴性组为 $45.16 \pm 15.35\text{mm}^2$,两组比较无统计学差异($P > 0.05$)。最小椎管 PAD 的 ROC 曲线下面积值(AUC)为 0.64($P < 0.05$);最大硬膜囊 CSAD 的 ROC 曲线下面积值(AUC)为 0.929($P < 0.01$);最小硬膜囊 CSA 的 ROC 曲线下面积值(AUC)为 0.557($P > 0.05$)。**结论:**阳性神经根沉降征的发生与狭窄节段硬膜囊受压变窄的变化程度有关,硬膜囊最大 CSAD 可作为评估腰椎管狭窄节段硬膜囊受压变窄的变化程度的指标。

【关键词】腰椎管狭窄症;神经根沉降征;硬膜囊横截面积;椎管正中矢状径;硬膜囊横截面积差;相关性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.10.09

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-10-0919-07

Correlative study of nerve root sedimentation sign and compression of dural sac in the diagnosis of severe central/complex lumbar spinal stenosis/ZHANG Nan, LIU Na, CHOU Kaiping, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(10): 919-925

【Abstract】 Objectives: To evaluate the relationship between the presence of nerve root sedimentation sign (SedSign) on MRI and the cross-sectional area changes of dural sac in diseased levels in patients with severe lumbar spinal stenosis(LSS), and to analyze the possible mechanism of sedimentation sign. **Methods:** From January 2012 to June 2015, MR images of 87 patients with LSS were analyzed in the second affiliated hospital of Qiqihar Medical College, all patients were diagnosed with central/complex LSS. A cross-sectional area (CSA) of dural sac $\leq 80\text{mm}^2$ at least one level in transverse MRI scans of L3/4 or L4/5 were determined. All patients had typical intermittent claudication with walking distance $\leq 500\text{m}$. 61 patients were diagnosed with single segment stenosis (19 patients at L3/4 level and 42 patients at L4/5 level). Two levels stenosis (L3/4, L4/5) were found in 26 patients. 113 narrowing levels were selected and the prevalence of positive sedimentation sign were recorded, and all cases were divided into positive and negative groups. Each level of L3/4 and L4/5 was scanned in three layers, and the smallest CSA of dural sac, the smallest posteroanterior diameter (PAD) of the spinal canal and the largest cross-sectional area difference(CSAD) of dural sac were measured

第一作者简介:男(1979-),博士研究生在读,副主任医师,副教授,研究方向:骨组织工程学与脊柱外科

电话:(0452)2736531 E-mail:zhn1979-08@163.com

at transverse T2-weighted MRI respectively, the difference of two groups were compared by *t*-test. The receiver-operator characteristic(ROC) curve analysis was conducted to evaluate the correlations between positive sign and the smallest CSA, the smallest PAD and the largest CSAD. **Results:** The positive sedimentation sign in 113 narrow levels accounted for 75.22%(85 levels). The smallest PAD of the positive groups was $12.00 \pm 2.10\text{mm}$, and the negative was $11.47 \pm 2.04\text{mm}$, there were significant differences between the two groups ($P < 0.05$). The largest CSAD of the positive groups was $36.94 \pm 13.97\text{mm}^2$, and the negative was $18.60 \pm 7.70\text{mm}^2$, there were significant differences between the two groups ($P < 0.01$). The smallest CSA of the positive groups was $47.34 \pm 12.55\text{mm}^2$, and negative was $45.16 \pm 15.35\text{mm}^2$, there were no significant differences between the two groups($P > 0.05$). The ROC curve showed that the area under ROC curve(AUC) of the smallest PAD of spinal canal was 0.64($P < 0.05$) and the AUC of the largest CSAD of dural sac was 0.929($P < 0.01$), the AUC of the smallest CSA was 0.557($P > 0.05$). **Conclusions:** In summary, the positive sedimentation sign is closely related to the change of compressed dural sac. The CSAD is proposed to describe the change of dural sac in compressive levels in severe central/complex lumbar stenosis.

[Key words] Lumbar spinal stenosis; Nerve root sedimentation sign; Cross-sectional area of dural sac; Posteroanterior diameter of the spinal canal; Cross-sectional area difference of dural sac; Correlative study

[Author's address] Department of Orthopedic, The Second Affiliated Hospital of Qiqihar Medical College, Qiqihar, 161000, China

腰椎管狭窄症(lumbar spinal stenosis, LSS)是指腰椎管容量减少,硬膜囊及神经根管的神经受压而出现的一系列症状的总称^[1,2],其中最常见的是退变性中央型/混合型椎管狭窄^[3]。虽然国内外诊断 LSS 可以通过病史、临床表现、电生理和影像学表现等多种方法^[4],但目前仍没有明确的诊断标准^[5-8]。诊断 LSS 的困难在于如疼痛、功能受限等临床症状常常仅在活动时出现,休息后则消失。这导致影像学表现经常与临床表现不符^[9],因此迫切需要发现新的诊断指标来协助诊断 LSS。Barz 等^[10]在 2010 年首先提出将神经根沉降征作为一项新的影像学指标来帮助诊断 LSS。由于神经根沉降征具有简单、直观、便于获取等优点,近年来引起了众多学者的关注与研究,目前国际上一致认为神经根沉降征对诊断腰椎管狭窄特别是那些明显的椎管骨性狭窄的患者具有一定的敏感性与特异性^[11-13]。也有学者通过回顾性分析重度中央型腰椎管狭窄手术患者的 MRI 图像后认为神经根沉降征在帮助明确手术指征时有一定意义^[14]。虽然神经根沉降征作为一项定性影像学指标协助诊断 LSS 已经被认可^[15],对目前常用的影像学诊断指标是一种有效的补充,但其发生机制目前还不是很清楚。本研究回顾性分析已被临床明确诊断为重度中央型/混合型 LSS 患者的 MRI 图像,观察神经根沉降征与狭窄节段硬膜囊截面积受压狭窄变化程度之间的关系,初步探讨其可能的发生机制。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集齐齐哈尔医学院附属第二医院 2012 年 1 月~2015 年 6 月明确诊断为 LSS 的患者的 MRI 图像。入选标准:①MRI 图像明确显示 L3/4 或 L4/5 节段至少一个扫描层面的硬膜囊横截面积(cross-sectional area, CSA) $\leq 80\text{mm}^2$;②有间歇性跛行,行走距离 $\leq 500\text{m}$ 。排除标准:①合并下肢动脉闭塞征、腰椎肿瘤、多神经损伤、脊柱外伤史的患者;②由于 S1 和 S2 神经根离开硬膜囊较远并牵拉限制硬膜囊内马尾神经下沉,所有 L5/S1 节段狭窄的 LSS 患者被排除^[10];③由于 L1/2、L2/3 节段的 MRI 仅扫描 1 层,故排除 L1/2 及 L2/3 节段狭窄的患者。根据入选和排除标准共筛选出 87 例患者共 113 个狭窄节段,其中男 32 例,女 55 例,年龄 28~89 岁(62.0 ± 12.4 岁)。单节段狭窄 61 例,其中 L3/4 狭窄 19 例, L4/5 狭窄 42 例,双节段(L3/4、L4/5)狭窄 26 例。

1.2 MRI 数据采集

收集患者常规 MRI 扫描(HITACHI echelon 1.5T)的矢状位 T1、T2 加权图像及横断面 T2 加权图像(4mm 层厚)。扫描时患者均采用仰卧、双下肢伸直位。扫描范围:L1/2、L2/3 节段扫描 1 层, L3/4、L4/5、L5/S1 节段各扫描 3 层。采用具有完整数字化面积测量的图像储存系统(Accurad V 4.0 软件)进行数据处理。由不了解神经根沉降征的 3 位高年资放射科医师独立在 L3/4~L5/S1 每层腰

椎横截面 MRI T2 加权图像上测量每层图像的以下指标:CSA, 以硬膜囊边缘为界划定的面积^[6];椎管正中矢状径(posteroanterior diameter, PAD), 椎间盘后缘中点至椎管后壁中点之间的距离^[17](图 1);硬膜囊横截面积差(cross-sectional area difference, CSAD), 将狭窄节段 3 个扫描层面测得的最大硬膜囊横截面积值减去最小横截面积值, 其差值作为该狭窄节段的最大 CSAD 值, CSAD 值越大表明该狭窄节段硬膜囊受压变窄的程度越剧烈;反之, CSAD 值越小则表示硬膜囊受压变窄的程度越平缓。取 3 位影像医师独立测量结果的平均值作为该层面的真实数据并进行分析。

1.3 神经根沉降征的判定

根据 Barz 等^[10]描述的神经根沉降征的表现, 分别由 3 位高年资临床医师独立对入选的 113 个狭窄节段 MRI 影像进行分析, 在横截面 T2 加权图像上, 沿椎管正中矢状径的中点作一条垂直的直线, 将硬膜囊分为上下两个部分, 除本节段离开硬膜囊的神经根外, 如没有其他神经根位于该直线的腹侧, 即为阴性神经根沉降征(图 2);在该直线的腹侧及周围除离开硬膜囊的神经根之外尚有其他神经根, 此现象定义为阳性神经根沉降征(图 3)。评议结果采取多数评议法, 至少有 2 位医师做出阳性评议时认为该层面为神经根征阳性。每个节段的 3 个 MR 扫描层面中有 1 个层面被判定为阳性, 即认为该节段神经根沉降征阳性。

1.4 统计学分析

分析 113 个狭窄节段横截面 MRI T2 加权图像, 统计阳性神经根沉降征的分布情况并计算阳性发生率。所有计量数据采用平均值数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 并应用 SPSS 18.0 统计软件进行分析。将 113 个狭窄节段分为神经根沉降征阳性组与阴性组, 采用组间 t 检验对比分析两组最大

CSAD、最小 PAD、最小 CSA 等影像学指标之间是否具有统计学差异。神经根沉降征阳性率与最大 CSAD、最小 PAD、最小 CSA 之间的相关性分析采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC-curve)即 ROC 曲线方法进行分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

在患者矢状位 MRI 图像上初步确定狭窄节段(图 4a);在狭窄节段的第 1 层横截面 MRI T2 图像中, 可观察到由于硬膜囊受压狭窄变化相对平缓, 神经根虽然受到牵拉但并未出现阳性沉降征(图 4b);在狭窄节段的第 2 层横截面 MRI 图像中, 硬膜囊受压变窄的程度较第 1 层严重, 神经根明显受到牵拉向前移位, 完全位于中线的腹侧, 出现神经根沉降征阳性(图 4c);在第 3 层 MRI 图像中, 该节段为最狭窄部位, 后方黄韧带明显增厚压迫硬膜囊, 神经根明显前移, 引起沉降征阳性(图 4d)。在 113 个腰椎管狭窄节段中, 共有 85 个节段表现为神经根沉降征阳性, 其阳性率为 75.22%。

神经根沉降征阳性组(85 个)与阴性组(28 个)的最大 CSAD、最小 PAD、最小 CSA 测量结果见表 1。两组间最小 CSA 无统计学差异($P>0.05$), 最小 PAD、最大 CSAD 均有统计学差异($P<0.05$)。

神经根沉降征阳性率与最大 CSAD、最小 PAD、最小 CSA 之间的相关性分析结果见图 5, 最小 CSA 的 ROC 曲线下面积(area under ROC curve, AUC)为 0.557(95%可信区间:0.426~0.688, $P>0.05$);最小 PAD 的 AUC 为 0.64(95%可信区间:0.529~0.752, $P<0.05$), 最大 CSAD 的 AUC 为 0.929(95%可信区间:0.861~0.997, $P<0.05$)。

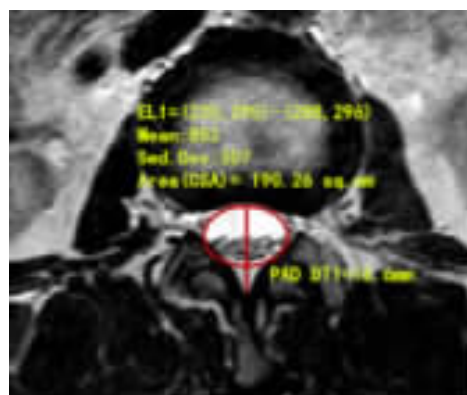


图 1 在仰卧位腰椎横截面 MRI T2 图像上测量: 硬膜囊横截面积(CSA), 图中椭圆形区域可以观察到硬膜囊的边缘, 以此为边界划定的范围作为硬膜囊横截面;椎管正中矢状径(PAD), 椎间盘后缘中点至椎管后壁中点之间的距离

Figure 1 Measurement of cross-sectional area(CSA) of dural sac in the supine lumbar cross-sectional MR images: we could observed ellipsoidal margin of dural sac in MRI, and measureing the area of the shap was CSA; Measurement of posteroanterior diameter(PAD) of the spinal canal: the distance between Intervertebral disc trailing edge middle point and the middle point of vertebral plate

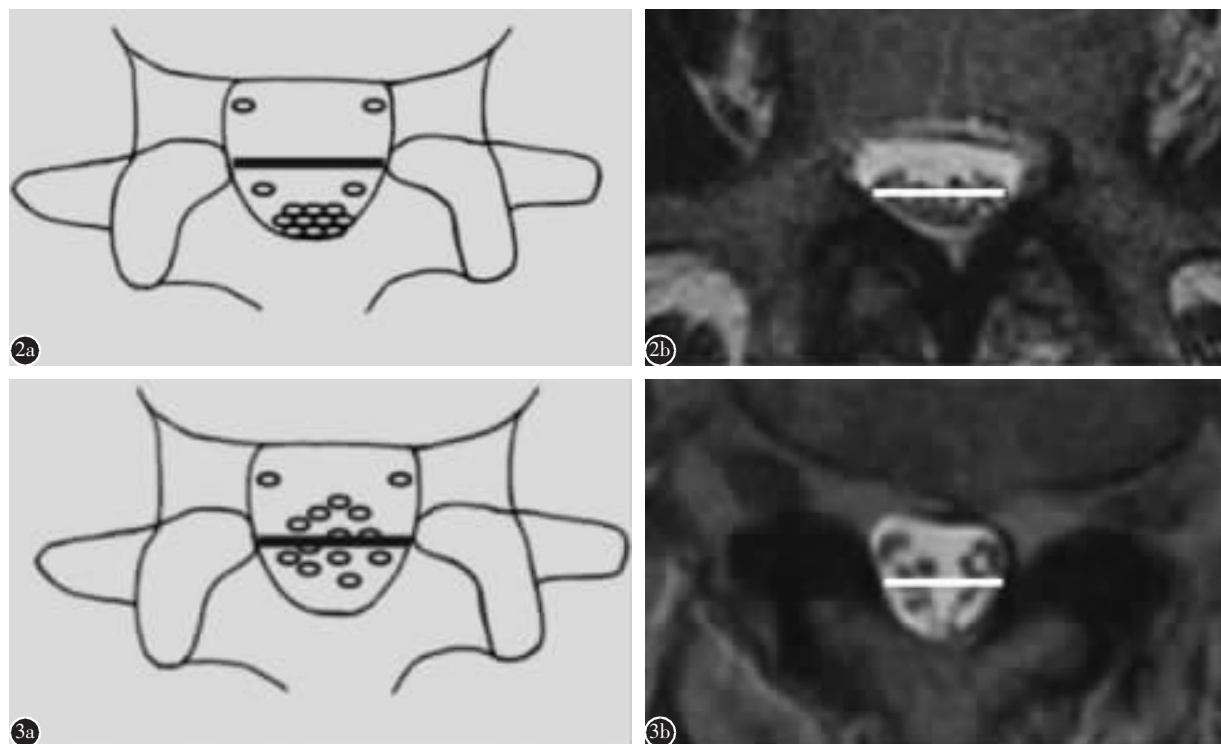


图 2^[10] a 神经根沉降征阴性示意图 b 在 MRI 图像上神经根沉降征阴性的判定:在椎管正中矢状径的中点作一垂直其的假想横线,将硬膜囊分为上下两个部分,神经根沉降征阴性是指除了本节段离开的 2 根神经根外大部分神经根沉积到横线的背侧 图 3^[10] a 神经根沉降征阳性示意图 b 在 MR 图像上神经根沉降征阳性的判定:由于椎管狭窄,硬膜囊受压导致大部分神经根位于假想中线的腹侧或在中线周围,被定义为神经根沉降征阳性

Figure 2^[10] a The schematic diagram of a "negative" nerve root sedimentation sign b Measurement of "negative" nerve root sedimentation sign in MRI: Make a imaginary perpendicular horizontal line at the middle of posteroanterior diameter (PAD) of the spinal canal, A "negative" sedimentation sign was defined as all cauda equina being located in the dorsal part of the line with the exception of the two ventral nerve roots exiting caudal to the level where the observations were being made **Figure 3^[10]** a The schematic diagram of a "positive" nerve root sedimentation sign b Measurement of "positive" nerve root sedimentation sign in MRI: Because of the tight canal, the dural sac were "squashed", A "positive" sedimentation sign was defined as an absence of cauda equina sedimentation, with the majority of nerve roots located in the ventral part of the line or present on both sides of the equator

3 讨论

通常意义上的退变性中央型 LSS 是指随着老年人脊柱的退变,主要是增生的骨组织或纤维结缔组织,比如前方膨出的椎间盘,双侧增生内聚的椎小关节及韧带、后方增生肥厚的黄韧带或增厚的椎板,硬膜囊外围组织退变,从前后位上压迫硬膜囊,导致中央管的容积减小,从而产生一系列的临床症状^[18]。由于 MRI 具有非侵袭性的特定,且对软组织具有良好的分辨率,已成为临床诊断中央型腰椎管狭窄症最常用的手段之一。虽然通过 MRI 图像测量椎管 PAD 和硬膜囊 CSA 来帮助诊断 LSS 已经越来越普及^[16-20],但目前仍然没有一个诊断 LSS 的标准被国内外所公认。

在本研究中,由于 L1/2、L2/3 节段的 MRI 图像仅扫描 1 层,无法评估 L1/2、L2/3 硬膜囊狭窄的变化趋势,同时鉴于腰椎管狭窄多发于 L3/4、L4/5 节段^[21,22],所以我们认为未分析 L1/2、L2/3 节段的发生率也不会影响我们最后结果的准确性,故未将 L1/2、L2/3 节段狭窄患者纳入本研究。入选的 113 个狭窄节段中,表现为阳性神经根沉降征的狭窄节段共有 85 个,其发生率为 75.22%;通过对比神经根沉降征阳性组与阴性组之间的最小 PAD,发现两组之间 PAD 有统计学差异,进一步研究狭窄节段最小 PAD 与神经根沉降征阳性发生率之间的相关性,其 ROC 曲线结果为 AUC=0.64,显示两者之间虽有一定的相关性,但相关性

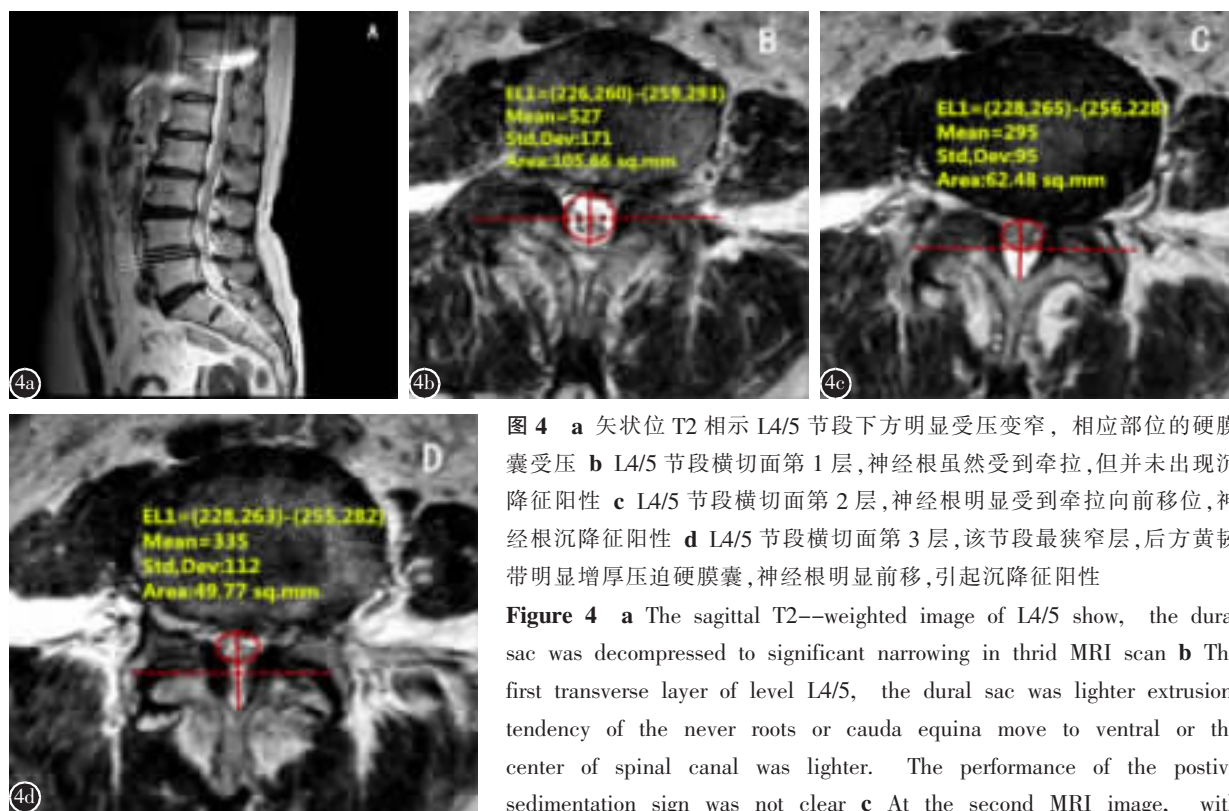


图 4 a 矢状位 T2 相示 L4/5 节段下方明显受压变窄, 相应部位的硬膜囊受压 b L4/5 节段横切面第 1 层, 神经根虽然受到牵拉, 但并未出现沉降征阳性 c L4/5 节段横切面第 2 层, 神经根明显受到牵拉向前移位, 神经根沉降征阳性 d L4/5 节段横切面第 3 层, 该节段最狭窄层, 后方黄韧带明显增厚压迫硬膜囊, 神经根明显前移, 引起沉降征阳性

Figure 4 a The sagittal T2--weighted image of L4/5 show, the dural sac was decompressed to significant narrowing in third MRI scan b The first transverse layer of level L4/5, the dural sac was lighter extrusion, tendency of the never roots or cauda equina move to ventral or the center of spinal canal was lighter. The performance of the postive sedimentation sign was not clear c At the second MRI image, with

narrow of dural sac intensifies, the nerve roots were compressed to shift significantly, the postive sedimentation sign was present d The third MRI scan was the smallest stenosis, becauseof the tight canal, the nerves are "squashed" and therefore present on both sides of the equator, so that the sedimentation sign was appearance, too

表 1 神经根沉降征阳性组与阴性组 MRI 指标对比

Tabel 1 Related parameters of MRI scans compared in two groups

	沉降征阳性组 Postive groups (n=85)	沉降征阴性组 Negative groups (n=28)	t 值 t value
最小横截面积 The smallest CSA	47.34±12.55	45.16±15.35	t=0.976
最小正中矢状径 The smallest PAD	12.00±2.10 ^①	11.47±2.04	t=2.334
最大横截面积差 The largest CSAD	36.94±13.97 ^①	18.60±7.70	t=6.771

注: ①与阴性组比较 $P < 0.05$

Note: ①Compared with negative group, $P < 0.05$

并不明显, 说明硬膜囊受到前后方的挤压可能是神经根沉降征出现的一个因素, 与 Fazal 等^[14]的研究结果一致。同时我们测量所有狭窄节段的最小 CSA, 对比两组间最小 CSA 无显著性差异, 同时神经根沉降征阳性发病率与硬膜囊最小 CSA 的 ROC 曲线显示 $AUC=0.557$, 表明沉降征阳性率与硬膜囊绝对狭窄程度之间没有显著相关性。这与之前的研究报道认为硬膜囊最小 CSA 作为诊断

指标在诊断 LLS 可能存在误差的结论^[23]相符合。同时也有报道认为测量 CSA 与 LSS 之间没有显著相关性^[24-26]。上述报道间接支持我们的研究结果, 说明最小 PAD 和最小 CSA 不是引起阳性神经根沉降征的主要原因。

我们应用硬膜囊 CSAD 来描述狭窄节段硬膜囊受压变窄的动态程度, 比较两组间的最大 CSAD 有显著性差异。同时 ROC 曲线也证实了神经根沉降征阳性的发生率与最大硬膜囊 CSAD 有显著相关性 ($AUC=0.929, P < 0.01$), 说明神经根沉降征阳性的发生可能与狭窄节段的硬膜囊受压变化程度有关。这可能是由于最狭窄部位神经根随受压的硬膜囊变窄而向腹侧移动, 从而牵拉附近正常部位的神经根或马尾神经也向腹侧及中央移动所致。当最大 CSAD 较小时, 表示狭窄节段硬膜囊与正常硬膜囊之间的变化趋势小, 因此神经根受到牵拉前移较平缓, 不出现神经根沉降征阳性现象; 反之, 当最大 CSAD 变大时, 说明受压节段硬膜囊相对于正常部位显著变窄, 该节段附近

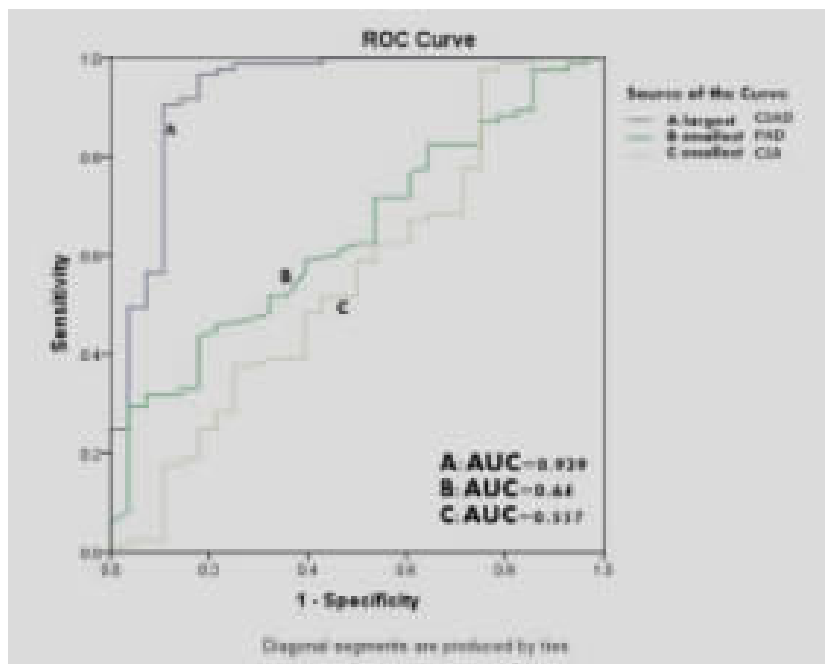


图 5 采用 Receiver-operator characteristic (ROC) 曲线分析神经根沉降征阳性率与最大硬膜囊横截面积差(CSAD)、最小椎管矢状径(PAD)和最小硬膜囊横截面积(CSA)之间关系:A,神经根沉降征阳性率与最大硬膜囊 CSAD 之间相关性的曲线下面积 (area under ROC curve, AUC)=0.929, $P<0.01$; B, 神经根沉降征阳性率与最小椎管 PAD 的相关性, AUC=0.64, $P<0.05$; C, 神经根沉降征阳性率与最小硬膜囊 CSA 之间的关系, AUC=0.557, $P>0.05$

Figure 5 Correlation between prevalence of sedimentation sign and the largest CSAD, the smallest PAD, and the smallest CSA; Line A: The ROC curves of the largest CSAD and area under ROC curve (AUC)=0.929,

$P<0.01$; Line B: The ROC curves of the smallest PAD and AUC=0.64, $P<0.05$; Line C: The ROC curves of the smallest CSA and AUC=0.557, $P>0.05$

正常位置的马尾神经或神经根受到牵拉向前明显移位,导致神经根位于硬膜囊的中间或腹侧移位而不能下沉。

通过这种机制首先可以解释神经根沉降征阳性为什么在重度的中央型或混合型 LSS 患者中发生率较高。狭窄程度较轻的 LSS 患者受压节段硬膜囊较正常节段硬膜囊前移平缓,对该狭窄节段的马尾神经牵拉不明显,导致其 MRI 图像上几乎看不到神经根沉降征阳性的出现。Barz 等^[27]的研究表明, LSS 患者中,神经根沉降征出现与硬膜外压力有关系,这也间接证明了我们研究结果是正确的。其次能够解释我们的研究结果与之前报道的研究结果之间存在的差异。在同等入选标准下^[10],本研究的沉降征阳性率(75.22%)低于目前临床报道的发生率^[10-14],造成这种结果的原因一方面可能是,腰椎间盘突出明显向后突出压迫硬膜囊,将马尾神经推挤向硬膜囊的背侧,从而导致判定沉降征时产生误差。另一方面是由于混合型 LSS 患者的硬膜囊受压累及的范围相对广泛时,而 MRI 扫描的部位相对受限,可能存在 MRI 恰好没有扫描到硬膜囊变化最显著的部位。另外,我们的研究为回顾性图像分析,不能自由选择扫描部位,因此在判断神经根沉降征阳性时可能出现

误差,从而导致我们的研究结果中阳性率较其他研究偏低。

当然,影响神经根沉降征阳性出现的因素还有很多,例如腰椎生理性前凸消失或后凸畸形牵拉硬膜囊后移,单纯中央型腰间盘脱出导致硬膜囊受到来自前方的压迫而不伴随后方组织压迫的中央型 LSS,侧隐窝狭窄导致的 LSS 都可影响到神经根沉降征阳性的出现;同时本研究仅回顾了 87 例重度狭窄的患者,入选病例数量相对较少;其次由于入选标准的限制,没有分析大范围内的沉降征的发生率;在评价测量过程中,由于评价者对沉降征的认识不同,也会造成不可避免的误差,影响最后数据的准确性,以上这些问题还需要未来进一步的前瞻性研究来解决。

本研究首次提出使用最大硬膜囊 CSAD 来衡量受压部位硬膜囊狭窄的变化程度,并证明了神经根沉降征阳性与最小椎管有效矢状径和最大硬膜囊 CSAD 之间有显著相关性,说明重度腰椎管狭窄受压节段硬膜囊狭窄变化程度可能是引起阳性神经根沉降征这种影像学现象的因素之一。同时本研究结果也为未来神经根沉降征在临床上的进一步应用及完善其发病机制提供了新的思路。

4 参考文献

1. Atlas SJ, Keller RB, Robson D, et al. Surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis: four-year outcomes from the maine lumbar spine study[J]. *Spine*, 2000, 25(5): 556-562.
2. Verbiest H. A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 1954, 36(2): 230-237.
3. 钟远鸣, 宁运乾, 吴志坤. 多节段退行性腰椎管狭窄症“责任节段”的定位诊断研究进展[J]. *广西中医学院学报*, 2010, 13(2): 69-71.
4. Amundsen T, Weber H, Lilleas F, et al. Lumbar spinal stenosis: clinical and radiologic features[J]. *Spine*, 1995, 20(10): 1178-1186.
5. Haig AJ, Geisser ME, Tong HC, et al. Electromyographic and magnetic resonance imaging to predict lumbar stenosis, low back pain, and no back symptoms[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89(2): 358-366.
6. Atlas SJ, Keller RB, Wu YA, et al. Long-term outcomes of surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis: 8 to 10 year results from the maine lumbar spine study[J]. *Spine*, 2005, 30(8): 936-943.
7. Fritz JM, Erhard RE, Delitto A, et al. Preliminary results of the use of a two-stage treadmill test as a clinical diagnostic tool in the differential diagnosis of lumbar spinal stenosis [J]. *Spinal Disord*, 1997, 10(5): 410-416.
8. Kapural L, Mekhail N, Bena J, et al. Value of the magnetic resonance imaging in patients with painful lumbar spinal stenosis(LSS) undergoing lumbar epidural steroid injections[J]. *Clin J Pain*, 2007, 23(7): 571-575.
9. Alyas F, Connell D, Saifuddin A. Upright positional MRI of the lumbar spine[J]. *Clin Radiol*, 2008, 63(9): 1035-1048.
10. Barz T, Melloh M, Staub LP, et al. Nerve root sedimentation sign: evaluation of a new radiological sign in lumbar spinal stenosis[J]. *Spine*, 2010, 35(8): 892-897.
11. Tomkins-Lane CC, Quint DJ, Gabriel S, et al. The never root sedimentation sign for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: reliability, sensitivity and specificity[J]. *Spine*, 2013, 38(24): 1154-1160.
12. Macedo LG, Wang Y, Battié MC. The sedimentation sign for differential diagnosis of lumbar spinal stenosis [J]. *Spine*, 2013, 38(10): 827-835.
13. Zhang L, Chen R, Xie P, et al. Diagnostic value of the nerve root sedimentation sign, a radiological sign using magnetic resonance imaging, for detecting lumbar spinal stenosis: a meta-analysis[J]. *Skeletal Radiol*, 2015, 44(4): 519-527.
14. Fazal A, Yoo A, Bendo JA, et al. 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*, 2013, 13(8): 837-842.
15. 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.
16. 王波, 王宸, 王运涛, 等. MRI 硬膜囊区域划分测量和中央型腰椎管狭窄症临床相关性分析[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2013, 7(24): 11246-11250.
17. 张光辉, 刘旭林, 初英萍, 等. 腰椎正中矢状径在椎间隙层面与椎体层面测量研究[J]. *实用放射学杂志*, 2006, 22(9): 1104-1107.
18. Sigmundsson FG, Kang XP, Jansson B, et al. Correlation between disability and MRI findings in lumbar spinal stenosis: a prospective study of 109 patients operated on by decompression [J]. *Acta Orthop*, 2011, 82(2): 204-210.
19. Deyo RA. Treatment of lumbar spinal stenosis: a balancing act[J]. *Spine J*, 2010, 10(7): 625-627.
20. Haig AJ, Tomkins CC. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis [J]. *JAMA*, 2010, 303(1): 71-72.
21. Lurie JD, Tosteson AN, Tosteson TD, et al. Reliability of readings of magnetic resonance imaging features of lumbar spinal stenosis[J]. *Spine*, 2008, 33(14): 1605-1610.
22. Hamanishi C, Matukura N, Fujita M, et al. Cross-sectional area of the stenotic lumbar dural tube measured from the transverse views of magnetic resonance imaging [J]. *Spinal Disord*, 1994, 7(5): 388-393.
23. Staub LP, Barz T, Melloh M, et al. Clinical validation study to measure the performance of the nerve root sedimentation sign for the diagnosis of lumbar spinal stenosis[J]. *Contemp Clin Trials*, 2011, 32(3): 470-474.
24. Genevay S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis[J]. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 2010, 24(2): 253-265.
25. Zeifang F, Schiltenswolf M, Abel R, et al. Gait analysis does not correlate with clinical and MR imaging parameters in patients with symptomatic lumbar spinal stenosis [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2008, 9: 89.
26. Arbit E, Pannullo S. Lumbar stenosis: a clinical review[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2001, 384: 137-143.
27. Barz T, Melloh M, Staub LP, 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.

(收稿日期: 2016-04-24 修回日期: 2016-07-21)

(英文编辑 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)