论 著

腰椎管狭窄的形态学分级与神经根沉降征的信度与临床症状的相关性

杨　进[1]，黎秋晗[2]，熊义林[3]，蒲　霞[2]，王　清[1]
西南医科大学附属医院：1.脊柱外科；2.临床技能中心；3.影像科（泸州 646000）

【摘　要】目的 评价腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征的信度及其与症状的相关性，旨在判断哪种方法更具临床指导价值。**方法** 回顾性分析2016年1月到2018年12月共346例因腰椎管狭窄症在西南医科大学附属医院接受手术的病人临床资料，最终纳入182名病人。两个独立观察者在横截面T2加权图像上采用三分法神经根沉降征和腰椎管狭窄的形态学分级对最狭窄的节段进行影像学评估。采用组内相关系数评价其观测信度，Spearman秩相关系数评价两种方法与症状指标的相关性，以及两种评价方式之间的相关性。**结果** 本研究中男性为126例，女性为56例，中位年龄为69岁，中位病程为48个月，最狭窄的节段分布腰2～3有23例，腰3～4有45例，腰4～5有114例。腰椎管狭窄形态学分级的组内观测信度为0.72～0.76，组间信度为0.69；神经根沉降征的组内观测信度为0.82～0.85，组间信度为0.74。神经根沉降征与ODI指数具有相关性（r_s = 0.28，P < 0.001），与腿痛VAS评分（r_s = 0.07，P = 0.30）、腰痛VAS评分（r_s = 0.11，P = 0.16）均无相关（P > 0.05）。形态学分级与腿痛VAS评分（r_s = 0.18，P = 0.02）与ODI指数（r_s = 0.19，P = 0.01）具有相关性，与腰痛VAS评分无相关（ r_s = −0.03，P = 0.66）。跛行距离与形态学分级有相关性（r_s = 0.28，P < 0.001），与神经根沉降征无相关。形态学分级和神经根沉降征之间存在较强相关性（r_s = 0.61，P < 0.001）。**结论** 腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征都具有优良的观测信度，二者与症状相关性均不强，但腰椎管狭窄的形态学分级优于神经根沉降征。

【关键词】腰椎管狭窄；形态学分级；沉降征；信度；相关性
【中图分类号】 R57　　**文献标志码** A　　DOI：10.3969/j.issn.2096-3351.2023.03.013

The reliability of sedimentation sign and morphological grading of lumbar spinal stenosis and their correlations with clinical symptoms

YANG Jin [1], LI Qiuhan [2], XIONG Yilin [3], PU Xia [2], WANG Qing [1]
1. *Department of Spine Surgery, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000 China*; 2. *Department of Clinical Skills Center, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000 China*; 3. *Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000 China*

【Abstract】Objective To evaluate the reliability of morphological grading of lumbar spinal stenosis and the presence of nerve root sedimentation sign and their correlation with symptoms, aiming to determine the method with greater clinical guidance value. **Methods** A retrospective analysis was conducted on clinical data of 346 patients with lumbar spinal stenosis who underwent surgery at a hospital affiliated with Southwest Medical University from January 2016 to December 2018, and 182 patients were finally included. Two independent observers used the three-point method for nerve root sedimentation sign and morphological grading of knee spinal stenosis on T2-weighted images to evaluate the narrowest segment. Intra-class correlation coefficients were used to evaluate the reliability, Spearman′s rank correlation coefficient was used to evaluate the correlation between the two methods and symptom indicators, and the correlation between the two evaluation methods was analyzed. **Results** In this study, there were 126 males and 56 females, with a median age of 69 years and a median course of 48 months. The distribution of the narrowest segment was 23 cases in L2-3, 45 cases in L3-4, and 114 cases in L4-5. The intra-class correlation coefficient of morphological grading of lumbar spinal stenosis was 0.72-0.76, and the inter-class correlation coefficient was 0.69. The intra-class correlation coefficient of nerve root sedimentation sign was 0.82-0.85, and the inter-class correlation coefficient was 0.74. The nerve root sedimentation sign was correlated with the Oswestry Disability Index (r_s = 0.28, P < 0.001), but not with leg pain VAS score (r_s = 0.07, P = 0.30) or low back pain VAS score (r_s = 0.11, P = 0.16) (P > 0.05). The morphological grading was correlated with leg pain VAS score (r_s = 0.18, P = 0.02) and Oswestry Disability Index (r_s = 0.19, P = 0.01), but not with low back pain VAS score (r_s = −0.03, P = 0.66). There was a correlation between gait distance and morphological grading (r_s = 0.28, P < 0.001), but not with nerve root sedimentation sign. There was a strong correlation between morphological grading and nerve root sedimentation sign (r_s = 0.61, P < 0.001). **Conclusion** Morphological grading and nerve root sedimentation sign of lumbar spinal stenosis have excellent intra-observer reliability, and their correlation with symptoms is not strong. However, morphological grading is superior to nerve root sedimentation sign in evaluating lumbar spinal stenosis.

【Key words】Humbar spinal stenosis; Morphological grading; Nerve root sedimentation sign; Reliability; Correlation
基金项目：四川省科技厅重点研发项目（2023YFS0097）；西南医科大学博士科研启动基金项目（2021-20122）
通信作者：王　清，E-mail：wqspine2004@163.com.
引用本文：杨进，黎秋晗，熊义林，等. 腰椎管狭窄的形态学分级与神经根沉降征的信度与临床症状的相关性[J]. 西南医科大学学报，2023，46（3）：247-251. DOI: 10.3969/j.issn.2096-3351.2023.03.013

腰椎管狭窄症(lumbar spinal stenosis,LSS)是一个多维度的诊断术语,其定义至少包括两个方面:第一,症状学上的臀部或大腿的疼痛,伴或不伴有腰痛;第二,解剖学上,椎管的径线或者椎管容积的减小,周围骨性或者软组织的增生肥厚对神经、血管造成压迫[1],在临床中,这些病理变化常通过影像学的方法进行判断。因此,影像学(解剖)和症状学的表现对诊断LSS同等重要。LSS的临床表现具有明显的异质性,可有腰痛、腿痛、下肢感觉异常、间歇性跛行等表现,在休息时可无症状、体征,且个体间差异明显,并易与其他疾病的表现混淆,如:髋部疾病、膝部疾病、血管性跛行、外周神经炎等。因此,影像学的表现在诊断中就显得更为重要,但目前,针对LSS没有较统一或被推荐的影像学评价方法用来关联其症状和预后[1]。

传统的定量影像学指标,如椎管前后径、硬膜囊的面积等[2-4],由于其在无症状和有症状人群中有较高的交叉(特异性差)且测量费时、误差较大而使其应用受到限制[5]。近年来,两种基于核磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI)的定性测量方法受到关注,一种为SCHIZAS等[6]提出的形态学分级系统(morphological grading of LSS severity),另一种为BARZ[7]提出的神经根沉降征(Nerve Root Sedimentation Sign,SedSign)以及CHRISTY等[8]改良的三分法。两种方法都具有理论的优势,也得到了广泛的临床应用。但文献报道,两种测量方法的敏感性、特异性和信度的结果不一,以及与临床症状的相关度各异[6-14]。目前,对于这两种测量方法,何者更佳,并没有研究进行直接的比较。因此,本研究将两种方法对LSS的判断进行观测信度以及其与症状相关性进行比较,旨在判断哪种方式可以更好的指导临床。

1 研究对象和方法

1.1 病人纳入与排除标准

纳入标准:①退变性腰椎管狭窄症;②明确神经源性间歇性跛行;③下腰痛、腿痛,症状持续且保守治疗 > 3月无效;④伴或不伴有下肢麻木、痛觉过敏等体征;⑤影像学指标:硬膜囊横截面积 < 100 mm^2,椎管前后径 < 10 mm;排除标准:①发育性椎管狭窄;②腰5骶1节段椎管狭窄;③合并脑、颈髓、胸髓疾患;④腰椎手术史;⑤严重脊柱畸形,如脊柱侧凸、后凸或峡部裂型重度滑脱;⑥影响下肢功能的合并症,如严重骨关节炎等;⑦脊柱肿瘤或感染;⑧全身严重代谢性疾病。

1.2 一般资料

本研究经西南医科大学附属医院伦理委员会批准(编号:2019158)。从2016年1月到2018年12月共346例因腰椎管狭窄症在本院接受手术,根据纳入和排除标准,共182例病人进入研究。

1.3 观察指标及评价方法

MRI数据收集病人常规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(4 mm层厚)。病人均在仰卧、双下肢伸直位完成扫描。扫描范围:L1/2节段扫描1层,L2/3、L3/4、L4/5、L5/S1节段各扫描3层。神经根沉降征采用CHRISTY等[8]改良的三分法;沉降征阴性,神经正常沉降;沉降征阳性(+),缺乏神经根沉降但神经根周围仍有脑脊液和空间;沉降征阳性(-),缺乏神经根沉降且神经根周围无脑脊液和空间(见图1)。SCHIZAS等[6]的腰椎管狭窄的形态学分级为七分四级法,本研究采用A-D四级,A级为无狭窄或轻度狭窄;B级为中度狭窄;C级为重度狭窄;D级为极重度狭窄。对于多节段狭窄者,选取其最狭窄的节段的影像进行记录和分析。所有的评价在横截面T2加权图像上完成。具体的狭窄层面的选取:SCHIZAS分级选取最为狭窄的层面;沉降征根据BARZ等的定义,选取椎弓根平面最狭窄的层面的上或下层纳入分析。

两个独立的评价者(一个脊柱外科医师,一个神经影像诊断医师)首先对最狭窄的节段进行评定,确定节段,一月后再在3个不同的时间点对病人影像进行评估,评价者对病人诊断和临床指标均盲。为评价与症状的相关性,狭窄分级的最终确定需满足以下任意一项:A. > 4次的相同狭窄等级认定;B.对未达到A标准的,由两名观察者商议决定。症状及功能学指标包括,腰痛视觉模拟评分(visual analog scale,VAS),腿痛视觉模拟评分(visual analog scale,VAS),对于双侧下肢症状者,选取其症状严重侧的评分进行分析,Oswestry功能障碍指数(oswestry disability index,ODI),跛行距离(1 = 201 ~ 500 m;2 = 101 ~ 200 m;3 = 51 ~ 100 m;4 = 1 ~ 50 m;5 = 不能行走)。所有临床指标来源于病历系统。

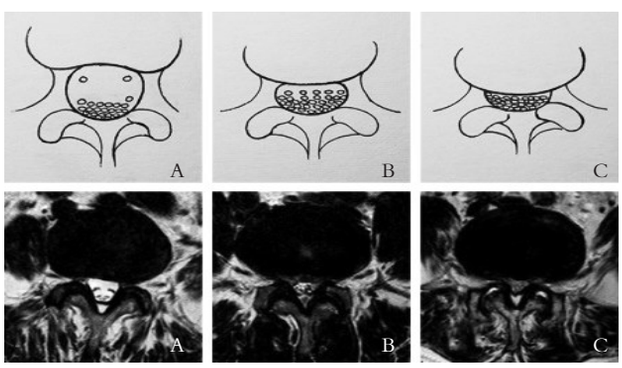


图1 神经根沉降征

Figure 1　Nerve root Sedimentation Sign

注:A.神经根沉降阴性(N),神经根位于硬膜囊内的背侧部分,腹侧只有两个即将穿出硬膜囊的神经根;B.沉降阳性(+),神经根大部分位于硬膜囊的中央,一部分位于硬膜囊的腹侧,硬膜囊内神经根间仍有空间;C.沉降阳性(-),神经根紧密聚集于硬膜囊内,硬膜囊内无空间。

1.4 统计学分析

采用SPSS 24.0统计软件进行统计学分析。连续且正态分布数据采用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示；非正态连续数据采用中位数(四分位间距)表示。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficients，ICC)检验来检测观察者内部和观察者间的信度。Spearman秩相关系数评价两种椎管狭窄的影像评价方法及其与症状的相关性。$P < 0.05$认为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料

182名病人的基本资料见表1。根据腰椎管形态学分级，A级42例(23.1%)，B级26例(14.3%)，C级89例(48.9%)，D级25例(13.7%)；改良神经根沉降征分级，阴性为6例(3.3%)，阳性(+)69例(37.9%)，阳性(−)107例(58.8%)。

2.2 信度

腰椎管狭窄形态学分级的组内观测信度为0.72～0.76，组间信度为0.69(95%可信区间，0.65～0.74)；神经根沉降征的组内观测信度为0.82～0.85，组间信度为0.74(95%可信区间，0.65～0.74)，见表2。

2.3 相关性分析

神经根沉降征与ODI指数具有相关性，相关性一般($r_s = 0.28$，$P < 0.001$)。其在沉降征正常组、阳性(+)组和阳性(−)组内的评分分别为33.83 ± 3.13，33.84 ± 2.72和35.19 ± 3.08。神经根沉降征与腿痛VAS评分($P = 0.30$)、腰痛VAS评分($P = 0.16$)均没有相关性，其各组分值及统计值(见表3)。

腰椎管狭窄的形态学分级与腰痛VAS评分没有相关性($r_s = -0.03$，$P = 0.66$)，与腿痛VAS评分($r_s = 0.18$，$P = 0.02$)及ODI指数($r_s = 0.19$，$P = 0.01$)具有相关性，但相关性弱。腿痛VAS评分对应的A−D四级的评分分别是6.45 ± 0.94，6.38 ± 0.75，6.65 ± 0.83和6.79 ± 0.66。ODI指数对应的A−D四级的评分是28.04 ± 12.12，35.27 ± 2.81，34.62 ± 3.64，35.46 ± 3.18(见表4)。

腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征与跛行距离的相关性分析，提示形态学分级与跛行距离具有相关性($r_s = 0.28$，$P < 0.001$)，相关性较弱；神经根沉降征与跛行距离无相关性($P = 0.98$，见表5)。

腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征之间存在较强的相关性($r_s = 0.61$，$P < 0.001$)。

表1 182例病人基本资料

Table 1　The Demographic Data of 182 Patients

项目	均数±标准差或中位数(四分位间距)或数目(占比)
年龄(岁)	69 (62～76)
性别	
男(%)	126 (69.2)
女(%)	56 (30.8)
体重 (kg)	52 (59～65)
病程	48(16～81)
狭窄节段	
L2−3	23 (12.6)
L3−4	45 (24.7)
L4−5	114 (62.6)
术前VAS腰痛评分	2.45 ± 1.19
术前VAS腿痛评分	6.59 ± 0.83
术前ODI指数	34.59 ± 7.01
跛行距离(m)	
201～500	63 (34.6)
101～200	25(13.7)
51～100	28(15.4)
1～50	44(25.2)
不能行走	22(12.1)

注：VAS，视觉模拟评分；ODI，Oswestry功能障碍指数。

表2　Schizas形态学分级和神经根沉降征的信度

Table 2　The Reliability of Morphological Grading and Nerve Root Sedimentation Sign

项　目	观测者	组内一致性	95%可信区间	P	组间一致性	95%可信区间	P
Schizas形态学分级	1	0.72	0.66～0.77	< 0.001	0.69	0.65～0.74	< 0.001
	2	0.76	0.70～0.81	< 0.001			
神经根沉降征	1	0.85	0.81～0.88	< 0.001	0.74	0.70～0.78	< 0.001
	2	0.82	0.78～0.86	< 0.001			

表3　临床指标与神经根沉降征的相关性

Table 3　The Correlations between Nerve Root Sedimentation Sign and Clinical Parameters

项目	神经根沉降征			相关系数	P
	正常	阳(+)	阳(−)		
腿痛(VAS)	6.33 ± 1.03	6.56 ± 0.90	6.64 ± 0.78	0.07	0.30
腰痛(VAS)	2.00 ± 1.10	2.35 ± 1.40	2.53 ± 0.96	0.11	0.16
ODI	33.83 ± 3.13	33.84 ± 2.72	35.19 ± 3.08	0.28	<0.001

注：VAS，视觉模拟评分；ODI，Oswestry功能障碍指数。

表5　跛行距离与沉降征和Schizas形态学分级的关系

Table 5　The Correlations among Claudication，Morphological Grading and Nerve Root Sedimentation Sign

项　目	跛行距离	相关系数	P
神经根沉降征	不相关	0.00	0.98
Schizas形态学分级	相关	0.28	< 0.001

表4 临床指标与形态学分级的相关性
Table 4 The Correlations between Morphological Grading and Clinical Parameters

项目	Schizas形态学分级($\bar{x} \pm s$)				相关系数	P
	A	B	C	D		
腿痛(VAS)	6.45 ± 0.94	6.38 ± 0.75	6.65 ± 0.83	6.79 ± 0.66	0.18	0.02
腰痛(VAS)	2.43 ± 1.65	2.65 ± 1.02	2.36 ± 1.10	2.54 ± 0.66	−0.03	0.66
ODI	28.04 ± 12.12	35.27 ± 2.81	34.62 ± 3.64	35.46 ± 3.18	0.19	0.01

注:VAS,视觉模拟评分;ODI,Oswestry功能障碍指数。

3 讨论

衡量一种诊断方式是否可靠,最根本的指标在于其信度(可重复性)和效能(敏感性、特异性)。对于具体的影像诊断的严重程度分级来说,其效能往往体现在其与症状程度的相关性及其对治疗决策是否具有明确的指导作用与价值。

3.1 腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征的信度

腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征都具有良好的信度。本研究中,腰椎管狭窄形态学分级组内观测信度为0.72 ~ 0.76之间,组间信度为0.69,这一结果与SCHIZAS等[6]的结果相似,其平均的组内信度0.77 ± 0.06,组间信度为0.67 ± 0.08,体现出此分级良好的可重复性。在2017年,SEBASTIAN等[15]的一个多种腰椎管狭窄的影像指标的信度比较研究中,形态学分级的信度最高,达到组内信度0.75,组间信度为0.77,但遗憾的是,本研究并没有纳入神经根沉降征进行对比研究。本研究,神经根沉降征的组内观测信度为0.82 ~ 0.85,组间信度为0.74,此结果明显低于BARZ等[7]报道的组内信度为1,组间信度为0.93,与CHRISTY等[8]报道的组内信度0.87 ~ 0.92,组间信度0.62 ~ 0.69相似。我们认为其原因可能如下:第一,后者提出的改良三分法可能具有更好的临床指导性,且多一级并未增加过多的执行难度,但级数增加会显著的增加测定结果不一致的机率,所以我们的结果与后者相似而低于前者;第二,多时间点测量和影像的异质性对结果造成一定的影响。但无论是哪种方法,神经根沉降征都显示出较强到强的组内、组间的信度,其重复性良好。

3.2 腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征与症状相关性

一种影像诊断方式或分级与临床症状、体征具有较高的相关性,无疑,这种诊断方式对治疗方案的抉择以及预后具有重要的意义。以往的研究将腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征与症状的相关性分别或与其他影像评定方法对比进行了分析,其结果不尽相同,但主流为无相关性或相关性低[6,9-10,16-17]。

神经根沉降征与ODI指数具有相关性,相关性一般,与腿痛VAS评分、腰痛VAS评分均没有相关性(表3),提示我们难以通过神经根沉降征分级来较好的进行治疗抉择和预后判断。在腿痛和腰痛方面的结果和以往的研究类似,Sangbong Ko在一个纳入716例病人的回顾性研究中,发现腰痛、腿痛、跛行距离和ODI指数与神经根沉降征均没有明显的相关性($P > 0.05$)。一些研究从术后症状改善情况与神经根沉降征的相关性进行研究,从相反的方向来验证其效能,但结果也颇具争议[18-22]。

腰椎管狭窄的形态学分级与腰痛VAS评分没有相关性,与腿痛VAS评分与ODI指数具有弱相关性(见表4)。这个结果与既往研究不符[9],一个多中心的研究纳入202例病人,其结果显示形态学分级与腰痛(P = 0.273)、腿痛(P = 0.282)及ODI(P = 0.089)均没有相关。既往研究与本结果不一致的原因可能在于,这个回顾性多中心的研究,临床数据收集过程中的异质性会对结果造成影响。在与跛行距离的相关性方面,腰椎管狭窄的形态学分级与跛行距离具有相关性,相关性一般,而神经根沉降征与跛行距离没有相关性(见表5)。因此,本研究认为,在与症状的相关性方面,腰椎管狭窄的形态学分级稍优于神经根沉降征,对治疗抉择和症状改善的预判具有一定的价值。先前的研究也认为[7,11],神经根沉降征更应该作为一种辅助的诊断手段,需要结合其他诊断方法,这也与本研究的结果相符,但还需排除一些骨性发育和退变的因素[23]。总体来说,两种方法与症状的相关性均不强,对临床指导作用有限,是否因为这两种形态学的分型都是主要针对中央管的狭窄而对侧方椎管或椎间孔的狭窄衡量不足、是否侧方椎管的狭窄才是引起症状的主要原因、以及椎管内脂肪等组织的体积变化是否同样具有较高的诊断意义,这些问题有待进一步的研究。

在腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征之间,存在较强的相关性(r_s = 0.61,$P < 0.001$)。这反映这两种基于MRI横断面的定性形态学研究具有较强的类似性,LAUDATO曾描述二者的关联性[11],认为所谓的BARZ提出的沉降征阳性就是SCHIZAS提出的形态学分级的A3型。

3.3 研究不足

本研究为回顾性研究,研究中的潜在偏移难以消除;另一方面,由于采用神经根沉降征,无法对腰5骶1

节段的狭窄进行研究。

4 结论与启示

本研究首次将腰椎管狭窄的形态学分级和神经根沉降征进行了信度和与症状的相关性分析，发现这两种分级都具有优良的观测信度，但结果也显示它们均与症状相关性差或无相关性。对治疗抉择和症状改善的预判方面，本研究认为，腰椎管狭窄的形态学分级优于神经根沉降征，但也还需进行更进一步的前瞻性、大样本、随机对照的研究验证。

5 参考文献

[1] North American Spine Society. Evidence based clinical guidelines for multidisciplinary spine care: diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis[M]. Burr Ridge, Ill: North American Spine Society, 2007.

[2] HUGHES A, MAKIROV SK, OSADCHIY V. Measuring spinal canal size in lumbar spinal stenosis: description of method and preliminary results[J]. Int J Spine Surg, 2015, 9: 3.

[3] STEURER J, RONER S, GNANNT R, *et al*. Quantitative radiologic criteria for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: a systematic literature review[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2011, 12: 175.

[4] 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]. J Spinal Disord, 1994, 7(5): 388-393.

[5] WILMINK JT, KORTE JH, PENNING L. Dimensions of the spinal canal in individuals symptomatic and non-symptomatic for sciatica: a CT study[J]. Neuroradiology, 1988, 30(6): 547-550.

[6] SCHIZAS C, THEUMANN N, BURN A, *et al*. Qualitative grading of severity of lumbar spinal stenosis based on the morphology of the dural sac on magnetic resonance images[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2010, 35(21): 1919-1924.

[7] 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.

[8] 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 (Phila Pa 1976), 2013, 38(24): E1554-E1560.

[9] WEBER C, GIANNADAKIS C, RAO V, *et al*. Is there an association between radiological severity of lumbar spinal stenosis and disability, pain, or surgical outcome?: A multicenter observational study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(2): E78-E83.

[10] KO S. Correlations between sedimentation sign, dural sac cross-sectional area, and clinical symptoms of degenerative lumbar spinal stenosis[J]. Eur Spine J, 2018, 27(7): 1623-1628.

[11] LAUDATO PA, KULIK G, SCHIZAS C. Relationship between sedimentation sign and morphological grade in symptomatic lumbar spinal stenosis[J]. Eur Spine J, 2015, 24(10): 2264-2268.

[12] HUSCHI Z, NEUBURGER L, AHMED SU, *et al*. Nerve root sedimentation sign on MRI: a triage screen for leg dominant symptoms?[J]. Eur Spine J, 2021, 30(11): 3289-3296.

[13] DENG LY, YANG H, LIU M, *et al*. The role of positive nerve root sedimentation sign in the treatment of patients undergoing lumbar disc herniation[J]. Br J Neurosurg, 2021: 1-6. DOI: 10.1080/02688697.2021.1923652. Epub ahead of print.

[14] WANG GY, PENG Z, LI J, *et al*. Diagnostic performance of the nerve root sedimentation sign in lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Neuroradiology, 2019, 61(10): 1111-1121.

[15] WINKLHOFER S, HELD U, BURGSTALLER JM, *et al*. Degenerative lumbar spinal canal stenosis: intra- and inter-reader agreement for magnetic resonance imaging parameters[J]. Eur Spine J, 2017, 26(2): 353-361.

[16] YANG J, KONG QQ. Letter to the editor concerning "Correlations between sedimentation sign, dural sac cross-sectional area, and clinical symptoms of degenerative lumbar spinal stenosis" by Sangbong Ko (Eur Spine J [2018]27:1623-1628)[J]. Eur Spine J, 2019, 28(8): 1884.

[17] MANNION AF, FEKETE TF, PACIFICO D, *et al*. Dural sac cross-sectional area and morphological grade show significant associations with patient-rated outcome of surgery for lumbar central spinal stenosis[J]. Eur Spine J, 2017, 26(10): 2552-2564.

[18] 黄志豪，谢志阳，吴小涛. 神经根沉降征在腰椎管狭窄症中的研究进展[J]. 中国修复重建外科杂志，2019，33(7): 795-800.

[19] 岳茂兴，西永明. 马尾神经沉降征在腰椎管狭窄症诊疗中的意义[J]. 中国矫形外科杂志，2020，28(12): 1104-1108.

[20] 张效杰，张杰，杨桂林，等. MRI马尾神经沉降征与腰椎曲度及高度变化的相关性分析[J]. 实用放射学杂志，2021，37(7): 1152-1155.

[21] 阿斯哈提·努尔买买提，杨毅，努尔哈那提·沙依兰别克，等. 马尾神经沉降征对不同类型腰椎管狭窄的诊断价值研究[J]. 中国全科医学，2020，23(14): 1747-1752.

[22] 赵健博. 马尾神经冗余征在腰椎管狭窄症患者诊断及预后评价中的意义[D]. 济南: 山东大学，2021

[23] 戚力升，李森，谢明忠，等. 腰椎椎弓根形态学研究及相关因素分析[J]. 西南医科大学学报，2018，41(6): 541-545.

（利益冲突：无）

（收稿日期：2022-05-20；修回日期：2022-09-19）