

· 影像医学研究 ·

冠状位T2-weighted Dixon成像在棘间韧带退变分型中的应用价值

陈磊^{1,2}, 邹月芬^{1*}, 祁良¹

¹南京医科大学第一附属医院放射科, 江苏 南京 210029; ²南通市通州区人民医院放射科, 江苏 南通 226300

[摘要] 目的:探讨基于磁共振冠状位T2-weighted Dixon成像在下腰痛人群中对棘间韧带退变分型的应用价值。方法:前瞻性收集2022年1月—2023年8月因下腰痛行腰椎磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查的60例患者的影像及临床资料。研究组依据冠状位T2-weighted Dixon序列的脂像和水像把整条棘间韧带分为A型、B型、C型、D型和混合型。混合型包括B-C、D-B、D-B-C、D-C 4个亚型。对照组采用矢状位T1WI/T2WI序列把棘间韧带中间部分分为A型、B型、C型和D型。比较两组棘间韧带退变分型的差异。结果:两组分型方法结果的一致性分析显示,研究组Kappa系数:观察者内部为0.852~0.916,观察者间为0.747~0.753;对照组Kappa系数:观察者内部为0.801~0.823,观察者间为0.689~0.703。两组相匹配的122条棘间韧带分型结果存在统计学差异($P < 0.05$),其中研究组C型的发生率为54.1%,明显高于对照组9.0%。新增的混合型在研究组中发生率为46.7%,以B-C型和D-C型多见。结论:基于磁共振冠状位T2-weighted Dixon成像的棘间韧带退变分型方法可靠且可重复,提高了棘间韧带的可识别率和C型的检出率,还可进一步区分混合型及其亚型。

[关键词] 下腰痛;棘间韧带;磁共振成像;水脂分离技术

[中图分类号] R445.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2024)03-393-05

doi:10.7655/NYDXBNSN230901

The application value of coronal T2-weighted Dixon imaging in interspinous ligament degeneration classification

CHEN Lei^{1,2}, ZOU Yuefen^{1*}, QI Liang¹

¹Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029; ²Department of Radiology, Tongzhou District People's Hospital, Nantong 226300, China

[Abstract] **Objective:** To explore the application value of coronal T2-weighted Dixon imaging based on magnetic resonance imaging in the classification of interspinous ligament degeneration in patients with low back pain. **Methods:** Imaging and clinical data of 60 patients with low back pain who underwent lumbar magnetic resonance imaging (MRI) examination from January 2022 to August 2023 were prospectively collected. According to the fat and water images of coronal T2-weighted Dixon sequence, the research group classified the entire interspinous ligament into type A, B, C, D and mixed type. The mixed type included four subtypes: B-C, D-B, D-B-C, and D-C. In the control group, the middle part of the interspinous ligament was classified into type A, B, C, and D by sagittal T1WI/T2WI sequence. Differences of degeneration types of interspinous ligament between the two groups were compared. **Results:** The consistency of results between the two classification methods was as follows: for the research group, the Kappa coefficient within observers ranged from 0.852 to 0.916, and between observers ranged from 0.747 to 0.753; for the control group, the Kappa coefficient within observers ranged from 0.801 to 0.823, and between observers ranged from 0.689 to 0.703. The classification results of 122 interspinous ligaments were statistically different between the two groups ($P < 0.05$). The incidence of type C in the research group was 54.1%, significantly higher than 9% in the control group. The newly added mixed type had an incidence of 46.7% in the research group, with B-C type and D-C type being more common. **Conclusion:** The classification method of interspinous ligament degeneration based on coronal T2-weighted Dixon magnetic resonance imaging is reliable and reproducible, which can improve the identification rate of interspinous ligament and the detection rate of type C, and can further distinguish the mixed types and its subtypes.

[Key words] low back pain; interspinous ligament; magnetic resonance imaging; dixon

[J Nanjing Med Univ, 2024, 44(03):393-397]

[基金项目] 国家自然科学基金(81701652)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: zou-yf@163.com

棘间韧带退变是伴随年龄的增长而出现的一系列病理变化,包括脂肪变性、细胞和血管增生、纤维束断裂、囊肿/滑囊形成和软骨化生等。棘间韧带退变可引起腰椎不稳^[1],伴随或加剧腰部其他结构的退行性改变^[2],同时也可能是非特异下腰痛的原因之一^[3-4]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)作为首选检查方法^[5],可以显示不同阶段的棘间韧带退变^[6-7]。然而,既往研究大多基于矢状位T1WI和T2WI序列观察棘间韧带,存在一定缺陷:①棘间韧带呈薄片状并沿矢状位走行,容积效应会导致信号的误判;②棘间韧带分为腹侧部、中间部和背侧部,但3部分在矢状位图像上重叠,无明确分界。只针对中间部分的分型结果不能全面反映棘间韧带退变;③常规T2WI序列对水肿的检出率较低,而且棘间韧带退变不全是典型的全区域均匀的信号改变,信号混杂时很难准确分型。因此改良棘间韧带的MRI成像质量,对提高棘间韧带退变分型的准确性具有重要的临床意义。

已有研究表明冠状位更有利于观察棘间韧带^[8],同时非特异性腰痛患者中,T2-weighted Dixon序列可以替代常规T1WI、T2WI序列^[9],减少采集时间,更好地识别可能与疼痛相关的退行性炎症变化。本研究基于Fujiwara等^[6]和Keorochana等^[7]的棘间韧带退变分级系统和解剖学^[10]及影像相关文献^[8-9,11-12]提出改良方法,以探讨冠状位T2-weighted Dixon序列在棘间韧带退变分型中的应用价值。

1 对象和方法

1.1 对象

本研究共连续收集2022年1月—2023年8月286例因下腰痛于南通市通州区人民医院行腰椎MRI检查的患者。排除标准:①腰椎肿瘤及肿瘤样病变;②腰椎结核等感染性病变;③手术等破坏腰椎正常解剖结构;④椎弓峡部不连及滑脱;⑤先天性脊柱畸形;⑥椎体骨髓水肿;⑦有其他导致疼痛的全身性疾病。最终,共有60例患者(300条棘间韧带)被纳入本研究,其中,男25例,女35例,年龄24~84岁,平均年龄(51.2±13.7)岁。本研究通过南通市通州区人民医院伦理委员会批准(编号:2022-K001),患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 MRI成像技术

使用西门子MAGNETOM Skyra 3.0T MRI扫描仪,24通道相控阵脊柱线圈。常规腰椎MRI序列包括矢状位T1WI、矢状位T2-weighted Dixon和椎间盘

轴位T2WI。增加扫描冠状位T2-weighted Dixon序列(扫描基线为正中矢状位胸12与腰5棘突最前缘连线),扫描参数如下:重复时间3 000 ms;回波时间92 ms;翻转角141°;回波链长度1;激励次数2;层厚3.0 mm;矩阵320×224;FOV 280 mm×280 mm。

1.2.2 棘间韧带退变分型标准

研究组:利用冠状位T2-weighted Dixon序列观察整条棘间韧带,根据脂像和水像的信号特征分为5型,包括A、B、C、D和混合型。混合型包含B-C、D-B、D-B-C和D-C 4个亚型。A型:棘间韧带脂像及水像均为低信号;B型:棘间韧带中含有脂像高信号且水像低信号;C型:棘间韧带中含有脂像低信号且水像高信号;D型:棘间间隙狭窄,且棘间韧带脂像水像均为低信号;混合型:棘间韧带中含有脂像高信号且水像高信号为B-C型;棘间间隙狭窄,脂像和水像至少存在1个高信号,仅脂像高为D-B型,仅水像高为D-C型,脂像水像均高为D-B-C型(图1)。

对照组:参照Keorochana等的方法^[7]采用矢状位T1WI/T2WI序列对棘间韧带中间部分进行分型。A型:T1和T2加权像示低或等信号或混杂信号;B型:T1加权像示高信号,T2加权像示高信号;C型:T1加权像示低信号,T2加权像示高信号;D型:T1和T2加权像示低或等信号,伴有棘突肥大或棘突内骨髓异常或棘间韧带狭窄。如果不属于以上4种分型的棘间韧带记为X,表示无法分型。

1.2.3 影像学评估

影像学资料由2位均具有10年以上肌骨方向工作经验的影像科医师进行评估,并且评估前对该2位影像科医师进行关于分类系统的说明和图像示例展示的培训,并要求严格按标准进行评估。对于棘间韧带分型每位医师在不同场地及不同时间(间隔1周)分别使用2种方法进行2次图像分析。

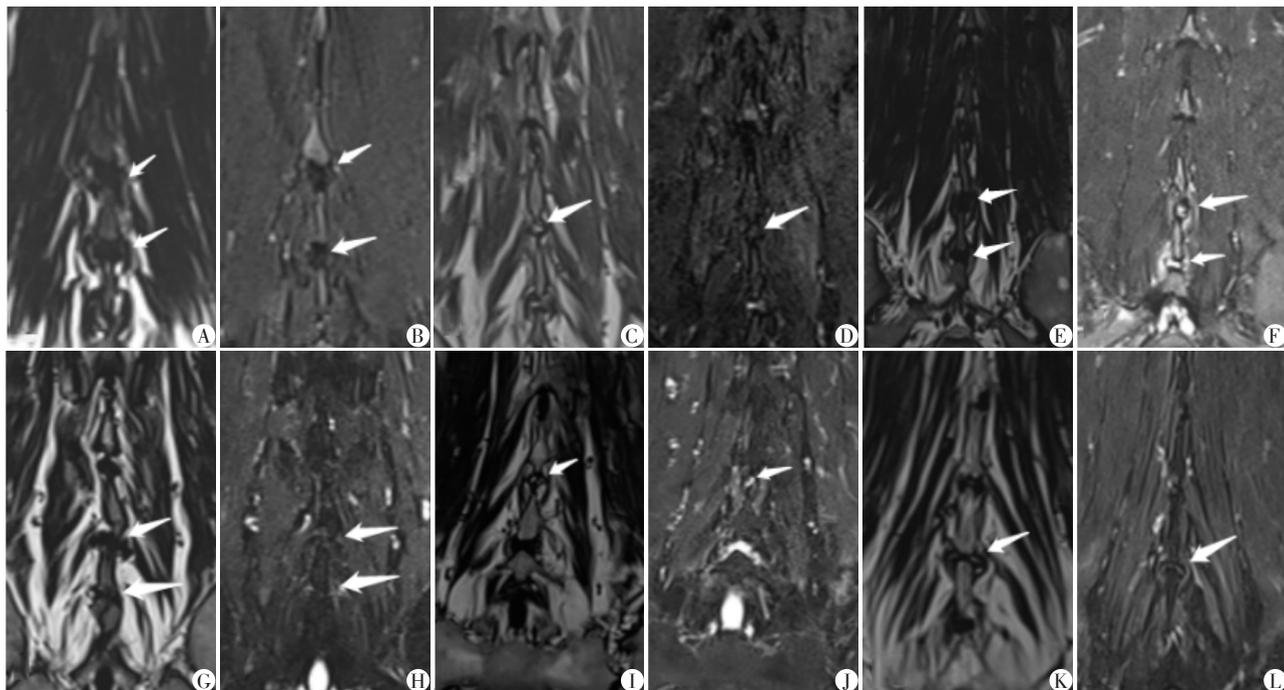
1.3 统计学方法

采用SPSS23.0软件进行数据整理和统计分析。对棘间韧带分型研究组和对照组的观察者内和观察者间一致性研究采用Kappa一致性检验,组间Kappa值差异采用配对样本 t 检验。对棘间韧带分型的分布资料采用构成比描述,组间差异采用卡方检验进行分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基于冠状位T2-weighted Dixon成像棘间韧带退变分型方法的一致性研究

研究组与对照组对棘间韧带分型的观察者内



Coronal T2-weighted Dixon imaging of interspinous ligament classification. The interspinous ligaments observed in images A-L are indicated by the white arrow. A, B: Both exhibited low signal, categorized as type A (A: fat image; B: water image). C, D: Fat image showed high signal, water image showed low signal, categorized as type B (C: fat image; D: water image). E, F: Fat image showed low signal, water image showed high signal, categorized as type C (E: fat image; F: water image). G, H: Narrow interspinous gap, both fat image and water image showed low signal, categorized as type D (G: fat image; H: water image). I, J: Point-like high signal in fat phase, and high signal in water phase, categorized as type B-C (I: fat image; J: water image). K, L: Narrow interspinous gap, with both fat and water phases showing high signal, categorized as type D-B-C (K: fat image; L: water image).

图1 棘间韧带分型MR示例图

Figure 1 MR example image of interspinous ligament classification

与观察者间的一致性结果见表1,两种方法观察者内与观察者间的一致性均较好,但不管是观察者内还是观察者间一致性,研究组的新分型方法均高于对照组的传统分型方法,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表1 观察者内和观察者间一致性的Kappa统计

Table 1 Kappa statistics for intra-observer and inter-observer agreement

Group	Intra-observer		Inter-observer		P
	a1-a2	b1-b2	a1-b1	a2-b2	
Research	0.916	0.852	0.753	0.747	0.042
Control	0.801	0.823	0.703	0.689	

Observer a and b classified twice using two different methods each. a1 represents the first observation result of observer a, a2, b1, b2 and so on in sequence.

2.2 棘间韧带退变分型的检出结果比较

300个棘间韧带研究组均能清晰显示并做出分型,而对照组中有54个无法清晰显示分型。去除对照组中因矢状位无法清晰显示和研究组中新增的

混合型,两者方法中共有122个A、B、C、D相互匹配的韧带(表2)。两组分型结果存在显著差异($P < 0.05$),其中研究组C型的发生率(54.1%)显著高于对照组(9.0%)。

2.3 研究组各分型的分布特征

研究组300条韧带在各个节段的分型结果如图2。A型、B型在L1~L2、L2~L3节段比他水平明显更常见($P < 0.05$),C型、混合型在下腰椎(L3~L4、L4~L5、L5~S1节段)更常见($P < 0.05$)。D型在各节段均少见,分布无明显统计学差异。研究组共140例混合型,包含B-C、D-B、D-C、D-B-C 4种亚型,检出结果如图3,其中B-C型最多见(58.6%),其次是D-C型(25.0%)。

3 讨论

3.1 基于冠状位T2-weighted Dixon序列的棘间韧带分型方法的可靠性和优势

棘间韧带退变MRI分型反映了相对应退变阶段的组织病理学特征,由2000年Fujiwara等^[6]首先

表2 两种分型方法相匹配的分型结果比较

Table 2 Comparison of the typing results of the two typing methods

[n(%)]

Research group	Control group				Total
	A	B	C	D	
A	21(17.21)	1(0.82)	0(0)	0(0)	22(18.03)
B	12(9.83)	8(6.56)	0(0)	1(0.82)	21(17.21)
C	47(38.52)	8(6.56)	11(9.02)	0(0)	66(54.10)
D	1(0.82)	1(0.82)	0(0)	11(9.02)	13(10.66)
Total	81(66.38)	18(14.76)	11(9.02)	12(9.84)	122(100.00)

$\chi^2=112.6, P < 0.001$.

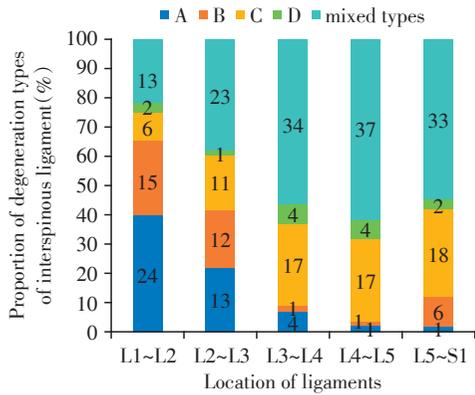


图2 研究组的新分型在各节段的分布(n=300)

Figure 2 Distribution of the new classification of the research group in each segment(n=300)

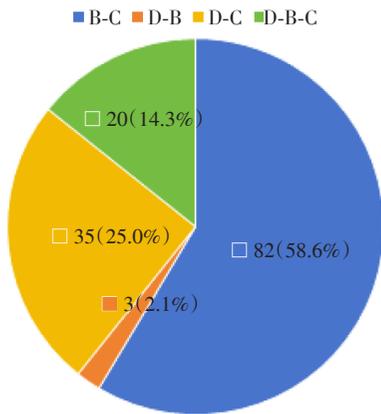


图3 混合型的亚型(n=140)

Figure 3 Subtype results for mixed types(n=140)

提出,之后 Keorochana 等^[7]进行了改良,分型如下:矢状位棘间韧带中间部分在 T1 和 T2 加权图像上具有低信号代表正常棘间韧带(A级)。在 T1 和 T2 加权图像上具有高信号代表韧带内的脂肪变性(B级)。T1 加权图像上的低信号和 T2 加权图像上的高信号(C级)与炎性细胞弥漫增生以及棘间滑囊形成相关。在 T1 和 T2 加权图像上低信号伴有棘突肥大、棘突间隙狭窄被认为反映了伴有软骨化生的

严重的韧带退化(D级)。然而,此分型常存在无法清晰观测棘间韧带或信号混杂无法分型的问题,因此本研究在棘间韧带的成像方位和序列上做了进一步改良。

首先,冠状位可以完整显示棘间韧带并与周边结构区分,提高可识别率,降低容积效应导致的误判^[8]。本研究结果显示,300个棘间韧带研究组均能准确识别分型,而对照组矢状位有54例无法清晰显示,同时有67例被误判为其他分型。其次序列也很重要,在腰椎退行性病变的MRI检查中T2-weighted Dixon序列与T1、T2和脂肪抑制T2加权序列组合有相同的诊断效能^[9,11,13-14],但可缩短检查时间,同时Dixon序列中水像可以更敏感地识别含水信号即C型棘间韧带。本研究数据表明下腰痛人群中棘间韧带含水信号的发生率最高,其中C型69个,含C混合型共137个。另外,本研究观测对象为完整的棘间韧带,B型的发生率也存在变化,好发节段为L1~L2、L2~L3。分析原因为脂肪组织常存在于棘间韧带腹侧部深层的生理裂隙间,被Sue Lawrence^[12]描述为“scissure”,而对照组的传统方法只观测韧带中间部而忽略了这部分脂肪。

综上所述,基于冠状位和T2-weighted Dixon序列的优势,研究组中改良的棘间韧带分型方法在观察者间和观察者内均具有良好的一致性,且优于对照组的传统分型方法,同时对于脂肪和水信号的检出更敏感、更准确。

3.2 冠状位 T2-weighted Dixon 序列区分混合型及其亚型

本研究提出了混合型的概念,解决了传统分型中脂肪和水肿信号同时出现或棘突间隙狭窄伴有信号异常时无法分型的问题。利用Dixon序列水相和脂相可识别出两种信号并存的情况对棘间韧带进一步分型。在本研究中混合型的发病率最高,其中B-C型最多,为82个,其次为D-C型35个、D-B-C

型20个。类似于Modic改变^[15-16],混合型的存在提示退变的最终阶段D型并非突然发生,中间必然存在一个长期的过渡阶段,因此本文推断混合型在级联变化顺序中介于B、C型和D型之间。

本研究表明,基于MRI冠状位T2-weighted Dixon成像的新方法用于棘间韧带退变分型可靠且可重复,更好地代表了棘间韧带退变过程中病理成分的改变及退变的级联变化顺序,有利于进一步进行影像和临床的相关性研究。本研究尚存不足之处,如样本量少,研究对象为下腰痛人群而未设置无症状对照组,分型的分布和相关性仅能代表特定人群。虽然根据MRI信号特征做了不同分型,但具体的分型准确性还应联合病理、临床科室进一步探讨。

[参考文献]

[1] KEOROCHANA G, TAGHAVI C E, TZENG S T, et al. Magnetic resonance imaging grading of interspinous ligament degeneration of the lumbar spine and its relation to aging, spinal degeneration, and segmental motion [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13(4):494-499

[2] CORNAZ F, WIDMER J, FARSHAD-AMACKER N A, et al. Intervertebral disc degeneration relates to biomechanical changes of spinal ligaments [J]. *Spine J*, 2021, 21(8):1399-1407

[3] KNEZEVIC N N, CANDIDO K D, VLAEYEN J W S, et al. Low back pain [J]. *Lancet*, 2021, 398(10294):78-92

[4] MELUZIO M C, SMAKAJ A, PERNA A, et al. Epidemiology, diagnosis and management of Baastrup's disease: a systematic review [J]. *J Neurosurg Sci*, 2022, 66(6):519-525

[5] 祝斌,吕晗,管文敏,等. 腰痛伴/不伴根性症状初诊患者影像学检查临床适用性评价指南(2022年版) [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2022, 32(6):569-576

[6] FUJIWARA A, TAMAI K, AN H S, et al. The interspinous ligament of the lumbar spine. Magnetic resonance images and their clinical significance [J]. *Spine*, 2000, 25(3):358-363

[7] KEOROCHANA G, TAGHAVI C E, TZENG S T, et al. MRI classification of interspinous ligament degeneration

of the lumbar spine: intraobserver and interobserver reliability and the frequency of disagreement [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(10):1740-1745

[8] 朱雪娥. 三维核磁共振成像对脊柱后方韧带复合体损伤的诊断研究[D]. 南京:南京医科大学, 2019

[9] ZANCHI F, RICHARD R, HUSSAMI M, et al. MRI of non-specific low back pain and/or lumbar radiculopathy: do we need T1 when using a sagittal T2-weighted Dixon sequence? [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(5):2583-2593

[10] IWANAGA J, SIMONDS E, YILMAZ E, et al. Anatomical and biomechanical study of the lumbar interspinous ligament [J]. *Asian J Neurosurg*, 2019, 14(4):1203-1206

[11] DAGESTAD M H, TOPPE M K, KRISTOFFERSEN P M, et al. Dixon T2 imaging of vertebral bone edema: reliability and comparison with short tau inversion recovery [J/OL]. *Acta Radiol*, 2022 [2023-01-04] DOI: 10.1177/02841851221146130

[12] LAWRENCE S, LLEWELLYN S, HUNT H, et al. Anatomy of the lumbar interspinous ligament: findings relevant to epidural insertion using loss of resistance [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, 46(12):1085-1090

[13] YANG S S, LASSALLE L, MEKKI A, et al. Can T2-weighted Dixon fat-only images replace T1-weighted images in degenerative disc disease with Modic changes on lumbar spine MRI? [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(12):9380-9389

[14] 刘王琰,陈露,胡昊,等. Dixon与Fat-Sat技术在眼眶T2加权成像中的图像质量对比研究[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2022, 42(12):1741-1744

[15] 许凤,邹月芬,徐磊,等. 磁共振T2WI压脂序列在Modic改变分型中应用价值研究[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2014, 34(11):1609-1613

[16] VISWANATHAN V K, SHETTY A P, RAJASEKARAN S. Modic changes - An evidence-based, narrative review on its patho-physiology, clinical significance and role in chronic low back pain [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 11(5):761-769

[收稿日期] 2023-09-26

(本文编辑:戴王娟)