

磁共振神经成像技术在腰椎间盘突出症诊治中的应用进展

Application of magnetic resonance neurography in the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation

管晓菲, 张 磊, 贺石生

(同济大学附属第十人民医院骨科 200072 上海市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.10.13

中图分类号: R681.5, R445.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2013)-10-0939-04

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是骨科的常见病和多发病,突出的椎间盘可压迫、刺激神经根或马尾神经等结构,使患者出现腰腿疼痛、肢体麻木及运动障碍等一系列症状,严重者可导致神经功能丧失、肢体瘫痪及大小便失禁等。目前临床上常用的检查方法包括CT及MRI平扫,通过CT横断面及MRI横断面和矢状面图像,一般都能够比较准确地锁定责任椎间盘,从而为相关的治疗策略提供一定的指导意义。但部分LDH患者临床症状明显,CT检查或MRI常规序列成像未能明确病灶或提示轻微病灶,与临床表现不符,给疾病的及时、正确诊治带来困难。近年来随着磁共振线圈及信噪比技术的发展,磁共振神经成像(magnetic resonance neurography, MRN)技术逐渐成熟,由于其可直接显示腰骶神经根的水肿或炎症信号及与相应椎间盘的位置关系,从而有助于LDH的明确诊断。笔者就MRN在LDH诊治中的应用及发展现状进行简要综述。

1 LDH磁共振常规序列扫描的局限性

LDH好发于L4/5或L5/S1节段,多伴有椎间盘的退

变,退变的椎间盘在MRI T2加权像以低信号为主,脊神经根在MRI T1加权像及T2加权像呈低信号,在周围脂肪组织高信号衬托下可清楚显示。MRI具有较好的组织分辨能力,能够提供椎间盘突出大小、位置及对脊神经根影响等信息,已成为诊断LDH的重要辅助检查之一^[1]。尽管如此,MRI常规序列扫描仍存在一定的局限性。

首先,MRI常规序列扫描检查结果与患者临床表现的吻合度仍存在争议。研究表明,20%~70%的MRI常规序列扫描检查提示腰椎间盘突出患者并无任何临床症状^[2-3]。el Barzouhi等^[4]对283例坐骨神经痛或LDH患者在接受手术或保守治疗后1年进行随访,发现尽管其中84%的患者在治疗后临床症状缓解,但是无论症状缓解与否,两者MRI常规序列扫描检查结果并无明显差异。除此以外,MRI常规序列扫描对某些特殊类型LDH诊断不敏感,结果常与患者临床表现不符,容易出现误诊和漏诊,临床上以极外侧型LDH最为多见。该类型约占LDH患者总数的1%~11.7%,因为突出的椎间盘有向外上移位的倾向,常规MRI若未行矢状面成像,或矢状面成像未包括椎间孔及其外侧区域,则难以发现病灶^[5]。临床上部分患者有明显坐骨神经痛症状,但缺乏明确腰骶神经根受压的影像学证据,曾一度被误认为是“梨状肌综合征”^[6]。另外,常规MRI由于受层厚及观察角度的限制,只能显示固定角度的二维图像,难以提供神经根、根鞘受压移位的全貌^[7]。并且仅能进

第一作者简介:男(1990-),研究生,研究方向:脊柱外科
电话:(021)66307046 E-mail:gxf_gxf_gxf@163.com
通讯作者:贺石生 E-mail:hss7418@aliyun.com

27. Kim MK, Lee SH, Kim ES, et al. The impact of sagittal balance on clinical results after posterior interbody fusion for patients with degenerative spondylolisthesis: a pilot study[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2011, 12: 69.
28. Park JY, Cho YE, Kuh SU, et al. New prognostic factors for adjacent-segment degeneration after one-stage 360° fixation for spondylolytic spondylolisthesis: special reference to the usefulness of pelvic incidence angle [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(2): 139-144.
29. Schwab F, Lafage V, Patel A, et al. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient[J]. Spine, 2009,

34(17): 1828-1833.

30. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. An analysis of sagittal spinal alignment following long adult lumbar instrumentation and fusion to L5 or S1: can we predict ideal lumbar lordosis[J]. Spine, 2006, 31(20): 2343-2352.
31. Hresko MT, Hirschfeld R, Buerk AA, et al. The effect of reduction and instrumentation of spondylolisthesis on spinopelvic sagittal alignment[J]. J Pediatr Orthop, 2009, 29(2): 157-162.

(收稿日期:2012-12-31 修回日期:2013-04-01)

(本文编辑 彭向峰)

行局部区域解剖学分析,不能反映神经根受压后发生的炎症、水肿等病理改变,无法实现其功能成像^[8]。

因此,清晰显示神经根走行、明确其与周围组织结构关系、确认神经根受压部位及程度对 LDH 的有效诊治尤为重要。

2 MRN 技术

MRN 技术最早由 Howe 等^[9]于 1992 年提出,其利用 T2 加权合并脂肪抑制或弥散加权合并脂肪抑制技术,使家兔前肢正中神经和尺神经显示高信号,而周围肌肉及脂肪组织呈低信号,从而获得高分辨率的神经纤维束图像,能较清晰、完整显示脊神经分支及其内部结构。目前应用于显示脊神经的 MRN 技术包括重 T2W1 脂肪抑制成像技术和弥散加权成像技术(diffusion weighted imaging,DWI)两类。

2.1 重 T2W1 脂肪抑制成像技术

此技术以神经内部的超微结构及不同类型组织水含量为基础,通过脂肪抑制技术将神经周围及其内部神经束间的脂肪加以抑制,从而获得只保留神经束内膜内液体的 T2 加权像^[10]。高场强 MRI、三维高分辨率成像、敏感编码并行采集(sensitivity encoding,SENSE)、短时间反转恢复序列(short time inversion recovery, STIR)抑脂技术的发展使该序列成像分辨率及信噪比均明显增高,可获得更多、更细小的脊神经分支,更适合周围神经形态学研究^[11]。吕银章等^[12]对 20 例健康志愿者及 21 例腰骶神经丛病变患者行 3D STIR 平扫和增强扫描,认为 3D STIR 序列增强扫描可以更清楚显示腰骶神经丛结构解剖,并可获得更好的背景抑制效果。另外,3D 多回波数据联合成像(muhiecho data image combination,MEDIC)是多回波合并的梯度回波(gradient echo,GRE)序列,一次小角度射频脉冲激发后可采集多个梯度回波,信噪比得以较大程度的提高,T2W1 图像能有效抑制血管搏动伪影,具有更高的对比度和空间分辨率,也常运用于腰骶脊神经根成像^[13]。以上序列形成的神经根原始成像均可通过最大密度投影(maximum intensity projection,MIP)、多平面重组图像(multiplanar reformation,MRP)及容积再现(volume rendering,VR)等方式进行三维重建,更加直观地显示脊神经与周围肌肉、血管、筋膜的信号差别及解剖关系。

2.2 DWI 技术

DWI 技术通过检测人体组织中水分子运动受限的方向和程度,反映组织微观结构改变,由于神经细胞膜和髓鞘的存在,神经束中的水分子在神经纤维长轴方向运动相对自由,而在与长轴垂直方向水分子运动明显受限,表现为各向异性扩散运动,由于扩散运动差异的存在,神经纤维信号衰减明显小于背景信号^[14]。因此,DWI 图像上背景信号被均匀抑制,脊神经呈高信号,神经节呈现更高信号,在原始图像上可以观察神经节和节前神经根,应用 3D MIP 软件重建,可以清晰显示腰骶段脊神经大体走行和形

态^[15]。DWI 扫描时间短,背景信号抑制好,但对神经周围组织分辨能力不强^[16]。Eguchi 等^[16]将 DWI 与 STIR、SENSE 等技术结合,可获得质量较高的腰骶神经图像。

作为 DWI 技术的革新,扩散张量成像(diffusion tensor imaging,DTI)及纤维示踪(fiber tracking,FT)可用表观扩散系数(apparent diffusion coefficient,ADC)和部分各向异性(fractional anisotropy,FA)描述组织每个像素内水分子综合的微观运动,实现神经纤维的功能成像^[17]。ADC 值反映水分子在各个方向上的平均扩散能力,FA 值则反映人体内水分子扩散的各向异性特征,其大小主要受神经纤维髓鞘化程度、密度及神经纤维束直径的影响,是反映神经纤维的连续性 & 损伤程度的主要参数^[7]。王庆征等^[18]应用 3.0T MRI DTI-FT 评估腰骶神经根,在 DTI-FT 图像中,所有受检者均能获得清晰的 L4、L5 及 S1 脊神经根三维图像,LDH 患者能在椎间盘突出区域直接观察神经根受压情况,健康志愿者两侧神经束走行对称、自然,而 LDH 患者椎间盘水平受压侧脊神经根明显移位或变形。

3 MRN 技术在腰椎间盘突出症诊治中的应用

3.1 对特殊类型腰椎间盘突出症的诊断

近年来,国内外许多学者通过脊髓 X 线造影、CT 脊髓造影及 MRI 脊髓造影等方式显示脊神经根病变^[19],但由于腰骶段脊神经根走行复杂且易受周围组织结构影响,以上方法均难以显示神经根走行的全貌。

国内外研究表明,多种 MRN 序列均能获得良好的腰骶脊神经成像,能突出显示硬膜囊内的脊髓、神经根、脊神经节及部分节后纤维,具有常规 MRI 和上述方法无法比拟的优势^[13,20,21]。泮智勇等^[13]对 35 例腰痛患者行 MRI 常规序列、冠状位 MEDIC 序列、MR 脊髓造影序列扫描,发现 MEDIC 序列显示腰骶脊神经形态轮廓、边缘清晰,细微分支显示清楚,其中 21 例 LDH 患者能清楚显示硬膜囊缘的椎间盘压迹,或局部神经根鞘受压向侧方移位,并伴有局部椎管狭窄,与 MR 脊髓造影对比,MEDIC 图像在显示病变对脊神经根、神经节和部分节后段走行及形态改变具有明显优势。Byun 等^[22]对 24 例有症状的极外侧 LDH 患者进行回顾性分析,发现在 3D MRI 图像中背根神经节明显肿胀或呈锯齿状。许道洲等^[23]对手术证实的极外侧型 LDH 患者的 MRN 进行了分析,发现冠状位椎间孔周围出现异常低信号,呈圆形、卵圆形或不规则形,并与线状马尾神经根相交,受压移位的神经根与突出的椎间盘呈“腋下网球”样的特征征象。所以,当临床医生怀疑患者存在极外侧 LDH 时,可行 MRN 检查,有助于定位和定性诊断。

3.2 对术中操作安全性的评估

局部结构解剖不熟悉、术中操作区域有限是引起各类脊柱外科手术术中并发症尤其是神经根损伤的重要原因^[24]。然而,目前存在的腰骶神经根解剖测量数据采用的标本多为防腐剂处理标本,其中多为中老年,可能伴有腰椎退行性改变,对测量结果有一定影响^[25]。MRN 技术对腰

骶神经根有清晰、可靠的成像效果,测量数据有较高的准确性,为手术操作的安全性分析提供了研究基础^[9,36]。王洪立等^[27]利用 3.0T MRI 对 12 例健康志愿者行腰骶神经根扫描,测量毗邻结果相关解剖参数,所有受检者 L1~L5 神经根通过 MRN 技术均获得良好成像,另外发现 L1~L5 神经根与上位椎弓根间距、神经根与矢状面夹角呈逐渐减小趋势,进行 TLIF 手术操作时对上位神经根有一定干扰,对于椎间隙明显狭窄的患者,在术中存在上位神经根损伤的风险。Hu 等^[28]收集 48 例接受极外侧腰椎椎间融合术(extreme lumbar interbody fusion, XLIF)或直接侧方入路腰椎融合术(direct lateral interbody fusion, DLIF)患者的 MRI 图像,分析手术操作区域中重要血管和神经分布、走行,提示操作安全区域,也为 MRN 的临床应用提供了思路。Choi 等^[29]就 233 例 LDH 患者接受经皮椎间孔内窥镜下椎间盘切除术后的并发症发生情况进行回顾性分析,发现神经根损伤的发生与 MRI 图像中受压神经根距下关节突的距离存在一定相关性,该距离每减少 1mm,手术并发症风险增加 23%,所以, MRI 或 MRN 测量结果可作为术前评估手术安全性的重要因素。

3.3 对受压神经根功能的评估

大量动物实验研究表明,神经根受压可导致急性期背根神经节血供减少、流体压力升高,慢性期受压神经根水肿、脱髓鞘等多种病理改变,影响神经功能^[30-32]。MRN 中的重 T2WI 脂肪抑制技术仅能显示脊神经根的大体走行,对 LDH 引起的神经受压程度无法评估,而 DTI 技术可以通过 ADC、FA 等参数的变化反映神经纤维束的微结构改变^[17],对神经受压后功能的评估以及手术减压效果的评价具有重要意义。

EGUCHI 等^[33]利用 1.5T MRI 分别对 14 例健康志愿者和 14 例腰椎间孔神经根受压患者进行 DWI 成像,同时测量各节段背根神经节、脊神经根等处的 ADC 值,发现患者受压侧神经根平均 ADC 值显著升高,而未受压神经根 ADC 值与健康人无显著性差异,作者进一步分析认为受压神经根 ADC 值增加与神经水肿和 Wallerian 变性有关。Balbi 等^[34]应用 DTI-FT 技术评估 19 例 LDH 患者受压腰神经根 FA 值及 ADC 值变化,发现在椎间盘突出水平受压神经根的平均 FA 值显著低于对侧神经根及健康志愿者;而 ADC 值显著高于对侧神经根和健康志愿者。Takashima 等^[34]对 30 例接受手术的单侧单一节段 LDH 患者进行研究,术前测量患者神经根 ADC 值,并记录手术前后下肢功能情况(VAS 评分),发现术前受压侧脊神经 ADC 值无明显变化趋势,但与 VAS 分值变化存在正性相关关系,术前背根神经节 ADC 值降低可能提示患者预后较差,这可能与该处神经可塑性有关。

4 问题与展望

MRN 技术安全无创,无需对比剂,获得的原始图像和三维重建图像可全面清晰显示腰骶脊神经根大体解剖

形态和走行,对特殊类型腰椎间盘突出症的诊断具有独特优势,是 CT、MRI 等常规影像学检查的重要补充,但目前仍无法取代 MRI 常规扫描序列。通过对神经根和毗邻结构相关参数的测量,可进一步提示手术安全操作区域,减少对神经根的干扰和损伤。与此同时,DTI 成像可观察脊神经根压迫部位 ADC 值、FA 值变化,实现对神经微观结构的无创检测,与 VAS 等临床症状评估方法结合,能够预测手术预后。但目前各种 MRN 序列扫描时间仍较长,部分 LDH 患者难以耐受,易出现明显运动伪影,影响图像质量,因此在进行此类扫描之前,应告知患者大概扫描时间,并进行适当固定,以获得最佳检查效果。

5 参考文献

1. Wassenaar M, van Rijn RM, van Tulder MW, et al. Magnetic resonance imaging for diagnosing lumbar spinal pathology in adult patients with low back pain or sciatica: a diagnostic systematic review[J]. Eur Spine J, 2012, 21(2): 220-227.
2. Jensen MC, Brantzawadzki MN, Obuchowski N, et al. Magnetic-resonance-imaging of the lumbar spine in people without back pain[J]. New Eng J Med, 1994, 331(2): 69-73.
3. Boos N, Rieder R, Schade V, et al. 1995 Volvo Award in clinical sciences: the diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging, work perception, and psychosocial factors in identifying symptomatic disc herniations[J]. Spine, 1995, 20(24): 2613-2625.
4. el Barzouhi A, Vleggeert-Lankamp CL, Lycklama à Nijeholt GJ, et al. Magnetic resonance imaging in follow-up assessment of sciatica[J]. N Engl J Med, 2013, 368(11): 999-1007.
5. Abdullah AF, Ditto EW 3rd, Byrd EB, et al. Extreme-lateral lumbar disc herniations: clinical syndrome and special problems of diagnosis[J]. J Neurosurg, 1974, 41(2): 229-234.
6. Lewis AM, Layzer R, Engstrom JW, et al. Magnetic resonance neurography in extraspinal sciatica[J]. Arch Neurol, 2006, 63(10): 1469-1472.
7. Chhabra A, Zhao L, Carrino JA, et al. MR neurography: advances[J]. Radiol Res Pract, 2013, 2013: 809568.
8. Aota Y, Niwa T, Yoshikawa K, et al. Magnetic resonance Imaging and magnetic resonance myelography in the presurgical diagnosis of lumbar foraminal stenosis [J]. Spine, 2007, 32(8): 896-903.
9. Howe FA, Filler AG, Bell BA, et al. Magnetic resonance neurography[J]. Magn Reson Med, 1992, 28(2): 328-338.
10. Viallon M, Vargas MI, Jlassi H, et al. High-resolution and functional magnetic resonance imaging of the brachial plexus using an isotropic 3D T2 STIR(Short Term Inversion Recovery) SPACE sequence and diffusion tensor imaging [J]. Eur Radiol, 2008, 18(5): 1018-1023.
11. Vargas MI, Viallon M, Nguyen D, et al. New approaches in imaging of the brachial plexus[J]. Eur J Radiol, 2010, 74(2): 403-410.

12. 吕银章, 孔祥泉, 刘定西, 等. 3D-STIR 序列增强扫描在腰骶丛神经成像中的应用研究[J]. 临床放射学杂志, 2011, (2): 231-234.
13. 泮智勇, 许茂盛, 丁雪委, 等. MEDIC 序列在 MR 腰骶脊神经根成像中的临床应用[J]. 医学影像学杂志, 2012, 22(9): 1528-1530.
14. Skorpil M, Engstrom M, Nordell A. Diffusion-direction-dependent imaging: a novel MRI approach for peripheral nerve imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2007, 25(3): 406-411.
15. Eguchi Y, Ohtori S, Yamashita M, et al. Clinical applications of diffusion magnetic resonance imaging of the lumbar foraminal nerve root entrapment[J]. Eur Spine J, 2010, 19(11): 1874-1882.
16. Eguchi Y, Ohtori S, Yamashita M, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of symptomatic nerve root of patients with lumbar disk herniation[J]. Neuroradiology, 2011, 53(9): 633-641.
17. Bassar PJ, Pierpaoli C. Microstructural and physiological features of tissues elucidated by quantitative-diffusion-tensor MRI[J]. J Magn Reson B, 1996, 111(3): 209-219.
18. 王庆征, 李传亨, 惠毅毅, 等. 3T MRI 腰骶部脊神经根扩散张量成像在腰椎间盘突出症中的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2012, (10): 1742-1745.
19. 丁长伟, 李松柏. 腰椎间盘突出症神经根受压磁共振脊髓造影诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2011, 19(8): 575-579.
20. 巴兆玉, 黄宇峰, 沈彬, 等. 正常成人下腰椎神经根磁共振选择性激励技术成像的特点[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(12): 973-976.
21. Chhabra A, Andreisek G, Soldatos T, et al. MR neurography: past, present, and future[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 197(3): 583-591.
22. Byun WM, Jang HW, Kim SW. Three-dimensional magnetic resonance rendering imaging of lumbosacral radiculography in the diagnosis of symptomatic extraforaminal disc herniation with or without foraminal extension[J]. Spine, 2012, 37(10): 840-844.
23. 许道洲, 夏好成, 罗树彬, 等. 磁共振 SPACE 序列在诊断极外侧椎间盘突出中的临床应用 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2011, 17(4): 356-360.
24. Tormenti MJ, Maserati MB, Bonfield CM, et al. Perioperative surgical complications of transforaminal lumbar interbody fusion: a single-center experience [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 16(1): 44-50.
25. Soyuncu Y, Yildirim FB, Sekban H, et al. Anatomic evaluation and relationship between the lumbar pedicle and adjacent neural structures: an anatomic study[J]. J Spinal Disord Tech, 2005, 18(3): 243-246.
26. Filler AG, Maravilla KR, Tsuruda JS. MR neurography and muscle MR imaging for image diagnosis of disorders affecting the peripheral nerves and musculature [J]. Neurol Clin, 2004, 22(3): 643-682.
27. 王洪立, 杨升达, 姜建元, 等. 基于磁共振神经显像技术解剖学研究的 TLIF 操作安全性分析[J]. 中华骨科杂志, 2013, 33(2): 165-170.
28. Hu WK, He SS, Zhang SC, et al. An MRI study of psoas major and abdominal large vessels with respect to the X/DLIF approach[J]. Eur Spine J, 2011, 20(4): 557-562.
29. Choi I, Ahn JO, So WS, et al. Exiting root injury in transforaminal endoscopic discectomy: preoperative image considerations for safety[J]. Eur Spine J, 2013 Jun 11. [Epub ahead of print].
30. Olmarker K, Rydevik B, Holm S. Edema formation in spinal nerve roots induced by experimental, graded compression: an experimental study on the pig cauda equina with special reference to differences in effects between rapid and slow onset of compression[J]. Spine, 1989, 14(6): 569-573.
31. Hu SJ, Xing JL. An experimental model for chronic compression of dorsal root ganglion produced by intervertebral foramen stenosis in the rat[J]. Pain, 1998, 77(1): 15-23.
32. Igarashi T, Yabuki S, Kikuchi S, et al. Effect of acute nerve root compression on endoneurial fluid pressure and blood flow in rat dorsal root ganglia[J]. J Orthop Res, 2005, 23(2): 420-424.
33. Balbi V, Budzik JF, Duhamel A, et al. Tractography of lumbar nerve roots: initial results[J]. Eur Radiol, 2011, 21(6): 1153-1159.
34. Takashima H, Takebayashi T, Yoshimoto M, et al. Efficacy of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in diagnosing spinal root disorders in lumbar disc herniation[J]. Spine, 2013, 38(16): E998-1002.

(收稿日期: 2013-06-21 修回日期: 2013-08-06)

(本文编辑 李伟霞)