

## • 中枢神经影像学 •

## 腰骶丛 DTI 对慢性炎性脱髓鞘性多发性神经根神经病的诊断价值

李冲, 朱恂, 赵彦胤, 刘含秋

**【摘要】 目的:**探讨腰骶丛神经 DTI 对慢性炎性脱髓鞘性多发性神经根神经病(CIDP)的诊断价值。**方法:**采用 3.0T MR 仪对 11 名健康志愿者及 16 名 CIDP 患者进行腰骶丛常规 MRI 扫描和腰骶丛神经 DTI 扫描。其中 DTI 扫描范围包括 L<sub>3</sub>~S<sub>1</sub> 神经根,在 DTI 参数图上行 FA、λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub>、λ<sub>3</sub> 的参数值测量,通过所得测量值计算出 FA、AD、RD、MD 参数值。健康志愿者组及 CIDP 组对应的 FA、AD、RD、MD 参数值行两独立样本 *t* 检验。**结果:**健康对照组 FA、AD、RD、MD 值分别为 0.263±0.091、(4.993±0.647)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s、(4.435±0.745)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s、(4.672±0.642)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s;CIDP 组 FA、AD、RD、MD 值分别为 0.225±0.053、(5.261±0.365)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s、(5.657±0.292)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s、(4.872±0.312)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s。CIDP 组与健康对照组相比 FA 及 ADC 值明显下降,AD、RD、MD 值明显升高(*P*<0.05)。**结论:**CIDP 患者的腰骶丛神经 DTI 参数的变化对 CIDP 早期诊断和分期具有重要价值。

**【关键词】** 腰骶丛; 磁共振成像; 多发性神经根神经病; 扩散张量成像

**【中图分类号】** R445.2; R745.44 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)11-1124-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.11.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Value of DTI of lumbosacral plexus in the diagnosis of chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy** LI Chong, ZHU Xun, ZHAO Yan-ying, et al. Department of Radiology, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China

**【Abstract】 Objective:** To study the value of diffusion tensor imaging (DTI) of lumbosacral plexus in patients with chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy (CIDP). **Methods:** A total of 11 healthy volunteers (control group) and 16 CIDP patients were recruited. All underwent routine MRI of lumbosacral area and DTI of lumbosacral plexus with a 3.0T MR scanner. The area of DTI scanning covered L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> and S<sub>1</sub> nerve roots. The parameters of FA, λ<sub>1</sub>, λ<sub>2</sub> and λ<sub>3</sub> were measured in the DTI parameter diagram and the values of FA, AD, RD, MD were calculated. The mean FA, AD, RD and MD values of control group and CIDP group were compared by two samples independent *t*-test. **Results:** The mean FA, AD, RD, MD value was 0.263±0.091, (4.993±0.647)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s, (4.435±0.745)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s, and (4.672±0.642)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s respectively in control group, and the mean FA, AD, RD, MD was 0.225±0.053, (5.261±0.365)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s, (5.657±0.292)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s, (4.872±0.312)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s respectively in CIDP group. Compared with the control group, the values of FA and ADC in the CIDP group were obviously decreased and the AD, RD and MD values were markedly increased, with significant statistic difference (all *P*<0.05). **Conclusion:** Change of DTI parameters of lumbosacral plexus in CIDP patients provided important information for early diagnosis and staging.

**【Key words】** Lumbosacral plexus; Magnetic resonance imaging; Polyradiculoneuropathy; Diffusion tensor imaging

**作者单位:** 200040 上海, 复旦大学附属华山医院放射科(李冲、刘含秋); 上海, 复旦大学医学功能与分子影像研究所(刘含秋); 上海, 复旦大学附属华山医院神经内科(朱恂、赵彦胤)

**作者简介:** 李冲(1989—), 女, 河北石家庄人, 硕士, 住院医师, 主要从事周围神经成像研究。

**通讯作者:** 刘含秋, E-mail: drhancher@163.com

慢性炎性脱髓鞘性多发性神经根神经病(chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy, CIDP)是一种免疫介导的慢性神经根神经病, 典型临床表现为持续 8 周以上的对称性四肢远端的感觉与运动障碍, 脑脊液蛋白升高及神经传导速度减慢。CIDP

的病理改变主要是神经的脱髓鞘化。CIDP 诊断的金标准是穿刺活检。但穿刺活检是有创检查,临床应用困难。尽管临床症状和肌电图可提示诊断,但都是间接诊断,无法直接观测神经根损害。磁共振检查可直接显示神经根形态学和信号变化,为 CIDP 临床诊断提供帮助。早期的研究表明,对 CIDP 患者行臂丛神经 MRI 检查,提示神经根及臂丛神经的增粗及 T<sub>2</sub> 信号增高,亦可伴有病变神经的异常强化<sup>[1-4]</sup>。笔者另一项的研究表明,CIDP 患者腰骶丛较健康者增粗具有诊断意义,然而对个体病例来说,并不是每一个 CIDP 患者的腰骶丛都在 MRI 成像上具有增粗和信号增强 的改变,尤其在初次发病或者病程较短的病例中<sup>[5]</sup>,神经根形态学和信号均未发生明显改变。

扩散张量成像(diffusion tensor imaging,DTI)是一种非侵袭性检查方法,在中枢神经系统中应用广泛<sup>[6]</sup>。DTI 不同于常规 MRI 检查,它可以提供常规磁共振形态学改变以外的神经扩散功能信息。尤其是神经组织的各向异性变化,可以提供神经的完整性与否等更多信息。在之前一些报道中,神经扩散加权成像用来显示增粗的周围神经<sup>[5]</sup>,有研究<sup>[5,7]</sup>对臂丛及腰骶丛神经测量了表观扩散系数(apparent diffusion coefficient,ADC)的变化,还有对 CIDP 患者周围神经比如胫神经进行 DTI 成像,行各向异性指数的测量与比较,但对 CIDP 患者腰骶丛神经的 DTI 参数变化尚未见有研究报道。

材料与方法

1. 研究对象

经临床诊断为 16 例 CIDP 患者为实验组。CIDP 诊断标准参考 2010 欧洲神经学会/外周神经协会联合会(EFNS/PNS)第一版 CIDP 诊断及治疗指南<sup>[8]</sup>。招募 11 名健康志愿者,进行 DTI 扫描,志愿者纳入标准为:均无头颈部及肩颈部不适,无脊柱外伤、手术病史,无 MRI 检查禁忌症。

2. 数据采集

采用 3.0T GE Discovery MR750 磁共振扫描仪进行腰骶丛神经扫描,使用脊柱线圈,实验组及对照组病例均采用仰卧位,头先进的方式,磁场中心定于肚脐。常规 MRI 腰椎序列:矢状面 T<sub>2</sub>WI FSE (TR 2566 ms,TE 121 ms),层厚 4 mm,图像层数 11 层,矩阵 352×256,扫描时间 1 min 41 s。矢状面 T<sub>1</sub>WI FSE (TR 803 ms,TE 8.5 ms),层厚 4 mm,图像层数 11,矩阵 320×192,扫描时间 2 min 27 s。横轴面 T<sub>2</sub>WI (TR 4837 ms,TE 120 ms),层厚 3.5 mm,图像层数 23,矩阵 320×224,扫描时间 2 min 56 s。冠状面 STIR(TR 6000 ms,TE 47 ms,TI 180 ms),层厚 1.8 mm,图像层

数 32 层,矩阵 320×224,扫描时间 11 min 32 s。腰骶丛神经 DTI 成像序列包括:横轴面 DTI,TR 3968 ms,TE 73.3 ms;层厚 3 mm,矩阵 128×128,b 值 600 s/mm<sup>2</sup>,方向 25 directions,扫描时间 10 min 32 s。扫描线平行于椎间盘,扫描范围包括 L<sub>4</sub>~S<sub>1</sub> 椎体。

3. 图像处理和分析

采用 GE ADW4.6 工作站,FuncTool Tensor 打开 DTI 图像,软件自动计算出 FA、λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub> 和 λ<sub>3</sub> 参数图。然后将各参数图分别与横轴面 FSE T<sub>2</sub>WI 解剖图像进行融合,以解剖图像为参考,由两名神经放射学医师用标记兴趣区(region of Interest,ROI)对每个层面所显示的神经行 FA、λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub>、λ<sub>3</sub> 值测量。ROI 为圆形,面积约 10 mm<sup>2</sup>,尽量放置于神经横轴面中心处,以减少部分容积效应的影像。每个 ROI 测量两次,取平均值,所得 λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub> 及 λ<sub>3</sub> 值通过公式计算得出相应神经的轴向扩散系数(axial diffusivity,AD),径向扩散系数(radial diffusivity,RD)及平均扩散系数(mean diffusivity,MD)。每个病例采集图像 28~35 层,每个病例所测得左右两侧数值共 40~100 个(图 1)。

4. 统计分析

采用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据分析,病例组和对照组的 DTI 参数的 FA、AD、RD、MD 值采用两独立样本 t 检验。以 P<0.05 为差异具有统计学意义。

结 果

病例组 16 例,男 13 例,女 3 例,平均年龄(42±17)岁,病例所测得的 FA 值为 0.239±0.071,AD 值为(5.114±0.394)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s,RD 值为(5.646±0.310)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s,MD 值为(4.802±0.323)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s;对照组共 11 例进行了腰骶丛 DTI 序列采集,男 7 例,女 4 例,平均年龄(37±11)岁,所测得 FA 值为 0.342±0.802,AD 值为(5.004±0.702)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s,RD 值为(4.543±0.547)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s,MD 值为(4.697±0.500)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s。CIDP 组与健康对照组相比,FA 及 ADC 值明显下降,AD、RD、MD 值明显升高(P 均<0.05),见表 1、2。

表 1 CIDP 组与健康对照组 DTI 参数测量值

| 组别                                       | 病例组         | 对照组         |
|------------------------------------------|-------------|-------------|
| 例数                                       | 1184        | 496         |
| FA                                       | 0.239±0.071 | 0.342±0.802 |
| λ1(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) | 5.114±0.394 | 5.004±0.702 |
| λ2(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) | 4.872±0.310 | 4.672±0.642 |
| λ3(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) | 5.657±0.290 | 4.435±0.745 |

表 2 CIDP 组与健康对照组 DTI 直接测量值

| 组别                                        | 病例组         | 对照组         | t 值   | P 值   |
|-------------------------------------------|-------------|-------------|-------|-------|
| 例数                                        | 1184        | 496         |       |       |
| FA                                        | 0.239±0.071 | 0.342±0.802 | 7.666 | 0.000 |
| ADC(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) | 1.256±0.286 | 1.321±0.353 | 3.972 | 0.000 |
| AD(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)  | 5.114±0.394 | 5.004±0.702 | 4.620 | 0.000 |
| RD(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)  | 4.646±0.310 | 4.543±0.547 | 4.970 | 0.000 |
| MD(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s)  | 4.802±0.323 | 4.697±0.500 | 5.121 | 0.000 |

讨 论

DTI 在中枢神经系统中应用广泛<sup>[6,9]</sup>,它不同于常规 MRI 检查,可以对成像成分提供更多微观上的信息。尤其是神经纤维的各向异性变化,可以提供神经的完整性与否等更多信息<sup>[10]</sup>。但目前对于周围神经的 DTI 研究中也有应用<sup>[11]</sup>。Takagi 等<sup>[12]</sup>在测量大鼠坐骨神经 DTI 参数时,只选择了三处测量点。Chhabra 等<sup>[13]</sup>在图像配准后只在周围神经肿瘤性病变实性部分手动画取 ROI 测量 DTI 参数值。在本研究中,对扫描范围内所有显示腰骶丛神经的层面都进行了 DTI 参数测量,测量值最少也达 40 个,最多达 100 多个,每个层面均由两名放射科医生分别进行测量,并取平均值进行统计学分析,最大程度的确保了数据测量的可重复性。在 CIDP 的 DTI 研究中,利用此种方法进行参数测量研究尚属首次。

在本研究中,对 DTI 每一个参数值的测量,均先通过横轴面 DTI 参数图与横轴面 T<sub>2</sub>WI 图像行解剖学融合,并选择神经解剖显示较清晰的 T<sub>2</sub>WI 解剖图像作为参考,放置 ROI,确保了 DTI 参数的 ROI 放置的准确性。各 ROI 放置位置尽量选择神经根中心处,以减少部分容积效应的影响。

DTI 所有参数中,FA 值在先前的周围神经 DTI 研究中被广泛应用。在本研究中也发现,CIDP 病例组 FA 值较健康对照组明显降低,提示所测量神经纤维的各向异性是降低的,神经纤维内自由水分子的扩散更倾向于不受方向的限制,原来受制于神经髓鞘的束缚作用越来越小,这与 CIDP 患者主要病理变化为神经脱髓鞘相一致。

与 FA 值相比,AD 和 RD 参数的使用相对较少,之前多用于对中枢神经系统进行评估,但对其意义的解释受到复杂的纤维结构的干扰,在中枢神经临床应用中难以区分轴突和髓鞘损害。而另一方面,由于外周神经相对简单的单向结构,因此对 AD 及 RD 的变化解释更加相对简单,所以外周神经可能更易通过 AD 与 RD 对轴突和髓鞘完整性进行评估。在既往对病变神经 DTI 的成像的研究中,Eguchi 和 Pasquelle 分别对椎间盘突出患者和先天性脊柱裂患儿行磁共振 DTI 成像,测量 FA 值并且对腰骶神经丛进行纤维追踪,结果表明 DTI 腰骶丛神经成像具有可行性,并提供了健康对照的 FA 值及 AD、RD、MD 的参考值<sup>[14]</sup>。

轴索以及髓鞘的细胞膜是阻碍水分子自由扩散的一种屏障,因此在平行或是垂直于神经纤维的方向上所进行的参数值的测量,能在一定程度上反应神经纤维内部的微观环境是否有变化。对于本研究中的 CIDP 来说,病例组 FA 值明显降低,AD、RD 及 MD 均较对照组显著升高。FA 值降低说明神经纤维中自由水分子的轴向扩散及径向扩散程度都增加了,从而导致神经纤维的各项异性程度减低,趋于各向同性。结合 CIDP 患者的周围神经活检<sup>[15-16]</sup>,其神经不断脱髓

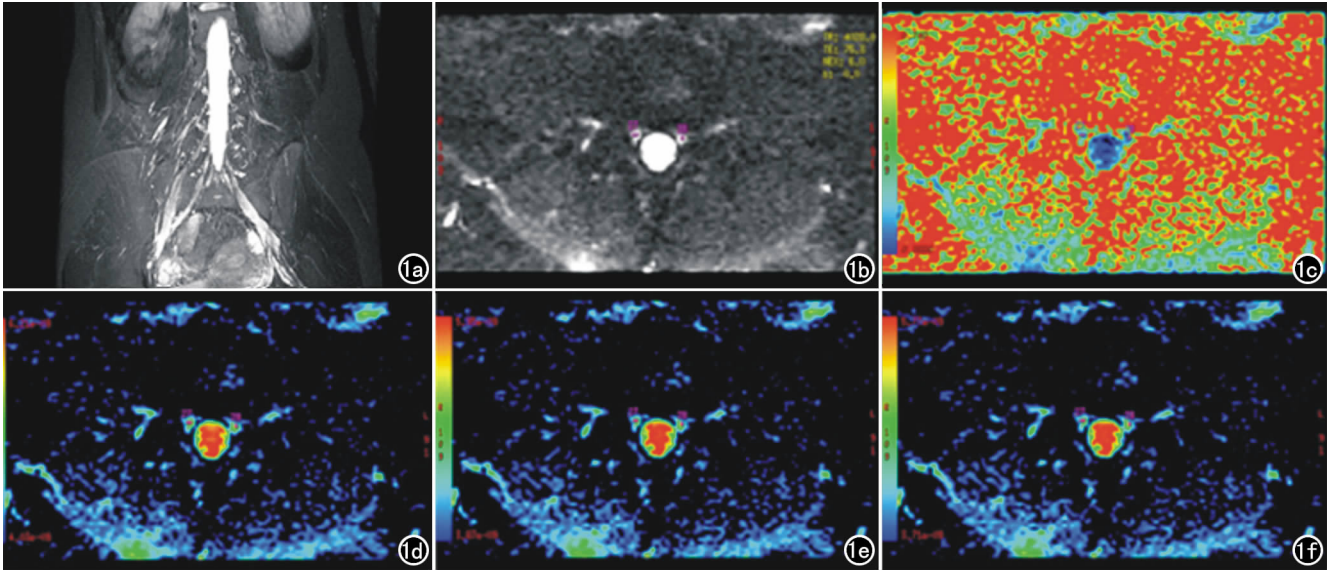


图 1 神经根 DTI 参数值测量方法。a) 冠状面 STIR 图像; b) DTI 与解剖图像 T<sub>2</sub>WI 匹配,确认神经根解剖位置在 DTI 图像上显示; c) ADC 图像; d~f) 为 b=0 的 DTI 图像其中三层,每一层可见的双侧神经根处都放一个 ROI,大小约 10mm<sup>2</sup>,选取点尽量放在神经根中心处,以减少部分容积效应的影响。

鞘与髓鞘再生改变可导致神经纤维发生炎症、水肿性病变,最终导致水分子各个方向扩散程度增加。有研究报道,神经的华勒式变性(Wallerian)可以导致水分子扩散的各向异性降低<sup>[17]</sup>。

在临床工作中,对于 CIDP 患者的腰骶丛神经病变的观察,主要是通过 MRI 形态学成像,通过本研究发现,通过 DTI 的参数值也可以反映 CIDP 患者的腰骶丛神经病变的微观变化。

#### 参考文献:

- [1] Bradley LJ, Wilhelm T, King RH, et al. Brachial plexus hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy[J]. Neuromuscul Disord, 2006, 16(2): 126-131.
- [2] Aiidi S, El AFM, Amarti A, et al. Chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy with hypertrophy of spinal roots, brachial plexus and cranial nerves[J]. Rev Neurol (Paris), 2002, 158(8-9): 819-823.
- [3] Oguz B, Oguz KK, Cila A, et al. Diffuse spinal and intercostal nerve involvement in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy: MRI findings[J]. Eur Radiol, 2003, 13 (Suppl 6): L230-L234.
- [4] Tazawa K, Matsuda M, Yoshida T, et al. Spinal nerve root hypertrophy on MRI: clinical significance in the diagnosis of chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy [J]. Intern Med, 2008, 47(23): 2019-2024.
- [5] Adachi Y, Sato N, Okamoto T, et al. Brachial and lumbar plexuses in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy: MRI assessment including apparent diffusion coefficient[J]. Neuroradiology, 2011, 53(1): 3-11.
- [6] Alexander AL, Hasan K, Kindlmann G, et al. A geometric analysis of diffusion tensor measurements of the human brain[J]. Magn Reson Med, 2000, 44(2): 283-291.
- [7] Kakuda T, Fukuda H, Tanitame K, et al. Diffusion tensor imaging of peripheral nerve in patients with chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy: a feasibility study[J]. Neuroradiology, 2011, 53(12): 955-960.
- [8] Van den Bergh PY, Hadden RD, Bouche P, et al. European federation of neurological societies/peripheral nerve society guideline on management of chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy: report of a joint task force of the European federation of neurological societies and the peripheral nerve society-first revision[J]. Eur J Neurol, 2010, 17(3): 356-363.
- [9] 陈博宇, 张亚, 商秀丽, 等. 帕金森型多系统萎缩与帕金森病患者胼胝体损害的白质图定量研究[J]. 放射学实践, 2017, 32(6): 602-607.
- [10] Budzik JF, Balbi V, Vercllytte S, et al. Diffusion tensor imaging in musculoskeletal disorders[J]. Radiographics, 2014, 34 (3): 56-72.
- [11] 孙翀鹏, 李新春, 许乙凯, 等. 兔坐骨神经挤压伤后 FA 值与神经功能变化的相关性研究[J]. 放射学实践, 2013, 28(4): 366-369.
- [12] Takagi T, Nakamura M, Yamada M, et al. Visualization of peripheral nerve degeneration and regeneration: monitoring with diffusion tensor tractography[J]. Neuroimage, 2009, 44(3): 884-892.
- [13] Chhabra A, Thakkar RS, Andreisek G, et al. Anatomic MR imaging and functional diffusion tensor imaging of peripheral nerve tumors and tumorlike conditions[J]. AJNR, 2013, 34 (4): 802-807.
- [14] van der Jagt PK, Dik P, Froeling M, et al. Architectural configuration and microstructural properties of the sacral plexus: a diffusion tensor MRI and fiber tractography study[J]. Neuroimage, 2012, 62(3): 1792-1799.
- [15] Duggins AJ, McLeod JG, Pollard JD, et al. Spinal root and plexus hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy[J]. Brain, 1999, 122(Pt 7): 1383-1390.
- [16] Vallat JM, Sommer C, Magy L. Chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy: diagnostic and therapeutic challenges for a treatable condition[J]. Lancet Neurol, 2010, 9(4): 402-412.
- [17] Farrell JA, Zhang J, Jones MV, et al. q-space and conventional diffusion imaging of axon and myelin damage in the rat spinal cord after axotomy[J]. Magn Reson Med, 2010, 63 (5): 1323-1335.

(收稿日期: 2017-09-19 修回日期: 2018-05-03)