

磁共振扩散张量成像在糖尿病周围神经病变患者胫神经与腓总神经定量分析中的应用价值

唐丽丽, 吕喆, 李梦参, 张滨, 那曼丽

(北京大学首钢医院医学影像科, 北京 100041)

【摘要】目的: 探讨磁共振扩散张量成像(DTI)在糖尿病周围神经病变(DPN)患者胫神经与腓总神经定量分析中的应用价值。**方法:** 选取27例DNP患者为糖尿病组;另选取45名健康人为健康组,两组均行膝关节磁共振DTI。比较两组患者胫神经与腓总神经磁共振DTI图、髌骨上缘胫神经与腓总神经各项异性分数(FA)值。**结果:** 在轴位T1WI图像上,两组对象胫神经及腓总神经显示为圆或椭圆形,与周围肌肉组织信号相近,呈等或略低信号,其内信号均匀或稍欠均匀,边缘包裹低信号神经外膜,周围为高信号脂肪组织;糖尿病组患者DTT图显示胫神经及腓点神经粗细欠均匀,边缘毛糙,局部结构扭曲。糖尿病组患者胫神经及腓总神经FA值分别为 (0.459 ± 0.091) 、 (0.467 ± 0.125) ;健康组患者胫神经及腓总神经FA值分别为 (0.517 ± 0.084) 、 (0.531 ± 0.102) ,糖尿病组患者胫神经及腓总神经FA值低于健康组($P < 0.05$)。**结论:** 磁共振DTI技术可定量评估DPN的胫神经及腓总神经损伤情况,为定量分析DPN提供依据。

【关键词】 糖尿病;扩散张量成像;胫神经;腓总神经;各向异性分数

【中图分类号】 R445.2 **【文献标志码】** A

Application of MR diffusion tensor imaging in quantitative analysis of tibial and common peroneal nerves in diabetic patients

TANG Li-li, LV Zhe, LI Meng-shen, ZHANG Bin, NA Man-li

(Department of Medical Imaging, Peking University Shougang Hospital, Beijing 100041, China)

【Abstract】Objective: To explore the value of diffusion tensor imaging (DTI) in quantitative analysis of tibial nerve and common peroneal nerve in patients with diabetes peripheral neuropathy (DPN). **Methods:** 27 patients with DNP were selected as diabetes group, another 45 healthy adults were selected as the health group, and both groups underwent DTI of the knee joint using magnetic resonance imaging. The magnetic resonance DTI images of the tibial and common peroneal nerves, and fractional anisotropy (FA) value s of the tibial and common peroneal nerves at the upper edge of the patella were compared between two groups. **Results:** On the axial T1WI images, the tibial nerve and common peroneal nerve of the two groups of subjects were round or oval, similar to the signal of the surrounding muscle tissue, showing equal or slightly low signal, the internal signal was uniform or slightly less uniform, the edge was wrapped with low signal Epineurium, and the surrounding was high signal adipose tissue. DTT images of the patients in the diabetes group showed that the thickness of the tibial and common peroneal nerves was not uniform, the edges were rough, and the local structure was distorted. The FA values of tibial nerve and common peroneal nerve in diabetic group (0.459 ± 0.091 , 0.467 ± 0.125) were lower than those in healthy adult group (0.517 ± 0.084 , 0.531 ± 0.102), and there were significant difference among the two groups ($P < 0.05$). **Conclusion:** MR DTI can be used to quantitatively estimate injury of tibial and common peroneal nerves of diabetic peripheral neuropathy, to provide the basis for quantitatively analysis of diabetic peripheral neuropath.

【Key words】 Diabetes; Diffusion tensor imaging; Tibial nerve; Common peroneal nerve; Fractional anisotropy

糖尿病周围神经病变(diabetic peripheral neuropathy, DPN)由糖尿病引发的一种临床常见并发症,约50%糖尿病患者可能会恶化为周围神经病变^[1],且随着病变发展,多数患者会发生糖尿病足。目前临床DPN诊断主要根据患者的疾病史、临床症

状、神经电生理检查、腓肠神经及皮肤活检、定量感觉检查等。超高分辨率的超声检查可以为周围神经损伤提供较全面信息^[2]。但这些检查方法仍存在一些不足,如费时、有创、主观性强等,无法客观评价神经病变。目前,磁共振功能成像技术越来越多的

基金项目:北京大学首钢医院2019青年基金项目(SGYYQ201910)

作者简介:唐丽丽(1986-),女,硕士,主治医师。E-mail:tangll1202@163.com

通讯作者:吕喆。E-mail:alzhe121@sina.com

用于周围神经病变诊断与分析中^[3-6]。磁共振扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)技术是应用组织内水分子扩散的各向异性来观察神经元结构,其中,常用于评估神经病变的参数值为各向异性分数(fractional anisotropy, FA)。本研究通过对比测量糖尿病患者与健康成人胫神经和腓总神经 FA 值,分析 DTI 在 DPN 诊断中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2022 年 8 月北京大学首钢医院收治的 27 例行膝关节核磁检查的 DPN 患者为糖尿病组,另选取 45 名健康人为健康组。本研究经医院伦理委员会的批准,所有对象知情同意。两组对象一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。纳入标准:(1)具有糖尿病病史;(2)足部疼痛、感觉减退;(3)对称性肌腱反射减弱或消失;(4)末梢动脉波动减弱;(5)踝反射消失;(6)神经电生理检查提示周围神经病变。排除标准:(1)神经毒素接触史;(2)下肢手术或外伤史;(3)其他神经病变,如格林-巴利综合征、腰椎间盘突出引起的下肢神经疼痛、脑血管病变所致下肢瘫痪等;(4)下肢血管病变;(5)磁共振检查禁忌。

表 1 两组对象一般资料比较 $[\bar{x} \pm s, n(\%)]$

资料	糖尿病组($n=27$)	健康组($n=45$)	t/χ^2 值	P 值
男/女(例)	8(29.63)/19(70.37)	14(31.11)/31(68.89)	-	0.895
年龄(例)	66.67 \pm 10.09	63.16 \pm 8.64	2.452	0.122
身高(m)	1.64 \pm 0.07	1.62 \pm 0.07	1.090	0.300
体重(kg)	72.44 \pm 10.01	70.38 \pm 14.53	0.424	0.517
体质指数(kg/m ²)	26.81 \pm 3.07	26.52 \pm 4.47	0.089	0.767

“-”为 Fisher 确切概率法。

1.2 方法

1.2.1 磁共振 DTI 检查 研究对象均行 3.0T MR 检查(型号 GE 3.0T Signa HDxt),膝部专用线圈,采用膝关节标准检查体位扫描,扫描范围包括腓窝顶至腓骨颈。MR 序列:轴位三维快速扰相梯度回波(3D-FSPGR)T1 加权成像,参数:TR 7.4 ms,TE 3.6 ms,视野 180 mm \times 180 mm,矩阵 320 \times 256,层厚 5.0 mm,层间距 0 mm,激励次数 1,采集时间 2 min 32 s;轴位 DTI,扫描参数:TR 8 600 ms,TE 89.3 ms,视野 160 mm \times 160 mm,矩阵 130 \times 128,层厚 5.0 mm,层间距 0 mm,激励次数 2,扩散方向 14, b 值 = 800 s/mm²,采集时间为 4 min 27 s。

1.2.2 图像处理及测量 将 DTI 数据传至工作站,以 T1WI 作为参考图像,b800 图像上于髌骨上缘水

平标记胫神经和腓总神经检测区,检测区包括胫神经及腓总神经,不能超过神经边缘,对 FA 值进行测量,生成扩散示踪图(diffusion tractography, DTT)。由一名高年资影像医师对同一层面进行测量两次,结果取平均值。见图 1。

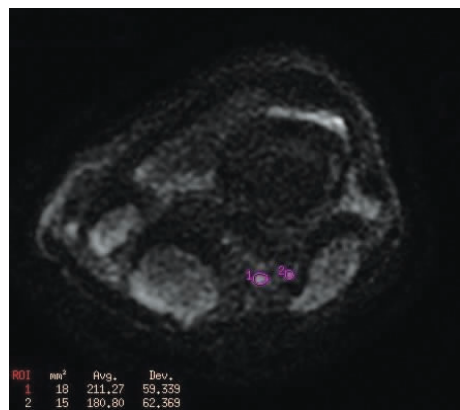


图 1 胫神经及腓总神经感兴趣区(b800 图)

1.2.3 观察指标 (1)胫神经与腓总神经磁共振 DTI 图;(2)髌骨上缘胫神经与腓总神经 FA 值。

1.3 统计学分析

采用 SPSS26.0 软件对数据进行分析与处理。计量资料符合正态分布且方差齐性,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较行独立样本 t 检验;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组对象间胫神经与腓总神经磁共振 DTI 图比较

在轴位 T1WI 图像上,两组对象胫神经及腓总神经显示为圆或椭圆形,与周围肌肉组织信号相近,呈等或略低信号,其内信号均匀或稍欠均匀,边缘包裹低信号神经外膜,周围为高信号脂肪组织。糖尿病患者 DTT 图显示胫神经及腓总神经粗细欠均匀,边缘毛糙,局部结构扭曲。见图 2。

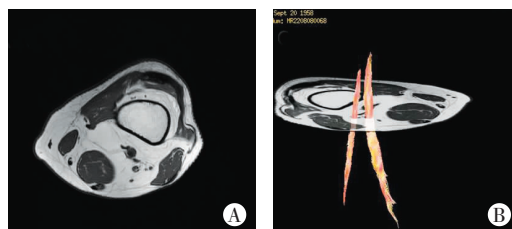


图 2 磁共振 DTI

A. 常规轴位 T1WI 解剖图;B. DTT 与 T1WI 融合图。

2.2 两组患者间胫神经与腓总神经 FA 值比较

糖尿病组胫神经及腓总神经 FA 值低于健康组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2 及图 3。

表2 两组研究对象胫神经与腓总神经 FA 值比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	糖尿病组 (n=27)	健康组 (n=45)	t 值	P 值
胫神经	0.459 ± 0.091	0.517 ± 0.084	-2.779	0.007
腓总神经	0.467 ± 0.125	0.531 ± 0.102	-2.259	0.020

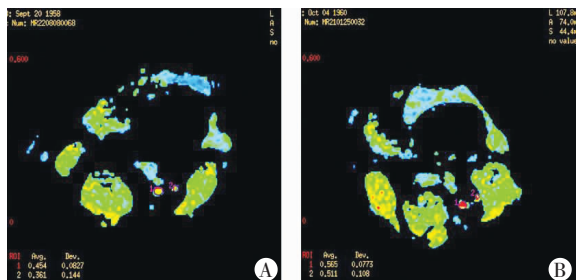


图3 胫神经及腓总神经 FA 值

A. 糖尿病组; B. 正常组。

3 讨论

磁共振 DTI 通过测量组织结构内水分子自由扩散方向及速率来对神经完整性进行评价。目前该技术在中枢神经系统的应该已经得到广泛认可^[7]。近年研究^[8-10]显示,DTI 能够用于周围神经成像,并证实了其技术的重复性和可靠性。约 70% 的 DPN 临床表现为远端多发性对称性神经病变,具有长度依赖性,多呈缓慢进展,一般患者下肢远端最先受累,逐渐向近端发展,影响上肢^[11]。由于糖尿病患者下肢远端最先受累,有学者^[12-13]在 CT 基础上对糖尿病足底神经形态及影像组学特征进行了分析发现有较高的诊断效能。足底神经较为纤细,DPN 会导致神经外缘模糊,如果出现周围组织的水肿、肌间隙模糊、消失,引起神经周围脂肪间隙减小、甚至消失,不利于神经显示及感兴趣区勾画。因此本研究选取下肢神经中的胫神经及腓总神经,利于磁共振观察。

相关研究显示^[9-10],磁共振神经成像 DTI 技术能够从影像学中观察到糖尿病神经病变及其结构特征,且与健康人群对比研究发现,DPN 患者的 FA 值降低。本研究显示,糖尿病组胫神经与腓总神经的 FA 值较健康组低 ($P < 0.05$),与以往研究相似,可能是因为 FA 易受周围微环境、轴突的密度与直径、有髓鞘神经纤维的数量、髓鞘的密度与厚度影响,当糖尿病患者发生神经纤维的损伤、轴突变性、脱髓鞘时,神经内轴浆的流动性受阻,轴突与其表面覆盖物的间隙会增加,此时水分子扩散速度也会随之增加,使得 FA 值降低^[14]。DTI 能够将神经纤维束形态、走行及其与周围结构的关系清晰显示,然而其在膝关节神经成像的应用存在较多限制,比如人为主观因素对感兴趣区选择的影响,

邻近血管的部分容积效应等,因此本研究未对糖尿病组及健康组神经示踪图做对比分析。

相关研究^[15]表明,FA 值与年龄、体重及 BMI 呈负相关,在研究中需要考虑年龄、体重及 BMI 等因素。本研究患者以中老年居多,结合实际情况,年龄 > 45 岁。随着年龄增长,周围神经形态及功能均会发生变化,髓鞘退化及神经束膜细胞层变薄使神经完整性减低^[16],FA 值减低。本研究中,糖尿病组及健康组年龄差异无统计学意义 ($P > 0.05$),可以排除年龄因素干扰。体重及 BMI 与 FA 值呈负相关,可能是由于脂肪组织介导的炎性介质及长链脂肪酸可以破坏并穿透由神经内膜微血管上皮细胞及神经束膜构成的血-神经屏障,导致神经源性炎症,损伤神经束膜屏障功能,从而引起通透性的改变^[17],当神经鞘膜受损通透性增高时,对水分子运动的限制作用减弱,导致 FA 值减低。已有研究显示,男性 FA 值往往低于女性,尽管略缺乏统计学意义,当将 FA 值调整到一个预定义的体重时,与性别相关的差异完全可以忽略不计。本研究中两组对象性别、身高、体重、BMI 差异无统计学意义 ($P > 0.05$),本研究小组认为结果不受以上因素干扰,说明 DPN 患者周围神经 FA 值较健康人群减低,可以客观评价周围神经损伤情况。但本研究选取的是较为粗大的下肢神经,是 DTI 技术在 DPN 应用中的初步研究;其次,样本量不足,年龄分布受限,未能分析年龄、病程等对 FA 的影响,后续研究增加样本量并通过改进成像序列,对细小分支神经如腓肠神经、足底神经的成像。

综上,磁共振 DTI 技术中的 FA 值,对定量评估并鉴别 DPN 患者与正常成人胫神经及腓总神经的改变有一定帮助,为进一步评估糖尿病周围神经损伤提供了基础,在糖尿病周围神经损伤定量评估中有一定的应用前景。

参考文献

- [1] Pop-Busui R, Boulton AJ, Feldman EL, et al. Diabetic neuropathy: a position statement by the American diabetes association [J]. Diabetes Care, 2017, 40(1): 136-154.
- [2] 胡培,肖彬,朱圆圆,等. 超声在糖尿病周围神经病变中的应用价值 [J]. 临床超声医学杂志, 2019, 21(3): 218-221.
- [3] Martín N T, Barousse R. Update in the evaluation of peripheral nerves by MRI, from morphological to functional neurography [J]. Radiologia (English Edition), 2020, 62(2): 90-101.
- [4] 王小娟,潘征,韩峰,等. DTI 联合 DTT 对外伤致胫神经损伤的应用研究 [J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(6): 866-870.

(下转第 980 页)