

## 兔坐骨神经扩散张量纤维束示踪

张帆, 李坤成, 于春水, 常丽荣, 秦文, 高秀来

**【摘要】** 目的:探讨 DTI 成像能否用于显示兔的坐骨神经。方法:三只成年家兔,运用 3T 磁共振扫描仪、8 通道相控阵膝关节线圈和 DTI 成像方法扫描兔股部,后处理 3D 显示坐骨神经的走行。结果:运用 DTI 3D 纤维束成像显示了兔的坐骨神经,其路径与兔坐骨神经大体解剖部位一致。结论:DTI 成像在动物周围神经的研究中有一定的应用前景。

**【关键词】** 坐骨神经; 动物, 实验; 磁共振成像

**【中图分类号】** R445.2; Q954.52 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)09-0905-03

**Diffusion Tensor Tractography of Rabbit Sciatic Nerve** ZHANG Fan, LI Kun-cheng, YU Chun-shui, et al. Department of Radiology, Xuanwu Hospital, Capital University of Medical Sciences, Beijing 100053, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To investigate whether MR diffusion tensor imaging with fiber tracking could be performed for rabbit sciatic nerves. **Methods:** In 3 healthy New Zealand albino rabbits, the proximal thigh was performed DTI examination on 3.0 Tesla MR scanner with 8-channel phased array knee coil. Tractography software package was used for visualizing the sciatic nerve. **Results:** The sciatic nerve could be detected by DTI with fiber tracking, and the path is accordant with the gross anatomy of rabbit sciatic nerve. **Conclusion:** Diffusion tensor imaging is prospective for studying peripheral nerves.

**【Key words】** Sciatic nerve; Animals, Laboratory; Magnetic resonance imaging

扩散张量纤维束成像已被广泛的用于中枢神经的研究中,近年也被用于显示人的周围神经,如坐骨神经、肘正中神经等<sup>[1,2]</sup>。但由于扩散张量成像对运动、磁场的均匀性极为敏感,目前尚未用于动物的周围神经成像。本实验尝试运用扩散张量纤维束追踪技术显示兔的坐骨神经,报道如下。

## 材料与方法

### 1. 实验动物

成年新西兰大耳白兔(体重 3~4 kg),由首都医科大学实验动物中心提供。耳缘静脉注射 20% 乌拉坦(5 ml/kg)麻醉后行磁共振扫描。

### 2. 磁共振数据采集

应用 3.0T 超导型 MR 扫描仪(Trio, Siemens, 德国),梯度场 45 mT/m,切换率 200 mT/m/ms。将大白兔固定在自制的固定架上,并局部保温,采用体线圈用于射频激发和 12 通道相控头线圈用于 MR 信号采集。先以矢状面图像作定位,垂直于股骨长轴方向定位进行横断面扫描。使用扩散敏感单次激发回波平面成像序列(echo planer image, EPI)进行轴面扫描,具

体成像参数为:视野 15 cm, TR 4000 ms, TE 83 ms, 矩阵 128 × 128,层厚 2 mm,无间隔,总计获取 24 层图像,体素大小为 1.2 mm × 1.2 mm × 2.0 mm,应用插值技术将采集体素减小到 0.6 mm × 0.6 mm × 1 mm,信号 10 次平均。使用 2 个扩散权重, b 值分别为 0 和 1000 s/mm<sup>2</sup>,在 6 个各向同性方向分别施加扩散敏感梯度,4 次平均,采用并行采集技术。

数据处理:将采集的扩散张量成像数据传至独立工作站(Leonardo, Siemens),使用美国麻省总医院提供的纤维束成像软件包进行图像分析。采用高斯平滑消除采集数据噪声,再次应用内插方法进一步提高图像分辨率,体素减小到 0.45 mm × 0.45 mm × 0.75 mm。导入数据后,计算机自动产生部分各向异性(fractional anisotropy, FA)图。

纤维束成像算法:本研究所用软件经张量域线性内插建立一个连续张量域。然后自一个种子点开始,在最大本征向量方向上,向前、后方向延伸一个步长,计算步长末端的最大本征向量,沿新方向再延伸一个步长,多次重复步骤,直至符合终止条件。我们采用设置 1 个 ROI(region of interest)的方法,依照兔坐骨神经的解剖路径 3D 重建兔的坐骨神经。

### 3. 结果观察

(diffusion tensor tractography, DTT)显示坐骨神经的走行与大体解剖对比,观察 DTT 显示坐骨神经的形态、位置、走行与经典解剖学观察结果的一致性。

作者单位:100053 北京,首都医科大学宣武医院医学影像部放射科(张帆、李坤成、于春水、秦文);100069 北京,首都医科大学解剖教研室(常丽荣、高秀来)

作者简介:张帆(1973—),女,山东临沂人,博士研究生,主要从事神经影像诊断工作。

通信作者:李坤成 E-mail:likuncheng1955@yahoo.com.cn

基金项目:国家自然科学基金项目资助(30470519);北京市科技新星项目资助(2005B21)

## 结 果

三只大白兔,采用扩散张量纤维束成像技术均能显示坐骨神经的路径。坐骨神经的走行部位与解剖学定位一致(图 1)。神经周围的肌肉有较高的各向异性,但肌肉纤维束相对神经走行路径较短,在关节周围的韧带也有较高的各向异性,但形态宽扁,路径短。兔坐骨神经的最大 FA 值为  $0.423 \pm 0.047$ ,肌纤维的最大 FA 值为  $0.255 \pm 0.015$ ,韧带的最大 FA 值为  $0.312 \pm 0.035$ 。

## 讨 论

白质纤维束成像(white matter fiber tractography)是 MR 扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)的一个重要应用领域<sup>[3,4]</sup>。由于可以活体地显示白质纤维束,这种成像技术不但在脑卒中、脑肿瘤等疾病中得以应用,目前在多发性硬化、认知障碍等领域也有广泛的应用<sup>[5,6]</sup>。由于扩散张量成像方法对运动、主磁场不均匀性极为敏感以及扩散成像技术的快速 T<sub>2</sub> 弛豫效应,扩散张量纤维束追踪技术主要用于中枢神经系统的研究中,在周围神经的显示中应用较少。Skorpil<sup>[1]</sup>首次在 1.5T 磁共振扫描仪下,运用 DTI 技术显示了健康自愿者的坐骨神经。Hiltunen 等<sup>[2]</sup>运用 3.0T 磁共振扫描仪显示了自愿者的肘正中神经、桡神经和尺神经。

扩散张量测量的精确性由于受到 EPI 技术图像分辨率的限制,在动物周围神经实验中受到置疑。本实验首先用兔标本测量了兔坐骨神经的直径约 2 mm,在成像中层面内分辨率为  $0.6 \text{ mm} \times 0.6 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ ,这就为本实验运用 DTI 成像显示兔的坐骨神经的实

施提供了可行性。在实验中发现,除神经外,肌纤维和韧带都有较高的各向异性,多数实验证实只要组织具有规则排列的微结构,如纤维、心肌和骨骼肌等都会表现出明显的扩散特性,但扩散各向异性与组织的结构特点密切相关<sup>[7-9]</sup>。Sinha 等<sup>[7]</sup>在实验中对志愿者的腓肠肌进行扩散张量成像时证实了肌肉纤维并不与肌肉的长轴平行,偏差角度在  $40^\circ \sim 54^\circ$ ,在层面内及纤维的排列方向各异,在层面间肌纤维趋向于彼此相互平行,因此所测量的肌肉与韧带的 FA 值较低。Zaraiskaya 等<sup>[8]</sup>在实验中也证实人的骨骼肌的平均 FA 值约为  $0.23 \pm 0.02$ ,这与本实验所得结果一致。但兔坐骨神经的 FA 值并没有像人的周围神经的 FA 值那样高<sup>[1,2]</sup>,原因可能是兔的坐骨神经的纤维束没有人的神经纤维束粗大,而 FA 值与神经纤维束的直径有关,其次可能是由于图像的噪声和成像体素内的部分容积效应所导致的。

外周神经的损伤如创伤、肿瘤对神经的包埋、损伤后的修复等多采用神经电生理的方法或肌电图来评定神经的传导。然而,在损伤神经吻合术后要等待很长的时间才能观察到电信号的恢复。现在 MRI 一般只能显示周围神经的形态和信号改变,不能准确地显示没有形态改变而只有功能改变的周围神经病变<sup>[10,11]</sup>,而采用 DTI 周围神经示踪技术能够提供早期恢复阶段的一些信息。尽管,纤维束跟踪是一种 3D 纤维可视化的技术,但 DTI 作为一个量化的指标也可以提供神经损伤或肿瘤包埋而导致的局部肿胀或水份丢失的信息。DTI 结合纤维束跟踪技术以及神经电生理能够观察到周围神经损伤清晰的病理过程。

本实验尝试运用 DTI 技术开展正常动物周围神经 MRI 的研究,对没有明显形态改变的周围神经病变

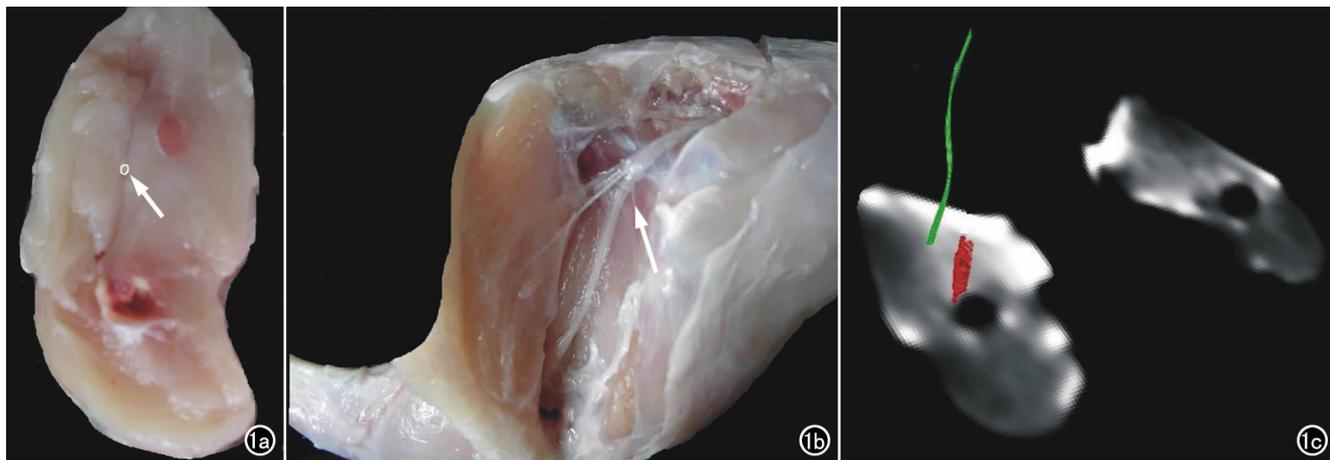


图 1 a) 横断面解剖显示兔坐骨神经的位置(箭); b) 大体解剖分开兔股二头肌,全程显示兔坐骨神经走行; c) DTT 3D 重建的兔坐骨神经(绿色)和肌腱(红色)。

的观察论证了技术上的可行性,但图像分辨率、信噪比、组织对比度尚不令人满意,方法还不成熟,其敏感度、特异度和准确度有待于在今后的实验中进一步研究提高。相信随着MRI新技术不断涌现,可变形相控实验用表面线圈的应用,使组织分辨率、信噪比和对比噪声比明显提高,周围神经及其病变的MRI实验研究和临床应用具有广阔的前景。

#### 参考文献:

- [1] Skorpil M, Karlsson M, Nordell A. Peripheral Nerve Diffusion Tensor Imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2004, 22(2): 743-745.
- [2] Hiltunen J, Suortti T, Arvela S, et al. Diffusion Tensor Imaging and Tractography of Distal Peripheral Nerves at 3T[J]. Clin Neurophysiol, 2005, 116(5): 2315-2323.
- [3] Bassler PJ, Mattiello J, LeBihan D. MR Diffusion Tensor Spectroscopy and Imaging[J]. Biophys J, 1994, 66(1): 259-267.
- [4] Bassler PJ, Pajevic S, Pierpaoli C, et al. In Vivo Fiber Tractography Using DT-MRI Data[J]. Magn Reson Med, 2000, 44(4): 625-632.
- [5] Filippi M, Cercignani M, Inglese M, et al. Diffusion Tensor Magnetic Resonance Imaging in Multiple Sclerosis[J]. Neurology,

- 2001, 56(2): 304-311.
- [6] Agartz I, Andersson JL, Skare S. Abnormal Brain white Matter in Journal Schizophrenia: a Diffusion Tensor Imaging Study[J]. Neuroreport, 2001, 12(5): 2251-2254.
- [7] Sinha U, Yao L. In Vivo Diffusion Tensor Imaging of Human Calf Muscle[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 15(1): 87-95.
- [8] Zaraiskaya T, Kumbhare D, Noseworthy MD. Diffusion Tensor Imaging in Evaluation of Human Skeletal Muscle Injury[J]. J Magn Reson Imaging, 2006, 24(2): 402-408.
- [9] Tseng WY, Wedeen VJ, Reese TG, et al. Diffusion Tensor MRI of Myocardial Fibers and Sheets; Correspondence with Visible Cut-Face Texture[J]. J Magn Reson Imaging, 2003, 17(1): 31-42.
- [10] Filler AG, Kliot M, Howe FA, et al. Application of Magnetic Resonance Neurography in the Evaluation of Patients with Peripheral Nerve Pathology[J]. J Neurosurg, 1996, 85(2): 299-309.
- [11] Grant GA, Britz GW, Goodkin R, et al. The Utility of Magnetic Resonance Imaging in Evaluating Peripheral Nerve Disorders[J]. Muscle Nerve, 2002, 25(2): 314-319.

(收稿日期:2006-09-20 修回日期:2007-05-30)

## 光明影像路 实践伴你行

### 《放射学实践》杂志第七届全国放射学术会议在青海省西宁市召开

《放射学实践》杂志与中华医学会放射学分会、青海省医学会放射学分会共同主办的第七届全国放射学术会议于2007年8月2—6日在青海省西宁市顺利召开。来自全国20个省区的200名代表出席了会议。会议由《放射学实践》副主编、同济医院放射科主任漆剑频,青海省省放射学会主任委员青海省人民医院副院长唐桂波主持。

全国众多知名影像专家和学者出席了本次会议。会议邀请到中华医学会放射学会副主任委员、中国医科大学附属盛京医院院长郭启勇,中华医学会放射学会秘书、卫生部北京医院放射科主任周诚,北京解放军总医院放射科主任杨立,北京中科院阜外心血管医院放射科主任赵世华,中山医科大学孙逸仙纪念医院放射科主任梁碧玲,北京大学第一医院医学影像科主任王霄英,上海市放射学会主任委员、上海市瑞金医院放射科主任陈克敏,四川放射学会主任委员、四川大学华西医院放射科主任周翔平,重庆放射学会主任委员、重庆医科大学附属第二医院放射科主任赵建龙,上海复旦大学附属中山医院放射科教授曾蒙苏,广西省放射学会主任委员、广西医科大学附属第一医院放射科教授黄仲奎、四川大学华西医院放射科教授宋彬,浙江大学医学院附属第一医院放射科主任张敬鸣,扬州市第一人民医院医学影像中心主任副院长李澄,海南医学院附属医院放射科主任、教授涂蓉以及华中科技大学附属协和医院放射科教授郑传胜、徐海波,华中科技大学附属同济医院放射科教授王承缘、漆剑频、胡道予、夏黎明等。

16位教授分别作分子影像学的现状与未来、胰腺少见病变的影像学诊断、64层螺旋CT在心血管疾病诊断中的应用、腕部MR诊断、胰腺囊性肿瘤的诊断与鉴别诊断、深静脉血栓的介入治疗(以下肢深静脉血栓为例)、心血管放射影像学检查的合理应用(着重MRI的临床应用)、扩散加权成像对骨转移瘤诊断和治疗后随访的应用、胰头—壶腹区梗阻性黄疸CT鉴别诊断、弥漫性肝病的CT、MRI研究、肝脏结节性病变的影像学评价与病理基础、乳腺腺磁共振成像及其进展、十二指肠病变的MSCT表现、MR全身弥散成像技术及其临床应用、胃肠道间质瘤的影像学、介入治疗并发症的处理等专题讲座。

青海省放射学会组织了来自青海省人民医院、青海省康复医院、青海省市立医院、青海大学附属医院、武警青海总队医院、青海省心血管病专科医院等省市医院的代表83人。这些代表们表示他们很少有机会跨省学习,能近距离聆听这么多的全国知名专家的讲座令他们受益匪浅,希望专家们能够提供更多这样的学习机会。

与会代表们表示这是一次高水平的学术氛围极强的专业学术会议。此次会议对传播当前影像医学新知识和新技术,展示同济医院在全国重要的学术地位,扩大杂志影响产生了积极深远的意义。