·中枢神经影像学·

3.0T 磁共振在正常志愿者腓总神经测量中的应用研究

季丹，程捷飞，骆磊，朱默，汪灵杰，李勇刚

【摘要】 **目的**：分析健康志愿者腓总神经的 MRI 表现，获得腓总神经 MRI 的各项测量数据。**方法**：采用 3.0T MR 采集 52 例健康志愿者的 MRI 相关信息，扫描序列包括基于梯度回波的水激发三维容积 T_2 加权成像（T_2W-PROSET-3D-FFE）序列和扩散张量成像（DTI）序列。测量腓总神经起始处（坐骨神经移行为腓总神经和胫神经层面）的长径、横截面积、FA 值及 ADC 值，并进行统计学分析。**结果**：腓总神经起始处腓总神经长径为（3.00±0.40）mm，横截面积为（5.96±1.02）mm^2，FA 值为 0.57±0.06，ADC 值为（1.16±0.14）×10^{-3} mm^2/s。腓总神经起始处左、右两侧腓总神经长径、横截面积、FA 值及 ADC 值比较，差异均有统计学意义（P 值均<0.05），长径、横截面积、ADC 值为左侧小于右侧，FA 值为左侧大于右侧；不同年龄、不同性别间腓总神经长径、横截面积、FA 值及 ADC 值比较，差异均无统计学意义（P 值>0.05）。身高与腓总神经长径、横截面积呈负相关，相关系数分别为－0.259 和－0.251（P<0.05），身高与腓总神经 FA 值、ADC 值无明显相关性（P>0.05）；年龄、性别、体重与腓总神经长径、横截面积、FA 及 ADC 值均无明显相关性（P>0.05）。**结论**：3.0T MR 可测量健康志愿者腓总神经起始处长径、横截面积、FA 值及 ADC 值等参数的正常参考值，为今后提出量化的诊断标准提供参考数据。

【关键词】 腓总神经；磁共振成像；扩散张量成像

【中图分类号】R745；R445.2 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2019)01-0011-05

DOI：10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.01.002 开放科学（资源服务）标识码（OSID）：

The application of 3.0T MR in the measurement of common peroneal nerve JI Dan, CHENG Jie-fei, LUO Lei, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Suzhou University, Jiangsu 215006, China

【**Abstract**】 **Objective**: The purpose of this study was to analyze the MRI findings of common peroneal nerve (CPN) in healthy volunteers aiming to obtain normal measurements that can be referred for quantitive diagnosis in the future. **Methods**: 52 cases of healthy volunteers underwent MRI scan on double knee joints. T_2W-PROSET-3D-FFE and DTI were chosen as scan sequences. The length, transvers area, FA and ADC values were measured and analyzed. **Results**: The length of CPN was (3.00±0.40)mm; cross-sectional area was (5.96±1.02)mm^2; FA value was (0.57±0.06); ADC value was (1.16±0.14)×10^{-3} mm^2/s. There were statistical difference of the length, cross-sectional area, FA and ADC value of both legs (P<0.05), but no statistical difference between men or women, and ages (P>0.05). There was no correlation difference with weight (P>0.05). There was negative correlation between values of length and cross-sectional area with height (P<0.05), but no correlation of FA and ADC value with height (P>0.05). **Conclusion**: The normal measurements of CPN's length, cross-sectional area and DTI parameters (FA, ADC value) on 3.0 MRI can provide referral information for the quantitive diagnosis in the future.

【**Key words**】 Common peroneal nerve; Magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging

腓总神经是坐骨神经一大分支，其病变在下肢周围神经中较为常见。目前腓总神经病变的诊断主要依

作者单位：215006 江苏，苏州大学附属第一医院放射科（季丹、程捷飞、骆磊、朱默、汪灵杰、李勇刚）；215600 江苏，张家港市中医医院放射科（季丹）

作者简介：季丹（1987－），女，江苏人，硕士，主治医师，主要从事周围神经磁共振研究工作。

通讯作者：李勇刚，E-mail：liyonggang224@163.com

基金项目：国家自然科学基金面上项目（81671743）；2016 年江苏省高层次卫生人才"六个一工程"项目（LGY2016035）。

据临床病史、症状和体征、肌电图、超声以及 MRI 检查。随着高场强 MR 在临床的广泛应用和影像诊断技术的发展，MRI 越来越多地被运用于周围神经病变的诊断。与目前临床常用的神经电生理和超声检查相比，MRI 具有无创、直观、定位准确、成像清晰等诸多优点。

在以往的文献中，关于腓总神经的测量多采用超声检查，鲜有关于 MRI 方面的报道。本文旨在探讨健康志愿者腓总神经的 MRI 表现，测量腓总神经起始处的长径、横截面积、各向异性分数(fractional anisotropy，FA)值及表观扩散系数(apparent diffusion coefficient，FA)值，为今后提出量化诊断标准提供相关参考依据。

材料与方法

1. 研究对象

搜集 2017 年 5 月－2017 年 7 月志愿来苏州大学附属第一医院放射科行双膝关节 MRI 检查的健康志愿者，并从中选取研究对象。本研究通过了苏州大学附属第一医院伦理委员会批准，参与研究的志愿者本人及家属已充分了解研究内容并签署知情同意书。

志愿者纳入标准：①无磁共振检查禁忌；②右利手；③年龄 18～80 岁；④临床上无神经系统阳性体征及相关症状；⑤无神经系统相关疾病病史；⑥双膝关节常规 T_1WI 和 T_2WI 序列中，腓总神经显示清晰，走行连续，信号均匀。两位经验丰富的影像诊断医师共同观察志愿者常规 MRI 图像并作出判断，将两位医师均认为无明确异常的志愿者作为研究对象。

将符合上述标准的 52 例健康志愿者作为研究对象，其中男 23 例，女 29 例，年龄 24～82 岁，平均 49 岁，52 例志愿者的年龄分布见表 1。

表 1 52 例志愿者的年龄分布 (例)

性别	青年组 (18～40 岁)	中年组 (41～60 岁)	老年组 (60 岁以上)
男性	9	9	5
女性	8	11	10

2. 检查方法

MRI 检查采用 Philips Ingenia I 3.0T MR 扫描仪，膝关节专用线圈。采用基于梯度回波的水激发三维容积 T_2 加权成像(T_2W-PROSET-3D-FFE)序列行冠状面及轴面扫描，T_2W-PROSET-3D-FFE -COR 扫描参数：TR 8.0 ms，TE 3.9 ms，视野 270 mm×214 mm，矩阵 272×213，层厚 1.8 mm，层间距 0.9 mm。T_2W-PROSET-3D-FFE -TRA 扫描参数：TR 7.8 ms，TE 3.9 ms，视野 270 mm×214 mm，矩阵 272×213，层厚 3 mm，层间距 1.5 mm。DTI 扫描参数：TR 9045 ms，TE 67 ms，视野 120 mm×142 mm，矩阵 64×71，层厚 3 mm，层间距 0.3 mm，激励次数 2，扩散方向 15，b 值＝800 s/mm^2，采集时间为 9 分 30 秒。

3. 图像分析

图像后处理采用 Philips Ingenia I 3.0T MR 扫描仪配套工作站专用软件 Philips IntelliSpace Portal。将扫描所得的 T_2W-PROSET-3D-FFE 及 DTI 序列原始图像数据传送到工作站，选取腓总神经起始处为测量层面，在 T_2W-PROSET-3D-FFE 序列图像上测量腓总神经长径和横截面积(图 1、2)，在 DTI 序列后处理图像上测量其 FA 值及 ADC 值(图 3、4)，连续测量 3 次，取 3 次测量数据的平均值。感兴趣区(region of interest，ROI)包括整个神经截面。

4. 统计学分析

采用 SPSS 21.0 统计软件进行统计学分析。测量数据以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。左、右两侧及不同性别之间的数据比较采用两独立样本 t 检验，多组间的比较采用单因素方差分析，身高、体重与各测量所得数据的相关关系采用相关性分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

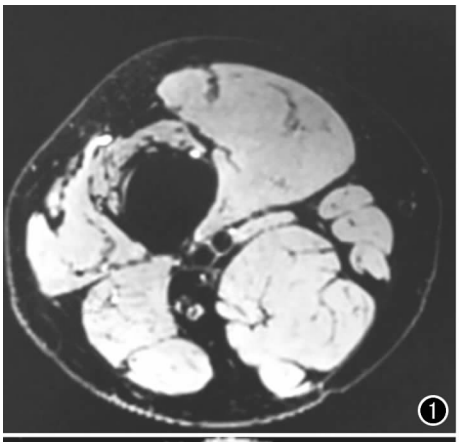
结 果

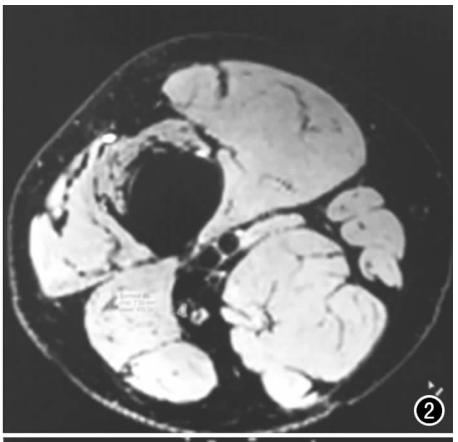
腓总神经较同层面胫神经细，自坐骨神经发出后，沿腘窝上外缘向外下侧斜行至腓骨头后方绕过腓骨颈外侧，随即分为腓浅神经及腓深神经两个分支，两个分支在 MR 图像上显示效果较差。

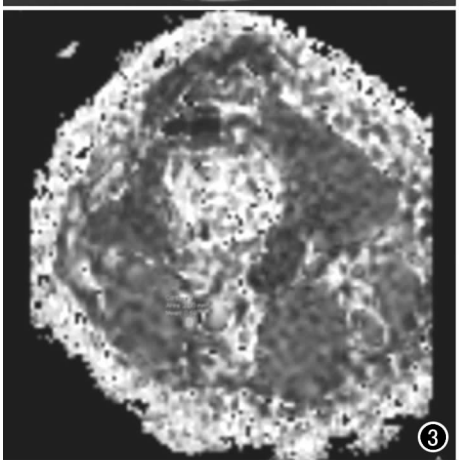
腓总神经在横轴面图像上呈扁圆形，T_2W-PROSET-3D-FFE 序列图像上腓总神经表现为高信号，边缘锐利，与周围组织分界清晰，对比强烈。b＝800 s/mm^{2}的 DTI 图像上腓总神经表现为高信号，FA 图上腓总神经显示为黄绿色信号(图 5)，ADC 图上腓总神经显示为深绿色信号(图 6)，与周围组织分界清晰。冠状面和矢状面图像上腓总神经呈条状，边缘光滑，走行自然，无明显弯曲及粗大分支。在冠状面重组图像上显示坐骨神经移行为胫神经及腓总神经，呈“人”字型(图 7、8)。

在腓总神经起始处测量得到该处腓总神经的长径为(3.00±0.40) mm，横截面积为(5.96±1.02) mm^2，FA 值为 0.57±0.06，ADC 值为(1.16±0.14)×10^{-3}mm^2/s。统计学分析结果表明左、右两侧腓总神经在选定测量层面的长径、横截面积、FA 值及 ADC 值均服从正态分布；左、右两侧腓总神经在测量层面的长径、横截面积、FA 值及 ADC 值比较差异均有统计学意义(P 值均<0.05，表 2)，不同性别、年龄之间测量值比较差异均无统计学意义(P 值均>0.05，表 3、4)。

腓总神经在选定测量层面的长径、横截面积、FA 值、ADC值与身高、体重的相关性分析结果见表5，其







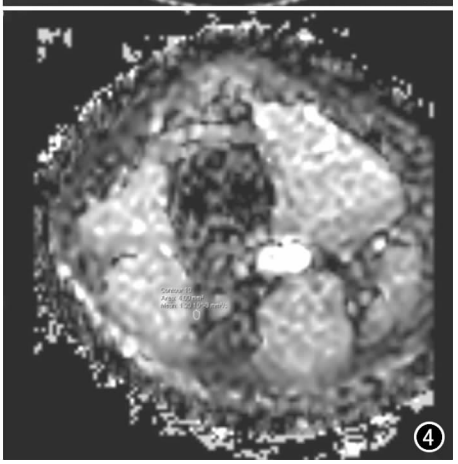


图 1　测量腓总神经起始处长径。　**图 2**　测量腓总神经起始处横截面积。
图 3　测量腓总神经起始处 FA 值。　**图 4**　测量腓总神经起始处 ADC 值。

表 2　左、右两侧腓总神经测量数据比较

指标	左侧 (n=52)	右侧 (n=52)	*t* 值	*P* 值
长径(mm)	2.90±0.37	3.10±0.41	−2.590	0.011
横截面积(mm^2)	5.69±0.90	6.23±1.06	−2.790	0.006
FA 值	0.59±0.06	0.56±0.06	2.482	0.015
ADC 值($\times10^{-3}mm^2/s$)	1.06±0.08	1.27±0.10	−11.932	0.000

表 3　不同性别间腓总神经测量数据比较

指标	男性 (n=46)	女性 (n=58)	*t* 值	*P* 值
长径(mm)	2.93±0.43	3.05±0.37	−1.604	0.112
横截面积(mm^2)	5.80±1.16	6.09±0.88	−1.477	0.143
FA 值	0.58±0.06	0.57±0.05	1.383	0.170
ADC 值($\times10^{-3}mm^2/s$)	1.15±0.13	1.18±0.15	−0.921	0.359

中长径、横截面积与身高呈负相关，相关系数 *r* 值分别为−0.259 和−0.251（*P* 值均＜0.05）；长径、横截面积与体重无明显相关性（*P* 值均＞0.05）；FA 值、ADC 值与身高、体重均无明显相关性（*P* 值均＞0.05）。

讨　论

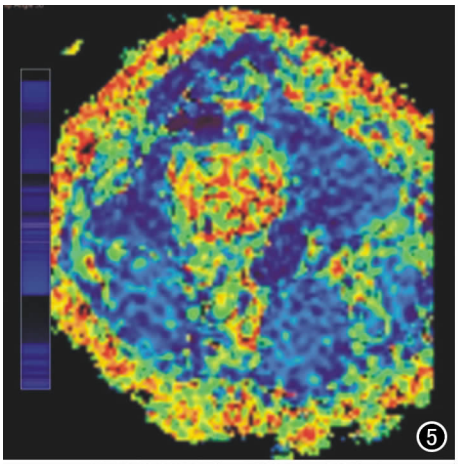
选择腓总神经作为本研究的目标神经，主要因为周围神经中腓总神经较粗，在目前 MRI 技术条件下，腓总神经显示较好，并且已有超声方面的测量数据；另外选取腓总神经起始处作为测量层面，是由于腓总神经在 MR 图像上由起始处开始逐渐变细，在起始层面测量误差较小，并且在该层面也可进行超声测量，为下一步结合超声研究作准备。

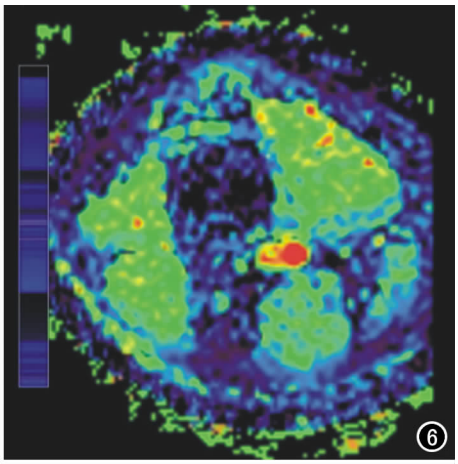
本研究选用的 T_2W-PROSET-3D-FFE 序列，运用的是 PROSET 技术进行脂肪抑制，目前应用于腰骶椎者国内外报道较多[1,2]，而应用于神经根者报道较少，且其中多为中枢神经，外周神经方面的报道很少。PROSET 图像的特征为脂肪及骨质（因含黄骨髓）为低信号，神经、肌肉、血管、积液等为强度不等的高信号[3]。该序列扫描时间较长，但采用的是容积数据采集技术，可进行零间隔连续薄层扫描，且可进行 MPR、MIP 等三维后处理，重建后的图像空间分辨率没有降低，部分容积效应减小，可清晰显示坐骨神经、胫神经及腓总神经的形态，获得良好的神经走行图像，对于观察周围神经病变，如外伤、结核、肿瘤、神经炎等都有很大帮助，对揭示神经病变部位及病因具有独特优势，这也是本研究选择该序列的原因。

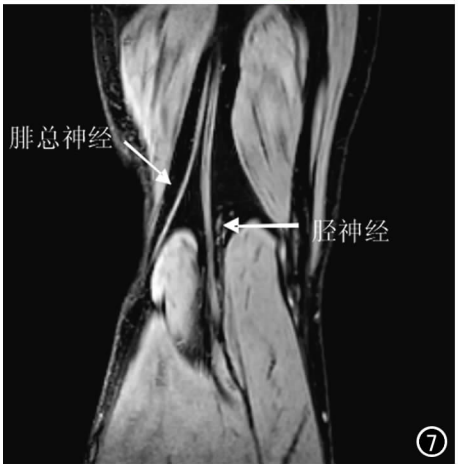
Basser 等[4]在 1994 年首次提出了 DTI 成像技术的原理，即 DTI 是从多个方向采集扩散加权图像而后获得单个体素扩散张量的过程，是在扩散加权成像的基础上发展起来的 MRI 技术。人体组织大部分是由水分子构成，水分子随机、无规律的热运动称为布朗运动。周围神经中，由于在纤维束上阻止运动的障碍更少，水分子更容易沿着纤维束的方向移动而不是垂直

表 4　不同年龄间腓总神经测量数据比较

指标	青年组 (n=34)	中年组 (n=40)	老年组 (n=30)	*F* 值	*P* 值
长径(mm)	3.04±0.39	2.91±0.38	3.06±0.42	1.566	0.214
横截面积(mm^2)	6.10±1.05	5.78±1.01	6.05±0.99	1.018	0.365
FA 值	0.59±0.05	0.58±0.06	0.56±0.06	2.544	0.084
ADC 值($\times10^{-3}mm^2/s$)	1.15±0.13	1.18±0.15	1.16±0.16	0.232	0.793







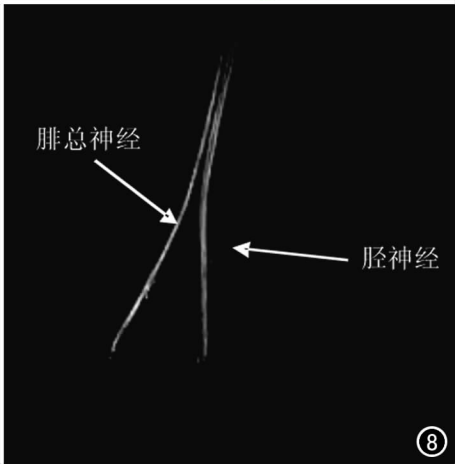


图 5 FA 图上腓总神经显示为黄绿色信号。 **图 6** ADC 图上腓总神经显示为深绿色信号。 **图 7** T_2W-PROSET-3D-FFE-COR 序列图像上显示坐骨神经移行为腓总神经及胫神经，呈“人”字型(箭)。 **图 8** T_2W-PROSET-3D-FFE-COR 序列图像经后处理去除周围组织后仅显示神经(箭)，该图像为三维图像，可进行各方位观察。

方向，此为各向异性[5,6]。FA 值是指水分子各项异性成分占整个扩散张量的比例，其数值在 0～1 之间[7]。ADC 值是指成像体素内各个方向扩散程度的平均值，只表示扩散的大小，不代表方向[8]。DTI 通过分析、研究组织结构内部水分子自由扩散的方向和速率，以此评价组织结构的完整性及其与功能之间的关系，目前其临床应用越来越广泛。邓义等[9]将 DTI 应用于慢性肾脏病早期肾损害的评价中，汪博等[10]将 DTI 应用于腰椎间盘突出引起腰骶神经根压迫症的诊断中。Simon 等[11]对 12 例健康志愿者的胫神经及腓总神经进行 DTI 扫描，证实 DTI 技术具有较高的可靠性和可重复性。本研究主要通过测量 FA、ADC 两个参数，来评估腓总神经组织中水分子的扩散特性。

DTI 序列中 b 值(b-value)是扩散敏感系数，是衡量扩散程度的指标，b 值的大小是可人为设定的，其对图像质量有决定性作用。b 值越高，图像信号衰减增大，图像信噪比越低，所得图像的有效信息也越少；b 值越低，图像越容易受到 T_2WI 的影响，所得图像越接近 T_2WI 图像，此为 T_2 透射效应，此时图像对比度降低，图像信号衰减也增大。所以，b 值的选择要适中，不能过大或过小，并且 b 值的选择也要依据扫描部位的不同而酌情确定。王余等[12]认为在直肠癌 3.0T DWI 中，合适的 b 值为 1200 s/mm^2。Wu 等[13]认为腓总神经及胫神经的 DWI 检查中，b＝800 s/mm^2 的 DTI 图像质量较好，并可应用于糖尿病周围神经病变的 DWI 研究中，本研究借鉴了这一结论，采用 b＝800 s/mm^2 进行健康志愿者的双膝关节 MRI 检查。

以往文献中，鲜有基于 MRI 测量腓总神经长径及横截面积的报道，多数为基于超声的测量数据。唐晓辉等[14]的实验结果显示，腓总神经于腓骨颈及腘窝折线水平横截面积的测量数据在不同性别、不同年龄间差异有统计学意义($P<0.05$)，此结论与本研究结论相反；相关性分析结果显示横截面积与身高、体重呈正相关，r 值分别为 0.569及 0.625($P<0.05$)，而本研究结果显示腓总神经在选定测量层面的长径、横截面积与身高呈负相关，FA 值、ADC 值与身高无明显相关性，腓总神经在测量层面的长径、横截面积、FA 值及 ADC 值与体重均无明显相关性。笔者认为本研究与唐晓辉等[14]的结论不符的原因主要有以下三点：①MRI 与超声成像原理不同，且两项研究中选取的测量层面也不同；②由于对

表 5 相关参数与身高、体重的相关性分析结果

指标	长径	横截面积	FA 值	ADC 值
身高	－0.259(0.008)	－0.251(0.010)	0.176(0.073)	－0.097(0.325)
体重	－0.161(0.103)	－0.153(0.121)	0.006(0.950)	－0.055(0.582)

注：表中数值为 r 值(P 值)。

ROI 的选择及绘制为试验者手工绘制，存在一定误差；③样本量较小，导致实验结果存在误差。

本研究中选取的 52 例志愿者均为右利手，统计学结果显示左、右两侧腓总神经在测量层面的长径、横截面积、FA 值及 ADC 值差异均有统计学意义（P 值均 <0.05），其中长径、横截面积、ADC 值为左侧小于右侧，FA 值为左侧大于右侧，考虑该结果与志愿者为右利手有关。另外，本研究中测量的腓总神经各参数与性别、年龄、体重无明显相关性，腓总神经各参数决定因素的研究，将成为临床下一步研究的思路。

综上所述，本研究获得了 3.0T MR 检查条件下健康志愿者腓总神经起始处的长径、横截面积、FA 及 ADC 值等参数的正常参考值，为今后提出量化的诊断标准提供了参考数据。

参考文献：

[1] Park SH, Jeon I, Kim SW. Diagnostic values of proset magnetic resonance coronal source imaging for detecting symptomatic lesion in multiple lumbar foraminal stenosis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2016, 150(11): 185-189.

[2] Ahn HS, Son WS, Shin JH, et al. Significance of coronal proset magnetic resonance imaging to detect hidden zone of the mid-zone stenosis in the lumbar spine and morphometric analysis of the mid-zone stenosis[J]. Asian Spine J, 2016, 10(4): 646-654.

[3] 李红，全昌斌，乔远罡，等. MR PROSET 序列在正常腰骶部脊神经根成像中的应用[J]. 医学影像学杂志，2011，21(7)：1066-1068.

[4] Basser PJ, Mattello J, Lebihan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor form the NMR spin echo[J]. J Magn Reson B, 1994, 103(3): 247-254.

[5] Mori S, Zhang J. Principles of diffusion tensor imaging and its applications to basic neuroscience research[J]. Neuron, 2006, 51(5): 527-539.

[6] Skorpil M, Engstrom M, Nordell A, et al. Diffusion-direction-dependent imaging: a novel MRI approach for peripheral nerve imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2007, 25(3): 406-411.

[7] Le Bihan D, Mangin JF, Poupon C, et al. Diffusion tensor imaging: concepts and applications[J]. J Magn Reson Imaging, 2001, 13(4): 534-546.

[8] Basser 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.

[9] 邓义，由慧敏，杨壁然，等. 扩散张量成像对慢性肾脏病早期肾损害的评价[J]. 放射学实践，2018，33(7)：722-725.

[10] 汪博，范国光. DTI 在腰椎间盘突出引起腰骶神经根压迫症中的应用价值[J]. 放射学实践，2016，31(7)：658-661.

[11] Simon NG, Lagopoulos J, Gallagher T, et al. Peripheral nerve diffusion tensor imaging is reliable and reproducible[J]. J Magn Reson Imaging, 2016, 43(4): 962-969.

[12] 王余，马梦华，徐晋珩，等. 直肠癌 3.0T 磁共振扩散加权成像中 b 值的选择[J]. 放射学实践，2016，31(9)：874-877.

[13] Wu C, Wang G, Zhao Y, et al. Assessment of tibial and common peroneal nerves in diabetic peripheral neuropathy by diffusion tensor imaging: a case control study[J]. Eur Radiol, 2017, 27(8): 3523-3531.

[14] 唐晓辉，张彤迪，栗建辉，等. 高频超声对腓总神经正常测值的研究[J]. 中华超声影像学杂志，2014，23(5)：431-433.

（收稿日期：2018-04-10　修回日期：2018-08-28）