·肝性脑病影像学专题·

肝硬化患者基于体素的全脑扩散张量成像研究

孔祥，戚荣丰，梁雪，罗松，倪玲，郭会映，卢光明，张龙江

【摘要】 **目的**：探讨基于体素的扩散张量成像(DTI)对无肝性脑病肝硬化(non-HE)到轻微肝性脑病(MHE)进展的潜在应用价值。**方法**：对 45 例无明显肝性脑病症状的肝硬化患者和 27 例年龄、性别相匹配的健康志愿者(对照组)进行常规 MRI 和 DTI 检查。采用神经心理学测试中的数字连接实验-A(NCT-A)和数字符号实验(DST)对受试者认知功能进行评估，根据测试结果将肝硬化患者分为 MHE 组和 non-HE 组；采用基于体素的 SPM8 软件对三组受试者的平均扩散率(MD)图及各向异性分数(FA)图进行 ANOVA 分析，观察 MHE 和 non-HE 组 MD 值和 FA 值发生改变的脑区。**结果**：三组间 MD 值差异脑区主要位于额叶、颞叶、顶叶区；与 non-HE 组相比，MHE 组右侧颞上/中回、右侧角回、右侧顶叶 MD 值升高。三组间 FA 值差异脑区主要位于胼胝体、前扣带回、顶叶及额叶区；与 non-HE 组相比，MHE 组在胼胝体及前扣带皮层的 FA 值减低。**结论**：基于体素的 DTI 技术可观察无明显肝性脑病症状的肝硬化患者脑结构的异常；肝硬化患者存在间质性脑水肿，且与疾病进展有关。

【关键词】 肝性脑病；肝硬化；磁共振成像；扩散张量成像

【中图分类号】R575.2；R445.2 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2014)01-0016-05

Study of voxel-based whole brain diffusion tensor imaging in cirrhotic patients KONG Xiang, QI Rong-feng, LIANG Xue, et al. Department of Medical Imaging, Nanjing General Hospital of Nanjing Military Command, Nanjing 210002, P. R. China

【**Abstract**】 **Objective**: To investigate the potential value of voxel-based diffusion tensor imaging (DTI) in the evaluation of the development of minimal hepatic encephalopathy (MHE) from non-hepatic encephalopathy (non-HE). **Methods**: 45 cirrhotic patients without overt hepatic encephalopathy symptoms and 27 sex-and age- matched healthy controls were included and conventional MRI and DTI examinations were performed. Neuropsychological tests including number connection test-A (NCT-A) and digit-symbol test (DST) were used to evaluate the cognitive function of all subjects. Patients with cirrhosis were divided to MHE and non-HE groups according to the results of neuropsychological tests. The mean apparent diffusion coefficient (MD) and fraction anisotropy (FA) maps were compared with ANOVA tests in MHE, non-HE, and healthy control groups using SPM8 software, to study the differences of MD and FA in brain areas of MHE and non-HE. **Results**: Of the three groups, the differences of MD values mainly located at frontal lobe, temporal lobe and parietal lobe. Compared with non-HE, increase of MD in right superior/middle temporal gyrus, angular gyrus, and parietal lobe could be assessed in MHE patients. The differences of FA values in these 3 groups mainly could be revealed in anterior cingulate, corpus callosum, parietal lobe, and frontal lobe. Compared with non-HE, decrease of FA value in corpus callosum and anterior cingulate were revealed in MHE patients. **Conclusion**: The voxel-based DTI could be used to observe brain structure abnormality in cirrhotic patients. Cirrhotic patients had interstitial brain edema which was associated with the severity of the disease.

【**Key words**】 Hepatic encephalopathy; Liver cirrhosis; Magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging

肝硬化已成为严重威胁我国国民健康的常见疾病和主要死亡原因之一。肝性脑病(hepatic encephalopathy，HE)是由肝硬化等严重肝病引起的，以代谢紊乱为基础的神经心理异常综合征，主要临床表现为轻微的认知功能障碍、注意力及记忆力下降，也可表现为行为异常、扑翼样震颤、意识障碍甚至昏迷，是肝硬化患者最严重并发症和最常见死亡原因[1]。轻微肝性脑病(minimal hepatic encephalopathy，MHE)是指肝硬化患者没有明显的肝性脑病临床症状，但伴随着大脑代谢、运动和认知功能异常的一种潜在或程度较轻的脑病状态[2-3]，高达 30%～80% 的肝硬化患者会发生 MHE[4]，严重影响患者的生活质量[5-7]，因此，MHE 的诊断对于肝性脑病防治有重要意义[8]。扩散张量成像(diffusion tensor imaging，DTI)已广泛用于研究脑结构微观改变[9-14]，其利用水分子扩散运动存在各向异性的原理，从多个方向对其进行量化，从而反映脑组织细微结构的改变。本研究采用基于体素的 DTI 技术观察非 HE 和 MHE 患者整体脑部结构微观改变的情况，旨在探讨其在 MHE 诊断中的潜在价值。

作者单位：210002 南京，南京军区南京总医院影像科/南京大学医学院附属金陵医院影像科
作者简介：孔祥(1989－)，男，江苏南通人，硕士研究生，主要从事神经影像诊断及研究工作。
通讯作者：张龙江，E-mail：kevinzhlj@163.com
基金项目：国家自然科学基金项目资助(81322020，81230032)

材料与方法

1. 研究对象

本研究纳入 2010 年 2 月－2012 年 10 月间经病理学和/或临床检查证实的 45 例肝硬化患者，其中男 32 例，女 13 例，年龄 38～72 岁，平均(53±6)岁，其中 Child-Pugh A 级 27 例，B 级 15 例，C 级 3 例。同期招募 27 例性别、年龄相匹配的健康志愿者作为正常对照组，其中男 16 例，女 11 例，年龄 38～67 岁，平均(52±7)岁。所有受试者头颅常规 MRI 扫描未见明显异常病灶，既往均无精神疾病，无药物或酒精滥用史，无脑部肿瘤或梗死等病史。所有患者及志愿者均被告知本研究内容，该研究经南京军区南京总医院医学伦理委员会批准通过。

2. 神经心理学相关测试

MHE 的诊断参照《肝性脑病的定义、命名、诊断及定量》指南建议[7]，采用数字连接实验-A(number connection test A, NCT-A)和数字符号实验(digit symbol test, DST)2 种神经心理学测试。以 NCT-A 高于正常对照组的均数＋2 个标准差(standard deviation, SD)、DST 低于正常对照组的均数－2SD 为异常。肝硬化患者以上心理学测试两者或其中之一有异常者即提示 MHE。所有神经心理学测试均在 MRI 扫描前完成，具体操作及说明均由同一研究者完成。根据量表测试结果，本研究 45 例肝硬化患者中 MHE 20 例(Child-Pugh A 级 9 例，B 组 10 例，C 级 1 例)，单纯肝硬化(non-HE)25 例(Child-Pugh A 级 18 例，B 组 5 例，C 级 2 例)。

3. MRI 检查方法

MRI 检查采用 Siemens Magnetom Trio 3.0T 超导型磁共振扫描仪。采用横轴面 T_1- FLASH 序列获取全脑常规结构图像，主要用以排除受试者脑内明显的信号异常及其他疾病。扫描参数：TR 350 ms，TE 2.46 ms，视野 240 mm×240 mm，矩阵 320×256，层厚 4 mm，层间距 0.4 mm，共 30 层。采用基于自旋回波脉冲的单次激发平面回波成像(spin echo-based echo planar imaging, SE-EPI)序列采集 DTI 数据，扫描参数：TR 4100 ms，TE 93 ms，翻转角 90°，视野为 240 mm×240 mm，矩阵 128×128，体素 1.8 mm×1.8 mm×4 mm。

4. 数据统计分析

DTI 数据处理包括两部分：预处理和统计分析。预处理：采用 Diffusion Toolkit 软件对受试者所有 DTI 原始数据进行处理，计算得出 MD 图和 FA 图；再采用基于 MATLAB 的 SPM8 软件对平均扩散率(mean diffusivity, MD)和各向异性分数(fraction anisotropy, FA)图像数据进行处理分析；将各个受试者的 b0 图与 SPM8 自带的 EPI 模板进行配准到 MNI 标准空间，再用配准所生成的 b0 参数图分别对 MD 图、FA 图进行标准化，最后采用全宽半高值(full width at half maximum, FWHM)为 8 mm 的高斯核进行平滑处理，以降低空间噪声。采用基于 MATLAB 的 SPM8 软件对所有受试者平滑后的 MD 图及 FA 图进行统计学分析。采用单因素方差分析比较 non-HE 组、MHE 组及正常对照组 MD 图及 FA 图的组间差异，将年龄及性别作为协变量以去除影响，方差分析有差异再行 post-hoc t 检验进行两两比较，以 $P<0.05$(Alphasim 校正)为差异有统计学意义。

对于受试者一般临床特征数据检验采用 SPSS 16.0软件进行统计学分析。定量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，定性资料用百分比或率表示。三组受试者的年龄、NCT-A 及 DST 检验采用方差分析，结果有差异时进行组间两两比较；患者组间血氨水平的差异采用独立样本 t 检验；性别差别采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 三组受试者一般资料及临床特征结果比较

三组受试者的性别和年龄差异均无统计学意义($P>0.05$)。三组受试者的 NCT-A 时间和 DST 分值差异有统计学意义($P<0.05$)。non-HE 组和 MHE 组静脉血氨值差异无统计学意义($P>0.05$，表 1)。

2. 三组受试者 MD 值及 FA 值单因素方差分析结果

方差分析结果显示三组 MD 值有差异的脑区主要位于额叶、颞叶、顶叶区；与正常对照组相比，non-

表 1 三组受试者的一般资料及临床数据

变量	对照组 (n=27)	non-HE 组 (n=25)	MHE 组 (n=20)	P 值
性别(男/女，例)	16/11	17/8	15/5	0.519*
年龄(岁)	52±7(38～67)	51±8(38～72)	54±6(42～64)	0.360 #
NCT-A(s)	45.93±7.74(32.00～60.00)	47.36±10.26(25.00～68.00)	72.20±16.66(49.00～125.00)	<0.01 #
DST(个)	45.04±10.62(26.00～64.00)	35.96±7.42(24.00～51.00)	22.55±6.49(9.00～37.00)	<0.01 #
血氨水平(μmol/L)	—	49.81±32.17(9.00～118.00)	73.43±24.77(14.00～109.00)	0.184&

注：* χ^2 检验；# 单因素方差分析；& 两样本 t 检验。

HE 组和 MHE 组差异脑区中双侧额叶及右侧颞叶的 MD 值增高；与 non-HE 组相比，MHE 组右侧颞上/中回、右侧角回及右侧顶叶 MD 值增高（$P<0.05$，图 1，表 2）。方差分析结果显示三组 FA 值有差异的脑区主要位于胼胝体、前扣带回、顶叶及额叶区；与正常对照组相比，non-HE 组和 MHE 组差异脑区中双侧额叶、胼胝体及前扣带回的 FA 值减低；与 non-HE 组相比，MHE 组胼胝体及前扣带回皮层的 FA 值减低（$P<0.05$，图 2，表 3）。

讨 论

本研究采用基于体素的 DTI 技术观察无明显肝性脑病症状的肝硬化患者脑结构的异常情况，结果发现这些无明显肝性脑病临床症状的肝硬化患者已存在潜在的脑结构的变化，主要表现为 MD 值增高和 FA 值减低，并且 MHE 组较 non－HE 组存在更明显的脑结构改变，提示肝硬化患者存在间质性水肿且与疾病严重程度有关。

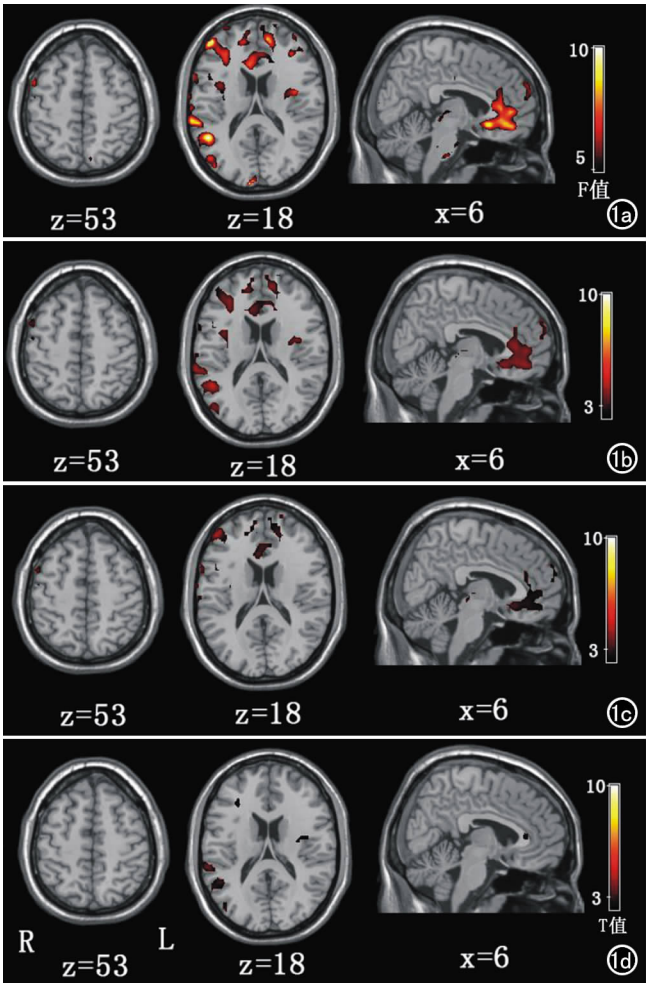

图 1 a）三组受试者 MD 值方差分析结果显示三组间额叶、颞叶、顶叶区 MD 值存在差异；b）MHE 组与 HC 组 *t* 检验结果；c）non-HE 组与 HC 组 *t* 检验结果；d）MHE 组与 non-HE 组 *t* 检验结果，MHE 组与 non-HE 组相比，主要为右侧颞上/中回、右侧角回及右侧顶叶 MD 值增高，红色区域代表 MD 值增高脑区（$P<0.05$，Alphasim 校正）。MHE＝轻微肝性脑病；HC＝正常对照组；non-HE＝肝硬化组。

表 2 三组 MD 值升高脑区组间比较结果

组间比较	峰值坐标(mm)(x,y,z)	最大 T 值	体素
MHE 组与对照组			
右侧额中回	6,51,6	+3.25	76
右侧额上回	15,52,－12	+3.74	43
左侧外侧核	－27,3,－6	+3.64	57
左侧岛叶	－36,5,9	+3.67	48
前扣带回	9,27,24	+3.57	54
左侧额上回	－21,39,32	+3.09	77
左侧额中回	－15,48,15	+3.18	64
右侧颞中回	54,－39,－11	+4.35	83
左侧颞中回	－42,－47,－16	+4.31	61
右侧角回	42,－81,12	+3.66	55
non-HE 组与对照组			
前扣带回	0,30,24	+3.03	67
胼胝体	2,24,6	+3.40	18
右侧额叶	38,26,10	+4.03	80
右侧岛叶	33,12,3	+3.92	72
左额内侧回	－6,46,2	+4.58	57
左侧额下回	－9,42,9	+4.08	30
左侧岛叶	－33,9,12	+4.77	79
MHE 组与 non-HE 组			
右侧角回	57,－60,33	+3.47	62
右侧颞上回	54,－55,18	+3.79	47
右侧颞中回	45,－51,21	+3.60	27
右侧顶下小叶	51,－57,29	+3.23	26
右侧外侧核	24,－13,－10	+3.18	42
右侧海马	18,－15,－12	+4.16	12

表 3 三组 FA 值减低区组间比较结果

组间比较	峰值坐标(mm)(x,y,z)	最大 T 值	体素
MHE 组与对照组			
右侧额上回	13,56,－12	－5.03	75
前扣带回	9,24,－3	－4.82	68
胼胝体	－1,28,4	－4.76	63
左侧额下回	－20,42,－18	－4.56	42
左侧额内侧回	－23,33,－19	－4.66	38
左侧外侧核	－7,27,－22	－4.43	23
左侧颞叶	－38,－60,－10	－4.57	20
左侧枕颞内侧回	－42,－69,－12	－3.94	18
左侧丘脑	－15,－24,0	－3.91	21
左侧海马	－14,－27,－3	－4.19	12
non-HE 组与对照组			
左侧额上回	－12,42,－25	－3.41	22
左侧眶回	－11,40,－24	－3.23	17
左侧扣带回	－13,21,－11	－3.01	14
左侧额下回	－12,22,－21	－2.93	10
右侧额上回	19,42,－19	－4.42	69
右侧眶回	18,37,－24	－4.34	45
右侧额下回	17,32,－20	－3.78	30
右侧额中回	18,38,－16	－3.14	26
MHE 组与 non-HE 组			
胼胝体	3,21,0	－3.24	54
前扣带回	6,24,－3	－3.68	51
右侧外侧核	5,25,2	－3.68	42
右侧额叶	－9,37,7	－3.35	15
左侧外侧核	－24,－24,3	－3.57	24
左侧丘脑	－19,－25,－2	－3.26	15

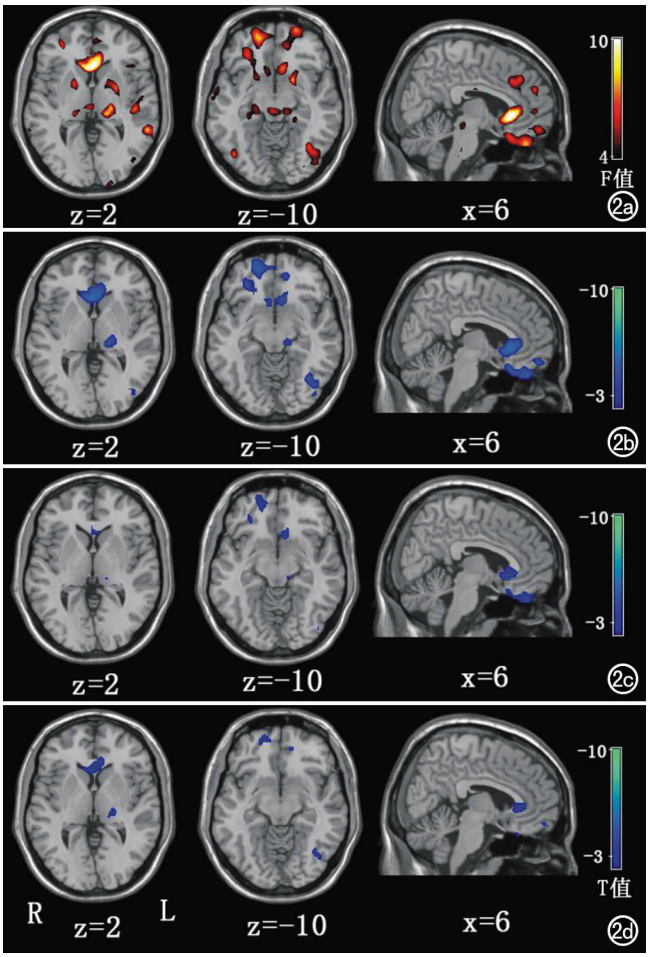

图 2　a) 三组受试者 FA 值方差分析结果显示三组间胼胝体、前扣带回、顶叶及额叶区 FA 值存在差异；b) MHE 组与 HC 组 *t* 检验结果；c) non-HE 组与 HC 组 *t* 检验结果；d) MHE 组与 non-HE 组 *t* 检验结果，MHE 组与 non-HE 组相比，主要表现为胼胝体及前扣带回皮层的 FA 值减低，红色区域代表 FA 值增高脑区，蓝色区域代表 FA 值减低脑区（$P<0.05$，Alphasim 校正）。MHE＝轻微肝性脑病；HC＝正常对照组；non-HE＝肝硬化组。

对于肝性脑病的发病机制目前有多种说法，轻微脑水肿是目前认识到的机制之一。有学者通过 DTI 研究提出慢性肝性脑病所致的脑水肿属于脑内细胞外间隙水肿的观点[15-16]。MD 和 FA 是 DTI 检查中常用的定量分析参数，MD 能反映组织内水分子不同方向扩散运动的速度和范围，MD 值能间接反映细胞膜或髓鞘结构的完整性，MD 值越高，表明水分子运动受限程度越小。FA 值反映水分子各向异性成分占整个扩散张量的比例，从而间接反映脑白质纤维束的完整性和方向性，FA 值减低提示脑白质纤维束结构可能存在损害。本研究采用基于体素的 DTI 技术，发现 MHE 组与 non-HE 组相比右侧颞上/中回、右侧角回及右侧顶叶 MD 值增高；这些脑区的 MD 值改变对于肝硬化患者提示肝性脑病发生发展具有重要意义；MD 值增高提示 MHE 患者在上述区域可能已存在细胞外间隙水肿[15-16]。本研究还发现 MHE 患者一些脑区的 MD 值较 non-HE 患者增高，提示其可用于疾病的严重性评估。本研究结果与以往文献报道较一致，如 Kumar 等[14]研究发现 HE 患者大脑部分灰质皮层的 MD 值增高；Lin 等[16]研究发现 HE 患者一些默认网络功能连接区（包括角回、顶叶和颞叶等部位）的 MD 值增高。颞上/中回主要负责处理听觉信息，也与记忆和情感有关；角回是大脑后部一个重要的联合区，是将视觉意象与听觉意象联系的重要枢纽；顶叶与感觉及数学逻辑相关。这些病变的脑区可能与 MHE 患者神经心理学测试异常有一定关联。

本研究还发现，MHE 组与 non-HE 组相比，胼胝体及前扣带回的 FA 值减低。胼胝体是连接左右大脑半球的神经纤维束，对两侧大脑皮层完成双侧的一般感觉和视觉的功调功能具有重要作用；前扣带回皮层是执行功能神经网络中的一个高级调控结构，对人类的注意力和控制力调节具有重要作用；这些脑区的 FA 值减低提示可能与随着肝硬化进展，肝性脑病患者出现注意力差等有一定的联系。对肝硬化患者脑区 FA 值降低的解释，有文献报道患者可能存在脱髓鞘和轴突丢失，从而导致脑白质纤维束损害[17]，但也有文献认为肝硬化患者存在可逆性的间质脑水肿而未出现微结构改变[15]。

总之，基于体素的 DTI 技术可早期观察单纯肝硬化患者脑微细结构的改变以及从 non-HE 到 MHE 的进展过程中脑结构的改变，反映脑水肿是否存在及程度，有助于加深对肝硬化脑改变及其进展过程的理解。

参考文献：

[1] Onyekwere CA, Ogbera AO, Hameed L. Chronic liver disease and hepatic encephalopathy: clinical profile and outcomes[J]. Niger J Clin Pract, 2011, 14(2): 181-185.

[2] Weissenborn K, Ennen JC, Schomerus H, et al. Neuropsychological characterization of hepatic encephalopathy[J]. J Hepatol, 2001, 34(5): 768-773.

[3] Torre Delgadillo A, Guerrero-Hernandez I, Uribe M. Minimal hepatic encephalopathy: characteristics, diagnosis and clinical implications[J]. Rev Gastroenterol Mex, 2006, 71(1): 63-70.

[4] Das A, Dhiman RK, Saraswat VA, et al. Prevalence and natural history of subclinical hepatic encephalopathy in cirrhosis[J]. J Gastroenterol Hepatol, 2001, 16(5): 531-535.

[5] Bajaj JS. Minimal hepatic encephalopathy matters in daily life[J]. World J Gastroenterol, 2008, 14(13): 3609-3615.

[6] Schomerus H, Hamster W. Quality of life in cirrhotics with minimal hepatic encephalopathy[J]. Metab Brain Dis, 2001, 16(1-2): 37-41.

[7] Ferenci P, Lockwood A, Mullen K, et al. Hepatic encephalopathy-definition, nomenclature, diagnosis, and quantification: final report of the working party at the 11th World Congresses of Gastroen-

terology, Vienna, 1998[J]. Hepatology, 2002, 35(3): 716-721.

[8] Prasad S, Dhiman RK, Duseja A, et al. Lactulose improves cognitive functions and health-related quality of life in patients with cirrhosis who have minimal hepatic encephalopathy[J]. Hepatology, 2007, 45(3): 549-559.

[9] 彭君, 刘鹏飞. 轻微型肝性脑病的 DTI 定量研究[J]. 放射学实践, 2009, 24(9): 986-989.

[10] Zhan W, Kang GA, Glass GA, et al. Regional alterations of brain microstructure in Parkinson's disease using diffusion tensor imaging[J]. Mov Disord, 2012, 27(1): 90-97.

[11] Li Y, Du H, Xie B, et al. Cerebellum abnormalities in idiopathic generalized epilepsy with generalized tonic -clonic seizures revealed by diffusion tensor imaging[J]. PLoS One, 2010, 5(12): e15219.

[12] Perez-Iglesias R, Tordesillas-Gutierrez D, Barker GJ, et al. White matter defects in first episode psychosis patients: a voxelwise analysis of diffusion tensor imaging[J]. Neuroimage, 2010, 49(1): 199-204.

[13] Kim HS, Park JW, Bai DS, et al. Diffusion tensor imaging findings in neurologically asymptomatic patients with end stage renal disease[J]. Neuro Rehabilitation, 2011, 29(1): 111-116.

[14] Kumar R, Gupta RK, Elderkin-Thompson V, et al. Voxel-based diffusion tensor magnetic resonance imaging evaluation of low-grade hepatic encephalopathy[J]. J Magn Reson Imaging, 2008, 27(5): 1061-1068.

[15] Kale RA, Gupta RK, Saraswat VA, et al. Demonstration of interstitial cerebral edema with diffusion tensor MR imaging in type C hepatic encephalopathy[J]. Hepatology, 2006, 43(4): 698-706.

[16] Lin WC, Hsu TW, Chen CL, et al. Connectivity of default-mode network is associated with cerebral edema in hepatic encephalopathy[J]. PLoS One, 2012, 7(5): e36986.

[17] Qi R, Xu Q, Zhang LJ, et al. Structural and functional abnormalities of default mode network in minimal hepatic encephalopathy: a study combining DTI and fMRI[J]. PLoS One, 2012, 7(7): e41376.

(收稿日期: 2013-09-16)

《放射学实践》(英文稿)稿约

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 由国内著名影像专家郭俊渊教授担任主编, 创刊至今已 28 周年。本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

2012 **年始本刊拟在英文专栏刊发全英文文稿。**

1. 文稿应具科学性、创新性、逻辑性, 并有理论和实践意义。论点鲜明, 资料可靠, 数据准确, 结论明确, 文字简练, 层次清楚, 打印工整。

2. 本刊实行盲法审稿, 来稿附上英文稿一份, 中文对照稿两份(用小 4 号字、1.5 倍行距打印), 文稿中不出现任何有关作者本人的信息。另纸打印一份中英文对照的文题、作者姓名、作者单位(应准确、规范、完整)及邮政编码。如系 2 个单位及以上者, 则在作者姓名右上角排阿拉伯数字角码, 按序将单位名称写于作者下方。并注明第一作者的性别, 职称及第一作者或联系人的电话号码, E—mail 地址。

3. 来稿须经作者所在单位审核并附单位推荐信。推荐信应证明内容不涉及保密、署名无争议、未一稿两投等项。

4. 论著采用叙述式摘要。关键词一般 3～5 个, 请采用最新版的 MeSH 词表(医学主题词注释字顺表)中的主题词。MeSH 词表中无该词时, 方可用习用的自由词。使用缩略语时, 应在文中首次出现处写明中、英文全称。

5. 表格采用三线表, 表序按正文中出现的顺序连续编码。数据不多、栏目过繁、文字过多者均不宜列表。表内同一指标数字的有效位数应一致。

6. 线条图应另纸描绘, 全图外廓以矩形为宜, 高宽比例约为 5∶7, 避免过于扁宽或狭长。照片图须清晰, 像素高, 层次分明, 图题及图解说明清楚。

7. 参考文献必须以作者亲自阅读过的近年文献为主, 并由作者对照原文核实(请作者在文章发表前提供 PubMed 等数据库的所含文献页面)。文献一般不少于 30 篇。内部刊物、未发表资料、私人通讯等勿作参考文献引用。参考文献的编号按照在正文中出现的先后顺序排列, 用阿拉伯数字加方括号角注。并按引用的先后顺序排列于文末。

《放射学实践》编辑部