

## 成年正常胰腺多 b 值 DWI 参数与性别、年龄的相关性研究

刘莉, 马超, 李晶, 王莉, 田冰, 陆建平

**【摘要】** 目的:探讨性别、年龄因素对成年正常胰腺多 b 值 DWI 参数的影响。方法:回顾性分析 57 例胰腺正常患者(男 36 例,年龄 21~68 岁,平均 43.9±11.4 岁;女 21 例,年龄 24~59 岁,平均 46.8±9.7 岁)的临床及影像资料,利用上腹部多 b 值 DWI( $b$  值=0、20、50、100、200、400、600、800 及 1000s/mm<sup>2</sup>)测量每个患者从胰腺头到尾部单指数模型参数 ADC<sub>total</sub> 值和双指数模型参数 ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub> 和  $f$  值,并计算每个胰腺平均 ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub> 和  $f$  值。使用独立样本  $t$  检验分析不同性别患者的年龄分布差异;采用独立样本非参数 Mann-Whitney U 检验分析不同性别间各参数平均值差异;利用 Pearson 相关分析方法分析平均 ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub> 和  $f$  值与年龄的相关性。结果:女性正常胰腺平均 ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub> 和  $f$  值[分别为  $(1.45 \pm 0.15) \times 10^{-3}$ 、 $(13.17 \pm 4.91) \times 10^{-3}$ 、 $(0.88 \pm 0.18) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s 和  $(0.370 \pm 0.063)$ ]皆低于男性[分别为  $(1.55 \pm 0.17) \times 10^{-3}$ 、 $(15.77 \pm 7.83) \times 10^{-3}$ 、 $(0.91 \pm 0.15) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s 和  $(0.372 \pm 0.056)$ ],但男、女性间各参数平均值均无显著性差异( $P$  均  $> 0.05$ )。Pearson 相关分析表明成年正常胰腺平均 ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub> 和 ADC<sub>slow</sub> 值与年龄有显著相关性(相关系数  $r$  分别为:  $-0.315$ 、 $-0.340$  和  $-0.300$ ;  $P$  值分别为 0.017、0.010 和 0.023);  $f$  值与年龄无显著相关性(相关系数  $r=0.048$ ,  $P=0.725$ )。结论:成年正常胰腺平均 ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub> 和 ADC<sub>slow</sub> 随着年龄增加而减小。利用多 b 值 DWI 研究胰腺相关疾病时,不可忽略患者年龄因素对 ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub> 和 ADC<sub>slow</sub> 的影响。

**【关键词】** 胰腺;体素不相干运动;扩散加权成像;表观扩散系数;呼吸触发

**【中图分类号】** R322.49; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)02-0149-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.02.013

**The effect of gender and age on multi-b value DWI parameters of normal adult pancreas** LIU Li, MA Chao, LI Jing, et al. Department of Radiology, Changhai Hospital of Shanghai, Secondary Military Medical University, Shanghai 200433, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the normal adult pancreas with multi-b value diffusion-weighted imaging (DWI) for characterization of the effect of gender and age on the multi-b value DWI derived parameters. **Methods:** A total of 57 patients with normal pancreas (36 male, 21 female, aged 21~68 years) were enrolled in this study. Multiple b values DWI ( $b$  values=0, 20, 50, 100, 200, 400, 600, 800 and 1000s/mm<sup>2</sup>) was performed to determine the ADC<sub>total</sub>, ADC<sub>fast</sub>, ADC<sub>slow</sub> and  $f$  across all patients. The average ADC<sub>total</sub>, ADC<sub>fast</sub>, ADC<sub>slow</sub> and  $f$  values were calculated by three measurements of the parameters from the head to tail part of the pancreas in each patient. Independent-sample  $t$  test was used to analyze the age distribution differences of different gender. Effects of gender on the parameters were analyzed using Mann-Whitney U test. Dependences of the four parameters on age were characterized using Pearson correlation tests. **Results:** The mean global pancreatic ADC<sub>total</sub>, ADC<sub>fast</sub>, ADC<sub>slow</sub> and  $f$  values in female group [ $(1.45 \pm 0.15) \times 10^{-3}$ 、 $(13.17 \pm 4.91) \times 10^{-3}$ 、 $(0.88 \pm 0.18) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s and  $(0.370 \pm 0.063)$ ] were lower than that in male group [ $(1.55 \pm 0.17) \times 10^{-3}$ 、 $(15.77 \pm 7.83) \times 10^{-3}$ 、 $(0.91 \pm 0.15) \times 10^{-3}$  mm<sup>2</sup>/s and  $(0.372 \pm 0.056)$ ], but the Mann-Whitney U tests showed no significant differences (all of  $P > 0.05$ ) between the two groups in all of the four parameters. Across the age spectrum, it was shown that there were significant correlations between the average ADC<sub>total</sub>, ADC<sub>fast</sub> and ADC<sub>slow</sub> values with age ( $r = -0.315$ ,  $P = 0.017$ ;  $r = -0.340$ ,  $P = 0.010$  and  $r = -0.300$ ,  $P = 0.023$ , respectively); and no significant difference across the age in mean  $f$  value was observed ( $r = 0.048$ ,  $P = 0.725$ ). **Conclusion:** The mean ADC<sub>total</sub>, ADC<sub>fast</sub> and ADC<sub>slow</sub> values decrease significantly across age. Our findings suggest that the effect of age on ADC<sub>total</sub>, ADC<sub>fast</sub> and ADC<sub>slow</sub> cannot be excluded from the clinical research of pancreatic diseases with multi-b value DWI.

**【Key words】** Pancreas; Intravoxel incoherent motion; Diffusion-weighted imaging; Apparent diffusion coefficient; Respiratory triggering

扩散加权成像(diffusion-weighted imaging,

DWI)在胰腺相关疾病的研究及应用越来越广泛并体现出重要价值<sup>[1-7]</sup>。基于体素不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)模型的多 b 值 DWI 能够区分组织内水分子扩散和毛细血管灌注效应,其获得的扩散参数较单 b 值 DWI 能更准确地评估胰腺疾

作者单位:200433 上海,第二军医大学附属长海医院影像医学科  
作者简介:刘莉(1980—),女,辽宁葫芦岛人,博士研究生,住院医师,主要从事腹部影像研究工作。  
通讯作者:陆建平, E-mail: cjr.lujianping@vip.163.com  
基金项目:国家自然科学基金(81300366);长海医院“1255”学科建设计划(CH125520800);长海医院青年科研启动基金(2013002)

病<sup>[8-11]</sup>。随着年龄的增长,正常胰腺表现出萎缩、脂肪变性和纤维化等自然特征<sup>[12-15]</sup>。CT、MRI等技术评估胰腺形态特征、分泌功能与年龄相关性已有文献报道<sup>[16-18]</sup>。我们之前的研究发现:单b值DWI获得的成年正常胰腺ADC与年龄、性别无显著相关性<sup>[19]</sup>。基于IVIM模型的多b值DWI获得的正常胰腺参数值与年龄、性别是否相关尚未见报道。本研究回顾性分析性别与年龄因素对成年正常胰腺多b值DWI参数值的影响,从而为利用多b值DWI研究胰腺疾病提供指导。

## 材料与方 法

### 1. 病例资料

回顾性分析2011年5月—2013年8月在我院就诊的57例(男36例,21~68岁,平均43.9±11.4岁;女21例,24~59岁,平均46.8±9.7岁)行上腹部3.0T MRI检查的患者资料。所有患者均无糖尿病、胰腺病史,且无过度肥胖者(体重指数>25kg/m<sup>2</sup>);临床和MRI检查皆无阳性发现;DWI图像无明显伪影。

### 2. 检查方法

MRI检查在3.0T超导磁共振仪(Signa HDxt)上完成。嵌入式体部线圈用于信号激发,8通道体部相控阵线圈用于信号接收。扫描序列包括:脂肪抑制快速自旋回波(TSE)T<sub>2</sub>WI,TR 6316 ms,TE 74.1 ms,矩阵320×192,视野(36~40)cm×(28.8~32)cm,层数20,层厚5 mm,层间距1 mm,采集次数2次;呼吸触发单次激发平面回波DWI,b值为0、20、50、100、200、400、600、800及1000 s/mm<sup>2</sup>,TR 3333 ms,TE 66.8 ms,采集矩阵192×160,视野(36~40)cm×(28.8~32)cm,层数20,层厚5 mm,层间距1 mm,采集次数4次,加速因子2,带宽250 kHz;基于肝脏快速容积成像(liver acquisition with volume acceleration, LAVA),TR 2.5 ms,TE 1.1 ms,带宽125 kHz,翻转角11°,采集矩阵256×180,视野44 cm×41.8 cm,层厚2.5 mm,层间距0 mm。

### 3. 数据处理

利用工作站自带软件(Function 6.3.1e)进行数据处理及测量。首先利用单指数模型 $S_b/S_0 = \exp(-b \times ADC_{total})$ 分析信号强度随b值衰减,计算ADC<sub>total</sub>图;其次利用双指数模型 $S_b/S_0 = f \times \exp(-b \times ADC_{fast}) + (1-f) \times \exp(-b \times ADC_{slow})$ 计算灌注参数ADC<sub>fast</sub>图、水分子扩散参数ADC<sub>slow</sub>图及灌注比例f图。软件实现DWI图像与各参数图的相互关联,数据测量由一位临床研究经验丰富的放射科医生和一位从事胰腺疾病研究的技术人员讨论一致情况下完成;确定感兴趣区(region of interest, ROI)即可获

得所有参数ROI内的平均值。参考T<sub>2</sub>WI及LAVA图像,避开主胰管、动脉血管及伪影,采用圆形或椭圆形ROI对每个患者从胰腺头至尾部测量3个参数,用于计算平均参数值。ROI大小为26~108 mm<sup>2</sup>,平均59.6 mm<sup>2</sup>。

### 4. 统计学分析

应用SPSS 16.0统计软件进行统计学分析。使用独立样本t检验分析不同性别患者的年龄分布差异;不同性别间平均ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub>和f值的差异采用独立样本非参数Mann-Whitney U检验;平均ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub>和f值与患者年龄相关性采用Pearson相关分析方法。P<0.05为差异具有统计学意义。

## 结 果

### 1. 多b值DWI各参数值在性别上的比较

36名男性患者(年龄21~68岁,平均43.9±11.4岁)的胰腺平均ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub>和f值分别为(1.55±0.17)、(15.77±7.83)、(0.91±0.15)×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s和(0.372±0.056),21名女性患者(年龄24~59岁,平均46.8±9.7岁)的胰腺平均ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub>和f值分别为(1.45±0.15)、(13.17±4.91)、(0.88±0.18)×10<sup>-3</sup>mm<sup>2</sup>/s和(0.370±0.063)。独立样本t检验结果表明男、女性患者年龄分布无显著性差异( $t = -1.01, P = 0.320$ )。男性正常胰腺平均ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>、ADC<sub>slow</sub>和f值略高于女性,但独立样本非参数Mann-Whitney U检验结果表明男、女性患者间上述参数平均值均无显著性差异(P值分别为0.077、0.399、0.477和0.934)。

### 2. 年龄因素对多b值DWI各参数值的影响

Pearson相关分析方法表明57例成年正常胰腺平均ADC<sub>total</sub>、ADC<sub>fast</sub>和ADC<sub>slow</sub>值与年龄有显著相关性(相关系数r分别为-0.315、-0.340和-0.300;P值分别为0.017、0.010和0.023);f值与年龄无显著相关性(相关系数r=0.048,P=0.725,图1~4)。

## 讨 论

本研究分析性别、年龄因素对成年正常胰腺多b值DWI获得的参数值的影响。CT、MR及超声等研究表明,随年龄增长,正常胰腺发生腺泡细胞减少、纤维结缔组织增加、脂肪变性、体积萎缩、质量下降以及胰腺内、外分泌功能的改变等现象<sup>[12-14,20]</sup>。然而我们前期的研究发现成年正常胰腺采用单指数模型单b值(500 s/mm<sup>2</sup>)DWI获得的ADC与年龄、性别无显著相关性<sup>[19]</sup>。b值为500 s/mm<sup>2</sup>的DWI并不能消除胰腺组织内灌注因素对ADC值影响<sup>[21]</sup>,基于IVIM模型

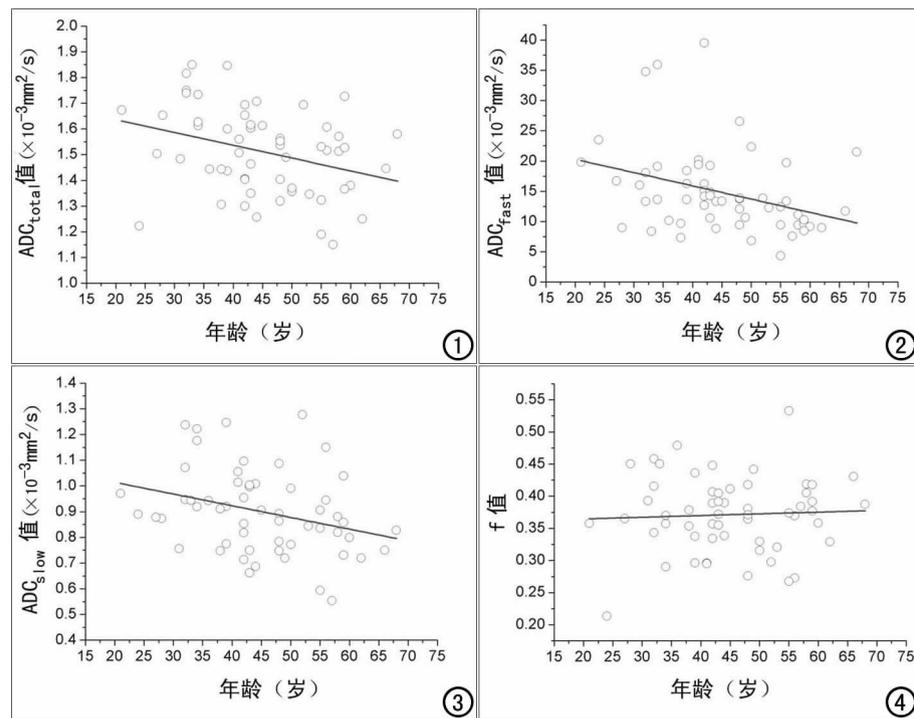


图1~4 分别为57例正常胰腺采用单/双指数模型多b值DWI获得的 $ADC_{total}$ 、灌注参数 $ADC_{fast}$ 、水分子扩散参数 $ADC_{slow}$ 及灌注比例f值与年龄相关性的散点图;图中实线为简单线性拟合。

的多b值DWI可以将微循环灌注成分从组织内水分子扩散运动中区分出来并用特定参数 $ADC_{fast}$ 、 $ADC_{slow}$ 描述出来<sup>[22]</sup>。其中 $ADC_{fast}$ 反映细胞外微循环灌注效应,又称假性扩散系数; $ADC_{slow}$ 反映水分子扩散运动,为单纯扩散系数;灌注分数f表示体素内微循环灌注相关扩散效应占总扩散效应的容积率。另外基于IVIM模型的DWI研究表明 $ADC_{fast}$ 和f能够较单b值DWI获得的ADC更准确地评估胰腺疾病<sup>[8-11]</sup>。因此,本研究主要探究年龄、性别因素对正常胰腺多b值DWI参数的影响,我们的研究结果提示在胰腺疾病多b值DWI研究中,对照组选择时应当考虑患者年龄因素。

本研究发现年龄分布相似的男性组( $43.9 \pm 11.4$ 岁)和女性组( $46.8 \pm 9.7$ 岁)中,男性正常胰腺平均 $ADC_{total}$ 、 $ADC_{fast}$ 、 $ADC_{slow}$ 和f值略高于女性,但两组各参数平均值均无显著性差异( $P$ 均 $> 0.05$ ),这与Tsushima等<sup>[16]</sup>利用动态增强CT的研究结果发现的男性和女性志愿者胰腺实质的密度及灌注无显著性差异结果一致。

我们发现成年正常胰腺平均 $ADC_{total}$ 与年龄有显著相关性,此结果与Herrmann等<sup>[23]</sup>利用3个b值(50、400和800 s/mm<sup>2</sup>)DWI获得的结论一致。然而,我们前期的研究发现采用单指数模型单b值DWI获得的成年正常胰腺ADC与年龄、性别均无显著相关

性<sup>[19]</sup>,本研究利用多b值DWI获得的正常胰腺平均 $ADC_{total}$ 为 $(1.51 \pm 0.17) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (小于 $b_{500}$ 获得的ADC平均值<sup>[19]</sup>),较前期研究结果更接近于 $ADC_{slow}$ ,可能为造成不同发现的主要原因。本研究发现平均 $ADC_{fast}$ 随年龄负增长,与Tsushima等<sup>[16]</sup>利用动态增强CT获得的结果是一致的,其原因可能是随着年龄的增长,胰腺实质萎缩、纤维结缔组织增生,毛细血管微循环受其影响,血流减慢,造成 $ADC_{fast}$ 值下降,这也是造成 $ADC_{fast}$ 随年龄下降的主要原因。同时,由于纤维结缔组织增生及胰腺实质的脂肪变性,使得水分子扩散受限,亦导致 $ADC_{slow}$ 的下降。本研究结果显示f值与年龄无显著相关性,可见虽然 $ADC_{fast}$ 及 $ADC_{slow}$ 随着年龄增长均有显著降低,但f值作为体素内微循环灌注相关扩散效应占总扩散效应的比例,可能不随年龄增长而变化。

综上所述,成年正常胰腺平均 $ADC_{total}$ 、 $ADC_{fast}$ 和 $ADC_{slow}$ 与性别无显著相关性,但与年龄呈显著负相关。在利用基于IVIM模型的多b值DWI研究胰腺相关疾病时,对照组选择上应当考虑年龄因素对 $ADC_{total}$ 、 $ADC_{fast}$ 和 $ADC_{slow}$ 的影响。

#### 参考文献:

- [1] Akisik MF, Aisen AM, Sandrasegaran K, et al. Assessment of chronic pancreatitis: utility of diffusion-weighted MR imaging with secretin enhancement[J]. Radiology, 2009, 250(1): 103-109.
- [2] Ichikawa T, Erturk SM, Motosugi U, et al. High-b value diffusion-weighted MRI for detecting pancreatic adenocarcinoma: preliminary results[J]. AJR, 2007, 188(2): 409-414.
- [3] Kartalis N, Lindholm TL, Aspelin P, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of pancreas tumours[J]. Eur Radiol, 2009, 19(8): 1981-1990.
- [4] Schoennagel BP, Habermann CR, Roesch M, et al. Diffusion-weighted Imaging of the healthy pancreas: apparent diffusion coefficient values of the normal head, body, and tail calculated from different sets of b-values[J]. J Magn Reson Imaging, 2011, 34(4): 861-865.
- [5] Akisik MF, Sandrasegaran K, Jennings SG, et al. Diagnosis of chronic pancreatitis by using apparent diffusion coefficient measurements at 3.0T MR following secretin stimulation[J]. Radiology, 2009, 252(2): 418-425.
- [6] 左后东, 张小明, 唐伟, 等. 磁共振扩散加权成像在胰腺癌诊断中的价值[J]. 磁共振成像, 2011, 2(5): 363-367.

- [7] 姚秀忠,许红莲,顾君英,等.正常胰腺在3.0T MR不同DWI序列上的ADC值评价[J].放射学实践,2013,28(2):173-176.
- [8] Klauss M, Lemke A, Grunberg K, et al. Intravoxel incoherent motion MRI for the differentiation between mass forming chronic pancreatitis and pancreatic carcinoma[J]. Invest Radiol, 2011, 46(1):57-63.
- [9] Concia M, Sprinkart AM, Penner AH, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of the pancreas: diagnostic benefit from an intravoxel incoherent motion model-based 3 b-value analysis[J]. Invest Radiol, 2014, 49(2):93-100.
- [10] Lemke A, Laun FB, Klauss M, et al. Differentiation of pancreas carcinoma from healthy pancreatic tissue using multiple b-values; comparison of apparent diffusion coefficient and intravoxel incoherent motion derived parameters[J]. Invest Radiol, 2009, 44(12):769-775.
- [11] Kang KM, Lee JM, Yoon JH, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging for characterization of focal pancreatic lesions[J]. Radiology, 2014, 270(2):444-453.
- [12] Sato T, Ito K, Tamada T, et al. Age-related changes in normal adult pancreas: MR imaging evaluation[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(9):2093-2098.
- [13] Rajan E, Clain JE, Levy MJ, et al. Age-related changes in the pancreas identified by EUS: a prospective evaluation [J]. Gastrointest Endosc. 2005, 61(3):401-406.
- [14] Glaser J, Stienecker K. Pancreas and aging: a study using ultrasonography[J]. Gerontology, 2000, 46(2):93-96.
- [15] Saisho Y, Butler AE, Meier JJ, et al. Pancreas volumes in humans from birth to age one hundred taking into account sex, obesity, and presence of type-2 diabetes[J]. Clin Anat, 2007, 20(8):933-942.
- [16] Tsushima Y, Kusano S. Age-dependent decline in parenchymal perfusion in the normal human pancreas; measurement by dynamic computed tomography[J]. Pancreas, 1998, 17(2):148-152.
- [17] Meier JM, Alavi A, Iruvuri S, et al. Assessment of age-related changes in abdominal organ structure and function with computed tomography and positron emission tomography[J]. Semin Nucl Med, 2007, 37(3):154-172.
- [18] Schwenzer NF, Machann J, Haap MM, et al. T<sub>2</sub>\* relaxometry in liver, pancreas, and spleen in a healthy cohort of one hundred twenty-nine subjects-correlation with age, gender, and serum ferritin[J]. Invest Radiol, 2008, 43(12):854-860.
- [19] 潘春树,马超,李延军,等.成年正常胰腺表观扩散系数与性别、年龄的相关性[J].中华放射学杂志,2013,47(11):1002-1004.
- [20] Heuck A, Maubach PA, Reiser M, et al. Age-related morphology of the normal pancreas on computed tomography[J]. Gastrointest Radiol, 1987, 12(1):18-22.
- [21] Ma C, Liu L, Li YJ, et al. Intravoxel incoherent motion MRI of the healthy pancreas; monoexponential and biexponential apparent diffusion parameters of the normal head, body and tail[J]. J Magn Reson Imaging, 2014, Jun 30. doi: 10.1002/jmri.24684.
- [22] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. MR imaging of intravoxel incoherent motions; application to diffusion and perfusion in neurologic disorders[J]. Radiology, 1986, 161(2):401-407.
- [23] Herrmann J, Schoennagel BP, Roesch M, et al. Diffusion-weighted Imaging of the healthy pancreas: ADC values are age and gender dependent[J]. J Magn Reson Imaging, 2013, 37(4):886-891.

(收稿日期:2014-11-27 修回日期:2015-01-04)

## 《中国医学影像技术》杂志 2015 年征订启事

《中国医学影像技术》杂志创刊于1985年,是由中国科学院主管、中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,主编为李坤城教授、姜玉新教授。杂志为月刊,160页,大16开本,彩色铜版纸印刷,单价20元,全年定价240元;刊号:CN 11-1881/R,ISSN 1003-3289;广告经营许可证号:京海工商广字第0074号。

本刊为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国科学引文数据库核心期刊、《北大核心期刊要目总览》核心期刊。2010、2011、2012年连续三年,综合评价总分居专业排名首位;2011、2012年连续两届入选“百种中国杰出学术期刊”;2008、2011年连续两届入选国家科技部“中国精品科技期刊”,是我国医学影像学领域颇有影响的学术期刊之一。

《中国医学影像技术》杂志作为国内唯一的临床医学影像学及影像医学工程及理论研究相结合的综合性学术期刊,刊登放射、超声、核医学、介入治疗、影像技术学、医学物理与工程学等方面的基础研究及临床实验研究的最新成果。以论文质量优、刊载信息量大、发刊周期短为其特色,是我国影像医学研究发展和学术交流的良好平台。《中国医学影像技术》以灵活多样的形式与合作者建立友好合作关系,欢迎产品企业刊登广告宣传。读者可向当地邮局订阅,邮发代号:82-509;亦可通过网站、电话向编辑部订阅,我们将竭诚为您提供优质、便捷、专业的服务,欢迎投稿、征订、刊登广告。

邮编:100190 北京市海淀区北四环西路21号大猷楼502室

电话:010-8254790/1/2/3 传真:010-82547903

E-mail: cjmit@mail. ioa. ac. cn 网址: www. cjmit. com

银行账户名:《中国医学影像技术》期刊社 开户行:招商银行北京分行清华园支行

账号:110907929010201 联系人:孟辰凤