

# 脑部化学交换饱和和转移成像研究

杨永贵<sup>1</sup>, 沈智威<sup>2</sup>, 吴仁华<sup>2</sup>, 陈忠<sup>3</sup>, 蔡聪波<sup>3</sup>, 郭岗<sup>1\*</sup>



## 基金项目:

2014年厦门市科技局科技惠民计划项目(编号: 3502Z20144052)

## 作者单位:

1. 厦门市第二医院医学影像科, 厦门 361021
2. 汕头大学医学院第二附属医院放射科, 汕头 515041
3. 厦门大学物理与机电工程学院, 厦门大学电子科学系, 福建省等离子体与磁共振研究重点实验室, 厦门 361005

## 通讯作者:

郭岗, E-mail: guogangxm@163.com

收稿日期: 2016-01-04

接受日期: 2016-03-11

中图分类号: R445.2

文献标识码: A

DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2016.04.002

杨永贵, 沈智威, 吴仁华, 等. 脑部化学交换饱和和转移成像研究. 磁共振成像, 2016, 7(4): 249-253.

**[摘要]** 化学交换饱和和转移(chemical exchange saturation transfer, CEST)成像是建立在磁化传递及化学交换理论基础上发展起来的一种磁共振成像新方法, 其扩展了磁共振分子影像新领域, 但还处于研究阶段。其以细胞内物质为内源性对比剂, 通过水信号间接检测代谢物信息, 进行组织的酸碱度成像及其各种代谢物成像。本文主要探讨MRI领域中与水相关的化学交换饱和和转移现象, 阐述其原理、研究现状及其在不同场强磁共振仪上脑部疾病的应用。

**[关键词]** 化学交换饱和和转移; 酰胺质子转移; 酸碱度; 脑肿瘤; 脑梗死

## Research of chemical exchange saturation transfer in brain

YANG Yong-gui<sup>1</sup>, SHEN Zhi-wei<sup>2</sup>, WU Ren-hua<sup>2</sup>, CHEN Zhong<sup>3</sup>, CAI Cong-bo<sup>3</sup>, GUO Gang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of medical imaging, The Second Hospital of Xiamen, Xiamen 361021, China

<sup>2</sup>Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Shantou University Medical College, Shantou 515041, China

<sup>3</sup>Physical and mechanical and Electrical Engineering College of Xiamen University, Xiamen University, Department of Electronic Science, Fujian Province Key Laboratory of plasma and magnetic resonance, Xiamen 361005, China

\*Correspondence to: Guo G, E-mail: guogangxm@163.com

Received 04 Jan 2016, Accepted 11 Mar 2016

**ACKNOWLEDGMENTS** This work was part of Science and Technology Department of Xiamen Huimin project in 2014 (No. 3502Z20144052).

**Abstract** Chemical exchange saturation transfer (CEST) imaging is a new method for magnetic resonance imaging theory of exchange in the magnetization transfer and chemical, the expansion of the new field of molecular magnetic resonance imaging, but it's still in the research stage. The intracellular substances as an endogenous contrast agent, through the indirect detection of metabolite water signal information for tissue pH imaging and imaging of various metabolites. This paper mainly discusses the chemical and water exchange in the field of MRI saturation transfer phenomenon, expounds the principle, research status and the application in brain diseases used the different field strength clinical MRI scanner.

**Key words** Chemical exchange saturation transfer; Amide proton transfer; pH value; Brain tumor; Stroke

随着计算机不断发展, 磁共振在科研与临床方面的作用日渐重要, 可反映解剖、功能及代谢方面的相关信息。在代谢方面, 磁共振波谱技术可以探测某些代谢物浓度、甚至组织酸碱度, 但因为受场强、硬件、分辨率等因素的影响, 在敏感性及精准显示解剖结构等方面存在一定的限制, 从而制约了波谱研究的广泛开展和推广。

作为当前世界范围前沿新技术, 化学交换饱和和转移(chemical exchange saturation transfer, CEST)磁共振成像技术, 从传统的解剖成像扩展到活体

生化代谢和pH值成像, 扩展了磁共振分子影像新领域, 为临床疾病诊断治疗甚至预防提供了一种全新的检查手段。本文旨在阐述其原理、研究现状及其在不同场强磁共振仪上脑部的应用。

## 1 原理简介

因为化学交换的存在, 在特定的化学环境下, 不同的质子(-OH、-NH等)会从一种物质的饱和状态向另一种转移, 即饱和转移效应。目前, 饱和转移效应作为一种补充的成像技术已广泛应

用于临床。本文主要探讨MRI领域中与水相关的化学交换饱和和转移现象,即氢质子饱和和转移,而对临床MRI人体成像相关性不大的 $^{13}\text{C}$ 、 $^{19}\text{F}$ 、 $^{31}\text{P}$ 的化学交换饱和和转移不做讨论。

化学交换饱和和转移成像是磁化传递及化学交换理论上发展起来的一种磁共振成像新方法,其原理是利用特定的偏共振饱和和脉冲,对外源性或内源性的特定物质进行充分的预饱和,这种饱和通过化学交换,进一步影响自由水的信号强度,因此,通过检测水的信号,便可间接反映这种物质的信息及化学交换的组织环境。由于CEST成像使用水信号间接检测代谢物信息,因此,信号得到明显的放大,可以探测的代谢物浓度达到微摩尔,甚至纳摩尔级别。以细胞内物质为内源性对比剂,进行组织的酸碱度成像及其各种代谢物成像,具有广泛的应用前景<sup>[1-3]</sup>。

众所周知,蛋白质是生命的物质基础,它与各种形式的生命活动密切相关。机体的每一个细胞及所有的重要组成部分都有蛋白质的参与,其占体重的比例达16%~20%。蛋白质由肽键将氨基酸连接而成,而酰胺质子正是肽键的组成部分之一,因此,其分布范围非常广泛。酰胺质子转移(amide proton transfer, APT)成像<sup>[3-9]</sup>是一种基于CEST、能无创性地检测内源性的、位于细胞质内的游离蛋白质及多肽分子的影像新技术。APT成像产生化学交换饱和和转移的物质为细胞内蛋白质和/或多肽的酰胺质子。酰胺质子的化学位移为(8.3±0.5) ppm,即在水峰左边3.5 ppm的位置<sup>[10]</sup>。采用CEST技术,用饱和脉冲激发可交换的酰胺质子,被饱和了的酰胺质子与未饱和的水中氢质子进行交换,使水中氢质子的信号强度发生变化。但酰胺质子的共振频率在偏离水3.5 ppm处,活体检测APT时难免带来水的直接饱和和效应(water saturation)和传统的磁化传递(magnetization transfer, MT)效应。当采用磁化转移率来定量评价时( $MTR = 1 - S_{sat}/S_0$ ),必须分离出APT的效果:

$$\begin{aligned} MTR_{asym}(3.5 \text{ ppm}) &= S_{sat}(-3.5 \text{ ppm})/S_0 - \\ & S_{sat}(+3.5 \text{ ppm})/S_0 \\ &\approx MTR'_{asym}(3.5 \text{ ppm}) + APTR \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中 $MTR'_{asym}(3.5 \text{ ppm})$ 是在内在固有的MT

不对称,  $APTR$ 是游离蛋白质或多肽的质子转移率,大小根据以下方程:

$$APTR = \frac{K_{SW}[\text{amide proton}]}{[\text{water proton}]R_{1W}}(1 - e^{-R_{1W}t_{sat}}) \quad (2)$$

其中, [water proton]为水质子浓度,与含水量有关。[exchangeable proton]为CEST氨基质子浓度。 $t_{sat}$ 为饱和脉冲饱和时间,  $T_{1W}$ 为纵向弛豫时间。一般对于水溶液里的氢交换有 $K_{SW} \propto 10^{\text{pH}-\text{p}K_w}$ ,式(2)说明了氨基类化合物的化学交换率与pH值之间的关系。

疾病早期细胞内外酸碱度的变化越来越受到人们的重视。酸碱度平衡是维持机体内环境稳态的重要组成部分之一。在正常情况下,机体各组织酸碱度处于一种动态平衡过程,只在很小的范围内波动。但在病理条件下,尤其是脑肿瘤酸碱度可能存在异常变动,因此可用它反映组织的生理、病理变化。目前尚无一种成熟的方法可实现无创地检测活体酸碱度,而CEST成像可以实现这一目的,用于早期诊断和评估脑部疾病。且肿瘤中含有丰富的游离蛋白质或多肽,早期诊断和综合评估肿瘤的范围及其与周围解剖结构的关系对于肿瘤的预后及治疗有重要意义。

## 2 研究现状

化学交换饱和和转移成像的概念来源于磁化传递成像。2000年, Ward和Balaba等人<sup>[1-2, 11]</sup>在研究小分子溶液的磁化传递现象时观察到靠近水共振频率Z谱不对称性的现象,将之命名为化学交换饱和和转移。

目前,对CEST的研究主要集中在两方面,一种是对化学交换的组织环境进行成像,包括pH、温度等;一种是对化学交换物质进行成像,包括蛋白质、多肽、多糖及脂质等。对细胞内外pH的准确无创测量及精确的空间分辨率,使CEST在pH成像方面具有特有的优势。研究表明,该化学交换速率与酸碱度之间存在明确的对应关系<sup>[12]</sup>。Zhou等<sup>[4-6, 10]</sup>利用CEST成像原理对体内微量的蛋白质、氨基酸成像,研究了高场下(4.7 T)小鼠脑卒中的APT对比及绝对pH效果图,还进行了大鼠的脑肿瘤成像。Sun等<sup>[12]</sup>于2011年进行脑梗死的磁共振pH成像,并提出了利用其测量缺血半暗带的

可能,不断地优化完善磁共振pH成像序列,并创立了适合临床使用的pH成像序列,实现了从定性测量到粗略定量测量,从单层面测量到多层面测量,从实验室到临床的初步转化<sup>[13-15]</sup>。在组织代谢测定方面,有学者进行了乳酸<sup>[16]</sup>、葡萄糖<sup>[17-18]</sup>的CEST研究。

同样是利用CEST技术,对于细胞外的pH成像需要注入成像对比剂,这种对比剂可以是机体内源性物质(如糖类、氨基酸等),也可以是外源性对比剂。在标记细胞成像方面,与对标记细胞的总体成像的Gd类、Fe类对比剂不同的是,CEST类对比剂可选择不同的共振频率对不同细胞进行CEST成像,进而使CEST技术同时标记两种或多种细胞成像成为可能<sup>[19]</sup>。Aime等<sup>[20]</sup>认为paraCEST类对比剂可以通过胞吞作用进入细胞,并使用[Yb(dotamGly)]和[Eu(dotamGly)]两种paraCEST对比剂在培养细胞的实验证实了paraCEST有标记细胞作用。

目前,CEST被应用于诸多领域的研究中,除了pH成像<sup>[4, 21]</sup>、代谢物检测<sup>[22]</sup>、蛋白质成像<sup>[5, 23]</sup>、氨基酸类检测<sup>[24]</sup>、葡萄糖类检测<sup>[25-26]</sup>、粘多糖<sup>[19, 27]</sup>、细胞标记<sup>[28]</sup>、酶的活力检测<sup>[29]</sup>及CEST基因报告<sup>[30]</sup>,还用于全新实验方法的开发和利用,如使用共振方法的WALTZ序列<sup>[31]</sup>、分子间二量子相干<sup>[32]</sup>、自旋锁定(spin-locking)<sup>[33]</sup>及频率标注交换转移(frequency-labeled exchange transfer)<sup>[34]</sup>等。

### 3 脑部CEST的应用

CEST作为当前世界范围前沿新技术,还大多处于研究阶段,临床的研究刚刚起步,并且局限于3.0 T。之所以这样,是因为实现APT成像需要两个基本条件<sup>[12]</sup>,即 $\Delta\omega \geq K$ 和 $R1 \leq K$ ,其中 $\Delta\omega$ 为酰胺质子与自由水质子的化学位移差, $K$ 为化学交换速率, $R1$ 为水质子的纵向弛豫速率。酰胺质子的共振峰位于8.3 ppm处,相对于水峰而言, $\Delta\omega$ 为3.5 ppm,则3.0 T场强下, $\Delta\omega$ 为448 Hz,且 $K$ 值范围为10~300 Hz,故3.0 T场强的磁共振上进行APT成像是符合条件的,且可以进行定量分析组织的pH值。而目前临床应用的磁共振仪大多以1.5 T场强为主,在1.5 T场强的磁场下, $\Delta\omega=224$  Hz,故只有部分满足 $\Delta\omega \geq K$ 这个条件,

故在饱和的过程中将直接影响到水峰,且信噪比相对较低。2008年,Zhou等<sup>[23]</sup>在3.0 T MR仪进行了脑肿瘤的APT成像,并指出APT成像可以很好地区分肿瘤和水肿的范围。而常规T1WI、T2WI以及DWI等方法无法得到这样的效果,且钆剂增强的T1WI只有部分血脑屏障被破坏的肿瘤区域才能看见,但对于恶性胶质瘤,10%的胶质母细胞瘤和20%~30%的间变型星形细胞瘤在钆剂增强扫描时无明显强化,无法区分肿瘤浸润范围及其边界。并且钆剂增强可能引发过敏、肾功能损害等并发症。Sun等<sup>[12, 14, 35]</sup>使用APT成像的方法在3.0 T MR设备上得到了pH值不同的组织成像,同时指出APT成像具有在急性脑梗死时对缺血脑组织的判断和指导治疗的诊断价值。另有研究报道CEST在阿尔茨海默氏病<sup>[36]</sup>的研究也有一定程度上的应用,可以显示因神经元脱失和细胞内异常蛋白增加所致的信号改变,故其有望为阿尔茨海默氏病临床诊断、病情监测及病理生理研究等方面提供重要的客观评价依据。

近年来,吴仁华等科研团队在1.5 T MR设备上进行了CEST相关的研究,指出现有的临床1.5 T磁共振扫描仪上的磁化传递序列能通过序列参数的优化和偏置频率的选取来获得能反映不同pH值的磁化传递成像,为pH值敏感的磁化传递成像在临床上的应用提供了重要的实验基础<sup>[37]</sup>。

目前CEST临床应用研究存在的问题是准确定量pH需要涉及到许多参数的优化定量,其中包括预饱和脉冲能量、时间、波形、个数等都有很大关系。还有在体内的CEST效应在高分子磁化传递竞争<sup>[38]</sup>、直接的水饱和度(溢出效应)<sup>[15, 39]</sup>和随之而来的饱和的交换或偶极耦合池(NOE效应)<sup>[40-41]</sup>。此外,这些干扰的影响强烈地依赖于磁场强度( $B_0$ )、射频辐射振幅( $B_1$ )和其他实验参数<sup>[42]</sup>。且CEST在脑部疾病的应用另有一些影响因素,包括组织的游离蛋白及多肽的含量(最主要)、水含量、pH值及温度,还有头部运动导致的CEST图像上脑表面及脑室的伪影及CEST效应很小导致的图像空间分辨率极低等。但随着研究工作的不断开展,相信CEST的应用将日趋成熟。

脑部CEST技术的研究为准确无创性地检测脑部疾病早期代谢和pH值变化,探讨脑部疾病早

期诊断和疗效监测的分子影像学新技术和新方法, 并将具有广泛的实用性和较高的应用价值的研究成果应用到临床, 为脑科学研究和临床工作提供分子学影像新工具。

#### 参考文献 [References]

- [1] Ward KM, Aletras AH, Balaban RS. A new class of contrast agents for MRI based on proton chemical exchange dependent saturation transfer (CEST). *J Magn Reson*, 2000, 143(1): 79-87.
- [2] Teng GJ, Cui Y. Research progress in molecular magnetic resonance imaging. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2014, 5(S1): 31-36.  
滕皋军, 崔莹. 磁共振分子影像学研究进展. *磁共振成像*, 2014, 5(S1): 31-36.
- [3] Zijl PCMV, Yadav NN. Chemical exchange saturation transfer (CEST): What is in a name and what isn't?. *Magn Reson Med*, 2011, 65(4): 927-948.
- [4] Zhou J, Payen JF, Wilson DA, et al. Using the amide proton signals of intracellular proteins and peptides to detect pH effects in MRI. *Nat Med*, 2003, 9(8): 1085-1090.
- [5] Zhou J, Lal B, Wilson DA, et al. Amide proton transfer (APT) contrast for imaging of brain tumors. *Magn Reson Med*, 2003, 50(6): 1120-1126.
- [6] Sun PZ, Zhou J, Sun W, et al. Detection of the ischemic penumbra using pH-weighted MRI. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2006, 27(6): 1129-1136.
- [7] Sun PZ, Wang E, Cheung JS. Imaging acute ischemic tissue acidosis with pH-sensitive endogenous amide proton transfer (APT) MRI-Correction of tissue relaxation and concomitant RF irradiation effects toward mapping quantitative cerebral tissue pH. *Neuroimage*, 2012, 60(1): 1-6.
- [8] Jia G, Abaza R, Williams JD, et al. Amide proton transfer MR imaging of prostate cancer: A preliminary study. *J Magn Reson Imaging*, 2011, 33(3): 647-654.
- [9] Wang S, Jarso S, Van Zijl PC, et al. Role of amide proton transfer (APT)-MRI of endogenous proteins and peptides in brain tumor imaging. *Functional Brain Tumor Imaging*. Springer, 2014: 171-181.
- [10] Mori S, Eleff SM, Pilatus U, et al. Proton NMR spectroscopy of solvent-saturable resonances: A new approach to study pH effects in Situ. *Magn Reson Med*, 1998, 40(1): 36-42.
- [11] Wolff SD, Balaban RS. NMR imaging of labile proton exchange. *J Magn Reson*, 1990, 86(1): 164-169.
- [12] Sun PZ, Wang E, Cheung JS, et al. Simulation and optimization of pulsed radio frequency (RF) irradiation scheme for chemical exchange saturation transfer(CEST) MRI-demonstration of pH-weighted pulsed-amide proton CEST MRI in an animal model of acute cerebral ischemia. *Magn Reson Med*, 2011, 66(4): 1042-1048.
- [13] Sun PZ, Zhou J, Huang J, et al. Simplified quantitative description of amide proton transfer (APT) imaging during acute ischemia. *Magn Reson Med*, 2007, 57(2): 405-410.
- [14] Sun PZ, Murata Y, Lu J, et al. Relaxation-compensated fast multislice amide proton transfer (APT) imaging of acute ischemic stroke. *Magn Reson Med*, 2008, 59(5): 1175-1182.
- [15] Sun PZ, Sorensen AG. Imaging pH using the chemical exchange saturation transfer (CEST)MRI: Correction of concomitant RF irradiation effects to quantify CEST MRI for chemical exchange rate and pH. *Magn Reson Med*, 2008, 60(2): 390-397.
- [16] Aime S, Delli CD, Fedeli F, et al. A paramagnetic MRI-CEST agent responsive to lactate concentration. *J Am Chem Soc*, 2002, 124(32): 9364-9365.
- [17] Zhang S, Winter P, Wu K, et al. A novel europium (III)-based MRI contrast agent. *J Am Chem Soc*, 2001, 123(7): 1517-1518.
- [18] Ren J, Trokowski R, Zhang S, et al. Imaging the tissue distribution of glucose in livers using a paracest sensor. *Magn Reson Med*, 2008, 60(5): 1047-1055.
- [19] Gilad AA, Van Laarhoven HW, McMahon MT, et al. Feasibility of concurrent dual contrast enhancement using CEST contrast agents and superparamagnetic iron oxide particles. *Magn Reson Med*, 2009, 61(4): 970-974.
- [20] Aime S, Barge A, Delli Castelli D, et al. Paramagnetic Lanthanide(III) complexes as pH-sensitive chemical exchange saturation transfer (CEST) contrast agents for MRI applications. *Magn Reson Med*, 2002, 47(4): 639-648.
- [21] Ward K, Balaban R. Determination of pH using water protons and chemical exchange dependent saturation transfer (CEST). *Magn Reson Med*, 2000, 44(5): 799-802.
- [22] Dagher AP, Aletras A, Choyke P, et al. Imaging of urea using chemical exchange-dependent saturation transfer at 1.5 T. *J Magn Reson Imaging*, 2000, 12(5): 745-748.
- [23] Zhou J, Blakeley JO, Hua J, et al. Practical data acquisition method for human brain tumor amide proton transfer (APT) imaging. *Magn Reson Med*, 2008, 60(4): 842-849.
- [24] Cai K, Haris M, Singh A, et al. Magnetic resonance imaging of glutamate. *Nat Med*, 2012, 18(2): 302-306.
- [25] Zhang S, Trokowski R, Sherry AD. A paramagnetic CEST agent for imaging glucose by MRI. *J Am Chem Soc*, 2003, 125(50): 15288-15289.
- [26] Van Zijl PC, Jones CK, Ren J, et al. MRI detection of glycogen in vivo by using chemical exchange saturation transfer imaging (glycoCEST). *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2007, 104(11): 4359-4364.
- [27] Ling W, Regatte RR, Navon G, et al. Assessment of glycosaminoglycan concentration in vivo by chemical exchange-dependent saturation transfer (gagCEST). *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2008, 105(7): 2266-2270.
- [28] Aime S, Barge A, Cabella C, et al. Targeting cells with MR imaging probes based on paramagnetic Gd (III) chelates. *Current pharmaceutical biotechnology*, 2004, 5(6): 509-518.
- [29] Yoo B, Pagel MD. A PARACEST MRI contrast agent to detect enzyme activity. *J Am Chem Soc*, 2006, 128(43): 14032-14033.
- [30] Gilad AA, McMahon MT, Walczak P, et al. Artificial reporter gene providing MRI contrast based on proton exchange. *Nature biotechnology*, 2007, 25(2): 217-219.
- [31] Vinogradov E, Zhang S, Lubag A, et al. On-resonance low B1 pulses for imaging of the effects of paracest agents. *J Magn Reson*, 2005, 176(1): 54-63.
- [32] Zhang S, Zhu X, Chen Z, et al. Improvement in the contrast of CEST MRI via intermolecular double quantum coherences. *Phys Med Biol*, 2008, 53(14): 287-296.

- [33] Jin T, Autio J, Obata T, et al. Spin-locking versus chemical exchange saturation transfer MRI for investigating chemical exchange process between water and labile metabolite protons. *Magn Reson Med*, 2011, 65(5): 1448-1460.
- [34] Friedman JI, McMahon MT, Stivers JT, et al. Indirect detection of labile solute proton spectra via the water signal using frequency-labeled exchange (FLEX) transfer. *J Am Chem Soc*, 2010, 132(6): 1813-1815.
- [35] Sun PZ, Benner T, Kumar A, et al. Investigation of optimizing and translating pH-sensitive pulsed-chemical exchange saturation transfer (CEST) imaging to a 3T clinical scanner. *Magn Reson Med*, 2008, 60(4): 834-841.
- [36] Haris M, Singh A, Cai K, et al. MICEST: a potential tool for non-invasive detection of molecular changes in Alzheimer's disease. *J Neurosci Methods*, 2013, 212(1): 87-93.
- [37] Wei MB, Shen ZW, Xiao G, et al. Study of magnetic resonance imaging at 1.5 Tesla based on pH-sensitive magnetization transfer technology. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2012, 3(1): 40-43.
- 韦茂彬, 沈智威, 肖刚, 等. 基于pH值敏感的磁化传递技术在1.5 T磁共振成像上的研究. *磁共振成像*, 2012, 3(1): 40-43.
- [38] Henkelman RM, Stanisz GJ, Graham SJ. Magnetization transfer in MRI: a review. *NMR Biomed*, 2001, 14(2): 57-64.
- [39] Mulhern RV, Williams ML. The general solution to the Bloch equation with constant rf and relaxation terms: application to saturation and slice selection. *Med Phys*, 1993, 20(1): 5-13.
- [40] Jin T, Wang P, Zong X, et al. MR imaging of the amide-proton transfer effect and the pH-insensitive nuclear Overhauser effect at 9.4 T. *Magn Reson Med*, 2013, 69(3): 760-770.
- [41] Liu D, Zhou J, Xue R, et al. Quantitative characterization of nuclear overhauser enhancement and amide proton transfer effects in the human brain at 7 tesla. *Magn Reson Med*, 2013, 70(4): 1070-1081.
- [42] Liu G, Song X, Chan KW, et al. Nuts and bolts of chemical exchange saturation transfer MRI. *NMR Biomed*, 2013, 26(7): 810-828.

## 资讯 Information

### 如何在《磁共振成像》杂志快速发表优秀稿件

《磁共振成像》杂志自2015年1月由双月刊变更为月刊以来,增加了刊发论文数量、缩短了刊发周期,发表了大量有很高学术价值和临床应用价值的高水平论文。

在戴建平主编领导和广大编委、审稿专家和作者的共同努力下,2015年《磁共振成像》杂志被评为中国科学引文数据库(CSCD)2015-2016年度来源期刊、中国科技核心期刊、中国科技论文统计源期刊、RCCSE中国核心学术期刊(A)(中国科学评价研究中心颁发),并获得“2015年度中国医药卫生媒体最佳实践创新奖”。中国科学院文献情报中心2015年9月9日发布的“2015卷中国科学计量指标:期刊引证报告”20种特种医学期刊中,《磁共振成像》杂志影响因子0.9684排名第一,基金论文比0.575居特种医学第一位。2015年10月21日中国科技信息研究所发布的“2015年版中国科技核心期刊引证报告(核心版)”显示,《磁共振成像》杂志核心期刊影响因子0.828,在临床诊断类期刊中位列前茅;影响因子在放射影像类期刊排名第五,基金论文比排名第一,海外论文比排名第一。

自创刊以来,《磁共振成像》杂志在海外顾问和编委的支持下,海外论文比在医学影像类期刊中排名一直是第一名,被世界六大检索系统之一——美国《化学文摘》(CA)以及美国《剑桥科学文摘(自然科学)》(CSA)、美国《乌利希国际期刊指南》、波兰《哥白尼索引》(IC)等数据库持续收录,相对来说具有较高国际影响力。

有的作者因为不了解《磁共振成像》杂志的稿件处理流程和原则,因为自身原因延迟了发表时间。为进一步提高我刊学术质量,吸收优秀、高质量的稿件和缩短优质稿件的刊发周期,在此向大家介绍一下延迟发表的常见问题和编辑部优先处理稿件原则,简称“双12注意”。

(下转264页)