

◆ 中枢神经影像学

Application of phase-contrast MRI in patients with Chiari malformation type I with syringomyelia

LU Xiaofei, SHU Jian, YANG Shugen*, FU Jiaqing

(Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the changes of cerebrospinal fluid dynamics of Chiari malformation type I associated syringomyelia patients with phase-contrast MRI (PC-MRI). **Methods** Thirty cases diagnosed with Chiari malformation type I associated with syringomyelia clinically underwent cisterna plasty treatment. Cerebrospinal fluid dynamics changes were measured before 24 h and 6 months after operation with PC-MRI. The stroke volume (SV), mean flow (MF), regurgitation fractions (RF) and the maximum peak flow velocity ($V_{\max}$) were analyzed. **Results** After operation, PC-MRI showed SV and MF increased, the bidirectional $V_{\max}$ decreased, which had statistical difference compared with those of pre-operation (all $P < 0.05$), and the C_{2-3} level was the most obvious. **Conclusion** PC-MRI can quantitative analysis of preoperative and postoperative changes of cerebrospinal fluid flow and peak velocity.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Chiari malformation; Cerebrospinal fluid; Phase-contrast

DOI: 10.13929/j.1003-3289.201609145

PC-MRI 在 I 型 Chiari 畸形伴脊髓空洞症患者
枕大池成形术中的应用

陆笑非, 舒建, 杨述根*, 傅家庆

(西南医科大学附属医院放射科, 四川 泸州 646000)

[摘要] **目的** 采用磁共振相位对比电影成像技术(PC-MRI)探讨 Chiari 畸形 I 型伴脊髓空洞症患者枕大池成形术前脑脊液动力学的变化。**方法** 选取 Chiari 畸形 I 型伴脊髓空洞症患者 30 例, 均行枕大池成形术治疗。采用 PC-MRI 对所有患者术前 24 h 及术后 6 个月行脑脊液动力学检测, 定量分析其每搏输出量(SV)、平均流量(MF)、反流分数(RF)和最大峰值流速($V_{\max}$)。**结果** PC-MRI 显示患者术后脑脊液 SV、MF 增加, 双向 $V_{\max}$ 减小, 与术前比较差异均有统计学意义(P 均 < 0.05), 以 C_{2-3} 椎间盘层面最为明显。**结论** PC-MRI 可定量分析 Chiari 畸形手术前后脑脊液动力学变化。

[关键词] 磁共振成像; Chiari 畸形; 脑脊液; 相位对比

[中图分类号] R742; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2017)05-0688-05

近年来, 与 Chiari 畸形有关的脑脊液流体力学的检查包括: 颅内压检测、核素脑池造影、磁共振相位对比电影成像(phase-contrast magnetic resonance image, PC-MRI)以及体外模拟脑脊液流体力学模型, 其中 PC-MRI 和其流动分析软件的应用因具有无创性

及对慢速流体的敏感性, 且可定性和定量测定脑脊液流体力学相关参数而被广泛使用^[1-3]。本研究对 I 型 Chiari 畸形伴脊髓空洞症的患者行脑脊液的影像学检查, 并分析手术前后脑脊液流量、流速等参数的变化, 为临床手术方案的完善和术后疗效的评价提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2013 年 1 月—2014 年 12 月我院因 Chiari 畸形 I 型伴脊髓空洞症就诊的患者 30 例, 男 14 例, 女 16 例, 年龄 18~65 岁, 平均 (43.4 ± 2.6) 岁。主要临床症状为肢体麻木、无力、头痛、饮水呛咳、

[第一作者] 陆笑非(1984—), 男, 四川泸州人, 本科, 技师。研究方向: 医学影像技术。E-mail: 772925110@qq.com

[通信作者] 杨述根, 西南医科大学附属医院放射科, 646000。

E-mail: MRIYSG@126.com

[收稿日期] 2016-09-29 **[修回日期]** 2017-03-21

行走不稳等,病程 2 个月~10 年,平均 (2.4 ± 0.7) 年。所有患者均经 MRI 确诊,纳入标准为 MRI 矢状位见小脑扁桃体下疝超过枕骨大孔平面 >3 mm 并伴脊髓空洞形成。小脑扁桃体下疝深度为 3~16 mm,平均 (8.5 ± 0.4) mm。排除心律失常、扁平颅底、颅底凹陷、寰枢椎脱位患者。对所有患者均行枕大池成形术(后颅窝减压+小脑扁桃体切除+枕大池硬膜成形),术前 24 h 及术后 6 个月行 PC-MRI 检查。

1.2 仪器与方法 采用 Philips Achieva 3.0T 超导型 MR 机,行常规头颈部 T1WI、T2WI 矢状位扫描以确定病变范围。后在外周脉搏门控下行 PC-MRI 正中矢状位扫描(冠状位定位,平行于大脑纵裂的 4 脑室正中层面对用于观察脑脊液流动的动态变化,TR 21 ms,TE 8 ms,层厚 1 mm,翻转角 10° ,矩阵 256×128 ,流速编码 5 cm/s;轴位扫描用于测量脑脊液流速,选取中脑导水管、桥脑延髓池和 C_{2-3} 椎间盘的中心层面;扫描线选择在可见脑脊液流动信号且与其方向垂直的位置,TR 11 ms,TE 7 ms,层厚 1 mm,翻转角 15° ,矩阵 256×128 ,流速编码 15 cm/s。

1.3 图像分析 将所有图像传至 Philips Workspace 2.63 工作站,使用 Q-flow 软件进行脑脊液流体力学分析,因蛛网膜下腔及椎管内的解剖结构复杂,影响脑脊液流动的因素较多,为反映脑脊液整体的流动情况和包含较多的脑脊液信号区段,ROI 分别置于 3 个不同层面的脑脊液流动区域(图 1)。①中脑导水管层面:中脑导水管中心;②桥脑延髓池层面:脑干前方的蛛网膜下腔;③颈椎间盘层面: C_{2-3} 椎间盘脊髓旁左侧近椎间孔区。在 1 个心动周期内每个层面采集重建的相位数为 12,获得与心脏舒缩相关的不同信号脑脊液双向流动图,高信号为正值,表示足向头侧运动(头向),低信号为负值,表示头向足侧运动(足向),信号强弱代表流速。定量分析指标包括:①每搏输出量(stroke volume, SV),向头侧和足侧之间流量的绝对值

差别;②平均流量(mean flux, MF),1 个心动周期流经 ROI 的脑脊液平均流量;③反流分数(regurgitant fraction, RF),头足向流动的比例分数;④最大峰值流速(V_{max}),分为头向 V_{umax} 和足向 V_{dmax} 。由 2 名具有 5 年以上神经放射学工作经验的医师共同分析、观察图像并测量数据,并最终达成一致意见。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计分析软件,所有计量资料均符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,手术前后各测量值的比较采用配对样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

30 例患者术后 6 个月无神经功能恶化或死亡,24 例症状不同程度好转,6 例自觉症状未见明显变化;常规 MRI 示 24 例脊髓空洞显著缩小,4 例脊髓空洞稍有缩小,2 例脊髓空洞未见明显改变;术后所有患者枕大池成形良好,小脑下疝堵塞情况减轻,4 脑室出口通畅,蛛网膜下腔的脑脊液与术前相比增多(图 2)。

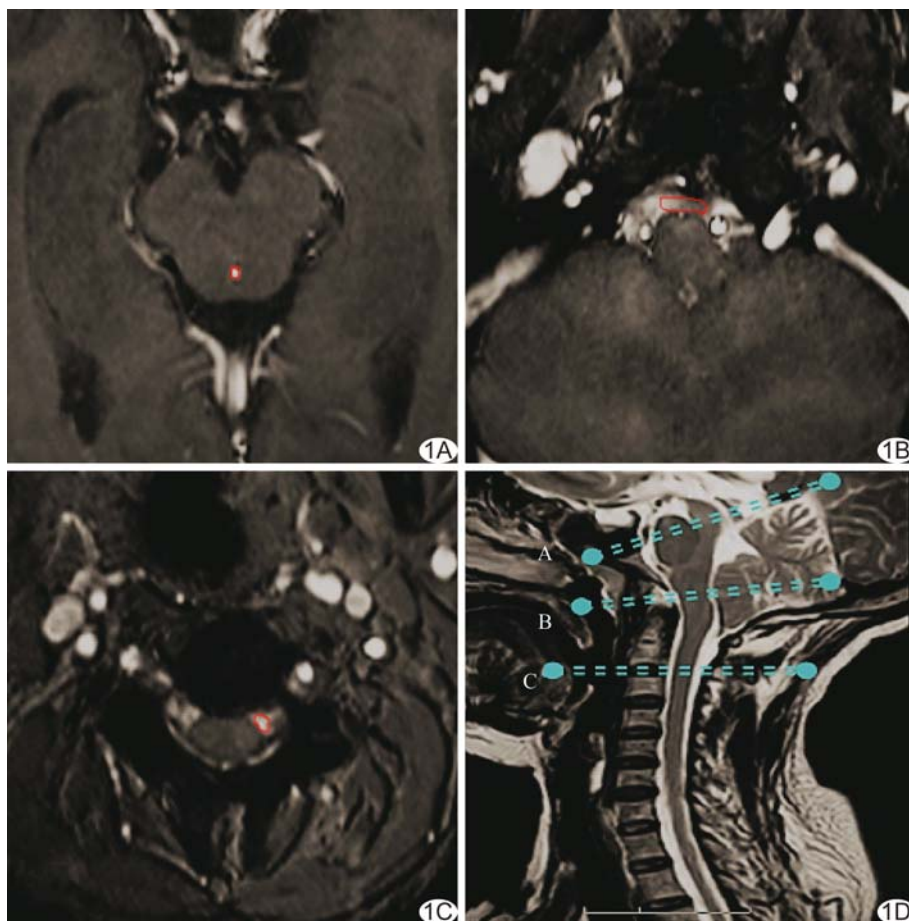


图 1 ROI 的放置图 ROI 放置于中脑导水管(A)、桥脑延髓池(B)和 C_{2-3} 椎间盘左侧近椎间孔区(C);D 图为轴位扫描中脑导水管(A)、桥脑延髓池(B)、 C_{2-3} 椎间盘(C)所选位置

表 1 患者术前 24 h 及术后 6 个月各测量层面脑脊液的定量参数($\bar{x} \pm s$)

测量层面	SV(ml)	MF(ml/s)	RF(%)	V _{umax} (cm/s)	V _{dmax} (cm/s)
中脑导水管					
术前 24 h	0.02±0.01	0.02±0.01	73.25±14.57	7.99±2.41	5.09±1.84
术后 6 个月	0.04±0.01	0.04±0.01	79.77±17.21	5.66±1.67	3.25±1.16
t 值	-3.573	-3.615	-1.305	2.521	2.673
P 值	0.001	0.001	0.210	0.020	0.016
桥延池					
术前 24 h	0.04±0.01	0.05±0.00	85.34±12.45	9.49±1.95	6.84±3.03
术后 6 个月	0.06±0.00	0.07±0.00	81.39±14.28	5.87±2.41	3.77±1.52
t 值	-3.306	-2.972	0.852	3.683	2.862
P 值	0.002	0.010	0.380	0.002	0.010
C _{2~3} 椎间盘					
术前 24 h	0.01±0.00	0.02±0.01	77.74±15.29	7.33±2.13	4.19±1.21
术后 6 个月	0.03±0.00	0.03±0.00	75.57±13.39	4.13±1.14	2.51±0.78
t 值	-3.645	-3.558	0.675	4.355	3.748
P 值	0.001	0.001	0.510	0.001	0.001

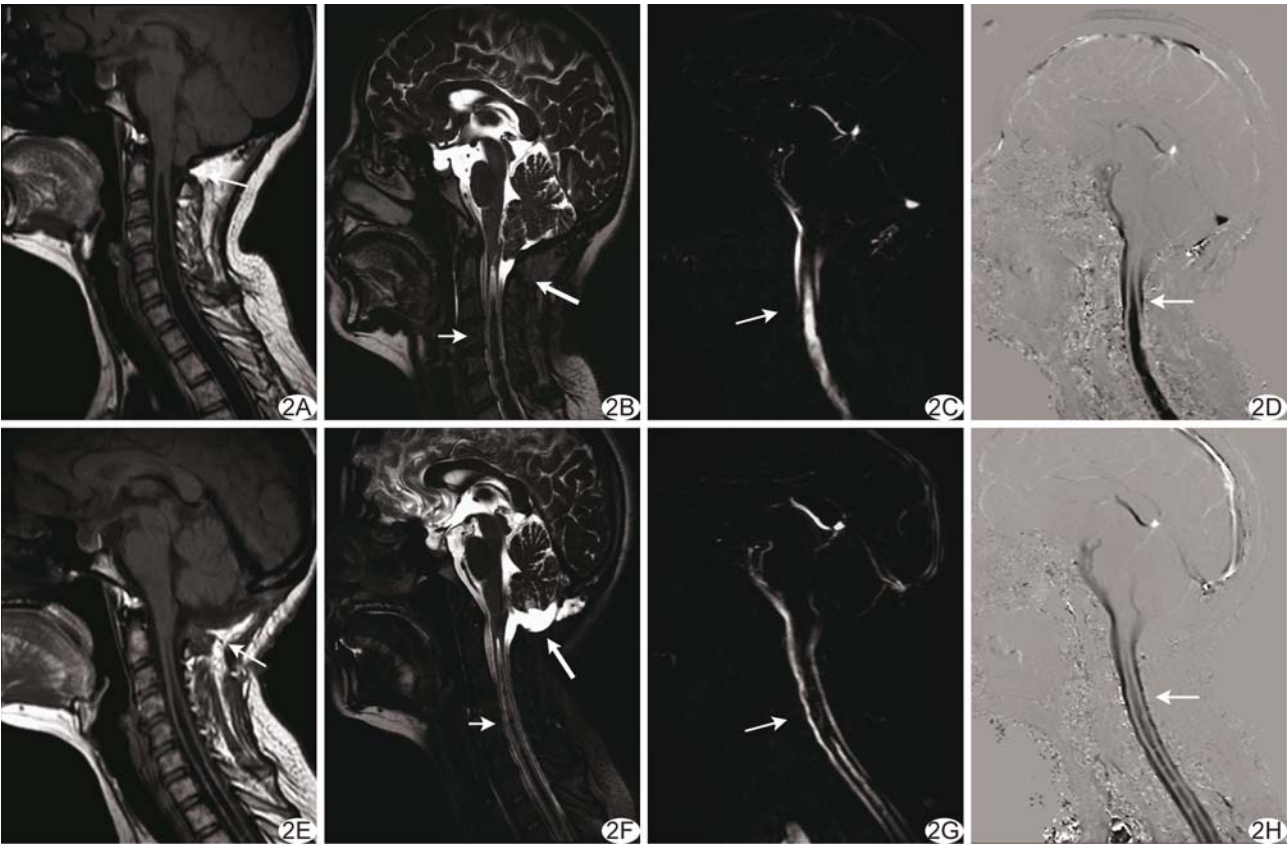


图 2 患者女,42 岁,手术前后跟踪随访 MRI 影像表现 A、B. 术前患者枕大池消失(细箭),小脑扁桃体下疝堵塞脑脊液(粗箭),形成脊髓空洞(短箭); C、D. 术前 PC-MRI 示仅脊髓前方见少许脑脊液信号(箭); E、F. 术后 6 个月随访,可见枕大池成形(细箭),脑干受压解除(粗箭),脊髓空洞(短箭)较术前明显缩小; G、H. 术后 PC-MRI 示脊髓前后方脑脊液流动信号明显增加(箭)

患者术前 24 h 及术后 6 个月脑脊液定量指标分析见表 1。3 个测量层面的 SV 和 MF 较术前均有增加,V_{umax} 和 V_{dmax} 均明显减缓,尤其 C_{2~3} 椎间盘层面较

为明显。手术前后各测量层面 SV、MF、V_{umax} 和 V_{dmax} 的差异均有统计学意义(P 均<0.05),而 RF 差异无统计学意义(P>0.05)。

3 讨论

3.1 PC-MRI 对 Chiari 畸形患者脑脊液流体力学研究进展 脑脊液存在于人的颅腔和椎管内,具有持续流动性,其正常循环流动是发挥人体生理功能的前提条件之一。Chiari 畸形是一种由小脑扁桃体下疝引起的一系列神经功能障碍的先天性头颈交界区畸形,其发生发展机制尚不完全清楚,可能与遗传性疾病、后颅窝发育畸形、脊髓栓系等多种因素有关^[4]。

近年来,随着 MRI 新技术和后处理软件的发展和应用,PC-MRI 因其无创、多参数成像和对慢速流动敏感的特点,为无创性研究脑脊液流动提供了新的方法。因小脑扁桃体下疝阻塞枕骨大孔,对脑脊液的流动性影响很大,通过 PC-MRI 测定枕大孔和颈椎内脑脊液流向、流速、波形的流体力学参数,其病理生理改变、临床症状和脑脊液动力学的改变密切相关,尤其对于合并脊髓空洞症的患者^[5]。目前 Chiari 畸形伴脊髓空洞症形成机制及临床症状的发生有多种假说,Oldfield 脑脊液渗入学说被广泛认可^[6],认为脊髓蛛网膜下腔的狭窄与梗阻缩短了蛛网膜下腔的有效长度,减少了脊髓蛛网膜下腔对压力梯度的缓解能力,压力成为推动脑脊液沿脊髓表面微血管间隙进入中央管形成空洞的动力;具体机制可能与脑脊液压力缓解机制被削弱后,引起脑脊液流速剖面的不平衡有关;空洞形成后,这种压力梯度又推动空洞扩大^[7],在枕骨大孔区该压力梯度的异常已经被得到证实^[8]。

本研究结果也支持以上 Oldfield 理论,主要原因有:①试验对象均存在不同程度脊髓蛛网膜下腔狭窄及枕大池未成形。颅内尤其是枕骨大孔区及高位脊髓蛛网膜下腔脑脊液流速及流量异常多数脑脊液流速增快,流量却减少^[9]。推测与脊髓蛛网膜下腔梗阻与狭窄有关,呈“管道效应”,由于脑搏动能几乎固定,为泵出相同体积的脑脊液,当出口狭窄时,呈喷射样流动,流速必然增快;但当出口狭窄到一定程度后脑脊液流动又减慢甚至停止,造成脑积水^[10]。②脊髓空洞为脑脊液流动异常导致的继发性病理生理改变,严重患者脊髓空洞内液体随心脏搏动与脊髓蛛网膜下腔脑脊液信号同步改变,证实空洞腔与脊髓蛛网膜下腔相通,但未明确见瘘口(脊髓中央管未见开放)。

3.2 PC-MRI 对 Chiari 畸形手术患者的临床意义

I 型 Chiari 畸形特征性改变是小脑扁桃体下缘疝入椎管内,但有研究^[11-13]发现其病理生理改变和临床症状与小脑扁桃体下疝的程度无明显相关性,而与阻塞导致的脑脊液动力学改变密切相关。目前,手术是唯一

一有效的治疗方式,目的是解除枕大孔区梗阻,恢复脑脊液正常循环,进而恢复脑、脊髓功能。本研究对比 I 型 Chiari 畸形患者手术前后的脑脊液定量分析结果提示,由于枕大池成形术解除了脑干的骨性束缚和因下疝导致的硬膜压迫,改善了脑脊液循环通路;患者脑脊液流体力学向正常状态恢复,蛛网膜下腔通畅,枕大池成形良好,4 脑室出口显示清楚,脊髓空洞也明显缩小。术前脑脊液的流量减少、流速加快,呈喷射样流动,而术后流量增加、流速降低,尤其是 C₂₋₃ 椎间盘层面流速降低明显,使脑脊液流动较术前更通畅;而患者脊髓空洞的改变也与 Linge 等^[14]的研究相符合,其认为 C₂₋₃ 及 C₃₋₄ 层面脑脊液压力梯度差距最大,推测是形成脊髓空洞的主要原因,与临床常见脊髓空洞患者多位于此相段符合;枕大池成形术解除了患者脊髓蛛网膜下腔梗阻,增加了蛛网膜下腔有效长度,重建枕大池及附近区域的脑脊液流动,恢复了脑脊液压力梯度缓解机制,从而可阻止空洞的继续发展甚至缩小。且患者术后 PC-MRI 的各项参数指标变化,均与临床症状改善同步,提示 PC-MRI 参数可作为术后评估预后的判断指标。

总之,通过 PC-MRI 对 I 型 Chiari 畸形患者手术前后脑脊液流体力学变化的定量分析,发现 I 型 Chiari 畸形合并脊髓空洞的主要病因是由于枕大孔区存在不全梗阻,导致脑脊液的循环异常,也是脊髓空洞发生和进展的主要因素;当手术解除枕大孔区的梗阻,使脑脊液流动恢复后,患者病理症状和体征得以改善。

[参考文献]

- [1] 尚华,刘怀军,闫乐卡,等. MR 电影相位对比成像定量研究不同年龄颈椎管内脑脊液运动. 中国医学影像技术, 2011, 27(3): 491-494.
- [2] 唐耀洲,李松柏. 磁共振相位对比法测量技术的基本原理及临床应用. 中国临床影像学杂志, 2013, 2(4): 267-270.
- [3] 裴新龙,韩鸿宾,刘彬. Chiari I 畸形合并脊髓空洞病人脑脊液动力学 MRI 定量研究. 中国医学影像技术, 2004, 20(7): 985-988.
- [4] 邓晓峰,吴量,杨辰龙. Chiari I 畸形研究进展. 国际神经病学神经外科学杂志, 2012, 39(5): 431-434.
- [5] Clarke EC, Fletcher DF, Stoodley MA, et al. Computational fluid dynamics modelling of cerebrospinal fluid pressure in Chiari malformation and syringomyelia. J Biomech, 2013, 46(11): 1801-1809.
- [6] Oldfield EH, Muraszko K, Shawker TH, et al. Pathophysiology of syringomyelia associate with Chiari I malformation of the cerebellar tonsils: Implications for diagnosis and treatment. J Neurosurg, 1994, 80(1): 3-15.

- [7] Heiss JD, Snyder K, Peterson MM, et al. Pathophysiology of primary spinal syringomyelia. J Neurosurg Spine, 2012, 17(5):367-380.
- [8] Matsumae M, Hirayama A, Atsumi H, et al. Velocity and pressure gradients of cerebrospinal fluid assessed with magnetic resonance imaging. J Neurosurg, 2014, 120(1):218-227.
- [9] Bunck AC, Kroeger JR, Juettner A, et al. Magnetic resonance 4D flow analysis of cerebrospinal fluid dynamics in Chiari I malformation with and without syringomyelia. EurRadiol, 2012, 22(9):1860-1870.
- [10] Zakaria R, Kandasamy J, Khan Y, et al. Raised intracranial pressure and hydrocephalus following hindbrain decompression for Chiari I malformation: A case series and review of the literature. Br J Neurosurg, 2012, 26(4):476-481.
- [11] McGirt MJ, Nimjee SM, Fuchs HE, et al. Relationship of cine phase-contrast MRI to outcome after decompression for Chiari I malformation. Neurosurgery, 2006, 59(1):140-146.
- [12] Meadows J, Kraut M, Guarnieri M, et al. Asymptomatic Chiari type I malformations identified on magnetic resonance imaging. J Neurosurg, 2000, 92(6):920-926.
- [13] 王楠, 蔡媛媛, 赵刚. Chiari I 畸形的脑脊液动力学研究. 中国微侵袭神经外科杂志, 2016, 21(9):430-432.
- [14] Linge SO, Mardal KA, Helgeland A, et al. Effect of craniocervical decompression on CSF dynamics in Chiari malformation type I studied with computational fluid dynamics: Laboratory investigation. J Neurosurg Spine, 2014, 21(4):559-564.

《中国医学影像技术》杂志 2017 年征订启事

《中国医学影像技术》杂志于 1985 年创刊,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。刊号:ISSN 1003-3289, CN 11-1881/R。曾获百种中国杰出学术期刊,现为中国精品科技期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库核心期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、荷兰《医学文摘》收录源期刊、英国《科学文摘》收录源期刊、俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊、WHO《西太平洋区医学索引》(WPRIM)来源期刊、《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊。

《中国医学影像技术》杂志是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探索和学术交流的良好平台。

《中国医学影像技术》为月刊,160 页,大 16 开本,彩色印刷。单价 20 元,全年定价 240 元。订户可随时向当地邮局订阅,邮发代号 82-509;亦可向编辑部直接订阅,免邮寄费(欢迎通过银行转账,附言栏请注明订阅杂志名称)。

联系电话:010-82547903 传真:010-82547903

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

编辑部地址:北京市海淀区北四环西路 21 号大猷楼 502 室 邮编:100190

银行账户名:《中国医学影像技术》期刊社 账号:110907929010201

开户行:招商银行北京分行清华园支行 联系人:田苗

