

论 著

Cine PC-MRI技术在Arnold-Chiari畸形手术疗效评估中的应用*

韩向前¹ 王文学² 王远成³
李长城¹ 李春阳¹ 王建伟²
苗重昌¹ 孙 毅¹ 徐开喜¹
张名忠^{1,*}

- 1.连云港市东方医院影像科
(江苏 连云港 222000)
2.连云港市东方医院神经外科
(江苏 连云港 222000)
3.东南大学中大医院影像科
(江苏 南京 210009)

【摘要】目的 探讨相位对比电影-磁共振成像(Cine PC-MRI)技术在小脑扁桃体下疝(Arnold-Chiari)畸形手术疗效评估中的应用。方法 选取2018年8月—2022年9月期间多中心收集的65例行Arnold-Chiari畸形手术治疗的患者作为研究对象。术后均随访6个月。比较患者术前、术后6个月的预后、生活质量、寰齿间距(ADI)值、脊髓空洞直径、后颅窝斜坡长度、枕骨大孔横径、后颅窝高径长度及脑脊液流速,随访期间的并发症情况。结果 术后6个月,患者芝加哥Chiari结果量表(CCOS)评分及健康相关生活质量评分(HRQoL)高于术前($P<0.05$);随访期间,有3例进行枕大池重建术的患者伤口发生脑脊液漏,给予腰大池引流,7d后伤口愈合良好。术后6个月,患者寰齿间距(ADI)值及脊髓空洞直径低于术前;后颅窝斜坡长度及后颅窝高径长度长于术前;桥脑延髓池层面、中脑导水管层面及颈椎间盘层面的每搏输出量(SV)、平均流量(MF)均高于术前;头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})均低于术前($P<0.05$)。结论 Arnold-Chiari畸形患者经外科手术手术治疗可有效改善预后并提高生活质量,但行枕大池重建术时要注意防范脑脊液漏的发生,而Cine PC-MRI技术可为Arnold-Chiari畸形患者手术治疗疗效评估提供有效依据。

【关键词】小脑扁桃体下疝畸形;
相位对比电影-磁共振成像;手术
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】南京医科大学康达学院科研发展
基金项目(KD2022KYJJZD151)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.09.009

Application of Cine PC-MRI Technology in Evaluating the Efficacy of Arnold Chiari Malformation Surgery*

HAN Xiang-qian¹, WANG Wen-xue², WANG Yuan-cheng³, LI Chang-cheng¹, LI Chun-yang¹,
WANG Jian-wei², MIAO Chong-chang¹, SUN Yi¹, XU Kai-xi¹, ZHANG Ming-zhong^{1,*}.

- 1.Department of Imaging, Lianyungang Municipal Oriental Hospital, Lianyungang 222000, Jiangsu Province, China
2.Department of Neurosurgery, Lianyungang Municipal Oriental Hospital, Lianyungang 222000, Jiangsu Province, China
3.Department of Imaging, Zhongda Hospital, Southeast University, Nanjing 210009, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application of Cine PC MRI technology in the evaluation of surgical efficacy for cerebellar tonsil hernia (Arnold Chiari) malformation. **Methods** 65 patients with Arnold Chiari malformation undergoing surgical treatment collected from multiple centers from August 2018 to September 2022 .were selected as the research subjects. All patients were followed up for 6 months after surgery. The prognosis, quality of life, atlantodontoid distance (ADI) value, diameter of spinal cord cavity, posterior fossa slope length, transverse diameter of foramen magnum, length of posterior fossa height, and cerebrospinal fluid flow of patients before and 6 months after surgery, and investigate the complications during the follow-up period were compared. **Results** 6 months after surgery, the scores of chicago chiari outcome scale (CCOS) and health related quality of life (HRQoL) of the patient were higher than before surgery ($P<0.05$); During the follow-up period, there were 3 patients who underwent reconstruction of the occipital cistern who experienced cerebrospinal fluid leakage from their wounds and were treated with lumbar cistern drainage. After 7 d , the wounds healed well. 6 months after surgery, the value of atlantodontoid distance (ADI) and spinal cord cavity diameter of patient were lower than before surgery; The length of the posterior fossa slope and the height diameter of the posterior fossa were longer than before surgery; The stroke output (SV) and mean flow rate (MF) at the level of pontomedullary cistern, the level of midbrain aqueduct, and the level of cervical disc were all higher than before surgery; The peak head flow velocity (V_{umax}) and foot peak flow velocity (V_{dmax}) were lower than before surgery ($P<0.05$). **Conclusion** Surgical treatment for Arnold Chiari malformation patients could effectively improve prognosis and improve quality of life. However, attention should be paid to preventing cerebrospinal fluid leakage during occipital cistern reconstruction surgery, and Cine PC-MRI technology could provide an effective basis for evaluating the surgical treatment efficacy of Arnold Chiari malformation patients.

Keywords: Cerebellar Tonsil Hernia Malformation; Phase Contrast Cine Magnetic Resonance Imaging; Surgery

据报道^[1]显示,小脑扁桃体下疝(Arnold-Chiari)的发病率为0.24%~3.60%。有研究^[2]认为,Arnold-Chiari畸形的临床症状主要与后脑的脑脊液梗阻有关,而目前临床治疗中手术方案的选择多依赖于临床医生的主观经验。相位对比电影-磁共振成像(Cine PC-MRI)技术是一种流体定量技术,具有无创的优点,可对脑脊液进行直观了解,有助于掌握患者病理及生理状态,可为脑脊液循环流体力学的研究提供有效支持^[3-4]。但目前关于Arnold-Chiari畸形手术中采用Cine PC-MRI技术评估疗效的研究仍较少,基于此,本研究将行Arnold-Chiari畸形手术治疗的患者选为研究对象,旨在为临床有效评估Arnold-Chiari畸形手术效果提供依据及参考,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年8月至2022年9月期间多中心收集的65例行Arnold-Chiari畸形手术治疗的患者作为研究对象。其中男、女分别为27例、38例;病程4~7年,平均(5.65±0.87)年;年龄25~66岁,平均(35.43±2.78)岁。连云港市东方医院医学研究伦理委员会已对本研究试验设计进行审核,并准许本试验。

1.2 纳入、排除及剔除标准 纳入标准: Arnold-Chiari畸形的诊断符合《外科学》^[5]中的相关内容者;小脑扁桃体下疝达≥5 mm者;在本院进行外科手术治疗者;颈部能够在磁共振成像(MRI)的颈椎线圈内弯曲和伸展;对本研究知情同意者等。排除标准: 不稳定或无法自愿弯曲或伸展脖子者;头部或颈部的硬件与MRI成像不兼容者;需采取镇静措施而可能导致气道受损者;既往有可能导致脑脊液动态改变的神经系统疾病史或头部外伤史者等。剔除标准: 同时参与其他试验研究者。

1.3 检查方法 所有患者均于术前、术后6个月进行Cine PC-MRI技术检查,采用美国GE公司提供的3.0 T GE超导型磁共振机进行检查。头颈部MRI扫描: 含矢状位自旋回波(SE)序列T₂加权成像(T₂WI)、T₁加权成像(T₁WI)及轴位T₂WI、T₁WI扫描,扫描参数: 轴位图像用于脑脊液流速的测定,并设定重复时间(TR, 38~50 ms)(依据患者心率设定),层

【第一作者】韩向前,男,副主任医师,主要研究方向: 神经系统及胸腹部影像诊断。E-mail: Lygdhfxq@163.com
【通讯作者】张名忠,男,主任医师,主要研究方向: 神经系统及腹部影像诊断。E-mail: Lygdfzmz@126.com

厚、回波时间(TE)分别为5mm、5.7 ms,共采集3次,翻转角、矩阵分别为20°、256×238,流速编码15cm/s。用正中矢状位图像观察脑脊液流动情况,TR、TE、层厚分别为75 ms、16 ms、4 mm,共采集2次,翻转角、矩阵分别为10°、256×143,流速编码2cm/s。在1个心动周期内采集32幅图像,获取与心脏舒缩相关的不同信号脑脊液双向流动图,低信号为负值时代表足向运动;高信号为正值时代表头向运动。

1.4 观察指标

1.4.1 预后、生活质量及并发症情况 于术前、术后6个月,采用芝加哥Chiari结果量表(CCOS)^[6]评估患者预后恢复,总分为0~16分,分值越高,提示患者预后恢复越佳;并采用健康相关生活质量评分(HRQoL)^[7]对患者生活质量进行评估,满分为100分,当患者生活质量提高,对应分值升高;在随访期间同时要观察患者并发症发生情况。

1.4.2 寰齿间距(ADI)值、脊髓空洞直径、后颅窝斜坡长度、枕骨大孔横径、后颅窝高径长度 于术前、术后6个月,通过电子计算机断层扫描测量ADI值,并给予MRI检查测量脊髓空洞直径、后颅窝斜坡长度、枕骨大孔横径及后颅窝高径长度。

1.4.3 脑脊液流速 于术前、术后6个月,将所有检查图像上传至Philips Workspace 2.63工作站,脑脊液流体力学通过Q-flow软件分析,层面选择:中脑导水管层面、桥脑延髓池层面、颈椎间盘层面,分析指标包括:最大峰值流速(V_{max})[包括头向峰值流

速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})、反流分数(RF)、每搏输出量(SV)、平均流量(MF)。

1.5 统计学方法 本研究所使用的数据分析软件为SPSS 26.0。符合正态分布的计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,t检验进行比较。 $P<0.05$ 表示比较有差异。

2 结果

2.1 预后、生活质量及并发症情况 术后6个月,患者CCOS评分为(13.54 ± 1.02)分,高于术前的(9.76 ± 0.87)分($t=22.732$, $P<0.05$);术后6个月,患者HRQoL评分为(78.54 ± 7.52)分,高于术前的(51.54 ± 6.98)分($t=21.216$, $P<0.05$);随访期间,有3例进行枕大池重建术的患者伤口发生脑脊液漏,采用腰大池引流进行处理,伤口在7 d后愈合良好并能够出院。

2.2 ADI值、脊髓空洞直径、后颅窝斜坡长度、枕骨大孔横径、后颅窝高径长度 与术前比较,患者术后6个月的ADI值及脊髓空洞直径更低;后颅窝斜坡长度及后颅窝高径长度更长($P<0.05$)。见表1。

2.3 脑脊液流速 术后6个月,桥脑延髓池层面、中脑导水管层面及颈椎间盘层面的SV、MF均高于术前; V_{umax} 、 V_{dmax} 均低于术前($P<0.05$)。见表2。

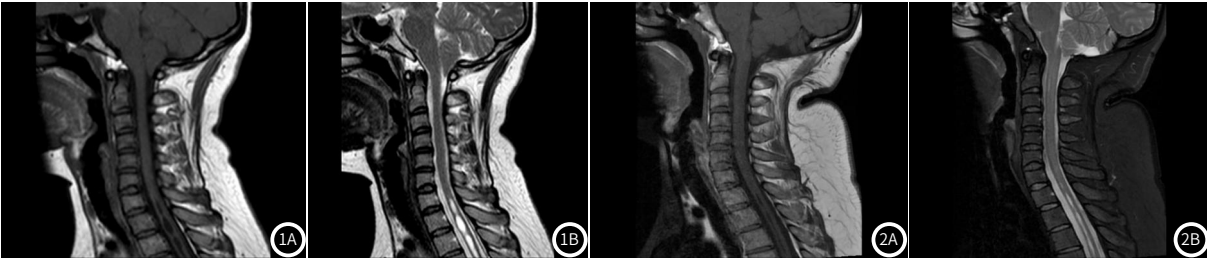
2.4 典型病例图片分析 见图1-4。

表1 ADI值、脊髓空洞直径、后颅窝斜坡长度、枕骨大孔横径、后颅窝高径长度(mm)

组别	例数	ADI值	脊髓空洞直径	后颅窝斜坡长度	枕骨大孔横径	后颅窝高径长度
术前	65	7.76 ± 0.87	9.76 ± 1.23	34.45 ± 3.54	32.98 ± 4.76	27.76 ± 2.98
术后6个月	65	0.62 ± 0.24	0.99 ± 0.17	44.54 ± 3.64	33.10 ± 4.81	36.94 ± 4.71
t	-	63.784	56.943	16.021	0.143	13.279
P	-	0.000	0.000	0.000	0.887	0.000

表2 脑脊液流速

测量层面	时间	RF(%)	SV(mL)	V_{umax} (cm/s)	V_{dmax} (cm/s)	MF(mL/s)
桥脑延髓池层面	术前	86.65 ± 13.65	0.03 ± 0.01	10.76 ± 2.54	7.65 ± 4.32	0.03 ± 0.01
	术后6个月	82.87 ± 12.65	0.08 ± 0.02	4.98 ± 1.32	2.76 ± 0.98	0.09 ± 0.02
	t	1.638	18.028	16.279	8.900	21.633
	P	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000
中脑导水管层面	术前	74.76 ± 15.76	0.02 ± 0.01	8.54 ± 3.12	6.78 ± 2.02	0.02 ± 0.01
	术后6个月	78.76 ± 16.02	0.05 ± 0.02	4.65 ± 1.23	2.13 ± 0.98	0.06 ± 0.01
	t	1.435	10.817	9.352	16.698	22.804
	P	0.154	0.000	0.000	0.000	0.000
颈椎间盘层面	术前	76.43 ± 14.65	0.01 ± 0.00	8.43 ± 3.54	5.76 ± 2.01	0.01 ± 0.00
	术后6个月	76.51 ± 14.71	0.05 ± 0.01	3.21 ± 0.76	1.98 ± 0.65	0.05 ± 0.01
	t	0.031	32.249	11.624	14.426	32.249
	P	0.975	0.000	0.000	0.000	0.000



患者:女,30岁。
图1A-图1B 术前检查示Chiari畸形(小脑扁桃体下疝),合并脊髓空洞形成,枕骨大孔区脊髓受压明显变细。1A 术前矢状位T₁WI序列;1B 术前矢状位T₂WI序列。
图2A-图2B 复查与手术前比较,脊髓空洞明显缩小,小脑扁桃体较术前上移回纳,下缘变钝,脊髓卡压明显改善。2A 术后矢状位T₁WI序列;2B 术前矢状位T₂WI序列。

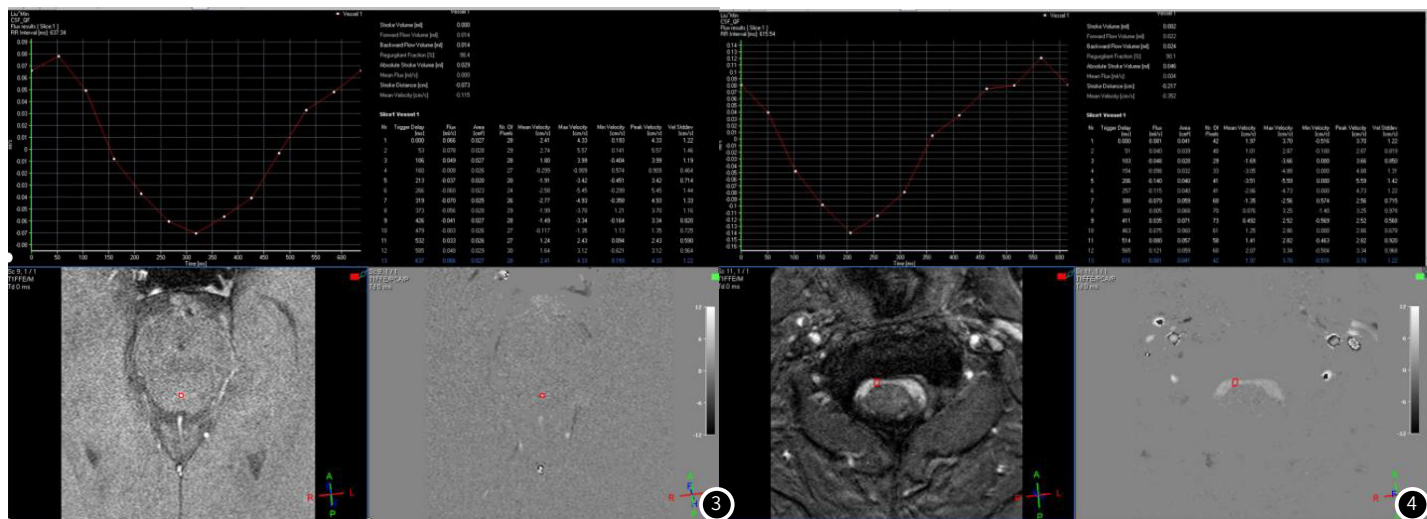


图3 脊髓正中孔区脑脊液测定流量曲线图，表格为各个采集点数值，脑脊液压力与心脏收缩舒张相关，所以呈抛物线状。测得枕骨大孔区脑脊液平均流量值(Mean Flux[mL/s])为：0.000。
图4 枕骨大孔区脑脊液测定流量曲线图，表格为各个采集点数值，脑脊液压力与心脏收缩舒张相关。测得枕骨大孔区脑脊液平均流量值(Mean Flux[mL/s])为：0.004，该测得数值已与正常人无差异。

3 讨论

目前关于Arnold-Chiari畸形的发病机制尚未有统一论，有学者^[8]提出其发病机制为后颅窝容积相对狭小。Arnold-Chiari畸形通常被分为I~IV型，且由于小脑扁桃体下疝阻碍了枕骨大孔区脑脊液的正常流动，上颈段脑脊液尾向流速加快，进而会导致脊髓空洞的形成^[9-10]。临床常根据实际情况采用单纯后颅窝骨性减压、枕大池重建联合小脑扁桃体软膜内切除等外科治疗方案对Arnold-Chiari畸形患者进行治疗，但其疗效评估仍需进一步探讨。本研究分析Cine PC-MRI技术在Arnold-Chiari畸形手术疗效评估中的应用，取得了一定研究结果。

本研究结果显示，术后6个月，Arnold-Chiari畸形患者CCOS评分及HRQoL高于术前，而随访期间，有少部分进行枕大池重建术的患者伤口有脑脊液漏现象，给予腰大池引流7 d后伤口愈合良好，进一步提示了外科手术治疗能有效改善Arnold-Chiari畸形患者预后，提高患者生活质量，但行枕大池重建术时要注意防范脑脊液漏的发生。MRI是临床评估Arnold-Chiari畸形最常用的影像学检查方法，在矢状位、冠状位和轴位的T₁、T₂加权像上可显示出小脑扁桃体结构和其他相关异常、小脑扁桃体向下移位等情况^[11-12]。本研究中术后6个月与术前比较，Arnold-Chiari畸形患者ADI值及脊髓空洞直径更低；后颅窝斜坡长度及后颅窝高径长度更长，提示临床可根据ADI值、脊髓空洞直径、后颅窝斜坡长度及后颅窝高径长度变化情况对手术疗效进行评估。

有研究^[13]认为，如果后颅窝骨性发育异常会促使容积狭小，不能够适应正常发育的后脑神经组织，Arnold-Chiari畸形的先天因素包括斜坡倾斜角变小及枕上长度的缩短，而后天因素可能为颅脊角，且Arnold-Chiari畸形与脊髓空洞合并的风险很高，因此MRI的形态学测量在Arnold-Chiari畸形的诊断和评估中具有重要意义。Cine PC-MRI是指一系列MRI成像方法，由相位对比和电影成像结合，产生的一种流体定量MRI成像技术^[14]。Cine PC-MRI获得的图像包括速度及相位图像，用减法处理法处理两次成像的相位位移，在保留流动质子相位变化的同时，能够除去背景静止组织，进一步重建能够获得流动液体图像^[15-16]。本研究结果显示，术后6个月，Arnold-Chiari畸形患者桥脑延髓池层面、中脑导水管层面及颈椎间盘层面的SV、MF均高于术前，V_{umax}、V_{dmax}均低于术前，提示Cine PC-MRI技术可为Arnold-Chiari畸形患者脑脊液流速测量提供有效方法，从而为疗效评估提供依据。随着流速的增大，Cine PC-MRI技术获取图像中速度图像的信号强度及相位位移均提升；而流速及流动方向信息也与相位图像中像素的信号强度有关系，当液体流动编码梯度的方向及流动方向一致时，会呈现高信号^[17-18]。Arnold-Chiari畸形患者心脏舒张时，脑脊液从脊髓蛛网膜下腔流至颅内，脑脊液呈低信号；心脏收缩时脑脊液从颅内流向脊髓蛛网膜下腔，其动脉压力是脑脊液流动的原始动力，

脑脊液呈高信号^[19-20]。且有研究^[21]发现，Arnold-Chiari畸形患者枕骨大孔区及高位脊髓蛛网膜下腔的脑脊液流体力学异常，多数脑脊液流速较快，但流量会有所减少，术后可见流量明显增大。

综上，Arnold-Chiari畸形患者经外科手术治疗可有效改善预后并提高生活质量，但行枕大池重建术时要注意防范脑脊液漏的发生，而Cine PC-MRI技术可为Arnold-Chiari畸形患者手术疗效评估提供有效依据。

参考文献

- [1] 李新军, 韩杨云, 龙晓东, 等. 硬膜外层剥离联合人工硬膜贴敷治疗成人Arnold-Chiari畸形I型合并脊髓空洞的初步探讨[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2021, 48(2): 163-166.
- [2] Giner J, Pérez López C, Hernández B, et al. Update on the pathophysiology and management of syringomyelia unrelated to chiari malformation[J]. Neurologia (Engl Ed), 2019, 34(5): 318-325.
- [3] 张婉, 王江峰, 刘辉, 等. PCMRI基底动脉血流动力学参数检测联合血清PLGF、LDH对于产孕妇合并RPLS诊断价值[J]. 河北医科大学学报, 2020, 41(6): 694-699.
- [4] 刘春光. 屏气Cine-MRI对冠心病病人左心室功能的评价作用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(1): 82-84.
- [5] 关在德. 外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001: 67-68.
- [6] 王鑫, 李永宁, 高俊, 等. 芝加哥Chiari畸形预后量表在I型Chiari畸形合并脊髓空洞手术疗效评估中的价值[J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(9): 554-556.
- [7] 蒋雪丽, 王月波, 谷鸿秋, 等. 降压治疗对健康相关生活质量的影响: 中国高血压综合防治研究亚组分析[J]. 中国循环杂志, 2018, 33(9): 842-845.
- [8] Katwa U, Sisniega C, McKeon M, et al. Sleep endoscopy-directed management of Arnold-Chiari malformation: a child with persistent obstructive sleep apnea[J]. J Clin Sleep Med, 2020, 16(2): 325-329.
- [9] 黄维, 胡喻, 刘家刚, 等. 基于加速康复外科的早期康复活动对Chiari畸形患者的疗效观察[J]. 四川医学, 2021, 42(7): 717-721.
- [10] 王冬青, 董安珂, 姜永利. Chiari畸形合并脊髓空洞(CM-SM)手术前后的MR影像表现[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(3): 48-51.
- [11] 杨清宁, 冯俊博, 杜琳, 等. 基于扩散张量成像的轻度脑创伤急性期撞击区及对冲伤区研究[J]. 成都医学院学报, 2022, 17(1): 34-38, 66.
- [12] 肖国胜, 曹晓华, 宣宏, 等. 胎儿中枢神经系统(CNS)畸形临床诊断采用MRI结合超声诊断的价值研究[J]. 罕见疾病杂志, 2022, 29(8): 21-22.
- [13] 吕明月, 吴昊, 沈宇晨, 等. 神经内镜辅助第四脑室流出道探查松解术治疗Chiari畸形I型的疗效观察[J]. 中华神经医学杂志, 2022, 21(2): 145-151.
- [14] 袁昌巍, 王盈进. 磁共振相位对比电影成像检测Chiari畸形I型脑脊液流体力学的研究进展[J]. 中国微创外科杂志, 2020, 20(2): 160-163.
- [15] 郭家望, 鲁鹏飞, 余佳琦, 等. 基于深度学习的1.5T心脏磁共振Cine序列在肥厚型心肌病和扩张型心肌病患者左心室功能评估中的应用[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 675-681.
- [16] Long J, Lin H, Cao G, et al. Relationship between intracranial pressure and phase-contrast cine MRI-derived measures of cerebrospinal fluid parameters in communicating hydrocephalus[J]. Quant Imaging Med Surg, 2019, 9(8): 1413-1420.
- [17] 邓巧, 唐露, 伍希, 等. 探讨单次屏气压感知实时电影成像在磁共振室功能及应变评估中的可行性[J]. 四川大学学报(医学版), 2022, 53(3): 497-503.
- [18] 张鹏, 张少军, 韩易. 相位对比磁共振电影技术在脑脊液动力学中的应用进展[J]. 大连医科大学学报, 2021, 43(2): 171-176.
- [19] 程诚, 陶本章, 尚爱加, 等. 相位对比电影-磁共振成像技术对Chiari畸形I型脑脊液流体力学的分析研究[J]. 中国医学装备, 2018, 15(6): 53-57.
- [20] 王斌, 刘肖君. 自身免疫性脑炎相关抗神经抗体的筛查与临床意义[J]. 罕见疾病杂志, 2024, 31(2): 21-22.
- [21] 张鸿日, 彭静华, 李小潘. 磁共振成像在诊断脑室-腹腔分流装置梗阻中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(2): 186-187.

(收稿日期: 2023-11-14)

(校对编辑: 韩敏求)