

PC-MRI 在 I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者脑脊液动力学变化中的应用

刘晓虎, 马栋斌, 付兵, 高良超

【摘要】 目的:探讨 PC-MRI 在 I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者脑脊液动力学变化中的应用价值。**方法:**搜集 2020 年 9 月—2023 年 5 月诊断为 I 型 Chiari 畸形的患者 39 例,按是否伴有咳嗽性头痛症状,分为症状组 23 例,无症状组 16 例,另选取正常对照组 18 例,所有患者及正常对照人群均完成了 PC-MRI 的检查;以枕骨大孔水平脑桥腹侧平面为感兴趣区,分别获得症状组、无症状组患者及正常对照人群脑脊液的头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})及头向流动时间占比(T_u)、足向流动时间占比(T_d)。**结果:**分别测得症状组、无症状组与正常对照组头向峰值流速(V_{umax})为(6.38 ± 0.89) cm/s、(5.92 ± 1.32) cm/s、(4.86 ± 0.90) cm/s,足向峰值流速(V_{dmax})为(5.87 ± 1.01) cm/s、(5.71 ± 1.32) cm/s、(4.62 ± 0.83) cm/s,头向流动时间占比(T_u)为(70.6 ± 4.0)%、(58.7 ± 3.2)%、(58.0 ± 2.8)%,足向流动时间占比(T_d)为(28.9 ± 3.4)%、(41.2 ± 3.3)%、(41.9 ± 2.8)%;症状组与无症状组头向峰值流速(V_{umax})及足向峰值流速(V_{dmax})组间比较没有统计学差异($P > 0.05$),而症状组脑脊液头向流动时间占比(T_u)较无症状组增大,足向流动时间占比(T_d)较无症状组减小,且组间比较有统计学意义($P < 0.01$);无症状组与正常对照组间只存在脑脊液头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})的统计学差异($P < 0.01$),而症状组与正常对照组间在脑脊液头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})、头向流动时间占比(T_u)及足向流动时间占比(T_d)方面均存在统计学差异($P < 0.01$)。**结论:**PC-MRI 对了解 I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者脑脊液动力学变化具有重要价值,有助于了解咳嗽性头痛的病因。

【关键词】 磁共振成像; Chiari 畸形; 头痛症,原发性

【中图分类号】 R445.2; R729; R741.041 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)10-1306-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.10.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of phase-contrast magnetic resonance image in dynamic changes of cerebrospinal fluid for type I Chiari malformation patients with cough headache LIU Xiao-hu, MA Dong-bin, FU Bing, et al. Department of Radiology, the Fifth People's Hospital of Chengdu, Chengdu 611130, China

【Abstract】 Objective: To investigate the application value of PC-MRI in the dynamic changes of cerebrospinal fluid of type I Chiari malformation patients with cough headache. **Methods:** A total of 39 patients with type I Chiari malformation diagnosed in our hospital from September 2020 to May 2023 were collected. According to the cough headache symptoms, 23 cases were divided into symptomatic group, and 16 cases for asymptomatic group, another 18 cases of normal control group were selected. All the patients and normal controls received PC-MRI examination. The region of interest was the ventral pons at the level of the foramen magnum, The peak cephalad flow velocity (V_{umax}), peak foot flow velocity (V_{dmax}), the proportion of cephalad flow time (T_u) and the proportion of foot flow time (T_d) of cerebrospinal fluid (CSF) were obtained in symptomatic group, asymptomatic group and normal control group. **Results:** The peak cephalad flow velocity (V_{umax}) in symptomatic group, asymptomatic group and normal control group were (6.38 ± 0.89) cm/s, (5.92 ± 1.32) cm/s, (4.86 ± 0.90) cm/s, while the peak foot flow velocity (V_{dmax}) were (5.87 ± 1.01) cm/s, (5.71 ± 1.32) cm/s, (4.62 ± 0.83) cm/s, and the proportion of cephalad flow time (T_u) were (70.6 ± 4.0)%, (58.7 ± 3.2)%, (58.0 ± 2.8)%, the proportion of foot flow time (T_d) were (28.9 ± 3.4)%, (41.2 ± 3.3)%, (41.9 ± 2.8)%.

作者单位: 611130 成都, 成都市第五人民医院放射科(刘晓虎、付兵、高良超); 神经外科(马栋斌)

作者简介: 刘晓虎(1986—), 男, 四川成都人, 硕士, 主治医师, 主要从事神经影像学研究工作。

2.8)%, respectively. There were no significant differences in the peak cephalad velocity (V_{umax}) and peak foot velocity (V_{dmax}) between the symptomatic group and the asymptomatic group ($P>0.05$), while the proportion of cephalad flow time (T_u) increased and the proportion of foot flow time (T_d) decreased in the symptomatic group, with the significant differences ($P<0.01$) compared to the asymptomatic group. There were only statistical differences of the peak cephalad flow velocity (V_{umax}) and the peak foot flow velocity (V_{dmax}) between asymptomatic group and normal control group ($P<0.01$), while the statistical differences in the peak cephalad flow velocity (V_{umax}), the peak foot flow velocity (V_{dmax}), the proportion of cephalad flow time (T_u) and the proportion of foot flow time (T_d) between symptomatic group and normal control group were existed ($P<0.01$). **Conclusion:** PC-MRI has a great value to understand the changes of CSF dynamics in type I Chiari malformation patients with cough headache, which is helpful to understand the etiology of cough headache.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Chiari malformation; Headache disorders, primary

I 型 Chiari 畸形是临床最常见的 Chiari 畸形类型,患者多伴随各种症状,其中以咳嗽性头痛最为多见^[1],而患者症状的产生与枕骨大孔区的脑脊液动力学变化息息相关^[2],因此了解患者脑脊液的动力学异常情况,有助于我们了解咳嗽性头痛症状病因学机制。

磁共振相位对比电影成像(phase-contrast magnetic resonance image, PC-MRI)可以客观反应流体的力学情况,常常用于了解脑脊液的各项生理及病理变化状态^[3,4]。本研究探讨 PC-MRI 在 I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者脑脊液动力学变化中的应用价值,从而更全面的认识咳嗽性头痛的病因学机制,同时还能辅助临床制定个体化治疗方案及评估患者术后疗效。

材料与方法

1. 一般资料

搜集 2020 年 9 月—2023 年 5 月间的 I 型 Chiari 畸形患者 39 例,其中男 21 例,女 18 例,年龄 20~54 岁,病程 8 个月~5 年,所有患者 23 例伴有咳嗽性头痛(头痛症状非偶发,且排除了偏头痛、血管痉挛搏动性头痛、情绪诱发性的头痛等其他因素所导致的头痛),年龄 24~54 岁,年龄均数 43.17 ± 7.84 (年龄 <40 岁者 8 例, >40 岁者 15 例),患高血压者 7 例,糖尿病患者 6 例;16 例无咳嗽性头痛,年龄 20~52 岁,年龄均数 42.31 ± 8.76 (年龄 <40 岁者 5 例, >40 岁者 11 例),患高血压者 6 例,糖尿病患者 4 例;正常对照组 18 例,男 10 例,女 8 例,年龄 25~56 岁,年龄均数 43.05 ± 8.31 (年龄 <40 岁者 6 例, >40 岁者 12 例),患高血压者 6 例,糖尿病患者 6 例,三组成员在年龄构成、高血压患者构成及糖尿病患者构成方面均无统计学差异($P>0.05$);另所有 Chiari 畸形患者中有 15 例患者同时合并了脊髓空洞(男 9 例,女 6 例),脊髓空洞仅位于颈段者 11 例(73%),位于颈段-上胸段者 4 例(27%),长度范围 15~54 mm。在排除肿瘤、颅底凹陷、寰枢椎脱位

或其他因素所致的脑积水情况后,所有患者及正常对照组人群均完成了 PC-MRI 检查。

2. 仪器与方法

图像采集使用西门子 Vida 3.0T 超导型机,在常规头颈部 T_2 WI 上矢状位确定病灶后,采用心电门控辅助进行 PC-MRI 扫描,具体参数:TR 25 ms, TE 8 ms,层厚 6 mm,矩阵 180×100 ,翻转角 10° ,流速编码 15 cm/s,流速编码方向以头向为正。

3. 图像后处理

使用 Q-flow 软件获取脑脊液流动各项参数值,以枕骨大孔水平脑桥腹侧平面为感兴趣区。分别测得症状组、无症状组及正常对照组头向最大峰值流速(V_{umax})、足向最大峰值流速(V_{dmax})、头向流动时间占比(T_u)、足向流动时间占比(T_d)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,症状组、无症状组、正常对照组组间及症状组内伴或不伴脊髓空洞患者脑脊液各参数测量值的比较采用独立样本 t 检验,以 $P<0.05$ 显示统计学差异;此外采用 Fisher 确切概率法排除脊髓空洞对患者症状表现的影响。

结 果

39 例 I 型 Chiari 畸形患者中 15 例伴有脊髓空洞(10 例有咳嗽性头痛症状,5 例无症状),24 例不伴脊髓空洞(其中 13 例有咳嗽性头痛症状,11 例无症状),脊髓空洞组与无脊髓空洞组在患者是否出现咳嗽性头痛中的统计学比较无差异($P>0.05$,表 1),同时症状组内伴有脊髓空洞患者与不伴脊髓空洞患者在脑脊液头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})、头向流动时间占比(T_u)及足向流动时间(T_d)方面均无统计学差异($P>0.05$,表 2);症状组与无症状 PC-MRI 测得的头向峰值流速(V_{umax})及足向峰值流速(V_{dmax})组

间比较没有统计学差异($P>0.05$),而症状组患者脑脊液头向流动时间占比(T_u)较无症状组增大,足向流动时间占比(T_d)较无症状组减小(图 1a),组间比较有统计学差异($P<0.01$),同时无症状组与正常对照组间只存在脑脊液头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})的统计学差异($P<0.01$,图 1b),而症状组与正常对照组间在脑脊液头向峰值流速(V_{umax})、足向峰值流速(V_{dmax})、头向流动时间占比(T_u)及足向流动时间(T_d)方面均存在统计学差异($P<0.01$);此外症状组与无症状组在小脑扁桃体疝出枕骨大孔水平的距离方面,两者无统计学差异($P>0.05$,表 3)。

表 1 I 型 Chiari 畸形患者脊髓空洞与患者症状表现相关的 Fisher 确切概率法检验结果

组别	有脊髓空洞	无脊髓空洞	总计
症状组	10(60.00%)	13(54.17%)	23(58.98%)
无症状组	5(40.00%)	11(45.83%)	16(41.02%)
总计	15	24	39

注: $P=0.51$

表 2 I 型 Chiari 畸形患者症状组内有脊髓空洞患者与无脊髓空洞患者脑脊液各项定量参数比较

指标	有脊髓空洞	无脊髓空洞	t	P
V_{umax} (cm/s)	6.30 ± 0.99	6.45 ± 0.83	-0.39	0.69
V_{dmax} (cm/s)	6.19 ± 0.88	5.62 ± 1.07	1.36	0.18
T_u (%)	70.5 ± 3.1	70.6 ± 4.7	-0.11	0.91
T_d (%)	29.5 ± 3.1	28.5 ± 3.7	0.65	0.51

表 3 I 型 Chiari 畸形患者症状组、无症状组及对照组各项定量参数比较

指标	症状组	无症状组	对照组	t_{12}	P_{12}	t_{13}	P_{13}	t_{23}	P_{23}
V_{umax} (cm/s)	6.38 ± 0.89	5.92 ± 1.32	4.86 ± 0.90	1.37	0.17	5.37	<0.01	2.91	<0.01
V_{dmax} (cm/s)	5.87 ± 1.01	5.71 ± 1.32	4.62 ± 0.83	0.41	0.67	4.21	<0.01	2.83	<0.01
T_u (%)	70.6 ± 4.0	58.7 ± 3.2	58.0 ± 2.8	9.76	<0.01	11.2	<0.01	0.66	0.51
T_d (%)	28.9 ± 3.4	41.2 ± 3.3	41.9 ± 2.8	-11.23	<0.01	-12.9	<0.01	0.66	0.51
下疝距离(mm)	9.08 ± 1.75	9.43 ± 1.82	/	-0.60	0.55	/	/	/	/

注: * P_{12} 表示症状组与无症状组比较, P_{13} 表示症状组与对照组比较, P_{23} 表示无症状组与对照组比较

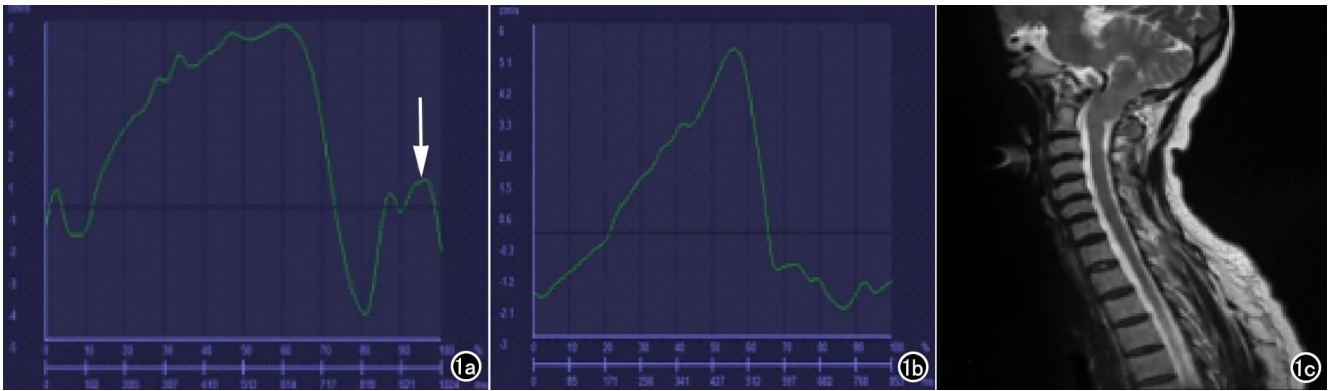


图 1 I 型 Chiari 畸形患者脑脊液 PC-MRI 流动曲线图及典型影像学征象图。a) I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者脑脊液脑脊液流动曲线图,其中脑脊液头向流动时间占比 T_u (图中数值 0 标准线以上部分) 增大,足向流动时间占比 T_d (图中数值 0 标准线以下部分) 减小;同时在心脏收缩期内观察到头向的脑脊液反流现象(箭); b) I 型 Chiari 畸形无咳嗽性头痛患者脑脊液 PC-MRI 流动曲线图 ;c) I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者,女,46 岁,矢状面 T_2 WI 图显示后颅窝狭窄拥挤,小脑扁桃体疝出枕骨大孔下缘水平,颈髓受压。

畸形患者其枕骨大孔处的峰值流速是增加的,流量是减少的^[10];但不是所有的患者都会产生咳嗽性头痛,有的患者甚至不会出现任何临床症状。本研究中症状组与无症状组 PC-MRI 测得的头向峰值流速(V_{umax})及足向峰值流速(V_{dmax})组间比较并没有统计学差异($P>0.05$),这表明产生咳嗽性头痛的机制可能并不单单是患者枕骨大孔区的脑脊液流速发生改变所引发的。既往的非影像学检查^[11]提示了 I 型 Chiari 畸形患者产生咳嗽性头痛时颅内的特定结构和生理标记,在 I 型 Chiari 畸形伴有咳嗽性头痛的患者中,后颅窝(PCF)结构的改变,导致局部脑组织出现不同程度的拥挤(图 1c),进而使得脑脊液顺应性减小,颅内压持续升高,在出现咳嗽或产生 Valsalva 动作时,脑脊液通过枕骨大孔的正常代偿运动受损,导致短暂的颅内压升高进而引发头痛。Alperin 等^[12]将咳嗽性头痛的 I 型 Chiari 畸形患者作了更为细致的分组,结果不仅证实了后颅窝生理结构的改变会引发咳嗽性头痛,甚至在部分患者当中,还发现侧脑室及颅内其他脑室的体积改变。

虽然症状组与无症状组在峰值流速方面未发现统计学差异,但症状组相较于无症状组,其脑脊液头向流动时间占比(T_u)却增大了,足向流动时间占比(T_d)减小了,且两者的组间比较有统计学差异($P<0.01$);此外在与正常对照组的对比方面也发现,无症状组与正常对照组间只存在了脑脊液流速方面的差异,而症状组与正常对照组间除了脑脊液流速方面的差异,同时还出现了脑脊液流动时间占比的差异(表 3),这表明咳嗽性头痛症状可能与一个心动周期内脑脊液不同方向的流动的时间占比存在一定的关系,因为相对于无症状患者,咳嗽性头痛患者其脑脊液头向流动的时间延长会导致颅脑和脊柱间的压力差增大,使得脑脊液顺应性减小,而咳嗽时,脊髓脑脊液压力反应过度,由于小脑扁桃体的突出下疝引起脊髓脑脊液包裹,导致脊髓硬脑膜拉伸,进而引起头痛。Bhadelia 等^[13]的研究也证实了咳嗽性头痛与颅内容积和脑脊液动力学的变化存在根本的相关性,他们发现在伴有咳嗽性头痛症状的 I 型 Chiari 畸形患者中,其颅内压(ICP)和颅脑-脊髓脑脊液的体积较无症状的患者高,这一重要发现也将 I 型 Chiari 畸形患者咳嗽性头痛的发病机制从传统的解剖学结构改变转移到探索与颅内压短暂性升高的相关因素上来。Bezuidenhout 等^[14]在实时状态下对 I 型 Chiari 畸形患者咳嗽性头痛患者的脑脊液动力学进行观察,发现咳嗽时患者颅内压升高,枕骨大孔处的脑脊液每搏输出量减少了,这也客观证实了 I 型 Chiari 畸形患者咳嗽性头痛与颅内高压存在相关联系。此外,本研究在对症状组的脑脊液分析当中,

还发现了部分患者的脑脊液流动出现了收缩期短暂性头向返流现象(图 1a),这无疑会加重患者颅内压的升高,从而咳嗽时更易引发头痛。

临床上有部分 I 型 Chiari 畸形患者会同时合并有脊髓空洞,绝大多数学者认为,脊髓空洞是 Chiari 畸形患者脑脊液循环通路出现障碍后所继发的病理性改变^[15,16],本研究也对脊髓空洞与咳嗽性头痛症状之间的关系进行了探讨,结果发现无论是在症状组与无症状组是否合并脊髓空洞方面(表 1),还是在症状组内部伴有脊髓空洞患者与不伴脊髓空洞患者的脑脊液各项定量参数方面(表 2),均未发现统计学差异($P>0.05$),这表明咳嗽性头痛症状与脊髓空洞之间可能无必然的相关性。

I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛是一种常见的伴随症状,理解它的脑脊液动力学特点有助于更好地描述该病的病理生理学机制,本研究证明了 PC-MRI 脑脊液成像技术在定量分析 I 型 Chiari 畸形伴咳嗽性头痛患者脑脊液动力学变化中的应用价值。不过本研究的也存在一定的局限性,受限于仪器设备,本研究没有进行实时的脑脊液动力学监测;其次,本研究也未进一步对患者术后的脑脊液变化情况展开研究,此外,由于样本量偏小,脊髓空洞与咳嗽性头痛症状的相关性有待大样本量的统计学结果验证,不过随着 PC-MRI 脑脊液成像技术在临床活动中的应用发展及不断完善,必将能更好的辅助临床制定手术方案及评估术后疗效。

参考文献:

- [1] Mehta A, Chilakamarri P, Zubair A, et al. Chiari headache[J]. Curr Pain Headache Rep, 2018, 22(7): 49.
- [2] Mukherjee S, Kalra N, Warren D, et al. Chiari I malformation and altered cerebrospinal fluid dynamics-the highs and the lows [J]. Childs Nerv Syst, 2019, 35(10): 1711-1717.
- [3] Goh CH, Hamzah MR, Kandasamy R, et al. The use of magnetic resonance phase-contrast cine in Chiari malformation with syringomyelia[J]. Med J Malaysia, 2020, 75(6): 666-671.
- [4] Korbecki A, Zimny A, Podgórski P, et al. Imaging of cerebrospinal fluid flow: fundamentals, techniques, and clinical applications of phase-contrast magnetic resonance imaging[J/OL]. World Neurosurg, 2022, 163: e253-e262[2022 Mar 30]. DOI:10.1016/j.wneu.2022.03.108.
- [5] Holly LT, Batzdorf U. Chiari malformation and syringomyelia[J]. J Neurosurg Spine, 2019, 31(5): 619-628.
- [6] Fons K, Jnah AJ. Arnold-Chiari malformation: core concepts[J]. Neonatal Netw, 2021, 40(5): 313-320.
- [7] Bezuidenhout AF, Chang YM, Heilman CB, et al. Headache in Chiari malformation[J]. Neuroimaging Clin N Am, 2019, 29(2): 243-253.
- [8] Mugge L, Caras A, Henkel N, et al. Headache and other symptoms in Chiari malformation type I are associated with cerebro-

- spinal fluid flow improvement after decompression: a two-institutional study [J/OL]. World Neurosurg, 2022, 163: e253-e262 [2022 Mar 30]. DOI:10.1016/j.wneu.2022.03.108.
- [9] 麦慧,董天发,钟熹,等.上矢状窦生理流动模式的相位对比磁共振研究[J].放射学实践,2018,8:825-828.
- [10] Sadique SI, Pandey P, Chaudhuri AK. Cerebrospinal fluid flowmetry in pediatric patients with Chiari malformation I with surgical implications [J/OL]. World Neurosurg, 2020, 135: e83-e86 [2019 Nov 5]. DOI:10.1016/j.wneu.2019.10.184.
- [11] Dawes BH, Lloyd RA, Rogers JM, et al. Cerebellar tissue strain in Chiari malformation with headache [J/OL]. World Neurosurg, 2019, 130: e74-e81 [2019 May 31]. DOI:10.1016/j.wneu.2019.05.211.
- [12] Alperin N, Loftus JR, Oliu CJ, et al. Imaging-based features of headaches in Chiari malformation type I [J]. Neurosurgery, 2015, 77(1): 96-103.
- [13] Bhadelia RA, Patz S, Heilman C, et al. Cough-associated changes in CSF flow in Chiari I malformation evaluated by real-time MRI [J]. American Journal of Neuroradiology, 2016, 37(5): 825-830.
- [14] Bezuidenhout AF, Khatami D, Heilman CB, et al. Relationship between Cough-associated changes in CSF flow and disease severity in Chiari I malformation: an exploratory study using real-time MRI [J]. American Journal of Neuroradiology, 2018, 39(7): 1267-1272.
- [15] Rosenblum JS, Pomeraniec IJ, Heiss JD. Chiari malformation (update on diagnosis and treatment) [J]. Neurol Clin, 2022, 40(2): 297-307.
- [16] Heiss JD. Cerebrospinal fluid hydrodynamics in Chiari I malformation and syringomyelia: modeling pathophysiology [J]. Neurosurg Clin N Am, 2023, 34(1): 81-90.

(收稿日期:2023-10-13 修回日期:2024-01-10)

欢迎订阅 2025 年《放射学实践》

《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,创刊至今已 40 周年。遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志再次入选 2023 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

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。

本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊,并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。

主要栏目:论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊,每册 25 元,全年定价 300 元。

国内统一刊号:ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号:38-122

电话:(027)69378385

E-mail:fsxsjzz@163.com 网址:http://www.fsxsj.net

编辑部地址:430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋