

儿童后颅窝髓母细胞瘤与室管膜瘤 DWI 和 IVIM 对比研究

朱百奇,邵剑波,彭雪华,朱小虎,李俭,朱圣煜

【摘要】 目的:对比研究 DWI、IVIM 在儿童后颅窝髓母细胞瘤与室管膜瘤的诊断价值。**方法:**回顾性分析本院 62 例后颅窝肿瘤患儿病例资料,其中 36 例髓母细胞瘤,26 例室管膜细胞瘤,患儿术前均行颅脑横轴面 DWI、IVIM 扫描;比较髓母细胞瘤、室管膜细胞瘤 DWI(ADC 值)、IVIM(D、D*、f 值)定量参数值差异;构建受试者操作特征(ROC)曲线比较各参数值鉴别两肿瘤的 ROC 曲线下面积(AUC)、敏感度及特异度大小。**结果:**室管膜瘤 $[(1.19 \pm 0.40) \times 10^{-3} \text{ mm}]$ 的 ADC 值大于髓母细胞瘤 $[(0.82 \pm 0.18) \times 10^{-3} \text{ mm}]$,差异有统计学意义($P < 0.01$);室管膜瘤 $[(1.05 \pm 0.36) \times 10^{-3} \text{ mm}]$ 的 D 值大于髓母细胞瘤 $[(0.59 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}]$,差异有统计学意义($P < 0.01$);室管膜瘤 $[(12.11 \pm 10.90) \times 10^{-3} \text{ mm}]$ 的 D* 值大于髓母细胞瘤 $[(7.64 \pm 6.31) \times 10^{-3} \text{ mm}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。ROC 分析结果显示,对于鉴别髓母细胞瘤与室管膜瘤,AUC 值比较, $D > \text{ADC} > D^* > f$;敏感度比较, $D > D^* > \text{ADC} > f$;特异度比较, $D > \text{ADC} > f > D^*$;诊断效能整体比较, $D > \text{ADC} > D^* > f$ 。**结论:**DWI 和 IVIM 技术均可用于定量评价儿童后颅窝髓母细胞瘤与室管膜瘤,IVIM 的 D 值的对髓母细胞瘤与室管膜瘤的诊断效能优于 DWI 的 ADC 值。

【关键词】 儿童; 脑肿瘤; 髓母细胞瘤; 室管膜瘤; 磁共振成像

【中图分类号】 R445.2; R739.41 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)03-0327-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.03.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A comparative study of DWI and IVIM between medulloblastoma and ependymoma of posterior fossa in children ZHU Bai-qi, SHAO Jian-bo, PENG Xue-hua, et al. Imaging Center, Wuhan Children's Hospital, Wuhan Maternal and Child Healthcare Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430016, China

【Abstract】 Objective: To compare diffusion weighted image (DWI) and intravoxel incoherent motion (IVIM) in quantitative detection of medulloblastoma and ependymoma of posterior fossa in children. **Methods:** The medical records of 62 children with posterior cranial fossa tumors in our hospital were retrospectively analyzed, including 36 cases of medulloblastoma and 26 cases of ependymoma. All the children underwent cranial axial DWI and IVIM scans before surgery. The differences in quantitative parameter values of DWI (ADC value) and IVIM (D, D*, f value) of medulloblastoma and ependymoma were compared. Receiver operating characteristic (ROC) curves were constructed to compare the parameter values of area under the curve (AUC), sensitivity and specificity to identify the two tumors. **Results:** The ADC value of ependymoma $[(1.19 \pm 0.40) \times 10^{-3} \text{ mm}]$ was higher than that of medulloblastoma $[(0.82 \pm 0.18) \times 10^{-3} \text{ mm}]$, and the difference was statistically significant ($P < 0.01$); The D value of ependymoma $[(1.05 \pm 0.36) \times 10^{-3} \text{ mm}]$ was greater than that of medulloblastoma $[(0.59 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}]$, and the difference was statistically significant ($P < 0.01$); The D* value of ependymoma $[(12.11 \pm 10.90) \times 10^{-3} \text{ mm}]$ was greater than that of medulloblastoma $[(7.64 \pm 6.31) \times 10^{-3} \text{ mm}]$, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The results of ROC analysis showed that, for the differentiation of medulloblastoma and ependymoma, AUC value comparison, $D > \text{ADC} > D^* > f$; sensitivity comparison, $D > D^* > \text{ADC} > f$; specificity comparison, $D > \text{ADC} > f > D^*$; overall comparison of diagnostic performance, $D > \text{ADC} > D^* > f$. **Conclusion:** Both DWI and IVIM techniques can be used to quantitatively evaluate medulloblastoma and ependymoma in the posterior

作者单位: 430014 武汉, 华中科技大学同济医学院附属武汉儿童医院影像中心

作者简介: 朱百奇(1989-), 男, 天津蓟县人, 主管技师, 主要从事儿童 CT 及 MRI 技术工作。

通讯作者: 邵剑波, E-mail: shaojb2002@ sina.com

fossa of children. The D value of IVIM is better than the ADC value of DWI in the diagnosis of medulloblastoma and ependymoma.

【Key words】 Child; Brain neoplasms; Medulloblastoma; Ependymoma; Magnetic resonance imaging

髓母细胞瘤(medulloblastoma)是高度恶性后颅窝原始神经外胚层肿瘤,占儿童颅内肿瘤的15%~20%,是儿童最常见的恶性脑肿瘤;大部分儿童髓母细胞瘤位于小脑蚓部和第四脑室^[1]。室管膜瘤(ependymoma)是由室管膜细胞或室管膜残余组织起源的肿瘤,占儿童颅内肿瘤的8%~12%,最常见于第四脑室^[2]。典型的儿童后颅窝髓母细胞瘤影像诊断相对容易,但不典型髓母细胞瘤与室管膜瘤影像诊断鉴别相对困难^[3]。另外,髓母细胞瘤恶性程度高,预后较差^[1],因此术前后颅窝髓母细胞瘤与室管膜瘤的准确诊断对于治疗方案的选择及预后评估具有重要的指导意义。

常规MR图像可显示肿瘤的形态学改变和信号强度,但不能客观定量评价。扩散成像技术如扩散加权成像(diffusion weighted image, DWI)、体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)成像可无创探测活体组织水分子扩散变化,能够从细胞及分子水平评价肿瘤的病理生理特征,广泛应用于各种脑肿瘤的探索研究^[4-6]。IVIM技术无需对比剂,即可无创地同时监测扩散和灌注参数。目前,对于髓母细胞瘤与室管膜瘤DWI、IVIM对比研究的报道较少,本研究采用DWI、IVIM技术定量评价儿童后颅窝髓母细胞瘤与室管膜瘤,比较这两种技术对髓母细胞瘤与室管膜瘤的鉴别诊断价值。

材料与方法

1. 病例资料

回顾性分析本院2018年1月—2021年6月经病理证实为儿童后颅窝髓母细胞瘤、室管膜瘤患者的MRI检查资料。病理纳入标准:经病理证实为儿童后颅窝髓母细胞瘤、室管膜瘤,且术前在本院成功行MRI检查(须包含颅脑常规平扫、DWI、IVIM图像),图像质量合格。最终共62例患者纳入研究,其中髓母细胞瘤36例(男19例,女17例),室管膜细胞瘤26例(男16例、女10例),患儿年龄0.6~13岁,平均 4.2 ± 3.2 岁。

2. 检查设备及方法

所有入组患者均采用3.0T超导MR(Discovery 750, GE Healthcare)头部线圈进行检查,必要时使用药物辅助睡眠。对所有受检者行仰卧位检查,采集颅脑常规T₁WI、T₂WI、T₂-FLAIR、T₁WI增强图像及横

轴面DWI、IVIM图像。其中DWI扫描采用EPI序列,扫描参数:TR 3000 ms, TE 62.8 ms, b值为1000 s/mm²; IVIM扫描采用EPI序列,扫描参数:TR 3000 ms, TE 69.5 ms, b值为0、20、50、100、150、200、400、1000 s/mm²。

3. 图像处理

所得DWI、IVIM原始图像,分别采用AW4.6后处理工作站(GE Healthcare)Function tool软件包中的ADC、MADC软件进行分析处理。感兴趣区选择肿瘤实性区域,避开肿瘤坏死、囊变、大血管、伪影明显区域。在相应的伪彩图上(图1、2),分别记录感兴趣区的表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值及扩散系数D(true diffusion coefficient)值、灌注系数D* (pseudo diffusion coefficient)值、灌注分数f(perfusion fraction)值。

4. 统计分析

采用SPSS 26.0进行统计学分析,髓母细胞瘤与室管膜瘤的DWI及IVIM参数值(ADC、D、D*、f值及年龄)行单因素方差分析,结果用均数±标准差表示。对参数构建受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under curve, AUC),以P<0.05为差异有统计学意义。

结 果

36例髓母细胞瘤中23例(64%)位于四脑室,13例(36%)位于四脑室及小脑半球;26例室管膜瘤中14例(54%)位于四脑室,12例(46%)位于四脑室及小脑半球。髓母细胞瘤与室管膜瘤患儿的年龄、ADC、D、D*、f值结果见表1。室管膜瘤患儿平均年龄小于髓母细胞瘤患儿(P<0.05)。

1. 髓母细胞瘤与室管膜瘤DWI及IVIM参数值比较

室管膜瘤的ADC、D值均大于髓母细胞瘤,差异有统计学意义(P均<0.01);室管膜瘤的D*值大于髓母细胞瘤,差异有统计学意义(P<0.05)。

表1 髓母细胞瘤与室管膜瘤DWI、IVIM参数值比较

参数	髓母细胞瘤	室管膜瘤	F值	P
年龄/岁	5.23±3.42	2.89±2.23	9.273	<0.05
ADC/×10 ⁻³ mm	0.82±0.18	1.19±0.40	23.073	<0.01
D/×10 ⁻³ mm	0.59±0.08	1.05±0.36	53.027	<0.01
D*/×10 ⁻³ mm	7.64±6.31	12.11±10.90	4.159	<0.05
f/%	14.54±5.07	15.80±7.06	0.670	0.416

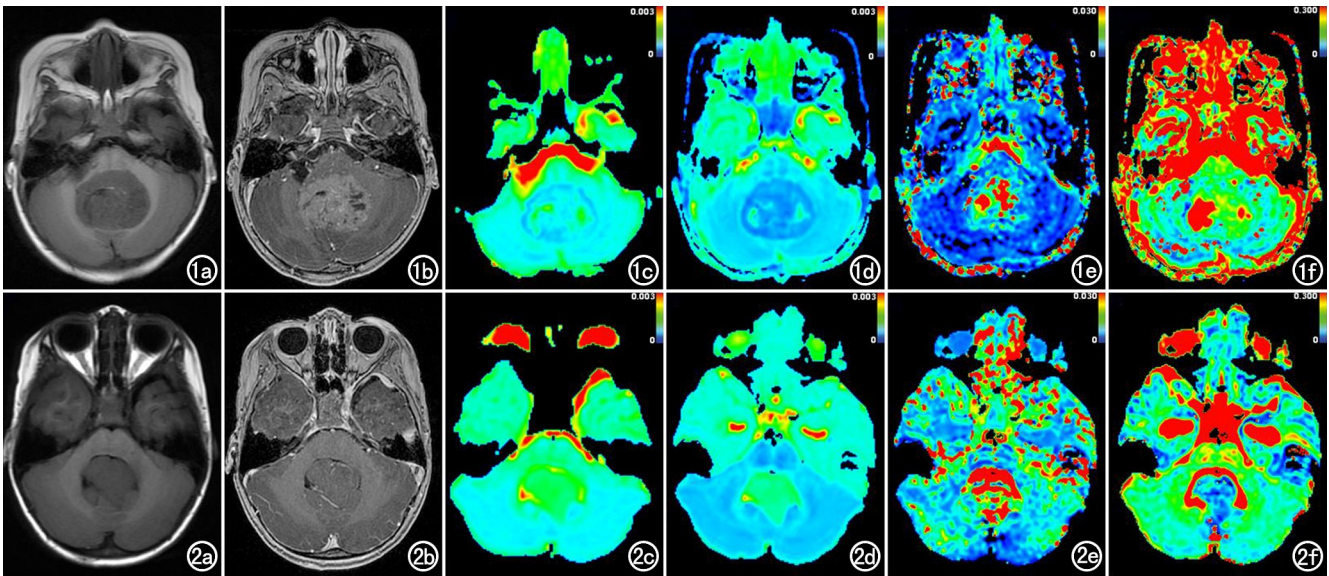


图 1 女,2 岁,四脑室髓母细胞瘤。a)横轴面 T₁ WI 图像;b)横轴面 T₁ WI 抑脂增强图像;c)DWI-ADC 值伪彩图,ADC 值=0.74×10⁻³ mm;d)IVIM-D 值伪彩图,D 值为 0.53×10⁻³ mm;e)IVIM-D* 值伪彩图,D* 值为 2.41×10⁻³ mm;f)IVIM-f 值伪彩图,f 值为 14.50%。图 2 男,3 岁,四脑室室管膜瘤。a)轴位 T₁ WI 图像;b)轴位 T₁ WI 抑脂增强图像;c)DWI-ADC 值伪彩图,ADC 值为 1.04×10⁻³ mm;d)IVIM-D 值伪彩图,D 值为 1.03×10⁻³ mm;e)IVIM-D* 值伪彩图,D* 值为 9.58×10⁻³ mm;f)IVIM-f 值伪彩图,f 值为 30.00%。

2.髓母细胞瘤与室管膜瘤 DWI 及 IVIM 参数值 ROC 分析比较

ROC 分析结果(图 3,表 2)显示,对于鉴别髓母细胞瘤与室管膜瘤,AUC 值比较,D>ADC>D*>f;敏感度比较,D>D*>ADC>f;特异度比较,D>ADC>f>D*;诊断效能整体比较,D>ADC>D*>f。

表 2 ADC、D、D*、f 值鉴别诊断髓母细胞瘤与室管膜瘤的效能比较

参数	AUC	敏感度	特异度	P
ADC	0.894	92.3%	77.8%	<0.01
D	0.993	99.8%	94.4%	<0.01
D*	0.662	96.2%	67.7%	<0.05
f	0.567	50.0%	69.4%	0.373

结 论

DWI 可通过测量组织内水分子扩散受限程度,推测组织病变内部微结构的改变,其单指数模型公式为: $S(b)/S(0) = \exp(-bD)^{[7]}$ 。通过对多个不同 b 值的 DWI 图像进行拟合,IVIM 双指数模型可同时获得反映组织微循环灌注和扩散效应的多个定量参数,可以更真实地反映病变组织内的信号衰减信息^[8]。IVIM 双指数模型公式为: $S(b)/S(0) = (1 - f) \cdot \exp(-bD) + f \cdot \exp[-b(D + D^*)]$,其中 f 值为灌注分数,代表体素内微循环灌注所致扩散效应占总体扩散效应的容积比率,大小介于 0~1 之间;D 值为真性扩散系数,代表体素内水分子的扩散效应,又称慢速扩散系数;D* 值为血液循环产生的假性扩散系数,代表体

素内微循环灌注所致扩散效应,又称快速扩散系数^[8-10]。

近年来 DWI 技术作为诊断脑肿瘤的重要影像学检查方法,对髓母细胞瘤与室管膜瘤的鉴别诊断具有重要的指导价值^[11]。已有研究发现,髓母细胞瘤细胞密度大,细胞间隙小,致使水分子扩散受限,因此髓母细胞瘤在 DWI 上扩散受限呈高信号,同时具有较低的 ADC 值^[12]。本研究结果显示室管膜瘤的 ADC、D 值

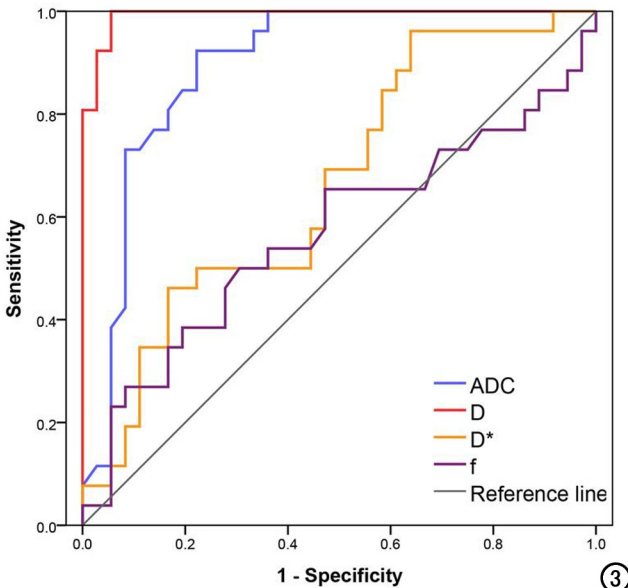


图 3 ADC、D、D*、f 值鉴别诊断髓母细胞瘤与室管膜瘤的 ROC 曲线。

均大于髓母细胞瘤,与文献报道相符^[12-15],反映了髓母细胞瘤内水分子扩散受限程度大于室管膜瘤,提示髓母细胞瘤细胞排列更为致密。在 DWI 成像过程中,体素内浓度梯度差异所造成的压力梯度、分子运动、热效应以及离子的相互作用引起的分子运动无法有效区分,而且 DWI 模型假设水分子的扩散距离分布为理想状态下的高斯分布,因此 DWI 模型计算所得 ADC 值偏离了其真实水平。IVIM 技术弥补了这一缺点,双指数模型同时考虑到每个体素内共存的快速扩散质子池和慢速扩散质子池,因此 IVIM 模型比传统单指数模型更好地描述扩散信号衰减过程^[8]。本研究 ROC 分析结果显示 IVIM 模型所得 D 值的 AUC、敏感度和特异度均明显大于 DWI-ADC 值,说明对于髓母细胞瘤与室管膜瘤的鉴别诊断,D 值的诊断效能优于 ADC 值;ADC 反映的是水分子和微循环灌注的综合效应;而 IVIM 的 D 值剔除了微循环灌注效应,反映了肿瘤内水分子的真实扩散特征,可更准确地反应组织内的细胞密度。Kikuchi 等^[16]对儿童高低级别脑肿瘤 IVIM 对比研究,发现高级别脑肿瘤(WHO III—IV 级)的 ADC、D 值明显高于低级别脑肿瘤(WHO I—II 级),而且 D 值的诊断效能优于 ADC 值。这些发现为本研究结果提供了有力支持,并验证了该方法的有效性。

当小 b 值(即 $b < 200 \text{ s/mm}^2$)时,灌注效应占主导作用,与血液在不规则毛细血管网内流动相关;综合文献报道,小 b 值不少于 4 个能更好地反映灌注相关参数^[7-8];为获得稳定的计算结果,本研究在扫描时采用了 6 个小 b 值。本研究发现室管膜瘤的 D^* 值高于髓母细胞瘤,说明室管膜瘤内的灌注效应大于髓母细胞瘤,提示室管膜瘤内的微血管分布多于髓母细胞瘤。与本研究结果相似,Dangouloff-Ros 等^[17]通过对儿童脑肿瘤动脉自旋标记(arterial spin labeling, ASL)和病理血管密度对比研究,发现室管膜瘤的灌注参数脑血流量(cerebral blood flow, CBF)值和血管密度均高于髓母细胞瘤,认为室管膜瘤具有更高的灌注特征。目前,IVIM 对于儿童脑肿瘤的报道尚少,且结果存在一定争议。Kikuchi 等^[16]的研究结果认为,儿童高级别脑肿瘤的 f 值高于低级别脑肿瘤;而两者间 D^* 值差异无统计学意义。李玉华等^[18]的研究结果发现,儿童低级别脑肿瘤的 D^* 值高于高级别脑肿瘤;而两者间 f 值差异无统计学意义,与本研究结果相仿。已有研究认为,IVIM 的灌注成分的生理基础比较复杂,扫描参数不统一,因此研究结果有一定的不确定性;肿瘤的类型、结构特征以及 IVIM 所选 b 值和 TE 时间的不同均会影响到最终结果,TE 时间越长,低 b 值信号衰减越多,相应 f 值越高;而且 f 值易受到脑脊液及水肿的

污染^[19-21]。因此,对于 IVIM 对儿童后颅窝脑肿瘤的灌注效应有待进一步探索。

本研究的局限性在于样本量偏少,在后期的研究中需要增加样本量,同时 IVIM 与肿瘤组织病理相关性有待进一步验证;另外儿童髓母细胞瘤与室管膜瘤的 IVIM、ASL、动态对比增强磁共振成像的对比研究对肿瘤内部的灌注改变也值得进一步探讨。

综上所述,DWI 和 IVIM 技术均可用于定量评价儿童后颅窝髓母细胞瘤与室管膜瘤,IVIM 的 D 值对髓母细胞瘤与室管膜瘤的诊断效能优于 DWI 的 ADC 值。

参考文献:

- [1] Klesse LJ, Bowers DC. Childhood medulloblastoma: current status of biology and treatment[J]. CNS Drugs, 2010, 24(4): 285-301.
- [2] Reni M, Gatta G, Mazza E, et al. Ependymoma[J]. Crit Rev Oncol Hematol, 2007, 63(1): 81-89.
- [3] Dong J, Li L, Liang S, et al. Differentiation between ependymoma and medulloblastoma in children with radiomics approach[J]. Acad Radiol, 2021, 28(3): 318-327.
- [4] Iima M, Le Bihan D. Clinical intravoxel incoherent motion and diffusion MR imaging: past, present, and future[J]. Radiology, 2016, 278(1): 13-32.
- [5] Le Bihan D, Johansen-Berg H. Diffusion MRI at 25: exploring brain tissue structure and function[J]. Neuroimage, 2012, 61(2): 324-341.
- [6] 黄珊, 曾梦华, 唐小平, 等. IVIM-DWI 在胶质瘤术前分级中的应用及与常规 DWI 和 ASL 成像的对照分析[J]. 放射学实践, 2017, 32(8): 816-820.
- [7] Le Bihan D. Apparent diffusion coefficient and beyond: what diffusion MR imaging can tell us about tissue structure[J]. Radiology, 2013, 268(2): 318-322.
- [8] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. Radiology, 1988, 168(2): 497-505.
- [9] Lee Y, Lee SS, Kim N, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging of the liver: effect of triggering methods on regional variability and measurement repeatability of quantitative parameters[J]. Radiology, 2015, 274(2): 405-415.
- [10] Iima M, Yano K, Kataoka M, et al. Quantitative non-Gaussian diffusion and intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging: differentiation of malignant and benign breast lesions[J]. Invest Radiol, 2015, 50(4): 205-211.
- [11] Kumar R, Kundu J. Role and efficacy of diffusion weighted imaging in evaluation of intracranial pathologies[J]. Mymensingh Med J, 2015, 24(1): 152-160.
- [12] Hales PW, d'Arco F, Cooper J, et al. Arterial spin labelling and diffusion-weighted imaging in paediatric brain tumours[J]. Neuroimage Clin, 2019, 22: 101696.
- [13] 顾卫彬, 侯欣怡, 马丁, 等. 磁共振扩散加权成像在儿童髓母细胞瘤诊断中的价值[J]. 放射学实践, 2018, 33(9): 956-960.
- [14] Taheri H, Tavakoli MB. Measurement of apparent diffusion coefficient (ADC) values of ependymoma and medulloblastoma

- tumors; a patient-based study[J]. J Biomed Phys Eng, 2021, 11(1):39-46.
- [15] Novak J, Zarinabad N, Rose H, et al. Classification of paediatric brain tumours by diffusion weighted imaging and machine learning[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):2987.
- [16] Kikuchi K, Hiwatashi A, Togao O, et al. Intravoxel incoherent motion MR imaging of pediatric intracranial tumors: correlation with histology and diagnostic utility[J]. Am J Neuroradiol, 2019, 40(5):878-884.
- [17] Dangouloff-Ros V, Deroulers C, Foissac, et al. Arterial spin labeling to predict brain tumor grading in children: correlations between histopathologic vascular density and perfusion MR imaging[J]. Radiology, 2016, 281(2):553-566.
- [18] 李玉华, 陆建平, 段秀杰, 等. 多 b 值 DWI 在儿童脑肿瘤中的初步研究[J]. 放射学实践, 2012, 27(2):159-163.
- [19] Meeus EM, Novak J, Withey SB, et al. Evaluation of intravoxel incoherent motion fitting methods in low-perfused tissue[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 45(5):1325-1334.
- [20] Andreou A, Koh DM, Collins DJ, et al. Measurement reproducibility of perfusion fraction and pseudodiffusion coefficient derived by intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging in normal liver and metastases[J]. Eur Radiol, 2013, 23(2):428-434.
- [21] Lin Y, Li J, Zhang Z, et al. Comparison of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging and arterial spin labeling MR imaging in gliomas[J]. Biomed Res Int, 2015, 2015:234245.

(收稿日期:2022-02-10 修回日期:2022-03-28)



北京大学图书馆
PEKING UNIVERSITY LIBRARY

《中文核心期刊要目总览》入编通知

《放射学实践》主编先生/女士:

我们谨此郑重通知:依据文献计量学的原理和方法,经研究人员对相关文献的检索、统计和分析,以及学科专家评审,贵刊《放射学实践》入编《中文核心期刊要目总览》2020年版(即第9版)临床医学/特种医学类的核心期刊。该书由北京大学出版社出版。书中按《中国图书馆分类法》的学科体系,列出了74个学科的核心期刊表,并逐一为核心期刊进行了著录。著录项目包括:刊名、并列刊名、主办单位、出版年、出版频率、中图分类号、ISSN号、CN号、邮发代号、编辑部地址、电话、网址、内容简介等。

评选核心期刊的工作是运用科学方法对各种刊物在一定时期内所刊载论文的学术水平和学术影响力进行综合评价的一种科研活动,研究工作量浩大。北京地区十几所高校图书馆、中国科学院文献情报中心、重庆维普资讯有限公司、中国人民大学书报资料中心、中国学术期刊(光盘版)电子杂志社、中国科学技术信息研究所、北京万方数据股份有限公司、国家图书馆和北京世纪超星信息技术发展有限责任公司等相关单位的百余名专家和期刊工作者参加了研究。

项目组对核心期刊的评价理论、评价方法等问题进行了深入研究,进一步改进了核心期刊评价方法,使之更趋科学合理,力求使评价结果符合客观实际。对于核心期刊的评价仍采用定量评价和定性评审相结合的方法。定量评价指标体系采用了被摘量(全文、摘要)、被摘率(全文、摘要)、被引量、他引量(期刊、博士论文)、影响因子、他引影响因子、5年影响因子、5年他引影响因子、特征因子、论文影响分值、论文被引指数、互引指数、获奖或被重要检索系统收录、基金论文比(国家级、省部级)、Web下载量、Web下载率16个评价指标,选作评价指标统计源的数据库及文摘刊物达48种,统计到的文献数量共计142亿余篇次,涉及期刊13764种。参加核心期刊评审的学科专家1万多位。经过定量筛选和专家定性评审,从我国正在出版的中文期刊中评选出1990种核心期刊。

需要特别指出的是,该研究成果只是一种参考工具书,主要是为图书情报界、出版界等需要对期刊进行评价的用户提供参考,例如为各图书情报部门的中文期刊采购和读者导读服务提供参考帮助等,不应作为评价标准。谨此说明。

顺颂
撰安

《中文核心期刊要目总览》2020年版编委会

