

论 著

功能磁共振对于病毒性脑炎及颅内结核的诊断价值研究*

谷聚贤^{1,*} 户红伟² 姚彦¹
刘超³

- 1.沧州市中心医院神经内五科
(河北 沧州 061011)
- 2.沧州市中心医院运动医学科
(河北 沧州 061011)
- 3.沧州市中心医院CT诊断科
(河北 沧州 061011)

【摘要】目的 探讨功能磁共振对于病毒性脑炎(VE)及颅内结核(IT)的诊断价值。**方法** 选取我院2021年1月-2022年12月收治的VE患者48例、IT患者41例、亚急性脑梗死患者50例、低级别胶质瘤患者50例纳入研究。所有患者均行常规MRI、三维动脉自旋标记(3D-ASL)、弥散加权成像(DWI)及氢质子MR波谱分析(¹H-MRS)成像扫描。观察比较VE、IT、亚急性脑梗死和低级别胶质瘤四组患者的ADC值、rCBF值和¹H-MRS结果。**结果** IT患者的平均ADC值较正常对照区ADC值升高,而VE患者、亚急性脑梗死和低级别胶质瘤三组的平均ADC值均较正常对照区ADC值减低。IT患者rADC均高于VE患者、亚急性脑梗死患者和低级别胶质瘤患者,以VE患者和亚急性脑梗死患者最为显著($P<0.05$)。低级别胶质瘤患者的平均rCBF较正常对照区rCBF升高,而IT患者和亚急性脑梗死患者的平均rCBF均较正常对照区rCBF减低,其中亚急性脑梗死患者降低最明显,而VE患者平均rCBF较正常对照区稍降低。低级别胶质瘤患者rrCBF均高于VE患者、IT患者和亚急性脑梗死患者,以亚急性脑梗死患者最为显著($P<0.05$)。低级别胶质瘤患者的Cho/Cr和Cho/NAA比值明显高于VE患者、IT患者、亚急性脑梗死患者($P<0.05$)。VE患者的Cho/Cr和Cho/NAA比值低于IT患者($P<0.05$)。**结论** ADC值、rCBF值、Cho/Cr和Cho/NAA比值对VE和IT的诊断和鉴别诊断能提供重要信息,有助于治疗方案及预后情况的判断。

【关键词】 功能磁共振;病毒性脑炎;颅内结核;诊断价值

【中图分类号】 R445.2; R529.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省2021年度医学科学研究课题计划(20211127)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.011

Diagnostic Value of Functional Magnetic Resonance Imaging in Viral Encephalitis and Intracranial Tuberculosis*

GU Ju-xian^{1,*}, HU Hong-wei², YAO Yan¹, LIU Chao³.

1.Department of Neurology, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou 061011, Hebei Province, China

2.Department of Sports Medicine, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou 061011, Hebei Province, China

3.Department of CT Diagnosis, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou 061011, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of functional magnetic resonance imaging (fMRI) in viral encephalitis (VE) and intracranial tuberculosis (IT). **Methods** Forty-eight patients with VE, 41 patients with IT, 50 patients with subacute cerebral infarction and 50 patients with low-grade glioma admitted to our hospital from January 2021 to December 2022 were included in the study. All patients underwent conventional MRI, three-dimensional arterial spin labeling (3D-ASL), diffusion-weighted imaging (DWI) and hydrogen proton MR Spectroscopy (¹H-MRS) imaging. The ADC values, rCBF values and ¹H-MRS results of VE, IT, subacute cerebral infarction and low-grade glioma groups were observed and compared. **Results** The mean ADC values in IT patients were higher than those in the normal control area, while the mean ADC values in VE patients, subacute cerebral infarction and low-grade glioma patients were lower than those in the normal control area. rADC in IT patients was higher than that in VE patients, subacute cerebral infarction patients and low-grade glioma patients, and the most significant difference was found in VE patients and subacute cerebral infarction patients ($P<0.05$). The average rCBF of patients with low-grade glioma was higher than that of the normal control area, while the average rCBF of patients with IT and subacute cerebral infarction was lower than that of the normal control area, and the average rCBF of patients with subacute cerebral infarction was the most obvious reduction, while the average rCBF of patients with VE was slightly lower than that of the normal control area. The rrCBF of low-grade glioma patients was higher than that of VE patients, IT patients and subacute cerebral infarction patients, and the subacute cerebral infarction patients were the most significant ($P<0.05$). The Cho/Cr and Cho/NAA ratios in low-grade glioma patients were significantly higher than those in VE patients, IT patients and subacute cerebral infarction patients ($P<0.05$). The Cho/Cr and Cho/NAA ratios in VE patients were lower than those in IT patients ($P<0.05$). **Conclusion** ADC value, rCBF value, Cho/Cr and Cho/NAA ratio can provide important information for the diagnosis and differential diagnosis of VE and IT, which is helpful for the judgment of treatment plan and prognosis.

Keywords: Functional Magnetic Resonance; Viral Encephalitis; Intracranial Tuberculosis; Diagnostic Value

中枢神经系统(CNS)感染患者的发病率和死亡率较高,部分原因是CNS感染诊断和致病病原体的鉴定较为困难,且临床表现无特异性,重症者预后较差,因此对临床医生的诊断和治疗带来了巨大的挑战^[1]。病毒性脑炎(VE)是儿童常见的中枢神经系统感染性疾病,50-60%的患者预后较差,可能会出现长期持续的神经和认知后遗症^[2],其临床诊断主要基于临床体征和辅助检查资料^[3]。颅内结核(IT)可发生为弥漫性疾病(软脑膜炎),或以局部形式发生为结核瘤、脓肿或脑炎^[4-5]。而颅内结核瘤的体征和症状通常类似于颅内肿瘤,在常规MRI上可能很难区分结核瘤与其他颅内肿瘤(如高级别神经胶质瘤),其影像表现具有重叠^[6-7]。VE和IT给患者的家庭和社会造成巨大的压力和经济负担,因此早期诊断和及时治疗对改善预后尤为重要。此外,治疗前采用其他的成像手段作为非侵入性诊断以避免不必要的侵入性手术对患者预后也具有重要意义。而MRI功能成像如三维动脉自旋标记(3D-ASL)、氢质子MR波谱分析(¹H-MRS)和弥散加权成像(DWI)为脑部疾病的诊断提供客观可靠的影像学证据,这可能有助于改善这些脑病变的诊断。3D-ASL是一种利用动脉血液中的水质子作为示踪剂来反映组织血液灌注的磁共振灌注成像技术,可快速确定靶区脑血流量(CBF),评估组织血液灌注^[8-9]。¹H-MRS提供了关于大脑化学成分的信息^[10]。弥散加权成像(DWI)通过计算表观扩散系数(ADC),提供了关于水分子在组织中的微观运动的定量信息^[11]。基于此,本研究探讨功能磁共振对于VE及IT的诊断价值,以期为临床治疗方案的制定提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2021年1月至2022年12月收治的VE患者48例,IT患者41例,亚急性脑梗死患者50例,低级别胶质瘤患者50例。VE患者男性23例,女性25例,年龄19-73岁,平均(36.15±6.90)岁。IT患者男性19例,女性22例,年龄22-75岁,平均(40.52±5.93)岁。亚急性脑梗死患者男性31例,女性19例,年龄35-76岁,平均(48.63±6.34)岁。亚急性脑梗死患者男性22例,女性23例,年龄36-74岁,平均(47.50±5.67)岁。本研究经我院伦理委员会批准。

1.2 诊断标准与排除标准 VE诊断标准:临床表现为发热、头痛、恶心及疑似病毒感染引起的脑实质损伤症状;脑脊液炎症性改变,排除细菌、真菌感染;血清病毒相关抗体

【第一作者】 谷聚贤,男,副主任医师,主要研究方向:脑血管病及中枢神经系统感染性疾病诊治。E-mail: gujuxian2008@163.com

【通讯作者】 谷聚贤

滴度升高；脑电图呈弥漫性异常改变(部分可局灶病变)；颅脑MRI表现为多发或单发病灶，但无明显占位效应；抗病毒及激素治疗后病情好转；排除其他可能原因。IT诊断标准：有颅内高压症状、脑膜刺激征或神经系统症状；所有病例头颅MRI显示有颅内病变；有明确的其他部位结核病史；脑脊液检查支持颅内结核诊断；排除其他及颅内感染性病变；经抗结核治疗，临床症状好转或颅内病灶逐渐缩小或消失。亚急性脑梗死诊断标准：符合脑梗死的诊断标准且不是腔隙性脑梗死^[12]；病程处于亚急性期，即发病3-14天左右；头颅CT检查病灶区内无出血性病变。低级别胶质瘤诊断标准^[13]：所有病例均经手术病理或活检证实为Ⅰ-Ⅱ级(WHO分级标准)胶质瘤者。排除标准：年龄<18岁或>80岁者；既往有脑肿瘤或CNS感染或外伤等导致脑组织损伤遗留神经系统症状者；影像学检查前已接受相关治疗者；MRI显示病灶范围较小或位于幕下无法选取感兴趣区或因脑脊液/颅骨干扰者。

1.3 MRI检查 采用GE Discovery MRI 750 3T对所选病例进行常规MRI、3D-ASL、DWI及¹H-MRS成像扫描。扫描完成后将图像传输至AW4.6后处理工作软件进行图像后处理。(1)3D-ASL图像处理：对灌注原始数据处理得到相对脑血流图，选取感兴趣区(病灶区及对侧正常脑区)测量局部脑血流值(rCBF)，分别选取多个感兴趣区测量后计算出rCBF平均值。最后计算相对局部脑血流量rrCBF值(rrCBF=病灶区rCBF/对侧正常区rCBF)。(2)DWI图像处理：结合T₂WI序列高信号最明显的区域选取感兴趣区测量ADC值，同时测量同一层面对侧正常脑区ADC值作为对照，计算相对表观弥散系数值(rADC=病灶区ADC/对照区ADC)。(3)¹H-MRS图像处理：以轴位T₂WI图像为参照，在参考像上结合T₂高信号最明显区域选择感兴趣区，选取对侧正常脑组织为对照区，感兴趣区尽可能避开出血、坏死及钙化区域。通过观测各标记物波峰下

面积，进一步求得标记物面积的相对比值。观测的主要代谢产物为：Cho(3.20ppm附近)、NAA(2.01ppm附近)、Cr(3.03ppm附近)、Cho/NAA、Cho/Cr。

1.4 统计学方法 采用SPSS 22.0统计分析软件。计量资料以均数和标准差表示。多组间比较采用单因素方差分析，组间比较采用t检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 四组患者ADC值比较 如表1所示，四组患者病灶区ADC值及rADC比较有差异(P<0.05)，而对照区比较无差异(P>0.05)。IT患者的平均ADC值较正常对照区ADC值升高，而VE患者、亚急性脑梗死患者和低级别胶质瘤患者的平均ADC值均较正常对照区ADC值减低。IT患者rADC均高于VE患者、亚急性脑梗死患者和低级别胶质瘤患者，以VE患者和亚急性脑梗死患者最为显著(P<0.05)。见表1。

2.2 四组患者rCBF值比较 四组患者病灶区rCBF、对照区rCBF及rrCBF比较均差异(P<0.05)。低级别胶质瘤患者的平均rCBF较正常对照区rCBF升高，而IT患者和亚急性脑梗死患者的平均rCBF均较正常对照区rCBF减低，其中亚急性脑梗死患者降低最明显，而VE患者平均rCBF较正常对照区稍降低。低级别胶质瘤患者rrCBF均高于VE患者、IT患者和亚急性脑梗死患者，以亚急性脑梗死降低最为显著(P<0.05)。见表2。

2.3 四组患者¹H-MRS结果比较 组患者Cho/Cr及Cho/NAA比较有差异(P<0.05)。低级别胶质瘤患者的Cho/Cr和Cho/NAA比值明显高于VE患者、IT患者、亚急性脑梗死患者(P<0.05)。VE患者的Cho/Cr和Cho/NAA比值低于IT患者(P<0.05)。见表3。

2.4 典型病例(见图1-图4)

表1 四组患者ADC值比较(×10⁻³mm²/s)

组别	病灶区ADC	对照区ADC	rADC
VE患者	0.620±0.215	0.847±0.096	0.726±0.231
IT患者	1.058±0.106 [*]	0.836±0.087	1.284±0.102 [*]
亚急性脑梗死患者	0.562±0.105 [@]	0.842±0.088	0.675±0.137 [@]
低级别胶质瘤患者	0.734±0.250 [@]	0.851±0.091	0.942±0.183 [@]
F值	63.440	0.230	1113.58
P值	<0.001	0.875	<0.001

注：与VE患者比较，^{*}P<0.05；与IT患者比较，[@]P<0.05。

表2 四组患者rCBF值比较(mL/min)

组别	病灶区rCBF	对照区rCBF	rrCBF
VE患者	118.37±9.54	120.46±9.43	0.973±0.064
IT患者	87.05±8.63 [*]	92.34±9.03 [*]	0.920±0.071 [*]
亚急性脑梗死患者	75.66±10.58 [@]	91.02±12.54 [*]	0.834±0.066 [@]
低级别胶质瘤患者	141.56±12.08 [@]	137.63±13.07 [@]	1.062±0.082 [@]
F值	407.003	194.011	89.612
P值	<0.001	<0.001	<0.001

注：与VE患者比较，^{*}P<0.05；与IT患者比较，[@]P<0.05。

表3 四组患者¹H-MRS结果比较

组别	Cho/Cr	Cho/NAA
VE患者	1.620±0.105	1.384±0.186
IT患者	2.067±0.245 [*]	2.172±0.205 [*]
亚急性脑梗死患者	1.720±0.163 [@]	1.428±0.217 [@]
低级别胶质瘤患者	2.674±0.412 [@]	2.715±0.362 [@]
F值	165.523	307.925
P值	<0.001	<0.001

注：与VE患者比较，^{*}P<0.05；与IT患者比较，[@]P<0.05。

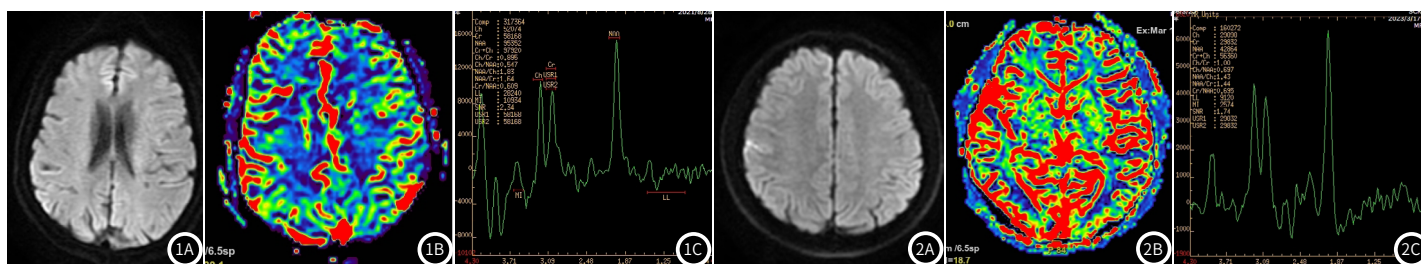


图1A-图1C 女性, 72岁, 左侧颞枕叶VE患者。DWI (1A) 显示病灶周围呈稍高信号, ADC值为 $0.82 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。3D-ASL (1B) 显示病灶区呈灌注减低, rCBF值为110.21mL/min, 对侧正常区rCBF值为123.63mL/min。¹H-MRS (1C) 显示Cho/Cr和Cho/NAA比值轻度升高, 未见明显Lip信号峰。

图2A-图2C 男性, 65岁, 结核性脑膜炎。DWI (2A) 显示病灶呈稍高信号, ADC值为 $1.15 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。3D-ASL (2B) 显示病灶区呈灌注减低, rCBF值为95.27mL/min, 对侧正常区rCBF值为103.23mL/min。¹H-MRS (2C) 显示Cho/Cr和Cho/NAA比值轻度升高。

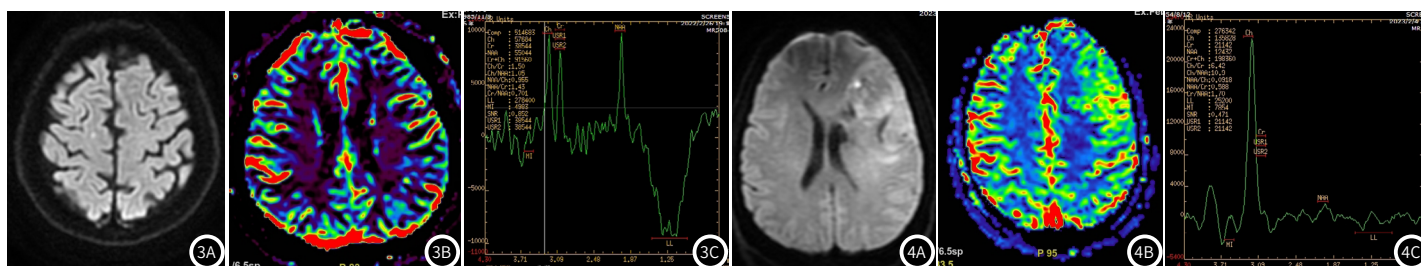


图3A-图3C 男性, 67岁, 亚急性期脑梗死。DWI (3A) 显示病灶呈稍高信号, ADC值为 $0.68 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。3D-ASL (3B) 显示病灶区呈灌注稍减低, rCBF值为83.35mL/min, 对侧正常区rCBF值为99.16mL/min。¹H-MRS (3C) 显示Cho/Cr和Cho/NAA比值轻度升高。

图4A-图4B 男性, 68岁, 左侧额叶胶质瘤。DWI (4A) 呈花环状高信号, ADC值为 $0.852 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。3D-ASL (4B) 显示病灶区呈灌注增高, rCBF值为138.06mL/min, 对侧正常区rCBF值为120.63mL/min。¹H-MRS (4C) 显示Cho/Cr及Cho/NAA比值明显升高。

3 讨论

DWI成像反映了水分子在组织中的扩散特性, 通过计算ADC值可以得到水分子运动的定量信息。ADC值与组织学检查中的肿瘤细胞数量密切相关, 可通过ADC值的测量对疾病做出诊断, 可能有助于常规MRI成像来区别脑肿瘤, 也有助于化脓性脑脓肿和坏死性脑肿瘤之间的鉴别。本研究显示, IT患者ADC值略有升高, 其原因可能与结核病理基础有关, IT主要为炎性肉芽组织, 此外血管源性水肿导致细胞外间隙增大, 水分子扩散增加, 反映了组织间隙含水量的增加, 最终会导致IT病灶扩散不受限, ADC值甚至会略有升高^[14]。在DWI图上, IT可表现为信号增高, 但其ADC图信号未减低, 即其DWI信号强化的变化与ADC值无关。而VE、亚急性脑梗死和低级别胶质瘤ADC值均较低。VE在急性期ADC降低与神经元的变性坏死、脑组织能量代谢障碍及细胞毒性水肿有关, 病程进展会导致血管源性水肿, 炎性细胞浸润等会导致细胞外间隙增大, 此时ADC值会较前有所升高^[15]。亚急性脑梗死因细胞间质水肿增加、细胞膜破坏等会导致水分子的扩散速度增加, 但其ADC值仍低于正常脑组织, 随着病程进展, 血管源性水肿也会更加明显, 脑组织会逐渐出现软化和胶质增生进而慢性期, 此时ADC值也会逐渐升高^[16]。低级别胶质瘤ADC值的降低可能与组织学特征具有较高的细胞性、核异型性、有丝分裂活性激活和细胞外空间减少有关, 导致水扩散受限^[17-18]。

3D-ASL是利用血液中的氢质子作为示踪剂采集图像后处理后得到的组织灌注参数图, 可直观、定量脑组织的CBF值, 不需额外注入外源性对比剂即可评估脑组织的血流灌注情况^[19]。本研究显示低级别胶质瘤rCBF值高于VE、IT和亚急性脑梗死。低级别胶质瘤肿瘤区呈高灌注表现, 相应rCBF值升高, 可能与肿瘤病变血供增加、肿瘤内部新生血管形成和细胞分裂增加有关。VE是脑组织发生炎性充血水肿, 脑实质细胞受损害, 神经元发生变性和坏死, 导致白质脱髓鞘改变, 炎性细胞浸润, 因此病灶区可呈相对高灌注改变^[20], 但其程度较低级别胶质瘤稍低。亚急性脑梗死则呈低灌注表现, rCBF值降低, 主要是此时发生细胞毒性水肿, 微循环发生异常, 反应水分子弥散的ADC值和反应灌注的rCBF值均同时下降^[21]。与低级别胶质瘤对比, IT呈低灌注改变, 可能与病变区血管活性内皮生长因子、细胞因子和微血管密度的表达相对较低/少有关, 上述因素的表达在低级别胶质瘤中更持久^[22]。

IT在颅内形成结核瘤时, 其T₁WI图像显示为低信号, T₂WI显示为等至轻度高信号, 并伴有局灶性周围水肿。结核瘤周围有炎性反应, 而中央区可有液化坏死或结核性脓肿, 周边增强可表现为边缘或结节性强化伴周围水肿, 而这些表现在胶质瘤中同样可以出现, 可能出现误诊。已有研究显示¹H-MRS对肿瘤性病变和非肿瘤性病变的鉴别诊断具有重要价值。在颅内结核瘤中, 与正常对侧脑组织比较, 病灶主体部分Cho/Cr和Cho/NAA比值轻度升高, 增强边缘的Cho峰正常至轻度升高, Cr和NAA峰降低, 颅内结核瘤增强边缘的典型波谱显示为Cho/Cr和Cho/NAA比值轻度升高, Lip信号峰轻度升高^[23]。而与正常对侧脑组织比较, 胶质瘤病灶主体部分Cho/Cr和Cho/NAA比值明显升高, 增强边缘Cho峰升高, Cr和NAA峰降低, 胶质瘤增强边缘的典型波谱显示Cho/Cr和Cho/NAA比值增加, Lac/Lip峰升高^[23]。在¹H-MRS上可见的Cho来自于细胞膜, 细胞密度与胶质瘤中Cho的数量相关, 由于膜转换和细胞增殖的增加, 胶质瘤增强边缘的Cho应显著升高, 因此半定量Cho值或比值对肿瘤性病变和非肿瘤性病变之间的分级和鉴别是可靠的^[24-25]。而感染性病变有Cho峰的升高可能是由于高细胞密度所引起的。虽然肿瘤性病变中的Cho水平明显高于非肿瘤性病变, 反映了细胞膜周转率的增加和细胞数量的增加; 且尽管部分非肿瘤性病变和肿瘤性病变之间的Cho/Cr、Cho/NAA比值存在差异, 但个体值仍存在一些重叠; 若肿瘤性病变显示出较低的Cho水平, 这可能提示在感兴趣区的体积内存在广泛的坏死, 反映了区域的细胞浓度较低。因此在具体分析数据时, 我们应该结合患者临床及其他功能成像结果进行综合判断。

综上所述, IT患者DWI成像测得ADC值会略有升高, 而急性期VE常常降低; VE患者3D-ASL常呈高灌注改变, IT患者常呈低灌注改变, VE患者rCBF值多高于IT患者; ¹H-MRS有助于肿瘤性病变与非肿瘤性病变的鉴别, 且IT患者增强边缘常呈典型波谱改变, 即Cho/Cr和Cho/NAA比值轻度升高, Lip信号峰轻度升高; 因此, 功能磁共振有助于VE和IT的诊断和鉴别诊断, 有助于治疗方案及预后情况的综合判断。

(上接第33页)

- [1]郭小凤,田斌斌,王雪芹.OSAI基因多态性与EV71所致中枢神经系统感染的关系[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30 (3): 13-14, 19.
- [2]Feng G,Zhou L,Li F,et al.Predictors of outcome in clinically diagnosed viral encephalitis patients:a 5-year prospective study[J].Biomed Res Int, 2020, 2020: 2832418.
- [3]Ai J,Xie Z,Liu G,et al.Etiology and prognosis of acute viral encephalitis and meningitis in Chinese children:a multicentre prospective study[J]. BMC Infect Dis, 2017, 17 (1): 494.
- [4]Schaller MA,Wicke F,Foerch C,et al.Central nervous system tuberculosis :etiology,clinical manifestations and neuroradiological features [J].Clin Neuroradiol, 2019, 29 (1): 3-18.
- [5]Swamy SBG,Jaikumar V,Nagaraj NM,et al.Intracranial giant tuberculoma:a 7-year institutional experience and literature review[J].Clin Neurol Neurosurg, 2023, 225: 107593.
- [6]Soni N,Srintharan K,Kumar S,et al.Arterial spin labeling perfusion: prospective MR imaging in differentiating neoplastic from non-neoplastic intra-axial brain lesions [J].Neuroradiol J, 2018, 31 (6): 544-553.
- [7]Soni N,Srintharan K,Kumar S,et al.Application of diffusion tensor imaging in brain lesions:a comparative study of neoplastic and non-neoplastic brain lesions [J].Neurol India, 2018, 66 (6): 1667-1671.
- [8]杜常月,齐旭红,温智勇,等. SWI、3D-ASL及IVIM鉴别高低级别脑胶质瘤的研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (1): 9-11, 28.
- [9]Su H,Su S,Zhang X,et al.Application of arterial spin labeling and susceptibility weighted imaging in the diagnosis of ischemic cerebrovascular diseases [J]. Int J Clin Exp Pathol, 2020, 13 (12): 3052-3059.
- [10]赵树立,邓克学,程传东. 3. 0T磁共振1H-MRS代谢产物在脑胶质瘤分级诊断中的价值及其与Ki-67蛋白的相关分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (8): 4-5, 14.
- [11]Li H,Duan Y,Liu N,et al.Value of DWI combined with magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis between recurrent glioma and radiation injury:a meta-analysis [J]. Int J Clin Pract, 2022, 2022: 1629570.
- [12]Tazaki Y.The diagnostic criteria of cerebral infarction and the differential diagnosis between cerebral infarction and cerebral hemorrhage [J]. Nihon Rinsho, 1993, 51 (1): 433-439.
- [13]Komori T.Grading of adult diffuse gliomas according to the 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system [J]. Lab Invest, 2022, 102 (2): 126-133.
- [14]Parry AH,Wani AH,Shaheen FA,et al.Evaluation of intracranial tuberculomas using diffusion-weighted imaging (DWI),magnetic resonance spectroscopy (MRS) and susceptibility weighted imaging (SWI) [J]. Br J Radiol, 2018, 91 (1091): 20180342.

- [15] Ren Q, Guo L, Liu X, et al. Analysis of the effect of incentive nursing intervention in children with severe viral encephalitis and myocarditis during rehabilitation based on diffusion weighted MRI[J]. J Healthc Eng, 2021, 2021: 9993264.
- [16] 雷立存, 杜亚强, 刘振宇, 等. 磁共振扩散加权成像对不同时时期脑梗死的诊断意义[J]. 河北医科大学学报, 2021, 42(1): 90-94.
- [17] Momeni F, Abedi-Firouzjah R, Farshidfar Z, et al. Differentiating between Low- and high-grade glioma tumors measuring apparent diffusion coefficient values in various regions of the brain[J]. Oman Med J, 2021, 36(2): e251.
- [18] 刘晓艳. 扩散加权成像和MRS对病毒性脑炎和脑低级别胶质瘤的鉴别诊断分析[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(1): 17-18.
- [19] 李瑞, 崔惠勤, 罗雪. 3D-ASL、MRA及DWI技术在诊断急性脑梗死缺血半暗带中的应用[J]. 广西医科大学学报, 2019, 36(5): 819-822.
- [20] Cao Y, Xiao N, Hu S, et al. Role of magnetic resonance three-dimensional arterial spin labeling perfusion in diagnosis and follow-up of viral encephalitis in children[J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 8557-8565.
- [21] 卢瑞站, 张俊成, 黄飞文, 等. 亚急性期脑梗死的体素内不相干运动扩散加权成像[J]. 中国医学影像学技术, 2017, 33(8): 1181-1184.
- [22] Zhu Z, Gong G, Wang L, et al. Three-dimensional arterial spin labeling-guided sub-volume segmentation of radiotherapy in adult non-enhancing low-grade gliomas[J]. Front Oncol, 2022, 12: 914507.
- [23] Peng J, Ouyang Y, Fang WD, et al. Differentiation of intracranial tuberculomas and high grade gliomas using proton MR spectroscopy and diffusion MR imaging[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(12): 4057-4063.
- [24] Soni N, Kumar S, Srindharan K, et al. Comparative evaluation of brain tuberculosis and metastases using combined analysis of arterial spin labeling perfusion and diffusion tensor imaging[J]. Curr Probl Diagn Radiol, 2019, 48(6): 547-553.
- [25] Kulanthaivelu K, Jabeen S, Saini J, et al. Amide proton transfer imaging for differentiation of tuberculomas from high-grade gliomas: preliminary experience[J]. Neuroradiol J. 2021, 34(5): 440-448.

(收稿日期: 2023-04-18)
(校对编辑: 翁佳鸿)