

论 著

磁共振扩散加权成像在小脑实质型血管母细胞瘤的鉴别诊断价值*

冀 鹏¹ 李 红^{1,*} 周彦汝²
朱晨迪²

1.驻马店市中心医院磁共振科
(河南 驻马店 463000)
2.河南中医药大学第一附属医院磁共振科
(河南 郑州 450000)

【摘要】目的 研究小脑实质型血管母细胞瘤鉴别诊断磁共振扩散加权成像(DWI)与表观扩散系数(ADC)的应用价值。方法 本研究对24例手术后病理确诊的小脑实质型血管母细胞瘤(HB)患者与45例其他类型小脑实质富血供肿瘤患者的MRI影像学资料进行了回顾性对比分析。本研究测定了肿瘤实质区域与对侧正常小脑区域的平均表观扩散系数(ADC)值,并据此计算出标准化ADC值,即肿瘤实质区ADC值与正常小脑区ADC值的比值。采用独立样本t检验方法比较,对两组病例的平均ADC值与标准化ADC值进行统计。此外,我们还利用受试者工作特征曲线(ROC)分析,对平均ADC值、标准化ADC值以及二者联合使用的诊断效能进行了评估与比较。结果 对24例小脑实质血管母细胞瘤(HB)的MRI分析显示,19例在扩散加权成像(DWI)上呈现低信号,5例为等信号,而在表观扩散系数(ADC)图上则表现为等信号或高信号,其平均ADC值为 $(1.99\pm 0.41)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$,标准化ADC值为 2.86 ± 0.63 。对于45例其他类型的小脑实质型富血供肿瘤, DWI检查结果显示, 41例肿瘤呈现出高信号特征, 3例表现为等信号, 另有1例为低信号表现, 这些肿瘤的平均表观扩散系数(ADC)值为 $(0.86\pm 0.17)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$, 而经过标准化的ADC值则为 1.25 ± 0.31 。对比两组数据,小脑实质血管母细胞瘤的ADC值与标准化ADC值均显著高于其他富血供肿瘤,此差异具有统计学显著性($t=16.144, P<0.001; t=14.266, P<0.001$)。设定标准化ADC值2.95为诊断小脑实质型血管母细胞瘤的阈值时,其诊断敏感度为76.12%,特异度为92.45%,受试者工作特征曲线(ROC)下面积为0.805。当联合应用ADC值与标准化ADC值进行诊断时,诊断的敏感度与特异度达到最高,分别为82.25%和88.69%,ROC曲线下面积提升为0.867。结论 在区分小脑实质型血管母细胞瘤(HB)与其他小脑实质型富血供肿瘤的鉴别诊断中ADC值及其标准化具有重要价值。且将ADC值与标准化ADC值联合使用是诊断小脑 HB的高效能MRI参数。

【关键词】血管母细胞瘤;小脑肿瘤;
扩散加权成像;表观弥散系数
【中图分类号】R742.8+2
【文献标识码】A
【基金项目】基于人工智能的影像基因组学在
脑膜瘤分级中的研究(2021JDZY063)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.12.003

Differential Diagnostic Value of Magnetic Resonance Diffusion-weighted Imaging in Cerebellar Parenchymal Hemangioblastoma*

Ji Peng¹, Li Hong^{1,*}, ZHOU Yan-ru², ZHU Chen-di².
1.Department of MRI, Zhumadian Central Hospital, Zhumadian 463000, Henan Province, China
2.Department of MRI, The First Affiliated Hospital of Henan University of CM, Zhengzhou 450000, Henan Province, China

ABSTRACT
Objective To investigate the value of magnetic resonance diffusion-weighted imaging (DWI) and apparent diffusion coefficient (ADC) in the differential diagnosis of cerebellar parenchymal hemangioblastoma.
Methods In this study, a retrospective comparative analysis of MRI imaging data of 24 patients with surgically and pathologically confirmed cerebellar parenchymal hemangioblastoma (HB) and 45 patients with other types of cerebellar parenchymal tumour with rich blood supply was performed. In this study, the mean apparent diffusion coefficient (ADC) values of the tumour parenchymal region and the contralateral normal cerebellar region were determined, from which the standardised ADC value, i.e., the ratio of the ADC value of the tumour parenchymal region to the ADC value of the normal cerebellar region, was calculated. The independent samples t-test was used to compare the mean ADC values with the standardised ADC values of the two groups of cases. In addition, we evaluated and compared the diagnostic efficacy of the mean ADC values, the standardised ADC values, and the combination of the two using subject work characteristic curve (ROC) analysis. **Results** MRI analysis of 24 cases of cerebellar parenchymal hemangioblastoma (HB) showed that 19 cases showed low signal on diffusion-weighted imaging (DWI), 5 cases were isosignal, and either isosignal or high signal on apparent diffusion coefficient (ADC) maps, with an average ADC value of $(1.99\pm 0.41)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ and a standardised ADC of 2.86 ± 0.63 . For 45 cases of other types of cerebellar parenchymal blood-rich tumours, DWI showed that 41 cases showed high signal characteristics, 3 cases were isosignal, and 1 case was low signal. For the 45 other types of cerebellar parenchymal blood-rich tumours, DWI showed that 41 tumours showed high signal, 3 showed iso-signal, and 1 showed low signal, with an average apparent diffusion coefficient (ADC) value of $(0.86\pm 0.17)\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ and a normalised ADC value of 1.25 ± 0.31 . Comparing the two groups of data, the ADC and standardised ADC values of cerebellar parenchymal hemangioblastoma were significantly higher than those of other blood-rich tumours, and this difference was statistically significant ($t=16.144, P<0.001; t=14.266, P<0.001$). When a standardised ADC value of 2.95 was set as the threshold for diagnosing cerebellar parenchymal hemangioblastoma, the diagnostic sensitivity was 76.12%, the specificity was 92.45%, and the area under the subject's operating characteristic curve (ROC) was 0.805. The diagnostic sensitivity and specificity were the highest when applying ADC values in conjunction with the standardised ADC value, with 82.25% and 88.69%, and the area under the ROC curve increased to 0.867. **Conclusion** ADC values and their standardisation are valuable in differentiating cerebellar parenchymal hemangioblastoma (HB) from other cerebellar parenchymal blood-rich tumours. The combination of ADC values and standardised ADC values is a high-performance MRI parameter for the diagnosis of cerebellar HB.
Keywords: Hemangioblastoma; Cerebellar Tumor; Diffusion-weighted Imaging; Apparent Diffusion Coefficient

血管母细胞瘤(hemangioblastoma, HB)是一种起源于血管的良性肿瘤,最常见于小脑,生长比较缓慢,约占后颅窝肿瘤的10%和所有颅内肿瘤的2%^[1]。此外,HB也可发生于周围神经或视网膜,部分病例与von Hippel-Lindau综合征(VHL)有关^[2]。小脑血管母细胞瘤(HB)的影像学特征可划分为三种类型:大囊伴小结节型、单纯性囊型以及实性(实质)型。典型的大囊小结节型HB表现为囊性肿块伴强化的壁结节,术前诊断及预后较为良好^[3];但实质型HB影像学特征并不典型,常误诊为其他富血供肿瘤。虽然瘤内或瘤周迂曲、流空的血管有利于HB的诊断,但在常规MRI中不易观察到。扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)与肿瘤的细胞结构和细胞形态相关, DWI可用来脑肿瘤分级^[4-5]。研究表明,表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)在评估和鉴别HB和其他脑肿瘤方面具有潜在的应用价值^[6-7]。本研究旨在对比24例小脑实质血管母细胞瘤(HB)与45例其他小脑富血供实质肿瘤的影像学特征本,利用DWI和ADC进行鉴别诊断,并比较其诊断性能。

1 资料与方法
1.1 研究对象 收集2021年1月至2024年3月在驻马店中心医院接受MRI检查且通过手术病理确诊的患者影像学资料,共24例小脑实质型HB和45例小脑其他实质型富血供肿瘤。本研究共纳入男30例、女39例,年龄在15至70岁之间,中位年龄43岁。本次纳入了45例小脑其他实质型富血供肿瘤病例,具体包括:星形胶质细胞肿瘤6例、听神经鞘瘤4例、脑膜瘤20例、转移性肿瘤10例、髓母细胞瘤2例、淋巴瘤1例、血管周细胞瘤2例。

【第一作者】冀 鹏,男,副主任医师,主要研究方向:中枢神经系统影像诊断。E-mail: jiranp@163.com
【通讯作者】李 红,女,主任医师,主要研究方向:磁共振影像诊断。E-mail: 11496918@qq.com

纳入标准为经病理证实的HB及基于2021年WHO分类的其他小脑实质型肿瘤,且均为单发肿瘤。排除标准设定如下:曾进行新辅助放化疗治疗或外科切除者;通过MRI平扫及增强影像表现进行判断,肿瘤病灶以囊变坏死成分为主,实性成分占比较少;图像质量不佳者。这项回顾性研究获得了本院伦理委员会批准(2022-02-KY003),并免除了患者知情同意的要求。

1.2 MRI检查 所有患者的MRI扫描均采用3.0T MR扫描仪和15通道头部线圈,患者取仰卧位。所有MR序列均采用相同视野(240×240mm)采集。 T_1WI 参数设置:TR设定为350 ms,TE设为3.3 ms,采用384×182的矩阵,层厚=6 mm,层间距=1.5 mm。轴位 T_2WI :TR为2002 ms,TE为80 ms,矩阵设定为308×232,层厚=6 mm,层间距=1.5 mm。 DWI 参数设定:TR为2013 ms,TE为73 ms,矩阵缩小至152×122,层厚=6 mm,层间距=1.5 mm; $b=0$ 、1000 s/mm²。 $T_2 FLAIR$ 成像参数:TR延长至7000 ms,TE设定为120 ms,层厚=6 mm,层间距=1.5 mm,矩阵356×157。增强 T_1WI 扫描:通过肘静脉注射钆喷酸葡胺,注射速率为2.5mL/s,剂量0.1mmol/kg,然后用生理盐水冲洗,进行 T_1WI 增强扫描,扫描包括横断位、矢状位及冠状位。

1.3 图像分析 采用Siemens Syngo MultiModality软件进行图像后处理。分别由两名具有23年和10年神经影像学经验的诊断医生进行肿瘤区域的感兴趣区域(region of interest, ROI)勾画。根据MRI平扫、 DWI 及增强 T_1WI 图像判断,选择肿瘤实性最大层面,在对应强化最显著区勾勒ROI(面积约20~30mm²),勾画ROI时应避免囊变、坏死或血管区域等,测量3次,取其平均ADC值(ADCmean)。另将相同大小的ROI置于对侧正常小脑区(选择正常小脑区作为参照部位),测其3次ADC值后取其ADCmean,并计算标准化ADC值(肿瘤ADC值/参照区域ADC值)。

1.4 统计学分析 使用SPSS 22.0软件进行统计分析。当P值小于0.05时,差异被认为具有统计学意义。对于计数数据,采用百分比形式(%)进行描述,并通过卡方(χ^2)检验或Fisher精确检验来进行分析。若数据符合正态分布条件,以平均值±标准差的形式表示,两组之间的比较则采用独立样本t检验方法。使用受试者工作特性(ROC)曲线对ADC、标准化ADC及二者联合用于鉴别小脑实质型HB与其他富血供实质型肿瘤,计算曲线下面积(area under curve, AUC)进行诊断效能分析。

2 结果

2.1 MRI表现 本组24例小脑实质型HB中,7例HB病灶位于左侧小脑半球,6例病灶定位于右侧小脑半球,5例病灶定位于小脑的上蚓部区域,6例位于小脑下蚓部。肿瘤呈圆形或类圆形,在 T_1WI 成像中表现为等信号或低信号的特点(图1A),肿瘤病灶 T_2WI 图像表现以等、高信号为主(图1B),增强扫描HB表现出明显强化效果(图1F)。6例实质型HB瘤内伴少部分囊变,展现出不均质混合信号特征,并且在增强扫描下呈现不均匀的强化表现。

本组45例小脑其他实质型富血供肿瘤中,5例肿瘤发生部位在桥-小脑角,5例肿瘤发生部位在小脑蚓部,左侧小脑半球17例,右侧小脑半球18例。肿瘤呈圆形或类圆形,在平扫 T_1WI 图像,主要表现为呈等、低信号,肿瘤在 T_2WI 序列中信号主要表现为等或高信号,增强显示为明显强化。

本组24例小脑实质型HB中,有19例实质型HB在 DWI 表现为低信号(图1D),另有5例为等信号,ADC图显示为等或高信号为主(图1E)。本组45例小脑其他实质型富血供肿瘤中,其中41例患者肿瘤在 DWI 序列中呈现出高信号特征,并在ADC图表现为低信号;另外3例肿瘤在 DWI 表现为等信号,而1例则表现为低信号,其ADC图上的信号则为等信号或稍高信号。

2.2 ADC值、标准化ADC值及二者联合的鉴别诊断效能 本组24例小脑实质型血管母细胞瘤的ADC值测定为 $(1.99 \pm 0.41) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,标准化ADC值则为 $(2.86 \pm 0.63) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。相比之下,小脑内其他实质型富血供肿瘤的平均ADC值为 $(0.86 \pm 0.17) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,标准化ADC值平均为 $(1.25 \pm 0.31) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。统计分析结果显示,小脑实质型HB的ADC值及标准化ADC值均显著高于其他实质型富血供肿瘤,差异具有统计学显著性($t=16.144$, $P<0.001$; $t=14.266$, $P<0.001$),结果见表1。以ADC值、标准化ADC值及二者联合作为分类参数,结果见表2,绘制ROC曲线见图2。ADC值用于鉴别诊断小脑实质型HB的AUC为0.779(95% CI: 0.633-0.925),截点值为2.03($10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$),灵敏度为80.05%,特异度为86.15%,约登指数为0.662。标准化ADC值用于鉴别诊断小脑实质型HB的AUC为0.805(95% CI: 0.666-0.944),截点值为2.95($10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$),灵敏度为76.12%,特异度为92.45%,约登指数为0.686。ADC值与标准化ADC值二者联合用于小脑实质型HB鉴别诊断的AUC为0.867(95% CI: 0.778-0.957),灵敏度为82.25%,特异度为88.69%,约登指数为0.709。

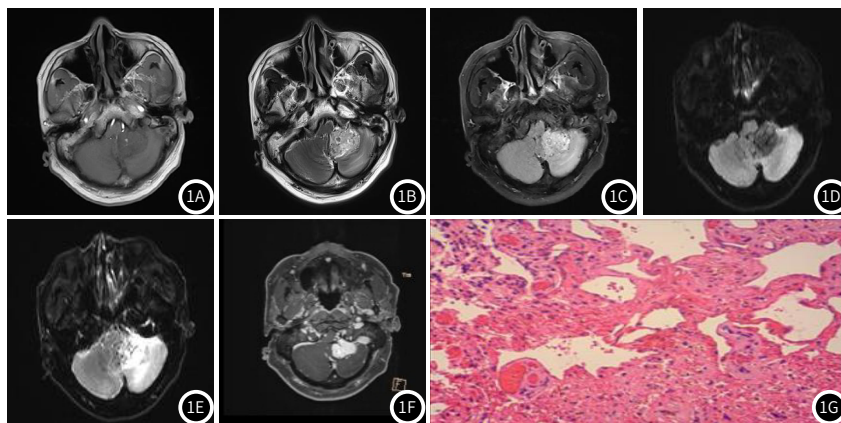


图1A-图1G 男性,67岁,左侧小脑实质型血管母细胞瘤。1A. T_1WI 呈稍低信号。1B. T_2WI 呈混杂高信号,内见条状迂曲血管影。1C. FLAIR呈高信号。1D. 当 DWI 的 b 值为1000s/mm²时呈低信号。1E. ADC图呈高信号。1F. 增强后肿瘤明显强化。1G. 光镜下显示肿瘤病灶为各个发育时期的毛细血管和基质细胞。

表1 HB与NHB的ADC值及标准化ADC值比较

组别	n	ADC($10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	标准化ADC
HB	24	1.99 ± 0.41	2.86 ± 0.63
NHB	45	0.86 ± 0.17	1.25 ± 0.31
t值	-	16.144	14.266
P值	-	<0.001	<0.001

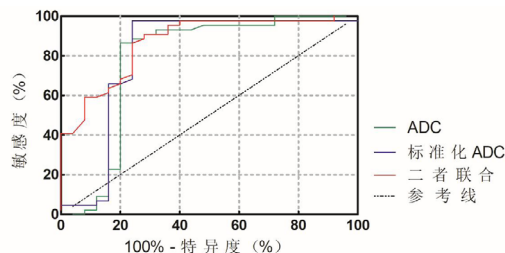


图2 ADC、标准化ADC及二者联合用于小脑实质型血管母细胞瘤诊断ROC曲线。

2.3 病理表现 光镜下可见肿瘤的实质部分为各发育时期的毛细血管和基质性细胞(图1G),这些毛细血管的内皮细胞呈单层结构,其间存在较大空隙;而基质细胞则以瘤巢状分布,是瘤细胞的主要组成部分。血管内皮细胞为单层结构,有大空隙;而基质细胞

是肿瘤的主要成分,呈巢状分布。免疫组化显示S100、CD31、CD34、CD68、波形蛋白(Vimentin)、CD163、Ki-67以及胶质纤维酸性蛋白(GFAP)均呈阳性表达,其中Ki-67的细胞增殖指数介于0%至10%之间。

表2 ADC、标准化ADC及二者联合的诊断性能

参数	AUC (95%CI)	标准误	截点值	Youden	灵敏度	特异度	P值
ADC	0.779(0.633-0.925)	0.074	2.03(10 ⁻³ mm ² /s)	0.662	80.05%	86.15%	<0.001
标准化ADC	0.805(0.666-0.944)	0.071	2.95	0.686	76.12%	92.45%	<0.001
二者联合	0.867(0.778-0.957)	0.046	-	0.709	82.25%	88.69%	<0.001

3 讨 论

在影像学上,根据肿瘤实质中囊腔所占比例的不同,可以将HB划分为三种类型:即大囊伴小结节型、单纯囊肿型和实质型三种类型。

其中,大囊小结节型最为常见,肿块由囊腔和附壁结节二部分组成,且结节小于囊腔。影像表现较为典型,肿瘤壁结节信号类似脑实质信号。增强扫描壁结节明显强化^[3]。实质型HB较为少见,肿瘤表现为实性肿块或者以肿瘤实性肿块和囊性成分来构成,后者肿瘤实性部分多于囊腔部分。增强扫描肿瘤实性部分明显强化,有时瘤内或瘤周可见迂曲、流空的血管^[8]。

鉴别小脑实质型HB与其他类型的实质肿瘤在常规MRI成像上的表现颇具挑战性。研究表明,HB的ADC值明显高于其他脑肿瘤,这可能反映了其较低的细胞密度和较高的血管密度。在本研究的24例小脑实质型HB中,肿瘤在DWI上表现为低信号有19例。而在45例小脑其他实质型富血供肿瘤中,肿瘤在DWI上表现低信号的只有1例。相较于小脑内其他富血供的实质型肿瘤,小脑实质型HB的ADC值和标准化值显著更高,这表明实质型HB的肿瘤细胞较为疏松排列,肿瘤组织内部水分子自由扩散所受的限制程度相对较低^[9]。

本研究分别以ADC值、标准化ADC值以及这两者的联合应用作为鉴别诊断的参考指标,结果显示标准化ADC值的诊断效能高于ADC值。而将二者联合作为鉴别诊断指标时,诊断效能最高,AUC为0.867,约登指数最大为0.709,且诊断的灵敏度为82.25%,特异度为88.69%。因此,将ADC值与标准化ADC值进行二者联合作为鉴别诊断指标时用于实质型HB更具有价值意义。在对小脑实质性肝血管瘤(HB)进行诊断时,需将其与其他类型的小脑实质肿瘤,诸如星形细胞肿瘤、髓母细胞瘤以及脑膜瘤等进行细致的鉴别诊断。

小脑实质性HB应与其他小脑其他实质型肿瘤进行鉴别,如星形细胞肿瘤、髓母细胞瘤、脑膜瘤等的鉴别,常规MRI鉴别要点如下:(1)脑膜瘤:在T₁WI序列中多表现为等信号强度,T₂WI中则同样呈现出等信号强度特征,DWI呈等或稍低信号。实质性HB主要表现为T₁WI稍混杂的低信号,T₂WI呈混杂高信号。脑膜瘤为脑外肿瘤,通常以宽基底与邻近硬脑膜相连,增强扫描呈明显均匀强化,大多可见“脑膜尾征”^[10-11]。(2)髓母细胞瘤:常发生于小脑上蚓部,肿瘤内常见囊变坏死,DWI表现为明显高信号,增强扫描表现为轻、中度的强化,增强显示髓母细胞瘤较小脑实质性HB强化程度低,且髓母细胞瘤内和周围的流空血管影不常见,可与HB鉴别^[12-14]。(3)星形胶质细胞瘤:肿瘤常伴随着囊变坏死的现象,平扫信号一般表现欠均质,值得注意的是,相比HB,星形胶质细胞瘤周围水肿比较显著,在增强扫描中,可以观察到肿瘤的实质性部分呈现出显著的强化效果,但强化程度明显不如HB^[15-16]。(4)转移瘤:常见于皮质与髓质交界区域,转移瘤一般呈多发,偶尔发现为单发,一般有原发的肿瘤病史。肿瘤周围水肿显著且广泛,增强扫描时转移瘤强化多不均匀^[17-18]。(5)淋巴瘤:病灶可单发或多发,主要累及脑深部结构,常发生于幕上,小脑较少见。DWI呈均匀高信号,增强扫描特征为均匀且明显强化,“尖角征”和“缺口征”为肿瘤特征性表现^[19-20]。

综上所述,较常规MRI序列,ADC值及标准化ADC值可提高小脑实质型HB的鉴别诊断能力。联合采用ADC值与标准化ADC值,可弥补常规MRI的不足,进而对小脑实质型HB的诊断及其与其他疾病的鉴别诊断提供有力支持。

参考文献

[1]Tonn J C,Grossman S A,Rutka J T,et al.Neuro-Oncology of CNS Tumors[M]. Springer Berlin Heidelberg,2006.

[2]Kim H,Park IS,Jo KW.Meningeal supratentorial hemangioblastoma in a patient with von hippel-lindau disease mimicking angioblastic meningioma[J].J Korean Neurosurg Soc,2013,54(5):415-419.

[3]Slater A,Moore NR,Huson SM.The natural history of cerebellar hemangioblastomas in von Hippel-Lindau disease [J].AJNR Am J Neuroradiol,2003;24(8):1570-1574.

[4]Le Bihan D.Diffusion MRI: what water tells us about the brain[J].EMBO Mol Med,2014,6(5):569-573.

[5]Brandão LA,Shiroishi MS,Law M.Brain tumors:a multimodality approach with diffusion-weighted imaging,diffusion tensor imaging,magnetic resonance spectroscopy,dynamic susceptibility contrast and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J].Magn Reson Imaging Clin N Am,2013,21(2):199-239.

[6]She D,Yang X,Xing Z,et al.Differentiating hemangioblastomas from brain metastases using diffusion-weighted imaging and dynamic susceptibility contrast-enhanced perfusion-weighted MR imaging[J].AJNR Am J Neuroradiol,2016,37(10):1844-1850.

[7]Cha J,Kim ST,Nam DH,et al.Differentiation of hemangioblastoma from metastatic brain tumor using dynamic contrast-enhanced MR imaging[J].Clin Neuroradiol,2017,27(3):329-334.

[8]Goo HW,Ra YS.Medullary hemangioblastoma in a child with von Hippel-Lindau disease:vascular tumor perfusion depicted by arterial spin labeling and dynamic contrast-enhanced imaging[J].J Neurosurg Pediatr,2015,16(1):50-53.

[9]Quadery FA,Okamoto K.Diffusion-weighted MRI of haemangioblastomas and other cerebellar tumours[J].Neuroradiology,2003,45(4):212-219.

[10]陈智慧,陈任政,司徒敏婷,等.脑膜瘤影像分析及鉴别诊断[J].中国CT和MRI杂志,2020,02:54-56.

[11]国云波,赵鹏.MR扩散加权成像与ADC值在脑膜瘤分级中的诊断意义[J].中国CT和MRI杂志,2022,12:29-30,33.

[12]党进军,卞冰阳,黄聪,等.幕下非中线髓母细胞瘤的MRI表现及误诊分析[J].中国医学影像学杂志,2022,03:205-209.

[13]Liang B,Feng E,Wang Q,et al.Medulloblastoma in an elderly patient:a case report and literature review[J].Mol Clin Oncol,2016,5(3):312-314.

[14]Louis DN,Perry A,Reifenberger G,et al.The 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system:a summary[J].Acta Neuropathol,2016,131(6):803-820.

[15]谢梦雨,钟唐力,黄丹,等.多发性血管母细胞瘤MRI特征[J].罕少疾病杂志,2020,27(2):75-77.

[16]李晓敏,张清恒,张海三.DCE-MRI和DWI检查在术前诊断脑胶质瘤病恶性程度中的应用价值[J].罕少疾病杂志,2024,31(1):16-18.

[17]罗伟,姚景江,张亚林.小脑实质型血管母细胞瘤与脑转移瘤的SWI表现及比较[J].医学影像学杂志,2020,09:1549-1552.

[18]Gi T,Sato Y,Tokumitsu T,et al.Microvascular proliferation of brain metastases mimics glioblastomas in squash cytology[J].Cytopathology,2017,28(3):228-234.

[19]郭强,翟海程,蒋继虎.MR检查SWI序列在鉴别颅内淋巴瘤、高级别胶质瘤中的临床意义[J].中国CT和MRI杂志,2022,07:19-21.

[20]李新华.原发性颅内淋巴瘤的MRI表现及相关病理特征分析[J].中国CT和MRI杂志,2009,03:111-14.