

论著

MRI PWI在脑胶质瘤诊断及术前分级评估中的应用观察*

杨海仓¹ 康晓伟¹ 史振杰^{1*}
吴旭莎¹ 樊菁² 胡耿瑶³

1.西安市人民医院(西安市第四医院)

医学影像科(陕西西安 710004)

2.宝鸡市中医院肾内科(陕西宝鸡 721000)

3.空军军医大学第一附属医院神经内科

(陕西西安 710032)

【摘要】目的 分析磁共振灌注加权成像(MRI PWI)在脑胶质瘤诊断及术前分级评估中的应用价值。**方法** 选取2021年2月至2024年2月西安市人民医院收治的疑似胶质瘤患者90例。以病理结果为金标准,分析PWI检查诊断胶质瘤的价值。临床确诊胶质瘤患者均接受脑部PWI检查,分析图像获得肿瘤实质区、周围水肿区和健侧对应区脑血容量(CBV)值和脑血流量(CBF),并计算瘤实质区相对CBV(rCBV)和相对CBF(rCBF)。受试者操作特性(ROC)曲线评估rCBV和rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值。**结果** 90例疑似脑胶质瘤经病理检查确诊 81例脑胶质瘤患者,其中33例低级别脑胶质瘤,47例高级别脑胶质瘤。以病理检查结果作为金标准,PWI诊断脑胶质瘤的灵敏度为96.30%,特异度为77.78%,准确率为94.44%,Kappa值为0.705。与健侧白质区相比,胶质瘤实质区和周围水肿区CBV值和CBF值升高($P<0.05$)。与周围水肿区相比,胶质瘤实质区CBV值和CBF值升高($P<0.05$)。与低级别胶质瘤相比,高级别胶质瘤rCBV、rCBF升高($P<0.05$)。rCBV、rCBF和联合检测对诊断不同级别脑胶质瘤的AUC分别为0.715, 0.734, 0.884, $P<0.05$ 。**结论** MRI PWI检查在诊断脑胶质瘤方面具有一定价值,其中PWI影像学参数(rCBV和rCBF)可作为术前分级的重要指标。

【关键词】 磁共振灌注加权成像术;
脑胶质瘤; 分级; 诊断

【中图分类号】R651.1

【文献标识码】A

【基金项目】陕西省重点研发计划项目
(2024SF-YBXM-043)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.006

Application of MRI PWI in the Diagnosis and Preoperative Grading Evaluation of Brain Glioma*

YANG Hai-cang¹, KANG Xiao-wei¹, SHI Zhen-jie^{1*}, WU Xu-sha¹, FAN Jing², HU Geng-yao³.

1.Department of Medical Imaging, Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital), Xi'an 710004, Shaanxi Province, China

2.Department of Renal, Baoji Traditional Chinese Medicine Hospital, Baoji 721000, Shaanxi Province, China

3.Department of Neurology, The First Affiliated Hospital of Air Force Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application value of magnetic resonance perfusion weighted imaging (MRI PWI) in the diagnosis and preoperative grading evaluation of brain glioma. **Methods** A total of 90 patients with suspected brain glioma in Xi'an People's Hospital were enrolled between February 2021 and February 2024. Taking clinicopathological results as the golden standard, diagnostic value of PWI for brain glioma was analyzed. All patients clinically confirmed with brain glioma underwent PWI examination. The images were analyzed to obtain cerebral blood volume (CBV) and cerebral blood flow (CBF) in tumor parenchyma area, surrounding edema area and corresponding healthy area, the relative CBV (rCBV) and relative CBF (rCBF) in tumor parenchyma area were calculated. The diagnostic value of rCBV and rCBF for different grades of brain glioma was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** In the 90 patients with suspected brain glioma, pathological examination showed that there were 81 confirmed cases, including 33 cases with low-grade gliomas and 47 cases with high-grade gliomas (grade III-IV). Taking results of pathological examination as the golden standard, sensitivity, specificity, accuracy and Kappa value of PWI in the diagnosis of brain glioma were 96.30%, 77.78%, 94.44%, and 0.705, respectively. CBV and CBF were gradually decreased in tumor parenchyma area, surrounding edema area and corresponding healthy area ($P<0.05$). rCBV and rCBF in high-grade gliomas were greater than those in low-grade gliomas ($P<0.05$). AUC values of rCBV, rCBF and combined detection in the diagnosis of different grades of glioma were 0.715, 0.734, 0.884, respectively ($P<0.05$). **Conclusion** MRI PWI has certain diagnostic value in brain glioma. PWI parameters (rCBV, rCBF) can be applied as important indexes for preoperative grading evaluation.

Keywords: Magnetic Resonance Perfusion Weighted Imaging; Brain Glioma; Grade; Diagnosis

胶质瘤指由神经外胚叶组织发生的肿瘤,是最常见的原发性中枢神经系统肿瘤^[1]。胶质瘤占全部脑肿瘤的33.3%~58.6%,多数胶质瘤发生于额叶、颞叶和顶叶,具有侵袭性,且呈弥漫性生长^[2]。临床主张手术治疗脑胶质瘤患者将肿瘤切除,改善症状,以减轻患者脑瘤负荷,清除坏死和缺氧组织,并实施放疗和化疗改善患者预后^[3]。脑胶质瘤的手术治疗原则为最大范围地安全切除病变组织,因此,术前对胶质瘤进行准确诊断及明确分级有利于治疗方案的选择,这对改善患者预后尤为重要^[4]。目前,临床诊断脑胶质瘤诊断主要依靠影像学检查计算机断层扫描及磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)检查等影像学,其中MRI有多种加权像,为多参数成像,相较于计算机断层扫描能更充分显示正常及病变组织的解剖及生物学特性^[5]。磁共振灌注加权成像(perfusion weighted imaging, PWI)是应用最早、最成熟的影像学技术,主要反映脑组织血流动力学信息,可通过测量脑血容量(cerebral blood volume, CBV)评估脑组织的血管生成情况^[6]。恶性肿瘤的生长速度较快,需要更多血液供应,造成恶性肿瘤组织的血流信号通常高于良性肿瘤。PWI检查可提供更多血流信息,对脑胶质瘤的分级诊断具有较高价值。本研究分析PWI在脑胶质瘤诊断及术前分级评估中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年2月至2024年2月西安市人民医院收治的疑似胶质瘤患者90例。男性49例,女性41例;年龄20~60岁,平均年龄(42.35±6.13)岁。

纳入标准: 年龄≥18岁;患者出现疑似脑肿瘤症状,如头痛、头晕、恶心、乏力、视力模糊等;均于本院行PWI检查;未接受放疗化疗等治疗;患者签署知情同意书;临床资料完整者。**排除标准:** 存在其他恶性肿瘤者;既往存在颅内手术史者;既往接受放疗化疗等治疗;存在血液疾病者;合并其他脑部疾病者;存在手术禁忌症者;MRI检查禁忌症者。本项研究获得西安市人民医院医学伦理委员会审批并如期开展。

1.2 方法

1.2.1 PWI检查 临床确诊胶质瘤患者均接受脑部PWI检查。采用磁共振扫描仪先进行常规的MIR平扫,包括T1WI、T2WI横断面, T1WI矢状位以及T2 FLAIR。平扫结束后进行PWI检查:采用梯度回波序列扫描,具体扫描参数为:矩阵、层厚、层距、回波时间、重复时间、扫描时间分别为128×128、5mm、1mm、80ms、1500ms、90s,采用

【第一作者】杨海仓,男,副主任医师,主要研究方向:头颈部及妇科影像诊断。E-mail: yanghaicang123@163.com

【通讯作者】史振杰,男,主治医师,主要研究方向:眼科与妇产科临床。E-mail: 573152744@qq.com

Gd-DTPA作为扫描对比剂，流速为4mL/s，剂量 0.1mmol/kg，以生理盐水冲洗。

1.2.2 图像后处理及图像分析 使用仪器自带工作站分析MRI图像。对PWI扫描原始图像重建获得CBV图，并以肿瘤实质区、周围水肿区和健侧对应区作为感兴趣区记录，记录CBV值和脑血流量(cerebral blood flow, CBF)。以对侧正常的脑白质区域的CBV的值为参照，计算瘤实质区相对CBV(relative cerebral blood volume, rCBV)和相对CBF(relative cerebral blood flow, CBF)。

1.3 分级标准 根据世界卫生组织《中枢神经系统肿瘤分类标准》对脑胶质瘤进行病理分级^[7]。详细分级标准见表1。

表1 脑胶质瘤分级

级别	性质	主要类型
I级	良性，低级	星形细胞瘤、毛细胞型胶质瘤等
II级	低级	星形细胞瘤、星形少突细胞瘤等
III级	高级	兼型星形细胞瘤
IV级	高级	胶质母细胞瘤

PWI诊断脑胶质瘤分级标准参考文献^[8]进行判断。

1.4 观察指标 (1)分析脑胶质瘤病理检查结果成像特点。(2)比较PWI检查与病理检查结果。(3)比较脑胶质瘤患者肿瘤不同区域CBV值和CBF值。(4)比较不同分级脑胶质瘤rCBV、rCBF。(5)ROC曲线分析rCBV、rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值。

1.5 统计学分析 应用SPSS 25.0统计软件进行数据分析，应用

t检验进行两组间比较，应用单因素进行多组间比较。以病理结果作为金标准，计算PWI诊断脑胶质瘤的敏感度、特异性及准确性。Kappa一致性检测分析PWI检查对诊断脑胶质瘤价值。受试者操作特性(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估rCBV和rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值。P<0.05表明数据具有统计学差异。

2 结果

2.1 病理检查结果及胶质瘤成像特点 90例疑似脑胶质瘤经病理检查确诊 81例脑胶质瘤患者，9例非脑胶质瘤患者。81例脑胶质瘤中 I级 14例、II级 19例、III级 21例、IV级 26例，I + II级为低级别脑胶质瘤，III+IV级为高级别脑胶质瘤。

左侧颞叶见团片状长T2信号，周围脑实质可见稍长T2信号影，FLAIR呈高信号，DWI呈稍高信号，ADC信号减低，ASL高灌注。

2.2 PWI检查与病理检查结果比较 以病理检查结果作为金标准，PWI检查脑胶质瘤80例，非脑胶质瘤10例，诊断脑胶质瘤的灵敏度为96.30%，特异度为77.78%，准确率为94.44%，Kappa值为0.705。见表2。

2.3 脑胶质瘤患者肿瘤不同区域CBV值和CBF值比较 与健侧白质区相比，胶质瘤实质区和周围水肿区CBV值和CBF值升高(P<0.05)。与周围水肿区相比，胶质瘤实质区CBV值和CBF值升高(P<0.05)。见表3。

2.4 不同分级脑胶质瘤rCBV、rCBF比较 高级别胶质瘤rCBV、rCBF均高于低级别胶质瘤(P<0.05)。见表4。

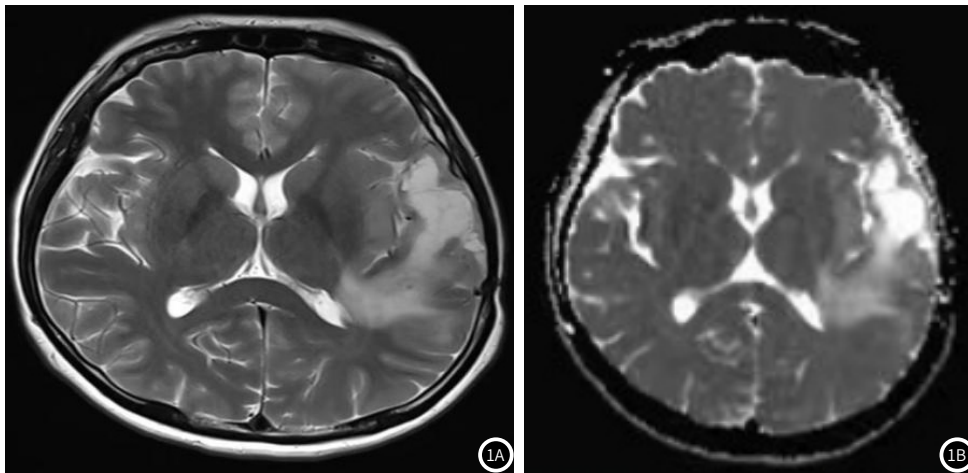


图1 rCBV、rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值ROC曲线。

表2 PWI检查与病理检查结果比较

PWI	病理结果		合计	Kappa值	灵敏度(%)	特异度(%)	准确率(%)
	阳性	阴性					
阳性	78	2	80	0.705	96.30	77.78	94.44
阴性	3	7	10				
合计	81	9	90				

表3 脑胶质瘤患者肿瘤不同区域CBV值和CBF值结果对比

脑区域	例数	CBV(mL/100g)	CBF(mL/(100g·min))
瘤实质区	81	108.76±64.38**	608.64±123.58**
周围水肿区	81	48.76±8.79*	371.25±87.65*
健侧白质区	81	31.25±5.67	286.81±46.47
F值		94.385	269.407
P值		<0.001	<0.001

注：与健侧白质区相比，*P<0.05；与周围水肿区相比，**P<0.05。

表4 不同分级脑胶质瘤实质区和周围水肿区rCBV、rCBF结果对比

组别	例数	rCBV	rCBF
低级别胶质瘤	33	3.34±0.41	2.93±0.31
高级别胶质瘤	47	4.71±0.67	4.52±0.62
t值		10.442	13.571
P值		<0.001	<0.001

2.5 rCBV、rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值 ROC曲线分析显示，rCBV、rCBF诊断不同级别脑胶质瘤具有较好评估价值(AUC=0.715, 0.734, P均<0.05)，此时截断值分别为4.31, 3.88。以rCBV、rCBF截断值为临界值，采用并联的方式进行联合检测，评估不同级别脑胶质瘤患者诊断价值，见图2，其ROC曲线AUC为0.884，敏感度为97.92%，特异度为78.79%，联合检测AUC及敏感度均高于各指标单独检测。见表5和图2。

表5 rCBV、rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值

指标	AUC	敏感度(%)	特异度(%)	95% CI	截断值	P值
rCBV	0.715	58.33	81.82	0.603~0.810	4.31	0.001
rCBF	0.734	50.00	87.88	0.624~0.826	3.88	0.001
联合检测	0.884	97.92	78.79	0.806~0.948	-	0.001

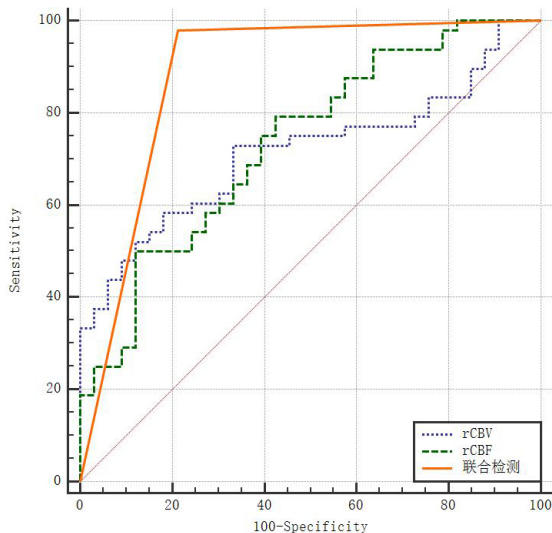


图2 胶质瘤PWI成像特点。

3 讨论

脑胶质瘤是颅内最常见的原发性脑肿瘤，病因尚不明确，可能与暴露于高剂量电离辐射或罕见的基因遗传突变有关，主要表现为颅内压增高、神经功能及认知功能障碍等^[9-10]。脑胶质瘤患者均有典型的颅高压表现，以及局灶性神经功能障碍的临床表现，临床主要依靠头颅CT检查和头颅MRI检查进行诊断。其中MRI检查可以相对清晰精确地显示脑解剖结构特征及脑肿瘤病变形态学特征，且具有多序列和多参数成像优势，已成为脑胶质瘤初步诊断的第一选择。

本研究中，以病理检查结果作为金标准，PWI检查脑胶质瘤80例，非脑胶质瘤10例，诊断脑胶质瘤的灵敏度为96.30%，特异度为77.78%，准确率为94.44%，Kappa值为0.705。肿瘤细胞生长速度较快，需要大量血液供应营养，经彩色多普勒检查发现丰富的血流，临床通过MRI灌注成像技术测量肿瘤组织的血流信号对肿瘤进行分级，进而指导医生制定合适的治疗方案^[11-12]。PWI是利用磁共振快速成像序列和图像后处理技术反映血流灌注情况并提供组织器官血流动力学信息。既往研究显示^[8]，以病理结果作为金标准，PWI检查脑胶质瘤与病理诊断具有较好一致性，这与研究结果基本一致。本研究结果说明MRI PWI检查在诊断脑胶质瘤方面具有较高价值。进一步分析PWI获得图像，结果发现，胶质瘤实质区和周围水肿区CBV值和CBF值高于健侧白质区；胶质瘤实质区CBV值和CBF值高于周围水肿区。脑胶质瘤是一种高度血管化的肿瘤，其生长、浸润、转移过程有赖于血管生成，其恶性程度和预后与瘤体内血管密度有关^[13]。PWI是通过向患者注射一种叫做对比剂的物质，利用MRI扫描仪对大脑或其他组织器官进行成像。对比剂会在血液流经器官时发生信号变化，从而能够测量血流量、血管灌注等生理参数，从而实现组织灌注情况的评估和分析^[14-15]。临床常利用PWI检查辅助诊断脑卒中、脑出血、脑肿瘤、颅内动脉狭窄等神经系统疾病，对于病变的性质、位置和范围，有较为明确的诊断意义。CBV指每100克脑组织中的血容量，反映脑血管系统中的血容量和脑血流量之间的比例关系^[16]。CBF指每100g脑组织在单位时间内通过的血流量，被认为是大脑新陈代谢和神经活动的重要指标，可用于评估脑血管功能^[17]。既往研究显示^[18]，脑胶质瘤实质区、周围

水肿区CBV、CBF值均高于健侧白质区，这与本研究结果基本一致。本研究结果说明相比于正常脑组织，瘤实质区和周围水肿区脑组织血流明显增加。本研究中，高级别胶质瘤rCBV、rCBF均高于低级别胶质瘤。分析其原因可能是高级别脑胶质瘤的恶性程度较高，通常具有更多的浸润性生长，病变边缘有肿瘤血管，且肿瘤实质处高灌注状态，进而导致rCBV、rCBF升高。既往研究显示^[19]，高级别脑胶质瘤rCBV明显高于低级别脑胶质瘤，这与本研究结果类似。结合本研究结果说明高级别脑胶质瘤的血管增生程度明显高于低级别脑胶质瘤。通过ROC曲线分析rCBV、rCBF对不同级别脑胶质瘤的诊断价值，研究结果显示，rCBV、rCBF和联合检测对诊断不同级别脑胶质瘤的AUC分别为0.715，0.734，0.884，且rCBV、rCBF两指标联合检测的AUC和敏感度均高于各项联合结果。既往研究显示^[20]，rCBV在诊断低、高级别脑胶质瘤的AUC为0.902，这与本研究结果类似。本研究结果说明rCBV、rCBF指标可用于诊断低、高级别脑胶质瘤。

综上所述，MRI PWI检查在诊断脑胶质瘤方面具有一定价值，其中PWI影像学参数(rCBV和rCBF)可作为术前分级的重要指标，具有较高的临床应用价值。然而本研究仍存在一定的局限性：临床纳入患者数量较少，数据分析可能存在一定误差，未来需进行大样本临床研究获得更多数据进行验证。

参考文献

- [1] Fangusaro J, Jones DT, Packer RJ, et al. Pediatric low-grade glioma: State-of-the-art and ongoing challenges [J]. *Neuro Oncol*, 2024, 26 (1): 25-37.
- [2] 薛伟, 朱家宝, 安良良, 等. 多模态磁共振成像联合术中超声在功能区脑胶质瘤手术中的应用研究 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21 (6): 17-20.
- [3] Bruschi M, Midjek L, Ajilil Y, et al. Diffuse midline glioma invasion and metastasis rely on cell-autonomous signaling [J]. *Neuro Oncol*, 2024, 26 (3): 553-568.
- [4] Zhao S, Li Y, Xu J, et al. APOBEC3C is a novel target for the immune treatment of lower-grade gliomas [J]. *Neuro Res*, 2024, 46 (3): 227-242.
- [5] Stein EB, Shampain KL. Magnetic resonance imaging of acute adnexal pathology [J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2023, 31 (1): 109-120.
- [6] Imanishi T, Sumiya W, Kanno C, et al. Relationship of cerebral blood volume with arterial and venous flow velocities in extremely low-birth-weight infants [J]. *Eur J Pediatr*, 2023, 182 (6): 2821-2832.
- [7] 杜伟, 陈义兵, 魏新亭. 2016 版《WHO 中枢神经系统肿瘤分类》更新解读 [J]. *中华神经外科杂志*, 2016, 32 (11): 1095-1098.
- [8] 狄群, 苗田芳, 张烽, 等. PWI-MRI 技术在脑肿瘤诊断及术后效果评价的价值 [J]. *影像研究与医学应用*, 2023, 7 (2): 98-100.
- [9] Ramachandran M, Vaccaro A, van de Walle T, et al. Tailoring vascular phenotype through AAV therapy promotes anti-tumor immunity in glioma [J]. *Cancer Cell*, 2023, 41 (6): 1134-1151.
- [10] Numan T, Breedt LC, Maciel BAPC, et al. Regional healthy brain activity, glioma occurrence and symptomatology [J]. *Brain*, 2022, 145 (10): 3654-3665.
- [11] Zhang H, Liu K, Ba R, et al. Histological and molecular classifications of pediatric glioma with time-dependent diffusion MRI-based microstructural mapping [J]. *Neuro Oncol*, 2023, 25 (6): 1146-1156.
- [12] Szekeres D, Jetty SN, Soni N. The Role of Multiparametric MRI in Diagnosing and Grading Glioma [J]. *Neuro India*, 2023, 71 (6): 1274-1275.
- [13] Schregel K, Heinz L, Hunger J, et al. A cellular ground truth to develop mri signatures in glioma models by correlative light sheet microscopy and atlas-based coregistration [J]. *J Neurosci*, 2023, 43 (30): 5574-5587.
- [14] Gu X, He X, Wang H, et al. Dynamic susceptibility contrast-enhanced perfusion-weighted imaging in differentiation between recurrence and pseudoprogression in high-grade glioma: a meta-analysis [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2024, 48 (2): 303-310.
- [15] Filis CP, Cramer J, Löher S, et al. Assessment of brain tumour perfusion using early-phase 18F-FET PET: comparison with perfusion-weighted MRI [J]. *Mol Imaging Biol*, 2024, 26 (1): 36-44.
- [16] Imanishi T, Sumiya W, Kanno C, et al. Relationship of cerebral blood volume with arterial and venous flow velocities in extremely low-birth-weight infants [J]. *Eur J Pediatr*, 2023, 182 (6): 2821-2832.
- [17] Tierradentro-García LO, Saade-Lemus S, Freeman C, et al. Cerebral blood flow of the neonatal brain after hypoxic-ischemic injury [J]. *Am J Perinatol*, 2023, 40 (5): 475-488.
- [18] 柴茂林, 马党捐. 磁共振功能成像在脑胶质瘤诊断中的应用价值 [J]. *陕西医学杂志*, 2019, 48 (5): 603-606.
- [19] 王威, 李红, 冀鹏, 等. 磁共振灌注加权成像对脑胶质瘤及脑单发转移瘤的诊断价值分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2020, 18 (8): 19-21.
- [20] 侯曼, 周巧娟, 汪秀玲. 磁共振灌注成像在脑胶质瘤定性诊断与术前分级中的意义 [J]. *神经损伤与功能重建*, 2021, 16 (10): 617-618.

(收稿日期: 2024-05-09)

(校对编辑: 赵望淇)