

论 著

DTI定量参数对脑胶质瘤术前分级诊断价值及与GFAP阳性的相关性分析

苏丽叶·苏里堂江 巴图尔·吐尔地*
 优丽吐孜·艾克热木
 哈热勒哈什·安曼太
 新疆维吾尔自治区人民医院
 (新疆乌鲁木齐 830001)

【摘要】目的 分析弥散张量成像(DTI)定量参数对脑胶质瘤术前分级诊断价值以及胶质纤维酸性蛋白(GFAP)阳性的相关性。**方法** 选取本院2022年6月至2024年3月收治的120例脑胶质瘤患者,患者术前均接受MRI及DTI检查,获取表观弥散系数(ADC)以及各项异性分数(FA),采用免疫组化法检测患者病理组织GFAP表达情况。所有患者依据术后病理结果按照脑胶质瘤级别分为低级别组和高级别组,比较两组间DTI定量参数及其与GFAP表达的相关性。**结果** 经术后病理结果显示,低级别脑胶质瘤(I级、II级)患者56例纳入为低级别组,高级别脑胶质瘤(III级、IV级)患者64例纳入为高级别组;高级别组ADC、FA值均低于低级别组($P<0.05$);经ROC分析显示,ADC、FA参数诊断高级别脑胶质瘤的AUC值分别为0.739(0.650~0.815)、0.636(0.543~0.722),两组间AUC值比较差异无统计学意义($P>0.05$);联合诊断高级别脑胶质瘤的AUC值为0.793(0.710~0.862),显著高于ADC、FA参数单一诊断($Z=2.028, 3.214, P<0.05$);高级别组GFAP阳性表达显著低于低级别组($P<0.05$);Spearman相关性分析显示,ADC、FA与脑胶质瘤患者GFAP阳性表达呈显著正相关($P<0.05$)。**结论** ADC、FA参数可良好诊断脑胶质瘤分级,且上述参数与GFAP阳性表达成正相关,可用于临床评估脑胶质瘤分级。

【关键词】 脑胶质瘤; 分级诊断; DTI定量参数; GFAP阳性; 相关性分析

【中图分类号】 R651.1

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.004

Diagnostic Value of Quantitative Parameters of DTI in Preoperative Grading of Gliomas and the Correlation with GFAP positivity

Suliye-Sulitangjiang, Batuer-Tuerdi*, Yulituzi-Aikeremu, Harelehashi-Anmantai.
 People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To analyze the diagnostic value of quantitative parameters of diffusion tensor imaging (DTI) in preoperative grading of gliomas, and the correlation with glial fibrillary acidic protein (GFAP) positivity. **Methods** A total of 120 patients with gliomas admitted to the hospital from June 2022 to March 2024 were selected. All of them underwent MRI and DTI to obtain the apparent diffusion coefficient (ADC) and fractional anisotropy (FA). Immunohistochemistry was used to detect the expression of GFAP in pathological tissues. The patients were divided into low-grade group and high-grade group according to postoperative pathological results. The quantitative parameters of DTI were compared between the two groups, and their correlation with GFAP expression was discussed. **Results** Postoperative pathological results showed 56 patients with low-grade (grade I and II) gliomas and 64 patients with high-grade (grade III and IV) gliomas. The ADC value and FA value of the high-grade group were lower than those of the low-grade group ($P<0.05$). ROC curves indicated that the AUC values of ADC and FA for diagnosing high-grade gliomas were 0.739 (0.650-0.815) and 0.636 (0.543-0.722), but the difference was not statistically significant ($P>0.05$). The AUC of ADC combined with FA for diagnosing high-grade gliomas was 0.793 (0.710-0.862), significantly larger than that of separate diagnosis ($Z=2.028, 3.214, P<0.05$). GFAP expression in the high-grade group was significantly lower than that in the low-grade group ($P<0.05$). Spearman correlation analysis showed that ADC, FA were positively correlated with GFAP expression in patients with gliomas ($P<0.05$). **Conclusion** ADC and FA can effectively help to diagnose the grade of glioma, and are positively correlated with GFAP expression. They can be used for clinical evaluation of the grade of glioma.

Keywords: Glioma; Grade Diagnosis; Quantitative Parameters of DTI; GFAP Positivity; Correlation Analysis

脑胶质瘤为临床常见的原发性颅脑肿瘤,世界卫生组织依据肿瘤细胞异型性、密集程度以及周围侵袭情况将其划分为I~IV级^[1]。由于脑胶质瘤发生在脑部,且由于颅内孔道有限,一旦发生占位性病变更可引发压迫或侵犯周围脑组织,造成严重后果^[2]。而随着脑胶质瘤级别的改变,临床治疗方案的选择也,因此术前对脑胶质瘤的分级诊断对患者预后的改善具有积极意义^[3]。而脑胶质瘤部位特殊,在分级诊断上主要依靠影像学诊断、术后病理以及免疫组化法等。MRI作为临床重要的影像学手段之一,同样在脑胶质瘤的诊断中发挥重要作用^[4]。弥散张量成像(DTI)是在弥散加权成像的基础上发展深化而来的一种新式影响表达方法,通过分析水分子扩散情况以及检测水分子弥散运动的各向异性扩散实现对肿瘤的评估与诊断^[5]。除此之外,脑胶质瘤特异性生物标志物的寻找也为临床关注的热点。胶质纤维酸性蛋白(GFAP)为性细胞胞质内特异性中间丝结构与蛋白,在维持性细胞形态、决定细胞分化以及细胞肝功能方面具有显著作用^[6]。鉴于此,本研究选取回顾性选取120例患者资料,进一步分析DTI定量参数对脑胶质瘤术前分期的应用价值并分析定量参数GFAP蛋白阳性表达的关联。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集本院2022年6月至2024年3月收治的120例脑胶质瘤患者临床资料。本研究符合《赫尔辛基宣言》相关内容。

纳入标准: (1)符合脑胶质瘤诊断标准^[7]; (2)患者均于本院接受术前MRI检查、DTI检查以及相关实验室检查; (3)患者均于本院接受手术治疗且具有明确的术后病理结果; (4)患者临床资料完整,且满足研究需求。**排除标准:** (1)既往有脑外科手术史; (2)伴有其他肿瘤疾病者; (3)合并心、肝、肾重要脏器功能不全者; (4)患有脑部或精神疾病者。本研究经过我院伦理委员会审批同意开展,伦理批号(2022-0612)。

1.2 方法

1.2.1 MRI及DTI检查: 患者区仰卧位,采用美国GE公司3.0T超导型磁共振扫描仪,使用8通道头部正交线圈,先行常规MRI平扫,参数如下:层厚5mm,层间距1mm,FOV=24cm×24cm,矩阵为256×256,横断面T1WI: TR/TE=250ms/2.5ms;矢状面T2WI: TR/TE=4600ms/96ms; FLAIR序列: TR/TE=6000ms/100ms。DTI检查采用EPI-SE序列: TR/TE=8000ms/100ms,层厚5mm, b值=0, 1000s/m²,矩阵128×128, FOV=24cm×24cm,在25个方向上分别施加弥散梯度场。将DTI影像上载到Functool 4.5中,对其进行后处理,获取表观弥散系数(ADC)、各向异性分数(FA)参数图,感兴趣区选择为病灶实质区域,测量3次区参数平均值为结果,上述操作由同一经

【第一作者】 苏丽叶·苏里堂江,女,主治医师,主要研究方向:神经影像。E-mail: songtang8816105213@163.com

【通讯作者】 巴图尔·吐尔地,男,主任医师,主要研究方向:神经影像。E-mail: batuer001@163.com

验丰富的影像科医师完成。

1.2.2 GFAP表达情况：采用免疫组化SP法，一抗由武汉开瑞生物工程股份有限公司提供，详细的步骤按照试剂盒的说明操作。病理组织石蜡切片经脱蜡、水化以及蒸馏水漂洗，高压锅修复，3%过氧化氢封闭过氧化酶，PBS冲洗，加一抗于4℃下过夜，PBS冲洗，添加二抗、二氨基联苯胺显色、冲洗、苏木素对比染色，分化，反蓝、脱水、封固。阴性对照为PBS，抗GFAP抗体为即用型单克隆抗体。结果判读：在细胞浆或(或)细胞核中见棕色或黄褐色颗粒，为阳性，10倍高视野随机计数，依据染色细胞百分比进行阳性程度分级：染色细胞占比≤10%、11~25%、26~50%和>50%，依次判定为阴性、弱阳性、阳性和强阳性。

1.3 统计学方法 选用统计学软件SPSS 25.0进行处理，计数资料采用例(%)表示，比较采用 χ^2 检验；计量资料采用均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，比较采用t检验；等级资料采用秩和检验；DTI定量参数对脑胶质瘤术前分级诊断价值采用受试者工作特征曲线(ROC)分析，评估效能以曲线下面积(AUC)表示，诊断效能比较采用DeLong检验；DTI定量参数与GFAP阳性表达相关性采用Spearman相关性分析；检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 经术后病理结果显示，低级别脑胶质瘤(I级、II级)患者56例纳入为低级别组，高级别脑胶质瘤(III级、IV级)患者64例纳入为高级别组。两组患者一般资料均衡可比($P>0.05$)，见表1。

2.2 两组患者DTI定量参数比较 高级别组ADC、FA值均低于低级别组($P<0.05$)，见表2。

2.3 DTI定量参数对脑胶质瘤术前分级诊断价值 经ROC分析显示，ADC、FA参数诊断高级别脑胶质瘤的AUC值分别为0.739(0.650~0.815)、0.636(0.543~0.722)，两组间AUC值比较差异无统计学意义($P>0.05$)；联合诊断高级别脑胶质瘤的AUC值为0.793(0.710~0.862)，显著高于ADC、FA参数单一诊断($Z=2.028、3.214, P<0.05$)，见表3，图1。

2.4 两组患者GFAP阳性表达情况比较 高级别组GFAP阳性表达显著低于低级别组($P<0.05$)，见表4。

2.5 DTI定量参数与GFAP阳性表达的相关性分析 Spearman相关性分析显示，ADC、FA与脑胶质瘤患者GFAP阳性表达呈显著正相关($P<0.05$)，见表5。

表1 两组患者一般资料比较[例(%)]

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	BMI(kg/m ²)
		男	女		
高级别组	64	36(56.25)	28(43.75)	54.19±9.26	23.59±4.33
低级别组	56	30(53.57)	26(46.43)	53.76±8.19	23.28±4.26
χ^2/t 值		0.087		0.268	0.394
P值		0.769		0.789	0.694

注：BMI为身体质量指数。

表2 两组患者DTI定量参数比较

组别	例数	ADC($\times 10^{-3} \cdot \text{mm}^2/\text{s}$)	FA
高级别组	64	1.22±0.33	0.17±0.05
低级别组	56	1.45±0.42	0.22±0.06
χ^2/t 值		3.355	4.978
P值		0.001	<0.001

表3 DTI定量参数对脑胶质瘤术前分级诊断价值

检测指标	AUC	Z	P	约登指数	cut-off	敏感度(%)	特异度(%)
ADC	0.739(0.650~0.815)	5.305	<0.001	0.355	$1.55 \times 10^{-3} \cdot \text{mm}^2/\text{s}$	89.06	46.43
FA	0.636(0.543~0.722)	2.668	0.008	0.232	0.18	50.00	73.21
联合	0.793(0.710~0.862)	7.019	<0.001	0.491	-	68.75	80.36

表4 两组患者GFAP阳性表达情况比较(例, %)

组别	例数	阴性	弱阳性	阳性	强阳性
高级别组	64	30(46.88)	14(21.88)	15(23.44)	5(7.81)
低级别组	56	7(12.50)	15(26.79)	20(35.71)	14(25.00)
Uc值		4.412			
P值		<0.001			

表5 DTI定量参数与GFAP阳性表达的相关性分析

DTI定量参数	GFAP阳性表达	
	r	P
ADC	0.563	<0.001
FA	0.625	<0.001

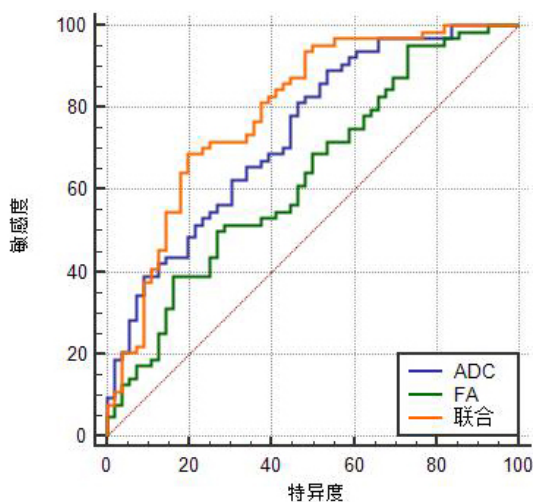


图1 DTI定量参数对脑胶质瘤术前分级诊断价值的ROC曲线。

2.6 病例影像资料 见图2。

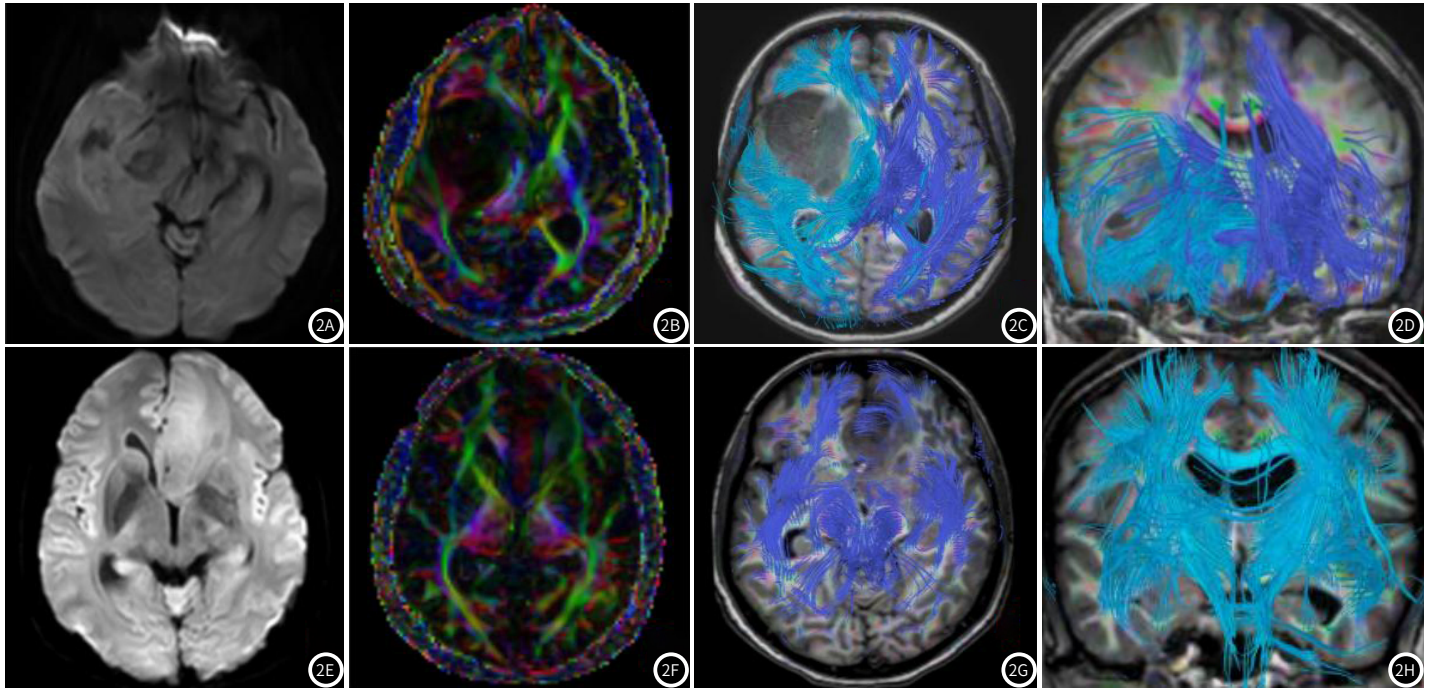


图2 图2A~2D为41岁, 女性, 右侧额叶不规则软组织肿块, 少突胶质细胞瘤, CNS WHO分级3级; 2A为DWI图像, 2B为FA图像, 2C~2D为DTI图像示右侧额叶病变区神经纤维束中断、减少, 病变周围神经纤维束受推压改变。图2E~2F为40岁, 女性, 左侧额叶软组织肿块, 少突胶质细胞瘤CNS WHO分级2级; 2E为DWI图像, 2F为FA图像, 2G~2H为DTI图像示病变区神经纤维束受推移走形扭曲、减少。

3 讨论

脑胶质瘤是临床最常见的颅内原发性肿瘤, 占颅内肿瘤的约40%, 且发病率逐年呈升高趋势^[8]。目前临床治疗脑胶质瘤的方式为手术治疗, 手术治疗的目的在于切除肿瘤并尽量减少患者脑功能的损伤^[9]。而由于不同级别的脑胶质瘤, 其肿瘤与皮层功能区域、纤维束间的联系等方面均存在差异, 因此临床术前针对脑胶质瘤的分级诊断对手术疗效以及患者预后具有重要意义^[10]。

DTI成像计数可清晰显示体内水分子运动情况, 包括运动方向、位移等细微特征表现, 并将上述表现量化分析, 实现对肿瘤的评估。其中ADC可反应分子弥散的位移强度, 从而评价水分子在细胞内的移动限制。FA可以反映大脑白质纤维的完整性, 神经纤维密度和弥散的方向^[11]。本研究结果显示, 高级别组ADC、FA值均低于低级别组; 上述结果表明, 在高级别脑胶质瘤患者中, DTI参数中ADC及FA值相较于低级别脑胶质瘤患者均呈现降低表现; 分析上述原因, 在一般状态下, 水分子运动情况与活体组织内细胞结构、微循环等情况相关^[12]。而相较于低级别脑胶质瘤, 高级别脑胶质瘤具有更高的细胞密度以及细胞数量, 多核细胞构成比更高, 核异型性增大, 且瘤体实质细胞成分相对更多, 因此细胞间隙更小, 不利于水分子弥散, 导致ADC值降低^[13]。此外, 高级别胶质瘤因其侵袭性生长, 导致白质损伤, 使其不能形成完整的正常结构, 从而导致弥散各向异性减弱; 同时, 也有可能是因为神经鞘层的缺失和轴突失去了有序的细胞核取向, 从而影响了水分子在特定的方向上的迁移, 使髓磷脂鞘的数量减少, 最终使FA值呈现降低表现^[14]。因此不同级别脑胶质瘤患者DTI参数存在明显差异。在ROC分析中发现, ADC、FA诊断高级别脑胶质瘤的AUC值分别为0.739、0.636; 这一结果表明ADC以及FA均可用于术前脑胶质瘤的分级诊断, 但两组间AUC值

比较差异不显著; 而两参数联合诊断高级别脑胶质瘤的AUC值为0.793, 显著高于ADC、FA参数单一诊断; 提示临床可通过将两参数结合用于术前诊断脑胶质瘤分级, 实现准确的诊断效果。此外, GFAP是一种分子量为50-52 kD的酸性蛋白质, 是一种细胞骨架蛋白, 是星状细胞的标志性蛋白质, 常出现在核周以及细胞质中, 是中间纤维丝蛋白中的重要成员^[15]。本研究结果发现, 高级别组GFAP阳性表达显著低于低级别组; 这一结果表明, 在恶性程度更高的高级别脑胶质瘤患者的肿瘤组织中GFAP表达相对低级别脑胶质瘤更低; 分析上述原因, 研究显示^[16], GFAP表达与细胞增殖过程中的低氧状态密切相关; 在低级别脑胶质瘤中, 胶质瘤胶质细胞增生阶段, 周围细胞处于低氧状态, 因此GFAP表达更明显; 此外另有研究显示^[17], GFAP作为中间丝蛋白的一种, 与核分裂以及细胞密度等因素有关, 在核分裂多以及细胞密度大的区域, 提示为在恶性程度较高的肿瘤中, 肿瘤去分化过程中存在中间丝成分的丢失以及变异, 因此呈现高级别脑胶质瘤的GFAP表达降低。此外在Spearman相关性分析中也显示出, DTI参数ADC、FA与脑胶质瘤患者GFAP阳性表达呈显著正相关, 上述结果进一步表明, GFAP阳性表达可用于判断脑胶质瘤级别, 可作为临床参考。

综上所述, 高级别与低级别脑胶质瘤在DTI定量参数ADC、FA存在明显差异, 前者ADC值以及FA值显著低于后者, 且ADC、FA水平与患者GFAP阳性表达存在显著正相关, 提示有助于对脑胶质瘤进行分级诊断。

(参考文献下转第22页)

AS患者血栓形成后,脑组织处于缺血缺氧等状态,可增强氧化应激反应,引起炎症因子合成、分泌增加,而明显的全身性炎症反应可损伤细胞功能,尤其是神经细胞,从而加重病情,影响预后^[15]。学者研究发现,IL-2是急性缺血性脑卒中患者阿替普酶静脉溶栓预后不良的影响因素,且与预后不良呈正相关关系^[16]。IL-8对脑梗死患者急性炎症损伤具有重要作用,监测其水平对寻求早期、有效地预防及改善神经功能恢复具有重要意义^[17]。CRP是炎症指标标志物,AS发生后数小时,其表达水平急剧上升,并与神经功能损伤程度紧密相关;TNF- α 是炎症链中始动因子,脑组织缺血缺氧后,血清表达量异常升高,并对神经细胞具有毒性作用^[18]。本研究发现,多模式MRI指导下静脉溶栓治疗AS,还能在一定程度上调节炎症因子水平。主要原因与患者病情改善程度更高有关。另外,本研究还发现,与常规抗血栓治疗比较,多模式MRI指导下静脉溶栓治疗AS,不会明显增加出血风险。

综上所述,多模式MRI指导下静脉溶栓治疗AS,效果显著,能有效改善患者脑血流灌注、神经功能,调节炎症因子水平,且不会增加出血风险。

参考文献

[1] 苏旖婕, 全淑敏, 李娜, 等. 急性卒中患者的肠内营养[J]. 国际脑血管病杂志, 2022, 30(2): 141-145.

[2] 张芹, 张淑青, 王新昌, 等. 急性脑卒中患者血清PTX3、miR-199a的水平变化及临床意义[J]. 中风与神经疾病杂志, 2021, 38(5): 424-427.

[3] 王彦平, 李鑫, 张玉强, 等. 多模式MRI在急性缺血性脑卒中患者行溶栓治疗中的指导作用[J]. 现代科学仪器, 2023, 40(2): 91-95.

[4] 徐夏, 刘敏, 刘昌华, 等. 多模态功能磁共振成像在慢性肾脏病患者脑部损害评估中的研究进展[J]. 中国血液净化, 2023, 22(10): 768-771, 793.

[5] 李侃侃. 多模式MRI检查对急性缺血性脑卒中静脉溶栓治疗的价值分析[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(7): 188-190.

[6] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.

[7] 王秋菊. 丁苯酞对急性缺血性脑卒中患者神经功能、脑血流灌注及外周血UCH-L1、sICAM-1水平的影响[J]. 检验医学与临床, 2022, 19(2): 216-219.

[8] Dekker L, Daems JD, Duvekot MHC, et al. Comparison of prehospital assessment by paramedics and in-hospital assessment by physicians in suspected stroke patients: results from 2 prospective cohort studies[J]. Stroke, 2023, 54(9): 2279-2285.

[9] 边祥兵, 张德康, 吕晋浩, 等. 多模式MRI技术在急性缺血性脑卒中中的临床应用价值[J]. 中国医学装备, 2020, 17(3): 57-61.

[10] 骆红志, 梁经亚. 多模式MRI技术在急性缺血性脑卒中中的临床应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(19): 93-94.

[11] 王秀芬, 李劲松, 高维键. 多模式MRI对急性缺血性脑卒中静脉溶栓治疗指导的临床价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(6): 22-24, 封2.

[12] 郭海敏, 汤井芳, 许康祥. 多模式MRI技术在急性缺血性脑卒中中的临床应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2022, 6(24): 94-96.

[13] 王艳玲, 孙刚, 周志凌, 等. 多模式MRI组织窗指导急性缺血性脑卒中病人再灌注治疗的临床研究[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(5): 839-842.

[14] 崔松, 李宗辉, 王真, 等. MRI指导下超时间窗动脉取栓对轻中度前循环急性脑梗死患者认知功能及血清hs-CRP的影响[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(10): 7-10.

[15] 崔凌. 芬戈莫德联合阿替普酶静脉溶栓治疗对缺血性脑卒中患者脑血流动力学、血清炎症因子及神经功能缺损的影响[J]. 实用医院临床杂志, 2020, 17(4): 110-113.

[16] 杨静, 裴斐菲, 赛米热·沙塔尔. 白细胞介素-2和对氧磷脂酶-1评估急性脑卒中患者阿替普酶静脉溶栓后短期预后的价值[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2023, 37(3): 294-299.

[17] 崔佳佳, 张成洲, 朱蓓, 等. 脑梗死患者血清miR-21-5p、IL-6、IL-8表达水平及其预测模型构建[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(17): 4103-4106.

[18] 步霄, 贾师捷, 周叶, 等. 急性缺血性脑卒中患者血清CRP、TNF- α 、IL-1 β 、HIF-1 α 、NSE、SAA对神经功能损伤的诊断价值[J]. 广东医学, 2021, 42(1): 90-95.

(收稿日期: 2024-11-01)
(校对编辑: 姚丽娜)

(上接第14页)

参考文献

[1] 肖仕和, 李钢, 刘仲海, 等. 脑胶质瘤组织ZEB2、CCL20表达及其与患者预后的相关性[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(9): 1262-1267.

[2] 葛亚娟, 高军喜, 韩伟, 等. 术中超声对脑胶质瘤术后复发及转移的研究[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(10): 1081-1084.

[3] 周克阳, 方向军, 彭建春, 等. 1H-MRS和3D-ASL技术在脑胶质瘤分级诊断中的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(7): 1217-1221.

[4] 曾玉萍, 彭莉玲, 冷晓明, 等. 18F-FDG PET/MRI多模态显像在成人弥漫性脑胶质瘤分级诊断中的应用研究[J]. 中华神经医学杂志, 2022, 21(8): 801-808.

[5] 谢思民, 樊淋, 胡亦劼, 等. 弥散张量成像技术联合白质纤维束成像技术在脊髓型颈椎病中的诊断价值研究[J]. 重庆医学, 2024, 53(6): 819-824.

[6] 何建昌, 兰伟途, 吴琼. 替莫唑胺联合来那度胺治疗复发性脑胶质瘤的临床疗效及对血清GFAP、VTN及YKL-40的影响[J]. 中国医院用药评价与分析, 2023, 23(4): 434-437.

[7] 国家卫生健康委员会医政医管局, 中国抗癌协会脑胶质瘤专业委员会, 中国医师协会脑胶质瘤专业委员会. 脑胶质瘤诊疗指南(2022版)[J]. 中华神经外科杂志, 2022, 38(8): 757-777.

[8] 潘金果, 吴昊, 张伟国. 脑胶质瘤超极化13C-MRI研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2022, 45(3): 293-297.

[9] 张剑宁, 刘聪为. 脑胶质瘤新型治疗方案研究进展[J]. 肿瘤防治研究, 2022, 49(6): 505-513.

[10] 毛冲冲, 张庆浩, 于洋, 等. 术前血清学指标对脑胶质瘤分级和异柠檬酸脱氢酶状态具有预测意义[J]. 中华实验外科杂志, 2024, 41(6): 1291-1294.

[11] 蔡永斌, 曾世福, 涂梦婷. 乳腺癌患者DTI参数与细胞密度及病理分级的关系探析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(7): 103-105.

[12] 刘正, 万水治, 彭立凤, 等. 定量DTI参数在单发不典型脑转移瘤与高级别胶质瘤鉴别中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(12): 28-30.

[13] 李红, 陈满, 黄勇, 等. 多体素1H-MRS联合ADC在脑胶质瘤分级诊断与瘤细胞增殖评估中的应用[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(5): 815-820.

[14] 黄颖倩, 赵静, 初建平, 等. 基于不同扩散模型的扩散加权成像在脑胶质瘤分级和预测IDH-1突变的对比分析[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2021, 42(1): 87-94.

[15] 李斌, 李娜. 3项指标在不同病理分级脑胶质瘤中的表达及临床意义[J]. 检验医学与临床, 2020, 17(1): 113-115.

[16] 沙宁, 明葛东, 杨娟, 等. 神经节苷脂联合rhuEPO对低氧性脑损伤早产儿血清UCH-L1、GFAP、MBP、TLR-4的影响[J]. 脑与神经疾病杂志, 2019, 27(10): 640-644.

[17] 程钰, 李永来, 黄璐. 高级别脑胶质瘤中GFAP、p53、Ki67的表达水平及临床意义[J]. 海南医学, 2022, 33(23): 3081-3085.

(收稿日期: 2024-09-02) (校对编辑: 姚丽娜)