



· 专题论著 ·



刘新疆，教授，主任医师，医学博士，硕士研究生导师，复旦大学附属浦东医院放射科主任及学科带头人。中华医学会放射学分会委员，中国医师协会放射医师分会感染影像专业委员会委员，中国研究型医院学会感染与炎症放射学专业委员会常务委员兼秘书长，中国抗癌协会肿瘤影像专业委员会委员，北京影像诊疗技术创新联盟功能影像专业委员会及青年专业委员会副主任委员，上海市医学会放射科专科分会委员，上海市医师协会放射医师分会第一届委员会委员，上海市中西医结合学会医学影像专业委员会委员，上海市社会医疗机构协会影像学专业委员会委员，上海市浦东新区医学会放射专业委员会副主任委员，上海市浦东新区医学影像质控组副组长，山东省医学会数字医学分会顾问。

表观弥散系数预测脑膜瘤病理学分级及其与Ki-67增殖指数的相关性

方磊¹，方慧²，耿源源³，殷润²，刘新疆²

1. 滨州医学院医学影像学院，山东烟台 264003；
2. 复旦大学附属浦东医院放射科，上海 201399；
3. 复旦大学附属浦东医院病理科，上海 201399

[摘要] 目的：探讨表观弥散系数（apparent diffusion coefficient, ADC）鉴别诊断脑膜瘤组织病理学分级的价值及其与Ki-67增殖指数的关系。方法：回顾并分析经术后病理学检查证实为脑膜瘤的51例患者资料，根据世界卫生组织（World Health Organization, WHO）病理学分级分为低级别脑膜瘤（low-grade meningioma, LGM）组45例和高级别脑膜瘤（high-grade meningioma, HGM）组6例，计算平均ADC（ ADC_{mean} ）、最小ADC（ ADC_{min} ），以及两者相对值（ $rADC_{mean}$ 、 $rADC_{min}$ ）。比较两组 ADC_{mean} 、 ADC_{min} 、 $rADC_{mean}$ 、 $rADC_{min}$ 的差异。绘制受试者工作特征（receiver operating characteristic, ROC）曲线评估ADC各参数的鉴别诊断效能，并采用DeLong检验比较ROC曲线的曲线下面积（area under the curve, AUC）的差异。采用Spearman相关分析评估ADC各参数与Ki-67增殖指数之间的相关性。结果：LGM组的 ADC_{mean} 、 ADC_{min} 、 $rADC_{mean}$ 及 $rADC_{min}$ 均高于HGM组，组间差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。4种ADC参数均有较好的诊断效能，DeLong检验显示AUC两两比较差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ），其中 ADC_{min} 的鉴别诊断效能最高，其最佳截断值为 $0.657 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ，灵敏度为66.67%，特异度为95.56%。 ADC_{mean} 、 ADC_{min} 、 $rADC_{mean}$ 及 $rADC_{min}$ 均与Ki-67增殖指数呈负相关（ $P < 0.05$ ）。结论：ADC有助于术前预测脑膜瘤的病理学分级及Ki-67增殖指数，可为临床诊疗提供支持。

[关键词] 脑膜瘤；磁共振成像；表观弥散系数；Ki-67增殖指数

中图分类号：R739.45；R445.2 文献标志码：A DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2024.02.006

Apparent diffusion coefficient predicts the pathological grade of meningioma and its correlation with the Ki-67 proliferation index FANG Lei¹, FANG Hui², GENG Yuanyuan³, YIN Run², LIU Xinjiang² (1. Department of Medical Imaging College, Binzhou Medical University, Yantai 264003, Shandong Province, China; 2. Department of Radiology, Pudong Hospital, Fudan University, Shanghai 201399, China; 3. Department of Pathology, Pudong Hospital, Fudan University, Shanghai 201399, China)

Correspondence to: LIU Xinjiang E-mail: lxj6513@163.com

基金项目：上海市卫生健康委员会面上项目（202140266）；复旦大学附属浦东医院特色专病（Tszb2023-08）

通信作者：刘新疆 E-mail: lxj6513@163.com

[**Abstract**] **Objective:** To investigate the value of apparent diffusion coefficient (ADC) for differential diagnosis of histopathologic grade of meningiomas and its relationship with Ki-67 proliferation index. **Methods:** The data of 51 patients with meningioma confirmed by surgery and pathology were reviewed and analyzed. According to the World Health Organization (WHO) pathological grade, patients were divided into low-grade meningioma (LGM) group (45 cases) and high-grade meningioma (HGM) group (6 cases). The average ADC (ADC_{mean}), minimum ADC (ADC_{min}), and their relative values ($rADC_{mean}$ and $rADC_{min}$) were calculated. The differences of ADC_{mean} , ADC_{min} , $rADC_{mean}$ and $rADC_{min}$ between the two groups were compared. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to assess the diagnostic efficacy of each ADC parameter's diagnostic efficacy, and DeLong's test was used to compare the difference in area under curve (AUC) of the ROC curve. Spearman correlation analysis was performed to assess the correlation between each of the ADC parameters and Ki-67 proliferation index. **Results:** The ADC_{mean} , ADC_{min} , $rADC_{mean}$ and $rADC_{min}$ values of the LGM group were higher than those of the HGM group, and the differences between the groups were all statistically significant ($P < 0.05$). The four ADC parameters all had good diagnostic efficacy, DeLong test showed that there was no significant difference in AUC between any two groups ($P > 0.05$). And ADC_{min} had the best differential diagnostic efficacy. The optimal cut-off value of ADC_{min} was $0.657 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, and the sensitivity was 66.67%, and the specificity was 95.56%. ADC_{mean} , ADC_{min} , $rADC_{mean}$ and $rADC_{min}$ values were all negatively correlated with Ki-67 proliferation index ($P < 0.05$). **Conclusion:** ADC values were helpful to predict the pathological grade of meningiomas and Ki-67 proliferation index before operation, and it can provide support for clinical diagnosis and treatment.

[**Key words**] Meningioma; Magnetic resonance imaging; Apparent diffusion coefficient; Ki-67 proliferation index

脑膜瘤是中枢神经系统最常见的原发性肿瘤，发病率随着年龄增长逐渐升高，2021年，世界卫生组织（World Health Organization, WHO）中枢神经系统肿瘤分类第5版将脑膜瘤分为3个级别和15个亚型，约占整个颅内肿瘤的37.6%，其中WHO I级约占脑膜瘤的80.5%，WHO II、III级分别约占脑膜瘤的17.7%、1.7%^[1]。目前脑膜瘤的进展和复发风险主要通过WHO病理学分级和手术切除范围来判断，无症状的I级脑膜瘤通常选择随访方案，当肿瘤体积较大或症状明显时建议手术治疗；II、III级脑膜瘤需要手术治疗，部分患者还需接受放疗及化疗，5年生存率分别为75.9%、55.4%^[2]。鉴于不同病理学级别脑膜瘤的处理和预后的不同，术前较为准确地预测脑膜瘤组织病理学分级对患者的个体化诊疗至关重要。磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）是颅脑肿瘤患者的首选检查方法，表观弥散系数（apparent diffusion coefficient, ADC）是基于弥散加权成像（diffusion-weighted imaging, DWI）得出的一个定量参数，已经广泛应用于颅脑肿瘤的病理学分级预测及鉴别诊断^[3-4]。

Ki-67增殖指数可以预测细胞增殖速度及肿瘤的生物行为，较高的Ki-67增殖指数与肿瘤复发风险的增强密切相关^[5]。本文旨在探讨ADC对脑膜瘤病理学分级的预测作用，并评估ADC与Ki-67增殖指数的相关性。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾并分析2017年1月—2023年12月于复旦大学附属浦东医院行MRI检查并经术后病理学检查确诊为脑膜瘤患者的临床资料。纳入标准：① 术后病理学检查明确诊断为脑膜瘤；② 经免疫组织化学检测Ki-67增殖指数表达状态；③ 术前MRI资料完整。排除标准：① 无明确的WHO分级结果；② 瘤体完全钙化；③ ADC图像不清晰；④ 病灶体积较小，无法进行感兴趣区（region of interest, ROI）的测量；⑤ 术前接受了放化疗及颅脑手术的患者。将WHO I级脑膜瘤归为低级别脑膜瘤（low-grade meningioma, LGM）组，将WHO II、III级脑膜瘤归为高级别

脑膜瘤 (high-grade meningioma, HGM) 组。

1.2 仪器和方法

采用美国GE公司的Discovery MR750w 3.0 T和德国Siemens公司的MAGNETOM Avanto 1.5 T MRI扫描仪。患者取仰卧位, 常规扫描序列均包括DWI检查, DWI扫描参数: ① GE 3.0 T: 视野 (field of view, FOV) 24 cm × 24 cm, 层厚 5 mm, 层间距 2 mm, 重复时间 (repetition time, TR) 4 000 ms, 回波时间 (echo time, TE) 78.5 ms; ② Siemens 1.5 T: FOV 23 cm × 23 cm, 层厚 6 mm, 层间距 2 mm, TR 3 100 ms, TE 102 ms; b 值取 0、500、1 000 s/mm²。增强扫描均使用高压注射器经肘静脉注射钆喷酸葡胺 (0.1 mmol/kg), 速率为 3 mL/s。

1.3 图像分析

将DWI原始图像传入后处理工作站后自动生成ADC图像, 由2名具有10年以上工作经验的神经影像诊断医师采用双盲法进行ADC测量。结合颅脑MRI的其他扫描序列, 确定瘤体轮廓并尽量避开坏死、囊变、钙化及出血区域, ROI面积为 10~25 mm², 将ROI放置在肿瘤最大层面附近的 2~3个层面, 每个瘤体选择 3~5个ROI, 获得平均ADC (ADC_{mean})、最小ADC (ADC_{min}), 另外测量肿瘤对侧深部脑髓质的ADC_{mean}, ADC_{mean}、ADC_{min}分别除以对侧深部脑髓质的ADC_{mean}获得相对值ADC (rADC_{mean}、rADC_{min}), 2名观察者测量的平均值作为最终数值。

1.4 组织病理学评估

由1名具有10年以上工作经验的病理科医师

完成, 选择肿瘤细胞数量最多的区域进行计数, 在10个HPF下计数1 000个细胞的染色情况, 阳性细胞数/总细胞计数即为Ki-67增殖指数。

1.5 统计学处理

采用SPSS 26.0和MedCalc 20.1软件进行统计学分析。首先对计量资料进行正态性检验和方差齐性检验, 符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用独立样本 t 检验对比LGM组和HGM组的年龄、ADC_{mean}、ADC_{min}、rADC_{mean}及rADC_{min}值。绘制受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线并计算曲线下面积 (area under curve, AUC), 应用DeLong检验分别比较任意两组AUC之间的差异。采用Spearman相关系数评估ADC与Ki-67增殖指数之间的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料

共纳入 51 例患者, LGM组 45 例, 年龄 (56.42 ± 11.34) 岁; HGM组 6 例, 年龄 (57.17 ± 17.58) 岁, 其中WHO II级脑膜瘤 4 例, WHO III级脑膜瘤 2 例。经检验, 两组患者的年龄差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 LGM组和HGM组间ADC值的比较

LGM组ADC_{mean}、ADC_{min}、rADC_{mean}、rADC_{min}值均高于HGM组, 组间差异均有统计学意义 ($P < 0.05$, 表1, 图1、2)。

表1 LGM组和HGM组ADC值比较

参数	$\bar{x} \pm s$			
	LGM组 (n=45)	HGM组 (n=6)	t 值	P 值
ADC _{mean} × 10 ⁻³ / (mm ² ·s ⁻¹)	0.883 ± 0.133	0.749 ± 0.100	2.362	0.022
ADC _{min} × 10 ⁻³ / (mm ² ·s ⁻¹)	0.807 ± 0.124	0.670 ± 0.100	2.597	0.012
rADC _{mean}	1.172 ± 0.164	1.025 ± 0.158	2.067	0.044
rADC _{min}	1.071 ± 0.154	0.916 ± 0.149	2.335	0.024

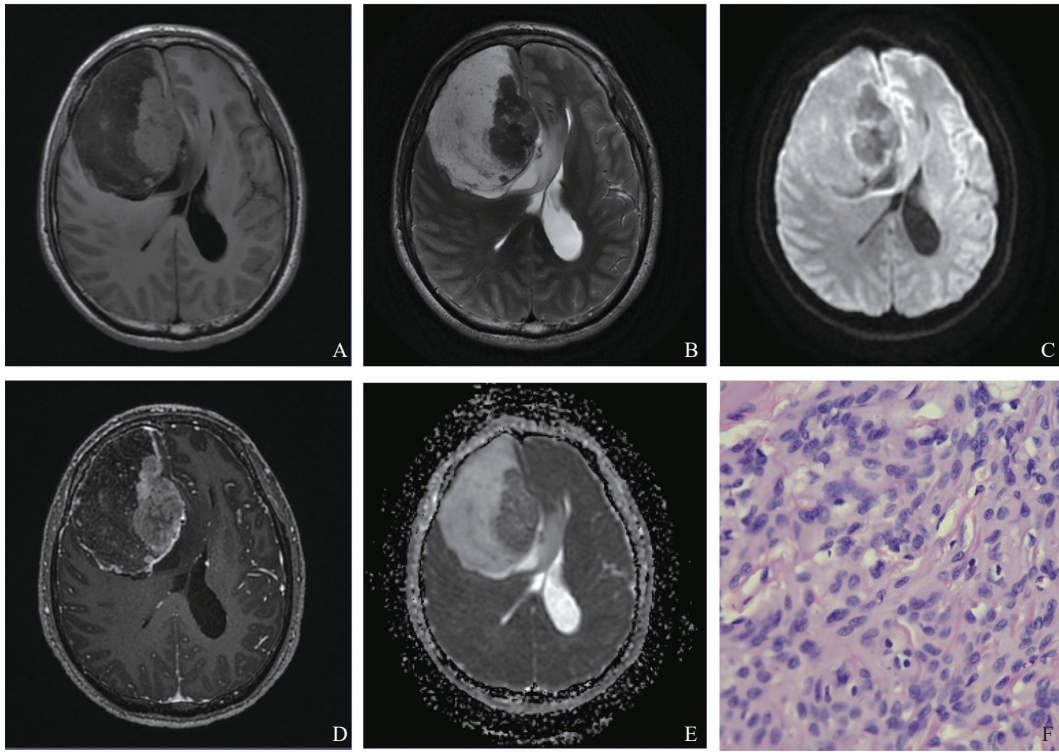


图1 典型病例1 MRI图像及病理学表现

患者，男性，44岁，额部大脑镰右侧旁囊实性占位，术后病理学检查证实为WHO I级脑膜瘤。A：T1加权成像（T1-weighted imaging, T1WI）呈等低信号；B：T2加权成像（T2-weighted imaging, T2WI）呈高低混杂信号，占位效应明显；C：DWI以等低信号为主；D：T1WI增强肿瘤内部呈轻度不均匀强化；E：ADC图信号高于对侧正常脑实质；F：肿瘤组织由大量增生的中小血管及脑膜皮细胞构成，无明显异型，核分裂象少见（HE染色， $\times 400$ ）。

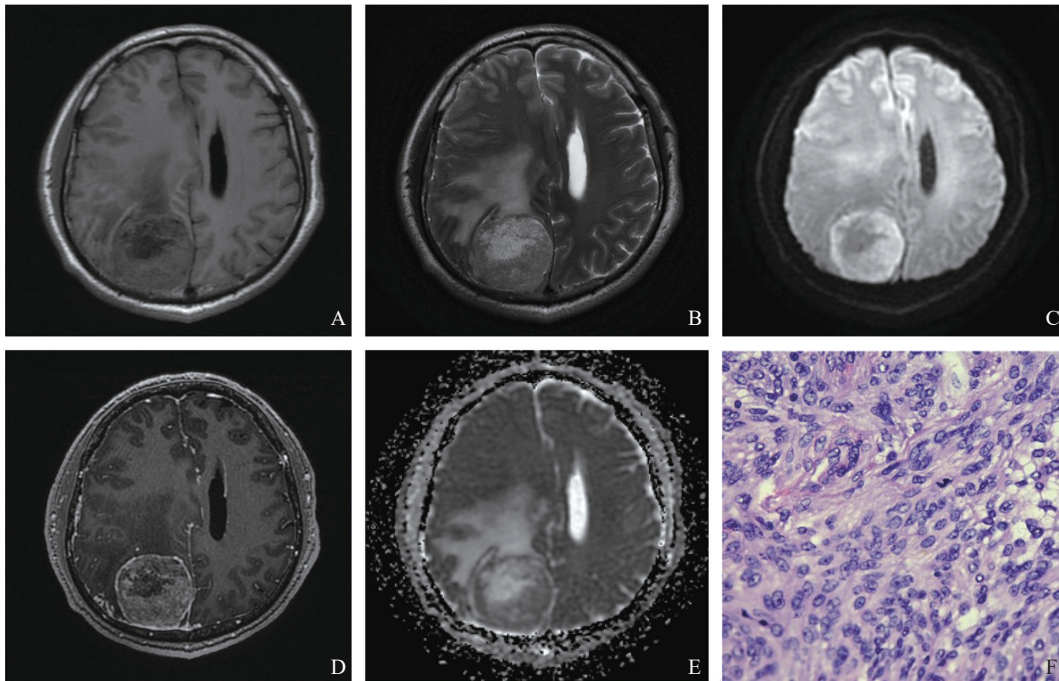


图2 典型病例2 MRI图像及病理学表现

患者，男性，51岁，顶部大脑镰右侧旁占位，术后病理学检查证实为WHO II级脑膜瘤。A：T1WI呈等低信号；B：T2WI呈高信号，周围见片状水肿带；C：DWI呈高信号伴片状低信号；D：T1WI增强肿瘤内部呈轻度不均匀强化；E：ADC图呈低信号伴片状高信号；F：瘤细胞密度增加，排列丰富，细胞轻到中度异型，可见明显的核仁及核分裂（HE染色， $\times 400$ ）。

2.3 ROC曲线分析

4种ADC参数鉴别LGM和HGM均具有较好的鉴别诊断价值, 其中ADC_{min}的AUC最高, 当ADC_{min}最佳截断值取 $0.657 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 时, 灵敏

度为66.67%, 特异度为95.56%, 但是, 4种ADC参数的ROC曲线两两比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$, 表2, 图3)。

表2 ADC诊断两组脑膜瘤病理分级的效能比较

参数	AUC (95% CI)	截断值	灵敏度/%	特异度/%	P值
ADC _{mean}	0.789 (0.652~0.891)	$0.725 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	66.67	91.11	>0.05
ADC _{min}	0.833 (0.703~0.923)	$0.657 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	66.67	95.56	>0.05
rADC _{mean}	0.744 (0.603~0.856)	0.956	66.67	95.56	>0.05
rADC _{min}	0.748 (0.607~0.859)	0.860	66.67	97.78	>0.05

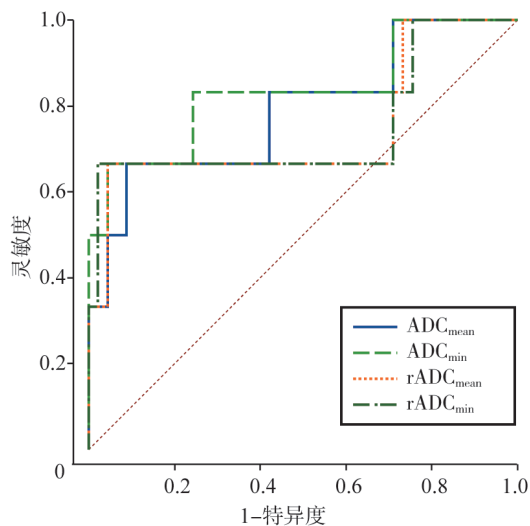


图3 各ADC参数鉴别LGM和HGM的ROC曲线

2.4 ADC和Ki-67增殖指数的相关性

4种ADC参数与Ki-67增殖指数表达均呈负相关 ($P < 0.05$, 表3)。

表3 各ADC参数与Ki-67增殖指数的相关性分析

参数	Ki-67增殖指数	
	r值	P值
ADC _{mean}	-0.315	0.024
ADC _{min}	-0.329	0.018
rADC _{mean}	-0.331	0.018
rADC _{min}	-0.329	0.030

3 讨论

MRI是目前诊断脑膜瘤的主要影像学方法,

但在日常临床工作中, 仅仅依靠肿瘤的形态、增强特点及瘤周水肿等常规影像学特征鉴别LGM和HGM的价值有限, 还无法较为准确地预测脑膜瘤的病理学分级。本研究回顾并分析了LGM组和HGM组之间ADC的差异, 结果表明LGM组的ADC_{mean}、ADC_{min}、rADC_{mean}及rADC_{min}值均高于HGM组, 其中以ADC_{min}的鉴别诊断效能最高, 但4种ADC参数的诊断效能两两之间差异无统计学意义, 进一步分析表明ADC值与Ki-67增殖指数存在负相关关系。

ADC是功能性成像DWI的重要参数, 可消除T2穿透效应, 定量反映肿瘤组织中水分子的弥散程度, 从而反映肿瘤细胞结构及肿瘤内部的病理生理状态, 已被广泛应用于肿瘤分级、鉴别诊断、预测预后及分子状态评估等研究中^[6-8]。研究^[9-10]表明, HGM组的ADC_{mean}、ADC_{min}、rADC_{mean}及rADC_{min}明显低于LGM组, 且差异有统计学意义, 与本研究一致。另有2项meta分析^[11-12]表明, 相对于LGM, HGM的ADC_{mean}更低, 同时指出在1.5 T和3.0 T MRI扫描仪上一致, 但2项meta分析都发现LGM和HGM之间ADC_{mean}存在显著重叠现象, 因此没有有效的ADC_{mean}阈值来区分两组脑膜瘤, 本研究ADC_{mean}在两组间差异有统计学意义, 与以上研究结论相同。Aslan等^[10]的研究表明, ADC_{min}是鉴别诊断LGM和HGM的最佳参数之一。Atalay等^[13]的研究表明, ADC_{min}较其他ADC参数有更高的诊断效能, 当ADC_{min}阈值为 $0.634 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 时, 灵

敏度和特异度分别为86%、57%。有研究^[14]表明,不同ADC参数与组织病理学参数之间的关系在脑膜瘤亚组间存在差异,ADC_{min}在HGM中与细胞计数之间的相关性高于LGM,此外,不同的ADC参数反映了脑膜瘤不同的组织病理学表现,ADC_{min}与肿瘤细胞结构的相关性比ADC_{mean}更强。本研究发现4种ADC参数中ADC_{min}的诊断效能最高,最佳截断值为 $0.657 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,与以上研究一致,提示ADC_{min}相比于本研究的其他ADC参数,代表着肿瘤组织微观结构中弥散受限最为明显的区域,在预测脑膜瘤组织病理学分级中具有重要参考价值。

Ki-67增殖指数作为细胞增殖标志物,在细胞分裂G₀期或静止细胞中水平极低,而在细胞分裂周期(G₁、S、G₂、M)中趋于增加,在M期达到峰值^[15]。Ki-67增殖指数已经广泛应用于肿瘤的分级及患者的预后预测^[3, 9, 15-16]。研究^[17-19]表明, Ki-67增殖指数与脑膜瘤的复发相关, Ki-67增殖指数 $\leq 4\%$ 的脑膜瘤1年后累积的复发率为3%,而Ki-67增殖指数 $> 4\%$ 的脑膜瘤患者为19%, 10年后的累积复发率分别上升到24%和35%。因此,对于Ki-67增殖指数 $> 4\%$ 的LGM患者应该密切随访或给予积极的治疗方案,而Ki-67增殖指数 $> 20\%$ 的LGM则提示预后不良^[20]。既往研究^[3, 12, 15]表明, Ki-67增殖指数与肿瘤病理学分级相关,并与ADC呈负相关。何峰等^[9]的研究表明, ADC_{mean}、ADC_{min}、rADC_{mean}、rADC_{min}值与Ki-67增殖指数呈负相关。国外一项meta分析^[11]中有5项研究结果表明ADC_{mean}值与Ki-67增殖指数呈弱到中等程度的负相关。本研究结果表明, ADC_{mean}、ADC_{min}、rADC_{mean}及rADC_{min}均与Ki-67增殖指数呈负相关,与以上研究结果一致,ADC与Ki-67增殖指数的负相关提示ADC可以在术前预测脑膜瘤的增殖情况,有助于作出临床治疗决策。

本研究的局限性:①本研究为回顾性研究,且HGM患者较少,可能存在统计学偏倚,后续可增加样本量进一步研究。②未对LGM亚型进一步分类研究,后期可在扩大样本量的情况下,进行多中心、多亚型的统计学分析。

综上所述,ADC可以作为一种无创性工具来预测LGM和HGM,其中以ADC_{min}的诊断效能最高。此外,ADC与Ki-67增殖指数呈负相关,可以预测脑膜瘤的增殖情况,从而为术前脑膜瘤病理学分级的预测及个体化治疗方案的制订提供理论依据。

[参 考 文 献]

- [1] OSTROM Q T, CIOFFI G, GITTLEMAN H, et al. CBTRUS statistical report: primary brain and other central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2012—2016 [J]. *Neuro Oncol*, 2019, 21(Suppl 5): v1-v100.
- [2] GOLDBRUNNER R, STAVRINO P, JENKINSON M D, et al. EANO guideline on the diagnosis and management of meningiomas [J]. *Neuro Oncol*, 2021, 23(11): 1821-1834.
- [3] XIANWANG L, LEI H, HONG L, et al. Apparent diffusion coefficient to evaluate adult intracranial ependymomas: relationship to Ki-67 proliferation index [J]. *J Neuroimaging*, 2021, 31(1): 132-136.
- [4] 周凤瑜, 张 斌, 董文洁, 等. 表观扩散系数鉴别肺癌脑转移瘤组织学分型及其与Ki-67增殖指数的相关性 [J]. *磁共振成像*, 2024, 15(2): 42-47.
- [5] BOZDAĞ M, ER A L, EKMEKÇI S. Association of apparent diffusion coefficient with Ki-67 proliferation index, progesterone-receptor status and various histopathological parameters, and its utility in predicting the high grade in meningiomas [J]. *Acta Radiol*, 2021, 62(3): 401-413.
- [6] MAYNARD J, OKUCHI S, WASTLING S, et al. World health organization grade II/III glioma molecular status: prediction by MRI morphologic features and apparent diffusion coefficient [J]. *Radiology*, 2021, 298(1): E61.
- [7] LIU Z H, ZHU L, LIU Y, et al. Predictive value of apparent diffusion coefficient for neoadjuvant chemotherapy in locally advanced colorectal cancer patients [J]. *J Gastrointest Oncol*, 2023, 14(2): 789-797.
- [8] 任 瑞, 周金亮, 崔运福, 等. 最小表观扩散系数联合最小表观扩散系数比值预测肝细胞癌微血管侵犯及风险等级价值 [J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2023, 30(16): 978-983.
- [9] 何 峰, 贺 艳, 陈军辉, 等. 表观弥散系数与组织学病理分类及Ki-67指数的关联及其在高级别脑膜瘤中的预测价值 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2022, 24(8): 862-865.
- [10] ASLAN K, GUNBEY H P, TOMAK L, et al. The diagnostic value of using combined MR diffusion tensor imaging parameters to differentiate between low- and high-grade meningioma [J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1088): 20180088.
- [11] TSAI Y T, HUNG K C, SHIH Y J, et al. Preoperative apparent diffusion coefficient values for differentiation between low and high grade meningiomas: an updated systematic review and meta-analysis [J]. *Diagnostics*, 2022, 12(3): 630.
- [12] MEYER H J, WIENKE A, SUROV A. ADC values of benign and

- high grade meningiomas and associations with tumor cellularity and proliferation – a systematic review and meta-analysis [J]. *J Neurol Sci*, 2020, 415: 116975.
- [13] ATALAY B, EDIZ S S, OZBAY N O. Apparent diffusion coefficient in predicting the preoperative grade of meningiomas [J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2020, 30(11): 1126–1132.
- [14] SUROV A, GOTTSCHLING S, MAWRIN C, et al. Diffusion-weighted imaging in meningioma: prediction of tumor grade and association with histopathological parameters [J]. *Transl Oncol*, 2015, 8(6): 517–523.
- [15] LEE J H, YOON Y C, SEO S W, et al. Soft tissue sarcoma: DWI and DCE-MRI parameters correlate with Ki-67 labeling index [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(2): 914–924.
- [16] 李玉佳, 黄备建, 夏罕生, 等. 乳腺实性乳头状癌的超声表现及其病理学相关性研究 [J]. *肿瘤影像学*, 2023, 32(6): 500–505.
- [17] MIRIAN C, SKYRMAN S, BARTEK J Jr, et al. The Ki-67 proliferation index as a marker of time to recurrence in intracranial meningioma [J]. *Neurosurgery*, 2020, 87(6): 1289–1298.
- [18] PARK H H, YOO J, OH H C, et al. Regrowth factors of WHO grade I skull base meningiomas following incomplete resection [J]. *J Neurosurg*, 2022, 137(6): 1656–1665.
- [19] 李国强, 罗玉红, 余 跃, 等. 非典型性脑膜瘤复发率及其影响因素的meta分析 [J]. *中国医学科学院学报*, 2022, 44(4): 570–578.
- [20] 高 敏, 滕梁红. 与预后相关的脑膜瘤病理学特征研究进展 [J]. *中华病理学杂志*, 2023, 52(6): 647–651.
- (收稿日期: 2024-03-29 修回日期: 2024-04-11)