

DWI联合CTA在脑膜瘤术前评估中的应用

杜宏兵,徐彬,郭志伟

(首都医科大学附属北京安贞医院南充医院南充市中心医院医学影像科,四川南充637000)

[摘要] **目的** 探究扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)联合电子计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)在脑膜瘤术前评估中的应用价值。**方法** 选择于首都医科大学附属北京安贞医院南充医院南充市中心医院拟行外科手术治疗的脑膜瘤患者127例为研究对象,所有患者术前均进行DWI和CTA检查,记录肿瘤影像特征及相关参数,并于手术结束后进行肿瘤组织的病理学检查,根据检查结果分为低级别与高级别脑膜瘤;比较不同级别脑膜瘤患者DWI和CTA检查影像学特征及表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)、平均循环数阈(cycle threshold, CT)值,并采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析DWI参数ADC及CTA参数平均CT值在脑膜瘤术前评估中的应用价值。**结果** 术后组织病理学检查结果显示,127例患者中低级别脑膜瘤世界卫生组织(World Health Organization, WHO) I级97例,占76.38%,高级别脑膜瘤(WHO II~III级)7例,占5.51%。不同疾病脑膜瘤的DWI和CTA影像学特征存在较大差别;低级别脑膜瘤患者肿瘤组织ADC值 $[(0.80 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ 大于高级别脑膜瘤患者 $[(0.70 \pm 0.05) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$,平均CT值 $[(57.81 \pm 5.34) \text{ Hu}]$ 小于高级别脑膜瘤患者 $[(63.12 \pm 10.30) \text{ Hu}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$);DWI参数ADC值与CTA参数平均CT值单独及联合评估脑膜瘤级别的曲线下面积分别为0.855、0.702、0.864,均有一定评估价值。**结论** DWI联合CTA在脑膜瘤术前评估中具有较好的应用价值,有利于提高对低级别及高级别脑膜瘤的鉴别准确性。

[关键词] 脑膜瘤;计算机体层摄影血管造影术;扩散加权成像 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2024.11.018

[中图分类号] R739.45 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2024)11-1347-06

Application of DWI combined with CTA in preoperative evaluation of meningioma

DU Hong-bing, XU Bin, GUO Zhi-wei

(Department of Medical Imaging, Nanchong Hospital of Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Nanchong Central Hospital, Sichuan Province, Nanchong 637000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the application value of diffusion weighted imaging (DWI) combined with computed tomography angiography (CTA) in preoperative evaluation of meningiomas. **Methods** A total of 127 patients with meningioma who underwent surgical treatment at Nanchong Hospital of Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, (Nanchong Central Hospital) were selected as the research subjects. All patients underwent preoperative DWI and CTA, and tumor imaging features and related parameters were recorded. After surgery, pathological examination of the tumor tissue was performed, and based on the examination results the tumor was divided into low-grade and high-grade meningiomas. The imaging features, apparent diffusion coefficient (ADC) and mean cycle threshold (CT) value of DWI and CTA in patients with different grades of meningioma were compared, and the receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the application value of DWI parameter

[收稿日期]2023-12-28

[基金项目]四川省科技计划项目(2021ZHYZ0022)

[作者简介]杜宏兵(1979-),男,四川南充人,首都医科大学附属

北京安贞医院南充医院南充市中心医院副主任医师,医学学士,从事体部影像学研究。

ADC and CTA parameter mean CT value in preoperative evaluation of meningioma. **Results** The results of postoperative histopathological examination showed that there were 97 patients with low-grade meningioma (WHO grade I) in 127 patients, accounting for 76.38%, and 7 patients with high-grade meningiomas (WHO grade II - III), accounting for 5.51%. DWI and CTA imaging features of meningiomas in different diseases were significantly different. The ADC value of tumor tissue in low-grade meningioma patients $[(0.80 \pm 0.08) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$ was higher than that in high-grade meningioma patients $[(0.70 \pm 0.05) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$, and the average CT value in low-grade meningioma patients $[(57.81 \pm 5.34) \text{ Hu}]$ was lower than that in high-grade meningioma patients $[(63.12 \pm 10.30) \text{ Hu}]$, with a significant difference ($P < 0.05$). The area under the ROC curve of DWI parameter ADC and CTA parameter mean CT value alone and in combination in preoperative evaluation of meningioma grade was 0.855, 0.702 and 0.864, respectively, which had certain evaluation value. **Conclusion** The combination of DWI and CTA has good application value in preoperative evaluation of meningiomas, which is beneficial for improving the accuracy of differentiation between low-grade and high-grade meningiomas.

[Key words] meningioma; computed tomography angiography; diffusion weighted imaging

脑膜瘤是发生在中枢神经系统最为常见的颅内肿瘤之一,约占所有颅内肿瘤的20%^[1]。根据2016年世界卫生组织(World Health Organization, WHO)对神经系统肿瘤的分类,脑膜瘤可分为3个组织学分级,其中WHO I级为低级别脑膜瘤,约占所有脑膜瘤的65%~80%,肿瘤侵袭性较低,组织分化良好且生长缓慢,多数患者可通过手术完全切除肿瘤,且术后生存期较长,而WHO II、III级为高级别脑膜瘤,肿瘤局部侵袭性较高,手术时可能已存在周围组织的侵犯与浸润,手术几乎无法完全切除肿瘤组织,且术后复发风险较高,患者预后较差^[2]。因此,对脑膜瘤级别进行准确评估对于手术方案的制定及患者预后预测尤为重要。肿瘤病理学检查是评估脑膜瘤级别的金标准,但该方法多在术中切除病灶组织后进行,可能会延长手术时间,增加患者术中出血量及感染风险。磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)及电子计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)均为脑膜瘤常用的无创影像学检查手段,可在术前对肿瘤形态、位置、大小、边缘等情况进行清晰显示,同时还能通过定量参数辅助判断肿瘤性质^[3-4]。将DWI与CTA联合用于脑膜瘤术前评估中或可为临床早期制定精准治疗方案提供有利参考依据,有利于缩短手术时间,降低手术相关并发症发生风险。基于此,本研究选取医院拟行外科手术的127例脑膜瘤患者为研究对象,分析DWI联合CTA在患者术前肿瘤评估中的应用价值,为提高肿瘤术前评估准确性,指导手术方案的制定提

供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2018年9月—2023年9月于首都医科大学附属北京安贞医院南充医院南充市中心医院拟行外科手术的脑膜瘤患者127例为研究对象,其中男性49例,女性78例;年龄23~37岁,平均 (30.18 ± 3.26) 岁;脑膜瘤家族史16例,吸烟史21例,饮酒史53例。

1.2 纳入标准与排除标准 纳入标准:入组患者均符合《外科学》^[5]中脑膜瘤相关诊断标准,且经组织活检确诊;首次确诊;均拟行外科手术治疗;可耐受术前DWI和CTA检查;患者及(或)家属知情同意。排除标准:既往存在颅脑手术史;伴有其他部位恶性肿瘤,且存在脑转移;术前接受化疗、放疗或其他相关治疗;伴有脑血管疾病;伴有可能导致DWI高信号的其他疾病,如代谢中毒性疾病、克雅病等。

本研究经医院医学伦理委员会审核批准[2024年审(043)号]。

1.3 方法

1.3.1 DWI检查 选用GE(美国)磁共振有限公司生产的SIGNA1.5T磁共振成像系统,8通道相控阵头线圈进行颅脑扫描。所有患者均接受矢状位T1WI、轴位T2WI、T2-液体衰减反转恢复(Fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)及DWI序列扫描。扫描序列及参数:①矢状位T1WI:重复时间(repetition time, TR)=550 ms,回波时间(echo time, TE)=11 ms,层厚=5.0 mm,层距=1.5 mm,

扫描视野 (field of view, FOV) = 260 mm × 260 mm, 矩阵 = 256 × 256。②轴位 T2WI: TR = 2 200 ms, TE = 96 ms, 层厚 = 5.0 mm, 层距 = 1.5 mm, FOV = 200 mm × 200 mm, 矩阵 = 320 × 320。③ T2-FLAIR: TR = 9 000 ms, TE = 110.0 ms, 层厚 = 5.0 mm, 层距 = 1.5 mm, FOV = 240 mm × 240 mm, 矩阵 = 192 × 256; ④DWI 序列: 加频率选择脂肪抑制技术, TR = 4 000 ms, TE = 100 ms, 层厚 = 6.0 mm, 层距 = 1.0 mm, FOV = 260 mm × 260 mm, 矩阵 = 256 × 192, 并在 X、Y、Z 轴 3 个方向上施加扩散梯度 ($b=0, 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$)。平扫结束后, 使用高压注射器 (深圳圣诺医疗设备股份有限公司, 粤械注准 20172061782, 型号: SinoMRI-BP) 将钆喷酸葡胺注射液 (北京北陆药业股份有限公司, 国药准字 H10960045, 规格: 20 mL: 9.38 g) 以 0.2 mmol/kg 的量经患者肘前静脉注射, 速率为 3 mL/s, 随后以同样速率注射 20 mL 生理盐水冲洗, 注射完毕后进行轴位、矢状位及冠状位 T1WI 增强扫描。扫描结束后将数据上传至工作站进行处理, 由 2 名经验丰富的影像科医师 (工作年限 10 年以上) 以盲法独立阅片, 观察并记录肿瘤位置、最大径、脑膜尾征、肿瘤增强均匀、邻近骨质破坏等影像特征, 并分析肿瘤实质的 DWI 信号, 测量表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 值 (避开钙化及水肿部位进行测量), 取 3 次测量平均值作为最终结果。

1.3.2 CTA 检查 选用德国西门子公司第一代双源 X 射线计算机断层成像扫描系统进行全头颅动态容积扫描。首先以听眦线及垂直线为基线进行横断面及冠状面扫描, 扫描参数: 管电压 110 kV、管电流 150 mAs, 层厚 2.0 mm, 层距 2.0 mm。常规扫描结束后, 通过双筒高压注射器经患者上肢浅静脉注射非离子型碘对比剂碘海醇注射液 (福安药业集团宁波天衡制药有限公司, 国药准字 H20083569, 规格: 每 100 mL 含碘海醇 64.7 g), 1.5 mL/kg, 速率 2.0~4.0 mL/s, 随后以相同速率注射 30 mL 生理盐水冲洗, 分别于药物注射完毕后 25~30 s、60~80 s、120 s 进行动脉期、静脉期及延迟期扫描。扫描结束后将数据上传至 Syngo 成像软件进行后台图像处理, 采用最大密度投影、容积再现、多平面重建等技术进行图像合成, 并由 2 名经验丰富的影像科医师 (工作年限 10 年以上) 以盲法独立阅片, 了解肿瘤部位、大小、基底。血供来源、肿瘤与周围血管

关系等信息, 并利用软件对图像进行分析, 手动勾画感兴趣区域 (避开钙化及水肿部位), 获得感兴趣区域的平均 CT 值, 取 3 次测量平均值作为最终结果。

1.4 观察指标 ①所有患者均于手术结束后进行术后病理学检查, 根据 WHO 分级标准对肿瘤级别进行判定, 符合 WHO I 级判定标准为低级别脑膜瘤, 符合 WHO II~III 级判定标准为高级别脑膜瘤。②分析不同级别脑膜瘤患者 DWI 及 CTA 影像学特征及 ADC 值与平均 CT 值。③以术后病理学检查为金标准, 分析 DWI 及 CTA 检查参数 ADC 值与平均循环数阈 (cycle threshold, CT) 值联合诊断脑膜瘤级别的价值。

1.5 统计学方法 应用 SPSS 25.0 统计软件处理数据。计量资料采用独立样本 t 检验; 绘制受试者工作曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC), 并计算曲线下面积 (area under curve, AUC), 分析 DWI 联合 CTA 术前评估脑膜瘤级别的价值 (参照标准: AUC > 0.9: 预测效能较高; AUC 值 $0.7 < \text{AUC} \leq 0.9$: 预测效能中等; AUC 值 $0.5 < \text{AUC} \leq 0.7$: 预测效能较低; AUC 值 ≤ 0.5 : 无预测效能)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 组织病理学检查结果 术后组织病理学检查结果显示, 127 例患者中低级别脑膜瘤 (WHO I 级) 120 例, 占 94.49%, 高级别脑膜瘤 (WHO II~III 级) 7 例, 占 5.51%, 其中 WHO II 级 6 例, WHO III 级 1 例。

2.2 不同级别脑膜瘤患者 DWI 及 CTA 影像学表现 120 例低级别脑膜瘤患者肿瘤形态多为圆形或类圆形, 轮廓边缘清晰、光滑, MRI 检查显示 T1WI 以等信号或稍低信号为主, T2WI 以等信号或稍高信号为主, 信号多较均匀, MRI 增强显示病灶均匀强化; CTA 检查显示病灶多呈均匀的稍高密度或等密度影, 等密度病灶在瘤周水肿的衬托下可显示, 部分伴有星状、颗粒状或均匀一致的钙化。7 例高级别脑膜瘤患者肿瘤形态多不规则, 呈分页状, 并向周围突出结节, 轮廓边缘不清晰, MRI 检查显示 T1WI、T2WI 信号以等信号、高信号为主, 信号多不均匀, MRI 增强显示病灶不均匀强化; CTA 检查显示病灶多呈不均匀的低密度影, 肿瘤周围多呈现浸润性骨质破坏, 一般无钙化表现。DWI 及 CTA 影像学图片见图 1~2。

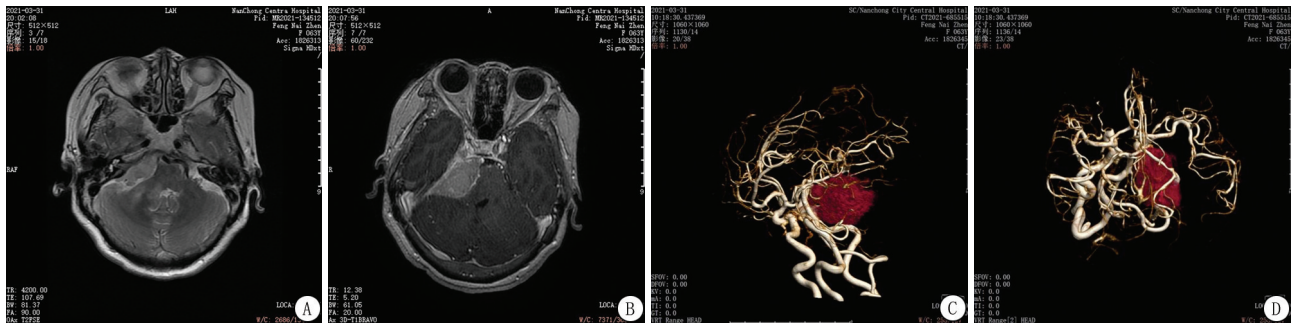


图 1 患者,女性,54岁,右侧桥小脑角区低级别脑膜瘤

A.平扫呈等密度,T1WI上略低信号,T2WI上呈略高信号,其内可见斑片状钙化,B.增强(后呈均匀强化)。C.D.为颅脑CTA图像,显示右侧桥小脑动脉远端分支包绕肿瘤

Figure 1 A 54-year-old female patient with low-grade meningioma in the right cerebellopontine angle

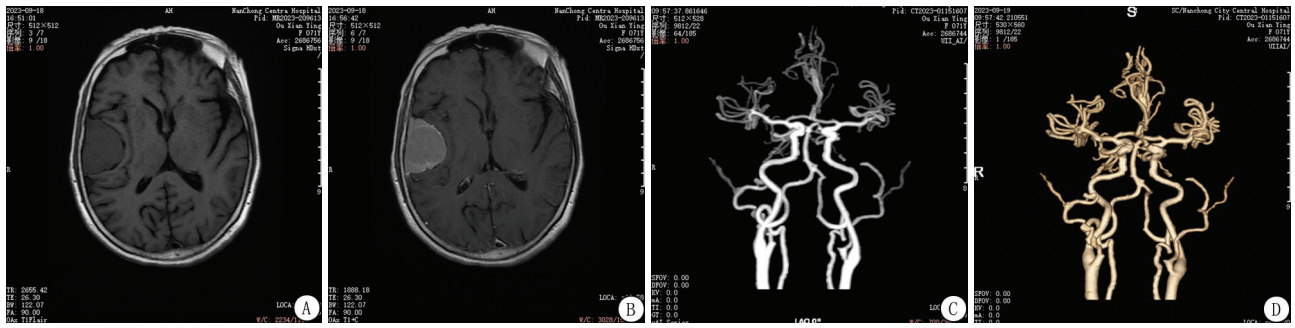


图 2 患者,男性,61岁,右侧颞部高级别脑膜瘤

A.平扫呈等密度,在T1WI上略低信号,T2WI上呈略高信号,无钙化表现;B.增强后呈不均匀强化;C.D.颅脑CTA图像,显示右侧大脑中动脉远端分支包绕肿瘤

Figure 2 A 61-year-old male patient with high-grade meningioma in the right temporal region

2.3 不同级别脑膜瘤患者DWI及CTA检查参数比较 低级别脑膜瘤患者肿瘤组织ADC值大于高级别脑膜瘤患者,平均CT值小于高级别脑膜瘤患者,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

2.4 DWI联合CTA术前评估脑膜瘤级别的价值 DWI参数ADC值与CTA参数平均CT值单独及联合评估脑膜瘤级别的AUC分别为0.855、0.702、0.864,均有一定评估价值,且联合评估价值更高。见表2、图3。

表 1 不同级别脑膜瘤患者DWI及CTA检查参数比较

Table 1 Comparison of DWI and CTA parameters in patients with different grades of meningioma

类型	例数	表观扩散系数值	
		$(\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s})$	平均循环数阈值 (Hu)
低级别	120	0.80 ± 0.08	57.81 ± 5.34
高级别	7	0.70 ± 0.05	63.12 ± 10.30
<i>t</i> 值		3.101	2.404
<i>P</i> 值		0.002	0.018

表 2 DWI联合CTA术前评估脑膜瘤级别的价值

Table 2 Value of preoperative evaluation of meningioma grade using DWI combined with CTA

组别	AUC	<i>P</i> 值	95%CI	最佳截断值	敏感度	特异度	约登指数
磁共振扩散加权成像	0.855	0.002	0.771~0.939	$0.735 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	0.714	0.783	0.497
电子计算机断层扫描血管造影	0.702	0.073	0.450~0.955	64.030 Hu	0.571	0.917	0.488
联合评估	0.864	0.001	0.735~0.994	—	0.714	0.908	0.622

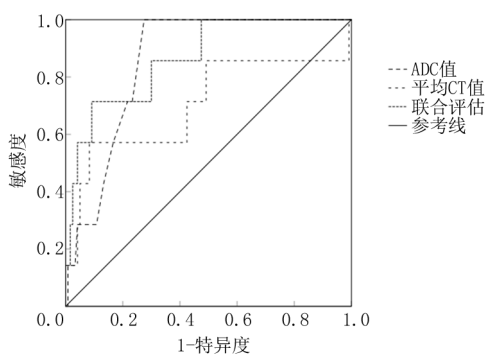


图3 DWI联合CTA术前评估脑膜瘤级别的价值

Figure 3 Value of preoperative evaluation of meningioma grade using DWI combined with CTA

3 讨论

研究指出,不同级别脑膜瘤的肿瘤生长能力、速度、对邻近组织的侵袭能力、侵袭范围等生物学特性存在较大差异,且患者手术切除的方式及范围也因此而有所不同^[6]。而大量研究^[7-9]表明手术对肿瘤组织的切除程度决定着患者预后的好坏,术中未切除干净并残留在周围组织的肿瘤细胞是病变复发的主要根源。若能在术前对脑膜瘤患者的病理分级程度进行准确评估,可能对临床制定精准的手术方案,最大程度切除肿瘤组织,降低疾病复发风险,改善患者预后具有重要意义。

磁共振成像被认为是脑膜瘤定性诊断的主要影像学方法,其中DWI是基于平面回波成像技术发展而来的一种磁共振成像技术,不仅具有极高的软组织分辨力,还能通过活体组织中水分子微观扩散运动的成像方法反映组织与细胞的微观结构,并进行定量表示,在临床鉴别诊断脑膜瘤方面具有较高应用价值^[10-11]。CTA是一种诊断脑血管病的重要方法,其主要原理为通过在周围静脉注射造影剂,经时间延迟至靶血管内造影剂充盈高峰期,利用调节宽度的锥形X放射线束进行高速、连续的容积数据采集,并通过三维重建技术清晰显示血管、颅骨及周围组织结构空间关系的影像学检查手段^[12-13]。近年来,已有较多研究^[14-16]证实CTA在脑膜瘤定性诊断中具有一定应用价值。推测将二者联合用于脑膜瘤术前评估中或可提高评估准确性,为手术方案的制定提供更科学的参考依据,但目前相关研究报道较少。

基于上述背景,本研究将DWI及CTA联合用于脑膜瘤术前评估中,结果显示不同级别脑膜瘤患者DWI及CTA影像学特征存在明显差异。分析原因在于,与低级别脑膜瘤相比,高级别脑膜瘤往往

表现出更快的生长速度及更强的侵袭性,而肿瘤的快速生长与侵袭会导致包膜不完整,并存在周围组织浸润,从而使得肿瘤变得不规则、肿瘤实质部分密度不均匀,且侵犯边界粗糙、模糊^[17]。因此,二者在MRI的T1WI、T2WI及增强信号、CTA密度显影上存在较大差异,且肿瘤形态、大小、边界情况也有所不同,临床可以以此对肿瘤级别进行鉴别诊断。张学凌等^[18]研究表明,60%的低级别脑膜瘤在DWI上呈现出稍高信号,16%呈现出等信号,且增强扫描呈现出不均匀的明显强化,而48%的高级别脑膜瘤在DWI上呈现出高信号,14%呈现出稍高信号,且增强扫描呈现出均匀的网状强化。叶旭燕等^[19]研究指出,不同类型脑膜瘤在CT与磁共振成像上的密度影、信号强度、增强扫描强化情况等影像学特征存在较大差别,可辅助判断脑膜瘤类型。本研究结果也与之相似,提示临床可通过DWI及CTA影像学特征辅助评估脑膜瘤级别。

另外,本研究结果显示,低级别脑膜瘤患者肿瘤组织ADC值大于高级别脑膜瘤患者,平均CT值小于高级别脑膜瘤患者,且DWI参数ADC值与CTA参数平均CT值联合评估对脑膜瘤级别的价值高于二者单一评估,提示DWI联合CTA在脑膜瘤术前评估中具有较好的应用价值,有利于提高对低级别及高级别脑膜瘤的鉴别准确性。分析原因在于,DWI参数ADC值可反映水分子在肿瘤组织内的扩散运动速度。低级别肿瘤组织由于生长速度较慢,且一般为膨胀性生长,组织密度与周围正常组织相似,因此水分子在肿瘤细胞间隙的扩散速度相对较快,ADC值相对较大。而高级别肿瘤组织由于生长速度较快,且细胞体积普遍较大,这会导致肿瘤细胞密度增大,细胞外间隙变小,从而对水分子在组织间隙的扩散产生阻碍,降低其扩散速度,最终导致ADC值变小^[20]。因此,当ADC值较大时,脑膜瘤为低级别的可能性较大。另外,文献报道,与低级别脑膜瘤相比,高级别脑膜瘤由于生长速度较快,需要更多的血流灌注对其提供营养支持,因此血供更为丰富,临床可通过肿瘤组织血供情况辅助判断肿瘤级别^[21]。但有研究^[22]指出,DWI无法显示肿瘤血管情况,可能会影响诊断结果的准确性,且脑膜瘤患者肿瘤基质的纤维化及钙化程度、机体是否存在血管源性水肿等也会影响细胞外间隙,继而对ADC值产生影响。因此,仅仅依靠DWI评估脑膜瘤级别可能会存在一定误诊情况。而CTA通过三维重建技术不仅能显示肿瘤生长位置、大小、边界等情况,还能对肿瘤血供、肿瘤与周围大血管的关系、肿瘤组

织钙化及周围水肿情况进行清晰显示,将其联合用于术前脑膜瘤级别的评估中可弥补 DWI 的不足,提高评估结果的准确性^[23]。另外,既往研究表明,CTA 参数平均 CT 值能够间接反映肿瘤组织的病理改变,肿瘤细胞增殖、浸润能力越强,肿瘤细胞越多,细胞体积越大,细胞内实性物质含量越多,密度越大,病变在 CT 图像上的密度就越高,CT 值就越大^[24-25]。因此,高级别脑膜瘤的平均 CT 值较低级别脑膜瘤大。将平均 CT 值与 ADC 值联合用于脑膜瘤术前评估中可减少混杂因素的影响,提高评估准确性。

综上所述,DWI 联合 CTA 在脑膜瘤术前评估中具有较好的应用价值,有利于提高对低级别及高级别脑膜瘤的鉴别准确性。但本研究也存在一定局限性,如脑膜瘤可根据生长部位及组织学类型分成多种类型,本研究未对 DWI 联合 CTA 评估脑膜瘤具体类型的价值进行进一步分析,且未深入探究二者对手术结果的预测价值,今后仍需进一步研究与探索,以便获得更为详尽的结果,为临床提供更加科学的参考。

[参考文献]

- [1] Moussalem C, Massaad E, Minassian GB, et al. Meningioma genomics: a therapeutic challenge for clinicians[J]. J Integr Neurosci, 2021, 20(2): 463-469.
- [2] Pinheiro JAF, de Almeida JCM, Lopes JMPB. Embryonal tumors of the central nervous system: The WHO 2016 Classification and New Insights[J]. J Pediatr Hematol Oncol, 2021, 43(3): 79-89.
- [3] Magill ST, Nguyen MP, Aghi MK, et al. Postoperative diffusion-weighted imaging and neurological outcome after convexity meningioma resection[J]. J Neurosurg, 2021, 135(4): 1008-1015.
- [4] 张永豪,杜思凝,高佳堆,等.MRI 联合 3DCTA 诊断鞍上脑膜瘤合并颅内多发动脉瘤 1 例[J].中国实验诊断学, 2021, 25(4): 597-598.
- [5] 陈孝平,汪建平,赵继宗.外科学[M].9 版.北京:人民卫生出版社, 2018: 201.
- [6] 高平,向清明,杨易,等.不同级别脑膜瘤的临床病理特征和 PR、ER、AR 的表达差异分析[J].中国医药导报, 2021, 18(22): 17-21, 封 4.
- [7] Bamimore MA, Marengo-Hillebrand L, Ravindran K, et al. Management of intraventricular meningiomas[J]. Neurosurg Clin N Am, 2023, 34(3): 403-415.
- [8] Zhao X, Tavakol SA, Pelargos PE, et al. Open surgical approaches for meningiomas[J]. Neurosurg Clin N Am, 2023, 34(3): 381-391.
- [9] 杨启荣,胡智洪,李伟,等.良性脑膜瘤术后早期复发相关危险

- 因素的 Logistic 回归分析[J].肿瘤预防与治疗, 2022, 35(3): 250-254.
- [10] Feraco P, Scartoni D, Porretti G, et al. Predict treatment response by magnetic resonance diffusion weighted imaging: A preliminary study on 46 meningiomas treated with proton-therapy[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(9): 1684.
- [11] Zhang R, Wang Z, Zheng H, et al. The value of diffusion-weighted imaging in the natural history of meningiomas: a predictor of tumor growth[J]. J Neurosurg, 2023, 140(2): 377-385.
- [12] 刘运超,邢红岩,李亚斌,等.三维 CT 血管造影和 MRI 对颅内肿瘤术前的诊断价值[J].华南国防医学杂志, 2022, 36(2): 147-149.
- [13] 余兰,杨月君,赵凤丽.头颈 CT 血管造影联合血清 miR-146a、sCD40L、Hcy 检测对 TIA 后 90d 继发脑梗死的预测效能[J].中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(18): 3411-3415.
- [14] 张枢书,陈娇,刘国芳,等.血管瘤型脑膜瘤的 CT 与 MRI 诊断价值比较[J].解放军医学院学报, 2021, 42(8): 818-822.
- [15] 张涛,彭华,杨彬彬,等.中枢神经系统血管外皮细胞瘤与脑膜瘤 CT, MRI 鉴别诊断价值研究[J].中国 CT 和 MRI 杂志, 2022, 20(5): 13-15.
- [16] Aoyama T, Ogiwara T, Ito K, et al. Correlations among consistency, computed tomography values, and histopathological subtypes of spinal meningioma [J]. Acta Med Okayama, 2021, 75(6): 713-718.
- [17] 陈晓丹,郑德春,陈兴发,等.全肿瘤弥散峰度成像直方图分析预测脑膜瘤分级及细胞增殖活性[J].中国医学影像技术, 2022, 38(8): 1139-1144.
- [18] 张学凌,刘显旺,魏晋艳,等.MRI 扩散加权成像对血管瘤型脑膜瘤与非典型脑膜瘤的鉴别诊断价值[J].中国临床医学影像杂志, 2023, 34(9): 615-619.
- [19] 叶旭燕,顾乐锋,郑汉朋,等.颅骨脑膜瘤的 CT 及 MRI 表现特征[J].中华神经医学杂志, 2021, 20(10): 1011-1015.
- [20] 薛彩强,刘宏,邓娟,等.表观扩散系数在预测非典型脑膜瘤脑组织侵犯中的价值[J].临床放射学杂志, 2021, 40(9): 1693-1697.
- [21] 韩涛,周俊林.脑膜瘤分级分型影像学研究进展[J].磁共振成像, 2021, 12(7): 94-97.
- [22] 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, 20(12): 29-30, 33.
- [23] 王彦辉,倪立春,李永霞,等.CT 结合 MRI 扫描诊断左侧蝶骨嵴脑膜瘤的临床价值及影像学特征[J].临床和实验医学杂志, 2022, 21(17): 1894-1897.
- [24] 张俊,尹雪梅,李文菲,等.平均 CT 值与肿瘤微血管 CT 成像征预测早期浸润性肺腺癌的价值[J].宁夏医科大学学报, 2022, 44(12): 1209-1213.
- [25] 王帅,郑凯,徐明,等.骨肉瘤新辅助化疗后 CT 值的变化与预后关系的相关性研究[J].医学影像学杂志, 2023, 33(4): 623-627.

(本文编辑:刘斯静)