

论 著

MRI纹理分析技术在孤立性纤维瘤(SFT)和血管瘤型脑膜瘤(AM)鉴别中的应用价值研究*

王宝龙 赵伟 丁爽
罕迦尔别克·库银 张浩天
王云玲*

新疆医科大学第一附属医院核磁室
(新疆 乌鲁木齐 830000)

【摘要】目的 探究应用2D MRI直方图纹理分析对孤立性纤维瘤(SFT)/血管外皮细胞瘤(HPC)与血管瘤型脑膜瘤(AM)进行鉴别诊断的临床价值。**方法** 回顾性分析2013年6月至2021年5月经病理证实的17例SFT/HPC与29例AM患者的T₁WI增强图像,勾画病灶本身及内部出血、囊变和坏死区域,并进行直方图纹理参数分析,提取病灶的平均值、中位数、标准差、异质性、峰度、偏度以及熵等纹理参数,比较SFT/HPC与AM的直方图纹理参数并筛选出具有鉴别诊断价值的参数。**结果** SFT/HPC和AM的平均值、中位数及标准差三个参数差异具有明显统计学意义(P<0.001),其中标准差的鉴别诊断价值意义最大,其ROC曲线的AUC值为0.816,灵敏度及特异度分别为0.581和1。对平均值、中位数及峰度进行多参数联合分析,平均值结合标准差的鉴别诊断效能高于单个直方图纹理分析参数鉴别效能。**结论** 使用增强扫描的T₁WI序列提取的磁共振直方图纹理参数,对鉴别SFT/HPC与AM有一定的临床意义。

【关键词】 孤立性纤维瘤; 血管外皮细胞瘤; 血管瘤型脑膜瘤; 纹理分析

【中图分类号】 R445.2; R739.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 自治区区域协同创新专项(科技援疆计划)(202010482)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.03.005

Study on the Value of MRI Texture Analysis in the Differential Diagnosis of Solitary Fibroma (SFT) and Hemangiomas Meningioma (AM)*

WANG Bao-long, ZHAO Wei, DING Shuang, Hanjiaerbieke-KUKUN, ZHANG Hao-tian, WANG Yun-ling*

MR Room, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the clinical value of 2D MRI histogram texture analysis in the differential diagnosis of solitary fibroma (SFT)/hemangiopericytoma (HPC) and hemangiomas meningioma (AM). **Methods** The T₁WI enhanced MRI data of 17 patients with SFT/HPC and 29 patients with AM confirmed by operation and pathology from June 2013 to May 2021 were analyzed retrospectively. the lesions themselves and the areas of hemorrhage, cystic degeneration and necrosis in the lesions were delineated, and the histogram texture parameters were analyzed, and the histogram texture parameters such as mean, median, standard deviation, heterogeneity, kurtosis, skewness and entropy were extracted. The histogram texture parameters of SFT/HPC and AM were compared and statistically analyzed, and the parameters with differential diagnosis value were selected. **Results** After comparing the texture parameters of T₁WI enhanced magnetic resonance histogram of SFT/HPC and AM, it was found that there were significant differences in mean, median and standard deviation (P<0.001). The AUC value of ROC curve was 0.816, sensitivity and specificity were 0.581 and 1, respectively. The multi-parameter joint analysis of average, median and kurtosis shows that the differential diagnosis efficiency of average combined with standard deviation is higher than that of single histogram texture analysis parameters. **Conclusion** The texture parameters of magnetic resonance histogram extracted by enhanced T₁WI sequence have certain clinical significance in distinguishing SFT/HPC from AM.

Keywords: Solitary Fibrous Tumor; Hemangiopericytoma; Angiomatous Meningioma; Texture Analysis

血管外皮细胞瘤(hemangiopericytoma, HPC)是一种较为少见的间叶性非上皮来源的肿瘤。I级SFT/HPC偏向于良性,但是容易向高级别转化^[1]。高级别的SFT/HPC具有高侵袭性、易转移到颅外其他组织器官等特点,因此早期的临床干预至关重要。血管外皮细胞瘤与血管瘤型脑膜瘤的影像表现极其相似,增强扫描均呈明显强化,与邻近脑膜关系较为密切,在临床工作中难以鉴别,较依赖于影像医生的主观判断。脑膜瘤作为颅内脑外最常见的良性肿瘤,血管瘤型脑膜瘤约占所有脑膜瘤类型的2.1%^[2]。AM最好的治疗方式是手术切除,SFT/HPC容易向恶性转归,所以一般手术配合放、化疗治疗效果较好。因此,术前准确诊断两种肿瘤极为重要。

近几年,“影像组学”这个概念逐渐出现在影像医生的日常工作中,影像组学通过高通量地提取医学影像图像的特征,然后使用统计学及机器学习等方法,筛选出最具有意义的特征对疾病进行诊断、病灶良恶性辨别及治疗效果预测等^[3-4]。纹理分析作为影像组学的一部分,主要反映图像的灰度分布、体素空间关系等,可以获得人眼无法识别的特征,不依赖于影像医师的主观判断^[5]。

目前,国内外对SFT/HPC与AM鉴别的磁共振纹理分析相关报道较少。因此,本研究基于T₁WI增强扫描序列,来研究磁共振纹理分析对鉴别SFT/HPC与AM的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集起自2013年6月至2021年5月就诊于新疆医科大学第一附属医院神经外科并经手术病理证实的SFT/HPC患者29例,AM患者17例。在SFT/HPC患者中,男13例,女16例,年龄28~73(54.8±9.4)岁。在AM患者中,男9例,女8例,年龄25~69(48.1±14.0)岁,平均年龄(48.1±14.0)岁。

【第一作者】 王宝龙,男,初级技师,主要研究方向:中枢神经系统。E-mail: 451128329@qq.com

【通讯作者】 王云玲,女,主任医师,主要研究方向:中枢神经系统及呼吸系统。E-mail: 1079806994@qq.com

纳入标准：术前未经治疗；有MRI增强检查。排除标准：图像质量欠佳，有运动伪影；伴有颅内其他疾病或精神疾病。

1.2 MRI检查方法 使用西门子3.0T磁共振扫描仪(SIEMENS Skyra 3.0T, Germany)对所有患者进行头颅增强扫描，并配合使用20通道相控阵头线圈。常规MRI扫描包括序列包括T₁WI、T₂WI、T₂-FLAIR。平扫序列位置包括T₂WI、T₁WI及T₂ FLAIR横轴位，T₂WI矢状位。增强扫描序列位置包括：冠状位、矢状位、横轴位。扫描参数：T₁WI：TR 2000ms，TE 7.6ms；T₂WI：TR 5000ms，TE 125ms；T₂-FLAIR：TR 9000ms，TE 127ms。对比剂采用Gd-DTPA，剂量0.2mmol/kg，套管针快速注入。

1.3 图像纹理特征提取 将所选取患者的T₁WI增强扫描图像从PACS工作站导出，最终导入到纹理分析后处理软件FireVoxel中。由两位有5年以上工作经验的从事中枢神经系统疾病诊断的主治医师来对病灶的感兴趣区域(ROI)进行勾画，勾画范围包括病灶本身及病灶内的出血、囊变及坏死区域，尽量避开灶周的水肿范围。若两位医师意见产生分歧，则通过共同协商获取一致意见。通过FireVoxel后处理软件可以获得两种肿瘤的纹理参数，包括平均值、中位数、标准差、异质性、峰度、偏度以及熵。

1.4 统计学分析 所有统计学分析均采用SPSS 26.0统计软件进行。一般资料采用 χ^2 检验。符合正态分布的计量资料以均值±标准差表示，组间比较采用两独立样本的t检验。非正态分布的计量资料采用中位数结合四分位数间距M(P25, P75)表示，组间比较采用非参数检验。运用多因素逻辑回归对多种参数进行联合分析。采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)分析具有统计学差异的纹理参数，绘制参数的曲线下面积(area under the curve, AUC)，并以约登指数(灵敏度+特异度-1)最大时的参数值为截断(cut-off)点，确定纹理分析参数鉴别SFT/HPC与AM的灵敏度、特异度及准确度。双尾P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较 17例SFT/HPC中，额部4例、颞部3例、枕部2例、顶部2例、顶枕部1例、鞍旁1例、小脑天幕4例。29例AM中，额部10例、颞部3例、枕部2例、顶部9例、顶枕部2例、鞍旁1例、桥前池1例、桥小脑角区1例。SFT/HPC组与AM组患者年龄、性别及肿瘤发生部位比较，差异无统计学意义(P>0.05)。患者一般资料见表1。

2.2 常规MRI特征分析及纹理分析结果 对SFT/HPC组与AM组图像进行纹理分析后发现，SFT/HPC组的平均值、中位数及标准差均高于AM组(P<0.05)，两组中位数、异质性、偏度和熵的差异无统计学意义(P>0.05)，见表2。纹理分析标准差参数AUC大于平均值及中位数的AUC，说明肿瘤标准差参数优于平均值及中位数。当标准差AUC为0.816，根据约登指数得到cut-off点取值163时，其鉴别两种肿瘤的灵敏度、特异度及准确度分别是0.586、1和0.739，见表3。采用Logistic回归分析对多种纹理参数进行联合分析发现，中位数+标准差、平均值+标准差、平均值+中位数的鉴别效能均有所提高，其中平均

值及标准差结合起来的纹理参数相对于其他单一参数产生了较高的鉴别诊断能力，AUC值最大，其灵敏度、特异度、准确度分别为0.828、0.941、0.870，见表4。鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线分析结果见图1。

表1 SFT/HPC与AM组患者一般临床资料比较

临床资料	AM组(n=29)	HPC组(n=17)
年龄(岁)	54.83±9.36	48.06±13.99
性别[n(%)]		
男	13(44.83)	9(52.94)
女	16(55.17)	8(47.06)
肿瘤部位(例)		
额部	10	4
颞部	3	3
枕部	2	2
顶部	9	2
顶枕部	2	1
鞍旁	1	1
桥前池	1	0
桥小脑角区	1	0
小脑天幕	0	4

表2 SFT/HPC与AM组患者纹理分析参数值比较

参数	NML	XGZ	P值
平均值	2021.000±893.585	1194.177±142.629	<0.001
中位数	2057.172±921.728	1208.765±146.971	<0.001
标准差	219.690(123.500, 268.500)	109.882±31.451	<0.001
异质性	0.094(0.080, 0.132)	0.093±0.028	0.569
偏度	-0.889±0.766	-0.782±0.655	0.634
峰度	1.788±1.818	1.160±1.931	0.275
熵	3.960±0.200	3.853±0.328	0.184

表3 纹理分析参数鉴别SFT/HPC与AM的效能

参数	AUC	cut-off值	灵敏度	特异度	准确度
平均值	0.805	1350	0.690	0.941	0.783
中位数	0.799	1350	0.724	0.941	0.804
标准差	0.816	163	0.586	1	0.739

表4 纹理分析参数联合分析鉴别的SFT/HPC与AM效能

参数	AUC	灵敏度	特异度	准确度
平均值+中位数	0.803	0.690	0.941	0.761
中位数+标准差	0.836	0.793	0.941	0.870
平均值+标准差	0.838	0.828	0.941	0.870

2.3 典型病例分析 典型病例分析结果见图2~图3。

3 讨论

孤立性纤维瘤/血管外皮细胞瘤是起源于血管周围细胞的肿瘤。此前，孤立性纤维瘤(solitary fibrous tumor, SFT)和血管外皮细胞瘤(HPC)被单独分类；在WHO 2016年的分类中，SFT和HPC被合并为孤立性纤维瘤/血管外皮细胞瘤(SFT/HPC)，共分为三级^[6]。然而在最新版的2021年WHO中枢神经系统肿瘤分类中^[7]，去掉了“血管外皮细胞瘤”一词，仅以孤

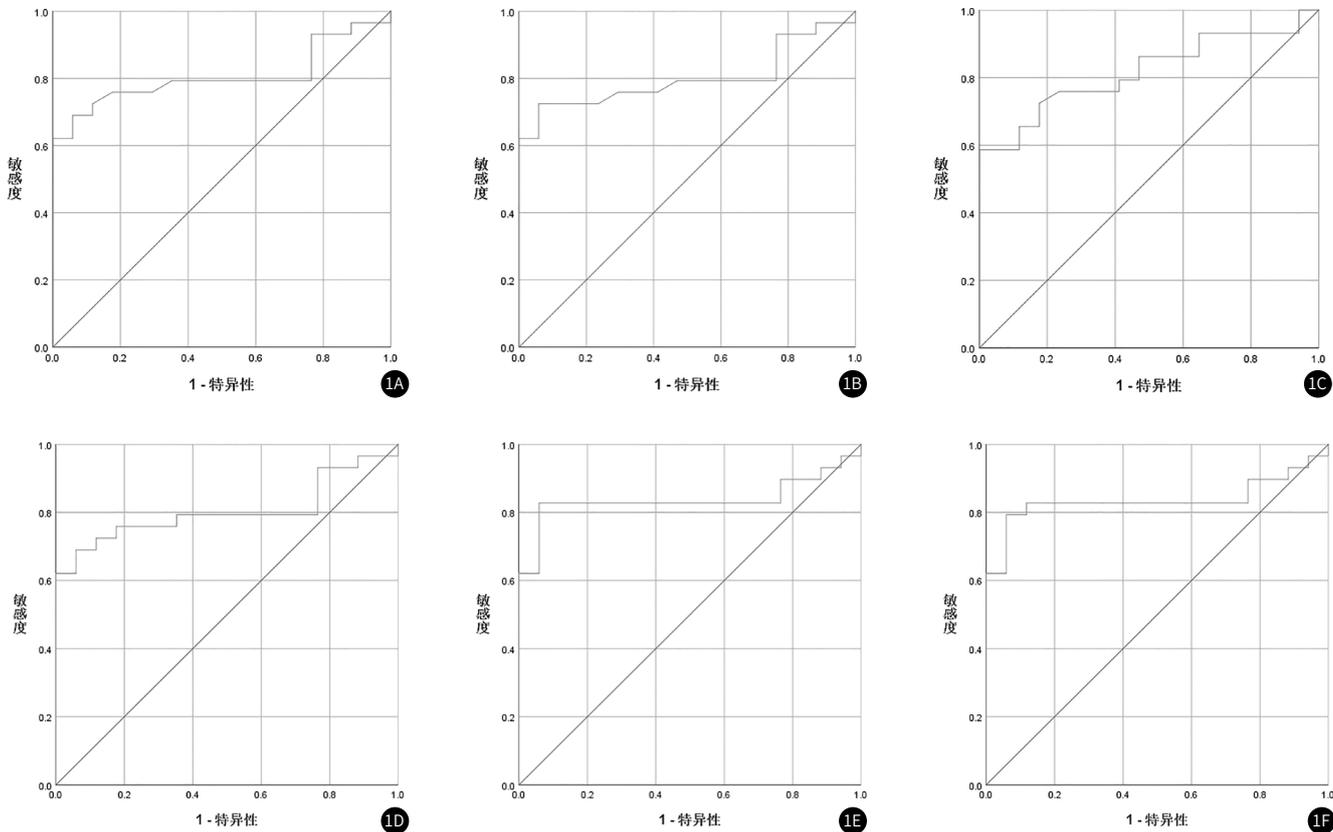


图1A 平均值鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线，AUC为0.805；图1B 中位数鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线，AUC为0.799；图1C 标准差鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线，AUC为0.816；图1D 平均值+中位数鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线，AUC为0.803；图1E 平均值+标准差鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线，AUC为0.838；图1F 中位数+标准差鉴别SFT/HPC与AM的ROC曲线，AUC为0.836。

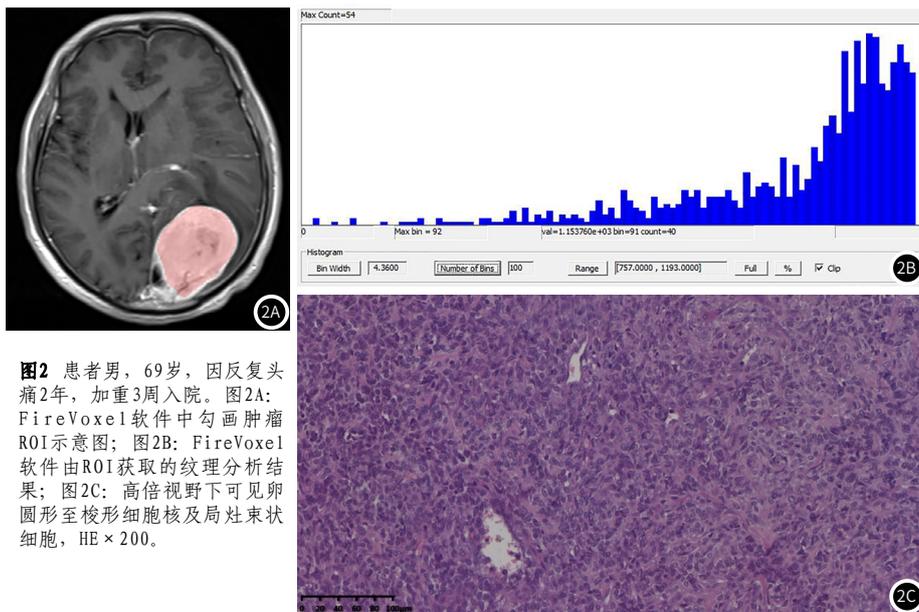


图2 患者男，69岁，因反复头痛2年，加重3周入院。图2A: FireVoxel软件中勾画肿瘤ROI示意图；图2B: FireVoxel软件由ROI获取的纹理分析结果；图2C: 高倍视野下可见卵圆形至梭形细胞核及局灶束状细胞，HE × 200。

立性纤维性肿瘤相称，以完全符合软组织病理学术语。近些年发现在HPC和SFT中都存在NGFI-A结合蛋白2信号转导和转录激活因子6(NAB2-STAT6)融合基因，这表明这两种肿瘤代表同一疾病实体^[8]。SFT/HPC是一种侵袭性肿瘤，易复发转移至颅外组织。为了优化临床决策及治疗策略，需要对这类肿瘤进行准确的诊断。

SFT/HPC是一种多分叶肿瘤，一般为单发，多发少见，幕上、幕下均可见。可累及大脑镰、小脑幕及硬脑膜，窄基底

与硬脑膜相连。MRI表现为实性部分在T₁WI呈等及稍低信号，T₂WI呈等及稍高信号，由于肿瘤属于富血供病变并且易囊变坏死，因此增强扫描常呈明显欠均匀强化。有文献报道^[9]，在MRS上，M1峰显著升高具有特征性。

脑膜瘤是仅次于胶质瘤的第二大常见颅内肿瘤类型^[2]。WHO的中枢神经系统肿瘤分类是预测脑膜瘤预后的公认工具，它将脑膜瘤分为三个组织级别和15个亚型。组织学上，以小脑膜上皮肿瘤细胞为主的大量透明血管间质的存在可能

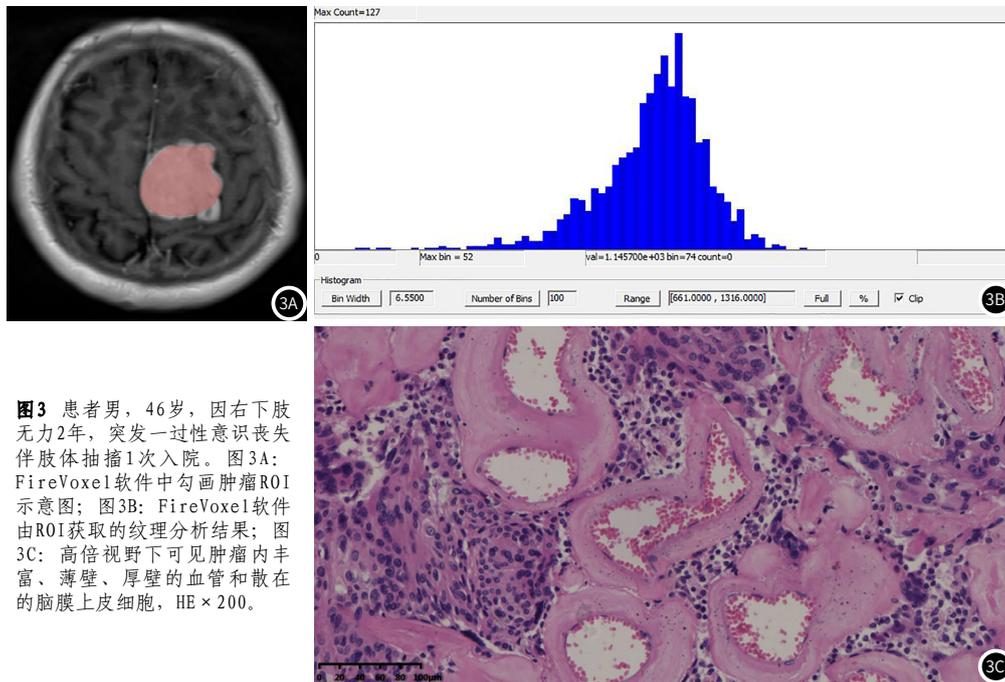


图3 患者男, 46岁, 因右下肢无力2年, 突发一过性意识丧失伴肢体抽搐1次入院。图3A: FireVoxel软件中勾画肿瘤ROI示意图; 图3B: FireVoxel软件由ROI获取的纹理分析结果; 图3C: 高倍视野下可见肿瘤内丰富、薄壁、厚壁的血管和散在的脑膜上皮细胞, HE × 200。

有助于提示其鉴别诊断。血管瘤型脑膜瘤是WHO I级肿瘤, 属于良性肿瘤, 预后良好, 在脑膜瘤亚型中较为少见。有研究者发现SSTR2A是SFT/HPC的阴性标记物, 是脑膜瘤中表达最高的蛋白, 特异性为92%^[10]。SFT/HPC的另一个阴性标记物EMA在脑膜瘤中高表达, 而在SFT/HPC中仅有轻度表达。有报道称, SSTR2A和/或EMA联合检测的敏感性最高(即100%), SSTR2A和EMA联合表达对脑膜瘤的诊断特异性最高(94.8%), 与肿瘤的分级和/或亚型无关^[11]。尽管HPC具有与血管瘤性脑膜瘤不同的临床特征, 但仅凭其临床特征仍难以与血管瘤性脑膜瘤相鉴别。在MRI上, T₁WI多呈等低信号, T₂WI呈等高信号, 增强扫描常呈明显强化, AM较其他脑膜瘤相比, 瘤周水肿更佳常见。肿瘤多以宽基底与硬脑膜相连, 邻近颅骨可见骨增生。

SFT与AM影像表现难以相互鉴别, 因此本文使用磁共振直方图纹理分析技术, 从增强T₁WI提取直方图纹理信息, 并进行纹理特征分析。纹理分析描述了各种图像分析技术, 这些技术量化了表面强度或图案的变化, 包括一些人类视觉系统无法察觉的变化。“峰度”是衡量图像ROI中值分布的“尾度”, 可以用来描述图像亮度信息的集中度。较高的峰度意味着分布的质量集中在尾部。“偏斜度”表示图像ROI中值分布的偏斜程度, 用来描述直方图中不对称分布的程度。

近些年, 纹理分析用途非常广泛, Xie等^[12]对42例胶质瘤(II级15例, III级13例, IV级14例)的动态DCE-MRI参数进行纹理分析, 结果表明, DCEMRI参数的熵值和逆差分矩(IDM)能够区分胶质瘤II级与III级、III级与IV级。Kanazawa等^[13]对48例新诊断的胶质母细胞瘤患者进行了ADC直方图分析, 发现平均ADC值和ADC熵相结合预测MGMT启动子甲基化的阳性预测值为81.2%, 特异性为88.9%。Chadda等^[14]研究39例胶质母细胞瘤患者的FLAIR和CE-T₁WI图像的总生存率和纹理特征之间的关系。本研究结果显示, 从FLAIR图像上的对比度增强

区域和水肿区的均匀性获得的四个特征(能量、相关性、方差和方差的反转)与生存时间相关。

为了提高纹理分析的有效性, 该领域的相关研究者提出了进行和评估纹理分析的标准化方案。图像生物标记物标准化倡议(<https://theibsi.github.io>)提供了一个例子, 其目的是标准化地从图像中提取图像生物标记物, 用于影像组学分析^[15]。

研究表明, MRTA在脑肿瘤中的应用取得了令人振奋的结果^[16]。关于MRTA研究的方法标准化和质量检查的讨论正在成熟。不断提高这种方法的可靠性和重复性, 将加速纹理分析在脑MRI中的临床应用。

本研究存在局限性: (1)HPC患者数量较AM患者少, 样本量较小; (2)本研究使用T₁WI增强扫描序列进行纹理分析, 并未使用常规T₁WI、T₂WI、T₂FLAIR等其他序列; (3)本研究所用纹理分析为2D分析, 未进行3D纹理分析。

综上所述, 在手术前使用非侵入性影像学方法对于鉴别SFT/HPC与AM的效能有限, 利用MR纹理分析技术可以有效地对两者进行鉴别诊断, 从而对临床的指导治疗、提高患者预后具有重要意义。

参考文献

- [1] Apra C, Mokhtari K, Cornu P, et al. Intracranial solitary fibrous tumors/hemangiopericytomas: first report of malignant progression [J]. *Neurosurg*, 2018, 128 (6): 1719-1724.
- [2] Hasselblatt M, Nolte K W, Paulus W. Angiomatous meningioma: A clinicopathologic study of 38 cases [J]. *Am J Surg Pathol*, 2004, 28 (3): 390-393.
- [3] Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis [J]. *Eur J Cancer*, 2012, 48 (4): 441-446.
- [4] 刘璟, 马国林. 乳腺癌磁共振成像的影像组学研究进展 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17 (5): 148-150.

(下转第 20 页)

- [5] Yip S S, Aerts H J. Applications and limitations of radiomics[J]. *Phys Med Biol*, 2016, 61(13): R150-166.
- [6] Qiao X J, Kim H G, Wang D J J, et al. Application of arterial spin labeling perfusion MRI to differentiate benign from malignant intracranial meningiomas[J]. *Eur J Radiol*, 2017, 97: 31-36.
- [7] Louis D N, Perry A, Wesseling P, et al. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary[J]. *Neuro Oncol*, 2021, 23(8): 1231-1251.
- [8] Robinson D R, Wu Y M, Kalyana-Sundaram S, et al. Identification of recurrent NAB2-STAT6 gene fusions in solitary fibrous tumor by integrative sequencing[J]. *Nat Genet*, 2013, 45(2): 180-185.
- [9] Ohba S, Murayama K, Nishiyama Y, et al. Clinical and radiographic features for differentiating solitary fibrous tumor/hemangiopericytoma from meningioma[J]. *World Neurosurg*, 2019, 130: e383-e392.
- [10] Yamashita D, Suehiro S, Kohno S, et al. Intracranial anaplastic solitary fibrous tumor/hemangiopericytoma: immunohistochemical markers for definitive diagnosis[J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44(3): 1591-1600.
- [11] Boulagnon-Rombi C, Fleury C, Fichel C, et al. Immunohistochemical approach to the differential diagnosis of meningiomas and their mimics[J]. *J Neuropathol Exp Neurol*, 2017, 76(4): 289-298.
- [12] Xie T, Chen X, Fang J, et al. Textural features of dynamic contrast-enhanced MRI derived model-free and model-based parameter maps in glioma grading[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2018, 47(4): 1099-1111.
- [13] Kanazawa T, Minami Y, Jinzaki M, et al. Predictive markers for MGMT promoter methylation in glioblastomas[J]. *Neurosurg Rev*, 2019, 42(4): 867-876.
- [14] Chaddad A, Desrosiers C, Toews M. Radiomic analysis of multi-contrast brain MRI for the prediction of survival in patients with glioblastoma multiforme[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2016, 2016: 4035-4038.
- [15] Zwanenburg A, Vallières M, Abdalah M A, et al. The image biomarker standardization initiative: Standardized quantitative radiomics for high-throughput image-based phenotyping[J]. *Radiology*, 2020, 295(2): 328-338.
- [16] Kunimatsu A, Yasaka K, Akai H, et al. Texture analysis in brain tumor MR imaging[J]. *Magn Reson Med Sci*, 2021. Doi: 10.2463/mrms.rev.2020-0159.

(收稿日期: 2021-11-25)