

· 论著 ·

增强MRI纹理分析在鉴别高级别胶质瘤和单发性脑转移瘤中的价值*

孙英杰¹ 刘晓梅¹ 李光辉¹ 周 山^{1,*} 李 娅²

1. 漯河医学高等专科学校第二附属医院影像科 (河南 漯河 462000)

2. 郑州大学第二附属医院影像科 (河南 郑州 450014)

【摘要】目的 探讨MRI增强图像纹理分析对鉴别脑实质内高级别胶质瘤(HGG)和单发性脑转移瘤(SBM)的临床应用价值。**方法** 回顾性分析67例HGG和72例SBM患者的MRI增强图像,用Image J软件勾画肿瘤的兴趣区(ROI),获取增强图像的灰度共生矩阵纹理特征参数,比较两者各特征参数之间的差异性。采用支持向量机(SVM)的结构风险最小化理论进行分类器设计,并对纹理参数进行训练和测试。**结果** 利用灰度共生矩阵提取出的能量、对比度、相关性、逆差矩等4类纹理参数在HGG和SBM的数据集之间具有统计学意义($P<0.05$),并确定其为最优特征参数。应用SVM对最优特征参数组合进行测试,其鉴别HGG和SBM的敏感度88.9%、特异度93.1%、准确率91.1%。**结论** 增强MRI纹理分析可以提供量化的信息特征,为HGG和SBM的鉴别诊断提供了新的思路和方法。

【关键词】 高级别胶质瘤; 脑转移瘤; 纹理分析**【中图分类号】** R445.2; R739.41**【文献标识码】** A**【基金项目】** 漯河医学高等专科学校2019年度创新创业发展能力提升工程团队项目(2019—LYZTD012)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2022.07.005

The Value of Texture Analysis of Contrast-Enhanced MRI in Differential Diagnosis of High-Grade Gliomas and Solitary Brain Metastases*

SUN Ying-jie¹, LIU Xiao-mei¹, LI Guang-hui¹, ZHOU Shan^{1,*}, LI Ya².

1. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Luohe Medical College, Luohe 462000, Henan Province, China

2. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450014, Henan Province, China

Abstract: Objective To investigate the value of texture analysis of MRI enhanced images in differentiating diagnosis between the high grade gliomas(HGG) and solitary brain metastases(SBM). **Methods** The MRI enhanced images data of 67 cases of HGG and 72 cases of SBM were analyzed retrospectively. The region of interest (ROI) of tumor was delineated by Image J software, the texture feature parameters of gray level co-occurrence matrix were obtained, then the differences between the feature parameters of tumors were compared. Support vector machine (SVM) structure risk minimization theory was used to design a classifier, then the texture parameters were trained and tested. **Results** Energy, Contrast, Correlation and Inverse Difference Moment were statistically significant between the data of HGG and SBM ($P<0.05$), then they were determined as the optimal feature parameters. By using SVM to test the Optimal combination of characteristic parameter, the sensitivity, specificity and accuracy of HGG and SBM were 88.9%, 93.1% and 91.1%, respectively. **Conclusion** The analysis of texture features has certain clinical application value for the differential diagnosis of HGG and SBM.

Keywords: High Grade Gliomas; Brain Metastases; Texture Analysis

脑实质内HGG和脑转移瘤均是成人颅内常见的恶性肿瘤^[1],对于两类肿瘤而言,常规MRI平扫常难以鉴别,往往需要借助增强检查^[2],但其误诊率仍可高达60%^[3]。本文通过回顾性分析经手术病理或临床随访证实的HGG和SBM,研究其增强图像的纹理特征,并选取SVM作为分类器进行训练和测试,从而探讨纹理分析对两类肿瘤的鉴别诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析自2018年6月至2021年4月经手术病理或临床随访证实的67例HGG和72例SBM患者,检查前均未进行放、化疗及手术治疗。患者年龄范围22~85岁,平均年龄(52.1±14.7)岁。67例HGG均经病理学证实,72例SBM病例中有7例原发病灶来源不清,肝癌6例,肾癌9例,胃肠道肿瘤12例,乳腺癌18例,肺癌20例。所有病例均进行了常规MRI平扫及增强扫描检查。

1.2 主要仪器和设备 采用荷兰飞利浦 3.0T磁共振成像设备,

标准头颈联合线圈。

1.3 磁共振成像方法 平扫行轴位T₁WI、T₂WI、T₂-FLAIR、DWI及矢状位T₂WI扫描,增强扫描行T₁WI轴位、矢状位及冠状位扫描;造影剂采用GD-DTPA,剂量0.2mmol/kg。轴位扫描层厚6mm,间隔1mm,FOV 24cm×24cm,矩阵128×128。

1.4 感兴趣区的选取 用Image J图像处理软件(1.8.0)在轴位增强图像中提取显示肿瘤最大层面做为感兴趣区(region of interest, ROI)勾画,在勾画前首先对增强图像的灰度及对比度进行校正、调整。本研究中样本的所有ROI勾画均由两位影像学专家采用双盲法,运用Image J图像处理软件手动分割完成,如遇到意见不一致时,协商达成共识,ROI的大小主要依靠增强图像中肿瘤的强化区域,必要时参考平扫图像特点,所选取样本的肿瘤区域用红色填充,以备后续图像特征提取。增强后图像与其对应的标记后的图像见图1~图2。

【第一作者】孙英杰,男,主治医师,主要研究方向:心脏磁共振。E-mail: 184255698@qq.com

【通讯作者】周 山,男,主任医师,主要研究方向:骨关节磁共振。E-mail: zhoushanmri@163.com

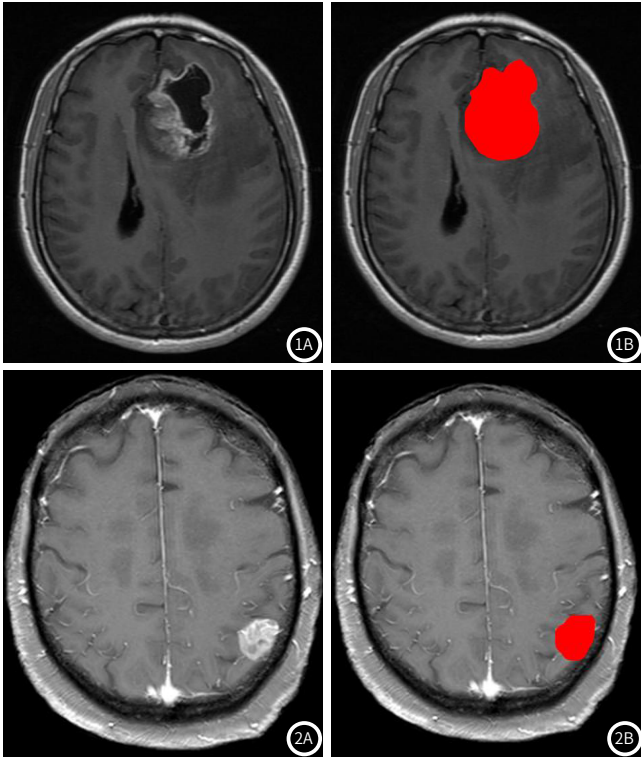


图1 胶质母细胞瘤增强图像及ROI的选择勾画。图2 单发乳腺癌转移瘤增强图像及ROI的选择勾画。

1.5 纹理参数分析 由于纹理特征种类繁多，本研究选出Image J图像处理软件取得的灰度共生矩阵作为纹理特征分

析，参考以往研究临床研究结果^[4-7]，筛选提取出5类参数：相关性、能量、逆差距、熵、对比度等作为图像纹理分析主要特征参数。

1.6 支持向量机(SVM)学习模型的建立与测试 SVM作为一种纹理参数分析的常用方法，其基于结构风险最小化理论在特征空间中确定最优分割超平面，使得学习器得到全局的最优化结果，在分类间隔最大的条件下，使训练集中的尽可能多的样本均能被其正确划分，这样可保证经验风险及结构风险均最小，从而使得整个样本集上的期望风险最小。

随机选取样本中HGG和SBM各60%样本(HGG 40例，SBM 43例)的特征纹理参数作为SVM训练样本，剩余40%样本(HGG 27例，SBM 29例)作为测试样本进行SVM测试处理，以期取得对两类肿瘤的鉴别。

1.7 统计学方法 本研究采用SPSS 21.0统计软件对各组纹理参数进行独立样本t检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所选取灰度共生矩阵所提取的5类单特征参数数据，结果发现能量、对比度、相关性、逆差距等4类纹理参数在两类肿瘤中差异有统计学意义($P < 0.05$)，而熵在两类肿瘤间差异无统计学意义($P > 0.05$)，详见表1所示。

表1 肿瘤组织纹理参数检测结果比较

类别	能量	熵	对比度	相关性	逆差距
HGG	0.00086±0.00061	11.34±3.76	6543.21±3124.02	0.000044±0.000028	0.0321±0.0162
SBM	0.00192±0.00097	9.38±1.93	8941.78±4237.25	0.000036±0.000019	0.0415±0.0231
P值	0.001	0.104	0.001	0.028	0.018

将能量、对比度、相关性、逆差距等4种纹理参数作为最优纹理参数，及其最优纹理参数组合共同使用SVM进行评价。随机各选取约60%病例进行SVM软件的训练后，将剩余约40%病例作为测试样本再进行SVM测试处理，最终取得对两类肿瘤的鉴别结果如表2所示。

表2 最优纹理参数单特征及其组合的SVM检测准确率结果(%)

参数	敏感度	特异度	准确率
相关性	66.7	72.4	69.6
能量	74.1	79.3	76.8
逆差距	63.0	62.1	62.5
对比度	59.3	69.0	64.3
最优参数组合	88.9	93.1	91.1

从表2中可以发现：利用SVM分析提取到的最优纹理参数能量、对比度、相关性、逆差距对HGG和SBM的鉴别具有一定价值，而经SVM分析其最优纹理参数组合则具有更好的敏感度、特异度及准确性。

3 讨论

HGG和SBM均是颅内常见肿瘤，临床正确鉴别两类肿瘤对治疗方案的制定及预后评价有重要指导意义。HGG属于WHO分级III~IV级的颅内原发恶性肿瘤，肿瘤多呈浸润性生长，可合并坏死、囊变、出血、钙化等不同的病理特点，其影像学变化可因不同肿瘤及其病理特点而表现各异^[8]；脑转移瘤是癌症患者常见的并发症，尤其是中老年人，且很多患者以单发颅脑肿块表现，脑转移瘤由于原发肿瘤来源不同，肿瘤组织可表现为实性、囊性以及囊变、出血、坏死等多种病理学特征，其影像学也表现更加复杂，临床工作中MRI常规平扫及增强检查对两者进行鉴别均具有很大挑战。

纹理分析可以通过图像处理分析技术提取出图像的特征参数，实现对图像纹理的定量描述分析，从而具有客观、准确性的评价，其中灰度共生矩阵法是临床工作中图像纹理分析最常用的一种算法，其评价参数有很多，其中能量主要反映的是图像像素灰度水平的均匀程度和纹理粗细度，其值越大，则灰度分布均匀性越高；对比度主要反映的是图像纹理沟纹深浅程度和清晰程度，其值越大，视觉清晰程度越好；

相关性则反映灰度在各方向上的相似程度,相关越大,表示图像灰度相似度越高;逆差距评价的是图像灰度的同质性,值越大则同质性越好,图像灰度越均匀;熵则表示图像灰度分布的随机性,值越大则图像灰度分布的随机性越大。目前,影像图像的纹理分析已应用于鉴别颅内肿瘤的种类、组织类型的分割,甚至对肿瘤预后进行预测等方面^[9]:孙振国等^[10]研究证实,对增强后T₁WI加权图像进行纹理分析,发现其对鉴别颅内原发性脑淋巴瘤与高级别胶质瘤具有主要的临床价值。周茂冬等研究发现基于灰度共生矩阵的DWI纹理特征分析有助于鉴别胶质母细胞瘤和单发脑转移瘤^[6]。另外卢海涛等研究还发现,应用磁共振动态增强的纹理分析可预测高级别胶质瘤IDH基因表型^[7]。目前,利用纹理分析的方法去评价及鉴别磁共振图像中的肿瘤组织已经逐渐得到重视,并且该方法还可以提供量化的、可重复性的结果。

本研究发现HGG能量、对比度、逆差距等特征参数明显低于SBM,而HGG相关性则高于SBM,结果提示两类肿瘤增强图像的灰度存在均匀性、同质性等方面的差异,而这种差异性可能与肿瘤实质内成分的异质性等方面存在一定差异有关,前者肿瘤内组织成分相对后者可能更复杂多变,但这种差别往往肉眼很难去评价,纹理分析对图像信息的定量评价,可弥补肉眼对肿瘤内部组织细微差异的判断不足,而达到量化、客观性评价。

另外,本研究采用的SVM作为一种纹理参数分析的分析方法,其基于结构风险最小化理论对于脑部肿瘤的评价具有重要价值。Kunimatsu等^[11]就使用SVM对脑内原发性淋巴瘤与胶质瘤的纹理分析,可实现对两类脑肿瘤进行鉴别。张益杰等^[5]采用纹理特征的分析所提供的多量化信息,可精确界定高级别脑胶质瘤的形态学特征。本研究发现能量、逆差距、相关性、对比度在鉴别HGG和SBM具有较好的效果,其中特征性参数能量的价值较为明显(敏感度74.1%,特异度79.3%,准确性76.8%),研究结果类似于其他研究^[6]。本研究应用SVM对最优参数进行训练及测试分析,可减少输入特征参数的数量,不但可以获得更精确的评价结果,同时还可减少SVM的运算次数、提升运算效能;更重要的是,利用最优纹理参数组合进行SVM分析使其对鉴别HGG和SBM的能力

得到了显著提升(敏感度为88.9%,特异度93.1%,准确性为91.1%),其价值远高于单独纹理参数的鉴别诊断能力。

该研究存在的不足:(1)训练样本数有限;(2)两类肿瘤未进一步详细分类,尤其是不同类别的转移瘤及影像表现较复杂,可能存在结果的一定偏差;(3)纹理特征参数的提取、处理以及分析等尚无标准的方法,还需要进一步规范标准的操作与评价方法。

纹理分析的方法可作为一种临床辅助诊断颅内肿瘤的新方法,其与常规的MRI鉴别诊断要点结合起来应用效果可能会更佳,并且在未来将可能有更大的临床应用价值。

参考文献

- [1] Louis D N, Ohgaki H, Wiestler O D, et al. The 2007 WHO classification of tumours of the central nervous system[J]. *Acta Neuropathol*, 2007, 114(2): 97-109.
- [2] 徐婉君, 张向群. 脑转移瘤的MRI诊断[J]. *罕少疾病杂志*, 2011, 18(2): 29-31.
- [3] Porto L, Hattingen E, Stuecher A, et al. Cutoff value of choline concentration reliably reveals high-grade brain tumors among other contrast-enhancing brain lesions[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2012, 73(3): 147-152.
- [4] 陈鑫, 魏新华, 杨蕊梦, 等. 常规MRI纹理分析鉴别脑胶质母细胞瘤和单发转移瘤的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2016, 50(3): 186-190.
- [5] 张益杰, 程敬亮, 李娅. 磁共振图像的纹理分析在界定高级别脑胶质瘤边界中的应用[J]. *临床放射学杂志*, 2017, 36(3): 315-318.
- [6] 周茂冬, 苏春秋, 沈慧, 等. 基于灰度共生矩阵的胶质母细胞瘤和单发脑转移瘤扩散加权成像纹理特征分析[J]. *临床放射学杂志*, 2019, 38(3): 386-389.
- [7] 卢海涛, 邢伟, 张艳文, 等. 动态对比增强MRI纹理分析预测高级别胶质瘤IDH基因表型的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54(5): 450-455.
- [8] 邵华, 姜磊, 贾文霄, 等. 脑胶质瘤多序列MRI影像学表现及其鉴别诊断价值探讨[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17(11): 1-3, 12.
- [9] Kassner A, Thornhill R E. Texture analysis: A review of neurologic MR imaging applications[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(5): 809-816.
- [10] 孙振国, 汪秀玲, 朱辉, 等. 纹理分析在原发性脑淋巴瘤与高级别胶质瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. *临床放射学杂志*, 2017, 36(9): 1229-1234.
- [11] Kunimatsu A, Kunimatsu N, Kamiya K, et al. Comparison between glioblastoma and primary central nervous system lymphoma using MR image-based texture analysis[J]. *Magn Reson Med Sci*, 2017, 17(1): 50-57.

(收稿日期: 2021-07-04)