

❖ 头颈部影像学

MRI texture analysis in differential diagnosis of orbital lymphoma and inflammatory pseudotumor

REN Jiliang, WU Yingwei, TAO Xiaofeng*

(Department of Radiology, Shanghai Ninth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China)

[Abstract] **Objective** To discuss the application value of texture analysis of conventional MRI in differential diagnosis of orbital lymphoma from inflammatory pseudotumor. **Methods** The conventional MRI data of 15 patients with lymphoma and 17 patients with inflammatory pseudotumor proven by pathology or clinical follow-up were retrospectively reviewed. The texture features of lesions based on axial T1WI, fat-saturated T2WI and contrast enhanced fat-saturated T1WI were extracted by manually drawn ROIs with software MaZda. The subsets of optimized texture parameters were chosen by four different methods: Fisher coefficient, probability of classification error and average correlation coefficient (POE+ACC), mutual information measure (MI) and the combination of the above three methods (FPM), respectively. Linear discriminant analysis (LDA) and nonlinear discriminant analysis (NDA) were performed for texture classification. The texture features from the sequence with the best classification result of orbital lymphoma and inflammatory pseudotumor were compared. **Results** The optimal texture parameters were mainly derived from co-occurrence matrix and run-length matrix on T1WI and T2WI. The optimal texture parameters were mainly derived from co-occurrence matrix and histogram on contrast enhanced T1WI. The best classification of MRI texture was obtained within T2WI with lowest classification error of 1.56% achieved by FPM in combination with NDA. Comparing the texture parameters of orbital lymphoma and inflammatory pseudotumor on T2WI, the angular second moment and long length emphasis were significantly higher in orbital lymphoma (both $P < 0.005$), while the entropy and short length emphasis were significantly lower in orbital lymphoma (both $P < 0.005$). **Conclusion** It is feasible to use texture analysis on conventional MRI for the differentiation of orbital lymphoma and inflammatory pseudotumor.

[Key words] Texture analysis; Magnetic resonance imaging; Orbit; Lymphoma; Inflammatory pseudotumor

DOI:10.13929/j.1003-3289.201610086

常规 MRI 纹理分析鉴别诊断眼眶淋巴瘤与炎性假瘤

任继亮, 吴颖为, 陶晓峰*

(上海交通大学医学院附属第九人民医院放射科, 上海 200011)

[摘要] **目的** 探讨常规 MRI 纹理分析在眼眶淋巴瘤和炎性假瘤鉴别诊断中的应用价值。**方法** 回顾性分析经病理或治疗随访证实的 15 例眼眶淋巴瘤及 17 例炎性假瘤患者的 MRI 资料。应用 MaZda 软件手工勾画 ROI, 并提取 T1WI、脂肪抑制 T2WI 及脂肪抑制 T1WI 增强扫描图像中病变的纹理特征。通过 Fisher 系数、分类错误率联合平均相关系数 (POE+ACC)、交互信息 (MI) 及三者联合 (FPM) 的方法选择最佳纹理参数集合。使用线性判别分析 (LDA) 和非线性判别分析 (NDA) 进行纹理分类。比较最佳分类序列上两种病变的纹理特征差异。**结果** T1WI 及 T2WI 最佳纹理参数主要源于共生矩阵及游程矩阵, 增强 T1WI 最佳纹理参数主要源于共生矩阵及直方图。T2WI 纹理特征鉴别眼眶淋巴瘤及

[第一作者] 任继亮 (1989—), 男, 安徽阜阳人, 硕士, 医师。研究方向: 神经与头颈部影像学。E-mail: renjiliang2016@163.com

[通信作者] 陶晓峰, 上海交通大学医学院附属第九人民医院放射科, 200011。E-mail: ejr.taofeng@vip.163.com

[收稿日期] 2016-10-20 **[修回日期]** 2017-04-27

炎性假瘤能力最佳,其中 FPM 选择纹理特征联合 NDA 分类的误判率最低,为 1.56%。眼眶淋巴瘤 T2WI 纹理特征参数中的能量及长游程补偿均高于炎性假瘤(P 均 <0.005),而熵及短游程补偿均低于炎性假瘤(P 均 <0.005)。结论 常规 MR 图像纹理分析可用于鉴别眼眶淋巴瘤和炎性假瘤。

[关键词] 纹理分析;磁共振成像;眼眶;淋巴瘤;炎性假瘤

[中图分类号] R739.81; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)07-0980-05

淋巴瘤及炎性假瘤是眼眶最常见的 2 种淋巴增殖性疾病,各约占眼眶占位性病变的 10%^[1-2]。两者往往具有相似的临床及影像学表现,但治疗方法及预后不同,因此其鉴别诊断十分重要^[3]。DWI 可用定量的方法(ADC 值)鉴别二者,但由于采集设备及参数的差异,各研究报道的 ADC 阈值不一;此外,眼眶 DWI 易受磁敏感伪影的影响,限制了其在部分病例中的应用^[4-5]。纹理分析技术可定量分析医学图像的像素灰度分布特征,提供肉眼无法识别的图像信息,可间接反映病变的病理特点^[6-7]。目前图像纹理分析已广泛用于肿瘤的定性诊断^[6]及分级^[8]。有研究^[9]报道,常规 MRI 纹理分析可用于弥漫大 B 细胞淋巴瘤及滤泡淋巴瘤的鉴别。本研究探讨常规 MR 图像纹理分析在眼眶淋巴瘤和炎性假瘤鉴别诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2012 年 1 月—2016 年 4 月我院收治的 15 例原发性眼眶淋巴瘤及 17 例眼眶炎性假瘤患者的资料。15 例原发眼眶淋巴瘤患者均经病理证实,男 11 例,女 4 例,年龄 48~94 岁,平均 (66.3 ± 14.2) 岁。17 例眼眶炎性假瘤患者中 13 例经病理证实,4 例经激素治疗随访证实,男 7 例,女 10 例,年龄 8~75 岁,平均 (52.4 ± 17.5) 岁。所有患者在治疗前均接受常规 MR 检查,且图像无明显影响纹理分析的伪影。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Magnetom Verio 3.0T MR 扫描仪,32 通道头线圈。采集图像序列为:轴位 T1WI,TR 620 ms,TE 9 ms,层厚 3 mm,层间距 4 mm;轴位脂肪抑制 T2WI,TR 4 000 ms,TE 75 ms,层厚 3 mm,层间距 4 mm;轴位脂肪抑制 T1WI 增强扫描,TR 550 ms,TE 9 ms,层厚 3 mm,层间距 4 mm。对比剂使用 Gd-DTPA,经肘静脉注入,流率 2.0 ml/s,剂量 0.1 mmol/kg 体质量。

分别由 2 名具有 3 年和 7 年影像诊断经验的医师评价图像,并确定用于分析的层面,意见有分歧时协商达成一致。为更全面提取病变的纹理特征,每个序列选择最大病灶的 2 个层面用于分析。

1.3 纹理分析 采用 MaZda 软件(version 4.7,

Technical University of Lodz, Institute of Electronics, <http://www.eletel.p.lodz.pl/mazda/>)进行图像纹理分析^[10]。

1.3.1 ROI 选择 由同 1 名医师沿病变轮廓手动勾画 ROI,尽量避开病灶边缘。首先对脂肪抑制 T2WI 及脂肪抑制 T1WI 增强图像进行分析,再分析平扫 T1WI 图像,各序列 ROI 尽量保持一致。

1.3.2 纹理特征提取 为减少图像对比度及亮度的影响,在特征提取前对图像进行灰度标准化。而后提取 4 种统计学纹理特征,包括直方图、绝对梯度、游程矩阵及共生矩阵,4 种纹理特征相关的参数共 254 个(表 1)。

1.3.3 纹理特征选择 MaZda 软件可提供 3 种特征选择方法,即 Fisher 系数(Fisher coefficient, Fisher)、分类错误概率联合平均相关系数(probability of classification error and average correlation coefficient, POE+ACC)及交互信息(mutual information measure, MI);每种方法可自动选择 10 个最有鉴别意义的特征参数, Fisher、POE+ACC 及 MI 联合应用(combination of Fisher, POE+ACC and MI, FPM)可提供 30 个最佳纹理特征参数用于分类。

1.3.4 纹理分类 采用 MaZda 软件 B11 模块提供的线性判别分析方法(linear discriminant analysis, LDA)及非线性判别分析方法(non-linear discriminant analysis, NDA)进行数据降维。而后将 LDA 数据以 K-最近邻分类器(K-nearest neighbor, K-NN)进行分类,其中 $K=1$ (定类决策时只依据最近邻的 1 个样本的类别来决定待分类样本的类别);将 NDA 数据以人工神经网络(artificial neural network, ANN)进行分类。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 19.0 统计分析软件,采用 Mann-Whitney U 检验比较 2 种病变最佳分类序列上纹理特征的差异,参数包括共生矩阵特征中的“能量”及“熵”、游程矩阵中的“长游程补偿”及“短游程补偿”。每个特征参数的计算取其 4 个方向(水平、垂直、45°及 135°)矢量的平均值,共生矩阵参数像素间距(d)设定为 1 个像素。以 $P<0.005$ 为差异有统计学意义。

2 结果

3 个序列均有 64 个层面(淋巴瘤 30 个层面, 炎性假瘤 34 个层面)纳入分析, 每个层面均作为独立样本进行统计。

3 种独立的特征选择方法(Fisher、POE+ACC 及 MI)共选择 30 个最佳纹理参数, T1WI 及 T2WI 的最佳纹理参数主要源于游程矩阵($n=18, 9$)及共生矩阵($n=8, 17$), 增强 T1WI 的最佳纹理参数主要源于共生矩阵($n=15$)及直方图($n=10$)。见表 2。

纹理分类中, T2WI 提取的纹理特征对眼眶淋巴瘤及炎性假瘤具有最佳分类能力, 低于 10% 的误判率出现 5 次, 其中 FPM 特征选择联合 NDA 分类具有最低的误判率, 为 1.56% (1/64)。其次为增强 T1WI 纹理分类, 低于 10% 的误判率出现 2 次, 其中 POE+ACC 联合 NDA 分类具有最低误判率, 为 7.81% (5/64)。平扫 T1WI 纹理分类的误判率均高于 10%, 其中 FPM 特征选择联合 NDA 分类具有最低的误判率, 为 12.50% (8/64)。见表 3。

最佳分类序列 T2WI 纹理特征参数中眼眶淋巴瘤的能量($P<0.001$)及长游程补偿($P<0.001$)均高于炎性假瘤(图 1、2), 而熵($P=0.001$)及短游程补偿($P=0.001$)均低于炎性假瘤(图 1、2), 见表 4。

3 讨论

眼眶淋巴瘤大多为恶性程度较低的黏膜相关性淋巴瘤组织淋巴瘤, 而眼眶炎性假瘤是一种非特异性炎性病变, 常表现为交界性的形态学特征, 其常规 MRI 表现重叠, 且 MRI 常规评价具有一定主观性。纹理分析技术通过数学运算来反映数字图像中像素灰度分布特征, 可为临床提供常规 MR 图像的定量评价信息。

本研究结果显示, T2WI 纹理分析可精确区分眼

表 1 4 种纹理特征的相关参数

纹理特征	相关参数
直方图($n=9$)	均值; 方差; 偏态系数; 峰度; 第 1、10、50、90、99 百分位
绝对梯度($n=5$)	均值; 方差; 偏态系数; 峰度; 非零梯度百分比
游程矩阵($n=20$)	游程长度非均匀性; 灰度非均匀性; 长游程补偿; 短游程补偿; 行程图像分数
共生矩阵($n=220$)	能量; 对比度; 自相关; 平方和; 和均值; 和方差; 和熵; 熵; 差方差; 差熵; 逆差矩

表 2 不同 MR 序列中 4 种纹理特征被 3 种独立方法(Fisher、POE+ACC 及 MI)选择的 30 个最佳纹理参数(个)

序列	直方图	绝对梯度	游程矩阵	共生矩阵
T1WI	2	2	18	8
T2WI	2	2	9	17
增强 T1WI	10	1	4	15

表 3 不同 MR 序列 4 种纹理特征选择方法(Fisher、POE+ACC、MI、FPM)对眼眶淋巴瘤及炎性假瘤的误判[例(%), $n=64$]

图像序列	LDA	NDA
T1WI		
Fisher	28(43.75)	14(21.88)
POE+ACC	33(51.56)	16(25.00)
MI	18(28.13)	20(31.25)
FPM	17(14.06)	8(12.50)
T2WI		
Fisher	12(18.75)	5(7.81)
POE+ACC	11(17.19)	4(6.25)
MI	13(20.31)	5(7.81)
FPM	2(3.13)	1(1.56)
增强 T1WI		
Fisher	20(31.25)	13(20.31)
POE+ACC	17(26.56)	5(7.81)
MI	19(29.69)	6(9.38)
FPM	11(17.19)	8(12.50)

表 4 眼眶淋巴瘤与炎性假瘤 T2WI 纹理参数比较

病变	能量($\times 10^{-3}$)	熵	长游程补偿	短游程补偿
淋巴瘤	7.51 ± 3.30	2.35 ± 0.19	2.19 ± 0.51	0.85 ± 0.04
炎性假瘤	4.91 ± 1.66	2.50 ± 0.13	1.80 ± 0.23	0.88 ± 0.02
P 值	<0.001	0.001	<0.001	0.001

眶淋巴瘤及炎性假瘤, 其最低误判率为 1.56% (1/64)。Harrison 等^[11]的研究也发现 T2WI 纹理特征鉴别淋巴瘤药物治疗反应的效果最佳, 这可能与 T2WI 具有良好的组织对比度有关。增强 T1WI 相对于平扫 T1WI 纹理区分眼眶淋巴瘤与炎性假瘤的精确性有所提高, 但低于 T2WI。

在特征选择中, 直方图参数在增强 T1WI 被选取的频数高于 T1WI 及 T2WI 平扫序列(表 1)。但直方

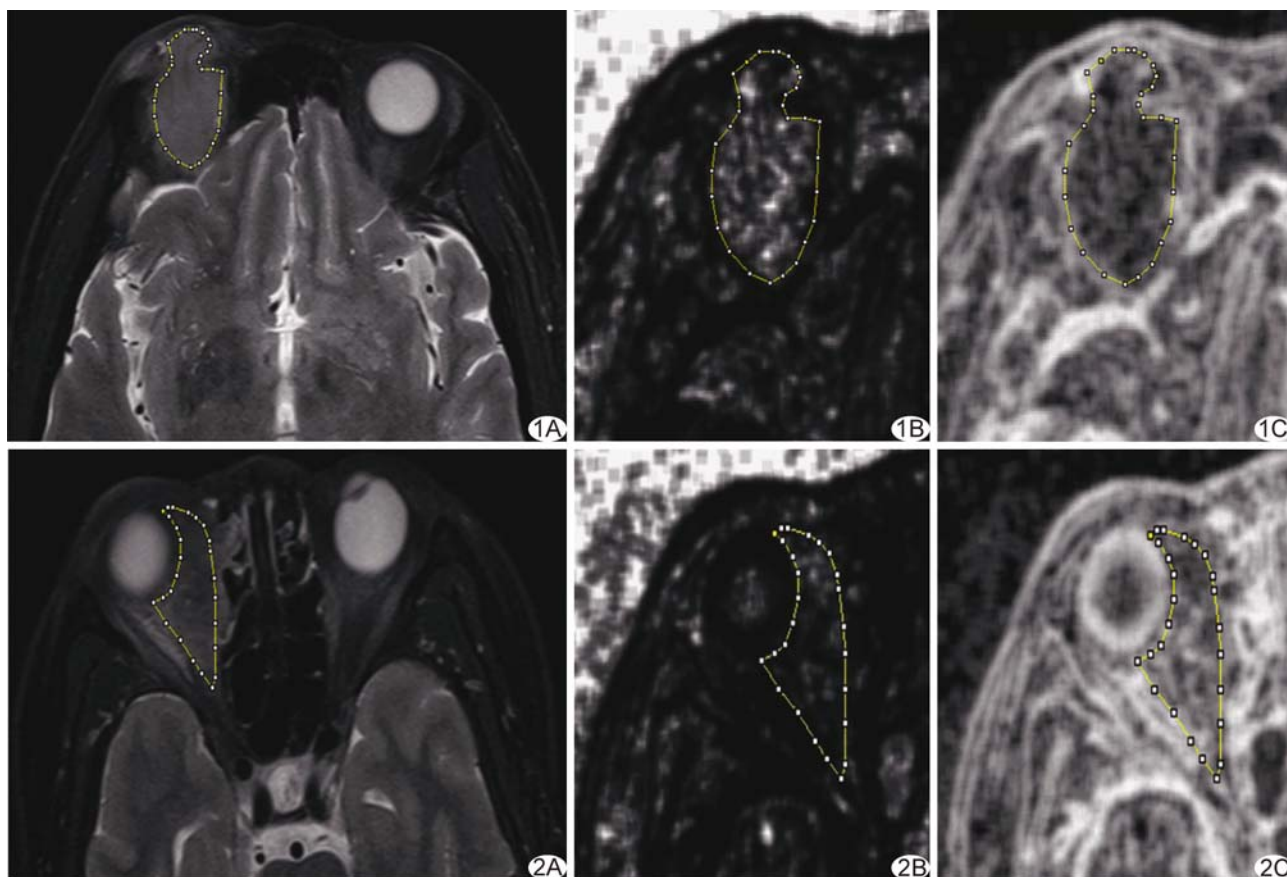


图1 患者男,57岁,眼眶淋巴瘤 A.脂肪抑制 T2WI 病灶呈均匀中等信号;B. T2WI 能量参数图,参数值为 7.62×10^{-3} ; C. T2WI 熵参数图,参数值为 2.28 图2 患者女,40岁,眼眶炎性假瘤 A.脂肪抑制 T2WI 病灶呈均匀中等信号;B. T2WI 能量参数图,参数值为 4.56×10^{-3} ; C. T2WI 熵参数图,参数值为 2.52

图仅描述 ROI 内信号强度,而不能反映灰度的空间分布情况,因此不能提供真正的纹理信息,增强对比剂的引入虽然使病变具有较好的对比度,但同时可能使图像纹理有一定的扭曲或模糊^[12]。但直方图参数的选择可间接反映 2 种病变增强后信号强度的差异。既往研究^[3-4]报道眼眶炎性假瘤较淋巴瘤具有更高的对比强化率,提示 2 种病变血供存在差异,前者血供更丰富。

纹理特征参数本质上是定量反映像素灰度分布的数学模型。本研究结果显示,原发性眼眶淋巴瘤与眼眶炎性假瘤 T2WI 上的共生矩阵特征(能量、熵)及游程矩阵特征(长游程补偿、短游程补偿)差异均有统计学意义(P 均 < 0.005)。这 2 种纹理特征(共生矩阵、游程矩阵)能够较精确区分滤泡淋巴瘤及弥漫大 B 淋巴瘤^[9]。共生矩阵特征参数反映间隔一定距离的一对像素在既定方向上成对出现的频率,而游程矩阵特征参数反映具有某灰度值的像素于既定方向上连续出现的频数(即游程)^[10]。其中,能量及长游程补偿值越

大,图像纹理越均匀;而熵及短游程补偿值越大,图像纹理越复杂。本研究发现原发性眼眶淋巴瘤的 T2WI 能量及长游程补偿值均高于眼眶炎性假瘤(P 均 < 0.001),而后的熵及短游程补偿值显著高于前者(P 均 $= 0.001$),表明原发性眼眶淋巴瘤较眼眶炎性假瘤的纹理更均匀、规则。这种 MR 图像纹理的差异可能归因于 2 种病变病理特征差异,原发性眼眶淋巴瘤主要为 B 细胞性非霍奇金淋巴瘤,组织学上主要由单一形态 B 淋巴细胞构成,而眼眶炎性假瘤多表现为淋巴细胞、浆细胞、吞噬细胞等多种形态的炎性细胞浸润并含有不等量的纤维基质成分^[13]。尽管原发性眼眶淋巴瘤及眼眶炎性假瘤在常规 MRI 均表现信号均匀的肿块,但炎性假瘤更为复杂的病理成分使其具有更不均匀的图像纹理,而这种差异可能肉眼不能识别。

本研究的局限性:①样本量较小;②本研究仅评估了病变部分层面内的纹理特征,而未使用三维 ROI,由于肿瘤的异质性,二维的 ROI 可能会遗漏一些纹理特征信息。

综上所述,通过常规 MR 图像纹理分析可精确区分原发性眼眶淋巴瘤及眼眶炎性假瘤,为两者的鉴别诊断提供客观、可靠的依据。

[参考文献]

- [1] Watkins LM, Carter KD, Nerad JA. Ocular adnexal lymphoma of the extraocular muscles: Case series from the University of Iowa and review of the literature. *Ophthal Plast Reconstr Surg*, 2011, 27(6):471-476.
- [2] Ding ZX, Lip G, Chong V. Idiopathic orbital pseudotumour. *Clin Radiol*, 2011, 66(9):886-892.
- [3] 沈杰,许晓泉,胡昊,等.常规 MRI 联合扩散加权成像鉴别诊断眼眶淋巴瘤增生性疾病的价值. *中华放射学杂志*, 2016, 50(6):412-415.
- [4] Haradome K, Haradome H, Usui Y, et al. Orbital lymphoproliferative disorders (OLPDs): Value of MR imaging for differentiating orbital lymphoma from benign OPLDs. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35(10):1976-1982.
- [5] Politi LS, Forghani R, Godi C, et al. Ocular adnexal lymphoma: Diffusion-weighted mr imaging for differential diagnosis and therapeutic monitoring. *Radiology*, 2010, 256(2):565-574.
- [6] 陈文静,牟玮,张文馨,等. MR 动态增强图像纹理分析判断乳腺结节良恶性的价值. *中国医学影像技术*, 2017, 33(5):647-651.
- [7] 黄小伟,张艳玲,牛丽丽,等. MaZda 评估动脉粥样硬化斑块的风险性. *中国医学影像技术*, 2015, 31(1):141-145.
- [8] Kierans AS, Rusinek H, Lee A, et al. Textural differences in apparent diffusion coefficient between low-and high-stage clear cell renal cell carcinoma. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 203(6):637-644.
- [9] Wu X, Sikio M, Pertovaara H, et al. Differentiation of diffuse large B-cell lymphoma from follicular lymphoma using texture analysis on conventional MR images at 3.0 Tesla. *Acad Radiol*, 2016, 23(6):696-703.
- [10] Szczypinski PM, Strzelecki M, Materka A, et al. MaZda—a software package for image texture analysis. *Comput Methods Programs Biomed*, 2009, 94(1):66-76.
- [11] Harrison L, Dastidar P, Eskola H, et al. Texture analysis on MRI images of non-Hodgkin lymphoma. *Comput Biol Med*, 2008, 38(4):519-524.
- [12] Mayerhoefer ME, Schima W, Trattnig S, et al. Texture-based classification of focal liver lesions on MRI at 3.0 Tesla: A feasibility study in cysts and hemangiomas. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 32(2):352-359.
- [13] Priego G, Majos C, Climent F, et al. Orbital lymphoma: Imaging features and differential diagnosis. *Insights Imaging*, 2012, 3(4):337-344.

《中国医学影像技术》被数据库收录情况

《中国医学影像技术》杂志是由中国科学院主管,中国科学院声学研究所主办的国家级学术期刊,被以下数据库收录:

中国精品科技期刊

《中文核心期刊要目总览》收录期刊

中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)

中国科学引文数据库核心期刊

WHO《西太平洋区医学索引》(WPRIM)来源期刊

荷兰《医学文摘》收录源期刊

英国《科学文摘》收录源期刊

俄罗斯《文摘杂志》收录源期刊

《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊