

磁共振增强图像三维纹理分析对乳腺良恶性病变的鉴别诊断价值

邓义, 杨壁然, 刘志强, 鲍军芳, 唐亚霞

【摘要】 目的:探讨基于磁共振增强图像的三维纹理分析方法对乳腺良恶性病变的鉴别诊断价值。**方法:**回顾性分析经手术病理证实的 16 例乳腺癌和 18 例乳腺良性病变患者的临床和 MRI 资料。磁共振检查在术前 1 周内完成。采用 MaZda 软件对早期动态增强图像进行三维纹理分析,提取整个病变的纹理参数,使用 Fisher 系数、交互信息(MI)、分类错误概率联合平均相关系数(POE+ACC)三种方法获得 30 个最优纹理参数,进一步对这些纹理参数进行分类分析,方法包括原始数据分析(RDA)、主成分分析(PCA)、线性分类分析(LDA)和非线性分类分析(NDA)。采用 SPSS 16.0 统计软件比较乳腺良恶性病变的 30 个纹理参数有间的差异,采用 MedCalc 15.8 统计软件,对具有统计学意义的纹理参数进行受试者工作特征(ROC)曲线分析。**结果:**基于早期动态增强图像的三维纹理特征,采用非线性分类分析(NDA)的误判率最低,其中 POE+ACC 联合非线性分类分析(NDA)的误判率最低,误判率为 5.88%。在乳腺病变的 30 个最优纹理参数中,有 10 个纹理参数在良恶性组间的差异具有统计学意义($P<0.05$),相应的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.717~0.755。**结论:**磁共振增强图像三维纹理分析方法对乳腺良恶性病变的鉴别诊断具有良好的临床应用价值。

【关键词】 乳腺肿瘤; 磁共振成像; 动态增强扫描; 纹理分析

【中图分类号】 R445.2; R737.9 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)04-0436-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.04.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Three-dimensional texture analysis of contrast enhanced magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of benign and malignant breast lesions DENG Yi, YANG Bi-ran, LIU Zhi-qiang, et al. Medical Imaging Department, the Fifth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510700, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to explore the value of 3D texture analysis of enhanced magnetic resonance imaging in differential diagnosis of benign and malignant breast lesions. **Methods:** The clinical and MRI data of 16 cases of breast cancer and 18 cases of benign breast lesions were retrospectively analyzed. All cases were confirmed by surgical pathology and magnetic resonance imaging was completed within one week before surgery. MaZda software was used to analyze the texture of early dynamic enhanced 3d images and extract the texture parameters of the entire lesion. 30 optimal texture parameters were obtained by use of the methods of Fisher coefficient, mutual information (MI), classification error probability and average correlation coefficient (POE+ACC). Classification analysis was further performed by use of methods including raw data analysis (RDA), principal component analysis (PCA), linear discriminant analysis (LDA) and nonlinear discriminant analysis (NDA). SPSS 16.0 software was used to compare the texture features of benign and malignant breast lesions. MedCalc 15.8 statistical software was used to analyze the receiver operator characteristic curve of texture parameters which were statistically significant. **Results:** The nonlinear discriminant analysis (NDA) had the lowest misclassification rate, of which POE+ACC combined with non-linear classification analysis (NDA) had the lowest misclassification rate and misclassification rate was 5.88%. Among the 30 optimal texture parameters for benign and malignant breast lesions, 10 were found with statistically significant difference ($P<0.05$), and the area under the curve (AUC) was 0.717~0.755, respectively. **Conclusion:** Texture analysis of three-dimensional image of contrast enhanced magnetic

作者单位: 510700 广州, 广州医科大学附属第五医院医学影像科

作者简介: 邓义(1975-), 男, 江西萍乡人, 硕士, 副主任医师, 主要从事从事医学影像诊断工作。

resonance has good clinical value in the differential diagnosis of benign and malignant breast lesions.

【Key words】 Breast neoplasms; Dynamic contrast enhanced scanning; Magnetic resonance imaging; Texture analysis

乳腺癌是临床常见肿瘤,近年来我国女性乳腺癌的死亡率呈上升趋势,早期发现、诊断和及时治疗是乳腺癌防治的重要策略^[1]。乳腺 MRI 检查诊断乳腺癌的敏感度高,但是乳腺良恶性病变的影像表现有一定的重叠,有待进一步研究。图像纹理分析是一种计算机辅助图像分析方法,可以量化分析图像像素的灰度值局部特征、像素灰度值变化规律及其空间分布结构信息,不局限于肉眼的观察。本研究旨在探讨乳腺磁共振增强图像的三维纹理分析在鉴别乳腺良恶性病变中的诊断价值。

材料与方法

1. 临床资料

搜集 2016 年 10 月—2018 年 4 月在本院就诊的 34 例女性患者的临床和影像检查资料。其中乳腺癌患者 16 例,年龄 31~68 岁,中位年龄 51 岁;浸润性导管癌 14 例,导管原位癌 2 例。乳腺良性病变患者 18 例,年龄 31~59 岁,中位年龄 45 岁;纤维瘤 9 例,乳腺腺病 7 例,乳腺炎 2 例。所有病例经手术病理证实,于术前 1 周行 MRI 检查。

2. 成像设备和方法

使用 Siemens Avanto 1.5T 磁共振扫描仪和四通道相控阵乳腺专用线圈。患者取俯卧位、头先进,双乳自然悬垂于线圈内。先行常规 MR 平扫,包括 T₁WI、T₂WI 和 DWI 序列,随后采用横轴面三维容积内插法快速扰相梯度回波序列行动态增强扫描,完成蒙片扫描后,注射钆对比剂(马根维显),剂量 0.1 mmol/kg,注射流率 2 mL/s,随即以同样流率注射生理盐水 20 mL,对比剂注射完成后立即启动扫描,共扫描 7 个期相,每期的扫描时间为 90 s。扫描参数:TR 4.58 ms,TE 1.87 ms,矩阵 384×384,视野 36 cm×36 cm,层厚 1.5 mm,层间距 0.3 mm。

3. 图像后处理和分析

图像选择和导出:自 PACS 将 MR 图像回传至思创工作站,由具有丰富影像诊断经验的影像医师在工作站上进行阅片分析,将动态增强扫描第一期相的图像以“BMP”格式导出至移动硬盘,导出图像的窗宽、窗位需保持一致。

图像纹理参数提取:使用纹理分析软件 MaZda (Version 4.6, <http://www.eletel.p.lodz.pl/mazda>),由具有丰富影像诊断工作经验的影像科医师对增强图像进行纹理分析,使用软件中的三维感兴趣区编

辑器(3D ROI editor)在病灶内勾画 ROI,编辑器可变形,表面网可自动探测病变的边界,ROI 包括整个病灶,随后软件即可计算出病变的纹理特征参数(图 1~2)。为减小对比度和亮度变化对分析结果可能存在的影响,在提取图像纹理参数之前,先将图像的灰阶水平在 $[\mu-3\delta, \mu+3\delta]$ (μ 和 δ 分别是平均灰度值和标准差)范围进行标准化。纹理参数的分析方法包括灰度直方图、灰度游程矩阵、灰度绝对梯度和灰度共生矩阵等。

纹理特征和分类分析:采用 MaZda 软件的 3 种最优纹理参数选择方法,分别是交互信息(mutual information, MI)、Fisher 系数(Fisher coefficient, Fisher)和最小分类误差与最小平均相关系数法(minimisation of both classification error probability and average correlation coefficients, POE+ACC),分别提取每种方法当中的前 10 个最优纹理参数,总共 30 个纹理参数进行后续分析。MaZda 软件自带 B11 统计分析软件包,提供 4 种常用的分类分析方法,包括:原始数据分析(raw data analysis, RDA)、主要成分分析(principal component analysis, PCA)、线性分类分析(linear discriminant analysis, LDA)和非线性分类分析(non-linear discriminant analysis, NDA)。采用上述 4 种方法分别对最优纹理参数进行分析,评估其在乳腺癌与乳腺良性病变鉴别诊断中的价值,鉴别诊断结果以误判率表示。误判率越小说明图像的纹理特征参数越具有鉴别诊断价值。

使用 SPSS 16.0 统计分析软件,对上述 30 个最优纹理参数在良恶性病变间的差异采用两独立样本 Mann-Whitney U 检验进行统计学分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义,对其中组间差异具有统计学意义的纹理参数,采用 MedCalc 15.8 统计软件进行受试者工作特征曲线(ROC)分析。

结 果

基于动态增强早期图像的不同纹理特征选择方法及分类分析方法对良恶性病变的误判率见表 1。基于最优纹理特征的 4 种分类分析方法中,以非线性分类分析(NDA)对于乳腺良恶性病变的误判率最低,其中以 POE+ACC 联合 NDA 的误判率最低(图 3),误判率为 5.88%。采用 3 种纹理参数选择方法选取的 30 个最优纹理参数中,以灰度共生矩阵参数最多(17 个),直方图参数 6 个,游程矩阵参数 6 个,绝对梯度参

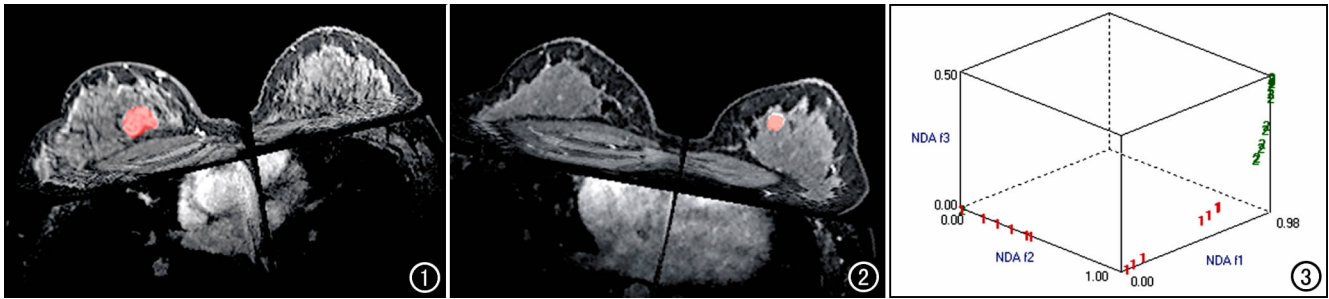


图 1 右侧乳腺导管癌患者对比增强 T_1 WI,在病灶内勾画 ROI 进行纹理参数的测量,此病灶的 99%灰度百分位值为 4.096×10^3 ,50%灰度百分位值为 3.133×10^3 ,直方图均值为 3.073×10^3 ,均值和(0,1,0)为 0.976×10^2 ,均值和(1,0,0)为 0.975×10^2 ,均值和(1,1,0)为 0.979×10^2 ,均值和(0,0,1)为 0.981×10^2 ,均值和(1,-1,0)为 0.974×10^2 ,90%灰度百分位值为 3.647×10^3 ,10%灰度百分位值为 2.426×10^3 。图 2 左侧乳腺纤维腺瘤患者对比增强 T_1 WI,在病灶内勾画 ROI 进行纹理参数的测量,此病灶的 99%灰度百分位值为 3.277×10^3 ,50%灰度百分位值为 1.639×10^3 ,直方图平均值为 1.725×10^3 ,均值和(0,1,0)为 0.552×10^2 ,均值和(1,0,0)为 0.550×10^2 ,均值和(1,1,0)为 0.551×10^2 ,均值和(0,0,1)为 0.552×10^2 ,均值和(1,-1,0)为 0.551×10^2 ,90%灰度百分位值为 2.346×10^3 ,10%灰度百分位值为 1.189×10^3 。图 3 POE+ACC/NDA 法分类结果示意图,1 代表乳腺癌组,2 代表良性病变组,1 和 2 之间仅有少许重叠,重叠越少则对两组的误判率越低。

数 1 个。其中 10 项纹理参数在乳腺良恶性病变之间的差异具有统计学意义($P < 0.05$),这 10 项参数的测量值及组间比较结果见表 2。10 项纹理参数鉴别病灶良恶性的诊断效能见表 3。受试者工作特征曲线分析结果显示,各项纹理参数的 AUC 范围为 0.717 ~ 0.755。

表 1 各种纹理特征选择方法及分类分析方法的误判率 (%)

方法	RDA	PCA	LDA	NDA
Fisher	58.82(20/34)	50.00 (17/34)	35.29 (12/34)	23.53 (8/34)
POE+ACC	41.18 (14/34)	32.35 (11/34)	35.29 (12/34)	5.88 (2/34)
MI	55.88 (19/34)	55.88 (19/34)	29.41 (10/34)	17.65 (6/34)

讨 论

乳腺良恶性病变的影像学鉴别诊断对于临床选择

表 2 乳腺良恶性病变见差异有统计学意义的 10 项纹理参数值

纹理特征参数	恶性组(n=16)	良性组(n=18)	Z 值	P 值
99%灰度百分位	$(3.857 \pm 0.302) \times 10^3$	$(3.305 \pm 0.683) \times 10^3$	-2.468	0.014
50%灰度百分位	$(2.980 \pm 0.779) \times 10^3$	$(2.229 \pm 0.741) \times 10^3$	-2.537	0.011
直方图平均值	$(2.864 \pm 0.630) \times 10^3$	$(2.232 \pm 0.669) \times 10^3$	-2.381	0.017
均值和(0,1,0)	$(0.912 \pm 0.195) \times 10^2$	$(0.717 \pm 0.215) \times 10^2$	-2.243	0.025
均值和(1,0,0)	$(0.912 \pm 0.195) \times 10^2$	$(0.717 \pm 0.215) \times 10^2$	-2.588	0.010
均值和(1,1,0)	$(0.914 \pm 0.195) \times 10^2$	$(0.718 \pm 0.216) \times 10^2$	-2.519	0.012
均值和(0,0,1)	$(0.916 \pm 0.196) \times 10^2$	$(0.720 \pm 0.217) \times 10^2$	-2.208	0.027
均值和(1,-1,0)	$(0.914 \pm 0.196) \times 10^2$	$(0.720 \pm 0.217) \times 10^2$	-2.208	0.027
90%灰度百分位	$(3.588 \pm 0.538) \times 10^3$	$(2.931 \pm 0.872) \times 10^3$	-2.185	0.029
10%灰度百分位	$(1.960 \pm 0.622) \times 10^3$	$(1.513 \pm 0.442) \times 10^3$	-2.279	0.023

表 3 乳腺良恶性病变的三维纹理参数受试者工作特征曲线分析

纹理特征参数	AUC	95%可信区间	临界值	敏感度	特异度
99%灰度百分位	0.740	0.561~0.874	$>3.277 \times 10^3$	100.00%	50.00%
50%灰度百分位	0.755	0.578~0.886	$>2.217 \times 10^3$	93.75%	61.11%
直方图平均值	0.740	0.561~0.874	$>2.024 \times 10^3$	93.75%	50.00%
均值和(0,1,0)	0.726	0.546~0.864	$>0.650 \times 10^2$	93.75%	50.00%
均值和(1,0,0)	0.729	0.550~0.867	$>0.646 \times 10^2$	93.75%	50.00%
均值和(1,1,0)	0.719	0.539~0.859	$>0.648 \times 10^2$	93.75%	50.00%
均值和(0,0,1)	0.722	0.542~0.861	$>0.647 \times 10^2$	93.75%	50.00%
均值和(1,-1,0)	0.722	0.542~0.861	$>0.651 \times 10^2$	93.75%	50.00%
90%灰度百分位	0.717	0.537~0.857	$>2.554 \times 10^3$	93.75%	50.00%
10%灰度百分位	0.729	0.550~0.867	$>1.269 \times 10^3$	93.75	50.00%

治疗方案具有非常重要的意义。常规 MRI 序列包括 DWI 对乳腺良恶性病变的诊断具有较大价值,但是良恶性病变的影像表现仍有重叠^[2]。图像纹理分析技术通过数学运算来反映数字图像中像素灰度的分布特征,能够提供影像科医师肉眼所不能观察到的客观信息。既往有研究基于乳腺 X 线摄影进行纹理分析,结果显示结合纹理分析的方法可以明显提高乳腺 X 线摄影对乳腺良恶性病变的诊断效能^[3]。有学者研究发现基于 T₂WI 序列的纹理分析对乳腺病变的误判率低于 T₁WI 和延迟增强 T₁WI^[4]。基于 T₂WI 和对比增强 T₁WI 的纹理分析可以帮助预测乳腺癌对治疗后的反应^[5-6]。MR 增强图像的纹理分析联合 MR 乳腺影像报告和数据库系统(BI-RADS)可以提高乳腺良恶性病变的诊断准确性^[7]。目前多数文献关于图像纹理分析采用的是二维图像分析,未能分析全部瘤体的纹理参数,对于肿瘤的异质性和肿瘤成份的空间分布信息可能出现遗漏。本研究采用三维纹理分析法,结果显示 MR 增强图像三维纹理分析对于良恶性肿瘤的误判率低,POE+ACC 联合非线性分类分析(NDA)的误判率仅 5.88%。在 MaZda 软件中,NDA 是采用人工神经网络来实现分类。对于乳腺良恶性肿瘤块的纹理特征的分类分析方法中,NDA 的误判率最低,与张竹伟等^[4]的研究报道一致,在他们的研究中基于增强 T₁WI 的误判率为 14.71%。

本研究中获取的乳腺良恶性病变的 MRI 三维纹理分析参数中,经统计学分析,结果显示有 10 项纹理参数的差异具有统计学意义,其中 5 个为直方图参数,5 个为灰度共生矩阵参数,提示这些纹理特征在乳腺良恶性病变的诊断中具有应用价值。直方图参数在肿瘤的影像诊断和鉴别诊断中的价值已经有相关研究,直方图可以反映不同肿瘤区域的灰度特征,对全部瘤体的直方图分析在肿瘤的诊断和分级中具有优势。本研究中以 50% 灰度百分位值的诊断价值最高,其 AUC 为 0.755,敏感度 93.75%,特异度 61.11%,最

佳临界值为 2.217×10^3 。

灰度共生矩阵是一种描述图像表面灰度分布周期规律的纹理分析方法,具有丰富的纹理特征参数,本研究选取的 30 个最佳纹理特征中有 17 个来自于灰度共生矩阵。10 个具有统计学差异的参数中有 5 个为灰度共生矩阵参数。均值和是度量图像区域内像素点平均灰度值的参数,反映了图像的整体明暗深浅。良恶性病变间均值和的差异具有统计学意义,从影像学特征方面反映了乳腺良恶性肿瘤的组织结构的差异。

本研究的局限性在于样本量不大,良恶性组病变组为对具体疾病类型进行进一步细分,需要在今后的研究中进一步深入分析。总之,磁共振增强图像三维纹理分析对于乳腺良恶性病变的鉴别诊断具有良好的临床应用价值。

参考文献:

- [1] 杜沛玲,方佳英,贾潇岳,等. 1994~2013 年中国女性乳腺癌流行病学特征[J]. 汕头大学医学院学报,2016,29(2):124-126.
- [2] 徐琳,汪登斌,王丽君,等. MR-DWI 的 ADC 与 rADC 在乳腺疾病良恶性鉴别诊断中的比较[J]. 放射学实践,2014,28(10):1103-1107.
- [3] Li Z, Yu L, Wang X, et al. Diagnostic performance of mammographic texture analysis in the differential diagnosis of benign and malignant breast tumors[J]. Clin Breast Cancer,2017,18(4):621-627.
- [4] 张竹伟,华婷,徐婷婷,等. 常规 MRI 纹理分析鉴别乳腺良、恶性病变的价值初探[J]. 中华放射学杂志,2017,51(8):588-591.
- [5] Imbriaco M, Cuocolo R. Does texture analysis of MR images of breast tumors help predict response to treatment[J]. Radiology, 2018,286(2):421-423.
- [6] Chamming's F, Ueno Y, Ferré R, et al. Features from computerized texture analysis of breast cancers at pretreatment MR imaging are associated with response to neoadjuvant chemotherapy[J]. Radiology, 2018,286(2):412-420.
- [7] 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[J]. 中国医学影像技术,2017,33(5):647-651.

(收稿日期:2018-08-06 修回日期:2018-10-29)