

药物作用下的广州管圆线虫幼虫表皮纹理变化的数字化特征研究

许源¹, 曾忻^{2,3}, 吴忠道^{2,3}, 刘燕^{1*}

(中山大学中山医学院 1.计算机中心;2.寄生虫学教研室;3.中山大学教育部热带病防治重点实验室,广东 广州 510080)

摘要:【目的】通过采集药物作用下广州管圆线虫 3/4 期幼虫表面纹理变化的超微结构图像,进行数据化特征的研究,探讨可能的药物作用规律。【方法】本文采用基于灰度共生矩阵的图像纹理分析方法,对体内用药、体外用药和不用药 3 组共 21 条的广州管圆线虫幼虫表皮电镜图像进行预处理后,分别在不同的扫描方向下提取对比度、能量、相关性、同质性和熵 5 个特征值,并进行单因素方差分析、秩和检验以及描述性统计分析。【结果】样本图像在 4 个方向上的几乎所有特征都有统计学意义,其中能量和熵在各方向上均具有显著性差异,对比度和同质性特征值在不同方向角度上存在差异,并呈现一定的分布规律。【结论】虫体纹理的数字特征可用于识别和评估广州管圆线虫的用药状态。

关键词:广州管圆线虫;数字特征;灰度共生矩阵

中图分类号:R344 文献标志码:A 文章编号:1672-3554(2014)01-0038-09

Research on Digital Features of *Angiostrongylus Cantonensis* Surface Texture Under Medication

XU Yuan¹, ZENG Xin^{2,3}, WU Zhong-dao^{2,3}, LIU Yan^{1*}

(1.Computer Center, Zhongshan School of Medicine, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; 2.Department of Parasitology, Zhongshan School of Medicine, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; 3.Key Laboratory of Tropical Disease Control, Ministry of Education, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract:【Objective】To research digital data characteristics of the Guangzhou *Angiostrongylus larvae* surface texture in 3/4 stage by their ultrastructural images, under the impact of drug influences, then discuss the regularity of this impact.【Method】There are three groups of 21 *Angiostrongylus cantonensis* (In vivo medication, in vitro medication and without medication). After preprocessing the samples, the contrast, homogeneity, energy, entropy, and correlation are extracted from them in different scanning angles by using the texture images analyzing method based on the grey level co-occurrence matrix. Then all data of these eigenvalues are analyzed by variance and rank statistical analysis.【Results】Almost all features of the sample images in four angles have statistically significant. Especially the energy and the entropy in each direction have significant difference, the contrast and the homogeneity in different angles exist significant disparity and some distribution rules.【Conclusion】The digital eigenvalues of textures can be used to distinguish and assessment the medicine effect of *Angiostrongylus cantonensis*.

Key words: *Angiostrongylus cantonensis*; digital features; the grey level co-occurrence matrix

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2014, 35(1): 38-46]

广州管圆线虫是一种寄生于鼠肺动脉系统的蠕虫,人类是其非正常宿主,因生食含有广州管圆线虫Ⅲ期幼虫的螺肉而感染。幼虫侵入人体后,进

入中枢神经系统可引起嗜酸性粒细胞增高性脑膜炎、嗜酸性粒细胞增高性脑炎或眼部广州管圆线虫病^[1]。在研究药物以及用药方式对广州管圆线

收稿日期:2013-06-05

基金项目:重要寄生虫病监测技术研究项目(2012ZX10004220);国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(81261160324)

作者简介:许源,硕士研究生,研究方向:医学信息, E-mail:xy19900805@126.com; * 刘燕,通信作者,副教授,硕士研究生导师, E-mail:lyan@mail.sysu.edu.cn

虫的影响作用过程中,研究者发现虫卵表面纹理有明显的视觉区别。为了寻求一种可数字化描述的评估指标和方法,本研究将利用计算机图像处理与识别技术对体内用药、体外用药和不用药的广州管圆线虫实验图片进行纹理特征分析,探讨其形态特征变化的数字特征描述指标与计算机识别方法,为广州管圆线虫药物治疗的研究提供智能辅助分析工具与分析方法,为更多的药物 SEM 图片评价提供参考标准。

1 材料与方 法

1.1 数据资料

广州管圆线虫的图片数据来源于中山大学中山医学院寄生虫教研室提供的药物实验样本,3 组样本分别为体内用药、体外用药和不用药,每组 7 例共 21 例。其中,第 1 组为对照组(即正常体内培养组);第 2 组为体内用药组,每只小鼠每天给药 20 mg/kg,连续给药 7 d,所给药物为三苯双咪(抗蠕虫药物);第 3 组为体外用药组,所给药物、用量及给药时间与体内给药组相同。实验样本在 6000 倍的扫描电镜放大倍数条件下,通过扫描电镜生成分析所用的图片资料。图 1 是不用药、体内用药和体外用药样本各一例的图示效果。

1.2 分析方法

1.2.1 图像预处理 观察实验样本图像,发现样本图像边缘出现杂质或者空白,同时由于拍摄角度和光线不完全趋同一致,所采集的样本图像呈现明暗不一致,直接影响纹理数字特征值的值域计算^[2]。为了减少各类外在因素以及采样条件不

一致对分析结果的影响,对采集的样本图像进行了分析区域分割、自适应直方图均衡化、灰度阈值转换和线性滤波的预处理^[3]。①分割分析区。首先利用 Photoshop 软件工具对 1024 × 943 像素大小、TIF 格式的原始扫描图像进行分析选区分割提取,在每例图像中选取大小为 400 × 400 像素的图像区,确保选区尽量无杂质,无空白区域,仍将其保存为 TIF 的图像格式文件,以避免像素缺失。②图像均衡化。对已经选取的待分析图像进行两次自适应直方图均衡化,使图像灰度直方图趋于平均,剔除外因造成的明暗不一致的影响。③图像纹理提取。由于分析目标重点在研究实验样本的纹理特性,为了突出待分析图像的纹理属性,对均衡化后的待分析图像进行灰度阈值转换和 3 × 3 的线性滤波,最终去除图像中孤立的噪点^[4]。图像纹理化处理前后的效果如图 2 所示。

1.2.2 灰度共生矩阵方法 纹理特征是一种不依赖颜色或亮度的反映图像中同质现象的视觉特征,它包含了物体表面结构组织排列的重要信息以及它们与周围环境的联系。在广州管圆线虫的实验样本图像中,3 类样本图像的差异主要反映在纹理的一致性、复杂度、清晰程度、沟纹深浅和信息变化陡度,因此,可以采用灰度共生矩阵分析法来研究图像区域纹理的统计属性^[4]。灰度共生矩阵(Gray Level Co-occurrence Matrix)是一种建立在估计图像的二阶组合条件概率密度函数基础上的图像纹理特征分析方法^[5]。它用一个矩阵来描述纹理图像中的某个方向上相隔一定距离的一对像素灰度出现的统计规律。图像的灰度共生矩阵能反映出图像灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度的

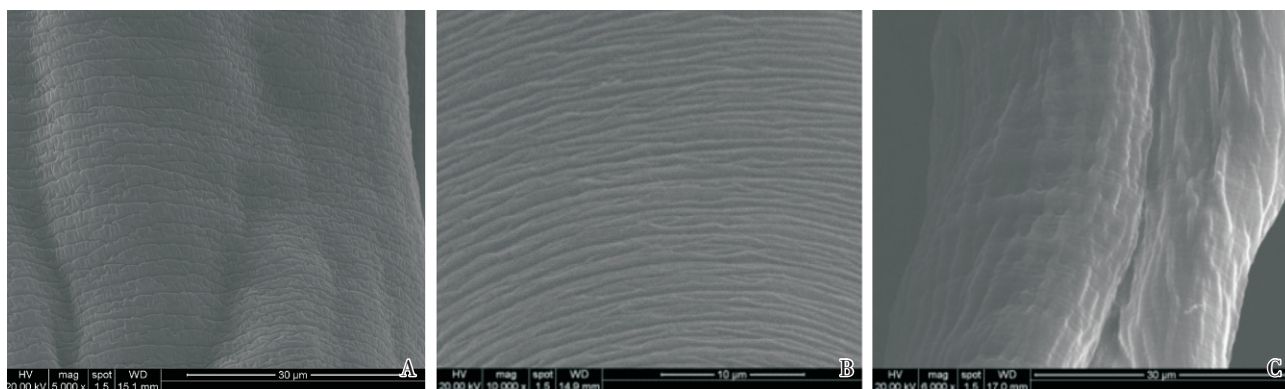


图 1 电镜扫描的样本图片

Fig.1 The sample pictures of electron microscope scanning

A: Without medication; B: In vivo drug; C: In vitro drug; × 6000

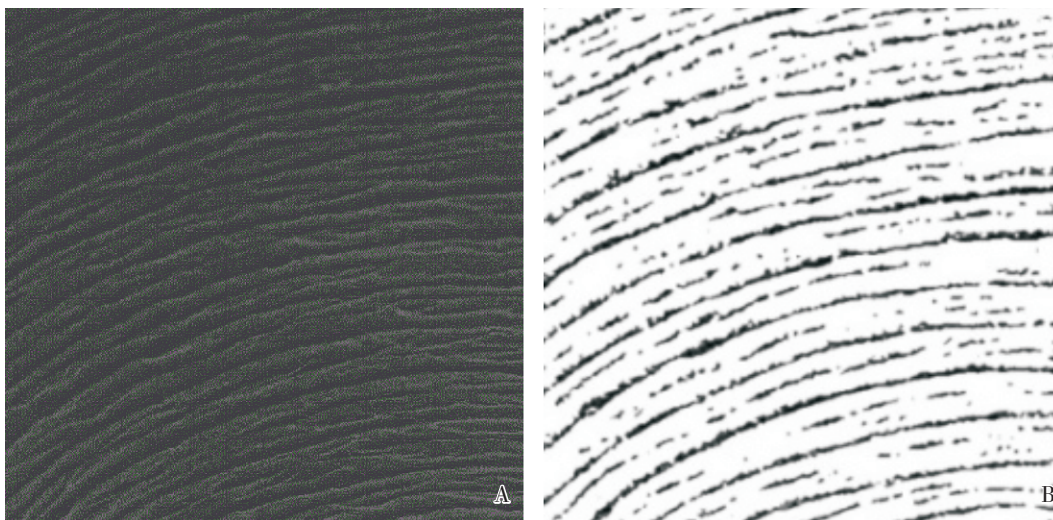


图 2 图像纹理处理前后的效果对比

Fig.2 The contrast of the image texture before and after treatment effect

A: Original image; B: texturing process Image; $\times 6000$

综合信息,它是分析图像的局部模式和排列规则的基础。通过计算图像中一定距离和一定方向的两点灰度之间的相关性,反映图像在方向、间隔、变化幅度及快慢上的综合信息,从而精确的描述纹理的粗糙程度和重复方向^[6]。由灰度共生矩阵可以导出以下一组参数,用以描述图像纹理特征^[7]。

$$\text{能量(Energy, ENG)} f_1 = \sqrt{\sum_i \sum_j [p(i,j)]^2}$$

$$\text{对比度(Contrast, CON)} f_2 = \sqrt{\sum_i \sum_j (i-j)^2 p(i,j)}$$

逆差距\同质性 (Inverse Difference Moment, IDM)

$$\text{熵(Entropy, ENT)} f_4 = \sum_i \sum_j (-\ln p(i,j)) p(i,j)$$

相关(Correlation, CORR)

$$f_5 = \frac{\sum_i \sum_j (ij) p(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

其中,对比度反映了图像的清晰度和纹理沟纹深浅的程度。纹理沟纹越深,其对比度越大,视觉效果越清晰;反之,对比度小,则沟纹浅,效果模糊。当进行 0 度扫描时,若图像只存在水平纹理,则灰度共生矩阵的对比度非常小,若存在非水平纹理时,对比度较大。对垂直纹理进行 0 度扫描时,当垂直纹理的灰度变化快时,对比度较大。能量反映了图像灰度分布均匀程度和纹理粗细度,若图像纹理较细或存在一种较为均匀一致规则变

化的纹理模式则能量大。相关是度量空间灰度共生矩阵元素在行或列方向上的相似程度,因此,相关值大小反映了图像中局部灰度相关性。同质性反映图像纹理的同质性,度量图像纹理局部变化的多少。其值大则说明图像纹理的不同区域间缺少变化,局部非常均匀。熵是图像所具有的信息量的度量,纹理信息是一个随机性的度量,当共生矩阵中所有元素有最大的随机性、空间共生矩阵中所有值几乎相等时,共生矩阵中元素分散分布时,熵较大,它表示了图像中纹理的非均匀程度或复杂程度^[8]。

1.2.3 统计学处理方法 所有需分析数据均为计量资料,使用 SPS13.0 统计软件对各组间的资料差异进行单因素方差分析或秩和分析^[9]。

2 结果

2.1 实验样本的特征值提取与计算

使用 Matlab 工具软件提供的灰度共生矩阵函数 graycomatrix()^[10],对每例图像,分别在四个角度(0°、45°、90°以及 135°)的每个方向上均提取分析图像的五特征值,共 20 个特征数据(灰度值范围取 16,偏移量设为 1)。最终得到 3 组样本共 21 例分析图像的所有数字特征数据,如表 1、表 2 所示。其中,表 1 为均衡化后图像数据的数字特征数据,表 2 为纹理化处理后图像数据的数字特征

表 1 均衡化后图像的数字特征

Table 1 The digital features after histogram equalization

Direction	Control					Inside					Outside				
	CON	ENG	IDM	COR	ENT	CON	ENG	IDM	COR	ENT	CON	ENG	IDM	COR	ENT
0°	4.548	0.011	0.558	0.879	4.736	3.788	0.012	0.550	0.887	4.648	2.191	0.020	0.618	0.905	4.244
	4.985	0.011	0.543	0.867	4.784	4.896	0.013	0.503	0.733	4.562	3.824	0.026	0.571	0.740	4.148
	6.901	0.010	0.507	0.818	4.893	1.525	0.018	0.663	0.961	4.257	3.781	0.018	0.529	0.767	4.352
	2.585	0.017	0.607	0.939	4.460	3.078	0.014	0.589	0.921	4.539	2.161	0.032	0.613	0.801	3.867
	4.201	0.015	0.585	0.834	4.516	2.109	0.019	0.654	0.910	4.250	3.264	0.021	0.549	0.769	4.191
	5.123	0.013	0.523	0.745	4.605	1.611	0.021	0.689	0.939	4.147	2.449	0.035	0.615	0.777	3.833
3.349	0.014	0.568	0.859	4.487	2.051	0.020	0.652	0.908	4.202	4.206	0.014	0.533	0.816	4.574	
135°	4.824	0.013	0.531	0.886	4.758	6.938	0.009	0.472	0.822	4.956	2.570	0.030	0.594	0.763	3.932
	7.393	0.012	0.512	0.708	4.763	7.895	0.010	0.458	0.663	4.872	3.285	0.021	0.548	0.768	4.190
	5.828	0.012	0.501	0.710	4.678	4.842	0.012	0.531	0.816	4.674	2.585	0.034	0.610	0.764	3.852
	5.690	0.011	0.508	0.761	4.710	4.951	0.013	0.529	0.779	4.608	4.277	0.013	0.530	0.813	4.580

表 2 纹理化处理后的图像的数字特征

Table 2 The textured digital features

Direction	Control					Inside					Outside				
	CON	ENG	IDM	COR	ENT	CON	ENG	IDM	COR	ENT	CON	ENG	IDM	COR	ENT
0°	5.087	0.597	0.893	0.886	1.395	2.062	0.630	0.936	0.954	1.175	5.183	0.369	0.861	0.924	1.986
	5.314	0.600	0.890	0.879	1.391	3.770	0.629	0.904	0.888	1.244	8.284	0.259	0.793	0.876	2.435
	5.121	0.612	0.896	0.880	1.333	1.708	0.611	0.943	0.963	1.214	4.470	0.469	0.871	0.913	1.720
	2.965	0.597	0.917	0.940	1.315	2.562	0.617	0.920	0.942	1.266	4.764	0.267	0.853	0.934	2.246
	5.065	0.550	0.889	0.899	1.510	4.428	0.616	0.897	0.891	1.322	4.566	0.363	0.860	0.929	2.001
	5.252	0.649	0.895	0.848	1.235	3.174	0.587	0.912	0.936	1.366	7.618	0.190	0.789	0.891	2.641
	4.342	0.593	0.903	0.907	1.353	5.087	0.571	0.880	0.896	1.469	5.636	0.446	0.856	0.901	1.836
135°	7.034	0.572	0.871	0.857	1.474	7.811	0.581	0.857	0.823	1.468	8.099	0.249	0.803	0.888	2.415
	8.991	0.527	0.849	0.821	1.631	14.358	0.558	0.812	0.646	1.548	5.971	0.354	0.832	0.907	2.085
	8.305	0.629	0.865	0.759	1.320	9.303	0.550	0.845	0.811	1.570	9.307	0.182	0.760	0.866	2.728
	9.019	0.565	0.858	0.808	1.496	11.675	0.536	0.829	0.762	1.635	7.026	0.438	0.836	0.876	1.898

数据。

2.2 各类样本组间数字特征统计分析

为研究样本纹理特征在用药和不同用药方式下的差异,对 3 组样本的均衡化图像的五个数字特征数据按方向类别分别进行组间的多组定量资料单因素方差分析,对纹理化图像的五个数字特征数据按方向类别分别进行组间的秩和检验计算、描述性统计分析。

2.2.1 均衡化图像的方差分析 设定正态性检验

的置信水平为 0.1,方差齐性检验的置信水平为 0.1,ANOVA 检验的置信水平为 0.05。对 3 组样本所得的特征值标注组别,对照组为组 1,体内用药组为组 2,体外用药组为组 3。以组别为分组变量,进行 5 个特征值的单因素方差分析计算。由于 0° 方向上组 2 的相关性特征正态性不满足,同质性和能量特征的方差不齐;45° 方向上组 3 的对比度特征正态性不满足,能量和特征的方差不齐;90° 方向上组 1 的对比度和熵特征正态性不满足,能

量特征的方差不齐;135°方向上组 2 和组 3 的相关性特征正态性不满足,对比度和能量特征的方差不齐。考虑到小样本数量条件下数据正态性置信水平可设置为 0.05,所以在 0°方向上对熵和对比度特征进行组间方差检验,在 45°、90°和 135°方向上对同质性和熵特征进行组间方差检验。3 组样本的对比度、同质性和熵特征的方差检验结果如表 3 所列。

表 3 均衡化后图像特征值的方差检验结果

Table 3 Variance test of histogram equalization digital features

	0°		45°		90°		135°	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Contrast	4.468	0.027	5.321	0.015				
Similarity			4.311	0.030	7.496	0.004	13.582	0.000
Entropy	8.439	0.003	13.855	0.000	18.045	0.000	24.711	0.000

Differences were considered as statistically significant when $P < 0.05$

从上表可知,3 组样本的对比度特征在 0°和 45°方向上有显著性差异,同质性特征在 45°、90°和 135°方向上有统计学差异,仅有熵在任意角度方向上都有统计学差异。

2.2.2 纹理化图像的秩和检验 由于经纹理化处理后的图像的特征值大部分都不能满足方差分析的前提条件,因此对 3 组样本纹理化处理后的图像的数字特征数据进行秩和检验,结果如表 4 所示。

从表 4 可知 3 组样本中能量、同质性、熵值在

表 4 纹理化图像特征值的秩和检验结果

Table 4 Rank sum test of textured digital features

	0°		45°		90°		135°	
	T	P	T	P	T	P	T	P
Contrast	9.135	0.010	3.792	0.150	4.772	0.092	4.772	0.092
Energy	13.677	0.001	13.410	0.001	13.410	0.001	13.410	0.001
Similarity	14.716	0.001	10.805	0.005	7.332	0.026	7.332	0.026
Relativity	4.104	0.128	8.913	0.012	12.853	0.002	12.853	0.002
Entropy	14.182	0.001	13.380	0.001	13.380	0.001	13.380	0.001

Differences were considered as statistically significant when $P < 0.05$

4 个方向上的所有特征差异都有统计学意义。对 3 组样本纹理化处理后图像的数字特征数据进行描述性统计分析,在 95%置信区间的条件下,各方向上的数字特征均值与标准差结果如表 5 所列。3 组样本在 0°和 90°方向的能量和熵特征数据的分布如图 3 所示。

从表 5 和图 3 可以明显看出,体外用药组所有能量特征数值都在 0.5 以下,其它两组均在 0.5 以上。体外用药组的熵特征数值都在 1.5 以上,其它两组均在 1.5 以下,因此能量和熵值可以很好的区分体外用药组。

2.3 纹理化图像的各类别组内数据特征分布规律的分析

观察表 1、表 2、表 5 的数据,对每组纹理化图像四个方向的数字特征值分别进行绘图,发现任意组别的图像在不同方向角度获取的能量、相关性和熵特征数据基本无差异,对比度以及同质性

表 5 3 组样本纹理化图像在 4 个方向的 5 个特征值数据(95%置信区间)

Table 5 The five characteristic values of 3 groups textured images in four directions (95% confidence interval)

Direction	Group	CON	ENG	IDM	COR	ENT
0°	1	4.7353 ± 0.844	0.5997 ± 0.029	0.8973 ± 0.010	0.8914 ± 0.029	1.3618 ± 0.085
	2	3.2559 ± 1.245	0.6086 ± 0.022	0.9132 ± 0.022	0.9243 ± 0.032	1.2936 ± 0.100
	3	5.7887 ± 1.541	0.3374 ± 0.103	0.8405 ± 0.034	0.9097 ± 0.021	2.1236 ± 0.331
45°	1	8.7892 ± 1.993	0.5751 ± 0.024	0.8561 ± 0.016	0.7968 ± 0.066	1.4828 ± 0.081
	2	8.6675 ± 1.911	0.5733 ± 0.013	0.8515 ± 0.013	0.7985 ± 0.056	1.4825 ± 0.048
	3	7.3778 ± 1.155	0.3283 ± 0.100	0.8144 ± 0.031	0.8837 ± 0.022	2.2045 ± 0.319
90°	1	6.5829 ± 1.112	0.5872 ± 0.028	0.8740 ± 0.012	0.8493 ± 0.037	1.4237 ± 0.079
	2	8.1963 ± 1.228	0.5748 ± 0.014	0.8542 ± 0.011	0.8097 ± 0.045	1.4623 ± 0.053
	3	3.9520 ± 0.637	0.3484 ± 0.098	0.8679 ± 0.017	0.9376 ± 0.014	2.0216 ± 0.271
135°	1	9.1735 ± 1.250	0.5730 ± 0.030	0.8528 ± 0.012	0.7912 ± 0.039	1.4940 ± 0.093
	2	9.9636 ± 2.415	0.5660 ± 0.021	0.8423 ± 0.018	0.7693 ± 0.070	1.5072 ± 0.088
	3	7.5329 ± 1.639	0.3282 ± 0.104	0.8127 ± 0.036	0.8827 ± 0.020	2.2117 ± 0.345

特征在不同方向角度上存在差异,并存在一定的规律。对照组和体内用药组在四个方向上的对比度和同质性特征数据分布如图 4 所示。

从图 4 可以看出对照组的对比度以及同质性在四个方向的特征值中至少在三个方向上存在比

较大的差异,而体内用药组的对比度以及同质性特征在三个方向上的数值相差不大(除第五组外),且只有一个方向上的数值与其他方向上的数值有较大差距,特别是同质性,基本上都符合在三个方向上的值均非常接近,只有一个方向上的值

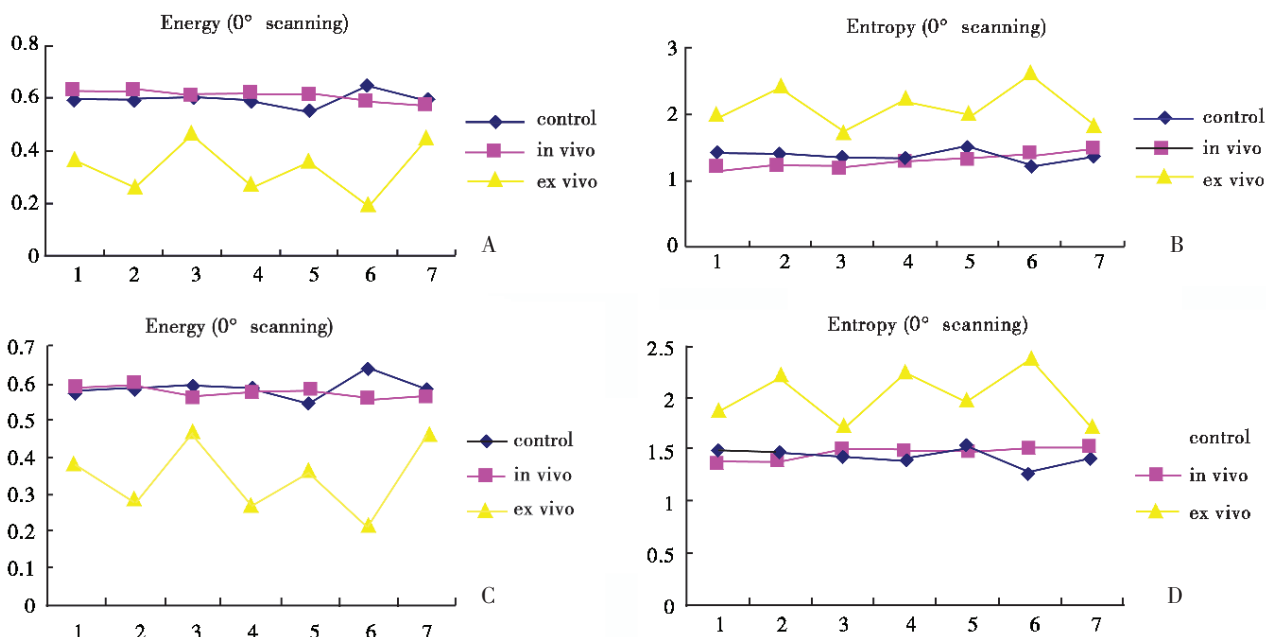


图 3 0° 和 90° 方向的能量与熵特征数据图

Fig.3 The charts of energy and entropy eigenvalues in the 0 degrees and 90

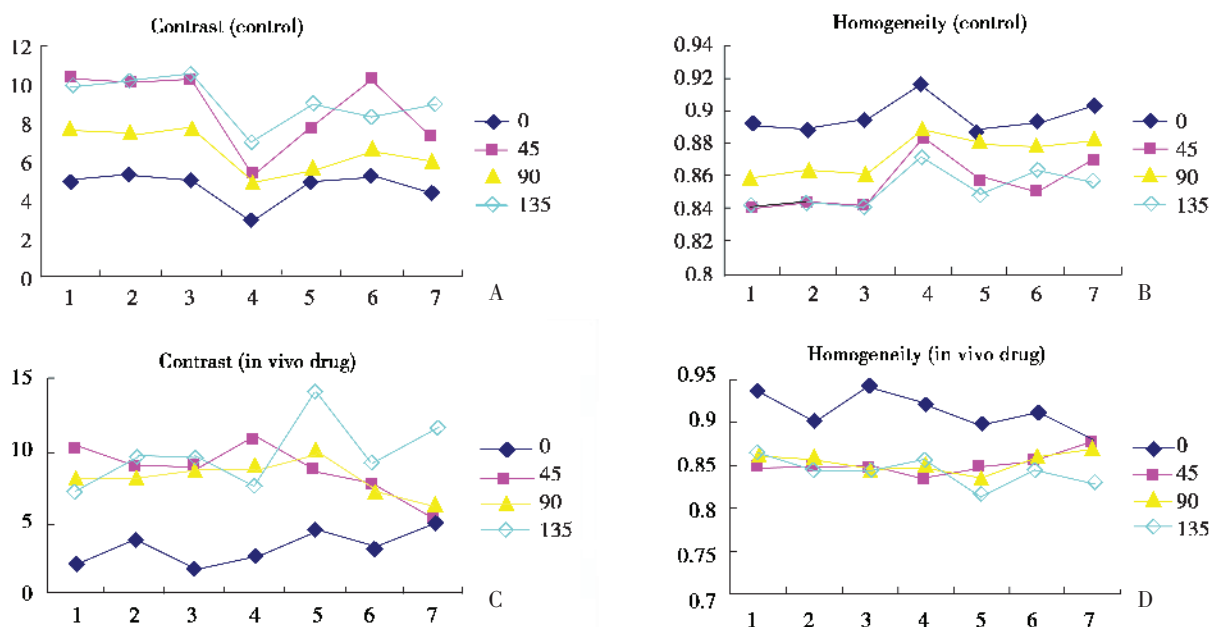


图 4 对照组与体内用药组对比度和同质性特征数据图

Fig.4 The contrast and homogeneity characterization of The control group and in vivo drug group data

A: contrast of control group; B: homogeneity of control group; C: contrast of in vivo drug group; D: homogeneity of in vivo drug group

表 6 同质性特征在任意两方向上的绝对差值

Table 6 Absolute difference of homogeneity features between any two direction

	Direction	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Average
Control	0°-45°	0.051485	0.045573	0.053212	0.031747	0.029291	0.044205	0.032945	0.041
	0°-90°	0.032639	0.026441	0.033588	0.02711	0.007805	0.015592	0.019714	0.023
	0°-135°	0.048626	0.046552	0.056111	0.045769	0.039743	0.029993	0.04499	0.045
	45°-90°	0.018846	0.019132	0.019624	0.004636	0.021486	0.028613	0.013231	0.018
	45°-135°	0.002859	0.000979	0.002899	0.014022	0.010453	0.014211	0.012045	0.008
	90°-135°	0.015987	0.020112	0.022523	0.018659	0.031939	0.014402	0.025276	0.021
In vivo	0°-45°	0.08801	0.054957	0.096255	0.085297	0.048124	0.056621	0.002519	0.062
	0°-90°	0.074874	0.047181	0.09582	0.072546	0.059906	0.051747	0.010964	0.059
	0°-135°	0.068964	0.05978	0.10133	0.063589	0.084486	0.067217	0.05113	0.071
	45°-90°	0.013137	0.007776	0.000435	0.012751	0.011782	0.004875	0.008445	0.008
	45°-135°	0.019046	0.004822	0.005076	0.021709	0.036362	0.010596	0.048611	0.021
	90°-135°	0.00591	0.012598	0.00551	0.008958	0.02458	0.015471	0.040166	0.016

表 7 对比度特征在任意两方向上的绝对差值

Table 7 Absolute difference of contrast features between any two direction

	Direction	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Average
Control	0°-45°	5.314412	4.784098	5.183689	2.405244	2.670504	5.042453	2.976537	4.054
	0°-90°	2.622638	2.138164	2.656992	2.010746	0.516579	1.364242	1.62349	1.848
	0°-135°	4.894007	4.893137	5.555979	4.068399	3.92635	3.052956	4.676469	4.438
	45°-90°	2.691774	2.645934	2.526696	0.394498	2.153925	3.678212	1.353047	2.206
	45°-135°	0.420406	0.109038	0.37229	1.663155	1.255846	1.989498	1.699933	1.073
	90°-135°	2.271369	2.754973	2.898987	2.057653	3.409771	1.688714	3.052979	2.591
In vivo	0°-45°	8.22957	5.185389	7.157427	8.51241	4.183742	4.566425	0.046172	5.412
	0°-90°	6.120207	4.342237	7.095163	6.278515	5.569236	4.117243	1.060595	4.94
	0°-135°	5.158157	5.954982	7.944256	5.249026	9.930207	6.128997	6.588053	6.708
	45°-90°	2.109364	0.843152	0.062264	2.233895	1.385494	0.449182	1.014424	1.157
	45°-135°	3.071413	0.769593	0.786829	3.263384	5.746465	1.562572	6.541881	3.106
	90°-135°	0.962049	1.612746	0.849093	1.029489	4.360971	2.011754	5.527457	2.336

差距较大。因此针对同质性和对比度特征值,对体内组和对照组样本 4 个方向的特征值分别计算它们任两方向的特征差值的绝对值。按 4 个方向两两不重复组合共有 6 种方向对组合,则对照组和体内组在各方向对的同质性和对比度特征差值的绝对值结果如表 6 和表 7 所列。

从表 6 的结果可知,在对照组每例样本各方向对的同质性特征差值的绝对值中,至少有 4 个方向对的特征差值的绝对值 < 0.04 ;体内组每例样本各方向对的同质性特征差值的绝对值中,至多有 3 个方向对的特征差值的绝对值 < 0.04 。该规律见表 6 填充红色的数据单元格所示。

从表 7 的结果可知,在对照组每例样本各方

向对的对比度特征差值的绝对值中,至少有 4 个方向对的特征差值的绝对值 < 4.1 ;体内组每例样本各方向对的对比度特征差值的绝对值中,至多有 3 个方向对的特征差值的绝对值 < 4.1 。该规律见表 7 填充红色的数据单元格所示。

3 讨论

通过对体外用药、体内用药和对照组三类样本组的 5 种数字特征数据进行统计分析,发现对于三类样本组,其均衡化图像的 5 种数字特征中仅有熵特征在 0°、45°、90°和 135°的 4 个方向上数值具有显著性差异;其纹理化图像的 5 种数字特

征在4个方向上的几乎都具有统计学意义(除45°方向的对比度特征值和0°方向的相关性特征值),其中能量和熵特征在4个方向上均具有显著性差异。这表明,均衡化处理消除了外因造成明暗不一致的影响,但未能强化突出其纹理特性。对经过均衡化处理的样本图像再进行纹理化处理,便能很好地捕获3类样本图像的纹理特性,并加以区分,如图5所示。

相对于体外用药组,对照组与体内用药组存在一种较均一致且规则变化的纹理模式(如图5所示),因此对照组与体内用药组的能量较大。同时由于体外用药组的边界纹理并没有其他两组那么明显,图像有更多噪声信号,其灰度分布也没有

体内用药以及对照组那么规律、均匀,因此熵值也较大。所以纹理化处理的图像可以通过能量和熵将体外用药组的样本区分开,本文给出的参考阈值分别为0.5和1.5(如图3所示)。

对比度以及同质性反映了图像纹理的深浅和清晰度。由于对照组的图像纹理呈块状,在多个方向上均有纹理分布,故而从各个方向获取对照组样本图像的对比度和同质性特征数据都几乎不同。而体内用药组的纹理大多呈平行线条,纹理基本上朝一个方向分布,故而图像在三个方向所获的对比度或同质性基本一致,仅在某一方向的特征值与其他不同(如图4所示)。因此,可以通过对比度和同质性2个特征数据值的分布趋势及纹理

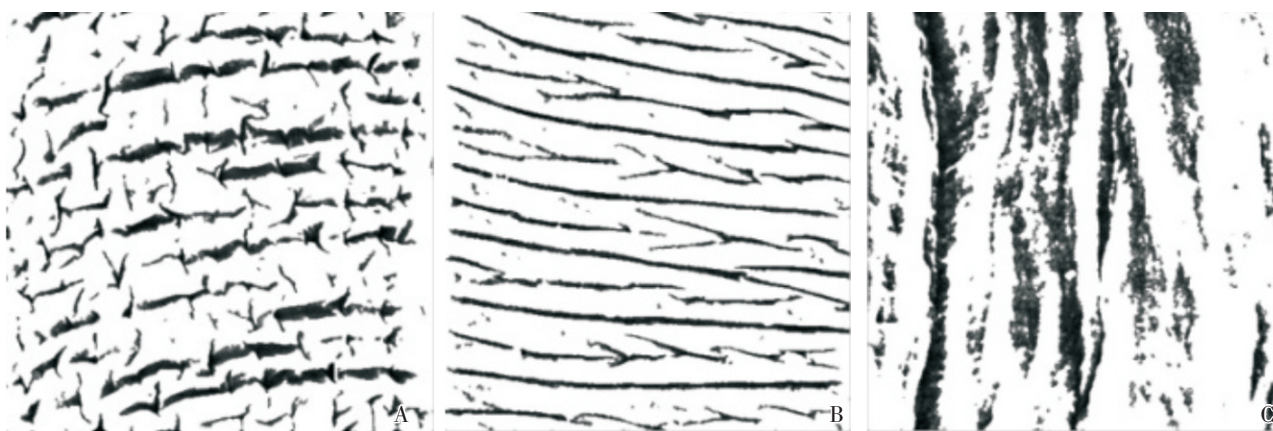


图5 三类组别纹理化图像的图示

Fig.5 Three types of groups textured image

A: Without medication; B: In vivo drug; C: In vitro drug; × 6000

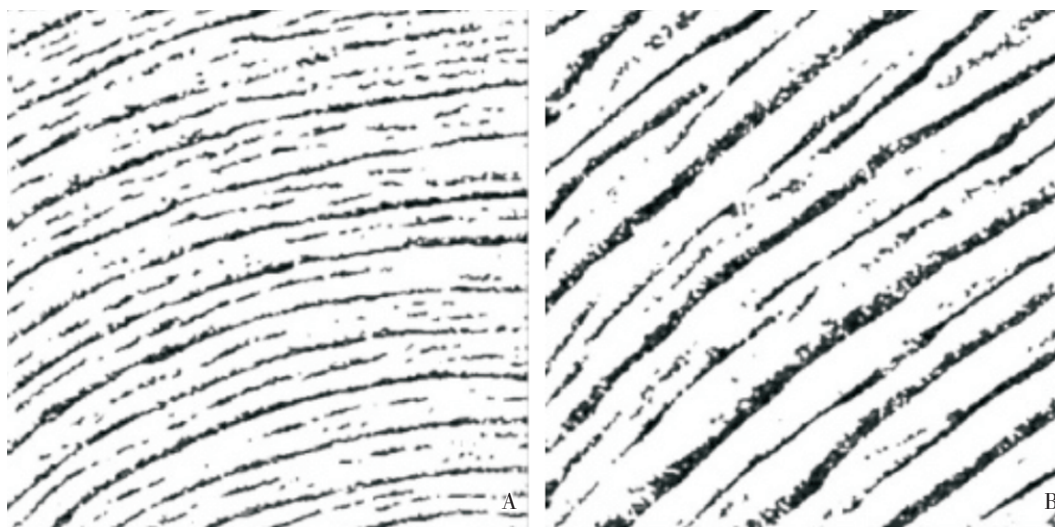


图6 第5和第7例样本的体内用药图像纹理

Fig.6 The texture of 5th and 7th sample of In vivo drug image

A: 5th sample; B: 7th sample; × 6000

状态的相关规律来区分对照组和体内用药组的样本。本文通过对体内用药组和对照组样本的同质性、对比度特征值在 6 种方向对的绝对差值的分布规律进行分析,进一步证实了上述结果,通过表 6 以及表 7 的数据得出的参考阈值分别为 0.4 和 4.1。

另一方面,提取图像样本时的方向以及位置会对该方法的结果产生影响,在体内用药组的样本中,第 5 例和第 7 例样本图像的对比度特征值较大地偏离均值,其主因是第 5 例图片存在水平纹理,同时也存在方向为右上 45° 的纹理(如图 6A 所示),因此 135° 扫描的数值较大。而第 7 例图片的纹理方向为右上(如图 6B 所示),并非水平或是垂直,因此 135° 垂直纹理方向的扫描所得的值最大。

综上所述,应用灰度共生矩阵的算法计算样本图像各方向的 5 种数字特征,依据能量、熵、对比度和同质性特征值的分布趋势以及分布规律,可以有效区分 3 类样本组。判别标准如下:当各方向的能量特征值 < 0.5 ,熵特征值 > 1.7 ,样本可以判别为体外用药组。当样本 6 个方向对的同质性和对比度特征差值的绝对值中,如果至少有 4 个方向对的特征差值的绝对值分别小于 0.04 和 4.1,则可判断样本为对照组;如果至多有 3 个方向对的特征差值的绝对值分别小于 0.04 和 4.1,则可判断样本为体内用药组。未来可以尝试使用 SVM 的方法或神经网络的方法对不同组别图像进行二叉树逐级分类,以实现药物作用的等级评估。

参考文献

- [1] 严笠. 国内广州管圆线虫病[J]. 临床和实验医学杂志, 2003, 2(1): 5-10.
Yan L. Domestic. Guangzhou Angiostrongylus[J]. J Clin Experimental Med, 2003, 2(1): 5-10.
- [2] 刘燕, 管炜桥, 董俊斌, 等. 基于灰度共生矩阵的骨肉瘤图像分析[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(8): 1492-1495.
Liu Y, Guan WQ, Dong JB, et al. Osseous tumors imaging analysis based on the gray level co-occurrence matrix [J]. Chin J Med Imag Techn, 2009, 25(8): 1492-1495.
- [3] 刘丽, 匡纲要. 图像纹理特征提取方法综述[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(4): 623-635.
Liu L, Kuang GY. Image texture feature extraction Methods [J]. J Imag Graphics, 2009, 14(4): 623-635.
- [4] 薄华, 马缚龙, 焦李成. 图像纹理的灰度共生矩阵计算问题的分析[J]. 电子学报, 2006, 1(1): 155-158.
Bo H, Ma FL, Jiao LC. Research on Computation of GLCM of image texture[J]. Acta Electroni Casi Ni Ca, 2006, 1(1): 155-158.
- [5] 冯建辉, 杨玉静. 基于灰度共生矩阵提取纹理特征图像的研究[J]. 北京测绘, 2007, 3(1): 19-22.
Feng Jian-hui, Yang Yu-jing. A study on the gray level co-occurrence matrix to extract the texture features on image [J]. Beijing Surveying and Mapping, 2007, 3(8): 19-22.
- [6] 王震, 王执铨, 茅耀斌. 基于纹理方向的描述和对具有方向性纹理图像的分类与分割[J]. 中国图形图像学报, 2002, 7(12): 12-20.
Wang Z, Wang ZQ, Mao YW. A Description Based on Texture Direction and the Clustering and Segmentation to Directional Texture Images [J]. J Image Graphics, 2002, 7(12): 12-20.
- [7] Hall-Beyer M. The GLCM tutorial home page[EB/OL]. [2006.6.26]. <http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/tutorial.htm>
- [8] 朱福珍, 吴斌. 基于灰度共生矩阵的脂肪肝 B 超图像特征提取[J]. 中国医学影像技术, 2006, 22(2): 287-289.
Zhu F, Zhen WB. B-scan Ultrasonic image feature extraction of fatty liver based on gray level co-occurrence matrix [J]. Chin J Med Imag Techn, 2006, 22(2): 287-289.
- [9] 方积乾. 生物医学研究的统计方法[M]. 高等教育出版社, 2007, 8(8): 111-145.
Fang JQ. Statistical Methods For Biomedical Research [M]. Higher Education Publishing, 2007, 8(8): 111-145.
- [10] 张德丰. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2009, 8(4): 170-200.
Zhang DF. MATLAB digital image processing [M]. Beijing, industry press, 2009. 12(9): 170-200.

(编辑 王晓鹰)