

技术方法

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.000397

通过皮肤图像角点密度和皮沟面积判断皮肤发育的研究

江 正¹, 贺向前¹, 孙 露², 单改仙², 李玲玉²

(重庆医科大学 1. 医学信息学院计算机教研室; 2. 基础医学院法医学与生物医学信息研究室, 重庆 400016)

【摘要】目的:通过筛选人体皮肤的部分纹理参数,探索皮肤发育老化的规律。**方法:**用数码显微镜采集健康人群前臂内侧中间部位皮肤的放大图像,通过数字图像处理技术提取皮肤纹理角点密度和皮沟面积 2 个参数,采用相关性、差异性以及回归分析方法分析其随年龄增长的发育规律。**结果:**实验数据表明,男女性均存在皮沟面积随年龄的增长而增加的现象(男性: $r=0.950$, $P=0.000$, 女性: $r=0.960$, $P=0.000$);而男女性的皮肤纹理角点密度随年龄的增长而减小(男性: $r=-0.958$, $P=0.000$, 女性: $r=-0.969$, $P=0.000$)。**结论:**通过对皮肤纹理角点密度和皮沟面积的定量分析,揭示了皮肤纹理部分参数的生理发育和老化规律,有利于美容效果的评价,为皮肤修复、皮肤美容、皮肤保养等提供定量数据支撑,同时在法医学领域提供一种新的年龄鉴定方法。

【关键词】皮肤纹理角点密度;皮沟面积;图像处理;皮肤发育**【中图分类号】**R322.99;TP391**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2014-03-17

Evaluating skin development based on corner density and rimae cutis area in skin image

Jiang Zheng¹, He Xiangqian¹, Sun Lu², Shan Gaixian², Li Lingyu²

(1. Teaching and Research Section of Computer, Medical Informatics College; 2. Teaching and Research Section of Forensic Medicine and Biomedical Informatics, Basic Medical College, Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To probe into rule of skin development and aging by extracting corner density and rimae cutis area in skin image. **Methods:** The amplificatory skin images on the middle of inner forearm of healthy people were collected by digital microscope.

作者介绍:江 正, Email: 510497166@qq.com,

研究方向:医学图像处理及医学信息挖掘。

通信作者:贺向前, Email: hexiangqian@gmail.com。

基金项目:重庆市科委资助项目(编号:CSTC2013yykfA10013);重庆市渝中区科委资助项目(编号:20120305)。

优先出版: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13406/j.cnki.cyx.000397.html>

High technologies of image processing including image segmentation and corner detection were applied to extract quantitative data of the two parameters. Skin texture development rules were analyzed by using statistics methods of correlation analysis, variance analysis and regression analysis. **Results:** The experiment data showed that the area of rimae cutis increased with

- [5] Huang SH, Wu TK. Modified colorimetric assay for uricase activity and a screen for mutant *Bacillus subtilis* uricase genes following StEP mutagenesis[J]. *Eur J Biochem*, 2004, 271(3): 517-523.
- [6] Patte C, Sakiroglu O, Sommelet D. European experience in the treatment of hyperuricemia[J]. *Semin Hematol*, 2001, 38(4 S10): 9-12.
- [7] Pui CH. Urate oxidase in the prophylaxis or treatment of hyperuricemia; the United States experience[J]. *Semin Hematol*, 2001, 38(4 S10): 13-21.
- [8] Goldman SC, Holcenberg JS, Finklestein JZ, et al. A randomized comparison between rasburicase and allopurinol in children with lymphoma or leukemia at high risk for tumor lysis[J]. *Blood*, 2001, 97(10): 2998-3003.
- [9] Cui Y, Wu Z, Liu X, et al. Preparation, safety, pharmacokinetics, and pharmacodynamics of liposomes containing *Brucea javanica* oil[J]. *AAPS PharmSciTech*, 2010, 11(2): 878-884.
- [10] El-Gahami MA, Albishri HM. Equilibrium studies of dibutyltin (IV)-zwitterionic buffer complexation. *J Solution Chem*, 2013, (42):

2012-2024

- [11] Tan QY, Zhang JQ, Wang N, et al. Uricase from *Bacillus fastidiosus* loaded in alkaline enzyosomes: enhanced biochemical and pharmacological characteristics in hypouricemic rats[J]. *Eur J Pharm Biopharm*, 2012, 82(1): 43-48.
- [12] Patten CS, Daniels D, Suzuki A, et al. Structural and signaling requirements of the human melanocortin 4 receptor for MAP kinase activation[J]. *Regul Pept*, 2007, 142(3): 111-122.
- [13] Chen M, Cai M, McPherson D, et al. Contribution of the transmembrane domain 6 of melanocortin-4 receptor to peptide [Pro 5, DNaI(2') 8]-gamma-MSH selectivity[J]. *Biochem Pharmacol*, 2009, 77(1): 114-124.
- [14] 王 娜. 治疗高尿酸血症 UOX 脂质纳米粒的初步研究[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2010.
- [15] 何忠效. 生物化学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 4-5.

(责任编辑: 关蕴良)

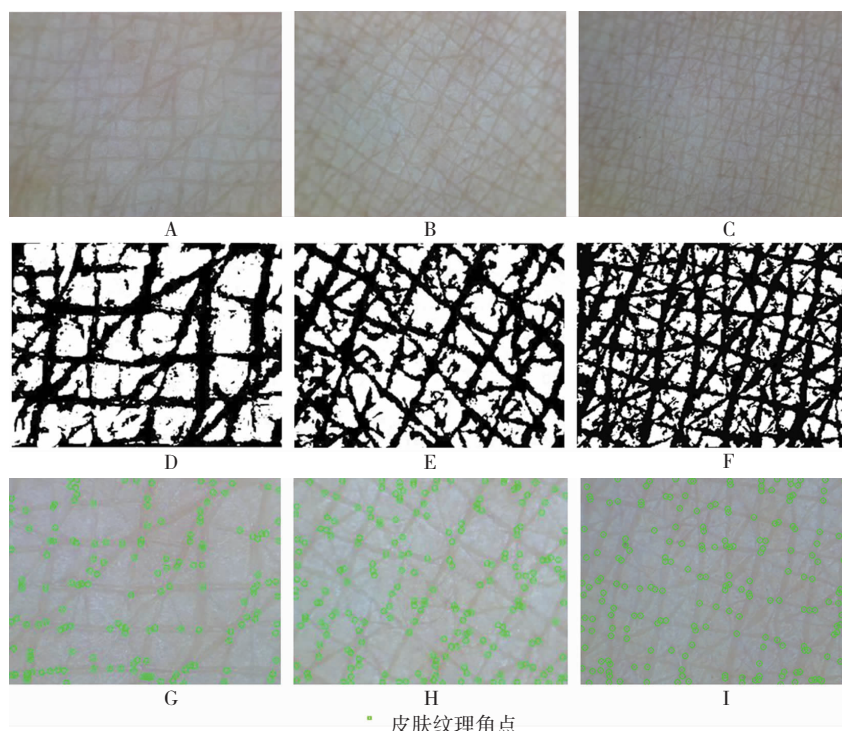
age(male; $r=0.950$, $P=0.000$,female; $r=0.960$, $P=0.000$). The density of corner in skin image was decreased with age(male; $r=-0.958$, $P=0.000$;female; $r=-0.969$, $P=0.000$). **Conclusion:** The method of this paper is effective in exploring the skin texture development rule. The research helps to assess the effect of cosmetic objectively and improve cosmetic operations with quantify data. The research also can be applied to forensic aging identification.

【Key words】skin line density; skin trench areas; image processing; skin development

皮肤纹理结构特点和发育规律在皮肤修复、皮肤美容、皮肤保养等领域具有举足轻重的作用,能客观评价美容产品治疗效果,对皮肤病的手术或美容手术处理具有指导作用,同时还能对皮肤纹理年龄进行精确地评价。不少学者对皮肤纹理的发育规律做过大量的研究,早在 1976 年 Urbach 等人便对光老化皮肤做过研究,得出光老化产生的主要原因是由外界因素引起^[1],而皮肤松弛、皱纹增多等皮肤发育老化现象则是随着年龄的增长不可避免的自然过程^[2-4]。皮肤的定量评价方法有生物学方法,比如 Varani 等人^[5]利用内源性皮肤细胞某种蛋白表达来衡量皮肤的老化程度;物理方法,比如硅胶复膜制备皮纹样本的方法^[6],这些定量评价方法虽然得到的数据较准确,但是操作复杂,耗时费力并且直观性差。

对皮肤纹理微细结构的研究通常需要显微镜

放大观察,在放大获得的皮肤图像中,皮肤纹理如图 1A、B、C 所示,主要是由皮脊和皮沟组成的。其中,皮肤纹理的一个特征参数:纹理角点密度,指在单位皮肤面积下由皮沟相互交错而成的角点总个数。人体皮肤随着年龄增长,皮肤皱纹逐渐加深,纹间皮肤松垂,导致皮沟宽度变大,如图 1D、E、F 所示;与此相反,年轻皮肤纹理比较致密,纹格交错,具有“田”字形结构,随着年龄的增长,皮肤松弛,逐渐无弹性,纹格逐渐变为“个”字形结构,纹理角点密度会逐渐变少,如图 1G、H、I 所示。受此启发,拟采用图像处理的角点检测技术提取皮肤纹理角点密度,同时由于皮沟线的宽度不规则变化,测量单条皮沟线的宽度意义不大,拟采用皮沟面积来评价皮沟宽度。用单位皮肤面积下的皮肤纹理角点密度和皮沟面积这 2 个参数定性评价皮肤纹理发育规律,探讨这 2 个参数指标与皮肤年龄的相关性。



A、B、C 分别为 32 岁、52 岁、73 岁男性左臂皮肤图像;D、E、F 对应的皮沟图像;G、H、I 对应的皮肤纹理角点密度图像

图 1 皮肤纹理发育随年龄变化图

Fig.1 Changes in skin texture with the advance of age

1 数据和方法

1.1 数据

人体不同部位皮肤纹理差异较大,一般受阳光辐射较小、受外界压迫和拉伸小、肌肉运动不频繁的身体部位皮肤纹理更能体现皮肤纹理的发育规律,经过前期调研及综合考虑采集方便程度,实验中采集人体前臂内侧中间部位的皮肤图像作为研究对象,采集设备采用自行设计的数码显微镜(专利号:ZL 2012 2031 8575.4),采集图像大小为 800×600 像素,数码显微镜各项性能参数设置一样,采集的图像质量基本一致。

图像数据来源于 200 例健康成年人的皮肤图像(图像数据不涉及志愿者隐私,均获得志愿者同意,志愿者图像数据可用于本科学研究),剔除身体质量指数(body mass index, BMI)不在中国参考标准(18.5~24.0)范围内、图像质量较差的样本,最终获得 144 例(平均年龄 48.6 岁)图像样本,包括左右手图像。分为男女 2 个分组,男性 70 例(平均年龄 48.1 岁),女性 74 例(平均年龄 49 岁)。

1.2 方法

1.2.1 皮肤图像分割 图像分割的目的是把皮肤纹理图像分成各具特性的区域并保留主要的纹理信息,图像分割的结果是纹理信息提取的基础,在分割前还需进行一系列的图像预处理。

首先,将彩色皮肤图像转化为灰度图像,并将尺寸裁剪到 400×300 像素,保留中心图像,以获得更清晰的皮肤纹理并提高处理速度;然后,采用对比度受限的局部直方图均衡化^[8]将仍存在的由皮肤表面光照、噪声以及分泌油脂等影响造成的皮肤图像亮度不均现象去除,以便进一步的提取参数工作;最后,选用局部阈值分割法和分水岭变换的方法^[9-10]对皮肤图像进行分割,从而清晰地皮肤多边形网格纹理和网格区块分割出来并提取纹理。

由以上步骤得到的皮肤纹理二值图像,再经过去噪等细节优化,最后效果如图 1D、E、F 所示。

1.2.2 皮肤纹理角点密度检测 由分割图像可以通过获取主干的方法可以进一步得到单像素宽的皮肤纹理图像,此时将纹理线条中有交叉点的位置标记并保存,最后获得的坐标总数即为在单位皮肤面积下皮肤纹理角点密度。

如果皮肤纹理比较细腻,代表较小年龄,皮沟交叉点较多,皮沟弯曲点也较多,因此检测出的角点较多,皮肤纹理角点密度大;相反,如果皮肤纹理较粗糙,代表较大年龄,皮沟交叉点少,皮沟相对较平直,检测出的角点少,皮肤纹理角点密度小。

1.2.3 皮肤纹理皮沟面积计算 分割得到的二值图像中黑色区域即为皮沟,因为数码放大显微镜采集系统放大倍数相同,采集的图像尺寸大小相同,所以图像的像素点与实际皮肤面积存在固定的比例关系,同时单独测量某一条皮沟的宽度繁琐,而分割后的二值图像中黑色像素点个数是皮沟的总面积,能代表皮沟的宽度。为了计算上的方便,采用的是皮沟总面积除以图片总像素点(即 400×300 个像素点)得到的比值作为皮沟宽度的面积参数。

1.3 统计方法

采用 SPSS 统计软件进行分析,首先是左右臂皮肤特征参数的差异性分析,一个人的左右臂皮肤特征参数构成一对数据,对左右臂皮肤参数进行配对 t 检验,比较获得的 2 个特征参数分别在左右臂皮肤上是否有统计学差异;然后分别对皮肤纹理角点密度参数和皮肤面积参数与年龄进行 Pearson 相关分析,判断皮肤纹理参数与年龄的相关性;最后对这 2 个参数进行 3 次回归分析,分别得到参数与年龄之间的回归方程,进行统计分析。

2 结果

2.1 左右臂皮肤参数的差异性分析

经过对 72 组左右臂皮肤的配对 t 检验分析,得到结果见表 1、表 2。由表 1、表 2 得出:左右臂皮肤对应位置处的皮肤皮沟面积和纹理角点密度的相关系数分别为 $r=0.984$ 和 $r=0.989$,对应的 $P=0.000$,均远小于 0.05,可以认为两个皮肤参数均具有高度相关性。其中,左臂皮肤的皮沟面积(0.483 ± 0.022)与右臂皮肤的皮沟面积(0.484 ± 0.022)比较,差异无统计学意义($t=-0.691$, $P=0.492$);左臂皮肤纹理角点密度(181.194 ± 20.553)与右臂皮肤纹理角点密度(181.361 ± 21.086)比较,差异无统计学意义($t=-0.452$, $P=0.651$)。

表 1 左右臂配对样本相关系数

Tab.1 Paired samples correlation coefficient of left and right arms

	左臂皮沟面积 & 右臂皮沟面积	左臂纹理角点密度 & 右臂纹理角点密度
例数(n)	72	72
r 值	0.984	0.989
P 值	0.000	0.000

表 2 左右臂配对样本 t 检验

Tab.2 Paired samples t test of left and right arms

	左臂皮沟面积 - 右臂 皮沟面积	左臂纹理角点密度 - 右 臂纹理角点密度
例数(n)	72	72
t 值	-0.691	-0.454
P 值	0.492	0.651

2.2 皮肤纹理参数与年龄的相关性分析

统计结果表明,无论男性或女性,皮肤皮沟面积和纹理角点密度与年龄均存在良好的相关性,其中男性皮沟面积比和纹理角点密度 r 分别为 0.950 和 -0.958, P 值均为 0.000;女性 r 分别为 0.960 和 -0.969, P 值均为 0.000,具体见表 3。

表 3 测量指标与年龄相关性

Tab.3 Correlation between measurement indicator and age

指标	例数	r 值	P 值
男性皮沟面积 - 年龄	35	0.950	0.000
男性纹理角点密度 - 年龄	35	-0.958	0.000
女性皮沟面积 - 年龄	37	0.960	0.000
女性纹理角点密度 - 年龄	37	-0.969	0.000

2.3 皮肤皮沟面积和纹理角点密度参数对应年龄的回归分析

从表 4 中可以得到男性皮沟面积的回归曲线方程为: $y=0.329+0.009x+0.000001205x^3,P=0.000$;男性纹理角点密度的回归曲线方程为: $y=256.927-3.401x+0.066x^2-0.001x^3,P=0.000$ 。

从表 5 中可以得到女性皮沟面积比的回归曲线方程为:

$y=0.384+0.004x-0.00007496x^2+0.000000582x^3,P=0.000$;女性纹理角点密度的回归曲线方程为: $y=-1.708-1.708x-0.028x^2,P=0.000$ 。

图 2 是皮肤皮沟面积和纹理角点密度参数对应年龄的回归曲线。可以看到,无论男性或女性,皮肤皮沟面积随着年龄的增加而增大,纹理角点密度随着年龄的增加而变小。

表 4 男性模型概述与参数估计

Tab.4 Parameter estimation of male model summary

指标	模型概述					参数估计			
	确定系数	F 检验	自由度 1	自由度 2	显著性	常量	系数 1	系数 2	系数 3
皮沟面积	0.968	308.618	3	31	0.000	0.329	0.009	0.000	1.205E-6
纹理角点密度	0.964	275.873	3	31	0.000	256.927	-3.401	0.066	-0.001

表 5 女性模型概述与参数估计

Tab.5 Parameter estimation of female model summary

指标	模型概述					参数估计			
	确定系数	F 检验	自由度 1	自由度 2	显著性	常量	系数 1	系数 2	系数 3
皮沟面积	0.948	200.090	3	33	0.000	0.384	0.004	-7.50E-05	5.82E-07
纹理角点密度	0.975	433.297	3	33	0.000	234.633	-1.708	0.028	-0.001

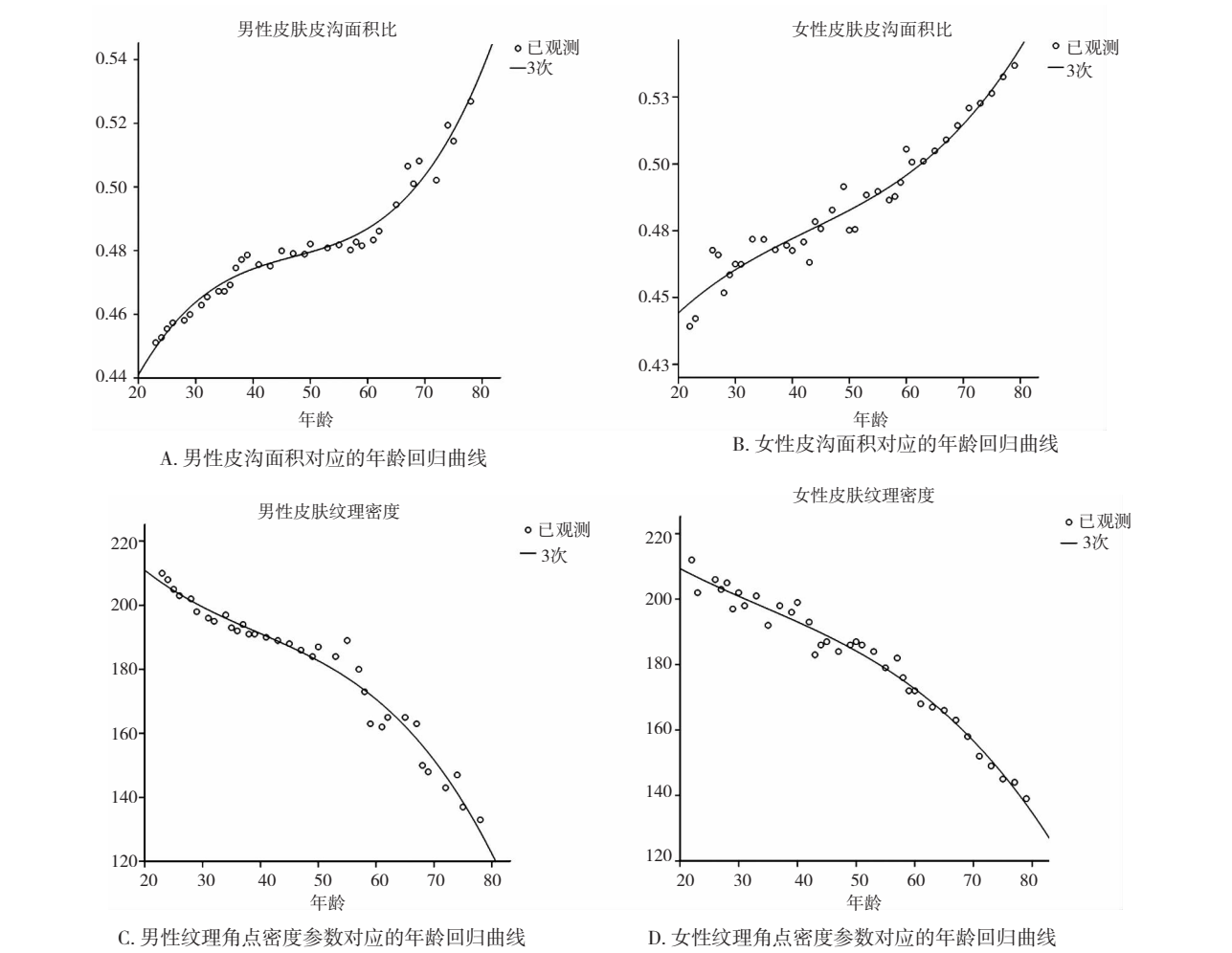


图 2 皮肤皮沟面积和纹理角点密度参数对应年龄的回归曲线
Fig.2 Regression curve of rimae cutis area and corner density of the skin

3 讨 论

目前流行研究的皮肤特征参数包括肤色、弹性、光泽、皮沟深度等,需要硅胶复膜制备皮纹样本或专业的皮肤轮廓检测仪,虽然检测方法成熟,但是获取实验样本较为复杂。基于皮肤图像角点密度和皮沟面积参数判断皮肤发育是一种新的研究方法,其数据采集较为方便,利用计算机图像处理技术自动检测并计算皮肤角点密度和皮沟面积,为大样本量分析节约工作量并提高工作效率。同时,基于二维皮肤图像的纹理分割算法研究有很多,比如 Vamsi 等^[1]提出利用模糊聚类分割算法来对皮肤纹理进行分割提取病变部位,仅对算法的准确性加以评价,没有进行大样本量的统计分析。本文在现有的算法基础上,选取皮肤角点密度和皮沟面积 2 个特征参数,并结合一起探讨皮肤发育情况,采集 144 例样本,通过相关性、差异性以及回归分析方法进行统计分析,最后得出的结论具有一定的参考价值。

4 结 论

通过对 72 组同一人的左右手皮肤纹理进行对比研究,得到的实验数据显示同一个人的左右手皮肤纹理发育具有高度相关性,几乎没有差别,与人体具有左右对称性相呼应;实验数据还表明皮肤纹理中的皮沟面积随着年龄的增长而增大,对应皮肤的宏观表象即为随着年龄的增长,皮肤皱纹逐渐加深,纹间皮肤松垂,即皮肤衰老现象;而皮肤纹理角点密度随着年龄的增长而减少,在皮肤的宏观表象上不难看出,年轻人的皮肤纹理紧致细密,老年人皮肤纹理松弛,从而必然导致纹理的角点密度减少。从回归曲线中可以看出,随着年龄的增长,男性皮肤的皮沟面积和纹理角点密度在 50 岁之前变化较女性皮肤缓慢,在 50 岁之后变化较女性皮肤剧烈;而女性皮肤的皮沟面积和纹理角点密度随着年龄的增长没有明显的急缓变化。在单位皮肤面积下的皮沟面积和纹理角点密度符合皮肤老化规律且与

年龄具有高度相关性,可以作为评价皮肤自然发育老化程度的特征参数,并应用于法医学年龄鉴定,皮肤科学研究、美容指导等诸多领域。

参 考 文 献

- [1] Urbach F, Forbes PD, Davies RE, et al. Cutaneous photobiology: past, present and future[J]. The Journal of Investigative Dermatology, 1976, 67(1): 209-224.
- [2] Helfrich YR, Sachs DL, Voorhees JJ. Overview of skin aging and photoaging[J]. Dermatology Nursing, 2008, 20(3): 177-183.
- [3] Fisher GJ, Kang S, Varani J, et al. Mechanisms of photoaging and chronological skin aging[J]. Archives of Dermatology, 2002, 138(11): 1462-1470.
- [4] Varani J, Warner RL, Gharraee KM, et al. Vitamin A antagonizes decreased cell growth and elevated collagen-degrading matrix metalloproteinases and stimulates collagen accumulation in naturally aged human skin[J]. The Journal of Investigative Dermatology, 2000, 114(3): 480-486.
- [5] Varani J, Spearman D, Perone P, et al. Inhibition of type I procollagen synthesis by damaged collagen in photoaged skin and by collagenase-degraded collagen in vitro[J]. The American Journal of Pathology, 2001, 158(3): 931-942.
- [6] Lagarde JM, Rouvrais C, Black D. Topography and anisotropy of the skin surface with ageing[J]. Skin Research and Technology, 2005, 11(2): 110-119.
- [7] Gonzalez RC, Woods RE, Eddins SL. Digital image processing[M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry of China, 2007: 449-452.
- [8] Ali MR. Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for real-time image enhancement[J]. Journal of Signal Processing Systems, 2004, 38(1): 35-44.
- [9] Batenburg KJ, Sijbers J. Selection of local thresholds for tomogram segmentation by projection distance minimization[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2008(4992): 380-391.
- [10] Vincent L, Soille P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 13(6): 583-598.
- [11] Vamsi K, Madasu BC, Lovell. Blotch detection in pigmented skin lesions using Fuzzy Co-Clustering and Texture Segmentation[C]. DICTA 2009: Digital Image Computing: Techniques and Applications Conference, Melbourne, Australia, January, 2009.

(责任编辑:冉明会)