技术方法

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.001171

基于皮肤表面纹理信息推断年龄的研究

薛锦霞，李玲玉，甘　平，贺向前
（重庆医科大学医学信息学院，重庆　400016）

【摘　要】**目的**：通过对人体皮肤表面图像进行纹理形态特征分析，探索一种新的医学年龄推断方法。**方法**：应用计算机图像分析技术，对 180 例西南地区室内工作者的前臂腹侧中段部位皮肤图像进行纹理特征分析，计算出 3 个皮肤纹理参数（网格数、网格平均面积以及灰度共生矩阵），最后运用统计学方法分析这些纹理参数与年龄的相关性，得出依据皮肤纹理参数推断年龄的关系式。**结果**：数据表明，随着年龄的增长，皮肤表面纹理中的网格数不断减少（男性：r=-0.745，P=0.000；女性：r=-0.792，P=0.000），网格面积不断增大（男性：r=0.712，P=0.000，女性：r=0.809，P=0.000），0 度方向的灰度相关性逐渐增大（男性：r=0.670，P=0.000；女性：r=0.667，P=0.000），将统计分析得到的年龄推断模型测试于 20 例志愿者，所得年龄推断误差均在 3 岁以内。**结论**：本研究通过对皮肤表面老化特征参数的定量分析，得出了依据皮肤纹理推断年龄的有效模型。由于本方法具有年龄检测范围大、操作简单、检测成本低的优点，可望用于医学年龄的快速推断。

【关键词】皮肤表面纹理；图像分析技术；年龄推断；皮肤老化
【中图分类号】R322.99；TP391　　【文献标志码】A　　【收稿日期】2015-12-21

A study on age estimation based on skin surface texture

Xue Jinxia, Li Lingyu, Gan Ping, He Xiangqian
(*College of Medical Informatics, Chongqing Medical University*)

【Abstract】***Objective***: To explore a new method of forensic age detection by analyzing the texture features of human skin surface. ***Methods***: Using computer image processing technique, the forearm skin images of 180 cases of indoor workers in the South West China were processed, and three texture feature parameters were calculated including the number of grids, the mean area of grids and the gray level co-occurrence matrix. The relationship between these parameters and age was analyzed using statistics methods. ***Results***: The experiment data showed that the number of grids decreased with age (male: r=-0.745, P=0.000; female: r=-0.792, P=0.000). The mean area of grids increased with age (male: r=0.712, P=0.000; female: r=0.809, P=0.000). The gray correlation in the direction of 0 degree increased with age (male: r=0.670, P=0.000; female: r=0.667, P=0.000). When the proposed method was applied to 20 subjects, the range of error was less than 3 years. ***Conclusion***: Through the quantitative analysis of the skin surface aging characteristic, automatic and effective age estimation are achieved. With the advantages of wide detection range, simple operation and low detection cost, this method has the potential application in clinical practice.

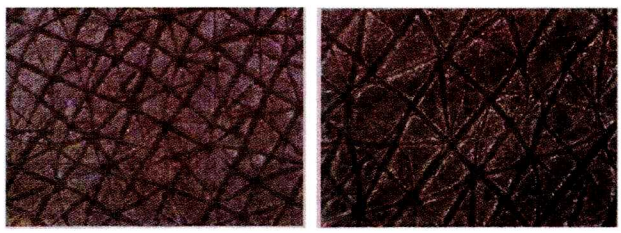
【Key words】skin surface texture; image processing technology; age estimation; skin aging

年龄是一种具有生物学基础的自然标志。对个体的年龄推断是法医和刑事侦察中经常遇到的一项工作，包括对移民、无名氏、运动员、嫌犯等进行年龄推断，从而为侦查和处理民事案件等提供线索和证据。骨龄检测是目前运用较多和比较成熟的一种年龄估计手段[1]。因为骨骼的发育过程通过 X 线表现出来的特征从形态上可以加以辨认，然而，一旦骨骼发育成熟，其发育变化特征将不是很明显，因此，骨龄检测方法对于成年人年龄推断存在一定的局限性。

除了骨骼发育之外，人体还有很多组织器官也可以表达年龄信息，如皮肤和毛发等。皮肤作为人体最大的一个器官，其发育老化规律已经被做了大量研究[2-4]。已有的研究表明：人体上肢皮肤表面纹理结构清晰，是由初级线（20~100 μm 深）和初级线的分叉线（次级线，5~40 μm 深）组成的网状结构。随着年龄增加，20 岁以后皮肤开始老化、萎缩、变薄，其在微观结构上表现为初级线变粗加深，次级线减少或者消失[5-6]。受此启发，本课题组利用数码显微镜采集观察手臂内侧部位皮肤表面的微观结

作者介绍：薛锦霞，Email：562785088@qq.com，
研究方向：医学图像处理。
通信作者：贺向前，Email：hexiangqian@cqmu.edu.cn。
基金项目：重庆市科委资助项目（编号：cstc2013yykfA10013）；重庆医科大学医学信息学院资助项目（编号：2014A004）。
优先出版：http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20170105.1637.004.html（2017-01-05）

构图像，发现如图 1 所示，相比于年轻的皮肤纹理，年长者皮肤纹理中的网格数变少，网格面积增大。因此，本研究提出利用计算机图像处理技术，提取计算皮肤表面微观图像中的纹理形态特征参数，然后分析这些参数与年龄之间的关系，最后依据统计学方法推导得出皮肤纹理特征参数与年龄的关系式，从而用于医学年龄的无创推断。



A. 39 岁女性左臂皮肤表面纹理图像　　B. 62 岁女性左臂皮肤表面纹理图像

图 1　皮肤表面纹理随年龄变化图

Fig.1　Changes in skin surface texture with age

1　数据与方法

1.1　数据

人体皮肤不同部位纹理差异性较大。相对于其他部位皮肤，前臂内侧皮肤纹理结构清晰，受外界环境影响较小，肌肉运动不频繁，而且便于图片采集。因此本研究选取前臂内侧中段部位皮肤的图像作为本课题的研究对象。

本研究的皮肤图像样本来源于 200 位志愿者（图像数据不涉及志愿者隐私，经志愿者同意，其图像数据可用于本科学研究），这些志愿者均生活在西南地区，为医生、老师和学生等室内工作者，并且无皮肤类疾病。并将其随机分为实验组（90%样本数）和验证组（10%样本数）。其中实验组 180 人（男 90 人，女 90 人），年龄范围为 19~79 岁，平均年龄为（47.1 ± 17）岁，其年龄与性别分布如图 2 所示。

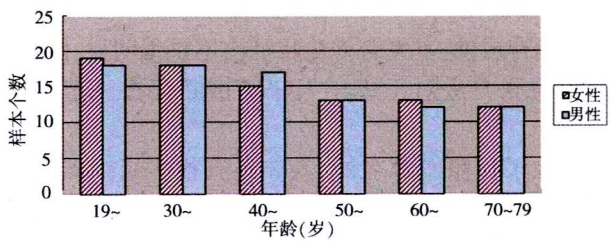


图 2　实验组样本的年龄与性别分布图

Fig.2　Age and sex distribution of enrolled subjects

在适宜的室内条件下，被采集的志愿者成放松状态静坐，手微握拳，左前臂伸展平放在桌面上，在固定的焦距和物距下，利用带有偏振片的数码放大显微镜对前臂内侧中段位置的皮肤表面微观结构进行同一视野的图像采集，最后通过 USB 接口将图像传输至计算机。每位志愿者至少采集 20 张皮肤图像，采集过程如图 3 所示。



图 3　皮肤图像样本的采集

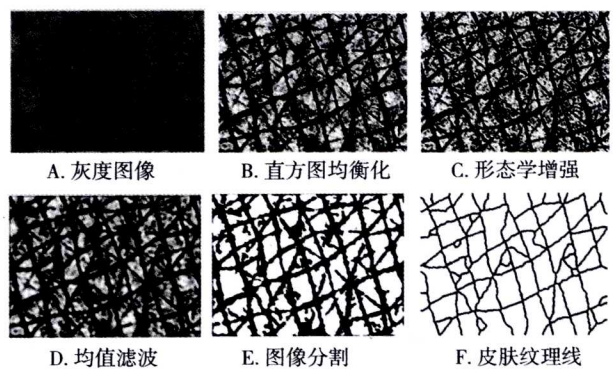
Fig.3　Acquisition of skin surface image

1.2　方法

1.2.1　图像预处理　在采集过程中，由于受到光照不均、皮肤表面油脂等因素的影响，获取的皮肤图像样本大多存在亮度不均以及噪声干扰的情况。因此，在提取皮肤图像中老化信息前，先进行图像预处理，用于改善图像质量，以抑制与分析目标无关的图像细节。

首先，对采集到的图像样本进行筛选，去除模糊的、采集部位不正确的图片。然后，对图像裁剪保留图像中心部位，以便于获取清晰的皮肤纹理图像，并且将其转换为灰度图像，如图 4A 所示，这样可以提高计算机图像处理速度。最后，进行对比度自适应直方图均衡化处理，将超过限制条件的像素点在直方图内进行重整，从而消除图像样本中的亮度分布不均情况，其效果如图 4B 所示。

1.2.2　皮肤纹理线提取　在图像预处理后，为了进一步突出皮肤图像中的纹理结构，需要通过形态学增强方法将图像中的亮细节提取出来，如图 4C 所示。但是，增强后的图像不可避免地还存在一些噪声干扰，因此接着选用均值滤波器进行滤波处理，其滤波结果如图 4D 所示。然后，采用大津阈值分割方法将以上操作得到的图像分割为背景和目标两部分（图 4E），最后依据皮肤表皮层的皮丘皮沟与地形学上的山丘山沟相似的结构特性[7]，对分割后得到的图像进行分水岭变换，从而可以清晰地获得皮肤表面纹理线（图 4F）。



A. 灰度图像　B. 直方图均衡化　C. 形态学增强

D. 均值滤波　E. 图像分割　F. 皮肤纹理线

图 4　皮肤图像处理过程

Fig.4　Skin image processing

1.2.3　纹理参数计算　为了获取更全面的皮肤老化信息，本方法特意提取了皮肤图像中反映纹理灰度空间结构特征的灰度共生矩阵（gray level co-occurrence matrix，GLCM）以及反映纹理二维结构特征的两个网格参数。

1.2.3.1　灰度共生矩阵（GLCM）　反映图像中像素之间的角

度方位和距离关系，是一种通过研究灰度的空间相关特性来描述纹理的常用方法。首先，对预处理所得到的灰度图像提取灰度共生矩阵。本方法在所获得的矩阵基础上，选择步距为 10 像素，对 4 个方向（即 0°、45°、90°和 135°）的灰度相关性（correlation，Cor）进行计算，从而对皮肤纹理的空间灰度特性进行定量描述。

1.2.3.2 二维结构特征的网格参数 依据皮肤图像最直观的二维结构（即皮肤纹理线），本研究选用区域标记函数对纹理线中封闭的区域进行区域标记，得到反映纹理二维结构特征的网格参数，即网格数（the number of grids，NG）。然后，再依据标记区域的面积分布属性，计算其面积平均值，得到另一个反映纹理二维结构特征的网格参数，即网格平均面积（the mean area of grids，MAG）。

1.3 统计方法

采用 SPSS 统计软件进行统计分析。首先，对计算所得的皮肤纹理参数与年龄进行 Pearson 相关分析，判断这些参数与年龄的线性相关性；然后，对这多个参数进行多元线性逐步回归分析，得到皮肤纹理参数与年龄的多元线性回归方程，用于医学年龄的推断。

2 结 果

2.1 皮肤纹理参数与年龄的相关性分析

从表 1 和表 2 中可以看到，无论男性或女性，本方法提取的皮肤纹理参数均与年龄有显著的线性相关性，其中灰度共生矩阵（GLCM）特征参数相关性和网格平均面积与年龄呈正相关，网格数与年龄呈负相关。

表 1 女性组纹理参数与年龄的相关性（n=90）

Tab.1 Correlation between texture parameters and age of female group（n=90）

纹理参数-年龄	r 值	P 值
网格数(NG)-年龄	-0.792	0.000
网格平均面积(MAG)-年龄	0.809	0.000
0°方向 GLCM 相关性-年龄	0.667	0.000
45°方向 GLCM 相关性-年龄	0.342	0.001
90°方向 GLCM 相关性-年龄	0.403	0.000
135°方向 GLCM 相关性-年龄	0.417	0.000

表 2 男性组纹理参数与年龄的相关性（n=90）

Tab.2 Correlation between texture parameters and age of male group（n=90）

纹理参数-年龄	r 值	P 值
网格数(NG)-年龄	-0.745	0.000
网格平均面积(MAG)-年龄	0.712	0.000
0°方向 GLCM 相关性-年龄	0.670	0.000
45°方向 GLCM 相关性-年龄	0.226	0.032
90°方向 GLCM 相关性-年龄	0.388	0.000
135°方向 GLCM 相关性-年龄	0.424	0.000

2.2 皮肤纹理参数对应年龄的多元线性回归分析

为了保证自变量的独立性以及模型的可靠性，本研究对 180 例皮肤图像样本数据重复进行多次多元逐步回归分析。最终进入女性年龄推断回归模型的变量为网格面积（MAG）和 0°方向的 GLCM 相关性（Cor），而男性回归模型的自变量为网格数（NG）和 0°方向的 GLCM 相关性（Cor）。从表 3 可以看到，其模型的拟合较好，偏相关系数 r 均在 0.8 左右，决定系数 r^2 分别为 0.732 和 0.635，调整系数 r^2 变化不大，不超过 0.05。

2.3 验证实验

本实验中验证组共有 20 位志愿者，其中 10 名女性，10 名男性，且其年龄分布与实验组基本保持一致，年龄范围为 21~72 岁，平均年龄是 43.9 岁。依据回归分析得到的年龄推断公式对验证组 20 个皮肤图像样本按随机顺序进行年龄推断，其中误差是推断年龄与真实年龄的差值。从表 4 可以看到，无论男性或女性，每个年龄组的年龄推断最大误差均在 3 岁以内，并且计算本实验的标准误差为 ± 1.9 岁。

3 讨 论

目前临床上针对皮肤与年龄关系的研究，多数文献资料主要关注的是皮肤弹性、颜色以及皮肤中胶原蛋白含量与年龄的关系[8-10]。相对于这些研究指标的测量，本文中的皮肤表面纹理信息更具有规律性，个体差异性小。近几年来，关于皮肤纹理信息与年龄的研究文献相对而言比较少[11-12]，其中彭洪洪等[12]利用神经网络算法实现了依据皮肤纹理特征的分类，不过由于其中的分类区间过大，分别是少年组、青年组和中年组，因此该方法不利于精确的年龄检测[12]。国外也有学者通过采用硅胶粘贴在手臂上获取皮纹样本来研究皮肤的粗糙度、弹性以及皱纹深度等纹理参数[13-14]，但是这类方法的纹理信息提取方式复杂耗时，无法适用于大样本量研究，并且参数检测成本高，在实际的医学应用中也不方便。

为了确定人体皮肤与年龄的关系，已有一些法医学学者对人体表面皮肤的形态特征进行研究，但由于检测方法和技术手段的限制，测量误差较大。2001 年刘光庭等[15]根据足跟皮肤角化程度来估计年龄。随后在 2008 年，刘英姿等[16]通过测量皮肤组织形态特征指标判断个体年龄，这些研究虽取得了一些进展，但是都需要提取皮肤组织标本，然后制

表 3 女性和男性的年龄推断模型

Tab.3 Age estimation model summary of female and male

性别	模型	偏相关系数 r	决定系数 r^2	调整系数 r^2	P 值
女	age=0.015MAG+59.18Cor-3.297	0.856	0.732	0.726	0.000
男	age=73.797+53.562Cor-0.650NG	0.797	0.635	0.626	0.000

成组织切片进行观察测量，过程复杂耗时。也有学者根据手指节背部皮肤皱纹推断年龄，此方法虽然无须制作组织切片，但是由于手指部位活动频繁，其测量参数所受影响因素较多[17]。

本文采用便捷式数码显微镜采集手臂内侧皮肤表面图像，可以无创获取皮肤表面的微观形态特征，借助计算机分析首次得到依据多个皮肤纹理特征参数推断年龄的多元回归模型。通过对该模型进行验证实验，发现本研究方法具有一定的可行性。

表 4 验证组的年龄推断结果

Tab.4 Age estimation of validation group

序号	性别	真实年龄（岁）	推断年龄（岁）	误差（岁）
1	女	21	23	2
2	男	65	64	-1
3	男	24	24	0
4	女	45	46	1
5	女	59	59	0
6	男	60	57	-3
7	女	43	41	-2
8	女	25	28	3
9	男	31	32	1
10	男	50	47	-3
11	女	29	27	-2
12	男	43	40	-3
13	女	72	71	-1
14	男	55	53	-2
15	女	32	32	0
16	男	62	60	-2
17	男	33	36	3
18	女	48	47	-1
19	男	31	32	1
20	女	51	52	1

4 结 论

通过对 135 例志愿者手臂内侧皮肤图像进行分析，发现本研究所提取的皮肤纹理形态特征参数均与年龄有较高的相关性。随着年龄增长，皮肤表面微观图像中的网格数减少，网格面积增大，这与我们肉眼观察到的皮肤衰老现象（即皮肤皱纹逐渐加深、纹间皮肤松垂）相对应，符合皮肤自然老化的客观规律。依据本方法得到的年龄推断模型对志愿者进行年龄推断，结果表明最大误差仅为±3 岁。由此可见，本方法适用于对室内工作的成年人进行年龄推断。

针对室外工作者受外界光照较多等因素的特殊性，本研究下一步将会选取其他受外界光照保护的皮肤部位，比如大腿根部外侧皮肤等部位进行年龄推断研究。另一方面，还需要扩大样本量构建皮肤纹理图像数据库，包括不同居住地区、不同工作类型，不同种族，从而建立更准确可靠的年龄推断模型。由于本方法中的使用设备简单，便于携带，所用指标受主观因素影响小，因此比较易于推广应用，具有一定的医学应用价值。

参 考 文 献

[1] 许寿生，熊开宇. 骨龄研究现状与进展[J]. 北京体育大学学报，2007，30(7)：944-945.

[2] Li L，Mac-Mary S，Marsaut D，et al. Age-related changes in skin topography and microcirculation[J]. Arch Dermatol Res，2006，297(9)：412-416.

[3] Wurm EM，Longo C，Curchin C，et al. In vivo assessment of chronological ageing and photoageing in forearm skin using reflectance confocal microscopy[J]. Br J Dermatol，2012，167(2)：270-279.

[4] Nikolakls G，Makrantonakl E，Zouboulis CC. Skin mirrors human aging[J]. Horm Mol Biol Clin Invest，2013，16(1)：13-28.

[5] Ryu JH，Seo YK，Boo YC，et al. A quantitative evaluation method of skin texture affected by skin ageing using replica images of the cheek[J]. Int J Cosmetic Sci，2014，36(3)：247-252.

[6] Hashimoto K. New methods for surface ultrastructure：comparative studies of scanning electron microscopy，transmission electron microscopy and replica method[J]. Int J Dermatol，1974，13(6)：357-381.

[7] 邹耀斌. 皮肤老化分析中的皮沟检测方法研究[J]. 计算机科学与应用，2012，2(1)：32-39.

[8] 荣艳华，张国安，王 成，等. 不同年龄组人正常皮肤Ⅰ型和Ⅲ型胶原含量的比较[J]. 中华烧伤杂志，2008，24(1)：51-53.

[9] Zahouani H，Pailler-Mattei C，Sohm B，et al. Characterization of the mechanical properties of a dermal equivalent compared with human skin in vivo by indentation and static friction tests[J]. Skin Res Technol，2009，15(1)：68-76.

[10] 唐 莉，李 利，邓次冰，等. 女性皮肤弹性与年龄和部位的相关性研究[J]. 中国美容医学，2005，14(6)：743-745.

[11] 江 正，贺向前，孙 露，等. 通过皮肤图像角点密度和皮沟面积判断皮肤发育的研究[J]. 重庆医科大学学报，2014，39(10)：1456-1460.

[12] 彭洪洪，金伟其. 一种基于皮肤纹理特征的皮肤分类算法[J].光学技术，2004，30(4)：467-469.

[13] Lagarde JM，Rouvrais C，Black D. Topography and anisotropy of the skin surface with ageing[J]. Skin Res Technol，2005，11(2)：110-119.

[14] Akazaki S，Nakagawa H，Kazama H，et al. Age-related changes in skin wrinkles assessed by a novel three-dimensional morphometric analysis[J]. Br J Dermatol，2002，147(4)：689-695.

[15] 刘光庭，闫瑞利，郑亚军，等. 根据足跟皮肤角化程度判断人体年龄的研究[J]. 刑事技术，2001，26(6)：8-9.

[16] 刘英姿，王成祥，李延阁. 利用皮肤组织形态特征判断年龄[J]. 解剖学杂志，2008，31(2)：255-257.

[17] 黄谷新，李树高，杨 化，等. 根据手指节皱纹推断年龄的研究及应用[J]. 刑事技术，2001，26(1)：16-18.

（责任编辑：冉明会）