

一种近红外舌下静脉提取方法

于淼¹, 闫子飞¹, 王宽全¹, 李乃民²

(1. 哈尔滨工业大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 解放军 211 医院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要:舌下静脉是中医舌诊中一个重要的诊断依据. 介绍了使用近红外舌下静脉图像采集仪采集到的近红外舌下静脉图像, 并提出了从这种近红外舌下静脉图像中提取出舌下静脉轮廓的方法. 根据所采集到的近红外舌下静脉图像的特点, 首先使用基于分水岭的射线法获得舌下区域整体轮廓, 去除舌下区域周围的干扰信息. 然后使用动态灰度阈值法在已获得的有效舌下区域进行二值化, 并结合近红外舌下静脉图像的灰度特征确定舌下静脉候选区域. 进而根据舌下静脉区域的灰度一致性, 进行自适应区域生长, 并获得最终静脉轮廓. 实验结果表明, 该方法能有效地分离舌下静脉与周边的舌质背景, 并能准确定位舌下静脉的完整边界.

关键词:中医舌诊; 近红外舌下静脉图像; 分水岭; 射线法; 区域生长

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785 (2008) 04-0309-04

An algorithm for extraction of near-infrared sublingual veins

YU Miao¹, YAN Zi-fei¹, WANG Kuan-quan¹, LI Nai-min²

(1. School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 2. The PLA No. 211 Hospital, Harbin 150080, China)

Abstract: The condition of the sublingual vein is one of the most important diagnostic criteria in tongue diagnosis. A segmentation method that allows better identification of sublingual veins from near-infrared sublingual images is proposed in this paper. The radial projection method, based on the watershed algorithm, is first applied to acquire the entire contour of the sublingual region, removing the interference of useless background surrounding the tongue body. Dynamic threshold is then utilized to complete the binarization of the newly defined sublingual region, and further confirm the candidate sublingual vein regions by considering intensity features of the near infrared sublingual vein image. Finally, region growing is iteratively performed, restricted by the original intensity feature of the near infrared sublingual image, to trace the contour of sublingual veins. Experimental results revealed that the proposed method effectively isolates the sublingual veins and the surrounding tongue proper, and precisely traces the boundary of the sublingual veins.

Keywords: tongue diagnosis; near infrared sublingual vein image; watershed; radial projection; regional growth

近年来,由于舌诊在诊断及后期对疾病的治疗中起到越来越重要的作用,舌诊已经越来越受到临床医学及生物医学领域的重视.但是,长期以来,舌诊都是依靠医生的目视观察进行判断分析,缺乏客观化、定量化的度量手段.目前,舌诊中对各种表征的研究取得了很大的进展.但这些研究都是针对舌面信息的量化^[1-4],而对舌下静脉几乎没有提及.中医舌诊学认为,舌下静脉能真实地反映疾病的发展

情况^[5-6].上卷舌尖可见2根静脉行于舌底,正常人仅隐隐显于舌下,患有某些疾病的病人的舌下静脉多怒张于粘膜下,且长度明显延长,静脉阔度增加.为了应用舌下静脉的特征进行诊病,对舌下静脉的计算机化就显得十分必要了.而舌下静脉轮廓的提取则是应用舌下静脉特征进行诊病的重要前提.

现有针对舌的特征量化都是基于对彩色舌图像进行处理.在彩色舌下静脉图像中,舌下静脉部分区别于舌质背景组织的主要特点就是舌下静脉的颜色特征.但是,由于舌下静脉位于舌底黏膜下,人体固有的个体差异性 or 疾病引起舌底黏膜的厚度不一,

收稿日期: 2008-03-04.

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作项目 (60620160097).

通信作者: 闫子飞. E-mail: cszyan@gmail.com.

使舌下静脉透过黏膜而呈现出的静脉颜色与周围舌质背景的颜色差异的明显程度不同. 为了尽可能多地获取舌下静脉的信息, 使用了新的传感器——便携式近红外舌下静脉图像采集仪^[7]来获取舌下静脉图像, 并对采集到的图像进行舌下静脉的轮廓分割. 与彩色图像相比, 近红外舌下静脉图像可以完整地保留舌脉的形态信息, 具有很高的研究价值.

1 舌体轮廓分割

在采集图像时, 由于人张嘴的时候舌的侧边和嘴的两侧留有一定空隙, 照射在空隙处的红外光只有很少一部分反射并被采集仪接收, 因此空隙处成像后显得很暗. 采集到的近红外舌下静脉图像如图 1(a)所示, 舌体被一个空隙所形成的不规则环形黑色区域包围. 这个区域将舌与图像中的其他部分大致分离开来, 将这个区域称为“隔离带”, 依据此隔离带可将舌体与背景分开. 首先, 计算原图像的形态学梯度图, 如图 1(b)所示. 然后应用分水岭法将具有相近灰度值的像素点用相同的颜色表示, 结果如图 1(c)所示. 从图中可清晰地看到, 舌体部分被一条不闭合的“隔离带”与图像的其他部分隔离开来. 由于图 1(c)中的每一区域都是具有相似灰度值的像素点构成, 因此由它的梯度图像即可得到其边缘信息, 提取图 1(c)的水平梯度, 再对其进行开运算则得到可有效提取“隔离带”区域的二值图像, 如图 1(d)所示.

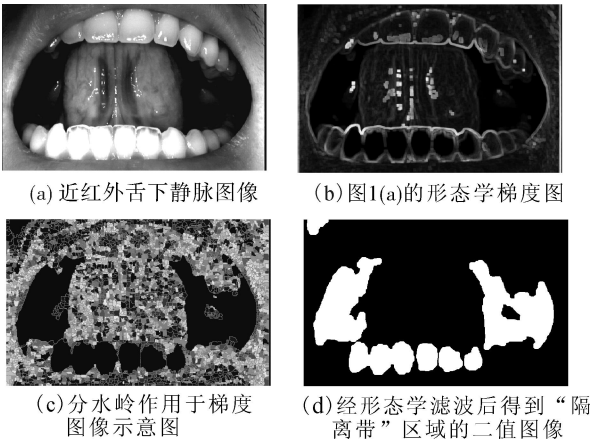


图 1 获取“隔离带”示意图

Fig 1 Illustration of getting “isolation band”

由于在采集图像时, 尽量让被采集者的舌下部分位于图像的中央. 因此, 图像的中心点必然位于舌下区域之中. 基于这个特点, 在经形态学滤波后得到的二值图像上以此中心点为圆心, 以一定角度向各个方向发射射线. 当该射线遇到“隔离带”时, 则该射线与“隔离带”的最近交点即为当前角度发射出的射线所确定的候选边缘点, 如图 2(a)所示. 中心

点到该候选边缘点的距离定义为该边缘点的半径. 根据图像的特点, 当某候选边缘点的半径小于所有边缘点半径的平均值时, 则确定该点为舌下区域的一个边缘点, 否则该点为伪边缘点. 图 2(b)中用浅色表示边缘点, 深灰色表示伪边缘点. 使用所得到的边缘点拟合合成的曲线即为舌下区域的边缘. 应用此方法得到的舌下区域边缘图像如图 2(c)所示, 映射回近红外舌下静脉图像后如图 2(d)所示. 由于在采集过程中经常会在舌体的边缘部分形成阴影, 且舌下静脉必然位于用上述方法得到的舌下区域中部, 可以对得到的舌体区域进行适当腐蚀操作, 以减小舌体边缘的阴影对后续处理的影响.

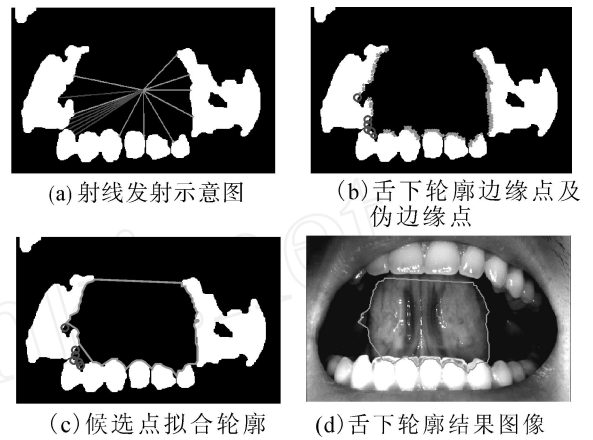


图 2 舌下区域轮廓提取.

Fig 2 Contour extraction of sublingual region

2 去除反光点

舌下静脉图像中的反光点是很明显的, 这些反光点主要是由人伸舌时舌下腺体分泌的唾液形成. 通过对大量图像观察得出, 反光点的灰度值大都集中在 250 之上, 因此可以很容易地根据阈值找到反光点区域. 在待处理图像中, 舌下静脉区域很暗, 而其周围的背景区域较亮. 为了尽量不丢失静脉区域有效信息, 这里采用 8 邻域最小值法填充检测出的反光点区域, 即用反光点 8 邻域内的最小灰度值去替换反光点的灰度值, 但这种方法对于 8 邻域范围内都是反光点的区域无效. 对于这种情况, 再做一次形态学开运算即可将高亮点全部去除.

图 3(b)为应用前面提出的舌下区域轮廓提取方法对另一幅近红外舌下静脉图像处理得到的舌下区域图像. 为去除阴影而进行形态学滤波处理后保留的舌下区域图像如图 3(c)所示. 对图 3(c)进行去反光处理得到的图像如图 3(d)所示. 为进一步增强舌下静脉区域与其周围舌质背景的对比度, 从去反光后图像中截取包含舌下区域的最小矩形, 进行自适应直方图均衡化处理, 其结果如图 4(a)所示.

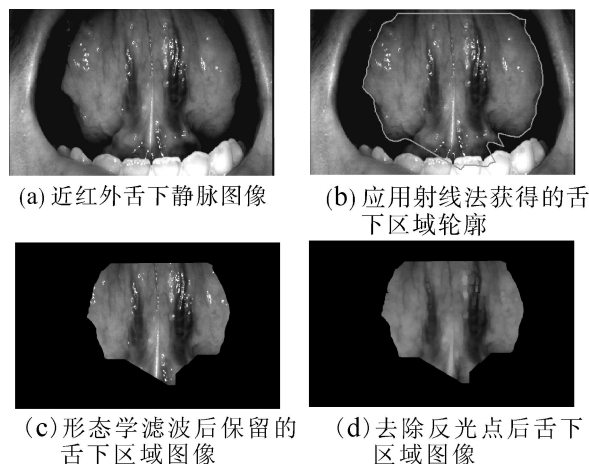


图 3 去反光

Fig 3 The removal of light-reflecting points

3 提取舌下静脉候选区域

为了进一步缩小舌下静脉所在区域的面积,确保能提取出舌下静脉的精确边缘,需要选择使用适当的二值化方法获取舌下静脉的候选区域.二值化方法主要包括:1)全局阈值法;2)局部灰度阈值法;3)动态灰度阈值法等.全局阈值化方法实现简单,对于具有明显双峰直方图的图像效果明显,但对于低对比度和光照不均匀的图像效果不佳,抗噪能力差.局部阈值法能处理较为复杂的情况,但往往忽略了图像的边缘特征,容易出现伪影现象,如经典的局部阈值化算法——Bemsen算法,其阈值由考察点邻域的灰度确定,算法中不存在预定阈值,适应性较全局阈值法强,但是当窗口的宽度较小时,很容易出现伪影现象和目标的丢失;而当窗口宽度增大时,算法的速度将受到很大影响.动态阈值法充分考虑了像素的邻域特征,能够根据图像的不同背景情况自适应地改变阈值,可较精确地提取出二值图像.

文中使用的动态灰度阈值方法是:首先在感兴趣区域内,通过直方图统计的方法获得初始阈值 μ ,并由 μ 将区域内图像像素分为 A (白色), B (黑色) 2 个区域,计算 A , B 两个区域内像素灰度均值 μ_1 、 μ_2 .然后计算区域内所有像素点分别到 μ_1 、 μ_2 的欧氏距离 d_1 、 d_2 ,如式 (1)所示.区域内像素满足式 (2)所示的条件后,分别被置为 0 和 255.应用动态灰度阈值法对图 4(a)进行处理后所得结果如图 4(b).

$$d_i = |f(x, y) - \mu_i|, i = 1, 2 \quad (1)$$

$$f(x, y) = \begin{cases} 255, & d_1 < d_2, \\ 0, & d_2 < d_1. \end{cases} \quad (2)$$

从图 4(b)实验结果可以看出,动态灰度阈值法,既保留了全部的静脉区域,又尽可能多地去除了其他干扰信息.应用形态学方法对二值化后图像进行适当处理,去除冗余信息后得图 4(c).根据近红

外舌下静脉图像的灰度特征,静脉区域的灰度值小于其周围的舌质区域,计算图 4(c)中的各个连通区域对应原图像中区域的灰度均值,如果该均值小于舌下区域的平均灰度值则被保留,否则被丢弃,即为非静脉候选区域,如图 4(d)所示.

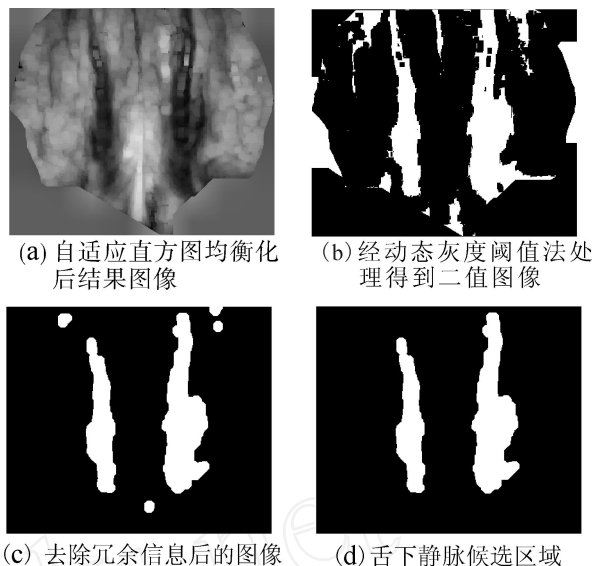


图 4 提取静脉候选区域

Fig 4 Extraction of candidate sublingual veins regions

4 舌下静脉提取

根据舌下静脉图像的特点,舌下静脉区域相对其周围舌质背景区域较暗.因此,这里在所得到的舌下静脉候选区域中选择灰度值最小的点作为种子点.以去反光后的舌下静脉灰度图像为基础,使用区域生长法,当处于候选区域的像素点与当前考虑的像素点的灰度值的差异较小时,则认为该像素点属于舌下静脉区域.当相邻 2 次生长所增加的像素点足够少时,生长过程结束.此时形成的区域即为最终分割得到的舌下静脉区域,分割结果如图 5 所示.

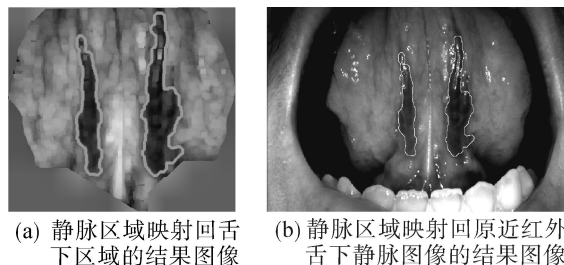


图 5 最终分割结果

Fig 5 Final results of segmentation

5 实验结果

本文所使用的近红外舌下静脉图像均是用专门用于近红外舌下静脉图像采集的采集仪器来获取.该采集设备由近红外光源及红外摄像机等组件构成.实验所采用的图像样本库是由解放军 211 医院

的住院病人组成的疾病样本和哈尔滨工业大学的健康在校学生组成的健康人样本构成的. 针对所采集到的 100 幅患者近红外舌下静脉图像和 28 幅健康人近红外舌下静脉图像进行前面所述处理步骤得到的实验结果如表 1 所示.

表 1 近红外舌下静脉分割实验结果
Table 1 Results of segmentation of the near infrared sublingual veins

图像名称	用于测试 图像数	正确分割出静 脉区域图像数	正确分割 比例 /%
患者舌下图像	100	83	83.0
健康人舌下图像	28	22	78.6
总计	128	105	82.0

对于所研究的 128 幅近红外舌下静脉图像, 有 105 幅图像可以获得经中医专家鉴定认可的准确的舌下静脉轮廓, 舌下静脉的平均正确分割比例可达 82.0%. 其中, 对正常人舌下静脉图像分割准确率稍低. 这是由于正常人的舌下静脉本身埋藏于舌体内位置较深, 而近红外光的穿透能力有限. 但这恰与应用舌下静脉进行诊断的原理相适应 (正常人舌下静脉阔度较小, 小于 2.71 mm^[6]). 此外, 由于人的伸舌习惯及人体的各异性, 有些被采集者无法将舌底部包含静脉区域的部分全部露出, 因此导致部分静脉信息丢失, 影响了分割结果.

6 结束语

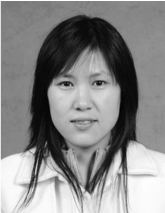
本文提出了对近红外舌下静脉图像的分割方法. 方法中首先使用基于分水岭的射线法得到整个舌下区域的轮廓, 去除了嘴唇、牙齿、胡须等周围干扰信息. 然后应用动态阈值化方法对有效舌下区域进行自适应二值化处理. 并应用近红外舌下静脉图像的灰度信息辅助获取舌下静脉候选区域. 最后根据舌下静脉区域的灰度一致性, 进行自适应的区域生长, 并获得最终舌下静脉轮廓. 实验结果表明, 该方法在实现过程中不需要人工干预, 且对近红外舌下静脉图像的分割效果较好. 以后的研究工作将针对静脉的距离及形态等特征进行量化, 进而应用这些特征进行疾病诊断.

参考文献:

[1] PANG Bo, ZHANG D, LI Naimin, et al Computerized tongue diagnosis based on Bayesian networks[J]. IEEE Trans on Biomedical Engineering, 2004, 51(10): 1803-1810.
[2] PANG Bo, WANG Kuanquan, ZHANG D. Tongue image analysis for appendicitis diagnosis[J]. Information Sciences, 2005, 175(3): 160-176.

[3] ZHANG D, PANG Bo, WANG Kuanquan, et al Computerized diagnosis from tongue appearance using quantitative feature classification[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2005, 33(6): 859-866.
[4] 诸薇娜, 周昌乐, 徐 丹, 等. 基于颜色纹理的图像多特征检索技术在中医舌诊中的应用研究[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(8): 992-999.
ZHU Weina, ZHOU Changle, XU Dan, et al A multi-feature CBIR method on color and texture in the traditional Chinese medicine tongue diagnosis[J]. Journal of Image and Graphics, 2005, 10(8): 992-999.
[5] 靳士英, 何尚宽, 司兆学, 等. 舌下络脉显现类型及其实质的研究[J]. 广州中医药大学学报, 1998, 15(1): 1-5.
JIN Shiyong, HE Shangkuan, SI Zhaoxue, et al A study on the types and essence of sublingual veins[J]. Journal of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, 1998, 15(1): 1-5.
[6] 李乃民, 张大鹏, 王宽全. 舌诊学[M]. 北京: 学苑出版社, 2006.
[7] 张大鹏, 闫子飞, 李乃民, 王宽全. 便携式近红外舌下静脉图像采集仪: 中国, 200710144966.2 [P]. 2008-01-22.
ZHANG Dapeng, YAN Zifei, LI Naimin, WANG Kuanquan Portable sublingual vein image acquisition device based on near infrared: China, No. 200710144966.2 [P].

作者简介:



于 森, 女, 1983 年生, 硕士研究生, 主要研究方向为医学图像处理、模式识别.



闫子飞, 女, 1980 年生, 博士研究生, 主要研究方向为医学图像处理、模式识别. 发表学术论文多篇.



王宽全, 男, 1964 年生, 教授, 博士生导师, 博士, 哈尔滨工业大学生物信息技术研究中心副主任, IEEE 高级会员, 中国图象图形学会理事, 中国青年计算机论坛哈尔滨分坛副主席, 《国际图象图形学报》副主编, 主要研究方向为人体生物特征识别技术、生物计算与生物系统仿真技术. 承担了多项国家自然科学基金项目及国家 863 项目, 获专利 3 项, 发表学术论文 80 余篇.