

디지털 자동 설진 시스템 구축을 위한 설태 인식 알고리즘 기초 연구

김근호 · 유현희 · 김종열*

한국한의학연구원

Basic Research for the Recognition Algorithm of Tongue Coatings for Implementing a Digital Automatic Diagnosis System

Keun Ho Kim, Hyun Hee Ryu, Jong Yeol Kim*

Korea Institute of Oriental Medicine

The status and the property of a tongue are the important indicators to diagnose one's health like physiological and clinicopathological changes of inner organs. However, the tongue diagnosis is affected by examination circumstances like a light source, patient's posture, and doctor's condition. To develop an automatic tongue diagnosis system for an objective and standardized diagnosis, classifying tongue coating is inevitable but difficult since the features like color and texture of the tongue coatings and substance have little difference, especially in the neighborhood on the tongue surface. The proposed method has two procedures; the first is to acquire the color table to classify tongue coatings and substance by automatically separating coating regions marked by oriental medical doctors, decomposing the color components of the region into hue, saturation and brightness and obtaining the 2nd order discriminant with statistical data of hue and saturation corresponding to each kind of tongue coatings, and the other is to apply the tongue region in an input image to the color table, resulting in separating the regions of tongue coatings and classifying them automatically. As a result, kinds of tongue coatings and substance were segmented from a face image corresponding to regions marked by oriental medical doctors and the color table for classification took hue and saturation values as inputs and produced the classification of the values into white coating, yellow coating and substance in a digital tongue diagnosis system. The coating regions classified by the proposed method were almost the same to the marked regions. The exactness of classification was 83%, which is the degree of correspondence between what Oriental medical doctors diagnosed and what the proposed method classified. Since the classified regions provide effective information, the proposed method can be used to make an objective and standardized diagnosis and applied to an ubiquitous healthcare system. Therefore, the method will be able to be widely used in Oriental medicine.

Key words : tongue diagnosis, color component decomposition, classification between tongue coatings and substance

서 론

혀는 혈관과 신경이 풍부하고 인체의 다른 여러 기관과 관련된 생리기능을 가지고 있어, 체내 기혈 성쇠와 심, 비, 위 등의 내장의 변화를 반영하는 분명한 표지(標識)로 여겨진다. 특히 한

의학에서 혀의 상태는 인체 내 각종 생리적, 병리적 변화를 반영한다고 하여 혀의 상태와 여러 특징들을 진단의 중요 지표로 활용하고 있는데 한의학의 독특한 진단 체계인 변증(辨證)에도 이러한 혀의 상태를 적극적으로 반영한다.¹⁾

혀를 진단할 때는 주로 진단자의 시각 정보에 근거하는 망진(望診)을 수행하며, 설상(舌象) 및 설색(舌色)이 주요한 요소이다. 혀의 색깔²⁾과 형태, 움직임, 설질(舌質, tongue substance)과 설태(舌苔, tongue coating) 등을 주로 보게 되며, 특히, 설태라

* 교신저자 : 김종열, 대전광역시 유성구 전민동 461-24 한국한의학연구원

· E-mail : ssmmed@kiom.re.kr, · Tel : 042-868-9489

· 접수 : 2008/12/26 · 수정 : 2008/11/28 · 채택 : 2008/12/04

불리는 혀바닥에 이끼처럼 덮인 물질은 색깔, 습윤 정도, 두께, 형태와 설태가 낀 범위 등을 통해 사기(邪氣)의 성질과 침입한 부위, 진액이 있고 없는 것을 가려볼 수 있다고 하여 설진(舌診)에 중요한 진단요소로 이용되고 있다.

설태는 색깔에 따라 백(白), 황(黃), 회(灰), 흑(黑), 혼합된 태 등으로 분류되는데 백태는 허증(虛證), 한증(寒證), 습증(濕證), 표증(表證)과 관련 있고, 황태는 열사(熱邪: 병의 원인이 되는 뜨거운 기운)가 혀의 표면에 반영되는 상태를 나타내며 이열증(裏熱證)과 관련이 깊다. 회태와 흑태는 “열기가 극심하여 몸에 진액을 마르게 한 상태”와 “양기가 부족하고 한기가 극성한 상태”의 증과 깊은 관련이 있고, 그 정도는 흑태가 심하다³⁾.

비침습(非侵襲)적이고 간편한 진단방법임에도 불구하고, 설진은 정량화(定量化), 표준화(標準化)의 문제로 인해 널리 활용되지 못하고 있다. 광원과 같은 진단환경의 변화가 진단결과에 많은 영향을 미치게 되며, 진단자의 경험과 지식을 바탕으로 하기 때문에 객관적이고 재현성 있는 결과를 얻기가 힘들기 때문이다. 최근에 들어 비침습적 진단방법에 대한 관심이 높아지면서 설진의 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 연구 및 노력들이 진행되고 있다^{4,7)}.

혀 영상 획득과 관련하여 1986년 중국에서는 광원(光源), 온도(溫度) 뿐 아니라 의사의 심리적 요소에 의해 잘못된 결론을 얻는다는 것을 문제로 제기하고 이를 해결하기 위해 표준 광원 조건 아래 조명(照明)을 균등하게 혀 위에 투사(投射)하고 촬영(撮影)하는 방법을 연구하였으며,⁸⁾ 그 후 보다 정확한 영상을 얻기 위한 연구들 - 조명각도(照明角度)와 휘도(輝度), 측정자의 자세 등을 제어하는 방법, 영상획득 환경을 제어하는 방법, 카메라의 조리개, 셔터, 노출 조정 방법 등과 관련한 연구가 진행되었다. 그 결과 2000년 대만에서는 밝기 5.1 ± 0.15 K Lum., 색온도 5400K의 표준 광원 하에서 2/3" CCD, 4.5/80 mm lens를 이용한 환경을 제안하였다.¹⁾ 혀 영상의 컬러와 텍스처 특성은 빛의 조건에 따라 다르므로, 일반적인 환경에서 설태의 특성을 찾아내는 것은 매우 어려운 과정이다. 기존의 연구에서는 백태의 후태와 박태를 구분하는 판별 함수를 구하는 방법⁹⁾과 백태와 황태를 구분하는 판별 함수를 구하는 방법¹⁰⁾을 연구하였다. 이러한 방법을 살펴보면 표준 환경에서 얻은 영상을 이용하여 혀를 수동적으로 영역 분할하고 이 영역 내의 설태를 수동적으로 분류하여 태의 통계적인 특성을 구하였다. 하지만 이러한 판별 함수는 선형적 판별 함수이므로 정확한 분류를 하기가 어려운 단점을 가지며, 설태 및 설질 영역을 명확히 구분하기가 어렵다.

이 연구에서는 앞에서 언급한 모든 장단점을 고려하여, 진단 환경에 의한 영향을 최소화하기 위해 제한된 환경 속에서 디지털 카메라가 내장되어 있는 표준 환경의 디지털 설진 시스템을 이용하여 획득된 안면 영상의 혀 영역에서 효과적인 설태 분류 및 설태 영역 추출 알고리즘을 고차원의 통계함수를 이용하여 구하는데 중점을 두었다.

재료 및 방법

다수의 피험자를 모집하여 디지털 설진 시스템을 통해 혀

영상을 수집하였으며, 한의 전문가가 분류, 표시한 설태 영역을 자동으로 분할하고, 각 설태 영역의 고차원적인 통계적 특성을 분석하고 설태의 컬러 특성을 추출한 후, 그에 따른 분류 컬러 테이블을 구하는 디지털 설진에 최적화된 설태 영역 분할 알고리즘을 설명한다.

1. 혀 영상 수집 장치

혀 영상을 수집하기 위해 사용된 디지털 설진 시스템은 수집된 혀 영상으로 건강 상태를 정량적으로 구분하기 위한 시스템이다.

Fig. 1(a)는 디지털 설진 시스템의 구성의 예를 보여주고 있다. 디지털 설진 시스템은 기계적으로는 표준화된 광원의 조명과 디지털 카메라를 이용하여 혀 영상을 획득하고, 소프트웨어적으로는 색상보정(色相補正)을 통해 보다 정확한 영상을 얻을 수 있게 디자인 하였다.¹¹⁾ 상술(詳述)하자면 이 시스템은 접안부(接眼部)에 고정되었을 때 효과적으로 암실을 형성할 수 있도록 인체 공학적으로 설계되었고, 광원을 표준화하기 위해 태양광과 가까운 색온도(5500 K) 특성을 가진 스트로브(strobe) 조명을 사용하였다.

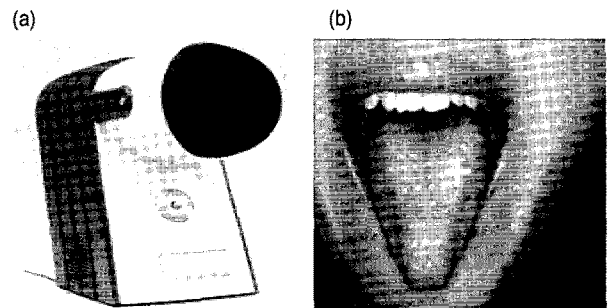


Fig. 1. The tongue diagnosis system (a) its outward appearance and (b) an acquired image and its center point.

2. 혀 영상 취득 방법

앞에서 언급한 디지털 설진 시스템을 이용하여 혀 영역, 즉 설체 영역이 포함된 안면 영상을 수집하였다. 설진 시스템의 영상은 GUI를 이용하여 실시간(實時間)으로 볼 수 있으며, 영상 취득 시 Fig. 1(b)와 같이 혀 부분을 십자로 표시된 영상의 중심점에 위치시키도록 하여 혀를 중심으로 취득하였다. 취득된 혀 영상은 RGB의 24 bit BMP 영상으로 1280×960의 해상도를 가진 고해상도 영상이다.

경로당, 속독학원, 연구원, 회사, 수련원, 병원 등의 다양한 곳에서 2005년과 2006년에 걸쳐 수집하였으며, 수집된 영상은 성별-나이별로, 위장계질환 유무-나이별로 Table 1과 Table 2로 각각 분류할 수 있었다.

수집된 전체 714장의 안면 영상 중에서 잘못된 3장의 영상을 제외한 711장의 안면 영상을 이용하였고, 한의학 전문가에 의해 설태의 형태에 따라 무태, 백태, 황태, 백태와 황태의 혼합태, 무분류의 5개의 범주로 분류하였다. 여기서 백태에 해당하지만 박태인 것은 무분류 영상으로 분류하였다(Table 3).

Table 1. Classification of gathered face images according to gender and age.

성별	10대 이하	20대	30대	40대	50대	60대 이상	총합계
남	85	44	151	66	22	32	400
녀	51	76	40	23	39	85	314
총합계	136	120	191	89	61	117	714

Table 2. Classification of gathered face images according to gastroenteric disease and age.

위장계질환	10대 이하	20대	30대	40대	50대	60대 이상	총합계
없음	132	114	170	73	44	88	621
있음	4	6	21	16	17	29	93
총합계	136	120	191	89	61	117	714

Table 3. Face images with tongue bodies classified according to coat types by oriental medical doctors.

범주	개수
무태 영상	4
백태 영상	52
황태 영상	10
혼합태 영상	23
무분류 영상	622
합계	711

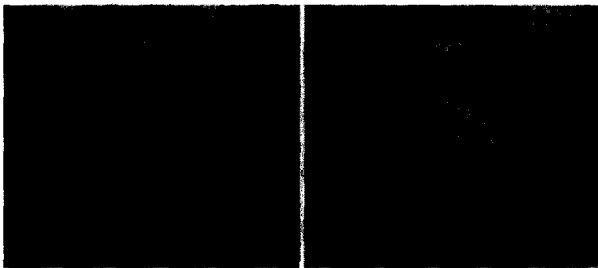


Fig. 2. Coating regions manually marked by oriental medical doctors

3. 수동(手動) 설태 영역 구분

한 의사 전문의가 백태와 황태로 진단된 영상에 설태 영역을 Adobe사의 Photoshop CS 프로그램¹²⁾을 이용하여 검은 색 펜으로 폐곡선을 이루도록 그려주었고, 무태는 전체 영역이 무태라는 의미이므로 혀의 전체 영역을 그려주었다(Fig. 2).

4. 설태 분류 컬러 테이블 도출을 위한 통계 방법

설태 및 설질 구분을 위한 방법은 설태 분류 컬러 테이블을 획득하는 과정과 분류 컬러 테이블을 이용하여 입력된 영상의 설질 및 설태를 분류하는 과정, 두 과정으로 구성된다.

여기서 언급하는 설질 및 설태의 분류(classification)를 위하여 컬러 테이블을 획득하는 과정의 전체 알고리즘 구조를 Fig. 3에서 보여 준다.

1) 설태 영역 자동 추출 알고리즘의 도출 방법

같은 설태로 진단된 영상을 입력하고, 표시된 검은 선을 추적(black curve detection)하여 선 내부를 설태 영역으로 추출(coating-region separation)한다. 이런 과정을 자동으로 수행하는데, 검은 선을 추적하는 방법은 Fig. 4에 나와 있다. 먼저 영상의 어느 정도 검은 색에 가까운 어두운 점들을 구한다. (dark points acquisition) 어두운 점에서 이웃한 점들이 일정 개수 이상인 곳

은 선이 아닌 어두운 영역이므로, 검은 선이 아닌 것으로 판단하여 점들을 제거한다. (removal of black points in dark points) 또한 점들 중에 이웃의 검은 점의 개수가 하나 또는 두 개일 경우는 선으로 이어지는 경우가 아니므로 이 점들을 잡음으로 보고 제거한다. (removal of isolated points) 또한 이 선의 연결성을 검토하는 부분에서는 선이 처음으로 돌아오는지를 검토하여 처음으로 돌아오지 않으면 폐곡선(closed curve)이 아니므로 영역을 이루지 못하는 경우로 보고 이 곡선의 점들을 버리도록 한다 (removal of open curves). 이러한 폐곡선의 영역이 일정 값 이하일 경우는 잡음 또는 다른 부분적인 지역 군집으로 간주하여 구해진 폐곡선을 제거한다. (removal of small clusters)

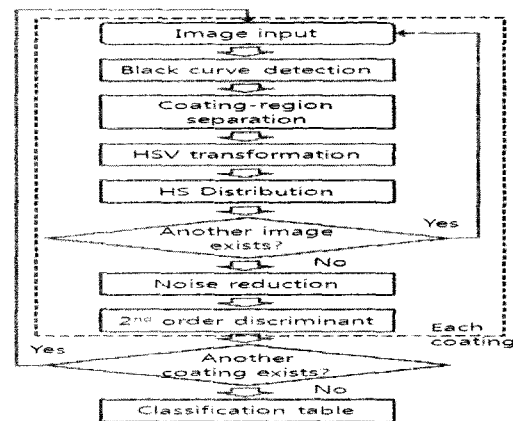


Fig. 3. The structure of the proposed algorithm to obtain a classification table for classifying tongue coatings

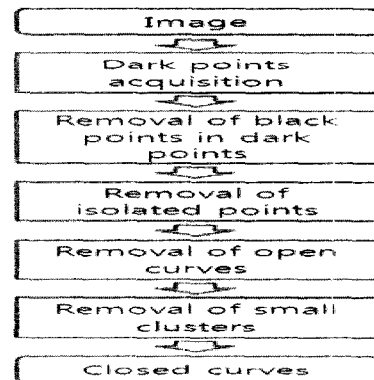


Fig. 4. Black curve detection for tongue coatings and substance marked by oriental medical doctors

2) HSV 컬러 변환 및 HS의 분포 산출

위와 같이 구해진 검은 폐곡선의 내부를 설태 분할 영역(coating region)으로 구한다. 이 분할된 영역 내의 픽셀들을 식 (1)과 같이 RGB 좌표계를 HSV 좌표계로 컬러 변환¹³⁾ (HSV transformation)하고, (h, s) 값의 분포인 di(h,s)를 구한다.

$$(1) \quad rgb(x,y)_{(x,y) \in C_i} \rightarrow hsv(x,y)$$

여기서 Ci는 한 의사가 분류한 설태 영역을 의미하며, i는 태

의 종류를 의미한다.

(h, s)를 가지고 태를 결정하는 이유는 h는 색상(hue) 값을 결정하므로 황태 및 설질 영역을 구분할 수 있고, s는 흰색의 포화도(saturation)를 결정하므로 백태 유무를 결정할 수 있기 때문이다. 이러한 과정을 같은 설태를 가진 모든 영상에 대해 반복하여 di(h,s)를 누적하여 통계적인 수치를 얻도록 한다. (Another image exists?: 동일 설태의 다른 영상이 존재하는가에 대한 조건문으로 존재할 때까지 반복한다.) 즉, 최종 누적된 (h, s) 값의 분포를 총 개수로 정규화 하여 Di(h,s)를 구한다. (HS distribution) 이중에 분포가 적은 Di(h,s)값을 설태 중에 포함된 잡음일 가능성이 크다고 가정하여 식 (2)와 같이 표현한다.

$$(2) D_i(h,s) = \begin{cases} 0, & \text{if } D_i(h,s) < T \\ D_i(h,s), & \text{otherwise} \end{cases}$$

위의 수식은 임계 값, T 값보다 작을 때 잡음으로 간주하여 분포가 존재하지 않는 것(noise reduction)을 의미하고, i는 태의 종류를 의미한다.

3) 설태 분류 위한 2차원 판별식 및 분류 컬러 테이블 획득 방법
이러한 과정을 황태, 백태, 무태에 대해 각각 수행한 후, 각 태의 분포를 입력으로 삼아 분류기(classifier)¹⁴⁾를 구한다.

우리는 분류의 오류 확률을 최소화하기 위하여 식 (3)과 같이 값의 분포가 Gaussian 분포를 이루도록 하는 설태의 분포를 가정하고, 서로 다른 설태 사이에 분산이 다르다는 가정 하에 일반적인 공분산 행렬의 형태로 분포 모델과 분산을 식 (3)과 (4)와 같이 표현한다. n은 공분산 행렬의 차원을 의미하고, 여기서는 2이다. 식 (2)와 같이 i는 태의 종류, x는 (h,s)의 값을 의미한다. 볼드체는 벡터와 행렬을 표현하고 있다.

$$(3) f_i(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mathbf{u}_i)^T \Sigma_i^{-1}(\mathbf{x}-\mathbf{u}_i)\right]$$

$$(4) \Sigma_i \neq \Sigma_j$$

여기서 Σ_i 는 식 (5)와 같이 나타난다. $\sigma_{i,h}$ 과 $\sigma_{i,s}$ 은 태의 종류(i)에 따른 각각 h와 s의 표준편차이다.

$$(5) \Sigma_i = \begin{bmatrix} \sigma_{i,h}^2 & \sigma_{i,h}\sigma_{i,s} \\ \sigma_{i,h}\sigma_{i,s} & \sigma_{i,s}^2 \end{bmatrix}$$

그리고 이러한 판별식은 설태의 종류에 따라 식 (6)과 같이 이차 형식¹⁵⁾ (2nd order discriminant)으로 표현된다.

$$(6) g_i(\mathbf{x}) = -\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mathbf{u}_i)^T \Sigma_i^{-1}(\mathbf{x}-\mathbf{u}_i) - \frac{1}{2} \log |\Sigma_i| + \frac{1}{2} \log P(i)$$

$$(7) P(i) = \frac{\sum_{h,s} D_i(h,s)}{\sum_i \sum_{h,s} D_i(h,s)}$$

여기서 P(i)는 사전확률(priors)을 의미한다. 3개의 영역으로

구분하기 위한 결정 경계면은 hyper-ellipses 또는 hyper-paraboloids로 결정된다. 이러한 수식에서 \mathbf{u}_i , Σ_i 는 Di(h,s)에 의해 획득된 각 태의 평균값 벡터와 분산 행렬을 의미하고, 사전 확률인 P(i)는 식 (7)과 같이 Di(h,s)의 전체 합산에 대한 각 태의 빈도를 의미한다.

식 (6)과 같이 하나의 설태에 대해 하나의 판별식이 나온다.

이것을 황태, 백태, 무태인 설질에 대해서 모두 수행한다. (Another coating exists?: 모든 설태에 대해서 수행했는가에 대한 조건문으로 모두 수행할 때까지 반복한다.) 그 결과 Fig. 3의 마지막 단계에서 보듯이, 황태, 백태, 설질에 대해 3개의 판별식을 얻을 수 있다. 3개의 판별식을 이용하여 각 설태가 같은 분포를 가지는 곳에서 각 영역 사이의 경계면을 구하고 이를 이용하여 (h, s) 입력에 대해 설태의 종류를 출력하는 분류 테이블(classification table)을 구한다. 이러한 분류 테이블은 한번만 구해 놓으면 되므로, 계산 시간에 크게 구애 받지 않아도 된다.

5. 도출된 설태 분류 알고리즘의 확인

구해진 분류 컬러 테이블을 이용하여 분류 테이블을 구하기 위해 입력한 영상들을 제외한 새로운 혀 영상을 Fig. 5와 같이 입력하고(image input), RGB 좌표로 되어 있는 컬러 좌표계를 HSV 좌표계로 변환(HSV transformation)한다. 변환된 픽셀 값 중에서 (h, s)를 분류 테이블의 입력(HS input)으로 넣으면 분류 결과가 나온다. 분류 결과는 황태와 백태, 그 외의 영역은 설질로 분류되고, 각 영역이 분할되어 나온다(classification and segmentation).

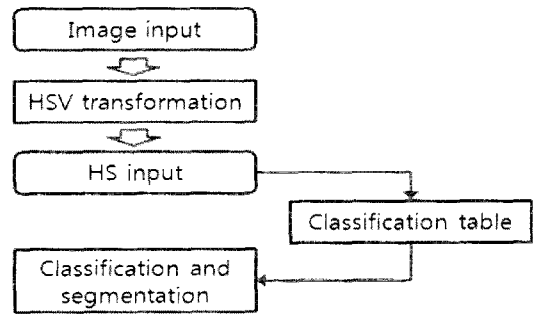


Fig. 5. The structure of the algorithm for classifying tongue coatings and tongue substance

결 과

1. 설태 영역 자동 추출 알고리즘

먼저 우리는 한의사가 표시한 검은 선에 따라 자동으로 분할된 설태 영역이 정확한지 검토해야 한다. 왜냐하면 이 영역이 판별 함수의 정확도를 결정하기 때문이다. Fig. 6에서는 한의사가 표시한 영상과 표시한 부분이 자동으로 분할된 영역을 보여 주고 있다. Fig. 6(a)는 백태 진단 영역이고, Fig. 6(b)는 황태 진단 영역, Fig. 6(c)는 무태(설질) 진단 영역인 전체 설체 영역을 나타 내고 있다. 오른쪽 분할된 영상을 보면 한의 전문가가 표시한 곳과 일치함을 볼 수 있다.

2. 설태 분류 2차원 판별식 및 분류 컬러 테이블의 획득

위의 취득된 데이터 중에서 백태로 진단되고 설태가 표시된 42개의 영상과 황태로 진단되고 설태가 표시된 6개의 영상, 무태로 진단된 3개의 영상에서 분할된 설태 영역의 HS의 컬러값의 정규화된 분포, $D_i(h,s)$ 를 설태 별로 각각 구하였다. 여기서 RGB 값은 각각 0에서 255의 값을 가지고, HSV에서 H는 0에서 359의 값을 가지며, SV는 0에서 255의 값을 가지도록 크기를 조정한다. 모든 값은 정수 값이다.

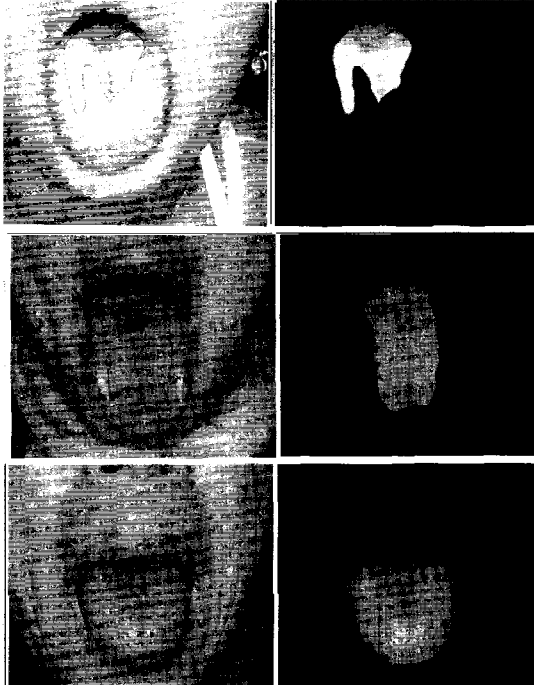


Fig. 6. Tongue coatings and substance marked by oriental medical doctors: (a) Yellow coated region, (b) White coated region, (c) No coated region

Table 4. The statistical data of color components to classify tongue coatings and substance

Types	Mean, μ		Covariance, Σ	
	H	S		
설태 영역	백태	12.2	717.5	-4.7
	황태	18.8	108.8	37.8
무태 영역			55.6	252.4
			1643.8	-35.8
			-35.8	125.5

위에서 잡음일 가능성이 크다고 가정된 일계 값 T를 0.005%라고 하고, 그 이하의 분포 값을 0으로 정한다. 이 분포를 이용하여 Table 4와 같은 설태 및 설질 분류하기 위한 통계 수치의 값을 2차 판별식(분류기)의 변수들로 사용하여 황태, 백태 및 설질을 분류하기 위한 컬러 영역을 표현한 Fig. 7의 분류 테이블을 생성하였다. Fig. 7은 백태 (White 영역), 황태 (Yellow 영역), 설질 (Substance 영역)에 해당하는 H와 S 값의 범위를 그림으로 나타내고 있다. 황태는 90 이하의 H값, 100 이상의 S값을 가지며, 백태는 260 이하의 H값, 100 이하의 S값을 가진다.

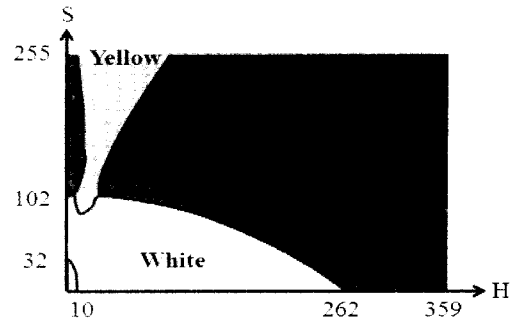


Fig. 7. Color table for classification of white and yellow coatings and substance

컬러 테이블을 구성하기 위한 전체 알고리즘은 Intel Core 2 CPU 6600 @2.4GHz, 2GB RAM, MS Windows XP 2002 OS 위에서 Visual C++로 최적화된 환경에서 구현이 되었다. 여기서 컬러 테이블을 구하는 것은 한번만 구하면 되므로 시간 소모에 구애 받지 않기 때문에 성능을 중심으로 구하였다.

3. 설태 추출 알고리즘의 적용 결과

구해진 분류 컬러 테이블을 이용하여 실시간으로 분류가 된 결과를 얻을 수 있는데, 앞의 컬러 테이블을 구성하기 위해서 통계 값을 구한 영상을 제외한 다른 영상으로 테스트하였다. Fig. 8은 안면 영상과 기존의 방법 또는 수동으로 영역 분할된 영상, 제안된 방법으로 구해진 설태 및 설질이 분류된 결과 영상을 보여주고 있다. 설태 진단을 위해서 대부분의 설태 영역과 설질 영역이 잘 분할된 것을 볼 수 있으며, 각 설태에 대해서 분류가 잘 된 것을 볼 수 있었다. 이것은 피부의 색이나 상태에 무관하게 분할된 것을 알 수 있으며 성별에 무관하게 분할의 결과가 좋은 것을 알 수 있었다. 그림에서 검은 색으로 나타나는 곳은 광원이 직접 반사된 specular reflection) 된 부분으로 RGB가 모두 255 값으로 포화된 값을 의미하는 곳으로, 분류가 무효한 영역을 의미한다.

결과의 유효성을 검증하기 위하여, 컬러 테이블을 구할 때 쓰이지 않은 10개의 백태 영상, 4개의 황태 영상, 21개의 무태 및 무분류 영상을 이용하여 각 태로 분류된 결과 영상을 백태, 황태, 무태 및 무분류로 구분하여 각 영역 중 다수를 차지하는 영역을 찾아냈을 때 다수의 영역과 한의사 전문의의 분류한 결과와의 일치도는 83%이었다. 무태 및 무분류를 하나의 군으로 묶은 이유는 무분류는 5% 이하의 백태와 무태의 혼합적인 요소를 가지고 있기 때문이다. 다수의 영역과 한의사 전문의의 일치도를 찾는 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 각 혀 영상의 다수를 차지하는 영역의 의미는 분할된 혀의 전체 영역에서 백태, 황태, 설질이 차지하는 영역의 비율을 비교하여 어느 영역이 가장 우세한가를 나타내는 것이다. 하나의 혀 영역 내의 백태와 설질, 무분류 영역이 차지하는 비율이 40:10:50이라면 무분류를 혀의 일반적인 영역으로 고려하여, 이 혀의 다수를 차지하는 영역을 백태라고 한다. 또한 각 설태, 설질의 비율이 모두 5% 이하일 때 무분류로 구분한다. 이렇게 다수의 영역으로 분류된 것과 전문의의 진단이 일치하는 전체 영상 개수에 대한 개수 비율을 일치도

라고 한다.

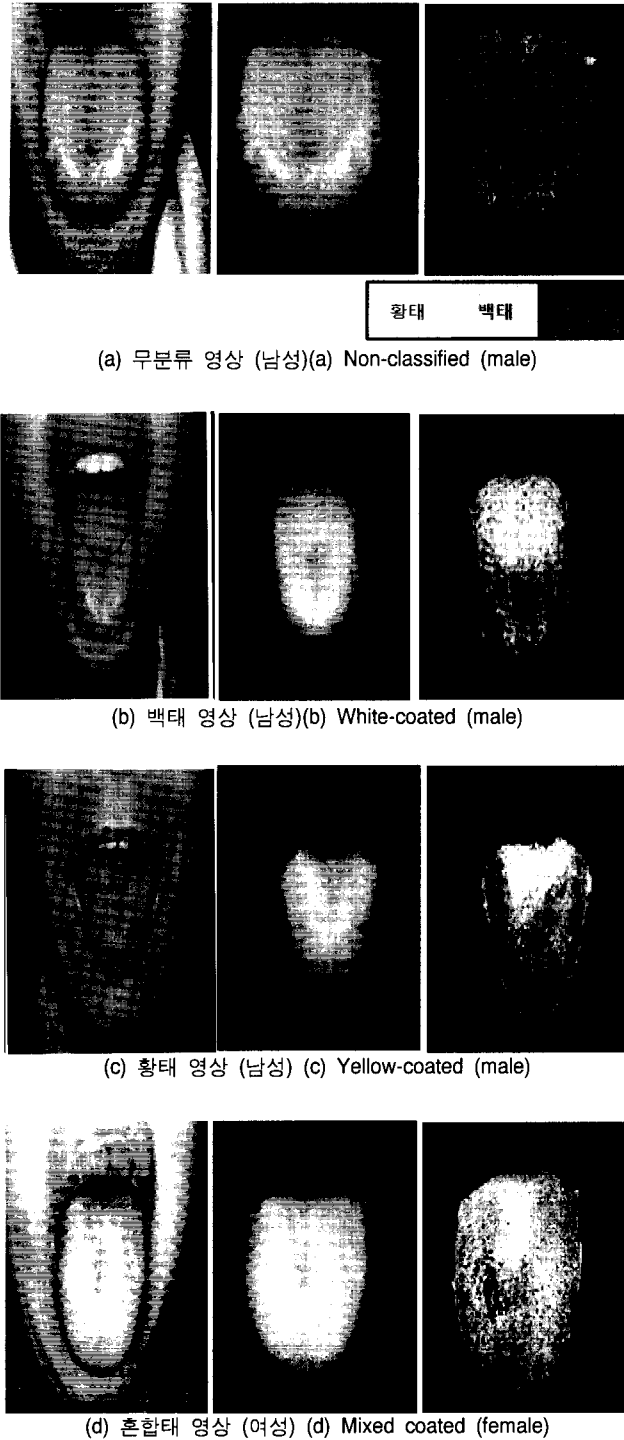


Fig. 8. Face images, tongue-segmented images and classified results of tongue coatings and substance

고찰 및 결론

설상(舌象)은 내부 기관의 변화를 투영하는 역할을 하여 팔강(八綱), 육경(六經), 삼초 위기영혈(三焦 衛氣營血)과 같은 여러 가지 변증에서도 중요한 지표로 사용된다. 그러므로 혀의 상태와

여러 특징들을 조사하여 중요하고 분명한 표지(標識) 자료로 활용하고 있다.^{5,17)}

이러한 혀의 상태를 조사하기 위한 설진을 객관화, 표준화하기 위하여 여러 가지 시도가 이루어져왔다. 조명 조건 등의 제한된 환경 하에서 혀 영상을 획득하는 설진 시스템의 개발뿐만 아니라 혀 영역 분할하는 방법, 설태의 위치나 분포뿐 아니라 컬러의 통계적 분포를 이용한 설태의 두께 측정 또는 박·후태(薄·厚苔) 결정 방법이 제시되어 왔다.

이 연구에서는 자동 설태 영역 분할과 설태 분류를 위한 방법을 도출하였는데, 설질보다 설태 분류 방법을 먼저 연구한 이유는 설태의 구분이 설질의 구분보다 쉽기 때문에 이 방법을 적용하였다. 그 결과로서 설태 영역 분할 방법은 일반적으로 설근 부분에서 입술 아래와 목구멍 속의 그림자 때문에 어두운 부분에서 그려진 검은 선과 혼동이 되어 분할 오류가 발생할 수 있지만 제안된 black curve detection 알고리즘은 어두운 점들의 이웃과의 관계 및 분포를 비교하여 원하는 점을 찾아가므로 오류의 가능성을 제거하였고, 정확한 설태 영역 분할이 가능하도록 하였다. 또한 Table 2에서 보듯이 설태 분할 영역들의 분포로부터 잡음을 제거한 후 각 태에 해당하는 평균값을 살펴보면, 황태는 H값이 상대적으로 크다는 것을 알 수 있고 S값의 관점에서 백태가 흰색의 포화도가 크다는 것을 알 수 있어서 우리가 처음에 했던 가정과 일치함을 알 수 있었다.

Table 2의 통계값으로부터 구해진 3개의 2차원 분류 판별식을 이용하여 경계면이 구해진 Fig. 7의 컬러 테이블은 백태와 황태가 H값 초반부에 있고, S값에 따라 구분되는 것을 알 수 있었다. 그 나머지는 설질 부분으로 분류되는데 이 설질 부분은 담홍설, 자홍설, 청자설 등의 모든 종류의 설질을 포함하는 것이다.

이렇게 구해진 컬러 테이블을 이용하여 설태를 분할한 테스트 영상의 결과를 보면 그 위치와 분포가 일치하여 제안된 알고리즘이 정확히 동작함을 알 수 있었다. 특히, 혼합태의 태가 서로 혼재하는 부분에서도 설태의 정확한 분류를 볼 수 있었다. 설태를 분할한 결과에서 불일치도가 나타나는 부분이 있는데 이 부분을 분석하면 혀의 굴곡 및 그림자, 빛의 반사로 인하여 설태의 색상이 변하는 곳에 이러한 현상이 발생하였고, 이 부분이 컬러 테이블을 구성하는데 포함되기 때문에 정확도가 떨어지는 것을 추론할 수 있었다. 우리가 가진 혀 영상 데이터 중에서 무분류 영상이 많고 설태 영상이 적지만, 설태 영상 내에 픽셀의 H, S 값들이 매우 다양한 범위를 가지므로 컬러 테이블을 구하는데 통계적인 의미를 가질 수 있을 것으로 보이며, 더 많은 데이터가 모아지면 정확한 진단을 위한 컬러 테이블을 구할 수 있는 의미로 볼 수 있다.

결론적으로 이 연구에서는 설진을 자동화하기 위한 하나의 주요 방법을 제시하였는데, 표준화된 광원을 가진 디지털 설진 시스템을 통해 획득한 혀 영상을 기존의 영역 분할 방법으로 분할하고, 그 분할 영역을 입력하여 설태 구분 및 설태 영역 분할을 수행하였다. 이는 두 과정으로 구성되는데 분류 컬러 테이블을 구하는 과정과 분류 컬러 테이블을 이용하여 설태를 구분하는 과정으로 이루어진다. 분류 테이블을 구하는 과정은 각 혀의

사 전문의에 의해 설태 부분이 검은 색 선으로 그려진 영상을 입력으로 받아들여 검은 색의 폐곡선을 찾은 후 설태 영역을 자동으로 분할하고, 분할된 영역 내의 컬러 값을 RGB 값에서 HSV 값으로 변환한 다음, 영역의 HS 값의 분포를 찾고 잡음을 제거한 후, 각 설태의 HS의 통계 값을 이용하여 Gaussian 모델을 만들고, 설태를 구분할 수 있는 2차 함수의 판별식을 구하게 된다.

이러한 각 태에 해당하는 판별 식의 경계를 중심으로 분류 목적의 컬러 테이블을 구하는 것이 분류 컬러 테이블을 구하는 과정이고, 이러한 분류 컬러 테이블을 이용하여 분류 결과를 생성하는 것이 설태를 구분하는 과정이다.

제안된 알고리즘의 결과 영상은 한의사 전문의가 진단 후 설태를 표시한 영상과 비교되었을 때, 설태 구분 및 설태 영역 분할의 결과가 서로 유사함을 보였다. 설태 분류의 일치도는 평균적으로 83%로 높은 수치를 보였다. 이것은 설태 진단의 유효성이 있음을 보여 주고 있다.

이를 통해 설진에서 중요한 과제인 설태와 설질의 효과적인 영역 구분 방법 및 구분된 설태를 이용하여 백태, 황태의 분류뿐 아니라 회태나 흑태, 후태나 박태 등 다양한 설태의 분류 및 설질의 분류와 그에 관련된 연구까지 확장 응용할 수 있어, 객관적이고 정량적인 설진기의 개발에 기여할 수 있을 것이다.

앞으로 다양한 혀 영상 데이터의 수집 및 분석으로 인하여 건강 수준 측정까지 가능할 것이라 생각한다. 그 결과 정확한 진단이 가능한 자동 설진 진단 시스템에 더욱 다가갈 수 있을 것이라 생각하고, 어느 곳에서든지 건강 진단이 가능한 ubiquitous healthcare로의 확장도 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

이 연구는 지식경제부 차세대기술개발사업 중 지능형 한방컨텐츠 개발(10028438) 및 2008년도 한국한의학연구원 기관고유사업인 체질건강수준 표준개발 과제의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. C.-C. Chiu. A novel approach based on computerized image analysis for traditional Chinese medical diagnosis of the tongue. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 61: 77-89, 2000.
2. 高橋楊子. 舌診의基礎. 日本 市川, 東洋學術出版社, pp 13-64,

- 2007.
3. 이봉교. 한방진단학. 서울, 정보사, pp 72-86, 1996.
4. X.-Q. Yue, Q. Liu. Analysis of studies on pattern recognition of tongue image in traditional Chinese medicine by computer technology. *J. Chin. Integr. Med.* 2(5):326-329, 2004.
5. B. Pang, D. Zhang. Computerized tongue diagnosis based on bayesian networks. *IEEE Trans. Biomedical Engineering.* 51(10):1803-1810, 2004.
6. H.Z. Zhang, K.Q. Wang, D. Zhang, B. Pang, B. Huang. Computer aided tongue diagnosis system. *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China*, pp 6754-6757, 2005.
7. 中, '중의 계량화 연구' 추진. 글로벌동향브리핑(GTB), KISTI, 2008년 5월 4일.
8. L. Sun, Z. Cheng, H. Xie, Study on objective tongue diagnosis using computerized image recognition technique. *J. Anhui Traditional Chinese Medical College* 5(4):5-7, 1989.
9. 최은지, 김근호, 유현희, 이혜정, 김종열. 백태 중 후태 및 박태 분류 판별함수 설계. *한국한의학연구원 논문지*, 13(3): 119-124, 2007.
10. 이진, 최은지, 유현희, 이혜정, 이유정, 박경모, 김종열. 다차원 컬러벡터 기반 백태 및 황태 분류 판별함수 설계. *한국한의학연구원 논문지*, 27(2):47-52, 2007.
11. 김재균. 디지털 설진 시스템의 개발. 수원, 경희대학교 학사논문, 2005년.
12. Design Premium. <http://www.adobe.com>.
13. Color Conversion Formulas. <http://www.easyrbg.com/math.html>.
14. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision* (2nd edition). Pacific Grove, ITP, pp 297-303, 1999.
15. 한학용. 패턴인식 개론. 서울, 한빛미디어, pp 167-180, 2006.
16. J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes. *Computer Graphics: Principles and Practice* (2nd edition). USA, Addison-Wesley, pp 721-812, 1996.
17. B. Pham, Y. Caib. Visualization Techniques for Tongue Analysis in Traditional Chinese Medicine. *Medical Imaging 2004: Visualization, Image-Guided Procedures, and Display*, 5367, pp 171-180, 2004.