

백태 중 후태 및 박태 분류 판별함수 설계

최은지, 김근호, 유현희, 이해정, 김종열

한국한의학연구원

Design of discriminant function for thick and thin coating from the white coating

Choi Eun-Ji, Kim Keun Ho, Ryu Hyun-Hee, Lee Hae-Jung, Kim Jong-Yeol

Korea Institute of Oriental Medicine

Introduction : In Oriental medicine, the status of tongue is the important indicator to diagnose one's health, because it represents physiological and clinicopathological changes of inner parts of the body. The method of tongue diagnosis is not only convenient but also non-invasive, so tongue diagnosis is most widely used in Oriental medicine. By the way, since tongue diagnosis is affected by examination circumstances a lot, its performance depends on a light source, degrees of an angle, a medical doctor's condition etc. Therefore, it is not easy to make an objective and standardized tongue diagnosis. In order to solve this problem, in this study, we tried to design a discriminant function for thick and thin coating with color vectors of preprocessed image.

Method : 52 subjects, who were diagnosed as white-coated tongue, were involved. Among them, 45 subjects diagnosed as thin coating and 7 subjects diagnosed as thick coating by oriental medical doctors, and then their tongue images were obtained from a digital tongue diagnosis system. Using those acquired tongue images, we implemented two steps: Preprocessing and image analyzing. The preprocessing part of this method includes histogram equalization and histogram stretching at each color component, especially, intensity and saturation. It makes the difference between tongue substance and tongue coating was more visible, so that we can separate tongue coating easily. Next part, we analyzed the characteristic of color values and found the threshold to divide tongue area into coating area. Then, from tongue coating image, it is possible to extract the variables that were important to classify thick and thin coating.

Result : By statistical analysis, two significant vectors, associated with G, were found, which were able to describe the difference between thick and thin coating very well. Using these two variables, we designed the discriminant function for coating classification and examined its performance. As a result, the overall accuracy of thick and thin coating classification was 92.3%.

Discussion : From the result, we can expect that the discriminant function is applicable to other coatings in a similar way. Also, it can be used to make an objective and standardized diagnosis.

Keyword : tongue diagnosis, tongue coating, color vector, thick coating, thin coating

I. 서론

한의학에서 혀는 인체의 생리, 병리 상태를 반영하는 기관으로서 다른 인체 기관과 관련된 여러 생리기능을 가지고

접수 ▶ 2007년 11월 18일 수정 ▶ 2007년 12월 3일 채택 ▶ 2007년 12월 17일
교신저자 ▶ 김종열, 대전광역시 유성구 엑스포로 483 한국한의학연구원
Tel 042-868-9489 Fax 042-868-9349 E-mail ssmmed@kiom.re.kr
연구비 지원 ▶ 본 연구는 2007 한국한의학연구원 기관고유과제인 '한방진단표준개발' 의 지원에 의해 수행되었습니다.

있으며 특히 설상(舌象)은 인체 내 각종 생리적, 병리적 변화를 객관적으로 반영한다고 얘기하고 있다. 이는 인체 각부는 경락을 운행하는 영위기혈을 통하여 통일된 전일체를 이루고 있어서 어떤 질병이 생기면 반드시 기혈의 정상 운행에 영향을 미치어 국부에 변화를 일으키며, 특히 혀는 구강 속에서 밖으로 드러낸 모양을 한 내장으로서 어떠한 기혈진액의 이상변화도 경락의 전도를 통하여 설상에 나타나므로 변화에 영민하고 관찰에 편리하다는 한의학적 이론을 바탕으로 하고 있다.¹⁾

이처럼 한의학에서 내장변화를 반영하는 거울이라 여기는 혀는 주로 시각정보에 의해 진단하게 되는데, 그것의 색깔과 형태, 움직임, 설질과 설태 등을 이용하여 장부의 상태를 진단하게 되며, 특히, 설태라 불리는 혀바닥에 이끼처럼 덮인 물질은 그것의 색깔, 습윤 정도, 두께, 형태와 설태가 긴 범위 등을 통해 사기의 성질과 침입한 부위, 진액이 있고 없는 것을 가려볼 수 있다고 하여 중요한 진단요소로 이용되고 있다.

하지만 비침습적이고 간편한 진단방법임에도 불구하고 설진은 정량화, 표준화의 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 이런 문제를 해결하기 위해 다양한 연구들이 진행되고 있다.²⁻⁵⁾

혀 영상 획득과 관련하여 1986년 중국에서는 광원, 온도 뿐 아니라 의사의 심리적 요소에 의해 잘못된 결론을 얻는다는 것을 문제로 제기하고 이를 해결하기 위해 표준 광원 조건 아래 조명을 균등하게 혀 위에 투사하고 촬영하는 방법을 연구하였으며⁶⁾, 그 후 보다 정확한 영상을 얻기 위한 연구들 - 조명각도와 휘도, 측정자의 자세 등을 제어하는 방법, 영상 획득 환경을 제어하는 방법, 카메라의 조리개, 셔터, 노출 조정 방법 등과 관련한 연구가 진행되었다. 또, 얻어진 영상으로부터 진단에 필요한 혀 영역을 검출하는 방법에 대한 연구도 진행되었다.⁷⁾ 초기 수동영역 검출 방법에서 시작하여 최근에는 자동 영역 검출 알고리즘에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 다양한 영상분할 방법을 적용한 연구들이 진행되고 있다.⁸⁻¹⁰⁾

본 연구에서 이용된 디지털 설진 시스템 역시 이러한 연구의 일환으로 제작된 것이다. 진단 환경에 의한 영향을 최소화하기 위해 제한된 환경 속에서 디지털 카메라를 이용하여 설 영상을 획득하게 되며, 측정결과로 색상 보정된 영상을

획득하게 되고, 진단에 필요한 혀 부분만을 검출할 수 있도록 만들어졌다. 하지만 아직 한의사의 진단방법을 구현하여 분석결과를 얻는 방법에 대해서는 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구는 설진의 진단표준을 만들기 위한 기본 연구로서 정량적으로 획득된 혀 영상을 이용하여 후태와 박태를 구분하는 방법을 알아보았다. 이를 위해 다수의 피험자를 모집하여 디지털 설진 시스템을 통해 혀 영상을 획득하였으며, 임상경험이 풍부한 한의사로부터 52명의 백태 영상을 분류하고 이 중 후태, 박태 집단을 분류하는데 도움을 받았다. 후태, 박태로 진단받은 각 영상에 다양한 분석방법을 적용하여 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이는 변수를 찾아보았으며, 태 분류에 유의한 변수를 이용하여 백태 중 후태와 박태를 분류할 수 있는 판별함수를 도출하고 함수의 판별 예측력도 확인해보았다.

II. 정의 및 연구방법

1. 한의학에서의 설진

한의학에서 혀는 점막 상피가 얇고 투명하며, 혈관과 신경이 풍부하여 변화를 명확하게 볼 수 있어 체내의 각종 변화를 반영하는 매우 분명한 표식이라 여기고 있다. 때문에 설상(舌象)은 내장의 변화를 반영하는 창문의 역할을 한다고 하여 여러 가지 변증(八綱, 六經, 三焦 衛氣營血)에서도 중요한 변증지표로 삼고 있기도 하다.

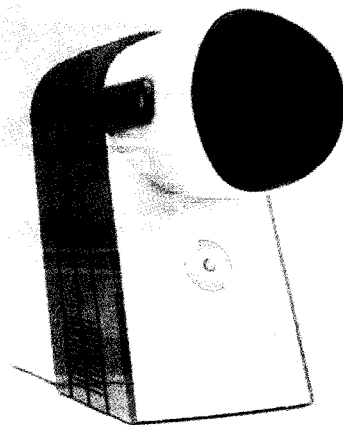
설진에서 주요 진단 요소로 보고 있는 설태란 주로 혀에서 떨어져 나온 유두각질, 모상유두 사이사이에 음식물 찌꺼기, 혈구, 구강미생물 등이 쌓여서 형성된 것으로 정상의 설태는 음식물과 타액이 섞여 마찰되면서 혀의 유두사이 틈에 침적되어 흰색을 띄며 얇고 윤택(薄白潤澤)하게 보이게 되는데, 이를 다른 말로 혀의 자결작용(自決作用)이라 부르기도 한다. 만약 신체에 병리변화가 발생되면 타액의 분비가 억제되고, 자결작용에 영향을 미쳐 정상과는 다른 설태를 볼 수 있으며, 특히 주로 소화기 계통에 문제가 생기게 되면 설태가 두터워지고 색깔도 황색에서부터 회갈색까지 다양하게 변하게 된다.

이 중 설태의 두께는 설진에서 설태의 색 다음으로 주요한 진단 기준이 되는 요소로 설태가 두꺼우면 후태, 얇으면 박태로 진단하여 정사의 경중이나 병변의 심천(深淺) 경중을 측정할 수 있는 지표로서 유용하게 사용하고 있다. 하지만, 이러한 설태의 두께를 나누는 기준이 모호하여 이를

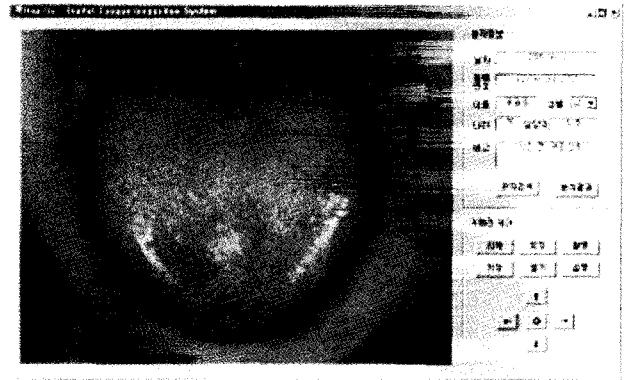
정량화하기 위한 연구가 필요한 실정이다. 본 논문에서는 이러한 설태의 두께를 정량적으로 구분하기 위해 임상에서 가장 많이 나타나는 백태 중 후태와 박태를 대상으로 설태의 두께를 정량적으로 구분할 수 있는 방법에 대해 알아보았다. 다양한 영상변환 및 영상분류 기법을 통해 후태와 박태의 구분에 유의한 변수를 추출하고, 이를 기반으로 판별함수를 설계하였다.

2. 설 영상 획득 과정

객관화된 설 영상을 얻기 위해 본 연구에서는 기존에 제작되어 있는 디지털 설진 시스템¹¹⁾¹²⁾을 이용하였다. <그림 1>에서 볼 수 있는 디지털 설진 시스템은 표준화된 광원과 디지털 카메라를 이용하여 설 영상을 획득하고 색상보정을 통해 보다 정확한 영상을 얻을 수 있게 디자인 된 장치로 접안부에 고정이 되었을 때 효과적으로 암실을 형성할 수 있도록 인체 공학적으로 설계되었으며 광원을 표준화하기 위해 태양광과 가까운 색온도(5500K) 특성을 가진 스트로브(strobe) 조명을 사용하였다. 우리는 이를 이용해 한방병원 및 협력기관으로부터 720명의 피험자를 모집하여 <그림 2>와 같이 혀를 포함한 안면 영상을 획득하였으며, 이로부터 혀 부분의 영상만을 추출하였다. 추출된 혀 영상은 RGB의 24 bit BMP 영상으로 1280×960의 해상도를 가진 영상이며, 수집된 혀 영상은 5년 이상의 임상경험을 가진 한의학 전문의에 의해 백태 영상을 구분하고, 백태영상은 다시 후태와 박태영상으로 분류하였다. 전체 데이터 중 백태라 확인한 영상은 52건으로, 이 중 박태는 45명, 후태는 7명으로 분류되었다.



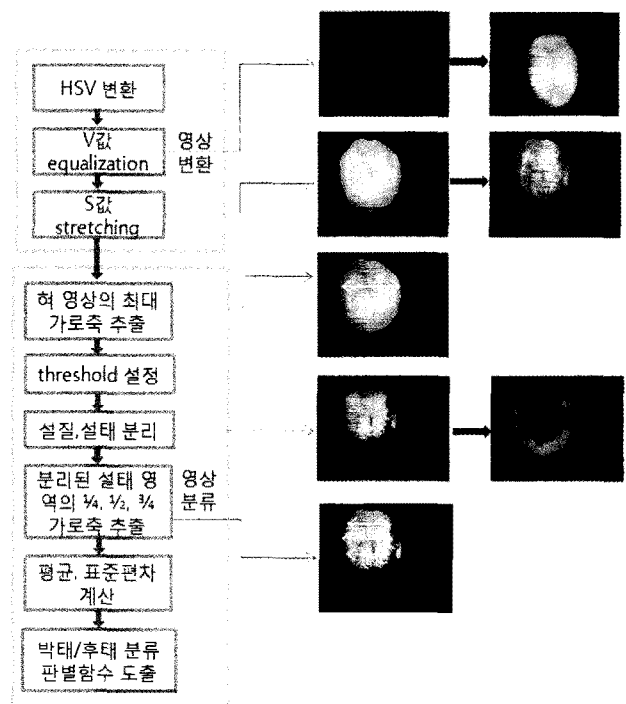
<Figure. 1> Exterior of digital tongue inspection system



<Figure. 2> Image capture program of digital tongue inspection system

3. 후태, 박태 분류 과정

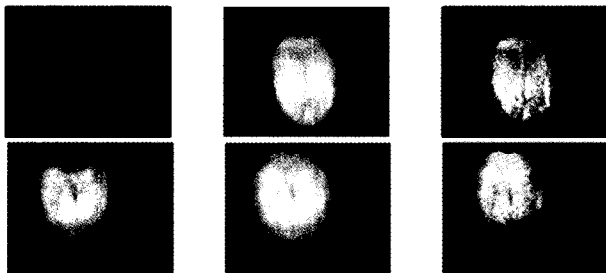
후태, 박태를 분류하는 전체 과정은 <그림 3>과 같으며 크게 영상변환과 영상분류 두 단계로 나누어진다. 먼저, 영상변환 과정에서는 영상이 균일한 밝기 특성을 가지도록 하기 위한 전처리 과정과 설질, 설태 영역의 구분을 용이하게 하기 위한 전처리 과정이 포함되며, 영상 변환 후에는 후태와 박태를 분류하기 위해 설질과 설태를 분리하는 과정, 분류에 이용할 변수값들을 추출하는 과정, 이 변수값들을 이용하여 후태, 박태 분류 판별함수를 도출하는 과정이 포함된다.



<Figure. 3> Whole process of the thick and thin coating classification

1) 영상 변환

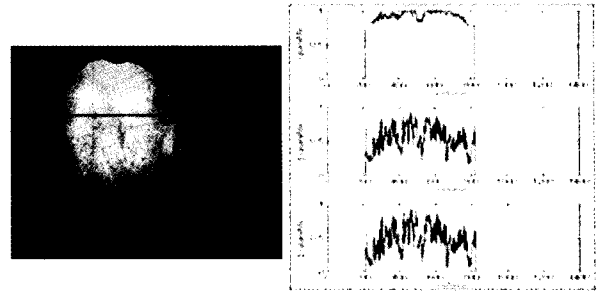
디지털 설진 시스템을 이용해 획득한 영상 중에는 촬영당시 암실이 효과적으로 형성되지 않았거나 조명이 오동작하는 등 영상이 취득된 조건의 차이로 인해 밝기 분포가 다르게 나타나는 영상이 존재하였다. 때문에, 영상변환 과정에서는 다르게 나타나는 밝기 분포를 정규화하기 위해 명도값의 histogram equalization을 수행하여 균일한 밝기 특성을 가지도록 하였으며, 설태와 설질을 분리하고, 후태와 박태의 영상특성을 알아보기 위해 설질과 설태 간에 차이를 보이는 채도값의 histogram을 stretching하는 전처리 과정을 수행하여 설태 영역을 강조한 영상을 획득하였다.¹³⁾ <그림 4>는 측정된 원영상과 밝기 분포를 정규화한 영상, 채도값을 이용해 histogram stretching을 수행한 영상을 나타내고 있다.



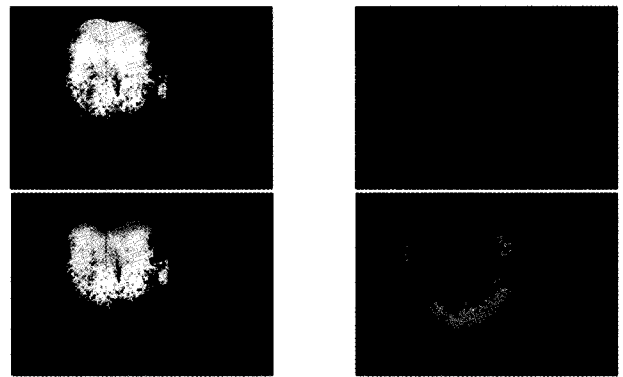
<Figure. 4> Transformed images (original image(left), histogram equalized image(middle), histogram stretching image(right))

2) 영상 분류

후태와 박태를 분류하기 위해서는 먼저, 획득한 영상으로부터 설질과 설태의 영역을 구분하는 과정이 선행되어야 한다. 이를 위해 전처리 과정에서 구했던 설태와 설질의 차이를 강조하기 위해 채도값의 히스토그램을 확장한 영상을 분석에 이용하였다. 설태와 설질의 분리에 적합한 컬러특성을 찾기 위해 설 영상 중 가로축 길이가 최대인 지점의 컬러값을 추출하고, 컬러값 그래프를 통해 R, G, B 중 G값이 설태 영역과 설질 영역을 구분하기에 가장 적합함을 실험적으로 확인하였다. 따라서, 이 G값을 이용하여 임계값을 결정하고 임계값 이상이면 설태, 이하면 설질 영역으로 구분하였다. <그림 6>은 혀 영상에서 최대가로축 지점을 설정한 영상과 그 지점의 RGB 컬러값 그래프를 나타내고 있으며, <그림 7>에서는 임계값을 이용하여 설태와 설질을 분리한 결과를 보여주고 있다.¹³⁾

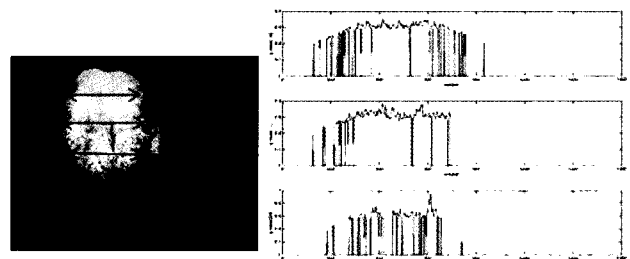


<Figure. 5> Extract the maximum horizontal axis and the graph of RGB color values



<Figure. 6> Tongue images that divided into coating and substance area

다음 단계는 분리된 설태 영상을 이용하여 후태와 박태의 특성을 알아보기 위한 과정으로 앞서 설태와 설질의 차이를 잘 나타냈던 G값을 이용하였으며, <그림 7>과 같이 분리된 설태 영역 중 1/4, 1/2, 3/4 되는 지점의 그래프를 확인해보고, 태가 얇은 박태와 태가 두터운 후태의 경우 컬러값의 변화정도가 다를 것이라는 가정을 기반으로 분석을 진행하였다. 분석에는 원영상, 밝기보정 영상, 채도확장 영상을 모두 사용하였으며, 각 영상별로 분리된 설태 영상을 구하고, 분리된 설태 영상 중 앞서 구했던 혀의 최대가로축 부분에 해당하는 지점의 G값의 평균과 표준편차를 구하였다. 또, 분리된 설태 영상의 1/4, 1/2, 3/4되는 지점을 계산하여 각 지점별로 가로축의 G값을 구하고 평균, 표준편차도 함께 구하였다.



<Figure. 7> The tongue coating image that divide into 4 equal parts and the color graphs at each position

이렇게 구한 24개의 변수를 이용하여 통계기법을 통해 태 분류에 유의한 변수를 찾고 판별식을 도출하였다. 원영상, 밝기보정 영상, 채도확장 영상의 최대가로축 G값, 설태 중 1/4, 1/2, 3/4지점의 G값의 평균과 표준편차 값들을 독립 변수로 하였으며, 통계 프로그램을 이용하여 판별분석을 실시하였다.

분석에 이용한 판별분석은 다변량 통계기법 중의 하나로 범주형의 집단변수(종속변수)를 설명해 줄 수 있는 등간척도나 비유척도의 판별변수(독립변수)를 찾아 이들의 선형결합에 의해 판별함수를 도출하고 분류하고자 하는 각 대상의 특성을 대입하여 각 대상들이 속하는 집단을 찾아내는 방법이다. 이를 이용하여 후태와 박태 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 보고 그 차이를 설명할 수 있는 변수를 발견한 후 유의한 판별함수를 토대로 어느 그룹으로 분류할 것인가를 예측해 보았다. 또, 각 대상들 간의 소수 그룹을 파악해주는 판별식을 발견하고, 후태와 박태 판별을 위해 어떤 독립변수들이 가장 높은 기여를 하는지 알아보고 판별 예측력을 확인해 보았다.

통계분석에는 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였으며, 분석 과정에서는 Wilks' Lambda를 가장 적게 하는 변인으로부터 투입하는 stepwise법을 사용하여 실시하였고, 모든 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결과 및 고찰

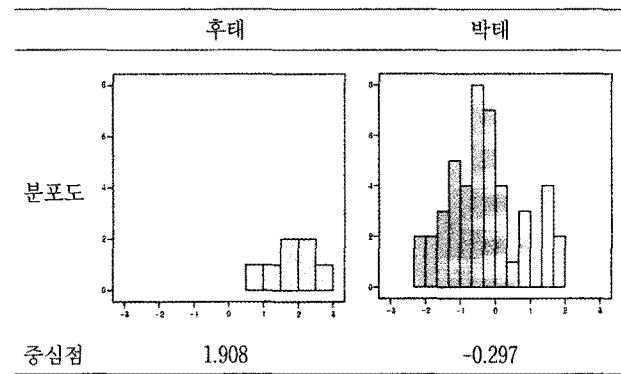
통계 프로그램을 통해 구한 각 독립변수의 상대적 중요도를 나타내는 표준화된 판별계수는 최대가로축에 해당하는 G값의 표준편차는 1.037, 밝기를 보정한 영상의 설태 1/4지점의 G값 표준편차는 -0.512로 G값의 표준편차가 영향력이 높음을 알 수 있었으며, 그 중 최대가로축 중 설태의 G값 표준편차가 가장 영향력이 높음을 알 수 있었다. 우리는 이 두 변수를 이용하여 후태, 박태를 효과적으로 구분할 수 있는 표준화된 정준 판별함수를 구해 보았다. 판별함수는 두 변수의 선형결합으로 만들어졌으며, 그 결과는 <식 1>과 같다.

$$D = 1.037 * (\text{원영상 최대가로축 } G\text{표준편차}) - 0.512 * (\text{밝기보정영상설태 } 1/4\text{지점 } G\text{표준편차}) \dots\dots\dots \text{ <식 1>}$$

위의 판별함수를 이용하여 분리된 설태 영상으로부터 얻은 최대가로축의 G값 표준편차와 밝기보정 후 구한 설태

의 1/4지점의 G 표준편차를 입력하여 출력 D값을 구하고, D값이 기준값보다 크면 후태, 작으면 박태라 분류하였다. 여기서 기준값은 통계프로그램을 통해 자동으로 구할 수 있으며, 본 함수에서는 기준값이 0.806으로 산출되었다. <표 2>는 판별함수를 이용하여 실험에서 구한 후태, 박태 52명의 D값의 빈도분포를 살펴본 결과이다. 표에서 볼 수 있듯이 후태 분포의 중심점은 1.908, 박태분포의 중심점은 -0.297로 두 설태의 범위가 비교적 뚜렷하게 구분되는 것을 볼 수 있으며, 분포가 서로 겹치는 부분도 적음을 확인할 수 있다.

Table 1. The frequency distribution of D



판별함수의 정확성을 보기 위해 한의사의 태 진단과 판별함수의 결과를 비교해보았다. <표 1>에서 볼 수 있듯이, 한의사가 박태라 진단한 45명에 대하여 판별함수의 결과 43명을 박태라 분류하였으며, 후태의 경우 한의사가 진단한 7명 중 5명을 후태라 분류하였음을 볼 수 있었다. 전체적으로는 92.3%의 우수한 예측율을 보였다.

Table 2. Accuracy of prediction

		예측된 결과		전체
		박태	후태	
한의사 진단	박태	43(95.6%)	2(4.4%)	45
	후태	2(28.6%)	5(71.4%)	7

이와 같이, 백태 중 후태와 박태를 효과적으로 분류하기 위한 방법을 알아보기 위해 디지털 설진 시스템으로부터 얻은 결과영상을 보정하고, 설태 영역을 추출하여 허 영역별 컬러값 중 유의한 변수를 이용하여 판별함수를 설계해보았다. 판별함수의 판별정확도를 알아보기 위해 함수로부터 분류된 후태와 박태의 빈도분포를 확인하여 두 집단이 비교적 명확히 구분되는 것을 알 수 있었으며, 한의사 진단결과와 판별함수의 결과를 비교했을 때, 전체적으로 92.3%의 높은 일치율을 보임을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 설진의 진단의 자동화를 위한 선행연구로서 표준화된 측정환경에서 획득되어진 설 영상을 이용하여 설태와 설질을 구분하고 분리된 설태를 이용하여 후태와 박태를 정량적으로 분류할 수 있는 방법에 대해 알아보았다.

이를 위해 다수의 피험자를 모집하여 기존에 개발된 디지털 설진 시스템의 표준화된 측정환경에서 설 영상을 획득하였으며, 획득한 영상으로부터 다양한 전처리 과정을 통해 구한 임계값을 이용하여 설태와 설질 영역으로 구분하였다. 후태와 박태를 구분하기 위해서 분리된 설태 영역 중 특징 지점들의 컬러값 평균과 표준편차를 이용하였으며, 통계기법을 이용해 이들 중 후태와 박태를 구별하는데 유의한 변수를 구하였다.

그 결과 원영상 최대가로축 G값의 표준편차와 밝기보정 영상의 설태 1/4지점 G값 표준편차, 2개의 변수가 후태와 박태를 판별하는데 최적인 것을 알 수 있었으며 상대적 중요도를 나타내는 표준화된 판별계수를 구해봤을 때, 둘 중에서도 원영상 최대가로축 G값의 설명력이 가장 높은 것으로 나타났다. 두 변수를 이용해 후태, 박태를 구분할 수 있는 판별함수를 도출하고 집단별 분류함수 계수에 의해 분류된 결과와 한의사 진단과의 일치율을 확인해 본 결과, 92.3%로 높은 일치율을 나타내었다.

본 연구에서는 객관적이고 정량적으로 획득한 설진 데이터를 이용하여 후태와 박태를 효과적으로 구분할 수 있는 분석방법을 연구하였고, 연구 결과를 통해 한의사의 눈으로만 이뤄지던 설태의 구분을 영상 전처리와 이를 통해 얻은 컬러값의 표준편차를 이용하여 정량적으로 구분하였다. 본 연구를 통해 설진의 객관화, 표준화의 문제를 해결할 수 있는 가능성을 볼 수 있었으며, 후태, 박태 이외에도 다양한 설태의 구별에도 이용할 수 있으리라 기대된다.

V. 감사의 글

본 연구는 2007 한국한의학연구원 기관고유과제인 ‘한방진단표준개발’의 지원에 의해 수행되었습니다. 연구에 도움을 주신 경희대학교 박경모 교수께 감사드립니다.

VI. 참고 문헌

1. 박종기, 「舌診의 原理와 意義에 관한 考察」, 『대한한의진단학회지』, 1998;2(1):183-206.
2. Chuang-Chien Chiu, 「A Novel Approach Based on Computerized Image Analysis for Traditional Chinese Medical Diagnosis of the Tongue」, 『Computer Methods and Programs in Biomedicine』, 2000;61:77-89.
3. 岳小强, 刘庆, 「中医舌象计算机识别研究的现状分析」, 『中西医结合学报』, 2004;2(5):326-329.
4. Bo Pang, David Zhang, 「Computerized Tongue Diagnosis Based on Bayesian Networks」, 『IEEE transactions on Biomedical Engineering』, 2004;51(10):1803-1810.
5. H.Z. Zhang, K.Q. Wang, D. Zhang, B. Pang and B. Huang, 「Computer Aided Tongue Diagnosis System」, 『Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China』, 2005;7:6754-6757.
6. 孙立友, 程 钊, 谢虎臣, 「等.利用计算机图象识别技术进行舌诊客观化研究的探讨」, 『安徽中医学院学报』, 1989;5(4):5-7.
7. Jia Wu, Yonghong Zhang, Jing Bai, 「Tongue Area Extraction in Tongue Diagnosis of Traditional Chinese Medicine」, 『Engineering in Medicine and Biology』, 2005;5:4955-4957.
8. Bo Pang, Kuanquan Wang, David Zhang, Fengmiao Zhang, 「On Automated Tongue Image Segmentation in Chinese Medicine」, 『ICPR』, 2002;1:616-619.
9. W. Li, C. Zhou, Z. Zhang, 「The Segmentation of the Body of Tongue Based on the Improved Snake Algorithm in Traditional Chinese Medicine」, 『Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation』, 2004;June15-19:5501-5505.
10. 김근호, 이진, 최은지, 유현희, 김종열, 「그래프 및 기하정보를 이용한 설진 영역 추출」, 『대한전기학회』, 2007;56(11):2051-2057.
11. 김재균, 「디지털 설진 시스템의 개발」, 경희대학교 학사논문, 2005.
12. 어운혜, 「디지털 설진 시스템을 위한 설 검출과 분류」, 경희대학교 석사논문, 2006.
13. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, 『Digital Image Processing』, USA:Addison Wesley, 1993:171-186, 443-458.