

디지털 설진 시스템의 색상 보정

김지혜 · 남동현*

상지대학교 한의과대학 진단생기능의학교실

Abstract

Colour Interpolation of Tongue Image in Digital Tongue Image System Blocking Out External Light

Ji-Hye Kim · Dong-Hyun Nam*

Department of Biofunctional Medicine and Diagnosis, College of Korean medicine, Sangji University

Objectives

The aim of this study is to propose an optimized tongue colour interpolation method to achieve accurate tongue image rendering.

Methods

We selected 60 colour chips in the chips of DIC color guide selector, and then divided randomly the colour chips into two groups. The colour chips of a group (Gr I) were used for finding the optimized colour correction factor of error and those of the other group (Gr II) were used for verifying the correction factor. We measured colour value of the Gr I colour chips with spectrophotometer, and took the colour chips image with a digital tongue image system (DTIS). We adjusted colour correction factor of error to equal the chip colour from each method. Through that process, we obtained the optimized colour correction factor. To verify the correction factor, we measured colour value of the Gr II colour chips with a spectrophotometer, and took the colour chips image with the DTIS in the two types of colour interpolation mode (auto white balance mode and optimized colour correction factor mode). And then we calculated the CIE-L*a*b colour difference (ΔE) between colour values measured with the spectrophotometer and those from images taken with the DTIS.

Results

In auto white balance mode, The mean ΔE between colour values measured with the spectrophotometer and those from images taken with the DTIS was 13.95. On the other hand, in optimized colour correction factor mode, The mean ΔE was 9.55. The correction rate was over 30%.

Conclusions

In case of interpolating colour of images taken with the DTIS, we suggest that procedure to search the optimized colour correction factor of error should be done first.

Key Words

Colour Interpolation, colour difference (ΔE), spectrophotometer, tongue image

* 교신저자 : 남동현 / 소속 : 강원도 원주시 상지대학교 한의과대학 진단생기능의학교실

TEL: 033-738-7504 / E-mail : omdnam@sangji.ac.kr

투고일 : 2012년3월15일; 수정일 : 2012년4월15일; 게재확정일 : 2012년4월17일

I. 서론

설진은 한의학에서 망진의 한 분야로, 예로부터 환자의 설질과 설태의 변화를 관찰함으로써 질병을 진찰하는 한의학 고유의 진단 방법 중 하나이다. 특히 설태의 색은 질병의 진전과 변화를 파악하는 데 있어서 매우 중요하게 여겨져 왔다. 그러나 전통적 설진 방법은 육안검사법에 의존하기 때문에 한의사의 주관적 결정이 개입되어 객관성이 떨어진다는 문제점이 지적되어 왔다. 따라서 한국, 중국, 일본 등에서 설진 정보를 보다 정량화, 객관화하기 위한 디지털 설진 시스템에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다.¹⁾

디지털 설진 시스템으로 획득한 혀 영상이 항상 정확한 색정보를 제공한다고 볼 수는 없다. 카메라와 조명장치 등의 하드웨어적인 문제와 화이트밸런스 및 이득 조절, 노출시간 설정 등의 소프트웨어적인 문제로 획득한 혀 영상의 색상은 왜곡되는 문제를 가지고 있다. 이러한 이유로 설태와 설질의 색을 명확히 판단하기가 힘들기 때문에 최근 들어 정확한 색을 획득하기 위한 연구 및 노력들이 진행되고 있다.

2002년 김²⁾은 정확한 색상 재현을 위해 참고 색편 180개를 선택하고 이를 통해 얻어낸 R'G'B' to RGB table을 이용하여 삼각뿔 방법, 최소거리 4점 방법, 최소제곱오차법을 고안해내어 빠르고 효율적인 색상 보정 방법을 개발하고자 하였다. 2003년 김 등³⁾은 색상 보정을 위해 Munsell의 색표계를 따르는 200여개의 참고 색편을 가지고 삼각뿔 방법, 최소거리 4점 방법, 최소제곱오차법의 색상 보정 방법을 이용하였으며, 그 결과 최소제곱오차법이 영상 보정이 가장 뛰어난 성적을 보였다고 보고하였다. 2004년 장⁴⁾은 전체적인 색상의 분포를 반영하는 히스토그램 방법을 이용하여 각 픽셀에 대한 R, G, B 성분 값을 얻고, 추출된 색상 성분 히스토그램을

혀 색을 인식하기 위한 입력 데이터로 이용하였다. 또 가장 적합한 혀 색을 인식하기 위해 패턴 인식 방법 중 오류 역전과 학습 알고리즘을 사용하는 다층 퍼셉트론을 선택하였다. 2006년 어⁵⁾는 측정된 영상의 R, G, B 값과 한국표준색표집의 표준 색표 R, G, B 값을 비교하여 색 재현 특성을 알아보고자 하였다. 1차적으로 색상 재현 기울기 보정 알고리즘을 이용하여 기울기 보정을 한 후 2차적으로 최소제곱오차방법을 적용하여 오차를 최소로 만드는 방식을 이용하였다. 2010년 Wang 등⁶⁾은 3000개 이상의 혀 영상을 이용하여 영상분석을 통해 장치종속 색 공간 RGB와 장치 독립적인 색 공간 CIE XYZ를 획득하고, 두 개의 색상값 사이의 함수 관계를 만들어 알고리즘을 개발하였다. 색보정이 이루어지지 않은 상태의 영상을 개발한 알고리즘을 이용하여 색보정을 하고 통계분석하였다. 일반적으로 사용하는 알고리즘과 자체 개발한 알고리즘으로 혀 영상을 보정하고 각각의 전, 후를 비교한 결과 개발 알고리즘이 95% 이상 색차를 줄일 수 있었다.

많은 연구들이 이루어졌음에도 불구하고 기존의 연구들은 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫 번째로 모든 색상에 대한 색보정 알고리즘 개발에 중점을 두었다는 것이다. 이렇다보니 알고리즘이 복잡하고, 충분한 조도가 확보되지 않는 촬영 환경에서는 적용하기 어렵다는 문제점을 가진다. 두 번째로 모든 색상에 적용되는 알고리즘은 혀 영상 촬영 시 혀 색에 대한 최적의 색상 보정을 할 수 없다는 한계점을 가지고 있다.

이와 같은 한계점들을 극복하고자 본 논문은 설질과 설태의 색상이 충분히 재현되는 디지털 설진 시스템의 최적화된 색상 보정을 구현하기 위한 방법을 연구하였다. 모든 색상에 대한 색보정을 시도한 기존 연구와는 다르게 본 논문은 혀 색과 유사한 색상만을 선택하여 색보정 실험을 시도하였고 새로운 방법을 제시하고자 하였다. 본 실험은 60개의

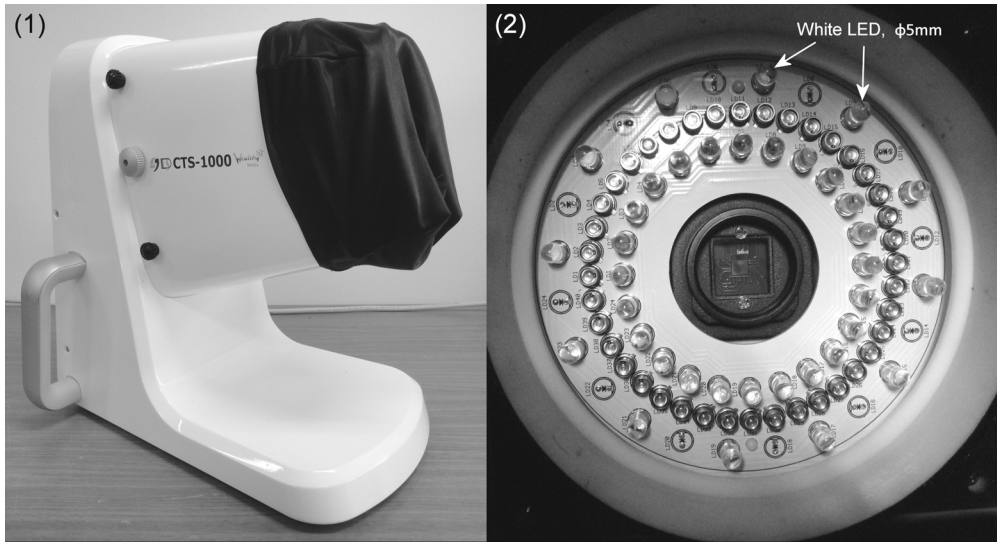


Figure 1. Digital tongue image system (DTIS) (1) and LED arrangement (2)

색편을 선택한 후, 이 색편들을 촬영하여 본래 CIE-L*ab 색상값과 디지털 설진 시스템으로 측정된 CIE-L*ab 색상값을 비교하여 색 재현의 정확도를 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험 장치

(1) 디지털 설진 시스템

1. 촬영부

CTS-1000은 하이비전카메라(HVR-2130CPA, Hyvision system, Korea)와 MP렌즈(H2Z0414C-MP, Hyvision system, Korea)를 장착한 디지털 설진 시스템이다. 카메라는 SXGA와 VGA 해상도로 촬영이 가능하며 본 실험에서는 VGA 해상도를 사용하였다.

2. 조명부

조명은 High Brightness LED (LED5MM-WHITE, LUXPIA, Korea)램프를 이용하였다. LED는 총 12개를 사용하였고, 조명판을 원형 배열로 설계, 제작하여 빛의 확산이 잘 이루어지게 하였다. 사용된 LED의 주 파장은 $x=0.31$, $y=0.32$ 이었다. (Figure 1)

(2) 색편 고정대

색편 촬영을 용이하게 하기 위해서 색편 고정대를 제작하였다. 색편 고정대는 책상 위에 올려놓고 측정할 수 있을 정도의 높이로 제작되었다. 고정대 밑판은 가로 9 cm, 세로 9 cm로 설계하였고, 피검자의 혀 촬영 시 상태와 근접하게 제작하고자 높이는 31 cm로 하였다. 고정대로 인한 반사를 최대한 막기 위해 나무로 전체 틀을 제작하였으며, 색편 부착 부분은 검은 색으로 테이핑 함으로써 빛의 반사를 줄였다. (Figure 2)

Table 1. Colour Chip Selection

Group	DIC-No.
I (N=30)	1, 3, 4, 5, 7, 21, 24, 25, 29, 30, 32, 52, 54, 55, 259, 260, 291, 292, 296, 298, 299, 451, 470, 473, 477, 478, 482, 546H, 547, 602
II (N=30)	2, 6, 8, 23, 26, 31, 160, 258, 261, 263, 274, 275, 288, 289, 290, 297, 316, 319, 467, 468, 469, 471, 472, 475, 480, 481, 487, 493, 494, 522

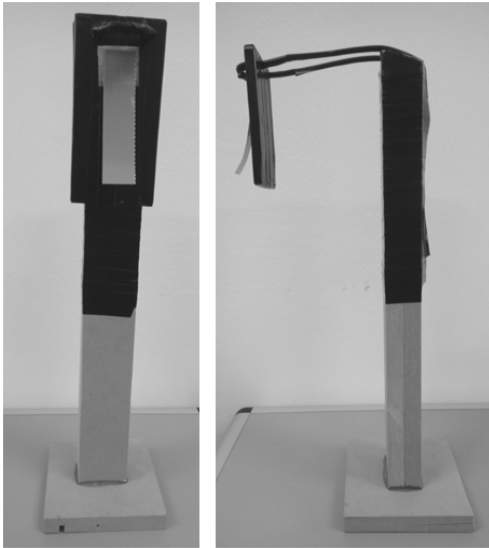


Figure 2. Colour chip support.

2. 색편 선택

혀의 배면 영상에서 설질 영역과 설태 영역을 참고하여 색편을 선택하였다. 2008년 Kim 등⁷⁾의 연구에서 사용된 색편을 참조하여 DIC 표준색모음집 color guide selector(DIC color guide, Dainippon Ink and Chemicals Inc., Japan)에서 총 60개의 혀 색 또는 설태 색과 유사한 색편을 선택하였다. 실험에 사용된 색편은 13x6 mm 크기였다.

60개의 색편은 엑셀의 랜덤함수를 이용하여 임의의 두 그룹(group I, II)으로 나누어 실험에 사용되었다. group I은 오차보정계수를 획득하는 실험에 사용되었고, group II는 실험을 통해 획득한 오차보정계수를 적용한 검증실험과 화이트밸런스 자동방식

으로 색편을 촬영하는 비교실험에 사용되었다. (Table 1)

3. 실험 방법



Figure 3. The scene of taking the colour chip image.

(1) 오차보정계수 획득 실험

먼저, 색편의 고유색값을 획득하기 위해, group I에 속한 30개의 색편을 각각 분광측색계(Spectrophotometer CM-2500d, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 색을 측정하고, 획득한 CIE-L*a*b 색상값을 CIE-L*a*b to RGB 과정을 통해 RGB 색상값으로 변환하였다. 다음으로, 최적의 화이트밸런스 값을 찾기 위해 gain control과 exposure time을 고정된 상태에서, group I에 속한 색편들을 외부광을 차단한 상태에서 디지털 설진 시스템을 통해 촬영하면서, 분광측색계를 통해 얻어진 RGB 색상값과 촬영된 색편의 RGB 색상값이 최대한 같아지도록 RGB 화이트밸런스 값

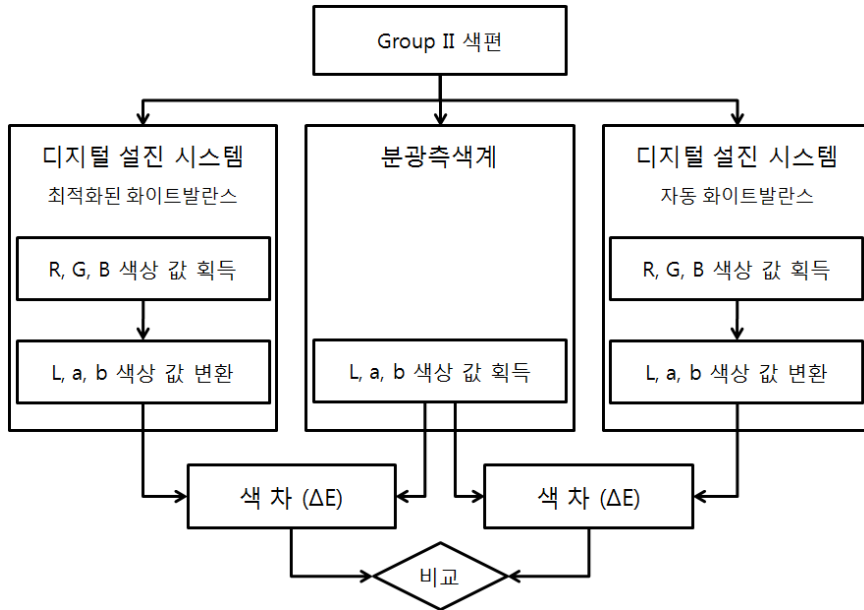


Figure 5. Verifying the optimized colour correction factor of error and comparing test.

을 조절하였다. 두 RGB 색상값이 동일해지는 RGB 화이트밸런스 값을 통해 각 색편에 대한 최적화된 오차보정계수로 획득하고, 30개 색편을 대상으로 얻어진 각 색편의 최적화된 오차보정계수의 평균을 구하여, 디지털 설진 시스템의 최적화된 오차보정계수를 계산하였다. (Figure 5)

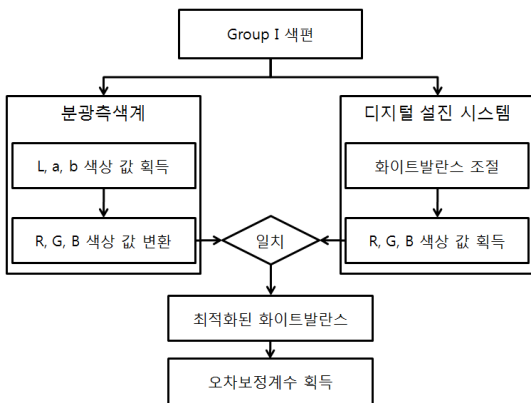


Figure 4. Finding the optimized colour correction factor of error.

(2) 오차보정계수 검증

1. 오차보정계수를 적용 모드

선행된 오차보정계수 획득 실험을 통해 구해진 R, G, B 각각의 오차 보정 계수는 R=208, G=153, B=158 이었다. 색편 영상의 RGB 색상값을 RGB to Lab 과정을 통해 CIE-L*a*b 색상값으로 변환하고 편위로 말미암아 생기는 오차를 최소화하기 위하여 동일한 장소에서 동시에 같은 색편을 분광측색계로 촬영하였다. 즉, group II에 속하는 총 30개의 색편을 획득된 오차보정계수를 적용한 상태에서 디지털 설진 시스템으로 촬영하여 CIE-L*a*b 색상값을 얻고, 분광측색계로 촬영한 색편의 CIE-L*a*b 색상값을 비교하여 두 색상값 사이의 색차(ΔE)를 계산하였다. (Figure 4)

2. 자동 화이트밸런스 적용 모드

자동 화이트밸런스를 적용한 경우와 오차보정계수를 적용한 경우의 색상의 정확도를 비교하기 위해

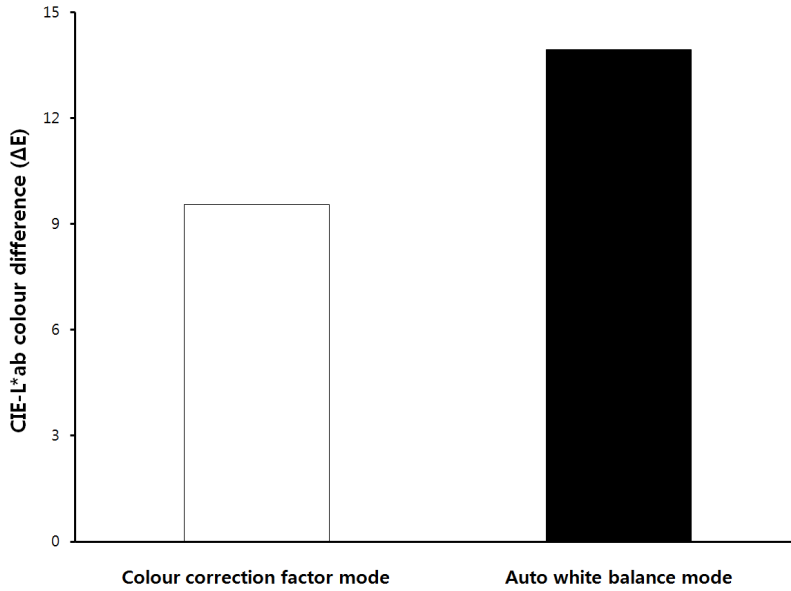


Figure 6. CIE-L*ab colour difference (ΔE)

오차보정계수 비교 실험을 실시하였다. 자동 화이트 발란스 모드 실험은 오차보정계수 검증 실험과 실험 방법은 동일하되, 획득된 오차보정계수가 아닌 기존의 자동 화이트발란스 기술을 적용한 상태에서 색편을 촬영하였다는 차이점이 있다. group II에 속하는 총 30개의 색편을 자동 화이트발란스를 적용한 상태에서 디지털 설진 시스템으로 촬영하여 CIE-L*ab 색상값을 얻고, 분광측색계로 촬영한 색편의 CIE-L*ab 색상값을 비교하여 두 색상값 사이의 색차(ΔE)를 계산하였다. 이후 오차보정계수 검증 실험을 통해 얻은 색차(ΔE)와 자동 화이트발란스 모드 실험을 통해 얻은 색차(ΔE)를 비교하였다. (Figure 5)

3. 색차

CIE-L*ab 색공간 상에서 두 색(색₁: L₁, a₁, b₁; 색₂: L₂, a₂, b₂) 사이의 색차(ΔE)는 다음과 같이 정의된다.

$$\Delta L = |L_1 - L_2|, \quad \Delta a = |a_1 - a_2|, \quad \Delta b = |b_1 - b_2|$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Ⅲ. 연구결과

분광측색계의 CIE-L*ab 색상값과 오차보정계수 검증 실험을 통해 얻은 CIE-L*ab 색상값의 색 간의 차이를 계산한 결과, 평균 색차값은 9.55였고, 자동 화이트발란스 모드 상태에서 얻은 색상값과의 평균 차이는 13.95였다. 이 결과 자동 화이트발란스 모드 보다는 오차보정계수를 고정하여 적용 방식이 색 간의 차이가 더 적음을 확인할 수 있었다. (Table 2, Figure 6)

Table 2. Colour Difference Analysis

	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Optimized Colour Correction Factor of Error Mode	4.45	5.85	4.46	9.55
Auto White Balance Mode	8.23	8.40	4.54	13.95

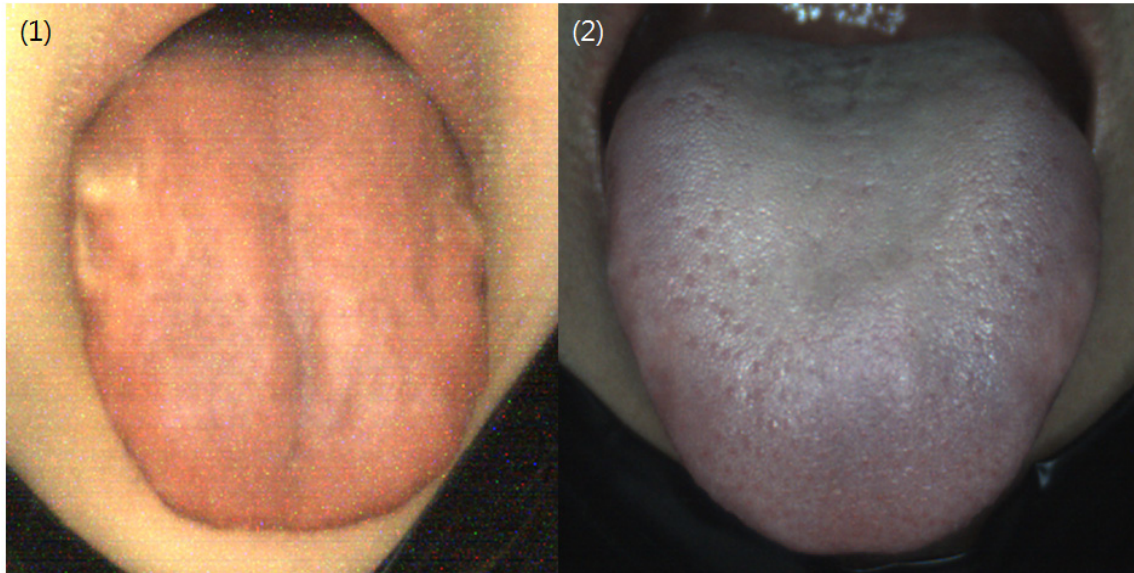


Figure 7. Before colour interpolation of the tongue image (1) and after colour interpolation of the tongue image (2).

IV. 고찰 및 결론

혀는 인체의 오장육부와 밀접한 관련성이 있어, 장부에 병리변화가 생겨 정기가 허손되면 혀에 반응이 나타나게 된다. 그래서 한의학에서는 설진을 진단의 중요한 지표로 삼아왔다. 한의학자는 환자의 건강 상태를 파악하기 위해 설질과 설태의 색, 설태의 유무, 두께, 습윤도를 먼저 살핀다. 이렇듯 혀의 정보가 환자의 건강 상태 판별에 있어 중요한 단서가 되는데, 디지털 설진 시스템으로 혀 촬영 시 설질과 설태의 색이 왜곡되어 촬영된다는 문제점이 지적되어 왔다.¹⁾ 문제점들을 해결하고자 기존의 연구들은 색보정에 대한 많은 실험을 시도하였고 알고리즘 개발에 힘썼다. 그러나 모든 색상에 대한 색보정 알고리즘은 알고리즘 자체가 복잡함에도 불구하고 혀 영상 촬영 시 혀 색에 대한 최적의 색상보정에는 적합하지 않다.

본 연구는 외부의 광을 차폐하고 gain control, ex-

posure time 조건을 고정한 상태에서 디지털설진시스템으로 색편을 촬영하였다. 촬영한 후 획득한 CIE-L*ab 색차를 비교 분석한 결과 화이트밸런스 자동 설정방식보다 오차보정계수를 적용한 방식에서 색 간의 차이가 작게 나타났다. 혀 영상 또한 붉은 색의 편향이 줄었으며, 색상보정 정도가 향상되었다. 색상 보정에 있어서 색차의 절대적인 평가기준은 별도로 마련되어 있지는 않지만, 일반적으로 색차는 작을수록 좋으며, CIE-L*ab 색공간 상에서 색차가 3이하인 경우에는 인간의 눈으로는 두 색의 차이를 분별할 수 없는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 화이트밸런스 자동 설정방식으로 색상을 촬영한 경우 색차(ΔE)는 13.95로 상당한 차이를 보였으나, 오차보정계수를 적용하여 촬영한 경우 색차(ΔE)는 9.55로 감소하여, 오차보정계수 적용한 경우 그렇지 않은 경우보다 보정률이 30 % 이상 증가됨을 확인할 수 있었다.

본 연구는 선행 실험을 통해 실험도중 발생하는

문제점을 파악하고 본 실험에서는 최대한 편위를 줄이고자 하였다. 편위 발생의 주요 원인은 크게 3가지로 예상되었다. 첫 번째, 표본 제작 과정에서 생기는 편위이다. 표본색 모음집에서 제공된 색편의 R, G, B 색상값과 동일한 색편을 분광측색계로 촬영한 R, G, B 색상값이 미세하지만 다르게 측정되었다. 두 번째, 색편의 변색이다. 제작된 표준색편은 시간이 지나면서 태양광에 포함된 자외선이나 자연에 존재하는 미약한 방사선 등에 의해 색이 조금씩 바래져서 옅어지는 현상이 나타난다. 우리는 선행 실험에서 60개의 색편에 대해 CIE-L*ab 색상값을 분광측색계로 측정하여 색편에 기재된 색 정보와 비교해본 결과, 5.76의 색차(ΔE)가 발생함을 확인하였다. 따라서 색 바램을 최소로 하기위해 색편은 빛이 차단되는 보관함에 따로 보관해놓고 실험은 단시간에 실시하였다. 세 번째로는 색편의 오염이다. 실험을 진행하는 동안 색편의 오염은 생길 수밖에 없기 때문에 측정자는 색편의 오염을 최소화하기 위해 색편을 만지는 횟수를 줄이고 가능하면 포셉을 사용하여야 한다. 이러한 편위의 발생 원인을 최소화하기 위해 본 실험에서는 색편에 기재된 색 정보가 아닌 분광측색계로 측정된 CIE-L*ab 색상값을 고유색값으로 사용하였다.⁸⁾

본 연구에는 몇 가지 한계점들이 있다. 첫 번째, 색편의 변색과 색편의 오염을 완전히 통제할 수 없었다.³⁾ 또한 RGB를 CIE-L*ab로 변환하는 과정에서 색공간의 비 균일함 때문에 생기는 색변환 오차가 발생되며, 색변환 오차로 인한 부정확한 데이터 사용으로 결과적으로 분석 값의 오류라는 문제를 유발할 수 있을 것이다.⁹⁾

색상보정 실험은 설진의 객관화, 표준화에 반드시 선행되어야 할 과제이다. 따라서 본 저자들은 획득한 색편 영상의 색상값과 본래 색편의 색상값이 가장 근접한 수치를 갖는 오차보정계수를 획득하기 위한 실험을 진행하였고, 정확도를 평가하여 기존

자동 화이트밸런스 기술을 적용한 경우보다 높은 정확도를 얻을 수 있었다. 이는 설질과 설태의 분류에 관련된 연구에도 응용될 수 있어, 객관적이고 정량적인 설진을 위한 디지털 설진 시스템의 개발에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

결론적으로, 화이트밸런스 자동 설정방식보다 오차보정계수를 적용한 방식에서 보정률이 30% 이상 증가되었다. 따라서 본 저자들은 정해져있는 촬영 조건 하에서 설질과 설태의 색을 정확하게 파악하기 위해서는 설질과 설태의 색을 잘 반영하는 색편을 선택하여 촬영된 색편의 색상이 색편의 고유값과 최대한 일치되도록 보정하는 실험이 선행되어야 함을 제안한다.

VI. 감사의 글

본 연구는 보건복지부 한의약선도기술개발사업(B100030)과 상지대학교 교내연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

參 考 文 獻

1. 이봉교, 박영배, 김태희. 한방진단학. 서울, 성보사, 1992. 70, 90-91.
2. 김보연. 한방치료연구개발사업 최종보고서; 한의 디지털 설진 시스템의 개발. 강원대학교 연구보고서. 2002.
3. 김지은, 박경모, 박승욱, 김홍석. 설진 영상의 색상 보정. 한국광학회. 2003; 7: 78-79.
4. 장지연. 영역 분할에 의한 설진 영상의 색 인식 및 압축. 강원대학교 석사논문. 2004.
5. 어윤혜. 디지털 설진 시스템을 위한 설 검출과 분류. 경희대학교 석사논문. 2006.

6. Wang X, Zhang D. An optimized tongue image color correction scheme. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2010; 14: 1355-1364.
7. Kim M, Cobbin D, Zaslowski C. Traditional Chinese medicine tongue inspection: an examination of the inter- and intrapractitioner reliability for specific tongue characteristics. *J Altern Complement Med.* 2008; 14: 527-536.
8. 송경철, 강상훈. 출력장치의 인쇄특성을 고려한 디지털 컬러교정에 관한 연구. *한국인쇄학회지.* 2000; 18: 69-82.
9. CIELAB 색공간에서 균일한 분포를 갖는 색역사상 참조 테이블 생성 방법. *멀티미디어학회논문지.* 2001; 4: 316-323.

