

혀 표면 촬영을 통한 건강분석 장치 개발 방향 제안

김근호[°], 최우수^{*}, 소지호^{*}, 김지혜^{*}

Proposal of Direction to Develop Devices for Analyzing Health Condition by Capturing a Tongue Surface

Keun Ho Kim[°], Woosu Choi^{*}, Ji Ho So^{*}, Jihye Kim^{*}

요약

본 논문에서는 혀로 건강상태를 파악할 수 있는 기존의 2차원 설진기들을 비교하고, 본 기관에서 개발된 3차원 설진기를 소개하였다. 또한, 모바일 시스템으로 발전시킬 수 있는 방향에 대해 논의하였다. 혀 영상을 촬영하고 영상 물리량을 분석하여 소화불량, 배변 이상과 수면 이상, 상기도 감염 등의 건강상태를 파악하는 방법에 대해서 소개하였다. 인체 내부 기능을 비침습적으로 관찰하는 방식은 현재의 혀 영상 촬영 시스템 뿐 아니라 조명 환경의 제어가 가능하다면 모바일 시스템에도 적용이 가능할 것으로 생각된다. 이를 위하여 모바일 시스템으로 혀 영상을 촬영하여 혀의 상태를 관찰할 수 있는 가능성을 관찰하였다. u-Health를 비롯한 혀를 이용한 건강 진단 기술의 보급 및 발전이 더욱 활성화될 것이므로 의료비 절감에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : Tongue diagnosis, Objectification, Non-invasive observation, Health condition, Mobile system

ABSTRACT

In this paper, we compared the existing two-dimensional tongue diagnosis systems that can understand the health state with the tongue, and introduced the 3D tongue diagnosis system developed by this institution. In addition, we discussed the direction to apply the tongue diagnosis to a mobile system. We have introduced the methods to detect health condition such as dyspepsia, evacuation disorder, sleep disorder, and upper respiratory tract infection by photographing a tongue image and analyzing the physical quantity from the image. Non-invasive observation for the internal functions of the human body can be applied not only to the current tongue diagnosis system but also to the mobile system if a lighting environment can be controlled. For this purpose, we observed the possibility of observing the consistent state of the tongue by taking tongue images with a mobile system. It is expected that the diffusion and development of medical diagnosis technology with a tongue including u-Health will be more active and thus contribute to the reduction of medical expenses.

I. 서론

한의학의 사진(四診)은 시각적으로 진단하는 망진(望診), 체내의 소리와 냄새로 진단하는 문진(聞診),

설문의 질문과 답변을 이용하여 분석하는 문진(問診), 촉각을 이용하여 복부와 손목의 맥을 분석하는 절진(切診)으로 구성된다^[1]. 망진에서 특히 중요한 것 중의 하나는 혀를 관찰하는 설진(舌診)인데, 설진은 환자의

※ 본 연구는 한국산업기술평가관리원 한-양방 융합 복진 기반 기능성 소화불량 진단기기 개발(10060251) 과제 지원으로 수행되었습니다.

[°] First and Corresponding Author: Korea Institute of Oriental Medicine Future Medicine Division, rkim70@kiom.re.kr, 정희원

^{*} Korea Institute of Oriental Medicine Future Medicine Division, harrius@kiom.re.kr; chocogeo@kiom.re.kr; wisdom00311@kiom.re.kr

논문번호 : 201806-0-070-SE, Received April 24, 2018; Revised June 14, 2018; Accepted July 10, 2018

설질(舌質)과 설태(舌苔)의 색상 및 혀의 모양의 변화 및 균형, 움직임을 관찰하여 한의학의 변증(辨證)과 건강 상태를 진단하는 방법이다.

설질은 오장 기능과 기혈 특성을 반영하는 기관이므로 질병의 경중과 예후를 판단하는 데 중요한 의의를 가지며, 설태는 혀 위에 이끼처럼 관찰되는 얇은 층의 물질로서 내장의 기능과 병의 성질, 원인 및 발생한 위치를 진단할 수 있고, 치흔은 혀 가장자리의 각이 지는 모양으로 질병의 예후를 판단할 수도 있다. 이처럼 한의임상에서 설질과 설태의 색상과 혀의 모양은 몸의 건강 상태를 반영하는 중요한 진단 지표이다^{2,3)}. 정상적인 설질의 색상은 분홍색 또는 담홍색으로 정의하며, 이보다 색이 옅은 경우와 진한 경우, 청색을 띠는 경우로 나누어서 건강 상태를 파악한다. 또한 정상적인 설태의 상태는 너무 두껍지 않고 얇게 분포되어 있는 백태로, 설태 특성을 관찰함에 있어 백태와 황태로 구분하여 한의학의 변증 중에서 한증과 열증으로 구분할 수 있고, 병사의 성질이나 질병의 위치, 경중 등을 판별할 수 있다.

최근 질환과 혀의 상태 간의 연관성에 대한 연구가 다수 진행되었는데, 2011년 중국의 중의과학원과 2013년 대만의 임상기관에서 류마티스성 관절염과 혀의 상태 간의 연관성 논문을 게재하였고^{4,5)}, 1998년 원광대와 1999년 경희대에서 설진과 뇌졸중 환자 증례에 대한 연구를 진행하였고^{6,7)}, 2001년 중국의 중의과학원에서 뇌졸중 환자의 설진 정량화 연구⁸⁾, 2013년 한국한의학연구원에서 뇌졸중 2형과 설진 및 맥진과의 관련성 연구⁹⁾, 2016년 중국의 상하이중의대학에서 급성 허혈성 뇌졸중과 설진과의 관련성을 연구하였다¹⁰⁾. 2013년과 2014년 경희대에서 기능성 소화 불량 환자와 설태 두께 특성의 연관성에 대해 연구하였으며^{11,12)}, 2004년 하얼빈 기술대학에서 베이시안 네트워크에 기반한 설진 연구로 위염과의 관련성을 연구하였으며¹³⁾, 2013년 상하이 중의대학에서 만성 위염과 설태의 물질대사 및 미세생태 특성과의 연관성 연구를 수행하였다¹⁴⁾. 그 이외에도 간염 및 간암과 혀의 특성 간의 연관성에 대한 연구가 있으며¹⁵⁻¹⁸⁾, 2015년에는 사구체신염과의 관련성 연구가 소개되었다¹⁹⁾.

설진에 대한 연구가 활발한 가운데 설진에 대한 객관화 및 정량화를 위해 장치가 개발되고 있는데 이를 혀로 진단한다고 해서 설진기라고 하며, 본 논문에서는 기 개발된 혀 영상 획득 장치를 비교 분석하고, 한국한의학연구원에서 개발된 혀로 건강상태를 파악할 수 있는 영상 획득 장치를 간단히 소개하고 모바일 시

스템으로 발전시킬 수 있는 방안에 대해 제시하였다.

II. 본 론

2.1 혀 영상 획득 장치 비교

기존의 혀 영상 획득 장치는 주로 2차원의 영상을 촬영하는 디지털 하드웨어 시스템으로 표준화된 광원과 디지털 카메라를 이용하여 혀 영상을 획득하여 보다 정확하고 재현성 있는 영상을 획득할 수 있게 설계되었다.

대만의 Skylark Device & System 사는 그림 1(a)와 같이 2005년에 CCD 카메라를 이용하여 설진기를 최초로 상용화하였으며, 혀 영상 촬영 및 저장 기능이 주된 기능으로 진단 알고리즘은 장착이 안 된 것으로 파악된다²⁰⁾. 홍콩 폴리테크닉대학은 그림 1(b)와 같이 2005년에 일반 형광등 조명과 CCD 카메라를 사용하여 간단한 구조로 개발하였다²¹⁾. 중국의 병원에서 이 설진기를 이용하여 질환별 임상데이터를 대량으로 수집하고 있다. 중국의 Tellyes Scientific 사에서 개발한 상용화 장치는 그림 1(c)와 같이 LED 조명과 CCD 카메라를 이용하여 혀 영상데이터 수집을 위한 기기로서 현재 교육용으로 중국의 의과대학 및 대학병원에 보급되어 있다²²⁾. 앞의 세 기기는 데이터 수집을 위한 장치로 개발되었다.

경희대는 그림 1(d)와 같이 2006년에 뺨의 곡면이 밀착하여 외부의 빛이 차단되도록 스폰지 재질의 접안부, 자연광에 근접한 5500K 색온도의 스트로브(strobe) 조명, DSLR 카메라, 기계적으로 카메라의 위치를 수동으로 상하좌우로 이동시켜 영상의 중심을 혀의 중심에 맞추도록 하는 모터로 구성된 장치를 개발하였다²³⁾. 2007년에 한국한의학연구원에서 그림 1(e)와 같이 개발한 장치는 지면으로부터 45도 각도로 기울어져 환자가 자연스럽게 고개를 숙이면 입 주변에 접촉되는 구조이며, 환자가 촬영과 함께 화면을 직접 관찰 가능하도록 접안부가 모니터 방향으로 45도로 향하도록 개발되었다. 광원으로 LED 조명을 사용하였고, LED 조명은 위, 아래, 좌, 우 4면에 독립적으로 조명하여 표면의 균열 등이 그림자로 표시되어 표면 기하 특성을 검출할 수 있다²⁴⁾. 앞의 두 기기는 외부의 빛 차단과 사용자 자세를 용이하게 하기 위해 개발되었다.

2008년 중국의 East China Normal대학은 다중 파장대별의 조명을 혀 표면에 조사하여 반사되는 영상을 필터(Acousto-optical tunable filter)를 이용하여 다중 파장대로 분석하는 장치를 그림 1(f)와 같이 제안

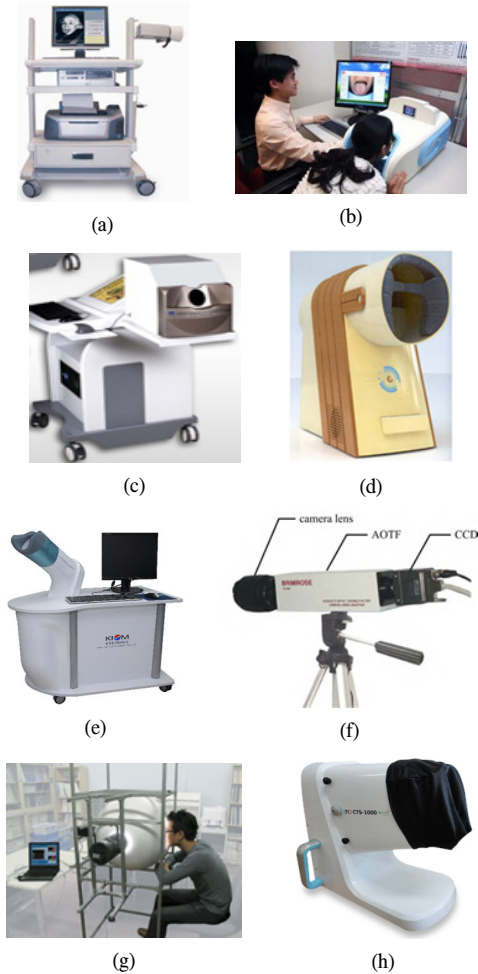


그림 1. 2차원 영상 기반 설진기
Fig. 1. 2D image based tongue diagnosis systems

하였다²⁵⁾. 2011년 일본의 Chiba대학에서 그림 1(g)와 같이 개발된 장치는 인공 태양광을 혀 표면에 조사하고 필터를 이용하여 다중 파장대를 분석하였다²⁶⁾. 개발된 장치를 이용하여 혀 영역을 검출, 분광(spectrum) 정보에 의한 설태 분류 등의 기술을 제안하였다. 대승의료기기가 그림 1(h)와 같이 제품화한 혀 측정장치는 LED를 이용하여 가시광선, 적외선, 자외선의 조명을 조사하여 혀 표면의 파장별 특성을 보여준다²⁷⁾. 앞의 세 기기는 파장별 혀 표면 특성을 파악하도록 개발되었다.

스마트 시스템에 적용한 연구로서, 2013년 중국 Fudan대학은 Canny 알고리즘을 최적화하여 혀의 윤곽을 찾아내 혀의 특징을 찾아내 진단을 하도록 하는 안드로이드 시스템을 적용하였고²⁸⁾, 2016년 대만 Cheng Kung대학은 컬러 교정 파라미터 구조를 이용

하여 다른 조명 조건에 적용하도록 하며 스마트폰 자동 설진 체계를 제안하였다²⁹⁾.

2.2 간접조명 기반 다시점 혀 영상 획득 장치

한국한의학연구원에서는 혀 영상을 객관적이고 안정적으로 촬영하기 위하여 그림 2와 같이 정면 및 측면 카메라와 간접 조명 장치가 부착되어 주변 조명을 제어하는 혀 영상 획득 장치를 개발하였다³⁰⁾. 먼저 정면과 측면 카메라에 Point Grey Research사의 FL2G-13S2C-C가 사용되었는데, 해상도는 960×1280, 화소 수는 1.3M Pixel이었다. 깊이 카메라에 Intel사의 RealSense F200이 사용되었는데, 깊이 영상의 해상도는 640×480이었으며, 혀까지의 초점거리로 20cm에서 40cm를 커버할 수 있도록 하였다. 조명의 색온도는 6100에서 6400K이고 연색성(CPI)은 90이었다. 주변 환경의 변화에 따른 혀의 컬러 값을 교정하기 위하여 컬러 체커(Color checker)가 혀 아래쪽 면에 위치되어 사용되었는데, X-Rite Inc.의 ColorChecker Passport로 24색으로 구성되었다.

혀 영상 획득 장치 내의 사용자 눈앞에는 LCD 화면이 위치해 있어 자신의 혀가 디스플레이 된다. 그림 3과 같이 혀가 디스플레이 되는 Graphic User Interface(GUI)는 정면 영상에 4×4의 격자가 그려져



그림 2. 입체 정보 획득을 위한 혀 영상 획득 장치
Fig. 2. Tongue image acquisition System for 3D information

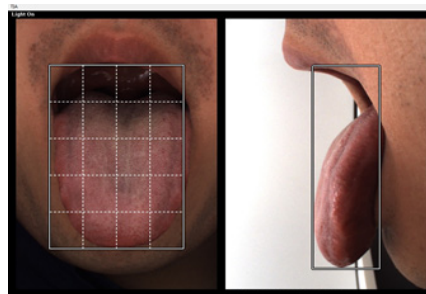


그림 3. 혀 영상 획득 장치의 정면 및 측면 GUI
Fig. 3. Graphic User Interfaces with 4×4 grids 1×1 grid on a front image and a profile image

있고 측면 영상에는 혀의 각도를 유지하도록 격자가 그려져 시험대상자가 자신의 혀를 격자에 맞추어 보면서 혀를 영상의 중심에 위치하고 기울기를 조정할 수 있도록 구성되었다.

취득된 혀 영상은 혀 영상 획득 내의 GUI를 통해 Active Contour 알고리즘 기반의 영역 분할 방법^[31,32]으로 혀 영역 분할을 수행하였고, 분할된 혀 영역을 RGB의 컬러 좌표계에서 우리 눈이 감지할 수 있는 색차를 거의 일치시킬 수 있는 CIE L*a*b* 컬러 좌표계로 색상을 변환하였다. 그림 4에서는 혀 영상을 분석하여 물리량을 도출하는 UI를 제시하였는데, 좌상 측에는 기준 컬러 값을 임계 값으로 설정과 설타의 컬러 값을 분석하는 UI, 좌하 측에는 혀 가장자리의 영역을 펼쳐서 Fourier Transform하여 값의 크기로 치흔을 분석하는 UI, 우측에는 대량의 혀 영상 데이터를 이용하여 만든 설타, 설타의 표준 색상 분포와 비교하여 입력된 혀의 설타 및 설타의 색상의 위치를 보여주는 UI로 구성되어 있다. 또한 수동으로 혀 측면의 시작과 끝나는 위치를 조정하여 혀의 두께를 측정하



그림 4. 설타-설타 색상 특성 및 분포와 치흔 정도 등의 혀 진단 물리량 제시
Fig. 4. Tongue Diagnostic physical quantities like the properties and distribution of tongue substance and coating and teeth marks

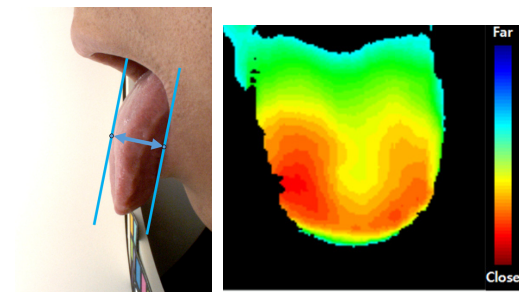


그림 5. 혀의 두께 측정 및 혀 표면의 깊이 정보 가시화
Fig. 5. Measuring the thickness of a tongue and visualizing the depth information of tongue surface

도록 하고, 깊이 카메라로 혀 표면의 깊이 정보를 가시화하는 GUI를 그림 5와 같이 제공할 수 있도록 하였다.

2.3 건강관리 기술 개발

앞에서 언급한 다양한 물리량을 이용하여 통계적 분석을 통해 모델을 구성하여 그림 6과 같이 상기도 감염, 소화불량, 배변 이상과 수면 이상 등의 건강상태를 파악하여 스크리닝(Screening)을 통한 병원에서 환자를 확진하거나, 공공장소의 혈압계처럼 필요하면 개인을 병원으로 안내함으로써 개인의 건강관리를 할 수 있도록 하였다.

혀 영상으로 상기도 감염의 건강관리 가능성 파악을 위하여 2016년 원광대 전주한방병원에서 인후통을 주 증상으로 하는 상기도 감염 환자 40명과 검진 상 기질적 질환이 없는 건강대조군 40명 모집하여 분석한 결과, 설타/설타의 색상과 설타의 양을 비교한 결과, 상기도 감염 환자가 건강대조군 보다 통계적으로 유의하게 설타량이 많게 나타났는데, 표 1과 같이 백색의 설타 색상인 CIE L* 값의 P 값이 0.032으로 통계적으로 유의하게 크게 나타났다. 특히 혀의 뿌리인



그림 6. 상기도 감염, 소화불량, 수면장애, 배변장애 진단 알고리즘 개발
Fig. 6. Developing diagnostic algorithms for upper respiratory tract infection, dyspepsia, sleep disorder, and evacuation disorder

표 1. 상기도 감염 환자와 건강대조군 간의 설타 색상 비교
Table.1. Comparison of the colors of coating between upper respiratory tract infection patients and controls

Variable	Controls (n=40)	Common cold (n=40)	P-value
CIE L	41.31 ± 6.89	44.47 ± 6.07	0.032*
CIE a	13.02 ± 0.65	12.98 ± 0.86	0.834
CIE b	13.12 ± 1.87	12.34 ± 1.93	0.069

Data are represented as the means ± standard error as numbers of participants and proportions. *: P < 0.05, **: P < 0.01

설근과 혀의 중심부인 설중 영역에서 유의한 차이가 나타났다³³⁾. 즉, 설근과 설중의 L* 값을 이용하여 상기도 감염 여부 진단이 가능하였다.

기능성 소화불량 환자의 진단, 모니터링 지표 개발을 위하여 2014년과 2016년에 경희대학교 경희의료원에서 소화불량을 호소하는 환자 60명과 건강대조군 12명 모집하여 설태가 없는 측면 영상을 활용하여 설질의 색상을 비교한 결과, P 값이 0.05 미만으로 소화불량증 환자가 건강대조군 보다 붉은 혀의 특징을 보였다. 치료 전후의 효과를 확인하기 위해 소화불량증 환자 대상으로 한의학적 치료인 보중익기탕 처방으로 증상이 호전됨에 따라 그림 7과 같이 설태량이 유의하게 감소하는 경향을 확인하였다^{34,35)}. 이는 혀의 붉은 색과 설태량으로 기능성 소화불량 여부를 확인할 수 있다는 것을 의미한다.

2012년과 2013년 사이에 대전대 천안한방병원에서 만성피로증후군으로 진단된 환자 중 수면 이상 증세가 있는 52명과 건강대조군 402명을 분류하여 색상 히스토그램 변수를 비교한 결과, P 값이 0.05 미만으로 그림 8과 같이 수면 이상 환자가 건강대조군 보다 설질의 색상이 덜 붉고(연한 색), 설태량이 적음을 확인할 수 있었다³⁶⁾. 수면 이상의 분류 정확도는 72.47%에서 85.24%이었다. 또한 대변장애(배변장애)

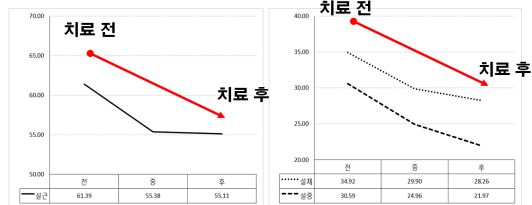


그림 7. 소화불량증 환자의 한의학적 치료에 따른 혀의 부위별 설태량 변화 (설근: 혀 뿌리, 설중: 혀 중심, 설체: 혀 전체)
 Fig. 7. Change of the amount of tongue coating on each region in dyspepsia patients according to treatment

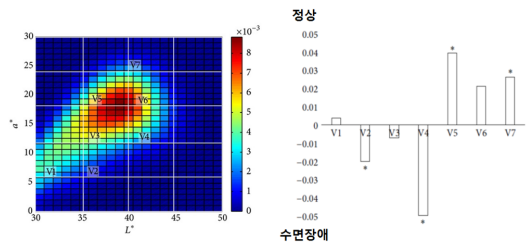


그림 8. 수면 장애군과 정상군의 컬러 히스토그램 분포 (* 통계적 유의 변수)
 Fig. 8. Distribution of color histogram of sleep disorder (SD) patients and normal ones

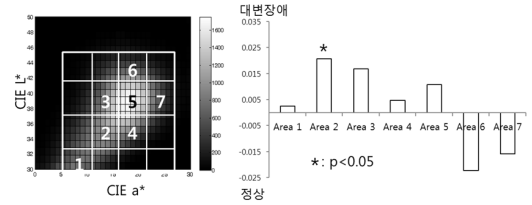


그림 9. 대변 장애군과 정상군의 컬러 히스토그램 분포 (* 통계적 유의 변수)
 Fig. 9. Distribution of color histogram of evacuation disorder (ED) patients and normal ones

를 가진 고령자를 분석하여 그림 9와 같이 부위별로 설태가 많고, 담백설(연한 혀 색상)이 분포하는 경향을 띄는 것으로 나타났다.

2.4 모바일 시스템의 개발 방향 제안

앞에서 언급한 혀 영상 획득 장치는 병원이나 특정한 장소에 위치시키는데 문제는 없지만, 무게가 무겁고 부피도 크기 때문에 건강 진단을 위한 장치로는 적합하지 않으므로 모바일 시스템에 적용하는 방법을 제안하였다. 모바일 설치기에 사용할 기기는 상용화된 기기를 가지고 소프트웨어적으로 구현하였다. 사용자의 사용성을 높이기 위해서 스마트폰 또는 태블릿 PC를 이용하였다. 안드로이드 계열을 모두 사용할 수 있지만 기기 간의 카메라 사양이 달라서 모두 테스트 하지는 못하였다. 우선 하나의 기종을 정하고 그 기종에 최적화된 형태로 개발하였다. 모바일 혀 영상 획득 장치는 그림 10과 같이 사용자 로그인, 피험자 등록, 혀 영상 촬영, 설문 입력 및 혀 영상 업로드, 결과 조회 형태로 기능을 구현하였다. 이때 피험자의 건강상태의 변화를 정기적으로 파악하기 위하여 알람을 설정하여 수행할 수 있다. 중요한 것은 혀 영상 촬영할 때 직사광선을 피하고, 외부보다는 외부 빛이 차단된 내부의 일정한 공간에서 영상을 촬영하여 환경에 따른 혀의 변화가 최소가 되는 것이 중요하다. 또한 영상의 내부에 격자가 있어 혀를 중심에 위치시키도록 한다.

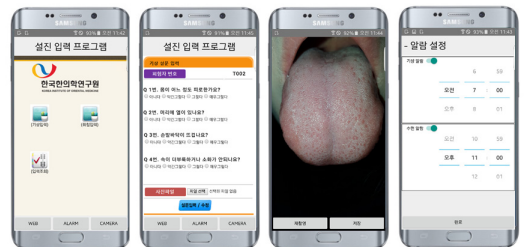


그림 10. 모바일 혀 영상 촬영 시스템
 Fig. 10. Mobile tongue image capturing system

그림 11은 모바일 허 영상 촬영 시스템으로 모은 데이터를 서버로 보내는 체계를 보여 주고 있다. 모바일 서버에서는 영상 데이터를 분석하고 변화를 찾아내어 결과를 보여주도록 한다. 한 가지 예로 모바일 허 촬영 시스템으로 건강관리하기 위한 테스트를 진행하였다. 먼저 일상생활에서의 허 영상의 반복성을 확인하기 위하여 수면 전후의 허 색상의 변화를 측정하였다. 허 영상을 촬영한 장소는 태양광이 직접 비추지 않는 실내였으며, 화장실이나 거실 등 일정한 장소에서 주기적으로 촬영하였다. 또한 주변의 조명의 영향을 최소화하기 위해 모바일 폰의 스트로브 조명을 조사하였다.

먼저 그림 12에서 보듯이 취침 전, 양치질 1시간 후 허 영상을 촬영하였고, 수면을 취하고 아침에 바로

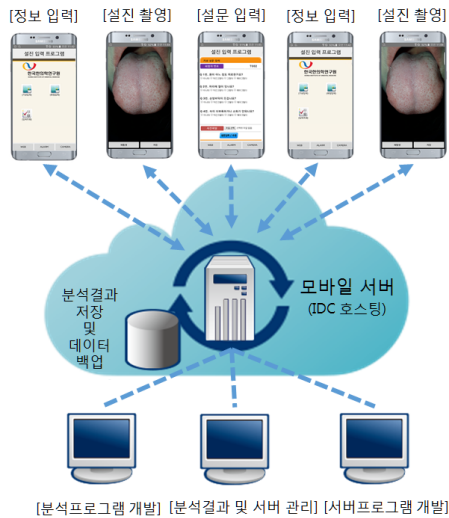


그림 11. 모바일 기반 허 영상 데이터 수집 및 분석 서버 구축
Fig. 11. Implementation of collection and analysis server of tongue image data based on a mobile system

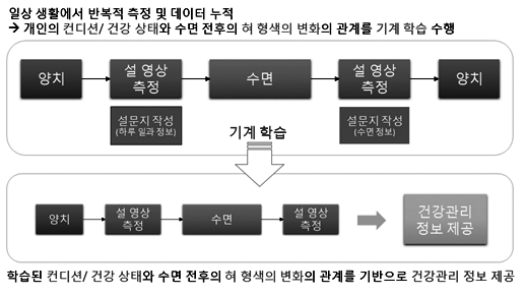


그림 12. 일상생활에서 허의 반복성 측정을 위한 실험 설계
Fig. 12. Experimental design for measuring repeatability of a tongue in daily life



그림 13. 취침 전과 기상 후 두 사람의 혀 상태의 변화 경향성
Fig. 13. Changes in the state of two tongues before bedtime and after waking

허 영상을 촬영하는 일을 한달동안 반복적으로 수행하였다. 그 결과 그림 13과 같이 취침 전에는 설질이 좀 더 붉은 기운이 있었고, 설태가 박태 수준(얇은 태)이었지만, 기상 후에는 설질이 희미하고 설태도 많이 끼어 있는 형태였다. 특히, 자는 동안 구강 호흡에 의해 혀가 건조해지고, 미세 세균이 증식하여 설태가 더 확장되는 것으로 알려져 있다. 이러한 상황은 반복되는 경향이 보이며, 기상 후 양치질 이후 다시 혀의 상태가 회복되므로, 일상생활 및 활동 중에 건강상태를 측정하기 위해 혀를 촬영하는 것은 무리가 없어 보인다.

III. 결론

본 논문에서는 허 영상을 촬영하고 영상 물리량을 분석하여 소화불량, 배변 이상과 수면 이상, 상기도 감염 등의 건강상태를 파악하는 장치에 대해서 소개하였다. 이러한 인체의 외부를 비침습적으로 관찰하여 건강 상태를 진단하는 방식은 현재의 허 영상 촬영 시스템 뿐 아니라 모바일 시스템에도 적용이 가능한데 조명을 제어하는 방법이 필수적이다. 조명을 제어하는 방식은 일반 카메라에 장착된 것과 같은 Strobe 조명^[7]과 같이 주변의 빛을 순간적으로 차단하는 방식이 적용될 수 있다. 현재 외부의 빛이 차단된 공간에서 촬영된 영상을 모아 특징 점을 도출하는 연구가 진행되고 있다. 현재까지 혀의 윤곽선을 찾아내어 치흔을 찾고 혀의 표면의 반점 및 균열을 찾아내는 연구가 완료되었고, 설질 및 설태의 컬러 값의 변이를 추적할 수 있는 방법은 연구 중이다. 이는 기술적인 문제일 뿐 아니라 제한된 공간에서 촬영하는 방법을 찾는 것도 중요할 것이다. 특히 대규모의 데이터 수집을 통하여 촬영 환경의 변화에 따른 혀의 색상의 변화를 찾아낸다면 더욱 세밀한 분석이 가능할 것으로 예상된다.

이러한 모바일 시스템의 적용 가능성을 발견할 때 u-Health를 비롯한 혀를 이용한 건강 진단 기술의 보

급 및 발전은 더욱 활성화될 것으로 사료된다. 이러한 기술은 고령화 시대 및 건강관리에 관심이 많은 현대에 적합한 기술로 발전할 수 있을 것으로 생각되며, 병원에 가지 않더라도 가정에서 건강관리를 할 수 있어 의료비 절감에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 전망된다. 또한 대량의 데이터가 수집된 경우, 딥러닝과 같은 AI 방법을 이용하여 혀 영역 검출 및 질환별 진단의 정확도를 향상시키며, 외부 환경의 영향을 최소화하도록 하여 모바일 혀 영상 획득 시스템으로부터의 영상 분류의 정확도를 고양시킬 수 있다. 또한 IoT^[38,39]와의 연계로 건강관리의 정확도를 향상시킬 수 있다.

References

- [1] J.-S. Jang, et al., "A study on the development of the abdomen diagnosis devices based on traditional korean medicine," *J. KICS*, vol. 42, no. 7, pp. 1493-1501, 2017.
- [2] B. K. Lee, *Diagnostics of Traditional Korean Medicine*, 2nd Ed., Seongbosa, Seongnam, Republic of Korea, 2009.
- [3] C. J. Jung, et al., "Trends of tongue colours in chronic dyspepsia patients," in *Traditional & Alternative Med.*, vol. 4, p. 3, 2015.
- [4] M. Jiang, et al., "Association between tongue appearance in Traditional Chinese Medicine and effective response in treatment of rheumatoid arthritis," *Complement. Ther. Med.*, vol. 19, no. 3, pp. 115-121, 2011.
- [5] L.-C. Lo, et al., "Tongue diagnosis of traditional chinese medicine for rheumatoid arthritis," *African J. Traditional, Complement, vol. 10, no. 5, pp. 360-369, 2013.*
- [6] D. W. Kim, "Clinical study for tongue change as diagnostic method on 34 acute stage cerebrovascular accident patients," *Korean J. Oriental Physiology and Pathology*, vol. 12, no. 1, pp. 28-32, 1998.
- [7] D.-j. Choi, et al., "The characteristics of tongue inspection and relationship between tongue inspection and differentiation of syndrome," *J. Korean Oriental Med.*, vol. 20, no. 2, pp. 187-197, 1999.
- [8] M. G. Cui, B. Y. Xu, and S. J. Huang, "Quantitative study on tongue diagnosis in stroke patients," *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi*, vol. 21, no. 9, pp. 670-673, 2001.
- [9] M. M. Ko, et al., "A study of tongue and pulse diagnosis in traditional korean medicine for stroke patients based on quantification theory type II," *Evidence-based Complement. Med.*, vol. 2013, p. 8, 2013. doi: 10.1155/2013/508918.508918.
- [10] M. Q. He, et al., "Risk factors and clinical features in ischemic stroke patients with different tongue conditions," *Chin. J. Integr. Med.*, vol. 2016, pp. 1-9, 2016. doi: 10.1007/s11655-015-2442-5.
- [11] J. Kim, et al., "Availability of tongue diagnosis system for assessing tongue coating thickness in patients with functional dyspepsia," *Evidence-based Complement. Med.*, vol. 2013, p. 6, 2013. doi: 10.1155/2013/348272.
- [12] J. Kim, et al., "Tongue diagnosis system for quantitative assessment of tongue coating in patients with functional dyspepsia: a clinical trial," *J. Ethnopharmacology*, vol. 155, no. 1, pp. 709-713, 2014. doi: 10.1016/j.jep.2014.06.010.
- [13] B. Pang, et al., "Computerized tongue diagnosis based on Bayesian networks," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 51, no. 10, pp. 1803-1810, 2004. doi: 10.1109/TBME.2004.831534.
- [14] Z. M. Sun, et al., "Metabolic markers and microecological characteristics of tongue coating in patients with chronic gastritis," *BMC Complementary and Alternative Med.*, vol. 13, pp. 227, 2013. doi: 10.1186/1472-6882-13-227.
- [15] W. J. Yan, et al., "Study on near infrared spectrum in the application of the BP neural network in the tongue diagnosis for hepatitis patients," *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*, vol. 30, no. 10, pp. 2628-31, 2010.
- [16] Y. Zhao, et al., "Differences in metabolites of different tongue coatings in patients with chronic hepatitis B," *Evidence-based Complement. Med.*, vol. 2013, p. 204908,

2013. doi: 10.1155/2013/204908.
- [17] Q. Liu, et al., "Characteristics of sublingual venae in primary liver cancer patients in different clinical stages," *Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao*, vol. 2, no. 3, pp. 175-177, 2004.
- [18] Q. Liu, et al., "Quantitative study on tongue color in primary liver cancer patients by analysis system for comprehensive information of tongue diagnosis," *Zhong Xi Yi Jie He Xue Bao*, vol. 1, no. 3, pp. 180-183, 2003.
- [19] R. Y. Lin, et al., "Association between tongue coating thickness and clinical characteristics among idiopathic membranous nephropathy patients," *J. Ethnopharmacology*, vol. 171, no. 2, pp. 125-130, 2015.
- [20] *Tongue Diagnostic System (TDS)*, www.sky.larkdevice.com/diagnostic.htm.
- [21] H. Z. Zhang, et al., "Computer aided tongue diagnosis system," in *Proc. the 2005 IEEE Eng. Med. and Biology 27th Annu. Conf.*, pp. 6754-6757, Shanghai, China, 2005.
- [22] Artificial Intelligence Aided Tongue Manifestation Diagnosis System, http://www.tellyes.com/page202?_l=en&product_id=742
- [23] J. K. Kim, "Development of digital tongue diagnosis system," Graduation thesis, Kyung Hee University, 2005.
- [24] K. H. Kim, et al., "Development of system configuration and diagnostic methods for tongue diagnosis instrument," *Korean J. Oriental Med.*, vol. 14, no. 3, pp. 89-95, 2008.
- [25] Q. Li, et al., "Sublingual vein extraction algorithm based on hyperspectral tongue imaging technology," *Comput. Med. Imaging Graph.*, vol. 35, no. 3, pp. 179-185, 2011. doi:10.1016/j.compmedimag.2010.10.001.
- [26] S. Yamamoto, et al., "Regional image analysis of the tongue color spectrum," *Int. J. Comput. Assisted Radiology and Surgery*, vol. 6, no. 1, pp. 143-152, 2011.
- [27] Model CTS-1000, http://www.dsmedics.co.kr/kor/products_Korean-medicine01.html.
- [28] Q. Zhang, et al., "A new tongue diagnosis application on Android platform," in *Proc. 2013 IEEE Int. Conf. Bioinformatics and Biomed.*, pp. 324-327, Shanghai, China, 2013. doi:10.1109/BIBM.2013.6732705.
- [29] M.-C. Hu, M.-H. Cheng, and K.-C. Lan, "Color correction parameter estimation on the smartphone and its application to automatic tongue diagnosis," *J. Med. Syst.*, vol. 40, no. 1, pp. 18, 2016. doi:10.1007/s10916-015-0387-z
- [30] C. J. Jung, et al., "Review on the current trends in tongue diagnosis systems," *Integrative Med. Res.*, vol. 1, pp. 5-12, 2012.
- [31] W. Zuo, et al., "Combination of polar edge detection and active contour model for automated tongue segmentation," in *IEEE Int. Conf. Image and Graph.*, pp. 270-273, 2004.
- [32] S. Yu, et al., "Color active contour models based tongue segmentation in traditional chinese medicine," in *IEEE Int. Conf. Bioinformatics and Biomed. Eng.*, pp. 1065-1068, 2007.
- [33] J. Kim, et al., "Comparative study of tongue color in common cold patients and controls," *Korean J. Oriental Physiology and Pathology*, vol. 30, no. 5, pp. 320-326, 2016.
- [34] J. Kim, C. J. Jeong, and K. H. Kim, "Trends in tongue color and heart rate variability in chronic dyspepsia patients," *J. Internal Korean Med.*, vol. 36, no. 3, pp. 348-360, 2015.
- [35] J. Kim, H. Kim, and K. H. Kim, "Effects of Bu-Zhong-Yi-Qi-Tang for the treatment of functional dyspepsia: a feasibility study protocol," *Integrative Medicine Research*, vol. 6, no. 3, pp. 317-324, 2017.
- [36] C. J. Jung, et al., "Color distribution differences in the tongue in sleep disorder," *Evidence-based Complement. Med.*, vol. 2014, no. 323645, 2014.
- [37] Strobe light, https://en.wikipedia.org/wiki/Strobe_light.
- [38] O. Banos, et al., "Big data based mining mines healthcare framework," *Inf. & Commun. Mag.*, vol. 32, no. 11, pp. 12-20, 2015.
- [39] H. J. Lee, "Internet of things based smart home," *Inf. & Commun. Mag.*, vol. 32, no. 4, pp. 44-49, 2015.

김 근 호 (Keun Ho Kim)



1994년 : KAIST 전기 및 전자
공학과 학사 졸업.
2001년 : KAIST 전기 및 전자
공학과 박사 졸업.
Univ. of Minnesota 박사후연
구원.
삼성종합기술원 전문연구원.

<관심분야> 2차원 및 3차원 영상처리, 생체신호처
리, 한의의료기기

소 지 호 (Ji Ho So)



2003년 목원대학교 컴퓨터공학
과 학사 졸업.
2005년 목원대학교 컴퓨터공학
과 석사 졸업.
<관심분야> 한방의료기기 개
발, 모바일 프로그램 개발,
웹 서버 구축 및 개발, DB
구축

최 우 수 (Woosu Choi)



2014년 : 한양대학교 응용물리
학 학사 졸업.
2016년 : 광주과학기술원 의료
시스템학 석사 졸업.
<관심분야> 생체신호처리, 영
상처리

김 지 혜 (Jihye Kim)



2011년 상지대학교 한방의료공
학과 학사 졸업.
2013년 상지대학교 한의학과
석사 졸업.
<관심분야> 한의의료기기 및
한의임상콘텐츠 개발