

# 한의학 기반 복부 진단장치 개발에 관한 연구

장준수\*, 김정윤\*, 이상훈\*, 김근호<sup>o</sup>

## A Study on the Development of the Abdomen Diagnosis Devices Based on Traditional Korean Medicine

Jun-Su Jang<sup>\*</sup>, Jungyoon Kim<sup>\*</sup>, Sang-Hun Lee<sup>\*</sup>, Keun Ho Kim<sup>o</sup>

### 요약

한의학의 복진은 증양과 같은 기질적인 질환의 진단 목적뿐 아니라 복부의 비율, 복부의 색깔, 복부의 긴장도, 복피의 두께와 여러 가지 복부에서 나타나는 증상들을 종합적으로 파악하고 오장육부의 병리 신물의 존재를 파악하여 정확한 치료를 위한 변증의 기준을 정하는 것에 특징이 있다. 본 연구는 한의사의 복진을 모사하는 진단기기 와 이를 이용하여 기능성 소화불량을 분류하는 알고리즘을 개발하는 것이다. 진단 요소로는 복부 경직도, 통증의 부위 및 민감도, 체온 분포, 복명음, 복부 형색 특성 등인데, 이들의 유효성을 임상연구를 통해 밝히고 있다. 이 논문에서는 지금까지 개발된 통증의 부위 및 민감도, 체온 분포, 복부 형색 특성의 복부 진단장치의 개발 방법에 대해 논의를 하려고 한다. 이를 통해 지금까지 객관적 진단이 어려웠던 질환들의 진단이 가능할 것이며, 한의학의 신뢰성 있는 진단 방법으로 활용될 수 있다.

**Key Words** : abdomen diagnosis, objectification, regional temperature, pain aspect, appearance

### ABSTRACT

In addition to diagnosis of temperamental diseases such as tumors, abdomen diagnosis of traditional Korean medicine (TKM) is based on the synthetical analysis of the tension, the structural ratio, the color, the thickness of the abdomen, and the understanding of the pathology of internal organs, and establishes criteria for pattern identifications for correct treatment. The purpose of this study is to develop diagnostic devices, which imitate the abdomen diagnosis and an algorithm to classify functional dyspepsia by using the devices. Diagnostic factors include abdominal stiffness, pain site and sensitivity, body temperature distribution, auscultation, and appearance features, and their efficacy has been demonstrated through clinical studies. In this paper, we will discuss the development of abdominal diagnostic devices for detecting and measuring the areas of pain and its sensitivity, body temperature distribution, and abdominal patterning characteristics. Through the development, it is possible to diagnose the diseases that have difficulty in objective diagnosis so far, and it can be used as a reliable diagnostic method of TKM.

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

◆ First Author : Korea Institute of Oriental Medicine KM Fundamental Division, junsu.jang@kiom.re.kr, 정희원

◦ Corresponding Author : Korea Institute of Oriental Medicine KM Fundamental Division, rkim70@kiom.re.kr, 정희원

\* Korea Institute of Oriental Medicine KM Fundamental Division, astasdf@kiom.re.kr; ezhani@kiom.re.kr

논문번호 : KICS2017-04-124, Received April 28, 2017; Revised June 16, 2017; Accepted June 16, 2017

## I. 서 론

한의학의 복진법은 고대 ‘상한론(傷寒論)’에서부터 그 유래를 찾을 수 있어 수천년 전부터 복진법이 적용되어 왔음을 알 수 있다. 혀의 컬러와 모양을 분류하는 설진, 손목에서 맥의 양상을 분류하는 맥진 등의 떨어져 있는 허나 손목으로 오장육부의 변증을 진단하는 다른 진단법과는 달리 복진법은 병변이 원인으로서 오장육부를 직접 촉지(觸知)하면서 질병의 속성을 파악하고, 그 원인을 찾아내는 진찰법으로서 보다 실증적인 측면이 강하다고 할 수 있다. 이와 같은 복진법은 최종적으로 한의학적 치료법(한약, 침, 뜸 등)의 선정근거(기준)인 변증을 도출하는데 중요한 판단근거로 활용되므로, 한의학에서 매우 중요한 진단법으로 간주된다.

현대 의학의 복진은 복부의 내장이나 조직의 해부학적 변화를 찾아내어 기질적인 병명을 찾아낼 목적으로 적용되었다면, 한의학의 복진은 종양과 같은 기질적인 질환의 진단 목적뿐 아니라 그림 1과 같이 복부의 비율, 복부의 색깔, 복부의 긴장도, 복부의 두께와 여러 가지 복부에서 나타나는 증상들을 종합적으로 파악하여 오장육부의 병리 산물의 존재를 파악하여 정확한 치료를 위한 변증의 기준을 파악하는 것에 특징이 있다. 또한 복진법은 진찰하는 의사뿐만 아니라 환자가 직접 복부의 상태를 느낄 수 있게 되므로 질환 및 치료의 진행과 변화추이를 용이하게 이해할 수 있다는 장점도 있다.<sup>[1]</sup>

본 연구에서는 기능성 소화불량의 효과있는 진단요소를 발굴하여 개별 진단기기를 개발하고자 한다. 기능성 소화불량은 내시경, 방사선 검사, 병리 검사 등으로 증상을 설명할 수 있는 기질적 질환이 나타나지 않고, 원인이 불분명할 뿐만 아니라 증상이 다양한 양상을 나타내므로 객관적 진단이 어렵고 질환 내 분

류도 매우 복잡하다. 기능성 위장질환은 성인의 약 40%에서 발생하는 만성 또는 재발성 질환이나, 진단 의료기기의 부재로 정확한 약물치료를 수행하지 못하므로 사회경제적 부담이 매우 높게 산출된다.

국내 기능성 위장질환은 점차 환자수와 진료비가 증가하여 2009년 약 65만 명에서 2013년 약 79만 명으로 5년간 21.2%가 증가하였고 연평균 증가율은 4.9%이다. 인구 노령화로 인해 이러한 추세는 더욱 가속화 될 것으로 예상되며, 만성 또는 재발성 증상으로 사회경제적 부담이 높은 질병이다. 기능성 소화불량은 상복부 통증 및 팽만감, 조기 만복감, 포만감, 오심, 구토, 트림 등의 상복부에서 일어나는 다양한 증세들로 형성되며, 여러 가지 병태생리가 관여하는 이질적인 집합체이며, 병태생리와 증세가 일치하지 않아 병태생리에 기반한 치료적 접근이 용이하지 않고, 플라시보 (placebo) 효과를 월등히 능가하는 기능성 소화불량증 치료제가 거의 없어 대부분의 치료는 증상을 완화하기 위한 여러 약제들을 병합 투여한다.

현재 기능성 소화불량 진단을 하기 위해서는 증상을 기반한 ROME III 설문<sup>[2]</sup>을 수행한다. 이와 같이 객관적 진단이 어렵고 질환 내 분류도 매우 복잡한데, 한의학에서는 증상별로 분류(변증) 체계가 갖추어져 있으므로 이를 진단기기로 개발하면 지금까지 객관적 진단이 어려웠던 질환의 진단이 가능할 것으로 기대된다. 이 논문에서는 객관적 진단을 위한 복진기기 개발을 위해 전체 시스템의 구성, 통증 인지, 영상 컬러 기하, 체온 측정의 순서대로 개발 중인 장치에 대해 설명하도록 한다. 또한 현재 설계 중인 정확도가 높은 경직도 측정 모듈은 개발되고 차기 논문에서 언급될 계획이다.

## II. 본 론

### 2.1 전체 시스템 구성

한의학의 복진은 시각적 관찰인 복부의 형태를 파악하여 상복부와 하복부의 면적비인 복비율(腹比率), 융기 또는 돌출된 부위 및 늑골의 각도 등을 측정하고, 복부 색상을 통해서 한열(寒熱)의 특성을 확인한다. 또한 복부를 만져보아 체온의 상대적인 분포를 파악하고, 복부의 피부 두께와 피부가 건조한지 윤택한지를 관찰한다. 또한 검지, 중지, 약지의 세 손가락을 눌러 복부의 탄력 및 팽만감을 확인한다. 청진을 통해 복부의 진수음이나 공명음을 확인하는 것과 복부 통증의 부위와 민감도를 파악하는 것도 중요하다. 이러한 종합적인 진단이 필요하지만 모든 진단기기를 개



그림 1. 복진의 모습  
Fig. 1. Abdomen diagnosis

표 1. 강동경희대병원 임상데이터 수집  
Table 1. Clinical Data Collected at KyungHee Univ. Hospital at Gangdong

| Diagnostic element                 | Physical quantity           | Measuring equipment         |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Strength/weakness of abdomen       | Indentation depth from skin | Digital algometer (FPIX)    |
| Tension of rectus abdominis muscle | Abdominal stiffness         |                             |
| Cold sensation of abdomen          | Temperature distribution    | Infrared thermography (DIT) |
| Abdominal growling                 | Sound data                  | Digital stethoscope         |
| Abdominal pain by pressure         | Pressure pain threshold     | Pain test algometer (FPIX)  |

발하는 것은 현실적으로 어려우므로 유효성이 큰 3가지 정도의 지표를 찾아내기 위하여 먼저 강동경희대병원에서는 표 1과 같이 기존의 적외선 체열진단기를 이용한 체온분포, 압통기를 이용한 통증의 부위 및 민감도와 복부의 반발력, 디지털 청진기를 이용한 복명음을 측정하여 기능성 소화불량증 환자와 건강인의 생체정보 임상데이터의 수집을 진행 중이다.

이러한 연관성을 파악하고 기능성 소화불량증 환자와 건강인을 구분할 수 있는 효과적인 지표를 찾아내어 그림 2와 같은 기기를 개발하는 것이 이 연구의 목표이다. 현재까지 문헌에 기반<sup>3)</sup>한 3가지 중요 지표는 복부의 온도 분포, 복부의 통증의 위치 및 민감도, 복부의 경직도이며, 이를 기반으로 개발 중인 기기의 위쪽에는 조명을 제어하는 모듈이 설치되어 있고 그 아래에는 체온과 색상/모양을 측정하는 카메라 모듈이

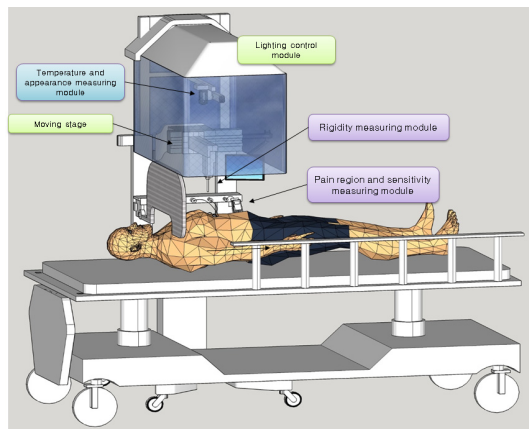


그림 2. 복부 진단기기 후보 구성도  
Fig. 2. Candidate Structure of an abdomen diagnosis system

부착되어 있고, 그 아래에는 경직도를 측정하는 모듈을 좌우로 이동시키는 스테이지가 있다. 환자와 가까운 아래쪽에는 통증의 부위 및 민감도 측정 모듈이 부착되어 있어 임상가가 손으로 모듈을 누르며 측정하도록 한다. 경직도 측정 모듈의 위에는 모니터가 있어 임상가가 결과 값을 확인할 수 있도록 한다. 여기에서는 복명음을 측정하기 위하여 단순 디지털 청진기를 이용할 수 있으므로 개발 지표에서 제외되었다. 앞으로 개별 기기의 측정값을 입력으로 받아 GUI에서 취합하도록 하고 진단할 수 있는 알고리즘을 개발하도록 할 계획이다.

## 2.2 통증 인지 측정

### 2.2.1 복부 시각 특성의 정의

복부를 눌러서 통증의 위치와 민감도를 인지하도록 측정하는 장치 개발을 위해서는 피부 접촉부 형태를 고려하여 변경하고 소재를 탐색할 필요가 있다. 우리는 먼저 압통기인 FPIX 제품<sup>4)</sup>에 사용되는 피부접촉부의 형태를 복진 가임시 손가락의 형태와 유사한 형태로 디자인하고 3D 프린터를 이용하여 프로토타입을 출력하였으며, 최종적으로 접촉면 가로 40mm, 세로 10mm의 모서리 라운드 형태로 알루미늄 소재 및 2mm 두께의 고무 소재로 피부접촉부를 설계하였다.

복부에 통증이 발생하는 깊이를 측정하기 위하여 레이저센서 활용 깊이측정 외부하우징 설계를 진행하였다. 압통기 FPIX 제품에 고정되어 깊이 이동하는 파트와 복부 초기 측정위치에 고정되어 기준점으로 사용되는 파트를 구성하여 외부하우징을 설계하고, 상단에 레이저센서(OWRB4040 AAS1, Welotec)<sup>5)</sup>를 부착하여 압통기의 수직 이동거리를 측정하였다. 이 모든 설계안은 3D 프린팅으로 출력하여 하드웨어 인터페이스가 가능하도록 하였다.(그림 3)

1차 설계 후 유저테스트를 통해 사용편리성을 보완

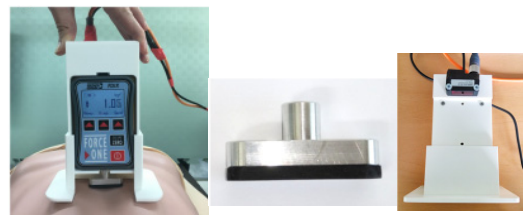


그림 3. 복부 진단 시 피부 접촉 형태 (a) 개발된 압통기 (b) 피부 접촉부 형태 및 접촉 소재 (c) 깊이측정 외부 하우징  
Fig. 3. Skin contact in abdomen diagnosis (a) developed algometer (b) shape and material of skin contact part (c) housing for depth measurement

하여 2차 설계하였다. 압통기 상단부를 누르기 쉽도록 개선되었고, 레이저 거리측정 경로를 구조적으로 보호할 수 있도록 설계 보완하였다.

### 2.2.2 소프트웨어 인터페이스 구성

소프트웨어 인터페이스로 그림 4와 같이 Labview USB DAQ를 활용하여 복부 압력 및 깊이측정 인터페이스를 구성하였다. 복부 압입 시 시간에 따른 압력 변화를 볼 수 있도록 화면을 구성하였고, 압력 그래프에서는 주변의  $\pm 0.5\text{kgf}$  오류의 경계를 나타내는 가이드를 제공하여 일정하게 가압할 수 있도록 가이드 라인을 화면에 표시하였고, 깊이 그래프에서는 주변의  $\pm 5\text{mm}$  오류의 경계를 나타내는 가이드를 화면에 표시하였다. 환자가 불편감을 느끼는 경우와 통증을 느끼는 경우를 각각 표시하기 위해 스위치를 연결하였고, 버튼이 눌리는 시점의 압력, 깊이, 시간 획득 및 저장하도록 오른쪽 아래쪽에 인터페이스를 구성하였다.

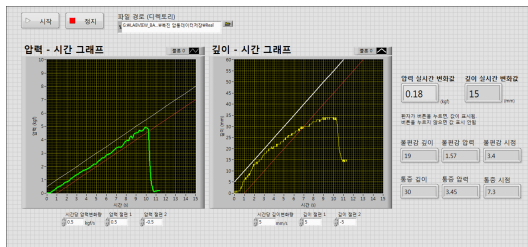


그림 4. Labview 인터페이스 구성  
Fig. 4. Graphic user interface based on Labview

## 2.3 복부 3차원 기하 및 색상 측정

### 2.3.1 복부 시각 특성의 정의

복진에서 시각적인 정보는 크게 기하정보와 색상 정보로 나뉜다. 기하정보를 통해서 는 흉복부의 형태, 용기나 함몰, 몸통의 비율, 양쪽 대칭 특성 등을 파악할 수 있다. 복부의 색상은 한열의 판별에 중요한 특징인데, 예로 색상이 시커멓고 탄탄하면 실열증(實熱證)이므로 황금(黃芩), 황련(黃連), 용담초(龍膽草) 같은 찬 약물이 들어가는 처방을 쓴다. 또한 기하정보와 색상정보가 연계될 때 정보로서 가치가 높아지므로 이들 요소를 통합 측정할 수 있는 시스템이 필요하다.

기하 특징을 정의하기 위해서 경혈점의 위치를 참고하여 그림 5와 같이 복부의 영역을 정의하였다. 주요 경혈점 위치에서 정중선 기준으로 좌우 2치(寸) 떨어진 영역들로 총 10개의 영역을 정의하였다. 카메라가 바라보는 방향을 z축이라고 할 때, 각 영역에서 깊이값(z값)은 복부의 용기나 함몰 등의 기하 특징을 표

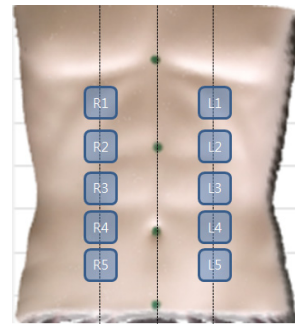


그림 5. 복진 영역의 정의  
Fig. 5. Definition of abdominal region

현할 수 있는 주요 특징이다. 또한 해당 영역에서의 평균 색상값 CIE  $L^*a^*b^*$ 를 색상 특징으로 정의하였다. CIE  $L^*a^*b^*$ 는 인간의 색채 지각을 표현하는데 유리한 색 공간이며,  $L^*$ 은 밝기,  $a^*$ 는 빨강과 초록 성분,  $b^*$ 는 노랑과 파랑 성분을 나타낸다.

### 2.3.2 3차원 기하 및 색상 측정 시스템의 구현

복진에서 3차원 기하 및 색상 측정을 위하여 Microsoft의 Kinect v2 RGB-D 카메라를 사용하였다. RGB-D 카메라는 색상(RGB) 정보뿐만 아니라 깊이(depth) 정보도 하나의 카메라에서 얻을 수 있는 장비이다. 피험자가 누워있는 침대 위 약 70cm 거리에서 촬영하여 3차원 재구성한 스캔 파일을 얻었다. 주요 경혈점 위치를 색상 마커로 표시한 후 마커의 위치를 자동으로 검출하고, 이를 이용하여 기준 좌표축으로 정렬되도록 하였다. 또한 10개의 정의된 대상 영역도 자동으로 설정되도록 하였다. 그림 6은 Kinect 카메라에서 얻어진 초기 스캔 데이터에서 색상 마커를 기반으로 대상 영역을 자동으로 정렬하는 예시를 보여준다.

색상 측정을 위하여 X-rite 표준 컬러 차트를 동시에 촬영하여 색상 보정이 가능하도록 하였다. 4x4 크기의 색상 보정 변환행렬을 계산하여 색상 보정을 수행하였다. 앞서 정의한 10개 영역별로 보정된 CIE

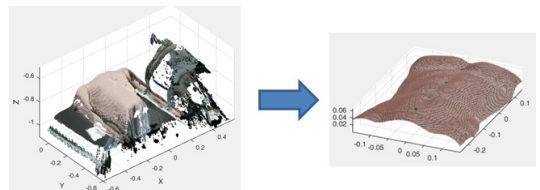


그림 6. 원 RGB-D 데이터로부터 복부의 3차원 기하정보와 컬러정보 도출 예  
Fig. 6. Example of obtaining 3D geometry and color information of the abdominal area from raw RGB-D data

L\*a\*b\* 색상의 평균값을 특징으로 추출하였다. 기하 및 색상 특징 추출을 위해서 수작업은 배제하고 모든 과정이 자동화 될 수 있도록 하여 측정의 반복도를 높이고자 하였다.

## 2.4 체온 측정

### 2.4.1 측정 및 보정

복부 온도 측정은 열화상 카메라를 이용한 온도 분포 측정이 주로 이루어졌다.<sup>[7,8]</sup> 접촉식 온도센서가 비교적 정확한 측정방법이지만 부착되는 센서의 수가 증가할수록 열손실이 커지므로<sup>[9]</sup> 온도 분포를 측정하기에는 적합하지 않다. 열화상 카메라 온도 측정은 상대적인 온도 차이는 잘 검출하지만 절대온도 측정이 부정확하다는 단점이 있어 산업개발에서는 접촉식 온도센서와 열화상을 함께 사용하여 접촉식 센서를 기준으로 정확성을 판단하기도 한다.<sup>[10]</sup> 복부 온도를 통해 진단에 도움을 주려면 상대적 온도차이 뿐만 아니라 절대온도도 정확하게 측정해야 명확한 정보를 전달할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 정확한 복부 온도 측정을 위해 열화상 카메라와 접촉식 온도센서를 동시에 사용하여 열화상 카메라의 온도를 보정하고자 한다.

### 2.4.2 측정 및 추정 방법

복부의 온도분포를 측정하기 위해 적외선 열화상 카메라 모듈 (A35sc, FLIR Systems, Inc, USA)<sup>[11]</sup>을 사용하였다. 절대온도 보정을 위한 접촉식 온도센서는 상용 피부온도 센서(LT-8, Gram Corporation, JP)<sup>[12]</sup>를 이용하였다. 열화상 카메라는 그림 7과 같이 침대 옆의 알루미늄 프레임에 부착되어 누워있는 피험자의 복부 위 700mm 거리에 고정되었다.

열화상 카메라 온도를 보정하기 위해 복부에 접촉

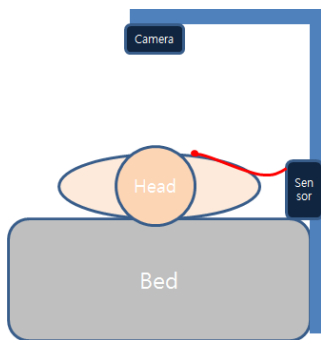


그림 7. 복부 온도 분포 측정 시스템 모식도  
Fig. 7. Abdominal temperature distribution measurement system

식 온도센서를 부착한 상태로 열화상을 측정하였다. 그림 8과 같이 접촉식 온도센서는 배꼽 위 3cm, 복장 빼, 양 옆구리 총 4부위에 부착하였다.

접촉식 온도센서가 부착된 부위의 피부온도는 열화상 카메라에서 측정되지 않으므로 주변 온도를 이용하여 센서 부위의 온도를 추정하였다. 센서 위치를 특정한 뒤, 주변 4방향모두 5픽셀 떨어진 지점을 중심으로 3×3 크기 범위 온도의 평균을 취해 센서 위치의 온도로 가정하였다. (그림 9)

4부위에서 측정한 상기 계산 온도값과 측정 온도값의 차이를 평균을 취하여 전체 열화상 온도에서 빼주어 열화상 카메라의 온도를 보정하였다.

열화상 카메라 온도 보정 효과를 검증하기 위해 두 명의 건강한 성인 남성에서 복부 온도를 측정하였다. 일정한 환경에서의 반복측정 시 측정 재현성으로 보정 효과를 검증하고자 하였다. 실내 온도를 26℃로 유지한 방에서 피험자가 복부를 노출한 상태로 누워 30분 이상 적응 시간을 거친 뒤 측정을 시작하였다. 4분 간격으로 총 5번 열화상 카메라를 촬영하였다. 열화상 카메라 측정과 동시에 4부위의 온도센서 값도 기록하여 보정에 활용하였다.

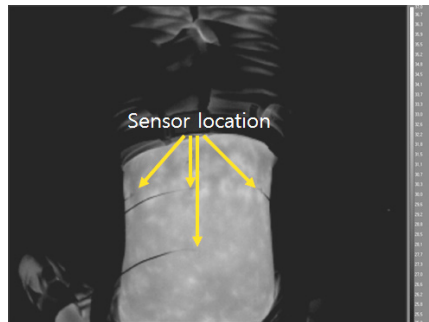


그림 8. 접촉식 온도센서 부착 위치  
Fig. 8. Contact-type temperature sensor location

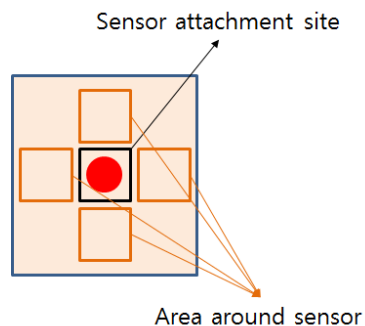


그림 9. 센서 부착부위 온도 추정 모식도  
Fig. 9. Temperature assessment of sensor attachment site

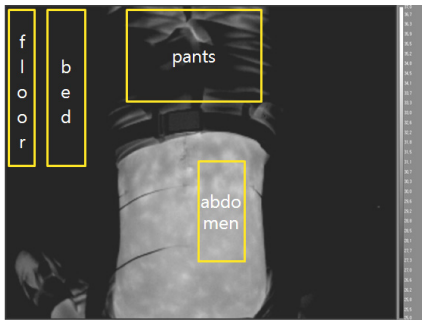


그림 10. 온도 계산 부위 예시  
Fig. 10. Temperature measure region sample

보정 전과 후의 재현성을 비교하기 위하여 급내상 관계수 (ICC)를 사용하였다. 급내상관계수는 바다, 침대, 바지, 복부의 4부분의 평균값을 5회 반복측정한 값으로 계산하였다. (그림 10)

### III. 결 과

#### 3.1 통증 인지 측정

통증 인지 측정 장치의 측정 신뢰성 평가를 위하여 시간에 따라 스펀지 구조물의 하부 반발력 차이에 따른 압력과 깊이의 측정반복성을 평가하였다. 스펀지 구조물의 상부 구조는 공통으로 1T 두께의 일반스펀지 (밀도 15kg/m<sup>3</sup>)이며, 하부 구조로 조건1은 3T의 해면스펀지 (폴리우레탄, 밀도 20kg/m<sup>3</sup>), 조건2는 3T의 고탄성 스펀지 (HR-25K, 폴리우레탄, 밀도 25kg/m<sup>3</sup>), 조건3은 3T 두께의 플라스틱으로 구성된 구조물에서 그림 11과 같이 압력-시간 그래프 가이드에 맞춰 10초 동안 5kgf까지 힘을 가하였으며 3회 반복성 측정을 하였다. 하부 구조의 반발력 차이에 따라 동일 압력 가이드를 가할 때 깊이 값이 변함을 확인할

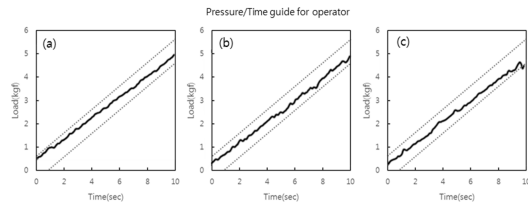


그림 11. 가압시 하부 구조에 의한 반발력 차이 (a) 해면스펀지 (b) 고탄성 스펀지 (c) 플라스틱  
점선은 수동 가압을 위한 ±0.5kgf 오류의 경계를 나타내는 가이드라인임

Fig. 11. Repulsive forces according to understructure in pressurization (a) sponge (b) high elasticity sponge (c) plastic  
Dotted guide line shows ±0.5kgf error range for manual pressure operation

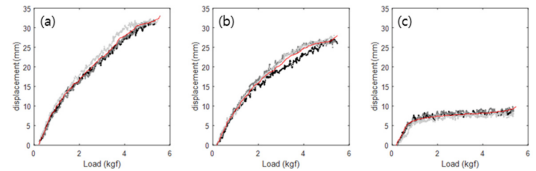


그림 12. 가압 시 압력 - 거리 그래프 (3회 반복측정) (a) 해면스펀지 (b) 고탄성 스펀지 (c) 플라스틱  
Fig. 12. Pressure-distance in pressurization (repetition of 3 times) (a) sponge (b) high elasticity sponge (c) plastic

수 있었다. 그림 12는 가압 시 압력에 따른 거리 연계성 그래프를 보여주는데 3회 반복한 값을 나타낸 것이다.

#### 3.2 복부 3차원 기하 및 색상 측정

3차원 기하 정보 측정 시스템의 반복성을 평가하기 위하여 기하 정보가 변화하지 않는 마네킹을 이용하여 실험을 하였다. 동일한 마네킹을 10회 스캔하고 자동화된 영역 설정 및 분석 방법을 10개 영역에 적용하여 평균 깊이값을 비교하였다. 매회 마네킹의 위치 (자세)를 조금씩 변경하면서 시스템의 강인성을 확인할 수 있도록 스캔 데이터를 획득하였다. 기하 특징의 반복성 평가 결과를 표 2에 정리하였다. 기하 특징의 반복성 평가 결과 10개 영역에 대해서 표준편차 0.3~0.8mm 수준을 보였다.

색상 정보도 3차원 기하 정보와 동일하여 마네킹을 10회 측정하여 10개의 영역에 대해서 색상 보정된 평균 L\*a\*b\* 값을 비교하였다. 표 3은 L\*a\*b\* 값에 대한 색상 특징 반복성 평가 결과를 보여준다. 10개 영역별로 표준편차 0.5~1.5 수준의 반복도를 보였다.

표 2. 깊이 기하 특징의 반복성 평가

Table 2. Average and standard deviation results of the depth features in the pre-defined regions

| region                  | R1    | R2    | R3    | R4   | R5   |
|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| average (mm)            | -2.12 | -2.61 | -2.23 | 1.69 | 3.50 |
| standard deviation (mm) | 0.52  | 0.50  | 0.71  | 0.48 | 0.53 |
| region                  | L1    | L2    | L3    | L4   | L5   |
| average (mm)            | -2.22 | -0.39 | 0.10  | 1.57 | 2.71 |
| standard deviation (mm) | 0.31  | 0.52  | 0.79  | 0.62 | 0.81 |

표 3. 색상 특징의 반복성 평가  
Table 3. Average and standard deviation results of the color features in the pre-defined regions

| region |                    | R1    | R2    | R3    | R4    | R5    |
|--------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L*     | average            | 67.26 | 71.31 | 69.99 | 77.10 | 72.69 |
|        | standard deviation | 1.23  | 1.00  | 1.09  | 1.28  | 1.38  |
| a*     | average            | 14.26 | 14.04 | 13.87 | 12.39 | 12.80 |
|        | standard deviation | 0.50  | 0.58  | 0.74  | 0.50  | 0.67  |
| b*     | average            | 17.59 | 17.28 | 16.74 | 16.17 | 15.86 |
|        | standard deviation | 0.72  | 0.76  | 0.72  | 0.73  | 0.65  |
| region |                    | L1    | L2    | L3    | L4    | L5    |
| L*     | average            | 80.84 | 67.20 | 72.72 | 75.73 | 83.20 |
|        | standard deviation | 1.42  | 1.41  | 1.40  | 0.96  | 1.08  |
| a*     | average            | 11.44 | 14.03 | 13.25 | 11.66 | 10.77 |
|        | standard deviation | 0.46  | 0.67  | 0.49  | 0.47  | 0.54  |
| b*     | average            | 14.49 | 17.08 | 17.02 | 15.66 | 13.62 |
|        | standard deviation | 0.59  | 0.53  | 0.68  | 0.80  | 0.53  |

3.3 체온 측정

4부위 센서의 보정값은 각각  $2.06 \pm 0.37$ ,  $1.83 \pm 0.27$ ,  $1.77 \pm 0.28$ ,  $2.51 \pm 0.51$  로 열화상과 접촉식 온도센서의 측정값에 차이가 남을 확인할 수 있다. 표 4는 보정 전과 보정 후의 4부분의 온도를 보여주고 있다. 피험자 1, 2 모두 보정 전보다 보정 후의 온도 편차가 감소한 것을 볼 수 있다. 급내상관계수 또한 보정 전보다 보정 후에 더 높아진 것을 확인하였다. (보

표 4. 보정 전, 후의 온도  
Table 4. Temperature of before and after correction

|           |                   | correction | floor | bed   | pants | abdomen |
|-----------|-------------------|------------|-------|-------|-------|---------|
| subject 1 | before correction | average    | 17.23 | 19.47 | 24.45 | 31.47   |
|           |                   | S.D.       | 0.24  | 0.29  | 0.27  | 0.27    |
|           | after correction  | average    | 19.28 | 21.52 | 26.49 | 33.51   |
|           |                   | S.D.       | 0.08  | 0.11  | 0.05  | 0.08    |
| subject 2 | before correction | average    | 14.30 | 24.94 | 26.83 | 31.07   |
|           |                   | S.D.       | 0.16  | 0.21  | 0.15  | 0.13    |
|           | after correction  | average    | 16.34 | 26.98 | 28.87 | 33.11   |
|           |                   | S.D.       | 0.14  | 0.20  | 0.14  | 0.06    |

정 전: 0.99839, 보정 후: 0.999566) 실내 온도를 일정하게 유지하고 30분 이상의 안정시간을 거쳐 온도의 변화가 극히 적은 상황에서 편차가 적은 쪽이 보다 정확한 온도를 측정했다고 생각할 수 있다.

IV. 결 론

한의학에서는 복부에서 나타나는 다양한 징후를 관찰하고, 종합하여 최종적으로 변증을 통해 병인을 규명하였다. 복진을 통한 병증 구분 시 과학적이고 객관적인 근거를 제시하기 위한 진단 지표의 정량화 및 객관적 병증 구분을 통해 진단의 신뢰도 향상이 가능하며 이를 위한 한방용 진단 의료기기의 개발이 필요하다.

한국한의학연구원에서 전문가자문위원회, 문헌조사와 임상전략 수립을 통하여 기능성 소화불량의 조작성 정의 및 복부 측정 시스템 설계 요구사항 및 기술 스펙을 결정하였으며, 관련된 복부 색상/기하, 체온 측정 기술 및 통증 인지측정 기술을 개발하고 있다. 한의사의 복진과 새로 개발한 복진기와의 상관성을 예비연구를 통하여 충분히 검토하여 임상연구를 진행하고 있으며, 기업체와 함께 전기적 안전성 공인시험을 통해 상용화가 가능한 진단기기로 최적화할 예정이다.

본 연구에서는 복부의 중요한 측정 요소를 정량화하기 위한 통증 인지 측정, 기하 및 색상 측정, 온도 측정을 위한 측정 장치를 개발 내용을 소개하고 측정 신뢰성을 평가하였다.

복부의 통증 인지 측정을 위하여 압통기와 피부와의 거리 측정 및 피부 접촉 구조물과 측정 소프트웨어를 통해 측정장치를 구현하고 측정 신뢰성 평가에서 3회 반복 측정하였을 때 허부 구조의 반발력 차이와 상관없이 압력과 거리 간의 상관성이 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이 측정장치는 상용화에 적합하도록 구조물을 최적화하는 것이 필요하다.

복부의 3차원 기하 및 색상 측정을 위하여 Microsoft 의 Kinect v2를 이용한 시스템을 구현하였다. 색상 마커를 이용하여 스캔된 3차원 데이터를 기준 좌표축으로 정렬하였으며, 동일한 마네킹에 대해서 기하 특징의 표준편차가 0.3~0.8mm 수준임을 확인하였다. 본 연구에서는 동일한 마네킹에 대해서 기초적인 반복성 검증만 수행하였지만, 향후 다양한 피험자에 대해서 반복성 높은 복부 영역의 정합이 이루어질 수 있는 알고리즘 보강이 이루어질 것이다. 또한 정합된 복부의 기하, 체온, 색상 정보의 제공이 가능토록 하여 양질의 복진 데이터 수집이 가능할 것으로 기대

된다.

복부 진단을 위한 정확한 복부 온도 측정을 위해 열화상 카메라 온도 보정방법을 개발하였다. 보정 결과 측정 재현성이 안정화되고 향상되었으며 이는 보다 정확한 온도를 측정하고 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 간단한 실험을 통해 개발된 보정방법의 성능을 확인하였다. 차후 통합기에서 다수의 데이터를 통해 신뢰수준을 향상시키고, 이를 활용하여 질환과 복부 온도분포의 관계를 연구할 필요가 있다.

이 논문에서는 복진을 모사하는 측정장치를 개발하고 신뢰도를 제시하였는데, 기능성 소화불량증도 만성 질환이므로 복진 시스템으로 인터넷에 연결하여 한의 학적인 만성질환자 개인 의료 데이터를 수집하고 관리할 수 있는 시스템으로 발전되어 나가야 한다<sup>[13],[14]</sup>. 개발된 복부 진단기기가 최적화되고 임상연구를 통해 진단 알고리즘이 개발되고 개인 의료 데이터를 수집하고 관리할 수 있는 방향으로 연결된다면 한의학 의 료기기의 시장성은 매우 커질 것으로 전망한다.

### References

[1] Y. B. Noh, *Abdomen diagnosis and authentic Oriental medical prescription*, Daesung Medical Press, 2005.

[2] I. S. Kim, et al., "Validation of rome III criteria in the diagnosis of functional gastrointestinal disorders in korean patients," *J. Neurogastroenterology and Motility*, vol. 14, no. 1, pp. 39-44, Jun. 2008.

[3] J. Kim, J. H. Parkm and K. H. Kim, "Review of research topics on abdominal examination," *J. Korean Med.*, vol. 37, no. 3, pp. 1-12, 2016.

[4] Wagner instruments, Pain test algometer, [www.paintest.com](http://www.paintest.com)

[5] Welotec, Laser distance sensor, <https://www.welotec.com>

[6] G. H. Choi and S. W. Min, "3D optical information acquisition and playback technology," *J. KICS*, vol. 34, no. 2, pp. 73-82, 2017.

[7] J. Y. Ahn, et al., "A retrospective cross sectional study on leukorrhea in relation with lower abdomen temperature and physical symptoms," *J. Oriental Gynecology*, vol. 26, no. 3, pp. 93-102, 2013.

[8] D. M. Savastano, et al., "Adiposity and human regional body temperature," *The Am. J. Clinical Nutrition*, vol. 90, no. 5, pp. 1124-1131, 2009.

[9] J. J. P. Mc Cullagh, et al., "A comparison of thermocouple and infrared thermographic analysis of temperature rise on the root surface during the continuous wave of condensation technique," *Int. Endodontic J.*, vol. 33, no. 4, pp. 326-332, 2000.

[10] S. A. Choi, et al., "Infrared thermographic analysis of temperature rise on the surface of buchanan plugger," *Restorative Dentistry and Endodontics*, vol. 27, no. 4, pp. 370-381, 2002.

[11] FLIR instruments, FLIR A65/A35/A15/A5, <http://www.flir.com>

[12] Gram Corporation, LT-8, <http://www.gram-corp.co.jp>

[13] H. C. Jang, et al., "Trend for collection of personal health data based on traditional Korean medicine," *J. KICS*, vol. 31, no. 12, pp. 64-71, Dec. 2014.

[14] K. C. Nam, et al., "IT-fusion medical devices," *J. KICS*, vol. 31, no. 12, pp. 44-50, Dec. 2014.

### 장 준 수 (Jun-Su Jang)



1999년 : KAIST 전기 및 전자 공학과 학사 졸업  
 2001년 : KAIST 전기 및 전자 공학과 석사 졸업  
 2006년 : KAIST 전기 및 전자 공학과 박사 졸업  
 <관심분야> 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 한의공학



김 정 윤 (Jungyoon Kim)



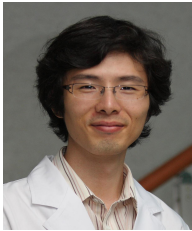
2007년: 연세대학교 재활공학과 학사 졸업  
2014년: 연세대학교 의공학과 박사 졸업  
<관심분야> 생체역학, 재활공학, 한의공학

김 근 호 (Keun Ho Kim)



1994년: KAIST 전기 및 전자공학과 학사 졸업  
2001년: KAIST 전기 및 전자공학과 박사 졸업  
Univ. of Minnesota 박사후연구원  
삼성종합기술원 전문연구원  
<관심분야> 2차원 및 3차원 영상처리, 생체신호처리, 한의의료기기

이 상 훈 (Sang-Hun Lee)



2003년: 원광대학교 한의학과 학사 졸업  
2007년: 원광대학교 한의학과 석사 졸업  
2011년: 원광대학교 한의학과 박사 졸업  
<관심분야> 한의공학, 생체신호처리, 의료정보 빅데이터