

## 손등피부 운동 마찰계수 측정기를 이용한 체질 판별 가능성 연구

김근호 · 우영재\* · 이해정 · 이유정 · 김종열\*

\*한국한의학연구원

†보건산업진흥원

### Abstract

#### A Feasibility Study of Constitution Discrimination Using a Measurement Device for Dynamic Friction Coefficients of the Back of a Hand

Keun Ho Kim, Yung Jae Woo<sup>†</sup>, Haejung Lee, Yu Jung Lee, Jong Yeol Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Korea Institute of Oriental Medicine

<sup>†</sup>Korea Health Industry Development Institute

#### 1. Objectives

Our goal is to observe the feasibility of constitution discrimination from computing quantitative roughness index from dynamic friction coefficients and their gradients with the measurement device of skin friction with 3-axis load cell sensor.

#### 2. Methods

In the traditional Korean medicine, skin diagnosis is one of the examination methods to discriminate Sasang constitution since it was known that Tae-eumin has rough skin, and Soyangin has smooth one. It is based on the skin roughness on the back of one's hand for the discrimination. The measurement device of skin friction with 3-axis load cell sensor has been developed in order to provide quantitative skin roughness through dynamic friction coefficients. The effective interval of the coefficients is obtained from the automatic sampling algorithm to use their curvature and slope. Then, Fisher's discriminant function of them makes the discrimination.

#### 3. Results

The success rate of extracting the effective interval was about 90% and the discriminant accuracy between Tae-eumin and Soyangin was 70% and 68% for men and women, respectively. The entire methods showed the possibility to distinguish between Tae-eumin and Soyangin by using stochastic properties of roughness index, which can make the entire system to include the measurement, the computation of the roughness index and the discrimination of constitution automatical.

#### 4. Conclusions

The measurement device, the automatic sampling algorithm of dynamic friction coefficients and the constitution discrimination algorithm were developed, respectively, and their combination can become the serial and automatic procedure for quantitative and objective skin diagnosis, which mimics the movement of the Oriental medical doctors' skin diagnosis. It can be applied to healthcare as well as the diagnosis of constitution in a u-Health system soon.

**Key Words :** Skin, Sasang constitution, Automatic sampling algorithm, Dynamic friction coefficient, Roughness index

• 접수일 2010년 09월 15일; 심사일 2010년 09월 20일;  
승인일 2010년 11월 08일  
• 교신저자 : 김종열  
대전광역시 유성구 전민동 461-24 한국한의학연구원  
Tel : +82-42-868-9489 Fax : 042-868-9480  
E-mail : ssmmed@kiom.re.kr

\* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업 (10028438, 오감형 한방 진단/치료 콘텐츠 개발)의 일환으로 수행되었음

# I. 緒 論

사상체질(四象體質)은 진단의가 사람의 외형적 요소, 성정, 약리반응을 살펴보아 체질을 판별하는 방식으로 이루어져 왔다. 체질판별의 외형적 요소로는 체형기상(體形氣像), 용모(容貌), 사기(詞氣), 피부(皮膚), 맥상(脈象)의 특징을 들 수 있으며, 피부특징에 관한 기술은 『동의수세보원(東醫壽世保元)』에 ‘태음인의 기육(肌肉)은 견실(堅實)하고 소음인의 기육은 부연(浮軟)하다’는 서술이 등장하고<sup>1</sup>, 이후 『동의사상요결(東醫四象要訣)』과 『사상요람(四象要覽)』에 전해지는 「변증십조(辨證十條)」에 ‘소양인은 미끄럽고 얇아 보인다. 태음인은 두텁고 거칠고 뻣세다. 소음인은 뜨고 연하다’ 등으로 구체화 되었다.<sup>2</sup> 사상체질정보은행(SCIB)에 등록된 1079명의 피험자에 대해 「변증십조」에 근거한 피부특성을 체질진단에 활용해 본 결과 체질판별도구로서 활용가치가 매우 높다는 임상연구논문이 발표되었다.<sup>3,4</sup> 하지만, 촉진(觸診)을 통한 피부특성의 파악은 피부의 물리적 요소 외에도 진단의의 경험과 감성에 따른 주관적 판단이 개입된다. 체질판별도구로서 피부진단 활용의 타당성을 객관적으로 뒷받침하기 위해서는 측정기기를 이용해 가능한 주관적인 판단을 배제하여 기술된 피부특성 변수에 상응하는 물리량을 측정하고 피부특성과 체질 사이의 연관성을 증명하여 객관적인 지표를 찾아낼 필요가 있다.

『사상요람』 「변증십조」에 의하면 태음인은 피부가 거칠고 소양인은 미끄러운 것이 대표적인 특징이다. 거침/미끄러움에 대한 판별변수로 피부의 생체 역학적 특성 가운데 하나인 운동 마찰계수를 선정하고 이

를 통해 정량화, 객관화 할 수 있다.<sup>5</sup>

초창기 피부 마찰력을 측정하는 기술들은 측정 프로브를 피부 위에 슬라이딩시켜 발생하는 힘을 프로브에 가한 하중의 함수로서 측정하는 방식인데<sup>6</sup>, 센서 기술의 발달로 힘을 측정하는 방식이 정교해진 점을 제외하면 이러한 슬라이딩 프로브를 이용하는 구조는 현재도 그대로 유지되고 있다.<sup>7-10</sup> 기존 연구에서는 피부 굴곡 영향 평가를 통하여 평면, 경사면, 굴곡면의 마찰계수의 특성을 파악하고 손등 위치별 마찰계수 구분 정도를 파악하였다.<sup>11</sup>

본 연구에서는 슬라이딩 방식을 사용한 피부운동 마찰계수 측정 시스템을 이용하여 손등피부 마찰계수 측정 방법을 명확히 하였으며, 자동으로 분석 구간을 추출하는 방법을 제시하였다. 또한 태음인과 소양인의 손등피부 마찰계수의 특성을 측정하고 사상체질 진단의 사상체질 진단 결과와 비교 분석하여 정량화 및 객관적 지표의 도출을 시도하였다.

이를 통해 3축 로드셀 센서와 슬라이딩 프로브 구조를 이용하여 손등피부의 운동 마찰계수를 자동으로 추출하고, 진단의의 사상체질 구별 진단결과와 비교 분석하여 정량화 및 객관적인 지표를 찾을 수 있도록 함으로써 체질 판별의 일련의 자동화 가능성을 보도록 한다.

# II. 材料 및 方法

## 1. 피부운동 마찰계수 측정기 시스템 구성

피부의 거침/미끄러움 정도를 측정하기 위해 이용한 기기는 ‘피부운동 마찰계수 측정기’이다.<sup>12</sup> 피부운동 마찰계수 측정기는 Figure 1에 개략적으로 도시하

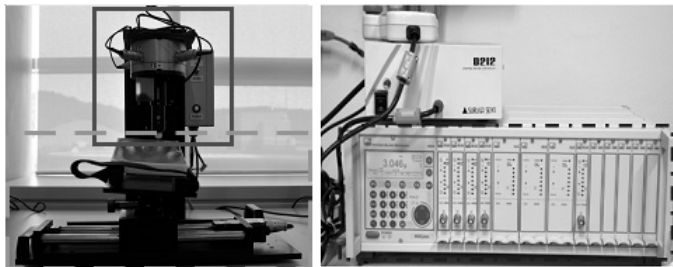


Figure 1. A friction coefficient measurement device: sensor part (line), stage and control part (dot line), data processing part (one-dot chain line)

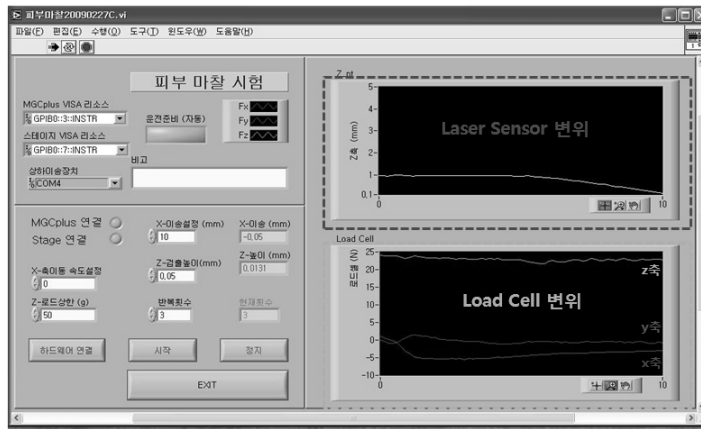


Figure 2. An automatic operating program of a friction measurement device

였다. 측정 시스템은 크게 세 부분으로 구성되는데, 다축 힘 센서를 포함한 센서부(실선 영역), 피험자 피부부를 운송하기 위한 스테이지 및 제어부(점선 영역), 측정 데이터를 처리하기 위한 데이터 처리부(일점쇄선 영역)로 이루어진다.

마찰 특성은 프로브가 손등피부와 접촉하여 움직일 때 발생하는 피부와 프로브 사이의 접촉면에 수평 방향 저항력인 수평항력 T와 접촉면에 수직 방향의 힘인 수직항력 N의 비인  $\mu = T/N$  로 기술된다. 마찰 특성을 측정하기 위해서는 x, y, z축 분력성분인 X, Y, Z를 동시에 측정할 필요가 있다. 즉, x-y 평면상에서 임의의 운동방향으로의 힘을 측정하기 위한 센서와 수직항력을 측정하기 위한 z 방향 힘 측정 센서가 필요하다. 본 연구에서는 x, y, z 축 세 방향 힘을 측정하기 위해 측정 범위가 10N인 로드셀을 사용하였다. 한편, 손등피부 측정을 위해 손을 올려놓을 평면 스테이지는 x축 방향으로 300mm의 범위로 움직일 수 있으며, 최대 196N (20kg의 무게에 해당)의 수직항력을 견딜 수 있고, 운동 속도는 최대 20mm/s까지 가변할 수 있도록 개발되었다.

변위센서와 힘 센서부에서 측정된 측정 데이터의 경우 MGCplus 앰프(HBM, Germany)에서 동시에 샘플링된 후 GPIB 인터페이스를 이용해 컴퓨터로 전송되도록 하였다. 전체 시스템 구동과 데이터 취득은 Figure 2에 도시한 바와 같이 LabView(National Instru-

ments, USA) 기반 자동화 소프트웨어에서 제어하도록 구현되었다.

## 2. 연구 방법 및 대상

현재 피부운동 마찰계수 측정기의 경우 손등 피부와 프로브 사이의 접촉면과 스테이지의 이동방향 x축이 평행하지 않는 이유는 사람의 손등 쪽 피부는 굴곡에 의해 곡면으로 되어 있기 때문이다. 상기 측정 시스템이 운동 마찰계수로 제시하게 되는 x축과 z축 방향의 항력의 비 X/Z에 피부가 지닌 본래의 운동마찰특성을 잘 반영하기 위해서는 손등피부와 3축 로드셀 센서 프로브가 닿는 면의 수평유지가 매우 중요하다. 피부 굴곡 평가에 대해서는 경사면의 경우 X/Z 값이 시간에 대해 일정한 값을 가지는 것만으로는 X/Z값을 운동마찰계수로 생각할 수는 없고, 곡면의 경우는 채택하여도 무방하다는 연구논문이 발표 되어 있다.<sup>11</sup> 이 논문에서는 수평, 경사, 곡면에서 나오는 운동마찰계수의 특성을 측정하여 손등피부와 3축 로드셀 센서 프로브와의 수평, 굴곡, 경사 측정상태에 대해 알 수 있었다. 이러한 피부의 표면 상태를 고려하여 손등피부를 측정하였다.

### 2.1. 손등 피부 마찰계수 측정 방법

진단기가 손등피부 진단을 할 때 2지 및 4지에서 왼손등으로 이어지는 뼈 사이의 피부를 측정하는 점

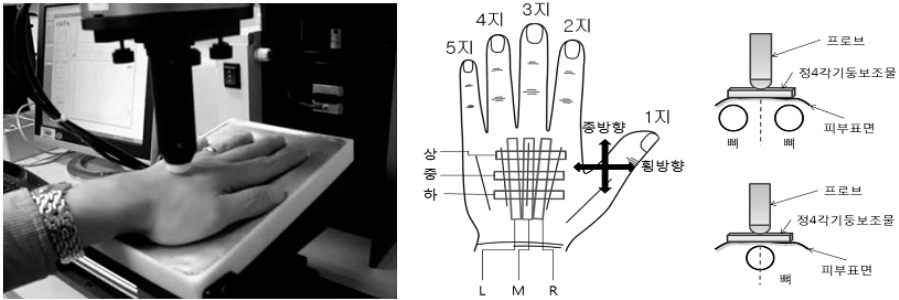


Figure 3. The method of the control scan load and the measurement area of friction on the back of a hand

에 착안하여, 피부의 마찰 특성 측정영역은 Figure 3의 중간과 같이 피험자의 2지에서 4지 사이로 이어지는 뼈 사이의 손등 영역으로 정하였다. 손등의 이 부분은 피부 마찰 특성을 반복해서 측정하였을 때 변동이 적어, 체질 진단 결과가 일정하게 나옴을 관찰하였다.<sup>11</sup> 피험자의 3지에서 이어지는 손등 뼈에서 시작하여 측정자가 자신의 2, 3, 4지를 모은 폭만큼 손목으로 이동시킨 점을 손등부위 중 부위 M점이라 하고, 측정 부위는 이 점을 중심점으로 삼아 세 손가락을 횡방향으로 지나는 영역인 1cm 거리로 한정한다.

측정 순서는 다음과 같다. 처음에 측정자가 측정 부위가 최대한 수평이 되도록 손바닥 아래의 스테이지 각도와 높이를 수동으로 조절한다. 둘째, 수직방향으로 마찰력의 영향을 부여하기 위하여 사람의 손등피부가 프로브가 피부에 닿은 직후, z축 방향(수직향력)으로 0.1cm 이동하도록 레이저 센서로 컨트롤 한다. 셋째, 손등피부 마찰력 측정은 x축 방향인 횡방향으로 2지에서 3지로 스테이지를 이동한 후, 다시 3지에서 2지로 오는 것을 1회로 하여 총 3회 반복 측정하였다. 2지에서 3지로의 이동거리는 1cm이며, 스테이지가 움직이도록 하였다.

체질진단 진단의가 건강한 20대 남녀를 대상으로 외형적 요소 및 성정 진단을 통해 태음인과 소양인으로 구분한 대상으로 한하여 피험자를 선택하였다.

측정 시기는 봄인 3월 중순부터 6월 초이며, 측정 장소는 한국한의학연구원 2층의 생활환경측정실이며, 평균 온도/습도는 약 25°C/50%가 유지하도록 항온/습도 조절기를 통해 조절하였다. 피험자는 손을 비누로 씻은 후 최소 15분간 자연건조 후 측정하였으며,

FLUKE 62 Mini IR THERMOMETER로 측정된 손등피부 평균 온도는 32.6°C이고, 측정과정 전반에 걸쳐 피부가 항상 건조한 상태를 유지하도록 하였다. 이 실험은 한국한의학연구원 IRB (I-0903-01-02)의 승인을 받아 진행되었다.

### 2.2. 손등피부 마찰계수 분석 방법

건강한 20대 남녀를 대상으로 사상체질 진단의가 피험자의 전체적인 특성을 관찰하여 체질진단 후 실험을 진행하였다. 사상체질 판정은 정해진 표준 진단 프로토콜에 맞추어 사상체질을 전공한 2명의 진단의가 체질을 진단하고 체질진단 결과가 일치한 피험자만을 실험에 참여 시켰다. 손등을 분석하기 위하여 선정된 피험자는 태음인 109명, 소양인 89명으로 총 198명을 대상으로 손등피부 마찰계수 측정기를 이용하여 손등피부 마찰계수를 측정하였다.

태음인(거침)/소양인(미끄러움) 차이의 분석변수로 사용된 운동마찰계수의 수평향력인 T는 3축 로드셀의 x축 값이며, 접촉면에 수직인 방향의 힘인 수직향력 N 크기는 z축 값으로 대응될 수 있고,  $X/Z=T/N$ 로 마찰계수를 구할 수 있다. 이는 손등의 평행한 곳을 수직 방향으로 측정하고자 의도하였기 때문이다. 운동마찰계수는 마찰력과 수직향력의 비로서 대상물이 움직이는 동안 일정한 값을 가지므로, X/Z 값이 측정 시간에 따라 변이가 최소가 되는 구간에 대해 평균값을 취한 결과로 나타낼 수 있다.

Figure 4의 x축 그래프는 이동 수평향력의 T값을 나타낸다. 위쪽 평행구간은 2지에서 3지(2\_3 구간)로 이동할 때, 아래쪽 평행구간은 3지에서 2지(3\_2 구간)

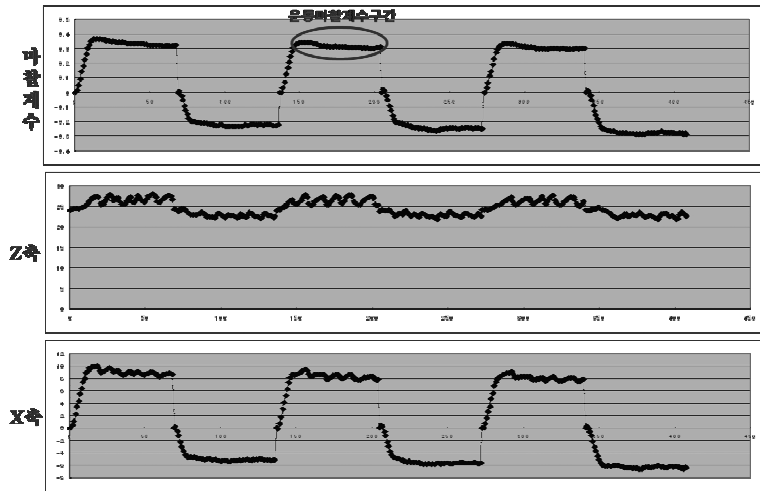


Figure 4. A graph of dynamic friction coefficient, forces along z- and x-axes

로 이동할 때의 수평항력 값을 나타낸다. z축 그래프는 수직항력 N값을 나타내고, 평행구간을 지나는 곳은 x축의 평행구간과 동일한 구간이다. 마찰력은 X/Z 값으로 구해지고, 손등피부가 움직이는 동안 일정한 값을 가지는 곳이 운동마찰계수구간이므로 그 구간의 평균값으로 운동마찰계수 값을 구하였다. 2\_3 구간, 3\_2 구간을 총 3회 왕복 측정하여, 각각의 3회 평균 운동마찰계수의 평균값을 태음인(거침)/소양인(미끄러움)의 차이 분석변수로 사용하였다. Figure 4처럼 2\_3 구간, 3\_2 구간 두 구간의 z축과 x축이 운동마찰계수구간에서 모두 평행하면 가장 이상적이지만, 손등피부와 손등피부 마찰계수 측정기의 프로브의 수평을 오퍼레이터가 수동으로 맞추기 때문에 곡면 특성을 가지는 손등피부는 두 구간 모두가 수평이 되게 조정하는 것이 쉽지 않았고, 손등의 뼈와 뼈 사이의 피부를 측정하므로 피부가 아닌 뼈와 프로브의 접촉의 문제도 발생하였다. 또한 항온·습도 조절기를 통해 측정장소 전체의 온·습도를 조절하였지만, 손등피부 표면상의 불일관성(inconsistency)에 의한 프로브 이동 시 피부 끌림 현상으로 정확한 운동마찰계수를 추출하지 못한 피험자도 존재하였다. 운동마찰계수가 수평(평면)과 떨어지는 패턴(곡면)을 가진 운동마찰계수 중 일정범위 안에 드는 운동마찰계수만을 추출변수로 사용하는 것이 필요하고, 일정범위 안에 들지 못한 운동

마찰계수는 정확한 운동마찰계수를 대변할 수 없기 때문에 분석변수로 추출하지 않는 것이 필요하다.

본 논문에서는 앞에서 언급했듯이 프로브 이동 시 피부 끌림 현상이 적은 3\_2 구간만을 선택하여 분석하였다. 3\_2 구간의 운동마찰계수 추출을 위하여 운동마찰계수 구간을 구하고, 그 구간에서 운동마찰계수의 평균값을 분석변수로 사용한다. 이러한 분석변수를 추출하기 위한 과정은 다음에 설명되어 있다.

### 2.3. 운동마찰계수 자동추출 알고리즘

Figure 5는 3축 로드셀 센서에서 나온 운동마찰계수 값을 Matlab 7.0<sup>13</sup>을 이용하여 추출 알고리즘으로 자동 추출된 그래프이다. 우리가 필요한 분석변수인 운동마찰계수 값을 추출하기 위해서는 다음의 작업 순서를 거친다.

- 1) x축 로드셀 센서 값의 0점을 잡는다.
- 2) x축/z축 마찰계수 값을 구한다.
- 3) 마찰계수의 미분 값을 이용하여 수평을 이루는 첫 굴곡 지점과 끝 지점을 검색하여 운동마찰계수 구간을 구한다.
- 4) 첫 굴곡 지점과 끝 지점 내 중간점의 운동마찰계수의 차이가 각각 0.09 이하인 경우 운동마찰계수 구간 내, 첫 굴곡 지점과 끝 지점의 평균값을 추출하고, 이상인 경우 추출하지 않는다. 이 평균값을 구

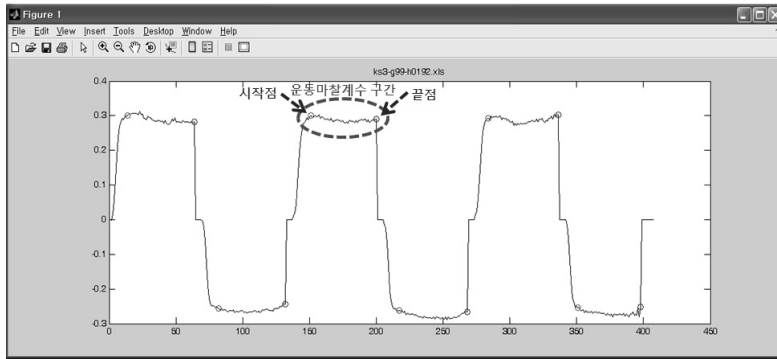


Figure 5. An automatic sampling algorithm of dynamic friction coefficients

- 간 운동마찰계수이라고 정의한다.
- 5) 이 때 구간 운동마찰계수가 0.1 이하일 경우 추출하지 않는다.
  - 6) 각 방향의 1회 구간 운동마찰계수를 구하고, 구간 운동마찰계수의 3회 평균을 운동마찰계수 값으로 정의한다.

상술하자면 자동추출 알고리즘에서 첫 굴곡 지점 즉 운동마찰계수 첫 구간은 운동마찰계수를 미분하여, 그 미분 값이 0.009 이하인 지점을 임계값으로 하여 변곡점을 찾고 이 지점을 운동마찰계수 시작점으로 인식하며, 끝 지점의 경우 한 구간의 데이터가 끝나는 지점으로 역시 미분 값이 임계값 이하의 마지막 위치를 이용하여 인식하게 하였다. 첫 굴곡 지점과 끝 지점을 먼저 찾은 후 두 점의 가운데 점을 잡아 값의 차이가 각각 0.09 이하이면 구간 운동마찰계수를 추출하고 이상이면 구간 운동마찰계수를 추출하지 않았다. 그 이유로는 측정 구간을 가능한 2지와 3지 사이의 평행한 곳을 측정하여 분석하기 위함이다. 또한, 잡음을 고려하여 구간 운동마찰계수 평균값이 0.1 이하인 경우도 추출하지 않았다. 일정범위(0.09) 이상인

데이터와 프로브와 피부 간 끌림 현상이 일어난 데이터는 분석변수로 사용하지 않았다. 여기서 일정범위 0.09는 많은 실험을 통해 찾아낸 곡면이 운동마찰계수 값을 대변할 수 있는 실험적인 최대 임계(Threshold)값이다.

수동으로 운동마찰계수 값을 추출한 값과 운동마찰계수 자동추출 알고리즘 방법을 통해 운동마찰계수 값을 구한 결과의 평균오차 범위는 약 ±0.05 정도이다. 운동마찰계수 자동추출 구간 인식률을 구하기 위하여 198명의 왕복반복 3회를 찾아 Matlab 그래프를 보고 각 점의 미분 값을 수동으로 찾아 비교하여 시작점과 끝점이 다른 구간을 에러로 간주하였다. 즉, 198명 왕복 총 3회 중 하나라도 에러가 났다면 에러로 간주하였다. 이러한 에러가 없는 구간 일치율은 198명의 데이터 중 약 90%를 보였다.

### Ⅲ. 結 果

성별에 따라 태음인(거침)과 소양인(미끄러움)의 운동마찰계수 값으로부터 통계적 특성을 분석한 결과, 평균은 Table 1과 같고 값들의 분포는 Figure 6과

Table 1. Statistical Information Including Averages of Roughness Index for Tae-eumin(rough) and Soyangin(smooth)

성별	체질	문헌 특성	N	Mean	SD	t	p-value
남성	태음인	거침	63	0.284	0.076	4.628	1.04E-05
	소양인	미끄러움	46	0.222	0.059		
여성	태음인	거침	46	0.282	0.087	4.535	1.83E-05
	소양인	미끄러움	43	0.209	0.063		

\* 거칠기(Roughness Index)는 운동마찰계수(Dynamic Friction Coefficient)를 의미함

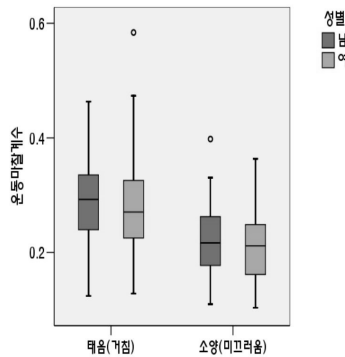


Figure 6. A comparative distribution of dynamic friction coefficient for Tae-eumin(rough) and Soyangin(smooth)

같다. 태음인(거칠)과 소양인(미끄러움)의 운동마찰계수 값의 평균차이 분석을 위하여 독립표본 T-test를 시행한 결과, 남성과 여성 모두 5% 유의수준에서 태음인의 운동마찰계수 값의 평균이 소양인에 비해 유의하게 높은 것으로 분석되었다.

운동마찰계수 값을 이용하여 태음인(거칠)과 소양인(미끄러움)을 판별하는 함수를 도출하기 위하여 선형판별분석을 시행하였고, 그 결과 도출된 선형판별함수계수는 Table 2와 같다.

Table 3의 판별함수 계수에서 알 수 있듯이 태음인(거칠)의 운동마찰계수 값이 소양인(미끄러움)의 마찰계수 값보다 크게 나타났다. 위의 판별분석 결과 남성의 경우는 판별 정확률이 69.7%, 여성은 68.5%로 나타났다. 그리고 5-fold cross validation을 이용한 교차검증 결과, 남성의 경우는 69.7%, 여성의 경우는 67.5%로 나타나 모든 데이터를 이용하여 training한 결과와 차

이가 크게 나타나지 않음을 확인하였다.

#### IV. 考 察

본 연구에서는 사상체질 진단의가 피험자의 전체적인 특성을 파악하여 체질진단을 하고, 피부마찰계수 측정기를 통해 측정된 손등피부 운동마찰계수로 태음인(거칠)/소양인(미끄러움)에 대한 객관적이고 정량적인 지표를 찾고자 하였다. 또한 진단의 진단결과를 기준 삼아 피부마찰계수 측정기의 판별 정확률도 알아보았다. 둘 이상의 사상체질 진단의의 합치된 데이터를 이용하였다. 본 연구에서는 소음인의 부연 특성은 마찰계수로 분류하기에 어려운 특성이므로 분석하지 않았고, 태양인은 현재까지 밝혀진 뚜렷한 피부 특성이 없고, 피험자의 수가 적어 통계적인 특성을 분석하기 어려워 제외하였다.

Table 2. Fisher's Discriminant Function Coefficients

변수	남성		여성	
	태음인(거칠)	소양인(미끄러움)	태음(거칠)	소양(미끄러움)
마찰계수	59.49	46.51	48.25	35.67
(상수)	-9.0	-6.0	-7.5	-4.4

\*\* Fisher의 판별함수 계수

Table 3. Discriminant Accuracy

변수	판별 분석 결과		5-fold cross validation	
	남성	여성	남성	여성
판별 정확률(%)	69.7	68.5	69.7	67.5

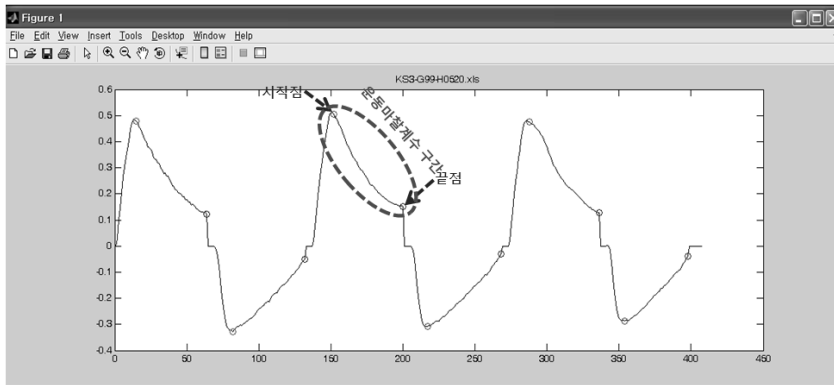


Figure 7. An example of measurement error for the dynamic friction coefficient of the skin on the back of a hand

본 연구과정을 통해 난점이었던 수동 운동마찰계수 분석 작업을 프로그래밍을 통하여 구현하여 운동마찰계수 구간 및 데이터 추출의 자동화 작업도 함께 진행하였다. 구간 추출 알고리즘은 운동마찰계수 값 구간이 수평이 되는 첫 굴곡 지점과 끝 지점을 찾고, 첫 굴곡 지점과 끝 지점의 중간점의 운동마찰계수의 차이가 각각 0.09 이하인 경우 구간 운동마찰계수를 추출하였으며 그 이상인 경우 추출하지 않는 새로운 자동 알고리즘을 제안하게 되었다. 또한 객관적이고 정량적인 지표를 찾기 위하여 먼저 독립표본 T-test를 시행하였고, 태음인(거침)/소양인(미끄러움)의 운동마찰계수 값이 5%의 유의수준에서 차이를 보임을 알 수 있었다. 선형판별분석을 통하여 판별 정확률을 5-fold cross validation을 이용하여 교차 검증하여 남/여 태음인(거침)/소양인(미끄러움)에 대해 약 68%의 판별 정확률이 나타나 마찰계수가 체질 구분을 위한 지표의 가능성을 알 수 있었다. 이러한 연구결과를 바탕으로 피부 특성 추출부터 체질 구별까지 on-line으로 진행하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

한편 실험 분석을 진행하면서 운동마찰계수 값이 손등피부의 태음인(거침)/소양인(미끄러움)을 대변할 수 없는 데이터가 존재하였다. 그 원인은 손등피부 표면상의 불일관성에 의한 프로브 이동 시 피부 끌림 현상으로 판단된다. 운동마찰계수로 넘어가기 전 단계에서 마찰계수가 크게 증가하다가 프로브가 이동이 일어나 운동마찰계수 구간이 큰 각도의 슬로프를 그리면서 떨어지는 현상이다. 이러한 운동마찰계수 구

간은 그 지점의 정확한 구간 운동마찰계수를 고려할 수 없고, 뼈와 뼈 사이의 피부를 측정해야 하며 이동거리도 1cm로 짧아 수평 및 완만한 슬로프를 가지는 운동마찰계수 구간이 존재하지 않았다. 또한, 뼈 사이의 측정 구간의 평행 상태도 문제점으로 고려할 수 있을 것이다. Figure 7과 같이 큰 각도로 떨어지는 운동마찰계수 구간의 예는 그 지점의 정확한 구간 운동마찰계수라고 할 수 없으므로 측정 에러로 추출 및 분석 변수로 사용하지 않았다.

이러한 피부 마찰계수 측정, 운동마찰계수 구간 분석, 체질진단의 일련의 과정을 자동화하여 자동화된 피부 마찰계수 측정기는 체질진단 시스템의 개발의 가능성을 높여 줄 것으로 생각된다.

차후 실험에서는 손등피부 운동마찰계수를 측정하기 전에 피험자의 피부 상태를 세밀히 파악하기 위해 피부의 불일관성을 관측 또는 측정하여 일관된 피부 마찰계수가 나오도록 하는 것이 중요하다. 손등피부는 연령대나 성별에 따라 유·수분의 정도가 다르고 건조 상태에 따라 변화를 보일 수 있다. 실험 시에는 손을 비누로 씻고 최소 15분 간 건조한 후 측정하지만 측정과정 전반에 걸쳐 피부가 항상 건조한 상태를 유지하는 것이 쉽지 않으므로 유·수분 측정기<sup>14</sup>를 이용하여 손등 피부의 상태를 파악한 후 손등피부 거침/미끄러움의 객관적인 분석에 이용하는 것이 필요하다.

또한, 피부표면과 피부마찰력진단기기의 프로브가 평면상태가 되는 것이 중요하며 측정자가 수동으로 수평상태를 맞추는 것은 한계가 있으므로, 자동으



로 수평상태를 맞출 수 있는 방법이 연구되어야 한다. 또한, 피부 끌림 현상을 줄이기 위해 피부 마찰계수 측정기의 프로브 크기도 작아져야 할 것으로 생각된다. 손등피부의 끌림 현상, 수평상태 맞춤 자동화, 프로브 크기 소형화에 대해 보완이 된다면 좀 더 정량적이고 객관적인 손등피부 상태를 측정할 수 있을 것으로 기대된다.

## V. 結 論

한의학에서는 사상체질(태양인, 태음인, 소양인, 소음인) 구분을 위해 손등피부의 특징 중 하나인 거칠기를 이용해 왔다. 진단의 손등피부 거칠기의 주관적인 측정을 정량적 및 객관적으로 진단하기 위하여 3축 로드셀 센서를 이용하여 운동마찰계수 값을 자동으로 추출하는 손등피부 마찰계수 측정기를 개발하게 되었다. 그 결과 태음인과 소양인의 피부특성인 거침/미끄러움을 정량화하여 두 체질을 분류할 수 있는 객관적인 지표를 찾을 수 있었다. 본 연구를 통해 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 사상체질진단 진단의 두 명이 체질을 동일하게 진단한 20대 남녀 피험자의 거침(태음인) 109명, 미끄러움(소양인) 89명을 대상으로 손등피부 마찰계수 측정기를 이용하여 데이터를 측정하였다. 데이터를 독립표본 T-test 시행한 결과, 남성과 여성 모두 태음인(거침)의 운동마찰계수 값의 평균이 소양인(미끄러움)보다 높게 나타남을 알 수 있었다.
- 수동으로 추출해 오던 운동마찰계수 구간 평균값을 프로그래밍(Matlab 7.0)으로 구현하여 자동으로 운동마찰계수의 대표 값을 추출하는 알고리즘을 제안하였다.
- 진단의 진단 결과와 기기와의 판별 정확률을 알아보기 위해 판별 분석을 실시한 결과 남성의 판별 정확률이 69.7%, 여성은 68.5%로 나타났다. 그리고 5-fold cross validation을 이용하여 교차검증을 해 본 결과, 남성의 경우는 69.7%, 여성의 경우는 67.5%로 나타나 모든 데이터를 이용하여 training한 결과와 차이가 크게 나타나지 않음을 확인하였다.
- 손등 피부특성과 사상체질과의 연관성 및 인간이

느기는 피부촉감의 거침/미끄러움에 대해 증명할 수 있는 정량적이고 객관적인 지표를 찾을 수 있었다.

향후 연구에서는 손등 피부의 불일관성에 의한 프로브 이동 시 피부 끌림 현상에 대한 보완 자료로 영상 분석을 이용하여 피부 마찰계수와와의 관계를 분석하거나 피부 유·수분 측정기를 이용하여 손등피부 유·수분과 손등피부 마찰계수의 관련성에 대해 분석해 볼 계획이다. 또한 수평상태 맞춤 자동화 보완도 진행할 예정이다. 손등 피부의 영상분석에 의한 프로브 이동 시 피부 끌림 현상 방지, 유·수분, 수평상태에 의한 미끄러짐 정도 파악, gyro 센서 또는 영상 분석과 같은 방법을 이용한 손등 수평상태 맞춤 자동화가 보완된다면 좀 더 정량적이고 정확한 손등피부 특성을 측정할 수 있으며, 이는 자동화된 피부 진단기로서 발전하고 u-Health 시스템에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

## VI. 參 考 文 獻

1. Lee JM. Dong-uisusebowon. Seoul: Yeogang. 1992:308. (Korean)
2. Kim JY, Kim KY, Song JM. Method for objectification to distinguish constitution by using a constitution classification table J Sasang Constitut Med. 1998;10(1):181-213. (Korean)
3. Lee SH, Han SS, Choi SM, Joo JC, Kim JY. Clinical study on the characteristics of back skin of the hand according to Sasang constitutions. Kor J Oriental Physiology & Pathology. 2005;19(1):15-18. (Korean)
4. Lee SH, Joo JC, Yun YS, Kim JY. Clinical study on the relations of the refineness and the tactile of back skin of the hand to Sasang constitutions depending on sex and age. Kor J Oriental Physiology & Pathology. 2005;19(2):536-543. (Korean)
5. Elsner P, Berardesca E, Wilhelm K-P, Maibach HI. Bioengineering of the skin: skin biomechanics. New York: CRC press. 2002.
6. Prall JK. Instrumental evaluation of the effects of cos-

- metic products on skin surfaces with particular reference to smoothness. *J Soc Cosmet Chem.* 1973;24:693-707.
7. El-Shimi AF. In vivo skin friction measurements. *J Soc Cosmet Chem.* 1977;28:37-51.
  8. Asserin J, Zahouani H, Humbert P, Couturaud V, Mougin D. Measurement of the friction coefficient of the human skin in vivo quantification of the cutaneous smoothness. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* 2000;19:1-12.
  9. Adams MJ, Briscoe BJ, Johnson SA. Friction and lubrication of human skin. *Tribology Letters.* 2007;26: 239-253.
  10. Highley DR, Coomey M, BenBeste M, Wolfram LJ. Frictional properties of skin. *J. Invest. Dermatol.* 1977;69:303.
  11. Lee JH, Song HW, Park YK, Kim JY. A study on quality control and measurement for acquisition of dynamic friction coefficient on back-hand skin. *Kor J Orient Med.* 2008;14(3):103-111. (Korean)
  12. Park YK, Song HK, Kang DI. A measuring system for physical properties of texture and a measuring method of the same. Korea Patent 10-0363682. 2002. 11. 22. (Korean)
  13. Moler C, Little JN, Bangert S. Matlab. MathWork. 1994-2010. Available from:URL:<http://www.mathworks.com/products/matlab/>
  14. Heinen-Schütz R. SKIN-O-MAT. Cosmomed Medical Beauty GmbH. 2010. Available from:URL:[http://www.cosmomed.de/CMS/index.php?article\\_id=29&clang=1](http://www.cosmomed.de/CMS/index.php?article_id=29&clang=1)