

3축 로드셀을 이용한 손등피부마찰력에 관한 연구

우영재¹, 김근호¹, 이해정¹, 송한욱², 김종열¹

¹한국한의학연구원 체질 생물학·의공학 연구센터, ²한국표준과학연구원

A Study on Back-Hand Skin Friction using 3Axis Load Cell

Young-Jae Woo¹, Keun-Ho Kim¹, Hae-Jung Lee¹, Han-Wook Song², Jong-Yeol Kim¹

¹Korea Institute of Oriental Medicine, ²Korea Research of Standards and Science

Abstract - 한의학에서는 사상체질(태양인, 태음인, 소양인, 소음인) 구분을 위해 손등피부의 특징 중 하나인 거침/미끄러움을 이용하여 한의사의 주관적인 판단으로 사상체질을 구분해 왔다. 한의사의 손등피부 거침기의 주관적인 측정을 정량적 및 객관적으로 진단하기 위하여 피부마찰력진단기기를 개발하였다. 피부마찰력진단기기는 3축 로드셀 센서를 이용하여 한의사가 손등피부를 만지는 것과 같은 움직임으로 측정하며, 측정된 물리량 중 피부의 거침/미끄러움으로 계산되는 운동마찰계수 값을 이용하여 손등피부의 특성을 나타내었다. 본 연구에서는 피부마찰력진단기기를 이용하여 객관적으로 손등피부의 특성을 측정해 보고 사상체질 진단의 객관적인 지표를 찾는 것을 목표로 한다.

1. 서 론

본 연구에서는 사상체질 구분을 위한 피부진단의 정량화 및 객관화 연구로 한의사가 느끼는 감촉 거침/미끄러움 정도의 차이를 3축 로드셀 센서를 이용하여 구별하고, 한의사 진단결과와 비교 분석하여 정량화 및 객관적인 지표를 찾는 것이 그 목적이라 할 수 있다.

거침/미끄러움에 대한 판별변수로써 피부의 생체역학적 특성 가운데 감촉의 물리적 요소인 운동마찰계수 측정을 통해 정량화 및 객관화 할 수 있다.

초창기 피부 마찰력을 측정하는 기술들은 프로브를 피부 위에 슬라이딩시켜 발생하는 힘을 프로브에 가한 하중의 함수로서 측정하는 방식인데⁶⁾, 센서기술의 발달로 힘을 측정하는 방식이 정교해진 점을 제외하면 이러한 슬라이딩 프로브를 이용하는 구조는 현재도 그대로 유지되고 있다.⁷⁻¹⁰⁾

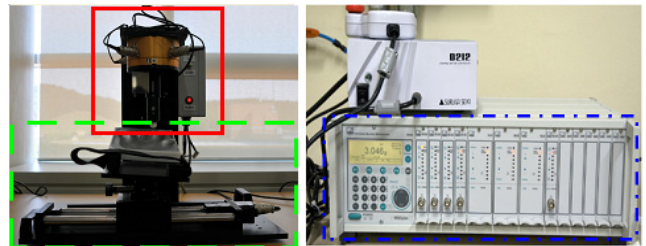
사상체질은 전통적으로 한의사가 사람의 외형적 요소, 성정, 약리반응을 살펴보고 그 체질을 판별하는 방식으로 이루어져 왔다. 체질판별의 외형적 요소로는 체형기상, 용모, 사기, 피부, 맥진의 특성을 들 수 있으며, 이중 피부특성에 관한 기술은 동의수세보원에 '태음인의 기육은 건실하고 소음인의 기육은 부연하다.'는 서술이 등장하고¹⁾, 이후 사상요결과 사상요람에 전해지는 변증심조에 '소양인은 미끄럽고 옅어 보인다. 태음인은 두툼고 짙다. 소음인은 뜨고 연하다' 등으로 구체화되었다.²⁾ 최근 변증심조에 근거한 피부특성을 활용하여 사상체질정보은행(SCIB)에 등록된 1079명의 피험자에 대해 이 변증심조에 근거한 피부특성을 체질진단에 활용해 본 결과 체질판별도구로서 활용가치가 매우 높다는 임상연구논문이 발표되었다.^{3,4)} 그런데, 절진을 통한 피부특성의 파악은 피부의 물리적 요소 외에도 한의사의 경험과 감성에 따른 주관적 판단이 개입되기 때문에, 체질판별도구로서 피부진단 활용의 타당성을 객관적으로 뒷받침하기 위해서는 센서와 기기를 이용해 인간의 감성을 배제한 조건에서 위에서 기술된 피부특성 변수에 상응하는 물리량을 측정하여 피부특성과 체질 사이의 연관성을 증명하고, 객관적인 지표를 찾아낼 필요가 있다.

본 연구에서는 한국표준과학연구원서 자체 개발한 슬라이딩 방식을 사용한 피부운동마찰계수측정 시스템을 이용하여 손등피부마찰력을 특성을 측정하였다.

2. 본 론

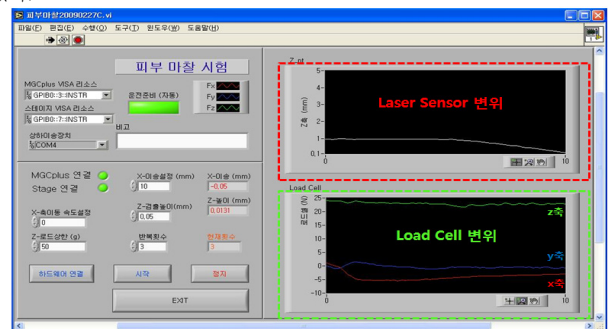
2.1 피부마찰력진단기기 시스템 구성

피부의 거침/미끄러움 정도를 측정하기 위해 이용한 기기는 한국표준과학연구원 기반표준부 힘연구실에서 개발한 피부운동마찰계수 측정기이다. 마찰력 측정 시스템은 그림 1에 개략적으로 도시하였다. 측정 시스템은 크게 세 부분으로 구성되는데, 다축 힘센서를 포함한 센서부(실선 영역), 피험대상인 피부를 운송하기 위한 스테이지 및 제어부(점선 영역), 측정 데이터를 처리하기 위한 데이터 처리부(일점쇄선 영역)로 이루어진다. 마찰 특성은 프로브가 손등피부와 접촉하여 프로브 어느 한 쪽을 움직



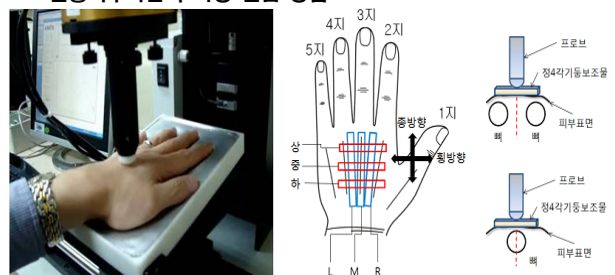
〈그림 1〉 마찰력 측정 시스템

일 때 발생하는 피부와 프로브 사이의 접촉면에 수평한 방향의 저항력으로서의 수평항력(마찰력에 해당)의 크기 T 와 이 접촉면에 수직인 방향의 힘인 수직항력의 크기 N 의 비인 $\mu = T/N$ 로 기술된다. 마찰 특성을 측정하기 위해서는 x, y, z 축 분력성분인 X, Y, Z 를 동시에 측정할 필요가 있다. 이를 위하여 평면 상에서 임의의 운동방향으로의 힘을 측정하기 위한 x, y 방향과 수직력을 측정하기 위한 z 방향 등 모두 세 방향의 힘을 측정할 수 있는 센서가 사용되었다. 사용된 센서의 경우 x, y, z 세 방향의 힘에 대하여 각각 10N (약 1kg의 무게에 해당)의 측정 범위를 가지도록 한국표준과학연구원서 자체 개발하였다. 피부를 운송하기 위한 평면 스테이지는 x 축 방향으로 300 mm의 범위로 움직일 수 있으며, 최대 196N (20kg의 무게에 해당)의 수직력을 견딜 수 있고, 운동 속도는 최대 20 mm/s까지 변동할 수 있는 제품으로 구현되었다. 변위센서와 힘 센서부에서 측정된 측정 데이터의 경우 HBM MGCplus 앱에서 동시에 샘플링된 후 GPIB 인터페이스를 이용해 컴퓨터로 전송되도록 하였다. 전체 시스템 구동과 데이터 취득은 그림 2에 도시한 LabView를 이용하여 제작한 자동화 소프트웨어에서 제어하도록 구현되었다.



〈그림 2〉 마찰력 측정 시스템 구동 소프트웨어

2.2 손등피부마찰력 측정 실험 방법



〈그림 3〉 손등피부마찰력 측정부위 및 스캔 경로 조정 방법

한의사가 손등 피부 진단을 할 때 2지 및 4지에서 왼 손등으로 이어지는 뼈 사이의 피부를 촉진하는 점에 착안하여, 피부의 마찰 특성 측정영역은 그림 3와 같이 피험자의 2지에서 4지 사이로 이어지는 뼈 사이의 손등 영역 중에서, 오퍼레이터가 자신의 2, 3, 4지를 모아 피험자의 3지에서 이어지는 손등 뼈 가운데에 나란히 올려놓았을 때 손가락을 가로로 지나는 영역으로 한정하였다. 오퍼레이터가 측정 부위가 최대한 평행이 되게 스테이지 각도와 높이를 조절한 후 측정을 시작하였다.

손등피부마찰력 측정실험은 사람의 손등피부가 프로브가 피부에 닿았을 때, z축 방향으로 0.1cm 이동하도록 레이저 센서로 컨트롤한 후, x축 방향(횡방향)으로 스테이지가 1cm 이동하도록 설정을 고정하였다. 손등부위 상, 중, 하 부위 중 중부위만 측정하였다. 마찰력 측정은 x축 방향으로 2,3지 이동 후, 다시 3,2지로 오는 것을 1회로 하여 총 3회 실시하였고, 실험 대상자는 건강한 20대 남녀를 대상으로 손등 피부 체질 진단 전문가인 한의사의 촉진을 통해 거침/미끄러움을 진단한 대상자로 한하여 피험자를 선택하였다.

측정 시기는 3월 중순부터 5월 초이며, 측정 장소는 한국한의학연구원 생활환경측정실이며, 평균 온도와 습도는 약 25도와 50%가 유지하도록 온도/습도 조절기를 통해 조절하였다. 피험자는 손을 비누로 씻은 후 최소 15분간 말린 후 측정에 참여하였으며, 측정과정 전반에 걸쳐 피부가 항상 건조한 상태를 유지하도록 하였다.

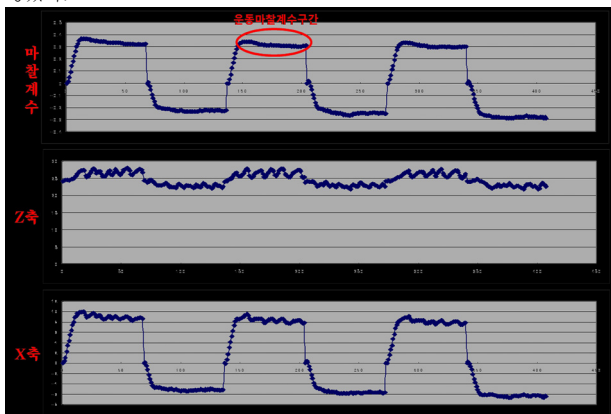
2.3 손등피부마찰력 분석 방법 및 실험결과

건강한 20 대 남녀를 170명을 대상으로 한의사의 촉진 진단 후 실험을 진행하였다. 한의사 촉진 후 거침/미끄러움을 체크한 피험자로 거침 37명, 미끄러움 133명을 대상으로 거침/미끄러움에 대한 평균을 비교를 하였다.

거침/미끄러움 차이의 분석변수로 사용된 운동마찰계수는 수평항력인 T 크기는 3축 로드셀의 x축값으로, 접촉면에 수직인 방향의 힘인 수직항력 N 크기는 z축값으로 대응될 수 있고, x/z로 마찰계수를 구할 수 있다. 운동마찰계수는 마찰력과 수직항력의 비로서 대상물이 움직이는 동안 일정한 값을 가지므로, x/z값이 시간에 무관하게 여겨지는 구간에 대해 평균값을 취하여 구한 결과로 나타낼 수 있다.

그림 4의 x축 그래프는 이동 수평항력의 T값을 나타낸다. 위쪽 평행구간은 2,3지 사이를 지날 때, 아래쪽 평행구간은 3,2지를 지날 때의 수평항력 값을 나타낸다. z축 그래프는 수직항력 N값을 나타내고, 평행구간을 지나는 곳은 x축과 동일한 구간이다.

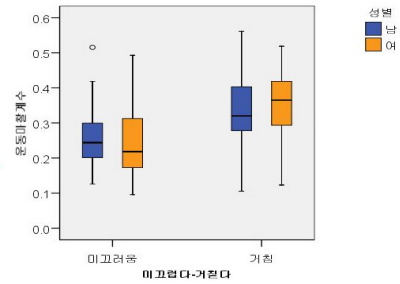
마찰력은 x/z값으로 구해지고, 손등피부가 움직이는 동안 일정한 값을 가지는 곳이 운동마찰계수구간이므로 그 구간의 평균값으로 운동마찰계수 값을 구하였다. 2,3구간, 3,2지 구간으로 총 3회 왕복 측정하였고, 각각의 3회 평균 운동마찰계수의 평균값을 거침/미끄러움의 차이 분석변수로 사용하였다. 그림 4처럼 2,3지구간, 3,2지구간 두 구간의 z축과 x축이 운동마찰계수구간에서 모두 평행하면 가장 이상적이지만, 손등피부와 손등피부마찰력진단기기의 프로브를 오퍼레이터가 수동으로 수평을 맞추기 때문에 곡면 특성을 가지는 손등피부는 두 구간 모두가 수평이 되게 조정하는 것이 쉽지 않았다. z축, x축이 수평이 되지 않은 구간의 운동마찰계수는 그 구간의 정확한 운동마찰계수 값을 대변할 수 없기 때문에 2,3지 3,2지 중 수평이 잘 맞춰진 구간 하나를 선택하여 분석변수로 사용하였다. 본 논문에서는 3,2지 구간을 선택하였고, 3,2지 구간의 운동마찰계수구간이 수평이 되지 않은 데이터는 분석 변수로 사용하지 않았다.



〈그림 4〉 x축, z축, 마찰계수 그래프

운동마찰계수	촉진	N	평균	표준편차	표준오차	p-value
	거침	37	0.340	0.107	0.018	
미끄러움	133	0.250	0.088	0.007	-.07	

〈표 1〉 운동마찰계수 평균 차이 비교(Student's T-test)



〈그림 5〉 운동마찰계수 평균 차이 비교

표 1은 거침/미끄러움에 대한 운동마찰계수의 평균의 차이가 5% 유의 수준을 기준으로 유의하게 나타남을 보여주며, 그림 5는 성별에 따라 운동마찰계수의 분포를 그래프로 나타낸 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 사상체질 구분을 위한 한의사 손등피부의 거침/미끄러움에 대한 주관적인 촉진을 3축 로드셀을 이용한 피부마찰력진단기기를 이용하여 손등 피부 특성인 거침/미끄러움을 측정해 보고 평균 차이 비교를 통해서 정량적이고 객관적인 진단 지표를 찾는 토대를 마련하였다. 한의사 촉진이 거침으로 진단한 피험자의 운동마찰계수 평균은 0.340, 미끄러움으로 진단한 피험자의 운동마찰계수 평균은 0.250로 평균의 차이가 유의함을 알 수 있었다. 하지만 손등피부의 수평조절을 오퍼레이터가 수동으로 조절하고, 수평이 맞춰진 구간 데이터만을 선택하는 한계가 있으므로 차후 피부마찰력진단기기의 2,3지, 3,2지 두 구간에 대한 수평 맞춤을 자동화하고, 두 구간 모두 수평을 맞출 수 있게 피부마찰력진단기기를 보완할 예정이다. 두 구간이 모두 수평한 운동마찰계수 값을 추출할 수 있다면 손등피부결의 방향에 대한 정보도 얻을 수 있기 때문에 손등 피부의 특성을 좀 더 객관적으로 분석 할 수 있을 것이다.

한의사가 사상체질에서 체질을 진단할 때 손등피부 특성을 촉진을 통해 주관적으로 진단한 것을 피부마찰력진단기기를 이용하여 객관적으로 진단할 수 있는 기초자료를 마련하였다. 향후, 연구에서는 한의사와 피부마찰력진단기기의 진단 일치률과 피부마찰력진단기기의 사상체질진단 확진률에 대한 연구를 진행하여, 사상체질의 체질진단에 활용할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 차세대기술개발사업 중 지능형 한방 콘텐츠 개발(10028438)의 지원에 의해 이루어진 것임

[참 고 문 헌]

- [1] 이제마, “동의수세보원”, 서울:여강출판사, 308, 1992
- [2] 김중열, 김경요, 송경모, “체질판별표를 이용한 체질판별의 객관화 방안”, 사상체질의학회지, 10(1), 181-213, 1998
- [3] 이수현, 한성수, 최선미, 주종천, 김중열, “사상체질별 손등 피부 특성에 대한 임상 연구”, 동의생리병리학회지, 19(1), 15-18, 2005
- [4] 이수현, 주종천, 윤유식, 김중열, “연령 및 성별에 따른 사상체질별 손등 피부의 조직 세밀도 및 감촉 특성에 대한 임상 연구”, 동의생리병리학회지, 19(2), 536-543, 2005
- [5] Elsner P., Berardesca E., Wilhem K.-P., Maibach H.I., “Bioengineering of the Skin: Skin Biomechanics”, New York:CRC press, 2002
- [6] Prall J.K., “Instrumental evaluation of the effects of cosmetic products on skin surfaces with particular reference to smoothness”, J. Soc. Cosmet. Chem., 24, 693-707, 1973
- [7] El-Shimi A.F., “In vivo skin friction measurements”, J. Soc. Cosmet. Chem., 28, 37-51, 1977
- [8] Asserin J., Zahouani H., Humbert Ph., 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, 19, 1-12, 2000
- [9] Adams M.J., Briscoe B.J., Johnson S.A., “Friction and lubrication of human skin”, Tribology Letters, 26, 239-253, 2007
- [10] Highley D.R., Coomey M., BenBeste M., Wolfram L.J., “Frictional properties of skin”, J. Invest. Dermatol., 69, 303, 1977
- [11] 이계훈, 송한욱, 박연규, 김중열 “손등피부의 운동마찰계수 획득을 위한 컨트롤 요소 및 측정에 관한 연구”, 한국한의학회지, 14(3), 103-111, 2008