

피부의 탄력성 측정장비 개발

Development of the Equipment for the Measurements of the Skin Elasticity

*#송한욱, 이성훈, 박연규

*#H. W. Song, (hanugi16@kriss.re.kr), S. J. Lee, Y. K. Park
한국표준과학연구원 기반표준본부 역학센터

Key words : Skin, Elasticity, Decompression

1. 서론

탄력성(elasticity)이란 물질이 외력에 의해서 변형을 일으킨 후 원래의 형태로 복귀하는 성질을 말하며 점성(viscosity)이란 액체가 외력에 의해 형태가 바뀔 때에 내부적으로 발생하는 저항을 뜻한다. 인체는 단일한 성분으로 이루어진 물질들과는 달리 외력이 주어지면 그에 대한 변형이 나타나는데 어느 정도 시간이 소요되며 반대로 외력이 해소되고 나서도 어느 정도 시간이 지나야 복원되는 현상을 보인다. 피부는 탄력성을 지닌 고체의 성질과 점성을 가지는 유체의 성질을 동시에 지닌 복잡한 신체 기관이며 이로 인해 가지게 되는 피부의 기계적 특성을 점탄성(viscoelastic property)이라 한다[1,2] 임상적으로 많은 피부과 영역의 질환들에서 피부의 탄력성질(elastic properties), 경직성(stiffness) 등을 포함한 기계적 성질들이 변하는 것을 관찰할 수 있다. 특히 경피증(scleroderma) 등 각종 결체조직 질환이나 건선 등에서는 임상적으로 피부의 탄력성질이 질병의 경과에 따라 계속 변화함을 관찰할 수 있어 경과 관찰의 훌륭한 지표가 될 수 있을 것으로 생각되어 왔으며, 이러한 변화들을 객관적으로 증명해 보려는 많은 노력들이 있었다[1-3]. 또한 피부 탄력성의 변화는 피부 노화와 관련되어 가장 쉽게 관찰할 수 있는 징후의 하나이기 때문에 피부 노화에 관한 연구에서도 중요한 주제가 되어 왔다[4-8].

그 동안 피부의 탄력성질을 객관적으로 측정하기 위한 많은 방법들이 고안되어 각종 연구에 이용되어 왔지만, 피부 자체가 기계적인 성질의 측정에 적합하지 않은 구조인 동시에 각 측정 방법마다 표준화가 되지 않았기 때문에 각각의 결과들을 상호 비교하는 데에 어려움이 있었고, 임상적으로도 이용되지 못했다[4,8,9]. 최근에는 흡입강(suction chamber)을 이용한 측정기들이 개발되어 피부 탄력성의 측정에 이용되고 있고, 재현성(reproducibility)이 높은 것으로 평가되고 있다[4]. Langer[10]가 해부학적 위치에 따라 피부의 탄력성질에 차이가 있다는 것을 보고한 이후로 Malm 등[11]이 유사한 연구결과를 발표했으며, 피부의 기계적 성질들은 연령, 부위 등에 따라 차이를 보인다고 인정되고 있다. 본 연구에서는 이러한 피부의 탄력성질을 정량화할 수 있는 측정방법을 제안하여 탄성계수의 측정에 관한 상대반복도를 평가하고자 한다.

2. 측정 장비의 개발

피부 탄성계수 측정 시스템의 경우 환자의 피부를 기계적으로 당기는 방식과 동일한 방식을 채택하고자 하였다. Fig.1 에 피부 탄성계수를 측정하는 아이디어를 나타내었다. 그림에서 나타나듯이 피험부위에 감압용 튜브를 접촉한 후 감압 전에 피부와 레이저 센서간의 거리를 측정하고 감압 상태에서 피부와 레이저 센서간의 거리를 측정하여 두 상태간의 변위차이를 계산함으로써 피부의 탄성계수를 측정하고자 하였다. Fig.2 에 실제 구현된 측정시스템을 보여주고 있다. 해당 시스템의 경우 피부에 접촉하는 감압용 튜브와 레이저를 이용하여 변위를 측정하는 레이저 센서부(실선), 감압용 튜브의 상하운동을 제어하는 모터부(점선), 감압용 펌프와 밸브를 포함하는 기기 제어부(일점쇄선)로

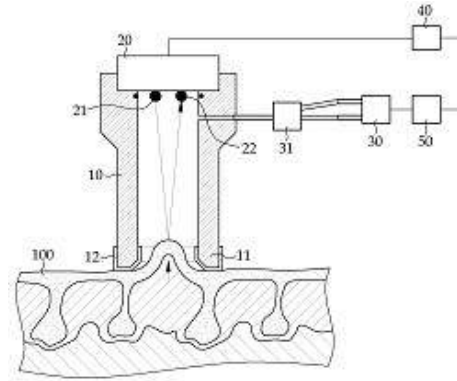


Fig 1. Diagram for the measurement principal



Fig.2 Equipment for the measurement of a skin elasticity

Table 1 Specifications of the equipment

사용 기기	스펙
레이저 센서 (ZX-LD40, 옴론)	- 확산 반사형, DC 전원 - 검출 거리 : 40 ± 10 mm - 분해능 : 2 μm
밸브	- 3 way solenoid valve
펌프	- 12 V
DAQ (USB, NI)	- 14-bit, 48 kS/s - Multifunction I/O and NI-DAQmx

이루어진다. Table 1 에 해당 시스템의 스펙을 요약하였다.

Fig.3 에 탄성계수 측정장비의 기기제어부 및 구동용 소프트웨어를 나타내었다. 좌측에 보이는 제어부를 이용하여 변위 측정을 위한 레이저 센서를 제어 하였고 하단에 있는 펌프를 이용하여 감압튜브를 이용하여 측정부위인 피부에 대한 감압을 시도하였다. 펌프 상단에 솔레노이드

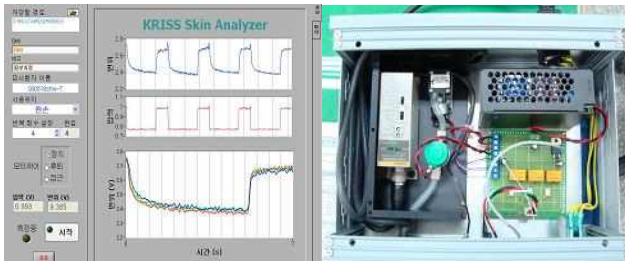


Fig.3 Control software and part for the equipment

밸브를 위치하여 감압부위에 대한 공기주입을 제어하고자 하였다.

측정된 데이터의 경우 USB 형 DAQ 를 이용하여 제어용 컴퓨터로 이송하였다. 장비구동을 위한 소프트웨어의 경우 LabView 를 이용하여 제작하였다. 피험자의 기본 인적사항을 동일하게 기입하도록 하였고 측정 횟수와 감압을 위한 시간 등을 조절할 수 있도록 하였다.

피부 탄성계수 측정에 대한 측정 부위는 왼손이며, 손등 부위를 상·중·하 3 부위로 나누었을 때 ‘중’에 해당하는 부분에 있어서 3 지와 4 지의 가운데에 해당하는 부위를 스캔하여 측정결과를 얻도록 하였다. 측정 부위에 대한 선정 방식은 오퍼레이터가 2, 3, 4 지를 모아 피험자의 손등으로 이어지는 3 지 뼈와 4 지 뼈 사이의 계곡에 해당하는 부위를 짚었을 때 3 지가 놓이는 부위를 측정부위로 선정하도록 하여 총 3 회 측정하였다.

3. 피부탄성성 측정결과 및 고찰

사람의 손등 피부를 선형탄성체라고 가정한다면 Hooke 의 탄성거동과 Newton 의 점성거동이 동시에 나타난다. 이때 탄성과 점성의 역학적인 조합방법은 Hooke 의 법칙을 만족하는 spring 과 Newton 의 법칙을 만족하는 damper 를 여러 가지로 조합한 모델 중 가장 간단한 모델인 Voigt 모델을 선택하여 해석하고자 하였다. Voigt 모델의 경우 본 연구에서의 측정방법과 마찬가지로 일정한 stress 를 가했을 때 발생하는 creep 현상을 설명하는데 편리한 방법이다. 본 연구에서는 피부의 점탄성 특성에 대한 해석의 1 단계로서 탄성계수에 대한 측정을 하고자 하였다. Fig. 4 에 총 3 회씩 1 주일간 피부의 탄성계수를 측정한 실측정예를 보여주고 있다.

상기 측정된 결과를 이용하여 피부의 탄성계수를 계산하였다. Table.2 에 탄성계수 측정에 대한 결과 및 상대반복도 불확도를 나타내었다. 측정결과에서도 알 수 있듯이 개발된 측정시스템의 경우 상대반복도 불확도가 3 % 이내로써 우수한 측정능력을 보여줄 수 있다.

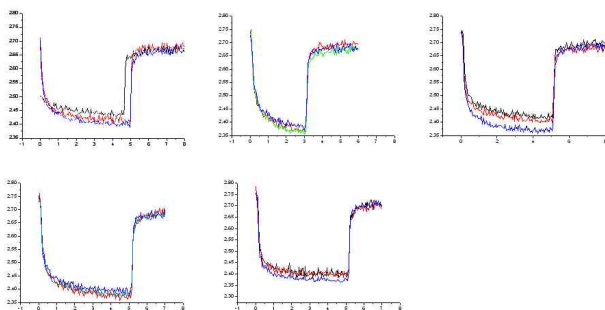


Fig.4 Data of elastic behaviors

4. 결론

본 연구에서는 흡입방법을 이용하여 피부의 탄성계수를 측정하는 시스템을 개발하였다. 개발된 장비의 경우 피부

Table 2. Uncertainty of the equipment

측정횟수	1	2	3	4	5	1 회 측정시 상대 반복도 불확도	일주일 측정시 상대 반복도 불확도
탄성계수	0.558	0.552	0.543	0.551	0.578	2 %	2.2 %

의 탄성계수측정에 대하여 3 %의 상대반복도 불확도를 나타내었다.

본 연구가 최종적으로 수행이 되었을 경우 피부과 질환의 경과를 판단할 수 있는 수단으로도 활용될 수 있으리라 라고 예측된다. 또한 최근 각광을 받고 있는 피부관리 시장에 있어서 피부 특성에 대한 정량화 시장을 선점할 수 있으리라 기대된다.

후기

이 과제는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 일환인 "오감형 진단시스템개발(No. 10028438)" 과제의 지원을 받아서 수행되었습니다.

참고문헌

1. Bjerring P, "Skin elasticity measured by dynamic admittance. A new technique for mechanical measurements in patient with scleroderma", *Acta Derm Venereol*(Stockh), **120**(suppl), 83-87, 1985.
2. Piérard GE, "Histological and rheological grading of cutaneous sclerosis in scleroderma", *Dermatologica*, **179**, 18-20, 1989.
3. Serup J, "In vivo measurement of skin elasticity. In, Localized scleroderma (morphea)", *Acta Derm Venereol* (Stockh), **122**(suppl), 18-23, 1986.
4. Berardesca E, Farinelli N, Rabbiosi G, et al., "Skin bioengineering in the noninvasive assessment of cutaneous aging", *Dermatologica*, **182**, 1-6, 1991.
5. Agache P, Monneer C, Leveque JL, et al. Mechanical properties and young modulus of human skin in vivo, *Arch Dermatol Res*, **269**, pp.221-232, 1980
6. Cua AB, Wilhelm KP, Maibach HI, "Elastic properties of human skin: relation to age, sex and anatomical region", *Arch Dermatol Res*, **282**, 283-288, 1990.
7. Leveque JL, de Rigal J, Agache P, et al., "Influence of aging on the in vivo extensibility of human skin at low stress", *Arch Dermatol Res*, **269**, 127-135, 1980.
8. Ishikawa T, Ishikawa O, Miyachi T. Measurement of skin elastic properties with a new suction device (I); Relationship to age, sex and the degree of obesity in normal individuals, *J Dermatol* (Tokyo), **22**, pp.713-717, 1995
9. Elsner P, Wilhelm D, Maibach HI, "Mechanical properties of human forearm and vulvar skin", *Br J Dermatol*, **122**, 607-614, 1990.
10. Langer K, "On the anatomy and physiology of the skin (I-IV)(English translation of ' Zur Anatomie und Physiologie der Haut')", *Br J Plast Surg*, **31**, 3-8, 93-106, 1978.
11. Malm M, Samman M, Serup J, "In vivo skin elasticity of 22 anatomical sites : The vertical gradient of skin extensibility and implications in gravitational aging", *Skin Res Technol*, **1**, 61-67, 1995.