

# 안마 의자를 위한 근탄성도 측정 방법에 대한 연구 Development of muscle elasticity measurement apparatus for massage chair

\*김성한<sup>1</sup>, #변정원<sup>1</sup>, 주종남<sup>1</sup>

\*S. H. Kim, #J. W. Byun<sup>1</sup> (byun@prema.snu.ac.kr), C. N. Chu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 서울대학교 기계항공공학부

Key words : Massage chair, Muscle elasticity, Elasticity measurement

## 1. 서론

최근 가정용 의료기기 시장에서는 웰빙에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 의료기기 및 의료보조기기에 대한 소비자의 수요가 증가하고 있고, 이러한 소비 증가 추세는 안마 의자에 대한 시장 수요에도 반영되고 있다.

안마 의자는 가정용 의료기기 제품 중에서 기능적 구현 난이도가 높은 제품으로 정교한 안마 성능을 구현하기 위해서는 메카트로닉스 기술, 제어 기술, 인체 공학 기술 등이 요구되는 제품이다. 또한 기계적 장치를 통한 안마 기술을 완벽하게 구현하기 위해서는 사용자의 체형과 몸 상태에 맞는 안마 시술이 이루어져야 하고 이를 위해서는 사용자의 체형 및 근육 탄성도·경직도에 대한 측정이 선행되어야 한다. 본 연구는 Indentor 를 이용하여 사용자의 체형 및 근육 탄성도·경직도를 측정하고 이를 바탕으로 사용자별 안마맵을 만들어 적절한 안마시술을 하기 위한 기초 연구이다.

그 동안 인체 조직을 대상으로 한 근육 Compliance 측정에 대한 연구는 활발하게 진행되어 왔다<sup>1,2,3,4</sup>. 그러나 대부분의 연구 목적이 근질환 징후 초기 발견에 초점을 맞추고 있기 때문에<sup>1,2</sup> 조직에 대한 Indentation 실험을 통해 조직의 기계적 성질(Stiffness)을 측정하기는 했으나, 인체를 대상으로 실험을 수행하였기 때문에 시편과 실험기기 고정 이 어려워 실험 측정 조건이 제한되지 않았고 상대적 물성치 차이만 측정함으로써 정량화된 데이터를 제공하지 못하였다. 그러나 근탄성도 측정값을 바탕으로 한 안마 시술을 하기 위해서는 각 인체조직 - 근육, 지방, 골격 - 에 대한 정량화된 데이터가 필요하고 이를 위해서는 각 조직에 대한 측정 조건을 제한할 필요가 있다.

이번 연구는 제한된 조건에서 각 인체 조직에 대한 정량화된 데이터를 얻기 위한 인체 조직 상사 실험에 대한 연구 결과이며 각 조직에 대한 상사 실험을 하기 위해 농도 및 두께 조절이 가능한 젤라틴(Gelatin)을 대상으로 실험을 수행하였다. 또한 실험 과정에서 실험자의 개입을 최소화 하기 위해 실험대상 교체와 실험 시작과 종료 신호입력을 제외한 모든 실험 과정을 프로그래밍하여 자동화하였다.

## 2. 탄성도 측정 실험 기기 구성

탄성도 측정 실험을 위해 Fig. 2와 같은 실험 기기를 구성하였다. 실험 대상으로는 인체 근육 및 골격을 모사하기 위해 젤라틴과 우레탄 고무(Urethane rubber)를 사용하였으며, 3cm 두께의 젤라틴 4 가지 농도(5%, 10%, 20%, 30%)와 2mm 두께의 우레탄 고무, 총 5 군의 실험 대상을 준비하였다. 젤라틴은 농도 및 두께 조절이 용이하고 인체 조직 중 지방, 근육에 대한 상사 실험 재료로 사용가능하며, 특히 10%농도의 젤라틴을 Ballistic gelatin 이라 하고 탄도성능시험 등에서 인체 근조직을 모사할 때 사용된다. 단단한 바닥에 우레탄 고무를 깔아 피부가 덮인 인체 골격부를 모사하였다.

탄성도 측정 실험 기기는 크게 측정 기구 이송 장치, 측정 장치, 신호 입출력 장치로 구성되어 있으며, 각각 Servo motor, Load cell, AD converter 및 PC 가 사용되었다. 측정 장치인 Load cell 측정부에는 직경 10mm, 폴리머(MC Nylon)재질의 반구형 팁이 장착되어 있고, Servo motor 에 의해 젤라틴 면에 수직방향으로 이송된다. Servo motor 는 PC 에 의해 구동되며, Encoder 신호로 위치가 저장된다. Load cell 에서 나오는 디지털신호는 A/D 컨버터를 통해 PC 로 저장된다. 실험 대상 교체 및 실험 시작·종료 신호 입력을 제외한 모든 실험과정은 C++를 이용하여 프로그래밍하였다.

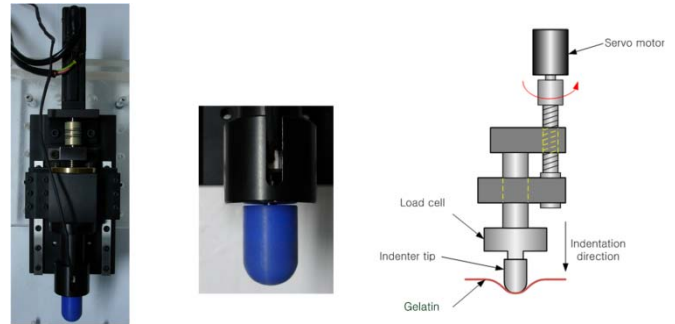


Fig. 2 Elasticity measurement apparatus

## 3. 탄성도 측정 실험 조건

두께 2mm 의 우레탄 고무와 두께 3cm 젤라틴을 5, 10, 20, 30% 농도로 준비한다. 총 5 군의 실험대상에 대하여 속도 5mm/s 로 Indentation test 를 실시한다. 이송거리는 10mm 로 하되 Servo motor 의 가·감속에 의한 영향을 최소화 하기 위하여 젤라틴 표면에서 1mm 거리를 두고 실험을 수행하고, 데이터는 표면에서 5mm 깊이 까지만 PC 에 저장한다. Servo motor 에 의한 Load cell 의 이송방향과 젤라틴 면의 접촉각에 의한 오차를 최소화 하기 위해 Indentor 팁을 반구 모양(직경 10mm)으로 제작하였으며, 분해능을 높이기 위해 2kgf 용량의 소형 Load cell 을 사용하였다. 또한 습도, 온도에 의한 실험오차를 최소화하기 위해 특정 시간대에 한 번에 실험을 수행하였다.

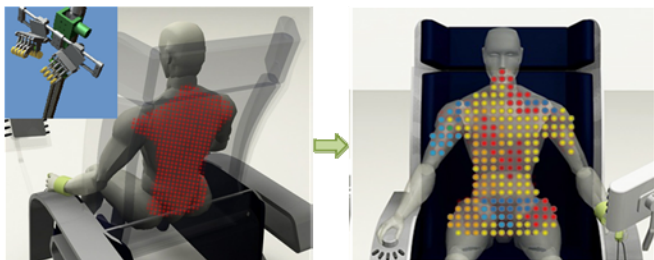


Fig. 1 Massage therapy by massage chair based on body muscle condition

Table 1 Gelatin elasticity measurement test conditions

<b>Gelatin type</b>	30mm thickness – 5, 10, 20, 30% concentration
<b>Indenter speed</b>	5mm/s
<b>Displacement</b>	10mm (5mm data acquisition)
<b>Tip radius</b>	5mm (hemisphere)
<b>Circumstance</b>	Ambient temperature, pressure

#### 4. 탄성도 측정 실험 결과

탄성도 측정 실험 결과는 Fig. 3, Table 2 와 같다. Fig. 3 은 젤라틴 표면으로부터 깊이에 따른 힘을 보여주는 그래프이다. Fig. 3 에서 x 축과 y 축은 각각 젤라틴 표면으로부터의 깊이(mm)와 힘(N)을 의미하고 기울기는 젤라틴의 Stiffness 를 나타낸다. 힘(N)은 실험 전 Calibration 과정을 거쳐 얻은 보정식( $Y(N)=aX(V)+b$ )을 Load cell로부터 받은 Voltage 값에 적용시켜 얻는다. 젤라틴의 평균 Stiffness 를 Table 2 에 나타내었다. Fig. 3 으로부터 젤라틴 농도에 따른 Stiffness 의 차이를 경향으로 알 수 있다. 또한 Table 2 를 통해 각 농도에 대한 Stiffness 의 평균값을 확인할 수 있다. 이번 연구의 목적이 인체의 각 부분 - 지방, 근육, 골격 - 에 대한 상사 실험임을 감안한다면 젤라틴 농도에 따른 Stiffness 의 차이는 인체 각 부분에 대한 Stiffness 차이로 상사될 수 있다. Fig. 4 는 인체-골격, 긴장·이완된 가슴 근육, 긴장·이완된 배 근육-를 실험 대상으로 젤라틴 실험과 같은 조건에서 실험을 수행한 결과이다. 두 그래프 비교를 통해 인체 각 부위에 대한 실험 결과가 Fig. 3 의 우레탄 고무, 젤라틴을 대상으로 한 실험 결과와 비슷한 경향으로 상사됨을 확인하였다. 이는 젤라틴을 이용한 인체 상사 실험결과가 사용자의 체형 및 몸 상태 측정을 기반으로 한 안마 시술에 응용될 수 있다는 것을 보여준다.

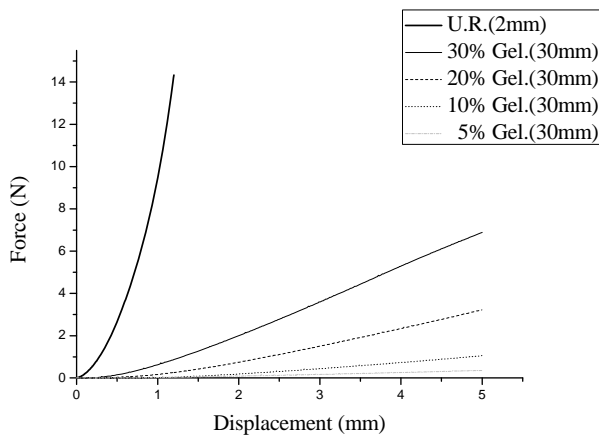


Fig. 3 Results of gelatin(30mm) and rubber(2mm) elasticity measurements

Table 2 Means of gelatin stiffness

	5%	10%	20%	30%
30mm	0.0719	0.210	0.644	1.378(N/mm)

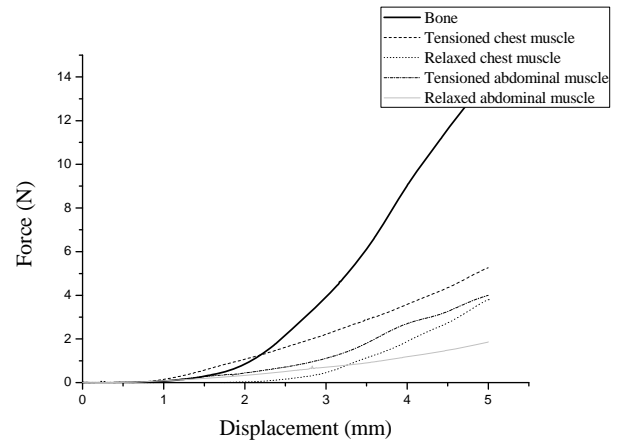


Fig. 4 Results of body tissue elasticity measurements

#### 5. 결론

본 연구는 사용자의 체형 및 몸 상태에 맞는 안마성능을 제공하는 안마의자 개발을 위한 기초 연구로 인체 조직 중 지방, 근육에 대한 상사 실험이 가능한 젤라틴을 이용하여 농도에 따른 Stiffness 를 측정하였다. 젤라틴의 농도가 증가할수록 Stiffness 가 증가하는 추세를 확인할 수 있었으며, Stiffness 의 평균값으로 젤라틴의 농도를 뚜렷하게 구분할 수 있었다. 이러한 실험 결과는 향후 인체 대상 실험을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 예상된다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 성장동력기술개발사업의 지원 하에 수행되었음.

#### 참고문헌

1. M. Horikawa, S. Ebihara, F. Sakai, M. Akiyama, "Non - invasive measurement method for hardness in muscular tissues", *Med. & Biol. Eng. & Comput.*, **31**,623-627,1993.
2. Bruce D. S., "Evaluation of limb compartments with increased interstitial pressure. An improved noninvasive method for determining quantitative hardness", *Journal of Biomechanics*, **38**,1629-1635,2005.
3. F.J. Carter, T.G. Frank, P.J. Davies, D. Mclean, A.Cuschieri, "Measurements and modelling of the compliance of human and porcine organs", *Medical Image Analysis*,**5**,231-236,2001.
4. J. Arokoski, J. Surakka, T. Ojala, P. Kolari, J. Jurvelin, "Feasibility of the use of a novel soft tissue stiffness meter", *Physiol.Meas.*,**26**,215-228,2005.
5. A.R. Karduna, H.R. Halperin, F.C.P. Yin, "Experimental and Numerical Analyses of Indentation in Finite-Sized Isotropic and Anisotropic Rubber-like Materials", *Annals of Biomedical Engineering*,**25**,1009-1016,1997.