

인체모델링의 피부형상 구축 시 형상 변형률의 정량화에 대한 제안 및 응용 Suggestion for Quantitative Method of Morphological Deformation Factor in Construction of Skin Surface of Human Modeling, and its Application

*고철웅¹, #전경진¹, 김수택¹, 조덕연¹, 한문희²*C.W. Ko¹, #K.J. Chun(Chun@kitech.re.kr)¹, S.T. Kim¹, D.Y. Cho¹, M.H. Han²¹ 한국생산기술연구원 실버기술개발단, ² 서울대학교 의과대학

Key words :MRI Image, Human Modeling, Skin Surface, Morphological Deformation, 3D Reconstruction

1. 서론

경제 성장과 더불어 산업구조의 고도화가 진행됨에 따라, 의료/건강/복지/안전 등의 분야에 대한 국가적/사회적 관심이 고조되고 있는 추세이다. 이러한 분야에는 의료용 Implant & Device 개발, Healthcare 제품개발, 인체상해방지 연구 등이 주요 Topic 이나, 직간접적으로 인체 또는 사체정보를 취급해야 하는 이유로 현실적인 연구에는 많은 제약조건이 수반된다. 이와 관련하여 최근 Virtual 검토로서 인체모델 구축 및 해석에 의한 연구가 효과적인 수단으로 활용되고 있다^{1,2,3}.

인체모델 구축은, 주로 골격계와 Soft Tissue 부분으로 구분 가능하며, 최근에는 CT/MRI 등의 의료영상에 기초하여 국소적으로 매우 정밀한 인체모델의 작성도 가능하다. 일반적으로 인체의 CT/MRI 의료정보를 이용하는 경우, 주로 외상 조건의 피검자를 대상으로 촬영하므로, 장비의 매트면과 접촉하는 신체 표면에서는 국소적인 눌림(형상변형)이 발생하게 된다. 이러한 신체 표면의 국소적 형상변형에 대해서는, 인체 모델의 구축 목적에 따라 단순화도 가능하지만, 주로 피하지방이 많은 신체부위와 관련한 육창 해석 등과 같은 연구 분야에서는 변형전의 국소적인 형상 정보의 적용이 바람직하다. 하지만, 인체모델 구축에 있어서 이러한 국소적인 형상변형에 대한 보고 예는 거의 없는 상태이다. 본 연구에서는 MRI 의료영상 정보를 기초로 신체의 국소적인 형상변형에 대한 정량화를 제안하고 이에 대한 응용 가능성을 고찰하였다.

2. MRI 의료영상정보 획득 및 분석

2.1 MRI 의료영상정보 확보

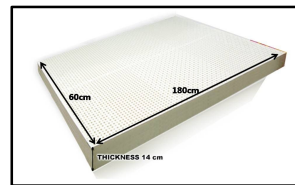
본 연구에서는 한국인 성인(남, 28세/173cm/75kg) 및 고령자(남, 60세/165cm/63kg)를 대상으로 신체의 국소적인 형상변형을 조사하기 위하여 MRI 장비 (MAGNETOM Verio, Siemens, Germany)로 촬영하였다. 외부 제약에 따른 신체 부위의 형상 변형 정도를 확인하기 위하여, 신축성이 뛰어난 라텍스 매트리스의 유/무 조건에 따라 2회 촬영을 진행하였다 (Fig. 1). 라텍스는 고무나무에서 추출한 액체이며, 라텍스 매트리스는 체중의 압력을 골고루 분배해 주는 장점이 있다. MRI 촬영 시에는 100% 천연라텍스 소재로 제작한 라텍스 매트리스 (MA-M14, ZENCO 사)를 사용하였다(제원: 60cm x 180cm x 14cm, 밀도: 70 kg/m³)(Fig. 2).

2.2 신체 부위별 MRI 의료영상정보 분석

신체 부위의 국소적인 형상변형을 조사/비교하기 위하여 대표적으로 Thoracic, Hipbone 부를 선정하였고, MRI 의료영상 정보를 분석하였다. 성인의 경우 총 320 매 (6 mm 간격, Pixel Size: 1.3125), 고령자의 경우에는 총 280 매 (6 mm 간격, Pixel Size: 1.4063)의 MRI 의료영상을 확보하였다. MRI 의료영상에 대하여 전용소프트웨어 Mimics 13.1(Materialise, Belgium)을 이용하여 피부 형상을 확인하였고, 피하지방에 비하여 상대적 변위가 무시 가능한 골격계의 해부학적 특징 점을 선정하여 형상변형의 측정 기준점을 설정하였다 (Fig. 3).



Fig. 1 Taking MRI Images with/without Latex Mattress



LATEX Mattress

- (1) Product Name: MA-M14
- (2) Maker: ZENCO (Made in MALAYSIA)
- (3) Material: Natural LATEX(100%)
- (4) Density: 70 kg/m³
- (5) Size: 60x180x14 cm

Fig. 2 Specification of Latex Mattress

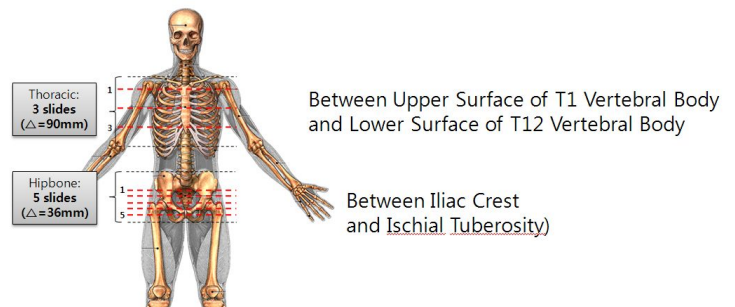


Fig. 3 Selected Ranges of MRI Images for Measuring Morphological Deformation on Skin Surface

Thoracic의 경우, 1번 흉추(T1 Vertebral Body)의 최상단면과 12번 흉추(T12 Vertebral Body)의 최하단면 범위에서 90 mm 간격으로 총 3 매를 선정하였고, 형상변형 측정 기준점은 Vertebral Body의 Anterior 돌출부로 정의하였다. Hipbone의 경우, 장골능(Iliac Crest)과 좌골결절(Ischial Tuberosity) 범위에서 36 mm 간격으로 총 5 매를 선정하였고, 형상변형 측정 기준점은 Coccyx의 Anterior 돌출부로 정의하였다. 이러한 조건을 적용하여 성인 및 고령자에 대하여 라텍스 매트리스 유/무 조건에 의한 MRI 이미지를 비교/분석하였다 (Table 1).

Table 1 Analysis Information of MRI Images

Slide Gap (6mm)		Adult		Elderly	
		w/o Latex	w/Latex	w/o Latex	w/ Latex
Thoracic	Start	-108.93	-90.23	-110.67	-111.95
	End	-396.93	-378.23	-392.67	-393.95
	Total	48Slides/ 288mm	48 Slides/ 288mm	47 Slides/ 282mm	47 Slides/ 282mm
Hipbone	Start	-540.93	-522.23	-518.67	-519.95
	End	-756.93	-738.23	-734.67	-735.95
	Total	36 Slides/ 216mm	36 Slides/ 216mm	36 Slides/ 216mm	36 Slides/ 216mm

3. 신체부위별 형상 변형률 측정 및 고찰

MRI 영상에서 얻어진 성인 및 고령자의 신체 부위별 피부 형상을 비교하기 위하여, 측정 기준점을 중심으로 5도 간격의 각도 변화에 따라 피부 표면까지 거리를 측정하였고 (Fig. 4), 측정 거리를 이용하여 Eq.(1)과 같이 형상 변형률을 정의하였다.

$$\text{형상변형률} (\varepsilon) = \lambda \times (h_2 - h_1) / h_1 \times 100 \quad \text{--- (1)}$$

λ : 가중치

h_1 : 강성 베드에 의한 형상정보

h_2 : 비강성 베드(라텍스 매트리스)에 의한 형상정보

Thoracic 에 있어서의 최대 형상 변형률은 성인의 경우 약 3% (+40도 부위), 고령자의 경우 약 8.5% (0도 부위) 정도가 얻어져 고령자 쪽이 상대적으로 크게 나타났다. 한편, Hipbone 에 있어서의 최대 형상 변형률은 성인의 경우 약 65% (+35도 부위), 고령자의 경우 약 36.5% (-10도 부위)로 성인 쪽이 상대적으로 크게 나타났다. 형상 변형률은 신체 부위별로 차이가 보이나 상대적으로 피하지방이 많은 Hipbone 쪽에서 크게 나타났으며, 전체적으로는 성인/고령자 모두 중앙부위에서 큰 경향을 보였다.

성인 및 고령자의 Hipbone 부위에 있어서, 라텍스 매트리스의 유무 조건하에서 얻어진 2차원 MRI 의료영상을 이용하여 3차원 형상모델을 재구성하였다 (Fig. 6). Top View 에서 알 수 있듯이 둔부의 표면은 라텍스 매트리스를 적용한 경우에 확연하게 완만한 형상을 보여준다. 이와 같은 결과로 부터, 피하지방이 많은 신체부위의 표면 형상은 왜곡 정도가 크고, 변형 전 형상조건으로 인체 모델링이 구축가능하다면 해석결과의 신뢰성도 높아질 것으로 예상된다.

일반적으로 신체 부위별 피하지방의 분포는 성별/ 연령별/개인의 체격별 등의 다양한 인자에 의해 영향을 받지만, 강성 베드에 안착된 인체의 왜곡된 영상정보가 획득된 경우, 적절한 형상 변형률을 도출할 수 있다면 왜곡 전의 형상정보가 예측 가능하고, 특정 연령 구간별이나 인체 상태별로 형상 변형률을 DB화하여 각각의 특화된 형상 변형률이 선택적으로 적용된다면 보다 정밀한 왜곡전의 형상의 예측도 기대 가능하다.

4. 결론

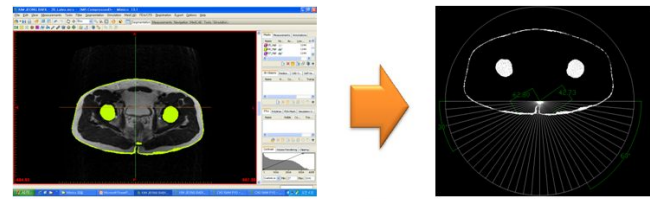
인체 모델링에 적용되는 CT/MRI 의료영상 정보를 획득하는 경우, 왜상조건의 사체 또는 인체를 강성 베드 면 위에 설정하여 촬영하는 것이 일반적인 방법이다. 이와 같은 이유로 외부 제약에 의한 신체 표면의 국소적인 형상 변형이 수반되어 왜곡된 영상정보가 얻어져 보다 신뢰성 있는 해석에는 왜곡 전의 영상정보를 적용하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는, MRI 의료영상 정보를 기초로 신체 표면의 국소적인 형상변형에 대한 정량화 방안을 제안하였다. 향후, 연령 구간별이나 인체 상태별로 특화된 형상 변형률이 DB화 되고 이를 적용할 수 있다면, 인체의 왜곡된 영상정보로부터 보다 실제에 가까운 왜곡 전의 영상정보도 예측 가능할 것으로 판단된다.

후기

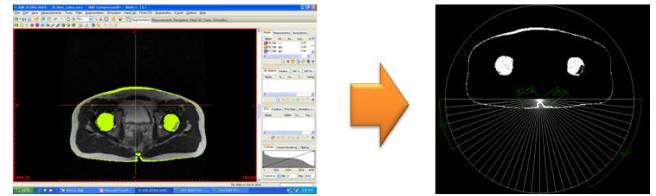
본 연구는 산업기술연구회 정책과제 사업의 연구비 지원을 받아 수행하였다 (과제번호: 09-PS-1-0018).

참고문헌

1. Besnault B. et al., A Parametric Finite Element Model of the Human Pelvis, (1998), SAE paper 983147.
2. Ruan JS et al., Dynamic Response of the Human Head to Impact by Three-Dimensional Finite Element Analysis, Journal of Biomechanical Engineering, Transactions of the ASME, Vol. 116,

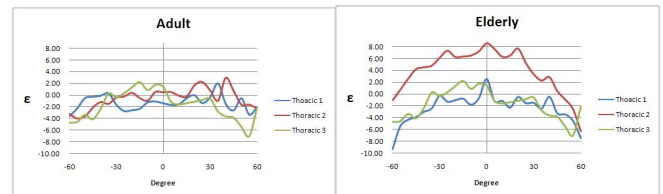


a) With Latex Mattress

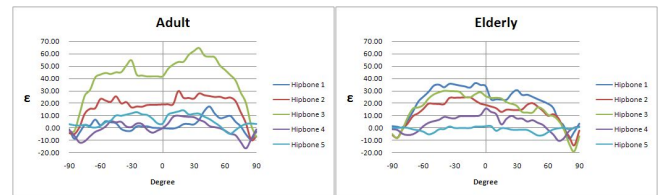


b) Without Latex Mattress

Fig. 4 Measurement Process of Distance from Reference Point to Skin Surface on MRI Images



a) Thoracic



b) Hipbone

Fig. 5 Measurement Results of Morphological Deformation Factors for Korean Adult and Elderly

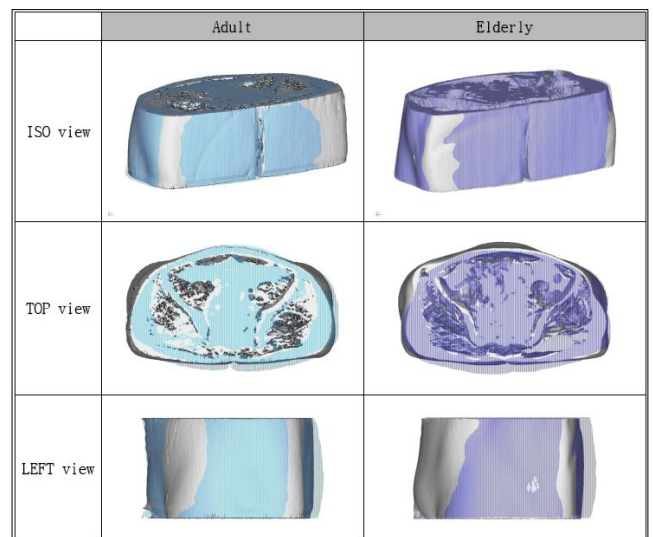


Fig. 6 Comparison of 3D Morphological Models of Hip Area for Korean Adults and Elderly based on MRI Images

(1994), p.44-50.

3. Yi Wu, et al., "Creation of the Digital Three-Dimensional Model of the Prostate and its Adjacent Structures Based on Chinese Visible Human," Surgery and Radiologic Anatomy, 16, 930-1038, 2010.