

# 욕창방지용 교대부양 공기 매트리스의 체압 분포 예측을 위한 유한요소해석

## Finite Element Analysis for the Prediction of the Distribution of Body Pressure for Anti-Pressure Ulcer Alternating Pressure Air Mattress

\*이육진<sup>1</sup>, #조성욱<sup>1</sup>

\*W. J. Lee<sup>1</sup>, #S. W. Cho(scho@cau.com)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>중앙대학교 기계공학부

Key words : Pressure Ulcer, Alternating Pressure Air Mattress, Finite Element Method, Contact Analysis

### 1. 서론

욕창은 외부 압박이 주로 골 돌출부에 가해짐으로써 허혈성 조직괴사로 생긴 상처를 말하며 노인이나 쇠약한 환자, 하반신과 사지마비 등 마비환자, 감각소실 환자에서 생길 수 있는 중요한 의학적 문제 중의 하나이다. 특히 중환자들을 관리하는 집중치료실에서는 이는 매우 중요한 문제로 알려져 있으며 환자의 병적 상태를 악화시키기도 하고 막대한 치료비용을 초래하는 동시에 심각한 경우 환자의 생명도 위협하곤 한다. 일반적으로 환자치료를 위해서 부득이하게 다양한 침대 위치를 사용하는데, 혈액순환이 원활하지 못한 환자의 경우에는 짧은 시간에 특정부위에 기준이상의 압력이 지속적으로 가해짐으로써 욕창에 쉽게 노출될 가능성을 내포하고 있다. 이러한 욕창은 보호자나 환자에게 많은 육체적, 정신적 어려움을 제공하기 때문에, 사전에 욕창이 발생하지 않도록 예방하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 매트리스와 양와위 자세의 인체간의 체압 분포를 예측하기 위하여 각각의 유한요소 모델을 이용한 수치해석을 수행하였다. 수치해석을 수월하게 진행하기 위하여 인체 모델을 단순화하여 생성하였으며 교대부양 공기 매트리스는 정적인 상태로 모사하였다. 이를 통하여 매트리스와 인체간의 체압 분포를 예측하였고, 이에 대한 파라미터 연구를 통하여 효과적으로 체압을 분포시킬 수 있는 방법론을 제안하였다.

### 2. 유한요소 모델링

인체 모델은 상용 툴인 Makehuman을 사용하였고, 이 툴에서 제공하는 인체 모델을 등 간격의



Fig. 1 Simplified FE Model of Human

중단면으로 나누어 표면가시화를 수행하였다. 계산의 효율 증대를 위하여 팔 부분을 삭제하고 단순화된 인체 모델을 구현하였다. 일련의 과정은 able-soft사의 3D-DOCTOR V4.0을 통해 수행되었다. 이를 통하여 단순화된 인체 모델을 Fig. 1에 나타내었다. 매트리스 모델은 3가지 형상으로 나누어 모델링하였고 이를 각각 Case 1, Case 2, Case 3로 명명하였다(Fig. 2). 이는 욕창발생의 특성을 고려하여 갑작스런 접촉이나 충돌현상에 대한 모사보다는 충분한 시간이 지난 후의 상태를 모사하기 위하여 정적 조건으로 가정하기 위함이다. Case 1의 매트리스 규격은 너비는 720 mm, 길이로는 직경 100 mm의 공기-셀

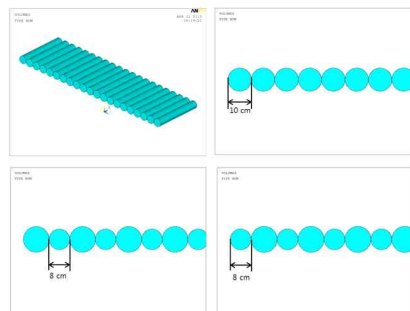


Fig. 2 Modeling of Mattress

실린더 21개로 이루어져 있다. Case 2와 Case 3은 교대부양을 모사하기 위하여 실린더 직경에 변화를 주었다. 실린더에 공기가 들어가 있는 상태의 직경이 100 mm, 실린더에서 공기가 빠진 상태의 직경이 80 mm이다. Case 2는 좌측으로부터 흡수 번째의 실린더에 공기가 가득 차 있는 매트리스 형상이고, Case 3는 좌측으로부터 짝수 번째의 실린더에 공기가 가득 차 있는 매트리스 형상이다.

### 3. 수치해석 조건

접촉해석을 수행하기 위하여 범선 벌칙 강성은 0.1로 고려하였고, 인체 피부와 매트리스 사이의 마찰을 고려하여 마찰계수는 0.4를 사용하였다. 대변형 과도해석 조건을 사용하여 비선형 해석을 수행하였다. 비선형 해석의 해의 수렴성을 높이기 위하여 선형탐색과 경사하중 조건을 가하였다.

경계조건으로는 인체 모델은 상하 이동을 제외한 X축, Z축 방향으로의 변위를 고정하였고, 매트리스 모델은 밑면의 자유도 6개를 고정하였다. 하중조건은 인체의 밑도에 반하는 가속도를 부여하였다. 매트리스 및 인체의 물성치로 널리 알려진 수치를 사용하였다. 인체 모델은 쉘 요소를 사용하여 피부를 모사하였고, 솔리드 요소를 사용하여 내부 조직을 표현하였다. 이러한 조건을 통하여 인체와 매트리스 사이의 상호작용을 객관적으로 표현할 수 있는 최대 및 평균 접촉압력을 검토하였고, 예측 부위는 주요 욕창 발생 부위로 알려진 견갑골 부위와 둔부 부근, 뒤꿈치 부위를 검토하였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 욕창방지용 매트리스와 인체간의 체압 분포를 예측하기 위하여 각각의 경우와 신체부위에 따른 접촉압력을 비교하였다. 그 중에서도 Case 1의 체압 분포를 Fig. 3에 나타내었다.

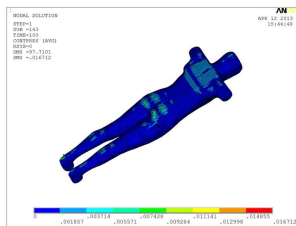


Fig. 3 Contact Pressure for Case 1

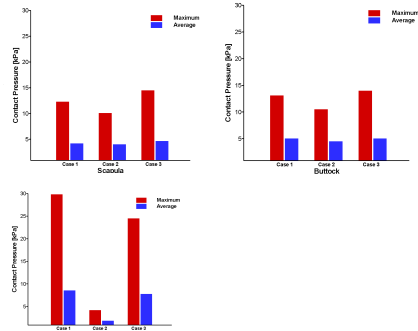


Fig. 4 Contact Pressure in Scapula, Buttock and Heel

본 연구진의 선행연구에 인체의 피부를 모사하기 위해 Shell 요소를 추가로 사용하였으며 이 수치 시뮬레이션의 결과를 Fig. 4에 도시하였다. 그 결과 뒤꿈치 부위에서 최고 접촉압력이 나타나는 것을 확인하였으며, 타 연구진의 실험결과와 일치함을 보였다. 향후 매트리스의 탄성계수의 변화에 따른 체압 분포를 예측함으로써 매트리스 소재가 욕창 방지에 미치는 영향을 평가할 예정이다.

### 후기

본 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업과 중소기업청에서 지원하는 2012년 산학연공동기술개발사업의 연구수행으로 인한 결과물임(2012-0001517, C0028169).

### 참고문헌

1. Shyam V.S. Rithalia, Mahendra Gonsalkorale, "Assessment of alternating air mattresses using a time-based interface pressure threshold technique," Journal of Rehabilitation Research and Development, 35, 225-230, 1998.
2. Shuichi Kuroda, Masataka Akimoto, "Finite Element Analysis of Undermining of Pressure Ulcer with a Simple Cylinder Model," Journal of Nippon Medical School, 72, 174-178, 2005.
3. Mohsen Makhsous, Lim, D.H., Hendrix, R., Bankard, J. Rymer, Z. and Fang Lin, "Finite Element Analysis for Evaluation of Pressure Ulcer on the Buttock: Development and Validation," IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 15, 517-525, 2007.