

# 복합형 인체모형을 이용한 인체-의자 간 상호작용 평가 Evaluation of Human-Chair Interaction using Hybrid Human Model

\*이해아<sup>1</sup>, 김동민<sup>1</sup>, 강현대<sup>1</sup>, 채수원<sup>2</sup>

\*HaeA Lee<sup>1</sup>, Dong-Min Kim<sup>1</sup>, Hyun-Dai Kang<sup>1</sup>, #S.W. Chae(swchae@korea.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 고려대학교 기계공학부 대학원, <sup>2</sup> 고려대학교 기계공학부

Key words : Human-Chair Interface, Hybrid Human Model, Lumbar Angle, Intervertebral Disc Pressure

## 1. 서론

최근 생활환경이나 업무환경이 서구화 되면서 사람들이 의자를 사용하는 시간이 과거에 비해 급격히 늘어나고 있다. 의자의 사용은 인체가 각종 작업이나 생활을 함에 있어 좀 더 편안한 환경을 제공해주기 때문에 그만큼 작업 능률을 높일 수 있는 가능성을 넓혀주었지만, 의자에 앉은 자세에 따라 발생하는 각종 근 골격계 질환이나 척추 체의 변형을 유발하기도 하는데 이러한 부작용은 의자 사용시간이 증가함에 따라 급격히 늘어나고 있는 실정이다. [1]

이러한 부작용에 대한 종합적인 고찰을 위해서는 인체에 대한 해부학적 지식을 바탕으로 하는 인간공학적 측면에서 수행된 실험이 필수적인데, 기존의 일반 실험은 피실험자의 감성적인 평가가 개입되어 객관적이고 구체적인 고찰이 이루어지기 어렵다. [2]

따라서 본 논문에서는 인체- 의자 간의 상호작용 분석을 위해 인체의 거동을 모사 할 수 있도록 개발된 디지털 인체모형을 활용하여 인체와 의자 간의 생체역학적 상호작용에 대한 분석을 수행하고, 이를 토대로 일반 의자와 기능성 의자가 각각 인체에 미치는 영향에 대해 비교 분석할 수 있는 CAE 시뮬레이션 기법에 대해 논의한다.

## 2. 복합형 인체모형 (Hybrid human model)

복합형 인체모형은 다 물체 인체모형(Multi-Body Human Model)과 유한요소 인체모형(Finite Element Human Model)의 장점을 적절히 조합한 모델로서 다 물체 인체모형의 기계적 연결 골격 모델에 유한요소 모델을 병합하여 만들어진 모델이다. 복합형 모델은 다 물체 모델에서 수행하기 어려웠던 인체-제품 간의 상호작용에 대한 해석 수행이 용이할 뿐만 아니라 유한요소 모델에서 인체 각 관절의 움직임을 다 물체 동역학(Multi-Body Dynamics)적으로 해석 가능한 장점을 가지고 있다. 따라서 복합형 인체모형의 사용은 다양한 인체-제품 간 상호작용을 높은 생체충실도로 시뮬레이션 하는 것을 가능하게 한다.

본 연구에서는 MADYMO™에서 제공하는 Hybrid-III 50%ile Adult Male model[3]을 사용하여 인체-의자 간의 상호작용에 대한 연구를 수행하였다.

## 3. 인체-의자 간 상호작용

인체가 의자에 앉을 경우 인체-의자 간에는 기계적 상호작용을 비롯한 여러 생체역학적 상호작용이 발생하는데, 이러한 상호작용은 의자의 형상, 사용된 완충재 등의 기계적 성질뿐만 아니라 사용자 개개인의 신체조건 등에도 많은 영향을 받는다.

기계적 상호작용은 대표적으로 인체가 의자에 앉을 경우 의자의 방석과 등받이 간의 접촉에 의해 발생하는 압력 분포를 들 수 있고, 생체역학적 상호작용은 직립상태일 경우와 비교되는 요추(Lumbar)의 회전 각도, 요추의 회전에 따른 요추간관(Lumbar Intervertebral Disc)의 내압분포 등을 들 수 있다. [4]

## 4. 인체모형 착좌 시뮬레이션

인체가 의자에 앉은 상태에서 인체-의자 간의 상호작용을 시뮬레이션 하기 위해서 Fig. 1 (a)와 같이 의자의 유한요소 모델을 구성하고, 복합형 인체모형을 의자에 착좌 (Seating)시키는 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 위해 본 연구에서는 상용해석코드인 MADYMO™를 사용하여 인체-의자 간의 상호작용에 대한 유한요소 모델을 구성하였다.

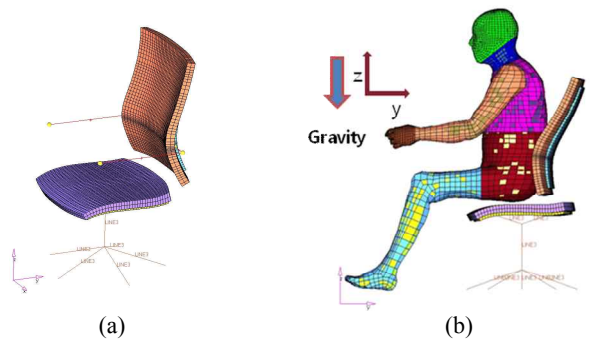


Fig. 1 Finite Element model

(a) Chair Finite Element model,  
(b) Boundary condition example (Functional Chair)

의자가 관성기준좌표에 대해 고정되어 있고 인체모형은 의자의 방석 방향으로 중력을 받는 상태가 되도록 배치되어 있는 상태에서 의자 등받이의 형상이나 위치에 따른 다양한 해석조건을 설정하여 일반의자와 기능성의자 간의 인체와의 상호작용에 대한 차이점을 분석하였다. 각각의 요소간에 발생하는 접촉(Contact)조건은 Verwer[5]의 연구에서 사용된 바와 같이 인체와 의자 사이에 마찰조건을 부여하였고, 이렇게 행해진 착좌 시뮬레이션의 전체적인 모습은 Fig. 1 (b)와 같다.

이와 더불어 인체-의자 간의 기계적 상호작용뿐만 아니라 생체역학적인 상호작용도 함께 고려하기 위하여 요추간관의 압력분포를 또 하나의 변수로 설정하고 이를 착좌 시뮬레이션에 적용시키기 위하여 Tack[6], Wirtz[7] 등의 연구를 참조하여 Fig. 2와 같이 요추간관의 유한요소 모델을 구성하고 적용시켰다.

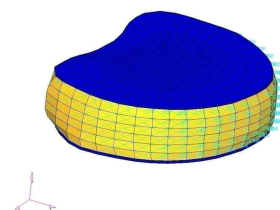


Fig. 2 Intervertebral disc Finite Element model

## 5. 시뮬레이션 해석 결과

일반의자와 기능성의자 각각에 대한 시뮬레이션 결과는 Fig. 3, Fig. 4와 같다.

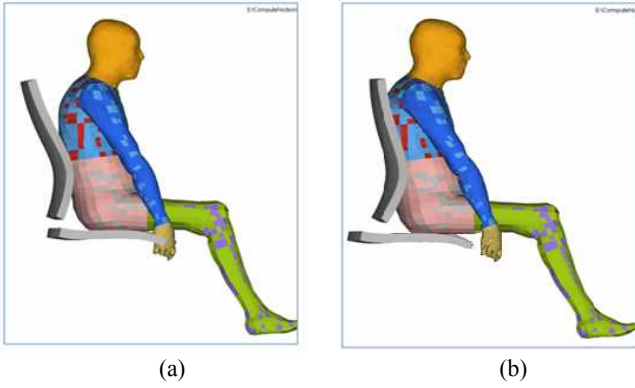


Fig. 3 Simulation results

(a) Conventional chair, (b) Functional chair

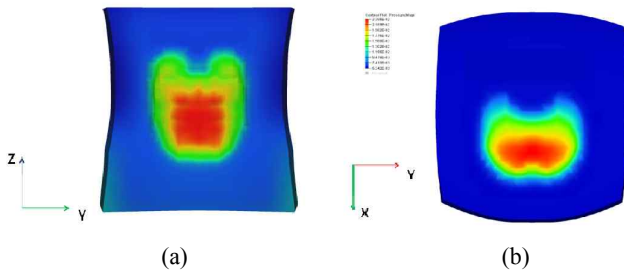


Fig. 4 Pressure distribution example (Functional chair)

(a) The Back of a chair, (b) A cushion

Fig. 3 은 일반의자와 기능성 의자 각각의 경우 착좌 시 물레이션이 종료된 상태의 모습을 보여주고 있는데 일반의자의 경우인 (a)에 비해 기능성 의자인 (b)의 경우 인체가 의자에 앉을 때 등받이가 인체를 향해 전진하여 등을 지지해주도록 되어 있기 때문에 보다 많은 접촉면적이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이로써 기능성 의자는 보다 고른 인체-의자 간 압력분포를 갖게 된다. 시뮬레이션 결과 나타난 의자 압력분포의 한 예는 Fig. 4 와 같다.

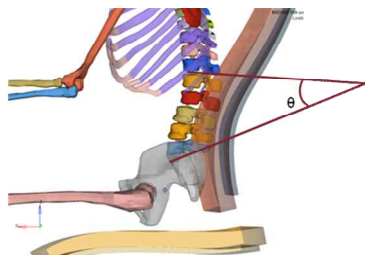


Fig. 5 Lumbar angle measurement

요추 L1-L5 사이의 각도 측정은 Fig. 5 와 같이 이루어졌는데, 인체가 의자에 완전히 앉은 시점에서 1 번 요추의 상단 면과 5 번 요추의 하단 면이 이루는 각도를 측정하였다.

일반의자와 기능성의자의 의자에 작용하는 최대압력, 요추간관 최대압력 분석결과는 Fig. 6 과 같다.

의자에 작용하는 최대 압력은 일반의자와 기능성의자 모두 방식에서 나타났으며 각각 37kPa 과 34kPa 로 나타났다. 요추간관에 작용하는 최대 압력은 각각 589kPa 과 542kPa 로 나타났는데 의자와 요추간관에서 작용하는 최대 압력 모두 기능성의자에서 낮은 수치를 나타내는 것으로 미루어 볼 때 기능성의자가 보다 인체에 보다 큰 안락감을 제공한다고 볼 수 있다.

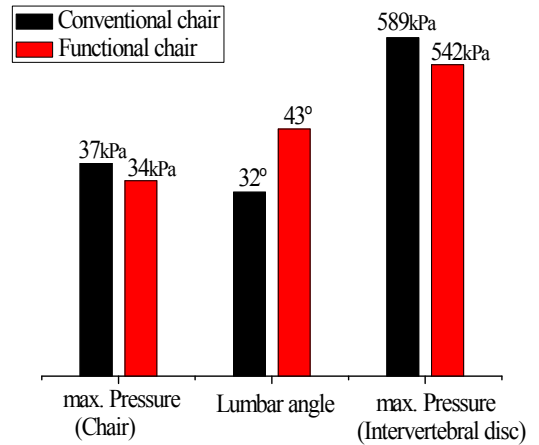


Fig. 6 Results comparison

요추각의 경우 일반의자에서는 32 도, 기능성의자에서는 43 도의 모습을 보였는데 직립상태일 때의 요추각인 60 도와는 각각 26 도와 11 도의 차이를 보였다. 따라서 직립상태를 가장 안정적인 상태로 가정했을 때 60 도와 보다 작은 각도차이를 보이는 기능성 의자가 더 안락하다고 할 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 인체가 의자에 앉았을 때의 상호작용에 대한 보다 체계적이고 정량적인 안락감 평가 방법을 적용하고자 하는 목적에서 인체모델을 활용하여 유한요소해석을 수행하였다. 이와 같은 방법은 기존의 연구 방법에 비하여 인체와 제품간의 주요한 관심 부분에 대해서 포괄적인 동시에 세부적인 시뮬레이션을 수행 할 수 있는 방법을 제시한다고 할 수 있고, 때문에 인체와 자주 접촉하는 주요 제품 설계에 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

## 후기

본 논문은 2007 년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R11-2007-028-01001-0).

## 참고문헌

1. Tarek M. Khalil, Elsayed M. Abdel-Moty, "Ergonomics in Backpain", Van Nostrand Reinhold, 1993.
2. K.H.E.Kroemer, et al., Engineering Physiology 2rd ed., Wiley, 1997
3. TASS Corp., MADYMO™ Human model reference manual, 2006
4. Rachid Aissaoui, Michèle Lacoste, and Jean Dansereau, "Analysis of Sliding and Pressure Distribution during a Repositioning of Persons in a Simulator Chair" IEEE Transactions on Neural Systems & Rehabilitation Engineering 9(2): June., 215-224, 2001
5. M.M. Verver, A Finite Element Model of the Human Buttocks for Prediction of Seat Pressure Distributions, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, 2004
6. G. R. Tack, et al., Prediction of cement volum for vertebroplasty based on imaging and biomechanical results, KSME International Journal Vol. 15, No.7, pp. 1041-1050, 2001
7. D. C. Wirtz, Critical evaluation of known bone material properties to realize anisotropic FE-simulation of the proximal femur, J. Biomechanics, 33, pp. 1325-1330