

승강의자 기립지원 기능의 효과 검증을 위한 근력 및 관절토크 분석: 근골격계 모델의 정동역학 해석

An Analysis on Muscular strength and Joint Torque For Effectiveness Verification of Standing support in Lift Chair : Forward Dynamics of Muscle Skeleton

*김종현¹, #전경진¹, 임도형¹, 홍재수¹, 최현호¹

*J. H. Kim¹, #K. J. Chun(chun@kitech.re.kr)¹, D. H. Lim¹, J. S. Hong¹, H. H. Choi¹

¹ 한국생산기술연구원 실버기술개발단

Key words : Tilting Chair, Lift Chair, Forward Dynamics of Muscle Skeleton, Senior friendly product

1. 서론

한국은 세계적으로도 유례가 없는 급격한 고령화가 진행 중이다. 통계청의 자료에 따르면 2008년 기준 전체 인구의 10.3%가 65세 이상인 고령자로 나타났다. 이런 급격한 고령화로 인해 고령자의 일상생활을 지원하는 다양한 고령친화기기 개발의 중요성이 대두되고 있는 시점이다.¹

고령자의 대표적인 특성 중에 하나인 신체적 기능저하는 실내에서의 안전사고로 이어지고 있다. 대표적인 실내 안전사고가 낙상사고인데, 한국생활안전협회(2007)가 발표한 ‘노인 낙상사고 실태조사’에 따르면 실내 낙상사고가 가장 많이 발생하는 장소는 기립이나 이송·이동이 잦은 화장실(29.9%), 침실(17%), 계단(15%)에서 자주 발생하는 것으로 나타났다.² 따라서, 낙상사고를 예방하고, 고령자의 안전한 이송·기립을 보조할 수 있는 Tilting 기능을 갖춘 승강의자의 개발할 때, 고령자의 기립동작특성을 파악할 수 있는 실험평가, 동역학 해석 등은 중요 과정이다.

또한, 고령자는 심리적 특성으로 인한 문제인식, 문제해결의지의 부족으로 제품사용상의 문제점을 발견하거나 해결하려는 의지가 부족하여 설문조사나 인터뷰를 통한 요구사항 도출이 어렵다.³ 따라서, 제품의 사용상의 문제점이나 특성을 파악하고, 고령사용자의 잠재적 Needs를 도출할 수 있는 고령친화제품에 대한 실험적인 평가가 효과적이다.⁴

그러나, 고령친화제품에 대한 실험적인 평가는 운동기능이나 생체신호측정 등을 기반으로 하기 때문에, 실험에 참여하는 고령자에게 신체적 부담 가중시켜 반복하여 실험하기에 어려움이 많다.

따라서, 본 연구에서는 승강의자 기립지원 기능의 효과 검증을 통한 제품개발을 위해서 Tilting 기능을 갖춘 승강의자를 통해 높이와 Tilting 각도 별 근력, 관절토크에 관한 값을 분석하였다. 이러한 결과값을 토대로 효과적인 기립지원 의자의 Tilting 각도나 승강기능의 스트로크 범위를 제시하는 것을 연구목적으로 한다.

2. 연구방법

본 연구는 기립지원을 위한 Tilting 기능을 구비한 승강의자 사용 시 높이 별 사용동작에 대한 모션캡처를 실시하였다. 그리고, 팔 받침과 좌면의 접촉압력 및 지면반력기에 대한 측정 값을 반영한 정동역학 해석을 통해 각도와 높이 별 무릎관절 토크분석과 기립동작에 관련된 두 가지 근육⁵ (Erector spinae, Rectus femoris)에 대한 근력 값을 분석하였다.

2.1 실험개요

본 연구의 실험을 위하여 근골격계 질환이 없고, 한국인의 성인 표준체위에 근접한 남성 1명(나이: 25세, 키(cm): 173, 체중(kg): 71)을 피검자로 선정하였다. 본 연구의 실험

은 근골격 모델의 정동역학 해석을 위한 목적의 데이터를 측정하기 위함이므로 한 명의 피검자를 통해 실험을 진행하였다.

실험장비는 Tilting 기능을 구비한 승강의자의 기립동작에 관한 동작데이터를 수집하기 위해서 Vicon의 MX-T20 Camera 총 10기로 모션캡처 하였고, AMTI OR6-7-2000 Force plate: 2기를 통해 기립 시 발판의 3차원 힘 값을 측정하였다. Novel사의 Hand, Chair Pressure Measuring System을 통해 팔 받침대와 좌면, 각각의 접촉압력을 측정하였다.

위와 같은 실험으로 측정된 데이터를 BRG.LifeMOD (Biomechanics research Group, Inc., USA)에서 인체동역학 해석을 실행하였다.

2.2 실험방법



Fig. 1 Experiment with three-dimensional motion analysis

피검자에게 실험 전에 본 연구의 목적을 충분히 인지할 수 있도록 하였으며, Tilting 기능을 구비한 승강의자의 사용을 통해 기립동작에 대한 동작 분석을 수행하였다. 기립동작은 피검자의 앉은 오금 높이를 40cm를 기준으로 하여, 70%: 28cm, 80%: 32cm, 90%: 36cm, 100%: 40cm, 110%: 44cm, 120%: 48cm, 130%: 52cm 총 7단계의 높이에서 기립동작에 대한 실험을 실시하였다.

동작 분석 시 승강의자에 2개의 14mm 반사마커를 부착하였으며, 피검자에게는 36개의 반사마커를 Plug-in gait marker set 방식에 따라 부착하였다(Fig. 1).

2.3 분석방법

2.3.1 Forward Dynamics Modeling

Tilting 기능을 갖춘 승강의자의 기립동작에 대한 평가용 동역학 모델을 개발하기 위하여 피검자의 신체치수를 기초하여 BRG.LifeMOD(Biomechanics research Group, Inc., USA)에서 19개의 체절로 이루어진 3차원 가상 골격모델을 생성하였다(Fig. 2).

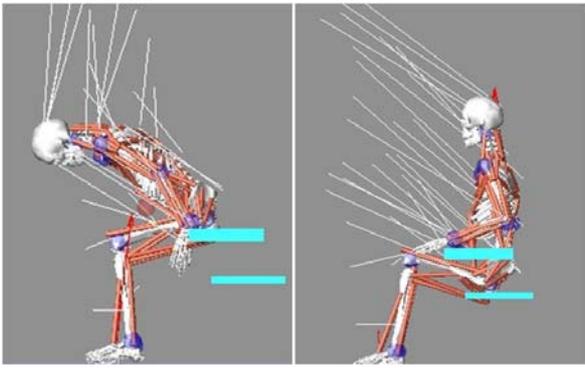


Fig. 2 Three-Dimensional Virtual Skeletal Model and Virtual Lift chair

생성된 골격모델이 가지고 있는 각 체절을 연결하기 위해 18 개의 조인트(Joint)를 구성하였다. 생성된 모든 조인트는 경첩조인트(Hinge Joint)로서 관절마다 x, y, z 방향으로 세 개씩 구성되고 x, y, z 방향의 회전 자유도(Rotational Degree of Freedom)를 갖도록 하였다. 이때 관절의 조인트 강성(Joint Stiffness)은 10,000N/m, 조인트 댐핑 (Joint Damping)은 1,000 N-sec/m 를 인가하였다.

2.3.2 해석수행

3 차원 승강의자에서 실제 실험과 같은 팔 받침과 좌면의 Contac Force, Force Plate 의 측정값, Motion Capture data 를 입력하여 MSC.ADAMS(MSC Soft ware Corp., USA)를 이용해 정동역학 해석을 수행하였다. 이때, 해석은 3 초 동안 300 스텝 (step)으로 설정하여 수행하였다. 또한 기립동작과 관련된 두 가지 근육(rectus femoris, erector spinae)에서 좌면 Tilting 각도 별(4.5°, 6°, 7.5°, 9°, 10.5°) Muscle Force 값과 무릎의 관절 토크 값을 획득하였다.

3. 연구결과

3.1 높이 변화에 따른 실험결과

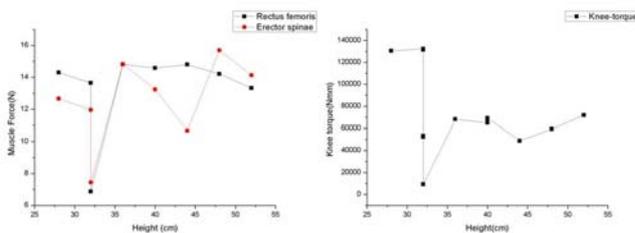


Fig. 3 Results by height variance

승강의자의 좌면 높이를 28cm 부터 52cm 까지 4cm 씩 다섯 단계의 높이에서 측정된 근육 값은 피검자의 앉은 오금 높이의 80% 수준인 32cm 에서 가장 낮게 측정되었다. 무릎관절의 토크 값도 32cm 에서 가장 낮게 측정되었다. 그러나 두 가지 근육과 무릎관절토크에 대한 결과값은 높이와 상관되지 않는 것으로 나타났다(Fig. 3).

3.2 각도 변화에 따른 실험결과

높이변화에 따른 근육 및 무릎관절 토크에 관한 실험결과 32cm 에서 가장 낮게 측정되었다. 따라서 높이 32cm 에서 Tilting 각도 별(4.5°, 6°, 7.5°, 9°, 10.5°) 무릎관절토크를 분석해본 결과 10.5° 에서 가장 낮은 관절토크 값을 보였다(Fig. 4). 이에 두 가지 근육(rectus femoris, erector

spinae)에 대한 Muscle Force 값은 32cm 높이에서 10.5° 일 때 결과 값만 도출하였다.

기립동작에 있어 먼저 척추세움근이 사용된 후에 대퇴직근이 사용되는 패턴을 볼 수 있다(Fig. 4(Right))

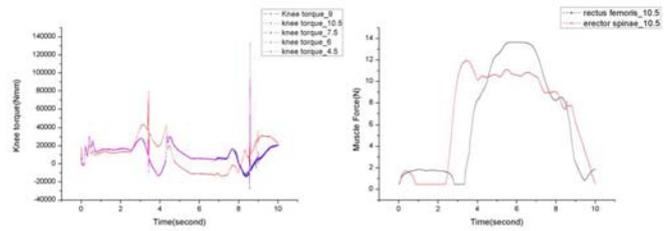


Fig. 4 Results by tilting degree's variance

4. 결론

본 연구에서는 승강의자의 높이를 변화에 따라 28cm ~ 52cm 총 7 단계의 높이에서 근육과 무릎관절토크를 측정하였고, 4.5° ~ 10.5° 총 5 단계의 각도변화에 따른 근육과 무릎관절 토크의 결과 값들을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 높이에 따른 근육 값과 무릎관절 토크 값은 32cm(앉은 오금 높이의 80%) 높이에서 낮게 나타났다. 또한, Tilting 각이 커질수록 기립동작을 하는데 있어 근육과 무릎관절 부담이 줄어드는 것을 알 수 있었다.

본 연구 결과는 승강의자의 스트로크 범위를 설정하거나 또는 Tilting 기능이 있는 변좌, 기립지원기기 등의 Tilting 각의 범위를 설정하는 데 있어서도 활용할 수 있다.

본 연구 따르면 앉은 오금 높이보다 더 낮은 높이에서 편한 기립이 이루어지는 것을 나타났다. 이는 제품을 설계할 때, 흔히 쓰이는 인체치수를 적용한 제품 설계치수가 실제 평가에서 좋은 결과를 보이지 않을 수도 있다는 점을 보여준다. 그러므로 고령친화제품을 비롯한 사용자 중심 제품을 개발할 때, 중요한 설계요소의 치수 결정에 있어서는 사용자에게 대한 실험적인 평가가 필요함을 보여준다. 그러나 고령친화제품의 사용자가 고령자임을 고려할 때 반복적이 실험평가는 실험을 수행하는 고령자에게 부담이 된다.

따라서, 본 연구에서 쓰인 3 차원 가상 인체모델의 시뮬레이션 기술을 활용한 사용자평가방법은 고령친화제품의 개발에 있어 고령사용자의 반복적이고, 힘든 측정이나 실험을 줄일 수 있고, 다양한 제품 사용상황에서 인체에 미치는 영향을 예측할 수 있게 하므로 고령친화제품을 개발하는데 특히 유용한 기술이다.

후기

본 연구는 보건 의료기술개발사업 중 보건 의료기술연구개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 통계청, 2008 년 고령자통계, 2008.
2. 노인낙상사고 실태조사, 한국생활안전협회, 2007.
3. 김종현, 고령자용 보행보조차의 디자인개선을 위한 사용자 분석 및 QFD 의 적용방안에 관한 연구, 한국기술교육대학교, 2008.
4. 정광태 외 4 인, 고령친화제품에 대한 사용성 평가방법, 2007 년 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 2007.
5. Gullett JC, Tillman MD, Gutierrez GM, Chow JW, A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals, J Strength Cond Res vol. 23(1) pp. 284-92.