

A study on the slope control usability of forward sloping chair

JongRyun Roh^{1*}, BokHee Song², KyungRyul Chung¹, JooPyo Hong², SaYub Kim¹, JoonHo Hyeng¹

¹ Korea Institute of Industrial Technology, Dept. Wellness Technology R&D Group, Ansan, Korea

² Korea University of Technology and Education, Dept. Industrial Design Engineering Cheonan, Korea

Background The main contributing factor of musculoskeletal disorders is incorrect posture while seating for extended periods of time. The over-hunched position that most people usually adapt when seated on office chairs increases pressure on inter-vertebral disks because of lumbar kyphosis. reflecting this, chair designers have tried to apply a bent over seat structure to office chairs to reduce the pressure on disks by converting lumbar kyphosis to lumbar lordosis. A chair with a bent over seat widens the trunk and thighs of the seated person by lumbar lordosis. This type of chair is called a 'forward sloping chair'. However, recent studies of forward sloping chairs have focused only on the relationship between lumbar lordosis and the angle of the seat slope. There is a lack of research on the usability of forward sloping chairs.

Methods This study focuses on the development of forward sloping chairs with respect not only to the function of the slope seat but also to its usability in order to easily and effectively apply new functions. This study also integrates the development of effective usability by minimizing lever operation on the prototype developed in this study. To build the prototype, the seat was made bent over, without need for a lever, using a coil spring and four-linked mechanism to move the seat automatically as it adjusts to the user's position. To verify the usability of the prototype many tests were carried out.

Methods As a result of usability testing, the effectiveness of the prototype improved. The time taken to change posture and the total migration length of each joint were shorter than the comparison group.

Conclusion If all office chairs with a 'forward sloping mechanism' were to be based on this study, the risk of musculoskeletal disorders would be reduced.

Keyword Forward Sloping Chair, Office Chair, Lumbar Lordosis, Usability Test

Citation: Roh, J., Song, B., Chung, K., Hong, J., Kim, S., & Hyeng, J. (2013). A study on the slope control usability of forward sloping chair. Archives of Design Research, 26(1), 2013.2

Received Oct. 05. 2012 Reviewed Nov. 25. 2012 Accepted Dec. 20. 2012

pISSN 1226-8046

Corresponding author: JongRyun Roh (ssaccn@kitech.re.kr)

Copyright: This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

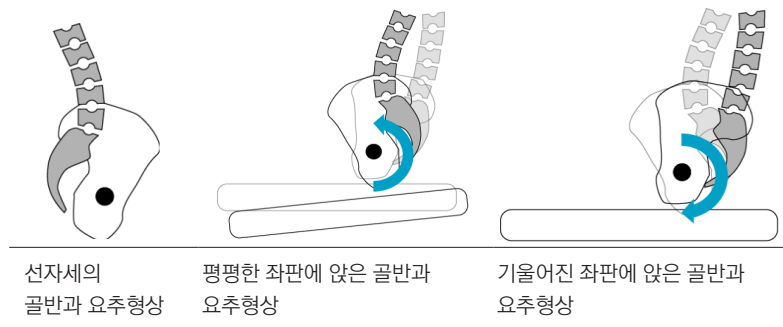
1-1. 연구의 배경 및 목적

현대의 직장인들은 하루 중 대부분의 시간을 의자에 앉아 생활하고 있다. 한국 정보산업진흥원(2007)의 조사에 따르면 전국 사업장에서 업무상 컴퓨터 이용률은 평균 79.2%로 산업계에 종사하는 직장인 대부분이 컴퓨터를 사용한 좌식 업무를 수행하고 있다. 이러한 좌식 업무의 증가는 착석자로 하여금 다양한 근 골격계 질환을 유발하고 있다.

착석자는 사무용 의자에 앉아 있는 중 ‘앞으로 숙여 앉는 자세’를 가장 오랫동안 취하고 있다. 그랜드진(Grandjean 1977)은 착석자세 중 앞으로 숙여 앉는 자세의 비율이 55%에 이른다는 연구결과를 발표하였으며, 사무용 의자 전문기업인 허먼밀러(Hermanmiller 2009)에서도 착석자의 자세비율에 관한 보고서를 통해 착석자가 사무용 의자에 앉는 비율 중 앞으로 숙여 앉는 자세의 비율이 45.5%로 가장 높다는 연구결과를 발표하였다.

착석자가 앞으로 숙여 앉는 자세를 취하게 될 경우, 요추를 후만 시켜 디스크의 압력을 증가시키게 되고 결국, 디스크 질환의 발생 비율을 증가시킨다. 이렇게 앞으로 숙여 앉는 자세에서 좌판을 전방으로 기울여 요추를 전만 시킬 수 있는 의자를 ‘포워드 슬로핑 체어(forward sloping chair)’라 한다. 포워드 슬로핑 체어는 전방으로 기울어진 좌판을 통해 몸통과 대퇴부의 각도를 넓혀 뒤로 회전된 골반을 다시 전방으로 회전시키게 된다. 이때 전방으로 기울어진 좌판의 각도가 더욱 커질수록 몸통과 대퇴부의 각도가 선자세에 가까워져 요추전만을 유지할 수 있게 된다. [그림 1]

그림 1 선 자세, 착석자세에 따른 골반의 회전과 요추형상의 관계



포워드 슬로핑 체어에 관한 연구는 많은 국내외 연구자를 통해 지속되고 있다.

패니티, 풋남 그리고 워커(Fenety, Putnam, Walker 2000)는 좌판의 기울임과 몸통과 대퇴부가 이루는 각도와 COP(center of pressure)의 상관관계에 대한 연구결과를 발표하였으며, 라빈드라와 라오(Ravindra & Rao 1999)은 좌판기울임 각도를 10°, 20°, 30°로 변화시킬 수 있는 포워드 슬로핑 메커니즘을 구현하고 좌판각도에 따른 척추형상을 측정하는 연구를 수행하였다. 국내에서도 송진호(Song 2007)는 좌판을 기울인 의자를 적용한 학생용 교구를 제안하여 학생들의 허리통증을 완화시켜줄 수 있는 방법을 제시하였다. 이와 같이 요추전만을 위한 포워드 슬로핑 체어의 장점과 중요성이 많은 연구자들을 통해 입증되고 있다.

하지만 이렇게 요추전만에 좋은 기능일 지라도 적절한 상황에서 사용되지 못한다면 기능의 장점이 반감된다. 그랜드진 외(Grandjean et al. 1983)과 벌빅(Verbeek 1991)은 많은 업무자들이 착석자세 중 의자를 조절하지 않는다고 하였으며, 빈크 외(Vink et al. 2007)은 약 63%의 착석자가 사무용 의자의 조절 기능을 전혀 사용하지 않는다는 연구결과를 발표하였다. 결국, 아무리 좋은 기능이 있어도 기능의 사용을 저해하는 요소는 기능자체를 사용하지 않는 결과로 이어질 수 있다. 현재까지의 포워드 슬로핑 체어의 개발은 좌판 기울기 각도에 따른 척추형상 중심에 초점을 맞추고 있으며 좌판을 기울이고 복귀하는 과정에 대한 좌판 기울임 조작은 고려되지 않았다. 따라서 실제 포워드 슬로핑 체어의 개발을 위해서는 좌판의 기울임 기능의 구현뿐만 아니라 이를 보다 쉽고 효율적으로 기능구현이 될 수 있도록 사용성을 고려한 설계가 동시에 필요하다. 본 연구에서는 포워드 슬로핑 체어의 기능 중 좌판을 기울이는 과정에서 레버조작이 최소화 되어 좌판 기울임 조작에 대한 사용성이 개선된 포워드 슬로핑 메커니즘을 제작하고 이를 검증하고자한다.

1-2. 연구의 내용 및 방법

포워드 슬로핑 체어의 사용성 개선에 앞서 시중에 판매되고 있는 국내의 사용제품 2개를 사용자 관찰을 통해 개선사항을 도출하였다. 이러한 결과를 반영하여 레버조작을 최소화할 수 있는 사용성이 향상된 포워드 슬로핑 메커니즘을 설계하였다.

제작된 프로토타입 체어의 사용성 검증을 위해 포워드 슬로핑 기능 구현 전인 ‘직립하여 앉은 자세’에서 ‘앞으로 숙여 앉은 자세’까지의 자세변환에 걸리는 시간과 자세변환과정에서 소요되는 관절들의 이동거리를 모션캡처 장비를 활용하여 측정하였다. 마지막으로 도출된 프로토타입의 사용성 평가 결과가 기존 상용

제품에 비해 개선된 결과인지를 증명하기 위해 유의성 검토를 실시하고 연구의 결론을 도출하였다.

2. 포워드 슬로핑 체어 개발

2-1. 착석자 관찰

포워드 슬로핑 체어의 사용성 개선 설계에 앞서 메커니즘의 구조와 종류가 다른 2개의 상용제품 미국 Hermanmiller사의 Aeron Chair와 국내 Sidiz사의 T500 Chair를 착석자 관찰을 통해 분석하였다. Hermanmiller사의 Aeron Chair의 포워드 슬로핑 기능 구현은 다음과 같다. 포워드 슬로핑 기능 레버를 위로 올리고 있는 상태에서 등판을 뒤로 젖혀 등판과 연결되어 있는 좌판의 메커니즘 장치를 풀고 다시 등판을 복귀시켜야 한다. 이때 착석자의 상체의 움직임이 커지며 이 과정에서 포워드 슬로핑 레버가 등판 기울기 레버의 형태와 위치가 유사하여 레버조작의 오류 또는 오작동으로 이어 질 수 있다. [그림 2]





그림 2 Aeron Chair의 착석자 자세변환 관찰

자세 구분	좌판을 기울이지 않은 상태	엉덩이를 좌판에서 떼낸다.	좌판과 등판을 뒤로 후퇴시킨다.	좌판을 전방으로 기울인 상태
신체 변화	-	레버를 위로 당긴다	팔걸이를 뒤로 당긴다/등판을 뒤로 젖힌다	좌판과 등판을 복귀시킨다.

T500 Chair의 레버는 편축으로 구성된 롤러(roller)의 회전으로 좌판의 뒷부분을 상승시키게 된다. 이때 착석자가 좌판에 앉아 있을 경우 레버조작이 일어나지 않아 착석자가 좌판에서 몸을 떼는 상태에서만 레버조작이 가능하다. 또한

레버의 위치가 착석자 몸 뒤쪽에 있어 착석자가 고개를 돌려 레버를 확인해야 하는 불편함이 있다. [그림 3]

그림 3 T500 Chair의 착석자 자세변환 관찰

				
자세 구분	좌판을 기울이지 않은 상태	엉덩이를 좌판에서 떼낸다.	포워드 슬로핑 레버를 뒤로 돌린다.	좌판을 전방으로 기울인 상태
신체 변화	-	· 엉덩이를 좌판에서 떼낸다. · 몸을 앞으로 숙인다.	· 원손을 이용하여 레버를 뒤로 180° 돌린다.	· 엉덩이를 좌판에 복귀시킨다.

두 상용제품의 포워드 슬로핑 기능조작의 공통점은 다른 기능을 갖는 레버와 혼동하거나 착석자가 찾기 힘든 곳에 레버가 위치하는 것이다. 이러한 레버조작은 착석자로 하여금 다양한 신체 불편요소로 작용한다. 또한 레버조작을 통해 포워드 슬로핑 기능을 구현하기 위해서는 직접적으로 관여하는 팔 또는 손의 움직임 외에도 간접적으로 착석자의 몸 전체를 기울이거나 자리에서 일어나야 한다. 이렇듯 레버를 확인하는 과정과 레버조작을 통해 자세변환을 하는 불필요한 과정을 줄이게 되면 포워드 슬로핑 메커니즘이 적용된 사무용 의자를 보다 효율적이며 편하게 기능을 구현할 수 있다. 이는 포워드 슬로핑 기능의 활용을 보다 높일 수 있을 것으로 기대된다.

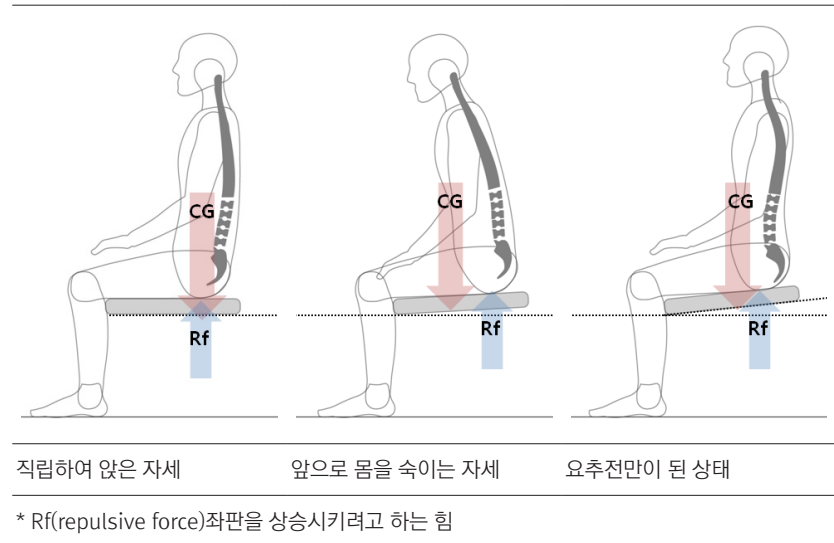
2-2. 포워드 슬로핑 제어 개발 방향 설정

기존 상용제품의 분석결과 레버조작을 통해서만 좌판기울기를 변화시킬 수 있었다. 이러한 레버조작은 자세 변환 시 사용성을 저해시키는 요소가 된다. 본 연구에서는 앞으로 숙여 앉는 자세에서 착석자의 무게중심 이동 현상을 활용하여 레버조작을 최소화하는 방법을 제시하고자한다.

[그림 4]는 무게중심의 이동에 따른 좌판 상승의 개념을 그림으로 표현한 것이다. 착석자가 집중을 요하는 업무를 원하게 될 경우, 착석자는 자연스럽게 앞으로 숙여 앉는 자세를 취하게 된다. 이때 착석자의 무게중심(CG : Center of

Gravity)이 좌골결절 중심에서 대퇴부 쪽으로 전진하게 되며 좌판에 가해지는 압력이 전방으로 이동하게 된다. 이러한 현상을 이용하여 앞으로 숙이는 자세에서 좌판이 자연스레 기울어지고 다시 뒤로 몸을 기울이면 좌판이 무게중심의 이동에 따라 하강되는 메커니즘을 구현하고자 한다.

그림 4 무게중심 이동에 따른 좌판 기울기의 변화



2-3. 포워드 슬로핑 메커니즘 설계

포워드 슬로핑 메커니즘을 설계하기 위해 [그림5]와 같은 과정을 통해 설계요소를 도출하고 설계를 진행하였다.

그림 5 포워드 슬로핑 메커니즘 설계 및 제작 과정



포워드 슬로핑 체어의 특징 및 개발방향에 따라 디자인 목표를 설정하였다.

① 착석자의 의도(몸을 앞으로 숙임, 무게중심의 전방 이동)에 따라 레버조작 없이 좌판의 기울기를 변환시킬 수 있으며 ② 착석자의 몸무게에 맞춰 좌판 상승 텐션을 조절할 수 있는 포워드 슬로핑 체어 메커니즘을 개발하는 디자인 목표를 설정하였다.

표 1 디자인 목표

디자인 목표	디자인 방향
레버조작 없이 좌판의 기울기를 변환시킬 수 있어야 한다.	좌판의 기울기를 변화시킬 수 있는 메커니즘 무게중심의 이동에 따라 좌판의 기울기가 변할 수 있는 메커니즘
다양한 착석자의 몸무게를 수용할 수 있어야 한다.	스프링의 텐션을 조절 할 수 있는 메커니즘

앞서 설정된 디자인 목표와 방향에 따라 포워드 슬로핑 메커니즘의 구성요소와 설계요소를 [표 2]와 같이 도출하였다. 포워드 슬로핑 제어는 좌판 뒷부분의 상승과 함께 좌판의 전방은 하강하게 된다. 이러한 특징을 만족하기 위해 좌판의 기울임 각도 및 좌판의 상승 또는 하강이 될 수 있는 연결체인 링크구조와 좌판을 상승시키고 착석자의 몸무게를 버틸 수 있는 탄성체가 필요하다. 또한 착석자는 서로 다른 몸무게를 가지고 있어 모든 착석자의 몸무게를 수용할 수 있도록 탄성체를 조절할 수 있어야 한다.

표 2 포워드 슬로핑 메커니즘 구성요소 및 디자인요소

구성요소	디자인 요소	검토사항	비고
좌판	전방 기울임 각도	사무용 의자로서 적합한 전방 기울임 각도 범위	선행연구의 전방 기울임 각도를 참조
	링크	좌판의 전방기울임 각도를 고려한 링크 선택	4절 링크
링크 시스템	구조	탄성 값을 쉽게 적용할 수 있는 스프링 선택	코일스프링
	스프링 텐션 조절	사용자 몸무게 적용을 위한 설계 범위 탄성체	여성 하위5% ~ 남성 상위 5%를 고려 기어를 이용한 스프링 초기 장착 길이 조절

도출된 디자인 요소를 좌판 전방 기울임 각도, 링크시스템(링크구조, 탄성체 및 텐션 범위)을 설계하였다.

· 좌판의 전방 기울임 각도 설계

영국의 산업규격인 BS에서는 3079와 3893을 통해 사무용 의자에 적용되는 좌판의 전방 기울임 각도를 0-5°로 제시하고 있다. 이와 함께 1970년대부터 좌판의 기울임에 관해 연구해오던 학자들도 좌판의 기울임 각도를 0-6° 사이로 다양한 각도를 제시하고 있다. 반면, 한국 산업규격인 KS9241에서는 ‘다양한 각도를 허

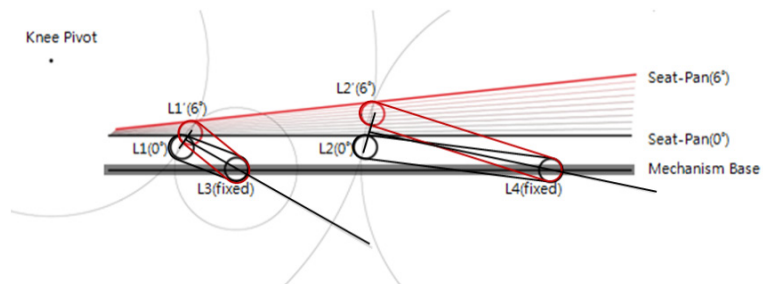
용해야 한다.'고만 명시되어 있을 뿐, 정확한 각도를 제시하고 있지 않다.

변승남, 이동훈(Byun & Lee 1994)은 좌판의 기울임 각도를 15° 까지 기울여야 한다고 주장하였다. 또한 송진호(Song 2007)는 좌판에서 미끄러지지 않는 범위인 8° 로 좌판의 기울임 각도를 제시하였다. 포워드 슬로핑 체어의 좌판 기울임 각도가 클수록 좌판에서 미끄러짐 현상이 생기게 된다. 결국 포워드 슬로핑 체어의 좌판 전방 기울임 각도에 대한 정확한 기준은 없으며 연구자들마다 서로 다른 적정 각도를 요추전만의 관계에 대해 설명하며 사무용 의자에 적합한 각도를 제시하고 있다. 본 연구에서는 선행 연구를 기반으로 좌판의 전방 기울임 각도를 좌판에서 미끄러짐이 없는 6° 로 설정하였다. 이는 앞서 사례분석을 통해 제시된 Aeron Chair와 T500 Chair와 유사한 범위이다.

· 링크시스템 설계 - 링크구조

4절 링크를 활용한 좌판 링크구조 설계 전 좌판 기울기의 중심점을 설계하였다. 좌판의 상승 중심은 인체의 움직임보다 최소화 할 수 있도록 무릎을 중심으로 하는 무릎중심의 회전 피벗(무릎을 중심으로 하는 피벗, Knee Pivot Point)의 위치로 도출하였다. 이후 좌판을 6° 상승시켜 최종적으로 상승된 좌판의 위치를 도출하고 4절 링크 중 좌판과 함께 움직이는 링크인 L1과 L2의 위치를 각각 도출하였다. 이후, L1과 L1', L2와 L2'의 중심점을 직교하는 연장선상에 있는 L3, L4의 위치를 찾았다.

그림 6 좌판의 움직임을 통한 피벗 위치 설계



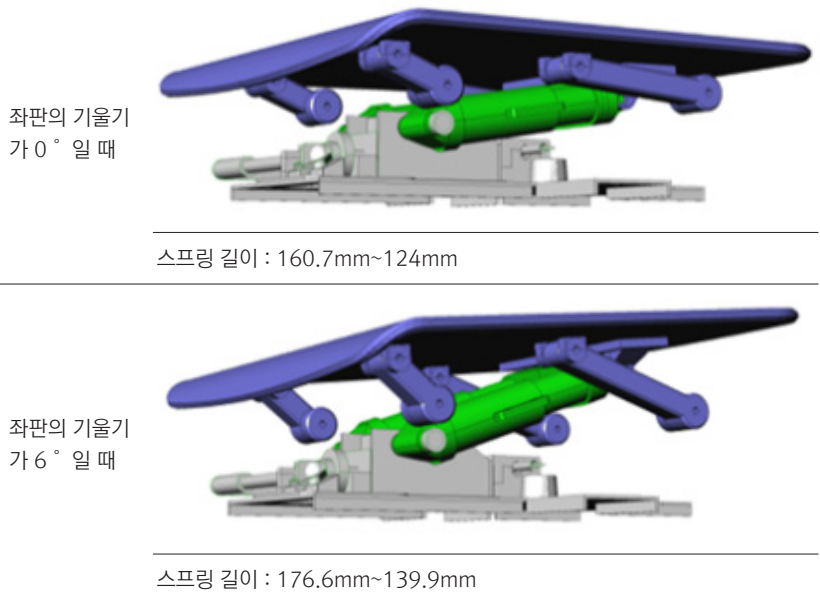
명칭	설명	
연결 링크	L1	직립하여 앉는 자세 일 때 좌판 전방의 피벗 위치
	L1'	앞으로 숙여 앉는 자세 일 때 좌판 전방의 피벗 위치
	L2	직립하여 앉는 자세 일 때 좌판 후방의 피벗 위치
	L2'	앞으로 숙여 앉는 자세 일 때 좌판 후방의 피벗 위치
고정링크	L3	틸트 메커니즘의 전방에 연결되는 피벗 위치
	L4	틸트 메커니즘의 후방에 연결되는 피벗 위치

· 링크시스템 설계 - 탄성체 및 텐션 조절 범위

착석자가 몸을 앞으로 숙이게 될 경우, 무게중심은 후방에서 전방으로 이동하게 된다. 이 때, 좌판을 레버나 기타 장치의 조작 없이 상승시키기 위해서는 탄성력이 있는 부품을 적용해야 한다. 포워드 슬로핑 메커니즘에 사용된 코일스프링은 직경 25mm 길이 200mm의 10.3 N/mm의 정수값을 가진 두 개의 스프링을 적용하였다.

이와 함께 착석자의 몸무게의 수용 범위는 Size Korea에서 제공되는 데이터를 활용하여 여성 하위 5%인 45.5kg에서 남성 상위 5%인 86.3kg의 범위의 값을 수용하여 도출된 스프링의 길이이다. 이 결과 남성 상위 5%와 여성 하위 5%의 범위를 적용하기 위해서는 스프링의 텐션을 36.7mm를 조절 할 수 있는 장치가 필요하다는 결론을 얻었다. 스프링 텐션조절장치는 조절장치는 베벨기어를 활용하여 회전운동을 직선운동으로 바꾸어 스프링 뭉치를 후퇴 및 복귀 시킬 수 있도록 설계 하였다.

그림 7 포워드 슬로핑 메커니즘 설계



2-4. 포워드 슬로핑 메커니즘 프로토타입

[그림 8]은 3D상세설계를 바탕으로 제작된 프로토타입 체어이다. 프로토타입 체어는 실험을 위해 3mm 두께의 철판과 PC(Poly Carbonate)를 가공한 뒤 조립하였다. 실험을 위해 오발과 높낮이가 조절 가능한 팔걸이와 쿠션에 상용제품을 활용하였다.

그림 8 포워드 슬로핑 메커니즘 프로토타입



4절 링크와 좌판을 결합시킨 모습

팔걸이와 좌판쿠션을 결합시킨 모습

[그림 9]은 제작된 프로토타입 চে어의 기능검증을 위해 착석자의 움직임을 관찰한 것이다. 의자의 텐션장치를 착석자의 몸무게에 맞추고 착석자는 직립하여 앉는 자세에서 앞으로 숙여 앉는 자세로 변환 하였다. 관찰 결과, 착석자는 몸을 앞으로 기울이는 동작에서 좌판이 상승하였으며 무게중심의 이동에 따라 좌판상승 기능이 구현되었다.

그림 9 포워드 슬로핑 메커니즘 착석자 관찰

자세 구분	좌판을 기울이지 않은 상태	무게중심을 전방으로 이동	무게중심을 후방으로 복귀	좌판을 전방으로 기울인 상태
신체 변화	상체를 앞으로 기울인다	-	상체를 다시 복귀시킨다	-

3. 포워드 슬로핑 제어 착석자 사용성 평가

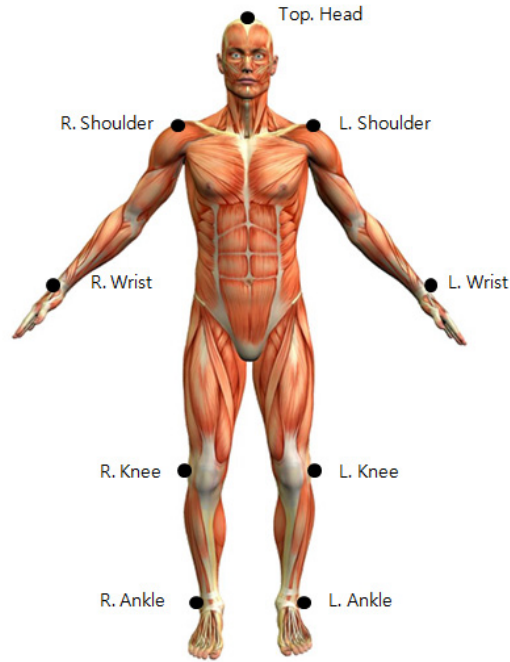
3-1. 착석자 사용성 평가 방법 설정

포워드 슬로핑 메커니즘이 장착된 포워드 슬로핑 제어에서의 좌판 기울임 조작에 대한 사용성을 측정 및 분석하고자 하였다. 실험의 대상은 제작된 프로토타입 제어와 앞서 분석된 상용 제품인 Aeron, T500 Chair 2개를 비교대상으로 선정하였다. 본 실험에 사용된 장비는 모션캡처 장비와 체압분포 장비를 동시에 사용하여 측정하였다. 모션캡처 장비는 Motion Analysis사의 Osprey System을 사용하였으며, 6mm 렌즈가 부착된 8대의 적외선 카메라로 측정하였으며 Cortex2.6을 통해 데이터를 분석하였다.

실험절차는 다음과 같이 설정하였다. 먼저 피실험자의 키와 몸무게를 측정하고 실험에 대한 자세한 설명과 각 의자의 레버조작에 대해 숙지 시켰다. 이후 측정 장비의 0점 보정(calibration)을 마치고 피실험자에게 마커셋을 붙이고 선 자세에서 요추전만각도를 측정하여 이를 요추전만각의 기준으로 설정하였다. 피실험자의 앉은 키 높이에 맞춰 의자의 높이를 조절하고 팔걸이를 피실험자에게 편안한 상태로 높이 조절을 하였다. 레버조작을 통해 직립하여 앉는 자세(Erect Sitting Posture)에서 앞으로 숙여 앉는 자세(Forward Sitting Posture)로의 자세변화에 대한 측정결과를 도출하였다.

피실험자는 상체탈의를 위해 남성으로 제한하였으며 신경계 및 근골격계에 병리학적 소견이 없는 건강한 성인남자 10명을 선정하였다. 피실험자의 평균 나이는 30.3세 이었으며 평균 신장은 174.3cm, 평균 몸무게는 71.9kg 이었다. [그림 10]는 피실험자에 모션캡처 촬영을 위해 마커를 부착한 위치이다. 착석자의 상체를 모두 탈의 시킨 후 지정된 위치에 마커를 부착하였다. 피실험자에 부착된 마커는 직경 12.7mm의 반사마커를 사용하였으며 마커의 부착위치는 Helen Hayes marker set에 따라 머리(Head), 어깨(R/L shoulder), 손목(R/L Wrist), 무릎(R/L Knee), 발목(R/L Ankle)에 마커를 부착하였다. 이렇게 각 관절에 부착된 마커는 3차원 좌표상의 데이터를 실시간으로 측정할 수 있으며 이러한 데이터는 자세변환 수행시간 측정과 각 관절의 이동거리를 계산할 수 있다.

그림 10 피실험자 마커셋 부착 위치



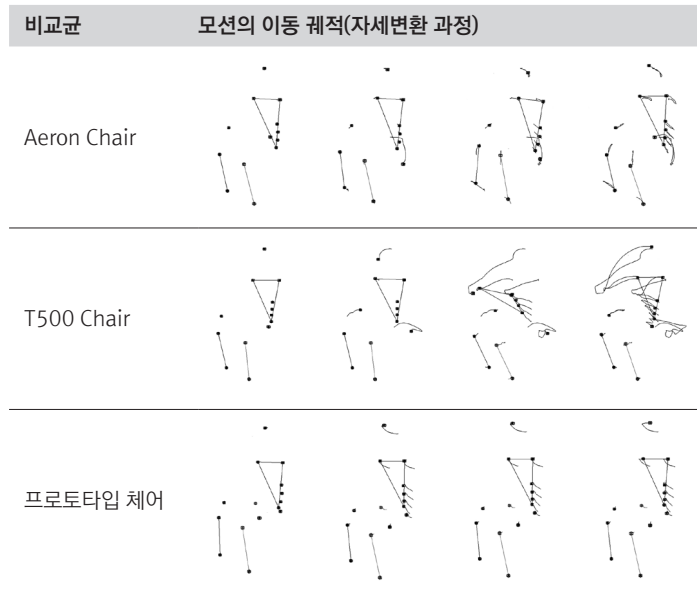
실험을 통해 얻고자 하는 데이터인 각 관절의 이동거리, 자세변환시간의 측정을 위해 다음과 같은 실험 task를 설정하였다. 실험의 분석구간은 직립하여 앉는 자세에서 팔걸이에 손을 올려놓고 30초간 자세를 유지한 뒤, 앞으로 숙여 앉는 자세로 바꾸고 30초를 유지하는 것으로 설정하였다. 이 과정에서 팔걸이에 올려놓은 손을 떼는 순간을 자세변환이 시작되는 시점으로 설정하였으며 자세변환을 다 마치고 난 뒤 다시 팔걸이에 손을 올려놓는 순간을 자세변환의 종료 시점으로 설정하였다. 이렇게 자세변환의 시작과 종료 시점을 구분하여 각 관절의 총 이동거리를 식(1)과 같이 x, y, z좌표를 통해 계산할 수 있다.

$$d = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2 + (z' - z)^2} \quad \text{식(1)}$$

3-2. 착석자 사용성 평가 결과

[그림 11]은 모션캡처 측정을 통해 관절의 이동궤적을 나타낸 그림이다. 모션이동의 궤적 또한 프로토타입 চে어가 자세변환 시 등판을 뒤로 기울였다가 다시 복귀해야 하는 Aeron Chair와 좌판에서 일어나야 하는 T500 Chair에 비해 각 관절의 이동거리가 현저히 짧아진 것으로 보아 사무용 의자의 자세변환에 따른 효율성이 증대됨을 그래픽으로 확인 할 수 있었다.

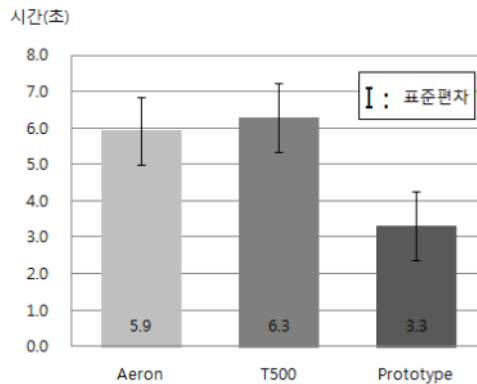
그림 11 피실험자 마커셋 부착 위치



· 자세변환 수행 시간 결과

[표 3]은 프로토타입 체어의 사용성 향상 검정 중 자세변환 수행시간을 측정하여 평균값과 표준편차를 도출한 결과이다. 통계 결과 프로토타입 체어는 평균 3.4초의 자세변환 시간이 소요되어 Aeron Chair와 T500 Chair에 비해 2.5초에서 2.9초 범위 내로에서 짧아졌다.

표 3 자세변환 수행시간의 기술 통계량



자세변환 수행시간 (N=10)/(단위: 초)

	평균	표준편차	최소값	최대값
Aeron	5.9	1.5	4.6	10.0
T500	6.3	0.9	4.6	8.1
프로토타입	3.4	1.4	1.6	6.3

[표 4]에서 명시된 것과 같이 프로토타입 체어와 Aeron, T500 Chair의 자세 변환 수행시간에 대해 통계적으로 차이가 있음을 확인하였다(p-value)0.05). 이러한 결과는 프로토타입 체어가 비교군 Aeron과 T500 Chair에 비해 레버조작을 최소화 하는 메커니즘을 구비하여 레버조작과 레버조작 과정에서의 신체 움직임이 감소된 것으로 분석된다.

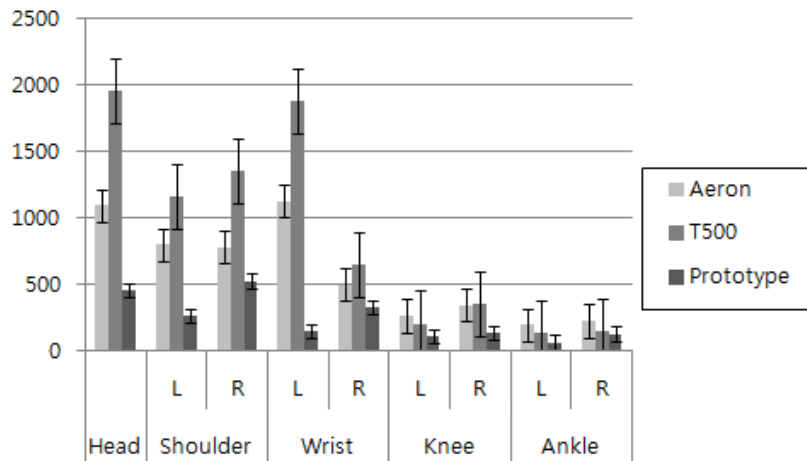
표 4 프로토타입 체어와 Aeron, T500 Chair의 자세변환 수행시간의 독립표본 검증

비교군	평균의 동일성에 대한 T-검정		
	t	자유도	유의확률 (양쪽)
프로토타입 - Aeron	3.676	18	.002
		17.945	.002
프로토타입 - T500	5.09	18	.000
		15.46	.000

· 각 관절의 총 이동거리 측정 결과

[표 5]는 프로토타입 체어의 좌판 기울임 조작에 대한 사용성 향상 검정 중 각 관절의 총 이동거리를 측정하여 평균을 도출한 결과이다. 통계 결과, 프로토타입 체어는 자세 변환 과정에서 각 관절의 이동거리가 Aeron과 T500Chair에 비해 현저히 짧아졌다. 특히 무릎(knee)과 발목(ankle)의 움직임이 최소화 되었다. 이는 직립하여 앉는 자세에서 앞으로 숙여 앉는 자세로 자세변환에 시간과 신체적 노력이 감소하여 좌판 기울임 조작에 대한 사용성이 향상되었음을 의미한다.

표 5 관절의 총 이동거리의 기술통계량



주요 관절의 총 이동거리, 평균 (N=10)/(단위 : mm)

	Head	Shoulder		Wrist		Knee		Ankle	
		L	R	L	R	L	R	L	R
Aeron	1094	798	779	1127	502	266	345	201	227
T500	1956	1160	1357	1874	650	208	359	142	147
프로토타입	460	265	526	150	327	111	137	67	130

[표 6]에서 명시된 것과 같이 프로토타입 체어와 Aeron, T500 Chair의 각 관절의 총 이동거리에 대해 통계적 유의성을 검토하였다. 프로토타입 체어와 Aeron Chair의 결과 오른쪽 어깨와 손목, 발목을 제외한 나머지 관절에서 차이가 있음을 확인하였다(p-value>0.05).

또한 T500 Chair와의 유의성 검증에서는 오른쪽 발목을 제외한 모든 관절에서 유의한 차이가 있었다(p-value>0.05). 이러한 결과는 레버조작을 최소화 할 수 있는 메커니즘으로 인해 레버조작과 레버조작 과정에서의 신체 움직임이 감소된 것으로 분석된다.

표 6 프로토타입 체어와 Aeron, T500 Chair의 각 관절의 총 이동거리의 독립표본 검증

비교군	관절	평균의 동일성에 대한 T-검정			
		t	자유도	유의확률 (양쪽)	
Prototype - Aeron	Head	3.676	18	.002	
	Shoulder	L	3.601	18	.002
		R	1.826	18	.084
	Wrist	L	7.919	18	.000
		R	1.329	18	.200
	Knee	L	4.046	18	.001
		R	2.530	18	.021
	Ankle	L	4.014	18	.001
		R	1.640	18	.118
	Prototype - T500	Head	16.378	18	.000
Shoulder		L	9.261	18	.035
		R	5.979	18	.000
Wrist		L	6.968	18	.000
		R	2.279	18	.035
Knee		L	2.841	18	.011
		R	2.509	18	.022
Ankle		L	2.682	18	.015
		R	.355	18	.727

4. 결론

본 연구는 착석자가 사무용 의자에 앉아 가장 많이 취하는 자세인 '앞으로 숙여 앉는 자세(forward sitting posture)에서 후만(lumbar kyphosis)되는 요추를 전만(lumbar lordosis)이 발생한다는 것에 주목하여, 레버조작 사용을 최소화 하여 사용성 요소 중 효율성을 향상시킬 수 있는 '포워드 슬로핑 메커니즘'이 구비된 사무용 의자를 개발하고, 이를 평가하고자 하였다.

개발된 포워드 슬로핑 메커니즘은 착석자가 앞으로 숙여 앉는 자세에서 도출되는 특성인 '무게중심(CG : center of gravity)'의 이동을 활용하여 레버조작을 최소화 할 수 있는 메커니즘을 구현하고자 하였다. 구현된 메커니즘은 좌판의 뒷부분을 상승, 하강 시키는 4절 링크 구조에 텐션이 있는 코일스프링의 반력을 이용하여 좌판의 상승력을 일으킬 수 있었다. 이렇게 개발된 프로토타입 제어의 검증에 의해 착석자 사용성 평가를 실시하였다. 사용성 평가 결과 자세변환 시간과 각 관절의 총 이동거리가 비교군에 비해 짧아져 효율성이 향상되어 효율성이 증대된 포워드 슬로핑 메커니즘임을 증명하였다.

하지만 본 연구에서는 하나의 완성된 사무용 의자를 제작한 것이 아니라 틸트 메커니즘만을 구현하여 좌판 기울임 조작에 대한 사용성만을 평가하였다. 향후 하나의 완성된 사무용 의자를 설계하기 위해서는 다양한 설계 요소와 고려사항을 검토하여 제작하여야 할 것이다. 또한 장시간 사용에 대한 사용성 평가 검증 또한 필요할 것이다.

이러한 연구결과는 향후 '포워드 슬로핑 메커니즘'을 적용한 사무용의자를 상품화 할 경우 착석자들이 좌판의 기울임 기능을 더 자주 활용하게 되어 업무자의 근골격계 질환의 예방에 도움이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1 Adams, M.A., & Hutton, W.C. (1985). The effect of posture on the lumbar spine. *The Journal of bone and joint surgery*, 67B(4), 625-629.
- 2 Andersson, B.J.G., Ortengren, R., Nachemson, A., & Elfstrom, G. (1974). *Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting*. 1. Studies on an experimental chair. *Scand J Rehabil Med* 6, 104-114.
- 3 Antonopoulou, M., Antonakis, N., Hadjipavlou, A., & Lionis, C. (2007). Patterns of pain and consulting behaviour in patients with musculoskeletal disorders in rural Crete, Greece. *OXFORD JOURNALS*, 24(3), 209-216.
- 4 Bae, T., Kim, S., Ryu, J., & Mun, M. (2009). Analysis on the Effect of Lordosis Changes at Lumbar Joint using 3-dimensional Musculoskeletal Model. *Korean Society for Precision Engineering*, 26(10), 116-121.
- 5 Byun, S., & Lee, D. (1994). Investigation of Chair Design and Musculoskeletal Discomfort of Office Workers. *Ergonomics Society of Korea*, 13(2), 13-24.
- 6 Drury, C.G., & Francker, M. (1985). Evaluation of a forward-sloping chair. *Applied Ergonomics*, 16(1), 41-47.
- 7 Fenety, P., Putnam, C., & Walker, J. (2000). In-chair movement: validity, reliability and implications for measuring sitting discomfort. *Applied Ergonomics*, 31(4), 383-393.
- 8 Grandjean, E., & Hünting, W. (1977). Ergonomics of posture-review of various problems of standing and sitting posture. *Applied Ergonomics*, 8(3), 135-140.
- 9 Grandjean, E., Hunting, W., & Piderman, M. (1983). VDT workstation design: preferred settings and their effects. *Human Factors*, 25(2), 161-175.
- 10 Groenesteijn, L., Vink, P., Looze, M., & Krause, F. (2009). Effects of Differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks. *Applied Ergonomics*, 40(3), 362-370.
- 11 Keegan, J. J. (1953). Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *J. Bone & Joint Surgery*, 35(3), 589-603.
- 12 Kim, M., & Kim, C. (2002). The Ergonomic Perspective on Chair Design. *Korea Furniture Society*, 13(2), 53-61.
- 13 Kim, M., & Lee, T. (2000). The research of chair for children by ergonomics-with nursery school as the central figure from 3 years to 5 years. *Kongju Culture College*, 27, 385-395.
- 14 Mandal, A. C. (1987). *The Seated Man, Manda(Homo Sedens)*. A.C, Dafnia Publications, Klampenborg: Denmark.
- 15 Park, H., Lee, Y., & Ok, D. (2009). Comparison of Ministry of Labor Notification for VDT Work Management and KS A ISO 9241. *Ergonomics Society of Korea*, 28(4), 109-115.
- 16 Park, S. (2003). *An Ergonomic Study on the Design and Evaluation for Office Chair*. Chungnam National University. Korea.
- 17 Ravindra S. G., & Banna, G. (1999). Forward Sloping Chair effects on spinal shape in the Hong Kong Chinese and Indian populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23(1-2), 9-21.
- 18 Schultz, A., Andersson, G., Ortengren, R., Haderspeck, K., & Nachemson, A. (1982). Loads on the lumbar spine. Validation of a biomechanical analysis by

- measurements of intradiscal pressures and myoelectric signals. *The Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*, 64(5), 713–720.
- 19 Sitzhaltung, S.H. (1962). *sitzschaden, sitzmobel*. Berlin: Springer Verlag.
 - 20 Smith, M. J., & Cohen, W.J. (1997). Design of Computer Terminal Workstation. In G.I.Salvendy(Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics(2nd ed)*. New York: Jhon wiley & Sons. Inc.
 - 21 Song, J. (2008). *A study on design of school chair*. Hongik University, Seoul, Korea.
 - 22 Verbeek J., 1991. The use of adjustable furniture : evaluation of an instruction programme for office workers. *Applied Ergonomics* 22, 179–184.
 - 23 Vink, P., Porcar-Seder, R., Page de Poso, A., & Krause, f. (2007). *Office Chairs are often no adjusted by end-users*. In : Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society(HFES) 51st Annual Meeting, Baltimore.

포워드 슬로핑 체어의 기울임 조작 향상에 관한 연구

노종련^{1*}, 송복희², 정경렬¹, 홍주표², 김사엽¹, 형준호¹

¹한국생산기술연구원 웰니스융합연구그룹

²한국기술교육대학교 디자인공학과

Background 사무용 의자에 앉는 착석자는 업무 중 ‘앞으로 숙여 앉는 자세(Forward Sitting Posture)’를 가장 많이 취하게 되는데 이러한 자세는 요추를 후만(Lumbar Kyphosis)시켜 디스크의 압력을 증가시킨다. 이에 후만된 요추를 전만(lumbar lordosis)시켜 디스크의 압력을 줄일 수 있도록 좌판을 전방으로 기울일 수 있는 ‘포워드 슬로핑 체어(forward sloping chair)’가 연구되고 있다. 하지만 현재까지의 포워드 슬로핑 체어에 관한 연구는 좌판 기울기 각도와 요추의 전만관계에 대해 초점이 맞추어져 있으며 좌판을 기울이는 방식의 사용에 대한 연구는 미흡하다.

Methods 본 연구는 좌판을 기울이는 과정에서 무게중심의 이동만으로 좌판 기울임 조작이 가능한 포워드 슬로핑 체어의 프로토타입을 제작하고 착석자 사용성 평가를 진행하였다. 사용성 평가는 모션캡처장비를 활용하여 2개의 기존 상용제품과 본 연구에서 제작된 프로토타입 체어를 대상으로 총 10명의 피실험자에 대한 결과를 도출하였다.

Results 사용성 평가 결과, 자세변환 시간과 레버조작에 사용되는 관절의 총 이동거리가 비교군에 비해 짧아져 효율성이 향상되었다.

Conclusion 이러한 연구결과는 향후 ‘포워드 슬로핑 메커니즘’을 적용한 사무용의자를 상품화 할 경우 착석자들이 좌판의 기울임 기능을 더 자주 활용하게 되어 업무자의 근골격계 질환의 예방에 도움이 될 것으로 기대된다.

Keyword 포워드 슬로핑 체어, 사무용 의자, 요추전만, 기울임 조작, 사용성 평가