**Title**

**Development of tilting chair for maintaining working position at reclined posture**

**ABSTRACT**

**Objective:** The aim of this study is to develop an office chair enables to keep working at reclined sitting posture.

**Background:** Sedentary workers supposed to change the posture frequently during long hours sitting. A reclined sitting position has been recommended to reduce disc pressure. But slumped sitting posture caused by the buttock slide forward without any adjustment of back recline is commonly observed. The worker seems to have tendency to change the sitting posture maintaining working condition. We assumed the reason on their hands movement away from the working space when tilting backward

**Method:** Sliding mechanism allowing seat move forward was designed to maintain the hand position in working space during reclining. A prototype was manufactured and tilting motion analyzed using motion capture system. Four experiment chairs were tested including manufactured prototype chair and three other commercial chairs.

**Results:** A backward movements of the hand position were 13.0mm, 101.7mm, 156.1mm and 139.3mm at the prototype chair, compared chair B, chair C and chair D respectively. And the movement was remarkably small at the prototype chair.

**Conclusion:** The developed seat sliding chair allows back tilting maintaining hand position at working space. We expect the user tilting back more often than normal tilting chair during seated work. But further investigation is required to figure out the effectiveness of the developed chair using on prolonged working hours.

**Application:** The developed office chair directly effects on commercialization.

**Keywords**

Office chair, Tilt mechanism, Maintaining working position, Slide seat, Motion analysis

## 1. Introduction

컴퓨터 앞에 앉아 오랜 시간을 보내는 현대인들은 근골격계 질환의 위험에 노출되어 있다. 그 동안 건강한 착석자세에 대한 연구에서 등판 활용과 요추지지 효과는 중요하게 다루어져 왔다(Grandjean and Hunting, 1997). Andersson et al. (1974) 은 등판을 많이 기울일수록 동시에 요추패드를 높게 지지할수록 디스크에

가해지는 압력은 감소하는 것으로 보고하였으며, 등판을 기울일 때 좌판도 함께 기울이면 엉덩이가 앞으로 미끄러지지 않아 요추지지가 좋아진다는 사실도 확인되었다(Lengsfeld et al., 2000). 또한 등판의 회전중심이 인체의 고관절에 일치할 경우 등을 기울이는 과정에서도 요추지지가 지속된다는 사실도 알려졌으며(Chung et al., 2010) 그 밖에도 등판의 기울임은 근활성도 감소(Andersson et al. 1974), 엉덩이의 접촉압력 감소(Vos et al., 2006) 등의 장점이 있음이 여러 연구들을 통해 밝혀졌다.

그러나 실제 착석업무에서 등판을 활용하는 빈도는 낮은 것으로 보고되고 있다. 장시간 착석업무를 하는 사람들은 꾸준히 자세를 변화시키는데 그 중 허리를 앞으로 숙이고 모니터에 집중하는 자세를 많이 취하는 것으로 나타났다(Grandjean and Hunting, 1997). 또한 워드프로세싱이나 CAD작업 같은 컴퓨터 작업자의 경우 등받이를 대지 않고 몸통과 고개를 세우는 경향이 있음이 보고되었다(Ellegast et al., 2012). 이 같은 사실에서 업무에 집중하는 작업자는 등을 기울여 요추의 부담을 줄이는 대신 의자 중간에 걸터앉는 등 허리가 충분히 지지되지 않는 자세를 많이 취하는 것을 알 수 있다. 이러한 현상의 원인 중 하나는 착석상태에서 등을 기울일 때 겪게 되는 업무의 단절을 들 수 있다. Rani(2004)는 착석자가 등판을 기울일 때 손과 머리의 위치가 작업대로부터 후퇴 및 하강하게 되어 지속적인 업무를 어렵게 한다고 지적한 바 있다. 또한 Groenesteijn et al. (2009)는 조절장치의 복잡한 사용성이 자세조절 등 기능 사용을 저해한다고 지적하였다.

이에 본 연구의 목적은 컴퓨터 업무에서 등판의 활용 비율을 높이기 위한 사무용의자 개발에 있다. 업무 중 Upright자세와 Recline자세를 반복적으로 변화시킬 수 있도록 기울임 동작을 설계함으로써 등판의 활용빈도를 높이고자 하였다. 결국 지속적인 척추의 움직임이 가능하여 요추의 불편함을 줄일 수 있을 것으로 기대하였다. 이를 위해 등을 기울이는 동안에도 손과 시선이 작업 영역을 유지할 수 있게 하여 업무의 중단 없이 반복적이고 빈번한 자세 변화를 지원하는 의자를 개발 하고자 하였다.

## 2. Method

### 2.1 Definition of Dynamic Sitting Posture

2.1.1 컴퓨터 업무를 위한 가변자세 정의

Goroh and Reiko(2002)는 VDT(visual display terminal) 업무에 적합한 자세는 등을 기울이고 발 받침대를 사용하는 것이라고 하였지만 동시에 자세의 변화가 빈번이 이루어져야 함을 강조하였다. 이는 등을 기울인 편안한 상태라 하더라도 장시간 동일한 자세를 유지하기는 어렵기 때문에 착석자는 주기적으로 자세를 세워 앉음으로써(erect sitting) 요추를 움직여 줄 것을 의미한다. 또한 세워 앉는 자세와 등을 기울인 자세의 반복적 변화에도 업무는 유지되어야 하기 때문에 손과 시선은 작업영역을 벗어나지 않아야 한다. 또한 자세 가변을 위해 불필요한 손동작이 요구되지 않고 자연스럽게 가변 시킬 수 있어야 한다는 점도 중요한 점이다. 이처럼 착석업무를 하는 동안 자세를 꾸준히 변화시키며 앉는 것을 동적착좌(dynamic sitting)라 한다.

이를 요약하여 본 연구에서 정의하는 VDT에 적합한 자세는 다음의 세 가지 요구사항을 만족시키는 것이다. 첫째, 바르게 앉는 자세와 등을 기울여 앉는 자세를 반복적으로 취할 수 있게 한다. 둘째, 자세가 가변 되는 동안 손의 위치는 작업영역을 유지하여야 한다. 셋째, 자세가 가변 되는 동안 시선의 각도는 작업영역을

유지하여야 한다. 이상의 개념을 그림으로 나타내면 Figure. 1과 같다.

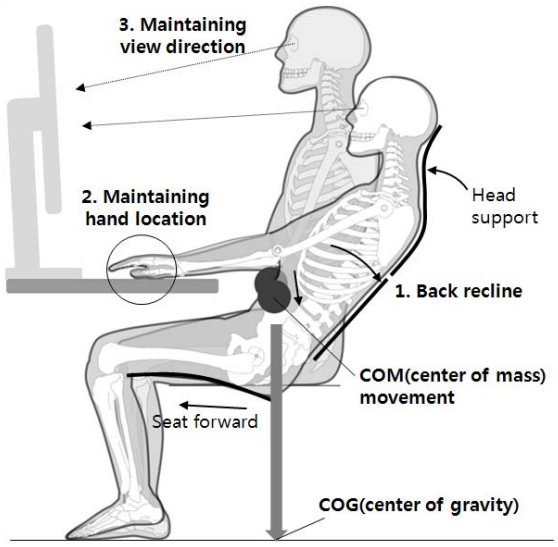


Figure 1. Optimum dynamic sitting posture for visual display terminal user

2.1.2 손의 작업영역 유지를 위한 요소

기존의 싱크로나이즈 의자에서 등을 기울일 경우 인체는 발목, 무릎 그리고 고관절에서 각각 회전이 일어남에 따라 어깨의 후퇴 및 하강 정도가 컸다(Rani, 2004). 이에 등판이 기울어질 때 어깨의 후퇴를 최소화 시킬 경우 손은 작업영역을 유지할 수 있을 것으로 예상 된다. 이를 위해서 등판을 기울임과 동시에 좌판을 비롯한 등판 모두가 전방으로 이동하여야 한다. 이 같이 등판 기울임 시 좌판이 전진하여 인체의 질량중심이 후퇴하는 정도를 만회하는 것을 좌판 슬라이드형 틸트(seat slide type tilt)라 부른다.

2.1.3 시각적 작업영역 유지를 위한 요소

착석자는 등을 기울일 때 지속적으로 모니터를 보기 위해 목을 세우는 위험한 자세를 초래한다고 하였다(Rani, 2004). 등을 기울이는 동안 착석자는 시각적 작업영역을 유지하기 위해 목의 자세를 재설정할 필요가 있다. 따라서 Figure 1에서와 같이 등을 기울인 상태에서도 모니터를 향한 시선을 유지시키는 목지지대가 요구된다. 이때 목지지대는 등판이 기울어지는 각도에 대응하여 항상 수직으로 지지해 주어야 한다.

**2.2 Design of tilt mechanism**

2.2.1 좌판 슬라이드형 싱크로틸트 메커니즘 설계

등을 기울일 때 손이 작업영역을 유지하기 위해서는 좌판이 일정거리만큼 전진하여야 한다. 핀인슬롯(pin-in-slot) 조인트를 활용하면 등판의 기울임에 연동하여 좌판이 베이스에 대해 일정거리만큼 전진하도록 설계할 수 있다. 그러나 적정한 슬라이드 거리에 대한 정보는 기존 문헌에서 찾을 수 없었기에 본 연구에서는 상용 인체모델소프트웨어(ADAMS Lifemodeler™)를 활용한 운동학적 시뮬레이션을 수행하여

요구되는 좌판의 전진거리를 도출하였다. 720mm 높이의 책상모델과 좌판 9° 등판 25°가 동시에 기울어지는 싱크로나이즈 의자모델을 만들고 책상에 손을 얹고 착석한 인체모델(신장 170cm)을 적용하였다(Figure 2). 등판의 기울임 명령을 통해 invers kinematic tilting simulation을 수행한 결과 체중심(COM)은 108 mm 후퇴하고 손이 책상 면을 따라 약 81.7mm를 후퇴하는 것을 관찰하였다.

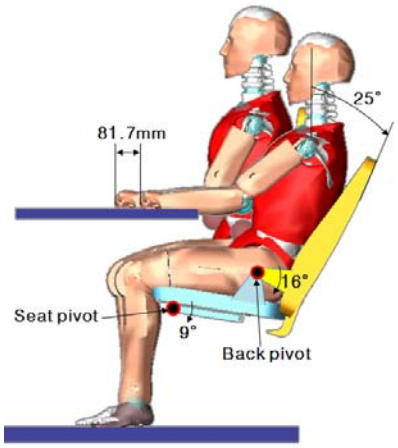


Figure 2. Backwards movement of hand position during back recline with normal synchronized chair

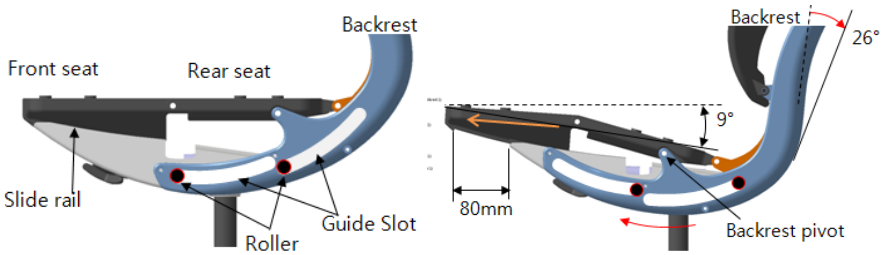


Figure. 3 Designed seat slide mechanism guided by pin in slot joints

Figure 3은 시뮬레이션 결과를 반영하여 설계된 좌판 슬라이드 메커니즘이다. 베이스에 장착된 롤러와 등판에 장착된 가이드 슬롯의 작용으로 등판과 좌판은 후방회전과 전진 움직임이 동시에 일어난다. 좌판의 전진거리는 80mm이며 기울임각은 약 9° 이다.

2.2.2 등판 굴곡메커니즘 설계

목지지대를 수직으로 유지하기 위해 전진형 슬라이드 좌판과 연동되어 상부 등판에서 2중 굴곡이 이루어지도록 하는 링크시스템을 설계하였다. 등판이 2곳에서 굴곡이 이루어지도록 하기 위해 상중하 3개로 등판을 분할하고 4절링크와 5절링크의 연동시스템을 이용하였다. 하부 굴곡부에서는 13°, 상부 굴곡부에서는 15°가 굴곡되도록 설계하였으며 좌판에 연동되어 동작하도록 연결링크(seat connecter)를 적용하였다(Figure 4). 목 받침이 장착된 최상부는 총 28°가 회전하여 등판의 각도에 관계없이 항상 수직을 유지하도록 하였다.

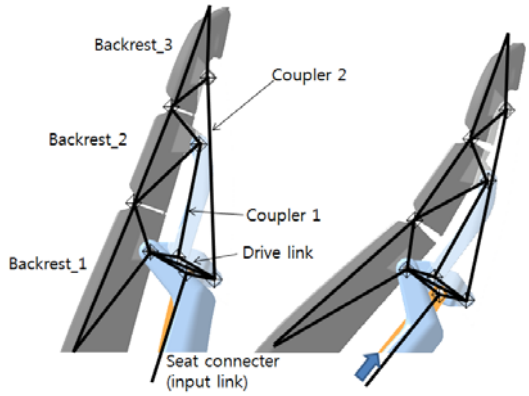

Figure 4. Coupled flexion mechanism of backrest

**2.3 Experiment Method**

2.3.1 설계안 검증 개요

좌판 슬라이드 메커니즘과 등판 굴곡메커니즘을 통합한 완성의자를 설계하고 시작품을 제작하였다. 설계에는 CATIA R18을 이용하였다. 설계된 의자의 핵심 기능은 등판 기울임 시 좌판이 전방으로 전진하고 등판이 굴곡하여 목을 수직으로 지지해 주는 것이다. 이에 따라 등판 기울임 시 착석자의 손이 작업영역을 벗어나지 않고 인체의 체질량중심(Center of Mass)의 후퇴가 작을 것이 예상된다. 이에 시작품을 이용한 착석실험을 통해 설계안을 평가하였다. 먼저 등판 기울임 시 인체동작분석을 수행하여 어깨, 손, 힙, 무릎 등 주요관절의 거동을 측정하였다. 특히 손목의 위치이동을 파악하여 틸트 시 손이 작업영역을 유지하는지를 분석하였다. 한편 힘판(force plate)을 활용하여 COG(Center of Gravity)의 위치이동을 분석하였다. COG는 착석자의 질량이 바닥에 가해지는 힘의 중심점으로서 Figure 1에서 볼 수 있듯이 COM(center of mass) 이동을 간접적으로 예측할 수 있는 지표이다.

2.3.2 실험환경

근골격계 질환이 없는 성인남성 5명을 대상으로 실험을 하였다. 피험자는 평균[표준편차] 키 174.6[4.1]cm, 평균[표준편차] 몸무게 77.2[5.4]kg의 특성을 보였다. 실험의자를 매립형 힘판(force plate)위에 위치시키고 높이 730mm의 책상을 의자 앞에 배치시켰다. 동작분석을 위해 인체와 의자의 측면에 반사마커를 부착하였다. 피험자에는 Head, shoulder, hand, pelvis, knee, ankle에, 의자에는 front seat, rear seat, upper back, lower back 에 그리고 추가적으로 앞뒤 지면에 하나씩 부착하여 총 12개의 마커를 부착하였다(Figure 6). 인체마커의 해부학적 부착위치는 Table 1과 같다. 삼차원 동작분석장비(OP-250-8, MotionAnalysis, US)를 이용하였으며, 8개의 카메라를 이용하여 60Hz의 샘플링속도로 동작을 측정하였다. 실험에 사용된 의자는 본 연구에서 제작된 시작품과 비교대상인 일반 의자 3종류이다(Figure 5). Chair A는 본 연구에서 개발된 의자이며 Chair B는 미국 H사의 제품이고, Chair C와 Chair D는 국내 S사의 제품이다. 각 의자의 등판 틸트각은 22˚, 21˚, 26˚, 24˚로 다소 차이를 보였지만 본 실험 결과에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단하여 실험을 진행하였다.

Figure 5. Experimental Chairs (Chair A is Prototype)

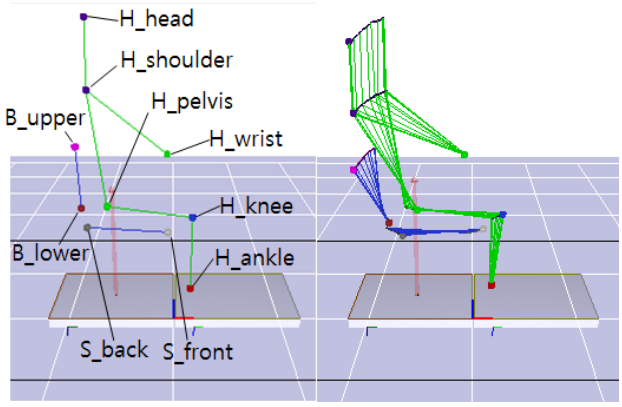

Figure 6. Captured recline motion

Table 1. Placement of body markers

| Marker name | Placement |
|---|---|
| H_head | Top of head |
| H_shoulder | Scapula Acromioclavicular |
| H_pelvis | Femur Greater trochanter |
| H_knee | Femur Lateral epicondyle |
| H_ankle | Fibula Lateral Malleolus |
| H_hand | Ulnar-Styloid Process |

2.3.3 실험방법

피험자는 실험의자에 앉아 개인이 선호하는 의자 높이로 조절하도록 하였다. 손을 책상에 올려놓는 자세를 취하고 손과 몸통과의 거리에 일관성을 유지하기 위해 손목을 책상 모서리에 위치하도록 하였다. 등을 기울이는 동작을 2회 반복하도록 하였다. 등판 기울임 동작에 대한 각 마커의 3차원 좌표데이터를 획득하였다. 등판 기울임 동작은 평면운동에 해당하기 때문에 시상면(sagittal plan)의 2D좌표 데이터만을

분석대상으로 하였다. 한편 Force plate에서 측정된 center of gravity(COG)의 이동거리도 분석하였다. COG는 틸트가 이루어짐에 따라 후퇴하는 것이 일반적이지만 본 연구에서 개발된 시작품은 틸트 시 좌판이 전진하기 때문에 COG의 후퇴는 상당 부분 보상될 것으로 예상된다. 수집된 결과는 PASW18을 이용하여 통계분석을 실시하였다.

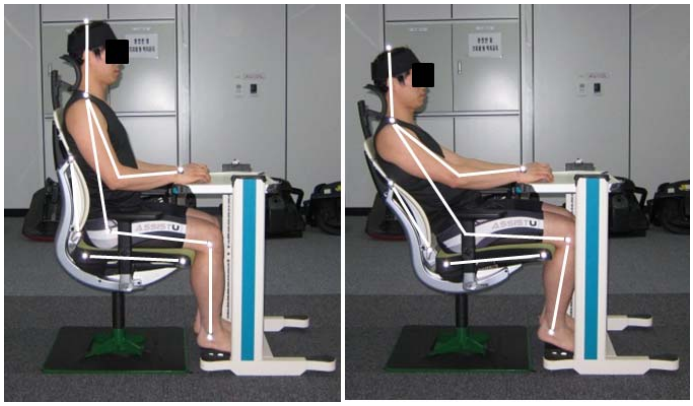

Figure 7. Experimental setup

**3. Results**

**3.1 Result of experiment**

Table 2는 동작실험 결과 틸트 시 각 마커의 이동거리와 COG의 후퇴거리를 보여주는 수치로서 5명 피험자들의 평균[표준편차]을 보여준다. 손의 이동량은 Chair A, Chair B, Chair C 그리고 Chair D에서 각각 13mm, 101.7mm, 156.1mm 그리고 139.3mm로 나타났다. Chair A에서 후퇴거리가 현저하게 작았으며 T-test를 실시한 결과 Figure 8에서 보는 바와 같이 통계적으로도 유의한 차이를 보였다($p<.001$).

한편 힘판에 가해지는 무게중심인 COG의 움직임도 Chair A, Chair B, Chair C 그리고 Chair D에서 10.8mm, 102.8mm, 128.9mm, 84.3mm를 보였다. 마찬가지로 Chair A에서 후퇴거리가 가장 작았으며 Figure 9에서 볼 수 있듯이 통계적으로도 유의한 차이가 확인되었다($p<.001$). 한편 head, Shoulder의 움직임 거리는 200mm이상 높은 수치가 나타나 Chair A의 움직임의 확연한 차이는 나타나지 않았다. Hip, Knee, 그리고 ankle의 움직임 거리는 오히려 Chair A에서 비교적 크게 나타났는데 이는 좌판이 전진하는 동작에 직접 영향을 받았기 때문이다.

Table 2. Movement of measured marker (unit: mm)

| | Chair A (prototype) | Chair B | Chair C | Chair D |
|---|---|---|---|---|
| Head | 239.0 [61.9] | 274.3 [57.4] | 484.0 [40] | 431.8 [44.9] |
| Shoulder | 196.6 [17.8] | 237.2 [28.5] | 372.6 [56.4] | 314.0 [23.6] |
| Hip | 65.5 [25.8] | 33.1 [6.2] | 74.9 [8.2] | 44.4 [3.4] |
| Knee | 66.0 [31.9] | 28.5 [7.3] | 53.2 [3.5] | 46.0 [7.9] |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ankle | 29.0 [13.5] | 16.3 [10.7] | 13.7 [3.7] | 10.8 [7.7] |
| hand | 13.0 [4.6] | 101.7 [16.9] | 156.1 [16.7] | 139.3 [18.2] |
| COG (Center of Gravity) | 10.8 [9.3] | 102.8 [41.6] | 128.9 [22.8] | 84.3 [14.4] |

3.2 고찰

좌판의 전진 기능이 있는 Chair A에서 틸트 시 손의 위치와 COG의 후퇴거리는 기존의 일반 의자인 Chair B, Chair C 그리고 Chair D에 비해 두드러지게 작았다. 이는 Chair A의 경우 틸트 시 좌판이 80mm 전진하기 때문에 기존의자에서 보이는 손과 COG의 후퇴가 대부분 만회된 것으로 이해할 수 있다. 그러나 Head와 Shoulder에서는 후퇴되는 동작이 크기 때문에 좌판전진으로 만회하기 어려운 수준이어서 239mm, 196mm의 후퇴가 각각 나타났다. 한편 Hip, Knee등의 이동거리는 Chair A에서 가장 많이 나타났는데 이는 좌판의 전진동작에 직접 영향을 받은 힙과 무릎이 함께 전진하였기 때문이다. 요컨데 본 연구에서 제안한 Chair A는 착석자가 등을 기울여도 손이 작업영역을 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

Peter(2009)는 착석 자세를 등판의 기울기 범위에 따라 분류하고 앞으로 숙인 자세는 Active한 자세로 글쓰기와 컴퓨팅에 적합한 자세로 규정한 반면 뒤로 기울인 자세는 Passive한 자세로 휴식과 TV시청 등에 적합한 자세로 정의 한 바 있다. Rani(2004)는 등을 기울이면 상체가 후퇴 및 하강하고 손과 COG의 후퇴거리가 커 작업자세를 유지하기 어렵게 된다고 지적한 바 있다. 즉 등을 기울인 자세는 손이 후퇴되어 (Rani, 2004)업무에 부적합한 자세이며 오히려 휴식에 적합한 자세(Peter, 2009)로 인식되어 왔다. 그러나 척추의 지속적인 움직임이 요추건강의 중요한 요소(Kieran et al., 2013)이기 때문에 본 연구에서는 업무 중 작업자세를 유지하면서 등을 기울일 수 있는 의자를 제안하여 반복적인 자세변화를 유도하고자 하였다. 즉 컴퓨터 업무를 지속하는 동안에 등을 기울일 수 있기 때문에 장시간 착석 업무 시 요추의 움직임을 촉진시킬 수 있을 것으로 기대하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 의자의 경우 틸트 시 COG의 후퇴가 작고 손이 작업영역을 벗어나지 않는다는 실험결과는 업무 중 반복적인 자세변화를 유도할 수 있다는 측면에서 의미 있게 해석된다.

그러나 사용자가 실제 업무 중 등판 각을 자주 변화시키며 건강한 착석행태를 보일지는 미지수이다. Kieran et al. (2013)은 자세변화를 촉진시키기 위한 동적착좌 의자에 대한 사례연구를 통해 동적착좌 의자가 일반 의자에 비해 자세변화를 의미 있게 촉진시키지 못한다는 사실을 발견하였다. 오히려 의자의 특성보다는 업무의 종류에 따라 자세변화의 빈도가 차이가 난다고 하였고, 착석자에 대한 인간공학적인 자세 훈련이나, 규칙적인 자세상태의 알림(notice)이 건강한 착좌에 도움이 된다고도 하였다(Ellegast et al., 2012). 따라서 의자 자체가 착석자의 자세변화를 허용하도록 설계되었다 하더라도 실제 사용자가 건강한 자세변화를 일으킬지 여부는 다양한 내외적 요소에도 영향을 받음을 알 수 있다.

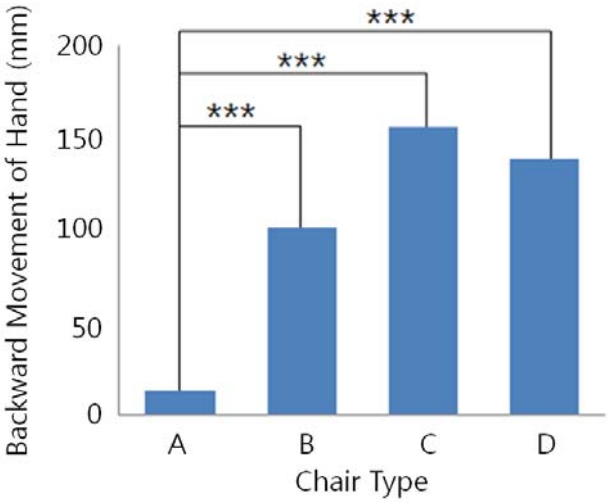

Figure 8. Comparisons of backward movement of hand marker(***p<.001)

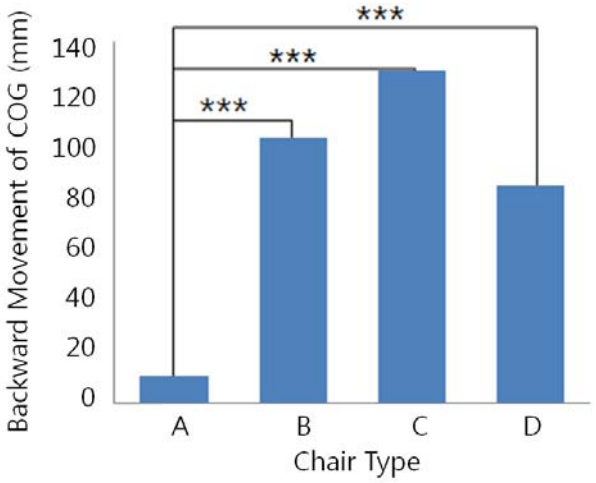

Figure 9. Comparisons of backward movement of COG(center of gravity)(***p<.001)

**4. Conclusion**

본 연구에서는 컴퓨터업무와 같이 장시간 착석업무를 수행할 때 착석자의 요추건강을 위해 반복적으로 등을 기울일 수 있는 의자를 제안하고 실험적으로 평가하였다. Upright와 recline 자세를 반복적으로 가변시키면서 동시에 손과 시선이 작업영역을 유지할 수 있도록 하기 위해 틸트 시 좌판이 약 80mm 전진되고 등판에서 굴곡이 이루어지는 슬라이드형 틸트체어를 개발하였다. 시작품을 제작하고 동작분석 실험을 통해 틸트 시에도 다른 의자보다 손의 위치가 작업영역을 벗어나지 않음을 확인하였다. 그러나 일회적인 가변동작뿐만 아니라 장시간 착석에 따른 사용자의 행태에 대해서는 검증이 이루어지지 않았다. 컴퓨터 업무 같은 집중이 요구되는 착석업무를 하는 동안 장시간 착석행태 관찰을 통해 반복적인 자세변화 빈도를 파악하고 사용자의 불편 여부를 확인하는 연구가 추가로 진행되어야 할 것이다. 최근 동적착좌에 (dynamic sitting)대한 관심이 증가하고 있다. 업무 중 다양하게 변화되는 착석자세를 적극적으로 지지하기 위한 자세

가변 형 의자가 출시되고 있다. 본 연구에서 개발된 좌판 슬라이드형 의자가 이러한 트렌드의 한 대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.


## Acknowledgements

This work was funded by Ministry of Trade, Industry and Energy


## References


Andersson B.J., Ortengren R., Nachemson A. and Elfström G., Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. I. Studies on an experimental chair, *Scand J Rehabil Med*, 6(3), 104-14, 1974.

Chung, K.R., Hyeong, J.H., Choi, C.H., Kim, S.Y. and Hong, G.S., The Effects of Different Backrest Pivot Positions on the Human Body During Reclining of the Office Chair, *KSME(A),* 34(2), 167-174, 2010.

Corlett, E.N., Are you sitting comfortably?, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24(1),7-12, 1999.

Dankaerts W., O'Sullivan P.B., Burnett A.F. and Straker L.M., Differences in sitting postures are associated with non-specific chronic low back pain disorders when sub-classified. *Spine,* 31(6), 698-704, 2006.

Ellegast R.P., Kraft K., Groenesteijn L., Krause F., Berger H. and Vink P., Comparison of four specific dynamic office chairs with a conventional office chair: Impact upon muscle activation, physical activity and posture, *Applied Ergonomics*, 43(2), 296-307, 2012.

Goroh Fujimaki and Reiko Mitsuya, Study of the seated posture for VDT work, *Displays*, 23, 17-24, 2002.

Grandjean E. and Hunting W., Ergonomics of posture-review of various problems of standing and sitting posture, *Applied Ergonomics*, 8(3), 135-140, 1997.

Groenesteijn L., Vink P., de Looze M. and Krause F., Effects of Differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks, *Applied Ergonomics*, 40(3), 362-370, 2009.

Huang H.C., Yeh C.H., Chen C.M., Lin Y.S. and Chung K.C., Sliding and pressure evaluation on conventional and V-shaped seats of reclining wheelchairs for stroke patients with flaccid hemiplegia: a crossover trial, *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 8(40), 2011. doi: 10.1186/1743-0003-8-40.

Kieran O'Sullivan, Peter O'Sullivan, Mary O'Keeffe and Leonard O'Sullivan, Wim Dankaerts, The effect of dynamic sitting on trunk muscle activation: A systematic review, *Applied Ergonomics*, 44(4), 628-635, 2013.

Lengsfeld M., Franka A., Deursenb D.L. and Grissa P., Lumbar Spine Curvature During Office Chair Sitting, *Medical Engineering & Physics*, 22( 9), 665-669, 2000.

Lin F., Parthasarathy S., Taylor S.J., Pucci D., Hendrix R.W. and Makhsous M., Effect of different sitting postures on lung capacity, expiratory flow, and lumbar lordosis, *Arch Phys Med Rehabil*, 87(4), 504-509, 2006.

Menéndez C.C., Amick B.C., Robertson M., Bazzani L., DeRango K., Rooney T. and Moore A., A replicated field intervention study evaluating the impact of a highly adjustable chair and office ergonomics training on visual symptoms, *Applied Ergonomics*, 43(4), 639-644, 2012.

Peter Opsvik, *Rethinking Sitting*, W.W. Norton & Company, 2009.

Rani Lueder, Ergonomics of seated movement a review of the scientific literature, *Ergonomics review of Humanics Ergosystems, Inc*, 2004.

Reenalda J., van Geffen P., Snoek G., Jannink M., Ijzerman M. and Rietman H., Effects of dynamic sitting interventions on tissue oxygenation in individuals with spinal cord disorders, *Spinal Cord*, 48(4), 336–341, 2010.

Schultz A., Andersson G., Ortengren R., Haderspeck K. and Nachemson A., Loads on the lumbar spine. Validation of a biomechanical analysis by measurements of intradiscal pressures and myoelectric signals, *J Bone Joint Surg Am,* 64(5), 713-720, 1982.

Vergara, M. and Page, A., Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture. *Appl. Ergon*. 33(1), 1-8, 2002.

Vos G.A., Congleton J.J., Moore J.S., Amendola A.A. and Ringer L., Postural versus chair design impacts upon interface pressure, *Applied Ergonomics*, 37(5), 619-628, 2006.