

<학술논문>

DOI:10.3795/KSME-A.2010.34.2.167

사무용 의자에서 등판의 회전축 위치가 틸트시 인체에 미치는 영향

정경렬* · 형준호* · 최준호* · 김사엽* · 홍규석*

* 한국생산기술연구원

The Effects of Different Backrest Pivot Positions on the Human Body During Reclining of the Office Chair

Kyung-Ryul Chung*, Joon-Ho Hyeong*, Chun-Ho Choi*, Sa-Yup Kim* and Gyu-Seog Hong*

* Korea Institute of Industrial Technology

(Received September 14, 2009 ; Revised November 30, 2009 ; Accepted December 1, 2009)

Key Words: Tilt Mechanism(틸트 메커니즘), Backrest Pivot(등판 회전중심), Hip Joint(고관절), Lumbar Support(요추지지)

초록: 본 논문에서는 사무용 의자의 틸트 동작시 요추지지 기능과 등의 미끄럼을 평가함으로써 등판 회전중심의 최적 위치를 연구하였다. 이를 위해 인체와 의자로 이루어진 수학적 모델을 이용하여 틸트 동작 시뮬레이션을 수행하였다. 착석된 인체 모델의 측면 상에서 고관절 중심을 포함한 42개의 위치에 등판 회전축 위치를 설정하고 각각 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 등판의 회전중심이 고관절에 위치한 의자 시제품과 좌판하부에 위치한 기존의 의자에 대해 동작분석 실험도 함께 수행하였다. 시뮬레이션 결과 등판의 회전중심이 고관절 중심에 가까이 위치할수록 틸트시 요추각도 변화량과 등의 미끄럼거리는 작아졌다. 한편 실험결과 착석자의 등과 등판사이의 이격변위와 미끄럼변위는 등판의 회전중심이 고관절 위치에 설계된 시제품에서 더 작게 측정되었다. 시뮬레이션과 실험결과로부터 등판의 회전중심이 인체의 고관절 위치에 가깝게 설계되면 틸트시 착석자의 요추를 효과적으로 지지해 줄 수 있음을 알 수 있었고 이때 착석자는 보다 편안하고 건강한 착석자세를 유지할 수 있다. 이 결과는 사무용 의자에서 등판 회전축 위치의 인간공학적 설계를 위한 가이드라인을 제공한다.

Abstract: In this study, the optimal position for the backrest pivot of an office chair was investigated by evaluating its performance in terms of the lumbar support and sliding distance of the back from the backrest during tilting motions. The simulation was performed using a mathematical model, which included a human body and a chair. Forty-two backrest pivot points were selected on the sagittal plane around the hip joint of a sitting model. A motion analysis study was also performed using a prototype of an office chair (A-type) with a backrest pivot located on the hip joint of a normal Korean model and a typical office chair (B-type) with its pivot located under the seat. The simulation results showed that both the lordosis angle and the slide distance of the back were minimized when the backrest pivot was positioned close to the hip joint. The experimental results showed that the slide distance and gap between the sitter's lumbar and the backrest was smaller with the A-type than the B-type. Based on the simulation and experimental results, it can be concluded that the backrest can support the sitter's lumbar area more effectively as the pivot position for reclining approaches closer to the hip joint. In this position, the sitter can maintain a comfortable and healthy sitting posture. This paper presents the methods and guidelines for designing an office chair with ergonomic considerations.

- 기호설명 -

θ : 요추각도

A-type : 등판의 회전축이 고관절에 위치한 의자

B-type : A-type에 비교를 위한 기존 의자

b1~b3 : 인체에 부착한 반사마커 번호

c1~c3 : 의자에 부착한 반사마커 번호

1. 서론

사무직 증가와 컴퓨터 사용으로 인해 의자의 이용이 점점 늘고 있다. 그러나 허리를 구부정하

† Corresponding Author, chungkr@kitech.re.kr

게 앉는 잘못된 자세 습관으로 인해 허리의 통증을 호소하는 사람이 점점 늘고 있다.^(1,2) Adams 등의 연구에 따르면 구부정하게 앉은 자세는 골반의 후방 기울어짐과 요추후만(lumbar kyphosis)을 유발하고 디스크의 압력 상승과 디스크 탈출을 야기한다.⁽¹⁾ 결국 탈출된 디스크는 척추신경을 압박하여 통증을 유발한다. 따라서 건강한 착석 자세를 위해 의자에서 요추지지 기능이 중요시 되고 있다.

요추지지기능과 함께 등판을 기울이는 기능의 중요성도 강조되고 있다. 등을 등판에 기대 채 후방으로 기울이면 상체의 하중은 등판에 전가되어 요추디스크 압력이 작아지고 엉덩이의 좌골결절에 집중된 체압이 감소되는 효과를 보인다.^(3,4) 따라서 사무용 의자에서 등판을 기울이는 역할을 하는 틸트 메커니즘(tilt mechanism)은 편안함을 위한 필수 구성요소가 되고 있다.

한편 등판이 기울어지는 동안 좌판도 일정 비율로 연동되어 동시에 기울어지는 특성을 싱크로나이즈 틸트(synchronized tilt)라고 한다.⁽⁵⁾ 의자에 장시간 앉아 있는 경우 대퇴부가 전방으로 미끄러지는 경향이 있는데 좌판이 후방으로 일정각도만큼 기울어짐으로써 미끄러움을 방지할 수 있다.⁽⁶⁾ 싱크로나이즈 틸트는 요추지지에도 효과적이다. Lengsfeld 등은 실험을 통해 등판만 기울어지는 경우보다 좌판도 함께 기울어지는 싱크로나이즈 틸트의 경우에 틸트시 요추전만이 유지된다고 보고하였다.⁽⁷⁾ 이처럼 싱크로나이즈 틸트는 가장 진보된 형태의 틸트 메커니즘이라 할 수 있으며 현재 출시되고 있는 대다수의 사무용 의자에 적용되고 있다.

그러나 싱크로나이즈 틸트가 적용되었다 하더라도 등판을 기울이는 틸트 동작시 문제점이 보고되고 있다. 즉, 바르게 앉은 자세에서는 등과 등판이 밀착되어 요추가 지지되나 등을 기울임에 따라 허리와 요추지지대 사이에 이격(distance)이 발생하고 등과 등판 사이에 미끄럼(sliding)이 일어난다.⁽⁸⁾ 이 같은 이유는 등판의 회전축(backrest pivot)과 인체의 회전축이 불일치하기 때문이다.⁽⁹⁾ 권진욱 등⁽¹⁰⁾은 환자용 침대에서 등판 회전축이 인체의 고관절 위치에 설계되면 등을 일으켜 세울 때 등과 매트리스 사이의 미끄럼이 감소한다고 하였다. 즉, 등판의 회전축이 인체의 고관절과 일치하면 틸트시 등과 등판사이의 미끄럼이 최소

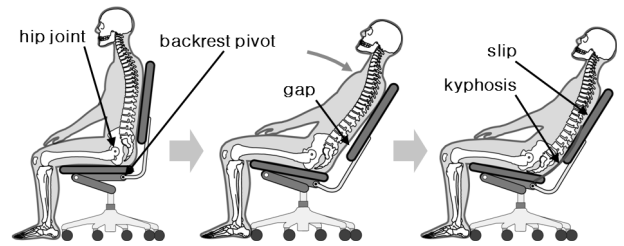


Fig. 1 The disagree between the back and the backrest when tilt motion

화됨을 알 수 있다. Fig. 1은 등판의 회전축(backrest pivot)이 고관절(hip joint)에 일치하지 않아 발생하는 등과 등판 사이의 이격(gap)현상을 나타내고 그에 따라 발생하는 요추후만(kyphosis)과 등의 미끄럼(slip)을 보여준다. 이는 등판의 회전축 위치가 등을 기울이는 틸트 동작시 인체에 미치는 영향과 관련이 있음을 의미한다.

따라서 본 연구에서는 사무용 의자에 있어서 등판의 회전축 위치가 틸트시 등의 미끄럼과 요추지지에 미치는 영향을 시뮬레이션과 동작분석 실험을 통해 알아보았다.

2. 실험 방법

2.1 실험 개요

등판의 회전축 위치가 요추지지 및 등의 미끄럼에 미치는 영향을 평가하기 위해 인체모델을 이용한 틸트 시뮬레이션과 동작분석 실험을 수행하였다. 첫째 인체모델 시뮬레이션에서는 의자모델과 의자에 착석된 인체모델을 구성하고 틸트 시뮬레이션을 수행하였다. 이 때 의자의 등판 회전축 위치를 다양하게 설정하여 각각의 경우 등의 미끄럼변위와 요추각도 변화를 분석하였다. 둘째 동작분석 실험에서는 등판의 회전축이 각각 고관절과 좌판 하부에 위치하는 두 개의 실험 의자에 대해 틸트시 등의 미끄럼 변위와 허리와 요추지지대 사이의 이격변위를 비교 분석하였다.

2.2 인체모델 시뮬레이션 방법

의자에 착석된 인체모델의 시상면(sagittal plan) 상에서 등판의 회전축 위치를 다양하게 설정하여 시뮬레이션 하였다. Fig. 2와 같이 고관절(hip joint)을 원점으로 하는 XY 좌표평면을 설정하고 X축 상에서는 -80mm에서 120mm까지 40mm간격으로 6곳을 지정하였고, Y축 상에서는 -160mm에

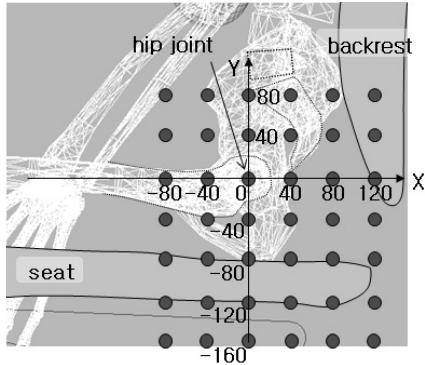


Fig. 2 Setting of backrest pivot location

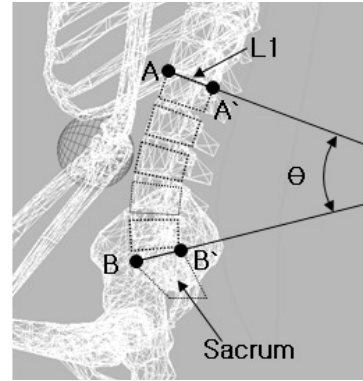


Fig. 4 Definition of lumbar angle

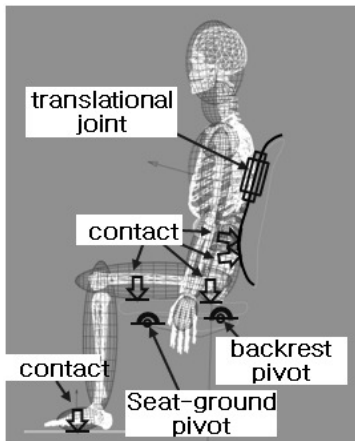


Fig. 3 Simulation condition

서 80mm까지 40mm간격으로 7곳을 지정하였다. 이렇게 XY의 조합으로 이루어지는 총 42 곳에 등판 회전축 위치를 설정하였다. 즉, 등을 기울일 때 등판의 회전축 위치가 변화함에 따라 인체의 요추곡률과 등의 미끄럼 변위는 달라질 것으로 예상된다.

시뮬레이션에는 상용 소프트웨어인 ADAMS LifeMOD™가 이용되었다. 먼저 성인 남성의 인체모델(키:172cm; 몸무게:69kg)을 구속조건을 부여하여 의자에 착석시켰다. Fig. 3처럼 대퇴부는 좌판에, 허리는 등판에, 골반은 좌판과 등판에 그리고 발바닥은 지면에 각각 접촉(contact)이 이루어지도록 구속하였다. 이 때 엉덩이와 대퇴의 접촉조건에는 마찰계수를 적용하여 몸이 전방으로 미끄러져 내려가지 않도록 하였다. 등은 등판 면을 따라 상하로 미끄럼 운동만 일어나기 때문에 미끄럼 조인트(translational joint)를 적용하였다. 중력 가속도를 부여하고 의자의 등판이 1°/sec의 각속도로 사무용 의자의 평균적인 기울기 각도인 24° 까지 기울어지도록 시뮬레이션 하였다. 착석

자가 등을 기댄 상태에서 편안하게 앉아있는 상황을 가정하기 위해 인체모델은 중력에 의해 등판에 기대어 함께 기울어지도록 하였다. 등판의 회전축 위치에 따라 틸트시 요추지지 정도를 평가하기 위해 인체모델의 요추각도 θ 를 측정하였다.

θ 는 Fig. 4에서 보는 것처럼 요추(lumbar) 1번과 천골(sacrum)사이의 각도로서 허리의 굴곡정도를 나타낼 때 사용한다.⁽¹⁾ 기립자세에서 요추형상을 정상적인 요추전만이라 하며 이때 요추각도는 60° 내외이다.⁽¹⁾ 틸트시 θ 가 작아진다는 것은 요추의 굴곡이 작아져 편평해지는 것을 의미한다. 이 같은 이유는 요추가 전만상태에서 편평해질 때 뒤에서 지지해주는 기능이 없기 때문이다. 반대로 θ 가 유지되거나 증가하면 요추지지대가 요추를 꾸준히 밀어주기 때문으로 요추지지가 잘 이루어지고 있음을 의미한다. 틸트시 등의 미끄럼을 평가하기 위해 미끄럼 조인트의 이격 변위를 분석하였다.

3.1 동작분석 실험방법

인체모델을 이용한 틸트 시뮬레이션에 이어 실제 사무용 의자를 이용하여 동작분석 실험을 수행하였다. 실험을 위해 등판의 회전축 위치가 다르게 설정된 2가지 실험모델을 준비하였다.

첫 번째 모델인 A-type의 경우 등판의 회전축이 좌면보다 상부인 착석자의 고관절 위치에 일치하도록 본 실험을 위해 설계된 의자이다.

두 번째 모델인 B-type은 S사의 제품으로서 등판의 회전축이 고관절 하부 160mm지점, 고관절 후방 40mm지점에 위치한다. 현재의 일반적인 의자의 경우 등판의 회전축은 좌판 하부에 위치하여 B-type과 유사하다.

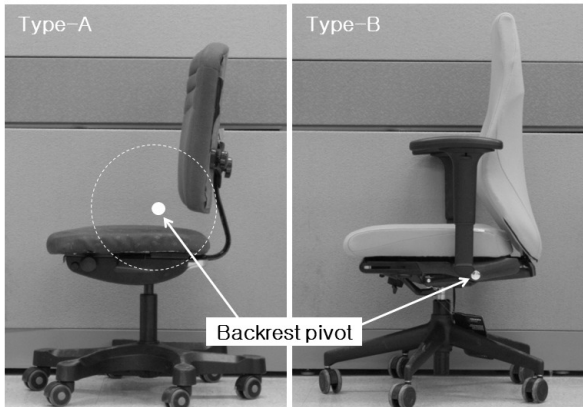


Fig. 5 Experimental chair model

피험자는 건강한 성인남자 9명(평균나이, 24±2[SD]세; 평균키, 172±5cm; 평균몸무게, 69±8kg)이며 실험에는 3차원 동작분석시스템(Vicon 3D motion analysis system)이 사용되었다.

동작분석 실험은 상체와 등판의 측면에 반사마커를 부착하고 틸트시 인체와 등판의 마커들의 위상변화를 측정하여 등의 미끄럼 변위와 허리와 등판사이의 간격변화를 도출하였다.

실험 전에 반사마커를 인체와 의자에 걸쳐 총 6개를 부착하였다. 상체 측면의 어깨, 흉골, 허리에 3개(b1~b3)를 각각 부착하였고 이에 대응하는 마커로서 의자 등판의 측면의 상중하 높이에 3개(c1~c3)를 부착하였다. 피험자는 실험 의자에 바르게 앉아 측정이 시작되면 최초 3초 동안 바른 자세를 유지한 후 서서히 자력으로 등을 최대로 기울이고 3초간 유지한다. 이때 등에 힘을 가하고 있기 때문에 허리가 등판에서 떨어지더라도 중력에 의해 처지지 않고 이격상태를 유지한다. 같은 방법으로 5회 반복실험 하였다.

Fig. 6에서 인체(b1~b3)와 등판(c1~c3)에 부착된 마커는 글로벌 좌표 상에서 틸트 전후 그 위치가 변하게 된다. 따라서 틸트 전후 상체 마커의 상대적 위치 변화량을 계산하였다. 먼저 등판은 강체(rigid body)이기 때문에 등판에 부착된 3개의 마커(c1~c3)는 틸트 후에도 상대적 위치관계를 유지한다. 따라서 틸트 전의 등판 마커를 틸트 후의 위치에 일치하도록 좌표이동을 하였다(c1=c1', c2=c2', c3=c3') 동시에 c3를 원점으로 하고 X축이 c1을 지나도록 좌표를 변환하여 인체 마커의 틸트 전과 틸트 후의 좌표를 통일하였다. Fig. 7에서 b2 마커의 X축 방향 이동은 틸트시 등이 등판에 대해 미끄러진 거리를 의미하고 b3마커의

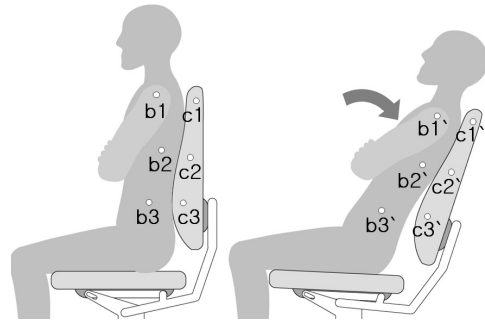


Fig. 6 Marker movement before and after tilt

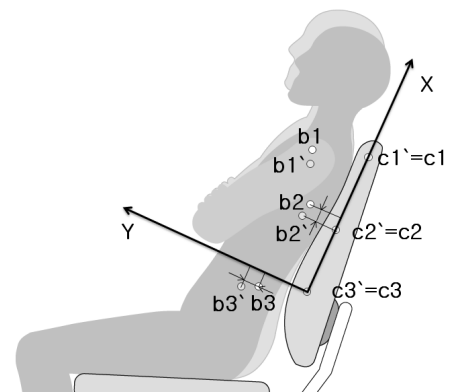


Fig. 7 Coordinates conversion between before and after tilt

Y축 양의 방향 이동은 요추와 요추지지대 사이의 거리 증가를 나타낸다. 틸트시 착석자는 체간근육을 긴장한 채 등을 후방으로 기울인다. 이때 요추와 요추지지대 사이에 이격이 발생되면 체간근육을 이완시켰을 때 요추가 후방으로 쳐지기 때문에 요추를 지지해 주지 못하게 된다. 한편 b2마커의 Y축 방향 이동은 등이 기울어짐에 따라 등판에 가해지는 하중이 점점 증가하여 쿠션을 압축하여 발생하는 움직임이므로 분석에서 제외되었다. 결과적으로 b2의 x축 방향 이동변위와 b3의 y축 방향 이동변위 두 가지 관점에서 결과를 분석하였다.

3. 실험 결과

3.1 시뮬레이션 결과

틸트 전에 측정된 요추각 θ 는 31.4°이었다. Table 1은 틸트시 등판의 회전축 위치에 따라 θ 의 변화량을 나타낸다. 등판의 회전축 위치가 원점일 때 요추각도의 변화량은 -1.11°에 불과하였지만 Y축 좌표 값이 작아질수록 요추각도 감소

Table 1 Result of the lumbar angle variation according to the location of backrest pivot

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	-80	-40	0	40	80	120
80	14.48	14.69	14.46	12.69	12.44	12.41
40	1.99	3.25	4.62	5.5	6.06	6.18
0	-4.28	-2.54	-1.11	-0.06	0.43	0.34
-40	-9.34	-7.69	-6.36	-5.67	-5.38	-5.61
-80	-14.37	-12.98	-11.95	-11.41	-11.5	-11.94
-120	-19.752	-18.47	-17.85	-17.7	-17.91	-18.59
-160	-25.461	-24.61	-24.276	-24.34	-24.87	-25.67

Table 2 Result of the slide distance of the back according to the location of backrest pivot

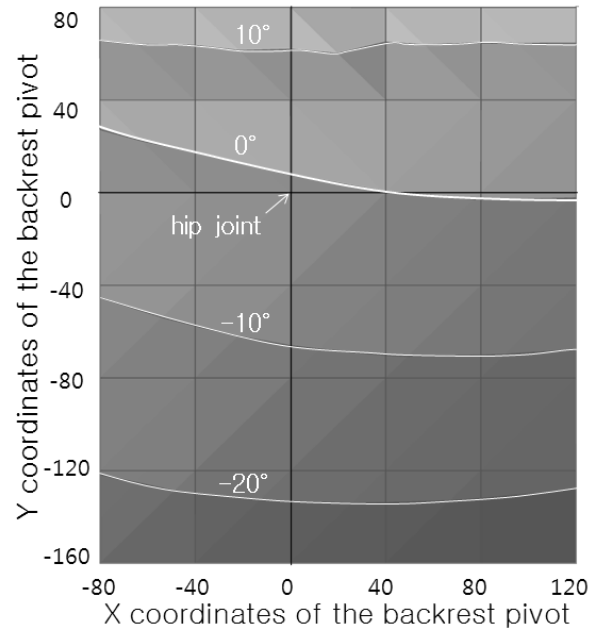
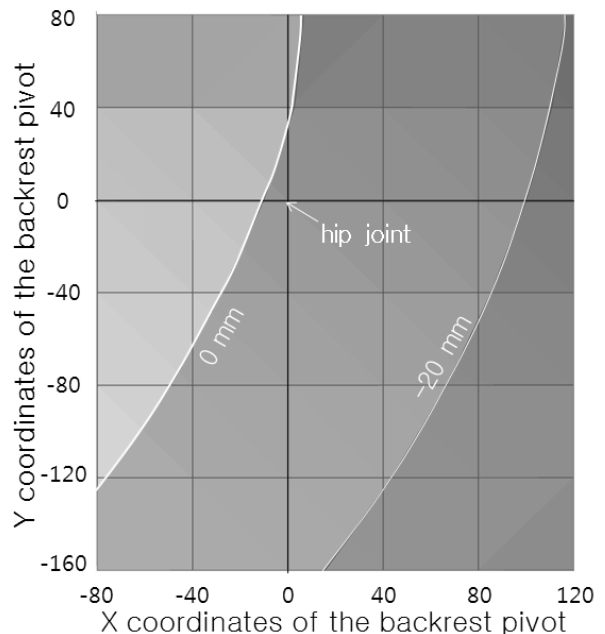
$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	-80	-40	0	40	80	120
80	15.67	8.35	1.13	-5.75	-13.11	-20.58
40	15.18	7.85	0.48	-6.88	-14.31	-21.71
0	12.48	5.31	-1.82	-9.09	-16.36	-23.63
-40	9.08	2.12	-4.82	-11.91	-19.03	-26.19
-80	5.18	-1.56	-8.37	-15.32	-22.34	-29.41
-120	0.57	-5.77	-12.53	-19.38	-26.31	-33.35
-160	-4.21	-10.69	-17.36	-24.14	-31.06	-38.8

량은 커진다. Fig. 8은 Table 1을 등고선형태로 표현한 그림이다. 요추각도의 변화량은 등판 회전축의 Y좌표 값에 크게 영향을 받아 Y값이 증가할수록 요추각도의 감소량은 작아져 고관절 위치보다 증가하면 오히려 요추각도가 증가한다. 그러나 X축 값의 변화는 요추각도의 변화량에 크게 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

Table 2는 등판의 회전축 좌표에 따라 미끄럼 조인트의 이격변위를 보여준다. 등판의 회전축이 원점에 위치할 때는 미끄럼 조인트의 이격변위가 -1.82mm에 불과하여 미끄럼이 작게 나타났다. 하지만 X축 좌표가 증가하고, Y축 좌표가 감소할수록 미끄럼 변위는 '-'방향으로 증가한다. 반면에 등판 회전축의 X축 좌표는 감소하고 Y축 좌표는 증가하면 즉, 고관절 위치보다 좌측 상부에 위치하면 등의 미끄럼은 '+'값으로 변하여 오히려 상향으로 미끄럼이 발생하였다.

3.2 동작분석 실험 결과

Table 3은 틸트시 b2 마커의 X방향 이동거리와

**Fig. 8** Contour of the lumbar angle variation**Fig. 9** Contour of the slide distance of the back

b3 마커의 Y방향 이동거리 결과를 나타낸다. b2 마커의 X방향이동을 보면 A-type의 경우 평균 2.39mm로서 상향으로 약한 미끄럼이 발생하였다. 그러나 B-type은 -27.51mm로 하향으로 미끄럼이 크게 나타났다. 틸트시 b3 마커의 Y축 방향 이동 변위를 보면 A-type의 경우 -1.02mm로 허리와 등판사이의 거리 변화가 미미하게 가까워지는 결과를 보였으나 B-type의 경우 17.38mm로 더 멀어졌다. 즉 요추와 등판의 사이 간격이 떨어진 결

Table 3 Result of the back slide distance and the waist movement away from the backrest

subject	X-direction movement of the b2 marker(mm)		Y-direction movement of the b3 marker(mm)	
	A-type	B-type	A-type	B-type
sub.1	4.1	-19.0	0.7	21.8
sub.2	0.2	-39.4	13.7	8.7
sub.3	3.1	-33.4	-8.9	2.3
sub.4	3.8	-24.3	4.4	19.8
sub.5	-1.9	-32.6	-8.6	9.2
sub.6	-4	-24.6	-3.4	36
sub.7	9.5	-20.6	-1.9	41
sub.8	0.7	-21.7	-3.2	11.6
sub.9	6.0	-32.0	-2	6.0
mean (SD)	2.39 (4.12)	-27.51 (7.03)	-1.02 (6.90)	17.38 (13.52)

과는 요추의 지지가 이루어지지 않고 있다는 것을 의미한다.

4. 고찰

4.1 등판 회전축이 요추지지에 미치는 영향

의자에서 등을 기울일 때 요추각도는 변화가 없거나 증가하는 것이 요추지지 측면에서 적합하다. 따라서 Fig. 10에서 등판의 회전축 위치는 요추각도 변화량이 0°를 나타내는 연결선부터 그 상부 영역에 위치할 때 요추지지가 잘 이루어진다고 할 수 있다. 다만, 등판 회전축을 과도하게 상부에 위치하면 지나친 요추전만으로 변할 수 있어 오히려 불편을 초래할 수 있다.⁽¹¹⁾ 때문에 적절한 요추각도 한계범위에 대해서는 연구가 보다 이루어져야 할 사항이다.

Fig. 10에서 A-type의 등판 회전축 위치는 B-type에 비해 요추각도 변화량이 0°에 가깝기 때문에 틸트시 요추지지가 더욱 잘 이루어질 것으로 예상할 수 있다. 실제로 동작분석 실험에서 등판의 회전축이 고관절에 위치하는 A-type의 경우 요추와 등판 사이의 간격이 1.02mm만큼 가까워진 것으로 나타났다. 이는 등판 쿠션의 압축에 의한 결과로 요추의 지지가 유지되었음을 의미한다. 하지만 등판의 회전축이 X축으로 40mm 지점, Y축으로 -160mm 지점에 위치하는 B-type의 경우 요추와 등판사이의 간격이 17.38mm 멀어졌다. 이는 요추지지의 정도가 그만큼 약화되었음을 의미하여 시뮬레이션과 유사한 결과를 나타낸다.

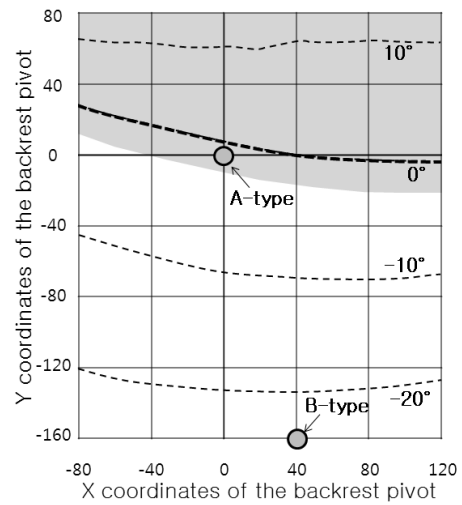


Fig. 10 Comparison of lumbar angle variation between two types of experimental chair

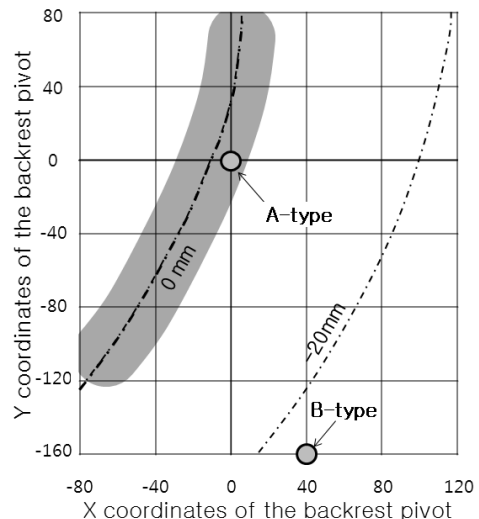


Fig. 11 Comparison of Slide distance between two types of experimental chair

4.2 등판 회전축이 등의 미끄럼에 미치는 영향

Bush⁽¹²⁾ 등은 의자의 각도 변화가 앉은 자세에 미치는 영향을 분석하기 위하여 마커를 이용한 성능평가 지표를 도입하였다. 성능평가지표는 등판과 사용자의 등에 부착된 반사마커들에 의해 얻어진 각각의 움직임 변위 사이의 상관계수로 정의되었으며, 이 지표가 높을수록 틸트 동작 과정에서 의자의 올바른 자세 제시 및 유지 기능이 보다 적절히 구현된 의자로 평가된다. 본 연구에서도 등의 미끄럼은 상향 또는 하향에 관계없이 작으면 작을수록 등과 등판의 상대적 움직임이 작은 것으로 판단할 수 있다. 즉 Fig. 11에서 등

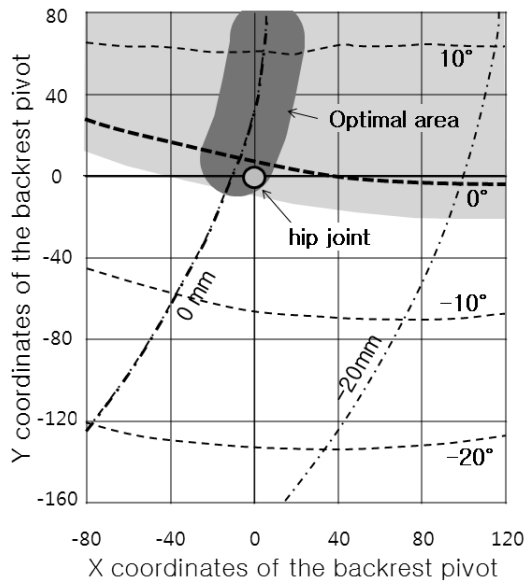


Fig. 12 Conclusion of the optimal location of the backrest pivot

판의 회전축 위치가 미끄럼 변위 0mm에 가까이 설계 될수록 적합하다는 것을 의미한다.

실제로 동작분석 실험에서 2.39mm의 미끄럼을 보인 A-type은 -27.51mm의 미끄럼을 보인 B-type보다 더욱 적합하다고 평가할 수 있다. 이 같이 등판 회전축이 고관절 위치에 설계된 경우 등과 등판 사이의 미끄럼이 작게 측정된 결과는 기존 연구에⁹⁾ 부합하며 이는 의복의 마찰발생을 줄여 더욱 편안한 틸트 동작을 제공한다.

그러나 실험에서의 미끄럼 거리는 시뮬레이션 결과와 작은 차이를 보였다. Fig. 11에서 등판 회전축이 원점에 설정되었을 때 시뮬레이션에서 등의 미끄럼은 -1.82mm이었으나 실험 결과인 2.39mm 비교하면 4.21mm의 차이를 보인다. 또한 B-type의 경우도 시뮬레이션에서 X좌표 40, Y좌표 -160일 때 보이는 등의 미끄럼거리 -24.14mm를 실험결과 -27.51mm과 비교하면 3.37mm의 차이를 보인다. 이 같은 시뮬레이션과 동작분석 실험 결과의 차이는 피험자의 특성과 등판 쿠션의 영향이 반영된 것으로 사료된다. 그러나 고관절 주위에서 미끄럼이 0mm에 가까워진다는 점에서 전체적인 경향은 유사함을 알 수 있다.

4.3 등판의 회전축의 위치 설계를 위한 제한

편안한 의자를 위한 등판 회전축의 위치 설계는 요추지지 기능과 등의 미끄럼 변위를 동시에 고려할 수 있다. 즉, 틸트시 요추각도 변화는 0°

를 나타내는 연결선 위쪽 영역과 등의 미끄럼 거리도 0mm를 보이는 연결선의 교차영역이 등판의 회전축 설계를 위한 최적의 위치이다. Fig. 12에서 볼 수 있듯이 시뮬레이션 결과 도출할 수 있는 등판 회전축의 최적 영역(optimal area)은 수직으로 길게 나타나 있다.

한편 틸트 메커니즘의 설계시 등판의 회전축인 회전조인트(pin joint)를 등판보다 전방에, 좌판보다 상방에 위치하도록 설계하면 조인트가 좌판과 등판으로부터 돌출될 수밖에 없다. 이는 조인트 구조가 역학적으로 불안정해 질수 있음을 의미한다. 그럼에도 불구하고 등판 회전축 위치를 최적 영역(optimal area)에 설계하면 요추가 꾸준히 지지되고 미끄럼이 거의 발생하지 않아 틸트 동작시 편안함을 제공한다. 그리고 고관절 위치는 이 영역에 포함되어 사무용 의자 설계 시 등판 회전축의 적합한 위치라 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 사무용 의자의 설계요소 중 하나인 좌판에 대한 등판의 회전축 위치가 틸트 동작시 인체에 미치는 영향을 요추지지와 등의 미끄럼 측면에서 평가하였다. 먼저 인체모델 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 등판의 회전축 위치를 착석자세의 측면 방향에서 X축 방향으로 6단계, Y축 방향으로 7단계의 조합으로 이루어지는 42개 위치에 설정하고 각각 틸트 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 분석은 요추각도의 변화량과 등의 미끄럼 변위를 측정하였다. 한편 등판의 회전중심이 고관절과 좌판 하부에 위치하는 2개의 사무용 의자를 이용하여 동작분석 실험을 수행하였다. 인체와 등판의 측면에 각각 3개씩의 마커를 부착하고 틸트 전후의 마커들 간의 상대적 움직임을 계산하여 등의 미끄럼과 요추와 등판사이의 간격변화를 측정하였다.

시뮬레이션 결과 요추각도 변화량이 0° 이상을 보여 요추지지가 잘 이루어진 영역과 등의 미끄럼 거리가 0mm를 나타내는 연결선을 좌표 상에 나타낼 수 있었다. 따라서 이들 두 교차영역이 등판의 회전축 설계에 가장 적합한 위치로 평가될 수 있다. 그리고 고관절 위치는 이 교차영역에 근접하게 위치한 것으로 나타났다.

동작분석 실험에서도 같은 결과를 확인할 수 있었다. 즉, 등판의 회전축이 좌판 하부에 위치한

경우는 등을 기울일 때 등의 미끄럼이 크게 나타났고 요추와 등판사이의 거리가 증가하여 요추지지 기능이 저하되었지만 등판의 회전축이 고관절에 위치한 경우는 등을 기울일 때 등의 미끄럼이 작고 요추와 등판사이의 거리증가도 나타나지 않아 요추가 지속적으로 지지되는 것을 알 수 있었다.

시뮬레이션과 실험 결과를 종합해 볼 때 사무용 의자 설계에 있어서 등판의 회전축 위치를 인체의 고관절 위치에 부합되게 설계하면 틸트시 요추지지가 잘 되고 등의 미끄럼이 없어 편안함을 제공할 수 있다.

참고문헌

- (1) Adams, M.A. and Hutton, W.C. 1985, "The Effect of Posture on the Lumbar Spine," *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 67-B, No. 4, pp. 625~629.
- (2) Antonius, R., Ulrike, A., Friedmar, G. and Georg, B., 2001, "Loads on an Internal Spinal Fixation Device During Sitting," *Journal of Biomechanics*, Vol. 34, No. 8, pp. 989~993.
- (3) Gordon, A. V., Jerome, J. C., Steven, M., Alfred, A. A. and Larry R., 2006, "Postural Versus Chair Design Impacts Upon Interface Pressure," *Applied Ergonomics*, Vol. 37, pp. 619~628.
- (4) Scott, H. and Karen W., 2008, "Impact of Seating Posture on User Comfort and Typing Performance for People with Chronic Low Back Pain," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 38, No. 1, pp. 35~46.
- (5) Sae Hwan Lee, 2004, "A Case Study of Office Chair for New Technology," *Korea furniture Society*, Vol. 15, No. 1, pp. 41~52.
- (6) Na, S., Lim, S. and Chung, M. K., 2003, "Quantitative Evaluation of Driver's Postural Change and Lumbar Support Using Dynamic Body Pressure Distribution," *Journal of the Ergonomics society of Korea*, Vol. 22, No. 3, pp. 57~73.
- (7) Lengsfeld., M., Franka, A., Deursenb, D. L. and Grissa, P., 2000, "Lumbar Spine Curvature During Office Chair Sitting," *Medical Engineering & Physics*, Vol. 22, No. 9, pp. 665~669.
- (8) Soo Chan Park, Young-Shin Lee and Dong Jin Kim, 2000, "Development of Office Chair for Lumbar Support," *Proceedings of the KSME*, Vol. 2, No. 1, pp. 376~380.
- (9) Andersson, G. B., Murphy, R. W., Ortengren, R. and Nachemson, A.L., 1979, *Spine*, "The Influence of Backrest Inclination and Lumbar Support on Lumbar Lordosis," Vol. 4, No. 1, pp. 52~58.
- (10) Shim, J. K., Shim, C. S. and Kwon, J. W., 2003, "Kinematic Synthesis of a Medical Bed for Decubitus Ulcer Patients," *Proceedings of the ASME*, Vol. 55, No. 1, pp. 159~160.
- (11) James, W. Y., Tom, R. G., Kathleen, S. E. Terry, M. T., 2000, "Lumbar Lordosis and Pelvic Inclination in Adults with Chronic Low Back Pain," *Physical Therapy*, Vol. 80, No. 3, pp. 261~275.
- (12) Bush, T. R., Hubbard, R. H. and Reinecke, S., 1999, "An Evaluation of Postural Motions, Chair Motions, and Contact in Four Office Seats," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43rd Annual Meeting, pp. 589~593.