

The EMG Evaluation of Moving Tri-Seat Pan Chair Preventing the Pelvis Backward Rotation

Jung Yong Kim¹, Jae Chan Lee¹, Dong Joon Kim¹, Yong Duck Park¹

¹ Department of Industrial & Management Engineering, the Hanyang University, Ansan, 426-791

ABSTRACT

Objective: The purpose of the study is to preliminarily investigate the function of moving Tri-seat pan chair, which is designed to reduce the low back muscle tension by preventing the backward rotation of the pelvis.

Background: Currently, the most Ergonomic chairs have focused on the lumbar support to reduce the disc pressure of lumbar spine. And the seat pan was ergonomically considered only to reduce the pressure to improve the sitting comfort. However, the main cause of disc problem was due to anatomical disruption of normal lordosis angle when the pelvis rotates backwardly during sitting. Therefore, it is meaningful investigation to measure the Tri-seat pan's efficacy preventing pelvis backward rotation to minimize the disc pressure.

Method: This study measured the muscle tension level of lumbar spine of subjects sitting on average school chair and the Tri-seat pan chair. Four subjects were tested for pilot study. Surface EMG was used to measure the static muscle activity from the right and left erector spine muscle. RMS value of EMG was used to evaluate the muscle activity. Furthermore, the lordosis angle was measured from the lumbar spine area by using body protractor for comparison.

Results: The normalized RMS value indicated that the muscle activity at average school chair was 1.6 times greater at left side and 1.5 times at right side compared to the Tri-seat pan chair sitting. And the radius of curvature of lordosis was longer in average school chair by 2620mm, which is the indication of disrupted lordosis angle.

Conclusion: The moving Tri-seat pan help maintaining the lumbar lordosis angle in certain extent during sitting position.

Application: The moving Tri-seat pan can be refined in terms of exterior design and adjustment of components to be used for school chair to minimize low back problem and bad posture. This tri-seat pan concept can be applied to various working chairs including Ergonomic office chair.

Keywords: Moving Tri-Seat Pan, Pelvis Rotation, Lumbar Lordosis, EMG, Chair Design

1. Introduction

현재 개발된 인체공학적 의자 설계는 대부분 좌판보다는 요추지지대를 중심으로 허리의 디스크 압력을 줄이는 방향으로 설계에 초점이 맞추어져 있었다. 한편 의자의 중요한 역할을 담당하고 있는 좌판은 주로 엉덩이 압력분산에만 초점이 맞추어져 설계되고 있는 현실이다.

그러나, 요추 디스크의 압력 증가의 해부학적 원인이 골반의 무의식적인 후방회전으로 일어난다는

사실은 이미 잘 알려졌음에도 이를 직접적으로 개선하기 위한 인체공학적 시도는 이루어지지 않은 상태이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 착좌시 발생하는 골반의 후방회전(backward rotation)에 의한 일자 요추를 예방하기 위해 의자의 좌우 유동좌판을 설계되었고, 이론적으로 이를 통해 골반의 전방회전(forward rotation)을 유발시켜 요추 만곡(lordosis)을 유지하게 하는 3분할 유동 좌판이 제안되었다 (김정룡, 2015). 이러한 유동 좌판 설계는 요추의 만곡각을 유지하게 하고, 이에 따라

L5/S1에 가해지는 압축력(compressive force)을 최소화 하여 장시간 착 좌시 허리근육의 경직을 예방하는 효과가 있을 것으로 예상되었다.

본 연구에서는 이러한 이론적 내용을 검증하기 위해 3분할 좌판을 장착한 의자를 제작하고 이를 사용한 실험을 실시하였다. 본 실험에서는 과연 요추의 만곡각(lordosis)을 유지하게 도와주는 3분할 좌판이 허리근육의 긴장감을 감소시켜 장기간 착좌시 디스크에 가해지는 압력을 감소할 수 있는지를 알아보았다.

2. Method

2.1 Subject

본 연구에서는 한국산업표준 치수(KSG2010)에 교구 의자 5호의 크기를 기준으로 3분할 유동좌판을 가진 학생용 의자의 프로토타입을 제작하고, 의자의 높이에 따라 평균신장 165.0 ± 12.5 (cm)을 가지고 허리관련 과거 병력이나 수술경험이 없는 사람을 대상으로 남성 2명 여성 2명 총 4명을 선정하였다.

2.2 Apparatus

실험은 일반 학생용 의자와 3분할 유동 좌판 의자를 사용하였고, 자연스럽게 허리를 펴고 앉도록 유도하였으며, 이때 근육의 긴장도와 활동도를 측정하기 EMG (Mega electronics Inc.의 ME6000)를 사용하였고 표면전극을 부착하였다. 데이터 분석은 MegaWin 버전3 프로그램을 이용하였다.

실험참가자의 요추 만곡을 측정하기 위해 곡률반경을 측정할 수 있는 곡률측정자(UVHIDA Inc.)를 사용하였다.

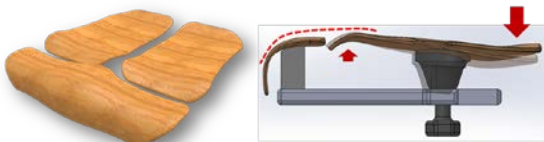


Figure 1. 3분할 유동 좌판 의자(Moving Tri-Seat Pan Chair) (김정룡, 2015)

2.3 Selection of muscle

본 연구에서는 의자에 앉을 때 나타나는 요추 만곡의 변형을 확인하기 위해 척추기립근(Erector Spinae Muscle, ES)을 선정하였다. 또한 요추 만곡각이 유도됨에 있어서 3분할 의자의 좌우 흔들림이 없어야 하기 때문에 좌·우 척추기립근 선정하였다.



Figure 2. 표면전극을 부착한 모습

2.3 Experimental design

본 실험에서의 독립변수는 의자의 종류 (일반 학생 의자와 3분할 유동 좌판 의자)이며, 종속변수는 근육의 활성도와 착좌시 요추 만곡각이다. 근육의 활성도를 분석하기 위해서는 RMS(Root Mean Square)가 종속변수로 사용되었다.

2.4 Procedure

모든 실험참가자에게 실험에 참가하기 전 실험의 절차와 방법에 대한 설명을 하였다. 그리고 앉는 자세는 실험참가자가 자연스럽게 허리를 펴고 바로 앉을 수 있도록 하였다.

정규화(normalization)을 통한 개인 간, 근육 간 차이에 따른 근육의 신호의 차이를 줄이기 위해 휴식상태에서의 근전도 측정을 수행하였다. 휴식상태의 근전도 측정은 엎드린 상태에서 5초간 측정하였으며, 일반의자와 3분할 좌판 의자의 근전도 측정은 실험참가자가 의자에 자연스럽게 앉았을 수 있도록 유도한 후, 자세가 안정화 된 후에 근전도 신호를 10초간 측정하였다. 총 측정 시간은 2분을 넘지 않았다. 그리고 일반의자와 3분할 의자의 측정 사이에 5분의 휴식시간을 가졌다.

일반의자와 3분할 좌판 의자에 앉았을 때 요추 만곡을 직관적으로 확인할 수 있도록 요추 만곡의 곡률반경을 측정하였다. [Figure 3].



Figure 3. 일반의자에 앉은 모습(좌)과 3분할 좌판의자에 앉은 모습(우)

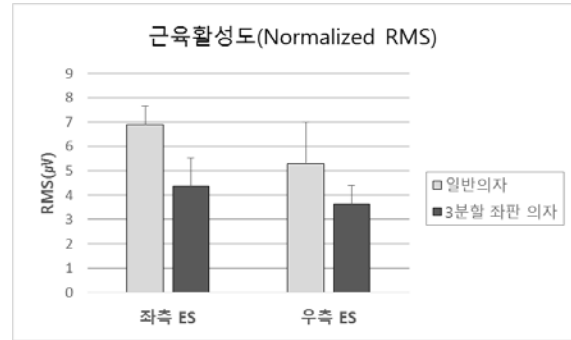


Figure 4. 의자에 따른 좌·우 척추기립근(Erector Spinae Muscle, ES)의 근육활성도(Normalized RMS) 비교

2.5 Data analysis

각 의자에 앉았을 때 얻은 좌·우 척추기립근의 RMS값을 얻드린 상태에서 측정된 RMS값을 기준으로 정규화하고 일반의자를 사용한 경우와 3분할 좌판 의자를 사용한 경우를 일대일 비교하기 위해 Paired t-test를 실시하였다.

또한 일반 학생 의자와 3분할 유동 좌판 의자에 앉은 실험참가자로부터 측정된 곡률반경 데이터를 Paired t-test를 사용하여 비교하였다.

Paired t-test 분석을 한 결과는 [Table 2]와 같다.

Table 2. 일반 의자 vs 3분할 유동좌판 의자에 대한 Paired t-test 결과

근육	t	df	p-value
좌측 ES	9.937	1	0.002
우측 ES	3.380	1	0.043

3. Results

3.1 analysis of normalized RMS

의자의 종류에 따른 척추기립근의 활성도를 살펴 보았다. 추출된 신호에 대한 Normalized RMS 값은 [Table 1], [Figure 4]와 같다. 그 결과 일반 학생의자에서 측정된 근육활성도가 3분할 의자에 비해 좌측은 1.6배, 우측은 1.5배 정도 높게 나타났다.

Table 1. 의자에 따른 좌·우 척추기립근(Erector Spinae Muscle, ES)의 근육활성도(Normalized RMS) 결과

근육 위치	일반의자		3분할 좌판 의자	
	평균	표준편차	평균	표준편차
좌측 ES	6.896	0.756	4.363	1.180
우측 ES	5.288	1.716	3.6125	0.786

3.2 Radius of curvature analysis

각 의자에 따른 실험 참가자 별 곡률반경 측정의 결과는 [Table 4]와 같다. 3분할 좌판 의자에서 곡률반경이 더 크게 나타났다.

Table 4. 의자에 따른 요추 만곡각의 곡률반경 측정 결과 (mm)

Subject	일반 의자	3분할 좌판 의자
Subject 1	3000	860
Subject 2	5000	1200
Subject 3	3200	1000
Subject 4	3200	860
평균	3600	980
표준편차	938.083	160.831



Figure 5. 곡률반경의 시각적 차이

의자에 따른 곡률반경의 Paired t-test 분석을 한 결과는 [Table 5]와 같이 유의수준 0.01에서 의미 있는 차이를 보이고 있다.

Table 5. 의자에 따른 곡률반경의 Paired t-test 결과

근육	t	df	p-value
좌측 ES	6.624	1	0.007

3. Discussion

본 연구에서는 3분할 유동 좌판 의자에 앉았을 때 요추의 만곡각이 얼마나 유지되는지, 그에 따른 근육 활성도가 어떻게 변화하는지를 검증하기 위해 실험을 하였다.

우선 척추기립근의 근육활성도는 휴식상태의 근육활성도를 기준으로 3분할 의자 좌판 보다 일반의자에서 좌측 척추기립근은 약 1.6배 증가되는 것으로 나타났으며, 우측 척추기립근에서는 약 1.5배 증가되는 것으로 나타났다. 이 결과는 일반의자에서 3분할 유동 좌판 의자 보다 근육활성도가 다소 증가한 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 요추의 만곡각이 거의 없어진 상태에서, 디스크 압력이 증가되고, 이를 내부적으로 보상하기 위한 근육활동이 다소 증가한 것으로 해석 될 수 있다. 즉, 잘못된 자세로 인해 디스크에 스트레스가 가해지면 압축력을 받는 디스크 반대편의 근육이 이를 상쇄하기 위해 긴장하게 되고 이로 인해 EMG 활동이 높아지는 경우가 있다.

3분할 좌판과의 인터페이스 측면에서 보면, 3분할 유동 좌판 의자는 착좌시 틸팅 (tilting)이 발생

하여 골반이 등쪽으로 미끄러져 내려가면서 일반 의자에서 흔히 나타나는 골반 후방 회전을 예방하는 효과가 있다고 할 수 있다. 이로서 요추의 만곡각이 덜 무너지고 바른 자세가 유지 됨으로써 요추의 근육 긴장을 다소 줄일 수 있었다.

추가적으로 3분할 좌판의 등받이는 유동 좌판이 골반을 뒤로 밀어주는 것과는 반대 방향으로 힘이 작용함으로써 사용자로 하여금 상체를 곧게 펴면서도 요추 주변 근육을 과다하게 긴장 시키지 않고 만곡각을 유지 시켜주는 효과가 있다고 판단된다.

만곡각의 크기에 대해서는, 일반 학생 의자와 3분할 유동 좌판 의자의 차이를 발견되었다. 특히 3분할 좌판의자가 일반의자 보다 실험참가자 요추 만곡의 곡률반경이 평균 2620mm 작게 나왔다. 이는 X-Ray와 같은 영상기법을 사용하기 용이하지 않은 상황에서, 가벼운 상의를 입은 상태에서 측정되어 정확한 해부학적 변화를 기술하기는 어려우나, 그럼에도 불구하고 이러한 변화는 3분할 좌판 의자가 후방 좌우 유동좌판에 의해 골반의 전방회전을 유발시켜 작은 각도이나 요추 만곡을 유지시키는데 일조했다는 것을 추정할 수 있었다.

본 연구는 프로토타입을 대상으로 소규모로 진행되었던 바, 향후 완성된 의자 형태에 대해 다양한 추가실험이 기획되어 질 것이다.

4. Conclusion

본 연구에서는 3분할 유동좌판 의자를 사용할 경우 요추 만곡각을 유도하고 요추 긴장도를 감소시켜 장시간 앉아있는 경우 도움을 줄 수 있다는 것을 보여주었다. 현재 3분할 좌판 의자는 지속적으로 개발 중이며 추후에는 감성적 만족도를 포함한 종합적인 평가가 이루어질 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 경기지역 가구제품 및 디자인 기술개발 지원사업 지원으로 수행되었음.

References

김정룡, 김동준, 박용덕, 이재찬. (2015). 3 분할 유동 좌판의 인체공학적 최적 치수 설계. 2015 년 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 4087-4087.

Author listings

Jung Yong Kim: jungkim@hanyang.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The Ohio State University

Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: Biomechanics, Cognitive psychology, Human interface design

Jae Chan Lee: duck234515@gmail.com

Highest degree: BS, Department of Industrial Engineering, Hanyang University

Position title: Master's student, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: Biomechanics, Cognitive psychology, Human interface design

Dong Joon Kim: whatsdream@naver.com

Highest degree: BS, Department of Mechanical Engineering, Hanyang University

Position title: Master & PhD's student, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: Biomechanics, Human Error, HCI, Safety, UI/UX, Musculoskeletal disorders

Yong Duck Park: duck234515@gmail.com

Highest degree: BS, Department of Industrial Engineering, Sunmoon University

Position title: Master's student, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: Biomechanics, Cognitive psychology, Human interface design, Musculoskeletal disorders