Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.22. No.3 pp.57-73. August 2003

동적 체압 분포를 이용한 운전 자세 변화와 요추지지대의 정량적 평가

Quantitative Evaluation of Driver's Postural Change and Lumbar Support Using Dynamic Body Pressure Distribution

나석희*, 임성현*, 정민근*

ABSTRACT

Although body pressure distribution is sensitive to movements and is relatively simple to measure even in small space, there are few researches involving applications to driver's posture and its change.The main objective in this study is the application of body pressure distribution measurements for the prediction of the driver's posture and its change. This requires quantitative analyses of the dynamic body pressure distribution, which is the change of body pressure distribution with time. The experiment involved 16 male subjects who drove for 45 minutes in a seating buck. Measurement time,stature group, and lumbar support prominence were selected as independent variables, with subjective ratings of driver's discomfort, body posture data of hip, torso, knee angle, and body pressure data variables as dependent variables. The body pressure change variables and subjective ratings were found to increase as the measurement time increasedand body pressure ratio variables reflected the torso angle. From the results and analysis of the body posture data and subjective rating results, itwas predicted that the seats and the design of the lumbar supports used in the experiment was not fit for tall subjects, which could also be confirmed through the body pressure distribution data.

Keyword: Body Pressure Distribution, Driver's Posture, Discomfort, Lumber support

* 포항공과대학교 산업공학과
주소: 790-784 경상북도 포항시 남구 포항공과대학교 산업공학과
전화: 054-279-2835
E-mail: na@postech.ac.k

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

첨단 기술이 복합적으로 요구되는 자동차 산업은 21세기를 이끌어갈 주요 산업의 하나로, 국제적인 경쟁력을 얻기 위해서는 고부가 가치의 자동차 제품 개발이 필수적이다. 최근 들어 소비자 들은 자동차에 대한 선택 기준으로 더 이상 기계적인 성능과 외형에 제한하지 않고, 운전 중의 안락감(Comfort)과 장 시간 운전에 의한 피로감(Fatigue) 등의 측면도 고려하고 있다. 이는 자동차 산업 에서 인간공학의 중요성이 강조되고 있음 을 의미한다. 정확한 운전자세는 다양한 신체 조건의 운전자들을 위한 편하고 안락한 운전석 디자인을 위하여 반드시 필요한 정보 중 하나이다. 하지만, 실제 운전 중의 운전자의 자세를 차 안에서 측정 하는 것은 용이한 일이 아니므로, 기존 연구에서는 주로 실험실 내의 정적인 운전환경에서 운전 자세를 측정 하였다 (Porter & Gyi, 1998; 박성준, 1999). 하지만, 이러한 환경에서 측정된 운전 자세는 실제의 운전 자세와 차이를 보일 수 있다.

운전 중 안락도와 불편도, 피로도 등에 대한 연구에서도 이들의 감성적 느낌을 정량적이고 객관적으로 측정하려 노력하고 있지만, 큰 성과를 이루지 못 하고 있는 실정이다.

운전 중 피로감과 안락감은 운전자 의 움직임의 횟수를 측정하여 평가할 수 있다. 운전자는 한 자리에 오래 앉아 있게 되면 그에 따른 불편함과 저림의 증상을 줄이고 좀 더 좋은 자세를 찾기 위해 움직이게 되며 이러한 횟수는 불편 할수록 커지게 된다. 이러한 운전자의 움 직임을 측정하기 위해서 기존 연구에서는 3D Motion Camera나 CCTV등 이 사용 되었다. 하지만 이러한 장치는 좁은 실차 나 시뮬레이터 안에서의 측정이 용이하지 않다. 이를 극복하기 위해 박세진 등 (2000)은 자동 변속 환경에서의 왼발 움직임만을 측정하기도 하였다.

체압 분포 장치는 움직임에 민감 하며, 좁은 장소에서도 측정이 가능하다. 하지만 체압 분포를 이용한 연구는 주로 정적인 상태에서의 각 운전석의 안락감 평가에 머무르고 있으며(Bader 등, 1986; Gyi 등, 1999) 체압 분포를 이용한 움직임 평가 연구는 부족한 실정이다.

이 연구의 목적은 체압 분포를 이용하여 운전 자세와 운전 자세의 변화 를 나타낼 수 있는 정량적 변수를 제안 하고 실험을 통하여 이를 검증하며, 이 결과를 바탕으로 실험에 사용된 운전 환경을 평가하는 것이다.

기존 연구와 같이 정적인 상태에서 한번 측정된 체압 분포만으로는 움직임을 평가할 수 없으므로 연속적으로 체압의 변화를 살펴 보아야 한다. 이번 연구에서 이러한 연속적인 체압의 변화를 "동적 체압 분포(Dynamic Body Pressure Distribution)"라 정의하였으며, 이 동적 체압 분포를 이용하여, 운자 자세와 자세 의 변화를 분석하고, 운전 환경을 평가 하였다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

피실험자는 운전 면허를 소지하고 운전 경력이 있는 건장한 20대 남자 대학생 및 대학원생 16명이다. 피실험자 의 평균 나이는 만 25.5세, 운전 경력은 2.38년이다. 피실험자는 신장 171.1cm를 기준으로 큰 신장 그룹과 작은 신장 그룹 각각 8명으로 나누어 진다. 이기준은 1997년 국민 체위 조사 보고서의 50percentile에 해당 된다. 큰 신장 그룹의 평균 신장은 177.3cm이며, 작은 신장 그룹의 평균 신장은 168.3cm 이다.

2.2 실험 환경

본 연구에서는 그림 1에서 보는 바와 같이 H사의 중형차 S제품의 운전석을 이용하여 자체 제작한 Seating Buck을 사용하였다. 이 Seating Buck은 실제의 차와 최대한 동일한 환경을 만들기 위하여 실제 중형차 S제품의 AHP (Accelerated Heel Point), SWP(Steering Wheel Point) 그리고 HP(Hip Point)의 설계 치수 정보를 이용하여 제작하였다.

Seating Buck에 앉은 피실험자는 한 바퀴 완주하는데 약 3분 소요되는 트랙 모양의 코스를 15바퀴 운전하였다. 따라서 실험상의 운전시간은 약45분이 소요된다.

피실험자는 실험에 앞서 운전석을 자신에 맞게 조절하면서 10분 이상 운전 연습을 실시하였다. 운전석의 좌판과 앞뒤 조절 등의 모든 조절 부위는 실제 차와 같이 조절이 가능하여 각 피실험자 는 운전 연습 중 자기에게 맞게 조절 하였으며, 등판 각도는 체압의 영향을 미칠 것으로 예상되어 115로 고정하였다.

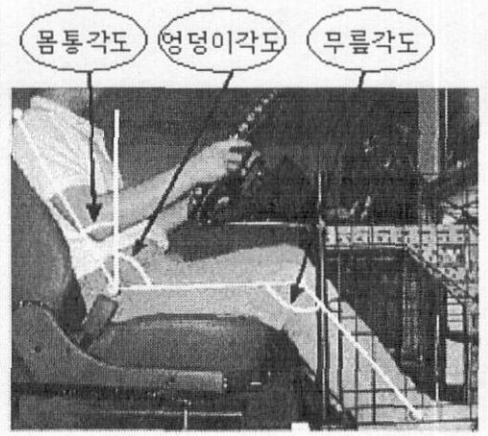


그림 1. Seating Buck의 모습과 운전 자세 측정 각도

2.3 독립 변수

본 실험에서 사용된 독립 변수는 운전 시간, 피실험자의 신장 그룹, 자동차 시트의 요추 지지대 깊이이다.

피실험자는 Seating Buck에서 트랙 모양의 코스를 15바퀴 주행하는데, 주관적 평가를 행하는 시간을 기준으로 총 7단계로 나누었다. 먼저 운전 전, 운전중, 운전 후의 세 단계로 나누고, 운전 중을 5단계로세분하였다. 이렇게 나누어진 운전 시간 7개 단계를

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1)운전 전, 2) 운전 직후, 3) 운전 전반, 4) 운전 중반, 5) 운전 후반, 6) 운전 마지막, 7) 운전 후로 정의 하였다(표 1.).

피실험자의 신장이 운전 자세에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상되어 2.1에서 언급한 것처럼 피실험자를 신장에 따라 큰 신장 그룹과 작은 신장 그룹 두 가지로 나누었다.

자동차 시트의 요추지지대의 변화에 따른 운전 자세의 영향을 고려하기 위하여, 요추지지대의 깊이를 독립 변수로 사용하였다. 요추지지대의 깊이는 엉덩이의 커브에서 가장 튀어 나온 부분과 흉추 부위의 가장 튀어 나온 선을 연결하여 요추 부위의 가장 많이 들어간 곳까지의 길이를 의미한다 (Andesson et al., 1974). 실험에 사용된 H사의 S시트는 요추지지대의 조절 범위가 4단으로 구성되어 있다. 1단의 경우는 약 1cm이며, 4단의 경우는 약 3cm이다. 본 실험에서는 1단과 4단 즉 1cm와 3cm의 두 가지 요추 지지대 깊이를 독립 변수로 선택하였다.

표 1. 운전 시간

	측정시간
운전 전	운전 전
운전 직후	2바퀴 시작
운전 전반	5바퀴 시작
운전 중반	8바퀴 시작
운전 후반	11바퀴 시작
운전 마지막	14바퀴 시작
운전 후	운전 후

2.4 종속 변수

종속 변수는 크게 주관적 평가와 운전 자세 그리고 체압 분포 데이터의 범주로 나눌 수 있다. 주관적 평가는 실험 중 총 7번 측정하였으며, 운전 중에 측정을 해야 하므로 말로 질문을 하고 말로 대답하는 방식을 채택하였다. 측정된 주관적 평가는 총 7개의 항목으로 6부위에 대한 신체 부위별 불편도(그림 2.)와 전체적 불편도로 이루어져 있다.

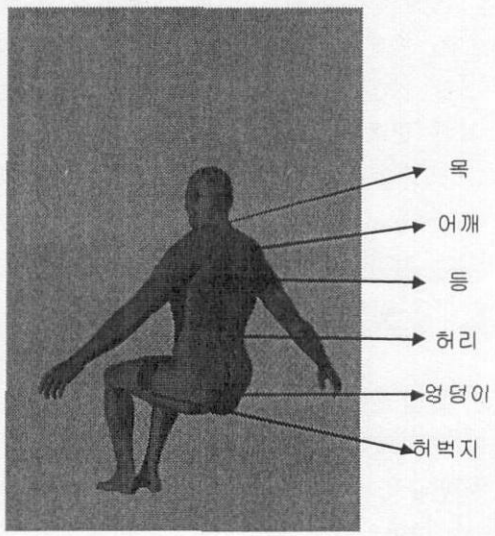


그림 2. 불편도 평가를 수행한 신체 부위

운전 자세는 사진 촬영을 이용하여 측정하였다. 피실험자는 그림 1에 표시된 바와 같이 어깨 관절 중심 (Acromion), 고관절 (Greater Trochanter), 무릎 관절 중심 (Lateral Condyle), 발목 관절 중심 (Lateral Malleolus)에 마커를 부착하고, 운전을 시행하였으며, 사진 촬영은 주관적 평가 직후에 행하였다. 사진기는 피실험자의 어깨 관절 중심이 사진의 오른쪽 위, 발목 관절 중심이 왼쪽 아래에 최대한 가까이 하게 하

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

여, 오차를 최소화 하였다. 사진기는 운전자 오른편에 삼각대로 고정 하였으며, 운전자와의 거리는 약 150cm를 유지하였다. 운전전과 운전후의 운전 자세 측성시에는 피실험자에게 최대한 운전 중의 자세와 동일한 자세를 취 하도록 요구 하였다. 각 각도의 정의는 다음과 같다.

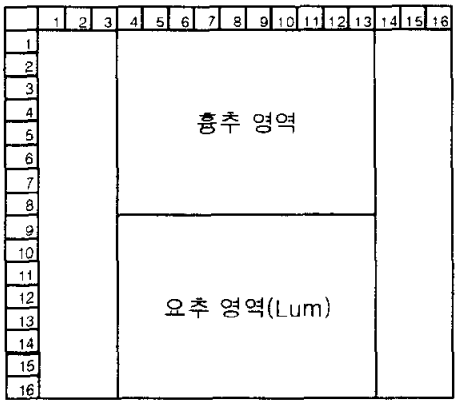
- 무릎 각도(Knee Angle): 발목 관절 중심 과 무릎 관절 중심을 잇는 선과 무릎 관절 중심과 고관절을 잇는 선이 이루는 각도
- 엉덩이 각도(Hip Angle): 무릎 관절 중심과 고관절 중심을 잇는 선 과 고관절 중심과 어깨 관절 중심을 잇는 선이 이루는 각도
- 몸통 각도(Trunk Angle): 고관절 중심과 어깨 관절 중심을 잇는 선과 고관절 중심에서의 수직선이 이루는 각도

체압 분포에 관련된 변수는 체압 비율 변수와 체압 변화 변수 2가지로 나눌 수 있다. 체압 비율 변수는 등판과 좌판 체압의 영역을 나누어 각 영역별 체압 사이의 비율을 이용한 변수이며 체압 변화 변수는 체압의 변화를 나타내는 변수로 동적 체압 분포를 이용한 변수라고 할 수 있다. 체압 분포에 관련된 변수는 2.5에서 더 자세히 설명된다.

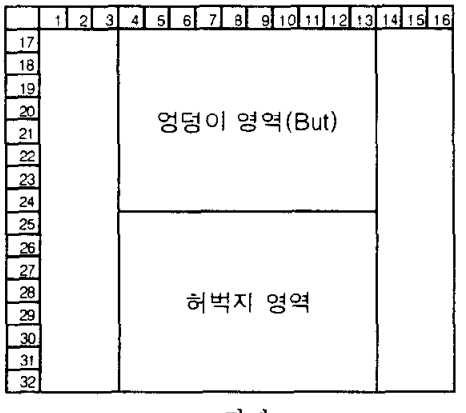
2.5 체압 분포

체압 분포는 한국 표준 과학 연구원 에서 개발된FBPM (Flexible Body Pressure Mat.) 시스템을 사용하여 측정 하였다. 이 장치는 좌판과 등판 각 1616의 FSR (Force Sensing Resistor)로 구성되어 있으며 각 FSR에서 분당 32개 의 데이터를 구할 수 있다. 체압은 피실험자가 운전을 하는 약 45분 동안 계속적으로 측정 되었으며, 분석에 사용된 체압 데이터는 주관적 평가가 시작된 시간을 중심으로 전후 총 250개를 사용하였다.

체압 비율 변수 정의를 위해 먼저 등판과 좌판을 그림 3과 같이 분할 하였다. 각 부위별 영역은 표 2에 나타난 바와 같으며, 이들의 비를 나타 내는 6개의 체압 비율 변수를 표 3에 나타난 바와 같이 정의하였다.



(a) 등판



(b) 좌판

그림 3. 체압의 분할

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 2. 체압 비율 변수 정의에 필요한 변수 정의

변수	정의
Lum	요추(Lumbar) 영역의모든 체압의 합
Total	좌판과 등판의 모든 체압의 합
Back	등판의 모든 체압의 합
Back_c	요추 영역과 흉추 영역의 모든 체압의 합
But	엉덩이(Buttock) 영역 모든 체압의 합
Pan	좌판의 모든 체압의 합
Pan_c	엉덩이 영역과 허벅지 영역의 모든 체압의 합

표 3. 체압 비율 변수

변수		정의
등판 비율 변수	Lum/Total	전체 체압 중 요추 영역의 체압 비율
	Lum/Back	등판 체압 중 요추 영역의 체압 비율
	Lum/Back_c	등판 중심 체압 중 요추 영역의 체압 비율
좌판 비율 변수	But/Total	전체 체압 중 엉덩이 영역의 체압 비율
	But/Pan	좌판 체압 중 엉덩이 영역의 체압 비율
	But/Pan_c	좌판 중심 체압 중 엉덩이 영역의 체압 비율

체압 변화 변수는 표 4에 나타난 바와 같이 2개의 변수를 정의하였다. 체압 변화 변수는251개의 체압 데이터를 이용하였으며, 특정 순간의 등판과 좌판의 각각 16 16 체압값의 모든 합과 직전의 등판과 좌판의 합의 차이의 절대값을 체압 변화라 정의한다(250개). 이상(異狀) 변화수는 등판의 경우는 등판합의 전체 평균의15% 이상의 체압 변화를 보인 수를 나타내며 좌판의 경우는 좌판합의 전체 평균의 5% 이상의 변화를 보인 수를 나타낸다. 이상 변화수 의 정의는 운전자의 실제 움직임을 판단 할 수 있도록 실시한 예비 실험의 결과를 바탕으로 하였다. 등판과 좌판의 백분율 이 틀린 것은 움직임에 대하여 등판의 체압이 좌판의 체압보다 민감하기 때문 이다. 이상 변화수는 체압의 총합이 이상적으로 많이 변한 수를 나타내며, 이는 운전자가 움직인 횟수를 예측하는 변수가 된다.

표 4. 체압 변화 변수

변수	정의
등판합 이상 변화수	250개의 등판 전체 체압 변화값 중 등판합의 평균의 15% 보다 큰 부분의 수
좌판합 이상 변화수	250개의 좌판 전체 체압 변화값 중 좌판합의 평균의 5% 보다 큰 부분의 수

3. 실험 결과

3.1 주관적 불편도

전체적 불편도와 6개의 신체 부위별 불편도에 대하여 분산 분석를 실시하였다. 전체적 불편도에 대한 분산 분석표는 표 5와 같다.

전체적 불편도와 신체 부위별 불편도 에 대한 분산 분석 결과 유의한 결과를 보인 변수를 정리하면 표 6과 같다 (=0.05). 전체적

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

불편도를 비롯한 모든 주관적 평가는 운전 시간에 대하여 유의한 결과를 보였으며 7개의 주관적 평가 모두 운전 시간이 증가할수록 증가 하였다. 그림 4는 전체적 불편도의 변화를 나타내며 막대 그래프의 영문은 Student - Newman Keuls Test에 의한 그룹을 나타낸다(= 0.05). 목, 어깨, 엉덩이, 허벅지 4개 부위의 신체 부위별 불편도 에서 신장이 유의한 결과를 나타내었는데 4개 부위 모두 큰 신장 그룹의 피실험자 들이 더 큰 불편도를 나타내었다.

표 5. 전체적인 불편도에 대한 분산 분석 결과

Source	df	SS	MS	F	p-value
S	14	85.9	6.13		
H	1	23.7	23.7	3.88	0.691
P	1	0.004	0.004	0.001	0.972
T	6	208	34.7	57.6	0.001*
S(H)P	14	49.7	3.55		
S(H)T	84	50.6	0.602		
PT	6	1.90	0.316	1.51	0.184
HT	6	1.11	0.186	0.89	0.507
HP	1	2.36	2.361	11.2	0.001*
HPT	6	0.919	0.153	0.73	0.625
S(H)PT	84	17.6	0.209		
Total	223	442.6			

S: 피실험자, D: 요추지지대 깊이, T: 운전 시간, H: 피실험자 신장, * : p-Value 〈 0.05

표 6. 주관적 불편도의 분산 분석 결과
(= 0.05)

불편도	유의한 결과
전체적인 불편도	운전시간, 신장X요추지지대 깊이
목의 불편도	운전시간, 신장
어깨의 불편도	운전시간, 신장
등의 불편도	운전시간, 신장X요추지지대 깊이
허리의 불편도	운전시간, 신장X운전 시간
엉덩이의 불편도	운전시간, 신장, 신장X운전 시간
허벅지의 불편도	운전시간, 신장, 신장X운전 시간

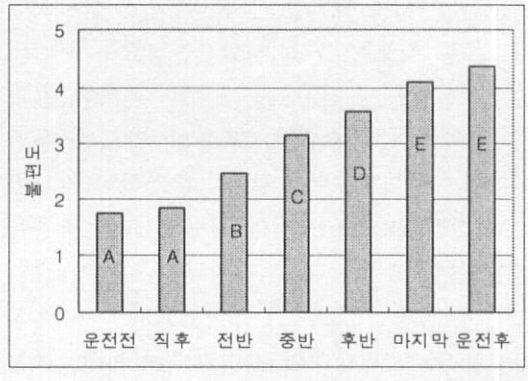


그림 4. 운전 시간에 따른 전체적 불편도의 변화

전체적인 불편도와 등의 불편도 에서는 신장과 요추지지대의 깊이의 교호작용이 유의한 차이를 보였다. 등의 불편도는 요추지지대의 깊이가 깊어 질수록 큰 신장의 불편도가 증가

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

하였으며, 작은 신장 그룹은 불편도가 감소하였다(그림 5.). 전체적인 불편도 또한 등의 불편도와 같은 경향성을 보인다.

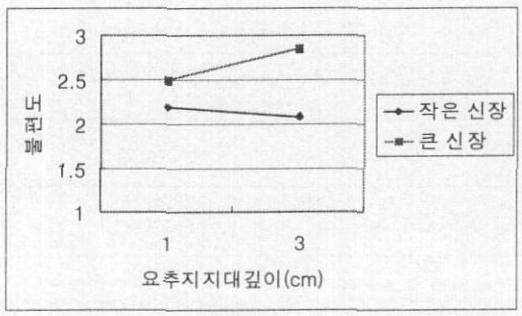


그림 5. 요추지지대의 깊이와 신장 그룹에 따른 등의 불편도

3.2 운전 자세

운전 자세에 대하여 분산 분석을 실시하였다. 몸통 각도는 운전 시간, 신장요추 지지대 깊이, 신장운전 시간 에 대하여 유의한 결과를 보였다(= 0.05). 몸통의 각도는 운전 시간이 증가할수록 같이 증가하였다(그림 6.). 신장과 요추 지지대 깊이의 교호 작용은 작은 신장 그룹은 요추 지지대의 깊이가 깊어지면서 몸통 각도는 감소하였으나, 큰 신장 그룹은 요추 지지대의 깊이가 깊어지면, 몸통의 각도는 증가하였다 (그림 7.).

엉덩이 각도의 경우는 운전 시간 만이 유의한 결과를 보였다(= 0.05). Student - Newman Keuls Test에 의하면 운전 전과 나머지 2개의 그룹으로 나누어 진다. 즉 운전 전의 엉덩이 각도는 운전 중이나 운전 후의 엉덩이 각도와 큰 차이를 보였다(그림 8.).

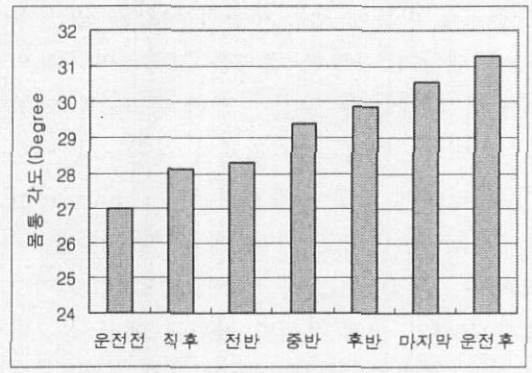


그림 6. 운전 시간에 따른 몸통 각도의 변화(Degree)

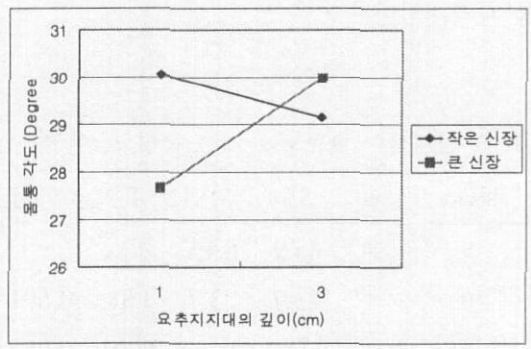


그림 7. 요추 지지대 깊이와 신장에 따른 몸통 각도(Degree)

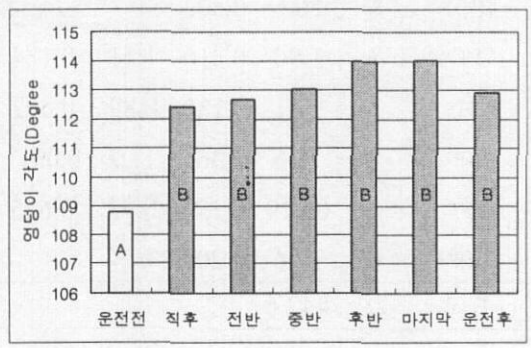


그림 8. 운전 시간에 따른 엉덩이 각도의 변화(Degree)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

엉덩이 각도의 경우는 운전 시간 만이 유의한 결과를 보였다(= 0.05). Student - Newman Keuls Test에 의하면 운전 전과 나머지 2개의 그룹으로 나누어 진다. 즉 운전 전의 엉덩이 각도는 운전 중이나 운전 후의 엉덩이 각도와 큰 차이를 보였다(그림 8.).

무릎 각도는 신장과 요추 지지대의 깊이의 교호 작용과 운전 시간에 대하여 유의한 결과를 보였다(= 0.05). 운전 시간에 따른 무릎의 각도에서 Student-Newman Keuls Test 결과 운전 전, 후와 운전 중 2그룹으로 나뉘었다. 또한 그림 9에서 운전 중은 무릎 각도의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 이는 엉덩이 각도의 결과와 같이 운전 자세가 운전 중과 운전 중이 아닐 경우(운전 전, 운전 후)가 차이를 보임을 나타낸다. 신장과 요추 지지대의 깊이와의 교호 작용을 살펴 보면, 큰 신장 그룹은 요추 지지대의 깊이가 증가하면 무릎 각도가 감소하며 반대로 작은 신장 그룹은 무릎 각도가 증가하였다(그림 10).

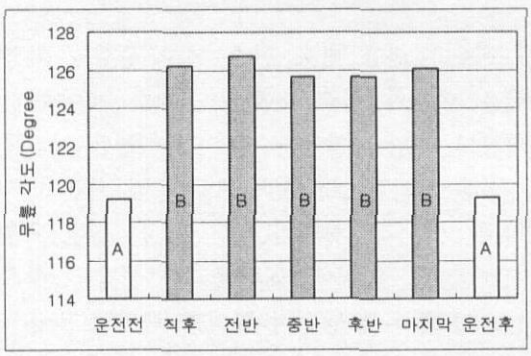


그림 9. 무릎 각도의 변화(Degree)

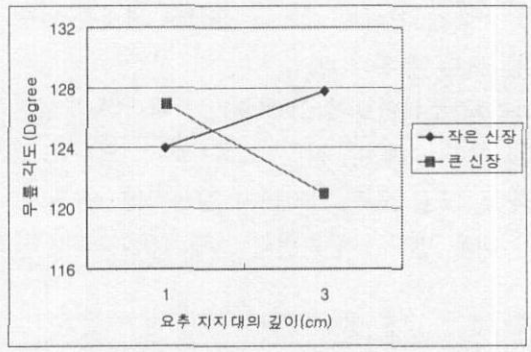


그림 10. 요추지지대와 신장 그룹에 따른 무릎 각도(Degree)

3.3 체압 분포 변수

체압 분포 변수는 체압 비율 변수 6개와 체압 변화 변수 2개 총 8개에 대하여 분석하였다. 체압 분포의 값은 운전 전이나 운전 후의 값이 운전 중의 값과 차이가 있다(정재원 등, 1999). 또한 운전 자세 또한 운전 전이나 운전 후의 값이 운전 중의 값과 차이를 나타내었다(3.2절). 따라서 체압 분표 변수 분석은 운전 전과 운전 후를 제외하여 5개(운전 직후, 운전 전반, 운전 중반, 운전 후반, 운전 마지막)의 운전 시간에 대하여 분석 하였다.

등판의 체압 비율 변수(Lum/Total, Lum/Back, Lum/Back_c)들은 분산분석에서 서로 비슷한 결과를 보이며 경향성 도 유사하다. 좌판의 체압 비율 변수(But/Total, But/Pan, But/Pan_c) 3가지 역시 서로 유사한 결과와 경향성을 보인다. 각 변수에 대한 분산 분석 결과 유의하게 나타난 독립 변수들은 표 7과 같다.

등판 체압 비율 변수는 모두 운전 시간, 요

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

추 지지대 깊이에 대하여 유의한 결과를 보였다. 요추 부위의 체압은 운전 시간이 지남에 따라 감소하였으며(그림 11.), 이러한 경향은 큰 신장 그룹이 작은 그룹 보다 크다(그림 12.). 또한 요추 지지대가 깊어지면, 등판 체압 비율 변수가 증가한다(그림 13.).

표 7. 비율 변수에 대한 분산 분석 결과 (= 0.05)

변수	유의한 결과
Lum/Total	운전 시간, 요추 지지대 깊이
Lum/Back	운전 시간, 요추 지지대 깊이, 신장X운전 시간
Lum/Back_c	운전 시간, 요추 지지대 깊이, 신장X운전 시간
But/Total	운전 시간, 요추 지지대 깊이
But/Pan	운전 시간, 신장요추 지지대 깊이, 신장X운전 시간
But/Pan_c	운전 시간, 신장X요추 지지대 깊이, 신장X운전 시간

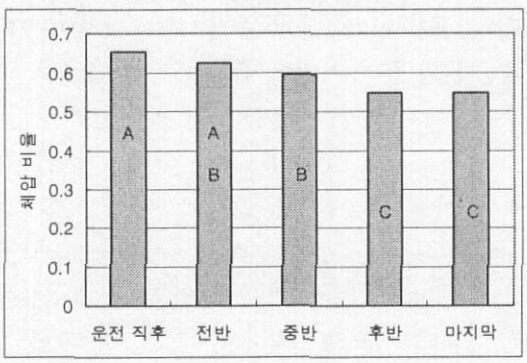


그림 11. 운전 시간에 따른 Lum/Back의 변화

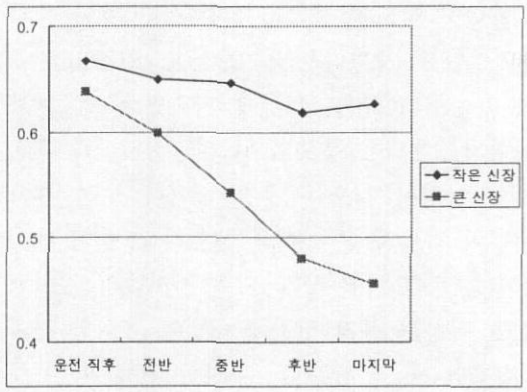


그림 12. 신장에 따른 Lum/Back의 변화

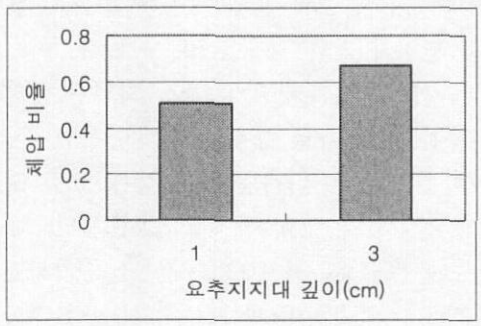


그림 13. 요추 지지대의 깊이에 따른 Lum/Back

좌판의 체압 비율 변수 역시 등판의 체압 비율 변수와 서로 유사한 결과를 보여준다. 좌판의 체압 비율 변수는 모두 운전 시간에 유의한 결과를 보였으며 모두 운전 시간이 지남에 따라 감소하였다(그림 14.). 또한 요추 지지대 의 깊이에 대하여 큰 신장 그룹은 1cm일 경우에 엉덩이 부위의 체압이 3cm일 경우보다 작은데 비해 작은 키 신장 그룹은 요추 지지대의 영향이 거의 없었다(그림 15.).

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

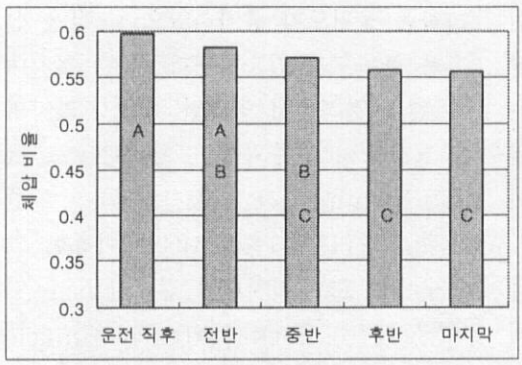


그림 14. 운전 시간에 따른But/Pan의 변화

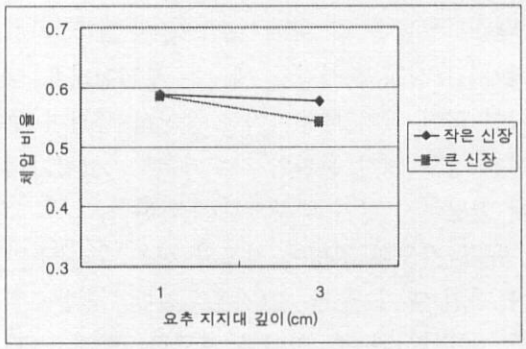


그림 15. 신장 그룹과 요추 지지대에 따른 But/Pan의 변화

등판합 이상 변화수와 좌판합 이상 변화수에 대한 분산 분석에서 등판, 좌판 모두 운전 시간에 대하여 유의한 차이를 보였다. 등판합의 이상 변화수는 운전 시간이 지나면서 증가하였으며(그림 16.), 좌판의 이상 변화수 역시 운전 시간이 지남에 따라 증가하였다(그림 17.). 또한 등판의 경우 요추 지지대에 대하여 유의한 차이를 보였다. 요추 지지대의 깊이가 1cm일 경우 평균 등판합 이상 변화수는 21.52회이며 3cm일 경우는 14.01회이다. 좌판의 경우는 신장과 요추 지지대 깊이의 교호 작용과 신장과 운전 시간의 교호 작용의 유의한 결과를 보였다. 신장과 요추지지대의 깊이에 따른 좌판 이상 변화수의 변화를 보면, 작은 신장 그룹은 요추 지지대의 깊이가 증가할수록 감소한 반면, 큰 신장 그룹은 증가하였다(그림 18.).

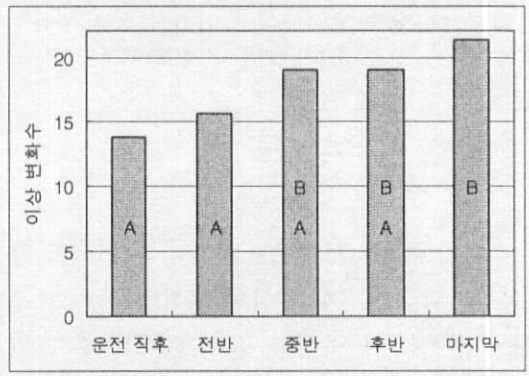


그림 16. 운전 시간에 따른등판 이상변화수의 변화

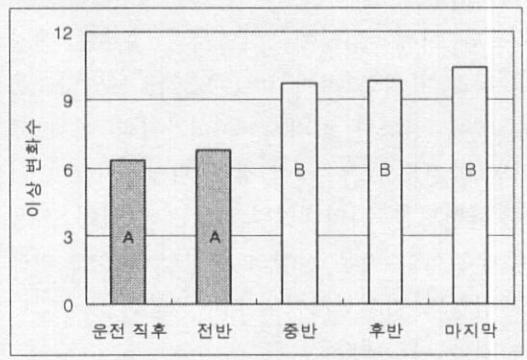


그림 17. 운전 시간에 따른 좌판 이상변화수의 변화

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

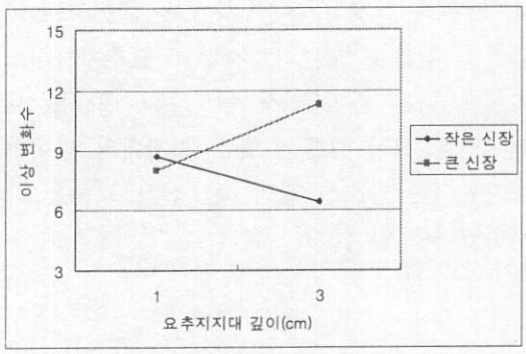


그림 18. 요추 지지대의 깊이와 신장에 따른 좌판 이상변화수의 변화

4. 토 의

주관적 불편도의 분산 분석 결과 전체적 불편도를 비롯한 6개의 신체 부위별 불편도 모두 운전 시간에 유의한 결과(=0.05)를 보였으며, 운전 시간이 지남에 따라 증가하였다. 전체적 불편도 의 경우 운전 전의 불편도의 평균이 1.78에서 운전 후는 4.37로 크게 증가 하였다.

목과 어깨, 엉덩이, 허벅지의 경우는 신장에 따라 유의한 차이 (=0.05)를 보였다. 목과 어깨 엉덩이 허벅지 등 4가지의 신체 부위별 불편도 모두 큰 신장의 피실험자들이 더 큰 불편도를 나타내었다. 이는 실험에 사용된 운전석이 작은 신장의 피실험자 들에 비해 큰 신장의 피실험자에게 더 큰 불편을 주었다는 것을 나타낸다.

요추지지대의 깊이와 신장 그룹의 교호 작용은, 등의 불편도와 전체적 불편도에서 유의한 결과를 보였다 (=0.05). 등과 전체적 불편도 모두 요추 지지대의 깊이가 깊어지면 큰 신장 그룹은 불편도가 증가하였으며, 작은 신장 그룹은 불편도가 감소하였다. 요추 지지대는 많은 연구 결과에서 안락한 자동차 의자의 필수 요소로 간주되어 왔다(Ng et al.,1995,Nyguits et al.,1976). 또한 Andersson 등(1974)은 EMG를 이용한 그들의 연구에서 요추 지지대의 깊이가 5cm 일 때 가장 낮은 Back extensor mucle activity와 Intraldiscal pressure를 가진다고 보고하고 있다. 하지만 큰 신장의 피실험자들이 요추지지대가 3cm일 경우 1cm인 경우보다 불편을 더 크게 느낀 것은 요추 지지대가 큰 신장의 사람들 에게는 부적절하게 디자인 되어 있기 때문이거나 운전석 등판이 고정된 상황 에서 등판의 각도가 큰 피실험자에게 적당하지 않기 때문으로 판단된다.

무릎 각도와 엉덩이 각도의 경우 운전 전이나 운전 후가 운전 중(직후, 전반, 중반, 후반, 마지막)과 큰 차이를 보였다. 운전 전과 운전 후의 운전 자세는 기존의 연구에서 결과로 제시된 정적인 자세에서 측정된 운전 자세는 직접 운전을 시작하면서 운전 자세가 변할 수 있다는 것을 의미하며, 기존 체압 연구에서 운전 전과 운전 후가 운전 중과 체압 분포에서 차이를 보인다는 결과(정재원 등, 1999)와 일치한다. 이 결과는 운전 자세는 운전 중에 평가 되어야 한다는 것을 나타낸다.

몸통 각도는 운전 시간이 지남에 따라 증가하였다. 신장과 요추 지지대 깊이의 교호 작용을 살펴보면, 요추 지지대의 깊이가 증가하면, 큰 신장 그룹은 몸통 각도가 증가하였으며, 무릎 각도는 감소하였다. 반면 작은 키의 신장 그룹의 경우는 요추 지지대의 깊이가 증

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

가하면 몸통 각도는 감소하고 무릎 각도는 증가하였다. 이는 요추 지지대의 깊이가 3cm인 경우 작은 신장의 피실험자는 요추 지지대가 요추를 잘 받쳐 줄 수 있게 엉덩이를 붙이고 앉은 반면, 큰 신장의 피실험자는 작은 신장의 피실험자에 비해 요추를 잘 받쳐 주지 못 하게 앞으로 미끄러져 앉아 있었음을 뜻한다. 이로 인하여 요추 지지대가 3cm인 경우 큰 신장의 피실험자들이 더 많은 불편도를 느낀 것으로 추정된다. 이는 실험에 사용된 운전석의 요추 지지대가 큰 신장의 운전자에게는 알맞지 않게 디자인 되어있다는 앞의 결과를 뒷받침한다.

운전 시간이 지남에 따라 체압 비율 변수는 등판의 체압 비율 변수와 좌판의 체압 비율 변수 모두 감소하였다. 또한 4.2의 결과에서 몸통의 각도는 운전 시간의 증가에 따라 증가하였다(그림 19). 체압 비율 변수 중 등판 비율 변수 (Lum/Total, Lum/Back, Lum/Back_c)가 감소 한 것으로 등판의 밑 부분의 체압이 운전 시간이 지남에 따라 감소한 것을 알 수 있으며 좌판 비율 변수 (But/Total, But/Pan, But/Pan_c)가 감소한 것으로 좌판의 안쪽 부분의 체압이 감소한 것을 알 수 있다. 운전 시간에 따라 몸통 각도가 증가한 것은 피실험자의 엉덩이가 앞으로 미끄러져 나갔음을 의미하며, 이는 다시 체압 비율 변수의 변화로도 쉽게 예상할 수 있다. 앞으로 미끄러져 나갔기 때문에 좌판 안쪽의 체압(But)은 감소하고, 등판 아래쪽의 체압(Lum)도 감소한 것으로 판단된다. 이러한 피실험자의 앞으로 미끄러짐 현상은 운전 중 촬영된 사진으로도 확인할 수 있다 (그림 20.).

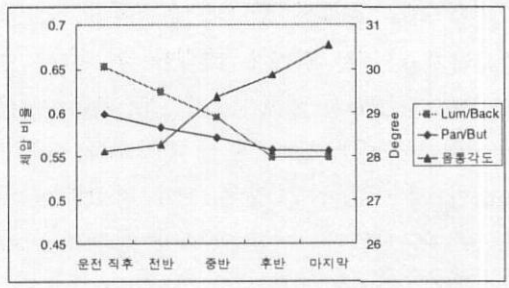
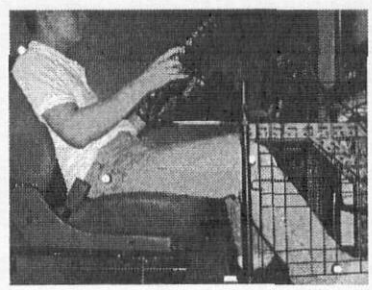


그림 19. 체압 비율 변수와 몸통 각도

(a) 운전 직후

(b) 운전 중반



(c) 운전 마지막

그림 20. 운전 자세의 변화

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

체압 비율 변수를 통하여 운전자가 앞으로 미끄러져 나가는 현상을 예상할 수 있다. 또한 But/Back나 But/Back_c의 경우는 큰 신장의 피실험자 들이 요추 지지대의 깊이가 3cm인 경우 1cm일 경우 보다 감소하는 것을 알 수 있었다. 이를 통하여 신장과 요추 지지대의 깊이에 따른 운전 자세의 차이점을 예상할 수 있다.

이번 연구에서 사용된 변수는 등판과 좌판을 각각 4부분으로 나누어 분석한 결과이다. 등반과 좌판의 중심을 2개의 부위로 나누어 그 부분의 체압의 비에 따라 운전자의 자세와 자세 변화 경향을 파악할 수 있었다. 추후에 등판 이나 좌판의 부분을 좀더 세분하게 나누어 분석한다면, 더 정확하고 복잡한 운전자 자세 분석이 가능할 것으로 예상 된다.

이상 변화수는 시간에 대하여 유의한 결과를 보였으며, 운전 시간이 지날수록 증가하였다. 이상 변화수는 큰 체압의 변화가 일어난 횟수로 피실험자가 체압이 크게 변할 정도로 움직인 횟수를 뜻한다. 이상 변화수가 운전 시간에 따라 증가한 것은 운전 시간이 지날수록 피실험자의 움직임의 빈도가 증가 하였음을 뜻한다. 또한 이는 전체적 불편도와 비슷한 경향성을 가지고 있음을 알 수 있다(그림 21).

좌판의 이상 변화수는 신장과 요추 지지대의 깊이의 교호 작용이 유의한 결과를 보였으며, 전체적 불편도와 등의 불편도와 마찬가지로 큰 신장의 경우는 요추 지지대가 증가하면 좌판의 이상 변화수가 증가하였으며, 작은 신장의 경우는 감소하였다. 이는 요추 지지대의 깊이가 증가한 경우 작은 신장의 피실험자는

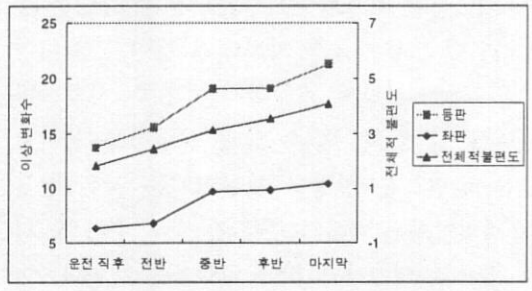


그림 21. 전체적 불편도와 이상 변화수

움직임의 빈도가 줄어든 반면 큰 신장의 피실험자는 움직임의 빈도가 증가한 것을 의미한다. 이러한 경향은 전체적 불편도의 경우에는 요추 지지대의 깊이가 증가할 경우 작은 신장의 피실험자는 불편도가 감소하였으며 큰 신장의 피실험자는 불편도가 증가 하였다는 3.1의 결과와 일치한다.

주관적 불편도의 결과와 체압 변화 변수의 결과를 종합해 보면 이상 변화수는 운전자의 움직임의 빈도를 예측 하여 피로감과 불편도를 측정할 수 있는 변수로 사용될 수 있을 것으로 예상 된다.

지금까지의 체압 분포 연구는 한 순간의 데이터를 사용하여 정적인 모습으로 분석하는 것이 일반적이었다. 하지만 본 연구는 체압을 연속적으로 측정하여 변화를 관찰하여 분석하였다. 본 연구의 결과를 통하여 체압 분포를 이용한 움직임 빈도 측정 방법을 제시 하고, 새로운 불편도의 정량적 측정 방법의 가능성을 제시한 것으로 판단된다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

5. 결론 및 추후 연구

본 연구의 목적은 체압 분포를 이용하여 운전 자세의 변화와 움직임의 빈도를 정량적으로 측정할 수 있는 변수를 제시하고 실험을 통하여 이를 검증하는 것이다. 체압 비율 변수를 통하여 운전 시간에 따른 피실험자의 미끄러짐 현상과 신장과 요추 지지대의 깊이에 따른 자세의 변화를 예상 할 수 있었다. 또한 체압 변화 변수를 통하여 운전자의 움직임의 빈도를 예측하였으며, 이것을 통하여 신장과 요추 지지대의 깊이에 따라 큰 신장은 요추 지지대의 깊이가 깊어지면 불편도가 증가하며, 작은 신장은 요추 지지대의 깊이가 깊어지면 불편도가 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 운전 시간의 증가에 따른 움직임의 빈도 증가를 관찰할 수 있었다.

기존의 체압 분포를 이용한 운전석 연구는 정적인 한 순간의 체압을 중심 으로 연구되었다. 그러나 본 연구에서는 운전자의 움직임 빈도를 측정하기 위하여 운전 상황 내에서의 체압을 모두 측정 하여 분석하였다. 기존 연구에서 운전자 의 움직임의 빈도를 측정하기 위해서 사용된 3D 좌표 측정기나 CCTV는 좁은 공간에서의 측정이 용이하지 않은 반면 체압 분포는 좁은 공간에서도 측정이 가능하다. 또한 손이나 발의 습관적인 움직임에 대해서는 영향을 적게 받는다. 불편한 자세에서의 움직임이 저림 (Numbness)등에 의해 좀 더 좋은 자세를 찾기 위한 움직임(Lee, 1995)이라는 것을 고려할 때, 운전석과 맞대고 있는 부분의 움직임에 민감한 체압의 변화를 통한 관찰이 움직임의 빈도를 더 정확하게 예측할 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구를 통하여 실험에 사용된 운전석이 큰 신장 그룹의 피실험자에게 적합하지 못하게 디자인되어 있으며, 특히 요추 지지대의 경우 작은 신장의 피실험자들은 엉덩이를 등판에 붙이고 앉아 요추 지지대를 잘 이용한 반면, 큰 신장의 피실험자들은 작은 신장의 피실험자들에 비해 등판에서 떨어져서 앉게 되어 요추 지지대의 깊이가 1cm인 경우 보다 더 많은 불편도를 보였다. 이는 실험에 사용된 운전석의 요추 지지대가 큰 신장의 피실험자들에게 적합 하게 디자인되어 있지 않거나 운전 상황이 큰 신장의 피실험자에게 적합하지 않은 상황 때문으로 해석된다. 이러한 운전석에 대한 평가는 실험에서 정의한 체압 변수로 예상이 가능하였다. 실험에 사용된 운전석의 요추지지대는 깊이만이 조절되고 높이가 조절되지 않아 이러한 결과를 나타낸 것으로 예상된다. 이는 요추지지대 높이에 대한 연구가 깊이에 대한 연구보다 비교적 활발하지 못하며, 그 중요성 역시 상대적으로 낮게 평가되기 때문이므로 요추지지대 높이에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 판단된다.

본 연구의 결과를 바탕으로 체압 분포를 이용한 불편도와 피로감 예측의 가능성을 제시하였으며, 실험에 사용된 운전석을 평가할 수 있었다. 다만 본 연구는 자체 제작된 Seating Buck에서 행하여 졌으므로 실차에서의 검증 실험이 요구된다. 또한 본 연구에서는 의자의 디자인 요소로 요추 지지대의 깊이만을 평가하였으며 그것도 1cm, 3cm의 제한된 수준만을 독립 변수로 사용하였다. 추후

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

등판의 각도나 요추 지지대의 높이 등의 여러 디자인 요소와 관계된 체압 분포 연구가 필요하며, 본 연구에 제시된 변수를 통하여 여러 종류의 다른 디자인을 갖는 운전석에 대한 평가가 가능할 것으로 판단된다.

참고 문헌

국민 표준 체위 조사 보고서(1997), 국립기술 품질원.

박성준(1999), 차량설계를 위한 운전자세 연구의 문제점 및 개선 방향, 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 181-184.

박세진, 이남식, 이순요(1993), 자동차 운전석의 주관적 안락감평가와 체압 분포와의 관계에 대한 연구, 한국 인간 공학회지 Vol.12 No.1, 3-15.

박세진, 정민근, 권규식, 김선웅(2000), 자동차 피로감 평가 기술에 관한 연구, 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집.

정재원, 정민근, 나석희, 임성현(1999), 단시간 운전시 운전석 요추 지지대 깊이에 따른 안락감 및 체압 분포 변화, 대한 산업 공학회 추계학술대회 논문집.

Andersson, G.B.J., Ortengren, R., Nachemson, A. and Elfstrom, G.(1974), Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting.IV. Studies on a car driver's seat, Scandinavian Journal of Rehabilitarion Medicin, 6(3), 122-127.

Bader, D. L., Hawken, M. B.(1986), Pressure distribution under the ischium of normal subjects, Journal of biomedical Engineering, 8: 353-357

Gyi, Diane E. and Porter, J. Mark.(1999), Interface pressure and the prediction of car seat discomfort, Applied Ergonomics, 30, 99-107.

Lee, Janilla., Grohs, Ted., and Milosic, Mari(1995), Evaluation of Objective Measurement Techniques for Automotive Seat Comfort, SAE, 21-25.

Ng, David., Cassar, Tom and Gross, Clifford M.(1995), Evaluation of an Intelligent Seat System, Applied Ergonomics, 26, 109-116.

Nyquist Gerald W. and Patrick, Lawrence M.(1976), Lumber and Pelvic Orientations of the Vehicle Seated Volunteer, 667-696.

Porter, J.M., Guy. D.E.(1998), Exploring the optimum posture for driver comfort, International Journal of Vehicle Design, 19(3), 255-266.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

저자 소개

◈ 나석희

포항공과대학교 산업공학과 학사
포항공과대학교 산업공학과 석사
현재 포항공과대학교 산업공학과 박사과정
관심분야:인체역학, 제품디자인, 산업안전

◈ 임성현

포항공과대학교 산업공학과 학사
포항공과대학교 산업공학과 석사
현재 포항공과대학교 산업공학과 박사과정
관심분야: Digital Human Modeling,
제품 디자인, 인체역학

◈ 정민근

서울대학교 산업공학과 학사
Univ. of Michigan 산업공학과 석사
Univ. of Michigan 산업공학과 박사
현재 포항공과대학교 산업공학과 교수
관심분야: 산업안전, 인체역학,
응용 통계 및 실험 계획

논문접수일 (Date Received): 2003/03/27
논문게재승인일(Date Accepted): 2003/06/23

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.