자동차 요추지지대의 설계 변수에 따른 불편도 및 요추 변형과의 상관 관계 분석

양정태^{1†} · 이정호² · 최형연¹

¹홍익대학교 기계공학과 / ²건국대학교 경영대학 경영학 전공

Study on Lumbar Spine Curvature and Lower Back Discomfort with Design Parameter of Automotive Seat Lumbar Support

Jungtae Yang¹ · Joungho Lee² · Hyungyun Choi¹

¹Department of Mechanical Engineering, Hongik University, Seoul 121-791, Korea

²Department of Business Administration, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

In this study, it is investigated the relationship between sitting discomfort and major design variables of lumbar support, such as prominence, height and width through volunteer tests. Korean 50th percentile males and American 50th percentile males are recruited among 36 to 45 years old peoples who have driving experiences and have no back pain during the past 12 months. Subject ratings are asked by changing design variables randomly. Body pressure and lumbar position changes are also measured as object measures. And correlation among subject ratings, object measures and three design variables are analyzed using statistical analysis. As a result, it is revealed that prominence is the most dominant factor that correlates to the discomfort strongly for both-Koreans and Americans and contribution of other two variables are very low.

Keywords: Body Pressure Distribution, Lumbar Support, Prominence, Sitting Comfort, Sitting Discomfort

1. 서 론

UMTRI(University of Michigan Transportation Research Institute)에서 조사한 보고서에 따르면, 운전자 시트에 착좌 시 느끼는 불편감에 가장 관련 있는 첫 번째 요소는 요추지지대의 위치이며, 두 번째는 쿠션의 압력 분배이다(Schneider and Ricci, 1989). 미국 내 소비자 시장 조사 기관인 J. D. Power and Associates가 1999년도에 발표한 보고서에서는 시트에서 가장 큰 안락성 저해 요소는 요추지지대이며, 시트에서 발생하는 문제점 중에서 여러 해 동안 요추지지대에 대한 불만이 지속적으로 제기 되고 있다. Shen and Vértiz(1997)는 시트의 안락성 관련 인자들 중에서 착좌 시 가장 크게 느끼는 불편함(discomfort)이 시트 전체의 안락성을 좌우하며, 초기 착좌감과 요추부분의

불편함이 중요하다고 강조하였다. 위와 같이 안락한 자동차 시트를 설계하는데 있어서 운전석 등받이에 장착되는 요추지지대는 매우 중요한 역할을 차지하고 있다(Frohriep and Petzel, 2007). 이러한 이유로 지난 10년간 자동차 산업에서 요추지지대의 설계 최적화가 중요한 연구 주제의 하나였다.

Jung *et al.*(1999)은 단기간 운전시 운전자가 가장 선호하는 요추지지대의 깊이는 운전자의 신장과 관계없이 1cm라고 밝혔으며, Na *et al.*(2003)는 허리 불편도에 대해서 요추지지대의 깊이가 깊어질수록 큰 신장의 불편도가 증가하며, 작은 신장 그룹은 불편도가 감소하고, 시간이 지남에 따라 불편도는 증가한다고 하였다. Nahm *et al.*(1999)는 평가 시간과 관련해서 장시간의 실차 운전에서 유발되는 신체 불편도를 단시간의 정적 평가를 통하여 대변할 수 있음을 알 수 있고, 단시간의 정적

† 연락저자 : 양정태, 121-791 서울시 마포구 와우산로 94 홍익대학교 대학원 기계공학과, Tel : 02-326-0368, Fax : 02-322-7003,
E-mail : yangjungtae@gmail.com

2013년 2월 27일 접수; 2013년 4월 13일 수정본 접수; 2013년 4월 25일 게재 확정.

평가를 통해 시트의 안락감을 평가하는 것이 타당하다고 하였다. Hwang *et al.*(2008)은 요추지지대의 설계를 위해 나무 목업을 제작하고 4개의 나무 블록을 다른 두께로 만들어서 높이와 돌출량을 바꾸어 가며, 체압 및 요추 곡률을 분석 하였다. Jung and lee(2000)는 국내 자동차 회사나 시트제작 회사에서 생산 되는 자동차 시트는 미국인 신체 사이즈를 기준으로 제작 되고 있으며, 동양인과 서양인의 신체사이즈 차이로 인해, 시트의 안락감 평가 또한 차이가 있다고 하였다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 신체 사이즈가 다른 한국인과 미국인을 대상으로 자동차 운전석에 장착되는 요추지지대의 주요 설계 변수 변화에 따른 초기 착좌 불편감에 관한 연구를 하였다. 요추지지대의 주요 설계 변수로는 돌출량(prominence), 높낮이(height), 지지폭(support width)으로 선정하였으며, 요추 지지대의 주요 설계 변수 변화에 따라 피실험자들의 초기 착좌 불편도 평가, 체압 측정과 X-ray 촬영을 진행하였다.

본 연구에서는 피실험자의 불편도 평가를 통해 가장 덜 불편한 위치의 요추지지대 동작 범위를 찾고, 불편도 평가 결과를 바탕으로 체압 분포를 분석하였으며, 의학적 영상 이미지 분석으로 가장 선호하는 요추지지대의 지지위치를 파악하였다.

본 연구는 피실험자의 권리 및 안전을 보장하기 위해 서울대학교 보라매 병원의 의학연구윤리심의위원회(IRB : Institutional Review Board)의 심의를 취득하고 수행하였다. 그리고 미국인은 백인(caucasian)을 의미한다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자 선정

본 연구에 참여한 피실험자는 2년 이상 운전 경력이 있는 한국인과 미국인이며, 50th percentile 40대(36세~45세) 남성으로 최근 12개월 동안 허리 이상이 없고, 몸무게(한국인 : 69.2~73.8, 미국인 : 81.5~89.9)와 신장 조건(한국인 : 168.5~171.3, 미국인 : 175.9~179.9)을 만족하는 사람들 중에서 선발하였다.

한국인의 인체 치수 데이터는 국민표준체위사업(SizeKorea)

을 통하여 2003~2004년도에 시행된 제5차 한국인 인체치수 조사사업 보고서 자료를 참고 하였으며, 미국인의 인체치수 데이터는 2000~2003년까지 측정한 SizeUSA 자료를 사용하였다(Kim *et al.*, 2010).

<Figure 1>과 같이 모든 지원자들의 요추부는 사전 X-ray 촬영을 통해, 허리 염좌 및 디스크 등의 허리 이상을 판독하여 실험 참여 여부를 판정하였다.

최종적으로 위의 조건들을 모두 만족하는 한국인 12명과 미국인 6명을 피실험자로 선발하였으며, 신체 데이터는 <Table 1>과 같다.

Table 1. Mean data of test subjects

	나이 (SD), years	키 (SD), cm	몸무게 (SD), kg	앞은키 (SD) cm
Korean	39.3 (2.2)	169.7 (1.1)	71.3 (1.5)	91.1 (2.1)
American	40.5 (5.0)	177.9 (1.3)	83.5 (2.7)	92.3 (2.0)

2.2 실험용 목업 제작

본 연구에서 제작한 자동차 시트 목업은 국내에서 판매되는 H 사의 S 차량 운전석으로 X-Ray 촬영을 위해 목재로 재구성 하였다. <Figure 2>의 left, middle 사진처럼 X-ray 촬영을 위하여 시트의 프레임은 모두 원목으로 제작하였고, 연결 부위도 나무 핀을 사용하여 X-ray 결과 이미지에 영향을 줄 수 있는 간섭 요인을 최대한 제거하였다. 시트 폼과 커버를 연결하는 velcro는 그대로 사용하였으며, hog-ring 및 steel wire도 X-ray 촬영 시 영상의 간섭 문제로 제거 하였다. 시트 쿠션부와 등판부의 폼재는 실제 모델의 부품을 사용하였고, 커버는 직물사양을 선택하였다.

<Figure 2>의 right 사진처럼 시트 등받이에 장착되어 허리 부분을 지지하는 요추지지대는 DSC 사의 제품이며, 두 개의 와이어가 메인 플레이트를 밀어서 앞뒤로 돌출량을 조절하는 타입이다. 본 연구에 사용된 차량의 요추지지대는 2way 방식으로 돌출량만 조절되기 때문에 기존 제품에 상하 이동이 가능하도록 추가로 모터를 부착하여 앞/뒤/상/하로 움직일 수 있도록 개조하였다. S 차량에 장착되는 요추지지대의 돌출량 범위는 0~35mm까지이며, 새롭게 만들어진 요추지지대의 돌출량은 0~45mm까지 이동하고, 높낮이는 초기 장착 위치인 0mm를 기준으로 상하로 -30~+30mm까지 움직일 수 있다.

목업에 기준이 되는 부품들의 위치(wheel point/heel point/rail mounting location)와 각도(cushion/back)는 한국인과 미국인 50th percentile 시트 패키지 데이터와 동일하게 제작하였다. 여기서 가장 중요한 hip point 위치는 목업에 HPM I(hip point machine)을 착좌시키고 휴대용 좌표 측정 기계인 FaroArm으로 좌표를 계산하여 목업에 반영하였다.

Figure 1. Pretest for back pains(left : standing position, right : lateral decubitus position)

Figure 2. Test mockup(left : with foam and cover, middle : wood frame, right : lumbar support)

이렇게 제작된 시트 목업(프레임, 폼, 커버, 요추지지대)은 X-Ray 예비 시험에서 영상 결과에 아주 미미한 간섭을 미치는 것으로 나타났다.

2.3 불편도 평가

피실험자가 목업에 착좌 시 느끼는 초기 불편감을 측정하기 위해 주관적인 불편도 평가를 수행하였다. 목업에 장착된 요추지지대의 돌출량과 높낮이는 모터를 이용해 5단계까지 조절할 수 있으며, 돌출량과 높낮이 조절 외에 2가지 지지폭을 바꿀 수 있다. 따라서 피실험자는 요추지지대의 돌출량 및 높낮이 조절로 25개의 위치와 2가지 지지폭의 조합에서 초기 착좌 불편도를 점수로 표현하며, 가장 덜 불편한 위치를 좀 더 불편한 위치보다 높은 점수로 평가하게 된다. 평가가 진행되는 동안 초기 착좌 자세를 유지하기 위하여 피실험자의 신체 주요 관절 포인트에 landmark를 부착하고, 3D motion camera로 촬영하였다. <Figure 3>에서 피실험자의 착좌 자세 유지를 위한 3D 모션 캡처 환경을 보여주고 있다.

Figure 3. 3D motion capture environment to maintain the sitting position of subjects

피실험자는 실험에 들어가기 전에 요추지지대의 위치 조절 버튼을 스스로 동작하면서, 요추지지대의 위치 변화에 따른 착좌 불편 정도를 익혔으며, 피실험자 마다 차이는 있었지만, 보통 30분에서 1시간 정도의 학습 시간이 소요되었다.

불편도 평가는 두 가지 방법으로 진행 하였다. 측정방법 1은 피실험자가 목업에 착좌하고 요추지지대의 이동에 따라 가장 덜 불편한 위치를 찾도록 한 후 찾은 위치를 10점으로 평가하였으며, 가장 불편한 위치를 1점으로 하여 기준점을 정하였다. 이와 같이 피실험자에게 기준점을 찾게 하고 불편함의 정도를 기억하게 한 후 실험 진행자가 랜덤하게 요추지지대를 이동시

키면서 피실험자에게 질의하고 앞에서 찾은 기준점과 비교하여 불편도에 따라 1점에서 10점까지 측정하였다. 측정방법 2는 돌출량과 높낮이의 중간 지점을 기준 0점으로 정하고 기준점과 비교하여 더 불편한 위치를 -5점까지, 덜 불편한 위치를 +5점까지 평가하게 하였다. 두 방법 모두 피실험자에게는 요추지지대의 이동 경로를 알려 주지 않았으며, 충분한 시간을 주고 불편도를 측정하였다. 피실험자는 측정방법 1, 2에 대해서 각각 불편도 평가를 3회씩 반복함으로써 실험과 실험자료에 대한 신뢰성을 높일 수 있었으며, 특히 피실험자별 각 회의 실험에서 기준 위치를 지정해 줌으로써 학습효과에 따른 상대적 평가가 용이하도록 실험을 진행하였다.

2.4 체압 측정

체압은 시트의 안락감 평가 시 주관적 평가와 함께 가장 많이 사용되고 있는 객관적인 측정 방법이다. 이미 많은 논문에서 시트 불편감을 평가하기 위해 착좌 체압분포에 관해 연구해 왔다(Demontis and Giacoletto, 2002; Oudenhuijen *et al.*, 2003).

본 연구에서는 <Figure 4>와 같이 Pressure sensor 시스템(X-sensor, 43×43 cells)을 시트 등판부에 설치하고, 피실험자가 목업에 착좌 하였을 때 요추지지대의 돌출량과 높낮이 및 지지폭 변화에 따른 시트 등판부 압력을 측정하였다.

Figure 4. Subject on test mockup and measured sitting pressure distribution

위와 같이 착좌 시 시트 등판부에서 측정된 압력 분포 결과가 불편도 평가 결과와 어떠한 관계를 갖고 있는지 파악하고, 이들의 상관관계를 분석하였다.

2.5 X-ray 촬영

요추지지대의 돌출량에 따른 요추 곡률을 분석하기 위해 X-Ray 이미지를 활용하였다(Hwang *et al.*, 2010). 본 연구에서는 요추지지대의 설계 변수에 따라 변하는 피실험자의 요추 형상을 관찰하기 위해 25개(돌출량 5개, 높낮이 5개) 위치에서의 요추 변화를 X-ray로 촬영하였다. 실험은 피실험자에게 초기 착좌 자세를 유지하게 하고, 실험 진행자가 25개의 요추지지대의 위치를 조절하면서 촬영을 진행하였다. X-ray 촬영은 요추 지지대의 지지 위치를 정확히 파악하고, 돌출량 변화에 따라 요추의 변형 형상을 측정하기 위함이다.

Figure 5. 25 X-ray images for a subject(left to right in row : prominence increase, top to bottom : height increase)

<Figure 5>는 25개 요추지지대 위치에서의 X-ray 요추 이미지를 보여 주고 있다.

3. 연구 결과

3.1 불편도 평가 분석

불편도 평가 결과에서 한국인과 미국인 모두 요추지지대의 돌출량 변화에 대해서는 불편감을 표현 하였으나, 상대적으로 높낮이와 지지폭 변화에 대해서는 불편감을 크게 느끼지 못하는 것으로 관찰되었다.

<Figure 6>의 left 그림에서 볼 수 있듯이 절반 이상의 한국인(사각형)과 미국인(삼각형)은 S 차량 목업에 탑승 시 요추지지대의 높이가 낮고 돌출량이 적을 때 불편감을 가장 덜 느끼는 것으로 나타났다. 여기서, 가장 덜 불편감을 느끼는 돌출량은 15~25mm 사이 값이었으며, 이 결과는 안락성을 위해서 요추부의 유효 돌출길이(Effective lumbar prominence)는 23~27mm 사이에 있어야 한다는 결과와 유사함을 보이고 있다(Hughes *et al.*, 1998). 또한 right 그림에서 몇몇 피실험자를 제외하고 한국인과 미국인 모두 요추지지대의 돌출량이 가장 많을 때(45mm)와 높낮이가 가장 높을 때(30mm)를 불편하다고 평가하였다.

Figure 6. Comfort/Discomfort map from a subject(left : comfort, right : discomfort)

불편도 평가 결과에서 한국인은 미국인보다 한 단계(15mm) 낮은 돌출량 및 높낮이에서 가장 덜 불편하다고 평가하였다. 이것은 서양인은 좀 더 강한 요추 지지를 선호하는 반면 동양인은 그렇지 않다는 결과와 연관성이 있다(Jung and lee, 2000).

불편도 평가 방법 중 피실험자가 불편한 위치를 스스로 찾는 경우(측정방법 1)와 기준 위치에 비해 상대적인 불편감을 평가하는 경우(측정방법 2)의 결과 차이는 크게 없었다. 하지만, 통계분석에서 측정방법 1로 피실험자가 스스로 덜 불편한 위치와 더 불편한 위치를 평가하는 경우가 유의함을 보였다.

3.2 체압 분석

Mergl *et al.*(2005)과 Zenk *et al.*(2006)는 쿠션부와 등판부가 17개의 구역으로 나뉘어져 있는 Body grid를 기반으로 신체 부위별 체압을 분석하였다. 본 논문에서는 <Figure 7>과 같이 X-ray이미지에서 실제 요추의 길이(T12~S1까지 포함)를 정확히 측정하고, 이 범위를 Presser sensor의 세로 셀 크기와 비교 하였다. T12부터 S1까지의 길이는 Presser sensor의 16개 셀의 길이와 비슷하였고, 이 16개의 셀을 4등분 하여 4구역의 BPD(Body pressure distribution) 값으로 체압 분포를 분석하였다.

Figure 7. Body pressure zone

앞의 방법으로 계산된 4구역의 BPD를 계산하여, <Figure 8>과 같이 한국인과 미국인의 불편도 평가에서 가장 덜 불편하다고 평가한 위치에서의 체압을 요추 범위로 나누어 Comfort corridor로 나타내었다. 요추의 L2와 L4사이의 압력이 한국인은 2.1~3.3kPa일 때, 미국인은 2.8~4.6kPa일 때를 가장 덜 불편하다고 표현 하였으며, 이런 차이는 한국인이 미국인보다

한 단계 작은 요추지지대의 돌출량과 위치에서 가장 덜 불편함을 느낀 결과이다.

Figure 8. BPD Corridor from a subject(left : Korean, right : American)

3.3 X-ray 이미지 분석

<Figure 9>와 같이 Cobb's angle은 척추의 휘어짐을 측정하기 위한 방법으로 척추측만증에서 측만 정도를 수치로 나타낸 것이다.

Figure 9. Cobb's angle

Figure 10. Cobb's angle of the lumbar(left : comfort rating, right : discomfort rating)

본 연구에서는 요추의 측만 정도를 판단하기 위해 요추 상단의 편평한 면과 요추 하단의 편평한 면에서 수평선을 그은 뒤, 각 선에 수직선을 연결하여 교차하는 각을 Cobb's angle로 정의하였다.

측정 오차를 줄이기 위해 5명이 3번씩 피실험자의 X-ray 이미지에서 Vertebra Angle을 측정하였다. <Figure 10>의 left 그림

은 피실험자들이 가장 덜 불편하다고 평가한 위치에서의 한국인과 미국인의 요추 각도를 보여 주고 있으며, right 그림은 요추지지대가 가장 불편한 위치로 이동했을 때 피실험자들의 요추각도를 나타내고 있다. 대체적으로 한국인은 미국인 보다 작은 곡률 변화를 보였으며, 한국인과 미국인 모두 요추의 각도는 요추의 아래 부분인 L4/L5에서 가장 많이 변하였다.

제 3.1절의 불편도 평가 결과에서 한국인과 미국인이 가장 덜 불편하다고 평가한 요추지지대의 높낮이는 15mm 차이가 있었지만, <Figure 11>에서 보여주듯이 X-ray 이미지 판독 결과에서는 한국인과 미국인 모두 L3와 L4사이에 요추지지대가 위치함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 한국인과 미국인의 다른 신체 사이즈(Weight, Seated Height, Back Waist)가 원인으로 판단된다.

Figure 11. Lumbar support position of Koreans and Americans (left : Korean, right : American)

3.4 통계 분석

본 연구에서는 초기 착좌 불편감에 대한 차량 시트 요추지지대 설계변수들의 영향력을 분석하기에 앞서 사전적 분석으로서 차량 시트 요추지지대의 설계변수들과 초기 착좌 불편감 사이의 선형관계를 상관관계분석(Correlation Analysis)을 이용하여 확인하였다. 즉, 피실험자 집단인 한국인 집단과 미국인 집단 각각에 대하여 설계변수들인 요추지지대의 돌출량, 높낮이, 지지폭과 착좌 불편감 사이의 선형관계를 피어슨 상관계수(Pearson Correlation Coefficients)를 통해 분석하였는데, 한국인의 경우 요추지지대의 설계변수들 중 돌출량 및 높낮이와 초기 착좌 불편감 사이에 통계적으로 유의한 부(-)의 상관관계가 있는 것으로 나타났으나($p < 0.001$), 지지폭과 초기 착좌 불편감의 상관관계는 통계적으로 유의하지 않았다. 한편 미국인의 경우 요추지지대의 설계변수들 중 돌출량만 초기 착좌 불편감과 매우 높은 부(-)의 상관관계가 있는 것으로 나타났($p < 0.001$). 특히 한국인의 경우 돌출량과 초기 착좌 불편감의 상관계수가 -0.423, 미국인의 경우 -0.255로 나타났는데($p < 0.001$),

이는 한국인과 미국인 모두 차량 시트 요추지지대의 설계변수들 중 돌출량이 적을수록 초기 착좌시 지각하는 불편감이 감소하는 경향이 있음을 보여준다.

또한, 차량 시트 요추지지대의 설계변수들이 초기 착좌 불편감에 어느 정도 영향을 미치는지를 단계선택적 다중회귀분석(Stepwise Multiple Regression Analysis)을 이용하여 분석하였다. 이미 여러 연구에서 요추지지대의 돌출량에 관한 연구가 진행되었다(Andersson *et al.*, 1974; Hughes *et al.*, 1998; Kohara and Sugi, 1972; Jung *et al.* 1999). 본 연구에서도 한국인과 미국인 모두에서 설계변수인 돌출량, 높낮이, 지지폭 중 돌출량이 종속변수인 초기 착좌 불편감에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 회귀방정식의 전체 설명력(adjusted-R²)은 한국인의 경우 0.393(F = 65.607, p < 0.001), 미국인의 경우 0.129(F = 15.781, p < 0.001)로 나타났으며, 각 경우 단계선택적 다중회귀분석에 의해 종속변수인 초기 착좌 불편감에 통계적으로 유의한 영향력이 있는 설계변수만 회귀식에 포함됨에 따라 다소 낮은 결정계수값에도 이 회귀방정식이 유의하다고 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 차량 시트 요추지지대의 돌출량과 초기 착좌 불편감 사이에 부(-)의 상관관계가 존재함을 확인한 앞서의 사전적 분석결과와 함께, 차량 시트 요추지지대의 설계 변수들 중 돌출량이 초기 착좌 불편감에 영향을 미치는 주요 설계 변수라는 것을 의미한다. 이에 반하여 초기 착좌 불편감에 대한 높낮이 및 지지폭의 영향력은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

4. 결 론

자동차 시트 설계 시 초기 착좌 불편감에 영향을 미칠 것으로 예측되는 요추지지대 관련 주요 설계 인자로서 돌출량 및 높낮이와 지지폭을 선정하였다.

불편도 평가에서 한국인과 미국인 모두 돌출량 변화시 불편도를 좀 더 쉽게 평가 하였으나, 높낮이와 지지폭 변화에 대해서는 다소 둔감한 반응을 보였다. 통계분석 결과 또한 돌출량 인자가 초기 착좌 불편감에 통계적으로 유의한 영향력을 미치는 것으로 나타났지만, 높낮이 및 지지폭 인자는 통계적으로 유의하지 않았고 이들 인자 사이의 상관관계 역시 존재하지 않는 것으로 분석되었다.

S 차량의 요추지지대 이동에 따른 초기 착좌 불편도를 평가하기 위해 요추부 채압 구역화를 완성하였고, 가장 덜 불편하다고 생각하는 요추지지대의 위치에서 한국인은 미국인보다 요추부 압력이 적게 측정 되었으며, 작은 돌출량과 낮은 위치의 요추지지대를 선호 하였다.

운전자의 요추곡률을 유도하기 위하여 요추지지대를 사용하지만, 과도한 돌출량은 오히려 엉덩이를 앞으로 이동시켜, 구부정한 자세를 만들 수 있으며, 허리에 좋지 않은 자세가 만들어질 수 있다. 사람마다 요추의 형상이 다르고, 착좌 시의 요추곡률 또한 많은 차이가 있었다. 불편도 평가에서 한국인과 미국인이 가장 덜 불편하다고 평가한 요추지지대의 위치는 달랐

으나, 결과적으로 X-ray 이미지 판독 결과로는 한국인과 미국인 모두 똑같이 L3와 L4 사이에 요추지지대가 위치해 있었다.

본 논문에서는 하나의 시트를 대상으로 연구가 진행 되었으며, X-ray 촬영 문제로 목업을 사용하고 증장기 착좌에 대한 불편도를 고려하지 못했으며, 한국인과 미국인 모두 피실험자의 인원이 충분하지 못한 제한이 있었다. 향후 연구는 다양한 시트와 신체사이즈를 포함하고, 좀 더 많은 인원의 피실험자와 요추부와 쿠션부를 함께 고려한 채압 분석이 요구 되며, 시간에 따른 평가가 필요할 것으로 생각된다. 추가적으로 실험적 연구를 대체 보완하기 위하여 요추부가 상세 모델링 된 유한요소 인체 모델을 구성 중에 있으며, 불편도와 관련해서 디스크 압력 변화도 함께 연구할 계획이다.

참고문헌

- Demontis, S. and Giacoletto, M. (2002), Prediction of Car Seat Comfort from Human-Seat Interface Pressure Distribution, *Society of Automotive Engineers*, 2002-01-0781.
- Frohriep, S. and Petzel, J. (2007), Computer Aided Lumbar Support Design and Application, *Digital Human Modeling*, **4561**, 586-594.
- Hughes, E. C., Shen, W., and Vértiz, A. (1998), The Effects of Regional Compliance and Instantaneous Stiffness on Seat Back Comfort, *SAE Technical Paper No. 980658*.
- Jung, J. W., Chung, M. K., Na, S. H., and Lim, S. H. (1999), The Effect of Lumbar Support Prominence upon Comfort and Body Pressure Distribution of an Automobile Seat in Short-duration Driving, *Transactions of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 469-474.
- Jung, W. W. and Lee, J. W. (2000), Automotive Seat Guide Line Study By Comparing Anthropometric Data between Eastern and Western People, *Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress*, F2000H200.
- Kim, S. H., Pyun, J. K., and Choi, H. Y. (2010), Digital Human Body Model for Seat Comfort Simulation. *Int. J. Automotive Technology*, **11**(2), 239-244.
- Mergl, C., Klendauer, M., Mangen, C., and Bubb, H. (2005), Predicting Long Term Riding Comfort in Cars by Contact Forces Between Human and Seat, *SAE Technical Paper No. 2005-01-2690*.
- Na, S. H., Lim, S. H., 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*, **22**(3), 57-73.
- Nahm, Y. E., Lee, Y. S., Park, S. J., and Min, B. C. (1999), A study on the Development of Comfort Evaluation Method for Automotive Seat, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 75-86.
- Oudedhuijzen, A., Tan, K., and Morsch, F. (2003), The Relationship Between Seat Pressure and Comfort. *SAE Paper No. 2003-01-2213*.
- Power, J. D. and Associates Report (1999), *Seat Quality Report*.
- Schneider, L. W. and Ricci, L. L. (1989), Survey Of Driver Seating Discomfort and Related Factors, *Technical Report*, UMTRI-89-23.
- Shen, W. and Vértiz, A. (1997), Redefining Seat Comfort, *SAE Technical Paper No. 970597*.
- The 5th Korean Anthropometric Dimension Research Report (2004), Size Korea.
- Zenk, R., Mergl, C., Hartung, J., Sabbah, O., and Bubb, H. (2006), Objectifying the Comfort of Car Seats, *SAE Technical Paper No. 2006-01-1299*.