

한국인 남성 운전자의 운전 자세에서 발생하는 몸통 처짐 현상에 관한 예측 모델 연구

오영택¹ · 정의승^{2*} · 박성준³ · 정성욱¹

¹고려대학교 산업시스템정보공학과 / ²고려대학교 정보경영공학부

³남서울대학교 산업경영공학과

Prediction of Postural Sagging Observed During Driving in Korean Male Drivers

Youngtaek Oh¹ · Eui S. Jung² · Sungjoon Park³ · Seong Wook Jeong¹

¹Department of Industrial System and Information Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

²Division of Information Management Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

³Department of Industrial and Management Engineering, Namseoul University, Cheonan 330-707, Korea

In the vehicle design, the research on driving posture has stood out as one of the important issues. Recently, the research on 3D human modeling focused on more exact implementation of real driving posture. However, prediction of driving posture through the 3D human modeling fail to reflect on the model the phenomenon called sagging, which refers to the retraction or shrinking of the torso while driving. 30 male subjects participated in the experiment where total subjects were divided into four groups according to height percentile (under 50% ile, 51% ile to 75% ile, 76% ile to 95% ile, over 95% ile). The independent variables were seat back angle (4 levels) and seat pan angle (2 levels). The dependent variable was capacity or the degree of retraction of the torso. First this study measured the sagging capacity by using a paired T-test between erect and retracted posture. Secondly it was tried to find out significant anthropometric variables that were statistically correlated by the analysis of correlation. Finally, a prediction model was derived which explains the capacity of sagging.

Keywords: Sagging, Human Modeling, Prediction Model of Driving Posture

1. 서론

1.1 연구배경

국내 자동차 산업의 발전과 외국 선진 차량들의 수입이 보편화됨에 따라 차량에 대한 고객들의 수요가 편의성, 안락감 등이 개선된 고급차 위주로 바뀌어 가고 있다. 이렇게 편의성, 안락감이 개선된 차량을 고객에게 제공하기 위해서는 시인성 확보를 위한 운전자 Eye point의 정확한 위치를 도출하여 설계에 반영하거나 편안한 운전 자세의 확보를 위해 차량의 시트

설계에 운전자의 정확한 인체 특성이 반영되어야 한다. 이런 추세로 인하여 한국인의 인체 특성을 반영한 운전 자세를 차량 설계에 이용하려는 국내 자동차 업계의 노력이 가속화 되고 있고, (Park *et al.*, 2006) 자동차 인간공학의 주요 관심 대상이 되어 왔다.

과거에 진행되어 온 운전 자세에 관한 연구는 최적 운전 자세에 대하여 각 관절들의 각도 범위를 제안하는 연구(Judic *et al.*, 1993)와 차량 시트 설계를 위한 최적 운전 자세 연구(Park *et al.*, 2000) 등이 있었다. 이런 과거 연구들은 2차원 직접 측정 인체 데이터를 바탕으로 진행된 연구들(Shin *et al.*, 1997)이 대

* 연락저자 : 정의승, 136-701 서울시 성북구 안암동 5가 1번지 고려대학교 정보경영공학부, Tel : 02-3290-3391, Fax : 02-3290-3913

E-mail : ejung@korea.ac.kr

2007년 10월 접수; 2007년 12월 수정본 접수; 2007년 12월 게재 확정.

부분 이었다. 하지만, 2차원 직접 측정 데이터로 도출된 운전 자세는 실제 운전자의 운전 자세와 비교하여 정확성이 부족하다는 한계점이 존재한다.

이런 한계점을 극복하기 위하여 최근 국내에서도 2004년 산업자원부 기술표준원에서 시행한 <한국인 인체 치수 조사 사업(Size Korea)>의 자료를 활용하여 한국인의 표준 운전 자세에 관한 연구(Park *et al.*, 2006)를 수행하는 등 실제 운전자의 운전 자세와 유사한 3차원 인체 모델을 구현하려는 노력이 이루어지고 있다. 또한, 최근에 컴퓨터 시스템 및 소프트웨어의 발달로 인한 CATIA의 HUMAN, RAMSIS와 같은 3차원 인체 모델을 이용한 가상의 패키지 설계 프로그램이 출시되기 시작하였고, 미국, 유럽 및 일본에서는 3차원 가상의 운전자 모델 생성에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Jeong *et al.*, 2007).

이처럼 정확한 인체 데이터를 측정하고, 이를 3차원 인체 모델로 구현하려는 노력으로 인하여 2차원 데이터를 반영한 운전 자세가 가진 정확성에 대한 한계점을 극복할 수 있었다. 하지만 3차원 인체 모델 역시, 딱딱한 신체(rigid body)를 이용하여 구현하였기 때문에 실제 사람의 신체처럼 구부러지거나 줄어드는 현상을 잘 반영하지 못한다는 점에서 한계가 있다. 이런 점에서 3차원 인체 모델을 이용한 차량의 패키지 설계 프로그램은 구현상 몇 가지 문제점을 가지게 되었다.

첫 번째 문제점은 운전 시, 엉덩이가 앞으로 당겨지는 슬럼프(Slumping)으로 인하여 몸통이 구부러지는 현상을 고려하기 힘들다는 점이다(Brain *et al.*, 1993). 이런 슬럼프 현상은 주로 차량 시트의 적절하지 못한 설계(특히, 시트의 높이가 너무 낮거나, 시트의 쿠션이 딱딱하거나, 등받이 각이 충분히 기울어지지 않을 경우)로 인하여 운전자가 불편함을 느낄 때, 편안한 자세를 유지하기 위해 엉덩이를 시트 앞쪽으로 당기면서 발생한다. 이럴 경우 등이 심하게 구부러지는 현상이 발생하는데 이는 가상의 3차원 인체 모델의 딱딱한 신체(rigid body)로는 잘 표현이 되지 않는다.

두 번째 문제점은 운전자가 곧게(erect) 앉았을 때 보다 운전 시, 편안한 자세를 취했을 경우 몸통이 줄어드는 현상이 발생하는데 이런 현상 또한 가상의 인체 모델에 적용하기 힘들다는 점이다. 실제 이런 몸통의 축소 현상은 시트의 불편함 때문이라기보다는 운전자가 편안하게 시트에 기대어 있더라도 오랜 시간 운전을 하면서 자연적으로 발생된다.

실제 가상의 3차원 인체 모델을 패키지 프로그램에서 구현하면 이와 같은 현상이 반영이 되어 있지 않는데 이는 아래의 <Figure 1>을 보면 알 수 있다.

<Figure 1>은 실제 운전 자세(우측 사진)와 동일한 운전자의 인체 측정 자료를 바탕으로 가상의 3차원 인체 모델 프로그램인 RAMSIS에서 생성시킨 3차원 인체 모델의 운전 자세에 대한 Eye point, 어깨 점, Hip joint를 비교한 것이다. 차량의 바닥면을 일치시킨 후, 실제 운전자와 가상의 인체 모델의 Hip joint를 동일한 높이에 위치 시켰을 경우, 실제 운전자의 Eye point와 어깨 점이 밑으로 더 내려가 있는 것을 알 수 있다.

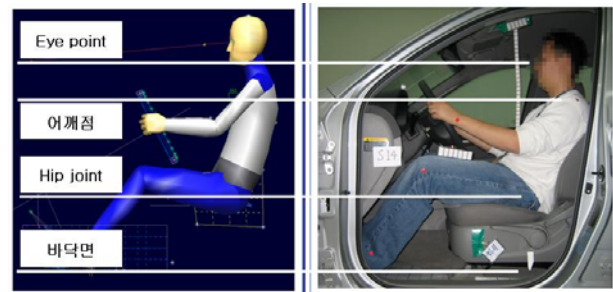


Figure 1. Comparison of 3D human model and real driving posture

3차원 인체 모델의 첫 번째 문제점을 해결하기 위해서는 엉덩이가 앞으로 당겨지는 현상을 좀 더 정확하게 반영해야 한다. 하지만 슬럼프 현상의 모델링에 관한 연구는 예전부터 많이 진행되어 왔고(Herbert *et al.*, 1994) 그 결과를 최근에 출시되는 가상의 패키지 프로그램에 반영한다면 어느 정도 문제점의 극복이 가능할 수 있게 된다.

하지만, 두 번째 문제점인 단순히 몸통이 줄어드는 현상(sagging)은 아직까지 3차원 인체 모델을 이용한 가상의 패키지 프로그램에 반영이 되어 있지 않고(Figure 1 참고), 그에 대한 연구도 거의 진행되지 않고 있다.

최근에 차량 내에서 편안한 자세, 곧게 앉은 자세에 관하여 운전자, 앞좌석 동승자, 뒷좌석 동승자에 대한 목 부분의 줄어드는 정도(cervical retraction capacity)를 비교한 연구가 진행되었다(Bertil *et al.*, 2007). 남성 78명, 여성 76명, 총 154명의 피 실험자를 대상으로 진행된 위의 연구는 차량(Volvo V70)에 탑승하여 운전을 하는 동안 각각의 자세에 대한 실험을 실시하였고, ANOVA 분석을 통해 편안한 자세에서 목이 줄어드는 정도가 곧게 앉은 자세 보다 유의한 수준에서 커짐을 알 수 있었다. 또한, <Figure 2>와 같이 X-ray를 이용하여 목의 줄어드는 부분에 관하여 해부학적으로 자세히 표현하였다.

하지만, 위의 연구는 목 부분에 관한 연구였고, 정확한 운전 자세의 도출을 위한 연구가 아닌 운전사고 시 목 부분의 안전에 관한 연구였으므로 본 연구의 목적과는 다소 차이가 있다.

최근에 본 연구진에 의하여 한국인 남성의 운전자세 시 몸

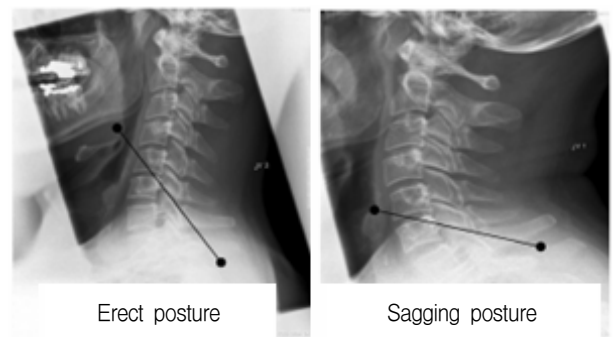


Figure 2. Comparison of erect and sagging posture through the X-ray

통에서 발생하는 sagging에 관한 연구(Jeong *et al.*, 2007)가 수행되었으나, 단순히 sagging 현상이 일어나는 것과 그것에 영향을 주는 변수만이 파악되었을 뿐, sagging의 정도를 예측할 수는 없는 등, 실제 3차원 인체 모델에 적용할 수 있을 정도의 연구는 미비한 실정이다.

1.2 연구 목적

본 연구는 sagging 현상에 대한 보다 정확한 실험의 데이터를 얻기 위하여 실제 차량 환경, 주행 환경과 비슷한 시뮬레이터를 제작한 후, 한국인의 남성을 대상으로 몸통(목-엉덩이)의 길이 변화(N-H Sagging)에 대하여 실제로 발생하는지 여부와 그 정도를 파악하려 하였다.

또한, 키 그룹 및 각 차량 변수(시트 백 각도, 시트 팬 각도), 신체 변수(관절간의 직선 길이 및 관절 각)의 변화에 따른 sagging의 정도를 구한 후, 마지막으로 실제 sagging과 관련이 높은 신체 변수들을 통하여, 3차원 인체 모델 정확한 구현에 도움이 될 수 있도록 몸통(Neck to Hip)의 길이 변화(N-H Sagging)에 관한 예측 함수식을 도출하는 것을 목적으로 예측 함수식을 만들고자 하였다.

본 연구를 통하여 차량 변수 및 신체 변수에 따른 sagging의 정도를 도출하여 실제 3차원 인체 모델을 이용한 가상의 패키지 프로그램에 적용한다면 보다 정확한 3차원 인체 모델 형성에 도움이 되리라 기대된다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 먼저 sagging 현상에 대하여 정의 하고, 그 sagging의 정도를 파악하기 위한 실험에서 측정할 변수를 선정할 후, 신체적 특징과 차량의 특성을 반영한 각 수준별 실험을 실시하였다.

2.1 sagging의 현상 및 정의

우선, 본 연구에 앞서 아래의 <Figure 3>과 같이 동일한 운전자에 대하여 곧게(erect) 앉았을 경우와 다르게 실제 운전 자세에서 자연적으로 발생하는 몸통의 길이가 줄어드는 현상에 대

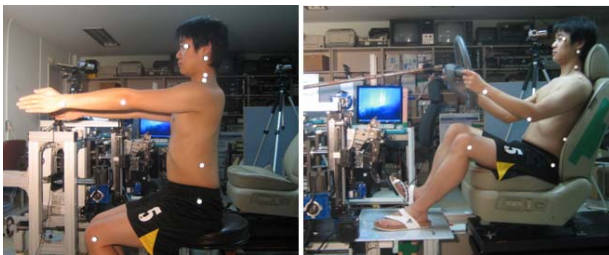


Figure 3. Erect posture and driving posture

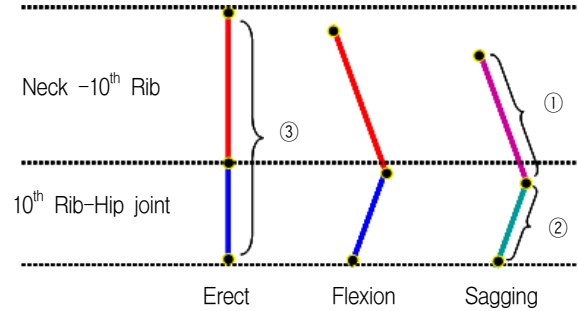


Figure 4. Definition of sagging posture

해(3차원 인체 모델의 두 번째 문제점) sagging(Sagging) 현상이라고 정의하였다.

즉, sagging 현상이란 운전 중에 시트의 불편함으로 인해 운전자의 엉덩이가 앞으로 당겨져(슬럼프링 현상) 발생하는 등이 구부러지는 현상이 아닌 등과 엉덩이를 시트의 등받이에 편하게 붙여서 앉았을 경우에도 자연스럽게 발생하는 몸통 길이의 축소 현상으로 정의한다. 특히, 본 연구에서는 관절이 구부러지는 현상(flexion)에 관한 요인은 되도록 배제하고, 순수하게 몸통이 줄어드는 현상만을 sagging으로 정의하였고, 아래의 <Figure 4>에 그 의미를 도식화 하였다.

<Figure 4>에서 보면 관절이 구부러지는 현상(flexion)은 곧은(erect)자세에서 등이 휘는 각도만 반영한 것이고, sagging 현상은 관절의 구부러짐과 상관없이 몸통의 길이가 조금 더 줄어드는 현상을 말한다.

따라서 본 연구에서 몸통에 일어나는 sagging의 정도는 운전 자세에서의 목(neck)에서 열째갈비뼈 점(10th Rib)까지의 길이(①)와 열째갈비뼈 점(10th Rib)에서 엉덩이 점(Hip joint)까지의 길이(②)를 합친 후 곧게 앉은 자세에서의 목(neck)에서 엉덩이 점(Hip joint)까지의 길이(③)에서 뺀 것을 사용하였다.

2.2 실험 환경 구축

실제와 동일한 운전 자세 및 주행 환경을 만들기 위하여 현재 판매 중인 차량의 전동 시트, 스티어링 휠, 페달 등을 구입하여 시뮬레이터를 완성하였고, 측정에 있어서는 sagging의 정도를 정확하게 분석하기 위하여 3차원 동작 분석기를 사용하였다<Figure 5>.

또한 실제 주행 환경과 유사한 환경을 구축하기 위하여 운



Figure 5. Simulator and 3D motion analysis system

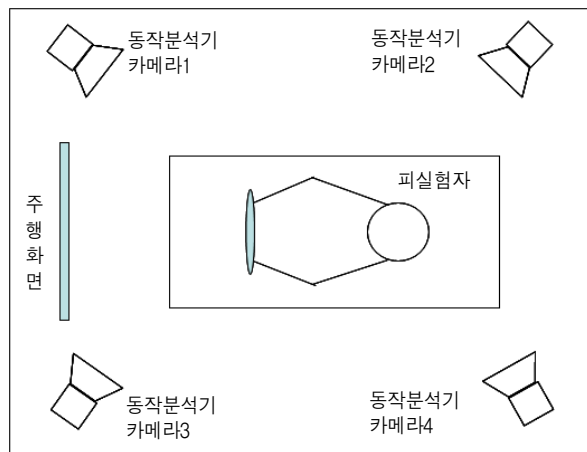


Figure 6. Experimental environment

전자의 전방에 실제 차량에서 도로를 주행하면서 찍은 화면을 보여주는 2ndary task를 부여하였다.

위의 시뮬레이터와 3차원 동작 분석기, 2ndary task를 이용하여 본 연구의 실험 환경을 아래의<Figure 6>과 같이 구축하였다.

2.3 독립변수 및 측정점 선정

이전 연구에서 신체 변수인 키와 차량 변수인 시트 백 각도(등받이 각도)는 sagging 현상에 영향을 주는 반면, 또 다른 차량 변수인 시트의 높이(H30)는 영향을 주지 않는다는 결과가 나왔다(Jeong *et al.*, 2007). 따라서 본 연구에서는 차량 변수 중 시트의 높이는 일정한 높이(H30 : 300)로 고정 하였고, 키와 시트 백 각도는 차량변수에 선정하되 좀 더 체계적 변화를 알아보기 위하여 시트 백 각도의 수준을 늘리기로 했다. 또한, 시트 팬 각도(엉덩이 받이 각도)가 허리의 구부러지는 현상(Lumbar flexion)에 영향을 주는 변수라는 결과(Matthew P. Reed *et al.*, 2000)를 바탕으로 시트 팬의 각도를 차량 변수에 추가하였다.

신체의 주요 측정점은 sagging 현상이 슬럼프핑 현상과 발생하는 부위(등과 허리 부분)가 유사하므로 슬럼프핑 현상을 측정하는 인체 변수의 측정점과 유사하게 선정하였다. 슬럼프핑 현상의 구현할 수 있는 최소 링크의 구성은 머리(head), 목(neck), 가슴(chest), 허리(lumbar), 펠비스(pelvis)의 5개라고 할 수 있다.(Brain *et al.*, 1993) 본 연구에서는 몸통에 관한 sagging 현상을 대상으로 실험할 것이므로 목(neck) 점, 열째갈비뼈 점(10th Rib), 엉덩이 점(Hip joint)을 주요 측정점으로 선정하여 3차원 좌표값을 측정하였다.

또한 sagging에 관한 예측 함수식 도출에 필요한 신체 변수들을 구하기 위해 주요 측정점 이외에 신체 측정점들을 추가하여 측정하였다. 눈 점(Eye point), 귀(Ear) 밑점, 어깨(Shoulder) 점, 팔꿈치(Elbow) 점, 손목(Wrist) 점, 무릎(Knee) 점으로 6개를 추가 측정하였으며, 모두 9개의 측정점은 산업자원부 기술표준원이 발간한 인체측정 표준용어집의 측정 방법을 기

준으로 측정하였다.

최종적인 신체 변수, 차량 변수, 신체 측정점은 아래의<Table 1>과 같이 정리하였다.

Table 2. body variable, vehicle variables and body measuring point

신체 변수	키(그룹)
차량 변수	시트 백 각도 시트 팬 각도
주요 측정점	목(neck)점 열째갈비뼈(10 th Rib)점 엉덩이 점(Hip joint)
주요 측정점 이외의 신체 측정점	눈점(Eye point) 귀(ear)밑 점 어깨(shoulder) 점 팔꿈치(elbow) 점 손목(wrist) 점 무릎(knee) 점

2.3 피실험자 선정

피실험자는 대학생 및 대학원생 중 운전경력이 2년 이상인 남성을 대상으로 선정하였다.

총 30명을 대상으로 실험하였으며, 산업자원부 기술표준원에서 2004년에 시행한 한국인 인체치수조사 사업의 결과 중 성인 남성(19세~59세)의 키(height)를 바탕으로 25~50%ile 7명, 51~75%ile 8명, 76~95%ile 8명, 95%ile 이상 7명을 선정하였다.

이들의 평균 연령은 28.7세이고, 평균 운전 경력은 4년이였다. 신체 측정점의 정확한 측정을 위해서 피실험자의 상의를 모두 탈의한 상태에서 실험을 진행하였다.

3. 실험 계획 및 절차

3.1 실험 계획

독립변수는 앞에서 언급한 피실험자의 키 시트 백 각도, 시트 팬 각도로 총 3개를 선정하였으며, 그 수준은 아래의<Table 2>와 같다.

피실험자의 키는 within-subject 변수로 선정하고, 시트 백 각도와 시트 팬 각도는 between-subject 변수로 선정하여 mixed-factors로 실험을 계획하였다. 실험계획을 통해 한 명의 피실험자 당 8개의 실험 수준이 나왔으며, 피 실험자가 시트 백의 각도와 시트 팬의 각도를 임의로 조절하게 한 편안한 자세를 추가하여 총 9개의 실험 수준으로 실험을 실시하였다.

또한 실험의 종속변수는 sagging이 일어나는 정도로 크게 앞

은 자세에서 측정된 목 점과 엉덩이 점 사이의 길이에서 각 수준별 운전 자세에서 측정된 목 점과 열째갈비뼈 점 사이의 길이와 열째갈비뼈 점과 엉덩이 점 사이의 길이를 합한 길이를 빼주는 방법으로 구하였다.

Table 2. Independent variables

독립변수	수준
피실험자의 키 (4수준)	25~50%ile
	51~75%ile
	76~95%ile
	95%ile 이상
시트 백 각도 (4수준)	105°, 110°
	115°, 120°
시트 팬 각도 (2수준)	11°, 18°

- 종속변수 = [목 점~엉덩이 점(곧은 자세)] -
 [[목점~열째갈비뼈 점(운전 자세)] +
 [열째갈비뼈 점~엉덩이 점(운전 자세)]]

3.2 실험 절차

먼저, 피 실험자의 상의를 탈의한 후, 곧게 앉은 자세에서 각 측정점에 랜드마크를 부착하였다. 곧게 앉은 자세는 등의 각도가 180°를 유지 한다는 가정 하에, 랜드마크를 부착할 때 <Figure 7>과 같이 목 점, 어깨 점, 열 번째갈비뼈 점, 엉덩이 점 이 수직이 되도록 하였다.

곧게 앉은 자세(erect)를 측정하기 위해서 등받이가 없는 의자에 허리를 곧게 펴고 앉아서 팔을 앞으로 뻗은 후, 3차원 동작 분석기를 이용하여 각 측정점을 좌표를 측정하였다. 다음으로 차량의 운전 환경과 유사하게 구성된 시뮬레이터에 앉아 편안한 운전 자세를 취했을 경우와 시트 백의 각도와 시트 팬의 각도를 고려한 8개의 실험 수준의 운전 자세를 취한 후 각 측정점의 좌표를 측정하였다.



Figure 7. Reference of landmark

sagging 현상은 운전을 하면서 자연스럽게 발생하는 현상이기 때문에 운전 자세를 취한 후 곧바로 측정하는 것이 아니라 약간의 시간적 간격(5~10분)이 지난 후 측정하였다.

3차원 동작분석기를 통한 데이터 추출 방법은<Figure 8>에 정리하였다.

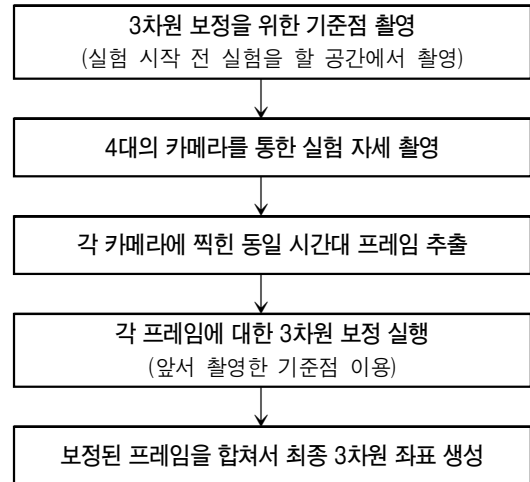


Figure 8. Data sampling method of 3D motion analysis system

4. 실험 결과 및 분석

본 연구는 몸통에서 발생하는 부분적인 sagging과 전체적인 sagging 모두를 알아보기 위하여 목 점-열째갈비뼈 점

(N-R), 열째갈비뼈 점-엉덩이 점(R-H)으로 나눈 부분과 이 둘을 합친 목 점-엉덩이 점(N-H)에서 발생하는 sagging을 모두 분석하였다.

먼저 각 측정점을 바탕으로 분석에 필요한 신체 변수들(측정점 사이의 직선길이 및 관절각)을 구하였다. 그 다음으로 곧게 앉은 자세에서의 N-R, R-H, N-H의 길이와 운전 자세에서의 N-R, R-H, N-H의 길이에 대하여 Paired T-test를 통해 각 부분에 대한 실제 sagging 현상이 어느 정도 일어나는지는 알아보고 그 정도가 유의한지 여부를 알아보았다. Paired T-test를 끝낸 후 회귀분석을 실시하기 전, 상관분석을 통하여 앞서 구한 신체 변수들 중 어떤 변수들이 목 점-엉덩이 점(N-H) sagging에 영향을 많이 미치고 유의한 상관관계를 갖는지 알아보았다. 마지막으로 상관분석에서 나온 유의한 변수들을 바탕으로 선형회귀분석의 단계 선택법을 이용하여 N-H sagging에 관한 예측 함수식을 도출하였다.

각 분석은 SPSS 13.0K, Minitap 13.0을 이용하여 분석하였다.

4.1 신체 변수 도출

우선 3차원 동작분석기를 통해 추출한 9개의 측정점 (눈점, 귀밑 점, 목 점, 어깨 점, 열째갈비뼈 점, 엉덩이 점, 무릎 점, 팔

꿈치 점, 손목 점)의 3차원 좌표를 이용하여 각 관절간의 직선 길이 및 관절 각 등 총 7개의 신체 변수를 도출하였다. 이 신체 변수들은 추후 상관분석을 한 후, 회귀분석의 독립변수들로 사용되었으며, 각 변수들의 변수 명 및 정의는 아래의 <Table 3> 및 <Figure 9>에 정리 하였다.

Table 3. Definition of body variables

변수 명	정 의
NH(E)	Erect한 자세에서의 목(neck)점에서 엉덩이(Hip joint)점까지의 길이
NR(E)	Erect한 자세에서의 목(neck)점에서 열째갈비뼈(10 th Rib)점까지의 길이
RH(E)	Erect한 자세에서의 열째갈비뼈(10 th Rib)점에서 엉덩이(Hip joint)점까지의 길이
NRH Angle	각 운전자세에서의 목(neck)점, 열번째갈비뼈(10 th Rib)점, 엉덩이(Hip joint)점 사이의 각도
RHK Angle	각 운전자세에서의 열 번째갈비뼈(10 th Rib)점, 엉덩이(Hip joint)점, 무릎(Knee)점 사이의 각도
SHK Angle	각 운전자세에서의 무릎(Knee)점, 엉덩이(Hip joint)점, 시트 팬(seat pan) 사이의 각도
Elbow Angle	각 운전자세에서의 어깨(Shoulder)점, 팔꿈치(Elbow)점, 손목(wrist)점 사이의 각도

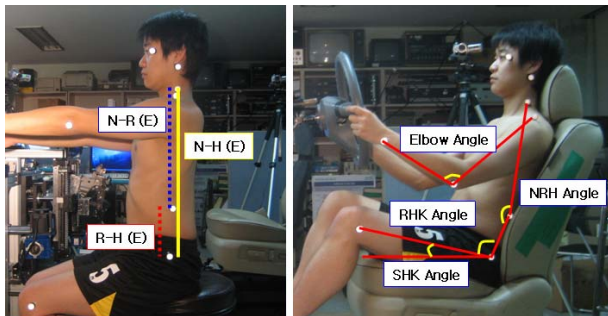


Figure 9. Definition of body variables

4.2 Paired T-test 결과

sagging 현상이 실제로 발생하는 현상인지 만약 발생한다면 어느 정도 발생하는지 알기 위해 끈게 앉았을 경우에 측정된 세 부분(N-H, N-R, R-H)의 직선길이와 편한 자세 및 실험 수준 별 운전 자세를 취했을 경우의 직선 길이에 대해 Paired T-test 를 실시하여 <table 4>에 정리하였다.

아래의 결과에서 알 수 있듯이 끈게 앉아 있을 경우 보다 운전 자세를 취했을 경우 목 점에서 엉덩이 점까지의 길이(N-H)는 약 2.0~2.5cm 정도 감소함을 알 수 있다. 또한 각 부분별 sagging의 결과를 살펴보면, 목 점에서 열째갈비뼈 점(N-R)까지의 직선길이는 끈게 앉았을 경우보다 약 2cm 정도 감소하고 열째갈비뼈 점에서 엉덩이 점(R-H)까지의 직선길이는 약 0.2cm

정도 감소하였다.

N-H, N-R sagging은 모든 자세에서 유의했지만 R-H sagging은 거의 모든 수준에서 유의하지 않음을 알 수 있다(유의수준 0.05).

Table 5. Result of Paired T-test

	측정 변수	평균 (cm)	표준 편차	T 값	유의 확률
편안한 자세	N-H	2.24	1.34	9.14	0.00*
	N-R	2.12	0.72	16.11	0.00*
	R-H	0.12	1.40	0.48	0.64
SB : 105° SP : 11°	N-H	2.45	1.55	8.63	0.00*
	N-R	1.87	0.80	12.83	0.00*
	R-H	0.59	1.39	2.30	0.03*
SB : 105° SP : 18°	N-H	2.07	1.52	7.45	0.00*
	N-R	1.93	0.90	11.71	0.00*
	R-H	0.14	1.29	0.58	0.57
SB : 110° SP : 11°	N-H	2.34	1.60	8.04	0.00*
	N-R	1.93	0.81	13.02	0.00*
	R-H	0.41	1.46	1.54	0.14
SB : 110° SP : 18°	N-H	2.06	1.51	7.43	0.00*
	N-R	2.09	0.69	16.54	0.00*
	R-H	-0.03	1.33	-0.14	0.89
SB : 115° SP : 11°	N-H	2.34	1.54	8.32	0.00*
	N-R	1.85	0.73	13.78	0.00*
	R-H	0.50	1.31	2.07	0.05*
SB : 115° SP : 18°	N-H	2.06	1.55	7.25	0.00*
	N-R	2.10	0.80	14.39	0.00*
	R-H	-0.04	1.30	-1.64	0.87
SB : 120° SP : 11°	N-H	2.09	1.57	6.66	0.00*
	N-R	1.96	0.80	12.30	0.00*
	R-H	0.13	1.62	0.405	0.69
SB : 120° SP : 18°	N-H	1.65	1.45	5.66	0.00*
	N-R	2.16	0.91	11.87	0.00*
	R-H	-0.50	1.46	-1.72	0.10
전체	N-H	2.21	1.51	22.99	0.00*
	N-R	1.99	0.79	40.68	0.00*
	R-H	0.21	1.40	1.81	0.79

4.3 상관분석 결과

회귀분석을 실시하기 전에 sagging의 정도와 상관관계가 유의한 신체 변수를 찾기 위하여 상관분석을 실시하였다 앞에서 구한 각 신체변수(<Table. 3> 참고)에 키 그룹, 앉은 키를 포함시켜, N-H sagging에 대하여 피어슨 상관분석을 실시하였

고, 그 결과는 <table 5>와 같다.

Table 5. Result of correlation analysis

변수	N-H Sagging	
	상관계수	유의확률
키 그룹	0.498	0.000*
앉은 키	0.198	0.004*
NH(E)	0.507	0.000*
NR(E)	-0.048	0.486
RH(E)	0.683	0.000*
NRH Angle	-0.304	0.000*
RHK Angle	0.088	0.001*
SHK Angle	-0.213	0.002*
Elbow Angle	-0.230	0.200

위의 결과를 보면 거의 모든 변수들이 N-H sagging과 유의했지만(유의수준 0.05) NR(E)와 Elbow Angle은 유의하지 않는 변수임을 알 수 있다. 따라서 위의 두 변수는 다음에 실시할 회귀분석의 진입변수에서 제외하였다.

4.4 회귀분석 결과

마지막으로, 운전 자세에서 발생하는 sagging 정도를 예측하기 위해 선형회귀분석을 통하여 예측 함수식을 도출하였다. 앞서 sagging의 정의에서 본 것처럼(<Figure 4> 참고) N-H sagging은 N-R sagging과 R-H sagging을 합친 것이므로 본 연구에서는 N-H sagging에 관한 예측 함수식만 도출하였다.

우선, 앞서 분석한 상관분석의 결과를 바탕으로 예측 함수식에 진입시킬 독립 변수들을 정리하여 아래의 <Table 6>에 정리하였다. 상관관계가 유의하지 않은 NR(E)와 Elbow Angle은 변수에서 제외시켰고, 나머지 변수들을 모두 진입변수로 선정하였다.

또한 각 변수들 간의 존재할지 모르는 교호작용(interaction)을 고려하기 위하여 <Table 6>에 나온 변수들의 교호작용을 모두 예측 함수식의 진입변수로 선정하였다. 상관분석으로 인해 제외된 NR(E)와 Elbow Angle도 다른 변수들과 교호작용이 존재할지 모르기 때문에 이 두 변수와 다른 변수들 간의 교호작용도 모두 진입 변수에 포함시켰다. 모든 주효과 신체 변수들과 교호작용 변수들을 진입시킨 후 단계 선택법(Stepwise)으로 선형회귀분석을 실시하였다.

키는 신장별로 그룹화 하여 블록 변수로 처리하였기 때문에 아래와 같이 indicate variable로 변화시켜 진입시켰다.

Table 6. Independent variables of regression

변수 명	정 의
키 그룹	산업자원부 기술표준원의 Sizekorea 데이터의 성인남성(19~59세) 키에 따른 percentile 값 1그룹 : 50%ile 이하 2그룹 : 51%ile ~ 75%ile 3그룹 : 76%ile ~ 95%ile 4그룹 : 95%ile 이상
앉은 키	Raw data의 Sitting Height 데이터(단위 : mm)
NH(E)	Erect한 자세에서의 목(neck)점에서 엉덩이(Hip joint)점까지의 길이(단위 : mm)
RH(E)	Erect한 자세에서의 열째갈비뼈(10 th Rib)점에서 엉덩이(Hip joint)점까지의 길이(단위 : mm)
NRH Angle	운전자세에서의 목(neck)점, 열번째갈비뼈(10 th Rib)점, 엉덩이(Hip joint)점 사이의 각도(단위 : °)
RHK Angle	운전자세에서의 열번째갈비뼈(10 th Rib)점, 엉덩이(Hip joint)점, 무릎(Knee)점 사이의 각도(단위 : °)
SHK Angle	운전자세에서의 무릎(Knee)점, 엉덩이(Hip joint)점, 시트 팬(seat pan) 사이의 각도(단위 : °)

- 50%ile 이하: (HG_1, HG_2, HG_3) = (0, 0, 0)
- 51~75%ile : (HG_1, HG_2, HG_3) = (1, 0, 0)
- 76~95%ile : (HG_1, HG_2, HG_3) = (0, 1, 0)
- 96%ile 이상: (HG_1, HG_2, HG_3) = (0, 0, 1)

최종적으로 설명력(R²_(adj))이 가장 높게 나온 변수들의 조합은 키 그룹(indicate variable : HG_1, HG_2, HG_3), NH(E), NRH Angle, RHK Angle, SHK Angle의 주 효과 신체 변수와 NR(E)와 NRH Angle의 교호작용 변수로 총 8개였고, N-H sagging에 대한 최종 예측 함수식은 다음과 같다.

• Neck-Hip Sagging
 = -5.65 + 0.284 * N-H(E) + 0.0986 * NRH Angle - 0.0141 * RHK Angle + 0.0532 * SHK Angle - 0.00356 * (NR*NRHA) + 1.09 * HG_1 + 1.42 * HG_2 + 1.94 * HG_3
< R-sq = 71.4%, R-sq(adj) = 70.2% >

최종 예측 함수식에 대한 설명력(R²_(adj))은 0.702가 나왔으므로 전체의 70% 이상을 설명해 주고, 진입된 독립변수들은 유의수준 0.05에서 모두 유의한 변수들임을 알 수 있었다.

또한, 실제 측정 sagging 값과 예측 함수를 통해 나온 예측 sagging 값을 비교한 예는 <Table 7>과 같고, 예측치와 실측치 간의 상관분석을 실시한 결과 상관계수는 0.826 (P = 0.000)이 되었으며, 그 결과에 대한 그래프는 아래의 <Figure 10>와 같다.

Table 7. Comparison of real sagging capacity and predicted sagging capacity

시트 백 각도	시트 팬 각도	실제 sagging값(Cm)	예측 sagging값(Cm)
Comfortable	Comfortable	2.32	2.44
105°	11°	3.29	3.10
105°	18°	3.35	3.34
110°	11°	3.03	3.17
110°	18°	2.06	2.17
115°	11°	2.18	2.25
115°	18°	1.32	1.43
120°	11°	2.97	2.75
120°	18°	1.25	1.64

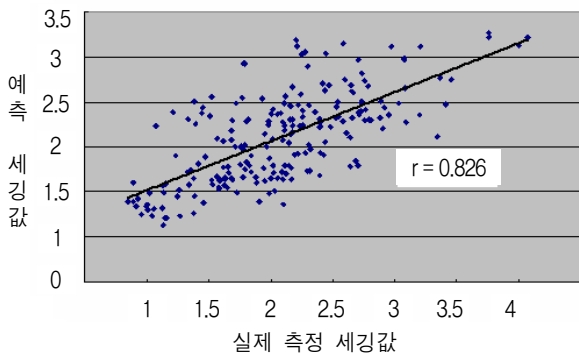


Figure 10. Correlation of real sagging capacity and predicted sagging capacity

마지막으로 앞의 <Figure 4>에서 본 것과 같이 실제 관절의 구부러진 현상(flexion)만을 고려한 값과 실제 측정된 sagging 값이 실제 차이가 있는지 알아보고, 예측 함수를 통해 나온 예측 sagging 값과 실제 sagging 값이 차이가 없는지 알아보기 위하여 Paired T-test를 실행하였다<Table 8>.

Table 8. Result of paired T-test among real sagging, predicted sagging and flexion

	평균	표준 편차	T값	유의 수준
실측 sagging 값 - 예측 sagging 값	-0.06	0.92	-0.96	0.339
실측 sagging 값 - flexion만 고려한 값	1.98	1.22	23.69	0.000**
예측 sagging 값 - flexion만 고려한 값	2.04	0.99	29.86	0.000**

위의 결과를 보면 실측 sagging 값과 예측 sagging 값은 유의하지 않으므로 두 값의 차이가 없다는 것을 알 수 있고, 관절의

구부러진 현상(flexion)만을 고려한 값은 실측 값과 예측 값이 서로 통계적으로 유의한 차이가 있다고 말할 수 있다

따라서 본 연구에서 구한 sagging의 결과는 단순히 관절의 구부러지는 현상과는 다르다는 것을 알 수 있고 앞에서 구한 예측 함수식에서 구한 예측sagging 값은 실제 sagging 값과 차이가 없으므로 실제 사용에 문제가 없다고 말할 수 있다.

5. 결론 및 토의

본 연구는 신체 변수(키) 및 차량 변수(시트 백 각도, 시트 팬 각도)에 따른 sagging 현상의 정도를 알아보고 단순히 관절의 구부러지는(flexion) 현상이 아닌 앞서 정의한sagging에 의해 몸통(neck-hip)이 줄어드는 정도에 대해 알아보고자 실험을 실시하였다.

Paired T-test의 결과, 전체 sagging이라고 할 수 있는 목 점에서 엉덩이 점까지의 sagging(N-H Sagging)은 대략 2.0~2.5cm 정도 발생하였다. 부분적인 sagging인 목에서 열췌갈비뼈 점까지의 sagging(N-R Sagging)은 약 2.0cm 정도로 유의하게 발생하였고, 열췌갈비뼈 점에서 Hip joint까지의 sagging(R-H Sagging)은 약 0.2cm 정도 발생했지만 유의하지 않음을 알 수 있다 Paired T-test 결과를 보면 몸통에 대한 sagging 현상은 대부분 목 점과 열췌갈비뼈 점 사이에서 발생하는 것을 알 수 있었다.

하지만, 본 연구진의 이전 연구에 대한 결과는 몸통의 sagging이 일어나는 정도가 4cm로 이번 연구의 결과와 차이를 보였다. 이는 이전 연구의 sagging을 정의하는 측정점이 목 점이 아닌 어깨 점을 기준으로 한 결과였기 때문에 운전 자세 시 운전자의 어깨가 곧게 앉은 자세보다 밑으로 처지는 현상이 sagging의 정도에 반영이 된 결과로 사료된다.

본 연구에서 구한 sagging의 정도와 Hip joint 높이, 키(Height), 각 관절의 각을 이용하면 3차원 모델을 이용한 가상의 패키지 설계 프로그램에서 정확한 Eye point의 위치를 추정할 수 있고, 이런 결과를 바탕으로 앞의 <Figure 1>에서 보았던 3차원 인체 모델의 구현상의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대된다 실제 3차원 모델을 이용한 가상의 패키지 설계 프로그램에 본 연구의 sagging의 예측 값을 반영하면 아래의 <Figure 11>과 같이 실제 운전자의 운전 자세와 유사한 인체 모델을 구현할 수 있었다.

하지만, 본 연구에서 최대한 관절의 구부러지는 현상을sagging 현상에 포함 시키지 않도록 하기 위하여 몸통의 두 부분(N-R, R-H)으로 나누어 sagging의 정도를 구한 후, 그 부분을 더함으로써 전체 sagging(N-H Sagging)을 구했음에도 불구하고, 척추의 관절마다의 구부러지는 현상을 모두 반영하지 못했다는 문제점이 있다.

따라서 추후 연구에서 되도록 관절의 구부러지는 현상을 포함 시키지 않고 sagging의 정도만 파악하기 위해서는 운전자의 몸통을 좀 더 세분화 시킨 측정점에 대해 3차원 동작 분석기로

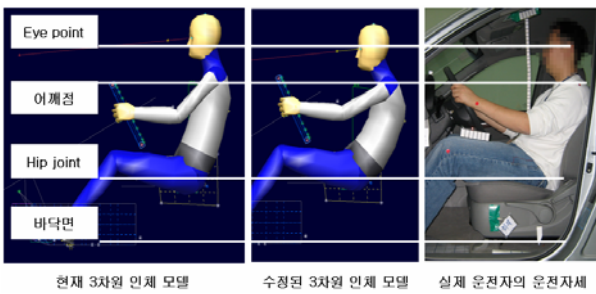


Figure 11. Comparison of 3D human model, adjusted 3D human model and real driving posture

측정한 데이터나, X-ray등을 이용하여 실제 척추의 사진을 찍어 구한 데이터를 이용하여 분석하는 것이 필요하다.

또한, 실험실 내 시뮬레이터에서의 실험이 아닌 실제 차량에서 주행을 하는 도중에 운전 자세를 측정하는 것이 좀 더 정확한 sagging의 정도를 측정할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 실험은 한국인 성인 남성을 대상으로 실시한 연구였지만 신체 구조나 운전 성향이 다른 외국인이나, 여성 운전자를 대상으로 추가 실험을 하는 것이 보다 정확하게 3차원 인체모델을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- Bertil Jonsson, Hans Stenlund, Mats Y. Svensson, and Ulf Bjornstig (2007), Backset and Cervical Retraction Capacity among Occupants in a Modern Car, *Traffic Injury Prevention*, **8**, 87-93.
- Brain Peacock, and Waldemar Karwowski (1993), *Automotive ergonomics*, Taylor & Francis.
- Hong, Seungwoo., Park, Sungjoon. and Jung, Eui S. (2006), 3-D Body Typing of Korean Adults and its Application to Vehicle Design, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, **25**(2), 1-9.
- Judic, J. M., Cooper, J. A., Truchot, P., Effenterre, P. V. and Duchanp, R. (1993), More Objective Tools for the Integration of Postural Comfort in Automotive Seat Design, *Society of Automotive Engineers*, SAE paper 930113.
- Matthew, P. Reed, Miriam A. Manary, Carol A. C. Flannagan, and Lawrence W. Schneider (2000), Effects of Vehicle Interior Geometry and Anthropometric Variables on Automobile Driving Posture, *Human Factors*, **42**(4), Winter 2000, 541-552.
- Park, S. J., Kim, C-B., Kim, C. J. and Lee, J. W. (2000), Comfortable driving postures for Koreans, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **26**, 489-497.
- Park, S. J. and Kim, H. (2002), Development of a Postural Evaluation Function for Effective Use of an Ergonomic Human Model, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, **28**(2), 216-222.
- Park, S. J. (2006), Estimation of Driver's Standard Postures by a Multivariate Analysis Method, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, **25**(1), 27-33.
- Raymond R. Brodeur, and Mac Reynolds (1995), Modeling Spine Shape for the Seated Posture, ERL-TR-95-007, Ergonomics Research Laboratory, Michigan State University.
- Reynolds, H. M. (1994), Erect, Neutral and Slump Sitting Postures : A Study of the Torso Linkage System From Shoulder to Hip Joint, Air Force Aerospace Medical Research Laboratory,
- Seong, W. J., Oh, Y. T. Jung, E. S. and Park, S. J. (2007), The Research on Sagging Observed during Driving in Korean Male Drivers, *Proceedings of Korean Ergonomics Conference-Spring*.
- Shin, W. K. and Park, M. Y. (1999), Proposal of Standard about Vehicle Driving Space Regard to Prefer Driving Posture of Korean Drivers, *Proceedings of Korean Ergonomics Conference*.
- Vergara, M., Page, A. and Sancho, J. L. (2006), Analysis of lumbar flexion in sitting posture : Location of lumbar vertebrae with relation to easily identifiable skin marks, *International Journal of Industrial Ergonomics* **36**, 937-942.