Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 18, No. 2 1999, 8

한국형 마네킨 구현에 의한 최적 시팅 패키지 설계 치수 제안

Design Consideration of Optimal Seating Package by Generating Korean Manikins

이 영 신*, 박 세 진**, 남 윤 의**, 송 근 영***

ABSTRACT

The primary objective of this research was to suggest the design dimensions of automotive seating package that has an important effect upon seating package design. To conduct the research, a set of manikin dimensions that are representative for Korean was determined by using a statistical scheme. With these dimensions, we generated nine manikins for male and female, respectively. Also, the preferred driving posture was investigated using the experimental setup. To find each joint angle for subjects, a driving monitoring system was developed and a three dimensional motion analysis system was employed. The joint angle for the subject was established and compared with related literature. With the generated manikins and each joint angle, the driving posture was simulated by using SAFEWORK that is a program to generate manikins. The positions and adjustable ranges from the accelerator heel point to the hip point and the steering wheel center point that are important variables in order to design seating package were suggested. Further research is needed to determine the seating package dimensions three dimensionally.

* 충남대 공과대학 기계설계공학과,
** 한국표준과학 연구원 인간공학 그룹,
*** 충남대 공과대학 대학원 기계설계공학과

1. 서 론

최근 자동차 사용의 대중화로 인간은 많은 편리함을 얻었지만 교통 혼잡으로 인하여 출퇴근, 업무 수행을 위한 이동에 상당한 시간을 자동차 속에서 보내게 되었다. 특히, 교통 정책이 체계적이지 못한 국내의 도심지 도로에서는 운전자가 장시간 운전을 하게 됨으로써 운전자들은 피로가 누적되어 교통사고나 요추 통증, 목부위 통증 등의 근골격계 질환의 위험에 항상 노출되어 왔다(남윤의, 1998). 이와 함께 산업이 고도로 발전되면서 성능에 주안점을 둔 제품개발에서 편리함, 쾌적함, 소비자의 개성이나 감성을 중요시하는 개발로 바뀌어지고 있다. 워크스테이션이나 오피스 설계에 산업제품 및 시설에 대한 표준규격, 설계 방법 등과 같은 인간 공학적인 지침서가 많이 제시되고 있으며 제품 설계에 유용하게 많이 이용되고 있다. 또 최근 동시공학(Concurrent Engineering)의 개념이 도입되어 각각 독립적인 제품 개발 과정을 중첩 시킴으로써 부분적인 동시 진행을 꾀하는 시도가 많은 기업에서 진행되고 있다.

그러나, 이를 뒷받침하는 도구의 부족으로 제품 개발 과정의 변화에 따른 대응이 어렵고 특히 우리나라에서는 한국인의 신체 정보에 대한 자료와 문헌의 부족으로 도구의 개발 또한 용이하지 않다. 설계 단계가 복잡하여지면 인간을 대응할 수 있는 마네킨이 요구되고 초기 설계 단계에서는 설계의 개략적인 평가를 위하여 마네킨의 사용이 필수적이다. 또 작업 공간의 설정, Man-Machine Interface등의 특수한 작업이 요구될 때에는 마네킨의 중요성이 증대된다. 가구, 작업대, 자동차 등의 설계에서도 마네킨이라고 불리는 인체모형을 사용하고 있다. 마네킨은 개인의 필요에 따라 개발되거나 제품 설계의 목적에 맞는 특정한 패턴을 가지게 된다. 마네킨은 의자, 침대, 자동차 실내등의 설계, 항공기 사고, 자동차 충돌 사고, 보행자 교통사고, 안전 자동차 개발, 법의학 실험 등에서 많이 사용된다. 구미에서는 이러한 마네킨이 다수 개발되었으나 구미인의 체격과 한국인의 체격은 기본적으로 차이를 보이고 있으므로 직접 이용하기에는 어려움이 있다. 지금까지 자동차 개발에서는 미국이나 일본에서 개발된 SAE-2D, JSAE-2D, HYBRID-3D등과 같은 마네킨을 대신 사용하고 있다. 따라서, 자동차의 내부 공간이나 자동차의 시트가 한국인에게 적합하지 않은 경우가 많으며 모의 실험에서도 한국인을 대상으로 한 경우와 차이가 많이 발생한다(한국표준과학연구원, 1996).

특히, 자동차는 교통 수단의 제공뿐만 아니라, 레저 및 작업대상으로써 인간 생활과 매우 밀접하다. 국민 의식이 향상되고 소비 문화의 질적 고급화가 됨에 따라 자동차 기술의 많은 발전에도 불구하고, 사용상의 불편함을 느끼는 소비자들이 늘고 있어 보다 쾌적하고 안락한 자동차가 요구되고 있다. 운전 좌석은 하나의 작업공간으로써 운전자와 승차자의 안전을 보장해야 하며, 제한된 공간에서 오는 피로와 불편함을 해소할 수 있도록 안락하게 설계되어야 한다. 이때 운전자세는 내부 기기나 조종 장치 등의 조절 가능성뿐만 아니라 시트면의 형상, 쿠션성, 등판과 좌판의 각도, 요추 지지와 같은 시트 특성 등에 의하여 결정되고 영향을 받게 된다.

따라서, 본 연구에서는 한국인에 적합한 자동차 시트와 운전대의 조절범위 및 레이아웃을 결정하기 위하여 한국인 체형에 부합된 인체 모형을 구현하고 이러한 인체 모형을 토대로 자동차의 안락성과 밀접한 관련이 있는 최적의 운전자세를 결정함으로써 한국형 시팅 패키지 개발을 위해 필수적인 설계 치수를 제안한다.

2. 연 구 방 법

2.1 한국형 마네킨 구현

가구, 워크스테이션, 자동차의 설계에서는 scale drawing이나 템플릿(template)을 사용하게 된다. 이런 류의 scale drawing은 개인들이 필요에 따라 개발하거나 어떤 특정한 패턴을 가지는 조립된 형태를 가진다. 이렇게 움직일 수 있는 관절을 가지던지, 아니면 하나의 단일체를 형성하던지, 사람의 모형을 마네킨이라고 부른다. 일반적으로 워크스테이션 설계자들은 이들 제품을 설계하기 위하여 사용자의 신체 특성치를 고려하게 된다. 이 특성치는 크게 '큰' 집단과 '작은' 집단의 대표치로 구성된다. 그러나, 몇 개 안되는 부위가 이용되는 경우라도 인체의 다양성을 잘 대변하여 주지 못하기 때문에 사용자 집단을 모두 만족시킬 수 없다. 그래서 인체부위의 특징을 가능한 많이 나타내는 마네킨의 개발이 필요하며 여러 체형을 대표할 수 있도록 다양한 크기의 마네킨을 구성하여야 한다.

어떤 집단에서든지 신체 부위들은 다양한 크기

표 1. 여성 운전자를 위한 마네킨 설계 치수

신체 부위	여성 마네킨 군								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) 키	163.6	158.3	164.0	158.7	152.8	147.5	153.2	147.9	155.8
2) 눈높이	152.3	147.3	153.0	148.1	141.9	136.9	142.6	137.7	145.0
3) 목뒤높이	139.6	135.4	139.9	135.7	129.6	125.4	130.0	125.7	132.7
4) 대퇴돌기높이	78.6	77.5	79.7	78.6	71.5	70.4	72.6	71.5	75.1
5) 몸통너비	46.2	45.3	40.7	39.8	45.1	44.2	39.6	38.6	42.4
6) 가슴너비	30.0	29.8	25.7	25.5	30.1	29.9	25.8	25.6	27.8
7) 엉덩이너비	34.0	33.7	30.9	30.6	33.2	32.9	30.1	29.8	31.9
8) 가슴두께	24.8	24.9	19.4	19.5	25.1	25.2	19.7	19.8	22.3
9) 배두께	23.9	24.3	18.2	18.6	24.2	24.6	18.5	18.9	21.4
10) 앞으로뻗은손끝길이	80.3	80.0	78.9	78.6	74.8	74.4	73.4	73.1	76.7
11) 앉은키	90.0	84.3	89.7	84.1	86.5	80.8	86.3	80.6	85.3
12) 앉은눈높이	79.2	73.9	78.8	73.5	76.3	71.0	75.9	70.6	74.9
13) 앉은어깨높이	60.1	55.6	59.3	54.8	58.5	54.1	57.7	53.3	56.7
14) 앉은팔꿈치높이	27.8	23.4	27.3	22.9	28.4	24.1	28.0	23.6	25.7
15) 앉은무릎높이	48.3	47.7	47.5	47.0	44.3	43.7	43.6	43.0	45.6
16) 앉은오금높이	38.7	38.4	38.6	38.3	35.5	35.1	35.4	35.0	36.9
17) 앉은넓적다리두께	15.1	14.9	13.1	13.0	14.5	14.3	12.6	12.4	13.7
18) 엉덩이 무릎길이	55.4	55.1	53.5	53.3	51.4	51.1	49.5	49.2	52.3
19) 엉덩이 오금길이	46.9	46.7	44.9	44.8	43.3	43.2	41.3	41.2	44.0
20) 뒤허리 발뒤꿈치길이	104.3	101.8	102.6	100.1	95.6	93.1	93.9	91.4	97.8
21) 어깨점팔꿈치길이	32.9	33.0	32.6	32.7	30.2	30.3	29.9	30.0	31.4
22) 팔꿈치손끝길이	42.3	42.1	41.8	41.6	39.0	38.7	38.5	38.2	40.3
23) 손길이	17.7	17.5	17.5	17.3	16.5	16.4	16.4	16.2	16.9
24) 발길이	23.9	23.4	23.5	23.0	22.5	21.9	22.1	21.5	22.7
25) 몸무게	68.0	64.9	52.5	49.4	63.5	60.4	47.9	44.8	56.4

를 갖게 된다. 예를 들어 어떤 사람은 앉은 눈 높이(sitting eye height)는 16th percentile에 해당되지만 동작범위(functional reach)는 60th percentile, 엉덩이 무릎길이(buttock-knee height)는 70th percentile를 갖는 사람도 있다(Roebuck, et al., 1975). 따라서, 아주 큰 사람(95th percentile)과 아주 작은 사람(5th percentile)을 대표하는 마네킨이 전체 사람에게 적합할 수는 없다.

따라서, 본 연구에서는 체형을 대표할 수 있는 마네킨 그룹을 구성하는데 설계 파라메타로써 필요한 인체 부위의 크기를 결정하기 위해서 본 연구원에서 개발된 방법을 활용하였다(한국표준과학연구원, 1996). 제안된 방법은 마네킨 그룹의 크기가 인자의 기여도(contribution of each factor for total variation)에 따라 반영될 수 있도록 하였으며, 마네킨에 대한 사용자의 수용도(accommodation of a population)를 변화 시키지 않고 필요한 부위를 선택하여 그 범위를 자유롭게 조절할 수 있도록 하였다. 따라서 필요한 부위의 수용도는 높일 수 있으므로 특수한 목적의 마네킨 개발에 이용될 수 있다. 본 연구에서 남 녀

표 2. 남성 운전자를 위한 마네킨 설계 치수

신체 부위	남성 마네킨 군								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1) 키	177.4	171.6	175.7	170.0	165.9	160.1	164.2	158.4	167.9
2) 눈높이	165.3	159.9	163.6	158.1	154.5	149.1	152.7	147.3	156.3
3) 목뒤높이	152.2	147.9	151.5	147.3	141.4	137.2	140.7	136.5	144.3
4) 대퇴돌기높이	86.2	84.2	85.8	83.8	78.8	76.8	78.4	76.4	81.3
5) 몸통너비	49.2	48.5	43.9	43.2	48.1	47.4	42.8	42.1	45.6
6) 가슴너비	32.1	31.6	28.5	28.0	31.4	30.9	27.8	27.3	29.7
7) 엉덩이너비	34.7	33.9	31.9	31.0	33.3	32.5	30.5	29.7	32.2
8) 가슴두께	24.0	24.1	20.3	20.4	23.7	23.7	23.7	20.0	22.0
9) 배두께	24.0	23.9	19.3	19.2	24.2	24.1	19.6	19.4	21.7
10) 앞으로뻗은손끝길이	85.1	84.2	83.3	82.3	79.6	78.6	77.8	76.8	81.0
11) 앉은키	96.4	90.6	95.2	89.4	93.1	87.3	91.9	86.1	91.2
12) 앉은눈높이	85.0	79.0	83.8	77.8	81.9	75.9	80.7	74.7	79.9
13) 앉은어깨높이	64.8	59.5	63.4	58.1	62.6	57.4	61.2	55.9	60.4
14) 앉은팔꿈치높이	29.3	24.7	28.5	23.9	29.8	25.2	29.0	24.5	26.9
15) 앉은무릎높이	52.5	51.8	51.7	50.9	48.0	47.3	47.2	46.5	49.5
16) 앉은오금높이	42.5	42.4	42.7	42.6	38.7	38.6	38.9	38.8	40.7
17) 앉은넓적다리두께	15.4	14.8	13.5	12.9	14.9	14.3	13.0	12.4	13.9
18) 엉덩이 무릎길이	58.2	57.9	56.2	56.0	53.5	53.2	51.5	51.3	54.7
19) 엉덩이 오금길이	48.4	48.0	47.3	46.9	44.2	43.8	43.0	42.6	45.5
20) 뒤허리 발뒤꿈치길이	111.7	108.9	109.1	106.2	103.7	100.8	101.0	98.1	104.9
21) 어깨점팔꿈치길이	35.8	35.5	35.2	34.9	33.0	32.7	32.4	32.1	34.0
22) 팔꿈치손끝길이	46.2	46.0	45.7	45.4	42.5	42.3	42.0	41.8	44.0
23) 손길이	19.0	18.8	18.6	18.4	17.7	17.5	17.3	17.1	18.1
24) 발길이	25.9	25.5	25.3	25.0	24.3	23.9	23.7	23.3	24.6
25) 몸무게	81.0	76.8	64.0	59.8	74.2	70.0	57.2	53.0	67.0

각각 9개의 마네킨 군에 대한 설계치수가 산출되었으며 그 결과가 표 1과 표 2에 제시되어 있다

2.2 한국인의 최적 운전자세결정

자동차 실내 공간 및 시트의 인간 공학적이며 감성 공학적인 레이아웃의 설계를 위해서는 먼저 다양한 체형에 대한 최적의 운전자세가 결정되어야 한다. 최적의 운전자세가 결정되면 이러한 운전자세를 유지시켜줄 수 있는 실내 공간 및 시트의 레이아웃을 마네킨이나 실물 모형을 이용하여 결정 보완할 수 있다. 또한 자동차 시트의 조절 기능은 다양한 체형을 가지는 운전자들이 편안한 운전자세를 유지하면서 자동차 내부 장치들의 원활한 조작을 하는데 있어서 중요한 역할을 한다.

Rebiffe(1969)와 Grandjean(1980)에 의한 이론적 연구에도 불구하고, 개개인이 운전시 채택하는 실제 자세와 신체부위별 angle의 내부 관계에 대한 좀 더 많은 데이터를 확보할 필요성이 있다. 이와 같이 획득된 데이터를 통해 승객의 선호 자세를 만족시키기 위해 필요한 자동차 워크스테이션 구성 성분들의 조정 범위 및 설계치수가 제시될 수 있다(Porter and Gyi, 1998).

Rebiffe(1969)는 운전자들의 임무에 대한 분석을 수행하였고 이론적으로 운전시의 요구조건(특히 시각적 요구에 중점을 둠)에 가장 잘 맞는 자세와 신체 위치를 연구했다. 관절들 사이의 거리와 중간 범위의 관절각들로부터 신체의 생체역학적 모델과 단순한 기하학적 구축을 통해 그는 안락감과 올바른 자세를 위한 이론적 관절 각을 제안할 수 있었다. 그는 불편함은 종종 실제 시트 자체보다는 운전 워크스테이션의 불충분한 치수 배열로부터 발생한다고 믿었다. Grandjean(1980)은 신체 자세각을 계산하는데 있어서 머리, 발과 손의 위치에 대해 Rebiffe와 비슷한 가정을 세웠으나 오늘날 생산되고 있는 차량들의 내부 설계가 이전의 것에 비해 power steering, servo-assisted brake, automotive gearbox, cruise control 과 같은 형상들이 좀 더 잘 맞기 때문에 이러한 결과들이 오늘날 적절하지 않을 수 있음을 언급하였다. 이와 같이 운전시 안락함을 위해 발표된 자세 각도들은 관측된 운전자세가 아니라 이론적 계산에 근거한다. 따라서, 본 연구에서는 실험을 통해 운전자들의 선호 자세를 결정하고 선호 운전자세를 위한 시트 조절량의 남녀 차이를 분석하고 이를 토대로 한국인의 체형에 맞는 자동차 내부 시팅 패키지의 설계 치수를 제안한다.

2.2.1 실험 준비

운전자가 선호하는 최적의 운전자세 및 조절한 시트의 위치 및 각도를 측정하기 위해 운전자세 모니터링 시스템(Driving Posture Monitoring System; DPMS)이 개발되었다. 운전자세 모니터링 시스템의 시트 조작방법은 시스템의 주요 조절기능 - 좌판 앞 높이 조절(cushion front tilting), 좌판 뒤 높이 조절(cushion rear tilting), 시트 전후 거리 조절(seat sliding), 등판 각도 조절(backrest reclining) - 에 모터를

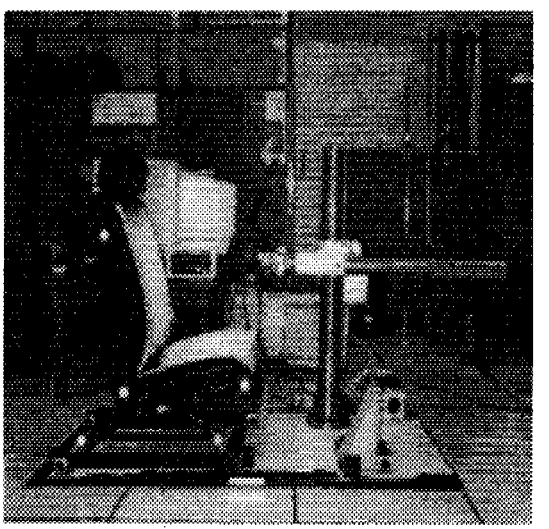

그림1 실험적 셋업을 통한 피실험자의 선호 운전자세 유지

장착하고, 각 모터에 그 회전수를 체크할 수 있는 장비를 장착하여 시트 각 부분의 움직인 위치 및 각도를 측정한다. 이 시스템을 가지고 그림 1과 같이 seating buck을 설치하였다.

이와 같은 실험적 셋업을 통해 운전자가 최적의 운전자세를 취하기 위해 조절한 시트 주요 부위의 움직인 위치 및 각도를 운전자세 모니터링을 이용하여 측정하였다. 사이클 복장을 착용한 피험자에게 실험의 목적 및 방법에 대한 충분한 설명을 한 후, 자신이 선호하는 운전자세 및 시트 조절량을 찾을 수 있도록 충분한 연습을 시켰다.

2.2.2 실험방법 및 절차

피실험자

운전경력이 2년 이상인 43명의 피실험자가 본 실험에 참가하였다. 그들은 자동차 내부 설계를 위해 중요한 치수에 있어 5th, 95th percentile의 넓은 범위의 백분위수를 포함하고 있으며 20대 후반에서 40대 후반의 운전자가 운전자의 주류를 형성하고 있기 때문에 한국인 운전 인구의 대표치가 되도록 주의 깊게 선발되었다. 또한 운전자세에 영향을 미칠 수 있는 10개의 인체 측정 항목을 선정하여 마틴식 인체 측정기를 이용하여 측정하였다. 표 3은 10개 항목의 인체 측정 결과를 보여주고 있다. 피실험자들은 1997년 국립기술품질원

표 3. 피실험자의 인체 측정 결과

Unit; cm

Classification	Total (n=43)	Male (n=24)	Female (n=19)
	mean (SD) range	mean (SD)range (percentile)※	mean (SD)range (percentile)※
키	166.2(7.32) 151.0~182.9	170.2(5.79) 156.1~182.9(5~95)	160.5(5.21) 151.0~171.0(10~95)
몸무게(kg)	62.7(10.08) 44.5~82.0	67.8(7.98) 55.0~82.0(5~95)	55.7(8.41) 44.5~73.0(5~95)
앉은키	90.0(7.27) 61.2~114.6	92.1(4.30) 84.5~107.4(5~95)	87.0(9.40) 61.2~114.6(5~95)
대퇴돌기높이	83.8(9.13) 71.8~118.1	87.2(9.96) 73.5~118.1(5~95)	79.0(4.91) 71.8~87.5(5~95)
무릎돌기높이	44.6(2.99) 37.8~52.5	45.4(3.40) 37.8~52.5(5~95)	43.5(1.89) 39.7~46.9(25~95)
어깨돌기에서 팔꿈치까지의 거리	32.9(2.40) 27.7~39.2	33.8(2.26) 29.8~39.2(5~95)	31.6(2.01) 27.7~35.2(5~95)
팔꿈치에서 그립까지의 거리	31.5(2.84) 19.6~36.6	32.8(1.87) 28.1~36.6(-)	29.7(3.05) 19.6~34.0(-)
앉은어깨높이	59.1(2.82) 52.6~64.3	60.5(2.14) 56.5~64.3(10~95)	57.2(2.61) 52.6~61.2(5~95)
요추높이	18.7(2.68) 13.2~24.5	18.5(2.65) 13.3~24.5(-)	18.9(2.79) 13.2~23.6(-)
엉덩이너비	34.1(2.11) 30.3~37.7	34.4(1.89) 31.1~36.8(5~95)	33.7(2.38) 30.3~37.7(5~895)

※ 1997 전국민 표준체위 조사 결과 보고서의 백분위수를 나타내며 이 보고서에 측정항목이 없어 비교할 수 없는 것은 (-)으로 표기하였음.

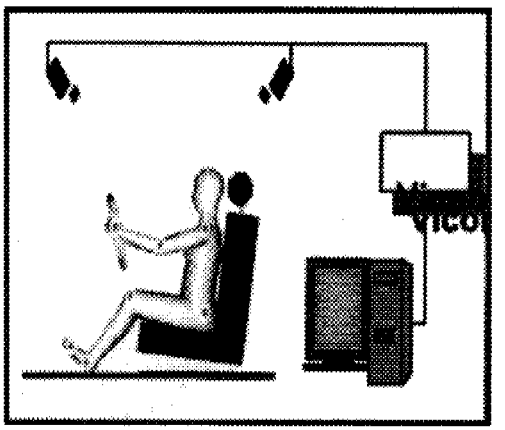

그림 2. Vicon 140 동작 분석 시스템의 형상

에서 실시한 국민표준체위조사 결과에 근거하여 각 인체 측정 항목들이 5th, 95th percentile을 가능한 한 모두 포함하도록 선발되었다.

3차원 동작분석 시스템

최적 운전자세에 대한 인체 주요 관절의 안락 각도 패턴을 측정하기 위해 3차원 동작 분석 장비인 VICON 140 System을 이용하였다. 이 시스템은 인체 부위에 형광의 발광 마커(marker)를 부착하고 적외선 카메라로 이를 추적하는 비접촉식 방법을 사용하는 장비이다. 이 동작 분석 시스템의 형상이 그림 2에 제시되어 있다.

최적 운전자세 유지

그림 2와 같이 피험자의 주요 관절에 발광 마커를 부착한 후, 자신의 선호하는 최적의 운전자세를 유지하도록 하기 위해서 피실험자가 스팅링 휠을 움직여 가면서 운전자세 모니터링 시스템의 모터 컨트롤러를 이용하여 시트의 위치 및 각도를 조정한다. 본 실험에서는 피실험자의 7개 부위의 관절에 발광 마커를 부착하였다(acromium, lateral epycondyle, ulnar styloid, greater trochanter, lateral condyle, lateral malleolus, 5th distal phalanx).

인체 주요 관절의 각도 측정

그림 3과 같이 3차원 동작 분석시스템인 VICON 140 SYSTEM과 피실험자의 주요 관절에 부착된 발광의 마커를 이용하여 피험자가 선호

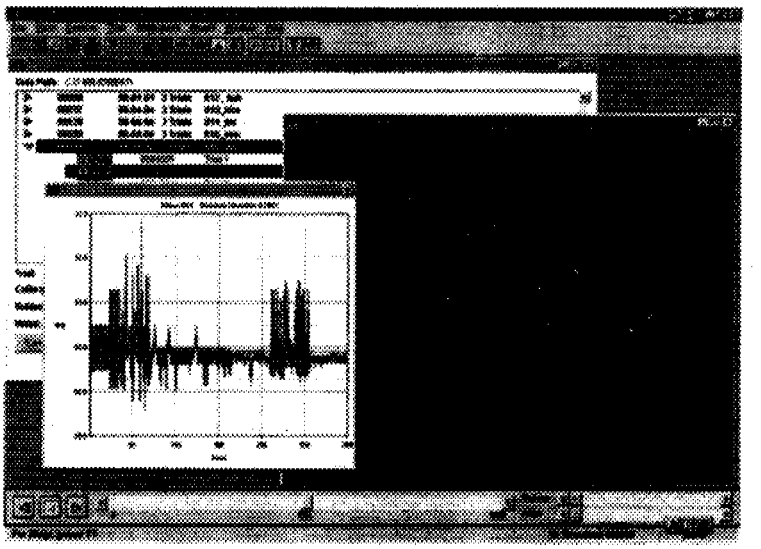

그림 3. 선호 운전자세에서의 각 관절각의 측정

하는 최적의 운전자세를 취했을 때의 측면에서의 주요 관절의 2차원상의 각도를 시스템 자체에 내장되어 있는 프로그램을 이용하여 3회 반복 측정하였다. 측정된 관절각을 정의하면 다음과 같다,

- 팔꿈치각: ulnar styloid와 lateral epycondyle이 이루는 선과 lateral epycondyle과 acromium이 이루는 선사이의 내각
- 어깨각: lateral epycondyle과 acromium이 이루는 선과 acromium과 greater trochanter가 이루는 선사이의 내각
- 몸통각: acromium과 greater trochanter이 이루는 선과 greater trochanter과 lateral condyle이 이루는 선사이의 내각
- 무릎각: greater trochanter과 lateral condyle이 이루는 선과 lateral condyle과 lateral malleolus가 이루는 선사이의 내각
- 발목각: lateral condyle과 lateral malleolus가 이루는 선과 lateral malleolus와 5th distal phalanx가 이루는 선사이의 내각

주관적 평가

운전자의 운전자세에 대한 선호 정보를 추출하기 위해 최적의 운전자세를 만들기 위해 피험자가 고려한 요소등에 대한 설문 조사를 실시하였다.

3. 실험 결과

3.1 최적 운전자세 측정 결과

본 실험을 통해 관측된 피실험자들의 선호 운전자세 결과는 표 4와 같으며 운전자세에 대한 기존의 연구결과와 비교하였다. 몸통각, 무릎각, 발목각등은 기존의 연구결과에 비교하여 큰 값을 보이고 있다. 즉, 피실험자들은 기존의 연구자들에 의해 제시된 것보다 큰 몸통각, 무릎각, 발목각을 선호하는 것으로 나타났다. 여기서 주목할 만한 사실은 체형이 상대적으로 작은 한국인이 외국인의 운전자세보다 작은 값을 나타낼 것이라고 추측할 수 있지만 실제로 기존의 연구 결과들은 시트 자체의 전후 조절 거리를 제시하지 않고 단지 운전자의 관절 각에 대한 결과만을 제시하고 있어 이러한 추측을 뒷받침하지 못하고 오히려 반대의 결과를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 팔꿈치각은 Porter와 Gyi (1998)가 제시한 각도의 범위보다 작은 값을 나타냈다. 그리고 무릎각, 팔꿈치각, 그리고 발목각의 평균값은 기존의 연구결

표 4. 관측된 운전 자세

구 분	Rebiffe (1969)	Grandjean (1980)	Porter (1998)	Observed postures mean(SD) range	Male mean(SD) range	Female mean(SD) range
몸통-대퇴각	95-120	100-120	90-115	117.4(7.71) 103-131	115.9(7.62) 103-130	119.4(7.56) 105-132
무릎각	95-135	110-130	99-138	133.7(8.53) 120-152	132.9(9.89) 120-152	134.7(6.58) 121-146
팔꿈치각	80-120	-	86-164	113.0(14.01) 86-144	118.8(13.68) 95-144	105.8(10.95) 86-127
발목각	90-110	90-110	80-113	100.8(8.61) 82-124	102.3(8.15) 91-124	98.8(9.01) 82-123
어깨각	-	-	-	19.5(6.38) 7-37	23.2(5.34) 13-37	14.7(4.06) 7-22

과의 범위 안에 모두 포함된다.

3.2 시트 조절량 측정 결과

실제로 seating buck에서의 자세 데이터에 대한 신뢰성이 고려되어야 할 필요가 있다. 해부학적 랜드마커를 이용한 자세각 측정은 있는 그대로의 분석되지 않은 측정이지만 본 연구에서는 마커들의 위치를 체크하는데 주의를 기울였으며 실제 측정치들은 평균값을 얻기 위해서 3번 반복 실험을 수행하였다. 또한 seating buck에서와 같은 정적 자세와 실차 주행시의 자세는 일반적으로 차이가 있으리라 판단되지만 이러한 것에 대한 연구는 추후에 계속될 것이다. 본 연구에서 피실험자들이 선호하는 최적의 운전자세를 유지하기 위해서 선택한 시트 조절량 측정 결과는 표 5와 같다. 표에서 제시된 값들은 조절 가능한 최대 범위에대한 움직인 범위의 백분율로 표시된다. 시트 조절량이 남녀간에 통계적으로 차이가 있는지를 알아보기 위해 T-test를 수행하였다. 표 6에 제시된 바와 같이 좌판의 전방 높이를 제외하고 모두 남녀간에 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다. 좌판 후방 높이 조절의 경우, 남성에 비해 여성이 높게 조절하는 경향을 보였다. 이는 대퇴 부위의 압박감을 줄이고 시계성을 확보하기 위한 것으로 판단된다. 시트 전후방거리 조절의 경우 남성이 여성보다 시트를 훨씬 뒤로 위치시키는 것을 볼 수 있다. 이는 남성과 여성간의 키와 운전습관 차이의 영향인 것으로 판단된다. 등판 각도 조절의 경우에도 남성이 여성에 비해 시트 등판을 뒤쪽으로 많이 기울이는 경향을 보였다. 이상의 결과를 종합해 보면, 여성에 비해 키가 큰 남성은 시트를 뒤로 위치시키면서 등판을 많이 뒤로 제치며, 좌판의 경사각을 크게 하는 것으로 볼 수 있다.

3.3 주관적 평가 결과

운전자가 편안한 운전자세를 취하는데 있어서

표 5. 시트 조절량 측정 결과

구 분		Front tilting	Rear tilting	Sliding	Reclining
남 성	평균	25.7	12.4	48.1	37.1
	표준편차	23.3	15.8	17.7	6.2
여 성	평균	24.5	23.9	32.5	33.9
	표준편차	26.2	27.1	18.4	4.8
전 체	평균	25.1	17.5	41.2	35.7
	표준편차	24.5	22.2	19.5	5.8

표 6. 시트 조절량에 대한 남녀간의 T-test 분석 결과

구 분	T-test for Equality of Means (Ho : $\mu_1=\mu_2$)						
	t	df	P-value	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Mean	
						Lower	Upper
Front tilting	0.277	113.080	0.782	1.2244	4.4184	-7.5291	9.9779
Rear tilting	-3.023	85.458	0.003*	-11.5409	3.8178	-19.0957	-3.9862
Sliding	4.867	118.184	0.000*	15.5848	3.2019	9.2442	21.9257
Reclining	3.304	126.990	0.001*	3.1923	0.9661	1.2806	5.1039

중요하게 고려하는 요인이 무엇인지를 알아보기 위해 설문조사를 실시하였다. 표 7은 설문조사 결과를 제시하고 있다. 여기서 알 수 있듯이 몸통각과 요추 지지성을 가장 많이 고려하는 요인으로 응답했다. 이는 적절한 시트 등판 각도 조절과 인간의 척추 형상 및 위치를 고려한 요추 지지대의 설계가 매우 중요함을 나타내는 것이다. 무릎 각도와 엉덩이 및 대퇴 부위의 압박감도 중요하게 고려하는 요인으로 나타났다. 엉덩이나 대퇴 압박감은 시트의 물리적 특성과 많은 관련이 있지만, 시트의 전후 거리 조절에도 영향을 받는다고 할 수 있다. 그러므로 실험에 참가한 피실험자들은 자신이 선호하는 최적의 운전자세를 유지하기 위해 시트 등판 각도 조절 및 전후 거리 조절을 중요하게 고려하는 것으로 판단된다.

표 7. 주관적 평가 결과

고려 요인	척도 등급*					평균
	1	2	3	4	5	
1. 발목각	4	12	11	8	8	3.1
2. 무릎각	1	11	9	15	7	3.4
3. 몸통각	0	0	4	13	26	4.6
4. 어깨각	3	10	15	8	4	3.1
5. 팔꿈치각	3	13	15	8	4	2.9
6. 엉덩이압박감	2	1	16	14	10	3.7
7. 대퇴압박감	3	2	19	14	5	3.4
8. 요추지지성	0	1	8	13	21	4.3

* 5점척도로 구성(1;가장 많이 고려한다,
5;가장 덜 고려한다)

4. 자동차 시팅 패키지 설계 지침 제안

자동차의 인간 공학적 설계를 할 경우 2가지 측면에서 검토할 필요가 있다. 즉, 인간의 신체 치수와 시트 그 자체 치수와의 적합성과 신체 치수 제약과 시트간의 레이아웃 합치의 문제이다. 그러나, 본 연구에서는 자동차 내부 시팅 패키지의 레이아웃에 대한 설계 치수를 제안하는데 중점을 두었으므로 시트 자체에 대한 치수는 제시하지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 앞에서 연구된 마네킨 설계 치수를 바탕으로 인체 모델링 시스템인 SAFEWORK 을 통해 한국인을 대표할 수 있는 인체 모형을 생성한다. 이렇게 생성된 인체 모형을 가지고 한국인의 최적 운전자세를 적용함으로써 자동차 내부 시팅 패키지 설계를 위한 레이아웃 지침을 제안한다.

자동차의 설계는 보통 자동차 내부에서 인간과 차량의 관계를 확인하기 위해 인체 기준점을 설정하고, 이 점을 중심으로 차량 설계를 수행하는 절차로 이루어 진다. 인체 기준점으로는 운전 중 비교적 움직이지 않는 원점으로써 상반신과 하반신의 회전 중심에 해당하는 HP(Hip Point)가 대표적으로 사용된다. 이밖에 사용되는 인체 기준점으로는 액셀레이터 페달에 얹는 인간의 발꿈치 점에 해당하는 AHP(Accelerator Heel Point), 운전자의 눈의 위치에 해당하는 EP(Eye Point), 손 조작의 원점에 상당하는 EO(Ergosphere Origin)등이 사용된다.

인체 기준점이 선택되면, 이를 기준으로 자동차의 내부 기기 및 조종 장치에 관련된 인체의 주요 부위들이 상대적 위치를 계산하여 자동차 내부의 주요 조절 장치의 레이아웃을 결정할 수 있다. 이와 같이 레이아웃 치수 결정시 3차원 데이터가 필요로 하지만 본 연구에서는 자동차 내부 시팅 패키지 설계를 위한 기초적 연구로써 AHP를 기준으로 하여 시트와 운전대에 대한 설계 위치 및 조절 범위 등을 2차원적으로 결정하였다. 3차원 데이터로의 확장은 추후 연구가 진행될 예정이다. 실험에 사용된 마네킨은 앞에서 제안된 남녀 각 9개의 마네킨 군의 치수를 적용함으로써 생성되었다. 또한 한국인의 운전 자세에 대한 정량화된 연구 결과들이 존재하지 않는 것으로 보아 현재까지의 시트 내부 설계에 대한 연구 결과들은 자세 결

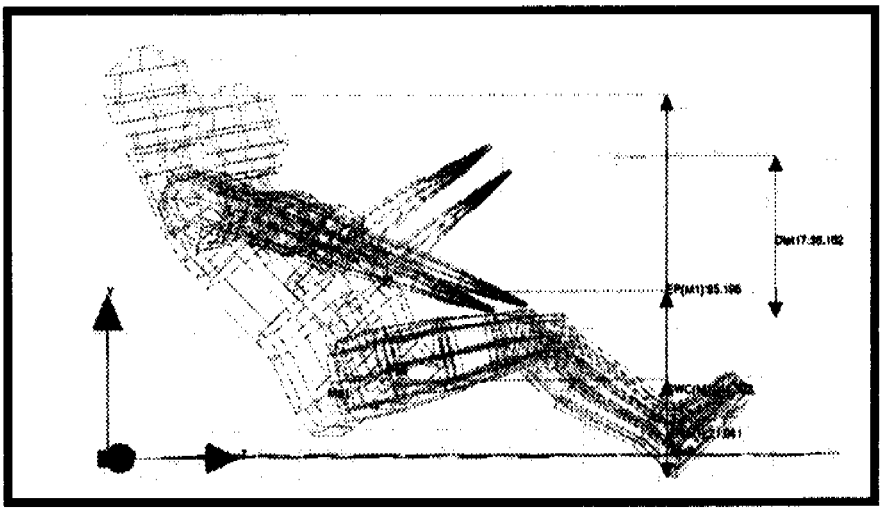

그림 4. 남자 마네킨 1과 여자 마네킨 8의 운전자세의 예
(Ma1; male manikin 1, Fe8; female manikin 8, SWC; steering wheel center, EP; eye point, AHP; accelerator heel point)

정에 있어 외국인의 자료를 그대로 적용함으로써 한국인의 실제 운전 자세와는 다소 차이가 나는 데이터를 사용해 왔으리라 판단된다. 이러한 것은 정확한 분석을 위해 부적당하며 따라서, 본 연구에서는 신체 부위별 각도 변수를 앞에서 수행된 실험 결과를 토대로 하였다. 각 관절들의 안락 각도의 한도 내에서 마네킨을 최적 운전자세로 유지시킨 다음 AHP를 기점으로 각 마네킨의 HP와 운전대의 중심(SWC; Steering Wheel Point)의 위치를 구하였다. 그림 4는 각 인체 치수에서 모두 큰 사람을 대표하는 남자 마네킨 1과 모두 작은 값을 나타내는 여자 마네킨 8의 운전자세의 예를 나타낸 것이다. 표 8에 남녀 각 마네킨에 대한 분석결과가 제시되어 있으며 여기서 알 수 있듯이 남녀 각 마네킨에 대한 치수가 상이하고 여자 마네킨에 대한 치수가 남자에 비해 작으며 이러한

표 8. 남녀 각 마네킨에 대한 분석 결과

구 분	AHP-HP				AHP-SWC			
	수평방향		수직방향		수평방향		수직방향	
	남성	여성	남성	여성	남성	여성	남성	여성
Manikin 1	72.759	65.855	22.927	23.518	54.092	56.283	70.729	63.730
Manikin 2	70.004	64.955	22.908	23.255	51.489	54.113	68.551	61.307
Manikin 3	71.808	67.245	22.178	22.907	53.357	55.456	69.648	63.234
Manikin 4	69.998	66.353	22.304	22.590	50.656	53.341	67.489	60.395
Manikin 5	68.372	63.956	21.158	21.176	51.484	55.097	65.397	58.089
Manikin 6	63.767	58.940	21.084	21.363	48.947	51.070	65.545	58.455
Manikin 7	65.508	61.213	20.551	21.050	50.540	52.517	66.141	60.737
Manikin 8	63.752	60.340	20.576	20.715	47.986	50.370	64.405	57.910
Manikin 9	67.783	63.149	21.523	22.107	51.085	53.375	66.698	60.782

표 9. 제안된 설계 치수

Unit: cm

구 분		남 성		여 성	
		평균	범위	평균	범위
AHP-HP	수평거리	68.195	73.0 ~ 63.0	63.556	66.0 ~ 58.0
	수직거리	21.690	23.0 ~ 20.0	22.076	24.0 ~ 20.0
AHP-SWC	수평거리	51.071	55.0 ~ 47.0	53.514	57.0 ~ 50.0
	수직거리	67.178	71.0 ~ 64.0	60.515	64.0 ~ 57.0

결과에서도 알 수 있듯이 현재 자동차 시팅 패키지가 남성 위주로 설계되고 있음을 감안할 때 여성 운전자에게는 적지 않은 불편을 주었으리라 판단된다. 이상의 결과로부터 운전자가 안락한 운전자세를 유지시킬 수 있는 설계 기준 치수가 표 9에서와 같이 제안된다. 표 9에서의 제안 치수는 표 8에서 제시된 남녀 각 마네킨에 대한 분석 결과를 토대로 마네킨 1에서 마네킨 9를 모두 포함하도록 설계 제원에 대한 평균값과 범위를 산출하여 표시한 것이다. 이 설계 기준 치수의 한 예로써 그림 5에서는 남자 마네킨 1에 대한 2차원 도면을 도식화하였다.

5. 결 론

본 연구는 자동차의 인간 공학적 설계를 위해 한국인의 신체 치수와 시트 그 자체 치수와의 적합성과 한국인의 신체 치수 제약과 시트간 레이아웃 합치의 문제에 대해 언급하였다. 자동차 시팅

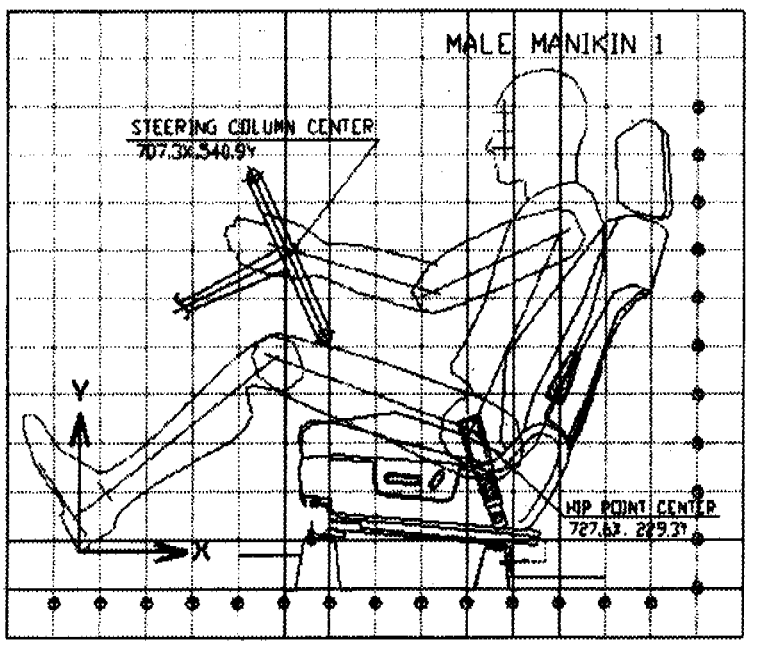

그림 5. 제안된 시팅 패키지의 예

패키지의 설계 치수를 산출하기 위한 기초적 연구였으며 추후 연구를 통해 전체 시팅 패키지를 설계하는 것으로 확장되어야 할 것이다. 본 연구를 통해 수행된 결과를 간단히 요약하면 다음과 같다.

인체 마네킨에 대한 고찰을 통해 실제 한국인을 대표할 수 있는 마네킨을 생성하기 위해서 마네킨 설계에 필요한 기본 인체 치수에 대하여 검토하였다.

아무리 완벽한 마네킨이 생성된다 하더라도 시팅 패키지 설계시 운전자세에 대한 데이터가 적절하지 못할 경우 결과의 오류를 피할 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 실험을 통해 이러한 한국인의 최적 운전 자세에 대해 정립하였다. 부가적으로 이러한 한국인의 운전 자세에 대한 연구 결과로써 현재까지는 정립된 데이터가 없었다.

한국인의 운전자세와 현재까지 발표된 외국인의 운전자세와의 차이를 발견할 수 있었으며, 현재까지 자동차 내부 설계시 적용되어 오던 외국 자료 그대로를 반영한다는 것은 부적절함을 알 수 있었다.

한국인의 운전자세와 인체 마네킨 설계치수를 토대로 생성된 마네킨을 통해 자동차 내부 설계시 중요한 설계 치수로 간주되는 AHP로부터 HP와 SWC의 위치에 대한 기초적 연구를 수행하였다.

후 기

본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단 과학기술 기초중점연구 학제간 연구비의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 깊은 감사 드립니다.

참 고 문 헌

(1) 남윤의, 자동차 시트의 안락감 평가방법에 관한 연구, 충남대학교 대학원 석사학위 논문, 1998.

(2) 한국표준과학연구원, 자동차 시트의 감성 평가 기술, KRISS-95-081-IR, 1995

(3) 한국표준과학연구원, 사무용 책상 및 의자의 인간공학적 표준 설정에 관한 연구, KRISS-95-136-IR, 1995

(4) 한국표준과학연구원, 한국인의 3차원 인체모형 S/W 시뮬레이터 개발에 관한 연구, KRISS-96-022-IR, 1996.

(5) Bittner, A. C., "Computerized Accomm - odated Percentage Evaluation: Review and Prospectus," Proceedings of the 6th Congress of the Ergonomics Association and also Published as Pacific Missile Center, TP-76-46(NTIS AD-AO35205 /4ST), 1976.

(6) Bittner, A. C., Wherry, A. C. and Glenn, F. A., "A Family of Manikins for Workstation Design," Naval Air Development Center, Technical Report, No. 2100.0713, 1986.

(7) Grandjean, E., "Sitting Posture of Car Drivers from the Point of View of Ergonomics ," Human Factors in Transport Research, Part 1, Vol. 20, 1980.

(8) Porter, M. A. and Gyi, D. E., "Exploring the Optimum Posture for Driver Comfort ," International Journal of Vehicle Design, Vol. 19, No. 3, pp. 255-266, 1998.

(9) Rebiffe, R., "The Driving Seat: Its Adaptation to Functional and Anthropometric Requirements ," Proceedings of a Symposium on Sitting Posture, pp. 132-147, 1969.

(10) Roebuck, J. A. JR., Kroemer, K. H. E. and Thomson, W. G., "Engineering Anthropometry Methods," John Wiley & Sons , New York, 1975.