Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 25, No. 3 pp.25-32, August 2006

차량 조건 변화에 따른 승차 만족도 및 동작분석에 관한 연구

박세진 · 임윤경 · 이현자 · 김철중

한국표준과학연구원 보건그룹

The Study on the Satisfaction and a Motion analysis when Entering a Car through Change of Vehicle Conditions

Se Jin Park, Yun Kyung Yim, Hyun Ja Lee, Cheol Jung Kim

Health Metrology Group, Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon, 305-340

ABSTRACT

As national income increases, consumers began to place a great deal of weight on products or quality of their life. They would like to have products which are more convenient to use and could meet their emotional desire in addition to its basic functional requirements. An automobile is one of the transportation system for human beings and the factor such as safety or environmentaly-friendly is regarded as important things resulting from it's popularization. In fact, domestic design technology leaves much to be desired compared with excellent manufacturing techniques. For this reason, some problems, like lowering of usage, could be caused by introducing technological data as it is from overseas. A survey of domestic car users has found that the most preferred condition (step height) is 460~495cm when they get in and out of their car. Men use their visual information and then get in the car, taking motion fit for each condition when automobile condition is changed. In other words, men get in cars actively within the range of conditions used for this study. These results were found from a motion study, when getting in a car, and checking the possibility of getting injury in accordance with the change of condition as well.

Keyword: Step height, A-Pillar, Seat height, Motion analysis

1. 서 론

최근 각종 공학의 눈부신 발전에 힘입어 자동차의 성능이 크게 향상되고 있음에도 불구하고 가속되는 경제발전과 국민의식의 향상 및 소비문화의 질적 고급화로 인하여 사용상의 불편함을 느끼는 소비자들이 늘고 있다(박세진 등, 1995). 자동차는 시대와 나라의 문화, 그리고 국민의 체위에 부응하여 변화되고 있으므로 그 설계 형태가 매우 다양하다. 선진 외국에서는 자동차 안락성에 관한 수많은 인간공학적 연구가 수행되어 왔으나 국내의 경우 생산기술은 선진국 수준에 이르고 있지만 설계기술은 아직 미비하여 선진국 설계 결과의 답습에 머무르고 있는 실정이다.

자동차의 인간공학적 설계 목적은 쾌적성 향상, 예방안전의 확보, 피로의 경감 등이며 차량 설계의 제약 조건, 차량 구조, 스타일, 상품성, 법 규제 등과 적절한 trade-off를 통하여 인간 중심으로 설계하는가가 그 요점이다(한국공업표준협회, 1990).

교신저자: 박세진
주 소: 305-340 대전광역시 유성구 도룡동 1번지, 전화: 042-868-5450, E-mail: sjpark@kriss.re.kr

특히 시트 및 각종 조작 장치를 포함한 운전석은 운전자와 자동차를 연결하는 하나의 작업 공간으로 운전자의 안전을 보장해야 하며 제한된 공간에서 오는 피로와 불편함을 해소할 수 있도록 안락하게 설계되어야 한다.

자동차 설계과정에서 운전자 및 동승자의 안전을 위하여 인간공학적 측면에서 제공할 수 있는 중요한 정보인 운전자의 인체특성 및 선호 자세에 대한 정보를 비롯하여 선호 자세를 만족시키기 위한 운전 좌석의 구성 성분들의 조절 범위에 대한 데이터가 필요하다(박세진, 1999). 운전 자세 및 운전자의 시트 조절양은 운전 효율성, 안전성 등 운전좌석의 인간공학적 레이아웃에 중요한 역할을 하며 실내 공간 및 레이아웃을 위해 마네킨(manikin), 더미(dummy) 및 실물 모형(mockup) 등이 활용되고 있는데 이를 위해서는 먼저 다양한 인체특성에 따른 최적의 운전 자세와 시트 위치 및 각도 등이 결정되어야 한다(Grandjean, E., 1989). 즉, 최적의 운전 자세를 결정한 다음 이를 유지할 수 있는 실내 공간 및 시트의 레이아웃을 마네킨 등을 활용하여 결정할 수 있다. 따라서 자동차 운전석의 인간공학적 레이아웃의 설정을 위하여 최적의 운전 자세를 유지시켜 줄 수 있는 주요 관절의 각도 패턴, 인체 주요 특징점들의 위치 및 시트 조절량에 대한 연구가 필요하다(박세진, 1994, Bell A et al, 1989, 1990).

본 연구에서는 국내 H사의 SUV 차량을 대상으로 하여 운전 경력이 있는 70명의 성인 남, 녀를 대상으로 변화된 차량 조건에 따른 승강성 및 승차 만족도를 조사하고 승차 동작을 분석하여 최적 운전 자세 유지를 위한 운전석의 인간공학적 레이아웃을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

인체측정자료의 분포는 정규 분포를 따르므로 산업제품의 표준치 설정을 위한 97년 국민표준체위조사 보고서를 근거로 하여 키에 대한 넓은 범위의 백분위수에 포함되도록 H사 직원 및 외부 인력으로 구성되었다(국립기술품질원, 1997).

과거 근골격계 질환을 경험한 적이 없는 운전 경력이 있는 70명(남 64명, 여 6명)의 피실험자가 본 실험을 위하여 자원하였으며 백분위수는 97년 국민표준체위조사 보고서를 근거로 하였으며 선정된 피실험자의 키에 대한 백분위수는 표 1과 같다.

성별의 경우 남성이 64명(91%), 여성이 6명(9%)를 차지하였으며 연령 분포는 20대가 51%로 가장 많았으며 30대(47%), 40대(1%), 10대(1%) 순으로 나타났다.

표 1. 피실험자 Percentile 및 인원수(단위:mm)

항목	백 분 위 수			
	10%tile 미만	10%tile~ 50%tile	50%tile~ 90%tile	90%tile 이상
97' 국민표준 체위조사	1634 미만	1634~ 1702	1702~ 1770	1770 이상
피실험자	11 (남:5, 여:6)	18	23	18

운전 경력이 평균 70.11개월이었으며 5~10년 사이가 32%로 가장 많았으며 1~3년(23%), 3~5년(23%), 10년 이상(19%), 1년 미만(3%)의 순으로 나타났으며 1년 동안 운전하는 정도는 10,000~20,000km가 43%로 가장 많이 나타났다.

2.2 기본 인체 측정

총 11개 항목의 정적인 인체 측정을 수행하였으며, 측정 항목은 KS A 7003(인체측정용어)에 포함되어 있는 것으로 본 실험 수행에 필요하다고 판단되는 항목을 선정하여 측정을 실시하였다(표 2)(한국표준협회, 2004).

표 2. Percentile별 기본 인체 측정 결과

측정 항목	측정 결과(mm)			
	10%tile 미만	10%tile~ 50%tile	50%til~ 90%tile	90%tile 이상
	평균	평균	평균	평균
키	1596.8	1689.4	1736.7	1800.6
몸무게(kg)	54.36	67.00	72.78	78.50
대퇴돌기높이	815.94	851.92	879.07	926.67
무릎마디 바깥점 높이	454.60	477.96	495.11	520.47
앉은키	853.61	888.00	926.80	944.62
앉은 무릎 높이	462.02	500.58	530.47	539.66
앉은 엉덩이 무릎 길이	527.15	547.56	563.07	590.35
앉은 엉덩이 오금 길이	463.49	488.28	500.03	524.30
어깨점-팔꿈치 길이	271.32	275.06	283.83	307.66
팔꿈치-손끝 길이	380.57	409.72	420.62	445.98
앉은 어깨 높이	538.69	562.44	590.39	610.24

3. 연구 결과

차량 조건의 변화에 따른 승차 시 주관적 승차감을 설문

지를 통하여 조사하였다. 차량 조건 변화 후 승차 즉시 실시하였으며 실험 전 승차 조건 변화(Step height, A-Pillar, 시트 높이, Door 손잡이 높이)에 대하여 충분한 설명을 실시하였다.

3.1 차량 조건 변화 범위

변화된 차량 조건의 수준은 다음과 같다.

- 3 수준의 Step Height(460, 495, 530)

3.2 Step Height 변화에 따른 승차감

Step height를 위의 3수준으로 변화할 때의 승차 만족 정도에 대한 설문조사를 실시하였다.

3.2.1 10 percentile 미만(1634mm 미만)

10 percentile 미만인 피실험자들은 3수준 모두에서 보통 이상으로 높다고 느꼈으며(그림 1), step height가 460일 때와 495일 때는 승차 시 step height 만족 정도가 보통인 것으로 나타났으며 530일 때는 step height 만족 정도가 불만족인 것으로 나타났다(그림 2).

Step height의 변화에 따른 승차 시 전반적인 만족도는 10 percentile 미만인 피실험자의 경우 step height가 460일 때와 495일 때는 승차 시 전반적인 만족 정도가 약간 만족하는 것으로 나타났으며 530일 때는 약간 불만족인 것으로 나타났다.

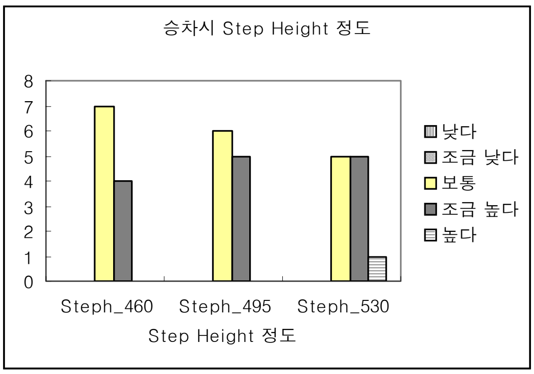

그림 1. 10 Percentile 미만 승차 시 Step Height 정도

3.2.2 10 percentile~50 percentile (1634~1702 mm)

Step height가 460일 때는 보통이라고 느꼈으며 495일 때와 530일 때는 step height가 약간 높게 느꼈으며(그림 4), 460일 때는 만족으로 나타났으며 495 및 530일 때는

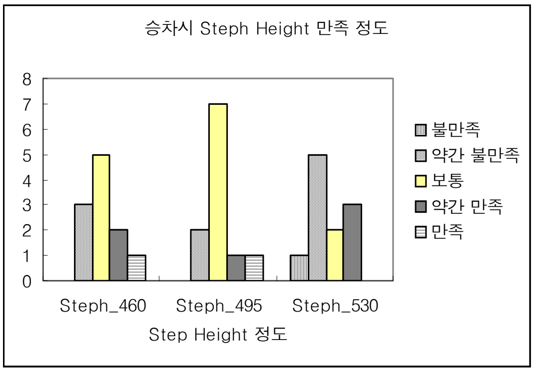

그림 2. 10 Percentile 미만 승차 시 Step Height 만족 정도

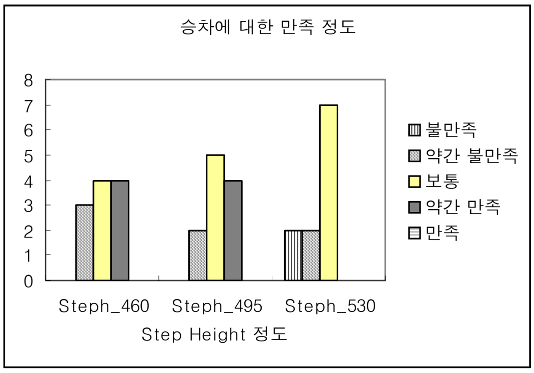

그림 3. 10 Percentile 미만의 승차에 대한 전반적인 만족 정도

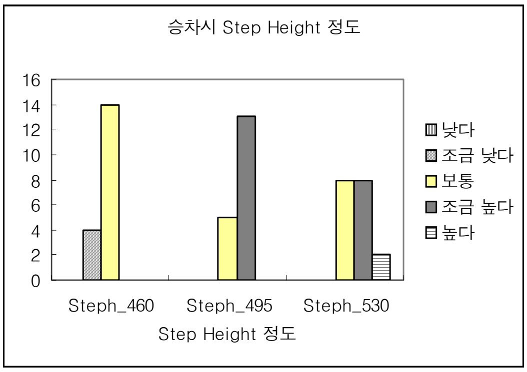

그림 4. 10 Percentile~50 Percentile의 승차 시 Step Height 정도

step height가 불만족인 것으로 나타났다(그림 5).

승차에 대한 전반적인 만족감에 대한 설문조사의 결과에 있어서는 만족 정도는 460일 때 보통이며 495일 때와 530일 때는 약간 불만족하는 것으로 나타났다(그림 6).

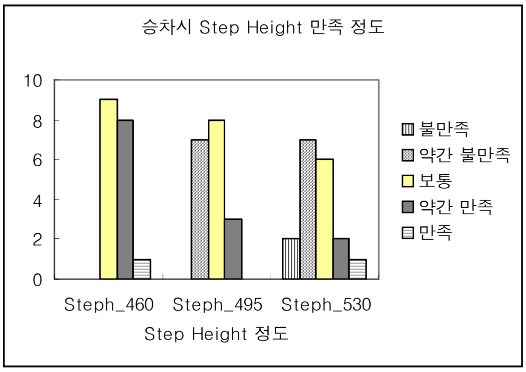

그림 5. 10 Percentile~50 Percentile의 Step Height 만족 정도

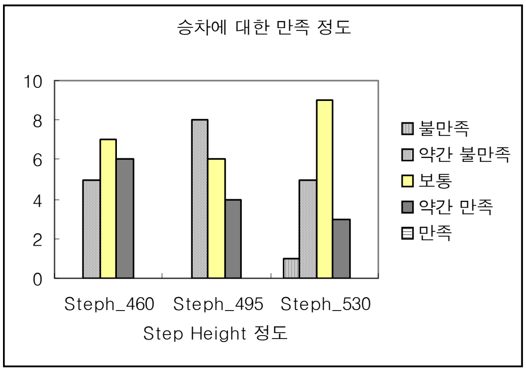

그림 6. 10 Percentile 이상 50 Percentile 미만의 승차에 대한 전반적인 만족 정도

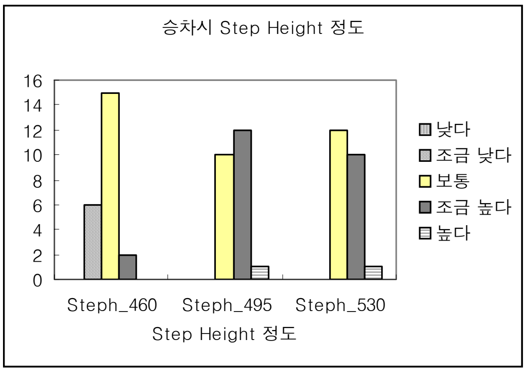

그림 7. 50 이상 90 Percentile 미만의 승차 시 Step Height 정도

3.2.3 50 percentile~90 percentile(1702~1770 mm)

이 범위에 속하는 피실험자들은 step height에 대한 느낌에 대해서는 460일 때 보통이라고 느꼈으며 495일 때와 530일 때는 step height가 약간 높다고 느끼는 것으로 나타났다(그림 7). 승차 시 step height에 대한 만족도는 460일 때는 만족 정도가 만족으로 나타났고 495일 때와 530일 때는 만족 정도가 보통인 것으로 나타났다(그림 8).

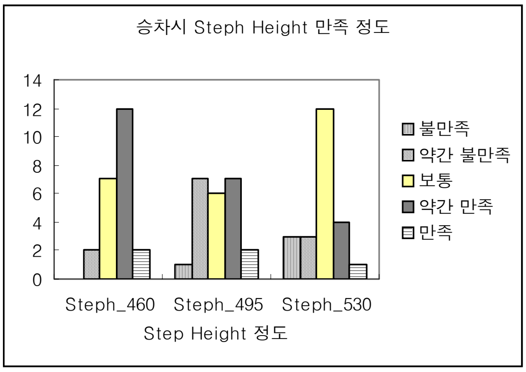

그림 8. 50 이상 90 Percentile 미만의 승차 시 Step Height 만족 정도

50 percentile 이상 90 percentile 미만의 범위에 속하는 피실험자들의 step height 변화에 따른 전반적인 승차 만족도는 460일 때는 만족하는 것으로 나타났으며 495 및 530일 때는 약간 불만족스러운 것으로 나타났다(그림 9).

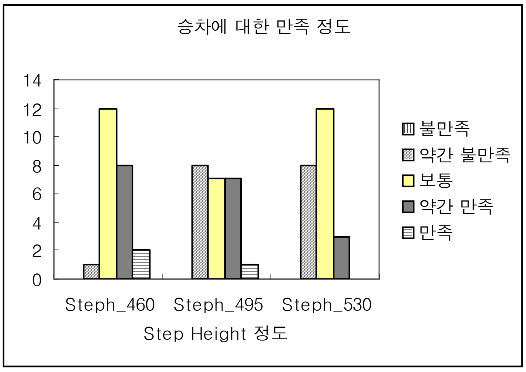

그림 9. 50 이상 90 Percentile 미만의 전반적인 승차 만족 정도

3.2.4 90 percentile 이상(1770mm 이상)

90 percentile 이상의 범위에 속하는 피실험자들은 step height가 460일 때 높이 정도에 따른 주관적 느낌은 보통이라고 느꼈으며 495 및 530일 때는 높다고 느끼는 것으로 나타났다(그림 10).

Step height에 대한 만족도는 460일 때는 만족으로 나타났고, 495일 때는 만족과 불만족으로 구분되었으며 530일 때는 약간 불만족으로 나타났다(그림 11).

승차 시 step height 변화에 따른 전반적인 만족도는 90 percentile 이상인 피실험자 집단에서는 모든 수준에서 만족하는 것으로 나타났다(그림 12).

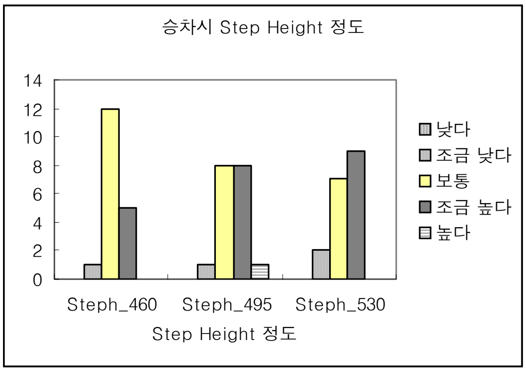

그림 10. 90 Percentile 이상 승차 시 Step Height 정도

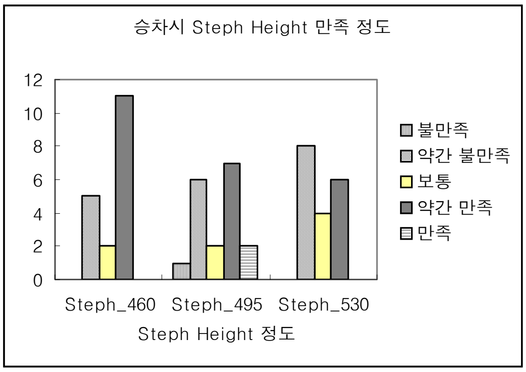

그림 11. 90 Percentile 이상 승차 시 Step Height 만족 정도

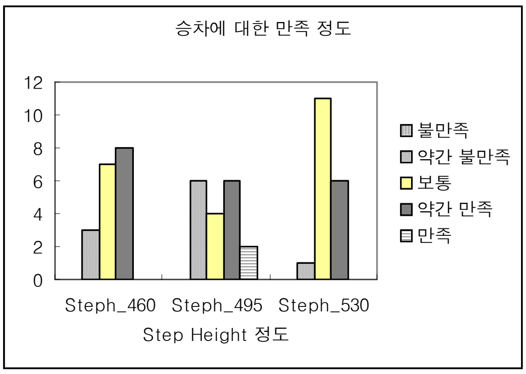

그림 12. 90 Percentile 이상 승차 시 전반적인 만족 정도

4. 승강성 설문조사에 대한 상관분석

상관분석은 두 변수 간에 얼마나 밀접한 선형관계를 가지고 있는가를 분석하는 통계 기법으로 두 변수간의 관계의 강도를 상관관계(Correlation)라 한다. 따라서 각 percentile별 step height 변화에 따른 설문조사의 결과와 전반적인 승차 만족 정도의 상관관계를 분석하였다.

각 percentile 그룹에 포함되는 모든 피실험자 집단에 있어서는 step height 만족도가 높을수록 전반적인 만족 정도가 높아지고, step height 정도 및 step height 승차영향 정도가 감소할수록 전반적인 만족도가 향상되는 동일한 경향의 결과를 가져왔다(표 3).

표 3. 각 percentile 그룹별 승강성 상관분석

변수			Step Height 정도	Step Height 승차 영향 정도	Step Height 만족도
전반적인 승차 만족 정도	10%tile 미만	P.C	−0.415	−0.362	0.547
		Sig.	0.000**	0.000**	0.000**
	10%tile ~50%tile	P.C	−0.346	−0.199	0.425
		Sig.	0.000**	0.011*	0.000**
	50%tile ~90%tile	P.C	−0.448	−0.450	0.635
		Sig.	0.000**	0.000**	0.000**
	90%tile 이상	P.C	−0.161	−0.162	0.367
		Sig.	0.040*	0.040*	0.000**

*$\alpha = 0.01$, (2−tailed), **$\alpha = 0.05$, (2−tailed)

5. 승차 동작분석

3차원 동작분석 장비인 Zebris를 이용하여 인체의 각 관절(eye point, ankle point)에 3차원 위치 측정이 가능한 센서를 부착하고 차량에 승차하여, 차량의 각 부분(Step Height, A−Pillar, 시트 높이)이 변함에 따른 차량 일부분과 신체 일부분(다리, 머리, 무릎)과의 접촉 위험을 평가하였으며, 승차 시 각 센서들의 총 승차거리를 구하여 각 부분이 변함에 따른 센서들의 이동거리 변화를 분석하였다.

5.1 머리 부위와 A-Pillar 간의 간격 분석

차량의 각 부분(Step Height, A−Pillar, 시트 높이)이 변함에 따른 A−pillar와 머리의 접촉 위험을 평가하기 위해서 A−Pillar와 Eye point에 부착한 센서와의 최단 거리를 계산하였다.

차량의 각 부분(step height, A−pillar, 시트 높이)이 변함에 따른 A−Pillar와 Eye point에 부착한 sensor와의 최단 거리를 계산한 결과는 표 4와 같다.

Step height, A−Pillar, 시트 높이 등과 같은 차량 조건의 수준이 변함에 따라서 머리와 A−Pillar 사이의 최단 거

그림 13. 승차 동작분석 장면과 A-Pillar와 Eye point sensor 위치

그림 14. Ankle sensor와 A-Pillar 하단의 위치

표 4. 머리 부위와 A-Pillar 간의 최단 거리 분석 결과

	Step Height			A-Pillar			시트 높이		
	460	495	530	170	205	240	280	315	350
평균	160	179	157	162	162	159	147	157	167
표준편차	40	43	36	58	60	35	37	43	43

리에 대한 분산분석 결과는 표 5와 같으며, 수준의 변화에 최단 거리의 변화는 유의하지 않게 나타났다. 즉, 머리와 A-Pillar 사이의 최단 거리는 step height, A-Pillar, 시트 높이와 같은 승차 시 동작에 영향을 미치는 인자의 수준이 변화에 따른 변화가 없었다. 이는 차량 조건의 수준의 변화에 따라 인간은 시각적인 정보를 이용하여 이에 상응하는 승차를 하고 있어 본 실험의 조건 변화 범위 내에서는 승차 시 차이를 느끼지 못함을 의미하는 것이다.

표 5. 차량 조건 변화에 따른 A-Pillar와 머리 부위 최단 거리 ANOVA

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Between Groups	104.2	2	52.1	0.637	0.561
Within Groups	495.7	6	81.8		
Total	594.9	8			

5.2 발목 부위와 A-Pillar 하단과의 간격 분석

차량의 각 부분(Step Height, A-Pillar, 시트 높이)이 변함에 따른 A-Pillar 하단과 발목과의 접촉 위험을 평가하기 위해서 A-Pillar 하단과 발목에 부착한 센서와의 최단 거리를 계산하였다.

차량의 각 부분(Step Height, A-Pillar, 시트 높이)이 변함에 따른 A-Pillar 하단(point_1, point_2)과 발목에 부착한 sensor와의 최단 거리를 계산한 결과는 표 6과 같다.

표 6. 발목과 A-Pillar 하단과의 최단 거리 분석 결과

	Step Height			A-Pillar			시트 높이		
	460	495	530	170	205	240	280	315	350
Pt_1 평균	202	219	215	235	211	204	195	211	217
표준편차	35	41	37	114	63	41	32	48	46
Pt_2 평균	188	206	198	217	194	189	182	192	199
표준편차	35	35	37	105	62	34	32	41	44

발목과 A-Pillar 하단의 Point_1과 Point_2 사이의 최단 거리는 Step Height 및 A-Pillar의 위치, 시트 높이의 수준이 변함에 따라 통계적으로 유의하지가 않았다. 이것은 차량 각 부분의 수준이 변하더라도 승차 시 A-Pillar 하단부 사이의 거리의 변화에는 유의차가 없다는 것을 의미한다. 그러므로 차량 각 부분의 수준이 변함에 따라 인간은 시각적인 정보를 이용하여 이에 상응하는 승차를 하고 있기 때문에 본 연구에서 사용한 각 차량 조건의 변동 범위에 한해서는 승차 시 충돌 등의 부상의 위험은 없음을 의미하는 결과이다.

표 7. 차량 조건 변화에 따른 발목과 point 1 사이의 최단 거리 ANOVA

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Between Groups	121.5	2	60.7	0.386	0.696
Within Groups	945.3	6	157.5		
Total	1066.8	8			

표 8. 차량 조건 변화에 따른 발목과 point 2 사이의 최단 거리 ANOVA

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Between Groups	128.2	2	64.1	0.530	0.625
Within Groups	754.6	6	125.7		
Total	882.8	8			

6. 결론 및 토의

본 연구는 SUV 차량의 step height의 3수준 변화를 통해 step height의 변화가 승강성에 미치는 영향에 대하여 설문조사를 통하여 주관적 느낌 및 만족도를 분석, 평가하였다.

설문지를 통해서 나타난 step height 만족 정도 및 승강성 만족 정도로 볼 때 step height가 460~495일 때, 만족스러운 승강성을 보이는 것으로 나타났으며, percentile별 인구분포 밀도가 가장 높은 10 percentile 이상 90 percentile 미만의 범주를 기준으로 살펴볼 때, 현재 기준으로 잡고 있는 495에서 피실험자들이 불만족을 나타내지는 않았지만 460에서 495의 범위를 세분하여 추가실험을 실시한다면 더욱 높은 만족도를 충족시킬 수 있는 step height의 높이를 도출할 수 있을 것이다.

동작분석을 통하여 본 연구의 독립 변수인 step height, A-Pillar, 시트 높이가 변함에 따라서 신체의 일부와 차량의 일부분과의 접촉 위험성을 평가하고자 하였다(Porter, J.M., et al, 1998, Rebiffe, P., 1969).

차량과 신체와의 접촉 위험성을 평가하기 위해서 A-Pillar 사이의 최단 거리는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이것은 인간이 시각 정보를 통하여 차량의 조건이 바뀌면 그에 상응하는 승차를 하여 충돌의 위험성으로부터 벗어나는 능동적인 동작을 취함을 알 수 있는 결과이다.

본 연구에서는 차량 설계 시 외국의 제원을 도입하여 사용함에 따라 체형의 차이로 인하여 나타날 수 있는 만족도의 저하를 예방하기 위하여 본 연구에서는 한국인을 대상으로 차량의 조건 변화에 대한 주관적 승강성 만족도 및 동작분석을 통해서 살펴본 승차 시 충돌 위험성에 대한 연구를 실시함으로써 경제의 성장과 함께 자가용의 수요가 급증하고 사용빈도가 증가하고 있으며 또한 제품에 대한 사용성을 중요시하고 있는 현대인들의 만족도를 향상시키기 위한 최적의 차량 설계를 위한 제원을 제공함으로써 그 의의를 찾을 수 있을 것이다.

또한 추후연구에서는 차량 내부 패널의 control 류의 조작성에 대한 동작분석을 통한 패널 설계 제원 및 최적 운전자세를 도출하여 step height, A-pillar 및 시트 높이 등의 최적값과 같이 정량적으로 도출된 데이터들의 회귀분석을 통하여 최적운전 자세 및 만족도를 유도할 수 있는 회귀식을 제시함으로써 추후 제품 생산 시 기본 자료로 활용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

국립기술품질원, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서, 1997.

박세진, "체압 분포를 이용한 시트 안락감 평가에 관한 연구", 공학박사학위 논문, 고려대학교, 1994.

박세진, 박수찬, 윤정선, "자동차 시트의 감성 평가 기술", 한국표준과학연구원, KRISS-95-081-IR, 1995.

박세진 등, "자동차 승차감 및 피로감 평가기술 개발", 한국표준과학연구원, KRISS-99-131-IR, 1999.

한국공업표준협회, 도해 에르고노믹스, 1990.

Bell A., Brand R. and Pedersen D., Prediction of Hip Joint Center Location from ExternalLandmarks, Human Movement Sciences 8, pp.3-16. 1989.

Bell, A. L., Pedersen, D. R. and Brand, R. A., "A Comparison of the Accuracy of Several Hip Center Location Prediction Methods." J. Biomechanics, Vol. 23, No. 6, pp. 617-621, 1990.

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

Porter, J. M. and Diane, E. G., "Exporing the optimum posture for driver comfort", International Journal of Vehicle Design, Vol. 19, No. 3, pp.255-266, 1998.

Rebiffe, P., "Le Siege du Conducteur: Son Adaptation aux Exigences Fonctionnelles et Anthropometriques", *Ergonomics*, Vol. 12, No. 2, 1969.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 박 세 진 ❖ sjpark@kriss.re.kr
고려대학교 산업공학과 박사
현　재: 한국표준과학연구원 보건그룹 그룹장
관심분야: 자동차 인간공학, 감성공학, 작업생리

❖ 임 윤 경 ❖ ykyim@kriss.re.kr
동아대학교 산업시스템공학과 석사
현　재: 한국표준과학연구원 보건그룹 석사후연수원

❖ 이 현 자 ❖ hyunja@kriss.re.kr
충남대학교 의류학과 박사
현　재: 한국표준과학연구원 보건그룹 연구원

❖ 김 철 중 ❖ cjkim@kriss.re.kr
Northwestern Univ. 재료공학과 박사
현 재: 한국표준과학연구원 보건그룹 책임연구원

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 01월 25일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 05월 08일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 06월 13일