

자동차용 시트의 체압분포측정기 개발에 관한 연구

Development of a Body Pressure Distribution Measuring Equipment for an Automobils Seat

박세진* · 이남식* · 김철중* · 이순요**

Se Jin Park*, Nahm Sik Lee*, Chul Jung Kim*, Soon Yo Lee**

Abstract

The pressure distribution between body and seat surface has been considered as one of the most important factors which affect seation comfort. The pattern of body pressure distribution has been an index of measuring comfort of an automobile seat. There has been numerous studies that measured the body pressure distribution. But, studies have many problems(pressure distortion, resolution, reliability, portability, usability, and shape fitness) in measuring the body pressure distribution. In this study, the new body pressure distribution measuring equipment has been developed by using the thin, flat, and polymer-film devices known as Force Sensing Resistors(FSRs) in order to solve those problems.

1. 서 론

자동차 시트는 장시간의 승차시간 동안 여러 범위의 신체 크기를 가진 운전자나 승차자를 수용해야하고, 진동이나 특정한 충격으로부터 승차자들을 보호해야한다[13,14]. 이러한 요구 사항들을 만족시키기 위해 과거 수십년 동안 자동차용 시트설계에 있어 등판각도 조절장치(recliner), 요추지지대, 다축 조정기 등의 괄목할만한 발전이 있어왔다. 그러나 그런 진전에도 불구하고 많은 운전자들이 아직도 자동차 시트에서 많은 불편을 경험하고 있는 실정이다.

시트쿠션은 적당하게 신체무게를 잘 배분해야하며 쇼크와 진동을 흡수해야 한다.

Dempsey가 지적한 것처럼 신체무게의 75%가 엉덩이에 의해 지지되며 특히 높은 체압이 좌골결절(ischial tuberosity)의 25cm²에 집중되어있다[3]. 그리고 신체무게의 18%가 각 좌골결절에 분포된다[6]. 이 부하는 동맥을 통과하는 혈액순환을 방해하기에 충분하며 결과로 통증, 마비, 고통을 야기한다[1,2]. 따라서 신체와 시트면 사이의 체압분포가 시트안락감에 영향을 미치는 가장 중요한 요인들 중의 하나로 여겨져 왔다[4,5,7,9,10,11].

체압분포측정에 관한 많은 연구들이 있는데, 그들은 표 1과 같이 여러 문제점(체압의 왜곡, 측정치의 민감도 조절, 사용성 등)을 가지고 있었다[12]. 따라서 본 연구에서는 이들 문제

* 한국표준과학연구원 인간공학연구소

** 고려대학교 산업공학과

점을 가능한 해결하도록 하는 새로운 체압분포 측정 시스템을 개발하였다.

표 1. 체압분포측정 연구들의 문제점 및 보완점

문 제 점	보 완 점
Pressure distortion	thin, flexible sensor body required
Resolution	sensitivity of measurement
Reliability	robustness of data acquisition and storage
Portability	on-site measurement
Usability	user interface of data display & manipulation
Shape fitness	using 3-D shape contour of seat

2. 체압분포측정기의 개발

본 연구에서는 체압분포를 측정하기 위해 일반 로드 셀이나 스트레인 게이지가 아닌 polymer로 된 박막형 필름인 FSR(Force Sensing Resistor)을 사용하였다. FSR은 필름타입이기 때문에 매우 유연하며 전단 응력(shear stress)이 거의 없다[9].

본 체압분포측정시스템은 그림 1에 나타난 것처럼 시험시트 위에 있어 체압분포를 측정하는 Pressure Mat, 측정된 데이터를 아날로그에서 디지털로 바꾸는 등의 작용을 하는 체압분포측정용 Controller, 그리고 데이터의 저장 및 체압분포측정용 소프트웨어가 들어있는 IBM PC로 구성된다.



그림 1. 체압분포측정기

2.1 체압분포측정용 컴퓨터

실험실 작업에서는 일반 IBM PC와 호환되는 PC면 어떤 컴퓨터든 가능하나 비디오 메모리가 1MB이어야하며, S-VGA를 지원하는 Tseng Lab.계열의 비디오 보드가 있어야 한다.

그리고 실차 시험을 위해서는 일반 PC가 아닌 휴대용 컴퓨터(notebook)가 필요한데 이 휴대용 컴퓨터의 사양에는 제약이 없다. 단 체압분포측정 Controller를 끼울수 있는 external slot이 있어야 한다.

실차 시험시에는 체압분포의 입력 상황과 자료습득(data acquisition) 기능만으로 충분하기 때문에 고가의 칼라액정 스크린이 장착된 휴대용 컴퓨터가 필요 없게된다. 그리고 완전한 체압분포측정용 소프트웨어와 휴대용 컴퓨터용 프로그램은 각기 독립적으로 운용되며, 습득된 체압분포 데이터는 양쪽에서 모두 공유된다.

2.2 체압분포측정용 Controller

Pressure mat위의 24×24개의 행렬로 구성된 각 FSR값을 받아 디지털 값으로 변환시켜 컴퓨터로 데이터를 전송하는 기능을 하는 체압분포측정용 Controller는 그림 2와 같이 구성

되어 있다. 그림에서처럼 체압분포측정 Controller는 컴퓨터와 통신을하는 IO Buffer, 순차적으로 측정되는 각 FSR의 주소를 지정해주는 Address decoder, 지정되는 주소에 따라 각 FSR을 On/Off시켜주는 입력 Multiplexer, 측정된 FSR값을 주소에 맞게 내보내주는 출력 Multiplexer, 그 값을 증폭시켜주는 Preamplifier, 증폭된 아나로그 값을 디지털 값으로 변환시켜주는 A/D변환기로 구성된다.

체압분포측정용 Controller는 pressure mat의 FSR값들을 10kHz의 속도를 받아들인다. 등판과 좌판을 동시에 측정할 경우 전체 FSR들이 약 1000개인데(2×24×24) 한번 주사(scanning)하는데 약 100m s가 걸리게 된다.

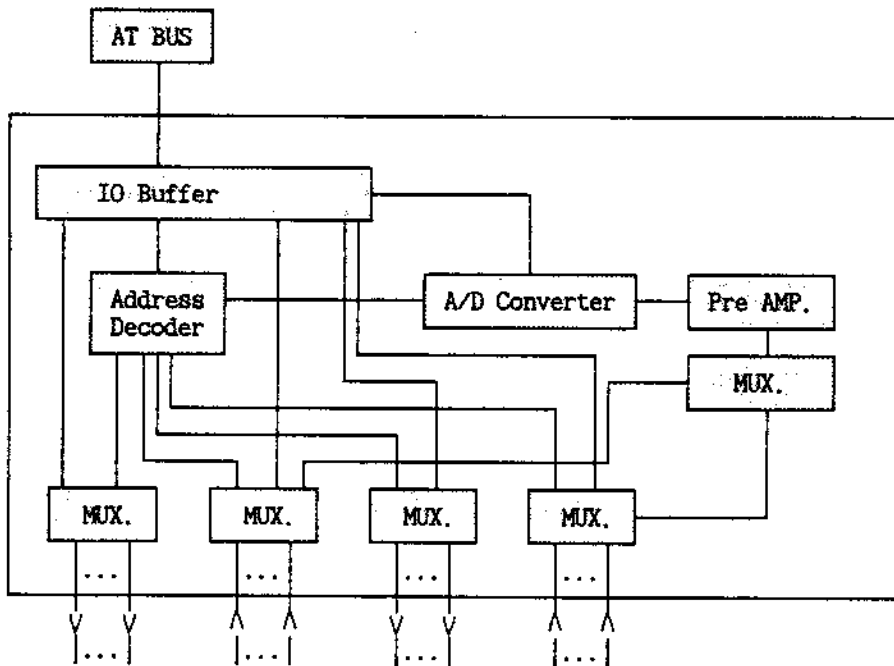


그림 2. 체압분포측정용 Controller의 구조

2.3 Pressure Mat

본 연구에서 구성한 Pressure mat는 변종류인 국방색 천 위에 24×24 FSR배열로 되어있다. 각 FSR들은 행렬로 가는 wrapping wire

에 의해 연결되어 있으며 한 행의 끝과 한 열의 끝은 각각 24선의 flat cable에 연결되어 체압분포측정 Controller에 접속된다. 각 FSR사이의 간격은 사용된 FSR의 크기를 고려하여 2.5cm 간격으로 배치하였다. 따라서 전체 mat

의 크기는 sensing부위와 연결 cable을 합하여 약 75cm×75cm가 된다. FSR상호간의 간섭 및 영향을 없애기 위해 각 행의 센서 앞부분에는 다이오드가 연결되어있다. 그리고 FSR의 민감도를 높이기 위해 FSR의 감지부 중앙에는 반원형의 플라스틱 재질인 단추가 부착되어 있다.

FSR은 그 표면에 작용된 힘(force)이 증가함에 따라 저항의 감소를 나타낸다. FSR의 실제 형태와 작용된 힘에 대한 저항치 변화 특성이 그림 3에 나타나있고, 그림에서 보듯이 log F와 log R은 거의 선형을 이룬다.

본 연구에 사용된 FSR은 필름타입이기 때문에 매우 유연하며 전단응력이 거의 없다. FSR의 제특성이 표 2에 나타나있다. 표에서 보듯이 각 FSR은 서로간에 ±15%의 오차를 수반하기 때문에 모든 측정장치처럼 교정이 필요하다. 본 연구에서도 보다 더 정확히 측정을 위해 각 FSR을 교정하였다. 각 FSR에서 측정된 값들이 Preamplifier를 통해 증폭되고 증폭된 값은 A/D변환기를 통해 디지털 값으로 변환된다. 이때 모든 값들은 0-4096(12Bit A/D변환기이기 때문)사이의 값을 가지게된다. 즉,

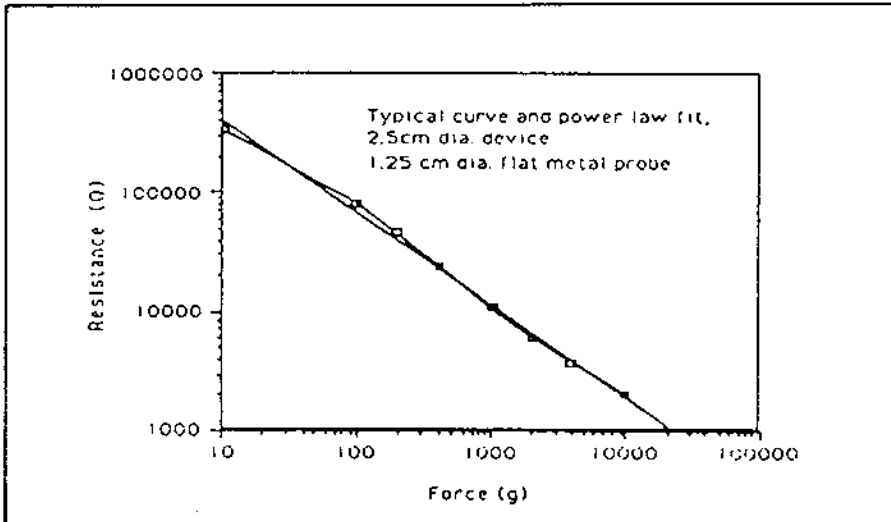


그림 3. FSR 및 힘 · 저항 특성

어떤 부하가 가해지면 그 부하에 의한 디지털 값이 0-4096사이의 것이 된다는 말이 된다. 이 범위를 16등급으로 나누어 체압분포 등고선을 그린다. 한 등급이 256범위의 값을 포함하는 것이기 때문에 매우 정밀 할 필요는 없으나 가능한한 정확한 교정이 되도록 하였다.

FSR의 힘 · 저항 특성을 나타낸 그림 3을 수식적으로 표현하면 다음과 같다.

$$\log(l) = f(\log(r)) \tag{1}$$

단, l : 힘(g), r : 저항(디지털 값)

f : f(z) = a + bz의 함수

따라서 각 FSR들은 (1)식을 다시 풀어쓴 다

음식과 같이 미지수 a와 b를 결정하기 위해서는 최소한 두식이 필요하게 된다.

$$\log(l) = a + b \log(r) \tag{2}$$

FSR을 사용하여 인체와 시트면사이에 걸리는 좌골결절부위의 최대 부하를 반복측정하여 500g의 부하에서 최대 디지털 값을 갖도록 회로증폭율을 조정하였다. 즉, 500g을 A/D 變換機를 통해 나오는 최대 디지털값인 4096이 되도록 하였다. 그리고 미지수 a와 b를 결정하기 위해 최대부하의 사이값인 200g과 300g을 임의로 선정하였다. 각 부하에 대한 디지털 값을 측정하여 각 FSR들이 자신의 a와 b를 갖

도록 하여 서로간의 오차를 보정하도록 하였다.

표 2. FSR의 제특성

Parameter	Value
Size Range	φ1.8cm Sensing part φ1.5cm
Device Thickness	about 0.2mm
Repeatability Cycle-to-cycle	±2%
Part-to-part	±15%
Optimum Pressure Range	0.01-100psi
Force Range	10g to 20kg
Temperature Coefficient	1000ppm
Device Rise Time	1-2msec
Lifetime	10,000,000회

2.4 체압분포측정용 소프트웨어

Window를 이용한 체압분포측정용 소프트웨어의 구성은 그림 4에 나타나있다. 전체 Window들을 관리하는 Window Manager하에 5개의 Window들이 있다. 각 Window와 그에 대한 설명이 표 3에 나타나 있다. 그리고 실제로 컴퓨터의 스크린상에 나타나는 구조는 그림 5.(a), (b)와 같다.

스크린상에서 프로그램의 모든 운용은 마우스로 조작하게 되어있다. 단, Information Window상의 정보입력과 Load, Save버튼이 눌린 뒤의 화일명의 입력만은 키보드를 사용한다. 그리고 각 Window의 등장은 이름이 쓰여진 각 버튼을 누름으로서 이루어진다.

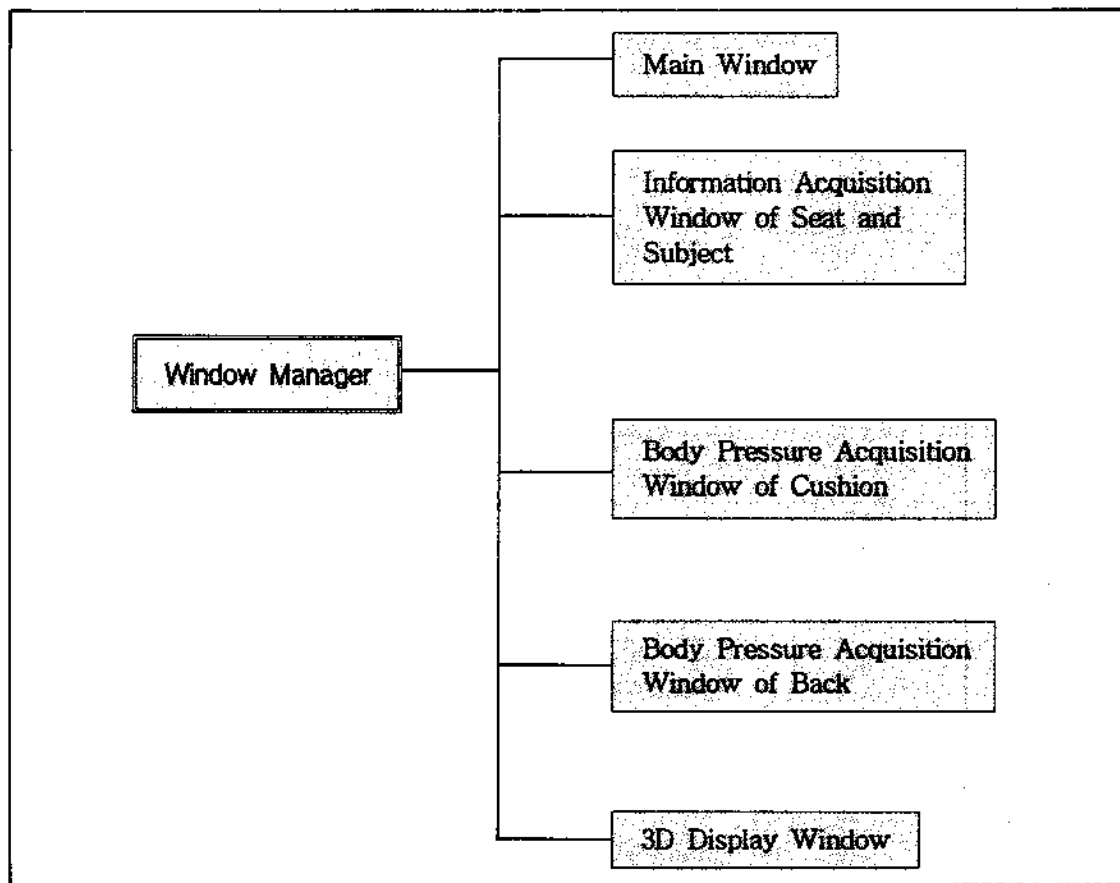
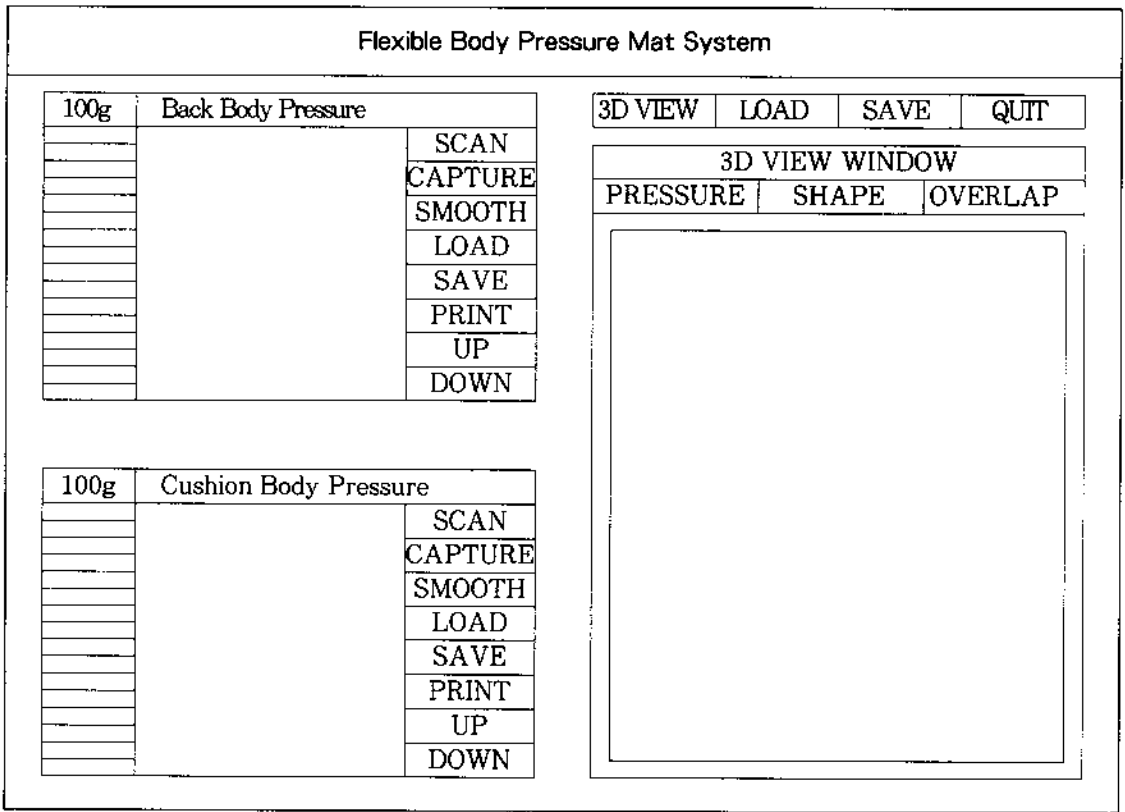


그림 4. 체압분포측정용 소프트웨어의 구성



(b) 3D Display and Pressure acquisition Windows

그림 5. 체압분포측정용 소프트웨어의 각 Windows

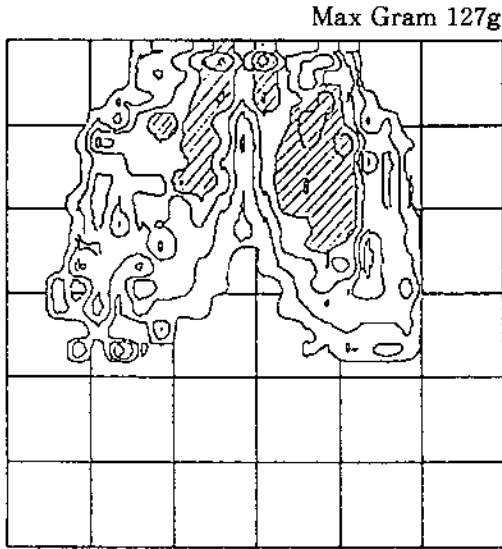
본 연구에서는 기존 체압분포측정 연구들의 문제점 중에서 시트 3차원 형상에 대한 적합성 (fitness)의 문제를 해결하기 위해 그림 5 (b)의 오른쪽 Window같이 시트 3차원 형상뿐 아니라 그 형상에 체압분포를 중첩시킬 수 있도록 하였다. 단, 이 때에는 측정 시트에 대한 3차원 형상 자료가 필히 요구된다.

3. 체압분포측정에

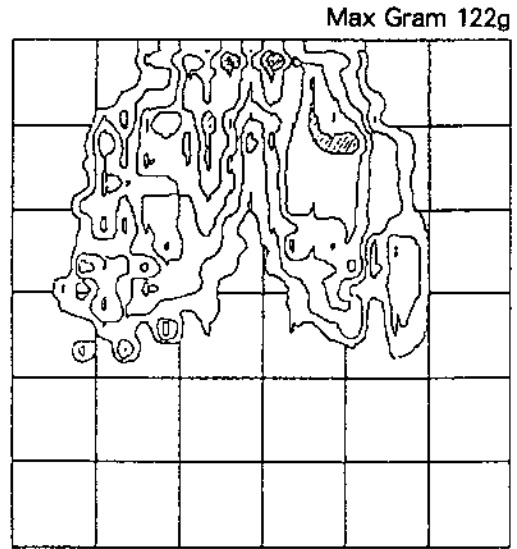
본 연구에서는 등판 각도의 변화에 따른 좌판 체압분포 패턴의 변화를 예시한다.

시험시트 A (정스프링상수 : 0.66kg/mm)를 이용하여 등판각도를 초기 설계기준 위치(15°)에서부터 10도 간격으로 95°, 105°, 115°에 대해 좌판 체압분포를 측정하였다. 피실험자는

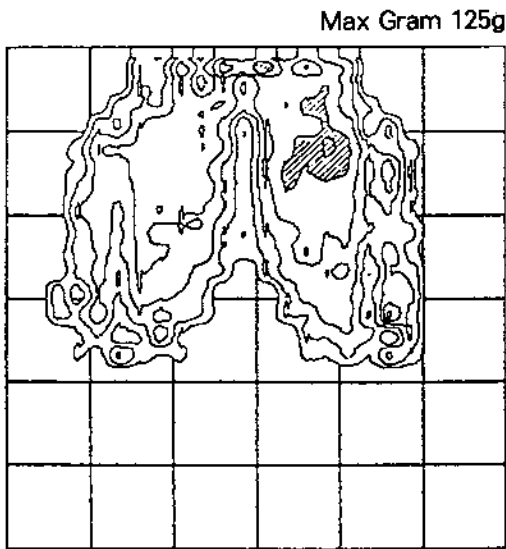
키 175cm, 몸무게 70kg의 남자를 대상으로 하였다. 측정된 체압분포 패턴은 그림 6과 같다. 그림에 나타난 것처럼 등판 각도가 증가함에 따라 체압이 최대가 되는 영역이 줄어들고 있음을 알 수 있다. 3차원 패턴을 그려보면 쉽게 알 수 있지만 그림 6의 (a)는 등고선이 좌골결절부근에 많은 체압이 걸리고 등고선이 급격히 변한다. 반면 (c)의 패턴은 좌골결절부위에 걸린 체압이 (a)에 비해 서서히 변하고 있다. 등판의 각도가 증가할 수록 좌판에 걸리는 체압이 감소하는 반면 등판에의 체압이 증가하게 된다. 둘사이의 적절한 체압배분도 또한 중요한 과제이다.



(a) 등판각도 95°



(c) 등판각도 115°



(b) 등판각도 105°

그림 6. 등판각도 증가에 따른 좌판 체압분포의 변화

4. 결 론

본 연구에서는 기존 체압분포측정 연구들에서 나타난 여러 문제점들을 가능한한 해결하는 새로운 체압분포측정시스템을 개발하였다. 실험실 작업뿐만 아니라 실차 시험용으로도 사용이 가능하도록 하였다. 거의 실시간으로 체압분포를 모니터할 수 있으며 16등급에 대한 칼라코딩으로 쉽게 체압분포 패턴을 분석할 수 있게 하였다. 또한 시트 설계기준점으로 부터의 위치관독을 돕기 위해 10cm간격의 격자를 체압분포패턴 뒤쪽에 나타나도록 하였고 시트 3차원 형상위에 그 형상을 따라 체압분포를 겹쳐 표현함으로써 분석을 용이하게 하였다.

본 연구에서 개발된 체압분포측정기를 통해 측정된 체압분포패턴과 기존연구들에서 측정된 패턴사이의 비교는 사용된 센서의 단면적, 배열된 센서간격 등의 차이로 정량적인 비교는 불가하나 체압분포의 최대치가 좌골결절부위에서 발생하는 등의 정성적 비교를 통해 비슷한

결과를 얻을 수 있었다. 본 측정기를 통해 시트 안락감 평가의 정량적 분석을 자동적으로 할 수 있도록 지속적인 개발을 해나갈 것이다.

본 연구의 결과는 자동차용 시트의 안락감 평가뿐 아니라 사무용 의자 및 침장구류, 선박, 철도, 항공기 등의 시트연구에도 응용될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Bader, D.L., Barnhill, R.L., and Ryan, T.J., "Effect of externally applied skin surface forces on tissue vasculature", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 67 : 11, pp.807-811, 1986.
2. Chow, W.W., and Odell, E.I., "Deformations and Stresses in Soft Body Tissus of a Sitting Person", *J. of Bimech, Eng.*, Vol.100, pp.79-87, 1978.
3. Dempsey, C.A., Chapter 9 : Posture and sitting, pp.165-180, McGraw-Hill, New York, 1863
4. Diebschlag, W., Heidinger, F., Kuurz, B., and Heiberger, R., Recommendation for ergonomic and climatic physiological vehicle seatdesign, SAE paper no.880055 (Also in German, Der autositz aus physio-logischer und biomechanischer sicht. *Automobiltechnische Zeitschrift*, 90 : 545-548), 1988
5. Diebschlag, W., and Muller-Limmeroth, W., Physiological Requirements on Car Seats : Some results of Experimental Studies, *Human Factors in Transport Research*,(Obrne, D.J., and Levis, J.A., ed.), pp.223-230, 1980.
6. Drummomd D.S., et al., "A Study of Pressure Distributions Measured during Balanced and Unbalanced Sitting", *J. Bone and Joint Surgery*, Vol.64(A), No.7, pp.1034-1089. 1982.
7. Hertzberg, H.T.E., The human buttocks in sitting : Pressures, patterns, and palliatives, SAE paper no.72005, 1972.
8. INTERLINK, Technical Report, INTERLINK Corp.1989.
9. Kamijo, K., et al., Evaluation of Seating Comfort, SAE Paper 820761, 1982
10. Kohara, J., and Sugi, T., Development of biomechanical manikins for measuring seat comfort, SAE paper no. 720006, 1972.
11. Thier, R., "Measurement of Seat Comfort," *Automobile Engineer*, Feb, 1963.
12. 김철중 등저, 자동차용 시트의 체압분포 측정기 및 측정기술 개발, Kriss-92-149-IR, 과학기술처, 1992
13. 박세진, 이남식, 김철중, 이순요, "체압분포측정기 개발에 관한 연구", 제10주년 대한인간공학회 학수대회 논문집, pp.187-192, 1992.
14. 이장무, 염영하, 성명호, 신승훈, "차량용 시트의 설계품질 향상을 위한 안정공학 및 인간공학에 관한 연구", *대원기술*, No.6, pp.28-40, 1987.