Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 32, No. 1 pp.145-152, February 2013 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2013.32.1.145

Development of Ergonomic Balance Seat(e-BASE) Chair

Jae Hee Park[1], Seung Hee Kim[1], Min Uk Kim[1], Hanbum Jung[2], Young Soo Shim[2], Taehee Ryu[2]

[1]Department of Safety Engineering, Hankyong National University, Anseong, 456-749
[2]Sidiz Inc., Seoul, 138-130

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to develop an ergonomic office chair that has an alarm function for the unbalanced sitting postures. **Background:** Contrary to expectation, it is reported that office workers sit on their chairs much more in unbalanced postures during daily work. Even though an office worker uses an ergonomically good-designed chair and begins their work in a good sitting posture, his/her posture is likely to shift to the unbalanced bad posture. Therefore, a posture alarm system would be very helpful in keeping office workers' good postures. **Method:** We developed a prototype chair with four load cells under a seat pan and one load cell beneath a backrest. Through some experiments, we set the criteria for unbalanced bad postures then implemented the criteria into the alarm system of the prototype chair. The chair called e-BASE chair could detect unbalance postures and show alarms for chair users. We also enhanced back support by developing a step-wised folding backrest. **Results:** The e-BASE chair showed better performance in interface pressure distributions and balanced posture ratio in VDT work. **Conclusion:** The ergonomic chair with posture alarm function(e-BASE chair) was developed. It showed better performance in seat pressure distribution and in keeping good posture during office work. **Application:** The posture alarm system and folding backrest can be applied to the new models of office chair.

Keywords: Office chair, Sitting posture, Posture balance, Backrest, Ergonomic chair, Posture alarm

1. Introduction

지금까지 의자에 관한 연구는 인체 적합도를 높이기 위한 방편으로 인체측정치를 고려한 의자의 설계 치수 등에 관한 연구들이 주를 이루어 왔다(Kwak et al., 1999; Park et al., 2009). 그리고 인체측정치를 고려한 사무용 의자의 규격 등은 각종 표준(KS, ANSI, BIFMA, ISO)에 반영되어 있다.

최근에는 의자의 안락감(comfort)을 높이기 위해 체압분포 측정을 통한 좌면 설계에 관한 연구가 활발해졌다(Mooney et al., 1971; Vos et al., 2006). 등판에 관해서는 적절한 척추 지지를 위한 척추 형상 측정과 척추 지지대 설계에 관한 연구가 주요 관심사가 되었다(Vergara and Page, 2000; Carcone and Keir, 2007). 실제 이러한 연구들은 제품 개발에도 반영되어 많은 사무용 의자들이 인간공학적으로 개발되었다는 광고와 함께 시중에 판매되고 있다. Duoback™ 의자와 Herman Miller 사의 Embody™(Herman Miller, 2008) 등이 대표적 사례의 의자이다(Figure 1). 그러나 이러한 연구들에 의해 인간공학적으로 좋은 사무용 의자가 개발된다고 해도, 사무작업자들이 올바른 자세를 유지하지 않은 채 작업을 수행한다면 그 유용성을 잃게 될 것이다.

일반적인 사무작업에서의 인간공학적으로 올바른 자세에 대해서는 많은 연구들이 수행되어 왔고(Grandjean and Hünting, 1977; O'Sullivana et al., 2012), 이와 관련된 작업자세와 VDT 워크스테이션 디자인에 대한 내용은 지침으로도 만들어져 있다(OSHA, 1997; Ministry of Employment

Corresponding Author: Jae Hee Park. Department of Safety Engineering, Hankyong National University, Anseong, 456-749.
Mobile: +82-10-7751-5283, E-mail: maro@hknu.ac.kr
Copyright@2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒThis is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. http://www.esk.or.kr

and Labor, 2012). 이러한 연구들에 의하면 VDT 작업과 같은 사무작업에서의 올바른 작업 자세란, 우선 작업자가 척추 전만(lordosis) 자세를 유지하는 것이다. 이를 위해 의자의 등판은 척추 전만 자세를 유지할 수 있도록 적절한 형상을 가져야 하며 요추를 지지할 수 있어야 한다. 또한 올바른 작업 자세란 작업자의 자세가 균형이 잡혀 좌판에 가해지는 힘이 좌우로 비슷해야 하며, 좌골결절에 최대 압력이 걸리고 넓적다리와 오금으로 갈수록 압력이 작아져야 한다. 이 밖에 체중의 적절한 분산을 위해 발이 바닥에 잘 지지되어야 하며, 팔걸이에 팔을 올려 작업할 수 있으면 이를 좋은 자세라 할 수 있을 것이다(Sanders and McCormick, 1993).



Figure 1. Office chairs ergonomically designed

그러나 실제 사무작업자들이 작업 중 올바른 자세를 취하는 비율은 상당히 낮은 것으로 나타났다(Leuder, 1983). Park et al.(2011a)은 사무작업자들의 8시간 작업에 대해 체압분포를 측정하였는데, 그들의 작업 자세는 착좌 시간 중 좌우로는 31%, 전후로는 25%의 시간만 균형을 유지했고, 등판에 척추를 지지한 시간의 비율도 19%에 불과한 것으로 보고하였다.

따라서 적절한 치수와, 안락감을 가져올 수 있는 좌판과 등판의 설계 외에도 적절한 자세를 유지할 수 있도록 하는 사무용 의자가 개발된다면 좋은 효과를 볼 수 있을 것이다. 그러나 지금까지 사무용 의자로 이러한 기능을 가진 의자가 시판되고 있지는 않다. 휠체어나 의자에서 노약자들이 이석 중 넘어지는 등의 사고를 당할 경우 일정 시간이 경과하면 센서가 이를 탐지해 경고음을 울려주는 매트(mat)들은 시판되고 있으나, 이러한 제품들에는 잘못된 자세에 대한 경고 기능은 포함되어 있지 않다.

사무용 의자를 위한 자세 경고 장치로는 연구용으로 개발되어 발표된 사례 등이 일부 있다. Park et al.(2011c)은 압력센서를 의자에 부착해 자세를 모니터링 할 수 있는 장치를 개발하고 이를 이용해 사무작업자의 올바른 자세 비율을 늘릴 수 있다는 연구를 수행하였다. Schrempf et al.(2011)은 의자 좌면 하부에 힘 센서 4개를 부착해 자세를 예측하는 장치를 개발하여, 이를 좋은 자세 유지에 활용할 수 있다고 하였다.

본 연구는 사무용 의자 좌판과 등판에 센서를 장착하여 사무작업자의 자세의 균형 여부를 판단하고, 자세가 올바르지 않을 경우 자세를 경고하는 기능을 가진 의자를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 또한 개발되는 사무용 의자의 좌판의 체압분포와 등판의 척추 지지 정도가 개선되도록 하였다.

2. Chair Design

본 연구에서 개발한 사무용 의자의 특징은 인체측정치를 체계적으로 고려하는 등 인간공학적 설계 원칙을 적용하였으며, 사용자의 자세 균형 정도를 평가해 경고를 발생시키는 기능을 갖도록 했다. 이러한 특징 등을 고려해 개발된 의자의 명칭을 Ergonomic Balance Seat(e-BASE) chair로 명명하였다. 여기서 e는 전자적(electronic) 센서를 부착했다는 의미도 갖는다. e-BASE chair 개발을 위한 디자인 결과는 다음과 같다.

2.1 Chair dimensions

e-BASE chair의 개발에는 한국인 인체측정치 DB인 Size Korea의 데이터를 고려해 설계하였다(Figure 2). 설계 치수 산정을 위한 인간공학적 원칙은 Park et al.(2009)이 제시한 연구 결과를 사용하였다. 이 연구는 KS G4101에서 규



Figure 2. Dimensions of e-BASE chair

Table 1. Dimensions of e-BASE chair and standards

Dimensions	e-BASE chair	KS G4101	BIFMA G2	Park et al. (2009)
Width bet. arm rests	496	420-	457-	393-533
Seat pan width	495	330-	450-	393-
Backrest width	421	300-	360-	327-
Seat pan depth	405	-480	-430	-414
Seat pan height	396-486*	380-410	381-506*	394-483*
Back support height	221-276*	200-250	150-200	-
Armrest height	234-294*	210-250	176-274*	214-292*
Backrest height	573-628*	-	310-	-

*adjustable size

정하고 있는 사무용 의자의 설계 치수 항목들에 대한 인간공학적 설계 원칙을 포함하고 있다. e-BASE chair의 치수를 KS, BIFMA 규격과 비교한 결과를 Table 1에 정리하였다. e-BASE chair는 KS, BIFMA 등의 규격과 Park et al.(2009)이 제시한 규격에 대해 대부분 만족하고 있다. 여기서 KS나 BIFMA 규격은 최소한의 조건만을 제시한 것으로, e-BASE chair는 이들보다 훨씬 높은 인체 수용도를 보여주고 있다고 할 수 있다.

2.2 Seat cushion

좌판의 안락감은 쿠션(cushion)에 의해 결정된다. e-BASE chair에 사용될 스펀지 폼(sponge foam)의 최적화를 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다. 기존의 사무용 의자에 사용되는 스펀지 폼(material A)과 자동차 시트 등에 사용되는 탄력성이 더 높은 재료로 제작한 스펀지 폼(material B) 2종류에 대해 각각 4단계로 경도 변화를 주어 8개의 시료를 제작하였다(Table 2). 이렇게 제작된 8개의 스펀지 폼에 대해 7명의 남자 피실험자(연령 30.0±7.7세, 신장 179.0±2.5cm, 체중 80.3±4.4kg)를 대상으로 Xsensor 사의 모델명 PX100 (센서 수 36×36) 체압측정 매트(mat)를 이용해 평균 체압분포와 접촉면적을 측정하였다(Park et al., 2012).

측정 결과 고탄력의 자동차 시트용 스펀지 폼(material A)이 일반 사무용 의자의 스펀지 폼(material B)보다 경도가 낮게 나왔으며, 각 재질 별로 경도가 낮아질수록 평균 체압은 감소하고 접촉면적은 증가하는 것으로 나타났다. 일반적으로 의자의 좌면 평균 체압이 낮고 접촉면적이 높을수록 안락감이 높아지는 것으로 알려져 있다(Mooney et al., 1971). 이를 기준으로 하면 재질 A, B 모두 경도가 낮은 스펀지 폼을 좌면의 재질로 사용할 것이 권고된다. 재질 간의 비교에서는 피실험자 모두 재질 A를 B에 비해 선호하는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 스펀지 폼 A1을 최적으로 설정하고 이 실험 결과를 e-BASE chair 좌판 설계에 반영하였다.

Table 2. Seat interface pressure and preference

Sponge foam	Material A				Material B			
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4
Hardness (kgf)	10.4	10.9	12.6	13.5	14.3	15.9	18.1	19.5
Average pressure (mmHg)	47.3	48.5	50.8	52.5	46.7	48.3	50.8	54.1
Contact area (cm^2)	1,353	1,383	1,282	1,269	1,320	1,298	1,277	1,224

2.3 Back support

등판의 척추 지지와 안락감을 향상시키기 위해서 다양한 방법들이 시도되고 있다(Carconea and Keir, 2007; Vergara and Page, 2000).대부분 의자들의 등판은 인체 형상에 적합하도록 곡면으로 설계하고 있으며, Duoback 의자는 등받이를 2개로 나누어 사용자의 척추 형상에 유연하게 접촉할 수 있도록 하고 있다.

e-BASE chair는 등판을 3부분으로 나눈 후 측면 2개 부위는 사용자의 신체에 따라 중앙부위와의 각도를 0, 14, 28, 42° 등 단계 별로 접어서 사용할 수 있도록 접을 수 있는 경첩(folding hinge)을 사용해 설계하였다(Figure 3) (Sidiz, 2011). 이러한 구조는 사용자들이 각자의 체격에 맞추어 등판을 조절함으로써 접촉면적을 최대화하고 등판의 평균 체압을 낮추기 위한 것이다. 동일인에 대해 등판의 측

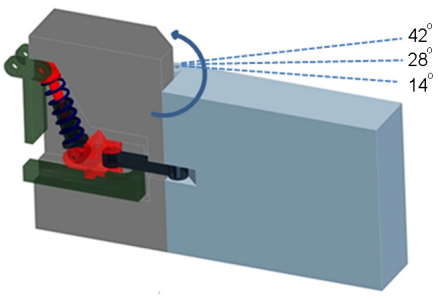


Figure 3. Mechanism of folding backrest

면판 각도를 달리할 때 등의 체압분포 측정치가 다르게 나타났으며, 사람의 체격마다 이 값이 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

척추의 지지를 위해서는 등판의 접촉면적을 넓혀주는 것 외에 척추의 형상에 맞도록 등판을 설계하는 것이 핵심이다. 그 가운데에서도 척추 지지대(back support)의 위치를 적절하게 설정하는 것이 중요하다. 그래서 본 연구에서는 광섬유센서(optical fiber sensor)인 Mesureland 사의 Shapetape™를 이용해 대학생인 남, 여 각 30인의 척추 형상을 측정하고 좌면과 엉덩이 끝점이 만나는 점을 기준으로 척추 중 가장 들어간 부분인 척추만곡점을 계산하여, 이의 평균값(수직 34.1±3.8cm, 수평 4.5±2.1cm)을 e-BASE chair 등판 설계에 반영하였다.

2.4 Posture balance alarm system

e-BASE chair에 자세 경고 기능을 넣기 위해 다양한 방법이 시도되었다. 최초에는 Tekscan 사의 FSR(Force Sensing Resistor) 센서를 좌판에 4개, 등판 척추 지지대에 좌우로 2 개를 부착한 프로토타입(Figure 4)을 개발하였다(Park et al., 2011b). 그러나 FSR 센서의 경우 필름 형태로 제작되어 신체와의 접촉에 있어 압력이 잘 가해지지 않는 등의 문제로 신뢰도가 떨어지고, 내구성과 좌판 표면에서의 침수성 등에 있어 취약점이 발견되어 최종적으로는 FSR 센서를 대신한 로드셀(load cell)을 사용한 자세 경고 시스템을 개발하였다.



Figure 4. Prototype of posture alarm system

최종적으로 개발된 자세 경고 시스템의 센서 설치는 Figure 5와 같이 이루어졌다. 좌판의 센서는 엉덩이의 좌우 좌골결절 부위와 넓적다리 중앙에 위치하도록 하였다. 등판의 센서는 척추 지지대 중앙에 위치하도록 하였다. 이 자세 경고 시스템을 이용해 다양한 자세들에 대한 체중의 분포를 측정 평가하고 이를 기준으로 자세 경고 발생을 위한 기준을 Table 3과 같이 설정하였다.

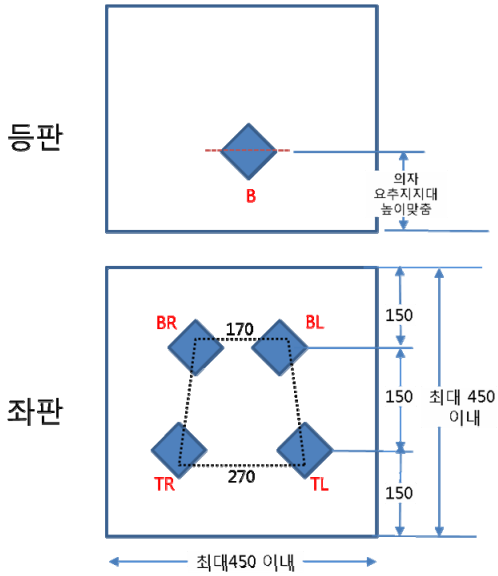


Figure 5. Sensor locations in balance alarm system

Table 3. Criteria for posture unbalance

Terms	Measurement criteria	Condition
Sum of seat pan	(TL + TR + BL + BR) > 10 kgf	(1)
Left biased	(TL+BL) > 1.3 (TR+BR)	(2a)
Right biased	1.3(TL+BL) < (TR+BR)	(2b)
Posterior biased	(TL+TR) < 0.7(BL+BR)	(3a)
Anterior biased	(TL+TR) > (BL+BR)	(3b)
Back separated	B < 0.5 kgf	(4)

문제가 되는 자세에 대한 경고는 경고를 위한 사전 조건인 (1)을 만족하면서 나머지 (2), (3), (4) 중의 어느 하나라도 만족되면 경고를 발생하는 것으로 설정하였다. 조건(1)은 경고 발생을 위한 전제 조건으로, 적어도 좌판에 10kgf 이상의 힘이 가해져야만 경고가 울릴 수 있도록 한 것이다. 이는 가방 등 사람 이외의 물체가 올려져 있을 때도 자세에 대한 판정을 하는 오류를 막기 위해 설정한 것이다. 조건 (2a)와 (2b)는 각각 좌면의 좌, 우로 걸리는 힘의 균형이 반대 편에 비해 30% 이상을 초과할 경우 경고를 발생하도록 한 것이다. 좌면의 앞, 뒤로는 올바른 자세로 앉았을 때 체중의 분포는 좌면의 뒷 쪽이 앞 쪽보다 약 30% 더 높게 측정되었다. 따라서 조건(3a)는 좌면 앞 쪽에 걸리는 힘이 뒷 쪽에

걸리는 힘의 70%보다도 작으면 이는 자세가 뒤로 과도하게 기운 것으로 판단해 경고를 발생하도록 하였다. 반대로 조건(3b)는 의자 앞쪽으로 걸터 앉는 경우처럼 좌면 앞 쪽에 높은 힘이 걸리면 뒤쪽과 힘의 크기가 같아진다고 보고 이 경우도 경고가 발생하도록 하였다. 마지막으로 조건(4)는 등판에 척추를 지지할 경우 적어도 0.5kgf의 힘은 가해져야 한다고 보고 이보다 낮은 값을 나타내는 경우는 척추 지지가 잘 안되고 있는 것으로 판단해 경고가 발생하도록 하였다.

물론 Table 2 계산식의 모수들(parameters)은 사용자가 고칠 수 있도록 하여서 자세 경고 시스템의 민감도를 조정할 수 있도록 하였다. 동시에 각 조건 발생을 판정하기 위한 조건 식의 지속 시간도 기본값은 3분으로 설정했으나 이 역시 사용자가 조정할 수 있도록 하였다.

자세 경고 시스템을 장착한 e-BASE chair는 컴퓨터와 Bluetooth 통신으로 센서의 측정값을 실시간으로 전송하며, 사용자의 컴퓨터에서 자세에 관한 정보를 분석해 문제가 되는 자세에 대해서는 경고 표시와 경고음을 발생시키도록 하였다(Figure 6).

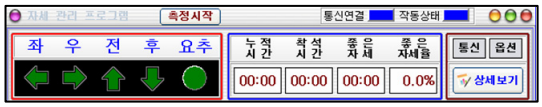


Figure 6. Configuration of posture alarm system

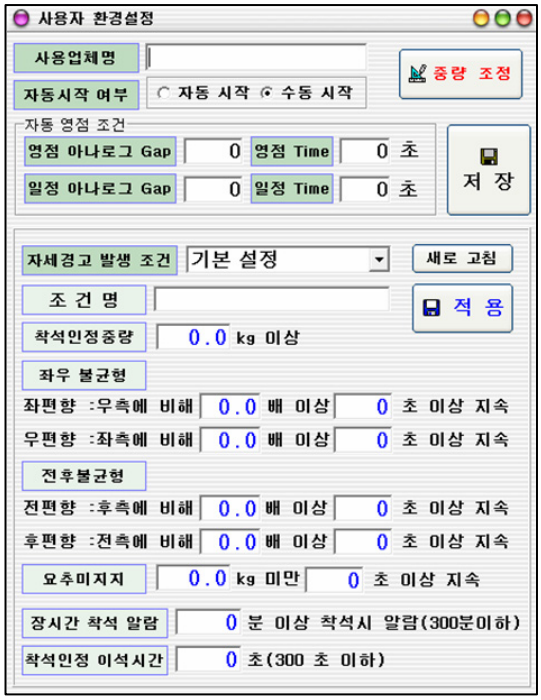
2.5 Posture analysis software

자세 경고 시스템으로부터 전송 받은 데이터는 Figure 7과 같이 분석 소프트웨어에서 자세 데이터에 대한 정보를 가공해 사용자에게 보여준다. 우선 컴퓨터 화면 하단 최소화된 창에는 실시간으로 사용자의 자세에 대한 상태가 모니터링 된다. 그러다가 이상 자세가 발생하면 전, 후, 좌, 우, 요추 지지 해당 아이콘에 경고등이 발생되도록 하였다. 또한 현 시각까지의 시스템 가동 시간과 그 중 착석 시간, 균형 잡힌 좋은 자세로 앉은 시간과 비율 등이 나타나도록 하였다(Figure 7(a)).

Figure 7(b)는 시스템 셋업(setup)에 관한 화면으로 사용



(a) Basic status bar for posture monitoring



(b) System configuration setup screen



(c) Posture information log data screen

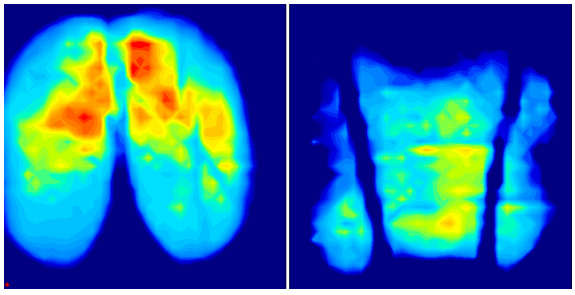
Figure 7. UI design of sitting posture information

자가 경고 발생 조건에 대한 파라미터를 설정할 수 있도록 한 것이다. 각 조건들의 설정은 힘과 그 비율 등에 대한 조건과 지속 시간 등을 조절할 수 있도록 하였다. 사용자는 또한 화면(a)에서 상세보기를 눌러 화면(c)에서 보여지는 것과 같은 자세에 관한 자세한 정보와 로그 파일도 알아볼 수 있도록 하였다. 이를 통해 사용자는 일일 시간대별 자세의 특징도 알아볼 수 있고, 주간, 월간 등 지정된 기간 동안의 자세 교정 효과도 알아볼 수 있도록 하였다.

3. Result

새로 개발된 e-BASE chair 프로토타입에 대한 간단한 검증 평가작업을 수행하였다. 첫째, 사용자집단에 대한 수용정도를 알아보는 인체 적합도에서 e-BASE chair는 한국인 인체측정치를 기반으로 치수가 설계되어 수용도가 높았다. Table 1에 나타난 Park et al.(2009)의 기준은 한국인 19~60세의 남녀 인체측정치를 기준으로 하여 조절식은 5~95%를 수용하고, 파지(reach)의 원칙과 여유(clearance)의 원칙을 적용하는 설계 항목에 대해서는 95%의 수용을 기준으로 설정한 것으로, 이 기준과 비교해 보면 e-BASE chair는 적어도 사용자집단의 최소 90% 이상을 수용할 수 있는 의자로 판단된다.

둘째, 좌판의 스펀지 폼에 대한 최적화와 분절형 폴딩 등판을 고안하고, 적절한 척추 지지대의 위치를 최적화해 이를 의자 설계에 반영하였다. 일반적으로 좌판의 쿠션은 좌골결절에 최대 압력이 걸리고 이를 중심으로 고르게 체압이 감소하는 형태를 띨 때 안락감이 높아지는 것으로 알려져 있다(Seigler, 2002). e-BASE chair의 좌판과 등판의 체압분포를 측정한 결과, 좌판의 좌골결절 부위에 최고의 압력이 걸리고 등고선 형태로 압력이 감소하며 좌우가 대칭인 형태를 띠고 있는 것으로 나타났다(Figure 8).



(a) seat pan (b) backrest

Figure 8. Interface pressure distributions of seat pan and backrest of e-BASE chair

또한 등판에서도 일반 의자의 경우 좌우 측면에서의 지지가 되기 어려운데 반해 e-BASE chair는 Figure 8 등판의 체압도에서 보이듯이 좌우 측면의 지지가 크게 개선되었다.

셋째 e-BASE chair만의 기능인 자세 경고 시스템을 사용할 경우 올바른 자세를 유지하는 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 자세 경고 시스템의 유용성을 확인하기 위해 H사의 의자 모델 E와의 비교 실험을 실시하였다. 평가 실험에는 4명의 사무작업자들이 참여하였다. 피실험자들은 각각 2개의 의자에 대해 4시간 동안 착좌한 상태에서 그들의 일반 사무작업을 수행하도록 했고, 이들의 좌판과 등판의 체압분포를 측정하였다. 실험 평가를 수행한 결과를 Table 4에 정리했다. 이때 불균형 자세에 대한 판단은 Table 4의 기준을 사용하였다. 평가 결과 e-BASE chair를 사용할 때 피실험자들이 올바른 자세를 유지한 비율이 훨씬 높았다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 당연히 자세 경고 시스템의 유용성에 근거한 것으로 판단된다.

Table 4. Ratio of unbalanced sitting postures

Unbalanced postures	e-BASE Chair	Model E
Left-Right unbalance	2%	8%
Posterior-Anterior unbalance	3%	57%
Back separation	0%	18%

4. Conclusion

인간공학적 의자를 개발할 때는 인체측정치를 고려한 치수의 설계, 좌판과 등판의 체압분포를 고려한 설계 등이 중요하다. 본 연구에서는 이러한 부분들을 감안한 인간공학적 의자를 설계하고 이를 프로토타입으로 제작하였다. 또한 기존의 인간공학적으로 개발되었다는 의자들도 사용자의 자세가 균형을 잃을 경우 이에 대한 대책이 없다는 점에 착안하여 본 연구에서 개발한 e-BASE chair에는 자세 경고 장치를 개발해 의자에 구현하였다. 이렇게 개발된 의자는 평가에서 기존의 사무용 의자보다 좋은 자세 유지 비율 등에 있어 좋은 성과를 보여주었다.

그러나 아직 평가 결과는 피실험자 수의 부족 등 통계적 유의성을 갖추지 못한 것으로 이에 대한 추가적인 검증이 요구된다. 또한 하드웨어적으로도 통신을 위한 배터리의 용량과 소형화 문제, 자세 경고 장치로 인한 의자의 추가적 중량 증가 문제, 소비자들에 대해서도 새로운 제품 유형에 대

한 인식 제고 등이 추가로 해결되어야 할 문제로 남아 있다.

Acknowledgements

This work was funded by grants from Gyeonggi Science & Technology Promotion.

References

ANSI, *ANSI/HFES 100: Human Factors Engineering of Computer Workstations*, 2007.

BIFMA, *BIFMA G2: Ergonomic guidelines*, 2002.

Carcone, S.M. and Keir, P.J., Effects of backrest design on biomechanics and comfort during seated work, *Applied Ergonomics*, 38, 755-764, 2007.

Grandjean, E. and Hünting, W., Ergonomics of posture-review of various problems of standing and sitting posture, *Applied Ergonomics*, 8(3), 135-140, 1977.

Herman Miller Inc., Sitting can be good for the circulatory system, Solution Essay, 2008.

ISO, *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), Part 5: Workstation layout and postural requirements*, ISO 9241-5, 1998.

KATS, *KS G 4102: Standards of office chair*, 1999.

Kwak, W-.M. et al., Ergonomic design of office chair, *J. of Korean Society of Deign Science*, 31(12), 73-80, 1999.

Leuder, R.K, Seat comfort: A review of the construct in the office environment, *Human Factors*, 25(6), 701-711, 1983.

Ministry of Employment and Labor, *MOEL Directive 2012-72, Directive on the work management of VDT workers*, 2012.

Mooney, V. et al., Comparison of pressure distribution qualities in seat cushion, *Bulletin of Prosthetics Research*, Spring, 129-143, 1971.

OSHA, *OSHA 3092: Working safely with video display terminals*, 1997.

O'Sullivana, K. et al., What do physiotherapists consider to be the best sitting spinal posture?, *Manual Therapy*, 17(5), 432-437, 2012.

Park, J.H. et al., *A study on the standards of furniture dimensions by using anthropometric data*, KATS, 2009.

Park, J.H. et al., Body pressure distributions of the varying sitting postures in office work, *Proc. of Spring Conference of ESK*, 49-52, 2011a.

Park, J.H. et al., *Posture warning seat and posture warning chair*, Korea patent application number 10-2011-0051262, 2011b.

Park, S. et al., The effects of different frequencies of self-monitoring on safe sitting postures, *J. of the KOSOS*, 26(6), 97-103, 2011c.

Park, J.H. et al., Optimal hardness of seat cushion for office chairs by using body pressure distribution and tactile sense, *Proc. of Autumn Conference of ESK*, 2012.

Sanders, M.S. and McCormick, E.J., *Human factors in engineering and design*, 7th ed, McGraw Hill, 1993.

Shrempf, A. et al., Posture care-Towards a novel system for posture monitoring and guidance, *Proc. of the 18th IFAC World Congress*, 593-598, 2011.

Seigler, T.M., A comparative analysis of air-inflated and foam seat cushions for truck seats, *Thesis of Master of Science*, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.

Sidiz Inc., *Structure of variable backrest of chairs*, Korea patent application number 10-2011-0050404, 2011.

Vergara, M. and Page, A., system to measure the use of the backrest in sitting-posture office tasks, *Applied Ergonomics*, 31, 247-254, 2000.

Vos, G.A. et al., Postural versus chair design impacts upon interface pressure, *Applied Ergonomics*, 37, 619-628, 2006.

Author listings

Jae Hee Park: maro@hknu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Department of Safety Engineering, Hankyong National University
Areas of interest: Chair and seat design, Human error, Musculoskeletal disorders

Seung Hee Kim: w77angel@naver.com

Highest degree: BA, Department of Safety Engineering, Hankyong National University
Areas of interest: Chair and seat design, Musculoskeletal disorders

Min Uk Kim: kzerov@hknu.ac.kr

Highest degree: BA, Department of Safety Engineering, Hankyong National University
Areas of interest: Chair and seat design, Musculoskeletal disorders

Hanbum Jung: hbjung@fursys.com

Highest degree: BA, Department of Industrial Engineering, Inha University
Position title: Senior Researcher, Sidiz Inc.
Areas of interest: Chair design, Furniture design

Young Soo Shim: shimsys0@naver.com

Highest degree: BA, Department of Industrial Engineering, Ajou University

Areas of interest: Chair design, Furniture design

Taehee Ryu: taeheeryu@fursys.com

Highest degree: BA, Department of Mechanical Engineering, Hongik University

Areas of interest: Chair design, Furniture design

Date Received : 2013-01-16

Date Revised : 2013-01-25

Date Accepted : 2013-01-25