

비균형적인 앉은자세 교정을 위한 힘-감지 저항센서 이용 연구

Study on a method for correcting unbalanced sitting posture by force-sensing resistors

변상필, 장인혁, 박기혁, 손량희, 이원구*

Sang Pil Byun, In Hyuk Jang, Ki Hyuk Park, Ryang Hee Sohn, Won Gu Lee*

〈Abstract〉

In this study, we present a method for correcting unbalanced sitting posture alignment to its optimal position, by designing a chair equipped with pressure sensor. With increasement in sedentary work, such as office work or study, people are now spending more time in chair. To accommodate sedentary life styles, many chairs are being designed for a comfortable sitting condition. However, without awareness and efforts for correct sitting posture, it may not be possible to achieve such condition. When the weight is not distributed evenly while sitting, it may cause various diseases such as scoliosis and a herniated disc. Being inspired by such facts, we have progressed basic researches to maintain the correct sitting posture. To demonstrate the proof-of-concept validation, we installed a series of sensors to a chair and then measured the changes in pressure distribution in various postures. The results show that this approach can be potentially helpful for understanding how fundamental problems due to unbalanced sitting posture can be corrected and maintained properly.

Keywords : Sitting posture, Weight distribution, Pressure sensor

* 교신저자, 정회원, 경희대학교 기계공학과 교수
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 우편번호 446-701

* Corresponding Author, Professor Dept. of Mechanical Engineering, Kyung Hee Univ. E-mail: termylee@khu.ac.kr

1. 서 론

현대인들의 생활 대부분은 책상 앞에 앉는 시간으로 이루어진다. 어린아이부터 어른에 이르기 까지 현대인들은 정보의 습득, 학업, 업무 등의 목적으로 많은 시간을 책상 앞에 앉아 소비하게 되는데 사용자가 의자에 앉아 있을 때 체중이 고르게 분포되지 않으면 허리디스크나 척추 측만증과 같은 각종 허리질환이 야기된다.¹⁾ 따라서 가슴 받침 의자, 듀오백 의자, 목 받침 의자 등 다양한 종류의 의자들이 사용자들의 올바른 앉은 자세

를 위하여 개발되어왔다. 하지만 사용자가 실시간으로 자세에 대해 인지하며 바른 자세를 유지하기 위해 노력하지 않는다면 이러한 기능성 의자 또한 바른 자세를 유지시키는 효과를 기대하기 어렵다. 즉, 사용자 스스로가 올바른 자세인지 아닌지 자각할 수 있도록 해주는 것이 중요하며, 이러한 기능의 보조장치의 필요성이 제기되었다. 기존의 연구에서는 압력 센서 패드를 이용해서 사용자의 자세를 측정하였으나, 압력 센서 패드가 대중적으로

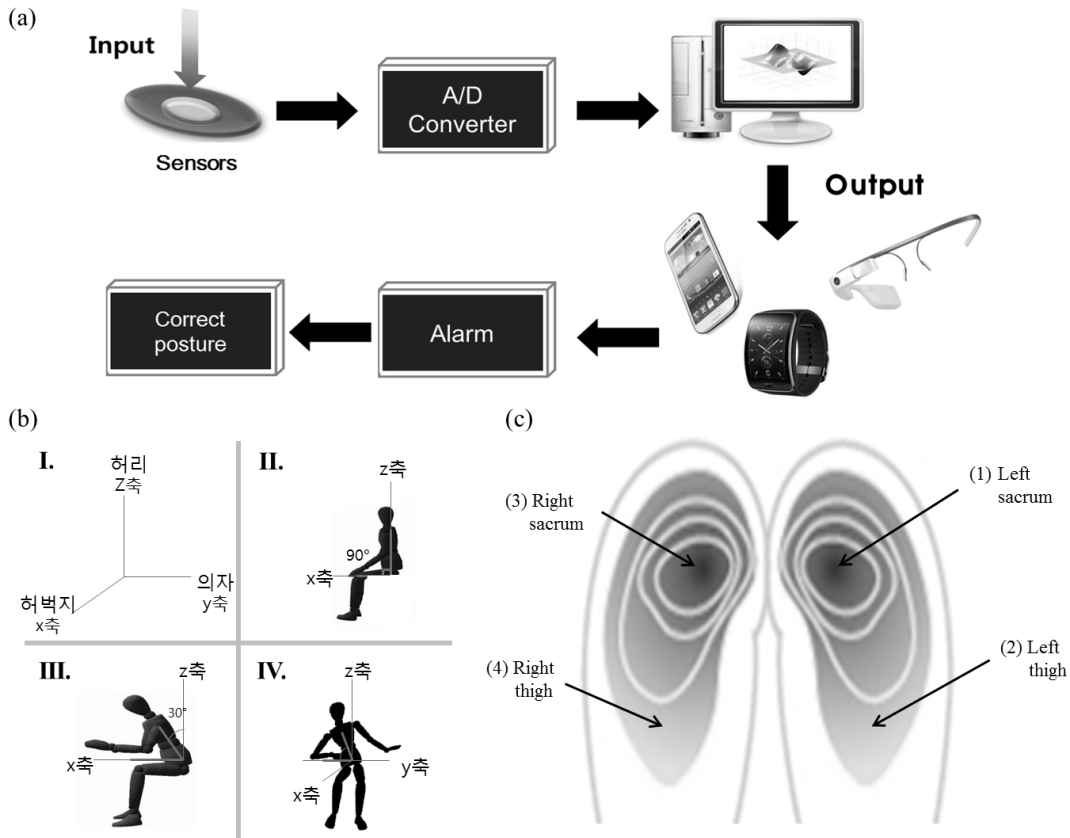


Fig. 1. (a) Schematic diagram for experimental processes (b) Postural angles in experiments. I. chair, thigh, waist, are designated as x, y, z axis, respectively. II. angle between waist and thigh at 90 degree is represented as the correct posture. III. angle between the back of the chair's vertical axis and waist at forward leaning posture (arbitrarily represented as 30 degree). IV. angle between the back of the chair's vertical axis and waist when upper body is biased to side (arbitrarily represented as right-sided). (c) Top-down schematic of indicating sacrum and thigh location.

널리 사용하기에는 비용적인 문제가 존재하였고, 컴퓨터 비전 기반의 앉은 자세 교정 시스템 또한 제작되었으나, 웹캠을 활용한 기존의 모델은 보편적으로 활용될 수 없는 바가 있었다.²⁾ 이에 대한 대안으로서 아두이노와 압력센서를 이용한 자세 교정시스템도 제작되어 있었지만 자세에 대한 구체적인 정보가 부족하였다.³⁾ 본 연구는 자세에 대한 구체적인 정보를 보완하여 압력센서가 효과적으로 기존의 패드와 웹캠 기반 모델을 대체할 수 있는가에 대해 탐구하였다.⁴⁾ 본 연구에서는 사람의 앉은 자세에서의 상반신의 무게가 집중되는 허벅지와 엉덩이 부위의 비균형적인 압력 분포를 이용해 사용자의 앉은 자세를 분석하였다. 또한, 이러한 정보를 사용자에게 실시간으로 전달하여 스스로 교정하기 위한 방법을 고안하였다.⁵⁾ 본 연구에서는 사용자의 앉은 자세의 요인을 다각화 하여 분석하였고, 실험 결과를 바른 앉은 자세의 것과 비교함으로써 본 연구의 타당성 및 이용가능성을 확인하고자 하였다. 또한 실험 결과를 활용하여 향후 광센서와 조합을 통한 다양한 스마트기기와 의 연계를 모색하였다.

2. 실험 환경 및 방법

본 연구에서는 대상자 선정 기준에 합당한 자를 선정하기 위해 몸무게에 대한 기준을 조사하였다. 성인 평균 몸무게의 조사 결과에 따르면 적절한 피 실험자의 몸무게는 63 kg 내외로 조사되었고, 비만 인구에 대한 증가추세도 고려하여 최종적으로 실험군을 60 kg, 70 kg, 80 kg으로 나누어 각각 A, B, C 군으로 명칭하였다.^{6), 7)}

사용자의 앉은 자세를 측정하기 위해 고관절과 허벅지가 닿는 주요 부위의 압력 변화를 관찰하였으며, 압력 측정을 위해 압력센서(FSR 402,

Table 1. Gender, Height and Weight of Participants

실험군	참여자	키(cm)	몸무게(kg)
A	남자 & 여자 (n=5)	173±5	61±2
B	남자 & 여자 (n=5)	174±5	72±5
C	남자 & 여자 (n=5)	176±5	84±3

Interlink Electronics, USA)를 사용하였다.⁸⁾ 압력센서는 센서 표면에 힘을 증가 시킬 때 저항이 감소하는 중합체의 필름(Polymer Film)이다.^{9), 10)}

사용된 센서는 전기적, 기계적 장치의 누르는 힘을 조절하기 위해 민감도를 최적화하였으며, Fig. 1(a)와 같은 처리과정을 거쳐 센서를 통해 발생하는 전류의 값을 A/D변환기(Arduino Uno-R3, Italy)를 통해 디지털 신호로 변환하고 분석된 데이터의 결과를 개인용 컴퓨터를 통해 데이터 저장 및 사용자에게 전달하였다.^{11), 12), 13)}

비균형적인 상체의 자세 변화에 따른 압력분포를 관찰하기 위해 Fig. 1(b)와 같이 허리 기준과 엉덩이의 축선의 경사각이 0° -30° 이내의 각이라면 바른 자세, 허리 기준과 엉덩이의 축선의 경사각이 30° 이상의 각이라면 앞으로 숙인 자세로 본다.¹⁴⁾ 추가적으로, 바른 자세의 압력 센서를 기준으로 보았을 때, 압력의 불균형한 자세를 한쪽으로 치우친 자세로 가정하고 우측, 또는 좌측으로 치우친 자세의 압력 분포도 측정하였다. 그리고 Fig. 1(c)와 같이 4개의 압력센서를 왼쪽 엉덩이, 왼쪽 허벅지, 오른쪽 엉덩이, 오른쪽 허벅지로 크게 네 부분으로 나누어 상반신의 무게가 집중되는 하반신의 균형과 무게에 따른 압력의 변화를 측정하였다.

또한, 사람들이 일반적으로 가장 많이 사용하는 사무실용 의자(사각형 폭신한 재질), 도서관의자(사각형 딱딱한 재질), 등 받침이 없는 의자(원형 딱딱한 재질), 세 가지 종류로 구분하고 동일한 방법으로 실험을 진행하여 단순한 자세의 차이만이 아니라 의자의 차이에 따른 압력의 변화도 관측하여 보다 포괄적으로 접근하고자 노력하였다.

3. 결과

3.1. 의자 종류에 따른 압력변화

가지 앉은 자세에 있어 의자의 종류에 따른 압력분포 변화를 관찰하기 위해 동일한 피검자를 통해 실험을 진행하였으며 결과는 다음과 같았다.

3.1.1 바른 자세

피실험자가 허리를 꼳꼳이 세운 자세를 바른 자세로 보고 주어진 세개의 의자를 이용해 각각 실험을 진행하였다.

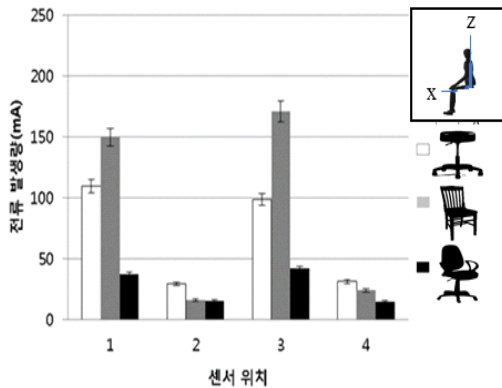


Fig. 2. Electrical current by the chairs with correct posture

3.1.2. 앞으로 숙인 자세

일반적으로 사람들이 책상에서 작업이나 집중할 때 의식하지 못한 사이에 허리는 굽고 앞으로 숙인 자세가 된다. 이런 자세가 될 때의 경향을 보기 위해 앞으로 숙인 자세에서의 전류발생량을 측정하였다.

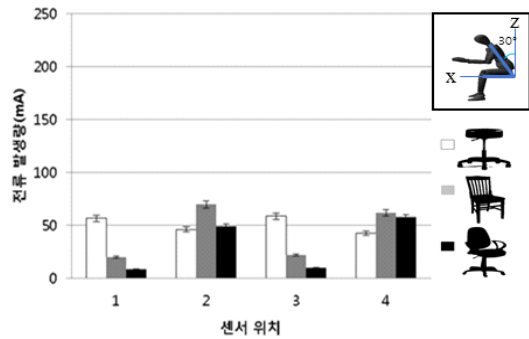


Fig. 3. Electrical current by the chairs with forward leaning posture

3.1.3. 한쪽으로 치우친 자세

의자에 앉을 때 척추의 측만을 초래하여 바른 자세가 아닌 자세라고 판단되는 한 쪽으로 치우친 자세에서의 압력변화를 살펴보았다. 한쪽으로 치우친 자세에서 실험을 진행하였다.

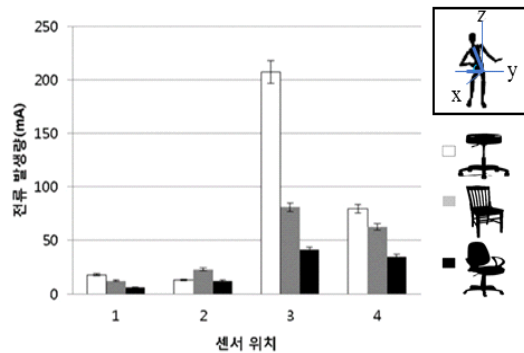


Fig. 4. Electrical current by the chairs when upper body is biased to side

3.2. 피실험자 무게에 따른 압력분포 변화

3.1의 결과를 바탕으로 유사한 경향을 보이는 의자 중 학생들이 일상생활에 있어 시간할애를 많이 하는 학교 도서관 의자를 이용하여 체중이 각각 60 kg, 70 kg, 80 kg인 피실험자를 선정해 체중변화에 따른 압력분포의 변화를 관찰하였다.

3.2.1. 바른 자세

Fig. 5는 몸무게가 다른 세 명의 피실험자(60 kg, 70 kg, 80 kg) 모두 바른 자세를 취하고 실험했을 경우의 결과 값을 나타낸다.

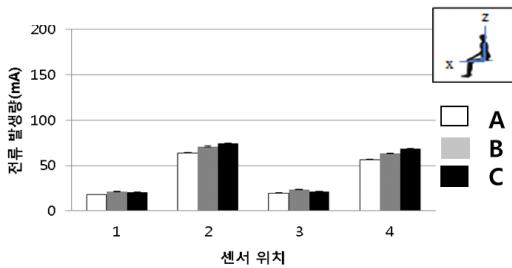


Fig. 5. Electrical current by the variation in weight with correct posture

3.2.2. 앞으로 치우친 자세

Fig. 6은 세 명의 피실험자 모두 앞으로 치우친 자세를 취하고 실험한 결과 값을 나타낸다.

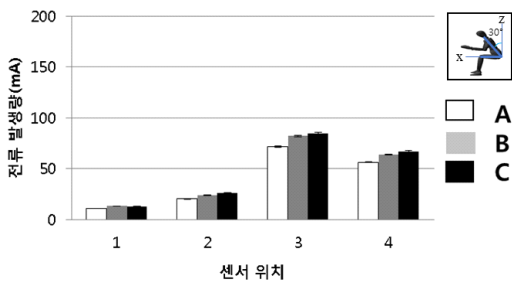


Fig. 6. Electrical current emissions by the variation in weight with forward leaning posture

3.2.3. 한쪽으로 치우친 자세

Fig. 7은 세 명의 피실험자 모두 한쪽으로 치우친 자세를 취하고 실험했을 경우의 결과 값을 나타낸다.

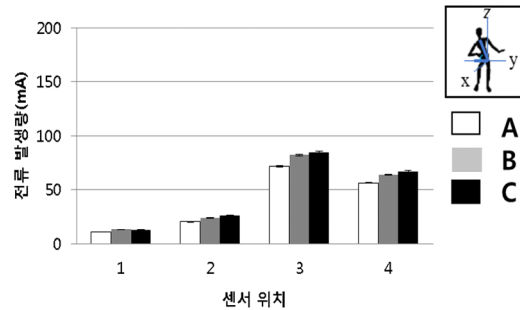


Fig. 7. Electrical current by the variation in weight when upper body is biased to side

4. 토 의

본 연구에서는 앉은 자세의 균형과 불균형을 효과적으로 계측하고, 반복된 실험을 통해 안정적으로 각 자세의 평균 값과 표준편차 값을 데이터로 확보할 수 있었다.

의자 종류에 따른 압력 분포의 변화의 경우, 바른 자세를 취하게 되면 엉덩이 부분의 1, 3번(양쪽 엉덩이 부근) 센서에서 공통적으로 높은 전류량을 보여 압력의 집중을 확인할 수 있었다. 앞으로 숙인 자세의 경우, 원형의자에선 허벅지나 엉덩이의 무게 때문에 발생하는 전류가 10 mA - 15 mA 이내이며 나머지 두 의자는 2, 4번(양쪽 허벅지 부분) 센서의 전류 발생량이 압도적으로 많음을 확인하였으며, 바른 자세를 취했을 시와 전류 발생량과 그 위치가 차이를 보임을 알 수 있었다. 마지막으로, 한쪽으로 치우친 자세의 경우 각 자세에 따라 1, 2번(왼쪽 엉덩이와 허벅지 부근), 3, 4번(오른쪽 엉덩이와 허벅지 부근)의 전류량이 집중됨을 확인하였다.

몸무게에 따른 압력 분포의 변화의 경우, 바른 자세를 취하게 되면 1, 3번에 발생한 전류 값이 2, 4번에 발생한 전류 값에 비해 큰 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 바른 자세의 경우 체중이 허벅지에 비해 엉덩이에 많이 치우친다는 것을 알 수 있었으며, 체중이 10 kg 증가할 때마다 전류량이 최대 25 mA까지 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 앞으로 치우친 자세의 경우 2, 4번에 발생한 전류 값이 1, 3번에 발생한 전류 값에 비해 큰 것을 알 수 있었다. 이를 통해 바른 자세를 취했을 경우에 체중이 엉덩이 쪽에 많이 분포하는 것과는 달리 앞으로 치우친 자세를 취할 경우 체중이 허벅지 쪽(앞쪽)으로 많이 쏠린다는 것을 확인할 수 있었다. 마지막으로, 한쪽으로 치우친 자세의 경우, 3, 4번에 발생한 전류 값이 1, 2번에 발생한 전류 값에 비해 큰 것을 확인할 수 있었다. 또한, 앞으로 치우친 자세의 경우와 비슷하게 체중이 10 kg 증가함에 따라 전류 발생량도 최대 20 mA까지 증가하는 경향을 보이는 것을 확인하였다.

이처럼 각 자세에 따라, 전류량의 차이가 확연히 달라짐을 알 수 있었으나 의자의 재질에 따른 실험에서 전류 발생량이 의자 재질에 따라 차이가 있음을 발견하였고, 체중의 증가세에 따라 전류량이 비례적으로 증폭됨을 알 수 있었다.

안장의 소재가 폭신한 재질인 사무실 의자에서는 모든 자세에서 공통적으로 발생하는 전류량이 딱딱한 재질의 의자에 비해 1/3 수준으로 감소하는 것을 확인하였으며, 압력이 감지되는 폭도 더 좁아짐을 알 수 있었다. 또한, 몸무게가 증가함에 따라 전류량이 증가폭이 20 mA - 25 mA 까지 증가함을 확인하였다.

이에 따라 의자의 소재에 따른 물리적 특성에 대한 보상이 필요함을 확인하였으며, 몸무게의 증가에 따른 전류의 증가폭도 향후 디자인에서 고려

해야 됨을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 앉은 자세의 비균형적인 자세를 계측하고 사용자로 하여금 스스로 인지할 수 있는 시스템을 구성하였으며, 기본 정보가 되는 앉은 자세의 압력센서를 이용한 압력변화를 분석하였다.

의자에 앉았을 때 의자와 몸이 닿는 부분은 허벅지와 고관절 부분이다. 이를 바탕으로 자세에 따른 허벅지·엉덩이 또는 오른쪽·왼쪽의 전류 발생량이 다를 수 있다는 것을 가정하였으며, 이러한 실험의 필수적인 가정을 바른 자세, 앞으로 숙인 자세, 한쪽으로 치우친 세 가지 앉은 자세 변화에 따른 압력 센서의 변화를 비교함으로써 사용자가 자신의 자세가 비균형적인 자세를 취하고 있는지를 확인할 수 있었으며, 본 연구의 타당성 및 합리성을 확인하였다.

또한, 실측 및 데이터 모델을 이용하여 다양한 가정을 통해 연구의 오차와 정확성을 분석한 결과 본 연구에서는 의자의 재질이나 피 실험자의 체중에 따라서 발생하는 전류의 값에 차이를 보이는 것을 확인하였다.

결론적으로 자세에 따른 체중의 분포의 정도를 압력 센서의 출력 값을 통해 파악할 수 있었고 사용자에게 자세에 대한 정보를 전달 할 수 있음을 확인하였으며, 압력 센서가 기존 압력 센서 패드와 웹캠 시스템을 대체할 수 있는 대안이 될 가능성을 반복된 실험을 통해 확보한 데이터로 수치화하여 제시하였다. 현재 연구의 한계점으로 파악된 의자의 소재, 몸무게 차이에 따른 보상을 고려한 시스템을 개발 중에 있으며, 표본의 수를 늘려 압력 센서를 통해 확보될 전류량으로 향후 압력 센서의 자세 변화에 따른 기준을 마련하기 위해 노

력중이다. 향후 연구에서 제안될 시스템의 도입을 통해 사용자의 자세유지 능력 향상을 기대한다.

사사(후기)

본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 보건의료기술연구개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호: HI14C1632).

참고문헌

- 1) Lee sunhee, The effect of exercise therapy in the treatment of patients idiopathic scoliosis, 2013. 08. p.6~p.10
- 2) Moorim Kim et al.(2010), "Posture Helper Using Gaussian Mixture Background Modeling," *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Retrieved November 22, 2012, from <http://www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/3087738>
- 3) You Jung Shin et al.,, " A Posture Correction Guidance System Using Arduino and Force Sensitive Resistors ", *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Retrieved January 03, 2015, from https://www.kics.or.kr/storage/paper/event/2014_fall_01/publish/6B-6.pdf
- 4) B. Mutlu, A. Krause, J. Forlizzi, C. Guestrin, and J. Hodgins. Robust, low-cost, non-intrusive sensing and recognition of seated postures. In Proc. UIST, pages 149-158, 2007.
- 5) Vukobratovic M. and Juricic D., "Contribution to the Synthesis of Biped Gait", *IEEE Trans. on Bio-medical Eng.*, BME-16, 1-6, 1969
- 6) Jin ho Kim et al., "A Study on the Physical Growth and Development in Korean", *Korean Journal of Physical Anthropology*, Retrieved November 22, 2012, from <http://www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/399042>

- 7) Sin Jae Lee et al., “ New evaluation chart of stature and weight for Koreans “, *Korean Association of Orthodontists*, Retrieved November 22, 2012, from <http://s-space.snu.ac.kr/handle/10371/47866>
- 8) Gyung-Gon Noh, Simulation of Various Walking Based on FSR Sensor, 2008. 07. 18, Appropriate Technology Organizations, p.18~p.36
- 9) Hirohisa Hirukawa, Fumio Kanehiro, Shuji Kajita, Kiyoshi Fujiwara, Kazuhito Yokoi, Kenji Kaneko and Kensuke Harada, “Experimental Evaluation of the Dynamic Simulation of Biped Walking of Humanoid Robots” Proc. ICRA, 1640-1644, 2003
- 10) Ishida T., Kuroki Y., Yamaguchi J., Fujita M. and Doi T.T., “Motion Entertainment by a Small Humanoid Robot Based on OPEN-R”, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1079-1086, 2001
- 11) Margaret A. Finley, MA, PT, Raymond Y. Lee, PhD, MPhil, “Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin-mounted electromagnetic tracking sensors”, Vol.84, pp. 563-568, 2003.
- 12) Ji-Hyun Park, Do - Un Jeong, “Implementation of Real-Time Vital Signal Monitoring and Data Management System using ARDUINO,” 2012. 03, Appropriate
- 13) PLoS ONE.LED arrays as cost effective and efficient light sources for widefield microscopy, 2008, 3.e2146
- 14) Korea Occupational Safety & Health Agency, Retrieved November 22, 2012, from http://www.kosha.or.kr/content/business/health06_04_38.html#1

(접수:2014.08.29. 수정:2014.09.04. 게재확정:2014.09.12.)