

골반교정 및 자세균형능력 증진을 위한 균형의자 개발 Development of the Balance Chair for Improving Postural Control Ability & Pelvic Correction

오승용*, 신선혜, 강승록, 홍철운, 권대규

S. Y. Oh, S. H. Shin, S. R. Kang, C. U. Hong, T. K. Kwon

요 약

본 연구에서는 사용자의 자세에 따라 실시간으로 제공되는 진동모터에 의해서 촉각 피드백이 구현되는 골반교정 및 자세균형능력 증진을 위한 균형의자(balance chair)를 개발하고 그 유효성을 평가하고자 하였다. 이를 위해 MC Nylon을 이용하여 몸체를 제작하고 사용자 인터페이스를 위한 터치 TFT와 아두이노를 사용한 주 제어 모듈, 사용자 자세판별을 위한 9축 가속센서, 촉각피드백을 위한 진동모터를 내장하고 사용자의 편안한 착석감을 위한 쿠션으로 외부를 둘러싼 균형의자 시제품을 제작하였다. 제작된 시제품을 이용한 자세균형 훈련시스템의 유효성을 확인하기 위해 여성 피험자 10명을 대상으로 척추움직임의 주요근육인 좌우 요장늑근에 대한 근활성도(%MVIC)를 측정하였고 자세균형능력 평가장비인 Spine Balance 3D를 이용하여 훈련 전후의 균형능력을 측정하였다. 균형의자를 통한 운동 및 자세균형 유지 시 진동을 통한 피드백 방법에 의해 사용자의 좌우 요장늑근이 균형적으로 활성화되고 또한 이를 통한 훈련 전후 균형능력이 증진되는 결과를 얻었다. 향후 본 연구는 다양한 자세균형 제품 개발에 기초 연구로 활용 가능하다고 사료된다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a balance chair for improving pelvic correction and postural balance through postural balance training using tactile feedback by a vibration motor provided in real time according to the user's attitude. We built a body frame using mono cast(MC) Nylon, Touch thin film transistor(TFT) for user interface, a main control module using Arduino, a 9-axis acceleration sensor for user's posture determination, and a vibration module for tactile feedback. The prototype of the Balance Chair which surrounds the outside was made with cushion for sitting conformability. In order to verify the effectiveness of the postural balance training system using the built prototype, the muscle activity (% MVIC) of the left and right iliocostalis lumborum those are the main muscles of the spinal movement was measured with ten female subjects. And the balance ability before and after training was measured using Spine Balance 3D, a posture balance ability evaluation device. The muscular activities of the left and right iliocostalis lumborum showed the balance activation according to vibration feedback during exercise protocol and postural balance improved after balance exercise training using balance chair. This study could be apply to use the fundamental research for developing the various postural balance product.

Keyword : Postural balance, Pelvic correction, Gyro-sensor, Vibration, Arduino

접 수 일 : 2017.05.03

심사완료일 : 2017.07.05

게재확정일 : 2017.08.30

* 오승용 : 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정
nn8054@naver.com (주저자)

신선혜 : 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정
shshin02@jbnu.ac.kr (공동저자)

강승록 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수
okokokman@naver.com (공동저자)

홍철운 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

cuhong@jbnu.ac.kr (공동저자)

권대규 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 정교수

kwon10@jbnu.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 2016년도 미래창조과학부의 재원으로
한국연구재단 과학기술기반인문융합연구사업 (연구과제번호
: 2016M3C1B6929838)과 2017년도 정부(미래창조과학부)의
재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된
연구임.(NRF-2017R1A2B4011239)

1. 서론

자세안정(postural stability), 혹은 균형(balance)은 인체의 평형(equilibrium)을 유지하는 능력으로 중추신경계에서는 자세균형 안정성을 유지하기 위해 시각, 체성감각, 전정감각의 감각수용기로부터의 정보를 조합하여 이를 조절한다[1]. 신체의 동작을 조절하는데 필요한 정보들 중 외부 환경에 대한 정보는 시각을 통해서, 중력에 대한 머리의 위치에 대한 정보는 전정기관을 통해서, 지지면에 관련하여 인체에 대한 위치 및 동작 정보는 체성감각 기관을 통해서 획득한다. 또한, 공간에서의 효과적인 자세 조절을 위해 근육에서의 힘 조화 및 생성이 필요하다[2-3].

자세균형은 체간근력의 영향을 가장 많이 받으며 이는 신체 정열을 잘 유지하여 척추의 안정성을 유지하는 역할을 하고 신체의 기능을 수행하는데 필수적인 요소이며, 척추의 체간근력은 사지의 움직임을 취하거나 균형을 유지하기 위한 기본적인 지지대 역할을 한다[4]. 또한 요통은 일상에서 가장 흔하게 접할 수 있는 척추질환 중 하나로, 근골격 계통의 질환에서 가장 많이 호소되는 증상이다. 현대인의 80%이상이 일생 중 한 번 이상 허리통증을 경험하며, 이들 중 5~15%가 만성질환자로 발전한다. 이러한 허리통증의 원인 중 하나로 올바른 앉은 자세가 아닌 좌우로 틀어진 상태가 가장 큰 원인으로 작용된다. 이로 인해 요추근육의 불균형이 발생되고 골반이 틀어지는 원인이 되고 있다. 그러한 요통환자들에 대해 요골반 안정화 운동을 실시할 시 통증이 감소된다는 연구결과가 보고되고 있다[5-11].

본 연구는 가정에서도 골반 교정운동을 통해 척추질환의 예방 및 치료뿐만 아니라 자세균형 향상, 근육의 피로를 관리할 수 있는 복합 교정 운동기기인 균형의자를 개발하고자 하였다. 이를 이용하여 요추 근육의 활성도를 평가하여 골반교정이나 균형 증진 효과에 대한 유효성을 검증하고자 하였다.

2. 본론

2.1 시스템 하드웨어 구성

그림 1은 본 연구를 통해 개발하고자 하는 골반 교정 및 자세균형능력 증진을 위한 균형의자의 개념도이다. 시스템을 구성하는 하드웨어는 디자인 형태를 유지할 수 있는 일정 강도와 탄성을 가지는 플라스틱 재질의 몸체와 사용자의 신체에 직접 접

촉하여 몸을 지지하고 편안한 사용감을 제공하는 쿠션부, 사용자에게 화면을 제공하고 기능입력을 수행하는 2.8" 터치TFT 스크린, 사용자의 상태를 측정할 수 있는 센서부, 데이터를 송수신하고 해당되는 피드백을 제공하는 제어부와 송수신부, 진동 피드백을 제공하는 진동모듈, 전자 부품의 동작을 위한 배터리로 구성되었다. 그림 2는 바디프레임의 도식도로 각 부품의 장착위치를 표현하고 있으며 바디프레임 시제품은 CNC(computer numerical control: 컴퓨터 수치제어)를 이용한 절삭가공 방법으로 제작되었고 사용자의 몸에 직접 닿는 쿠션부는 편안한 사용감을 위해 스폰지를 가죽 덮개 내에 삽입하고 몸체와의 장착성을 감안하여 절개선을 넣고 재봉하여 제작하였다. 사용자의 자세기울기와 동작 가속도를 인식하기 위한 센서로는 그림 2에 보이는 9자유도를 가지는 MPU-9150 9축 기울기센서를 사용하였다. 추가적으로 시간 관리를 위한 실시간모듈인 DS1302 RTC(real time clock)를 사용하였다. 데이터 수집과 시스템운영을 위해 사용된 제어기는 Arduino Mega 2560을 사용하였고 스마트기기와의 통신을 위해 블루투스(bluetooth) 통신을 사용하였다.

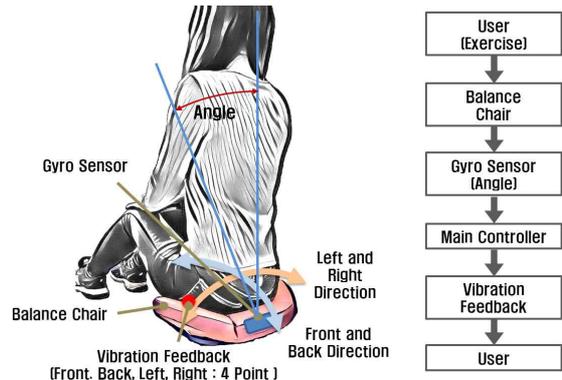


그림 1. 골반교정 및 자세균형능력 증진을 위한 균형의자 개념도

Fig. 1. Concept of balance chair for improving pelvic correction and postural balance

2.2 시스템 소프트웨어 구성

시스템 운영을 위한 핵심 순서도는 그림 3과 같다. 시스템 시작 시 보이는 소개화면, 게임, 운동, 균형, 설정모드 등으로 구성되었다.

게임모드는 스마트기기에 설치된 게임 앱을 통해 구현되며 블루투스통신을 통해 기기와 통신하여 상호 피드백을 수행한다. 기기에 내장된 센서의 기울기 각도를 이용하여 게임의 방향키를 제어할 수 있게 제작되었다.

운동모드는 사용자 스스로 전후 또는 좌우의 기울임 운동을 수행할 동안 사전 설정된 각도에 도달하면 각 방향별 내장된 진동모터를 작동시켜줌으로써 과도한 기울임에 따른 전복을 방지하고 운동 시 몰입감을 증대시켜주기 위한 목적으로 구성되었다. 균형모드는 사용자가 정자세를 유지할 동안 사전 설정된 각도를 벗어나면 진동을 울려줌으로써 사용자 스스로 정자세를 유지할 수 있도록 구성되었다. 설정 부분은 소리의 크기, 시간 및 날짜 등을 설정할 수 있는 설정 프로그램으로 구성되어 있다.

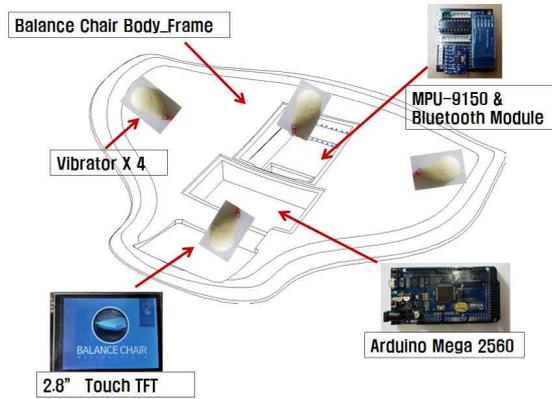


그림 2. 균형의자의 몸체 및 부품구성
Fig. 2. Body and parts composition of balance chair

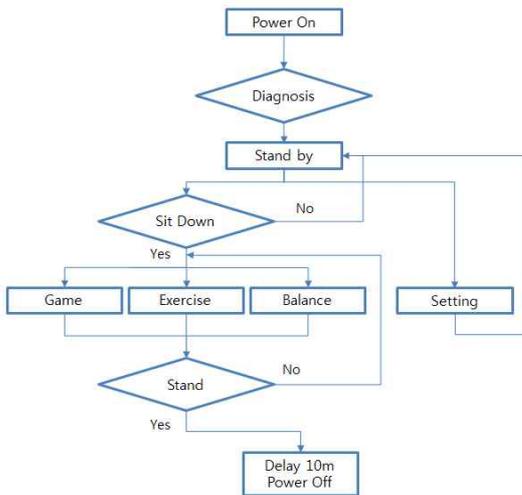


그림 3. 시스템 운영을 위한 프로그램 순서도
Fig. 3. Program flow chart for system operation

2.3 시제품 제작 결과

그림 4는 각 해당 메뉴의 실행화면을 나타낸다. 게임메뉴에서는 블루투스를 이용하여 연동되는 스마트폰기에 설치된 앱을 실행하여 게임을 할 수 있

는 기능으로, 균형의자를 좌우로 움직임으로써 방향키를 제어하여 게임을 진행할 수 있게 되어 있다. 운동모드는 균형의자를 전후, 또는 좌우로 기울일 때 사전 설정된 각도(운동각: θ°)에 다다르면 진동 피드백을 인가하여 운동에 대한 몰입감을 높여주고 과도한 기울임에 의한 전복사고를 방지하도록 구성하였다. 균형모드에서는 사전 설정된 각도(균형각: α°)를 벗어나면 진동 피드백을 인가하여 사용자 스스로 바른 자세를 유지하도록 제작되었다[그림 5].

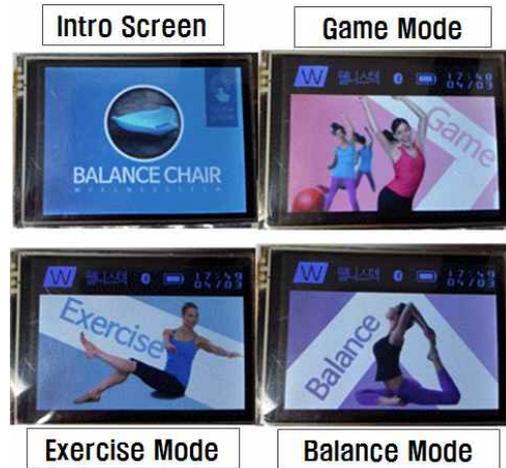


그림 4. 균형의자의 해당 메뉴의 기능별 화면 디자인
Fig. 4. Functional screen design of corresponding menu of balance chair

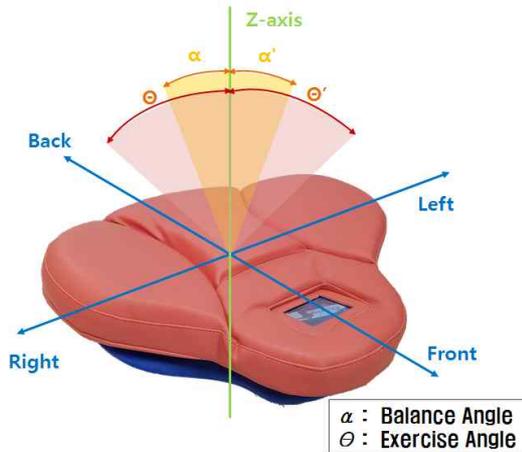


그림 5. 균형의자의 기능별 각도
Fig. 5. Functional angle of balance chair

2.4 균형의자 사용성 평가

본 연구는 개발된 균형의자의 교정운동 프로토콜인 진동 피드백 유무에 따른 요추근육의 강화효과를 통해 골반교정과 균형능력 효과를 검증하고자

하였다. 피험자는 신체 건강한 20대 여성 10명을 대상으로 균형의자를 이용하여 전후방향 기울임 운동 5분, 좌우방향 기울임 운동 5분, 자세균형 유지 5분씩 총 15분간 훈련을 실시하였다. 교정운동 시 피험자들에게 각 방향별 동일한 속도와 시간에 대한 운동 강도를 제공하기 위해 메트로놈(metronome)을 이용하였다. 교정운동 프로토콜로 피험자들이 불균형 운동 시 진동 피드백을 제공하였다. 진동 피드백에 따른 요추 근육의 실시간 근육 활성화도 변화를 평가하기 위해 Delsys Bagnoli-8ch system(bagnoli, delsys Inc, boston, MA) 장비를 이용하였다[그림 7]. 측정근육은 척추기립근 중 요추에 위치하는 요장늑근(iliocostalis lumborum)을 대상으로 측정하였고 피험자들의 피부를 알코올로 소독하여 피부 저항을 최소로 하였다. 또한 매 측정 시 근육위치에 따른 근육활성도 오차를 줄이기 위해 측정 시 요추 3번을 지정해 좌우측을 측정하였다. 실시간으로 측정된 근육활성도 데이터는 1000Hz로 샘플링 하였으며 움직임에 따른 노이즈를 제거하기 위해 25~450Hz로 대역폭 필터(bandwidth filter)를 사용하였다.

측정된 데이터는 근육이 반응할 때의 표면근전도 신호의 전·후 100ms씩 제외한 나머지 800ms 동안 발생된 근전도 데이터를 Delsys Bignoli-8ch system을 이용하여 수집하였고, 근전도 신호의 RMS 값으로 계산하였다. 또한 실험 전 피험자들은 백 익스텐션 자세(back extension exercise)에서 요장늑근의 최대자발수축능력(maximal voluntary isometric contraction) 평가를 실시하여 교정 운동 중 발생하는 근육활성도 값과 비교 분석하였다. 또한 교정운동의 진동 피드백에 따른 자세균형 증진 효과를 평가하기 위해 동적자세균형 평가를 실시하였다. 자세균형 평가방법은 Spine Balance 3D (Cybermedic, Co., Ltd., KR) 동적자세균형 평가 장치를 이용하여 전방, 전방좌측, 전방우측, 좌측, 우측, 후방, 후방좌측, 후방우측의 8가지 방향에 대한 균형능력을 평가하였다[그림 8].

통계적 유의성을 확인하기 위해서 SPSS 13.0 Kor.을 사용하여 균형의자의 교정운동 프로토콜별 근육활성도와 자세균형 결과에 대한 평균과 표준편차를 계산하였다. 또한 교정 운동 시 진동에 따른 교정효과를 검증하기 위해 근육활성도 값을 일표본 t-검증(one sample t-test)으로 실시하였다. 또한 교정운동 전 후 자세균형 효과 검증을 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 반복 측정 시 발생하는 측정 오차 사이의 통계적 유의성을 검증하였으며 유의수준은 $p < 0.05$ 에서 검증하였다.

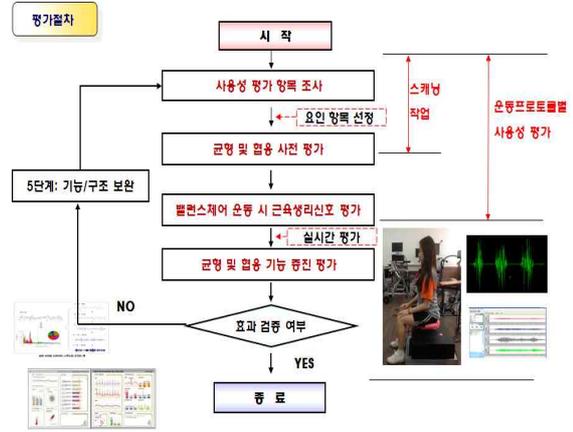


그림 6. 균형의자 사용성평가 블록선도
Fig. 6. Usability evaluation block diagram for balance chair



그림 7. 진동 피드백에 따른 요추 근육의 실시간 근육 활성화도 변화 평가훈련
Fig. 7. Assessment of changes in real-time muscle activity of lumbar muscle by vibration feedback



그림 8. 피험자의 Spine Balance 3D 동적자세균형 평가 장치를 이용한 균형능력 평가
Fig. 8. Evaluation of balance ability using spine balance 3D dynamic postural balance evaluation device



그림 9. 기울임 운동 및 자세균형 유지 시 손과 발의 위치 및 자세

Fig. 9. Position and posture of hands and feet when tilting and maintaining postural balance

그림 9는 기울임 운동 및 자세균형 유지 시 손과 발의 위치 및 자세를 나타내고 있다. 실험 진행 시 피험자들은 발을 어깨너비로 벌려 바닥에 고정하고 손은 허리에 고정하여 편한 자세를 취한 상태에서 허리를 반듯이 편 상태를 유지한 채 기울임 운동과 자세균형 유지를 수행하였으며 엉덩관절 및 무릎의 각도는 운동의 기울임에 따라 자연스럽게 구부리도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

실험결과, 움직임 방향과 상관없이 균형의자의 진동 피드백 제공 시 좌우의 근육에 $3.05 \pm 0.11\%$ 이내의 근육활성화 균형을 제공하는 것으로 나타났으며 좌우방향 기울임 운동(left and right direction)의 경우 요장근의 %MVIC 결과는 $55.45 \pm 1.95\%$ (좌측)와 $57.18 \pm 3.52\%$ (우측)으로 나와 좌우 근육활성화 차이는 3.12%로 나타났다 [그림 10]. 전후방향 기울임 운동(front and back direction)의 경우 요장근의 %MVIC 결과는 $49.35 \pm 3.15\%$ (좌측)와 $50.16 \pm 1.11\%$ (우측)으로 나와 좌우 근육활성화 차이는 1.64%로 가장 낮은 차이를 보였다[그림 11]. 자세균형 유지(balance exercise)의 경우 5분간 지속적인 자세를 유지하면서 약 $9.40 \pm 0.57\%$ 좌우 활성화 차이를 보였다[그림 12]. 그 이유는 균형의자가 전후 또는 좌우 운동 시 진동 피드백을 이용하여 사용자에게 운동가동범위 정보를 제공하고 이 진동은 고유수용기 자극을 통해 근육의 길이 변화를 감지하는 근방추(muscle spindle)를 지속적으로 감지함으로써 척추근육군의 균형적인 근육활성화를 유도하는 것으로 판단된다. 또한 자세유지를 위해 제공되는 진동은 고유수용기의 근육의 장력변화를 감지

및 반응하는 골지건(golgi tendon organs)을 자극시켜 좌우 근육의 장력을 지속적으로 피드백하여 균형유지를 유도한다[12-13]. 또한 동적균형 및 협응평가시스템인 Spine Balance 3D system (Cybermedic, Co., Ltd., KR)을 이용하여 운동 전후 각 방향별 자세균형 기능 평가를 실시하였으며 균형의자를 이용해 운동한 결과, 운동 전에 비해 운동 후 전방, 좌측, 우측, 후방에서 모두 유의하게 증진되는 경향을 보였다[그림 13]. 이는 운동 시 운동 방향을 전후방향과 좌우방향으로 제공하였기 때문이라고 판단되며 균형의자의 진동피드백을 이용한 운동은 사용자의 고유수용기(근방추, 골지건)에 지속적인 자극과 정보를 제공해 근육이 정상가동범위를 넘어서는 과신전 또는 과굴곡을 방지하고 균형적인 근활성을 유도하여 운동의 안정성과 효율성을 증진시켜 줄 수 있을 것으로 사료된다.

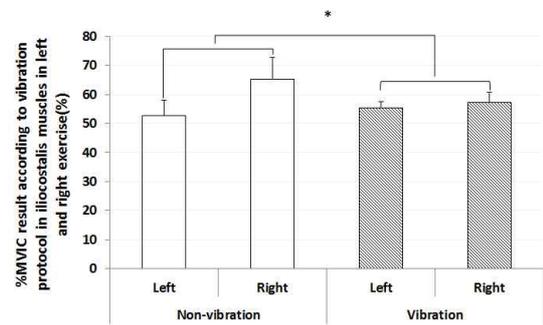


그림 10. 좌우방향 기울임 운동 시 진동 유무에 따른 근육활성도 결과, * $p < 0.05$

Fig. 10. Results of muscle activity according to presence or absence of vibration during in left and right direction tilting exercise, * $p < 0.05$

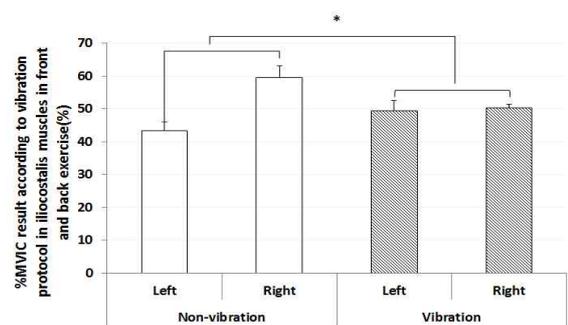


그림 11. 전후방향 기울임 운동 시 진동 유무에 따른 근육활성도 결과, * $p < 0.05$

Fig. 11. Results of muscle activity according to presence or absence of vibration during front and back direction tilting exercise, * $p < 0.05$

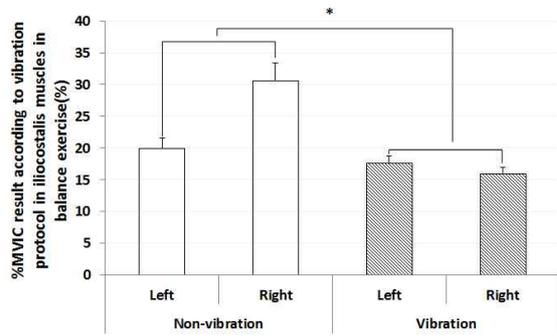


그림 12. 자세균형 유지 시 진동 유무에 따른 근육 활성화도 결과, *p<0.05

Fig. 12. Results of muscle activity according to presence or absence of vibration during postural balance, *p<0.05

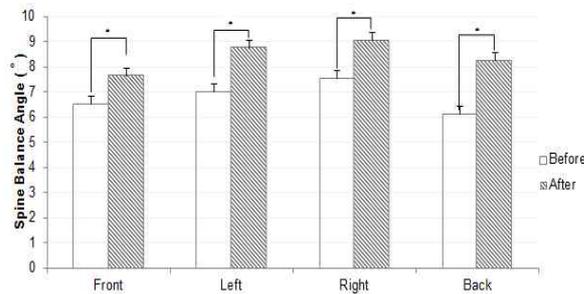


그림 13. 균형의자 훈련 전/후 균형능력 평가 결과, *p<0.05

Fig. 13. Results of balance ability evaluation before and after balance chair training, *p<0.05

4. 결론

본 연구에서는 골반 교정운동을 통해 척추질환의 예방 및 치료뿐만 아니라 자세균형 향상, 근육의 피로를 관리할 수 있는 복합 교정 운동기기인 균형의자를 개발하고자 하였다. 이를 위해 하드웨어와 소프트웨어를 제작하고 그 기능 및 동작에 대한 사용성 평가를 실시하여 유효성을 검증하였다.

9축 자이로센서를 통해 측정된 사용자의 기울기 및 각속도 데이터를 이용한 사용자의 자세균형 능력 평가방법과 진동피드백을 이용한 측각자극은 자세균형 훈련 시 균형기능 유지 보조와 증진에 긍정적인 효과를 보인다고 사료된다. 또한 균형기능 증진을 위한 다양한 운동 프로토콜 개발 및 운동의 흥미유발을 위한 다수의 사용자 대상 콘텐츠 개발에 관한 연구가 진행되어야 할 것이며 향후 본 연구는 자세균형 훈련시스템 개발에 기초연구로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Helen Cohen, Cathleen A Blatchly, Laurie L Gombash, "A Study of the Clinical Test of Sensory Interaction and Balance", Journal of The American Physical Therapy Association, vol. 73, no. 6, pp. 346-351, 1993.
- [2] D. W. Lee, "A Review on the Mechanism of Human Postural Control", Korean Journal of Sport Biomechanics, vol. 15, no. 1, pp. 45-61, 2005.
- [3] J. B. Chae, B. J. Kim, and S. S. Bae, "A study on the control factors of posture and balance", The Journal of Korean Society of Physical Therapy, vol. 13, no. 2, pp. 421-431, 2001.
- [4] Nasher, L. M. and McCollum, G., "The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis", The behavioral and Brain Science, vol. 8, pp. 135-172, 1985.
- [5] H. S. Lee, "Effects of Lumbopelvic Stabilization Exercise on Lumbosacral region angle, Dynamic Balance, Trunk Extensor Endurance and Pain Index in Chronic Low Back Pain Patients", The Korea Journal of Sports Science, vol. 23, no. 2, pp. 993-1005, 2014.
- [6] J. P. Elizabeth, "Flexibility and Range of Motion" Acsm's Resource Manual, vol. 3, chap. 44, 1998.
- [7] K. J. Park, "Flexibility of the Body on the Impact Strength", Korean Olympic Committee, Sports Korea, pp. 65-73, 1980.
- [8] Y. M. Na, S. W. Kang, and H. S. Bae, "The Analysis of Spinal Curvature in Low Back Pain Patients", Korean Academy of Rehabilitation Medicine, The Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine, vol. 20, no. 3, pp. 669-674, 1996.
- [9] D. W. Oh, H. J. Yun, and J. K. Oh, "The Change of Lumbar Mechanical Functions Caused by Recreational Exercise", Korea Academy Of University Trained Physical Therapists, vol 6, no. 1, pp. 23-34, 1999.
- [10] Jones, C. J., R. E. Rikli, et al., "A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults." Res. Q. Exerc. Sport, vol. 70, no. 2, pp. 113-9, 1999.
- [11] M. R. Mark, and A.H. Tammy, "Enhancing

flexibility: stretching past the normal", *Strength and Conditioning, Human Kinetics*, vol. 17, no. 6, pp. 18-26, 1995.

- [12] S. R. Kang, C. H. Yu, D. A. Moon, and T. K. Kwon, "Effect of Long Time Whole-Body Vibration Training on Muscle Function and Postural Balance", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 15, no. 8, pp. 1681-1688, 2014.
- [13] S. B. Seo, S. R. Kang, C. H. Yu, J. Y. Min, T. K. Kwon, "Effect of Muscle Activation Change of Lower Limb According to Whole Body Vibration During Different Squat Exercises", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 33-40, 2014.
- [14] Y. D. Park, S. K. Kim, J. W. Kwon, S. M. Lee, "A Study of Gait Imbalance Determination System based on Encoder, Accelerometer and EMG sensors", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 155-162, 2016.



오 승 용(Seung-Yong Oh)

2017년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정
 2014년 전북대학교 헬스케어공학과 졸업 (공학석사)
 1997년 전북대학교 정밀기계공학과 졸업 (학사)

Interest: Rehabilitation Engineering, Elderly Cognitive Rehabilitation, HMI



신 선 혜(Sun-Hye Shin)

2015년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정
 2013년 전북대학교 헬스케어공학과 졸업 (공학석사)
 2011년 전북대학교 생체정보공학부 졸업(학사)

Interest: Rehabilitation engineering, Healthcare



강 승 록(Seung-Rok Kang)

2017년 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수
 2013년 8월 전북대학교 헬스케어공학과 졸업(공학박사)
 2011년 2월 전북대학교 헬스케어공학과 졸업(공학석사)
 2009년 2월 전북대학교 생체정보공학부 졸업(학사)

Interest: Biomechanics, rehabilitation engineering



홍 철 운(Chul-Un Hong)

2002년 10월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수
 1989년 2월 전북대학교 물리학과 졸업 (학사)
 1995년 2월 일본 오사카대학 졸업 (공학석사)
 1998년 2월 일본 JAIST 졸업 (공학박사)

Interest: Rehabilitation Engineering, Biophysics, Sensor Engineering



권 대 규(Tae-Kyu Kwon)

2004년 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수
 1999년 일본 동북대학교 기계전자공학과 졸업 (박사)
 1995년 전북대학교 기계공학과 졸업 (석사)
 1993년 전북대학교 기계공학과 졸업 (학사)

Interest: Biomechanics and Kinesiology, Rehabilitation engineering, Wellness, Sports science