

## 3차원 동적 운동기기를 이용한 4주간의 운동 시 균형 능력에 미치는 효과

### Effect on the Balance Ability after Four Week Training Using the System for 3-D Dynamic Exercise Equipment

신선혜\*, 유 미, 정구영, 유창호, 김 경, 정호춘, 권대규

S. H. Shin, M. Yu, G. Y. Jeong, C. H. Yu, K. Kim, H. C. Jeong, T. K. Kwon

#### 요 약

기존의 3차원 동적 운동기기를 통한 연구는 체간 안정화 운동에 주목하였으나, 본 연구에서는 이러한 연구들이 자세균형에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 훈련에 참여한 피험자는 요부와 하지 근육에 이상이 없는 20대 남녀 24명을 대상으로 하였으며, 체간 안정화 및 자세균형 훈련은 주 3회 15분씩 4주간에 걸쳐 진행되었다. 자세균형능력평가는 Balance System SD를 이용하였으며, 20초 동안 신체의 중심이 흔들리지 않고 한 점에 유지하는 능력인 자세 안정성 검사와 8가지 방향으로의 이동능력 평가인 자세 한계성 검사로 이루어졌다. 연구 결과 3차원 동적 운동기기를 이용한 4주간의 훈련이 자세균형 향상에 도움을 주었으며, 이는 3차원 동적 운동기기를 낙상 위험이 높은 고령자나 자세균형 훈련이 필요한 운동선수들에게 적용하기 위한 기초자료로써 활용될 수 있을 것이나 예상된다.

#### ABSTRACT

In previous studies, the dynamic exercise equipment just focused on the trunk stabilization exercise. However, our study is targeted at evaluation for the impact on the postural balance of those researches. Twelve male and twelve female subjects were volunteered for the balance training using this system. They had no medical history of backpain for the past six months. Trunk Stability and postural balance training was performed for 15 minutes a day, three times a week during four weeks. To evaluate characterization of the postural balance using Balance System SD, Evaluation consist of the postural stability test and the postural limit test.

As a result, this training with 3D dynamic exercise equipment help subjects improve the postural balance. These results are expected for using basic materials to the elderly with a high risk of falling and trained athletes needed to be a postural control.

**Keyword** : Dynamic postural control, 3D Dynamic Exercise Equipment, Rotation exercise

접 수 일 : 2012.06.22

심사완료일 : 2012.08.20

게재확정일 : 2012.09.18

\* 신선혜 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

shshin02@jbnu.ac.kr (주저자)

유 미 : 전북대학교 TIC 전임연구원

yumi@jbnu.ac.kr (공동저자)

정구영 : 전북대학교 헬스케어기술개발사업단 연구교수

jung902@jbnu.ac.kr (공동저자)

유창호 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

goody0418@hotmail.com (공동저자)

김 경 : 국립재활원 선임연구원(공동저자)

kkruddy7@gmail.com (공동저자)

정호춘 : ㈜싸이버메딕 대표이사

jeonghc@cybermedic.co.kr (공동저자)

권대규 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

kwon10@jbnu.ac.kr (교신저자)

※ 이 연구는 2012년도 중소기업청의 중소기업기술혁신개발사업(과제번호:SA113693)과 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 수행된 연구임.

## 1. 서론

자세조절(postural control)은 공간에서 안정(Stability) 및 적응(Orientation)의 두 가지 목적을 위해 인체의 위치를 제어하는 것이다[1]. 자세안정 혹은 균형은 안정성 한계로 일컬어지는 지지면 범위 내에 방사된 무게 중심을 유지하는 것이다[1-2]. 자세 적응은 인체 분절사이 및 인체와 수행환경 사이의 적절한 상호작용을 유지하는 능력으로, 이러한 상호작용이 이루어지지 않는다면, 신체를 구성하는 각각의 분절이 신체중심을 이동시키려는 회전력이 발생하게 되고, 이 때문에 자세균형을 잃게 되거나 넘어지게 된다[3-4]. 즉, 자세균형은 평형 또는 신체의 무게중심을 유지하는 능력으로, 감각계와 신경계 뿐만 아니라 관절의 가동범위, 척추의 유연성, 근육의 특성(근력) 등을 포함한 근·골격계의 기능이 중요하게 작용된다[5]. 자세균형 능력은 나이가 들에 따라 시각계, 전정계, 체성감각계 등과 같은 감각계의 손상 및 예민성 감퇴, 자세유지에 관여하는 중추신경계의 통합성 쇠퇴, 근력저하, 그리고 관절의 유연성이 쇠퇴되어 저하된다[6]. 그 중 근력은 서 있거나 앉아 있는 동안 신체의 정렬을 유지시키며, 특히 체간 근력은 사지의 움직임에 취하거나 균형을 유지하기 위한 기본적인 지지대가 되기 때문에 이러한 체간, 하지 근력의 약화는 불안정한 자세를 야기시킨다. 특히 신체는 균형을 유지하는데 있어 방해 받은 직후 자세 안정을 회복하기 위해 척추와 근 반응을 조절하는데, 첫 운동반응은 척추에서 일어나는 신장반사이며, 두 번째는 균형을 방해하는 움직임으로부터 선택된 근육이 수축하는 자동적 반응이고 세 번째는 수의적 반응으로 예상되어지는 운동에 대해 자세변화를 우려하여 보상적인 근 반응이 주동근의 운동이 시작되기 전에 개시됨으로써 자세적 안정성을 유지한다[7]. 이처럼 근력과 근 반응은 자세안정을 통한 자세균형을 유지하는데 있어 중요한 역할을 하기 때문에 최근에는 근력 운동에 따른 자세균형 능력의 향상에 대한 연구가 진행되고 있다.

이철인 등은 밴드를 이용한 10가지 근력 운동 프로그램이 노인의 자세균형에 미치는 효과를 분석하였으며[8], Campbell 등은 근력 및 유산소성 운동과 균형증진운동의 복합프로그램을 적용하여 그 효과를 보고하였다[9]. 신원섭 등은 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 배 안으로 눕기, 몸통 틀어 유지하기, 몸통 회전 저항 운동의 체간 안정화 운동과 측방 체중 이동운동, 발판 운동, 외전근 원심성 수축 운동

의 일반적 균형운동을 실시하여 체간 안정화 운동에서의 균형 감각이 유의하게 증가함을 증명하였다[10]. 오정림은 복부근 강화와 배부근 강화의 체간 근력 강화 훈련이 경직성 뇌성마비아의 앉은 자세 균형에 미치는 효과를 보았으며, 이를 통해 체간 근력 강화 운동이 체간의 균형 수행력과 체간 근의 활동을 증가시키는 것을 확인하였다[11].

최근에는 단순한 운동보조기구와 달리 다양한 기능을 가지고 있는 3차원 운동기기가 제작되고 있으며, 이를 이용하여 연구가 진행되고 있다. 이동규 등은 8주간의 메덱스 요부신전기(Medx, USA)를 이용한 요부강화운동과 요천부 근육들을 강화시키는 Sling운동이 요추추간관 수술환자의 체간근육의 근력에 미치는 영향을 평가하였다[12]. 또한, 김성호 등은 Centaur를 이용한 3차원 척추 안정화 운동이 퇴행성 변성 디스크 환자들의 통증과 척추 안정화 근력에 미치는 효과를 분석하였고[13], 김희라 등은 만성요통을 가진 노인 환자들을 대상으로 한 실험에서 중력을 이용한 요부안정화 운동이 척추 근력 및 척추 유연성도 증가시키는 것을 확인하였다[14]. 그러나 이러한 연구들은 체간 안정화 운동에 따른 체간 근력 향상과 이로 인한 척추 및 요추의 통증 완화 효과를 확인하였을 뿐 근력 향상이 자세균형 능력에 미치는 영향은 평가하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 체간 안정화 운동과 자세균형 운동이 가능한 3차원 동적 훈련기기(SpaceBalance 3D, ㈜싸이버메딕, 한국)를 이용하여 4주간의 운동이 동적 자세 균형에 미치는 효과를 평가하였다.

## 2. 시스템 구성 및 실험방법

### 2.1 시스템 구성

본 연구에서는 3차원 동적 훈련 장치를 이용하여 4주간의 훈련을 실시하였을 때 자세균형 능력의 향상 정도를 평가하였다.

그림 1은 본 연구에서 사용된 3차원 동적 훈련기기로, 다양한 운동프로그램을 통하여 평형성 확보와 체간 운동이 가능하다. 본 기기는 전·후방 각도 50°씩(100°), 좌·우 각도 90°씩(180°)의 공간 회전운동, 전·후 운동, 좌·우 운동, 사선운동이 가능하며, 각도 고정 플런저를 통해 10~50°까지 각도를 제한시킬 수 있어 특정방향으로 편측된 자세정렬을 교정시킬 수 있게 하였다.

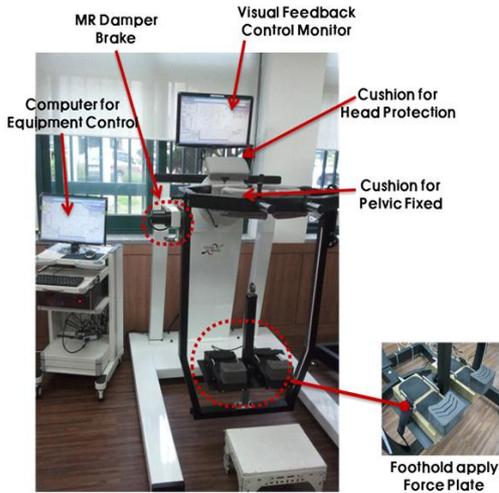


그림 1. Space Balance 3D

또한 2개의 진단모드, 9개의 트레이닝모드와 11개의 게임 프로그램이 내장되어 있어 동적 체 평형 검사 및 운동이 가능하다. 진단모드는 균형 유지 능력을 평가하는 자세 안정성 검사와 균형을 유지하며 전·후, 좌·우 등 총 8개의 한계점까지 도달하여 균형을 유지하는 능력을 평가하는 모드로 이루어져 있다. 트레이닝 모드에는 좌·우 운동을 유도하기 위한 직선운동, 전·후 운동을 유도하기 위한 수직운동, 전·후/좌·우 운동을 유도하기 위한 십자(+)운동, 사선운동을 유도하기 위한 엑스자(x)운동, 수평타원운동, 원운동, 수평 8자 운동, 수직 8자 운동과 랜덤 운동으로 이루어져 있다. 또한 트레이닝 모드에 재미를 위한 게임이 더해진 11개의 프로그램이 내장되어 있다.

자세 균형 능력 평가는 균형능력 평가 기기로서 신뢰성이 충분히 검증된 Balance System SD(Biodex, USA)를 이용하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 훈련방법

본 연구에서는 요부와 하지 근육에 이상이 없으며, 평소 운동을 하지 않는 20대 남녀 24명(남: 175.7±1.5cm/74.3±3.2kg, 여:160.3±1.1cm/54.1±1.9kg)을 대상으로 진행하였다.

그림 2는 실험 블록선도로 4주 동안 주 3회 훈련을 진행하였으며 훈련 전, 훈련 시작 2주 후, 4주 후의 균형 능력을 평가하였다.

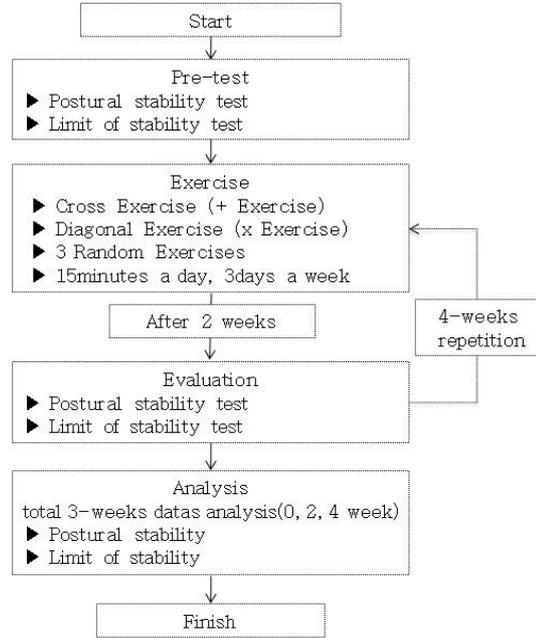


그림 2. 실험 블록선도

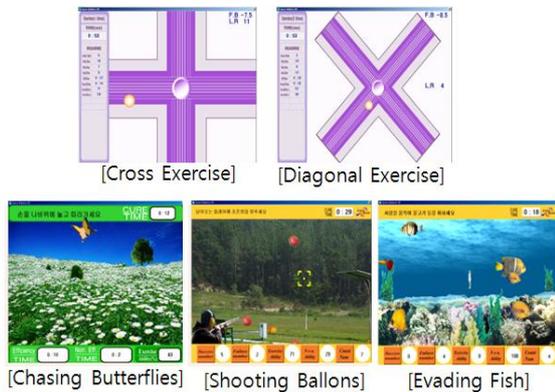


그림 3. SpaceBalance 3D의 5가지 훈련 프로그램

훈련은 십자(+)운동 3분, 엑스자(x)운동 3분 그리고 3가지의 랜덤 게임을 각 3분 씩, 총 5가지 프로그램으로 진행하였으며, 평가는 자세안정성검사와 안정성 한계 검사를 실시하였다.

그림 3은 본 실험에서 사용된 5가지 프로그램을 나타낸 것으로 전·후, 좌·우 운동이 가능한 십자 운동(Cross Exercise), 사선으로 이동하는 엑스자운동(Diagonal Exercise)과 재미를 통한 훈련을 위한 랜덤 방향의 3가지게임을 실시하였다. 3가지게임으로는 제시되는 손으로 나비를 잡고 따라가는 나비 따라가기(Chasing Butterflies), 움직이는 빨간 풍선을 맞춰 터트리는 플래어 사격게임(Shooting Ballons), 양쪽에서 나타나는 물고기를 피해 달아나는 물고기 피하기(Evading Fish)를 실시하였다.

4 재활복지공학회 논문지 제6권 제2호 (2012.12)

2.2.2 평가 방법

본 연구에서는 자세균형 평가를 위하여 Balance System SD의 평가 프로그램인 자세 안정성 검사와 안정성 한계 검사를 이용하였다.

자세안정성검사는 20초 동안 신체의 중심이 흔들리지 않고 한 점에 유지하는 능력을 평가하는 것으로 시각에 따른 자세균형 유지능력의 비교를 위해 눈을 뜬 상태와 감은 상태로 나누어 평가 하였으며, 안정성 한계 검사는 가운데 중심을 맞춘 상태에서 전·후, 좌·우 대각선 등 8방향으로의 이동 능력을 확인하였다.

그림 4는 Balance System SD의 진단 모드인 자세안정성 검사와 안정성 한계 검사를 나타낸 그림이다. (a)는 자세안정성 검사로 피험자가 균형을 잃지 않고 중심을 유지하는 능력을 평가하는 것이다. 안정성 점수는 중심으로부터 벗어난 정도를 평가하며, 점수가 낮을수록 안정성이 높음을 의미한다. (b)는 균형 이동 능력을 평가하기 위한 진단으로, A(Anterior), AR(Anterior Right), R(Right), PR(Posterior Right), P(Posterior), PL(Posterior Left), L(Left), LA(Anterior Left) 의 8가지 방향으로 가능한 빠르게 신체의 중심을 이동시키는 능력을 평가하는 것이다. 평가는 훈련 전, 훈련 2주, 4주에 진행하였다.



(a) Postural Stability Test



(b) Limits of Stability Test

그림 4. Balance System SD의 평가 프로그램

2.3 자료 분석

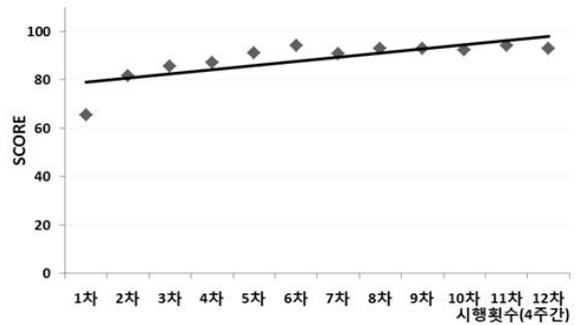
본 연구의 통계처리는 PASW statistics 18(SPSS

Inc., USA) 통계프로그램을 사용하였으며, 훈련 전, 훈련 2주, 4주 후의 자세균형 능력을 평가하기 위하여 RM-ANOVA(Repeated Measures ANOVA)를 이용하였다. 통계학적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

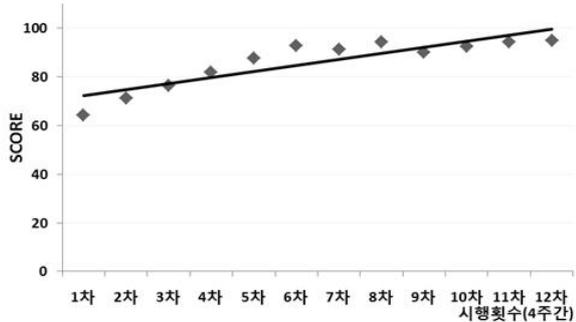
3. 결과 및 고찰

3.1 4주간의 훈련 추적

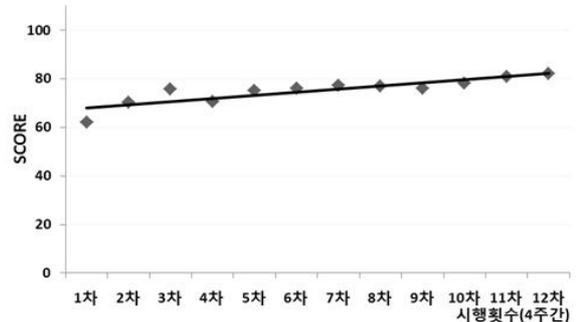
그림 5는 4주간의 훈련 프로그램 중 Cross Exercise, Diagonal Exercise, Chasing Butterflies의 훈련 결과를 추적한 결과로, X축은 4주 간 실시한 훈련 횟수이며 Y축은 100점을 만점으로 피험자 24명의 평균 훈련점수이다.



(a) Cross Exercise



(b) Diagonal Exercise



(c) Chasing Butterflies

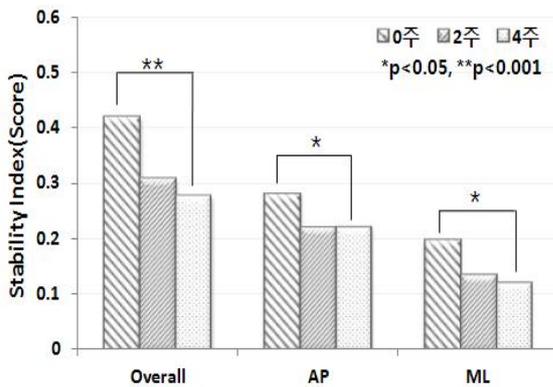
그림 5. 4주간의 훈련 추적 결과

(a)는 Cross Exercise의 결과로 일정 범위 내에서 타겟의 움직임에 따라 몸의 중심을 이동시키는 것으로 최대한 범위에서 벗어나지 않으며 타겟에 빨리 도달할수록 점수가 높아진다. (b)는 Diagonal Exercise로 Cross Exercise와 같은 방식이다. (c)는 Chasing Butterflies로 움직이는 나비를 잡고 이동방향을 따라가는 것으로, 나비를 오랫동안 잡고 있을수록 점수가 높아진다.

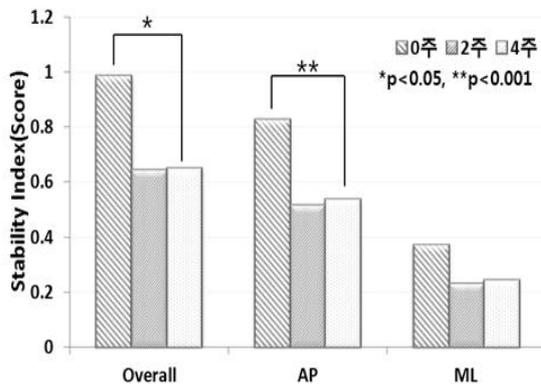
4주간의 훈련 결과 십자운동, 엑스자운동, 나비 따라가기 점수는 시행 횟수에 비례하여 증가하였으며, 이는 훈련을 통해 신체의 균형을 제어할 수 있는 능력이 향상되었기 때문이라고 사료된다.

### 3.2 자세 안정성 평가

그림 6은 Balance System SD로 측정된 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 피험자 24명의 자세 안정성 평가 결과를 평균 낸 그래프로, 피험자가 균형을 유지하는 동안 중심으로부터 벗어난 정도를 평가하며, 점수가 낮을수록 안정성이 높다.



(a)Eye Open



(b)Eye Close

그림 6. 자세 안정성 검사 결과

X축은 Overall Stability Index(Overall), Anterior/Posterior Index(AP), Medial Lateral Index(ML)로 나뉘며, Overall Stability Index는 전체적인 안정성 지수를 뜻하고 Anterior/Posterior Index는 전·후 방향, Medial Lateral Index는 좌·우 방향으로의 흔들림에 따른 안정성 지수를 나타낸다.

그림 6의 (a)는 눈을 뜬 상태의 안정성 검사 결과를 나타낸 그래프로 Overall, AP, ML방향에서 시간이 지남에 따라 신체의 균형을 유지하는데 있어 4주간의 훈련 후 통계학적으로 유의하게 감소하였다. 그림 6의 (b)는 눈을 감은 상태의 안정성 검사 결과를 나타낸 그래프로, Overall과 AP방향의 안정성 지수가 시간이 지남에 따라 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 3차원 동적 훈련기기를 이용한 4주간의 훈련이 자세균형 유지능력에 도움을 준다고 사료된다.

표 1. 안정성 한계 검사 결과

		(단위 : %)		
		M±SD	F	p-value
A	0주	62.67±9.09	1.385	.261
	2주	59.33±9.30		
	4주	66.22±7.20		
AR	0주	62.04±7.18	.714	.495
	2주	63.88±7.24		
	4주	67.78±7.79		
R	0주	62.42±7.00	.473	.626
	2주	64.83±7.42		
	4주	66.61±7.25		
PR	0주	59.33±7.41	2.262	.116
	2주	50.75±7.43		
	4주	60.39±7.42		
P	0주	61.17±11.85	.532	.591
	2주	66.54±13.10		
	4주	62.30±12.35		
PL	0주	51.50±8.62	1.944	.155
	2주	56.38±7.66		
	4주	60.70±7.85		
L	0주	73.29±8.26	.489	.617
	2주	70.71±6.75		
	4주	67.91±9.13		
AL	0주	57.50±7.22	5.110	.010*
	2주	68.63±7.29		
	4주	69.83±8.01		

\*p<0.05

### 3.3 안정성 한계(Limits of Stability) 평가

표 1은 피험자 24명의 안정성 한계검사 결과를 평균 낸 표로, A(Anterior), AR(Anterior Right), R(Right), PR(Posterior Right), P(Posterior), PL(Posterior Left), L(Left), AL(Anterior Left) 의 8가지 방향으로 피험자가 균형을 잃지 않고 가능한 수직으로 신체의 중심을 이동시키는 균형 이동 능력을 평가하며, 방향에 따른 점수는 percent(%)로 표시된다. 분석 결과 AL방향을 제외한 모든 방향에서 통계학적으로 유의한 차이가 없다( $p>0.05$ ).

### 4. 결론

본 연구에서는 체간 안정화 및 자세균형 운동이 가능한 3차원 동적 운동기기인 SpaceBalance 3D를 이용해 자세균형 증진효과를 평가하였다.

Space Balance 3D의 트레이닝과 게임을 통한 4주간의 훈련 결과 자세균형 유지능력이 통계적으로 유의하게 증가함을 보였다. 이는 3차원 동적 자세균형 훈련이 자세균형유지와 이동에 필요한 체간과 하지 근육 군들의 위치 반응과 활동을 결정해줌으로써 감각운동계의 작용을 조절하게 되어 인체의 전체적인 균형을 발달 및 유지시키는데 도움을 주었기 때문이라고 판단된다. 따라서 본 연구의 결과는 낙상 위험이 높은 고령자나 자세균형 훈련이 필요한 운동선수들에게 적용하기 위한 기초자료로써 활용될 수 있을 것으로 예상되며, 추후 고령자나 환자들을 대상으로 한 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] 안소윤 외, 운동조절, 영문출판사, 2006  
 [2] McCollum G., Leen T., "The form and exploration of mechanical stability limits in erect stance," J. Motor Behav, Vol. 21, pp. 225-238, 1989.  
 [3] Horak F. B., "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?," Age and Ageing, Vol. 35, pp. ii7-ii11, 2006.  
 [4] 김선진, 박승하, "정적 자세 제어 전략의 발달 단계적 분석," 한국스포츠심리학회지, 제 12권, 제 1호, pp. 15-33, 2001.  
 [5] Wernick-Robinson M., Krebs DE., & Giorgetti MM., "Functional reach: Does it really

measure dynamic balance," Arch Phys Med Rehabil, Vol. 80, No. 3, pp. 262 - 269, 1999.  
 [6] 김현주, 최종환, 이규문, 장봉우, "Perception action coupling 운동이 노인들의 자세균형에 미치는 영향," 한국체육학회지, 제43권, 제3호, pp 949-959, 2004.  
 [7] 정현채, "자세제어와 운동의 협응," 코칭능력개발지, 제 7권, 제 1호, pp. 111-118, 2005.  
 [8] 이철인, "근력강화 운동프로그램이 시설 노인의 일상생활 동작 수행 개선과 자세균형에 미치는 효과," 대구한의대학교 박사학위논문, 2003.  
 [9] Campbell, A. J., Robertson, M. C., Gardne, M. M., Nortto, R. N., Tilyard, M. W. & Buchner, D. M., "Randomized controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly woman," British Medical Journal, Vol. 315, pp. 1065-1069, 1997.  
 [10] 신원섭, 김창영, 이동엽, 이석민, "체간의 안정화운동이 뇌졸중 환자의 동적균형에 미치는 효과," 한국산학기술학회논문지, 제10권, 제9호, pp. 2509-2515, 2009.  
 [11] 오정립, "체간 근력 강화 훈련이 경직성 뇌성마비아의 앉은 자세 균형에 미치는 효과," 대한물리치료학회지, 제15권, 제4호, pp. 255-298, 2003.  
 [12] 이동규, 이상용, "8주간의 Medx운동과 Sling운동이 요추추간판 수술환자의 체간근육의 근력에 미치는 영향," 대한정형도수치료학회지, 제12권, 제2호, pp. 33-41, 2006.  
 [13] 김성호, 김명준, " 3차원 척추 안정화 운동이 퇴행성 변성 디스크 환자의 통증과 척추 안정화 근력에 미치는 효과," 대한물리치료사학회지, 제 13권, 제1호, pp. 29-38, 2006.  
 [14] 김희라, 김운신, "중력을 이용한 요부안정화 운동이 만성요통을 가진 노인환자에게 미치는 영향," 대한물리치료학회지, 제20권, 제1호, pp. 23-31, 2008.



**신 선혜**

2011년 2월 전북대학교 헬스케어공학과 졸업 (학사)  
 2011년 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

관심분야 : 재활공학, 헬스케어



**유 미**

2003년 2월 전북대학교 전자정보공학부 졸업 (학사)  
 2005년 2월 전북대학교 의용생체공학과 졸업 (석사)  
 2009년 8월 전북대학교 의용생체공학과 졸업 (박사)  
 2010년 5월- 현재 (사)전북대학교 자동차부품·금형기술혁신센터 연구개발실 재직

관심분야 : 재활공학, 헬스케어 및 웰니스기기



**정 구 영**

2000년 2월 전북대학교 항공우주공학과 졸업 (학사)  
 2002년 2월 전북대학교 대학원 항공우주공학과 졸업 (석사)  
 2009년 2월 전북대학교 대학원 항공우주공학과 졸업 (박사)  
 2009년 9월 - 현재 전북대학교 헬스케어기술개발사업단 post.Dr

관심분야 : 생체신호 모니터링, 메카트로닉스, 헬스케어기기



**유 창호**

2005년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업(학사)  
 2007년 2월 전북대학교 의용생체공학과 졸업 (석사)  
 2012년 3월 일본 도호쿠대학교 의공학과 졸업 (박사)  
 2012년 4월- 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수로 재직

관심분야 : 재활공학, 혈류역학



**김 경**

2003년 2월 전북대학교 전자정보공학부 졸업 (학사)  
 2005년 2월 전북대학교 의용생체공학과 졸업 (석사)  
 2010년 8월 전북대학교 의용생체공학과 졸업 (박사)  
 2010년 10월- 현재 한국 국립재활원 재활연구소 연구원

관심분야 : 바이오 메카닉스, 재활공학



**정 호 춘**

1997년 2월 원광대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1999년 2월 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)  
 2004년 8월 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)  
 1999년 - 현재 (주)사이버메딕 대표이사 재직

관심분야 : 재활공학, 헬스케어 및 웰니스기기



**권 대 규**

1993년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업(학사)

1995년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업(석사)

1999년 2월 일본 동북대학교 기계전자공학과 졸업(박사)

2004년 3월- 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 부교수

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활공학, 생체역학, 웰니스, 스포츠