

# 뇌졸중 환자의 균형평가를 위한 Balancia 프로그램의 신뢰도와 타당도

박대성<sup>1</sup>, 이동엽<sup>2</sup>, 최성진<sup>3</sup>, 신원섭<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>국립재활원 재활연구소, <sup>2</sup>선문대학교 물리치료학과, <sup>3</sup>대전대학교 대학원 물리치료학과, <sup>4</sup>대전대학교 물리치료학과

## Reliability and Validity of the Balancia using Wii Balance Board for Assessment of Balance with Stroke Patients

Dae-Sung Park<sup>1</sup>, Dong-Yeop Lee<sup>2</sup>, Sung-Jin Choi<sup>3</sup> and Won-Seob Shin<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>National Rehabilitation Research Institute

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University

<sup>3</sup>Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Daejeon University

<sup>4</sup>Dept. of Physical Therapy, Daejeon University

**요 약** 균형은 일상생활의 기본적인 요소이며 균형능력의 평가는 무게중심의 측정으로 한다. 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 균형 능력을 평가하기 위한 Balancia 프로그램의 신뢰도와 타당도를 측정하고자 하였다. COP의 측정을 위한 장비로는 Wii Balance Board를 이용하였다. 연구는 39명의 뇌졸중 환자들 대상으로 하였다. 신뢰도 검사는 동요거리, 동요속도, area95% 결과값의 검사자간 신뢰도와 검사자내 신뢰도를 실시하였다. 검사자내 신뢰도는 검사-재검사의 방법으로 급간내 상관계수를 측정하여 ICC .793-.939로 높은 신뢰도를 보였고, 검사자간 신뢰도에서도 ICC .791-.955로 높은 신뢰도를 보였다. 타당도는 Accusway와 비교하여 ICC .851-.955로 매우 높은 일치도를 보였다. 따라서 본 연구를 통해 Balancia 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형 능력을 평가하는데 높은 신뢰도와 타당도를 가진 프로그램으로 입증되었다.

**Abstract** Balance is the foundation for all active daily livings. Evaluation of balance has been conducted to measure postural sway of center of pressure(COP). The purpose of this study is to introduce the Balancia and to examine the validity and inter-, intra-reliability for measure of balance with stroke patients. COP was measured by Wii balance board. The subjects Participated in this study were 39 stroke patients. Intra- and inter-reliability was examined using intraclass correlation coefficient(ICC) with 95% confidence interval. In the result of intra- and inter-reliability, all COP parameters of postural sway showed high to very high reliability with ICC=.793-.939 and ICC=.791-.955. Validity was determined by correlation with Accusway force plate. There were high validity with ICC=.851-.955 between tools. According to these results, the Balancia showed high validity and reliability. It is a useful clinical tool for evaluating balance in stroke patients.

**Key Words** : Center of pressure, Balance, Stroke, Reliability, Validity

### 1. 서론

균형 능력은 신체의 기저면 위에 무게중심(Center of pressure, COP)을 유지하는 능력으로 일상생활 동작에 중

요한 기본적 요소이다[1]. 균형을 손상은 건강한 사람이라 할지라도 기능적 제한을 가져오며 균형능력을 평가하는 것은 낙상의 위험을 예측할 수 있는 정보를 제공한다 [2]. 노인들은 시각기관, 전정기관, 체성감각기관, 고유수

본 논문은 2012년도 대전대학교 명품연구과제로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Won-Seob Shin(Daejeon Univ.)

Tel: +82-42-280-2294 email: shinws@dju.kr

Received March 19, 2013

Revised April 4, 2013

Accepted June 7, 2013

용감각 등의 노화로 인해 균형능력이 약화되어 낙상의 위험이 높아진다[3]. 특히 중추 신경계 손상을 가진 뇌졸중 환자들은 감각과 운동능력 손상이 있는 마비측으로 체중지지가 어려우므로 체중의 60-80%가 비마비측으로 이동된 비대칭적인 서기자세와 함께 균형의 문제를 가진 대[4]. 이러한 균형의 문제는 보행 기능에도 영향을 미쳐 정상적인 활동을 영위하는데 어려움을 갖게 된다[5].

따라서 정상인이나 노인, 환자들의 균형의 문제를 정확하게 인지하고 평가하는 것이 중요하다. 균형 능력을 평가하는 방법으로는 버그균형평가와 같이 특별한 장비가 필요 없는 임상적 평가방법이 있다[6]. 이러한 임상적 평가방법은 장비의 비용이 들지 않는 장점이 있으나 평가 결과의 천장효과가 있으며 증상의 변화에 대한 민감도가 낮은 단점이 있다[7, 8]. 측정장비를 이용하는 균형의 측정은 지면에 가해지는 COP의 크기, 이동과 속도 등을 정량적으로 측정하는 방법을 이용한다[9]. 대표적으로 힘판(force plate)과 깔창(in-sole)형태로 바닥에 가해지는 COP를 측정할 수 있는 장비들이 있다[10]. 하지만 이러한 장비들은 가격이 고가이며 교육기관이나 치료기관인 학교나 병원, 재활연구소등에서만 사용하고 있다.

Nintendo사의 Wii Balance Board는 가정용 게임기로 비교적 저가에 보급되어 있으며 사각형의 각 모서리에 압력센서가 장착되어 체중분포와 COP를 측정할 수 있고 운반이 쉬운 장비이다[8]. 또한 Wii의 프로그램으로 실시간 좌우체중지지율에 대한 생체 되먹임 정보를 제공하여 노인을 대상으로 균형 운동 프로그램으로 시행되어 효과를 입증하였다[11]. 하지만 Wii 프로그램으로 표현되는 COP 분석은 기존의 장비에 비해 연구나 학술적 목적으로 사용하기에 제한적인 데이터로써, Clark 등(2010)은 정상인을 대상으로 Wii Balance Board의 압력센서로부터 COP의 데이터를 추출하여 기존의 힘판의 결과값과 비교하여 신뢰도를 평가하였다[8]. 지금까지 COP를 이용한 측정장비들의 신뢰도와 타당도 연구들은 정상인 뿐만 아니라 환자들을 대상으로 다양하게 실시되었고, 같은 장비라 할지라도 대상자에 따라서 결과의 차이가 나타날 수 있다[12]. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 Wii Balance Board를 이용한 Balancia 프로그램의 신뢰도와 타당도를 알아보고자 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 대전시에 위치한 B재활병원에 입

원한 32명의 만성 뇌졸중 환자로 하였다. 대상자들은 뇌졸중 외에 균형에 영향을 주는 근골격계 질환이나 약물을 복용하는 자, 전정기관의 이상이 없는 자, 측정자의 지시에 따를 수 있는 인지능력을 가진 MMSE-K 점수가 21점 이상인자를 선정기준으로 선발되었다. 모든 대상자에게 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 한 후 동의를 얻어 연구를 진행하였다.

### 2.2 연구방법

대상자들의 균형능력을 평가하기 위해서 Wii Balance Board위에 두 발로 올라선 후 양 팔은 편안하게 내린 자세를 유지하도록 하였다. 시선에 따른 자세 동요의 발생을 통제하기 위해 눈을 뜬 상태로 전방 3 m 앞에 그려진 지름 15 cm 점을 주시하도록 하였다. 측정은 환자가 올라선 후 안정된 자세를 잡은 후부터 시작하여 30초 동안 측정하였다[8,13].

측정자는 장비사용에 대한 충분한 교육을 받은 후 1주 이상 사용한 후 연구에 참여하였다. 신뢰도는 같은 측정자가 검사-재검사를 통하여 일관된 결과를 나타내는 측정자내 신뢰도와 측정하는 사람이 달라도 일관된 결과를 나타내야 하는 측정자간 신뢰도를 검정하였다. 측정자간 신뢰도는 같은 대상자를 대상으로 하루 이내에 재측정을 실시하였다. 타당도는 측정도구가 측정하고자 하는 바를 제대로 측정하고 있는가를 평가하는 것으로 본 연구에서는 선행연구들에서 COP 측정장비로 타당도가 입증된 표준장비와 비교하여 타당도를 검정하였다.

### 2.3 측정도구

#### 2.3.1 Wii Balance Board

대상자의 COP 정보는 Wii Balance Board (Nintendo, Japan)를 이용하여 수집되었다. Wii Balance Board는 50 cm×50 cm 크기의 직사각형 모양으로 가정용 게임기의 입력장치로 사용된다. 4개의 모서리에 위치한 로드셀을 통해 COP정보가 연속적으로 수집되며 블루투스로 연결된 컴퓨터 장치에 정보를 제공한다. 수집되는 데이터의 샘플링 비율은 연결된 소프트웨어에 의해 조절된다. 정상인을 대상으로 한 Wii Balance Board의 측정-재측정 신뢰도는 ICC .66-.94로 높은 신뢰도를 보였다[8].

#### 2.3.2 Balancia

본 연구에서 뇌졸중 환자의 선자세에 대한 COP 정보를 분석하기 위한 프로그램으로 분석하는데 Balancia software ver. 2.0(Mintosys, Korea)을 사용하였다. Wii Balance Board로 측정된 COP 정보를 블루투스로 연결된

컴퓨터에서 Balancia 프로그램으로 분석하였다. 분석된 결과는 COP의 X, Y축에 대한 이동거리 및 속도, 좌우체 중분포, Slope95%, Area95% 등을 보여준다. 모든 데이터는 50Hz로 샘플링하여 추출하였고 10Hz low-pass filter를 실시하였다.

### 2.3.3 Accusway

타당도를 알아보기 위해 자세동요 평가 장비인 Accusway (AMTI, Waterton, USA) 의 결과와 비교하였다. 50 cm×50 cm 크기의 힘판은 로드셀에 연결된 스트레인 게이지(strain gauge)의 변위로 X, Y, Z 축에 대한 힘과 모멘트를 측정하는 방식이다[14,15]. COP 이동에 대한 모든 데이터는 정적인 선자세에서 30초간 50Hz로 추출하였고 10Hz low-pass filter를 실시하였다.

### 2.4 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 18.0을 이용하여 분석하였고, 대상자의 일반적 특성은 기술통계량의 평균과 표준편차를 사용하였다. 대상자들의 COP정보 중 동요거리와 동요속도, Area95% 결과값들에 대한 검사자내 신뢰도, 검사자간 신뢰도, 타당도를 알아보았다. 검정방법은 급간내 상관계수(Intraclass correlation coefficients, ICC)와 95% 신뢰구간(confidence interval)으로 하였다. 모든 통계적 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 하였다.

## 3. 결과

### 3.1 연구대상자의 일반적 특성

본 실험에 참가한 연구 대상자는 총 39명(남자 24명, 여자 15명)이며, 평균 연령은 60.36±11.90세, 평균 신장은 162.79±7.45 cm, 평균 체중은 64.46±8.64 kg이었다. 뇌졸중으로 인한 편마비 증상이 우측은 23명, 좌측은 16명이고 뇌졸중 원인 중 뇌경색은 22명, 뇌출혈은 17명이었다. 또한 뇌졸중이 발병한지 평균 21.03±11.32 개월이었다.

### 3.2 검사자내 신뢰도

같은 검사자가 Balancia를 이용하여 측정한 대상자들의 COP 검사-재검사결과는 Table 1과 같다. 동요거리와 동요속도에 대한 검사-재검사의 ICC는 .939, Area95%에 대한 ICC는 .793로 나타났다.

[Table 1] Inter-rater reliability of Balancia

|                            | 1st<br>(n=39)            | 2nd<br>(n=39) | Difference<br>(95% CI)    | ICC<br>(95% CI)      |
|----------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|
| Path Length (cm)           | 50.79±13.69 <sup>a</sup> | 50.00±15.35   | .79±1.23<br>(-1.73, 3.30) | .939<br>(.875, .970) |
| Velocity (cm/s)            | 1.69±.46                 | 1.67±.51      | .03±.04<br>(-.06, .11)    | .939<br>(.875, .970) |
| Area95% (cm <sup>2</sup> ) | 4.00±2.42                | 3.84±2.14     | .17±.33<br>(-.52, .85)    | .793<br>(.576, .899) |

<sup>a</sup> Values are expressed as mean±SD.

### 3.3 검사자간 신뢰도

다른 검사자가 Balancia를 이용하여 측정한 대상자들의 COP 검사-재검사결과는 Table 2와 같다. 동요거리와 동요속도에 대한 ICC는 .962, Area95%에 대한 ICC는 .791로 나타났다.

[Table 2] Intra-rater reliability of Balancia

|                            | Rater1<br>(n=39)         | Rater2<br>(n=39) | Difference<br>(95% CI) | ICC<br>(95% CI)      |
|----------------------------|--------------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| Path Length (cm)           | 50.79±13.69 <sup>a</sup> | 52.85±14.49      | -2.06<br>(-4.00, -.12) | .962<br>(.923, .982) |
| Velocity (cm/s)            | 1.69±.46                 | 1.76±.48         | -.07<br>(-.13, .00)    | .962<br>(.923, .982) |
| Area95% (cm <sup>2</sup> ) | 4.00±2.42                | 4.17±2.60        | -.16<br>(-.92, .59)    | .791<br>(.571, .898) |

<sup>a</sup> Values are expressed as mean±SD.

### 3.4 타당도

Accusway와 비교하여 평가한 Balancia를 이용하여 측정한 대상자들의 COP 검사-재검사결과는 Table 3과 같다. 동요거리와 동요속도에 대한 ICC는 .955, Area95%에 대한 ICC는 .851로 나타났다.

[Table 3] Validity of Balancia compared with Accusway

|                            | Balancia<br>(n=39)       | Accusway<br>(n=39) | Difference<br>(95% CI)    | ICC<br>(95% CI)      |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
| Path Length (cm)           | 50.79±13.69 <sup>a</sup> | 45.96±12.45        | 4.83±5.44<br>(2.87, 6.79) | .955<br>(.908, .978) |
| Velocity (cm/s)            | 1.69±.46                 | 1.53±.42           | .16±.18<br>(.10, .23)     | .955<br>(.908, .978) |
| Area95% (cm <sup>2</sup> ) | 4.00±2.42                | 4.34±3.31          | -.34±2.09<br>(-1.09, .41) | .851<br>(.696, .927) |

<sup>a</sup> Values are expressed as mean±SD.

#### 4. 논의

본 균형은 고정된 지지면에 동작의 변화 없이 자세를 유지할 수 있는 정적균형과 지지면이 움직이거나 동작의 변화시에도 넘어지지 않고 균형을 유지할 수 있는 동적 균형으로 나뉜다[1]. 자세 조절은 중력중심을 지지면에 위치시키는 행위로 신체의 정렬상태와 연관이 있다. COP는 중력중심의 수평적 요소로 주로 힘판으로 측정할 수 있는 균형 능력의 평가에 매우 중요한 요소이다[16]. COP의 측정시 발생할 수 있는 측정의 오차는 대상자의 생물학적 특성, 장비의 문제, 측정자로부터 발생한다[12]. 따라서 정확한 평가를 위해 측정자는 측정 기술을 숙련 시키고 신뢰도와 타당도가 입증된 측정 장비의 선택이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 Wii Balance Board를 이용하여 측정된 COP 데이터를 균형 능력의 평가로 나타낼 수 있도록 만든 Balacia 프로그램의 신뢰도와 타당도를 입증하기 위해 시행되었다.

Wii balance board의 동요거리와 동요속도, Area95% 변수에 대한 검사-재검사를 통한 측정자내 신뢰도는 ICC .793-.939 범위였고, 측정자간 신뢰도 역시 ICC .791-.955로 매우 높은 신뢰수준을 보였다. 기존에 균형능력을 평가하기 위해 사용되고 있는 측정장비들도 높은 신뢰도를 평가받은 후에 사용되고 있다. 두 개의 힘판으로 구성된 Balance master는 뇌졸중 환자들을 대상으로 균형을 측정할 결과 동요거리에 대한 신뢰도는 ICC .84, 동요 시간에 대한 신뢰도는 ICC .88로 높은 결과를 보였다[17]. 이 장비는 평형점수(equilibrium score)와 자세안정성지표(postural stability index)를 결과로 표현하여 균형 상태를 알 수 있는 유용성이 있지만 장비의 가격이 너무 고가라는 단점이 있다[18]. 본 연구에서 타당도 검정을 위해 사용한 AMTI사의 Accusway 장비는 신경손상 환자를 대상으로 30초간 동요속도와 Area95%를 측정한 신뢰도가 ICC .77-.99로 매우 높은 장비이다[19]. 신뢰도 수준의 평가기준은 ICC가 .75 이상이면 매우 신뢰할 수준, .40~.75는 신뢰할 만한 수준, .40 미만이면 신뢰도하기 어려운 수준으로 평가한다[20].

본 연구에서 측정한 균형능력을 평가하기 위한 변수는 동요거리와 동요속도, Area95%이다. 각각의 변수는 측정 시간 동안 COP의 움직임을 추적하여 결과를 산출한다. 동요거리는 COP의 모든 이동거리를 합하여 계산한 결과이고, 동요속도는 균형의 시간적 측면을 평가하기 위해 COP의 연속된 이동거리를 시간으로 나누어 계산한다. Area95%는 균형의 공간적 측면을 평가하기 위해 중심을 기준으로 타원모양으로 형성된 COP의 면적으로 계산한다[12]. 결과의 해석은 동요거리가 길수록, 동요속도가 빠

를수록, Area95%가 넓을수록 균형능력이 저하되었음을 의미한다[19]. 이러한 자세 동요의 직접적인 결과인 COP를 정량적으로 측정하는 것은 임상적으로 매우 중요하다. 그러나 장비의 가격이 비싸기 때문에 접근성과 활용성이 떨어지는 단점이 있다[21]. 본 연구에서 사용한 Wii Balance Board는 가정용으로 보급된 일반 상품으로 게임으로 활용되고 있지만 내부의 압력 센서를 이용한 COP 측정이 가능한 장비이다[8]. 이러한 장비를 활용하여 균형 능력을 평가할 수 있도록 프로그램을 개발하는 것은 많은 균형의 문제를 가진 사람들에게는 접근성과 활용성을 증가시키는 효과가 있다. Wii balance board의 용이한 경제적 접근성을 이용하여 최근에 균형적 피드백을 제공받으면서 시행할 수 있는 재활훈련도 많이 시도되고 있다[11].

본 연구의 결과에서 Balancia 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형을 평가에 높은 신뢰도와 타당도를 입증하였다. 균형능력을 평가하기 위한 장비가 비싸지 않고 휴대가 편리하다면 임상과 연구적 활용뿐만 아니라 균형능력이 저하된 환자가 개인적으로도 가정에서 활용할 수 있을 것이다. 노인과 뇌졸중 환자들은 낙상으로 인한 2차적 손상의 위험이 크기 때문에 이러한 평가 장비의 개발과 사용으로 자신의 균형 정도를 파악할 수 있으며 건강증진 노력에 도움이 될 것으로 생각한다.

#### 5. 결론

본 연구는 뇌졸중환자의 균형능력을 평가하기 위해 Wii Balance Board를 이용한 Balancia 프로그램의 신뢰도와 타당도를 알아보기 위해 시행되었다. 연구 결과 Balancia의 검사-재검사의 측정자내 신뢰도는 ICC .793-.939이고, 측정자간 신뢰도 역시 ICC .791-.955로 매우 높은 신뢰수준을 보였다. 또한 타당도 검정에서도 선행연구들에서 타당도가 입증된 Accusway 장비와의 비교에서 ICC .851-.955로 매우 높은 일치도를 보였다. 이러한 결과를 통해 Balancia 프로그램은 뇌졸중 환자의 균형능력을 평가하기에 신뢰도와 타당도가 입증된 유용한 평가 도구라 할 수 있다.

#### References

- [1] Ragnarsdóttir M, "The concept of balance", *Physiotherapy*, Vol. 82, No. 6, pp. 368-375, 1996.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406\(05\)66484-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406(05)66484-X)

- [2] Jarnlo N, "Functional balance tests related to falls among elderly people living in the community", *Eur J Geriatr*, Vol. 5, No. 1, pp. 7-14, 2003.
- [3] Wallmann HW, Gillis CB, Alpert PT, Miller SK, "The effect of a senior jazz dance class on static balance in healthy women over 50 years of age: a pilot study", *Biol Res Nurs*, Vol. 10, No. 3, pp. 257-266, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1099800408322600>
- [4] Vearrier LA, Langan J, Shumway-Cook A, Woollacott M, "An intensive massed practice approach to retraining balance post-stroke", *Gait Posture*, Vol. 22, No. 2, pp. 154-163, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.09.001>
- [5] Dodd KJ, Morris ME, "Lateral pelvic displacement during gait: abnormalities after stroke and changes during the first month of rehabilitation", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 84, No. 8, pp. 1200-1205, 2003.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00142-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00142-4)
- [6] Blum L, Korner-Bitensky N, "Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review", *Phys Ther*, Vol. 88, No. 5, pp. 559-566, 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20070205>
- [7] Gustavsen M, Aamodt G, Mengshoel A, "Measuring balance in sub-acute stroke rehabilitation", *Adv Physiother*, Vol. 8, No. 1, pp. 15-22, 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14038190500494709>
- [8] Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M, "Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance", *Gait Posture*, Vol. 31, No. 3, pp. 307-310, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.11.012>
- [9] Palmieri R, Ingersoll C, Stone M, Krause B, "Center of pressure parameters used in the assessment of postural control", *J Sport Rehabil*, Vol. 11, No. 1, pp. 51-66, 2002.
- [10] Chesnin KJ, Selby-Silverstein L, Besser MP, "Comparison of an in-shoe pressure measurement device to a force plate: concurrent validity of center of pressure measurements", *Gait Posture*, Vol. 12, No. 2, pp. 128-133, 2000.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362\(00\)00071-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362(00)00071-0)
- [11] Young W, Ferguson S, Brault S, Craig C, "Assessing and training standing balance in older adults: a novel approach using the 'Nintendo Wii' Balance Board", *Gait Posture*, Vol. 33, No. 2, pp. 303-305, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.10.089>
- [12] Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M, Negahban H, Ebrahimi I, Talebian S, Jafari AH, Sanjari MA, Sohani SM, Parnianpour M, "Test-retest reliability [corrected] of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability", *Gait Posture*, Vol. 29, No. 3, pp. 460-464, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.11.016>
- [13] Laufer Y, Sivan D, Schwarzmann R, Sprecher E, "Standing balance and functional recovery of patients with right and left hemiparesis in the early stages of rehabilitation", *Neurorehabil Neural Repair*, Vol. 17, No. 4, pp. 207-213, 2003.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0888439003259169>
- [14] DeBolt LS, McCubbin JA, "The effects of home-based resistance exercise on balance, power, and mobility in adults with multiple sclerosis", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 85, No. 2, pp. 290-297, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.003>
- [15] Swanenburg J, de Bruin ED, Favero K, Uebelhart D, Mulder T, "The reliability of postural balance measures in single and dual tasking in elderly fallers and non-fallers", *BMC Musculoskelet Disord*, Vol. 9, No. p. 162, 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2474-9-162>
- [16] Kejonen P, Kauranen K, Ahasan R, Vanharanta H, "Motion analysis measurements of body movements during standing: association with age and sex", *Int J Rehabil Res*, Vol. 25, No. 4, pp. 297-304, 2002.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00004356-200212000-00007>
- [17] Liston RA, Brouwer BJ, "Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the Balance Master", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 77, No. 5, pp. 425-430, 1996.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90028-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90028-3)
- [18] Chaudhry H, Bukiet B, Ji Z, Findley T, "Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods--A brief review", *J Bodyw Mov Ther*, Vol. 15, No. 1, pp. 82-91, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.03.003>
- [19] Manor B, Doherty A, Li L, "The reliability of physical performance measures in peripheral neuropathy", *Gait Posture*, Vol. 28, No. 2, pp. 343-346, 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.01.004>
- [20] Pinsault N, Vuillerme N, "Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance", *Med Eng Phys*, Vol. 31, No. 2, pp. 276-286, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.medengphy.2008.08.003>

- [21] Shih CH, Shih CT, Chiang MS, "A new standing posture detector to enable people with multiple disabilities to control environmental stimulation by changing their standing posture through a commercial Wii Balance Board", Res Dev Disabil, Vol. 31, No. 1, pp. 281-286, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2009.09.013>

**박 대 성(Dae-Sung Park)** [정회원]



- 2005년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2009년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2008년 11월 ~ 현재 : 국립재활원 재활연구소 (보건연구사)

<관심분야>  
운동역학, 재활공학

**이 동 엽(Dong-Yeop Lee)** [정회원]



- 2005년 2월 : 건양대학교 보건복지대학원 (보건학 석사)
- 2008년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>  
신경계 물리치료학, 임상해부학, 임상운동학

**최 성 진(Sung-Jin Choi)** [정회원]



- 2013년 2월 : 대전대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 대학원 물리치료학과 박사과정, 대전웰니스병원 재활치료부 팀장

<관심분야>  
신경계 물리치료학, 운동치료학

**신 원 섭(Won-Seob Shin)** [정회원]



- 2005년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2009년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 대전대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>  
근골격계 물리치료학, 운동치료학