

## 스마트폰을 이용한 균형능력 측정의 신뢰도 연구

이대희, PT, PhD<sup>1</sup>, 한슬기, PT, PhD<sup>2</sup>, 전해주, PT, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>유원대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>대전보건대학교 물리치료학과

A Study on the Reliability of Balance Abilities Measure Using a Smartphone

Dae-Hee Lee, PT, PhD<sup>1</sup>, Seul-Ki Han, PT, PhD<sup>2</sup>, Hye-Joo Jeon, PT, PhD<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>Dept. of Physical Therapy, U1 University, Republic of Korea

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Daejeon Health Institute of Technology, Republic of Korea

**Purpose** The purpose of this study was to investigate the reliability with which static and dynamic balance can be measured using a smartphone. **Methods** Sixty-nine people participated in the study. The smartphone attached to the lower back and tibia. The gyroscope value indicated the dynamic balance ability, and the acceleration value indicated static balance ability on the stable ground and the unstable balance pad. Balance abilities were measured two times at one-day intervals between tests and retests. **Results** On the stable ground, the acceleration value of the tibia showed a high correlation ( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ ), and the gyroscope value of the tibia showed a moderate correlation ( $r>0.50$ ,  $p<0.05$ ). The acceleration value of the lower back showed very high correlation ( $r>0.90$ ,  $p<0.05$ ), and the gyroscope value of the lower back showed a high correlation ( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ ). On the unstable balance pad, the acceleration value of the tibia showed a high correlation ( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ ), and the gyroscope value of the tibia showed a high correlation ( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ ). The acceleration value of the lower back showed high correlation ( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ ), and the gyroscope value of the lower back showed a very high correlation ( $r>0.90$ ,  $p<0.05$ ). All the measurements showed very high agreement ( $ICC>0.75$ ).

**Conclusion** As a result of this study, it was confirmed that the smartphone can be usefully used as devices for the balance ability.

**Key words** Reliability, Correlation, Static balance, Dynamic balance, Smartphone

**Corresponding author** Hye-Joo Jeon (star-002@nate.com)

**Received date** 28 May 2020

**Revised date** 06 June 2020

**Accept date** 12 June 2020

### I. 서론

균형이란 기저면 내에서 신체 중력 중심을 유지하고 신체정렬을 지속적으로 유지할 수 있는 능력을 말하며,<sup>1)</sup> 균형은 크게 정적균형과 동적균형으로 나뉜다. 균형은 크게 정적균형과 동적균형으로 나뉜다. 정적균형은 동작이 없는 상태에서 중력 중심을 기저면 내에 두어 자세를 유지하는 능력이고, 동적균형은 동작이 있는 상태에서 중력 중심을 기저면 내에 두어 자세를 유지할 수 있는 능력이다.<sup>2)</sup> 이러한 균형능력이 감소되면 기능적인 활동이 제한되며, 균형능력의 평가를 통해 낙상의 위험을 예측할 수 있기 때문에 객관적인 측정이 매우 중요하다고 볼 수 있다.<sup>3)</sup>

균형능력을 측정하는 장비들은 MTD-Balance system<sup>4)</sup>,

Biodex Balance system<sup>5)</sup> 등이 주로 사용 되고 있으나, 고가의 장비로 별도의 공간과 기술이 요구되는 단점이 있다.<sup>6)</sup> 최근에 이러한 단점을 보완할 수 있는 스마트폰을 활용한 다양한 연구들이 이루어지고 있으며,<sup>7,8)</sup> 이전 연구에서는 다양한 스마트폰과 동적균형과제 그리고 다양한 질환과 연령을 대상으로 한 연구가 계속 이루어져야 할 것이라고 하였다.<sup>9)</sup> 최근 스마트폰 어플리케이션을 이용한 정적 균형능력의 신뢰도에 대한 연구가 있었지만,<sup>10)</sup> 동적 균형능력에 대한 연구는 현재 보고된 바가 없으며, 현재 스마트폰의 가속도 센서를 이용한 균형능력 측정에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 널리 보급된 스마트폰의 가속도 센서와 자이로스코프 센서를 모두 활용한 어플리케이션에서 측정값을 추출하여 다양한 연령대를 대상으로 균형능력 측정 시 스마트폰의 신뢰도를 알아보려고 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2019년 4월 1일부터 8월 31일 까지 총4개월간 다양한 연령대의 성인 남녀 69명을 대상으로 하였으며, 선정기준은 다음과 같았다.

- 중재 수행 동안 독립적으로 선 자세를 유지할 수 있는 사람
- 중추신경계, 안뜰계, 시각이 손상되지 않은 사람
- 연구과정에서 지시에 따라 행동할 수 있는 사람
- 본 연구 참여에 자발적으로 동의한 사람

본 연구는 유원대학교 윤리심의위원회의 심의를 거쳐 윤리 승인을 받았으며, 연구 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

### 2. 측정도구 및 측정방법

본 연구에서 사용한 스마트폰은 갤럭시 S8(Galaxy S8, Samsung) 이었으며, 애플리케이션은 Sensor Kinetics Pro (Ver.2.1.2, INNOVENTIONS Inc, US)를 사용하였다. Sensor Kinetics Pro는 스마트폰의 움직임에 대해 가속도와 자이로스코프 센서 측정값을 동시에 기록할 수 있다. 표본 추출률은 50Hz로 한다. 동적균형과 정적균형 측정을 위해 안정 지지면인 편평한 바닥면과 불안정 지지면인 밸런스패드(Airex Balance Pad, Airex, Swiss)를 사용하였으며, 스마트폰을 신체에 부착하기 위한 스포츠 암밴드(Arm band)를 사용하였다. 스마트폰은 가로 모드로 하여 우세측 종아리뼈머리의 아래 5~8cm와 허리척추뼈 3번에 부착하였다. 안정지지면에서 눈을 감은 뒤 파라오자세(Figure 1), 불안정 지지면에서 차려 자세로(Figure 2) 각각 30초간 2회 측정하였으며 하루 간격으로 검사-재검사를 시행하였다.



Figure 1. Balance ability on the stable ground.



Figure 2. Balance ability on the unstable balance pad.

Table 1. General characteristics of the subjects

Variables	Mean±SD
Gender (M/F)	25/44
Age (years)	53.57±21.23
Height (cm)	161.81±8.19
Weight (kg)	61.87±13.50

### 3. 분석방법

본 연구의 통계분석을 위하여 엑셀(Excel Microsoft Office 365 ProPlus, v.1707, Microsoft, US)과 SPSS 18.0을 사용하였고 유의수준은 0.05로 하였으며, 산출된 값들의 공식은 아래와 같다.

$$\text{Total값} = \sqrt{\text{Yaw}^2 + \text{Pitch}^2 + \text{Roll}^2}$$

위 공식으로 산출된 값의 1차, 2차 차이 값(변화량)을 구하여 측정된 시간의 데이터를 모두 더한 다음 데이터의 수만큼 나눠 평균 변화량을 구하였으며, 스마트폰의 1차, 2차 측정값의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨의 상관분석을 실시하였고, 스마트폰의 1차, 2차 측정값의 신뢰도를 알아보기 위해 급내상관계수(ICC (3,1))실시하였다.

## III. 결과

### 1. 안정지지면에서 정강이에 부착한 스마트폰의 측정값 신뢰도

1차 측정과 2차 측정 시 안정지지면에서 정강이에 부착한 스마트폰에서 추출한 가속도센서 측정값은 높은 상관관계( $r>0.70$ ,  $p<0.50$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보이며 자이로스코프센서 측정값은 중간정도의 상관관계( $r>0.50$ ,  $p<0.50$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보였다(Table 2).

**2. 안정지지면에서 허리에 부착한 스마트폰의 측정값 신뢰도**  
 1차 측정과 2차 측정 시 안정지지면에서 허리에 부착한 스마트폰에서 추출한 가속도센서 측정값은 매우 높은 상관관계( $r>0.90$ ,  $p<0.05$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보이며 자이로스코프센서 측정값은 높은 상관관계( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보였다(Table 3).

**3. 불안정지지면에서 정강이에 부착한 스마트폰의 측정값 신뢰도**  
 1차 측정과 2차 측정 시 불안정지지면에서 정강이에 부착한 스마트폰에서 추출한 가속도센서 측정값은 높은 상관관계( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보이며 자이로스코프센서 측정값은 높은 상관관계( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보였다(Table 4).

**4. 불안정지지면에서 허리에 부착한 스마트폰의 측정값 신뢰도**  
 1차 측정과 2차 측정 시 불안정지지면에서 허리에 부착한 스

마트폰에서 추출한 가속도센서 측정값은 높은 상관관계( $r>0.70$ ,  $p<0.05$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보이며 자이로스코프센서 측정값은 매우 높은 상관관계( $r>0.90$ ,  $p<0.05$ )와 매우 높은 일치도( $ICC>0.75$ )를 보였다(Table 5).

#### IV. 고찰

본 연구는 널리 보급된 스마트폰의 애플리케이션을 통해 자이로스코프센서와 가속도센서의 값을 추출해서 다양한 연령대의 균형능력 측정 시 스마트폰의 신뢰도를 알아보고자 하였다. Jeremy 등<sup>11)</sup>은 균형능력을 측정하는데 있어서 스마트폰의 타당도에 관한 연구를 통해 스마트폰이 기존의 균형장비들과 측정값이 일치한다고 보고하였다. Chung<sup>12)</sup>의 연구에서는 발목관절에서 멀어질수록 지렛대의 길이가 길어지고 자유도가 높아져 약간의 흔들림에도 움직임의 양이 많아지고 이에 가속도 값이 과도하게 표현된다고 하였고, Shah<sup>13)</sup>의 연구에서는

**Table 2. Reliability of balance abilities measure in tibia on the stable ground.**

Variables	Mean±SD		Difference	Pearson correlation		ICC
	1st test	2nd test		r	p	
Acceleration	12.97±4.414	13.076±5.063	2.457±1.778	0.802**	<0.01	0.885 <sup>††</sup>
Gyroscope	3.045±1.718	2.886±1.254	0.726±1.058	0.672*	<0.01	0.780 <sup>††</sup>

\*0.70>r>0.50; \*\*0.90>r>0.70; \*\*\*r>0.90; †0.75>ICC>0.60; ††ICC>0.75.

**Table 3. Reliability of balance abilities measure in low back on the stable ground.**

Variables	Mean±SD		Difference	Pearson correlation		ICC
	1st test	2nd test		r	p	
Acceleration	16.353±8.176	15.856±8.093	2.697±2.171	0.911***	<0.01	0.953 <sup>††</sup>
Gyroscope	3.627±2.022	3.544±1.942	0.67±0.677	0.885**	<0.01	0.939 <sup>††</sup>

\*0.70>r>0.50; \*\*0.90>r>0.70; \*\*\*r>0.90; †0.75>ICC>0.60; ††ICC>0.75.

**Table 4. Reliability of balance abilities measure in tibia on the unstable balance pad.**

Variables	Mean±SD		Difference	Pearson correlation		ICC
	1st test	2nd test		r	p	
Acceleration	34.043±18.464	34.163±20.022	7.381±6.119	0.878**	<0.01	0.933 <sup>††</sup>
Gyroscope	8.393±4.946	7.788±4.471	2.068±1.902	0.834**	<0.01	0.907 <sup>††</sup>

\*0.70>r>0.50; \*\*0.90>r>0.70; \*\*\*r>0.90; †0.75>ICC>0.60; ††ICC>0.75.

**Table 5. Reliability of balance abilities measure in low back on the unstable balance pad.**

Variables	Mean±SD		Difference	Pearson correlation		ICC
	1st test	2nd test		r	p	
Acceleration	28.943±14.971	28.275±14.554	5.927±6.548	0.821**	<0.01	0.902 <sup>††</sup>
Gyroscope	6.913±3.935	6.394±3.479	1.318±1.186	0.902***	<0.01	0.945 <sup>††</sup>

\*0.70>r>0.50; \*\*0.90>r>0.70; \*\*\*r>0.90; †0.75>ICC>0.60; ††ICC>0.75.

스마트폰에 내장된 가속도센서를 이용하여 균형능력을 측정할 때, 허리에 부착하는 것보다 무릎 주변에 부착하는 것이 더 신뢰할 수 있다고 보고하였다. 그러므로 본 연구에서는 측정 시 높이의 통일성을 주기 위해서 대상자의 키를 고려하여 비교적 측진이 쉬운 종아리뼈머리 아래 5~8cm 높이의 정강이에 스마트폰을 부착하였으며, 몸통의 흔들림을 측정하기 위해서는 허리에 스마트폰을 부착하여 진행하였다.

신뢰도는 동일한 대상과 측정장비를 이용하여 반복 측정하여 그 값이 일정한 것인지를 나타내는 것이다.<sup>14)</sup> 이에 본 연구에서도 1차, 2차측정으로 각각 나누어 반복 측정하였다.

기존 고가의 균형능력 측정 장비들의 연구에서 ICC 값을 보면, 뇌졸중 환자의 균형능력을 측정한 Good Balance system의 값은 0.69~0.93 이었으며,<sup>15)</sup> 한발서기 균형능력을 측정한 Biodex balance system의 값은 0.77이었다.<sup>16)</sup> 본 연구에서 동적균형 능력을 측정하기 위해 사용한 자이로스코프 센서의 ICC는 0.780~0.945로 매우 높게 나타났으며, 정적균형을 측정하기 위해 사용한 가속도센서의 ICC는 0.885~0.953으로 매우 높게 나타났다. Galán-Mercant<sup>17)</sup>의 연구에서도 스마트폰에 탑재된 센서의 값을 이용하여 균형능력을 측정하는 바가 있으며, 스마트폰의 센서 값이 균형능력을 측정하는데 있어서 적합하다는 본 연구의 결과를 뒷받침 해주고 있다. 이러한 연구결과로 보아 앞으로 스마트폰이 균형능력을 측정하는데 있어서 유용하게 사용될 수 있을 것이며, Park<sup>18)</sup>은 기존의 균형능력을 측정하는 장비들이 고가이므로 더 경제적이고 즉시, 사용이 가능한 균형능력 측정장비가 요구된다고 하였다. 본 연구에서는 일반인 만을 대상으로 측정을 하였지만, 향후 신경학적 질환을 가진 환자를 대상으로 측정이 더 필요할 것으로 보이며, 보다 더 간편하고 전문적인 어플리케이션이 개발되어야 할 것이다.

그럼에도 불구하고 기존의 젊고 건강하여 비교적 우수한 균형능력을 가진 대상자만으로 연구한 연구들에 비해, 본 연구는 다양한 균형능력을 가진 대상자들을 대상으로 진행하였다는 점에서 가치가 있다고 생각한다.

## References

- Nichols DS, Miller L, Colby LA, et al. Sitting balance: its relation to function in individuals with hemiparesis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1996;77(9):865-9.
- Berger L, Klein C, Commandeur M. Evaluation of the immediate and midterm effects of mobilization in hot spa water on static and dynamic balance in elderly subjects. *Annales de réadaptation et de médecine physique*; 2008: Elsevier.
- Jarnlo GB. Functional balance tests related to falls among community-dwelling elderly. *European Journal of Geriatrics*. 2003;1(5):7-14.
- Zhai H, Wang Y, Wang Y, et al. Validity and Sensitivity of MTD-balance Systems in the Assessment of Balance Function. *Shenzhen J Integrated Traditional Chinese and Western Med*. 2005;2(002).
- Cachupe WJ, Shifflett B, Kahanov L, et al. Reliability of biodex balance system measures. *Measurement in physical education and exercise science*. 2001;5(2): 97-108.
- Chang WD, Chang WY, Lee CL, et al. Validity and reliability of wii fit balance board for the assessment of balance of healthy young adults and the elderly. *Journal of physical therapy science*. 2013;25(10):1251-3.
- Jung P, Lee SW, Song CG, Kim D. Counting walk-steps and detection of phone's orientation/position using inertial sensors of smartphones. *Journal of KIISE: Computing Practices and Letters*. 2013;13(1):46-50.
- Yang HK, Yong H. Real-Time Physical Activity Recognition Using Tri-axis Accelerometer of Smart Phone. *Journal of Korea Multimedia Society*. 2014;17(4):506-13.
- Han SK, Lee SY, Lee DH, et al. Validity study of dynamic balance abilities measure using a smartphone. *Korean Society of Physical Medicine*. 2016;11(2):77-82.
- Han SK, Lee IH, Park NR. Reliability of static balance abilities measure using a smartphone's acceleration sensor. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2016;17(6):233-8.
- Jeremy AP, Amick RZ, Thummar T, et al. Validation of measures from the smartphone sway balance application: a pilot study. *International journal of sports physical therapy*. 2014;9(2):135.
- Chung CC, Soangra R, Lockhart TE. Recurrence quantitative analysis of postural sway using force plate and smartphone. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*; 2014:1271-5.
- Shah N, Aleong R, So I. Novel use of a smartphone to measure standing balance. *JMIR rehabilitation and assistive technologies*. 2016;3(1):e4.
- Won CW, Rho YG, Kim SY, et al. The validity and reliability of Korean Activities of Daily Living (K-ADL) scale. *J Korean Geriatr Soc*. 2002;6(2):98.
- Ha H, Cho K, Lee W. Reliability of the Good Balance

- System® for postural sway measurement in poststroke patients. *Journal of physical therapy science*. 2014;26(1): 121-4.
16. Arifin N, Osman NAA, Abas WABW. Intrarater test-retest reliability of static and dynamic stability indexes measurement using the Biodex Stability System during unilateral stance. *Journal of applied biomechanics*. 2014;30(2):300-4.
  17. Galán-Mercant A, Barón-López FJ, Labajos-Manzanares MT, et al. Reliability and criterion-related validity with a smartphone used in timed-up-and-go test. *Biomedical engineering online*. 2014;13(1):156.
  18. Park DS, Lee DY, Choi SJ, et al. Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2013;14(6): 2767-72.

