

스마트폰을 이용한 동적균형능력 측정의 타당도 연구

한슬기 · 이상용 · 이대희 · 박정서^{1†}

영동대학교 물리치료학과, ¹대전과학기술대학교 물리치료학과

Validity Study of Dynamic Balance Abilities Measure using a Smartphone

Seul-Ki Han, PhD, PT · Sang-Yong Lee, PhD, PT
Dae-Hee Lee, PhD, PT · Jung-Seo Park, PhD, PT^{1†}

Dept. of Physical Therapy, Youngdong University

¹Dept. of Physical Therapy, Daejeon Institute of Science and Technology

Received: March 28, 2016 / Revised: April 5, 2016 / Accepted: April 22, 2016

© 2016 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the validity of dynamic balance measurements using a smartphone.

METHODS: Thirty subjects were selected out of Y-university students without fractures, operation history, and inflammatory arthritis who had not started regular exercise during the past three months. Their dynamic balance ability was measured by the Biodex Balance System (Biodex Medical Systems, Inc., USA) using smartphones. The smartphone utilized in this study was the Galaxy Note4 LTE (SM-N910K, Samsung, Korea), and the application was the Sensor Kinetics pro (Ver.2.1.2, INNOVENTIONS Inc, US). The dynamic balance ability was measured in triplicate.

RESULTS: With eyes closed, a low level of correlation

($r > 0.30$, $p < 0.05$) and low reliability ($ICC > 0.60$) were determined between the roll value of the smartphone gyroscope versus the medial/lateral score of the Biodex Balance System. With eyes closed, a low level of correlation ($r > 0.30$, $p < 0.05$) and low reliability ($ICC > 0.60$) were determined between the total value of the smartphone gyroscope versus the total score of the Biodex Balance System.

CONCLUSION: This study indicated that using a smartphone can generate highly limited data regarding balance ability. They are unlikely to replace the existing more expensive devices entirely. However, smartphones may be highly useful in environments in which an expensive device is not available or when dynamic balance ability should be measured immediately or within a few hours.

Key Words: Dynamic balance ability, Dynamic balance measurement, Gyroscop, Smartphone, Validity

†Corresponding Author : emotion526@naver.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

균형은 최소한의 흔들림으로 바닥면 내에서 신체 중력중심을 유지하는 능력이다. 균형능력의 상실은 치료적 중재나 재활에 문제를 일으키고 일상생활의 원활한 수행에 장애를 초래하며 나아가 낙상이나 골절 등 다른 상해의 원인이 되기 때문에(Kim 등, 1998; Geurts 등, 1996) 균형능력을 평가하는 것은 중요하다. 균형능력을 평가하는 장비로는 EquiTest (Neuro International Inc, USA) (Yang과 Lee, 2002)와 Balance Master system (Natus Medical Incorporated, USA) (Lee과 Yoon, 2002), Biodex Balance System (Biodex Medical Systems, USA) (Jung과 Choi, 2014; Jung 등, 2013), Tetrax (Sunlight Medical Ltd., Israel) (Lee 등, 2010), Bio-rescue (RM INGENIERIE, Rodez, France) (Son, 2015) 등이 이용되고 있다. 균형능력을 평가하는 장비들은 객관적인 정보를 제공하지만 대부분은 고가의 장비들이며(Tyson and Desouza, 2002) 별도의 공간이 요구되기 때문에 보편화 되지 않는다는 단점을 가지고 있다.

반면, 스마트폰은 우리 주변에서 흔하게 접할 수 있다. 또한 스마트폰은 다양한 센서 기술이 접목이 되어 있어 측정 장비로도 사용될 수 있고 특히, 3축 가속도 센서와 자이로스코프 센서가 내장되어 있으며(Yang과 Yong, 2012), 이것을 이용하여 인체 움직임의 방향과 세기를 측정할 수 있을 것이다(Lee, 2011). Jung 등(2013)은 스마트폰을 이용하여 보행 시, 보행 빈도를 측정하는 연구를 발표하였고(Jung 등, 2013) Yang과 Yong (2014)은 스마트폰을 이용한 동작인식에 대한 연구를 발표하였다(Yang과 Yong, 2014). 그리고 Lim 등(2015)은 스마트폰으로 어깨관절가동범위를 측정하는 연구를 발표하였고(Lim 등, 2015) Matsumura와 Yamakoshi (2013)는 스마트폰을 이용하여 심박수를 측정하는 연구를 진행하였다(Matsumura과 Yamakoshi, 2013).

한편, 동적균형능력 측정 장비로서 스마트폰의 타당도에 관한 연구는 부족한 실정이다. 스마트폰으로 기존에 많이 사용되고 있는 고가의 장비들을 대체할 수 있다면, 많은 비용과 노력이 절감될 것이고 좀 더 자주 객관적인 정보를 치료사와 환자에게 제공할 수 있게 될 것이

다. 이를 위해서는 스마트폰에서 제공받을 수 있는 측정값과 기존의 동적균형능력 장비를 통해 확인된 측정값이 얼마나 연관성이 있고 일치하는지 확인할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 Biodex Balance system과 스마트폰을 이용한 동적균형능력 측정을 비교하여 스마트폰을 이용한 동적균형능력 측정의 타당도를 알아보고자 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구는 충북지역의 Y대학에 재학 중인 20~30세의 건강한 학생 30명을 대상으로 하였고 구체적인 선정기준은 다음과 같다.

- 최근 1주일 이내에 정기적이지 않은 과도한 운동을 하지 아니한 자
- 시력 안뜰계 질환으로 일상생활에서 넘어짐에 대한 경험이 없는 자
- 근골격계, 신경계 질환이나 손상이 없는 자
- 본 연구에 자발적으로 동의한 자

본 연구는 영동대학교 윤리심의위원회의 심의를 거쳐 윤리승인을 받았다. 연구대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Demographic characteristics of the subjects

	Mean±SD
Gender (M/F)	15/15
Age (year)	20.00±2.33
Height	169.17±8.66
Weight	61.87±11.01

2. 스마트폰과 어플리케이션

본 연구에서 사용한 스마트폰은 Galaxy Note4 LTE (SM-N910K, Samsung, Korea)이었으며 운영체제는 android 5.1.1v이었다. 어플리케이션은 Sensor Kinetics pro (Ver.2.1.2,

INNOVENTIONS Inc, US)를 사용하였다. Sensor Kinetics pro는 스마트폰의 움직임에 대해 가속도와 자이로스코프 값을 동시에 기록할 수 있다. 그리고 기록된 측정값은 확장자명 .csv로 변환되며 모든 측정값은 메일이나 클라우드 드라이브 등으로 전송하여 컴퓨터에서 엑셀(excel)로 편집이 가능하다. 표본추출률(sampling rate)은 50 Hz로 하였다.

3. Biodex Balance System

Biodex Balance System (Biodex Medical Systems, USA)은 움직이는 원형 발판과 눈으로 보며 목표물을 인지하여 확인할 수 있는 모니터, 움직임을 측정하는 센서 자료 분석을 위한 컴퓨터로 구성되어 있다. 발판의 테스트 적용레벨은 1부터 12까지 있으며, 레벨의 숫자가 감소할수록 발판의 움직임이 커져 동적균형 과제의 난이도가 어려워진다. 본 실험에서는 테스트 적용레벨을 8로 적용하였다.

4. 측정방법

연구대상자의 동적균형능력은 스마트폰과 Biodex Balance System을 이용해서 동시에 측정하였다. 균형 측정 시 스마트폰은 Lee (2003)의 연구를 참고하여 그림 1과 같이 스판으로 제작한 벨크로와 방수팩을 이용하여 스마트폰을 허리띠 3번과 4번 사이 피부 위에 고정하였다(Lee, 2003). 연구대상자는 맨발로 Biodex Balance System의 균형판에 양발을 붙이고 서서 양손은 각각 반대편 어깨를 잡도록 하여 서도록 하였다. 스마트폰의 균형능력측정이 시작되고 3초 후 Biodex Balance System을 통해 동적균형능력 측정이 이루어졌으며, 30초 후 Biodex Balance System은 측정이 완료되었고 다시 3초 후 스마트폰의 균형능력 측정이 완료되었다.

측정 시, 연구대상자에게 측정방법에 대해 설명하고 시범을 보여주었고 눈을 뜨고 3회, 눈을 감고 3회 실시하였다.

5. 분석방법

본 연구의 통계분석을 위하여 SPSS 12.0을 사용하였고 유의수준은 0.05로 하였다. 스마트폰에서 추출된 값

은 측정 시작 3초와 마지막 3초는 제외하고 사용하였다.

스마트폰 가속도 Total 값 및 자이로스코프의 Total 값의 산출 공식은 아래와 같다.

$$\text{가속도 Total값} = \sqrt{Y^2 + Z^2}$$

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

스마트폰의 가속도 Total값을 산출할 때 사용된 Y축 값은 90를 빼고 사용하였고 자이로스코프 값은 모든 값에 1,000을 곱하여 사용하였다. 그리고 본 연구의 통계분석에 사용된 값은 Biodex Balance System과 스마트폰의 가속도 및 자이로스코프에서 각각 추출된 값은 단위가 일치하지 않으므로 각각 측정된 값의 순위의 평균값을 사용하였다.

Biodex Balance System과 스마트폰 사이에 상관관계를 알아보기 위해서 Spearman의 상관분석을 실시하였고 일치도를 알아보기 위해 급내상관계수(ICC)를 확인하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 스마트폰 가속도와 Biodex Balance System 비교
스마트폰 가속도와 Biodex Balance System 모든 항목에서 유의한 상관관계를 확인할 수 없었고($p>0.05$), 0.60이상의 일치도를 확인할 수 없었다(Table 2).

2. 스마트폰 자이로스코프와 Biodex Balance System 비교

눈을 감은 상태에서 Biodex Balance System의 안팎균형점수와 스마트폰 자이로스코프의 Roll값 그리고 Biodex Balance System의 전체균형점수와 스마트폰 자이로스코프의 Total값은 약한 양의 상관관계를 보였고($r>0.30$, $p<0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 있었다.

나머지 항목에서는 유의한 상관관계를 확인할 수 없었고($p>0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 없었다(Table 3).

Table 2. Correlation and conformity between smartphone acceleration and Biodex Balance System

	Smart phone	Biodex Balance System	r (p) ¹⁾	ICC ²⁾
Open eye	Y axis	Anterior/Posterior score	0.18 (0.35)	0.33
	Z axis	Medial/Lateral score	0.17 (0.36)	-0.14
	Total	Total Score	-0.06 (0.75)	-0.09
Closed eye	Y axis	Anterior/Posterior score	0.11 (0.57)	0.34
	Z axis	Medial/Lateral score	0.01 (0.97)	0.01
	Total ³⁾	Total Score	0.01 (0.95)	0.18

¹⁾ Spearman correlation : *p<0.05, **p<0.01

²⁾ *ICC>0.60, **ICC>0.80

³⁾ Total: $\sqrt{Y^2 + Z^2}$

Table 3. Correlation and conformity between smartphone gyroscope and Biodex Balance System

	Smart phone	Biodex Balance System	r (p) ¹⁾	ICC ²⁾
Open eye	Pitch	Anterior/Posterior score	0.22 (0.24)	0.28
	Roll	Medial/Lateral score	0.12 (0.53)	0.32
	Total	Total Score	0.31 (0.10)	-0.15
Closed eye	Pitch	Anterior/Posterior score	0.20 (0.28)	0.33
	Roll	Medial/Lateral score	0.39 (0.04)*	0.63*
	Total ³⁾	Total Score	0.49 (0.01)**	0.66*

¹⁾ Spearman correlation : *p<0.05, **p<0.01

²⁾ *ICC>0.60, **ICC>0.80

³⁾ Total: $\sqrt{\text{Pitch}^2 + \text{Roll}^2}$

IV. 고 찰

본 연구는 Biodex Balance system과 스마트폰을 이용한 동적균형능력 측정을 비교하여 스마트폰을 이용한 동적균형능력 측정의 타당도를 알아보고자 실시하였다.

본 연구에서 Biodex Balance System 발판의 테스트 적용 레벨은 8로 하였다. 이것은 사전연구를 통해 연구 대상자들이 눈을 감고 양팔을 모으고도 안전하게 넘어 지지 않고 측정을 완료할 수 있는 가장 난이도 높은 수준이었기 때문이었다. 본 연구에서 스마트폰의 가속도 Y축에 모든 값에 90을 차감하여 분석하였다. 그것은 스마트폰을 세워서 사용한 관계로 기준이 되는 값이 90부터 시작하였기 때문이다. 또한 스마트폰의 자이로스코프의 모든 값은 1,000을 곱하여 사용하였다. 그것은 추출된 값이 너무 작기 때문이었다.

Patterson 등(2014)은 균형능력 측정에 있어 스마트폰의 타당도에 대해 연구하여 스마트폰이 기존의 장비들과 일치한다고 하였다(Patterson 등, 2014). 반면, 본 연구에서는 눈을 감은 상태에서 자이로스코프 값 중 Roll과 Total에서만 의미있는 수치를 확인할 수 있었다. 이것은 Patterson 등(2014)과 본 연구에서 사용한 기존의 검증된 균형능력 장비가 각각 Good Balance System과 Biodex Balance System으로 차이가 있었고 특히, 본 연구에서는 양 발로 서서 측정하였지만 Patterson 등(2014)은 한발서기로 측정하여 과제 난이도에 차이가 있었다. 본 연구에서도 눈을 뜬 상태보다는 눈을 감은 상태에서 더 일치도가 높았고 본 연구보다 난이도가 높은 한발서기로 스마트폰의 균형능력 측정을 실시한 Patterson 등(2014)은 기존의 장비들과 일치한다고 한 것으로 보아 스마트폰을 사용한 균형능력 측정은 좀 더 어려운 균형

과제에서 좀 더 신뢰할 수 있는 측정방법일 것이라고 생각된다.

Park 등(2013)은 기존의 균형능력 측정장비들이 고가이고 일부 교육기관과 대형병원이나 연구소에만 있어 좀 더 경제적이고 즉시, 사용이 가능한 균형능력 측정장비가 요구된다고 하였고(Park 등, 2013), Chang 등(2013)도 기존의 균형능력 측정장비들이 전문가에 의해서만 다루어질 수 있다고 지적하였다(Chang 등, 2013). 본 연구에 사용된 어플리케이션 Sensor Kinetics pro도 연구자들을 위한 어플리케이션으로 스마트폰의 관성센서 정보를 수치화하여 연구에 활용할 수 있었지만 측정 시 스마트폰을 계속 조작해주어야 했고 이것이 예민한 동요에 영향을 주었을 수도 있다고 생각된다. 또한 측정된 데이터를 컴퓨터로 옮기고 산출하는 과정이 가능하였지만 그 과정이 너무 오래 걸리고 인력 소모도 큰 작업이었다. 그러나 이러한 작업이 매우 전문적인 기술이나 어려운 산술과정이 요구되는 것은 아니었다. 그러므로 향후에 균형능력 측정에 좀 더 전문화된 어플리케이션이 개발된다면, 더 타당하고 실용 가능할 것이라고 생각한다. 이러한 어플리케이션 개발에 본 연구의 과정과 결과가 기여할 것이라고 확신한다. 뿐만 아니라 좀 더 다양한 스마트폰과 동적균형과제 그리고 다양한 질환과 연령을 대상으로 한 연구가 계속되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 스마트폰과 Biodex Balance System을 이용한 동적균형능력 측정을 비교하여 스마트폰을 이용한 동적균형능력 측정의 타당도를 알아보고자 건강한 성인 30명을 대상으로 실시하였다.

구체적인 연구결과는 다음과 같다.

1. 스마트폰 가속도는 모든 항목에서 Biodex Balance System과 유의한 상관관계를 확인할 수 없었고 ($p>0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 없었다.
2. 스마트폰 자이로스코프의 눈을 뜬 상태의 모든 항목에서 Biodex Balance System과 유의한 상관

관계를 확인할 수 없었고($p>0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 없었다.

3. 스마트폰 자이로스코프의 눈을 감은 상태에서 Pitch는 Biodex Balance System의 앞뒤균형점수와 유의한 상관관계를 확인할 수 없었고($p>0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 없었다.
4. 스마트폰 자이로스코프의 눈을 감은 상태에서 Roll값은 Biodex Balance System의 안팎균형점수와 약한 양의 상관관계를 보였고($r>0.30$, $p<0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 있었다.
5. 스마트폰 자이로스코프의 눈을 감은 상태에서 Total값은 Biodex Balance System의 전체균형점수와 약한 양의 상관관계를 보였고($r>0.30$, $p<0.05$), 0.60 이상의 일치도를 확인할 수 있었다.

이와 같은 결과로 보아 스마트폰이 기존의 균형능력 측정장비를 완벽하게 대체할 수는 없을 것으로 생각된다. 그러나 고가의 균형능력 측정장비가 보급되지 않은 현상이나 즉시, 균형능력을 간이검사하고자 한다면, 스마트폰을 이용한 균형능력 검사방법이 사용될 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

References

- 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. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(10):1251-3.
- GEURTS, Alexander CH, Knoop JA, et al. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 1996;77(7):639-44.
- Jung HY, Choi JD. The effects of vestibular sensory stimulation training on balance and gait in the patients with stroke. *KAPTS.* 2014;26(5):365-71.
- Jung PH, Lee SW, Song CG, et al. Counting walk-steps and detection of phone's orientation/position using inertial

- sensors of smartphones. *KTCP*. 2013;19(1):46-50.
- Kim EJ, Kim TS, Bae SS. Fall-related injury and balance of the elderly. *J Korean Soc Phys Med*. 1998;10(2):161-71.
- Lee GC, Yoon JG. The effects of visuo-perceptual biofeedback training on dynamic postural balance in stroke patients. *KAPTS*. 2002;9(2):17-26.
- Lee JB. Gait analysis of the normal and the hemiplegic walking using the acceleration of the CoM. Master's Degree. Yonsei University. 2003.
- Lee NH, Lee J, Lee GN. The effects of treatment With a TETRAX on balance and mobility in acute stroke patients. *PTK*. 2010;17(3):11-9.
- Lee YJ. Study on emergency-monitoring system of the elderly using electrocardiogram, accelerometer, and gyroscope. Master's Degree. Hankyung University. 2011.
- Lim JY, Kim TH, Lee JS. Reliability of measuring the passive range of shoulder horizontal adduction using a smartphone in the supine versus the side-lying position. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(10):3119-22.
- Matsumura K, Yamakoshi T. iPhysioMeter: a new approach for measuring heart rate and normalized pulse volume using only a smartphone. *Behav Res Methods*. 2013;45(4):1272-8.
- 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. *JKAIS*. 2013;14(6):2767-72.
- Patterson JA, Amick RZ, Thummar T, et al. Validation of measures from the smartphone sway balance application: a pilot study. *Int J Sports Phys Ther*. 2014; 9(2):135-9.
- Son HH. The Effects of Stabilization Exercise with Abdominal Breath on Balance and Oswestry Disability Index for Low Back Pain Patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2015;10(1): 107-13.
- TYSON, Sarah, DESOUZA, Lorraine. The measurement of balance post-stroke part 3 instrumented measurement tools. *Physical therapy reviews*. 2002;7(4): 231-41.
- Yang HG, Yong HS. Physical activity recognition using accelerometer of smart phone. *JOK*. 2012;39(2):7-9.
- Yang HG, Yong SH. Real-time physical activity recognition using tri-axis accelerometer of smartphone. *Journal of Korea Multimedia Society*. 2014;17(4):506-13.
- Yang, HS, Lee, KW. Comparison of the balance relations between healthy subjects and patients with chronic low back pain. *Physical Therapy Korea*. 2002;9(2): 1-17.