

가상현실기반과 고전적 스쿼트 운동 방법에 따른 정적, 동적 균형지수 간 상관분석

윤 정 규[†]

[†]남서울대학교 물리치료학과 교수

The Correlation between Static and Dynamic Balance Index according to the Virtual Reality-Based Squat and Conventional Squat Exercise

Yoon Junggyu, PT, Ph.D[†]

[†]Dept. of Physical Therapy, Namseoul University, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to examine the correlation between static and dynamic balance according to the virtual reality-based squat and conventional squat exercise.

Methods : Twenty four participants were randomly assigned to the virtual reality-based squat (VRS) group (n=12) or conventional squat (CS) group (n=12). The static balance (C90 area, C90 angle, trace length, sway average velocity) and dynamic balance (forward, rearward, leftward, rightward) were measured using a force plate by BT4. The VRS group used the virtual reality system during 4 weeks, while the CS group underwent classical squat training. Independent t-test was used to test the homogeneity of the general characteristics of the subjects. The collected data was analyzed using the paired t-test for static and dynamic balance comparisons before and after exercise in both groups and Pearson's test for the correlation between static and dynamic balance according to the measured time. The significance level was set to 0.05.

Results : There was no significant correlation between group and static and dynamic balance related variables ($p > .05$). There was a significant correlation between measurement time and static and dynamic balance related variables ($p < .05$). According to the measurement time, the static balance parameter C90 area in the VRS group after exercise was significantly decreased ($p < .05$). The values of forward, leftward and rightward in the VRS group were significantly increased after exercise ($p < .05$).

Conclusion : It is suggested that 20 normal healthy adult men and women who have normal balance ability can improve their ability to control their posture by improving the balance ability when applying virtual reality-based squat exercise.

Key Words : conventional squat, dynamic balance, static balance, virtual reality-based squat

[†]교신저자 : 윤정규, velsa@nsu.ac.kr

논문접수일 : 2018년 11월 5일 | 수정일 : 2018년 11월 26일 | 게재승인일 : 2018년 11월 30일

※ 이 논문은 2018학년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

I. 서론

최근 가상현실(virtual reality) 기반의 바이오피드백 게임을 이용한 균형훈련이 재활의 다양한 분야에서 적용되고 있는 추세이다(Albiol-Pérez 등, 2017; Prasertsakul 등, 2018). 가상현실기반을 이용한 재활훈련은 치료에 대한 흥미를 유발하고 훈련의 어려움을 감소시키면서도 안전한 방법이라고 보고되었다(Lange 등, 2010; Mao 등, 2014). 신경계손상 환자들을 위한 가상현실기반 재활훈련은 신경조직을 활성화시켜 신경의 가소성(neroplasticity)을 증가시키는데 도움을 줄 수 있다(Betker 등, 2006; Mao 등, 2014).

자세조절은 균형을 유지하면서 공간 내에서 신체의 위치를 조절하는 것이다. 안전한 자세조절을 위해서는 정적, 동적 균형능력이 확보되어야 한다(Hemmati 등, 2017). 정적균형능력은 힘판 위에서 한쪽다리로 서있는 상태(one-legged standing)로 일정시간 동안을 유지함으로써 압력중심점 이동을 통하여 객관적으로 평가할 수 있다(Baratto 등, 2002; Hodges 등, 2003). 동적균형능력은 안정된 지지면에서 균형을 유지하는 동안 불안정한 움직임 과제를 동적으로 수행할 때 측정되는 안정성 한계(limits of stability) 검사를 통하여 측정할 수 있다(Kinzey & Armstrong, 1998). 신경계 손상 또는 연령 증가로 인한 동적균형능력의 저하는 낙상의 위험을 초래할 가능성이 높다(Cho 등, 2014; Ibrahim 등, 2016; Mao 등, 2014). 이러한 문제를 해결하기 위하여 노인들의 균형능력 증진을 위한 가상현실기반 게임을 이용할 때 균형능력이 향상되었으며 낙상의 위험성이 감소하였다(Cho 등, 2014; Ibrahim 등, 2016; Lange 등, 2010). Cho 등(2016)은 가상현실기반 보행훈련이 뇌성마비 아동들의 보행, 균형 및 근력강화에 긍정적 영향을 미쳤다고 보고하였다. 가상현실기반 게임을 통한 시각적 피드백의 제공은 뇌를 활성화시켜 바로 선 자세에서의 균형 능력을 향상시켰으며(Kennedy 등, 2013), 가상현실기반 울동 훈련은 만성 뇌졸중 환자들의 자율신경계 조절능력을 향상시켰다(Sampaio 등, 2016). 또한 Prasertsakul 등(2018)은 40~60대 정상성인에 대한 가상현실기반 훈련을 통해 운동학습 및 자세조절 능력의 향상을 검증하였다.

스쿼트 훈련은 하지의 관절위치감각 향상, 넓다리네갈래근 및 중간볼기근 근력강화를 통해 보행속도 및 신체 균형능력을 향상시킬 수 있다(Osugi 등, 2014). 하지 근력의 향상은 균형능력 향상과 낙상예방에 도움을 준다(Runge 등, 2000). 하지만 스쿼트 운동은 단순한 동작을 반복함으로써 훈련자들에게 지루함과 함께 훈련참여에 대한 동기부여를 저하시킬 수 있다(Lange 등, 2010). 최근 이러한 문제점을 해결하기 위하여 스포츠 현장 및 의료현장에서 가상현실을 기반으로 한 다양한 재활프로그램이 시행되고 있다(Gokeler 등, 2016; Li 등, 2017). 가상현실기반 훈련의 장점은 다양한 가상현실 프로그램을 기반으로 실시되기 때문에 훈련의 지루함을 상쇄시키면서 적극적으로 운동에 참여할 수 있다는 것이다(Albiol-Pérez 등, 2017; Mao 등, 2014). 단순하면서도 지루할 수 있는 스쿼트 운동에 대한 가상현실 프로그램의 적용은 훈련참여에 동기부여를 제공하여 긍정적인 효과를 보일 것이다(Albiol-Pérez 등, 2017; Lange 등, 2010). 지금까지 가상현실기반을 이용한 재활훈련이 신경계손상 환자들과 노인들의 균형 및 보행에 긍정적 영향을 미쳤다는 연구는 다수 있었으나(Cho 등, 2014; Ibrahim 등, 2016; Kennedy 등, 2013; Lange 등, 2010), 하지 균형능력에 중요한 영향을 미치는 스쿼트 운동을 기반으로 가상현실게임을 적용하여 균형능력의 변화를 알아본 연구는 미흡한 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 가상현실기반과 고전적 스쿼트 운동 방법에 따른 정적, 동적 균형지수 간 상관분석을 통하여 두 변수간의 관련성을 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구는 20대 성인 남녀 24명을 무작위 선정한 후 제비뽑기 방식을 통하여 가상현실기반 스쿼트 게임군 12명, 고전적 스쿼트 운동군 12명으로 무작위 배치하였다. 남녀간의 성별차이에 대한 선정오차를 제거하기 위하여 집단별 남녀 비율은 동일하게 적용하였다. 대상자의 선정조건은 균형능력에 영향을 미칠 수 있는 근육뼈대계, 신경계

및 심혈관계에 이상이 없는 자, 최소한 실험 12시간 전에 자세조절에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 약도 복용하지 않은 자, 최소한 실험 12시간 전에 알콜 섭취를 하지 않은 자, 체감형 비디오 게임을 체험하지 않은 자로 설정하였다. 대상자 배제조건은 독립적으로 보행이 불가능한 자, 균형 관련 기능장애를 가지고 있는 자, 연구자의 지시에 따를 수 없거나 연구절차에 대한 설명을 이해할 수 없는 자로 설정하였다(Prasertsakul 등, 2018). 모든 대상자들은 실험 전 연구 목적과 방법에 대해 설명을 듣고 실험동의서에 자발적으로 서명하였다. 본 연구에 참여한 대상들의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

1) 실험절차

연구대상자들은 실험 전 연구 목적과 방법에 대해 설명을 듣고 실험동의서에 자발적으로 서명하였다. 사전 검사로 대상자들의 일반적 특성을 알아보기 위하여 성별, 연령, 체중, 신장을 알아본다. 스쿼트 운동전 정적, 동적 균형능력에 대한 기초선 자료를 사전 측정한다. 본 연구에서 고전적 스쿼트 운동군은 어깨 넓이의 120 %로 양 발을 벌렸으며 발 위치 또한 굽힘이 용이하도록 15° 정도 가쪽돌림 시켰다. 몸통은 척추가 중립상태를 유지할 수 있도록 스쿼트를 수행하였다. 스쿼트 운동 시 무릎관절을 90° 굽혔다가 다시 기립자세로 펴하였고 무릎관절 굽힘 시에 무릎이 발 앞쪽으로 나가지 않도록 하였으며 넓다리가 지면과 수평을 이룰 때까지 무릎을 굽힘하도록 교육시켰다(Kang 등, 2013). 가상현실기반 스쿼트 게임군은 가상현실기반 적용 게임기(Xbox 360 Kinect, Microsoft Co., USA)를 이용하여 스쿼트 운동프로그램을 적용하였다. 운동 프로그램에서 사용되는 키넥트는 깊이 센서(depth sensor)를 이용하여 포착된 사용자의 이미지로부터 연산을 통해 관절을 구성하고 몸짓을 인식하여 명령을 수행하였다(Pagliano 등, 2018). 스쿼트 훈련은 총 4주간 실시되었으며 주 3일, 8회를 1세트로 총 6세트로 실시되었다. 세트 간 휴식시간은 1분으로 설정하였다(Heaselgrave 등, 2018). 본 실험은 사전 검사에 대한 전이효과를 방지하기 위하여 사전 검사 24시간 후에

실시되었으며 운동적용 기간은 가상현실기반 스쿼트 게임군과 고전적 스쿼트 운동군 모두에게 동일하게 적용하였다. 사후측정은 4주간의 훈련이 종료된 후 사전측정과 동일하게 실시되었다.

2) 측정장비 및 변수

(1) 키와 몸무게 측정

대상자들의 신장과 체중을 측정하기 위해 자동신장계(BSM 330, Biospace, Korea)를 이용하였다.

(2) 정적균형측정

본 연구에서는 안정성 한계(limits of stability), 안정된 지지면에서의 균형검사, 불안정한 지지면에서의 균형능력검사 등 10여 가지의 균형관련 검사 및 훈련을 할 수 있도록 고안된 균형능력측정장비(BT4, HUR labs, Finland)를 이용하여 대상자들의 정적 균형관련 지수(C90 area, C90 angle, trace length, sway average velocity)를 측정하였고, 동적 균형관련 지수인 앞, 뒤, 좌, 우측로의 이동 가능 범위를 측정하였다. BT4의 구성은 200 kg의 무게를 견딜 수 있는 12 kg의 알루미늄 힌판 1대, 내장 컴퓨터와 모니터, 안전을 위한 측면지지대가 포함되어있다. 본 장비의 검사-재검사 방법에서 급내상관계수 ICCs(2, 1)=0.77~0.94로 측정신뢰도가 높은 것으로 나타났다(Granacher 등, 2011).

- ① C90 area(mm²): 압력중심점(Center of Pressure: COP)이 움직인 범위를 나타내며 수치가 클수록 균형 능력이 저하됨을 의미한다.
- ② C90 angle(°): 정중선인 신체 중심축에 대해 안쪽-가쪽으로 움직인 각도를 나타내며 수치가 클수록 자세 비대칭이 심해짐을 의미한다.
- ③ Trace length(mm): 압력중심점이 움직인 거리를 나타내며 수치가 클수록 균형 능력이 저하됨을 의미한다.
- ④ Sway average velocity(mm/s): 일정한 측정시간 동안에 움직인 trace length(mm)를 측정시간으로 나눈 값을 나타내며 수치가 클수록 자세 및 균형조절 능력 떨어지며 노인인 경우 낙상의 위험이 커짐을 의미한다.

균형평가는 실험환경으로 인한 오염변인을 최소화하기 위해 실험실에서 시행되었다. 피험자는 신발을 벗은 채로 양발을 힘판 위에 위치시키고, 지지대를 잡고 편안한 자세로 서게 하였다. 균형유지 능력 중 정적 균형을 평가하기 위해서 한발서기 검사를 실시하였다(Romberg One Legged Standing Test). 검사를 시행하기 전 측정자가 검사자세를 시행해 보였다. 시작자세는 양손을 허리에 대어 팔이 움직이지 않도록 하고 똑바로 선 상태에서 대상자에게 두발로 선 상태에서 한쪽 발을 들어 올리도록 지시하였고, 이때 들어 올려진 다리는 무릎관절을 90° 굽힘 시키도록 하였다. 체중을 지지하는 다리는 왼발과 오른발의 차이가 있을 수 있고 주로 사용하는 발의 운동 능력에 차이가 있을 수 있으므로 본 연구에서는 공을 칠 때 사용하는 다리를 지지다리로 선정하였다. 한발서기 검사는 최대 30초 기준으로 측정 하였으며 최대 시간인 30초가 경과되었거나, 신체의 균형이 깨어졌을 때 검사를 중지하였다. 30초 간 측정 시 정적 기립자세가 안정화 되지 않은 측정 전반부 5초를 제외한 25초만을 자료값으로 이용하였다(Kim 등, 2013).

(3) 동적균형측정

동적균형을 알아보기 위해 안정한계성 검사를 실시하였다. 검사를 시행하기 전 측정자가 검사자세를 시범 보였다. 시작자세는 양손을 허리에 대어 팔이 움직이지 않도록 하고 똑바로 선 상태에서 대상자에게 두발로 선 상태에서 무릎이 굽힘되지 않도록 하면서 앞, 뒤, 좌, 우로 8초간 최대를 기울 수 있도록 하였다. 자료값은 힘판의

수평면과 신체의 수직축 간의 움직임 각도로 BT4에서 계산된 값을 이용하였으며 대상자 별로 3회 측정 시 평균값을 이용하였다.

3. 통계 분석

모든 자료는 K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정에 의해 정규분포를 입증하고 대상자들의 일반적 특성을 산출하기 위하여 기술통계분석을 실시하였다. 자료의 통계 처리는 SPSS version 21.0 통계 프로그램을 사용하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다. 대상자의 일반적 특성에 대한 집단간 동질성 검증을 위하여 독립 t-검증(independent t-test)을 이용하였다. 집단내 정적, 동적 균형변수 값의 전-후비교를 위하여 대응표본 t-검증(paired t-test)을 이용하였다. 가상현실 기반과 고전적 스퀴트 운동 방법에 따른 정적, 동적 균형지수 간 상관분석을 위하여 Pearson 검정을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

그룹간 연구대상자들의 성별, 연령, 체중, 신장간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 동질성을 확보하였다($p > .05$)(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

General characteristics	Group		t	p
	VRS (n=12)	CS (n=12)		
Sex (male/female)	5/7	5/7	0.000	1.000
Age (years)	19.92±1.41	19.50±0.51	1.360	.181
Weight (kg)	66.49±13.05	67.73±20.17	-0.251	.803
Height (cm)	169.86±9.53	167.60±12.20	0.712	.480

VRS: Virtual reality squat, CS: Conventional squat

1. 집단내 정적, 동적 균형변수 값의 전-후비교

정적 균형 변수인 C90 area(mm²) 값이 가상현실기반 스퀴

트 게임군과 고전적 스쿼트 운동군 모두에서 운동 후 유의하게 감소하였다($p < .05$). 동적균형변수에서는 Forward(°) 값이 가상현실기반 스쿼트 게임군에서 운동 후 유의하게 증

가하였으며($p < .05$), Leftward(°), Rightward(°) 값이 가상현실기반 스쿼트 게임군과 고전적 스쿼트 운동군 모두에서 운동 후 유의하게 증가하였다($p < .05$)(Table 2).

Table 2. Comparisons of the static and dynamic balance before and after exercise in two groups

Variable	Group	Before	After	t	p
Trace length (mm)	VRS	664.49±141.84	579.93±137.00	2.118	0.057
	CS	663.37±203.74	597.64±144.56	1.733	0.110
C90 area (mm ²)	VRS	517.72±195.96	374.16±188.77	3.016*	0.011
	CS	537.28±331.08	413.43±190.96	2.359*	0.037
C90 angle (°)	VRS	-23.01±37.09	0.43±64.69	-1.740	0.109
	CS	-26.10±43.86	-22.98±36.71	-0.199	0.845
Sway average velocity (mm/s)	VRS	22.14±4.72	19.33±4.56	2.117	0.057
	CS	22.11±6.79	19.92±4.81	1.733	0.110
Forward (°)	VRS	6.69±0.83	7.77±1.14	-4.147**	0.001
	CS	6.42±0.99	7.21±1.23	-1.675	0.121
Rearward (°)	VRS	7.83±0.83	4.30±0.81	-1.728	0.111
	CS	4.52±1.15	4.52±1.21	0.001	0.998
Leftward (°)	VRS	7.30±0.89	8.92±0.62	-5.457**	0.001
	CS	7.64±1.09	9.18±0.86	-4.949**	0.001
Rightward (°)	VRS	8.19±1.16	9.45±1.18	-3.518**	0.004
	CS	8.33±1.28	9.23±0.73	-3.308**	0.006

VRS: Virtual reality squat, CS: Conventional squat
 $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$

1. 측정시기, 정적균형과 동적균형변수 간 상관분석

집단과 정적, 동적균형 관련 변수간에는 유의한 상관성이 나타나지 않았으며($p > .05$) 측정시기와 정적, 동적균형 관련 변수간에는 유의한 상관성이 나타났다($p < .05$). 측정

시기에 따라 2차 측정인 운동 후 정적균형변수 C90 area (mm²) 값이 유의하게 감소하였다($p < .05$). 동적균형변수에서는 Forward(°), Leftward(°), Rightward(°) 값이 2차 측정인 운동 후에 유의한 증가가 나타났다($p < .05$)(Table 3).

Table 3. Correlation between the measured time, static and dynamic balance

	Static balance				Dynamic balance			
	Trace length (mm)	C90 area (mm ²)	C90 angle (°)	Sway average velocity (mm/s)	Forward (°)	Rearward (°)	Leftward (°)	Rightward (°)
r	-0.239	-0.285*	0.144	-0.239	0.411**	0.114	0.676***	0.451**

$p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$

IV. 고 찰

본 연구의 목적은 가상현실기반과 고전적 스쿼트 운동 방법에 따른 정적, 동적 균형지수 간 상관분석을 통하여 두 변수간의 관련성을 알아보고자 하였다.

연구결과, 집단과 정적, 동적균형 관련 변수간에는 유의한 상관성($r=0.026-0.224$, $p>.05$)이 나타나지 않았다. 신체균형능력은 하지의 정상적인 관절위치각각, 넙다리내갈래근 및 중간볼기근 등 하지의 근력을 기본으로 정적, 동적 균형을 유지할 수 있게 한다(Osugi 등, 2014; Runge 등, 2000). 본 연구에서 집단과 정적, 동적균형 관련 변수 간에 유의한 상관성이 나타나지 않은 이유는 연구에 참여한 모든 대상자가 건강한 20대 성인 남녀로만 구성되었기 때문에 신체균형능력에서 집단별 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 향후 연구에서는 다양한 연령대, 균형능력의 정상 유·무, 차별화된 운동기간에 따른 연구가 수행되어야 할 것이다.

측정시기와 정적, 동적균형 관련 변수간에는 유의한 상관성이 나타났다. 특히 가상현실기반 스쿼트 게임군에서 측정시기에 따라 2차 측정인 운동 후 정적균형변수 C90 area(mm²) 값이 유의하게 감소하였다. 동적균형변수에서도 Forward, Leftward, Rightward 값이 2차 측정인 운동 후에 유의한 증가가 나타났다. C90 area(mm²)는 압력중심점(Center of Pressure: COP)이 움직인 범위를 나타내며 수치가 작을수록 균형 능력이 향상됨을 의미한다. 반면 동적균형변수는 앞, 뒤, 좌, 우로 8초간 최대로 기울 수 있는 범위를 측정하는 것이므로 자료값이 크게 나올수록 균형이 안정되었음을 의미한다. 가상현실기반 스쿼트 게임군에서 운동 후 정적균형변수인 C90 area(mm²) 값이 감소하였고, 동적균형변수인 앞, 좌, 우로의 이동 범위가 운동 후 증가하였다는 것은 가상현실 기반 훈련의 시각적 피드백을 통해 신경조직의 활성화가 발생하였으며 이를 통하여 자세조절 능력이 향상되었음을 의미한다(Mao 등, 2014). 또한 가상현실 게임이 대상자들로 하여금 스쿼트라는 단순 과제를 지루하지 않게 받아들여 과제수행 집중력을 향상시킴으로서 운동 후 학습능력이 향상되었기 때문에 균형능력에 긍정적 영향을 미쳤을 것이라 사료된다(Yeşilyaprak 등, 2016). Schröder 등(2018)

은 가정이나 지역사회에서 가상현실기반 게임을 통해 뇌졸중 환자들의 기능수준을 향상시켰으며 환자들로 하여금 이용의 편의성 증진, 병원치료의 부담 감소, 의료비 지출 감소 및 치료에 대한 동기부여를 적극적으로 변화시키는데 가상현실기반 게임이 유용하게 사용되었다고 보고하였다. 지역사회에서 활용된 가상현실기반 게임이 뇌졸중 환자들뿐만 아니라 병원에 갈 수 없는 건강노인들의 지속적 균형훈련 및 자세 안정성 향상에 도움을 주었다는 것은 Bao 등(2018)에 의해서도 보고되었다. 이렇듯 가상현실기반 게임이 환자들뿐만 아니라 건강노인의 균형 및 자세조절에도 긍정적 영향을 미친다는 연구결과가 다수 보고되고 있는 것은 의료기술의 발달로 노령인구가 증가하는 현실에서 의료비를 감소시키면서도 건강한 노인으로서 삶의 질을 향상시킬 수 있는 단서를 제공하고 있다(Bao 등, 2018; Cho 등, 2014; Ibrahim 등, 2016; Kennedy 등, 2013; Schröder 등, 2018). 가상현실기반 게임의 제공은 대기업이 개발한 게임기뿐만 아니라 스마트폰의 앱을 활용하여서도 균형능력 및 자세조절에 도움이 되었다는 보고가 있다(Bao 등, 2018; Schröder 등, 2018). 향후 연구에서는 가상현실기반 게임 훈련이 병원과 지역사회 또는 가정에서 적용될 때 기능수준의 변화, 대상자들의 동기부여 정도, 의료비 지출 범위 등에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 연구의 대상자들은 모두 20대 성인 남녀로 기존 연구에서 중추신경손상환자 및 노인들을 대상으로 실시되었던 가상현실기반 훈련을 적용하였을 때 정적, 동적 균형 능력이 향상되었음이 나타났다. 이는 정상적인 균형 능력을 가지고 있는 20대 건강한 성인 남녀라도 가상현실기반 스쿼트 운동을 적용하였을 때 균형능력향상을 통한 자세조절능력이 향상될 수 있음을 시사하고 있다.

본 연구의 제한점으로는 연구대상자가 20대 성인 남녀에 국한되어 있어 연구결과를 다른 연령대에 일반화시킬 수 없다는 것이며, 실험기간 중 과제와 연관된 균형능력 향상운동을 통제하기는 하였으나 일상생활을 완벽히 통제할 수는 없었다는 것이다. 향후 연구에서는 가상현실기반 훈련의 다양한 프로그램을 활용하여 균형능력 뿐만 아니라 상지의 기능적 움직임에 대한 프로그램의 유효성 여부를 객관적으로 평가할 수 있는 실험이 진행되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 가상현실기반과 고전적 스쿼트 운동 방법에 따른 정적, 동적 균형지수 간 상관분석을 통하여 두 변수간의 관련성을 알아보고자 하였다. 연구결과, 집단과 정적, 동적균형 관련 변수간에는 유의한 상관성이 나타나지 않았으며 측정시기와 정적, 동적균형 관련 변수간에는 유의한 상관성이 나타났다. 가상현실기반 스쿼트 게임군에서 운동 후 정적균형변수 C90 area(mm²) 값이 유의하게 감소되었으며 동적균형변수 앞, 좌, 우측으로의 이동 범위값이 운동 후 유의하게 증가되었다. 결론적으로, 본 연구에서는 건강한 20대 성인 남녀에게 4주간의 단기간 스쿼트 운동을 적용하였을 때 가상현실기반과 고전적 방식에서 차이점을 밝힐 수 없었다. 하지만 두가지 방식 모두에서 4주 동안의 훈련이 끝난 후 정적, 동적 균형 능력이 증가되었음을 알아내었다.

참고문헌

- Albiol-Pérez S, Gil-Gómez JA, Muñoz-Tomás MT, et al(2017). The effect of balance training on postural control in patients with parkinson's disease using a virtual rehabilitation system. *Methods Inf Med*, 56(2), 138-144.
- Bao T, Carender WJ, Kinnaird C, et al(2018). Effects of long-term balance training with vibrotactile sensory augmentation among community-dwelling healthy older adults: a randomized preliminary study. *J Neuroeng Rehabil*, 15(1), 5-17.
- Baratto L, Morasso PG, Re C, et al(2002). A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. *Motor Control*, 6(3), 246-270.
- Betker AL, Szturm T, Moussavi ZK, et al(2006). Video game-based exercises for balance rehabilitation: a single-subject design. *Arch Phys Med Rehabil*, 87(8), 1141-1149.
- Cho C, Hwang W, Hwang S, et al(2016). Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. *Tohoku J Exp Med*, 238(3), 213-218.
- Cho GH, Hwangbo G, Shin HS(2014). The effects of virtual reality-based balance training on Balance of the elderly. *J Phys Ther Sci*, 26(4), 615-617.
- Gokeler A, Bisschop M, Myer GD, et al(2016). Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24(7), 2280-2286.
- Granacher U, Bridenbaugh SA, Muehlbauer T, et al(2011). Age-related effects on postural control under multi-task conditions. *Gerontology*, 57(3), 247-255.
- Heaselgrave SR, Blacker J, Smeuninx B, et al(2018). Dose-response of weekly resistance training volume and frequency on muscular adaptations in trained males. *Int J Sports Physiol Perform*, 30, 1-28.
- Hemmati L, Rojhani-Shirazi Z, Malek-Hoseini H, et al(2017). Evaluation of static and dynamic balance tests in single and dual task conditions in participants with nonspecific chronic low back pain. *J Chiropr Med*, 16(3), 189-194.
- Hodges PW, Moseley GL, Gabrielsson A, et al(2003). Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res*, 151(2), 262-271.
- Ibrahim MS, Mattar AG, Elhafez SM(2016). Efficacy of virtual reality-based balance training versus the Biodex balance system training on the body balance of adults. *J Phys Ther Sci*, 28(1), 20-26.
- Kang DH, Yu IY, Lee GC(2013). The effects of knee extensor, flexor muscle strength and joint position sense in squat exercise on variety surface. *J Korean Sci Integrative Med*, 1(2), 47-57.
- Kennedy MW, Crowell CR, Striegel AD, et al(2013). Relative efficacy of various strategies for visual feedback in standing balance activities. *Exp Brain Res*, 230(1), 117-125.

- Kim MS, Seo IY, Jung GW, et al(2013). The effect of the squat exercise by different baseform on balance ability enhancement in normal adult. *J Korean Soc Integrative Med*, 1(3), 63-78.
- Kinzey SJ, Armstrong CW(1998). The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27(5), 356-360.
- Lange BS, Requejo P, Flynn SM, et al(2010). The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 21(2), 339-356.
- Li L, Yu F, Shi D, et al(2017). Application of virtual reality technology in clinical medicine. *Am J Transl Res*, 9(9), 3867-3880.
- Mao Y, Chen P, Li L, et al(2014). Virtual reality training improves balance function. *Neural Regen Res*, 9(17), 1628-1634.
- Osugi T, Iwamoto J, Yamazaki M, et al(2014). Effect of a combination of whole body vibration exercise and squat training on body balance, muscle power, and walking ability in the elderly. *Ther Clin Risk Manag*, 10, 131-138.
- Pagliano E, Foscan M, Marchi A, et al(2018). Intensive strength and balance training with the Kinect console (Xbox 360) in a patient with CMT1A. *Dev Neurorehabil*, 21(8), 542-545.
- Prasertsakul T, Kaimuk P, Chinjenpradit W, et al(2018). The effect of virtual reality-based balance training on motor learning and postural control in healthy adults: a randomized preliminary study. *Biomed Eng Online*, 17(1), 124-140.
- Runge M, Rehfeld G, Resnicek E(2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*, 1(1), 61-65.
- Sampaio LM, Subramaniam S, Arena R, et al(2016). Does virtual reality-based kinect dance training paradigm improve autonomic nervous system modulation in individuals with chronic stroke? *J Vasc Interv Neurol*, 9(2), 21-29.
- Schröder J, van Crieking T, Embrechts E, et al(2018). Combining the benefits of tele-rehabilitation and virtual reality-based balance training: a systematic review on feasibility and effectiveness. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 14, 1-9.
- Yeşilyaprak SS, Yıldırım MŞ, Tomruk M, et al(2016). Comparison of the effects of virtual reality-based balance exercises and conventional exercises on balance and fall risk in older adults living in nursing homes in Turkey. *Physiother Theory Pract*, 32(3), 191-201.