Journal of Korean Orthopedic Manipulative Physical Therapy
2023;29(3):1-11. www.kaomt.or.kr

ISSN 1226-3680 (Print)
ISSN 2508-7282 (Online)

Original Article

무릎 각도의 차이에 따른 불안정 지지면에서의 스쿼트훈련이 건강한 성인의 균형 능력에 미치는 영향

유병호, 홍현표[1], 최태석[2]

남서울대학교 물리치료학과 교수, 종로정형외과 물리치료실[1], 호원대학교 물리치료학과 교수[2]

The Effect of Squat Training on an Unstable Support Surface According to the Angle Different Knee Flexion Angles on Healthy Adult's Balance Ability

Bueong-ho Ryu, Hyun-pyo Hong[1], Tae-seok Choi[2]

Dept. of Physical Therapy, Nam Seoul College
Dept. of Physical Therapy, Jongno Hospital[1]
Dept. of Physical Therapy, Howon College[2]

ABSTRACT

Background: The aim of this study was to compare the effects of squat training on an unstable support surface with different knee flexion angles on the balance ability of normal adults balance ability.

Methods: 41 university students in their 20s attending N University in Cheonan, Chungcheongnam-do were divided into a 45-degree knee-bending squat training group and a 90-degree knee-bending squat training group. The groups trained on an unstable support surface 20 minutes per day, 3 times a week, for a total of 4 weeks.

Results: Changes in static balance ability were not significant within and between the groups for both the sway distance and sway area in the eyes open and eyes closed states ($p<.05$). The changes in dynamic balance ability were significant in the forward, leftward, and rightward angles in both groups at the limit of stability ($p<.05$), but not significant in the backward angle ($p>.05$), and the comparison between groups was not significant ($p>.05$).

Conclusion: No significant difference between static balance-related variables within and between the groups was found. Significant changes in dynamic balance-related variables within the groups were found but not between the groups. Therefore, in future studies, it is considered necessary to study various ages and differentiated intervention periods, such as young adults and the population of elderly people, with sufficient intervention periods to affect balance ability.

Key Words:
Dynamic balance, Knee angle, Squat training, Static balance, Unstable surface.

교신저자: 홍현표
주소: 02717, 서울시 보국문로16다길 20, E-mail: hhpsungil@naver.com

I. 서 론

최근 코로나19 펜데믹으로 인해 대면 스포츠 활동보다 비대면 홈 트레이닝 서비스의 수요가 급증하고 있으며(Jeon과 Ban, 2020), 그 중에 스쿼트훈련은 장소와 시간 제약 없이 할 수 있는 맨몸 운동 중 하나의 방법으로 다리의 근력 증진, 무릎의 안정성 등의 운동 수행 능력을 위해 사용되고 있다(Kim 등, 2019; Park 등, 2010). 스쿼트 훈련 방법은 시선이 정면을 향하게 하며 다리를 어깨너비 정도로 벌린 후 발은 '11자' 형태를 한 상태에서 가슴과 허리를 편 채로 무릎을 이용해 앉았다가 서서히 일어나는 운동을 말한다(Chae 등, 2007). 스쿼트훈련은 다리 근력 강화에 효과적이며(Kim 등, 2018), 특히 넙다리네갈래근, 뒤넙다리근, 장딴지근이 동시 수축하여 무릎 안정성을 향상시킨다(Escamilla, 2001).

그러나 스쿼트훈련의 효과는 발의 위치나 무릎의 굽힘 각도 등의 자세에 따라 달라지는 효과 등으로 논란의 여지가 있다. 먼저, 10° 정도 발가락이 바깥으로 향하는(Toe-out) 스쿼트 훈련은 넙다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 활성도가 가장 높게 나왔으며, 무릎 부상의 위험을 줄인다고 보고되었다(Song 등, 2019). 또한 무릎 굽힘 각도의 변화에 따라 스쿼트를 수행했을 때 나오는 결과는 다양하다. 무릎이 60° 굽힘된 스쿼트훈련은 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비가 안쪽돌림과 가쪽돌림 시 보다 유의하게 높다는 결과를 보였으며(Kim과 Song, 2010), 무릎이 90° 굽힘된 스쿼트 훈련은 무릎통증증후군 환자의 넙다리네갈래근 강화에 가장 효과적이었다는 연구결과가 있었다(Cho와 Lee, 2016). 또한 무릎 굽힘 90° 이상 각도의 스쿼트 훈련은 무릎이 90° 굽힘된 자세보다 넙다리곧은근, 안·가쪽넓은근에서 근육활성도가 굽힘과 폄 운동 모두에서 감소하는 것을 확인할 수 있었지만, Kim 등(2017)과 Park 등(2013)의 연구결과에 의하면 무릎 90°와 120° 굽힘 자세가 45° 굽힘 자세보다 넙다리네갈래근과 척추세움근의 근활성도가 높다고 하였다. 그러나 Escamilla(2001)의 연구에서는 각도가 커질수록 그리고 0°에서 50° 사이의 무릎 굽힘 스쿼트훈련이 무릎 재활에 가장 적합하다고 하였다.

균형 능력은 여러 감각 정보의 입력과(Vorhoeff 등, 2009) 일상생활에서 신체의 기능을 수행하는데 있어 가장 중요한 능력이다(Tyson 등, 2006). 이전 연구에서는, 불안정한 지지면에서의 수정된 월스쿼트 운동을 통해 동적인 요추 안정화 운동과 엉덩관절 주변 근육군 움직임의 연합으로 안정성과 균형능력이 향상된 결과를 보여주고(Gong 등, 2016), 노인이 스쿼트를 수행할 때 상체 기울임 각도가 0°에 가까워지는, 즉 상체를 숙이지 않고 바로 세워 수행할수록 균형에 대한 요구도가 증가되어 하지 근육의 활성도는 올라가며 균형 반응도가 증가된다는 사실을 알 수 있었다(Yang, 2018)

또한 안정된 지지면 보다 불안정한 지지면에서의 스쿼트훈련이 정적 및 동적 균형 능력에 긍정적인 영향 미친다는 선행 연구가 있었고(Kim 등, 2013), 다관절의 압박력과 수축을 통하여 정강넙다리관절의 전단력이 감소하게 되는데 이는 기능적인 근육 동원 패턴을 촉진 시키고, 고유수용감각을 자극한다(Uchio 등, 2003). 이러한 훈련은 고유수용감각 향상에 더욱 효과적이고, 균형에 관한 정보를 제공하는데 가장 기본이 되는 감각되먹임을 증진 시키는 결과임을 보여준다(Park 등, 2013).

근력 강화, 유연성 향상, 균형 능력 향상을 위한 방법으로 불안정한 지지면에서의 훈련이 매우 효과적인 운동방법으로 알려져 있다(Lee, 2012). 이는 협응성 개선에도 효과가 있으며, 균형을 유지하려고 노력할 때 고유수용성 감각이 강한 자극을 받아 반사와 지각, 균형 능력을 활성화 시킬 수 있는 종합적인 운동으로 개발 초기에는 환자의 신경발달을 강화하기 위해 주로 물리치료사들이 사용하였다(Han 등, 2018).

Lee(2016)는 수정된 월스쿼트 운동을 불안정한 지지면에서 실시하였을 때 엉덩관절 주변 근육군에서 움직임의 연합이 향상되었으며, 동적 허리 안정화 운동이 안정성과 균형능력 향상에 도움이 된다고 보고하였다. 훈련 방법과 운동에는 짐볼, 보수, 발란스 트레이너 등 다양한 불안정성 도구들이 사용되는데, Anderson과 Behm(2005)은 안정된 면에서 저항운동 할 때의 기구 사용 훈련보다 불안정한 지지면에서 불안정성이 클수록 신체에 적용되는 근신경계 자극이 클 것으로 제안하였다.

이처럼 선행 연구 결과로 제시된 불안정 지지면에서의 운동으로 균형 능력과 고유수용성 감각 능력이 향상됨을 알 수 있다. 본 연구는 하지 운동 수행 능력 개선을 위한 운동으로 장소의 제약을 받지 않는 스쿼트훈련을 소개하고 있다. 하지의 근력 강화를 목표로 스쿼트훈련을 실행했을 때, 주동근의 근활성화 향상을 결과로 제시하는 선행 연구들이 있었지만, 무릎관절 각도의 변화에 따른 스쿼트훈련이 운동 수행 능력 향상에 영향을 주는 연구는 아직 진행되지 않고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 불안정 지지면 위에서 무릎 굽힘 45° 스쿼트 훈련군과 무릎 굽힘 90° 스쿼트 훈련군 간의 비교를 통해 실험 대상자들의 균형 능력 및 고유수용성 등 운동수행능력에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

ISSN 1226-3680 (Print)
ISSN 2508-7282 (Online)

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 충청남도 천안시 소재의 N 대학에 재학 중인 20대 대학생에게 연구의 목적과 방법을 충분히 이해하고 실험 참여에 동의한 자를 선정하였으며 최종적으로 40명이 참여하였다. 연구대상자의 선정기준은 다음과 같다.

1) 20세 이상 29세 이하의 건강한 성인
2) 스쿼트 운동을 경험한 적이 있는 자
3) 균형이나 운동 조절에 영향을 미칠 수 있는 약, 알콜 섭취를 최소한 실험 12시간 전에 하지 않은 자 (Yoon, 2019)
4) 과거 혹은 현재 하지의 통증과 기능이상이 없는 자 (Ko 등, 2011).

연구대상자의 제외기준은 다음과 같다.

1) 균형능력에 영향을 미칠 수 있는 근육뼈대, 신경계, 심혈관계, 시각, 청각, 전정계에 이상이 있는 자
2) 최근 6개월 내 근골격계 손상이나 수술 경험이 있는 자.

제비뽑기 방식을 통해 무릎 굽힘 45° 스쿼트 훈련군과 무릎 굽힘 90° 스쿼트 훈련군으로 분류하여 무작위 배치로 진행하였다. 대상자들의 키, 체중은 체성분 분석기(Inbody720, Medicompany, Korea)를 통하여 측정하였다. 본 연구에 참여한 대상들의 일반적 특성은 표 1과 같다.

Table 1.
General characteristics of subjects

Variables	90°G(N=20)	45°G(N=20)	p
Age(yrs)	21.95±1.72[a]	22.05±1.32	ns
Height(㎝)	167.05±6.98	168.95±10.07	ns
Weight(㎏)	67.66±11.65	64.25±11.60	ns

[a]Mean±SD, N: Number, ns: No significant

2. 용어의 조작적 정의

1) 스쿼트 훈련

본 연구의 스쿼트훈련을 수행하기 위한 자세는 선행연구를 참고하여 약간 앞으로 굽히고 시선은 정면을 향하며 양발을 어깨 넓이만큼 벌리고 실시하였다(Chae 등, 2007). 손은 앞으로 뻗고, 무릎관절을 해당 각도까지 구부리도록 하였으며 무릎관절이 발끝보다 앞으로 나오지 못하도록 구두 지시하였다(Yoon 등, 2019). 스쿼트 시 발가락이 바깥으로 향하는(Toe-out) 각도는 각도계를 이용하여 10°로 설정한 후(Song, 2019) 불안정한 지지면으로 제공한 aero-step에 점으로 표시하였다. 무릎관절 굽힘 45°, 90° 자세를 측정하고 대상자가 정확하게 스쿼트 훈련을 수행할 수 있도록 하기 위하여 거울에 각도를 표시한 선을 붙여서 시각적 피드백을 활용하여 실시하였다.

2) 불안정 지지면

공기가 들어간 6㎝의 Aero-Step XL (aero-step balance trainer, TOGU, Germany)를 이용하여 불안정한 지지면을 제공하여 스쿼트를 실시하였다. (Figure 1) 불안정 지지면의 양쪽 공기압은 1.0 psi로 통일하였다.

Figure 1. Aero Step

3. 측정도구 및 장비

1) 균형 능력 측정

본 연구에서는 10여 가지의 균형 관련 검사와 훈련을 할 수 있도록 고안된 균형 능력 측정 장비(Balance Trainer4, HUR labs, Finland)를 이용하여 대상자들의 정적 균형능력과 고유수용성 감각을 평가하였다. BT4 장비는 200㎏의 무게를 견딜 수 있는 12㎏의 알루미늄 힘판 1대, 내장 컴퓨터와 모니터, 안전용 측면 지지대로 구성되어 있으며 앞쪽의 모니터를 통해 시각되먹임을 제공해준다. 본 장비의 검사-재검사 방법에서 급내 상관계수 ICCs(2, 1)=.77~.94로 측정신뢰도가 높은 것으로 나타났다(Granacher 등, 2011).

4. 실험 절차

본 연구의 실험 절차는 Table 2와 같이 진행하였다.

무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군 20명과 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군 20명으로 진행하였다.

불안정한 지지면에서 스쿼트 동작을 20회 반복하여 총 5세트를 실시하였고 각 세트 사이에 2분의 휴식시간을 주었다. 이러한 방법으로 1일 20분, 주 3회, 총 4주간 스쿼트훈련을 실시하였다(Gang 등, 2013). 실험 중 스쿼트 동작 수행의 속도는 10회/분으로 메트로놈을 이용하여 통제하였다(Choi 등, 2015). 본 연구의 스쿼트 훈련 프로그램은 표 2와 같다(Figure 3, 4).

1) 균형 능력 검사

본 연구에서 균형 능력의 평가는 BT4를 사용하였다. BT4는 사각형의 형태로 각 네 변의 꼭짓점에 측정센서를 가지고 있으며 4개의 센서를 통해서 연구대상자의 압력 중심을 찾아내고 시간에 따른 자세 흔들림(center of pressure; COP)을 프로그램의 소프트웨어 기반으로 움직임의 범위로 정적 및 동적 균형능력을 측정하였다.

정적 균형 능력은 힘 판 위에 대상자가 올라가 양 뒤꿈치를 2㎝ 간격으로 위치하게 하고 양 발끝을 중심선을 기준으로 각 15°씩 바깥쪽으로 향하게 한 후, 양손은 바짓단에 고정시켜 자세를 유지하여 압력중심점으로부터 동요거리(trace length; TL), 동요면적(C90 area) 값을 측정하였고 대상자별로 3회씩 30초간 측정하여 평균값을 사용하였다.

안정 지지면에서 각각 눈을 뜨고, 감은 채로 동요거리와 동요면적을 측정하였으며, 힘 판 위에 밸런스 패드를 올려 불안정 지지면에서 각각 눈을 뜨고, 감은 채로 동요거리와 동요범위를 측정하였다. 동요거리는 COP가 움직인 거리, 동요면적은 COP가 측정시간 동안 그려지는 공간에 대한 면적을 측정하여 사용하며 이때 그려지는 내측 면적을 사용하며 단위는 제곱 밀리미터(㎟)로 표시된다.

동요거리와 동요면적의 값이 클 경우 안정성이 나쁘다는 뜻이며, 반대로 동요거리와 동요면적의 값이 작을 경우 안정성이 좋다고 해석한다(Yu와 Park, 2020). 동적 균형 능력은 롬버그 검사를 사용하여 안정성 한계를 측정하였다. 측정은 신발을 제거한 상태에서 똑바로 선 자세로 양발은 힘 판에 위치하며 양 뒤꿈치 간격은 2㎝를 유지하였고 각 발은 중심선을 기준으로 15°씩 바깥쪽을 향하게 정렬하였다. 양손은 바짓단에 자연스럽게 위치하도록 한 후 몸을 앞쪽, 뒤쪽, 오른쪽 및 왼쪽 방향으로 체중을 최대한 기울인 자세로 힘 판의 체중이 체중이동을 한 방향으로 100%가 되도록 실시하였다.

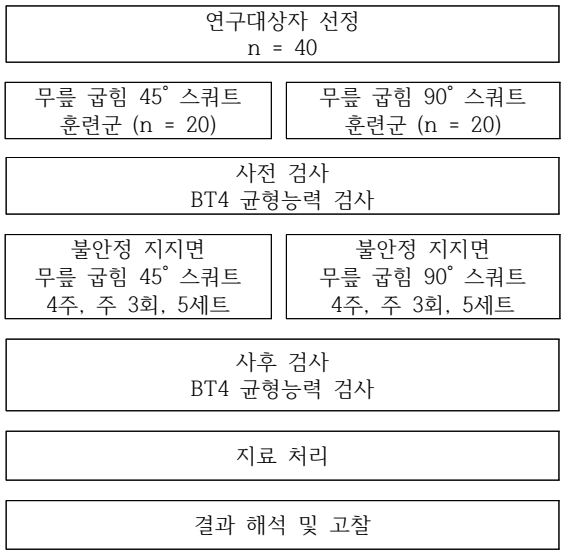

Figure 2. Study design

Table 2.
Training program

Category	Program	Set	Time
Main exercise	Squat of knee bent 45 degree	20 times × 5 set Rest time 2 min/set	20 min
	Squat of knee bent 90 degree		

Figure 3. Squat of knee bent 45 degree

ISSN 1226-3680 (Print)
ISSN 2508-7282 (Online)

Figure 4. Squat of knee bent 90 degree

5. 통계 처리

본 연구의 자료처리 방법은 통계분석 프로그램(SPSS Statistics for Window Ver 22.0, IBM Corp, USA)을 사용하여 측정항목에 대한 평균과 표준편차를 산출하여 도표화 하였다. 독립표본 t-검정을 통해 정규성을 파악했다. 기술 통계 분석을 통해 대상자들의 일반적 특성을 산출하였고, 동질성 검증을 위하여 독립표본t-검정을 사용하였다.

4주간의 각도 차이에 따른 스쿼트훈련 후 그룹 간 효과 차이를 알아보기 위하여 독립표본 t-검정을, 그룹 내 전·후 차이 비교를 위해 대응표본 t-검정을 사용하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은 α=.05로 정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 사전 동질성 검정

1) 정적균형능력

안정 지지면에서 눈뜨고, 눈감고 동요거리와 동요면적, 불안정한 지지면에서 눈뜨고, 눈감고 동요거리와 동요면적 모두 무릎 굽힘 90° 스쿼트 훈련군과 무릎 굽힘 45° 스쿼트 훈련군에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>.05)(Table 3).

2) 동적균형능력

앞쪽 안정성 한계, 뒤쪽 안정성 한계, 왼쪽 안정성 한계, 오른쪽 안정성 한계 모두 무릎 굽힘 90° 스쿼트 훈련군과 무릎 굽힘 45° 훈련군에서 유의한 차이는 없었다(p>.05).

Table 3.
Test of homogeneity

	Variables	t
Balance	Forward LOS(°)	-.495
	Backward LOS(°)	.378
	Left LOS(°)	-.039
	Right LOS(°)	-1.066
	EO TL(㎜)	.713
	EO C90(㎟)	.963
	EC TL(㎟)	.496
	EC C90(㎟)	.991
	EO USTL(㎟)	.414
	EO USC90(㎟)	.203
	EC USTL(㎜)	.406
	EC USC90(㎟)	.356

EO TL: Eyes open trace length, EO C90: Eyes open c90, EC TL: Eyes closed trace length, EC C90: Eyes closed c90, EO USTL: Eyes open unstable trace length, EO USC90: Eyes open unstable c90, EC USTL: Eyes closed unstable trace length, EC USC90: Eyes closed unstable c90,

2. 균형 능력의 변화

1) 정적 균형 능력의 변화

군 내 중재 전, 후 안정 지지면에서 동요거리 평균 비교 결과, 눈을 뜬 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 1.23±55.03, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군은 -1.36±42.96의 차이가 있었고, 눈을 감은 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 3.98±64.15, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군은 -4.96±56.61의 차이가 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

군 간 평균 비교 결과 눈을 뜬 상태에서 2.61±8.62, 눈을 감은 상태에서 8.94±10.78의 차이가 있었지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05). 군 내 중재 전, 후 불안정 지지면에서 동요거리 평균 비교 결과, 눈을 뜬 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 -7.84±67.71, 무릎

굽힘 45° 스쿼트훈련군은 3.39±84.98의 차이가 있었고, 눈을 감은 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 10.48±170.63, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군은 71.88 ±15.31의 차이가 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05). 군 간 평균 비교 결과 눈을 뜬 상태에서 11.23±1.1, 눈을 감은 상태에서 71.88±15.31의 차이가 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

군 내 중재 전, 후 안정 지지면에서 동요면적 평균 비교 결과, 눈을 뜬 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트 훈련군은 9.57±80.55, 무릎 굽힘 45° 스쿼트 훈련군은 8.71±72.25의 차이가 있었고, 눈을 감은 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 19.47±63.89, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군은 3.47±49.81의 차이가 있었지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

군 간 평균 비교 결과 눈을 뜬 상태에서 .87±19.07, 눈을 감은 상태에서 16.00±3.03의 차이가 있었지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

군 내 중재 전, 후 불안정 지지면에서 동요면적 평균 비교 결과, 눈을 뜬 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 -7.84±67.71, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군은 3.39 ±84.98의 차이가 있었고, 눈을 감은 상태에서 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군은 53.78±418.89, 무릎 굽힘 45° 스쿼트 훈련군은 64.76±381.29의 차이가 있었지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05). 군 간 평균 비교 결과 눈을 뜬 상태에서 13.80±17.28, 눈을 감은 상태에서 10.97±80.591의 차이가 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)(Table 4).

2) 동적균형능력의 변화

군 내 중재 전, 후 안정성한계의 평균 비교 결과 앞쪽 안정성 한계는 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군이 -1.84±1.66, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군이 -.59±.80의 차이가 있었고, 통계적으로 유의하였다(p<.05). 왼쪽 안정성 한계는 무릎 굽힘 90° 스쿼트 훈련군이 .01±1.12, 무릎 굽힘 45° 스쿼트 훈련군이 -.67±.83의 차이가 있었고, 통계적으로 유의하였다(p<.05). 오른쪽 안정성 한계는 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군이 -1.20±1.21, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군이 -.56±.70의 차이가 있었고, 통계적으로 유의하였다(p<.05). 뒤쪽 안정성 한계는 무릎 굽힘 90° 스쿼트훈련군이 .01±1.12, 무릎 굽힘 45° 스쿼트훈련군이 -.27±.69의 차이가 있었지만, 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05).

군 간 평균 비교 결과 앞쪽 안정성 한계는 .90, 뒤쪽 안정성 한계는 .08±.40, 왼쪽 안정성 한계는 .34±.24, 오른쪽 안정성 한계는 .07±.52의 차이가 있었지만 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)(Table 5).

Table 4.
The statistical analysis and comparison of static balance in each groups.

Variables		90°G(N=20)	45°G(N=20)	Diff	t
EO TL (㎜)	Pre	192.05±53.61[a]	180.17±51.67	11.88±1.94	.713
	Post	190.81±50.27	181.54±39.71	9.27±10.56	.651
	Diff	1.23±55.03	-1.36±42.96	2.61±8.62	
	t	.097	-.146		
EO C90 (㎟)	Pre	109.24±72,17	88.71±62.65	20.53±9.52	.963
	Post	99.67±70.63	80.01±42.04	19.66±28.59	1.056
	Diff	9.57±80.55	8.71±72.25	.87±19.07	
	t	.518	.552		
EC TL (㎜)	Pre	235.24±53.79	225.20±71.81	10.04±18.02	.496
	Post	231.26±64.59	230.16±71.83	1.10±7.24	.051
	Diff	3.98±64.15	-4.96±56.61	8.94±10.78	
	t	.270	-.402		
EC C90 (㎟)	Pre	100.27±62.59	80.91±60.91	19.36±1.68	.991
	Post	80.80±49.05	77.44±53.76	3.36±4.71	.206
	Diff	19.47±63.89	3.47±49.81	16.00±3.03	
	t	1.328	.320		
EO USTL (㎜)	Pre	312.99±82.32	302.43±78.83	10.56±3.49	.414
	Post	320.83±83.42	299.04±62.57	21.79±4.59	.941
	Diff	-7.84±67.71	3.39±84.98	11.23±1.1	
	t	-.505	.183		
EO USC 90 (㎟)	Pre	391.31±139.50	381.23±170.79	10.08±31.29	.203
	Post	380.83±136.90	356.95±185.47	23.88±48.57	.459
	Diff	10.48±170.63	24.28±210.71	13.80±17.28	
	t	.268	.528		
EC USTL (㎜)	Pre	700.87±189.13	624.39±154.64	76.48±34.49	.406
	Post	599.72±202.70	604.32±183.52	4.60±19.18	-.075
	Diff	101.15±229.27	20.07±181.43	71.88±15.31	
	t	.923	.507		
EC USC 90 (㎟)	Pre	863.03±293.31	820.81±434.40	42.22±140.99	.356
	Post	809.24±284.57	756.05±344.97	53.19±60.40	.528
	Diff	53.78±418.89	64.76±381.29	10.97±80.59	
	t	.560	.778		

[a]Mean±SD, *p<.05, **p<.01, 90°G: Knee flex 90° squat group, 45°G: Knee flex 45° squat group, EO TL: Eyes open trace length EO C90: Eyes open c90, EC TL: Eyes closed trace length, EC C90: Eyes closed c90, EO USTL: Eyes open unstable trace length

ISSN 1226-3680 (Print)
ISSN 2508-7282 (Online)

Table 5.
The statistical analysis and comparison of dynamic balance in each groups.

Variables		90˚G(N=20)	45˚G(N=20)	Diff	t
Forward LOS	Pre	5.24±1.48[a]	6.32±.94	1.08±.54	-.495
	Post	7.08±1.05	6.90±.93	.18±.54	.575
	Diff	-1.84±1.66	-.59±.80	.90	
	t	-4.815**	-3.351**		
Backward LOS	Pre	3.08±1.09	2.98±.47	.10±.62	.378
	Post	3.07±.82	3.25±.60	-.18±.22	-.785
	Diff	.01±1.12	-.27±.69	.08±.40	
	t	.039	-1.786		
Left LOS	Pre	6.62±1.32	6.64±.88	.02±.44	-.039
	Post	7.67±.61	7.31±.81	.36±.20	1.589
	Diff	-1.05±1.34	-.67±.83	.34±.24	
	t	-3.394**	-3.684**		
Right LOS	Pre	6.59±1.34	6.95±.72	.36±.62	-1.066
	Post	7.80±.79	7.51±.69	.29±.10	1.199
	Diff	-1.20±1.21	-.56±.70	.07±.52	
	t	-4.335**	-3.594**		

[a]Mean(˚)±SD, *p<.05, **p<.01, 90˚G: Knee flex 90˚ squat group, 45˚G: Knee flex 45˚ squat group, LOS: Limit of stability

Ⅳ. 고 찰

본 연구를 통해 무릎의 각도 차이에 따른 불안정지지면에서 스쿼트 훈련이 정상 성인의 균형 능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 스쿼트는 대표적인 닫힌사슬 운동으로 치료 및 스포츠에서 많이 쓰이는 중재이다(Labella, 2004). 스쿼트는 운동 시 자세의 어려움, 부정확한 자세에 기인한 부상의 위험성이 있다고 하였으며(Escamila, 2001), 체간의 신전력과 압박력이 허리와 엉치뼈에 과부하가 되어 부상을 일으킨다고 하였다(Hartmann 등, 2012).

그리고 잘못된 스쿼트 동작은 특히 무릎 부상의 위험을 증가시킬 수 있다고 하였다(Park 등, 2010). 따라서 무릎의 부상을 피하고 안정적이면서 효율적인 스쿼트 운동을 수행하는 것이 중요하다고 볼 수 있다. Hartmann 등(2012)의 연구에서는 풀스쿼트 훈련이 하프 스쿼트 훈련보다 하지의 근전도 활성이 높게 나타났지만 무릎관절의 손상을 증가시킨다고 하였고, 이러한 부상을 피하기 위해 Byanton 등(2012)은 풀스쿼트가 아닌 상대적으로 낮은 강도에서 수행하는 스쿼트 훈련을 하는 것이 좋다고 보고하였다. 이러한 선행 연구 등에서 제시한 바를 토대로 무릎의 부상을 피하고 무릎관절의 굽힘 각도의 차이를 둔 스쿼트 훈련을 할 때 효과적인 스쿼트 훈련을 제시하고자 본 연구를 진행하였다.

본 연구는 불안정 지지면에서 무릎 굽힘 90˚와 무릎 굽힘 45˚의 스쿼트훈련을 진행하여 균형 능력에 있어서 어떠한 무릎 굽힘 각도의 스쿼트훈련이 더 효과적인지를 비교해 보았다. 연구 결과, 정적 균형 능력(동요거리, 동요면적)에서 두 군 모두 눈을 뜬 자세에서 안정 지지면과 불안정 지지면 그리고 눈을 감은 자세에서 안정 지지면과 불안정 지지면에서의 동요거리와 동요면적이 군간, 군 내에서 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05).

Powers 등(2004)은 근력과 고유수용성 운동을 6주간 시행했을 때 정적 안정성에 유의한 변화가 없었는데, 이때 주 3회 6주간 시행했던 것이 신체 안정성을 향상시키는 것에 충분하지 않다고 보고하였다. 또한 Behm(2015)는 불안정 지지면 위에서 근력 운동이 청소년, 젊은 성인, 노인에 근력 상승에는 효과적이었지만, 균형에 있어서는 청소년과 젊은 성인에게 효과가 적었다는 메타분석 결과를 보고하였다. 결국, 본 연구에서 그룹 내, 그룹 간 정적균형 관련 변수 간에 유의한 차이가 나타나지 않은 이유는 중재 기간이 4주라는 비교적 짧은 기간 동안 이루어져 균형능력 증가에 영향을 미치지 못한 점과 연구에 참여한 모든 대상자가 건강한 20대 성인 남녀로만 구성되어 신체 균형 능력에서 집단의 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 따라서 향후 연구에서는 균형능력에 영향을 주기 위해 충분한 중재 기간을 두고 다양한 연령대와 차별화된 운동 기간에 따른 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

동적 균형 변수에서 중재 전후 평균 비교 결과 두 집단 모두 앞쪽, 오른쪽, 왼쪽의 안정성 한계에서 유의하게 증가하였다(p>.05). Lee와 Lin(2008)의 연구에 의하면 정상 성인을 대상으로 한 안정한 면에서 운동프로그램군, 에어로스텝 운동프로그램군, 대조군으로 나누어 2주간 주당 4회의 운동을 시행한 결과, 세 개 군 모두 전체 안정성과 전후 안정성, 좌우 안정성에서 유의한 향상이 있었으며, 세 개 군 간의 유의한 차이는 없었다고 하였다.

이처럼 불안정 지지면에서의 스쿼트훈련은 하지의 자세유지근 수행 능력의 향상을 통해 근방추를 민감하게 작용시켰을 것이며, 또한 신경근에 대한 고유수용성 감각의 입력이 증가하고, 이를 통해 고유감각수용계가 이

정보를 더 효과적으로 처리함으로써 균형 능력 향상에 도움을 주었을 것으로 생각된다. 또한 Kim 등(2021)의 연구에서 전신진동운동은 불안정 지지면과 같이 고유수용성감각과 균형능력에 비슷한 효과를 준다고 하였다. Kim 등 (2009)의 연구에서 전신진동기구 위에서 교각운동을 시행했을 때, 안정성 한계가 유의하게 증가되었다는 결과가 본 연구에서 시행한 불안정 지지면 위에서의 근력운동이 동적 균형능력에 대한 결과를 뒷받침해준다.

뇌졸중 환자의 균형과 하지 근활성도와의 상관관계를 알아본 연구(Yang 등, 2012)에서는 1년 이상 지난 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 안정성 한계가 넓을수록 앞정강근, 장딴지근의 근 활성도가 크게 나타남을 보고하였다. 그리고 본 연구는 스쿼트 시 상체를 0°로 세운 그룹이 15°, 30° 그룹보다 앞정강근 근활성도가 가장 유의하게 증가했다는 연구 결과(Yang, 2018)를 토대로 스쿼트 훈련 시에 상체를 0°로 세우는 조건을 두었고, 이러한 조건이 앞정강근을 가장 효과적으로 자극하여 안정성 한계가 넓어지는 것에 영향을 주었다고 생각한다.

그러나 두 그룹 모두 Reward 값에서 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 스쿼트 훈련 시에 후방 전위에 대한 균형 전략을 획득하지 못해 안정성 한계 범위에서 유의한 차이가 나지 않은 것으로 생각된다. Kwon과 Choi(1996)는 20대 정상인을 대상으로 불안정한 발판을 이용하여 다양한 조건으로 균형 능력을 측정한 연구에서 정적 균형과 동적균형능력 간에는 상관성이 낮다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 진행한 동적 균형 변수에서 집단 간에는 유의한 차이가 발생하였으나, 정적 균형 변수에서는 유의한 차이가 나타나지 않았던 이유로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 무릎 각도 차이에 따른 불안정한 지지면에서의 스쿼트훈련이 균형 능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 진행하였다. 남녀 대학생 40명을 제비뽑기하여 무작위 배치로 불안정지지면에서 무릎 굽힘 45° 집단, 무릎 굽힘 90° 집단으로 나누어 4주간 실시하였다.

1. 중재 전 후 정적 균형능력 검사 결과 군 내 변화에서는 안정 지지면에서의 눈 뜨고 동요거리와 동요면적(C90), 눈 감고 동요거리와 동요면적(C90)의 변화는 두 군 모두 유의하지 않았고(p>.05), 군 간 변화에서도 불안정 지지면에서의 눈 뜨고 동요거리와 동요면적(C90), 눈 감고 동요거리와 동요면적(C90) 모두 유의한 차이가 없었다(p>.05).
2. 중재 전 후 동적 균형능력 검사 결과 군 내 변화에서는 두 군 모두 앞쪽, 왼쪽, 오른쪽 안정성 한계가 유의한 차이가 있었지만(p<.05), 뒤쪽 안정성 한계는 두 군 모두 유의하지 않았다. 또한, 군 간의 변화에서는 앞쪽, 뒤쪽, 왼쪽 오른쪽의 안정성 한계 모두 유의한 차이가 없었다(p>.05).

동적균형이 일부 향상됨은 근력이 증진되어 유의함을 띄는 것으로 보이며, 이는 불안정지지면 위에서의 스쿼트를 통해 근력과 동적균형능력이 향상된 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 제한점은 근력을 측정하지 않아 정확한 비교를 하지 못했다는 점과 대상자들의 일상생활을 완벽히 통제하지 못했다는 점이다. 또한 무릎 굽힘 45°와 무릎 굽힘 90° 모두 좋은 중재지만, 4주라는 기간은 두 집단 간 차이를 보기에 짧은 것으로 생각된다.

따라서 향후 연구에서는 정확한 측정 요소, 장기간의 중재 기간, 다양한 연령대에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

Anderson K, Behm DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. Can J Appl Physiol. 2005;30(1):33-45. https://doi.org/10.1139/h05-103.

Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, et al. Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2015;45(12):1645-1669. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0384-x.

Bryanton MA, Kennedt MD, Carey JP, et al. Effect of squat depth and barbell load on relative muscular effort in squatting. J Strength Cond Res. 2012;26(10):2820-2828. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31826791a7.

Chae WS, Jeong HK, Jang JI. Effect of different heel plates on muscle activities during the squat. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2007;17(2):113-121. https://doi.org/10.5103/KJSB.2007.17.2.113.

Cho SH, Lee SY. A effect of the squat convergence exercise among knee joint angle on

ISSN 1226-3680 (Print)
ISSN 2508-7282 (Online)

quadricpes strength in the patients with patellofemoral pain syndrome. Journal of the Korea Convergence Society. 2016;7(2):43-52.

Choi NY, Jang HS, Shin YA. The effect on muscle activation in trunk and low-limbs during squat exercise on various instability surface. J Korean Phys Edu. 2015;54(1):505-514.

Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(1):127-141. https://doi.org/10.1097/00005768-200101000-00020.

Gang DH, Yu IY, Lee GC. The effects of knee extensor, flexor muscle strength and joint position sense in squat exercise on variety surface. Journal of The Korean Society of Integrative Medicine. 2013;1(2):47-57. https://doi.org/10.15268/ksim.2013.1.2.047.

Gong WT, Lee JN, Park JM. The influence of unstable modified wall squat exercises on the gait variables of healthy adults. Journal of Korean academy of orthopaedic manual therapy. 2016;22(1):9-15.

Granacher U, Bridenbaugh SA, Muehlbauer T, et al. Age-related effects on postural control under multi-task conditions. Gerontology. 2011;57(3):247-255. https://doi.org/10.1159/000322196.

Han JH, Lee HJ. The effect of ankle balance traning on unstable and stable surface on proprioception, balance and muscle strength in obese middle-aged woman. Archives of Orthopedic and Sports Physical Therapy. 2018;6(3):59-71. https://doi.org/10.15268/ksim.2018.6.3.059.

Hartmann H, Wirth K, Klusenann M, et al. Influence of squatting depth on jumping performance. J Strength Cond Res. 2012;26(12):3243-3261. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824ede62.

Jeon HM, Ban YH. A classification of type and user interaction model of online home training service in the social distancing environment-based on the service design perspective. J Digit Converg. 2020;19(4):15-30. https://doi.org/10.31678/SDC83.2.

Kim EO, Kim TH, Roh JS, et al. The influence of abdominal drawing-in maneuver on lumbar lordosis and trunk and lower extremity muscle activity during bridging exercise. J Kor Phys Ther. 2009;16(1):1-9.

Kim GH, Choe HS, Go SS. Effect of stance width and angles of knee on repetition, total work and emg during squat. The Asian Journal of Kinesiology. 2017;19(3):27-34. https://doi.org/10.15758/jkak.2017.19.3.27.

Kim HH, Song CH. Effects of knee and foot position on emg activity and ratio of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during squat exercise. J Muscle Joint Health. 2010;17(2):142-150. https://doi.org/10.5953/JMJH.2010.17.2.142.

Kim MC, Lee HJ, Lee SM, et al. The effects of supporting surfaces and visual existence on the balance ability when exercising squat. Journal of The Korean Society of Integrative Medicine. 2018;6(2):77-87. https://doi.org/10.15268/ksim.2018.6.2.077.

Kim MJ, Joo JY, Kim YK. Comparison of kinematics and muscles activities between normal and machine squats. The Korean Journal of Physical Education. 2019;58(2):505-516. https://doi.org/10.23949/kjpe.2019.03.58.2.505.

Kim MK, Yang HS, Jeong CJ, et al. Comparison of the effects of unstable support exercise using whole body sonic vibrator and togu for patients with ankle instability. Journal of The Korean Society of Integrative Medicine. 2021;9(4):191-200. https://doi.org/10.15268/ksim.2021.9.4.191.

Kim MS, Seo IY, Jung GW, et al. The effect of the squat exercise by different base form on balance ability enhancement in normal adult. Journal of The Korean Society of Integrative

Medicine. 2013;1(3):63-78. https://doi.org/10.15268/ksim.2013.1.3.063.

Ko EG, Lee GH, Jeong DY. The effect of isometric hip adduction and abduction on the muscle activities of vastus medialis oblique and vastus lateralis during leg squat exercises. Korean Journal of Sport Biomechanics. 2011;21(3):361-368. https://doi.org/10.5103/kjsb.2011.21.3.361.

Kwon OY, Choi HS. Evaluation of the balance ability for 20 to 29 years old on the unstable platform. Korean Research Society of Physical Therapy. 1996;3(3):1-11.

Labella C. Patellofemoral pain syndrome: Evaluation and treatment. Prim Care. 2004; 31:34-37. https://doi.org/10.1016/j.pop.2004.07.006

Lee AJ, Lin WH. Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. Clin Biomech. 2008;23(8):1065-1072. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2008.04.013.

Lee DS. The study on warm up and sports injuries in Korea elite junior national badminton players. Korean J Sport Sci. 2012;21(4),993-1006.

Lee YM. The influence of unstable modified wall squat exercises on the gait variables of healthy adults. J Korean Acad Orthop Man Physi Ther. 2016;22(1):9-15. https://doi.org/10.1589/jpts.27.2477.

Park CB, Kim YM, Kim YS, et al. Effect of inflatable standing surface with different levels of air pressure on leg muscle activity. Korean Research Society of Physical Therapy. 2013;20(2):1-10. https://doi.org/10.12674/ptk.2013.20.2.001.

Park SH, Cho JH, Choi DS, et al. During squat movement kinematic analysis according to skill level and barbell weight. Frontier Research Institute of Convergence Sports Science. 2010;17(1):45-55.

Powers ME, Buckley BD, Kaminski TW, et al. Six weeks of strength and proprioception training does not affect muscle fatigue and static balance in functional ankle instability. J Sport Rehabili. 2004;13(3):201-227. https://doi.org/10.1123/jsr.13.3.201.

Song HK, So JM. Biomechanical analysis on change of toe-out angle in squat. Korean Journal of Applied Biomechanics. 2019;29(3): 185-196. https://doi.org/10.5103/ KJSB.2019.29.3.185.

Tyson SF, Hanley M, Chillala, J. et al. Balance disability after stroke. Phys Ther. 2006;86 (1):30-38. https://doi.org/10.1093/ptj/86.1.30.

Uchio Y, Ochi M, Adachi N, et al. Results of rasping of meniscal tears with and without anterior cruciate ligament injury as evaluated by second-look arthroscopy. J Arthrosc Relat Surg. 2003;19(5):463-469. https://doi.org/10.1053/jars.2003.50109.

Vorhoeff LL, Horlings CG, Janssen LJ, et al. Effects of biofeedback on trunk sway during dual tasking in the healthy young and elederly. Gait Posture. 2009;30(1):76-81. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.03.002.

Yang DJ, Kim JH, Jung YS, et al. Correlation between balance and lower extremity muscle activity in stroke patients. J Korean Aca Clin Electro. 2012;10(1):1-5. https://doi.org/10.5627/kace.2012.10.1.001.

Yang SH. Effective squat posture to improve elderly's quality of life. Journal of Korea Entertainment Industry Association. 2018;12 (8):161-168. https://doi.org/10.21184/jkeia.2018. 12.12.8.161.

Yoon JG. The correlation between static and dynamic balance index according to the virtual reality-based squat and conventional squat exercise. Journal of The Korean Society of Integrative Medicine. 2019;7(1):1-8. https://doi.org/10.15268/ksim.2019.7.1.001.

ISSN 1226-3680 (Print)
ISSN 2508-7282 (Online)

Yu JA, Park, JH. The effects of dual task training on the balance, upper extremity function, and activities of daily living in the chronic stroke patients. J Converg Inf Technol. 2020;10(6):217-227. https://doi.org/10.22156/cs4smb.2020.10.06.217.

논문접수일(Date received) : 2023년 06월 07일
논문수정일(Date Revised) : 2023년 07월 13일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2023년 07월 25일