

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세에 따른 뇌졸중 환자의 균형 비교 연구

고관혁¹ · 김병조^{2*}

¹파크사이드 재활의학병원 책임치료사, ^{2*}동의대학교 물리치료학과 교수

A Study on the Balance of Stroke Patients According to Kneeling Squat Exercise and Standing Squat Exercise Positions

Gwan-Hyeok Go, PT, MS¹ · Byeong-Jo Kim, PT, Ph.D^{2*}

¹*Dept. of Physical Therapy, Parkside Rehabilitation, Manager*

^{2*}*Dept. of Physical Therapy, Dong-Eui University, Professor*

Abstract

Purpose : The purpose of this research is to propose a more efficient exercising method by measuring and comparing the movement of center of pressure (COP) while hemiplegic stroke patients perform kneeling squat exercise and squat exercise.

Methods : 17 hemiplegic stroke patients were instructed to perform kneeling squat exercises and squat exercises, and the research was designed as a cross-over study. For data collection, a pressure distribution measurement platform (PDM) was used to measure the movement area, length, speed, and distance from the center of the X-axis of center of pressure. The data was then analyzed through a paired t-test.

Results : Kneeling squat exercises have been found to have a significantly smaller center of pressure movement area compared to that of squat exercise($p<.001$), and the center of pressure movement length of kneeling squat exercise has also been found to be relatively shorter ($p<.001$). Moreover, kneeling squat exercises have been found to have a significantly slower center of pressure movement speed than squat exercise ($p<.001$), and kneeling squat exercise center of pressure movement distance from the center of the X-axis has been found to be significantly small ($p<.001$).

Conclusion : Kneeling squat exercises have significantly decreased amounts of center of pressure movement area, distance, and speed compared to squat exercises. Also, the center of pressure movement distance from the center of the X-axis was relatively closer. This result seems to derive from patients performing their motions with wide base surfaces while being refrained from using unstable ankle joints during kneeling squat exercise. Therefore, it can be concluded that kneeling squat exercises show relatively balanced center of pressure movements between the paralyzed and non-paralyzed sides because kneeling squats show smaller shakes in the center of pressure.

Key Words : COP of area, COP of length, COP of velocity, deviation of X-axis

*교신저자 : 김병조, pt123@deu.ac.kr

제출일 : 2022년 7월 13일 | 수정일 : 2022년 8월 23일 | 게재승인일 : 2022년 9월 2일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌혈관질환은 우리나라의 주요 만성질환으로써 사망 원인의 높은 비율을 차지하고 있으며, 뇌혈관질환에 의한 사망률은 해마다 증가하고 있고, 2018년 기준 10만 명당 44명 이상의 사망률을 보고하고 있다(Kim, 2020). 특히 뇌혈관질환 중 뇌졸중은 높은 확률로 발생하는 질환이며, 뇌경색 또는 출혈과 같은 문제로 발생하는 급성 뇌혈관 병변으로써, 24시간 이상 지속된다고 정의하고 있다(Park, 2013). 뇌졸중 후 살아남은 환자들은 치료가 필요하며, 기능적으로 심각한 손상이 남게 된다(Park, 2013). 손상 후 나타나는 증상은 운동실조(ataxia), 편마비(hemiplegia), 인지결손(cognitive deficit) 그리고 감각결손(sensory deficit) 등과 같은 신경학적 손상이 다양하게 나타나고(Lundy-Ekman, 2013), 더 나아가 일상생활 활동의 장애와 보행장애(disorders of gait) 등과 같은 큰 문제점들도 야기된다(Choi & Jeon, 2015; Miller 등, 2010).

특히 뇌졸중 환자의 경우, 편마비 증상으로 마비측의 다리는 불균형과 이동 장애를 야기하고, 서거나 걷는 동안 비마비측으로 체중을 이동하게 되어 불규칙적이고 비대칭적 체중지지가 관찰된다(Kim 등, 2015). 이러한 비대칭적인 체중지지를 보이는 편마비 뇌졸중 환자는 쉽게 넘어질 수 있으며, 신체적으로는 엉덩관절 골절과 같은 문제를 일으킬 수 있고, 이는 독립적인 이동 능력의 재획득을 막게 된다. 따라서, 치료사는 편마비 뇌졸중 환자의 균형 향상을 위하여 체중이동 훈련 방법을 적극적으로 개발하고 평가하는 것은 무엇보다 중요하다(Kim 등, 2013).

뇌졸중 환자의 운동능력과 균형을 측정하는 다양한 방법들이 있는데, 한 가지 방법으로 압력중심을 측정하는 방법이 있다(Lim, 2015). 압력중심이란 지지면에 가해진 모든 힘의 중심이며, 지면반발력의 수직적 투사점의 위치라고 정의한다(Kisner & Colby, 2010). 압력중심의 세부 측정 항목으로 면적, 길이, 속도, X축과 Y축 등을 측정할 수 있다(Zebris Medical GmbH, 2022). 선행 연구에 따르면, 압력중심의 큰 변화는 균형에 부정적인 영향을 미친

다고 하였는데, 고유수용성감각 입력이 약화 된 사람은 압력중심을 중심에서 바깥쪽(X축)과 앞쪽(Y축)으로 이동시킬 수 있으며, 이는 균형에 부정적인 영향을 줄 수 있다고 하였다(Schmidt 등, 2011). 또한 발목관절의 근력 약화가 있는 사람은 발바닥의 압력중심이 긴 길이와 넓은 면적을 이동하여 동적 균형을 감소시킬 수 있다고 하였으며(Kim, 2016), 뇌졸중 환자는 정상인에 비하여 압력중심의 이동 속도가 빠르고, 이동 거리가 증가하였다고 하였다(Jeon & Chung, 2010).

이처럼 편마비 뇌졸중 환자들은 압력중심을 올바르게 유지하면서 운동을 수행해야 할 필요성이 있지만, 학습된 비사용 행동(learned non use behavior)으로 마비측으로 운동을 하기보다는 비마비측으로 운동을 하게 된다(Kim 등, 2020). 이는 마비측 회복에는 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 치료사는 환자들에게 적절한 운동 방법을 제공해야 할 필요성이 있다. 특히 환자를 치료할 때, 체중이동 전략(weight-shifting strategy)을 적절히 조절할 필요가 있다. 대표적인 체중이동 전략은 발목관절 전략(ankle strategy), 엉덩관절 전략(hip strategy), 발디딤 전략(steping strategy) 등이 있다(Kisner & Colby, 2010).

체중이동 전략을 사용하여 체중이동과 균형을 향상하는 훈련 방법으로 스쿼트 운동이 있다(Kim, 2018). 스쿼트 운동은 편마비 뇌졸중 환자의 균형과 보행 훈련 시 사용되는 방법 중 한 가지이며, 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절 3가지 전략을 동시에 사용하는 운동 방법이다(Kim 등, 2018). 하지만, 발목관절의 주변 근육의 약화가 있는 환자들은 안쪽변짐과 뒤침의 움직임이 증가되어 왼쪽과 오른쪽 방향(X축)으로 자세 동요의 불안정성이 증가하게 된다고 하였다(Ban, 2020). 따라서, 발목관절 전략을 사용하는 스쿼트 운동은 불안정한 발목관절로 인하여 체중 분포가 균등하지 않은 편마비 뇌졸중 환자에게(Ji, 2016) 적용하기 어려운 운동 방법일 수 있다. 반면, 무릎스쿼트 운동은(Shim & Chung, 2019) 발목관절의 움직임을 제외하고, 엉덩관절과 무릎관절 2가지 전략을 사용하는 운동 방법이다. 이는 스쿼트 운동보다 안전하고 적용하기 쉬운 운동 방법이며, 상대적으로 균등한 근 활성도를 보여주는 운동 방법이라고 하였다(Go, 2020).

따라서, 본 연구는 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동을 수행하는 동안 압력중심의 이동 면적, 이동 길이, 이동

속도, X축 중심에서의 이동 거리를 측정하고, 효율적인 운동 방법에 대해 제시하고자 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 편측마비가 있는 뇌졸중 환자를 대상으로 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 방법에 따른 압력중심의 이동 면적, 이동 길이, 이동 속도, X축 중심에서의 이동 거리를 비교하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 설계 및 연구 대상

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 측정 순서에 따른 영향을 배제하기 위하여 교차 연구(cross-over study)로 설계하였다. 연구대상자 인원 산출은 G power 3.1 프로그램을 사용하여 산출하였다. 사전 연구에서 5명을 대상으로 실험을 진행하였고, 사전 연구 결과를 바탕으로 효과 크기 .81, 유의수준 .05, 검정력 .85으로 설정하였으며, 16

명을 산출하였다. 최종 연구대상자는 탈락자를 고려하여 총 22명을 선정하였다.

대상자 선정은 부산광역시 P 재활의학병원에 입원하여 치료받고 있는 환자 22명을 대상으로 선정하였다. 선정 기준은 1) 의사에게 뇌졸중 진단을 받은 편마비 환자 2) 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 시, 무릎과 발목에 통증을 호소하지 않고 운동 수행이 가능한 자 3) 연구의 목적과 실험 절차를 충분히 이해하고 자발적으로 연구 참여에 동의한 자 4) 한국형-간이정신상태검사(MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자로 선정하였다. 제외 기준은 1) 뇌졸중 이외 다른 신경학적 질환이 있는 자 2) 발목, 무릎, 엉덩관절에 정형외과적 수술을 시행한 자 3) 발목, 무릎, 엉덩관절에 변형이 있어 운동 수행에 제한이 있는 자 4) 시각과 전정기관에 문제가 있거나 균형에 영향을 미치는 약물을 복용 중인 자 5) 과도한 경직(spasticity)이나 운동 실조로 운동 수행 중 정확한 측정이 어려운 자로 선정하였다.

모든 대상자는 연구자에게 연구 방법에 대해 자세한 설명을 듣고, 자발적으로 연구 참여동의서와 개인정보 동의서를 작성한 후 참여하였다. 탈락자 5명을 제외한, 총 17명을 대상으로 최종 연구를 진행하였고, 연구대상자의 일반의학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General and medical characteristics of subjects (n=17)

Characteristics		n	Mean±SD	%
General	Gender	Male		64.70
		Female		35.29
	Age (year)		57.94±17.99	
	Height (cm)		161.74±10.20	
	Weight (kg)		64.97±11.95	
Medical	Cause	Hemorrhage	8	47.05
		Infarction	9	52.94
	Plegic side	Lt.	9	47.05
		Rt.	8	52.94
		MMSE		27.53±2.71

MMES; mini mental state examination, SD; standard deviation

2. 실험 절차 및 방법

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동은 이전 연구의 운동 방법을 수정 보완하여 사용하였고(Shim & Chung, 2019; Go, 2020), 운동 자세에 대한 사진은 Fig 1과 같다. 연구 책임자는 환자에게 운동 방법이 충분히 숙지가 될 때까지

시범을 보였다. 환자는 운동 방법에 대한 이해가 끝난 뒤, 3번의 사전 연습을 시행하였다. 환자의 운동 피로를 방지하기 위하여 운동 후, 5분의 휴식 시간을 제공하였다. 또한, 환자의 낙상을 방지하기 위하여 연구보조자가 옆에서 항상 대기하였다.

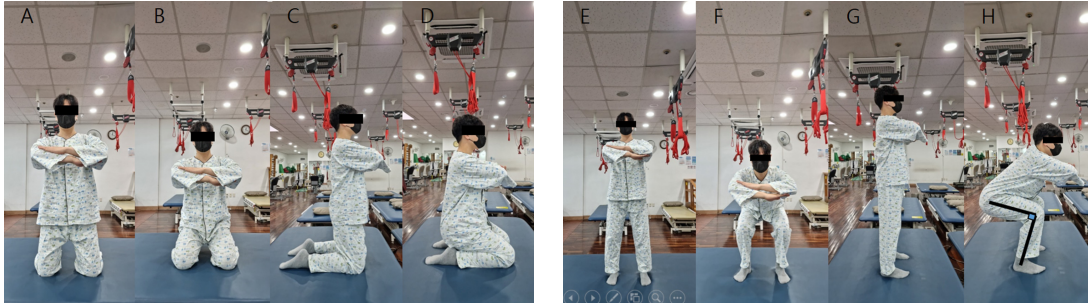


Fig 1. Beginning and intermediate positions of kneeling squat exercise and squat exercise, Kneeling squat exercise; A, B, C, D, Squat exercise; E, F, G, H

1) 무릎스쿼트 운동

시작 자세는 두 무릎으로 선 자세(kneeling stand)이며, 두 무릎, 정강이, 발등의 지지면을 통하여 기록된 압력중심 값을 측정하였다. 운동 자세는 엉덩관절 0°, 무릎관절 90° 굴곡 자세에서 무릎을 어깨의 수직선 아래로 위치시킨 후, 양팔을 교차시켜 팔짱을 낀다. 두 다리의 위치는 무릎, 정강이, 발등이 11자가 되게 평행하게 놓는다. 본 연구의 추가사항으로 고개는 정면을 바라보고, 허리는 자연스러운 만곡을 유지할 수 있도록 지시하였다.

운동 시간은 연구자가 타이머를 사용하여 1초 간격으로 환자에게 청각적 정보를 제공하여 시간을 통제하였다. 운동 순서는 연구자의 시작이라는 구두지시와 함께 아래 방향으로 3초간 천천히 내려가며, 엉덩관절과 무릎관절을 사용하여 내려간다. 이때, 엉덩이가 발뒤꿈치에 닿는 즉시 위로 3초간 천천히 올라간 후, 처음 자세로 돌아가도록 지시한다. 총 6초 구간을 기록하였고, 3회 반복 측정하였다.

2) 스쿼트 운동

시작 자세는 두 다리로 선 자세이며, 두 발바닥의 지지

면을 통하여 기록된 압력중심 값을 측정하였다. 운동 자세는 엉덩관절 0°, 무릎관절 0° 펴 자세에서 두 다리를 어깨의 수직선 아래로 위치시킨 후, 양팔을 교차시켜 팔짱을 낀다. 두 발은 11자가 되게 평행하게 놓는다. 본 연구의 추가사항으로 고개는 정면을 바라보고, 허리는 자연스러운 만곡을 유지할 수 있도록 지시하였다.

운동 시간은 연구자가 타이머를 사용하여 1초 간격으로 환자에게 청각적 정보를 제공하여 시간을 통제하였다. 운동 순서는 연구자의 시작이라는 구두지시와 함께 아래 방향으로 3초간 천천히 내려가며, 엉덩관절과 무릎관절 그리고 발목관절을 사용하여 내려간다. 이때, 각도계(goniometer)로 설정한 무릎의 각도가 90°가 되면 즉시 위로 3초간 천천히 올라간 후, 처음 자세로 돌아가도록 지시한다. 총 6초 구간을 기록하였고, 3회 반복 측정하였다.

3. 측정도구 및 방법

1) 압력분포 측정기

본 연구의 실험 결과를 바탕으로 측정 장비의 측정자

간 신뢰도 분석을 하였다. 무릎스쿼트 운동의 압력중심 이동 면적(ICC=.975), 이동 길이(ICC=.981), 이동 속도(ICC=.981), X축 중심에서의 이동 거리(ICC=.958)와, 스쿼트 운동의 압력중심 이동 면적(ICC=.955), 이동 길이(ICC=.968), 이동 속도(ICC=.938), X축 중심에서의 이동 거리(ICC=.900)를 측정하기 위하여 압력분포 측정기(PDM, Zebris, Germany)를 사용하였다. 압력분포 측정기는 세로 570 mm, 가로 400 mm, 폭 15 mm의 크기로 이루어져 있으며, 406*339 mm 센서 면적에 1,920개의 센서가 위치하여 있다. 측정된 수치는 컴퓨터로 자동 입력되며, 3회 반복측정 값을 평균으로 사용하였다. X축에서 마이너스 값은 압력중심이 마비측으로 이동한 값으로 변환하였고, 플러스 값은 압력중심이 비마비측으로 이동한 값으로 변환하여 계산하였다.

4. 자료처리 및 통계분석

측정된 자료는 통계프로그램 SPSS 25.0을 사용하여 비교 분석하였고, 유의수준(α)은 .05로 정하였다. 정규성 분포를 확인하기 위하여 샤피로-윌크 검정(shapiro-wilk test)을 통해 확인하였고, 연구대상자의 일반의학적 특성은 기술통계를 사용하였다.

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세에 따른 압력중심의 이동 면적, 이동 길이, 이동 속도, X축 중심에서의 이동 거리를 비교 분석하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였다.

III. 결 과

무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 압력중심의 이동 면적, 이동 길이, 이동 속도, X축 중심에서의 이동 거리 비교는 Table 2와 Fig 2에 제시하였다.

1. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세의 압력중심 이동 면적 비교

무릎스쿼트 운동은 압력중심의 이동 면적이 상대적으로 좁았고, 스쿼트 운동은 압력중심의 이동 면적이 상대적으로 넓어, 두 운동 사이에 유의한 차이를 보였다($p<.001$).

2. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세의 압력중심 이동 길이 비교

무릎스쿼트 운동은 압력중심의 이동 길이가 상대적으로 짧았고, 스쿼트 운동은 압력중심의 이동 길이가 상대적으로 길어, 두 운동 사이에 유의한 차이를 보였다($p<.001$).

3. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세의 압력중심 이동 속도 비교

무릎스쿼트 운동은 압력중심의 이동 속도가 상대적으로 느렸고, 스쿼트 운동은 압력중심의 이동 속도가 상대적으로 빨라, 두 운동 사이에 유의한 차이를 보였다($p<.001$).

Table 2. Comparison of center of pressure between kneeling squat exercise and squat exercise (n=17)

	Mean±SD		t	p
	Kneeling squat	Squat		
COP area	1915.51±1399.35	4030.69±2169.48	-5.216	.000
COP length	322.83±161.26	514.17±177.67	-6.426	.000
COP velocity	49.21±20.74	82.06±21.48	-6.702	.000
Deviation X	2.63±13.11	29.68±17.41	-5.250	.000

COP; center of pressure, SD; standard deviation

4. 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 자세의 X축 중심에서 압력중심 이동 거리 비교

무릎스쿼트 운동은 압력중심의 이동 거리가 상대적으

로 X축 중심에서 가까우며, 스쿼트 운동은 압력중심의 이동 거리가 상대적으로 X축 중심에서 멀어, 두 운동 사이에 유의한 차이를 보였다($p < .001$).

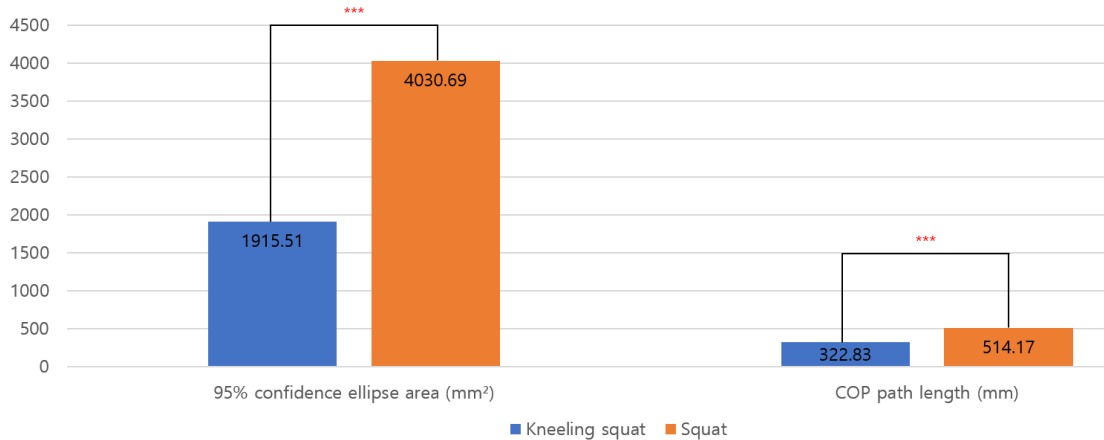


Fig 2. Comparison of movement area and movement length of the center of pressure between kneeling squat exercise and squat exercise

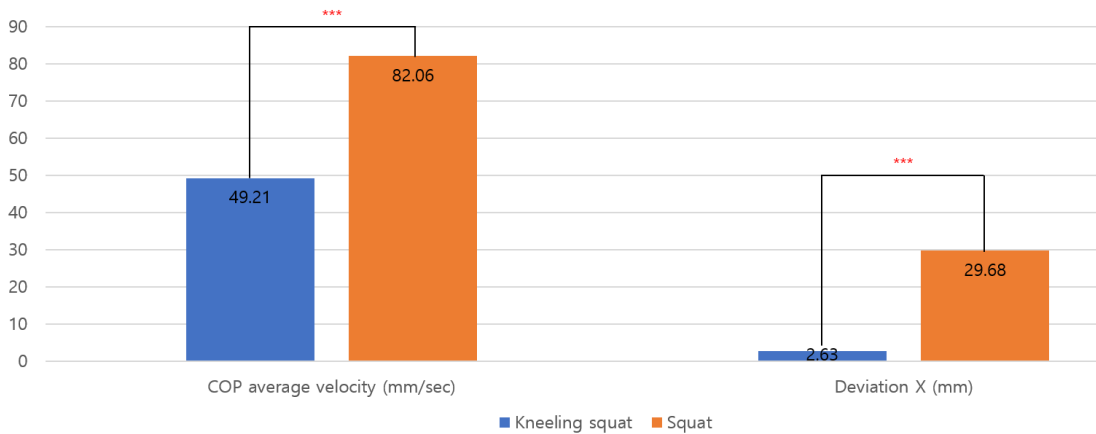


Fig 3. Comparison of movement speed and movement length at the center of the X-axis between kneeling squat exercise and squat exercise

IV. 고찰

본 연구는 편마비 뇌졸중 환자를 대상으로 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 압력중심의 이동 면적, 이동 길이, 이동 속도, X축 중심에서의 이동 거리를 비교하고, 효율

적인 운동 자세에 대해 논의하고자 하였다.

편마비 뇌졸중 환자는 비마비측과 마비측의 비대칭적 체중부하를 보이며, 압력중심의 이동 패턴이 일반인과 다르게 나타난다고 하였다(Ku 등, 2014). 또한, 편마비 뇌졸중 환자는 근육의 비정상적인 동원 패턴과 수축으로 비마비측과 마비측의 넵다리네갈래근 활성화 차이가 나

타난다고 하였고(Kim, 2011), 이는 뇌졸중 환자에게 비대칭적인 자세 조절의 문제를 일으킬 수 있다. 따라서, 편마비 뇌졸중 환자에게 올바른 자세와 균등한 체중 분배를 교육하는 것이 필수적이며, 기저면의 면적은 중요한 요소이다(Jang 등, 2010).

본 연구에서 시행한 무릎스쿼트 운동은 스쿼트 운동에 비하여 압력중심의 이동 면적이 2.1배 낮았고, 이동 길이는 1.59배가 낮아 상대적으로 압력중심의 움직임이 감소되어 유의한 차이가 나타났다. 선행 연구에 따르면, 좁은 기저면은 압력중심의 흔들림이 크게 나타나기 때문에 선행적 자세 조절이 빠르게 수행되어 보상작용을 유발할 수 있다고 하였다(Nam 등, 2017; Yoo 등, 2012). 반면, 넓은 기저면은 균형과 안정성을 확보하기 때문에 치료의 난이도를 조절할 때 도움이 된다고 하였다(Nam 등, 2017; Yoo 등, 2012).

Kim(2016)의 연구에서는 다양한 기저면의 차이에 따라 근육의 활성화가 달라지며, 이는 압력중심의 이동 면적과 이동 길이가 변한다고 하였다. 본 연구에서도 무릎스쿼트 운동은 무릎, 정강이, 발등을 이용하여 넓은 기저면을 형성하였고, 압력중심의 흔들림이 작아 이동 면적과 이동 길이가 상대적으로 감소하였다고 생각된다. 이는 무릎스쿼트 운동이 상대적으로 적용하기 쉽고, 안정적인 운동 방법이라는 선행 논문의 내용과 일치한다(Shim & Chung, 2019). 이와 반대로 스쿼트 운동은 두 발바닥만을 이용하여 좁은 기저면을 형성하였다(Kim 등, 2018). 스쿼트 운동은 좁은 기저면의 영향을 받아 압력중심의 흔들림이 증가하여 이동 면적과 이동 길이가 상대적으로 증가하였다고 생각된다. 따라서, 압력중심의 이동 면적과 이동 길이의 변화는 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 기저면 차이에 따른 영향으로 볼 수 있다.

Cho와 Lee(2010)의 연구에 따르면, 편마비 뇌졸중 환자는 선 자세의 동요가 증가하기 때문에 균형 조절이 어려워 비마비측으로 체중을 지지하려는 모습을 보이며, 이는 비마비측과 마비측 다리에 체중을 균등하게 분배하기 어렵게 된다. Gray 등(2012) 연구에서 편마비 뇌졸중 환자는 속도가 빠른 동적 운동을 수행하는 동안, 압력중심의 이동이 증가하여 비마비측과 마비측 무릎관절의 협응이 감소하였다. 이는 비마비측의 의존적인 체중부하와 마비측의 보상작용을 유도하여 비대칭적인 움직임을 증

가시킨다고 하였다.

선행 연구에 따르면, 뇌졸중 환자는 압력중심의 이동 속도가 빠르고, 이동 거리가 증가한다고 하였다(Jeon & Chung, 2010). 본 연구에서는 스쿼트 운동이 무릎스쿼트 운동에 비하여 압력중심의 이동 속도가 1.66배 빠르고, 압력중심의 이동 거리가 X축 중심에서 비마비측으로 11.28배 더 많이 이동하였다. 스쿼트 운동은 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절 3가지 전략을 사용한다(Kim, 2018). 이와 반대로, 무릎스쿼트 운동(Shim & Chung, 2019)은 무릎관절과 엉덩관절 2가지 전략을 사용한다. Kim(2016)의 연구 결과에 따르면, 뇌졸중 환자의 발목관절 불안정성은 균형 능력을 감소시킬 수 있다고 하였다. 또한, 불안정한 발목관절은 안쪽번짐과 뒤침의 움직임이 증가되어 압력중심의 불안정성이 증가된다고 하였다(Ban, 2020). 그러므로 불안정한 발목관절 전략을 사용하는 스쿼트 운동은 압력중심의 이동 속도가 빠르고 X축 중심에서 이동 거리가 멀어 상대적으로 불균등한 압력중심의 이동을 보이는 운동임을 알 수 있다.

Go(2020)의 연구에 따르면, 무릎스쿼트 운동은 스쿼트 운동에 비하여 상대적으로 균등한 근활성도를 보이는 운동이라고 하였다. 따라서, 편마비 뇌졸중 환자에게 올바른 자세의 무릎스쿼트 운동을 적용한다면, 상대적으로 균등한 근활성도와 안정적인 압력중심 이동 훈련을 적용할 수 있다고 생각된다. 이는 편마비 뇌졸중 환자의 마비측의 비사용 학습화를 예방하고 비마비측과 마비측의 균등한 균형 훈련을 수행할 수 있을 것이다(Han 등, 2015).

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 방법에 따른 즉각적인 압력중심의 변화량을 측정하였기에 시간 경과에 따른 운동 효과를 알 수 없다. 둘째, 지지면의 차이가 나는 두 운동을 비교하였기에 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동 사이의 운동량에는 상관관계가 있는지에 대한 추가 연구가 필요하다. 셋째, 무릎스쿼트 운동과 스쿼트 운동의 구간별 압력중심의 변화량은 측정되지 않아, 이에 따른 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

무릎스쿼트 운동은 스쿼트 운동에 비하여 상대적으로 압력중심의 이동 면적은 좁았으며, 이동 거리는 짧았고, 이동 속도가 느려 상대적으로 안정적인 운동 수행이 가능하였다. 또한, 압력중심의 X축 선상 이동 거리는 무릎스쿼트 운동이 X축 중심에서 가까워 비마비측과 마비측이 상대적으로 균등한 운동 자세와 압력중심의 이동을 보였다. 반면, 스쿼트 운동은 압력중심이 X축 중심에서 비마비측으로 많은 거리를 이동하여 상대적으로 비마비측을 의존하는 불균등한 운동 자세와 압력중심의 이동을 보였다. 이는 무릎 스쿼트 운동이 넓은 지지면을 이용한 운동 방법이기 때문에 압력중심의 흔들림이 작아 상대적으로 균등하고 안정적인 운동 방법이라고 생각된다.

참고문헌

Ban JH(2020). Influence of foot progression angle on center of pressure and muscle activation during stair walking in subjects with chronic ankle instability. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.

Cho KH, Lee WH(2010). The effects of two motor dual task training on balance and gait in patients with chronic stroke. *J Korean Soc Phys Ther*, 22(4), 7-14.

Choi HS, Jeon SB(2015). Effect of backward walking training on balance capability and gait performance in patients with stroke. *J Digit Converg*, 13(1), 367-373. <https://doi.org/10.14400/JDC.2015.13.1.367>.

Go GH(2020). Comparative study of quadriceps activity and pressure distribution when patients with stroke-caused hemiplegia perform kneeling squat and standing squat exercises. Graduate school of Dongeui University, Republic of Korea, Master's thesis.

Gray VL, Ivanova TD, Garland SJ(2012). Control of fast squatting movements after stroke. *Clin Neurophysiol*, 123(2), 344-350. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.07.003>.

Han JT, Kim YM, Kim K(2015). Effects of foot position of the nonparetic side during sit-to-stand training on postural balance in patients with stroke. *J Phys Ther Sci*, 27(8), 2625-2627. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2625>.

Jang HY, Kim KH, Kim TH, et al(2010). The effects of foot and knee position on electromyographic activity of the vastus medialis and vastus lateralis for hemiplegic patients. *J Korean Soc Phys Ther*, 22(4), 21-28.

Jeon HW, Chung YJ(2010). The effect of dual-task on standing postural control in persons with chronic stroke. *Phys Ther Korea*, 17(3), 20-30.

Ji YH(2016). The effects of gait training on uneven surface on the ankle muscles activity of balance control in stroke patients. Graduate school of Daegu Catholic University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kim AS, Kim HG, Woo JH(2020). Effects of virtual reality based rehabilitation therapy with postural correction feedback on recovery of upper limb function and non use in patients with chronic stroke. *J Korean Acad Ther*, 12(1), 13-24. <https://doi.org/10.31321/KMTS.2020.12.1.13>.

Kim BR(2016a). The study of the base of support on anticipatory adjustment of trunk muscles and postural stability during non-paretic arm movement according to various width of base of support in patients with stroke survivors. Graduate school of Daegu Catholic University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kim HS(2016b). The effect of the plantar pressure on dynamic balance by fatigue of leg in the subjects with functional ankle instability. *J Korea Contents Assoc*, 16(1), 734-742. <https://doi.org/10.5392/ JKCA.2016.16.01.734>.

Kim KH, Ko SK, Kim BW, et al(2018). Effects of knee position and load method on joint angles change and EMG responses of the trunk and lower limb muscles during isometric parallel squat exercise. *Korean J Phys Educ*, 57(5), 397-406. <https://doi.org/10.23949/kjpe.2018.09.57.5.28>.

Kim SB(2018). The effects of side gait with squet training

- on balance and gait in patients with stroke. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim SE, Choi JH, Beak YS, et al(2013). Development of weight shifting training system using biofeedback for post-stroke hemiplegic patients with step length asymmetry. *J Korean Soc Precis Eng*, 30(4), 450-458. <https://doi.org/10.7736/KSPE.2013.30.4.450>.
- Kim SY, Yang L, Park IJ, et al(2015). Effects of innovative WALKBOT robotic-assisted locomotor training on balance and gait recovery in hemiparetic stroke: a prospective, randomized, experimenter blinded case control study with a four-week follow-up. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 23(4), 636-642. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2015.2404936>.
- Kim WH(2011). Effect of task-oriented approach on weight-bearing distribution and muscular activities of the paretic leg during sit-to-stand movement in chronic stroke patients. *Phys Ther Korea*, 18(2), 18-26.
- Kim YS(2020). Effect of age at menopause on cardiovascular and cerebrovascular mortality in Korean women. Graduate school of Yonsei University, Master's thesis.
- Kisner C, Colby LA(2010). *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 5th ed, Seoul, YeongMun Publishing Inc. pp.291-315.
- Ku JH, Seong JH, Choi JD(2014) Effect of gait initiation training on gait and center of pressure displacement during early phase of gait in stroke patients. *Phys Ther Korea*, 21(1), 13-19. <https://doi.org/10.12674/ptk.2014.21.1.013>.
- Lim, YJ(2015). Center of pressure and ground reaction force analysis of task oriented sit-to-stand. Graduate school of Daegu Catholic University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lundy-Ekman L(2103). *Neuroscience fundamentals for rehabilitation*. 4th ed, Missouri, Elsevier, pp.496-527.
- Miller EL, Murray L, Richards L, et al(2010). Comprehensive overview of nursing and interdisciplinary rehabilitation care of the stroke patient a scientific statement from the American Heart Association. *Stroke*, 41(10), 2402-2448. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e3181e7512b>.
- Nam HS, Kim JH, Lim YJ(2017). The effect of the base of support on anticipatory postural adjustment and postural stability. *J Korean Phys Ther*, 29(3), 135-141. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2017.29.3.135>.
- Park JH(2013). *The physical therapy of neurological disease*. 1st ed, Seoul, HyunMoonsa, pp.23-98.
- Schmidt H, Sauer LD, Lee SY, et al(2011). Increased in-shoe lateral plantar pressures with chronic ankle instability. *Foot Ankle Int*. 32(11), 1075-1080. <https://doi.org/10.3113/FAI.2011.1075>.
- Shim SY, Chung YJ(2019). A comparison of trunk and lower extremity muscle activity during the performance of squats and kneeling squats in persons with stroke a preliminary study. *Phys Ther Rehabil Sci*, 8(2), 86-89. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2019.8.2.86>.
- Yoo KT, Yoon JG, Park BK, et al(2012). Motion analysis and EMG analysis of the pelvis and lower extremity according to the width variation of the base of support. *J Int Acad Phys Ther Res*, 3(1), 391-396. <https://doi.org/10.5854/JIAPTR.2012.3.1.391>.
- Zebris Medical GmbH. PDM-C Measuring system for static and dynamic foot pressure measurements. Available at <https://www.zebris.de/en/medical/stand-analysis-roll-analysis-and-gait-analysis-for-the-practice> Accessed August 9, 2022.