

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2025. 12. Vol. 32, No.4 pp. 47-58

지지면 변화에 따른 하지근력운동이 성인의 균형능력과 근순발력에 미치는 영향

전규진 · 오규빈 · 김다운 · 김나영 · 이예진 · 오승정 · 윤상원 ·

고준혁 · 김정선 · 이원덕 · 김지혜

강동대학교 물리치료과

The effect of lower limb muscle strength training according to the change of support surface on the balance ability and muscle power of adults

Kyu Jin Jeon · Gku Bin Oh Ph.D., P.T. · Da Yun Kim · Na Young Kim · Ye jin Lee · Seung Jeong Oh · Sang Won Yoon · Jun Hyeok Go Ph.D., P.T. · Jeong Seon Kim Ph.D., P.T. · Won Deok Lee Ph. Ph.D., P.T. · Ji Hye Kim Ph.D., P.T.

Dept. of Gangdong University Department of Physical Therapy

Abstract

Background: Physical inactivity is common in modern society and frequently results in compromised postural control and impaired body alignment. Strength training with altered support surfaces can effectively activate the core muscles and enhance neuromuscular control. The purpose of this study was to investigate the effects of lower limb strength training on balance ability and muscle power in adults depending on changes in the support surface.

Design: Randomized control trial

Methods: This study was conducted on 23 healthy adults attending G University. The experimental group performed Bulgarian Split Squat, Lunge, and One-Leg Stand on a BOSU Ball, while the control group performed the same exercises on a flat surface.

Results: Both groups showed significant improvements in dynamic balance and muscle power ($p < .05$). Static balance improved only in the experimental group ($p < .05$). Between-group differences were not significant except for Standing Long Jump, where the experimental group showed great-

er improvement ($p < .05$).

Conclusion: After a 4 weeks exercise program, improvements in balance and muscle power were observed in both groups. If further studies are conducted to address the limitations of this study, more meaningful results in regarding functional improvements through lower limb strength enhancement can be expected.

Key words: Balance ability, Lower body strength training, Muscle power, Support surface

교신저자

오규빈

충청북도 음성군 감곡면 대학길 278, 홍익관 4층 409A호

T: 043-879-3436, E: ogb0315@naver.com

I. 서론

현대 사회는 의료 기술의 발전과 위생 수준의 향상, 건강 관리에 대한 관심 증가로 인해 인간의 기대수명이 크게 증가하고 있다(Brown, 2015). 그러나 기대수명의 증가는 심혈관계 질환 및 신경퇴행성 질환과 같은 만성 질환의 발생을 동반하며(Meinow 등, 2025), 이는 개인과 사회에 경제적, 심리적 부담을 초래하므로 단순히 수명을 연장하는 것을 넘어 질병 없이 건강하게 살아가는 기간을 의미하는 건강수명(Healthy life expectancy)의 중요성이 더욱 강조되고 있다(이도현 등, 2023). 운동 부족은 현대인의 건강 체력에 부정적인 영향을 미치며, 이는 건강한 삶을 유지하는 데 있어 중요한 문제로 대두되고, 이에 따라 신체 활동을 촉진하고 체력을 증진 시키기 위한 효과적인 운동 방법에 대한 관심이 높아지고 있다(손영훈 등, 2021).

최근 들어 순발력 및 민첩성 향상을 목적으로 한 다양한 운동프로그램이 제안되고 있으며, 이러한 프로그램들이 순발력 향상에 유의미한 효과를 보인다는 연구 결과가 보고되고 있다(이동희, 2024). 그중에서도 불가리안 스플릿 스쿼트(Bulgarian Split Squat; BSS)는 양발을 사용하는 일반적인 스쿼트에 비해 관상면에서 지지 기반이 좁아져 더 높은 수준의 신경근 활성화를 요구하며(Severin 등, 2017), 이로 인해 순발력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Taskin과 Bicer, 2015). 불가리안 스플릿 스쿼트(BSS)는 대표적인 단일 다리 스쿼트 동작으로, 한쪽 다리를 벤치에 올리고 다른 쪽 다리로 하강과 상승을 반복하는 방식으로 수행되며, 여러 선행연구에서도 최대 근력과 폭발적인 파워 능력이 향상하여 순발력 증진에도 효과적인 방법으로 알려져 있다(이민지 등, 2021). 이 운동은 양쪽 다리의 근력 불균형을 개선할 수 있으며, 특히 한쪽 하지의 근력과 안정성을 강화하는 데 효과적이다(Lockie 등, 2017). 런지(Lunge) 동작은 엉덩이, 무릎, 발목 그리고 발의 가동성과 안정성을 동시에 평가할 수 있는 자세로, 여러 관절과 근육의 협응을 자극하는 운동으로 알려져 있다(Gray 등, 2010). 또한, 런지는 자세 변화에 따라 균형 유지 능력을 더 많이 요구하기 때문에 스쿼트 보다 균형 발달에 효과적이며 근력과 균형 능력을 함께 향상 시킬 수 있는 효율적인 운동이다(송수정 등, 2018). 특히, 불안정한 지지면에서의 런지 운동은 스쿼트 운동보다 균형 능력의 필요성이 크며, 골반의 안정화에 기여하여 근활성도가 더욱 높게 나타난다고 보고되었다(Verhagen 등, 2004). 보수볼(BOSU Ball)은 필라테스와 스포츠 재활 분야에서 널리 활용되는 도구로써, 인위적으로 불안정한 지지면을 제공하여 신체의 균형을 유지하는 과정에서 몸통 안정화 근육(Trunk stability muscle)의 활성화를 촉진한다(박상하 등, 2016).

보수볼 운동은 불안정한 표면에서 수행됨으로써 코어 근육을 강화하고 균형 능력을 향상 시키는데 효과적인 방법으로 알려져 있다(Sawant., 2022). 불안정한 지지면에서의 운동은 몸감각 자극 훈련과 더불어 근육의 수축 및 신장 능력을 향상시키는 데 효과적이며(여상준 등, 2016), 균형을 유지하기 위한 고유수용성 감각을 자극함으로써 대뇌의 운동 영역에 지속적인 자극을 유도하고, 균형능력을 향상에 효과적인 것으로 보고되었다(박치복 등, 2013). 이러한 불안정한 지지면에서의 운동은 장기적으로 혈관 건강을 증진시키고 대사 질환의 위험 요인을 감소시키는 등 생리적인 측면에서도 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(김미연과 서영환, 2021).

기존의 많은 연구들은 주로 안정된 지지면에서 수행된 운동 증재를 통해 하지 근력과 균형 능력 향상을 유도하는데 초점을 맞춰왔다. Behm 등(2010)은 안정된 지지면과 불안정한 지지면에서 수행되는 저항성 운동의 효과를 비교한 메타분석 연구에서 안정된 지지면에서 실시된 근력 운동 방식이 근비대와 최대 근력에 향상되고, 불안정한 지지면에서의 운동은 감각운동 기능 향상에는 기여하지만 순수한 근력 향상 측면에서는 한계가 있을 수 있다고 하였다. 또한, Eckardt(2016)은 안정된 지지면에서의 운동이 근력과 파워 향상에 있어 더 높은 효과를 보이는 것으로 나타났고, 불안정한 지지면에서의 운동은 균형능력 향상에 더 높은 효과를 보인다. 이러한 결과들은 기존의 많은 연구들이 제시해온 것처럼, 근력 훈련이 안정된 지지면에서 이루어질 때 균형 능력보다는 하지 근력 향상에 긍정적인 영향을 준다는 점을

보여주었다.

균형(Balance)은 신체의 중심(Center of Gravity)을 기저면(Base of Support) 내에서 안정적으로 유지하고, 인체의 정렬 및 자세를 지속적으로 관리할 수 있는 능력을 의미하며(Nichols 등, 1996), 이는 앉기, 일어서기, 걷기와 같은 기본적인 동작을 수행하는 데 필수적인 요소이고 일상생활에서의 다양한 활동을 안정적으로 수행할 수 있도록 돕는다(김명철 등, 2012). 신체 움직임에 있어 순발력은 짧은 시간 내에 강한 힘을 발휘하는 능력으로, 이는 단시간에 최대 에너지를 폭발적으로 생성하거나 반복적으로 높은 강도의 움직임을 수행하는 능력을 의미한다(연분홍, 2016). 또한, 순발력은 단위 시간당 수행되는 일의 양으로 정의되며, 힘과 속도를 동시에 포함하는 개념으로, 운동선수뿐만 아니라 일반인의 생활에서도 필수적인 체력 요소 중 하나로 여겨진다(김수현 등, 2015).

그러나 지지면의 변화는 자세 제어와 운동 수행 방식에 영향을 줄 수 있으며, 운동 효과에 차이를 발생시킬 수 있는 요소로 간주 된다(박성진 등, 2020). 김명철 등(2012)은 안정된 지지면 보다 유동적인 균형 매트에서의 운동이 앞정강근(Tibialis anterior)과 가자미근(Soleus)의 근활성도에 유의미한 차이를 보인다고 보고하였으며, 이는 안정된 지지면 보다 불안정한 지지면에서의 운동이 근육을 강화 시키는데 유리하다는 점을 시사한다. 그러나 지지면 특성을 변화시킨 하지 근력운동이 성인의 균형 능력과 근순발력에 미치는 영향을 직접적으로 분석한 연구는 미비하다.

따라서 본 연구는 지지면의 안정성 차이에 따른 운동이 개인의 균형 능력과 근력에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 특히, 불안정한 지지면에서의 운동이 균형 향상 및 근력 강화에 기여할 수 있는 가능성을 탐색함으로써 보다 효과적인 운동 처방을 위한 기초 자료를 제시하는 것을 목표로 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 충북 E군에 위치한 G 대학교에 재학 중인 건강한 성인 30명을 대상으로 실시되었다. 선행연구에서의 중재 인원수는 28명이었으며, 이를 참고하여 본 연구에서도 유사한 규모를 유지하고자 하였다(Cuğ 등, 2016). 따라서 중재 과정 중 탈락 가능성을 고려하여 약 10%의 탈락률을 감안하여 총 30명을 모집하였다. 선정기준은 지난 6개월간 몸통과 하지의 근골격계 관련 정형외과적 병력이나 신경학적 병력이 없는 자, 다리에 선천적 기형이 없고 발목관절, 무릎관절 및 엉덩관절 주변에 통증이 없는 자, 본 운동에 영향을 주는 약물을 복용하지 않는 자, 과로나 질병 등으로 신체기능 저하가 없는 자, 본 운동프로그램을 정확히 수행할 수 있는 자로 하였다. 또한 발목 및 무릎관절에 통증을 호소하는 자, 불안정지지면에서 균형운동 수행이 어려운 자, 포기 의사를 밝힌 자는 제외하였다. 본 연구에서는 중재 방법에 대해 대상자들에게 구두로 충분한 설명을 제공한 후 연구 참여에 대한 자발적 동의를 확보하였으며, 이에 동의한 대상자들을 대상으로 중재를 시행하였다. 그러나 중재 과정에서 발목관절 통증, 불안정 지지면에서의 균형운동 수행에 제한이 있는 경우, 본 운동프로그램을 정확히 수행하지 못한 경우 등의 사유로 7명이 분석에서 제외되었으며, 최종적으로 23명의 자료가 결과 분석에 사용되었다.

2. 연구설계

본 연구 대상자들의 그룹 배정은 준비뽑기를 통해 보수불 운동을 시행하는 실험군과 안정적인 지지면에서 운동을 시행하는 대조군으로 각각 무작위 배정되었다. 뽑기 방식은 종이에 각각 O, X를 표시해두고 뽑게 하였으며 O를 뽑은 대상자는 실험군으로, X를 뽑은 대상자는 대조군으로 선정하였다. 모든 대상자는 본인이 실험군인지 대조군인지 알지 못한 채로 실험을 진행하였다. 본 연구는 지지면 변화에 따른 하지 근력운동이 성인의 균형능력과 근순발력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 4주간 주 3회 30분씩 운동프로그램을 진행하였고, 운동 전후 실험군과 대조군 간의 동적 균형

능력(Y-Balance Test; YBT), 정적 균형능력(Functional Reaching Test; FRT), 근순발력(제자리멀리뛰기, Standing Long Jump; SLJ)을 측정하여 비교분석 하였다.

3. 측정도구 및 방법

1) 동적 균형능력 측정(Y-Balance Test; YBT)

본 연구에서는 동적 균형능력 측정을 위해 Y-Balance Test를 활용하였다. 대상자는 양손을 골반 위에 올리고 한 발로 선 상태에서, 바닥에 테이프로 표시된 방향인 앞쪽(Anterior), 뒀안쪽(Posteromedial), 뒀가쪽(Posterolateral)으로 발을 뻗어 도달한 최대 거리를 측정하였다. 이러한 단계를 3번 반복 측정한 후 발을 뻗은 최대 길이의 평균을 구하여 대상자의 다리 길이로 나눈 후 100을 곱하여 표준화된 점수를 산출하였다. 측정 중 자세 이탈 등의 결점이 발생할 경우 해당 시도는 무효 처리 후 재 실시 하였다(서동인 등, 2024). 선행연구에서 Y-Balance의 평가자 내 신뢰도는 모든 다리 길이 측정 방향에서 0.82 이상의 높은 급내상관계수를 보였다(Kattilakoski 등, 2023)(Figure 1).

2) 정적 균형능력 측정(기능적 도달 검사, Functional Reaching Test; FRT)

본 연구에서는 정적 균형능력 평가를 위해 기능적 도달 검사를 활용하였다. 기능적 도달 검사는 자발적인 체중 중심 이동을 평가하는 것으로 임상에서 빠르고 간편하게 기능적 동적 균형을 검사할 수 있는 평가 도구이다(De Waroquier-Leroy 등, 2014). 대상자는 두 발을 어깨너비로 벌리고 벽 옆에 선 자세에서, 어깨관절 90° 굽힘 상태로 주먹을 쥐고 팔을 수평으로 뻗은 후, 제 3 손허리뼈 끝을 기준으로 도달거리를 측정하였다. 이때 몸통이 틀어지지 않도록 주의하고 정면을 유지한 채 상체를 숙인 상태를 10초간 유지하도록 하였으며, 균형을 잃지 않는 최대 도달거리를 평가하였다. 해당 과정을 3회 반복하여 평균값을 분석에 사용하였고, 대상자는 측정 시 몸통의 회전, 무릎관절 굽힘을 하지 않도록 사전에 교육하였다(Park, 2011). 선행연구에서 FRT의 평가자 간 신뢰도는 0.89, 평가자 내 신뢰도는 0.98로 높은 상관계수를 보였다(Duncan 등, 1990)(Figure 1).

3) 근순발력 측정(제자리멀리뛰기, Standing Long Jump; SLJ)

본 연구에서는 근순발력 평가를 위해 제자리멀리뛰기를 활용하였다. 제자리멀리뛰기는 하지의 순발력을 평가하는데 유용한 측정 방법으로, 간단하고 정형화된 동작을 통해 신뢰성과 객관성을 높일 수 있다(신제민, 2011). 대상자는 양발을 어깨 너비만큼 넓게 벌리고, 발끝이 출발선에서 벗어나지 않도록 주의하여 선다. 이때 발은 지면에 완전히 밀착된 상태를 유지해야 하며, 준비가 완료되면 최대한 멀리 뜬다. 측정은 출발선부터 착지 후 뒀꿈치까지의 거리를 센티미터(cm) 단위로 기록한다. 만약 발끝이 출발선을 넘어뛰거나, 뒤로 넘어져서 지면에 닿는 경우에는 해당 기록은 인정되지 않으며, 다시 시도하도록 한다. 이러한 단계를 2번 반복하여 측정값 중 최댓값을 최종 기록으로 산출하였다(김은자와 김진주, 2022)(Figure 1).

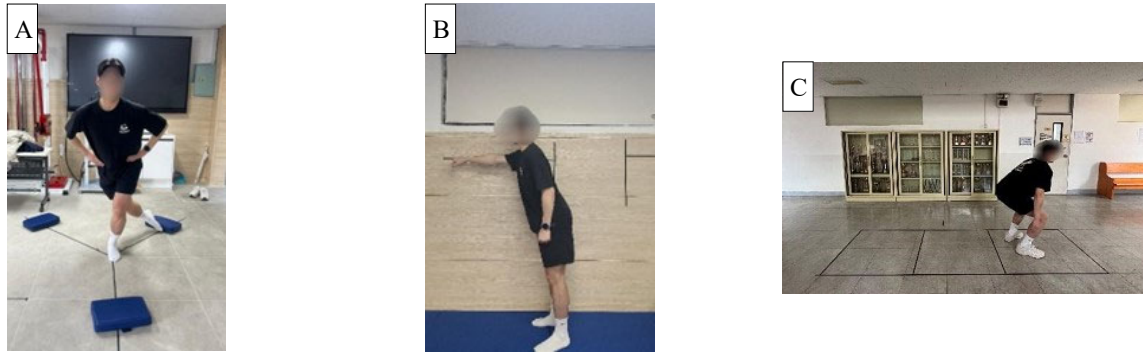


Figure 1. Measurement Methods and Tools

A : Y Balance Test, B : Functional Reaching Test, C: Standing Long Jump

4. 중재방법

본 연구는 건강한 성인 남녀 30명 중 탈락자를 제외한 23명을 대상으로 선정 후 제비뽑기를 통해 무작위로 실험군 11명과 대조군 12명을 배정하였다. 대상자들에게 불가리안 스플릿 스쿼트와 런지, 한 다리 서기에 대한 사전교육을 시행했다. 실험군은 보수블을 이용한 불안정 지지면에서의 운동법을 시행하였으며 대조군은 안정된 지지면에서의 운동법을 시행하였다. 중재는 4주간 주 3회 30분간 실시하였다. 실험군과 대조군의 운동프로그램은 지지면의 차이 외에는 모두 동일하며 운동의 난이도는 조절하지 않고 진행하였다.

1) 불가리안 스플릿 스쿼트(Bulgarian Split Squat; BSS)

실험군은 보수블 위에 선 자세에서 참가자의 무릎뼈 바닥(Base) 부분과 지면 사이의 거리를 측정한 후, 이를 기준으로 보바스 테이블을 이용하여 뒤쪽 다리의 높이를 조절하였다. 대조군도 동일한 방식으로 무릎뼈의 바닥과 지면 간의 거리를 측정한 후 보바스 테이블을 이용하여 뒤쪽 다리의 높이를 조절하였다. 운동의 시작 자세와 동작에 대한 설명을 기반으로, 피로가 발생하지 않는 범위 내에서 2회 연습을 실시한 후 본 운동을 진행하였다. 이 과정에서 대상자는 앞쪽 무릎을 90°로 구부리고 몸통은 수직을 유지하였다. 또한, 우세 측 다리의 정강뼈가 앞으로 나가지 않도록 지시하였고, 비우세측 다리의 무릎이 지면에서 약 10cm 정도 떨어질 때 까지 구부리도록 하였다. 운동 수행 시 하강, 정지, 상승 동작에 각각 2초가 소요되도록 속도를 조절하였고 운동은 1set 당 6회씩 총 3set를 진행하였다(양진현 등, 2023)(Figure 2&3).

2) 런지(Lunge)

대상자는 골반 너비에 맞춰 다리를 벌리고 서 있는 상태를 유지한다. 이때 손은 골반 위에 위치시키고 한쪽 발을 앞으로 내밀어 앞뒤 다리 간의 거리를 약 70~100cm로 설정한다. 엉덩이와 무릎관절은 90°로 굽히고, 발목관절은 약 10~12° 정도 굽힌 후 반대 무릎이 바닥에 닿는 느낌을 주며 몸을 낮춘다. 이후 엉덩이와 무릎관절을 펴면서 시작 자세로 복귀한다. 운동 수행은 한쪽 다리당 10초씩 유지, 3set로 양쪽을 진행하였으며, 1set 당 15초의 휴식 시간을 가졌다(서동인 등, 2024; 송수정 등, 2018)(Figure 2&3).

3) 한 다리 서기(One Leg Stand)

대상자는 한쪽 다리로 체중을 지지하며 무릎을 펴고 직립자세를 유지하며, 반대편 다리는 무릎관절과 엉덩관절을

각각 90° 굽힘 상태에서 양손은 몸통 옆에 자유롭게 둔 후 시선은 정면을 응시한다. 이 동작을 10초 동안 유지하며, 1set 당 15초의 휴식 시간을 두어, 총 3set를 수행하였다(윤삼원 등, 2024)(Figure 2&3).



Figure 2. Balance training with BOSU Ball
A: Bulgarian Split Squat, B: Lunge, C: One Leg Stand



Figure 3. Balance training on stable surface
A: Bulgarian Split Squat, B: Lunge, C: One Leg Stand

5. 자료 분석

본 연구는 SPSS ver 21.0k를 이용하여 수행하였다. 모든 변수에 대하여 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성 분포 여부를 확인하였고, 연구 대상자의 일반적 특성을 파악하기 위하여 카이제곱 검정(Chi-squared test)을 사용하였다. 집단 내 중재 방법에 따른 종속변수의 중재 전후 변화는 대응표본 t 검정(Paired t -test)을 통해 분석하였으며, 집단 간 중재 방법에 따른 종속변수의 변화 비교는 독립표본 t 검정(Independent t -test)을 이용하여 분석하였다. 모든 통계 분석의 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 동질성 검정

본 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다<Table 1>.

불안정한 지지면에서 운동을 실시한 운동군(실험군)은 남성 4명, 여성 7명으로 구성되었으며, 평균 신장은 165.21±6.61cm, 평균 체중은 64.93±12.75kg이었다. 안정된 지지면에서 운동을 실시한 운동군(대조군)은 남성 6명, 여성 6명으로 구성되었고, 평균 신장은 167.83±5.76cm, 평균 체중은 73.75±16.54kg이었다. 본 연구의 총 대상자는 23명으로 불안정 지지면 운동군 11명, 안정된 지지면 운동군 12명으로 배정되었다. 성별, 연령, 신장, 체중 및 종속변수 모두에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아 두 군 간 일반적 특성의 동질성이 확인되었다($p>.05$).

Table 1. General characteristics of the study subjects (N=23)

	Experimental group(n=11)	Control group(n=12)	p
Age(year)	21.27±2.14 ^a	22.16±3.51	.063
Height(cm)	165.21±6.61	167.83±5.76	.543
Weight(kg)	64.93±12.75	73.75±16.54	.819
Sex(male/female)	4/7	6/6	.681

^aMean±SD

2. 종속변수의 사전 측정에 대한 동질성 검정

본 연구에서는 실험군과 대조군 간 훈련 전 종속변수에 대한 동질성 검정을 실시하였다. 그 결과, Y-Balance Test와 Functional Reaching Test에서 양 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아 균형 능력에 대한 사전 동질성이 확보되었음을 확인하였다. 종속변수에 대한 사전 동질성 검정 결과는 <Table 2>에 제시하였다($p>.05$).

Table 2. Pre-test homogeneity of the dependent variables (N=23)

	Experimental group(n=11)	Control group(n=12)	p
YA(cm)	0.81±0.11 ^a	0.74±0.06	.717
YPM(cm)	0.87±0.13	0.84±0.11	.321
YPL(cm)	0.92±0.16	0.88±0.09	.937
FRT(cm)	21.03±6.04	22.33±5.13	.427
SLJ(cm)	146.91±37.61	158.16±29.41	.245

^aMean±SD

YA: Y-Balance Test Anterior, YPM: Y-Balance Test Posterior-medial, YPL: Y-Balance Test Posterior-lateral
FRT : Functional Reaching Test, SLJ : Standing Long Jump

3. 균형능력의 변화

균형능력은 Y-Balance Test와 기능적 도달 검사 Functional Reaching Test를 통해 분석하였다. Y-Balance Test에서는 앞쪽(Anterior), 뒤안쪽(Posteromedial), 뒤가쪽(Posterolateral) 방향에서의 균형 능력을 평가한 결과, 실험군은 세 방향 모두에서 사전 검사 대비 사후 검사에서 유의한 향상을 보였다. 앞쪽 방향에서는 실험군이 0.84±0.11cm에서 0.89±0.08cm로 증가하였으며, 대조군 또한 0.74±0.06cm에서 0.81±0.06cm으로 유의한 차이를 나타냈다($p<.05$). 뒤안쪽 방향에서는 실험군이 0.87±0.13cm에서 1.07±0.03cm으로, 대조군은 0.84±0.03cm에서 0.94±0.02cm로 각각 향상되었다. 뒤가쪽 방향에서도 실험군은 0.92±0.05cm에서 1.07±0.02cm로, 대조군은

0.88±0.09cm에서 0.97±0.03cm으로 각각 유의한 향상을 나타냈다($p<.05$). 집단 간 변화량의 비교에서는 모든 방향에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(앞쪽 $p>.05$, 뒤안쪽 $p>.05$, 뒤가쪽 $p>.05$). 기능적 도달 검사(Functional Reaching Test: FRT)에서는 실험군은 사전 측정 시 21.03±1.82cm에서 사후 측정 시 27.09±1.81cm로 유의하게 증가하였다($p<.05$). 반면 대조군은 22.33±5.13cm에서 25.81±6.69cm로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>.05$). 두 집단 간 변화량의 차이도 유의하지 않았다($p>.05$)(Table 3).

4. 근순발력의 변화

제자리멀리뛰기(Standing Long Jump; SLJ)에서는 실험군이 146.45±11.72cm에서 182.86±11.03cm 유의하게 증가하였으며($p<.05$), 대조군도 158.16±29.41cm에서 172.75±36.24cm로 유의한 향상을 보였다($p<.05$). 두 집단 간 변화량 비교에서는 실험군에서는 36.41±18.27cm, 대조군에서는 14.58±11.36cm로 실험군이 보다 유의미하게 큰 향상을 보인 것으로 나타났으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Changes in balance and explosiveness (N=23)

		Experimental group (n=11)	Control group (n=12)	t	p
YA (cm)	Pre	0.81±0.11 ^a	0.74±0.06		
	Post	0.89±0.08	0.81±0.06		
	Post-Pre	0.08±0.08	0.06±0.08	.686	.501
	t	-3.677	-2.662		
	p	.004*	.022*		
YPM (cm)	Pre	0.87±0.13	0.84±0.03		
	Post	1.07±0.03	0.94±0.02		
	Post-Pre	0.19±0.13	0.11±0.11	1.785	.891
	t	-4.771	-3.548		
	p	.001*	.005*		
YPL (cm)	Pre	0.92±0.05	0.88±0.09		
	Post	1.07±0.02	0.97±0.03		
	Post-Pre	0.15±0.17	0.08±0.11	1.184	.251
	t	-2.975	-2.892		
	p	.014*	.015*		
FRT (cm)	Pre	21.03±1.82	22.33±5.13		
	Post	27.09±1.81	25.81±6.69		
	Post-Pre	6.06±8.63	3.47±7.25	.781	.444
	t	-2.327	-1.658		
	p	.042*	.125		
SLJ (cm)	Pre	146.45±11.72	158.16±29.41		
	Post	182.86±11.03	172.75±36.24		
	Post-Pre	36.41±18.27	14.58±11.36	3.473	.002*
	t	-6.609	-4.444		
	p	.001**	.001*		

^aMean±SD, * $p<.05$, ** $p<.001$

YA: Y-Balance Test Anterior, YPM: Y-Balance Test Posterior-medial, YPL: Y-Balance Test Posterior-lateral, FRT : Functional Reaching Test, SLJ : Standing Long Jump

IV. 고찰

최근에는 스위스볼이나 보수볼(BOSU Ball)과 같은 불안정한 지지면 위에서 수행하는 저항 운동이 운동 처방 및 재활 프로그램에서 중요한 요소로 주목받고 있다(Behm과 Colado, 2012). 이러한 운동 방식은 안정된 지지면에서의 훈련에 비해 신체조절 능력, 신경근육계의 통합적 기능 향상에 직접적으로 기여할 수 있다(백중수 등, 2019). 특히 선행연구들에 따르면 훈련 중 표면의 불안정성이 증가할수록 실제 스포츠 현장에서 요구되는 신체 적응력 및 협응능력에 더욱 효과적인 자극을 제공할 수 있다는 점에서 실질적인 활용도를 높인다(김수진 등, 2021). 불안정 지지면에서의 저항운동은 운동단위의 효율적 동원을 촉진하여 신체의 균형 유지 능력, 몸통의 안정성, 하지근력 및 근순발력의 향상으로 이어진다(Verhagen, 2004). 특히 보수볼을 활용한 훈련은 신체 중심의 안정성을 요구하는 과제를 제공함으로써 척추 정렬의 개선뿐만 아니라 상지 및 하지의 유연성, 근지구력, 정적 및 동적 균형 능력 증진에도 효과적인 것으로 나타나고 있다(서동인 등, 2024).

본 연구에서는 지지면의 안정성과 불안정성을 고려한 하지 근력 운동이 균형 능력과 근순발력에 미치는 영향을 분석한 결과, 두 집단 모두 운동 후 측정 항목에서 전반적인 향상을 보였다. Y-Balance Test에서는 실험군과 대조군 모두 모든 방향에서 집단 내 비교는 통계적으로 유의한 향상이 있었으며($p < .05$) 두 집단 간 비교에는 유의한 차이가 없었다($p > .05$). Functional Reaching Test에서는 실험군에서는 집단 내 비교는 통계적으로 유의한 향상이 있었으나($p < .05$) 대조군에서는 집단 내 비교는 통계적으로 유의한 향상을 보이지 않았고($p > .05$) 두 집단 간 비교에는 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 제자리멀리뛰기에서는 실험군과 대조군 모두 집단 내 비교는 통계적으로 유의한 향상을 보였고($p < .05$), 두 집단 간 변화량 비교에서 제자리멀리뛰기 항목에서만 실험군이 대조군보다 유의하게 더 큰 향상을 보였으며($p < .05$), 불안정한 지지면에서의 하지 근력 운동이 근순발력 향상에 보다 효과적인 수 있을 것으로 생각된다. 이는 본 중재가 균형 능력 향상보다는 근순발력에 직접적인 영향을 미쳤음을 나타내며, 균형 능력에 대한 효과는 제한적으로 해석될 수 있다. 특히 균형 관련 항목에서 실험군과 대조군 간 유의한 차이가 나타나지 않은 원인으로서는 4주라는 비교적 짧은 중재 기간, 그리고 대상자들이 이미 일정 수준 이상의 균형 능력을 갖춘 건강한 성인이었다는 점이 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

이러한 연구 결과는 기존 선행연구들과 일부 유사한 양상을 보인다. 불안정한 지지면에서 수행되는 훈련이 균형 능력이나 근순발력에 미치는 효과는 훈련 방법, 대상자의 특성, 평가 도구의 민감도에 따라 상이하게 나타날 수 있으며, 본 연구는 이러한 요소에 따른 변동 가능성을 제기하고 있다. 기존 선행연구에서는 한쪽 다리만을 사용한 채로 불안정한 지지면 위에서 운동을 수행하여 운동 동적 자세 조절, 발목 근력, 정적 자세 조절 등 여러 측면에서 유의미한 향상을 보였다고 보고하였다(Cuğ 등, 2016). 그러나 본 연구에서는 지지면의 변화를 적용한 하지 근력 운동을 중심으로 중재를 설계하였기 때문에 Y-Balance Test 및 Functional Reaching Test(기능적 도달 검사)와 같은 균형 평가 항목에서는 대조군과의 유의한 차이가 나타나지 않았고, 제자리멀리뛰기 항목에서만 실험군의 유의한 향상이 나타났다. 이는 불가리안 스플릿 스쿼트, 런지와 같은 근력 향상 목적의 운동에 불안정한 지지면을 적용했을 때 요구되는 균형 유지의 난이도가 상대적으로 선행논문에 비해 낮아 실험군과 대조군간의 차이가 적었을 것이라고 생각된다. 이는 불안정 지지면에서 수행된 복합적인 하지 근력 운동이 근순발력 향상에는 효과적일 수 있으나, 균형 능력 향상에는 유의미한 영향을 미치지 못했다고 볼 수 있다. 또한 선행연구에서는 난이도를 점진적으로 높이는 방식을 채택하였으나 본 연구에서는 동일한 난이도의 반복적인 운동을 적용하였다. 이로 인해 대상자가 운동에 흥미를 잃거나 빠르게 적응하여 전반적인 운동 효과에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 특히, 근력 중심의 단조로운 운동 구성은 고유수용감각 향상에 충분한 자극을 제공하지 못했을 가능성이 있다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 지닌다. 첫째, 연구 참여 인원이 총 23명으로 비교적 적은 표본 수를 기반으로 하였기에, 연구 결과를 일반 집단에 광범위하게 적용하는 데는 한계가 있다. 둘째, 4주라는 비교적 짧은 중재 기간은 장기적 변화나 효과의 지속성 여부를 판단하기에는 제한적이다. 셋째, 개별 참여자의 운동 수행 정확성 및 강도 조절에 대한 정확한 관리가 어려워 향후 연구에서는 대규모의 표본을 바탕으로 장기적인 중재를 통해 불안정지지면 훈련의 지속적 효과를 검토하고 연령, 성별, 체력 수준 등 대상자들의 요인을 고려한 세분화된 분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한, 운동 수행 강도와 자세의 정밀한 모니터링이 가능한 시스템을 도입하여, 보다 정량적이고 객관적인 데이터 기반의 해석이 이루어질 필요가 있다.

본 연구의 결과를 종합하면, 불안정한 지지면에서의 운동은 하지 근순발력 향상에 있어 실질적이고 유의미한 효과를 보이는 훈련 방식으로 확인되었으며, 이러한 중재 방법은 스포츠 수행 능력 향상뿐만 아니라, 일상생활에서의 움직임 안정성과 낙상 예방 측면에서도 유익한 전략으로 활용될 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 충북에 위치한 G대학교에 재학 중인 건강한 성인 23명을 대상으로 지지면 변화에 따른 하지근력운동이 균형능력과 근순발력에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 동적 균형 능력에서는 실험군에서 중재 전후에 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 대조군에서도 유의한 차이가 있었으나($p < .05$), 집단 간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 정적 균형 능력은 실험군에서만 중재 전후 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 대조군에서는 유의한 변화가 없었으며($p > .05$), 집단 간 비교에서도 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$). 근순발력은 실험군과 대조군 모두에서 중재 전, 후 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), 집단 간 비교에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

본 연구의 결과를 통해 하지근력 운동은 균형과 근순발력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다. 불가리안 스플릿 스쿼트(Bugarian Split Squat: BSS), 런지(Lunge), 한 다리 서기(One Leg Stand)와 같은 하지 근력 운동은 하지의 안정성과 근지구력을 높여 균형능력을 향상시키는 데 효과적이며, 실제 일상생활에서의 이동과 동작 수행 능력 향상에도 기여할 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 다양한 환경 조건과 훈련 강도, 시간을 조절하여 하지 근력 운동의 효과를 보다 폭넓게 검증하고, 다양한 대상자에게 적용 가능한 운동프로그램을 개발함으로써 균형 능력과 근순발력 향상에 더욱 효과적인 접근이 이루어질 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김명철, 한슬기, 오현주. 균형운동 시 지면의 종류에 따른 균형능력 및 근활성도의 변화 비교. 한국산학기술학회논문지. 2012;13(10):4598-4603.
- 김미연, 서영환. BOSU Pods 운동이 비만여성들의 균형감과 혈관건강 및 대사질환위험요인에 미치는 영향. 한국발육 발달학회지 2021;29(2): 203-208.
- 김수진, 이주현, 허지혜 등. 표면 특성에 따른 다양한 스쿼트 운동 시 하지 근육의 활성화 비교. 운동과학. 2021;30(3):387-395.
- 김수현, 김명훈, 김현진. 줄넘기와 스쿼트 운동이 순발력과 균형능력에 미치는 영향. 한국엔터테인먼트산업학회논문지. 2015;9(2):125-131.

- 김은자, 김진주. 유연성 편평발 청소년에게 적용한 로우다이 테이핑 기법이 동적 균형과 제자리멀리뛰기에 미치는 영향. *문화기술의 융합*. 2022;8(1):321-329.
- 박상하, 김승엽, 서은설 등. 안정된 지지면과 불안정한 지지면에서 팔굽혀 펴기 시 어깨와 몸통근육의 근활성도 비교. *심리운동연구*. 2016;2(2):41-51.
- 박성진. 강도별 불안정성 저항 훈련이 동적·정적 균형 능력, 민첩성 및 순발력에 미치는 영향. *한국스포츠학회지*. 2020;18(3):1441-1449.
- 박치복, 김용남, 김용성 등. 공기압 차이에 따른 불안정지지면이 다리 근활성도에 미치는 영향. *한국전문물리치료학회지*. 2013;20(2):1-10.
- 백종수, 김용준, 김형주 등. VR-HMD를 활용한 불안정 지지면 운동이 기능적 발목 불안정성에 미치는 영향. *대한고유수용성촉진법학회*. 2019;17(1):81-92
- 서동인, 기예은, 김수진 등. 보수볼과 밸런스패드 위 런지운동 시 균형 능력 비교. *산업과 과학*. 2024;3(2):23-30.
- 손영훈, 엄희승, 이민희. 불안정한 지지면에서의 코어 운동이 건강 체력에 미치는 영향. *운동재활·복지*. 2021;2(2):1-10.
- 송수정, 김세미, 김지혜 등. 20대 성인을 대상으로 불안정한 지지면에서의 런지 운동이 신체 균형에 미치는 영향. *대한물리치료과학회지*. 2018;25(3):53-60.
- 신재민. 제자리멀리뛰기 이지 구간에서 최상수행과 최하수행의 협응과 분절운동의 비교. *코칭능력개발지*. 2011;13(1):161-170.
- 양진현, 이교현, 박경호 등. 시각 차단과 불안정한 지지면을 이용한 불가리안 스플릿 스쿼트 운동 시 동적 균형 능력과 근속성의 비교. *대한정형도수물리치료학회지*. 2023;29(1):41-52.
- 여상준, 윤성덕, 박기덕. 케틀벨 스윙과 런지 동작 시 20대 남성 하지 근활성도 비교. *한국체육과학회지*. 2016;25(5):1219-1226.
- 연분홍. 웨이트 트레이닝이 대학 태권도 선수의 순발력 및 등속성 근기능에 미치는 영향. *대한무도학회지*. 2016;18(4):91-100.
- 윤삼원, 김윤환, 차영주. 한발 서기 발목 균형 운동과 목 안정화 운동이 전방 머리 자세를 가진 성인의 목 부위 정렬, 근육 및 혈관두께에 미치는 영향. *대한통합의학회지*. 2024;12(3):71-81.
- 이도현, 지민제, 이세원. 성공적인 노화를 위한 혈류제한 운동. *운동과학*. 2023;32(2):154-167.
- 이동희, 주동연, 임나단 등. 워밍업 후 재워밍업이 축구동호인의 기술 관련 체력에 미치는 영향. *대한고유수용성신경근촉진법학회*. 2024;22(3):435-445.
- 이민지, 박다훈, 김유신. 불가리안 스플릿 스쿼트 시 운동 숙련도에 따른 관절 가동범위 비교 연구. *대한무도학회지*. 2021;23(1):73-82.
- Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Med*. 2005;35:43-53.
- Behm D, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther* 2012;7(2):226-241.
- Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, et al. The use of instability to train the core musculature. *Appl Physiol Nutr Metab* 2010;35(1):91-108.
- Brown GC. Living too long: the current focus of medical research on increasing the quantity, rather than the quality, of life is damaging our health and harming the economy. *EMBO reports*.

- 2015;16(2):137-141.
- Cuğ M, Duncan A, Wikstrom E. Comparative effects of different balance-training-progression styles on postural control and ankle force production: a randomized controlled trial. *Journal of Athletic Training*. 2016;51(2):101-110.
- De Waroquier-Leroy L, Bleuse S, Serafi R, et al. The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2014;57(6-7):452-464.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*. 1990;45(6):M192-M197.
- Eckardt N. Lower-extremity resistance training on unstable surfaces improves proxies of muscle strength, power and balance in healthy older adults: a randomised control trial. *BMC Geriatrics* 2016;16:1-15.
- Gray C, Burton L, Kiesel K, et al. *Movement: Functional movement systems – screening, assessing, corrective strategies*. Santa Cruz (CA): On Target Publications; 2010. p.108-135.
- Kattilakoski O, Kauranen N, Leppänen M, et al. Intrarater Reliability and Analysis of Learning Effects in the Y Balance Test. *Methods Protoc*. 2023;6(2):41.
- Lockie RG, Risso FG, Lazar A, et al. Between-leg mechanical differences as measured by the Bulgarian split-squat: Exploring asymmetries and relationships with sprint acceleration. *Sports*. 2017;5(3):65.
- Meinow B, Li P, Jasilionis D, et al. Trends over two decades in life expectancy with complex health problems among older Swedes: implications for the provision of integrated health care and social care. *Age Ageing*. 2025;54(2):123-134.
- Nichols DS, Miller L, Colby LA, Sitting balance: its relation to function in individuals with hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;77(9):865-869.
- Park JS, Nam YK, Kim MJ, et al. Analysis of muscular activity of tibialis anterior muscle and gastrocnemius muscle in functional reach test of elderly according to different surfaces. *J Korean Acad Clin Elec*. 2011;9(2):25-30.
- Sawant RA, Chotai K, Patil S, et al. Effectiveness of BOSU Ball Exercises Versus Thera Band Exercises on Core Stabilization and Balance Performance. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*. 2020;14(2):200-206
- Severin AC, Burkett BJ, McKean MR, et al. Quantifying kinematic differences between land and water during squats, split squats, and single-leg squats in a healthy population. *PLOS One*. 2017;12(8):e0182320.
- Taskin C, Bicer Y. The effect of an eight-week proprioception training program on agility, quickness and acceleration. *Turkish Journal of Sport and Exercise*. 2015;17(2):26-30.
- Verhagen E, Van Der Beek A, Twisk J, et al. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *American Journal Sports Medicine*. 2004;32(6):1385-1393.
-