



대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2022. 12. Vol. 29, No.4, pp. 96-111

코어 운동이 성인 남성의 동적 균형과 몸통의 수평 회전에 미치는 효과

정경현¹ · 이병희^{2,3}

¹삼육대학원 물리치료학과 · ²삼육대학교 물리치료학과 · ³대한개인실습물리치료학회

The Effect of Core Stabilization Exercise on Dynamic Balance and Trunk Horizontal Rotation in Adult Men

Gyeonghyeon Jeong¹ P.T. · Byounghee Lee^{2,3}, Ph.D., P.T.

¹Graduate School of Physical Therapy, Sahmyook University

²Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University

³Dept. of Administration, Korean organization of Private Physical Therapy Association

Abstract

Background: This study aims to evaluate the effect of core stabilization exercise on the dynamic balance and horizontal rotation of the trunk in young adult men. Through this study, it is expected that various core stabilization exercises will prevent and treat musculoskeletal disease.

Design: Randomized Controlled Trial.

Methods: The study subjects were recruited from young adult men in their 20s and 30s living in Seoul, and after the randomized controlled trial, it was divided into an experimental group training core stabilization exercise($n=15$) and a control group($n=15$). The evaluation methods of this study were modified Star Excursion Balance Test(mSEBT), Functional Reach Test(FRT), and Trunk Rotation Test(TRT). The experimental group performed three sets of crunches and deadbug exercises twice a week for eight weeks, and the control group did not perform any exercises similar to core stabilization exercise during the experimental period.

Results: The result of the experiment, the experimental group showed significant improvement in

mSEBT($p<.05$), FRT($p<.05$) and TRT($p<.05$).

Conclusion: In conclusion, core stabilization exercises improved dynamic balance and horizontal rotation of the trunk. As a result of this study, core stabilization exercise can prevent and treat musculoskeletal diseases even in healthy people.

Key words: abdominal muscles, core stability, core balance, exercise, postural stability.

교신저자

이병희 교수
서울시 노원구 화랑로 815, 삼육대학교 제3과학관 112호
T: 02-3399-1634 E: 3679@syu.ac.kr

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

균형은 지지면 안에서 최소한의 흔들림으로 몸의 중력 중심을 유지하는 능력이며(Yim-Chiplis와 Talbot, 2000), 좋은 자세 균형과 움직임은 일상생활을 살아감에 있어 필수적이다(Greve, 2007). 지지면 안에 몸의 중력 중심을 유지하기 위해서는 시각, 청각, 체성감각계와 운동 조절계로써 작용하는 근육의 수축이 통합적으로 작용을 해야 한다(Nashner, 1982). Hodges와 Richardson은 하지의 움직임 동안 복근의 활성을 비교하였는데, 항상 하지를 움직이기 전에 배가로근이 먼저 활성화가 되었고, 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근은 하지의 움직이는 방향과 상관없이 수축 반응이 나타나는 것을 확인하였다(Hodges와 Richardson, 1997). “코어”란 앞을 이루는 복부, 뒤를 이루는 척추와 엉덩이, 천장을 이루는 횡경막, 그리고 바닥을 형성하는 골반으로 이루어진 박스라고 설명할 수 있다(Richardson, 1999). 코어는 앞서 언급한 복부 주위의 근육들이 포함되며 근 활성을 통해 요추의 움직임 유무에 관계없이 코르셋처럼 몸통을 단단하게 유지하는 역할을 한다. 게다가 코어는 몸의 기능적 운동 사슬의 중심을 이룬다. 이에 따라 대체의학에서는 코어를 모든 사지 움직임의 엔진 또는 기반을 제공한다는 의미로 ‘Powerhouse’라고 부르기도 한다(Akuthota 등, 2004). 또한 코어 근육은 허리의 건강을 유지하고 부상을 예방하기 위한 동적 균형으로 안정성을 제공한다(Wilson JD 등, 2005).

동적 균형은 근육의 활성을 통해 중력 중심을 이동하고 조절하도록 한다. 신체가 움직이는 동안 중력 중심은 지지면 안에서 움직이는데, 경우에 따라서 지지면을 넘어가기도 한다(Sadeghi 등, 2013). 결국 동적 균형이란 신체의 움직임을 조절해주는 훈련인 코어 운동에 영향을 받으며, 이는 균형능력을 평가하는 SEBT로 확인이 되었다(Olmsted 등, 2002; Herrington 등, 2009). Betul 등(2010)은 사무직 여성에게 스위스볼을 사용한 코어 안정화운동을 훈련하였는데 동적 균형을 검사하는 기능적뻘기검사(Functional Reach Test, FRT)에 유의한 향상을 보였다고 보고하였다. 이는 코어 안정화운동이 몸통 굽힘근과 펴는근의 지구력 강화와 아래허리의 유연성을 증가시켰기 때문이라고 하였다(Sekendiz B 등, 2010).

Star Excursion Balance Test(SEBT)는 근력, 유연성, 고유수용성을 요구하는 동적 검사이다. 본 연구에서는 코어 안정화운동의 효과를 검증하기 위한 평가도구로 사용하였지만, SEBT는 코어 운동뿐만 아니라 만성 발목 불안정성(Chronic Ankle Instability, CAI)을 검증하는 가장 보편화 된 평가도구 중 하나이다. 만일 CAI 환자의 균형을 평가하기 위해 사용된다면 Foot and Ankle Ability Measure(FAAM), Cumberland Ankle Instability Tool(CAIT)과 함께 쓰일 수 있고, 엉덩근육의 강화운동 전후 비교 등을 보기 위한 도구로도 사용된다(Herrington 등, 2009; Luan 등, 2021).

또 다른 동적 균형 검사로 Functional Reach Test가 있다. 이 검사는 1990년 Duncan 등(1990)에 의해 개발된 평가방법인데, 바로 선 자세에서 균형을 유지한 상태에서 몸통을 앞으로 얼마나 이동할 수 있는지를 검사한다. 이 검사는 지지면을 이동하지 않으면서 몸의 중력중심을 어느 정도까지 최대한으로 이동할 수 있는지를 확인하는 안정성 한계 검사이다(Rosa 등, 2019).

코어 근육은 몸통의 회전에도 관여를 하는 근육이다. Sugaya 등(2016)의 연구에서는 몸통이 회전하는 초기 0~10%에서 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근의 활성화가 나타났다. 코어 근육의 여러 가지 역할 중에서 균형을 조절하는 역할만이 아니라 몸통과 골반이 회전하는 양과 시간에 있어 코어 근육의 활성이 상지의 원위부로 가는 에너지 전달에 중요한 역할을 한다(Stodden 등, 2001). 몇몇 연구자들이 확인한 바와 같이 몸통이 회전하는 동안

코어 근육인 배바깥빗근과 배속빗근 등이 활성화가 되기 때문에 본 연구에서는 몸통의 수평 회전 가동범위를 측정하기 위해 Trunk Rotation Test를 사용하였다(Fan, 2014; Marras, 1998). 또한 Kumar 등(2001)의 연구에 따르면 남녀의 몸통 회전범위에 차이가 있기에 본 연구에서는 일정한 실험 결과를 위해 모든 연구 대상자를 남성으로 제한하였다.

코어 안정화운동은 일반인뿐만 아니라 요통 환자에게 적용하기에 가장 적합한 운동 중 하나이다. 김병곤 등(2004)은 요통 환자에게 코어 안정화운동이 필수라고 하였는데, 코어 안정화운동은 얇은 층의 큰 근육뿐만 아니라 척추 주변을 둘러싸고 있는 작은 근육인 척추사이근, 다열근 등을 강화하고 직,간접적으로 척추사이인대, 추간판, 척추 주변의 힘줄 등을 모두 강화하기 때문이라고 하였다. 이러한 효과가 있는 코어 안정화운동의 종류로는 본 연구에서 실시하는 크런치와 데드버그 운동이 포함되어 있다. 크런치 운동은 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근을 활성화 시키는 것으로 알려져 있고(Stenger, 2013), 데드버그 운동은 다열근, 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근, 그리고 척추기립근 등을 활성화 시키는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2016; Pereira 등, 2017). 그러므로 코어 안정화운동은 유연성을 향상시키고 근육의 긴장을 교정하는 것을 목표로 하며, 중립 자세에서 근력이 발달할 수 있다는 가설을 가능하게 해준다(Datta 등, 2014). 또한 허리통증 환자들에게 코어 안정화훈련을 적용했을 때 남녀 모두에게 허리통증의 감소를 나타내었다(Nadler, 2002; Bhaduria, 2017; Lee, 2015; Choi 등, 2018). 코어 안정화운동은 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근 등의 코어 근육을 강화시키며 이 근육들의 훈련은 시상면과 이마면의 기능적 움직임을 향상시킨다(Niewiadomy 등, 2021). 그 결과 코어 안정화운동의 대표적인 효과 중 하나인 동적 균형능력이 향상된다. 따라서 본 연구에서도 이러한 효과가 나타나는지를 확인하기 위해 실험의 종속변수로 동적 균형을 선정하였다.

코어 안정화운동의 다른 효과를 확인하기 위해 여러 연구자들은 코어 안정화운동과 몸통의 굽힘, 폼의 유연성에 대한 연구를 진행하였고 시상면의 몸통 움직임에 유의한 향상을 보고하였다(Datta A, 2014; 이동걸, 2009; Urquhart, 2005). 또 다른 몸통의 움직임인 수평면의 몸통 움직임은 회전하는 동안 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근, 척추세움근 등이 활성화가 되는데(Souza, 2001; Hodges, 1997), 본 연구에서 훈련할 코어 안정화운동인 크런치와 데드버그는 위 근육들을 모두 활성화시킨다고 보고되었기 때문에 본 연구의 종속변수로 몸통의 수평 회전의 범위를 선정하였다. 지금까지는 코어 안정화운동을 통한 동적 균형능력과 몸통의 수평 회전을 함께 실험한 연구가 활발히 연구되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 크런치와 데드 버그를 실시한 이후에 동적 균형능력과 몸통 수평 회전의 범위에 변화가 있는지를 확인하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 서울시에 거주중인 성인 남성 30명을 대상으로 하였으며, 선정 기준은 병의원에서 외래 진료 및 입원치료를 하고 있지 않는 20-30대 성인 남성으로서 근골격계 질환 및 신경학적 질환이 없는 자, 코어 안정화운동을 할 때 허리 통증이 없는 자, 균형 검사 시 발목 통증이 없는 자로 하였다. 제외 기준으로는 서혜부 또는 허리 통증으로 인해 코어 안정화운동을 지속할 수 없는 자, 모집일 기준 6개월 내에 허리 또는 고관절 부상이 있는 자, 균형 검사 시 어지럼증이 있는 자로 하였다.

또한 본 연구는 실험의 운동 과정을 이해하고, 예상 효과와 운동 후의 근육 통증의 가능성에 대한 충분한 설명을 들은 후 연구 참여에 구두 동의를 한 성인 남성을 대상으로 하였다(Kumar, 2001). 이 연구는 삼육대학교기

관 심사위원회(SYU 2022-04-005-002)의 승인을 받았고 각 주제는 지침을 따를 수 있었으며, 모든 참가자는 승인된 동의서에 서명함으로써 정보에 입각한 동의를 얻었다. 따라서 헬싱키 선언의 윤리적 원칙에 따라 피험자의 권리가 보호 되었다.

2. 연구절차

선정기준에 적합한 40명의 대상자는 실험 전에 설문지를 통해 일반적 특성인 성별, 나이, 신장, 체중을 직접 기록하였다. 사전검사를 실시한 후 무작위 추출법을 통해 실험군과 대조군은 각각 20명씩 배정되었다. 사전검사로 동적 균형과 몸통 회전의 가동범위를 검사하기 위해 modified Star Excursion Balance Test(mSEBT), 기능적 뻗기 검사(Functional Reach Test, FRT), 그리고 몸통 수평 회전 검사(Trunk Rotation Test)를 실시하였다. Junker(2019) 등과 Haladay(2014) 등은 안정화운동을 주 2회, 총 8주간 훈련한 후 몸통 근력의 유의한 향상을 나타냈기 때문에 본 연구에서도 동일하게 코어 안정화운동의 훈련을 주 2회, 총 8주간 진행하였다.

실험군은 각각 크런치 15개, 데드버그 10개를 1세트로 하여 3세트씩 총 6세트를 실시했으며, 대조군은 코어 안정화운동을 실시하지 않고 실험 기간 동안의 사전-사후 검사에만 참여하였다. 대조군에게는 실험기간 동안 측정 결과에 영향을 미칠 수 있는 코어 안정화훈련과 비슷한 수준의 복근 운동은 하지 않도록 권고하였다. 8주의 실험 기간이 끝나고 사후검사로 사전검사와 같은 mSEBT, FRT, TRT를 측정하였다. 사전-사후 검사에서 기존의 검사가 다음 검사에 영향을 주지 않기 위해서 각 측정 사이의 쉬는 시간은 30초로 설정하였다. 실험기간 동안 실험군과 대조군에서 각 5명씩 탈락하여 총 30명이 본 연구에 끝까지 참여하였다.

3. 측정도구

1) 동적 균형능력

(1) 변형된 Star Excursion Balance Test(modified SEBT)

동적 균형능력을 측정하기 위한 mSEBT 설치로는 연구 대상자의 위치에서 볼 경우 뒤집힌 Y자 모양으로 바닥에 기준선을 만들고 기준선의 방향은 앞쪽(Anterior), 뒤가쪽(Posterior Lateral), 뒤안쪽(Posterior Medial)으로 설정하였다. 이때 앞쪽과 양 뒤쪽의 각도는 각각 135도로, 뒤가쪽과 뒤안쪽 사이의 각도는 90도로 설치하였다. 이 검사의 측정자 내 신뢰도는 0.84-0.87 수준이었고, 다리 길이에 따른 신뢰도는 0.99 수준이었다. 또한 검사-재검사 신뢰도는 0.89-0.93 수준이었다.

SEBT는 동적 자세조절을 측정함에 있어서 높은 타당도를 보이는 검사도구이다 (Pilsky 등, 2009). 하지만 SEBT의 8가지 방향을 모두 검사하는 것은 시간적, 체력적 소모가 꽤 있기 때문에 꼭 필요한 방향만 검사하는 방법이 연구되었다. SEBT에서 과생된 검사는 변형된 SEBT(modified SEBT, mSEBT)라 불리는데, SEBT에서 가장 필수적인 3가지 방향만을 검사하는 검사방법이다(Onofrei 등, 2019).

SEBT를 수행할 때의 자세는 검사하고자 하는 다리를 최대한 멀리 뻗는 동안 지지하고 있는 다리로 한발서기를 유지하는 것이다. SEBT는 특별한 장비를 요구하지 않으며 가격이 싸고 설치시간이 빠르고, 신뢰성이 있을 뿐만 아니라, 운동 수행력, 하지의 기능적 퍼포먼스, 자세 조절의 수준을 보여준다는 장점이 있다(Olmsted 등, 2002; Akuthota 등, 2004). 하지만 SEBT의 8가지 방향을 모두 검사하기에는 소요시간이 길기 때문에 이를 수정하여 검사 방향을 축소하여 앞쪽, 뒤바깥쪽, 뒤안쪽의 총 3가지 방향으로 검사할 수 있다. 이 방향만을 검사하는 Y-balance kit가 따로 있으며, 이에 대한 신뢰도는 검증된 상태이다(Pilsky 등, 2009). 하지만 본 연구에서는

Y-balance kit를 사용하지 않고 검사의 편의를 위해 바닥에 테이프와 눈금을 표시하여 측정을 진행하였다.

본 연구에서 실시하는 앞쪽, 뒤가쪽, 그리고 뒤안쪽 방향이 바로 mSEBT에서 측정하는 방향이다. 참가자는 기준선의 정중앙에 발끝을 두고 바로 선 상태에서 오른쪽과 왼쪽을 각각 측정한다. 오른발을 먼저 측정하는데, 이때 왼발에 모든 체중이 다 실린 상태를 유지하며 균형을 잃지 않는 거리까지 최대한으로 오른발을 기준선을 향해 뻗는다. 오른발의 엄지발가락 끝으로만 기준선을 빠르게 터치하고 다시 원점으로 돌아온다.

같은 동작을 3번 반복하여 이 값의 평균을 cm 단위로 기록한다. 앞쪽을 먼저 평가하며 그 다음으로 뒤가쪽, 마지막으로 뒤안쪽 순서로 거리를 측정한다. 오른발의 모든 측정이 끝나면 체중을 오른발에만 실은 뒤, 동일한 방법과 방향 순서로 왼발의 거리를 측정한다. 각 방향의 길이는 절대도달거리(1회 측정거리+2회 측정거리+3회 측정거리)/3로 계산하였다.

Bhanot 등(2019)은 배깅배빗근, 척추세움근 등의 근육이 SEBT 검사를 실시하는 동안 활성화 되었다고 보고하였다. 또한 Nakagawa와 Petersen(2018)은 몸통 펌근의 근지구력으로 Y-Balance Test의 뒤바깅쪽과 뒤안쪽 길이를 예측할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 실시하는 테드버그 운동은 다열근과 척추세움근을 강화할 수 있기에(참고 문헌 추가) mSEBT를 본 연구의 동적 균형을 검사하는 평가도구 및 종속변수로 사용하였다.

(2) 기능적 뻗기 검사(Functional Reach Test, FRT)

동적 균형능력을 평가하는 검사 중 다른 하나는 기능적 뻗기 검사가 있다. FRT는 비싸지 않고 설치하기 간단하며 서 있는 상태에서 균형을 임상적으로 평가할 수 있는 도구라는 장점이 있다. 본 연구에서는 동적 균형능력을 평가하기 위한 도구로 사용하였지만, FRT는 다양한 연령대와 성별로 나누어 검사할 수도 있다. 최근에는 노인들의 균형 능력을 평가하기 위해 많이 사용되며, 이 검사를 통해 낙상 위험을 확인할 수 있다(Duncan 등, 1990). 노인들은 균형 조절능력에 변화가 생기고, 안정성의 한계가 감소하며, 낙상 위험이 증가하기에 이를 FRT를 통해 검사할 수 있다. FRT는 노인 뿐 아니라 뇌졸중, 말초성 전정질환 등의 신경학적 증상이 있는 환자들에게도 가장 널리 사용되는 균형능력 평가도구이다(Duijnhoven 등, 2016; Rosa 등, 2019; 박지원 등, 2020). 이러한 연구들을 토대로 FRT는 동적 균형능력을 평가하기 위한 도구로 널리 쓰이고 있으며, 젊은 성인과의 FRT를 비교한 논문을 참고하여 본 연구에서도 FRT로 동적 균형능력을 평가하였다(Gabbard와 Cordova, 2013).

참가자는 뻗고자 하는 팔을 벽에 닿지 않는 위치까지 가까이하고 벽과 수직인 위치에서 어깨 너비보다 좁은 너비로 바로 선다. 팔꿈치는 완전히 편 상태를 유지하고 어깨는 90도 굽혀 봉우리뼈의 높이와 일치시킨다. 주먹을 살짝 쥐었을 때의 3번째 손허리손가락관절의 끝을 기준으로 하고 벽에 몸이 닿지 않도록 유지한 상태에서 발뒤꿈치가 떨어지지 않고 무릎이 굽혀지지 않도록 균형을 유지하며 몸통만 앞으로 굽혀 측정하고자 하는 주먹을 최대한 앞으로 뻗는다.

앞으로 최대한 몸을 굽혔으면 이때 3번째 손허리손가락관절의 위치를 체크하고 시작 기준과의 이동 거리를 줄자를 사용해 1cm 단위로 측정한다(Duncan 등, 1990). 이 검사의 검사-재검사 신뢰도는 0.92 수준이며, 측정자 간 신뢰도는 0.98 수준이었다(Lin 등, 2012).

본 연구에서 실시하는 코어 안정화운동은 몸통 굽힘근인 배바깅배빗근, 배속배빗근, 배가로근 등을 활성화시키는데, FRT는 몸통을 굽히며 측정하는 동적 균형 검사이기 때문에 본 연구의 평가도구 및 종속변수로 사용하였다.

2) 몸통 수평 회전 범위 검사

(3) 몸통 회전 검사(Trunk Rotation Test, TRT)

몸통 수평 회전 범위를 측정하기 위한 TRT 측정 방법으로는 벽에 위아래로 기준선을 테이프로 설정한 뒤 연구 대상자가 벽을 등 뒤로 한 채 몸 정중앙에 기준선이 오도록 위치시켰다. 양 팔을 교대로 쪽 뻗어 뒤로 몸을 돌렸을 때 기준선을 넘길 수 있는 충분한 거리를 확보한 뒤 검사를 실시하였다.

참가자는 팔의 길이만큼 벽을 뒤로하고 바로 선다. 참가자의 정중앙에 기준선이 오도록 위치를 바로 하고 오른쪽과 왼쪽의 순서로 회전 검사를 실시한다. 참가자는 오른손의 엄지손가락에 스티커를 들고 팔꿈치를 펴고 어깨를 90도 굽힌 상태에서 수평으로 오른쪽으로 몸통을 회전한다. 기준선을 넘어 최대한의 거리에 스티커를 붙이고 다시 바로 선다. 이때 발과 무릎이 바닥에서 떼어지거나 굽혀지지 않도록 유의한다. 오른쪽 방향으로 수평 회전을 수행했다면 이후에 왼쪽방향으로 수평 회전을 실시한다. 각 방향마다 기준선과 스티커와의 거리를 측정한다. 몸통 회전 검사는 대상자가 붙인 스티커의 위치와 기준선 사이의 거리를 cm 눈금이 표시된 줄자를 이용하여 기록을 측정했다(Stuckey 등, 1982).

Sugaya 등(2016)의 연구에 의하면 바로 선 자세에서 몸통을 회전하면 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근, 척추세움근, 다열근 등이 수축하여 활성화가 되는데, 본 연구에서 훈련하는 코어 안정화운동은 위의 근육들을 포함한 코어 근육군을 강화시키기 때문에 TRT를 몸통 회전을 검사하는 평가도구 및 종속변수로 사용하였다. 또한, Montgomery 등(2011)은 바로 선 자세와 몸통을 굽힌 자세에서 몸통 회전을 비교하였을 때 몸통 회전에 유의한 차이가 있다는 것을 발견하였다. 그러므로 본 연구에서도 정확한 몸통 회전을 측정하기 위해 바로 선 자세에서 검사를 진행하였다.

4. 코어 안정화운동 방법

1) 크런치

복부 근육의 운동은 다양한 이유로 훈련하지만 주로 허리 부상의 재활과 체력훈련을 위한 프로그램으로 많이 실시된다(장재선과 김용남, 2022). 하지만 과거에는 단지 근육량을 늘리기 위해서만 훈련하는 경우도 있었다. 하지만 몇몇 연구자들이 복부 근육 운동이 예상치 못한 다른 조직의 손상, 특히 허리뼈에 대한 과도한 압박을 유발할 수 있다고 의견을 제시하면서 복근 운동의 안정성에 대한 우려를 제기하였다(Vincent와 Britten, 2013; Axler와 McGill 1997). 이를 개선하고자 많은 연구자들이 비교적 안전한 복근 운동이 무엇인지 연구하였고, 가장 접근하기 쉬운 복근 운동인 크런치가 대중화되었다.

크런치의 운동 동작은 다음과 같다. 참여자는 바로 누운 자세로 무릎은 90° 구부리고 엉덩관절은 45° 접는다. 발은 매트에 평평하게 닿게 하며 상지는 몸통 옆에 바로 위치시킨다. 참여자는 앞의 목 굽힘근(SCM)의 과활성을 예방하기 위해 머리-목을 굽힌 상태에서 바닥으로부터 머리와 어깨를 올려 정해진 시간동안 유지하고 다시 시작 지점으로 돌아온다(Yoon과 Kim, 2013). 이 과정을 한 세트당 15번하며, 총 3세트를 실시한다.

2) 데드버그

데드버그는 허리 통증의 유무에 관계없이 모두에게 적용 가능한 운동이다. 이 운동은 크런치와 마찬가지로 복부 근육을 목표로 하는 운동이지만 크런치보다 동작이 다양하기 때문에 몸통과 사지의 연결에 더욱 직접적인 효과를 보이는 운동이다. 데드버그 운동은 요통 환자에게 필라테스와 더불어서 같이 적용할 수 있으며(Pereira 등, 2017), 데드버그 운동을 병행한 코어 안정화운동을 실시한 후 사지의 움직임에 있어 근육이 수축함에 따라 척추의 안정성이 제공되었다고 하였다 (Emami 등, 2015). 데드버그의 운동 자세는 다음과 같다. 참여자는 매트에서 어깨를 대고 바로 누운 자세로 엉덩관절과 무릎을 90° 구부린 상태에서 시작한다. 참가자는 허리골반 구역을

중립적인 자세로 유지시키고, 복부 당기기(Drawing-in) 상태를 유지한다. 그리고 대각선상의 각 상지와 하지를 바닥 방향으로 내린 뒤, 정해진 시간동안 유지하고 다시 원래 자세로 돌아온다. 반대쪽 상지와 하지도 같은 동작을 반복한다. 양쪽사지를 번갈아 실시했을 경우를 1회로 간주하며 각 세트당 10번 반복, 총 3세트를 실시한다.

사전 검사 후 무작위 추출법으로 선별된 실험군에게 코어 안정화운동으로 크런치와 데드버그를 위 설명과 같이 진행하였다. 대조군에게는 실험 기간동안 어떠한 운동 중재도 적용하지 않았다.

5. 분석방법

본 연구는 수집된 자료의 통계처리를 위하여 SPSS version 28.0을 활용하였으며, 모든 자료는 평균과 표준편차를 이용하여 기술하였다. 전체 연구 대상자는 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성 검정을 하였으며 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고, 두 군간 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t검정을 실시, 실험군과 대조군의 군내 전·후 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에서 대상자는 20-30대의 젊은 성인 남성 30명으로 코어 안정화운동을 중재하는 실험군 15명, 중재가 없는 대조군 15명으로 하였다. 그 결과 일반적 특성 중 평균 나이는 실험군이 29.3세이고, 대조군이 29세로 집단별 유의한 차이가 없었고, 평균 키는 실험군이 175.4cm, 대조군이 176.6cm로 유의한 차이가 없었으며, 평균 체중은 실험군이 79.4kg, 대조군은 79.8kg로 유의한 차이가 없었다<표 1>.

Table 1. General Characteristics of Participants (N=30)

	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)	t(p)
Gender (Male)	15	15	
Age (year)	29.3±2.25	29.0±2.36	-.536 (p>0.05)
Height (cm)	175.4±5.57	176.6±6.63	-.105 (p>0.05)
Weight (kg)	79.4±9.92	79.8±10.98	.395 (p>0.05)

2. 코어 안정화운동에 따른 동적 균형능력의 변화

실험 방법에 따른 동적 균형의 변화는 mSEBT와 FRT를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다<표 2, 표 3>.

Table 2. Comparison of pre- and posttest modified Star Excursion Balance Test (N=30)

	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)	t(p)
Rt. mSEBT ^a . Ant.			
pre	60.6 ± 6.13 ^b	65.86 ± 8.64	-1.924 (p>.05)
post	64.4 ± 7.45	65.6 ± 8.29	
change	3.8 ± 3.68	-.26 ± 1.86	3.809 (p<.001)
t(p)	-3.991(0.001)	-.552(0.001)	
Rt. mSEBT, PL			
pre	84.26 ± 9.81	82.6 ± 10.86	.441
post	92.0 ± 7.32	84.0 ± 10.0	
change	7.73 ± 7.04	1.40 ± 2.32	3.584(p=.001)
t(p)	-4.251(0.001)	-2.333(0.001)	
Rt. mSEBT. PM			
pre	76.33 ± 9.43	78.73 ± 11.54	-.624(p>.05)
post	84.0 ± 8.20	78.8 ± 11.08	
change	8.06 ± 4.87	0.66 ± 1.98	5.887(p<.001)
t(p)	-6.407(0.001)	-.130(0.001)	
Lt. mSEBT. Ant.			
pre	63.6 ± 8.16	66.13 ± 9.53	-.782(p>.05)
post	66.2 ± 5.82	65.13 ± 9.12	
change	2.60 ± 4.272	-1.0 ± 3.07	2.65(.013)
t(p)	-2.357(0.034)	1.261(0.001)	
Lt. mSEBT. PL			
pre	83.8 ± 9.60	84.86 ± 10.99	-.283(p>.05)
post	89.8 ± 6.81	85.06 ± 10.35	
change	6.0 ± 5.78	0.20 ± 1.37	3.78(.002)
t(p)	-4.019(0.001)	-.564(0.001)	
Lt. mSEBT. PM			
pre	79.46 ± 9.19	79.33 ± 14.97	-.029(p>.05)
post	89.53 ± 8.75	79.93 ± 14.38	
change	10.06 ± 6.32	0.60 ± 1.45	5.645(p<.001)
t(p)	-6.159(0.001)	-1.598(0.001)	

주. ^amodified star excursion balance test, ^bM±SD, Rt=right; Lt=left; Ant=anterior; PL=posteriolateral; M=posteriomedial.

Table 3. Comparison of pre- and posttest Functional Reach Test (N=30)

	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)	t(p)
FRT ^a			
pre	36.2 ± 4.0 ^b	37.13 ± 7.86	-0.410 (p>.05)
post	39.06 ± 3.17	37.93 ± 7.39	
change	2.86 ± 3.60	0.80 ± 1.01	2.138 (.048)
t(p)	-3.082(0.008)	-3.055(0.009)	

주. ^aFunctional reach test, ^bM±SD, Rt=right; Lt=left; Ant=anterior; PL=posteriolateral; PM=posteromedial.

1) 실험에 따른 mSEBT 측정 거리의 변화

실험군의 실험 전·후 mSEBT 측정 거리는 오른쪽의 발인 경우 앞쪽은 60.6cm에서 64.4cm로, 뒤가쪽은 84.26cm에서 92.0cm로, 뒀안쪽은 76.33cm에서 84.4cm로 유의한 증가를 보였다(p<.05). 실험군의 왼쪽 발 mSEBT 측정 거리는 앞쪽이 63.6cm에서 66.2cm로, 뒤가쪽이 83.8cm에서 89.8cm로, 뒀안쪽이 79.46cm에서 89.53cm로 유의한 증가를 보였다(p<.05).

대조군의 실험 전·후 mSEBT 측정 거리는 오른쪽 발인 경우 앞쪽은 65.86cm에서 65.6cm로, 뒤가쪽은 82.6cm에서 84.0cm로, 뒀안쪽은 78.73cm에서 78.8cm로 유의한 차이가 없었다. 두 집단 간의 훈련 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

2) 실험에 따른 FRT 측정 거리의 변화

실험군의 실험 전·후 FRT 측정 거리는 36.2cm에서 39.06cm로 평균 2.86cm 유의하게 증가하였다(p<.05). 대조군의 실험 전·후 FRT 측정 거리는 37.13cm에서 37.93cm로 0.8cm 증가하였다. 두 집단 간의 훈련 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였다(p<.05).

3. 코어 안정화운동에 따른 몸통 수평 회전 범위의 변화

1) 실험에 따른 TRT 측정 거리의 변화

실험군의 실험 전·후 오른쪽 TRT 측정 거리는 실험 전 39.26 ± 10.54cm에서 실험 후 47.0 ± 8.51cm로 평균 7.33cm의 유의미한 향상을 기록하였고(p<0.05), 왼쪽 TRT 측정 거리는 실험 전 38.0 ± 10.26cm에서 실험 후 45.8 ± 7.64cm로 평균 7.8cm의 유의미한 향상을 기록하였다(p<0.05). 대조군의 실험 전·후 오른쪽 TRT 측정 거리는 실험 전 41.73 ± 13.48cm에서 실험 후 41.6 ± 12.84cm로 평균 -0.13cm의 변화가 있었고, 왼쪽 TRT 측정 거리는 실험 전 38.73 ± 14.29cm에서 실험 후 38.2 ± 13.68cm로 -0.53cm의 변화가 있었다. 두 집단 간의 훈련 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였다(p<.05)<표 4>.

표 4. Comparison of pre- and posttest Trunk Rotation Test (N=30)

	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)	t(p)
Rt. TRT ^a			
pre	39.26 ± 10.54b	41.73 ± 13.48	-.558(p>.05)
post	47.0 ± 8.51	41.6 ± 12.84	
change	7.33 ± 7.19	-0.13 ± 1.45	4.150(p<.001)
t(p)	-4.162(0.001)	.354(0.001)	
Lt. TRT			
pre	38.0 ± 10.26	38.73 ± 14.29	-.161(p>.05)
post	45.8 ± 7.64	38.2 ± 13.68	
change	7.8 ± 6.37	-0.53 ± 1.35	4.954(p<.001)
t(p)	-4.741(0.001)	1.524(0.001)	

주. ^aTrunk Rotation Test, ^bM±SD, Rt=right; Lt=left; Ant=anterior; PL=posteriolateral; M=posteriomedial.

IV. 논 의

본 연구에서는 젊은 성인 남성에게 코어 운동을 적용하였을 때 몸통의 동적균형과 수평 회전 범위에 효과가 있는지를 확인하고자 하였다. 사전검사를 통해 실험군과 대조군을 무작위 추출법으로 각각 20명씩 배정하였고, 각 그룹에서 5명이 탈락하여 최종적으로 실험군 15명과 대조군 15명으로 실험을 진행하였다. 사전검사를 통적 균형 검사인 mSEBT와 FRT를 훈련하였고, 몸통의 수평 회전 범위 검사로는 TRT를 실시하였다. 실험군은 주 2회, 총 8주간 코어 안정화운동을 훈련하였고, 1회에 크런치 15개와 데드버그 운동 10개를 각각 3세트씩 훈련하였다. 대조군은 어떠한 운동도 훈련하지 않았다. 8주의 실험기간이 끝나고 사전검사와 동일하게 사후검사로도 mSEBT, FRT, TRT를 실시하였다.

연구 결과, 실험군은 대조군에 비해 동적 균형 검사인 mSEBT는 오른발의 앞쪽 방향이 평균 60.6cm에서 64.4cm로, 뒤가쪽 방향이 84.26cm에서 92.0cm로, 뒤안쪽 방향이 76.33cm에서 84.0cm로 유의하게 향상하였다 ($p<0.05$). 왼발의 mSEBT 앞쪽 방향은 평균 63.6cm에서 66.2cm로, 뒤가쪽 방향이 83.8cm에서 89.8cm로, 뒤안쪽 방향이 79.46cm에서 89.53cm로 유의하게 향상하였다($p<0.05$). FRT는 36.2cm에서 39.06cm로 유의하게 향상했으며 ($p<0.05$), 몸통 수평 회전 범위 검사인 TRT는 오른쪽으로 회전했을 때는 평균 39.26cm에서 47.0cm로, 왼쪽으로 회전했을 때는 평균 38.0cm에서 45.8cm로 유의하게 향상하였다($p<0.05$).

코어근육과 그들의 역할은 꾸준히 연구되어 왔으며, Hodges and Richardson(1997)에 의해 설명된 것처럼 Local & Global 요소로 자세히 설명된다. Global 코어 근육군은 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근, 척추세움근으로 이루어진 큰 근육들이며 많은 수의 척추 또는 골반뼈를 표층에서 덮고 코어 안정화에 간접적인 영향을 준다. Local 코어 근육군은 배가로근, 다열근, 횡경막, 골반바닥근으로 이루어진 깊은 위치에 있는 근육들이며 척추 분절 안정성에 더 직접적인 영향을 준다(Richardson 등, 2000). Panjabi의 연구에 따르면 척추의 안정을 이루는 기본 요소 중에는 수동, 동적, 신경 시스템의 세 가지 하위 시스템들이 있다. 수동 시스템으로는 척추, 디스크, 그리고 인대가 있고,

동적 시스템으로는 모든 근육과 힘줄들이며, 신경 시스템으로는 중추신경계와 모든 신경들이다. 이들 중 한 곳에 서라도 손상이 되면 보상 작용이 일어나고 심하면 질병이 생기기도 한다(Panjabi, 1992a; 1992b). 이를 예방하기 위한 코어 안정화운동, 등 펌근 강화운동, 그리고 균형 훈련은 자세 조절시스템과 전반적인 체형 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(Toprak Çelenay와 Özer Kaya, 2017).

코어근육 참여를 대표적으로 보여주는 동작으로는 정적, 동적 균형과 몸통 회전이 있다. 그중에서 동적 균형과 몸통 회전을 측정하기 위한 여러 검사도구가 있으며, 본 연구에서는 총 세 가지의 검사를 실시하였다.

동적 균형능력에 미치는 효과를 살펴보면, Örgün 등(2020)은 정적, 동적 코어 운동의 구분 없이 코어운동은 모두 동적 균형(Y-balance test), 척추 안정성, 엉덩관절의 가동성에 유의미한 향상을 보였다고 기술하였다(Örgün 등, 2020). 코어 안정화운동의 동적 균형능력 효과는 mSEBT 만으로 측정하지는 않는다. 최원제 등(2018)은 코어 운동을 훈련하였을 때의 동적 균형능력을 GOODBALANCEsystem(Multitur, Finland)으로 측정하였고, 정적 균형과 동적 균형 모두 측정하였다. 실험 이후 사후검사를 했을 때 눈 감고 한발 서기의 정적 균형 척도인 X, Y축 이동속도와 속도 모멘트, 그리고 동적 균형 척도인 앞뒤쪽속도와 안가쪽속도에 유의한 차이를 보였다고 기술하였다(최원제 등, 2018). 또한 Szafraniec 등(2020)은 코어 안정화운동 이후 역도 선수의 동적 균형이 유의하게 향상하였다고 보고하였다.

이러한 연구들은 본 연구의 평가도구인 mSEBT, FRT를 사용하여 동적균형을 검사하진 않았지만 코어 안정화운동 이후 동적 균형의 앞뒤쪽속도와 안가쪽속도의 유의한 향상을 수치화하였기 때문에 코어 안정화운동의 공통적인 효과인 동적 균형능력의 향상을 뒷받침해준다. Armstrong 등(2018)은 mSEBT의 적합한 측정 시간을 위한 선행연구를 조사하였는데, 댄서들의 mSEBT에서 피로도가 측정 결과값에 유의미한 영향을 주지 않는다고 기술하였다. 따라서 본 연구에서도 측정 시간에 대한 엄격한 기준을 세우지 않았다.

FRT는 초기에 미항공우주국(NASA)과 운송시스템에서 손을 뻗어서 잡을 수 있는 조작장치의 거리를 측정하는데 활용되었으나 Duncan에 의해 일상에서 쉽게 적용할 수 있는 방법으로 개발되었다. 최근에는 지역사회 노인의 균형을 평가하여 낙상을 예측하는 데 사용되고 있다. 그러나 이 검사의 측정값인 3번째 손허리손가락뼈의 이동거리와 낙상이 유의한 관련이 있는지는 연구자마다 측정 결과와 해석이 다르기 때문에 정상 도달길이의 기준에 대한 명확한 기준이 세워지지 않은 실정이다(Rosa, 2019).

몸통의 수평 회전에 미치는 효과를 살펴보면 Aragon 등은 어깨 및 팔꿈치 부상과 몸통의 회전 사이에는 유의한 상관관계가 없다고 하였으나, 박우형 등은 나이와 BMI에 따라 몸통 회전 움직임에 차이가 있다고 하였다(Park 등, 2012; Aragon 등, 2012). 이를 참고하여, 본 연구는 근골격계 질환이 없으며 평균 나이 29세, BMI 25로 비슷한 조건을 가진 대상자들을 선정하였다. 몸통 수평 회전 범위 검사를 실시하는 동안, 다른 신체부위의 개입이 측정 결과에 영향을 주는 대상작용을 방지하기 위해 양 발을 모아 검사 과정동안 발이나 무릎이 돌아가지 않도록 하였다(Park 등, 2012).

코어 안정화운동은 운동선수에게 꼭 필요한 운동이다. 청소년 배드민턴 선수들을 대상으로 한 연구에서는 6주의 코어 안정화운동이 동적 균형과 코어근육의 지구력을 유의하게 향상시켰다고 하였다. 이 연구에서 동적 균형은 SEBT로 측정하였고 실험전 24.44±11.17cm에서 실험후 52.24 ±7.10cm로 향상되었다. 코어근육의 지구력은 복근피로검사(Abdominal-fatigue test)와 등 펌근 검사(Back-extensor test)로 평가하였으며 각각 42.17±29.21초에서 107.52±22.54초로, 43.90±34.28초에서 90.70±7.22초로 유의하게 향상되었다(Ozmen과 Aydogmus, 2016).

Kahle과 Gribble의 연구(2009)에서는 건강한 젊은 성인을 대상으로 6주 동안 코어 안정화운동을 진행하였으며, SEBT를 검사하는 동안 하지의 움직임을 강하게 지지해준다고 추측하였다. 김정린 등(2016)은 10명의 건강한 성인 남성을 대상으로 4가지 코어 안정화운동을 실시했을 때 안정화 운동들이 각각 어느 근육들을 더욱 활성화

시키는지를 연구하였는데 크런치와 데드버그는 앞쪽과 가쪽 근육, 즉 배가로근과 배바깥빗근을 더욱 활성화 시키는 것으로 확인되었다(Kim 등, 2016).

위 연구들을 종합적으로 연결한다면 운동선수와 일반인의 구분 없이 코어 안정화운동인 크런치와 데드버그 운동을 훈련하면 코어 근육의 지구력을 향상시킬 수 있고, 특히 배가로근과 배바깥빗근을 강화할 수 있다. 그 결과 근력 향상과 동적 균형능력이 향상한다는 것을 알 수 있다. 이는 본 연구에서 코어 안정화운동을 훈련한 후에 동적 균형검사인 mSEBT와 FRT 결과값이 유의하게 향상한 것과 일치하였다.

본 연구를 진행함에 있어 몇 가지 제한점이 있었다. 첫째, 대상자를 모집할 때 운동 시 통증이 없는 자들로 선정하였지만, 실험군 중에서 엉덩허리근의 비후로 인해 데드버그 훈련 도중 엉덩허리근과 골반의 찢힘 현상이 있는 경우가 있었다. 따라서 통증이 심해 훈련을 잠시 중지하고 엉덩허리근의 스트레칭을 하기도 하였다. 둘째, 몸통의 수평 회전 검사를 평가하는 대상자 중 몇 명이 평가 1~2일 전에 코로나 바이러스 백신을 접종하여 어깨 통증이 심해 검사 날짜를 미룬 경우가 있었다. 이로 인해 그룹 간 평균의 차이가 날 수 있었으나, 무작위 추출법으로 실험군과 대조군에 적절히 배치하였기에 오차를 줄일 수 있었다. 셋째, 본 연구에서 실시한 모든 평가도구는 정확한 수치를 기록할 수 있는 기계를 사용하지 않았기에 평가자가 직접 눈금자로 기록을 측정함에 있어서 약간의 오차가 발생할 수 있다는 점이다.

앞으로 이러한 제한점을 보완, 수정하여 코어 안정화운동을 통해 다양한 사람들이 건강한 생활을 유지 및 개선시켜야 한다고 생각한다. 본 연구에서 실시한 코어 안정화운동 외에 다른 안정화운동들이 많이 알려지면서 물리치료사 및 재활 트레이너들이 근골격계 질환을 완화, 예방하고 싶은 사람들에게 다양한 코어 운동을 적용하기를 바란다.

V. 결론

본 연구는 코어 안정화운동이 동적 균형과 몸통의 수평 회전의 범위에 효과가 있는지를 알아보려고 실시하였다. 일반 성인 남성 30명을 대상으로 하였고, 실험군 15명, 대조군 15명으로 나누어 실험군에게만 코어 안정화운동을 실시한 후 모든 참가자의 mSEBT, FRT, TRT를 사전사후 비교 분석 한 결과, 세 가지 평가도구 모두 실험군의 전·후 결과가 유의하게 향상하였다($p < .05$).

본 연구를 통하여 코어 안정화운동이 동적 균형과 몸통의 수평 회전 범위에 효과가 있다는 것이 발견되었다. 앞으로는 물리치료사 및 재활 트레이너들이 본 연구에서 실시한 크런치와 데드버그 뿐 아니라 더욱 효과적인 코어 안정화 운동을 다양한 환자들에게 적용하여 통증 및 삶의 질 향상에 기여하길 바란다.

참고문헌

- 김병곤, 서현규, 정연우. 슬링운동이 요부안정화와 근력에 미치는 영향. J Kor Phys Ther. 2004;16(4):129-141.
박지원, 김상우, 이병희. 뇌졸중 환자의 신체기능, 균형, 인지 관계에서 재활동기의 조절효과에 관한 연구. 대한물

- 리치료과학회지. 2020;27(2):13-24.
- 이동걸, 안상현, 오진규 등. 스위스 볼을 이용한 요부안정화 운동이 근력과 유연성 및 균형에 미치는 영향. 대한임상전기생리학회. 2009;7(1):35-42.
- 장재선, 김용남. 도수 교정과 안정화 운동 복합적용이 만성 허리통증 환자의 통증과 척추 만곡도에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(2):38-47.
- 최원재, 박범석, 유병국 등. 코어 프로그램 운동이 만성요통 환자의 균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2018;25(1):1-10.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85:86-92.
- Aragon VJ, Oyama S, Oliaro SM et al. Trunk-rotation flexibility in collegiate softball players with or without a history of shoulder or elbow injury. J Athl Train. 2012;47(5):507-13.
- Armstrong R, Brogden CM, Milner D et al. The Influence of Fatigue on Star Excursion Balance Test Performance in Dancers. J Dance Med Sci. 2018;22(3):142-7.
- Axler CT, McGill SM. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. Med Sci Sports Exerc. 1997;29(6):804-11.
- Bhadoria EA, Gurudut P. Comparative effectiveness of lumbar stabilization, dynamic strengthening, and Pilates on chronic low back pain: randomized clinical trial. J Exerc Rehabil. 2017;13(4):477-85.
- Bhanot K, Kaur N, Brody LT et al. Hip and Trunk Muscle Activity During the Star Excursion Balance Test in Healthy Adults. J Sport Rehabil. 2019;28(7):682-91.
- Choi WJ, Park BS, Yoo BK, et al. The effects of core program exercise on balance in patients with chronic low back pain. J of Kor Phys Ther Sci. 2018;25(1):1-10.
- Datta A, Sen S, Shivpriya. Effects of Core Strengthening on Cardiovascular Fitness, Flexibility and Strength on Patients with Low Back Pain | OMICS International." J Novel Physiotherapies. 2014;4(2):1.
- Duijnhoven HJR, Heeren A, Peters MAM et al. Effects of Exercise Therapy on Balance Capacity in Chronic Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis. Stroke. 2016;47(10):2603-10.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. J Gerontol. 1990;45(6):M192-7.
- Emami F, Pirouzi P, Taghizadeh S. Comparison of Abdominal and Lumbar Muscles Electromyography Activity During Two Types of Stabilization Exercises. Zahedan J of Research in Med Sci. 2015;17(4).
- Fan JZ, Liu X, Ni GX. Angular velocity affects trunk muscle strength and EMG activation during isokinetic axial rotation. Biomed Res Int. 2014;2014:623191.
- Gabbard C, Cordova A. Association between imagined and actual functional reach (FR): a comparison of young and older adults. Gerontol Geriatr Med. 2013;56(3):487-91.
- Greve J, Alonso A, Bordini ACPG et al. Correlation between body mass index and postural balance. Clinics(Sao Paulo,Brazil). 2007;62(6):717-20.
- Haladay DE, Miller SJ, Challis JH et al. Responsiveness of the double limb lowering test and lower abdominal muscle progression to core stabilization exercise programs in healthy adults: a pilot study. J Strength Cond Res. 2014Jul;28(7):1920-7.
- Herrington L, Hatcher J, Hatcher A, et al. A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL
-

- deficient patients and asymptomatic controls. *The Knee*. 2009;16(2):149-52.
- Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine*. 1996;21(23):2763-9.
- Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132-42.
- Hultman G, Nordin M, Saraste H et al. Body composition, endurance, strength, cross-sectional area, and density of MM erector spinae in men with and without low back pain. *Journal of spinal disorders*. 1993Apr;6(2):114-23.
- Junker D, Stöggel T. The training Effects of Foam Rolling on Core Strength Endurance, Balance, Muscle Performance and Range of Motion: A Randomized Controlled Trial. *J Sports Sci Med*. 2019;Jun1;18(2):229-238.
- Kahle NL, Gribble PA. Core Stability Training in Dynamic Balance Testing Among Young, Healthy Adults. *Athl Train SportsHealth Care*. 2009;1(2).
- Katz-Leurer M, Fisher I, Neeb M et al. Reliability and validity of the modified functional reach test at the sub-acute stage post-stroke. *Disabil Rehabil*. 2009;31(3):243-8.
- Kim CR, Park DK, Lee ST et al. Electromyographic Changes in Trunk Muscles During Graded Lumbar Stabilization Exercises. *PM & R*. 2016;8(10):979-89.
- Kumar S, Narayan Y, Garand D. Isometric axial rotation of the trunk in the neutral posture. *Eur J Appl Physiol*. 2001;Nov;86(1):53-61.
- Lee JS, Kim TH, Kim DY, et al. Effects of selective exercise for the deep abdominal muscles and lumbar stabilization exercise on the thickness of the transverse abdominis and postural maintenance. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(2):367-70.
- Lin YH, Chen TR, Tang YW et al. Are liability study for standing functional reach test using modified and traditional rulers. *Percept Mot skills*. 2012;115(2):512-20.
- Luan L, Adams R, Witchalls J et al. Does Strength Training for Chronic Ankle Instability Improve Balance and Patient-Reported Outcomes and by Clinically Detectable Amounts? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Ther*. 2021;101(7):pzab046.
- Marras WS, Davis KG, Granata KP. Trunk muscle activities during asymmetric twisting motions. *J Electromyogr Kinesiol*. 1998;8(4):247-56.
- Montgomery T, Boocock M, Hing W. The effects of spinal posture and pelvic fixation on trunk rotation range of motion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011;26(7):707-12.
- Nadler SF, Malanga GA, Feinberg JH et al. Relationship between hip muscle imbalance and occurrence of low back pain in collegiate athletes: a prospective study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001;80(8):572-7
- Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Phys Ther Sport*. 2018;Nov;34:174-9.
- Nashner LM. Adaptation of human movement to altered environments. *Trends in Neurosciences*. 1982;5:358-61.
- Niewiadomy P, Niewiadomy KS, Kuszewski MT, et al. Assessment of the influence of global and local exercises on core stabilization mechanisms: randomized controlled trial. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;Jan;61(1):44-52
- Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J et al. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train*. 2002;37(4):501-6.

- Onofrei RR, Amaricai E, Petroman R et al. Preseason Dynamic Balance Performance in Healthy Elite Male Soccer Players. *Am J Mens Health*. 2019;13(1):1557988319831920.
- Örgün E, Kurt C, Özsü İ. The effect of static and dynamic core exercises on dynamic balance, spinal stability, and hip mobility in female office workers. *Turk Phys Med Rehabil*. 2020;66(3):271-80.
- Ozmen T, Aydogmus M. Effect of core strength training on dynamic balance and agility in adolescent badminton players. *J Bodyw Mov Ther*. 2016;20(3):565-70.
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992a;5(4):383-9.
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord*. 1992b;5(4):390-6.
- Park WH, Kim YH, Lee TR, et al. Factors affecting shoulder-pelvic integration during axial trunk rotation in subjects with recurrent low back pain. *Eur Spine J*. 2012;21(7):1316-23.
- Pereira ILR, Queiroz B, Loss J, et al. Trunk Muscle EMG During Intermediate Pilates Mat Exercises in Beginner Healthy and Chronic Low Back Pain Individuals. *J Manipulative Physiol Ther*. 2017;40(5):350-7.
- Pi-Sunyer FX. Comorbidities of overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(11 Suppl):S602-8.
- Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, et al. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*. 2009;4(2):92-9.
- Richardson CA, Jull GA, Hodges PW, et al. Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach. *J Can Chiropr Assoc*. 2000;44(2):125.
- Robertson MM, Huang YH, Larson N. The relationship among computer work, environmental design, and musculoskeletal and visual discomfort: examining the moderating role of supervisory relations and co-worker support. *Int Arch Occup Environ Health*. 2016;89(1):7-22.
- Rosa MV, Perracini MR, Ricci NA. Usefulness, assessment and normative data of the Functional Reach Test in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2019;81:149-70.
- Sadeghi H, Shariat A, Asadmanesh E, et al. The Effects of Core Stability Exercise on the Dynamic Balance of Volleyball Players. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 2013;2(2):1-10.
- Sekendiz B, Cuğ M, Korkusuz F. Effects of Swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women. *J Strength Cond Res*. 2010;Nov;24(11):3032-40.
- Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscle during dynamic spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;Nov;82(11):1551-7.
- Stenger EM. Electromyographic comparison of a variety of abdominal exercises to the traditional crunch [dissertation]. Wisconsin-LA Crosse Univ; 2013.
- Stodden DF, Fleisig GS, McLean SP, et al. Relationship of Pelvis and Upper Torso Kinematics to Pitched Baseball Velocity in: *Journal of Applied Biomechanics*. *J Appl Biomech*. 2001;17(2):164-72.
- Stuckey MF, Smalley LA, Dorman G. Reliability of Measuring Trunk Motions in Centimeters. *Phys Ther*. 1982;62(10):1431-7.
- Sugaya T, Sakamoto M, Nakazawa R, et al. Relationship between spinal range of motion and trunk muscle activity
-

- during trunk rotation. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(2):589-95.
- Szafranec R, Bartkowski J, Kawczyński A. Effects of Short-Term Core Stability Training on Dynamic Balance and Trunk Muscle Endurance in Novice Olympic Weightlifters. *J Hum Kinet.* 2020;74:43-50.
- Toprak Çelenay Ş, Özer Kaya D. An 8-week thoracic spine stabilization exercise program improves postural backpain, spine alignment, postural sway, and core endurance in university students: a randomized controlled study. *Turk J Med Sci.* 2017;47(2):504-13.
- Urquhart DM, Hodges PW. Differential activity of regions of transversus abdominis during trunk rotation. *Eur Spine J.* 2005;14(4):393-400.
- Vincent WJ, Britten SD. Evaluation of the Curl up—A Substitute for the Bent Knee Sit up. *J Phys educ and recreation.* 2013;51(2):74-5.
- Wilson JD, Dougherty CP, Ireland ML, et al. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):316-25.
- Yanyun G, Huangwei L, Zeng Y, et al. The effect of Pilates exercise training for scoliosis on improving spinal deformity and quality of life: Meta-analysis of randomized controlled trials. 2021;100(39):e27254.
- Yim-Chiplis PK, Talbot LA. Defining and measuring balance in adults. *Biol Res Nurs.* 2000;1(4):321-31.
- Yoon TL, Kim KS. Effect of Craniocervical Flexion on Muscle Activities of Abdominal and Cervical Muscles During Abdominal Curl-Up Exercise. *Phys Ther Korea.* 2013;20(4):32-9.