

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2022. 03. Vol. 29, No.1, pp. 47-54

플라이오메트릭과 웨이트 트레이닝이 운동 수행 능력에 미치는 영향

안인태 · 최보람

신라대학교 보건복지대학 물리치료학과

Effects of plyometric exercise and weight training on athletic performances

In-Tae Ahn · Bo-ram Choi, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of health and welfare, Silla University

Abstract

Background: Plyometric exercise is an exercise exerting forceful power in a brief period using isotonic activation. It is effective to improve reaction of muscle, agility, endurance and athletics performance. Weight training is an exercise improving muscular strength, endurance and respirating ability applying diversely in frequency and load of exercise Plyometric exercise and Weight training is to facilitate the athletics performance though improving the function of lower limb muscle, there is a difference that Plyometric jump squats is the way to improve agility and Weight training is the way to improve muscular strength. Therefore, it is necessary to know how this difference effects on athletics performance as measuring ankle, ROM, and jumping ability.

Design: Randomized controlled trial.

Method: This study was conducted with the voluntary participation of 40 university students, who were randomly assigned to jump squat and calf raise groups (n=20 per group). For each subject, we measured the range of motion of the ankle joint before and after exercise, as well as a standing broad jump and vertical jump test performance. We compared the performance indices before and after exercises using paired t-tests, and between groups using independent-samples

t-tests.

Conclusions: Both jump squat and calf raise exercises improved ankle joint dorsiflexion and plantar flexion, as well as standing broad jump and vertical jump height performance. However, there were no significant differences before versus after exercise, or between exercise types. Although jump squats and calf raises have different purposes, it is thought that, in combination, these exercises improve performance more effectively than either alone, and that such a combined exercise program improves the quality of training in both the general public and athletes in various sports.

Key words: Body mass index, Exercise, Physical fitness, Students.

교신저자

최보람 교수
부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140, 신라대학교
T: 051-999-5438 E: boram@silla.ac.kr

I. 서 론

최근 한국 뿐만 아니라 세계 각국에서 스포츠 경기 현장에서 참여하는 운동선수의 수가 급격히 증가함에 따라 다양한 스포츠 종목에서 경기력이 세계적인 수준으로 각종대회에서 우수한 성적을 얻고 있다. 이러한 결과는 체계적이고, 과학적인 훈련방법과 전문적인 기술 습득을 위한 선수들의 꾸준한 노력의 산물로 볼 수 있다. 특히 운동선수의 경기능력 및 우수한 경기력은 우수한 체력을 기초로 하는 훈련을 진행하고 있으며 운동종목별로 필요로 하는 체력요인분석과 육성 훈련 방안의 개발은 경기 기술향상에 좋은 결과를 가져올 수 있다(MacDougall 등, 1991; Malina 등, 2004).

운동선수들이 훈련하는 목적은 지속적인 외부 자극에 대한 신체항상성을 유지시키고, 자신의 능력을 극대화시켜서 경기력을 향상시키는 것이다(김기진, 2013). 경기력을 향상시키기 위해 순발력, 근력, 민첩성, 유연성, 평형성, 지구력 등 다양한 체력적인 요소가 크게 요구되는데 이 중에서 순발력과 근력은 다양한 스포츠 분야에 필수적인 경기력 향상 요인이 된다(김용권, 2000).

플라이오메트릭(plyometric)은 등장성 활성화(isotonic activation)를 이용하여 짧은 기간에 폭발적인 힘을 낼 수 있는 운동으로 근육의 신장반사를 이용하여 근육 활성화 시 빠르고 강하게 반응할 수 있도록 훈련하는데 목적이 있다(Chimera 등, 2004). 이런 훈련을 통해서 하지의 근력 및 파워를 향상시키기 위한 트레이닝 방법의 일종으로 운동 수행 능력의 가장 중요한 요소인 각근력(knee muscle strength) 중에서 각근 파워인 하지의 폭발적 스피드와 도약력을 향상시킬 수 있으며 근육의 신전반사를 사용하는 아이소메트릭 근육운동의 과부하를 사용하는 훈련을 지칭한다(김의수 등, 1988) 근육의 반응능력을 향상시키고, 순발력, 민첩성, 지구력 및 운동 수행능력 증진에도 효과적이다(한원택, 2013). 높이뛰기나 멀리뛰기, 배구나 농구 선수에게 자주 사용되는 훈련법으로 박스 점프(box jump), 스쿼트 점프(squat jump), 호핑(hopping) 등의 여러 운동이 복합적으로 적용되는 운동방법이다(Corbin, Lindsey와 Welk, 2000). 중에서 스쿼트 점프는 다리의 근력 보다는 순발력 강화를 위한 특화적인 운동이며, 0.1초 단위로 승부가 갈리는 쇼트트랙이나 봅슬레이 선수들에게 필수적인 운동이다. 스쿼트 점프는 팔과 다리의 신경근 조절과 발달로 인해 운동 수행 능력을 향상시킨다(Swinton 등, 2012). 게다가 최근에는 부하를 추가하여 스쿼트 점프를 했을 때 외적 부하에 대한 저항력을 증진을 일으키고, 점프 높이의 상승에도 효과적으로 나타났다(Barr 등, 2015; 김현균, 김영관와 조행란, 2015).

웨이트 트레이닝(weight training)은 운동 빈도나 운동 부하를 다양하게 적용해서 근력과 근지구력 및 호흡능력 향상시키고 이를 통해 경기력을 향상시키는데 목적이 있다(손영진, 2017; 박치환 등, 2015). 웨이트 트레이닝 운동 방법을 통해서 단축성, 신장성 수축을 반복하여 보다 더 많은 부하를 주어 근력을 효과적으로 과부하의 원리를 적용하며, 점진적으로 중량을 늘려 나가는 원리를 통해서 목적에 맞게 운동방법을 정해야 한다. 다리 근육 강화를 위한 웨이트 트레이닝 방법에는 레그 컬(leg curl), 레그 익스텐션(leg extension), 카프 레이즈(calf raise) 등이 있고, 이러한 훈련은 효과적인 근력의 생산과 운동 종목에 맞는 훈련을 통해 경기력 개선 및 부상방지도 효과가 있다(최현호, 이동준와 유영규, 2013; 이진 등, 2018). 이 중에서 카프 레이즈 운동은 종아리를 단련 및 강화시키는 가장 기본적인 형태의 운동이며, 맨몸뿐만 아니라 바벨, 덤벨, 스미스머신이나 전용 머신 또한 이용할 수 있다. 카프레이즈 운동의 종류로는 스탠딩 카프레이즈, 머신 스탠딩 카프레이즈, 시트드 카프레이즈, 원 레그 카프레이즈, 동키 카프레이즈 등이 있다. 이 중에서 스탠딩 카프레이즈 운동은 종아리근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus) 뿐만 아니라 발가락 굽힘근(toe flexor) 등의 집중적인 근력강화에 효과적이다. 게다가 심부정맥 혈전증, 전방 십자 인대 손상 환자의 재활 훈련으로도 적용되고 있고(Codorean 등, 2016; Hummel 등, 2018), 근육의 균형

과 기능향상을 위해 다방면으로 적용되고 있다(Ibis 등, 2018).

플라이오메트릭 방법인 스쿼트 점프와 웨이트 트레이닝 방법인 카프 레이즈는 두 운동 모두 다리 근육의 기능향상을 통한 운동선수의 경기력 개선을 위한 훈련이지만 두 운동은 각각 다리 근육의 순발력 향상을 위한 방법과 근력을 향상을 위한 훈련이라는 차이가 있다. 그러므로 이러한 차이가 경기력이 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 두 운동에 대한 관절가동범위와 점프력의 차이를 알아볼 필요가 있다. 본 연구의 목적은 정상인을 대상으로 플라이오메트릭 방법인 스쿼트 점프와 웨이트 트레이닝 방법인 카프레이즈 운동이 관절가동범위와 점프력에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 참여한 대상자는 부산 S대에 재학 중인 학생을 대상으로 본 연구의 목적과 진행방법을 충분히 설명한 뒤 참여의사를 밝힌 대학생 20명으로 진행했다(나이, 키, 몸무게 추가). 연구대상자의 선별 과정에서 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절 등 다리 또는 허리의 통증이 있거나, 기타 정형 외과적 수술병력, 관절의 변형이 있는 자는 제외했다. 본 실험의 절차는 신라대학교 기관 생명 윤리 위원회의 승인을 받아 대상자를 모집하고 연구를 진행했다.

2. 운동방법

1) 스쿼트 점프(squat jump; SJ)

다리 근육이 짧은 시간에 최대 힘을 낼 수 있도록 훈련하는 방법으로 높은 곳에서 낮은 곳으로 착지할 때 순간적으로 원심성 활성화(eccentric activation)가 일어나게 한다. 다리를 골반넓이로 벌린 뒤, 무릎을 약간 굽힌 채 시작하여 발로 지면을 차면서 위로 뛰어오른다. 이때 등은 똑바로 펴고 넙다리뼈가 지면과 수평일 때 동작을 멈춘다(Kim 등, 2015).

2) 카프 레이즈(calf raise; CR)

다리 근육의 근력 및 지구력의 증진을 통해 다리의 기능적 능력 향상시키는 방법이다. 양팔은 편하게 놓고 바로 선 자세로 20cm 높이의 단상 위에 올라간다. 발 앞부분의 3분의 1지점에서 최대한 높이 뒤꿈치를 들어 올려 종아리를 수축한다(Ibis 등, 2018).

3. 측정방법

1) 발목관절 가동범위(range of motion in ankle joint)

침대에 엎드린 자세로 발목을 침대 끝에서 20cm 정도 밖으로 내민 후 발등 굽힘(dorsi flexion; DF)과 발바닥 굽힘(plantar flexion; PF)의 최대 범위를 측정했다. 각도계(goniometer)를 사용하여 종아리뼈 머리와 가쪽 복사뼈 사이에 고정팔(stationary arm)을 대고, 가쪽 복사뼈와 다섯 번째 발허리뼈 머리 가쪽 사이에 움직팔(moving arm)을 대고 측정했다(홍완성과 김기원, 2009).

2) 제자리 멀리 뛰기 검사(standing board jump test; SJT)

양발을 가볍게 벌린 다음 발끝이 시작선에서 벗어나지 않게 한 후 양발로 멀리 뛰어 착지한다. 줄자를 이용하여 도약선에서 수직으로 가장 가까운 착지점(뒤꿈치선)까지의 거리를 측정했고, 넘어지면 다시 실시했다(권태원, 2007).

3) 수직 점프 검사(vertical jump test; VJT)

대상자의 오른쪽 어깨가 벽에서 20cm 떨어진 위치에서 바로 선 자세를 유지한다. 대상자의 오른쪽 손끝에 인주를 묻히고 시선은 전방을 유지한 채 오른쪽 어깨를 180도 굽힘으로 선 자세의 높이를 측정하고, 무릎의 반동을 이용하여 발 구름 없이 점프한 위치를 정했다(김기정, 2009).

4. 연구절차

대상자에게 연구에 대한 절차 설명과 동의서 작성 후에 발목관절 가동범위, 제자리 멀리 뛰기 검사, 수직 점프 검사를 각각 3회씩 측정했다. 측정 후에 랜덤 뽑기를 통해 스쿼트 점프와 카프 레이즈 중 하나를 선택 한 후 15회 3세트씩 각각 실시했다. 세트 당 휴식시간은 5분을 주었으며 힘들면 언제든지 운동을 멈추게 했다. 선택한 첫 번째 운동 후에 세 검사를 다시 측정했다. 이전 운동의 피로가 누적되지 않기 위해 두 번째 운동은 다음날 같은 시간에 실시했고, 첫 번째 운동과 마찬가지로 사전 측정 후 운동을 실시하고 사후 측정을 실시했다.

5. 통계처리

자료의 통계 처리를 위해 SPSS statistics 20.0 software를 사용했다. 모든 자료는 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성 검정을 했다. 독립변수는 스쿼트 점프와 카프 레이즈이며, 종속변수는 발목 관절가동범위 와 두 가지 점프검사이다. 운동 내의 운동 전과 운동 후의 결과를 비교하기 위해 짝 비교 검정인 짝비교 검정(paired t-test)을 실시했고 운동 간의 효과 차이를 비교하기 위해 독립 검정(independent t-test)을 실시했다. 통계학적 유의수준(α)은 .05로 지정했다.

III. 결과

스쿼트 점프와 카프 레이즈 모두 운동 후에 발등 굽힘과 발바닥 굽힘, 제자리 멀리 뛰기와 수직 점프 모두 증가했으나 운동 전과 후에 유의한 차이는 없었다. 스쿼트 점프와 카프 레이즈의 운동 전과 운동 후 차이에 대한 비교 시 유의한 차이는 없었다<표 1>.

표 1. Comparison of pre-and post-test in squat jump and calf raise exercise

	SJ			CR		
	Pre	Post	<i>p</i>	Pre	Post	<i>p</i>
DF	40.25 ± 5.05a	44.8 ± 4.74	.020	38.75 ± 4.86	44.05 ± 5.45	.051
PF	28.40 ± 3.31	30.85 ± 3.97	.041	28.25 ± 2.57	30.05 ± 2.85	.122
SJT	172.60 ± 33.89	188.05 ± 39.12	.010	175.45 ± 29.54	188.20 ± 31.04	.080
VJT	31.85 ± 8.07	38.10 ± 11.64	.031	32.65 ± 5.24	38.80 ± 7.54	.039

^aMean±SD, SJ=squat jump; CR=calf raise; DF=dorsi flexion; PF=plantar flexion; SJT=standing boarding jump test; VJT=vertical jump test.

IV. 고찰

본 연구는 정상인을 대상으로 플라이오메트릭 방법인 스쿼트 점프와 웨이트 트레이닝 방법인 카프레이즈 운동이 발목 관절가동범위와 점프 능력 향상에 어떤 차이가 있는지 알아보려고 했으나 두 운동 모두 발목 관절가동 범위의 증가와 점프 능력이 향상은 되었으나 두 운동 간의 유의한 차이는 없었다.

플라이오메트릭은 다리 근력 향상 및 근육 수축 속도의 개선을 통하여 순발력을 요구하는 운동수행에 있어 신속한 움직임 증가시키는데 효과적이다(Wilk 등, 1993). 또한 운동종류별로 구분하였을 경우 인원질(ATP-PC) 시스템과 젖산(Lactate)시스템에 의존하는 운동종목들 특히 근력과 근과위가 많이 동원되어야 하는 축구 및 농구와 같은 공을 사용하는 구기 종목에서 매우 유용한 훈련방법으로 유럽과 미국과 같은 스포츠선진국에서는 이미 보편화가 되어있다. (윤재량, 2007) 그 중에서 스쿼트 점프는 운동 능력 향상과 근력을 향상시키고 전반적인 근육 신경 조직의 발달을 통해 순발력을 향상시키는데 효과적이다(Verkhoshansky와 Tatyana, 1973). 게다가 본 연구의 결과와 같이 수직 점프에 가장 효과적인 운동방법이다(Clutch 등, 1983). 하지만 플라이오메트릭이 항상 좋은 결과를 보여주진 않았다. 이전에 진행된 연구에 의하면 플라이오메트릭 후 멀리뛰기 기록의 유의한 차이가 없었으며(정덕화, 1996) 운동 자체의 효과는 증명되었으나 웨이트 트레이닝과의 비교에 있어 유의한 차이는 없었음을 보여주었다(Gemar, 1986). 본 연구에서는 플라이오메트릭과 웨이트 트레이닝의 복합적인 프로그램의 비교가 아니라 개별적인 운동을 선택하여 효과를 비교했다. 하지만 본 연구의 결과도 스쿼트 점프와 카프 레이즈의 운동은 발목 관절가동범위와 점프력은 상승했지만 두 운동간의 차이는 없었다.

웨이트 트레이닝은 근육의 단면적인 근섬유의 비대와 근력의 향상, 기능적인 동작 향상의 목적으로 실시되고 있다. 그 중에서 카프 레이즈는 다리 근력의 향상과 수직 점프 향상 등의 기능적인 향상에 효과적인 운동이다(이천재 등, 2000; 유영규 등, 2005). 게다가 신체 배열을 빠르게 정렬하고, 유연성과 지구력에도 효과적인 운동방법이다(장경태와 이정숙, 1992). 하지만 운동선수의 경기력의 향상을 위해서는 근력과 지구력 증진뿐만 아니라 순발력과 민첩성의 증진도 필요하기 때문에 웨이트 트레이닝 만으로 경기력 향상에 효과적이라고 말할 수 없다. 게다가 웨이트 트레이닝은 선택적인 운동만을 통해서 근력을 향상이 아닌 복합적인 프로그램으로써 계획을 세워야 하며, 앞서 말한 선택적인 운동만의 효과는 알아보기 힘들며 웨이트 트레이닝만 실시하는 것 보다는 실질적인 움직임과 동일한 동작을 실시하여 웨이트 트레이닝을 실시하였을 경우 더욱더 큰 하지근력 향상 및 점프력 향상이 기대되어진다(Marcovic, 2007). 본 연구의 결과에서는 카프 레이즈 운동만으로 발목 관절가동범위의 증진과 점프력이 향상될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 웨이트 트레이닝의 목적이 단순히 근력과 지구력 향상의 목적만 있는 것이 아니라 기능적인 동작을 통해 경기력에 향상에 도움을 줄 수 있다는 것을 알 수 있다.

스쿼트 점프는 근육신경조직을 발달시켜 폭발적인 힘을 발휘하여 민첩성을 향상시키고 순발력이 요구되는 운동에 효과적이고 카프 레이즈는 비복근과 가자미근을 강화하여 다리의 전반적인 근력과 근지구력을 증가시켜 다리의 기능적 능력을 향상시키는 운동이다. 본 연구에서는 두 운동의 차이를 알아보기 위해 발목 관절가동범위와 점프 능력을 측정했지만 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 경기력을 향상시키기 위해 순발력, 근력, 민첩성, 유연성, 평형성, 지구력 등 다양한 체력적인 요소가 요구되기 때문에 개별적인 운동을 실시하는 것보다 복합적인 운동 프로그램이 효과적이라 생각이 된다. 플라이오메트릭과 웨이트 트레이닝을 따로 실시했을 때 보다 함께 실시했을 때가 신체 능력의 개선을 나타냈고(진성화, 2005), 플라이오메트릭과 웨이트 트레이닝 함께 병행하여 실시한 결과 수직점프가 통계적으로 증가했다(최승헌, 2011). 게다가 플라이오메트릭 시 외적 부하를 추가하여 운동을 실시했을 때 운동량의 증가의 효과가 있었고, 근력이 증가했으며 수직점프도 증가했다(Izquierdo 등, 2006). 다양한 종목에서 선수들의 경기력 향상을 위해 플라이오메트릭과 웨이트 트레이닝을 실시하고 있으며, PNF 등의 여러 치료 방법들과 복합적으로 실시되고 있다(김병태와 이원영, 2016; 안나영 등, 2013). 그러므로 각 운동의 목적에 따른 훈련도 필요하지만 두 운동을 복합적으로 실시하는 것이 경기력 향상에 도움이 된다고 할 수 있다.

본 연구에서 실시한 운동들은 실험 대상의 컨디션이나 평소 운동수준, 근력상태에 따라 운동을 수행함에 있어 운동의 깊이나 수행자세 등에 차이가 있고 반복적으로 운동을 실시하여야 하는데 카프레이즈의 경우 발목의 움직임, 스쿼트 점프의 경우 스쿼트 자세의 깊이와 점프의 높이 등을 매 회 마다 정확히 실시하기 어려웠다, 하나의 운동을 실시하여도 횟수에 따라 운동의 효과에 차이가 있기 때문에 정확한 운동의 양을 정량화 하는 데에 어려움이 있다. 또한 두 운동을 비교한 선행 연구가 없어 각 운동을 정확히 비교하기 위해 실시하는 세트 수와 반복 횟수를 정확하게 결정하기 어려웠다.

V. 결론

플라이오메트릭 방법의 스쿼트 점프와 웨이트 트레이닝 방법의 카프 레이즈는 두 운동 간에 유의한 차이가 없었지만 두 운동 모두 발목 관절가동범위와 점프를 향상시켰다. 두 운동은 다른 목적을 가지고 있는 운동이지만 경기력 향상을 위해서는 운동을 개별적으로 실시하기 보다는 복합적으로 실시하는 것이 더욱 효과가 있을 것이며 일반인 대상뿐만 아니라 다양한 종목에서 활동 중인 운동선수들에게 복합적인 운동프로그램을 적용이 훈련의 종류와 질의 향상에 도움이 될 것이라고 생각된다.

참고문헌

- 권태원. 서전트 점프, 제자리 멀리뛰기, 그리고 헬마스를 이용한 순발력 테스트 종목간의 신뢰성에 관한 연구. 한국체육과학회지 2007;16(4):169-77.
- 김의수, 김동진, 신인식. 플라이오메트릭 트레이닝 각 근력에 미치는 영향. 대한체육회 스포츠과학연구소 종합보고서 1988;205-48.
- 김기정. 트레이닝 방법에 따른 남자대학 농구선수들의 근력 및 근파워 향상 비교. 한국체육과학회지 2009;18(3):1227-35.
- 김기진. 경기력 향상을 위한 효과적인 트레이닝 구성전략. 코칭능력개발지 2013;15(1):72-83.

- 김병태, 이원영. 서킷 웨이트 트레이닝이 대학 테니스선수의 운동기술과 손목 등속성 근기능의 관계에 미치는 영향. 한국사회체육학회지 2016;66:679-88.
- 김용권. 프로축구선수의 포지션별 체력특성 연구. 대한스포츠의학회지 2000;18(2):217-26.
- 김현균, 김영관, 조행란. 과중량을 이용한 워밍업 점프가 사후 점프 수행에 미치는 영향. 한국운동역학회지 2015;25(2):167-74.
- 박치환, 유선우, 박정원, 등. 스쿼트 운동 방법에 따른 하지 근활성도 연구. 대한물리치료과학회지 2015;22(1):43-8.
- 손영진. 웨이트트레이닝 시 Set 간 휴식시간의 차이가 여성고령자의 인슐린저항성, 염증지표 및 비만관련 호르몬에 미치는 영향. 한국스포츠학회지 2017;15(1):437-48.
- 안나영, 김홍수, 김기진. 테니스 선수의 균형 및 유연성 훈련이 기능적 파워에 미치는 영향. 코칭능력개발지 2013;15(3):225-32.
- 유영규, 송원석, 정연성. 6 주간 복합트레이닝이 농구선수의 근 파워와 최대 근력에 미치는 영향. 한국체육학회지 2005;44(2):405-14.
- 윤재량. 플라이오메트릭 트레이닝의 특성과 현장 활용성. 코칭능력개발지 2007;9(2):71-84.
- 이진, 방현수. 지지면과 시각적 피드백의 차이에 따른 스쿼트 운동시 일부 하지 근 활성화도에 미치는 영향 대한물리치료과학회지 2018;25(1):20-30.
- 이천재, 장경태, 백상서. Complex training 훈련 방법의 차이에 따른 핸드볼 선수의 근파워 비교. 한국체육학회지 2000;39(2):377-387.
- 장경태, 이정숙. 웨이트 트레이닝. 서울: 경인문화사; 1992.
- 정덕화. 플라이오메트릭 훈련이 멀리뛰기 기록에 미치는 효과. 관동대학교 교육대학원 석사학위논문; 1996.
- 진성화. 플라이오메트릭, 웨이트 트레이닝과컴비네이션 트레이닝이 점프능력과 하지 근력에 미치는 영향[미간행 석사학위논문]. 중앙대학교 대학원; 2005.
- 최승현. 웨이트 트레이닝과 플라이오메트릭 트레이닝이 대학생의 기초체력 및 기능적 안정성에 미치는 영향. 운동학 학술지 2011;13(1):63-73.
- 최현호, 이동준, 유영규. 하체 강화프로그램이 대학축구선수의 최대하지근력과 체력에 미치는 영향. 한국발육발달학회지 2013;21(2):83-9.
- 한원택. 플라이오메트릭 훈련 시 탄력 테이핑 효과에 관한연구[미간행석사학위논문]. 부산외국어대학교 대학원 2013.
- 홍완성, 김기원. 발목 관절 가동범위 측정을 위한 측정도구의 신뢰도 연구. 대한정형도수물리치료학회지 2009;1(1):15.
- Barr MJ, Gabbett TJ, Newton RU, et al. Effect of 8 days of a hypergravity condition on the sprinting speed and lower-body power of elite rugby players. J Strength Cond Res 2015;29(3):722-9.
- Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, et al. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. J Athl Train 2004;39(1):24-31.
- Clutch D, Wilton M, McGown C, et al. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. Res Q Exerc Sport 1983;54(1):5-10.
- Codorean H, Codorean IB, Cojocaru V. Functional rehabilitation of the knee joint after cruciate ligament reconstruction in the football players-recovery in therapy room. Sports Medicine Journal/Medicina Sportivă 2016;12(2).

- Corbin CB, Lindsey R, Welk G. Concepts of physical fitness: Active lifestyles for wellness. McGraw-Hill Boston; 2000.
- Gemar JA. The effects of weight training and plyometric training on vertical jump, standing long jump and forty-meter sprint; 1986.
- Hummel C, Geisler PR, Reynolds T, et al. Posttraumatic deep vein thrombosis in collegiate athletes: An exploration clinical case series. *Journal of athletic training*; 2018.
- Ibis S, Aktug ZB, Iri R. Does individual-specific strength training have an effect upon knee muscle strength balances? knee muscle strength balances. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2018;18(2):183-90.
- Izquierdo M, González-Badillo J, Häkkinen K, et al. Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *Int J Sports Med* 2006;27(09):718-24.
- Kim S, Kim M, Kim H. Effects of jump rope and squat exercise on power and balance ability. *Journal of KOEN* 2015;9(2):125-31.
- Swinton PA, Stewart AD, Lloyd R, et al. Effect of load positioning on the kinematics and kinetics of weighted vertical jumps. *J Strength Cond Res* 2012;26(4):906-13.
- MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. *Physiological Testing of the High-performance Athlete, Human kinetics, Champaign, II*; 1991.
- Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth, Maturation and Physical Activity. Human Kinetics, Champaign: II*; 2004.
- Marcovic, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med* 2007;41(6):349-55.
- Verkhoshansky Y, Tatyana V. Speed-strength preparation of future champions. *Legkaya Atleika* 1973;2:12-3.
- Wilk KE, Voight ML, Keirns MA, et al. Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;17(5):225-39.
-