



대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2025. 12. Vol. 32, No.4 pp. 1-15

저항성 운동간 휴식시간의 차이가 성인의 하지 근력과 근순발력에 미치는 영향 : 예비연구

우은수¹ · 오규빈² · 고승호¹ · 김도연¹ · 김도영¹ · 조준형¹ · 천세은¹ ·

고준혁² · 김정선² · 김지혜² · 이원덕²

¹강동대학교 물리치료학과 학생 · ²강동대학교 물리치료과 교수

Effect of differences in rest time between exercises on lower limb strength and muscle power in adults : A pilot study

Eun Su Woo¹ · Gku Bin Oh² Ph.D., P.T. · Seung Ho Ko¹ · Do Yeon Kim¹ · Do Young Kim¹ · Jun Hyeong Jo¹ · Se Eun Chun¹ · Jun Hyeok Go² Ph.D., P.T. · Jeomg Seon Kim² Ph.D., P.T. · Won Deok Lee² Ph.D., P.T. · Ji Hye Kim² Ph.D., P.T.

¹Dept. of Physical therapy, Gangdong university student ·

²Dept. of Physical therapy, Gangdong university professor

Abstract

Background: The purpose of this study is to investigate the effects of different rest intervals between group on lower limb muscle strength and muscle power in adults.

Design: A pilot study

Methods: This study was conducted on 12 healthy adults attending Gangdong University. The experimental group performed Squats, Leg curls, Leg extensions, and Calf raises with 40 seconds of rest interval between exercises, the control group performed the same exercises with 160 seconds of rest interval between exercises.

Results: Both groups showed significant pre- to post-intervention improvements in muscle strength and muscle power ($p < .05$). A statistically significant between-group difference was observed in muscle power, and the experimental group showed a greater difference than the control group ($p < .05$).

Conclusion: After a 4 weeks exercise program, improvements in lower limb muscle strength and muscle power were observed in both groups. If further studies conducted to address the limitations of this

study, more meaningful results in regarding improvements of lower limb muscle strength and muscle power enhancement can be expected.

Key words: Muscle power, Muscle strength
Dynamometer, Rest interval

교신저자

오규빈

충청북도 음성군 감곡면 대학길 278, 홍익관 3층 물리치료학과
T: 043-879-3436, E: ogb0315@naver.com

I. 서론

현대 사회에서 신체활동의 중요성이 강조되고 있음에도 청소년기를 지나면서 남성과 여성 모두 신체활동 수준이 크게 감소하고(Van Mechelen 등, 2000), 전체 대학생의 40% 이상이 운동 권장 지침을 충족하지 못하는 실정으로, 이는 일상적인 현상에 그치지 않고 체력 저하와 비만 등 다양한 건강 문제로 이어질 수 있는 심각한 사회적 문제로 여겨진다(박인성, 2016). 2024년 통계청 자료에 따르면 성별 및 연령 집단별 신체활동 실천율이 48.4%에 불과하여 절반 이상이 신체활동 권장 수준에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

하지의 근육은 운동(Exercise)과 일상생활(Activities of daily living, ADL)에서 매우 중요한 역할을 하며, 넵다리네 갈래근은 뒤넵다리근과의 길항작용을 통해 무릎의 안정성과 체중지지를 돕고, 무릎관절의 강한 펌 및 굽힘 동작 시 안정성을 확보하기 위해서는 뒤넵다리근(Hamstring)과 넵다리네갈래근(Quadriceps femoris)의 발달이 필수적이다(김동훈 등, 2020; 오봉석, 2001). 넵다리네갈래근과 양쪽 다리 근육의 균형은 운동능력 향상에 중요한 영향을 미치므로(Zumstein 등, 2022), 하지 근력 발달은 하지를 활용한 운동능력의 개선과 폭발적인 동작의 수행 및 조절에 실질적인 도움을 주는 중요한 요소이다(Chen 등, 2023).

그 중, 웨이트 트레이닝(Weight training)은 근력 향상에 기여하며, 강화된 근력은 더 큰 힘을 발휘하여 근순발력과 밀접한 관련이 있다(조재혁, 2024). 근순발력(Muscle power)은 주로 백근 섬유(White muscle fiber)의 수축력(Contraction force)과 수축 속도(Contraction speed)에 의해 결정되며, 이러한 수축 속도는 가벼운 부하를 이용한 고속 움직임이나 폭발적인 힘을 요구하는 운동수행을 통해 효과적으로 향상될 수 있다(문은미 등, 2019). 근순발력은 순간적으로 강한 힘을 발휘하는 스포츠 능력이나 기초 운동능력(Basic motor skills)을 지지하는 운동능력을 의미하고(위준형 등, 2019), 서전트 점프(Sargent Jump Test; SJT)나 제자리멀리뛰기(Standing Long Jump; SLJ)와 같은 검사를 통해 측정할 수 있다(김형돈 등, 2009; 조문식 등, 2013).

현재까지 세트 사이의 휴식 시간이 훈련 효과에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Grgic 등, 2017). 하지만 일부 연구에서는 휴식 시간을 줄이거나 없앴으로써 피로를 유발하는 것이 오히려 근력 발달을 촉진할 수 있다고 제안하였고(Rooney 등, 1994, Prestes 등, 2019;) 강도 높은 운동이 근육 피로(Muscle fatigue)를 유발하여 골격근(Skeletal muscle)이 능동적 긴장력(Active tension)을 발휘할 수 있는 능력을 감소시킨다는 점은 잘 알려져 있으며, 신경근 활성화(Neuromuscular activation), 근육의 능동적 긴장력, 항상성(Homeostasis)의 회복 능력은 시간에 의존하는 과정이기 때문에, 운동 후 수축을 동반하지 않는 휴식 시간의 중요성이 강조된다(Peake, 2019).

저항 운동의 요소 중 하나인 세트 간 휴식은 적절하지 않으면 극심한 근피로를 유발하여 근수축 능력 저하나 근 손상을 초래할 수 있다(박준선과 이형국, 2017). Kraemer와 Ratamess(2004)에 따르면 저항운동 프로그램은 저항(Resistance), 반복 횟수(Repetitions), 세트 수(Sets), 세트 간 휴식 시간(Rest interval between sets) 등으로 구성된다고 하였다. 특히, 운동선수들에게 세트 간 휴식 시간의 길이는 수행 능력을 극대화하는 데 있어 핵심적인 요소가 될 수 있으며 이를 정확히 파악하는 것이 더 나은 운동 과제 수행을 가능하게 한다(Jambassi Filho 등, 2013). 김명수(2017)의 연구에서는 웨이트트레이닝 환경에서 60초와 120초와 180초의 세트 간 휴식 시간 차이가 무산소 운동능력의 차이에 미치는 영향을 분석하였고, 그 결과 휴식 시간이 긴 그룹(180초)은 충분한 휴식시간으로 인해 더 큰 근력 향상과 무산소성 기능 증가를 유도한다고 밝혀져, 세트 간 휴식 시간이 무산소성 기능 증가와 근력 발달에 중요한 요소임을 보여준다. 또한 Buresh 등(2009)은 세트 간 짧은 휴식(1분)이 초기 훈련 단계에서 더 높은 호르몬 반응을 유도할 수 있지만, 이러한 차이는 시간이 지남에 따라 감소하며, 장기적인 근력 향상이나 근비대에는 큰 영향을 미치지 않을 수 있음을 나타내며 팔의 근육 단면적 증가에서는 긴 휴식(2.5분)이 더 효과적일 수 있음을 보여주었다.

기존의 많은 연구들은 주로 긴 휴식시간을 가진 저항운동이 근력 향상에 효과가 있다는 것에 대해 초점을 맞춰왔다. 손영진과 방형석(2016)은 웨이트 트레이닝 시 적절치 못한 휴식 시간의 설정은 근피로 발생이 극대화되어 근육 수축 능력의 감소와 함께 이에 따른 상해 발생률(Injury rates)이 높아진다고 하였다. 또한, 저항성 운동 시 60초의 휴식 시간과 90초의 휴식시간을 제공한 집단보다 120초의 휴식 시간을 취한 집단이 근력과 무산소성 파워(Anaerobic power)에서 더 효과적인 것으로 보고하였다(황부근 등, 2020). 이러한 결과는 기존의 많은 연구들이 제시해온 것처럼, 긴 휴식시간이 근력 향상에 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 점을 보여주었다. 하지만, 휴식시간이 짧아질 경우 근손상과 근력 향상이 크게 촉진될 가능성이 있다고 하였다(송상협, 2013). Freitas de Salles 등(2009)은 근비대(Muscle hypertrophy)를 목표로 하는 근력 트레이닝은 완전히 회복되기 전에 세트 수행이 필요하고, 지나치게 긴 휴식시간은 컨디셔닝을 저해한다고 보고하였고, 짧은 휴식 시간은 긴 휴식 시간보다 성장 호르몬(Growth hormone)의 분비가 급성적으로 증가로 근비대 효과에 더 큰 기여를 할 수 있다고 보고하였다.

선행 연구들에서 운동간 휴식시간의 차이가 피로 유발과 근력 발달 촉진, 운동 수행 능력과 근력 향상에 밀접한 관계가 있음을 보여주며 휴식시간에 따라 근신경계 회복과 근력 발달에 중요한 요소임을 보고 하였고, 이처럼 많은 연구들에서 운동간 휴식시간의 차이가 운동수행에 영향을 줄 수 있다는 점을 보여주었다.

따라서 본 연구는 세트 간 휴식시간의 차이에 따른 저항성 운동이 하지 근력 및 근순발력에 미치는 영향을 분석하고자 하고, 휴식시간의 차이가 근순발력에 미치는 영향을 분석함으로써, 다양한 운동 목적에 적합한 휴식시간 설정을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 충북 E군에 소재한 G대학교에 재학 중인 성인 남녀 16명을 대상으로 하였다. 본 연구의 대상자는 G-power 프로그램을 이용하여 효과 크기(Effect size)는 1.5460414로 확인하였고, 유의수준은 0.05, 검정력은 0.80로 설정하여 산출하였으며, 산출 결과 총 표본 크기(Total sample size)는 14명으로 확인하였고 탈락률 15%를 고려하여 본 연구 대상자들을 16명으로 선정하였다(Senna 등, 2009).

연구의 목적과 실험에 대한 설명을 이해하고 참여에 동의한 대학생 중 운동수행에 제한을 주는 근·골격계, 심·폐계 제한이 없는 자, 본 운동 프로그램 외 다른 프로그램에 참여하지 않는 자를 대상으로 선정하였고, 모집일 기준 6개월 내에 허리 또는 고관절, 발목 부상이 있는 자는 실험 중재에서 제외하였다.

연구 참여자들에게는 연구의 목적과 내용, 실험 절차, 연구의 안정성 등에 대해 충분히 설명한 후, 자발적인 참여 여부를 결정하도록 하였으며, 연구 참여 동의서를 작성하여 연구 참여에 대한 서면 동의를 받은 후 실험을 진행하였다.

그러나 본 연구와 관계없이 개인적 질병 및 건강상의 사유로 인해 연구 중재를 지속할 수 없어 실험군에서 3명, 대조군에서 1명의 대상자가 탈락하였다. 최종적으로 실험군 5명, 대조군 7명, 총 12명의 자료가 분석에 포함되었다.

2. 연구설계

본 연구 대상자들의 그룹 배정은 제비뽑기를 통해 휴식 시간이 40초인 실험군(experimental group)과 휴식 시간이 160초인 대조군(control group)으로 각각 무작위 배정되었다. 무작위 배정을 위한 뽑기 방식은 종이에 각각 O, X를 표시해두고 뽑게 하였으며 O 뽑은 대상자는 실험군으로, X를 뽑은 대상자는 대조군으로 선정하였다.

중재 방법에 대한 눈가림(Blinding)을 위해 각기 다른 시간에 배정하여 실험군과 대조군의 훈련을 각각 진행하였다. 본 연구는 휴식시간의 차이가 근력과 근순발력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 4주간 주 3회씩 운동 프로그램을 진행

하였고, 운동 전후 실험군과 대조군 간의 근력은 5회 반복 앉았다 일어서기 검사 (Five times Sit to Stand Test; FTSST), 1회 최대 반복 횟수(One Repetition Maximum; 1RM)로 근순발력은 제자리 멀리뛰기 (Standing Long Jump; SLJ), 서전트 점프(Sargent Jump Test; SJT)를 측정하여, 4주 뒤 실험군과 대조군의 결과를 비교분석 하였다.

3. 측정 방법

1) 하지 근력 평가 (Lower body strength test)

(1) 5회 반복 앉았다 일어서기 검사 (Five times Sit to Stand Test; FTSST)

실험에서 참가자는 높이 43~46cm의 의자에 앉아 양팔을 가슴 앞에서 교차시키고 의자 등받이에 기대어 앉은 후, 시작 지시를 듣고 빠르게 완전히 일어난 다음 즉시 앉는다. 이를 5회 반복하며, 소요된 총 시간(초 단위)을 기록하였다. 테스트 중에는 양발이 땅에 안정적으로 닿고, 무릎을 완전히 펴고 허리를 곧게 유지하도록 하였으며, 각 참가자는 2회 씩 테스트를 진행하고, 평균값을 최종 결과로 기록 하였다(호운상과 윤석민, 2024). 선행연구에서 FTSST의 신뢰도는 ICC = 0.74-0.99로 우수한 수준이었다(Muñoz-Bermejo, 2021).

(2) 1회 최대 반복 횟수(One Repetition Maximum; 1RM)

피험자는 저강도의 무게를 설정하여 반복 횟수 8~10회를 수행하여 준비운동을 실시하고, 중강도의 무게를 설정하여 반복 횟수 3~5회를 수행한 후에 고강도의 무게로 1~3회의 반복 횟수를 수행하였다(Mina Ahmadi, 2021). 총 32편의 연구(참가자 1,595명 포함)를 분석한 결과, 대부분의 연구에서 1RM 테스트는 매우 높은 신뢰도(ICC≥0.90)로 보였다(Grgic, 2020). 준비운동 후에 피험자는 자신이 최대로 수행할 수 있는 각도와 기술을 사용하여 더는 무게를 증가시키지 못하는 지점까지 운동을 수행하여 자신의 최대 반복 횟수(1RM)를 측정하였다. 측정 간의 휴식 시간은 3분으로 설정하였다(소위영 등, 2011; 이호성, 2021)<Table 1>.

Table 1. 1RM measurement method

Step	Measurement method
1	The subject performs a warm-up with a load that can be lifted 5-10 times.
2	Rest for 1 minute.
3	For upper body exercises, increase the load by 5-10 kg; for lower body exercises, increase it by 15-20 kg and perform 3-5 repetitions.
4	Rest for 2 minutes.
5	Increase the load in the same manner as in Step 3.
6	Rest for 2-4 minutes.
7	Increase the load again in the same manner as in Step 3.
8	Attempt the 1RM
9	After resting for 2-4 minutes, if the subject succeeds, increase the load as described in Step 3 and attempt again; if the subject fails, decrease the load by 2.5-5 kg and reattempt the 1RM.

2) 하지 근순발력 평가 (Lower limb muscular power assessment)

(1) 제자리멀리뛰기 (Standing Long Jump; SLJ)

제자리멀리뛰기는 하지의 근순발력을 평가할 수 있는 측정 종목이다. 측정이 비교적 간단하고 정형화된 동작을 수행함으로써 측정의 신뢰도와 객관도가 높아서 학교체육에서 흔히 사용된다(신제민, 2011).

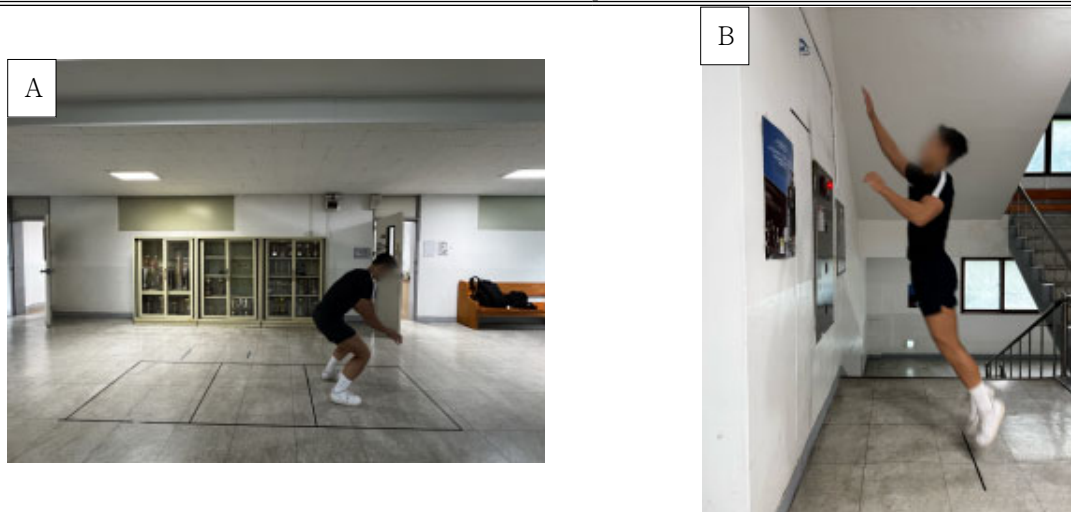
제자리멀리뛰기는 양발을 가볍게 벌리고 발끝이 도약선에 닿지 않도록 서서, 양발로 힘차게 도약하여 최대한 멀리

착지하는 방식이다. 도약선에서 수직으로 가장 가까운 착지점(뒤꿈치선)까지의 거리를 센티미터(cm) 단위로 측정하여 기록하고, 이 동작을 2회 실시하여 더 멀리 뛴 기록을 남기며, 만약 뒤로 넘어져 신체 일부가 지면에 닿으면 그 시도는 무효로 처리하고 다시 한번 시도한다(권태원, 2007). 선행연구에서 SLJ의 신뢰도와 타당도는 체육비전공자에 대한 테스트에서 $r=.631$, $p<.012$ 로 유의한 결과를 보였다(권태원 등, 2008)(Table 2).

(2) 서전트 점프(Sargent Jump Test: SJT)

오른손이나, 왼손 중에서 점프하는데 유리한 손을 사용하여, 벽에 스티커를 붙여 높이를 측정한다. 벽에서 1M 떨어진 곳에 두 발을 바닥에 붙이고 뒤꿈치는 떨어져도 된다. 실시할 때 표적에 손을 닿게 할 손을 뻗어 측정 팔에 맞추고 실시하는데 고의로 팔을 움츠리던지 무릎을 굽히면 재측정을 실시하고 표적에 손끝으로 찍으며 2회 실시 후 단위를 센티미터(cm)로 하여 높은 쪽을 기록한다(권태원 등, 2008). 선행연구에서 SJT의 신뢰도와 타당도는 체육비전공자에 대한 테스트에서 $r=.631$, $p<.012$ 로 유의한 결과를 보였다(권태원 등, 2008)(Table 2).

Table 2. Measurement method of lower limb muscular power



A: Standing Long Jump, B: Sargent Jump Test





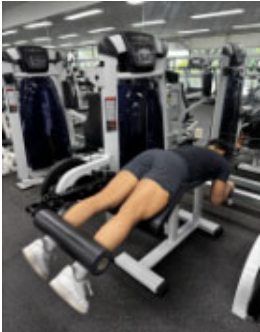



4. 중재 방법

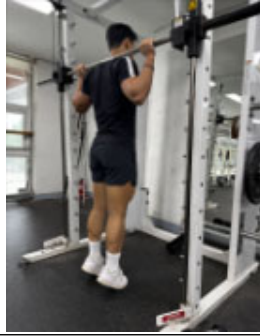
중재 방법은 두 그룹 모두 준비운동, 본 운동, 마무리 운동으로 나누었으며 중재 시 준비운동 및 스트레칭 5분, 본 운동 30분, 정리운동 5분으로 총 40분 동안 실시하였고 운동간 휴식 시간이 짧은 그룹은 세트 사이마다 40초, 휴식 시간이 긴 그룹은 세트 사이마다 160초의 휴식 시간을 부여하였다. 모든 운동은 주 3회씩 4주간 실시하며 강도는 1주 차에 1RM의 60%로 2세트, 2주 차에 60%로 3세트, 3주 차에 70%로 2세트, 4주 차에 70%로 3세트 진행하고 각 세트당 15회씩 진행한다(Pincivero 등, 1997; 최현호 등, 2013; 유봉 등, 2023).

(2) 운동 프로그램

본 연구의 운동 프로그램은 다음과 같다<Table 3&4>.

Table 3. Intervention method

Warm-up exercise		
		<p>Dynamic stretching</p> <p>① 넙다리네갈래근(Quadriceps femoris)의 양발을 번갈아 가며 무릎관절(knee joint)을 굽힘(Flexion)과 펴기(Extension)하며, 최대한 발뒤꿈치가 엉덩이에 닿을 수 있도록 넙다리네갈래근(Quadriceps femoris)을 늘려주었다. ② 뒤넙다리근(Hamstring)은 무릎을 펴기(Extension) 시킨 상태에서 엉덩관절(Hip joint)을 굽힘(Flexion), 펴기(Extension) 시켜 뒤넙다리근(Hamstring)의 스트레칭을 실시하였다(박병재와 김정훈, 2020).</p>
Main exercise		
		<p>Squat</p> <p>① 바벨을 어깨에 수평이 되도록 얹은 자세로 선다. ② 다리는 어깨너비보다 약간 넓게 하고, 손으로 바벨을 살며시 잡는다. ③ 무릎을 굽혀 넙다리가 종아리 근육에 닿을 정도로 내려간다. ④ 처음 시작 자세로 되돌아간다(소위영 등, 2011).</p>
		<p>Leg curl</p> <p>① 머신에 앉드려 신체를 보드(board)에 밀착시킨다. ② 발목 뒤꿈치를 바(bar)에 고정한다. ③ 양손으로 보드의 앞쪽 모서리를 붙잡는다. ④ 무릎을 구부려 바(bar)를 당겨 올린다. ⑤ 천천히 처음 자세로 되돌아온다(소위영 등, 2011).</p>
		<p>Leg extension</p> <p>① 무릎 뒤쪽이 머신 벤치의 모서리에 닿도록 앉고, 발목을 패드에 댄다. ② 상체는 머신 벤치와 직각을 유지하고 양손은 머신 벤치의 모서리를 잡는다. ③ 무릎관절(Knee joint)을 펴서 중량을 들어 올린다. ④ 천천히 처음 자세로 되돌아온다(소위영 등, 2011).</p>



Calf raise

- ① 발의 위치는 본인이 정한다.
- ② 발목을 뺀 발꿈치를 6cm 들어 올린다.
- ③ 높이는 마커를 통해 시각적으로 확인한다.
- ④ 등, 무릎을 구부리거나 발목 굽힘(Flexion)의 높이가 미달일 때에는 실패로 간주한다(Keiner, 2021).

Cool-down exercise



Static stretching

- ① 선 자세에서 균형을 유지한 상태에서 한쪽 다리의 무릎관절(Knee joint)을 굽힘(Flexion) 시켜 뒤꿈치가 엉덩이에 최대한 접촉하게 한 후 손을 이용하여 고정한 후 해당 근육의 신장(Extension)을 유도하였다. 이때 신체의 안정성을 위하여 다른 한 손은 벽 또는 안전 장비를 이용해 평형성을 유지하도록 하였다.
- ② 뒤넙다리근(Hamstring)은 30cm 스텝박스에 한쪽 발을 올려놓은 후 무릎관절을 펴고 엉덩관절(Hip joint)을 굽힘(Flexion) 시켜서 해당 근육의 신장(Extension)을 유도하였다. 스트레칭 시 무릎이 굽힘(Flexion) 되거나 허리에 과도한 보상작용이 일어나지 않도록 하였다.
- ③ 좌우 순서와 관계없이 한쪽의 스트레칭이 종료된 후 반대쪽의 스트레칭이 수행되었다(박병재와 김정훈, 2020).

Table 4. Lower limb training program

Classification	Training item			
	1 week (60%)	2 week (60%)	3 week (70%)	4 week (70%)
	Weight training (Set / Repetition)			
Dynamic stretching	5 min			
Squat	2/15	3/15	2/15	3/15
Leg curl	2/15	3/15	2/15	3/15
Leg extension	2/15	3/15	2/15	3/15
Calf raise	2/15	3/15	2/15	3/15
Static stretching	5 min			

5. 자료 분석

본 연구는 SPSS ver 21.0k를 이용하여 수행하였다. 모든 변수에 대하여 Shapiro-Wilk 검정을 실시하였다. 정규분포 결과 변수가 정규분포 하지 않아 비모수 검정(Non-parametric test)을 사용하였다. 연구 대상자의 일반적 특성을 파악하기 위하여 카이제곱 검정(Chi-squared test)과 맨휘트니 유 검정(Mann-Whitney U test)을 사용하였다. 집단 내 증재 방법에 따른 종속변수의 증재 전후 변화는 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon Signed-Rank test)을 통해 분석하였으며, 집단 간 증재 방법에 따른 종속변수의 변화비교는 맨휘트니 유 검정(Mann-Whitney U test)을 이용하여 분석하였다. 모든 자료 분석의 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 동질성 검정

본 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 5).

실험군(experimental group)은 남성 2명, 여성 3명으로 구성되었으며, 평균 신장은 168.94 ± 9.34 cm, 평균 체중은 72.14 ± 29.70 kg이었다. 대조군(control group)은 남성 4명, 여성 3명으로 구성되었고, 평균 신장은 169.94 ± 6.38 cm, 평균 체중은 75.21 ± 10.72 kg이었다. 본 연구의 총 대상자는 12명으로 40초의 휴식시간을 가진 운동군 5명, 160초의 휴식시간을 가진 운동군 7명으로 배정되었다. 성별, 연령, 신장, 체중 및 종속변수 모두에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아 두 군 간 일반적 특성의 동질성이 확인되었다.

Table 5. General characteristics of the study subjects ($N = 12$)

	Experimental ^{a,b} group ^c ($n=5$)	Control Group ^c ($n=7$)	χ^2/u	p
Sex (male/female)	2/3	4/3	0.343 ^b	.558
Age (years)	25.60 ± 4.56 a	22.42 ± 2.63	10.000	.222
Height (cm)	168.94 ± 9.34	169.94 ± 6.38	15.000	.685
Weight (kg)	72.14 ± 29.70	75.21 ± 10.72	11.000	.291

^aMean \pm SD

^b4 cells (100.0%) have an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is 2.50.

^cExperimental group: 40 s rest; Control group: 160 s rest

2. 종속변수의 사전 측정에 대한 동질성 검정

본 연구에서는 실험군과 대조군 간 훈련 전 종속변수에 대한 동질성 검정을 실시하였다. 종속변수에 대한 사전 동질성 검정 결과는 다음과 같다(Table 6).

실험군(experimental group)은 FTSST는 5.34 ± 0.52 s, 스쿼트는 56.00 ± 37.81 kg, 레그컬은 49.00 ± 28.59 kg, 레그익스텐션은 74.00 ± 58.24 kg, 카프레이즈는 89.00 ± 71.09 kg, 제자리멀리뛰기는 155.20 ± 38.64 cm, 서전트점프는 230.40 ± 18.35 cm 이었고 대조군(control group)은 FTSST는 5.48 ± 0.69 s, 스쿼트는 80.00 ± 33.66 kg, 레그컬은 51.42 ± 15.99 kg, 레그익스텐션은 74.28 ± 37.24 kg, 카프레이즈는 79.28 ± 27.14 kg, 제자리멀리뛰기는 185.00 ± 45.48 cm, 서전트점프는 235.28 ± 13.65 cm 이었다. 본 연구의 대상자는 FTSST, 스쿼트, 레그컬, 레그익스텐션, 카프레이즈, 제자리멀리뛰기, 서전트점프 모두에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아 일반적 특성의 동질성이 확인되었다.

Table 6. Pre-measurement results of the research subjects ($N = 12$)

	Experimental group ^{a,b} ($n=5$)	Control Group ^{a,b} ($n=7$)	u	p
Muscular strength				
FTSST	5.34±0.52a	5.48±0.69	16.000	.807
Squat	56.00±37.81	80.00±33.66	8.000	.116
Leg curl	49.00±28.59	51.42±15.99	13.000	.463
Leg extension	74.00±58.24	74.28±37.24	14.000	.568
Calf raise	89.00±71.09	79.28±27.14	15.500	.743
Muscle power				
SLJ	155.20±38.64	185.00±45.48	11.000	.291
SJT	230.40±18.35	235.28±13.65	13.000	.464

^aMean±SD^bExperimental group: 40 s rest; Control group: 160 s rest

FTSST: Five Times Sit to Stand Test, SLJ: Standing Long Jump, SJT: Sargent Jump Test

3. 하지 근력의 변화

하지 근력은 5회 반복 앉았다 일어서기 검사 (Five times Sit to Stand Test; FTSST)와 1회 최대 반복 횟수(One Repetition Maximum: 1RM)를 통해 분석하였다. 5회 반복 앉았다 일어서기 검사 (Five times Sit to Stand Test; FTSST)에서는 실험군은 사전 측정 시 5.34±0.52s에서 사후 측정 후 4.56±0.27s로, 통계적으로 유의하게 빨라졌다($p<.05$). 집단 간 변화량의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>.05$). 1회 최대 반복 횟수(One Repetition Maximum: 1RM)에서는 스쿼트(Squat), 레그컬(Leg curl), 레그익스텐션(Leg extension), 카프레이즈(Calf raise)로 근력을 평가한 결과, 스쿼트(Squat)에서는 실험군이 56.00±37.81kg에서 68.00±35.81kg으로 유의하게 향상됐고($p<.05$) 대조군은 80.00±33.66kg에서 91.42±31.45kg으로 유의하게 향상됐다($p<.05$). 레그컬(Leg curl)에서는 실험군이 49.00±28.59kg에서 61.00±28.80kg으로 유의하게 향상됐고($p<.05$) 대조군은 51.42±15.99kg에서 61.42±14.63kg으로 유의하게 향상됐다($p<.05$). 레그익스텐션(Leg extension)에서는 실험군이 4.00±58.24kg에서 88.00±52.63kg으로 향상됐었지만, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 반면 대조군은 74.28±37.24kg에서 87.85±32.38으로 유의하게 향상됐다($p<.05$). 카프레이즈(Calf raise)에서 실험군은 89.00±71.09kg에서 107.00±72.93kg으로 유의하게 향상됐고($p<.05$) 대조군은 79.28±27.14kg에서 97.85±25.63kg으로 유의하게 향상됐다($p<.05$). 집단 간 변화량의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 7).

Table 7. Comparison of changes in lower limb strength within each group (N = 12)

		Experimental group ^{a,b} (n=5)	Control Group ^{a,b} (n=7)	z	p
FTSST (s)	Pre	5.34±0.52a	5.48±0.69		
	Post	4.56±0.27	5.00±0.96		
	Post-Pre	-0.78±0.63	-0.54±0.58	-0.65	.514
	z	-2.023	-1.753		
	p	.043*	.080		
Squat (kg)	Pre	56.00±37.81	80.00±33.66		
	Post	68.00±35.81	91.42±31.45		
	Post-Pre	12.00±5.70	11.42±4.75	-0.17	.862
	z	-2.032	-2.410		
	p	.042*	.016*		
Leg curl (cm)	Pre	49.00±28.59	51.42±15.99		
	Post	61.00±28.80	61.42±14.63		
	Post-Pre	12.00±2.73	10.00±4.08	-0.88	.375
	z	-2.070	-2.392		
	p	.038*	.017*		
Leg extension (kg)	Pre	74.00±58.24	74.28±37.24		
	Post	88.00±52.63	87.85±32.38		
	Post-Pre	14.00±8.21	13.57±8.99	-0.41	.679
	z	-1.857	-2.375		
	p	.063	.018*		
Calf raise (kg)	Pre	89.00±71.09	79.28±27.14		
	Post	107.00±72.93	97.85±25.63		
	Post-Pre	18.00±5.70	18.57±12.81	-0.16	.868
	z	-2.032	-2.379		
	p	.042*	.017*		

^aMean±SD, *p<.05

^bExperimental group: 40 s rest; Control group: 160 s rest

4. 하지 근순발력 변화

하지 근순발력은 제자리멀리뛰기(Standing Long Jump; SLJ)와 서진트 점프(Sargent Jump Test; SJT)를 통해 분석하였다. 제자리멀리뛰기(Standing Long Jump; SLJ)에서는 실험군이 155.20±38.64cm에서 162.80±39.70cm로 유의하게 향상됐다(p<.05). 반면 대조군은 155.20±38.64cm에서 162.80±39.70cm로 향상됐으나 통계적으로 유의하지 않았다. 두 집단 간 변화량 비교에서는 실험군에서는 7.60±2.60, 대조군에서는 2.14±2.19로 실험군이 보다 유의미하게 큰 향상을 보인 것으로 나타났다. 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(p<.05). 서진트 점프(Sargent Jump Test; SJT)에서는 실험군이 230.40±18.35cm에서 235.40±17.40cm로 유의하게 향상됐고(p<.05), 대조군 또한 235.28±13.65cm에서 238.14±13.69cm로 유의하게 향상됐다(p<.05). 두 집단 간 변화량 비교에서는 실험군에서는 5.00±1.41, 대조군에서는 2.85±1.21cm로 실험군이 보다 유의하게 큰 향상을 보인 것으로 나타났으며, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 8).

Table 8. Comparison of changes in muscle power within each group (N = 12)

		Experimental group ^{a,b} (<i>n</i> =5)	Control Group ^{a,b} (<i>n</i> =7)	<i>z</i>	<i>p</i>
SLJ (cm)	Pre	155.20±38.64	185.00±45.48		
	Post	162.80±39.70	187.14±45.72		
	Post-Pre	7.60±2.60	2.14±2.19	-2.39	.017*
	<i>z</i>	-2.060	-1.841		
	<i>p</i>	.039*	.066		
SJT (cm)	Pre	230.40±18.35	235.28±13.65		
	Post	235.40±17.40	238.14±13.69		
	Post-Pre	5.00±1.41	2.85±1.21	-2.18	.029*
	<i>z</i>	-2.060	-2.410		
	<i>p</i>	.039*	.016*		

^aMean±SD, **p*<.05^bExperimental group: 40 s rest; Control group: 160 s rest

FTSST: Five Times Sit to Stand Test, SLJ: Standing Long Jump, SJT: Sargent Jump Test

IV. 고찰

본 연구는 세트 간 휴식 시간을 각각 40초와 160초로 설정한 두 집단의 휴식 시간 차이가 하지 근력(muscle power)과 근순발력(lower limb strength)에 미치는 영향을 비교하여 효과적인 휴식 시간을 확인하고자 하였다.

본 연구의 결과 휴식시간이 40초인 실험군(experimental group)에서는 근력과 근순발력 모두에서 유의한 차이가 있었으나, 휴식시간이 160초인 대조군(control group)에서는 근력에서만 유의한 차이가 나타났다. 집단 간 변화량 비교에서는 근순발력에서 휴식시간이 40초인 실험군이 유의하게 높은 향상을 보였고, 근력에서는 유의한 차이는 나타나지 않았다. 운동 시 세트 간 휴식 간격의 올바른 설정은 운동대사(work metabolism), 호르몬(hormone)과 심혈관계(cardiovascular system) 등에 많은 영향을 미치며, 근육 내 pH 회복, 인산 크레아틴(phosphocreatine) 보충, 운동 대사물의 제거 및 근 섬유막 활동 전위(sarcolemma action potential)의 정상화 등의 효율적인 회복을 위해서도 반드시 필요하다(박준선과 이형국, 2017). 세트 간 휴식 간격이 적절치 않게 제공된다면, 운동 중 극심한 근피로가 유발되어, 이로 인해 근수축 능력을 떨어뜨리거나 근 손상을 유발시킬 수 있다(박준선과 이형국, 2017). 따라서, 본 연구는 세트 간 휴식 시간에 차이가 근력과 근순발력에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 운동 시 세트 간 휴식 시간을 40초인 실험군과 160초인 대조군으로 나누어 각 그룹의 하지 근력과 근순발력의 향상도를 기능적 수행 능력으로 확인하였고, 두 집단 모두 운동 후 하지 근력 및 근순발력에서 전반적인 향상을 보였다. 하지근력에서는 휴식시간이 40초인 실험군은 스쿼트는 21.43%, 레그컬은 24.49%, 카프레이즈는 20.22%만큼 상승하였으며, FTSST는 14.61%만큼 빨라졌고, 모든 항목에서 통계적으로 유의하였다(*p*<.05). 휴식시간이 160초인 대조군은 스쿼트에서 14.28%, 레그컬은 19.45%, 레그 익스텐션은 18.30%, 카프레이즈는 23.45%만큼 증가하였고, 그룹 내 변화량에서는 모두 향상하여 통계적으로 유의하였고(*p*<.05), 그룹 간 변화량 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Schoenfeld(2010)의 연구에서는 운동 시 세트 간 휴식시간이 각 1분, 3분, 5분으로 이루어진 그룹으로 나누어 근력을 평가하였고, 8주간 벤치 프레스, 레그 프레스 운동을 하였다. 각 그룹간에는 휴식시간의 차이를 제외하고는 중재 방식은 동일하였다. 근력 부분에서는 1분인 그룹이 벤치프레스에서 4.29%, 레그 프레스에서 3.75% 상승하였고 3분인 그룹이 벤치프레스에서 7.55%, 레그프레스에서 7.46%, 5분인 그룹이 벤치프레스에서 7.92%, 레그프레스에서 6.91%

상승하였다. 근력 증가에서는 휴식 시간이 1분인 그룹에 비해 3분인 그룹과 5분인 그룹이 더 유의하게 큰 근력 향상을 보였으며, 3분인 그룹과 5분인 그룹은 근력 증가에서 큰 차이는 나타나지 않았다.

김명수 등(2017)은 긴 휴식시간이 더 큰 근력 향상이 나타난 것에 대해서 ATP-PCr 에너지 시스템의 재합성과 신경근 회복에 충분한 시간을 제공함으로써 고강도 근 수축을 반복할 수 있게 해주었기 때문이라고 하였고, Haseler 등(2007)은 고강도 운동 후에는 낮은 강도 운동보다 PCr 고갈이 더 심각하며, 이에 따라 회복 과정에서 더 빠른 ATP-PCr 재합성이 요구된다고 보고하였다. 이는 세트 간 휴식 시간의 길이가 운동 강도에 따라 근력 회복과 수행력 유지에 중요한 영향을 미칠 수 있는 것으로 생각된다. 본 연구는 1RM의 60~70%의 강도로 운동을 수행하였고 운동간 휴식시간의 차이가 ATP-PCr 에너지 시스템의 재합성과 신경근 회복에서 차이를 발생시켜 이러한 결과가 나타났다고 생각된다.

본 연구의 근순발력에 대한 결과로 실험군에서만 유의한 차이가 보였으며 실험군은 제자리멀리뛰기에서 4.89%, 서전트 점프에서 2.17% 향상되었으며, 대조군은 서전트 점프에 1.22%만큼 향상되었고 모든 항목에서 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 집단 간 변화량 비교에서는 실험군이 대조군 보다 높은 향상을 보였다. 제자리멀리뛰기는 실험군이 평균 7.6cm 향상된 반면, 대조군은 2.14cm에 그쳤으며, 서전트 점프에서 실험군은 5.00cm, 대조군은 2.85cm의 향상을 보였다.

짧은 휴식 간격은 완전한 휴식보다는 적절한 피로 상태에서의 훈련 자극이 누적되어 폭발적인 힘의 향상을 유도할 수 있으며 근순발력에 최적화된 생리적 자극을 반복적으로 제공해 기능적 수행 능력을 높이는 데 효과적이었을 것으로 생각된다. 짧은 휴식시간으로 인해 근신경계의 반복적 자극과 효율적 회복을 유도하여, 기능적 수행 능력인 근순발력 향상에 더 적합하게 작용했을 것으로 생각되고, 본 연구에서도 실험군이 근순발력에서 더 큰 향상이 나타난 것으로 생각된다.

V. 제 한 점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 근순발력과 근력의 향상 여부는 간접적인 수행 과제를 통해 평가하였으며, 근육의 직접적인 생리학적 특성이나 구조적 변화를 측정하지 않아 결과 해석에 한계가 있다.

둘째, 근력과 근순발력을 평가하였지만, 적색근(Type I muscle fiber)과 백색근(Type II muscle fiber)의 활성도 변화나 섬유 유형 비율의 변화를 직접적으로 분석하지 않았기에, 백근 중심의 훈련 효과를 생리학적으로 규명하는 데에는 한계가 있다. 향후 연구에서는 적색근을 평가할 수 있는 근지구력 등의 평가도구를 추가할 필요가 있다.

셋째, 등장성 운동(isotonic exercise)의 수행 결과를 정량화된 기기(예: 리니어 포지셔닝 트랜스듀서 Linear Position Transducer 등)를 사용하지 않고 간접적인 수행 검사로만 평가하였기에 세부적인 근력 변화나 기계적 출력 분석에는 한계가 있다.

향후 연구에서는 근력과 기계적 출력의 변화를 객관적으로 평가할 수 있도록 정량적 측정 도구와 평가도구를 활용하고, 적색근을 평가할 수 있는 근지구력 등의 평가도구를 추가할 필요가 있다. 또한, 생체역학적 변수를 폭넓게 고려한 분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 연구는 충청북도에 위치한 G대학교에 재학 중인 건강한 성인 12명을 대상으로, 운동 중 휴식 시간의 차이를 둔 저항성 하지 운동이 하지 근력 및 근순발력의 변화를 분석하고자 하였다.

하지 근력 측정 결과, 실험군에서는 레그익스텐션을 제외한 FTSST, 스쿼트, 레그컬, 카프레이즈에서 중재 전후 유의한 향상이 나타났으며($p < .05$), 대조군은 모든 하지 근력 항목에서 통계적으로 유의한 변화가 관찰되었으나($p < .05$) 실험군과 대조군 간의 비교에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

근순발력의 경우, 실험군에서만 중재 전후 유의한 향상이 있었으며($p < .05$), 대조군에서는 유의한 변화가 나타나지 않았고, 군 간 비교에서는 실험군에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

이러한 결과를 통해 하지 근력 운동이 하지 근력과 근순발력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 확인하였고, 스쿼트(Squat), 레그컬(Leg curl), 레그익스텐션(Leg extension), 카프레이즈(Calf raise)와 같은 운동은 하지 근력 및 근순발력 향상에 효과적이며, 이는 수행 능력 향상에도 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

향후 연구에서는 근력과 기계적 출력의 변화를 객관적으로 평가할 수 있도록 정량적 측정 도구와 평가도구를 활용하고, 적색근을 평가할 수 있는 근지구력 등의 평가도구를 추가할 필요가 있다. 또한, 생체역학적 변수를 폭넓게 고려한 분석이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 권태원. 서전트 점프, 제자리 멀리뛰기, 그리고 헬마스를 이용한 순발력 테스트 종목간의 신뢰성에 관한 연구. 한국체육과학회지 2007;16(4):169-177.
- 권태원, 최영철, 김인산. 점프와 관련된 순발력 테스트 종목간의 신뢰성에 관한 연구. 한국체육과학회지 2008;17(4):1417-1431.
- 김동훈, 김정훈. 넵다리네갈래근 근 피로 유발 후 키네시오 테이핑 적용이 근력과 균형에 미치는 즉각적 효과. 대한물리치료과학회지 2020;27(1):43-50.
- 김명수, 김성희, 방현석. 웨이트트레이닝의 세트 간 휴식 시간에 따른 유도선수의 등속성근기능 및 무산소성 운동능력 변화. 대한무도학회지 2017;19(4):43-53.
- 김형돈, 김덕중, 광이섭. 고등학교 투척선수들의 plyometric training 과 weight training이 순발력, 민첩성 및 최대 근력에 미치는 영향. 생명과학회지 2009;19(12):1821-1828.
- 문은미, 김동화, 이수근. 웨이트 트레이닝 프로그램이 여자기체조선수들의 순발력 변인에 미치는 영향. 한국체육교육학회지 2019;24(3):155-165.
- 박병재, 김정훈. 정적 및 동적 스트레칭에 의한 근관절기능, 근육표면온도 및 근신경전도율에 관한 비교 연구. 한국체육학회지 2020;59(2):315-329.
- 박인성. 대학생의 건강관리를 위한 체력적 특성 분석. 한국엔터테인먼트산업학회논문지 2016;10(2):85-96
- 박준선, 이형국. 관절 저항운동의 세트간 휴식간격이 반복수, 운동자각도, 심박수에 미치는 영향. 한국발육발달학회지 2017;25(1):137-143.
- 사회통계국 사회통계기획과. 신체활동실천률. 통계청. 2024.
- 소위영, 최대혁, 서동일. 30-40 대 중년 여성의 7-10, 11-15RM 최대하 근력 측정으로부터 1RM 근력 간접 추정.

- 한국체육측정평가학회지 2011;13(1):67-78.
- 손영진, 방현석. 저항운동 시 세트간 휴식시간이 중년여성의 슬관절 등속성 근 기능, 항산화효소 및 신체구성에 미치는 영향. 한국스포츠학회 2016;14(1):393-402.
- 송상협. 골격근의 신장성, 근수축 운동에 따른 휴식시간의 차이가 혈중물질, 근손상 및 근재생 관련 지표에 미치는 영향. 운동학 학술지 2013;15(4):107-115.
- 신제민. 제자리멀리뛰기 이지 구간에서 최상수행과 최하수행의 협응과 분절운동의 비교. 코칭능력개발지 2011;13(1):161-170.
- 오봉석. 운동에서 하체 근육의 중요성. 코칭능력개발지 2001;3(1):50-60.
- 위준형, 이상하, 이진화 등. 키네시오 테이프 적용이 제자리멀리뛰기 시 건강한 남녀의 각 다리근육 근 활성도에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지 2019;26(1):61-68.
- 유봉, 서태범, 김영직. 저항성 운동 세트 구성이 기초체력 및 등속성 근기능에 미치는 효과. 체육과학연구 2023;34(4):569-578.
- 이호성. 숙련자와 비숙련자의 신체조성과 1RM 근력의 상관성 분석. 한국체육과학회지 2021;30(5):1223-1233.
- 조문식, 최영철, 권태원. 순발력 검사의 신뢰성 및 타당성에 관한 연구. 한국체육과학회지 2013;22(5):1519-1527.
- 조재혁. 8 주간의 웨이트와 플라이오메트릭 트레이닝이 체대입시생의 순발력 및 민첩성에 미치는 영향. 한국융합과학회지 2024;13(5):193-204.
- 최현호, 이동준, 유영규. 하체 강화프로그램이 대학축구선수의 최대하지근력과 체력에 미치는 영향. 한국발육발달학회지 2013;21(2):83-89.
- 호운상, 윤석민. 중국 성인의 보행량에 따른 체성분과 근력 및 하지 지구력 분석. 운동재활·복지 2024;5(3):83-92.
- 황부근, 방현석, 이삼준. 레슬링 선수의 웨이트트레이닝 시 set 간 휴식시간의 차이가 등속성근기능과 무산소성 파워에 미치는 영향. 한국융합과학회지 2020;9(1):286-301.
- Ahmadi M, Nobari H, Ramirez-Campillo R, et al. Effects of Plyometric Jump Training in Sand or Rigid Surface on Jump-Related Biomechanical Variables and Physical Fitness in Female Volleyball Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(24):13093
- Belmiro Freitas de Salles, Roberto Simao, Fabricio Miranda, Jefferson da Silva Novaes, Adriana Lemos, Jeffrey M. Willardson Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Med*. 2009;39(9):765-777
- Buresh R, Berg K, French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):62-71.
- Chen L, Zhang Z, Huang Z, et al. Meta-analysis of the effects of plyometric training on lower limb explosive strength in adolescent athletes. *Int J Environ Res Public Health* 2023;20(3):1849.
- de Salles BF, Simao R, Miranda F, et al. Rest interval between sets in strength training. *Sports Med* 2009;39(9):765-777.
- Filho JCJ, Gobbi LT, Gurjão AL, et al. Effect of different rest intervals, between sets, on muscle performance during leg press exercise, in trained older women. *J Sports Sci Med*. 2013;12(1):138-143.
- Grgic J, Lazinica B, Schoenfeld B, et al. Test-retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: a systematic review. *Sports Med Open*. 2020;6(1):31
-

- Grgic J, Lazinica B, Mikulic P, et al. The effects of short versus long inter-set rest intervals in resistance training on measures of muscle hypertrophy: A systematic review. *Eur J Sport Sci* 2017;17(8):983-993.
- Haseler LJ, Lin A, Hoff J, et al. Oxygen availability and PCr recovery rate in untrained human calf muscle: evidence of metabolic limitation in normoxia. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007;293:2046-2051.
- Keiner M, Kadlubowski B, Hartmann H, et al. The influence of maximum strength performance in squats and standing calf raises on squat jumps, drop jumps, and linear as well as change of direction sprint performance in youth soccer players. *Int J Sports Exercise Med*. 2021;7(3):190.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(4):674-688.
- Muñoz-Bermejo L, Adsuar JC, Mendoza-Muñoz M, et al. Test-retest reliability of five times sit to stand test (FTSST) in adults: a systematic review and meta-analysis. *Biology (Basel)*. 2021;10(6):510.
- Peake JM. Recovery after exercise: what is the current state of play? *Current Opinion in Physiol* 2019;10:17-26.
- Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *Br J Sports Med*. 1997;31(3):229-234.
- Rooney KJ, Herbert RD, Balnave RJ. Fatigue contributes to the strength training stimulus. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26(9):1160-1164.
- Prestes J, Tibana RA, de Araujo Sousa E, et al. Strength and muscular adaptations after 6 weeks of rest-pause vs. traditional multiple-sets resistance training in trained subjects. *J Strength Cond Res* 2019;33:113-121.
- Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res*. 2010;24(10):2857-2872.
- Senna G, Salles BF, Prestes J, et al. Influence of two different rest interval lengths in resistance training sessions for upper and lower body. *J Sports Sci Med*. 2009;8(2):197-202.
- Van Mechelen W, Twisk JW, Post GB, et al. Physical activity of young people: the Amsterdam Longitudinal Growth and Health Study. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(9):1610-1616.
- Zumstein F, Centner C, Ritzmann R. How limb dominance influences limb symmetry in ACL patients: effects on functional performance. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2022;14(1):206.
-