

과중량을 이용한 워밍업 점프가 사후 점프 수행에 미치는 영향

김현균¹ · 김영관² · 조행난³

¹ 전남대학교 일반대학원 체육학과 · ² 전남대학교 사범대학 체육교육과 · ³ 전남대학교 간호대학 간호학과

Effect of Loaded Warm-up Jumps on the Following Performance of Vertical Jump

Hyun-Goun Kim¹ · Young-Kwan Kim² · Hang Nan Cho³

¹Department of Physical Education, Graduate School, Chonnam National University, Gwangju, Korea

²Department of Physical Education, College of Education, Chonnam National University, Gwangju, Korea

³Department of Nursing, College of Nursing, Chonnam National University, Gwangju, Korea

Received 30 April 2015; Received in revised form 24 June 2015; Accepted 30 June 2015

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of loaded vertical jumps on the following vertical jumps and to find how long the transient effect of warm-ups would continue.

Methods: Twelve healthy college male students, majoring in physical education, participated in this study voluntarily. They performed three sets of unloaded jumps (pre-jump, 5% post jump, and 10% post jump) and two sets of loaded jumps (5% and 10% loaded jumps) according to the counter-balanced order. At each set, three trials of maximal vertical jumps were performed by a 30 second interval between trials and a 3 minute break after warm-up jumps. Force platform and motion capturing system were used to record motions and ground reaction force.

Results: Only 5% post-warm-up jumps (48.29±2.06 cm) showed significant increase in the jump height compared with pre-warm-up jumps (47.35±2.21 cm). The transient effects of loaded warm-ups disappeared 4 minutes after loaded jumps.

Conclusion: Conclusively, a decent amount of loading (around 5% extra of body weight) during sport specific warm-ups would give a positive, transient effect on the performance of the vertical jump.

Keywords: Vertical jump, loaded warm-up, post-activation potentiation

1. 서 론

운동 전 실시하는 준비운동(warm-up)의 운동생리학적 중요성은 잘 알려져 있다. 준비운동의 효과로 체온이 상승하고 주동근의 유연성을 향상되어 관절 가동범위를 증가시키며 골격근의 손상을 예방한다(Nosaka, Sakamoto, Newton, & Sacco, 2004; Shellock, & Prentice, 1985; Zakas, Grammatikopoulou,

Zakas, Zahariadis, & Vamvakoudis, 2006). 또한 신체를 운동에 적합한 상태로 이끌어 본 운동에서 운동능력을 충분하게 발휘할 수 있도록 해준다(Park & Sun, 1997). 준비운동을 통해 39°C로 체온을 유지하는 것이 바람직한데(Hedrick, 1992), 이는 혈액순환이 산소를 수용하기 쉬운 상태가 되어 활동하는 근육에 많은 산소를 공급할 수 있도록 해준다(Astrand, 1960). 그 외에도 운동수행에 관련된 관절 부위 혈액을 증가시켜 마찰을 감소시킬 수 있는 효과가 있다고 알려져 있다(Sim, 1984).

준비운동은 운동심리 및 운동 학습적으로도 매우 중요하다. 준비운동을 통해 심리적 불안요소를 사전에 연습하고 단련함으로써, 불안을 제거하고 자신감을 갖게하며, 긍정적 태도를 유지할 수 있게 해준다(Kim, Choi, Huh, & Ahn, 1999). 두뇌와 척추의 기능을 향상시켜 본 운동 시 반응시간을 단축시키

Corresponding Author : Young-Kwan Kim
Department of Physical Education, Chonnam National University,
77 Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Korea
Tel : +85-62-530-2553 / Fax : +82-62-530-2563
E-mail : ykim_01@naver.com
위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었음

며 집중력과 정확성 및 타이밍을 증가시킬 수 있다(Son, Kim, & Kim, 1997). 또한 준비운동을 통해 상해 발생 비율 80% 정도를 줄일 수 있고(Jang, 1997), 준비운동에 적극적인 태도로 임한 피험자는 본 운동에서도 큰 효과를 본다고 알려졌다(Bucher, 1975).

준비운동은 수동적 준비운동, 일반적 준비운동, 그리고 특이적 준비운동의 세 가지로 구분된다(Bishop, 2003). 마사지·테이핑의 수동적 준비운동과 달리기·체조·스트레칭 등의 일반적 준비운동의 효과는 많은 연구를 통해 잘 알려져 있다(Koh, Kim, Hwang, Kim, Cho, & Cho, 2013; Lim, 2013; Kim, Kim, & Kim, 2004; Lee, Ko, & Yoo, 2010). 하지만 실제 경기에서 이루어지는 동작에 과부하를 적용하거나 반복적 학습효과로 훈련하는 특이적 준비운동의 효과에 대해서는 공통된 결론을 얻지 못하고 있다. 줄넘기에서는 중량을 이용한 줄넘기가 악력과 하지근 파워가 개선된다고 알려져 있다(Chon, 1997). 또한 무거운 자켓(weighted vest)을 이용한 동적 복합운동(가벼운 달리기, 런지, 사이드 스텝 등)이 수직점프 능력을 향상시켰다는 결과(Cilli, Gelen, Yildiz, Saglam, & Camur, 2015; Thompsen, Kackley, Palumbo, & Faigenbaum, 2007)도 있지만, 하지 파워 수행력에 아무런 효과가 없다는 결과(Reiman, Peintner, Bochner, Cameron, Murphy, & Carter, 2010)도 있었다. 한편 Burkett, Phillips와 Ziuraitis (2005)는 몸무게 10%에 해당하는 덤벨을 들고 높이 63.5 cm 박스로 점프하는 사전운동이 다른 수동적 준비운동(스트레칭)이나 무부하 특이적 준비운동(최대 능력 이하 수직점프)보다 수직점프 높이 상승에 도움이 된다고 하였다. 하지만, 지금까지 다양한 무게(몸무게로 표준화한 무게)의 무거운 자켓을 입고 특이적 준비운동(수직점프)을 실시한 후 사후 점프 수행력을 살펴본 논문은 부족하였다.

또한, 야구 스윙에 관한 과중량 특이적 준비운동 효과를 살펴보면 과중량 준비운동 후 행해진 첫 번째나 두 번째 스윙(3분에서 5분 이내)에서 배트 스윙 스피드가 감소하였고, 추가 스윙을 여러 번 하면 이러한 감소 현상은 사라진다는 것을 보았다(Kim, 2013; Otsuji, Abe, & Kinoshita, 2002). 하지만, 수직점프 동작을 대상으로 시간 흐름에 따라 이러한 일시적(transient) 수행력 변화를 살펴 본 연구가 부족하였다. 따라서 과중량 수직점프 이후 사후 점프에서 발생하는 일시적인 수행력 변화 경향에 대해 살펴볼 필요성이 있다. 만약, 수직점프 결과에 있어서 유의한 차이가 나타난다면 주요 관절(고관절, 슬관절, 족관절)의 운동학적 변인과 협응으로 차이 원인을 설명할 수 있을 것으로 생각되었다(Bobbert & van Ingen Schenau, 1988).

본 연구에서는 특이적 준비운동 효과를 규명하고자 수직점프 동작을 선정하였고 피험자 몸무게로 표준화한 무게 자켓

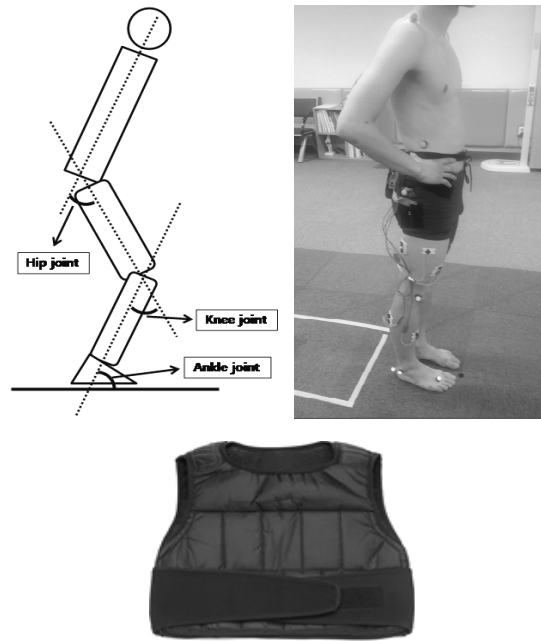


Figure 1. Definitions of joint angle, marker location, and a figure of weight vest

(weight vest)을 이용하여 사전 과중량 수직점프 준비운동이 사후 점프 수행력에 어떤 영향을 미치는지 살펴보는데 목적이 있으며, 또한 그 결과를 통해 트레이닝 프로그램 개발에 기초 자료를 제공 하고자 하였다. 효과적인 연구를 위해 다음과 같은 가설을 세워 연구문제를 검증하였다. 첫째 과중량 수직점프에서 자켓 무게를 달리하였을 때(몸무게 5%와 10%의 자켓) 사후 점프 수행에 다르게 영향을 줄 것이다. 둘째, 점프 높이에서 유의한 차이가 발생하였다면 관절 각운동학 변인과 관절 협응 변화에 의해 설명될 것이다. 셋째, 과중량 점프 효과는 준비운동 후 일정 시간이 지남에 따라 없어질 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

연구의 대상자는 C대학 체육학과 전공자 중 자발적 참여의사를 밝힌 남학생 12명(나이: 20.91 ± 0.29 yrs, 신장: 173.75 ± 5.38 cm, 몸무게: 67.54 ± 5.85 kg)이었다. 이들은 최근 1년 동안 신체의 상해나 병력이 없었고, 수직 점프 동작을 수행하는데 근골격계 문제가 없는 학생들이었다. 실험 전 연구의 목적과 절차를 충분히 설명하였으며, C대 연구윤리위원회의 허락을 득한 참여 동의서에 서명을 받은 후 실험을 실시하였다.

2. 실험 장비

본 연구에서 사용한 실험 장비 및 분석 장비는 다음과 같았다.

동작을 정밀하게 측정하기 위해 8대 적외선 고속 카메라 (Eagle[®], Motion Analysis, Santa Rosa, CA, USA)와 이를 구동시키는 소프트웨어(Evart 5.0[®], Motion Analysis, Santa Rosa, USA)를 사용하였다. 관절 움직임 자료 수집을 위해 19 mm의 반사마커 7개를 사용하였으며, 그 위치는 어깨, 장골능(iliac crest) 위, 고관절(greater trochanter), 슬관절(lateral condyle), 족관절(malleolus), 발뒷꿈치, 발앞꿈치로 하였다(Figure 1). 수직점프를 좌우대칭 동작으로 가정하여 오른쪽에만 마커를 부착하였고 3M 테이프(3M, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 마커 부위를 견고히 하였다. 영상 취득률은 120Hz로 설정하였다.

지면반력을 수집하기 위해 지면반력기(Type 9281E, Kistler, Amherst, NY, USA) 2대를 사용하였고, 취득률은 1,200Hz로 설정하였다. 과중량 조건을 만들기 위해 무거운 납 자켓(weighted vest, GoFit, LLC, USA)를 사용하였다(Figure 1). 자켓 주머니에 납을 500 g 단위로 탈부착시켜 피험자 체중의 5%와 10%에 해당되는 자켓 무게를 만들었다.

3. 실험 절차

연구 대상자가 연구실에 오면 실험에 대한 정보를 충분히 전달하고 피험자 체중을 측정하였다. 그 후 10분 정도 각자 일반 워밍업(warm-up)과 스트레칭을 실시하게 하였다. 이 과정이 끝나면 반사마커를 피험자 신체에 부착시키고 점프 순서를 결정하였다.

과중량 점프(loaded warm-up jump) 조건은 체중 5%와 10%의 자켓을 입고 실시하였으며, 점프 순서는 역균형 교차설계(counter-balanced intersection design)에 따라 점프 순서 효과를 배제하였다(Figure 2). 모든 피험자는 일반 워밍업 후 과중량 없이 사전 점프(3회)를 수행하였다. 이후에는 선택된 옵션에 따라 무게 조건을 달리한 점프와 사후 점프를 실시하였다. 다른 무게 조건 사이에는 5분 휴식을 주어 근피로 영향을 없앴다.

실험에서 허용한 점프는 대항운동(countermovement)을 이용한 최대높이 수직점프였다. 양손을 허리에 위치시키고 팔꿈치를 양 옆으로 가져간 Akimpo 자세로 실시하게 하였고, 매 점프 사이에는 30초간 휴식을 부여하였다. 과중량 점프와 사후 점프 사이에는 3분 휴식을 부여 하였다. 총 5세트 점프 중 과중량 점프가 2세트이고 자중으로만 한 사후 점프가 2세트였다. 통계적 비교는 2가지의 사후 점프와 맨처음 실시한 사전 점프 결과를 사용하였다.

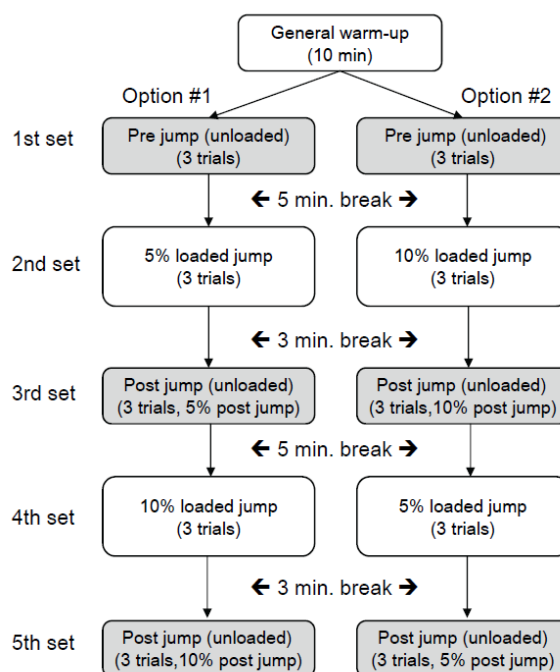


Figure 2. Flowchart of experimental procedure of differently loaded jumps

4. 자료 처리

1) 사후 자료분석

동작분석을 위해 반사 마커의 2차원 시계열 좌표 데이터를 분석하였다. 측정된 마커 정보를 컴퓨터로 내려 받은 후 수치 해석 프로그램인 Matlab[®](R2007b, MathWorks, Inc., Natick, MA, USA)에서 분석하였다. 차단주파수(cutoff frequency) 8Hz의 저역통과필터(Butterworth low-pass filter)를 거친 후 관절각을 포함하여 운동학적 변인을 계산하였다.

지면반력은 지면반력기 2대에서 나온 값을 합하여 하나로 만들고 그 값을 이용하여 수직 점프 높이 계산에 활용하였다. 대항운동 시작시점과 이륙시점은 수직 지면반력 변화가 시작되는 시점과 지면반력이 10 N 이하가 되는 점으로 설정하였다.

2) 운동학적 변인

영상분석에 의한 무게중심 계산은 몸 전체 마커를 사용하여야 하고 이륙시점에 대한 정의가 영상 정보로는 모호할 수 있기 때문에 지면반력값을 이용한 점프 높이 계산을 실시하였다. 점프높이는 지면반력 자료를 통해 나온 체공시간(t_{flight})을 투사체 운동방정식에 적용하여 무게중심 수직점프높이(h)를 다음과 같이 계산하였다(Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983).

$$h = \frac{1}{8} g (t_{flight})^2$$

관절각은 고관절, 슬관절, 족관절에서 정의되었고, 각각의 관절각은 상위분절과 하위분절이 이루는 벡터각(cosine 법칙에 의한 사잇각)각으로 설정하였다<Figure 1>. 관절가동범위는 무게중심이 아래방향으로 이동하는 대항운동 시작점에서 이륙시점까지의 관절각 범위이고, 최대각속도는 무게 중심 최저점 이후 상승 곡면에서 발생하는 최대값으로 정의하였다. 또한, 관절 간의 협응을 살펴보고자 고관절-슬관절의 각도-각도 그래프도 살펴보았다.

3) 통계처리

측정과 계산을 통해 얻어진 운동학적 변인값의 평균과 표준편차를 계산하였다. 과중량 점프에 따른 사후 점프값의 통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS® 프로그램(22.0ver, Chicago, IL, USA)을 사용하였다. 사용된 통계방법은 일원반복측정 분산분석으로 첫째 가설에서는 자켓의 무게, 셋째 가설에서는 시도되는 점프 차수를 독립변인으로 설정하여 결과를 비교하였다. 이때 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 과중량 워밍업 이후 최대 수직점프 높이 변화

무게가 다른 낚 자켓을 착용한 상태에서 수직 점프를 실시한 후 자중으로 다시 실시한 사후 점프에서 다음과 같은 결과를 얻었다. 자중으로 실시한 사전 점프(pre jump)는 47.35 ± 2.21 cm, 5% 과중량으로 점프한 후 이루어진 사후 점프(5% post jump)는 48.29 ± 2.06 cm, 10% 과중량으로 점프한 후 사후 점프(10% post jump)는 47.95 ± 2.44 cm가 나왔다. 변량분석을 실시한 결과 <Figure 3>과 같이 5%, 10% 과중량 간 통계적 유의한 차이는 없었지만($p>.05$), 5% 과중량 사후 점프가 사전 점프보다 더 높게 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p=.037$).

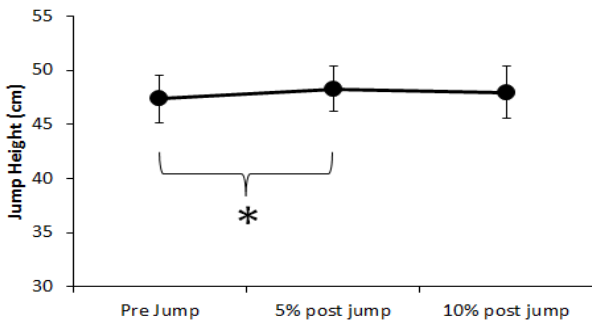


Figure 3. Comparison of post-warm-up jump heights following differently loaded warm-up conditions. *indicates significant mean difference between two conditions ($p<.05$).

2. 주요 관절 가동범위

<Table 1>는 사전 점프와 과중량 사후 점프에서 얻어진 고관절, 슬관절, 족관절의 관절가동범위 결과를 나타낸 것이다. 변량분석 결과 각 관절 별 과중량 점프에 따라 통계적 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 하지만 족관절의 가동범위는 사전 점프와 10% 과중량 사후 점프 사이에 평균 0.8° , 슬관절의 가동범위는 평균 1.14° , 고관절의 가동범위는 평균 2.73° 차이가 발생하였다.

Table 1. Changes in range of motions at each joint during post-warm-up jumps following differently loaded warm-up jumps (unit: $^\circ$)

| Joint | Condition | M | SD | F | p |
|-------|---------------|--------|-------|-------|------|
| Hip | Pre jump | 102.62 | 13.24 | | |
| | 5% post jump | 103.58 | 14.20 | 1.697 | .206 |
| | 10% post jump | 105.35 | 14.86 | | |
| Knee | Pre jump | 88.20 | 10.35 | | |
| | 5% post jump | 88.33 | 10.74 | .717 | .499 |
| | 10% post jump | 89.34 | 10.48 | | |
| Ankle | Pre jump | 73.09 | 6.24 | | |
| | 5% post jump | 73.89 | 6.84 | 1.061 | .363 |
| | 10% post jump | 73.98 | 5.79 | | |

Table 2. Change in maximum flexion angle at each joint during post-warm-up jumps following differently loaded warm-up jumps (unit: $^\circ$)

| Joint | Condition | M | SD | F | p |
|-------|---------------|-------|-------|------|------|
| Hip | Pre jump | 98.13 | 12.75 | | |
| | 5% post jump | 99.72 | 15.01 | .448 | .645 |
| | 10% post jump | 99.40 | 14.61 | | |
| Knee | Pre jump | 83.02 | 10.99 | | |
| | 5% post jump | 82.68 | 11.63 | .058 | .943 |
| | 10% post jump | 82.93 | 11.08 | | |
| Ankle | Pre jump | 26.82 | 4.43 | | |
| | 5% post jump | 27.37 | 4.16 | .930 | .409 |
| | 10% post jump | 26.82 | 4.13 | | |

3. 관절 최대 굽힘각 변화

대항운동에서 무게중심이 최저점에 떨어졌을 때 모든 관절이 최대굽힘점 근처에 도달하였으며, 이에 대한 결과는 <Table 2>와 같았다. 과중량 점프에 따라 통계적으로 유의한 차이는 없었지만($p>.05$), 5% 과중량 사후 점프에서 고관절과 족관절 최대굽힘각은 증가하는 경향을 보이는 반면, 슬관절 최대굽힘각은 감소하는 경향을 보여주었다.

Table 3. Change in maximum angular velocity at each joint during post jumps following differently loaded warm-up (unit: rad/s)

| Joint | Condition | M | SD | F | p |
|-------|---------------|--------|------|-------|-------|
| Hip | Pre jump | 9.59 | 0.75 | | |
| | 5% post jump | 10.10* | 1.00 | 13.52 | .01** |
| | 10% post jump | 10.26* | 0.89 | | |
| Knee | Pre jump | 12.55 | 1.21 | | |
| | 5% post jump | 12.96 | 1.54 | 2.167 | .138 |
| | 10% post jump | 13.07 | 1.57 | | |
| Ankle | Pre jump | 12.14 | 1.24 | | |
| | 5% post jump | 12.68 | 1.31 | 1.325 | .286 |
| | 10% post jump | 12.41 | 1.47 | | |

* indicates significant different from the result of pre jump.
 ** indicates that there was a main effect of overloaded conditions.

4. 관절 최대각속도

<Table 3>은 무게중심 최저점 이후 고관절과 슬관절이 신전하면서 나타난 최대각속도 값을 표시한 것이다. 변량분석을 실시한 결과 고관절에서 과중량 점프 조건에 따라 통계적으로 유의한 차이가 발생하였다($p < .01$). 5% 과중량 사후 점프(10.10 ± 1.00 rad/s)와 10% 과중량 사후 점프(10.26 ± 0.89 rad/s) 결과는 사전 점프(9.59 ± 0.75 rad/s)보다 통계적 빠른 유의한 차이를 나타냈다($p < .05$). 나머지 두 관절에서는 과중량 점프에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 다만 사전 점프보다 최대 각속도가 빠른 경향을 보여주었다.

5. 각도-각도 그래프의 변화

<Figure 4>는 대항운동 시작시점에서 이륙 시점까지 고관절-슬관절각의 각도-각도 관계를 보여 주었다. 대항운동을 시작하면서 하강 국면에서는 고관절-슬관절 굴곡이 발생하였고, 고관절각-슬관절각은 선형관계를 형성하였다. 상승 국면에서는 고관절 신전-슬관절 신전이 발생하였고, 비선형 고관절각-슬관절각 관계가 성립되었다. 위쪽으로 볼록한 형상을 나타내어 고관절 변화에 비해 슬관절 변화가 더 크게 발생하였다는 것을 보여 주었다. 상승 국면에서는 과중량 조건에 따라 그래프가 우측(고관절각)으로 조금씩 이동하였다. 5% 과중량 사후 점프는 사전 점프에 비해 1.88° , 10% 과중량 사후 점프는 2.72° 이동하였다.

6. 사후 점프 중 수행시간에 따른 최대 수직점프 높이 변화

<Figure 5>는 과중량 점프 후 3분 지난 시점부터 실시한 사후 점프에서 각 시기 별 수직점프 높이 변화와 사전 점프 시기 별 수직점프 높이 변화를 비교한 것이다. 각 시기는 30 초 간격으로 이루어졌고 분산분석 결과 1, 2, 3차 시기에 따

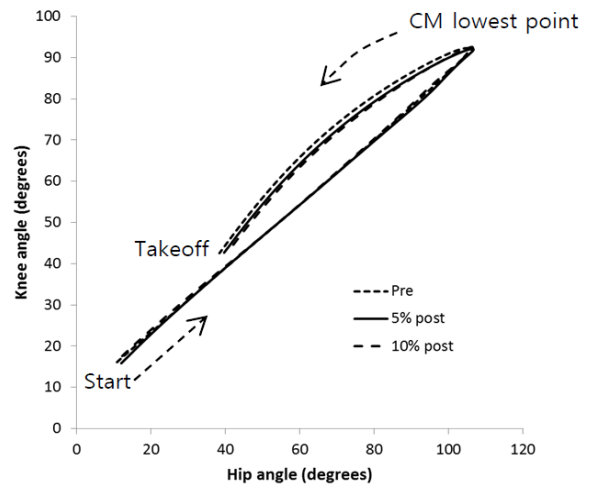


Figure 4. Changes in hip and knee angle-angle graphs according to differently loaded jumps

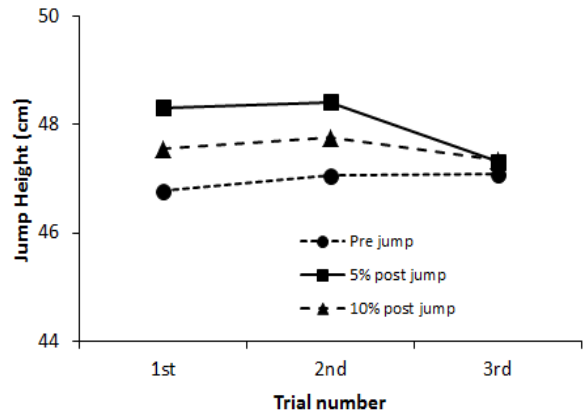


Figure 5. Transient changes in post-warm-up jump heights within designated conditions

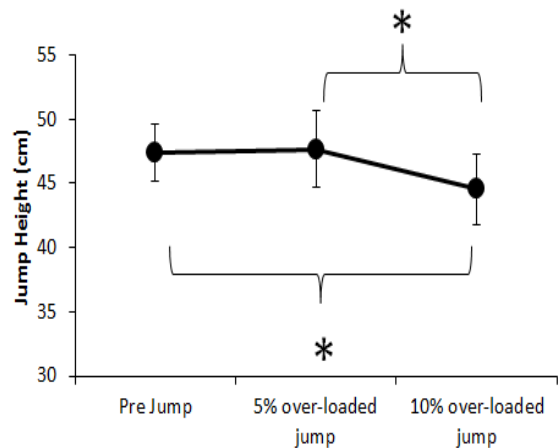


Figure 6. Comparisons of mean vertical jump heights in differently loaded conditions. *indicates significant difference between two conditions

라 통계적 유의한 차이는 없었다. 하지만 5% 과중량 사후 점프와 10% 과중량 사후 점프에서는 사전 점프보다 높게 나온 1차, 2차 시기 결과들이 3차 시기로 가면서 감소하는 경향을 나타냈다. 사전 점프 결과에서는 1, 2, 3차 시기로 갈수록 상승하는 경향을 보여 주었다. 3차 시기에서는 과중량 조건에 상관없이 유사한 점프 높이를 보여주었다.

7. 과중량 점프 중 최대 수직점프 높이 변화

<Figure 6>은 5%와 10% 과중량 점프에서 획득한 수직점프 높이를 사전 점프 높이와 비교한 것이다. 분산분석 결과 과중량에 따라 통계적으로 유의한 차이가 발생하였다($p < .05$). 사후 검증 결과 10% 과중량 점프(44.56 ± 2.75 cm)는 5% 과중량 점프(47.67 ± 2.99 cm)와 사전 점프(47.35 ± 2.21 cm)보다 유의하게 낮게 뛰었다($p < .05$). 5% 과중량 점프는 사전 점프높이와 유의한 차이가 발생하지 않았으나 평균값에 있어서는 높은 경향을 보였다.

IV. 논 의

본 연구는 과중량을 이용한 특이적 준비운동 효과를 규명하는데 목적이 있었다. 각기 다른 중량(몸무게의 5%, 몸무게의 10%)으로 특이적 준비운동을 실시하였고 사후 수직점프 수행력에 어떠한 영향을 미치는지 확인하였다.

1. 최대 수직점프 높이 분석

지면반력 데이터의 시간함수를 이용하여 수직점프 높이를 분석한 결과 통계적으로 사전 점프(47.35 ± 2.21 cm)보다 과중량 사후 점프가 평균적으로 높은 경향을 나타내었다. 특히 5% 과중량 사후 점프(48.29 ± 2.06 cm)는 사전 점프보다 통계적으로 유의하게 높았다. 이는 기존 과중량 특이적 준비운동의 결과에 부합된다고 볼 수 있었다(Burkett et al., 2005; Thomsen et al., 2007).

5% 과중량 사후 점프가 10% 과중량 사후 점프(47.95 ± 2.44 cm) 결과보다 더 나은 운동수행을 나타낸 것은 선행 연구에서 그 원인을 찾을 수 있다. Driss, Vandewalle, Quievre, Miller와 Monod (2001)의 연구에서 과중량과 피험자 신체 능력에 따라 하지근력 최대파워(최대일률)가 달라짐을 보여 주었다. 0 kg, 5 kg, 10 kg의 과중량 조건으로 스쿼트 점프를 실시한 결과 운동선수 그룹은 5 kg 과중량일 때 하지 평균파워가 0 kg 조건의 평균파워보다 유의하게 크게 나왔고, 10 kg

과중량 조건에서는 다시 감소하였다. 즉, 평균 몸무게의 6.7% 과중량일 때 가장 큰 하지 파워가 발생하였고 그 이상에서는 하지 파워가 감소하여 너무 과한 과중량은 수행력 향상에 도움을 주지 않음을 알 수 있었다. 하지만, Burkett 등(2005)과 Thomsen 등(2007)의 연구에서는 10% 과중량 조건을 가지고 실험하여 유의한 수행력 향상을 이끌어 내어 피험자들의 신체적 능력에 따라 효과가 달라질 수 있음을 알 수 있었다. 두 연구들은 엘리트 미식축구 선수들을 대상으로 실험하였다.

선행 연구에서는 과중량 특이적 준비운동 이후에 수행능력 향상 원인으로 PAP(post-activation potentiation)를 지적하였다. IRM의 75에서 80% 이상으로 특이적 준비운동을 하면 근섬유 단축(twitch)에 의한 힘 생성과정 향상과 고주파 근육근의 강축(tetanus)에 의한 수축력 향상 때문에 수행능력이 좋아진다고 하였다(Sale, 2002, 2004). 하지만, 본 연구에서는 IRM 75% 이상인 고강도 운동이 아닌 조건이었음에도 불구하고 수행력 향상을 보여주어 추후 근전도 분석과 역동역학을 통한 해석이 필요하다고 생각되었다. 또한 PAP 현상은 앞서 언급한 개인의 신체적 능력과 관련이 있기 때문에(Driss et al., 2001), 사람마다 적절한 특이적 운동 부하를 고려해야한다. 운동선수의 경우 적절한 과중량 사전 운동이 파워상승을 유도하지만, 운동부족인 사람들에게는 오히려 파워감소를 유발하기 때문에 트레이닝 프로그램 개발자는 과중량 크기 조절에 주의를 기울여야 한다. 본 결과를 종합하여 볼 때 적정 수준의 신체적 능력을 가진 사람들은 5% 근처의 과중량 특이적 준비운동이 통해 수행능력 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되었다.

2. 관절 운동학적 변인 분석

수직점프 높이 차이 원인을 파악하기 위해 주요관절(고관절, 슬관절, 족관절)의 관절가동범위, 최대굽힘각, 최대각속도, 각도-각도 관계 등 운동학적 변인들을 살펴보았다. 하지만 수행력 차이를 명확히 설명하는 인자가 고관절 최대각속도를 제외하고는 없었다.

고관절 발생한 최대각속도에서의 유의한 차이는 과중량의 위치에 의한 영향으로 볼 수 있다. 각운동역학에서 관절 파워는 관절의 각속도와 관절 모멘트의 곱에 비례한다. 즉, 무거운 자켓을 몸에 입고 점프하게 되면 상체 질량과 관성모멘트가 증가하게 되고, 대항운동 상승곡면에서 원활한 점프와 최대 점프 높이 확보를 위해 상체에 바로 인접한 고관절 파워가 크게 걸릴 것이다. 사후 점프에서는 무거운 자켓 없이 점프를 수행했지만, 사전 운동 때문에 일시적으로 상승한 고관절 파워가 최대각속도에 영향을 주었을 것으로 생각되었다.

추가 결과를 보면 과중량 점프가 고관절 외의 관절운동학 변인과 각도각도 관계에 영향을 미치지 않았음을 알 수 있었다. 즉, 수직점프에서의 관절 협응과 제어 능력은 10% 과중량 조건 같은 외부 섭동(external perturbation)에 비교적 안정한 시스템(robust system)을 이루는 것으로 생각되었다.

3. 일시적인 과중량 점프 효과 분석

과중량 점프 후 3분 지나면서부터 30초 간격으로 실시한 사후 점프에서 시행 차수에 의한 유의한 변화는 얻지 못했고, 평균값 분포에 있어서 세 번째 시기 점프가 첫 번째와 두 번째 시기 점프보다 낮아지는 경향을 볼 수 있었다.

일반적으로 과중량 준비운동 이후 근신경계에서는 두가지 방향으로 반응이 나타난다. 하나는 피로에 의한 수행능력 감소이고, 다른 하나는 PAP에 의한 수행능력 향상이다(Sale, 2002, 2004). 보통 초기에는 근피로 영향이 커 수행능력이 감소가 일시적으로 발생하지만, 3분 이후 부터는 PAP 효과가 근피로 효과를 극복하여 4분에서 15분 사이에 이전보다 우수한 수행능력을 보인다고 알려져 있다(Donti, Tsolakis, & Bogdanis, 2014; Tillin & Bishop, 2009).

본 연구 결과 첫 번째와 두 번째 시기는 PAP의 긍정적 효과의 도움을 받았으나 4분이 되는 시점(세번째 시기)에서는 PAP의 긍정적 효과가 사라졌음을 알 수 있었다. 따라서, 과중량 워밍업 점프에 의해 일시적으로 발생한 수행력 상승효과는 4분 이후부터 없어진다고 볼 수 있었다. 더 자세한 해석은 향후 근전도 분석을 통해 연구할 필요성이 있다.

V. 결 론

본 연구는 12명의 체육전공 남자 대학생을 대상으로 특이적 준비운동 효과를 규명하고자 하였다. 과중량을 이용한 수직점프(몸무게의 5%, 몸무게의 10%)가 사후 점프 수행력에 기여하는지 확인하기 위해 점프 높이와 각운동학 변인들을 살펴보고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 5% 과중량 점프는 사후 점프 수행력을 향상시켰으나 10% 과중량 점프는 영향을 주지 않았다. 따라서, 과중량 특이적 준비운동을 할 때는 체중 5% 근처의 적절한 부하를 고려해야 한다.

둘째, 수직점프 결과 차이를 설명하는 각운동학 변인은 고관절각의 최대각속도뿐이었다. 이는 상체에 부착한 과중량으로 인해 가장 인접한 고관절의 활성화 때문인 것으로 생각되었다.

셋째, 과중량 점프 때문에 발생한 일시적인 사후 점프 수행력 향상은 워밍업 후 4분이 경과하면서 사라졌다.

결론적으로 적절한 중량을 이용한 특이적 준비운동은 유한한 시간범위내에서 점프 수행 능력에 도움을 주겠지만 필요 이상의 중량 부하를 이용한 특이적 준비운동은 수행 능력 향상에 도움이 되지 않았다. 따라서, 트레이닝 프로그램을 개발하고자 하는 자는 본 연구결과에서 얻어진 특이적 준비 운동의 특성을 이해해야 할 것이다.

참고문헌

- Astrand, P. O. (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiologic Scandinavica*, 49(169), 1-92.
- Bishop, D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498.
- Bobbert, M. F., & van Ingen Schenau, G. J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 21(3), 249-262.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50, 273-282.
- Bucher, C. A. (1975). Effect of four week deep water run training on running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 694-699.
- Burkett, L. N., Phillips, W. T., & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 673-676.
- Chon, J. G. (1997). The effects of weighted rope skipping training on the physiological factors. *Journal of Korean Society of Sports Science*, 6(1), 1-11.
- Cilli, M., Gelen, E., Yildiz, S., Saglam, T., & Camur M. H. (2015). Acute effects of a resisted dynamic warm-up protocol on jumping performance. *Biology of Sport*, 31, 277-282.
- Driss, T., Vandewalle, H. Y., Quievre, J., Miller, C., & Monod, H. (2001). Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: A comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*, 19, 99-105.
- Donti, O., Tsolakis, C., & Bogdanis, G. C. (2014). Effects of baseline levels of flexibility and vertical jump ability on performance following different volumes of static stretching and potentiating exercises in elite gymnastis. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 105-113.
- Hedrick, A. (1992). Physiological responses to warm-up. *Journal of*

- National Strength and Conditioning Association*, 14(5), 25-27.
- Jang, M. J. (1997). *Sport Medical Science*. Seoul; Daehan Media Publishing Company.
- Janssen, I., Sheppard, J. M., Dingley, A. A., Chapman, D. W., & Spratford, W. (2012). Lower extremity kinematics and kinetics when landing from unloaded and loaded jumps. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(6), 687-693.
- Kim, T. Y., Choi, M. S., Huh, J. H., & Ahn, K. H. (1999). Effects of respiratory variables of recovery on warm-up intensity levels in supramaximal exercise. *Journal of Korea Athletic Science Meeting*, 8(1), 493-501.
- Kim, Y. K. (2013). The effect of different warm-up procedures on bat speed in baseball. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(2), 91-97.
- Koh, Y. C., Kim, K. H., Hwang, S. W., Kim, C. Y., Cho, S. W., & Cho, J. H. (2013). Effects of warm-up on landing strategy during drop-landing. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 51, 759-766.
- Kim, W. H., Kim, K. H., & Kim, D. Y. (2004). The effects of warming up and cooling down in swimming on lactate density in blood and heart rate. *Korea Sport Research*, 15(1), 1157-1168.
- Lee, S. D., Ko, W. J., & Yoo, S. H. (2010). The effect of warm-up on exercise injuries in soccer club members. *Korean Journal of Exercise Rehabilitation*, 6(1), 99-108.
- Lim, H. Y. (2013). *An Effect of Self Initiated Basic Fitness Exercise and Preparation and Finishing Exercise of Female University Students Majoring in Dance upon the Prevention of Dance Injury*. Unpublished Master's Thesis. Kyung Hee University.
- Nosaka, K., Sakamoto, K., Newton, M., & Sacco, P. (2004). Influence of pre-exercise muscle temperature on responses to eccentric exercise. *Journal of Athletic Training*, 39(2), 132-137.
- Otsuji, T., Abe, M., & Kinoshita, H. (2002). After-effects of using a weighted bat on subsequent swing velocity and batters' perceptions of swing velocity and heaviness. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 119-126.
- Park, S. J., & Sun, W. S. (1997). *Fitness Q and A*. Seoul; Hongkyung Publishing Company.
- Reiman, M. P., Peintner, A. M., Boehmer, A. L., Cameron, C. N., Murphy, J. R., & Carter, J. W. (2010). Effects of dynamic warm-up with and without a weighted vest on lower extremity power performance of high school male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3387-3395.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30, 138-143.
- Sale, D. G. (2004). Postactivation potentiation: Role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 386-387.
- Shellock, F. G., & Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sport-related injuries. *Sports Medicine Journal*, 2(4), 267-278.
- Sim, Y. M. (1984). *The Theory of the Training and Actuality*. Seoul; Dongsuh Publishing Company.
- Son, S. G., Kim, M. A., & Kim, Y. B. (1997). *The Sport, Exercise, and Sports Preparing 21st Century*. Seoul; HongKyung Publishing Company.
- Thompsen, A. G., Kackley, T., Palumbo, M. A., & Faigenbaum, A. D. (2007). Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 52-56.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effects on performance of subsequent activities. *Sports Medicine*, 39, 147-166.
- Zakas, A., Grammatikopoulou, M. G., Zakas, N., Zahariadis, P., & Vamvakoudis, E. (2006). The effect of active warm-up and stretching on the flexibility of adolescent soccer player. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 57-61.