KJAB
Korean Journal of Applied Biomechanics 2024; 34(1): 18-24
http://dx.doi.org/10.5103/KJAB.2024.34.1.18
http://e-kjab.org eISSN 2093-9752
ORIGINAL

The Effect of an 8-week Velocity-based Training on Mechanical Power of Elite Sprinters

8주간 속도 기반 트레이닝이 단거리 육상선수의 순발력에 미치는 영향

Jae Ho Kim[1], Sukhoon Yoon[2]

[1]Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, South Korea
[2]Department of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 27 January 2024
Revised : 07 February 2024
Accepted : 11 February 2024

Corresponding Author
Sukhoon Yoon
Department of Community Sport, Korea National Sport University, 1239, Yangjae, Songpa-gu, Seoul, 05541, South Korea
Email : sxy134@knsu.ac.kr

Objective: The purpose of this study was to evaluate the effects of an 8-week velocity-based training on the maximum vertical jump in elite sprinters.

Method: Ten elite sprinters were participated in this study (age: 21 ± 0.97 yrs., height: 179 ± 3.54 cm, body mass: 72 ± 2.98 kg). An 8-week velocity-based power training was provided to all subjects for twice per week. Their maximum vertical jumps were measured before and after velocity-based training. A 3-dimensional motion analysis with 8 infrared cameras and 4 channels of EMG was performed in this study. A paired *t*-test was used for statistical verification. The significant level was set at α=.05.

Results: There were no statistically significant differences were found between pre and post the training (p>.05). However, most variables included jump record, knee joint ROM, and muscle activation of rectus femoris showed increased pattern after the training.

Conclusion: In this study, an 8-week velocity-based training did not showed the significant training effects. However, knee joint movement which is the key role of the vertical jump revealed positive kinematic and kinetic pattern after the training. From this founding, it is believed that velocity-based training seems positively affect the vertical jump which is the clear measurement of mechanical power of sprinter. In addition, to get more clear evidence of the training more training period would be needed.

Keywords: Velocity-based training, Sprinter, Vertical jump, Mechanical power

INTRODUCTION

최근 운동전문가들은 전문운동선수들의 파워 강화를 위하여 사용되던 백분율 기반 트레이닝(PBT: percentage based training)의 단점을 보완한 속도 기반 트레이닝(velocity based training)이라는 새로운 트레이닝 프로그램을 개발하여 제시하고 있다(Banyard, Nosaka, Sato & Haff, 2017; Banyard, Nosaka, Vernon & Haff, 2018; Ruf, Chéry & Taylor, 2018). 속도 기반 트레이닝은 바벨 또는 신체에 가속도계를 부착하여 단축성 수축 시의 속도를 통해 훈련하는 방법이며, 이러한 속도를 통하여 훈련의 강도를 객관적으로 확인하여 운동 수행능력을 향상시키는 방법으로 보고되고 있다(Signore, 2021).

Copyright © 2024 Korean Journal of Applied Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

속도 기반 트레이닝은 1RM을 측정한 뒤 1RM의 20%, 40%, 60%로 3회 반복한 평균속도, 80%와 90%는 1회 반복한 평균속도와 무게의 상관관계를 통하여 트레이닝의 강도를 설정하기 때문에 기존의 전통적인 트레이닝의 단점인 훈련 중 1-RM의 가변성을 최소화할 수 있는 획기적인 방법이라고 보고되고 있다(Banyard et al., 2018). 더불어 이 트레이닝은 미리 측정된 속도를 기준으로 운동 수행 시 속도가 감소하는 정도를 나타내는 값인 속도감소값(velocity loss)을 통해 세트와 반복횟수를 중지시키기 때문에 운동 중 신체에 스트레스와 피로가 쌓이는 것을 예방한다고 알려져 있다(Wlodarczyk, Adamus, Zielinski & Kantanista, 2021). 이러한 속도감소값은 10~20%가 손실되는 경우에 운동을 중지하는 것이 운동 수행능력 향상에 가장 도움이 된다고 보고되고 있으며, 트레이너들은 정확한 속도감속값을 통해 매 훈련마다 신체의 스트레스와 피로를 객관적으로 파악하여 운동 수행능력에 도움을 줄 수 있는 순발력을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 부상까지도 예방할 수 있다고 보고되고 있다(Pareja-Blanco, Sánchez-Medina, Suárez-Arrones & González-Badillo, 2017; Guerriero, Varalda & Piacentini, 2018; Galiano, Pareja-Blanco, Hidalgo de Mora & Sáez de Villarreal, 2022).

파워를 향상시키기 위해서는 근육이 신장성 수축을 통해 힘과 에너지를 저장하고 단축성 수축을 통해 폭발적으로 힘과 에너지를 방출하는 기전인 신장-단축성 주기(Stretch-Shortening Cycle)를 훈련해야 한다(Groeber, Stafilidis & Baca, 2021). 이러한 신장-단축성 주기는 근육과 건의 자연적 탄성요소와 신전반사에 의하여 움직임이 발생하는 시간을 단축시켜 트레이닝을 실시하는 것이라고 알려져 있다(Komi, 2003; Nicol, Avela & Komi, 2006). 또한, Signore (2021)은 전문운동선수들이 속도 기반 트레이닝을 통해 신장-단축성 주기를 훈련하여 빠른 속도로 운동 수행을 구사하고 궁극적으로 이전보다 더욱 증가된 근 파워를 발휘할 수 있도록 하는 것이 필요하다고 보고하였다.

이러한 전문운동선수들의 파워능력은 해당 종목의 특이성을 고려하여 각 종목의 특성에 맞게 훈련해야 한다고 보고되고 있으며, 특히, 짧은 시간 내에 강력한 힘을 발휘하여 스피드를 최대로 증가시켜야 하는 종목들은 파워능력을 향상시키기 위해 많은 노력을 하고 있는 것으로 알려져 있다(Cronin & Sleivert, 2005; Haff & Triplett, 2015; Signore, 2021).

최대 수직점프는 전문선수들의 전신파워를 평가하는데 매우 유용한 변인들 중 하나라고 알려져 있다(Jung & Son, 2020; Pérez-Castilla, García-Ramos, Padial, Morales-Artacho & Feriche, 2018; Shattock & Tee, 2022). Jung & Son (2020)은 중학교 남자 단거리 육상선수 26명을 대상으로 세부 종목별 경기력과 체력요인과의 상관관계를 알아보았는데, 무산소성 평균파워와 피크파워 그리고 수직점프가 100 m 단거리 경기기록에 통계적으로 유의한 영향을 나타냈다고 보고하였다. 또한 그들은 이 연구를 통해 단거리 육상선수의 경기기록과 밀접한 관련이 있는 체력요인이 밝혀졌으므로 향후 이를 근거로 하여 단거리 육상선수들의 경기력을 향상시킬 수 있는 과학적인 훈련 프로그램 개발이 필요하다고 보고하였다. 그리고 Pérez-Castilla et al. (2018)은 웨이트 트레이닝 경력이 최소 2년인 남성 20명을 대상으로 4주간 속도감소값 10%와 20% 두 그룹으로 나누어 수직점프를 통한 VBT를 실시한 결과 수직점프 기록이 두 그룹 모두 향상되었다고 보고하였다. 또 다른 전문선수들에 관한 연구도 수행되었는데 Shattock & Tee, (2022)는 남자 럭비선수 20명을 대상으로 객관적인 척도를 나타내는 속도와 주관적인 척도를 나타내는 RPE와 RIR을 결합하여 6주간 트레이닝을 실시하였고, 이를 통해 수직점프의 기록이 증가하였다고 보고하였다.

육상 단거리 경기는 짧은 시간에 산소를 사용하지 않는 무산소성 에너지 운동으로써 폭발적인 근 파워와 강한 근력을 요구하는 대표적인 운동으로 보고되고 있다(Back & Sung, 2004). 이 경기의 승리를 위해서는 단시간에 폭발적인 순발력을 발휘하여 최고의 속도를 만들어내야만 하기 때문에 이 종목 선수들은 전신의 최대 근력, 무산소성 파워, 주동근과 협력근의 근활성비 그리고 협응성 등이 필요하다고 알려져 있다(Soslu, Özkan & Göktepe, 2016). 특히, 폭발적인 출발을 위해서 출발신호에 대한 빠른 반응시간과 수평속도를 증가시키기 위한 강한 지면반력이 중요하다고 보고되고 있으며, 백스쿼트와 파워클린과 같은 하지관절에 초점을 맞춘 트레이닝이 수행될 경우 단거리 육상선수들의 보길이, 보빈도 그리고 체공시간과 상관관계가 있다고 보고되고 있다(Murphy, Lockie & Coutts, 2003; Peterson, Alvar & Rhea, 2006; Hibbs, Thompson, French, Wrigley & Spears, 2008; Soslu et al., 2016).

그러나 이러한 전문육상 단거리 선수들의 대상으로 실시된 전신 순발력 향상 운동 프로그램은 대부분 전통적인 백분율 기반 트레이닝에 국한되어있으며, 이 프로그램의 문제점을 해결하였다는 속도 기반 트레이닝의 적용은 거의 실시되고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 짧은 시간 내에 폭발적인 힘을 발휘하기 위하여 전신파워 트레이닝을 실시하고 있는 집단인 전문 단거리 육상선수들을 대상으로 8주간의 속도 기반 트레이닝의 효과를 평가하여 전문감독, 코치 그리고 선수들이 운동 프로그램을 구성하는 데 있어 참고할 만한 근거자료를 제시하는데 있다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 근골격계 상해가 발생하지 않고, 최근 1년 이내에 외과적 수술 경험이 없는 K 대학교 단거리 육상 선수 10명(age: 21±0.97 yrs., height: 179±3.54 cm., body mass: 72±2.98 kg)으로 실시하였다. 본 연구는 K 대학교 연구윤리 위원회의 승인을 받은 후 실시되었으며, 연구를 수행하기 전 모든 대상자들은 본 연구의 목적과 절차에 대한 충분히 설명 들은 후, 자발적으로 동의한 연구대상자가 동의서에 서명한 후 실험을 진행하였다.

2. 속도 기반 트레이닝 프로그램

본 연구의 속도 기반 트레이닝은 주 2회로 구성된 프로그램을 적용하였으며, 대상자들은 기존의 전문 훈련 프로그램을 동일하게 수행한 후, 추가적으로 하지관절에 초점을 맞춘 백스쿼트와 파워클린 동작을 통해 속도 기반 트레이닝을 진행하였다. 실제 속도 기반 트레이닝 수행 시 속도는 Weakley et al. (2021)이 제시한 방법으로 각 대상자의 백스쿼트 및 파워클린의 속도를 각 1-RM의 (%) 마다 측정하였으며, 속도 기반 측정기(WHOOP, PUSH BAND 2.0. USA; Figure 1)를 어플리케이션과 연동하여 사용하였다. 또한 모든 훈련 프로그램은 Signore (2021)이 제시한 '비시즌 후기와 시즌직전: 스포츠 특이적 파워로 전환'의 파워 트레이닝을 참고하여 개발하였으며, 속도감소값(VL)은 효과적인 순발력 향상을 위해 Guerriero et al. (2018)와 Wlodarczyk et al. (2021)이 제시한 10%로 설정하였다. 속도 기반 트레이닝 프로그램은 아래 Table 1과 같다.

Figure 1. Push band (from: https://www.trainwithpush.com/)

3. 실험절차 및 자료처리

실험 당일 최대 수직점프의 기록을 분석하기 위하여 적외선카메라 8대와 무선 근전도장비 4채널을 사용하여 3차원 동작분석을 수행하였으며, 연구 수행 시 자료취득율(sampling rate)은 각각 100 Hz와 1,000 Hz로 설정하였다. 영상 데이터와 EMG 데이터는 Qualisys Track Manager (Qualisys, Sweden, [QTM])를 사용하여 시간적 동조를 통해 수집되었다. 실험 전 근활성도의 표준화를 위해 최대 자발적 수의적 수축(maximum voluntary isometric contraction [MVIC])을 먼저 측정하였으며 근활성도 측정 시 오류를 최소화하기 위하여 피부 표면의 이물질이나 털을 제거하였다. 또한, 알코올로 닦아 소독한 후에 주동측의 대퇴사두근, 대퇴이두근, 척추기립근 그리고 대둔근에 표면전극을 부착하였다. MVIC 측정 시, 대상자의 신체를 고정하여 최대 근력을 발휘할 수 있는 자세로 진행하였으며, 측정 후에는 충분하게 휴식을 제공하였다. 최대 수직점프 동작이 이루어지는 장소는 NLT (non-linear transformation) 방법을 사용하여 전역좌표를 설정하기 위해 공간좌표(x 축: 좌/우, y 축: 전/후, z 축: 상/하)를 설정하였다. 동작 중 신체의 분절을 규명하기 위해서 각 대상자는 총 50개의 반사마커와 클러스터 양쪽 견봉(acromion), 척주의 3번 경추(cervical 3th), 12번의 흉추(thoracic 12th), 엉덩뼈(iliac), 엉치뼈(sacrum), 골반의 위앞엉덩가시뼈(anterior superior iliac spine), 위뒤엉덩가시뼈 (posterior superior iliac spine), 양측 하지의 큰돌기(greater trochanter), 가쪽/안쪽 넙다리뼈관절융기(medial/lateral epicondyle of femur), 가쪽/안쪽 복사뼈(medial/lateral malleolus), 발의 발꿈치뼈(calcaneus), 1, 5번 발허리뼈머리(head of 1, 5 metatarsal), 두 번째 발가락(2nd toe)에 부착하였으며, 위팔(upperarm)과 아래팔(forearm) 그리고 허벅지(thigh)와 종아리(shank)에 각각 반사마커 2개를 추가적으로 부착하였다.

Table 1. An 8-week program of velocity-based training

Week	1~2 week		3~4 week		5~6 week		7~8 week	
Exercise-type	Sets × 1-RM%	VL	Sets × 1-RM%	VL	Sets × 1-RM%	VL	Sets × 1-RM%	VL
Back squat	3 × 55%	10%	3 × 55%	10%	3 × 60%	10%	3 × 60%	10%
Power clean	3 × 55%	10%	3 × 55%	10%	3 × 60%	10%	3 × 60%	10%

VL: velocity loss

각각의 연구대상자들은 최대 수직점프를 수행하기 위해 동적 스트레칭을 통하여 충분한 준비 운동을 수행하였고, 동작 수행 시 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration)을 촬영한 후에 최대 수직점프 및 수평점프 수행에 영향을 미칠 수 있는 무릎관절과 발목관절 안쪽의 반사마커를 제거하였다. 각각의 세트 사이에 5분 이내의 휴식시간을 제공하여 근피로를 최소화하였으며, 동작의 순서는 각 대상자마다 무작위로 진행하였다.

4. 자료처리 및 분석

취득한 위치좌표의 원자료는 운동학적 변인 산출 시 발생하는 random error를 최소화하기 위하여 차단주파수 6 Hz인 2차 저역 통과 필터(butterworth 2nd order low-pass filter)를 사용하여 필터링 하였다. 또한 EMG 데이터는 차단주파수 20~450 Hz인 대역 통과 필터(band-pass filter)를 사용하여 처리하였으며, 그 후 RMS (root mean square)를 통하여 변환된 값을 사용하였다. 먼저, 최대 수직점프와 수평점프 모두 3개의 이벤트와 2개의 구간을 설정하여 분석하였다. 또한, 수직점프 시 직립자세에서 움직이기 시작하는 시점을 Event 1, 무릎이 최대로 굴곡되는 시점을 Event 2, 발이 지면에서 떨어지는 도약 시점을 Event 3으로 설정하였으며, Event 1과 Event 2 사이의 구간은 Phase 1 (eccentric phase), Event 2과 Event 3 사이의 구간은 Phase 2 (concentric phase)로 설정하였다.

각 분절의 운동학 및 운동역학적 변인들은 Visual 3-D 프로그램을 사용하여 계산되었으며, 주동측 하지의 좌표계에 대한 방향은 x 축의 경우 flexion(+)/extension(–), y 축의 경우 abduction(+)/adduction(–), z 축의 경우 internal rotation(+)/external rotation(–)으로 설정하였다. 또한 발 분절은 x 축의 경우 dorsiflexion(+)/plantarflexion(–), y 축의 경우 eversion(+)/inversion(–), z 축의 경우 abduction(+)/adduction(–)으로 설정하였다. 본 연구에서 사용된 근육의 활성도는 사전에 측정된 MVIC의 근활성도 값을 사용하여 다음과 같이 산출하였다.

$$Muscle\ activation = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{MVIC}} \times 100(\%)$$

단, EMG_{raw}: 동작 시 근 활성도의 RMS 값
EMG_{MVIC}: 최대 수의적 등척성 수축 시 근활성도의 RMS 평균값

5. 통계처리

8주간 속도 기반 트레이닝이 전문 단거리 육상선수에게 미치는 영향을 검증하기 위해 대응표본 t-검정(paired samples t-test)을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

RESULTS

본 연구는 국내 전문 단거리 육상선수들에게 8주간 속도 기반 트레이닝을 적용하여 순발력을 평가할 수 있는 동작인 최대 수직점프를 운동학 및 운동역학적으로 분석하기 위해 실시되었다. 본 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 속도 기반 트레이닝 전후 수직점프 기록

속도 기반 트레이닝 전후에 따라 변화하는 최대 수직점프 기록은 다음 Table 2와 같다. 수직점프의 경우 훈련 전후에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05).

Table 2. Mean ± SD of maximum vertical jump record
(unit: cm)

	Mean ± SD		t	p
	Pre	Post		
Jump record	60.22±11.72	67.67±4.77	-2.169	.062

2. 속도 기반 트레이닝 전후 하지관절 ROM

최대 수직점프 수행 시 속도 기반 트레이닝 전후에 따라 변화하는 하지관절의 ROM은 Table 3과 같다. 본 연구 결과, 모든 하지관절의 ROM에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05).

3. 속도 기반 트레이닝 전후 근활성도

최대 수직점프 수행 시 속도 기반 트레이닝 전후에 따라 변화하는 주동근과 협력근들의 활성도는 Table 4와 같다. 본 연구 결과, 모든 근활성도에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05).

DISCUSSION

수직점프는 신체의 순발력을 효과적으로 평가하는 방법으로 많은 현장에서도 매우 유용하게 사용되어지고 있다(Klavora, 2000). 또한, 수직점프는 다관절 신체 움직임이 정형화된 패턴으로 나타나는 대표적인 동작이며, 하지의 최대 운

Table 3. Mean ± SD of hip, knee, ankle joint ROM during vertical jump (unit: deg)

		Mean ± SD		*t*	*p*
		Pre	Post		
Ankle	Phase 1	26.73±12.44	24.85±8.41	1.103	.302
	Phase 2	62.43±7.30	60.46±6.88	.924	.382
Knee	Phase 1	81.71±17.41	85.61±11.89	-.879	.405
	Phase 2	90.00±26.36	95.36±11.20	-.628	.547
Hip	Phase 1	77.46±15.27	84.14±11.95	-1.393	.201
	Phase 2	66.48±24.22	74.27±12.18	-.983	.354

Note. *: indicates significant difference from period

Table 4. Mean ± SD of muscle activation during vertical jump and horizontal jump (unit: MVIC%)

		Mean ± SD		*t*	*p*
		Pre	Post		
BF	Phase 1	33.83±68.15	30.61±22.18	1.138	.288
	Phase 2	34.36±44.69	29.07±23.79	.638	.541
ES	Phase 1	10.36±4.14	11.19±9.73	-.360	.728
	Phase 2	48.66±17.09	62.34±25.17	-1.778	.113
GM	Phase 1	9.57±4.87	7.01±4.61	1.313	.225
	Phase 2	32.27±11.00	38.94±27.14	-.673	.520
RF	Phase 1	13.39±6.50	20.98±26.84	-.771	.463
	Phase 2	51.69±19.26	60.03±24.18	-.805	.444

Note. BF: biceps femoris, ES: erector spinae, GM: gluteus maximus, RF: rectus femoris
*: indicates significant difference from period

동 수행능력을 객관적으로 평가 및 관찰할 수 있는 동작으로 알려져 있다(Aragon-Vargas & Gross, 1997). 따라서 본 연구에서는 8주간 속도 기반 트레이닝의 효과를 수직점프 기록과 운동역학적 분석을 통해 알아보았다.

본 연구 결과, 수직점프의 기록은 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나(p>.05, Table 2), 훈련 전보다 훈련 후에 약 12% 증가한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 8주간의 백스쿼트와 파워크린을 사용한 속도 기반 트레이닝이 전문 단거리 선수들의 하지 근력파워를 강화시켜 나타난 결과라고 생각되어진다. 구체적으로 선수들은 8주간의 훈련 후 약 7 cm 정도의 수직점프 높이 차이를 나타내었는데, 본 연구에 참여한 대상자들이 현재 전문적인 훈련을 받고 있는 단거리 선수라고 생각할 때 이 정도의 높이 차이는 매우 긍정적인 결과로 보여진다. 그러나 본 연구의 결과는 Pérez-Castilla et al. (2018)과 Jung & Son (2020)의 선행연구들과는 다르게 통계적인 차이를 나타내지 않았는데(p=.062), 본 연구와 선행연구들의 결과 차이는 실험 대상자의 전문성에 있었다고 생각되어진다. 즉, 선행연구들은 2년 정도 지속적인 운동을 수행한 일반인이나 중학교 전문 선수들을 대상으로 연구를 수행하였기 때문에 본 연구의 대상자인 국가대표급 대학전문 선수와는 새로운 훈련 효과의 폭이 달랐을 것이라고 생각된다. 즉, 국가대표급 전문 단거리 선수의 경우 신체적 능력이 거의 최대 수준에 도달하여 근 파워의 발전 가능성 정도가 한계가 있음에도 불구하고 본 연구에서 나타난 결과는 속도 기반 트레이닝이 전문 운동선수들에게 적용이 가능하다는 가능성을 보여준 것이라 생각되어진다. 또한 증가한 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 못한 본 연구의 결과는 8주간의 훈련기간이 전문선수들의 통계적인 차이를 나타내기에는

부족했을 것으로 생각되어진다. 신체적 능력이 최대이고 매일 본인들의 일상적인 훈련을 소화하는 전문선수들의 경우 2일에 한 번씩 추가적으로 수행된 속도 기반 트레이닝은 선수들의 통계적인 파워능력 변화를 이루기에는 다소 시간적으로 부족하였다고 생각되어지며 추후 8주 이상의 훈련기간의 적용을 통해 긍정적 결과를 확인 할 필요가 있을 것으로 생각되어진다.

본 연구 수행 결과, 수직점프 동작 시 하지관절의 ROM에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 무릎관절과 엉덩관절은 phase 1에서 각각 5%와 9%, 그리고 phase 2에서는 각각 6%와 12% ROM이 훈련 후 증가하는 경향을 나타내었다(p>.05, Table 3). Hubley & Wells (1983)는 수직점프 시 하지관절들은 무릎관절(49%), 엉덩관절(28%) 그리고 발목관절(23%) 순으로 기여한다고 보고하였으며, Soslu et al. (2016)은 수직점프의 높이를 최대화시키기 위해서는 엉덩관절과 무릎관절의 최대 파워 향상에 초점을 맞추어야 한다고 보고했다. 또한, Clansey & Lees (2010)는 무릎관절과 엉덩관절의 ROM이 증가되면 근육을 효과적으로 사용하여 신체의 움직임을 조절할 수 있어 근 파워를 증가시킬 수 있다고 보고하였다.

이러한 선행연구들의 제안과 다르게 본 연구에서는 통계적인 트레이닝 효과가 나타나지는 않았지만 본 연구에서 나타난 8주간의 속도 기반 트레이닝에 기인한 무릎관절과 엉덩관절 ROM의 증가는 선수들의 증가된 수직점프 높이에 긍정적 영향을 주었다고 생각된다. 더불어 신체의 수직상방 운동구간인 phase 2에서 수직하방 구간인 phase 1보다 ROM의 증가율이 크다는 본 연구의 결과는 8주간의 트레이닝이 전문 단거리 선수들의 하지 근 파워 향상에 도움을 주고 있다는 긍정적인 결과라고 생각되어진다. 그러나 이러한 하지관절 ROM의 긍정적인 결과에도 불구하고 본 연구에서는 통계적인 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과는 이전에 설명하였던 선수들의 신체적 특성에 기인한다고 생각되어지며 전문선수들의 경우 8주 이상의 훈련기간의 적용이 필요할 것으로 생각되어진다.

마지막으로 하지근육의 근활성도는 훈련 후 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, phase 2에서 무릎관절과 엉덩관절의 신전 주동근인 대둔근과 대퇴직근은 훈련 전에 비하여 훈련 후 각각 21% 16% 증가하는 경향을 나타내었다 (p>.05, Table 4). 이러한 대둔근과 대퇴직근의 수직상방 운동구간에서 증가된 근활성도는 훈련 후 증가된 수직점프 높이와 하지관절의 ROM 증가를 설명할 수 있는 매우 명확한 결과라고 생각되어진다. 대둔근과 대퇴직근은 지면 이륙직전 최대의 지면반력을 활용하기 위하여 엉덩관절과 무릎관절을 강하게 신전시키는 주동근이며, 본 연구에서는 이러한 근육들을 훈련시키기 위하여 백스쿼트와 파워클린을 진행하였다. 때문에 8주간의 속도 기반 트레이닝을 통해 강화된 대퇴직근은 수직상방 움직임을 위한 더 강하고 빠르게 무릎관절을 신전시킬 수 있는 능력이 증가되었으며, 이는 빠른 움직임을 만들기 위한 회전변위(ROM)을 증가시킨 것으로 생각되어지고 이러한 결과는 결론적으로 점프높이 증가에 기여하였다고 생각되어진다. 또한 엉덩관절의 신전근육인 대둔근의 근활성도 증가는 수직점프 수행 시 엉덩관절을 빠르게 신전시킴으로서 점프 시 몸통의 저항을 줄일 수 있는 역할을 하고 있다고 생각되어진다. 즉, 수직점프의 상방 운동 시 몸통의 직립은 저항을 최소화할 수 있는 방법이며 대둔근의 강화로 인한 이러한 빠른 몸통 직립은 선수들의 점프높이 향상에 도움을 주고 있는 것으로 생각되어진다. 더불어 phase 2에서 훈련 후 증가된 척추기립근의 근활성도는 이러한 몸통 직립을 유지하려는 노력으로 생각되어진다. 이러한 훈련 후 긍정적인 근활성도의 변화에도 불구하고 선수들은 본 연구에서 통계적으로 의미있는 차이를 나타내지 않았으며 이러한 선수들의 특성을 고려한 장기적인 훈련 프로그램이 필요할 것이라고 생각되어진다.

CONCLUSION

본 연구에서 수행된 8주간 속도 기반 트레이닝은 충분히 전문 단거리 육상선수들은 순발력 능력을 향상시킬 수 있을 것이라고 생각되어진다. 하지만, 최대 수직점프 운동학 및 운동역학적 변인의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 이유는 일상적인 전문 훈련을 수행하고 있는 신체능력이 최대인 전문 단거리 육상선수들을 대상으로 하였기 때문이라고 생각되어지고 이러한 전문선수들의 운동능력의 역치를 넘기 위해서는 보다 장기적인 훈련의 적용이 필요할 것이라고 생각된다.

REFERENCES

Aragon-Vargas, L. & Gross, M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences Among individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, *13*(1), 24-44.

Back, H. H. & Sung, B. J. (2004). The Effects of Periodized Training on the Improvement of Isokinetic muscle power and Performance in Sprinters. *Exercise Science*, *13*(4): 513-524.

Banyard, H. G., Nosaka, K., Sato, K. & Haff, G. G. (2017). Validity of various methods for determining velocity, force, and power in the back squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(9), 1170-1176.

Banyard, H. G., Nosaka, K., Vernon, A. D. & Haff, G. G. (2018). The reliability of individualized load-velocity profiles. *Inter-*

national Journal of Sports Physiology and Performance, *13*(6), 763-769.

Clansey, A. & Lees, A. (2010). Changes in lower limb joint range of motion on countermovement vertical jumping. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.

Cronin, J. & Sleivert, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, *35*(3), 213-234.

Galiano, C., Pareja-Blanco, F., Hidalgo de Mora, J. & Sáez de Villarreal, E. (2022). Low-velocity loss induces similar strength gains to moderate-velocity loss during resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *36*(2), 340-345.

Groeber, M., Stafilidis, S. & Baca, A. (2021). The effect of stretch-shortening magnitude and muscle-tendon unit length on performance enhancement in a stretch-shortening cycle. *Scientific Reports*, *11*(1), 1-14.

Guerriero, A., Varalda, C. & Piacentini, M. F. (2018). The role of velocity based training in the strength periodization for modern athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *3*(4), 55.

Haff, G. G. & Triplett, N. T. (Eds.). (2015). *Essentials of strength training and conditioning 4th edition*. Champaign: Human kinetics.

Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A. & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Medicine*, *38*(12), 995-1008.

Hubley, C. L. & Wells, R. O. (1983). A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, *50*, 247-254.

Jung, Y. S. & Son, H. J. (2020). The Relationship between Physical Fitness Factors and Performance in Middle School Male Short Distance Athletes. *The Korean Journal of Sport*, *18*(3), 1229-1236.

Klavora, P. (2000). Vertical-jump tests: A critical review. *Strength & Conditioning Journal*, *22*(5), 70.

Komi, P. V. (2003). Stretch-shortening cycle. *Strength and Power in Sport*, *2*, 184-202.

Murphy, A. J., Lockie, R. G. & Coutts, A. J. (2003). Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, *2*(4), 144.

Nicol, C., Avela, J. & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle. *Sports Medicine*, *36*(11), 977-999.

Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L. & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(4), 512-519.

Pérez-Castilla, A., García-Ramos, A., Padial, P., Morales-Artacho, A. J. & Feriche, B. (2018). Effect of different velocity loss thresholds during a power-oriented resistance training program on the mechanical capacities of lower-body muscles. *Journal of Sports Sciences*, *36*(12), 1331-1339.

Peterson, M. D., Alvar, B. A. & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *20*(4), 867-873.

Ruf, L., Chéry, C. & Taylor, K. L. (2018). Validity and reliability of the load-velocity relationship to predict the one-repetition maximum in deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(3), 681-689.

Shattock, K. & Tee, J. C. (2022). Autoregulation in resistance training: a comparison of subjective versus objective methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *36*(3), 641-648.

Signore, N. (2021). *Velocity-Based Training: How to Apply Science, Technology, and Data to Maximize Performance*. Champaign: Human Kinetics Publishers.

Soslu, R., Özkan, A. & Göktepe, M. (2016). The relationship between anaerobic performances, muscle strength, hamstring/quadriceps ratio, agility, sprint ability and vertical jump in professional basketball players. *Journal of Physical Education & Sports Science/Beden Egitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, *10*(2).

Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T. & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*, *43*(2), 31-49

Wiklander, J. & Lysholm, J. (1987). Simple tests for surveying muscle strength and muscle-stiffness in sportsmen. *International Journal of Sports Medicine*, *8*, 50-54.

Wlodarczyk, M., Adamus, P., Zielinski, J. & Kantanista, A. (2021). Effects of Velocity-Based Training on Strength and Power in Elite Athletes—A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(10), 5257.