KJAB
Korean Journal of Applied Biomechanics 2024; 34(1): 9-17
http://dx.doi.org/10.5103/KJAB.2024.34.1.9
http://e-kjab.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

The Effect of an 8-weeks Velocity-based Training on Strength and Mechanical Power of Professional Athletes

8주간 속도 기반 트레이닝이 전문 운동선수의 근력과 근 파워 능력에 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 : 10 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 is to apply 8-week velocity-based training to domestic professional athletes and the kinematic and kinetic analysis of the 1-RM improvement of back squat and power clean, which can represent strength-power ability, to verify the effectiveness of velocity-based training in Korea and to establish a basic basis.

Method: The subjects who participated in this study were 10 professional athletes from K University (age: 21.40 ± 0.97 yrs., height: 179.90 ± 3.54 cm., body mass: 71.298 ± 2.98 kg). All subjects performed back squat and power clean 1-RM before and after 8-weeks of 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: Both Back squat and Power Clean 1-RM showed statistically significant increases (p<.05). In the case of back squat, there was no statistically significant difference in both kinematic and kinetic variables (p>.05). In the case of Power Clean, only the quadriceps of Phase 1 showed a statistically significant decrease (p<.05).

Conclusion: Domestic professional athletes can improve their strength-power ability through velocity-based training, and such training for at least 8-weeks is considered a way to improve their performance.

Keywords: Velocity-based training, Back squat, Power clean, 1-RM, Strength

INTRODUCTION

현재까지 전문 운동선수들의 운동능력 향상을 위하여 가장 대중적으로 사용되는 웨이트 트레이닝 프로그램은 자신의 최대중량을 기반으로 계획되는 백분율 기반 트레이닝(percentage based training: PBT)이다. 이러한 PBT는 운동 수행자가 1회 최대로 들어 올릴 수 있는 중량(1-repetition maximum: 1-RM)을 정해진 방법에 따라 먼저 측정하고, 운동 시 수행되는 목표중량을 1-RM의 백분율로 설정하여 트레이닝 프로그램이 진행되는 방법이다(Grgic, Lazinica, Schoenfeld & Pedisic, 2020).

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.

PBT는 선수의 훈련 목적에 맞게 다양한 방법으로 수행되는데, 먼저 선수의 근력 향상이 목적인 경우에는 1-RM 85% 이상의 중량으로 1세트에 6회 미만 반복횟수를 실시한다. 또한 선수들의 근 파워 향상을 위해서는 1-RM 75~85%의 중량으로 3~5회 반복하여 실시하며, 근비대 향상이 목적인 경우에는 1-RM 67~85% 사이의 중량으로 1세트 6~12회 반복횟수를 설정하여 수행된다. 마지막으로 근지구력 향상을 목적으로 하는 경우에는 1-RM 67% 이하의 중량으로 1세트 12회 이상 반복횟수를 설정하여 트레이닝이 실시된다(Haff & Triplett, 2015; Weakley et al., 2017). 더불어 PBT의 정확한 목적을 달성하기 위해서는 운동 강도뿐만 아니라 목적에 따른 적절한 휴식간격을 두어 훈련을 진행하는 것이 운동 수행능력 및 경기력 향상에 효과적이라고 보고되고 있다(Hoffman, 2011).

그러나 이러한 장점에도 불구하고 PBT는 많은 연구자들을 통해서 지속적인 단점이 보고되어 왔다. 연구자들은 PBT의 잠재적 단점으로 PBT 수행 시 프로그램의 기본이 되는 1-RM의 비일관성을 지적하고 있다(Jovanović & Flanagan, 2014; Signore, 2021; Halson, 2014; Weakley et al., 2021). 보통 PBT는 훈련시작 전 1-RM을 측정하고 그에 따른 프로그램을 계획하게 되는데, 많은 연구자들은 그들의 연구를 통해 선수들의 1-RM은 컨디션에 따라서 18% 이상 차이가 날 수 있다고 보고하면서, 이러한 변화는 운동 수행에 영향을 주는 개인의 피로도에 심각한 영향을 줄 수 있다고 보고하고 있다(Jovanović & Flanagan 2014; Signore, 2021). 즉, 전문 운동선수들은 일정하지 않은 1-RM에 기반을 둔 백분율 기반 트레이닝을 장기간 수행할 경우 피로가 누적되어 운동 수행능력의 감소 및 상해유발의 증가를 초래할 수 있기 때문에 전문 운동선수들의 장기적인 프로그램을 구성하는 경우 올바른 1-RM (%)을 통하여 목적을 정확하게 설정해야만 운동 수행능력 및 경기력을 향상시킬 수 있다고 보고하고 있다(Halson, 2014; Weakley et al., 2021).

이러한 PBT의 단점을 해결하기 위하여 스포츠 과학자들은 지속적으로 트레이닝 방법을 개발하고 그 중 더 효과적이고 효율적인 방법을 연구하여 이를 입증하려고 노력하고 있으며, 최근 PBT의 단점을 보완한 속도 기반 트레이닝(VBT: velocity based training)이라는 새로운 트레이닝 방법을 소개하고 있다(Campos et al., 2002; Banyard, Nosaka, Vernon & Haff, 2018; Ruf, Chéry & Taylor, 2018). VBT는 바벨이나 신체에 가속도계를 부착하여 단축성 수축 동작의 속도를 평가하는 방법이며, 속도를 통하여 훈련의 강도와 양을 객관적으로 확인할 수 있다(Pareja-Blanco, Sánchez-Medina, Suárez-Arrones & González-Badillo, 2017b; Signore, 2021). 또한 VBT는 PBT에 비하여 더 적은 운동량으로 근력 및 근 파워 변인인 1-RM, 점프 그리고 스프린트 향상에 더욱 효과적이며, 특히 근 파워를 강화하는데 집중해야 하는 전문 운동선수들에게 적합하다고 보고되고 있다(Pareja-Blanco et al., 2017a; Pareja-Blanco et al., 2017b).

구체적으로 PBT의 경우 1-RM의 백분율만을 기반으로 하여 장기적인 훈련을 진행하여 1-RM의 중요성이 절대적인 반면, VBT는 1-RM의 20%, 40%, 60%로 3회 반복한 평균속도, 80%와 90%는 1회 반복한 평균속도와 무게 간의 상관관계를 통하여 트레이닝의 강도가 결정된다는 점에서 PBT에 비하여 1-RM의 비중이 적어진다(Banyard et al., 2018). 이와 같이 VBT는 속도를 통해 신체의 피로도와 신경계 스트레스를 매일 또는 매주 정확하게 관찰할 수 있으며(Galiano, Pareja-Blanco, Hidalgo de Mora & Sáez de Villarreal, 2022), PBT보다 적은 운동량으로 수행되므로 장기적인 운동 프로그램을 부상 없이 성공적으로 완료할 수 있을 뿐만 아니라, 운동 수행능력을 향상시키는데 유용하다고 보고되고 있다(Pareja-Blanco et al., 2017b).

Orange, Metcalfe, Robinson, Applegarth & Liefeith (2019)는 전문 럭비선수 27명을 대상으로 7주간 PBT와 VBT를 비교하여 근력-파워 변수에 미치는 영향을 분석하였는데, VBT가 PBT에 비하여 더 폭발적인 근력 향상을 보였다고 보고하였으며, Dorrell, Smith & Gee (2020)은 2년 이상의 웨이트 트레이닝 경력자 16명을 대상으로 6주간 PBT와 VBT를 비교한 결과 VBT가 PBT에 비하여 운동 수행능력 향상에 긍정적인 효과를 가져왔다고 보고하였다.

이처럼 VBT는 현재 국외에서 근력과 파워 능력을 효과적으로 훈련시키기는 방법으로 검증되며 대중적으로 사용되고 있으나(Baena-Marín et al., 2022; Banyard et al., 2020; Jiménez-Reyes et al., 2021; Rodríguez-Rosell et al., 2020a; Thompson, Rogerson, Dorrell, Ruddock & Barnes, 2020), 현재 국내에서는 전문 운동선수들의 근력-파워에 대한 여러 가지 트레이닝 방법에 관한 연구는 PBT에 한정되어 있는 실정이며, 이를 전문 운동선수들에게 적용한 사례 또한 미비한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 국내 전문 운동선수를 대상으로 8주간 VBT를 적용하고, 근력-파워 능력을 대변할 수 있는 백스쿼트와 파워클린의 1-RM 향상을 운동학 및 운동역학적으로 평가하는데 있다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구의 참여한 대상자는 최근 1년 이내에 외과적 수술 경험이 없고, 근골격계 상해가 발생하지 않은 K 대학교 전문 운동선수 10명(age: 21.40±0.97 yrs., height: 179.90±3.54 cm., body mass: 71.298±2.98 kg)으로 하였다. 본 연구는 K 대학교

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

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%

Note. VL: velocity loss

연구윤리위원회의 승인(승인번호: 20230621-058)을 받은 후 실시하였으며, 연구를 수행하기 전 모든 대상자들은 본 연구의 목적 및 절차에 대한 설명을 충분히 들었으며, 자발적인 참여의사가 있는 연구대상자가 동의서에 서명한 후 실험을 진행하였다.

2. 속도 기반 트레이닝 프로그램

본 연구의 속도 기반 트레이닝은 주 2회로 구성된 프로그램을 적용하였다. 또한, 본 연구의 대상자는 전문 운동선수들로서 기존에 수행하던 운동 프로그램을 유지한 채, 추가적으로 속도 기반 트레이닝을 실시하였다. 운동 프로그램에서 속도는 Weakley et al. (2021)이 제시한 방법으로 각 피험자의 백스쿼트 및 파워클린의 속도를 측정하였으며, 속도 기반 측정기(PUSH BAND 2.0, WHOOP, United States of America)를 어플리케이션과 연동하여 사용하였다. 또한 모든 운동 프로그램은 Signore (2021)이 제시한 '비시즌 후기와 시즌 직전: 스포츠 특이적 파워로 전환'의 파워 트레이닝을 참고하여 개발하였으며, 효과적인 근 파워 향상을 위하여 속도 감소값(VL)은 Guerriero, Varalda & Piacentini (2018)와 Wlodarczyk, Adamus, Zielinski & Kantanista (2021)이 제시한 10%로 설정하였다. 속도 기반 트레이닝 프로그램은 Table 1과 같다.

3. 실험절차 및 방법

실험 일주일 전 보조자 2명 이상을 배치하여 연구대상들의 안전을 확보한 상태로 백스쿼트와 파워클린 1-RM을 측정하였으며, 측정 방법은 National Strength & Conditioning Association (NSCA)에서 제시한 방법을 사용하였다(Haff & Triplett, 2015).

실험 당일 백스쿼트 및 파워클린 1-RM을 분석하기 위하여 적외선카메라 8대와 무선 근전도장비 4채널을 사용하여 3차원 동작분석을 수행하였으며, 이때 자료취득율(sampling rate)은 각각 100 Hz와 1,000 Hz로 설정하였다. 8대의 카메라는 기계적 시간 동조를 통하여 촬영되었으며, 마커 데이터와 근전도 데이터는 Qualisys Track Manager (QTM, Qualisys, Sweden)를 사용하여 시간적 동조를 통해 수집되었다. 실험 전 근육의 활성도를 표준화시키기 위하여 최대 자발적 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction [MVIC])을 측정하였으며, 측정 오류를 줄이기 위하여 피부 표면의 털 및 이물질을 제거한 뒤 알코올로 닦아 소독한 후에 주동측의 대퇴직근, 척추기립근, 대둔근 그리고 대퇴이두근에 표면전극을 부착하였다(Figure 1). MVIC 측정 시, 대상자의 신체를 고정하여 최대 근력을 발휘할 수 있는 자세로 1회 진행하였으며, 측정 후에는 충분하게 휴식을 제공하였다. 백스쿼트와 파워클린 동작이 수행되는 장소는 NLT (non-linear transformation) 방법을 사용하여 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)와 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(Figure 1).

각각의 연구대상자들은 가벼운 무게의 백스쿼트와 파워클린을 통하여 동적 준비 운동을 수행하였으며 이후, 정적 자세(static pose)를 촬영한 뒤 동작 수행에 영향을 줄이기 위해 안쪽의 넙다리뼈관절융기 및 복사뼈의 반사마커를 제거하였다. 이후 사전에 측정된 1-RM의 100%까지 들어올리기 위해 점진적으로 무게를 증가시켰으며, 보조자 2명을 배치하여 안전을 확보하였다. 백스쿼트 및 파워클린의 1-RM을 측정하기 위하여 세트 사이에 5분 이내의 충분한 휴식시간을 제공하여 근피로를 최소화하였다.

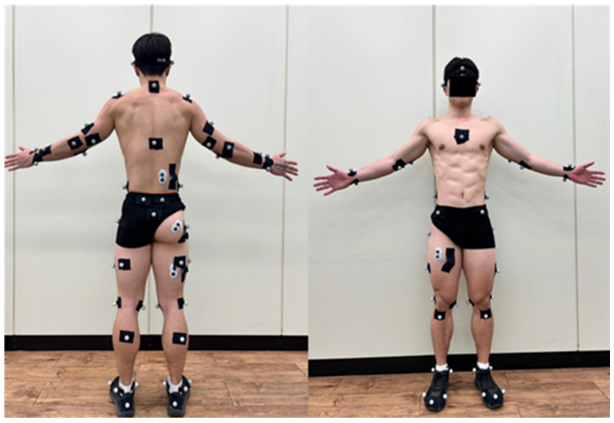

Figure 1. Marker set

4. 자료처리 및 분석

취득한 위치좌표의 원자료는 운동학적 변인 산출 시 발생하는 랜덤오류를 최소화하기 위하여 차단주파수 6 Hz인 2차 저역 통과 필터(butterworth 2nd order low-pass filter)를 사용하여 필터링 하였다. 또한 EMG 자료의 경우 대역 통과 필터(band-pass filter) 차단주파수 20~450 Hz로 처리하였으며, 그 후 RMS (root mean square)를 통하여 변환된 값을 사용하였다. 먼저, 백스쿼트와 파워클린 모두 바벨의 양 끝에 반사마커를 부착하여 3개의 이벤트와 2개의 구간을 설정하여 분석하였다. 먼저 백스쿼트의 경우, event 1은 바벨이 가장 높은 시점, event 2는 바벨이 가장 낮은 시점, event 3은 바벨이 가장 높은 시점으로 설정하였으며 다시, phase 1 (eccentric phase)은 event 1과 event 2 사이로, phase 2 (concentric phase)는 event 2과 event 3 사이의 구간으로 설정하였다. 파워클린의 경우, 바벨이 정지해있는 시점을 event 1, 바벨이 무릎을 통과하여 엉덩관절에 이르는 시점을 event 2, 바벨을 잡아채기 하여 가슴 위에 올라간 시점을 event 3로 설정하였으며, event 1과 event 2 사이의 구간을 phase 1 (pulling phase), event 2과 event 3 사이의 구간을 phase 2 (lock out phase)로 설정하였다.

각 분절의 움직임은 Visual 3D (C-Motion, United States of America) 프로그램을 통해 산출하였으며, 주동측 하지관절의 좌표계에 대한 방향은 x 축은 flexion(+)/extension(–), y 축은 abduction(+)/adduction(–), z 축은 internal rotation(+)/external rotation(–), 그리고 발 분절은 x 축 dorsiflexion(+)/plantar-flexion(–), y 축 eversion(+)/inversion(–), z 축 abduction(+)/adduction(–)으로 설정하였다. 백스쿼트 및 파워클린 1-RM의 강도에서 수행된 동작은 주동측 하지의 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절의 가동범위(range of motion: ROM)를 산출하였다.

또한 근육의 활성도는 사전에 측정된 MVIC의 근활성도 값을 사용하였으며, 다음과 같은 공식을 통해 정규화 되었다.

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

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

5. 통계처리

8주간 속도 기반 트레이닝을 전문 운동선수에게 적용할 경우 나타나는 백스쿼트 및 파워클린 동작의 1-RM과 운동학적 및 운동역학적 변인의 훈련 전후 차이를 검증하기 위해 대응표본 t-검정(paired samples t-test)을 실시하였다. 본 연구에서 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

RESULTS

본 연구는 8주간 속도 기반 트레이닝을 적용이 국내 전문 운동선수들의 근력과 근 파워 능력에 미치는 영향을 규명하기 위해, 훈련 적용에 따른 백스쿼트 및 파워클린 1-RM의 운동학 및 운동역학적 분석을 실시하였다. 본 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 속도 기반 트레이닝 전후 1-RM 기록

속도 기반 트레이닝 전후에 따라 변화하는 백스쿼트와 파워클린 1-RM 기록은 다음 Table 2와 같다. 백스쿼트와 파워클린 1-RM 기록 모두 훈련 전후에 통계적으로 유의하게 증가된 기록이 나타났다(p<.05).

Table 2. Mean ± SD of back squat and power clean 1-RM record (unit: kg)

	Mean ± SD		t	p
	Pre	Post		
BS	123.89±14.31	133.56±14.91	-7.616	**.001***
PC	82.78±11.47	92.78±11.49	-17.000	**.001***

Note. BS: back squat; PC: power clean
*: indicates significant difference from period

2. 속도 기반 트레이닝 전후 하지관절 ROM

속도 기반 트레이닝 전후에 따라 변화하는 백스쿼트와 파워클린 1-RM 수행 시 하지관절의 ROM은 Table 3과 같다. 본 연구 결과, 모든 하지관절의 ROM에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05).

3. 속도 기반 트레이닝 전후 근활성도

속도 기반 트레이닝 전후에 따라 변화하는 백스쿼트와 파

Table 3. Mean ± SD of hip, knee, ankle joint ROM during back squat and power clean 1-RM (unit: deg.)

			Mean ± SD		t	p
			Pre	Post		
BS	Ankle	Phase 1	28.56±3.56	28.60±4.58	-.030	.977
		Phase 2	33.94±7.76	31.92±4.36	1.093	.306
	Knee	Phase 1	96.57±21.41	104.25±12.51	-1.047	.326
		Phase 2	98.04±31.44	109.33±10.08	-1.163	.278
	Hip	Phase 1	94.32±20.98	102.56±12.52	-1.199	.265
		Phase 2	96.03±26.69	103.17±13.06	-.829	.431
PC	Ankle	Phase 1	32.52±14.11	21.28±10.54	2.258	.054
		Phase 2	57.90±7.41	57.35±8.05	.199	.847
	Knee	Phase 1	35.55±15.12	31.24±6.17	.762	.468
		Phase 2	61.35±20.94	73.58±9.29	-2.051	.074
	Hip	Phase 1	52.95±20.92	49.46±14.00	.686	.512
		Phase 2	39.49±12.39	39.14±7.00	.076	.941

Note. BS: back squat; PC: power clean
*: indicates significant difference from period

Table 4. Mean ± SD of muscle activation during back squat and power clean 1-RM (unit: MVIC%)

			Mean ± SD		F	p
			Pre	Post		
BS	BF	Phase 1	54.20±45.20	36.44±29.65	.932	.379
		Phase 2	32.86±15.37	46.71±30.36	-2.248	.055
	ES	Phase 1	54.94±18.64	56.71±15.83	-.175	.865
		Phase 2	80.01±17.03	89.48±26.84	-.980	.356
	GM	Phase 1	25.37±9.10	24.89±10.63	.096	.926
		Phase 2	62.22±19.73	69.83±27.90	-.684	.513
	RF	Phase 1	52.51±22.44	61.61±20.65	-.952	.412
		Phase 2	97.44±27.80	91.15±12.61	.722	.491
PC	BF	Phase 1	41.48±18.77	60.64±29.46	-1.553	.159
		Phase 2	84.93±45.02	90.27±31.89	-2.000	.081

Table 4. Mean ± SD of muscle activation during back squat and power clean 1-RM (Continued) (unit: MVIC%)

			Mean ± SD		*F*	*p*
			Pre	Post		
PC	ES	Phase 1	76.91±27.38	75.00±46.63	.095	.927
		Phase 2	70.05±10.79	77.22±32.46	-.737	.482
	GM	Phase 1	47.45±16.16	47.79±35.07	-.032	.975
		Phase 2	75.03±34.94	68.75±34.56	.427	.681
	RF	Phase 1	29.53±12.14	12.09±10.21	5.772	**.000***
		Phase 2	66.94±48.36	56.10±25.23	-.346	.738

Note. BS: back squat; PC: power clean; BF: biceps femoris, ES: erector spinae, GM: gluteus maximus, RF: rectus femoris
Note. *: indicates significant difference from period

워클린 1-RM 수행 시 주동근과 협력근들의 활성도는 Table 4와 같다. 본 연구 결과, 백스쿼트의 근활성도에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05). 하지만 파워클린의 경우, 대퇴직근의 Phase 1에서 통계적으로 유의하게 감소된 차이가 나타났다(p<.05).

DISCUSSION

1. 백스쿼트(back squat) 1-RM

본 연구에서는 대표적인 하지 운동 중 하나인 백스쿼트의 운동학 및 운동역학적 변인의 변화를 알아보았다. 본 연구 결과, 백스쿼트의 기록은 훈련 전보다 훈련 이후에 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다(p<.05, Table 2). 백스쿼트의 1-RM이 증가하면 더욱 폭발적인 근력을 사용할 수 있게 되어 결국엔 운동 수행능력이 증가한다고 보고되고 있다(Orange et al., 2019). 이는 본 연구와 일치하는 결과로써, 본 연구 결과 백스쿼트 1-RM 기록이 증가되는 것은 속도 기반 트레이닝 수행을 통해 운동 수행능력이 향상될 것으로 판단된다.

본 연구 결과, 백스쿼트의 경우 하지관절의 ROM에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 훈련 전후에 무릎관절 및 엉덩관절의 ROM이 증가하는 경향을 나타내었다(p>.05, Table 3). 백스쿼트 동작 수행 시 하지관절의 ROM 증가는 하지의 근력이 향상되어 운동 수행능력이 향상되었다고 생각된다. Escamilla et al. (2001)와 Fry, Smith & Schilling (2003)의 연구에서는 하지 근육 조직의 약화 또는 제한된 ROM이 성공적인 백스쿼트를 수행하는 데 방해 요소라고 보고하였다. 따라서 근력이 감소하거나 하지관절의 ROM이 제한된 백스쿼트를 수행한다면 잘못된 움직임 패턴과 보상작용이 나타나 부상을 초래할 수 있다고 판단된다(Kim, Kwon, Park, Jeon & Weon, 2015).

특히, 백스쿼트 동작 수행 시 발목관절과 엉덩관절의 ROM 제한이 무릎관절의 ROM을 감소시킨다고 보고되고 있다(Butler, Plisky, Southers, Scoma & Kiesel, 2010). Mauntel et al. (2013)은 발목관절의 배측 굴곡이 제한된 사람들은 스쿼트 동안 배측 굴곡이 제한되지 않은 피험자와 비교할 때 무릎관절의 내측 이동변위가 증가했다고 보고하였다. 또한, 엉덩관절의 굴곡이 감소하면 몸통의 굴곡이 증가되어 요추에 상해가 발생할 수 있다고 보고되고 있다(Kritz, Cronin & Hume, 2009; Schoenfeld, 2010). 하지만 본 연구에서는 이와 반대로 발목관절과 엉덩관절의 ROM이 증가하면서 무릎관절의 ROM이 증가함에 따라 근력의 증가로 운동 수행능력이 향상된 것으로 생각되며, 2차적인 상해 발생 위험 또한 감소한 것으로 생각된다.

본 연구 결과, 백스쿼트의 모든 근활성도는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05, Table 4). 백스쿼트의 1-RM 기록이 증가함에도 불구하고 근활성도의 차이가 나타나지 않은 것은 근육을 빠르게 쓸 수 있는 근 파워의 증가 때문이라고 생각된다. 하지만 신전구간인 phase 2에서 주동근인 대퇴직근의 활성이 감소하는 경향과 협력근인 대둔군, 척추기립근 그리고 대퇴이두근의 근활성도가 증가하는 경향이 나타났다. 때문에 협력근의 근활성도가 증가하는 현상인 보상작용의 원인을 찾고 이를 방지할 수 있는 보조적인 트레이닝을 병행하면서 백스쿼트 1-RM을 증가시키는 것이 상해 예방과 더불어 운동 수행능력을 증가시키는 방법으로 생각된다.

2. 파워클린(Power clean) 1-RM

본 연구에서는 파워클린의 운동학 및 운동역학적 변인의 변화를 알아보았다. 본 연구 결과, 파워클린의 기록은 훈련

전보다 훈련 이후에 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다 (p<.05, Table 2). James, Suchomel, Comfort, Haff & Connick (2022)는 파워클린의 1-RM이 증가하게 되면 더욱 향상된 운동 수행능력을 발휘할 수 있어 이는 경기력을 높일 수 있는 효과적인 방법이라고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과는 파워클린 1-RM 기록의 증가함에 따라 속도 기반 트레이닝을 통해 운동 수행능력이 향상된 것으로 판단된다.

본 연구 결과, 파워클린의 경우 하지관절의 ROM에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>.05, Table 3). Hedrick (2004)의 연구에 따르면 파워클린은 매우 장점이 많은 운동임에도 불구하고 현장에서 전문 운동선수가 제대로 동작을 수행하는 데에는 많은 시간이 소요될 수 있다고 보고하였다. 하지만 본 연구 결과에서는 파워클린 1-RM의 무게가 증가함에도 불구하고 지속적으로 동일한 자세를 유지하였다. 이는 운동 수행능력이 뛰어난 전문 운동선수들을 대상으로 하였기 때문에 일관성 있는 동작을 수행했다고 생각된다.

또한, Rippetoe & Kilgore (2017)은 고중량의 파워클린을 수행할 경우, 바벨을 바닥에서 들어올릴 때 즉, Phase 1에서 중량이 발 끝에 실리게 되면 바벨이 신체와 멀어지게 되며 보상작용으로 증가된 ROM이 나타날 수 있다고 보고하였다. 이와 반대로 본 연구에서는 훈련 전후에 발목관절과 엉덩관절에서 ROM이 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 속도 기반 트레이닝을 통해 파워클린 1-RM 동작의 수행능력을 향상시켰다고 판단된다. 따라서 본 연구 결과를 통해 동일한 자세를 수행할 뿐만 아니라 감소된 엉덩관절과 발목관절의 ROM을 통해 수행된 파워클린 1-RM은 속도 기반 트레이닝을 통해 지속적으로 수행능력과 1-RM 기록이 증가될 수 있다고 생각된다.

본 연구 결과, 파워클린 phase 1의 대퇴직근의 활성도는 훈련 전보다 훈련 이후에 통계적으로 유의한 감소를 나타내었다(p<.05, Table 4). 파워클린은 역도 동작 중 하나로 현장에서는 발목관절, 무릎관절 그리고 엉덩관절의 신전을 훈련하는 동작 중 하나로 보고되고 있다(Suchomel, Wright, Kernozek & Kline, 2014). 파워클린의 1-RM 기록이 증가함에도 불구하고 훈련 전보다 대퇴직근의 근활성도가 유의하게 감소된 이유는 더 적은 힘으로 무거운 무게를 들어올릴 수 있는 근 파워가 증가되었다고 생각되며, 더불어 대퇴직근을 제외한 대둔근, 대퇴이두근 그리고 척추기립근 활성도의 차이가 나타나지 않은 것은 동일한 근력을 통해 증가된 중량을 들었기 때문에 파워클린 1-RM이 향상되었다고 생각된다. 이러한 결과를 통해, 파워클린의 1-RM이 향상됨에 따라 속도 기반 트레이닝을 통해 전문 운동선수들은 운동 수행능력을 향상시킬 수 있을 것이라고 판단된다.

CONCLUSION

본 연구 결과 8주간 속도 기반 트레이닝 수행 시 국내 전문 운동선수들은 근력과 근 파워 능력을 강화할 수 있는 방법이라고 생각되어진다. 또한 선수들이 근력과 근 파워를 강화시키기 위하여 자주 수행되는 백스쿼트를 수행할 경우에는 속도 기반 트레이닝을 통해 하지관절의 ROM을 증가시켜 운동 수행능력을 증가시킬 수 있다. 하지만, 협력근의 근활성도를 감소시킬 수 있는 보조적인 트레이닝을 수행하면서 1-RM을 향상시켜야 부상을 예방할 수 있다고 생각된다. 또한 파워클린의 경우에는 전문 운동선수들이 지속적으로 동일한 동작을 수행하였음에도 1-RM 기록이 향상된 것으로 보아 운동 수행능력이 향상되었다고 생각된다. 또한, 파워클린 동작 수행 시 자신의 최대 중량이 증가함에도 감소된 대퇴직근의 활성도는 8주 간의 훈련을 통해 하지의 근 파워가 강화되었음을 시사한다.

REFERENCES

Baena-Marín, M., Rojas-Jaramillo, A., González-Santamaría, J., Rodríguez-Rosell, D., Petro, J. L., Kreider, R. B. & Bonilla, D. A. (2022). Velocity-based resistance training on 1-rm, jump and sprint performance: a systematic review of clinical trials. *Sports*, *10*(1), 8.

Banyard, H. G., Nosaka, K., Vernon, A. D. & Haff, G. G. (2018). The reliability of individualized load-velocity profiles. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(6), 763-769.

Banyard, H. G., Tufano, J. J., Weakley, J. J., Wu, S., Jukic, I. & Nosaka, K. (2020). Superior changes in jump, sprint, and change-of-direction performance but not maximal strength following 6 weeks of velocity-based training compared with 1-repetition-maximum percentage-based training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *16*(2), 232-242.

Butler, R. J., Plisky, P. J., Southers, C., Scoma, C. & Kiesel, K. B. (2010). Biomechanical analysis of the different classifications of the Functional Movement Screen deep squat test. *Sports Biomechanics*, *9*(4), 270-279.

Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E, Ratamess, N. A, Kiraemer, W. J. & Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, *88*(1), 50-60.

Dorrell, H. F., Smith, M. F. & Gee, T. I. (2020). Comparison of velocity-based and traditional percentage-based loading methods on maximal strength and power adaptations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(1), 46-53.

Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N. A. I. Q. U. A. N., Lander, J. E., Barrentine, S. W., Andrews, J. R. & Moorman III, C. T. (2001). Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *33*(9), 1552-1566.

Fry, A. C., Smith, J. C. & Schilling, B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *17*(4), 629-633.

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.

Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J. & Pedisic, Z. (2020). Test-retest reliability of the one-repetition maximum (1-RM) strength assessment: a systematic review. *Sports Medicine-Open*, *6*(1), 1-16.

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.

Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, *44*(2), 139-147.

Hedrick, A. (2004). Teaching the clean. *Strength & Conditioning Journal*, *26*(4), 70-72.

Hoffman, J. R. (2011). *NSCA's guide to program design*. Champaign: Human Kinetics.

James, L. P., Suchomel, T. J., Comfort, P., Haff, G. G. & Connick, M. J. (2022). Rate of force development adaptations after weightlifting-style training: the influence of power clean ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *36*(6), 1560-1567.

Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Cuadrado-Peñafiel, V., González-Hernández, J. M., Capelo-Ramírez, F., Martínez-Aranda, L. M. & González-Badillo, J. J. (2021). Differences between adjusted vs. non-adjusted loads in velocity-based training: Consequences for strength training control and programming. *PeerJ*, *9*, e10942.

Jovanović, M. & Flanagan, E. P. (2014). Researched applications of velocity-based strength training. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, *22*(2), 58-69.

Kim, S. H., Kwon, O. Y., Park, K. N., Jeon, I. C. & Weon, J. H. (2015). Lower extremity strength and the range of motion in relation to squat depth. *Journal of Human Kinetics*, *45*(1), 59-69.

Kritz, M., Cronin, J. & Hume, P. (2009). The bodyweight squat: A movement screen for the squat pattern. *Strength & Conditioning Journal*, *31*(1), 76-85.

Mauntel, T. C., Begalle, R. L., Cram, T. R., Frank, B. S., Hirth, C. J., Blackburn, T. & Padua, D. A. (2013). The effects of lower extremity muscle activation and passive range of motion on single leg squat performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*(7), 1813-1823.

Orange, S. T., Metcalfe, J. W., Robinson, A., Applegarth, M. J. & Liefeith, A. (2019). Effects of in-season velocity-versus percentage-based training in academy rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(4), 554-561.

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

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L. & González-Badillo, J. J. (2017a). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *27*(7), 724-735.

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.

Rippetoe, M. & Kilgore, L. (2017). *Starting strength*. Texas: The Aasgaard Company.

Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A. G., Ribas-Serna, J. & González-Badillo, J. J. (2020a). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuro-muscular performance and hormonal response. *Applied*

Physiology, Nutrition, and Metabolism, *45*(8), 817-828.

Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(12), 3497-3506.

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

Suchomel, T. J., Wright, G. A., Kernozek, T. W. & Kline, D. E. (2014). Kinetic comparison of the power development between power clean variations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(2), 350-360.

Thompson, S. W., Rogerson, D., Dorrell, H. F., Ruddock, A. & Barnes, A. (2020). The reliability and validity of current technologies for measuring barbell velocity in the free-weight back squat and power clean. *Sports*, *8*(7), 94.

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.

Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Roe, G. A., Darrall-Jones, J., Phibbs, P. J. & Jones, B. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European Journal of Applied Physiology*, *117*(9), 1877-1889.

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.