Effects of Combined Training on Isokinetic Strength of Ankle, Knee, Lumbar and Shoulder in Female Professional Volleyball Players

Jong-Hak Lee¹, Ho-Seong Lee¹, Jae-Chung Ghil^{2*}

¹ Dankook University

² Korea University

Received: October 31, 2018

Accepted: December 18, 2018

Published online: January 31, 2019

Keywords:

Combined Training
Isokinetic Strength
Professional Volleyball Players

ABSTRACT

OBJECTIVES The purpose of this study was to investigate the effects of combined training on isokinetic strength of ankle, knee, lumbar and shoulder in female professional volleyball players.

METHODS Twenty-five female professional volleyball players were divided to combined training group (CTG, n=14) and control group (CON, n=11). Combined training was performed for 70 min/day (warm-up; 15 min, plyometric training; 20 min, core balance training; 20 min, cool-down; 15 min), 2 times a week for 8 weeks. Isokinetic strength for each region measured before and 8 weeks after combined training.

RESULTS In peak torque, right ankle evtor and invertor, left ankle evtor and invertor, right knee extensor and flexor, left knee extensor and flexor, lumbar extensor and flexor, right shoulder internal rotator, left shoulder internal rotator were statistical significant interactions between G, T and G×T, respectively. In peak torque/body weight, right ankle evtor and invertor, left ankle evtor and invertor, right knee extensor and flexor, left knee extensor and flexor, lumbar extensor and flexor, right shoulder external rotator and internal rotator and left shoulder internal rotator were statistical significant interactions between G, T and G×T, respectively. In total work, right ankle evtor and invertor, left ankle invertor, right knee extensor and flexor, left knee flexor, lumbar extensor and flexor, right shoulder external rotator and internal rotator, left shoulder external rotator and internal rotator were statistical significant interactions between G, T and G×T, respectively.

CONCLUSIONS We demonstrated that combined training increases the isokinetic strength of ankle, knee, lumbar and shoulder in professional female volleyball athletes.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

서론

배구는 빠른 전신 반응시간과 강력한 스파이크와 블로킹을 위한 폭발적인 힘이 요구되어 높은 상·하체의 근력, 순발력, 지구력, 유연성 및 유산소성 능력이 고루 요구되는 스포츠이다[1]. 스포츠 현장에서는 배구선수의 경기력 향상과 부상 예방 및 선수의 컨디션을 최상으로

증진시키기 위하여 다양하고 과학적인 훈련방법을 개발하여 왔을 뿐만 아니라 개발된 훈련방법 중에서 가장 효과적이고 목적에 부합한 훈련 결과를 입증하기 위해 많은 노력을 하고 있다.

그 중에서 플라이오메트릭 훈련(plyometric training)은 반복적인 근육의 신장-반사 점프 동작이 많은 구기종목의 대표적인 훈련 방법이며[2-3], 기존에는 점프력을 중심으로 다리의 근육 강화에 초점이 맞춰져 있지만, 최근에는 전신의 복합적인 근력발달을 위

*Correspondence: Jae-Chung Ghil, Korea University, 145, Anam-ro, Seongbuk-gu, Seoul, Republic of Korea; Tel: +82-10-4242-3228; Fax: +02-770-5418; Email: pss3228@korea.kr

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 훈련방법으로 진행되고 있기 때문에 배구 종목에 폭 넓게 적용되고 있다[4]. 또한 배구선수는 스파이크와 서브 동작의 특성 때문에 팔·다리의 각 근력과 근 파워, 허리를 중심으로 팔·다리의 순발력 및 점프 능력이 경기력과 밀접한 관련성이 있다고 보고하였다[5]. 따라서 배구 선수를 대상으로 플라이오메트릭 훈련을 적용하여 팔·다리의 각 근력 등의 등속성근력을 평가할 필요가 있다고 생각된다. 이외 에도 몸통 균형 훈련(core balance training)은 신체의 중심, 즉 엉덩허리근(iliopsoas muscle), 척주세움근(erector spinae muscle), 가시사이근(interspinales muscle), 넓은등근(latissimus dorsi muscle), 가로돌기사이근(intertransversii muscle), 허리네모근(quadratus lumborum muscle), 못갈래근(multifidus muscle), 배근육(abdominal muscle) 및 등허리근막(lumbodorsal fascia) 근육의 움직임을 안정화시키고, Co-activation을 시키면서 척추의 안정성을 유지하는 훈련 방법이다[6]. 또한 몸통 균형 훈련은 주로 불안정한 지면을 이용하여 허리안정화와 균형을 동시에 향상시킬 수 있다는 장점이 있으며, 이는 점프와 착지를 반복하며 높은 동적 균형능력을 필요로 하는 배구선수에게 필요한 훈련이라고 보고하였다[6]. 따라서 배구 선수의 신체의 안정적인 움직임을 위해서는 몸통 균형 훈련을 적용할 필요가 있다고 생각된다.

특히, 배구의 스파이크 동작은 점프 및 착지 시 다리의 근력, 유연성 및 평형성이 요구되며[7], 무릎부터 발목과 허리 및 어깨관절로 연결되는 부위의 근력을 폭발적으로 사용하여 빠른 시간 내에 강한 힘을 필요로 하기 때문에 각 관절의 조정능력 및 등속성근력을 평가 하는 것은 부상예방 및 기능 발달에 도움이 될 것으로 생각된다[8]. 선행연구에 의하면, 배구선수는 점프 및 방향 전환 시 편측 부하 상태로 신체를 지지하게 되는데, 이

때 부족한 다리의 근력은 신체의 움직임에 필요한 동작을 제공하지 못하게 되면서 부상의 위험률이 높아질 수 있다고 하였다[9]. 또한 배구선수는 서브와 스파이크를 수행하는 동안 가속과 감속을 반복하여 어깨관절에 강한 수축력이 발생하기 때문에 충분한 어깨관절의 내·외회전 근력이 필요하다고 보고하였다[10]. 특히, 배구 선수는 스파이크 동작 시 다리와 허리 및 어깨관절의 근력을 연쇄적으로 사용하기 때문에 각 관절을 효율적으로 이용하여 전신의 근력을 폭발적으로 발휘할 필요가 있다고 보고하였다[11]. 따라서 각 관절의 움직임에 따른 근력, 최대근력과 절대근력 및 총 일량 등의 등속성 근력을 상세히 검토할 필요가 있다고 생각된다.

이에 이 연구에서는 플라이오메트릭 훈련과 몸통 균형 훈련의 복합훈련이 발목, 무릎, 허리 및 어깨관절의 등속성근력을 향상시킬 수 있다는 가설을 세우고, 이러한 가설을 검증하기 위하여 실제로 여자 프로배구 선수를 대상으로 8주간의 복합훈련이 각 관절의 등속성근력에 어떠한 영향을 주는지를 밝히고자 하였다.

연구방법

연구대상은 한국배구연맹(Korean Volleyball Federation; KOVA)과 대한배구협회(Korea Volleyball Association; KVA)에 소속된 여자 프로배구 2팀 선수 총 25명을 1개 팀은 복합훈련을 실시한 집단(combined training group; CTG, n = 14) 및 다른 1개 팀은 복합 훈련을 실시하지 않는 집단(control group; CON, n = 11)으로 분류하였다. 모든 피험자에게는 연구의 취지 내용을 충분히 설명한 후에 참가 동의를 얻었으며, 병력, 건강상태, 수술 경력 및 손상이 없는 자로 선정하였다. 연구 대상의 신체적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

group	age (yrs)	height (cm)	weight (kg)	BMI (kg/m ²)	career (yrs)	positions
CTG (14)	22.5±2.74	177.7±7.93	65.9±5.55	18.5±1.26	7.5±1.50	center (3), wing spiker (6), setter (3), libero (2)
CON (11)	23.4±3.56	176.5±6.95	66.9±7.61	18.9±1.76	8.0±2.10	center (2), wing spiker (5), setter (2), libero (2)

means ± SD, CTG: Combined Training Group, CON: Control Group

측정항목

등속성근력은 isokinetic dynamometer (BIODEX system 3 pro, BIODEX, USA) 및 측정 부착물을 활용하여 오른쪽(Rt)과 왼쪽(Lt)의 양측 발목, 무릎, 허리 및 어깨관절의 최대 우력(peak torque), 체중 당 최대값(peak torque % body weight) 및 총 일량(total work)을 BIODEX 사용자 매뉴얼에 근거하여 측정하였다[12-14]. 각 관절의 각속도는 60°/sec에서 3회의 연습을 실시한 후에 4회의 검사를 실시하여 최대값을 채택하였다. 각 관절의 구체적인 측정 방법은 다음과 같다.

발목관절의 등속성근력은 의자를 90°로 회전시켜 등받이를 70°기울인 후 의자 앞 받침대 튜브(receiving tube)에 T-Bar를 포함한 다리 서포트 패드(limb support pad)를 설치하고 넙다리뼈(femur)의 먼쪽 아래에 서포트 패드를 놓고 넙다리뼈를 스트랩으로 고정하여 동력계를 0°로 회전시키고 60-70°기울여 정강뼈(tibia)의 발목 안쪽변짐/가쪽변짐의 측정 부착물을 설치하였다. 이후 정강뼈몸통(tibia shaft)과 동력계의 축이 일치하도록 기기를 조정하였으며, 스트랩으로 발을 고정하여 상체 및 반대 엉덩관절(hip joint)과 넙다리뼈를 고정시켜 외력의 힘이 작용하지 않도록 하였다. 검사 각도는 중립 자세를 기준으로 안쪽변짐 30°및 가쪽변짐 20°로 제한하여 설정하였다. 무릎관절의 등속성근력은 동력계의 축이 피험자의 무릎관절 회전축인 넙다리가쪽관절융기(lateral femoral condyle)에 일치하도록 기기를 조정하였으며, 상체 및 엉덩관절과 넙다리뼈를 고정시켜 외력의 힘이 작용하지 않도록 하였다. 검사 각도는 0°-90°로 제한하여 설정하였고 검사 시 무릎관절 다리의 무게가 무릎관절 최대우력에 영향을 주는 것을 막기 위하여 gravity effect torque를 측정하여 입력하였다. 허리관절의 등속성근력은 동력계의 균형 조정 다이얼을 사용하여 수직 위치에서 허리관절의

패드 굽힘 측정 부착물의 균형을 맞추어 연결하였고 부착물의 시트가 15° 기울어진 상태를 확인하였으며, 허리와 엉치패드, 다리 압박 장치가 분리되어 각각의 홀더에 위치하고 있는지를 확인하였다. 또한 부착물의 고정 축과 척추 수직 축(longitudinal spinal axis)에 일치하도록 측정기기의 의자에 앉아 기기 축과 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spines; ASIS)를 일치시켰으며 넙다리뼈와 평행한 위치에 발판을 배치하여 무릎관절이 15°굽힘 된 Semi-standing 자세에서 측정하였다. 이 때 어깨뼈 롤(scapula roll)을 조정하여 어깨뼈 패드를 어깨뼈에 위치하고 필요한 경우 목뼈 받침을 조정하여 최대한 안정된 상태에서 측정에 임할 수 있도록 하였다. 상체와 엉덩관절 및 넙다리뼈는 스트랩으로 고정시켜 외력의 힘이 작용하지 않도록 하였다. 검사 각도는 20°-100°사이의 범위 이내에서 통증이 없는 75°-80°의 운동범위로 제한하여 설정하였다. 어깨관절의 등속성근력은 의자를 15°회전시키고 동력계를 반대쪽으로 20° 회전시킨 다음 50°기울여 준비하고, 피험자의 팔꿈치 관절은 90° 구부린 상태에서 어깨관절의 측정 부착물에 위치하여 어깨관절이 움직이지 않도록 스트랩으로 고정시켜서 측정을 실시하였다. 검사 각도는 중립 자세를 기준으로 안쪽돌림 45°및 바깥돌림 25°로 제한하여 설정하였다.

배구 훈련

이 연구에 참여한 모든 여자 배구선수의 일상적인 배구 훈련은 프로배구 시즌이 끝난 시점부터 4주간의 충분한 휴식을 취한 후에 1일 90분(준비운동 20분, 본 운동 50분 및 정리운동 20분)의 기본 기술 및 체력 훈련을 주 4회 실시하였고, 주 1회의 연습 경기 훈련(약 40분 정도)을 8주간에 걸쳐서 실시하였으며<Table 2>, 각 팀의 운동 강도 및 훈련 순서는 통제하지 못하였다.

Table 2. Volleyball training.

division	variety	frequency	time
warm-up	stretching, running	5 time/week	20 min
volleyball training	volleyball skill training, team play (spike, toss, pass, serve, receive, etc.)	4 time/week	50 min
cool-down	stretching, running	5 time/week	20 min

Table 3. Combined training.

index	variety	time	training volume
warm-up	stretching & running	15 min	
plyometric training	bilateral jump (without bending knees) for one stair	20 min	1~3 week: 20 rep x 2 set 4~6 week: 25 rep x 2 set 7~8 week: 20 rep x 3 set
	bilateral jump (with bending knees) and as far as possible		1~5 week: 10 rep x 2 set 6~8 week: 10 rep x 3 set
	unilateral jump short and as fast as possible		1~5 week: 10 rep x 3 set 6~8 week: 10 rep x 2 set
	lateral jump over barrier (2 inch)		1~8 week: 10 rep x 2 set
	medicine ball throwing		1~5 week: 1 kg x 8 rep x 3 set 6~8 week: 2 kg x 6 rep x 2 set
	unilateral medicine ball throwing		1~5 week: 1 kg x 4 rep x 3 set 6~8 week: 1 kg x 8 rep x 2 set
			rest : 30 sec between sets and 1 min between training
core balance training	plank (with swiss ball)	20 min	1~3 week: 70 sec x 2 set 4~6 week: 90 sec x 2 set 7~8 week: 110 sec x 2 set
	push up 1 (with swiss ball)		
	push up 2 (with swiss ball)		
	leg raise (with swiss ball)		1~8 week: 10 rep x 2 set
	jack knife (with swiss ball)		
	trampoline jump landing (4 directional)		
cool-down	stretching & running	15 min	

복합훈련

이 연구에서 복합훈련은 플라이오메트릭 훈련과 몸통 균형 훈련(core balance training)으로써, 플라이오메트릭 훈련은 plyometric and ball throwing exercises protocol[15]를 근거로 이 연구에 맞게 수정 및 보완하여 사용하였으며, 주로 다리와 팔의 근력 및 근 파워 향상을 목적으로 적용하였다<Table 3>. 플라이오메트릭 훈련 중 bilateral jump (without bending knees) for one stair 동작은 무릎 펴 상태에서 의자를 밟으면서 양 발로 점프하는 동작이며, bilateral jump (with bending knees) and as far as possible 동작은 무릎의 펴와 굽힘을 사용하여 양 발로 최대한 멀리 점프하는 동작이다.

또한, unilateral jump short and as fast as possible 동작은 한 발로 짧은 거리와 최대한 먼 거리를 반복하는 동작이며, lateral jump over barrier (2 inch) 동작은 2 inch의 미니허들을 이용하여 좌·우 측면으로 허들

을 연속적으로 넘는 동작이다. Medicine ball throwing 은 1~2kg의 메디신볼을 양손을 이용하여 정면으로 던지는 동작이며, unilateral medicine ball throwing 동작은 메디신볼을 한 손으로 이용하여 던지는 동작이다. 몸통 균형 훈련은 배구선수의 몸통 균형 훈련의 선행연구를 근거로 이 연구에 맞게 수정 및 보완하여 몸통 안정성, 고유감각기의 활성화, 유연성의 개선 등 기능성 움직임의 개선과 부상예방을 목적으로 적용하였다[16]. 몸통 균형 훈련 중 plank (with swiss ball) 동작은 팔꿈치를 스위스 볼에 올려놓고 양 발은 바닥에 둔 채 어깨에서 발까지 일직선이 되도록 유지하는 자세이다. Push up 1 (with swiss ball) 동작은 스위스 볼에 발을 올리고 팔꿈치를 구부리면서 상체를 아래로 내리는 동작이며, push up 2 (with swiss ball) 동작은 스위스 볼에 손을 올린 뒤 팔꿈치를 구부려 몸을 내리고, 팔꿈치를 펴면서 머리와 어깨를 들어올리는 동작이다. leg raise

Table 4. Changes in isokinetic strength of ankle before (pre) and after 8 weeks (post) combined exercise.

Index	variety	group	pre	post	F		
peak torque	evertor	RT	CTG	27.21±8.35	30.15±8.06	G	1.105
			CON	24.92±8.32	25.47±7.91	T	15.033*
		LT	CTG	28.70±7.81	30.53±7.74	GxT	7.016**
			CON	28.49±6.21	28.24±4.77	G	0.204
			CTG	28.70±7.81	30.53±7.74	T	3.164
			CON	28.49±6.21	28.24±4.77	GxT	5.538*
	invertor	RT	CTG	27.65±4.87	29.85±5.61	G	1.344
			CON	26.72±6.20	25.43±6.45	T	0.903
		LT	CTG	25.28±7.08	28.82±7.10	GxT	13.320**
			CON	21.22±7.22	21.69±6.74	G	3.972
			CTG	25.28±7.08	28.82±7.10	T	8.848**
			CON	21.22±7.22	21.69±6.74	GxT	5.168*
peak torque % body weight	evertor	RT	CTG	18.85±5.38	21.25±5.65	G	2.026
			CON	16.80±4.99	17.26±4.84	T	17.032***
		LT	CTG	19.954±5.46	21.47±5.28	GxT	7.891*
			CON	19.50±4.07	19.34±3.43	G	0.46
			CTG	19.954±5.46	21.47±5.28	T	5.313*
			CON	19.50±4.07	19.34±3.43	GxT	8.197**
	invertor	RT	CTG	19.19±3.39	21.02±4.29	G	2.217
			CON	18.28±3.99	17.30±3.83	T	1.463
		LT	CTG	17.39±4.29	20.13±4.51	GxT	15.617**
			CON	14.29±3.93	14.56±3.31	G	7.330*
			CTG	17.39±4.29	20.13±4.51	T	10.206**
			CON	14.29±3.93	14.56±3.31	GxT	6.851**
total work	evertor	RT	CTG	60.66±22.33	66.96±17.55	G	0.369
			CON	58.32±20.38	59.20±21.58	T	9.829**
		LT	CTG	67.11±18.18	66.27±14.40	GxT	5.595*
			CON	69.42±17.08	66.87±17.72	G	0.047
			CTG	67.11±18.18	66.27±14.40	T	1.028
			CON	69.42±17.08	66.87±17.72	GxT	0.261
	invertor	RT	CTG	64.57±18.96	69.47±14.93	G	0.631
			CON	63.56±16.84	59.91±14.97	T	0.233
		LT	CTG	58.74±19.95	66.75±21.11	GxT	10.820**
			CON	46.77±15.80	50.84±14.32	G	3.722
			CTG	58.74±19.95	66.75±21.11	T	9.647**
			CON	46.77±15.80	50.84±14.32	GxT	1.030

means ± SD. *p <.05, **p <.01, ***p <.001

(with swiss ball) 동작은 스위스 볼을 허벅지 안쪽으로 위치시킨 뒤 허리가 뜨지 않는 선에서 다리를 위·아래로 내리는 동작이며, jack knife (with swiss ball) 동작은 양 발은 스위스 볼에, 양 팔은 바닥에 위치시킨 후 무릎을 굽혀 스위스 볼을 당기는 동작이다. Trampoline jump landing (4 directional) 동작은 트램폴린 위에서 양 두발로 위·아래·좌·우를 번갈아 가며 점프하는 동작이다. 복합훈련은 1일 70분간, 주 2회를 8주간에 걸쳐 실시하였다. 훈련의 구성은 15분간의 스트레칭과 달리기, 본 운동은 플라이오메트릭 20분 및 몸통 균형 훈련 20분으로 총 40분에 걸쳐서 실시하였으며, 정리운동은 15분간 스트레칭과 달리기를 실시하였다. 세트간 휴식 시간은 30초 및 운동간 휴식시간은 1분으로 설정하였다 <Table 3>.

통계분석

이 연구에서 수집된 모든 자료는 SPSS-WIN Ver 18.0을 이용하여 평균과 표준 편차를 산출하였고, 연구 가설을 통계학적으로 검정하기 위하여 이원 분산분석 (Two-way ANOVA)을 실시하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

결과

발목관절의 등속성근력

발목관절의 등속성근력의 변화는 <Table 4>에 제시하였다. 오른쪽 발목 가쪽변집근의 최대우력은 시기($p=.015$), 집단 및 시기($p=.001$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 발목 가쪽변집근의 최대우력은 집단 및 시기($p=.028$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 발목 안쪽변집근의 최대우력은 집단 및 시기($p=.001$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 발목 안쪽변집근의 최대우력은 시기($p=.007$), 집단 및 시기($p=.033$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 오른쪽 발목 가쪽변집근의 체중 당 최대값은 시기($p=.000$), 집단 및 시기($p=.001$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 발목 가쪽변집근의 체중 당 최대값은 시기($p=.031$), 집단 및 시기($p=.009$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 발목 안쪽변집근의 체중 당 최대값은 집단 및 시

기($p=.001$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 발목 안쪽변집근의 체중 당 최대값은 집단($p=.013$), 시기($p=.004$), 집단 및 시기($p=.016$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 오른쪽 발목 가쪽변집근의 총 일량 (total work)은 시기($p=.005$), 집단 및 시기($p=.027$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 발목 안쪽변집근의 총 일량은 집단 및 시기($p=.003$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 발목 안쪽변집근의 총 일량은 시기($p=.005$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다.

무릎관절의 등속성근력

무릎관절의 등속성근력의 변화는 <Table 5>에 제시하였다. 오른쪽 무릎 폼근의 최대우력은 시기($p=.000$), 집단 및 시기($p=.000$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 무릎 폼근의 최대우력은 시기($p=.006$), 집단 및 시기($p=.006$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 무릎 굽힘근의 최대우력은 시기($p=.008$), 집단 및 시기($p=.002$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 무릎 굽힘근의 최대우력은 시기($p=.000$), 집단 및 시기($p=.021$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 오른쪽 무릎 폼근의 체중 당 최대값은 시기($p=.000$), 집단 및 시기($p=.000$)간에 각각 통계학적으로도 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 무릎 폼근의 체중 당 최대값은 시기($p=.004$), 집단 및 시기($p=.003$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 무릎 굽힘근의 체중 당 최대값은 시기($p=.003$), 집단 및 시기($p=.001$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 무릎 굽힘근의 체중 당 최대값은 시기($p=.000$), 집단 및 시기($p=.005$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 오른쪽 무릎 폼근의 총 일량은 시기($p=.004$), 집단 및 시기($p=.017$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 무릎 굽힘근의 총 일량은 시기($p=.001$), 집단 및 시기($p=.05$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 무릎 굽힘근의 총 일량은 시기($p=.003$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다.

Table 5. Changes in isokinetic strength of knee before (pre) and after 8 weeks (post) combined exercise.

Index	variety	group	pre	post		F
peak torque	extensor	RT	CTG	86.03±16.94	G	0.929
			CON	85.73±15.21	T	38.464***
			GxT	88.07±14.97		19.397***
		LT	CTG	89.29±13.31	G	0.035
			CON	91.58±10.52	T	10.507**
			GxT	91.44±10.57		11.123**
	flexor	RT	CTG	40.29±6.37	G	0.048
			CON	42.74±6.54	T	11.255**
			GxT	42.23±7.23		16.240**
		LT	CTG	42.17±6.64	G	1.023
			CON	46.38±7.84	T	27.113***
			GxT	41.80±7.56		9.825**
peak torque % body weight	extensor	RT	CTG	86.03±16.94	G	0.929
			CON	85.73±15.21	T	38.464***
			GxT	88.07±14.97		19.397***
		LT	CTG	89.29±13.31	G	0.035
			CON	91.58±10.52	T	10.507**
			GxT	91.44±10.57		11.123**
	flexor	RT	CTG	40.29±6.37	G	0.048
			CON	42.74±6.54	T	11.255**
			GxT	42.23±7.23		16.240**
		LT	CTG	42.17±6.64	G	1.023
			CON	46.38±7.84	T	27.113***
			GxT	41.80±7.56		9.825**
total work	extensor	RT	CTG	428.23±152.21	G	0.316
			CON	503.73±126.48	T	10.425**
			GxT	516.22±117.31		6.630*
		LT	CTG	430.77±142.02	G	0.709
			CON	511.15±159.17	T	3.091
			GxT	496.55±90.50		0.992
	flexor	RT	CTG	242.86±68.70	G	1.257
			CON	282.64±58.01	T	13.847**
			GxT	288.64±79.17		4.304*
		LT	CTG	299.94±77.56	G	0.293
			CON	253.85±72.73	T	10.786**
			GxT	272.27±77.61		0.153

means ± SD. *p <.05, **p <.01, ***p <.001

Table 6. Changes in isokinetic strength of lumbar before (pre) and after 8 weeks (post) combined exercise.

Index	group	pre	post	F
peak torque	extensor	CTG	165.3±31.71	G 10.905**
				T 9.565**
		CON	141.87±28.28	GxT 8.917**
	flexor	CTG	97.31±15.49	G 1.595
				T 17.448***
		CON	96.20±24.70	GxT 16.554***
peak torque % body weight	extensor	CTG	114.43±23.11	G 16.717***
				T 10.309**
		CON	95.96±13.22	GxT 9.699**
	flexor	CTG	67.57±9.37	G 2.805
				T 21.573***
		CON	65.61±16.70	GxT 21.246***
total work	extensor	CTG	517.01±85.73	G 2.869
				T 19.375***
		CON	518.05±120.17	GxT 18.513***
	flexor	CTG	302.02±68.01	G 0.038
				T 18.640***
		CON	340.30±112.14	GxT 18.068***

means ± SD. *p < .05, **p < .01, ***p < .001

허리관절의 등속성근력

허리관절의 등속성근력의 변화는 <Table 6>에 제시하였다. 허리 펴는 근육의 최대우력은 집단(p=.003), 시기(p=.005), 집단 및 시기(p=.007)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 허리 굽히는 근육의 최대우력은 시기(p=.000), 집단 및 시기(p=.000)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 허리 펴는 근육의 체중 당 최대값은 집단(p=.000), 시기(p=.004), 집단 및 시기(p=.005)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 허리 굽히는 근육의 체중 당 최대값은 시기(p=.000), 집단 및 시기(p=.000)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 허리 펴는 근육의 총 일량은 시기(p=.000), 집단 및 시기(p=.000)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 허리 굽히는 근육의 총 일량은 시기(p=.000), 집단 및 시기(p=.000)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다.

어깨관절의 등속성근력

어깨관절의 등속성근력의 변화는 <Table 7>에 제시하였다. 오른쪽 어깨 안쪽돌림근의 최대우력은 집단(p=.002), 시기(p=.001), 집단 및 시기(p=.002)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 어깨 안쪽돌림근의 최대우력은 집단(p=.008)간에 통계적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 오른쪽 어깨 바깥돌림근의 체중 당 최대값은 시기(p=.000), 집단 및 시기(p=.001)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 어깨 안쪽돌림근의 체중 당 최대값은 집단(p=.000), 시기(p=.000), 집단 및 시기(p=.000)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 어깨 안쪽돌림근의 체중 당 최대값은 집단(p=.001), 시기(p=.013), 집단 및 시기(p=.025)에 각각 통계적으로 유의한 효과가 나타났다. 오른쪽 어깨 바깥돌림근의 총 일량은 시기(p=.015)간에 통계적으로 유의한 효과가 나타났으며, 왼쪽 어

Table 7. Changes in isokinetic strength of shoulder before (pre) and after 8 weeks (post) combined exercise.

Index	variety	group	pre	post	F
peak torque	extensor	CTG	15.67±2.65	17.23±4.67	G 0.341
		CON	15.50±3.47	15.78±3.72	T 1.82
		GxT			0.877
		CTG	15.33±5.84	16.43±3.02	G 0.604
		CON	14.61±3.89	14.63±4.05	T 0.469
		GxT			0.439
	flexor	CTG	21.22±4.54	28.97±4.28	G 12.926**
		CON	21.61±4.06	21.7±4.40	T 14.609**
		GxT			11.865**
		CTG	26.98±3.71	28.08±3.43	G 8.481**
		CON	21.64±6.17	21.72±5.79	T 3.792
		GxT			2.821
peak torque % body weight	extensor	CTG	10.56±4.21	12.03±3.36	G 0.290
		CON	10.51±2.03	10.69±2.21	T 22.818***
		GxT			13.901**
	flexor	CTG	10.758±2.01	11.47±2.31	G 1.969
		CON	9.84±2.20	9.86±2.33	T 3.037
		GxT			2.604
	flexor	CTG	18.689±3.29	20.18±3.24	G 16.688***
		CON	14.664±2.16	14.69±2.18	T 19.457***
		GxT			18.085***
	flexor	CTG	15.82±2.69	19.57±2.55	G 14.891**
		CON	14.58±3.09	14.65±2.85	T 7.379*
		GxT			5.789*
total work	extensor	CTG	47.38±13.13	51.20±9.66	G 0.173
		CON	51.06±14.28	51.91±14.07	T 6.998*
		GxT			2.848
	flexor	CTG	46.97±8.18	50.49±9.83	G 0.047
		CON	47.51±13.86	47.84±14.77	T 5.789*
		GxT			3.989
	flexor	CTG	96.87±16.94	103.94±13.12	G 9.216**
		CON	80.58±17.09	80.62±16.90	T 5.394*
		GxT			5.284*
	flexor	CTG	96.22±14.16	101.58±13.09	G 7.118*
		CON	79.16±24.36	78.45±20.92	T 1.807
		GxT			3.075

means ± SD. *p <.05, **p <.01, ***p <.001

깨 바깥돌림근의 총 일량은 시기($p=.025$)간에 통계적으로 유의한 효과가 나타났다. 또한, 오른쪽 어깨 안쪽 돌림근의 총 일량은 집단($p=.006$), 시기($p=.03$), 집단 및 시기($p=.032$)간에 각각 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났으며, 왼쪽 어깨 안쪽돌림근의 총 일량은 집단($p=.014$)간에 통계학적으로 유의한 상호작용 효과가 나타났다.

논의

이 연구에서는 복합훈련이 여자 프로배구선수의 발목, 무릎, 허리 및 어깨 관절의 등속성근력에 미치는 영향을 총체적으로 검토한 결과, 8주간의 복합훈련, 즉 팔과 다리 중심의 플라이오메트릭 훈련과 허리 중심의 몸통 균형 훈련이 여자 프로배구선수의 각 관절의 등속성근력을 향상시켰다는 사실을 검증하였다. 따라서 이 연구의 가설이 성립되었다고 할 수 있다.

일반적으로, 등속성근력은 최대 힘을 발휘하여 측정하였을 경우 근 기능을 객관적으로 평가할 수 있으며, 설정된 각속도 별 최대우력과 체중 당 최대값 및 총 일량 등으로 평가할 수 있다[12]. 이 연구에서 최대우력은 하나의 근육군에 대한 전체의 관절가동범위 내에 발휘된 우력 곡선의 가장 높은 지점으로써 절대적 근력을 의미하기 때문에 매우 중요하다고 할 수 있다[12-14]. Wilkerson et al. [17]은 여성 농구선수들을 대상으로 6주간의 플라이오메트릭 훈련을 실시한 결과, 점프 후 착지 동작에서 편심성 감속 시 무릎 관절의 안정성을 강화하는 넵다리뒤근(hamstring)과 넵다리네갈래근(quadriceps)의 비율이 향상되었다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 플라이오메트릭 훈련은 여자 프로배구선수의 상대적 근력, 즉 순간적으로 근육을 이완시키면서 착지 시 중력 가속도에 의해 지면 반작용만큼의 부하를 받아 수축이 일어나는 최대우력이 증가하였다고 생각된다.

이 연구에서 체중 당 최대값은 최대우력을 체중으로 나눈 값으로써, Perrin[18]은 최대우력은 근육의 절대적 근력 혹은 최대근력으로써 총 체중으로 나눌 경우 상대적 평가도 가능하다고 보고하였다. Fillyaw et al. [19]은 최대우력이 연령, 성별, 체중, 각속도와 중력 등에 영향을 받기 때문에 체중 당 최대값과 총 일량의 변화도 함께 검토할 필요가 있다고 보고하였다.

선행연구에 의하면, Kim & Chung [20]은 여자 프로골퍼를 대상으로 12주간의 몸통 균형 훈련을 실시한 결과, 허리 근력이 향상되었다고 보고하였고, Vlatan et al. [21]은 배구선수를 대상으로 6주간의 점프운동만으로 구성된 플라이오메트릭 훈련을 진행한 결과, 다리의 등속성근력과 점프능력이 향상되었다고 보고하였다. 이 연구에서 플라이오메트릭 훈련과 몸통 균형 훈련의 복합훈련은 여자 프로배구선수의 발목, 무릎, 허리 및 어깨 관절 등의 각 관절의 체중 당 최대값이 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 이것은 플라이오메트릭 훈련과 몸통 균형 훈련, 즉 반복적인 신전-반사 및 코어 안정화를 통해 최단시간동안 힘이 발휘되는 근육의 힘 생성률(rate of force production)이 증가하였기 때문일 가능성이 있다고 생각된다[21].

이 연구에서 총 일량은 반복 운동 중에 발휘된 힘의 총량으로써, 관절의 전체가동범위에서 발휘된 근력을 제시하였다[12]. Lee et al. [22]은 20대 젊은 여성을 대상으로 몸통 균형 훈련과 다리 근력운동을 복합한 필라테스 훈련을 8주간에 걸쳐서 실시한 결과, 무릎관절의 총 일량이 증가하였으며, Koh[23]는 남자 고등학교 씨름선수를 대상으로 근력훈련과 플라이오메트릭 훈련의 복합훈련을 12주간에 걸쳐서 실시한 결과, 무릎과 허리 관절의 총 일량이 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 또한 Lee & Lee [24]의 연구에 의하면, 남자 대학생을 대상으로 8주간의 플라이오메트릭 훈련을 실시한 결과, 발목과 무릎관절의 총 일량이 점진적으로 증가하는 경향을 보였다고 보고하였다. 이 연구에서도 복합훈련이 여자 프로배구선수의 각 관절의 총 일량을 증가시켰다는 사실을 확인하였으며, 이러한 증가는 점프훈련과 메디신 볼을 이용한 플라이오메트릭 훈련, 그리고 전신 몸통 강화 운동과 스위스볼을 이용한 몸통 균형 훈련이 주효과로 작용하였을 가능성이 있다고 추측된다. 하지만 이러한 각각의 훈련 효과에 대해서 명확하게 구분할 수 없으며, 총체적인 복합훈련의 효과라고 생각된다.

한편, 배구 경기 중 주된 득점 기술인 스파이크는 순간적인 이동 동작과 높은 점프를 기본으로 수행하기 때문에 다리의 근력이 동작의 효율성과 경기력을 결정한다고 알려져 있다[1]. 이 연구에서 8주간의 복합 훈련을 통해 배구선수의 등속성근력의 변화를 확인하였으며, 그 결과 복합훈련 후 발목 및 무릎관절의 근력이 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. Noh[25]는 남자 대학생 배

구선수들 대상으로 6주간의 복합훈련의 결과, 무릎관절의 최대근력이 증가하였다고 보고하였고, Luebbbers et al. [26]은 플라이오메트릭 훈련을 통해 발목과 무릎관절 및 최대수직점프의 수행능력에 효과가 있다고 보고하였다. 서론에서 언급한 것처럼, 플라이오메트릭 훈련은 근육의 신전-반사를 이용하며 주로 점프 수행력의 증가와 근력 및 근파워를 향상시키는데 사용된다고 알려져 있다[27]. 따라서 이 연구에서 발목과 무릎관절의 등속성근력이 증가한 것은 플라이오메트릭 훈련 프로그램의 구성 중 신전-반사 형태의 점프운동을 수행하는 동안 다리의 근력과 파워가 증가된 결과라고 생각된다. 통상, 배구선수의 허리 근력은 다양한 동작과 연결되어 있으며, 특히 공중에 띄워진 볼을 처리할 때 던지는 팔 앞쪽으로 허리회전과 გადა 펴기 동작을 하게 되고, 이 때 허리의 근력이 부족하면 동작 전개에 필요한 움직임이 적어지게 된다고 보고하였다[28]. 선행연구에 의하면, 몸통 균형 훈련은 복부와 허리관절의 근력강화와 유연성의 효과를 얻을 수 있으며, 몸통의 안정화를 위한 운동 프로그램으로 주로 사용된다고 보고하였다[11]. Lima et al. [29]은 스위스볼을 이용한 5주간의 몸통 균형 훈련이 허리관절의 근력과 신체균형능력을 증가시켜서 몸통 안정성에 긍정적인 영향을 미쳤다고 보고하였고, Han et al. [11]은 남자 고등학생 배구선수들을 대상으로 12주간 몸통 균형 훈련을 실시한 결과, 허리의 펌과 굽힘의 근력이 증가하였다고 하면서, 몸통 균형 훈련이 허리의 최대근력을 증가시키는데 긍정적인 영향을 미쳤다고 보고하였다. 이 연구에서도 특히 몸통 균형 훈련이 여자 프로배구선수의 허리관절의 등속성근력을 향상시켰다는 사실을 확인하였으며, 이러한 근력의 증가는 복합 훈련을 통해 몸통의 안정성이 유지되면서 허리의 펌근과 굽힘근의 근력 향상에 기여하였을 가능성이 있다고 생각된다. 특히, 배구의 스파이크 동작은 어깨의 가속과 감속이 이루어지는 과정으로 어깨관절의 안정성과 근력이 필요하며[12], Song & Hong[30]은 8주간의 몸통 강화 훈련의 결과, 어깨관절의 등속성근력이 향상되었다고 보고하였으며, Ahn et al. [31]은 야구선수들을 대상으로 6주간의 플라이오메트릭 훈련을 진행한 결과, 어깨관절의 내·회전 근력이 증가하였다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서 어깨관절의 등속성근력이 증가한 것은 메디신 볼을 이용한 던지기 동작을 통해 어깨관절의 내회전과 외회전을 반복하는 동안에 어깨관절의 주변 근

육이 강화된 결과라고 생각된다.

결론

이 연구에서는 복합훈련이 여자 프로배구선수의 등속성근력에 미치는 영향을 검토한 결과, 8주간의 복합 훈련은 여자 프로배구선수의 등속성근력을 향상시킨다는 사실을 검증하였다. 향후에는 복합훈련이 여자 프로배구선수의 등속성근력 뿐만 아니라 신체적 특성과 체력 요인을 포함하여 배구 경기력과 상관성을 팀 및 포지션별로 보다 상세히 검토할 필요가 있다고 생각된다.

References

1. Marques MC, Tillaar R, Gabbett TJ, et al. Physical fitness qualities of professional volleyball players: determination of positional differences. *J Strength Cond Res.* 2009; 23(4):1106-1111.
2. Jung HY. Effects of short-term high intensity plyometric training on muscle injury marker and blood oxygen-carrying capacity in high school volleyball players. *Korean Journal of Sports Science.* 2012; 21(3):1151-1161
3. Choi BK, Yoon HK. The effects of weight training and plyometric training on agility and isokinetic muscle strength. *Korean Journal of Sports Science.* 2013; 22(1):915-922.
4. Pereira, A, Costa AM, Santos P, et al. Training strategy of explosive strength in young female volleyball players. *Medicina (Kaunas).* 2015; 51(2):126-131.
5. Vassil K, Bazanov B. The effect of plyometric training program on young volleyball players in their usual training period. *J Hum Sport Exerc.* 2012; 7:35-40.
6. Brill P W, Couzen GS. *The core program.* 1st ed. New York Bantam Book. 2002, 1-231
7. Cho HC, Park SH, Roh DS. The characteristics of leg muscular strength of different angular velocity in amateur boxing athletes with chronic low back pain. *Korean Journal of Sports Science.* 2014; 23(3):1267-1277.
8. Sesto ME, Chourasia AO, Block WF, et al. Mechanical

- and magnetic resonance imaging changes following eccentric or concentric exertions. *Clinical Biomechanics*. 2008; 23(7):961-968.
9. Ahn CS, Kim SS, Lee BK. Isokinetic evaluation of shoulder joint strength in male volleyball players. *Journal of coaching development*. 2006; 8(4):229-235.
10. Kim HD, Choi KH. The isokinetic knee muscle strength and the anaerobic power between women's national volleyball team players and junior national volleyball team players. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2007; 31:1013-102.
11. Han DY, Kin GC, Hyun GS. Effects of specificity core balance training on isokinetic muscular functions in high school male volleyball players. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2011; 46(2):1181-1189.
12. Biodex. Biodex advantage software (v.4x) operation manual. 2004.
13. Biodex. Dual position back ex/flex attachment operation manual. 2004.
14. Biodex. System 3 pro application/operation manual. 2004.
15. Potach DH, Katsavelis D, Karst GM, et al. The effects of a plyometric training program on the latency time of the quadriceps femoris and gastrocnemius short-latency responses. *J Sports Med Phys Fitness*. 2009; 49(1):35-43.
16. Miltner O, Siebert C, Tschaepe R, et al. Muscular trunk stability in professional and amateur volleyball players. *Z Orthop Unfall*. 2010; 148(2):204-209.
17. Wilkerson GB, Colston MA, Short NJ, et al. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. *J Athl Train*. 2004; 39(1):17-23.
18. Perrin DH. Isokinetic and assessment, human kinetic publishers. 1993; 6(1):11-12.
19. Fillyaw M, Bevins T, Fernandez L. Importance of correcting isokinetic peak torque for the effect of gravity when calculating knee flexor to extensor muscle ratios. *Phys Ther*. 1986; 66(1):23-31.
20. Kim GW, Chung JW. Effects of 10-week core rehabilitation training on flexibility, isokinetic muscular strength, driver shot performance, and pain in elite golfers with Lower back pain. *Ksep*. 2009; 18(1):115-124.
- training on flexibility, isokinetic muscular strength, driver shot performance, and pain in elite golfers with Lower back pain. *Ksep*. 2009; 18(1):115-124.
21. Vladan Milić, Dragan Nejić, Radomir Kostić. The effect of plyometric training on the explosive strength of leg muscles of volleyball players. *Physical Education and Sport Vol*. 2008; 6:166-179.
22. Lee NR, Yun SJ, Choi KS. The effect of pilates exercises on isokinetic muscular strength and balance in lower limb's for young aged women. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2016; 17(11):691-700.
23. Koh YG. Study on isokinetic muscle function of the knee & trunk and anaerobic ability on ssireum player in high school students following the resistance training methods and period. Dankook University graduate school. 2014.
24. Lee KI, Lee WY. The effect of plyometric training on the total work of knee and ankle's joint. *The Korean Journal of Physical Education*. 2001; 40(3):859-867.
25. Noh DW. The influence of combined training on volleyball-specific fitness, serves and spikes. Myongji University; graduate school. 2016.
26. Luebbers PE, Potteiger JA, Hulver MW, et al. Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *J Strength Cond Res*. 2003; 17(4):704-709.
27. Lee SI, Jung HE. The effects of plyometric and balance training on the performance of female weight-lifting athletes. *Koen*. 2012; 188-195.
28. Kim KJ, Park JH, Jang JH. Changes of lumbar isokinetic muscular function after 12-week-muscular strengthening program in male middle school soccer players. *Korean Journal of Sports Science*. 2011; 20(4):889-910.
29. Lima LM, Reynolds KL, Winter C, et al. Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J Strength Cond Res*. 2003; 17(4):721-725.
30. Song YK, Hong SM. The Effect of core strengthening on the isokinetic muscular strength in university baseball

- players. Journal of Coaching Development. 2012; 3: 99-105
31. Ahn NY, Jung YH, Kim KJ. Effect of shoulder muscle function of plyometrics training in elite baseball player with low back pain. Journal of Coaching Development. 2015; 17(4):183-189.