

Effects of 12 Weeks Weight Training and Plyometric Training on Body Composition, Physical Fitness and Electronic Hogu Hitting Ability in Taekwondo Sparring Athletes

Ye-Ji Kim¹, Kun-Ho Lee^{2*}

¹Department of Prescription and Rehabilitation of Exercise, Dankook University, Cheonan, Republic of Korea

²Department of Rehabilitation Exercise Science, Doowon University of Technology, Anseong, Republic of Korea

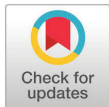
Received: October 17, 2023

Accepted: October 22, 2023

Published online: October 31, 2023

Keywords:

Electronic Hogu
Plyometric Training
Taekwondo
Weight Training



ABSTRACT

OBJECTIVES The purpose of this study is to identify the effects of differences in muscle function training of Taekwondo sparring athletes on body composition, basic physical fitness, isokinetic muscle function, and electronic hogu hitting ability, and to present basic data for a training program for Taekwondo sparring athletes.

METHODS This study randomly sampled 25(M: 20, F: 5) Taekwondo sparring athletes. The sampled subjects were divided into a weight training group (n=8), a plyometric training(plyometric) group (n=8), and a control group (n=9) and trained for 60 minutes, 5 times a week, for 12 weeks. Body composition, basic physical fitness, isokinetic muscle function, and electronic hogu hitting ability were evaluated before and after training. Statistical tests of RM Two-way ANOVA were conducted to verify the interaction between groups and times, main effects of times, and main effects between groups according to 12 weeks of training. Post-hoc was conducted using paired-T test(times) and One-way ANOVA test(groups).

RESULTS Taekwondo sparring athletes showed positive changes in body composition(weight, BMI, Lean body mass, % body fat, WHR), basic physical fitness(muscle endurance, flexibility), isokinetic muscle function(knee endurance, low back strength), and electronic hogu hitting ability(round house kick, Turning back kick, number of hit) after participating in weight training for 12 weeks (All $p < .05$). Additionally, positive changes were observed in flexibility and electronic hogu hitting ability(Turning back kick) after participating in plyometric training for 12 weeks (All $p < .05$).

CONCLUSIONS Weight training for 12 weeks in Taekwondo sparring athletes results in positive changes in body composition, increased flexibility and muscular endurance, increases in knee isokinetic muscular endurance and low back isokinetic strength, and improvement in overall electronic hogu hitting ability. Plyometrics for 12 weeks result in increased flexibility and increased electronic hogu hitting ability for back kick. Weight training shows greater improvement in strength and kick endurance than plyometrics.

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

서론

태권도 겨루기 종목은 2000년 시드니 올림픽부터 정식 종목으로 채택되어 지난 2020년 도쿄올림픽까지 180여개국의 선수들이 참여하며 스포츠로서 발전해왔지만[1], 최근 심판의 주관적인 판정, 오심 등의 심판판정에 대한 문제점이 대두되며 올림픽 종목에서 퇴출될 위기를 맞이하고 있

*Correspondence: Kun-Ho Lee, Department of Rehabilitation Exercise Science, Doowon University of Technology, 51, Gwaneumdang-gil, Juksan-myeon, Anseong-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea; Tel: +82-31-8056-7122, E-mail: ksjudo1@naver.com
ORCID: Kun-Ho Lee <https://orcid.org/0000-0001-8462-7596>



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.

다. 이에 세계태권도연맹에서는 경기규칙을 재정비하고 차등 점수제, 전자기기를 활용, 비디오 판독, 전자호구 제도를 도입하여 공정한 판정을 위한 개혁을 시행하였다[2]. 이 중 전자호구 판정제도는 전자센서 시스템이 호구와 보호구 내에 내장되어 얼굴과 몸통에 일정 강도 이상의 타격이 일어났을 때 득점이 주어지는 전자 채점식 호구이다[3]. 이는 체급별로 득점이 되는 역치의 타격 강도가 다르며 중량급일수록 높은 타격 강도가 요구된다. 또한 정확히 타격이 이루어져야 센서가 인식하는 기계적 특성에 따라 발목 보호대에 부착된 센서가 얼굴 또는 몸통 호구에 위치한 센서에 정확히 타격이 이루어졌을 때 득점을 획득하게 되었다[4]. 이러한 전자호구의 도입은 전자호구 도입 전의 경기보다 낮은 경기당 득점을 보였으며[3], 선수들에게는 전자 채점식 호구에 적응하기 위해 정확하고 강력한 타격을 위한 훈련방법으로의 훈련방향의 변화가 요구되고 있다[1]. 또한 과거의 다양하고 화려하던 전통적인 발차기 기술 보다는 비교적 단순하지만 하지 근력을 통한 정확하고, 강력하게 타격할 수 있는 변칙적인 발차기 기술로의 변화가 이뤄지고 있다[5].

겨루기 경기는 2분 3회전의 간헐적 고강도 경기진행, 상대 움직임에 따른 빈도 높은 방향 전환, 발을 이용한 빠른 발차기 기술 요구 등의 특징에 따라 전통적으로 무산소성 파워, 근력, 근지구력, 민첩성, 평형성, 유연성, 심폐지구력 등의 체력요인이 경기력 결정요인으로 작용하고 있다[6,7]. 발차기 기술은 몸통회전, 고관절 내회전, 무릎의 굴곡·신전 움직임에 의해 일어나고, 각 관절의 운동량 전이가 이루어지며 동작이 완성된다[8]. 몸통의 회전과 함께 이뤄지는 발차기 기술을 주로 구사하는 겨루기 선수들은 하지와 몸통의 근기능(근파워·근력·근지구력), 민첩성, 평형성, 무산소성 파워가 주요한 체력요인인 것으로 보고되고 있다[9-11], 이 중 강력한 발차기 공격을 위한 하지의 근파워[9], 강력한 발차기와 스텝을 유지하기 위한 하지의 근지구력[11], 빠른 방향전환을 위한 민첩성과 협응성[12,13]은 겨루기 선수의 경기력을 결정짓는 주요한 요인으로 알려져 있다. 강력한 발차기는 높은 하지의 근력을 가졌더라도 허리 주변 근력이 약화되어 있다면 발차기 움직임 초기 빠르게 이루어져야 하는 고관절의 굴곡과 회전에 영향을 미쳐 체간의 회전력을 감소시키게 되어, 허리 주위 근력을 비롯한 체간 근육의 강화도 반듯이 요구된다[8,11,14]. 최근 전자채점방식 도입에 따라 역치 이상의 발차기 타격이 요구되어 이전 보다 강력한 하지의 근력이 선수의 경기력과 밀접한 관련이 있을 것으로 선수들과 현장 전문가들은 인식하고 있으며[4,9,15]. 이에

득점에 유효한 발차기 기술구현을 위한 하지의 근기능 향상 훈련프로그램 개발이 요구되고 있다[6,13].

일반적으로 엘리트 운동선수들의 최대 근력 향상을 위한 훈련방법으로 웨이트트레이닝이 적용되고 있다[6,16]. 이는 근수축시 동원되는 운동단위의 증가, 근섬유 크기의 증가, 속근섬유의 증가 등을 통한 최대 수축력 향상과 움직임 제어능력의 향상을 도모하여, 운동 수행력이 향상되는 것으로 알려져 있다[17-20]. 웨이트트레이닝의 강도와 운동량에 따라 최대근력, 근비대, 근지구력의 발달이 달리 나타나게 된다[18,19]. 또한 엘리트 운동선수들에게 요구되는 최대근력 향상을 위해서는 저항훈련 기술의 수행력과 일정수준 이상의 근육량이 확보된 후 최대근력 훈련프로그램의 적용이 이루어져야 훈련 중 부상예방과 훈련효과 극대화를 도모할 수 있게 된다[6,17,21]. 이에 운동선수들의 최대근력 향상을 위한 웨이트트레이닝 프로그램은 일반적으로 12주 이상 지속되는 프로그램이 운영되고 있다[6,11,16,22,23].

또한 엘리트 선수들은 근파워 향상을 위한 훈련방법으로 플라이오메트릭 트레이닝(이하 플라이오메트릭)이 가장 대표적으로 활용되고 있다[24]. 플라이오메트릭은 신전-단축 사이클(stretch-shortening cycle; SSC)를 이용한 훈련방법으로 신장성-사전 스트레치 단계(eccentric/prestretch phase), 전이단계(amortization phase), 단축성 수축단계(concentric shortening phase) 순의 기전을 통해 근육의 가역성을 활용하여 근파워를 극대화하기 위한 훈련방법으로 1950년 러시아 육상코치 베르호샨스키(Verkhoshansky)에 의해 개발되었다. 플라이오메트릭은 주동근의 최대 신장성 사전-스트레치를 통해 탄성에너지를 저장하고, 전이단계를 거친 후 탄성에너지가 직렬 탄성에너지로 방출되며 폭발적인 단축성 수축을 유도하게 된다. 이는 움직임 수행력을 향상시키고 나아가 운동단위 능력(recruitment and synchronization)을 발달시키는 것으로 알려져 있으며, 단순히 근기능의 개선 뿐만이 아닌 중추신경계를 자극하고, 근방추와 골지건기관(GTo) 등의 고유수용감각기의 반응을 이용하여 근신경 기능이 향상되며 선수들의 부상 예방과 민첩성 향상에도 긍정적인 효과를 미치는 것으로 알려져 있다[24,25]. 이와 같이 태권도 겨루기 종목의 판정제도가 전자채점 판정방식으로 변화됨에 따라 득점력 향상을 위한 체력훈련 방식의 변화가 요구되는 실정이다. 과거보다 한층 더 요구되는 근력의 향상을 위한 웨이트트레이닝과 태권도 경기력 결정요인인 근파워와 민첩성 향상 트레이닝의

로 알려진 플라이오메트릭을 태권도 기술훈련과 병행하여 적용하고자 한다.

이에 본 연구는 태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트 트레이닝과 플라이오메트릭이 신체구성, 기초체력, 등속성 근기능, 전자호구 타격능력에 미치는 영향을 규명하여, 태권도 겨루기 선수 훈련프로그램의 기초자료를 제시하고자 한다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구대상은 C도 소재 대학 태권도 겨루기 선수로 수련 경력이 7년 이상 경과된 경험있는 엘리트 태권도 선수 25명(남20, 여 5명)을 대상으로 하였다. 3개월 이내 상·하지의 근골격계 손상, 기타질환 등으로 진단 또는 치료를 받은 대상자는 본 연구의 대상에서 배제하였다. 실험 전 실험 목적, 방법, 내용, 유의사항을 대상자에게 설명한 후 실험 동의서와 일반적 특성 설문지를 자발적으로 작성한 참여자를 연구대상으로 선정하여 진행하였다. 연구 대상은 무선표집 배정에 따라 웨이트트레이닝군(8명/ 남7, 여1), 플라이오메트릭군(8명/ 남6, 여2), 대조군(9명/ 남7, 여2) 으로 분류하여 이 연구에 적용하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 <Table 1>과 같다.

2. 연구방법

1) 신체구성 측정

신장(cm)과 체중(kg)은 자동신장체중계(DS-102, JENIX, Korea)를 이용하여 측정하였고, 신장의 체중을 체중으로 나누어 BMI(Body mass index)를 산출하였다. 체지방률(%), 제지방량(kg)은 체성분분석기(Inbody 770, Biospace, Korea)를 이용하여 측정하였다. 허리와 엉덩이둘레

를 각각 측정하여 엉덩이둘레로 허리둘레를 나누어 허리-엉덩이 둘레비율(Waist-hip ratio; 이하 WHR)을 산출하였다.

2) 체력측정

(1) 기초체력 검사

근력을 평가하기 위해 악력검사(TKK-5401, TAKEI, Japan)를 실시하였으며, 좌우 각각 2회를 측정하고 좌우 각각의 최대값의 평균을 kg단위로 기록하였다[26]. 근지구력을 평가하기 위해 윗몸일으키기 검사(THP2, Nuritec, Korea)를 실시하였으며, 1분 동안 반복한 횟수를 측정하였다. 유연성을 평가하기 위해 좌전굴 검사(TKK-5112, TAKEI, Japan) 를 실시하였으며, 양손을 모아 천천히 앞으로 굽혀 측정기를 밀어내어 3초간 유지된 손끝의 위치를 0.1cm 단위로 기록하였다. 3회 실시한 후 최대값을 기록하였다. 파워를 평가하기 위해 서전트점프 검사(TKK-5406, TAKEI, Japan)를 실시하였으며, 점프한 높이를 1cm 단위로 측정하였다. 3회 실시한 후 최대값을 기록하였다. 민첩성을 평가하기 위해 사이드스텝 검사(SR-500SP, SEEDTECH, Korea)를 실시하였으며, 중앙에서 120cm 거리로 양쪽에 선을 왕복하여 뛰는 동작을 30초간 반복하여 그 횟수를 측정하였다. 심폐지구력을 평가하기 위해 스텝검사를 적용하여 최대 산소섭취량을 산출하였다. 스텝검사는 41cm 높이의 스텝박스(World Sports, Korea)를 남자는 24step/min, 여자 22step/min의 속도로 3분간 운동한 직후 의자에 앉아 회복하며 1분간의 심박수를 측정하여 최대산소섭취량(VO_{2max})을 산출하였다 [VO_{2max} 산출식 : 남자 = $111.33 - (0.42 \times \text{심박수}(bpm))$, 여자 = $65.81 - (0.1847 \times \text{심박수}(bpm))$][27].

(2) 등속성 근기능 검사

등속성 근기능 평가장비(Biodex System 4, BIODEX,

Table 1. Physical characteristic of the subjects.

Variables	Training Type			F	p
	Weight Training (n=8)	Plyometric Training (n=8)	Control Group (n=9)		
Age(years)	19.56±6.73	20.83±0.98	21.20±1.14	.359	.679
Height(cm)	180.89±4.76	176.50±12.60	175.30±7.78	1.141	.338
Weight(kg)	72.56±10.93	68.53±8.95	77.14±12.66	1.133	.340
BMI(kg/m ²)	22.09±2.46	22.03±2.40	23.98±2.84	3.717	.051
%Body fat(%)	15.97±6.66	19.57±8.47	20.77±7.17	1.071	.360
Muscle mass(kg)	34.41±5.30	31.15±6.55	34.72±6.57	.716	.500
Training experience(years)	9.33±1.23	7.67±3.93	10.10±1.91	2.009	.158

BMI: Body mass index

USA)를 이용하여 주축 무릎관절의 굴곡력과 신전력의 단위 체중당 최대우력과 총일량을 측정하였다. 각속도 60°/sec로 5회를 실시한 후 단위체중당 최대우력(%Peak torque/BW)을 측정하여 최대근력을 평가하였고, 180°/sec로 25회를 실시한 후 단위체중당 총일량(%Total Work/BW)을 측정하여 근지구력을 평가하였다[8,17]. 허리관절 또한 굴곡력과 신전력의 단위체중당 최대우력을 측정하였다. 각속도 30°/sec로 5회를 실시한 후 단위체중당 최대우력(%Peak torque/BW)을 측정하여 최대근력을 평가하였다[8,14].

3) 전자호구 타격능력 측정

전자호구 타격능력은 전자호구(KP&P, Korea)를 사용하였는데, 발등에 센서가 부착된 공인 발등 보호대를 착용하고 샌드백 위에 대상자의 신장을 고려한 체간 높이의 전자호구를 장착시켜 측정하였다.

전자호구 최대 타격력을 평가하기 위해 돌려차기, 뒤차기 순서로 오른발과 왼발을 각 3회씩 타격 후 오른발과 왼

발의 각각 타격 최대 강도 값의 평균을 기록하였다.

지구성 타격력을 평가하기 위해 2분 유효타격 검사를 실시하였다. 검사자의 “시작”신호와 함께 양 발을 번갈아가며 돌려차기를 2분 유효 타격횟수를 기록하였다. 타격의 유효강도는 경기 중 활용되는 강도 수준으로 체급마다 다르게 적용하였다. 몸통을 기준으로 남자는 최저인 핀급이 18레벨부터 최고인 헤비급이 27레벨이고, 여자는 핀급이 15레벨부터 헤비급이 22레벨로 체급이 높을수록 더 강력한 타격 유효강도 수준으로 적용하였다[4,8].

4) 훈련프로그램

모든 대상자는 태권도 기술훈련프로그램을 주 5회, 회당 120분간 참여하였고<Table 2>, 무선포집 배정에 따라 집단을 분류하여 웨이트트레이닝군은 최대근력 강화 훈련프로그램에 참여하였고, 플라이오메트릭군은 근파워 강화 훈련프로그램에 각 주 5회, 회당 60분(준비운동과 정리운동 포함)을 12주간 태권도 기술훈련과 병행 실시하였으며

Table 2. Skill training program.

Skill Training Program					
	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
Exercise	Basic kick Taget kick Taget speed kick Step sparring	Taget kick Fast step kick Step sparring Sparring strategy training	Taget kick Running kick 30sec kicking Sparring	Basic kick Speed kick with Body protect Strategy kick with body protect Step sparring	Basic kick Taget speed kick Running kick Step sparring
Intensity	RPE 15~16	RPE 16~17	RPE 17~18	RPE 15~16	RPE 17~18
Time	120min				

Table 3. Physical Training program.

Training Program				
		1-4week	5-8week	9-12week
Weight Training	Exercise	Back squat Leg curl Leg extension Standing calf raise Sit up	Front squat Lunge Dead life Hyper extension Standing calf raise Sit up	Squat(front, back) Dead life Leg extension Leg curl Standing calf raise Sit up
	Intensity	IRM 65~70%	IRM 80%	IRM 85~90%
	Volume	10~15rep, 4sets	8~12rep, 5sets	5~8rep, 5sets
Plyometric Training	Exercise	Rim jump Depth jump Lateral step up Squat jump Split squat jump Sit up and medicine ball toss	Single leg jump Side to side ankle hops Single leg explosive jump Squat jump Split squat jump Sit up and medicine ball toss	Depth jump Double leg step up Lateral step up Split squat jump Squat jump Sit up and medicine ball toss
	Intensity	RPE 12~14	RPE 15~16	RPE 17~18
	Volume	10~15rep, 4sets	10~15rep, 5sets	15~20rep, 5sets

RPE : Rating of Perceived Exertion

〈Table 3〉, 대조군은 태권도 기술훈련 프로그램에만 참여하였다. 웨이트트레이닝과 플라이오메트릭은 4주마다 점증적으로 운동강도와 운동량을 증가하였다.

3. 자료처리

이 연구의 자료처리는 SPSS ver. 21.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였다. 태권도선수의 체력 훈련방법 차이에 따른 효과검증에 앞서 세 집단(웨이트트레이닝군, 플라이오메트릭군, 대조군)의 신체구성, 기초체력 및 등속성 근기능, 전자호구 타격능력의 기술통계를 실시하여 평균과 표준편차를 산출하였다.

집단과 시기 간 종속변인의 평균 차이를 검증하기 위해 반복측정 이원변량분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였고, 집단과 시기의 상호작용, 집단 간의 주 효과, 시기간의 주 효과가 유의할 경우, 시기간의 변화는 대응표본 t검정(paired t-test)을 집단간의 변화는 일원변량분석(one-way ANOVA)과 사페검정법(scheffe)으로 사후검증을 실시하였다. 또한 사전 일원변량분석(one-way ANOVA)에서 유의한 차이를 나타낸 종속변인(악력, 서전트 점프, 무릎 신전 단위체중당 총일량)에 대해서는 공변인으로 설정하여 공분산분석(ANCOVA)을 적용하였다. 모든 분석의 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

연구결과

1. 신체구성 변화

체중($p<.05$), BMI($p<.05$), 체지방률($p<.01$), WHR($p<.01$)에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났으며, 체지방량($p<.05$)은 집단간 주효과, WHR($p<.05$)는 시기간 주효과가 유의하게 나타났다.

집단간 비교에서 훈련 후 웨이트트레이닝군은 플라이오메트릭군 보다 높은 체지방량($p<.05$)을 보였고, 대조군 보다는 낮은 WHR($p<.05$)을 보이며 통계적 유의한 차이를 나타냈다. 시기간 비교에서 웨이트트레이닝군은 체중($p<.01$), BMI($p<.05$), 체지방량($p<.05$), 체지방률($p<.05$), WHR($p<.001$)이 증가하고, 체지방량($p<.05$)이 감소를 보이며, 통계적 유의한 차이를 나타냈다(Table 4).

2. 체력 변화

1) 기초체력 변화

서전트 점프에서 집단과 시기의 상호작용($p<.05$)과 집단간 주효과($p<.05$)가 유의하게 나타났으며, 악력($p<.05$), 윗몸일으키기($p<.05$), 좌전굴($p<.05$), 스텝검사($p<.05$)에서 시기간 주효과가 유의하게 나타났다.

집단간 비교에서 훈련 후 웨이트트레이닝군은 플라이오메트릭군 보다 높은 악력($p<.05$)을 보였고, 대조군 보다

Table 4. Changes in body composition from pre to post training.

Variables	Training Type	Pre	Post	△		F	p
Weight (kg)	WG	76.21±13.02	73.45±13.62	-2.76 ⁺⁺	Group	2.157	.135
	PG	65.50±9.16	65.22±8.99	-0.28			
	CG	74.38±10.67	75.56±11.39	1.18			
BMI (kg/m ²)	WG	23.88±3.88	23.05±3.99	-0.83 ⁺	Group	.563	.576
	PG	22.38±2.38	22.25±2.39	-0.13			
	CG	23.48±2.43	23.84±2.80	0.36			
Lean body mass (kg)	WG	35.61±6.86	36.90±6.71 ^{±a}	1.29 ⁺	Group	4.152	.027 ⁺
	PG	28.20±5.78	28.33±5.85 ^{±a}	0.13			
	CG	34.42±5.65	34.40±5.36	-0.02			
%Body fat (%)	WG	16.03±4.29	13.54±4.40	-2.49 ⁺	Group	2.828	.077
	PG	22.95±7.14	22.31±7.72	-0.64			
	CG	18.50±6.98	19.48±7.65	0.98			
WHR (index)	WG	0.80±0.03	0.77±0.03 ^{±b}	-0.03 ⁺⁺⁺	Group	2.067	.146
	PG	0.80±0.04	0.79±0.05	-0.01			
	CG	0.82±0.05	0.83±0.05 ^{±b}	-0.01			

WG: Weight training group, PG: Plyometric training group, CG: Control group, BMI: Body mass index, WHR: Waist-hip ratio

^{*} $p<.05$, ^{**} $p<.01$: significantly different between main effect or interaction,

⁺ $p<.05$, ⁺⁺ $p<.01$, ⁺⁺⁺ $p<.001$: Significant difference between time(pre-post) in a group,

^a $p<.05$: Significant difference between groups (^a: WG-PG, ^b: WG-CG).

는 높은 서전트 점프($p < .05$)를 보이며 통계적 유의한 차이를 나타냈다. 시기간 비교에서 웨이트트레이닝군은 윗몸일으키기($p < .05$)와 좌전굴($p < .05$)이 증가하고, 플라이오메트릭군은 좌전굴($p < .05$)이 증가했으며, 대조군은 서전트점프($p < .05$)의 감소를 보이며 통계적 유의한 차이를 나타냈다 <Table 5>.

2) 등속성 근기능 변화

(1) 주측 무릎관절 등속성 근기능

① 주측 무릎 관절의 단위체중당 최대우력(60°/sec; %Peak torque / BW)

주측 무릎 신전의 단위체중당 최대우력(%Peak torque / BW)에서 집단과 시기의 상호작용($p < .01$)이 유의하게 나타났다.

집단간 비교에서 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았고, 시기간 비교 역시 무릎 굴곡과 신전의 단위체중당 최대우력에서 웨이트트레이닝군과 플라이오메트릭군이 증가하고, 대조군은 감소하는 경향성을 보였으나 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다.

② 주측 무릎 관절의 단위체중당 총일량 (180°/sec; %Total work / BW)

주측 무릎 굴곡과 신전의 단위체중당 총일량(%Total work / BW)에서 집단과 시기의 상호작용, 시기간 주효과, 집단간 주효과에서 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 시기간 비교에서 웨이트트레이닝군은 무릎 굴곡($p < .05$)의 단위체중당 총일량이 증가를 보이며 통계적 유의한 차이를 나타냈다. 더불어 무릎 신전은 단위체중당 총일량에서 웨이트트레이닝군과 플라이오메트릭군이 증가하고, 대조군은 감소하는 경향성을 보였다.

(2) 허리관절 등속성 근기능

① 허리 관절의 단위체중당 최대우력(30°/sec; %Peak torque / BW)

허리 굴곡의 단위체중당 최대우력(%Peak torque / BW)에서 집단과 시기의 상호작용($p < .05$)이 유의하게 나타났다.

집단간 비교에서 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았고, 시기간 비교에서 웨이트트레이닝군은 허리 굴곡의 단위체중당 최대우력에서 증가를 보이며 통계적 유의한 차이를 나타냈다 <Table 6>.

Table 5. Changes in basic physical fitness from pre to post training.

Variables	Training Type	Pre	Post	△	F	p
Grip strength (kg)	WG	40.59±11.92 ^{3a}	42.25±10.91 ^{3a}	1.66	Group	6.502 .820
	PG	27.96±7.73 ^{3a,4c}	29.90±8.64 ^{3a}	1.94	Time	5.835 .025*
	CG	40.29±6.23 ^{3c}	41.27±5.84	0.98	Group*Time	.239 .820
Sit-up (rep)	WG	48.00±6.14	55.75±7.91	7.75 ⁺	Group	2.865 .074
	PG	41.25±6.59	43.75±8.58	2.5	Time	5.651 .025*
	CG	46.86±8.20	47.29±11.66	0.43	Group*Time	2.190 .131
Side step (rep)	WG	51.00±6.57	55.25±6.16	4.25	Group	1.462 .250
	PG	48.38±9.53	50.25±9.59	1.87	Time	3.876 .059
	CG	53.57±7.90	55.21±5.94	1.64	Group*Time	.388 .682
Sit and reach (mm)	WG	18.81±4.04	21.31±2.48	2.5 ⁺	Group	.394 .678
	PG	21.25±10.49	23.63±7.85	2.38 ⁺	Time	7.122 .013*
	CG	22.79±7.22	22.61±7.43	-0.18	Group*Time	2.678 .087
Sargent jump (cm)	WG	55.88±11.22	59.63±11.76 ^{4b}	3.75	Group	4.412 .029*
	PG	45.75±9.10 ^{4c}	46.00±9.17	0.25	Time	.060 .142
	CG	57.64±6.95 ^{4c}	53.29±8.51 ^{4b}	-4.35 ⁺	Group*Time	4.526 .029*
VO _{2max} (ml/kg/min)	WG	49.68±5.29	48.95±4.44	-0.73	Group	1.544 .232
	PG	46.32±6.67	45.18±5.89	-1.14	Time	4.609 .041*
	CG	50.20±5.40	48.78±5.12	-1.42	Group*Time	.170 .845

WG: Weight training group, PG: Plyometric training group, CG: Control group,
^{*} $p < .05$: significantly different between main effect or interaction,
⁺ $p < .05$: Significant difference between time(pre-post) in a group,
^{a, b, c} $p < .05$: Significant difference between groups (^a: WG-PG, ^b: WG-CG, ^c: PG-CG).

Table 6. Changes in isokinetic muscle strength from pre to post training.

Variables	Training Type	Pre	Post	△	F	p		
Dominant Knee-Isokinetic Strength (60°/sec)	Flex.	WG	126.52±62.47	139.63±62.11	13.11	Group	2.099	.142
		PG	103.57±32.33	112.48±25.05	8.91	Time	1.709	.202
		CG	146.96±32.94	140.72±28.25	-6.24	Group*Time	2.531	.098
	Ext.	WG	262.79±46.69	288.82±45.97	26.03	Group	1.002	.380
		PG	240.79±31.54	259.06±29.49	18.27	Time	.706	.408
		CG	288.83±60.34	262.71±51.68	-26.12	Group*Time	5.601	.009**
Dominant Knee-Isokinetic Endurance (180°/sec)	Flex.	WG	114.36±41.06	134.90±60.99	20.54 [†]	Group	.823	.450
		PG	99.31±25.86	105.60±23.13	6.29	Time	2.535	.123
		CG	115.11±36.81	111.43±27.10	-3.68	Group*Time	2.278	.122
	Ext.	WG	192.11±38.74	203.83±34.87	11.72	Group	2.501	.259
		PG	158.50±27.17 ^{‡c}	171.35±29.03	12.85	Time	.565	.090
		CG	201.43±34.50 ^{‡c}	189.63±47.81	-11.8	Group*Time	2.332	.259
Lower Back-Isokinetic Strength (30°/sec)	Flex.	WG	162.74±54.99	200.76±40.06	38.02 [†]	Group	1.007	.379
		PG	138.75±72.43	145.82±78.84	7.07	Time	3.583	.070
		CG	173.24±59.58	165.87±51.60	-7.37	Group*Time	4.218	.026 [†]
	Ext.	WG	206.98±85.60	224.01±89.85	17.03	Group	1.775	.189
		PG	195.57±85.20	212.86±71.50	17.29	Time	.761	.391
		CG	268.23±84.75	259.47±74.94	-8.76	Group*Time	.918	.412

Flex: Flexion, Ext.: Extension, WG: Weight training group, PG: Plyometric training group, CG: Control group, BW: Body weight
[†]p<.05, ^{**}p<.01: significantly different between main effect or interaction,
[‡]p<.05: Significant difference between time(pre-post) in a group,
^cp<.05: Significant difference between groups (°: PG-CG).

Table 7. Changes in electronic hogu hitting ability from pre to post training.

Variables	Training Type	Pre	Post	△	F	p	
Round house kick (Intensity)	WG	49.37±18.03	61.00±19.54	11.63 [†]	Group	.008	.992
	PG	53.00±16.95	58.38±17.00	5.38	Time	7.345	.012 [†]
	CG	55.64±13.04	56.36±11.99	0.72	Group*Time	2.290	.121
Turning back kick (Intensity)	WG	35.25±23.10	47.50±21.51	12.25 [†]	Group	1.065	.359
	PG	50.50±21.19	60.63±15.52	10.13 [†]	Time	9.100	.006 ^{**}
	CG	41.57±27.34	47.00±21.06	5.43	Group*Time	.503	.610
Number of hits (rep/2min)	WG	156.38±16.32	168.88±19.50a	12.5 [†]	Group	3.293	.052
	PG	133.00±26.26	141.50±24.26a	8.5	Time	7.595	.010 [†]
	CG	152.29±24.71	156.64±18.64	4.35	Group*Time	.656	.527

WG: Weight training group, PG: Plyometric training group, CG: Control group,
[†]p<.05, ^{**}p<.01: significantly different between main effect or interaction,
^ap<.05: Significant difference between time(pre-post) in a group,
[‡]p<.05: Significant difference between groups (°: WG-PG).

3) 전자호구 타격능력 변화

돌려차기 타격력(Power of the round house kick; 이하 Round house kick) (p<.05), 뒤차기 타격력(Power of the turning back kick; 이하 Turning back kick) (p<.01), 타격횟수(Numner of hits) (p<.05)에서 시기간 주효과가 유의하게 나타났다.

집단간 비교에서 훈련 후 웨이트트레이닝군은 플라이오메트릭군 보다 높은 타격횟수를 보였다(p<.05). 시기간 비교에서 역시 웨이트트레이닝군은 돌려차기 타격력(p<.05),

뒤차기 타격력(p<.05), 타격횟수(p<.05)에서 증가를 보였으며, 플라이오메트릭군은 뒤차기 타격력(p<.05)에서 증가를 보이며, 통계적 유의한 차이를 나타냈다<Table 7>.

논의

태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트트레이닝과 플라이오메트릭이 신체구성, 체력, 전자호구 타격능력에 미치는 영향을 검증한 본 연구결과 웨이트트레이닝은 태권도 겨루기

선수의 긍정적 신체구성 변화, 기초체력 향상, 전자호구 타격능력 향상 효과를 보이는 것으로 나타났으며, 플라이오메트릭 보다 제지방량, 근력, 지구성 발차기 타격능력이 향상되는 것으로 나타났다.

신체구성은 12주간의 웨이트트레이닝 후 체중($p < .01$), BMI($p < .05$), 체지방량($p < .05$), WHR($p < .001$)의 감소와 제지방량($p < .05$)의 유의한 증가를 나타냈다. 이는 20대 남성을 대상으로 8주간의 저항운동이 제지방량 증가와 WHR 감소를 나타냈다는 보고[28], 12주간의 웨이트트레이닝이 골격근량 증가와 체지방량 감소를 나타냈다는 보고[29], 13주간 웨이트트레이닝이 근육량 증가와 체지방량 감소를 나타냈다는 보고[30], 20대 여성을 대상으로 12주간의 웨이트트레이닝이 근육량을 증가를 나타냈다는 보고[31], 30대 남성과 여성 각 각을 대상으로 8주간의 저항운동이 체중과 BMI의 감소를 나타냈다는 보고[32]와 일치하는 결과이다. 이와같은 선행연구 결과로 보아 본 연구에서 적용된 주 5회의 웨이트트레이닝 프로그램은 신체활동량을 증가시키며, 긍정적인 신체구성의 변화 효과를 가져온 것으로 사료된다. 플라이오메트릭 역시 웨이트트레이닝과 유사한 긍정적인 신체구성의 변화 경향성을 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 무게 저항을 기반한 웨이트트레이닝이 맨몸운동 기반의 플라이오메트릭에 비해 에너지소비량이 높은 것에서 기인한 것으로 보여진다[33]. 제지방량은 높은 무게 저항을 기반한 웨이트트레이닝에 비해 맨몸으로 신전-단축 사이클로 고유수용감각기의 자극을 활용해 적용하는 플라이오메트릭은 골격근량 증가에 한계를 보이며 두 집단간 통계적 유의한 차이($p < .05$)를 나타냈다[18]. WHR 역시 에너지소비량이 높은 웨이트트레이닝이 대조군에 비해 유의한 차이가 나타난 것으로 사료된다. 나아가 웨이트트레이닝을 통한 체지방량 감소와 제지방량 증가하는 긍정적인 신체구성의 변화는 태권도 겨루기 선수의 경기력 향상에도 영향을 미칠 것으로 사료된다[34].

기초체력은 웨이트트레이닝 적용시 윗몸일으키기 횟수($p < .05$)와 좌전굴 거리($p < .05$)에서 증가를 보였고, 플라이오메트릭은 좌전굴 거리($p < .05$)에 증가만 나타났다. 이는 30대 여성을 대상으로 8주간의 웨이트트레이닝이 윗몸일으키기 횟수 증가가 나타났다는 보고[35], 중년 여성을 대상으로 12주간의 단계적 웨이트트레이닝이 좌전굴 거리 증가가 나타났다는 보고[36], 대학 농구선수를 대상으로 6주간의 플라이오메트릭이 좌전굴 거리 증가를 나타냈다는 보고[37]와 일치하는 결과로, 태권도 겨루기 선수의 12주간의

웨이트트레이닝 또는 플라이오메트릭이 유연성 개선에 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 시사하는 결과이다. 또한 12주간의 웨이트트레이닝은 근지구력 향상 효과가 나타날 수 있음을 시사하였다. 스텝검사를 통해 산출된 최대산소섭취량은 12주간의 웨이트트레이닝 또는 플라이오메트릭에 따른 변화는 없었는데, 이는 여성 유도선수를 대상으로 8주간의 웨이트트레이닝이 최대산소섭취량 증가에 영향을 미치지 않았다는 보고[38], 20대 남성을 대상으로 4주간의 플라이오메트릭이 최대산소섭취량에 영향을 미치지 않았다는 보고 [39] 등과 일치하는 결과이며, 20대 태권도 시범단 선수를 대상으로 8주간의 플라이오메트릭이 최대산소섭취량을 증가하였다는 보고 [40]와는 상반되는 결과이다. 이는 본 연구대상자는 엘리트 태권도 겨루기 선수로 트레이닝 적용 전부터 높은 수준의 심폐체력을 나타내고 있어 12주간의 웨이트트레이닝 또는 플라이오메트릭이 심폐지구력을 향상시킬 수 있는 운동강도 역치에 도달하지 못해 나타난 결과로 사료된다. 또한 근력을 평가하는 요인인 악력, 근파워를 평가하는 요인인 서전트점프, 민첩성을 평가하는 요인인 사이드 스텝에서도 12주간의 웨이트트레이닝 또는 플라이오메트릭 후 향상되는 경향성은 보였으나 통계적인 유의한 차이를 나타내지 않았다. 이는 웨이트트레이닝이 근력[19,32,35,41], 민첩성[42], 근파워[36,41,43,44]의 향상을 도모한다는 보고와 플라이오메트릭이 근파워[37,40,41], 민첩성[37,42], 근력[41]의 향상을 도모한다는 선행연구와 유사한 결과이다. 더불어 12주간의 웨이트트레이닝은 플라이오메트릭 보다 유의하게 높은 악력 수준을 나타냈고, 대조군 보다는 유의하게 높은 서전트점프 능력을 보이며, 태권도 겨루기 선수의 웨이트트레이닝이 근력과 근파워 향상에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다. 이는 Fatouros et al.[41]의 선행연구와 일치하는 결과로 12주간의 웨이트트레이닝과 플라이오메트릭 적용 후 웨이트트레이닝이 플라이오메트릭 보다 높은 근력수준을 나타냈음을 보고하며, 웨이트트레이닝이 근력향상에 효과적 방법임을 제시하였다. 웨이트트레이닝은 전통적으로 근력, 근파워 및 근지구력을 향상을 위해 스포츠 현장에서 활용되고 있는 훈련법으로 근비대와 근력의 유지 및 향상을 도모를 목적으로 하고 있는[18] 반면, 플라이오메트릭은 근육이 짧은 시간 내에 최대한의 힘을 발휘하는 훈련원리로 근파워와 민첩성 향상에 보다 효과적인 것으로 알려져 있어[24], 근파워와 민첩성이 요구되는 태권도 종목의 트레이닝방법으로 권장되어 왔다. 그러나 본 연구결과 태권도 기술훈련과 병행한 웨이트트레이닝은 플라이오메

트릭과 유사한 근파워와 민첩성 향상의 경향성을 나타내며, 동시에 근력은 플라이오메트릭 보다 높은 수준으로 향상되는 것으로 나타났다. 또한 웨이트트레이닝과 플라이오메트릭은 유연성 향상에도 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 20대 여성 운동선수를 대상으로 4주간의 플라이오메트릭이 유연성을 증가하였다는 보고[45], 5주간의 웨이트트레이닝이 고관절 굴곡 및 신전과 뒤넙다리근(hamstring muscle)의 유연성 증가를 나타냈다는 보고[46]와 일치하는 결과로 정적 스트레칭 동일한 트레이닝 효과가 나타나는 것으로 알려져 있다.

등속성 근기능은 12주간의 웨이트트레이닝 후 주축 무릎 굴곡의 등속성 근지구력($p < .05$; Total Work /BW)과 허리 굴곡의 등속성 근력($p < .05$; Peak torque /BW)에서 증가가 나타났다. 이는 태권도 겨루기 선수를 대상으로 12주간의 웨이트트레이닝이 무릎 등속성 근지구력의 증가가 나타났다는 보고[22], 여성 유도선수를 대상으로 8주간의 웨이트트레이닝이 무릎과 허리의 굴곡 등속성 근력 및 근지구력의 증가가 나타났다는 보고[38], 남성 레슬링선수를 대상으로 12주간의 웨이트트레이닝이 무릎과 허리의 굴곡 · 신전 등속성 근력 및 근지구력의 증가가 나타났다는 보고[47] 등과 일치하는 결과이다. 이와같은 무릎 굴곡의 등속성 근지구력 증가는 태권도 겨루기 선수의 경기력 결정 요인인 발차기 기술의 정확성과 피로도 개선에 긍정적 영향을 미칠 것으로 생각되며[9,10,15], 경기 중 발차기의 횟수 증가에도 영향을 미칠 것으로 사료된다[8]. 허리 굴곡의 등속성 근력 증가는 주요 발차기 기술인 돌려차기 수행 시 활성화 되는 배곧은근(Rectus abdominis), 배가로근(Transvers abdominal), 배속빚근(Internal oblique), 배바깥빚근(External oblique)의 수축력을 향상시켜 체간의 안정성을 확보하여 보다 안정적인 발차기 기술을 수행할 것으로 사료된다[8]. 더불어 통계적 유의성은 나타나지 않았으나, 웨이트트레이닝과 플라이오메트릭은 무릎의 굴곡 · 신전 등속성 근력 및 근지구력과 허리의 굴곡 · 신전 등속성 근력에서 향상되는 경향성을 보였고, 대조군은 반대로 감소하는 경향성이 나타났다. 이는 여러 선행연구[8-10,22,23,38,40,42,44,47]와 유사한 결과로 웨이트트레이닝은 근섬유의 수와 크기 증가, 근수축 속도 증가, 속근 섬유 발달, 근신경 활성화 등이 이루어지고[48], 플라이오메트릭은 근육의 탄성력 증가, 신경근 적응 효과 등에 따라 근기능 개선[49]되어 나타난 결과로 사료된다.

전자호구 타격능력은 12주간의 웨이트트레이닝 후 돌려

차기 강도($p < .05$), 뒤차기 강도($p < .05$), 2분 유효타격 횟수($p < .05$)에서 증가를 보였고, 플라이오메트릭은 뒤차기 강도($p < .05$)의 증가를 나타냈다. 발차기 타격력은 센서를 통해 충격량을 측정하는 것으로 센서가 부착된 부위의 정확한 타격과 강력한 충격력이 발차기의 타격강도 수준을 결정짓게 된다. 웨이트트레이닝에 따라 증가된 허리 굴곡력은 체간의 안정성을 향상시켜 보다 정확한 발차기 기술 수행이 가능하여 돌려차기와 뒤차기의 높은 타격강도를 나타냈을 것으로 생각되며, 더불어 무릎 굴곡의 근지구력 증가로 2분간 유효타격 횟수의 증가가 나타났을 것으로 사료된다[8-10,15]. 플라이오메트릭은 하지의 유연성 증가와 더불어 체간 근육의 활성화 증가[24]에 따라 회전과 함께 수행하는 뒤차기 기술 수행의 정확도가 향상됨에 따라 높은 타격강도를 나타낸 것으로 사료된다. 2분 유효타격 횟수는 플라이오메트릭 또한 웨이트트레이닝과 유사하게 유효타격 횟수의 증가를 보였으나, 증가 폭의 미미함에 따라 집단간 유의한 차이를 나타냈다. 이는 무릎 굴곡의 등속성 근지구력 향상의 차이에서 기인한 것으로 판단된다.

결론

태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트트레이닝과 플라이오메트릭이 신체구성, 기초체력, 등속성 근기능, 전자호구 타격능력에 미치는 영향을 검증하여 태권도 겨루기 선수의 훈련프로그램 기초자료를 제공하기 위한 목적으로 수행된 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트트레이닝은 체중 · BMI · 체지방율 · WHR의 감소와 제지방량의 증가에 효과적이며, 플라이오메트릭 보다 웨이트트레이닝이 제지방량 증가에 효과적일 것이다.

둘째, 태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트트레이닝은 유연성과 근지구력의 증가시키며, 플라이오메트릭 보다 근력 증가에 효과적일 것이다. 더불어 12주간의 플라이오메트릭 역시 유연성 증가 효과가 있을 것이다.

셋째, 태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트트레이닝은 주축 무릎 굴곡의 등속성 근지구력과 허리 굴곡의 등속성 근력 증가가 효과가 있을 것이다.

넷째, 태권도 겨루기 선수의 12주간 웨이트트레이닝은 돌려차기 최대 타격력 · 뒤차기 최대 타격력 · 지구성 타격력의 증가가 나타날 것이며, 플라이오메트릭 보다 높은 지구성 타격력 증가 수준을 보일 것이다. 더불어 12주간의 플

라이오메트릭 역시 뒤차기 타격강도가 증가할 것이다.

다섯째, 웨이트트레이닝은 플라이오메트릭에 보다 근력과 지구성 타격력 향상에 효과적일 것이다.

이상의 결론으로 보아 태권도 겨루기 선수의 훈련프로그램 설계 시 태권도 기술훈련과 병행한 웨이트트레이닝 적용이 신체구성 개선, 체력 및 타격능력 향상에 긍정적 효과를 미칠 것으로 보여진다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Fong SS, Ng GY. Does Taekwondo training improve physical fitness?. *Phys Ther Sport*. 2011; 12(2):100-6.
- Xing H, Ahn Y. Scientific Systematization of Taekwondo Competition and Developmental Direction for International Tournaments. *Sport Sci*. 2014; 31(2):25-33.
- Yang D, Park K. Scoring/demerit analysis of along with the introduction of electronic protective gear of the Taekwondo games. *Korean J Sport Sci*. 2009; 18(4):273-80.
- Ki J, Jeong D, Lee H. Research on Impact Sensors for Developing the Electronic Body Protector of Taekwondo. *JKAIS*. 2019; 20(4):648-55.
- Kim S, Lee A. Status of Taekwondo competition. *J Martial Arts*. 2020; 14(2):23-38.
- Yoon J, Park J. The muscular power training program development for a Taekwondo condition power improvement. *Korean J Sport Sci*. 2007; 16(4):817-27.
- Lee E. A Study on the Determinate Factor of Performance in Taekwondo Competitor taekwondo, performance, determinate factor. *JKSPE*. 2003; 8(3):207-16.
- Jung H, Choi D, Kim B, Lee S, Kim J, Jung J. A Study on the Effect of Performance of Kicks in Taekwondo on Isokinetic Muscle Functions and Anaerobic Power. *J Coach Dev*. 2012; 14(2):39-49.
- Choi K. Effect of Different Set Composition during Resistance Training on Isokinetic Muscular Functions and Cross-Sectional Area of Quadriceps Muscle in Taekwondo Athletes. *J Wellness*. 2015; 10(2):221-9.
- Kim W, Jeon M. A study on the isokinetic muscle strength and muscle endurance of male high school Taekwondo athletes. *Korean J Phys Edu*. 2006; 45(5):381-8.
- Yoon O, Lee G, Cho W. A Study on Effects of 12-Week Training Program on Physical Fitness and Isokinetic Strength in High School Taekwondo Players This study. *Korean J Sport*. 2011; 9(3):167-77.
- Kim D, Ji Y. Comparison of Body Composition, Physical Fitness and Aerobic, Anaerobic Fitness According to Competition Level in Taekwondo Players. *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*. 2009; 11(2):305-16.
- Kwon T, Cho H. A Study on the Way of Training for physical fitness for players of Tae Kwon Do Demonstration and Gyurugi(Competition). *Korean J Sport Sci*. 2017; 26(4):1217-25.
- Kim H, Lee S. The Effects on the Motor Variants of the Lower Limbs by the Contraction of the Waist Extensor Muscle in Taking a Spin-kick Move of Taekwon. *J Sport Leis Stud*. 2010; 41(2):763-76.
- Kim C, Choi Y, Hwang S. The Determinants of Taekwondo Athlete Performance: A 2022 National Athletes Perspective. *J Martial Arts*. 2022; 16(2):181-210.
- Kim K, Lee S. The Effects of 12 Weeks Specific Combined Training on Basic and Precise Physical Fitness in National Boxing Players. *Korean J Sport Sci*. 2012; 23(4):973-82.
- Carroll TJ, Riek S, Carson RG. Neural adaptations to resistance training. *Sport Med*. 2001; 31(12):829-40.
- Lasevicius T, Ugrinowitsch C, Schoenfeld BJ, et al. Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *Eur J Sport Sci*. 2018; 18(6):772-80.
- Grgic J, Schoenfeld BJ, Davies TB, Lazinica B, Krieger JW, Pedisic Z. Effect of resistance training frequency on gains in muscular strength: a systematic review and meta-analysis. *Sport Med*. 2018; 48(5):1207-20.
- Jaric S. Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2003; 31(1):8-12.
- Shaw I, Shaw B, Brown G, Shariat A. Review of the role of resistance training and musculoskeletal injury preven-

- tion and rehabilitation. *Gavin J Orthop Res Ther*. 2016; 1:1-5.
22. Park B, Joo. The Effects of Difference of Training Method of Taekwondo athlete on Lower-Limb Muscle functional. *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*. 2011; 13(1):171-85.
23. Kim K, Choi J, Son J. The Effect of 12-month Periodization Training on Isokinetic Maximum Muscle Strength and Muscle Ratio in Elite Alpine Snowboarders: A Case Study by Individual. *Korean J Sport*. 2020; 18(3):1339-50.
24. Davies G, Riemann BL, Manske R. Current concepts of plyometric exercise. *Int J Sport Phys Ther*. 2015; 10(6):760.
25. Verkhoshansky N. Shock Methods And Plyometrics: Updates And In-Depth Examination. *CVASPS*. 2012:12-44.
26. Ratames N. *ACSM's foundations of strength training and conditioning*. Lippincott Williams & Wilkins, 2021.
27. McARDLE W. *Nutrition and Energy Transfer*. McARDLE, WD et al, 2nd ed *Essentials of Exercise Physiology, USA*: Lippincott Williams and Wilkins, 2000, p 199.
28. Kim C, Lee J. The Effects of Long-Term Aerobic and Resistance Exercise on Body Composition, Blood Metabolic variables. *Korean J Sport Sci*. 2017; 26(1):1075-85.
29. Cho W, Jeon Y. The Effects of Dietary Supplementation of Protein Supplementation and Resistance Exercise on Body Composition and Liver Function. *Korean J Sport Sci*. 2017; 26(2):991-1003.
30. Kim S. Effects of Weight Training on Body Composition, Growth Hormone, Testosterone and Homocysteine in Male College Students. *Asian J Phys Edu Sport Sci*. 2020; 8(1):1-11.
31. Roh S. The Effects of Aerobic Combined with Resistance exercise on the Body Composition, Pulmonary Function, Blood Lipids of women of twenties. *Korean J Sport Sci*. 2006; 15(3):615-23.
32. Lee H. Changes in Physical Characteristics and 1 RM Muscle Strength Following 8 Weeks of Resistance Training in Trained and Untrained Subjects. *Korean J Sport Sci*. 2022; 31(4):717-27.
33. Song J, Kim D. Development of Equation for Resistance Exercise of Total Energy Expenditure(TEE). *J Wellness*. 2020; 15(2):597-607.
34. Houtkooper LB. Assessment of body composition in youths and relationship to sport. *Int J Sport Nutr Exe*. 1996; 6(2):146-64.
35. Kim G. Influence of Weight Training and Circuit Training Program Participation on Body Composition and Physical Fitness Variation of body comp. *J Sport Leis Stud*. 2002; 17:137-44.
36. Kim S, Yang C, Han S. Influences on Health-Related Physical Fitness and Body Composition by Gradational Weight training in Middle-Aged Women. *J Coach Dev*. 2005; 7(4):235-44.
37. Park S, Nho H, Ha S. Influence of circuit plyometric training for physical performances in collegiate elite basketball players. *Korean J Sport Sci*. 2012; 21(5):1107-17.
38. Choi D, Yeom D, Cho M, Cho J. Effects of resistance training method on body composition, isokinetic strength and endurance, cardiopulmonary function, anaerobic power. *Korean J Sport Sci*. 2019; 30(1):178-88.
39. Honh G, Park J, Han J, et al. Effects of Pilates and Plyometric Training on Cardiopulmonary Function and Lower Extremity Muscle Strength for Male Smoking College Students in Their 20s. *J Neurothe*. 2022; 26(3): 63-70.
40. Hwang W, Park K, Kang S. Effect of Plyometric Training on Anaerobic Power and Isokinetic Muscular Function in Taekwondo Demonstration Players. *Korean J Sport Sci*. 2020; 29(2):1321-31.
41. Fatouros IG, Jamurtas AZ, Leontini D, et al. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res*. 2000; 14(4):470-6.
42. Choi B, Yoon H. The Effects of Weight Training and Plyometric Training on Agility and Isokinetic Muscle Strength. *Korean J Sport Sci*. 2013; 22(1):915-22.
43. Moon E, Kim D, Lee S. The effect of weight training program on the power factors of female gymnasts. *JKSSPE*. 2019; 24(3):155-65.
44. Yeon B. Effects of Weight Training on Power and Isokinetic Function in University Taekwondo Players . *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*. 2016; 18(4):91-100.

45. Da silva, Vinícius Fonseca Neves, et al. Effects of short-term plyometric training on physical fitness parameters in female futsal athletes. *J Phys Ther Sci.* 2017; 29(5): 783-8.
46. Morton, Sam K., et al. Resistance training vs. static stretching: effects on flexibility and strength. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(12): 3391-8.
47. HwangB, Bang H, Lee S. The Effect of Different Rest Duration Between Sets During Weight Training on Isokinetic Muscular Function and Anaerobic Power in Wrestl. *Korean J Convergen Sci.* 2020; 9(1):286-301.
48. Wallace BJ, Bergstrom HC, Butterfield TA. Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy. *Int J Sport Sci Coach.* 2018; 13(6):1177-88.
49. Wilk KE, Voight ML, Keirns MA, Gambetta V, Andrews JR, Dillman CJ. Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *J Orthop Sport Phys.* 1993; 17(5):225-39.