



탄성밴드를 활용한 플라이오메트릭 트레이닝이 펜싱 플뢰레 선수의 체력 및 등속성근기능에 미치는 영향

김병수¹ PhD, 이진석² PhD

¹대한펜싱협회, ²대구교육대학교 체육교육과

The Effects of Plyometric Training with Elastic Band on Physical Fitness and Isokinetic Function in Fencing Foil Athletes

Byung-Su Kim¹ PhD, Jin-Seok Lee² PhD

¹Korean Fencing Federation, Seoul; ²Department of Physical Education, Daegu National University of Education, Daegu, Korea

PURPOSE: This study aimed to investigate the effects of plyometric training (PT) with elastic bands on the physical fitness and isokinetic function in fencing foil athletes.

METHODS: The study participants were 16 male and female foil fencers aged 20–35 who were selected as the national team in 2019 and classified into the PT with band (PTB) group (n=8) and PT group (n=8). The participants performed PT according to their elastic band status three times a week for four weeks. Both groups participated in the measurement of physical fitness and isokinetic function factors of the knee joint after 0 and 4 weeks.

RESULTS: Hand grip strength decreased significantly after 4 weeks versus 0 week in both groups (respectively, $p < .05$), and the change-step jump increased significantly after 4 weeks compared with 0 week in both groups (respectively, $p < .05$). The number of front and back steps increased more significantly after 4 weeks in the PT group than in the PTB group ($p < .05$). The right flexor strength of the knee joint increased significantly after 4 weeks compared to that at 0 week in both groups (respectively, $p < .05$).

CONCLUSIONS: Regardless of the use of elastic bands, the fencing-specific PT program improved agility factor and isokinetic function of knee joint.

Key words: Fencing, Plyometric training, Elastic band, Physical fitness, Isokinetic function

서론

1.8-2 m 폭과 14 m 길이의 피스트 위에서 도복과 마스크를 착용하고 칼을 겨누며, 승패를 결정하는 펜싱은 플뢰레(Foil or Fleuret), 에페(Epee), 사브르(Sabre) 종목으로 구분된다[1]. 그중 플뢰레 종목은 550 g 이하, 110 cm 이하의 검을 사용하고 찌르기 기술과 상대의 몸통 부분

만을 신체 유효 타격면으로 인정한다. 플뢰레 종목은 1896년 아테네 올림픽에서 남자 플뢰레 개인전과 남자 마스터 플뢰레로 구분하여 남자 사브르 개인전과 함께 공식 종목으로 채택되며, 현재까지 이어져 오고 있는 역사가 길고 깊은 종목이다[2,3].

최대 및 최대하 움직임을 지속적으로 반복하는 펜싱 경기에서 우수한 경기력을 발휘하기 위해서는 최대 힘을 폭발적으로 발휘해야 하는

Corresponding author: Jin-Seok Lee **Tel** +82-53-620-1368 **Fax** +82-53-620-1526 **E-mail** js0420@dnue.ac.kr

*이 논문은 이진석(2019)의 한국스포츠정책과학원 연구보고서 중 일부를 발췌하여 수정·보완함.

Keywords 펜싱, 플라이오메트릭 트레이닝, 탄성밴드, 체력, 등속성근기능

Received 16 Jan 2023 **Revised** 7 Feb 2023 **Accepted** 7 Feb 2023

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

종목 특성에 따라 순발력, 민첩성, 근력과 더불어 무산소성 파워가 중요하다[4-8]. 또한, 상대의 검으로부터 몸을 방어하는 것뿐만 아니라 정확한 기회의 포착 및 기술의 시도가 중요한 탓에, 빠른 상황판단에 따른 반응시간과 함께 시각-운동 협응 능력도 승패에 결정적인 영향을 미칠 수 있다[9,10]. 선행연구에서는 펜싱 경기에서 동적 풋워크(foot work)와 파워풀하고 폭발적인 런지 동작, 빠르고 적절한 반응 및 이동 시간이 중요하다고 하였다[11]. 펜싱 경기는 직선의 피스트 위에서 전진과 후진만 가능하고 신체 중심을 한쪽으로 두면서 불균형한 상태의 기술 동작이 빈번하다[12]. 이러한 이유로 펜싱 경기에서 팡트의 기술 구사가 빈번한데 팡트는 런지와 유사한 자세를 취하며, 상지를 앞으로 뻗어 상대방을 공격하는 기술로, 상대로부터 득점을 얻기 위한 기본 공격 동작이면서 득점 획득의 유효성이 높은 공격 동작의 하나로 알려져 있다[13]. 팡트 동작에 관련한 선행연구에서는 팡트 동작 시 검의 공격 부위가 높을수록 신체 중심이 불안정해진다고 보고하였고[14] 다른 선행연구에서는 여자 플뢰레 선수의 마르쉬 팡트 시 균등하게 양다리의 무게 중심을 배분하고 신체 중심을 낮게 수평 방향, 즉, 수평적 움직임을 유지하는 것이 바람직하다고 시사한 바 있다[15]. 또 다른 선행연구에서는 펜싱 경기력 향상을 위해 파워 발현과 함께 다리로부터 생성된 힘을 빠르게 팔로 확장하도록 가능한 트레이닝의 필요성을 시사한 바 있는데 그 과정에 수평적 움직임을 유지 및 강화하는 것도 중요하게 고려되어야 할 것이다[16,17]. 이렇듯, 펜싱 종목에서 민순발력 및 민첩성은 경기력 향상을 위해 필연적으로 갖춰야 할 체력 요인이며, 효과적인 공격 및 방어 기술을 구사하기 위해 팡트 시 낮은 신체 중심과 수평적 움직임을 유지하면서 순발력과 민첩성을 강화할 트레이닝 방법이 필요할 것으로 생각된다.

다수의 선행연구에서는 플라이오메트릭 트레이닝이 민첩성, 순발력과 함께 근력, 근파워, 점프수행능력, 관절 안정성 향상에 효과적이라고 보고하고 있다[18-21]. 플라이오메트릭 트레이닝은 신장-단축 사이클(stretch-shortening cycle, SSC) 원리, 즉, 점프나 홉(hop)과 같은 동작 시 신전국면에서 근육이 사전-신전(pre-stretch) 되었다가 뒤이어 단축성 수축을 할 때 반사적으로 강하게 수축하는 원리로, 근신경계 활성을 극대화하는 트레이닝 방법이다[22,23]. 플라이오메트릭 트레이닝은 점프에 이은 착지 시 하지 근육의 예비 긴장에 의해 하지 근육을 더욱 활성화하여 재도약 시 힘 발휘 속도를 증가할 수 있을 뿐만 아니라[24,25], 착지 시 발생하는 지면반력을 탄성에너지로 저장하여 도약 시 순간적으로 발휘되는 힘 또는 파워를 증강하는 이점이 있다[26-28]. 이러한 이유로 플라이오메트릭 트레이닝은 주로 드롭 점프, 리바운드 점프와 같이 점프 또는 박스를 활용한 수직적인 동작 또는 움직임을 다수 포함한다.

순발력, 민첩성과 같은 체력 요인이 중요한 펜싱 선수들에게 플라이오메트릭 트레이닝은 효과적인 트레이닝 방법의 하나로 생각되지만,

기존의 플라이오메트릭 트레이닝 방법은 펜싱 종목 특성을 고려하지 못한 제한점이 존재한다. 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램은 주로 수직적인 움직임에 초점을 맞춰 점프 동작을 포함하지만, 펜싱 종목의 특성상 수직적 움직임보다 수평적 움직임이 중요하기 때문이다. 이에, 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램 구성 시 스텝에 기반을 둔 동작과 함께 착지에 이은 점프 동작보다는 착지에 이은 수평적 움직임 즉, 팡트 동작과 같은 펜싱 특이적 동작을 포함할 필요가 있다. 아울러, 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램은 반복 횟수, 지면 박스 높이, 중량 조끼로 운동 부하를 조절하는 데 그치고 있는데 이러한 부분을 보완하기 위해 탄성밴드를 활용하는 방법이 대안이 될 수 있다. 선행연구에 의하면 탄성밴드를 통한 근력 트레이닝이 핸드볼 선수의 근파워와 볼스피드 향상에 효과적이라고 보고 한 바 있으며[29], 탄성밴드가 근수축 강화와 근육 적응을 자극하기 위해 충분한 저항을 제공한다고 보고한 바 있다[30]. 펜싱 선수들의 양측 무릎 또는 발목관절에 탄성밴드를 착용하고 수직적 착지에 이은 수평적 스텝을 포함한 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램을 접목한다면 운동 부하를 조절할 뿐만 아니라 수평 움직임의 SSC 원리를 극대화할 것으로 생각된다[31].

따라서 본 연구는 국가대표 펜싱 플뢰레 선수를 대상으로 탄성밴드를 활용한 플라이오메트릭 트레이닝이 체력 및 등속성근기능에 미치는 영향을 규명함으로써 대한민국 펜싱 경기력 향상을 위한 펜싱 특이적 체력 프로그램 개발하고 트레이닝의 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2019년도 국가대표로 선발된 20-35세 남녀 플뢰레 펜싱 선수 16명을 연구대상자로 하였으며, 연구대상자들은 탄성밴드를 활용한 플라이오메트릭 트레이닝(plyometric training with band, PTB) 그룹(n=8), 플라이오메트릭 트레이닝(plyometric training, PT) 그룹(n=8)으로 각각 분류되었다(Table 1). 실험 전 연구대상자들을 대상으로 연

Table 1. Participant characteristics

Variables	Group	
	PTB (n = 8, male: 4, female: 4)	PT (n = 8, male: 4, female: 4)
Career (yr)	16.8 ± 3.6	16.9 ± 2.4
Age (yr)	29.5 ± 4.5	29.3 ± 3.6
Height (cm)	170.0 ± 8.4	170.0 ± 10.5
Weight (kg)	65.1 ± 11.1	66.4 ± 13.8
LBM (kg)	52.4 ± 10.6	54.9 ± 11.1
BF (%)	19.9 ± 3.9	20.1 ± 5.6

Values are mean and SD.

PTB, plyometric training with band; PT, plyometric training; LBM, lean body mass; BF, body fat percentage.

구 목적 및 실험 전반에 관하여 상세히 설명하고 정형외과적으로 부상이 있거나 정기적인 훈련 참여가 어려운 자 또는 개인 사유 등으로 참여 의사를 거부한 자는 제외 후 서면으로 된 동의를 획득하였다.

본 연구는 한국스포츠정책과학원 생명윤리연구위원회(IRB)에서 승인을 받았다(승인번호: KISS-1904-001-01) [32].

2. 연구절차

연구대상자들은 측정을 위해 총 세 차례 인천선수촌 내 스포츠과 학지원센터 운동생리학실험실을 방문하였다. 신체구성 측정 등 사전 조사 및 연구 방법에 대한 설명 등을 위해 한 차례 방문하고 탄성밴드 활용 여부에 따른 플라이오메트릭 트레이닝 처치의 사전·사후 효과 검증을 위해 두 차례 방문하였다.

PTB 그룹(n=8; 남: 4, 여: 4)과 PT 그룹(n=8; 남: 4, 여: 4)으로 분류하여 각각 트레이닝에 임하였으며, 각 트레이닝에 따른 0주와 4주 후 체력 및 무릎관절 등속성근기능 요인 측정에 임하였다.

1) 신체구성

연구대상자들은 자동신장체중계(SD-102, Biospace Co., Korea)와 생체전기저항분석법(bioelectrical impedance analysis, BIA) 원리에 의한 측정기기(Inbody 770, Biospace Co., Korea)를 이용하여 신장 및 신체구성을 측정하였다. 이를 위해 측정 전 12시간 이상 공복 상태를 유지하고 운동(신체활동)을 최소화하도록 하였으며, 검사 전 실험의 결과에 영향을 줄 수 있는 음주, 흡연, 약물복용 등을 금지하였다. 아울러, 목걸이, 시계, 반지 등 금속류의 종류를 착용하지 않은 상태로 측정하였다.

2) 체력

체력 요인은 근력, 민첩성, 유연성을 측정하였다. 이 중 근력은 디지털 측정기(Tkk-5401, Takei Co., Japan)를 이용하여 악력을 측정하였다. 악력 측정을 위해 연구대상자가 악력계를 신체나 의복에 닿지 않도록

45°가량 팔을 벌리도록 한 후 검지손가락 제2관절이 직각이 될 수 있도록 조정하고 최대 힘을 발휘하도록 하였다. 이때 좌측·우측 각각 3회 측정하고 우세측 평균값을 결과값으로 반영하였다. 유연성은 장좌체전굴과 체후굴을 통해 측정하였으며, 이를 위해 디지털측정기(Tkk-5403, Takei Co., Japan)를 이용하였다. 장좌체전굴은 연구대상자가 앉은 상태에서 양다리를 완전히 펴고 상체를 최대한 앞으로 굽히며, 양팔을 앞으로 뻗어 손끝이 닿는 지점을 기록으로 반영하였다. 총 3회 측정하고 평균값을 결과값으로 반영하였다. 또한, 체후굴은 연구대상자가 엎드린 자세에서 허리를 최대한 뒤로 젖히고 이때 지면으로부터의 턱 높이를 기록으로 반영하였다. 총 3회 측정하고 평균값을 결과값으로 반영하였다. 민첩성은 전후스텝과 발바퀴뛰기(점프)를 토대로 측정하였다[9]. 전후스텝은 발판의 중앙에서 어깨너비 정도로 양발을 앞뒤로 벌려 선 후 '시작' 신호와 함께 20초 동안 양다리를 최대한 빠르게 앞뒤로 움직여 바닥에 표시된 좌, 우, 중앙선을 넘도록 하고 20초 동안 최대 횟수를 기록에 반영하였다(Fig. 1). 발바퀴뛰기는 연구대상자가 가로, 세로 30 cm 정사각형 공간에서 30초 동안 전후, 좌우로 발을 빠르게 교차하여 움직인 횟수를 토대로 측정하였으며, 이때, 정사각형 밖으로 발이 벗어났다가 다시 발을 모으는 것을 1회로 간주하여 기록에 반영하였다. 전후스텝과 발바퀴뛰기는 각각 총 3회 측정하고 평균값을 결과값으로 반영하였다.

3) 무릎관절 등속성근기능

등속성근기능은 Isokinetic dynamometer (Cybex 770 Norm, Lumex Inc., Ronkonkoma, NY, USA)를 이용하여 양측 무릎관절 부위의 신근(extensors)과 굴근(flexors)을 토대로 측정하였다(Fig. 1).

검사 전 각 대상자에 맞춰 무릎관절의 축과 Isokinetic dynamometer의 회전축이 정렬되었는지 확인하고 무릎관절 움직임에 집중하기 위해 스트랩으로 가슴, 골반, 허벅지와 발목을 고정하였다. 측정 시 무릎 굴곡 각도는 0-100°로 설정하고 중력 보정을 한 후 60%/sec, 180%/sec 부



Fig. 1. Isokinetic function and front and back step test.

하의 각속도를 설정하고 굴곡과 신전 동작을 각 3회 반복하였다[33]. 60%/sec 부하에 따른 굴근과 신근 peak torque (Nm) 각각에 대한 체중 (Body Weight, BW)당 굴근력(60%/sec, %BW), 신근(60 %/sec, %BW)과 180%/sec 부하에 따른 굴근과 신근 mean torque (Nm) 각각에 대한 체중(Body Weight, BW)당 굴근파워(180%/sec, %BW), 신근파워(180%/sec, %BW) 각각 결과값으로 반영하였다.

3. 펜싱 특이적 체력 프로그램 프로토콜

연구대상자들은 4주간 주 3회 탄성밴드 여부에 따른 플라이오메트릭 트레이닝 처치에 모두 임하였다. 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램은 펜싱 종목 선수 및 지도자 경력을 갖춘 전문가와 운동생리학 및 트레이닝 전공 분야의 전문가 총 9명에 대한 의견을 토대로 수직적 움직임인 점프에 이은 착지 움직임과 함께 수평적 스텝 움직임 기반의 16

1-2 Weeks Fencing Specific Plyometric Training Program					3-4 Weeks Fencing Specific Plyometric Training Program				
#	Exercise	Reps	Sets		#	Exercise	Reps	Sets	
1	In & Out (Forward-Backward)	10	2		1	In & Out (Forward-Backward)	10	2	
2	Side in (R/L)	10			2	Side in (R/L)	10		
3	Lateral scissor hops	10			3	Lateral scissor hops	10		
4	Extended Icky Shuffle (Forward-Backward)	10			4	Extended Icky Shuffle (Forward-Backward)	10		
5	Cone reaction (3 cone)	10			5	Cone reaction (3 cone)	10		
6	Chest pass (medicine ball) * Male: 3kg, Female: 2kg	15	3		6	Chest pass (medicine ball) * Male: 3kg, Female: 2kg	15	3	
7	Elevated plyo push up	30			7	Clapping push up	30		
8	Upper box drop push up	20			8	Leg Elevated plyo push up	20		
9	Back-Box over & Cone jump	1			9	Back-Box over & Cone jump	1		
10	Box plyo step up	10			10	Box plyo side step up jump	10		
11	Box over jump	10			11	Box 180° turn jump	10		
12	Down squat jump & En garde motion	10			12	Down squat jump & En garde motion	15		
13	Quick first step (R/L)	10			13	Quick first step (R/L)	15		
14	Split lunge jump	10			14	Split lunge jump	15		
15	Squat split jump	10			15	Squat split jump	15		
16	Box drop jump & Fente	5			16	Box drop jump & Fente	7		

Fig. 2. Fencing specific plyometric training program.



Fig. 3. Fencing specific plyometric training with elastic band.

가지 동작으로 구성하였다(Fig. 2). 플라이오메트릭 프로그램은 국가대표를 대상으로 단기간 운동 프로그램을 적용하는 만큼 두 그룹 모두 1-2주차와 3-4주차에 점증 부하의 원리를 고려하여 일부 운동 강도를 증가 및 운동 동작을 변경하였으며, PTB 그룹의 경우, 10-20 lb 강도의 밴드를 반복에 착용하고 2주간 훈련하였고 20-30 lb의 밴드로 부하를 증가하여 2주간 트레이닝하였다(Fig. 3).

4. 자료 처리

모든 자료는 SPSS 통계프로그램 ver. 23.0. (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 통계처리하고 기술통계량에 관한 평균과 표준편차를 산출하였다. 각 처치 사전·사후에 따른 체력 및 등속성근기능에 미치는 영향을 규명하기 위하여 반복측정에 의한 이원변량분석(ANOVA with Repeated measure (2×2))을 실시하였다. 트레이닝 프로그램 90% 미만인 자 또는 부상으로 측정이 불가능한 자는 측정을 제외하고 통계처리 하였으며, 유의수준은 α=0.05로 설정하였다.

연구 결과

1. 체력 변화

본 연구에서 체력 변화를 규명하기 위한 통계 분석은 사후 측정 시 부상 및 개인 사유 등으로 실험 참여를 포기한 3명을 제외하고 PTB 그

Table 2. Changes in physical fitness

Variables		Group		Sig.
		PTB (n=7)	PT (n=6)	
Hand grip strength (kg)	0 week	40.7±9.7	35.4±7.2	Group <i>p</i> = .314 Time <i>p</i> = .015 [†] Group×Time <i>p</i> = .444
	4 weeks	38.2±7.2	33.9±6.5	
	Rate of change (%)	-6.1	-4.2	
front and back step (rep/20 sec)	0 week	45.6±3.1	39.6±4.2	Group <i>p</i> = .031 [†] Time <i>p</i> = .019 [†] Group×Time <i>p</i> = .040 [†]
	4 weeks	45.9±2.5	43.0±3.1	
	Rate of change (%)	0.7	8.6	
Change-step jump (rep/30 sec)	0 week	69.2±2.9	65.4±4.2	Group <i>p</i> = .077 Time <i>p</i> = .042 [†] Group×Time <i>p</i> = .778
	4 weeks	71.7±4.1	68.6±2.2	
	Rate of change (%)	3.6	4.9	
Trunk forward flexion (cm)	0 week	14.1±7.9	12.5±6.7	Group <i>p</i> = .428 Group×Time <i>p</i> = .814 Time <i>p</i> = .525
	4 weeks	14.2±7.9	14.0±5.1	
	Rate of change (%)	0.7	12	
Trunk backward extension (cm)	0 week	57.1±11.3	48.2±15.4	Group <i>p</i> = .322 Time <i>p</i> = .497 Group×Time <i>p</i> = .240
	4 weeks	58.1±7.7	53.0±9.6	
	Rate of change (%)	1.8	10	

Values are mean and SD. [†]*p* < .05.

PTB, plyometric training with band; PT, plyometric training.

룹 7명(여성 1명 제외) PT 그룹 6명(남성 2명 제외) 총 13명을 대상으로 하였다(Table 2).

악력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았으며, 시점에 대한 주효과가 나타났다(*p* < .05). 전후스텝은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타났으며 (*F* = 5.587, *p* = .040), 그룹과 시점에 대한 주효과가 각각 나타났다(각, *p* < .05) (Fig. 4). 발바퀴뛰기는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았으며, 시점에 대한 주효과가 나타났다(*p* < .05) (Fig. 5). 체전굴은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타나지 않았다. 체후굴은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타나지 않았다.

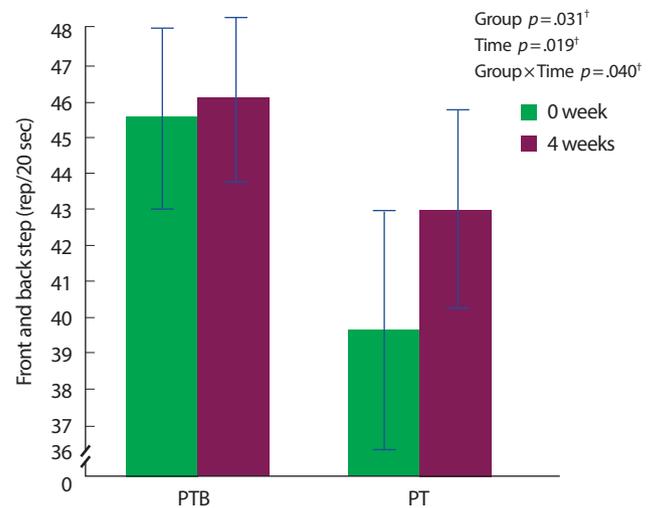


Fig. 4. Changes of front and back step.

PTB, plyometric training with band; PT, plyometric training. [†]*p* < .05.

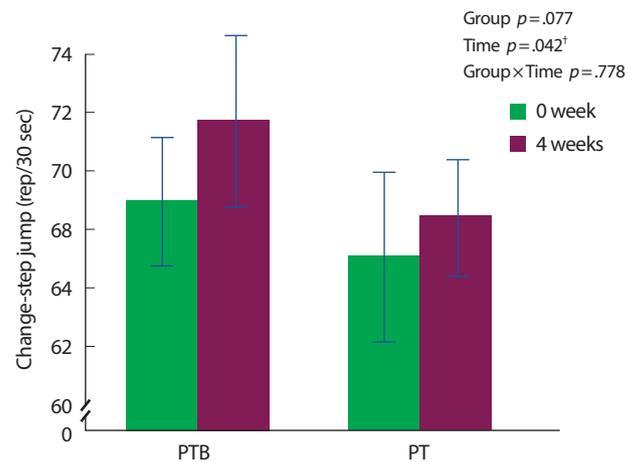


Fig. 5. Changes of change-step jump.

PTB, plyometric training with band; PT, plyometric training. [†]*p* < .05.

Table 3. Changes of isokinetic function

Variables			Group		Sig.
			PTB (n=6)	PT (n=5)	
Knee flexor strength (60°/sec, %BW)	Right side	0 week	129.0±21.6	96.4±15.2	Group $p=.047^{\dagger}$
		4 weeks	137.33±25.4	113.0±22.3	Time $p=.019^{\dagger}$
		Rate of change (%)	6.4	17.2	Group×Time $p=.370$
	Left side	0 week	125.0±21.4	103.6±19.0	Group $p=.048^{\dagger}$
		4 weeks	134.5±16.1	104.0±21.5	Time $p=.166$
		Rate of change (%)	7.6	0.4	Group×Time $p=.200$
Knee extensor strength (60°/sec, %BW)	Right side	0 week	239.3±31.2	206.4±39.5	Group $p=.028^{\dagger}$
		4 weeks	248.3±52.4	215.2±20.2	Time $p=.412$
		Rate of change (%)	3.8	4.3	Group×Time $p=.738$
	Left side	0 week	245.5±28.0	207.0±18.9	Group $p=.147$
		4 weeks	249.0±27.7	215.2±25.0	Time $p=.411$
		Rate of change (%)	1.4	4.0	Group×Time $p=.992$
Knee flexor power (180°/sec, %BW)	Right side	0 week	215.8±39.1	136.2±33.9	Group $p=.024^{\dagger}$
		4 weeks	238.33±69.1	170.2±58.9	Time $p=.122$
		Rate of change (%)	10.4	25.0	Group×Time $p=.736$
	Left side	0 week	206.3±46.9	193.4±95.1	Group $p=.417$
		4 weeks	214.2±47.2	168.4±49.0	Time $p=.552$
		Rate of change (%)	3.8	-12.9	Group×Time $p=.268$
Knee extensor power (180°/sec, %BW)	Right side	0 week	334.3±37.9	220.6±95.1	Group $p=.024^{\dagger}$
		4 weeks	358.5±65.5	305.8±42.7	Time $p=.041^{\dagger}$
		Rate of change (%)	7.2	38.6	Group×Time $p=.217$
	Left side	0 week	338.5±53.6	222.2±77.9	Group $p=.020^{\dagger}$
		4 weeks	353.2±67.3	286.2±34.8	Time $p=.048^{\dagger}$
		Rate of change (%)	4.3	28.8	Group×Time $p=.186$

Values are mean and SD. $^{\dagger}p<.05$.

PTB, plyometric training with band; PT, plyometric training; BW, body weight.

2) 등속성근기능 변화

본 연구에서 기초체력 변화를 규명하기 위한 통계 분석은 사후 측정 시 부상 및 개인 사유 등으로 실험 참여를 포기한 3명을 제외하고 (PTB 그룹: 여성 2명 제외, PT 그룹: 남성 2명, 여성 1명 제외) 총 11명 (PTB 그룹(n=6), PT 그룹(n=5))을 대상으로 하였다(Table 3).

무릎관절 우측 굴근력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타났다(각 $p<.05$). 좌측 굴근력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과는 나타났으며($p<.05$), 시점에 대한 주효과는 나타나지 않았다.

무릎관절 우측 신근력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타나지 않았다. 좌측 신근력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과는 나타났으며($p<.05$), 시점에 대한 주효과는 나타나지 않았다.

무릎관절 우측 굴근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹에 대한 주효과는 나타나고($p<.05$) 시점에 대한 주효과는 나타나지 않았다. 좌측 굴근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호

작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타나지 않았다.

무릎관절 우측 신근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타났다(각, $p<.05$). 좌측 신근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타났다(각, $p<.05$).

논 의

본 연구는 국가대표 플뢰레 선수를 대상으로 탄성밴드를 활용한 스텝과 플라이오메트릭 트레이닝이 체력 및 등속성근기능에 미치는 영향을 규명함으로써 대한민국 펜싱 경기력 향상을 위한 펜싱 특이적 체력 프로그램 개발하고 트레이닝의 기초자료를 제공하고자 하였다.

1. 기초체력 변화

본 연구에서 악력은 PTB와 PT그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았지만, 시점에 대한 주효과는 나타났으며($p<.05$), PTB와 PT그룹 모두 사전보다 사후에 유의하게 수치가 감소하였다. 선행연구에서는 펜싱선

수가 근대5종선수와 비교하여 악력, 배근력, 체전굴, 체후굴 수치가 더욱 높다고 보고하였다[34]. 다른 선행연구에서는 대한민국 국가대표선수가 후보선수보다 악력, 배근력, 윗몸일으키기, 발바퀴뛰기, 전후스텝, 반응시간, 발목관절 가동범위와 더불어 무산소성수행능력이 우수하다고 보고하였다[35]. 이렇듯, 펜싱 선수에게 악력은 경기력을 결정짓는 중요한 체력 요인의 하나로 알려졌지만[34,35], 본 연구에서 악력은 두 그룹 모두 감소한 결과를 나타냈다. 이는 트레이닝 방법 즉, 종목 특이성의 원리에 의한 결과로 해석된다. 본 연구에서 적용한 탄성밴드를 활용한 플라이오메트릭 트레이닝의 주요 운동 부위는 하지이다. 하지를 중심으로 트레이닝을 실시한 탓에, 주로 전완근을 중심으로 한 상지를 이용하는 악력의 측정 결과에는 긍정적인 변화를 유도하지 못한 것으로 판단된다.

본 연구에서 전후스텝에 관한 결과는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타났으며($p=.040$), 그룹과 시점에 대한 주효과가 각각 나타났다(각, $p<.05$). 또한, 발바퀴뛰기에 관한 결과는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과는 나타나지 않았으며, 시점에 대한 주효과만 확인되었다($p<.05$). 전후스텝과 발바퀴뛰기는 펜싱 관련 민첩성을 평가하기 위한 측정 방법으로 알려져 있다[8]. 선행연구에서는 3주간 동적스트레칭, 스텝 트레이닝, 민첩성 트레이닝을 포함한 펜싱 특이적인 훈련을 실시한 결과, 펜싱 특이적인 훈련 사전보다 사후에 남자 선수와 여자 선수 모두 전후스텝이 수치상 증가하였고 발바퀴뛰기의 경우, 펜싱 특이적인 훈련 사전과 비교하여 사후에 유의한 변화가 있음을 확인한 바 있다[8]. 다른 선행연구에서는 4주간 주 2회 플라이오메트릭 트레이닝을 실시한 결과, 플라이오메트릭 트레이닝이 여성 축구선수의 일리노이 민첩성 테스트와 점프수행능력을 유의하게 향상시켰고[36], Choi & Park (2005)의 연구에서는 10주 동안의 플라이오메트릭과 줄넘기 복합훈련이 민첩성과 순발력을 유의하게 향상하고 플라이오메트릭 트레이닝에 의한 SSC가 근신경계 활성을 촉진하였다고 시사한 바 있다[37]. 본 연구의 전후스텝에 관한 결과를 구체적으로 살펴보면, PTB와 PT 그룹 모두 사전보다 사후에 증가하였으며, PT 그룹의 증가가 두드러지는 것으로 관찰되고 발바퀴뛰기의 경우, PTB와 PT 그룹 모두 사전보다 사후에 수치가 증가한 것으로 관찰된다. 특히, 전후스텝의 결과, 수치상 PT 그룹의 증가가 두드러지는데 이는 연구대상자의 그룹 간 사전 수치의 차이에 기인한 결과로 해석된다. PTB 그룹의 전후스텝 사전 수치는 45.6 ± 3.1 rep/20sec이지만, PT 그룹의 전후스텝 사전 수치는 39.6 ± 4.2 rep/20sec으로, 사전 수치 간 다소 차이가 나기 때문이다. 그 뿐만 아니라 본 연구대상자들은 최상위 경기력을 나타내는 국가대표 선수이며, 전후스텝은 통상적인 사이드스텝을 측정 거리와 동일한 측정 거리에 20초라는 상대적으로 단시간 측정이 진행된다. 이러한 이유로 괄목할 만한 차이를 관찰하기에 제한이 있었을 것으로 판단된다.

체전굴과 체후굴은 각각 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타나지 않았다. 선행연구에서는 4주간 플라이오메트릭 트레이닝이 좌전굴을 유의하게 향상하고 이는 플라이오메트릭 트레이닝에 의해 반복되는 고강도 SSC에서 큰 신장성 요소를 가지고 있기 때문이라 시사한 바 있다[34]. 그러나 본 연구에서는 유연성을 평가하는 체전굴과 체후굴 모두 유의한 차이를 관찰하지 못하였다. 이는 본 연구에서 적용한 펜싱 특이적 체력 훈련 프로그램이 수직적인 SSC의 신장성 요소보다 수평적인 SSC의 신장성 요소를 기반으로 하였다는 점과 최상위 수준의 경기력을 발휘하는 연구대상의 특성에 비교하여 상대적으로 유연성의 변화를 관찰하기에 탄력밴드를 활용한 플라이오메트릭 트레이닝의 적용 기간이 상대적으로 짧았다는 점 등에 기인하는 것으로 판단된다.

2. 등속성근기능 변화

펜싱의 대표적인 공격 동작인 팡트는 상대방부터 뒤에 위치한 다리 근육의 강력한 단축성 운동(concentric action)과 함께 앞에 위치한 다리 근육의 신장성 수축(eccentric action)에 의한 제동 작용을 통해 검을 앞으로 뺀 후 상대방을 공격하는 기술이다[13]. 펜싱 경기에서 우수한 경기력을 발휘하기 위해서는 정확한 팡트 동작을 포함한 공격 동작과 방어 동작이 유기적으로 이어져야 하며, 그 과정에 하지의 강한 근력과 근파위는 무엇보다도 중요하다[5].

본 연구에서 무릎관절 우측 굴근력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹과 시점에 대한 주효과가 각각 나타났으며(각 $p<.05$), 우측 신근력은 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타나지 않았다. 좌측 굴근력과 신근력은 각각 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과는 나타났다(각, $p<.05$). 무릎관절 우측 굴근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹에 대한 주효과가 나타났으며($p<.05$), 우측 신근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타났다(각, $p<.05$). 좌측 굴근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았고 그룹과 시점에 대한 주효과가 각각 나타나지 않았으며, 좌측 신근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 상호작용이 나타나지 않았으며, 그룹과 시점에 대한 주효과는 각각 나타났다(각, $p<.05$). 등속성근기능에 대한 결과를 종합하면, 탄성밴드 활용 여부와 관련 없이 플라이오메트릭 트레이닝은 무릎관절 우측 굴근력에 긍정적인 변화를 유도함을 입증하였다. 그뿐만 아니라 사전보다 사후에 수치상 좌측 굴근력, 좌우측 신근력, 신근파위, 우측 굴근파위를 증가하였고 탄성밴드를 활용한 플라이오메트릭 트레이닝만 사전보다 사후에 수치상 좌측 굴근파위를 증가하였음을 관찰하였다. 선행연구에서는 15-16세 농구선수를 대상으로 12주간 주 5회 플라이오메트릭이 60°/sec와 180°

sec, 300°/sec 각속도 각각에 관한 등속성근기능의 유의한 향상을 나타냈다고 보고하였다[39]. 또한, 복싱선수를 대상으로 한 선행연구에서는 12주간의 플라이오메트릭 트레이닝이 복싱선수의 무릎 신근 60°/sec와 180°/sec 각속도 각각 20.17%, 35.12% 증가하고 어깨 외전근 60°/sec와 180°/sec 각속도 각각 30.82%, 40.36%, 팔꿈치 굴곡근 60°/sec와 180°/sec 각속도 각각 29.35%, 39.17% 증가하였다고 보고하였다[40]. 선행연구의 이러한 결과들은 펜싱선수들을 대상으로 하지 않고 탄성밴드를 활용하지 않았으나 본 연구 결과와 대체로 일치하는 결과이다. 본 연구에서 펜싱선수들에게 적용한 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램은 수직적 움직임 동작 뿐만 아니라 수평적 움직임 동작을 포함하였으며, 그 결과, 착지 시 발생하는 지면반력을 수평적 탄성에너지로 저장하여 신장-단축 전환 운동을 통해 근육에서 순간적으로 발휘되는 힘 또는 파워를 증강할 수 있었을 것으로 생각된다[26-28]. 선행연구에서는 리바운드 점프와 같은 신장-단축 전환 운동이 신장성 수축에 이은 단축성 수축으로 전환을 빠르게 하기에 탄성 에너지를 효과적으로 이용할 수 있다고 한 바 있는데[41] 이러한 이유로, 효과적으로 수직적 탄성에너지가 수평적 탄성에너지로 전환될 수 있었을 것으로 생각된다. 아울러, 본 연구에서 플라이오메트릭 트레이닝 시 적용한 탄성밴드는 근수축 강화와 근육 적응을 자극하기에, 근육에 추가적인 저항을 제공할 수 있었을 것으로 생각된다[30]. 플라이오메트릭 트레이닝의 주요 원리인 SSC의 반동효과, 즉 탄성에너지의 저장에 이은 활용, 그리고 근육의 증강 효과(potentiation) 등을 촉진하기 위해서는 SSC 속도를 빠르게 해야 하는데[25] 탄성밴드가 밴드의 탄성적인 장력에 의해 SSC 속도를 빠르게 하는 데 기여할 수 있었을 것으로 생각되기 때문이다. 이러한 요인들이 궁극적으로 SSC를 극대화함으로써 선행연구들과 유사한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

결론

본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 체력 요인에 관한 주요 변화를 살펴보면, 악력은 PTB와 PT 그룹 모두 사전보다 사후에 유의하게 감소하였으며, 발바퀴뛰기는 PTB와 PT 그룹 모두 사전보다 사후에 유의하게 증가하였다(각, $p < .05$). 전후스텝은 PT 그룹이 PTB 그룹과 비교하여 사후에 더욱 유의하게 증가하였다($p < .05$).

둘째, 등속성근기능 요인에 관한 주요 변화를 살펴보면, 무릎관절 우측 굴근력은 PTB와 PT 그룹 모두 사전보다 사후에 유의하게 증가하였다(각 $p < .05$). 우측과 좌측 신근파위는 PTB와 PT 그룹 모두 사전보다 사후에 유의하게 증가하였다(각, $p < .05$).

결론적으로 탄성밴드 활용 여부와 상관없이 펜싱 특이적 플라이오메트릭 프로그램은 펜싱 플리레 선수의 전후스텝, 발바퀴뛰기와 같은

민첩성 요인 향상, 무릎관절의 우측과 좌측 굴근력, 우측 신근력, 우측 굴근파위, 우측과 좌측 신근파위 향상에 효과적임을 입증하였다. 그러나 본 연구는 국가대표 선수라는 특성상 매우 적은 대상자 수와 함께 부상 등에 따른 샘플 수가 적고 측정별 그 수도 상이한 제한점이 있다. 그룹을 분류함에도 무작위 분류보다는 주요 선수를 탄성밴드를 활용한 스텝 및 플라이오메트릭 그룹에 우선 배정한 탓에, 동질성 검증에 한계가 있고 별도의 트레이닝에 임하지 않는 통제 그룹을 고려하지 못한 등의 이유로 그룹 간 통계적인 유의함을 검증함에 제한점이 있었다. 그런데도 4주라는 단기간의 펜싱 종목 특이적인 플라이오메트릭 트레이닝을 통해 최상위 수준의 국가대표를 대상으로 민첩성과 등속성근 기능에 유의한 변화를 유도하였다는 점은 의미 있는 결과로 생각된다. 본 연구의 제한점을 보완하여 추후 연구에서는 탄성밴드 활용 여부에 따른 플라이오메트릭 트레이닝 효과를 명확히 규명하기 위해 더욱 많은 연구대상자를 대상으로 통제 그룹을 편성하고 무작위 그룹 분류에 따른 체력 및 등속성근기능에 미치는 영향에 관한 효과를 규명할 필요가 있을 것으로 생각된다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: J Lee; Data curation: B Kim, J Lee; Formal analysis: J Lee; Methodology and Visualization: B Kim, J Lee; Writing-original draft: B Kim, J Lee; Writing-review & editing: J Lee.

ORCID

Byung-Su Kim <https://orcid.org/0009-0006-5495-3685>
Jin-Seok Lee <https://orcid.org/0000-0002-4194-6025>

REFERENCES

1. Lee JS, Kim JE, Im SH. Analysis of difference between fencing sabre's score and loss: focusing on national athletes participated in the Tokyo. Korean J Sport Sci. 2022;22(2):511-9.
2. Mallon B, Widlund T. The 1896 olympic games: results for all competitors in all events, with commentary. McFarland 2015.

3. Kim BS, Lee JR, Cho EH, Kim TW, Lee JS. An analysis on the physical fitness factors of national fencing foil players by mega sport events. *Korean J Meas Eval Phys Edu Sport Sci.* 2019;21(1):61-74.
4. Tsolakis C, Kostaki E, Vagenas, G. Anthropometric, flexibility, strength-power, and sport-specific correlates in elite fencing. *Percept Mot Skills.* 2010;110(3_suppl):1015-28.
5. Barth B, Beck E. *The complete guide to fencing.* Meyer & Meyer Verlag 2007.
6. Borysiuk Z, Waskiewicz Z. Information processes, stimulation and perceptual training in fencing. *J Hum Kinet.* 2008;19(1):63-82.
7. Gutierrez-Davila M, Rojas FJ, Antonio R, Navarro E. Response timing in the lunge and target change in elite versus medium-level fencers. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(4):364-71.
8. Chung JW, Song HS, Lee KH. The effects of fencing specific training on physical fitness in elite fencers. *Korean J Sport Sci.* 2017;28(2):497-505.
9. Roi GS, Bianchedi D. The science of fencing: implications for performance and injury prevention. *Sports Med.* 2008;38:465-81.
10. Kim TW, Choi SH. Analysis of the upper and lower limbs movement in elite fencing attack skills. *Korean J Sport Sci.* 2021;32(3):445-53.
11. Cheris E. *Fencing: steps to success.* Pennsylvania: Stackpole Books 2002.
12. Stewart SL, Kopetka B. The kinematic determinants of speed in the fencing lunge. *J Sports Sci.* 2005;23(2):105.
13. Turner A, Miller S, Stewart P, Cree J, Ingram R, et al. Strength and conditioning for fencing. *Strength Cond J.* 2013;35(1):1-9.
14. Son SB. Analysis on the motor mechanic of fente motion in fencing according to the region of attack [thesis]. Dajeon: Chungnam National University 2013.
15. Lee JR, Park KD. A kinematic analysis fleuret marche fente motion no women's fencing. *Korean J Phys Edu.* 2003;42(3):721-34.
16. Gresham-Fiegel C. The effect of non-leading foot placement on power in the fencing lunge [thesis]. Oklahoma: University of Central Oklahoma 2011.
17. Turner A, James N, Dimitriou L, Greenhalgh A, Moody J, et al. Determinants of olympic fencing performance and implications for strength and conditioning training. *J Strength Cond Res.* 2014;28(10):3001-11.
18. Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *J Athl Train.* 2004;39(1):24.
19. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Yata H, Tsunoda N, et al. Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Med Sci Sports & Exerc.* 2007;39(10):1801-10.
20. Matavulj D, Kukolj M, Ugarkovic D, Tihanyi J, Jaric S, et al. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sports Med Phys Fit.* 2001;41(2):159-64.
21. Wilkerson GB, Colston MA, Short NI, Neal KL, Hoewischer PE, et al. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. *J Athl Train.* 2004;39(1):17.
22. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech.* 2000;33(10):1197-206.
23. Komi PV. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch—shortening cycle on force and speed. *Exerc Sport Sci Rev.* 1984;12(1):81-122.
24. Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ. Why is counter-movement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:1402-12.
25. van Ingen Schenau GJ. An alternative view of the concept of utilisation of elastic energy in human movement. *Hum Mov Sci.* 1984;3(4):301-36.
26. Komi PV, Bosco C. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports.* 1978;10(4):261-5.
27. Hof AL. Muscle mechanics and neuromuscular control. *J Biomech.* 2003;36(7):1031-8.
28. van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, de Haan A. Mechanics and energetics of the stretch-shortening cycle: a stimulating discussion. *J Appl Biomech.* 1997;13(4):484-96.
29. Mascarin NC, de Lira CAB, Vancini RL, de Castro Pochini A, da Silva AC, et al. Strength training using elastic bands: improvement of muscle power and throwing performance in young female handball players. *J Sport Rehabil.* 2017;26(3):245-52.
30. Lohne-Seiler H, Torstveit MK, Anderssen SA. Traditional versus functional strength training: effects on muscle strength and power in the elderly. *J Aging Phys Act.* 2013;21(1):51-70.
31. Page P, Ellenbecker TS. *The scientific and clinical application of elastic resistance.* Human Kinetics 2003.
32. Lee JS. The development and application of fencing specific fitness program to improve performance in fencing athletes for the 2020 Tokyo olympic games. A Research Report for Korea Institute of Sport Science 2019.
33. Lee JS, Kim CG, Seo TB, Kim HG, Yoon SJ. Effects of 8-week combined training on body composition, isokinetic strength, and cardio-

- vascular disease risk factors in older women. *Aging Clin Exp Res.* 2015;27(2):179-86.
34. Choi TS. A comparative study on the physical fitness and physique of fencers and modern petathletes. *Korean Natl Univ Phys Edu.* 1988;11: 177-90.
35. Chung JW, Lee KH. A comparison of physique and physical fitness between different level in Korea elite fencers. *Exerc Sci.* 2017;26(1):40-8.
36. Maciejczyk M, Blyszczuk R, Drwal A, Nowak B Strzała M. Effects of short-term plyometric training on agility, jump and repeated sprint performance in female soccer players. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(5):2274-84.
37. Choi JH, Park CS. The effects of the combined plyometric and rope skipping training on the power and agility of fencing players. *Korean Soc Growth Dev.* 2005;13(1):45-53.
38. da Silva VFN, da Silva Aguiar S, Sousa CV, da Costa Sotero R, Souto Filho JM, 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.
39. Pamuk O, Hanci E, Ucar N, Hasanlı N, Gundogdu A, et al. Resisted plyometric exercises increase muscle strength in young basketball players. *Rev Bras Med Esporte.* 2022;28:331-6.
40. Wongputthichai P, Suttitum T, Manimanakor A, Kittinon K. The Effect of applied plyometric training program on muscle strength and muscle power in male Thai Boxing athletes. *Srinagarind Med J.* 2017; 32(2):163-71.
41. Farley CT. Role of the stretch-shortening cycle in jumping. *J Appl Biomech.* 1997;13(4):436-9.