



# 운동선수의 무릎 등속성 각속도 변화를 통한 운동능력 평가방법 제안

송정란<sup>1</sup> PhD, 김도윤<sup>2</sup> PhD, 김광준<sup>3</sup> PhD, 박동호<sup>1,4</sup> PhD

<sup>1</sup>인하대학교 스포츠학과, <sup>2</sup>인천시체육회 인천스포츠과학센터, <sup>3</sup>한국스포츠정책과학원, <sup>4</sup>인하대학교 바이오메디컬사이언스 & 엔지니어링

## Suggestion of a Method for Evaluating Athletic Ability through Changes in Knee Angular Velocity

Jung-Ran Song<sup>1</sup> PhD, Do-Youn Kim<sup>2</sup> PhD, Kwang-Jun Kim<sup>3</sup> PhD, Dong-Ho Park<sup>1,4</sup> PhD

<sup>1</sup>Department of Kinesiology, Inha University, Incheon; <sup>2</sup>Incheon Sports Council Sports Science Center, Incheon; <sup>3</sup>Department of Sport Sciences, Korea Institute of Sport Science, Seoul; <sup>4</sup>Program in Biomedical Science and Engineering, Inha University, Incheon, Korea

**PURPOSE:** The aim of this study was to evaluate the power change when increasing angular velocity from 180°/sec to 240°/sec in male athletes during isokinetic knee joint tests.

**METHODS:** Isokinetic knee extension/flexion tests were conducted at angular velocities of 60, 180, and 240°/sec in 74 adult male athletes from three sports (judo, field hockey, and canoeing). A basic physical fitness test and an anaerobic Wingate test were also conducted. Peak torque (Nm) and power (watts) were compared for different angular velocities. Correlation analysis was used to evaluate the relationship between power change. In addition, fitness and Wingate test results were compared between groups divided by increased/decreased power change.

**RESULTS:** As angular velocity increased, peak torque decreased and muscle power significantly increased ( $p < .05$ ). The rate of power increase/decrease generated when the angular velocity changed from 180°/sec to 240°/sec showed a significant positive correlation with muscle strength (grip strength, back strength) and peak revolutions per minute (RPM) in the Wingate test ( $p < .05$ ). The group with an increased power tendency at 240°/sec showed higher Wingate RPM results than the decreased power group ( $p < .05$ ).

**CONCLUSIONS:** The change in power at high angular velocities may be used to predict an athlete's speed ability, depending on whether their muscle power increases or decreases from 180°/sec to 240°/sec.

**Key words:** Isokinetic muscular function, Angular velocity, Elite athletes, Evaluation, Fitness

## 서론

근력트레이닝은 종목의 특성에 맞는 파워나 근지구력 혹은 이 두 가지 모두를 발달시킴으로써 궁극적으로 선수의 경기력을 향상시키는 데 목적이 있다. 이러한 운동선수의 경기력 향상을 위한 대표적인 근력트레이닝 방법에는 근력과 근파워 향상을 극대화할 수 있는 주기화

트레이닝 방법이 있다[1]. 주기화 트레이닝 과정 중 전환기(conversion)는 최대 근력을 통해 향상된 근력을 종목에서 요구하는 체력요인(근파워 혹은 근지구력)으로 전환하는 기간으로써 증가된 근력을 경쟁적이고 스포츠 종목의 특이적인 파워 혹은 지구력으로 전환시킨다[2]. 그러므로 최대근력기 트레이닝 국면을 통해 증가된 근력 수준을 스포츠 종목에서 요구되는 특이적인 파워나 근지구력으로 전환시키는 것

**Corresponding author:** Dong-Ho Park **Tel** +82-32-860-8182 **Fax** +82-32-860-8188 **E-mail** dparkosu@inha.ac.kr

\*이 논문은 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5B5A01042154).

**Keywords** 등속성 근기능, 각속도, 운동선수, 평가, 체력

**Received** 29 Jan 2024 **Revised** 29 Feb 2024 **Accepted** 13 Mar 2024

© 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.

이 전환기 트레이닝의 국면의 주 목적이 된다[3]. 하지만 많은 스포츠 선수들이 근력트레이닝을 실시하고 있음에도 불구하고 정작 대부분의 근력트레이닝이 성공적인 경기력 향상으로 이어지지 못하는 가장 큰 원인은 향상된 근력이 해당 스포츠 종목에 필요한 근력형태인 근파워로 충분히 전환되지 못하기 때문이다[3]. 근파워(muscle power)는 가장 짧은 시간에 최대의 힘을 발휘하는 신경근육계의 능력과 관계되며, 모든 종목에서는 단기 혹은 장기적 근파워 능력이 요구된다[3]. 근파워는 짧은 시간 내에 동원되는 운동단위 증가, 속근섬유 동원력 증가, 운동신경의 내성 증가 그리고 신경자극 빈도 증가에 따라 형성된다[4]. 다만, 파워의 증가는 근력이나 스피드 혹은 근력, 스피드 모두의 증가를 통해 가능하지만 힘(근력)과 속도(스피드)는 물리학적으로 반비례 관계(inverse proportion)를 형성하기 때문에 파워의 근력과 스피드 모두 우수하려면 힘과 스피드 관계 중 가장 최적의 지점을 찾아야 하며, 그에 따라 종목 선수는 스피드는 다소 느리지만 힘이 좋은 힘 위주의 파워, 힘은 낮은 대신 빠른 스피드 위주의 파워로 구분될 수 있다. 하지만 지금까지 현장에서는 영상장비 등을 이용한 운동역학 영역의 복잡한 계산과정을 통해 그 특성파악이 가능할 수 있을 뿐 현장에서 간단한 측정을 통한 선수들의 파워 평가는 진행된 바가 없다.

등속성(Isokinetic) 운동은 일정한 속도에 의한 근수축 운동으로 관절 가동 범위의 전 구간에서 최대 동적 부하(maximal dynamic loading)가 가능하며[5,6], 등속성 운동 장치의 저항과 대상자가 발휘하는 근력이 일치하므로 근골격계의 과부하로 인한 부상의 위험이 적다[7-9]. 특히, 등속성 운동은 근력, 근파워, 근지구력 등의 근기능을 한 번의 근수축 운동에서 동시에 측정, 분석할 수 있으며, 등척성이나 등장성 운동을 통한 근기능 평가보다 객관성과 정확도가 높다[10]. 아울러, 힘이 작용한 거리가 동원되기 때문에 동작 수행 시 요구되는 동적 근력을 측정할 수 있으며, 측정된 결과를 정량적으로 제시할 수 있다[11]. 일반적으로 등속성 근기능 검사는 각속도(angular velocity, %sec)에 따라 최대근력, 근파워, 근지구력 평가를 진행한다. 등속성 근기능 평가를 위한 각속도 설정은 많은 선행연구들에서 다양한 방법과 결과를 제시하고 있다. 그중 Park & Lee [12]는 저속의 등속성 운동이 최대근력 향상에 도움이 된다고 하였으며, Kim et al. [13]도 60%/sec의 저속에서 최대근력 발현이 나타났다고 하는 등 대부분의 국내의 연구에서는 대상자의 최대근력 측정을 위한 각속도로 무릎은 60%/sec의 각속도를 사용하고 있다[6]. 하지만 근파워 평가를 위한 각속도의 경우 선행연구들별로 다른 각속도를 사용하고 있다. Taylor et al. [14]은 파워와 지구력 중심의 엘리트 선수를 대상으로 최대근력 발현 각속도와 최대근파워 발현 각속도를 조사한 결과, 무릎의 최대 토크(Nm)는 60%/sec에서 나타난 반면, 최대근파워(watts)는 각속도가 300%/sec까지 빨라질수록 선형적 비례관계( $r=0.728$ )로 증가하는 것으로 보고하였다. Johansson et al. [15] 또한 단거리 육상선수 마라톤 선수 간의 각속도별 파워발현 수준을 비교한 결과, 두 그

룹 모두에서 300%/sec의 고속에서 최대근파워 발현이 나타났음을 보고하였다. 이는 훈련능력이나 운동능력이 우수한 대상자의 경우 고속의 각속도에서도 높은 근파워 발현이 가능하기 때문으로 평가된다[14]. 반면, Choi [16]는 20대 일반 남성을 대상으로 각속도별 근기능을 측정할 결과, 60%/sec에서 최대근력이 발현된 반면, 근파워는 180%/sec에서 최고값을 보인 후 240%/sec에서는 근파워 감소경향을 보고하였다. 선수의 경우 근수축 속도가 빠르기 때문에 더 빨라진 각속도에서도 근파워가 높게 나타난 반면 일반인의 경우 각속도가 증가되었음에도 불구하고 근수축 속도가 느려 근수축력이 크게 낮아졌기 때문에 '힘×속도'의 파워가 감소되었기 때문으로 생각된다.

등속성 각속도의 조절이 용이한 등속성 근기능 검사에서 각속도별 선수들의 파워발현 능력의 변화는 대상자의 근파워 평가에 중요한 의미 부여가 가능할 것으로 판단되지만 지금까지 선행연구들에서는 대상자에 따른 근파워 측정 각속도를 정해놓고 평가하는 방법을 사용함으로써 이러한 각속도 변화에 의한 근기능 평가는 전혀 포함되고 있지 않다.

이에 본 연구에서는 엘리트 선수들을 대상으로 무릎관절의 각속도에 따른 등속성 근파워 검사결과 중 180%/sec과 240%/sec에서 각각 발현되는 파워 변화경향에 따른 체력요인의 차이를 통해 등속성 근기능 검사결과에 대한 새로운 평가 의미를 확인해보고자 한다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 I 광역시 소재 성인 남자 엘리트 운동선수 74명을 대상으로 기초체력 및 등속성 근기능 검사를 실시하였다. 모든 종목 선수들은 운동경력 10년 이상으로써 매해 종목별로 5회 이상의 대회에 참가하고 있으며, 국가대표 경력이 있는 선수들도 다수 포함되어 있다. 구체적인 종목별 대상자는 다음과 Table 1과 같다.

### 2. 측정항목

#### 1) 기초체력

기초체력 종목으로는 근파워 항목인 제자리 멀리뛰기, 서전트 점프, 파워지구력인 제자리 반복점프, 유연성 항목인 체전굴과 체후굴, 민첩

Table 1. Characteristics of participants

Sports	Age (yr)	Height (cm)	Fat (%)	Weight (kg)
Total (74)	25.64±4.36	176.04±6.62	17.60±5.82	79.87±20.65
Judo (19)	26.63±1.83	178.09±5.50	22.73±5.39	89.44±23.23
Canoe (15)	31.53±3.41	182.68±5.75	19.71±4.78	94.74±3.83
Field hockey (40)	22.97±2.95	172.58±5.00	14.37±4.08	65.00±6.76

Values are means and SD.

성 항목인 사이드스텝과 전신반응검사 그리고 근력항목인 악력과 배근력 검사를 진행하였다. 항목별 측정은 지역스포츠과학센터의 기초체력 측정 매뉴얼에 따라 진행되었다.

2) 윈게이트 검사(Wingate test)

선수들의 무산소성 하지 파워 능력 평가를 위하여 Monark870을 이용하여 선수들의 윈게이트 검사를 실시하였다. Monark870은 매 초마다 페달링 회전수를 자동적으로 계수하여 검사종료 후 저항(KP)과 함께 총일량, 파워 등을 제공하였으며 이를 바탕으로 피로율(fatigue index), 최고파워(peak power), 평균파워(average power) 등을 산출하였다. 설정부하로는 체중대비 7.5%BW (남자선수 측정 부하 기준)로 진행하였다. 총 운동수행시간은 30초로써 검사가 종료된 후 wingate 변인들에 대한 결과를 산출하였다.

3) 등속성 근기능 검사

슬관절의 굴곡/신전운동에 대한 근기능 측정은 Cybex 770 (Lumax Corporation, USA)을 사용한다. 모든 대상자들은 100%의 노력으로 최대 근력을 발현할 수 있도록 사전 교육을 실시하며, 측정 절차 등을 자세하게 설명하였다. 측정 전 하체 무릎관절 관련 준비운동을 위하여 자전거 운동을 10분간 실시하며, 준비운동 이후 대상자들은 앉은 자세에서 하지의 신전 및 굴근력 측정과정 중 다른 신체부위가 움직여 외력이 발생하지 않도록 가슴 및 대퇴 부위를 고정한다. 이때 대퇴부위에 대한 강한 압박으로 인해 추가적인 혈류제한 효과가 발생할 수 있기 때문에 대퇴부위에 대한 벨트 압박은 무릎관절이 축(Axis)을 벗어나지 않을 정도만으로 고정한다. 무릎관절의 운동범위(Range Of Motion: ROM)는 완전히 폼을 때를 0°로 정의한 후 굴곡각 100°까지로 고정하였다. 본 연구에서의 등속성 근기능검사는 각속도 180°/sec, 240°/sec에서 각각 5회의 굴곡과 신전운동을 실시한 후 산출되는 결과 중 대상 선수의 근력값으로 피크토크(peak torque; Nm, %BW)와 파워요인의 최고파워(maximal power; watt, %BW)를 기록, 사용하였다.

3. 자료처리방법

본 연구에서의 모든 측정 결과는 SPSS 23.0 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차로 표시하였다. 각속도 결과 중 등속성 측정값에 대해 각속도 180°/sec에서의 결과를 기준으로 240°/sec에서의 근파워 변화율(%)을 기준으로 변화율 증가와 감소집단으로 구분한 후 대응표본 t-test를 이용하여 집단 간 기초체력 및 윈게이트 변인들의 차이를 알아보았다. 아울러 각속도별 근파워와 각속도 간 변화율과 기초체력 및 윈게이트 변인 간의 관계를 알아보기 위하여 상관분석을 실시하였다. 본 연구의 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

연구 결과

1. 등속성 근파워 측정 결과

선수들의 각속도 180°/sec과 240°/sec에서의 근력(Nm/kg)과 근파워 차이를 비교한 결과는 다음의 Table 2와 같다.

결과 중 각속도가 증가함에 따라 모든 부위에서의 근력(Nm/kg)은 유의하게 감소하는 결과를 보였다. 반면, 근파워(watt/kg)의 경우 좌우 신근과 우굴근은 각속도 증가에 따라 유의하게 증가하였으며( $p < .05$ ), 좌굴근은 유의한 차이는 없었지만 각속도 증가에 따라 근파워가 증가하는 경향을 보였다.

2. 기초체력과 등속성 변인 간 상관 결과

선수들의 각속도 180°/sec과 240°/sec에서의 근력(Nm/kg)과 근파워와 기초체력 간 상관분석을 실시한 결과는 Table 3과 같다.

두 가지 속도에서의 등속성 변인들은 대부분 근력, 근파워(근력×스피드)의 기초체력 요인들과 유의한 정적 상관성을 보였다. 그중 하체파워인 서전트점프와 제자리멀리뛰기는 두 가지 각속도의 피크파워, 파워 대부분에서 유의한 정적 상관결과를 나타냈다. 이와 함께, 윈게이트 변인들 중 최고파워(WPP)는 180°/sec과 240°/sec 모두에서 유의한 정적 상관성이 있었으며 특히, 240°/sec에서 더 많은 상관결과를 보였으며, 최고 RPM 또한 240°/sec의 모든 watt%BW에서 유의한 정적 상관결과를 보이는 등( $p < .05$ ) 180°/sec과 240°/sec에서의 등속성 결과는 주로 파워, 근력, 스피드 요인과 유의한 관계가 있었던 것으로 나타났다.

Table 2. Isokinetic peak torque and power at 180°/sec, 240°/sec

Division	Ex/Flex	R/L	°/sec	M±SD	t		
Nm/kg	Extension	Right	180	202.32±27.76	22.076*		
			240	169.90±22.34			
			180	197.58±24.89	22.031*		
		Left	240	67.68±21.04			
			Flexion	Right	180	115.60±17.52	12.069*
				240	97.02±14.15		
	180	113.39±17.30		10.457*			
	Watt/kg	Extension	Right	240	374.75±56.59	-7.624*	
				240	392.80±59.63		
				180	372.82±50.36	-12.675*	
		Left	240	391.43±56.14			
			Flexion	Right	180	234.85±39.94	-2.182*
240				243.44±39.53			
180	234.50±47.24	-1.777					
		Left	240	242.13±51.29			

Data are means ± SD.  
\* $p < .05$ .

### 3. 등속성 증감률과 기초체력 간 상관결과

선수들의 각속도 변화에 따른 근파워 증감률(180%/sec 기준 240%/sec에서의 파워 증감비율)과 기초체력과의 관계를 확인하고자 상관분석

을 실시하였으며, 결과는 Table 4와 같다.

결과 중 원게이트 최고 RPM은 모든 부위의 파워증감률과 유의한 정적 상관성이 있었으며( $p < .05$ ), 이러한 결과는 원게이트 최고 RPM이

**Table 3.** Correlation results between isokinetic values (Nm%BW, watt%BW) and physical fitness factors

			Muscular endurance			Power		Agility			Endurance	Flexibility		Balance	Strength			Lower anaerobic power		
			PU	SI	RE	SJ	VJ	SS	SRE	LRE	PA	BS	SR	DB	GSL	GSR	BS	PR	WAP (KG)	WPP (KG)
180°/sec	REX	Nm (%BW)	-0.03	-.168	.022	.238*	.479*	.469*	.094	-.024	-.094	-.110	.114	.125	-.133	-.203	-.100	.136	.080	.330*
		Watt (%BW)	-.053	.104	.387*	.496*	-.025	.156	.055	.220	-.249*	.215	.138	.145	.571*	.656*	.756*	.205	-.015	.454*
	LEX	Nm (%BW)	-.040	-.117	.020	.218	.288*	.462*	.148	-.026	-.133	-.088	.075	.030	-.190	-.212	-.103	.094	.102	.211
		Watt (%BW)	-.115	.078	.331*	.479*	-.005	.177	.075	.279*	-.252*	.229*	.136	.208	.474*	v	.708*	.096	-.030	.471*
	RFL	Nm (%BW)	-.111	-.137	.085	.278*	.250*	.411*	.103	-.020	-.166	-.072	.101	.062	-.153	-.187	-.095	.078	.086	.160
		Watt (%BW)	-.125	.080	.338*	.463*	-.040	.191	.059	.232*	-.235*	.225	.134	.180	.457*	.526*	.689*	.084	-.028	.455*
LFL	Nm (%BW)	-.020	.049	.360*	.427*	-.092	.113	.041	.166	-.358*	.215	.084	.140	.386*	.457*	.681*	.232*	.029	.330*	
	Watt (%BW)	-.125	.080	.338*	.463*	-.040	.191	.059	.232*	-.235*	.225	.134	.180	.457*	.526*	.689*	.084	-.028	.455*	
240°/sec	REX	Nm (%BW)	-.065	-.084	.034	.241*	.488*	.461*	.039	-.079	-.179	-.187	.109	.037	.056	.010	.022	.180	.069	.277*
		Watt (%BW)	-.108	.114	.380*	.496*	-.039	.138	.126	.222	-.231*	.166	.139	.165	.581*	.666*	.762*	.376*	-.018	.444*
	LEX	Nm (%BW)	-.049	-.103	.061	.272*	.399*	.423*	.029	-.104	-.184	-.174	.009	-.024	.001	-.008	.009	.169	.142	.266*
		Watt (%BW)	-.069	.122	.347*	.486*	-.051	.108	.065	.117	-.287*	.172	.080	.166	.551*	.645*	.751*	.392*	-.013	.420*
	RFL	Nm (%BW)	-.062	-.025	.077	.293*	.353*	.458*	-.062	-.161	-.161	-.211	-.034	-.159	.163	.156	.093	.187	.206	.176
		Watt (%BW)	-.081	.126	.311*	.406*	-.080	.115	.045	.157	-.285*	.203	-.012	.128	.397*	.478*	.637*	.361*	-.010	.476*
LFL	Nm (%BW)	-.053	.115	.372*	.475*	.002	.199	.076	.261*	-.214	.210	.179	.174	.551*	.626*	.736*	.125	-.043	.447*	
	Watt (%BW)	-.081	.126	.311*	.406*	-.080	.115	.045	.157	-.285*	.201	-.012	.128	.397*	.478*	.637*	.361*	-.010	.476*	

REX, right extension; LEX, left extension; RFL, right flexion; LFL, left flexion; PU, push up; SI, sit up; RE, repeated jump; SJ, standing jump; VJ, vertical jump; SS, sidestep; PA, pacer; SRE, sound reaction; LRE, light reaction; BS, back stretch; SR, sit & reach; DB, dynamic balance; GSL, left grip strength; GSR, right grip strength; BS, back strength; WPP, wingate peak power; WAP, wingate average power; PR, peak rpm.

\* $p < .05$ .

**Table 4.** Correlation results (r) between muscle power (watt/kg) increase/decrease rate and basic fitness

Fitness index		Extension-D	Extension ND	Flexion-D	Flexion-ND
Muscular endurance	Push-up	-0.159	-.262*	0.067	0.043
	Sit-up	0.097	0.055	0.132	0.104
	Repeated jump	0.08	0.022	0.13	0.045
Muscular power	Standing jump	0.181	0.08	0.143	0.065
	Vertical jump	-0.016	-0.013	-0.045	-0.012
Agility	Side-step	-0.024	0.03	-0.036	0
	Reaction-sound	0.121	.313*	-0.01	-0.033
	Reaction-light	-0.049	0.05	-0.189	-0.053
Endurance	PACER	-0.06	0.014	-0.062	-0.143
Flexibility	Back-stretch	-0.1	-0.185	-0.126	-0.003
	Sit&reach	0.002	0.068	-0.014	-0.191
Balance	Dynamic balance	0.106	0.137	0.028	0.04
Strength	Grip-strength (left)	0.189	0.081	.250*	-0.009
	Grip-strength (right)	.253*	0.093	.320*	0.018
	Back-strength	.230*	0.114	0.222	0.081
Wingate power	Wingate peak power	0.148	0.044	0.009	0.204
	Peak RPM	.766*	.414*	.662*	.544*
	Wingate average power	0.052	-0.014	0.031	0.028
Wingate power endurance	Wingate fatigue index	-0.117	-0.105	-0.009	-0.088

Data are correlation coefficient between factors. Data are means correlation coefficient.

D, dominant; ND, Nondominant.

\* $p < .05$ .

높을수록 등속성 각속도 증가(180°/sec에서 240°/sec)에 따른 파워 (watt/kg) 증가가 크게 나타났음을 의미한다. 이와 함께 근력변인인 오른쪽 약력은 우세방향(Dominant)의 신근 굴근파워 증감률과 유의한

정적 상관결과를 보였으며, 왼쪽 약력은 우세 굴근파워 증감률과 정적 상관성을 보였다( $p < .05$ ). 그 외 근지구력 요인인 팔굽혀펴기와 비우세 (Non-dominant) 신근파워증감률 간 유의한 부적 상관결과를 보였지

**Table 5.** Difference result of basic fitness and wingate test between groups

Fitness index		Dominant extension		Non-dominant extension	
		DG (17)	IG (57)	DG (13)	IG (61)
Muscular endurance	Push-up (min)	76.76 ± 11.43	73.49 ± 9.32	79.38 ± 10.08*	73.15 ± 9.54
	Sit-up (min)	52.53 ± 9.41	52.56 ± 7.25	51.85 ± 8.86	52.7 ± 7.54
	Repeated jump (min)	94 ± 9.16	100.18 ± 11.24*	96.46 ± 8.18	99.25 ± 11.57
Muscular power	Standing jump (cm)	214.98 ± 19.99	230.35 ± 17.58*	218.03 ± 24.99	228.7 ± 17.36*
	Vertical jump (cm)	53.12 ± 6.2	54.35 ± 5.15	53.69 ± 7.54	54.15 ± 4.89
Agility	Side-step (/20 sec)	47.47 ± 3.97	47.53 ± 3.31	48.15 ± 4.62	47.38 ± 3.17
	Reaction-sound (sec)	0.248 ± 0.028	0.251 ± 0.021	0.234 ± 0.023*	0.254 ± 0.022
	Reaction-light (sec)	0.306 ± 0.119	0.280 ± 0.022	0.269 ± 0.021	0.289 ± 0.065
Endurance	PACER (laps)	97.35 ± 10.64	98.35 ± 12.75	92.15 ± 9.04	99.39 ± 12.5
Flexibility	Back-stretch (kg)	53.18 ± 7.02	52.48 ± 7.66	53.95 ± 7.22	52.36 ± 7.56
	Sit&reach (cm)	10.65 ± 7.72	12.09 ± 7.6	9.63 ± 9.18	12.22 ± 7.22
Balance	Dynamic balance (sec)	29.03 ± 8.69	30.4 ± 8.16	28.69 ± 8.6	30.38 ± 8.21
	Grip-strength (left)(kg)	38.01 ± 6.84	49.34 ± 11.38*	37.66 ± 6.95	48.67 ± 11.41*
Strength	Grip-strength (right)(kg)	39.71 ± 8.74	53.61 ± 13.51*	38.78 ± 9.42	52.9 ± 13.4*
	Back-strength (kg)	112.68 ± 35.51	137.64 ± 29.5*	110.73 ± 36.65	136.42 ± 29.97*
	Power	Wingate peak power (W/kg)	8.85 ± 1.05	9.2 ± 0.99	8.86 ± 1
Power endurance	Peak RPM	178.06 ± 5.68	199.81 ± 14.71*	179 ± 6.88	198.18 ± 15.45*
	Wingate average power (W/kg)	6.64 ± 0.59	6.94 ± 0.92	6.67 ± 0.55	6.91 ± 0.91
	Wingate fatigue index (%)	44.96 ± 4.65	40.38 ± 5.18*	45.22 ± 4.7	40.63 ± 5.21*

Data are means ± SD.

DG, decrease group; IG, increase group.

\* $p < .05$ : between DG and IG in dominant and non-dominant extension.

**Table 6.** Difference result of basic fitness and wingate test according groups (DG, B-IG, A-IG)

Fitness index		Dominant extension			Non-dominant extension		
		DG (17)	B-IG (32)	A-IG (25)	DG (13)	B-IG (39)	A-IG (22)
Muscular endurance	Push-up	76.76 ± 11.43	72.97 ± 9.86	74.16 ± 8.73	79.38 ± 10.08 <sup>BC</sup>	73.38 ± 9.77	72.73 ± 9.31
	Sit-up	52.53 ± 9.41	52.38 ± 7.59	5.80 ± 6.93	51.85 ± 8.86	52.31 ± 8.12	53.41 ± 6.49
	Repeated jump	94 ± 9.16 <sup>B</sup>	102.03 ± 11.45	97.80 ± 10.72	96.46 ± 8.18	98.77 ± 11.39	100.10 ± 12.10
Muscular power	Standing jump	214.98 ± 19.99 <sup>BC</sup>	230.34 ± 20.01	230.37 ± 14.27	218.03 ± 24.99 <sup>C</sup>	225.59 ± 15.97	234.19 ± 18.70
	Vertical jump	53.12 ± 6.2	54.53 ± 4.79	54.12 ± 5.67	53.69 ± 7.54	53.89 ± 4.67	54.59 ± 5.34
Agility	Side-step	47.47 ± 3.97	47.68 ± 3.68	47.32 ± 2.82	48.15 ± 4.62	47.77 ± 3.21	46.68 ± 3.05
	Reaction-sound	0.248 ± 0.028	0.251 ± 0.021	0.251 ± 0.020	0.234 ± 0.023 <sup>BC</sup>	0.254 ± 0.024	0.250 ± 0.023
	Reaction-light	0.306 ± 0.119	0.279 ± 0.022	0.281 ± 0.022	0.269 ± 0.021	0.300 ± 0.080	0.277 ± 0.020
Strength	Grip-strength (left)	38.01 ± 6.84 <sup>BC</sup>	49.13 ± 11.60	49.62 ± 11.34	37.66 ± 6.95 <sup>BC</sup>	47.20 ± 12.39	51.27 ± 9.09
	Grip-strength (right)	39.71 ± 8.74 <sup>BC</sup>	51.99 ± 13.04	55.68 ± 14.08	38.78 ± 9.42 <sup>BC</sup>	51.35 ± 13.90	55.83 ± 12.30
	Back-strength	112.68 ± 35.51 <sup>BC</sup>	135.01 ± 25.52	141.02 ± 34.17	110.73 ± 36.65 <sup>BC</sup>	130.74 ± 27.63	146.50 ± 31.91
Power	Wingate peak power	8.85 ± 1.05	9.13 ± 1.09	9.30 ± 0.87	8.86 ± 1	9.11 ± 1.08	9.30 ± 0.88
	Peak RPM	178.06 ± 5.68 <sup>BC</sup>	188.53 ± 7.89 <sup>C</sup>	214.24 ± 6.18	179 ± 6.88 <sup>BC</sup>	194.87 ± 14.25 <sup>C</sup>	204.05 ± 16.07
Power endurance	Wingate average power	6.64 ± 0.59	6.92 ± 0.95	6.96 ± 0.89	6.67 ± 0.55	6.94 ± 0.82	6.86 ± 1.06
	Wingate fatigue index	44.96 ± 4.65 <sup>BC</sup>	40.37 ± 5.24	40.40 ± 5.20	45.22 ± 4.7 <sup>BC</sup>	40.41 ± 5.79	41.02 ± 4.09

Data are means ± SD.

DG, decrease group; B-IG, increase below average group; A-IG, increase above average group.

A: significant difference with DG; B: significant difference with B-IG; C: significant difference with A-IG.

만( $p < .05$ ) 그 밖의 요인들 간에는 유의한 상관성은 없었다( $p > .05$ ).

#### 4. 등속성 근파워 증감에 따른 기초체력 차이 비교

본 연구에서는 각속도 증가에 따른 근파워 증감률별 기초체력 차이를 알아보려고 180°/sec 기준 240°/sec 파워 증감률 0% (변화없음)을 기준으로 파워가 감소한 감소그룹(decrease group: DG)과 증가결과를 보인 증가그룹(increase group, IG)으로 구분 후 그룹 간 기초체력 및 원게이트 결과 차이를 비교하였으며, Table 5와 같다.

우세(dominant) 신근 결과 중 IG의 반복점프(근지구력)와 제자리멀리뛰기(근파워) 기록이 DG보다 유의하게 높았다( $p < .05$ ). 또한 근력항목인 좌우 악력, 배근력 그리고 원게이트 최고 RPM에서 IG가 높은 결과를 보였다( $p < .05$ ). 반면 원게이트의 피로지수(FI)는 DG에서 높게 나타났다( $p < .05$ ) 비우세 신근 결과에서도 IG의 좌우 악력, 배근력, 원게이트 최고 RPM이 유의하게 높았으며, DG의 피로지수가 유의하게 높게 나타나는 등 우세와 비우세 신근 모두 근력요인, 원게이트 최고 RPM 및 피로지수에서 동일하게 유의한 차이를 보였다. 그 외 우세 신근에서 IG는 반복점프와 제자리멀리뛰기 기록이 DG보다 높았으며( $p < .05$ ), 비우세 신근의 DG는 소리 전신반응 속도와 팔굽혀펴기 기록이 유의하게 높았다( $p < .05$ ). 우세 굴근파워 결과에서도 좌우 악력, 배근력 그리고 원게이트 최고 RPM에서 IG가 유의하게 높은 반면( $p < .05$ ), 비우세 굴근파워 결과에서는 원게이트 최고 RPM 및 평균파워에서 IG가 유의하게 높은 결과를 보였다( $p < .05$ ).

#### 5. 증감률 수준에 따른 집단 간 기초체력 및 원게이트 결과 비교

앞선 IG의 파워증감률 평균을 기준으로 평균 이상 증가한 그룹(above average IG: A-IG)과 평균 이하로 증가한 그룹(below average IG: B-IG)으로 IG를 나눈 후 앞선 감소집단인 DG를 포함하여 3개 집단 간(DG, B-IG, A-IG) 기초체력 및 원게이트 결과를 비교하였다(Table 6).

앞선 DG, IG 간 유의한 차이가 나타났던 요인들과 동일하게 DG, B-IG, A-IG 간 비교에서도 유의한 차이가 나타났다( $p < .05$ ). 하지만 B-IG, A-IG 간 차이를 보인 것은 원게이트 최고 RPM으로써 각속도 증가에 따른 파워 증가율이 높은 집단에서 원게이트 최고 RPM이 유의하게 높았다( $p < .05$ ). 그 외 우세방향 굴근에서도 원게이트 최고 RPM에 따른 집단 간 차이가 있었으며( $p < .05$ ), 특히, 증가율이 높은 집단에서 가장 높은 원게이트 최고 RPM 결과를 보였다.

### 논 의

본 연구에서는 운동선수들의 등속성 근기능 검사결과 중 각속도가 180°/sec에서 240°/sec으로 증가함에 따른 근파워 변화에 대한 의미를 알아보려고 근파워 증감수준에 따른 기초체력 변인들 간의 차이를 알

아보았으며, 그 결과 각속도가 증가함에 따라 파워 증가율이 높은 선수들은 원게이트 최고 RPM이 높았음을 확인할 수 있었다. 등속성 근기능 검사와 관련하여 Gil & Ku [17], Yang [18], Kim [19], Webber & Kriellaars [20], Martin et al. [21]은 각속도가 저속(60°/sec)에서 고속(180°/sec, 240°/sec)으로 증가함에 따라 최대근력은 감소한다고 하였다. 본 연구의 대상자들 또한 180°/sec에서 240°/sec로 각속도가 증가함에 따라 최대근력이 감소하는 결과를 보임으로써 앞선 선행연구들의 결과와 유사함을 알 수 있었다. 이러한 각속도가 증가함에 따른 최대근력이 감소되는 것은 동원되는 근섬유의 종류와 수에 기인되는 것으로서[22] 저속에서는 빠른 속근 섬유뿐만 아니라 느린 지근섬유의 수축시간까지 충분히 확보됨으로 지근 섬유와 속근 섬유 모두 근수축에 관여하지만, 고속의 각속도의 경우 지근섬유의 수축이 유발될 수 있는 충분한 시간적 확보가 어렵기 때문에 주로 속근 섬유만이 근력 발현에 관여하기 때문이다. 또한 Krusen et al. [23]은 근육의 힘-속도 관계를 바탕으로 고속인 240°/sec 이상의 각속도에서는 지근섬유의 수축력은 배제된 채, 속근섬유에 의한 근수축이 유발되기 때문에 최대 근력이 유의하게 감소한다고 하였으며, 이와 유사하게 Smith et al. [24]과 Martin et al. [25] 또한 각속도가 고속으로 전환될 때, 지근섬유와 속근섬유의 복합적 작용에 의한 근력발현이 주로 속근섬유 활동으로 전환되기 때문이라고 하였다. 즉, 각속도가 증가함에 따라 운동단위 활동(motor unit activity)이 감소되고 지근 섬유에 의한 근력 발생이 감소되며, 액틴과 마이오신 교차 연결을 형성하는데 필요한 시간이 충분하지 않기 때문이다[26]. 그러므로 본 연구에 참여했던 선수들 또한 각속도가 느린 180°/sec과 비교하여 상대적으로 각속도가 빠른 240°/sec에서 지근섬유에 의한 기여율이 감소됨으로 인해 최대근력(PT)이 감소된 것으로 판단할 수 있다. 즉, 180°/sec에서보다 각속도가 빠른 240°/sec에서 근력의 감소율이 낮은 선수는 지근보다 속근섬유의 분포비율이 높을 수 있을 것으로 평가될 수 있으며, 더 나아가 속근과 지근의 중간인 FTa 근섬유가 속근섬유의 성향을 더 높게 가지고 있는 경우로 평가될 수 있다. 그러므로 각속도 변화에 따른 근력(PT)의 감소율(%)에 대한 계산을 통해 해당 선수에 대한 일차적인 평가가 가능할 것으로 판단되지만 본 연구에서는 60°/sec 최대근력 측정 결과는 포함되지 않았다.

본 연구의 결과에서는 최대근력인 피크토크보다 속도와 힘의 관계인 근파워(watt%BW) 변화에 집중하여 결과를 관찰하였다. 그 결과, 180°/sec에서의 파워 결과보다 오히려 고속인 240°/sec의 각속도에서 더 높은 파워발현 결과를 보였다. 앞선 여러 선행연구들의 경우에서도 각속도가 저속일 때보다 고속의 각속도에서 평균파워가 증가한다고 함으로써 본 측정결과와 동일함을 알 수 있다[27,28].

하지만 이와 달리 Choi [16]는 180°/sec에서 최고의 파워 발현을 나타낸 후 다시 각속도가 고속화됨에 따라 평균파워는 감소한다고 하였으며, 현장에서의 등속성 근기능 평가 중 엘리트 선수의 경우 보통 240°/

sec의 각속도가 아닌, 180°/sec에서의 최대근파워 평가를 진행하고 있는 등 최대근파워 발현 각속도에 대해서는 다소 차이가 있다. 이러한 차이는 결국 연구대상자의 종목 특성이나 운동능력에 따른 것으로서 이는 훈련능력이나 운동능력이 우수한 대상자의 경우 고속의 각속도에서도 높은 근파워 발현이 가능하기 때문이다[14].

등속성 장비인 CSMI의 일량(Work)과 파워(watts) 계산식은 다음과 같다.

$$1 \text{ Nm} = 0.737562 \text{ (ft-lbs)}$$

$$\text{Work} = \text{Torque (ft-lbs)} \times \text{angle (deg)} \times 0.0175 \text{ (rad/deg)}$$

$$\text{Power (watts)} = \text{Work (ft-lbs)} / \text{Time (seconds)} \times 1.3558179$$

CSMI [29]의 수식에서와 같이 토크(torque)가 일정할 경우 각속도의 증가는 분모인 1회 반복시간(time)의 감소 및 분자의 일량(Work) 증가 결과를 보이므로 근파워는 증가된다. 하지만 실제 본 연구의 결과에서는 각속도가 증가함에 따라 토크(Nm)는 감소되는 결과를 보였다. 다만, 모든 선수들의 동일한 각속도(180°/sec, 240°/sec)에서의 평가를 진행했기 때문에 각속도 증가로 인한 조건은 동일하며, 결국 토크의 감소 정도에 따라 고속의 각속도에서 근파워(watt%BW)가 증가된 결과를 보였던 것으로 사료된다.

고속의 각속도에서 토크의 감소를 최소화할 수 있는 조건으로는 앞서 언급했던 속근섬유(FTx) 혹은 FTa의 경향에 의해 영향을 받을 수 있다. FTx나 FTa는 파워 스피드종목 선수에게 많이 분포하며, 그중 FTa 근섬유는 6주 동안의 근력훈련이나 스피드훈련을 통해 변환될 수 있다[30]. 다만, 70%1RM 이상 고강도의 느린 근력훈련은 FTa의 변환을 초래하기 때문에 스피드가 감소될 수 있다[31]. 그러므로 스피드종목 선수들은 주기화훈련을 통해 근력의 근파워 전환을 위한 훈련을 실시한다[2].

이에 본 연구에서는 등속성 검사 중 각속도가 증가함에 따라 파워 증감의 차이의 의미를 확인하기 위하여 180°/sec에서 240°/sec으로 각속도 증가 시 파워 증감 수준(증감률)에 따른 기초체력 및 무게이트 결과와의 상관분석을 실시하였으며, 모든 신근근파워 증감률에서 무게이트 최고 RPM (회전수)과 유의한 정적 상관성을 보였다. 또한 본 연구 결과 중 파워 증감 여부에 따른 집단 간 비교 결과에서도 감소률을 보인 집단보다 파워 증가를 보인 집단에서 무게이트 최고 RPM이 유의하게 높게 나타난 것은 검사 각속도가 높아짐에 따라 무게이트의 최고 RPM 또한 높아짐을 의미한다.

무게이트 검사 변인 중 최고 RPM의 경우 최고파워(peak power)와 함께 대상자들의 스피드와 높은 상관성이 있음이 보고된 바 있으며 [32-34], 결국 높은 각속도임에도 근섬유의 빠른 근수축이 가능하기 때문에 파워는 증가하였으며, 이러한 빠른 수축의 근섬유의 존재는 무게이트에서의 최고 RPM 상승에 기여했을 것으로 유추할 수 있다. 이

한 본 연구의 결과는 등속성 무릎 검사 중 각속도 180°/sec에서 240°/sec으로 각속도 증가 시 파워의 증감 수준에 따라 대상선수의 스피드 능력을 예측할 수 있을 것으로 생각된다. 다만, 근력요인인 악력, 배근력 차이 결과에서 파워가 감소된 집단에서 증가된 집단보다 유의하게 낮은 근력수준을 보인 것은 높은 각속도에서 근수축에 기여할 수 있는 속근섬유 분포가 낮았기 때문이며, 그에 따라 악력과 배근력 측정 시에도 유의하게 낮은 근력수준을 보였기 때문이다.

Rouis et al. [27]은 240°/sec 각속도에서 피크토크(peak torque)와 여자 배구선수의 서전트 점프와 유의한 상관성이 있다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 파워변인인 서전트점프, 멀리뛰기와 상관성이 없었으며, 또한 등속성 감소율에 따른 집단 간에도 유의한 차이가 나타나지 않았다. Nejc et al. [35]은 운동선수 종목에 따라 등속성 근기능과 운동수행능력과 상관결과가 달라질 수 있다고 하였으며, 본 연구 또한 참여한 선수들의 종목의 다양성(필드하키, 유도, 카누)으로 인해 점프 및 멀리뛰기와 유의한 관계성이 없었던 것으로 생각된다.

## 결론

본 연구결과를 종합해 볼 때, 등속성 근기능 검사 중 각속도별 파워(watt)의 증감여부를 함께 평가하면서 빠른 각속도에서의 파워 증감 여부가 근섬유의 특성에서 기인될 수 있기 때문에 현재 선수들의 근수축 속도에 따른 운동 스피드 발현 능력을 평가할 수 있는 가능성을 제시할 수 있었던 것으로 판단된다. 다만, 상관분석 결과에서 근파워와 관련된 모든 체력요인에서 유의한 상관성이 나타나지 않았으며, 아울러 상관계수 또한 0.5 미만으로 다소 낮게 나타남으로써 차후 대상자 종목 선정 및 근섬유 분포비율을 판단할 수 있는 EMG 방법을 함께 병행하는, 보다 명확한 기전의 확보가 필요하며, 차후 종목별 특성을 반영할 수 있는 단일종목별 선수 대상의 연구진행이 요구될 것으로 사료된다.

## 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: JR Song, DY Kim; Data curation: JR Song, DY Kim; Formal analysis: DY Kim, Funding acquisition: JR Song; Methodology: JR Song, DH Park, KJ Kim; Writing - original draft: JR Song, DY Kim.

## ORCID

Jung-Ran Song	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4883-5942">https://orcid.org/0000-0002-4883-5942</a>
Do-Youn Kim	<a href="https://orcid.org/0009-0000-5922-9676">https://orcid.org/0009-0000-5922-9676</a>
Kwang-Jun Kim	<a href="https://orcid.org/0009-0003-9827-245X">https://orcid.org/0009-0003-9827-245X</a>
Dong-Ho Park	<a href="https://orcid.org/0000-0003-1863-0652">https://orcid.org/0000-0003-1863-0652</a>

## REFERENCES

1. Fleck SJ. Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res.* 1999;13(1):82-9.
2. Bompa TO, Carrena MC. *Periodization-training for sports.* 3th ed., Champaign: Human Kinetics. 2015.
3. The Korean Society of exercise Physiology. *Sports training.* 2nd ed., Seoul: Life science. 2018.
4. Häkkinen K, Alén M, Komi PV. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand.* 1985;125(4):573-85.
5. Perrine DH. *Isokinetic and assessment.* Champaign IL: Human Kinetics. 1993.
6. Douris PC. Cardiovascular responses to velocity-specific isokinetic exercise. *J Orthop Sports Ther.* 1991;13(1):28-32.
7. Beelen A, Sargeant AJ, Wijkhuizen F. Measurement of directional force and power during human submaximal and maximal isokinetic exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1994;68(2):177-81.
8. Kannus P, Järvinen, M. Thigh muscle function after partial tear of the medial ligament compartment of the knee. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23(1):4-9.
9. Jones DA, Newham DJ, Round JM, Tolfree SE. Experimental human muscle damage: morphological change in relation to other indices of damage. *J Physiol.* 1986;375:435-48.
10. Song EJ. Study on the leg strengths of college male students & female students in isokinetic contractions [thesis]. Seoul: Ewha Women University. 1987.
11. Choi BS, Han SW. Effects of resting periods between exercise sets during isokinetic exercise on muscle performances and physiological variables in middle - aged women. *KAUTPT.* 2001;8(3):77-95.
12. Park JS, Lee HY. The effect of peak torque, power and muscle endurance in ankles by 12 weeks isokinetic training. *Official Journal of the Korea Exercise Science Academy.* 1998;7(1):81-92.
13. Lee CR, Kim KJ, Jung BO, Bang HS. The effects of angular velocity on muscle strength and activity of knee joint. *Korean Journal of Sports Science.* 2009;18(4):997-1008.
14. Taylor NA, Cotter JD, Stanley SN, Marshall RN. Functional torque-velocity and power-velocity characteristics of elite athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991;62(2):116-21.
15. Johansson C, Lorentzon R, Sjoström M, Fagerlund M, Fugl-Meyer AR. Sprinters and marathon runners. Does isokinetic knee extensor performance reflect muscle size and structure? *Acta Physiol Scand.* 1987;130:663-9.
16. Choi BJ. Study of muscular function and sEMG according to the angular velocity during knee joint isokinetic contraction [thesis]. Seoul: Dongshin University. 2010.
17. Tae OG, Kwang SK. The analysis of the isokinetic muscular function of knee joint in adult male. *The Korean Journal of Growth and Development.* 2006;14(2):1-11.
18. Yang KS. Isokinetic muscle strength in male university students [thesis]. Gyeonggido: Yong-in University. 2003.
19. Kim HC. Effects of isokinetic training by eccentric contraction upon torque, power and muscular endurance [dissertation]. Seoul: Myong-Ji University. 2000.
20. Webber S, Kriellaars D. Neuromuscular factors contributing to in vivo eccentric moment generation. *J Appl Physiol.* 1997;83(1):40-5.
21. Martin A, Martin L, Morlon B. Changes induced by eccentric training on force-velocity relationships of the elbow flexor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995;72(1-2):183-5.
22. Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol.* 1976; 40(1):12-6.
23. Krusen FH, Kottke FJ, Lehmann JF. *Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation.* 4th ed. Philadelphia: Saunders; 1990.
24. Smith JL, Betts B, Edgerton VR, Zernicke RF. Rapid ankle extension during paw shakes: selective recruitment of fast ankle extensors. *J Neurophysiol.* 1980;43(3):612-20.
25. Martin A, Martin L, Morlon B. Changes induced by eccentric training on force-velocity relationships of the elbow flexor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995;72(1-2):183-5.
26. Barnes WS. The relationship of Motor-unit activation to isokinetic muscular contraction at different contractile velocities. *Phys Ther.* 1980; 60(9):1152-8.
27. Rouis M, Coudrat L, Jaafar H, Filliard JR, Vandewalle H, et al. Assess-

- ment of isokinetic knee strength in elite young female basketball players: correlation with vertical jump. *J Sports Med Phys Fitness*. 2015;55(12):1502-8.
28. Kannus P. Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing. *Int J Sports Med*. 1992;13(3):249-56.
29. CSMI. Computer sports medicine, Inc. (CSMI) HUMAC/NORM TESTING & REHABILITATION SYSTEM User's Guide Model 770. USA 2010.
30. Plotkin DL, Roberts MD, Haun CT, Schoenfeld BJ. Muscle fiber type transitions with exercise training: shifting perspectives. *Sports (Basel)*. 2021;9(9):127.
31. Adams GR, Hather BM, Baldwin KM, Dudley GA. Skeletal muscle myosin heavy chain composition and resistance training. *J Appl Physiol* (1985). 1993;74(2):911-5.
32. Ferná OJA, Mendoza RD, Sarmiento H, Prieto ML, Rodríguez Buitrago JA. Relationship between dynamic and isometric strength, power, speed, and average propulsive speed of recreational athletes. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022;7(4):79.
33. Hoffman JR, Epstein S, Einbinder M, Weinstein Y. A comparison between the wingate anaerobic power test to both vertical jump and line drill tests in basketball players. *J Strength Cond Res*. 2000;14:261-4.
34. Nikolaidis PT, Afonso J, Clemente-Suarez VJ, Alvarado JRP, Driss T, et al. Vertical jumping tests versus wingate anaerobic test in female volleyball players: the role of age. *Sports (Basel)*. 2016;4(1):9.
35. Sarabon N, Kozinc Ž, Perman M. Establishing reference values for isometric knee extension and flexion strength. *Front Physiol*. 2021;15:12.