

# The Relationship between Isokinetic Trunk, Leg Strength and Isometric Mid-Thigh Pull Test, Counter Movement Jump in National Rowing Athletes

Jong Baek Lee<sup>1</sup>, Young Kyun Kim<sup>2\*</sup>

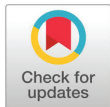
<sup>1</sup> Kookmin University, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup> CHA University, Pocheon, Republic of Korea

**Received:** June 24, 2020  
**Accepted:** July 23, 2020  
**Published online:** July 31, 2020

## Keywords:

Counter Movement Jump  
 Elite rower  
 Mid-Thigh Pull Test  
 Muscle Strength  
 Performance



## ABSTRACT

**OBJECTIVES** The purpose of this study was to analyze the relationship between isokinetic leg strength and maximum Isometric Med-Thigh Pull Test(IMTP) and maximum height of Counter Movement Jump (CMJ) in Korean national rowers.

**METHODS** Each eight male and female athletes were participated in the study. Isometric IMTP, CMJ, and isokinetic trunk, hip, and knee strength were measured to analyze the relationship between the IMTP, CMJ and isokinetic strength. The correlation between variables was analyzed by the step-wise method of multiple regression analysis after analyzing the correlation between dependent and independent variables.

**RESULTS** Knee, Hip and trunk isokinetic flexion and extension strength showed high correlation with maximum IMTP with the all participants. Knee extension and trunk flexion isokinetic strength showed higher correlation with IMTP. Knee extension isokinetic strength showed high correlation with CMJ.

**CONCLUSIONS** For strengthening exercise of National rowers, ipsilateral strength balance and agonist-antagonist strength balance of leg and trunk should be considered to improve performance efficiently.

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

## 서론

조정은 2,000m의 거리를 5.5~8분 이내로 들어오는 순서에 따라 순위가 결정되는 단시간 고강도 스포츠다[1]. 주요 에너지원으로 유산소성 에너지대사가 동원[2]되지만 근력과 근 파워 등의 무산소성 에너지대사 능력 또한 경기력 결정요인으로 알려지고 있다[3]. Riechman [4]은 무산소성 에너지대사 검사인 로잉 윈 게이트 30초 테스트는 2,000m 경기능력을 76% 예측할수 있다고 하였으며, Secher [5]는 세계적 수준의 선수들은 국가대표나 클럽수준의 선수들에 비해 조정과 관련된 등척성 근력이 현저하게 높다고 하였다. 그리

고 Battista [6]의 연구에 의하면 우수선수가 비우수선수보다 수직점프의 높이가 약 3cm더 높다고 하였으며, 2,000m 에르고미터 측정과 수직점프능력과 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다. 조정경기에서 노를 젓는 횟수는 분당 32~42(Strokes Per Minute: SPM)이며 세계적 수준의 남자선수들은 약 1303N에 달하는 힘을 6~8분에 달하는 경기 시간동안 노에 전달해야 한다[4, 5]. 조정경기 중 전체근력의 46.4%가 하지에서 발생되며, 몸통에서 30.9%, 팔과 어깨의 상체부위에서 22.7%의 비율로 기여된다[7]. 다리와 팔이 노를 젓는데 동원되는 근 비율이 높지만 몸통을 중심으로 발생하는 Core 부위의 근파워가 노를 젓는 전체적인 힘을 증가시키는 데 보다 중요하다[5].

\*Correspondence: Young Kyun Kim, Department of Sports Medicine, CHA University, Pocheon, Republic of Korea; Tel: +82-31-728-7918; E-mail: ykkim2020@cha.ac.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.

상지와 하지의 조화로운 움직임과 Core부위의 근력이 중요하게 요구되는 조정동작특성을 고려할 때 Squat, Deadlift, Power Clean 및 Snatch 와 같은 다관절 운동 형태의 Olympic Weightlifting과 Plyometric Exercise 훈련이 추천되며 [4, 6, 8, 9, 10, 11, 12], 이러한 동작들은 모두 조정경기력과 높은 상관관계가 보고되었다 [13, 14].

따라서, 조정선수들의 근력의 발달을 위해서 고강도 저반복 형태로 1회 최대근력대비 85~95%중량이 높은 강도의 근력훈련이 추천되며, 노를 젓는데 사용되는 근육 그룹을 활성화시킬 수 있는 운동형태가 추천된다 [13].

한편, Squat, Deadlift, Power Clean과 같은 올림픽 리프팅 동작들은 대표적인 다관절운동(Multi-Joint Exercise)으로 단관절운동(Single-Joint Exercise)에 비해 근섬유동원률과 협응력, 운동의 기능적인 움직임 발달에 효과적인 것으로 알려지며 많은 스포츠현장에서 선수들의 근력과 근과위 향상을 목적으로 활용되고 있다 [15]. 하지만, 다관절운동은 숙련기간이 길고, 동작의 자세제어가 어려우며, 부위별 근력발달을 유도하기 어렵다. 또한 잘못된 자세로 인해 무릎과 허리의 손상 발생률이 높은 편이다 [16, 17, 18].

단관절운동은 다관절운동에 비해 근섬유동원률과 운동의 협응력 발달에는 부족하지만, 신경학적 요인의 개입요소가 낮아 동작의 학습이 쉽고, 해당 관절을 부위별로 강화시킬 수 있으며, 손상의 위험이 상대적으로 낮다는 장점이 있다 [11, 12, 19]. 또한, 단관절 운동은 다관절 운동에 비해 근력향상에는 큰 차이가 없는 것으로 알려지고 있다 [20, 21, 22]. 이러한 다관절 운동이나 단관절운동의 단편적인 운동형태보다는 두 가지 운동형태가 조합된 훈련프로그램이 조정선수들의 최대근력과 근과위 향상에 효율적일 것으로 판단되나, 아직까지 이러한 측면에서 두 가지 운동형태의 관계에 대한 연구는 부족한 실정이다.

한편, McNeely [13]은 조정선수들의 효과적인 경기체력의 향상과 훈련프로그램을 작성하기 위하여 Squat, Deadlift 등의 1RM(One Repetition Maximum)과 파워에 대한 평가가 중요하다고 하였다. 선수들의 일반적인 1RM측정 방법으로 직접측정방법과 추정공식을 이용한 간접측정방법 등이 활용되고 있지만 안정성과 신뢰성에서 문제가 제기되고 있다. Isometric Mid-Thigh Pull

Test(IMTP)방식은 올림픽 리프팅 동작에서 두 번째 동작에 해당하는 자세로서 가장 많은 힘이 생성되는 방식으로 알려지고 있다 [23]. 여러 선행연구에서 IMTP는 Rate of Force Development(RFD)와 점프능력, 최대근력, 스프린트 속도와와의 관계를 연구하는데 이용되고 있으며 [24, 25], 선수들의 최대근력의 측정에 있어서 안정성과 신뢰성, 효율성(측정시간)측면에서 기존 1RM평가방법의 대안으로 제시되고 있다.

본 연구에서는 조정선수들의 등속성(Isokinetic)운동장비를 이용하여 선수들의 무릎관절(슬관절, Knee Joint), 엉덩관절(고관절, Hip Joint), 척추몸통관절(추체의 관절, Joint of Vertebral Bodies)등 신체의 중심부위의 연속된 단관절 근특성과, IMTP와 Counter Movement Jump(CMJ)등 다관절 방식의 최대근력 및 파워와의 관계를 살펴보았다. 이를 통해 조정선수들의 다관절 운동수행능력에 영향을 미치는 단관절의 특성을 분석하여 최대근력과 근과위를 효율적으로 향상시키기 위한 훈련프로그램의 기초자료로 활용하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 연구방법

### 연구대상

본 연구의 대상자는 2016년 남녀 조정 국가대표 선수들로서 남자(n=8), 여자(n=8) 총 16명을 대상으로 하였으며, 연구대상자들의 신체적인 특성은 <Table 1>과 같다.

**Table 1.** Characteristic subjects

Variables	Male (n=8)	Female (n=8)
Age (years)	22.8 ± 2.66	23.0 ± 2.98
Height (cm)	187.2 ± 4.72	175.1 ± 3.86
Weight (kg)	84.8 ± 10.08	66.1 ± 6.63
%Fat (%)	8.3 ± 2.02	16.8 ± 4.65

### 측정 항목 및 방법

본 연구에서는 조정선수들의 무릎관절, 엉덩관절, 척추몸통 등 등속성 근력과 근과위가 IMTP와 CMJ에 미치는 영향을 살펴보기 위해 신체구성과 무릎관절(Knee Joint), 엉덩관절(Hip Joint), 척추몸통관절(Joint of Vertebral Bodies) 등 3부위의 등속성 근력과 근과위

위를 각각 측정하였다. 측정 간 근 피로로 인한 측정결과  
의 영향력을 최소화하기 위하여 연관된 부위의 측정은  
30분 이상 간격의 시간차이를 두고 실시하였다. 본  
연구에서의 측정항목은 <Table 2>과 같다.

Table 2. List of measurement	
Variables	
Body composition	· Height, Weight, Fat(%)
Physical fitness	· Isometric Mid-thigh pull test
	· Isokinetic muscle strength: Trunk, Knee, Hip
	· Power : Counter movement jump

### 신체 구성(Body Composition)

신체구성은 신장계와 체성분분석기(Inbody-720, Inbody, Korea)를 이용하여 신장(height), 체중(weight), 체지방률(%fat)을 측정하였다. 신장과 체중, 체지방률에는 일차가 있으므로 측정시간은 오전 9~11시 사이를 기준으로 측정하였으며, 신장의 기록치는 cm 단위로, 체중의 기록치는 kg 단위로, 체지방률의 기록단위는 %로 기록하되 3가지 항목 모두 소수점 첫째 자리에서 반올림하여 기록했다.



Figure 1. Isometric mid-thigh pull test (IMTP) on digital back muscle dynamometer

### 체력

#### 1) Isometric Mid-Thigh Pull Test(IMTP)

IMTP 측정은 배근력 디지털 측정기(Takei WDT-

8308, Japan)를 무릎과 팔을 펴서 손잡이를 잡고 서게 한 후 무릎관절의 각도는 120~150°, 엉덩관절의 각도는 124~175° 범위에서 각을 구부린 후 최대의 힘을 발휘하도록 하였다 [Figure 1]. 각 피험자에게 총 2~3회 기회를 주고 반복하여 실시하였으며, 그중 가장 높은 측정값을 기록하였다[26].

#### 2) 등속성근력(Isokinetic)

하지 및 코어부위의 근기능 특성을 분석하기 위해 무릎관절, 엉덩관절, 척추몸통관절 3부위를 Cybex 770(Cybex, USA)를 이용하여 근력과 근과워를 측정하였다. 무릎관절의 최대신장 및 굴곡 운동을 좌우 각각 정해진 운동속도(60°/s : 5회, 180°/s : 5회)로 실시하였으며, 엉덩관절에서 최대신장 및 굴곡운동은 좌우 각각 (30°/s : 5회, 180°/s : 5회) 실시하였다. 척추몸통관절에서의 최대신장 및 굴곡각도는(30°/s : 5회, 120°/s : 5회)로 실시하였다. 연구대상자간에는 체중이 다르기 때문에 최대토크(Nm)를 측정하여 체중(Body Weight, BW)으로 나눈 상대치(%BW)를 함께 적용하여 제시하였다[27].

#### 3) Counter Movement Jump(CMJ)

근과워 측정은(Vert jump digital, USA) 제자리수직 점프 측정장비를 활용하였다. 대상자는 양발을 어깨넓이로 선 자세에서 양손은 허리부위를 잡은 상태를 유지하며, 시작신호와 동시에 넓다리네갈래근(대퇴사두근이, Quadriceps Femoris)이 바닥과 평행한 90°까지 구부린 후 반동을 이용해 가능한 높게 점프하도록 유도하였다. 총 5회 점프를 실시하여 기록을 평균하였다[27].

### 자료 처리

측정한 모든 변인들의 값은 SPSS PC+ for Windows (version 23.0) 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 제시하였다. 조정선수들의 IMTP를 이용한 최대 근력과 CMJ가 하지와 코어연결부위와 관련된 무릎, 엉덩관절, 몸통 3부위의 등속성 근력특성 간 관련성을 분석하기 위해서 상관관계분석(Correlation Analysis)을 실시하였다. 또한 IMTP 및 CMJ와 상관관계가 있는 등속성 근력과 근과워 변인들 중 상호관계와 영향력의 크기를 확인하기 위해 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)의 단계선택법(Step-wise)으로 변인들 간의

관계를 분석하였다. 상관관계분석의 통계적인 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였고, 다중회귀분석에서는 0.9이상의 상관관계도가 높은 변인들은 다중공선성 문제를 제거하기 위해 변인을 제외시켰다. 통계적 유의 수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

## 결과

### The results of lower extremity isokinetic strength variables

조정선수들의 IMTP 와 하지 등속성근력 3부위(Trunk, Hip, Knee)에 대한 전체, 남자, 여자선수 평균과 표준편차는 <Table 3>과 같다.

**Table 3.** The results of lower extremity isokinetic strength variables

Variables	Total	Male	Female
60°/S Right Knee Flexion (Nm)	96.2 ±28.99	118.4 ±22.43	74.0 ±13.13
60°/S Right Knee Extension (Nm)	170.2 ±45.45	202.5 ±35.88	137.9 ±27.41
30°/S Right Hip Flexion (Nm)	94.5 ±26.18	111.9 ±25.57	77.1 ±11.17
30°/S Right Hip Extension (Nm)	246.1 ±56.36	269.9 ±59.42	222.3 ±44.51
60°/S Left Knee Flexion (Nm)	96.8 ±29.80	118.6 ±24.12	75.0 ±15.31
60°/S Left Knee Extension (Nm)	177.4 ±40.19	208.6 ±28.36	146.3 ±20.84
30°/S Left Hip Flexion (Nm)	96.6 ±24.57	111.8 ±26.76	81.4 ±7.05
30°/S Left Hip Extension (Nm)	253.3 ±60.46	285.4 ±61.82	221.1 ±40.66
30°/S Trunk Extension (Nm)	295.1 ±84.09	364.8 ±45.58	225.5 ±44.66
30°/S Trunk Flexion (Nm)	259.5 ±66.14	312.0 ±47.74	207.0 ±28.21

### Correlation between isometric Mid-thigh Pull Test and Low extremity isokinetic muscle factors

조정선수들의 IMTP와 하지 등속성근력 간 상관관계를 분석한 결과는 전체와 남·녀로 나누어 구분하여 <Table 4>에 제시하였다. 남·녀 통합결과에서는 등속성근력 3부위(Trunk, Hip, Knee) 좌·우 굽힘근과 폼근 모두 IMTP와 높은 상관관계를 나타냈다( $p < .01$ ). 남자선수 그룹만의 결과에서는 좌·우 무릎관절과 엉덩관절 폼근에서 IMTP와 높은 상관관계를 나타냈다( $p < .01$ ). 하지만 좌측 무릎관절굽힘근과 척추몸통폼근에서는 유

의한 상관관계가 나타나지 않았다. 여자선수 그룹은 우측 무릎관절 굽힘근과 폼근, 좌측 무릎관절 폼근, 좌우측 엉덩관절 폼근과 굽힘근, 척추몸통관절굽힘근과 폼근에서 IMTP와 유의한 상관관계를 나타냈다( $p < .01$ ).

**Table 4.** Correlation between IMTP and lower extremity isokinetic muscle factors

Variables	Total		Male		Female	
	r	p	r	p	r	p
60°/S Right Knee Flexion (Nm)	.887	.000**	.679	.032*	.772	.012*
60°/S Right Knee Extension (Nm)	.913	.000**	.853	.004**	.736	.019*
30°/S Right Hip Flexion (Nm)	.791	.000**	.642	.043*	.470	.120
30°/S Right Hip Extension (Nm)	.804	.000**	.889	.002**	.786	.010**
60°/S Left Knee Flexion (Nm)	.809	.000**	.483	.113	.615	.052
60°/S Left Knee Extension (Nm)	.928	.000**	.809	.008**	.806	.008**
30°/S Left Hip Flexion (Nm)	.812	.000**	.755	.015*	.706	.025*
30°/S Left Hip Extension (Nm)	.845	.000**	.842	.004**	.787	.010**
30°/S Trunk Extension (Nm)	.896	.000**	.425	.147	.965	.000**
30°/S Trunk Flexion (Nm)	.907	.000**	.710	.024*	.833	.005**

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

### Multiple regression analysis between isometric Mid-thigh Pull Test and lower extremity isokinetic muscle factors

IMTP를 종속변인으로 설정하고 하지 등속성 근력 요인들을 독립변인으로 설정한 다중회귀분석 결과는 <Table 5>와 같다. IMTP에 영향을 미치는 하지 등속성 근력부위의 크기를 확인하기 위하여 상관관계가 높은 요인부터 순차적으로 투입하는 방식인 다중회귀 단계선택법을 적용한 결과 척추몸통관절굽힘근과 왼쪽 무릎관절 폼근에서 통계적으로 유의한 변인으로 나타났다( $p < .01$ ). 이들 변수 전체적인 회귀식에서 92.7%의 설명력을 갖는 것으로 나타났으며, 각각의 설명력은 표준화계수에서 왼쪽 무릎관절 폼근이 56.1%, 척추몸통관절 굽힘근이 44.8%의 설명력을 갖는 것으로 나타났다.

남자선수그룹 다중회귀분석은 왼쪽 엉덩관절 굽힘근과 오른쪽 무릎관절 굽힘근이 함께 98.8%의 설명력

**Table 5.** Multiple regression analysis between isometric Mid-thigh Pull Test and lower extremity isokinetic muscle factors

Variables		SC(b)	SE	β	t	p	Durbin-Watson	R2
Total	(constant)	-40.549	14.048		-2.887	.013		
IMPT (kg)	LKE (Nm)	.576	.134	.561	4.309	.001	1.146	.927
	TF (Nm)	.280	.081	.448	3.442	.004		
Male	(constant)	59.660	22.901		2.605	.040		
IMPT (kg)	RHE (Nm)	.394	.083	.889	4.746	.003	1.690	.790
Female	(constant)	-7.833	11.044		-.709	.510		
IMPT (kg)	TE (Nm)	.768	.096	1.360	7.986	.000	2.660	.971
	RKF (Nm)	-.851	.327	-.443	-2.599	.048		

IMPS=Isometric Mid-thigh Pull Test, TF=Trunk Flexion, LKE=Left Knee Extension, RHE=Right Hip Extension, TE=Trunk Extension, RKF=Right Knee Flexion, SE=Standard Error, β=Standardized Coefficients(β),

**Table 6.** The results of lower extremity isokinetic power variables

Variables	Total	Male	Female
180°/S Right Knee Flexion (%BW)	178.9 ±31.16	194.1 ±22.53	163.8 ±32.34
180°/S Right Knee Extension (%BW)	294.6 ±39.01	315.5 ±35.21	273.8 ±32.01
180°/S Right Hip Flexion (%BW)	148.0 ±35.12	166.0 ±27.53	130.0 ±33.82
180°/S Right Hip Extension (%BW)	520.8 ±77.45	514.8 ±76.16	526.8 ±83.48
180°/S Left Knee Flexion (%BW)	173.6 ±33.30	192.1 ±26.78	155.0 ±29.53
180°/S Left Knee Extension (%BW)	291.9 ±40.95	314.0 ±35.41	269.8 ±34.93
180°/S Left Hip Flexion (%BW)	158.1 ±24.48	171.3 ±21.92	145.0 ±20.25
180°/S Left Hip Extension (%BW)	521.8 ±95.1	540.8 ±99.62	502.9 ±92.93
120°/S Trunk Extension (%BW)	423.4 ±146.8	433.9 ±61.25	412.9 ±205.3
120°/S Trunk Flexion (%BW)	431.4 ±167.2	439.1 ±49.76	423.8 ±239.4

을 나타냈다. 표준화계수에서 왼쪽 엉덩관절 굽힘근은 56.8%을, 오른쪽 무릎관절 굽힘근은 46.7%의 설명력을 나타냈다.

여자선수그룹의 다중회귀분석은 척추몸통관절 펴근과 오른쪽 무릎관절 굽힘근에서 97.1%의 설명력을 나타냈다.

**The results of lower extremity isokinetic power variables**

조정선수들의 CMJ와 하지 등속성 근과워 3부위 (Trunk, Hip, Knee)에 대한 전체통합, 남자선수그룹,

**Table 7.** Correlation between counter movement jump and lower extremity isokinetic muscle power factors

Variables	Total		Male		Female	
	r	p	r	p	r	p
180°/S Right Knee Flexion (%BW)	.647	.003**	-.288	.245	.795	.009**
180°/S Right Knee Extension (%BW)	.82	.000**	.551	.078	.915	.001**
180°/S Right Hip Flexion (%BW)	.548	.014**	-.097	.410	.449	.132
180°/S Right Hip Extension (%BW)	.39	.068	.494	.107	.819	.006**
180°/S Left Knee Flexion (%BW)	.711	.001**	-.101	.406	.871	.002**
180°/S Left Knee Extension (%BW)	.796	.000**	.578	.067	.790	.010**
180°/S Left Hip Flexion (%BW)	.581	.009**	-.007	.493	.520	.093
180°/S Left Hip Extension (%BW)	.582	.009**	.439	.138	.855	.003**
120°/S Trunk Extension (%BW)	.102	.353	.455	.128	.004	.496
120°/S Trunk Flexion (%BW)	-.066	.404	.193	.324	-.210	.309

\* p<.05, \*\* p<.01, %BW= /Body Weight

여자선수그룹별로 평균과 표준편차를 <Table 6>에 제시하였다.

**Correlation between Counter movement jump and Low extremity isokinetic muscle factors**

조정선수들의 CMJ와 하지 등속성근과워와 상관관계

**Table 8.** Multiple regression analysis counter movement jump between and lower extremity isokinetic muscle power factors

Variables		SC(b)	SE	β	t	p	Durbin-Watson	R2
T-CMJ (cm)	(constant)	-5.794	8.951		-.647	.528	1.512	.673
	RKE (%BW)	.162	.030	.820	5.366	.000		
W-CMJ (cm)	(constant)	-13.049	8.946		-1.459	.195	1.254	.837
	RKE (%BW)	.180	.032	.915	5.541	.001		

T-CMJ=Total CMJ, W-CMJ=Women CMJ, RKE=Right Knee Extension, SE=Standard Error, β=Standardized Coefficients(β),

를 분석한 결과는 <Table 7>과 같다. 전체 그룹에서는 오른쪽 엉덩관절 펌근, 척추몸통관절 굽힘근과 펌근은 CMJ와 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 남자선수 그룹에서는 CMJ와 등속성 근파워 간에 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 여자선수그룹에서는 좌·우 엉덩관절 굽힘근과 척추몸통관절 굽힘근과 펌근과 파워를 제외한 좌·우 무릎관절과 파워 굽힘근과 펌근, 좌·우 엉덩관절 펌근에서 CMJ와 유의한 상관관계를 나타냈다( $p<.05$ ).

**Multiple regression analysis Counter movement jump between and lower extremity isokinetic muscle factors**

CMJ를 종속변인으로 설정하고 하지 등속성 근파워를 독립변인으로 설정하여 다중회귀분석을 실시한 결과는 <Table 8>과 같다. 남녀 통합된 전체그룹과 여자선수그룹에서는 오른쪽 무릎관절과 파워 펌근이 CMJ와 상호관계가 나타났지만, 남자선수그룹에서는 CMJ와 등속성 근파워 간에 상호관계가 나타나지 않았다. 전체에서는 오른쪽 무릎관절과 파워가 67.3%의 설명력을 나타냈으며, 표준화계수에서는 82%의 영향을 나타냈다. 여자선수그룹에서는 83.7%의 설명력을 가지는 것으로 나타났으며, 표준화계수에서는 91.5%의 영향을 나타냈다.

**논의**

본 연구에서는 다관절운동형태의 등척성 근력과 단관절운동형태의 등속성 근특성을 비교하여 선수들의 최대근력향상을 위한 효율적인 훈련방법을 위한 기초자료를 제공하는데 연구의 목적이 있다.

IMTP 측정방식은 Deadlift의 동작의 두 번째 구분 동작에 해당하는 자세로 조정선수들이 경기력을 높이기 위해 주로 실시하는 웨이트트레이닝 동작인 Power Clean의 두 번째 동작과도 연관된다. 가장 높은 힘이 발현되는 동작으로 알려져 있으며, Deadlift 측정과 높은

상관관계가 있다[28]. Deadlift의 주요 근 활성화부위는 Deadlift의 들어올리는 방식이나 중량물을 들어올릴때 (Concentric Contraction)와 내려놓는 동작(Eccentric Contraction)의 근 수축형태에 따라 차이는 나타날 수 있다[19]. 본 연구에서 측정방법으로 활용된 IMTP방식은 Conventional Deadlift 자세와 유사한 동작으로 넙다리내갈래근 부위와 큰볼기근(Gluteus Maximus), 뒤넙다리근(Hamstrings) 그리고 앞정강근(Tibialis Anterior)등이 주요 근활성 부위다[19].

본 연구에서는 IMTP와 등속성근력 3부위는 남녀 모두 높은 상관관계가 나타났다( $p<.01$ ). 특히 넙다리내갈래근 펌근과 큰볼기근 펌근부위가 IMTP와 높은 상관관계를 나타낸 것은 전형적인 Deadlift 동작의 근 활성화 형태와 같은 것으로 사료된다. 등속성근력과 IMTP최대 근력 간 상호관계 분석을 위해 실시한 다중회귀분석에서 남자선수그룹은 엉덩관절 우측 펌근이 IMTP최대 근력과 높은 상호관계가 나타났다.

남자선수그룹의 무릎관절 굽힘근과 펌근의 비율이 좌측은 57%, 우측은 59%로 차이가 크지 않고 균형적이었지만 엉덩관절 굽힘근과 펌근의 비율은 좌측이 39%, 우측은 42%로 엉덩관절 우측 펌근이 (좌편근 :  $285.4\pm 61.82$ , 우편근 :  $269.9 \pm 59.42$ ) 좌측 펌근에 비해 약했다.

척추몸통관절은 굽힘근과 펌근의 비율은 2:3수준으로 적절한 굽힘근과 펌근의 비율이 나타났다. 즉 Deadlift의 두 번째 동작인 IMTP자세에서 주요 근 활성화부위인 미치는 무릎관절 좌·우 펌근은 균형적이었고 척추몸통관절은 적절한 굽힘근과 펌근의 비율을 나타냈다. 하지만 엉덩관절 펌근부위는 좌·우 차이가 있었다. 특정한 운동동작의 움직임 제어하기 위한 과정에서 주동근(Agonist Muscles)과 길항근(Antagonist Muscles)의 적절한 균형은 관절면에 가해지는 압력분배를 균등하게 하여 관절의 안정성을 높이는 중요한 역

할을 하며 [29], 또한 관절을 안정화시키기 위한 과정에서 주동근과 길항근의 동시수축형태의 근수축이 증가된다(Lombard's Paradox). 본 연구에서는 다른 근력 부위보다 엉덩관절의 우측편근이 좌측편근보다 약하게 나타난 근력차이가 IMTP최대근력과 상호관계를 나타내게 된 이유로 사료된다.

여자선수그룹은 엉덩관절 우측 편근비율과 무릎관절 우측 편근이 좌측에 비해 높기 때문에 굽힘근과 편근 비율이 좌측에 비해 상대적으로 높았다. 또한 척추몸통관절 굽힘근과 편근비율이 92%로 남자선수그룹의 척추몸통관절 근력비율과 비교하면 편근이 낮았다. 본 연구에서 여자선수그룹의 각근력 굽힘근과 편근의 비율은 우측은 54%, 좌측은 51%로 넓다리뒤근육 근력이 넓다리내갈래근의 근력에 비해 상대적으로 낮았다. 앞서 언급한 주동근과 길항근의 동시수축을 통한 관절안정화작용으로 무릎관절 우측 굽힘근이 IMTP최대근력과 상호관계가 나타난 이유로 사료된다. Koutedakis [30]은 무릎관절 굽힘근과 편근의 비율에서 굽힘근의 비율이 낮으면 허리골반의 후방경사를 유도하고 골반 움직임의 리듬에 영향을 미쳐 허리부위의 과활성화를 유도할 수 있다고 하였다. 이러한 연구를 토대로 추정하였을 때 여자선수그룹의 낮은 무릎관절 굽힘근력과 남자선수그룹에 비해 부족한 척추몸통관절 편근이 무릎관절 우측굽힘근과 함께 IMTP최대근력과 상호관계를 나타낸 주요 이유로 사료된다.

Counter-Movement Jump(CMJ)는 스포츠현장과 스포츠과학자들의 여러 연구들에서 CMJ는 단거리 질주능력과, 하지 1RM근력, 파워와 관련 있는 것이 증명되었으며, 다양한 점프테스트 중에서도 신뢰도가 가장 높은 것으로 알려지고 있다 [31]. 남녀그룹 전체에서는 CMJ는 등속성 무릎관절파워 좌·우 굽힘근과 편근, 엉덩관절파워 좌·우 굽힘근, 우측 편근이 통계적으로 유의한 상관관계가 나타났다( $p < .01$ ). 하지만 남자선수그룹에서는 등속성 근파워 요인과 CMJ간의 유의한 상관관계가 나타나지 않았고, 여자선수그룹은 무릎관절파워 좌·우 굽힘근과 편근, 엉덩관절파워 좌·우 편근에서 통계적으로 유의한 상관관계가 나타났다( $p < .01$ ). 다중회귀분석을 통한 CMJ와 등속성근파워와의 상호관계는 남녀전체그룹과 여자선수그룹에서 무릎관절 편근이 관련이 있는 것으로 나타났고, 남자선수그룹은 통계적으로 유의한 상호관계가 나타나지 않았다.

점프와 관련된 여러 연구들에서 넓다리곧은근과 장단지근이 주요 근활성부위로 알려지고 있으며 [31, 32], Nadler [33]는 허리, 복근 및 넓다리부위와 그 주변부위를 포함한 Core부위는 모든 신체활동 및 스포츠 종목의 수행력(파워발현)에 있어서 매우 중요한 역할을 한다고 하였다. 이러한 연구들이 본 연구에서 나타난 CMJ와 등속성 무릎관절파워 편근과의 상관관계나 상호관계가 나타난 것과 같다고 생각해 볼 수 있으나, 남자선수그룹에서는 상관관계나 상호관계가 나타나지 않은 점은 파워와 관련된 변인에서 다른 요인에 기인된 것으로 생각해 볼 수 있다. Augustsson [34]은 하나의 관절 움직임이 다른 관절의 움직임에 영향을 미치는 시스템을 말하는 열린 운동사슬(Open Kinetic Chain)과 닫힌 운동사슬(Closed Kinetic Chain)을 각각 처치 후 스쿼트(Squat) 최대근력과 CMJ, 균형능력 등 운동수행능력에 미치는 효과를 분석한 연구결과에 의하면, 두 운동형태 모두 스쿼트 최대근력과 균형능력의 향상에는 긍정적인 영향을 나타냈다. 하지만 제자리높이뛰기와 같이 점프수행능력에서는 닫힌 운동사슬만이 훈련의 효과가 나타났고 열린 운동사슬에서는 영향을 미치지 못하였다. 이 연구에서는 이러한 결과를 신장-단축주기(Stretch-Shortening Cycle: SSC)의 신경학적 요인에 기인한 것으로 원인을 설명했다. SSC는 점프수행력에 있어서 매우 중요한 운동학적 변인으로 등속성 측정과 같은 단관절을 중심으로 근특성만을 평가하는 방식은 SSC의 신경학적인 요인 평가하기에는 부적절했던 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구결과 조정국가대표 선수들의 IMTP최대근력과 하지 등속성근력 간에는 높은 상관관계가 나타났으며, 상호관계 분석결과에서는 주동근과 길항근의 인체사슬형태의 상호보완적인 관계가 변인들간의 영향을 미치는 것으로 나타났다. CMJ와 등속성근파워와의 관계는 등속성근파워 측정이 CMJ의 신경학적 요인인 SSC(Stretch Shortening Cycle)의 특성분석의 제한으로 인하여 상호관계를 나타내지 못한 것으로 사료된다. 이러한 연구결과는 선수들의 특정한 운동동작의 운동사슬형태의 주동근과 길항근, 안정근 부위를 파악하고, 상대적으로 약한 주동근 분절과 길항근 보강훈련을 적용한다면 최대근력을 보다 효율적으로 발현하도록 기여

할 수 있을 것으로 사료된다.

마지막으로 본 연구에서는 수직점프에 높은 영향을 미치는 발목부위에 대한 분석은 이루어지지 못하였다. 발목부위에 대한 통합된 분석연구가 필요할 것으로 사료되며, 세부 분절부위에 대한 일정기간의 보강훈련이 최대근력에 미치는 효과에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

- Mäestu, J, Jürimäe J, Jürimäe T. Monitoring of performance and training in rowing. *Sports Med*, 2005; 35(7):597-617.
- Messonnier L, Freund H, Bourdin M, Belli A, Lacour JR. Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 1997; 29(3):396-401.
- Çelik Ö, Kosar SN, Korkusuz F, Bozkurt M. Reliability and validity of the modified Conconi test on concept II rowing ergometers. *J Strength Cond Res*, 2005; 19(4):871.
- Riechman SE, Zoeller RF, Balasekaran G, Goss FL, Robertson RJ. Prediction of 2000 m indoor rowing performance using a 30 s sprint and maximal oxygen uptake. *J Sport Sci*, 2002; 20(9):681-687.
- Secher NH. Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Med Sci Sport Exer*, 1975; 7(4):280-283.
- Battista RA, Pivarnik JM, Dummer GM, Sauer N, Malina RM. Comparisons of physical characteristics and performances among female collegiate rowers. *J Sports Sci*, 2007; 25(6):651-657.
- Nolte, V. *Rowing Faster* 2nd Edition. Human Kinetics. 2011.
- Ingham S, Whyte G, Jones K, Nevill A. Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *Eur J Appl Physiol*, 2002; 88(3):243-246.
- Yoshiga C, Higuchi M. Bilateral leg extension power and fat-free mass in young oarsmen. *J Sports Sci*, 2003; 21(11):905-909.
- Escamilla RF, Francisco AC, Kayes AV, Speer KP, Moorman CT. An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Med Sci Spots Exerc*, 2002; 34(4):682-688.
- Gourgoulis V, Aggelousis N, Mavromatis G, Garas A. Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters. *J Sports Sci*, 2000; 18(8):643-652.
- Miletello WM, Beam JR, Cooper ZC. A biomechanical analysis of the squat between competitive collegiate, competitive high school, and novice powerlifters. *J Strength Cond Res*, 2009; 23(5):1611-1617.
- McNeely, E, Sandler D, Bamel S. Strength and power goals for competitive rowers. *Strength Cond J*, 2005; 27(3):10.
- Ivey P, Oakley J, Hagerman P. Strength training for the preparatory phase in collegiate women's rowing. *Strength Cond J*, 2004; 26(6):10.
- Gee TI, Olsen PD, Berger NJ, Golby J, Thompson KG. Strength and conditioning practices in rowing. *J Strength Cond Res*, 2011; 25(3):668-682.
- Fry AC. Coaching considerations for the barbell squat-Part1, *J Strength Cond Res*. 1993; 15(2):556-569.
- O'Shea P. Sports performance series: The parallel squat. *Strength Cond J*, 1985; 7(1):4-6.
- Williams JG. Biomechanical factors in spinal injuries. *Br J Sports Med*, 1980; 14(1):14.
- Escamilla RF, Francisco AC, Fleisig GS, Barrentine SW, Welch CM, Kayes, AV, Andrews JR. A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Med Sci Sports Exerc*, 2000; 32(7):1265-1275.
- Gentil P, Soares S, Bottaro M. Single vs. multi-joint resistance exercises: effects on muscle strength and hypertrophy. *Asian J Sports Med*, 2015; 6(2).
- Paoli A, Gentil P, Moro T, Marcolin G, Bianco A. Resistance training with single vs. multi-joint exercises at equal total load volume: Effects on body composition, cardiorespiratory fitness, and muscle strength. *Front Physiol*, 2017; 8:1105.



22. Senna GW, Willardson JM, Scudese E, Simão R, Queiroz C, Avelar R, Dantas EH. Effect of different interset rest intervals on performance of single and multijoint exercises with near-maximal loads. *J Strength Cond Res*, 2016; 30(3):710-716.
23. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M, Kang J. Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *J Strength Cond Res*, 2004; 18(1):129-135.
24. McBride J, Blow D, Kirby T, Haines T, Dayne A, and Triplett N. Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *J Strength Cond Res*, 2009; 23(6):1633-1636.
25. McGregor A, Anderton, L, Gedroyc, W. The assessment of intersegmental motion and pelvic tilt in elite oarsmen. *Med Sci Sports Exerc*, 2002; 34(7):1143-1149.
26. Comfort, P., Dos' Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. Standardization and methodological considerations for the isometric midthigh pull. *Strength Cond J*, 2019;41(2):57-79.
27. Kim Y. S. Korea institute of sports science fitness measurement and evaluation manual II. *Kor Institute of Sports Sci*, 2015; 50-66, 112-121.
28. De Witt JK, English KL, Crowell JB, Kalogera KL, Williams ME, Nieschwitz BE, Ploutz-Snyder L L. Isometric midthigh pull reliability and relationship to deadlift one repetition maximum. *J Strength Cond Res*, 2018; 32(2):528-533.
29. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'ambrosia R. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med*, 1988; 16(2):113-122.
30. Koutedakis Y, Frischknecht R, Murthy M. Knee flexion to extension peak torque ratios and low-back injuries in highly active individuals. *Int J Sports Med*, 1997; 18(4):290-295.
31. Goodwin PC, Koorts K, Mack R, Mai S, Morrissey MC, Hooper DM. Reliability of leg muscle electromyography in vertical jumping. *Eur J Appl Physiol*, 1999; 79(4):374-378.
32. Lee SC, Hwang IS, Cho YJ, Kim SJ. Analysis of muscle activities of lower extremity in jumping pattern. *KJSB*, 2005; 15(2):155-165.
33. Nadler SF, Malanga GA, Bartoli LA, Feinberg JH, Prybicien M, DePrince M. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc*, 2002; 34(1):9-16.
34. Augustsson J, Esko A, Thomeér, Svantesson U. Weight training of the thigh muscles using closed versus open kinetic chain exercises: a comparison of performance enhancement. *J Orthop Sport Phys*, 1998; 27(1):3-8.