

# 무릎각도 변화에 따른 사이클 페달파워 연구 A Study on Cycle Pedal Power according to Variation of Knee Angle

\*강동원, #탁계래, 최진승, 서정우, 배재혁

\*D. W. Kang, #G. R. Tack(grtack@kku.ac.kr), J. S. Choi, J. W. Seo, J. H. Bae  
건국대학교 의료생명대학 의학공학부, 의공학 실용기술연구소

Key words : Pedal power, Knee angle, Correlation, Lower limb alignment

## 1. 서론

사이클 페달링은 회전운동으로 누르기와 끌기, 밀기 등의 조화를 통해 수행되며, 하지에서 전달되는 수직전달력을 통해 페달파워를 나타내게 된다. 이러한 페달 파워는 페달을 밟는 자세를 통해 나타나며, 특히 무릎의 자세가 페달과 수직운동이 되게 함으로써, 잠재적인 파워손실을 줄일 수 있다[1]. 무릎자세의 수직운동은 하지정렬을 통해 최적화하며, 안장높이 조절 및 스파이크에 웨지(wedge)를 삽입하는 방법을 통해 전두면(frontal plane)과 시상면(sagittal plane)에서의 각도를 측정하여 평가한다. 기존 하지정렬의 연구에서는 대부분 과사용손상(overuse injury)과 관련하여 정강이의 전두면에서의 각도 변화 및 생체역학적 모델링을 통한 분석을 수행하였으며[2], 하지길이에 따른 안장높이와 페달파워의 연관성을 살펴보았다[3]. 그러나 하지정렬 수행에 따른 무릎각도의 변화와 페달파워와의 관련성에 대한 연구는 미비하며, 기존 무릎 각변위 및 관절가동범위의 변인 외에 파워손실을 나타낼 수 있는 다각적 변인의 분석이 필요하다.

이에 본 연구에서는 하지정렬 수행을 통한 시상면과 전두면에서의 무릎 각도의 변화를 각변위와 수직 페달힘(pedal force)이 최대로 작용하는 상사점(top dead center = 0°)으로부터 크랭크 각 90°에서의 변동성 측정을 통해 페달파워와의 상관성을 분석하였다.

## 2. 본론

### 2.1 실험장비

본 연구에서는 페달링 수행에서의 하지정렬을 살펴보기 위해 실내 훈련용 롤러(i-Magic, Tacx Corps, Germany)를 사용하였으며, 6대의 적외선 카메라를 (Eagle camera, Motion analysis Corps,

USA) 이용한 3차원 동작분석기를 통해 무릎각도를 측정하였다. 또한 페달링 시의 페달파워(pedal power) 측정을 위해 SRM(Schoberer Rad Messtechnik, Germany)을 사용하였다.

### 2.2 실험방법

본 연구는 한국경륜공단에 선수등록이 되어 있는 성인남성 5명을 대상(Age : 34.8±3.5, Height : 171.5±4.4, Weight : 83.5±7.3)으로 실시하였다. 실험은 기존 선수 자전거의 안장 높이와 시상면의 하사점(bottom dead center)에서의 3가지 무릎각도(35°, 30°, 25°)를 통한 안장높이를 설정하여 실시하였다. 슬관절의 수직 및 수평 각도 변화를 살펴보기 위해 오른쪽 슬관절중앙과 발목관절 그리고 고관절에 반사마커를 부착하여 <Fig.1>과 같이 측정하였다. 각 피험자는 기존 안장높이와 3가지 무릎각도에 따른 안장높이에서 10초 동안의 Maximal test, 3분 동안 90rpm의 sub-Maximal test를 수행하였다.

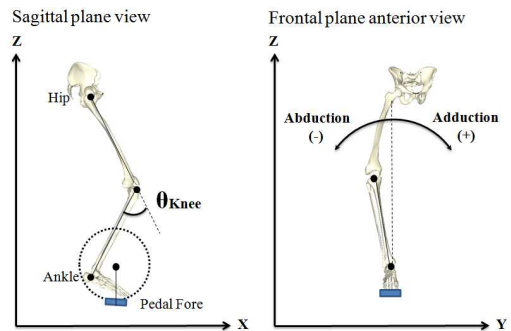


Fig. 1 Schematic illustration of angle definitions for kinematic analysis

### 2.3 분석방법

실험을 통해 측정된 동작데이터는 전두면에서의 무릎 내전/외전, 시상면에서의 슬관절 각도 변화

Table 1 Results of kinematic & power in sub maximal and maximal test

Knee angle	Sub-maximal					Maximal				
	Sagittal plane		Frontal plane		Power	Sagittal plane		Frontal plane		Power
	Angular <sup>b</sup> displacement	AvgSD	Angular displacement	AvgSD		Angular <sup>b</sup> displacement	AvgSD	Angular displacement	AvgSD <sup>a</sup>	
36.5° (previous)	67.46 (2.9)	0.57 (0.2)	5.13 (3.2)	0.33 (0.3)	129.5 (22.4)	60.0 (4.2)	0.55 (0.3)	5.75 (3.2)	0.43 (0.1)	855.2 (143.5)
35°	68.2 (1.9)	0.60 (0.2)	5.29 (3.2)	0.35 (0.3)	131.0 (22.4)	59.9 (4.2)	0.44 (0.3)	5.99 (3.2)	0.41 (0.1)	852.1 (143.5)
30°	70.8 (1.9)	0.60 (0.2)	4.90 (2.9)	0.32 (0.4)	131.2 (25.4)	61.6 (3.8)	0.67 (0.2)	5.55 (2.6)	0.39 (0.1)	863.9 (157.8)
25°	73.0 (2.3)	0.73 (0.2)	4.77 (2.8)	0.39 (0.4)	127.7 (21.3)	63.4 (3.9)	0.60 (0.2)	5.64 (2.7)	0.59 (0.1)	825.4 (160.1)

Mean(SD); <sup>a</sup>Correlation between power and kinematic data (p<0.05); <sup>b</sup>Correlation between knee joint angle and kinematic data (p<0.05)

를 통해 각변위, 그리고 변동성을 계산하였다. 변동성은 관절 각도변화에서의 크랭크각 90°에서의 그룹 간 표준편차의 평균(Average Standard Deviation, AvgSD)으로 나타내었다. SRM에서 측정된 페달파위는 각 실험에서의 평균파위를 계산하였으며, 운동학적 데이터와 상관관계를 분석하였다(p<0.05, 2-tailed). 모든 데이터 처리는 Matlab v7.7(Mathworks Inc., USA)을 사용하였으며, 통계분석은 SPSS 17.0(SPSS Inc., USA)을 사용하였다.

### 3. 결과 및 논의

Sub-maximal test의 경우 시상면과 전두면에서의 슬관절 각변위와 변동성 모두 파워와의 상관성은 나타나지 않았으며, 상관관계의 유의확률이 가장 낮은 값을 나타낸 변인은 전두면의 변동성으로 나타났다(r=-0.427, p=0.099). 또한 슬관절 각도가 작아질수록 시상면의 각변위가 증가하는 상관관계를 나타냈다(r=-0.881).

Maximal test에서는 전두면에서의 변동성만이 파워와의 상관관계가 있음을 나타냈으며(r=-0.452 p=0.046), 슬관절 각도 변화와의 상관성은 시상면의 각변위와 상관성을 나타내었다(r=-0.911).

결과적으로 페달힘이 최대로 작용하는 크랭크 각 90°에서 전두면의 슬관절 변동성이 작아질수록 페달링의 수직전달력이 커짐을 알 수 있으며, 슬관절 각도가 작아짐에 따라 각변위가 증가하더라도 내외전의 변동성이 감소함으로써 페달파위가 증가함을 나타내었다. 이는 적정 안장 높이를 통한 하지정렬의 수행이 페달링 동작에 대한 기량을 향상시켜주는 것을 의미한다.

### 4. 결론

본 연구는 하지정렬 수행을 통한 시상면과 전두면에서의 무릎 각도의 변화와 페달파위와의 상관관계를 분석하였다. 크랭크 각 90°에서 전두면의 슬관절 변동성 감소는 시상면과 전두면의 각변위 변화와 상관없이 페달파위의 증가를 나타냄을 알 수 있었다. 이는 적정 안장 높이 변화를 통한 하지정렬의 수행이 전두면의 슬관절 내외전의 변동성을 감소시키고 페달과 수직운동이 되게 함으로써, 잠재적인 파워손실이 감소함을 의미한다. 그러나 이와 같은 파워손실에 대한 보다 정량적 분석을 위해 페달힘의 측정이 필요하겠다.

### 후기

위 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술 개발사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구 되었습니다.

### 참고문헌

1. Sanner, W. H. and O'Halloran, W. D., "The biomechanics, etiology, and treatment of cycling injuries," *Journal of American Podiatric Medical Association*, **90**, 354-376, 2000.
2. Bailey, M. P., Maillardet, F. J. and Messenger, N., "Kinematics of cycling in relation to anterior knee pain and patellar tendinitis," *Journal of Sports Sciences*, **21(8)**, 649-657, 2003.
3. Peveler, W. W. and Green, J. M., "Effects of saddle height on economy and anaerobic power in well-trained cyclists," *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, **25(3)**, 629-633, 2011.