

# Comparison of Muscle Frequency Characteristics According to Saddle Height during Cycle Pedaling

Jeongwoo Seo<sup>1</sup>, Dongwon Kang<sup>1</sup>, Daehyeok Kim<sup>1</sup>, SeungTae Yang<sup>1</sup>, Jinseung Choi<sup>1,2</sup>, Gyerai Tack<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju

<sup>2</sup>BK21 Plus Research Institute of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to investigate effects of cycle saddle height on muscle frequency characteristics.

**Background:** Cycle pedaling posture is an important variation, and main effects are reducing knee injury and enhancing performance of pedaling. Especially, the saddle height adjustment is an easy way to achieve those effects. It changed kinematic characteristics, as well as muscle characteristics. The median frequency of power spectrum of electromyography (EMG) was used. **Method:** The study was conducted on healthy eight male young adults. A 3D motion analysis system with six infrared cameras and wireless surface EMG system were used. The pedaling was conducted with twenty minutes, 70 RPM speed. The saddle height were set to 25° (high) & 45° (low) knee flexion angle when the pedal crank was at six o'clock position. The phase were separated by 5 min, 4 phases (phase1:0~5 min, phase2:5~10 min, phase3:10~15 min, phase4:15~20 min). **Results:** Results showed that the median frequency with low saddle height of the Vastus Lateralis(VL), Tibialis Anterior(TA), Biceps Femoris(BF) and Gastrocnemius Medialis(GM) muscle were generally lower than high saddle height. Statistical differences at VL and BF of phase1, VL, TA and BF of phase2, BF of phase3 and VL, BF of phase4 were existed. **Conclusion:** The low saddle height is more effectively than high saddle height. **Application:** The results of this study might help to determine the optimal saddle height of cycle pedaling for fatigue.

Keywords: Cycle pedaling, Saddle height, Electromyography, Median frequency

## 1. Introduction

사이클 페달링시 탑승자의 자세는 무릎부상 방지 및 퍼포먼스 향상과 직접적인 연관이 있으므로 매우 중요하다. 일반적으로 탑승자의 자세 조절은 안장 및 핸들바(handle bar) 높이 등의 변인 조절에 의해 가능하다. 특히 안장의 높이는 가장 쉽게 조절할 수 있는 변인이다. 지금까지 다양한 선행연구에서 안장높이에 따른 페달링 퍼포먼스의 향상과 무릎부상방지의 효과가 증명되어왔다. 안장높이와 관련된 대표적인 연구로는 Park (2011)이 안장높이가 높을수록 산소소비량이 증가함을 확인한 연구가 있었으며, Seo (2012)는 안장높이가 하지 관절 각도 및 근육활성화 시점에 영향을 주는 것을 확인하였다. 이처럼 적절한 안장높이를 선택하기 위해 다양한 측정 및 분석 방법들이 사용되고 있다. 가장 기본적인 방

법으로는 관절의 각도와 가동범위와 같은 운동역학적 변인 측정 방법이 있다. 그리고 페달에 가해지는 힘을 측정하여 페달링 효율성을 확인하거나 근전도 (EMG)를 측정하여 페달링 시간의 흐름에 따른 근육의 활성화 양 및 활성화 패턴을 확인하는 운동학적 방법이 있다. 특히 근전도의 경우 시간에 따른 활성화도 분석뿐만 아니라 시간대역을 주파수대역으로 변환하여 분석하는 방법도 사용되고 있다. 이는 비침습적인 (non-invasive)형태인 표면 (surface) 근전도로 측정이 불가능한 근피로도 또는 근육막의 잠재적인 운동활동의 수행속도를 간접적으로 확인할 수 있는 방법이다. 근피로도나 푸리에 변환 (fourier transform)을 수행하여 시간대역 근활성도를 주파수대역 파워스펙트럼 (power spectrum)으로 변환하고, 주파수대역에서 파워 값의 전후의 합이 동일해지는 주파수인 중간주파수 (median frequency)를 산출하여 나타낸다 (Vollestad, 1997). 중간주파수의 경우 주로 정적 수축상

테에서 측정이 이루어지는데, 이는 근육의 수축 구간만을 측정하기 위함이다. 하지만 사이클 페달링과 같은 수축과 이완이 반복적으로 이루어지는 동적 수축 상태에서는 근피로도 뿐만 아니라 근지구력과의 연관성이 있을 것으로 예상되고 있다 (Vollestad, 1997). 본 연구에서는 사이클 페달링시 안장높이에 따른 하지 근육의 주파수 특성을 확인하여 근피로도 및 근육의 운동활동 수행속도를 비교하고자 하였다.

## 2. Method

20대 일반 성인남성 8명을 대상으로 고정형 사이클에서 20분간 70RPM으로 페달링을 수행하였다 (age:24.3±1.9, height:174.9±4.3, weight:72.4±10.5). 피험자는 근골격계 이상이 없고 정상적인 페달링 수행이 가능한 사람을 대상으로 하였으며, 실험이전에 동의서를 작성하고 교내 기관 생명윤리위원회 (IRB)의 승인 아래 실시되었다. 사이클 크랭크의 페달이 가장 낮은 위치 (bottom dead center, BDC)에서 무릎의 각도가 25도(High) 및 45도(Low)가 되도록 두 가지 안장높이를 선택하였다. 이는 각 피험자 관절의 길이가 상이하므로 안장높이를 결정하기 위해 일반적으로 사용되고 있는 방법이다. 동작 및 근전도 데이터를 측정하기 위해 적외선카메라 6대로 구성된 3차원 동작분석시스템 (Motion Analysis Corp., USA)과 무선 표면 근전도 (Trigno wireless surface EMG; Delsys Corp., USA)를 사용하였다. 20분간 측정된 데이터는 총 4개의 구간으로 구분하여 분석을 수행하였다 (1구간: 0~5분, 2구간: 5~10분, 3구간: 10~15분, 4구간: 15~20분). 시간의 흐름 따른 근전도 데이터를 Fast Fourier Transform을 이용하여 파워 스펙트럼으로 나타냈고, 주파수대역에서 중간주파수를 확인한 근육의 종류는 페달링시 주 활성화 근육인 Vastus Lateralis (VL), Tibialis Anterior (TA), Biceps Femoris (BF), Gastrocnemius Medialis (GM) 총 4가지 근육이다. 통계분석은 대응표본 T검정을 수행하였고, 유의수준은  $\alpha=.05$  로 하였다>(\* $p<.05$ ).

모든 결과분석은 Matlab2013 (Mathworks Corp., USA)을 사용하였고, 통계분석은 SPSS22 (IBM Corp., USA)를 사용하였다.

## 3. Results

중간주파수를 분석한 결과, 모든 구간에서 비교적 높은 안장높이인 무릎각도 25도 안장높이보다 무릎각도 45도

안장높이에서 중간주파수가 낮게 나타났다 (Figure 1). VL, TA, BF, GM의 중간 주파수는 안장높이가 낮아짐에 따라 (무릎각도 45도) 1구간에서 각 14.4% ( $P=.03^*$ ), 11.0%, 18.4% ( $P=.00^*$ ), 15.2%, 2구간에서 각 16.7% ( $P=.04^*$ ), 17.9% ( $P=.01^*$ ), 13.5% ( $P=.02^*$ ), 10.7%, 3구간에서 각 13.0%, 12.0%, 15.7% ( $P=.01^*$ ), 11.4%, 4구간에서 각 16.1% ( $P=.02^*$ ), 15.6%, 20.4% ( $P=.00^*$ ), 14.7% 낮게 나타났다 (Table 1).

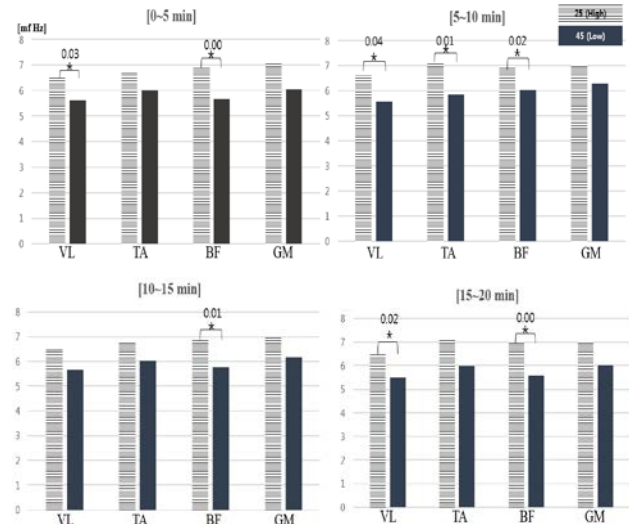


Figure 1. Comparison of median frequency by muscles

Table 2. The results of MF by saddle height at each phase (Unit= median frequency)

Time	Height	VL	TA	BF	GM
0~5 min	25°	6.55±1.04	7.24±0.99	6.88±0.78	7.25±0.95
	45°	5.61±0.24	6.00±0.68	5.65±0.56	6.05±0.76
	<i>p</i>	.03*	.16	.00*	.08
5~10 min	25°	6.67±1.17	7.14±0.92	6.97±0.93	7.03±1.22
	45°	5.56±0.21	5.86±0.36	6.03±0.60	6.28±0.73
	<i>p</i>	.04*	.01*	.02*	.24
10~15 min	25°	6.51±1.15	6.84±0.86	6.85±0.92	6.97±0.94
	45°	5.66±0.27	6.02±0.61	5.77±0.66	6.17±0.72
	<i>p</i>	.08	.10	.01*	.17
15~20 min	25°	6.53±1.00	7.09±1.06	7.04±0.99	7.06±0.91
	45°	5.48±0.26	5.99±0.77	5.60±0.55	6.02±0.70
	<i>p</i>	.02*	.12	.00*	.06

M ± SD \* $p<.05$

## 4. Discussion & Conclusion

중간주파수의 감소는 근육의 수축과 이완 빈도의 감소를 의미한다. 즉, 근육에 피로가 누적되었거나 근육 막(muscle membrane)의 잠재적인 운동활동의 수행속도가 감소함을 뜻한다 (Park et al., 2013). 실험 결과, 비교적 높은 25도의 안장높이보다 비교적 낮은 45도의 안장높이에서의 중간주파수 값이 더욱 낮게 나타났으며, 이는 근육의 운동단위 (motor unit) 모집(recruitment)이 적으며, 높은 안장높이에 비해 운동 수행속도가 느림을 의미한다. 동일한 부하와 속도의 조건에서 실험이 수행됨을 가정하고, 장시간 페달링을 수행할 경우 높은 안장높이에 비해 낮은 안장높이가 더욱 적은 근육 운동단위 모집활동으로 페달링이 가능한 것이다. 이는 Park (2011)의 연구결과와 동일한 결과임을 알 수 있다. 또한 동일한 구간에서 VL과 BF와 같은 대퇴부 근육에서만 안장높이에 따른 유의한 차이가 나타나는 것은 하퇴부(lower) 근육에 비해 대퇴부(thigh) 근육이 안장높이의 영향을 많이 받게 됨을 의미하며, 누적되는 피로도 또한 비교적 높을 것으로 사료된다. 즉, 사이클 페달링시 무릎 아래쪽 하퇴 근육보다 무릎위쪽 대퇴 근육이 느끼는 피로도가 높다는 것이다. 본 연구에서는 사이클 페달링시 안장높이에 따른 근육의 주파수 특성을 확인하였다. 비교적 낮은 안장높이에서 중간주파수가 낮게 나타났으며, 하지 근육 중 대퇴의 근육이 안장높이의 영향을 더욱 크게 받게 됨을 확인하였다. 추후 연구에서는 더욱 세분화된 시간의 흐름에 따른 주파수분석을 통해 누적되는 피로도의 패턴을 확인하여 더욱 정밀한 안장높이의 영향을 확인하고자 한다.

## Acknowledgements

This research was supported by National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2012R1A1A4A01008158).

## References

- Park, E.J. and Koo J.W., "Effect of neck position on muscle fatigue during shaker exercise", *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 32(6), 541-547, 2013.
- Park, Y.K., Bang, I.K., Kim, Y.J., Kim, C. Lee, J.B. and Shin, Y.O., "Effect

of posture on muscle activity and oxygen uptake in cycle ergometer", *The Korean Journal of Sports Medicine*, 29(1), 37-42, 2011.

Seo, J.W., Choi, J.S., Kang, D.W., Bae, J.H. and Tack, G.R., "Relationship between lower-limb joint angle and muscle activity due to saddle height", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(3), 357-363, 2012.

Vøllestad, N.K., "Measurement of human muscle fatigue", *Journal of Neuroscience Methods*, 74(2), 219-227, 1997.

## Author listings

**Jeongwoo Seo:** jwseo0908@gmail.com, ggari2000@kku.ac.kr

**Highest degree:** MS, Dept. of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Position title:** PhD Candidate, Dept. of Biomedical Eng., Konkuk Univ.

**Areas of interest:** Biomechanics, Musculoskeletal modeling

**Dongwon Kang:** dwkang00@gmail.com

**Highest degree:** MS, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Position title:** PhD Candidate, Dept. of Biomedical Eng., Konkuk Univ.

**Areas of interest:** Biomechanics

**Daehyeok Kim:** dehyeok.kim@gmail.com

**Highest degree:** BS, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Position title:** MS Candidate, Dept. of Biomedical Eng., Konkuk Univ.

**Areas of interest:** Biomechanics

**Seungtae Yang:** 99hilton@gmail.com

**Highest degree:** BS, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Position title:** MS Candidate, Dept. of Biomedical Eng., Konkuk Univ.

**Areas of interest:** Biomechanics

**Jinseung Choi:** jschoi98@kku.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Position title:** Assistant Professor, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Areas of interest:** Biomechanics, Gait analysis

**Gyerae Tack:** grtack@kku.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Biomedical Engineering, University of Iowa

**Position title:** Professor, Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

**Areas of interest:** Biomechanics, Gait analysis, Signal processing