

# 사이클링시 페달속력이 무릎관절 토크에 미치는 영향

## The effects of cadence on the torque at the knee joint during cycling

정경렬\*·형준호†\*·김사엽\*·최준호\*

Kyung-Ryul Chung, Joon-Ho Hyeong, Sa-yub Kim, Chun-Ho Choi

### 1. 서 론

사이클링 시 분당 크랭크 회전수(Cadence)는 페달속력을 나타낸다. 페달속력이 빠르면 주행속력 역시 빠르고 페달속력이 느리면 주행속력도 느리다. 하지만 동력계에서 변속장치의 도움으로 기어비를 조절하면 같은 속력으로 주행을 하더라도 페달속력을 원하는 대로 변화시킬 수 있다. 사이클링시 페달속력과 족관절의 변화량의 연관성에 대한 연구가 이루어져 왔다. 이용우는<sup>1)</sup> 사이클리스트의 초최대 운동시 페달속력이 줄어들면 족관절 각변위 역시 줄어든다고 하였다. 그러나 양희천은<sup>2)</sup> 단거리 사이클리스트를 대상으로 한 실험에서 발목관절각을 포함하는 승차자세와 페달속력은 유의한 관련성이 없다고 보고하였다. 한편 Certjan Ettema 등은<sup>3)</sup> 페달속력이 발목관절의 움직임에 영향을 준다고 하였다. 페달속력이 빨라질수록 비복근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)의 활성화시점이 늦어진다고 하였다. 이처럼 페달속력과 족관절의 움직임은 명확히 규명되지 않았지만 중요하게 다루어지고 있다.

한편 일반적으로 자전거 이용 시 페달속력은 약 90rpm 을 추천하고 있다<sup>4)</sup>. 그러나 안장을 낮게 하거나 기어비율을 높게 조절하고 자전거를 타는 것은 무릎관절(knee joint)에 과도한 힘이 작용하게 한다. 특히 기어비율을 높게 함으로써 한 번의 크랭크 회전으로 많은 거리를 주행하는 것은 분당 크랭크 회전수를 현저히 떨어뜨릴 뿐만 아니라 무릎관절에 가해지는 토크를 상승시켜 결국 무릎 통증(knee pain)을 유발한다.<sup>5)</sup> 즉 정속주행을 가정할 때 분당 크랭크 회전수는 무릎관절에 발생하는 토크에 직접 영향을 미치며 무릎관절의 상해를 방지하기 위해서는 적절한 페달속력을 유지해야 한다. 본 연구에서는 사이클링시 페달속력이 인체에 미치는 영향을 무릎동작의 관점에서 이해하고자 분당 크랭크 회전수(rpm)를 변화시킬 때 무릎관절에 가해지는 토크를 인체모델 시뮬레이션을 통하여 구하였다.

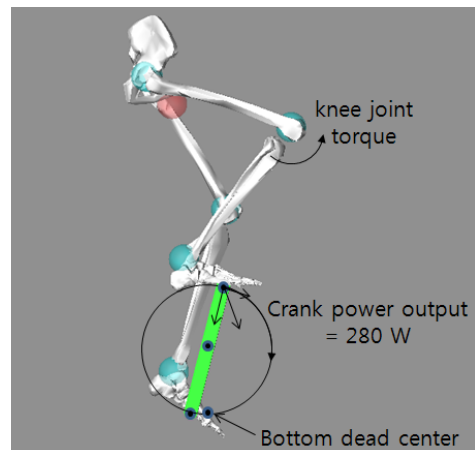


Fig. 1 Lower body model for cycling simulation

### 2. 본 론

#### 2.1 시뮬레이션 방법

인체모델 시뮬레이션 도구인 Adams LifeMOD™를 이용하여 분당 크랭크 회전수를 40rpm~120rpm까지 20rpm 간격을 두고 단계적으로 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 안장의 높이는 페달이 최저점(BDC;bottom dead center)에 위치할 때 무릎이 30° 굽혀지도록 적용하였다. 한편 크랭크에서 발생하는 일(crank power output)은 280W로 동일하게 유지되도록 크랭크의 저항토크를 부여하였다[Fig.1].

#### 2.2 시뮬레이션 결과

다양한 페달속력을 적용한 사이클링 시뮬레이션을 통해 무릎관절에 가해지는 토크를 도출하였다. Fig.2는 시뮬레이션 결과를 보여준다. 페달속력이 증가할수록 무릎관절의 최대 토크는 감소하는 것을 볼 수 있다. 페달속력이 40rpm 이에서는 무릎관절 토크가 50000Nmm이상으로 크게 나타났지만 60rpm에서는 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 권장되는 페달속력인 90rpm 전후에서 무릎관절 토크는 약 23000Nmm로 작게 나타났음을 알 수 있다.

† 형준호

E-mail : freegore@kitech.re.kr

Tel : (031) 8040-6877, Fax : (031) 8040-6870

\* 한국생산기술연구원

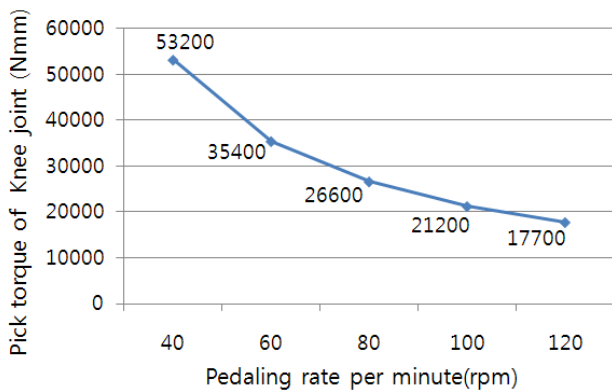


Fig. 2 Pick torque of joint according to pedaling rate per minute

#### 4. 결 론

시뮬레이션 결과를 통해 사이클링 시 페달속력(분당 크랭크 회전수;rpm)이 증가할수록 무릎관절에 작용하는 토크는 작아짐을 알 수 있었다. 크랭크에서 발생하는 일이 동일함을 가정했기 때문에 이는 당연한 결과인지 모른다. 그러나 무릎관절에서 발생하는 토크의 차이는 무릎동작에 관여하는 근육의 종류와 함께 분석해 볼 수 있는 근거를 제공한다. 사이클링에 관여하는 근육은 속근섬유(Fast-twitch;FT)와 지근섬유(Slow-Twitch; ST) 2가지 타입이 있다<sup>6)</sup>. 속근섬유는 무산소성 대사가 주로 이루어지며 지근섬유는 유산소성 대사가 이루어진다. 고강도의 힘을 내기 위해서는 무산소성 대사에 의존하는 속근섬유가 주로 관여하며 저강도의 힘을 내기 위해서는 주로 유산소성 대사에 의존하는 지근섬유가 관여한다. 지근섬유가 속근섬유에 비해 에너지 효율적임을 감안하면 기어비를 낮게 하여 페달속력을 즉 rpm을 빠르게 유지 하면 에너지 소모량 관점에서 효율적인 사이클링이 가능하다. 동시에 무릎에 작용하는 토크도 작아져 무릎 부상도 예방할 수 있다. 하지만 반대로 기어비를 높게 하여 페달속력을 느리게 유지하면 무릎관절에 작용하는 토크가 높아져 무릎통증의 가능성을 높인다. 동시에 속근섬유가 주로 관여하여 근육의 피로도 빨라진다. 이 같이 무릎관절의 토크와 동원되는 근육타입의 관점에서 페달속력을 90rpm 내외로 유지하는 것은 무릎통증과 피로감소를 위해 필요하다.

#### 후 기

본 연구는 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업의 지원으로 이루어졌습니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) Yong Woo Lee, Kinematic characteristics of the ankle joint and RPM during the supra maximal training in cycling, 2005, Korean journal of sports biomechanics, Vol.15, No.4, pp.75-83,
- 2) Yang, Hee-Cheon, Relation between riding postures and the speed of pedaling of sprint cyclists, 2009, A master's thesis of Korea national sports university, pp.35-36.
- 3) Gertjan Ettema, Havard Loras, Stig Leirdal, The effects of cycling cadence on the phases of joint power, 2009, Journal of electromyography and kinesiology, Vol.19, pp.e94-e101.
- 4) Neptune RR, Hull ML. A theoretical analysis of preferred pedaling rate selection in endurance cycling, 1999, J Biomech, Vol.32, No.4, pp.409-15.
- 5) Chad Asplund, Patrick St Pierre, Knee pain and bicycling, The physician and sportsmedicine, Vol.32, No. 4, 2004.
- 6) Brian R. Umberger, Karin G.M. Gerritsen, Philip E. Martin, Muscle fiber type effects on energetically optimal cadences in cycling, 2006, Journal of biomechanics Vol. 39, pp.1472-1479.