

단신 : 사이클 피팅을 위한 전동 승차 조절기 개발

배재혁¹ · 최진승¹ · 강동원¹ · 서정우¹ · 탁계래^{2, 3}

¹건국대학교 일반대학원 의학공학과 · ²건국대학교 의료생명대학 의학공학부 · ³건국대학교 의공학실용기술연구소

Technical Note : Development of Electric Riding Machine for Cycle Fitting

Jae-Hyuk Bae¹ · Jin-Seung Choi¹ · Dong-Won Kang¹ · Jeong-Woo Seo¹ · Gye-Rae Tack^{2, 3}

¹Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Konkuk University, Chungju, Korea

²Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, Chungju, Korea

³Research Institute of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju, Korea

Received 31 July 2012; Received in revised form 21 August 2012; Accepted 20 September 2012

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop an electric riding machine for cycle fitting to control riding posture easily, to measure frame size quantitatively, and to overcome disadvantages of the traditional systems. The electric riding machine consisted of actuator, load controller, and display & control unit. The actuator unit by BLDC(BrushLess Direct Current) motor drives the saddle height up and down, the crank forward and backward, the handlebar up and down, and the handlebar forward and backward. The load controller unit controls loads by Eddy current controller with electromagnet and aluminum circular plate. The display & control unit consisted of frame size controller and display panel which shows top tube length(485~663mm), head tube length(85~243mm), seat tube length(481~671mm), and seat tube angle(62.7~76.4°). The range of frame size control for developed electric riding machine did not have difference compared to traditional commercial systems, but quantitative and precise control with 0.1 mm length and 0.1° angle was possible through digital measurement. Unlike traditional commercial systems, frame size control was possible during riding through motor driven method, thus fitting duration decreased. It is necessary for further improvement to have feedback from users. It is believed that developed electric riding machine can help to develop domestic fitting system.

Keywords : Frame size, Fitting bike, Cycle, Development

I. 서 론

사이클 종목은 인간-기계 시스템으로 구성된 경기 중 대표적 스포츠 경기이다(Hah, Jang, Ki & Kim, 2010). 사이클 페달링 수행능력의 결정은 신체 기능의 단일적인 특성보다는 사이클과의 조화가 중요하다(Ryu, Choi, Park & Kang, 2001). 이러한 최적의 사이클 페달링을 위해, 탑승자의 신체 특성을 고려한 적절한 프레임 사이즈와 페달링 자세를 제시하는 방법이 피팅(fitting)이

다(Oh et al., 2012). 피팅을 통한 적절한 프레임 사이즈 조절은 신체적 변형과 무릎관절의 부상방지(Bohlmann, 1981; De vey Mestdagh, 1998)에 효과적이며, 그에 따른 올바른 페달링 자세를 제공해준다. 이는 곧 사이클 페달링의 수행능력의 결과로 나타나며, 선수들에게 있어 개인의 신체특성에 따른 피팅은 필수적이다. 프레임 사이즈 결정에 있어서 선행 연구에서는 안장 높이(Gregor, Broker & Ryan, 1991; Hamley & Thomas, 1967; Holmes, Peveler & Green, 2011; Holmes, Pruitt & Whalen, 1994), 안장 각도(Umberger, Scheuchenzuber & Manos, 1998; Chung, Hyeong, Kim, Senner & Hoechtel, 2011) 및 핸들바 위치(Dorel, Couturier & Hug, 2009; Marc, David, Steven & Brian, 2005) 등의 조절에 따라 변경되는 페달링 자세와 수행능력에 관한 연구를 통해 프레임 사이즈 조절에 따른 최적 경기력 수행을 위한 피

Corresponding Author : Gye-Rae Tack
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science,
Konkuk University, 322 Danwol-dong, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Korea
Tel : +82-43-840-3762 / Fax : +82-43-851-0620
E-mail : grtack@kku.ac.kr
이 논문은 문화체육관광부의 스포츠산업기술개발사업에 의거 국민
체육진흥공단의 국민체육진흥기금을 지원받아 연구되었음.

팅 방법들을 제시하였다. 피팅의 효과에 대한 다양한 선행 연구들의 결과로써 현재는 탑승자의 신체 구조, 유연성, 경력, 체력 등의 요인을 고려하여 용도에 맞는 프레임 사이즈를 결정하는 많은 피팅 시스템(fitting system)들이 개발되었다. 피팅 시스템은 가변형 프레임을 가지는 피팅기를 이용하여 페달링 자세를 조절하고 탑승자의 라이딩 모션 분석을 통해 신체특성과 사용 용도에 따른 프레임 사이즈를 결정하는 피팅 프로그램의 구축으로 이루어진다. 국외에서는 피팅 시스템의 개발을 통해 자전거 용품점, 프레임 제작회사, 연구기관 및 해외 유명선수들의 맞춤형 프레임 제작 등에서 광범위하게 사용되고 있지만, 국내에서는 대부분 해외 피팅 시스템을 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 기존 피팅 시스템들은 국외선수들의 체형을 바탕으로 개발된 피팅 방법으로써, 국내선수들에 적합한 프레임 사이즈를 도출하기 위한 피팅 시스템의 개발이 요구되며, 그에 앞서 피팅 방법 및 연구를 수행하기 위한 피팅기의 개발이 필수적이다.

기존 상용화된 피팅기로는 Juteau Cantin Bikefit Tool(Juteau Cantin Inc., Canada), Adjustable Fit Bike(NEXT-fit Inc., USA), Veritas Fit Bike(Veritas Fits Inc., USA), Calfee Sizer-Cycle(Calfee Design Inc., USA), SICI Size Cycle(Serotta International Cycling Institute, USA) 등이 있으며, 페달링 자세 조절에 사용되고 있다.

그러나 기존 피팅기의 조작 방법은 대부분 탑승자가 하차한 후에 가변형 프레임을 조절하는 수동적인 방식으로 프레임 조절이 번거롭고 그에 따른 피팅 수행시간이 비교적 오래 소요된다는 단점을 가진다. 또한, 피팅은 정확한 프레임 사이즈 측정이 요구되지만 기존 피팅기의 경우 관측자에 의한 표식으로 정량적이지 못하다. 이는 피팅 방법에 있어 세부적인 조절이 어렵고 피팅 적용에 있어서도 개인 간의 오차가 크게 나타날 수 있는 단점이 있다. 이에 본 연구에서 개발하고자 하는 전동 승

차 조절기는 기존 피팅기의 단점을 보완하여 탑승 시에도 모든 프레임 조절이 가능하도록 모터 구동방식으로 구현하고자 하였으며, 디지털 측정을 통한 정량적인 프레임 사이즈를 디스플레이 하도록 설계하였다. 고안된 전동 승차 조절기는 피팅기, 피팅 프로그램 및 라이딩 모션 분석으로 구성된 전체적인 피팅 시스템의 일부로써 선행되어 개발되었으며, 기존 상용화된 수동 피팅기인, Juteau Cantin사의 Bikefit Tool, Calfee사의 Sizer-Cycle과의 비교도 수행하였다.

II. 연구방법

1. 전동 승차 조절기의 구성

고안된 전동 승차 조절기의 구성은 <Figure 1>과 같다. 전동 승차 조절기는 프레임 사이즈 조절을 수행하기 위한 구동부와 부하를 조절하기 위한 부하 조절부 그리고 사이즈 조절에 따른 프레임 사이즈의 표시와 제어를 위한 디스플레이 및 제어부로 구성된다. 구동부는 안장상하, 안장전후, 핸들바상하, 핸들바 전후를 조절하기 위해 각각의 위치에 BLDC(Brushless Direct Current)모터를 부착하여 구동할 수 있도록 설계하였다.

부하 조절부에는 알루미늄 재질의 원형판과 전자석을 이용한 와전류 방식을 통해 부하를 조절할 수 있도록 고안하였으며, 디스플레이 및 제어부에서는 프레임 사이즈 조절을 위한 스위치와 그에 따른 탑튜브 길이(top tube length), 헤드튜브 길이(head tube length) 및 시트튜브 길이(seat tube length)와 각도(seat tube angle)를 표시한다.

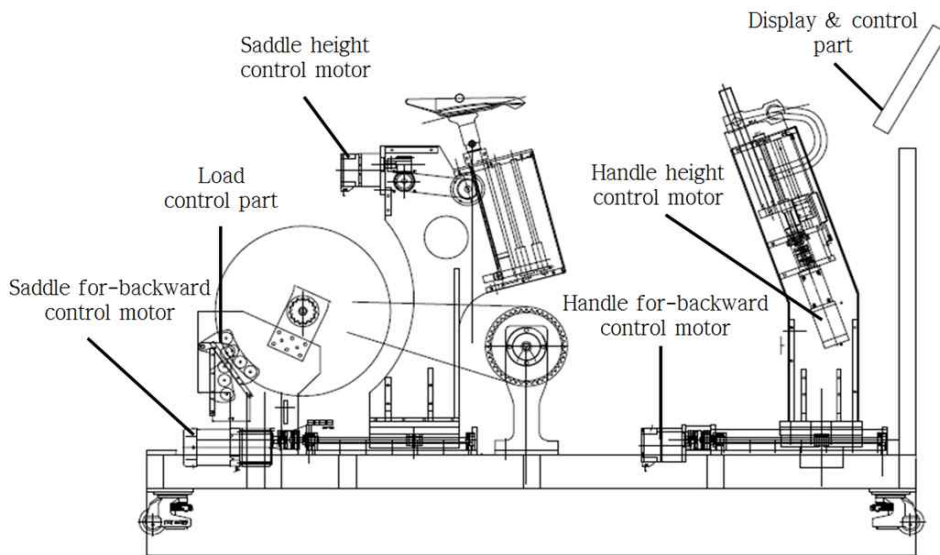


Figure 1. Design of electric riding machine

일반적인 자전거 프레임 사이즈에서의 범위와 명칭은 <Figure 2>에 나타내었다. 전동 승차 조절기의 부피는 피팅 실험이 대부분 실내에서 이루어진다는 점을 고려하여 180×74×128 cm³의 크기로 설계하였으며, 총 중량은 약 187 kg 정도이다. 또한 안장, 핸들바 및 페달은 탑승자의 기존 사이클과 최대한 유사한 환경을 만들기 위해 교체 가능하도록 제작하였으며, 페달링 수행능력의 측정 및 평가를 위해 SRM(Schoberer Rad Messtechnik, Germany)과 같은 파워미터의 설치가 가능하도록 설계되었다.

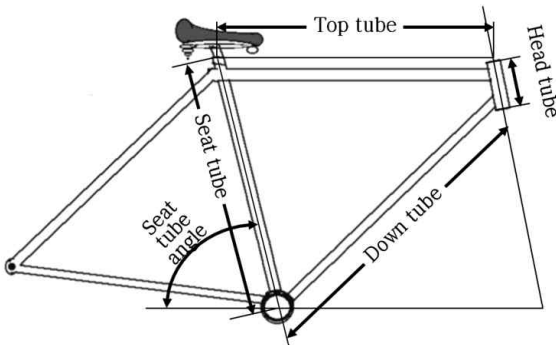


Figure 2. Bicycle frame diagram

Table 1. Range of frame size

Specification	Frame size	
	Min	Max
Saddle height (mm)	584	885
Top tube length (mm)	490	614
Head tube length (mm)	85	235
Seat tube angle (°)	71.2	75.5

2. 전동 승차 조절기의 작동원리

1) 구동부

전동 승차 조절기는 각각 안장상하, 안장전후, 핸들바전후, 핸들바상하의 구동부인 BLDC모터를 통해 제어되며 그에 따른 프레임 사이즈(탑튜브 길이, 헤드튜브 길이 및 시트튜브의 길이와 각도)를 측정하게 된다. BLDC모터는 K8BH40NC(Tianjin Haosen Technology Development Co., China)을 사용하였으며, Speed control unit(Global Geared Motot Co., Korea)을 이용한 모터의 속도 조절을 통해 세부적인 조절이 가능하도록 설계하였다. 각 프레임 조절의 제한 범위는 Juteau Cantin사의 Bikefit Tool에 사용되는 프레임 사이즈 매뉴얼을 참고하였다. 매뉴얼은 36개의 프레임 제작회사에서 개발되는 모든 프레임의 범위가 제공되며, 그에 따른 범위는 <Table 1>에 나타내었다.

본 연구에서 전동 승차 조절기의 가동범위는 기존 프레임

사이즈를 모두 포함하며, 보다 다양한 프레임 사이즈 변화 조건의 실험을 위해 보다 폭넓게 설계하였다. 또한, 완성된 전동 승차 조절기의 프레임 사이즈 조절 범위는 기존 피팅기인 Juteau Cantin사의 Bikefit Tool과 Calfee사의 Sizer-Cycle과의 비교를 수행하였다.

2) 부하 조절부

일반적으로 실내 라이딩을 위한 사이클 및 피팅기에는 뒷바퀴에 실내용 롤러를 부착하여 부하조절을 수행한다. 그러나 뒷바퀴의 공기압 감소와 바퀴와 롤러의 마찰열로 인한 부하 조절의 오차가 생길 수 있다. 위 문제를 해결하기 위한 방법으로 전동 승차 조절기에는 뒷바퀴 대신 디스크 드럼 형태의 알루미늄 원형판을 부착하고 전자석을 이용한 와전류 제동방식을 통해 부하를 조절하도록 설계하였다. 원형판과 전자석의 거리는 BLDC모터를 사용하여 조절하였고 모터의 움직임으로 인해 전자석과 알루미늄 원형 판이 가까워질수록 부하량이 증가하도록 하였다.

3) 디스플레이 및 제어부

디스플레이 및 제어부에서는 사이클 프레임 사이즈의 측정된 길이와 각도가 표시되며, 프레임 조절을 위한 구동부의 제어 및 부하조절을 위한 컨트롤 스위치가 부착돼 있다(Figure 3).

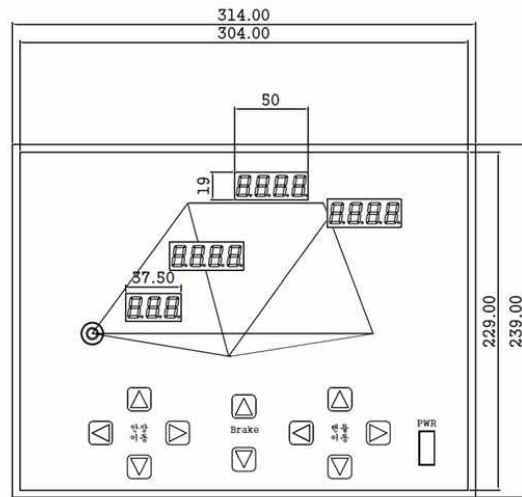


Figure 3. Display Panel

각 프레임의 길이(탑튜브 길이, 헤드튜브 길이, 시트튜브 길이)는 각 구동부의 위치 변화에 따라 로터리 인코더인 E40H88-100-3-N-24(Automics Co., Korea)를 이용하여 0.1 mm 단위로 측정이 가능하며, 시트튜브의 각도는 안장의 전후 위치 변화에 따라 0.1 ° 단위로 각도를 산출하여 나타내었다. 디스플레이 및 제어부는 측정자뿐만 아니라 탑승자의 자가 조절도 가능하도록 핸들바 정면에 위치하여 페달링 자세의 자발적인 세부 피팅을 수행할 수 있도록 설계하였다.

III. 결 과

<Figure 4>는 개발이 완료된 전동 승차 조절기를 나타낸다. 디스플레이 패널의 스위치 조작을 통해 안장 및 핸들바 위치 조절이 가능하며 그에 따른 프레임 사이즈(탑튜브 길이, 헤드튜브 길이, 시트튜브 길이 및 각도)가 표시된다.

또한, 디스플레이 및 제어부가 핸들바 정면에 위치하도록 설계하여 탑승자의 자가 조절이 가능하다.

<Table 2>는 본 연구에서 개발된 전동 승차 조절기와 기존 가변형 프레임으로 구성된 Juteau Cantin사의 Bikefit Tool 피팅기와 Calfee사의 Sizer-Cycle 피팅기의 프레임 사이즈 조절범위 및 기능의 비교를 나타내었다.

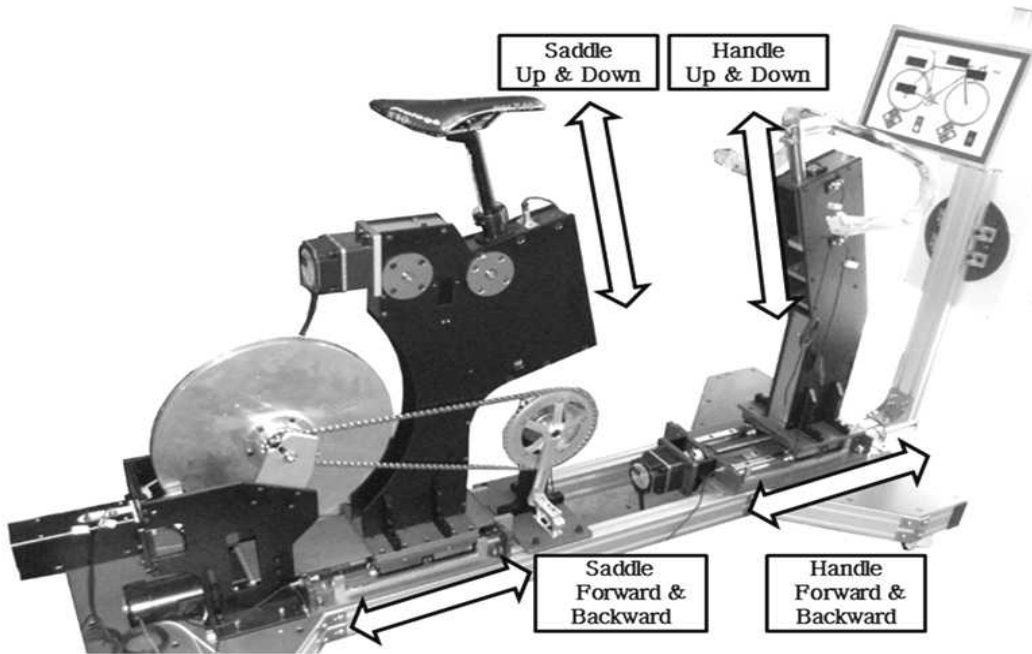


Figure 4. Developed electric riding machine

Table 2. Comparison of the commercialized fitting cycles and developed electric riding machine

Specification	Bikefit Tool		Sizer-Cycle		electric riding machine	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Seat tube length (mm)	400	640	430	720	481	671
Top tube length (mm)	500	640	460	700	485	663
Head tube length (mm)	100	240	80	300	85	243
Seat angle (°)	70.0	80.0	70.0	78.0	62.7	76.4
Saddle post	Interchangeable		Interchangeable		Interchangeable	
Handlebar post	Interchangeable		Interchangeable		Interchangeable	
Load control device	Wheel & Roller		Wheel & Roller		Eddy-current damper	
How to measure	Manual		Manual		Automatic	
Frame size display	X		X		O	
Fitting during pedaling	X		X		O	

개발 의도에 맞게 전동 승차 조절기의 프레임 사이즈 가동범위는 기준인 <Table 1>를 포함하고 있으며, 이 범위는 약 146~212 cm의 신장을 기준으로 한 프레임 사이즈 조절 범위를 나타냄으로써 범용적인 페달링 자세의 조절이 가능함을 의미한다. 기존 가변형 프레임 피팅기들인 Sizer-Cycle과 Bikefit Tool의 가동범

위를 비교하였을 때 최대, 최소의 제한범위에 차이가 있었으나 3가지 제품 모두 <Table 1>의 범위를 포함함으로써, 가동범위의 범용성을 나타냈다. 안장과 핸들바는 기존 피팅기와 같이 탑승자의 사이클과 유사한 환경이 갖춰질 수 있도록 교체 가능하도록 제작 하였다.

기존 피팅기와 비교하여 전동 승차 조절기의 기능 측면에서의 장점은 디지털 측정방식을 통한 0.1 mm, 0.1° 단위의 프레임 사이즈의 정량적인 측정이 가능하며, 측정된 모든 수치를 디스플레이 패널을 통해 제공한다는 점이다. 또한, 수동으로 조절되는 기존 피팅기에 비해 모터구동 방식의 구현으로 탑승 중에도 프레임의 조절이 가능하여 피팅 소요시간이 단축되며, 부하조절 방식에 있어서도 와전류식 제동 장치를 통해 기존 휠과 롤러에 의한 오차를 최소화하였다.

IV. 논 의

사이클의 프레임 사이즈 변화에 따른 페달링 수행능력의 변화에 관한 연구는 다양하게 보고되었으며(Gregor et al., 1991; Peveler & Green, 2011), 적절한 프레임 사이즈를 도출하기 위한 많은 연구가 수행 되어왔다(Hamley & Thomas, 1967; Holmes et al., 1994; Bini, 2011). 이러한 연구결과들과 노하우를 토대로 국외에서는 신체적 특성을 고려한 다수의 피팅 시스템이 개발되었으며, 해외 유명선수들의 맞춤형 프레임 제작 등에서 광범위하게 사용되고 있다. 하지만 국내의 경우, 선수들의 체형을 고려한 피팅 시스템의 개발 및 연구가 전무한 상태이며, 국내 선수들의 체형적 특성이 전혀 고려되지 못한 해외 피팅 시스템에 의존하거나 과학적으로 증명되지 못한 경험에 의존하고 있는 실정이다. 선수의 기량이 아무리 뛰어나다 하더라도 자신의 체형이 고려되지 않은 사이클로는 최적의 페달링 수행능력을 발휘할 수 없다는 점에서 국내선수들의 신체적 특성을 고려한 피팅 시스템의 개발은 필수적이다. 피팅 시스템 개발에 있어 선행되어야 하는 피팅기 역시 대부분 해외에서 수입되고 있다. 국내에서 일반적으로 피팅 실험에 사용되고 있는 피팅기로는 에르고미터와 Juteau Cantin사의 Bikefit Tool, Calfee사의 Sizer-Cycle 등의 수동 피팅기가 있다. 에르고미터는 페달과 위와 운동량 측정 도구로써, 다양한 구조의 프레임 사이즈 조절에 한계를 가지며, 수동 피팅기의 경우 프레임 사이즈 조절을 통한 페달링 자세를 변화시키기 쉽지만 에르고미터와 같은 정확한 파워를 측정하기는 어렵다. 또한 기존의 피팅기들은 대부분 수동적인 방식으로 피팅 수행시간이 오래 소요되고 관측자에 의한 측정으로 정량적이지 못한 단점을 가지고 있어 이에 따라 피팅 시스템 개발에 앞선 선진 피팅기의 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 전체적인 피팅 시스템 개발에 앞서 기존 피팅기의 문제점을 개선하여 정량적이고 효율적인 전동 승차 조절기를 개발하였다. 개발된 전동 승차 조절기의 프레임 사이즈 가동범위는 36개의 프레임 제작회사에서 제작되는 각 프레임의 범위를 모두 포함하도록 제작하였고 모터 구동 방식과 디지털 측정 방식을 통해 기존 피팅기가 가지는 단점들을 보완하였다.

<Table 2>에서 나타난 바와 같이 기존 피팅기와 직접적인 비교를 통해 프레임 사이즈 조절 범위에 있어서의 범용성을 보여줬으며 측정자의 숙련도에 따라 차이가 나타날 수 있는 수동 방식을 벗어나 탑승자와 측정자에게 디지털 측정방식의 정량적인 프레임 사이즈를 디스플레이 패널을 통해 제시하였다. 또한, 탑승 중에도 프레임 사이즈의 조절이 가능하여 피팅에 소요되는 시간을 줄일 수 있어 효율성을 보여줬다. 이는 지금까지 신체 사이즈에 따른 정적 피팅이 주로 이루어져 왔던 것에 비해 최근 연구 동향에서는 동적 피팅의 중요성이 강조되므로(Bini, 2011; Oh et al., 2012), 앞으로의 선진 피팅 시스템 구축 및 페달링 자세를 평가하는 데 있어 많은 도움이 될 것으로 사료된다. 페달링 시의 부하 조절은 와전류식 제동장치를 사용하여 롤러와 휠의 마찰과 공기압의 변화로 생기는 오차를 최소화 하는 장점을 가지지만 정확한 부하량을 나타내지 못한다는 단점이 있다. 그러나 SRM과 같은 파워미터의 장착이 가능하여 페달과 위 측정을 통해 경기력 수행능력의 평가가 가능하도록 설계하였으며, 추후 연구를 통해 정확한 부하량을 측정할 수 있도록 개선되어야 하겠다.

V. 결 론

본 연구에서 고안된 전동 승차 조절기는 기존 피팅기가 가지는 단점을 개선하여 페달링 자세의 조절이 용이하고 정량적인 프레임 사이즈 측정을 위한 목적으로 개발하였다. 프레임 사이즈(탑튜브 길이, 헤드튜브 길이, 시트튜브의 길이 및 각도)의 가동범위는 36개의 프레임 제작회사에서 제작되는 각 프레임의 범위를 포함하고 있으며, 기존 피팅기와 비교를 통해 범용성을 나타내었다. 개발된 전동 승차 조절기의 장점은 다음과 같다.

1. 프레임 사이즈의 조절이 길이는 0.1 mm 단위, 각도는 0.1° 단위로 미세한 조절이 가능하다.
2. 디지털 측정을 통해 프레임 사이즈가 정량적으로 제시된다.
3. 각 프레임 사이즈의 모터구동 방식으로 피팅 소요시간이 감소된다.
4. 탑승 및 페달링 시에 프레임 사이즈의 조절 가능하다.
5. 와전류식 제동장치 사용으로 기존 휠과 롤러 방식에서 생기는 오차를 최소화한다.

본 연구에서 개발된 전동 승차 조절기를 통해 향후 국내 피팅 시스템 개발을 위한 피팅 실험에 있어 효율적이고 정량적인 실험에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료되며, 추후 연구를 통해 정확한 부하 측정을 수행하고 사용자에게 대한 피드백을 통한 개선이 필요하겠다.

참고문헌

- Bini, R. R.(2011). Effects of saddle height on pedal force effectiveness : 5th Asia Pacific Congress on Sports Technology. *Procedia Engineering*, 5, 51-55.
- Bohlmann, J. T.(1981). Injuries in competitive cycling. *Physician Sports Medicine*, 9(5), 117-124.
- Chung, K. R., Hyeong, J. H., Kim, S. Y., Senner, V., & Hoechtl, F.(2011). The effect of seat tube angle on the metabolic cost during cycling at low intensity workload. *Procedia Engineering*, 13, 334-337.
- De Vey Mestdagh, K.(1998). Personal perspective: in search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325-334.
- Dorel, S., Couturier, A., & Hug, F.(2009). Influence of different racing positions on mechanical and electromyographic patterns during pedalling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19, 44-54.
- Gregor, R. J., Broker, J. P., & Ryan, M. M.(1991). The biomechanics of cycling. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 19(1), 127-170.
- Hah, C. K., Jang, Y. K., Ki, J. S., & Kim, S. S.(2010). Cyclists' posture Factors affecting pedaling rate in cycle. *Journal of Korea Safety Management & Science*, 12(4), 81-86.
- Hamley, E. J., & Thomas, V.(1967). Physiological and postural factors in calibration of the bicycle ergometer. *Journal of Physiology*, 191(2), 5-56.
- Holmes, J. C., Pruitt, A. L., & Whalen, N. J.(1994). Lower extremity overuse in bicycling. *Clinics in Sports Medicine*, 13, 187-205.
- Marc, R. S., David, W., Steven, C., & Brian, J. S.(2005). Road bicycle fit. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15, 271-276.
- Oh, H. S., Choi, J. S., Kang, D. W., Seo, J. W., Bae, J. H., & Tack, G. R.(2012). Simple camera-based evaluation system for lower limb alignment during pedalling. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 22(1), 123-129.
- Peveler, W. W., & Green, J. M.(2011). Effects of saddle height on economy and anaerobic power in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 629-633.
- Ryu, C. Y., Choi, S. J., Park, J. J., & Kang, S. Y.(2001). A kinematical analysis of the leg movements according to cyclists' knee joint angles. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 11(2), 259-275.
- Umberger, B. R., Scheuchenzuber, H. J., & Manos, T. M.(1998). Differences in power output during cycling at different seat tube angles. *Journal of Human Movement Studies*, 35, 21-36.
- Webster, J. M., West, A., Conway, P., & Cain, M.(2011). Development of an automated cycle ergometer. *Procedia Engineering*, 13(1), 69-74.