

동계 훈련 시 생리학적 지표 모니터링이 엘리트 중장거리 사이클 선수들의 주행시간 및 심박수에 미치는 영향

Effects of Physiological parameter Monitoring on Riding Time and Heart Rate in Elite Endurance Cyclists During Winter Training

박득수(모션인사이트연구소 연구원) · 구본재*(서울시체육회 코치)

Deuk-Su Park *Motioninsight research lab.* · Bon-Jae Ku* *Seoul Sports Council*

요약

본 연구는 동계훈련 참여에 따른 엘리트 사이클 선수들의 생리학적 지표에 미치는 영향에 대하여 알아보고 선수들의 경기력 향상을 위한 프로그램 구성에 기초자료를 제시하기 위해 실시되었다. 연구대상자는 남자 엘리트 사이클 선수 7명을 대상으로 하였으며, 본 연구에서 동계 훈련 참여 전·후 사이클 수행력(주행시간, 안정시 심박수, 최대 심박수, 회복 심박수(1분, 5분, 10분))를 측정하였다. 그 결과, 동계 훈련 참여에 따른 사이클 주행시간의 변화를 살펴보면 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p<.05$). 동계 훈련 참여에 따른 안정시 심박수의 변화를 분석한 결과, 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다($p<.05$). 그러나 최대 심박수, 회복기(1분, 5분, 10분) 심박수의 변화를 분석한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 본 연구 결과를 종합하였을 때, 동계 훈련이 선수들의 경기력에 미치는 영향을 파악하고 생리학적 지표를 모니터링하는 것이 선수들의 과훈련을 예방하고 체력 및 경기력 향상에 효과적인 것으로 판단된다.

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of participating in winter training on the physiological indicators of elite cyclists and to provide foundational data for developing programs to enhance their performance. Seven male elite cyclists were selected as participants, and their cycling performance (time to complete a cycle), resting heart rate, maximum heart rate, and recovery heart rate (1 minute, 5 minutes, 10 minutes) were measured before and after winter training. The results showed a statistically significant increase in cycling performance after winter training($p<.05$). There was also a statistically significant decrease in resting heart rate after winter training($p<.05$). However, there were no statistically significant differences in maximum heart rate or recovery heart rate (1 minute, 5 minutes, 10 minutes). Overall, the results of this study suggest that monitoring physiological indicators and understanding the effects of winter training on athletes' performance can help prevent overtraining and effectively improve their physical and athletic abilities.

Key words : Winter training, Cycling, Exercise intensity, Heart rate, Monitoring

* kubonjae@naver.com

1. 서론

운동선수에게 피로는 선수 생활의 동반자와 같다. 경기력 향상을 지향하는 훈련 과정에서 선수에게 피로는 불가피하지만, 적정 수준 이상의 피로 누적은 부상이나 번아웃 등의 원인이 되고, 이는 선수의 경기력 저하나 은퇴로 연결되기도 한다. 실제로 고강도 훈련의 지속은 선수의 육체적, 정신적 피로의 원인일 뿐 아니라 정신적, 육체적으로 상호작용하며, 피로의 누적을 가속화 하기도 한다(구본재, 2022; Issurin, 2010; Williams & Andersen, 1998). 이는 선수 경기력 향상과 선수 보호를 위해 훈련 과정에서 선수의 피로 수준을 모니터링하고, 이러한 모니터링의 결과를 다시 훈련에 적용하는 순환적 과정의 필요성을 시사한다.

선수의 피로는 명확한 개념적 정의가 어려우며, 방대한 지표로 인해 측정에 어려움이 따른다(Abbiss & Laursen, 2007; Enoka & Duchateau, 2008). 이러한 피로에 대해 운동생리학 분야에서는 급격한 운동 유발에 의한 근육 힘의 감소(Edwards, 1981)로, 응용 운동과학 분야에서는 저하된 선수의 능력으로 정의한다(Knicker, Renshaw, Oldham, & Cairns, 2011). 선수의 근육 힘 감소나 능력 저하로 귀결되는 피로는 주로 반복된 동작으로 인해 발생하고 결과적으로 통증이나 손상을 유발한다(Huygaerts et al., 2020). 특히, 마라톤이나 중장거리 및 도로 사이클 등 장시간 운동수행이 필요한 종목의 선수는 필연적으로 훈련의 양이 많고 강도 또한 높으며, 피로 누적으로 인한 만성 질환에도 노출되기 때문에 피로 예측 및 예방 운동프로그램이 중요함에 따라 이를 위한 모니터링이 선행되어야 할 것이다.

엘리트 선수의 피로 측정은 최대한의 기능이 발휘되는 경쟁상황에서 직접적으로 측정하는 것이 타당도 측면에서 적절하지만, 피로 측정을 위한 반복적인 노력은 선수의 피로 누적으로 이어질 수 있다. 특히, 지속적인 경쟁하는 시즌 중에는 최대한의 기능 발휘를 통한 측정은 비현실적일 뿐 아니라 비효율적이라고 할 수 있다. 따라서 경쟁상황에서 선수의 최대 기능 발휘를 통한 피로 모니터링 접근은 선수 경기력 변화에 영향을 주는 생리적 지표 변화를 반영하지 못하기 때문에 측정을 위해 생태적 타당성을 고려한 적절한 방법 모색이 필요하다(Bishop, Jones, & Woods, 2008).

이에 선수의 경기력이나 운동 능력의 모니터링은 일반적으로 최대 수행력과 관련된 생리학적 및 심리학적 특성의 간접 지표에 의존한다(Hoffman, & Kaminsky, 2000; Knicker et al., 2011; Robson-Ansley, Gleeson, & Ansley, 2009). 특히 심박수 모니터링은 운동강도 설정 및 평가의 다양한 방법 중 편리성이 높고 오버트레이닝에 대한 예방과 잠재적 위험을 예방하는데 효과적이다(Juul & Jeukendrup, 2003). 또한, 심박수의 변화는 운동 강도 변화와 정적 상관관계가 있다. 최대 부하에서 운동하는 건강한 사람의 심박수는 산소 섭취량과 운동 강도의 증가에 따라 선형적으로 증가한다. 이러한 특성으로 인해 여러 스포츠의 자연스러운 훈련 과정에서 운동강도 추정을 위해 다양한 기구를 이용하여 심박수 모니터링에 활용한다(Karvonen, & Vuorimaa, 1988).

선수의 경기력은 신체적, 기술적, 전술적, 심리적 요인이 상호작

용하며 형성되는데(윤영길 및 이용수, 2006), 경기력 향상을 위한 훈련의 시기나 목적에 따라 경기력 요인별 개별적 향상전략이 필요하다. 특히 주기화 훈련 관점에서 동계 훈련 시기에는 체력 및 기술 보강이 중요하고(Hoffman, 2014), 필연적으로 고강도의 훈련이 진행된다. 따라서 고강도 훈련이 진행되는 동계 훈련에서 과훈련(over training)을 예방하면서도 효과적으로 체력을 향상할 수 있는 훈련전략이 필요하다.

학계나 현장에서는 고강도 근력훈련(Hansen, Raastad, & Hallén, 2007), 플라이오메트릭 훈련(Paton & Hopkins, 2005) 등 사이클 훈련 형태에 따른 체력 및 기술의 변화에 초점을 둔다. 훈련 형태에 따른 체력적, 기술적 요인에 방점을 둔 연구와 훈련 프로그램은 선수 이해와 경기력 향상에 이바지하였으나, 과훈련 예방을 위한 피로 수준과 훈련 적응 및 강도 확인에 어려움이 있다. 과훈련이 선수에게 신체적 건강뿐 아니라 심리적 건강에도 영향을 미칠 수 있는 점을 고려한다면, 선수의 피로 수준과 훈련 적응에 대한 이해가 필요하다.

따라서 본 연구는 엘리트 중장거리 사이클 선수의 생리학적 지표 모니터링을 활용한 동계 훈련의 효과를 확인하기 위해 진행하였다. 이를 위해 동계 훈련 과정에서 심박 데이터에 기반한 생리학적 지표를 모니터링해 훈련에 적용하였고, 동계 훈련 전과 후 사이클 수행력과 심박 데이터 비교를 통해 동계 훈련의 효과를 확인하였다. 본 연구가 사이클 선수의 훈련에 생리학적 지표 모니터링을 통한 피로 수준 추정과 이를 적용한 훈련 프로그램 구성의 기초자료로 활용되길 기대한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 S시 소속의 엘리트 남자 사이클 선수 7명을 대상으로 하였다. 측정 참여 전 연구의 목적과 절차에 대하여 설명하였으며, 서면동의서를 작성하였다. 본 연구의 훈련 및 측정에 제한되는 약물 복용, 신체적 부상이 있는 경우 제외하였다. 연구대상자의 특성은 다음 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 특성

Variable	ECG (n=7)
Career (Y)	10.0±3.96
Age (Y)	23.86±3.63
Height (cm)	174.14±6.07
Weight (kg)	67.57±6.65

Values are M±SD
ECG : Elite Cyclists Group

2. 연구절차

본 연구는 엘리트 중장거리 사이클 선수들의 동계 훈련 시 생

리학적 지표를 확인하고 훈련 프로그램 구성의 기초자료를 제공하고자 실시되었다. 2023년 1월 4일부터 2023년 2월 28일까지 약 8주간 각 주차 별 목표를 설정하여 동계 훈련을 진행하였다. 훈련 참여 전·후 사이클 수행력(주행시간), 안정시 심박수, 최대 심박수, 최대 수행 후 회복기 심박수(1분, 5분, 10분)를 측정하고 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다.

3. 측정변인 및 방법

1) 사이클 수행력

사이클 수행력을 측정하기 위해 램프테스트(ramp test)를 진행하였으며, 모든 테스트에는 연구 대상인 S시청 사이클팀 선수가 사용 중인 Campagnolo사의 Super record 12 speed 그룹셋을 장착한 Time사의 Alpe d'huez 01 자전거, Tacx Neo 2t 스마트 실내 트레이너, Garmin edge 530 사이클링 컴퓨터 및 HRM-Dual 심박 모니터를 활용하였다. 램프테스트 프로토콜은 관련 선행연구(Barker et al., 2011; Bentley et al., 2001; García-García et al., 2020)의 방법을 참고하여 재구성하였다.

램프테스트 프로토콜은 20분-25분 동안 준비운동 주행(warming up)을 진행하고 5분간 휴식 후 200Watt로 시작하여 1분이 지날 때마다 20Watt 상승하도록 하였다. 이때, 페달 케이던스(revolutions per minute; RPM)는 80~100의 범위를 유지하였다. 램프테스트 과정에서 연구 대상 선수는 목표 파워와 케이던스를 기어변속 등을 통해 스스로 조절하여 주행하였고, 목표 Watt의 힘을 낼 수 없거나 목표 케이던스 범위로 주행할 수 없을 때 테스트를 종료(all out)하여 해당 시점의 기록을 결괏값으로 사용하였다.

표 2. 훈련프로그램 개요

주차	날짜	훈련 목적	훈련 내용
1주	1/2-1/8	훈련 및 기후 적응	· 본격적인 훈련에 앞서 도로 및 실내에서 자전거 가볍게 주행
2주	1/9-1/15	기초체력 향상	· 훈련 양의 점진적 증가(주당 24시간) 및 중간-낮은 훈련 강도(5/10) · 평지 위주 코스
3주	1/16-1/22	기초체력 향상	· 많은 훈련 양(주당 28시간) 및 중간-낮은 훈련 강도(5/10) · 평지, 언덕 등 다양한 형태의 코스
4주	1/23-1/29	회복	· 적은 훈련 양(주당 14시간) 및 낮은 훈련 강도(3/10) · 완전 휴식 및 실내 훈련 위주, 다음 주간 적응을 위한 훈련 진행
5주	1/30-2/5	근파워 향상, 시합코스 적응, 스피드 향상	· 중간-많은 훈련 양(주당 24시간) 및 높은 훈련 강도(8/10) · 시합코스 포함 다양한 코스, 인터벌 트레이닝
6주	2/6-2/12	근파워 향상, 시합코스 적응, 스피드 향상, 시합 전 테이퍼링	· 중간 훈련 양(주당 21시간) 및 높은 훈련 강도(9/10) · 시합코스 위주 주행, 인터벌 트레이닝, 주 후반부 테이퍼링
7주	2/13-2/19	시합	· 화요일, 목요일, 금요일 시합 주행
8주	2/20-2/26	근파워향상, 스피드 향상	· 적은 훈련 양(주당 15시간) 및 높은 훈련 강도(9/10) · 시합 후 회복, 평지 위주 코스에서 높은 스피드 주행
훈련 강도 별 목표 HRZ에서 훈련 지속 시간			
훈련 강도	Z1~Z2	Z3~Z4	Z5
≤ 3	70~90%	10~30%	0%
4~7	20~40%	40~70%	20~40%
≥ 8	0~10%	50~70%	30~50%

2) 심박수 (Heart Rate)

Garmin HRM-Dual을 착용하고 garmin edge 530의 시작 버튼을 누르고 그 자리에 앉아서 5분 이상 휴식 후 안정시 심박수(resting heart rate)를 측정하고 테스트 프로토콜 진행하였다. 프로토콜 종료 시점(all out)에서 10초 이내로 자전거에서 내려 의자에 앉아 11분간 휴식을 취하도록 하였다. 이때 프로토콜 참여 시 최대 심박수(maximal heart rate)와 휴식 시 1분, 5분, 10분 시점의 회복 심박수를 측정하였다.

4. 생리학적 지표 모니터링 활용 동계 훈련 프로그램

사이클 선수들을 대상으로 총 8주간 훈련을 진행하였으며, 각각의 주차에 목표를 설정하여 훈련을 수행하였다. 훈련은 선수 경기력에 영향을 미칠 정도의 기상 조건인 경우를 제외하고 도로훈련으로 진행하였고, 회복 주간에는 도로훈련과 실내 사이클링 훈련을 병행하였다. 또한, 모두가 참여하는 팀 훈련 프로그램을 제외한 기타 개인 운동은 제한하였다. 준비운동으로 스트레칭과 가벼운 사이클링 이후 본 훈련으로 도로주행 사이클링 훈련을 진행하였다. 상세한 동계 훈련 프로그램의 개요는 다음 <표 2>와 같다.

동계 훈련을 진행 중에는 선수들의 생리학적 지표를 모니터링 하며 훈련 강도를 조절하였다. 생리학적 지표 모니터링은 심박수에 기반하였으며, 훈련 중 심박수 모니터링과 휴식기 심박수 모니터링을 활용하였다. 훈련 중 심박수 모니터링을 위해 사이클 수행력 사전검사를 통해 진행된 램프테스트의 결과를 토대로 선수 별 최대심박수를 수집하고, 최대심박수에 기반한 심박구역(Heart Rate Zone; HRZ)을 설정하였다(Marx et al., 2018). HRZ은 미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine)의 기준을 참고하여 1~5 단계로 구획하였으며, 최대심박수 기준 <57%는 Z1, 57~63%는 Z2,

64-76%는 Z3, 77-95%는 Z4, 96-100%는 Z5로 설정하였다(Riebe, 2018).

설정된 HRZ를 주간 및 일간 훈련강도에 <표 2>와 같이 대입하였고, 휴식이 심박수에 따라 강도를 조절하며 훈련을 진행하였다. 저강도인 1~3구간은 주로 Z1~Z2, 간헐적으로 Z3~Z4에서 훈련을 진행하였으며, Z5에서 훈련은 지양하였다. 중강도인 훈련 강도 4~7구간은 Z1~Z5의 전구간을 필요에 따라 적절히 혼합해 훈련하였다. 고강도인 훈련 강도 8~10구간은 Z3이상의 강도로 훈련을 유지하였다. 또한 선행연구(Dressendorfer, Wade, & Scaff, 1985; Kuipers & Keizer, 1988)에서는 과훈련 전조증상으로 안정시 심박수가 평소보다 증가한다고 하여 해당 선수의 훈련 강도와 양을 일시적으로 조절하여 훈련을 진행하였으며, 모니터링과 관계없이 선수의 인지된 피로나 컨디션에 따라 훈련의 양과 강도를 조절하였는데, 이 경우는 전체 훈련 기간 중 3회였다.

5. 자료처리 및 평가방법

본 연구에서 얻어진 모든 자료들은 Window용 SPSS ver 25.0 프로그램을 이용하여 기술통계치(mean, SD)를 산출하였다. 엘리트 사이클 선수들의 동계 훈련 참여에 따른 각 변인의 변화를 분석하기 위해 비모수 검증방법으로 대응표본 t-test (Wilcoxon signed rank test)를 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 사이클 수행력

동계 훈련 참여에 따른 사이클 주행시간의 변화를 분석한 결과 <표 3>과 같이 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 ($z = -2.371, p = .018$).

표 3. 주행시간 (unit : sec)

		M±SD	z	Sig.
주행시간	pre	624.29±106.12	-2.371	.018*
	post	670.71±115.53		

* : $p < .05$

2. 심박수

1) 안정시 심박수

동계 훈련 참여에 따른 안정시 심박수의 변화를 분석한 결과 <표 4>와 같이 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다 ($t = -2.036, p = .042$).

2) 최대 심박수

동계 훈련 참여에 따른 최대 심박수의 변화를 분석한 결과 <표 4>

와 같이 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 증가하는 경향을 보였다.

표 4. 심박수 (unit : bpm)

		M±SD	z	Sig.
RHR	pre	67.14±8.40	-2.036	.042*
	post	60.43±6.21		
HRmax	pre	187.0±9.71	-1.367	.172
	post	191.43±6.05		

RHR : resting heart rate
HRmax : maximal heart rate
* : $p < .05$

3) 회복기 심박수 (1분, 5분, 10분)

동계 훈련 참여에 따른 회복기 심박수의 변화를 분석한 결과 <표 5>와 같이 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 회복기 1분, 5분, 10분 모두 감소하는 경향을 보였다.

표 5. 회복기 심박수 변화 (unit : bpm)

		M±SD	z	Sig.
1min	pre	152.43±11.65	-6.76	.499
	post	148.43±8.44		
5min	pre	101.14±8.19	-1.101	.271
	post	98.29±6.18		
10min	pre	92.71±6.55	-5.26	.599
	post	96.71±11.93		

IV. 논의

본 연구는 엘리트 사이클 선수들의 동계 훈련에 따른 생리학적 지표를 확인하고 훈련 프로그램 구성의 기초자료를 제공하고자 실시되었다. 본 연구 결과에 따른 논의는 다음과 같다.

선수의 경기력 향상을 위해 적절한 훈련 프로그램 구성과 진행은 중요하다. 이러한 훈련 프로그램 구성에는 스포츠 현장 선수나 지도자의 경험지식과 스포츠 과학자의 과학적 지식이 모두 필요하다. 하지만 스포츠 현장에서 훈련 프로그램 구성은 여전히 코치나 선배 선수의 경험지식에 의존하는 경향이 존재해왔고, 이러한 경험지식은 다양한 현상이 존재하는 스포츠 현장에서 빠르고 직관적인 대응에 기여했으나 훈련 프로그램에 대한 적절성이나 여러 훈련 방법의 정량적 비교, 훈련 프로그램의 원리 구명 등에 한계가 있다. 본 연구에서는 선수의 생리학적 지표 모니터링을 통해 훈련 과정의 지속적인 평가와 적용을 시도하였고 이러한 훈련의 효과를 분석하였다.

엘리트 스포츠 선수들은 체력 보강과 다음 시즌의 준비를 위해 하계 훈련 또는 동계 훈련과 같은 전지훈련에 참여하며, 가장 중

요하게 고려되어야 할 사항은 종목에 특성에 맞는 운동과 강도, 빈도, 기간이다. 훈련 기간이나 빈도는 상황에 따라 조절이 비교적 용이하지만 훈련 강도의 설정은 주로 코치의 정성평가가 기준이 되기 때문에 적절하고 정량적인 설정이 쉽지 않다. 특히 훈련 시간과 훈련 강도의 높은 변동성과 도로에서 훈련과 경기가 진행되는 특성으로 인해 사이클 종목(구본재, 2022)에서 환경적 변수와 생리학적 요인을 고려한 훈련 강도 설정이 어렵다. 이러한 사이클 종목에서 심박수의 모니터링은 훈련의 강도와 성공 여부를 평가하는데 좋은 지표가 될 수 있다(Jeukendrup & Diemen, 1998).

생리학적 지표 모니터링을 반영한 사이클 동계 훈련 참여에 따른 주행시간의 변화를 분석한 결과 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선수들의 동계 훈련이 근지구력 및 심폐 기능 향상에 적합한 강도로 동계훈련이 진행되었다는 방증이 된다.

높은 강도의 지구력을 요구하는 종목의 운동선수들은 심장의 기능과 형태가 변화하고, 그 결과 매우 낮은 안정시 심박수를 보인다(Azevedo et al., 2014). 운동과 훈련을 통해 낮아진 안정시 심박수는 각종 질환에 대한 예측인자로 활용되기도 한다(박동혁, 전용관, 2020). 본 연구에서 동계 훈련 참여에 따른 안정시 심박수의 변화를 살펴본 결과 유의미하게 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 연구에서 생체지표를 모니터링하며 최적의 강도로 사이클 훈련을 진행하였으며, 이에 선수들의 심폐 기능과 체력이 향상되었기 때문으로 판단된다.

최대 심박수(HR max)는 현장에서 여유 심박수(HRR)와 목표 심박수(%HRmax)를 결정하기 위해 일반적으로 사용되는 변인이다(Robergs & Landwehr, 2002). 본 연구결과 최대 심박수는 통계적으로 유의미한 차이는 아니었으나 훈련 참여 전보다 증가하는 경향이 나타났다. 이는 높은 강도의 훈련으로 인해 선수의 심폐기능이 향상된 것으로 판단된다.

일반적으로 훈련이 잘 이루어진 전문 운동선수들은 운동 후 심박수 회복이 빠른 것으로 보고되었으며(Imai et al., 1994), 훈련 참여에 의한 심박수 회복 시간의 단축은 심혈관계의 체력 향상으로 볼 수 있다(Aubert, Seps, & Beckers, 2003). 또한 회복능력의 증가는 선수로 하여금 더 많은 훈련을 소화할 수 있게 해주기 때문에 중요하다. 본 연구 결과 회복기 심박수에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았으나, 시간이 단축되는 경향을 보였다. 훈련 프로그램의 효과를 재고하기 위해 선수의 빠른 회복을 돕기 위한 처치가 필요하다 사료된다. 선행연구에서 보고한 정리운동 또는 회복운동을 적용하여 효과를 검증하고 추후 훈련 프로그램 구성에 포함하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

일반적으로 너무 낮은 훈련 강도는 충분한 훈련 효과를 기대하기 어렵고, 너무 높은 훈련 강도는 과훈련에 의한 문제를 유발할 수 있다(Kuipers et al., 1988). 따라서 생리학적 지표 모니터링을 활용한 훈련 프로그램을 다양한 종목으로 확대하여 경기력 향상을 위한 최적의 훈련 강도 설정에 활용할 수 있다. 심박수 모니터링을 통해 선수의 훈련 강도를 파악하고 과훈련 예방을 위한 방법

모색은 선수 경기력 향상에 유의미한 결과로 이어질 것이다. 또한, 생리학적 및 심리학적 지표를 고려하여 회복에 도움이 될 수 있는 중재 방법 모색과 훈련 프로그램에 적용이 필요하다 판단된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 엘리트 사이클 선수들의 동계 훈련에 따른 생리학적 지표를 확인하고 훈련 프로그램 구성의 기초자료를 제공하고자 실시되었다. 본 연구의 결과에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 동계 훈련 참여에 따른 사이클 주행시간의 변화를 분석한 결과, 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p < .05$).

2. 동계 훈련 참여에 따른 안정시 심박수의 변화를 분석한 결과, 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다($p < .05$). 그러나 최대 심박수의 변화를 분석한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

3. 동계 훈련 참여에 따른 회복기(1분, 5분, 10분) 심박수의 변화를 분석한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

선수의 생리학적 지표 모니터링을 적용한 동계 훈련 프로그램의 효과를 분석한 본 연구 결과를 종합하면, 선수의 과훈련 예방과 체력 및 경기력 향상에 생리학적 지표 모니터링을 적용한 훈련 프로그램이 효과적이고, 이러한 생리학적 지표 모니터링을 지속적으로 활용할 필요가 있다.

참고문헌

- 구본재(2022). 아시안게임 준비기 사이클대표선수 경기력 방해요인의 영향 추이. *스포츠사이언스*, 40(2), 89-96.
- 김준호(2008). 6주간의 동계훈련이 프로축구선수의 포지션별 체력에 미치는 영향. *한국체육측정평가학회지*, 10(2), 43-56.
- 박동혁, 전용관(2020). 건강예측 요인으로서의 안정시심박수의 가치와 의미. *운동과학*, 29(1), 24-33.
- 윤영길, 이용수(2006). 축구 경기력 결정 요인의 구조와 위계적 중요도. *한국스포츠심리학회지*, 17(4), 87-100.
- Abbiss, C. R., & Laursen, P. B. (2007). Is part of the mystery surrounding fatigue complicated by context?. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(5), 277-279.
- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33, 889-919.
- Azevedo, L. F., Perlingeiro, P. D. S., Hachul, D. T., Gomes-Santos, I. L., Brum, P. C., Allison, T. G., ... & De Matos, L. D. N. J. (2014). Sport modality affects bradycardia level and its mechanisms of control in professional athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 954-959.

- Barker, A. R., Williams, C. A., Jones, A. M., & Armstrong, N. (2011). Establishing maximal oxygen uptake in young people during a ramp cycle test to exhaustion. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(6), 498-503.
- Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E., & BATTERHAM, A. M. (2001). Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *33*(12), 2077-2081.
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: a brief review: brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(3), 1015-1024.
- Dressendorfer, R. H., Wade, C. E., & Scaff Jr, J. H. (1985). Increased morning heart rate in runners: a valid sign of overtraining?. *The Physician and Sportsmedicine*, *13*(8), 77-86.
- Edwards, R. H. (1981). Human muscle function and fatigue. Human muscle fatigue: *Physiological Mechanisms*, *82*, 1-18.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of Physiology*, *586*(1), 11-23.
- García-García, O., Cuba-Dorado, A., Riveiro-Bozada, A., Carballo-López, J., Álvarez-Yates, T., & López-Chicharro, J. (2020). A Maximal Incremental Test in Cyclists Causes Greater Peripheral Fatigue in Biceps Femoris. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *91*(3), 460-468.
- Hansen, E. A., Raastad, T., & Hallén, J. (2007). Strength training reduces freely chosen pedal rate during submaximal cycling. *European Journal of Applied Physiology*, *101*, 419-426.
- Hoffman, J. (2014). Physiological aspects of sport training and performance. *Human Kinetics*, 207-236.
- Hoffman, J. R., & Kaminsky, M. (2000). Use of performance testing for monitoring overtraining in elite youth basketball players. *Strength & Conditioning Journal*, *22*(6), 54.
- Huygaerts, S., Cos, F., Cohen, D. D., Calleja-González, J., Guitart, M., Blazevich, A. J., & Alcaraz, P. E. (2020). Mechanisms of hamstring strain injury: interactions between fatigue, muscle activation and function. *Sports*, *8*(5), 65.
- Imai, K., Sato, H., Hori, M., Kusuoka, H., Ozaki, H., Yokoyama, H., ... & Kamada, T. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, *24*(6), 1529-1535.
- Jeukendrup, A., & Diemen, A. V. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of sports sciences*, *16*(sup1), 91-99.
- Juul, A., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine*, *33*(7), 517-538.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports medicine*, *5*(5), 303-311.
- Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports medicine*, *41*(4), 307-328.
- Kuipers, H., & Keizer, H. A. (1988). Overtraining in elite athletes: review and directions for the future. *Sports Medicine*, *6*, 79-92.
- Marx, A. J., Porcari, J. P., Doberstein, S., Arney, B. E., Bramwell, S., & Foster, C. (2018). The accuracy of heart rate based zone training using predicted versus measured maximal heart rate. *International Journal of Research in Exercise Physiology*, *13*(1), 21-28.
- Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2005). Combining explosive and high-resistance training improves performance in competitive cyclists. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(4), 826-830.
- Riebe D. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10th ed). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.
- Robergs, R. A., & Landwehr, R. (2002). The surprising history of the "HRmax= 220-age" equation. *Journal of Exercise Physiology*, *5*(2), 1-10.
- Robson-Ansley, P. J., Gleeson, M., & Ansley, L. (2009). Fatigue management in the preparation of Olympic athletes. *Journal of Sports Sciences*, *27*(13), 1409-1420.
- Williams, J. M., & Andersen, M. B. (1998). Psychosocial antecedents of sport injury: Review and critique of the stress and injury model. *Journal of Applied Sport Psychology*, *10*(1), 5-25.