

## Monitoring the training status of elite male cyclists using heart rate, performance, perceptual wellbeing, and sleep indicators

**Majid Sharifi <sup>1</sup> - Mohammad Raza Kordi <sup>\*2</sup> - Rahman Soori <sup>3</sup> - Siroos Choobineh <sup>4</sup>**

**1. PhD student in Department of Sport Physiology , Faculty of sport sciences and health, University of Tehran, Tehran, Iran 2,3. Professor in Department of Sport**

**Physiology , Faculty of sport sciences and health, University of Tehran, Tehran, Iran**

**4. Associate Professor in Department of Sport Physiology , Faculty of sport sciences and health, University of Tehran, Tehran, Iran**

(Received:2024/08/07; Accepted:2024/09/08)

mrkordi@ut.ac.ir

### **Abstract**

Monitoring the training progress of cyclists is vital for optimizing training programs, preventing overtraining, and enhancing performance. This study aims to report on various physiological and mental measures used to evaluate the training response and fitness of athletes. This descriptive, observational study investigated indicators reflecting automatic cardiac activity, submaximal heart rate scale, performance indicators, perception of freshness, and sleep throughout the training camps in the preparation phase for elite male cyclists. The sample consisted of 17 elite male cyclists who were members of the Iranian national team. Participants were monitored during four training microcycles or camps leading up to the Asian Cup. Statistical analysis was performed using SPSS software and ANOVA with repeated measurements. This research revealed that resting heart rate decreased during the four stages of the camp ( $p = 0.001$ ). However, heart rate increased ( $p = 0.001$ ). No significant changes were observed in sub-maximal heart rate ( $p = 0.14$ ). Perception of freshness decreased, and functional power threshold increased significantly during the four stages of the camp ( $p = 0.001$ ,  $p = 0.001$ ), but RPE changes did not reach statistical significance ( $p = 0.237$ ). Additionally, there were no significant differences in sleep indices ( $p = 0.642$ ,  $p = 0.105$ ,  $p = 0.973$ ). The training of elite athletes in the sports camp over the course of four stages can positively impact performance and improve physiological and cardiovascular conditions.

### **Keywords**

Fitness, Heart rate variability, Monitoring cyclists, Performance.

---

\* Corresponding Author: Email:mrkordi@ut.ac.ir

## پایش وضعیت تمرینی دوچرخه‌سواران نخبه مرد با استفاده از شاخص‌های ضربان قلب، عملکردی، ادراک سرحالی و خواب

مجید شریفی<sup>۱</sup> - محمدرضا کردی<sup>۲\*</sup> - رحمان سوری<sup>۳</sup> - سیروس چوبینه<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲ و ۳. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۴. دانشیار گروه

فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۷، تاریخ تصویب: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸)

### چکیده

پایش وضعیت تمرین دوچرخه‌سواران برای بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی، جلوگیری از تمرین بیش از حد و افزایش عملکرد بسیار مهم است. اقدامات مختلف فیزیولوژیکی و ذهنی برای ارزیابی پاسخ تمرینی و آمادگی ورزشکاران مورد استفاده قرار گرفته است. این مطالعه اقدامات را گزارش می‌کند. این مطالعه از نوع توصیفی مشاهده‌ای است که در آن شاخص‌های بازتاب‌دهنده فعالیت خودکار قلبی، مقیاس ضربان قلب زیر بیشینه، شاخص‌های عملکردی، ادراک سرحالی و خواب در سرتاسر اردوهای تمرینی در مرحله آمادگی در دوچرخه‌سواران نخبه مرد مورد بررسی قرار گرفت. ۱۷ نفر از دوچرخه‌سواران نخبه مرد عضو تیم ملی ایران نمونه پژوهش حاضر را تشکیل دادند. در این پژوهش، شرکت‌کنندگان در طول ۴ میکروسیکل تمرینی یا اردوهای پیش از مسابقات کاپ آسیا، مورد پایش قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و با استفاده از آزمون آنالیز واریانس‌ها با اندازه‌گیری مکرر انجام شد. در این تحقیق نشان داده شده است که ضربان قلب استراحتی در طی چهار مرحله اردو کاهش می‌یابد ( $P=0/001$ ). اما تغییرات ضربان قلب افزایش دارد ( $P=0/001$ ). تغییرات معنادار در ضربان قلب زیر بیشینه، مشاهده نشد ( $P=0/14$ ). ادراک سرحالی کاهش و آستانه توان عملکردی در طی چهار مرحله اردو افزایش معنادار داشت ( $P=0/001$ ). اما تغییرات RPE تغییر معنادار نیافت ( $P=0/237$ ). همچنین تفاوت معناداری در شاخص‌های خواب، دیده نشد ( $P=0/642$ ,  $P=0/105$ ,  $P=0/973$ ). تمرینات ورزشکاران نخبه در اردو ورزشی در طی چهار مرحله می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد و بهبود شرایط فیزیولوژیکی و قلبی - عروقی داشته باشد.

### واژه‌های کلیدی:

پایش، تغییرپذیری ضربان قلب، دوچرخه‌سواران، سرحالی، عملکرد.

## مقدمه

پایش وضعیت تمرین دوچرخه سواران مرد نخبه برای بهینه سازی برنامه های تمرینی، جلوگیری از تمرین بیش از حد و افزایش عملکرد بسیار مهم است. اقدامات مختلف فیزیولوژیکی و ذهنی برای ارزیابی پاسخ تمرینی و آمادگی ورزشکاران مورد استفاده قرار گرفته است (۱). در نتیجه، این مطالعه با هدف بررسی استفاده از ضربان قلب، شاخص های عملکرد، معیارهای ذهنی و کیفیت خواب به عنوان ابزار پایش برای ارزیابی وضعیت تمرین دوچرخه سواران مرد نخبه انجام شد (۲). با بررسی روابط بین این متغیرها، این مطالعه می تواند بینش های ارزشمندی در مورد بهینه سازی برنامه های تمرینی و افزایش نتایج عملکرد در این جمعیت ارائه دهد (۳).

پایش و بررسی شاخص های عملکرد قلبی مانند تغییرپذیری ضربان قلب<sup>۱</sup> (HRV)، ضربان قلب در حالت استراحت<sup>۲</sup> (RHR) و ضربان قلب زیر بیشینه<sup>۳</sup> ( $HR_{submax}$ ) در ورزشکاران برای درک و بهینه سازی عملکرد ورزشی بسیار مهم است. این شاخص ها بینش هایی را در مورد تنظیم خودکار قلب، سلامت کلی قلب و عروق و سازگاری بدن با تمرینات بدنی ارائه می دهند (۴، ۵). تغییرپذیری ضربان قلب تغییر در زمان بین ضربان های متوالی قلب را اندازه گیری می کند و یک شاخص کلیدی تعادل سیستم عصبی خودمختار است. تغییرپذیری ضربان قلب بالاتر به طور کلی با آمادگی قلبی - عروقی بهتر و توانایی بیشتر برای بازیابی

از استرس مرتبط است که برای ورزشکاران در طول تمرین و مسابقه ضروری است (۴، ۵). ضربان قلب در حالت استراحت، که به تعداد ضربان قلب در دقیقه در حالت استراحت اشاره دارد، یک معیار ساده و درعین حال مؤثر برای سنجش کارایی قلبی - عروقی یک ورزشکار است. ضربان قلب در حالت استراحت پایین تر معمولاً نشان دهنده عملکرد قلب کارآمدتر است که اغلب نتیجه تمرینات استقامتی مداوم است (۶). ضربان قلب زیر بیشینه، ضربان قلب مشاهده شده در طول تمرین زیر حداکثری است که اغلب برای تخمین آمادگی ورزشکار بدون نیاز به حداکثر تلاش استفاده می شود. ضربان قلب زیر بیشینه، روشی عملی برای ارزیابی ظرفیت هوازی و استقامت ورزشکار ارائه می دهد. رابطه بین این شاخص های قلبی و عملکرد ورزشی به خوبی ثابت شده است (۷). بهبود در تغییرپذیری ضربان قلب، ضربان قلب در حالت استراحت و ضربان قلب زیر بیشینه، به طور معمول منعکس کننده افزایش عملکرد قلبی - عروقی و استقامت است که برای اوج عملکرد در ورزش بسیار مهم است. با نظارت منظم بر این شاخص ها، مربیان و ورزشکاران می توانند تصمیمات آگاهانه ای در مورد شدت تمرین، استراتژی های بازیابی و بهینه سازی عملکرد کلی بگیرند (۴، ۸). همچنین نظارت بر شاخص هایی مانند شاخص سر حالی هوپر<sup>۴</sup> (HI) و مقیاس بورگ<sup>۵</sup> (RPE)، همراه با ارزیابی کیفیت خواب، نقش مهمی در درک و بهینه سازی عملکرد ورزشکاران ایفا می کند. شاخص سر حالی هوپر یک اندازه گیری

<sup>4</sup>. Hooper Index

<sup>5</sup>. Rating of perceived exertion

<sup>1</sup>. Heart Rate Variability

<sup>2</sup>. Resting heart rate

<sup>3</sup>. Submaximal Heart rate

خود گزارش شده است که برای ارزیابی سطح درک شده یک ورزشکار از ریکاوری و آمادگی برای تمرین استفاده می‌شود. این شامل رتبه‌بندی ذهنی عواملی مانند کیفیت خواب، درد عضلانی، استرس و خستگی است. نظارت منظم بر شاخص هوپر به مربیان و ورزشکاران کمک می‌کند تا روند ریکاوری را شناسایی کرده و بارهای تمرینی را بر اساس آن تنظیم کنند تا از تمرین بیش از حد جلوگیری شود و از عملکرد مطلوب اطمینان حاصل شود (۹). مقیاس بورگ یا میزان تلاش ادراک شده (RPE)، ابزاری است که به‌طور گسترده برای اندازه‌گیری شدت تمرین بر اساس درک ورزشکار از تلاش استفاده می‌شود. این به نظارت بر شدت جلسات تمرینی در زمان واقعی کمک می‌کند و امکان تنظیماتی را فراهم می‌کند که با وضعیت فیزیکی فعلی ورزشکار هماهنگ باشد (۱، ۱۰). رابطه بین مقیاس بورگ و معیارهای فیزیولوژیکی واقعی مانند ضربان قلب می‌تواند بینش‌هایی در مورد استقامت قلبی-عروقی و عضلانی ورزشکار ارائه دهد و به برنامه‌های تمرینی شخصی‌تر کمک کند. کیفیت خواب یکی دیگر از عوامل حیاتی است که بر بهبود و عملکرد تأثیر می‌گذارد. خواب کافی و ترمیم‌کننده برای فرآیندهای بازسازی بدن از جمله ترمیم عضلات، تعادل هورمونی و عملکرد شناختی ضروری است (۱۱). کیفیت خواب ضعیف می‌تواند بر شاخص‌های قلب تأثیر منفی بگذارد، مانند تغییرپذیری ضربان قلب و ضربان قلب در حالت استراحت که به نوبه خود می‌تواند بر عملکرد ورزشی تأثیر بگذارد (۱۱)؛ بنابراین، نظارت بر خواب، داده‌های ارزشمندی را ارائه می‌دهد که می‌تواند برای بهینه‌سازی برنامه‌های تمرین، پروتکل‌های بازسازی

و عملکرد کلی مورد استفاده قرار گیرد. هدف این مطالعه ارزیابی جامع وضعیت تمرین دوچرخه‌سواران مرد نخبه با استفاده از ترکیبی از پارامترهای ضربان قلب، شاخص‌های عملکرد، معیارهای ذهنی و کیفیت خواب است (۸). با تجزیه و تحلیل رابطه بین این متغیرهای نظارتی، هدف این مطالعه ارائه درک جامع‌تری از پاسخ تمرینی و آمادگی دوچرخه‌سواران مرد نخبه است. یافته‌های این مطالعه پیامدهای عملی برای مربیان و ورزشکاران در بهینه‌سازی استراتژی‌های تمرینی، جلوگیری از تمرین بیش از حد و به حداکثر رساندن نتایج عملکرد دارد (۱۲). درک اینکه چگونه ضربان قلب، شاخص‌های عملکرد، معیارهای ذهنی و کیفیت خواب بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند، می‌تواند به توسعه برنامه‌های تمرینی فردی، شناسایی نشانه‌های اولیه خستگی یا ریکاوری و ارتقای رفاه و عملکرد کلی در دوچرخه‌سواران مرد نخبه کمک کند (۱۳).

### روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از نوع توصیفی مشاهده‌ای است که در آن شاخص‌های عملکرد قلبی مانند ضربان قلب زیر بیشینه ( $HR_{submax}$ )، تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)، ضربان قلب استراحتی (RHR)، شاخص توان آستانه عملکردی (FTP)، ادراک سرحالی هوپر (HI) و مقیاس بورگ (RPE) در سرتاسر اردوهای تمرینی در مرحله آمادگی در دوچرخه‌سواران نخبه مرد مورد بررسی قرار گرفت. برای این پژوهش، ۱۷ نفر از دوچرخه‌سواران مرد نخبه بزرگسال عضو تیم ملی ایران به‌صورت در دسترس و با هدف مشخص انتخاب شدند. قبل از شروع

چهارم بود. حرکات تمرین مقاومتی شامل اسکوات، پاورکلین، پرس دمبل، لت با سیم‌کش و پلانک‌ها بود. همچنین، در هر اردو یک تا دو جلسه تمرینات اینتروال نیز انجام شد. اندازه‌گیری‌ها در مدت ۲ دقیقه انجام شد. این دوره شامل ۶۰ ثانیه تثبیت و سپس ۶۰ ثانیه اندازه‌گیری است. حین اندازه‌گیری، ورزشکاران باید ساکت و بی‌حرکت باشند و نفس‌گیری آن‌ها به‌صورت طبیعی و خودکار انجام شد.

برای بررسی ضربان قلب زیر بیشینه و ضربان قلب استراحتی در هر اردوی تمرینی، یک آزمون زیر بیشینه دوچرخه‌سواری روی دوچرخه‌ی ثابت در زمان مشابه در محل تمرینات انجام شد. در این آزمون، ابتدا یک مرحله استراحت به مدت ۳ دقیقه وجود دارد که در آن تمام پارامترهای فیزیولوژیکی در حالت استراحت اندازه‌گیری شدند. سپس، دوچرخه‌سواری با مقاومت ۲۵ وات و آهنگ ۶۰ تکرار در دقیقه آغاز شد و هر ۲ دقیقه، مقاومت به میزان ۲۵ وات افزایش یافت. این مراحل ادامه می‌یابد تا زمانی که حداکثر خستگی جسمی-ذهنی ایجاد شود یا آهنگ داده شده حفظ نشود. معیار بررسی این خستگی این است که اگر کاهش تکرار بیش از ۵ در دقیقه برای بیش از ۵ ثانیه رخ دهد، خستگی به وجود آمده است (۱۰). برای ثبت ضربان قلب در طول آزمون زیر بیشینه، از حس‌گر ضربان‌سنج H10 پلار و اپلیکیشن Polar Beat روی تلفن همراه استفاده شد. برای محاسبه ضربان قلب زیر بیشینه، ضربان قلب در ۳۰ ثانیه پایانی رکاب زدن از دقیقه ۳:۳۰ تا ۴ اندازه‌گیری شد. همچنین، برای

پژوهش، تمامی شرکت‌کنندگان مورد بررسی‌های پزشکی قرار گرفتند. در صورت تأیید پزشک درباره تمام جزئیات پژوهش، به شرکت‌کنندگان اطلاع داده شد و از تمامی افراد شرکت‌کننده، رضایت‌نامه کتبی و آگاهانه جمع‌آوری شد. روش نمونه‌گیری در این پژوهش به‌صورت در دسترس انتخاب شد. در این پژوهش، شرکت‌کنندگان در طول ۴ میکروسیکل تمرینی یا اردوهای پیش از مسابقات کاپ آسیا، مورد پایش قرار گرفتند. هر اردوی تمرینی معمولاً بین ۷ تا ۱۰ روز طول داشت. بازیکنان در طول اردو در خوابگاه‌های خصوصی یکسان در محل اردو اقامت داشتند و پس از آن به خانه رفتند. بین اردوها، به دلیل مسافت‌های متفاوتی که شرکت‌کنندگان باید سفر کنند، میانگین استراحت‌های کوتاهی (حدود سه روز) در نظر گرفته شد. در طول هر اردو، بین ۳ تا ۵ جلسه تمرین بدن‌سازی و حداقل ۱۰ جلسه تمرینی تکنیکی و تاکتیکی دوچرخه‌سواری برگزار شد. قبل از شروع پایش، شرکت‌کنندگان با استفاده از ابزارهای پایش و نحوه استفاده از آن‌ها آشنا شدند. یک اردو نیز برنامه‌ریزی شده است تا بازیکنان با روش اجرای کار آشنا شوند و در نهایت، داده‌های مربوط به این اردو از تحلیل حذف شد. جلسات تکنیکی و تاکتیکی دوچرخه‌سواری در هر اردو بین ۱۲۰ تا ۱۸۰ دقیقه طول داشت و شامل مراحل مانده گرم‌کردن، توسعه مهارت‌ها، تمرینات تکنیکی و تاکتیکی، و سردکردن بود. جلسات تمرین بدن‌سازی نیز شامل سه جلسه تمرین مقاومتی با شدت ۱۰-۱۲ RM در سه ست در اردوی اول تا سوم و ۱۰-۱۶ RM در سه ست در اردوی

<sup>1</sup>. Maximum Repetition

محاسبه ضربان قلب در حالت استراحت، تعداد ضربان‌های بازیابی شده از ضربان قلب زیر بیشینه، در یک دقیقه ریکاوری (از دقیقه ۴ تا ۵) محاسبه شد. ضربان قلب در حالت استراحت برابر با بالاترین ضربان منهای پایین‌ترین ضربان در دقیقه ۴ تا ۵ است. تمامی اطلاعات ضربان قلب با استفاده از نرم‌افزار FlowSync در دسترس بود و می‌توان آن‌ها را از طریق وبسایت <https://flow.polar.com> با استفاده از نام کاربری و رمز عبور شخصی برای هر آزمودنی دسترسی پیدا کرد. در سوی دیگر تغییرپذیری ضربان قلب با استفاده از حسگر ضربان‌سنج بلوتوث دار (۷) ساخت شرکت پلار الکتر، فنلاند اندازه‌گیری شد که به یک نرم‌افزار تلفن همراه (Elite HRVM) ساخت شرکت Ashville (آمریکا) متصل شد و هر یک از بازیکنان روی تلفن همراهشان نصب کردند (۲۵).

مقیاس‌های ذهنی خودگزارشی در ارتباط با سرحالی آزمودنی‌ها در طول اردوها هر روز صبح پس از بیدار شدن توسط خود آزمودنی‌ها و با استفاده از پرسشنامه هوپر گزارش شد. پرسشنامه هوپر شامل ۴ سؤال در ارتباط با کیفیت خواب، استرس، خستگی عضلانی و درد عضلانی است. آزمودنی‌ها باید در ارتباط با هر آیت، پاسخ‌های خود را از بین گزینه‌های ۱ (بسیار خوب یا کم) تا ۷ (بسیار ضعیف یا زیاد) انتخاب کنند. جمع امتیاز پاسخ‌های هر ۴ سؤال، عدد مربوط به شاخص هوپر را فراهم کرد (۳۶).

برای بررسی میزان سختی تمرین و فشار وارد آمده از مقیاس بورگ استفاده شد. هدف از ساخت این

مقیاس، ارزیابی شدت سختی و فشار ادراک‌شده برای انجام یک فعالیت از سوی افراد، به‌عنوان راهنمای شدت تمرین است. این مقیاس دارای ۱۰ درجه بوده و روایی و پایایی پرسشنامه مقیاس فشار و سختی ادراک‌شده بورگ تأیید شده است. این مقیاس کارایی خوب و بالایی در تشخیص، تنگی نفس، کم‌نفسی، درد عضلانی اسکلتی، دردهای آنژینی، درد در ناحیه سینه و قفسه سینه دارد. مربیان مقیاس بورگ را با دیگر مقیاس‌هایی که در این زمینه استفاده می‌شوند، مقایسه کرده‌اند اما به‌طور کلی می‌توان به کارایی بالای این مقیاس در ارزیابی میزان سختی انجام تمرین‌ها و فشاری که بر فرد وارد می‌شود، اذعان داشت.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS مدل ۲۲ انجام پذیرفت. همچنین از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری برای بررسی سطح معناداری تغییرات در متغیرهای پایش استفاده شد. همین‌طور از آزمون توکی<sup>۱</sup> برای بررسی‌های تعقیبی استفاده شد. در بررسی ارتباط بین پارامترهای ضربان قلب و دیگر متغیرهای پایش در هر اردو، از همبستگی پیرسون استفاده شد.

### یافته‌ها

پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف - اسپیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون به بررسی و آنالیز آماری داده‌ها ضربان قلب استراحت با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری پرداختیم. نتایج

<sup>1</sup>. Tukey

تغییر معنادار ضربان قلب استراحتی را در طول ۴ دوره اردو ورزشی دوچرخه‌سواران را نشان می‌دهد ( $P=0/001$ ). همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان‌دهنده کاهش معنادار ضربان قلب استراحتی در دوره ۳ و ۴ نسبت به دور ۱ و ۲ است. همچنین نتایج آنالیز آماری تفاوت معنادار بین دوره ۳ با دوره ۴ را نشان می‌دهند و ضربان قلب استراحتی در دوره ۴ کاهش معنادار یافته است. همچنین نتایج تغییرات قلب زیر بیشینه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که طی ۴ دوره اردو ورزشی برای دوچرخه‌سواران نخبه تفاوت معناداری در تغییر ضربان قلب زیر بیشینه صورت نگرفت ( $P=0/14$ ). در دیگر سو در تغییرپذیری ضربان قلب نتایج نشان می‌دهد که بین ۴ دوره اردو ورزشی تفاوت معنادار است و شاهد افزایش تغییرپذیری ضربان قلب در ورزشکاران دوچرخه‌سواری نخبه طی چهار دوره اردو ورزشی هستیم و مقادیر تغییرپذیری ضربان قلب در اردو ورزشی ۴ با سایر اردوهای گذشته تفاوت معنادار دارد ( $P=0/001$ ). در آستانه توان عملکردی<sup>۱</sup> (FTP) بین ۴ مرحله اردو ورزشی دوچرخه‌سواران مرد نخبه نتایج

نشان می‌دهد که بین ۴ دوره اردو ورزشی تفاوت معنادار است و شاهد افزایش آستانه توان عملکردی در ورزشکاران دوچرخه‌سواری نخبه طی چهار دوره اردو ورزشی هستیم ( $P=0/001$ ). در همین راستا در بررسی شاخص هوپر نتایج نشان می‌دهد بین اردوها تفاوت معنادار وجود دارد و کاهش شاخص هوپر گزارش می‌شود که این کاهش بین اردو ۱ با اردو ۳ و ۴ تفاوت معنادار در این شاخص وجود دارد ( $P=0/001$ ). در سویی دیگر نتایج نشان می‌دهد که تغییرات مقیاس بورگ بین ۴ دوره اردوی ورزشی معنادار نبوده است ( $P=0/237$ ). در تحقیق حاضر به بررسی خواب REM پرداختیم و نتایج نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین مراحل اردو ورزشی در خواب REM وجود ندارد ( $P=0/642$ ). همچنین زمان خواب به‌عنوان شاخص دیگر خواب بررسی شد و عدم تغییر معنادار بین ۴ مرحله اردو ورزشی گزارش می‌شود ( $P=0/105$ ). در سویی دیگر در این تحقیق به بررسی نمره خواب در ورزشکاران پرداخته شد و تحلیل نتایج عدم تفاوت معنادار نمره خواب بین ۴ مرحله اردو ورزشی را نشان می‌دهد ( $P=0/973$ ).

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش به همراه نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری

| متغیر                                          | مرحله اول        | مرحله دوم         | مرحله سوم         | مرحله چهارم       | معناداری | اندازه اثر |
|------------------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|------------|
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV)                     | $76/05 \pm 6/31$ | $77/11 \pm 5/55$  | $77/41 \pm 5/38$  | $78/88 \pm 4/96$  | ۰/۰۰۱    | ۰/۴۲۵      |
| ضربان قلب زیر بیشینه ( $HR_{submax}$ ) (b/min) | $14/47 \pm 7/45$ | $140/94 \pm 7/18$ | $140/23 \pm 7/38$ | $139/88 \pm 7/23$ | ۰/۱۴۰    | ۰/۱۰۷      |
| ضربان قلب استراحتی                             | $47/17 \pm 4/43$ | $46/11 \pm 3/56$  | $44/29 \pm 3/09$  | $41/11 \pm 3/10$  | ۰/۰۰۱    | ۰/۷۵۸      |

<sup>1</sup>. Functional threshold power

<sup>2</sup>. Rapid eye movement

| (RHR)<br>(b/min) | تغییرات توان    | آستانه عملکردی  | (Watt) (FTP)    | شاخص سرحالی     | هوپر (HI)       | شاخص RPE        | خواب REM       | (min)          | نمره خواب      | زمان خواب      | (min)          |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ۵/۰۴ ± ۰/۱۷۵     | ۴/۹۹ ± ۰/۲۲     | ۵/۰۸ ± ۰/۲۱     | ۵/۱۷ ± ۱/۳۸     | ۶/۷۶ ± ۱/۵۶     | ۱۰۴۳/۲۹ ± ۵۴/۳۹ | ۱۰۴۵/۸۸ ± ۶۷/۵۶ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۵/۰۸ ± ۰/۲۱      | ۵/۰۴ ± ۰/۱۷۵    | ۵/۱۷ ± ۱/۳۸     | ۶/۷۶ ± ۱/۵۶     | ۱۰۴۳/۲۹ ± ۵۴/۳۹ | ۱۰۴۵/۸۸ ± ۶۷/۵۶ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۵/۱۷ ± ۱/۳۸      | ۶/۷۶ ± ۱/۵۶     | ۱۰۴۳/۲۹ ± ۵۴/۳۹ | ۱۰۴۵/۸۸ ± ۶۷/۵۶ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۶/۷۶ ± ۱/۵۶      | ۱۰۴۳/۲۹ ± ۵۴/۳۹ | ۱۰۴۵/۸۸ ± ۶۷/۵۶ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۱۰۴۳/۲۹ ± ۵۴/۳۹  | ۱۰۴۵/۸۸ ± ۶۷/۵۶ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۱۰۴۵/۸۸ ± ۶۷/۵۶  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷   | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷   | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷   | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷  | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷  | ۱۳۰/۷۶ ± ۱۷/۱۷ | ۱۳۲/۲۵ ± ۱۵/۱۷ | ۷۴ ± ۵/۰۳      | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۷۴ ± ۵/۰۳        | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ |
| ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰   | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  |
| ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲    | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰  | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲   | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ | ۴۶۲/۴۷ ± ۶۴/۲  | ۴۵۰/۴۷ ± ۶۶/۶۰ |

ارتباط با تغییرپذیری ضربان قلب و ضربان قلب  
استراحتی شاهد ارتباط معنادار این دو متغیر هستیم  
( $P=0/001$ ). ارتباط بین این دو یک ارتباط معکوس  
است ( $P=0/455$ ).

پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها به بررسی  
ارتباط بین متغیرها از طریق ضریب همبستگی  
پیرسون پرداختیم. نتایج نشان می‌دهد که بین  
متغیرهای تحقیق ارتباط معنادار وجود ندارد و فقط در

جدول ۲. همبستگی بین تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) با ضربان قلب زیر بیشینه ( $HR_{submax}$ )، ضربان قلب استراحتی  
(RHR)، توان آستانه عملکردی، شاخص هوپر و مقیاس بورگ

| متغیرها                                                        | R      | معناداری |
|----------------------------------------------------------------|--------|----------|
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * ضربان قلب زیر بیشینه              | ۰/۱۲۲  | ۰/۳۲۳    |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * ضربان قلب استراحتی (HRR)          | -۰/۴۵۵ | *۰/۰۰۱   |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * تغییرات توان آستانه عملکردی (FTP) | ۰/۰۵۸  | ۰/۶۳۹    |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * شاخص سرحالی هوپر (HI)             | -۰/۰۶۸ | ۰/۵۷۹    |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * شاخص RPE                          | -0/031 | ۰/۸۰۲    |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * خواب REM                          | ۰/۰۷۳  | ۰/۵۵۴    |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * نمره خواب                         | -۰/۱۷  | ۰/۱۵     |
| تغییرپذیری ضربان قلب (HRV) * زمان خواب                         | -۰/۰۲۹ | ۰/۸۱۵    |

## بحث و نتیجه‌گیری

قلبی را در طول استراحت و بارهای کاری مطلق  
افزایش دهد و به برادری‌کاردی ناشی از تمرین کمک  
کند (۱۵). تجزیه و تحلیل تغییرپذیری ضربان قلب  
بینش‌های ورزشی خاص و فردی را در مورد  
سازگاری‌های سیستم عصبی خودمختار ارائه می‌کند و  
آن را برای تنظیم برنامه‌های تمرینی و پیش‌بینی

تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان یک ابزار ارزشمند  
برای نظارت بر سازگاری‌های تمرینی ورزشکاران و  
بهینه‌سازی عملکرد ظاهر شده است (۴، ۱۴). تحقیقات  
نشان می‌دهد که تمرین شدید دوچرخه‌سواری  
می‌تواند تغییرپذیری ضربان قلب و مدولاسیون واگ



نیست (۱۷، ۱۸). به نظر می‌رسد سازگاری در تنظیم سیستم عصبی خودمختار قلبی برای ورزش، خاص و فردی است (۱۶). برای ارزیابی دقیق و طراحی برنامه‌های ورزشی مؤثر، محققان بر نیاز به استانداردسازی در تکنیک‌های اندازه‌گیری تغییرپذیری ضربان قلب و در نظر گرفتن عواملی مانند نوع تمرین، مدت زمان و تغییرات فردی تأکید می‌کنند (۱۶، ۱۹).

در طی تحقیق حاضر عدم تغییر معنادار ضربان قلب زیر بیشینه گزارش می‌شود. عدم تغییر قابل توجه در ضربان قلب زیر بیشینه پس از چندین دوره تمرینات و اردوهای ورزشی می‌تواند به عوامل مختلفی نسبت داده شود، از جمله آن شدت ناکافی تمرینات، نوع تمرین، مدت زمان کوتاه اردوها و تفاوت‌های فردی ورزشکاران است. همچنین، فلات سازگاری قلبی-عروقی و نادرستی در روش‌های اندازه‌گیری نیز می‌توانند نقش داشته باشند. تحقیقات نشان می‌دهد که ضربان قلب زیر بیشینه ممکن است نشانگر مناسبی برای وضعیت تمرین یا تغییرات عملکرد نباشد. تنهاف ۱ و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند که کاهش در ضربان قلب زیر بیشینه پس از تمرین شدید ارتباطی با تغییرات عملکرد ندارد (۲۰). لامبرتس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۴) تغییرات روزانه کم در ضربان قلب زیر بیشینه (۱،۴٪-۱،۱) را گزارش کرد که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان آن به عنوان یک اندازه‌گیری است (۲۱). با این حال، پاتیل<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد که ضربان قلب به تنهایی برای ارزیابی اثربخشی تمرین کافی نیست (۲۲). کامینگ<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۶۷)

دستاوردهای ورزشی مؤثر می‌سازد (۱۶). ماهیت غیر تهاجمی نظارت بر تغییرپذیری ضربان قلب آن را به ویژه برای استفاده در میدان مناسب می‌کند و به مربیان و دانشمندان ورزشی، روشی در دسترس برای ارزیابی بار تمرینی و بازپایی ارائه می‌دهد (۴). با این حال، توجه به این نکته مهم است که سازگاری‌های تغییرپذیری ضربان قلب به شدت به نوع تمرین انجام شده وابسته است و تغییرات فردی باید هنگام تفسیر نتایج در نظر گرفته شود (۱۶). به طور کلی، تجزیه و تحلیل تغییرپذیری ضربان قلب یک رویکرد امیدوارکننده برای افزایش عملکرد ورزشی و بهینه‌سازی رژیم‌های تمرینی ارائه می‌کند. در تحقیق حاضر تغییرپذیری ضربان قلب طی چهار دوره اردو ورزشی در دوچرخه سواران مرد نخبه افزایش یافت. در همین راستا تحقیقات در مورد تغییرپذیری ضربان قلب در ورزشکاران نتایج متفاوتی را در مورد اثربخشی آن در ارزیابی وضعیت تمرین و عملکرد نشان می‌دهد. در حالی که برخی از مطالعات نشان می‌دهند که تمرینات هوازی منظم می‌تواند تغییرپذیری ضربان قلب کلی را بهبود بخشد و مدولاسیون واگ ریتم قلب را افزایش دهد (۱۶، ۱۷)، برخی دیگر تغییرپذیری در پاسخ‌های تغییرپذیری ضربان قلب را براساس نوع تمرین، مدت و تفاوت‌های فردی می‌دانند (۱۸، ۱۹). تغییرپذیری ضربان قلب به عنوان یک نشانگر بالقوه برای بیش تمرینی و پیش‌بینی عملکرد ورزشی مورد بررسی قرار گرفته است، اما شواهد فعلی به دلیل روش‌شناسی متناقض و حجم نمونه کوچک، قطعی

<sup>3</sup>. Patil

<sup>4</sup>. Cumming

<sup>1</sup>. Ten haaf

<sup>2</sup>. Lamberts

کاهش ضربان قلب زیر بیشینه و حداکثر را در طی یک اردوی تمرینی فشرده یک هفته‌ای مشاهده کرد، اما هیچ تغییری در حداکثر جذب اکسیژن مشاهده نکرد. آنها همچنین دریافتند که قبل از هر گونه افزایش در ظرفیت هوازی، ضربان قلب زیر بیشینه کاهش می‌یابد (۲۳). این یافته‌ها نشان می‌دهند که در حالی که ضربان قلب زیر بیشینه را می‌توان به‌طور قابل اعتمادی اندازه‌گیری کرد، سودمندی آن در نظارت بر سازگاری‌های تمرینی ممکن است محدود باشد و عوامل دیگری باید هنگام ارزیابی اثربخشی تمرین در نظر گرفته شوند.

در طی این تحقیق کاهش ضربان قلب استراحتی در طی ۴ دوره اردو ورزشی در دوچرخه‌سواران نخبه مرد کاهش یافت. در همین راستا در سایر تحقیقات در این زمینه بیان می‌شود ورزش منظم منجر به کاهش ضربان قلب استراحتی می‌شود. این کاهش به چندین سازگاری فیزیولوژیکی از جمله افزایش حجم ضربه‌ای و انقباض میوکارد نسبت داده می‌شود (۲۴). در حالی که برخی تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات در فعالیت سیستم عصبی خودمختار به این اثر کمک می‌کند (۲۵). برخلاف نتایج ما مطالعات دیگر هیچ شواهدی از افزایش تون پاراسمپاتیک یا کاهش پاسخ بتا آدرنرژیک پیدا نکردند (۲۶). در عوض، کاهش ضربان قلب استراحتی ممکن است در درجه اول به دلیل کاهش ضربان قلب ذاتی باشد (۲۶). یک متاآنالیز نشان داد که تمرینات استقامتی به ویژه در کاهش ضربان قلب استراحتی در هر دو جنس موثر بودند (۶).

این سازگاری‌ها با بهبود سلامت قلبی-عروقی و کاهش خطر مرگ و میر مرتبط است (۶، ۲۴). تحقیقات در مورد اثرات ورزش بر ضربان قلب استراحتی نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. در حالی که برخی از مطالعات کاهش قابل توجهی را در ضربان قلب استراحتی به دنبال تمرینات استقامتی گزارش می‌دهند (۶، ۲۷)، برخی دیگر حداقل تغییرات را مشاهده می‌کنند (۲۸). میزان کاهش ضربان قلب استراحتی متفاوت است، با گزارشات از ۱٫۹-۳٫۴ bpm تا میانگین ۶ bpm (۲۸). عوامل مؤثر بر تغییرات ضربان قلب استراحتی، مدت زمان تمرین، شدت و ویژگی‌های فردی مانند سن و سطح آمادگی اولیه است (۲۷). به نظر می‌رسد تمرینات استقامتی در کاهش ضربان قلب استراحتی موثرترین باشند (۶). مکانیسم‌های پشت کاهش ضربان قلب استراحتی شامل تغییرات در عملکرد سیستم عصبی خودمختار، به ویژه افزایش فعالیت پاراسمپاتیک است (۲۹). علیرغم تفاوت در یافته‌ها، ورزش منظم به طور کلی با ضربان قلب استراحتی کمتر مرتبط است که ممکن است به کاهش خطر مرگ و میر قلبی-عروقی کمک کند (۲۷، ۲۹).

در طی تحقیق حاضر توان آستانه عملکردی در ورزشکاران در اثر گذر زمان و اردوهای ورزشی افزایش یافت. در این زمینه تحقیقات نشان می‌دهد که توان آستانه عملکردی (FTP) یک نشانگر معتبر مبتنی بر آزمایش میدانی برای ارزیابی آمادگی استقامتی است که ارتباط نزدیکی با آستانه لاکتات (LT) در دوچرخه‌سواران تمرین دیده دارد (۳۰). اردوهای

<sup>2</sup> . Lactate threshold

<sup>1</sup> . Functional threshold power

تمرینی دوچرخه‌سواری می‌تواند منجر به بهبودهای قابل توجهی در اوج توان خروجی، اقتصاد دوچرخه‌سواری و راندمان مکانیکی ناخالص، همراه با سازگاری‌های روانی مثبت شود (۳۱). با این حال، تمرین شدید بدون ریکاوری کافی می‌تواند منجر به افزایش بیش از حد شود که با کاهش عملکرد، کاهش حداکثر ضربان قلب و افزایش اختلال خلقی مشخص می‌شود (۳۲). مشخص شده است که توان آستانه عملکردی به شدت با حداکثر توان خروجی در طول تست‌های دوچرخه‌سواری افزایشی و  $VO_{2max}$  نسبی همبستگی دارد، که نشان می‌دهد می‌توان از آزمون ارگومتری سیکل حداکثر برای تخمین توان آستانه عملکردی استفاده کرد. علاوه بر این، تست‌های توان آستانه عملکردی می‌توانند روشی مناسب برای ارزیابی  $VO_{2max}$ ، به ویژه زمانی که تجهیزات تخصصی در دسترس نیستند، ارائه دهند (۳۳). این یافته‌ها اهمیت تمرین ساختاریافته و ریکاوری مناسب را در بهبود عملکرد و استقامت دوچرخه‌سواران برجسته می‌کند. حمایت‌کنندگان معتقدند که این تمرینات کمک می‌کند تا ورزشکاران با استرس تمرینی سازگار شوند و بهبودهای قابل توجهی در توان آستانه عملکردی را تجربه کنند. مطالعات نشان می‌دهند که ورزشکارانی که چندین دوره تمرینی را پشت سر گذاشته‌اند، معمولاً شاهد افزایش قابل توجهی در توان آستانه عملکردی هستند. اما برخی مقالات اشاره می‌کنند که پس از یک مدت، ممکن است پیشرفت‌ها به فلات برسد و ادامه تمرین بهبودهای بیشتری به همراه نداشته باشد (۳۴). همچنین، تفاوت‌های فردی در پاسخ به تمرین وجود دارد، به این معنی که همه ورزشکاران به

یک اندازه بهبود نخواهند یافت. مقالات منفی به مسائل مانند تمرین بیش از حد، عدم بهبود کافی و ناهماهنگی در روش‌های تمرینی اشاره می‌کنند که ممکن است پیشرفت در توان آستانه عملکردی را مختل کنند. به طور کلی، درک این عوامل به بهینه‌سازی برنامه‌های تمرینی و دستیابی به بهبودهای معنادار در توان آستانه عملکردی کمک می‌کند (۳۵، ۳۶).

شاخص هوپر در این تحقیق در اثر تمرینات ورزشی و در گذر زمان بهبود یافت. افزایش شاخص هوپر (HI) در دوره تمرین و بعد از چهار دوره در یک اردوی ورزشی به عوامل جسمانی، روانی و محیطی مرتبط است. این شاخص، معیاری برای سلامتی کلی و آمادگی است که وضعیت جسمانی و روانی ورزشکار را نشان می‌دهد. با پیشرفت ورزشکاران، بدنشان با تمرین سازگار شده و بهبود آمادگی جسمانی، استقامت و سلامت کلی را به همراه دارد. تمرین مداوم به بهبود آمادگی قلبی-عروقی، قدرت عضلانی و انعطاف‌پذیری منجر می‌شود که باعث افزایش شاخص هوپر می‌شود (۹، ۳۷). اردوهای ورزشی به ورزشکاران راهنمایی‌های بهتری درباره تکنیک‌های بازیابی، خواب، تغذیه و روش‌های فعال ارائه می‌دهند که کیفیت خواب و بازیابی را بهبود می‌بخشد و به افزایش شاخص هوپر کمک می‌کند. همچنین، تمرینات ذهنی موجود در اردوها می‌تواند استرس و اضطراب را کاهش دهد و بهبود وضعیت روانی را به همراه داشته باشد. تغذیه مناسب و حمایت اجتماعی نیز نقش مهمی در افزایش شاخص هوپر دارند. تغییر محیط تمرین به شرایط بهتر نیز می‌تواند به کاهش استرس و بهبود سرحالی کمک

کند. به طور کلی، افزایش شاخص هوپر به ترکیبی از سازگاری فیزیکی، بهبود بازیابی و تغذیه، تقویت ذهنی و عوامل محیطی مربوط می‌شود (۳۸). هنگام تحلیل تأثیر تمرینات ورزشی و اردوهای ورزشی بر شاخص هوپر، نتایج ممکن است همگرا یا ناسازگار باشند. تفاوت‌ها ممکن است به طراحی مطالعه، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان، پروتکل‌های تمرینی و عوامل محیطی مربوط باشد. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که تمرینات ساختاریافته و اردوهای ورزشی منجر به بهبود آمادگی جسمانی، استقامت روانی و افزایش شاخص هوپر می‌شود (۹، ۳۷). ورزشکاران معمولاً از افزایش انرژی، کاهش خستگی و بهبود خواب گزارش می‌دهند. ادغام استراتژی‌های مناسب بازیابی مانند خواب کافی و تغذیه مناسب نیز به افزایش شاخص هوپر کمک می‌کند (۹، ۳۷). با این حال، برخی مطالعات گزارش می‌دهند که تمرینات با شدت بالا به ویژه در صورت عدم بازیابی کافی ممکن است باعث افزایش استرس و خستگی و کاهش شاخص هوپر شود. تفاوت‌های فردی و شرایط محیطی نیز می‌توانند نتایج ناسازگار ایجاد کنند. برای مثال، شرایط نامساعد تمرین یا استرس پیش از اردو ممکن است بهبودهای مورد انتظار در شاخص سلامت را مختل کند (۳۹). در مجموع، در حالی که تمرینات ورزشی و اردوها می‌توانند تأثیر مثبت بر شاخص هوپر داشته باشند، نتایج ناسازگار نیاز به توجه به تفاوت‌های فردی، تعادل بین شدت تمرین و بازیابی، و شرایط خاص تمرین دارند.

در این تحقیق مقیاس بورگ (RPE) معناداری در طول اردو ورزشی بین دوچرخه‌سواران نخبه نداشت.

مقیاس بورگ ابزار ارزشمندی برای ارزیابی تلاش و خستگی درک شده در ورزشکاران است. تحقیقات نشان می‌دهد که مقیاس بورگ در طول دوره‌های تمرین طولانی مدت افزایش می‌یابد، حتی زمانی که شدت ثابت بماند، که نشان‌دهنده خستگی انباشته است (۴۰). در قایقرانان، یک دوره تمرینی با شدت کم و حجم بالا به مدت ۴ هفته منجر به امتیازات مقیاس بورگ بالاتر بدون تغییر در نواحی ضربان قلب شد که نشان‌دهنده تغییر به سمت درک جلسات سخت‌تر است (۴۱). مقیاس بورگ به شدت با نشانگرهای فیزیولوژیکی مانند غلظت لاکتات خون و جذب نسبی اکسیژن ارتباط دارد (۴۲). با این حال، رابطه بین مقیاس بورگ و ضربان قلب می‌تواند توسط عواملی مانند مسدود کننده‌های سیستم عصبی خودمختار تغییر یابد (۴۲). انواع مختلف ورزش (به عنوان مثال، تمرین بازو در مقابل پا) نیز می‌تواند بر مقیاس بورگ در سطوح جذب اکسیژن مشابه تأثیر بگذارد (۴۳). این یافته‌ها ماهیت پیچیده مقیاس بورگ و اهمیت آن را در نظارت بر بار تمرینی و خستگی در ورزشکاران برجسته می‌کند. افزایش مقیاس بورگ در دوره‌های تمرینی و پس از چهار دوره اردو به عوامل مختلفی مربوط می‌شود. مقیاس بورگ در حین تمرین تحت تأثیر عوامل مختلف فیزیولوژیکی، روانی و محیطی قرار دارد (۴۴). ورزشکاران در مراحل اولیه تمرین ممکن است افزایش مقیاس بورگ را به دلیل فرآیندهای سازگاری و خستگی تجمعی تجربه کنند (۴۵). حالات روانشناختی مانند اضطراب، افسردگی و روان رنجورخویی می‌توانند مقیاس بورگ را افزایش دهند، در حالی که برونگرایی با مقیاس بورگ رابطه معکوس

دارد (۴۴). عوامل محیطی و ریکآوری ناکافی بین جلسات نیز می‌تواند به مقیاس بورگ بیشتر کمک کند (۴۶). مربیان باید وضعیت استرس-بازیابی ورزشکاران را برای جلوگیری از تمرین بیش از حد و عملکرد بهینه کنترل کنند (۴۶). با استفاده از چنین ابزارهای نظارتی، مربیان می‌توانند تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد نسخه‌های تمرینی بگیرند، برنامه‌ها را براساس سازگاری‌های فردی تنظیم کنند و تعادل بهینه بین بار تمرینی و بازیابی را حفظ کنند (۴۵، ۴۶). تحقیقات درباره تأثیر اردوهای ورزشی و تمرینات بر مقیاس بورگ، که میزان درک تلاش را اندازه‌گیری می‌کند، نظرات موافق و مخالفی دارند. برخی مطالعات نشان می‌دهند که افزایش مقیاس بورگ نتیجه طبیعی و مفید برنامه‌های تمرینی ساختار یافته است، به ویژه آنهایی که بر افزایش تدریجی بار تمرین مبتنی هستند (۱۰، ۴۷). این افزایش شدت تمرینات به بهبود قدرت، استقامت و آمادگی جسمانی کمک می‌کند و همچنین می‌تواند به بهبود عملکرد منجر شود. این نمرات بالاتر همچنین به‌عنوان نشانه‌ای از استحکام ذهنی و تاب‌آوری در نظر گرفته می‌شود و به مربیان کمک می‌کند تا بار تمرین و نیاز به بازیابی را مدیریت کنند (۱۰، ۴۷). با این حال، منتقدان هشدار می‌دهند که سطوح بالای مداوم در مقیاس بورگ ممکن است به سندرم تمرین بیش از حد منجر شود، با خستگی مزمن و کاهش عملکرد همراه باشد و حتی به مشکلات سلامتی طولانی‌مدت بیانجامد (۴۱، ۴۸). آنها همچنین اشاره می‌کنند که افزایش مداوم مقیاس بورگ ممکن است نشان‌دهنده بازیابی ناکافی باشد و تکیه بر این مقیاس به‌عنوان معیار جهانی می‌تواند نیازهای فردی

ورزشکاران را نادیده بگیرد. در مجموع، افزایش مقیاس بورگ می‌تواند نشانه‌ای از تمرین مؤثر باشد، اما باید به دقت مدیریت شود تا از خطرات مرتبط با تمرین بیش از حد و فرسودگی جلوگیری شود. مربیان و ورزشکاران باید از مقیاس بورگ به‌عنوان یکی از چندین ابزار برای یک برنامه تمرینی متعادل استفاده کنند (۴۱، ۴۸).

در هر مطالعه پژوهشی، محدودیت‌های بالقوه‌ای وجود دارد که می‌تواند بر تفسیر یافته‌ها تأثیر بگذارد. در مطالعه ما در مورد تغییرپذیری شاخص قلب (HRV)، ضربان قلب زیربیشینه ( $HR_{submax}$ )، ضربان قلب در حالت استراحت (RHR)، شاخص هوپر (HI) و توان آستانه عملکردی (FTP) در طول کمپ ورزشی دوچرخه سواران، ممکن است محدودیت‌های زیر وجود داشته باشد. تفاوت‌های فردی در تاریخچه تمرین، سطح آمادگی جسمانی، استعداد ژنتیکی و ظرفیت ریکآوری می‌تواند باعث ایجاد تنوع در پاسخ‌ها به اردو تمرینی شود. کنترل این عوامل می‌تواند چالش برانگیز باشد و ممکن است نتایج را مخدوش کند. عواملی مانند تغذیه، هیدراتاسیون (آبرسانی) و شرایط محیطی (به عنوان مثال، ارتفاع، دما) در طول اردو می‌توانند بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی مانند تغییرپذیری ضربان قلب، توان آستانه عملکردی و معیارهای بازیابی تأثیر بگذارند. اگر کنترل نشود، ممکن است نتایج را منحرف کند. زمان اندازه‌گیری‌ها (قبل، حین و بعد از جلسات) می‌تواند بر نتایج تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، اندازه‌گیری ضربان قلب در حالت استراحت یا تغییرپذیری ضربان قلب بلافاصله پس از تمرین شدید

ممکن است تغییرات موقتی را نشان دهد که منعکس کننده سازگاری‌های طولانی مدت نیست. با توجه به اینکه گروه کنترل استفاده نشده است، تعیین اینکه آیا تغییرات مشاهده شده به دلیل خود برنامه تمرینی است یا سایر عوامل غیر مرتبط، مشکل است. همین طور شاخص هوپر بر معیارهای ذهنی خود گزارش شده خلق و خو، استرس و درد متکی است. ادراک فردی ممکن است متفاوت باشد و منجر به سوگیری یا ناسازگاری بالقوه در گزارش شود. با توجه به اینکه دوره مطالعه به مدت اردو ورزشی محدود می‌شد، سازگاری‌های طولانی مدت و اثرات بالقوه تاخیری تمرین ممکن است ثبت نشود. علاوه بر این، علائم خستگی مزمن یا تمرین بیش از حد ممکن است در طول خود اردو مشاهده نشده باشد. اگرچه هیچ تغییر قابل توجهی در شاخص‌های خواب مشاهده نشد، با توجه به اینکه کیفیت یا مدت خواب به طور عینی اندازه‌گیری نشده است (به عنوان مثال، با استفاده از اکتیوگرافی یا پلی‌سومنوگرافی) می‌تواند یک محدودیت باشد. داده‌های خواب گزارش شده توسط خود ممکن است کمتر قابل اعتماد باشد. ضربان قلب زیر بیشینه و توان آستانه عملکردی را می‌توان تحت تأثیر عواملی مانند آمادگی روزانه، تغذیه و وضعیت روانی قرار داد. تفسیر این معیارها ممکن است به زمینه بیشتری نیاز داشته باشد تا اطمینان حاصل شود که نتایج بیش از حد تحت تأثیر عوامل موقتی قرار نمی‌گیرند. یافته‌های این مطالعه مخصوص دوچرخه سواران است و پاسخ‌های فیزیولوژیکی مشاهده شده ممکن است برای ورزشکاران دیگر ورزش‌ها یا جمعیت‌های عمومی اعمال نشود.

نتایج چهار دوره اردوی ورزشی و تمرینات ورزشی مرتبط حاکی از تأثیر مثبت بر شاخص‌های مختلف سلامت و عملکرد است. افزایش تغییرپذیری ضربان قلب نشان‌دهنده بهبود تعادل سیستم عصبی خودمختار، به‌ویژه تغییر به سمت فعالیت‌های پاراسمپاتیک (استراحت و ریکاوری) بیشتر است که اغلب با بهبودی بهتر و آمادگی جسمانی کلی همراه است. کاهش ضربان قلب در حالت استراحت نشان دهنده افزایش کارایی قلبی-عروقی است، زیرا قلب در پمپاژ خون کارآمدتر می‌شود. افزایش توان آستانه عملکردی نشان دهنده بهبود استقامت و توان خروجی است که عملکرد ورزشی بهتری را نشان می‌دهد. کاهش شاخص هوپر (معیار استرس درک شده، خستگی، درد عضلانی و خلق و خو) نشان دهنده بهبود کلی بهتر و کاهش سطح خستگی یا استرس در طول اردو است. در حالی که خواب تغییرات قابل توجهی نشان نداد، بهبود در تغییرپذیری ضربان قلب، ضربان قلب استراحتی و معیارهای عملکرد نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان علی‌رغم عدم تغییر قابل اندازه‌گیری در طول مدت یا کیفیت خواب، توانستند به خوبی بهبود یابند. در نهایت اردو ورزشی و تمرینات مرتبط به بهبود کارایی قلبی-عروقی، ریکاوری و عملکرد ورزشی منجر شد، همانطور که با افزایش تغییرپذیری ضربان قلب و توان آستانه عملکردی همراه با کاهش ضربان قلب در حالت استراحت و شاخص هوپر نشان داده شد. علی‌رغم عدم تغییر قابل توجه در شاخص‌های خواب، داده‌های کلی به بهبود آن بهبود و عملکرد در طول مدت اردو اشاره می‌کنند.

## References

1. Thorpe RT, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(Suppl 2):S227-s34.
2. Campbell PG, Stewart IB, Sirotic AC, Drovandi C, Foy BH, Minett GM. Analysing the predictive capacity and dose-response of wellness in load monitoring. *Journal of Sports Sciences*. 2021;39(12):1339-47.
3. Foster C, Rodriguez-Marroyo JA, De Koning JJ. Monitoring training loads: the past, the present, and the future. *International journal of sports physiology and performance*. 2017;12(s2):S2--S-8.
4. Udayanga MAS. Heart Rate Variability (HRV) for sports and exercise training. *Sri Lankan Journal of Sports and Exercise Medicine*. 2018.
5. Lundstrom CJ, Foreman NA, Biltz GR. Practices and Applications of Heart Rate Variability Monitoring in Endurance Athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2022;44:9 - 19.
6. Reimers AK, Knapp G, Reimers CD. Effects of Exercise on the Resting Heart Rate: A Systematic Review and Meta-Analysis of Interventional Studies. *Journal of Clinical Medicine*. 2018;7.
7. Gentilin A. The informative power of heart rate along with machine learning regression models to predict maximal oxygen consumption and maximal workload capacity. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. 2023.
8. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol*. 2014;5:73.
9. Rabbani A, Clemente FM, Kargarfard M, Chamari K. Match Fatigue Time-Course Assessment Over Four Days: Usefulness of the Hooper Index and Heart Rate Variability in Professional Soccer Players. *Frontiers in Physiology*. 2019;10.
10. Arney BE, Glover R, Fusco A, Cortis C, de Koning JJ, van Erp T, et al. Comparison of RPE (Rating of Perceived Exertion) Scales for Session RPE. *International journal of sports physiology and performance*. 2019:1-3.
11. Costa JA, Figueiredo P, Y. Nakamura F, Brito J. The Importance of Sleep in Athletes. *Exercise Physiology [Working Title]*. 2022.
12. Borszcz FK, Tramontin AF, Costa VP. Reliability of the functional threshold power in competitive cyclists. *International Journal of Sports Medicine*. 2020;41(03):175-81.

13. Saw AE, Main LC, Gastin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50(5):281-91.
14. Dong J. The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2016;11:1531 - 6.
15. Leicht AS, Allen GD, Hoey AJ. Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*. 2003;28 6:898-909.
16. Perrone MA, Volterrani M, Manzi V, Barchiesi F, Iellamo F. Heart rate variability modifications in response to different types of exercise training in athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2021.
17. Hottenrott K, Hoos O, Esperer H-D. Herzfrequenzvariabilität und Sport : Aktueller stand. *Herz*. 2006;31:544-52.
18. Shevets VP. Heart rate variability in athletes with symptoms of non-functional overload. *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University Series 15 Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports)*. 2022.
19. Grant CC, Ker J. Autonomic response to exercise as measured by cardiovascular variability. *South African Journal of Sports Medicine*. 2008;20:102-8.
20. Ten Haaf T, Foster CC, Meeusen R, Roelands B, Piacentini MF, van Staveren S, et al. Submaximal heart rate seems inadequate to prescribe and monitor intensified training. *European Journal of Sport Science*. 2019;19:1082 - 91.
21. Lamberts R, Lemmink KAPM, Durandt JJ, Lambert MI. Variation in Heart Rate During Submaximal Exercise: Implications for Monitoring Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2004;18:641-5.
22. Patil SS, Jattennavar SR, Metri V. The effect of training on heart rate. *International journal of applied research*. 2018;4:92-9.
23. Cumming GR, Goodwin A, Bagglely G, Antel JJ. Repeated measurements of aerobic capacity during a week of intensive training at a youth's track camp. *Canadian journal of physiology and pharmacology*. 1967;45 5:805-11.
24. Otto CM. Heartbeat: Highlights from this issue. *Heart*. 2015;101:739 - 41.
25. Gregoire J, Tuck SA, Hughson RL, Yamamoto Y. Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender, and physical training. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*. 1996;21 6:455-70.
26. Bahrainy S, Levy WC, Busey JM, Caldwell JH, Stratton JR. Exercise training bradycardia is largely explained by reduced intrinsic heart rate. *International journal of cardiology*. 2016;222:213-6.



27. Huang G, Shi X, Davis-Brezette JA, Osness WH. Resting heart rate changes after endurance training in older adults: a meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37 8:1381-6.
28. Wilmore JH, Stanforth PR, Gagnon J, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C. Endurance exercise training has a minimal effect on resting heart rate: the HERITAGE Study. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996;28 7:829-35.
29. Almeida MBd, ARAUJO CG. Effects of aerobic training on heart rate. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*. 2003;9:113-20.
30. Valenzuela PL, Morales JS, Foster CC, Lucia A, de la Villa P. Is the Functional Threshold Power a Valid Surrogate of the Lactate Threshold? *International journal of sports physiology and performance*. 2018:1-6.
31. Dionne J-F, Lajoie C, Gendron P, Freiburger E, Trudeau F. Physiological and Psychological Adaptations of Trained Cyclists to Spring Cycling Camps. *Journal of Human Kinetics*. 2018;64:137 - 46.
32. Halson SL, Bridge MW, Meeusen R, Busschaert B, Gleeson M, Jones DA, Jeukendrup AE. Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *Journal of applied physiology*. 2002;93 3:947-56.
33. Denham J, Scott-Hamilton J, Hagstrom AD, Gray A. Cycling Power Outputs Predict Functional Threshold Power And Maximum Oxygen Uptake. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017.
34. Gelman R, Berg M, Ilan Y. A Subject-Tailored Variability-Based Platform for Overcoming the Plateau Effect in Sports Training: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19.
35. Bouchard C, Rankinen T. Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001;33 6 Suppl:S446-51; discussion S52-3.
36. Bonafiglia JT, Rotundo MP, Whittall JP, Scribbans TD, Graham RB, Gurd BJ. Inter-Individual Variability in the Adaptive Responses to Endurance and Sprint Interval Training: A Randomized Crossover Study. *PLoS ONE*. 2016;11.
37. Selmi O, Ouergui I, Muscella A, My G, Marsigliante S, Nobari H, et al. Monitoring Psychometric States of Recovery to Improve Performance in Soccer Players: A Brief Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19.
38. Halson SL. Nutrition, sleep and recovery. *European Journal of Sport Science*. 2008;8:119 - 26.
39. Nobari H, Fani M, Pardos-Mainer E, Pérez-Gómez J. Fluctuations in Well-Being Based on Position in Elite Young Soccer Players during a Full Season. *Healthcare*. 2021;9.

40. Fusco A, Knutson C, King C, Mikat RP, Porcari JP, Cortis C, Foster CC. Session RPE During Prolonged Exercise Training. *International journal of sports physiology and performance*. 2020;1-12.
41. Pind R, Hofmann P, Mäestu E, Vahtra E, Purge P, Mäestu J. Increases in RPE Rating Predict Fatigue Accumulation Without Changes in Heart Rate Zone Distribution After 4-Week Low-Intensity High-Volume Training Period in High-Level Rowers. *Frontiers in Physiology*. 2021;12.
42. Ekblom B, Golobarg AN. The influence of physical training and other factors on the subjective rating of perceived exertion. *Acta physiologica Scandinavica*. 1971;83 3:399-406.
43. Lemura LM, Duvillard SPv, Stanek F, editors. Sports Physiology time course changes and physiological factors related to central and peripheral determinants of perceived exertion in highly trained adolescent alpine skiers 2001.
44. Morgan WP. Psychological components of effort sense. *Medicine and science in sports and exercise*. 1994;26 9:1071-7.
45. Lambert MI, Borresen J. A Theoretical Basis of Monitoring Fatigue: A Practical Approach for Coaches. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2006;1:371 - 88.
46. Kellmann M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010;20.
47. Nakamura FY, Moreira A, Aoki MS. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? - doi: 10.4025/reveducfis.v21i1.6713. *journal of physical education*. 2010;21:1-11.
48. Haddad M, Padulo J, Chamari K. The usefulness of session rating of perceived exertion for monitoring training load despite several influences on perceived exertion. *International journal of sports physiology and performance*. 2014;9 5:882-3.