Applied Research in Sports Science and Health

Vol. 3, No. 1, 2024

EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

The Effect of Special Intense Aerobic Interval Training on Aerobic and Anaerobic Indicators of Professional Football Players

Sajjad Karami: PhD in Sports Physiology, Shahid Rajaee University, Tehran, Iran **(Corresponding author).** karami.sp@gmail.com

Mohammad Ali Gharaat: Assistant Professor, Department of Physical Education, Farhangian University, Tehran, Iran. alighara@cfu.ac.ir

Nasser Heydari: BA, Shahid Rajaee University, Tehran, Iran. naserheidari1987@gmail.com

Abstract

The aim of this study is to examine the impact of 6 weeks of intermittent intense aerobic training specifically designed for football on professional players' time to reach exhaustion (Tmax), maximal oxygen consumption (VO2max), minimum speed to reach maximum oxygen consumption (vVO2max), and anaerobic threshold (LTP2). Twenty-eight club football players (average age 20.5±4 years, weight 69.8±2 kg, height 175.6±1.2 cm, fat mass 11.59±1.7 kg, fat-free mass 58.56±6.9 kg, body mass index 17.56±3.4 kg/m2) from the Tehran Ground Force team, participating in the Azadegan Cup One Country League, were purposefully selected and randomly divided into two groups: control (n=14) and experimental (n=14). The training regimen included 6 weeks of intermittent intense aerobic exercise (HAF) with 4 sessions per week and six ball movement drills on a specially designed course. The training intensity was set at 75% for the first two weeks, 85% for the following two weeks, and 90% of the maximum heart rate for the final two weeks. Analysis of covariance was used to compare the groups based on the research design (pre-test-post-test with control group) with a significance level of $P \leq 0.05$, and data analysis was conducted using SPSS version 18 software. The results of the covariance analysis revealed a significant enhancement in the measured parameters in the experimental group compared to the control group, specifically in VO2max (P=0.023), Tmax (P=0.027), vVO2max (P=0.038), and LTP2 (P=0.041). The findings of this study suggest that after 6 weeks of intensive aerobic training for football (HAF), both aerobic and anaerobic indicators improve in football players.

Keywords: Aerobic Interval Training, Aerobic and Anaerobic Indicators, Professional Football Players.

Received: 2023/08/02 ; **Revised:** 2023/08/29 ; **Accepted:** 2023/10/01 ; **Published online**:2024/03/24

Article type: Research Article **Publisher:** Qom Islamic Azad University **© the authors**

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

تأثیر تمرین تناوبی هوازی شدید ویژه بر شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی بازیکنان حرفه‌ای فوتبال

سجاد کرمی: دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران **(نویسنده مسئول)**.karami.sp@gmail.com

محمدعلی قرائت: استادیار، گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.alighara@cfu.ac.ir

ناصر حیدری: کارشناسی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.naserheidari1987@gmail.com

چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی تاثیر ٦ هفته تمرین متناوب هوازی شدید ویژه فوتبال (هاف) بر زمان رسیدن به واماندگی (Tmax)، حداکثر اکسیژن مصرفی (VO2max)، حداقل سرعت رسیدن ورزشکار به حداکثر اکسیژن مصرفی (vVO2max) و آستانه بی‌هوازی (LTP2) بازیکنان حرفه‌ای فوتبال بود. بدین منظور ۲۸ بازیکن فوتبال باشگاهی (میانگین سن ٤±۲۰/۵ سال، وزن ۲±٦۹/۸ کیلوگرم، قد ۱/۲±۱۷۵/٦ سانتی‌متر، توده چربی ۱/۷±۱۱/۵۹ کیلوگرم، توده بدون چربی ٦/۹±۵۸/۵٦ کیلوگرم، شاخص توده بدن (kg/m^2 ٤/۳±۱۷/۵٦) به صورت هدفمند از میان بازیکنان تیم نیروی زمینی تهران، حاضر در لیگ یک کشور جام آزادگان انتخاب شده و به صورت تصادفی به دوگروه کنترل (n=۱٤) و تجربی (n=۱٤) تقسیم شدند. پروتکل تمرینی شامل ٦ هفته تمرین متناوب هوازی شدید (هاف) به صورت ٤ جلسه در هفته و شش دوره حرکت با توپ بود، که در مسیر ویژهٔ طراحی شده انجام گرفت. شدت پروتکل تمرینی در دو هفته اول ۷۵٪، در دو هفته دوم ۸۵٪ و در دو هفته پایانی برابر با ۹۰٪ ضربان قلب بیشینه بود. به منظور تحلیل نتایج با توجه به طرح تحقیق (پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل)، از آزمون تحلیل کواریانس برای مقایسه بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شده و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ تحلیل شد. نتایج تحلیل کوواریانس حاکی از بهبود معنی‌دار شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل به ترتیب در مقادیر VO_2max (P=۰/۰۲۳)، Tmax (P=۰/۰۲۷)، vVO_2max (P=۰/۰۳۸) و LTP_2 (P=۰/۰٤۱) می‌باشد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد، بعد از انجام ٦ هفته تمرین تناوبی هوازی شدید ویژه فوتبال (هاف)، مقادیر شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی در بازیکنان فوتبال افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: تمرین تناوبی هوازی، شاخص‌های هوازی و بی‌هوازی، بازیکنان حرفه‌ای فوتبال.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی **ناشر:** دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم **© نویسندگان.**

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۵/۱۱؛ **تاریخ اصلاح:**۱٤۰۲/۰٦/۰۷ ؛ **تاریخ پذیرش:** ۱٤۰۲/۰۷/۱۹ ؛ **تاریخ انتشار آنلاین:** ۱٤۰۳/۰۱/۰۵

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

مقدمه

تمرین‌های ورزشی با توجه به نیازها و شاخص‌های آمادگی جسمانی در رشته‌های ورزشی مختلف مورد توجه پژوهشگران علوم ورزشی قرار گرفته است. از این‌رو، فعالیت‌هایی که بتواند همزمان با بهبود آمادگی، سطوح تکنیکی ورزشکاران را بهبود بخشد، به عنوان تمرین‌های عملکردی بکار گرفته می‌شوند (برگر[1] و همکاران، ۲۰۰۶). رویکرد برنامه‌های تمرینی نوین بیشتر به سمتی متمایل هستند که اجزاء فیزیولوژیکی ورزشکاران با توجه به مهارت یا ورزش مورد نظر توسعه یابند (بکسفیلد[2] و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین، به منظور طراحی برنامه تمرینی مناسب، شناسایی نیازهای فیزیولوژیک رشته‌های متفاوت ورزشی و روش‌های تمرینی مؤثر به منظور بهبود عملکرد آن‌ها، از عوامل تعیین‌کننده و ضروری هستند. در همین راستا، از حیطه‌های پژوهشی اخیر می‌توان به عوامل موثر در اجرا مانند زمان رسیدن به واماندگی (Tmax)، حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max)، حداقل سرعت رسیدن ورزشکار به حداکثر اکسیژن مصرفی (vVO_2max) و آستانه بی‌هوازی (LTP_2) اشاره کرد که از فاکتورهای مهم و مورد نیاز به‌منظور برآورد سطح آمادگی جسمانی ورزشکاران محسوب می‌شود و احتمالاً بتوان شدت تمرین را براساس این شاخصه‌ها با دقت نسبتاً بالایی تنظیم و کنترل کرد (بیکهام[3] و همکاران، ۲۰۰٤؛ زوبا[4] و همکاران، ۲۰۱۱؛ دنادای[5] و همکاران، ۲۰۰٤؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۳).

در بسیاری از رشته‌های ورزشی، برنامه تمرینی ورزشکاران شامل یک مرحله هوازی است که با تمرین‌های تناوبی شدید هنگام نزدیک شدن به فصل مسابقه دنبال می‌شود (قرائت و همکاران، ۱۳۹۹). مطالعات پیشین انواع برنامه‌های تمرینی تناوبی را به منظور بهبود عملکرد هوازی معرفی کرده‌اند (جونز و کارتر[6]، ۲۰۰۰؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤؛ صمدی و همکاران، ۲۰۱٤؛ هانون[7] و همکاران، ۲۰۰۸؛ قرائت و همکاران، ۲۰۱۷). با این وجود، هنوز درباره مطلوب‌ترین برنامه تمرینی اتفاق‌نظری وجود ندارد (قرائت و مهری الوار، ۱٤۰۲). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فعالیت با حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت طولانی، گزینه مطلوب برای بهبود VO_2max است (دنادای و همکاران، ۲۰۰٤). از این‌رو، وقتی هدف از تمرین افزایش توان هوازی بیشینه باشد، vVO_2max شدت مطلوب فعالیت به‌شمار می‌رود (لیتل[8] و همکاران، ۲۰۱۰؛ موسی، ۲۰۰۹). زمانی که vVO_2max را به عنوان معیاری برای تعیین شدت تمرین به کار می‌بریم، بهترین متغیر برای تعیین مدت زمان وهله‌های فعالیت نیز Tmax است (لیتل و همکاران، ۲۰۱۰؛ موسی، ۲۰۰۹). چنانچه هدف تمرین، رسیدن به ۱۰۰ درصد VO_2max و حفظ آن به مدت طولانی باشد، پیشینه مطالعاتی زمان مطلوب وهله‌های فعالیت را ٦۰ درصد Tmax پیشنهاد کرده‌اند (بیلات و کرالزتین[9]، ۱۹۹٦). در مطالعاتی که ورزشکاران قادر به انجام وهله‌های فعالیت با شدت vVO_2max به مدت ٦۰ درصد Tmax بودند، آن‌ها توانستند تقریباً هشت تکرار را انجام دهند (موسی، ۲۰۰۹؛ بیلات و کرالزتین، ۱۹۹٦). در این روش،

[1] Berger
[2] Bexfield
[3] Bickham
[4] Czuba
[5] Denadai
[6] Jones & Carter
[7] Hanon
[8] Little
[9] Billat & Koralsztein

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

با وجود دامنه بزرگ تغییرات Tmax در بین ورزشکاران رشته‌های مختلف، کل زمانی که فرد با شدت vVO2max به ادامه فعالیت می‌پردازد را دو تا سه برابر ۱۰۰ درصد Tmax بیان می‌دارند (قرائت و همکاران، ۱۳۹۹؛ موسی، ۲۰۰۹). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که با تمرین‌های تناوبی با شدت vVO2max و مدت زمان ۵۰ تا در ٦۰ درصد Tmax می‌توان وهله‌های فعالیت را افزایش داد و مسافت پیموده شده را با سرعت vVO2max افزایش داد که این امر منجربه افزایش ۳ تا ٦ درصدی LTP2 و vVO2max و ۱۰ تا ۹۰ درصدی Tmax می‌شود (رداس[1] و همکاران، ۲۰۰۰؛ بیلات و همکاران، ۱۹۹۹).

در میان بسیاری از رشته‌های ورزشی، رشته فوتبال دارای جذابیت بسیار بالا بوده و به همین دلیل، علم تمرین در این رشته با سرعت بالایی در حال پیشرفت است. از طرفی، با توجه به ماهیت ورزش فوتبال، این رشته به عنوان یک رشته گروهی با فعالیت تناوبی شدید معرفی شده است (هاف[2] و همکاران، ۲۰۰۲؛ قمری و همکاران، ۲۰۰۵؛ شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤). بیشتر بازیکنان طی مسابقه فوتبال، مسافتی بین ۱۲-۱۰ کیلومتر در شدتی نزدیک به آستانه بی‌هوازی (۸۰ - ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب یا ۷۰ - ۸۰ درصد VO2max) می‌دوند (هاف و همکاران، ۲۰۰۲؛ شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤). پس می‌توان گفت، سوخت‌وساز هوازی ۹۰ درصد از هزینه انرژی را طی مسابقه فوتبال تأمین می‌کند (قمری و همکاران، ۲۰۰۵؛ شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤). بر همین اساس، با توجه به ماهیت تناوبی رشته فوتبال، نقش تمرین‌های تناوبی در این رشته برجسته شده است. با توجه به نقش عملکرد هوازی در افزایش عملکرد بازیکنان فوتبال، پژوهش‌های زیادی در زمینه ارزیابی شیوه‌های مختلف تمرینی اثرگذار بر عملکرد هوازی انجام گرفته است (هاف و همکاران، ۲۰۰۲؛ شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤؛ فراری[3] و همکاران، ۲۰۰۸؛ ممیلان[4] و همکاران، ۲۰۰۵؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۲؛ میرزا آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۵). عملکرد هوازی از طریق سه عامل توان هوازی بیشینه، توان بی‌هوازی و کارآیی حرکت، تحت تأثیر قرار می‌گیرد (امانی و همکاران، ۲۰۱۳؛ بیلات و همکاران، ۲۰۰۱؛ اسمیت[5] و همکاران، ۲۰۰۳). در همین ارتباط فراری و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که پس از ۸ هفته تمرین تناوبی هوازی شدید، VO2max افزایش معنی‌داری داشت. از سوی دیگر، حجم تمرین و زمان مصرف شده در تمرینات تناوبی به ترتیب ۷۵ و ۹۰ درصد کمتر از تمرینات استقامتی می‌باشد (بیلات و همکاران، ۲۰۰۰). پژوهش‌های دیگر نشان داده‌اند که ورزشکاران با VO2max یکسان می‌توانند از vVO2max متفاوتی برخوردار باشند (بیلات و همکاران، ۲۰۰۰؛ ولفه[6] و همکاران، ۱۹۸۸). همچنین یک تا دو جلسه تمرین هوازی شدید در هفته و به مدت ٤ هفته می‌تواند VO2max ورزشکاران را افزایش دهد (حیدری و همکاران، ۲۰۱٦). چمری و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که در طول ۸ هفته، تمرینات هوازی شدید با توپ vVO2max بازیکنان بهبود یافت (۲۲). همچنین افزایش Tmax پس از یک دوره تمرین، افزون‌بر اینکه نشان‌دهنده افزایش استقامت عمومی آنان است، به ظرفیت بی‌هوازی ورزشکاران نیز وابسته می‌باشد (شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤؛ معتمدی و همکاران،۱۳۹۰؛ ملادنویچ[7]، ۲۰۰۵).

[1] Rodas
[2] Hoff
[3] Ferrari
[4] Memillan
[5] Smith
[6] Wolfe
[7] Mladenović

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

دویدن یکنواخت یکی از تمرین‌هایی است که در دوره تمرینی پیش از فصل و درون فصل مسابقات فوتبال به طور گسترده به کار می‌رود، علی‌رغم اینکه فعالیت مورد علاقه بازیکنان به حساب نمی‌آید. از طرف دیگر، تنها بازی و تمرین با توپ نمی‌تواند شدت کافی برای افزایش بهینه VO_2max ،Tmax، vVO_2max و LTP_2 را فراهم کند. از آنجا که برنامه تمرینی هاف دارای ویژگی‌هایی شبیه به رقابت واقعی در زمین بازی و دارای تنوع در حرکت است، به نظر می‌رسد اینگونه تمرین می‌تواند بر آماده‌سازی توان هوازی و بی‌هوازی بازیکنان فوتبال اثرگذارتر باشد (شیخلووند و قرائت،۲۰۲٤؛ قمری و همکاران، ۲۰۰۵؛ هاف و همکاران، ۲۰۰۲). از سویی، اگرچه مطالعات مختلفی از روش تمرینی هاف استفاده کرده‌اند، تنها یک روش همزمان از روش تمرینی هاف و گروه کنترل فعال استفاده کرده و اثرات اینگونه تمرین بر دیگر شاخص‌های توان هوازی فوتبالیست‌ها همچون Tmax، vVO_2max و LTP_2 که قابلیت تنظیم و برنامه‌ریزی دارند، با ابهام روبرو است. لذا، پژوهش حاضر درصدد است تا به بررسی اثر تمرین هاف به عنوان یک تمرین ویژه دارای فاکتورهای مورد نیاز برای عملکرد بهتر بازیکنان فوتبال حرفه‌ای بر شاخص‌های توان ویژه عملکرد بپردازد.

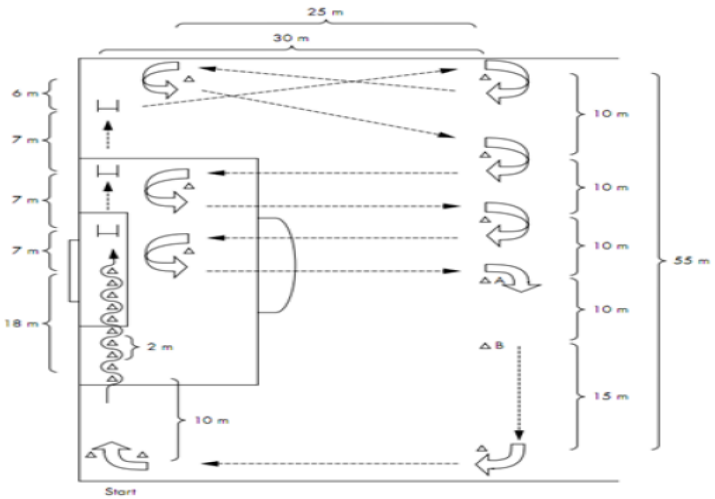
روش پژوهش

با توجه به اهداف و استفاده از نمونه‌های انسانی و عدم امکان کنترل تمام متغیرهای مزاحم، پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود که به شکل میدانی با گروه تجربی و کنترل به اجرا درآمد. به منظور دستیابی به اهداف مطالعه، ۲۸ بازیکن فوتبال باشگاهی به صورت هدفمند از میان بازیکنان تیم نیروی زمینی تهران حاضر در لیگ یک کشور جام آزادگان انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه کنترل (n=١٤) و تجربی (n=١٤) تقسیم شدند. آزمودنی‌ها قبل از شرکت در مطالعه به طور متوسط ۳ سال سابقه شرکت منظم در تمرین و مسابقه و در زمان انجام مطالعه، حداقل ٦ جلسه در هفته تمرین داشتند. براساس اطلاعات بدست آمده از پرسشنامه‌های سابقه پزشکی و پرسشنامه فعالیت بدنی r-Par-Q، آزمودنی‌ها سابقه بیماری خاص نداشته و در سه ماه گذشته هیچ‌گونه سابقه مصرف مکمّل کربوهیدراتی، اسیدآمینه‌ای، کافئینی، آنتی‌اکسیدانی، الکل و تنباکو را گزارش نکردند. پس از کسب رضایت‌نامه و همچنین تاییدیه معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، متغیرهای آنتروپومتریکی (جدول ۱) اندازه‌گیری شدند. قد و وزن آزمودنی‌ها با استفاده از ترازوی پزشکی مجهز به قدسنج سکا با دقت ۰/۱ کیلوگرم مدل Halka hamburg and vogel 7071314004 ساخت کشور آلمان استفاده اندازه‌گیری شد. شاخص توده بدن نیز با استفاده از فرمول[1] مربوطه محاسبه و درصد چربی آزمودنی‌ها با استفاده از معادله هفت نقطه‌ای (مجموع چین پوستی هفت نقطه: سه سر بازو، تحت کتفی، دوسر بازو، فوق خاصره، فوق خاری، شکم، ران) با استفاده از کالیپر بیس لاین[2] ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری و محاسبه گردید. همچنین از دستگاه گاز آنالایزر مدل POWERCUPE GANSHORN ساخت کشور آلمان و با استفاده از آزمون بروس و اندازه‌گیری گازهای تنفسی برای ارزیابی VO_2max، vVO2max آزمودنی‌ها استفاده شد. محاسبه آستانه بی‌هوازی (LTP_2) توسط رایانه دستگاه گاز آنالایزر انجام شد. آزمون Tmax، ٢٤ ساعت بعد از اتمام آزمون

1 $\frac{(kg)}{(m)^2}$ -
2 Skin Fold Caliper Basline

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

Vo2max اجرا گردید. این آزمون با توجه به آزمون Vo2max و سرعتی که فرد به VO2max رسیده بود، اجرا شد. اگر بازیکن حداقل ۳۰ ثانیه در هر مرحله‌ای از آزمون Vo2max باقی می‌ماند، برای آزمون Tmax، آن سرعت فعالیت برای بازیکن اعمال می‌شد. نحوه اجرای آزمون Tmax به این صورت بود که پس از ۵ دقیقه گرم کردن در سرعت ٦ کیلومتر در ساعت، ورزشکار در ٦۰ درصد سرعتی قرار می‌گرفت که باید در آن فعالیت می‌کرد. در عرض ۱۰ ثانیه سرعت به ۸۰ درصد سرعت مورد نظر و پس از ۱۰ ثانیه سرعت به ۱۰۰ درصد سرعت مورد نظر می‌رسید. در این زمان کرونومتر شروع به کار می‌کرد تا زمان فعالیت فرد را ثبت کند (مشهدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ولفه و همکاران، ۱۹۸۸؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). به منظور کنترل ضربان قلب آزمودنی‌ها از دستگاه Polar مدل 5610 ساخت کشور فنلاند، استفاده شد. پس از هر جلسه تمرینی از آزمودنی‌ها با یک میان‌وعده استاندارد پذیرایی شد. میان‌وعده‌ای استاندارد تلقی می‌شود که حداقل حاوی ۳۰۰ کیلوکالری انرژی باشد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۲). در این پژوهش میان‌وعده حاوی تقریباً ۳۱۵ کیلوکالری (کربوهیدرات ۵۰٪، پروتئین ۲۰٪، چربی ۳۰٪)، حدوداً ٤۵ گرم کیک شکلاتی بود. پروتکل ٦ هفته‌ای تمرین متناوب هوازی شدید (هاف) به صورت ٤ جلسه در هفته شامل شش دوره حرکت با توپ بود که در مسیر ویژهٔ طراحی شده، انجام گرفت (شکل ۱). شدت تمرین برابر با ۷۵٪ در ۲ هفته اول، ۸۵٪ در ۲ هفته دوم و ۹۰٪ ضربان قلب بیشینه در ۲ هفته پایانی بود. روش اجرای تمرین نیز به این شکل بود که بازیکنان ۱۰ مخروط اول را به شکل مارپیچ دریبل می‌کردند و با توپ از موانعی به ارتفاع ۳۰ سانتیمتر می‌پریدند. پس از آن، مخروط‌های بعدی را به صورت مارپیچ طی کرده و از نقطهٔ A تا B درحالی‌که توپ را کنترل می‌کردند، رو به عقب حرکت کرده و سپس برمی‌گشتند و به طرف نقطهٔ شروع حرکت می‌کردند (هاف و همکاران، ۲۰۰۲). دوره‌های کاری فعالیت شامل شش دورهٔ سه دقیقه‌ای بود که با سه دقیقه استراحت فعال با ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه اجرا شد. این تمرین تناوبی هوازی شدید (هاف) ٦ مرتبه طی هفته و در پایان جلسات تمرین‌های تکنیکی تیم فوتبال در جلساتی که دارای فشار بدنی پایین‌تری بودند و در زمان یکسان انجام گرفت. همچنین ٦ هفته مداخلهٔ تمرین متناوب هوازی شدید، در زمان پیش از فصل مسابقات و در دوره آماده‌سازی تیم به منظور شرکت در مسابقات انجام شد. کلیه تمرینات در ساعت ۱۰ صبح و با فاصله حداقل ۲ ساعت پس از صرف صبحانه معمولی انجام شد.



شکل ۱ - پروتکل تمرین هاف

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

توزیع طبیعی داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب با آزمون کولموگروف – اسمیرنف و آزمون لوین مورد تایید قرار گرفت، سپس برای توصیف آماری متغیرهای وابسته از میانگین و انحراف معیار و جهت مقایسه نتایج درون‌گروهی از T همبسته استفاده شد (جدول ۱). با توجه به طرح تحقیق (پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل) از آزمون تحلیل کوواریانس برای مقایسه بین گروه‌ها استفاده شد (جدول ۲). در آزمون تحلیل کوواریانس داده‌های بدست آمده از مرحله پس‌آزمون با داده‌های مرحله پیش‌آزمون وارد نرم‌افزار شدند. همچنین از داده-های پیش‌آزمون به عنوان یک متغیر تصادفی کمکی یا (Covariate) استفاده شد. تحلیل کوواریانس به ارزیابی این موضوع می‌پردازد که آیا پس از تعدیل داده‌های پیش‌آزمون، متغیرهای مورد بررسی از داده‌های پس‌آزمون، تفاوت معنی‌داری از لحاظ متغیرها میان گروه‌های مورد بررسی در پژوهش باقی می‌ماند؟ سطح معنی‌داری P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شده و کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ تحلیل شدند.

نتایج

نتایج درون‌گروهی بدست آمده از آزمون T همبسته در گروه‌های مورد مطالعه نشان داد که در هیچ‌یک از متغیرهای آنتروپومتریک و ترکیب بدن همچون قد (گروه کنترل ۱۷۶/۰۶±٤/۷۵ سانتیمتر و گروه تجربی ۱۷۵/٤۱±٦/٦ سانتیمتر)، سن (گروه کنترل ۲۰/٤±۵ و گروه تجربی ۱۹/۷±٦ سانتیمتر)، وزن، توده بدون چربی و شاخص توده بدن، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

جدول ۱ – مشخصات گروه‌های کنترل و تجربی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون (M±SD)

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	درصد تغییرات	سطح معنی‌داری
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۷۰/۳۷±۹/۷۲	۷۱/۰۸±۱۰/۹	۱	۰/۳۱۹
	تجربی	٦۹/۹٦±۱۳/۱٦	٦۹/۱۱±۱۲/۲۱	-۰/۱٤	۰/٤٤۳
توده چربی (کیلوگرم)	کنترل	۱۱/٤۱±۳/۹۱	۱۱/۷۷±٤/۰۷	۱/۲	۰/۲۳۱
	تجربی	۱۱/۵۵±٦/۲۳	۱۰/۳٤±٤/۳۷	-۱۷/۹۷	۰/۰۹
توده بدون چربی (کیلوگرم)	کنترل	۵۸/۷۳±۸/۰۱	۵۹/۳۰±۹/۰۱	۰/۹۷	۰/٤۸۳
	تجربی	۵۸/۳۸±۷/۸۵	٦۱/۰٤±۸/۲۲	۱/۵۵	۰/۵٤
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	کنترل	۱۸/۰۲±۲/۲۲	۱۸/۱۲±۱/۱٤	۰/۵۵	۰/۵۱۱
	تجربی	۱٦/۹۱±۱/۷٤	۱۷/۰۸±۲/۲٦	۰/۵۹	۰/٤٦۷

* از نظر آماری معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵).

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

اطلاعات مربوط به مقادیر پیش‌آزمون و پس‌آزمون VO_2max، Tmax، vVO_2max و LTP_2 (میانگین ± انحراف استاندارد) و همچنین درصد تغییرات و مقادیر P درون‌گروهی مربوط به هریک از متغیرهای مورد مطالعه نیز در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج تحلیل کوواریانس حاکی از تفاوت معنی‌دار مقادیر VO_2max در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون به مقدار ۸/۲۳ ٪ بود (P=۰/۰۲۳)، و در مقایسه با گروه تجربی مقادیر VO_2max در گروه کنترل بدون هیچ‌گونه افزایش معنی‌داری از مرحله پیش‌آزمون تا مرحله پس‌آزمون به مقدار ۱/۰۲٪ کاهش نشان داد. همچنین مقادیر T max در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون به مقدار ۱۲/۵۹٪ افزایش داشت (P=۰/۰۲۷)، که مقادیر این شاخص در مقایسه با گروه تجربی در گروه کنترل بدون هیچ‌گونه افزایش معنی‌داری از مرحله پیش‌آزمون تا مرحله پس‌آزمون به مقدار ۱/۷۷٪ افزایش نشان داد. علاوه‌بر این، مقادیر vVO_2max در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون به مقدار ۱۳/۳٪ افزایش داشت (P=۰/۰۳۸)، در حالی‌که در مقایسه با گروه تجربی مقادیر vVO_2max در گروه کنترل بدون هیچ‌گونه افزایش معنی‌داری از مرحله پیش‌آزمون تا مرحله پس‌آزمون به مقدار ۳/۷۷ ٪ افزایش نشان داد و درنهایت مقادیر LTP_2 در گروه تجربی در مرحله پس‌آزمون نسبت به مرحله پیش‌آزمون به مقدار ۲۰/۷۲٪ افزایش یافت (P=۰/۰۴۱) و در مقایسه با گروه تجربی مقادیر LTP_2 در گروه کنترل بدون هیچ‌گونه افزایش معنی‌داری از مرحله پیش‌آزمون تا مرحله پس‌آزمون به مقدار ۹/۳۴ ٪ افزایش نشان داد.

جدول ۲ - نتایج تحلیل کوواریانس در گروه‌های کنترل و تجربی (M±SD)

متغیر	کنترل	تجربی	آماره F	سطح معنی‌داری	درصد تغییرات نسبت به پیش‌آزمون	
					کنترل	تجربی
VO2max (ml/kg/min)	۵۲/٤±۱۷/٤۵	۵۵/۵±۱۹/۷۱	۱٦/۹۳	۰/۰۲۳*	-۱/۰۲	۸/۲۳
T max (s)	/٤۸±۳۳/۱٤ ۹۸٤	/۵٤±٤۷/۲٦ ۱۰۷۵	۵٤/۱۵	۰/۰۲۷*	۱/۷۷	۱۲/۵۹
vVO2max (km/h)	۳۳/۱۵±٦/۲	٤٦/٤±۷/۱	۱۲/۵٦	۰/۰۳۸*	۳/۷۷	۱۳/۳
LTP2 (l/min)	۳۰/٦۸±۱۰/۱	۳۰/٤۲±۱۲/۱	۱/۸٦	۰/۰٤۱*	۹/۳٤	۲۰/۷۲

* از نظر آماری معنی‌دار (p≤ ۰/۰۵).

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که شش هفته مداخله تمرین تناوبی شدید هوازی ویژه فوتبال در آزمودنی‌های گروه تجربی موجب بهبود مقادیر عملکردی VO_2max، vVO_2max شد. فوتبال به عنوان یک ورزش انفجاری محسوب می‌شود که هر دو شاخصه‌های ورزش‌های هوازی و بی‌هوازی را به همراه دارد (شیخلووند و قرائت، ۲۰۲٤؛ شیخلووند و همکاران، ۲۰۱٦). لذا، تغییرات در این فاکتورها می‌تواند به عملکرد بهتر ورزشکاران در فعالیت‌هایی که نیازمند توان هوازی بالاتر هستند، همچون فاکتورهای مورد نیاز در ورزش فوتبال شوند. در همین راستا، مطالعات متعددی نشان داده‌اند که فعالیت‌های تناوبی شدید و تداومی موجب بهبود عملکرد ورزشکاران حرفه‌ای هماهنگ با افزایش میزان VO_2max، vVO_2max، Tmax، و vAT می‌شوند (قرائت و رمضانی، ۱۳۹۷؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین، این مطالعات فاکتورهای یادشده را به عنوان پیشگوی عملکرد استقامتی گزارش نموده‌اند (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۰). برعکس ٦ هفته تمرین شدید در دوندگان استقامتی در پژوهش بیکهام و همکاران (۲۰۰٤) تغییر معنی‌داری در VO_2max تمرین کرده به وجود نیاورد.

بالا رفتن میزان VO_2max در گروه تمرین در این مطالعه با گزارش سامرویل (۲۰۰۹) که افزایش ٦/٦ درصدی در VO_2max را در بازیکنان فوتبال غیرنخبه پس از هشت هفته با چهار دورهٔ چهار دقیقه‌ای دویدن و استراحت فعال سه دقیقه‌ای در بین دوره‌ها گزارش نمودند، همخوانی داشت. همچنین این نتایج با گزارشات شیخلووند و قرائت (۲۰۲٤) مبنی بر بهبود VO2max پس از ٦ هفته تمرین اینتروال کوتاه مسافت در فوتبالیست‌ها هم‌راستا است. به نظر می‌رسد افزایش VO_2max پس از تمرین تناوبی در افراد تمرین کرده به دلیل بهبود حمل و تحویل اکسیژن به عضلات اسکلتی باشد که به عنوان عوامل محیطی بهبود توان هوازی شناسایی می‌شوند (مشهدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ قره‌داغی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین، عدم تغییر در حجم پلاسما و هموگلوبین در برخی پژوهش‌ها در ورزشکاران نخبه نشان می‌دهد که در افراد بدون تجربه تمرینی، نقش عرضهٔ اکسیژن و در افراد تمرین کرده، نقش هزینه‌کرد اکسیژن برجسته است (اسفرجانی و همکاران، ۱۳۸۵؛ هاف و همکاران، ۱۹۹۹). بهبود کفایت حرکت درپی تمرین در هر دو گروه می‌تواند به بهبود VO2max بیانجامد (بیلات، ۲۰۰۱). البته هاف و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که تمرین قدرتی در بازیکنان فوتبال، با وجود بهبود کفایت حرکتی، اثری بر VO_2max ندارد. بیکهام و همکاران (۲۰۰٤) نیز افزایش معناداری در VO2max در تمرین شدید دوندگان استقامتی مشاهده نکردند. این فاکتور درپی تمرین ٦ هفته‌ای هاف در پژوهش کیهانیان و همکاران (۲۰۱۵) نیز تغییر معناداری نداشت. آنها دلیل این عدم تاثیر را قابل کنترل نبودن سطح انگیزه و مهارت ورزشکاران دانستند. در آزمون هاف، وجود توپ و فعالیت‌های تکنیکی سبب می‌شود که مهارت و تاکتیک فردی نقش مهمی در عملکرد فرد داشته باشد و از آنجایی که در این آزمون، ورزشکار می‌تواند در حین اجرا با توجه به سطح انگیزه، سرعت خود را افزایش یا کاهش دهد، موجب تغییر اندک در توان هوازی شده است.

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

در مورد دیگر عوامل وابسته به VO_2max گزارش شده است که بهبود Tmax و vVO_2max تغییرپذیری ۹۵٪ در عملکرد را در دوندگان ۱۵۰۰ متر توجیه می‌کند. اگرچه مقدار VO_2max دوندگان استقامتی تمرین کرده در مطالعه جونز و کارتر (۲۰۰۰) ۱/۵ تا ۲ برابر افراد سالم تمرین نکرده است، به نظر نمی‌رسد که این شاخص عامل پیش‌بینی‌کنندهٔ خوبی برای عملکرد قوی آن‌ها باشد و نقش عواملی همچون vVO_2max و Tmax پررنگ‌تر می‌شود، بویژه زمانی که گروه‌های همگن از این نوع ورزشکاران مرد مورد مطالعه قرار گیرند. در همین زمینه، ۲ جلسه تمرین هوازی شدید در هفته با تناوب‌هایی با شدت ۱۰۰درصد vVO2max می‌تواند از طریق بهبود اقتصاد دویدن، vVO_2max را تغییر دهد و ورزشکارانی که مقادیر vVO_2max بالاتر و توان هوازی بهتر داشته باشند، احتمالاً می‌توانند بدون افزایش کسر اکسیژن، شروع سریع‌تر و عملکرد بهتری داشته باشند (هانن و همکاران، ۲۰۰۸؛ جونز و کارتر، ۲۰۰۰).

براساس نتایج مطالعات پیشین، Tmax با ظرفیت بی‌هوازی ارتباط بالایی دارد (قرائت و همکاران، ۱۳۹۹؛ قره‌داغی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اسفرجانی و همکاران، ۱۳۸۵). پس، علاوه‌بر متابولیسم هوازی، بهبود منابع انرژی بی‌هوازی شامل کراتین فسفات، آدنوزین تری فسفات، اکسیژن ذخیره در میوگلوبین و گلیکولیز بی‌هوازی بر عملکرد استقامتی مؤثر است. تمرینات تناوبی شدید با به‌کارگیری دستگاه گلیکولیتیک بی‌هوازی، می‌تواند منجربه بهبود ظرفیت بی‌هوازی شده و در نهایت، Tmax را افزایش دهد (فراری و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین افزایش Tmax را می‌توان به سازگاری‌های عصبی – عضلانی، افزایش آستانه لاکتات و آستانه تهویه‌ای به وجود آمده نسبت داد (قرائت و همکاران، ۱۳۹۹؛ قره‌داغی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، به‌کارگیری بیشتر ظرفیت بی‌هوازی از طریق تمرین تناوبی شدید، افزایش Tmax را درپی خواهد داشت و در مطالعات متعددی، افزایش در مقادیر Tmax پس از تمرین‌های تناوبی شدید گزارش شده است (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسفرجانی و همکاران، ۱۳۸۵). قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه تاثیر یک دوره ٤ هفته‌ای تمرین هاف با شدت ۷۰٪ ضربان قلب بیشینه نشان دادند که اگرچه انجام تمرین هاف موجب افزایش معنی‌دار VO_2max، vVO_2max و Tmax می‌شود، ولی تفاوت‌ها نسبت به گروه کنترل معنی‌دار نبود. احتمالاً ٤ هفته برای ایجاد تأثیرات معنی‌دار کافی نیست.

هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر، میرزا آقاجانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نمودند که بالاتر بودن مقادیر VO_2max، vVO_2max و Tmax گروه تناوبی شدید با توجه به نسبت ۲۰ درصدی این تمرین‌ها نسبت به حجم کل تمرین‌های انجام گرفته، نشان از آن دارد که طراحی دوره‌های تمرینی ترکیبی تناوبی شدید و تداومی برای قایقرانان نخبه، عملکرد بهتر آنان را به همراه دارد. همچنین افزایش این شاخص‌ها درپی تمرین براساس ۹۰٪ VO2max در پاروزنان نخبه، نشانگر اثر مثبت تمرین تناوبی بر توان هوازی و شاخص‌های مرتبط است (بتاآلانین). چمری و همکاران (۲۰۰۵) نیز با استفاده از پروتکل تمرینی هاف نشان دادند که در طول ۸ هفته تمرین، vVO_2max بازیکنان ۷/۵ درصد بهبود یافته بود. از دلایل ناهمسویی با نتایج مطالعه حاضر می‌توان به اثر تعاملی سطح مهارتی آزمودنی‌ها با پروتکل تمرینی اشاره نمود؛ شرکت‌کنندگان در آن مطالعه افراد غیرنخبه بودند و سطح مهارت آن‌ها در حد ورزشکاران دانشگاهی بود. همچنین ٦ هفته تمرین شدید در دوندگان استقامتی در پژوهش بیکهام و همکاران (۲۰۰٤) تغییر معنی‌داری در VO_2max تمرین کرده به وجود نیاورد.

این در حالی بود که افزایش معنی‌دار ۳/۱۵ درصدی در Tmax گزارش شد. اسفرجانی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه تأثیر برنامه تمرینی شدید بر VO_2max، vVO_2max، Tmax دوندگان تمرین کرده نشان دادند که به‌کارگیری تمرین‌های تناوبی شدید با تأکید بر Tmax، vVO_2max توانست زمان اجرای دوی ۳۰۰۰ متر دوندگان تمرین کرده را بهبود بخشد. افزایش vVO_2max در ورزشکاران نخبه، احتمالاً از بهبود کفایت تمرین (نظیر بهبود ذخیره الاستیکی عضله، سازگاری‌های عصبی ـ عضلانی، بهبود فراخوانی واحدهای حرکتی و همزمانی آن) و در ورزشکاران غیرنخبه از افزایش همزمان VO_2max و کفایت تمرین ناشی شود (قرائت و مهری الوار، ۱۴۰۲؛ مشهدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ قره‌داغی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۸). به نظر می‌رسد که سازگاری‌های مرتبط با vVO_2max شامل کاهش دخالت سوخت‌وساز بی‌هوازی در شروع فعالیت، افزایش آستانه لاکتات و آستانه تهویه‌ای و بهبود توان بی‌هوازی، افزایش مصرف چربی و جلوگیری از تخلیه گلیکوژن باشد (شیخلووند و همکاران، ۲۰۱۸؛ قره داغی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اسفرجانی و همکاران، ۱۳۸۵).

در ارتباط با مقادیر LTP_2، پژوهش کیهانیان و همکاران (۲۰۱۵) نشانگر افزایش از مرحله پیش‌آزمون تا پس‌آزمون، در گروه تجربی پس از تمرین هاف بازیکنان فوتبال بود، یعنی آستانه بی‌هوازی پس از ٦ هفته تمرین هاف افزایش نشان داد، که هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر است. مطالعات پیشین بیانگر آن هستند که یکی از عوامل تعیین‌کننده عملکرد استقامتی، توانایی تولید لاکتات کمتر در فشار کاری معین و افزایش آستانه بی‌هوازی است. آستانه بی‌هوازی بالا می‌تواند دلیل انجام عملکرد با درصد بالاتری از VO_2max باشد (قرائت و همکاران، ۲۰۱۸). لاکتات عموماً توسط تارهای تند انقباض تولید می‌شود و بنابراین، درصد بالاتر تارهای کند انقباض موجب تجمع لاکتات کمتر در فشار کاری معین خواهد شد (بیلات و همکاران، ۲۰۰۰). بهبود آستانهٔ بی‌هوازی دوندگان تمرین کرده به دنبال تمرین تناوبی شدید می‌تواند در نتیجهٔ سازگاری‌های محیطی عضلهٔ اسکلتی باشد که احتمالاً به دلیل افزایش چگالی مویرگی، کاهش مسافت بین محل تولید لاکتات و دیواره مویرگی و افزایش سطح تبادل است (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۰؛ اسفرجانی و همکاران، ۱۳۸۵) و با افزایش آنزیم‌های اکسایشی و بهبود ظرفیت اکسایشی سلول، تجمع لاکتات خون را به تأخیر انداخته و سبب افزایش آستانهٔ بی‌هوازی می‌شود (قرائت و رمضانی، ۱۳۹۷؛ کیهانیان و همکاران، ۲۰۱۵؛ اسفرجانی و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به یافته‌های ضدّ و نقیض در این زمینه به نظر می‌رسد بررسی سازگاری‌های آنزیمی به دنبال تمرینات تناوبی شدید اهمیت زیادی دارد و لزوم مطالعات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود.

بنابراین، براساس پیشینه قبلی در مطالعه حاضر منطقی به نظر می‌رسید که با توجه به فشار فیزیولوژیکی تمرین بکار برده شده، انتظار افزایش VO_2max را داشته باشیم. از سویی، باتوجه به شدت تمرینی که برابر با ۷۵٪ در ۲ هفته اول، ۸۵٪ در ۲ هفته دوم و ۹۰٪ ضربان قلب بیشینه در ۲ هفته پایانی بود، در صورت تأثیرگذاری بر سیستم بی‌هوازی می‌توانیم انتظار افزایش Tmax را هم داشته باشیم که براساس پیش‌بینی‌ها این افزایش نیز رخ داد. افزون‌بر این، نتایج مطالعه حاضر در طول دوره تمرینی (شش هفته) نسبت به گروه کنترل معنی‌دار می‌باشد که این مطالعه را متمایز از سایر مطالعات انجام گرفته در این حیطه می‌کند. بنابراین، می‌توان با احتیاط پیشنهاد نمود که به جهت افزایش فاکتورهای اثرگذار بر عملکرد بازیکنان حرفه‌ای فوتبال نظیر VO_2max، Tmax، vVO_2max و LTP_2، انجام تمرین با شدت بالا به مدت شش هفته مفید خواهد بود.

منابع

اسفرجانی، فهیمه؛ نیک بخت، حجت اله؛ رجبی، حمید؛ ذوالاکتاف، وحید. (۱۳۸۵). تاثیر برنامه تمرینی شدید بر Tmax , vVO2max و VO2max و زمان اجرای دوی ۳۰۰۰ متر دوندگان تمرین کرده. المپیک، ۱٤ (۳۳)، ص ۵۱-٦٤.

امانی، مجید؛ گایینی، عباسعلی؛ کاشف، مجید؛ کرمی، سجاد (۱۳۹۲). تاثیر یک جلسه فعالیت ورزشی هوازی تداومی و تناوبی بر پاسخ HSP۷۲ کورتیزول و کراتین کیناز خون. *مجله پزشکی بالینی ابن سینا*، ۲۰(۳)، ص۲۲۳-۲۳۱.

قرائت، محمدعلی؛ رمضانی، علیرضا (۱۳۹۷). اثر دو نوع تمرین تناوبی شدید برشاخص‌های عملکردی و خونی پاروزنان مرد نخبه. *مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش*، ٦(۱۱)، ص۱۳۵-۱٤٤. **DOI**: 10.22077/jpsbs.2018.852

قرائت، محمدعلی؛ کاشف، مجید؛ عیدی ابرغانی، لیلا؛ شیخلووند، محسن (۱۳۹۹). اثر مکمّل بتا آلانین بر سطوح لاکتات و عملکرد ویژه پاروزنان مرد نخبه. *مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار*، ۲۷(۱)، ص۷۳-۸۱.

قرائت، محمدعلی؛ مهری الوار، یعقوب (۱٤۰۲). اثر تمرین مقاومتی بر شاخص‌های رگ‌زایی در دانشجویان مرد کم تحرک. *مجله دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران*، ۸۱(٦)، ص٤٤۱-٤٤۹.

قره‌داغی، نیما؛ کردی، محمدرضا؛ گائینی، عباسعلی (۱۳۹۲). تأثیر چهار هفته تمرین متناوب هوازی شدید (هاف) بر VO2max ، Tmax و VO2max v بازیکنان فوتبال باشگاهی ایران. *نشریه علوم زیستی ورزشی*، ۵(۲)، ص٤۷-۵۷. **DOI**:10.22059/jsb.2013.35039

کرمی، سجاد؛ رمضانی، علیرضا (۱۳۹۵). سازگاری در پاسخ عوامل تحریکی و مهاری رگ‌زایی پس از ٤ هفته تمرین مقاومتی فزاینده در مردان غیرفعال. *افق دانش*، ۲۲(٤)، ص۲٦۷-۲۷٤.

کرمی، سجاد؛ شهیدی، فرشته؛ رجبی، حمید؛ گلاب، فرشته (۱۳۹۸). تاثیر ۸ هفته تمرین مقاومتی بر بیان ژن HIF-۱ α و فراخوانی سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال بافت خون به دنبال یک جلسه فعالیت مقاومتی در مردان سالمند. *خون*، ۱٦(۲).

کرمی، سجاد؛ شهیدی، فرشته؛ رجبی، حمید؛ گلاب، فرشته (۱۳۹۹). پاسخ سلول‌های پیش‌ساز اندوتلیال و بیان ژن سایتوکاین‌های آنژیوژنیک خون به پیش آماده‌سازی با تمرین مقاومتی در مردان سالمند. *غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران*، ۲۲(٤)، ص۳۳۷-۳٤۸.

کرمی، سجاد؛ کاشف، مجید؛ گائینی، عباسعلی؛ رجبی، حمید؛ امانی، مجید (۱۳۹۲). تاثیر مصرف مکمّل گلوتامین بر تغییرات HSP72 ، کورتیزول و گلوکز پلاسما پس از فعالیت ورزشی. *غدد درون‌ریز و متابولیسم ایران*، ۱۵(۲)، ص۱٦٦-۱۷۳.

کرمی، سجاد؛ کاشف، مجید؛ مهری الوار، یعقوب (۱۳۹۳). اثر محافظتی گلوتامین به واسطه پاسخ HSP70 و کاهش کورتیزول در برابر استرس فعالیت ورزشی. *مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک*، ۱۷(۹۱)، ص٦۵-۷۳.

کیهانیان، عباس؛ ابراهیم، خسرو؛ رجبی، حمید؛ مرندی، سیدمحمد (۱۳۹٤). مقایسه تأثیر تمرین‌های مقاومتی با استراحت فعال و غیرفعال بر آمادگی هوازی و بی‌هوازی بازیکنان فوتبال. *پژوهش در طب ورزشی و فناوری*،۱۳(۹)، ص٤۷-٦۲.

پژوهش‌های کاربردی در علوم ورزشی و سلامت
دوره ۳، شماره۱، ۱۴۰۳
EISSN: 2821-2576 https://jsports.qom.iau.ir

مشهدی، محمد؛ قاسمی، غلامعلی؛ کرمی، سجاد؛ هوشنگی ضمیر، عیسی (۱۳۹۱). مقایسه قدرت عضلات تنه و پنجه دست دانش‌آموزان عادی و کم‌توان ذهنی فعال و غیرفعال. *پژوهش در علوم توانبخشی*، ۸(٦).

معتمدی، پژمان؛ رجبی، حمید؛ شریعت زاده جنیدی، محمد؛ (۱۳۹۰). تعیین تاثیر برنامه های تمرینی منتخب بر برخی متغیرهای پیشگو در عملکرد استقامتی دوندگان. فیزیولوژی ورزشی (پژوهش در علوم ورزشی)، ۳(۹)، ص ۸۵-۱۰۳.

میرزا آقاجانی، آسیه؛ علی‌خانی، حسن؛ حجتی، زهرا؛ قرائت، علی (۱۳۹۵). مقایسه اثر دو نوع تمرین تداومی و تناوبی شدید بر عملکرد هوازی قایقرانان مرد نخبه. *مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش*، ٤(۷)، ص۲۳-۳۲. **DOI:**10.22077/jpsbs.2016.379

Berger, N.J.A., Cambelt, I.T., Wikerson, D.P. & Jones, A.M. (2006). Influence of acute plasma volume expansion on VO kinetics, VO2 Peak. And performance during high – intensity cycle exercise. *J Appl Physiol*, No. 101, p. 707-714.

Bexfield, N.A., Parceli, A.C., Nelson, W.B., Foole, K.M. & Mack, G.W. (2009). Adaptations to high intensity international exercise to rodents. *J Appl Phhsiol*, No. 107, p. 749-754.

Bickham, D.C. & Le Rossignol, P.F. (2004). Effects of high–intensity interval training on the accumulated oxygen deficit or endurance – trained rumors. *J exercise physiol*, 7(1), p. 40-47.

Billat, L.V. & Koralsztein, P.J. (1996). Significance of the velocity at VO2max and its time to exhaustion at this velocity. *Sports Med*, No. 22, p. 90-108.

Billat, L.V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle and longdistance running. Part I: Aerobic training. *Sports Med*, No. 31.

Billat, L.V., Flechet, B., Petit, B., Muriaux, G. & Koralsztein, P.J. (1999). Interval training at VO2max: Effects on aerobic performance and overtrating markers. *Med Sci Sports Exercise*, No. 31, p. 156 - 163.

Billat, L.V., Slainski, J.J., Boquet, V., Demarle, P.A., Laurent, L. & Koralsztein, P.J. (2000). Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen for a longer time then intense but submaximal runs. *Eur J Appl Physiol*, No. 81.

Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R.M., Chamari, I. & Wistoff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball of young elite soccer players. *Br J Sports Med*, No. 39, p. 24-28.

Czuba, M., Waskiewicz, Z., Zajac, A., Poprzecki, S., Cholewa, J. & Rocznick, R. (2011). The effects of intermitten hyposis training on aerobic capacity and endurance performance in cyclists. *J Sports Sci Med*, No. 10, p. 175-183.

Denadai, B.S., Ortiz, M.J. & Demello, M.T. (2004). Physiological indexes associated with aerobic performances to endurance rumors. Effects of race duration. *Rev Bras Med Esporte*, 10(5), p. 405-407.

Ferrari, D., Impellizzeri, F., Rampinni, E., Castagna, C., Bishop, D. & Wisloff, U. (2008). Sprint, Vs. Interval training in foobtall. *Int J sports Med*, 29(8), p. 668-674.

Gharaat, M.A., Kashef, M., Jameie, B., Rajabi, H. (2017). Effect of endurance and high intensity interval swimming training on cardiac structure and Hand2 expression of rats. J Shahid Sadoughi Uni Med Sci, 25(9), p. 748-58.

Hanon, C., Leveque, J.M., Thomas, C. & Viver, L. (2008). Pacing strategy and VO2 kinetics during a 1500-M race. *International J Sports med*, No. 29, p. 206-21.

Heidari, N., Dortaj, E., Karimi, M., Karami, S., & Kordi, N. (2016). The effects of acute high intensity interval exercise of judo on blood rheology factors. *Turk J Kin*, 2(1), p. 6-10.

Hoff, J., Helgerud, J. & Wisloff, U. (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, No. 31, p. 870–7.

Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L.C., Kemi, O.J. & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J sports Med*, No. 36, p. 218-221.

Jones, A.M. & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med*, 29(6), p. 373-386.

Little, P., safdar, A., Wilkin, G.P., Tanopolsky, M.A. & Gibala, M.J. (2010). A practical model of low volume high – intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Potential mechanisms. J Physiol*, 15(6), p. 1011-22.

Memillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R. & Hoff, J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J sports Med*, No. 39, p. 273-277.

Mladenović, I. (2005). Developing characteristics and functional abilities of top female football players. *The Facta Universitatis, Series: Medicine and Biol*, 12(2), p. 97-9.

Mosey, T. (2009). High intensity interval training in youth soccer players testing results practically. J Australian str condit, 17(4), p. 49-51.

Rodas, G., Ventura, J.L., Cadefau, J.A., Cusso, R. & Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement or both aerobic and anaerobic metabolism. *Eur J Appl Physiol*, No. 82, p. 480-486.

Samadi, M., Nazem, F., Gharaat, M.A. (2014). Designing the simulation training of taekwondo competition according to heart rate, blood lactate and rating of perceived exertion. *Medicina Dello Sport*, 67(4), p. 581-592.

Sheykhlouvand, M., Gharaat, M.A. (2024). Optimal homeostatic stress to maximize the homogeneity of adaptations to interval interventions in soccer players. *Front Physiol, No.* 15.

Sheykhlouvand, M., Khalili, E., Agha-Alinejad, H. & Gharaat, M.A. (2016). Hormonal and physiological adaptations to high-intensity interval training in professional male canoe polo athletes. *J Strength Condit Res*, 30(3), p. 859–866.

Smith, T.P., Coombe, J.S. & Geraghty, D.P. (2003). Optimising high intensity treadimill training using the running speed at maximal O2 uptake and the time for which this can be maintained. *Eur J Appl Physiol*, No. 89, p. 337-346.

Sommerville, D.A. (2009). *Seasonal variation of fitness levles in professional youth soccer players over a competitive season.* Degree of master of exercise science. University of Glassgow, p. 73-75.

Wolfe, R., Jahoor, F. & Miyoshi, H. (1988). Evaluation of the Isotopic equilibration between lactate and pyruvate. *Am J Physiol endocrinol Metab*, No. 254, p. 532-535.