

## The Comparison of Eight Weeks of High-intensity Functional Training with High-intensity Interval Training on Some Factors of Physical Fitness, Time to Exhaustion, and Lactate Levels in Officer Students

Amir Hossein Saffar Kohneh Quchan<sup>1</sup>, Sajad Mohammad Yari<sup>2\*</sup>, Esmail Karami<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Sports Sciences, Faculty of Basic Sciences, Imam Ali Officers' University, Tehran, Iran

<sup>3</sup> AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 14 October 2024 Accepted: 14 April 2024

### Abstract

**Background and Aim:** High-intensity functional training (HIFT) is an exercise modality that emphasizes functional, multi-joint movements that can be modified to any fitness level and elicit greater muscle recruitment than more traditional exercise. Therefore, this research aims to compare eight weeks of HIFT with high-intensity interval training (HIIT) on some factors of physical fitness, time to exhaustion, and lactate levels in officer students.

**Methods:** In this semi-experimental research, 30 officer students with an average age of  $20.04 \pm 0.84$  were randomly divided into 15 HIIT and HIFT groups. All the tests were done before and after the implementation of exercise protocols. Both HIIT (running-based) and HIFT (bodyweight-based functional movements) protocols were performed for 8 weeks, 3 days per week, at the intensity of 85-90% of the maximum heart rate. Basic evaluations included body composition evaluation, fatigue test, muscle strength and power test, and Army physical fitness test.

**Results:** The findings of this research showed that HIFT and HIIT increased respectively aerobic fitness (15.69%, 9.61%), back and leg muscle strength (16.02%, 5.02%), vertical jump (25.31%, 5.14%), push-up (19.61%, 9.39%), sit up (18.24%, 9.83%), time to exhaustion (16.21%, 14.41%) and reduced body fat percentage (18.38%, 12.18%), and lactate levels (22.89%, 14.77%). Also, HIFT was more effective than HIIT in increasing aerobic fitness ( $P = 0.0001$ ), back and leg muscle strength ( $P = 0.0001$ ), leg muscle power ( $P = 0.0001$ ), abdominal and shoulder girdle muscle ( $P = 0.0001$ ) endurance, time to exhaustion ( $P = 0.0001$ ), and reducing body fat percentage ( $P = 0.002$ ).

**Conclusion:** It seems that high-intensity training, especially HIFT can improve several factors of physical fitness at the same time, and it is more suitable for tactical athletes (soldiers, firefighters, etc.) who need high physical fitness to perform their duties.

---

**Keywords:** Calisthenics, Functional Training, Endurance, Strength, Power, Aerobic Capacity.

## مقایسه هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا با تمرینات تناوبی با شدت بالا بر برخی از فاکتورهای آمادگی جسمانی، زمان رسیدن به خستگی و سطوح لاکتات سرمی در دانشجویان افسری

امیرحسین صفار کهنه قوچان<sup>۱</sup>، سجاد محمدیاری<sup>۲\*</sup>، اسماعیل کرمی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشکده علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

### چکیده

**زمینه و هدف:** تمرین عملکردی با شدت بالا (HIFT) یک روش تمرینی است که بر حرکات عملکردی و چند مفصلی تاکید دارد که می‌توان آن‌ها را به هر سطح آمادگی جسمانی تغییر داد و باعث فراخوانی عضلانی بیشتر از تمرینات سنتی شد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه هشت هفته HIFT با تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) بر برخی عوامل آمادگی جسمانی، زمان رسیدن به خستگی و سطوح لاکتات در دانشجویان افسری است.

**روش‌ها:** در این پژوهش نیمه تجربی ۳۰ نفر از دانشجویان افسری با میانگین سنی  $20.04 \pm 0.84$  سال به طور تصادفی به دو گروه ۱۵ نفری HIFT و HIIT تقسیم شدند. آزمون‌های سنجش ترکیب بدن، قدرت و توان عضلات، آزمون رسیدن به خستگی و آزمون آمادگی جسمانی ارتش پیش و پس از اجرای پروتکل‌های ورزشی انجام شد. هر دو پروتکل HIIT (مبتنی بر دویدن) و HIFT (مبتنی بر حرکات عملکردی با وزن بدن) به مدت ۸ هفته، ۳ روز در هفته و با شدت ۸۵ تا ۹۰٪ ضربان قلب بیشینه انجام شد.

**یافته‌ها:** یافته‌های این پژوهش نشان داد HIFT و HIIT به ترتیب آمادگی هوازی ( $15/69\%$ ،  $9/61\%$ )، قدرت عضلات پشت و پا ( $16/02\%$ ،  $5/02\%$ )، پرش عمودی ( $25/31\%$ ،  $5/14\%$ )، شنا ( $19/61\%$ ،  $9/39\%$ )، درازنشست ( $18/24\%$ ،  $9/83\%$ )، زمان رسیدن به خستگی ( $16/21\%$ ،  $14/41\%$ ) را افزایش و درصد چربی ( $18/38\%$ ،  $12/18\%$ ) و سطوح لاکتات ( $22/89\%$ ،  $14/77\%$ ) را کاهش داد. همچنین HIFT در افزایش آمادگی هوازی ( $P=0/0001$ )، قدرت عضلات پشت و پا ( $P=0/0001$ )، توان عضلات پا ( $P=0/0001$ )، استقامت عضلات شکم ( $P=0/0001$ ) و کمربند شانه ( $P=0/0001$ ) زمان رسیدن به خستگی ( $P=0/001$ ) و در کاهش درصد چربی ( $P=0/002$ ) موثر تر از HIIT بود.

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد تمرینات با شدت بالا به ویژه HIFT می‌تواند به طور همزمان چندین فاکتور آمادگی جسمانی را بهبود بخشد و برای ورزشکاران تاکتیکی (نظامیان، آتش نشانان و ...) که نیاز به آمادگی جسمانی بالایی برای انجام وظیفه دارند، مناسب‌تر است.

**کلیدواژه‌ها:** تمرینات با وزن بدن، استقامت عضلانی، تمرینات عملکردی، قدرت عضلانی، توان عضلانی، ظرفیت هوازی.

## مقدمه

آمادگی جسمانی و خستگی نظامیان در رزم و آموزش رزمی همواره مورد توجه ویژه بوده است (۱). اثرات جمعی فعالیت شدید، دریافت کالری محدود، کیفیت خواب پایین همراه با عوامل استرس‌زای ذاتی مبارزه و آموزش نظامی، منجر به خستگی فیزیولوژیکی و ذهنی می‌شود که ممکن است عملکرد را به طور قابل توجهی مختل کند (۱). افزایش عوامل آمادگی جسمانی ارتباط مستقیمی با افزایش زمان رسیدن به خستگی و کاهش آسیب عضلانی در نظامیان در حین اجرای ماموریت و آموزش دارد (۲). انتظار می‌رود یک ورزشکار تاکتیکی (نظامیان، آتش نشانان و ...) طیف وسیعی از قابلیت‌های جسمانی را داشته باشد زیرا وظایفی که در طول ماموریت با آن‌ها روبرو می‌شوند به سطوح بالایی از قدرت و توان عضلانی، عملکرد بی‌هوای و آمادگی هوایی نیاز دارند (۳). با این حال، توسعه همزمان این ویژگی‌ها در یک محیط نظامی یک چالش بزرگ است (۳). یک سرباز باید در بسیاری از فعالیت‌های سخت جسمانی، چه در مانورها و چه در میدان نبرد، مانند حمل کوله پشتی‌های سنگین در مسافت‌های طولانی و زمین‌های ناهموار، و فعالیت‌های کوتاه‌تر و شدیدتر، مانند دوی سرعت در سراسر میدان جنگ و عبور از موانع در زمین‌های روستایی و شهری شرکت کند. آمادگی جسمانی بالا و سرعت زیاد در انجام فعالیت‌های ذکر شده می‌تواند اثربخشی سرباز را در میدان نبرد افزایش دهد (۳،۴). بنابراین طراحی و استفاده از جدیدترین روش‌های تمرینی که در برنامه‌های آموزشی برای آماده‌سازی سربازان برای نبرد و پیشگیری از آسیب دیدگی در حین آموزش از اهمیت بالایی برخوردار است. بار تمرینی در طول آموزش‌های نظامی در دانشگاه‌های افسری می‌تواند به سطوحی قابل مقایسه با بارهای تمرینی ورزشکاران حرفه‌ای برسد (۵). همراه با کاهش حجم کل فعالیت بدنی، افزودن تغییرات به شدت تمرین توصیه می‌شود زیرا به نظر نمی‌رسد فعالیت با شدت کم تا متوسط به تنهایی محرک کافی برای توسعه آمادگی جسمانی در طول تمرینات نظامی باشد (۶). به نظر می‌رسد تمرینات قدرتی و استقامتی همزمان از جمله تمرینات کم حجم و با شدت بالا، یک روش تمرینی مناسب برای سربازان باشد و می‌تواند برای بهبود عملکرد هوایی و عصبی عضلانی موثرتر از تمرینات سنتی باشد (۳،۷). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که روش‌های تمرینی با شدت بالا بویژه در بین نیروهای انتظامی، آتش‌نشانی و واحدهای نظامی بیشتر مورد استقبال قرار گرفته است (۸،۹). تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT)، روش تمرینی است که با دوره‌های نسبتاً کوتاه فعالیت شدید همراه با دوره‌های استراحت یا تمرینات با شدت کم برای ریکاوری شناخته می‌شود (۱۰). در HIIT در درجه اول از تمرینات هوایی مانند دویدن و رکاب زدن استفاده می‌شود (۸). در دهه گذشته، مطالعاتی که اثربخشی برنامه‌های HIIT را ارزیابی می‌کنند، بهبودهایی را در سازگاری‌های متابولیک و قلبی تنفسی

نشان داده‌اند (۱۰). علاوه بر این Burgomaster و همکاران افزایش قابل توجهی را در زمان رسیدن به خستگی پس از تنها شش جلسه HIIT (۳ تا ۷ دوره ۳۰ ثانیه‌ای با ۴ دقیقه ریکاوری بین هر دوره) در یک دوره دو هفته‌ای در زنان و مردان سالم گزارش کردند. این افزایش در زمان رسیدن به خستگی از این جهت حائز اهمیت است، زیرا بدون افزایش در حداکثر اکسیژن مصرفی ( $VO_2max$ ) انجام شد که نشان می‌دهد، سازگاری‌های "محیطی" مانند تغییرات در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و فعالیت آنزیمی در عضلات ممکن است مسئول این تغییرات باشد. اگرچه پژوهش‌های متعددی مزایای HIIT را اثبات کرده‌اند، اما در مورد تأثیرات یک روش تمرینی نسبتاً جدید، معروف به تمرین عملکردی با شدت بالا (HIIFT) اطلاعات کمتری وجود دارد (۱۱).

تمرین عملکردی با شدت بالا یک روش تمرینی است که بر حرکات عملکردی و چند مفصلی تأکید دارد که می‌توان آن‌ها را متناسب با هر سطح آمادگی جسمانی تغییر داد و باعث فراخوانی تارهای عضلانی بیشتر از تمرینات سنتی شد (۱۲). HIIFT به عنوان یک روش تمرینی نسبتاً جدید، اغلب با HIIT مقایسه می‌شود، اما این دو کاملاً متمایز از یکدیگر هستند (۱۲). HIIT دوره‌های نسبتاً کوتاه فعالیت‌های شدید مکرر هستند که با دوره‌های استراحت یا تمرینات با شدت کم برای ریکاوری همراه می‌شوند، در حالی که HIIFT از تمرین‌های عملکردی متنوع با مدت زمان‌های متفاوت استفاده می‌کند که ممکن است بین فعالیت‌ها استراحت باشد یا نباشد. تمرین عملکردی با شدت بالا یک پارادایم آمادگی جسمانی امیدوارکننده است که در بین جمعیت‌های نظامی محبوبیت پیدا کرده است. برنامه‌های HIIFT بر عملکردهای متنوع تأکید دارند (به عنوان مثال، حرکاتی که نیاز به الگوهای فراخوانی واحدهای حرکتی در سطوح حرکتی چندگانه دارند، مانند بلند کردن، کشیدن و پرتاب کردن) که با شدت نسبتاً بالا انجام می‌شود (۱۲). همچنین تمرینات HIIFT به جای سوگیری تمرینات برای به حداکثر رساندن یک حوزه خاص از آمادگی جسمانی (به عنوان مثال، اجرای برنامه‌های مبتنی برای بهبود استقامت هوایی)، بر ارتقای چندین حوزه تمرکز دارد. بنابراین این تمرینات بویژه برای جمعیت‌های نظامی که برای پاسخ به وظایف شغلی و جنگی خاص نیاز به آمادگی جسمانی بالا دارند، اهمیت دارد. HIIFT بر هر دو مسیر انرژی هوایی و بی‌هوایی تأکید می‌کند و در پرداختن به قدرت، توان، انعطاف پذیری، سرعت، استقامت، چابکی و هماهنگی متعادل است. در HIIFT تمرینات بسیار متنوع هستند و اغلب "امتیاز" دارند (به عنوان مثال زمان مورد نیاز برای تکمیل تمرینات)، که در بسیاری از تست‌های آمادگی شغلی برای ارزیابی و ثبت پیشرفت‌ها رایج است (۱۲). تمرینات HIIFT را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد که سطوح مختلف آمادگی جسمانی یا محدودیت‌های جسمانی موجود را در بر بگیرد و برای محیط‌هایی طراحی شود که تجهیزات ورزشی در

روزانه به مدت ۳۰ دقیقه در یک برنامه هوازی مبتنی بر دویدن با شدت متوسط شرکت می‌کردند. تمامی این داوطلبان رژیم غذایی و ساعت خواب و بیداری کاملاً یکسان داشتند. قبل از اجرای پژوهش تمامی شرکت‌کنندگان از روند پژوهش آگاه شدند و رضایت نامه کتبی و آگاهانه ارائه کردند. در این پژوهش تمامی آزمون‌ها و ارزیابی‌ها یک هفته قبل و ۴۸ ساعت پس از اجرای هشت هفته پروتکل‌های ورزشی انجام شد. ارزیابی‌ها پایه شامل ارزیابی ترکیب بدن، آزمون رسیدن به خستگی، آزمون توان عضلانی، قدرت عضلانی، آزمون آمادگی جسمانی ارتش بود. هر دو پیش و پس از آزمون شامل دو روز آزمون بود که حداقل ۴۸ ساعت از هم فاصله داشتند. در اولین بازدید، اندازه‌گیری‌های ترکیب بدن قبل از آزمون رسیدن به خستگی تکمیل شد. در بازدید دوم آزمون‌های قدرت، توان عضلانی و آزمون آمادگی جسمانی ارتش انجام شد.

### پروتکل‌های فعالیت ورزشی

در این پژوهش آزمودنی‌ها به مدت ۸ هفته، ۳ روز در هفته پروتکل‌های فعالیت ورزشی را انجام دادند (۱۸). در گروه HIIT افراد ۸ تکرار ۳۰ ثانیه‌ای را با شدت ۸۵ تا ۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه دور یک پیست ۴۰۰ متری دویدند. در گروه HIIT آزمودنی‌ها ۸ حرکت عملکردی را به صورت دایره‌ای مطابق جدول ۱ انجام دادند. تعداد دورها، زمان ریکاوری و شدت تمرین هر دو پروتکل کاملاً یکسان بود و ضربان قلب در هنگام تمرین توسط ضربان سنج بیورر مدل PM80 ساخت آلمان کنترل شد.

### آزمون آمادگی جسمانی ارتش (APFT)

آزمون آمادگی جسمانی ارتش یک آزمون استاندارد برای سنجش عملکرد در ارتش است. این آزمون شامل ۲ دقیقه شنا سوئدی ۲ دقیقه دراز و نشست و ۲ مایل دویدن است که به ترتیب در یک روز با ده دقیقه استراحت بین هر مرحله انجام شد (۱۹).

### آمدگی هوازی

برای ارزیابی آمادگی هوازی از آزمون ۱/۵ مایل دویدن استفاده شد. آمادگی هوازی طبق فرمول زیر برحسب ملی لیتر/کیلوگرم/دقیقه محاسبه شد (۱۹).

$$VO_2 = \frac{3}{5} + (\text{زمان } 1/5 \text{ مایل دویدن بر حسب دقیقه} / 483)$$

### زمان رسیدن به خستگی و سنجش لاکتات

برای سنجش زمان رسیدن به خستگی از آزمون تردمیل Åstrand با پوشیدن یک کوله پشتی نظامی به وزن ۳۰ درصد وزن بدن آزمودنی بود که در طول ماموریت‌های عملیاتی پذیرفته شده است. این آزمون با سرعت ثابت ۸ کیلومتر بر ساعت شروع شد و هر دو دقیقه ۲/۵ درصد به شیب تردمیل اضافه می‌شد آزمودنی‌ها این آزمون را تا زمان رسیدن به خستگی ادامه دادند (۱). لاکتات خون قبل از شروع آزمایش و بلافاصله پس از توقف آزمون به دلیل خستگی با لاکتومتر (Scout، آلمان) اندازه‌گیری شد (۲۰).

دسترس است یا در محیط‌های که فقط حرکات وزن بدن و ترکیب اشیاء موجود (مانند جعبه مهمات، کیسه‌های شن) امکان پذیر است. علاوه بر تاثیر آن بر آمادگی جسمانی، شواهد نشان می‌دهد که تمرین HIIT به طور منحصر به فردی در بهبود ترکیب بدن موثر است، موضوع مهمی که با توجه به افزایش اضافه وزن و چاقی در میان پرسنل نظامی فعال باید مورد توجه قرار بگیرد (۱۲). برنامه‌های آمادگی جسمانی مرتبط با HIIT در نیروهای نظامی به دلیل نگرانی‌ها در مورد ارتباط و مزایای تمرینات بدنی سنتی نظامی، که عمدتاً فقط بر روی سیستم هوازی متمرکز است، گسترش یافته است اما مسئولیت‌ها و وظایف نظامی به چیزی بیش از استقامت هوازی نیاز دارد (۱۲). علاوه‌براین تمرینات سنتی نظامی پتانسیل بالایی برای افزایش آسیب اسکلتی-عضلانی دارد و فاقد قابلیت کاربردی برای خواسته‌های رزمی مربوطه است (۱۲). اخیراً چندین پژوهش اثرات برنامه‌های مبتنی بر HIIT را پس از چند هفته تمرین مورد بررسی قرار داده‌اند و بهبود قابل توجهی در حداکثر اکسیژن مصرفی ( $\sim 12\%$ ) (۱۳)، کاهش چربی بدن ( $\sim 8\%$ ) (۱۴، ۱۳) و همچنین بهبود محتوای مواد معدنی استخوان ( $\sim 1\%$ ) پس از ۱۶ هفته HIIT نشان داده‌اند (۱۵). علاوه بر این، محققان سطوح بالاتری از لذت را بین شرکت‌کنندگان HIIT و کسانی که در برنامه‌های تمرین مقاومتی سنتی‌تر درگیر هستند، و همچنین احساس اجتماعی بیشتری را گزارش کرده‌اند که شروع و پایبندی به تمرینات ورزشی را تسهیل می‌کند (۱۶). در طول دهه گذشته، مطالعاتی در مورد ارزیابی اثربخشی برنامه‌های HIIT بهبودهایی را در سازگاری‌های متابولیک و قلبی تنفسی ثبت کرده است. با این حال، کمتر در مورد اثرات HIIT شناخته شده است. علاوه بر این آموزش نظامی فشارهای فیزیکی منحصر به فردی را به دانشجویان افسری تحمیل می‌کند که معمولاً در مشاغل غیرنظامی تجربه نمی‌شود. آموزش نظامی شامل طیف گسترده‌ای از فعالیت‌ها از تعمیر و نگهداری تجهیزات، آموزش آمادگی جسمانی، تمرینات تاکتیک‌ها و تمرینات تیراندازی است (۱۷). دانشجویان افسری باید برای برآوردن نیازهای این فعالیت‌ها، تمرینات بدنی خاصی را انجام دهند که همه نیازهای آمادگی جسمانی ویژه وظایف آن‌ها را پوشش دهد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر مقایسه هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا با تمرینات تناوبی با شدت بالا بر آمادگی هوازی، قدرت عضلانی، توان عضلانی، استقامت عضلانی، زمان رسیدن به خستگی و سطوح لاکتات و آزمون آمادگی جسمانی ارتش در دانشجویان افسری می‌باشد.

### روش‌ها

در این پژوهش نیمه تجربی ۳۰ نفر از دانشجویان افسری با میانگین سنی  $20.04 \pm 0.84$  داوطلب شرکت در این پژوهش شدند و به طور تصادفی به دو گروه ۱۵ نفری HIIT و HIIT تقسیم شدند. تمام این دانشجویان قبل از شرکت در این پژوهش

جدول-۱. مولفه‌های تمرین عملکردی با شدت بالا

شدت تمرین	کل زمان تمرین	تعداد دور	زمان ریکاوری (ثانیه)	زمان فعالیت (ثانیه)	حرکات عملکردی	هفته
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۲	۶۰	۳۰		هفته اول
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۳	۶۰	۳۰		هفته دوم
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۳	۳۰	۳۰	پروانه بربی	هفته سوم
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۴	۳۰	۳۰	شکم کوهنوردی اسکات تراست اسکات	هفته چهارم
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۳	۱۵	۳۰	اسکات جامپ اسپلیت لانگز متناوب	هفته پنجم
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۴	۱۵	۳۰		هفته ششم
۸۵-۹۰ درصد ضربان قلب بیشینه	۲۰-۳۰ دقیقه	۴	۱۵	۳۰		هفته هفتم و هشتم

و پاها در این وضعیت صاف بودند. دست‌ها موازی هم و دستگیره زنجیر با هر دو دست در جلوی بدن قرار داده می‌شد. آزمودنی با تلاش برای صاف کردن تنه، به دستگیره نیرو اعمال می‌کرد که در صفحه مدرج به صورت کیلوگرم ثبت می‌شد. اندازه‌گیری سه بار انجام شد و بیشترین مقدار، به عنوان حداکثر قدرت ثبت شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای برآورد حجم نمونه از روش Cohen استفاده شد. بر اساس مقادیر جدول کوهن با اندازه اثر مورد نیاز ۱، توان ۰/۰۸ و  $\alpha = 0.05$  حجم نمونه برای هر گروه ۱۵ نفر برآورد شد (۲۴). تمامی داده‌ها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار ارائه شده‌اند. سطح معنی داری برای همه مقایسه‌ها در  $P \leq 0.05$  تنظیم شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیروویلک و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آماری تحلیل واریانس  $2 \times 2$  (زمان  $\times$  گروه) با آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد.

### نتایج

جدول ۲ ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌های پژوهش را نشان می‌دهد که میانگین سنی در آزمودنی‌های گروه HIFT و HIIT به ترتیب  $20.13 \pm 0.83$  و  $20.10 \pm 0.84$  است.

### آمادگی هوازی

شکل ۱ نتایج آزمون آمادگی هوازی را نشان می‌دهد. در گروه

### توان پایین تنه

برای ارزیابی توان پایین تنه از آزمون پرش عمودی استفاده شد. برای این منظور شرکت‌کنندگان کنار دیوار می‌ایستادند و بالا بردن دست و قرار دادن روی دیوار جای اولیه دست آن‌ها علامت گذاری شد. شرکت‌کننده سپس خود را پایین می‌آورد تا بدون گام آمادگی بپرد و دست خود را روی دیوار قرار دهد و نقطه برخورد دست با دیوار علامت گذاری شد. اختلاف عمودی بین دو نقطه ثبت شده به عنوان رکورد فرد ثبت شد. این آزمون سه بار انجام شد و بهترین امتیاز به عنوان رکورد نهایی ثبت شد (۲۱).

### ترکیب بدن

درصد چربی با اندازه‌گیری چین‌های پوستی به وسیله کالیپر در سه نقطه سینه، شکم و ران از طریق فرمول زیر برآورد شد (۲۲، ۲۳). همچنین قد و وزن شرکت‌کنندگان با ترازو و قد سنج ارزیابی و ثبت شد.

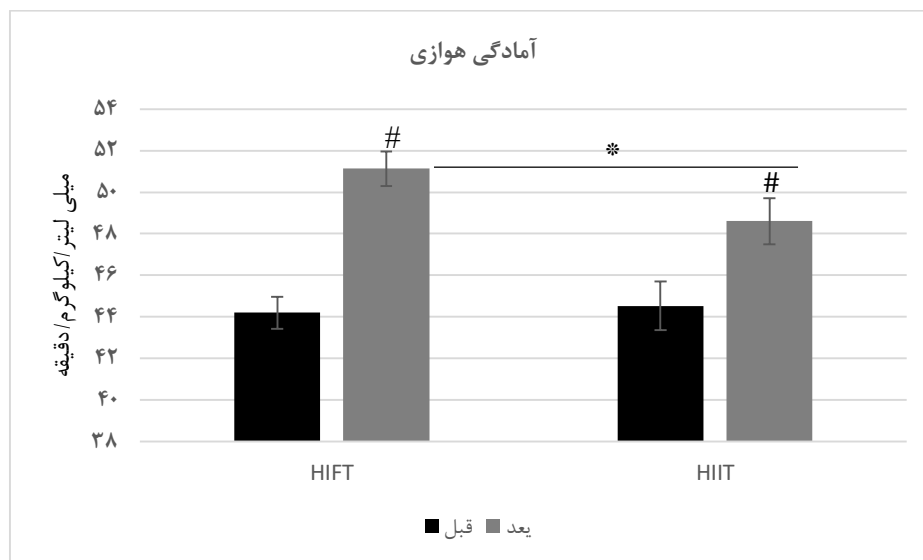
مجموع سه نقطه  $1/10938 - (0/0008267 \times \text{چگالی بدن})$   
مجموع سه نقطه  $(0/000016 \times \text{شکم، سینه، ران به میلی متر سن}) - (0/0002574 \times \text{سن})$   
 $100 \times [(4/5) - (\text{چگالی بدن}/4/95)] =$  درصد چربی بدن

### قدرت عضلات پا و پشت

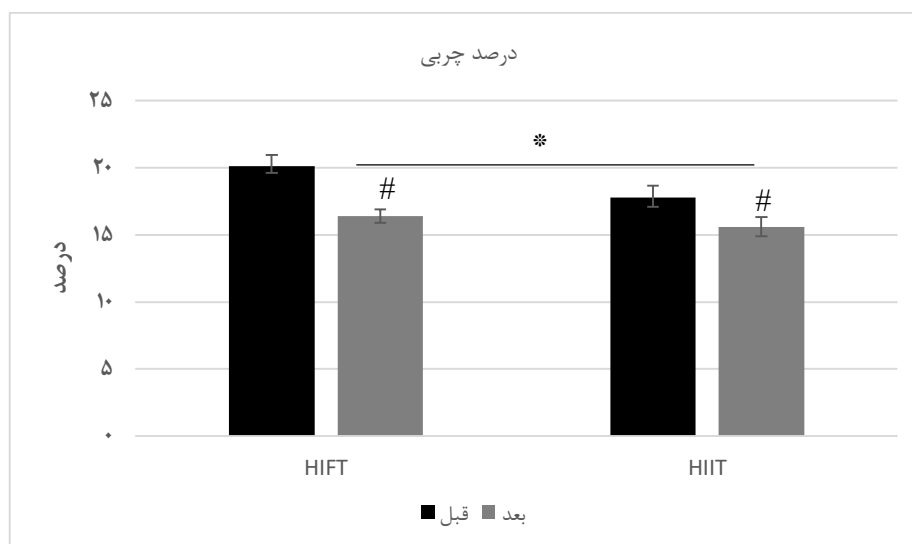
برای اندازه‌گیری قدرت عضلات پا و پشت از دینامومتر پشت و پا استفاده شد. برای تعیین قدرت، آزمودنی بر روی برد مخصوص که جای پاها بر روی آن مشخص شده است، قرار می‌گرفت. در این حالت، طول زنجیر به تناسب قد هر فرد تنظیم می‌شد. آرنج‌ها

جدول-۲. ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها

HIIT	HIFT	
۲۰/۰۰ ± ۰/۸۴	۲۰/۱۳ ± ۰/۸۳	سن (سال)
۱۷۸/۷۳ ± ۳/۵۱	۱۷۹/۲۶ ± ۶/۳۴	قد (متر)
۷۰/۴۶ ± ۵/۰۴	۷۲/۶۰ ± ۳/۶۹	وزن (کیلوگرم)
۱۷/۸۰ ± ۰/۸۶	۲۰/۱۳ ± ۰/۸۳	درصد چربی
۴۴/۵۳ ± ۱/۱۸	۴۴/۲۰ ± ۰/۷۷	آمادگی هوازی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)



شکل-۱. نتایج آزمون ۱/۵ مایل دویدن. # تفاوت بین پیش و پس آزمون ( $P \leq 0/05$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون ( $P \leq 0/05$ ).



شکل-۲. نتایج سنجش درصد چربی. # تفاوت بین پیش و پس آزمون ( $P \leq 0/05$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون ( $P \leq 0/05$ ).

بونفرونی نشان داد بین گروه HIFT و HIIT در پس آزمون ( $P = 0/0001$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIFT در افزایش  $VO_{2max}$  موثرتر از HIIT بود.

#### درصد چربی

شکل ۲ نتایج درصد چربی را نشان می‌دهد. در گروه HIFT، درصد چربی ۱۸/۳۸ درصد از  $20/13 \pm 0/83$  به  $16/40 \pm 0/50$

HIFT،  $VO_{2max}$  ۱۵/۶۹ درصد از  $44/20 \pm 0/77$  به  $44/53 \pm 1/18$  و در گروه HIIT،  $VO_{2max}$  ۹/۲۱ درصد از  $44/53 \pm 1/18$  به  $48/60 \pm 1/12$  افزایش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $2 \times 2$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون ( $F = 53/85$ ،  $P = 0/0001$ ) و بین گروه‌های پژوهش ( $F = 16/16$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون

پژوهش ( $F = ۸/۱۸$ ,  $P = ۰/۰۰۸$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIT و HIFT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIIT در افزایش قدرت پا و پشت موثرتر از HIIT بود.

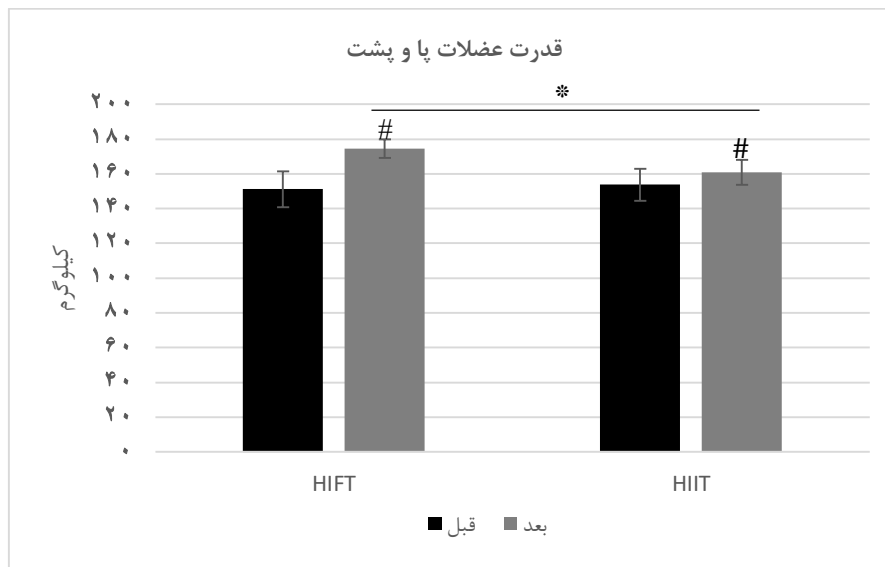
### توان عضلات پا

شکل ۴ نتایج توان عضلات پا را نشان می‌دهد. در گروه HIIT، توان عضلات پا ۲۵/۳۱ درصد از  $۴۱/۱۳ \pm ۰/۷۴$  به  $۱/۱۸$   $۵۱/۵۳ \pm ۰/۷۰$  و در گروه HIIT، ۵/۱۴ درصد از  $۴۱/۷۳ \pm ۰/۷۰$  به  $۱/۰۶$   $۴۳/۸۶ \pm ۰/۷۰$  افزایش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون ( $F = ۶۴۲/۶۱$ ,  $P = ۰/۰۰۰۱$ ) و بین گروه‌های پژوهش ( $۲۱۴/۳۱$ ) ( $F = ۶۴۲/۶۱$ ,  $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIT و HIFT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIIT در افزایش توان عضلات پا موثرتر از HIIT بود.

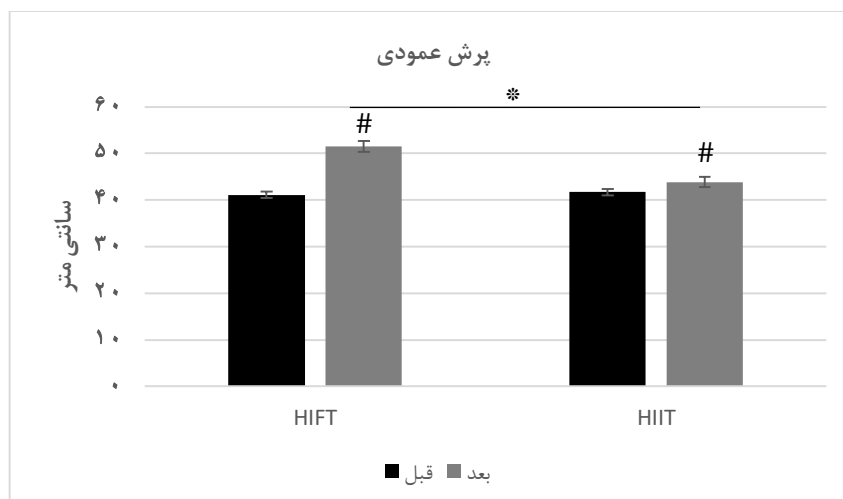
و در گروه HIIT، ۱۲/۱۸ درصد از  $۱۷/۸۰ \pm ۰/۸۶$  به  $۰/۷۳$   $۱۵/۶۰$  کاهش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون ( $F = ۲۲۱/۷۸$ ) ( $F = ۷۰/۲۸$ ,  $P = ۰/۰۰۰۱$ ) و بین گروه‌های پژوهش ( $F = ۷۰/۲۸$ ,  $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIT و HIFT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIIT در کاهش درصد چربی موثرتر از HIIT بود.

### قدرت عضلانی

شکل ۳ نتایج قدرت عضلات پا و پشت را نشان می‌دهد. در گروه HIIT، قدرت عضلات پا و پشت ۱۶/۰۲ درصد از  $۱۷۴/۴۶ \pm ۵/۲$  به  $۱۵۱/۱۳ \pm ۹/۲۵$   $۱۶۰/۸۰ \pm ۷/۲۰$  افزایش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش-آزمون و پس‌آزمون ( $F = ۴۲/۸۳$ ,  $P = ۰/۰۰۰۱$ ) و بین گروه‌های



شکل-۳. نتایج آزمون دینامومتر پشت و پا. # تفاوت بین پیش و پس‌آزمون ( $P \leq ۰/۰۵$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون ( $P \leq ۰/۰۵$ ).



شکل-۴. نتایج آزمون پرش عمودی. # تفاوت بین پیش و پس‌آزمون ( $P \leq ۰/۰۵$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون ( $P \leq ۰/۰۵$ ).

### آزمون آمادگی جسمانی ارتش

شکل ۵ نتایج آزمون دو مایل دویدن را نشان می‌دهد. در گروه HIIFT، زمان دویدن دو مایل ۹/۰۱ درصد از  $۱۴/۶۰ \pm ۰/۵۰$  به  $۱۴/۵۳ \pm ۰/۵۱$  و در گروه HIIT، ۶/۲۸ درصد از  $۱۳/۶۰ \pm ۰/۶۳$  به  $۱۳/۶۰ \pm ۰/۶۳$  کاهش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون HIIFT و وجود دارد اما بین گروه‌های پژوهش ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۵۹/۰۶$ ) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIFT و HIIT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۱۰$ ) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

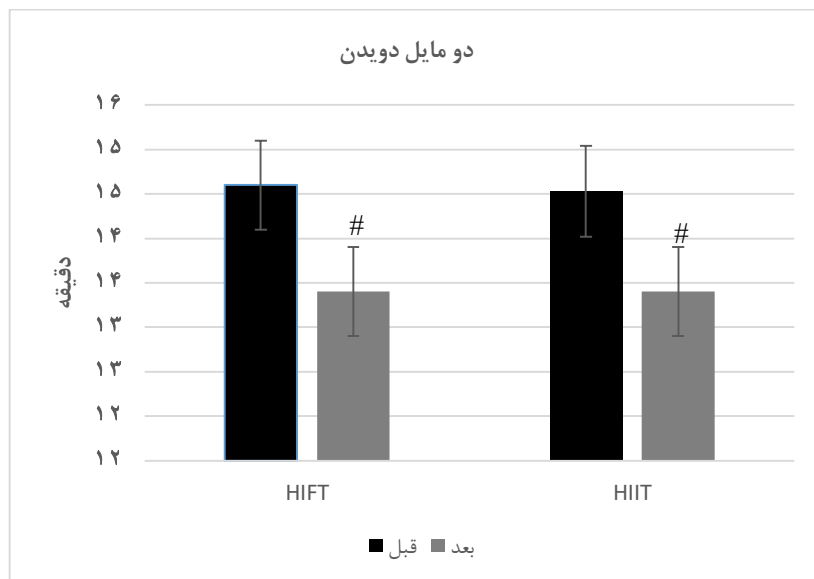
شکل ۶ نتایج آزمون شنا سوئدی را نشان می‌دهد. در گروه HIIFT، تعداد شنا (استقامت عضلات کمر بند شانه) ۱۹/۱۶ درصد از  $۱/۲۰ \pm ۵۷/۲۰$  به  $۶۸/۱۳ \pm ۰/۸۳$  و در گروه HIIT، ۹/۳۹ درصد از  $۰/۷۰ \pm ۵۴/۰۶$  به  $۵۹/۱۳ \pm ۰/۸۳$  افزایش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون HIIFT ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۱۰۷۸/۰۷$ ) و بین گروه‌های پژوهش ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۷۰۶/۹۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIFT و HIIT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIIFT در افزایش استقامت عضلات کمر بند شانه موثرتر از HIIT بود. شکل ۷ نتایج آزمون درازنشست را نشان می‌دهد. در گروه HIIFT، تعداد درازنشست (استقامت عضلات شکم) ۱۸/۲۴ درصد از  $۰/۱۳ \pm ۵۰/۴۶$  به  $۵۹/۶۶ \pm ۰/۲۳$  و در گروه HIIT، ۹/۸۳ درصد از  $۰/۱۴ \pm ۵۱/۵۳$  به  $۵۶/۶۰ \pm ۰/۲۴$  افزایش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون HIIFT ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۱۸۳۱/۸۴$ ) و بین

گروه‌های پژوهش ( $F = ۲۲/۴۲$ ,  $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIFT و HIIT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIIFT در افزایش استقامت عضلات شکم موثرتر از HIIT بود.

### زمان رسیدن به خستگی و لاکتات

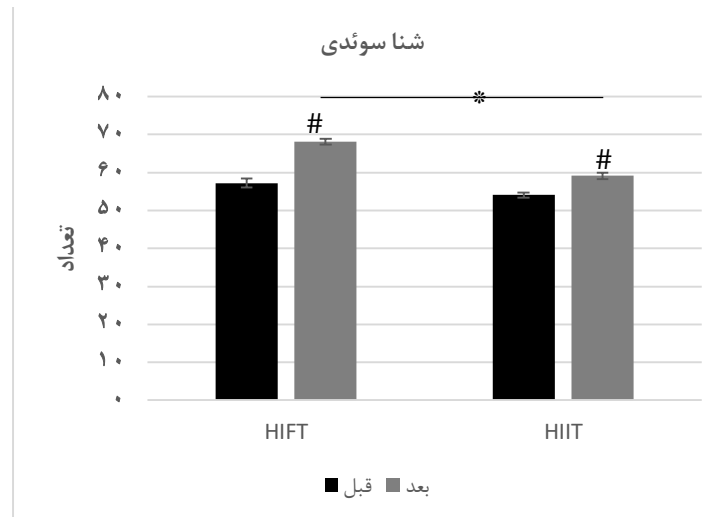
شکل ۸ نتایج زمان رسیدن به خستگی را نشان می‌دهد. در گروه HIIFT، زمان رسیدن به خستگی ۱۶/۲۱ درصد از  $۱/۰۹ \pm ۱۶/۹۳$  به  $۰/۸۲ \pm ۱۹/۶۰$  و در گروه HIIT، ۱۴/۴۱ درصد از  $۱/۲۷ \pm ۱۶/۲۶$  به  $۰/۷۴ \pm ۱۸/۵۳$  افزایش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون HIIFT ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۱۰۵/۸۹$ ) و بین گروه‌های پژوهش ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۹/۵۴$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین گروه HIIFT و HIIT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. HIIFT در افزایش قدرت پا و پشت موثرتر از HIIT بود.

شکل ۹ نتایج سطوح لاکتات را قبل و بعد از آزمون رسیدن به خستگی نشان می‌دهد. در گروه HIIFT، سطوح لاکتات ۲۲/۸۹ درصد از  $۱/۰۴ \pm ۱۱/۳۴$  به  $۰/۴۸ \pm ۸/۶۶$  و در گروه HIIT، ۱۴/۷۷ درصد از  $۰/۹۷ \pm ۱۱/۳۳$  به  $۰/۵۰ \pm ۹/۶۰$  کاهش یافت. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر  $۲ \times ۲$  نشان داد که بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون HIIFT ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ,  $F = ۱۵۵۸/۸۹$ ) و بین گروه‌های پژوهش ( $P = ۰/۰۱$ ,  $F = ۶/۲۰$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آزمون بونفرونی نشان داد بین سطوح لاکتات در گروه HIIFT و HIIT در پس‌آزمون ( $P = ۰/۰۰۰۱$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. سطوح لاکتات در گروه HIIFT پس از آزمون رسیدن به خستگی کمتر از گروه HIIT بود.

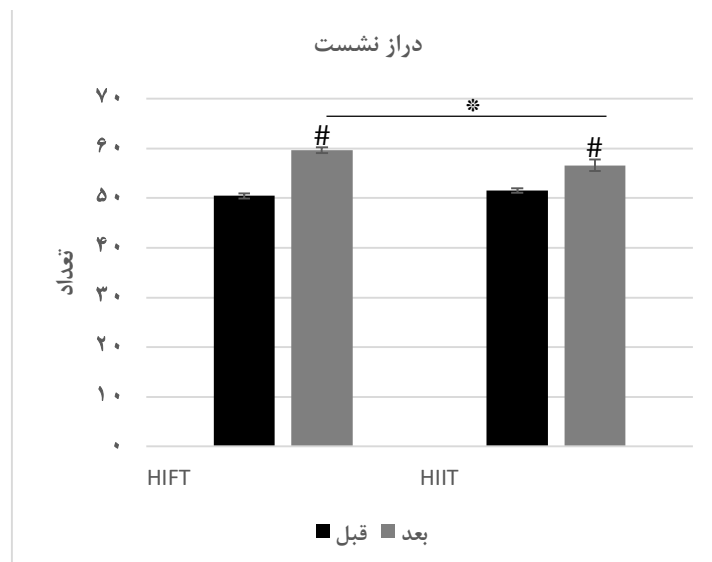


شکل-۵. نتایج آزمون دو مایل دویدن. # تفاوت بین پیش و پس‌آزمون ( $P \leq ۰/۰۵$ ).

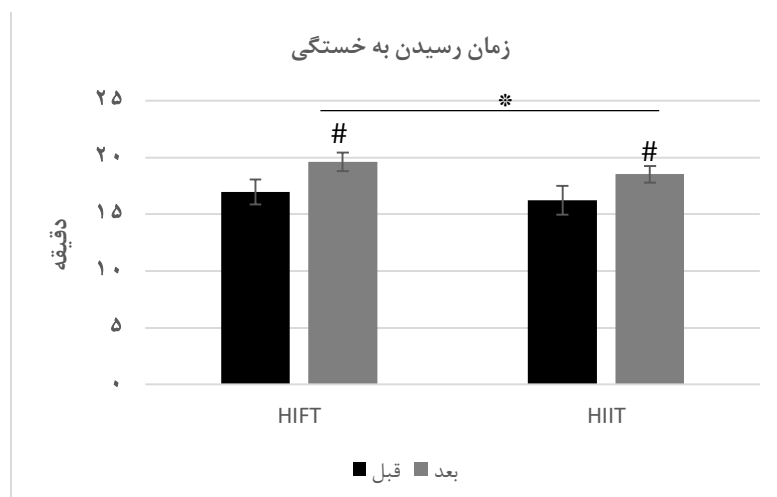




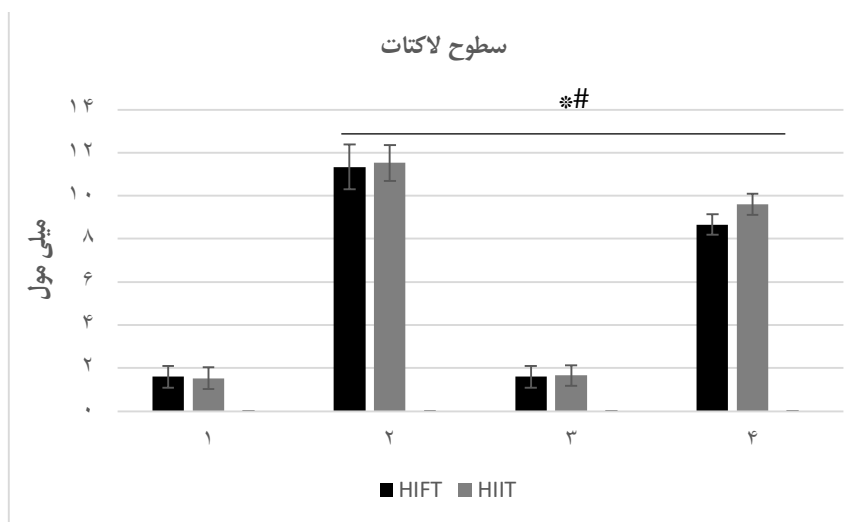
شکل-۶. نتایج آزمون شنا سوئدی. # تفاوت بین پیش و پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ).



شکل-۷. نتایج آزمون درازنشست. # تفاوت بین پیش و پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ).



شکل-۸. نتایج آزمون زمان رسیدن به خستگی. # تفاوت بین پیش و پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ).



شکل-۹. نتایج سطوح لاکتات. # تفاوت بین پیش و پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ). \* تفاوت بین گروه‌ها در پس آزمون ( $P \leq 0.05$ ). ۱: پیش آزمون قبل از اجرای پروتکل، ۲: پس آزمون قبل از اجرای پروتکل، ۳: پیش آزمون پس از اجرای پروتکل، ۴: پس آزمون پس از اجرای پروتکل

## بحث

در سال‌های اخیر برنامه‌های تمرین‌های با شدت بالا در بین نظامیان محبوبیت زیادی پیدا کرده است. به نظر می‌رسد تمرین عملکردی با شدت بالا به دلیل اینکه چندین حوزه آمادگی جسمانی را به طور همزمان درگیر می‌کند کارایی بیشتری در مقایسه با سایر روش‌های تمرینی در بین نظامیان داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر مقایسه بین هشت هفته تمرین عملکردی با شدت بالا با تمرین تناوبی با شدت بالا بر برخی فاکتورهای فیزیولوژیک و عملکردی در دانشجویان افسری می‌باشد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد هر دو تمرین HIIT و HIFT اثرات مثبتی در بهبود ترکیب بدن در رابطه با کاهش درصد چربی بدن داشتند و HIIT در کاهش درصد چربی بدن موثرتر از HIIT بود. Lu و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که ۱۲ هفته HIIT و HIIT در صد چربی را در دانشجویان دختر تمرین نکرده به طور معنی‌داری کاهش داد، اما بین HIIT و HIIT در کاهش درصد چربی در تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (۲۵). دلیل اصلی تفاوت در یافته‌های پژوهش حاضر با یافته Lu و همکاران احتمالاً حجم کم تمرین HIIT (۴ دقیقه) است در حالی که در این پژوهش آزمودنی‌ها در هر جلسه ۳۰ دقیقه HIIT را انجام دادند. با این حال HIIT در مقایسه با HIIT با درگیر کردن عضلات اندام فوقانی، عضلات مرکزی و عضلات اندام تحتانی، عضلات بیشتری را فراخوان و احتمالاً انرژی بیشتری را مصرف می‌کند بنابراین در کاهش توده و درصد چربی موثرتر است (۲۶). در طول فعالیت ورزشی با شدت بالا عضلات و بافت چربی آیریزین ترشح می‌کنند. آیریزین با افزایش بیان UCP1 و PGC1- $\alpha$  در سلول‌های بافت چربی، چربی سفید را به چربی قهوه‌ای تبدیل می‌کند در نتیجه به افزایش مصرف انرژی کمک می‌کند که منجر به بهبود متابولیسم، افزایش حساسیت سلول‌ها به انسولین، افزایش اکسیداسیون گلوکز و چربی می‌شود (۲۷).

در همین راستا Cialowicz و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند هشت هفته تمرین تاباتا (HIFT) در مردان سطوح آیریزین سرمی را در مقایسه با گروه کنترل بدون تمرین ۲۹ درصد افزایش و درصد چربی را کاهش داد. همچنین در این پژوهش ظرفیت هوازی و بی‌هوازی به طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۸). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد هر دو تمرین HIIT و HIIT آمادگی هوازی را در به طور معنی‌داری در دانشجویان افسری افزایش داد و HIIT در مقایسه با HIIT به طور معنی‌داری کارایی بیشتری داشت. در همین راستا McRae و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند ۴ دقیقه تمرین عملکردی با وزن بدن (مانند بورپی، پروانه، شکم کوهنوردی) به مدت چهار هفته باعث افزایش  $VO_2max$  در زنان فعال شد که این افزایش مشابه چهار هفته تمرین دویدن با شدت متوسط به مدت ۳۰ دقیقه بود (۳۹). Menz و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که هر دو تمرین HIIT و HIIT باعث افزایش مشابه در  $VO_2max$  در زنان و مردان تمرین کرده شدند (۳۰). دلیل تفاوت یافته پژوهش Menz با پژوهش حاضر احتمالاً به دلیل تفاوت در مدت زمان هر جلسه تمرینی (۱۶ دقیقه در مقابل ۳۰ دقیقه) و مدت زمان پژوهش (۴ هفته در مقابل ۸ هفته) می‌باشد. Tibana و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که با اجرای دو حرکت از یک پروتکل HIIT ضربان قلب به بیش از ۱۸۰ ضربه در دقیقه و سطوح لاکتات خون به ۱۱ تا ۱۸ میلی مول در لیتر می‌رسد (۳۱). Butcher و همکاران (۲۰۱۵) یک پروتکل HIIT را با یک پروتکل HIIT چندوجهی در ورزشکاران کراسفیت مقایسه کردند. یافته‌های این پژوهش نشان داد درحالی که پاسخ‌های درک فشار بین دو پروتکل مشابه بود، پاسخ‌های ضربان قلب کاملاً متفاوت بود. در حالی که پروتکل HIIT منجر به ضربان قلب حدود ۹۰ درصد حداکثر پیش بینی شده برای سن در طول تمرین ۲۱ دقیقه‌ای شد، میانگین ضربان قلب برای پروتکل

استقامت عضلانی، قدرت عضلات بالا تنه و انعطاف پذیری در افسران فعال ارتش موثرتر بود (۱۹). Walker و همکاران (۲۰۱۱) یک برنامه تمرینی HIIFT را با ۱۱۹ کارآموز کنترل کننده رزمی نیروی هوایی ایالات متحده در یک دوره ۸ هفته‌ای بررسی کردند. در پایان ۸ هفته پژوهشگران پیشرفت‌های قابل توجهی را در تعدادی از فاکتورهای عملکرد فیزیکی از جمله استقامت هوازی، زمان رسیدن به خستگی، آستانه تهویه، قدرت بالاتنه و توان عضلانی ثبت کردند (۳۶). در واقع تعداد تکرارهای زیاد و با شدت بالا حرکات عملکردی در تمرین HIIFT می‌تواند توده عضلانی، استقامت عضلانی، توان و قدرت را افزایش دهد (۱۴).

### نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمرین HIIFT در افزایش آمادگی هوازی، استقامت عضلانی، قدرت عضلات، توان عضلانی و بهبود ترکیب بدن موثر از تمرینات HIIT است. به نظر می‌رسد، با توجه به اینکه HIIFT می‌تواند با حجم تمرینات کمتری نسبت به رویکردهای سنتی به طور همزمان چندین فاکتور آمادگی جسمانی را بهبود بخشد برای ورزشکاران تاکتیکی (نظامیان، آتش نشانان و ...) که نیاز به آمادگی جسمانی بالایی برای انجام وظیفه دارند، مناسب‌تر است.

#### نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- با توجه به اینکه تمرین HIIFT می‌تواند به طور هم زمان آمادگی هوازی، استقامت عضلانی، قدرت عضلات، توان عضلانی را بهبود ببخشد و در مقایسه با تمرینات HIIT موثرتر است، توصیه می‌شود که در برنامه آموزش دانشجویان افسری و نظامیان تمرینات HIIFT جایگزین تمرینات سنتی هوازی شود.

#### تشکر و قدردانی: تمام مراحل این پژوهش توسط کمیته

اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی با کد SSRI.REC-2203-1534 مورد تایید قرار گرفت. این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه افسری امام علی (ع) می‌باشد. لذا از دانشجویان این دانشگاه جهت همکاری و شرکت در این پژوهش صمیمانه سپاسگزاریم.

#### تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد

منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

### منابع

1. Yanovich R, Hadid A, Erlich T, Moran DS, Heled Y. Physiological and cognitive military related performances after 10-kilometer march. Disaster and

HIIT حدود ۷۶ درصد حداکثر پیش بینی شده برای سن بود (۳۲). این نشان می‌دهد که یک برنامه HIIFT محرک فیزیولوژیکی بیشتری را در طول یک تمرین ۲۱ دقیقه‌ای نسبت به یک پروتکل HIIT در زمان مشابه ارائه می‌دهد. بنابراین محرک‌های فیزیولوژیکی بیشتر همراه با درگیر شدن عضلات بیشتر در تمرینات HIIFT نسبت به HIIT می‌تواند دلیل اصلی برتری HIIFT در افزایش  $VO_{2max}$  باشد.

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هر دو تمرین HIIT و HIIFT زمان رسیدن به خستگی را افزایش و میزان افزایش لاکتات را پس از آزمون پیشرونده رسیدن به خستگی کاهش داد. با این حال تمرین HIIFT در افزایش زمان رسیدن به خستگی و کاهش لاکتات پس از آزمون پیشرونده موثرتر از HIIT بود. هم راستا با این پژوهش Cialowicz و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند هشت هفته HIIFT زمان رسیدن به خستگی را افزایش و میزان افزایش لاکتات را کاهش می‌دهد (۲۸). در نتیجه این یافته پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بین ظرفیت هوازی و زمان رسیدن به خستگی و سطوح لاکتات پس از فعالیت ورزشی ارتباط وجود دارد. افزایش آمادگی هوازی منجر به افزایش پاکسازی لاکتات پس از فعالیت ورزشی می‌شود که این افزایش قابلیت پاکسازی لاکتات به دلیل افزایش بیان انتقال دهنده های لاکتات در عضلات است. در همین راستا Summermatter و همکاران نشان دادند، تمرین تناوبی انتقال دهنده های لاکتات منوکربوکسیلات-۱ (MCT1) و MCT4 را افزایش می‌دهد (۳۳). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که HIF-1 بیان MCT-4 را افزایش می‌دهد، ایزوفرم غالب در تارهای عضلانی گلیکولیتیک که حذف لاکتات از این الیاف را تسهیل می‌کند، و MCT-1، ایزوفرم غالب در تارهای اکسیداتیو که برداشت و دفع لاکتات را تسهیل می‌کند (۳۴). حذف لاکتات و پروتون‌ها از عضلات اسکلتی برای حفظ تولید نیرو مهم به نظر می‌رسد در همین راستا Thomas و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که شاخص خستگی در طول تمرین فوق بیشینه متناوب و پیوسته با بیان MCT1 رابطه معکوس دارد (۳۵).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که HIIFT در بهبود آمادگی عضلانی شامل افزایش قدرت، توان عضلانی و برخی مولفه‌های آزمون APFT مثل استقامت عضلات کمربند شانه و استقامت عضلات شکم موثر تر از HIIT بود. در همین راستا Cialowicz و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند تمرین HIIFT توان عضلانی را به طور معناداری افزایش داد (۲۸). همچنین Heinrich و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که هشت هفته تمرین HIIFT در مقایسه با یک برنامه تمرینی سنتی ارتش در افزایش

Military Medicine. 2015;1:6. doi:10.1186/2054-314X-1-6

2. F Weeks SR, McAuliffe CL, DuRussel D,

- Pasquina PF. Physiological and Psychological Fatigue in Extreme Conditions: The Military Example. *PM&R*. 2010;2(5):438-41. doi:10.1016/j.pmrj.2010.03.023
3. Kyröläinen H, Pihlainen K, Vaara JP, Ojanen T, Santtila M. Optimising training adaptations and performance in military environment. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018;21(11):1131-8. doi:10.1016/j.jsams.2017.11.019
4. Helen J, Kyröläinen H, Ojanen T, Pihlainen K, Santtila M, Heikkinen R, et al. High-Intensity Functional Training Induces Superior Training Adaptations Compared with Traditional Military Physical Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2022. doi:10.1519/JSC.0000000000004559
5. Jurvelin H, Tanskanen-Tervo M, Kinnunen H, Santtila M, Kyröläinen H. Training load and energy expenditure during military basic training period. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2020;52(1). doi:10.1249/MSS.0000000000002092
6. Vaara JP, Groeller H, Drain J, Kyröläinen H, Pihlainen K, Ojanen T, et al. Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. *European Journal of Sport Science*. 2022;22(1):43-57. doi:10.1080/17461391.2021.1930193
7. Burley SD, Drain JR, Sampson JA, Nindl BC, Groeller H. Effect of a novel low volume, high intensity concurrent training regimen on recruit fitness and resilience. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2020;23(10):979-84. doi:10.1016/j.jsams.2020.03.005
8. Gibala MJ, Gagnon PJ, Nindl BC. Military applicability of interval training for health and performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29:S40-S5. doi:10.1519/JSC.0000000000001119
9. Posnakidis G, Aphasios G, Giannaki CD, Mougios V, Aristotelous P, Samoutis G, et al. High-intensity functional training improves cardiorespiratory fitness and neuromuscular performance without inflammation or muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022;36(3):615-23. doi:10.1519/JSC.0000000000003516
10. Karlsen T, Aamot I-L, Haykowsky M, Rognmo Ø. High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes. *Progress in Cardiovascular Diseases*. 2017;60(1):67-77. doi:10.1016/j.pcad.2017.03.006
11. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of applied physiology*. 2005. doi:10.1152/jappphysiol.01095.2004
12. Haddock CK, Poston WS, Heinrich KM, Jahnke SA, Jitnarin N. The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. *Military Medicine*. 2016;181(11):e1508-e14. doi:10.7205/MILMED-D-15-00503
13. Heinrich KM, Becker C, Carlisle T, Gilmore K, Hauser J, Frye J, Harms C. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. *European Journal of Cancer Care*. 2015;24(6):812-7. doi:10.1111/ecc.12338
14. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports (Basel)*. 2018;6(3). doi:10.3390/sports6030076
15. Feito Y, Hoffstetter W, Serafini P, Mangine G. Changes in body composition, bone metabolism, strength, and skill-specific performance resulting from 16-weeks of HIFT. *PloS one*. 2018;13(6):e0198324. doi:10.1371/journal.pone.0198324
16. Fisher J, Sales A, Carlson L, Steele J. A comparison of the motivational factors between CrossFit participants and other resistance exercise modalities: a pilot study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2017;57(9):1227-34. doi:10.23736/S0022-4707.16.06434-3
17. Heilbronn B, Doma K, Sinclair W, Connor J, Irvine-Brown L, Leicht A. Acute Fatigue Responses to Occupational Training in Military Personnel: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Military Medicine*. 2022;188(5-6):969-77. doi:10.1093/milmed/usac144
18. Machado AF, Baker JS, Figueira Junior AJ, Bocalini DS. High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2019;39(6):378-83. doi:10.1111/cpf.12433
19. Heinrich KM, Spencer V, Fehl N, Poston WS. Mission essential fitness: comparison of functional circuit training to traditional Army physical training for active duty military. *Military Medicine*. 2012; 177(10):1125-30. doi:10.7205/milmed-d-12-00143
20. Goodwin ML, Harris JE, Hernández A, Gladden LB. Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2007;1(4):558-69. doi:10.1177/193229680700100414
21. Harman EA, Gutekunst DJ, Frykman PN, Nindl BC, Alemany JA, Mello RP, et al. Effects of two different eight-week training programs on military physical performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(2):524-34. doi:10.1519/JSC.0b013e31816347b6
22. Kordi MR, Saffar Kohneh Quchan AH, Rahnama H, Sharbati MR, Ziyaiyan AH. Developing and Updating Physical Fitness Norm for Men Aged 18-60 Years of Tehran Province. *Sport Physiology*. 2019;11(43):105-22. doi:10.22089/spj.2019.7161.1882
23. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*. 1978;40(3):497-504.
24. Aberson CL. Applied power analysis for the behavioral sciences: Routledge; 2019. doi:10.1079/bjn19780152
25. Lu Y, Wiltshire HD, Baker JS, Wang Q. The Effects of Running Compared with Functional High-Intensity Interval Training on Body Composition

- and Aerobic Fitness in Female University Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(21). doi:10.3390/ijerph182111312
26. Scoubeau C, Bonnechère B, Cnop M, Faoro V, Klass M. Effectiveness of Whole-Body High-Intensity Interval Training on Health-Related Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(15). doi:10.3390/ijerph19159559
27. Fukushima Y, Kurose S, Shinno H, Thu HCT, Takao N, Tsutsumi H, et al. Effects of body weight reduction on serum irisin and metabolic parameters in obese subjects. *Diabetes & Metabolism Journal*. 2016;40(5):386-95. doi:10.4093/dmj.2016.40.5.386
28. Murawska-Cialowicz E, Wolanski P, Zuwała-Jagiello J, Feito Y, Petr M, Kokstajn J, et al. Effect of HIIT with Tabata Protocol on Serum Irisin, Physical Performance, and Body Composition in Men. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(10):3589. doi:10.3390/ijerph17103589
29. McRae G, Payne A, Zelt JG, Scribbans TD, Jung ME, Little JP, Gurd BJ. Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2012;37(6):1124-31. doi:10.1139/h2012-093
30. Menz V, Marterer N, Amin SB, Faulhaber M, Hansen AB, Lawley JS. Functional Vs. Running Low-Volume High-Intensity Interval Training: Effects on VO(2)max and Muscular Endurance. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2019;18(3):497-504.
31. Tibana RA, de Sousa NMF, Cunha GV, Prestes J, Fett C, Gabbett TJ, et al. Validity of Session Rating Perceived Exertion Method for Quantifying Internal Training Load during High-Intensity Functional Training. *Sports (Basel)*. 2018;6(3). doi:10.3390/sports6030068
32. Butcher SJ, Neyedly TJ, Horvey KJ, Benko CR. Do physiological measures predict selected CrossFit® benchmark performance? *Open access journal of sports medicine*. 2015;241-7. doi:10.2147/OAJSM.S88265
33. Summermatter S, Santos G, Pérez-Schindler J, Handschin C. Skeletal muscle PGC-1 $\alpha$  controls whole-body lactate homeostasis through estrogen-related receptor  $\alpha$ -dependent activation of LDH B and repression of LDH A. *PNAS*. 2013;110(21):8738-43. doi:10.1073/pnas.1212976110
34. Nalbandian M, Takeda M. Lactate as a Signaling Molecule That Regulates Exercise-Induced Adaptations. *Biology (Basel)*. 2016;5(4). doi:10.3390/biology5040038
35. Thomas C, Perrey S, Lambert K, Hugon G, Mornet D, Mercier J. Monocarboxylate transporters, blood lactate removal after supramaximal exercise, and fatigue indexes in humans. *Journal of Applied Physiology*. 2005;98(3):804-9. doi:10.1152/jappphysiol.01057.2004
36. Walker TB, Lennemann LM, Anderson V, Lyons W, Zupan MF. Adaptations to a new physical training program in the combat controller training pipeline. *Journal of Special Operations Medicine*. 2011;11(2):37-44. doi:10.55460/XYKE-P4N6