علوم زیستی ورزشی _ تابستان ۱۳۹۴
دورهٔ۷، شمارهٔ۲ ، ص : ۳۴۷ – ۳۶۱
تاریخ دریافت : ۱۲ / ۰۸ / ۹۲
تاریخ پذیرش : ۲۸ / ۱۱ / ۹۲

تأثیرات وابسته به زمان تمرین تناوبی شدید بر پویایی جذب اکسیژن مردان جوان

عباس صارمی*[۱]- نادر شوندی [۲] - ایمان خاکرو آبکنار [۳]
او۲.دانشیار فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ علوم انسانی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران، ۳.کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ علوم انسانی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

چکیده

هدف تحقیق حاضر، تعیین تأثیرات وابسته به زمان تمرین تناوبی شدید بر پویایی اکسیژن مردان جوان بود. ۴۰ دانشجوی فعال به‌صورت تصادفی در چهار گروه قرار گرفتند: یک جلسه تمرین تناوبی شدید، دو جلسه تمرین تناوبی شدید، چهار جلسه تمرین تناوبی شدید و کنترل. گروه‌های تمرین و کنترل در یک تست فزاینده روی چرخ کارسنج شرکت کردند. پس از دو روز از اجرای پیش‌آزمون گروه‌های تمرینی، ۱، ۲ و ۴ جلسه تمرین تناوبی انجام دادند. دو روز بعد از اتمام برنامهٔ تمرینی، پس‌آزمون از گروه‌های تحقیق گرفته شد. شاخص‌های پویایی اکسیژن به‌وسیلهٔ دستگاه گاز آنالایزر به روش نفس به نفس حین پیش‌آزمون و پس‌آزمون اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که یک جلسه تمرین تناوبی تأثیری بر شاخص‌های پویایی اکسیژن ندارد ($P>۰/۰۵$). دو جلسه تمرین تناوبی موجب بهبود برخی شاخص‌های پویایی اکسیژن از جمله Vo2max، کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم شد ($P<۰/۰۵$)، اما بر ثابت زمانی اول تأثیری نداشت ($P>۰/۰۵$). به‌علاوه، چهار جلسه تمرین تناوبی با بهبود تمام شاخص‌های پویایی اکسیژن یعنی Vo_2max، کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم همراه بود ($P<۰/۰۵$). ظاهراً چهار جلسه تمرین تناوبی شدید حداقل زمان لازم برای بهبود شاخص‌های پویایی اکسیژن است و از لحاظ کاربردی مربیان می‌توانند این نوع تمرینات را برای بهبود سریع‌تر عملکرد هوازی و بی‌هوازی در برنامهٔ تمرینی قرار دهند.

واژه‌های کلیدی

آمادگی هوازی، پویایی جذب اکسیژن، تمرین تناوبی شدید.

* نویسندهٔ مسئول : تلفن :۰۹۱۶۳۶۲۲۶۶۸ Email :a-saremi@araku.ac.ir

مقدمه

آمادگی جسمانی یکی از عوامل مهم برای زندگی سالم است که می‌تواند پیشگوی مناسبی از وضعیت سلامت افراد در آینده باشد (۱). آمادگی جسمانی شامل عوامل استقامت قلبی- تنفسی، انعطاف‌پذیری، قدرت عضلانی، ترکیب بدن و هماهنگی عصبی – عضلانی است (۶). در این میان آمادگی قلبی - تنفسی یک جزء پایه و ضروری به‌حساب می‌آید. اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) یک روش سادهٔ تعیین آمادگی هوازی است (۱۲). حداکثر اکسیژن مصرفی همچنین از ارکان مهم موفقیت در ورزش‌های استقامتی است (۴). از آنجا که VO_2max اطلاعات دقیق و جزئی از آزمون هوازی ارائه نمی‌کند، برای دقت عمل بیشتر پاسخ پویایی جذب اکسیژن پیشنهاد می‌شود. تغییرات در VO_2 هنگام حرکت از استراحت به ورزش به‌عنوان پویایی جذب اکسیژن تعریف می‌شود (۵). پاسخ‌های پویایی اکسیژن به ورزش اطلاعاتی جامع در زمینهٔ پاسخ‌های قلبی - تنفسی در پی تغییر موقعیت متابولیکی را فراهم می‌کند (۱۷). پویایی جذب اکسیژن زمان مورد نیاز سازگاری با تغییرات بار متابولیکی را می‌سنجد. پویایی اکسیژن را می‌توان از طریق ارزیابی نفس به نفس VO_2 اندازه‌گیری کرد و در مقابل سیستم‌های سنتی، میانگینVO_2 پایه و جزئیات ضروری را گزارش می‌کند. پاسخ‌های پویایی اکسیژن در زمینهٔ کمیت و کیفیت شدت ورزش متفاوت است و به‌وسیلهٔ سه فاز در نمودار تعریف می‌شوند (۱۵).

در فاز اول هنگامی‌که تغییری ناگهانی در شدت طی آزمون‌های ورزشی تحمیل شود، VO_2 همزمان با تغییرات متابولیکی افزایش نمی‌یابد (۱۷)، زیرا در شروع ورزش اکسیژن ریوی نمی‌تواند جذب اکسیژن عضله را منعکس کند، چراکه پاسخ VO_2 ریوی به مقدار ورود خون به شبکهٔ مویرگی و جذب اکسیژن بستگی دارد. در پی آن با افزایش ناگهانی همراه است که اغلب در نتیجهٔ افزایش بازگشت وریدی از طریق پمپ عضله و افزایش برون‌ده بطن راست و افزایش جریان خون ریوی است (۱۸). در فاز دوم پویایی اکسیژن پاسخ ثابت زمانی دوم که زمان رسیدن به ۶۳ درصد است به‌وسیلهٔ افزایش نمایی در vo_2 بعد از فاز اول نمایان می‌شود که این افزایش به‌علت افزایش بازگشت وریدی از عضله در حال فعالیت و جریان خون ریوی است. سپس هنگامی‌که vo_2 به حالت یکنواخت می‌رسد، پاسخ پویایی اکسیژن وارد فاز سوم می‌شود (۱۵).

از سویی، تمرینات تناوبی با شدت بالا[1](HIIT) نوعی تمرین است که می‌تواند توسط ورزشکاران نخبه و حتی افراد تمرین‌نکرده به‌کار گرفته شود (۴،۵). HIIT شامل تمرین با شدت بالا و همراه با فاصلهٔ زمانی بین مراحـل ورزش است. یکی از مزایـای HIIT آن است که ضمن صرفه‌جویی در وقت نتایج سودمندی را ارائه می‌کند (۲۱). نتایج نشان می‌دهد که تمرینات با شدت بالا در یک دورهٔ زمانی کوتاه محرکی قوی برای افزایش آنزیم‌های متابولیکی میتوکندری، ظرفیت بافری عضله، میزان اکسیداسیون چربی کل بدن و ظرفیت هوازی است (۳). همچنین مقایسهٔ تمرینات استقامتی کم‌شدت و HIIT، سازگاری‌های مشابهی را در پتانسیل اکسیداتیو و پویایی اکسیژن نشان داد (۲۰). به‌علاوه، براساس شواهد تمرینات HIIT احتمالاً موجب بهبود پویایی جذب اکسیژن و متابولیسم هوازی می‌شود (۸ ،۵). به‌طوری‌که تمرینات HIIT در یک دورهٔ زمانی کوتاه با افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو عضلات (سیترات سنتتاز و پیروات دهیدروژناز) همراه است (۲). تعیین اثر تمرین HIIT بر پویایی جذب اکسیژن در معدود مطالعاتی بررسی شده است که نتـایج نشان می‌دهـد در مدت زمان کوتاه، ورزش بسیـار شدیـد موجب بهبـود متـابولیسم هـوازی می‌شود (۲۴ ،۱۰). برای مثال سامانتا و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق دوساله‌ای روی کودکان دریافتند تمرین HIIT به بهبود ثابت زمانی اول (T_1)، ثابت زمانی دوم (T_2)، vo_2max و کسر اکسیژن منجر می‌شود و تفاوت جنسیتی معناداری بین پاسخ دختران و پسران وجود داشت (۲۰). همچنین کریستین و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند متعاقب شش جلسه تمرین تناوبی شدید vo_2max، کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم به‌طور معناداری بهبود می‌یابد (۱۵). روی‌هم‌رفته، با وجود اهمیت تمرینات تناوبی شدید در آماده‌سازی ورزشکاران، پاسخ پویایی اکسیژن به این تمرینات روشن نیست.

آگاهی از روند زمانی سازگاری‌های اولیه به تمرین ممکن است درک بهتری از رابطهٔ بین پاسخ‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی به تمرین ورزشی ارائه کند که احتمالاً در برنامه‌نویسی ورزشی مؤثر خواهد بود. براساس دانش ما تایم کورس (روند زمانی) تغییرات پویایی اکسیژن در پاسخ به تمرینات تناوبی شدید مشخص نیست. پویایی جذب اکسیژن به‌عنوان روش ارزیابی غیرتهاجمی به‌وسیلهٔ اندازه‌گیری عوامل ثابت زمانی اول و دوم و کسر اکسیژن می‌تواند نشانگر کاربردی برای مشاهدهٔ بهبود اجرای هوازی و بی‌هوازی باشد و همین‌طور اطلاعات خوبی به متخصصان علم تمرینی که در حیطهٔ تمرینات HIIT و

1. High intensity interval training

سازگاری های حاصل از آن تحقیق می کنند، می‌دهد. از این رو، هدف پژوهش حاضر تعیین تأثیرات وابسته به زمان پاسخ پویایی جذب اکسیژن به تمرینات تناوبی شدید (HIIT) در مردان بود.

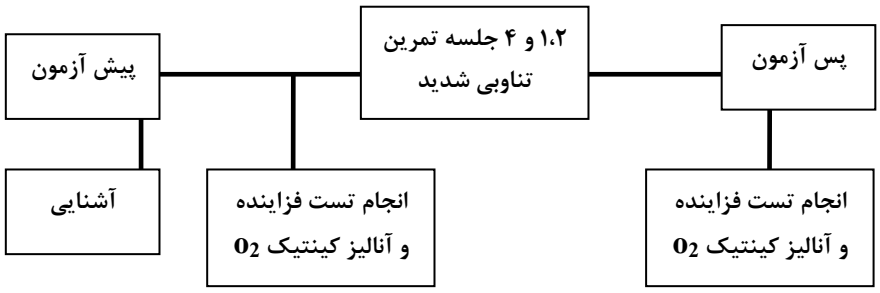
روش‌شناسی

آزمودنی‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون است و آزمودنی‌های تحقیق از بین دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه اراک انتخاب شدند. آزمودنی‌ها پس از آگاهی از ماهیت تحقیق رضایت خود را برای شرکت در تحقیق اعلام کردند. همهٔ آزمودنی‌ها سالم و از نظر بدنی فعال بودند و تحت درمان دارویی یا رژیم غذایی خاصی قرار نداشتند. روش نمونه‌گیری از نوع در دسترس بود که براساس پیشینهٔ مطالعات، ۴۰ نفر انتخاب شدند. اطلاعات توصیفی مربوط به سن، قد، وزن و نمایهٔ تودهٔ بدنی آزمودنی‌های هر دو گروه در جدول ۱ آورده شده است.

طرح تحقیق

مراحل تحقیق شامل ۱. دو جلسه آشناسازی برای کار با چرخ کارسنج، ۲. آزمون‌گیری‌های اولیه، ۳. یک، دو و چهار جلسه تمرین تناوبی شدید و ۴. اجرای پس‌آزمون بود.



شکل ۱. طرح تحقیق

برنامهٔ ورزشی بیشینه

آزمودنی‌ها تصادفی به دو گروه تجربی و کنترل اختصاص داده شدند. سپس خود گروه تمرینی نیز به‌طور تصادفی به سه گروه ده‌نفره تقسیم شدند که به‌ترتیب هر کدام یک (H_1)، دو (H_2) و چهار (H_4)

جلسه تمرین تناوبی شدید انجام دادند. در گروه کنترل ده آزمودنی قرار داشت که از آنها خواسته شد در طول دورهٔ تحقیق روش زندگی معمول خود را حفظ کنند.

در جلسهٔ آزمون اولیه آزمودنی‌ها در برنامهٔ ورزشی بیشینهٔ فزایندهٔ طبقه‌بندی‌شده روی چرخ کارسنج (مونارک مدل ۸۹۴ ساخت سوئد) تا رسیدن به واماندگی شرکت کردند که در حین اجرای آزمون داده‌های مورد نظر (Vo_2max، کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم) از طریق دستگاه اسپیرومتری (گاز آنالایز مدل کاسمد ساخت ایتالیا) به روش نفس به نفس متغیر پویایی جذب اکسیژن اندازه‌گیری شد. ثابت زمانی اول و دوم زمان رسیدن به ۶۶ درصد از فاز اول و دوم نمودار پاسخ پویایی اکسیژن بود که واحد اندازه‌گیری آنها ثانیه بود و کسر اکسیژن نیز اختلاف موجود بین اکسیژن مورد نیاز برای یک کار معین و مقدار واقعی اکسیژن مصرفی است که واحد اندازه‌گیری آن میلی‌لیتر در دقیقه می‌باشد. روش تفسیر دستگاه با محاسبهٔ اکسیژن مصرفی و دی‌اکسید کربن تولیدی بود که به‌وسیلهٔ ماسکی که روی صورت آزمودنی‌ها قرار داشت، به فضای درون سیستم منتقل می‌شد.

پروتکل آزمون فزایندهٔ ورزشی به این صورت بود که در ابتدا آزمودنی‌ها به مدت چهار دقیقه با کار صفر وات و سرعت ۶۰ دور در دقیقه بدن خود را گرم کردند. سپس فعالیت اصلی را با بار کاری ۵۰ وات شروع کردند که بعد از چهار دقیقه فعالیت یک دقیقه استراحت فعال وجود داشت. این روند با اضافه شدن ۳۰ وات بار کاری بعد از هر مرحله تا رسیدن به واماندگی برحسب آمادگی بدنی آزمودنی‌ها ادامه پیدا کرد (۱۸).

برنامهٔ تمرین

برنامهٔ تمرین دو روز پس از آزمون‌گیری اولیه آغاز شد. برنامه شامل یک، دو و چهار جلسه تمرین تناوبی شدید سرعتی بود که آزمودنی‌های گروه H_1، یک جلسه تمرین تناوبی شدید و آزمودنی‌های گروه H_2، دو جلسه تمرین تناوبی شدید و آزمودنی‌های گروه H_4، چهار جلسه تمرین تناوبی شدید انجام دادند. پروتکل این تمرین به دو مرحلهٔ استراحت فعال و فعالیت با شدت بالا تقسیم شد. در شروع هر جلسهٔ تمرین آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه به‌طور سبک بدن خود را گرم کردند. سپس به مدت یک دقیقه با ۱۲۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی رکاب زدند که برای رسیدن به این هدف از آنجا که حداکثر اکسیژن مصرفی برای هر آزمودنی براساس پیش‌آزمون محاسبه شده بود، در این نقطه شدت بار کاری اندازه‌گیری شد و براساس معادلات ریاضی برآوردی نموگرام استراند ریمینگ شدت بار کاری در ۱۲۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی محاسبه و در زمان اجرای تمرین این شدت لحاظ شد. در مرحلهٔ

استراحت از آزمودنی‌ها خواسته شد که دو دقیقه با سرعت بسیار کم رکاب زدن را برای استراحت فعال و دفع بیشتر اسید لاکتیک از عضلات ادامه دهند. این چرخهٔ فعالیت و استراحت هشت بار روی چرخ کارسنج الکتریکی تکرار شد (۱۸) و در حین اجرای تمرین افراد برای بهبود عملکرد مورد تشویق مربی قرار گرفتند. بین جلسات تمرینی یک روز فاصله برای ریکاوری بهتر آزمودنی‌ها قرار داشت. ۴۸ ساعت پس از اجرای تمرینات، پس‌آزمون همچون مرحلهٔ پیش‌آزمون بار دیگر تکرار شد و ثابت زمانی اول و دوم و همین‌طور حداکثر اکسیژن مصرفی و کسر اکسیژن تک‌تک آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد.

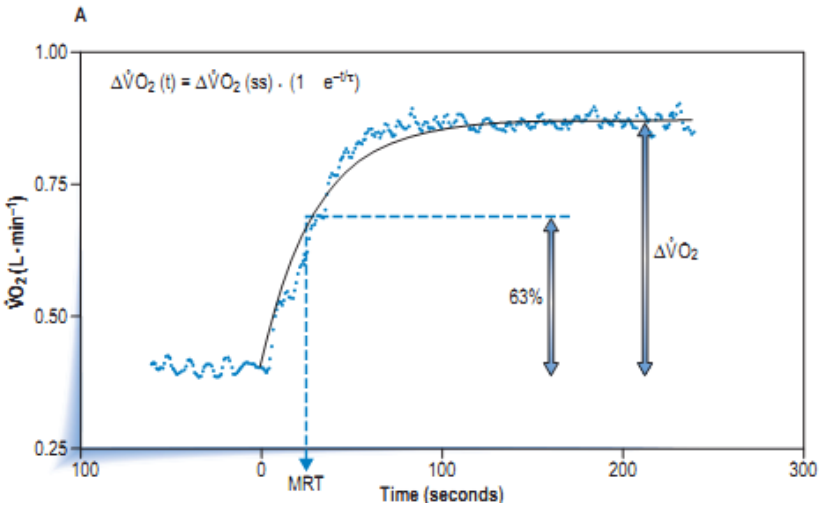
اندازه‌گیری متغیرهای پژوهش

پاسخ پویایی اکسیژن به روش نفس به نفس با یک نمودار نمایی غیرخطی پارامتریک تحلیل شد که از دو معادلهٔ زیر در تفسیرداده‌های مورد نظر استفاده شد (۲۲،۱۱).

$$vo2(t) = vo2b + a * \left(1 - e^{-t} - \frac{t}{T}\right)$$

$$\Delta VO2(t) = A1 \bullet (1–e–(t–\delta1)/\tau1) + A2 \bullet (1–e–(t–\delta2)/\ \tau2) + A3 \bullet (1–e–(t–\delta3)/\tau3)$$

در این روش اختلاف فشار نوسانات اکسیژن و دی‌اکسید کربن داده‌های پاسخ کینیتیک اکسیژن را روی نمودار دوبعدی لیتر در دقیقه ترسیم می‌کند (۶). پویایی اکسیژن برای هر آزمودنی شامل ۳ فاز است که فاز اول نمایانگر توان بی‌هوازی است. نیازهای متابولیکی و اکسیژن از طریق فسفوکراتین تأمین می‌شود. T_1 که ثابت زمانی اول نیز نامیده می‌شود، زمان رسیدن آزمودنی به ۶۶ درصد پاسخ پویایی اکسیژن در فاز اول است که این عدد هرچه کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ بیشتر بودن توان بی‌هوازی است. پس از فاز اول پویایی اکسیژن وارد فاز دوم می‌شود که در واقع آغاز استفادهٔ عضلات از سیستم هوازی به‌عنوان سوبسترا‌ست. T_2 که ثابت زمانی دوم نیز نامیده می‌شود، زمان رسیدن آزمودنی به ۶۶ درصد پاسخ پویایی اکسیژن در فاز دوم است که این عدد هرچه کمتر باشد، نشان‌دهندهٔ بالاتر بودن توان هوازی است (۱۴). بعد از فاز دوم کینیتیک اکسیژن وارد فاز سوم می‌شود که در این تحقیق امکان اندازه‌گیری فاکتورهای مرتبط با این مرحله از جمله جزء آهسته (slow component) وجود نداشت (شکل ۲) (۱۹).



شکل ۲. پاسخ‌های پویایی اکسیژن به ورزش

روش تجزیه‌وتحلیل آماری

پس از تأیید توزیع طبیعی داده‌ها توسط آزمون کولموگروف – اسمیرنوف، برای بررسی اثر متغیر مستقل بر متغیرهای وابسته (مقایسهٔ پیش و پس از آزمون در هر گروه) از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه و همچنین برای مشخص شدن تفاوت بین گروه‌های تحقیق از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شده است. کل عملیات آماری تحقیق به‌وسیلهٔ نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ انجام گرفت و سطح معناداری آزمون‌ها P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ و نتایج آزمون تحلیل واریانس برای مقایسهٔ شاخص‌های پویایی جذب اکسیژن پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌های تمرینی در جدول‌های ۴-۲ آمده است.

در آغاز مداخله، تفاوت معناداری در ویژگی‌های فردی و شاخص‌های پویایی جذب اکسیژن در بین گروه‌ها وجود نداشت (P>۰/۰۵). مشاهده شد که یک جلسه تمرین تناوبی شدید تأثیر معناداری بر شاخص‌های پویایی جذب اکسیژن از جمله حداکثر اکسیژن مصرفی، ثابت زمانی اول (T_1)، ثابت

زمانی دوم (T_2) و کسر اکسیژن ندارد ($P>0/05$) (جدول‌های ۵-۲). از سویی مشاهده شد دو جلسه تمرین تناوبی شدید موجب افزایش معنادار حداکثر اکسیژن مصرفی ($P=0/001$) و کاهش معنادار ثابت زمانی دوم (T_2) ($P=0/02$) و کسر اکسیژن می‌شود ($P=0/01$) (جدول‌های ۵-۲). درصورتی‌که دو جلسه تمرین تناوبی شدید اثر معناداری بر ثابت زمانی اول ($T1$) نداشت ($P>0/05$) (جدول ۴). به‌علاوه، متعاقب چهار جلسه تمرین تناوبی شدید افزایش معناداری در حداکثر اکسیژن مصرفی مشاهده شد ($P=0/01$) و کسر اکسیژن ($P=0/001$)، ثابت زمانی دوم (T_2) ($P=0/03$) و ثابت زمانی اول ($T1$) ($P=0/001$) به‌طور معناداری کاهش یافتند (جدول‌های ۵-۲). همچنین مقایسهٔ اختلاف میانگین گروه‌ها اثربخشی بیشتر چهار جلسه تمرین تناوبی شدید را نسبت به دیگر گروه‌های تحقیق در تمام شاخص‌های پویایی اکسیژن نشان می‌دهد ($P<0/05$) (جدول‌های ۵-۲).

جدول ۱. مشخصات فردی گروه‌های مورد مطالعه

گروه‌ها / ویژگی‌ها	تمرین (انحراف معیار ± میانگین)	کنترل (انحراف معیار ± میانگین)
سن (سال)	۲۲/۴±۰/۴۰	۲۲/۸±۰/۵۵
قد (سانتی‌متر)	۱۷۶/۱±۱/۳۹	۱۷۹/۵±۲/۱۹
وزن (کیلوگرم)	۷۴/۴±۱/۳۹	۷۵/۳±۲/۱۳
چربی (درصد)	۱۹/۱۰±۶/۱۸	۲۰/۶±۶/۸۷
نمایهٔ تودهٔ بدن (کیلوگرم/مترمربع)	۲۳/۳±۳/۰۵	۲۳/۰±۴/۹۱

جدول ۲. پاسخ کسر اکسیژن (میلی‌لیتر در دقیقه) به تمرین در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اختلاف میانگین	p-value
H1	۶۷۸/۲±۵۱/۹	۶۶۵/۴±۵۲/۹	-۱۳/۰±۲۰/۸	۰/۴
H2	۶۷۶/۶±۷۴/۳	۵۵۵/۲±۸۰/۹	-۱۲۱/۲±۳۴/۲	۰/۰۲
H۴	۶۳۴/۲±۶۱/۵	۳۵۳/۰±۴۰/۷	-۲۸۱/۲±۵۸/۹	۰/۰۰۱
کنترل	۶۲۹/۴±۵۶/۵	۶۳۶/۲±۸۰/۹	۶/۸±۲۶/۷	۰/۵

*مقادیر به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شده است.

H1: یک جلسه تمرین تناوبی شدید H2: دو جلسه تمرین تناوبی شدید

H4: چهار جلسه تمرین تناوبی شدید

جدول ۳. پاسخ حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی‌لیتر در دقیقه) به تمرین در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اختلاف میانگین	p-value
H1	۲۷۸۰ ± ۶۸۶/۲	۲۸۰۱/۶ ± ۶۳۳/۹	۲۱/۰±۸۴/۰۲	۰/۴
H2	۲۸۳۲±۳۲۷/۷	۳۲۴۴/۴±۳۶۵/۳	۴۱۲±۵۶/۹	۰/۰۰۱
H۴	۳۰۱۶/۸±۳۷۶/۰۱	۳۳۵۱±۲۸۱	۳۳۴±۱۰۳/۸۶	۰/۰ ۱
کنترل	۲۶۵۴/۴ ± ۵۴۰/۰	۲۶۲۳/۶± ۵۳۸/۷	-۳۰/۸±۹۶/۶	۰/۳

*مقادیر به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شده است.

H1: یک جلسه تمرین تناوبی شدید H2: دو جلسه تمرین تناوبی شدید

H4: چهار جلسه تمرین تناوبی شدید

جدول ۴. پاسخ ثابت زمانی اول (T_1) (ثانیه) به تمرین در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اختلاف میانگین	p-value
H1	۸/۸±۰/۴	۸/۸±۰/۳	-۰/۱	۰/۹
H2	۸/۴±۱/۰۷	۸/۴±/۰۷	-۰/۱	۰/۹
H۴	۸/۶±۰/۵	۸/۲±۰/۷	-۰/۴±۰/۵	۰/۰۳
کنترل	۸/۶±۰/۸	۸/۶±۰/۷	-۰/۱	۰/۹

*مقادیر به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شده است.

H1: یک جلسه تمرین تناوبی شدید H2: دو جلسه تمرین تناوبی شدید

H4: چهار جلسه تمرین تناوبی شدید

جدول ۵. پاسخ ثابت زمانی دوم (T_2) (ثانیه) به تمرین در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اختلاف میانگین	p-value
H1	۳۱/۵±۴/۰۳	۳۱/۴±۳/۷	-۰/۱۴۳±۱/۲	۰/۷
H2	۳۱/۲±۴/۱۵	۲۸/۲±۳/۳	-۳/۰۸±۱/۳	۰/۰۱
H۴	۳۰/۷±۳/۱	۱۸/۱±۲/۱	-۱۲/۶±۲/۰۷	۰/۰۰۱
کنترل	۳۱/۳±۲/۸	۳۱/۴±۲/۳	۰/۱۲±۱/۵	۰/۸

*مقادیر به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شده است.

H1: یک جلسه تمرین تناوبی شدید H2: دو جلسه تمرین تناوبی شدید

H4: چهار جلسه تمرین تناوبی شدید

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از آن است که احتمالاً چهار جلسه تمرین تناوبی شدید حداقل زمان لازم برای بهبود تمام شاخص‌های پویایی اکسیژن (هوازی و بی‌هوازی) و دو جلسه تمرین تناوبی شدید حداقل زمان لازم برای بهبود شاخص‌های مؤثر در سیستم هوازی پویایی اکسیژن (از جمله Vo_2max، کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم) است و یک جلسه تمرین تناوبی شدید تأثیری بر پویایی اکسیژن ندارد.

پاسخ‌های پویایی اکسیژن به ورزش، اطلاعاتی جامع در زمینهٔ سازگارهای قلبی- تنفسی در پی تغییر موقعیت متابولیکی فراهم می‌کند. تعیین پاسخ‌های پویایی اکسیژن به ورزش روشی غیرتهاجمی است و برای متخصصان علم تمرین کارایی‌های بسیاری، از جمله پی بردن به آمادگی بدنی ورزشکاران، دارد. از سویی تمرینات HIIT به‌دلیل کارایی سریع و مؤثر، امروزه بسیار مورد توجه محققان و مربیان قرار گرفته است. در مورد تأثیرات HIIT بر پاسخ‌های پویایی اکسیژن مطالعات محدودی انجام گرفته است. در این مطالعات از تأثیر تمرینات HIIT بر بهبود ظرفیت هوازی و افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو و چربی‌سوز حمایت شده است (۴،۷،۸،۹،۱۵). اما براساس دانش ما روند زمانی و حداقل زمان تغییرات پویایی اکسیژن در پاسخ به تمرینات شدید تناوبی هنوز مشخص نیست.

در پژوهش حاضر مشاهده شد یک جلسه تمرین تناوبی شدید سبب افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود، درحالی‌که بر شاخص‌های پویایی اکسیژن از جمله کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و ثابت زمانی دوم اثری ندارد. جیبالا و همکاران (۲۰۱۰) اثر یک جلسه تمرین تناوبی شدید بر حداکثر اکسیژن مصرفی را مطالعه کردند که افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی آزمودنی‌ها پس از این تحقیق مشاهده شد (۹). شوئرمن و همکاران (۲۰۰۳) نیز طی تحقیقی از تأثیر مثبت حتی یک جلسه تمرین تناوبی شدید بر حداکثر اکسیژن مصرفی حمایت کردند که نتایج این مطالعات با نتایج تحقیق حاضر همسوست (۲۱). از سویی زنوتا و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند که یک جلسه تمرین تناوبی با شدت ۱۱۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی (۸ تکرار یک دقیقه‌ای) تأثیر معناداری بر حداکثر اکسیژن مصرفی و کسر اکسیژنی ندارد (۲۵) که با یافتهٔ مطالعهٔ حاضر همسو نیست که احتمالاً دلیل مغایرت به عواملی چون متفاوت بودن شدت و مدت تمرین و محدودهٔ سن آزمودنی‌ها با تحقیق حاضر مربوط است.

در ادامه یافته‌های پژوهش حاضر متعاقب دو جلسه تمرین تناوبی شدید، حداکثر اکسیژن مصرفی را افزایش داد و نیز موجب کاهش کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم شد، اما تأثیری بر کاهش ثابت زمانی اول نداشت. در این زمینه بارنلی و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده کردند دو جلسه تمرین تناوبی شدید با

۱۰۰ درصد VO_2max به مدت یک دقیقه فعالیت موجب افزایش ۲۰ درصدی حداکثر اکسیژن مصرفی و کاهش معنادار ثابت زمانی دوم و کسر اکسیژن می‌شود. در این تحقیق سازوکارهای محتمل در به‌وجود آمدن این پاسخ‌ها به بهبود زمان ریکاوری آزمودنی‌ها، کاهش آستانهٔ لاکتات و سریع‌تر شدن جذب اکسیژن و روان‌تر شدن جریان خون به عضلات نسبت داده شد (۷). همچنین مک‌کی و همکاران (۲۰۰۹) اثر تمرین تناوبی شدید بر پویایی اکسیژن را روی ۲۰ مرد فعال بررسی کردند که پروتکل تمرین کاملاً مشابه تحقیق حاضر بود. یافتهٔ مهم آنها این بود که پس از دو جلسه تمرین ثابت زمانی دوم و کسر اکسیژن نسبت به قبل از تمرین هر کدام ۲۰ درصد کاهش می‌یابند، درحالی‌که حداکثر اکسیژن مصرفی افزایش می‌یابد. به‌علاوه، پس از دو جلسه تمرین تغییر معناداری در ثابت زمانی اول مشاهده نشد (۱۸). در واقع یافته‌های این تحقیق مشابه تحقیق حاضر است. لیتل و همکاران (۲۰۱۰) اثرگذاری تمرین HIIT بر پویایی اکسیژن را ناشی از افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو مثل سیترات سنتتاز، پروتئین COX4 (موجب نسخه‌برداری بیشتر از میتوکندری‌ها می‌شود) و همین‌طور فعال شدن گیرندهٔ کواکتیور PGC 1 که تنظیم‌کنندهٔ اصلی بیوژنز میتوکندری در عضلات است، معرفی کردند (۱۷). عوامل بالا با افزایش تعداد و اندازهٔ میتوکندری‌ها، موجب جذب بیشتر اکسیژن در عضلات می‌شود و رسیدن به مرحلهٔ یکنواختی را سرعت می‌بخشد که با کاهش کسر اکسیژن و زمان رسیدن به ثابت زمانی دوم همراه است (۲۱).

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که چهار جلسه تمرین تناوبی شدید موجب بهبود معنادار عوامل پویایی اکسیژن (VO_2max، کسر اکسیژن و ثابت زمانی اول و دوم) می‌شود. در این زمینه هبستریت و همکاران (۱۹۹۸) اثر تمرین HIIT با شدت ۱۰۰ درصد VO_2max را روی کودکان بررسی کردند. پس از چهار جلسه تمرین آزمودنی‌ها کاهش معناداری در کسر اکسیژن و ثابت زمانی دوم (حدود ۳۰ درصد) و همچنین افزایش معناداری در VO_2max (حدود ۱۵ درصد) را تجربه کردند (۱۳). باردن و همکاران (۲۰۰۰) اثر تمرین HIIT بر کسر اکسیژنی را بررسی کردند. نتایج نشان داد پس از چهار جلسه تمرین با شدت ۱۱۰ درصد VO_2max، کسر اکسیژن در حدود ۳۵ درصد کاهش می‌یابد که سازوکار آن به کاهش لاکتات و بهتر شدن بافرینگ عضله نسبت داده شد (۳). همچنین پیشنهاد شده است در پی تمرینات HIIT و ترشح بیشتر آدرنالین، چربی‌سوزی بیشتر و سریع‌تر می‌شود، گلیکولیز بی‌هوازی و استفاده از سوبسترای کربوهیدرات به تعویق می‌افتد و زمان رسیدن به مرحلهٔ یکنواختی کاهش می‌یابد که همهٔ اینها با کاهش کسر اکسیژن همراه است (۲).

شوئرمن و همکاران (۲۰۰۳) نیز اثر تمرین HIIT را بر پویایی اکسیژن دوچرخه‌سواران بررسی کردند. پروتکل تمرینی شامل ده تکرار فعالیت یک‌دقیقه‌ای (با ۱۱۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) و ۱ دقیقه استراحت فعال بود. آنها دریافتند ثابت زمانی دوم و کسر اکسیژن آزمودنی‌ها متعاقب تمرین تناوبی شدید به‌طور معنادار کاهش می‌یابد (۲۱). همچنین مک‌کی و همکاران (۲۰۰۹) در ادامهٔ تحقیقات خود نتیجه گرفتند که چهار جلسه HIIT موجب افزایش معنادار در VO_2max و کاهش ۳۵ درصدی ثابت زمانی دوم و کسر اکسیژن می‌شود. اما تغییر معناداری در ثابت زمانی اول مشاهده نشد که به‌جز ثابت زمانی اول که مغایر تحقیق حاضر بود، در بقیهٔ فاکتورها، نتایج همسو با نتایج مطالعهٔ حاضر بود (۱۸). شاید دلیل مغایرت در نتایج ثابت زمانی اول به اختلاف موجود در ژنوم و اختلافات بین نژادها مربوط باشد (۲۳) یا اینکه متأثر از شیوه‌های تمرینی و ارزیابی پویایی اکسیژن (از جمله اجرای آزمون روی چرخ کارسنج یا نوار گردان) باشد (۱۳). شواهد نشان می‌دهند که تمرین تناوبی شدید با بهبود سیستم بی‌هوازی همراه است (۴،۱۶). در منحنی پویایی اکسیژن ثابت زمانی اول معرف سیستم بی‌هوازی و آزادسازی انرژی از فسفوکراتین است. در ابتدای ورزش اکسیـژن عضلات به علل مختلف نمی‌تواند از طریق مسیر هـوازی برآورده شود. بنابراین در این زمان نقش سیستم بی‌هوازی برجسته است (۴). تمرین HIIT می‌تواند موجب افزایش آنزیم‌های مسیر بی‌هوازی چون میوزین کیناز و کراتین کیناز شود (سنتز بیشتر فسفوکراتین) (۹). تمرین HIIT همچنین با کاهش معنادار در تجمع لاکتات، H^+ و افزایش در منوکربوکسیلات‌ها به کاهش اسیدیته و بهبود روند ریکاوری منجر می‌شود (۱۴). در مجموع این عوامل با کاهش ثابت زمانی اول همراه است (۹).

در مجموع، احتمالاً چهار جلسه تمرین تناوبی شدید، حداقل زمان لازم برای بهبود تمام شاخص های پویایی اکسیژن و متعاقب آن آمادگی بیشتر هوازی و بی‌هوازی (Vo_2max، کسر اکسیژن، ثابت زمانی اول و دوم)؛ و دو جلسه تمرین تناوبی شدید، حداقل زمان لازم برای بهبود شاخص‌های مؤثر در سیستم هوازی پویایی اکسیژن (Vo_2max، کسر اکسیژن، ثابت زمانی دوم) مردان است، ولی تأثیری بر بهبود آمادگی بی‌هوازی ندارد (به‌علت عدم تغییر معنادار ثابت زمانی اول). یک جلسه تمرین تناوبی شدید نیز تأثیری بر پویایی اکسیژن و آمادگی هوازی و بی‌هوازی ندارد. این نتایج برای متخصصان علم تمرین در راستای آماده‌سازی ورزشکارانی که زمان مناسب مرحلهٔ بدنسازی و آمادگی هوازی و بی‌هوازی را از دست داده‌اند، می‌تواند مفید باشد.

منابع و مآخذ

1.Artero EG, Lee DC, Lavie CJ, España-Romero V, Sui X, Church TS. (2012). "Effects of muscular strength on cardiovascular risk factors and prognosis". J Cardiopulm Rehabil Prev. 32(6): PP: 351-358.

2.Bacon AP, Carter RE, Ogle EA, Joyner MJ. (2013). "VO2max Trainability and High Intensity Interval Training in Humans: A Meta-Analysis". PLoS One. 8(9): PP: 73182-73188.

3. Bearden SE, Moffatt RJ. (2000). "VO(2) kinetics and the O(2) deficit in heavy exercise". J Appl Physiol. 88(4): PP: 1407-1412.

4.Boone J, Bourgois J. (2012). "The oxygen uptake response to incremental ramp exercise: methodogical and physiological issues". Sports Med. 42(6): PP: 511-526.

5.Buchheit M, Hader K, Mendez-Villanueva A. (2012). "Tolerance to high-intensity intermittent running exercise: Does oxygen uptake kinetics really matter". Front Physiol. 3: PP: 406-409.

6.Burnley M, Jones A. (2007). "Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance". Eur J S Sci. 7(2): PP: 63-79.

7.Burnley M, Jones AM, Carter H, Doust JH. (2000). "Effects of prior heavy exercise on phase II pulmonary oxygen uptake kinetics during heavy exercise". J Appl Physiol. 89(4): PP: 1387-1396.

8.Dunham C, Harms CA. (2012). "Effects of high-intensity interval training on pulmonary function". Eur J Appl Physiol. 112(8): PP: 3061-3068.

9. Gibala MJ, Jones A. (2013). "Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training". Nestle Nutr Inst Workshop Ser. 76: PP: 51-60.

10. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. (2012). "Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease". J Physiol. 590(5): PP: 1077-1084.

11.Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. (2013). "Sprint Interval Training Effects on Aerobic Capacity: A Systematic Review and Meta-Analysis". Sports Med. 12(5): PP: 251-259.

12. Gurd BJ, Peters SJ, Heigenhauser GJ, LeBlanc PJ, Doherty TJ, Paterson DH. (2008). "O2 uptake kinetics, pyruvate dehydrogenase activity, and

muscle deoxygenation in young and older adults during the transition to moderate-intensity exercise". Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 294(2): PP: 577-584.

13. Hebestreit H, Kriemler S, Hughson RL, Bar-Or O. (1998). "Kinetics of oxygen uptake at the onset of exercise in boys and men". J Appl Physiol. 85(5): PP: 1833-1841.
14. Jones AM, Krustrup P, Wilkerson DP, Berger NJ, Calbet JA, Bangsbo J. (2012). "Influence of exercise intensity on skeletal muscle blood flow, O2 extraction and O2 uptake on-kinetics". J Physiol. 590(17): PP: 4363-4376.
15. Korzeniewski B, Zoladz JA. (2013). "Slow VO2 off-kinetics in skeletal muscle is associated with fast PCr off-kinetics--and inversely". J Appl Physiol. 115(5): PP: 605-612.
16. Kirsten A, Burgomaster I, Scott C, Hughes I, George J. (2005). "Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans". J Appl Physiol. 98: 1985–1990
17. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. (2010). "A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms". J Physiol. 588(6): PP: 1011-1022.
18. McKay BR, Paterson DH, Kowalchuk JM. (2009). "Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O2 uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance". J Appl Physiol. 107(1): PP: 128-138.
19. McNarry MA, Welsman JR, Jones AM. (2011). "Influence of training status and exercise modality on pulmonary O2 uptake kinetics in pubertal girls". Eur J Appl Physiol. 111(4): PP: 621-631.
20. Samantha G. Neil A. (2004). "Longitudinal changes in the kinetic response to heavy-intensity exercise in children". J Appl Physiol. 97: 460–466.
221. Scheuermann BW, Barstow TJ. (2003). "O2 uptake kinetics during exercise at peak O2 uptake". J Appl Physiol. 95(5): PP: 2014-2022.
22. Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL.

(2007). "Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women". J Appl Physiol. 102(4): PP: 1439-1447

23.Timmons et al (Jun 2010). "Using molecular classification to predict gains in maximal aerobic capacity following endurance exercise training in humans". J Appl Physiol. 108(6): 1487–96.

24. Williams AM, Paterson DH, Kowalchuk JM. (2013). "High-intensity interval training speeds the adjustment of pulmonary O2 uptake, but not muscle deoxygenation, during moderate-intensity exercise transitions initiated from low and elevated baseline metabolic rates". J Appl Physiol. 114(11): PP: 1550-1562.

25. Zanconato S, Cooper DM, Armon Y. (1991). "Oxygen cost and oxygen uptake dynamics and recovery with 1 min of exercise in children and adults". J Appl Physiol. 71(3): PP: 993-998.