مجله دانشگاه علوم پزشکی جیرفت

دوره ٦، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۸

تأثیر تمرین تناوبی فزآینده و شرایط کاهش اکسیژن در محیط کم فشار شبیه ساز ارتفاع بر تغییرات وزنی و عملکرد استقامتی موش صحرایی نر در پی سه هفته کاهش بار تمرینی

دریافت: ۱۳۹۸/۸/۸ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۲

شادمهر میردار[۱]، صابر نیازی*[۲]، عطیه قلی زاده مقدم[۳]، رضا بزار[٤]

۱. استاد فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران ۲. دانشجوی دکتری فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران ۳. دانشجوی دکتری فیزیولوژی فعالیت ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران ۴. دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی فعالیت ورزشی محض، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: سازگاری با ارتفاع به عنوان تمرین مکمل برای افزایش سطح آمادگی و قابلیت‌های فیزیولوژیکی مورد توجه ورزشکاران است. تحقیق حاضر، به تعیین تأثیر تمرین تناوبی فزآینده در شرایط کاهش اکسیژن در محیط کم فشار شبیه ساز بر تغییرات وزنی و عملکرد استقامتی موش‌ها در یک دوره کاهش بار تمرینی سه هفته‌ای پرداخته است.

روش کار: تعداد ۳۵ موش صحرایی ویستار نر چهار هفته‌ای با میانگین وزنی ۹±۸۱ گرم به طور تصادفی به گروه‌های کنترل (۱۰ موش) و تمرین (۲۵ موش) تقسیم شدند. گروه تمرین پس از دو هفته آشنایی با محیط در پایان دوره ۶ هفته‌ای تمرین تناوبی فزآینده (۵ جلسه در هفته، هر جلسه ۳۰ دقیقه و با سرعت ۱۵ تا ۷۰ متر بر دقیقه)، به گروه‌های سه هفته‌ای هایپوکسی، کاهش بار تمرین (taper)، کاهش بار- هایپوکسی و ادامه دهنده تمرین تناوبی فزآینده تقسیم شدند. تغییرات وزن و عملکرد استقامتی گروه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون توکی در سطح $p\leq ۰/۰۵$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد زمان واماندگی گروه‌های هایپوکسی و کاهش بار- هایپوکسی در مقایسه با گروه تمرین تناوبی فزآینده، افزایش معنی‌دار ۳۰/۵۹٪ و ۳۷/۰۸٪ دارند (p=۰/۰۰۱). در آزمون عملکرد نیز گروه کاهش بار- هایپوکسی بهترین عملکرد را نسبت به گروه تمرین نشان داد که این افزایش معنی‌دار بود (p=۰/۰۰۲). با ادامه تمرین نیز افزایش معنی‌داری در وزن تمامی گروه‌ها مشاهده شد (p=۰/۰۰۱).

نتیجه‌گیری: بکارگیری شرایط کمبود اکسیژن و روش کاهش بار تمرین اثر مثبتی بر عملکرد، ظرفیت استقامتی و زمان رسیدن به واماندگی دارد و هر دوی این شرایط باهم نیاز به بررسی بیشتری دارد.

کلیدواژه‌ها: کاهش اکسیژن، محیط کم فشار، تمرین تناوبی فزآینده، کاهش بار تمرین

***نویسنده مسئول:** دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی فیزیولوژی عصبی عضلانی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، تهران

ایمیل: saber_niazi@yahoo.com **تلفن:** ۰۹۳۵۷۴۱۸۵۸۵ **نمابر:** ۰۲۱۲۲۴۳۳۰۶۱

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

مقدمه

پیشرفت روزافزون علوم ورزشی در سایه پژوهش‌ها و تجارب ارزنده پژوهشگران پیشین، موجب تخصصی شدن شاخه‌های علمی و رشته‌های ورزشی و تکامل برنامه‌های تمرینی شده است (۱). برخی رویکردهای کلاسیک و نوین علمی ورزشی از جمله کاهش بار تمرینی و نیز عوامل محرک محیطی چون کاهش سطح اکسیژن[1] در دسترس با هدف ایجاد تغییر در سازوکارهای فیزیولوژیکی و عملکردی مورد توجه مربیان و ورزشکاران است (۲، ۳).

بررسی سطح آمادگی و قابلیت‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران برای برنامه‌ریزی و ارتقای کمی و کیفی عملکرد ورزشی ضروری است. از اینرو ورزشکاران نخبه برای سازگاری با ارتفاع یا کاهش اکسیژن از این الگوهای تمرینی به عنوان روش مکمل جهت بهبود عملکرد استفاده می‌کنند. کاهش اکسیژن به شیوه‌های گوناگون برای بهبود عملکرد در سطح دریا مورد استفاده و پژوهش قرار می‌گیرد (۱، ۴). روش تناوبی قرار گرفتن ناپیوسته در معرض شرایط کاهش اکسیژن برای اولین بار توسط Wilber و همکاران معرفی شد (۵). به نظر می رسد این روش راهکاری مؤثر جهت بهبود عملکرد هوازی در سطح دریا باشد (۶). واکنش‌های کاملاً پیچیده‌ای در سازگاری انسان با شرایط کاهش اکسیژن در دسترس ایجاد می‌شود که دستگاههای مختلف بدن را تحت تأثیر قرار داده و بدن بلافاصله مکانیسم‌های جبرانی را در برابر کمبود اکسیژن اعمال می‌کند (۷). پژوهشگران ساز و کار بهبود عملکرد ناشی از خوگیری در ارتفاع را، افزایش اکسیژن مصرفی بیشینه و افزایش ظرفیت هماتولوژیکی گزارش کرده‌اند (۴). با این حال، میزان فعالیت و مدت زمان حضور در ارتفاع در سازگاری‌های ناشی از ارتفاع مؤثر است (۸).

در این زمینه، مطالعات نشان داده‌اند که ورزشکاران استقامتی مزایایی را از تمرین در ارتفاع برای بهبود عملکرد بدست می‌آورند (۹). Levin و همکاران که قرارگیری دوچرخه-سواران استقامت در شرایط کاهش اکسیژن به مدت ۲۰ ساعت در روز در ارتفاع ۲۵۰۰ متری برای چهار هفته را بررسی کردند، افزایش حجم گلبول‌های قرمز، حداکثر اکسیژن مصرفی و بهبود عملکرد را نشان دادند. در مقابل گروه کنترل با زندگی در سطح دریا، هیچ بهبودی در عملکردشان نداشتند (۱۰). در تحقیقی که توسط Robach و همکاران در سال ۲۰۰۵ روی ۱۸ شناگر که به مدت ۱۳ روز انجام شد، افزایش کوتاه مدت حجم گلبول‌های قرمز را بدون تأثیر روی عملکرد نشان دادند (۶). همچنین Peddler و همکاران عدم بهبود عملکرد در شرایط کاهش اکسیژن را در تمرینات هوازی، ۴۵ دقیقه در روز، به مدت هشت روز نشان داد (۱۱).

در گذشته، اعمال کاهش اکسیژن فقط در ارتفاع امکان داشت، ولی امروزه با فراهم کردن این شرایط در آزمایشگاه، ورزشکاران به راحتی می‌توانند به بالاترین سطح آمادگی قلبی تنفسی دست یابند. استفاده از دستگاه‌های شبیه ساز ارتفاع به صورت چادرهای هایپوکسی، آپارتمان‌های هایپوکسی برای خواب و تمرین، محفظه و دستگاه‌های القای هایپوکسی تمرین تناوبی کوتاه‌مدت[2] و استراحتی[3] در شرایط کم فشار و فشار طبیعی به عنوان جایگزین ارتفاع برای تمرین ورزشکاران طراحی شده است (۱۲).

از سویی دیگر، تمرینات تناوبی از جمله برنامه‌های تمرینی است که می‌تواند با بهبود عملکرد استقامتی و تنظیم تعادل انرژی نقش مؤثری بر درصد چربی بدن، شاخص توده بدنی و توده عضلانی داشته باشد (۱۲، ۱۳). پژوهشگران تأکید دارند که تمرین تناوبی شدید، روشی مؤثرتر برای افزایش سازگاری فیزیولوژیکی و بهبود عملکرد ورزشکاران تمرین کرده‌ی استقامتی و تمرین تناوبی سرعتی کوتاه مدت، سبب کاهش خستگی، افزایش سازگاری فیزیولوژیکی و با کاهش بار تمرینی موجب بهبود قابلیت و مدت عملکرد ورزشکاران می‌شود. این نوع تمرینات شدید قبل از کاهش بار نقش کلیدی در ایجاد حداکثر سازگاری فیزیولوژیکی و عملکرد ایفا می‌کنند (۱۴).

کاهش بار تمرینی[4] به دوره زمانی پس از تمرینات و پیش از مسابقات اطلاق می‌شود که برای جلوگیری از خستگی ناشی از تمرین، از میزان آن کاسته می‌شود. در واقع کاهش بار تمرینی یک کاهش تدریجی در بار تمرینی است که به ظرفیتهای فیزیولوژیکی که در تمرینات شدید پیشین آسیب دیده‌اند امکان بازیافت و سازگاری‌های بعدی ناشی از ورزش را همراه با کارایی بهتر در عملکرد رقابتی فراهم می‌کند. اما در مورد کاهش بار تمرینی باید توجه داشت که نباید به سازگاری

[1] Hypoxia
[2] Intermittent Hypoxic Training
[3] Intermittent Hypoxic Exposure
[4] Taper

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

ایجاد شده ناشی از تمرین، آسیب وارد نموده و یا منجر به بی-تمرینی شود (۱۵). بی‌تمرینی در این موارد می‌تواند آسیب‌های مختلف در سازگاری ایجاد شده با تمرین قبلی ایجاد نماید که سبب تغییرات وزنی و کاهش توده بدون چربی ورزشکار و در نهایت منجر به افت عملکرد ورزشی می‌شود. اکثر مطالعات کاهش بار تمرینی یک تا سه هفته‌ای را توأم با افزایش عملکرد، افزایش فعالیت آنابولیکی، کاهش استرس فیزیولوژیکی و ترمیم ایمنی مخاطی و عملکرد سیستم ایمنی گزارش کرده اند (۱۶). به طور کلی نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد دوره کاهش بار تمرینی اثرات مثبت فیزیولوژیکی و روانی بر عملکرد ورزشکار دارد (۱۵-۹).

بنابراین با توجه به گزارشات متعدد اثر بخشی هایپوکسی در بهبود عملکرد و نیز سازگاری‌های فیزیولوژیکی ناشی از کاهش بار تمرینی در هفته‌های پیش از مسابقه، در تحقیق حاضر محقق در پی آن است تا اثربخشی شرایط محیطی کاهش اکسیژن در محیط کم فشار در یک دوره ۲۱ روزه (۵ روز در هفته) را با استفاده از هایپوکسی تناوبی معادل ارتفاع متوسط ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متری همراه با تمرینات تناوبی در کنار یک دوره کاهش بار تمرینی سه هفته ای، بر عملکرد ورزشی در متغیرهای آن، از جمله، زمان واماندگی و عملکرد استقامتی طی دوره تمرین و تغییرات وزنی موش‌های صحرایی نر و همچنین بررسی عملکرد در زمان های مختلف کاهش بار تمرین مورد مطالعه قرار دهد.

روش کار

پژوهش حاضر یک مطالعه تجربی است که در آن ابتدا ۳۵ موش صحرائی نر چهار هفته‌ای با میانگین وزنی ۹±۸۱ گرم از مرکز انستیتو پاستور آمل تهیه شد و پس از دو هفته آشنایی با محیط و آشنایی با فعالیت بر روی نوارگردان از شش هفتگی تمرین را شروع کردند. موش‌ها به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و تمرین اولیه تقسیم شدند. پس از شش هفته تمرین تناوبی، موش‌های گروه تمرین برای اجرای قسمت بعدی پروتکل پژوهش بر اساس میانگین وزنی (۳۱± ۲۲۱) گرم (در کنار آن استراحت برای گروه کنترل، ۹ هفته) به گروه‌های کنترل، تمرین تناوبی، کاهش بار تمرین، هایپوکسی، کاهش بار- هایپوکسی تقسیم شدند. هر گروه شامل ۵ سر موش صحرائی بود که در قفس‌های پلی‌کربنات شفاف در محیطی با دمای ۱±۲۲/۴ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۴۵٪ تا ۵۵٪ و چرخه تاریکی به روشنایی ۱۲:۱۲ ساعت نگهداری شدند. در طی پژوهش غذای استاندارد و آب به صورت آزاد در اختیار حیوانات قرار گرفت (۱۷).

این تحقیق مطابق با راهنمای ملی انستیتو بهداشت برای مراقبت و استفاده از حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است. کلیه آزمایشاتی که حیوانات انجام می‌دادند طبق سیاست کنوانسیون ایران برای حمایت از حیوانات مهره دار مورد استفاده در آزمایش و سایر اهداف علمی انجام شد.

الف- برنامه تمرینی

مرحله آشنایی شامل چهار جلسه برنامه تمرینی تناوبی با شدت بالا با سرعت ۱۰ تا ۲۵ متر بر دقیقه و شیب صفر درصد به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه، مطابق با الگوی برنامه‌ی تمرینی تناوبی فزاینده اجرا شد. برنامه تمرینی تناوبی فزآینده، به صورت ۱۰ تکرار یک دقیقه‌ای و استراحت فعال دو دقیقه‌ای اجرا شد، به گونه‌ای که کل زمان تمرین روزانه برای هر آزمودنی ۳۰ دقیقه طول می‌کشید. آزمودنی‌ها برنامه تمرین تناوبی فزآینده را با سرعت ۲۵ متر بر دقیقه شروع و با سرعت ۷۰ متر بر دقیقه به پایان رساندند. به غیر از زمان فعالیت اصلی، پنج دقیقه برای گرم کردن و پنج دقیقه برای سرد کردن در نظر گرفته‌شد (جدول ۱). این برنامه به مدت شش هفته و هر هفته نیز در پنج جلسه اجرا شد. موش‌ها پس از شش هفته تمرینات تناوبی فزآینده وارد مرحله هایپوکسی و کاهش بار تمرینی شدند. موش‌ها در مرحله هایپوکسی، در محفظه‌ای تحت شرایط هایپوکسی مصنوعی و معادل ارتفاع ۲۵۰۰ متری قرار گرفتند (تصویر ۱) (۱۸).

ب- سنجش وزن و عملکرد استقامتی

اندازه‌گیری وزن برای تمام گروه‌ها در انتهای هر هفته تمرین تناوبی و کاهش بار تمرینی پس از آخرین جلسه هفتگی، با ترازوی Sartorius: BI 1500 با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه-گیری شد. همچنین حداکثر ظرفیت عملکرد استقامتی در انتهای هفته ششم تمرین اینتروال و سه هفته‌ی هایپوکسی و کاهش بار تمرین با استفاده از آزمون وامانده ساز اندازه گیری شد. زمان رسیدن به واماندگی از طریق شوک ملایم مشخص گردید. هرگاه موش‌های صحرایی در مدت ۲ دقیقه ۵ بار به دستگاه شوک در انتهای نوار گردان برخورد می‌کردند و یا بازتاب برگشت و ایستادن قائم بر روی پا را نشان می‌دادند وامانده تلقی می‌شدند (۱۹).

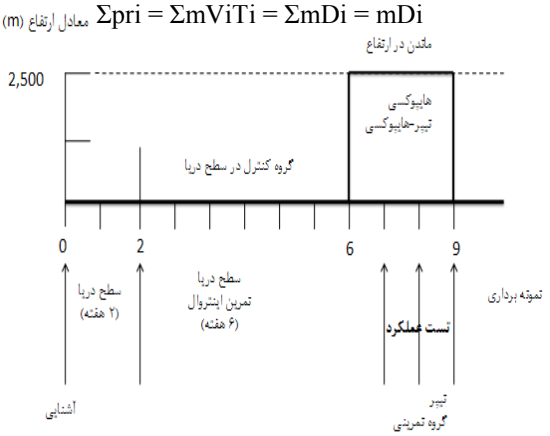
[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

جدول ۱. پروتکل برنامه تناوبی فزاینده

سرعت تمرین (متر بر دقیقه)	۱۰-۲۵	۲۵-۳۵	۳۰-۴۵	۴۵-۵۵	۵۰-۶۵	۶۰-۷۰	۶۵-۷۰
سرعت استراحت (متر بر دقیقه)	۱۰	۲۰-۱۰	۲۵-۱۵	۳۰-۲۵	۳۵-۲۵	۳۵-۳۰	۳۵-۳۰
مدت تمرین (دقیقه)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
مدت استراحت (دقیقه)	۲	۲	۲	۲	۲	۲	
تعداد تکرار	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	
تعداد جلسات در هفته	۵	۵	۵	۵	۵	۵	

پروتکل آزمون شامل گرم کردن تدریجی با شدت ۱۵ الی ۲۵ متر بر دقیقه و آزمون عملکرد استقامتی با سرعت ۶۵ متر بر دقیقه با استفاده از زمان‌سنج اندازه‌گیری و ثبت شد (۲۰). ۴۸ ساعت قبل و بعد از آزمون، برنامه تمرین اصلی متوقف و به موش‌ها استراحت داده شد. سپس عملکرد گروه‌ها طبق فرمول محاسبه گردید (۲۱) Pri: عملکرد (Kg.m)، m: وزن (Kg)، Vi: سرعت (m/min)، Ti: زمان (min)، Di: مسافت طی شده (m).

$$\Sigma pri = \Sigma mViTi = \Sigma mDi = mDi$$



تصویر ۱. شیوه انجام پروتکل و تست‌های عملکرد

تجزیه و تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش از آمار توصیفی، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی توکی استفاده شد. کلیه محاسبات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه ۲۱) انجام و $p<۰/۰۵$ به عنوان سطح معناداری در نظر گرفته شد.

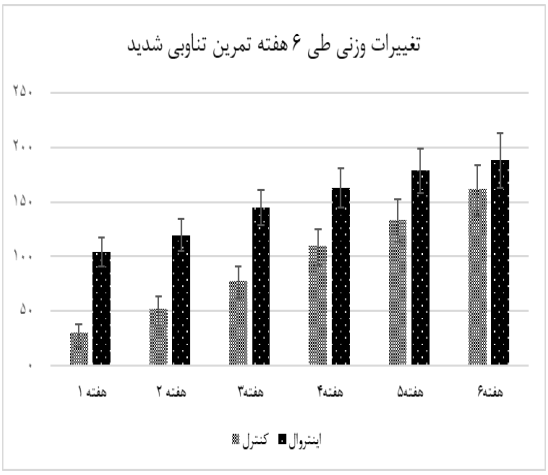
نتایج

نمودار ۱، میانگین وزن و انحراف استاندارد موش‌ها در طول شش هفته تمرین تناوبی و نمودار ۲، میانگین وزن و انحراف استاندارد مرحله دوم پروتکل مداخلات تمرینی یعنی سه هفته هایپوکسی و کاهش بار تمرینی و کاهش بار- هایپوکسی را نشان می‌دهد. با ادامه پروتکل تمرین، افزایشی در وزن تمامی گروه‌ها مشاهده شد.

بررسی تغییرات وزنی نمونه‌ها، بین هفته‌ها با مقدار F=۵۰/۰۸ و مقدار p=۰/۰۰۱ معنی‌دار بود. اما تغییرات وزنی بین گروه تمرین تناوبی با شدت بالا و کنترل طی هفته اول تا ششم به ترتیب، ۳۳/۸۲٪، ۳۸/۷۲٪، ۴۲/۱۴٪، ۳۸/۹۸٪، ۳۴/۰۶٪ و ۱۶/۰۵٪ افزایش وزن داشته که البته هیچ یک از این مقادیر معنادار نبود. بررسی بین گروهی وزن آزمودنی‌ها نیز حاکی از وجود اختلاف بین گروه‌های تمرینی با یکدیگر است که این اختلاف در هفته هفتم در گروه‌های کاهش بار تمرینی، هایپوکسی و کاهش بارتمرینی- هایپوکسی با گروه کنترل به ترتیب ۳۰/۱۴٪ (p=۰/۰۰۱)، ۲۲/۴۷٪ (p=۰/۰۰۲)، و ۲۸/۵۶٪ (p=۰/۰۰۱) معنادار گزارش شد. همچنین در هفته هشتم، معناداری در گروه کاهش بار تمرینی نسبت به گروه

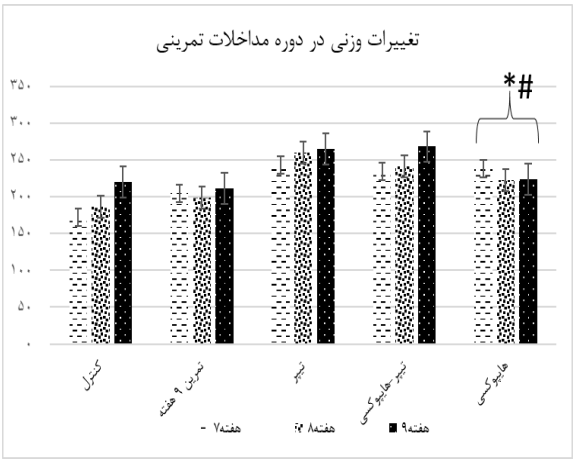
[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

کنترل و تناوبی (به ترتیب ۲۸/۵۱٪ (p=۰/۰۰۳)، و ۲۳/۶۰٪ (p=۰/۰۰۱)، نشان داده شد.



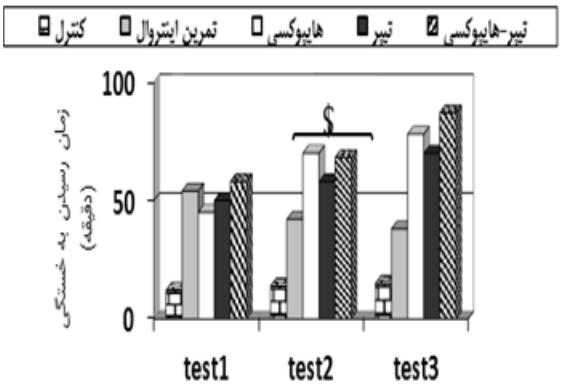
نمودار۱. تغییرات وزن آزمودنی‌ها در شش هفته تمرین تناوبی

در هفته نهم نیز کاهش بار تمرینی- هایپوکسی نسبت به گروه کنترل و گروه تمرین (به ترتیب ۲۰/۹۴٪ و ۱۵/۸۹٪) (p=۰/۰۰۳) و کاهش بار تمرینی با ۱۹/۸۵٪ نسبت به گروه کنترل معنادار شدند (p=۰/۰۰۱) (نمودار شماره ۲).



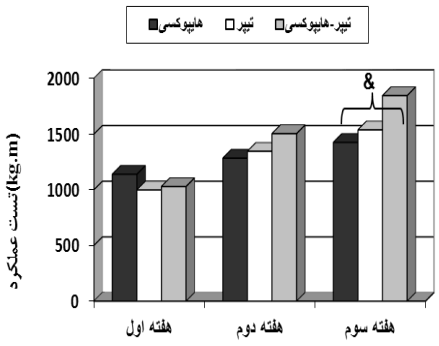
نمودار ۲. تغییرات وزن آزمودنی‌ها در شش هفته تمرین تناوبی و سه هفته هایپوکسی و کاهش بارتمرینی* معنی‌داری با گروه تمرین ۹ هفته، # معنی‌داری با گروه کنترل

با توجه به نتایج آنالیز واریانس یکطرفه و ارزش F به دست آمده (۱۰/۹۲۶)، تفاوت معنی‌داری (p=۰/۰۰۱) در زمان خستگی گروه‌های تمرینی با گروه کنترل وجود دارد، به نحوی که همه نوع شرایط تمرینی از جمله هایپوکسی و کاهش بار تمرینی، میانگین زمان رسیدن به خستگی را در گروه‌های تمرینی افزایش داده‌است. نتایج آزمون توکی جهت مقایسه با گروه تمرین تناوبی نشان می‌دهد که گروه‌های هایپوکسی و کاهش بار تمرینی-هایپوکسی به ترتیب ۳۰/۵۹٪ (p=۰/۰۰۱) و ۳۷/۰۸٪ (p=۰/۰۰۱) افزایش معنی‌داری داشتند. به علاوه، نتایج آزمون عملکرد نمونه‌ها نشان داد که اعمال هر یک از مداخلات تمرینی از جمله کاهش بار تمرینی و هایپوکسی در هر سه گروه، کاهش بار تمرینی- هایپوکسی، کاهش بار تمرینی و هایپوکسی در مقایسه با دوره تمرینی تناوبی، بهترین میانگین زمان رسیدن به خستگی را در آزمون عملکرد نمونه‌ها به‌همراه داشته است (p=۰/۰۰۱).



نمودار۳. مقایسه میانگین زمان رسیدن به خستگی در گروه‌های تمرینی. $ معناداری نسبت به گروه تمرین تناوبی

مقایسه عملکرد آزمودنی‌ها در سه هفته نیمه دوم پروتکل تمرینی نشان می‌دهد که عملکرد استقامتی موش‌های صحرایی در هفته سوم دوره کاهش بار در تمامی گروه‌ها بالاتر از هفته دوم و اول بوده است (نمودار ۴).



[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

نمودار۴. مقایسه عملکرد (pri) بر حسب کیلوگرم متر در هفته‌های مرحله‌ی دوم پروتکل. & نشان معناداری نسبت به هفته اول

بحث

امروزه رابطه فعالیتهای ورزشی با شرایط محیطی مختلف و تأثیر این شرایط بر بهبود عملکرد ورزشی بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته‌است. به همین دلیل ورزشکاران نخبه برای سازگاری با ارتفاع یا هایپوکسی به عنوان تمرین مکمل، که ممکن است عملکرد سطح دریا را بهبود بخشد، از روش تمرین و ارتفاع استفاده می‌کنند. اگرچه تفاوت‌های اساسی بین روشهای تمرین در ارتفاع یا قرارگیری در شرایط هایپوکسی وجود دارد، اما همه آنها با هدف بهبود عملکرد ورزشی در سطح دریا استفاده می‌شوند (۴). خوگیری با ارتفاع بالا شامل یک سری از سازگاری‌های فیزیولوژیکی مرکزی (همچون تهویه، همودینامیک یا سازگاری عصبی) و محیطی (مانند ظرفیت بافری عضله یا اقتصاد حرکت) دیگری است که ممکن است تئوری انتقال و ارسال اکسیژن و استفاده از آن در طی ورزش را بهبود بخشد. با این حال، احتمالاً، مهم‌ترین سازگاری در جهت بهبود عملکرد در سطح دریا، افزایش در حجم سلول‌های قرمز خون است که ظرفیت حمل اکسیژن در خون را افزایش و قدرت هوازی را بهبود می‌بخشد (۲۲). دستگاه تنفسی نیز تغییراتی را جهت جبران کاهش فشار سهمی اکسیژن که همراه با افزایش ارتفاع به وجود می‌آید متحمل می‌شود. یکی از عمده‌ترین این سازگاری‌ها، تغییراتی است که در تعداد و ساختار عروق اتفاق می‌افتد و منجر به بهبود حداکثر اکسیژن مصرفی می‌شود (۴).

هدف از پژوهش حاضر تأثیر یک دوره نه هفته‌ای تمرین اینتروال و استفاده از شرایط کاهش اکسیژن در محیط کم فشار بر تغییرات وزنی و عملکرد استقامتی در پی یک دوره کاهش بار تمرینی موش‌های صحرایی نر بود. نتایج آماری در این تحقیق مشخص کرد که سه هفته قرار گرفتن در شرایط کمبود اکسیژن و استفاده از الگو کاهش بار تمرین موجب بروز تغییرات مشخص در بهبود عملکرد استقامتی شده است، اما شرایط هایپوکسی در ترکیب با روش کاهش بار تمرینی در مقایسه با هایپوکسی و یا کاهش بار تمرینی به تنهایی بهبود عملکرد بیشتری را سبب می‌شود که این افزایش در مقایسه با گروه تمرین تناوبی معنادار گزارش شد.

برخی تحقیقات که بهبود در توان هوازی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی را به همراه داشته‌اند اظهار می‌کنند که هایپوکسی می‌تواند به تنهایی محرک اولیه برای بهبود عملکرد ورزشکاران باشد، به نظر می‌رسد علاوه بر شدت و مدت هایپوکسی اعمال شده، نوع و مرحله فعالیت فرد نیز مؤثر باشد. در این زمینه اشاره شده است که احتمالاً این نوع تمرین خاص هایپوکسی تناوبی در زمان کاهش حجم تمرینات مؤثرتر است (۲۳). اما پژوهش‌هایی که هایپوکسی و کاهش بار تمرینی را همزمان در بهبود عملکرد بررسی کرده باشد یافت نشد. از اینرو به بررسی جداگانه‌ی هر کدام از این متغیرها می‌پردازیم.

مدت زمان مطلوب برای سرعت بخشیدن به اریتروپویزیس چهار هفته گزارش شده‌است؛ با این وجود، در راستای این تحقیق، قرارگیری به مدت ۳ هفته (۱۸ روز) نیز برای تغییرات مفید در فاکتورهای بهبود عملکرد همچون اقتصاد حرکت، ظرفیت بافری عضله و پاسخ‌های تهویه‌ای هایپوکسی یا فعالیت ATPase به اندازه کافی طولانی گزارش شده است. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌ی Levine BD و همکاران که بهبود عملکرد دویدن در سطح دریا را در دونده‌های تمرین‌کرده وابسته به سازگاری‌های ارتفاع (افزایش حجم توده‌ی سلول‌های قرمز و حداکثر اکسیژن مصرفی با حفظ سرعت تمرینی در سطح دریا) گزارش کردند همسو می‌باشد (۲۲).

Levine BD و همکاران که افزایش معنادار عملکرد استقامتی در سطح دریا را بعد از ۲۷ روز اقامت در ارتفاع متوسط ۲۵۰۰ متری روی ۱۴ورزشکار مرد و ۸ ورزشکار زن نخبه نشان دادند، به این نتیجه رسیدند که استراتژی اقامت در ارتفاع برای بهبود عملکرد در سطح دریا حتی در ورزشکاران نخبه نیز مؤثر است. همچنین این محققان بعد از شش سال اثر اقامت چهار هفته‌ای در ارتفاعات متوسط ۲۵۰۰ متری در بهبود عملکرد در سطح دریا ۱۳ دونده را گزارش کردند.

Levine و همکاران بهبود عملکرد را در دوچرخه‌سواران استقامت که به مدت ۲۰ ساعت در روز در ارتفاع ۲۵۰۰ متری برای چهار هفته در معرض هایپوکسی بودند به سبب افزایش حجم گلبول‌های قرمز و حداکثر اکسیژن مصرفی نشان دادند (۲۲). Sanders و همکاران نیز اثرات زندگی در ارتفاع و در محیط هیپوباریک هیپوکسی بر روی عملکرد هوازی و اقتصاد کار در ورزشکاران بر روی ۴۰ ورزشکار استقامتی را در بهبود عملکرد گزارش کردند (۲۴).

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

از طرف دیگر، بهبودی‌های معنادار عملکرد بعد ازکاهش بار تمرینی برای دونده‌ها، شناگران، دوچرخه‌سواران، قایق‌رانان و ورزشکاران سه‌گانه در کاهش بار تمرینی خیلی کوتاه (<۷) یا خیلی طولانی (<۲۸) گزارش شده است (۲۵). تغییرات در سیستم قلبی تنفسی در نتیجه‌ی افزایش در حداکثر اکسیژن مصرفی است اما تنها شرط لازم برای افزایش عملکرد ناشی از کاهش بار تمرینی نیست. تغییرات در هماتولوژی طی کاهش بار تمرینی نیز، تعادل مثبت بین همولوزیس و اریتروپویزیس در جهت افزایش عملکرد را نشان می‌دهد. از دیدگاه عصبی عضلانی هم، کاهش بار تمرینی معمولاً با افزایش در قدرت عضلانی باعث بهبود عملکرد در عضلات و تمام سطح بدن می‌شود (۲۶). Loren buskt و همکاران حداکثر عملکرد را طی دو هفته کاهش بار تمرینی بدست آوردند که حجم تمرینی را ۴۱-۶۰ درصد کاهش دادند (۲۵). Mujika و همکاران نیز بهبود عملکرد ناشی از کاهش بار تمرینی را در شناگران المپیاد سیدنی ۲۰۰۰ گزارش کردند (۱۵). همچنین یافته‌ی دیگر این پژوهشگر و همکاران (۱۹۹۷) نیز نشان داد که هفت روز کاهش بار تمرینی عمکرد مسافت و اقتصاد دویدن را بهبود می‌بخشد (۲۶).

در مقابل Townsend و همکاران بعد از آنالیز شش تحقیق متفاوت از اقامت درارتفاع برای بهبود عملکرد در سطح دریا هیچ گونه افزایش معنی‌داری در عملکرد گزارش نکردند و حتی نتایج به کاهش حداکثر اکسیژن مصرفی هم گرایش داشتند (۲۷).

Levine و همکاران که اثر زندگی در ارتفاعات بالا را بر روی عملکرد شناگران تمرین کرده به مدت ۲ هفته بررسی کردند، به این نتیجه رسیدند که زندگی در شرایط هایپوکسی ممکن است تولید سلول‌های قرمز را بدون هیچ‌گونه بهبودی در عملکرد هوازی افزایش دهد (۲۲). همچنین در تحقیقی دیگری توسط Robach و همکاران بر روی اسکی بازان نخبه صورت گرفت، تحریک اریتروپویزیس با افزایش ارتفاع بود که باز هم هیچ مزیتی در انتقال اکسیژن و در نتیجه افزایش عملکرد گزارش نشد (۲۸). این محققان اثربخشی هایپوکسی را با گذراندن مدت زمان بیشتر از یک دوره ۱۸ روزه در محیط هایپوکسی و نسبت سطوح مختلف هایپوکسی پیشنهاد می‌کنند.

بررسی طول دوره کاهش بار تمرینی نیز حاکی از آن است که کاهش بار تمرینی ۳ هفته‌ای باعث بهبود بیشتری در عملکرد استقامتی و مدت زمان واماندگی نسبت به کاهش بار تمرینی دو هفته‌ای در موش‌های صحرایی نر می‌شود. این در حالی است که Bosquet و همکاران به این نتیجه رسیدند که یک کاهش بار تمرینی دو هفته‌ای که حجم تمرین به صورت تصاعدی حدود ۶۰-۴۱ درصد کاهش می‌یابد، به نظر می‌رسد روش مؤثرتری برای به دست آوردن حداکثر عملکرد باشد (۲۴). در حالی که فرهنگی ملکی و همکاران تأثیر ۲ مدت زمان مختلف کاهش بار تمرینی را بر روی عملکرد دوچرخه سواران مرد نخبه بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که یک دوره کاهش بار تمرینی ۱ و ۳ هفته باعث بهبود عملکرد بدنی در تمرین دوچرخه‌سواری می‌شود. آنها همچنین بیان کردند که در ورزش رقابتی یک کاهش بار تمرینی ۳ هفته‌ای احتمالاً از طریق کاهش ایجاد عفونت می‌تواند در بهبود عملکرد مؤثر باشد (۲۹).

همچنین در این پژوهش تغییرات وزنی در شرایط هایپوکسی و اعمال یک دوره کاهش بار تمرینی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد کاهش بار تمرینی و کاهش بار تمرینی- هایپوکسی (۲۰/۹۴٪ و ۱۹/۸۵٪) افزایش وزن بیشتری را سبب می‌شود که این افزایش وزن به طور میانگین در گروه کاهش بار تمرینی که با سرعت ۵۰ متر بر ثانیه تمرین داشتند و گروه کاهش بار تمرینی- هایپوکسی که با همین سرعت اما در شرایط هایپوکسی نیز بودند در مقایسه با گروه تمرینی که هیچ یک از مکمل‌های تمرینی را دریافت نکرد، به ترتیب ۱/۲۸٪ و ۵/۹۲٪ کمتر بود. Izquiero Gabarren و همکاران، تغییرات ایجاد شده در عصب و عضله، ترکیب بدن و مارکرهای استقامتی را در طول ۴ هفته کاهش بار تمرینی و بعد از آن در ۵ هفته کاهش تمرین یا قطع تمرین، در کایاک کارهای رده جهانی بررسی کرده و نشان دادند که کاهش بار تمرینی بعد از تمرینات ورزشی از کاهش شدید عملکرد عصبی عضلانی و توده بدون چربی در مقایسه با استراحت مطلق در این دوره جلوگیری می‌کند (۳۰). همچنین افزایش وزن در این پژوهش می‌تواند ناشی از افزایش سن آزمودنی‌ها باشد. اما با توجه به اینکه اثرات هایپوکسی بر روی تغییرات وزنی کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌است، بنابراین این مسئله نیاز به بررسی بیشتری دارد. با این وجود سازگاری های قلبی عروقی و همچنین شمار سلول‌های قرمز خون دلایل قوی‌تری در تأیید بهبود عملکرد استقامتی قلبی تنفسی خواهد بود که این مورد از محدودیت‌های تحقیق حاضر خواهد بررسی موارد سازگاری‌های سلولی مولکولی مرتبط با عملکرد استقامتی از جمله ابعاد بود.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

نتیجه‌گیری

به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر، فارغ از بررسی سازگاری‌های سلولی مولکولی نمونه‌ها، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که استفاده از شرایط محیطی تمرینی از جمله قرارگیری در شرایط هایپوکسی در کنار یک دوره کاهش بار تمرینی، اثر مثبتی بر عملکرد هوازی و استقامتی ورزشکاران با افزایش ویژگی‌های فیزیولوژیکی دارد. در این پژوهش نشان داده شد که قرارگیری سه هفته‌ای در اتاقک‌های هایپوکسی در ترکیب با تکنیک کاهش بار تمرینی می‌توانند روش‌های تمرینی تأثیرگذاری بر افزایش عملکرد استقامتی باشند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیولوژی فعالیت ورزشی محض با کد اخلاق ۲۳۱۶۸۱۳ دانشگاه مازندران است که بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه مازندران- بابلسر تقدیر می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان این مطالعه هیچ‌گونه تعارض منافعی نداشتند.

References

1. Rice L, Ruiz W, Driscoll T, Whitley CE, Tapia R, Hachey DL, et al. Neocytolysis on descent from altitude: a newly recognized mechanism for the control of red cell mass. Annals of Internal Medicine. 2001; 134(8):652-6.
2. Gore CJ, Hopkins WG. Counterpoint: positive effects of intermittent hypoxia (live high: train low) on exercise performance are not mediated primarily by augmented red cell volume. Journal of Applied Physiology. 2005; 99(5):2055-7.
3. Roels B, Millet GP, Marcoux C, Coste O, Bentley DJ, Candau RB. Effects of hypoxic interval training on cycling performance. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2005; 37(1):138-46.
4. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining hypoxic methods for peak performance. Sports Medicine. 2010; 40(1):1-25.
5. Wilber RL. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007; 39(9):1610-24.
6. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Roels B, Millet G, Hellard P, et al. Living high–training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly-trained swimmers. European Journal of Applied Physiology. 2006; 4 (96):1-25.
7. Robertson, Eileen Y., et al. "Reproducibility of performance changes to simulated live high/train low altitude. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010; 42(2): 394-401.
8. Vargas Pinilla OC. Exercise and training at altitudes: Physiological effects and protocols. Revista Ciencias De la Salud. 2014; 12(1):111-26.
9. Semenza, Gregg L. HIF-1 and mechanisms of hypoxia sensing. Current Opinion in Cell Biology. 2001;2(13): 167-71.
10. Levine BD, Stray-Gundersen J. Point: positive effects of intermittent hypoxia (live high: train low) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume. Journal of Applied Physiology. 2005; 99(5):2053-5.
11. Pedlar CR, Whyte GP, Godfrey RJ. Pre-acclimation to exercise in normobaric hypoxia. European Journal of Sport Science. 2008; 8(1):15-21.
12. Moazemi M, Kordi M, Gaeeni a, ravasi A, Ejtehadi M. The effect of short term periodic hypoxia on aerobic and anaerobic performance of male athletes. Sports and Movement Science. 2011; 2(16): 2.135-47. (in Persian).
13. Pourabdi K, Shakeriyan S, Pourabdi Z, Janbozorgi M. Effects of short-term interval training courses on fitness and weight loss of untrained girls. Annals of Applied Sport Science. 2013; 1(2):1-9. (in Persian).
14. Mujika I. Intense training: the key to optimal performance before and during the taper. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2010; 20(3):24-31.
15. Mujika I. Tapering for triathlon competition. Journal of Human Sport and Exercise. 2011; 6(2):264-70.
16. Papacosta E, Gleeson M. Effects of intensified training and taper on immune function. Revista Brasileira de Educacao Física e Esporte. 2013; 27(1):159-76.
17. Mirdarharijani S, Arzani A, Arabzade E, Neyestani F, Baghbani M, Ahmadi S. The Effect of a Period of Interval Training and Step Taper on Performance Indexes in Male Rats during Puberty. Journal of Sport Biological Sciences. 2015; 7(4):619-34. (in Persian).
18. Soma S, Takahashi H, Muramatsu M, Oka M, Fukuchi Y. Localization and distribution of

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

endothelin receptor subtypes in pulmonary vasculature of normal and hypoxia-exposed rats. American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology. 1999; 20(4):620-30.
19. Liu J, Yeo HC, Overvik-Douki E, Hagen T, Doniger SJ, Chu DW, et al. Chronically and acutely exercised rats: biomarkers of oxidative stress and endogenous antioxidants. Journal of Applied Physiology. 2000; 89(1):21-8.
20. Delgado J, Saborido A, Morán M, Megías A. Chronic and acute exercise do not alter Ca2+ regulatory systems and ectonucleotidase activities in rat heart. Journal of Applied Physiology. 1999; 87(1):152-60.
21. MirdarHarijani S, Nejabat M, Hajizadeh Moghadam A. Effect of one session endurance exhausting exercise on some coagulation markers of mature and immature wistar rats. Iranian South Medical Journal. 2013; 16(2):80-91. (in Persian).
22. Levine BD, Stray-Gundersen J. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. Journal of Applied Physiology. 1997; 83(1):102-12.
23 Hovanloo f, Rajabi H, Naser A, ali BM. Comparison of the effect of a period of intense periodic training under hypoxia on aerobic performance. Physiology of Exercise and Physical Activity. 2016:1224-32. (in Persian).
24. Saunders PU, Telford RD, Pyne DB, Cunningham R, Gore CJ, Hahn AG, et al. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. Journal of Applied Physiology. 2004; 96(3):931-7.
25. Bosquet L, Montpetit J, Arvisais D, Mujika I. Effects of tapering on performance: a meta-analysis. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007; 39(8):1358-65.
26. Mujika I, Padilla S, Pyne D, Busso T. Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. Sports Medicine. 2004; 34(13):891-927.
27. Townsend NE, Gore CJ, Hahn AG, McKenna MJ, Aughey RJ, Clark SA, et al. Living high-training low increases hypoxic ventilatory response of well-trained endurance athletes. Journal of Applied Physiology. 2002; 93(4):1498-505.
28. Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallet A, Fouillot J-P, et al. Living high–training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in elite Nordic skiers. European Journal of Applied Physiology. 2006; 97(6):695-705.
29. Farhangimaleki N, Zehsaz F, Tiidus PM. The effect of tapering period on plasma pro-inflammatory cytokine levels and performance in elite male cyclists. Journal of Sports Science and Medicine. 2009; 8(2):600-6. (in Persian).
30. Izquierdo-Gabarren M, Izquierdo M. Physiological effects of tapering and detraining in world-class kayakers. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2010;42(6):1209-14.

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]

Effect of High intensity interval training and hypobaric hypoxia on Body weight changes and Endurance performance in Male wistar rats following the tapering program

Received: 30 Oct 2019 Accepted: 3 Dec 2019

Shadmehr Mirdar [1], Saber Niazi [2*], Atiyeh Gholizadeh moghadam [3], Reza Bazar [4]

1. Professor of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran 2. PhD Student of Neuromuscular Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Kharazmi University, Tehran, Iran 3. PhD Student, Exercise Physiology, Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran 4. MSc Student of Physiology, Exercise Physiology, Faculty of Physical education and Sport Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Abstract

Introduction: Adaptation to attitude is a complementary exercise to increase athletes' fitness and physiological performance. The present study investigated the effect of high intensity interval training at the hypobaric hypoxia conditions on weight changes and endurance performance test in rats following a three-weeks tapering period.

Materials and Methods: In this experimental study, 25 males four weeks age Wistar rats with average weight (81±9 g) were randomly divided in two groups, exercise and control. Exercise group after the end of 6 weeks high intensity interval training (HIIT) (5 days per week, 30 minutes per session and at a speed of 15 to 70 meters per minute) divided into HIIT, Hypoxia, Taper and hypoxia with taper groups for 3 weeks. Weight changes and Endurance Test Performance were evaluated on the end of weeks. Analyzed is done with one-way ANOVA and TUKEY test at $p<0.05$.

Results: The results showed that there are significant differences ($p\leq0.05$) in fatigue times in hypoxic and taper-hypoxia groups with interval training group, respectively, 30.59 and 37.08. ($p=0.001$). Also, taper-hypoxic group showed the best performance to compare HIIT and control groups, that was increase significantly ($p=0.001$).

Conclusion: It seems that use of hypoxic training program and taper techniques have a positive effect on endurance performance and time to exhaustion however the use taper with hypoxia condition need to be evaluated in combination.

Keywords: Hypobaric hypoxia, Interval training, Taper

***Corresponding Author:** Phd Student, Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Science, Department of Exercise Physiology, Kharazmy University of Tehran, Tehran

Email: saber_niazi@yahoo.com **Tel:** +98 9357418585 **Fax:** +982122433061

[Downloaded from journal.jmu.ac.ir on 2026-06-18]