تأثیر دوازده جلسه تمرین با شدت زیاد در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد بی‌هوازی افراد ورزشکار

حمیدرضا برزگرپور[۱]*، فریبرز هوانلو[۲]، حمید رجبی[۳]، ناصرعسکرزاده[۱]

۱- کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی.

۲- دانشیار آسیب‌شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی.

۳- دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۲/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۲

چکیده

هدف تحقیق حاضر مقایسهٔ تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد بی‌هوازی افراد ورزشکار بود. آزمودنی‌های این تحقیق ۱۶ نفر دانشجوی داوطلب مرد بودند. آزمودنی‌ها به دو گروه هشت‌نفرهٔ تمرین در وضعیت هایپوکسی (ارتفاع ۳۳۰۰) و نورموکسی تقسیم شدند. عملکرد بی‌هوازی (اوج توان،میانگین توان) ازطریق اجرای آزمون وینگیت و غلظت لاکتات قبل و بعد از آزمون وینگیت اندازه‌گیری شد. ۲۴ ساعت بعد، W_{max} در وضعیت هایپوکسی مشخص و ۴۸ ساعت بعد میزان W_{max} در وضعیت نورموکسی تعیین شد. برنامهٔ تمرین هر دو گروه ازنظر شدت (یک دقیقه با شدت۸۰درصد-۸۵درصدW_{max} و دو دقیقه با شدت ۵۰درصد W_{max}) و مدت تمرین (۳۰ دقیقه) یکسان‌سازی شده بود. برنامهٔ تمرینی شامل دوازده جلسهٔ پی‌درپی بود. بعد از آن، متغیرهای پیش‌آزمون مجدداً اندازه‌گیری شد. پس‌از تعیین توزیع طبیعی داده‌ها به‌وسیلهٔ آزمون کلموگروف- اسمیرنوف، آزمون t وابسته و مستقل با سطح اطمینان $p\leq0.05$ نشان داد این دورهٔ تمرینی باعث بهبود در عملکرد بی‌هوازی در هر دو گروه شد. همچنین غلظت لاکتات در ۵ دقیقه بعد از آزمون وینگیت در هر دو گروه کاهش داشت، اما تفاوتی بین دوازده جلسه تمرین تناوبی در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد بی‌هوازی مشاهده نشد. درنتیجه می‌توان بیان کرد دورهٔ تمرینی به‌کارگرفته‌شده در این تحقیق می‌تواند باعث بهبود عملکرد بی‌هوازی شود، اما مدت و شدت هایپوکسی در این تحقیق به‌اندازه‌ای نبوده است که بتواند عملکرد بی‌هوازی را در گروه هایپوکسی نسبت به نورموکسی بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: هایپوکسی، نورموکسی، W_{max}، تمرین تناوبی شدید.

The effect of twelve session high intensity interval training in haypoxic and normoxic conditions on anaerobic performance in athletes

Barzegarpoor, H[۱]., Hovanloo, F[۲]., Rajabi, H[۳]., Askarzadeh, N[۱].

1- Master of Science Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Beheshti University, Iran.

2- Associate Professor Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Beheshti University, Iran.

3- Associate Professor Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Beheshti University, Iran.

Abstract

The aim of the present research is comparing the effectof periodic trainingin hypoxic and normoxic conditions on anaerobic performance of athletes .Subjects of this research were 16 male volunteer students.Subjects were divided to two groups of eight by exercising in hypoxic condition(H 3300) normocytic.Anaerobic performance (peak power, average power) through the Wingate test and lactate concentration were measured before and after the Wingate test.After 24 hours in hypoxic condition,and after 48 hours in normoxic condition the measures of W_{max} were determined.The intensity of exercises in both groups (one minute with intensity of 80% -85% W_{max}, and two minutes with 50% W_{max}) and exercise duration (30 minutes)were equalized. The training program consisted of 12 sessions in a row. After that the pre-test variables were measured again .After testing the normal distribution given by Kolmogorov – Smirnov test, dependent and independent t-Test with a confidence level of $0.05 \geq p$ showed that this training improved aerobic performance in both groups, also five minutes after the Wingate test lactate concentration was decreased in both groups, but there was no difference between the 12 sessions of the periodic training in hypoxic and normoxic conditions on anaerobic performance. So it can be stated that the training used in this study can improve the anaerobic performance, but the severity and duration of hypoxia used in this study was not so much to improve anaerobic performance in hypoxic group more than normocyticone.

Keywords: Hypoxia, Normoxia ,W_{ma} Intenseperiodic Training.

*. hbarzegar6666@yahoo.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

مقدمه

امروزه مربیان و ورزشکاران با توجه به بالابودن سطح رقابت‌ها و نزدیک‌بودن رکوردها به‌هم و مهم‌تر از آن، فشرده‌بودن رقابت‌ها و کم‌بودن فاصله زمانی بین رقابت‌ها، به‌دنبال استفاده از روش‌های گوناگون تمرینی برای بهبود عملکرد (هوازی و بی‌هوازی) در زمانی کوتاه هستند. عملکرد هوازی و بی‌هوازی تحت تأثیر عوامل گوناگونی ازجمله محیط اجرای تمرین (سرد، گرم و ارتفاع) و نوع تمرین است. برای مثال، ارتفاع یکی از عواملی است که تأثیر زیادی بر عملکرد افراد می‌گذارد. از زمانی که مسابقات المپیک در مکزیک در ارتفاع ۲۳۰۰ متری برگزار شد، تمرین در ارتفاع و وضعیت هایپوکسی دربین مربیان و ورزشکاران با هدف افزایش سطح عملکرد ورزشی در سطح دریا و همچنین آماده‌سازی برای رقابت‌هایی که در ارتفاع انجام می‌شوند مورد توجه قرار گرفت به همین‌دلیل، امروزه ورزشکاران و مربیان به‌ویژه در رشته‌های استقامتی اغلب تمرین‌ها در ارتفاع را به‌منزلهٔ بخشی از برنامه‌های تمرینی فصل در برنامه‌های خود می‌گنجانند؛ زیرا به‌نظر می‌رسد تغییرات فیزیولوژیکی که ازطریق تمرین در ارتفاع رخ می‌دهد می‌تواند پیامدهای مثبتی در عملکردهای استقامتی و حتی سرعتی داشته باشد. هرچند الگوهای تمرینی در ارتفاع متفاوت هستند روشی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته است روش زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع (LL+TH)[1] است. در این روش، افراد در وضعیت، عادی زندگی و در ارتفاع تمرین می‌کنند. این روش خود به دو دسته تقسیم می‌شود: ۱) قرارگیری درمعرض هایپوکسی به‌صورت متناوب برای استراحت (IHE)[2] ۲) اجرای تمرین در وضعیت هایپوکسی به‌صورت متناوب (IHT)[3](۱). مزیت این روش (زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع) نسبت به روش‌های دیگر هایپوکسی این است که مجاورت طولانی‌مدت با هایپوکسی و ارتفاع بالا به کاهش تودهٔ عضلانی و عملکرد آن منجر می‌شود اما در روش زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع عضلات برای مدت کوتاهی (در طول جلسات تمرین) درمعرض هایپوکسی قرار می‌گیرند و ریکاوری در حالت نورموکسی (۲) انجام می‌شود و این باعث می‌شود سازگاری مربوط به هایپوکسی در عضلات به وجود آید، بدون اینکه تأثیر منفی بر عضلات بگذارد و درنتیجه بهبود عملکرد در عضلات ایجاد شود (۳).

مطالعات متعدد نشان می‌دهند که IHT می‌تواند عملکرد بی‌هوازی را بهبود بخشد. این بهبود ممکن است از طریق افزایش ظرفیت بافری عضلات و افزایش فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیک باشد. تحقیقات در سطح سلولی نشان دادند که سازگاری با هایپوکسی توسط عامل نسخه‌برداری و عامل ناشی از هایپوکسی (HIF-1) انجام می‌شود (۴). فعال‌سازی HIF-1 جهت تحریک چندین ژن ضروری است که شامل کدگذاری برای اریتروپویتین، عامل رشد اندوتلیال عروقی، انتقال‌دهندهٔ GLUT-1 (که به حرکت گلوکز در عرض غشای سلولی کمک می‌کند) و چندین آنزیم گلیکولیتیک می‌شود. افزایش mRNA برای آنزیم فسفوفروکتوکیناز بعد از تمرین در ارتفاع نیز باعث افزایش ظرفیت اجراهای بی‌هوازی می‌شود (۶، ۵). بنابراین، هایپوکسی

1. Live Low+Train High 2. Intermittent Hypoxic Exposure 3. Intermittent Hypoxic Training

می‌تواند عملکرد بی‌هوازی تأثیرگذار باشد (۳). به هرحال، اکثر مطالعات انجام‌شده دربارهٔ تأثیر IHT بر عملکرد بی‌هوازی، از تمرین‌های استقامتی استفاده کردند و هیچ‌یک از تمرینات بی‌هوازی با شدت زیاد استفاده نکرده‌اند (۷). با توجه به اینکه سودمندی تمرین با شدت زیاد به‌صورت متناوب (HIIT) ازطریق بهبود در ظرفیت هوازی مشخص شده است، این تمرین در ورزشکاران رقابتی مانند شناگران، دوچرخه‌سواران و دونده‌ها به طور سودمند مورد استفاده قرار گرفته است (۱۲-۸). تنوع این تمرینات با توجه به اهداف برنامهٔ تمرینی (هوازی یا بی‌هوازی) بسیار زیاد بوده است، به‌گونه‌ای که مطالعات قبلی در باب این نوع تمرین (HIIT) اغلب با نسبت کار به استراحت یک‌به‌یک، یک‌به‌دو یا یک‌به‌چهار با زمان تناوبی ۱۵ ثانیه الی ۲/۵ دقیقه انجام گرفته است (۱۴، ۱۳) و نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعات، سودمندی تمرین با شدت زیاد (HIIT) را تأیید کرده‌اند.

اغلب گزارش‌ها بر تغییرات ظرفیت هوازی درنتیجه HIIT با نسبت کار به استراحت یک‌به‌دو تمرکز داشته‌اند (۱۵). به‌هرحال، فاکس اظهار می‌کند که فعالیت شدید با نسبت کار به استراحت یک‌به‌دو باعث بهبود جریان گلیکولیتیک می‌شود. درحقیقت، یکی از مزایای تمرین با شدت زیاد نسبت به تمرین استقامتی یا قدرتی، این است که هریک از تمرین‌های استقامتی یا قدرتی ازطریق یکی از راه‌های اکسیداتیو یا غیر اکسیداتیو، ATP لازم را تولید می‌کنند. درحالی‌که تمرین با شدت زیاد براساس زمان و شدت تکرار و تعداد تکرارها و زمان ریکاوری بین تکرارها می‌تواند هم ازطریق اکسیداتیو و هم غیراکسیداتیو، ATP ضروری خود را تولید کند. برهمین‌اساس، لارسن (۲۰۰۵) نشان داد که چهار هفته HIIT می‌تواند ظرفیت بی‌هوازی را افزایش دهد (۱۱). ازطرفی، به‌نظر می‌رسد تمرین در وضعیت هایپوکسی نیز بتواند باعث بهبود جریان گلیکولیتیک و عملکرد بی‌هوازی شود. مزایای IHT بر عملکرد هوازی این فرضیه را بیان می‌کند که ترکیب ورزش با هایپوکسی می‌تواند باعث بهبود عملکرد بی‌هوازی نیز بشود. اجرای تمرین در وضعیت هایپوکسی که از چند دههٔ اخیر شکل جدی به خود گرفته است باعث شده تا مطالعاتی در این باره انجام گیرد، اگرچه هنوز مطالعات کافی و دقیقی که مبین این مسئله باشد وجود ندارد. برخی تحقیقات نشان دادند که دوچرخه‌سواری با شدت متوسط (۲ساعت در روز برای ۱۰روز) در ارتفاع ۲۵۰۰ متر باعث بهبود معنی‌داری در عملکرد بی‌هوازی در طی آزمون وینگیت بی‌هوازی در سطح دریا شد. همچنین در یک تحقیق، تمرین با شدت زیاد در وضعیت هایپوکسی(۳۰ دقیقه در روز، ۵ روز در هفته برای ۶ هفته) باعث بهبود در فعالیت آنزیم فسفوفروکتوکیناز شد (۱۱). برای مثال، در مطالعه‌ای نشان داده شد که هایپوکسی با میزان ۱۰/۸ درصد در طی ۴۵-۳۰ ثانیه آزمون وینگیت، برونده توانی (power out put) را محدود نکرد (۱۶). این مطالعات نشان دادند که انرژی آزادشده ازطریق بی‌هوازی کاهش انرژی تولیدی ازطریق هوازی را هم جبران می‌کند (۱۷). همچنین اجیتا و تاباتا افزایش کسر اکسیژن ۱۰ درصدی را در شناگران بعد از تمرین با شدت زیاد به‌صورت متناوب و وضعیت هایپوکسی (۳۰۰۰ متر) نشان دادند (۱۸). اما در مطالعه‌ای دیگر، تغییری در کسر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

اکسیژن یا زمان شنای سرعت (۴۰۰-۱۰۰ متر) بعد از تمرین با شدت زیاد در وضعیت هایپوکسی (۲۵۰۰ متر) در مقایسه با وضعیت عادی مشاهده نشد.

حال، با توجه به مطالب بیان‌شده و تحقیقات انجام‌شده، می‌توان گفت که افزایش ارتفاع همراه با تغییر فشار سهمی هریک از گازهای جوی است که باعث تغییرات فیزیولوژیکی در بدن انسان می‌شود و این تغییرات بر عملکرد ورزشی افراد نیز اثرگذار است. افزایش ارتفاع باعث کاهش اکسیژن هوا و درنتیجه روی‌آوری بدن به جریان گلیکولیز بی‌هوازی برای تولید انرژی می‌شود که با افزایش تولید لاکتات در عضلات همراه است و می‌تواند باعث بهبود ظرفیت بی‌هوازی در ورزشکاران شود. ازطرف دیگر، تمرین با شدت زیاد به‌صورت متناوب با نسبت کار به استراحت یک‌به‌دو باعث بهبود جریان گلیکولیز و درنتیجه بهبود ظرفیت بی‌هوازی می‌شود. همچنین تمرین با شدت زیاد خود باعث به‌وجودآمدن نوعی هایپوکسی در سطح سلولی می‌شود. اکنون، تحقیق حاضر بر آن است که بررسی کند آیا می‌توان با ترکیب هایپوکسی و تمرین تناوبی با شدت زیاد (که خود باعث ایجاد نوعی هایپوکسی در سطح سلول می‌شود) و ایجاد فشار بیشتر بر دستگاه بی‌هوازی باعث بهبود بیشتر عملکرد بی‌هوازی در مدت‌زمانی کوتاه نسبت به انجام تمرین در وضعیت نورموکسی شد؟ درصورتی‌که ترکیب تمرین شدید و تناوبی با هایپوکسی باعث بهبود بیشتر عملکرد بی‌هوازی در زمانی برابر نسبت به اجرای همان تمرین در وضعیت عادی شود، می‌توان آن را به‌عنوان یک روش تمرینی برای بهبود عملکرد بی‌هوازی در کوتاه‌مدت پیشنهاد داد تا مورد استفادهٔ مربیان و ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی قرار گیرد.

روش‌شناسی

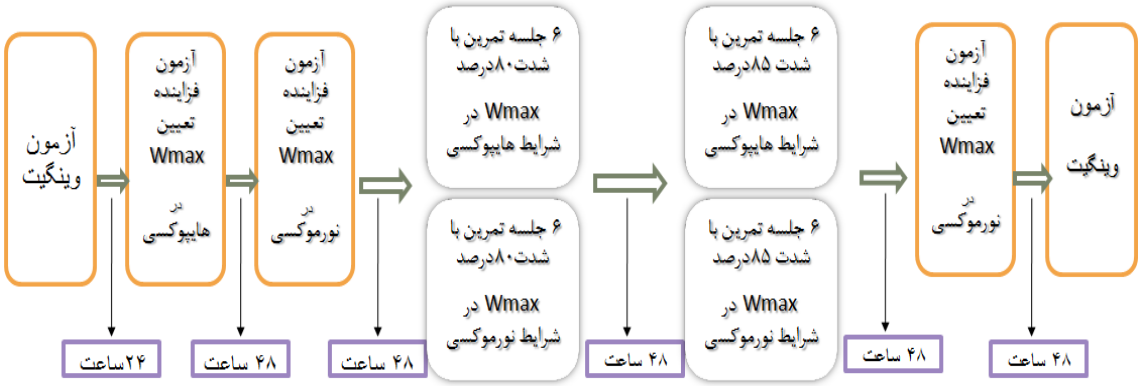
تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی است و به روش پیش و پس‌آزمون انجام شده است. آزمودنی‌های این تحقیق شامل ۱۶نفر از دانشجویان مرد ورزشکار (عضو تیم‌های دانشگاه در رشته‌های شنا، فوتبال و والیبال) بودند. گفتنی است زمان اجرای این تحقیق در فاصلهٔ تعطیلی تمرینات تیم‌های دانشگاه بود. همهٔ آزمودنی‌ها رضایت‌نامهٔ کتبی را تکمیل کردند. همچنین به آزمودنی‌ها اجازه داده شد که در هر زمانی از تحقیق آزمودن‌ها را ترک کنند. هیچ‌کدام از آزمودنی‌ها سابقهٔ مصرف دخانیات، بیماری قلبی- عروقی و متابولیکی و تمرین طولانی در ارتفاع را نداشتند و دارای دست‌کم ۲دو سال سابقهٔ ورزشی بودند و براساس W_{max} به‌دست‌آمده در وضعیت نورموکسی به دو گروه همگن تقسیم شدند. در جریان اجرای این تحقیق، دو نفر به‌علت مصدومیت از تحقیق کنار گذاشته شدند. درنهایت، ۱۴ نفر از آزمودنی‌ها در دو گروه ۷ نفری موفق به اجرای کامل تحقیق شدند. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول۱ ارائه شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

جدول۱. توصیف مشخصات فردی آزمودنی‌ها در هر گروه (Mean±SD)

شاخص / گروه	قد (سانتی‌متر)	وزن(کیلوگرم)	سن(سال)	چربی بدن (درصد)	W_{max}(وات)	
هایپوکسی (تعداد ۷نفر)	۱۷۶/۲۱±۴/۰۶	۷۷/۴۸±۹/۲۸	۲۳/۱۴±۲/۸۵	۲۰/۴۱±۴/۴۶	۲۶۲/۸۵±۱۸/۸۹	۲۰۱/۲۵±۲۵/۸۷
نورموکسی (تعداد۷نفر)	۱۷۹/۸۱±۶/۹۱	۷۲/۷۷±۷/۷	۲۳/۳۸±۲/۸۵	۱۸/۳۹±۲/۸۴	۲۴۵±۲۰/۴۱	۱۹۱/۸۵±۲۰/۸۶
کل آزمودنی‌ها (تعداد۱۴نفر)	۱۷۸/۱۳±۵/۸۶	۷۵/۰۳±۸/۲۸	۲۳/۲۷±۲/۹۴	۱۹/۳۳±۳/۷۰	۲۵۳/۹۲±۲۱/۰۴	۱۹۶/۵۵±۲۳/۳۶

در جلسهٔ توجیهی از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت قبل‌از اجرای اولین آزمون، از انجام هرگونه فعالیت شدید خودداری کنند. در اولین جلسهٔ از آزمودنی‌ها خواسته شد که به‌صورت ناشتا در ساعت ۶ صبح در آزمایشگاه برای تعیین ترکیب بدن، ویژگی‌هایی چون قد، وزن، شاخص تودهٔ بدن و چربی زیرپوستی حاضر باشند. بعد از اتمام اندازه‌گیری‌ها، به همهٔ آزمودنی‌ها صبحانهٔ یکسان داده شد و ۱/۵ ساعت بعد از خوردن صبحانهٔ همهٔ آزمودنی‌ها آزمون وینگیت را انجام دادند. میزان غلظت لاکتات خون هر آزمودنی قبل و ۵ دقیقه بعدآزمون وینگیت، اندازه‌گیری شد و در روز بعد، آزمودنی‌ها در آزمایشگاه برای تعیین W_{max} در وضعیت هایپوکسی حاضر شدند. ۴۸ ساعت بعد هم آزمودنی‌ها برای تعیین W_{max} در وضعیت نورموکسی در آزمایشگاه حاضر شدند. گفتنی است که در هر دو روز آزمودنی‌ها در ساعت ۷ صبحانه صرف کرده بودند. با توجه بهW_{max} به‌دست‌آمده در وضعیت نورموکسی، آزمودنی‌ها به دو صورت کاملاً همگن، در گروه هایپوکسی و گروه نورموکسی تقسیم شدند و بعد از آن، دورهٔ تمرینی آغاز شد. همگن‌سازی به این صورت انجام گرفت که آزمودنی‌ها براساس W_{max} به‌دست‌آمده در وضعیت نورموکسی به‌ترتیب فهرست شدند و بعد از آن نمره‌های زوج در گروه هایپوکسی و نمره‌های فرد در گروه نورموکسی قرار داده شدند. آزمون t-مستقل بین W_{max}های دو گروه عدم معناداری و همگن‌بودن دو گروه را نشان داد (p=.8). ۴۸ ساعت بعد از اتمام دورهٔ تمرینی، آزمون تعیین W_{max} در وضعیت نورموکسی و ۴۸ ساعت بعد از آن آزمون وینگیت برای اندازه‌گیری فاکتورهای بی‌هوازی با رعایت شروط پیش‌آزمون اجرا شد (شکل ۱).



شکل ۱. طرح تحقیق

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

آزمون وینگیت: این آزمون برای هر فرد در زمانی مشخص از روز، روی کارسنج مونارک مدل ۸۹۴E انجام گرفت. آزمون به این صورت انجام گرفت که ابتدا آزمودنی‌ها درحالت استراحت کامل قرار می‌گرفتند و در این حالت، غلظت لاکتات خون آنها با نمونه‌گیری خون از نوک انگشت اشاره و با دستگاه لاکتومتر مدل Scout ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری شد و بعد از آن، آزمودنی برای گرم‌کردن ۵ دقیقه با مقاومت ۵۰ وات و همچنین یک وهلهٔ شش ثانیه‌ای با حداکثر سرعت رکاب می‌زد. سپس، بعد از یک دقیقه استراحت، ۳۰ ثانیه با حداکثر سرعت در برابر یک مقاومت ثابت (برابر با۷/۵ درصد وزن بدن) رکاب می‌زد. گفتنی است که با آزمون وینگیت توان اوج و میانگین توان اندازه‌گیری شد. همچنین ۵ دقیقه پس‌از پایان آزمون وینگیت، لاکتات خون دوباره اندازه‌گیری شد. قابل ذکر است که آزمودنی‌ها در طی این پنج دقیقه در حالت استراحت مطلق (نشسته یا دراز کشیده روی تخت) قرار داشتند.

نحوهٔ تعیین حداکثر توان (Wmax): حداکثر توان (Wmax) در یک فعالیت فزاینده با کمک کارسنج مونارک مدل 839 E اندازه‌گیری شد. نحوهٔ کار به این صورت بود که آزمودنی‌ها در مرحلهٔ اول ۳ دقیقه با ۲۰ وات رکاب زدند. سپس، به‌ازای هر یک دقیقه ۲۵ وات به بار کار افزوده شد، تا هنگامی که فرد به حالت واماندگی برسد. به این صورت که یک مرحله قبل‌از واماندگی به‌عنوان Wmax آزمودنی انتخاب شد که براساس آن برنامهٔ تمرین طراحی شد (۱۹).

پروتکل تمرین: برنامهٔ تمرینی شامل دوازده جلسه تمرین با شدت زیاد بود که هر جلسه با گرم‌کردن و سردکردن، مجموعاً ۳۵ دقیقه به طول می‌انجامید. این برنامه با شدت ۸۰ تا ۸۵ درصد Wmax در دوره‌های یک‌دقیقه‌ای و به‌دنبال آن، ۲ دقیقه با شدت ۵۰ درصد Wmax برای هرکدام از گروه‌های تجربی دنبال شد.

گروه نورموکسی: تمرین برای گروه نورموکسی شامل ۳۵ دقیقه فعالیت بود که به شرح ذیل انجام شد: آزمودنی‌ها ابتدا پروتکل را با گرم‌کردن به‌مدت ۳ دقیقه بدون بار روی کارسنج شروع کردند و سپس، افراد با شدت ۸۰ درصد Wmax(Wmax به‌دست‌آمده در وضعیت نورموکسی) به‌مدت ۱ دقیقه رکاب زدند و پس‌از آن، به مدت ۲ دقیقه استراحت فعال لحاظ شد که آزمودنی‌ها با شدت ۵۰ درصد Wmax(Wmax به‌دست‌آمده در وضعیت نورموکسی) رکاب زدند و ۱۰ مرحله به این صورت تا پایان پروتکل انجام شد و در انتها برای سردکردن آزمودنی‌ها ۲ دقیقه بدون بار رکاب زدند. همچنین، بعد از ۶ جلسه تمرین پی‌درپی، آزمودنی‌ها ۴۸ ساعت استراحت کرده و بعد از آن ۵ درصد به میزان شدت تمرین اضافه شد و آزمودنی‌ها ۶ جلسهٔ دوم را با ۸۵ درصد Wmax تمرین کردند (۱۵). در ضمن، برای یکسان‌سازی دما و رطوبت (میانگین دما و رطوبت در هر دو چادر به‌ترتیب معادل ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۵ درصد بود) محیط نورموکسی با هایپوکسی، از یک چادر استفاده شد که گروه نورموکسی در آن، دورهٔ تمرینی را انجام دادند. در این چادر غلظت اکسیژن برابر با وضعیت طبیعی بود.

گروه هایپوکسی: برنامهٔ تمرینی این گروه شبیه گروه نورموکسی بود، با این تفاوت که فعالیت آنها در وضعیت هایپوکسی با میزان ۱۴ درصد اکسیژن (معادل ارتفاع ۳۳۰۰متر) و شدت تمرین آنها برحسبWmax

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

به‌دست‌آمده در وضعیت هایپوکسی انجام شد. ناگفته نماند که پروتکل تمرینی حاضر با انجام پایلوت‌های فراوان (ازنظر شدت و مدت تمرین یک جلسه و طول دوره تمرین) طراحی شد.

برای تعیین طبیعی‌بودن داده‌ها از آزمون کالموگراف-اسمیرنوف استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های نرمال (توان اوج، میانگین توان، غلظت لاکتات) از آمار پارامتریک t مستقل و برای تجزیه و تحلیل داده‌های غیرنرمال (W_{max}) از آمار غیرپارامتریک من‌ویتنی برای نشان‌دادن اختلاف معنادار بین پیش و پس‌آزمون دو گروه استفاده شد و همچنین از آزمون t وابسته و آزمون ویلکاکسون برای نشان‌دادن اختلاف معنادار بین پیش و پس‌آزمون در درون گروه‌ها استفاده گردید. تمامی عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ انجام گردید. سطح معناداری آزمون‌ها $P<0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج توان اوج نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود ندارد ($p=.83$). همچنین نتایج میانگین توان نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود ندارد ($p=.9$). همچنین نتایج w_{max} نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود ندارد ($p=.8$) همچنین نتایج غلظت لاکتات نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود ندارد. ($p=.1$). نتایج به‌صورت خلاصه در جدول ۲ آمده است.

جدول۲. نتایج متغیرهای تحقیق به‌طور خلاصه از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون (Mean±SD)

گروه / فاکتور	گروه نورموکسی		گروه هایپوکسی		مقدار p
	قبل	بعد	قبل	بعد	
توان اوج (وات)	۸۶۹	۹۴۳	۸۲۳	۹۰۴	P=۰/۸۳
میانگین توان (وات)	۶۰۳	۶۴۰	۵۸۹	۶۱۸	P=۰/۹
w_{max} (وات)	۲۶۲	۲۷۷	۲۴۵	۲۶۲	P=۰/۸
غلظت لاکتات (میلی‌مول بر لیتر)	۱۲/۴	۸/۴۴	۹/۷	۹/۴	P=۰/۱

بحث

میزان توان اوج و میانگین توان بعد از دورهٔ تمرینی در هر دو گروه افزایش داشت. بنابراین، تمرین مورد نظر از فشار لازم برای ایجاد سازگاری در مدت کوتاه برخوردار بوده است که اهمیت تأثیر تمرینات تناوبی در مدت کوتاه را نشان می‌دهد. یکی از دلایل بهبود در توان اوج می‌تواند افزایش غلظت کراتین فسفات در عضلات اسکلتی باشد (۲۰) همچنین با توجه به نتایج تحقیق جانسون و همکاران (۱۹۹۰)، می‌توان یکی دیگر از دلایل محتمل را افزایش تارهای FT دانست (۲۱). عامل دیگری که می‌تواند این فاکتور را تحریک کند افزایش فعالیت آنزیم‌های بی‌هوازی مانند کراتین کیناز است (۲۲). بهبود در میانگین توان علاوه‌براینکه می‌تواند ناشی از عوامل بالا (مربوط به بهبود توان اوج) باشد، ممکن است ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های هوازی باشد. همان‌طور که تحقیقات نشان دادند، ۱۳ درصد انرژی لازم در طول ۱۰ ثانیه آزمون سرعت و ۲۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

درصد انرژی ضروری در طول ۲۰ ثانیه آزمون سرعت ازطریق هوازی تأمین می‌شود (۲۳،۲۴). همچنین با مقایسهٔ نتایج بین‌گروهی می‌توان گفت تفاوت معناداری بین دو گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود نداشت که نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات مورتن و همکاران (۲۰۰۵)، مارتین و همکاران (۱۹۹۶)، سالتین و همکاران (۱۹۹۶) و ولسکی و همکاران (۱۹۹۶) همسو بود. این محققان نشان دادند که تمرین در وضعیت هایپوکسی تأثیر بیشتری بر توان اوج نسبت به انجام همان تمرین در وضعیت نورموکسی نمی‌گذارد. به‌هرحال، این نتیجه با نتایج میوسن و همکاران (۲۰۰۱) (ده جلسه تمرین در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی) و اجیتا و تاباتا (۱۹۹۹) همسو نبود. بهبود در تحقیق میوسن ممکن است به دلیل افزایش ظرفیت بافری عضلات و نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های گلیکولیتیکی باشد (۲۵). احتمال می‌رود در سطح سلولی، این سازگاری‌ها درنتیجهٔ فعال‌کردن فاکتور HIF1 توسط هایپوکسی رخ می‌دهد. این فاکتور برای تحریک کدگذاری آنزیم‌های گلیکولیتیکی ضروری است؛ همان‌طور که ووگت و همکاران (۲۰۰۱) بهبود معنی‌داری را در بیان ژن آنزیم‌های PFK و سیترات‌سنتتاز بعد از شش هفته تمرین با شدت زیاد در ارتفاع ۳۸۵۰ متری در مقایسه با اجرای همان تمرین در سطح دریا گزارش کردند.

یکی از دلایل مغایربودن نتایج تحقیق حاضر با میوسن و همکاران (۲۰۰۱) ممکن است شدت و مدت‌زمان قرارگیری درمعرض هایپوکسی باشد. کل مدت‌زمان قرارگیری درمعرض هایپوکسی برای هر فرد در تحقیق میوسن و همکاران ۲۰–۱۵ ساعت در کل دوره تحقیق بود، درحالی‌که در تحقیق حاضر این زمان فقط شش ساعت بود که به‌نظر می‌رسد با توجه به نتایج تحقیق میوسن و همکاران، شاید مدت‌زمان قرارگیری درمعرض هایپوکسی در تحقیق ما برای تحریک بیشتر سازگاری‌های درون‌سلولی (تحریک HIF1، فعال‌شدن آنزیم‌های گلیکولیتیک) نسبت به وضعیت نورموکسی کافی نبوده است. همچنین، یکی از دلایل تفاوت در مدت‌زمان قرارگیری درمعرض هایپوکسی در تحقیق حاضر با تحقیق میوسن، تفاوت در نوع تمرین است. با توجه به اینکه پروتکل تمرینی استفاده‌شده در تحقیق میوسن و همکاران یک دورهٔ تمرین استقامتی با شدت ۷۰–۶۰ درصد ضربان قلب بوده است و با توجه به اینکه این نوعی تمرین، تمرین با شدت پایین است، آزمودنی‌ها می‌توانستند این پروتکل را در زمان طولانی‌تری (۲ساعت) در هر جلسه انجام دهند، اما پروتکل تحقیق حاضر از نوع تمرین با شدت زیاد بود که انجام آن به‌مدت طولانی سخت است (ماهیت تمرین با شدت بالا کوتاه‌مدت بودن است) و با توجه به اینکه هدف از تحقیق حاضر بررسی یک دورهٔ کوتاه‌مدت تمرین در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد بی‌هوازی بود، امکان افزایش تعداد جلسات تمرین و دورهٔ تمرین نیز وجود نداشت. همچنین علت مغایربودن نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق اجیتا وتاباتا (۱۹۹۹) ممکن است این باشد که در تحقیق اجیتا و تاباتا گروه کنترلی وجود نداشت که پروتکل تمرینی را در وضعیت نورموکسی انجام دهد؛ بنابراین، نمی‌توان این بهبود ده درصدی در عملکرد بی‌هوازی ناشی از تمرین با شدت زیاد در وضعیت هایپوکسی را به‌دلیل دخالت هایپوکسی دانست یا تمرین. همچنین در این تحقیق هیچ‌گونه آزمون عملکردی برای نشان‌دادن بهبود عملکرد بی‌هوازی اجرا نشد و فقط ازطریق اندازه‌گیری کسر

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

اکسیژن این بهبود را بیان کردند. دلیل محتمل دیگر که تحقیق حاضر نتوانست بهبود بیشتر عملکرد بی‌هوازی را در وضعیت هایپوکسی نسبت به نورموکسی نشان دهد، میزان هایپوکسی (ارتفاع انتخاب‌شده) استفاده‌شده در این تحقیق بود. همان‌طور که برخی تحقیقات نشان دادند، هایپوکسی با شدت کم یا متوسط نمی‌تواند باعث به‌کارگیری بیشتر مسیر بی‌هوازی شود (۲۷ ،۲۶ ،۱۸). یوجی اگارا و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که میزان انرژی تولیدشده ازطریق بی‌هوازی در وضعیت هایپوکسی برابر با ۱۲/۷ درصد اکسیژن، نسبت به وضعیت نورموکسی و هایپوکسی برابر با ۱۶/۴ درصد اکسیژن بیشتر بوده است (۱۷). میزان W_{max} بعد از دورهٔ تمرینی در هر دو گروه افزایش داشت. بنابراین، تمرین مورد نظر از فشار لازم برای ایجاد سازگاری در مدت کوتاه برخوردار بوده است که اهمیت تأثیر تمرینات تناوبی در مدت کوتاه را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ۱۲ جلسه تمرین تناوبی با شدت زیاد در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی بر W_{max} وجود ندارد. با مقایسهٔ درون‌گروهی داده‌ها مشاهده شد که میزان W_{max} بعد از دورهٔ تمرینی در هر دو گروه افزایش داشته است که این افزایش ناشی از تمرین بوده است نه وضعیت تمرین (محیط هایپوکسی یا نورموکسی).

W_{max} یک فاکتور هوازی-بی‌هوازی است و بهبود در W_{max} می‌تواند ناشی از بهبود در بخش هوازی یا بی‌هوازی یا بهبود در هر دو بخش باشد. یکی از علل بهبود W_{max} در تحقیق حاضر می‌تواند افزایش سطح آنزیم‌های اکسیداتیو در درون سلول باشد (۶،۲۸). همچنین تحقیقات نشان دادند که تمرین با شدت زیاد قادر است هم دستگاه انرژی هوازی و هم بی‌هوازی را بهبود ببخشد (۳۰ ،۲۹). یکی دیگر از دلایل محتمل می‌تواند افزایش آستانه بی‌هوازی باشد که این افزایش ممکن است ناشی از کاهش در تولید لاکتات یا افزایش برداشت باشد. مقایسهٔ درون‌گروهی با آزمون t وابسته نشان داد که آستانهٔ لاکتات (W_{LT}) در هر دو گروه هایپوکسی (۱۳,۳۶درصد) و نورموکسی (۹,۳۶درصد) افزایش پیدا کرده است. این افزایش در گروه هایپوکسی معنی‌دار بوده است. با توجه به اینکه تحقیقات نشان دادند تمرینات ورزشی به‌تنهایی می‌توانند باعث افزایش ظرفیت تامپونی شوند، اگر با وضعیت هایپوکسی ترکیب شود باعث بهبود بیشتر ظرفیت تامپونی می‌شود. همچنین، با مقایسهٔ نتایج بین‌گروهی می‌توان گفت تفاوت معناداری بین دو گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود نداشت که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات ترادوس و همکاران (۱۹۸۸)، لیون و همکاران (۱۹۹۲)، انگفرد و همکاران (۱۹۹۴)، امونسون و همکاران (۱۹۹۷)، گیسرو و همکاران (۲۰۰۱) و ماسودا و همکاران (۲۰۰۱) همسو و با نتایج میوسن و همکاران (۲۰۰۱) ناهمسو است. یک دلیل ممکن برای بهبود در W_{max} گروه هایپوکسی در تحقیق میوسن، تقویت عضلات تنفسی است. تقویت عضلات تنفسی که بر اثر پر تهویه‌ای اتفاق می‌افتد می‌تواند باعث بهبود عملکرد هوازی شود. پر تهویه‌ای می‌تواند درنتیجهٔ قرارگیری طولانی درمعرض هایپوکسی رخ دهد (۳۲ ،۳۱). همان طور که بریسچ و همکاران (۲۰۰۳) این سازوکار را برای افزایش میزان تهویه و VO_{2max} بر اثر چهار هفته تمرین در وضعیت هایپوکسی گزارش کردند (۳۳). در تحقیق میوسن مدت زمان قرارگیری درمعرض هایپوکسی برای هر آزمودنی، در هر روز ۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

ساعت بوده که این مدت زمان برای ایجاد پر تهویه‌ای و تقویت عضلات تنفسی و درنتیجه بهبود عملکرد هوازی در گروه هایپوکسی زمان کافی و مناسبی است، اما در تحقیق حاضر، با توجه به نوع تمرین، مدت‌زمان قرارگیری هر فرد درمعرض هایپوکسی در هر روز ۳۰ دقیقه بود که شاید این مدت نتوانسته باعث تقویت عضلات تنفسی و بهبود عملکرد هوازی در یک دورهٔ کوتاه شود. تحقیقات نشان دادند که مهم‌ترین سازگاری فیزیولوژیکی که بر اثر کاهش اکسیژن (PiO2) به وجود می‌آید، افزایش ترشح اریتروپویتین (EPO) از کلیه‌هاست که این باعث افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون می‌شود. به‌دنبال افزایش تعداد گلبول‌های قرمز، عملکرد هوازی نیز بهبود می‌یابد (۳۴).

یکی از دلایلی که تحقیق حاضر نتوانست این بهبود را گزارش کند، محیط اجرای تمرین برای گروه نورموکسی بود. گروه نورموکسی در تحقیق حاضر بنا به شرایط آزمایشگاه در ارتفاع ۱۷۰۰ متری تمرین می‌کردند و این خود می‌تواند یکی از عواملی باشد که تفاوت معناداری بین عملکرد دو گروه گزارش نشود. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تفاوتی بین ۱۲ جلسه تمرین تناوبی با شدت زیاد در وضعیت هایپوکسی و نورموکسی بر غلظت لاکتات وجود ندارد. همچنین بررسی درون‌گروهی داده‌ها نشان داد که بعد از اتمام دورهٔ تمرینی، غلظت لاکتات موجود در خون بعد از آزمون وینگیت در هر دو گروه به‌ویژه در گروه هایپوکسی کاهش داشته است. یکی از دلایل محتمل برای این کاهش غلظت، کاهش در ساخت لاکتات است. با احتیاط می‌توان بیان کرد که پروتکل استفاده‌شده در این تحقیق باعث تولید بیشتر انرژی از مسیر هوازی شده است و این باعث تقویت مسیر هوازی شده است. افزایش تولید انرژی ازطریق هوازی و اکسایش پیروات باعث می‌شود که دستگاه بی‌هوازی برای تولید انرژی کمتر درگیر شود و این باعث کاهش در تولید لاکتات می‌شود (۱۴). یکی دیگر از دلایل محتمل می‌تواند افزایش سرعت پالایش و برداشت لاکتات از خون توسط کبد ،عضلات اسکلتی، عضله قلبی و سایر بافت‌های بدن باشد. همچنین، کاهش بیشتر غلظت لاکتات در گروه هایپوکسی نسبت به نورموکسی می‌تواند ناشی از این باشد که محیط هایپوکسی باعث تقویت بیشتر دستگاه هوازی شده است که تقویت دستگاه هوازی و اکسایش پیروات باعث کاهش تولید لاکتات می‌شود.

نتیجه‌گیری

در پایان می‌توان گفت مدت‌زمان قرارگیری هر آزمودنی درمعرض هایپوکسی یا ارتفاع انتخاب‌شده در تحقیق حاضر برای بهبود بیشتر عملکرد بی‌هوازی کافی نبوده است، اما تمرین استفاده‌شده در تحقیق حاضر برای بهبود عملکرد بی‌هوازی یک تمرین مناسب بوده است و مربیان و ورزشکاران می‌توانند از این پروتکل تمرینی برای بهبود عملکرد بی‌هوازی در مدت‌زمان کوتاه استفاده کنند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

منابع

1. Wilber, R.L. (2007). Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. Medicine and Science in Sports and Exercise. 39(9): 1610-24.
2. Bonetti, D.L., Hopkins, W.G. (2009). Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia. Sports Medicine. 39(2): 107-27.
3. Vogt, M., Hoppeler, H. (2010). Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?. Progress in Cardiovascular Diseases. 52(6): 525-33.
4. Semenza, G.L. (2001). HIF-1 and mechanisms of hypoxia sensing. Current Opinion in Cell Biology. 13(2): 167-71.
5. Bailey, D.M., Davies, B., Baker, J. (2000). Training in hypoxia: modulation of metabolic and cardiovascular risk factors in men. Medicine and Science in Sports and Exercise. 32(6): 1058-66.
6. Melissa, L., Macdougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., Cipriano, N., Green, H.J. (1997).Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxic versus normoxic conditions. Medicine and Science in Sports and Exercise. 29(2): 238-43.
7. Hamlin,M., Marshall, H., Hellemans, J., Ainslie, P., Anglem,N. (2010). Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 20(4): 651-61.
8. Burgomaster, K.A., Howarth, K.R., Phillips, S.M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M.J., McGee, S.L. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. The Journal of Physiology. 586(1): 151-60.
9. Gibala, M.J., McGee, S.L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. Exercise and Sport Sciences Reviews. 36(2): 58-63.
10. Laursen, P.B., Jenkins, D.G. (2002). The scientific basis for high-intensity interval training. Sports Medicine. 32(1): 53-73.
11. Laursen, P.B., Shing, C.M., Peake, J.M., Coombes, J.S., Jenkins, D.G. (2005).Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. The Journal of Strength & Conditioning Research.19(3): 527-33.
12. Libicz, S., Roels, B., Millet, G.P. (2005). Responses to intermittent swimming sets at velocity associated with max. Canadian Journal of Applied Physiology. 30(5): 543-53.
13. Billat, V., Slawinksi, J., Bocquet, V., Chassaing, P., Demarle, A., Koralsztein, J. (2001). Very Short (15s-15s) Interval-Training Around the Critical Velocity Allows Middle-Aged Runners to Maintain V˙ O2 max for 14 minutes. International Journal of Sports Medicine. 22(03): 201-8.
14. Ziemann, E., Grzywacz, T., Luszczyk, M., Laskowski, R., Olek, R.A., Gibson, A.L. (2011). Aerobic and anaerobic changes with high-intensity interval training in active college-aged men. The Journal of Strength & Conditioning Research . 25(4):1104-12.
15. Morton, J.P., Cable,N.T. (2005). The effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. The Journal of Ergonomics. 48(11-14):1535-46.
16. McLellan, T., Kavanagh,.M., Jacobs,I. (1990). The effect of hypoxia on performance during 30 s or 45 s of supramaximal exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 60(2):155-61.
17. Ogura, Y., Katamoto, S., Uchimaru, J., Takahashi, K., Naito, H.(2006). Effects of low and high levels of moderate hypoxia on anaerobic energy release during supramaximal cycle exercise. European Journal of Applied Physiology. 98(1):41-7.
18. Ogita, F., Tabata, I. (1999). The effect of high-intensity intermittent training under a hypobaric hypoxic condition on anaerobic capacity and maximal oxygen uptake. The Journal of Biomechanics and Medicine. 423-7.
19. Rusko, H., Tikkanen, H., Peltonen, J. (2004). Altitude and endurance training. Journal of Sports Sciences. 22(10):928-45.
20. Rodas, G., Ventura, J.L., Cadefau, J.A., Cussó, R., Parra,J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. European Journal of Applied Physiology. 82(5-6):480-6.
21. Jansso, E., Esbjörnsson,M., Holm,I., Jacobs, I. (1990). Increase in the proportion of fast-twitch muscle fibres by sprint training in males. Acta Physiologica Scandinavica. 140(3):359-63.
22. MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald,J.R., McKelvie,R.S., Green,H.J., Smith, K.M. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. Journal of Applied Physiology. 84(6):2138-42.
23. Bogdanis,G., Nevill, M., Lakomy, H., Boobis, L. (1994).Muscle metabolism during repeated sprint exercise in man. Journal of Physiology London,. 5(2), 1001-42.
24. Kavanagh, M., Jacobs,I. (1988). Breath-by-breath oxygen consumption during performance of the Wingate Test. Canadian Journal of Sport Sciences. 13(1):91-3.
25. Mizuno,M., Juel, C., Rasmussen, T., Mygind,E., Schibye, B., Rasmussen, B. (1990). Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. Journal of Applied Physiology. 68(2):496-502.
26. Fujimaki, T., Asano, K., Mizun, K., Okazaki, K. (1999). Effects of high-intensity intermittent training at simulated altitude on aerobic and anaerobic capacities and response to supramaximal exercise. Advances in Exercise and Sports Physiology. 5(3):61-70.
27. Truijens, M.J., Toussaint, H.M., Dow, J., Levine, B.D. (2003). Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. Journal of Applied Physiology. 94(2):733-43.
28. Terrados, N., Jansson, E., Sylven, C., Kaijser,L. (1990). Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin?. Journal of Applied Physiology. 68(6):2369-72.
29. Lindsay, F.H., Hawley, J.A., Myburgh, K.H., Schomer, H.H., Noakes, T.D., Dennis, S.C. (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. Medicine and Science in Sports and Exercise. 28(11):1427-34.
30. Weston, A.R., Myburgh, K.H., Lindsay, F.H., Dennis, S.C., Noakes, T.D., Hawley, J.A. (1996).Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 75(1):7-13.
31. Wolski, L.A., McKenzie,D., Wenger, H. (1996). Altitude training for improvements in sea level performance. Sports Medicine. 22(4):251-63.
32. Böning, D. (1997).Altitude and hypoxia training-a short review. Sports Medicine. 18(08):565-70.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]

33. Borisch, S., Bärtsch, P., Friedmann, B. (2002). Effects of strength endurance training in hypoxia on endurance capacity, blood volume on erythropoietin. Sports Medicine. 23(2):187-60.
34. Bailey, D.M., Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. British Journal of Sports Medicine. 31(3):183-90.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22520708.1395.14.11.2.9]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsmt.14.11.15]