Arshive of SID

مقایسه تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی بر عملکرد هوازی

فریبرز هوانلو [۱]✉، حمید رجبی [۲]، ناصر عسگر زاده [۳]، محمدعلی بحرینی پور [۴]

۱. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شهید بهشتی تهران
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه شهید بهشتی تهران
۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۱۲ **تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۰/۲۳**

چکیده:

هدف: پژوهش حاضر مقایسه تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد هوازی بود. بدین منظور ۱۶ نفر از دانشجویان مرد با میانگین سن ۲/۹۴±۲۳/۲۷سال ، قد ۵/۸۶±۱۷۸/۱۳ سانتی متر، وزن۷/۸۷±۷۴/۰۶ کیلوگرم،درصد چربی بدنی۳/۷۰±۱۹/۳۳ و BMI ۲/۷۴ ±۲۳/۳۷ به طور داوطلب در این مطالعه شرکت کردند. آزمودنی‌ها بر اساس توان بیشینه (Wmax) به دو گروه همگن هشت نفره، تقسیم و در شرایط هایپوکسی(۳۳۰۰ متر) و نورموکسی به تمرین پرداختند. ابتدا پس از اندازه گیری شاخص‌های ترکیب بدن ، Vo_2max و Wmax با یک آزمون فزاینده در شرایط هایپوکسی و نورموکسی با فاصله ۴۸ ساعت از یکدیگر اندازه‌گیری شد. برنامه تمرین ورزشی بر روی چرخ کار سنج، برای هر دو گروه از نظر شدت (یک دقیقه با شدت ۸۰٪-۸۵٪Wmax و دو دقیقه با شدت ۵۰٪ Wmax) و مدت تمرین (۳۰ دقیقه) یکسان سازی شده بود. بعد از ۲ هفته متغیرهای اندازه‌گیری شده در پیش آزمون مجدداً مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. این تحقیق از نوع نیمه تجربی و کاربردی بود. **نتایج:** نتایج این پژوهش نشان داد فاکتورهای هوازی در هر دو گروه بهبود یافته، اما بین ۱۲ جلسه تمرین مستمر شدید در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد هوازی مردان ورزشکار($\alpha \leq ۰/۰۵$) تفاوت معنی داری وجود نداشت. در نتیجه می توان بیان کرد، دوره تمرینی به کار گرفته شده در این پژوهش باعث بهبود در عملکرد هوازی شد. اما مدت و شدت هایپوکسی به کار گرفته شده به اندازه‌ای نبوده که بتواند به طور معنی‌داری عملکرد هوازی را در گروه هایپوکسی نسبت به گروه نورموکسی بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: هایپوکسی ،نورموکسی، Wmax، تمرین تناوبی شدید

Comparison the effect of high-intensity interval training in hypoxia condition on aerobic performance

Abstract:

The aim of the this study is comparing the effect of twelve-session high intensity interval training in hypoxic and normoxic conditions on anaerobic performance. Therefore sixteen volunteer students of Shahid Beheshti University by the average age of 23.27±2.94, and BMI 23.37± 2.74 participated in this research. Subjects were divided to two groups of exercising in hypoxic condition in 3300 meter, and in normoxic condition by maximum power output (W max). Aerobic factors (VO_2max, $W_{VO2}max$,VEmax,Wmax)were measured by an incremental examination on a cycle ergo meter test in hypoxic after 24 hours, and Aerobic factors(VO_2max, $W_{VO2}max$,VEmax,Wmax) were measured in normoxic condition after 48 hours. Subjects were divided to two equal groups via Wmax. The exercise program was equalized for both groups (80-85% Wmax for 1 minute and 50% for 2 minutes, in30-minute exercise).Just the hypoxic group did the exercise in hypoxic14% condition. Training exercise program contained12 sessions for two continuous weeks (2 to 6 continuous sessions with an off day between these). After 2 weeks the measured parameters were evaluated again. The results of this research showed that there is no difference ($\alpha \leq 0.05$) between twelve-session high intensity interval training in hypoxic and normoxic conditions on aerobic performance. As a result it can be say that the used exercised time can causes the improvement of anaerobic performance in this research, but the time and the gravity of used hypoxia weren't enough to improve the aerobic performance in hypoxic to normoxic condition.

Key words: hypoxic, normoxic, high intensity interval training, maximal power output (Wmax)

✉ **نویسنده مسئول**: فریبرز هوانلو **شماره تماس:** ۰۲۱-۲۹۹۰۲۹۴۱

آدرس: تهران، دانشگاه شهید بهشتی، معاونت پژوهشی دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

E-Mail: fhovanloo@gmail.com

www.SID.ir

Arshive of SID

مقدمه

عوامل زیادی بر عملکرد ورزشکاران تأثیرگذار هستند از جمله این عوامل می‌توان به محیط اجرای تمرین و نوع تمرین اشاره کرد. در حقیقت بسیاری از افراد که به صورت تفریحی در ارتفاعات به فعالیت های ورزشی چون اسکی می‌پردازند، احتمالاً اثرات مثبت یا منفی فعالیت در این محیط‌ها را تجربه کرده‌اند. (۱).

از المپیک مکزیک تمرینات در ارتفاع و شرایط هایپوکسی در بین مربیان و ورزشکاران برای افزایش سطح عملکرد ورزشی در سطح دریا و همچنین آماده سازی برای رقابت‌هایی که در ارتفاع انجام می‌شوند مورد توجه قرار گرفت(۲). هر چند الگوهای تمرینی در شرایط ارتفاع متفاوت هستند. اما روشی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته روش LL+TH (زندگی در اتفاع کم، تمرین در ارتفاع زیاد) است که این امر منجر به بهبود عملکرد عضله و در نهایت بهبود عملکرد ورزشی می‌شود(۳). این روش خود به ۲ دسته تقسیم می‌شود:۱- قرار گیری در معرض هایپوکسی به صورت متناوب برای استراحت[1] (IHE) ۲- اجرای تمرین در شرایط هایپوکسی به صورت متناوب[2] (IHT) (۴). اگر چه مطالعات بهبود برخی فاکتورهای عملکرد استقامتی (اقتصاد دویدن، زمان دویدن تا خستگی، Vo_2max ، هماتوکریت، دانسیته میتوکندریایی) را در سطح دریا پس از اجرای IHT گزارش کردند، اما برخی دیگری از مطالعات بهبودی بر عملکرد هوازی در سطح دریا را پس از IHT مشاهده نکردند(۵،۳). از نظر مقایسه دو محیط وگت و همکاران[3] بهبود عملکرد بیشتری را در گروه هایپوکسی نسبت به گروه نورموکسی مشاهده کردند ولی انگفرد و همکاران[4] نتایج مشابهی برای گروه هایپوکسی و گروه نورموکسی گزارش دادند(۷،۶). تحقیقات زیادی نشان داده‌اند تمرین استقامتی با حجم بالا در ارتفاع برای بهبود عملکرد سودمند است به عنوان مثال میوسن و همکاران[5](۲۰۰۱)تاثیر ۱۰روز تمرین در شرایط هایپوکسی را بر عملکرد۱۶ورزشکار مرد نخبه در رشته ورزشی سه‌گانه که به دو گروه هایپوکسی (۲۵۰۰متر) و نورموکسی تقسیم شدند در سطح دریا بررسی کردند.همه آزمودنی‌ها هر روز ۲ ساعت با شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای تمرین کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که تمرین در شرایط هایپوکسی به طور متناوب می‌تواند هر دو سیستم تأمین انرژی هوازی و بی هوازی را بهبود بخشد(۸). کزوبا و همکاران[6] (۲۰۱۱) نیز تأثیر ۳ هفته تمرین با شدت ۹۵ درصد آستانه لاکتات در شرایط هایپوکسی و نورموکسی را بر روی عملکرد هوازی دوچرخه سواران نخبه مورد بررسی قرار دادند.آزمودنی‌های این تحقیق را ۲۰ دوچرخه سوار نخبه مرد تشکیل می‌دادند. تمرینات در سه هفته و هر هفته سه جلسه انجام می‌شد. نتایج بهبود معنی‌داری را در Vo_2max ، Vo_2LT ، WRmax ، WR_2LT و غلظت لاکتات نشان داد در حالی که متغیرهای هماتولوژیکال تغییر معنی داری پیدا نکرد. در پایان پیشنهاد شد که تمرین در محیط هایپوکسی با شدت آستانه لاکتات برای بهبود ظرفیت هوازی و عملکرد استقامتی در سطح دریا سودمند است(۹).

در مجموع، اغلب مطالعات روی تمرینات طولانی با شدت کم یا تمرینات با شدت بالا و حجم کم در شرایط هایپوکسی تمرکز داشته‌اند. نکته قابل توجه این که ورزشکاران در این نوع برنامه تمرینی سرانجام به فلات می‌رسد. در چنین مواقع به نظر می رسد یک شوک تمرینی برای بهبود عملکرد نیاز است. در این رابطه از جمله تمرین‌هایی که اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته، تمرین با شدت بالا به صورت تناوبی (HIIT)[7] است. این روش(HIIT) فشار فیزیولوژیکی اضافی مورد نیاز برای افزایش ظرفیت و عملکرد استقامتی را فراهم می‌کند (۸). تحقیقات در این نوع تمرین، سازگاری‌های فیزیولوژیکی مشابه ای با سازگاری‌های ناشی از برنامه تمرینی استقامتی نشان داده اند(۸،۱۰). تنوع این نوع از تمرینات با توجه به اهداف برنامه تمرینی (هوازی یا بی‌هوازی) بسیار زیاد بوده است و از تکراری شدن تمرین نیز جلوگیری می کند به طور مثال هازل و همکاران[8] (۲۰۱۰) تأثیر سه برنامه تمرین تناوبی سرعتی را بر عملکرد هوازی

1. Intermittent Hypoxic Exposure
2. Intermittent Hypoxic Training
3.Vogt et al
4. Levine et al
5. Meeuwsen et al
6. Czuba et al
7. High-intensity interval training
8. Hazell et al

www.SID.ir

Arshive of SID

و بی هوازی بررسی کردند. ۳۵ مرد و ۱۳ زن در چهار گروه (۱-۳۰ثانیه با حداکثر سرعت و چهار دقیقه ریکاوری فعال ۲-۱۰ثانیه با حداکثر سرعت و چهار دقیقه استراحت فعال ۳-۱۰ثانیه با حداکثر سرعت و دو دقیقه ریکاوری فعال ۴-گروه کنترل)در این تحقیق شرکت کردند نتایج نشان داد که تمرینات تناوبی سرعتی در دوره زمانی کوتاه برای بهبود عملکرد هوازی و بی هوازی موثر است(۱۱). همچنین مهدی بیاتی و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر دو نوع مختلف تمرین با شدت بالا را بر عملکرد هوازی مقایسه کردند. در این تحقیق ۲۴ مرد فعال شرکت کردند که به ۳ گروه تقسیم شدند.گروه اول ۵-۳ تلاش ۳۰ ثانیه‌ای با حداکثر سرعت و ۴ دقیقه استراحت بین آن‌ها انجام دادند.گروه دوم ۱۰-۶ تلاش با شدت ۱۲۵ درصد pmax که استراحت بین آن‌ها ۲ دقیقه بود را انجام دادند و گروه سوم هم به عنوان گروه کنترل مورد استفاده قرار گرفت. تمرین به مدت ۴ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام شد. قبل و بعد دوره تمرین فاکتورهای هوازی از طریق آزمون VO_2max و آزمون زمان رسیدن به واماندگی با pmax اندازه گیری شد. در پایان در گروه اول و دوم بهبود معنی-داری در VO_2max و توان در VO_2max و Tmax مشاهده شد(۱۲).

در حقیقت یکی از مزایای تمرین با شدت بالا نسبت به تمرین استقامتی یا قدرتی این است که هر یک از تمرین‌های استقامتی یا قدرتی از طریق یکی از راه‌های اکسیداتیو یا غیر اکسیداتیو،ATP مورد نیاز را تولید می‌کنند. در حالی که تمرین با شدت بالا بر اساس زمان و شدت تکرار و تعداد تکرارها و زمان ریکاوری بین آن ها می‌تواند هم از طریق اکسیداتیو و هم غیر اکسیداتیو ATP مورد نیاز خود را تولید کند. در همین راستا اسفرجانی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که ۱۰ هفته HIIT می‌تواند ظرفیت هوازی را افزایش دهد(۱۳). از طرفی به نظر می-رسد تمرین شدید در شرایط هایپوکسی نیز بتواند باعث بهبود عملکرد هوازی شود. به عنوان مثال در یک مطالعه نشان داده شد که هایپوکسی با میزان ۱۰/۸ درصد در طی ۴۵_۳۰ ثانیه آزمون وینگیت برون ده توانی[1]را محدود نکرد(۱۴). این مطالعات نشان دادند که انرژی آزاد شده از طریق بی هوازی کاهش انرژی تولیدی از طریق هوازی را هم جبران می‌کند(۱۵). همینطور اجیتا و تاباتا یک افزایش کسر اکسیژن ۱۰ درصدی را در شناگران بعد از تمرین با شدت بالا به صورت متناوب و شرایط هایپوکسی(۳۰۰۰ متر) نشان دادند(۱۶). در حالی که در مطالعه‌ای دیگر تغییری در کسر اکسیژن یا زمان شنای سرعت (۴۰۰-۱۰۰ متر) بعد از تمرین با شدت بالا در شرایط هایپوکسی (۲۵۰۰ متر) در مقایسه با شرایط عادی مشاهده نشد(۱۷). با توجه به خسته کننده و کسل اور بودن اغلب تمرینات تکراری استقامتی و تمایل ورزشکاران به بهره گیری از تنوع تمرینی بیشتر لذا اکثر مربیان به دنبال استفاده از روش های تمرینی جدید هستند تا ضمن جلوگیری از این وضعیت، نتایج بهتری را نیز به دست آورند در این رابطه تمرینات تناوبی شدید می تواند یکی از روش های مطرح باشد اما از آن جایی که این تمرینات علی رغم کارآیی قابل قبول خود هنوز در نتایج بدست آمده در شرایط محیطی خاص چون هایپوکسی با تناقض همراه است(۱۶،۱۷)لذا ضروری بنظر می رسد تا در این تحقیق در پی پاسخ دادن به این سوال باشیم که آیا اجرای تمرین تناوبی با شدت بالا در شرایط هایپوکسی نسبت به شرایط نورموکسی می‌تواند باعث بهبود عملکرد هوازی بیشتری شودیا خیر؟

روش پژوهش

این پژوهش کاربردی و به روش نیمه تجربی انجام شده است

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری شامل۱۴نفر از دانشجویان مرد ورزشکار با دامنه سنی ۲۱ تا ۲۶ سال و دارای حداقل ۲ سال سابقه ورزشی بودند که به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند و بر اساس wmax به دو گروه همگن تقسیم شدند.

شیوهٔ اجرای پروتکل تمرینی و اندازه گیری متغیر های وابسته

از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۴۸ ساعت قبل از اجرای اولین آزمون از انجام هرگونه فعالیت شدید خودداری کنند و به صورت ناشتا در ساعت ۶ صبح در آزمایشگاه برای تعیین ویژگی‌های آنتروپومتریک و روز بعد ساعت ۷ صبح در آزمایشگاه برای تعیین Wmax و دیگر فاکتورهای

1 . power out put

www.SID.ir

Arshive of SID

هوازی در شرایط هایپوکسی حاضر باشند. ۴۸ ساعت بعد هم آزمودنی‌ها برای تعیین همان فاکتورها در شرایط نورموکسی در آزمایشگاه حاضر شدند. آزمون تعیین Wmaxدر شرایط هایپوکسی و نورموکسی از ساعت ۸ الی۱۱ صبح صورت گرفت. بعد از این مرحله با توجه بهWmax، آزمودنی‌ها به صورت کاملاً همگن، به دو گروه هایپوکسی و نورموکسی تقسیم شدند. همگن سازی به این صورت انجام گرفت که آزمودنی‌ها بر اساس Wmax بدست آمده در شرایط نورموکسی به ترتیب لیست شدند و بعد از آن نمرات زوج در گروه هایپوکسی و نمرات فرد در گروه نورموکسی قرار داده شدند . برای اینکه زمان اجرای تمرین در طول روز بر نتایج تأثیر نگذارد آزمودنی‌ها هر روز کانتربالانس می‌شدند. ۴۸ ساعت بعد از اتمام دوره تمرینی آزمون تعیین Wmax و خون گیری در شرایط نورموکسی برای اندازه‌گیری فاکتورهای هوازی با رعایت شرایط پیش آزمون اجرا شد. از آزمودنی‌ها خواسته شد که از برنامه غذایی دانشگاه پیروی کنند همچنین خواسته شد که از هیچ‌گونه مکمل غذایی در طول اجراء پروتکل استفاده نکنند. زمان و نحوی اجرای آزمون و نمونه‌گیری برای تمام آزمودنی‌ها یکسان بود.

پروتکل تمرینی شامل دوازده جلسه تمرین با شدت بالا بود که هر جلسه ۳۰ دقیقه به طول می انجامید این برنامه با شدت ۸۰ تا ۸۵ درصد Wmax در دوره‌های یک دقیقه-ای و به دنبال آن دو دقیقه با شدت ۵۰ درصد Wmax برای هر کدام از گروه‌های تجربی دنبال شد. (پروتکل تمرینی با انجام پایلوت‌های فراوان (ازنظر شدت و مدت تمرین یک جلسه و طول دوره تمرین) طراحی شد. در ضمن برای یکسان سازی دما و رطوبت محیط نورموکسی با هایپوکسی از یک چادر استفاده شد که گروه نورموکسی نیز در آن، دوره تمرینی را با غلظت اکسیژن برابر با شرایط طبیعی انجام دادند. برنامه تمرینی گروه هایپوکسی با میزان ۱۴ درصد O_2 معادل ارتفاع ۳۳۰۰متر انجام شد. آزمودنی ها پروتکل تمرینی را در ساعت ده صبح انجام می دادند.

جهت اندازه گیری حداکثر توان (Wmax) با کمک دوچرخه کار سنج مونارک استفاده شد. نحوه کار به این صورت بود که آزمودنی‌ها ابتدا به مدت ۵ دقیقه بدون بار شروع به رکاب زدن کردند و بعد دستگاه گاز آنالیزور به آزمودنی ها وصل می‌شد و در مرحله اول ۳ دقیقه با ۲۰وات رکاب زدند سپس به ازای هر یک دقیقه ۲۵ وات به بار کار افزوده شد، تا هنگامی که فرد به حالت واماندگی برسد. به این صورت که یک مرحله قبل از واماندگی به عنوان Wmax آزمودنی انتخاب شد که بر اساس آن برنامه تمرین طراحی شد (۱). اندازه گیری لاکتات در پایان هر مرحله (مرحله ۴ به بعد) آزمون فزاینده وامانده ساز در شرایط نورموکسی به وسیله لاکتومتر انجام شد .قابل ذکر است که زمان اندازه گیری لاکتات (مرحله ۴ به بعد) بر اساس پایلوت های فراوان بدست آمد. خون‌گیری در آزمون فزاینده در شرایط نورموکسی در قبل و بعد از دوره تمرینی انجام شد. نمونه خونی جمع آوری شده، بلافاصله جهت تجزیه و تحلیل به آزمایشگاه منتقل گردید. جهت اندازه گیری هماتوکریت از دستگاه سانتریفوژ ساخت آلمان و میزان هموگلوبین از دستگاه فتومتر استفاده شد.

روش آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های با استفاده از نرم افزار آماری SPSS/16 انجام شد. به منظور تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف استفاده شد و برای بررسی تفاوت داده‌های نرمال، قبل و بعد در هر گروه از آزمون t وابسته و برای بررسی اختلاف بین دو گروه از آزمون t مستقل و همچنین برای داده های غیرنرمال، از آزمون منویتنی برای بررسی تفاوت داده‌های قبل و بعد در هر گروه و برای بررسی اختلاف بین دو گروه از آزمون ویلکاکسون و سطح معنی داری $P \leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

یافته ها

نتایج این بررسی (پیش آزمون ، پس آزمون و بین گروهی) به طور خلاصه در جدول ۱ آورده شده است.

بحث و بررسی

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد(جدول۱) که تفاوتی بین VO_2max گروه هایپوکسی و نورموکسی وجود ندارد. یکی از دلایل احتمالی برای بهبود VO_2max در گروه هایپوکسی تقویت عضلات تنفسی می‌باشد که غیرهمسو با تحقیق مارشال و همکاران(۲۰۰۸)است(۱۸). تقویت عضلات تنفسی که بر اثر پر تهویه‌ای به وجود می‌آید، می-تواند باعث بهبود تهویه شود.

www.SID.ir

Arshive of SID

جدول۱ . نتایج پیش آزمون ، پس آزمون و بین گروهی (Mean±SD)

گروه / فاکتور	نورموکسی			هایپوکسی			مقدار p بین گروهی
	قبل	بعد	مقدار p	قبل	بعد	مقدار p	
Vo_2max (ml/kg.min)	۴۴±۵	۴۷/۳±۵/۴	۰/۰۳۵	۴۴/۸±۵	۴۹±۴/۶	۰/۰۲۰	۰/۶۹۷
Wvo_2max (wat)	۲۴۸/۱±۲۸/۱	۲۶۶/۱±۳۳/۹	۰/۰۰۳	۲۵۱/۲±۱۷/۶	۲۷۶/۲±۱۷/۶	۰/۰۰۱	۰/۳۳۴
Wmax (wat)	۲۵۱/۲±۲۵/۸	۲۷۰±۲۹/۸	۰/۰۲	۲۶۰/۶±۱۸/۶	۲۷۶/۲±۱۷/۶	۰/۰۲	۰/۸۷۲
VEmax (l/min)	۱۴۰/۳±۲۲/۷	۱۴۳/۷±۲۷/۵	۰/۸۳۳	۱۳۷/۸±۲۷/۵	۱۴۳/۷±۲۸/۱	۰/۵۲۹	۰/۵۳۰
(wat) W_{LT}	۱۶۶/۸±۲۰/۸	۱۸۲/۵±۳۵/۳	۰/۰۹۵	۱۶۳/۷±۱۷/۶	۱۸۵/۶±۲۲/۹	۰/۰۰۶	۰/۳۹۴
هموگلوبین (mmol/l)	۱۷±۰/۶۵	۱۷/۵±۰/۶۲	۰/۱۵۱	۱۶/۵±۰/۹	۱۷/۴±۰/۷۹	۰/۰۲۱	۰/۳۲۲
هماتوکریت (٪)	۴۹/۹±۱/۳	۵۳/۱±۲/۳	۰/۰۱۱	۴۸/۲±۳/۶	۵۱±۳/۰۶	۰/۰۳۶	۰/۷۸۰

پر تهویه‌ای می‌تواند در نتیجه تمرین در شرایط هایپوکسی و ارتفاع به وجود آید(۴). که بریسچ و همکاران (۲۰۰۳) نیز این مکانیسم را برای افزایش میزان تهویه و VO_2max بر اثر ۴ هفته تمرین در شرایط هایپوکسی گزارش کردند(۱۹). که درپژوهش مارشال مدت زمان قرارگیری در شرایط هایپوکسی برای هر آزمودنی، به مدت ۲ ساعت در هر روز بود که احتمالاً این مدت زمان برای ایجاد پر تهویه‌ای و تقویت عضلات تنفسی و در نتیجه بهبود VO_2max در گروه هایپوکسی زمان کافی و مناسبی بوده است. در پژوهش حاضر میزان VO_2max بعد از دوره تمرینی در هر دو گروه افزایش داشته، اما تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت که احتمالاً این افزایش بیشتر ناشی از انجام تمرین است تا شرایط محیطی، در این مطالعه مقادیر VO_2max به میزان ۹.۱۹ درصد در گروه هایپوکسی و ۷.۶۷ درصد در گروه نورموکسی افزایش نشان داده است. افزایش ۰/۵ تا ۱۵ درصدی در مقادیر VO_{2max} پس از تمرینات متفاوت تناوبی در تحقیقاتی گزارش شده است(۲۰). در این رابطه هلگردو (۲۰۰۷) معتقد است میزان افزایش VO_2max به عواملی چون: شدت ، مدت و تکرار وهله‌های تمرین ، سطح آمادگی اولیه و ژنتیک بستگی دارد. افزایش VO_2max از بهبود در حمل اکسیژن به عضلات اسکلتی از طریق افزایش حجم ضربه‌ای(۲۲،۲۱). افزایش دانسیته میتوکندریایی و افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو و در نتیجه افزایش برداشت اکسیژن توسط عضلات فعال سرچشمه می‌گیرد(۲۰). بنابراین در تحقیق حاضر ، افزایش VO_2max پس از تمرینات تناوبی شدید ممکن است که از افزایش تفاوت اکسیژن سرخرگی – سیاهرگی ناشی شده باشد (سازگاری‌های محیطی). با این حال، با وجود افزایش معنی‌دار مقادیر VO_2max در گروه هایپوکسی و نورموکسی، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد که علت احتمالی این موضوع می‌تواند به مدت زمان قرارگیری هر فرد در معرض هایپوکسی (هر روز ۳۰دقیقه) باشد، احتمالاً این مدت زمان نتوانسته باعث تحریک و تقویت عضلات تنفسی به اندازه کافی و بهبود میزان تهویه به میزان پیش بینی شده از این طریق شود. در تحقیق مارشال مدت زمان قرارگیری در معرض هایپوکسی برای هر آزمودنی،در هر روز ۲ ساعت بود. همچنین مشخص شده که مهم‌ترین سازگاری فیزیولوژیکی که بر اثر کاهش اکسیژن (PiO2) به وجود می‌آید افزایش ترشح اریتروپویتن (EPO) از کلیه است که این مسئله

www.SID.ir

Arshive of SID

باعث افزایش تعداد گلبول‌های قرمز خون می‌شود. که افزایش تعداد گلبول‌های قرمز می‌تواند VO_2max را بهبود بخشد(۲۳). افزایش VO_2max در اثر هایپوکسی در اغلب تحقیقات به وسیله افزایش غلظت هموگلوبین و هماتوکریت توجیه می‌شود در این تحقیق نیز یک توجیه معتبر برای عدم افزایش بیشتر VO_2max در گروه هایپوکسی نسبت به گروه نورموکسی می‌تواند این باشد که غلظت هموگلوبین و هماتوکریت در بین دو گروه تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

با توجه به اینکه تفاوتی بین گروه هایپوکسی و نورموکسی بر Wvo_2max وجود ندارد(جدول۱) ولی میزان Wvo_2max در هر دو گروه هایپوکسی (۹.۹۵ درصد) و نورموکسی (۷.۶۷ درصد) افزایش معنی‌داری داشت. احتمالاً این افزایش ناشی از تمرین بوده، تا شرایط محیطی. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق دیفور و همکاران (۲۰۰۶) همسو بود(۲۴). VO_2maxیکی از عامل‌های مهم مرتبط با عملکرد استقامتی به شمار می‌رود (۲۵) و تحقیقات نشان داده اند که افزایش $V_{VO2}max$ در اثر تمرینات تناوبی در ورزشکاران نخبه، احتمالاً از افزایش RE و در غیر نخبه ها از افزایش VO_2max و RE ناشی می‌شود(۲۶). بنابراین افزایش Wvo_2max در هر دو گروه در تحقیق حاضر منطقی به نظر می‌رسد. علت افزایش بیشتر Wvo_2max در گروه هایپوکسی احتمالاً می‌تواند ناشی از افزایش بیشتر VO_2max در گروه هایپوکسی نسبت به نورموکسی در تحقیق حاضر باشد و دلیل نداشتن تفاوت معنی‌دار بین دو گروه به احتمال زیاد می‌تواند ناشی از نداشتن تفاوت معنی‌دار در مقادیر VO_2max بین دو گروه در تحقیق حاضر باشد.

از دیگر نتایج مطالعه ما این بود که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر Wmax وجود نداشت. با مقایسه درون گروهی داده‌ها مشخص شد که میزان Wmax بعد از دوره تمرینی در هر دو گروه افزایش داشته است که این افزایش احتمالا ناشی از تمرین بوده است نه شرایط تمرینی(محیط هایپوکسی یا نورموکسی). Wmax یک فاکتور هوازی-بی‌هوازی است و بهبود درWmax می‌تواند ناشی از بهبود در بخش هوازی یا بی‌هوازی یا بهبود در هر دو بخش باشد. یکی از علل بهبود Wmax در تحقیق حاضر ممکن است افزایش سطوح آنزیم‌های اکسیداتیو در درون سلول باشد(۲۷). اگرچه نشان داده شده که تمرین با شدت بالا می‌تواند هم سیستم انرژی هوازی و هم بی‌هوازی را بهبود ببخشد(۲۸). یکی دیگر از دلایل محتمل می‌تواند افزایش آستانه بی‌هوازی باشد که این افزایش می‌تواند ناشی از کاهش در تولید لاکتات یا افزایش برداشت باشد. احتمالاً بهبود درWmax گروه هایپوکسی در تحقیق مارشال، بدلیل تقویت عضلات تنفسی بوده است همان طور که قبلاً نیز ذکر گردید تقویت عضلات تنفسی که بر اثر پر تهویه‌ای به وجود می‌آید می-تواند باعث بهبود عملکرد هوازی شود. (۲۹). بریسچ و همکاران (۲۰۰۳)این سازوکار را برای افزایش میزان تهویه و VO_2max بر اثر ۴ هفته تمرین در شرایط هایپوکسی گزارش کردند(۳۰). در مقایسه با پژوهش حاضر، با توجه به نوع تمرین، احتمالا مدت زمان قرارگیری هر فرد در معرض هایپوکسی(۳۰دقیقه هر روز) به اندازه ای نبوده که بتواند باعث تحریک تقویت عضلات تنفسی و بهبود عملکرد هوازی در این دوره شود، یکی دیگر از عوامل احتمالی که نتوانست باعث بهبود بیشتر در گروه هایپوکسی شود، محیط اجرای تمرین گروه نورموکسی بود. گروه نورموکسی در تحقیق حاضر بنا به شرایط آزمایشگاه در ارتفاع ۱۷۰۰ متری به تمرین پرداختند که این خود می‌تواند یکی از عواملی باشد که بین عملکرد دو گروه تفاوت معنی داری را بوجود نیاورد. همچنین نتایج تفاوت معنی داری را بین دو گروه هایپوکسی و نورموکسی در ارتباط با غلظت هموگلوبین نشان نداد. ولی با مقایسه درون گروهی مشخص شد که غلظت هموگلوبین در هر دو گروه هایپوکسی (۵.۵۲درصد) و نورموکسی (۲.۷۸درصد) افزایش پیدا کرده است. که این افزایش فقط در گروه هایپوکسی معنی‌دار بود. یکی از علل احتمالی می‌تواند اثر متابولیک اسیدوزی باشد که به خاطر کار فیزیکی شدید به وجود می‌آید و از سوی دیگر تمرین به تنهایی نتوانسته روی غلظت هموگلوبین تاثیر بگذارد. با توجه به این که تمرینات ورزشی به تنهایی می‌توانند باعث افزایش EPO شوند(۳۱) و از سویی متابولیک اسیدوز از ترشح بیشتر اریتروپویتین می تواند جلوگیری می‌کند که در نتیجه غلظت هموگلوبین در گروه نورموکسی نتوانسته افزایش معنی‌داری پیدا نماید.که به نظر می‌رسد تفاوت در نتایج این مطالعه با پژوهش های قبلی ممکن است به علت شدت هایپوکسی و تکرار در معرض قرارگیری هایپوکسی باشد به نحوی که مدل تمرینی اجراء شده توسط پنرت و همکاران شامل دو هفته تمرین شدید و هر هفته ۳ جلسه در ارتفاع (۱۹۵۶ متر)

www.SID.ir

Arshive of SID

بود(۳۲). همچنین برنامه تمرینی به کار گرفته شده توسط مورتن و همکاران به مدت ۴ هفته و ۳ جلسه در هفته ، در ارتفاع ۲۵۰۰ متری اجراء شد(۳۳). و برنامه تحقیق کزوبا و همکاران، ۳ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین با شدت آستانه لاکتات در ارتفاع ۲۵۰۰ تا ۲۶۰۰ متری بود. همان‌طور که در تحقیقات مذکور مشاهده می‌شود ارتفاع به کار گرفته شده در این بررسی‌ها، نسبتاً پایین است که با توجه به این که برای افزایش EPO و گلبول‌های قرمز خون به مدت و شدت خاصی از ارتفاع نیاز است و تحقیقات پیشین نشان دادند که ارتفاع مناسب برای افزایش این فاکتورها ارتفاع نسبتاً بالا می‌باشد(۳۴). به نظر می‌رسد، ارتفاع به کار گرفته شده در این تحقیقات به اندازه کافی شدید نبوده که بتواند تغییر معنی‌داری را در غلظت هموگلوبین ایجاد کند. دلیل احتمالی دیگر می‌تواند به علت قرار نگرفتن مستمر آزمودنی‌ها در معرض هایپوکسی باشد که پیشینه تحقیقات نشان می‌دهد تحریکات مستمر اریتروپویتین توسط هایپوکسی می‌تواند باعث تغییرات بیشتری در غلظت هموگلوبین شود. برخی تحقیقات نشان داده اند که تمرین ورزشی همراه با هایپوکسی می‌تواند موجب افزایش بیشتری در میزان هموگلوبین شود(۳۵). افزایش اریتروپویتین از طریق تحریک کلیه می‌باشد منجر به تولید و افزایش گلبول‌های قرمز و هموگلوبین خون می‌شود(۳۷،۳۶). که این تغییرات در شرایط هایپوکسی باعث افزایش تولید گلبول‌های قرمز خون می‌شود و در نتیجه تعداد کل گلبول‌های قرمز خون افزایش می‌یابد(۳۷،۳۲). این سازگاری سرانجام باعث بیشتر شدن حجم کل خون می‌شود که به فرد اجازه می‌دهد تا حدودی کم بودن فشار سهمی اکسیژن در ارتفاع را جبران کند(۳۸). و موجب افزایش اکسیژن رسانی بیشتر و بهتر به عضلات و افزایش عملکرد هوازی شود. احتمالاً معنی‌دار نشدن تفاوت بین دو گروه می‌تواند ناشی از کوتاه بودن دوره تمرینی و همچنین ارتفاع نورموکسی(۱۷۰۰ متر) تحقیق حاضر باشد.

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد تمرینات تناوبی شدید موجب افزایش معنی‌داری در غلظت هموگلوبین ، هماتوکریت ، VO_2max و Wvo_2max و Wmax می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد که تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی متناوب نسبت به شرایط نورموکسی نمی‌تواند باعث افزایش بیشتر عملکرد هوازی شود اما تمرین استفاده شده در تحقیق حاضر برای بهبود عملکرد هوازی یک تمرین مناسب بوده است که به بررسی های بیشتر، مدت زمان طولانی تر و همچنین ارتفاع زیادتر توسط محققین نیازمند می باشد.

منابع

1. CS, H., (1983). The dangers of the heights and how to avoid them. Travel Medicine,postgraduate Medicine.,

2. Saunders, P.U., D.B. Pyne, and C.J. Gore.(2009).Endurance training at altitude. High altitude medicine & biology,. 10(2): p. 135-148

3. Desplanches, D., et al., (1993).Effects of training in normoxia and normobaric hypoxia on human muscle ultrastructure. Pflügers Archiv European Journal of Physiology, 425(3): p. 263-267.

4. Wolski, L., D. McKenzie, and H. Wenger, (1996). Altitude training for improvements in sea level performance. Is the scientific evidence of benefit? Sports medicine (Auckland, NZ),. 22(4): p. 251.

5. Ponsot, E., et al., (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle. Journal of applied physiology,. 100(4): p. 1249.

6. Vogt, M., et al., (2001). Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. Journal of applied physiology,. 91(1): p. 173

7. Engfred, K., et al., (1994). Hypoxia and training-induced adaptation of hormonal responses to exercise in humans. European journal of applied physiology and occupational physiology,. 68(4): p. 303-309.

8. Wojtaszewski, J. and E.A. Richter, (1998). Glucose utilization during exercise: influence of endurance training. Acta physiologica scandinavica, 162(3): p. 35.358-1

9. Czuba, M., et al., The effects of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and endurance performance in cyclists. Journal of Sports Science and Medicine, 2011. 10: p. 175-183.

10. Burgomaster, K.A., et al., (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. The Journal of physiology, 586(1): p. 151-160.

11. Hazell, T.J., et al., 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. European journal of applied physiology, 2010. 110(1): p. 153-160.

12. Mahdi Bayati 1, B.F., Reza Gharakhanlou 1 and Hamid Agha-Alinejad 1, A practical model of low-volume high-intensity interval training induces

www.SID.ir

Arshive of SID

performance at sea level: a review. British Journal of Sports Medicine,

25. Dufour, S.P., et al., (2006).Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. Journal of applied physiology, 100(4): p. 1238-1248.

26. Bassett, D. and E.T. Howley, (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Medicine and science in sports and exercise, 32(1): p. 70-84.

27. Demarle, A., et al.(2003). ,Whichever the initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. Archives of physiology and biochemistry, 111(2): p. 167-176

28. Melissa, L., Macdougall, J.D., Tranopolsky, M.A., Cipriano, N. and Green, H.J.(1997). Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxia versus normoxic conditions. . Medicine and Science in Sports and Exercise,.

29. Lindsay FH, H.J., Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD ,Dennis SC, (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. . Med Sci Sports Exerc,.

30. Wolski, L.A., Mckenzie, D.C. and Wenger, H.A., (1996). Altitude training for improvements in sea level performance: is there scientific evidence of benefit? Sports Medicine,

31. Borisch, S., Bartschp. and Friedmann, B.,(2003).Effects of strength endurance training in hypoxia on endurance capacity ,blood volume and erythropoietin. International Journal of Sports Medicine,

32. Schwandt, H.J., et al., (1991). Influence of prolonged physical exercise on the erythropoietin concentration in blood. European journal of applied physiology and occupational physiology, 63(6): p. 463-466.

33. Böning, D., et al., (1997). After-Effects of a high altitude expedition on blood. International journal of sports medicine,. 18(3): p. 179-185.

34. Czuba, M., et al., (2011).The effects of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and endurance performance in cyclists. Journal of Sports Science and Medicine, 10: p. 175-183

35. Chapman, R.F., J. Stray-Gundersen, and B.D. Levine, (1998). Individual variation in response to altitude training. Journal of applied physiology, 85(4): p. 1448-1456.

36. Klausen, T., et al., (1991). Maximal oxygen uptake and erythropoietic responses after training at moderate altitude. European journal of applied physiology and occupational physiology, 62(5): p. 376-379.

37. Boning, D., et al., (2004). Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained female performance and metabolic adaptations that resemble 'all-out' sprint interval training. Journal of Sports Science and Medicine, 2001.

13. Esfarjani, F. and P.B. (2007). Laursen, Manipulating high-intensity interval training: Effects on, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. Journal of Science and Medicine in Sport, 10(1): p. 27-35.

14. McLellan TM, K.M., Jacobs I, (1990.)The effect of hypoxia on performance during 30 s or 45 s of supramaximal exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol,

15. Ogura, Y. and Æ.S.K.Æ.J.U.T.Æ.H. Naito, (2006). Effects of low and high levels of moderate hypoxia on anaerobic energyrelease during supramaximal cycle exercise. Springer-Verlag, 78:(14)p. 7.

16. Ogita F, T.I., (1999). The effect of high intensity intermittent training under a hypobaric hypoxic condition on anaerobic capacity and maximal oxygen uptake.

17. McLellan TM, K.M., Jacobs I, The effect of hypoxia on performance during 30 s or 45 s of supramaximal exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1990.

18. Marshall HC, H.M., Hellemans J, Murrell C, Beattie N, Hellemans I, Perry T, Burns A, Ainslie PN. .. :, (2008).Effects of intermittent hypoxia on SaO2, cerebral and muscle oxygenation during maximal exercise in athletes with exercise-induced hypoxemia. Eur J Appl Physiol Occup Physiol,.

19. Borisch, S., P. Bärtsch, and B. Friedmann,(2002) Effects of strength endurance training in hypoxia on endurance capacity, blood volume on erythropoietin. Int J Sports Med ,23 p. S80.

20. Creer, A., et al., (2004).Neural, metabolic, and performance adaptations to four weeks of high intensity sprint-interval training in trained cyclists. International journal of sports medicine, 25(2): p. 92-98.

21. Smith, T.P., L.R. Mcnaughton, and K.J. Marshall, (1999). Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on VO2max and performance in athletes. Medicine and science in sports and exercise, 31(6): p. 892.

22. Laursen, P.B., et al., , (2005).Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association. 19(3): p. 527.

23. Laursen, P.B. and D.G. Jenkins, (2002).The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. Sports Medicine, 32(1): p. 53-73.

24. Bailey, D.M.a.D., B, (1997). Physiological implications of altitude training for endurance

www.SID.ir

Arshive of SID

altitude residents. International journal of sports medicine, 25(8): p. 561-568.

38. Booth, F., (1982). Effect of limb immobilization on skeletal muscle. Journal of applied physiology, 52(5): p. 1113-1118

www.SID.ir