

پژوهش‌های فیزیولوژی و مدیریت در ورزش  
دوره ۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵  
ص: ۱۴۴-۱۳۱

تأثیر هشت هفته تمرینات سرعتی تکراری در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر رکورد شنای شناگران نخبه دختر

فرحناز امیرشقایق\*<sup>۱</sup> - فریبرز هووانلو<sup>۲</sup> - مریم نورشاهی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکترای تربیت بدنی و علوم ورزشی (فیزیولوژی ورزشی)، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ۲. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی (توانبخشی جسمانی)، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ۳. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی (فیزیولوژی ورزشی)، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۲۰ / ۰۳ / ۱۳۹۵، تاریخ تصویب: ۲۸ / ۰۶ / ۱۳۹۵)

## چکیده

هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر هشت هفته تمرینات سرعتی تکراری در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر رکورد شنای شناگران نخبه دختر می باشد. تحقیق حاضر بر روی ۳۰ شناگر نخبه دختر انجام گرفت که بصورت تصادفی در سه گروه ۱۰ نفری شامل دو گروه تجربی (هایپوکسی و نورموکسی) و یک گروه کنترل قرار گرفتند. برنامه تمرینی برای هر دو گروه تجربی به مدت هشت هفته و هر هفته شامل دو جلسه تمرین با ارگومتر شنا و سه جلسه تمرین در استخر دنبال شد. پروتکل تمرینی برای دو گروه با شدت و مدت زمان یکسان (۹ کوشش ۳۰ ثانیه ای با شدت ۸۰ درصد حداکثر اجرا، همراه با دو دقیقه استراحت بین هر کوشش) بر روی ارگومتر شنا طراحی گردید، با این تفاوت که تمرینات گروه تجربی اول در شرایط هایپوکسی معادل ۱۴ درصد  $\text{fio}_2$  انجام گردید. گروه کنترل در این مدت، فقط به اجرای ۵ جلسه تمرین عادی شنای خود پرداختند. نتایج با استفاده از آزمون آماری تحلیل واریانس در سطح معنی داری  $p \leq 0/05$  تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که هشت هفته تمرینات سرعتی تکراری باعث بهبود رکورد شنای ۱۰۰ متر ( $P=0/013$ ) و شنای ۲۰۰ متر ( $p=0/009$ ) در شرایط هایپوکسی نسبت به نورموکسی می شود.

## واژه‌های کلیدی

تمرینات سرعتی تکراری، هایپوکسی، نورموکسی، رکورد شنا ۱۰۰ متر کراال سینه و رکورد شنا ۲۰۰ متر کراال سینه.

## مقدمه

در دهه های اخیر، تحقیقات و پیشرفت های علمی رابطه تنگاتنگ فعالیت های ورزشی با شرایط محیطی را نشان می دهد. بطوری که شرایط محیطی مختلف، می تواند عملکرد ورزشی را تحت تأثیر قرار دهد. ورزشکاران و مربیان اغلب تمرینات در ارتفاع را به عنوان بخشی از برنامه های تمرینی فصل در برنامه های خود می گنجانند، زیرا بر این اعتقاد هستند که این نوع تمرینات می تواند اثرات سودمندی بر روی عملکرد ورزشی داشته باشد (۹،۲۰،۳۳). با این وجود این توسعه و پیشرفت می تواند برای افراد مختلف گوناگون باشد و به نحوه سازگاری آن ها در ارتفاع بستگی دارد (۶،۳۷). امروزه ورزشکاران از انواع تمرینات ورزشی در شرایط محیطی مختلف برای افزایش عملکرد ورزشی، خود استفاده می کنند.

در این میان زندگی در سطح دریا و تمرین در ارتفاع (LL + TH)<sup>۱</sup> یکی از مدل های تمرینی است، که در آن ورزشکار ضمن زندگی در شرایط نورموکسی، با فواصل گسسته و نسبتاً کوتاه (۱۸۰-۵ ثانیه) در یک محیط شبیه سازی شده در معرض هایپوکسی قرار می گیرد (۱۸،۲۷،۳۱،۳۷). در خصوص رشته شنا و تاثیر تمرینات در شرایط هایپوکسی بر عملکرد شناگران به طور کلی، مکان های تمرینی در ارتفاع بین ۱۷۰۰ الی ۲۵۰۰ متری از سطح دریا گزارش شده است (۳۰). برای طراحی برنامه تمرینی ورزشکاران، شناسایی نیازهای فیزیولوژیکی هر ورزش، هم چنین شناخت روش های تمرینی مناسب و موثر برای بهبود اجرای ورزشی ضروری است.

یکی از روش های بهبود عملکرد هوایی و بی هوایی تمرینات سرعتی تکراری (RSH)<sup>۲</sup> را می توان نام برد که در سال های اخیر مورد توجه ورزشکاران، مربیان و

پژوهشگران علوم ورزشی قرار گرفته است (۲۳).

RSH تمرینات سرعتی تکراری با مدت زمان  $(\geq 30)$  ثانیه) که با حداکثر سرعت صورت می گیرد بر این اساس سازگاری های بیشتری در سطح مولکولی و احتمال در تحویل اکسیژن به میتوکندری به وجود می آورد. همچنین این مدل تمرینی به دلیل آن که شدت تمرین در آن به حداکثر می رسد در نتیجه اجازه می دهد تا تارهای FT بیشتری به کار گرفته شود در نتیجه می تواند سازگاری های را ایجاد کند که متفاوت از تمرینات تناوبی در هایپوکسی<sup>۳</sup> (IHT) باشد. همچنین با اضافه کردن هایپوکسی به تمرین نتایج مثبت بیشتری را می توان انتظار داشت. بنابراین افزودن تمرینات سرعتی تکراری در هایپوکسی در فهرست برنامه های تمرینی در ارتفاع توجیه پذیر است (۲۸). تا به امروز، تقریباً اکثر تحقیقات مربوط به تمرین در هایپوکسی به مطالعه روی سازگاری های مربوط به ورزش های هوازی پرداخته است. و به خوبی ثابت شده است که ظرفیت عملکرد هوازی به طور مداوم در ارتفاع افت می کند و کل حجم کار تمرینی به دلیل ایجاد اختلال در سازگاری تمرین کاهش می یابد (۳۴). در مقابل، عملکرد با تمرینات بیشینه کوتاه مدت با قرار گرفتن در ارتفاع/هایپوکسی پایین تا متوسط (۳۵)، بدلیل اینکه افزایش تولید ATP از طریق سیستم انرژی گلیکولیتیکی باعث جبران افت انرژی اکسیداتیو می شود، اختلالی در سازگاری ایجاد نمی کند (۲۸). انجام تمرینات با شدت حداکثر، باعث سازگاری تهویه مطلوب بافت عضله اسکلتی از طریق مسیر حساس به اکسیژن می شود (به عنوان مثال، افزایش مویرگی نسبت به فیبر، مقدار میوگلوبین و فعالیت آنزیم اکسیداتیو مانند سنتاز سیترات) این اتفاقات در شرایط نورموکسی رخ نمی دهد و یا، اگر صورت بگیرد میزان آن کمتر از شرایط هایپوکسی

1 . Live low train high

2 .Repeated Sprint Training in hypoxia

متاسفانه فقدان قابل توجه مطالعات کنترل شده در مورد تاثیر تمرینات در ارتفاع در رشته شنا در متون و ادبیات علمی، منجر به بی نتیجه ماندن حمایت از روش های تمرینی ارتفاع و هایپوکسی در شنا شده است. علاوه بر این، با وجود تحقیقات مهمی که در چند دهه گذشته انجام شده است سازوکار های فیزیولوژیکی که از طریق آن تمرین در هایپوکسی باعث بهبود عملکرد می شود هنوز مورد بحث باقی مانده است (۳۲،۳۸). برآورد شده است که یک شناگر قهرمان المپیک باید عملکرد خود را در حدود ۱٪ در سال بهبود بخشد تا بتواند در بازی های بعدی المپیک مدال کسب نماید (۲۹). جالب اینکه، در مطالعه ی فرا تحلیلی به عمل آمده در خصوص تمرین در هایپوکسی نشان داده شده است که این نوع از تمرینات، عملکرد ورزشکاران نخبه (به عنوان مثال: ورزش های سه گانه، دوندگان، قایقرانان، بوکسورها، اسکی بازان و ...) را به میزان ۱/۶٪ افزایش می دهد (۳). این موضوع شاید استراتژی با ارزشی برای شرایطی باشد که در آن شاید تنها دهم های ثانیه برای کسب مدال مطرح می باشد (۳۲). با توجه به نتایج موجود در مورد بررسی سازگاری های ایجاد شده در اثر قرار گرفتن در معرض هایپوکسی طبیعی و مصنوعی و بررسی تغییرات عملکردی آن در سطح دریا و واکنش های فیزیولوژیکی و پاسخ های متفاوت به هایپوکسی، تصمیم به انجام این تحقیق به صورت خاص در بین شناگران نخبه دختر گرفته شد. این تحقیق اولین سری از مطالعات است که به بررسی تغییرات ایجاد شده توسط هایپوکسی بر روی عملکرد شناگران در مسافتهای ۲۰۰ متر و ۱۰۰ متر آزاد (با تمرکز بیشتر روی سیستم های بی هوازی و اسیدلاکتیک) پرداخته است. بنابراین این تحقیق دانش ما را در این زمینه و درک عمیق تر از سازوکارهای بالقوه که به واسطه هایپوکسی ایجاد می شود را افزایش خواهد داد.

است (۱۶،۳۹). علاوه بر این، ورزش در هایپوکسی باعث اتساع عروق برای مطابقت با افزایش تقاضا اکسیژن در سطح عضلانی می شود (۸). شواهد نشان می دهد که دستگاه عصبی عضلانی (انقباض عضلانی و / یا فعال سازی)، بیومکانیکی (اقتصاد در حال اجرا) و سوخت و ساز بدن (عضلات یا اکسیژن مغزی / سینتیک گازهای حل شده) عوامل هستند که نقش کلیدی در تمرینات تکراری با شدت حداکثر در شرایط هایپوکسی بازی می کنند. به عنوان مثال، به طور کلی پذیرفته شده است که انتقال عصبی - عضلانی و عمل انتشار بالقوه همراه با فیبرهای عضلانی (تحریک پذیری سارکولم) با هایپوکسی حاد در بازگشت به حالت اولیه عضلات و یا در طول انقباضات کوتاه بدون تغییر باقی می ماند (۲۶). بیان شده است که استفاده از چند هفته تمرینات سرعتی تکراری در هایپوکسی که شامل ۳۰ ثانیه فعالیت سرعتی " پر شدت " همراه با چهار برابر استراحت فعال می باشد، می تواند شاخص های ظرفیت اکسیداتیو عضلانی (۵،۷،۱۴،۱۹)، حجم بازده انرژی گلیکولیتیکی (۳۶)، Vo2max (۲۱) و عملکرد ورزشی (۵،۷،۱۴،۱۹،۲۱) را به اندازه یا حتی بیشتر از تمرینات استقامتی هوازی افزایش دهد (۱۴). از این رو، حجم کم تمرینات سرعتی تکراری ممکن است یک استراتژی زمانی کارآمد برای تحریک سازگاری های عضلانی و عملکردی در مقایسه با تمرینات استقامتی با حجم بالا باشد (۲۸). مرور تحقیقات انجام شده در طی سال های گذشته در خصوص تمرین در شرایط هایپوکسی مشخص می کند که این گونه تمرینات می تواند نقش موثری در آماده سازی شناگران نخبه و غیر نخبه در سراسر جهان داشته باشد (۳۷،۳۲). شناگران به منظور بهبود عملکردشان مقدار قابل توجهی از زمان و منابع مادی خود را صرف تمرین در ارتفاع واقعی و یا ارتفاع شبیه سازی شده در سطح دریا می کنند. اما

## روش تحقیق

این پژوهش از نوع مطالعات نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون بوده که در آن تاثیر تمرینات سرعتی تکراری در شرایط نورموکسی و هایپوکسی بر رکورد شنای ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر کمرال سینه شناگران نخبه دختر بررسی شده است. جامعه آماری پژوهش را کلیه شناگران نخبه تیم های دسته برتر شنای کشور تشکیل داده که از میان آنها ۳۰ نفر بصورت تصادفی انتخاب شده و پس از تکمیل فرم رضایت نامه (امضاء والدین)، بطور داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند. در ضمن، تمامی آزمودنی ها تجربه حداقل ۵ سال عضویت در یکی از تیم های دسته برتر شنای کشور را داشتند.

برای ورود به تحقیق، آزمودنی ها ملزم به پر کردن پرسش نامه سلامت عمومی بوده و سپس در معاینه پزشکی شرکت کردند. آنها فاقد هر گونه سابقه بیماری حاد کوهستان در سه ماه گذشته و آسیب عضلانی اسکلتی در شش ماه گذشته بودند.

## روش اجرای تحقیق

شرکت کنندگان به منظور آشنایی با نحوه اجرای تمرینات و آزمون ها، در کلاس توجیهی شرکت کردند. در کلاس توجیهی کلیه مراحل تحقیق توضیح داده شد. سپس کلیه افراد برای اندازه‌گیری فاکتورهای آنتروپومتریک در آزمایشگاه تربیت بدنی دانشگاه شهید بهشتی حضور یافتند. قبل از شروع آزمون برای یکسان سازی برنامه غذایی در پیش آزمون و پس آزمون از افراد خواسته شده بود که مواد غذایی مصرفی خود را در طی سه روز قبل از پیش آزمون یادداشت کرده و آن را در پس آزمون تکرار کرده بودند. ضمناً در طول مدت تحقیق از آزمودنی ها خواسته شده بود از مصرف مواد کافیین دار خودداری نمایند. از افراد خواسته شده بود در طول

تحقیق از شرکت در فعالیت بدنی شدید به غیر از پروتکل تمرینی مورد مطالعه خودداری کنند.

## نحوه رکورد گیری شنا

برای اندازه گیری عملکرد شنا با تمرکز بیشتر روی سیستم های بی هوازی و اسیدلاکتیک، از شناگران رکورد شنای ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر آزاد گرفته شده است. رکوردگیری شنا در استخر ۲۵ متر صورت گرفت. شناگران پس از گرم کردن اختصاصی به مدت ۲۰ دقیقه با ۵۰ تا ۶۰٪ حداکثر توان خود، جهت رکورد گیری آماده شدند. سپس از آزمودنی ها رکورد ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر آزاد گرفته شد. استراحت بین دو مسافت شنا ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده بود. پس از رکورد گیری افراد به صورت تصادفی به سه گروه ذیل تقسیم شدند:

۱- گروه تمرینات سرعتی تکراری در هایپوکسی

۲- گروه تمرینات سرعتی تکراری در نورموکسی

۳- گروه کنترل

## پروتکل فعالیت ورزشی

در پژوهش حاضر برای تعیین شدت تمرین از آزمون سرعت حداکثر (در شرایط نورموکسی و هایپوکسی) برای هر دو گروه تجربی بر روی ارگومتر شنا استفاده شد. به این منظور از آزمودنی ها خواسته شد به مدت ۳۰ ثانیه حرکت کشش و فشار دست کمرال سینه را بر روی ارگومتر شنا انجام دهند. در پایان ۳۰ ثانیه، مسافت طی شده و ضربان قلب آزمودنی ها اندازه گیری شد. آزمون مذکور هر دو هفته یک بار جهت تعیین فشار تمرین تکرار شد. پس از تعیین شدت تمرین، پروتکل برنامه تمرینی آزمودنی ها به مدت ۸ هفته مطابق با شرح زیر انجام گرفت. برنامه تمرینی گروه هایپوکسی پنج جلسه تمرین در هفته بود که دو جلسه آن را تمرینات سرعتی تکراری بر روی ارگومتر شنا (با قرار دادن یک ماسک بر روی سر و صورت و تنظیم شرایط هایپوکسی توسط دستگاه متصل

گروه هایپوکسی بود با این تفاوت که فعالیت آنها در شرایط نورموکسی با فشار اکسیژن طبیعی انجام شد. در ضمن، آزمودنی های گروه کنترل نیز پنج جلسه در هفته به برنامه تمرینات تخصصی شنا پرداختند.

به ماسک) با شدت ۸۰ درصد حداکثر اجرا مطابق با جدول شماره ۱، در شرایط هایپوکسی (۱۴ درصد  $\text{fi O}_2$  یا ۳۵۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا) و سه جلسه باقیمانده به برنامه تمرینات تخصصی شنا (۹۰ دقیقه) اختصاص یافت. برنامه تمرینی گروه نورموکسی نیز همانند برنامه تمرینی

#### جدول ۱. پروتکل تمرینی هر دو گروه تجربی

(تمرینات سرعتی تکراری بر روی ارگومتر شنا با شدت ۸۰ درصد حداکثر اجرا)

جلسات تمرین	شدت و مدت زمان گرم کردن	شدت کار در هر تکرار (حداکثر اجرا به درصد)	مدت زمان هر تکرار (ثانیه)	تکرار (تعداد)	استراحت بین هر تکرار (دقیقه)	شدت و مدت زمان ریکاوری
هفته اول و دوم	۵ دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا	۸۰	۳۰	۴-۶	۲	۵ دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا
هفته سوم و چهارم	۵ دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا	۸۰	۳۰	۶-۹	۲	۵ دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا
هفته پنجم تا هشتم	۵ دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا	۸۰	۳۰	۹	۲	۵ دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا

#### روش آماری

در تحقیق حاضر کلیه محاسبات آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا طبیعی بودن داده های جمع آوری شده از طریق آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شده و چون همه آنها از توزیع نرمال برخوردار بودند، آزمون تحلیل واریانس یک راهه برای مقایسه رکورد شنای ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر کراال سینه بین سه گروه انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که توزیع داده ها در تمام گروه ها طبیعی بود ( $P > 0/05$ ). همچنین،

از طریق آزمون تحلیل واریانس یک راهه در پیش آزمون متغیرها (رکورد ۱۰۰ و ۲۰۰ متر شنا) بررسی شد و نتایج تفاوت معنی داری را بین گروه ها نشان نداده است ( $P > 0/05$ ). لازم به ذکر است که تمامی تجزیه و تحلیل های آماری در سطح معنی داری  $P \leq 0/05$  انجام گرفت.

#### یافته ها

در جدول شماره ۲، مشخصات فردی آزمودنی ها به تفکیک سه گروه آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات کلی آزمودنی‌ها در هر گروه (انحراف استاندارد  $\pm$  میانگین)

کنترل	شرایط نورموکسی	شرایط هایپوکسی	
۱۴/۲ $\pm$ ۰/۹۲	۱۴ $\pm$ ۱/۰۵	۱۴/۴ $\pm$ ۱/۰۷	سن (سال)
۱۶۱/۱ $\pm$ ۵/۴۹	۱۶۳/۵ $\pm$ ۳/۳۷	۱۶۴/۱ $\pm$ ۳/۲۱	قد (سانتیمتر)
۵۱ $\pm$ ۷/۵۱	۵۳/۷ $\pm$ ۶/۲۲	۵۱/۸ $\pm$ ۶/۵۶	وزن (کیلوگرم)

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار متغیرهای تحقیق به تفکیک گروه‌ها

متغیر	گروه	مسافت	کنترل	نورموکسی	هایپوکسی
پیش‌آزمون	۱۰۰ متر آزاد (ثانیه)		۶۹/۳ $\pm$ ۲/۷	۶۹/۳ $\pm$ ۱/۲۵	۶۸/۸ $\pm$ ۲/۲
			۶۹/۳ $\pm$ ۱/۷	۶۸/۷ $\pm$ ۰/۹۵	۶۶/۸ $\pm$ ۲/۴۴
پس‌آزمون	۲۰۰ متر آزاد (ثانیه)		۱۵۵/۶ $\pm$ ۴/۷	۱۵۶/۶ $\pm$ ۶/۱	۱۵۷/۱ $\pm$ ۴
			۱۵۴/۸ $\pm$ ۴/۷	۱۵۵/۷ $\pm$ ۵/۱	۱۴۹/۹ $\pm$ ۴/۱

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب برای متغیر شنای ۱۰۰ متر آزاد

منبع	آماره	درجات آزادی	ارزش F	ارزش p	مجذور اتا
گروه		۲ و ۲۷	۱/۷۴	۰/۱۹	۰/۱۱
مراحل اندازه‌گیری		۱ و ۲۷	۱۶/۷۱	۰/۰۰۱	۰/۳۸
گروه $\times$ مراحل اندازه‌گیری		۲ و ۲۷	۷/۸۱	۰/۰۰۲	۰/۳۷

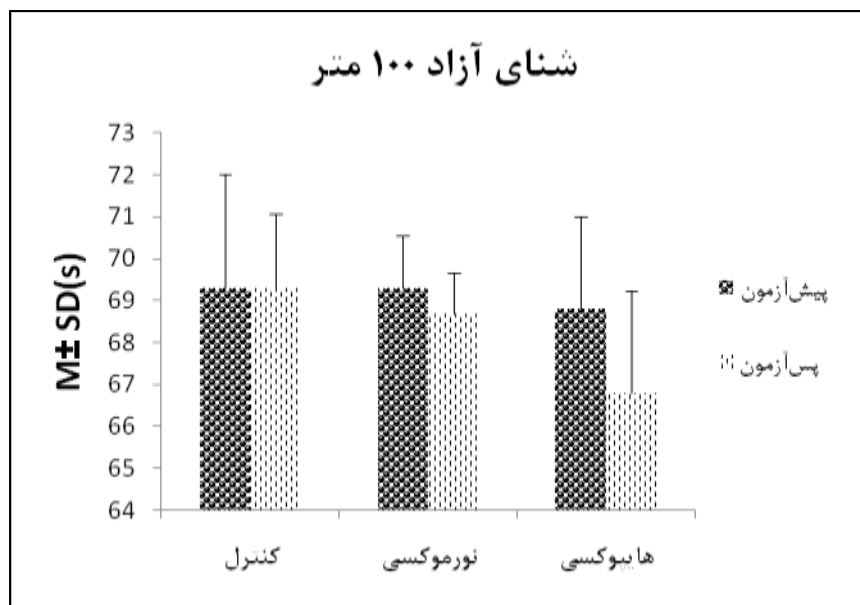
سویه معنی‌داری تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون را نشان داد ( $F(1, 27) = 5/12, p = 0/13, \eta^2 = 0/28$ ). بر اساس آزمون تعقیبی بونفرونی مشاهده شد که گروه هایپوکسی به‌طور معنی‌داری بهتر از گروه کنترل بود ( $p = 0/01$ ) اما بین دیگر گروه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت ( $p > 0/13$ ).

به‌علاوه، نتایج آزمون  $t$ -وابسته نشان داد که پس از یک دوره تمرینات سرعتی تکراری در شرایط هایپوکسی کاهش معنی‌داری در عملکرد شنای ۱۰۰ متر آزاد مشاهده شد ( $t(9) = 9/49, p = 0/001$ )، اما در گروه

نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب ( $2 \times 3$ ) اثر تمرینات سرعتی تکراری بر رکورد شنای ۱۰۰ متر آزاد نشان می‌دهد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه معنی‌دار بود ( $p = 0/002$ ) اما اثر اصلی گروه معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ).

به‌دلیل معنی‌داری تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه، از آزمون تحلیل واریانس یک سویه برای مقایسه گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون و آزمون  $t$ -وابسته برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها با تعدیل آلفا ( $\alpha = 0/013$ )- تعدیل شده) استفاده شد. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک

نورموکسی و کنترل تفاوت معنی داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت ( $p > 0.013$ ).



شکل ۱. میانگین و انحراف معیار زمان شنای آزاد ۱۰۰ متر تفکیک گروه

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب برای متغیر شنای ۲۰۰ متر

منبع	آماره	درجات آزادی	ارزش F	ارزش p	مجذور اتا
گروه	۲ و ۲۷	۰/۷۸	۰/۴۷	۰/۰۶	
مراحل اندازه‌گیری	۱ و ۲۷	۲۰۹/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۸۸۶	
گروه × مراحل اندازه‌گیری	۲ و ۲۷	۱۰۶/۴۴	۰/۰۰۱	۰/۸۸۷	

تعدیل شده) استفاده شد. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک سویه معنی داری تفاوت بین گروه‌ها در پس‌آزمون را نشان داد ( $F(1, 27) = 5.61$ ,  $p = 0.009$ ,  $\eta^2 = 0.29$ ). بر اساس آزمون تعقیبی بونفرونی مشاهده شد که گروه هایپوکسی به‌طور معنی داری بهتر از گروه نورموکسی بود ( $p = 0.013$ ) اما بین دیگر گروه‌ها تفاوت آماری معنی داری وجود نداشت ( $p > 0.013$ ).

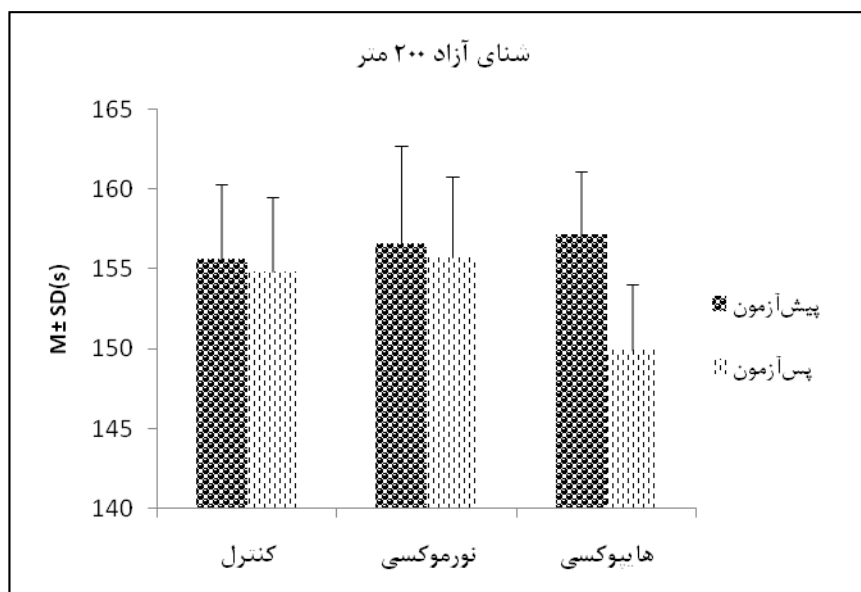
به‌علاوه، نتایج آزمون t-وابسته نشان داد که در گروه کنترل ( $t(9) = 3.21$ ,  $p = 0.011$ )، و هایپوکسی

نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب ( $2 \times 3$ ) اثر تمرینات سرعتی تکراری بر رکورد شنای ۲۰۰ متر آزاد نشان می‌دهد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه معنی دار بود ( $p = 0.001$ ) اما اثر اصلی گروه معنی دار نبود ( $p > 0.05$ ).

به‌دلیل معنی داری تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه، از آزمون تحلیل واریانس یک سویه برای مقایسه گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون و آزمون t-وابسته برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها با تعدیل آلفا ( $\alpha = 0.013$ )

نورموکسی تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت ( $p > 0/013$ ).

عملکرد شنای ۲۰۰ متر مشاهده شد، اما در گروه عملکرد شنای ۲۰۰ متر مشاهده شد، اما در گروه



شکل ۲. میانگین و انحراف معیار زمان شنای ۲۰۰ متر آزاد به تفکیک گروه‌ها

تمرینات مزایای بیشتری در کسب عملکرد بهتر نشان می‌دهد. به طور کلی هدف شیوه LL-TH ورزشکاران استقامتی بوده است، اما به تازگی، اثر تمرینات سرعتی تکرار در شرایط هایپوکسی بر عملکرد ورزشی با شدت بالا مورد توجه قرار گرفته است (۱۰، ۱۱). فیس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) این فرضیه را مطرح کردند که، در مقایسه با تمرین سرعتی تکراری در شرایط نورموکسی، تمرین در شرایط هایپوکسی می‌تواند باعث ایجاد سازگاری در سطح عضلانی، همراه با بهبود پرفیوژن خون شود، که این امر ممکن است باعث بهبود بیشتری در اجرای سرعت تکراری شود. این نویسندگان ۴۰ دوچرخه سوار مرد تمرین کرده را طی چهار هفته RSH و RSN ارزیابی نمودند، و هر دو گروه به طور قابل توجهی بازده توان را پس از مداخله سرعت های تکراری بهبود دادند. با این حال، بعد از مداخله تنها گروه RSH شروع خستگی را به

## بحث و نتیجه گیری

این تحقیق به مقایسه تاثیر هشت هفته تمرینات سرعتی تکراری بین گروه تمرین در هایپوکسی (RSH) و گروه تمرین در نورموکسی (RSN) پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که گروه RSH بهبود معنادار بیشتری در عملکرد شنای ۱۰۰ متر نسبت به گروه کنترل نشان دادند و در شنا ۲۰۰ متر تفاوت معناداری نسبت به هر دو گروه های داشتند در هر دو عملکرد شنای ۱۰۰ و ۲۰۰ متر گروه هایپوکسی بهبود معناداری را در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون نشان داد ه است و زمانی که عملکرد گروه هایپوکسی با نورموکسی مقایسه می‌شود درصد تغییرات گروه هایپوکسی (شنای ۱۰۰ متر ۲/۹ درصد و شنای ۲۰۰ متر ۴/۵ درصد) در مقابل گروه نورموکسی (شنای ۱۰۰ متر ۰/۸ درصد و شنای ۲۰۰ متر ۰/۵ درصد) بیشتر بوده است. این نتایج پیشنهاد می‌کند که گروه RSH در مقایسه با گروه RSN در این گونه



ماهیت مداوم بود (GXT) دوچرخه سواری و تایم تریل ۱۰ دقیقه، در نتیجه فاقد ویژگی مربوط به محرک تمرینی متناوب می باشد (۱۱). در راستای ادبیات تحقیقی به نظر می رسد که هیچ یک از پارامترهای عملکرد<sup>۳</sup> YYIR و RSA<sup>۴</sup> با تمرینات بیشینه شاتل ران تکراری یا سرعت های تکراری در هایپوکسی متاثر نمی شود (۱۰، ۱۱، ۱۲) و بیشترین بهبود عملکرد ثبت شده مستقل از محرک کمبود اکسیژن (هایپوکسی) می باشد. با این حال، تاثیرات روی متوسط زمان RSA در گروه هایپوکسی در مقایسه با گروه نورموکسی مشاهده شده است (۱۲). در مقابل با تحقیق گاترر<sup>۵</sup> و همکاران ۲۰۱۵، در تحقیقی دیگری که توسط همین نویسندگان و همکارانش در سال ۲۰۱۴ انجام شد، شیب خستگی به طور قابل توجهی متاثر از شرایط مختلف تمرین نبوده است، که ممکن است تا حدودی با دوره تمرین کوتاه تر (پنج هفته شامل هشت جلسه) و در نتیجه مدت زمان محدود برای سازگاری در حال وقوع توضیح داده شود (۱۲، ۱۳). بهبود کم در میانگین زمان RSA ممکن است به افزایش پرفیوژن عضلانی، تغییر در تنظیم pH و بهبود فعالیت گلیکولیتیک بعد از تمرینات سرعتی تکراری در هایپوکسی مرتبط باشد (۲۸، ۱۰، ۱۳). در حالی که بهبود در YYIR ممکن است به افزایش برداشت اکسیژن بافت، فعالیت سنتاز سیترات و مقدار میوگلوبین (۱۰) مرتبط باشد. جالب توجه است، که نتایج تحقیق نشان می دهد که وضعیت اکسیداتیو متغیر نیز ممکن است به افزایش عملکرد کمک کند (۱۲). نتایج تحقیق ما با یافته های پژوهش های اخیر مطابقت دارد. هملین<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تمرینات سرعتی در هایپوکسی

تاخیر انداخته است، و آزمودنی ها گروه هایپوکسی تعداد سرعت های تکراری را از ۹ به ۱۳ تکرار تا آستانه خستگی افزایش داده اند، در حالی که گروه RSN چنین بهبودی را نشان نداده است. با وجود اینکه بهبود در توانایی سرعت های تکراری در شرایط RSH دیده شده است ولی تفاوتی در میزان بهبود در سرعت ۱۰ ثانیه و آزمون عملکرد بی هوازی وینگیت ۳۰ ثانیه بین RSN و RSH دیده نشده است همچنین تفاوتی در عملکرد بیشینه سه دقیقه مشاهده نشده است (۱۰). به طور مشابه، گالوین<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که چهار هفته تمرین بیشینه RSH بهبود بیشتری در عملکرد YO-YO به صورت آزمون IR1 در گروه بازیکنان راگی نخبه در مقایسه با گروه کنترل که تمرینات مشابهی تحت شرایط نورموکسی انجام داده بودند، دارد (۱۱). در مقابل، پایپ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳) هیچ مزیت اضافی از تمرینات RSH بیشتر از RSN در مردان تمرین نکرده ای که یک تایم تریل دوچرخه سواری ۱۰ دقیقه را بعد از چهار هفته تمرین تکمیل نمودند مشاهده نکردند (۲۸). با این حال، اگر چه کار تحقیقی پایپ و همکارانش را به عنوان RSH طبقه بندی کرده ایم، ولی نویسندگان اشاره دارند که پروتکل تمرینی شان به عنوان "تمرینات اینتروال تکراری" بوده، و آزمودنی ها تمرینات شان را با مدت طولانی تر از (۳۰ ثانیه)، و با فشار کاری زیر بیشینه (تا حدود ۸۰٪ از میانگین برونده توان اندازه گیری شده در اولین سرعت)، تکمیل نمودند. ماهیت زیر بیشینه این تمرینات سرعتی ممکن است باعث ایجاد پاسخ فیزیولوژیکی متفاوت نسبت به تمرینات RSH حداکثر (فیس و همکاران ۲۰۱۳، گالوین و همکاران ۲۰۱۳) باشد. علاوه بر این، اندازه گیری عملکرد در این مطالعه دارای

3 . Yo-Yo-intermittent-recovery  
4 . Repeatet sprint ability  
5 . Gatterer  
6 . Hamlin

1 .Galvin  
2 .Puype

متوسط ( $\text{FiO}_2$ , ۱۷/۰ - ۱۴/۰) به مدت ۱۰ روز متوالی سبب افزایش معناداری در میانگین برون ده توان در طی ۳۰ ثانیه پدال زدن بیشینه نسبت به همان گروه تمرینی در نورموکسی می شود (۱۳). فیس و همکاران (۲۰۱۳) همچنین نشان دادند که چهار هفته RSH (سه ست  $\text{FiO}_2$ , ۱۴.۶%) منجر به افزایش معناداری در تعداد ست ها تا آستانه خستگی در آزمون سرعتی تکراری می شود، در حالی که هیچ تغییری بعد از تمرینات مشابه در گروه نورموکسی مشاهده نشده است (۱۰). گالوین و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرده اند که چهار هفته RSH ( $\text{FiO}_2$ , ۱۳/۰) منجر به بهبود دو برابر بیشتر در مسافت آزمون دویدن متناوب نسبت به RSN مشابه که هیچ تغییری در عملکرد را نشان نداده اند، می شود. توانایی سرعت تکراری به ظرفیت بازسازی مجدد فسفوکراتین (PCr) (۲۲) و ظرفیت هوازی (۱۱، ۱۰) مرتبط است. به نظر می رسد تمرینات کوتاه مدت کمتر از ۶۰ ثانیه با شدت بالا در شرایط هایپوکسی، مستقل از ظرفیت تمرینی مشابه، پاسخ متابولیکی متفاوتی نسبت به شرایط نورموکسی داشته باشد (۳۵، ۱۷). دو مطالعه تحقیقاتی (۲۲، ۱۷) نشان دادند که در برون ده توان در طی آزمون ۴۰ ثانیه پدال زدن بیشینه یا دویدن بی هوازی بیشینه بین شرایط هایپوکسی و نورموکسی متفاوتی وجود ندارد. با این وجود مشارکت منابع انرژی بی هوازی تا حدود ۹/۳٪ در هایپوکسی در مقایسه با نورموکسی افزایش داشته است (۲۵). تامین انرژی افزوده شده از سیستم بی هوازی در شرایط هایپوکسی ممکن است به علت تحریک بیشتر برای بهبود و سازگاری بیشتر در توانایی سرعتی تکراری باشد. شواهد در حال گسترش پیشنهاد می کنند که RSH و تمرینات اینتروال با شدت بالا تحت شرایط هایپوکسی بهبود بیشتری در میانگین برون ده توان (ظرفیت استقامت بی هوازی) ایجاد

می کنند (۱۰، ۱۱، ۱۵). در تحقیقی که کاسای<sup>۱</sup> و همکارانش در سال (۲۰۱۵) انجام داده اند تغییرات برون ده توان را در طی جلسات تمرینی در هر دو گروه RSH و RSN مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که، گروه RSH افزایش معنادار بیشتری در برون ده توان در طی هفته دوم تمرین (در مقایسه با جلسه اول تمرین) نشان داده است، در حالی که افزایش مشابه بعد از هفته چهارم در گروه RSN مشاهده شده است (۱۷). با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می رسد استفاده از تمرینات سرعتی تکراری منجر به بهبود عملکرد در هر دو شرایط هایپوکسی و نورموکسی می شود با این تفاوت که بهبود عملکرد در شرایط هایپوکسی سریع تر از نورموکسی اتفاق می افتد. بنابراین در شرایطی که زمان اندکی برای رساندن ورزشکاران حرفه ای به حداکثر آمادگی برای شرکت در مسابقات ورزشی بخصوص در سطوح بین المللی مورد نیاز است می توان از اینگونه تمرینات در شرایط هایپوکسی استفاده نمود. در دسترس نبودن امکانات هایپوکسی نورموباریک و هزینه های گزاف این گونه شرایط تمرینی می تواند دلیلی برای انجام تمرینات سرعتی تکراری در شرایط نورموکسی با در نظر گرفتن زمان بیشتر باشد (۲۴). نقطه منحصر به فرد تحقیق حاضر استفاده از ورزشکاران نخبه زن می باشد. اگر چه ما بهبود قابل توجهی در توانایی سرعتی تکراری مشاهده کردیم، اما به دلیل فقدان اطلاعات قابل قیاس با مردان، نمی توانیم نتیجه گیری کنیم که آیا تمرینات به کار برده شده در این تحقیق مختص ورزشکاران زن است؟! از آنجا که زنان ورزشکار تمایل به داشتن برون ده توان بی هوازی پایین تری نسبت به مردان ورزشکار دارند (۲۴، ۲، ۴)، ممکن است قابلیت تمرین پذیری بیشتری در پاسخ به تمرینات سرعتی داشته باشند. در مقابل، نشان داده شده

تمرینی ارائه شده می تواند به عنوان یک ابزار امیدوار کننده در تمرینات پیش فصل به منظور بهبود عملکرد RSA در نظر گرفته شود. با این حال، مزایای افزودن هایپوکسی به این برنامه تمرینی با توجه به عدم اثر قطعی نتایج مشتق شده از تحقیق حاضر نیاز به بررسی بیشتر دارد. (۲۴). نتایج تحقیق حاضر پیشنهاد می کند که RSH یک رویکرد و استراتژی تمرینی جدید برای افزایش عملکرد بی هوازی و قابلیت سرعت های تکراری در زنان ورزشکار است. تمرکز این تحقیق روی سازگاری عملکرد سرعتی تکراری در شرایط هایپوکسی است و مطالعات بعدی برای روشن کردن جزئیات مکانیسم های مرتبط با این سازگاری ها ضروری است.

است که زنان حساسیت کمتری نسبت به محرک هایپوکسی برای اشباع O<sub>2</sub> شریانی (۲) در مقایسه با مردان دارند. بنابراین احتمال نمی رود که نتایج تحقیق حاضر مختص زنان باشد، ما بر این اعتقادیم که RSH برای هر دو گروه زنان و مردان ورزشکار مناسب است.

#### جمع بندی

در این تحقیق جلسات تمرینی سرعتی تکراری دو بار در هفته (حدوداً ۶۰ دقیقه در هر جلسه تمرینی) به صورت جلسات تمرینی منظم برنامه ریزی شده بود. بنابراین پروتکل تمرینی عملی و برای بیشتر ورزشکاران مناسب است. اگر دوره آماده سازی کوتاه باشد برنامه

#### منابع و مأخذ

1. Barnett C. Carey M. Proietto J. Cerin E. Febbraio MA. Jenkins D. (2004). **Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training.** J Sci Med Sport; 7(3):314–22.
2. Billaut F. Smith K. (2009). **Sex alters impact of repeated bouts of sprint exercise on neuromuscular activity in trained athletes.** Appl Physiol Nutr Metab ; 34:689–699
3. Bonetti Darrell L. and Hopkins. (2009). **Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia A Meta-Analysis.**
4. Brooks S. Nevill ME. Meleagros L. Lakomy HK. Hall GM. Bloom SR. et al. (1990). **The hormonal responses to repetitive brief maximal exercise in humans.** Eur J Appl Physiol Occup Physiol; 60:144–148
5. Burgomaster KA. Heigenhauser GJ. Gibala MJ. (2006). **Effect of shortterm sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance.** J Appl Physiol; 100(6):2041–7.
6. Burgomaster KA. Howarth KR. Phillips, SM. (2008). **Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans.** J Physiol ;586(1):151–60
7. Burgomaster KA. Hughes SC. Heigenhauser GJ. Bradwell SN. Gibala MJ. (2005). **Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans.** J Appl Physiol; 98(6):1985–90.
8. Casey DP, Joyner MJ. (2012). **Compensatory vasodilatation during hypoxic exercise: mechanisms responsible for matching oxygen supply to demand.** J Physiol 590(Pt 24):6321–6

9. Desplanches D. Hoppeler H. Linossier MT.(1993). **Effects of training in normoxia and normobaric hypoxia on human muscle ultrastructure.** Pflugers Arch; 425:263–7.
10. Faiss R. Girard O. and Millet G.P. (2013). **Advancing hypoxic training in team sports: from intermittent hypoxic training to repeated sprint training in hypoxia.** Br. J. Sports Med; 242 47(Suppl.1): i45-50.
11. Galvin HM. Cooke K. (2013). **Sumners DP. Repeated sprint training in normobaric hypoxia.** Br J Sports Med; 47:i74–9.
12. Gatterer H. Klarod K. Heinrich D. Schlemmer. P. Dilitz S. Burtscher M. (2015). **Effects of a 12-day maximal shuttle-run shock microcycle in hypoxia on soccer specific performance and oxidative stress;** Appl. Physiol. Nutr. Metab.
13. Gatterer H. Philippe M. Menz V. Mosbach F. Faulhaber M. Burtscher M. (2014). **Shuttle-Run Sprint Training in Hypoxia for Youth Elite Soccer Players: A Pilot Study.** Journal of Sports Science and Medicine ; 13, 731-735
14. Gibala MJ. Little JP. Van EM. (2006). **Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance.** J Physiol; 575(Pt 3):901–11.
15. Hamlin MJ. Marshall HC. Hellemans J. Ainslie PN. (2010). **Anglem N Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance.** Scand J Med Sci Sports; 20:651–661
16. Hoppeler H, Vogt M. (2001). **Muscle tissue adaptations to hypoxia.** J Exp Biol 204(Pt 18):3133–9.
17. Kasai N. Mizuno S. Ishimoto S. Sakamoto E. Maruta M. Goto K. (2015). **Effect of training in hypoxia on repeated sprint performance in female athletes.** SpringerPlus ; 4:310
18. Knaupp W. Khilnani J. Sherwood S. Scharf. And Steinberg H. (1992). **"Erythropoietin response to acute normobaric hypoxia in humans.** J. Appl. Physiol ; 73: 837-840,
19. Laursen PB. Jenkins DG. (2002). **The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximizing performance in highly trained endurance athletes.** Sports Med; 32(1):53–73.
20. Levine BD. and J. Stray-Gundersen. (1997). **Living high-training low: Effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance.** J. Appl; Physiol; 83:102-112.
21. Macpherson RE. Hazell TJ. Olver TD. Paterson DH. Lemon PW. (2011). **Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output.** Med Sci Sports Exerc; 43(1):115–22.
22. Mendez-Villanueva A. Edge J. Suriano R. et al. (2012). **The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed.** PLoS One; 7:e51977
23. Millet GP. Faiss R. Brocherie F. et al. (2013). **Hypoxic training and team sports: a challenge to traditional methods?** Br J Sports Med; 47:i6–7.

24. Ogawa T. Hayashi K. Ichinose M. Wada H. Nishiyasu T. (2007). **Metabolic response during intermittent graded sprint running in moderate hypobaric hypoxia in competitive middle-distance runners.** Eur J Appl Physiol; 99:39–46
25. Ogura Y. Katamoto S. Uchimaru J. Takahashi K. (2006). **Naito H. Effects of low and high levels of moderate hypoxia on anaerobic energy release during supramaximal cycle exercise.** Eur J Appl Physiol; 98:41–47
26. Perrey S, Rupp T. (2009). **Altitude-induced changes in muscle contractile properties.** High Alt \Med Biol 10:175–82
27. Powell F.L. and Garcia N. (2000). **Physiological effects of intermittent hypoxia.** High Alt. Med. Biol. 1:125-136.
28. Puype J. Van Proeyen K. Raymackers JM. (2013). **Sprint interval training in hypoxia stimulates glycolytic enzyme activity;** Med Sci Sports Exerc; In press
29. Pyne David B. Trewin Cassie Band. Hopkins William G. (2004). **Progression and variability of competitive performance.**
30. RI-Li ge S. Witkowski Y. Zhang C. Alfrey M. Sivieri T. Karlsen G K. Resaland M. Harber J. Stray-Gundersen, and B. D. (2001). **Levine Institute for Exercise and Environmental Medicine. Presbyterian Hospital of Dallas, and University of Texas Southwestern Medical Center at Dallas, Dallas, Texas; 75231** Received 2 July accepted in final form 6 November
31. Schmidt W. (2002). **Effects of intermittent exposure to high altitude on blood volume and erythropoietic activity.** High Alt. Med. Biol ; 3:167-176.
32. Truijens M.J. Rodríguez F.A. (2011). **Altitude and hypoxic training in swimming.** Dins: Seifert L. Chollet D. Mújika I. (eds.), **World Book of Swimming: From Science to Performance**, Chapter 20. Hauppauge, New York: Nova Science Publishers Inc; pp. 393-408. [ISBN 978-1-61668-202-6].
33. Vogt M. Puntchart A. Geiser J. (2001). **Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions.** J Appl Physiol; 91:173–82.
34. Wehrlein JP. And Hallen J. (2006). **Linear decrease in V̇O<sub>2</sub>max and performance with increasing altitude in endurance athletes.** Eur J Appl Physiol; 96: 404-412
35. Weyand PG. Lee CS. Martinez-Ruiz R. Bundle MW. Bellizzi MJ. (1999). **Wright S. High-speed running performance is largely unaffected by hypoxic reductions in aerobic power.** J Appl Physiol; 86(6):2059–64.
36. Wilber R.L. (2004). **Performance at sea level following altitude training.** In: **Altitude Training and Athletic Performance.** Champaign, IL: Human Kinetics; pp. 83-118.
37. Wilber. (2011). **Application of altitude/hypoxic training by elite athletes.** **Athlete Performance Laboratory ;** United States Olympic Committee, Colorado Springs, CO, USA

38. Wolski LA, McKenzie DC, And Wenger HA. (1996). **Altitude Training for Improvements in Sea Level Performance** Sports Med; 22(4): 251-263 0112-1642/96/001Q-<J251/S06.50/0
39. Zoll J, Ponsot E, Dufour S, et al. (2006). **Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III. Muscular adjustments of selected gene transcripts.** J Appl Physiol;100:1258-66