

تأثیر هایپوکسی تناوبی کوتاه مدت (IHE) بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی مردان ورزشکار

مهتاب معظمی*، محمدرضا کردی**، عباسعلی گائینی***، علی اصغر رواسی****،

محمد مهدی اجتهادی****

* دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزش دانشگاه تهران

** استادیار دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران

*** استاد دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران

**** مدرس علوم آزمایشگاهی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۸۸/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله:

۸۸/۵

تاریخ دریافت مقاله:

چکیده

هدف این تحقیق، تعیین تأثیر هایپوکسی تناوبی کوتاه مدت (IHE) در حالت استراحت بر عملکرد هوازی و بی‌هوازی و تجمع لاکتات خون مردان ورزشکار بود. یکی از روش‌های تمرین هایپوکسی تنفس تکراری، دوره‌های متناوب کوتاه مدت هایپوکسی شدید ($PO_2 = 10\%$) و اکسیژن طبیعی برای بهبود ظرفیت هوازی و بی‌هوازی است. بدین منظور پژوهشی دوسوکور^۱ و کنترل شده، برای مطالعه آثار روش جدید "القای هایپوکسی تناوبی کوتاه مدت" استراحتی در فشار طبیعی طرح شد.

نمونه آماری این تحقیق ۱۶ نفر از بازیکنان فوتسال لیگ دسته برتر کشور بودند. افراد مورد تحقیق در دو گروه ۸ نفره قرار گرفتند. گروه هایپوکسی و کنترل به ترتیب با میانگین وزن $70/31 \pm 5/3$ و $70/05 \pm 2/34$ کیلوگرم و سن $26/13 \pm 4/15$ و $26/96 \pm 2/96$ سال و حداکثر اکسیژن مصرفی $50/75 \pm 4/200$ و $51/90 \pm 2/98$ میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه بودند؛ هر دو گروه یک جلسه در روز و به مدت ۳۰ جلسه در معرض شش دوره پنج دقیقه‌ای به صورت متناوب تنفس هایپوکسی (۱۲٪ و ۱۰٪ اکسیژن) و در گروه کنترل ۲۱٪ و هوای عادی اتاق برای یک ساعت قرار گرفتند. آزمودنی‌ها در هفته، ۵ الی ۶ جلسه در تمرین ورزشی یا مسابقه شرکت می‌کردند. پیش و پس از برنامه اعمال شده، آزمون بروس و آزمون رست جهت اندازه‌گیری توان هوازی و بی‌هوازی انجام شد و غلظت لاکتات خون قبل از گرم کردن و در دقیقه پنجم بعد از آزمون رست اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌های بین گروهی و میان گروهی از طریق آزمون تی مستقل و وابسته نشان داد، با استفاده از برنامه IHE میانگین‌های حداکثر اکسیژن، حداکثر توان، میانگین توان بی‌هوازی و شاخص خستگی و تجمع لاکتات استراحت و فعالیت در بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت.

¹ Double blind

تنها میانگین حداقل توان در گروه های پوکسی کاهش معنی دار داشت و در بین دو گروه نیز اختلاف معنی دار بود ($p=0/025$). نتایج تحقیق نشان داد ۳۰ جلسه های پوکسی تناوبی کوتاه مدت شدید در حالت استراحت تأثیر معنی داری بر توان هوازی و بی هوازی ورزشکاران در فصل مسابقه ندارد. واژه های کلیدی: هایپوکسی تناوبی کوتاه مدت^۱، توان هوازی^۲، توان بی هوازی^۳، لاکتات^۴.

مقدمه

پیشرفت روزافزون علوم ورزشی که در سایه پژوهش و تجارب ارزنده پژوهشگران به دست می آید، باعث تخصصی شدن شاخه های علمی و رشته های ورزشی و تکامل برنامه های تمرینی شده است. از سوی دیگر، فاصله رکوردها و نتایج به دست آمده توسط ورزشکاران نشان دهنده تفاوت هایی آشکار در انتخاب شیوه های تمرینی است (۳۱). پژوهشگران دریافته اند سیستم های انرژی از عوامل مهم و اساسی توسعه مهارت های ورزشی به شمار می رود (۳۳). بسیاری از روش های تمرین با هدف ایجاد تغییر در سازوکارهای جذب، انتقال و مصرف اکسیژن برای تولید انرژی بیشتر به کار گرفته می شود. در همین راستا موضوع استفاده از ارتفاع مورد توجه ورزشکاران و محققان قرار گرفته است (۲،۲۵).

پیامد بارز قرار گرفتن در معرض ارتفاع زیاد تا فوق العاده زیاد (۳۵۰۰ متر و بالاتر)، هایپوکسی است. نخستین مسئله ای که بدن در ارتفاع با آن رو به رو می شود، سازگاری با کاهش فشار سهمی اکسیژن^۵ (P_{O_2}) بین هوای نای و حبابچه های ریوی^۶ ($P_{A_{O_2}}$) است و پیامد آن افت فشار سهمی خون سرخرگی^۷ ($P_{a_{O_2}}$) است. بدین ترتیب، افزایش اولیه در تهویه یا پر تهویه ای^۸ (۱۳،۳۳) به دلیل فراهم نمودن نیازهای متابولیکی و مغز اتفاق می افتد (۲). اثر پیامد مذکور افزایش میزان دی اکسید کربن و PH خون (آلکالوز تنفسی) (۱۳)، کاهش درصد اشباع خون سرخرگی^۹ و افزایش ۲ و ۳ دی فسفولیپرات (۲،۱۳،۳۳) است که باعث گرایش منحنی تجزیه اکسیژن در بافت به سمت راست می شود. هم چنین کاهش غلظت اکسیژن خون سرخرگی ضریب انتشار مؤثر اکسیژن ($A-vO_2$) را در بافت افزایش می دهد.

از سوی دیگر حجم ضربه ای قلب در واکنش به افزایش مقاومت محیطی و افزایش ترشح کاتکولامین ها افزایش می یابد، در نهایت باعث افزایش برون ده قلب در زمان استراحت می شود. افزایش اتکا به کربوهیدرات هنگام فعالیت متوسط تا شدید پس از سازگاری با هایپوکسی، لاکتات خون در حال گردش را کاهش می دهد (۱۰،۳۱). این سازوکارها حاصل حضور کوتاه مدت در ارتفاع است، و به توانایی اخذ اکسیژن بیشتر توسط

- 1 Short - term Intermittent hypoxia Exposure
- 2 Aerobic power
- 3 Anaerobic power
- 4 Lactate
- 5 Partial Pressure o₂
- 6 Partial pressure alveolar o₂
- 7 Arterial partial pressure
- 8 Hyperventilation
- 9 Oxygen Saturation

بافت از خون منجر می‌شود و تا مدتی پس از بازگشت از ارتفاع حفظ می‌شود (۱۰،۳۹). اما آنچه بیشتر نظر محققان را جلب کرده است آثار بلند مدت حضور در ارتفاع و قرار گرفتن در معرض هایپوکسی است (۱۰). با قرار گرفتن در معرض هایپوکسی در کوتاه مدت حتی با شدت کم، مجموعه‌ای از ژن‌های مهم فیزیولوژیکی، تنظیم هموستاز اکسیژن در سطح سلولی را بر عهده می‌گیرند. از جمله هورمون‌های حساس به هایپوکسی، اریتروپویتین^۱ (Epo)، فاکتور رشد اندوتلیال (VEGF) و گیرنده ترنسفرین^۲ و ناقل گلوکز^۳ Glut4 می‌باشد. ژن‌های مورد نظر توسط فاکتور یک تحریک‌پذیرهایپوکسی^۴ (HIF-1) تنظیم می‌شوند (۱۰،۱۳،۳۰). تحت شرایط اکسیژن‌گیری خوب HIF-1، از طریق یک پرولی هیدروکسیلاز کاملاً حفظ شده (گیرنده سلولی فرضی) و در بافت محیطی هیدروکسیله می‌شود. این کمپلکس برای تخریب سریع از طریق مسیر پروتئازوم یوبیکئین^۵ باند شده (۹،۱۶،۱۷)، فرایند آنقدر سریع است که حتی در حضور اکسیژن و آهن کافی HIF-1 α یکی از کوتاه‌ترین نیمه عمر پروتئین‌های شناخته شده را دارد (۴۴). در مقایسه تحت شرایط هایپوکسی، ترکیب HIF-1 برای ترجمه فعال سازی پروتئین‌هایی مانند Epo با ثبات است. به علاوه وقتی ساکنان ارتفاع یا حتی افرادی که موقتاً در ارتفاع اقامت دارند، به سطح دریا باز می‌گردند، Epo سرکوب می‌شود (۸،۲۳)، و گردش آهن و فرآیند تولید اریتروسیت از مغز استخوان به صورت غیرعادی کند می‌شود و زمان بقای گلبول‌های قرمز کاهش می‌یابد (۳۲).

Epo هورمون مسئول رشد و حفظ توده گلبول‌های قرمز است. تولید و ترشح Epo، ۴ تا ۵ ساعت پس از شروع هایپوکسی به اوج خود می‌رسد (۱۰،۳۹) و نهایتاً افزایش هموگلوبین و هماتوکریت و بهبود ظرفیت حمل اکسیژن را به همراه دارد. این تغییرات به بافرینگ خون و نیز توان هوازی ورزشکاران کمک می‌کند (۱۰). اگر چه درباره افزایش تغییرات پارامترهای خونی، پینل‌ایولین^۶ (۱۹۹۸) و هلمانس^۷ (۱۹۹۹) و می‌وسن^۸ (۲۰۰۱)، ساندرز^۹ (۲۰۰۹) و گور^۹ (۲۰۰۵) پژوهش‌هایی را انجام داده و نتایج متناقضی را به دست آورده‌اند (۱۲،۱۴،۲۸،۲۹،۳۸).

این‌که توان هوازی و بی‌هوازی و سطح لاکتات خون در اکثر ورزش‌ها در اجرای خوب مهارت‌های ورزشی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد بر کسی پوشیده نیست. بنابراین محققان در پی آن هستند تا مجموعه تغییرات حاصل از قرارگیری در معرض هایپوکسی را با هدف بهبود و افزایش این توانایی‌ها به کار گیرند (۳۰). هایپوکسی به شیوه‌های گوناگون برای بهبود عملکرد در سطح دریا مورد استفاده و پژوهش قرار می‌گیرد (۲۴). با توجه به این‌که روش سنتی تمرین در ارتفاع زیاد می‌تواند به دلیل کاهش شدت تمرین، بهبودی در عملکرد ورزشکاران نخبه را محدود کند (۴،۳۶)، تمرین در ارتفاع، تمرین در سطح دریا و زندگی در ارتفاع

1 Erythropoietin

2 Transferrin

3 Hypoxy Inducible Factor-1

4 Ubiquitin- proteasome path way

5 Pienl Aulin

6 Hellemanse

7 Meeuwsen

8 Saunders

9 Gore

(Hi-Lo)^۱، شیوه‌هایی هستند که سال‌هاست موضوع پژوهش‌ها قرار می‌گیرند (۲۶، ۲۴). با این حال این امکان در بیشتر موارد غیر قابل دسترس و بسیار پرهزینه است (۲۴). برای این‌که بتوانیم در سطح دریا به آمادگی جسمانی زیادتری با استفاده از تکنیک‌های جدید در ضمن سادگی و کم هزینه بودن در محل تمرین روزمره دست یابیم، دستگاه‌های مقلد ارتفاع به صورت چادرهای هایپوکسی^۲، آپارتمان‌های هایپوکسی برای خواب و تمرین^۳، محفظه و دستگاه‌های القای هایپوکسی^۴ تمرین تناوبی کوتاه مدت^۵ IHT و استراحتی^۶ IHE در شرایط کم فشار^۷ و فشار طبیعی^۸ به عنوان جایگزین ارتفاع برای تمرین ورزشکاران و درمان بیماران طراحی شده است. برخی از این دستگاه‌ها به صورت تجاری در دسترس قرار دارند (۴۲، ۴۱، ۳۳، ۲۶، ۱۲، ۴). تمرین دوره‌های هایپوکسی تناوبی شدید با دوره‌های تنفس اکسیژن طبیعی برای عملکرد ورزشی توصیه می‌شود (۲۰). پژوهش‌های نه چندان زیادی در زمینه هایپوکسی تناوبی استراحتی انجام شده است که نتایج آن‌ها نیز همسو نبوده است. کازاس^۹ و کالیگوس^{۱۰} (۳) بهبود قابل ملاحظه‌ای در VO₂، تهویه ریوی و آستانه بی‌هوایی و اندازه‌های هماتولوژیکی در یک دوره ۱۷ روزه (۳ الی ۵ روز در هفته) با استفاده از هایپوکسی تناوبی معادل ارتفاع ۴۰۰۰ تا ۵۵۰۰ متر و تمرین با شدت کم در ورزشکاران مشاهده نمودند. تادیبی و همکارانش (۲۰۰۷) ۲۰ دونه استقامت را با روش تمرینی ۶ دقیقه‌هایپوکسی فشار طبیعی و ۴ دقیقه استراحت در مدت ۹۰ دقیقه در روز و ۱۵ روز مورد مطالعه قرار دادند. ایشان در توان هوایی با استفاده از آزمون دوچرخه کارسنج تغییری مشاهده نکرد (۴۲). لاندی و همکارانش^{۱۱} (۲۰۰۷) که زمان طولانی‌تر ۲ ساعت در روز به مدت ۱۴ روز استفاده از هایپوکسی را بدون گروه کنترل (۲۷) امتحان کردند و کاتایاما^{۱۲} (۲۰۰۴) با زمان ۳ ساعت در روز تمرین هایپوکسی و سه بار در هفته بر روی دوندگان در ۴ هفته متوالی (۳) و رودریگز^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۷) در دوندگان با ۳ ساعت تمرین در روز به مدت ۴ هفته (۳۴) و کاتایاما (۲۰۰۷) با یک ساعت متوالی تمرین هایپوکسی به مدت یک هفته در فشار سهمی اکسیژن ۱۲/۵ الی ۱۵/۵ نیز (۳۵) افزایشی در توان هوایی مشاهده نکردند هم‌چنین جولیان^{۱۴} و همکاران (۲۰۰۴) با ۲۰ جلسه تمرین هایپوکسی استراحتی در دوندگان هیچ‌گونه بهبودی در پارامترهای خونی و توان هوایی و بی‌هوایی مشاهده نکردند (۱۸).

این در حالی است که برخی یافته‌ها نتایج متفاوتی را ارائه کرده‌اند، برای مثال کاتایاما و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه بر روی دوندگان با برنامه ۹۰ دقیقه تمرین هایپوکسی به مدت ۵ روز در هفته و سه هفته، کاهش در

- 1 High Living- Low Training
- 2 Hypoxy Tent-Chamber
- 3 Hypoxy Apartment
- 4 Hypoxycator
- 5 Intermittent Hypoxia Training
- 6 Intermittent Hypoxia Exposure
- 7 Hypobaric
- 8 Normobaric
- 9 Casas
- 10 Calliguse
- 11 Lundy
- 12 Katayama
- 13 Rodreguez
- 14 Julian

حداکثر اکسیژن مصرفی را مشاهده کردند (۱۹). لوین^۱ و همکاران (۱۹۹۷) و می‌وسن (۱۹۹۸) با استفاده از هاپیوکسی و تمرین و ساندرز (۲۰۰۹) با استفاده از هاپیوکسی استراحتی طولانی نه ساعت در روز به مدت ۵ روز در هفته و ۱۲ هفته، با استفاده از محفظه هاپیوکسی اکسیژن طبیعی، در مورد دوندگان نخبه مسافت‌های متوسط، افزایش Vo2max همراه با کاهش ضربان قلب در فعالیت زیر بیشینه و بهبود در اقتصاد دویدن را گزارش کردند (۲۴،۲۹،۳۸). رودریگز و همکاران (۲۰۰۷) در شناگران با استفاده از ۳ ساعت هاپیوکسی معادل ارتفاع ۴۰۰۰ تا ۵۵۰۰ متر سه بار در هفته و به مدت ۴ هفته افزایش Vo2max را مشاهده نمودند (۳۴).

اگرچه شواهد علمی این روش برای فعالیت‌های غیر هوازی متناقض است (۳)، تحقیقات انگشت شماری در زمینه توان بی‌هوازی انجام شده است. از آن جمله تأدیبی و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از آزمون دوچرخه وینگیت در دوندگان هیچ تغییری در میانگین، حداقل، حداکثر و اوج توان در دو گروه مشاهده نکردند (۴۲). هینکسون^۲ و همکاران (۲۰۰۷) در بازیکنان راگی کاهش اوج توان و تکل‌های سرعتی را پس از برنامه‌های هاپیوکسی مشاهده کردند، ولی وود^۳ و همکارانش (۲۰۰۶) پس از برنامه‌های هاپیوکسی بهبود در دوی سرعت در ورزشکاران قایقرانی را با حضور گروه کنترل مشاهده کردند (۴۶،۱۵). بارتش^۴ و همکاران (۲۰۰۸) در چندین پژوهش در زمینه توان هوازی و بی‌هوازی و نیز لاکتات خون یافته‌های متفاوتی را گزارش کردند (۳). به هر حال تأیید شده است که بهبود توان هوازی به افزایش توان بی‌هوازی کمک می‌کند (۲۰). بنابر این انتظار می‌رود این تمرینات بتواند سازوکارهای هوازی و بی‌هوازی را بهبود بخشد، ولی این دو سازوکار به ندرت در کنار یکدیگر مورد بررسی قرار گرفته است. وود و همکاران (۲۰۰۵) با به کارگیری دوره‌های ۴ و ۶ دقیقه‌های هاپیوکسی در بازیکنان‌هاکی و فوتبال کاهش در تجمع لاکتات را نشان دادند (۴۶). هینکسون و همکاران (۲۰۰۶) و تادیبی و همکاران (۲۰۰۷) تغییری در میزان تجمع لاکتات خون پس از تمرین هاپیوکسی مشاهده نکردند (۴۲،۱۴). میزان لاکتات در تحقیق ساندرز (۲۰۰۹) در فعالیت زیر بیشینه گروه کنترل کاهش یافت و در گروه ارتفاع بدون تغییر بود که اختلاف بین میانگین‌ها معنی‌دار به دست آمد، و در فعالیت بیشینه در هر دو گروه لاکتات افزایش داشت (۳۷).

نتایج متناقضی در ارتباط با اثر هاپیوکسی تناوبی بر توان هوازی و بی‌هوازی و پارامترهای آن‌ها، هم‌چنین تجمع لاکتات خون در ورزشکاران وجود دارد. بیشتر تحقیقات که نتایج مثبت این شیوه تمرینی را اعلام کرده‌اند، بدون حضور گروه کنترل بودند. رشته‌های ورزشی مختلف و یا تعداد جلسات متفاوت برای ایجاد سازوکارهای مؤثر نیز یکی دیگر از محدودیت‌های نتیجه‌گیری بوده است. ویژگی اصلی این تحقیق بررسی اثر این روش تمرینی در زمانی طولانی‌تر (۳۰ جلسه) می‌باشد که در پژوهش‌های قبلی حداکثر ۴ هفته ذکر شده است. در تحقیق حاضر رشته فوتسال به عنوان رشته‌ای که توان هوازی با توجه به طول زمان و شدت

1 Levin et al.
2 Hincksun et al.
3 Wood et al.
4 Bartsch et al.

تمرینات و مسابقه و توان بی‌هوایی در تکرار دوهای سریع، فعالیت‌های انفجاری، پرش‌های عمودی در مدافعان، فورواردها و دروازه‌بانان جزء مهمی در آن است که مورد نظر قرار گرفت (۲۲). تحقیقات در زمینه‌هایپوکسی در داخل کشور به طور عمده، تمرینات کنترل تنفس را در بر می‌گیرد. تحقیقی که سازوکار مورد مطالعه را مد نظر داشته باشد، تاکنون در داخل کشور انجام نشده است. پاسخ به برخی سؤالات مانند مدت زمان و فشار سهمی مؤثر اکسیژن برای بروز آثارهایپوکسی بر توان هوایی و بی‌هوایی، در مقایسه با گروه کنترل به صورت دوسوکور^۱، دلیل انجام پژوهش حاضر بود.

روش شناسی تحقیق

این پژوهش از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون و به صورت دوسوکور اجرا شد. نمونه آماری این پژوهش، بازیکنان مرد فوتسال لیگ دسته برتر کشور بودند. گروه‌هایپوکسی (n=۸) و کنترل (n=۸) با ویژگی‌های آنتروپومتریکی ذکر شده در جدول ۱ بودند. آزمودنی‌ها بر اساس فراخوان اولیه در بین تیم‌های برتر و سپس فراخوان در بین ورزشکاران باشگاه مورد نظر داوطلبانه و بر اساس مصاحبه و پرسش‌نامه سلامت به صورت هدفدار از بین اعضای تیم حرفه‌ای جوانان و بزرگسالان که همگی دارای ۵ الی ۶ جلسه تمرین یا مسابقه منظم و مشابه در هفته بودند، انتخاب شدند. تمرینات و مسابقات کاملاً تحت نظارت مربی و مربی بدن‌ساز تیم بود و جهت هماهنگی به محقق گزارش می‌شد. با توجه به حضور در اردوی مسابقات، آزمودنی‌ها دارای تغذیه مناسب و تقریباً مشابه بودند و روزانه از جانب محقق مکمل آهن (۱۰۰ میلی‌گرم فرسولفات) دریافت می‌کردند. ۴ روز قبل از اجرای طرح، افراد جهت آشنایی با آزمون‌های مورد نظر، پر کردن پرسش‌نامه سلامت، اندازه‌گیری قد و وزن، BMI و سوابق پزشکی و آزمون نوار قلب و اسپیرومتری با هدف اطمینان از سلامت قلب و عروق و تنفس با توجه به محدودیت قرارگیری در معرض‌هایپوکسی به آزمایشگاه فراخوانده شدند. برای اندازه‌گیری آزمون ۱۰ دقیقه‌ای‌هایپوکسی^۲ نیز بر اساس دستورالعمل تأیید شده از طرف انجمن قلب استرالیا از دستگاه‌هایپوکسیکاتور استفاده شد (۱۴، ۴۳). این دستگاه با تغییر فشار سهمی اکسیژن و نیتروژن‌هایپوکسی را به اندازه تنظیم شده ایجاد می‌کند. میزان spo₂ در ۳۰ ثانیه آخر هر تناوب ۵ دقیق‌های ثبت شد و (۳۸ و ۴۳) بلافاصله روز بعد، طبق برنامه اعلام شده، آزمون بروس^۳ و توان بی‌هوایی از طریق آزمون رست^۴ در زمان و مکان ثابت، دمای محیط آزمایشگاه ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۳ تا ۵۵ درصد برآورد شد. اندازه‌گیری لاکتات با خونگیری از سیاهرگ بازویی در وضعیت نشسته، قبل از گرم کردن و بعد از آزمون رست با فاصله زمانی پنج دقیقه، با فاصله حداقل سه ساعت از خوردن صبحانه انجام شد (۴۵). برنامه قرارگیری افراد در معرض‌هایپوکسی در روز بعد آغاز شد. کلیه آزمودنی‌ها در گروه‌های چهار نفره در کلینیک حاضر و به مدت ۱ ساعت و برای ۳۰

1- Double Blind

2 - Hypoxic Test

3 Bruce Test

4 Runing Based Anaerobic Sprint Test

جلسه تمرین هایپوکسی را انجام دادند. دوره های پنج دقیقه ای تنفس هایپوکسی نورموبار توسط ماسک دهانی آنتی ویرال در حالت استراحت و پنج دقیقه تنفس هوای اتاق (نورماکسی) با برداشتن ماسک انجام شد (۱۸،۴۳). با توجه به این که تحقیق حاضر دوسوکور بود، گروه کنترل نیز در کلینیک حاضر شدند و دقیقاً همان برنامه را انجام دادند، با این تفاوت که اکسیژن دریافتی گروه کنترل در دو مرحله ۲۱٪ بود، در حالی که اکسیژن دریافتی گروه هایپوکسی به دلیل ایجاد آمادگی برای تحمل هایپوکسی شدید و حفظ اشباع اکسیژن خون از جلسه یکم تا هفتم، ۱۲٪ و از جلسه هشت الی ۱۵، ۱۱٪ و در ادامه تا جلسه سی ام، ۱۰٪ به ترتیب معادل ارتفاع ۵۲۰۰ متر تا ۶۰۰۰ متر بود (۳۸،۱۸). هایپوکسی توسط دستگاه هایپوکسیکاتور^۱ ساخت استرالیا، و میزان فشار سهمی (pO₂) توسط دستگاه اکسی متر^۲ ساخت امریکا اندازه گیری شد که مستقیماً توسط نرم افزار دستگاه قابل نمایش بود (۴۳،۱۴). Sao₂ خون شریانی آزمودنی ها توسط پالس اکسی متر^۳ (ساخت امریکا) کنترل شد و لحظه به لحظه توسط نرم افزار نصب شده قابل نمایش و کنترل بود (۴۳).

جدول ۱. ویژگی های آزمودنی ها

ویژگی / گروه	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتیمتر)	BMI (کیلوگرم بر مجذور متر مربع)
هایپوکسی	۲۶/۱۳±۴/۱	۷۰/۳۱±۵/۳۴	۱۷۱/۱۲±۷/۰۷	۲۴/۰۲±۱/۶۳
کنترل	۲۲/۲۵±۲/۹۶	۷۰/۰۵±۲/۳۴	۱۷۲/۵±۴/۳	۲۳/۵۵±۰/۶۳

نحوه سنجش متغیرها

سنجش زمان افت و بازیافت اکسیژن (TD^۴ و TR^۵): سنجش تحمل هایپوکسی و مناسب بودن وضعیت فرد قبل از شروع تمرین هایپوکسی توسط آزمون مذکور در دامنه $S_{100} < TD$ و $S_{30} > TR$ تأیید شد (۴۳). آزمون بروس با استفاده از پروتکل موجود در نوار گردان تکنوجیم بر مبنای جنسیت، سن، وزن و ضربان نبض، در بین ساعات ۱۶ تا ۲۱ در پیش و پس آزمون انجام شد. آزمون میدانی رست، شامل ۶ تکرار با مسافت های ۳۵ متر دویدن های سریع و استراحت ۱۰ ثانیه بود و اندازه گیری زمان توسط دستگاه فوتوفینیش و هم چنین ثبت آن در برگه جدول تهیه شده، بین ساعات ۱۱ و ۱۳ در پیش و پس آزمون انجام شد و اطلاعات بدست آمده از وزن و شش زمان محاسبه شد. اطلاعات به دست آمده از این آزمون شامل میانگین توان حداکثر^۶ توان، حداقل^۷، متوسط^۸ توان و شاخص خستگی^۹ بود (۴۵). لاکتات در دو مرحله ابتدا، قبل از

1 Go 2 altitude four person Hypoxucator Biomed Tech Astralian Melborn

2 HANDI Oxymeter

3 Pulseoximeter NONIN

4 Time to descending (TD)

5 Time to recovery (TR)

6 Pmax. Maximal power

7 Pmin. Minimal power

8 Pmean. mean Power

9 Fatigue index

از شروع مرحله گرم کردن آزمون رست، و سپس با توجه به این که حداکثر لاکتات تولید شده در دقیقه ۵ - ۷ پس از فعالیت بیشینه می باشد، در دقیقه ۵ پس از اتمام فعالیت، در زمان برگشت به حالت اولیه، 5cc خون در حالت نشسته از ورید بازویی اندازه گیری شد (۴۵). از روش آنزیماتیک و از پلاسمای خون به همراه EDTA برای اندازه گیری لاکتات، استفاده شد. برای توصیف اولیه داده ها از آمار توصیفی و برای بررسی طبیعی بودن و برابری واریانس ها به ترتیب از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و آزمون لون استفاده شد. مقایسه تغییرات بین گروهی و درون گروهی شاخص ها از طریق آزمون تی مستقل و وابسته انجام شد.

نتایج

بر اساس آزمون تی برای داده های مستقل، تنها، اختلاف میانگین متغیر حداقل توان در بین دو گروه از پیش آزمون تا پس آزمون تفاوت معنی دار ($P=0.025$) داشت (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون تی وابسته و مستقل برای تعیین معنی داری تغییرات در هر گروه و بین گروه

ارزش P بین گروهی	میانگین اختلاف ها و انحراف استاندارد	ارزش P درون گروهی	مقادیر پس آزمون	مقادیر پیش آزمون	گروه	میانگین متغیرها
۰/۶۳	۰/۹۶±۵/۶۸	۰/۶۴	۴۹/۷۹±۴/۳۰	۵۰/۷۵±۴/۲۰	هایپوکسی	حداکثر اکسیژن مصرفی
	-۰/۰۶±۱/۴۹	۰/۸۸	۵۱/۹۶±۳/۸۰	۵۱/۸۸±۲/۹۲	کنترل	(میلی لیتر بر کیلوگرم در دقیقه)
۰/۹۹	-۰/۰۲±۰/۴۱	۰/۸۵	۳/۰۵±۰/۵۸	۳/۰۵±۰/۳۸	هایپوکسی	حداکثر اکسیژن مصرفی
	-۰/۰۲±۰/۱۶	۰/۷۱	۳/۶۴±۰/۳۸	۳/۵۸±۰/۲۶	کنترل	(لیتر بر دقیقه)
۰/۱۹	۹۳/۲۴±۱۴۰/۳۶	۰/۱۲	۷۳۶/۶۵±۱۵۱	۸۲۹/۸۹±۱۳۷/۱۲	هایپوکسی	حداکثر توان
	۲۲۲/۸۹±۲۱۱/۰۶	*۰/۰۲	۷۳۸/۸۴±۱۰۰/۱۴	۹۶۱/۷۴±۱۱۱/۵۱	کنترل	(وات)
∞ ۰/۰۲۵	۷۹/۲۷±۴۹/۸۹	*۰/۰۶	۴۶۳/۲۰±۷۸/۸۰	۵۴۲/۴۷±۶۱/۳۷	هایپوکسی	حداقل توان
	-۱۵/۵۸±۸۷/۵۱	۰/۶۳	۵۰۴/۵۲±۲۰/۹۰	۴۸۸/۹۴±۹۹/۸۸	کنترل	(وات)
۰/۰۹	۷۳/۱۳±۵۷/۳۰	*۰/۰۱	۵۸۴/۶۰±۹۱/۳۷	۶۵۷/۷۴±۶۳/۵۸	هایپوکسی	میانگین توان
	۱۳۷/۴۱±۷۷/۱۰	*۰/۰۱	۵۹۸/۴۴±۲۳/۸۵	۷۳۵/۸۶±۵۶/۸۰	کنترل	(وات)
۰/۰۷	۰/۵۹±۵/۲۳	۰/۷۷	۸/۷۷±۳/۹۵	۹/۳۷±۴/۱	هایپوکسی	شاخص خستگی
	۷/۷۰±۸/۱۷	*۰/۰۳	*۸/۴۷±۲/۱	۱۶/۱۷±۶/۰	کنترل	(وات بر ثانیه)
۰/۱۹	-۵/۳۸±۵/۷۸	*۰/۳۴	۲۶±۴/۶۹	۲۰/۶۲±۴/۵۶	هایپوکسی	لاکتات استراحت
	-۲/۲۹±۲/۷۹	۰/۷۷	۱۷/۳۸±۶/۰۴	۱۶/۷۸±۳/۱۳	کنترل	(میلی گرم در دسی لیتر)
۰/۷۰	-۴/۵۷±۱۷/۱۴	۰/۵۰	۵۴/۲۸±۱۴/۴۸	۴۹/۷۱±۸/۳۲	هایپوکسی	لاکتات در دقیقه ۵
	-۱/۸۸±۶/۷۴	۰/۴۵	۴۷/۸۷±۷/۹۱	۴۶/۰۰±۴/۳۰	کنترل	استراحت (میلی گرم در دسی لیتر)

* نشانه اختلاف معناداری نسبت به مرحله پیش آزمون - ∞ نشانه اختلاف معناداری نسبت به گروه کنترل

سطح معنی داری $P \leq 0.05$

بحث و بررسی

ورزشکاران نخبه برای سازگاری با ارتفاع یاهایپوکسی به عنوان یک تمرین مکمل، که ممکن است عملکرد سطح دریا را بهبود بخشد، از روش تمرین و ارتفاع استفاده می‌کنند (۲۴،۳۷). در تحقیق حاضر میانگین حداکثر اکسیژن مصرفی پس از ۳۰ جلسه تمرین‌هایپوکسی تناوبی استراحتی با وجود افزایش ناچیز در هر دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). پژوهش‌های انجام شده، روش‌های تمرین ارتفاع وهایپوکسی متفاوتی را اعمال کرده‌اند و نتایج به دست آمده در زمینه توان هوازی متناقض است (۳،۲۹). نتایج تحقیق حاضر، با یافته‌های جولیان و همکاران (۲۰۰۳) بر روی دوندگان (۱۸)، و ویلا همکاران (۲۰۰۵) بر روی دوچرخه سواران نخبه (۴۳) و تأدیبی و همکاران (۲۰۰۷) بر روی دوندگان استقامت (۴۲) که همگی از روش تمرینی مشابه‌هایپوکسی کوتاه‌مدت در فشار طبیعی، استفاده نموده‌اند، هم سو است، و با یافته‌های لاندی و همکاران (۲۰۰۷) و کاتایاما (۲۰۰۴)، رودریگز و همکاران (۲۰۰۷) و کاتایاما (۲۰۰۷)؛ نیز مطابقت دارد (۳،۲۷،۳۴)؛ اما با یافته‌های کاتایاما و همکارانش (۲۰۰۳) بر روی دوندگان، لوین و همکارانش (۱۹۹۷) و گاندرسون (۱۹۹۸) با اجرای برنامه Hi-Lo و استفاده‌هایپوکسی مصنوعی و میوسن (۱۹۹۸) با استفاده ازهایپوکسی و تمرین و ساندرز (۲۰۰۹) با استفاده ازهایپوکسی استراحتی با استفاده از چادرهایپوکسی فشار طبیعی روی دوندگان نخبه مسافت‌های متوسط، رودریگز و همکارانش (۲۰۰۷) در شناگران در تضاد است (۳۸،۸،۲۴،۲۹،۳۴). برآیند تحقیقات گذشته در ارتباط با تأثیرهایپوکسی کوتاه‌مدت نشان می‌دهد، هرچه شدت‌هایپوکسی بیشتر و مدت آن طولانی‌تر باشد، میزان بهبودی در توان هوازی نیز بیشتر خواهد بود. هم‌چنین شرایط کم فشاری و فشار طبیعی می‌تواند برای متغیر مؤثر باشد. به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر نیز زمان هر دوره (۵ دقیقه) به اندازه کافی طولانی نبوده، که با وجود تعداد جلسات زیادتر و افزایش مختصر در توان هوازی، نتوانسته تغییر معنی‌داری در شاخص مذکور ایجاد کند. علاوه بر نتایج تحقیقات ارائه شده و تحقیق حاضر ذکر این موضوع که آزمودنی‌ها در اواخر فصل مسابقه قرار داشتند و شدت و حجم تمرینات و مسابقات و فشار روانی وارد بر آن‌ها زیاد بود و اثر قابل ملاحظه‌ای بر نتایج داشته است حائز اهمیت است. در حالی که اثرات تمرین ارتفاع بارها بر روی عوامل و عملکرد هوازی بررسی شده است، پیشینه تحقیق در آثار تمرین بر ظرفیت بی‌هوازی بسیار محدود و نتایج آن نیز بحث برانگیز است (۳،۴۲). نتایج مربوط به توان بی‌هوازی نشان داد، حداکثر توان در هر دو گروه کنترل وهایپوکسی کاهش داشت که در گروه کنترل این کاهش معنی‌دار بود ($p=0/02$) (جدول ۲). ولی مقایسه بین میانگین‌ها ($p=0/19$) معنی‌دار نبود (جدول ۲). حداقل توان در گروه‌هایپوکسی ($p=0/006$) کاهش معنی‌دار داشت ولی در گروه کنترل افزایش داشت اما معنی‌دار نبود ($p=0/63$) (جدول ۲)، و اختلاف بین میانگین‌های دو گروه نیز معنی‌دار بود ($p=0/025$) (جدول ۲). میانگین توان در هر دو گروه کاهش معنی‌دار داشت ($p=0/01$) (جدول ۲)، و اختلاف میانگین‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). شاخص خستگی در هر دو گروه کاهش داشت که در گروه کنترل معنی‌دار ($p=0/03$)، و در گروه‌هایپوکسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). اختلاف میانگین‌ها در دو گروه معنی‌دار

نبود. تنها تحقیق انجام شده که توان بی‌هوایی را با دقت کافی و وجود گروه کنترل به صورت دوسوکور مانند تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار داده است، توسط تادیبی و همکارانش (۲۰۰۷) انجام شده که هیچ تغییری در میانگین حداقل و حداکثر و اوج توان در دو گروه مشاهده نشد (۴۲)، این یافته با نتایج تحقیق حاضر همسو است. اما هینکسون و همکارانش (۲۰۰۷) در بازیکنان راگبی کاهش اوج توان و تکل‌های سرعتی و وود و همکاران (۲۰۰۶) بهبود در دوهای سرعت در ورزشکاران قایقرانی را پس از برنامه‌هایپوکسی مشاهده کردند (۱۵،۴۶). نتایج تحقیقات قبلی در ارتباط با تأثیرهایپوکسی بر میزان شاخص‌های بی‌هوایی ضد و نقیض هستند. دلیل این تناقض احتمالاً به نوع رشته آزمودنی، تجربه و سن آزمودنی، نوع آزمون و زمان برای ارزیابی و مدت و شدت‌هایپوکسی اعمال شده بر می‌گردد. با توجه به محدودیت شدید مطالعات موجود در این زمینه نمی‌توان دلیلی برای این عدم هم‌سویی ارائه کرد. اما به نظر می‌رسد افرادی که ازهایپوکسی با شدت و مدت انجام شده، استفاده کرده‌اند کاهش کمتری در توان بی‌هوایی داشتند. با توجه به نتایج که نشان داد تجمع لاکتات در حالت استراحت در گروه‌هایپوکسی افزایش معنی‌دار ($p=0/03$) دارد (جدول ۲) و همچنین این مقدار در گروه کنترل نیز افزایش غیر معنی‌دار داشت که نشان‌دهنده خستگی و عدم ریکاوری مناسب در کلیه آزمودنی‌ها با توجه به حجم تمرینات و مسابقات و فشارهای وارده بود، ولی اختلاف معنی‌داری بین میانگین دو گروه مشاهده نشد (جدول ۲). تجمع لاکتات در دقیقه ۵ پس از آزمون بی‌هوایی رست افزایش داشت و در هر دو گروه معنا دار نبود. البته هر دوی این مقادیر از ابتدا در گروه‌هایپوکسی بیشتر از گروه کنترل بود (جدول ۲). نتایج پژوهش وود و همکاران (۲۰۰۵) با روش مشابهی انجام شده بود با تحقیق حاضر تفاوت داشت (۴۶). میزان لاکتات در تحقیق ساندرز (۲۰۰۹) در فعالیت زیر بیشینه در گروه کنترل کاهش و در گروه ارتفاع بدون تغییر بود که اختلاف بین میانگین‌ها معنی‌دار بودند (۳۸). در فعالیت بیشینه هر دو گروه لاکتات افزایش داشت (جدول ۲) که با تحقیق حاضر همسو است (۳۷). هینکسون و همکارانش (۲۰۰۶) و تادیبی و همکاران (۲۰۰۷) تغییری در میزان تجمع لاکتات خون پس از تمرین‌هایپوکسی مشاهده نکردند (۱۴،۴۲). با توجه به تناقضات موجود در یافته‌ها و روش‌ها نمی‌توان به یک نتیجه قاطع در ارتباط با نحوه تأثیر تمرین‌هایپوکسی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده دست یافت. یافته‌های ما با برخی تحقیقات همسو و با برخی در تضاد است. در هر حال اجرای مطالعات بعدی برای نتیجه‌گیری دقیق‌تر ضروری است.

نتیجه‌گیری

نظریه پشته‌هایپوکسی نورموبار تناوبی بیان می‌کند که کاهش غلظت اکسیژن هوای دمی باعث تولید Epo، و در پی آن افزایش توده گلبول قرمز و هموگلوبین می‌شود و نتیجه آن گسترش عوامل انتقال اکسیژن به بافت‌ها و نیز افزایش بافرینگ خون است و نهایتاً بهبود توان هوایی و بی‌هوایی را به همراه دارد (۴۰). به علاوه پژوهش‌گران تأکید می‌کنند یک الی دو هفته‌هایپوکسی با شدت کم (زیر ارتفاع حداکثر) استراحتی

ممکن است در رتیلولوسیت‌ها افزایش‌ایجاد کرده و باعث یک اریتروپوئیز واقعی شود (۱۰). اگر چه برخی تحقیقات که بهبود در توان هوازی و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی را به همراه داشته‌اند اظهار می‌کنند که هایپوکسی می‌تواند به تنهایی محرک اولیه برای بروز بهبودی عملکرد ورزشکاران باشد، اما متأسفانه هیچ یک از مطالعات مذکور شامل گروه کنترل نبوده‌اند (۴۲). هم‌چنین بررسی‌های کنترل شده تأکید کردند که هایپوکسی اعمال شده (بدون ذکر زمان مناسب برای سازگاری) اثر افزایشی بر روی عملکرد در زمان تمرین یا مدتی بعد از تمرین در شرایط فشار طبیعی ندارد (۳، ۲۹، ۳۴، ۴۲). باین حال این امکان وجود دارد که روش هایپوکسی تناوبی در زمان‌های طولانی‌تر تمرینش باشد، اما دوره‌های ۵ دقیقه‌ای برای کل ۶۰ یا ۷۰ دقیقه و کمتر به وضوح برای شروع و حفظ فرآیند سازگاری ناکافی یا غیر مؤثر است. دلیل این موضوع می‌تواند چنین توضیح داده شود که ممکن است تناوب‌های اکسیژن طبیعی در پاسخ سازگاری به هایپوکسی، به فرایند فیزیولوژیکی تحریک ترجمه فعال‌کننده‌های بیان ژن فاکتور القای هایپوکسی ۱ (HIF-1) (۴۰، ۴۴)، که باعث افزایش به وجود آمده در توده گلبول قرمز هستند لطمه بزند (۱۸). از سوی دیگر مارشال^۱ و همکارانش بیان می‌کنند، هایپوکسی تناوبی استراحتی ممکن است برخی سازگاری‌های فیزیولوژیکی را بین سیستم مرکزی محیطی (مغزی عضلانی) منعکس کند (۲۸). بنابراین بهبود در برخی شاخص‌ها پس از استفاده از هایپوکسی می‌تواند به همین دلیل باشد. افزایش لاکتات استراحت در تحقیق حاضر حاکی از وجود خستگی فیزیولوژیکی در آزمودنی‌ها و عدم ریکاوری مناسب در دوره مسابقه بوده است. به نظر می‌رسد علاوه بر شدت و مدت هایپوکسی اعمال شده، نوع و مرحله فعالیت فرد نیز مؤثر باشد. در این زمینه برخی از تحقیقات اشاره می‌کنند که احتمالاً این نوع تمرین خاص در زمان کاهش حجم تمرینات مؤثرتر است (۳۸). علی‌رغم اظهارات شفاهی، مبنی بر بهبود در وضعیت فیزیولوژیکی تمرین هایپوکسی، با توجه به نتایج آماری به دست آمده، ۳۰ جلسه هایپوکسی تناوبی شدید به مدت یک ساعت تغییر معنی‌داری در توان هوازی و بی‌هوازی ورزشکاران در فصل مسابقه ایجاد نکرد. بنابراین اظهار نظر قطعی در مورد آثار هایپوکسی تناوبی نیازمند تحقیقات بیشتری در شرایط متفاوت است.

منابع

1. Alfrey, C.P., Rice, L., Udden, M.M., and Driscoll, T.B. (1997). Neocytolysis: physiological down-regulator of red-cell mass. *Lancet* 349: 1389–1390,
2. Armstrong, L.E. (2000). *Performance in Extreme Environments*. Canada: Human Kinetics.
3. Bartrch, c. (2008). intermittent hypoxia at rest for improvement of athletic performance. *scand med sci sports (suppl)* :50-56
4. Bedelman, B.A., Stephen, R., Muza, C., Fulco, J., Jones, E., Lammi, J.E. (2009). Intermittent Hypoxic Exposure Dose Not Improve Endurance Performance at Altitude. *Med & Sci in Sport* 1318-1324
5. Beidleman, B.A., Muza, S.R., Fulco, C.S. (2003). Intermittent altitude exposures improve muscular performance at 4300 m., *J Appl Physiol.*; 95:1824–32.

6. Belle, R. (2007). Effect Of Intermittent Hypoxic Training On Cycling Performance In Well – trained Athletes. *Eur.J Appl.Phys.* Volume 101, Nu 3.Oct P;359-368.
7. Benjamin, D.L., And Stray–Gundersen, J. (2005). "Point:positive Effects of intermittent Hypoxia (live High:Train Low) on Exercise Performance are Mediated Primarily by Augmented red cell volume.*J Apply Physiol* 99: 2058-2055.
8. Chapman, R., Stray-Gundersen, J., And Levine, B.D. (1998). Individual Variation In Response to Altitude Training. *J. Appl. Physiol.* 85;1448-1456.
9. Epstein, A.C., Gleadle, J.M., McNeill, L.A., Hewitson, K.S., O'Rourke, J., Mole, D.R., Mukherji, M., Metzen, E., Wilson, M.I., Dhanda, A., Tian, Y.M., Masson, N., Hamilton, D.L., Jaakkola, P., Barstead, R., Hodgkin, J., Maxwell, P.H., Pugh, C.W., Schofield, C.J., and Ratcliffe, P.J.C. (2001). Elegans EGL-9 and mammalian homologs define a family of dioxygenases that regulate HIF by prolyl hydroxylation. *Cell* 107: 43–54,
10. Frank, C., Mooren – Klaus, V. (2005). *Molecular And Cellular Exercise Physiology. Book Human Kinetics.*
11. Frey, W.O. (2000). Influence Of Intermittent Exposure To normobaric Hypoxia On hematological Indexes And Exercise Performance. *Med And Sport Exe* 32
12. Gore, C. J., and Hopkins, W.G. (2005.). Counterpoint: positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise performance are not mediated primarily by augmented red cell volume. *J.Appl.Physiol.*99:2055-2057,
13. Guyton, A.C. (2006). *Textbook of medical physiology* 12 th ed
14. Hellemanse, D. (1999). "Effect Of High – Intensity Hypoxic trainig On Sea Level Swimming Performances". *J Appl phy Feb; (94); 733*
15. Hinckson, E.A., Hamlin, M.J., Wood, M.R. and Hopkins, W.G. (2007). Game performance and intermittent hypoxic training *Br. J. Sports Med.*, August 1,; 41 (8): 537-539.
16. Ivan, M., Kondo, K., Yang, H., Kim, W., Valiando, J., Ohh, M., Salic, A., Asara, J.M., Lane W.S., and Kaelin, W.G. (2001). HIF- targeted for VHLmediated destruction by proline hydroxylation: implications for O2 sensing.
17. Jelkmann, W. and Hellwig-Burgel, T. (2001). The biology of erythropoietin. In: *Hypoxia: From Genes to the Bedside*, edited by Roach RC, Wagner PD, and Hackett PH. New York: Kluwer/Plenum Academic, , p. 169–187.
18. Julian,C.G., Gore, C.J., Wilber, R.L. (2004). Intermittent normobaric hypoxia does not alter performance or erythropoietin markers in highly trained distance runners. *J.Appl.Physiol.* 96:1800-1807,
19. Katayama, K., Matsuo, H., Ishida, K., Mori, S., Miyamura, M. (2003). Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency. *High Alt Med Biol* 4:291-304.
20. Keisho Hiroshi, K. (2003). Intermittent Hypoxia Improves Endurance Performance And Submaximal Exercise Efficiency *High Altitude Medicine And Biology* Vo 4 No3.
21. Keszalacyk, S. (2006). Comments on point- counterpoint " positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise performance are/are not mediated primarily by augmented red cell volume". *J.Appl. Physiol.*100:363.
22. Levin, B.D., Stray, J., Gundersen, R.D. (2008). Effect Of Althitud on Football performance. *Scand J Med Sci Sports*:18 (suppl.1):76-84.
23. Levine, B.D., and Stray-Gundersen, J. (1997). "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance *J Appl Physiol* 83: 102–112,.
24. Levine, B.D., and Stray-Gundersen, J. (1992). A practical approach to altitude training : where to live and train for optimal performance enhancement. *Int.J.Sports Med.* 13:S209-S212.
25. Levine, B.D., and Stray-Gundersen, J. (2005). Point: positive effects of intermittent hypoxia (live high:train low) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume. *J.Appl. Physiol.*99:2053-2055.
26. Lundy, C., Calbet, J.A.L., Sander, M. (2007). Exercise economy does not change after acclimatization to moderate to very high altitude. *Scand J Med Sci Sports.*;17:281–91.
27. Marshall, H., Hamlin, H. (2007). Effect Of Intermittent Hypoxia On Sa (o2) Cerebral And Muscle Oxygenation During Maximal Exercise in Athlets With Exercise – Induced Hypoxemia. *Eue.J.Appl Phy* Nov 21;180 30 490.

28. Meeuwsen, T., Henriksen, I. J., and Holewjin, M. (2001). Training-induced increases in sea-level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 84:283–290,
29. Pienl, A.K. (1998). Short Term Intermittent Normobaric Hypoxia – Haematological , Physiological And Mental Effects. *Scand.J.Med.Sci. Sports* 8;132-137.
30. Plowman, S.A. (2008). *Exercise physiology for health, fitness, and performance*.; book publisher: Lippincot Williams & Wilkins. 307-316.
31. Rice, L., Ruiz, W., Driscoll, T., Whitley, C.E., Tapia, R., Hachey, D.L., Gonzales, G.F., and Alfrey, C.P. (2001). Neocytolysis on descent from altitude: a newly recognized mechanism for the control of red cell mass. *Ann Intern Med* 134: 652–656,
32. Robergs, R., Roberts, S. (2000). *Fundamental Principles of Exercise Physiology*. McGraw Hill, USA.
33. Rodriguez, F.A., Truijens, M.J., Townsend, N.E., Stray-Gundersen, J., Gore, C.J. (2007). Intermittent hypoxic training. *Br J Sports Med* 41:537-539.
34. Rodriguez, N.E., Townsend, J., Stray-Gundersen, C.J., Gore, B.D. (2008). Submaximal economy in well-trained swimmers and runners The effect of intermittent hypobaric hypoxic exposure and sea level training on *J Appl Physiol*, February 1,; 104 (2): 328-337.
35. Rodriguez, F.A. (2000). Erythropoietin Acute Reaction And Haematological Adaptation to Short, Intermittent Hypobaric Hypoxia. *Eur. J. Appl. Physiol.* 82;170-177.
36. Rusko, H.H., Tikkanen, O., and Peltonen, J.E. (2004). Altitude and endurance training. *J. Sports Sci.* 22:928-944.
37. Saunders, P.U., Telford, D.B., Pyne, A.G., Hahn, C.J. (2009). Improved running economy and increased hemoglobin mass in elite runners extended moderate altitude exposure, *Sport Medicine Australia* 12,67-72.
38. Schmidt, W., Eckardt, K.U., Hilgendorf, A., Strauch, S., and Bauer, C. (1991). Effects of maximal and submaximal exercise under normoxic and hypoxic conditions on serum erythropoietin level. *Int J Sports Med* 12: 457–461.
39. Semenza, G.L., Roth, P.H., Fang, H.M., and Wang, G.L. (1994). Transcriptional regulation of genes encoding glycolytic enzymes by hypoxia-inducible factor 1. *J Biol Chem* 269: 23757–23763,
40. Serobrovskaya, T.V. (2002). "Intermittent Hypoxia Research in The Former Soviet Union and The Common wealth of Independent state: History and Review of The Concept and Selected Applications" *High Altitude Medecin & Biology* Volume 3 , Number 2.
41. Tadibi, V., Dehert, C. (2007). Unchanged Anaerobic And Aerobic performance After Short – trem Intermittent Hypoxia. *Med & Sci In Sports & Exe.* 39 (5); 858-864, May.
42. Villa, J.G., Lucia, A. (2005). Does Intermittent Hypoxia Increase Erythropoiesis In Professional Cyclists During 3-Week race ? *can. J. Appl > Physial.* 30 (1);61-73.
43. Wang, G.L., Semenza, G.L. (1996). Molecular basis of hypoxia-induced erythropoietin expression. *Curr Opin ematol* 3: 156–162,
44. Weinstein, Y., Bediz, C., Dotan, R. (1998). Reliability of peak lactate, heart rate and plasma volume following the wingate test. *Medicin & science in sport of Exercise science* 29:464-468.
45. Wood, M.R., Dowson, M. N., Hopkins, W.G. (2006). Runing Performance after Adaptation to Accutly Intermittent Hypoxia *Eur J Sport* :6:163-173.