University of Birjand

*Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport* *Research Paper*
*Spring & Summer 2020, 8(15): 152-163*
*Received: Jan 5, 2018* *Accepted: Jul 22, 2018*

# Effects of sub-maximal cycling along with blood flow restriction on hematology changes in active males

**Saeed Rahmaty[1]*, Hamid Rajabi[2], Mehrdad Saadi[3], Hossein Nikroo[4]**

1. PhD of Exercise Biochemistry and Metabolism, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Full Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Kharazmi, Tehran, Iran.
3. MSc of Exercise Physiology, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.
4. PhD of Exercise Biochemistry and Metabolism, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

**Abstract**

**Background and Aim:** Occlusion training is a new training method that has a favorable effect on blood cells and also simulates the effect of training under hypoxia. The present study was aimed to investigate the effects of short-term sub-maximal cycling along with blood flow restriction on serum level of red blood cell (RBC), hemoglobin (HGB) and hematocrit (Hct ) in active males. **Materials and Methods:** In this way, 24 physical education and sport sciences students from Kharazmi university were selected. They were assigned into three groups based on maximum power cycling including blood flow restriction group (n=8), cycling with unrestricted group (n=8) and control group (n=8). The Occlusion training and non-occlusion training groups have been trained for 3 weeks, 3 sessions per week. Each session included 3 stages of cycling with maximum power of 50 percent with a rest interval of 30-45 seconds for every session which lasted 3 minutes. The amount of pressure on the thigh of participants in the restriction group was 140-170 mmHg and the dependent variables were measured by using the cellular cell device containing anticoagulant. For statistical analyzing dependent samples t-test, one-way analysis of variance, and Tukey tests were used at the significant level of $p \leq 0.05$. **Results:** The results showed that 3 weeks of sub-maximal cycling with blood flow restriction induced significant changes in RBC, HGB and Hct ($p \leq 0.05$) as compared to pre-test. But these changes were not significant in the non-occlusion training and control groups. On the other hand, the inter-group analyses showed that after 3 weeks of submaximal cycling, there are significantly differences between restriction and no-restriction group regarding HGB (p=0.02), RBC (p=0.02) and Hct (p=0.03) indices **Conclusion:** The results revealed that the local blood restriction during sub-maximal cycling have a positive effect on the blood levels of HGB, RBC, and Hct. Therefore oclussion training can simulates some degree of exercise effect in hypoxia conditions.

**Key words:** Blood flow restriction, Oclussion training, Hemoglobin, Red blood cells, Hematocrit.

***Corresponding Author, Address:** Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran;
**Email:** s_rahmaty4290@yahoo.com **DOI:** 10.22077/JPSBS.2018.1259.1363

نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش  مقاله پژوهشی
بهار و تابستان ۱۳۹۹، دوره ۸، شماره ۱۵، ص ۱۶۳-۱۵۲
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۵  تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۱
دانشگاه بیرجند

# اثر یک دوره فعالیت زیر بیشینهٔ رکاب زدن همراه با محدودیت جریان خون بر تغییرات خون شناسی مردان فعال

**سعید رحمتی[1*]، حمید رجبی[2]، مهرداد سعدی[3]، حسین نیکرو[4]**

۱. دکترای بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.
۴. دکترای بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

**چکیده**

**زمینه و هدف**: تمرین انسدادی روش تمرینی نسبتا جدیدی است که می‌تواند آثار تمرین در شرایط هایپوکسی را تا حدودی شبیه سازی کند و اثر مطلوبی بر سلول‌های خونی بگذارد. این مطالعه به منظور تعیین اثر یک دورهٔ زیر بیشینه فعالیت رکاب‌زدن همراه با محدودیت جریان خون بر سطح سرمی هموگلوبین(HGB)، گلبول‌های قرمز خون (RBC) و هماتوکریت (Hct) در مردان فعال انجام شد. **روش تحقیق:** برای این منظور ۲۴ نفر از دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی به صورت داوطلبانه انتخاب شدند و به سه گروه رکاب زدن همراه با محدودیت جریان خون (n=۸)، رکاب زدن بدون محدودیت جریان خون (n=۸) و کنترل (n=۸) تقسیم گردیدند. آزمودنی‌های گروه تمرین با انسداد و تمرین بدون انسداد به مدت ۳ هفته، هر هفته ۳ جلسه و در مجموع ۹ جلسه تمرین کردند. هر جلسه تمرین شامل ۳ وهله سه دقیقه‌ای رکاب زدن با شدت ۵۰ درصد توان حداکثری بود که بین هر وهله ۴۵-۳۰ ثانیه استراحت وجود داشت. میزان فشار روی ران در گروه انسداد ۱۷۰-۱۴۰ میلی متر جیوه بود. متغیرهای وابسته با استفاده از دستگاه سلول شمار هماتولوژی و کیت‌های جمع آوری کنندهٔ خون که حاوی مادهٔ ضد انعقاد بودند، اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون‌های t وابسته، تحلیل واریانس یک‌طرفه، و آزمون تعقیبی توکی در سطح معنی‌داری p≤۰/۰۵ استفاده گردید. **یافته‌ها:** نتایج درون گروهی نشان داد ۳ هفته تمرین زیر بیشینهٔ رکاب زدن همراه با انسداد عروق پا در مقایسه با پیش آزمون، باعث تغییرات معنی‌داری در مقادیر RBC، HGB و Hct می‌شود (p<۰/۰۵)؛ اما این تغییرات در گروه‌های بدون انسداد و کنترل معنی‌دار نبودند. از طرف دیگر، نتایج بین گروهی نشان داد که ۳ هفته فعالیت زیربیشینهٔ رکاب زدن همراه با انسداد عروق پا در مقایسه با سایر گروه ها، میزان HGB (p=۰/۰۲)، RBC (p=۰/۰۲) و Hct (p=۰/۰۳) را به طور معنی داری افزایش می دهد. **نتیجه گیری:** محدودیت جریان خون موضعی هنگام فعالیت زیر بیشینه رکاب‌زدن اثر مثبتی بر میزان HGB، RBC و Hct خون دارد؛ از این رومی توان انتظار داشت تمرین انسدادی تا حدی بتواند اثر تمرین در شرایط هایپوکسی را ایجاد نماید.

**واژه‌های کلیدی:** محدودیت جریان خون، تمرین انسدادی، هموگلوبین، گلبول‌های قرمز خون، هماتوکریت.

* نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه تهران، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی؛
پست الکترونیک: s_rahmaty290@yahoo.com
DOI: 10.22077/JPSBS.2018.1259.1363

**مقدمه**

بر اثر سازگاری تمرینات هوازی، میزان کل گلبول های قرمز خون[1] (RBC) افزایش می یابد و همزمان با این سازگاری، افزایش چشمگیری در حجم پلاسما رخ می دهد، تغییری که خود باعث کاهش اندک هماتوکریت[2] (Hct) و ویسکوزیته خون می شود. این تغییرات برای از دست دادن گرما و داشتن حجم ضربه ای بیشتر در حین تمرین مفیدند (کرامر[3]، ۲۰۱۳). تغییرات فیزیولوژیکی که به وسیله ورزش در خون رخ می‌دهد، بسته به نوع، شدت و مدت آن؛ می‌تواند تحت تاثیر قرار گیرد (بارتش[4] و دیگران، ۱۹۹۸). برخی تحقیقات نشان داده‌اند که بر اثر تمرینات مداوم استقامتی، میزان Hct کاهش و میزان کل هموگلوبین[5] (HGB) به همراه پلاکت ها افزایش می یابد. در واقع، این افزایش در مقدار کل HGB، همراه با زیاد شدن حجم پلاسما است که باعث می‌شود مقدار نسبی HGB خون شبیه میزان Hct شده و بدین ترتیب چگالی RBC کاهش یابد (برمون[6] و دیگران، ۱۹۹۹).

به نظر می‌رسد یکی از محرک‌های اصلی برای تحریک گلبول سازی، کمبود اکسیژن (هایپوکسی[7]) باشد. در تایید این موضوع، مطالعات نشان داده اند که قرار گرفتن بدن در شرایط هایپوکسی می‌تواند منجر به تغییرات متفاوتی در برخی پارامترهای خونی از جمله HGB و سطح RBC خون شود (کاتایما[8] و دیگران، ۱۹۹۶). در راستای بررسی تاثیر هایپوکسی بر عوامل خون شناسی، لی[9] و دیگران (۲۰۰۴) در تحقیقی تأثیر ۴ هفته تمرینات هایپوکسی متناوب را بر شاخص‌های خون‌شناسی و عملکرد هوازی آزمودنی‌های تمرین کرده مورد بررسی قرار داده اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تمرینات هایپوکسی متناوب می‌تواند باعث افزایش RBC، HGB، Hct و حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_{2max}$) شود (لی و دیگران، ۲۰۰۴). هنگام قرار گرفتن در شرایط هایپوکسی، افزایش چشمگیری در فاکتور القای هایپوکسی[10] (HIF) رخ می دهد (لاندبی[11] و دیگران، ۲۰۱۰). این عامل محرک بیان ژن اریتروپویتین و متعاقب آن، افزایش HGB و Hct است که به عنوان یک سازگاری جبرانی، اثرات منفی قرارگیری در معرض هایپوکسی را کاهش می دهد (لی و دیگران، ۲۰۰۴). اعتقاد بر آن است که هرگونه قرارگیری در معرض هایپوکسی مانند رفتن ارتفاعات، تمرین در چادر هایپوکسی و دیگر تمرینات هایپوکسی، بتواند این سازوکارهای جبرانی را تحریک کند. احتمالا تمرین انسدادی به دلیل شرایط هایپوکسی که ایجاد می‌کند، باعث القای عامل HIF و بیان ژن اریتروپویتین[12] شده و به دنبال آن، افزایش در میزان HGB، RBC و Hct می شود (لئونک[13] و دیگران، ۲۰۱۰). در این نوع تمرین، عضو مورد نظر را از قسمت فوقانی با استفاده از فشارسنج‌های مخصوص و یا یک باند با قابلیت ارتجاعی می‌بندند و فرد را تحت‌تأثیر تمرین نسبتاً سبک ورزشی قرار می‌دهند (آبه[14] و دیگران، ۲۰۰۶). این عمل سبب ایجاد یک حوضچه خونی موقت در عضو مورد تمرین شده و به دنبال آن، تجمع موضعی مواد متابولیک به ویژه اسیدلاکتیک، در عضو افزایش می‌یابد. شرایط ایسکمی[15] ایجاد شده بر اثر این تمرین، پاسخ‌های هورمونی و در طولانی مدت، سازگاری‌های عضلانی را سبب می‌شود (تاکارادا[16] و دیگران، ۲۰۰۰). استفاده از این تمرین به عنوان یک تمرین هایپوکسی کمتر متداول است و بیشتر افراد ترجیح می‌دهند تمرین هایپوکسی را در ارتفاعات یا چادر هایپوکسی انجام دهند. از طرف دیگر، اکثر افراد جامعه به دلیل مشکلات و مشغله‌های صعود به ارتفاع، تمایلی به قرار گرفتن در معرض ارتفاع و شرایط هایپوکسی (که می‌تواند سازگاری‌های مناسبی را در عوامل خون‌شناسی ایجاد کند) را ندارند. در این راستا به نظر می‌رسد تمرین انسدادی می‌تواند ضمن ایجاد شرایط هایپوکسی موضعی، فشار مکانیکی کمتری را بر مفاصل وارد آورد، وضعیتی که از منظر سلامتی نیز حائز اهمیت است.

با این که تمرین انسدادی احتمالا فواید منحصر به فردی در زمینه بالینی دارد و با شدت و مدت کمتر و متناسب با فعالیت‌های روزانه، سازگاری‌های تمرینی مثبتی ایجاد می‌کند (آبه و دیگران، ۲۰۰۶)؛ تاثیر آن بر عوامل خون‌شناسی به طور کامل و کافی بررسی نشده است. اکثر مطالعات بیشتر بر عملکرد عضلانی (هایپرتروفی[17]) و عملکردهای هوازی ($VO_{2max}$) متمرکز شده اند (آبه و دیگران، ۲۰۰۶؛ افلاکی، ۲۰۱۳؛ تاکارادا و دیگران،

1. Red blood cell
2. Hematocrit
3. Kraemer
4. Bartsch
5. Hemoglobin
6. Bermon
7. Hypoxia
8. Katayama
9. Li
10. Hypoxia-inducible factor
11. Lundby
12. Erythropoietin
13. Loenneke
14. Abe
15. Ischemia
16. Takarada
17. Hypertrophy

۲۰۰۰). این در حالی است که به نظر می‌رسد تمرین انسدادی با ایجاد شرایط هیپوکسی، می‌تواند محرک خوبی برای ترشح HGB وRBC باشد (لئونک و دیگران، ۲۰۱۰). از این رو در این مطالعه، محققین به دنبال پاسخ به این سوال هستند که آیا فعالیت زیربیشینه رکاب زدن همراه با محدودیت جریان خون، می‌تواند بر سطح HGB، RBC و میزان Hct تاثیر بگذارد و به واسطهٔ این تاثیر گذاری، در روند تامین رساندن اکسیژن به بدن هم در حین فعالیت ورزشی و هم در شرایط عادی، نقش مثبت ایجاد می شود؟

**روش تحقیق**

در این مطالعهٔ نیمه تجربی، ۲۴ نفر از دانشجویان تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی تهران به صورت داوطلبانه انتخاب شدند. ۴۸ ساعت قبل از شروع تحقیق، جلسهٔ آشنایی با پروتکل تمرین و توضیحات اولیه در خصوص نحوه اجرای آن و خطرات احتمالی آزمون تشکیل شد. همچنین پرسشنامه سلامت عمومی و فعالیت بدنی که در آن مواردی از قبیل عدم یا استعمال دخانیات، سوابق بیماری‌های غیر واگیر (دیابت، فشارخون، بیماری‌های قلبی) و همچنین میزان فعالیت بدنی روزانه آزمودنی‌ها قید شده بود، در اختیار آزمودنی ها قرار گرفت. بدین ترتیب که مقدار فعالیت ورزشی که آزمودنی‌ها از یکسال گذشته به صورت هفتگی انجام داده بودند و همچنین مصرف احتمالی دخانیات و مشروبات الکلی، سوابق بیماری‌ها و آسیب دیدگی‌های مشخص در طول این یکسال مورد بررسی و ثبت قرار گرفت. رضایت‌نامه شرکت در آزمون نیز توسط شرکت کنندگان تکمیل گردید. در همین جلسه، با استفاده ازچرخ کارسنج مونارک[1] مدل E939 ساخت کشور سوئد و از طریق پروتکل کاستوم[2] حداکثر توان آزمودنی ها اندازه گیری شد. به این ترتیب که آزمودنی‌ها پس از گرم کردن با توان ۵۰ وات و با سرعت ۶۰ دور بر دقیقه شروع به رکاب زدن کردند و هر یک دقیقه ۲۵ وات به بار کاری اضافه شد. این افزایش وات تا زمانی که سرعت دوچرخه از ۶۰ دور بر دقیقه کمتر نشود، ادامه یافت و هنگامی که سرعت از این مقدار پایین‌تر آمد، آزمون قطع شد و عدد بدست آمده به عنوان توان حداکثر آزمودنی در نظر گرفته شد (هیوارد[3]، ۲۰۱۳). سپس آزمودنی‌ها بر اساس توان حداکثر به دست آمده، به سه گروه شامل رکاب زدن همراه با انسداد عروق پا (۸ نفر)، رکاب زدن بدون انسداد (۸ نفر) و گروه کنترل (۸ نفر) تقسیم شدند. آزمودنی‌های گروه تمرین با انسداد و تمرین بدون انسداد عروق، به مدت ۳ هفته، هر هفته ۳ جلسه و در مجموع ۹ جلسه تمرین کردند. با توجه به اینکه اکثر تحقیقات نشان داده اند که سازگاری حاصل از تمرینات انسدادی حداقل با ۳ هفته تمرین حاصل می شود (آبه و دیگران، ۲۰۰۶) و مشخص گردیده که طول دوره‌های تمرینی لازم در ارتفاع و چادر هایپوکسی برای سازگاری‌های هماتولوژیک، بین ۲ تا ۴ هفته است (کاتایاما و دیگران، ۲۰۰۳؛ ساواکا[4] و دیگران، ۱۹۹۶)؛ در تحقیق حاضر جهت حصول سازگاری اثر این نوع تمرین بر عوامل خونی (RBC، HGB و Hct)، ۳ هفته فعالیت در نظر گرفته شد. هر جلسه تمرین شامل ۳ وهله ۳ دقیقه‌ای رکاب زدن با شدت ۵۰ درصد توان حداکثر بود، بین هر وهله حدود ۴۵-۳۰ ثانیه استراحت وجود داشت، و میزان فشار روی ران در گروه انسداد ۱۷۰-۱۴۰ میلی متر جیوه در نظر گرفته شد. از آنجا که فشار انسداد بر اندام پایین تنه در اکثر مطالعات بین ۱۴۰ تا ۲۳۰ میلی متر جیوه بوده است (فاهس[5] و دیگران، ۲۰۱۲)، در این مطالعه این میزان فشار انسداد به این دلیل انتخاب شد که در واقع فشار پایین به عنوان ضرورت کار مد نظر بود تا با یک شدت و فشار کم بتوان تغییرات را در مورد برخی عوامل خونی مشاهده کرد. مجموع زمان تمرین ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه بود که شامل وهله‌های رکاب زدن و فواصل استراحت بین آن‌ها بود. هر جلسه ۱۰ میلی متر جیوه به فشار ران بندها اضافه شد تا جلسه چهارم که فشار به ۱۷۰ میلی متر جیوه رسید. فشار ران بند به طور تدریجی افزایش یافت تا زمانی که شرکت کنندگان نسبت به محرک انسداد در طول فاز اولیه تمرین، سازگار شدند. با توجه به میزان درک سختی[6] (RPE) که در جدول ۱ آورده شده است، می‌توان مشاهده کرد که با گذشت تعداد جلسات تمرین، به تدریج از میزان درک فشار آزمودنی‌ها کاسته شده که به نوعی نشان دهندهٔ سازگار شدن آزمودنی‌ها با میزان فشار انسداد ایجاد شده به نسبت جلسهٔ اول تمرین است.

1. Monark
2. Custom
3. Heyward
4. Sawka
5. Fahs
6. Rating of perceived exertion

**جدول ۱. توصیف میزان درک سختی (RPE) در زمان‌بندی های ۳ دقیقه ای در هر جلسه تمرینی گروه های انسداد و بدون انسداد**

| گروه ها / جلسات | گروه بدون انسداد | | | گروه انسداد | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین سه دقیقه اول | میانگین سه دقیقه دوم | میانگین سه دقیقه سوم | میانگین سه دقیقه اول | میانگین سه دقیقه دوم | میانگین سه دقیقه سوم |
| جلسهٔ اول | ۱۰/۰۰ | ۱۰/۱۲ | ۱۰/۷۵ | ۱۳/۲۵ | ۱۵/۱۲ | ۱۷/۵۰ |
| جلسهٔ دوم | ۹/۵۰ | ۱۰/۱۲ | ۱۰/۳۱ | ۱۲/۷۵ | ۱۵/۰۶ | ۱۶/۸۱ |
| جلسهٔ سوم | ۹/۷۵ | ۱۰/۳۷ | ۱۰/۸۷ | ۱۱/۵۰ | ۱۳/۶۲ | ۱۴/۷۵ |
| جلسهٔ چهارم | ۱۰/۵۰ | ۱۱ | ۱۰/۸۷ | ۱۰/۵۰ | ۱۳/۲۵ | ۱۴/۵۰ |
| جلسهٔ پنجم | ۸/۶۲ | ۹/۷۵ | ۹/۵۰ | ۱۱/۸۷ | ۱۴/۷۵ | ۱۶/۸۷ |
| جلسهٔ ششم | ۹/۱۲ | ۹/۵۰ | ۹/۸۷ | ۱۱/۵۰ | ۱۴ | ۱۵/۳۷ |
| جلسهٔ هفتم | ۸/۶۲ | ۹ | ۹/۲۵ | ۱۱/۲۵ | ۱۳/۳۷ | ۱۵/۱۲ |
| جلسهٔ هشتم | ۹/۳۷ | ۹/۸۷ | ۱۰/۲۵ | ۱۱/۲۵ | ۱۳/۰۰ | ۱۵/۰۰ |
| جلسهٔ نهم | ۹/۰۰ | ۹/۵۰ | ۹/۷۵ | ۱۰/۳۷ | ۱۱/۱۲ | ۱۱/۶۲ |
| انحراف استاندارد از میانگین ۹ جلسه | ۱/۸۰ | ۱/۹۳ | ۱/۹۷ | ۲/۱۵ | ۲/۲۱ | ۲/۲۹ |

فشار ران بند تا پایان پروتکل تمرین روی ران حفظ شد و بعد از ۳ نوبت تلاش، فشار ران بند به یکباره برداشته شد. برای انجام ریکاوری فعال نیز آزمودنی‌ها ۱۰-۵ دقیقه با شدت ۳۰ درصد توان حداکثر، ولی بدون محدودیت جریان خون رکاب زدند. گروه بدون انسداد نیز همین پروتکل را دنبال کرد، با این تفاوت که در این گروه هیچ محدودیت جریان خونی وجود نداشت. گروه کنترل نیز طی ۳ هفته فعالیت خاصی انجام ندادند. از آنجا که آزمودنی‌های این مطالعه دانشجویان تربیت بدنی بودند، سعی شد که مطالعه در زمان تعطیلات امتحانات پایان ترم انجام شود تا آزمودنی‌ها حتی‌الامکان از انجام فعالیت‌های خاص پرهیز کنند.

همچنین به منظور کنترل و یا به حداقل رساندن عوامل مزاحم از قبیل فعالیت بدنی خارج از ساعات تمرین، تغذیه، خواب و...؛ تلاش شد که تا حد امکان آزمودنی‌ها طی ۳ هفته مدت زمان تحقیق از انجام فعالیت‌های خارج از برنامه مورد نظر خودداری کنند و از مصرف هرگونه مکمل ورزشی و یا تغذیهٔ خارج از سلف دانشگاه، پرهیز نمایند. از آنجا که تمام آزمودنی‌ها ساکن خوابگاه دانشگاه خوارزمی بودند، به لحاظ کنترل شرایط خواب آنها مشکلی وجود نداشت. جدول ۲ مشخصات آزمودنی‌های شرکت کننده در تحقیق را نشان می‌دهد.

**جدول ۲. توصیف متغیرهای دموگرافیک شرکت کنندگان در تحقیق**

| متغیرها / گروه ها | سن (سال) | قد (سانتی متر) | وزن (کیلوگرم) | شاخص تودهٔ بدن (کیلوگرم بر متر مربع) |
|---|---|---|---|---|
| انسداد | ۲۳/۵۰±۲/۳۰ | ۱۷۴/۸۱±۵/۴۰ | ۷۱/۶۲±۱/۷۰ | ۲۳/۴۳±۳/۱۰ |
| بدون انسداد | ۲۳/۲۲±۲/۲۰ | ۱۷۴/۰۶±۴/۴۰ | ۶۸/۱۲±۱/۷۰ | ۲۲/۵۰±۲/۱۰ |
| کنترل | ۲۴±۳/۱۰ | ۱۷۵/۴۰±۶/۱۰ | ۷۰/۷۰±۱/۱۰ | ۲۲/۸۰±۳/۲۰ |

با توجه به اینکه تمرینات هایپوکسی به دلیل افزایش متابولیت‌هایی مانند یون $H^+$، باعث احساس فشار بیشتری از طرف ورزشکار می‌شود، برای اطمینان از اینکه تمرین انسدادی بتواند از این نظر شبیه تمرین هیپوکسی باشد، از میزان RPE استفاده گردید؛ که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

قبل از شروع پروتکل و پس از ۱۲ الی ۱۴ ساعت ناشتایی، از سیاهرگ دست راست آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت، به میزان ۵ میلی لیتر خون گرفته شد. با استفاده از دستگاه سلول شمار هماتولوژی[1] و به کمک کیت‌های جمع آوری خون که حاوی مادهٔ ضد انعقاد کنندهٔ ادتا[2] با غلظت ۳/۲ درصد، حجم ۱/۸ میلی لیتر و اندازه ۱۲*۸۸ میلی متر بودند، میزان HGB، RBC و Hct اولیهٔ مشخص گردید. خون‌گیری دوم نیز ۴۸ ساعت پس از جلسه آخر تمرین (جلسه نهم) برای بررسی سازگاری به تمرین از محل خون‌گیری اولیه صورت گرفت. از گروه کنترل نیز در وضعیت ناشتا، به ترتیب قبل از شروع پروتکل و همچنین ۴۸ ساعت بعد از ۹ جلسه، خون‌گیری به عمل آمد. نمونه های خونی جهت اندازه گیری متغیرهای وابسته به آزمایشگاه علوم زیستی (مرکز تکثیر حیوانات آزمایشگاهی) دانشگاه خوارزمی انتقال داده شد. خون گرفته شده در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگه داری شد. همچنین برای سانتریفیوژ خون، از دستگاه اپندورف[3] به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد؛ استفاده گردید. در نهایت با تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی محتوای خون، میزان HGB، RBC و Hct مشخص گردید. با توجه به اصول قواعد هلیسینکی[4]، هیچ کدام از آزمودنی‌ها در طول تحقیق هیچ‌گونه ناراحتی را گزارش نکردند و در ضمن هیچ‌گونه کبودی در محل بستن باند فشار سنج در گروه تمرین انسدادی مشاهده نگردید.

به منظور بررسی همگنی واریانس گروه‌ها از آزمون لون[5] و برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف[6] استفاده گردید. از طرف دیگر، برای مطالعهٔ اثر درون گروهی از آزمون‌های t وابسته و تغییرات بین گروهی ناشی از تمرین، از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده گردید. در ادامه، از آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه زوجی گروه ها بهره‌برداری شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخهٔ ۲۱ انجام گردید و سطح معنی داری $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها**

در مطالعهٔ حاضر مشاهده شد که به لحاظ تغییرات درون گروهی (جدول ۳)، میزان RBC (p=۰/۰۳)، Hct (p=۰/۰۲) و میانگین توان حداکثر (p=۰/۰۱) گروه انسداد بعد از گذشت ۳ هفته فعالیت در مقایسه با پیش آزمون، به طور معنی‌دار افزایش یافته است؛ اما میزان HGB (p=۰/۱۷) تغییر معنی‌داری نکرد. از طرف دیگر، به لحاظ تغییرات درون گروهی (جداول ۴ و ۵)، میانگین توان حداکثر گروه‌های بدون انسداد (p=۰/۲۱) و کنترل (p=۰/۵۳) و همچنین میزان RBC، Hct و HGB ($p>۰/۰۵$) بعد از گذشت ۳ هفته فعالیت در مقایسهٔ با پیش آزمون، تغییر معنی‌داری نکردند. به لحاظ تغییرات بین گروهی که نشان دهندهٔ اثر ۳ هفته تمرین با و بدون انسداد است، گروه انسداد در مقایسه با گروه‌های بدون انسداد و کنترل، بعد از گذشت ۳ هفته تمرین، افزایش معنی‌داری در RBC (p=۰/۰۲)، HGB (p=۰/۰۲) و Hct (p=۰/۰۳) نشان دادند (جدول ۶). توان حداکثر آزمودنی های گروه انسداد در مقایسه با گروه‌های بدون انسداد (p=۰/۰۳) و کنترل (p=۰/۰۲) نیز بعد از ۳ هفته تمرین به صورت معنی‌داری افزایش یافت (جداول ۳، ۴ و ۵).

1. Hematology counter cell
2. EDTA
3. Eppendorf
4. Helisinlci
5. Leven test
6. Kolmogorov–Smirnov test

**جدول ۳. آزمون آماری t وابسته در مورد تاثیر تمرین و محدودیت جریان خون بر شاخص های RBC، HGB، Hct و توان حداکثرآزمودنی‌های گروه انسداد**

| متغیرها | پیش آزمون | | پس آزمون | | سطح معنی‌داری آزمون (p) |
|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد | |
| RBC (پیکو لیتر) | ۵/۳۳ | ۰/۳۲ | ۵/۵۷ | ۰/۳۵ | ۰/۰۳ * |
| HGB (گرم / دسی لیتر) | ۱۵/۲۱ | ۳/۰۹ | ۱۵/۴۶ | ۳/۱۵ | ۰/۱۷ |
| HCT (گرم / دسی لیتر | ۴۵/۱۲ | ۵/۱۸ | ۴۶/۵۰ | ۵/۳۰ | ۰/۰۲ * |
| میانگین توان حداکثر (وات) | ۲۸۵ | ۱۱/۱۲ | ۳۰۱ | ۱۱/۲۵ | ۰/۰۱ * |

* نشانه تفاوت معنی‌دار با پیش آزمون در سطح p≤۰/۰۵.

**جدول ۴. آزمون آماری t وابسته در مورد تاثیر تمرین و محدودیت جریان خون بر شاخص های RBC، HGB، Hct و توان حداکثرآزمودنی‌های گروه بدون انسداد**

| متغیرها | پیش آزمون | | پس آزمون | | سطح معنی‌داری آزمون (p) |
|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد | |
| RBC (پیکو لیتر) | ۴/۹۸ | ۰/۶۹ | ۴/۹۴ | ۰/۶۷ | ۰/۸۲ |
| HGB (گرم / دسی لیتر) | ۱۴/۸۵ | ۲/۸۸ | ۱۴/۷۳ | ۲/۸۵ | ۰/۱۴ |
| HCT (گرم / دسی لیتر | ۴۴/۵۶ | ۴/۵۴ | ۳۴/۷۲ | ۴/۵۰ | ۰/۳۲ |
| توان حداکثر (وات) | ۲۵۶ | ۱۰/۰۱ | ۲۶۱ | ۱۰/۱۰ | ۰/۲۱ |

* نشانه تفاوت معنی‌دار با پیش آزمون در سطح p≤۰/۰۵.

**جدول ۵. آزمون آماری t وابسته در مورد تاثیر تمرین و محدودیت جریان خون بر شاخص های RBC، HGB، Hct و توان حداکثرآزمودنی‌های گروه کنترل**

| متغیرها | پیش آزمون | | پس آزمون | | سطح معنی‌داری آزمون (p) |
|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین | انحراف استاندارد | میانگین | انحراف استاندارد | |
| RBC (پیکو لیتر) | ۴/۶۸ | ۰/۱۱ | ۴/۸۱ | ۰/۱۵ | ۰/۶۲ |
| HGB (گرم / دسی لیتر) | ۱۴/۷۵ | ۳/۰۷ | ۱۴/۷۰ | ۳/۰۵ | ۰/۷۶ |
| HCT (گرم / دسی لیتر | ۴۴/۹۲ | ۵/۱۲ | ۴۴/۸۲ | ۵/۱۰ | ۰/۱۷ |
| میانگین توان حداکثر (وات) | ۲۶۸ | ۱۱/۱۳ | ۲۷۰ | ۱۱/۱۵ | ۰/۵۳ |

* نشانه تفاوت معنی‌دار با پیش آزمون در سطح p≤۰/۰۵.

**جدول۶. نتایج آزمون تعقیبی توکی جهت مقایسه زوجی گروه ها**

| متغیرها / گروه ها | RBC | | HGB | | Hct | | توان حداکثر | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | مقدار p | مقدار MD | مقدار p | مقدار MD | مقدار p | مقدار MD | مقدار p | مقدار MD |
| انسداد در مقایسه با بدون انسداد | *۰/۰۲ | ۰/۰۴ | *۰/۰۲ | ۰/۰۴ | *۰/۰۳ | ۰/۰۵ | *۰/۰۳ | ۰/۰۵ |
| انسداد در مقایسه با کنترل | *۰/۰۲ | ۰/۰۴ | *۰/۰۲ | ۰/۰۴ | ۰/۱۴ | ۰/۱۲ | *۰/۰۲ | ۰/۰۴ |
| بدون انسداد در مقایسه کنترل | ۰/۰۷ | ۰/۰۶ | *۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | *۰/۱۱ | ۰/۱۰ |

*نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح p≤۰/۰۵.

**بحث**

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت زیربیشنه همراه با انسداد جریان خون باعث افزایش معنی‌دار میزان RBC (۵ درصد) و Hct (۳ درصد) می شود. در حالی‌که بر مقدار HGB تاثیر معنی‌داری ندارد. از طرف دیگر، تغییرات مقادیر RBC، HGB و Hct به دنبال ۳ هفته فعالیت زیر بیشینهٔ همراه با انسداد خون، بیشتر از انجام فعالیت بدون انسداد جریان خون بود. البته فعالیت زیربیشنه بدون انسداد جریان خون نتواست تاثیری بر مقادیر RBC، HGB و Hct داشته باشد. به عبارت دیگر، فعالیت زیربیشنه همراه با انسداد خون توانست سازگاری هایی مشابه با تمرین در حالت هایپوکسی ایجاد کند.

در تمرین هایپوکسی به دلیل شدت بالای فعالیت که می‌تواند به صورت تداومی یا تناوبی باشد، عروق خونی دچار انقباض می‌شوند و در نتیجه جریان خون در بافت‌های فعال بدن محدود

می‌شود. این فشرده شدن عروق خونی در اثر شدت فعالیت، باعث کمبود اکسیژن در بافت‌های مربوطه شده و در نتیجه، در دراز مدت سازگاری‌هایی ایجاد می گردد. در این راستا، رواسی و دیگران (۲۰۰۴) در تحقیقی با هدف بررسی تأثیر تمرینات هایپوکسی تناوبی بر HGB، Hct، رتیکولوسیت و RBC پسران تربیت بدنی مشاهده کردند که ۸ هفته دویدن تناوبی تغییر معنی‌داری را در HGB، رتیکولوسیت و RBC ایجاد نمی کند؛ اما Hct به طور معنی‌دار بالا می رود. از طرف دیگر، ۸ هفته دویدن تناوبی در شرایط هایپوکسی، موجب افزایش سطوح HGB، Hct، رتیکولوسیت و RBC شد. با توجه اینکه هایپوکسی می‌تواند محرک سازگاری‌های خونی (HGB، RBC و Hct) باشد (کاتایاما و دیگران، ۲۰۰۳؛ ساواکا و دیگران، ۱۹۹۶)، همسویی نتایج بدست آمده از مطالعهٔ حاضر تا حدودی منطقی به نظر می‌رسد. لی و دیگران (۲۰۰۴) در تحقیقی تأثیر تمرینات هایپوکسی متناوب را بر شاخص‌های خون‌شناسی و عملکرد هوازی دانشجویان مرد غیر ورزشکار مورد بررسی قرار داده اند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که HGB، RBC و Hct با قرار گرفتن در معرض هایپوکسی نسبت به سطوح اولیه افزایش می یابد. محققین در کل چنین اظهار کردند که تمرینات هایپوکسی متناوب می‌تواند باعث افزایشRBC، HGB، Hct، $VO_{2max}$ و بهبود عملکرد ۳ کیلومتر دویدن شود. چنین نتیجهٔ مشابهی از نظر متغیرهای خون شناسی نیز در مطالعهٔ حاضر بدست آمد که نشان دهندهٔ این موضوع است که صرف نظر از نوع هایپوکسی اعمال شده که می تواند هم بصورت کلی هایپوکسیمیا[1] و هم بصورت موضعی (هایپوکسی) باشد، هر نوع تمرینی (به طور مثال در این مطالعه تمرین انسدادی) که با کمبود اکسیژن همراه باشد، می‌تواند سازگاری‌های مشابهی را در عوامل خونی ایجاد کند. در تایید این‌ها، نور شاهی و دیگران (۲۰۱۲) ضمن بررسی اثر ۸ هفته تمرین استقامتی بر غلظت عامل رشد اندوتلیال عروقی[2] (VEGF) سرمی، HGB و Hct خون ۲۴ مرد غیر فعال، مشاهده کردند که تمرین استقامتی در شرایط هایپوکسی، سطح VEGF سرمی را نسبت به تمرین در شرایط نورموباریک[3]، بالاتر می برد. همچنین تمرین استقامتی در شرایط هایپوکسی- نورموباریک، موجب افزایش HGB و Hct خون گردید. نشان داده شده است که تمرین انسدادی (هایپوکسی) منجر به بروز سازگاری‌های نسبتا مشابه با تمرینات هایپوکسی می‌شود (برمون و دیگران، ۱۹۹۹؛ برناچز[4] و دیگران، ۱۹۹۹؛ فاهس و دیگران، ۲۰۱۲).

به نظر می رسد در تحقیق حاضر مجموعه ای از عوامل شامل شدت تمرین؛ نوع هایپوکسی ایجاد شده در بافت، زمان تمرین، و نوع تمرین بر نتیجهٔ بدست آمده تاثیر گذار بوده است. به طور کلی، سطوح HGB و Hct خون در شرایط هایپوکسی با توجه به بلندی ارتفاع (هارتمن[5] و دیگران، ۲۰۰۵)، دوره زمانی تمرین در شرایط هایپوکسی، نوع و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها (دهنرت[6] و دیگران، ۲۰۰۲؛ رولس و دیگران، ۲۰۰۷) تغییر می‌کند. کاهش فشار سهمی اکسیژن موجب پایین آمدن دسترسی بافت‌ها به اکسیژن می‌شود و در پی آن، ترشح HIF در سلول‌های حساس به اکسیژن افزایش می‌یابد و باعث تحریک و آزاد شدن اریتروپویتین از کلیه‌ها می‌شود (لاندبی و دیگران، ۲۰۰۹؛ تانگ[7] و دیگران، ۲۰۱۰). این هورمون باعث تحریک مغز استخوان و تولید RBC و HGB بیشتر در جریان خون می‌شود (شاندت[8] و دیگران، ۱۹۹۱). تمرین ورزشی موجب افزایش ترشح اریتروپویتین می‌شود (دهنرت و دیگران، ۲۰۰۲)، ولی در شرایط هایپوکسی این افزایش بالاتر است (فریدمن[9] و دیگران، ۲۰۰۵؛ زیونی[10] و دیگران، ۱۹۷۱). این هایپوکسی اعمال شده بر بدن می‌تواند حالت کلی داشته باشد. به طور مثال بدن ممکن است به دلیل قرار گرفتن در معرض ارتفاع و در نتیجه کاهش فشار سهمی اکسیژن، دچار کمبود اکسیژن شود که به هایپوکسی هیپوباریک معروف است، و یا ممکن است این کمبود اکسیژن در سطح دریا رخ دهد. در حالت انجام یک فعالیت شدید تداومی و یا تناوبی نیز بدن در شرایط هایپوکسی قرار می‌گیرد و این خود یک مدل هایپوکسی نورموباریک است (رابرتز[11]، ۲۰۰۰). چنین شرایطی باعث بروز سازگاری‌هایی از جمله تغییر در عوامل خونی

1. Hypoxymia
2. Vascular endothelial growth factor
3. Normobaric
4. Bernatchez
5. Hartmann
6. Dehnert
7. Tang
8. Schwandt
9. Friedmann
10. Zivny
11. Roberts

همانند RBC، HGB و Hct می‌شود. هایپوکسی می‌تواند به صورت موضعی نیز رخ دهد، شبیه شرایطی که در تمرین انسدادی مشاهده می‌شود. در واقع، کمبود اکسیژن در عضو دچار محدودیت جریان خون ایجاد می‌شود (آبه و دیگران، ۲۰۰۶؛ لونک و دیگران، ۲۰۱۰). از این رو احتمال می‌رود در این نوع هایپوکسی، عامل HIF سریعتر و حتی بیشتر از هایپوکسی که به صورت کلی اعمال می‌شود، تحریک شده و در نتیجه بیان ژن اریتروپویتین را افزایش دهد و به دنبال آن، افزایش در RBC، HGB و Hct اتفاق افتد (تانگ و دیگران، ۲۰۱۰؛ ورینتزر و فول‌هابر[1]، ۲۰۰۷). نتایج مطالعات نشان داده که صرف نظر از نحوهٔ اعمال هایپوکسی، هر نوع فعالیت ورزشی که با کمبود اکسیژن همراه باشد، می‌تواند در دراز مدت باعث سازگاری‌هایی در برخی عوامل خونی گردد. لذا در این مطالعه افزایش معنی‌دار HGB، RBC و میزان Hct در گروه انسدادی به نسبت گروهای بدون انسداد و کنترل؛ منطقی به نظر می‌رسد. میزان درصد تغییرات RBC (۵ درصد)، HGB (۲ درصد) و Hct (۳ درصد) در گروه انسداد در مقایسهٔ با پیش آزمون نیز به نسبت قابل توجه بود و به لحاظ آماری معنی‌دار هم شد. در حالی که در گروه بدون انسداد، مقدار RBC (۴- درصد)، HGB (۱- درصد) و Hct (۱- درصد) در مقایسه با پیش آزمون کاهش داشتند. هر چند این اعداد شاید به ظاهر خیلی چشمگیر نباشند، ولی بیانگر این موضوع است که تمرین انسدادی به نسبت تمرین بدون انسداد، توانسته محرک لازم و بیشتری (هایپوکسی بیشتری) را برای تحریک عوامل خونی ایجاد کند. از علل احتمالی که باعث شد در گروه بدون انسداد بعد از ۳ هفته فعالیت نیز تغییر معنی‌داری در میزان عوامل خونی مشاهده نشود، شدت پایین فعالیت و عدم ایجاد انسداد بود که به نوعی باعث عدم ایجاد هایپوکسی در این گروه شده است. درست است که در دو گروه تمرین کرده (انسداد و بدون انسداد) شدت تمرین پایین و یکسان بود، ولی به هر حال در گروه انسدادی هایپوکسی موضعی ایجاد شده که محرک اصلی تحریک عوامل خونی بشمار می رود. درصورتی که در گروه بدون انسداد چنین محرکی وجود نداشت. طول دوره تمرینی نیز از عوامل اثرگذار بر پاسخ افراد محسوب می‌شود. احتمال داشت در صورت طولانی تر کردن دورهٔ تمرین در مطالعهٔ حاضر، نتایج متفاوتی بدست آید و در گروه بدون انسداد هم تغییرات معنی‌داری مشاهده شود. با توجه به اینکه حداقل سازگاری‌های ایجاد شده در اثر تمرینات انسدادی، طی ۳ هفته حاصل شده است (آبه و دیگران، ۲۰۰۶) و به دلیل برخی محدودیت‌ها در انجام تحقیق، ما نیز همین مدت زمان را لحاظ کردیم.

**نتیجه گیری:** برای افراد ورزشکار و غیر ورزشکاری که به دنبال بهبود عملکرد ورزشی و سلامتی خود به واسطهٔ تغییر در محتویات سلول‌های خونی هستند و شرایط قرار گرفتن در معرض ارتفاع را به دلایل مختلف ندارند، تمرین زیر بیشنهٔ رکاب زدن همراه با محدودیت جریان خون می‌تواند آثار تمرین در ارتفاع و شرایط هایپوکسی را شبیه سازی کند. لذا به کارگیری این تمرینات می‌تواند برای این قبیل افراد توصیه شود.

**قدردانی و تشکر**

در پایان جا دارد از تمام کسانی که در انجام این تحقیق به نوعی کمک کرده‌اند به ویژه آقای مجتبی حسنی که مسئول هماهنگی آزمودنی ها برای شرکت در آزمون در دانشگاه خوارزمی تهران بودند؛ قدردانی به عمل آید.

**منابع**

**Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training.** *Journal of Applied Physiology, 100***(5), 1460-1466.**

**Aflaki, S. (2013).** *The effect of submaximal pedal training among with blood flow restriction on aerobic and anaerobic performance in healthy men***. Master Thesis, Physical Education Department, Faculty of Physical Education & Sport Science. University of Kharazmi Tehran. pp. 51-55. [Persian]**

1. Wirnitzer & Faulhaber

**Bärtsch, P., Mairbäurl, H., & Friedmann, B. (1998). Pseudo-anemia caused by sports. Therapeutische Umschau.** *Revue Therapeutique, 55***(4), 251-255.**

**Bermon, S., Philip, P., Ferrari, P., Candito, M., & Dolisi, C.(1999). Effects of a short-term strength training programme on lymphocyte subsets at rest in elderly humans.** *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 79***(4), 336-340.**

**Bernatchez, P. N., Soker, S., & Sirois, M. G. (1999). Vascular endothelial growth factor effect on endothelial cell proliferation, migration, and platelet-activating factor synthesis is Flk-1-dependent.** *Journal of Biological Chemistry, 274* **(43), 31047-31054.**

**Dehnert, C., Hutler, M., Liu, Y., Menold, E., Netzer, C., Schick, R., ... & Steinacker, J. M. (2002). Erythropoiesis and performance after two weeks of living high and training low in well trained triathletes.** *International Journal of Sports Medicine, 23***(8), 561-566.**

**Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Rossow, L. M., Tiebaud, R. S., & Bemben, M. G. (2012). Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise.** *Journal of Trainology, 1***(1), 14-22.**

**Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J., & Bartsch, P. (2005). Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers.** *British Journal of Sports Medicine, 39***(3), 148-153.**

**Hartmann, S., Krafft, A., Huch, R., & Breymann, C. (2005). Effect of altitude on thrombopoietin and the platelet count in healthy volunteers.** *Thrombosis and Haemostasis, 93***(1), 115-117.**

**Heyward, V. H. (2014).** *Advance Fitness Assessment and Exercise Prescriptiona.* **7th Edition. Human Kinetics.**

**Katayama, K., Matsuo, H., Ishida, K., Mori, S., & Miyamura, M. (2003). Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency.** *High Altitude Medicine & Biology, 4***(3), 291-304.**

**Kraemer, W. J., Fleck, S. J., & Deschenes, M. R. (2014).** *Exercise Physiology:Integrating Theory and Practice.* **1th Edition. Sports Medicine.**

**Li, X., Hu, Y., Li, W., Tian, Z., Zhang, L., Lin, X., & Su, P. (2004). Effects of intermittent hypoxic training on hematological indices and aerobic performance.** *Journal of Exercise Science and Fitness, 2***(1), 47-50.**

**Loenneke, J. P., Wilson, G. J., & Wilson, J. M. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion.** *International Journal of Sports Medicine, 31***(1), 1-4.**

**Lundby, C., Calbet, J. A., & Robach, P. (2009). The response of human skeletal muscle tissue to hypoxia.** *Cellular and Molecular Life Sciences, 66***(22), 3615-3623.**

**Nourshahi, M., Taheri Chadorneshin, H., & Pirouz, M. (2012). Effect of endurance training in hypoxia-normobaric and normal conditions on serum VEGF concentration, hemoglobin and blood hematocrit.** *The Horizon of Medical Sciences, 18* **(3), 135-140. [Persian]**

**Ravasi, A. A., Gaeini, A. A., & Alimeh, A. (2004). The effect of interval hypoxia exercise on hemoglobin, hematocrit, reticulocyt eandred blood cells in male students of physical education.** *Harkat, 22***(5), 121-135. [Persian]**

**Robergs, R. A., & Roberts, S. (2000).** *Fundamental principles of exercise physiology: for fitness, performance, and health***. 2th Edition. McGraw-Hill College.**

**Roels, B., Bentley, D. J., Coste, O., Mercier, J., & Millet, G. P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes.** *European Journal of Applied Physiology, 101***(3), 359-368.**

**Sawka, M. N., Young, A. J., Rock, P. B., Lyons, T. P., Boushel, R., Freund, B. J., ... & Valeri, C. R. (1996). Altitude acclimatization and blood volume: effects of exogenous erythrocyte volume expansion.** *Journal of Applied Physiology, 81***(2), 642-636.**

**Schwandt, H. J., Heyduck, B., Gunga, H. C., & Rocker, L. (1991). Influence of prolonged physical exercise on the erythropoietin concentration in blood.** *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 63***(6), 463-466.**

**Stray-Gundersen, J., Chapman, R. F., & Levine, B. D. (2001). Living high-training low altitude training improves sea level performance in male and female elite runners.** *Journal of Applied Physiology, 91***(3), 1113-1120.**

**Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion.** *Journal of Applied Physiology, 88***(1), 61-65.**

**Tang, K., Xia, F. C., Wagner, P. D., & Breen, E. C. (2010). Exercise-induced VEGF transcriptional activation in brain, lung and skeletal muscle.** *Respiratory Physiology & Neurobiology, 170***(1), 16-22.**

**Wirnitzer, K. C., & Faulhaber, M. (2007). Hemoglobinand hematocrit during an 8 day mountainbike race: a field study.** *Journal of Sports Science and Medicine, 6***(2), 265-266.**

**Zivny, J., Travnicek, T., & Neuwirt, J. (1971). Effect of exercise on production of erythropoietin in normal and hypoxic rats.** *American Journal of Physiology-Legacy Content, 220***(2), 329-332.**