

## تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر لکوسیت‌ها و سلول‌های خونی در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز

حسین دست برحق<sup>۱</sup>، فریبرز هوانلو<sup>۲</sup>، امید قربانی<sup>۳</sup>، بهزاد بازگیر<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری دانشگاه اصفهان\*

۲. دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

۳. کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز

۴. دانشجوی دکتری دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۴

### چکیده

هدف پژوهش حاضر با بررسی اثرات تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی (14O2%) و نورموکسی (21O2%) بر لکوسیت‌ها و سلول‌های خونی به پاسخ فعالیت وامانده‌ساز بود. ۱۶ مرد فعال (سن ۲۳/۲۷±۲/۹۴ سال، قد ۱۷۸/۱۳±۵/۸۶ سانتی‌متر، وزن ۷۴/۰۶±۷/۸۷ کیلوگرم، چربی بدن ۱۹/۲۳±۳/۷۰ درصد) به‌طور تصادفی به دو گروه فعالیت در شرایط هایپوکسی (14O2%) و نورموکسی (21O2%) تقسیم شدند. پیش از شروع تمرین، آزمودنی‌ها آزمون وامانده‌سازی را برای تعیین حداکثر بار کاری (Wmax) انجام دادند. نمونه‌های خونی قبل و بلافاصله بعد از آزمون گرفته شد. همچنین پس از اتمام تمرینات، آزمودنی‌ها آزمون وامانده‌سازی را مشابه با روز اول انجام دادند. پروتکل تمرینی شامل ۴۰ دقیقه تمرین، هر هفته شش روز، در دو هفته متوالی انجام شد. تمرین هر جلسه شامل پنج دقیقه گرم کردن، ۱۰ مرحله سه دقیقه‌ای رکاب زدن (یک دقیقه با شدت Wmax/۰.۸۰-۰.۸۵ و دو دقیقه با شدت Wmax/۰.۵۰) و پنج دقیقه سرد کردن بود. گروه اول تمرینات خود را در شرایط هایپوکسی (PO2 14%) و گروه دوم تمرینات خود را در شرایط نورموکسی (PO2 21%) انجام دادند. در این پژوهش از روش آماری تحلیل واریانس تکراری استفاده شد. تمرینات گروه هایپوکسی منجر به افزایش معناداری در میزان گلبول قرمز، هموگلوبین و کاهش معناداری در تجمع ائوزنوفیل-پلاکت نسبت به شرایط نورموکسی در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز شد. متعاقب این تمرینات، تغییر معناداری در سطوح نوتروفیل، مونوسیت، لنفوسیت در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز در هر دو گروه مشاهده نگردید. چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی علاوه بر افزایش توان گلبول‌های قرمز می‌تواند موجب کاهش خطر ترمبوزیس در پاسخ به فعالیت ورزشی وامانده‌ساز می‌شود.

**واژگان کلیدی:** تمرین تناوبی شدید، لکوسیت، هایپوکسی، فعالیت بیشینه

### مقدمه

دستگاه ایمنی تحت تأثیر عوامل مختلفی چون فعالیت بدنی قرار می‌گیرد و سلامت فرد از طریق سلامت این دستگاه در کنار دیگر دستگاه‌ها حاصل می‌شود. تمام پاسخ‌های دفاعی بدن علیه مولکول‌های بیگانه و نوظهور در دستگاه ایمنی به وقوع می‌پیوندد که در حفظ هموستاز بدن نقش مهمی دارد (۱). تأمین سلامت و بهبود عملکرد ورزشکاران از اهداف اصلی گرایش به فعالیت‌های بدنی و ورزش است. از این رو مربیان و ورزشکاران می‌کوشند تا سلامت ورزشکاران را هنگام تمرین و رقابت ورزشی حفظ کنند (۲). شواهد علمی نشان داده‌است بسیاری از ورزشکاران پس از انجام تمرینات شدید و رقابت‌های سنگین، به بیماری‌های عفونی، از جمله عفونت مجاری تنفسی فوقانی مبتلا می‌شوند (۳-۵). برخی نیز معتقدند تمرینات سبک و متوسط در بهبود دستگاه ایمنی بدن انسان نقش تعیین‌کننده دارند (۶،۷). مطالعات حاکی است تمرین منظم روزانه به کاهش نشانه‌های بیماری در افراد می‌انجامد (۸،۹). از سویی، شواهد بیانگر تأثیر تمرینات طولانی‌مدت و شدید بر کاهش مقاومت بدن و در نتیجه تخریب موقت دستگاه ایمنی است (۱۰،۱۱). نیمن<sup>۱</sup> و تیوود<sup>۲</sup> در مطالعاتی جداگانه آثار تمرینات طولانی‌مدت یک تا سه ساعته با شدت متوسط را بر تعداد نوتروفیل‌ها در هنگام و بلافاصله بعد از ورزش و نیز در دوره باز یافت بررسی کردند. آن‌ها دریافتند هر سه وضعیت تمرین میزان نوتروفیل‌ها را افزایش می‌دهد (۱۱). مطالعات مالم<sup>۳</sup> و همکارانش نشان داد طی تمرینات درون‌گرا تعداد نوتروفیل‌ها افزایش می‌یابد، ولی تغییری در افزایش لنفوسیت‌ها ایجاد نشده‌است (۱۲). پدرسون<sup>۴</sup> دریافت، غلظت لنفوسیت‌ها طی ورزش شدید و طولانی‌مدت کاهش می‌یابد ولی بعد از آن غلظت لنفوسیت‌ها افزایش نشان می‌دهد (۱۳،۱۴). از سوی دیگر، غلظت لنفوسیت‌های هشت مرد قایقران ماهر که سه نوبت کار مداوم شش دقیقه‌ای به شکل پارو زدن روی کارسنج دستی به مدت دو روز انجام دادند، بلافاصله بعد از تمرین افزایش یافته بود (۱۵). با این وجود این شواهد، امروزه ورزشکاران برای دستیابی به اوج آمادگی، باید دوره تمرینات شدید و فزاینده‌ای را برگزار کنند، که در این دوره‌ها، ورزشکاران از شرایط و امکانات مختلفی برای افزایش آمادگی استفاده می‌کنند. یکی از شرایطی که ورزشکاران از آن برای افزایش آمادگی استفاده می‌کنند تمرین در شرایط هایپوکسی است.

اقامت و تمرین در ارتفاع و هایپوکسی یکی از راهبردهای آماده سازی ورزشکاران و افرادی است که باید در ارتفاع بالا فعالیت کنند. هایپوکسی شرایطی است که بیشتر در ارتفاعات روی می‌دهد و باعث

- 
1. Nieman
  2. Tiwood
  3. Malm
  4. Pedersen

کاهش مقدار اکسیژن در هوا می‌شود، این حالت باعث کاهش جزئی فشار اکسیژن دمی<sup>۱</sup> (PaO<sub>2</sub>) شده که در اثر آن به ترتیب، فشار اکسیژن حبابچه‌ای، فشار اکسیژن سرخرگی و محتوای اکسیژن سرخرگی کاهش می‌یابد. کاهش میزان اکسیژن در خون باعث به هم خوردن هموستاز و تغییراتی در بدن می‌شود (۱۶). کاربرد اصلی تمرین در شرایط هایپوکسی برای افزایش آمادگی هوازی بوده‌است اما نشان داده‌شده که شرایط هایپوکسی می‌تواند مانند یک جلسه فعالیت ورزشی باعث افزایش در میزان نوتروفیل، لنفوسیت، ائوزنوفیل و سایتوکاین‌های التهاب‌زا شود. برخی پژوهش‌ها نشان دادند استراحت شرایط هایپوکسی موجب تعدیل سیستم ایمنی می‌شود. آلیسادی و همکاران در سال ۲۰۱۰ (۱۷) نشان دادند فعالیت ورزشی استقامتی در شرایط هایپوکسی متناوب موجب افزایش در عملکرد استقامتی شده و اثر تخریبی بر روی سیستم ایمنی مخاطی نداشت؛ در صورتی که این تمرینات در شرایط نورموکسی موجب تضعیف سیستم ایمنی مخاطی شد. همچنین در سال ۲۰۰۷ (۱۸) اثر استراحت متناوب در شرایط هایپوکسی متناوب (IH)<sup>۲</sup> به مدت یک ساعت در روز بر ائوزنوفیل‌ها و نوتروفیل‌ها و سایتوکاین‌های پیش التهابی و ضد التهابی در پاسخ به فعالیت ورزشی و امانده‌ساز نشان داد. قرارگیری به مدت هشت هفته در شرایط هایپوکسی موجب کاهش میزان IL-1β<sup>۳</sup>، EPA<sup>۴</sup>، مانول‌آلدئید و افزایش IL-6<sup>۴</sup>، IL-10<sup>۵</sup> در پاسخ به فعالیت ورزشی شدید می‌شود. با توجه به استفاده از شرایط هایپوکسی توسط ورزشکاران و مبهم بودن اثر تمرین شدید در شرایط هایپوکسی بر سیستم ایمنی التهابی و فاکتوره، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر سلول‌های خونی و لکوسیت‌ها در پاسخ به فعالیت و امانده‌ساز است.

### روش پژوهش

در این مطالعه، ۱۶ مرد دانشجوی فعال دانشگاه شهید بهشتی تهران (سن ۲۳/۲۷±۲/۹۴ سال، قد ۱۷۸/۱۳±۵/۸۶ سانتی‌متر، وزن ۷۴/۰۶±۷/۸۷ کیلوگرم، چربی بدن ۱۹/۳۳±۳/۷۰ درصد) با حداقل دو سال سابقه فعالیت ورزشی به صورت داوطلبانه شرکت کردند. در روز اول، ارزیابی ترکیب بدنی آزمودنی‌ها توسط دستگاه مقاومت الکتریکی زیستی (ساخت کشور کره جنوبی) در ساعت هفت صبح و به صورت ناشتا انجام شد. پس از آن تمام آزمودنی‌ها صبحانه مختصر و یکسان صرف کردند و بعد از ۳۰ دقیقه استراحت در شرایط آزمایشگاه آزمون و امانده‌ساز اجرا و حداکثر بار کاری (Wmax)<sup>۶</sup> (۱۹)

1. partial pressure of oxygen
2. Intermittent hypoxia
3. Interleukin-1 beta
4. Interleukin-6
5. Interleukin-10
6. Maximum Work load

(۱۹) آزمودنی‌ها مشخص و بر اساس آن آزمودنی‌ها به دو گروه مساوی (گروه هایپوکسی و گروه نورموکسی) تقسیم شدند.

جدول ۱- توصیف آماری مشخصات فردی آزمودنی‌ها در هر گروه (میانگین  $\pm$  انحراف معیار)

| شاخص          | قد (سانتی‌متر)    | وزن (کیلوگرم)    | سن (سال)         | درصد چربی زیر جلدی | حداکثر بار کاری     |
|---------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| گروه هایپوکسی | ۱۷۶/۲۱ $\pm$ ۴/۰۶ | ۷۵/۸۹ $\pm$ ۹/۱۴ | ۲۲/۱۴ $\pm$ ۲/۸۵ | ۲۰/۴۱ $\pm$ ۴/۴۶   | ۲۶۲/۸۵۷ $\pm$ ۱۸/۸۹ |
| گروه نورموکسی | ۱۷۹/۸۱ $\pm$ ۶/۹۱ | ۷۷/۸۹ $\pm$ ۹/۱۴ | ۲۲/۳۸ $\pm$ ۲/۸۵ | ۱۹/۳۹ $\pm$ ۲/۸۴   | ۲۵۵ $\pm$ ۲۰/۰۰۴    |
| کل            | ۱۷۷.۵ $\pm$ ۵.۴۸  | ۷۹/۷۶ $\pm$ ۹/۱۴ | ۲۳/۲۶ $\pm$ ۲/۸۵ | ۱۹.۸ $\pm$ ۳.۶۵    | ۲۵۸/۰۵۸ $\pm$ ۱۹.۴۰ |

خون‌گیری قبل و بلافاصله پس از آزمون صورت گرفت. ۴۸ ساعت پس از آزمون وامانده‌ساز هر دو گروه تمرینات خود را آغاز کردند. برنامه تمرین شامل ۱۲ جلسه در دو هفته متوالی بود. تمرین هر جلسه مشابه پژوهش مورتون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) شامل ۴۰ دقیقه رکاب زدن بر روی دوچرخه ارگومتر بود که از پنج دقیقه گرم کردن، ده مرحله سه دقیقه‌ای (یک دقیقه با شدت ۸۰٪-۸۵٪ Wmax و دو دقیقه با شدت ۵۰٪ Wmax) و پنج دقیقه سرد کردن بود (۱۹). گروه اول تمرینات خود را در شرایط هایپوکسی (۱۴O<sub>2</sub>٪) که برابر با فشار اکسیژن در ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متر از سطح دریا است و گروه دوم تمرینات خود را در شرایط نورموکسی (۲۱O<sub>2</sub>٪) میزان فشار اکسیژن در سطح دریا) انجام دادند. تمرینات در هفته اول با ۸۰٪ و هفته دوم با ۸۵٪ شدت، تمرین کردند. برای رعایت کردن اصل اضافه بار پس از اتمام تمرینات، آزمودنی‌ها بعد از ۴۸ ساعت استراحت مطلق، مجدداً آزمون وامانده‌ساز را مشابه روز اول انجام دادند. در ضمن برای ایجاد شرایط هایپوکسی از چادر هایپوکسی ساخت کشور استرالیا استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، با استفاده از شاخص‌های مرکزی پراکندگی (میانگین، انحراف معیار) و آزمون کلموگروف-اسمیرنوف برای تعیین طبیعی بودن توزیع داده‌ها و در سطح معناداری (P $\leq$ 0.05) انجام گرفت. نتایج نشان داد داده‌های هر دو گروه دارای توزیع طبیعی بوده و در نتیجه برای تجزیه و تحلیل بعدی داده‌ها از آمار پارامتریک و تحلیل واریانس مکرر با نرم افزار اس. پی. اس. اس نسخه ۱۹ استفاده شد.

## نتایج

نتایج نشان داد ابتدا از آزمون تی<sup>۲</sup> وابسته برای نشان دادن اختلاف معناداری Wmax درون دو گروه استفاده شد. نتایج نشان داد تمرین باعث ایجاد بهبود Wmax در هر دو گروه شده‌است. همچنین آزمون t مستقل نشان داد که تعامل معناداری بین محیط و گروه وجود دارد (t<sub>14</sub>=0.284, P=0.80).

1. Morton
2. Student T test

همچنین تمرینات در شرایط هایپوکسی نسبت به شرایط نورموکسی موجب توقف در افزایش تجمع ائوزنوفیلها در پاسخ به فعالیت وامانده ساز ( $P=0.035$ ) شد. تمرینات در شرایط هایپوکسی موجب کاهش ۱۳٪، ۲۷٪ و ۲٪ در میزان لنفوسیتها، مونوسیتها و نوتروفیلها نسبت به شرایط نورموکسی در پاسخ به فعالیت وامانده ساز شد، اما تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نگردید ( $P \geq 0.05$ ). همچنین تمرینات در شرایط هایپوکسی نسبت به شرایط نورموکسی موجب افزایش معناداری در میزان گلبول قرمز<sup>۱</sup> ( $P=0.023$ ) و هموگلوبین ( $P=0.042$ ) در پاسخ به فعالیت وامانده ساز شد.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار اختلاف متغیرهای پژوهش در پاسخ به فعالیت وامانده ساز در گروه نورموکسی

| متغیرها                  | آزمون وامانده ساز اول |            | آزمون وامانده ساز دوم |            |
|--------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|------------|
| RBC ( $10^6$ /dl)        | ۶/۱۷±۰/۲۹             | ۶/۵۸±۰/۳۹  | ۵/۹۹±۰/۲۷             | ۶/۳۶±۰/۲۴  |
| HMG (g/dl)               | ۱۶/۵۸±۰/۶۵            | ۱۷/۷۳±۰/۷۲ | ۱۶/۷۵±۰/۸۱            | ۱۷/۷۳±۰/۹۶ |
| HMC(%)                   | ۴۹/۹۳±۱/۳۵            | ۵۳/۹±۱/۵۹  | ۵۰/۰۸۷±۲/۵۲           | ۵۴/۱۶±۳/۰۱ |
| Eozenophil ( $10^3$ /dl) | ۰/۱۵۵±۰/۰۷            | ۰/۱۸۷±۰/۰۹ | ۰/۱۵۸۷±۰/۰۸۸          | ۰/۲۲±۰/۱۳  |
| Neutrophil ( $10^3$ /dl) | ۲/۹۶۵±۰/۵۵            | ۴/۲۰±۱/۳   | ۳/۳۵۴±۰/۷۷            | ۴/۱۴۱±۰/۹۲ |
| lymphocyte ( $10^3$ /dl) | ۲/۴۸۳±۰/۶۶            | ۴/۴۳±۰/۸۳  | ۲/۱۱۶±۰/۴۲            | ۴/۲۰۷±۰/۹۳ |
| Monocyte ( $10^3$ /dl)   | ۰/۶۵۲±۰/۱۴            | ۱/۰۹۱±۰/۲۳ | ۰/۵۶۸±۰/۱۵            | ۰/۹۴۸±۰/۲۱ |

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار اختلاف متغیرهای پژوهش در پاسخ به فعالیت وامانده ساز در گروه هایپوکسی

| متغیرها                  | آزمون وامانده ساز اول |              | آزمون وامانده ساز دوم |              |
|--------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| RBC ( $10^6$ /dl)        | ۶/۱۲±۰/۴۲             | ۶/۵۴±۰/۴۰    | ۶/۰۳۵±۰/۴۹            | ۷/۰۴۵±۰/۴۶*  |
| HMG (g/dl)               | ۱۶/۵۲±۰/۹۲            | ۱۷/۶۷±۰/۷۲   | ۱۶/۳۷±۰/۷۴            | ۱۸/۱۷۵±۰/۷۵* |
| HMC(%)                   | ۴۸/۲۲±۳/۶             | ۵۱/۴۷±۲/۲۳   | ۴۷/۹±۲/۱۷             | ۵۱/۷±۳/۰۹    |
| Eozenophil ( $10^3$ /dl) | ۰/۱۲۱±۰/۰۳            | ۰/۱۸۱۲۵±۰/۰۶ | ۰/۰۹۷۵±۰/۰۳           | ۰/۱۴۶۲±۰/۰۵* |
| Neutrophil ( $10^3$ /dl) | ۲/۷۶۳±۰/۵۴            | ۳/۶۹۲±۰/۸۹   | ۲/۶۸۳±۰/۹۳            | ۳/۸۰۶±۰/۸۷   |
| lymphocyte ( $10^3$ /dl) | ۴/۰۹±۰/۳۱             | ۴/۲۱±۰/۴۲    | ۱/۸۶۶±۰/۴۶            | ۳/۹۲±۰/۵۵    |
| Monocyte ( $10^3$ /dl)   | ۰/۵۶۲±۰/۰۹            | ۰/۹۵۱±۰/۲۴   | ۰/۴۰۷±۰/۱۳            | ۰/۸۶±۰/۱۳    |

\* تفاوت معنادار در سطح  $P < 0.05$ . کلیه مقادیر بصورت میانگین  $\pm$  انحراف استاندارد گزارش شده اند.

## 1. Red Blood Cell

### بحث و نتیجه گیری

با مقایسه درون گروهی داده‌ها متوجه شدیم که میزان  $W_{max}$  بعد از دوره تمرینی در هر دو گروه افزایش داشته‌است و این افزایش در گروه هایپوکسی معنادار بود.  $W_{max}$  یک فاکتور هوازی-بی‌هوازی است و این بهبود در  $W_{max}$  می‌تواند ناشی از بهبود در بخش هوازی یا بی‌هوازی یا بهبود در هر دو بخش باشد. یکی از علل بهبود  $W_{max}$  در پژوهش حاضر می‌تواند افزایش سطح آنزیم‌های اکسیداتیو در درون سلول باشد (۳۲،۳۳) همچنین پژوهش‌ها نشان دادند تمرین با شدت بالا می‌تواند هم سیستم انرژی هوازی و هم بی‌هوازی را بهبود ببخشد (۳۴،۳۵). یکی دیگر از دلایل محتمل می‌تواند افزایش آستانه بی‌هوازی باشد که این افزایش در آستانه لاکتات می‌تواند ناشی از کاهش در تولید لاکتات یا افزایش برداشت باشد.

نتایج پژوهش نشان داد تمرینات گروه هایپوکسی منجر به افزایش معناداری در میزان گلبول قرمز، هموگلوبین و کاهش معناداری در تجمع ائوزوفیل-پلاکت نسبت به شرایط نورموکسی در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز شد. اما تغییر معناداری در سطوح نوتروفیل، مونوسیت، لنفوسیت در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز در هر دو گروه مشاهده نگردید. مطالعات پیشین نشان داد که استراحت در شرایط IH موجب افزایش آمادگی هوازی از طریق افزایش در تهویه ریوی، اکسیژن رسانی و استفاده بهینه از اکسیژن توسط عضلات می‌شود. در این مطالعه نشان داده شد تمرین در شرایط هایپوکسی موجب کاهش معناداری در میزان ائوزوفیل، و افزایش معناداری در میزان هموگلوبین و گلبول قرمز در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز شد. نتایج پژوهش حاضر موافق یافته رابرت اس مازه و همکاران (۱۷) بود که نشان داد صعود به ارتفاع موجب افزایش میزان IL-6 در حالت استراحت و در پاسخ به فعالیت ورزشی می‌شود، همچنین جانگ شیان وانگ و همکارانش (۱۸) نشان دادند استراحت متناوب در شرایط هایپوکسی موجب کاهش  $IL-1\beta$ ، ائوزوفیل-پلاکت و مانول‌الدهید و افزایش میزان IL-6، IL-10 در پاسخ به فعالیت ورزشی شدید در گروه هایپوکسی شد.

ورزش شدید با تجمع پلاکتی و لکوسیتی در دیواره عروق تحریک شده یا آسیب دیده جزء اصلی آبشارهای چندگانه ترومبوز و التهاب است (۲۰،۲۱). التهاب ائوزونوفیلی عامل اصلی بیماری آلرژی است (۲۲)، همچنین نوتروفیل‌ها نه تنها نقش مهمی در عفونت باکتریایی دارند بلکه در علائم سندروم درد تنفسی و آسم نیز ایفای نقش می‌کنند (۲۳). ائوزونوفیل‌ها و نوتروفیل‌های فعال شده، متابولیت‌های اکسیژن مثل سوپراکسیداز (۲۴) را تولید نموده که به عنوان ناتوان‌کننده‌های عفونی عمل می‌کند و سبب آسیب بافتی در ناحیه التهاب دیده می‌شود. همچنین پلاکت‌ها در فرایندهای ثانویه اتصال ائوزونوفیل‌ها و نوتروفیل‌ها به اندوتلیوم فعال شده شرکت داشته، که شکل‌گیری تورمبوز و گرفتگی عروقی را افزایش می‌دهد و از این طریق افزایش جریان خون به بافت‌های دچار ایسکمی را

کاهش می‌دهند (۲۵). همچنین اثر ورزش بر هتروتایپیک (اولین مرحله تقسیم میوز) در تجمع سلولی در تعامل با پلاکت‌ها با ائوزونوفیل‌ها نسبت به نوتروفیل‌ها بیشتر است (۲۶). یافته‌های ذکر شده با برخی از نتایج این مطالعه در خصوص تمرینات شدید پیش‌رونده (افزایش تدریجی شدت تا رسیدن به واماندگی در  $W_{max}$ ) همسو است.

فعالیت ورزشی شدید موجب تجمع ائوزونوفیل-پلاکتی ناشی از نیروی برشی<sup>۱</sup> و محرک التهاب مثل  $LPS^2$  و  $FMLP^3$  می‌شود. این قبیل تعامل‌های هتروتایپیک چسبان با ورزش تقویت می‌شوند و می‌توانند پاسخ‌های التهابی و شکل‌گیری ترومبوز در گردش خون کوچک را افزایش دهند. همچنین فعالیت ورزشی شدید موجب افزایش استرس اکسیداتیو می‌شود. استرس اکسیداتیو اتصال لکوسیت‌ها به پلاکت‌های سطحی را افزایش داده و ظرفیت تجمع سلول‌های هتروتایپیک برای مقابله با فشار شکافنده جریان خون را در شرایط پاتولوژیک و فیزیولوژیک بالا می‌برد. چنانچه به خوبی شناخته شده است که خون در شرایط هایپوکسی دچار استرس اکسیداتیو می‌شود (۲۷) و رادیکال‌های آزاد تولیدشده توسط هایپوکسی، پاسخ‌های سریع التهابی در گردش خون را تسهیل می‌کنند، که باعث افزایش چسبندگی، مهاجرت لکوسیت‌های اندوتلیال و افزایش نفوذپذیری لکوسیت‌ها می‌شود (۲۸). برخلاف این، سازگاری طولانی‌مدت با هایپوکسی تعامل بین لکوسیت و اندوتلیال را با تغییر تولید آنتی‌اکسیدان‌ها تضعیف می‌کند (۲۹). در این مطالعه یک جلسه فعالیت شدید وامانده‌ساز، باعث تجمع ائوزونوفیل-پلاکتی شد که با تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی ۱۴٪ اکسیژن ( $O_2$ ) برای دو هفته، هر هفته شش جلسه، موجب توقف در تجمع ائوزونوفیلی-پلاکتی شد. همچنین موجب افزایش میزان گلبول قرمز و هموگلوبین خون شد. این یافته‌ها بیان می‌کند هایپوکسی متوسط ( $14O_2$ ٪) در فاصله زمانی کوتاه، هموستاز خون را به سمت شرایط پیش اکسیداتیو تغییر دهد این به نوبه‌ی خود، با تجمع ائوزونوفیلی پلاکتی ایجادشده توسط استرس اکسیداتیو همراه است. در صورتی که قرارگیری در شرایط هایپوکسی متناوب طولانی‌مدت  $IH^4$  باعث سازگاری سیستم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ضروری بدن می‌شود که می‌تواند تجمع ائوزونوفیل پلاکتی ایجادشده توسط استرس ناشی از ورزش شدید را کاهش دهد؛ که این تغییرات مقاومت بدن ورزشکاران را در مقابل خطر ترومبوز و التهاب ایجادشده توسط ورزش شدید را افزایش می‌دهد. یکی از احتمالات برای توقف در تجمع ائوزونوفیل-پلاکت در شرایط  $IH$  این است که  $IH$  می‌تواند موجب جلوگیری از استرس اکسیداتیو در پاسخ به فعالیت وامانده ساز شود. جلوگیری از آسیب اکسیداتیو عضله در پی ورزش شدید می‌تواند یکی از

1. Shear force
2. Lipopolysaccharides
3. Formyl-Methionyl-Leucyl-Phenylalanine
4. Intermittent hypoxia

علل کاهش تولید و تجمع ائوزوفیل-پلاکت در شرایط هایپوکسی باشد. همچنین یک احتمال دیگر این است که IH از طریق افزایش سایتوکاین‌های ضدالتهابی مانند IL-6 و IL-10<sup>۱</sup> موجب بازداری سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و تجمع ائوزوفیلی در پاسخ به فعالیت ورزشی سنگین شود. نشان داده شده قرارگیری در شرایط هایپوکسی موجب افزایش IL-6 می‌شود (۳۰). در این رابطه مشخص شده است در شرایط هایپوکسی کاتکولامین‌ها می‌توانند فعالیت تحریک‌کنندگی، تولید و ترشح IL-6 به درون پلاسما را داشته باشند. همچنین IL-6 نقشی در افزایش اکسیژن‌رسانی به بافت‌های مختلف بدن در حین قرارگیری در هایپوکسی دارد.

در این پژوهش نشان داده شد که تمرین در شرایط هایپوکسی متناوب می‌تواند موجب افزایش آمادگی هوازی از طریق افزایش در گلبول قرمز و هموگلوبین شود. با این وجود از آنجا که آمادگی هوازی موضوعی چند محوره بود به عواملی چون سازگاری‌های سیستم‌های قلب و عروق، عصب و عضله، تغییرات ساختاری عضلات اسکلتی، مکانیک حرکت و حتی سازگاری روان‌شناختی وابسته است و نتیجه‌گیری در این خصوص باید با احتیاط صورت گیرد. علاوه بر این تمرین در شرایط هایپوکسی متناوب، موجب کاهش معناداری پاسخ ائوزوفیل-پلاکت‌ها به فعالیت وامانده‌ساز شد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود تمرین در شرایط هایپوکسی متناوب می‌تواند موجب کاهش خطر ترمبوسیس و التهاب عروق در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز گردد. با این وجود پژوهش‌های بیشتری برای اثبات این فرضیه مورد نیاز است. پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از خطر التهاب در نتیجه ورزش شدید، از تمرینات شرایط هایپوکسی استفاده شود؛ چون علاوه بر افزایش آمادگی هوازی موجب کاهش خطر التهاب می‌گردد.

بیشتر پژوهش‌های موجود در خصوص تمرین در شرایط هایپوکسی بر روی افراد سالم و ورزشکار صورت گرفته است و با توجه به شواهد بالینی به نظر می‌رسد انجام پژوهش‌های مشابه بر روی بیماران قلبی عروقی می‌تواند اطلاعات مفیدی را فراهم آورد.

## منابع

- ۱) مکینون لارلتی. ایمونولوژی ورزش ترجمه طاهره موسوی، مجتبی عبداللهی نشر دانشگاه امام حسین ۱۳۸۲ ص ۱۱۲-۱۱۴
- 2) Nieman DC. Does Exercise Alter Immune Function and Respiratory Infections? President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest. 2001.
- 3) Nieman DC. Immune response to heavy exertion. J Appl Physiol. 1997;82(5):1385-94.

- 4) MacKinnon LT. Chronic exercise training effects on immune function. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(7 Suppl):369.
  - 5) Gleeson M, Nieman DC, Pedersen BK. Exercise, nutrition and immune function. *J Sports Sci.* 2004;22(1):115-25.
  - 6) Mackinnon Lt, Hooper S, Jones S, Gordon rd, Bachmann aw. Hormonal, immunological, and hematological responses to intensified training in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(12):1637-45.
  - 7) Nieman DC. Current perspective on exercise immunology. *Curr Sports Med Rep.* 2003;2(5):239-42.
  - 8) Shephard RJ, Shek PN. Exercise, immunity, and susceptibility to infection: a j shaped brelationship? *The Physician and sportsmedicine.* 1999;27(6):47.
  - 9) Smith L, McCammon M, Smith S, Chamness M, Israel R, O'brien K. White blood cell response to uphill walking and downhill jogging at similar metabolic loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;58(8):833-7.
  - 10) Shephard R, Shek P. Heavy exercise, nutrition and immune function: is there a connection? *Int J Sports Med.* 1995;16(08):491-7.
- (۱) نیکبخت مسعود. تأثیر استفاده از دو مکمل کربوهیدرات و ویتامین C بر تغییرات ناشی از فعالیت درمانده ساز تک جلسه ای و چند جلسه ای. ۱۳۷۹.
- 12) Malm C, Nyberg P, Engström M, Sjödin B, Lenkei R, Ekblom B, et al. Immunological changes in human skeletal muscle and blood after eccentric exercise and multiple biopsies. *The Journal of physiology.* 2000;529(1):243-62.
  - 13) McCarthy D, Dale M. The leucocytosis of exercise. *Sports Med.* 1988;6(6): 333-63.
  - 14) Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiol Rev.* 2000;80(3):1055-81.
  - 15) Nielsen HB, Secher NH, Christensen NJ, Pedersen BK. Lymphocytes and NK cell activity during repeated bouts of maximal exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology.* 1996;271(1): 222-7.
  - 16) Akira S. IL-6 and NF-IL6 in Acute-Phase Response and Viral Infection. *Immunol Rev.* 1992;127(1):25-50.
  - 17) Blazek AD. A Simulated Altitude Device can Improve Endurance Performance without Mucosal Immune System Compromise: Ohio State University; 2010.
  - 18) Wang J-S, Lin H-Y, Cheng M-L, Wong M-K. Chronic intermittent hypoxia modulates eosinophil-and neutrophil-platelet aggregation and inflammatory cytokine secretion caused by strenuous exercise in men. *J Appl Physiol.* 2007;103(1):305-14.
  - 19) Kraus RM, Stallings HW, Yeager RC, Gavin TP. Circulating plasma VEGF response to exercise in sedentary and endurance-trained men. *J Appl Physiol.* 2004;96(4):1445-50.
  - 20) Morton JP, Cable NT. The effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. *Ergonomics.* 2005;48(11-14):1535-46.
  - 21) Smith LL, Miles MP. Exercise-induced muscle injury and inflammation. *Exercise and sport science.* 2000:401-13.

- 22) Elander A, Idström J-P, Holm S, Schersten T, Bylund-Fellenius A-C. Metabolic adaptation in response to intermittent hypoxia in rat skeletal muscles. *Oxygen Transport to Tissue-V*: Springer; 1984. p. 507-13.
- 23) Wardlaw AJ, Moqbel R, Kay AB. Eosinophils: biology and role in disease. *Adv Immunol*. 1995;60:151-266.
- 24) Sustiel AM, Joseph B, Rocklin RE, Borish L. Asthmatic patients have neutrophils that exhibit diminished responsiveness to adenosine. *Am Rev Respir Dis*. 1989;140:1556-61.
- 25) Takashi S, Okubo Y, Horie S. Contribution of CD54 to human eosinophil and neutrophil superoxide production. *J Appl Physiol*. 2001;91(2):613-22.
- 26) Bazzoni G, Dejana E, Del Maschio A. Platelet-neutrophil interactions. Possible relevance in the pathogenesis of thrombosis and inflammation. *Haematologica*. 1990;76(6):491-9.
- 27) Ulfman LH, Joosten DP, van Aalst CW, Lammers J-WJ, van de Graaf EA, Koenderman L, et al. Platelets promote eosinophil adhesion of patients with asthma to endothelium under flow conditions. *Am J Respir Cell Mol Biol*. 2003;28(4):512-9.
- 28) Chen L, Einbinder E, Zhang Q, Hasday J, Balke CW, Scharf SM. Oxidative stress and left ventricular function with chronic intermittent hypoxia in rats. *Am J Respir Crit Care Med*. 2005;172(7):915-20.
- 29) Wood JG, Johnson JS, Mattioli LF, Gonzalez NC. Systemic hypoxia promotes leukocyte-endothelial adherence via reactive oxidant generation. *J Appl Physiol*. 1999;87(5):1734-40.
- 30) Gonzalez NC, Wood JG. Leukocyte-endothelial interactions in environmental hypoxia. *Hypoxia*: Springer; 2001. p. 39-60.
- 31) Hagobian TA, Jacobs KA, Subudhi AW, Fattor JA, Rock PB, Muza SR, et al. Cytokine response at high altitude: effects of exercise and antioxidants at 4300 m. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38(2):276.
- 32) Terrados, N., Jansson, E., Sylven, C. and Kaijss, L., , Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *Journal of Applied Physiology*, 1990.
- 33) Melissa, L., Macdougall, J.D., Tarnoposky, M.A., Cipriano, N. and Green, H.J., ,, Skeletal muscle adaptations to training under normobaric hypoxia versus normoxic conditions. . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1997.
- 34) Lindsay FH, H.J., Myburgh KH, Schomer HH, Noakes TD, Dennis SC, Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. . *Med Sci Sports Exerc*, 1996.
- 35) Weston AR, M.K., Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1997.

#### ارجاع دهی به روش ونکوور

دست برحق حسین، هوانلو فریبرز، قربانی امید، بازگیر بهزاد. تأثیر یک دوره تمرین تناوبی شدید در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر لکوسیت‌ها و سلول‌های خونی در پاسخ به فعالیت وامانده‌ساز. فیزیولوژی ورزشی. بهار ۱۳۹۴؛ ۷(۲۵): ۴۷-۵۶.

## Effect of a period high intensity interval training in two condition hypoxia and normoxia on leukocyte and CBC in response incremental exercise

H. Dastbarhagh<sup>1</sup>, F.Hovanloo<sup>2</sup>, O. Ghorbani<sup>3</sup>, B. Bazgir<sup>4</sup>

1. Ph.D. Student at University of Isfahan\*
2. Associate Professor at Shahid Beheshti University of Tehran
3. M.Sc. Student at University of Shiraz
4. Ph.D. Student at Baghiata Allah University of Tehran

Received date: 2014/01/14

Accepted date: 2014/07/27

---

### Abstract

The propose of present study examined the effects of intense interval training in hypoxic conditions (14%PO<sub>2</sub>) and normoxic conditions (21%PO<sub>2</sub>) on blood cells and leukocytes in response exhaustive test. 16 man active (ages 23/27±2/94 years, height 178/13±5/86 cm, weight 78/8 ± 06/74 kg, fat body, 19/33±3/07) were randomly divided into two groups: active hypoxic conditions (14%PO<sub>2</sub>) and normoxia (21%PO<sub>2</sub>) groups. Before beginning training, exhaustive testing to determine maximal workload (W<sub>max</sub>) were performed, blood samples were taken before and immediately after the test. After completing the training, exhaustive testing similar to the first day Performed. Exercise protocol consisted of 40 minutes of exercise, six days per week, was performed in two following weeks. Each session includes a five minute warm-up, 10 Step- three minutes pedal (one minute intensity of 50% W<sub>max</sub> and two minutes intensity of 85% -80% W<sub>max</sub>) and had a five minute cool down. The first group training in hypoxic conditions (14% pO<sub>2</sub>) and the second group training in normoxic (21% pO<sub>2</sub>) Performed. In this study, repeated measure was used to analyze the hypothesis. Training inHypoxia led to a significant increase in the amount of RBC, hemoglobin and a significant reduction in the accumulation eosinophil- platelets in response to exhaustive testing than normoxic conditions in response to exhaustive testing. As a result of training, significant changes in the levels of neutrophils, monocytes, lymphocytes in response to exhaustive testing was not observed in both groups. It can be concluded that the intense interval training in addition to hypoxic conditions can increase red blood cells in response to exhaustive test and can reduce the risk trombosis be exhaustive.

**Keywords:** High intensity interval training, Hypoxi, Leokucyte, W<sub>max</sub>

---

\* Corresponding author

E-mail: [Hosein.dasti@yahoo.com](mailto:Hosein.dasti@yahoo.com)