مجله علوم پزشکی رازی دوره ۲۷، شماره ۸، آبان ۱۳۹۹ http://rjms.iums.ac.ir

مقاله پژوهشی

# تاثیر ۸ هفته تمرینات سرعتی تکراری در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر اریتروپویتین و عملکـرد هـوازی ورزشکاران

فرحناز امیرشقاقی: استادیار، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (* نویسنده مسئول) famirshaghaghi@ut.ac.ir

## چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه تمرین هایپوکسیک یکی از انواع تمرینات رایج و معمولی بـرای بهبـود عملکـرد ورزشـی در سـطح دریـا می‌باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر تعیین تـاثیر ۸ هفتـه تمرینـات سـرعتی تکـراری در شـرایط هایپوکسـی و نورموکسـی بـر اریتروپویتین و عملکرد هوازی قایق‌رانان دختر بود.

**روش کار:** تحقیق حاضر نیمه تجربی و از نوع کاربردی است. بدین منظور از بین قایق‌رانان دختر ۱۴ تا ۲۰ سال شهر تهران، ۳۰ نفر انتخاب و بطور تصادفی به ۳ گروه ۱۰ نفره هایپوکسی، نورموکسی و کنترل تقسیم شدند. در ادامه و برای جمع‌آوری داده‌ها در پیش آزمون، آزمودنی‌ها سه روز متوالی برای انجام آزمون‌های مربوطه و خونگیری در آزمایشگاه تربیت بدنی دانشگاه تهران حاضر شدند. سپس آزمودنی‌های گروه هایپوکسی ۳ جلسه در هفته تمـرین در شـرایط هایپوکسـی و ۲ جلسـه تمـرین قـایقرانی، گـروه نورموکسی ۳ جلسه تمرین در شرایط نورموکسی و ۲ جلسه تمرین قایقرانی و گروه کنترل ۵ جلسه تمرین قایقرانی را بـه مـدت ۸ هفته انجام دادند. داده‌ها به استفاده از آزمون‌های شپیرو ویلک، تحلیل واریانس مرکب (۲×۳) و تعقیبی بونفرونی تجزیه و تحلیـل شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد ۸ هفته تمرینات سرعتی تکراری در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر اریتروپویتین دختران قایقران تاثیر معنی‌داری ندارد (p= ۰/۶۱) اما بر عملکرد ۵۰۰ متر قـایقرانی تـاثیر معنـی‌داری دارد (p= ۰/۰۰۱). همچنـین گـروه هایپوکسـی عملکرد بهتری نسبت به گروه نورموکسی داشت.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به کمبود اطلاعات در مورد تاثیر تمرین در شرایط هایپوکسی بر دختران قایقران در حال حاضر توصیه‌های ویژه تا زمانی که نتایج بیشتری در خصوص عملکرد ورزشی در هیپوکسی بعد از تمرینات هیپوکسی در دسترس باشد، دشوار است.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

**منبع حمایت کننده:** حامی مالی نداشته است.

**کلیدواژه‌ها**

هایپوکسی،
نورموکسی،
تمرینـات سـرعتی تکـراری،
اریتروپویتین

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۲۵
تاریخ چاپ: ۹۹/۰۸/۲۵

**شیوه استناد به این مقاله:**

Amirshaghaghi F. The effect of 8 weeks of repetitive speed training in hypoxia and normoxia on erythropoietin and aerobic performance of athletes. Razi J Med Sci. 2020;27(8):158-167.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است.



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

Razi Journal of Medical Sciences. 2020;27(8):158-167. http://rjms.iums.ac.ir

Original Article

# The effect of 8 weeks of repetitive speed training in hypoxia and normoxia on erythropoietin and aerobic performance of athletes

**Farahnaz Amirshaghaghi:** Assistant Professor, Department of Physical Education and Sports Science, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Tehran, Iran (* Corresponding author) famirshaghaghi@ut.ac.ir

## *Abstract*

**Background:** Due to the changes that exercise brings to the body in hypoxic conditions, today hypoxic exercise is one of the most common types of exercise among most athletes, coaches and sports professionals to improve performance at sea level (1). In this regard, various types of hypoxia exercises, such as speed training in hypoxia, have recently been considered. Hypoxia exercises are usually performed in which athletes live at or near the sea level but perform hypoxia exercises at an altitude of 2,000 to 4,500 meters (3). But simulated hypoxia training methods are also used. In this regard, various researches on performance and different variables in athletes of different disciplines in hypoxia have been performed and contradictory results have been obtained. However, changes in body systems due to hypoxic conditions depend on the severity and duration of hypoxia and the type of exercise. As there is still no general consensus in this regard. And researchers have used different training methods and contradictory results have been obtained. One of the training methods considered by researchers is the use of periodic exercises (repetitive speed exercises). In which athletes are exposed to hypoxia in a simulated environment while living in normoxic conditions with discrete and relatively short intervals (5-180 seconds) (11). This model of training can be used by athletes at rest or during core training sessions. The aim of this study was to determine the effect of 8 weeks of repetitive speed training in hypoxia and normoxia on erythropoietin and performance of female boatmen.

**Methods:** The present study is a quasi-experimental study that was conducted by field method with pre-test-post-test design with two experimental groups and one control group. The method of conducting the research was that the researcher first referred to the sailing federation and after explaining the purpose and importance of conducting the research and obtaining the consent of the officials during the sessions, explained the purpose of conducting the research to 14 to 20 year old female sailors in Tehran. In the next stage and after completing the consent form and general health questionnaire, eligible individuals to participate in the study (no history of acute mountain sickness in the last three months and musculoskeletal damage in the last six months) were identified and among the volunteers. 30 patients were randomly selected as a sample and divided into 3 groups: hypoxia (n = 10), normox (n = 10) and control (n = 10). Then, to collect data in the pre-test, all subjects were present in the physical education laboratory of the Faculty of Sports Sciences, University of Tehran for three consecutive days to perform the relevant tests and blood sampling. Blood samples were taken from the subject's left elbow at 8 o'clock in the morning on an empty stomach. On the second day, the maximum oxygen consumption of the subjects was calculated from the exercise test described by Savka et al. Using a Monarch handheld bicycle for aerobic tests. On the third

**Keywords**

Hypoxia,

Normoxia,

Repetitive Speed Training,

Erythropoietin

Received: 15/08/2020

Published: 15/11/2020



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

day, the performance of 500 kayaks of the subjects was measured. Also, to determine the intensity of training in manual ergometer, the subjects were asked to do kayak paddling for 30 seconds. At the end of 30 seconds, the distance traveled and the subjects' heart rate were measured. Due to the improvement of the subjects' performance in the ergometer, this test was repeated every two weeks to determine the training pressure. The training program of the hypoxia group, which was performed using a hypoxia device and a mask, consisted of three repetitive speed training sessions on a rowing ergometer with an intensity of 80% of maximum performance in hypoxia conditions. For this purpose, first the subjects started warming up for five minutes with an intensity of 50% of maximum performance on the rowing ergometer, then performed 9 repetitions of 30 seconds with an intensity of 80% of maximum performance for eight weeks. Finally, to cool, the subjects paddled for five minutes at 50% of maximum execution. Also, two of the five sessions of the training program were dedicated to rowing exercises for 90 minutes. The training program of the normoxy group is similar to that of the hypoxic group, except that their activity was performed under normal oxygen conditions with normal oxygen pressure. The group also participated in rowing exercises five days a week. To describe the data from the central tendency indices, to evaluate the normality of data distribution from Shepiro-Wilk test and for inferential analysis of data from composite analysis of variance (2 × 2) and Bonferroni post hoc test using SPSS / 21 software and for The test of research hypotheses was considered a significance level of 0.05. Finally, Excel software was used to draw the charts.

**Results:** The results of combined analysis of variance (3. 2) test showed that the main effect of the measurement steps and the interaction of the measurement steps and the group was on the record of 500 meters kayak for girls, but the main effect of the group was not significant. Due to the significant interaction between the measurement steps and the group, the results of one-way analysis of variance showed a significant difference between the groups in the post-test. Based on Bonferoni post hoc test, it was observed that the hypoxia group was significantly better than the normoxy and control groups, but there was no statistically significant difference between the other groups. It was also found that in the hypoxia group there was a significant decrease in 500 kppa, but in the control and normoxia groups there was no significant difference between pre-test and post-test.Regarding EPO, the results of combined analysis of variance test (3. 2) showed that the main effect of measurement steps, interaction of measurement steps and group and the main effect of group on EPO were not significant. In other words, there was no significant difference between the effect of repetitive speed training in hypoxia and normoxia on EPO.

**Conclusion:** In general, the results of the present study showed that training in hypoxic conditions improves the performance of rowing girls and has no significant effect on erythropoietin. Although there is evidence that hypoxia exercise is beneficial for competition at height, specific recommendations are currently difficult until more results on hypoxic exercise performance after hypoxia exercise are available. Therefore, more research is needed in this area..

**Conflicts of interest:** None
**Funding:** None

**Cite this article as:**

Amirshaghaghi F. The effect of 8 weeks of repetitive speed training in hypoxia and normoxia on erythropoietin and aerobic performance of athletes. Razi J Med Sci. 2020;27(8):158-167.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

## مقدمه

در دهه‌های اخیر، پیشرفت‌های علمی و تحقیقاتی رابطه تنگاتنگ فعالیت‌های ورزشی را با شرایط محیطی بیش از پیش مشخص کرده‌اند. بطوری که شرایط محیطی مختلف، عملکرد ورزشی را تحت تاثیر قرار دهد (۱). هایپوکسی یکی از این شرایط می‌باشد که بیشتر در ارتفاعات روی می‌دهد و باعث کاهش مقدار اکسیژن در هوا می‌شود. این حالت باعث کاهش جزئی فشار اکسیژن دمی 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 هموئستاز می‌شود که افزایش تهویه، برون‌ده قلبی و تغییر در استفاده از سوبسترا را به دنبال دارند (۲).

با توجه به تغییراتی که تمرین در شرایط هایپوکسیک بر بدن وارد می‌کند امروزه تمرین هایپوکسیک یکی از انواع تمرینات رایج و معمولی در بین اکثر ورزشکاران، مربیان و متخصصان ورزشی برای بهبود عملکرد ورزشی در سطح دریا می‌باشد. در همین رابطه، اخیرا انواع مختلفی از تمرینات هایپوکسی از قبیل تمرینات سرعتی در شرایط هایپوکسی مورد توجه قرار گرفته‌اند. اصولا تمرینات هایپوکسی بدین ترتیب انجام می‌شوند که در آنها ورزشکاران در سطح دریا یا نزدیک دریا زندگی می‌کنند اما در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۴۵۰۰ متر تمرینات هایپوکسی را انجام می‌دهند. همچنین استفاده از روش‌های تمرین هایپوکسی شبیه‌سازی شده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳).

در همین زمینه تحقیقات مختلفی بر روی عملکرد و متغیرهای مختلف در ورزشکاران رشته‌های مختلف در شرایط هایپوکسی انجام شده و نتایج متناقضی نیز به دست آمده است. از جمله بلازک و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند فعالیت ورزشی استقامتی در شرایط هایپوکسی متناوب موجب افزایش عملکرد استقامتی شد (۴). در تحقیق دیگری میکولسکی و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی تاثیر تمرینات در ارتفاع با استفاده از روش هایپوکسی تناوبی یک ساعت در روز و به مدت ۲ هفته بر سطح اریتروپیویتن در دوندگان پرداختند. زمان کلی هایپوکسی در یک جلسه ۳۵ تا ۴۰ دقیقه و اشباع اکسیژن هدف در خون ۸۰ درصد بود. نتایج نشان داد غلظت اریتروپویتین خون بعد از ۴ روز قرار گرفتن در معرض هایپوکسی تناوبی افزایش یافت و تا پایان دوره مداخله بالا باقی ماند (۵). همچنین ترنر (۲۰۱۶) نیز در تحقیقی پاسخ‌های فیزیولوژیک و هماتولوژیک به تمرینات در ارتفاع بالا (۲۳۰۰ متر) و شرایط هایپوکسی در دوندهای استقامتی نخبه را بررسی کرد. نتایج نشان داد ۲ ساعت بعد از قرار گرفتن در معرض هایپوکسی اریتروپویتین افزایش یافت. با این حال اریتروپویتین در دوره پس از تمرینات پایین‌تر بود. غلظت اریتروپویتین در هایپوکسی افزایش یافت، اما در نورموکسی یا هیپرکسی کاهش نشان داد (۶). بطور کلی تحقیقات در زمینه اریتروپویتین و ارتباط آن با فعالیت ورزشی در شرایط محیطی متفاوت به بررسی بیشتری نیاز دارد.

اریتروپویتین هورمونی گلیکوپروتئینی و عاملی ضروری در کنترل تولید گلبول‌های قرمز در مغز استخوان به شمار می‌رود. این اثر از طریق اتصال به گیرنده بیان شده در سلول‌های پیش‌ساز اریتروئید اعمال می‌شود (۷). هایپوکسی محرکی برای رها شدن اریتروپویتین است که در شرایط هایپوکسی بافتی ترشح شده و با اثر بر مغز استخوان، سبب افزایش روند تولید گلبول‌های قرمز و در نتیجه، بهبود انتقال اکسیژن به بافت‌های فعال می‌شود. در سلول‌های کلیه، سنتز اریتروپویتین تحت تاثیر رونویسی ژن اریتروپویتین قرار دارد، که موجب افزایش تولید گلبول‌های قرمز خون هنگام قرار گرفتن در معرض هایپوکسی می‌شود (۸). در این رابطه نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که میانگین اریتروپویتین حاد در ارتفاع متوسط تا ۱۵۰ درصد نسبت به سطح دریا افزایش یافت و میانگین سلول‌های قرمز ۱/۵ تا ۲ میلی لیتر/کیلوگرم بعد از ۴ هفته ماندن در ارتفاع افزایش یافت (۹). با این حال افزایش اریتروپویتین در پاسخ به هایپوکسی به مدت و شدت هایپوکسی بستگی دارد (۱۰).

با این حال تغییرات در سیستم‌های بدن در اثر شرایط هایپوکسی به شدت و مدت هایپوکسی و نوع تمرین بستگی دارد. بطوریکه هنوز اجماع نظر کلی در این رابطه وجود ندارد. و محققین از روش‌های مختلف تمرینی استفاده کرده و نتایج ضد و نقیضی نیز به دست آمده است. یکی از روش‌های تمرینی مورد توجه



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

محققین استفاده از تمرینات تناوبی (تمرینات سرعتی تکراری) می‌باشد. که در آن ورزشکاران ضمن زندگی در شرایط نورموکسی با فواصل گسسته و نسبتا کوتاه (۵ - ۱۸۰ ثانیه)، در یک محیط شبیه‌سازی شده در معرض هایپوکسی قرار می‌گیرند. این مدل از تمرین می‌تواند توسط ورزشکاران در حالت استراحت و یا در طی جلسات تمرین اصلی مورد استفاده قرار گیرد (۱۱).

با توجه به مطالب فوق و اهمیت اریتروپیویتن بر خون‌سازی، ارتباط بین مقدار خون و عملکرد، وجود نتایج ضد و نقیض در رابطه با تاثیر تمرینات هایپوکسی بر اریتروپویتین و عملکرد و عدم اجماع نظر کلی در مورد شدت و مدت تمرین مناسب در شرایط هایپوکسی و از طرف دیگر، از آنجا که با مرور تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور تحقیقی یافت نشد که تاثیر تمرینات تکراری سرعتی در شرایط هایپوکسی و نورموکسی را بر عملکرد و اریتروپویتین در قایقرانان دختر بررسی نکرده است، محقق در پی پاسخگویی به این سوال است که آیا تمرین در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر اریتروپویتین و عملکرد قایقرانان دختر تاثیر دارد یا خیر؟

## روش کار

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی است که به روش میدانی با طرح پیش آزمون- پس آزمون با دو گروه تجربی و یک گروه کنترل انجام شد. روش انجام تحقیق بدین صورت بود که محقق ابتدا به فدراسیون قایقرانی مراجعه کرده و پس از توضیح هدف و اهمیت انجام تحقیق و جلب رضایت مسولین طی جلسه‌ای هدف از انجام و مراحل اجرای تحقیق را برای قایقرانان دختر ۱۴ تا ۲۰ سال شهر تهران توضیح داد. در مرحله بعد و پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه و پرسشنامه سلامت عمومی افراد واجد شرایط جهت حضور در تحقیق (فاقد هر گونه سابقه بیماری حاد کوهستان در سه ماه گذشته و آسیب عضلانی اسکلتی در شش ماه گذشته) شناسایی شده و از بین افراد داوطلب ۳۰ نفر بطور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب و به ۳ گروه هایپوکسی (۱۰ نفر)، نورموکسی (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. در ادامه و برای جمع‌آوری داده‌ها در پیش آزمون کلیه آزمودنی‌ها در سه روز متوالی برای انجام آزمون های مربوطه و خونگیری در آزمایشگاه تربیت بدنی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه تهران حاضر شدند. قبل از شروع آزمون ها، برای به حداقل رساندن تنوع رژیم غذایی در هنگام پیش آزمون و پس آزمون از افراد خواسته شد که مواد غذایی مصرفی خود را در سه روز قبل از پیش آزمون یاداشت کرده و آن را در پس آزمون تکرار نمایند. همچنین از افراد درخواست شد در طول تحقیق از شرکت در فعالیت بدنی شدید به غیر از پروتکل تمرینی مورد مطالعه خوداری نمایند. و در طول مدت تحقیق از مصرف کافیین نیز خوداری نمایند.

***نحوه خونگیری:*** روز اول خون گیری راس ساعت هشت صبح در آزمایشگاه بیوشیمی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه تهران تحت نظر متخصص مربوطه صورت گرفت. بدین منظور از آزمودنی ها درخواست شد تا از ساعت ۲۰ روز قبل از خون گیری از آشامیدن و خوردن غذا خوداری کرده و راس ساعت هشت صبح بصورت ناشتا جهت خون گیری به منظور تعیین میزان سطوح پایه EPO حضور داشته باشند. همچنین قبل از خون گیری از آزمودنی خواسته شد به مدت ۱۰ دقیقه بر روی صندلی نشسته و کاملا آرام باشند. پس از آن ۱۰ سی سی خون وریدی از آرنج دست چپ آزمودنی ها گرفته شد. نمونه خونی به منظور جدا کردن پلاسما از خون بلافاصله با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتر یفیوژ شده و بلافاصله جهت نگه داری در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد فریز شد. برای تجزیه و تحلیل داده های مربوط به از کیت الایزا EPO Human, ELISA, Sunlong Biotech, China ساخت کشور چین (با دقت ۰/۱) استفاده شد.

***نحوه رکوردگیری قایقرانی:*** رکوردگیری در روز اول در ساعت ۱۷ در دریاچه آزادی انجام شد. قایقرانان پس از گرم کردن اختصاصی به مدت ۲۰ دقیقه و با ۵۰ تا ۶۰ ٪ حداکثر توان خود ، جهت رکورد گیری آماده شدند. از آزمودنی ها رکورد۵۰۰ متر کایاک گرفته شد.

***نحوه اجرای آزمون $VO_2max$:*** این آزمون بعد از ۴۸ ساعت پس از رکوردگیری قایقرانی در ساعت ۹ صبح اجرا شد. آزمودنی ها با لباس مناسب در آزمایشگاه فیزیولوژی ورزشی دانشکده تربیت بدنی علوم ورزشی دانشگاه تهران حاضر شدند. قبل از شروع آزمون دمای



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

**جدول ۱**- تمرینات پرشدت تکراری بر روی ارگومتر قایقرانی

| جلسات تمرین | شدت ومدت زمان گرم کردن | شدت کار در هر تکرار (حداکثر اجرا) | مدت زمان هر تکرار (ثانیه) | تکرار (تعداد) | استراحت بین هر تکرار (دقیقه) | شدت و مدت زمان ریکاوری |
|---|---|---|---|---|---|---|
| هفته ۱-۲ | ۵دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا | ۸۰٪ | ۳۰ | ۷-۹ | ۲ | ۵دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا |
| هفته ۳-۴ | ۵دقیقه با ۵۰٪حداکثر اجرا | ۸۰٪ | ۳۰ | ۸-۹ | ۲ | ۵دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا |
| هفته ۵-۸ | ۵دقیقه با ۵۰٪حداکثر اجرا | ۸۰٪ | ۳۰ | ۹ | ۲ | ۵دقیقه با ۵۰٪ حداکثر اجرا |

اطاق (۲۴-۲۰ درجه سانتی گراد )، و میزان رطوبت نسبی هوای اطاق (۲۵-۲۰ ٪ ) کنترل شد. برای تعیین میزان $VO_{2max}$ از دوچرخه کار سنج دستی مونارک ویژه آزمون های هوازی (مدل۸۹۱Eساخت سوئد) از آزمون ورزشی توصیف شده توسط ساوکا و همکاران استفاده شد. نحوه اجرای آزمون بدین صورت بود که ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۵۰ تا۶۰ دور در دقیقه گرم کرده و سپس به ازای هر دو دقیقه ۲۵ وات به بار کار اضافه شد تا فرد به واماندگی رسید. معیار وامانگی در این آزمون شامل RER = ۱/۱۵ و یا رسیدن $VO_{2max}$ به فلات بود (۱). پس از اتمام پیش آزمون آزمودنی‌ها به مدت ۸ هفته و ۵ جلسه در هفته تمرینات خود را انجام داده و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین مجددا آزمون‌های مورد نظر را در پس آزمون انجام دادند.

***نحوه تعیین شدت تمرین در ارگومتر دستی:*** برای تعیین شدت تمرین برای تمرینات ارگومتر از آزمودنی‌ها تست سرعت حداکثر (در شرایط نورموکسی برای گروه نورموکسی و در شرایط هایپوکسی برای گروه هایپوکسی ) بر روی ارگومتر قایقرانی گرفته شد از آزمودنی ها خواسته شد به مدت ۳۰ ثانیه حرکت پارو کشی کایاک را انجام دهند در پایان ۳۰ ثانیه مسافت طی شده و ضربان قلب آزمودنی ها اندازه گیری شد. به دلیل بهبود عملکرد آزمودنی ها در ارگومتر این تست هر دو هفته یک بار جهت تعیین فشار تمرین تکرار شد.

***گروه هایپوکسی:*** برنامه تمرینی این گروه که با استفاده از دستگاه هایپوکسی‌گر و ماسک انجام شد شامل سه جلسه تمرینات سرعتی تکراری بر روی ارگومتر قایقرانی ( جدول ۱) با شدت ۸۰٪ حداکثر اجرا در شرایط هایپوکسی بود. بدین منظور ابتدا آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه با شدت ۵۰ ٪ حداکثر اجرا بر روی ارگومتر قایقرانی شروع به گرم کردن کرده، سپس ۹ تکرار ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۸۰٪ حداکثر اجرا را به مدت هشت هفته انجام دادند. در انتها برای سرد کردن، آزمودنی ها به مدت پنج دقیقه با شدت ۵۰ ٪حداکثر اجرا پارو زدند. همچنین دو جلسه از پنج جلسه برنامه تمرینی به تمرینات قایقرانی به مدت ۹۰ دقیقه اختصاص داده شد.

برنامه تمرینی گروه نورموکسی شبیه گروه هایپوکسی ود با این تفاوت که فعالیت آنها در شرایط نورموکسی با فشار اکسیژن طبیعی انجام شد. گروه نیز پنج روز در هفته در تمرینات قایقرانی شرکت کردند.

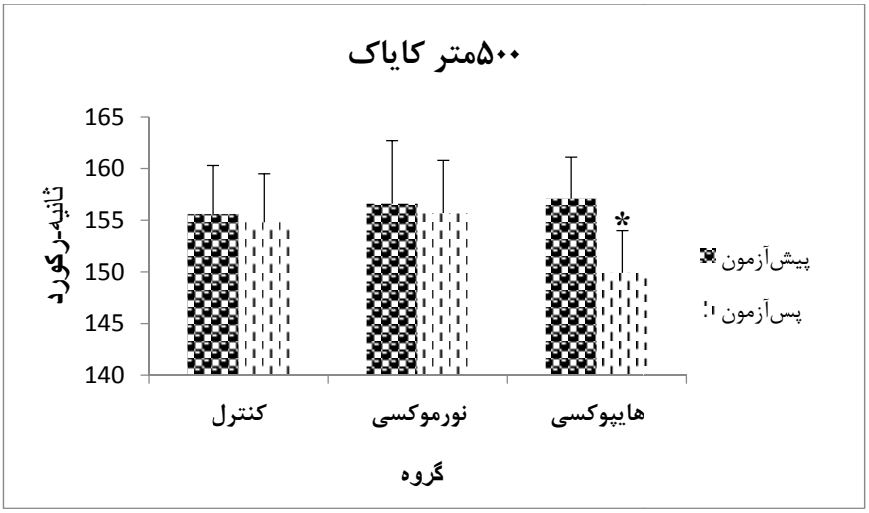
***تحلیلی آماری:*** برای توصیف داده‌ها از شاخص‌های گرایش مرکزی، بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شپیرو ویلک و جهت تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲×۳)، تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی بونفرونی با استفاده از نرم‌افزار SPSS/21 و برای آزمون فرضیه‌های تحقیق نیز سطح معنی‌داری $\alpha \leq 0/05$ در نظر گرفته شد. در نهایت برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## یافته‌ها

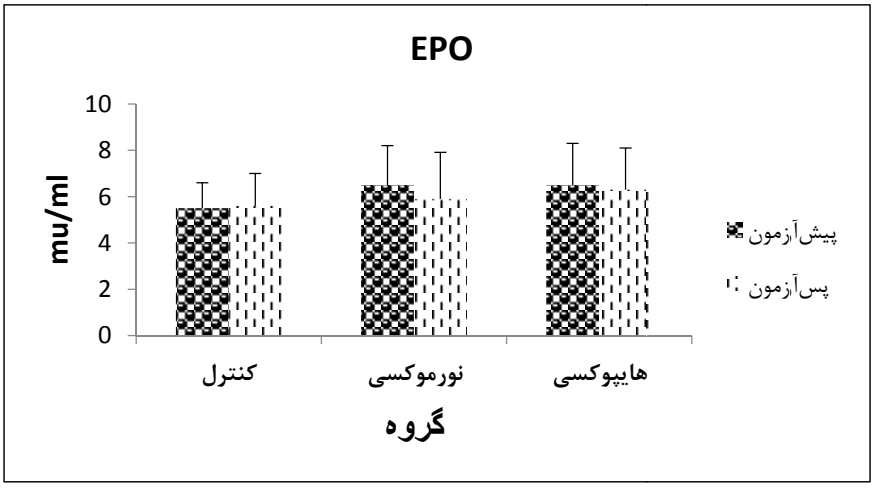
نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ × ۳) نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری (P=۰/۰۰۱، F=۲۰۹/۰۶) و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (P=۰/۰۰۱، F= ۱۰۶/۴۴) بر رکورد ۵۰۰ متر کایاک دختران قایقران بود اما اثر اصلی گروه (P=۰/۰۰۱،



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]




**نمودار ۱**- میانگین و انحراف معیار زمان ۵۰۰ متر کایاک به تفکیک گروه‌ها
(*: تفاوت معنی‌دار بین گروه هایپوکسی با گروه‌های کنترل و نورموکسی)




**نمودار ۲**- میانگین و انحراف معیار EPO (mu/ml) به تفکیک گروه‌ها

(F= ۰/۷۸) معنی‌دار نبود. به‌دلیل معنی‌داری تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه، نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌سویه تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها در پس‌آزمون را نشان داد (F(۱ ،۲۷) = ۵/۶۱، p = ۰/۰۰۹، $\eta^2$=۰/۲۹). بر اساس آزمون تعقیبی بونفرونی مشاهده شد که گروه هایپوکسی به‌طور معنی‌داری بهتر از گروه نورموکسی و کنترل بود (p = ۰/۰۱) اما بین دیگر گروه‌ها تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۱۳). همچنین مشخص شد که در گروه هایپوکسی (T(۹) = ۲۰/۴۸، p = ۰/۰۰۱) کاهش معنی‌داری در ۵۰۰ متر کایاک مشاهده شد، اما در گروه کنترل و نورموکسی تفاوت معنی‌داری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود نداشت (p> ۰/۰۱).

در رابطه با EPO نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب (۲ × ۳) نشان داد که اثر اصلی مراحل اندازه‌گیری (F= ۰/۹۵ P=۰/۳۴)، تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه (F= ۰/۵ P=۰/۶۱ ) و اثر اصلی گروه (P=۰/۴۱، F=۰/۹۲) بر EPO معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، بین تاثیر تمرینات سرعتی – تکراری در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر EPO تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

## بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین تاثیر تمرین تکراری سرعت در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

عملکرد ۵۰۰ متر دختران قایقران تفاوت معنی‌داری وجود دارد بطوریکه گروه هایپوکسی بطور معنی‌داری عملکرد بهتری نسبت به گروه نورموکسی و کنترل داشتند. از طرف دیگر مشخص شد مراحل اندازه‌گیری و تعامل مراحل اندازه‌گیری و گروه بر عملکرد ۵۰۰ متر کایاک تاثیر معنی‌داری دارند بطوریکه عملکرد در گروه هایپوکسی در پس آزمون نسبت به پیش آزمون بهتر بوده زمان کاهش یافت. در دانش ما و با بررسی تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور تحقیقی یافت نشد که تاثیر تمرینات سرعتی تکراری را در شرایط شبیه‌سازی شده بر عملکرد و اریتروپویتین دختران قایقران بررسی کرده باشد. معدود تحقیقات انجام شده در این زمینه نیز بر وی دوندگان استقامت و شناگرها در شرایط زندگی در ارتفاع و امدازه‌گیری در سطح دریا بوده است. که همین امر ضرورت انجام تحقیقات بیشتر در زمینه تاثیر تمرینات تکراری سرعتی بر اریتروپویتین و عملکرد را در دختران قایقران می‌رساند. با این حال و همسو با یافته تحقیق حاضر محمدی و همکاران نشان دادند عملکرد دونده‌های استقامت بعد از قرارگیری در شرایط هایپوکسی بهبود یافت (۱۲). در تحقیق دیگری در همین زمینه محمدزاده و همکاران بهبود عملکرد دوی ۱۵۰۰ متر را در دونده‌های استقامتی نشان دادند (۱۳). با این حال استینچاپ و همکاران گزارش کردند که تمرین عضلات تنفسی در شرایط هایپوکسی در طول ۲۵ متر بین شناگران زن موثر بود. اما این اثر در طول ۵۰ و ۱۰۰ متر معنادار نبود (۱۴). یکی از دلایل احتمالی این نتیجه ممکن است سیستم تنفسی قوی‌تر در شناگران باشد. بطور مشابه در تحقیق دیگری نشان داده شده است که بین ۱۲ جلسه تمرین مستمر شدید در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر عملکرد هوازی مردان ورزشکار تفاوت معناداری وجود ندارد (۱۵) ، برخی تحیقات نیز گروه کنترل را در نظر نگرفته‌اند (۱۶) ، بنابراین مقایسه نتایج تاثیرات امکان‌پذیر نیست.

با این حال تحقیقات اندکی آزمون عملکرد در نورموکسی و هایپوکسی را مقایسه کرده‌اند. همچنین تحقیقات کمی عملکرد در هایپوکسی را ارزیابی کرده‌اند. در تحقیق بهبود عملکرد در ارتفاع بعد از تمرینات هایپوکسی مشاهده نشد (۱۷). محققین فرض کردند که تمرینات هایپوکسی برای ورزشکاران استرس‌زا بوده و حالت بش تمرینی را ایجاد کرد. حمایت بیشتری برای مزایای بالقوه تمرینات هایپوکسی طی رقابت در ارتفاع از تحقیقاتی که پاسخ تهویه‌ای به هیپوکسی پس از تمرینات هیپوکسی را برآورد کردند وجود دارد. کاسای و همکاران نشان دادند ۵ روز متوالی تمرینات با سرعت بالا در شرایط هیپوکسی، موجب افزایش برون‌ده توان در دوندگان سرعتی شد (۱۸). کیم و همکاران در تحقیقی به بررسی تغییرات متابولیسم انرژی و عملکرد در ورزشکاران دوچرخه‌سواری پس از ۲ هفته تمرین در محیط هیپوکسی هیپوباریک چند مرحله‌ای پرداختند. که توانایی عملکرد زیربیشینه بهبود یافت (۱۹). تعیین علل اصلی نتایج به دست آمد دشوار است، اختلافاتی که در زمینه سطح عملکرد ورزشکاران پس از قرار گرفتن در معرض هیپوکسی در تحقیقات گزارش شده، ممکن است به علت نوع پروتکل تمرین مورد استفاده در تحقیقات باشد. همچنین حجم کلی اینتروال‌ها برای ورزشکاران تمرین کرده و معرض قرارگیری در معرض ارتفاع می‌تواند بر نتایج موثر باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد ۸ هفته تمرین در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر میزان اریتروپویتین در دختران قایقران تاثیر معنی‌داری نداشت. به عبارت دیگر بین تاثیر تمرین تکراری سرعت در دو شرایط هایپوکسی و نورموکسی با یکدیگر و با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این یافته تحقیق حاضر با نتایج تحقیق پیروز و نورشاهی که نشان دادند بین تاثیر ۸ هفته تمرین در شرایط هایپوکسی-نورموباریک بر میزان اریتروپویتین بر مردان غیر ورزشکار تفاوت معناداری وجود ندارد (۱) همسو اما با یافته دیگر این تحقیق مبنی بر تفاوت بین گروه نورموباریک با گروه کنترل ناهمسو است. محققین عنوان کردند که کاهش فشار بارومتریک در ارتفاع منجر به کاهش جزئی اکسیژن می‌شود و در نتیجه اکسیژن در خون کاهش می‌یابد. این کاهش اکسیژن باعث تحریکاتی در کلیه و آزاد شدن اریتروپویتین می‌شود (۱) با این حال در تحقیق حاضر خلاف این موضوع به دست آمد که به نظر می‌رسد شدت تمرینات در تحقیق حاضر به اندازه-ای نبوده که بر اریتروپویتین موثر باشد. از طرف دیگر تحقیق پیروز و نورشاهی در ارتفاع و تحقیق حاضر در



[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

شرایط شبیه سازی شده انجام شد که این موضوع در کنار تفاوت در آزمودنی‌ها سطح آمادگی جسمانی اولیه آنها و پروتکل تحقیقات ممکن است دلیل تفاوت نتایج دو تحقیق باشد. در تحقیق دیگری در همین رابطه محمدزاده و همکاران نشان دادند یک دوره تمرین ورزشی تداومی، تناوبی، هوازی و مقاومتی در شرایط نورموکسی و هایپوکسی بر مقادیر اریتروپویتین در دونده‌های استقامتی تاثیر معنی‌داری دارد (۱۳) که اختلاف در آزمودنی‌ها و پروتکل تحقیق دلیل اصلی اختلاف نتایج دو تحقیق می‌باشد. همچنین نتیجه تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات ترنر (۲۰۱۶) نیز ناهمسو است (۶). با این حال همسو با یافته تحقیق حاضر محمدی میرزایی (۲۰۲۰) در تحقیقی نشان داد ۱۱ هفته تمرین در شرایط هایپوکسی و نورموکسی بر اریتروپویتین دونده‌های استقامت تاثیر معنی‌داری نداشت (۱۲). همچنین نتایج تحقیقات چاپمن و همکاران نیز با یافته تحقیق حاضر همسو است (۲۰). با توجه به اینکه در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها تمرین کرده بودند، بنابراین این احتمال وجود دارد که سطح پایه اریتروپویتین و عدم تغییرات آن با توجه به سطح آمادگی بدنی آزمودنی‌ها به دست آمده باشد، بطوری که احتمال پاسخ‌ها در آزمودنی‌های غیر فعال متفاوت خواهد بود. افزایش سنتز اریتروپویتین به طور مداوم به افزایش توده هموگلوبین تام منجر می‌شود (۲۱). با این حال به نظر می‌رسد تغییرات ناشی از هایپوکسی در رهایش اریتروپویتین بین افراد متفاوت باشد. این موضوع ممکن است پاسخ متفاوت ورزشکاران در مقادیر هموگلوبین تام در کمپ‌های تمرینی در ارتفاع را توضیح دهد (۲۲) هر چند در تحقیق حاضر توده هموگلوبین تام اندازه‌گیری نشد. همچنین دیگر شاخص‌های مرتبط با هایپوکسی مانند هموگلوبین و سلول‌های قرمز خون در تحقیق حاضر اندازه‌گیری نشدند که از محدودیت‌های تحقیق حاضر می‌باشد. بطور کلی مکانیسم دقیق تغییرات اریتروپویتین در پاسخ به ارتفاع به خوبی مشخص نشده است. ممکن است پاسخ‌دهی محیطی مسئول تغییرات در پاسخ اریتروپویتین باشد. با این حال نتایج تحقیق حاضر می‌تواند دیدگاه روشنی در زمینه تاثیر تمرینات در شرایط هیاپوکسی و نورموکسی در اختیار مربیان، ورزشکاران و مسولین قرار دهد تا با استفاده از آن بتوانند به بهترین نحو ممکن برنامه‌ریزی کنند.

## نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرین در شرایط هیپوکسی موجب بهبود عملکرد دختران قایقران شده و بر اریتروپویتین تاثیر معناداری ندارد. اگرچه شواهدی وجود دارد که تمرینات هایپوکسی برای رقابت در ارتفاع مفید است، در حال حاضر توصیه‌های ویژه تا زمانی که نتایج بیشتری در خصوص عملکرد ورزشی در هیپوکسی بعد از تمرینات هیپوکسی در دسترس باشد، دشوار است. بنابراین تحقیقات بیشتری در این زمینه لازم است.

## References


1. Piruz M, Noorshahi M. A study entitled The effect of eight weeks of training in hypoxia-normobaric conditions and normal conditions on VEGF concentration, serum erythropoietin, VO2max and fatigue index. J Res Sports Life Sci. 2013;3(10):19-31. (Persian)
2. Dastbarhagh H, Hovanlu F, Agha Ali Nejad H, Bazgir B. The effect of a period of intense training in hypoxia and normoxia on cytokines in response to debilitating activity. Ibn Sina Sci Res Quart. 2014 ;16(4) serial 49:20-26. (Persian)
3. Girard O, Brocherie F, Millet GP. Effects of altitude/hypoxia on single-and multiple-sprint performance: a comprehensive review. Sports Med. 2017;47(10):1931-1949.
4. Blazek AD. A Simulated Altitude Device can Improve Endurance Performance without Mucosal Immune System Compromise. 2010, The Ohio State University.
5. Mikulski T, Dąbrowski J, Krzywański J. Altitude training at sea level and its impact on epo and vegf. Med Sport. 2014;18(3).
6. Turner G. Hypoxic Exposure to Optimise Altitude Training Adaptations in Elite Endurance Athletes. 2016, University of Brighton.
7. Kertesz N, et al. The role of erythropoietin in regulating angiogenesis. Develop Biol. 2004; 276(1): 101-110.
8. Jelkmann W. Regulation of erythropoietin production. J Physiol. 2011;589(6):1251-1258.
9. Levine BD. Intermittent hypoxic training: fact and fancy. High Altitude Med Biol. 2002;3(2):177-193.
10. Ge RL, et al. Determinants of erythropoietin




[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]

release in response to short-term hypobaric hypoxia. J Appl Physiol. 2002;92(6):2361-2367.
11. Wilber RL. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(9):1610-1624.
12. Mohammadi Mirzaei R. The Effects of Exercise in Hypoxia and Normoxia Conditions on Endothelin-1 and EPO in Endurance Runners. New Appr Sport Sci. 2020;2(3):145-162.
13. Mohammadzadeh M, Suri R, Pubine C. The effect of a period of exercise training under normoxia and hypoxia on erythropoietin levels and physical performance in elite endurance runners. Physiol Manag Res Sport. 2019;11(4):23-35.
14. Astinchap A, Nasser B, Tadibi V. The effect of inspiratory muscle training for six weeks (IMT) on swimming speed. J Physiol Sports Manag. 2015;7(4):51-65. (Persian)
15. Hovanloo F, et al. Comparison of the Effect of a Periodic Exercise Period in Hypoxic Conditions on Aerobic Performance. J Physiol Exerc Physic Act. 2015;16(1):1223- 1231.
16. Vallier J, Chateau P, Guezennec C. Effects of physical training in a hypobaric chamber on the physical performance of competitive triathletes. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1996;73(5):471-478. (Lersian)
17. Ventura N, et al. The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. Int J Sports Med. 2003;24(03):166-172.
18. Kasai N, et al. Impact of 5 days of sprint training in hypoxia on performance and muscle energy substances. Int J Sports Med. 2017;38(13):983-991.
19. Kim SH, et al. Effects of 2-week intermittent training in hypobaric hypoxia on the aerobic energy metabolism and performance of cycling athletes with disabilities. J Physic Ther Sci. 2017;29(6):1116-1120.
20. Chapman RF, Stray-Gundersen J, Levine BD. Epo production at altitude in elite endurance athletes is not associated with the sea level hypoxic ventilatory response. J Sci Med Sport. 2010;13(6):624-629.
21. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. Sports Med. 2000;29(6):373-386.
22. McLean BD, et al. Year-to-year variability in haemoglobin mass response to two altitude training camps. Br J Sports Med. 2013;47(Suppl 1):i51-i58.

[ Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2025-01-05 ]