Effect of Interval Hypoxia Training on Arterial Hemoglobin Saturation, Hemoglobin Numbers, Hematocrit Percentage and Resting Heart Rate of Amateur Mountaineers with Mountain Acute Sickness

Alireza Elmieh[1*], Houman Khanbabakhani[2], Bahman Rafizadeh[3]

[1]Associate Professor, Physical Education Department, Rasht branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

[2] Masters, Physical Education Department, Rasht branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

[3] Masters, Department of Physical Education, Guilan University, Rash, Guilan, Iran.

Received: 23 August 2022; Accepted: 24 December 2022

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of interval hypoxic training on arterial saturation, hemoglobin, hematocrit and resting heart rate of amateur mountaineers with acute mountain sickness. The statistical sample of this study is 30 people from guilan amateur mountaineering (age 27.66±2.05 years, BMI 25.18±1.51 kg/m^2). The subjects were divided into experimental (n=15) and control groups (n=15). The experimental group performed eight weeks of hypoxic interval training and the control group had no exercise program. In the practice of hypoxia (breathing control), the subject breathes consciously and purposefully that his body is exposed to mild and intangible oxygen deficiency. Blood sampling was performed to determine hemoglobin and hematocrit. Arterial heart rate and arterial oxygen saturation were measured with a finger pulse oximeter and acute mountain sickness was measured using the Lake Louise questionnaire. Independent t-test results showed that eight weeks of interval hypoxic training at sea level showed a significant difference in arterial blood oxygen saturation (p=0.000), hemoglobin (p=0.000), hematocrit (p=0.000) and a significant decrease in resting heart rate (p=0.000) and Symptoms of amateur mountaineers' acute mountain sickness in the experimental group compared to the control group (p<0.05). Interval hypoxia training at sea level is an effective exercise to prepare amateur mountaineers for high altitudes and to prevent acute mountain sickness.

Key words: Acute Mountain Sickness, Interval Hypoxia, Hemoglobin, Hematocrit, Amateur Mountaineers.

.

20.1001.1.27834603.1401.2.2.3.3

***Corresponding author**: Department of Physical Education, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.
Email: elmieh@iaurasht.ac.ir

تاثیر تمرین هیپوکسی اینتروال در سطح دریا بر اشباع اکسیژن خون شریانی، مقدارهموگلوبین، درصد هماتوکریت و ضربان قلب استراحتی کوهنوردان مبتلا به بیماری حاد کوهستان

علیرضا علمیه[۱*]، هومن خان باباخانی[۲]، بهمن رفیع زاده[۳]

[۱] دانشیار، گروه تربیت بدنی، واحد رشت؛ دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

[۲] کارشناس ارشد، گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

[۳] کارشناس ارشد، گروه تربیت بدنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تاثیر تمرینات هیپوکسی اینتروال بر اشباع اکسیژن شریانی، هموگلوبین، هماتوکریت و ضربان قلب استراحت کوهنوردان نیمه حرفه ای مبتلا به بیماری حاد کوهستان بود. نمونهٔ آماری این تحقیق را ۳۰ نفر از کوهنوردان نیمه حرفه‌ای استان گیلان (سن ۲/۰۵±۲۷/۶۶ سال، شاخص توده بدن ۱/۵۱±۲۵/۱۸ کیلوگرم بر مترمربع) تشکیل دادند. افراد مورد تحقیق در دو گروه تجربی (n=۱۵) و کنترل (n=۱۵) قرار گرفتند. گروه تجربی هشت هفته تمرینات هیپوکسی اینتروال را انجام دادند و گروه کنترل هیچ برنامه تمرینی نداشتند. در تمرین هیپوکسی اینتروال ،آزمودنی‌ها از طریق کنترل تنفس بطور آگاهانه و هدفمند به گونه ای تمرین کردند که دچار هیپوکسی در سلولها شدند. خون‌گیری از افراد برای تعیین هموگلوبین و هماتوکریت به‌عمل آمد. ضربان قلب و میزان اشباع اکسیژن خون سرخرگی با دستگاه پالس اکسی متر انگشتی و بیماری حاد کوهستان با پرسشنامه لیک لوئیس اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از t همبسته و t مستقل استفاده شد. نتایج آزمون تی مستقل نشان داد هشت هفته تمرین هیپوکسی اینتروال اختلاف معنی‌داری در افزایش اشباع اکسیژن خون سرخرگی (p=۰/۰۰۰)، هموگلوبین (p=۰/۰۰۰)، هماتوکریت (p=۰/۰۰۰) و کاهش معنی‌داری در ضربان قلب استراحتی (p=۰/۰۰۰) و نمره بیماری حاد کوهستان کوهنوردان نیمه حرفه ای گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل دارد (p<۰/۰۵). تمرینات هیپوکسی اینتروال در سطح دریا تمرینی کارآمد جهت آماده سازی کوهنوردان نیمه حرفه‌ای برای قرار گرفتن در ارتفاعات بالا و جلوگیری از بیماری حاد کوهستان می باشد.

کلید واژه‌ها: بیماری حاد کوهستان، هیپوکسی اینتروال، هموگلوبین، هماتوکریت، کوهنوردان نیمه حرفه ای.

20.1001.1.27834603.1401.2.2.3.3

* **نویسنده مسئول:** دانشیار گروه تربیت بدنی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. Email: elmieh@iaurasht.ac.i

مقدمه

بیماری حاد کوهستان (AMS)[1] سندرمی با علائم غیر اختصاصی از جمله سردرد، سرگیجه، مشکلات گوارشی (بی‌اشتهایی، تهوع، یا استفراغ)، بی‌خوابی، کسالت و خستگی پس از رسیدن به ارتفاع بالای ۲۵۰۰ متر تعریف شده است. مکانیسم‌های پایه‌ای بیماری حاد کوهستان به طور کامل روشن نشده است، ممکن است شامل پاسخ تهویه، تغییرات گردش خون و عدم تعادل در سیستم غدد درون ریز ناشی از هیپوکسی هیپوباریک[2] باشد (۱). همچنین، به نظر می‌رسد با فرآیندهای نوروهومورال یا همودینامیکی در سیستم عصبی مرکزی در ارتباط باشد (۲). احتمال ابتلا به بیماری‌های حاد کوهستان به حساسیت بدنی فرد، سرعت صعود، ارتفاع ، تطابق پذیری قبلی، سن و جنسیت بستگی دارد. بدن انسان در ارتفاع بالا دچار تغییرات فیزیولوژیکی مهمی می شود تا بتواند کمبود اکسیژن جبران شود (۳). پیش‌بینی دقیق AMS از اهمیت زیادی برخوردار است. با تغییرات رفتاری مثل صعود آهسته‌تر و داروهای پیشگیری کننده، می توان اقدامات موثری را انجام داد . با این حال، یک روش کاملاً پذیرفته شده برای پیش‌بینی AMS در حال حاضر وجود ندارد. علیرغم اینکه مکانیزم AMS ناشناخته باقی مانده است، بسیاری از محققان تلاش کرده‌اند ابزارهایی برای پیش بینی حساسیت AMS پیدا کنند (۲). رایج‌ترین ابزار مورد بررسی، نظارت بر اشباع اکسیژن شریانی (SpO_2) می‌باشد. کمبود اشباع اکسیژن شریانی احتمالا بالاترین علت تخمینی و شناخته شده است که با افزایش گزارشات علائم AMS همراه است (۴). کاهش فشار جزئی اکسیژن در ارتفاع موجب کاهش اشباع اکسیژن شریانی در خون می‌شود (۵). بورتسچر[3] و همکاران (۲۰۰۸)، در طی تحقیقی نشان دادند مقدار اشباع اکسیژن شریانی تعیین شده، ۲۰ تا۳۰ دقیقه پس از قرار گرفتن در معرض با هیپوکسی معادل ۲۰۰۰ تا ۴۲۰۰ متر، پیش بینی کننده‌ترین ویژگی حساسیت AMS بود (۶). قرار گرفتن در معرض حاد و متوسط در برابر هیپوکسی و ارتفاع بالا (HA)[4] منجر به تعدادی از پاسخ‌های قلبی ریوی می‌شود. ضربان قلب استراحتی با وجود کاهش شدید و خفیف حجم ضربه‌ای افزایش می‌یابد (۷). ولف[5] و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی میزان اشباع اکسیژن شریانی، ضربان قلب و نمرات AMS در هنگام صعود به ارتفاع ۵۰۱۰ متری نتیجه گرفتند که در طول صعود میزان اشباع اکسیژن شریانی به تدریج کاهش یافت. میزان ضربان قلب (HR)[6] و میانگین AMS با افزایش ارتفاع و به طور قابل توجهی افزایش یافت (۸). نتایج بووس[7] و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد قرار گرفتن در معرض ارتفاع بالا منجر به کاهش قابل توجهی در SpO2 و افزایش ضربان قلب افراد می شود و این تغییرات با بیماری حاد کوهستان در ارتباط است (۹). علائم بالینی بیماری حاد کوهستان به تدریج پس از پایین آمدن از ارتفاع به سطح دریا ناپدید می‌شوند و پس از بازگشت به ارتفاع بالا دوباره ظاهر می شوند. اگرچه این عمل در مدیریت این بیماری بسیار موثر است، اما نشان دهنده راه حلی موقت است، مگر اینکه بیمار به طور دائم به مکانی با ارتفاع پایین تر حرکت کند. شواهد بالینی نشان می‌دهد که پایین آمدن از ارتفاع به صورت دوره ای می تواند از رسیدن مقادیر هموگلوبین (Hb)[8] به بیش از حد مجاز جلوگیری کند (۱۰). واقعیت این است که هر کس که به ارتفاعات بالا صعود نماید در معرض ابتلا به بیماری حاد کوهستان قرار می‌گیرد. در دنیای پیشرفته‌ی کوهنوردی امروزی هر از چندگاهی از تمرینات هوازی جهت آمادگی بیشتر

1. Acute mountain sickness
2. Hypobaric hypoxia
3. Burtscher
4. High altitude
5. Wolff
6. Heart rate
7. Boos
8. Hemoglobin

کسانی‌که به ارتفاعات می‌روند استفاده می‌شود (۱۱). تمرینات جسمانی به عنوان یک روش درمان جایگزین مناسب و غیر دارویی مورد استفاده قرار گرفته است. شواهد نشان می‌دهد که ورزش هوازی می‌تواند نقش مهمی در کاهش توده‌ی اریتروسیتی و کاهش علائم بیماری AMS ایفا کند (۱۰). تصور بر این است که ورزشکاران تمرین کرده کمتر به این بیماری دچار می‌شوند ولی هیچ مدرکی در دست نیست که نشان دهد آمادگی جسمانی از بروز نشانه‌های این بیماری جلوگیری می‌کند. به نظر می‌رسد ورزشکاری که پیش از رفتن به ارتفاع تمرینات استقامتی زیادی انجام داده است، به میزان کمی در مقابل اثرات کمبود اکسیژن مقاوم است. زیرا درصد کاهش VO2max در ارتفاع برای افراد تمرین کرده و تمرین نکرده یکسان است. از آنجایی که VO2max کاهش می‌یابد افرادی که دارای ظرفیت هوازی بیشتری هستند، می‌توانند کار معینی را با خستگی کمتر و فشار قلبی– عروقی کمتر نسبت به آنهایی که ظرفیت هوازی کمتری دارند، در ارتفاع انجام دهند. دویدن‌های طولانی مدت و تمرینات اینتروال هوازی، از جمله تمریناتی هستند که هدفشان بالا بردن آمادگی هوازی است. بر همین اساس و برای رسیدن به آمادگی هوازی بیشتر محققان به این نتیجه رسیده‌اند که وجود اکسیژن کمتر (هیپوکسی) و تمرین در این شرایط می‌تواند دستگاه قلبی– تنفسی ورزشکار را به ظرفیت بیشتری برساند(۱۲, ۱۳). در تحقیقات رواسی و همکاران (۱۳۸۳) نشان داده شد تمرینات هیپوکسی اینتروال موجب افزایش قابل توجهی در سطح هموگلوبین افراد گردیده که نشان می‌دهد مقدار حمل اکسیژن توسط خون افزایش یافته است. کاهش شدید اشباع اکسیژن شریانی در حالت استراحت (R–Spo2) به عنوان نشانه‌ای از عدم سازگاری کافی با ارتفاع و احتمال AMS بیان شده است (۱۴). کارینن[1] و همکارانش (۲۰۱۰) بیان کردند در کوهنوردانی که با موفقیت میزان اشباع اکسیژن شریانی خود را حفظ می‌کنند، مخصوصا در طول تمرینات، احتمال AMS پایین‌تر است. نتایج اشاره می کنند که ارزیابی روزانه Spo_2 در طول صعود، هم در حالت استراحت و هم در تمرینات، می‌تواند به تعیین ارتفاع مناسب صعود برای هر فرد کمک کند (۱۵). راپ[2] و همکارانش (۲۰۱۳) اثر هیپوکسی و ورزش بر علائم بیماری حاد کوهستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در طول تمرین اولین ساعت پس از قرار گرفتن در معرض کم اکسیژنی، بیماری حاد کوهستان تشدید می‌شود، اگرچه عواملی غیر از هیپوکسی نیز ممکن است زمینه ساز تفاوت های در مورد علائم AMS باشد (۱۶). پارک[3] و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثرات تمرینات هیپوکسی بر ظرفیت انتقال اکسیژن خون و ظرفیت تمرین هوازی در ورزشکاران نخبه در ارتفاع نتیجه گرفتند تمرینات هیپوکسی باعث بهبود ظرفیت انتقال اکسیژن خون و توان هوازی ورزشکاران نخبه شده و همچنین RBC[4]، Hb[5]، Hct[6]، EPO[7] و VO_2max به ترتیب با تمرینات هیپوکسی به میزان قابل توجهی افزایش یافت (۱۷).

در گذشته، تمرین هیپوکسی تنها در مناطق با ارتفاع بالا انجام می شد و امروزه این تمرینات در محیط مصنوعی شامل محیط هیپوکسی مانند ماسک‌های هیپوکسی، چادرهای هیپوکسی، اتاق های هیپوکسیک انجام می شود شد. علاوه بر آن تمرینات هوازی از نوع هیپوکسی در محیط طبیعی و سطح دریا برای عملکرد ورزشکاران در ارتفاعات کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته است. هدف این تحقیق، یافتن تاثیر تمرینات هیپوکسی اینتروال با کنترل تنفس بر عملکرد کوهنوردان جهت کنترل بیماری حاد

1. Karinen
2. Rupp
3. Park
4. Red Blood Cell Count
5. Hemoglobin
6. Hematocrit
7. Erythropoietin

کوهستان است. در این روند عواملی همچون اشباع اکسیژن شریانی، ضربان قلب استراحتی، هموگلوبین و هماتوکریت ارزیابی می-شوند.

روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش آزمون – پس آزمون بود. جامعه آماری این پژوهش را کوهنوردان تحت پوشش باشگاه‌های کوهنوردی که زیر نظر هیات کوهنوردی استان گیلان مشغول به فعالیت هستند تشکیل دادند. ابتدا از طرف هیات کوهنوردی و صعودهای ورزشی رشت و همینطور باشگاه‌های رسمی تحت پوشش هیات استان، طی فراخوان کوهنوردانی که سابقه بیماری حاد کوهستان داشتند تعداد ۹۰ نفر در این پژوهش ثبت نام نمودند. بصورت تصادفی ساده تعداد ۳۴ نفر در دو گروه تجربی (n=۱۷) و کنترل (n=۱۷) جهت انجام این تحقیق انتخاب شدند. روش کار برای آزمودنی ها توضیح داده شد، جهت اطلاع از وضعیت سلامت آزمودنی ها از پرسش نامه ویژه تندرستی استفاده شد سپس فرم رضایت‌نامه همکاری در پژوهش را امضا کردند. معیار ورودی، آزمودنی ها غیر سیگاری و غیر الکلی و بدون رژیم غذایی خاص، نداشتن بیماری های قلبی عروقی، تنفسی، اسکلتی، کبدی و خونی بودند. معیار خروج از پژوهش بیماری و غیبت دو جلسه در تمرینات بود که ۴ آزمودنی بعلت نداشتن شرایط پژوهش و غیبت در جلسات تمرینی از پژوهش خارج شدند. از آزمودنی ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در مراحل پیش آزمون (۴۸ ساعت قبل از شروع برنامه تمرینی) و پس آزمون (۴۸ ساعت پس از اتمام برنامه تمرینی) در شرایط آزمایشگاهی یکسان از نظر درجه حرارت، رطوبت و ساعت خون گیری، ۵ سی سی خون سیاهرگی با استفاده از سرنگ های ونجوک استریل حاوی ماده ضد انعقاد از دست چپ گرفته شد. میانگین درجه حرارت محل خون گیری در هر دو مرحله بین ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی گراد ثبت شد. تمامی خون گیری ها در ساعت ۸ تا ۹ صبح انجام شد. آزمودنی ها ۲۴ ساعت قبل و بعد از تمرینات به ارتفاع بالای ۳۵۰۰ متر صعود نمودند. ضربان قلب و میزان اشباع اکسیژن خون سرخرگی با دستگاه پالس اکسی متر انگشتی beurer مدل PO30 ساخت کشور آلمان در محدوده اندازه گیری ۰ – ۱۰۰ ٪ Spo_2 و ۲۴۵ – ۱۰۰ ضربان ، با دقت ٪۲ ± ۷۰ - ٪ ۱۰۰ Spo_2 و ضربان ۲± اندازه گیری شد (۳). علائم و نشانه های بیماری حاد کوهستان توسط پرسشنامه بر اساس معیارهای Lake Louise جهت تشخیص سندرم بود که با توجه به نمره‌ی کسب شده از آن، تشخیص بیماری حاد کوهستان داده می‌شد (۱۸). گروه تجربی در برنامه تمرینات هیپوکسی اینتروال (کنترل تنفس) هشت هفته‌ای شرکت کردند، اما گروه کنترل هیچ فعالیت ورزشی انجام ندادند. در تمرین دویدن هیپوکسی اینتروال، آزمودنی ها بطور آگاهانه و هدفمند طوری نفس کشیدند که با کمبود اکسیژن مواجه شوند. این عمل به کمک گام‌شماری انجام شد. آنها هنگام دویدن در سه گام هوا را وارد ریه ها کرده، سپس در سه گام بعدی هوا را حبس و سرانجام در سه گام آخر هوا را از ریه ها خارج می کردند و این نوع پروسه دویدن بر طبق جدول ۱ تکرار شد (۱۴).

جدول۱. دویدن های هیپوکسی اینتروال

هفته	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
زمان دویدن (دقیقه)	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵	۵
تعداد تکرارها	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۶	۷
نسبت کار به استراحت	۱ به ۲	۱ به ۱			۱ به ۱/۲			
کل زمان فعالیت (دقیقه)	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۳۰	۳۵
تعداد هیپوکسی در هر جلسه	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳
تعداد گام های هیپوکسی	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۶	۶

در هفته اول هر جلسه ۲/۵ دقیقه دویدن در ۵ تکرار که ۲ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی سه گام هواگیری، سه گام حبس نفس و سه گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۱۲/۵ دقیقه بود. در هفته دوم هر جلسه ۳ دقیقه دویدن در ۵ تکرار که ۲ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی سه گام هواگیری، سه گام حبس نفس و سه گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۱/۵ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۱۵ دقیقه بود. در هفته سوم هر جلسه ۳/۵ دقیقه دویدن در ۵ تکرار که ۲ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی چهار گام هواگیری، چهار گام حبس نفس و چهار گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۱/۵ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۱۷/۵ دقیقه بود. در هفته چهارم هر جلسه ۴ دقیقه دویدن در ۵ تکرار که ۲ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی چهار گام هواگیری، چهار گام حبس نفس و چهار گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۲ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۲۰ دقیقه بود. در هفته پنجم هر جلسه ۴/۵ دقیقه دویدن در ۵ تکرار که ۲ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی پنج گام هواگیری، پنج گام حبس نفس و پنج گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۲ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۲۲/۵ دقیقه بود. در هفته ششم هر جلسه ۵ دقیقه دویدن در ۵ تکرار که ۲ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی پنج گام هواگیری، پنج گام حبس نفس و پنج گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۲/۵ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۲۵ دقیقه بود. در هفته هفتم هر جلسه ۵ دقیقه دویدن در ۶ تکرار که ۳ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی شش گام هواگیری، شش گام حبس نفس و شش گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۲/۵ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۳۰ دقیقه بود. در هفته هشتم هر جلسه ۵ دقیقه دویدن در ۷ تکرار که ۳ تکرار به هیپوکسی اختصاص یافت. در مرحله دویدن هیپوکسی شش گام هواگیری، شش گام حبس نفس و شش گام بازدم انجام شد. زمان استراحت بین هر یک از دویدن ها ۲/۵ دقیقه و کل زمان دویدن در هر جلسه ۳۵ دقیقه بود.

در مدت انجام این تمرین آزمودنی‌ها با دستگاه پالس اکسی متر انگشتی زیر نظر پزشک مورد بررسی قرار گرفتند. تا اطمینان حاصل شود که تمرین در شرایط یکسان برای تمام آزمودنی‌ها اجرا شده است. در هر یک از دویدن ها ضربان قلب کنترل شد تا مقدار آن بین حداقل ۱۴۰ تا حداکثر ۱۷۰ ضربه در دقیقه باشد. تمامی ملاحظات اخلاقی لازم برای کار روی نمونه های انسانی در این تحقیق رعایت شده است و توسط کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت (IR.IAU.RASHT.REC.1399.003) تایید شده است. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و رسم نمودارها و از آمار استنباطی برای محاسبهt زوجی و t مستقل در سطح معنی داری ($P\leq ۰/۰۵$) در نرم افزار SPSS ورژن ۲۲ استفاده شد.

نتایج

ویژگی های آزمودنی ها شامل سن، متغیرهای منتخب آنتروپومتریک، اشباع اکسیژن خون سرخرگی، هموگلوبین، هماتوکریت، ضربان قلب استراحتی و بیماری حاد کوهستان در دو گروه تجربی و کنترل در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. توصیف ویژگی های آزمودنی ها در دو گروه تجربی (n=۱۵) و کنترل (n=۱۵)

متغیر		گروه تجربی	گروه کنترل
سن (سال)		۲۸/۱۳ ± ۲/۰۶	۲۷/۲۰ ± ۲/۰۴
قد (سانتی متر)		۱۷۸/۶۰ ± ۵/۶۰	۱۷۵/۲۶ ± ۵/۵۲
وزن (کیلوگرم)		۷۹/۴۰ ± ۴/۳۵	۷۸/۰۶ ± ۴/۴۴
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)		۲۴/۹۲ ± ۱/۴۷	۲۵/۴۴ ± ۱/۵۶
اشباع اکسیژن خون سرخرگی (درصد)	پیش آزمون	۷۷/۶۶ ± ۲/۹۶	۷۶/۲۰ ± ۲/۹۵
	پس آزمون	۸۷/۲۰ ± ۲/۲۱	۷۶/۵۳ ± ۲/۷۹
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	پیش آزمون	۱۴/۹۰ ± ۰/۵۹	۱۵/۰۶ ± ۰/۵۶
	پس آزمون	۱۶/۰۵ ± ۰/۳۱	۱۵/۰۱ ± ۰/۵۵
هماتوکریت (درصد)	پیش آزمون	۴۴/۲۰ ±۱/۶۵	۴۴/۱۲ ±۱/۹۶
	پس آزمون	۴۸/۲۶ ± ۲/۰۸	۴۴/۱۰ ± ۱/۸۱
ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه)	پیش آزمون	۷۹/۶۶ ± ۴/۲۵	۸۶/۸۰ ± ۵/۶۳
	پس آزمون	۶۹/۹۳ ± ۴/۶۸	۸۵/۵۳ ± ۲/۲۵
بیماری حاد کوهستان (نمره)	پیش آزمون	۳/۵۴ ± ۰/۴۲	۳/۴۷ ± ۰/۴۵
	پس آزمون	۱/۷۶ ± ۰/۵۹	۳/۵۲ ± ۰/۴۲

نتایج آزمون کلموگراف- اسمیرنف نشان دهنده آن بود که تمامی متغیر ها از توزیع طبیعی برخوردار بودند ($p<۰/۰۵$). به منظور بررسی همگنی واریانس های دو گروه در پیش آزمون، با توجه به توزیع طبیعی داده‌ها از آزمون تی مستقل استفاده و نتایج بیان داشت که همگنی واریانس ها بین دو گروه برای تمامی متغیرهای ارزیابی شده در پیش آزمون برقرار بود ($p<۰/۰۵$). جهت مقایسه تفاوت بین گروهی متغیرها در پس آزمون، از آزمون تی مستقل استفاده و نتایج در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲ نتایج آزمون تی مستقل به منظور ارزیابی تفاوت‌های بین گروهی متغیر های پژوهش (n=۱۵)

متغیر	آزمون لون		t	درجه آزادی	معنی داری
	F	معنی داری			
اشباع اکسیژن خون سرخرگی (درصد)	۰/۷۱۴	۰/۴۰۵	-۱۱/۸۵	۲۸	۰/۰۰۰*
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	۶/۰۵۴	۰/۰۲۰	-۶/۲۷	۲۸	۰/۰۰۰*
هماتوکریت (درصد)	۰/۴۸۲	۰/۴۹۳	-۵/۸۳	۲۸	۰/۰۰۰*
ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه)	۰/۳۴۱	۰/۵۶۴	۹/۵۴	۲۸	۰/۰۰۰*
بیماری حاد کوهستان (نمره)	۰/۲۷۶	۱/۲۳۳	۹/۴۰	۲۸	۰/۰۰۰*

* سطح معنی داری در $p<۰/۰۵$

نتایج آزمون تی مستقل نشان دهنده آن بود که تفاوت معنی داری در افزایش اشباع اکسیژن خون سرخرگی، هموگلوبین، هماتوکریت و کاهش معنی داری در ضربان قلب استراحتی و علائم بیماری حاد کوهستان بین گروه‌ها در پس آزمون وجود داشت (p<۰/۰۵). به منظور ارزیابی تغییرات درون گروهی متغیرهای پژوهش از آزمون تی همبسته استفاده و نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳ نتایج آزمون تی همبسته به منظور ارزیابی تغییرات درون گروهی متغیر های آزمودنی ها (n=۱۵)

متغیر	گروه	میانگین	t	درجه آزادی	معنی داری
اشباع اکسیژن خون سرخرگی (درصد)	تجربی	-۹/۵۳	-۱۱/۸۵۸	۱۴	۰/۰۰۰*
	کنترل	-۰/۳۳	-۰/۳۷۸	۱۴	۰/۷۱۱
هموگلوبین (گرم بر دسی لیتر)	تجربی	-۱/۱۴	-۱۱/۲۶۱	۱۴	۰/۰۰۰*
	کنترل	۰/۰۴	۰/۸۴۷	۱۴	۰/۴۱۱
هماتوکریت (درصد)	تجربی	-۴/۰۶	-۱۱/۸۰۲	۱۴	۰/۰۰۰*
	کنترل	۰/۰۲	۰/۲۰۱	۱۴	۰/۸۴۴
ضربان قلب استراحتی (ضربه در دقیقه)	تجربی	۹/۷۳	۱۷/۵۰۴	۱۴	۰/۰۰۰*
	کنترل	۱/۲۶	۱/۴۱۲	۱۴	۰/۱۸۰
بیماری حاد کوهستان (نمره)	تجربی	۱/۷۸	۲۱/۰۳۳	۱۴	۰/۰۰۰*
	کنترل	-۰/۰۵	۰/۵۸۰	۱۴	۰/۵۷۱

* سطح معنی داری در p<۰/۰۵

نتایج ارزیابی‌های درون گروهی نشان دهنده افزایش معنی دار اشباع اکسیژن خون سرخرگی، هموگلوبین و هماتوکریت در گروه تجربی بود (p<0/05). همچنین نتایج ارزیابی‌های درون گروهی نشان دهنده کاهش معنی دار ضربان قلب استراحتی و علائم بیماری حاد کوهستان در گروه تجربی بود (p<0/05). اما تغییر معنی داری در گروه کنترل دیده نشد (p>۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق تاثیر هشت هفته تمرین هیپوکسی اینتروال در سطح دریا بر بیماری حاد کوهستان بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد تفاوت معنی‌داری در افزایش اشباع اکسیژن خون سرخرگی، هموگلوبین، هماتوکریت و کاهش معنی‌داری در ضربان قلب استراحتی و نمره بیماری حاد کوهستان کوهنوردان نیمه حرفه ای وجود داشت. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق موراگا[1] و همکاران (۲۰۱۸)، روستتی[2] و همکاران (۲۰۱۷)، نیتزر[3] و همکاران (۲۰۱۷)، ساترلند[4] و همکاران (۲۰۱۷)، پارک و همکاران (۲۰۱۶) و ماریرر[5] و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی داشت. موراگا و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی غلظت هموگلوبین معدنچیان طی

1. Moraga
2. Rossetti
3. Netzer
4. Sutherland
5. Mairer

تمرینات بیشینه هیپوکسی متناوب در محیط هیپوباریک نتیجه گرفتند در ارتفاع زیاد، اشباع اکسیژن شریانی، غلظت هموگلوبین و هماتوکریت افزایش یافت. روستتی و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر آمادگی جسمانی و تمرینات هوازی زیربیشینه در سطح دریا بر مقدار حساسیت به هیپوکسی و بیماری حاد کوهستان در ارتفاعات هیمالیا نتیجه گرفتند ، شرکت کنندگانی که آمادگی جسمانی بیشتری در سطح دریا داشتند، تلاش کمتری در طول صعود به ارتفاع از خود نشان دادند، خستگی کم‌تری را تحمل کرده و از AMS یا بی‌نظمی اشباع اکسیژن شریانی کمتری رنج می‌بردند . بنابراین تمرین آمادگی حسمانی در سطح دریا می تواند برای کمک به صعود برای ارتفاعات بالا موثر باشد (۱۸). نتایج نیتزر و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اشباع اکسیژن شریانی و ضربان قلب کوهنوردان در طی پیاده روی بر روی تردمیل در شرایط هیپوکسی نورموباریک (NH)[1] و هیپوکسی هیپوباریک (HH) نشان داد میزان اشباع اکسیژن خون شریانی در هر دو شرایط تمرینی افزایش داشت اما در شرایط هیپوکسی نورموباریک این افزایش کمی بیشتر بود. همچنین شدت AMS در همه افراد در NH و HH تقریبا یکسان بود و AMS در هردو شرایط خفیف بود. میزان ضربان قلب استراحتی نیز در هر دو روش کاهش معنی‌داری داشت اما این کاهش در شرایط هیپوکسی نورموباریک (NH) بیشتر بود (۱۹). ساترلند و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد اشباع اکسیژن شریانی مردان سالم پس از ۱۲ روز پیاده روی در معرض هیپوکسی نورموباریک و قرار گرفتن در ارتفاع ۳۸۴۱ متری افزایش معنی‌داری داشت و همچنین با کاهش ضربان قلب استراحتی، AMS بین افراد مشاهده نشد (۲). ماریرر و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر فعالیت ورزشی و هیپوکسیا بر تغییرات ضربان قلب بیماران حاد کوهستان نشان دادند ضربان قلب ورزشکاران و شیوع AMS کاهش معنی داری داشت.

آمادگی هوازی، به‌عنوان یک عامل مهم و قابل توجه از کسانی که به ارتفاع برای کار یا اوقات فراغت سفر می کنند، حائز اهمیت است. با توجه به اینکه افراد با آمادگی بالاتری کمتر دچار AMS یا کمبود اکسیژن شریانی می شوند، قبل از ارتقاء ارتفاع، باید آمادگی جسمانی در سطح دریا را افزایش دهند. آمادگی بیشتر در سطح دریا با تمرینات هوازی بر خلق و خوی بهتر (خستگی، تنش و سردرد) در صعود به ارتفاعات ارتباط دارد (۱۸). آمادگی قلبی تنفسی یکی از عوامل مهم آمادگی جسمانی است که بر اثر تمرینات منظم و برنامه‌ریزی شده توسعه می‌یابد. تمرینات اینتروال که بر اساس توان هوازی طرح‌ریزی شده باشد، یکی از برنامه-های تمرینی برای پیشرفت آمادگی قلبی– تنفسی است. نمونه‌ای از این تمرینات هیپوکسی اینتروال است که می‌تواند آمادگی استقامتی افراد را افزایش دهد. تمرینات هوازی از نوع هیپوکسی اینتروال یکی از تمرینات مهم جهت آماده سازی ورزشکاران برای قرار گرفتن در ارتفاعات بالا می باشد. با انجام این نوع تمرینات کوهنورد قادر به افزایش ضربان قلب خود می‌شود و آن را به حداکثر ضربان مطمئن نزدیک می‌کند و پس از آن براحتی و در مرحله‌ی بازیابی آن را پائین‌تر می‌آورد. تمرین ورزشی عدم تعادلی را بین فعالیت تونیکی نرون‌های تند کننده سمپاتیک و کند کننده پاراسمپاتیک به نفع غلبه بیشتر واگ به وجود می‌آورد. این عمل عمدتا با افزایشی در فعالیت پاراسمپاتیک و شاید کاهشی در تخلیه سمپاتیک ایجاد می‌شود. بعلاوه، تمرین همچنین، ممکن است میزان آهنگ ذاتی تحریک گره S–A را کاهش دهد. چنین سازگاری‌هایی ناشی از کاهش ضربان قلب است که غالبا در ورزشکاران استقامتی کاملا ورزیده یا افراد غیر فعال متعاقب تمرین هوازی مشاهده می‌شود (۲۰). سازگاری موفقیت‌آمیز با ارتفاع باعث کاهش ضربان قلب به سطح نزدیک طبیعی می‌گردد. بالاتر بودن SPO2% در بدو ورود به ارتفاع، آمادگی جسمانی فرد ، سازگاری قبلی به ارتفاع و سابقه‌ی صعود به ارتفاعات، عواملی هستند که احتمال بروز AMS را در کوهپیمایانی که قصد صعود به ارتفاعات بالاتر از ۳۰۰۰ متر دارند، کاهش می‌دهند (۲۱). هیپوکسی، به معنی رهایش اکسیژن کمتر در بافت های بدن است. وقتی اکسیژن

[1]. Normobaric hypoxia

کمتری به بدن برسد، تهویه بیشتر شده، ترشح هورمون اریتروپویتین بیشتر و در نتیجه با ادامهٔ این شرایط تولید سلول های قرمز خون بیشتر می شود. همراه با بالا رفتن سلولهای قرمز خون، سطوح هموگلوبین، هماتوکریت و شمار رتیکولوسیت نیز به همان نسبت افزایش می یابد (۱۴). بنابراین اجرای تمریناتی که موجب رهایی کمتر اکسیژن در بافت ها و رشد مطلوب آمادگی قلبی-تنفسی شود، می تواند در اجرای حرکات ورزشی بسیار کمک کننده باشد. انواع تمرینات هیپوکسی اینتروال از این ویژگی برخوردارند. این تمرینات، به منظور سازگاری بیشتر قلب و شش ها طرح ریزی شده و به نظر محققان به علت اعمال فشار اضافی و سازگار های فیزیولوژیکی که ایجاد می‌کند، برای آمادگی هوازی بسیار مفید است (۱۴).

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، تمرینات هیپوکسی اینتروال باعث افزایش اشباع خون شریانی، هموگلوبین و هماتوکریت و کاهش علائم بیماری حاد کوهستان و ضربان قلب استراحت کوهنوردان نیمه حرفه ای طی هشت هفته تمرین می شود. بنابراین، می توان اینگونه تمرینات را در برنامه تمرینی ورزشکاران کوهنورد به کار گرفت و انتقال اکسیژن به بافت‌ها را تسهیل کرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از تمامی بزرگوارانی که در انجام هر چه بهتر این پژوهش ما را همراهی نمودند اعم از کوهنوردان عزیز قدردانی به‌عمل می‌آید.

حامی مالی

این مقاله حامی مالی ندارد.

تعارض منافع

در این مقاله، تعارض منافع برای نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Ding X-H, Wang Y, Cui B, Qin J, Zhang J-H, Rao R-S, et al. Acute mountain sickness is associated with a high ratio of endogenous testosterone to estradiol after high-altitude exposure at 3700 m in young Chinese men. *Frontiers in Physiology*, 2019 Jan;9:1949. [doi:10.3389/fphys.2018.01949]
2. Sutherland A, Freer J, Evans L, Dolci A, Crotti M, Macdonald JH. MEDEX 2015: heart rate variability predicts development of acute mountain sickness. *High Altitude Medicine & Biology*, 2017 Sep;18(3):199-208. [doi:10.1089/ham.2016.0145]
3. Moraga FA, Osorio J, Calderón-Jofré R, Pedreros A. Hemoconcentration during maximum exercise in miners with chronic intermittent exposure to hypobaric hypoxia (3800 m). *High Altitude Medicine & Biology*, 2018 Mar;19(1):15-20. [doi:10.1089/ham.2017.0011]
4. Oliver SJ, Sanders SJ, Williams CJ, Smith ZA, Lloyd-Davies E, Roberts R, et al. Physiological and psychological illness symptoms at high altitude and their relationship with acute mountain sickness: a prospective cohort study. *Journal of Travel Medicine*, 2012 Apr;19(4):210-9. [doi:10.1111/j.1708-8305.2012.00609.x]
5. Basualto-Alarcón C, Rodas G, Galilea PA, Riera J, Pagés T, Ricart A, et al. Cardiorespiratory parameters during submaximal exercise under acute exposure to normobaric and hypobaric hypoxia. *Apunts Medicina de l'Esport*, 2012;47(174):65-72. [doi:10.1016/j.apunts.2011.11.005]

6. Burtscher M, Szubski C, Faulhaber M. Prediction of the susceptibility to AMS in simulated altitude. *Sleep and Breathing,* 2007 Dec;12(2):103-8. [doi:10.1007/s11325-007-0131-0]
7. Boos CJ, Mellor A, O'Hara JP, Tsakirides C, Woods DR. The effects of sex on cardiopulmonary responses to acute normobaric hypoxia. *High Altitude Medicine & Biology,* 2016 Jun;17(2):108-15. [doi:10.1089/ham.2015.0114]
8. Wolff CB, Nickol AH, Collier DJ. Arterial Oxygen Saturation During Ascent to 5010 m: Heart Rate and AMS Scores. *Hypoxia and Human Diseases,* 2017:136-44. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/66088
9. Boos CJ, Bye K, Sevier L, Bakker-Dyos J, Woods DR, Sullivan M, et al. High Altitude Affects Nocturnal Non-linear Heart Rate Variability: PATCH-HA Study. *Frontiers in Physiology,* 2018 Apr;9:390. [doi:10.3389/fphys.2018.0039]
10. Villafuerte FC, Corante N. Chronic mountain sickness: clinical aspects, etiology, management, and treatment. *High Altitude Medicine & Biology,* 2016 Jun;17(2):61-9. [doi:10.1089/ham.2016.0031]
11. Cooke C, Bunting D, O'Hara J. Mountaineering: training and preparation: *Human Kinetics;* 2010.
12. Hoogsteen J, Hoogeveen A, Schaffers H, Wijn P, Van Hemel N, Van Der Wall E. Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging,* 2004 Feb;20(1):19-26. [doi:10.1023/B:CAIM.0000013160.79903.1]
13. Goodman JM, Liu PP, Green HJ. Left ventricular adaptations following short-term endurance training. *Journal of Applied Physiology,* 2005 Feb;98(2):454-60. [doi:10.1152/japplphysiol.00258.2004]
14. Ravasi A, Gayini A, Elmiyeh A. The effect of interval hypoxia exercises on hemoglobin, hematocrit, reticulocyte and red globules of blood in physical education student boys. *Harkat,* 2004;22(22):121-35. [In Persian]
15. Karinen HM, Peltonen JE, Kähönen M, Tikkanen HO. Prediction of acute mountain sickness by monitoring arterial oxygen saturation during ascent. *High Altitude Medicine & Biology,* 2010 Dec;11(4):325-32. [doi:10.1089/ham.2009.1060]
16. Rupp T, Jubeau M, Millet GY, Perrey S, Esteve F, Wuyam B, et al. The effect of hypoxemia and exercise on acute mountain sickness symptoms. *Journal of Applied Physiology,* 2013 Jan;114(2):180-5. [doi:10.1152/japplphysiol.00769.2012]
17. Park H-y, Hwang H, Park J, Lee S, Lim K. The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes–a meta-analysis. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry,* 2016 Mar;20(1):15-22. [doi:10.20463/jenb.2016.03.20.1.3]
18. Rossetti GM, Macdonald JH, Smith M, Jackson AR, Callender N, Newcombe HK, et al. MEDEX2015: greater sea-level fitness is associated with lower sense of effort during Himalayan trekking without worse acute mountain sickness. *High Altitude Medicine & Biology,* 2017 Jun;18(2):152-62. [doi:10.1089/ham.2016.0088]
19. Netzer NC, Rausch L, Eliasson AH, Gatterer H, Friess M, Burtscher M, et al. SpO2 and heart rate during a real hike at altitude are significantly different than at its simulation in normobaric hypoxia. *Frontiers in Physiology,* 2017 Feb;8:81. [doi:10.3389/fphys.2017.00081]
20. Mairer K, Wille M, Grander W, Burtscher M. Effects of exercise and hypoxia on heart rate variability and acute mountain sickness. *International Journal of Sports Medicine,* 2013;34(8):700-6.
21. Halabchi F, Mazaheri R. The prevalence of acute mountain sickness in Tochal Hotel guest (height of 3545 m) and signs and symptoms of it. *Tehran University Medical Journal,* 2008;66(8):560-6. [In Persian]