

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال هشتم، شماره دوم؛

پاییز و زمستان ۱۴۰۰؛ صفحات ۱-۹

مقاله پژوهشی
Access

تاثیر یک هفته اقامت در ارتفاع بالا بر شاخص‌های ریوی مردان کوهنورد غیر حرفه‌ای

معرفت سیاه‌کوهیان^{۱*}، علی آذرنیا^۲، لطفعلی بلبلی^۳، آمنه پور رحیم قورقچی^۴، انسیه یزدخواستی^۲
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در
سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید.

چکیده

هدف: هیپوکسی و هیپوکاپنیا در انسان می‌تواند باعث انقباض برونش شده و عملکرد فرد را در ارتفاع بالا تحت تأثیر قرار دهد. این امر می‌تواند در افراد غیربومی و کوهنوردان غیرحرفه‌ای مشکل آفرین باشد. هدف تحقیق حاضر تأثیر یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا بر شاخص‌های ریوی مردان کوهنورد غیرحرفه‌ای بود. **روش‌شناسی:** در این پژوهش نیمه تجربی، ۱۰ کوهنورد از امدادگران جمعیت هلال احمر اردبیل با میانگین سنی ($28/6 \pm 4/78$) سال شرکت کردند. شاخص‌های عملکرد ریوی، فشار خون و ضربان قلب در سطح مبنای ۱۴۰۰ متری، پس از صعود به ارتفاع ۳۶۰۰ متری و پس از یک هفته اقامت در ارتفاع اندازه‌گیری شدند. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کواریانس با اندازه‌گیری تکراری در سطح معنی‌داری $P < 0/05$ مورد بررسی قرار گرفت. **یافته‌ها:** نتایج تحقیق حاضر نشان داد حداکثر جریان بازدمی PEF ($p = 0/04$) و فشار خون ($p = 0/022$) پس از صعود و یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متری به طور معنی‌داری کاهش یافتند. همچنین FEV1/FVC پس از صعود به ارتفاع بالا افزایش معنی‌داری داشت ($p = 0/04$). تغییر معنی‌داری در سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده مشاهده نشد ($p > 0/05$). **نتیجه‌گیری:** این نتایج احتمالاً می‌تواند زمینه ساز تجویز اقامت در ارتفاع برای بهبود عملکرد و یا کنترل فشار خون باشد. با این حال نتیجه‌گیری قطعی‌تر نیازمند تایید بیشتر در تحقیقات آینده است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، اسپیرومتری، کوهنورد، عملکرد ریه

۱. استاد گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. (نویسنده مسئول): m_siahkohianuma.ac.ir
۲. گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۴. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

نحوه ارجاع: معرفت سیاه‌کوهیان، علی آذرنیا، لطفعلی بلبلی، آمنه پور رحیم قورقچی، انسیه یزدخواستی. تاثیر یک هفته اقامت در ارتفاع بالا بر شاخص‌های ریوی مردان کوهنورد غیر حرفه‌ای. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۰؛ ۸(۲): ۱-۹.

این مقاله با تبعیت از مجوز CC BY 4.0 با دو شرط استناد به نویسنده و استفاده برای مقاصد غیرتجاری به طور رایگان در دسترس می‌باشد. استفاده، توزیع، بازتولید محتوای آن فقط برای اهداف غیرتجاری مجاز است و در غیر این صورت باید از سازنده اثر اجازه گرفته شود.

حق چاپ متعلق به نویسندگان و امتیاز انتشار آن متعلق به مجله "مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش" است که توسط دانشگاه شهید مدنی آذربایجان منتشر می‌شود.

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۶۵۰۷

DOI: 10.22049/JAHSSP.2021.14295

DOR: 20.1001.1.26766507.1400.8.2.1.7



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

The Effect of One Week Living at High Altitude on Pulmonary Indices in Nonprofessional Male Climbers

Marefat Siahkoughian¹, Ali Azarnia^{*2}, Lotfali Bolboli³, Ameneh Pourrahim Ghouroghchi⁴, Ensieh Yazdkhasti²

Receive 2020 December 5; Accepted 2021 August 31

Abstract

Aim: Both hypoxia and hypocapnia can cause broncho-constriction in humans, and this could have a bearing on performance at high altitude. This can be a problem for non-natives and non-professional climbers. The purpose of this study was to investigate the effect of one-week stay at a height above 3600 m of sea level on the pulmonary indexes of men non-professional climber. **Methodology:** Ten non-professional climbers from Ardabil Red Crescent Society (with an average age of 28.6 ± 4.78) voluntarily participated in this semi-experimental study. Pulmonary function indices, blood pressure and heart rate were measured at the baseline level of 1400 m, after climbing to an altitude of 3600 m and then after a week of staying at an altitude. Data were analyzed using analysis of covariance with repeated measures at a significance level of $P < 0.05$. **Result:** The results of the study showed that Peak Expiratory flow ($p = 0.04$) and blood pressure decreased significantly after ascent to 3600 m and one week living at high altitude. In addition, FEV1/FVC had a significant increase after ascent to high altitude ($p = 0.04$). No significant change was observed in other measured indices ($p > 0.05$). **Conclusion:** These findings might underlie "live high" strategy prescription for ergogenic aids as well as hypertension control. However, more firm conclusion warrants to be verified in future studies.

Keywords: Altitude, Spirometry, Climber, Lung Function.



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

1. Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran. (Corresponding Author): Email: m_siahkohianuma.ac.ir

2 Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

3. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

4. Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Educational Sciences and Psychology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

Cite as: Behzad Babaadeh, Azam Zarshanshan: "The effect of morning exercise on fasting and carbohydrate intake on serum levels of cortisol, testosterone and some risk factors for cardiovascular disease". Applied Health Studies in Sport Physiology. 2021; 8 (2), 1-9.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. © 2021 The Authors. JAHSSP published by Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

DOI: 10.22049/JAHSSP.2021.14295

DOR: 20.1001.1.26766507.1400.8.2.1.7



Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

مقدمه

اکسیژن مصرفی (VO_{2max}) فرد به میزان ۲٪ درصد کاهش می‌یابد. یعنی هر چند سازگاری بدن نسبت به ارتفاع می‌تواند کمک کننده باشد، ولی نمی‌تواند کمبود اکسیژن را به طور کامل جبران کند (۱۵).

برخی پاسخ‌ها و سازگاری‌های بدن بر حسب مقدار ارتفاع و مدت توقف شامل پاسخ‌های متابولیکی، پاسخ‌های تنفسی، پاسخ‌های قلبی-عروقی می‌توانند عملکرد ورزشکاران را تحت تاثیر قرار دهند. از سوی دیگر با افزایش ارتفاع، کنترل مراکز تنفسی با اشکال مواجه می‌شود و احتمال تغییر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی را ممکن می‌سازد. به گونه‌ای که متغیرهای حداکثر تنفس ارادی به صورت سریع^۶ (MVV)، فشار بازدمی حداکثر^۷ (PEF)، حجم بازدمی پر فشار در ثانیه اول^۸ (FEV_1)، فشار دمی حداکثر^۹ (PIF) و ظرفیت حیاتی اجباری و پر فشار^{۱۰} (FVC) تغییر می‌یابند و با توجه به اهمیت هر کدام از آن‌ها در دستگاه ریوی این تغییرات، تاثیرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خاصی را در ورزشکاران به وجود می‌آورد و عملکرد آن‌ها را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۶). در این ارتباط اسلامی (۱۳۹۲) در مطالعه خود نشان داد که با صعود کوتاه مدت به ارتفاع و قرار گرفتن در معرض هیپوکسی، به دلیل کاهش مقاومت راه‌های تنفسی و کاهش چگالی هوا، اکثر شاخص‌های عملکرد ریوی دانش‌آموزان ورزشکار افزایش می‌یابد. مینگلی^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۷) پژوهشی با عنوان پاسخ‌های فیزیولوژیکی به هیپوکسی حاد و شاخص‌های بیماری حاد کوهستان در مردان انجام دادند. گروه AMS افزایش چشم‌گیری در برون‌ده قلبی، ضربان قلب، اپی‌نفرین، نوراپی‌نفرین و اشباع پایین اکسیژن (saO_2) داشتند و اختلاف قابل توجهی در پارامترهای الکتروکاردیوگرام در مقایسه با گروه غیر AMS وجود داشت (۱۷). یانگ زونگ^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود نشان دادند که کوهنوردان غیرحرفه‌ای پس از صعود به ارتفاع ۳۷۰۰ متر در مقایسه با افراد بومی FEV_1 و FVC بالاتری داشتند (۱۸).

اما قرار گرفتن در هیپوکسی حاد، باعث گشادی عروق سیستمیک وابسته و مستقل به اندوتلیوم می‌شود که ممکن است در ابتدا باعث کاهش مختصر فشار خون شود که پس از چند ساعت، به تعادل می‌رسد. با این حال، با افزایش ارتفاع انقباض عروقی (که ناشی از هیپوکسمی شریانی از طریق سیگنالینگ آوران به مناطق کنترل قلب و عروق از اواسط مغز از طریق گیرنده‌های شیمیایی محیطی شریانی واقع در اجسام کاروتید است)، تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در نتیجه، یک افزایش قابل توجه و مداوم در فشار خون شریانی کمی بعد از ورود به ارتفاع بالا، متناسب با ارتفاع محل و به ویژه در ساعات شب قابل مشاهده خواهد بود. این امر منجر به کاهش فشار خون فیزیولوژیکی در هنگام خواب می‌شود که حداقل در ۷ روز اول قرار گرفتن در معرض ارتفاع پابرجا می‌باشد (۱۹). همچنین این امر با افزایش ضربان قلب هم در حالت استراحت و هم در حین تمرین همراه است، اگرچه اصولاً حداکثر

ارتفاع در کوهستان به صورت پایین، متوسط، بالا، خیلی بالا و مفرط^۱ طبقه بندی شده است که ارتفاع بالا از ۲۴۰۰ متر، ارتفاع خیلی بالا از ۴۰۰۰ متر و ارتفاع مفرط از ۵۵۰۰ متر شروع می‌شود (۱). سالانه افراد زیادی به ارتفاعات بالا سفر می‌کنند و در معرض خطر مشکلات مختلفی از جمله بیماری حاد کوهستان^۲ (AMS)، ادم مغزی^۳ ($HACE$) و ادم ریوی در ارتفاع بالا^۴ ($HAPE$) قرار دارند (۲). به طور کلی تغییرات بالینی، فیزیولوژیکی، آناتومیکی و بیوشیمیایی در ارتفاع بالاتر از ۳۰۰۰ متر می‌تواند قابل توجه باشد (۳-۸). ارتفاعات بالا و شرایط هایپوکسی، فشار و استرس ویژه‌ای را بر بدن انسان وارد می‌کند (۹). به طوری که این محیط منحصر به فرد را به یک محیط تحقیقاتی عالی برای بررسی محدودیت‌های فیزیولوژیکی انسان تبدیل کرده است (۱۰). قرار گرفتن در معرض محیط هایپوکسی باعث می‌شود، کلیه سیستم‌های عملکردی بدن از جمله سیستم عضلانی، سیستم قلبی، عروقی و تنفسی با چالش‌های جدی از جمله تغییر در مکانیک تنفس روبرو شوند. در شرایط هایپوکسی کار تنفسی به علت کاهش فشار سهمی اکسیژن و کاهش تراکم گاز افزایش می‌یابد. این امر با خستگی عضلات تنفسی همراه است که منجر به افزایش کار تنفس^۵ (WOB) و تضعیف مکانیک تنفس می‌گردد و این عمل باعث افزایش پارامترهای تهویه‌ای از قبیل حداکثر تهویه دقیقه‌ای و حداکثر فشار بازدمی و افزایش مصرف انرژی عضلات تنفسی می‌گردد (۱۱). هر چند کوهنوردی یک فعالیت مفرح و لذت بخش می‌باشد، ولی ممکن است ورزشکار را با مشکلاتی مواجه نماید که گاه منجر به مرگ وی نیز شود. بنابراین تعداد زیادی از کوهنوردان و ساکنین ارتفاعات نیاز به مراقبت پزشکی و حتی اعمال جراحی دارند که برای ارائه خدمات پزشکی و نیز برخورد با مشکلات بیهوشی و مراقبت‌های ویژه این بیماران نیاز به درک تغییرات فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی افراد در ارتفاعات است (۱۲). اساسی‌ترین مشکل ایجاد شده در اثر کمبود اکسیژن در ارتفاع، بروز بیماری حاد کوهستان است. با بروز بیماری حاد کوهستان قابلیت‌های جسمانی فرد به شدت کاهش می‌یابد و حتی در موارد شدیدتر منجر به مرگ بیمار می‌شود. علائم این بیماری از جمله: سردرد، سرگیجه، ضعف شدید، تنگی نفس، سرفه، بی‌اشتهایی، حالت تهوع و استفراغ، اختلال در راه رفتن، اختلال در خواب، اختلال در دستگاه گوارش و در مراحل پیشرفته تر موجب ادم ریوی و مغزی می‌شود (۱۳). با افزایش ارتفاع، افزایش تهویه ریوی و افزایش ضربان قلب اولین اتفاقی است که اتفاق می‌افتد و با کاهش فشار سهمی اکسیژن، فرد نمی‌تواند به حداکثر اکسیژن مصرفی خود دست یابد (۱۴). پس از یک دوره سازگاری کامل در ارتفاع مشخص (در ارتفاع بالاتر از ۱۵۰۰ متر)، به ازای هر ۳۰۰ متر افزایش در ارتفاع محل فعالیت، بیشینه

۷ . Peek Expiratory flow

۸ . Forced Expiratory Volume in 1 Second

۹ . Peek Inspiratory flow

۱۰ . Forced Vital Capacity

11. Ming li et al.

12. Youg zhung et al.

1. Extreme

2. Acute Mountain Sickness

3. High-altitude cerebral edema

4. High-altitude pulmonary edema

۵ . Work of breath

۶ . Maximum Voluntary Ventilation



وزن سکا (مدل ۲۸۴ ساخت کشور آلمان) و برای سنجش شاخص‌های ریوی از اسپرومتر میکرولب (مدل PSA۱۶۰۰ ساخت ژاپن) مجهز به نمایشگر و چاپگر دیجیتالی استفاده شد. فرایند آزمون در سه مرحله کلی یعنی در ارتفاع پایه محل زندگی و ارتفاع ۳۶۰۰ متر پس از صعود و پس از یک هفته اقامت در ارتفاع به ترتیب زیر اجرا شد.

مرحله اول: آزمون اول در سطح پایه شهر اردبیل در ارتفاع ۱۳۵۰ متر، فشار هوا ۸۶۰ میلی بار (Mbar) و دمای هوا ۲۳ درجه سانتی‌گراد، راس ساعت ۱۱/۳۰ دقیقه ظهر اجرا گردید. مرحله دوم: پس از صعود آزمودنی‌ها به ارتفاع ۳۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا صورت گرفت، آزمون راس ساعت ۱۴ و در شرایطی که فشار هوا ۶۱۰ میلی بار (Mbar) و دما ۲۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از صفر بود انجام شد. مرحله سوم: پس از ۷ شبانه روز اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا، راس ساعت ۱۱ صبح در شرایطی که فشار هوا ۶۰۰ میلی بار (Mbar) و دمای محیط ۱۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از صفر بود انجام شد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های تنفسی، ابتدا اسپرومتر کالیبره شده و سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد که در حالت نشسته بر روی صندلی کاملاً استراحت نموده و پس از آن در حالتی که پشت و ستون فقرات کاملاً صاف باشد، پس از انجام چند دم و بازدم عادی در اسپرومتر (مسیر هوایی بینی توسط گیره مسدود شده بود)، با شنیدن صدای بوق دستگاه، یک بازدم آهسته و حداکثر که با یک دم فوری و عمیق و بلافاصله یک بازدم قوی و حداکثری انجام دهند و متعاقب آن چند دم و بازدم عادی را انجام دهند. در این حالت، نوموگرام تنفس و حجم‌ها و ظرفیت‌های تنفسی توسط دستگاه ثبت می‌شد. هر شرکت کننده این عمل را سه نوبت انجام داده و بیشترین مقادیر محاسبه می‌شد. اگرچه معمولاً برای تعیین PEF، FEV1، FVC و 75% - 25% FEF، پس از یک دم قوی یک بازدم فوری با حداکثر شدت، برای تعیین MVV دم و بازدم حداکثر به مدت ۱۵ ثانیه، و برای تعیین VC پس از یک دم عمیق یک بازدم آهسته و حداکثر انجام می‌شود؛ در این تحقیق از دستگاه اسپرومتری استفاده شد که تمامی این پارامترها را با اجرای یک مانور تنفسی اندازه‌گیری می‌کرد. پس از جمع‌آوری داده‌ها برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو-ویلک استفاده شد. علاوه بر آمار توصیفی، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۲ انجام شد.

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی آزمودنی‌های پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین میانگین و انحراف معیار بدست آمده از شاخص‌های عملکرد ریوی و قلبی-عروقی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار ویژگی‌های عمومی و فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیر انحراف معیار \pm میانگین

میزان ضربان قلب حین تمرین در ارتفاع بالا نسبت به سطح دریا کمتر می‌باشد (۱۲).

بدین ترتیب با توجه به کوهستانی بودن بخش بزرگی از کشور ایران و وجود شهرهای بزرگ زیاد در ارتفاعات بالای ۱۵۰۰ متر از سطح دریا و همچنین گسترش روز افزون طبیعت گردی و کوهنوردی و صعود به قله مرتفع کشور در بین اقشار مختلف جامعه، در حال حاضر خلاء پژوهشی در مورد تأثیرات فیزیولوژیکی مواجهه با ارتفاع بالا و هیپوکسی بر بدن حس می‌شود و در کل اطلاعات بسیار اندکی در این زمینه موجود می‌باشد. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده و ضرورت شناسایی عامل اصلی مقاوم بودن برخی افراد در حین صعود به ارتفاع در برابر بیماری حاد کوهستان و یا کاهش کمتر کارایی قلبی-تنفسی و به طور کلی دارا بودن آمادگی بدنی مطلوب در ارتفاع بالا دارند مشخص نشده است (۲۰). بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر صعود و یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متر بالاتر از سطح دریا بر شاخص‌های قلبی - ریوی مردان کوهنورد غیر حرفه‌ای بود.

روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه تجربی با اندازه‌گیری‌های مکرر بدون گروه کنترل بود. جامعه‌آماری پژوهش حاضر را امدادگران جمعیت هلال احمر شهرستان اردبیل که دارای مدرک آموزش امداد و نجات در کوهستان بودند تشکیل دادند. پس از اعلام فرخوان ۵۰ نفر از امدادگران جمعیت هلال احمر جهت شرکت در پژوهش اعلام آمادگی کردند. بعد از توضیحات لازم به آزمودنی‌ها درباره تحقیق، ۱۵ نفر از افراد واجد شرایط و داوطلب شرکت در آزمون، انتخاب شدند ولی در ادامه ۵ نفر از آزمودنی‌ها به دلایل مختلف از ادامه کار باز ماندند و در نهایت ۱۰ آزمودنی به طور کامل در این طرح پژوهشی حضور یافتند. در ابتدا تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه آگاهانه شرکت در پژوهش را تکمیل و امضا کردند. این پژوهش در شورای اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی با کد ۲۰۱۴۲۸۱ به تصویب رسیده است. معیارهای ورود به تحقیق شامل نداشتن سابقه بیماری قلبی-عروقی یا ریوی، عدم اقامت در ارتفاع در یک ماه گذشته، عدم شرکت در فعالیت شدید در ۲۴ ساعت قبل از اجرای آزمون‌ها، مصرف نکردن مشروبات الکلی و سیگار، استفاده نکردن از دارو یا موادی که در نتایج آزمون تأثیرگذار باشد. آزمودنی‌ها در مدت یک ماه گذشته سابقه حضور و اقامت بلند مدت در ارتفاع بالای ۲۵۰۰ بالاتر از سطح دریا را نداشتند، و همه آنها ساکن اردبیل بوده و حداقل در ۵ سال گذشته در محل پایه اردبیل سکونت داشتند. علاوه بر این به همه آزمودنی‌ها توصیه شد که رژیم غذایی عادی خود را در طول روزهای اجرای آزمون به مدت ۱۰ روز و همچنین یک هفته بعد از برگشت از ارتفاع به منظور مطالعه زمان برگشت به حالت طبیعی حفظ نمایند. همچنین توصیه شد که شب‌های قبل از اجرای آزمون بی‌خوابی نداشته باشند. همه آزمودنی‌ها قبل از انجام آزمون و صعود به ارتفاع توسط پزشک عمومی در هلال احمر مورد معاینه قرار گرفتند و تمامی آزمودنی‌ها از نظر پزشکی شرایط حضور در آزمون را داشتند. فشار خون و ضربان قلب آزمودنی‌ها به حالت نشسته روی نیمکت و از بازوی چپ با استفاده از فشار سنج در مراحل مختلف قبل از صعود به ارتفاع، بعد از صعود و در مراحل مختلف اقامت در ارتفاع مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری دقیق قد و وزن آزمودنی‌ها از دستگاه سنجش قد و

فشار سیستولیک (mHg)	۱۱/۷۹ ± ۰/۶۳	۱۱/۲۳ ± ۰/۶۳	۱۰/۹ ± ۰/۵۳	* ۰/۰۲۲
فشار دیاستولیک (mHg)	۷/۰۷ ± ۰/۴۲	۷/۲۱ ± ۰/۷۶	۷/۵۵ ± ۰/۵۴	۰/۱۵۲
ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	۷۲/۶ ± ۱۰/۵۲	۷۹/۷ ± ۱۰/۶۸	۶۹/۱ ± ۶/۷۵	۰/۲۳۷

* نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی دار

از سوئی شاخص‌های FEV1 (p=۰/۰۶۷)، PIF (p=۰/۵۱۶)، FVC، (p=۰/۲۷۳)، MVV (p=۰/۱۴۹)، FIVC (p=۰/۰۶۶)، FIV1 (p=۰/۰۶۸)، FEF25-75% (p=۰/۱۷۴) و ضربان قلب استراحت (p=۰/۲۳۷) اختلاف معنی‌داری در مراحل مختلف نداشتند (p≥۰/۵).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر، بررسی تأثیر صعود و یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متری از سطح دریا بر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی مردان کوهنورد غیرحرفه‌ای شهر اردبیل بود. اصولاً مطالعات نسبتاً کمی در زمینه تغییرات تست‌های تنفسی در ارتفاعات انجام شده که علت آن مشکلات لجستیک در انجام این‌گونه مطالعات است. بعضی از این مطالعات در فضاهای شبیه سازی شده ارتفاعات انجام شده و یا با تعداد نمونه‌های کم در ارتفاعات صورت گرفته است. به هر حال، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین FVC آزمودنی‌ها، پس از صعود به ارتفاع بالا و یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متر کاهش غیر معنی‌داری داشت. اما، کاهش در FVC به دنبال صعود به ارتفاع در برخی از مطالعات قبلی (به ازای هر ۱۰۰۰ متر صعود شاخص FVC در حدود ۳/۸٪ کاهش می‌یابد) تأیید شده است (۲۱). ولی در تحقیق حاضر میزان این کاهش ۱/۶۴٪ بود که تفاوت در ارتفاع مورد مطالعه، مدت زمان و نحوه صعود و فاکتورهای محیطی از قبیل رطوبت و درجه حرارت می‌توانند از دلایل این تفاوت‌ها باشند. از طرفی احتمالاً، درصد تغییر در FVC ارتباط مستقیمی با ارتفاع صعود دارد. به عبارتی در تغییرات ارتفاع بیشتر، درصد تغییر در FVC به ازای هر ۱۰۰۰ متر بیشتر می‌شود. همچنین کاهش در FVC به دنبال صعود به ارتفاع در نتیجه خیز ریوی نیز روی می‌دهد. وجود مایع بافتی اضافی، عمل انتشار اکسیژن در عرض غشای مویرگی-حبابچه‌ای را سخت‌تر می‌کند. زیرا فاصله انتشار بیشتر می‌شود و قابلیت حل شدن اکسیژن نیز نسبتاً کاهش می‌یابد (۲۲). در این ارتباط فیش و همکاران (۲۰۰۵) حجم‌های ریوی و میزان جریان بازدمی را در صعود کنندگان به ارتفاعات بالا مورد ارزیابی قرار داده و دریافتند که با افزایش ارتفاع، FVC و FEV1 تا ۲۵ درصد مقدار پایه کاهش می‌یابد (۲۳). یافته‌های تحقیق حاضر همچنین نشان داد پس از صعود به ارتفاع شاخص FEV1 اندکی کاهش یافت که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود اما پس از یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متری، میانگین FEV1 آزمودنی‌ها به میزان ۹/۳٪ افزایش یافت هر چند تفاوت معنی‌داری بین FEV1 مردان کوهنورد غیر حرفه‌ای در سه مرحله اندازه‌گیری مشاهده نشد. مطابق با یافته‌های تحقیق حاضر برخی از مطالعات (۲۴، ۲۵) گزارش کرده‌اند که با اقامت در

سن (سال)	۲۸/۶ ± ۴/۷۸
قد (سانتی‌متر)	۱۷۸ ± ۴/۰۲۷
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۹۶ ± ۱۱/۸۹
حد اکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۵۸/۲۴ ± ۵/۷۱
چربی (درصد)	۱۸/۲۳ ± ۴/۲۸
فشار خون سیستولی (میلی متر جیوه)	۱۱/۷۹ ± ۰/۶۵۳
فشار خون دیاستولی (میلی متر جیوه)	۷/۰۵ ± ۰/۴۳۰
ضربان قلب استراحت (ضربه در دقیقه)	۷۲/۶ ± ۱۰/۸۴

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس اختلاف معنی‌داری در مراحل مختلف اندازه‌گیری شاخص‌های PEF (p=۰/۰۴۸، -۵٪/۱۹)، FEV1/FVC (p=۰/۰۴۹، ۸٪/۹) و فشار سیستولیک (p=۰/۰۲۲) نشان داد. در بررسی اختلاف بین مراحل اندازه‌گیری، نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد در شاخص PEF بین مرحله پایه و یک هفته پس از اقامت در ارتفاع اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p=۰/۰۴۸). همچنین اختلاف معنی‌داری بین مراحل پایه و پس از صعود به ارتفاع بالا (p=۰/۰۴۸) در شاخص FEV1/FVC مشاهده شد. بین مرحله پایه و یک هفته پس از اقامت در ارتفاع، در شاخص فشار خون سیستولیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p=۰/۰۱۲).

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار بدست آمده از شاخص‌های عملکرد ریوی و قلبی عروقی در مراحل مختلف اندازه‌گیری

متغیر	مرحله	مرحله پایه	ارتفاع ۳۶۰۰ متر	یک هفته پس از اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متر	سطح معنی‌داری
FVC (L)	۴/۹۳ ± ۰/۶۱	۴/۵۵ ± ۰/۹۸	۴/۸۵ ± ۰/۶۳	۰/۲۷۳	
FEV1(L/S)	۳/۹۹ ± ۰/۴۶	۳/۹۲ ± ۰/۶۲	۴/۴ ± ۰/۶۰	۰/۰۶۷	
FEV1/FVC	۸۱/۲ ± ۰/۵۷	۸۷/۴ ± ۹/۵۷	۸۹/۲ ± ۷/۸۴	۰/۰۴۸	
PEF (L/S)	۱۰/۹۳ ± ۱/۲۱	۱۰/۷۳ ± ۱/۹۹	۱۰/۳۹ ± ۱/۱۶	* ۰/۰۴۸	
PIF (L/S)	۵/۳۶ ± ۲/۱۹	۶/۱۰ ± ۱/۴۸	۶/۳۹ ± ۱/۱۶	۰/۵۱۶	
FEF25-75% (L/S)	۴/۱۲ ± ۱/۰۷	۵/۰۰ ± ۱/۴۰	۴/۷۱ ± ۰/۹۶	۰/۱۷۴	
FIVC (L)	۴/۰۰ ± ۰/۶۹	۳/۵۵ ± ۰/۷۵	۳/۹۱ ± ۰/۴۳	۰/۰۶۶	
MVV (L/MIN)	۱۴۹/۹ ± ۱۷/۳۴	۱۴۷ ± ۰/۷۵	۱۶۲ ± ۰/۴۳	۰/۱۴۹	
FIV1(L)	۳/۳۶ ± ۱/۰۰	۳/۱۷ ± ۰/۷۸	۳/۲۷ ± ۰/۵۳	۰/۶۸۶	

حجم بازدمی با فشار در یک ثانیه اول به ظرفیت حیاتی با فشار و توسط تست FVC اندازه‌گیری می‌شود.

از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر وجود اختلاف معنی‌دار در فشار خون سیستولیک مردان کوهنورد غیرحرفه‌ای در سطوح مینا (۱۴۰۰ متر) و ارتفاع ۳۶۰۰ متری بود. به طوری که یک هفته پس از صعود فشار خون سیستولیک کاهش معنی‌داری داشت و با نتایج تحقیق مینگ لی و همکاران (۱۷) همخوانی دارد.

در حالت کلی شاخص‌های عملکرد ریوی به چند دلیل در ارتفاع می‌توانند تغییر کنند. پایین آمدن چگالی هوا در ارتفاع موجب کاهش مقاومت راه‌های هوایی می‌شوند و شاخص‌های عملکرد ریوی را افزایش می‌دهند. علاوه بر این هیپوکسی ممکن است باعث کاهش ترشح سرفکتانت شود و برگشت‌پذیری ریه‌ها را افزایش دهد و مقاومت راه‌های هوایی کوچک را کاهش دهد که البته در مورد انسان هنوز تایید نشده است (۲۸، ۳۲). افزایش فعالیت هورمون آدرنالین در ارتفاع بارها گزارش شده که سبب کاهش برگشت‌پذیری قابل ارتجاع و گشاد شدن عروق ریوی می‌شود (۱۳). همچنین خستگی عضلات دمی و بازدمی و ایجاد خیز ریوی در ارتفاع این شاخص‌ها را دچار افت می‌کند.

به هرحال، باید اشاره شود که مرادپوریان و همکاران (۹) هم با بررسی تأثیر یک جلسه کوهنوردی در ارتفاع ۲۲۰۰ متری بر اشیاع اکسیژن شریانی و ضربان قلب دختران نوجوان کم تحرک شهرستان خرم‌آباد نشان داده اند که یک جلسه کوهنوردی در ارتفاع ۲۲۰۰ متری بر اشیاع اکسیژن شریانی و ضربان قلب دختران نوجوان تأثیر معناداری دارد. لذا جهت عملکرد بهتر ورزشکاران در مسابقات و نیز ارتقای سطح ورزشی و آمادگی بدنی، برنامه اقامت و تمرین در ارتفاعات به صورت کوتاه مدت را جهت سازگاری‌های بهتر ورزشی، به بازیکنان و مربیان تیم‌های ورزشی توصیه کردند. بنابراین با در نظر گرفتن نتایج تحقیق حاضر مبنی بر کاهش حداکثر جریان بازدمی PEF و فشار خون پس از صعود و یک هفته اقامت در ارتفاع ۳۶۰۰ متری حتی در کوهنوردان سالم غیرحرفه‌ای و افزایش FEV1/FVC به نظر می‌رسد که استراتژی اقامت کوتاه مدت در ارتفاع می‌تواند به عنوان یک روش کارآمد برای ورزشکاران رشته‌های استقامتی تجویز شود. همچنین به نظر می‌رسد که اقامت در چنین ارتفاعاتی بدون انجام فعالیت بدنی و به فشار انداختن ظرفیت‌های قلبی تنفسی، حتی می‌تواند برای بیماران دچار آسم یا بیماری انسداد مزمن ریوی نیز قابل تجویز باشد. اگرچه که دمای هوا و رطوبت در کوهستان می‌توانند دارای تأثیر منفی بر عملکرد تنفسی در بیماران آسمی و انسداد مزمن ریوی باشند. بنابراین نتایج این تحقیق ضمن مطرح کردن یک پیشنهاد امید بخش برای بهبود فعالیت تنفسی در این بیماران نیازمند تایید مستقیم در تحقیقات آینده است.

یکی از مزیت‌های تحقیق حاضر، حضور یک هفته‌ای در ارتفاع ۳۶۰۰ متری بود که بیشتر تحقیقات پاسخ‌های تنفسی مشابه را بدون اقامت و یا در طول مدت زمان یک روزه بررسی کرده‌اند. با این وجود یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر تعداد کم آزمودنی‌ها و عدم اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی و خونزاد درگیر در تنظیم تنفس و فعالیت وازوموتور در عروق سیستمیک و به ویژه عروق ریوی و فشار خون ریوی بود.

ارتفاع بالا FEV1 افزایش می‌یابد. این محققین عقیده دارند که این افزایش به دلیل کاهش مقاومت راه‌های هوایی در اثر کاهش چگالی هوا در ارتفاع ایجاد می‌شود. در این ارتباط ولیزاده و همکاران گزارش کردند پس از صعود به ارتفاع بالا میانگین FEV1 آزمودنی‌ها افزایش معنی‌داری داشت (۲۶). هر چند در تحقیق ماسون و همکاران تغییر معنی‌داری در میانگین FEV1 آزمودنی‌ها پس از صعود به ارتفاع ۳۵۰۰ متری مشاهده نشد (۲۷).

PIF و PEF که به ترتیب نشان دهنده حداکثر جریان دمی و بازدمی می‌باشند و کاهش در آنها نشان دهنده اختلال انسدادی دستگاه تنفسی می‌باشد در ارتفاع بدلیل اینکه چگالی هوا پایین می‌آید و مقاومت راه‌های هوایی را کاهش می‌دهد نسبت به سطح دریا بالاتر می‌رود (۲۱، ۲۷). در تحقیق حاضر کاهش معنی‌داری در میزان PEF یک هفته پس از اقامت در این ارتفاع مشاهده شد که این کاهش می‌تواند در نتیجه التهاب و اختلال انسدادی دستگاه تنفسی و کاهش مقاومت راه‌های هوایی باشد. در ارتفاع بالا به دلیل محدودیت انتشار اکسیژن از هوا به خون، انتقال اکسیژن مختل می‌شود. بنابراین فعالیت سیستم تنفسی افزایش می‌یابد و باعث ایجاد اختلالاتی در سیستم تنفسی می‌شود (۱۴، ۲۸). اما تغییر معنی‌داری در PIF آزمودنی‌ها پس از صعود به ارتفاع ۳۶۰۰ متری و یک هفته اقامت در این ارتفاع مشاهده نشد. ولیزاده و همکاران در تحقیق خود بر روی دختران ورزشکار گزارش کردند PEF و PIF پس از صعود به ارتفاع ۳۶۰۰ متری افزایش معنی‌داری یافت که مخالف با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد (۲۶).

FIV1 در تعیین کمیت انسداد راه‌های هوایی خارج قفسه سینه کاربرد تشخیصی دارد (۲۵). همچنین در ارزیابی کارایی تنفسی و قدرت عضلات تنفسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۹). متأسفانه تحقیقات خیلی کمی این متغیر را در ارتفاع بررسی کرده‌اند. در پژوهش حاضر تفاوت معنی‌داری بین FIV1 مردان کوهنورد غیر حرفه‌ای در سه مرحله اندازه‌گیری مشاهده نشد. این نتیجه با یافته‌های تحقیق یانگ زونگ و همکاران (۱۸) همخوانی ندارد. دلیل این عدم همخوانی می‌تواند تفاوت در نوع آزمودنی‌ها، نحوه صعود و شرایط محیطی باشد.

همچنین نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین MVV کوهنوردان در سطوح مختلف اندازه‌گیری وجود نداشت. MVV یک روش دینامیک علمی برای اندازه‌گیری ظرفیت کاری عضلات تنفسی و در حقیقت از مومن عملکرد کلی دستگاه ریوی می‌باشد. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج به دست آمده از تحقیق گاور همخوانی دارد (۳۰).

به‌علاوه، یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین FEF25-75% کوهنوردان در سطوح مختلف اندازه‌گیری وجود ندارد که با یافته پژوهش حسین و همکاران (۳۱) همسو است. برخی از تحقیقات گزارش کرده‌اند با افزایش ارتفاع این متغیر کاهش می‌باید و خیز ریوی را علت احتمالی این امر بیان نمودند. FEF 25-75% جریان بازدمی با فشار در ۲۵ تا ۷۵ درصد از FVC می‌باشد. یعنی شدت جریان در نیمه میانی منحنی FVC که مقدار طبیعی آن ۵ لیتر بر ثانیه بوده از طریق تست FVC اندازه‌گیری می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد پس از صعود به ارتفاع بالا شاخص FEV1/FVC به طور معنی‌داری افزایش یافت که با یافته‌های تحقیق یانگ زونگ و همکاران (۱۸) همخوانی ندارد. FEV1/FVC نسبت



Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2020;7(1):91-6.

8. Najafi L, Azizi M, Tahmasebi V. The effect of 6 weeks HIIT training in the conditions of hypoxia and normoxia on liver enzymes levels and lipid profiles in overweight women %J Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2016;3(2):56-63.

9. Morad Pourian MR, Farid F. The effect of a mountaineering session at altitude of 2200 meters on arterial oxygen saturation and heart rate in teenage girls. J Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2017;4(1):19-27.

10. Cheung SS, Ainslie PN. Advanced environmental exercise physiology: Human Kinetics; 2022.

11. Mohammadi Mr, Mirdar S. Effect of inspiratory muscle training at high altitude on energy cost, arterial oxygen saturation and 1500m performance of national team's endurance runners. 2016.

12. Parati G, Agostoni P, Basnyat B, Bilo G, Brugger H, Coca A, et al. Clinical recommendations for high altitude exposure of individuals with pre-existing cardiovascular conditions: A joint statement by the European Society of Cardiology, the Council on Hypertension of the European Society of Cardiology, the European Society of Hypertension, the International Society of Mountain Medicine, the Italian Society of Hypertension and the Italian Society of Mountain Medicine. European Heart Journal. 2018;39(17):1546-54.

13. Dhar P, Sharma VK, Hota KB, Das SK, Hota SK, Srivastava RB, et al. Autonomic cardiovascular responses in acclimatized lowlanders on prolonged stay at high altitude: a longitudinal follow up study. PLoS One. 2014;9(1):e84274.

14. West JB. Human responses to extreme altitudes. Integrative and comparative biology. 2006;46(1):25-34.

15. Kovacs K, Lenténé Puskás A, Moravec M, Rábai D, Bácsné Bába É. Institutional environment of students' sports activities in Central Europe. HUNGARIAN EDUCATIONAL RESEARCH JOURNAL (HERJ). 2018;8(2):50-68.

16. Jové ORL, Arce SC, Chávez RW, Alaniz A, Lancellotti D, Chiapella MN, et al. Spirometry reference values for an andean high-altitude population. Respiratory physiology & neurobiology. 2018;247:133-9.

17. Qiu Y, Li M, Li S, Yang T, Liu Y, Zheng S, et al. Physiological responses to acute hypoxia and indicators of acute mountain sickness in males.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر به نظر می‌رسد اقامت کوتاه در ارتفاع (یک هفته) باعث ایجاد تغییرات مناسبی در برخی از حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی می‌شود. اما به نظر می‌رسد جهت ایجاد تغییرات بیشتر و افزایش بیشتر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی و افزایش عملکرد قلبی- تنفسی ورزشکاران باید بررسی‌های بیشتر با تاکید بر مدت زمان بیشتر اقامت در ارتفاع بالا و یا مطالعه پاسخ کمک درمانی چنین مداخلاتی در جمعیت‌های دارای افت ظرفیت تنفسی از جمله بیماران آسمی، انسداد مزمن ریوی و بیماران دارای حساسیت‌های تنفسی مدنظر قرار داده شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه آزمودنی‌های شرکت کننده در این پژوهش که وقت خود را در اختیار ما قرار دادند و در اجرای این پژوهش ما را یاری کردند، نهایت تشکر و قدردانی بعمل می‌آید.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابل از انتشار آن ندارند.

منابع

1. Rolan T. Neurology and altitude illness. Neurology: Clinical Practice. 2015;5(2):102-7.
2. San T, Polat S, Cingi C, Eskizmir G, Oghan F, Cakir B. Effects of high altitude on sleep and respiratory system and their adaptations. The Scientific World Journal. 2013;2013.
3. West J, Schoene R, Luks A, Milledge J. High altitude medicine and physiology 5E: CRC press; 2019.
4. Azali Alamdari K, Bashiri J. Effects of hypobaric endurance training on graded exercise induced lymphocyte mobilization, senescence and their surface thiol levels in elite male athletes. International Journal of Applied Exercise Physiology. 2018;7(1):48-55.
5. Azali Alamdari K, Rohani HJJJoE, Metabolism. Effects of normobaric and hypobaric endurance training on metabolic risk factors in midlife men. IJEM. 2015;17(2):113-23.
6. Moghadasi M, Keshavarz MJ, Rahimi E. Effect of different intensities of aerobic exercise on urinary excretion of sodium, potassium and urea in hypoxia and normoxia conditions in young soccer players. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2021;8(1):102-9.
7. Tadibi V, Cheraghi S. Comparing Serum Orexin-A Levels Between Affected and Non-Affected People to Acute Mountain Sickness. J



- and Kyrgyz healthy males. *Def Life Sci J*. 2020;5(1):3-9.
31. Hussain M, Aslam M. Hypoxia and pulmonary acclimatisation at 4578 m altitude: the role of acetazolamide and dexamethasone. *Journal-Pakistan Medical Association*. 2003;53(10):451-8.
 32. Deboeck G, Moraine JJ, Naeije R. Respiratory muscle strength may explain hypoxia-induced decrease in vital capacity. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37(5):754-8.
- International Journal of Clinical and Experimental Pathology. 2017;10(2):1466-76.
 18. Berntsen S, Bjertness E, Stigum H, Nafstad P. Lung function among 9-to 10-year-old Tibetan and Han Chinese schoolchildren living at different altitudes in Tibet. *High altitude medicine & biology*. 2013;14(1):31-6.
 19. Parati G, Bilo G, Faini A, Bilo B, Revera M, Giuliano A, et al. Changes in 24 h ambulatory blood pressure and effects of angiotensin II receptor blockade during acute and prolonged high-altitude exposure: a randomized clinical trial. *European heart journal*. 2014;35(44):3113-22.
 20. Schoene RB. Limits of human lung function at high altitude. *Journal of Experimental Biology*. 2001;204(18):3121-7.
 21. Sharma S, Brown B. Spirometry and Respiratory Muscle Function During Ascent to Higher Altitudes. *The Annals of Respiratory Medicine*. 2011;2(1):33.
 22. Hale T. *Exercise physiology: a thematic approach*: John Wiley & Sons; 2004.
 23. Lang S, Fischer R. Monitoring of expiratory flow rates and lung volumes during a high altitude expedition. *Eur J Med Res*. 2005;10:469-74.
 24. İşleyen G, Dağlıoğlu Ö. The effect of aerobic exercise on pulmonary function and aerobic capacity in sedentary men. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*. 2020;6(3):80-7.
 25. Moon RE, Camporesi EM. Clinical care at altered environmental pressure. *Ronald D Miller Anesthesia 5th ed USA: Churchill Linivstone*. 2000:2293-97.
 26. Valizadeh A, Faramoushi M, Rezaei M. Comparison of pulmonary function parameters changes at different altitudes in female athletes. *Annals of Biological Research*. 2012;3(3):1600-6.
 27. Mason NP, Barry PW, Pollard AJ, Collier DJ, Taub NA, Miller MR, et al. Serial changes in spirometry during an ascent to 5300m in the Nepalese Himalayas. *High altitude medicine & biology*. 2000;1(3):185-95.
 28. Sharma S, Brown B. Spirometry and respiratory muscle function during ascent to higher altitudes. *Lung*. 2007;185(2):113-21.
 29. Juárez SC, Bouscolet LT, Rangel LGG, Padilla RP. Maximum voluntary ventilation in a Mexican population living at 2240 m above sea level. *Eur Respiratory Soc*; 2015.
 30. Gaur P, Saini S, Ray K, Akunov A, Maripov A, Sharma SK, et al. Influence of altitude on pulmonary function: A comparative study on Indian

