

## مقایسه تست‌های عملکرد ریوی در ارتفاع ۱۱۵۰ متر و ۴۱۵۰ متری در افراد سالم جوان

### چکیده

رضا عزیززاده<sup>۱</sup>

وحید ضیائی<sup>۱\*</sup>

علی موافق<sup>۲</sup>

مسعود یونسیان<sup>۳</sup>

محمد رضا آزادی<sup>۴</sup>

افلاطون مهرآئین<sup>۲</sup>

۱- مرکز تحقیقات پزشکی ورزشی

۲- گروه بیهوشی

۳- گروه اپیدمیولوژی

دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- پژوهشکده طب رزمی نازجا

**زمینه و هدف:** بر اساس مطالعات موجود به علت پایین بودن فشار نسبی اکسیژن محیط در ارتفاعات، احتمال وقوع هیپوکسمی بالا می‌رود که این امر بیشتر در افراد غیر بومی و کوهنوردان مشکل آفرین است. این مطالعه پایه جهت بررسی تغییرات تست‌های عملکرد ریوی در طی صعود به یک ارتفاع خیلی بلند طراحی گردید.

**روش بررسی:** این مطالعه در تابستان ۱۳۸۳ در گروهی از دانشجویان صعود کننده به قله سیلان انجام شد. در طی این صعود ۱۰۰۰ دانشجوی ساکن تهران (در ارتفاع ۱۱۵۰ متری) از منطقه الموت (به ارتفاع ۲۸۵۰ متر) به قله سیلان (به ارتفاع ۴۱۵۰ متر) صعود کردند. از بین این دانشجویان براساس حجم نمونه محاسبه شده ۵۶ نفر بصورت تصادفی انتخاب شدند. برای کلیه شرکت‌کنندگان اسپرومتری با استفاده از دستگاه اسپیرولب II و توسط یک پزشک در ارتفاع محل سکونت و ارتفاع ۴۱۵۰ متر (قله) انجام شد.

**یافته‌ها:** در مجموع ۵۶ نفر با میانگین سنی ۲۲/۹ ± ۵/۳ سال و نمایه توده بدنی ۲۱/۵ ± ۲/۵ مورد مطالعه قرار گرفتند. تغییرات FVC، نسبت FEV<sub>1</sub>/FVC و FEF<sub>25-75%</sub> در قله نسبت به ارتفاع محل سکونت تفاوت معنی‌دار داشتند ولی تغییرات FEV<sub>1</sub> و Peak Flow معنی‌دار نبود. با افزایش ارتفاع کاهش یافته و این کاهش ۲/۴٪ به ازای هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع بود. با افزایش ارتفاع نسبت FEV<sub>1</sub>/FVC و FEF<sub>25-75%</sub> نیز افزایش نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** ظرفیت تنفسی (FVC) با افزایش ارتفاع نسبت به ارتفاع محل سکونت کاهش نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه مشابه مطالعات دیگری بود که در محیط حقیقی کاهش فشار ارتفاع انجام شده بود.

**کلمات کلیدی:** تست عملکرد ریوی، فشار نسبی اکسیژن، کوهنورد، ارتفاعات، اسپرومتری

\*نویسنده مسئول

نشانی: تهران، پزرگراه جلال آل احمد، مقابل  
بیمارستان شریعی، مرکز تحقیقات پزشکی ورزشی

تلفن: ۸-۸۶۳۰۲۲۷

پست الکترونیک: ziaee@tums.ac.ir

## مقدمه

مشخص نشده است. طبق مدارک موجود، در ارتفاعات به علت پایین بودن فشار نسبی اکسیژن محیط احتمال وقوع هیپوکسمی بالا می‌رود که این امر بیشتر در افراد غیر بومی و کوهنوردان مشکل آفرین است.<sup>۱</sup> مطالعات محدودی برای بررسی تغییرات تست‌های تنفسی در ارتفاعات مختلف انجام شده که به علت مشکلات اجرایی و پشتیبانی از جمله انتقال تجهیزات و توقف کوتاه کوهنوردان در ارتفاعات بالا و کوتاه بودن زمان لازم برای انجام اسپرومتری، اکثراً با ایجاد فضای مشابه ارتفاع از لحاظ فشار جو و اکسیژن به مطالعه پرداخته‌اند که در این مطالعات تأثیر فاکتورهای محیطی و فردی بر عملکرد تنفسی نادیده گرفته شده است.<sup>۲،۳</sup>

مطالعات بسیار کمی در فضای واقعی ارتفاعات انجام شده است. در مطالعه انجام شده توسط آقای هاشیماتو<sup>۴</sup> که اسپرومتری طی شش مرحله و در ارتفاعات مختلف حین صعود و بازگشت انجام شد. در این مطالعه (Forced Vital Capacity (FVC)  $3/8$ ،  $FEF_{25-75\%}$  و  $FEV_1$  Expiratory volume in 1 second)  $3/7$  و  $3/6$ ٪ به ازاء هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، کاهش نشان داد.<sup>۴</sup> در مطالعه دیگر که در سال ۱۹۹۴ در کوه هیمالیا بر روی ۵۱ کوهنورد صعودکننده به اورست در سطح دریا و در ارتفاع ۵۳۰۰ متری شش روز پس از استقرار انجام شده دیده شده است کاهش درجه اشباع اکسیژنی ( $SaO_2$ ) با کاهش  $FEV_1$  و FVC همراه است ولی (PEFR) Peak Expiratory Flow Rate تغییر نمی‌کند. بعد از تجویز اکسیژن نیز علیرغم افزایش درجه اشباع اکسیژنی تغییر محسوسی در  $FEV_1$  و FVC دیده نشده است.<sup>۵</sup> مطالعه دیگری در ۴۸ کارگر معدن طلا در ارتفاع ۴۶۰۰ متری نشان داد FVC در دو روز اول اقامت در ارتفاع کاهش یافته ولی بعد از آن به حالت طبیعی برمی‌گردد ولی  $FEV_1$  تغییری در مراحل مختلف نداشته است. همچنین  $FEF_{25-75\%}$  و حداکثر فلوی بازدمی پس از صعود به ارتفاع افزایش یافته و پس از چهار روز نیز بالا باقی ماند.<sup>۶</sup>

مجموع این موارد انجام مطالعه‌ای را به منظور یافتن تغییرات فوری تست‌های تنفسی در ارتفاعات بالا ایجاب می‌کند. این مطالعه به عنوان یک مطالعه پایه جهت بررسی تغییرات عملکرد ریوی در طی صعود به یک ارتفاع بسیار بلند طراحی گردید. از نتایج این مطالعه

بیش از ۴۰ میلیون نفر در سراسر جهان در ارتفاعات بالای ۲۴۳۹ متر زندگی می‌کنند و حدود همین تعداد نیز، هر ساله به ارتفاعات صعود می‌کنند.<sup>۱</sup> کشور ایران نیز با مساحت  $1/648/195$  کیلومتر مربع در یک منطقه کوهستانی قرار دارد به نحوی که  $882115$  کیلومتر مربع (معادل  $54/5$  درصد) آن را کوه‌ها تشکیل می‌دهند. همچنین ایران به واسطه وجود قله منحصر بفرد مانند دماوند به عنوان دومین قله منفرد مرتفع جهان که با شیوع بسیار بالای بیماری حاد کوهستان همراه است<sup>۲</sup> مورد توجه کوهنوردان کشورهای مختلف جهان می‌باشد.

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 می‌شود. 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 فیزیولوژیک و پاتولوژیک افراد در ارتفاعات است.<sup>۱</sup> این نکته شاید در کشوری مانند ایران با اختلاف ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر بین شهرهای مختلف آن اهمیت بیشتری داشته باشد. برای مثال سراب در ارتفاع ۲۸۶۲ متری، سمیرم ۲۵۰۰ متری، بافت ۲۳۵۰ متری و تبریز ۲۱۰۰ متری از سطح دریا قرار دارند در حالیکه اغلب شهرهای ساحلی دریای خزر در ارتفاع ۲۸ متر زیر سطح آب دریای آزاد واقع شده‌اند.

در صورت تدریجی بودن تغییر ارتفاع، بسیاری از مشکلات ناشی از آن بصورت فیزیولوژیک جبران شده و صرفاً علائم فیزیولوژیک بدن از قبیل افزایش تعداد تنفس و ضربان قلب، تغییرات حجم ادرار و تغییرات در میزان اشباع اکسیژن شریانی مشاهده می‌شود، ولی در موارد حاد ممکن است به صورت فیزیولوژیک قابل جبران نبوده و منجر به تغییرات پاتولوژیک در عملکرد بدن و بروز علائم بیماری‌های مختلف شود.

در بسیاری از بررسی‌های بعمل آمده، بیماری‌های طبسی ارتفاعات را ناشی از هیپوکسی یا کم فشاری موجود در ارتفاعات می‌دانند<sup>۱</sup> ولی این موضوع که چه مقدار از این هیپوکسی متأثر از تغییرات عملکرد ریوی است و تغییرات کدام عملکرد، ظرفیت یا اندکس ریوی باعث هیپوکسی و به تبع آن ایجاد بیماری‌های مورد بحث می‌شود، به خوبی

ارتفاع ۴۱۵۰ متری (قله سیلان). شرکت‌کنندگان پس از طی پنج ساعت با اتومبیل و افزایش ۱۶۰۰ متر ارتفاع، به ارتفاع ۲۸۵۰ متر در منطقه الموت رسیده و پس از یک شب استراحت (به مدت ۱۰ ساعت) به قله سیلان در ارتفاع ۴۱۵۰ متری صعود نمودند. مدت صعود حدود ۱۲ ساعت به طول انجامید. با توجه به کوتاه بودن مدت توقف در قله تست تنفسی پس از پنج دقیقه از رسیدن به قله و استراحت انجام شد. کلیه شرکت‌کنندگان یک روز قبل از صعود طی دو نوبت به فاصله ۱۲ ساعت دو میلی‌گرم دگزامتازون (مجموعاً چهار میلی‌گرم) برای پیشگیری از بیماری حاد کوهستان استفاده نمودند. اطلاعات جمع‌آوری شده در نرم‌افزار SPSS ویراست ۱۱ بصورت Double وارد شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت ارزیابی و مقایسه متغیرهای کمی از میانگین و انحراف معیار و تست‌های آماری paired test و repeated measurement استفاده شد. برای متغیرهای کیفی، فراوانی نسبی و حدود اطمینان ۹۵٪ تعیین شد.  $p < 0/05$  معنی‌دار تلقی گردید. این مطالعه به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تهران رسیده و از کلیه شرکت‌کنندگان پس از توجیه نسبت به اهداف مطالعه رضایت کتبی اخذ شد.

### یافته‌ها

در مجموع ۵۶ نفر وارد مطالعه شدند میانگین سنی شرکت‌کنندگان  $(22/9 \pm 5/3)$  سال و میانگین وزن، قدر و نمایه توده بدنی (BMI) به ترتیب  $(67/1 \pm 9/2)$  کیلوگرم،  $(1/76 \pm 0/2)$  متر و  $(21/5 \pm 2/5)$  کیلوگرم بر مترمربع بود. تغییرات تست‌های مختلف عملکرد ریه در ارتفاع ۴۱۵۰ متر نسبت به ۱۱۵۰ متر در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول نشان داده شده است کلیه تست‌ها به جزء  $FEV_1$  و peak flow کاهش معنی‌داری را نشان داد که این تغییر برای پارامتر FVC کاهش و برای پارامترهای  $FEF_{25-75\%}$  و  $FEV_1/FVC$  افزایش بود. میانگین تغییر FVC بعد از ۳۰۰۰ متر افزایش ارتفاع  $7/1\%$  بود که به ازاء هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع  $2/4\%$  بود.

برای فهم بهتر پاتوفیزیولوژی بیماریهای کوهستان خصوصاً بیماری حاد کوهستان که شیوع قابل توجهی در کشور ما دارد استفاده می‌شود.

### روش بررسی

مطالعه از نوع قبل و بعد (before after study) بود که در تابستان ۱۳۸۳ در ارتفاعات الموت انجام شد. جمعیت مورد مطالعه دانشجویان شرکت‌کننده در برنامه صعود تابستانی به ارتفاع ۴۱۵۰ متری قله سیلان بودند. معیار ورود به مطالعه دارا بودن سلامت جسمانی، عدم وجود ناتوانی جسمی یا بیماری مزمن، عدم مصرف سیگار و یا مواد مخدر و ساکن بودن در تهران بود. دانشجویان فوق در بدو ورود به دانشگاه مورد معاینه قرار گرفته بودند و علاوه بر آن معاینات دوره‌ای هر شش ماه یکبار سلامت آنها را تأیید کرده بود. با این حال جهت اطمینان از سلامت شرکت‌کنندگان قبل از شرکت در طرح مجدداً از آنان معاینه بعمل آمد. معیارهای خروج از مطالعه وجود بیماری یا مشکل خاص در معاینات دوره‌ای شش ماه اخیر یا قبل از مطالعه، مصرف سیگار یا مواد مخدر، مصرف داروی خاص (در دو هفته اخیر)، بروز هر مشکلی که مانع ادامه صعود می‌شد بود. همگی دانشجویان شرکت‌کننده در طرح، در خوابگاه دانشجویی زندگی می‌کردند و بطور متوسط روزانه نیم ساعت دو صبحگاهی و نیم ساعت ورزش و نرمش صبحگاهی داشتند. برای محاسبه حجم نمونه براساس مطالعه آقای هاشیماتو که به ازاء هر ۱۰۰۰ متر ارتفاع حدود ۱۷۰ میلی‌لیتر ( $3/8\%$ ) کاهش FVC نشان داد برای نشان دادن این اختلاف با دقت مطالعه  $15\%$  حجم نمونه ۵۶ نفر محاسبه شد. نمونه محاسبه شده بر اساس جدول اعداد تصادفی از میان ۱۰۰۰ دانشجوی شرکت‌کننده در صعود سراسری انتخاب شدند. قبل از صعود علاوه بر ثبت مشخصات دموگرافیک و معاینه شرکت‌کنندگان انجام شد. کلیه شرکت‌کنندگان در دو نوبت مورد ارزیابی تست‌های تنفسی شامل  $FEV_1$ ,  $FEF_{25-75\%}$ , PEF, peak flow و با استفاده از دستگاه اسپیرولب II قرار گرفتند. یک نوبت در ارتفاع محل سکونت در ارتفاع ۱۱۵۰ متر (شهر تهران) و نوبت دیگر در

جدول ۱: مقایسه تست‌های تنفسی در ارتفاع ۱۱۵۰ متر (محل سکونت) و ارتفاع ۴۱۵۰ متر در افراد مورد مطالعه

P <sub>o</sub>	دامنه	تفاوت میانگین	۴۱۵۰ متر	۱۱۵۰ متر	
۰/۰۱	-۰/۱۷ تا -۰/۴۷	-۰/۳	۴/۲±۰/۵	۴/۵±۰/۶	FVC
۰/۲	-۰/۳ تا ۰/۰۸	-۰/۱	۴/۲±۰/۵	۴/۲±۰/۶	FEV <sub>1</sub>
۰/۰۰۱	۴ تا ۸	۶/۲	۹۶/۷±۴/۸	۹۱/۷±۵/۴	(%) FEV <sub>1</sub> /FVC
۰/۰۰۱	۰/۵۳ تا ۱	۰/۸۱	۵/۷±۱/۳	۵/۱±۱/۲	(lit/s) FEF <sub>25-75%</sub>
۰/۰۷	۰/۰۷ تا ۱/۴	۰/۶۷	۹/۹±۱/۹	۹/۱±۱/۹	(lit/s) Peak Flow

جدول ۲: مقایسه درصد تغییرات FVC نسبت به ارتفاع در این مطالعه با مطالعات مشابه

FVC	مطالعه حاضر	مطالعه هاشیماتو <sup>۶</sup>	مطالعه ماسون <sup>۱۳</sup>
ارتفاع صعود شده	۱۱۵۰ متر به ۴۱۵۰ متر	۱۶۲۰ متر به ۵۲۶۰ متر	۲۸۰۰ متر به ۵۳۰۰ متر
میزان تغییر ارتفاع	۳۰۰۰ متر	۳۶۴۰ متر	۲۵۰۰ متر
تغییرات در ۱۰۰۰ متر	٪۲/۴	٪۳/۸	٪۱/۵

## بحث

مطالعه کاهش FVC و افزایش نسبت FEV<sub>1</sub> به FVC را نشان داد در حالی که تغییر معنی‌داری در میزان FEV<sub>1</sub> و peak flow در ارتفاع ۴۱۵۰ متری دیده نشد. کاهش در FVC بدنبال صعود به ارتفاع در برخی مطالعات قبلی نیز گزارش شده است.<sup>۶-۱۳</sup> هاشیماتو کاهش در FVC را به میزان ۳/۸٪ به ازاء هر ۱۰۰۰ متر صعود گزارش کرد<sup>۶</sup> ولی کاهش در مطالعه ما ۲/۴٪ به ازاء هر ۱۰۰۰ متر صعود بود. تفاوت ارتفاع مورد مطالعه (۵۲۶۰ متر در مقابل ۴۱۵۰ متر) و یا فاکتورهای محیطی از قبیل رطوبت و درجه حرارت می‌تواند از دلایل این تفاوت باشد. ضمن آن که صعود در مطالعه ما طی یک برنامه ۲۴ ساعته تنظیم شده بود در حالی که در مطالعه هاشیماتو در یک برنامه یک هفته‌ای انجام شده بود. این احتمال که تغییرات تست‌های تنفسی نسبت مستقیمی با میزان تغییر ارتفاع داشته باشد نیز وجود دارد. به عبارت دیگر احتمالاً در تغییرات ارتفاع بیشتر درصد تغییر FVC به ازاء هر ۱۰۰۰ متر نیز بیشتر می‌شود (جدول شماره ۲). نتایج مطالعه ماسون و همکارانش که کاهش ۱/۴ تا ۱/۶ درصد به ازاء هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع را گزارش کردند نیز می‌تواند دلیلی بر این فرضیه باشد.<sup>۱۳</sup> احتمالاً این یافته به علت تغییرات بافت بینابینی ریه در جریان صعود شبیه به نمای اختلالات محدودکننده ریه (restrictive pattern) می‌باشد.<sup>۶</sup> در برخی مطالعات شبیه مطالعه حاضر FEV<sub>1</sub> در جریان صعود به ارتفاع تغییر معنی‌داری نشان نداده است،<sup>۴</sup> اما در برخی مطالعات

این مطالعه مقایسه‌ای بین وضعیت تست‌های تنفسی در ارتفاع ۴۱۵۰ متر با ارتفاع محل سکونت بود. 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 شبیه‌سازی شده ارتفاعات انجام شده<sup>۳،۴</sup> و یا تعداد نمونه‌ها کم بوده است. مزیت این مطالعه نسبت به مطالعات مشابه تعداد نمونه مورد مطالعه، انجام مطالعه در فضای حقیقی و مشابهت افراد مورد مطالعه بود. در کنار این مزایا برخلاف مطالعات انجام شده در محیط آزمایشگاهی که کلیه فاکتورهای محیطی تحت کنترل است در مطالعات حقیقی شرایط محیطی تحت کنترل نمی‌باشد که از جمله می‌توان به عواملی مانند درجه حرارت و رطوبت محیط، باد سطح استرس افراد و وضعیت هیدراتاسیون افراد اشاره نمود. البته دستگاه مورد استفاده برخی شرایط محیطی مانند درجه حرارت و رطوبت را متعادل (Adjust) می‌نماید. علی‌رغم این مشکلات، از آنجائی که مطالعات انجام شده در محیط حقیقی به شرایط واقعی نزدیکتر است از ارزش بیشتری برخوردار است.

مطالعات متعددی، افزایش FVC و FEV<sub>1</sub> را در ساکنین مناطق مرتفع نسبت به مناطق کم ارتفاع نشان داده است<sup>۱۱-۱۲، ۱۴</sup> اما تغییرات طی یک افزایش ارتفاع در افراد صعود کننده دقیقاً مشخص نیست.

**نتیجه‌گیری:** میزان FVC با افزایش ارتفاع نسبت به ارتفاع محل سکونت کاهش نشان داد. که این تغییر بیشتر مشابه به نمای اختلالات محدودکننده ریه می‌باشد. نتایج این مطالعه مشابه مطالعات دیگری بود که در محیط حقیقی کاهش فشار ارتفاع انجام شده بود در حالی که مطالعات انجام شده در محیط شبیه سازی شده تغییرات دیگری را در تست‌های تنفسی نشان می‌دهد. مطالعات بیشتری در ارتفاعات مختلف الگوی تغییرات را بطور دقیق‌تر نشان خواهد داد. **سپاسگزاری:** این مطالعه حاصل یک طرح تحقیقاتی مصوب بوده که با حمایت مرکز تحقیقات پزشکی ورزشی و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شده که بدینوسیله از ایشان قدردانی می‌گردد. همچنین از دانشجویان شرکت‌کننده در طرح تشکر می‌گردد.

دیگر این پارامتر نیز کاهش نشان داده است.<sup>۵-۷</sup> همچنین در مطالعه ما FEF<sub>25-75%</sub> افزایش معنی‌دار نشان داد. این پارامتر نیز در برخی مطالعات مشابه مطالعه حاضر کاهش<sup>۵-۷</sup> و برخی مطالعات افزایش<sup>۴</sup> نشان داده است. در مجموع یافته‌های این مطالعه شبیه به مطالعات کسانی بود که در محیط حقیقی کاهش فشار ارتفاع انجام شده بود.<sup>۵-۷</sup> تنها تفاوت این مطالعه با مطالعات فوق میزان FEF<sub>25-75%</sub> بود که شبیه مطالعه ولس و همکارانش است که در محیط مجازی انجام شده است.<sup>۴</sup> از آنجایی که در مطالعه حاضر FEV<sub>1</sub> تغییر معنی‌دار نشان نداده و FVC کاهش داشته است نسبت این دو پارامتر افزایش نشان داده است در حالی که در برخی مطالعات که تغییر در هر دو پارامتر بوده این نسبه نیز متناسب با آن تغییر نشان داده است.

## References

- Richard E Moon, Erico M Camporesi. Clinical care At altered environmental pressure. In: Ronald D Miller. Anesthesia. 5th ed. USA: Churchill Linivstone: 2000; p. 2293-97.
- Ziaee V, Yunesian M, Ahmadinejad Z, Halabchi F, Kordi R, Alizadeh R, et al. Acute mountain sickness in Iranian trekkers around Mount Damavand (5671m) in Iran. *Wilderness & Enviromental medicin* 2003; 14: 214-9.
- Coates G, Gray G, Mansell A, Nahmias C, Powles A, Sutton J, et al. Changes in lung volume, lung density and distribution of ventilation during hypobaric decompression. *J Appl physiol* 1979; 46: 752-5.
- Welsh CH, Wagner PD, Reeves JT, Lynch D, Cink TM, Armstrong J, et al. Operation Everest. II: Spirometric and radiographic changes in acclimatized humans at simulated high altitudes. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 1239-44.
- Selland MA, Stelzner TJ, Stevens T, Mazzeo RS, McCullough RE, Reeves JT. Pulmonary function and hypoxic ventilatory response in subjects susceptible to high-altitude pulmonary edema. *Chest* 1993; 103: 111-6.
- Hashimoto F, McWilliams B, Qualls C. Pulmonary ventilatory function decreases in proportion to increasing altitude. *Wilderness Environ Med* 1997; 8: 214-7.
- Pollard A, Barry PW, Mason NP, Collier DJ, Pollard RC, Pollard PF, et al. Hypoxia, hypocapnia and spirometry at altitude. *Clin Sci* 1997; 92: 593-8.
- Saldias F, Beroiza T, Lisboa C. Acute altitude sickness and ventilatory function in subjects intermittently exposed to hypobaric hypoxia. *Rev Med Chil* 1995; 123: 44-50.
- Brutsaert TD, Soria R, Caceres E, Spielvogel H, Haas J. Effect of developmental and ancestral high altitude exposure on chest morphology and pulmonary function in Andean and European/North American natives. *Am J Human Biol* 1999; 11: 383-95.
- Moore LG. Comparative human ventilatory adaptation to high altitude. *Respir Physiol* 2000; 121: 257-76.
- Havryk AP, Gilbert M, Burgess KR. Spirometry values in Himalayan high altitude residents (Sherpas). *Res Physiol Neurobiol* 2002; 132: 223-32.
- Droma T, McCullough RG, McCullough RE, Zhuang JG, Cymerman A, Sun SF, et al. Increased vital and total lung capacities in Tibetan compared to Han residents of Lhasa (3,658 m). *Am J of Phys Anthropol* 1991; 86: 341-51.
- Mason NP, Barry PW, Pollard AJ, Collier DJ, Taub NA, Miller MR, Milledge JS. Serial changes in spirometry during an ascent to 5,300 m in the Nepalese Himalayas. *High Alt Med Biol* 2000; 1: 185-95.

## Comparison of Pulmonary function parameters changes at different altitudes (1150m and 4150m) in healthy athletes

Alizadeh R<sup>1</sup>  
Ziaee V<sup>1\*</sup>  
Movafegh A<sup>1</sup>  
Yunesian M<sup>3</sup>  
Azadi MR<sup>4</sup>  
Mehraein A<sup>1</sup>

1- Sports Medicine Research  
Center  
2-Department of  
Anesthesiology  
3-Department of  
Epidemiology  
Tehran University of  
Medical Sciences

4- Army Medicine Research  
Center

\* Corresponding author  
Sports Medicine  
Research Center,  
AleAhmad Ave,  
Tehran.  
Tel: +98-21-88630227-8  
Email: ziaee@tums.ac.ir

### Abstract

**Background:** Both hypoxia and hypocapnia can cause broncho-constriction in humans, and this could have a bearing on performance at high altitude. The objective of this study was to examine how pulmonary ventilatory function during high-altitude trekking.

**Methods:** This study was a before and after study on spirometric parameters at Base line (1150 m above sea level), and after ascending at 4150 m above sea level. This study was performed in summer 2004 at Cialan Mountain in Iran. Fifty six healthy male University student volunteers were enrolled in the study. Respiratory function was assessed in participants before ascending at baseline (1150 meter) and after ascending at 4150 meter in Cialan Mount with a Spirolab II. Spirometric parameters changes were compared using paired t-test statistical analysis computations were performed by spss 11.5 and  $p \leq 0.05$  was considered significant.

**Results:** The mean age and body mass index of our subjects were  $22.9 \pm 5.3$  years and  $21.5 \pm 2.5$ , respectively. Forced vital capacity (FVC) was significantly decreased with increasing altitude from baseline level ( $P < 0.01$ ). Forced expiratory volume in 1 second to forced vital capacity ratio ( $FEV_1/FVC$ ) and maximal midexpiratory flow rate ( $FEF_{25-75\%}$ ) were significantly increased with increasing altitude ( $P = 0.001$ ). There was no significant change in forced expiratory volume in 1 second and peak flow ( $P > 0.05$ ). FVC fell by the average of 7.1% at 4150m (2.4% per 1000m increased altitude) in comparison to 1150m.

**Conclusion:** The changes in some pulmonary ventilatory parameters were proportional to the magnitude of change in altitude during a high-altitude trek.

**Keywords:** Pulmonary function test, spirometry, altitude, trekking, mountain,