مقاله پژوهشی

# اثر هشت هفته فعالیت ورزشی استقامتی و تمرین عضلات تنفسی بر عملکرد ریوی مردان کوهنورد

**مائده محسنی راد[1]، الهام وسدی[2]*، مینا حقیقی[3]**

۱-کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران

۲-استادیار، گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران

۳-استادیار، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران

* نشانی نویسنده مسئول: شاهرود، میدان هفت تیر، دانشگاه صنعتی شاهرود، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی

Email: e.vosadi@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/٤ بازنگری: ۱٤۰۲/٤/۱ پذیرش: ۱٤۰۲/۸/۲۵

## چکیده

**مقدمه و هدف:** تمرینات ورزشی در تقویت دستگاه تنفس و ارتقای سطح عملکرد ریوی سودمند می‌باشد. هدف تحقیق حاضر، تعیین اثر هشت هفته فعالیت ورزشی استقامتی و تمرین عضلات تنفسی بر عملکرد ریوی مردان کوهنورد بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش کارآزمایی بالینی، با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون، ۳۰ مرد کوهنورد دانشگاه صنعتی شاهرود به صورت تصادفی به سه گروه ده نفری (کنترل، تمرین استقامتی و تمرین عضلات تنفسی) تقسیم شدند. قبل و بعد از برنامه تمرینی از تمام آزمودنی‌ها در گروه‌ها آزمون اسپیرومتری و آزمون بروس گرفته شد. گروه تمرین استقامتی به مدت هشت هفته، سه جلسه در هفته و ۵۰ دقیقه در هر جلسه فعالیت ورزشی استقامتی و گروه تمرین عضلات تنفسی ۳۰ تنفس کامل با دستگاه مکانیکی IMT، انجام دادند. از آزمون T وابسته برای ارزیابی تفاوت درون گروهی، آزمون آنالیز واریانس یک طرفه برای ارزیابی تفاوت بین گروهی و آزمون تعقیبی بونفرونی و سطح معنی داری P<۰/۰۵ استفاده گردید.

**یافته‌ها:** شاخص‌های تنفسی ظرفیت حیاتی آهسته، ظرفیت حیاتی با فشار، حجم بازدمی پرفشار در یک ثانیه، جریان بازدمی اوج، حداکثر جریان بازدم، جریان بازدمی در ٪۷۵-۲۵٪ ظرفیت حیاتی قوی و شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی در گروه تمرین عضلات تنفسی نسبت به گروه تمرینات استقامتی افزایش معناداری داشت. در گروه تمرین استقامتی نسبت به پیش‌آزمون افزایش معناداری نشان داد (P<۰/۰۵).

**بحث و نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج این مطالعه به نظر می‌رسد، استفاده از تمرینات تنفسی با دستگاه IMT و تمرینات استقامتی در تمرینات ورزشی به عنوان مکمل باعث بهبود عملکرد ریوی و فاکتورهای ریوی مردان کوهنورد شود.

**واژه‌های کلیدی:** تمرینات استقامتی، تمرینات عضلات تنفسی، عملکرد ریوی

## مقدمه

سالانه شمار زیادی از مردم به کوهنوردی می‌پردازند که این گونه فعالیت با شرایط خاص خود، با تغییرات فشار محیطی همراه است، به طوری که با افزایش ارتفاع کوه از تراکم اکسیژن محیط کاسته می‌شود. این کاهش فشار سهمی اکسیژن، شرایط هیپوکسی ویژه ارتفاع را بوجود می‌آورد که سبب بروز پاسخ‌های فیزیولوژیک هیپوکسی در بدن می‌گردد. این واکنش‌ها می‌تواند به صورت تغییر در عوامل هماتولوژی مانند هموگلوبین، هماتوکریت، حجم پلاسما، آهن سرم و آنزیم‌ها بروز کند که در بدن کوهنوردان رخ می‌دهد. این تحولات همراه با تغییرات الگوی تنفسی، ضربان قلب و فشارخون می‌تواند بر عملکرد کوهنوردان اثرکاهنده گذاشته و ظرفیت عملی و ظرفیت‌های تنفسی آنان را تقلیل دهد و یا حتی سبب بروز برخی از بیماری‌های کوه گرفتگی شود (۱).

قرار گرفتن در معرض هیپوکسی 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. دستگاه تنفس با همکاری دستگاه قلب و عروق، نقش مهمی در تهیه و تأمین اکسیژن سلول‌ها و تنظیم محیط داخلی بدن به هنگام استراحت و فعالیت به عهده دارد (۲). در شرایط هایپوکسی کار تنفسی به علت کاهش فشار سهمی اکسیژن و افزایش تراکم گازهای شیمیایی افزایش می‌یابد. این امر با خستگی عضلات تنفسی همراه است که منجر به افزایش کار تنفسی WOB[1] 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 (۳). اجرای تمرینات به منظور بهبود عملکرد، دقیقاً بر روی عضلات محیطی و قلبی و عروقی متمرکز بوده است که در این تمرینات کل و یا قسمتی از بدن درگیر می‌شود. برخی مطالعات حاکی از آن است که استفاده از تمرین عضلات تنفسی[2] (RMT) می‌تواند در طول مدت زمانِ اجرای تمرین، باعث کاهش در متابولیسم عضلات تنفسی، کاهش در انباشتگی متابولیک‌ها و به تأخیر انداختن پاسخ گیرنده‌های متابولیکی شود. این مکانیسم‌ها که باعث کاهش در کار عضلات تنفسی می‌شوند، در ابتدا به فرد اجازه می‌دهد از الگوی تنفسی آهسته‌تر استفاده کند. دوم اینکه باعث کاهش در مقاومت راه‌های هوایی با افزایش سطوح نیتریک اکساید می‌گردد و در نهایت افزایش در مکانیک مؤثر در عضلات تنفسی، با بهبود در قدرت و کاهش در مقاومت راه-های هوایی همراه است (٤). مشابه آن چه که با اجرای تمرینات استقامتی و تمرین در شرایط هایپوکسی در عضلات اسکلتی رخ می‌دهد، تمرینات عضلات دمی (IMT)[3] نیز باعث افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو و تغییر در نوع و اندازه فیبرهای عضلانی در عضلات تنفسی می‌گردد. تمرین و تقویت عضلات دمی باعث افزایش حداکثر قدرت عضلات دمی می‌شود که این امرافزایش در میزان حجم جاری، کاهش تعداد تنفس در طی تمرین و افزایش در بهینه مصرف انرژی عضلات ریوی و در نهایت بهبود عملکرد ورزشی را به همراه خواهد داشت (۵).

شواهد علمی نشان می‌دهد که تمرینات ورزشی می‌تواند در تقویت دستگاه تنفس و ارتقای سطح عملکرد ریوی سودمند باشد (٦،٧). بنظر می‌رسد، تمرینات استقامتی کاهش ظرفیت ریه را به تعویق انداخته و حتی آن را افزایش می‌دهد و با تمرینات مؤثر، عامل تنفس، ظرفیت فعالیت را محدود نمی‌سازد. یک فرد تمرین نکرده ممکن است در یک فعالیت بسیار شدید به میزان تهویه‌ای برابر ۱۲۰ لیتر در دقیقه نائل شود؛ که این مقدار در ورزشکاران تمرین کرده ممکن است به ۱۵۰ لیتر برسد (٦،٧). اما اینکه تمرینات عضلات تنفسی می‌تواند همانند تمرینات استقامتی مؤثر باشد یا خیر، اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته است. تورکیویتوو همکاران (۲۰۲۱) تحقیقی با عنوان تأثیر تمرین هوازی و تمرین عضلات دمی بر افزایش ظرفیت عملکردی انجام دادند و اثرات تمرین ورزشی را بر $VO_{2peak}$، حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی و حداکثر فشار دمی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که هر دو تمرین هوازی و تمرین عضلات دمی، ظرفیت عملکردی را بهبود می‌بخشند (۸). ولز و همکاران، به بررسی تاثیر دوازده هفته تمرین همزمان عضلات دمی و بازدمی درشناگران بزرگسال پرداختند. پس از این دوره تمرینی، اختلاف معنی‌داری میان گروه‌ها در عملکرد ریه و قدرت عضلات تنفسی مشاهده نشد. بنابراین، آن‌ها نتیجه گرفتند که اضافه کردن تمرین عضلات تنفسی به برنامه تمرینی شنا نمی‌تواند فواید بیشتری در مقایسه با تمرین شنا به تنهایی ایجاد کند (۹). از سوی دیگر به نظر می‌رسد، شدت تمرینات عضلات تنفسی هم باید به درستی انتخاب شود تا اثرگذار باشد. در مطالعه‌ای فالکنر و همکاران اثر تمرین بر کارایی عضلات تنفسی را مورد توجه قرار دادند و از ٤٠ تا ٦٠ درصد حداکثر قدرت عضلانی جهت تمرینات تنفسی استفاده کردند. آن‌ها افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد سیستم تنفسی مشاهده نکردند (۱۰). در تحقیق دیگری از صد درصد قدرت عضلات تنفسی برای انجام تمرین استفاده شد و محققین نتیجه گرفتند که استفاده از صد درصد حداکثر قدرت عضلانی موجب خستگی و فشار زیاد در افراد می‌گردد و افزایش معنی دار ظرفیت حیاتی را به همراه ندارد. از این رو محققان توصیه نمودند که از شدت پایین‌تری برای تمرینات تنفسی استفاده شود (۱۱). تقریبا تمامی تحقیقات ذکر شده برای ارزیابی آثار تمرین عضلات تنفسی بر عملکرد استقامتی، از آزمون تمرینی استفاده نموده‌اند که در آن‌ها بار کاری ثابت بوده و ملاک اتمام تمرین در آن رسیدن به واماندگی بوده است. اینگونه تمرینات، وابسته به احساس ذهنی فرد از واماندگی، به شدت متغیرند (۱۲،۱۳). از طرف دیگر، برخی از محققین از آزمون‌های عملکرد محور[4] استفاده نموده‌اند.

1. Work of Breathing (respiratory muscle training)
2. Respiratory muscle training
3. inspiratory muscle training
4. performance oriented

این آزمون‌ها معمولاً به صورت تلاش زمانی[1] اجرا می‌شوند، که در آن آزمودنی مقدار معینی از کار یا مسافت معینی را با حداکثر توان و سرعت ممکنه انجام می‌دهد (۱٤). مک کونل، پیشگام استفاده از تکنیک IMT، نشان داده است که استفاده از دستگاه مکانیکی قدرت تنفسی، با ایجاد مقاومت در مقابل فرایند دم در تنفس، تا حد ۳۰ تا ۵۰ درصد آن هم با دو بار تنفس ۳۰ تایی در روز، در افزایش قدرت عضلات تنفسی مؤثر است (۱٤). مطالعات نشان داده‌اند که تمرین عضلات تنفسی باعث افزایش عملکرد استقامتی، در تمرینات با ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت بیشینه یا اندکی کمتر می‌شود (۱۹-۱٤). مطالعات دیگر تاثیر تمرین عضلات تنفسی را بر توانایی انجام تمرین استقامتی بسیار شدید (۸۵ تا ۹۵ درصد ظرفیت بیشینه) مورد مطالعه قرار داده‌اند و به طور همخوانی تاثیری را بر عملکرد مشاهده ننموده‌اند (۲۳-۲۰).

با در نظر گرفتن اهمیت این مطلب که عملکرد ریوی افراد کوهنورد می‌تواند بر عملکرد ورزشی این افراد موثر باشد و با مشاهده نتایج ضد و نقیض در خصوص تمرینات تخصصی عضلات تنفسی و در نظر گرفتن این مطلب که مطالعات اندکی به بررسی دو شیوه تمرینات عضلات تنفسی و استقامتی بر عملکرد ریوی پرداخته‌اند؛ از این‌رو محققین در این پژوهش اثر هشت هفته فعالیت ورزشی استقامتی و تمرینات عضلات تنفسی را بر عملکرد ریوی مردان کوهنورد مورد مقایسه قرار دادند.

## روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع مطالعات آزمایشگاهی- میدانی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون در دو گروه تجربی و کنترل می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش را مردان کوهنورد دانشگاه صنعتی شاهرود با دامنه سنی ۵۵-۳۸ سال و سابقه کوهنوردی ۱۵ تا ۲۰ سال تشکیل دادند. از میان آن‌ها تعداد ٤۵ نفر واجد شرایط برای ورود به مطالعه انتخاب شدند. از این تعداد، در نهایت ۳۰ نفر با میانگین سنی ٤۵±٦ سال و BMI (۲۳/۸۲ ± ۰/۷٦ $kg/m^2$) بصورت داوطلبانه برای حضور در این تحقیق انتخاب شدند.

پژوهش حاضر دارای کد اخلاق در پژوهش با شماره IR.SHAHROODUT.REC.1402.005 از دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و اصول و موازین اخلاقی طبق قوانین مصوب کمیته در پژوهش‌های پزشکی رعایت شده است. ابتدا پس از توجیه کامل شرکت‌کنندگان و تکمیل فرم رضایت نامه و پرسشنامه سلامت عمومی، یک روز قبل از اعمال مداخله، قد و وزن همه آزمودنی‌ها ثبت شد و سپس آموزش‌های لازم جهت انجام اسپیرومتری و پروتکل بروس به آن‌ها داده شد. اسپیرومتری و پروتکل بروس پیش‌آزمون یک روز قبل از اعمال مداخله تمرینی، همچنین اسپیرومتری و پروتکل بروس پس‌آزمون نیز یک روز پس از آخرین جلسه مداخله تمرینی انجام شد. آزمودنی‌ها براساس شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی ($Vo_{2max}$) که در ابتدا با استفاده از پروتکل بروس اندازه‌گیری شد، همگنو به صورت تصادفی به سه گروه تقسیم شدند: ۱) تمرینات استقامتی، ۲) تمرینات عضلات تنفسی ۳) گروه کنترل.

تمرینات استقامتی، شامل هشت هفته و هر جلسه شامل سه مرحله گرم کردن، تمرین اصلی، و سرد کردن بود. تمرین اصلی شامل ۵۰ دقیقه (۳۰ دقیقه تمرین اصلی و ۲۰ دقیقه گرم کردن و سرد کردن) دویدن با شدت ۵۵ تا ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره بر اساس معادله کارووننن در یک پیست دو و میدانی استاندارد بود. در هفتهٔ اول، تمرین با شدت ۵۵ درصد و به مدت ۳۰ دقیقه شروع شد و به مرور فشار کار افزایش یافت (۸۵ درصد و ۵۰ دقیقه در هفتهٔ آخر). شدت فعالیت نیز از شریان کاروتید بصورت دستی کنترل شد (۲٤).

در هشت هفته‌ای که آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به تمرینات خود می‌پرداختند از آزمودنی‌های گروه کنترل خواسته شد که به زندگی عادی خود ادامه دهند و در هیچ برنامه تمرینی شرکت نکنند. پس از هشت هفته، تمامی آزمون‌های انجام شده در پیش‌آزمون برای هر سه گروه مجدداً به‌عنوان پس آزمون تکرار شدند. پیش از شروع تمرینات عضلات تنفسی این پژوهش، برای اعمال مقاومت توسط دستگاه IMT Threshold (دستگاه مکانیکی قدرت تنفسی) از مقیاس بورگ اصلاح شده استفاده شد. نحوه کار بدین صورت بود که با تنظیم درجه دستگاه بر روی یک مقاومت مشخص از آزمودنی‌ها خواسته شد که ۳۰ تنفس کامل را در دستگاه انجام دهند. پس از اتمام ۳۰ تنفس از آزمودنی‌ها در مورد شدت اجرای تمرین تنفسی با توجه به مقیاس بورگ اصلاح شده سوال می‌شد. شدت مورد نظر برای انجام تمرین در این گروه، عدد ۵ (شدید) برای از بین بردن اثر روانی استفاده از دستگاه، در مقیاس بورگ اصلاح شده بود. این کار تا جایی ادامه پیدا می‌کرد که ادراک فرد از نظر شدت اجرای تمرین به عدد مورد نظر می‌رسید. ما بین تلاش‌ها، برای از بین بردن اثر خستگی، زمان کافی به آزمودنی‌ها داده می‌شد و پس از شروع دوره

1. Time trial

تمرینی، هر دو هفته یک بار هم میـزان مقاومـت اعمـال شـده، برای حفظ شدت مورد نظر افزایش پیدا می‌کرد.

در پروتکل IMT threshold، پس از اندازه گیری‌های پایـه، تمرین عضلات دمی سه بار در هفتـه انجـام مـی‌شـد. در ایـن تحقیق با توجه به مطالعات پیشین که اکثـراً تـاثیر ۳۰ تـنفس را مورد ارزیابی قرار داده بودند (۲۸-۲۵)، ما نیز به بررسـی تـاثیر ۳۰ تنفس در هر جلسه پرداختیم. آزمودنی‌ها تمرین خود را، بـا انجام ۳۰ تنفس کامل در برابر دستگاه IMT threshold در حالی که مجرای بینی آن‌ها از طریق گیـره مسـدود شـده بـود انجـام دادند. لازم به ذکر است که برای هر فرد مقاومتی که در جلسـه اول اندازه گیری شده بود اعمال می‌شد و پس از آن نیز هـر دو هفته یکبار، برای حفظ شدت تمرین با توجه به مقیاس بـورگ، میزان مقاومت افزایش می‌یافت. مقاومت دسـتگاه بـرای گـروه تمرینات عضلات دمی مطابق عدد ۵ (شدید) در مقیاس بورگ اصلاح شده تنظیم شده بود تا اثر روانی استفاده از این دسـتگاه حذف شود. پس از هشت هفته تمرین، تمام انـدازه‌گیـری‌هـای انجام شده در پیش آزمون مجدداً تکرار شد (۲۹).

**روش‌های آماری**

اطلاعات مورد نیاز پس از جمع‌آوری، توسط نرم افـزار آمـاری SPSS و کلیه نتایج به صورت (میانگین ± انحراف معیار) بیـان شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون شاپیروویلک برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها، از آزمـون T همبسـته جهـت تعیـین تفاوت درون گروهـی متغیـرهـا و بـرای تعیـین تغییـرات بـین گروهی ابتدا اختلاف قبل و بعد را پیدا کرده و بعـد، از آزمـون ANOVA و سپس آزمون تعقیبی بونفرونی بـرای تعیـین دقیـق محل تفاوت استفاده شد. سطح معنی‌داری برای تمـام تحلیـل-های آماری P≤۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

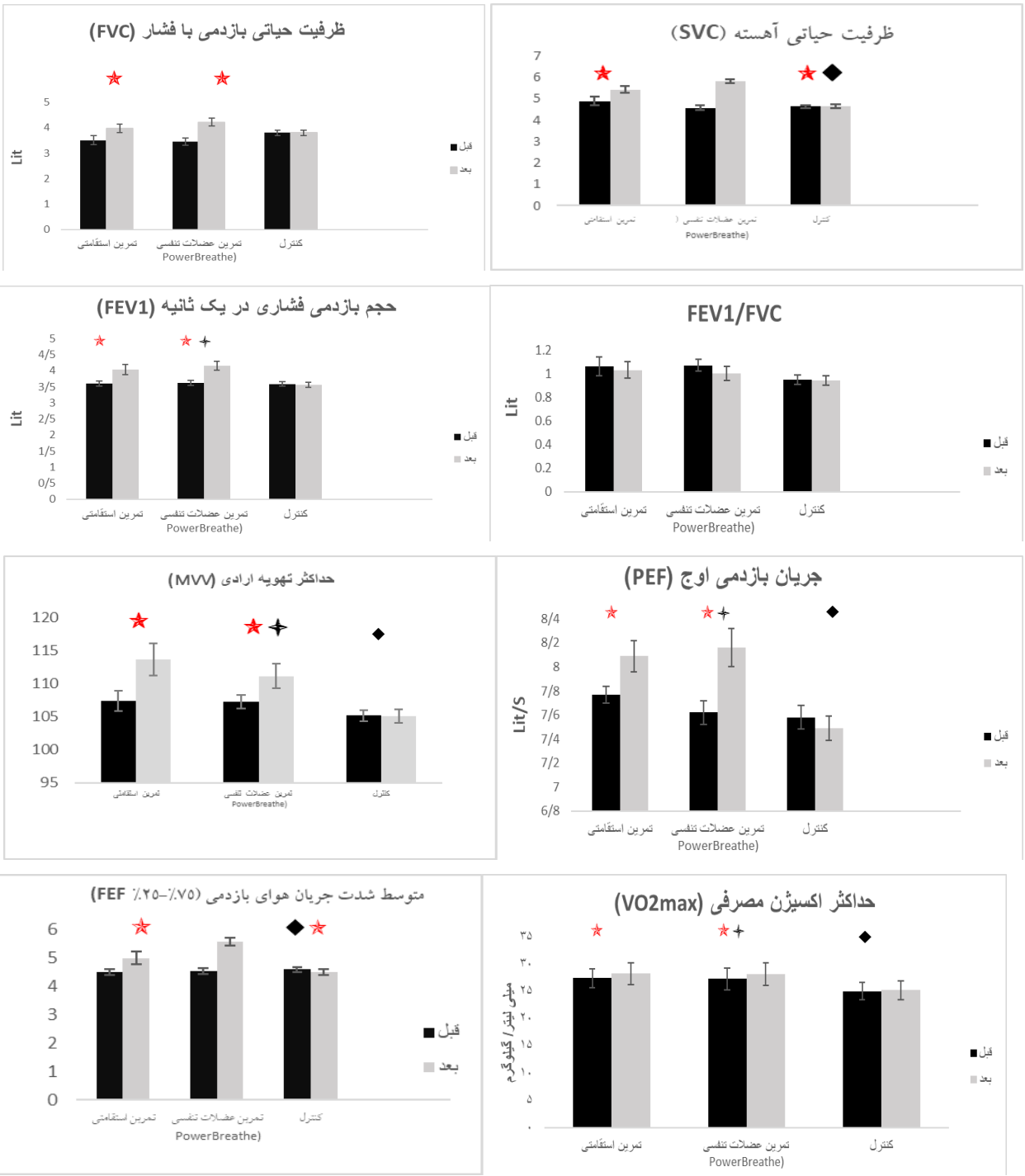
بر اساس نتایج پژوهش حاضر ظرفیت حیـاتی آهسـته (SVC)، ظرفیت حیاتی بازدمی با فشار (FVC)، حجم بازدمی فشاری در یک ثانیه (FEV1)، جریان بازدمی اوج (PEF)، حـداکثر تهویـه ارادی (MVV)، متوسط شدت جریان هوای بازدمی (٪۷۵-٪۲۵ FEF) و حداکثر اکسـیژن مصـرفی ($Vo_{2max}$) در هـر دو گـروه تمرین استقامتی و تمرین عضلات تنفسی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری داشت؛ کـه ایـن افـزایش در گـروه تمـرین عضلات تنفسی بیشتر از گـروه تمـرین اسـتقامتی بـود. نسـبت FEV1/FVC در دو گروه تجربی نسبت به گـروه کنتـرل تغییـر معنی‌داری نداشت (جدول ۱) (نمودار ۱).

**جدول ۱. داده‌های مربوط به SVC، FVC، FEV1، FEV1/FVC، PEF، MVV، ٪۷۵-٪۲۵ FEF و $Vo_{2max}$ در سه گروه مورد مطالعه**

| متغیر | گروه ها | قبل | بعد | P | ANOVA |
|---|---|---|---|---|---|
| ظرفیت حیاتی آهسته (SVC) (لیتر) | تمرین استقامتی | ۴/۰±۸۶/۲۱ | ۵/۰±۴۰/۱۵ | *۰/۰۳۰ | F=۲۸/۹۹۴ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۴/۵۳± ۰/۱۱ | ۵/۷۹± ۰/۰۸ | *۰/۰۰۰۱ | P=۰/۰۰۰۱ |
| | کنترل | ۴/۶۰± ۰/۰۸ | ۴/۶۱± ۰/۰۸ | ۰/۱۱۶ | ◆ |
| ظرفیت حیاتی بازدمی با فشار (FVC)(لیتر) | تمرین استقامتی | ۳/۵۰ ±۰/۱۸ | ۳/۹۷ ± ۰/۱۶ | *۰/۰۱۹ | F=۲/۰۹۳ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۳/۴۴± ۰/۱۴ | ۴/۲۱± ۰/۱۵ | *۰/۰۰۹ | ۱۴ |
| | کنترل | ۳/۷۹۶± ۰/۱۱ | ۳/۷۹۳± ۰/۱۱ | ۰/۲۷۹ | P=۰/۳ |
| حجم بازدمی فشاری در یک ثانیه (FEV1) (لیتر) | تمرین استقامتی | ۳/۶۰ ± ۰/۰۷ | ۴/۰۳ ± ۰/۱۶ | *۰/۰۲۱ | F=۵/۴۳۴ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۳/۶۲± ۰/۰۸ | ۴/۱۶± ۰/۱۴ | *۰/۰۰۶ | P=۰/۰۱۰ |
| | کنترل | ۳/۵۹± ۰/۰۷ | ۳/۵۶± ۰/۰۷ | ۰/۱۳۲ | ◆ |
| FEV1/FVC (لیتر) | تمرین استقامتی | ۱/۰۶ ± ۰/۰۸ | ۱/۰۳ ± ۰/۰۷ | ۰/۶۸۶ | F=۰/۵۳۵ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۱/۰۷± ۰/۰۵ | ۱/۰۰± ۰/۰۶ | ۰/۴۳۶ | P=۰/۵۹۲ |
| | کنترل | ۰/۹۵± ۰/۰۴ | ۰/۹۴± ۰/۰۴ | ۰/۱۷۶ | |
| جریان بازدمی اوج (PEF)(لیتر بر ثانیه) | تمرین استقامتی | ۷/۷۷ ± ۰/۰۷ | ۸/۰۹ ± ۰/۱۳ | *۰/۰۴۳ | F=۷/۵۰۰ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۷/۶۲± ۰/۱۰ | ۸/۱۶± ۰/۱۶ | *۰/۰۰۳ | P=۰/۰۰۳ |
| | کنترل | ۷/۵۸± ۰/۱۰ | ۷/۴۹± ۰/۱۰ | ۰/۰۸۷ | ◆ |
| حداکثر تهویه ارادی (MVV) (لیتر) | تمرین استقامتی | ۱۰۷/۱±۳۶/۵۱ | ۱۱۳/۲±۶۵/۴۶ | *۰/۰۲۴ | F=۵/۶۲۶ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۱۰۷/۲۷± ۱/۰۱ | ۱۱۱/۰۷± ۱/۸۶ | *۰/۰۱۱ | P=۰/۰۰۹ |
| | کنترل | ۱۰۵/۱۲± ۰/۸۲ | ۱۰۵/۰۲± ۱/۰۵ | ۰/۸۵۵ | ◆ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| متوسط شدت هوای جریان بازدمی (FEF ٪۲۵-٪۷۵) (لیتر بر ثانیه) | تمرین استقامتی | ۴٫۴۹ ± ۰٫۰۰۹ | ۴٫۴۹ ± ۰٫۲۳ | *۰٫۰۳۳ | F=۱۰٫۴۲۸ P=۰٫۰۰۰۱ ◆ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۴٫۵۳± ۰٫۱۱ | ۵٫۵۶± ۰٫۱۳ | *۰٫۰۰۰۱ | |
| | کنترل | ۴٫۵۸± ۰٫۰۸ | ۴٫۴۸± ۰٫۱۰ | ۰٫۱۳۸ | |
| حداکثر اکسیژن مصرفی ($Vo_{2max}$) (میلی‌لیتر کیلوگرم بر دقیقه) | تمرین استقامتی | ۲۷٫۱±۳۰٫۷۶ | ۲۸٫۱±۲۵٫۹۹ | *۰٫۰۴۸ | F=۳٫۳۵۵ P=۰٫۰۲۶ ◆ |
| | تمرین عضلات تنفسی | ۲۷٫۱±۲۶٫۹۶ | ۲۸٫۲±۱۸٫۰۷ | *۰٫۰۴۶ | |
| | کنترل | ۲۵٫۱±۰۳٫۶۳ | ۲۵٫۱±۲۰٫۶۹ | ۰٫۳۱۸ | |

* تغییرات درون گروهی؛ ◆تغییرات بین گروهی؛ اختلاف معنی‌داری در سطح P<۰/۰۵




**نمودار ۱ . داده‌های مربوط به شاخص های تنفسی در سه گروه مورد مطالعه**

★ تغییرات درون گروهی؛ ◆ تغییرات بین گروهی؛ اختلاف معنی‌داری در سطح P<۰/۰۵

**جدول ۲. داده‌های مربوط به آزمون تعقیبی بونفرونی SVC، FVC، FEV1، FEV1/FVC، PEF، MVV، ٪۷۵-٪۲۵ FEF و $Vo_{2max}$ در سه گروه**

| متغیر | گروه مبنا | گروه‌های مقایسه | P |
|---|---|---|---|
| ظرفیت حیاتی آهسته (SVC)(لیتر) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۰۰۱* |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۰۰۱* |
| ظرفیت حیاتی بازدمی با فشار (FVC)(لیتر) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۸ |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۱۱ |
| حجم بازدمی فشاری در یک ثانیه (FEV1)(لیتر) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۳۵ |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۱۲* |
| FEV1/FVC (لیتر) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۷ |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۶ |
| جریان بازدمی اوج (PEF) (لیتر بر ثانیه) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۱۲* |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۰۵* |
| حداکثر تهویه ارادی (MVV) (لیتر) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۰۰۹* |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۶ |
| متوسط شدت هوای جریان بازدمی (٪۷۵-٪۲۵ FEF) (لیتر بر ثانیه) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۶ |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۰۰۱* |
| حداکثر اکسیژن مصرفی ($Vo_{2max}$)(میلی‌لیتر کیلوگرم بر دقیقه) | کنترل | تمرین استقامتی | ۰/۰۰۰۳* |
| | | تمرین عضلات تنفسی | ۰/۰۰۰۲* |

• اختلاف معنی‌داری در سطح P<۰/۰۵

## بحث

نتایج پژوهش حاضر افزایش معنادار شاخص‌های ریوی نظیر ظرفیت حیاتی آهسته (SVC)، ظرفیت حیاتی بازدمی با فشار (FVC)، حجم بازدمی فشاری در یک ثانیه ($FEV_1$)، جریان بازدمی اوج (PEF)، حداکثر تهویه ارادی (MVV) و متوسط شدت هوای جریان بازدمی (٪۷۵-٪۲۵ FEF) و شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_{2max}$) در هر دو گروه تمرین استقامتی و گروه تمرین عضلات تنفسی با استفاده دستگاه مکانیکی قدرت تنفسی را نشان داد.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش ویلیامز و همکاران (۲۰۱۵)، آیدا توركیویتو روبریتو و همکاران (۲۰۲۱)، فاطما (۲۰۲۱)، انرایت و همکاران (۲۰۱۱)، انرایت و همکاران (۲۰۰۶) همسو می‌باشد (۲۳،۳۰،۳۱،۳۲،۳۳) و با نتایج پژوهش‌های فالکنر و همکاران (۲۰۱۱)، چاتام و همکاران، کومی و همکاران (۲۰۱۳)، ساندر و همکاران (۲۰۱۳)، میکلبروف و همکاران (۲۰۰۸)، کوک و همکاران (۲۰۰۹) و ریگاناس و همکاران (۲۰۰۸) غیر همسو می‌باشد (۱۰،۲۷،۲۸،۳٤،۳۵،۳٦،۳۷). در این مطالعه با توجه به تجربیات مطالعات گذشته سعی شد که روشی بهتر طراحی گردد. از آنجایی که در مطالعه تحقیقی فالکر و همکارانش مشخص گردید که استفاده از ٤۰٪ حداکثر قدرت عضلانی جهت انجام تمرینات نتیجه مشخصی ایجاد نمی‌کند (۱۰) و از سوی دیگر کومی و همکارانش نشان دادند که استفاده از ۱۰۰٪ قدرت عضلانی باعث خستگی زودرس و کاهش بازده تنفسی می‌گردد (۳٦). در نتیجه در مطالعه حاضر از ۸۰٪ حداکثر قدرت عضلات برای تمرینات عضلات دمی تنفسی استفاده شد. البته این سطح انقباض در مطالعه چاتام و همکارانش نیز به کار گرفته شده و اعلام نمودند که وجود تعداد کم نمونه‌ها (کمتر از ۱۰ نفر) باعث گردید که تغییرات معنی‌داری را نتوانند گزارش کنند (۳٤)؛ که برای جبران این ضعف در مطالعه حاضر تعداد نمونه‌ها به ۱۰ نفر افزایش یافت و جهت کنترل عوامل مخدوش کننده نیز سلامت سیستم قلبی و تنفسی و عدم استعمال دخانیات در این مطالعه کنترل گردید تا مطالعه با اطمینان بیشتری انجام گیرد. کولت و همکارانش عنوان نمودند که تمرینات کوتاه مدت، تأثیر پایداری در افزایش ظرفیت حیاتی تنفس را نخواهد داشت، که در مطالعه حاضر از تمرینات بلندمدت هشت هفته‌ای استفاده گردید (۳۷). همچنین کوک و همکاران (۲۰۰۹)، تاثیر شش هفته تمرین عضلات دمی در برابر ۸۰٪ حداکثر فشار دهانی را بر عملکرد دونده‌های تفریحی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که حداکثر اکسیژن مصرفی و ظرفیت‌های ریوی تغییر نکرده بود (۲۷). ریگاناس و همکاران (۲۰۰۸)، اثر تمرین عضلات دمی را بر قدرت

عضلات دمی، اکسیژن مصرفی بیشینه عملکرد پارو زنان مورد بررسی قرار دادند. ٦ هفته IMT به شکل معنی‌داری فشار دمی بیشینه در حالت استراحت را افزایش داده بود. اما هیچ اختلاف معنی‌داری در مقادیر $VO_2max$، هر دو گروه، قبل و بعد از مداخله مشاهده نشد (۳۸). علت ناهمخوانی پژوهش ساندر و همکاران، کوک و همکاران و ریگاناس و همکاران با پژوهش حاضر مدت ٦ هفته‌ای تمرینات IMT بوده است به همین دلیل در این پژوهش مدت زمان ۸ هفته‌ای تمرینات IMT را استفاده نمودیم.

یکی از عوامل دخیل در چنین مطالعاتی نقش آموزش و یادگیری در حین انجام تست و نحوه انجام تست است که معمولاً موجب شبهه و تردید در نتایج می‌گردد. به همین منظور گروه کنترل استفاده گردید تا بتوان آن را کنترل کرد. البته به نظر می‌رسد مورد یادگیری تاثیری در مطالعه حاضر نداشت.

افزایش قدرت عضلات دمی باعث افزایش در حجم و جریان دمی می‌شود. طبیعتاً این امر نیز باعث افزایش در مصرف انرژی عضلات دمی در حین اجرای IMT و متعاقب آن افزایش در بهره وری تنفسی خواهد گردید. با توجه به یافته-های پژوهش حاضر تفاوت معناداری بین گروه کنترل، گروه تمرین استقامتی و گروه IMT بر اکثر شاخص‌های ریوی مشاهده گردید که گروه IMT با افزایش معنادار این شاخص‌ها همراه بود. افزایش قدرت عضلات تنفسی باعث افزایش در قطر راه‌های هوایی و افزایش در حجم ریوی می‌گردد که متعاقب آن کاهش کار تنفسی را به همراه دارد؛ که با نتایج براون (۲۰۱۰) همسو است (۳۹). تغییرات در حجم‌ها و جریان‌های تنفسی در نتایج مطالعات لیدن هولم (۲۰۰۷) نشان داده شد. تغییر درFVC، SVC و مجموع این عوامل بر انرژی مصرفی عضلات دمی تأثیر گذار است و تمرین ورزشی استقامتی و قدرت عضلات تنفسی عملکرد ریوی ورزشکاران را بهبود می‌بخشد و منجر به کاهش مقاومت در مجاری تنفسی آن‌ها می‌شود، ارتجاع پذیری ریوی و اتساع آلوئولی را افزایش می‌دهد و حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی را توسعه می‌بخشد (٤٠).

از دیگر یافته‌های پژوهش حاضر افزایش ظرفیت حیاتی آهسته (SVC)، ظرفیت حیاتی بازدمی با فشار (FVC)، حجم بازدمی فشاری در یک ثانیه ($FEV_1$)، جریان بازدمی اوج (PEF)، حداکثر تهویه ارادی (MVV) و متوسط شدت هوای جریان بازدمی (٧٥٪-٢٥٪ FEF) و شاخص حداکثر اکسیژن مصرفی ($VO_2max$) در گروه تمرین استقامتی می‌باشد که با یافته‌های پژوهش‌های کلانتون و همکارانش (۲۰۱۲)، هالک و همکاران (۲۰۱۵)، کیسر و همکاران (۲۰۱۵) و عطارزاده حسینی و همکاران (۱۳۹۱) همسو می باشد (٤١-٤٥). کلانتون و همکارانش (۲۰۱۲) با تحقیق روی فوتبالیست‌ها پس از ٦ ماه تمرین مداوم به این نتیجه دست یافتند که برنامه تمرینی افزایش معناداری را بر حداکثر تهویه ارادی (MVV) و ظرفیت حیاتی (VC) داشته است (٤٢). هالک و همکاران (۲۰۱۵)، در پژوهشی تأثیر یک دوره تمرین استقامتی بر عملکرد ریه را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه نهایی این تحقیق نشان داد که فعالیت جسمانی برخی از عملکردهای ریه مانندMVV و VC را بهبود داد (٤٣). کیسر و همکاران (۲۰۱۵) عنوان داشتند که انجام سه جلسه تمرین هوازی در هفته باعث بهبود عملکرد ریوی و افزایش پارامترهای تنفسی در بیماران ریوی گردید (٤٥). عطارزاده حسینی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی تحت عنوان "تغییرات عملکرد ریوی و اوج اکسیژن مصرفی متعاقب برنامه تمرین هوازی تناوبی در دختران فعال" نشان دادند که تمرینات استقامتی در دختران جوان باعث افزایش توانمندی و هماهنگی عضلات تنفسی به ویژه عضلات بازدمی شده و از طریق افزایش ظرفیت‌ها و حجم‌های ریوی باعث بهبود عملکرد ریه می‌شود (٤٤). در همین راستا نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های هاگبرگ و همکاران (۲۰۱۲) (٤٦) وضیایی و همکاران (١٣٨٤) غیر همسو می‌باشد (٤٧).

تمرین عضلات دمی با افزایش حداکثر قدرت عضلات دمی، باعث افزایش در میزان حجم جاری، کاهش تعداد تنفس در طی تمرین و افزایش در بهینه مصرف انرژی عضلات ریوی و در نهایت بهبود ظرفیت‌های ریوی و عملکرد ورزشی می‌شود (٥). تمرینات استقامتی نیز باعث بهبود عملکرد ریوی و افزایش حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی می‌گردد. این برنامه‌ها با تقویت کارایی مکانیکی عضلات تنفسی شاخص‌های ریوی را بهبود می‌بخشد (٤٨). اینگونه تمرینات با تقویت عضلات اصلی و موثر در تعیین میزان اوج جریان دمی و افزایش خاصیت ارتجاعی عضلات تنفسی و اتساع پذیری قفسه سینه، کار تنفسی و انرژی مصرفی برای تهویه ریوی را کاهش و باعث افزایش FVC و $FEV_1$ می‌شوند (٤٩). همچنین فعالیت-های استقامتی با کاهش حجم باقیمانده و افزایش حجم ذخیره

دمی و ظرفیت حیاتی موجب افزایش ظرفیت کل ریه شده و به بهبود تهویه ریوی کمک می‌نماید (۵۰).

از دیگر یافته‌های مطالعه حاضر عدم تغییر معنادار نسبت FEV1/FVC در هر دو گروه تمرین عضلات تنفسی و تمرین استقامتی می‌باشد. بطور کلی می‌توان گفت، تحقیقات بسیار اندکی به آثار تمرین بدنی برنسبت FEV1/FVC پرداخته‌اند.

با این وجود نتایج این تحقیق با نتایج عطار زاده حسینی (۱۳۹۰) که بیان کرد نسبت FEV1/FVC در ورزشکاران و غیر ورزشکاران تفاوت معناداری ندارد (۵۱) و با نتایج تحقیق ایزدی و همکاران (۲۰۱۱) که بیان کردند نسبت FEV1/FVC در اثر تمرین هوازی بصورت معناداری افزایش می‌یابد در تناقض است (۵۲).

کوهنوردی و صعود به ارتفاع، از جمله فعالیت‌های بدنی محسوب می‌شود که در آن ریه و سیستم تنفسی فرد با چالش-های جدی از جمله شرایط هیپوکسی روبرو می‌شود (۵۳). بدین منظور، در این تحقیق بر خلاف تحقیقات پیشین و برای اطمینان از اثرگذاری بیشتر، از۸۰٪ حداکثر قدرت عضلات برای تمرینات عضلات دمی تنفسی (IMT) استفاده کردیم. در نهایت اجرای هشت هفته تمرینات تنفسی با استفاده از IMT threshold و تمرینات استقامتی موجب افزایش فاکتورهای عملکرد تهویه‌ای (SVC، FVC، FEV1، PEF، MVV، (٪۷۵–٪ FEF ۲۵) و همچنین افزایش $VO_{2max}$ شد. به طور کلی، نتایج تحقیق ما از سودمندی غیرقابل انکار تمرینات تنفسی با استفاده از IMT threshold و تمرینات استقامتی حمایت می‌کند. تحقیق حاضر با محدودیت‌هایی نیز روبه رو بود که می‌توان به عدم توانایی در تحت کنترل قرار دادن دقیق برنامه غذایی، دما، محیط، سطح انگیزش آزمودنی‌ها، استرس‌های روانی، شیوه زندگی و ویژگی‌های ژنتیکی اشاره کرد.

## نتیجه‌گیری

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تمرینات تنفسی با استفاده از IMT threshold و تمرینات استقامتی می تواند فاکتورهای عملکرد تهویه ای و عملکرد ریه را در کوهنوردان بهبود بخشد. اما با توجه به نتایج آزمون های بین گروهی در اکثر شاخص‌های ریوی تمرینات تنفسی با استفاده از IMT threshold نسبت به تمرینات استقامتی نتایج بهتری را نشان داده است. بنابراین تمرینات تنفسی با استفاده IMT threshold با چنین پروتکلی می تواند بر فاکتورهای عملکرد تهویه‌ای (SVC، FVC، FEV1، PEF، MVV، (٪۷۵–٪ FEF ۲۵) تاثیر معنادارتری داشته باشد.

## تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌های شرکت‌کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

## منابع


1. Seifert L, Wolf P, Schweizer A, editors. The Science of Climbing and Mountaineering. *Taylor & Francis*; 2016 Sep 19.
2. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. *Lippincott Williams & Wilkins*; 2010.
3. Lundgren C. (1984). Respiratory function during simulated wet dives. *Undersea biomedical research*. 11(2):139-47.
4. Ray AD, Pendergast DR, Lundgren CE. Respiratory muscle training improves swimming endurance at depth. *Undersea & Hyperbaric Medicine*. 2008 May 1;35(3):185.DOI: 10.1007/s00421-006-0359-6
5. McConnell AK. Respiratory muscle training as an ergogenic aid. *Journal of exercise science & fitness*. 2009 Jan 1;7(2): S18-27.Doi: 10.1016/S1728-869X(09)60019-8
6. Thaman RG, Arora A, Bachhel R. Effect of physical training on pulmonary function tests in border security force trainees of India. *Journal of life sciences*. 2010 Jul 1;2(1):11-5. Doi:10.1080/09751270.2010.11885147
7. Troosters T, Gosselink R, Janssens W, Decramer MJ. Exercise training and pulmonary rehabilitation: new insights and remaining challenges. *European Respiratory Review*. 2010 Mar 1;19(115):24-9. DOI: 10.1183/09059180.00007809
8. Turquetto AL, Dos Santos MR, Agostinho DR, Sayegh AL, de Souza FR, Amato LP, Barnabe MS, de Oliveira PA, Liberato G, Binotto MA, Negrão CE. Aerobic exercise and inspiratory muscle training increase functional capacity in patients with univentricular physiology after Fontan operation: a randomized controlled trial. *International Journal of Cardiology*. 2021 May 1; 330:50-8. Doi: 10.1016/j.ijcard.2021.01.058
9. Wells GD, Plyley M, Thomas S, Goodman L, Duffin J. Effects of concurrent inspiratory and expiratory muscle training on respiratory and exercise performance in competitive swimmers. *European journal of applied physiology*. 2005 Aug;94(5):527-40. Doi:10.1007/s00421-005-1375-7
10. Faulker JA, Macklem RC. Structural and function adaptation of skeletal muscle in PT. The Thorax. 2nd ed. Part B: Applied Physiology. *Lung Biology in Health and Disease*. New York: Marcel Dekker. 1995:1329-51.
11. Harries M, editor. Oxford textbook of sports medicine. *Oxford University Press*, USA; 1994.
12. Jeukendrup A, Saris WH, Brouns FJ, Kester AD. A new validated endurance performance test. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996 Feb 1;28(2):266-70. DOI: 10. 1097/00005768-199602000-00017

13. Sonetti DA, Wetter TJ, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiration physiology*. 2001 Sep 1;127(2-3):185-99. Doi: 10.1016/S0034-5687(01)00250-X
14. Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *International journal of sports medicine*. 2002 Jul;23(05):353-60. Doi: 10.1055/s-2002-33143
15. Boutellier U, Piwko P. The respiratory system as an exercise-limiting factor in normal sedentary subjects. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1992 Mar;64(2):145-52. Doi: 10.1007/BF00868139
16. Markov G, Spengler CM, KnoÈpfli-Lenzin C, Stuessi C, Boutellier U. Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. *European journal of applied physiology*. 2001 Aug;85(3):233-9. Doi:10.1007/s004210100450
17. McMahon ME, Boutellier U, Smith RM, Spengler CM. Hyperpnea training attenuates peripheral chemosensitivity and improves cycling endurance. *Journal of Experimental Biology*. 2002 Dec 15;205(24):3937-43. Doi:10.1242/jeb.205.24.3937
18. Spengler CM, Roos M, Laube SM, Boutellier U. Decreased exercise blood lactate concentrations after respiratory endurance training in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1999 Apr;79(4):299-305. Doi: 10.1007/s004210050511
19. Stuessi C, Spengler CM, KnoÈpfli-Lenzin C, Markov G, Boutellier U. Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *European journal of applied physiology*. 2001 Jun;84(6):582-6. Doi:10.1007/s004210100408
20. Fairbarn MS, Coutts KC, Pardy RL, McKenzie DC. Improved respiratory muscle endurance of highly trained cyclists and the effects on maximal exercise performance. *International journal of sports medicine*. 1991 Feb;12(01):66-70. Doi: 10.1055/s-2007-1024658
21. Inbar OM, Weiner PA, Azgad YA, Rotstein AR, Weinstein YI. Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000 Jul 1;32(7):1233-7. Doi: 10.1097/00005768-200007000-00008
22. Morgan DW, Kohrt WM, Bates BJ, Skinner JS. Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. *International journal of sports medicine*. 1987 Apr;8(02):88-93. Doi: 10.1055/s-2008-1025647
23. Williams JS, Wongsathikun JA, Boon SM, Acevedo EO. Inspiratory muscle training fails to improve endurance capacity in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise (MSSE) | ACSM Journal*. 2002 Jul 1;34(7):1194-8. DOI: 10.1097/00005768-200207000-00022
24. Gibson AL, Wagner D, Heyward V. Advanced fitness assessment and exercise prescription, 8E. *Human kinetics*; 2018 Sep 27. [Book]
25. Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European journal of applied physiology*. 2010 Feb;108(3):505-11. Doi: 10.1007/s00421-009-1228-x
26. Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones DA. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise (MSSE) | ACSM Journal*. 2004 May;33(5):803-9. http://hdl.handle.net/2436/7229
27. Kwok TM, Jones AY. Target-flow inspiratory muscle training improves running performance in recreational runners: a randomized controlled trial. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2009 Jan 1;27(1):48-54. Doi:10.1016/S1013-7025(10)70008-7
28. Romer LM, Mcconnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *Journal of sports sciences*. 2002 Jan 1;20(7):547-90. Doi: 10.1080/026404102760000053
29. Haghighi M, Hamledari A, Ghasemikahrizsangi G. The effect of inspiratory muscle training on the thoracic spine curve, inspiratory volume and cardio-respiratory endurance in boys with hyper-kyphosis. *International Journal of Health Studies*. 2020 Apr 6;6(2). Doi:10.22100/ijhs. v6i2.739
30. Turquetto AL, Dos Santos MR, Agostinho DR, Sayegh AL, de Souza FR, Amato LP, Barnabe MS, de Oliveira PA, Liberato G, Binotto MA, Negrão CE. Aerobic exercise and inspiratory muscle training increase functional capacity in patients with univentricular physiology after Fontan operation: A randomized controlled trial. *International Journal of Cardiology*. 2021 May 1; 330:50-8. Doi: 10.1016/j.ijcard.2021.01.058
31. Hegazy FA, Mohamed Kamel SM, Abdelhamid AS, Aboelnasr EA, Elshazly M, Hassan AM. Effect of postoperative high load long duration inspiratory muscle training on pulmonary function and functional capacity after mitral valve replacement surgery: A randomized controlled trial with follow-up. *PloS one*. 2021 Aug 27;16(8): e0256609. Doi: 10.1371/journal.pone.0256609
32. Enright SJ, Unnithan VB. Effect of inspiratory muscle training intensities on pulmonary function and work capacity in people who are healthy: a randomized controlled trial. *Physical therapy*. 2011 Jun 1;91(6):894-905. Doi:10.2522/ptj.20090413
33. Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, Withnall L, Davies DH. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Physical therapy*. 2006 Mar 1;86(3):345-54. Doi:10.1093/ptj/86.3.345
34. Chatham K, Baldwin J, Oliver W, Summers L, Griffiths H. Fixed load incremental respiratory muscle training: A pilot study. *Physiotherapy*. 1996 Jul 1;82(7):422-6. Doi:10.1016/S0031-9406(05)66452-8
35. Mickleborough TD, Stager JM, Chatham K, Lindley MR, Ionescu AA. Pulmonary adaptations to swim and inspiratory muscle training. *European journal of applied physiology*. 2008 Aug;103(6):635-46. Doi:10.1007/s00421-008-0759-x
36. Komi P, editor. Strength and power in sport. *John Wiley & Sons*; 2008 Apr 15.
37. Kolt G, Snyder-Mackler L, editors. Physical therapies in sport and exercise. *Elsevier Health Sciences*; 2007 Aug 22.

38. Riganas CS, Vrabas IS, Christoulas K, Mandroukas K. Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO^ sub 2max^ levels in well trained rowers. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2008 Sep 1;48(3):285. Doi: 10.1080/02640414.2019.1646582
39. Brown RH, Mitzner W. Effect of lung inflation and airway muscle tone on airway diameter in vivo. *Journal of Applied Physiology*. 1996 May 1;80(5):1581-8. Doi:10.1152/jappl.1996.80.5.1581
40. Lindholm P, Wylegala J, Pendergast DR, Lundgren CE. Resistive respiratory muscle training improves and maintains endurance swimming performance in divers. *Undersea & Hyperbaric Medicine*. 2007 May 1;34(3):169. Doi: 10.1007/s00421-006-0359-6
41. Park J, Han D. Effects of high intensity aerobic exercise on treadmill on maximum-expiratory lung capacity of elderly women. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(8):1454-7. Doi: 10.1589/jpts.29.1454
42. Clanton T.L. Effect of soccer training on lung volumes and inspiratory muscle conditioning. *Journal Of Applied Physiology*.2012; 62(1),39-46. DOI:10.1152/jappl.1987.62.1.39
43. Hulke SM. Effect of endurance training on lung function: a longitudinal study. *International journal of biological & medical research.* 2011 Jan 31;2(1):443-6. DOI: 10.1136/bjsm.2004.014464
44. Attarzadeh SR, Hojati Z, Soltani H, Hossein Kakhk SA. Changes in pulmonary function and peak oxygen consumption in response to interval aerobic training in sedentary girls. *Quarterly Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2012; 19(1):42-51. [In Persian]
45. Keyser RE, Woolstenhulme JG, Chin LM, Nathan SD, Weir NA, Connors G, Drinkard B, Lamberti J, Chan L. Cardiorespiratory function before and after aerobic exercise training in patients with interstitial lung disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention.* 2015 Jan;35(1):47. Doi: 10.1097/HCR.0000000000000083
46. Hagberg JM, Yerg 2nd JE, Seals DR. Pulmonary function in young and older athletes and untrained men. *Journal of Applied Physiology*. 1988 Jul 1;65(1):101-5. Doi:10.1152/jappl.1988.65.1.101
47. Zieaei V, Ahmadinezhad Z, Farahi A, Movahedi M, Mansournia MA. Comparison Of Pulmonary Function Parameters Changes Among Professional And Semi-Professional Basketball Athletes. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences.*2006; 3:(31):172-177. [In Persian]
48. Silva CS, Torres LA, Rahal A, Terra Filho J, Vianna EO. Comparison of morning and afternoon exercise training for asthmatic children. *Brazilian journal of medical and biological research.* 2006 Jan;39(1):71-8. Doi: 10.1590/S0100-879X2006000100008
49. Tofighi A, Ameri HS, Tolouei Azar J. The effects of 12 week endurance, resistance, and concurrent training on respiratory capacity and volumes in male non-active students. Clinical and Translational Physiology. 2012; 20(2): 99-111. [In Persian] Doi: 10.3389/fphys.2021.630831
50. Fallahmohamadi Z, Tari M. Effects of cycle ergometer aerobic training program on some of the ventilatory indices in chemically lung injured veterans with exposure to mustard gas. *Research on Sport Sciences*. 2009; 1:13-27. url: https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/455909 [In Persian]
51. Attarzadeh SR. The effects of aerobic exercise program on pulmonary volumes and capacities and VO2max of non-athlete female students. *sport sciences*. 2016; 15(2): 96-100.URL: https://www.magiran.com/paper/988562/ [In Persian]
52. Eizadi M, Seyed Hoseini MA, Khorshidi D, Dooaly H. Respiratory function does not affect by a single bout cycling in obese men. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 2011؛ 1(6), 221-227. [In Persian]
53. Sheel AW & MacNutt MJ. Control of Ventilation in Humans Following Intermittent Hypoxia. *Applied Physiology Nutrition*. 2008; 33: 573-581.DOI: 10.1139/H08-008.

# The effects of eight-week endurance training and respiratory muscle training on the pulmonary function of male Mountaineers

***Meadah Mohseane Rad[1], Elham Vosadi[2*], Mina Haghighi [3]***

1. MSc, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and sport sciences, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and sport sciences, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran
3. Assistant Professor, Department of Sports injury and corrective exercise, Faculty of Physical Education and sport sciences, Shahrood University of Technology, Semnan, Iran

**Received:** 2023/02/23 **Revised:** 2023/06/22 **Accepted:** 2023/11/16

**∗Correspondence:**
**Email:**
e.vosadi@yahoo.com

## Abstract

**Introduction and Purpose:** Sports exercises are beneficial in strengthening the respiratory system and improving the level of pulmonary function the purpose of the current study is analysis of the effect of eight-week endurance exercise and respiratory muscle training on the Pulmonary Function of male mountaineers.

**Materials and Methods:** The current study is a clinical trial that includes a pretest and posttest. 30 male mountaineers of the Shahrood University of Technology. They were randomly divided into three groups of ten (1. Endurance training 2. Respiratory muscles training and 3. Control group). Before and after the training program, the Bruce test and spirometry test were given to the participants. The endurance-training group did the training for eight weeks that consisted of exercises three times a week and each session for 50 minutes. The respiratory muscles training group also did their exercises for eight weeks with 30 complete breathing with a power breath device. The dependent T-test was used to analyze the intergroup differences; the ANONA test was used to analyze the intragroup difference and the Bonferroni posthoc test was used to distinguish the groups which made a difference in the ANOVA test, with a significance level of $P<0.05$.

**Results:** Respiratory indices, slow vital capacity (SVC), vital capacity with pressure FVC, pressure expiratory volume in one second FEV1, peak expiratory flow (PEF), maximum expiratory flow (MVV), expiratory flow at 25-75% of vital capacity (25-75% %FEF) and VO2max index increased significantly in the respiratory muscle training group and caused a difference. In the endurance training group.

**Discussion and Conclusion:** considering the results of the current study, it seems that using respiratory muscles training and endurance training can bring about an improvement in pulmonary function which was even more in the function of the respiratory muscles training group than in the endurance training group.

**Key Words:** Endurance training, Respiratory muscles training, Pulmonary function.