

علوم زیستی ورزشی - بهار ۱۳۹۰  
شماره ۸ - ص ۳۷ - ۲۱  
تاریخ دریافت: ۸۹/۰۳/۰۵  
تاریخ تصویب: ۹۰/۰۵/۱۰

## تأثیر تمرین هوازی همراه با افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه بر کارایی تهویه و عملکردهای ریوی دانشجویان غیرفعال

خالد محمدزاده سلامت<sup>۱</sup> - حمید رجبی - فردین کلوندی

مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، دانشیار دانشگاه تربیت معلم دانشگاه تهران، کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج

### چکیده

هدف از این تحقیق، تعیین تأثیر ۴ هفته تمرین هوازی همراه با افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه بر کارایی تهویه و عملکردهای ریوی دانشجویان غیر فعال بود. به این منظور ۱۸ دانشجوی مرد غیرورزشکار، که برای شرکت در تحقیق داوطلب شده بودند، به دو گروه ۹ نفری (گروه تجربی با میانگین قد ۱۷۶/۳۳ سانتی متر، وزن ۷۲/۶۴ کیلوگرم و  $VO_{2max}$  ۴۲/۲۹ میلی لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه و کنترل با میانگین قد ۱۷۳/۸۸ سانتی متر، وزن ۷۰/۵۵ کیلوگرم و  $VO_{2max}$  ۴۲/۶۸ میلی لیتر بر کیلوگرم بر دقیقه) تقسیم شدند. هر دو گروه به مدت ۴ هفته، ۳ جلسه در هفته و به مدت ۳۰ دقیقه با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد  $HR_{max}$  تحت تمرین دوییدن هوازی قرار گرفتند. گروه تجربی تمرین هوازی را همراه با بستن باند الاستیکی به دور قفسه سینه و گروه کنترل تمرین هوازی را بدون استفاده از باند انجام دادند. مقاومت باند الاستیکی به حدی بود که تقریباً ۱۰ درصد FVC فرد را کاهش می داد. به منظور اندازه گیری عملکردهای ریوی از دستگاه تحلیلگر گازهای تنفسی و برای تجزیه و تحلیل آماری داده ها از آزمون t (مستقل و همبسته) در سطح معنی داری ۰/۰۵ استفاده شد. مقایسه تغییرات دو گروه (مستقل) نشان داد که محدود کردن حرکت قفسه سینه با استفاده از باند الاستیکی هنگام تمرین هوازی روی  $VE_{max}$  ( $P=0/008$ )،  $MVV$  ( $P=0/04$ ) و  $VE/VO_2$  ( $P=0/04$ ) دانشجویان غیرورزشکار تأثیر بیشتری نسبت به تمرین هوازی به تنهایی داشته است ( $P<0/05$ )، اما  $VD/VT$ ،  $VO_2/HR$ ،  $FEV_1/FVC$ ،  $FVC$ ،  $VE/VCO_2$  و فرکانس تنفس (f) در هر دو گروه مشابه بود. به طور کلی نتایج این تحقیق آشکار ساخت که استفاده از باند الاستیکی هنگام دوره های کوتاه مدت تمرین هوازی در مقایسه با تمرین هوازی به تنهایی بر کارایی تهویه و برخی عملکردهای ریوی دانشجویان غیرورزشکار تأثیر بیشتری دارد.

### واژه های کلیدی

تمرین هوازی، تهویه ارادی حداکثر، کارایی تهویه، محدود کردن حرکت قفسه سینه.

## مقدمه

در پژوهش های مختلف، سازگاری به انواع تمرینات ورزشی در اجزای دستگاه قلبی-عروقی شناخته شده است (۱،۵). برای مثال مشخص است که بر اثر تمرینات استقامتی با حجم و شدت کافی، چه تغییرات سازش گونه‌ای در ساختار و عملکرد قلب (۳،۱۰)، حجم و ترکیبات خون (۲۱) و ساختار و عملکرد عروق خونی (۳۴) ایجاد می‌شود. همچنین در زمینه دستگاه تنفسی و سازگاری‌های حاصل از انواع تمرینات ورزشی در این دستگاه نیز تحقیقات گسترده‌ای انجام گرفته است (۲۶،۲۲،۶).

در زمینه عوامل مرتبط با دستگاه تنفسی باید گفت که میزان تهویه مورد نیاز برای دفع  $CO_2$  تولیدی متابولیک (کارایی تهویه)، یکی از چالش‌های مهم هنگام فعالیت ورزشی به شمار می‌رود. به زبان ریاضی، رابطه بین تهویه (VE) و برون‌ده  $CO_2$  به وسیله فشار  $CO_2$  شریانی و نسبت بین فضای مرده فیزیولوژیک و حجم جاری (VD/VT) تعیین می‌شود (۳۲). ریه‌ای دارای کارایی خوبی است که در آن میزان تهویه با انتشار ریوی هماهنگ باشد. با عدم هماهنگی این دو مورد، کارایی ریوی کاهش می‌یابد و به ازای یک مقدار  $CO_2$  دفعی و  $Paco_2$  معین، تهویه افزایش می‌یابد. این عدم هماهنگی، مسئول تنگی نفس در بیماران ریوی و نیز در افراد سالم هنگام فعالیت ورزشی است (۲۶). همچنین نسبت تهویه ریوی به دی اکسیدکربن بازدمی ( $VE/VCO_2$ ) در آستانه لاکتات، یا مقدار  $VE/VCO_2$  کمتر، به عنوان شاخص‌های غیرتهاجمی تعیین کارایی تهویه معرفی شده‌اند (۳۶). در تأیید این موضوع، ژینگ ژو سان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۲) پس از تحقیق روی ۴۷۴ آزمودنی سالم با دامنه سنی ۱۷ تا ۷۴ سال، بیان کردند که VE با  $VCO_2$  همبستگی زیادی دارد. بنابراین، ارزیابی  $VE/VCO_2$  می‌تواند به عنوان یک روش غیرتهاجمی برای تعیین کارایی تهویه مورد استفاده قرار گیرد (۳۶).

در مورد تغییرات کارایی تهویه و دیگر عملکردهای ریوی هنگام فعالیت ورزشی، کایوزو<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۸۷) بیان کردند که سه جلسه فعالیت یکنواخت موجب کاهش معنی‌دار نسبت  $VE/VCO_2$  در فعالیت‌های شدید (تمرین ۱ دقیقه‌ای با شدت ۱۴۰ درصد  $VO_2max$  و با بار ۶۰ وات روی دوچرخه کارسنج) می‌شود و بر این

1 - Ging-guo Sun

2 - Caiozzo

اساس کارایی تهویه‌ای افراد سالم بهبود می‌یابد، اما این مداخله بر  $VD/VT$  و  $VE$  آزمودنی‌ها تأثیر معنی‌دار نداشت. آنها نتیجه گرفتند که ممکن است فعالیت ورزشی کارایی تهویه افراد سالم را بهبود بخشد (۴). هابدانک و همکاران (۱۹۹۸) با تحقیق روی کارایی تهویه و تحمل ورزش در ۱۰۱ آزمودنی سالم، بیان کردند که کارایی تهویه افراد به دنبال تمرین استقامتی بهبود می‌یابد (۱۶).

به نظر می‌رسد محدود کردن حرکت قفسه سینه هنگام تمرین موجب کاهش عملکردهای تنفسی می‌شود و این امر در بلندمدت ممکن است موجب سازگاری‌های احتمالی در دستگاه تنفسی شود (۲۰). در این زمینه تامزاک و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی نشان دادند که محدود کردن حرکت قفسه سینه به وسیله باندهای غیرالاستیک هنگام فعالیت هوازی (دوچرخه‌سواری با شدت ۴۰ درصد حداکثر توان فرد) موجب کاهش انقباض پذیری دیافراگم و افزایش تنگی نفس می‌شود (۱۲). در سالهای اخیر نیز تلاش‌های زیادی در زمینه ابداع روش‌های تمرینی ویژه عضلات تنفسی صورت گرفته است. از جمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از وسایل ویژه به منظور اعمال مقاومت در برابر حرکت قفسه سینه برای اعمال بار اضافی بر عضلات تنفسی، اشاره کرد (۱۳، ۱۵). برای مثال اینرایت و همکاران (۲۰۱۱) اثر ۸ هفته (۳ جلسه در هفته) تمرین عضلات تنفسی به وسیله دستگاه ویژه با شدت‌های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد حداکثر تلاش تنفسی را روی برخی عوامل تنفسی و جسمانی بررسی کردند. نتایج نشان داد که هر سه شدت تمرینی موجب افزایش حداکثر فشار دمی<sup>۱</sup> (MIP) و حداکثر فشار دمی حفظ‌شده<sup>۲</sup> (SMIP) می‌شود. همچنین تمرین با شدت‌های ۶۰ و ۸۰ درصد حداکثر تلاش تنفسی موجب افزایش معنی‌دار ظرفیت فعالیت بدنی (مدت زمان فعالیت ورزشی) می‌شود. ظرفیت حیاتی<sup>۳</sup> و ظرفیت تام ریه<sup>۴</sup> تنها در گروهی افزایش یافت که با ۸۰ درصد حداکثر تلاش تنفسی تمرین کرده بودند (۲۹). فست و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که محدود کردن حرکت قفسه سینه هنگام استراحت موجب بهبود  $VO_2max$  افراد سالم (به دلیل افزایش کارایی عضلات تنفسی در اکسیژن‌رسانی به بدن) می‌شود (۱۵). فارمر<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که محدود کردن حرکت قفسه سینه به وسیله بستن باند الاستیکی، سبب

1 - Maximum inspiratory pressure  
2 - Sustained Maximum inspiratory pressure  
3 - Vital capacity  
4 - Total lung capacity

بهبود توان هوازی افراد سالم می‌شود، اما بر  $FEV_1$ ،  $FEF_{25-75\%}$ ، PEF و FVC تأثیر معنی‌داری ندارد (۱۳). همچنین تحقیقات مختلفی تأثیر تمرین ویژه عضلات تنفسی (با استفاده از دستگاه ایجادکننده مقاومت در برابر جریان تنفسی) بر عملکرد عضلات تنفسی و اثر آن بر اکسیژن‌رسانی طی فعالیت ورزشی را بررسی کرده‌اند (۸،۳۴). برای مثال، اینرایت و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر ۸ هفته تمرین عضلات دمی به وسیله دستگاه ایجادکننده مقاومت در برابر عمل دم، با شدت ۸۰ درصد حداکثر تلاش افراد سالم را بر حجم‌های ریوی، ضخامت دیافراگم و ظرفیت فعالیت ورزشی آنها بررسی کردند. نتایج تحقیق افزایش فشار دمی حداکثر (Pimax)، ضخامت دیافراگم، ظرفیت حیاتی (VC)، ظرفیت تام ریه (TLC) و ظرفیت فعالیت ورزشی گروه تجربی را نسبت به گروه کنترل، نشان داد (۱۱).

محققان در زمینه تأثیر این نوع تمرینات توافق نظر ندارند. شایان ذکر است که در پژوهش‌های اندکی تأثیر افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه روی افراد سالم انجام شده و بیشتر آنها روی بیماران ریوی انجام گرفته است (۲۷). در ضمن در بیشتر تحقیقات اثر تمرین عضلات تنفسی در موقع استراحت و به صورت مجزا از تمرین کل بدن بررسی شده (۸،۱۵)، همچنین از وسایلی استفاده کرده‌اند که به‌کارگیری آنها در تمرینات ورزشی، دشوار و تاحدودی غیرممکن است (۱۱،۲۵،۲۸). در تنها تحقیقی که در آن تمرین عضلات تنفسی (محدود کردن حرکت قفسه سینه) هنگام فعالیت ورزشی انجام گرفته است فقط  $VO_{2max}$  و چند مورد از حجم‌های ریوی ( $FEV_1$  و FVC و...) اندازه‌گیری شده، همچنین فعالیت هوازی در آزمایشگاه و روی دوچرخه کارسنج انجام گرفته است که شباهت اندکی با تمرین هوازی مورد استفاده در اغلب رشته‌های ورزشی (یا موقعیت مسابقه واقعی) دارد (۱۳). در نهایت با توجه به اینکه استفاده از باند الاستیکی به‌منظور اعمال بار اضافی روی عضلات تنفسی، می‌تواند به‌عنوان روش بسیار ساده، کم‌هزینه و کاربردی به‌منظور ایجاد تأثیرات اضافی تمرینی مورد توجه قرار گیرد، از این رو در این پژوهش سعی شد که تأثیر افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه با استفاده از باند الاستیکی هنگام تمرین هوازی، بر کارایی تهویه‌ای و عملکردهای ریوی افراد سالم بررسی شود.

## روش تحقیق

### آزمودنی‌ها

جامعه آماری تحقیق شامل دانشجویان غیرورزشکار بود که به دلیل عدم امکان انتخاب تصادفی برای محقق، ۱۸ دانشجوی مرد سالم غیرورزشکار دو دانشگاه تربیت معلم و شهید رجایی تهران در سال ۱۳۸۷ با دامنه سنی ۱۹ تا ۲۷ سال به عنوان نمونه آماری از طریق فراخوان، داوطلب شرکت در تحقیق شدند. این افراد سابقه بیماری نداشتند و برای انجام فعالیت جسمانی در سلامتی کامل بودند (تعیین از طریق پرسشنامه Par-Q and you برای افراد ۱۵ تا ۶۹ سال [۱۹]). ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱\_ ویژگی‌های آزمودنی‌ها بر اساس قد، وزن، درصد چربی و شاخص توده بدنی

شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	چربی بدن (درصد)	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر در کیلوگرم در دقیقه)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی متر)	سن (سال)	متغیر گروه
۲۳/۳۵±۳/۰۵	۱۹/۱۰±۶/۱۸	۴۲/۲۹±۵/۴۶	۷۲/۶۴±۹/۵۳	۱۷۶/۳۳±۴/۳۵	۲۵±۲/۵۹	تجربی
۲۳/۰۲±۴/۹۱	۲۰/۶۰±۶/۸۷	۴۲/۶۸±۲/۵۱	۷۰/۵۵±۱۱/۱۲	۱۷۳/۸۸±۴/۳۱	۲۵/۸۸±۲/۵۲	کنترل

### روش جمع‌آوری داده‌ها

پس از انتخاب آزمودنی‌ها و اخذ رضایت‌نامه از آنها (قبل از شروع برنامه تمرین)، مطالعه مقدماتی<sup>۱</sup> برای دستیابی به میزان محدودیت ملاک (کاهش حدود ۱۰ درصد FVC) باندهای الاستیکی (باند TS ساخت کشور تایوان) در افراد انجام گرفت (۱۵). این مقدار محدودیت موجب ایجاد اضافه بار روی فرایند دم می‌شد، اما تنفس فرد را با مشکل مواجه نمی‌کرد. به نظر می‌رسد ایجاد محدودیت بیشتر، تنفس فرد را به‌ویژه هنگام فعالیت ورزشی دشوار می‌سازد و اعمال محدودیت کمتر اثر تمرینی چشمگیری نداشته باشد (۱۳). پس از آن رأس

1 - Pilot study

ساعت ۸ صبح دو روز مانده به شروع برنامه تمرینی، ۹ نفر از آزمودنی‌ها در مرکز سنجش و توسعه قابلیت‌های جسمانی آکادمی ملی المپیک و پارالمپیک حضور یافتند (به دلیل عدم امکان انجام آزمون برای کل افراد در یک روز به علت طولانی بودن آزمون‌ها و محدودیت استفاده از آن مرکز). پس از ورود، ابتدا قد، وزن و ترکیب بدنی (به وسیله دستگاه  $^1BCA$  ساخت کره جنوبی) آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. سپس توضیحاتی در مورد نحوه انجام آزمون‌های مربوط به آنها داده شد و قبل از اجرای آزمون‌ها از آزمودنی‌ها خواسته شد که برای آشنایی با نحوه دویدن روی نوارگردان، به مدت چند دقیقه به تمرین بر روی آن بپردازند. همچنین نحوه اجرای مانورهای تنفسی به وسیله دستگاه مربوط، برای آنها توضیح داده شد و برای هر آزمودنی چند آزمون به صورت آزمایشی اجرا شد. پس از آشنایی آزمودنی‌ها، آزمون‌های مربوط از آنها به عمل آمد که شامل آزمون‌های حجم‌ها و عملکردهای ریوی (جریان بازدمی با نیرو (FVC) و نسبت  $FEV_1/FVC$  و تهویه ارادی حداکثر (مانور ۱۵ ثانیه‌ای)) در حالت استراحت و اجرای آزمون بیشینه بروس روی نوارگردان همراه با استفاده از دستگاه تحلیلگر گازهای تنفسی (مدل K4B2 شرکت Cosmed کشور ایتالیا) پس از کالیبره کردن آن و وارد کردن سن، وزن و قد افراد در کامپیوتر متصل به آن، برای اندازه‌گیری تهویه حداکثر ( $VE/VO_2$  و  $VO_2/HR$ ،  $VE/VCO_2$ ،  $VD/VT$ ،  $(VE_{max})$  جریان ورودی و خروجی هوا و همچنین  $O_2$  و  $CO_2$  تنفسی، متغیرهای مذکور را محاسبه می‌کرد، شایان ذکر است که  $VD$  به طور مستقیم محاسبه نشده و از روی دیگر حجم‌های ریوی و با توجه به سن، قد و وزن افراد، توسط دستگاه برآورد شد. در ضمن، عملکردهای ریوی در حالت استراحت نیز با دستگاه تحلیلگر گازهای تنفسی اندازه‌گیری شد. بلافاصله روز بعد از آن بقیه آزمودنی‌ها (۹ نفر) در آن مرکز حضور یافتند و آزمون‌های مذکور برای آنها نیز در همان ساعت اجرا شد. بعد از انجام یک ماه دوره تمرینی نیز آزمون‌های ذکر شده با شرایط مشابه پیش‌آزمون، از آزمودنی‌ها به عمل آمد. شایان ذکر است عواملی چون دما و رطوبت (به ترتیب  $25-18$  و  $51-48$  درصد) محیط آزمایشگاه، زمان اجرای مانورهای تنفسی و تغذیه قبل از آزمون‌ها روی اندازه‌گیری آنها تأثیر داشته است. این تأثیرات ممکن است با وجود انجام تمام اندازه‌گیری‌ها در نوبت صبح و با فاصله زمانی حدود ۲ ساعت و توصیه به عدم مصرف مواد غذایی خاص (خارج از برنامه غذایی خوابگاه، با توجه به سکونت همه آزمودنی‌ها در خوابگاه) بر نتایج تحقیق مؤثر بوده باشد.

### برنامه تمرین

هر جلسه شامل سه مرحله: گرم کردن، تمرین اصلی و سرد کردن، در مجموع به مدت ۵۰ دقیقه بود. آزمودنی‌های هر دو گروه به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته پروتکل تمرینی را که دوییدن با شدت ۷۰ تا ۸۰ درصد ضربان قلب حداکثر آزمودنی‌ها (سن-۲۲۰) بود، اجرا کردند (۱۸،۱۴). مدت زمان تمرین اصلی ۳۰ دقیقه بود که در مراحل ابتدایی با شدت کمتر شروع می‌شد (حدود ۷۰ درصد در هفته اول) و به مرور فشار کار افزایش پیدا می‌کرد (حدود ۸۰ درصد در هفته آخر). کنترل ضربان قلب در هر جلسه به وسیله دو دستگاه ضربان‌سنج (Polar ساخت فنلاند) کنترل می‌شد، که به طور تصادفی توسط دو نفر از آزمودنی‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت. گروه تجربی پروتکل تمرینی را با استفاده از بستن باند الاستیکی به دور قفسه سینه انجام دادند، در حالی که گروه کنترل از این وسیله استفاده نکردند. پهنای باند الاستیکی مورد استفاده ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر با توجه به طول و پهنای قفسه سینه آزمودنی‌ها بود. پهنای باند مورد استفاده بگونه‌ای انتخاب شد که فاصله بین زیر بغل تا آخرین دنده را تحت پوشش قرار دهد (۱۳،۱۵). میزان محدودیت (مقاومت) ایجاد شده حدود ۱۰ درصد FVC هر فرد بود که در یک جلسه برای هر آزمودنی، توسط دستگاه اسپرومتری (مدل MICROSPIRO HI-601 شرکت CHEST کشور ایتالیا) تعیین گردید و با توجه به این ملاک، باندهای مخصوص هر نفر علامتگذاری شد. این میزان مقاومت بر اساس ادبیات تحقیقی انتخاب شد (۱۳،۱۵). در اینجا لازم به ذکر است که این باندها مانع باز شدن قفسه سینه نمی‌شدند بلکه میزان بار اعمال شده بر فرایند دم را افزایش می‌دادند. همچنین گروه تجربی هنگام تمرین، باندهای الاستیکی را با توجه به محل‌های علامت‌گذاری شده برای هر فرد مورد استفاده قرار می‌دادند.

### روش آماری

ابتدا برای اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌های تحقیق از آزمون KS و به منظور بررسی تجانس واریانس متغیرها، آزمون F لویین انجام گرفت. برای تعیین اختلاف دو گروه در متغیرهای مورد بررسی از آزمون t مستقل و برای بررسی تفاوت‌های درون گروهی (مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون هر گروه) از آزمون t همبسته استفاده شد، به این منظور نرم‌افزار آماری SPSS در سطح معنی‌داری  $P \leq 0/05$  به کار گرفته شد.

## نتایج و یافته‌های تحقیق

نتیجه آزمون t همبسته (جدول ۲) نشان داد که پس از تمرین افزایش معنی‌داری در  $VE/VO_2$ ،  $VE_{max}$ ،  $MVV$  و  $VE/VCO_2$  گروه تجربی به وجود آمد ( $p < 0.05$ )، اما تغییرات  $FVC$ ،  $FEV_1/FVC$ ،  $VD/VT$ ،  $VO_2/HR$  و فرکانس تنفس ( $f_f$ ) در این گروه معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). همچنین نتایج این آزمون در گروه کنترل افزایش معنی‌دار  $VE_{max}$ ،  $VE/VCO_2$  و  $MVV$  را نشان داد ( $P < 0.05$ )، اما در مورد  $VE/VO_2$ ،  $FVC$ ،  $FEV_1/FVC$ ،  $VO_2/HR$ ،  $VD/VT$  و فرکانس تنفس ( $f_f$ ) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). همچنین نتیجه آزمون t مستقل برای نمره‌های افزوده (جدول ۲) نشان داد که بین تغییرات  $VE/VO_2$  و  $MVV$ ،  $VE_{max}$  دو گروه اختلاف معنی‌داری به نفع گروه تجربی (وجود داشت) ( $P < 0.05$ )، اما این اختلاف در مورد دیگر متغیرها در دو گروه معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ).

جدول ۲ - تغییرات درون و برون گروهی در متغیرهای تحقیق

متغیر	گروه	پیش آزمون SD ± M	پس آزمون SD ± M	اختلاف پیش و پس آزمون (D)	P بر اساس D (بین گروهی)
$VE/VCO_2$	تجربی	۳۸/۰۰ ± ۵/۰۲	۳۶/۳۳ ± ۴/۳۸	-۱/۶۷ ± ۱/۰۵	۰/۲۲
	کنترل	۳۵/۴۴ ± ۲/۱۲	۳۴/۵۵ ± ۲/۴۰	-۱/۸۹ ± ۱/۱۲	۰/۰۳*
$VE/VO_2$	تجربی	۴۶/۸۸ ± ۲/۷۵	۴۲/۰۰ ± ۴/۲۱	-۴/۸۸ ± ۰/۹۶	۰/۰۴*
	کنترل	۴۸/۲۲ ± ۳/۴۱	۴۷/۶۶ ± ۴/۰۳	-۱/۵ ± ۳/۱۲	۰/۶۰
$VO_2/HR$	تجربی	۱۴/۸۷ ± ۲/۵۳	۱۵/۳۰ ± ۲/۶۸	۰/۴۳ ± ۰/۴۲	۰/۰۹
	کنترل	۱۵/۹۳ ± ۱/۶۱	۱۵/۷۶ ± ۱/۴۲	۰/۱۷ ± ۰/۱۶	۰/۵۱
$VD/VT$	تجربی	۰/۱۸ ± ۰/۰۳	۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۰۱ ± ۰/۰۰	۰/۵۸
	کنترل	۰/۱۹ ± ۰/۰۱	۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۰۱ ± ۰/۰۰	۰/۵۰
تهویه حداکثر (لیتر در دقیقه)	تجربی	۱۲۵/۹۳ ± ۲۴/۰۸	۱۵۲/۷۴ ± ۲۰/۰۲	۲۷/۸۰ ± ۲/۱۲	۰/۰۰۸*
	کنترل	۱۱۸/۵۳ ± ۱۲/۵۱	۱۲۶/۴ ± ۱۲/۱۲	۸/۱۳ ± ۰/۴۳	۰/۰۰۳*
حداکثر تهویه ارادی	تجربی	۱۳۶/۸۳ ± ۱۹/۳۰	۱۴۶/۳۶ ± ۱۸/۸۱	۹/۵۳ ± ۸/۵۳	۰/۰۰۴*



	۰/۰۲*	۲/۹۶±۲/۹۶	۱۳۴/۴۸±۱۲/۵۰	۱۳۱/۵۲±۱۲/۰۲	کنترل	(لیتر در دقیقه)
۰/۱۳	۰/۷۱	-۲/۷۰±۳/۸۹	۴۱/۸۸±۵/۵۹	۴۴/۵۸±۵/۷۴	تجربی	فرکانس تنفس
	۰/۱۴	-/۵۰±۰/۹۲	۴۵/۵۶±۳/۱۳	۴۶/۰۶±۲/۹۵	کنترل	(تنفس در دقیقه)
۰/۹۳	۰/۰۹	۰/۱۱±۰/۰۱	۴/۰۳±۰/۵۳	۳/۹۲±۰/۵۳	تجربی	ظرفیت حیاتی
	۰/۲۱	۰/۱۰±۰/۰۲	۴/۰۰±۰/۴۲	۳/۹۰±۰/۴۰	کنترل	(بانبرو/لیتر)
۰/۰۹	۰/۰۶	-۵/۴۹±۰/۷۲	۹۳/۵۱±۶/۳۲	۹۸/۰۲±۲/۳۱	تجربی	FEV1/FVC
	۰/۴۳	-۰/۷۲±۰/۱۳	۹۵/۴۴±۴/۹۴	۹۶/۱۶±۴/۸۱	کنترل	(درصد)

### بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد هرچه ظرفیت فعالیت ورزشی افراد کمتر باشد، به همان اندازه کارایی تنفسی و  $\text{PaCO}_2$  آنها کمتر است (۳۶). مقدار  $\text{PaCO}_2$  کمتر ممکن است ناشی از هیپوکسی، آلکالوز ریوی مزمن یا اسیدوز متابولیکی مزمن باشد (۴). به‌طور معمول  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  بالا یا شیب بیشتر  $\text{VE}$  در برابر  $\text{VCO}_2$  نشان‌دهنده فضای مرده فیزیولوژیکی زیاد و انتشار تهویه‌ای ضعیف حبابچه‌هاست. فشار بیش‌تهویه‌ای همراه با  $\text{PaCO}_2$  پایین به احتمال زیاد روی شیب  $\text{VE}$  بر  $\text{VCO}_2$  بیشتر از نسبت این دو اثرگذار است (۳۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پس از تمرین تغییر معنی‌داری در  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  (کاهش ۴ و ۳ درصدی بترتیب در گروه‌های تجربی و کنترل)، تهویه ارادی حداکثر (افزایش ۷ و ۲ درصدی به ترتیب در گروه‌های تجربی و کنترل) و تهویه حداکثر (افزایش ۲۲ و ۶ درصدی به ترتیب در گروه‌های تجربی و کنترل) و  $\text{VE}/\text{VO}_2$  (کاهش ۱۰ درصد در گروه تجربی)، نسبت به قبل از تمرین، به وجود آمد ( $P < 0.05$ ) که این امر با توجه به تأثیرات تمرین هوازی در افراد تمرین‌نکرده (۱۰، ۳۴)، منطقی به‌نظر می‌رسد.

هدف از این تحقیق تعیین اثر ۴ هفته تمرین هوازی همراه با افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه در مقایسه با تمرین هوازی به‌تنهایی، روی متغیرهای وابسته تحقیق بود. نتایج نشان داد که مداخله تمرینی تحقیق (افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه) بر  $\text{VE}/\text{VCO}_2$  اثر بیشتری ندارد ( $P > 0.05$ ) با اینکه این متغیر در هر دو گروه افزایش نشان داد. این نتیجه با یافته‌های کایوزو و همکاران (۱۹۸۷) و ژینگ ژو سان و همکاران (۲۰۰۲) مغایر است. البته باید گفت که در پژوهش ژینگ ژو سان و همکاران این نسبت در لحظه آستانه لاکتات ارزیابی

شده، درحالی که در تحقیق حاضر نسبت  $VE/VCO_2$  در لحظه رسیدن به  $VO_{2max}$  ارزیابی شده است. شایان ذکر است که با وجود افزایش بیشتر در گروه تجربی تفاوت بین دو گروه معنی دار نبود. به نظر می رسد که دلیل عدم تغییر معنی دار این نسبت هنگام مقایسه دو گروه در این تحقیق، به کم بودن میزان مقاومت باند الاستیکی، کوتاه بودن مدت دوره تمرین و پراکندگی زیاد آزمودنی ها در این متغیر، مربوط باشد.

نبض اکسیژن ( $VO_2/HR$ ) نیز یکی از شاخص های کارایی قلبی-ریوی به شمار می رود (۱۱،۱۵)، که در تحقیق حاضر بررسی شد. در این زمینه هر چه میزان اکسیژن بدن در فاصله دو ضربان قلب متوالی بیشتر باشد، حاکی از کارایی بیشتر دستگاه قلبی-تنفسی در امر رساندن اکسیژن به عضلات فعال است (۳۶). در این تحقیق نشان داده شد که مداخله تمرینی تأثیر معنی داری در این نسبت به وجود نمی آورد ( $P > 0.05$ ). این یافته با نتایج تحقیقات هابدانک و همکاران (۱۹۹۸) همسوست (۱۶). به نظر می رسد چهار هفته تمرین برای ایجاد اثر بر این نسبت کافی نیست و در این مورد باید مطالعات بیشتری انجام گیرد. در تعدادی از مطالعات نسبت بین تهویه دقیقه ای و اکسیژن مصرفی  $VE/VO_2$  (معادل تهویه ای اکسیژن) به عنوان یکی از شاخص های کارایی تنفسی اندازه گیری شده است (۴،۳۶). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات نسبت  $VE/VO_2$  پس از چهار هفته تمرین هوازی همراه با افزایش مقاومت در قفسه سینه به وسیله باند الاستیکی در مقایسه با تمرین هوازی به تنهایی بیشتر است ( $P < 0.05$ ). یعنی مداخله تمرینی این تحقیق موجب بهبود کارایی ریوی آزمودنی ها شده است، زیرا هرچه دستگاه ریوی به ازای مقدار مشخصی اکسیژن مصرفی بدن  $VE$  کمتری داشته باشد، کارایی بیشتری دارد (۱۶). تفاوت نتایج تحقیق در زمینه دو نسبت  $VE/VO_2$  و  $VE/VCO_2$  را می توان با توجه به این امر توجیه کرد که هنگام فعالیت ورزشی  $VE/VCO_2$  تغییرپذیری کمتری نسبت به  $VE/VO_2$  دارد (به دلیل حساسیت سازوکار کنترل تهویه ای به  $PaCO_2$  و  $PH$  شریانی، در دامنه فیزیولوژیک). علاوه بر این، هنگام آزمون فزاینده ورزشی  $VE/VO_2$  درست پس از آستانه بی هوازی<sup>۱</sup> ( $AT$ ) دچار تغییر می شود، درحالی که  $VE/VCO_2$  اغلب چند دقیقه پس از  $AT$  ثابت می ماند (۳۶). یافته این تحقیق در مورد  $VE/VO_2$  با نتایج فارل و همکاران (۱۹۸۷) مغایر است (۱۴). به نظر می رسد دلیل همسو نبودن نتایج این تحقیق با تحقیق فارل و همکاران، نوع آزمون فزاینده مورد استفاده و تفاوت در سطح آمادگی آزمودنی ها باشد.

نسبت بین حجم فضای مرده و حجم جاری (VD/VT) و همچنین فرکانس تنفس (rf) در تحقیقات مختلف بررسی شده است (۲). VD/VT یکی از شاخص‌های عملکرد بهینه دستگاه ریوی است و در تغییرات نسبت  $VE/VCO_2$  نقش بسزایی دارد (۳۳). در تحقیق حاضر تفاوت معنی داری بین دو گروه تمرینی در دو متغیر مذکور مشاهده نشد. به نظر می‌رسد دلیل این مسئله کمتر بودن مدت دوره تمرینی این تحقیق نسبت به دو تحقیق مذکور باشد. در زمینه VD/VT نیز نتایج این تحقیق با یافته‌های دیوید و همکاران (۱۹۹۴) و کورت و همکاران (۲۰۰۰) مغایر است.

در تأیید اثر مداخله تمرینی تحقیق حاضر، یافته‌ها بیانگر اختلاف معنی دار  $VE_{max}$  گروه تجربی در مقایسه با گروه کنترل بود. در مورد تأثیرات تمرینی مشاهده شده روی تهویه حداکثر، ویلیانیتیس و همکاران (۲۰۰۱) اظهار کردند که بهبود  $VE_{max}$  در اثر تمرین عضلات تنفسی ناشی از افزایش استقامت و بهبود مقاومت این عضلات در برابر خستگی است و افزایش استقامت عضلات تنفسی خستگی، عضلات تنفسی، برون‌ده حرکتی عضلات تنفسی و درک تلاش تنفسی افراد شرکت‌کننده در تمرین عضلات تنفسی را کاهش می‌دهد (۳۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش خستگی عضلات تنفسی و کاهش ناتوانی تنفسی هنگام اجرای آزمون فزاینده روی نوارگردان، موجب تسهیل تهویه و تأمین اکسیژن بدن شده است. همچنین در تأیید تأثیرات تمرینی این تحقیق، نتایج نشان‌دهنده اختلاف معنی دار MVV دو گروه تجربی و کنترل بود. در نتیجه علاوه بر اثر معنی دار این متغیر قبل و بعد از تمرین در هر یک از گروه‌ها، دو گروه نیز تفاوت معنی داری داشتند. در این مورد نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های رومر (۲۰۰۲) و وایلگال (۲۰۰۶) همسو و با یافته‌های ادواردز (۲۰۰۴) و ورگز (۲۰۰۶) مغایر است (۹،۳۰). شایان ذکر است شدت و مدت تمرین تحقیقات مذکور تا حدودی با هم و با تحقیق حاضر متفاوت بوده است. به طور مثال در بیشتر تحقیقات فوق برای ایجاد اضافه بار بر فرایند تنفس از دستگاه ایجادکننده مقاومت در برابر عمل دم و بازدم با درجات مقاومت مختلف استفاده شده و این تمرین هنگام فعالیت ورزشی انجام نگرفته است. در رابطه اثر تمرین استقامتی روی MVV، پرت<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که تمرین استقامتی روی MVV افراد غیرورزشکار تأثیر مثبت دارد و بخشی از این تأثیر را ناشی از کاهش لاکتات و یون پتاسیم عضلات تنفسی آزمودنی‌ها پس از تمرین عنوان کردند که احتمالاً سبب افزایش

استقامت این عضلات شده است (۲۴). در نتیجه با توجه به تأثیرات تمرین استقامتی روی دستگاه تنفسی می-توان اثر تمرین هوازی بر این عامل را توجیه کرد. همچنین نظر به اینکه سشر و همکاران (۲۰۰۰) تهویه ارادی حداکثر را به عنوان شاخصی از استقامت عضلات تنفسی بیان کردند (۲۷)، می-توان نتیجه گرفت که مداخله تمرینی حاضر روی استقامت عضلات تنفسی افراد غیرورزشکار تأثیر مثبتی داشته و با توجه به اینکه MVV نیز تحت تأثیر دو عامل حجم جاری و تواتر تنفسی است و فرد هنگام اجرای مانور MVV، باید به مدت ۱۵ ثانیه دم و بازدم عمیق و سریع انجام دهد، احتمال دارد که در صورت افزایش استقامت و قدرت عضلات تنفسی پس از تمرین تهویه اداری حداکثر نیز تحت تأثیر قرار گیرد (۷، ۱۷).

در مورد ظرفیت حیاتی با نیرو (FVC) و نسبت بین حجم بازدمی با نیرو و ظرفیت حیاتی با نیرو ( $FEV_1/FVC$ )، نتایج تحقیق اختلاف معنی داری در این حجم‌های ریوی پس از تمرین بین دو گروه نشان نداد ( $P > 0.05$ ). نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های آمونته (۲۰۰۲)، فارمر (۲۰۰۶)، همسو و با یافته‌های لیت (۱۹۷۶) (۳۵) و وایلگالا (۲۰۰۶) مغایر است. در این زمینه وایلگال و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که تمرین عضلات تنفسی روی ظرفیت حیاتی با نیروی شناگران تأثیر مثبت داشته و همین مسئله استقامت شناگران را تحت تأثیر قرار داده است. آنها بیان کردند که FVC با قدرت عضلات تنفسی ارتباط دارد و ممکن است افزایش قدرت این عضلات روی FVC تأثیر مثبت داشته باشد (۳۵). با توجه به نتایج به دست آمده می-توان گفت احتمالاً به دلیل اعمال مقاومت کم (کاهش ۱۰ درصد FVC) و طولانی بودن زمان استفاده (تمرین هوازی)، این مداخله بیشتر موجب افزایش استقامت عضلات تنفسی شده است. به همین دلیل در متغیرهای تنفسی که به قدرت عضلانی بستگی دارد ( $FEV_1/FVC$  و FVC)، تغییری مشاهده نشده است.

به‌طور خلاصه به نظر می‌رسد که اثرات محدود کردن حرکت قفسه سینه ناشی از بهبود عملکرد عضلات تنفسی، کاهش کار تنفسی، نیازهای متابولیکی و جریان خون مورد نیاز عضلات تنفسی باشد. براساس یافته‌های این تحقیق می‌توان گفت که استفاده از باند الاستیکی به منظور افزایش مقدار بار وارد بر عضلات تنفسی هنگام تمرین هوازی موجب ایجاد سازگاری‌هایی در این عضلات می‌شود و این مسئله می‌تواند موجب کسب مزیت‌هایی برای بهبود عملکرد ورزشی به‌ویژه در دوره‌های کوتاه‌مدت تمرین شود و از این روش تمرینی می‌توان برای تسریع در دستیابی به بخشی از سازگاری‌ها به تمرین هوازی به‌ویژه در افراد مبتدی استفاده کرد. به‌هرحال

درمورد قابل استفاده بودن این روش تمرینی در افراد نخبه که ظرفیت‌های تنفسی زیادی دارند، تردید وجود دارد و باید بررسی شود.

### منابع و مأخذ

- ۱- بومپا، تئودور، ا. (۱۳۸۵). "اصول و روش شناسی تمرینات ورزشی ۱". ترجمه معرفت سپاهکوهیان و دیگران، چاپ اول، تهران، دنیای حرکت ص ۴.
2. Amonette W.E., and Dupler T.L. (2002). "The effect of respiratory muscle training on VO<sub>2</sub>max, the ventilatory threshold and pulmonary function". *J. Exerc. Physiol. Vul* 5(2): PP: 131-45
3. Bergh U., Ekblom B., Astrand P.O. (2000). "Mximal oxygen uptake 'classical' versus 'contemporary' Med". *Sci. Sports Exerc.* 32 (1): PP: 85-88.
4. Caiozzo V.J., Davis J.A., Berriman D.J., Vandagriff R.B., Prietto C.A. (1987). "Effect of high-intensity exercise on the VE/VCO<sub>2</sub> relationship". *J Appl Physiol.* 62(3): PP: 1460-1464.
5. Cotton R. (1996). "Testing and Evaluation. In: Cotton, R. (ed)". *American Council on Exercise: Personal Trainer Manuel San Diego, CA, American Council on Exercise: P: 216.*
6. Daniels L., Yarbrough R., Foster C. (1978). "Changes in VO<sub>2</sub>max and running performance with training". *Eur. Appl. Physiol.* 39: PP: 249-254.
7. Dempsey J.A., Adams L., Ainsworth D.M. (1996). "Airway, lung, and respiratory function during exercise". In: Rowell LB, Shepherd JT, editors. *Exercise: regulation and integration of multiple systems. New York (NY): Oxford University Press, PP: 448-514.*

8. Downey A and Chenoweth L.(2007). "Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respire*".*physiol.neurobio*.156:-PP:137-146.
9. Edwards A and Cooke C. (2004). "Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended".*Eur.J.App.Physiol*. 42:PP:198-203.
10. Ekblom B.(1968). "Effect of physical training on oxygen transport system in man". *Acta physiologica scandinavica* 328(suppl):PP:1-45
11. Enright S.J. ,Unnithan V.B., Heward C and Withnall L.(2006). "Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness and exercise capacity in subject who are healthy".*Physical therapy*. Vol 86(3).PP:193-209
12. Enright S.J., Unnithan V, B., (2011). "Effect of Inspiratory Muscle Training Intensities on Pulmonary Function and Work Capacity in People Who Are Healthy: A Randomized Controlled Trial." *American Physical Therapy Association*. Vol 91(5);PP:1126-35
13. Farmer L., Patterson J., Rogers A and Michael E.(2006). "Effect of Chest constriction on aerobic conditioning". *Med. Sci .Sports Exerc*.38(5):PP: 396-397.
14. Farrell, S. W. and Ivy, J. L. (1987). "Lactate acidosis and the increase in VE/VO2 during incremental exercise". *J. of App. Physiology*, Vol 62(4): PP:1551-1555.
15. Fast S.L., Patterson J.A., Farmer K.L and et al (2006). "The Effects of Chest Constriction at Rest on Aerobic Capacity". *Med. Sci. Sports Exer* . Vol 38(5) Supplement May p S397.
16. Habedank D., Reindl I., Vietzke G., Bauer U., Sperfeld A., Glaser S., Wernecke K.D., Kleber F.X. (1998). "Ventilatory efficiency and exercise tolerance in 101 healthy volunteers". *Eur J Appl Physiol*.77:PP:421-426.

17. Henke K.G., Sharratt M., Pegelow D., et al. (1988). "Regulation of endexpiratory lung volume during exercise". *J. Appl. Physiol.* 64 (1):PP:135-46.
18. Heyward V.H.(2002). "Advanced fitness assessment exercise prescription. *Human kinetics*".
19. Hoeger W.K., and Hoeger S.A.( 2007). "Lifetime physical fitness and wellness". Thomson.
20. Kaneko H., Otsuka M., Kawashima Y and Sato H.(2010). "The Effect of Upper Chest Wall Restriction on Diaphragmatic Function". *J of Physic Thera Sci.* Vol. 22(4):PP: 375-380
21. Katz A.M. (1992). "Physiology of the heart". 2nd ed. New York. Raven, P:687
22. Leith D., Bradley M. (1976). "Ventilatory muscle strength and endurance training". *J. Appl. Physiol.* 41:PP: 508-516.
23. Melanson E., Freedson P., Jungbluth S. (1996). "Changes in VO<sub>2</sub>max and maximal treadmill time after 9 wk of running or in-line skate training". *Med. Sci. Sports Exerc.* 28:PP: 1422-1426.
24. Perret C., Spengler C., Egger G., Boutellier D. (2000). "Influence of endurance exercise on respiratory muscle performance". *Med. Sci. Sports Exerc.* 32: PP:2052-2058.
25. Ray A.D., Pendergast D.R and Lundgren C.G. (2011). "Respiratory muscle training reduces the work of breathing at depth". *Eur J Appl Physiol*; 108(4):811-24
26. Robinson E., Kjeldgaard I. (1982). "Improvement in ventilatory muscle function with running". *J. Appl. Physiol.* Vol 5: PP:1400-1406.
27. Scherer T.A., Spengler C.M and Owassapian D.(2000). "Respiratory muscle endurance training in chronic obstructive pulmonary disease". *Am.JRespir. Cirt.Care.Med.* Vol 162. PP: 1709-1714.

28. Tolfrey V.G., Foden E., Perret C., Degens H. (2010). "Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and repetitive sprint performance in wheelchair basketball players". *Br J Sports Med*; Vol 44(9): PP: 665-668

29. Tomczak S.E., Guenette J, A., Reid W.D and et al (2011). "Diaphragm Fatigue after Submaximal Exercise with Chest Wall Restriction". Vol 43 (3); PP: 416-424.

30. Verges S., Lenherr O., Haner A, C., Schulz C., and Spengler C, M.(2006). "Increased fatigue resistance of respiratory muscles during exercise after respiratory muscle endurance training". *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. Vol 292: R1246–R1253.

31. Volianitis S., McConnell A., Koutedakis Y., McNaughton L., Backx K., Jones D. (2001). "Inspiratory muscle training improves rowing performance". *Med. Sci. Sports Exerc*. Vol 33: PP: 803-809.

32. Wasserman K, Hansen J.E, Sue D.Y, Whipp B.J, Casaburi R.(1999). "Principles of exercise testing and interpretation, 3<sup>rd</sup> ed". Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

33. Wasserman K., Whipp B.J., Casaburi R.(2002). "Respiratory control during exercise". In: Fishman AP, Cherniak NS, Widdicombe JG, Geiger SR editors. *Handbook of physiology. Sect. 3 the respiratory system, Vol control of breathing, part II*. Bethesda, MD: American Physiological Society Vol 32: PP: 595–619.

34. Weibel E.R. (1987). "Scaling of structural and functional variables in the respiratory system". *Annu Rev Physiol*, Vol 49: PP: 147-159

35. Wylegala J.A., Pendergast D. R., Gosselin L. E., Warkander D. E., Lundgren C. E (2006). "Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers". *Eur J Appl Physiol*. Vol 21(3): PP: 291-302



36. Xing G.S., James E., Hansen N.G., Thomas W.S and Wasserman K. (2002). "Ventilatory Efficiency during Exercise in Healthy Subjects". *Am J Respir Crit Care Med.* Vol166:PP: 1443–1448.