اثر محدود کردن حرکت قفسه سینه در آب بر عملکرد قلبی تنفسی، توان هوازی و عملکرد دختران شناگر نخبه

میترا عزیزی*، سحر رزمجو**، خالد محمدزاده***، پژمان احمدی****

* هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

** دانشجوی دکترای تربیت بدنی دانشگاه اوتاوا

***دانشجوی دکترای تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی علوم تحقیقات

****هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۰۹

چکیده

هدف تحقیق حاضر بررسی اثر محدودکردن حرکت قفسه سینه در آب بر عملکرد قلبی تنفسی، توان هوازی و عملکرد دختران شناگر نخبه بود. ۲۴ دختر شناگر نخبه داوطلبانه در این تحقیق شرکت کردند. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی به دو گروه کنترل (تمرین شنا بدون بستن باند) و تجربی (تمرین شنا با بستن باند) تقسیم شدند. هر دو گروه در برنامه تمرین شنای یک‌ماهه (سه بار در هفته برای چهار هفته) شرکت کردند و در هر جلسه حدود ۳.۵ تا ۴ کیلومتر (۷۰ تا ۸۵ ٪ HRmax) شنا کردند. توان هوازی، عملکرد ریوی، زمان رسیدن به واماندگی و عملکرد شنا اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و آزمون t استفاده شد. نتایج نشان داد زمان رسیدن به واماندگی در گروه تجربی افزایش معنی‌داری داشت (P=۰/۰۱۲). نتایج آزمون عملکردی t بیست نیز بهبود معنی‌داری را برای همین گروه نشان داد. در مقایسه بین‌گروهی نیز تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. در مجموع، استفاده از باند الاستیکی به منظور افزایش میزان بار وارد بر عضلات تنفسی در هنگام تمرین هوازی باعث ایجاد سازگاری‌هایی در این عضلات می‌شود و این امر مزیت‌هایی برای بهبود عملکرد ورزشی به ارمغان می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: محدودکردن حرکت قفسه سینه، شناگران نخبه، توان هوازی، عملکرد قلبی ریوی.

مقدمه

خستگی عضلات تنفسی پدیده‌ای فیزیولوژیکی است که در بسیاری از ورزش‌های بیشینه و زیربیشینه نشان داده شده است (۱). در حقیقت، هدایت ۱۴ تا ۱۶ درصد از بازده قلبی، حین فعالیت ورزشی بیشینه به سوی عضلات تنفسی (۲) نشان می‌دهد که سطح فعالیت عضلات تنفسی ورزشکاران در مسابقات قهرمانی بسیار شدید است؛ بنابراین، کمک بالقوه‌ای که تمرین عضلات تنفسی به اجرای قهرمانی ورزشکاران می‌تواند داشته باشد به‌شدت مورد توجه قرار گرفته است. در برخی تحقیقات تغییر در لاکتات خون، ضربان قلب، و تهویه (۴) پس از تمرین عضلات تنفسی مشاهده شده است (۴) اما در تحقیقات دیگر این نتایج به دست نیامده است (۵،۶). به هر حال، از آن‌جا که عضلات تنفسی از لحاظ ساختاری و ریخت‌شناسی جزء عضلات اسکلتی محسوب می‌شوند، همانند سایر عضلات اسکلتی به تحریکات و تمرین استقامتی و قدرتی پاسخ می‌دهند (۹).

بنابراین، کاهش جریان خون عضلات تنفسی حین فعالیت ورزشی بیشینه و زیر بیشینه ممکن است منجر به کاهش اکسیژن سلول‌های عضلانی شود و در نتیجه نیاز انرژی متابولیکی افزایش می‌یابد که با افزایش غلظت لاکتات خون سرخرگی نشان داده می‌شود. نتیجه این امر کاهش توانایی عضلات تنفسی در تولید نیرو است (۱۰،۱۱). در حقیقت تمرین عضلات تنفسی سازگاری اکسایشی را در سلول افزایش می‌دهد و وقوع اسیدوز متابولیکی را به تعویق می‌اندازد و بدین ترتیب استقامت عضلات تنفسی را بهبود می‌بخشد (۱۲).

تحقیقاتی که به آنها اشاره شد همگی در محیط خشکی انجام گرفته‌اند و نتایج این مداخله در محیط آب ممکن است تا حدی متفاوت باشد، زیرا در مقایسه با خشکی، ورزش در آب با افزایش کار تنفسی و توسعه خستگی عضلات تنفسی همراه است (۳). در حقیقت، مقاومت جریان هوا حین ورزش در محیط آبی افزایش می‌یابد که به دلیل فشار چگالی گاز در ریه و سیستم تنفسی است (۳). علاوه بر این، سازوکارهای ریوی به دلیل بار ریوی استاتیک (برای مثال اختلاف بین فشار هوای حبابچه‌ای و فشار وارد بر بیرون قفسه سینه) تغییر می‌کنند (۳). در تحقیقات گذشته نشان داده شده است تمرین عضلات تنفسی روش درمانی مؤثری است برای بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند (۷،۸).

تحقیقاتی که اثر تمرین عضلات تنفسی را در افراد بی‌تحرک بررسی کردند، ۸ تا ۴۵ درصد افزایش قدرت عضلات تنفسی را نشان داده‌اند (۱۳). برخی تحقیقات نیز بهبود استقامت تنفسی را گزارش کردند (۱۴،۱۵). در هر حال، اثر تمرین عضلات تنفسی در افراد تمرین‌کرده نتایج متفاوتی به همراه داشته است (۱۵،۱۶). بدین صورت که برخی تحقیقات اثر تمرین عضلات تنفسی بر اجرای ورزشی را مفید گزارش کردند (۱۵)، در حالی که برخی دیگر اثر مفیدی گزارش نکردند (۱۶). در همین زمینه اینرایت و دیگران (۲۰۰۵) تأثیر ۸ هفته تمرین عضلات دمی را به‌وسیله دستگاه ایجادکننده مقاومت در برابر عمل دم، با شدت ۸۰ درصد حداکثر تلاش افراد سالم بر حجم‌های ریوی، ضخامت دیافراگم و ظرفیت فعالیت ورزشی این افراد مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد فشار دمی حداکثر (PImax)، ضخامت دیافراگم، ظرفیت حیاتی

(VC)، ظرفیت تام ریه (TLC) و ظرفیت فعالیت ورزشی گروه تجربی به طور معنی‌داری نسبت به گروه کنترل افزایش داشت (۱۷). فست و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند محدودکردن حرکت قفسه سینه به مدت چهار هفته و سه ساعت در روز در هنگام استراحت (کارهای معمول روزانه) منجر به افزایش معنادار اکسیژن مصرفی این گروه از افراد نسبت به گروه کنترل می‌شود (۱۸). به هر حال، فارمر و همکاران (۲۰۰۶) فقط بهبود توان هوازی را نشان دادند، اما تغییری در FVC, PEF, FEV_1 وFEF مشاهده نکردند. آزمودنی‌های این تحقیق افراد سالم بودند که به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته روی چرخ کارسنج و نوارگردان با شدت ۶۵ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی تمرین می‌کردند (۱۹). همچنین اسپرلیچ و همکاران (۲۰۰۹) اثر شش هفته تمرین شدید عضلات تنفسی را بر عملکرد دویدن و حداکثر اکسیژن مصرفی در گروهی از سربازان آلمانی بررسی کردند که هیچ‌گونه تغییر معنی‌داری در پارامترها گزارش نشد (۱۰). نیکس و همکاران (۲۰۰۹) اثر تمرین عضلات تنفسی را بر اجرای ورزشی، قدرت عضلات تنفسی و خستگی فوتبالیست‌ها بررسی کردند و بهبود اجرای ورزشی را پس از این تمرینات در فوتبالیست‌ها نشان دادند (۲۱). اخیراً نیز تومزاک و همکاران (۲۰۱۰) اثر تمرین ورزشی زیر بیشینه با محدودکردن حرکت قفسه سینه را بر خستگی عضلات تنفسی در افراد سالم بررسی کردند و نشان دادند خستگی دیافراگم تحت شرایط محدودکردن حرکت قفسه سینه رخ می‌دهد و با اجرای ورزشی ضعیف مرتبط است (۲۰). همچنین ری و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند تمرین عضلات تنفسی عملکرد عضلات تنفسی و عملکرد شنا را افزایش می‌دهد و این به دلیل تقویت عضلات تنفسی، کاهش تواتر تنفسی و کاهش کار تنفسی است (۳).

با مرور تحقیقات گذشته مشخص می‌شود که 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 محدودکردن حرکت قفسه سینه در اعمال بار اضافی بر عضلات تنفسی اشاره کرد (۲۲). در حقیقت تلاش برای گسترش فضای قفسه سینه حین محدودکردن حرکت قفسه سینه (CWR) باعث می‌شود دیافراگم و سایر عضلات تنفسی نیروی مکانیکی زیادی را تولید کنند؛ به‌گونه‌ای که در برخی موارد مشاهده شده است که افزایش نیروی تولیدی به سه برابر رسیده است (۲۶).

در هر حال به نظر می‌رسد محققان در زمینه اثرات این نوع تمرینات توافق نظر ندارند. در مجموع مطالعات اندکی افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه را در مورد افراد سالم بررسی کرده‌اند و بیشتر مطالعات دربارهٔ بیماران ریوی انجام شده است (۲۲). در ضمن، اکثر مطالعات اثر تمرین عضلات تنفسی را در موقع استراحت و به صورت مجزا از تمرین کل بدن بررسی کرده‌اند (۱۸،۱۹،۲۲) و همچنین از وسایلی استفاده کرده‌اند که به‌کارگیری آن‌ها در تمرینات ورزشی دشوار و تاحدودی غیرممکن است (۲۲،۲۷). در تنها مطالعه‌ای که در آن تمرین عضلات تنفسی (محدودکردن 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 است و همچنین فعالیت هوازی این مطالعه در آزمایشگاه و روی چرخ کارسنج انجام شده که شباهت اندکی با

تمرین هوازی مورد استفاده در اغلب رشته‌های ورزشی (یا موقعیت مسابقه واقعی) دارد (۱۷،۲۲). در خصوص انجام این تمرینات در آب نیز تحقیقات بسیار اندک است. در نهایت، با توجه به اینکه استفاده از باند الاستیکی به منظور اعمال بار اضافی روی عضلات تنفسی، احتمالاً روشی بسیار ساده، کم‌هزینه و کاربردی برای ایجاد اثرات اضافی تمرینی خواهد بود، در این پژوهش سعی شد تأثیر تمرین افزایش مقاومت در حرکت قفسه سینه با استفاده از باند الاستیکی در موقع تمرین هوازی در آب، بر کارایی تهویه‌ای و عملکرد ریوی دختران شناگر نخبه بررسی شود.

روش‌شناسی

این تحقیق با توجه به اعمال متغیر مستقل (تمرین) و سنجش اثر آن بر متغیر وابسته (متغیرهای فیزیولوژیکی و عملکرد استقامتی) و با توجه به استفاده از نمونه‌های انسانی که کنترل تمام متغیرهای مداخله‌گر را ممکن نمی‌سازد، از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی و طرح آن به صورت پیش‌آزمون ـ پس‌آزمون در یک گروه تجربی (تمرین هوازی شنا در آب همراه با بستن باند الاستیکی) و یک گروه کنترل (تمرین هوازی شنا در آب بدون بستن باند الاستیکی) بود. بدین منظور ۳۰ نفر از شناگران نوجوان باشگاهی کرج و تهران که سابقهٔ ۳ تا ۴ سال تمرین داشتند به‌عنوان نمونه تحقیق حاضر به همکاری شدند و به صورت تصادفی در دو گروه قرار گرفتند. این افراد طبق معاینه پزشکی هیچ‌گونه سابقه بیماری نداشتند و جهت انجام فعالیت جسمانی در سلامتی کامل بودند. ویژگی‌های آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های آزمودنی‌ها بر اساس قد، وزن، سن، درصد چربی و شاخص توده بدنی

گروه	سن (سال)	وزن بدن (کیلوگرم)	قد (متر)	چربی (درصد)
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
تجربی (۱۲نفر)	۱۲/۸ ± ۱/۲	۴۳/۸۶ ± ۱۲/۳۷	۱۴۹/۲ ± ۴۰/۲	۲۰/۴۳ ± ۲/۶۹
کنترل (۱۲نفر)	۱۳ ± ۱/۳	۴۷/۵۰ ± ۸/۸۱	۱۵۶/۳ ± ۱۱/۶	۱۹/۷۵ ± ۳/۵۴
کل (۲۴نفر)	۱۲/۹ ± ۱/۲	۴۵/۸۰ ± ۱۰/۳۹	۱۵۳ ± ۱۲/۹	۲۰/۰۷ ± ۳/۰۸

روش جمع‌آوری داده‌ها

ابتدا اهداف، جزئیات و همچنین خطرات احتمالی اجرای تمرینات برای آزمودنی‌ها تشریح شد و سپس از آن‌ها و والدین آن‌ها رضایت‌نامه کتبی گرفته شد و با استفاده از ترازوی پزشکی مجهز به قدسنج (Seca mod: 220)، ساخت کشور آلمان، قد و وزن آزمودنی‌ها ثبت شد. درصد چربی آزمودنی‌ها نیز با استفاده از فرمول چهارنقطه‌ای (سه سر بازو، فوق خاصره، شکم و ران) چین پوستی (توسط کالیپر Skin Fold Caliper Baseline ساخت امریکا) برآورد شد. مطالعه مقدماتی[1] برای دستیابی به میزان محدودیت ملاک

1. Pilot study

(کاهش ۱۰ درصدFVC) باندهای الاستیکی در افراد انجام شد (۱۹). گفتنی است که مطالعه مقدماتی شامل انجام برنامه تمرین نبود. پس از آن، رأس ساعت ۸ صبح دو روز مانده به شروع برنامه تمرینی، ۱۲ نفر از آزمودنی‌ها (به طور داوطلبانه از هر دو گروه) در مرکز سنجش و توسعه قابلیت‌های جسمانی دانشگاه آزاد اسلامی کرج حضور یافتند (انجام آزمون برای کل افراد در یک روز به علت طولانی بودن آزمون‌ها ممکن نبود). سپس توضیحاتی در مورد نحوه انجام آزمون‌ها به آن‌ها داده شد و قبل از اجرای آزمون‌ها از آزمودنی‌ها خواسته شد که جهت آشنایی با نحوه دویدن روی نوارگردان به مدت چند دقیقه به تمرین بر روی آن بپردازند. همچنین نحوه اجرای مانورهای تنفسی به‌وسیله دستگاه مربوطه، برای آن‌ها توضیح داده شد و برای هر آزمودنی چند آزمون به صورت آزمایشی اجرا گردید. پس از آشنایی آزمودنی‌ها، آزمون‌های مربوط از آن‌ها به عمل آمد که به ترتیب شامل آزمون‌های مربوط به حجم‌ها و عملکردهای ریوی در حال استراحت با استفاده از اسپیرومتر (مدل MICROSPIRO HI-601 **شرکت** CHEST **ک**شور ایتالیا) و پروتکل میدانی کارتون (۱۹۹۵) بود. این آزمون شامل ۱۶۰۰ متر (یک مایل) دویدن / راه رفتن بود که برای ارزیابی آمادگی قلبی تنفسی کودکان ۵ تا ۱۷ ساله استفاده می‌شود) (۲۸)، و پس از برگشت به حال اولیه (حداقل ۹۰ دقیقه برای هر فرد و کنترل از راه ضربان قلب و پرسش از خود فرد) نوبت اجرای آزمون زمان رسیدن به واماندگی روی نوارگردان بود (آزمون اصلاح‌شده بالک؛ قبل از آزمون آزمودنی‌ها به گرم‌کردن می‌پرداختند. سرعت ۵ مایل در ساعت یا ۸ کیلومتر در ساعت ثابت و شیب نوارگردان برای شروع این آزمون صفر بود که پس از آن هر سه دقیقه ۲/۵ درصد به شیب اضافه می‌شد، اما سرعت ثابت بود، مدت زمان ۱۰ ثانیه برای رساندن شیب به سطح موردنظر گرفته شد. حداکثر زمان (بر حسب ثانیه) انجام آزمون از لحظه اعمال شیب برای هر آزمودنی تا رسیدن به خستگی ارادی به‌عنوان زمان رسیدن به واماندگی تلقی گردید. گفتنی است که عملکردهای ریوی نیز با دستگاه اسپیرومتری اندازه‌گیری شد. بلافاصله ساعت ۸ صبح روز بعد از آن بقیه آزمودنی‌ها (۱۲ نفر) در آن مرکز حضور یافتند و آزمون‌های فوق برای آن‌ها نیز اجرا شد. جهت ارزیابی عملکرد هوازی شناگران در آب نیز از آزمون T-20 در استخر استفاده شد (آزمون T-20 می‌تواند به دو طریق اجرا شود. در روش اول ورزشکار به صورت یک رکوردگیری مسافت ۲۰۰۰ متر را شنا می‌کند؛ در روش دوم مسافت طی‌شده توسط شناگر در جریان ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری می‌شود (که در تحقیق حاضر از روش دوم استفاده شده است). در هر دو روش تلاش باید حداکثر بوده و سرعت شنا از ابتدا تا انتهای آزمون به صورت یکسان تقسیم می‌شود (توسط ضربان‌سنج پلار شدت فعالیت کنترل شد)، سپس نتیجه آزمون از طریق تقسیم مسافت شناشده در ۱۰۰ مترها به زمان کل شنا به صورت ثانیه، به سرعت متوسط در هر ۱۰۰ متر تبدیل می‌شود. آزمون T-20 تخمین دقیقی از سرعت آستانه بی‌هوازی فردی شناگر فراهم می‌آورد. همچنین برای ارزیابی تغییرات ظرفیت هوازی بسیار سودمند است) (۲۹). بعد از انجام یک ماه تمرین نیز آزمون‌های ذکرشده از آزمودنی‌ها به عمل آمد.

برنامه تمرین اصلی

هر جلسه شامل سه مرحله: ۱- گرم‌کردن ۲- تمرین اصلی و ۳- سردکردن بود که آزمودنی‌های هر دو گروه به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته پروتکل تمرینی را که شنا با شدت۷۰ تا ۸۰ درصد (۱۸) ضربان قلب حداکثر (سن-۲۲۰) آزمودنی‌ها (کنترل توسط ضربان‌سنج polar) بود اجرا کردند. جلسات تمرینی بعدازظهر اجرا می‌شد. آزمودنی‌ها در هر جلسه بین ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر شنا می‌کردند و در فاز تمرینی تمرینات ویژه قرار داشتند (جدول ۲). برای کنترل شدت و حجم تمرین در دو گروه، آزمودنی‌های دو گروه با همدیگر شنا می‌کردند.

جدول ۲. نمونهٔ برنامه تمرینی شناگران

مسافت کل: ۴۵۰۰ متر شامل:

گرم‌کردن : ۲۰۰ متر کرال، ۲۰۰ متر کشش دست از هر شنا ۵۰ متر، ۲۰۰ متر پا، از هر شنا ۵۰ متر

۱۰×۵۰ پا کرال،۳۰۰ پا با فین (دوکی شکل)

۵۰۰ +۱۰×۵۰ کاهش زمان شنا (به‌علاوه یعنی بین ۵۰۰ آخر۵۰ ها استراحت ندارد) ولی بین هر ۵۰، ۱۵ ثانیه استراحت

۱۰۰ نرم

۵۰۰+ ۵×۱۰۰ کاهش زمان شنا (مثل بالا) بین هر ۱۰۰ متر ۳۰ ثانیه استراحت

۵۰۰+ ۱۰×۵۰ افزایش زمان در هر ۵۰ متر (مثل بالا) زمان استراحت در هر ۵۰، ۱۰ ثانیه است.

سردکردن: ۲۰۰ متر

گروه تجربی پروتکل تمرینی را بدون بستن باند الاستیکی (باند T.S ساخت کشور تایوان) انجام دادند، در حالی که گروه کنترل باند الاستیکی را به دور قفسه سینه بستند و پروتکل تمرینی را انجام دادند. پهنای باند الاستیکی مورد استفاده ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بود و برای هر آزمودنی، با توجه به طول و پهنای قفسه سینه، استفاده شد. باند مورد استفاده فاصله بین زیر بغل تا آخرین دنده را تحت پوشش قرار می‌داد. میزان محدودیت (مقاومت) ایجادشده حدود ۱۰ درصد FVC هر فرد بود که در یک جلسه برای هر آزمودنی تعیین گردید و با توجه به این ملاک، باندهای مخصوص هر نفر علامت‌گذاری شد. در اینجا گفتنی است که این باندها مانع بازشدن قفسه سینه نمی‌شدند، بلکه میزان بار اعمال‌شده بر فرایند دم را افزایش می‌دادند (۱۹). در طول برنامه تمرینی هر هفته به طور تصادفی دو عدد از باندهای الاستیکی از لحاظ تغییرات احتمالی مورد آزمایش قرار می‌گرفتند. تا در صورت مشاهده تغییر، با توجه به میزان محدودیت ملاک، تعویض شوند.

حداکثر اکسیژن مصرفی (VO_2max) آزمودنی‌ها از طریق پروتکل میدانی کارتون (۲۸) اندازه‌گیری شد. همچنین آزمون زمان رسیدن به واماندگی شامل آزمون اصلاح‌شده بالک روی نوارگردان بود (۲۸). قبل از آزمون، آزمودنی‌ها به گرم‌کردن می‌پرداختند. سرعت ۵ مایل در ساعت یا ۸ کیلومتر در ساعت ثابت و شیب نوارگردان برای شروع این آزمون صفر بود که پس از آن هر سه دقیقه ۲/۵ درصد به شیب اضافه می‌شد، اما سرعت ثابت بود، مدت زمان ۱۰ ثانیه برای رساندن شیب به سطح موردنظر گرفته شد. حداکثر زمان (بر حسب ثانیه) انجام آزمون از لحظه اعمال شیب برای هر آزمودنی تا رسیدن به خستگی ارادی به‌عنوان زمان

رسیدن به واماندگی تلقی گردید (۳۰). برای اندازه‌گیری نسبت FEV_1/FVC و تهویه ارادی حداکثر (مانور۱۵ ثانیه‌ای) نیز از دستگاه اسپیرومتر استفاده شد. روش اندازه‌گیری آزمون T-20 نیز بدین صورت بود که مسافت طی‌شده توسط شناگر در جریان ۲۰ دقیقه اندازه‌گیری می‌شود. تلاش باید حداکثر بوده و سرعت شنا از ابتدا تا انتهای آزمون یکسان تقسیم شود (توسط ضربان‌سنج پلار شدت فعالیت کنترل شد)، سپس نتیجه آزمون از طریق تقسیم مسافت شناشده در ۱۰۰ مترها به زمان کل شنا به ثانیه، به سرعت متوسط در هر ۱۰۰ متر تبدیل می‌شد. آزمون **T-20** تخمین دقیقی از سرعت آستانه بی‌هوازی فردی شناگر فراهم می‌آورد، همچنین برای ارزیابی تغییرات ظرفیت هوازی بسیار سودمند است.

روش آماری

ابتدا برای اطمینان از نرمال‌بودن توزیع داده‌های تحقیق از آزمون KS و به منظور بررسی تجانس واریانس متغیرها، آزمون F لوین انجام شد. همچنین جهت توصیف داده‌ها از آمار توصیفی و جهت تعیین اختلاف بین متغیرهای مورد مطالعه از نرم‌افزار آماری SPSS و آزمون t (مستقل و همبسته) در سطح معنی‌داری $P \leq ۰/۰۵$ استفاده شد.

نتایج

تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش نشان داد تمرین شنا با بستن باند الاستیکی در زمان رسیدن به واماندگی شناگران تأثیر معنی‌دار دارد (جدول ۳).

جدول۳. تغییرات درون و برون‌گروهی در متغیرهای تحقیق

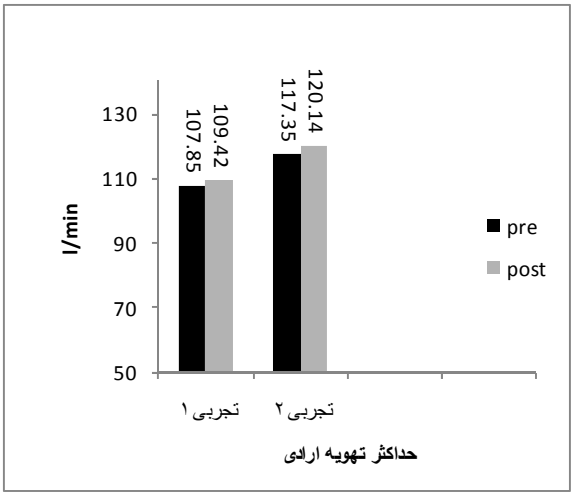
متغیر	گروه	پیش‌آزمون M ± SD	پس‌آزمون M ± SD	اختلاف پیش و پس آزمون (D)	P (درون‌گروهی)	P بر اساس D (بین‌گروهی)
ظرفیت حیاتی با نیرو (l)	کنترل	۲/۷۹ ± ۰/۷۳	۲/۸۶ ± ۰/۷۸	۰/۰۷ ± ۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۶
	تجربی	۲/۸۹ ± ۰/۳۸	۳/۰۵ ± ۰/۴۰	۰/۱۸ ± ۰/۱۹	۰/۰۷	
FEV1/FVC (٪)	کنترل	۱/۰۱ ± ۰/۱۷	۰/۹۶ ± ۰/۱۷	۰/۰۴ ± ۰/۱۰	۰/۲۵	۰/۵۴
	تجربی	۱/۰۵ ± ۰/۲	۰/۹۷ ± ۰/۲	۰/۰۷ ± ۰/۱۰	۰/۰۸	
زمان رسیدن به واماندگی (s)	کنترل	۱۰۳۲/۱۲ ± ۲۰۹	۱۰۳۵/۶۲ ± ۲۰۹	۳/۵۰ ± ۳/۹۲	۰/۰۶	۰/۰۶۳
	تجربی	۹۹۰/۸۵ ± ۱۷۹	۱۰۰۲/۱۴ ± ۱۷۳	۱۱/۲۸ ± ۸/۳۴	*۰/۰۱۲	

*تفاوت معنی‌دار؛ کنترل: (تمرین شنا بدون بستن باند الاستیکی)؛ تجربی: (تمرین شنا با بستن باند الاستیکی)

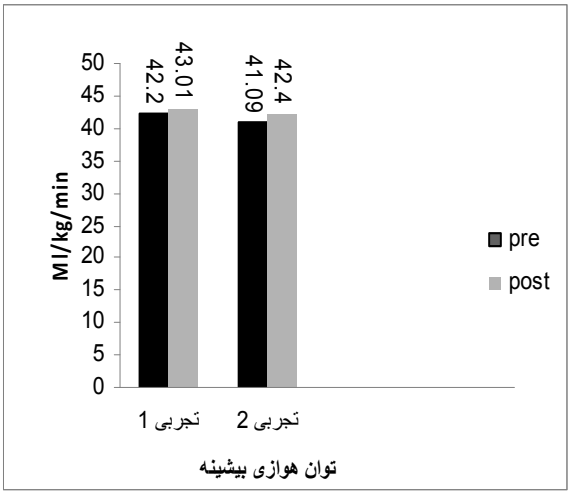
استفاده از آزمون t همبسته (جدول۳) نشان داد که میزان زمان رسیدن به واماندگی ($P=۰/۰۴$) در گروه تجربی (تمرین + بستن باند الاستیکی) افزایش معنی‌داری داشته است. اما تغییرات مربوط به ظرفیت حیاتی با

نیرو و نسبت FEV1/FVC در گروه تجربی (تمرین + بستن باند الاستیکی) تغییر معنی‌داری نداشته است. در گروه کنترل (تمرین+ بدون بستن باند الاستیکی) هیچ‌یک از متغیرها تغییر معنی‌داری نداشتند.

استفاده از آزمون t مستقل (با استفاده از نمرات افزوده D) برای تعیین تفاوت تغییرات بین‌گروهی نشان داد تغییرات مربوط به ظرفیت حیاتی با نیرو (P=۰/۱۶)، نسبت FEV1/FVC (P=۰/۵۴) و زمان رسیدن به واماندگی (P=۰/۰۶۳) بین دو گروه تجربی و کنترل معنی‌دار نبود.



نمودار۱. توان هوازی بین گروه‌ها



نمودار۲. حداکثر تهویه ریوی بین گروه‌ها

استفاده از آزمون t همبسته نشان داد که میزان توان هوازی بیشینه در گروه تجربی (تمرین + بستن باند الاستیکی) (P=۰/۴۹) و گروه کنترل (تمرین بدون بستن باند الاستیکی) (P=۰/۲۳) افزایش یافت، اما این افزایش معنی‌دار نبود. حداکثر تهویه ارادی در گروه تجربی و کنترل افزایش داشت اما این افزایش معنی‌دار نبود (به ترتیب P=۰/۱۴ ، P=۰/۰۷۵).

استفاده از آزمون t مستقل (با استفاده از نمرات افزوده D) برای تعیین تفاوت تغییرات بین‌گروهی نشان داد تغییرات مربوط به توان هوازی بیشینه (P=۰/۵۵) و حداکثر تهویه ارادی نیز (P=۰/۴۶) بین دو گروه تجربی و کنترل معنی‌دار نبود.

جدول ۴. تست T-20 (آزمون عملکرد شناگران)

تست T-20	گروه	پیش‌آزمون M ± SD	پس‌آزمون M ± SD	P (درون گروهی)	P بر اساس D (بین‌گروهی)
سرعت متوسط (متر بر ثانیه)	تجربی ۱	۰/۸۹۶ ± ۰/۱۱	۰/۸۹۵ ± ۰/۱۰	۰/۹	* ۰/۰۲۶
	تجربی ۲	۰/۹۲ ± ۰/۰۶	۰/۹۵ ± ۰/۰۶	*۰/۰۲۸	
زمان متوسط هر ۱۰۰ متر (ثانیه)	تجربی ۱	۱۱۲/۷۱ ± ۱۵/۵۷	۱۱۲/۶۰ ± ۱۵/۱۰	۰/۹۲	*۰/۰۱۲
	تجربی ۲	۱۰۸/۲۴ ± ۶/۹۷	۱۰۲/۳۱ ± ۵/۲۰	*۰/۰۱۲	
مسافت T-20 (متر)	تجربی ۱	۱۰۸۰ ± ۱۳۸/۰۴	۱۰۸۱/۶۲ ± ۱۲۹/۰۱	۰/۹۷	*۰/۰۲۰
	تجربی ۲	۱۱۱۲/۸۵ ± ۷۷/۶۶	۱۱۶۵/۱۴ ± ۷۲/۸۶	*۰/۰۱۸	

* تفاوت معنی‌دار؛ تجربی ۱: تمرین شنا بدون بستن باند الاستیکی؛ تجربی ۲: تمرین شنا با بستن باند الاستیکی

استفاده از آزمون t همبسته (جدول۴) نشان داد که سرعت متوسط (P=۰/۰۲۸)، زمان متوسط هر صد متر (P=۰/۰۱۲) و مسافت T-20 (P=۰/۰۱۸) در گروه تجربی (تمرین + بستن باند الاستیکی) پیشرفت معنی‌داری داشت اما در گروه کنترل (تمرین بدون بستن باند الاستیکی) این تغییرات معنی‌دار نبود.
استفاده از آزمون t مستقل (با استفاده از نمرات افزوده D) برای تعیین تفاوت تغییرات بین‌گروهی نشان داد تغییرات مربوط به سرعت متوسط (P=۰/۰۲۶)، زمان متوسط هر صدمتر (P=۰/۰۱۲) و مسافت T-20 (P=۰/۰۲۰) بین دو گروه تجربی و کنترل معنی‌دار بود.

بحث و نتیجه گیری

در سال‌های اخیر، کوشش‌های زیادی برای بهبود عملکرد شناگران صورت گرفته است (۳۱). تلاش برای بهبود عملکرد ورزشکاران و توان هوازی بیشینه همواره بخشی از برنامه‌های تمرینی ورزشکاران رشته‌های مختلف ورزشی را به خود اختصاص داده است (۲۲،۳۱،۳۲). در تحقیق حاضر نشان داده شد چهار هفته تمرین شنا با محدودیت حرکت قفسه سینه (بستن باند الاستیکی حین تمرین شنا در آب) موجب افزایش زمان رسیدن به واماندگی شناگران و بهبود عملکرد آن‌ها می‌شود اما تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای ریوی شناگران تمرین‌کرده ندارد.
برخی از تحقیقات اثر ارگوژنیکی این تمرینات را تأیید کردند (۴،۱۴،۳۳)، ولی برخی دیگر هیچ‌گونه اثری را گزارش نکردند (۱۶،۳۴) که ممکن است به نوع عملکرد وابسته باشد. برای مثال، پاین و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند تمرین عضلات تنفسی هیچ اثری بر دویدن سرعتی ندارد (۳۵). اما ولیانیتزی و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند پس از تمرین عضلات تنفسی، رکورد ۵۰۰۰ متر قایقرانان کاهش معنی‌داری دارد و مسافت تست ۶- دقیقه‌ای قایقرانی نیز افزایش می‌یابد (۱۴). بوتلیر و همکاران (۱۹۹۲) نیز بهبود عملکرد دوچرخه‌سواری را پس از چهار هفته تمرین عضلات تنفسی نشان دادند (۱۵). در تحقیقات جدید تر ریگاناس و همکاران

(۲۰۰۸) اثر شش هفته تمرین ویژه عضلات تنفسی را بر قدرت عضلات تنفسی، حداکثر اکسیژن مصرفی، تجمع لاکتات و عملکرد ورزشی ۱۹ قایقران نخبه بررسی کردند و نشان دادند که قدرت عضلات تنفسی ۲۸ درصد افزایش یافت، اما بر حداکثر اکسیژن مصرفی و عملکرد قایقرانان نخبه اثری نداشت (۳۶). اسپرلیچ (۲۰۰۹) و همکاران نیز اثر شش هفته تمرین عضلات تنفسی را بر حداکثر اکسیژن مصرفی و عملکرد دویدن ۱۷ سرباز آلمانی بررسی کردند و هیچ تغییر معنی‌داری در اکسیژن مصرفی، نسبت تبادل تنفسی و ضربان قلب، آستانه لاکتات، میزان درک فشار و سرعت دویدن سربازان پیدا نکردند (۱۲). اما نیکس و همکاران (۲۰۰۹) اثر پنج هفته تمرین عضلات تنفسی را بر اجرای ورزشی، قدرت و خستگی عضلات تنفسی و دیس پنیای فوتبالیست‌ها بررسی کردند و بهبود عملکرد ورزشی فوتبالیست‌ها را گزارش کردند. آن‌ها اشاره کردند که سازوکار تأثیر این تمرینات به بررسی‌های بیشتری نیاز دارد (۲۱). تفاوت در نتایج می‌تواند ناشی از روش‌های تمرینی متفاوت (حجم و شدت)، استفاده از ابزار تمرینی متفاوت و ناهمگن و همچنین تعداد آزمودنی‌های کم، نداشتن گروه کنترل و عدم اعمال تحریک کافی بر عضلات تنفسی باشد (۱۲).

در توجیه اثرات مثبت استفاده از مقاومت تنفسی حین تمرین می‌توان گفت ورزش شدید موجب خستگی عضلات تنفسی می‌شود (۳۷) که اثر معکوسی بر اجرای ورزشی دارد. با افزایش شدت و زمان ورزش و خستگی عضلات تنفسی، میزان دیس پنیا نیز افزایش می‌یابد. بنابراین از لحاظ نظری تمرین عضلات تنفسی با کاهش جریان حرکتی برای سطح مشخصی از تهویه دقیقه‌ای، دیس پنیا را کاهش می‌دهد (۳۸)، بنابراین تمرین عضلات تنفسی موجب کاهش درک فشار عضلات تنفسی می‌شود. همچنین کاملاً روشن است که عضلات تنفسی هنگام ورزش‌های استقامتی بخش عظیمی از کار متابولیکی را انجام می‌دهند. در تأیید این موضوع، حین ورزش‌های سنگین، عضلات تنفسی بیش از ۱۵ درصد از کل اکسیژن مصرفی را در افراد تمرین‌کرده مصرف می‌کنند (۳۹). برخی شواهد پیشنهاد می‌کنند که عضلات تنفسی همانند عضلات اسکلتی اندام‌ها به تمرینات ویژه پاسخ می‌دهند و قدرت و استقامت آن‌ها افزایش می‌یابد. در این تحقیق افزایش قدرت عضلات تنفسی نشان داده شد، هر چند معنی‌دار نبود. یافته‌های تحقیقات پیشین نیز افزایش قدرت را نشان دادند (۱۴،۳۶)، اما میزان افزایش قدرت در تحقیقات مختلف متفاوت است که می‌تواند به دلیل تفاوت در روش‌های مختلف تمرینات ویژه عضلات تنفسی، مدت و شدت تمرین و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها باشد (۳۶). اینبار (۶) و ولیانتیس (۱۴) نیز افزایش قدرت عضلات تنفسی را در ورزشکاران نخبه پس از تمرین این عضلات گزارش کردند.

در تحقیق حاضر همانند تحقیقات پیشین (۱۶) تغییر معنی‌داری در توان هوازی مشاهده نشد. برای افزایش توان هوازی، افزایش فراهمی اکسیژن به عضلات در حال فعالیت ضروری است که این امر با افزایش بازده قلبی و افزایش اختلاف اکسیژن خون سیاهرگی سرخرگی میسر می‌شود. افزایش توان هوازی در تحقیق حاضر معنی‌دار نبود که با توجه به اینکه آزمودنی‌های تحقیق حاضر شناگران نخبه بودند این امر قابل توجیه است. در واقع، به نظر می‌رسد این روش تمرینی در افراد نخبه که ظرفیت‌های تنفسی بالا و عضلات تنفسی

آماده‌ای دارند کمتر به ایجاد تغییر معنی‌دار منجر شود، زیرا به نظر می‌رسد سازگاری‌های دستگاه تنفسی این افراد تاحدودی به سقف فیزیولوژیکی خود نزدیک می‌شود (۲۲،۴۰). از طرفی در تحقیق حاضر برای برآورد توان هوازی شناگران از آزمون ویژه به ورزش شنا استفاده نشده است که این از محدودیت‌های تحقیق حاضر است و می‌تواند بر نتایج اثرگذار باشد، چرا که عضلاتی که در شنا و دویدن به کار می‌روند تاحد زیادی متفاوت هستند.

نتایج تحقیق حاکی از افزایش معنی‌دار TTE گروه تجربی۲ بود، اما در گروه تجربی۱ با وجود افزایش زمان رسیدن به واماندگی، این تأثیر معنی‌دار نبود. در این زمینه ادواردز و همکارانش (۲۰۰۴) دریافتند که چهار هفته تمرین عضلات دمی (IMT) باعث بهبود TTE مردان سالم شده است. آن‌ها بیان کردند که شاید بخشی از سازوکار این بهبود در زمان رسیدن به واماندگی به کاهش خستگی عضلات تنفسی و ظرفیت انجام کار بیشتر این عضلات بدون درک فشار تنفسی بالا مربوط باشد (۴۱). همچنین با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق پس از دوره تمرین اختلاف معنی‌داری در زمان رسیدن به واماندگی هنگام مقایسه گروه‌های تجربی ۱ و ۲ (علی رغم بیشتر بودن افزایش آن گروه تجربی۲) مشاهده نشد.

نتایج تحقیق همچنین حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار مداخله تمرینی بر ظرفیت حیاتی با نیرو (FVC) و نسبت حجم بازدمی با نیرو در یک ثانیه به ظرفیت حیاتی با نیروی (FEV_1/FVC) آزمودنی‌ها قبل و پس از تمرین بود. هنگام مقایسه دو گروه پس از تمرین نیز اختلاف معنی‌داری در متغیرهای فوق به دست نیامد ($P>۰/۰۵$). در این باب تحقیقات زیادی حاکی از عدم تغییر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی در اثر تمرین است. به نظر می‌رسد که این شاخص‌ها در افراد دارای بیماری‌های ریوی (که دارای حجم‌های کاهش یافته‌اند) و افراد بی‌تحرک می‌تواند تحت تأثیر تمرینات ویژه عضلات تنفسی قرار گیرد. به هر حال، اثر این نوع تمرینات بر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی در افراد تمرین‌کرده به تحقیقات بیشتری نیاز دارد (۲۲،۴۰).

نتایج آزمون T-20 در تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از این روش موجب بهبود عملکرد ورزشی شناگران می‌شود. همان طور که اشاره شد، آزمون **T-20** تخمین دقیقی از سرعت آستانه بی‌هوازی فردی شناگر فراهم می‌آورد. همچنین برای ارزیابی تغییرات ظرفیت هوازی بسیار سودمند است. بهبود زمان شنای ورزشکار (کاهش رکورد) به معنای آن است که میزان متابولیسم هوازی و دفع لاکتات از عضلات و خون بهبود یافته است (۲۹).

در نتیجه، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از باند الاستیکی به منظور افزایش میزان بار وارد بر عضلات تنفسی در هنگام تمرین هوازی باعث ایجاد سازگاری‌هایی در این عضلات می‌شود و این امر می‌تواند باعث کسب مزیت‌هایی برای بهبود عملکرد ورزشی شود و از این روش تمرینی می‌توان برای تسریع در دستیابی به بخشی از سازگاری‌ها به تمرین هوازی و بهبود عملکرد ورزشی استفاده کرد.

منابع

1. Lomax, ME., McConnell, A.K. (2003) Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. J Sports Sci. Aug; 21(8):659-64.
2. Harms, C.A., Wetter, T.J., McClaran, S.R., Pegelow, D.F., Nickele, G.A., Nelson, W.B., Hanson, P., Dempsey, J.A. (1998) Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. J Appl Physiol. Aug; 85(2):609-18.
3. Ray, A.D., Pendergast, D.R., Lundgren, C.E. (2010) Respiratory muscle training reduces the work of breathing at depth. Eur J Appl Physiol. Mar; 108(4):811-20.
4. Gething, A.D., Williams, M., Davies, B. (2004) Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. Br J Sports Med. Dec; 38(6):730-6.
5. Sonetti, D.A., Wetter, T.J., Pegelow, D.F., Dempsey, J.A. (2001) Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. Respire Physiol.Sep;127(2-3):185-99.
6. Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A., Weinstein, Y. (2000) Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. Med Sci Sports Exec. Jul; 32(7):1233-7.
7. Scherer, T.A., Spengler, C.M., Owassapian, D., Imhof, E., Boutellier, U. (2000) Respiratory muscle endurance training in chronic obstructive pulmonary disease: impact on exercise capacity, dyspnea, and quality of life. Am J Respir Crit Care Med. Nov; 162(5):1709-14.
8. Weiner, P., Magadle, R., Beckerman, M., Weiner, M., Berar-Yanay, N. (2003) Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. Chest. Oct; 124(4):1357-64.
9. Kraemer, W., Admas, K., Cararellli, E. (2009) American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. Med Sci Sports Exerc. Mar; 41(3):687-708.
10. Jardim, J., Farkas, G., Prefaut, C., Thomas, D., Macklem, P.T., Roussos, C. (1981) The failing inspiratory muscles under normoxic and hypoxic conditions. Am Rev Respir Dis. Sep; 124(3):274-9.
11. Roussos, C., Zakynthinos, S. (1996) Fatigue of the respiratory muscles. Intensive Care Med. Feb; 22(2):134-55.
12. Sperlich, B., Fricke, H., de Marées, M., Linville, J.W., Mester, J. (2009) Does respiratory muscle training increase physical performance? Mil Med. Sep;174(9):977-82.
13. Spengler, C.M., Roos, M., Laube, S.M., Boutellier, U. (1999) Decreased exercise blood lactate concentrations after respiratory endurance training in humans. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. Mar; 79(4):299-305.
14. Volianitis, S., McConnell, A.K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., Jones, D.A. (2001) Inspiratory muscle training improves rowing performance. Med Sci Sports Exerc. May; 33(5):803-9.
15. Boutellier, U., Büchel, R., Kundert, A., Spengler, C. (1992) The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. Eur J Appl Physiol Occup Physiol.;65(4):347-53.
16. Morgan, D.W., Kohrt, W.M., Bates, B.J., Skinner, J.S. (1987) Effects of respiratory muscle endurance training on ventilatory and endurance performance of moderately trained cyclists. Int J Sports Med. Apr;8(2):88-93
17. Enright, S.J., Unnithan, V.B., Heward, C., Withnall, L., Davies, D.H. (2006) Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. Phys Ther. Mar; 86(3):345-54.
18. Fast Shelby, L., Patterson, J, A., Farmer, K. L., Rogers.A (2006) The Effects of Chest Constriction at Rest on Aerobic Capacity. Med. Sci. Sports Exerc. May Supplement; 38(5): S397.
19. Farmer, L., Patterson, J., Rogers, A., Michael, E. (2006) Effect of Chest constriction on aerobic conditioning. Med. Sci .Sports Exerc. 38(5):S396-S397.
20. Tomczak, S.E., Guenette, J.A., Reid, W.D., McKenzie, D.C., Sheel, A.W. (2010) Diaphragm Fatigue Following Sub-Maximal Exercise With Chest Wall Restriction. Med Sci Sports Exerc. Jul 7. [Epub ahead of print]

21. Nicks, C.R., Morgan, D.W., Fuller, D.K., Caputo, J.L. (2009) the influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. Int J Sports Med. Jan; 30(1):16-21. Epub 2008 Oct 30.

۲۲.محمدزاده سلامت خالد,رجبی حمید,نوروزیان منیژه,بهرامی نژاد مرتضی. تاثیر چهار هفته تمرین هوازی همراه با محدود کردن حرکت قفسه سینه بر توان هوازی و عملکرد قلبی – تنفسی افراد سالم. المپیک تابستان ۱۳۸۹; ۱۸(۲ (پیاپی ۵۰)):۷–۱۸.

23. Glerant, J.C., Mustfa, N., Man, W.D., Luo, Y.M., Rafferty, G., Polkey, M.I., Moxham, J. (2006) Diaphragm electromyograms recorded from multiple surface electrodes following magnetic stimulation. Eur Respir J. Feb;27(2):334-42.
24. Coast, J.R., Cline, C.C.(2004) The effect of chest wall restriction on exercise capacity. Respirology. Jun; 9(2):197-203.
25. Kabitz, H.J., Walker, D., Schwoerer, A., Sonntag, F., Walterspacher, S., Roecker, K., Windisch, W. (2007) new physiological insights into exercise-induced diaphragmatic fatigue. Respir Physiol Neurobiol. Aug 15;158(1):88-96. Epub 2007 May 7.
26. Harty, H.R., Corfield, D.R., Schwartzstein, R.M., Adams, L. (1999) External thoracic restriction, respiratory sensation, and ventilation during exercise in men. J Appl Physiol. Apr; 86(4):1142-50.
27. Henke, K.G., Sharratt, M., Pegelow, D., Dempsey, J.A. (1988) Regulation of end-expiratory lung volume during exercise. J Appl Physiol. Jan; 64(1):135-46.
28. Heyward, V.H. (2002) Advanced fitness assessment exercise prescription. Human kinetics.95-9

۲۹. مسیبی فتح الله، رمضانی علیرضا، شیخ الاسلامی وطنی داریوش، گائینی عباسعلی، جلال زاده زهرا، مؤلف جول ام. استاگر ، دیویدآ. تانر راهنمای پزشکی و علوم ورزشی شنا، کمیته ملی المپیک جمهوری اسلامی ایران (۲۴ اردیبهشت، ۱۳۸۷)

۳۰. گائینی، عباسعلی؛ فیزیولوژی ورزشی دوران رشد. مولف تامس رولند، ۱۳۷۹ انتشارات پژوهشکده تربیت بدنی و علوم وزرشی

۳۱.درودیان، علی اصغر؛ هوانلو، فریبرز؛ نمازی زاده، مهدی. توصیف عملکرد شناگران نخبه نوجوان ایرانی با به کارگیری لباس های مخصوص شنا. علوم حرکتی و ورزش . پاییز و زمستان ۱۳۸۶; ۵(۱۰):۱–۱۱.

۳۲.دهخدا، محمدرضا؛ گائینی، عباس علی؛ رجبی، حمید؛ قنبری نیاکی، عباس؛ صراف نژاد، عبدالفتاح. تاثیر یک دوره فعالیت هوازی همراه با مصرف اسپیرولینا بر بیشینه اکسیژن مصرفی و عملکرد برخی از شاخص های دستگاه ایمنی مردان تمرین کرده پس از فعالیت بدنی وامانده ساز. علوم حرکتی و ورزش بهار و تابستان ۱۳۸۶; ۵(۹):۲۹–۴۶.

33. Holm, P., Sattler, A., Fregosi, R.F. (2004) Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. BMC Physiol. May 6;4:9.
34. Williams, J.S., Wongsathikun, J., Boon, S.M., Acevedo, E.O. (2002) Inspiratory muscle training fails to improve endurance capacity in athletes. Med Sci Sports Exerc. Jul; 34(7):1194-8.
35. Pine, M., Murphy, A., Watsford, M., Coutts, A. (2005) Specific respiratory muscle training: the effect of various training strategies upon repeat sprint performance. J Sci Med Sports. 8 suppl.
36. Riganas, C.S., Vrabas, I.S., Christoulas, K., Mandroukas, K. (2008) Specific inspiratory muscle training does not improve performance or VO2max levels in well trained rowers. J Sports Med Phys Fitness. Sep; 48(3):285-92.
37. Coast, J.R., Clifford, P.S., Henrich, T.W., Stray-Gundersen, J., Johnson, R.L. (1990) Jr. Maximal inspiratory pressure following maximal exercise in trained and untrained subjects. Med Sci Sports Exerc. Dec; 22(6):811-5.
38. McConnell, A.K., Romer, L.M. (2004) Dyspnoea in health and obstructive pulmonary disease: the role of respiratory muscle function and training. Sports Med. 34(2):117-32.
39. Aaron, E.A., Johnson, B.D., Seow, C.K., Dempsey, J.A. (1992) Oxygen cost of exercise hyperpnea: measurement. J Appl Physiol. May; 72(5):1810-7.
40. Amonette, W.E., Dupler, T.L. (2002) the effect of respiratory muscle training on VO_{2max}, the ventilatory threshold and pulmonary function .J Exerc Physiol. 5(2): 354-363
41. Edwards, A., 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. 42:198-203.