فیزیولوژی ورزشی شماره ۳۴، تابستان ۱۳۹۶. صص ۱۱۴-۹۵

تأثیر یک دوره تمرین عضلات دمی در ارتفاع به‌همراه تمرین اختصاصی در ارتفاع بالا و پایین بر اشباع اکسیژن سرخرگی و عملکرد دوندگان استقامت تیم ملی

روح‌اله محمدی میرزایی[۱]، شادمهر میردار[۲]، علیرضا صفایی[۳]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه مازندران*
۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه مازندران
۳. مربی دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۷

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر یک دوره تمرین عضلات دمی در ارتفاع به‌همراه تمرین اختصاصی در ارتفاع بالا و پایین بر اشباع اکسیژن سرخرگی و عملکرد دوندگان تیم ملی استقامت بود. بدین‌منظور، ۱۲ دوندهٔ مرد (با میانگین سنی ۳/۱±۲۴/۴ سال؛ قد ۴/۲±۱۸۰/۵ سانتی‌متر؛ وزن ۳/۴±۶۶/۷ کیلوگرم؛ شاخص تودهٔ بدن ۱/۰±۲۰/۵ کیلوگرم برمترمربع) به‌طور تصادفی به دو گروه تمرین عضلات دمی و بدون آن، همراه با تمرین اختصاصی دویدن در ارتفاع پایین و بالا تقسیم شدند. جهت انجام پژوهش آزمون‌های ۳۰۰۰ متر، قدرت عضلات دمی، حجم ، جریان دمی و اشباع اکسیژن سرخرگی قبل و ۲۴ساعت پس از دورهٔ تمرین اجرا گردید. برنامهٔ تمرینی شامل: تمرینات تداومی، تناوبی، هوازی و مقاومتی برای هر دو گروه بود. آزمودنی‌ها به‌طور میانگین ۱۶ جلسه در هفته و به‌مدت چهار هفته زندگی در ارتفاع، تمرین در ارتفاع و تمرین در پایین (اجرای سه جلسه تمرین فقط در روزهای زوج در ارتفاع پایین و ادامهٔ تمرینات به‌همراه خواب در ارتفاع بالا) را تمرین نمودند. تمرینات گروه عضلات دمی شامل ۳۰ تکرار با بینی بسته به‌صورت دوبار در روز (صبح و عصر)، هفت روز در هفته و به‌مدت چهار هفته با ۵۰ درصد حداکثر قدرت عضلات دمی در ارتفاع اجرا گردید. به‌منظور تحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر با عامل بین‌گروهی در سطح معناداری ($P\leq0.05$) استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که هایپوکسی منجر به کاهش معنادار زمان دوی ۳۰۰۰ متر در دو گروه و افزایش قدرت عضلات دمی و جریان دمی از قبل تا پس از تمرین در گروه تمرین عضلات دمی شده است؛ اما تفاوت معناداری در حجم و اشباع اکسیژن سرخرگی مشاهده نمی‌شود ($P\leq0.05$). به‌طورکلی، به‌نظر می‌رسد که استفاده از تمرین عضلات دمی به‌همراه تمرین اختصاصی در هایپوکسی موجب افزایش قدرت عضلات و جریان دمی، کاهش تهویه و کاهش زمان دوی ۳۰۰۰ متر در ارتفاعات پایین‌تر می‌گردد.

واژگان کلیدی: تمرین عضلات تنفسی، هایپوکسی، SpO2، عملکرد استقامتی، دوندگان استقامتی

*نویسنده مسئول Email: Coach.iri@gmail.com

مقدمه

رقابت به‌طور مداوم ورزشکاران را در جستجوی جدیدترین روش‌ها برای به‌دست‌آوردن بهترین نتیجه جهت پیشی‌گرفتن از رقبا به‌دنبال خود می‌کشاند. در مطالعات گذشته، اجرای تمرینات به‌منظور بهبود عملکرد، دقیقاً بر عضلات محیطی و قلبی ـ عروقی متمرکز بوده و در این تمرینات، کل و یا قسمتی از بدن درگیر می‌شده است. برخی از مطالعات حاکی از آن است که استفاده از تمرین عضلات تنفسی[1] می‌تواند باعث بهبود عملکرد ورزشی از طریق مکانیسم‌های کاهش در میزان تنگی نفس[2]، کاهش در میزان تلاش برای تنفس[3]، افزایش قدرت عضلات دمی (s-index)[4]، افزایش جریان دمی[5] و تضعیف پدیدهٔ بازتاب متابولیکی گردد. همچنین، این اعمال منجر به نگه‌داشتن و دستیابی ورزشکاران به حداکثر ثبات عملکردی می‌شود (۱). پژوهشی جدید نشان داده است که خستگی عضلات تنفسی از طریق بازتاب متابولیکی، عملکرد تمرینی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. تجمع متابولیک‌ها از قبیل اسیدلاکتیک در فعالیت اعصاب آوران نوع III، عضلات تنفسی و به‌ویژه گروه اعصاب آوران نوع IV باعث افزایش عملکرد و فعالیت سمپاتیک مغزی شده و انقباض عروق در حین اجرای تمرین، خستگی اندام‌ها و عضلات تنفسی را به‌همراه خواهد داشت (۲). علاوه‌براین، اجرای تمرینات تنفسی با افزایش در میزان متابولیسم هوازی و میزان تحویل اکسیژن همراه می‌باشد که این امر به‌نوبهٔ خود از بروز خستگی و به‌تأخیرانداختن خستگی عضلات تنفسی از طریق کاهش جریان خون رقابتی بین عضلات تنفسی و عضلات اسکلتی اندام‌ها در حین اجرای فعالیت ورزشی جلوگیری می‌کند و درنهایت، منجر به تغییر جریان خون از عضلات حرکتی به‌سمت عضلات تنفسی شده و به‌دنبال آن خستگی عضلات دمی را طی عملکرد ورزشی به تأخیر می‌اندازد (۳). مشابه با آن‌چه که با اجرای تمرینات استقامتی و تمرین در شرایط هایپوکسی در عضلات اسکلتی رخ می‌دهد، تمرین عضلات دمی IMT[6] باعث افزایش آنزیم‌های اکسیداتیو و تغییر در نوع و اندازهٔ فیبرهای عضلانی در عضلات تنفسی می‌گردد (۱). همچنین، تمرین و تقویت عضلات دمی سبب افزایش حداکثر قدرت عضلات دمی می‌شود که این امر باعث افزایش در میزان حجم جاری، کاهش تعداد تنفس طی تمرین و افزایش در حداکثر جریان دمی گشته و درنهایت منجر به بهبود عملکرد ورزشی می‌شود (۴).

1. Respiratory Muscle Training
2. Rating of Perceived Breathlessness
3. Rating of Perceived Exertion
4. Strange Index
5. Pike Inspiratory Flow
6. Inspiratory Muscle Training

ورزشکاران حرفه‌ای از روش تمرین در ارتفاع جهت بهبود عملکرد و ارتقای رکوردهای خود در سطح دریا و نیز آمادگی و حضور هرچه قوی‌تر در مسابقات در سطوح حرفه‌ای استفاده می‌نمایند. روش‌های مختلف تمرین در ارتفاع طبیعی و هایپوکسی که هم‌اکنون توسط ورزشکاران حرفه‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد شامل: زندگی در ارتفاع + تمرین در ارتفاع، زندگی در ارتفاع + تمرین در ارتفاع پایین، زندگی در پایین + تمرین در ارتفاع، زندگی در ارتفاع + تمرین در ارتفاع و تمرین در پایین، تمرینات متناوب هایپوکسی، قرارگرفتن درمعرض هایپوکسی متناوب و قرارگرفتن درمعرض متناوب هیپوکسی طی تمرینات اینتروال می‌باشد (۵). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که اجرای تمرینات استقامتی قدرتی در ارتفاع از قبیل تمرینات با وزنه و پلایومتریک باعث افزایش متابولیسم گلیکولیتیکی بعد از تمرینات زیربیشینه می‌شود. احتمالاً این عمل با افزایش عوامل دخیل در مسیرهای بی‌هوازی در مرحلهٔ ریکاوری پس از تمرین (۶)، تغییر در تنظیم متابولیسم سلولی، افزایش تحمل به تجمع مواد زائد ناشی از مسیر بی‌هوازی، کاهش خستگی نسبت به استرس سلولی، بالارفتن ظرفیت بافری عضلانی، تغییر بیان ژن فسفوفروکتوکیناز در مسیر بی‌هوازی (۷) و افزایش تولید انرژی از طریق مسیرهای بی‌هوازی به‌عنوان یک مکانیسم جبرانی جهت کاهش تقاضای انرژی به‌وسیلهٔ مسیرهای بی‌هوازی عمل می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که میزان استفاده از گلوکز از مسیر گلیکولیز حین اجرای تمرینات ارتفاع درمقایسه با سطح دریا بیشتر و سریع‌تر است (۸) و عواقب ناشی از هایپوکسی و تمرین در ارتفاعات باعث بهبود اشباع اکسیژن شریانی SpO2[1] و افزایش تحمل فشار تمرین می‌گردد. در این ارتباط، در پژوهشی درمورد تأثیر مثبت تمرین عضلات تنفسی بر اشباع اکسیژن سرخرگی طی اجرای تمرین نشان داده شد که این تأثیر با افزایش پنج درصد اشباع اکسیژن شریانی در طول تمرین و عدم تغییر در اشباع اکسیژن سرخرگی استراحتی پس از تمرین عضلات دمی همراه بوده است (۹). همچنین، نتایج پژوهشی در ارتباط با تأثیر تمرین هایپوکسی (۲۸۵۰ متر) به‌همراه تمرین عضلات دمی، افزایش شش درصدی در اشباع اکسیژن سرخرگی پس از IMT را نشان داد. مکانیسم تغییرات اشباع اکسیژن سرخرگی در هایپوکسی به‌همراه تمرین عضلات تنفسی در پی کاهش برون‌ده قلبی در طول تمرین، فرصت بیشتری را جهت تبادلات گازی به ریه می‌دهد. پس از IMT، احتمالاً حساسیت گیرنده‌های شیمیایی محیطی کاهش پیدا کرده و این عمل باعث کاهش تهویه دقیقه‌ای می‌گردد (۱۰). مطالعات در ارتباط با دوچرخه‌سواری (۱۱)، قایق‌رانی (۱۲)، شنا (۱۳) و دوندگان استقامت (۱۴) درمورد عملکرد ورزشی و ظرفیت‌های تمرینی، بهبود قابل‌ملاحظه‌ای را در عملکرد ورزشی بعد از اجرای تمرینات عضلات دمی/تمرین عضلات تنفسی IMT/ RMT[2] درمقایسه با اجرای

1. Saturation Arterial Oxygen
2. Inspiratory Muscle Training/Respiratory Musle Training

تمرینات منظم گزارش کرده‌اند (۱۴-۱۱). دراین‌راستا، تونگ[1] (۲۰۱۰) و نیکس[2] (۲۰۰۹) در پژوهش‌های خود بهبود عملکرد سرعت پس از IMT بین گروه تمرین و گروه کنترل در آزمون یو ـ یو[3] را نشان دادند. مطالعات میکل برگ[4] (۲۰۱۰) درمورد دوندگان استقامت و وکیلدینگ[5] (۲۰۱۰) در ارتباط با شنا نیز افزایش معناداری را در قدرت عضلات تنفسی، حداکثر فشار دمی و حداکثر فشار بازدمی در حداکثر فشار دمی MIP[6] شرکت‌کنندگان در IMT/ RMT نسبت به MIP در گروه کنترل نشان داد و در این مطالعات در شاخص‌های مذکور بین رشته‌های مختلف ورزشی تفاوت معناداری گزارش گردید (۱۷-۱۳). میکل برگ (۲۰۱۰) در پژوهش خود تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای را در حداکثر تهویۀ دقیقه‌ای اختیاری و مدت‌زمان استقامت تنفسی ورزشکاران مقاومتی گزارش نمود. در پژوهشی دیگر، بهبود در عملکرد زمان تمرین استقامتی[7] دوندگان استقامتی پس از IMT نشان داده شد (۱۷). درمجموع، می‌توان گفت که اکسیژن به‌عنوان یک مادۀ مغذی ضروری و یک سوبسترای کلیدی در متابولیسم سلولی و انرژی‌های زیستی عمل می‌کند. موجودات زنده درصورت عدم دسترسی و کافی‌نبودن مقدار اکسیژن با افزایش ارتفاع با هایپوکسی و شرایط مختلف فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی روبه‌رو می‌شوند و پاسخ‌های گوناگونی به‌منظور مقابله با این‌گونه استرس‌ها درجهت حفاظت از ارگانیسم به‌کار گرفته می‌شود. میکل برگ و همکاران در مطالعات خود دریافتند که استفاده از روش‌های مختلف تمرینی در شرایط هایپوکسی جهت بهبود عملکرد ورزشی با افزایش در متابولیسم‌های هوازی و بی‌هوازی همراه است (۱۷, ۱۸). در مطالعات میچ لوماکس[8] (۲۰۱۰)، دونی[9] (۲۰۰۷)، گودریچ[10] (۲۰۱۴)، پومری[11] (۲۰۱۳) و جسو آلوارز و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش در اشباع اکسیژن سرخرگی پس از IMT گزارش گردید (۱۰-۸, ۲۱-۱۹). همچنین، مارتین و همکاران[12] (۲۰۱۴) با مقایسۀ تمرین در ارتفاعات ۷۵ و ۴۵۵۹ متر بالاتر از سطح دریا، میزان افزایش در SaO2 بعد از چهار هفته تمرین تاحد واماندگی در ارتفاعات را به افزایش میزان غلظت اریتروپویتین،

1. Tong
2. Niks
3. YO-YO
4. Mickleborough
5. Kildimg
6. Maximum Inspiratory Pressure
7. ETmin
8. Mitch Lomax
9. Downey
10. Goordich
11. Pomeroy
12. Martin

نشانگرهای PH و افزایش هایپرتروفی بطن چپ نسبت دادند (۲۱). آندرو و همکاران[1] (۲۰۱۰) نیز در بررسی اثر تمرینات عضلات دمی بر بهبود عملکرد شنای ۱۰۰ متر و ۲۰۰ متر شناگران حرفه‌ای با ۵۰ درصد MIP و ۳۰ تکرار به‌صورت دوبار در روز و به‌مدت شش هفته، بهبود عملکرد را گزارش نمودند (۱۳). علاوه‌براین، در پژوهش پیتر براون[2] و همکاران (۲۰۱۴) ارتباط بین عضلات دمی با حداکثر فشار دمی در فعالیت‌های ورزشی تفریحی با افزایش معنادار شاخص فشار حداکثر PImax[3]، حجم جریان بازدمی FEV[4] و ظرفیت حیاتی سریع FVC[5] نشان داده شد (۲۲). آلوارز و همکاران[6] (۲۰۱۴) نیز با بررسی ظرفیت‌های بی‌هوازی پس از تمرینات استقامتی قدرتی در سطح دریا و ارتفاع ۲۵۰۰ متری، بهبود ۶/۷۵ درصدی در عملکرد پرش به سمت بالا در ارتفاع نسبت به سطح دریا، بهبود ۳۲/۹ درصدی در تمرینات اینتروال پس از ارتفاع و بهبود ۲۱/۹ درصدی پس از تمرین در شرایط نوروموکسی را اعلام نمودند (۸). همچنین، آستین چپ و به‌پور (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان "تأثیر شش هفته تمرین عضلات دمی بر سرعت شنا"، تغییر معناداری را در تمرین عضلات دمی بر عملکرد مسافت ۲۵ متر در گروه تمرین گزارش کردند؛ اما این تغییر در مسافت ۵۰ و ۱۰۰ متر معنادار نبود (۲۳). نتایج متناقضی در ارتباط با تأثیر تمرین عضلات دمی بر بهبود عملکرد ورزشی گزارش شده است (۳)؛ اما استنباط برخی از پژوهشگران درخصوص تغییر حداکثر اکسیژن مصرفی[7] پس از تمرین عضلات دمی مورد قبول نمی‌باشد. درهرحال، حداکثر اکسیژن مصرفی تنها عامل تعیین‌کنندهٔ عملکرد تمرین استقامتی نبوده و سایر عوامل مانند استقامت اندام و عضلات تنفسی می‌توانند نقش مهمی را دراین‌زمینه ایفا نمایند. علاوه‌براین، تقاضای فیزیولوژیکی از مکانیک کار تنفس باعث خستگی عضلات دمی و کاهش حداکثر فشار دمی طی فعالیت‌های شدید می‌شود. در این ارتباط، بیشتر مطالعاتی که پاسخ‌های تمرین عضلات دمی بر عملکرد ورزشی را بررسی کرده‌اند، از تمرینات در شرایط نوروموکسی و هایپوکسی هیپوباریک استفاده نموده‌اند و این مورد در شرایط ارتفاع طبیعی مورد استفاده قرار نگرفته است؛ لذا، شناخت صحیح از اجرای فعالیت‌های ورزشی در ارتفاع به‌همراه استفاده از تجهیزات مناسب تمرینی جهت ارتقای عملکرد ورزشکاران حرفه‌ای از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد. متأسفانه، مطالعات کنترل‌شده‌ای دراین‌زمینه وجود ندارد که حداکثر قدرت عضلات دمی، حداکثر فشار دمی، حجم و درصد اکسیژن شریانی را در سطح ورزش حرفه‌ای در شرایط ارتفاع طبیعی و

1. Andrew
2. Peter Browna
3. Maximum Pressure Index
4. Expiratory Volume Forced
5. Force Vital Capacity
6. Álvarez-Hermsa
7. VO_{2max}

متعاقب آن عملکرد را بررسی کرده باشد؛ بنابراین، پژوهش حاضر در نظر دارد اثرات یک دوره تمرین عضلات دمی در ارتفاع بر درصد اشباع اکسیژن سرخرگی و عملکرد دوندگان استقامت تیم ملی را مورد بررسی قرار دهد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع مطالعات نیمه‌تجربی می‌باشد که به‌شکل آزمایشگاهی و میدانی انجام گرفته است. نمونهٔ آماری این پژوهش را ۱۲ دوندهٔ مرد عضو تیم ملی دوهای استقامت کشور (ترکیبی از دو دونده در مادهٔ ۳۰۰۰ متر با مانع، دو دونده در مواد ۵۰۰۰ متر و ۱۰۰۰۰ متر به‌همراه دو دونده در مادهٔ صحرانوردی در گروه کنترل و یک دونده در مادهٔ ۳۰۰۰ متر، دو دونده در مواد ۵۰۰۰ متر و ۱۰۰۰۰ متر به‌همراه سه دونده در مادهٔ صحرانوردی در گروه IMT با میانگین سنی ۲۴ سال) (برخی دارای عناوین آسیایی بودند) تشکیل دادند که به‌صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. آزمودنی‌ها طی سه سال گذشته در عضویت تیم ملی به مسابقات قهرمانی آسیا اعزام شده بودند و هنگام اجرای پژوهش درحالی‌که در اردوی تدارکاتی تیم ملی جهت اعزام به مسابقات قهرمانی آسیای چین (۲۰۱۵) قرار داشتند، در پژوهش شرکت نمودند. پس از یک دورهٔ ۴۵ روزهٔ بی‌تمرینی پس از پایان فصل مسابقات (دورهٔ بی‌تمرینی دوندگان به‌صورت استراحت فعال و با اجرای فعالیت‌هایی از قبیل شنا، کوهنوردی، پینگ‌پنگ و غیره همراه بوده است)، کلیهٔ دوندگان تمرینات آمادگی عمومی خود را به‌مدت چهار هفته پشت سر گذاشته بودند. ابتدا، تمامی دوندگان به‌منظور اندازه‌گیری قد، وزن، شاخص توده بدن (BMI)[1] و آشنایی با نحوهٔ کار با دستگاه تقویت‌کنندهٔ عضلات دمی[2] (مدل K5، ساخت انگلیس) و اکسی‌متر (مدل اسپیرولب، محصول کمپانی پژوهش‌های بین المللی پزشکی (MIR)[3] کشور ایتالیا) در مرکز سنجش آکادمی ملی المپیک حضور یافتند و به‌طور تصادفی در دو گروه کنترل (شش نفر) و تمرین IMT (شش نفر) قرار گرفتند. درادامه، در پیست استاندارد ۴۰۰ متری در ارتفاع متوسط ۱۴۰۰ متری، اجرای عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر از هر دو گروه به‌عمل آمد و پس از ۲۴ ساعت با استفاده از دستگاه تقویت‌کنندهٔ عضلات دمی، اندازه‌گیری شاخص‌های دمی از قبیل حداکثر قدرت عضلات دمی[4]، حداکثر جریان دمی برای هر تنفس[5] و حجم دمی انجام شد. همچنین با استفاده از اکسی‌متر، اندازه‌گیری اشباع اکسیژن سرخرگی در ارتفاع صورت گرفت.

1. Body Mass Index
2. Power Breath
3. Medical International Research
4. S-Index
5. Pif

دوندگان دورهٔ هایپوکسی خود را به‌مدت چهار هفته به‌شکل هم‌زمان با تمرینات اختصاصی به‌روش دویدن نیمه‌استقامت تا ماراتن (R2M)[1] در ارتفاع ۲۵۰۰ متری کوه‌های زاگرس (گردنهٔ زالیان) در فاصلهٔ ۲۵ کیلومتری شهرستان بروجرد از توابع استان لرستان (در این پژوهش شرایط هایپوکسی طبیعی با ارتفاع ۲۵۰۰ متر بالاتر از سطح دریا در نظر گرفته شده است) با حجم تمرین ۱۷۰ـ۱۴۰ کیلومتر در هفته (به‌طور میانگین ۱۶ جلسه در هفته) و به‌مدت چهار هفته زندگی در ارتفاع، تمرین در ارتفاع و تمرین در پایین (اجرای سه جلسه تمرین فقط روزهای زوج در ارتفاع پایین و ادامهٔ تمرینات به‌همراه خواب در ارتفاع بالا) و به‌صورت ۳ـ۲ جلسه در روز (ساعت شش صبح، ۱۰ صبح و ۱۶ عصر) که ترکیبی از تمرینات استقامتی، سرعتی، قدرتی و پلایومتریکی با شدت و حجم‌های متفاوت بود، اجرا کردند (جدول شمارهٔ دو). ۲۴ ساعت پس از آخرین روز پایان هفتهٔ چهارم، تمامی دوندگان (طبق روش یادشده) شاخص‌های عضلات دمی و SpO2 در ارتفاع و نیز آزمون اجرای عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر در ارتفاع متوسط ۱۴۰۰ متری (نورموکسی) را اجرا نمودند. لازم‌به‌ذکر است که تمرینات میدانی به‌صورت زندگی در ارتفاع + تمرین در ارتفاع و در پایین[2] اجرا گردید. جهت اجرای برنامهٔ تمرین IMT، ابتدا S-Index (حداکثر قدرتی که عضلات دمی می‌توانند برحسب سانتی‌متر آب[3] عمل دم را انجام دهند که معادل حداکثر فشار دمی MIP می‌باشد) آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. سپس، پروتکل تمرین برای هر دو گروه (کنترل و IMT) شامل ۳۰ تکرار با بینی بسته به‌صورت دوبار در روز (قبل از تمرین صبح و بعد از تمرین عصر) و طی هفت روز اجرا گردید. گروه IMT با افزایش بار دمی در پایان هر هفته و سپس، با ۵۰ درصد S-Index تمرینات خود را ادامه داد و افزایش بار ناشی از افزایش قدرت عضلات تنفسی در پایان هر هفته تعیین گردید. تمرینات گروه کنترل نیز با ۱۵ و ۵۰ درصد حداکثر فشار دمی انجام گرفت که این افزایش بار هیچ تأثیری بر قدرت عضلات تنفسی طی IMT نداشت و تنها به‌منظور نگه‌داشتن شرایط گروه کنترل، شرکت منظم در تمرینات و حذف مداخله‌های روانی صورت گرفت (جدول شمارهٔ دو). شایان‌ذکر است که طی جلسات تمرینی، نوع تکنیک می‌توانست باعث بالابردن عملکرد مانورهای تنفسی گردد که دراین‌خصوص، شرکت‌کنندگان از قبل به‌مدت دو روز با نحوهٔ کار با دستگاه آشنا شدند. ارزیابی SpO2 به‌صورت غیرتهاجمی و با استفاده از پالس‌اکسی‌متر با قراردادن انگشت اشاره در داخل اکسی‌متری به‌مدت سه دقیقه و به‌شکل خوابیده در شرایط استراحت کامل و تنها در ارتفاع صورت گرفت. لازم‌به‌ذکر است که این عمل در ساعات پایانی شب (کاهش تأثیر حداکثری متغیرهای تنفسی ناشی از پاسخ به تمرینات روزانه) انجام شد. درادامه، به‌منظور تحلیل داده‌ها از آزمون‌های کولموگروف ـ اسمیرنوف، تحلیل واریانس مکرر با

1. Running at Middle Distance to Marathon
2. LHTLH
3. cmH2O

عامل بین‌گروهی و آزمون تقیبی بونفرونی در سطح معناداری (P≤0.05) و نیز نرم‌افزار اس. پی. اس. اس نسخهٔ ۲۱[1] استفاده شد. میانگین و انحراف معیار مشخصات آزمودنی‌های پژوهش (سن، قد، وزن و شاخص تودهٔ بدنی) در جدول شمارهٔ یک آورده شده است.

جدول ۱ــ توصیف آماری مشخصات فردی آزمودنی‌ها در هر گروه (میانگین ± انحراف معیار)

شاخص	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	BMI (کیلوگرم بر مترمربع)
گروه IMT	۲۳/۲±۱۶/۸۵	۱۷۸/۴±۳۳/۰۸	۶۷/۳±۵۰/۱۴	۲۱/۰±۲۹/۳۵
گروه کنترل	۲۵/۳±۶۶/۱۴	۱۸۲/۳±۶۶/۳۸	۶۶/۳±۰۰/۸۹	۱۹/۱±۷۸/۰۲
کل	۲۴/۳±۴۱/۱۴	۱۸۰/۴±۵۰/۲۳	۶۶/۳±۷۵/۴۶	۲۰/۱±۵۳/۰۷

نتایج

نتایج تحلیل واریانس اندازه‌گیری مکرر اثر ارتفاع بر متغیرهای پژوهش با عامل بین‌گروهی نشان داد که عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر زمان (صرف‌نظر از نوع پروتکل و نوع گروه) تغییر معناداری کرده است (T10=838.65, P=0.01). آزمون تعقیبی بونفرونی نیز حاکی از آن بود که تفاوت معناداری بین گروه کنترل و تمرین (۲/۶۶ درصد) وجود دارد (P≤0.05). همچنین، بررسی آماری متغیرهای قدرت عضلات دمی (T10=26.13, P=0.01) و جریان دمی (T10=7.33, P=0.02) بیان‌گر تغییر معنادار در طول زمان قرارگرفتن درمعرض ارتفاع بود (P≤0.05)؛ اما آزمون تعقیبی در هیچ‌کدام از موارد تفاوت معناداری را بین گروه کنترل و تمرین نشان نداد (P≥0.05). علاوه‌براین، نتایج آماری بیانگر آن بود که متغیر SpO2 (T10=1.31, P=0.27) و حجم (T10=0.643, P=0.44) در هیچ‌کدام از گروه‌ها در طول زمان تغییر معناداری نداشته است و تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نمی‌شود (P≥0.05).

در جدول شمارهٔ سه، میانگین و انحراف معیار اختلاف متغیرهای پژوهش در پاسخ به تمرین در شرایط هایپوکسی در گروه کنترل و تمرین ارائه شده است.

1. SPSS 21

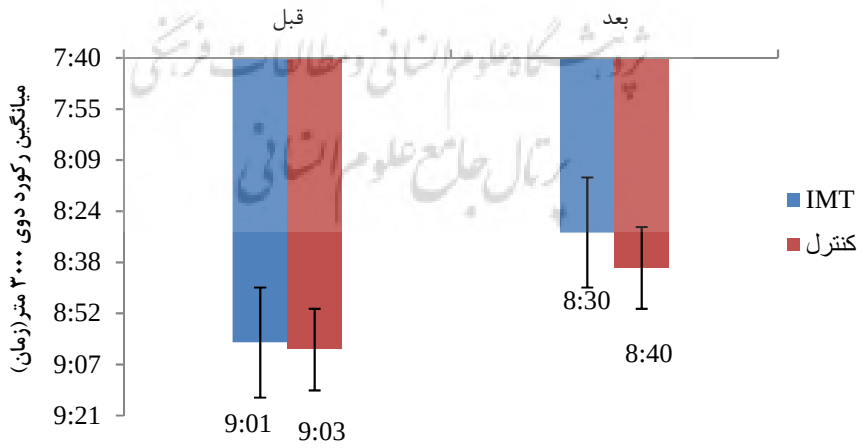
جدول ۲ـ برنامهٔ تمرینات میدانی و عضلات دمی دوندگان در شرایط ارتفاع برحسب شدت، نوع، تعداد و حجم تمرین (۱, ۲۸-۲۴)

حجم تمرین (کیلومتر در هفته)	خیلی بالا بالا متوسط پایین خیلی پایین	حداکثر ضربان قلب در آستانه تهویه۱ ≥ ۱۶۰ حداکثر ضربان قلب در آستانه تهویه۲ ≥ ۱۶۰-۱۷۰ حداکثر ضربان قلب در آستانه تهویه۳ ≥ ۱۷۰-۱۸۰ حداکثر ضربان قلب در توان هوازی ≥ ۱۸۰	۱۴۰کیلومتر	۱۶۰ کیلومتر	۱۴۰کیلومتر	۱۶۰کیلومتر
شدت تمرین (آستانه تهویه)			شدت ≥ آستانه تهویه۱ شدت ≥ آستانه تهویه۲	شدت ≥ آستانه تهویه۱ شدت ≥ آستانه تهویه۲ شدت ≥ آستانه تهویه۳	شدت ≥ آستانه تهویه۱ شدت ≥ آستانه تهویه۲ شدت ≥ آستانه تهویه۳	شدت ≥ آستانه تهویه۱ شدت ≥ آستانه تهویه۲ شدت ≥ آستانه تهویه۳ شدت ≥ حداکثر توان هوازی
نوع تمرین			استقامت سرعت استقامت قدرت استقامت تمپو دوی استقامت سرعت توان سرعت قدرت پلایومتریک ایزودینامیک	استقامت سرعت استقامت قدرت استقامت تمپو دوی استقامت سرعت توان استراتژی مسابقه سرعت قدرت پلایومتریک ایزودینامیک	استقامت سرعت استقامت قدرت استقامت تمپو دوی استقامت سرعت توان استراتژی مسابقه سرعت قدرت پلایومتریک ایزودینامیک	استقامت سرعت استقامت قدرت استقامت تمپو دوی استقامت سرعت توان استراتژی مسابقه سرعت قدرت پلایومتریک ایزودینامیک
جلسات تمرین در هفته			۱۸	۱۸	۱۶	۱۵
IMT 50% SINDEX			۳۰ تکرار قبل و بعد از تمرین	۳۰ تکرار قبل و بعد از تمرین	۳۰ تکرار قبل و بعد از تمرین	۳۰ تکرار قبل و بعد از تمرین
متغیرهای ارتفاع		شاخص دمی و SpO2				شاخص دمی و SpO2
متغیر پایین		۳۰۰۰متر				۳۰۰۰متر
تعداد روز		۱	۷	۷	۷	۱
اندازه گیری		قبل				بعد

جدول ۳ـ میانگین و انحراف معیار تغییرات قبل تا بعد

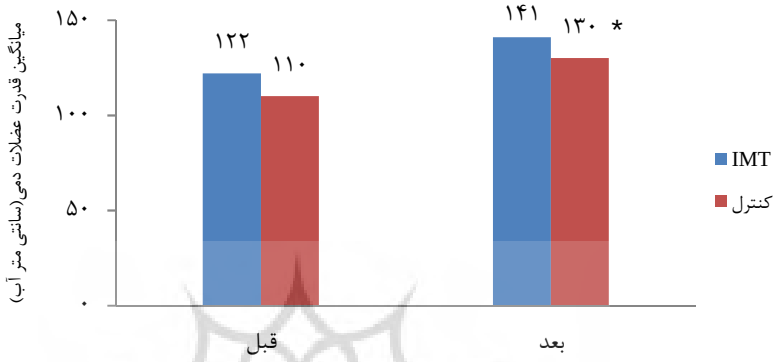
متغیر	گروه کنترل		گروه تمرین عضلات دمی	
	قبل	بعد	قبل	بعد
قدرت عضلات دمی (سانتی‌متر آب)	۱۱۰/۲۳±۲۲/۰۳	۱۳۰/۶۰±۱۰/۸۹	۱۲۲/۴۵±۲۲/۹	۱۴۱/۵۴±۱۸/۳۵*
حداکثر جریان دمی (لیتر/ ثانیه)	۵/۹۸±۱/۱۴	۶/۱۹±۰/۶۲	۶/۷۸±۱/۱۴	۶/۹۷±۰/۹۶ *
حجم دمی (لیتر)	۲/۸۳±۰/۶۳	۲/۹۹±۱/۰۲	۳/۵۴±۰/۵۹	۳/۵۴±۰/۴۴
اشباع اکسیژن شریانی (درصد)	۹۴/۳۰±۰/۳۲	۹۴/۳۳±۰/۲۲	۹۴/۳۵±۰/۲۴	۹۴/۵۸±۰/۶۲
عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر (دقیقه: ثانیه: صدم ثانیه)	۹:۰۳:۲۹±۰/۱۸	۸:۴۰:۵۲±۰/۳۰	۹:۰۱:۲۰±۰/۲۰	۸:۳۰:۳۱±۰/۵۰ *

نتایج شکل‌های شمارهٔ یک، دو و سه نشان می‌دهد که بین گروه IMT و کنترل در میزان اثرگذاری تمرین بر قدرت عضلات دمی، جریان دمی و عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر دوندگان تیم ملی استقامت تفاوت معناداری وجود دارد.



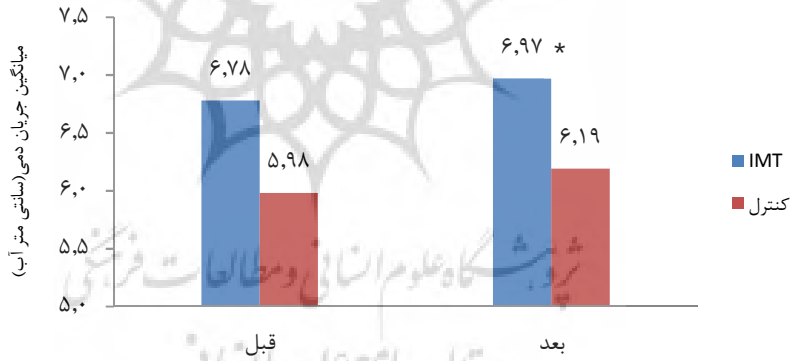
شکل ۲ـ میانگین تغییرات عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر (دقیقه/ ثانیه) در گروه IMT و کنترل

* نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار پس‌آزمون در دو گروه IMT و کنترل می‌باشد.



شکل **۳ـ میانگین تغییرات قدرت عضلات دمی (سانتی‌متر آب) از قبل تا بعد در گروه IMT و کنترل**

* نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه IMT می‌باشد.



شکل ۴ـ میانگین تغییرات جریان دمی (سانتی‌متر اب) از قبل تا بعد در گروه IMT و کنترل

* نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه IMT می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر که به‌منظور تأثیر یک دوره تمرین عضلات دمی در ارتفاع بر اشباع اکسیژن سرخرگی و عملکرد دوندگان استقامت تیم ملی انجام گرفت، افزایش معنادار IMT پس از هایپوکسی بر قدرت عضلات دمی، حداکثر جریان دمی و کاهش معنادار زمان دوی ۳۰۰۰ متر بود. اگرچه انتظار می‌رفت که قدرت عضلات تنفسی و حداکثر جریان دمی بین گروهی معنادار باشد؛ اما گروه‌های پژوهش حاضر در این بخش هیچ‌گونه تفاوت معناداری را نشان ندادند. با درنظرگرفتن نتایج پژوهش‌های گذشته و مقایسهٔ آن‌ها با پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد که افزایش معنادار قدرت عضلات

دمی پس از یک دوره تمرین در گروه IMT (۱۸/۴۸ درصد) و کنترل (۱۵/۶۰ درصد) در شرایط هایپوکسی با نتایج پژوهش‌های مک‌کونل (۲۰۰۹) و کلیدینگ[1] و همکاران (۲۰۱۰) مبنی‌بر تأثیر اجرای تمرینات عضلات دمی بر بهبود حداکثر فشار دمی و قدرت عضلات دمی در انواع رشته‌های مختلف ورزشی به‌استثنای غواصان و شناگران همسویی دارد. احتمالاً عدم بهبود پس از تمرین عضلات دمی در شناگران می‌تواند به فشار آبی که بر قفسهٔ سینهٔ آن‌ها طی اجرای تمرینات منظم شنا اعمال می‌گردد، نسبت داده شود؛ زیرا، مقاومت آب شبیه به تمرین عضلات دمی عمل می‌نماید. شناگران بسیار حرفه‌ای ممکن است به حداکثر فلات عملکردی عضلات تنفسی رسیده باشند و درنتیجه، قادر به افزایش حداکثر فشار دمی پس از اجرای تمرین عضلات دمی نباشد (۴, ۱۳). علاوه‌براین، نتایج درون‌گروهی بیانگر این واقعیت بود که قدرت عضلات دمی در هر دو گروه کنترل و تمرین با افزایش همراه بوده است که این امر نشان‌دهندهٔ اهمیت قرارگرفتن درمعرض هایپوکسی، صرف‌نظر از تأثیر دستگاه تقویت‌کنندهٔ عضلات دمی می‌باشد. هایپوکسی به‌تنهایی باعث افزایش تهویه، تعداد تنفس و به‌دنبال آن افزایش کار تنفسی می‌شود که این اعمال با تقاضای بیش‌ازحد جریان خون عضلات تنفسی همراه بوده و منجر به افزایش قدرت عضلات تنفسی می‌گردد. دراین‌راستا، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های نیکس[2] (۲۰۰۹) و ویلگالا[3] (۲۰۰۶) مبنی‌بر این‌که شناگران و غواصان بهبود قابل‌توجهی را در میزان قدرت و استقامت عضلات تنفسی پس از IMT نشان می‌دهند، مغایرت داشت (۳, ۲۹). درمقابل، یافته‌های این پژوهش در رابطه با تأثیر معنادار IMT در شرایط هایپوکسی با نتایج پژوهش پیتر براون (۲۰۱۴) همسو بود. آن‌ها با بررسی میزان حداکثر فشار دمی قبل و بعد از تمرین عضلات تنفسی بر روی قدرت عضلات تنفسی ۵۰ مرد سالم، افزایش معناداری را در حداکثر فشار دمی و حداکثر قدرت عضلات دمی گزارش نمودند (۳۰). از گزارش پیتر براون در تفسیر یافته‌های این پژوهش می‌توان چنین استفاده کرد که افزایش سن با کاهش در قدرت عضلات اسکلتی و تنفسی همراه بوده و تغییرات ایجادشده در عضلات تنفسی در پی تمرین عضلات دمی در افراد مسن، مشابه با تغییرات عضلات اسکلتی طی اجرای تمرینات قدرتی با وزنه است (۲۲, ۳۱). علاوه‌براین، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های نیکس (۲۰۰۹) همخوان بود. وی علت بهره‌مندی بیشتر قایق‌رانان از تمرین عضلات دمی را دلایل فیزیولوژیکی و مکانیکی مرتبط با تقاضای این رشته می‌داند. نکتهٔ مهمی که باید در تفسیر نتایج این پژوهش و پژوهش حاضر مورد توجه قرار گیرد، این است که حین قایق‌رانی، عضلات دمی اصلی و فرعی نه‌تنها به‌منظور تهویه به‌کار گرفته می‌شوند، بلکه به ثبات قفسهٔ سینه برای انتقال مؤثر نیرو درطول حرکت کشیدن پارو کمک قابل‌توجهی می‌کنند؛ بنابراین، تقاضای دوگانه از عضلات

1. Kilding
2. Nicks
3. Wylegala

تنفسی ممکن است به این امر منجر شود که تنفس به یک الگوی حرکتی برای حفظ عملکرد تبدیل گردد (۳). مطالعات نشان داده‌اند که اجرای تمرین عضلات دمی با شرایط نورموکپنیک هایپرپنه مشابهت دارد (حفظ هموستاز CO2 طی هایپرپنهٔ پردمی با افزایش تهویه) (۳۲, ۳۳). این عمل ارتباط نزدیکی را طی دویدن و دوچرخه‌سواری (که هر دو نیازمند سطوح بالایی از انقباضات مکرر با حداکثر شدت هستند) نشان می‌دهد.

در نتایج پژوهش حاضر تفاوت معناداری در اشباع اکسیژن سرخرگی استراحتی پس از تمرین عضلات دمی در شرایط هایپوکسی مشاهده نگردید. تنها پژوهشی که دراین‌زمینه به آن دست یافتیم، پژوهش دونوی و همکاران (۲۰۰۷) بود که در آن به بررسی تأثیر تمرین عضلات دمی بر متغیرهای فیزیولوژیکی و تغییرات اشباع اکسیژن سرخرگی تحت شرایط هایپوکسی پرداخته شده است (۱۰). همچنین، در پژوهش میتچ لوماکس[1] (۲۰۱۰) درصد اشباع اکسیژن شریانی استراحتی در ارتفاع ۴۸۸۰ و ۵۵۵۰ متری با شش درصد مشاهده گردید که این امر با نتایج پژوهش حاضر ناهمسو می‌باشد. تناقض پژوهش حاضر با ادبیات موجود را می‌توان به اختلاف در ارتفاع ۲۵۰۰ متری پژوهش حاضر با ارتفاع ۴۸۸۰ و ۵۵۵۰ متری نسبت داد. این احتمال وجود دارد که ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر با کاهش بیشتر اشباع اکسیژن سرخرگی همراه باشد. این نکته جای تعمق دارد که اجرای تمرینات اختصاصی به‌صورت هم‌زمان با تمرین عضلات دمی در ارتفاع با کاهش کار عضلات تنفسی در طول تمرین و کاهش در مصرف انرژی و برون‌ده قلبی همراه می‌باشد. این رخداد ممکن است به زمان طولانی‌تر انتقال گلبول‌های قرمز با توجه به افزایش بستر مویرگی ریوی مرتبط باشد که عدم تغییر اشباع اکسیژن سرخرگی در گروه IMT را در پژوهش حاضر به‌همراه داشته است (۱۰, ۳۴). علاوه‌براین، قرارگرفتن در محیط‌های مرتفع با افزایش اشباع اکسیژن سرخرگی همراه است و در نتایج پژوهش حاضر می‌توان علت عدم تغییر اشباع اکسیژن سرخرگی در گروه کنترل را به زمان ماندگاری کوتاه دوندگان در ارتفاع ۲۵۰۰ متری و نیز قرارنگرفتن درمعرض ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر نسبت داد. همچنین، این احتمال وجود دارد که عدم تغییرات قرارگرفتن درمعرض هایپوکسی حاد با پاسخ‌های اولیه در افزایش تهویهٔ دقیقه‌ای همراه باشد که متعاقب آن سازگاری‌های گیرنده‌های شیمیایی محیطی دستگاه تنفسی به هایپوکسی را در پی خواهد داشت. ازسوی‌دیگر، این نکته جای تأمل دارد که اندام‌های تنفسی نسبت به تغییرات اعمال‌شده در شرایط محیطی مختلف فراساختار هستند. کاهش Pao2 طی بالارفتن از سطح دریا به ارتفاع سبب کاهش اشباع اکسیژن هموگلوبین و اشباع اکسیژن سرخرگی می‌شود (۳۵). کاهش اشباع اکسیژن سرخرگی در پاسخ به هایپوکسی نیز با کاهش یون هیدروژن خون PH و افزیش پرتهویه‌ای همراه می‌باشد که این تهویهٔ بالا باعث افزایش اشباع اکسیژن

1. Mitch Lomax

خون شریانی از طریق چسبندگی بیشتر اکسیژن به هموگلوبین می‌شود (۹, ۳۶). علاوه‌براین، آلکالوز طولانی در ارتفاع اتفاق می‌افتد و با افزایش غلظت دی‌فسفوگلیسرات ۳ـ۲ همراه می‌باشد. بااین‌وجود، جبران تنفسی کامل اتفاق نمی‌افتد و درنهایت منجر به تعادل بین افزایش بارگیری اکسیژن در ریه، انتشار اکسیژن بارگیری‌نشده در بافت و به‌حداقل‌رساندن اختلالات PH می‌گردد؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که تمرین عضلات دمی باعث اصلاح بیش‌تهویه‌ای طبیعی در پاسخ به هایپوکسی شده باشد (۳۵).

با توجه به نتایج می‌توان گفت که تمرین عضلات دمی در هایپوکسی باعث ایجاد تفاوت معناداری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون حداکثر جریان دمی در گروه IMT (۳/۵ درصد) شده باشد. دراین‌راستا، هانگ[1] (۲۰۰۳) در پژوهش خود افزایش ۴۵ درصدی جریان دمی پس از ۱۱ هفته تمرین عضلات دمی را گزارش کرد که این امر با یافته‌های پژوهش حاضر همسو می‌باشد. بی‌شک، تأثیر اجرای برنامهٔ طولانی‌مدت تمرین عضلات دمی نسبت به اجرای چهار هفتهٔ این تمرینات در پژوهش حاضر بر شاخص‌های تنفسی از قبیل حداکثر جریان دمی، حجم و قدرت عضلات دمی بیشتر خواهد بود. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر تفاوت معناداری بین گروه کنترل و IMT در شرایط هایپوکسی بر حداکثر جریان دمی مشاهده نگردید که این امر با نتایج پژوهش سواکا[2] (۲۰۰۶) و پیتر[3] (۲۰۱۴) مغایر می‌باشد (۲۲, ۳۵). دلیل این مغایرت را می‌توان به پروتکل تمرینی مورداستفاده و یا برنامهٔ تمرین عضلات دمی در پژوهش حاضر نسبت داد و عنوان نمود که این برنامه به‌شکل کاملاً تخصصی برای دوندگان استقامت طراحی نشده است. احتمالاً طراحی یک برنامهٔ تخصصی IMT نتایج بهتری را به‌همراه خواهد داشت.

علاوه‌براین، نتایج نشان داد که تمرین عضلات دمی منجر به کاهش معناداری در زمان دوی ۳۰۰۰ متر بین‌گروهی در IMT (۶/۰۸ درصد) و کنترل (۳/۴۲ درصد) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون در پاسخ به تمرین در شرایط هایپوکسی گردیده است. این نتایج با یافته‌های آستین چپ و به‌پرور (۱۳۹۴) که نقش تمرین عضلات دمی بر عملکرد شناگران دختر در مسافت ۲۵ متر را گزارش نمودند، همسو بود؛ هرچند که این تغییر در مسافت‌های ۵۰ و ۱۰۰ متر معنادار نبود. یک دلیل احتمالی برای این نتایج می‌تواند قوی‌تربودن سیستم تنفس در شناگران باشد (۲۳). علاوه‌براین، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های مک‌کونل و رومر (۲۰۰۵) که نقش IMT را در بهبود عملکرد تایم‌تریل، افزایش سرعت ریکاوری، کاهش سطوح لاکتات خون و تعویق در خستگی عضلات تنفسی گزارش نمودند، همسویی دارد (۳۷). باید عنوان نمود یکی از فرایندهایی که می‌تواند عملکرد را طی دویدن محدود کند، احساس

1. Huang
2. swaka
3. Peter

درک فشاری است که درطول رقابت‌ها اتفاق می‌افتد. استفاده از تمرینات عضلات دمی در شرایط هایپوکسی می‌تواند بدون این‌که بر شاخص‌های تنفسی تأثیر داشته باشد، این درک فشار را کاهش دهد و عملکرد را بهبود بخشد. برخی گزارش‌ها از بهبود عملکرد ورزشی تایم‌تریل دوچرخه‌سواران و حداکثر اکسیژن مصرفی آن‌ها پس از تمرینات عضلات دمی حمایت می‌کنند (۱۱, ۳۸). دراین‌راستا، نتایج پژوهش حاضر از یافته‌های محمدی میرزایی و میردار (۲۰۱۶) که در پژوهش خود بهبود عملکرد دوی ۱۵۰۰ متر بعد از هایپوکسی را نشان دادند، حمایت می‌کند (۳۹). این امر بیانگر این واقعیت است که نوع پروتکل تمرینی به‌کارگرفته شده (اعم از حجم و شدت تمرینات) در پژوهش حاضر باعث بهبود عملکرد دوندگان شده است؛ هرچند شدت مطلق طی اجرای تمرینات پایه و اینتروال در ارتفاعات ۲۵۰۰ متری درمقایسه با سطح دریا در دوندگان استقامتی تمرین‌کرده به‌طور قابل‌توجهی افت داشته است. درهرصورت، تمرین در ارتفاع ۱۲۵۰ متری و اجرای پروتکل تمرینی در پژوهش حاضر به ورزشکاران این امکان را می‌دهد که حداکثر شدت دویدن و جریان خون حاوی اکسیژن را مشابه با سطح دریا به‌دست آورند که این امر درنهایت منجر به برتری سازگاری متابولیکی و عصبی ـ عضلانی در این گروه از دوندگان نسبت به گروه‌های دیگر می‌گردد. دراین‌راستا، روبرتسون[1] و همکاران (۲۰۱۰)، گوچ[2] و همکاران (۲۰۱۲) و برخی دیگر از پژوهشگران بهبود عملکرد و افزایش حداکثر اکسیژن مصرفی را ناشی از افزایش در اریتروپویتین دانستند و عنوان نمودند که این امر سبب افزایش محتوای اکسیژن شریانی می‌گردد (۴۰, ۴۱). علاوه‌براین، نتایج پژوهش حاضر که ارتقای عملکرد دویدن استقامت پس از قرارگرفتن درمعرض ارتفاع را معنادار نشان داد، با نتایج پژوهش سیبنمن[3] و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی ندارد. آن‌ها با بررسی روش زندگی در ارتفاع بالا + تمرین در ارتفاع پایین گروه کنترل و تمرین بر روی ۱۶ دوچرخه‌سوار تیم ملی استقامت، تفاوت معناداری را در عملکرد تایم‌تریل ۲۶ کیلومتر در شرایط نوروموکسی مشاهده نکردند (۴۲). همچنین، نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های دست‌برحق و همکاران (۲۰۱۵) مبنی‌بر بهبود عمکلرد حداکثر بارکاری Wmax[4] ۱۶ مرد دانشجوی فعال پس از یک دوره تمرین در شرایط هایپوکسی همسو می‌باشد (۴۳). در این ارتباط، هرچند که Wmax یک عامل هوازی ـ بی‌هوازی است، بهبود عملکرد می‌تواند ناشی از بهبود در بخش هوازی یا بی‌هوازی و یا بهبود در هر دو بخش از طریق افزایش سطح آنزیم‌های اکسیداتیو درون‌سلولی با اجرای شدت بالای تمرین در هایپوکسی باشد. براساس ادبیات موجود، دوندگان پس از بازگشت از

1. Robertson
2. Gough
3. Siebenmann
4. work maximom

ارتفاع بالا به ارتفاع پایین‌تر، بهبود قابل‌توجهی را در زمان دوی ۳۰۰۰ متر، قدرت عضلات دمی و حداکثر جریان دمی داشته‌اند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شرایط خونی مثبت ناشی از زندگی و تمرین در ارتفاع و همچنین، سازگاری‌های متابولیکی و عصبی ـ عضلانی با تمرین در ارتفاع و تمرین در پایین به‌همراه استفاده از تمرین عضلات دمی در پروتکل تمرینی، نتایج منحصربه‌فردی را در اجرای روش تمرین زندگی در ارتفاع، تمرین در ارتفاع و تمرین در پایین طی چهار هفته تمرین در پژوهش حاضر به‌همراه داشته است.

درپایان، یادآور می‌شود که آنچه هدف اجرای تمرینات اختصاصی و تمرین عضلات دمی در ارتفاع می‌باشد، بهبود وضعیت فیزیولوژیک ورزشکار است و در این راه تعریف دقیق و تخصصی‌تر پروتکل متناسب با رشتهٔ ورزشی موردنظر می‌تواند پژوهشگر را به‌شکل بهتری به هدف خود برساند. بنابر یافته‌های پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد که تمرین عضلات دمی به‌همراه تمرین اختصاصی در شرایط هایپوکسی نمی‌تواند حجم و SpO2 را بهبود بخشد و این امر حاکی از آن است که ورزشکارانی که در پژوهش حاضر شرکت داشتند، تمرین کرده بودند و نوع پروتکل تمرینی به‌کارگرفته‌شده (اعم از حجم و شدت تمرینات اختصاصی و تمرین عضلات دمی) در پژوهش حاضر باعث عدم تغییر در حجم و SpO2 دوندگان شده است. در این ارتباط، باید عنوان نمود با توجه به این‌که چنین تمریناتی باعث بهبود در عملکرد دوی ۳۰۰۰ متر، قدرت عضلات دمی و حداکثر جریان دمی دوندگان شده است؛ بنابراین، مربیان می‌بایست به اصل ویژگی تمرین و عوامل منقبض‌کنندهٔ عضلات تنفسی از جمله دامنهٔ حرکتی و سرعت انقباض عضلات براساس نیاز رشتهٔ ورزشی توجه نمایند. همچنین، با توجه به این‌که ویژگی‌های خاصی برای ورزشکارانی که می‌خواهند از تمرین عضلات دمی بهره گیرند، مشخص نشده است، بهتر است ورزشکارانی انتخاب گردند که رشتهٔ ورزشی آن‌ها نیاز به تهویهٔ ریوی بالایی دارد؛ ازاین‌رو، با توجه به این‌که دوندگان دوهای استقامت و نیمه‌استقامت در طول تمرین و مسابقه نیازمند استفاده از تهویهٔ ریویی بالایی هستند؛ اما تفاوت‌های فردی بین ورزشکاران از قبیل متغیرهای فیزیولوژیکی و روان‌شناختی قابل‌بحث می‌باشد؛ بنابراین، این احتمال وجود دارد که تمرین عضلات دمی در یک گروه باعث بهبود عملکرد عضلات تنفسی گردد؛ اما بر عملکرد ورزشی همان گروه تأثیرگذار نباشد. لازم است که تمرین عضلات دمی بر ورزشکاران با پروتکل‌های متفاوت (ترکیبی از تمرینات قدرتی و استقامتی) در شرایط محیطی مختلف اعمال گردد و نسبت به این‌که شدت مؤثر، میزان جریان (شدت و انقباض عضلات تنفسی) و تغییرات حجم (دامنهٔ حرکتی انقباضات عضلات تنفسی) در طول تمرین به اندازهٔ کافی اعمال شده است، اطمینان حاصل گردد.

پیام مقاله: به نظر می‌رسد با قرار گرفتن ورزشکاران در ارتفاعات بالاتر از ۲۵۰۰ متر به همراه اجرای پروتکل‌های مختلف تمرینی و با درنظرگرفتن اعمال متناسب اضافه‌بار در برنامهٔ تمرینی آن‌ها می‌توان اطلاعات مفید و کاربردی فرآهم آورد.

منابع

1. Hajghanbari B, Yamabayashi C, Buna Tr, Coelho Jd, Freedman Kd, Morton Ta, et al. effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. the journal of strength & conditioning research. 2013;27(6):1643-63.
2. Illi Sk, Held U, Frank I, Spengler Cm. effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. sports medicine. 2012;42(8):707-24.
3. Nicks C, Morgan D, Fuller D, Caputo J. The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. international journal of sports medicine. 2009;30(01):16-21.
4. Mcconnell Ak. Respiratory muscle training as an ergogenic aid. journal of exercise science & fitness. 2009;7(2): 18-27.
5. Wilber Rl. Application of altitude/hypoxic training by elite athletes. medicine and science in sports and exercise. 2007;39(9):1610-24.
6. Meeuwsen T, Hendriksen Ij, Holewijn M. Training-induced increases in sea-level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. european journal of applied physiology. 2001;84(4):283-90.
7. Vogt M, Puntschart A, Geiser J, Zuleger C, Billeter R, Hoppeler H. Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. journal of applied physiology. 2001;91(1):173-82.
8. Álvarez-Herms J, Julià-Sánchez S, Corbi F, Pagès T, Viscor G. Anaerobic performance after endurance strength training in hypobaric environment. science & sports. 2014;29(6):311-8.
9. Lomax M. Inspiratory muscle training, altitude, and arterial oxygen desaturation: a preliminary investigation. aviation, space, and environmental medicine. 2010;81(5):498-501.
10. Downey Ae, Chenoweth Lm, Townsend Dk, Ranum Jd, Ferguson Cs, Harms Ca. Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. respiratory physiology & neurobiology. 2007;156(2):137-46.
11. Johnson Ma, Sharpe Gr, Brown Pi. Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. european journal of applied physiology. 2007;101(6):761-70.
12. Riganas C, Vrabas I, 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;48(3):285.
13. Kilding A, Brown S, Mcconnell Ak. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. european journal of applied physiology. 2010;108(3):505-11.

14. Leddy Jj, Limprasertkul A, Patel S, Modlich F, Buyea C, Pendergast Dr, et al. Isocapnic hyperpnea training improves performance in competitive male runners. european journal of applied physiology. 2007;99(6):665-76.
15. Tong Tk, Fu Fh, Eston R, Chung P-K, Quach B, Lu K. Chronic and acute inspiratory muscle loading augment the effect of a 6-week interval program on tolerance of high-intensity intermittent bouts of running. the journal of strength & conditioning research. 2010;24(11):3041-8.
16. Bailey Sj, Romer Lm, Kelly J, Wilkerson Dp, Dimenna Fj, Jones Am. Inspiratory muscle training enhances pulmonary o 2 uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. journal of applied physiology. 2010;109(2):457-68.
17. Mickleborough T, Nichols T, Lindley M, Chatham K, Ionescu A. Inspiratory flow resistive loading improves respiratory muscle function and endurance capacity in recreational runners. scandinavian journal of medicine & science in sports. 2010;20(3):458-68.
18. Majmundar Aj, Wong Wj, Simon Mc. Hypoxia-inducible factors and the response to hypoxic stress. molecular cell. 2010;40(2):294-309.
19. Goodrich J. Exercise induced arterial desaturation in recreationally active males at moderate altitude helps explain variability in relationship between total hemoglobin mass and vo2max. 2014.
20. Pomeroy E, Stock Jt, Stanojevic S, Miranda Jj, Cole Tj, Wells Jc. Associations between arterial oxygen saturation, body size and limb measurements among high-altitude andean children. american journal of human biology. 2013;25(5):629-36.
21. Martin D, Cobb A, Meale P, Mitchell K, Edsell M, Mythen M, Et Al. Systemic oxygen extraction during exercise at high altitude. british journal of anaesthesia. 2014;114(4):677-82.
22. Brown Pi, Johnson Ma, Sharpe Gr. Determinants of inspiratory muscle strength in healthy humans. respiratory physiology & neurobiology. 2014;196:50-5.
23. Astinchap A Bn, Tadibi V. The effect of six weeks of inspiratory muscle training (imt) on swimming pace. journal of physiology and sports management. 2015;7(1):12. (In Persian).
24. Fudge Bw, Pringle Js, Maxwell Ns, Turner G, Ingham Sa, Jones Am. Altitude training for elite endurance performance: a 2012 update. current sports medicine reports. 2012;11(3):148-54.
25. Motamedi P. The effect of intermittent and continuous training programs, aerobic and resistance on physiological parameters, electromyographic and 3000 meters performance of trained endurance runners (doctoral dissertation) kharazmi university; 2007. (In Persian).
26. Mohammadi Mirzaei R, Matin Homaei, Ghasemnezhad R, Miri H. The relationship between anthropometric and physiological on 3000-meter free performance of distance and middle-distance elite runners. research a practical exercise physiology. 2011;7(4):6. (In Persian).

27. Yousofi A. The effects of a short period of intense interval training (hit) on the performance of aerobic and anaerobic active men (thesis) kharazmi university; 2008, (In Persian)
28. Abbaspoor M, Mohammadi Mirzaei R, Ghamari Kh. Isocapnice buffering and hypokapic hyper ventilation in different sports. research a practical exercise physiology. 2014;20(10):11. (In Persian).
29. Wylegala Ja, Pendergast Dr, Gosselin Le, Warkander De, Lundgren Ce. Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. european journal of applied physiology. 2007;99(4):393-404.
30. Brown Pi, Sharpe Gr, Johnson Ma. Inspiratory muscle training abolishes the blood lactate increase associated with volitional hyperpnoea superimposed on exercise and accelerates lactate and oxygen uptake kinetics at the onset of exercise. european journal of applied physiology. 2012;112(6):2117-29.
31. Brown Pi, Sharpe Gr, Johnson Ma. Loading of trained inspiratory muscles speeds lactate recovery kinetics. medicine and science in sports and exercise. 2010;42(6):1103-12.
32. Holm P, Sattler A, Fregosi Rf. Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. bmc physiology. 2004;4(1):9.
33. Romer Lm, Mcconnell Ak, Jones Da. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. journal of sports sciences. 2002;20(7):547-90.
34. Bender Pr, Mccullough Re, Mccullough Rg, Huang S-Y, Wagner Pd, Cymerman A, et al. Increased exercise sao2 independent of ventilatory acclimatization at 4,300 m. journal of applied physiology. 1989;66(6):2733-8.
35. Sawka Mn, Young Aj. Physiological systems and their responses to conditions of heat and cold. army research inst of environmental medicine natick ma thermal and mountain medicine division; 2006.
36. Marconi C, Cerretelli P. Altitude Physiology: The impact of hypoxia on human performance. physiological bases of human performance during work and exercise philadelphia: churchill livingstone elsevier. 2008;433.
37. Mcconnell A, Romer L. Respiratory muscle training in healthy humans: resolving the controversy. international journal of sports medicine. 2004;25(04):284-93.
38. Mcmahon Me, Boutellier U, Smith Rm, Spengler Cm. Hyperpnea training attenuates peripheral chemosensitivity and improves cycling endurance. journal of experimental biology. 2002;205(24):3937-43.
39. Mohammadi Mirzaei R,Mirdar Sh. The effect of respiratory muscle training in inspiratory energy consumption, arterial oxygen saturation and the 1500 meters performance in distance runners national team. journal of physiology of sport and physical activity. 2016;8(2):10. (In Persian).
40. Robertson Ey, Saunders Pu, Pyne Db, Gore Cj, Anson Jm. Effectiveness of intermittent training in hypoxia combined with live high/train low. european journal of applied physiology. 2010;110(2):379-87.
41. Gough Ce, Saunders Pu, Fowlie J, Savage B, Pyne Db, Anson Jm, et al. Influence of altitude training modality on performance and total haemoglobin mass in elite swimmers. european journal of applied physiology. 2012;112(9):3275-85.

42. Siebenmann C, Robach P, Jacobs Ra, Rasmussen P, Nordsborg N, Diaz V, et al. "Live high–train low" using normobaric hypoxia: a double-blinded, placebo-controlled study. journal of applied physiology. 2012;112(1):106-17.
43. Dastbarhagh H Hf, Ghorbani O, Bazgir B. Effect of a period high intensity interval training in two condition hypoxias and normoxia on leukocyte and cbc in response incremental exercise. sport science research institute of iran. 2014;25(1):9. (In Persian).

ارجاع دهی

محمدی میرزایی روح‌اله، میردار شادمهر، صفایی علیرضا. تأثیر یک دوره تمرین عضلات دمی در ارتفاع به‌همراه تمرین اختصاصی در ارتفاع بالا و پایین بر اشباع اکسیژن سرخرگی و عملکرد دوندگان استقامت تیم ملی. فیزیولوژی ورزشی. تابستان ۱۳۹۶؛ ۹(۳۴): ۱۱۴- ۹۵. شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2017.1897.1242

Mohammadi Mirzaei R, Mirdar Sh, Safaei A.R. Effect of a Period of Inspiratory Muscle Training at Altitude with Specific Training at High and Low Altitude on Arterial Oxygen Saturation and Performance of National Team's Endurance Runners. Sport Physiology. Summer 2017; 9(34): 95-114. (In Persian). Doi: 10.22089/spj.2017.1897.1242

پرتال جامع علوم انسانی

Effect of a Period of Inspiratory Muscle Training at Altitude with Specific Training at High and Low Altitude on Arterial Oxygen Saturation and Performance of National Team's Endurance Runners

R. Mohammadi Mirzaei[1], Sh. Mirdar[2], A.R. Safaei[3]

1. Ph.D. Student in Sport Physiology, University of Mazandran*
2. Professor of Sport Physiology, University of Mazandaran
3. Teacher of Physical Education Faculty, University of Mazandaran

Received:2015/12/27 Accepted: 2016/08/07

Abstract

The aim of this study was to investigate the Effect of a period of inspiratory muscle training at altitude with specific training at High and Low altitude on SpO2 and performance of endurance runners. 12 running men (age: 24.4±3.1yrs, height: 180.5±4.2cm, weight: 66.7±3.4 kg, BMI: 20.5±1.0 kg/m^2) were randomly divided into two groups: inspiratory muscle training (IMT) and without IMT, with specific running training at high and low altitude. Before and 24h after the training period, exhaustive testing free3000 m, Inspiratory strength Index (S-Index) and arterial oxygen saturation (SpO2) tests were taken. Training program include same continues, interval, aerobic and resistance training for two groups. The runners performed 16 training session per week in Living high train high, low (LHTH,L) within four weeks (just 3 training sessions per week at even days performed at low altitude and keep training with sleep at high altitude). (IMT) consisted of 2 set of 30 breaths with closed nose twice a day (morning and evening) at 50% S-Index at altitude. Repeated measures ANOVA was used as statistical method ($P\leq0.05$). IMT at hypoxia led to significant decrease in 3000 m running time, in both group. But the differences in volume and SpO2 was not significant ($P\leq0.05$). Seems that using inspiratory muscle training along with specified training in hypoxia led to increase in inspiratory muscle strength and inspiratory flow pressure, decrease of ventilation and also 3000 m running time in lower altitudes.

Keywords: Respiratory Muscle Training, Hypoxia, Spo2, Endurance Performance, Endurance Runner

*Corresponding Author Email: Coach.iri@gmail.com