Journal of Military Medicine
2023, Volume 24, Issue 9
Pages: 1579-1595
10.30491/JMM.24.9.1579

Effects of 8 Weeks of Complex Training, Continuous and Interval Aerobic Training on Pulmonary Capacities, Indicators of Respiratory-Pulmonary Necrosis, and Performance of Military Personnel in a Cold and Mountainous Climate

Nader Hamed Chaman [1], Simin Riahy [1*]

[1] *Clinical Biomechanics and Ergonomics Center, Aja University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Received: 15 May 2022 **Accepted:** 29 November 2022

Abstract

Background and Aim: There is a close and effective relationship between physical fitness and the efficiency of the respiratory system, so it is considered one of the essential factors for success in organizational missions and plays an important role in preventing respiratory problems, especially in cold and mountainous conditions; So, the aim of this study is to investigate the effects of 8 weeks of complex training, continuous and interval aerobic training on pulmonary capacities, indicators of respiratory-pulmonary necrosis, and performance of military personnel aged 30-45 in a cold and mountainous climate.

Methods: 40 Military men aged 30-45 years were randomly divided into 4 experimental groups (n = 10): (1) Complex training group, (2) interval aerobic group, (3) continuous aerobic group, and (4) control group. The training protocol was implemented for 8 weeks, 3 sessions per week and each session takes about 90 minutes on a regular basis by 60% to 80% of 1RM (in the complex training group) and VO2max (in aerobic training groups) in the cold (November/January - with a temperature difference of %5 lower than the average daily temperature) and mountainous climate of Tabriz city. Pulmonary capacities and serum levels of clara cell protein (CC16) and surfactant protein D (SPD), and 3000 m running record were measured before and after the training, a protocol using respectively spirometer, electrochemiluminescence technique, and running track test.

Results: Implementation of 8 weeks of complex training, interval and continuous aerobic training program significantly improved the lung capacity, 3000 meters running test record ($P<0.05$), and significantly decreased plasma indices of CC16 and SPD ($P<0.05$) in military personnel. Also, ANOVA and Bonferroni posthoc test revealed that the improvement of these indices was relatively more significant in the complex training group compared to aerobic training groups ($P<0.05$).

Conclusion: Performing 8 weeks of complex training more efficiently reduces necrosis and catabolic responses and increases respiratory capacity and improves performance in cold and mountainous climates in comparison to aerobic exercise, as these changes improve the performance of military personnel in organizational missions of cold and mountainous climates.

Keywords: Aerobic Exercise, Lung Capacities, Clara Cell Secretory Protein, Surfactant Protein D, Necrosis.

*Corresponding author: **Simin Riahy,** Email: riahy_simin@yahoo.com

مجله طب نظامی
دوره ۲۴، شماره ۹، بهمن و اسفند ۱۴۰۱
صفحات: ۱۵۹۵-۱۵۷۹
10.30491/JMM.24.9.1579

تأثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی بر ظرفیت‌های ریوی، شاخص‌های نکروز تنفسی-ریوی و عملکرد نظامیان در آب و هوای سرد و کوهستانی

نادر حامدچمن[۱]، سیمین ریاحی[۱*]

[۱] *مرکز تحقیقات بیومکانیک بالینی و ارگونومی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران*

چکیده

زمینه و هدف: رابطه نزدیک و مؤثری بین آمادگی جسمانی و کارایی دستگاه تنفسی وجود دارد، به‌طوری‌که به عنوان یکی از عوامل مهم موفقیت در ماموریت‌های سازمانی، بویژه در شرایط آب و هوایی نامتعارف (سرد و کوهستانی) مطرح شده و در پیشگیری از مشکلات تنفسی نقش مهمی ایفا می‌کند. پژوهش حاضر به منظور مقایسه تأثیر تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی بر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی، شاخص‌های نکروز تنفسی ریوی و عملکرد نظامیان ۴۵-۳۰ سال در شرایط آب و هوای سرد و کوهستانی انجام شد.

روش‌ها: تعداد ۴۰ مرد نظامی با محدوده سنی ۴۵-۳۰ سال به‌طور تصادفی در چهار گروه ۱۰ نفری، شامل: گروه تمرین ترکیبی، گروه هوازی تناوبی، گروه هوازی تداومی و گروه کنترل تقسیم شدند. برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته، به صورت سه جلسه در هفته و هر جلسه ۹۰ دقیقه با شدت ۶۰٪ تا ۸۰٪ حداکثر تکرار بیشینه (در تمرینات ترکیبی) و ۶۰٪ تا ۸۰٪ ضربان قلب بیشینه (در تمرینات هوازی) در شرایط آب و هوای سرد (با اختلاف دمایی ۵٪ پایین‌تر از میانگین دمای روزانه) و کوهستانی شهر تبریز اجرا گردید. ظرفیت‌های ریوی و شاخص‌های سرمی پروتئین سلولی کلارا ۱۶ (CC16) و پروتئین D سورفکتانت (SPD) و رکورد دو ۳۰۰۰ متر در گروه‌های تمرینی، قبل و بعد از اتمام برنامه تمرینی به ترتیب از طریق آزمون دستگاه اسپیرومتر، روش آزمایشگاهی الکتروکمی‌لومینسانس و آزمون میدانی ارزیابی شد. برای بررسی تفاوت‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی به ترتیب از آزمون‌های آماری t همبسته و واریانس یک‌راهه و تست تعقیبی بنفرونی استفاده شد. به‌منظور تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد و $P<۰/۰۵$ سطح معناداری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: اجرای ۸ هفته برنامه پروتکل تمرینات ترکیبی، تناوبی هوازی و تداومی هوازی به‌طور معناداری میزان ظرفیت‌های ریوی، رکورد آزمون کوپر (دوی ۳۰۰۰ متر) نظامیان را بهبود بخشید ($P<۰/۰۵$) و شاخص‌های پلاسمایی CC16 و SPD را به‌طور معناداری کاهش داد ($P<۰/۰۵$). در مقایسه بین‌گروهی بهبود مقادیر این شاخص‌ها در گروه تمرینات ترکیبی نسبت به گروه تمرینات تناوبی هوازی ($P<۰/۰۵$) و گروه تمرینات تداومی هوازی ($P<۰/۰۵$) معنادار بود.

نتیجه‌گیری: اجرای ۸ هفته تمرینات ترکیبی در مقایسه با تمرینات هوازی تداومی و تناوبی در کاهش پاسخ‌های نکروز و کاتابولیکی خطرزا و افزایش ظرفیت‌های دستگاه تنفسی و بهبود عملکرد در شرایط آب و هوای سرد و کوهستانی مؤثرتر است.

کلیدواژه‌ها: ورزش هوازی، ظرفیت‌های تنفسی، پروتئین سلولی کلارا ۱۶، پروتئین D سورفکتانت، نکروز تنفسی.

*نویسنده مسئول: **سیمین ریاحی.** پست الکترونیک: riahy_simin@yahoo.com
دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۸

مقدمه

از دیرباز اتخاذ روش تمرینی مناسب به منظور ارتقای آمادگی جسمانی نظامیان در جهت اجرای بهینه مأموریت‌های نظامی مورد توجه سازمان‌های نظامی بوده است (۱). بدون تردید سطح آمادگی جسمانی نظامیان، نقش اساسی در پیروزی و یا شکست آنان دارد (۱). موفقیت در بسیاری از عملیات سازمانی، همبستگی بالایی با قدرت انفجاری و استقامت عضلانی نظامیان دارد به خصوص در عملیات واکنش سریع، توانایی تولید سطوح بالای قدرت در کمترین بازه زمانی (توان)، به عنوان امری ضروری برای رسیدن به عملکرد بهینه معرفی شده است (۱). برای رسیدن به آمادگی جسمانی و حرکتی مطلوب و ایجاد سازگاری‌های مؤثر، بایستی سیستم‌های مختلف بدن تحت فشار و اضافه‌بار قرار گیرد (۱). به منظور دستیابی به این اهداف، اخیراً مربیان از تمرینات ترکیبی (Complex Training) در برنامه‌های آموزشی خود بهره می‌گیرند (۲). این تمرینات شامل تمرینات مقاومتی و پلیومتریک متناسب و مرتبط به صورت متناوب و پیاپی در طول یک جلسه تمرینی می‌باشد، که باعث می‌شود افراد از انجام تمرینات در روزهای متوالی معاف شده و از تمرینات متنوع در یک جلسه برخوردار شوند (۲)؛ که با در اختیار گذاشتن زمان لازم برای ریکاوری خطر آسیب را کاهش می‌دهد (۲).

افزایش کارایی و بهبود عملکرد دستگاه تنفسی و ریوی در پیشگیری از بسیاری اختلالات و بیماری‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند (۳). یکی از معضلات شایع در ایجاد یا تشدید بیماری‌های تنفسی، کاهش حجم‌ها و ظرفیت‌های تنفسی و عدم کارایی سیستم تنفسی است. تقویت عملکرد عضلات تنفسی یکی از راهکارهای پیشگیری و درمان مشکلات تنفسی است (۴). ضعف عضلات تنفسی موجب اختلال و عدم کارایی تنفس خواهد شد (۳۰-۲۸)؛ به‌طوری که نبود استقامت پایدار عضلات تنفسی عامل محدودکننده فعالیت بدنی است (۵،۲۷)؛ مطالعات زیادی درباره بهترین روش بهبود عملکرد عضلات تنفسی انجام شده است. این عضلات باید از قدرت، استقامت و یا هر دو برخوردار باشند که جز با برنامه تمرینی مناسب میسر نمی‌باشد (۵). برخی مطالعات که بر تمرینات تقویت عضله دیافراگم در افراد مبتلا به آسم متمرکز شده است ۲۰- ۱۵ درصد بهبود عملکرد سیستم تنفسی را به‌دنبال داشتند (۶). در مطالعه‌ای با تمرین عضلات بین دنده‌ای داخلی و خارجی، ۳۰ درصد بهبود عملکرد ریوی گزارش شد (۷)؛ از طرفی Munibuddin و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند ۸ هفته تمرین افراد آسمی موجب تغییرات معنادار در FEV1 (حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول)، FVC (ظرفیت حیاتی فشاری)، PEF (اوج جریان بازدمی) و MVV (حداکثر تهویه ارادی) می‌شود (۴). Keene (۲۰۰۷) نشان داد بین فعالیت بدنی و FVC ارتباط معناداری وجود دارد، ولی بین فعالیت بدنی و FEV1/FVC (نسبت حجم بازدمی فشاری در ثانیه اول به ظرفیت حیاتی فشاری) و IRV (حجم ذخیره دمی) ارتباط معناداری وجود ندارد (۸). Enright و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند ۸ هفته تمرین عضلات دمی با شدت زیاد، موجب افزایش معنادار VT (ظرفیت حیاتی) و TLC (ظرفیت کل ریوی) می‌شود، همچنین آن‌ها اظهار کردند در این برنامه تمرینی RV (حجم ذخیره) و FRC (حجم باقی‌مانده عملکردی) تغییر نمی‌کند (۳). Singh (۲۰۱۱) با بررسی تاثیر تمرین مقاومتی بالاتنه بر عملکرد ریوی مردان کم تحرک سیگاری نشان داد ۸ هفته تمرین فقط PEF (اوج جریان بازدمی) و PIF (اوج جریان دمی) را به ترتیب ۱۳/۶ و ۱۳/۹ درصد افزایش می‌دهد ولی بر سایر شاخص‌های اسپرومتری تاثیر معناداری ندارد (۹).

از طرفی ماموریت‌های سازمانی سنگین مانند شرکت در فعالیت‌های بدنی با شدت بالا مخصوصا در شرایط آب و هوایی نامتعارف می‌تواند به عملکرد سیستم تنفسی آسیب برساند (۱)، به طوری که در افراد سالم آسیب سیستم تنفسی پس از فعالیت‌های ورزشی شدید به خوبی اثبات شده است که از عواقب آن می‌توان به رادیکال‌های آزاد تولیدی پس از فعالیت ورزشی اشاره کرد (۱۲-۱۰)؛ همچنین فعالیت بدنی شدید در یک محیط سرد به دلیل افزایش نیاز برای گرم و مرطوب کردن هوای تنفسی و افزایش پتانسیل دهیدراته شدن ناحیه سطحی دستگاه تنفسی باعث افزایش آسیب اپی‌تلیوم دستگاه تنفسی خواهد شد (۱۳).

عارضه انسداد برونش ناشی از فعالیت ورزشی (Exercise Induced Bronchospasm) در برخی افراد مشاهده می‌شود که این وضعیت معمولاً در اثر فعالیت در هوای سرد تشدید می‌گردد (۱۰). شرایط آب و هوایی سرد، با قرارگیری افراد در اختلاف دمایی ۵ درجه پایین‌تر از میانگین نسبی دمای روزانه به مدت ۳ روز متوالی یا بیشتر تعریف می‌شود (۱۰،۱۴)؛ این خطر نسبی برای سلول‌های عضلات تنفسی هنگام فعالیت شدید و تا حدود یک ساعت پس از آن افزایش می‌یابد (۱۵،۱۶). از طرفی، قرارگیری در معرض آب و هوای سرد، با مکانیسم‌های مختلفی نظیر کاهش سرعت در دسترس قرارگرفتن آدنوزین‌تری فسفات، کاهش سرعت رهایش کلسیم و برداشت آن توسط شبکه سارکوپلاسمی، اختلال در هدایت پیام عصبی و کاهش سرعت فراخوانی تارهای عضلانی مختلف به دلیل لرز ناشی از سرما و اختلال در متابولیسم عضله ناشی از محدودیت دردسترس بود اکسیژن، عملکرد سیستم انقباض پویای عضلات را مورد اختلال قرار می‌دهد (۱۰،۱۴). با توجه به گزارش‌هایی که از بیماران مختلف ارائه شده است، شاخص‌های التهابی و آپوپتوزی متعددی در سرم افراد همچون پروتئین سلولی کلارا ۱۶ (CC16: Clara Cell – 16) بلافاصله پس از آسیب اپی‌تلیوم مسیر تنفسی افزایش می‌یابد، ولی بعد از ۲۴ ساعت غلظت این پروتئین کاهش یافته و پس از ۲ روز افزایش می‌یابد؛ ازاین‌رو محققان به این نتیجه رسیده‌اند که غلظت سرمی CC16 نشانگر نقص در دستگاه تنفسی بیماران است (۱۷). بیان ژن پروتئین CC16 توسط برخی فاکتورها مانند سایتوکین‌ها و بویژه اینترفرون گاما تحریک می‌شود (۱۸). افزایش غلظت CC16 در ترشحات نایژکی به عنوان نشانه مقاومت

دستگاه تنفسی به شمار می‌رود (۱۹). پژوهشگران تایید کرده‌اند که غلظت سرمی CC16 و پروتئین D سورفکتانت (SPD) شاخص مناسبی برای تشخیص بیماری ریوی است (۲۰،۲۱). مطالعه ۱۰۰۰ بیمار با سرطان ریه پیشرفته نشان می‌دهد که غلظت CC16 می‌تواند برای پیش‌بینی خطر مرگ استفاده شود (۲۲). همچنین پروتئین دیگری با عنوان SPD می‌تواند در سرم یافت شود و افزایش سطح سرمی آن در بیماری‌های ریوی مانند بیماری انسداد مزمن ریوی (COPD) و در بیماری‌های عفونی مانند پنومونی باکتریایی گزارش شده است (۲۳،۲۴). ارتباط بین غلظت SPD و افزایش خطر COPD نیز در تحقیقات گزارش شده است. این تحقیقات غلظت سرمی SPD را منعکس‌کننده فعالیت بیماری‌ها گزارش کرده‌اند و به عنوان یک نشانگر برای یکپارچگی اپی‌تلیال در افراد دارای COPD پذیرفته شده است (۲۵). به‌صورت تئوری، حتی افزایش کمی در رطوبت، باعث کاهش سرعت از دست دادن آب از دستگاه تنفسی خواهد شد. هنگام فعالیت ورزشی، تنفس از بینی سخت می‌باشد. بنابراین هنگام فعالیت شدید تنفس از ۳۵ لیتر در دقیقه بالاتر می‌رود، تنفس از طریق دهان انجام می‌شود. در نتیجه، هوای تنفسی که در هنگام فعالیت شدید وارد دستگاه تنفسی می‌شود، گرم و مرطوب نشده و باعث افزایش دهیدراته شدن سلول‌های اپی‌تلیال دستگاه تنفسی می‌شود و در نتیجه، سلول‌های اپی‌تلیال دچار تخریب می‌شوند. اگر فعالیت شدید در محیط سرد انجام شود، باعث آسیب شدیدتر دستگاه تنفسی خواهد شد (۲۶). در محیط آزمایشگاهی، با افزایش دما و رطوبت از ۴ درجه سانتی‌گراد و ۳۷ درصد به ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۹۷ درصد، کاهش تخریب سلول‌های اپی‌تلیال مسیر هوایی ناشی از فعالیت بدنی شدید، مشاهده شد (۱۳). از سوی دیگر، خطر مرگ و میر ناشی از بیماری عفونت دستگاه تنفسی فوقانی در افراد تمرین کرده نسبت به افراد غیر فعال دو برابر کاهش می‌یابد (۱۳،۱۴)؛ به طوری که نتایج پژوهشی جدید نشان می‌دهد نبود استقامت پایدار عضلات تنفسی عامل محدودکننده فعالیت بدنی است (۵،۲۶)؛ همچنین، ضعف عضلات تنفسی نیز موجب اختلال و عدم کارآیی فرآیند تنفس خواهد شد (۳۰-۲۸)؛ از این رو، ضرورت بهره‌مندی از تمرینات ورزشی جهت افزایش سازگاری احساس می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که فعالیت‌های ورزشی با شدت بالا که به صورت حاد انجام می‌گیرند، منجربه افزایش شاخص‌های آپوپتوزی و التهابی می‌گردند، در این راستا Bugalt و همکاران (۲۰۱۳) در ۱۷ شناگر ۱۹ ساله بعد از ۴۱ دقیقه شنا و ۴۱ دقیقه تمرین بر روی دوچرخه ثابت آسیب مسیر هوایی، غلظت سرمی CC16 و SPD را اندازه‌گیری کردند. غلظت سرمی CC16 و SPD بعد از هردو نوع فعالیت به‌طور معناداری افزایش یافت (۳۱). Bougault و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر شرایط هوای تنفسی بر EIB و غلظت ادراری CC16 را در ورزشکاران بررسی کردند. در این تحقیق ۲۴ مرد ورزشکار (۱۰ نفر با سابقه EIB) ۸ دقیقه فعالیت هوازی بیشینه را در هوای گرم و معتدل و هوای سرد و خشک در دو روز متفاوت انجام دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که فعالیت ورزشی باعث افزایش پروتئین CC16 و مختل شدن عملکرد تنفسی در همه آزمودنی‌ها شد ولی این افزایش در زمان تمرین در هوای گرم معتدل بیشتر بود (۱۷). Tufvesson و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر ۶۰ دقیقه فعالیت استقامتی بر غلظت پلاسمایی و ادراری CC16 را در ۲۲ فرد دارای آسم و ۱۸ فرد سالم بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که غلظت پلاسمایی و ادراری CC16 بعد از فعالیت استقامتی افزایش داشت (۱۸).

از آنجایی که بهره‌مندی از عملکرد بهینه در ماموریت‌های سازمانی از اهمیت بالایی برای اهداف نظامی برخوردار است و درصد قابل توجهی از ماموریت‌ها در شرایط آب و هوایی نامتعارفی همچون آب و هوای سرد انجام می‌پذیرند؛ لذا سازگاری و پاسخ‌های عملکردی سیستم تنفسی در شرایط نامتعارف (سرد و کوهستانی) آب و هوایی حائز اهمیت است؛ علی‌رغم بررسی‌های متعدد در مورد اثرات روش‌های مختلف غیرتهاجمی از جمله یافته‌های متعدد مبنی بر رابطه بین فعالیت بدنی حاد و افزایش آسیب‌های تنفسی، اطلاعات ناهمگن و پراکنده‌ای درباره مقایسه اثر تمرینات هوازی و ترکیبی مزمن بر وضعیت شاخص‌های ریوی در آب و هوای سرد وجود دارد (۳۶-۳،۲۸،۲۹،۳۲) که ضرورت انجام پژوهش‌های بیشتری در این زمینه را نشان می‌دهد. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی، تناوبی هوازی و تداومی هوازی بر حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی FEV1sec (Forced Expiratory Volume in 1 Second؛ حجم بازدمی فشاری در ثانیه اول) ، FVC (Forced Vital Capacity؛ ظرفیت حیاتی با فشار)، PEF (Peak Exhale Flow؛ اوج جریان بازدمی)، IRV (Inspiratory Reserve Volume؛ حجم ذخیره دمی)، PIF (Peak Inspiratory Flow؛ اوج جریان دمی) و FEV1/FVC (درصد حجم بازدمی فشاری در ثانیه اول به ظرفیت حیاتی فشاری)، ERV (Exhale Researve Volume؛ حجم ذخیره بازدمی)، TV (Tidal Volume؛ حجم جاری)، MVV (Maximum Voluntary Ventilation؛ حداکثر تهویه ارادی) و سطوح سرمی شاخص‌های نکروز تنفسی- ریوی (CC16 و SPD) و عملکرد (آزمون ۳۰۰۰ متر) نظامیان ۴۵-۳۰ ساله در آب و هوای سرد و کوهستانی صورت گرفت.

روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی، با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. آزمودنی‌ها از بین کارکنان ارتش جمهوری اسلامی ایران بودند. از معیارهای ورود به تحقیق، دارا بودن سابقه شرکت در ماموریت‌های سازمانی، عدم مصرف دخانیات، عدم وجود سابقه بیماری قلبی- عروقی، بیماری‌های خونی، کبدی، کلیوی، تنفسی و عدم استفاده از مکمل‌های آندروژنیک و نیروزا به مدت حداقل ۳ ماه قبل از ورود به آزمایش بود که با توجه به این معیارها تعداد ۴۰

جدول-۱. پروتکل تمرین هوازی

هفته تمرینی	هوازی								ترکیبی (۶ ترکیب با فاصله استراحتی ۳ دقیقه بین هر ایستگاه ۹۰-۶۰ ثانیه بین ستی)							
	تداومی		تناوبی						تناوبی							
			مراحل فعالیت		مراحل استراحت فعال				مراحل فعالیت				مراحل استراحت فعال			مدت زمان هر ایستگاه
	شدت	کل زمان تمرین	شدت	حجم	شدت	کل زمان تمرین	شدت	سرعت اجرا	شدت	مدت	سرعت اجرا	شدت	مدت			
اول	٪۶۰ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۸۰ vVO2max	٪۹۰ Tmax	٪۵۰ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۰ 1 RM	2 V	٪۳۰ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۳۰ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
دوم	٪۶۵ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۹۰ vVO2max	٪۸۰ Tmax	٪۵۰ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۰ 1 RM	2 V	٪۳۰ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۳۰ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
سوم	٪۶۵ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۹۰ vVO2max	٪۸۰ Tmax	٪۶۰ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۵ 1 RM	2 V	٪۳۵ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۳۵ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
چهارم	٪۷۰ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۱۰۰ vVO2max	٪۷۰ Tmax	٪۶۰ vVO2max	٪۸۰۰ Tmax	٪۳۵ 1 RM	2 V	٪۳۵ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۳۵ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
پنجم	٪۷۰ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۰۰ vVO2max	٪۸۰ Tmax	٪۶۰ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۳۵ 1 RM	2 V	٪۳۵ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۳۵ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
ششم	٪۷۵ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۰۰ vVO2max	٪۷۰ Tmax	٪۶۰ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۳۵ 1 RM	2 V	٪۳۵ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۳۵ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
هفتم	٪۷۵ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۰۵ vVO2max	٪۷۰ Tmax	٪۷۰ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۴۰ 1 RM	2 V	٪۴۰ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۴۰ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		
هشتم	٪۸۰ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۱۰۵ vVO2max	٪۶۵ Tmax	٪۷۵ vVO2max	٪۷۰۰ Tmax	٪۴۰ 1 RM	2 V	٪۴۰ 1 RM	۱۰ ثانیه	1/2 V	٪۴۰ 1 RM	۹۰-۶۰ ثانیه	۳ دقیقه		

جدول-۲. پروتکل تمرینات ترکیبی

تمرین ترکیبی	نوع فعالیت	تکرار	استراحت/ ست
ترکیب ۱	اسکوات	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرش عمودی	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۲	پرس سینه	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرتاب توپ مدیسن بال از سینه	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۳	لانج هالتر	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرش پله	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۴	سیم کش از جلو	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرتاب مدیسن بال از بالای سر	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۵	کرانچ شکم	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	پرتاب مدیسن بال با درازنشست	۳×۱۰	۹۰ ثانیه
ترکیب ۶	پرس سینه در شیب	۳×۱۲ RM	۶۰ ثانیه
	دریل زیگ زاگ	۳×۱۰	۹۰ ثانیه

پایور نظامی مرد با محدوده سنی ۴۵-۳۰ سال انتخاب شدند. در ابتدای پرسشنامه سلامتی، فرم رضایت‌نامه و مشخصات فردی توسط آزمودنی‌ها تکمیل شد. آزمودنی‌ها بر اساس ویژگی‌های فردی از جمله قد، سن، وزن و درصد چربی بدن همگن شدند و به‌طور تصادفی در چهار گروه ۱۰ نفری شامل: گروه تمرین ترکیبی، گروه تمرین تناوبی هوازی، گروه تمرین تداومی هوازی و گروه کنترل قرار گرفتند. پس از ارائه توضیحات و آشنایی با روش تمرین هر سه گروه تمرینی به انجام پروتکل تمرین به صورت ۳ روز در هفته هر جلسه ۲ ساعت، به مدت ۸ هفته (جدول ۱ و ۲) با میانگین دمایی ۲/۱ ± ۴/۵ (ماه‌های بهمن و اسفند) پرداختند؛ یک روز قبل از اجرای پروتکل تمرینی و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین میزان آمادگی جسمانی توسط آزمون دو ۳۰۰۰ متر، حجم‌های ریوی

با اسپیرومتری و میزان سرمی CC16 و SPD اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی

آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی در ساعت ۹ تا ۱۰ صبح جهت بررسی مقادیر پایه شاخص‌های سرمی CC16 و SPD به صورت ناشتا در محل آزمایشگاه تخصصی حضور یافتند؛ نمونه‌های خون اولیه به میزان ۵ سی سی از ورید قدامی بازویی گرفته شد. نمونه‌های خونی، حداکثر سه دقیقه پس از خونگیری، به مدت ده دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند سرم آن جدا و برای آنالیز در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. قبل از مرحله خونگیری از آزمودنی‌ها خواسته شد که از شرکت در فعالیت‌های ورزشی و مصرف هرگونه دارو و مکمل ضدالتهابی (مانند ایبوپروفن) پرهیز نمایند. حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی توسط دستگاه اسپیرومتری (دستگاه اسپیرومتری مدل HI-601؛ ساخت کشور ژاپن) سنجش و ثبت گردید. پس از جمع‌آوری داده‌های اولیه، برنامه تمرینی به مدت ۸ هفته در آب و هوای سرد و کوهستانی شهر تبریز آغاز گردید. ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین سطح آمادگی جسمانی و حجم‌های ریوی با اسپیرومتری و میزان سرمی CC16 و SPD انجام پذیرفت. غلظت سرمی CC16 توسط کیت پروتئین سلولی کلارا ۱۶ (ELISA Kit شرکتCAUSOBIO) با دقت اندازه‌گیری ۱/۵۶ نانوگرم در میلی‌لیتر و غلظت سرمی SPD توسط کیت SP-D ELISA KIT (شرکت CAUSOBIO) با دقت اندازه‌گیری ۰/۳۱ نانوگرم در میلی‌لیتر به روش الایزا اندازه گیری شد (۲۶-۱۹). همچنین، ارزیابی نمایه توده بدنی، توده بدون چربی و توده چربی توسط محاسبه سرعت جریان الکتریکی بیوامپدانس دستگاه سنجش ترکیب بدن (برند Inbody) انجام گرفت. تمامی مراحل پژوهش از جمله اندازه‌گیری‌های متغیرها و اجرای پروتکل‌های تمرینی بدون ریزش آزمودنی اجرا گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

اطلاعات جمع‌آوری‌شده، با استفاده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها در بخش آمار استنباطی از آزمون شاپیروویلک، آزمون تحلیل کوواریانس با استفاده از طرح یک طرفه بین آزمودنی‌ها (آنکوا)، برای مقایسه بین‌گروهی، و آزمون تی همبسته برای مقایسه درون‌گروهی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معناداری $P\leq$۰/۰۵ انجام شده است. همچنین قابل ذکر است به دلیل همسان نبودن پروتکل‌های تمرینی در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی در آزمون کوواریانس هر گروه تمرینی به صورت جداگانه با گروه کنترل مقایسه شده است و برای نشان دادن اندازه اثر از مجذور سهمی اتا استفاده شده است.

ملاحظات اخلاقی

تمام آزمودنی‌ها قبل از ورود به تحقیق توسط پزشک معاینه شدند و مجوز شرکت در آزمون اخذ شد. رضایت‌نامه کتبی مبنی بر شرکت داوطلبانه و آگاهانه در جلسات تمرین از آزمودنی‌ها گرفته شد. در تمام مراحل تحقیق، نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران تایید شد.

پروتکل تمرین

تمرین هوازی (تداومی و تناوبی)

بر اساس شدت و مدت مراحل فعالیت و استراحت، تمرینات هوازی به دو روش تداومی و تناوبی تقسیم‌بندی گردیدند؛ میانگین شدت فعالیت و استراحت تمرین تناوبی با تمرین تداومی و حجم هر دو روش تمرینی یکسان در نظر گرفته شد؛ لذا بار تمرینی در هر دو روش تمرینی یکسان بود. تمرینات هوازی، شدت و حجم تمرینات به ترتیب بر اساس دو متغیر vVO2max (حداقل سرعتی است که فرد به VO2max می‌رسد) و Tmax (مدت زمان فعالیت با شدت vVO2max تا حد واماندگی) طراحی شد. به منظور تعیین vVO2max، داوطلب در آزمون فزاینده‌ای با مراحل سه دقیقه‌ای بر روی دستگاه نوار گردان (تکنوجیم ۱۷۰۰ ساخت کشور ایتالیا) حضور یافت. سرعت اولیه دستگاه ۸ کیلومتر بر ساعت بود که در هر مرحله، یک کیلومتر در ساعت افزایش پیدا کرد. برای اندازه‌گیری VO2max (حداکثر اکسیژن مصرفی در یک دقیقه به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) از طریق دستگاه گاز آنالایزر (casmed 10، ساخت کشور آلمان) و به صورت مستقیم انجام شد. vVO2max برابر با میانگین سرعت‌های دو مرحله آخر است. جهت تعیین Tmax، آزمودنی‌ها در ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه مرحله گرم کردن را انجام دادند که شامل ۵ دقیقه فعالیت رو تردمیل با سرعت vVo2max ۵۰٪ ، پنج دقیقه حرکات کششی و نرمش و پنج دقیقه فعالیت با سرعت vVo2max ۶۰٪ بود. سپس سرعت vVo2max ۸۰٪ و در عرض ۱۵ ثانیه به سرعتی برابر با vVo2max ۱۰۰٪ افزایش یافت و از این لحظه تا قطع فعالیت که مصادف با واماندگی ورزشکار است زمان توسط کرونومتر اندازه‌گیری شد (۴۷).

تمرین ترکیبی

تمرینات استقامتی به دنبال تمرینات پلیومتریک اجرا گردید (جدول ۲). بازه‌های زمانی ۶۰ ثانیه، به منظور استراحت بین ست‌های تمرینات استقامتی و ۳ دقیقه‌ای به منظور استراحت بین تمرینات استقامتی و پلیومتریک و در نهایت ۹۰ ثانیه استراحت داخل ست‌های تمرینات پلیومتریک لحاظ گردید (۲).

نتایج

مشخصات آنتروپومتریک پایوران نظامی در جدول ۳ آمده است. نتایج به‌دست آمده از آزمون آنالیز واریانس، نشان می‌دهد از نظر وزن، نمایه توده بدنی، توده بدون چربی و توده چربی در بین گروه‌های تمرین ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی به لحاظ آماری در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود ندارد (P>۰/۰۵)،

جدول-۳. مشخصات آنتروپومتریک پایوران نظامی

گروه / متغیر	مرحله	ترکیبی	هوازی تناوبی	هوازی تداومی	کنترل
وزن (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۸۱/۵۰ ± ۴/۸۴	۸۲/۹ ± ۴/۶۶	۸۳/۶ ± ۳/۹۷	۷۹/۴ ± ۴/۵۷
	پس‌آزمون	۷۷/۸ ± ۳/۹۳	۷۸/۴ ± ۵/۱۰	۸۰/۵ ± ۶/۰۳	۸۱/۶ ± ۵/۴۵
نمایه توده‌ی بدنی	پیش‌آزمون	۲۳/۹۶ ± ۱/۰۳	۲۲/۴۸ ± ۰/۹۴	۲۳/۰۷ ± ۱/۰۹	۲۲/۴۵ ± ۱/۵۶
(متر بر کیلوگرم)	پس‌آزمون	۲۲/۱۰ ± ۰/۹۶	۲۱/۳۵ ± ۱/۱۰	۲۱/۲۷ ± ۱/۲۰	۲۱/۸۳ ± ۱/۷۸
توده بدون‌چربی	پیش‌آزمون	۵۰/۱۵ ± ۱/۹۷	۵۲/۴۰ ± ۲/۱۷	۵۱/۵۰ ± ۱/۷۷	۵۰/۹۶ ± ۱/۷۹
(کیلوگرم)	پس‌آزمون	۵۲/۳۶ ± ۲/۰۳	۵۳/۳۴ ± ۱/۹۹	۵۲/۹۴ ± ۲/۱۰	۵۱/۷۸ ± ۱/۹۸
توده چربی (کیلوگرم)	پیش‌آزمون	۲۹/۳۵ ± ۴/۶۲	۲۸/۵۶ ± ۳/۵۶	۳۰/۱۰ ± ۵/۴۷	۲۷/۲۵ ± ۴/۷۶
	پس‌آزمون	۲۵/۴۴ ± ۳/۷۵	۲۶/۰۷ ± ۳/۷۹	۲۷/۵۶ ± ۴/۷۴	۲۸/۴۳ ± ۳/۷۵

جدول-۴. نتایج آزمون شاپیرویک برای گروه کنترل با گروه‌های تمرین

آماره / متغیرها	گروه ترکیبی با کنترل		گروه هوازی تناوبی با کنترل		گروه هوازی تداومی با کنترل	
	df	Sig.	df	Sig.	df	Sig.
TV (لیتر در دقیقه)	۱۰	۰/۷۴	۱۰	۰/۱۴	۱۰	۰/۴۸
FVC (لیتر)	۱۰	۰/۳۲	۱۰	۰/۵۶	۱۰	۰/۶۳
IRV (لیتر)	۱۰	۰/۱۵	۱۰	۰/۴۰	۱۰	۰/۳۴
ERV (لیتر)	۱۰	۰/۳۶	۱۰	۰/۱۳	۱۰	۰/۵۶
FEV1 (لیتر)	۱۰	۰/۱۴	۱۰	۰/۸۰	۱۰	۰/۴۷
FEV1/FVC%	۱۰	۰/۷۸	۱۰	۰/۶۵	۱۰	۰/۳۴
PEF (لیتر در ثانیه)	۱۰	۰/۴۰	۱۰	۰/۳۲	۱۰	۰/۲۵
PIF (لیتر در ثانیه)	۱۰	۰/۱۳	۱۰	۰/۴۲	۱۰	۰/۱۷
MVV (لیتر در دقیقه)	۱۰	۰/۸۰	۱۰	۰/۱۳	۱۰	۰/۸۵
CC16	۱۰	۰/۴۵	۱۰	۰/۴۷	۱۰	۰/۳۴
SPD	۱۰	۰/۶۵	۱۰	۰/۹۶	۱۰	۰/۷۱
دو ۳۰۰۰ (دقیقه: ثانیه)	۱۰	۰/۴۳	۱۰	۰/۳۴	۱۰	۰/۲۴

جدول-۵. نتایج شیب خط رگرسیون برای گروه کنترل با گروه‌های تمرین

آماره / متغیرها	گروه‌کنترل با ترکیبی		گروه‌کنترل با هوازی تناوبی		گروه‌کنترل با هوازی تداومی	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
TV	۰/۹۸	۰/۳۸	۰/۸۳	۰/۴۴	۰/۷۶	۰/۵۴
FVC	۰/۹۰	۰/۴۶	۰/۹۴	۰/۳۴	۰/۵۶	۰/۷۱
IRV	۰/۹۲	۰/۵۴	۰/۹۹	۰/۴۷	۰/۹۸	۰/۳۴
ERV	۱/۳۲	۰/۳۱	۱/۴۲	۰/۳۳	۰/۵۴	۰/۶۹
FEV1	۰/۹۲	۰/۵۴	۱/۶۳	۰/۳۲	۰/۸۷	۰/۷۱
FEV1/FVC%	۰/۹۰	۰/۳۸	۱/۸۶	۰/۲۷	۰/۶۸	۰/۵۳
PEF	۰/۸۹	۰/۳۲	۱/۲۴	۰/۳۳	۱/۶۷	۰/۲۹
PIF	۰/۹۲	۰/۵۴	۰/۹۸	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۶۷
MVV	۰/۹۱	۰/۵۰	۰/۸۳	۰/۴۷	۰/۹۵	۰/۴۳
CC16	۱/۵۱	۰/۲۴	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۶۳	۰/۵۷
SPD	۰/۹۰	۰/۳۴	۱/۰۲	۰/۳۲	۱/۸۹	۰/۱۳
دو ۳۰۰۰ متر	۰/۷۵	۰/۶۴	۱/۲۷	۰/۲۷	۰/۵۴	۰/۷۶

و توزیع آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی به لحاظ مشخصات آنتروپومتریک همگن می‌باشد.

نتایج حاصل از آزمون شاپیرویک (جدول ۵) حاکی از این است که سطح معناداری برای متغیرهای وابسته پژوهش، بالاتر از ۰/۰۵ است، لذا داده‌های جمع‌آوری‌شده برای متغیرهای وابسته از توزیع نرمالی برخوردار است و از آزمون‌های پارامتریک برای بررسی آن‌ها استفاده شده است.

با توجه به جدول ۶ ، سطح‌معناداری بالاتر از $P = ۰/۰۵$ است، بنابراین شیب خط رگرسیون برای متغیرهای وابسته پژوهش در بین گروه‌های کنترل با گروه‌های تمرین ترکیبی، هوازی تداومی

جدول-۶. نتایج لوین تست برای گروه کنترل با گروه‌های تمرین

آماره / متغیرها	گروه‌کنترل با ترکیبی		گروه‌کنترل با هوازی تناوبی		گروه‌کنترل با هوازی تداومی	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
TV (لیتر در دقیقه)	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۷۶	۰/۵۴	۱/۲۳	۰/۱۲
FVC (لیتر)	۱/۰۲	۰/۲۱	۱/۴۱	۰/۱۵	۰/۸۹	۰/۵۴
IRV (لیتر)	۰/۶۵	۰/۴۳	۰/۹۸	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۶۴
ERV (لیتر)	۰/۸۹	۰/۲۱	۰/۸۳	۰/۴۳	۱/۳۳	۰/۱۷
FEV1 (لیتر)	۱/۱۷	۰/۱۹	۰/۹۹	۰/۴۳	۰/۹۳	۰/۷۷
FEV1/FVC%	۰/۹۳	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۵۵
PEF (لیتر در ثانیه)	۱/۲۳	۰/۱۸	۱/۱۲	۰/۱۹	۰/۹۷	۰/۴۳
PIF (لیتر در ثانیه)	۰/۹۴	۰/۶۳	۰/۸۹	۰/۴۶	۰/۸۸	۰/۵۲
MVV (لیتر در دقیقه)	۱/۲۲	۰/۱۲	۰/۹۱	۰/۵۲	۰/۸۱	۰/۴۳
CC16	۰/۷۸	۰/۳۱	۰/۹۶	۰/۷۷	۱/۳۴	۰/۲۵
SPD	۰/۹۳	۰/۴۰	۱/۰۶	۰/۳۴	۱/۲۳	۰/۱۷
دو ۳۰۰۰ (دقیقه: ثانیه)	۰/۴۵	۰/۳۴	۱/۲۲	۰/۲۳	۰/۹۹	۰/۶۲

جدول-۷. آماره توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش در مراحل زمانی پیش و پس آزمون به تفکیک گروه‌ها

متغیر وابسته / آماره		پیش آزمون	پس آزمون	تی همبسته	
		Mean ± SD	Mean ± SD	Md	*P* value
TV (لیتر در دقیقه)	ترکیبی	۰/۵۵ ± ۰/۰۳	۰/۶۵ ± ۰/۰۶	-۰/۰۹	۰/۰۳*
	هوازی تناوبی	۰/۵۵ ± ۰/۰۵	۰/۷۳ ± ۰/۰۵	-۰/۱۷	۰/۰۰۱**
	هوازی تداومی	۰/۵۳ ± ۰/۰۶	۰/۶۳ ± ۰/۰۴	-۰/۱۰	۰/۰۱*
	کنترل	۰/۵۴ ± ۰/۰۴	۰/۵۸ ± ۰/۰۵	-۰/۰۴	۰/۱۳
FVC (لیتر)	ترکیبی	۴/۳۰ ± ۰/۳۳	۴/۴۹ ± ۰/۲۴	-۰/۱۹	۰/۱۲
	هوازی تناوبی	۴/۳۲ ± ۰/۱۳	۴/۶۴ ± ۰/۳۱	-۰/۳۱	۰/۰۰۷**
	هوازی تداومی	۴/۳۸ ± ۰/۳۰	۴/۶۵ ± ۰/۲۷	-۰/۲۶	۰/۰۱*
	کنترل	۴/۴۲ ± ۰/۱۸	۴/۳۷ ± ۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۱۴
IRV (لیتر)	ترکیبی	۱/۹۶ ± ۰/۲۶	۲/۰۶ ± ۰/۱۴	-۰/۰۹	۰/۳۷
	هوازی تناوبی	۲/۲۰ ± ۰/۱۶	۲/۳۵ ± ۰/۱۰	-۰/۱۴	۰/۰۴*
	هوازی تداومی	۲/۲۰ ± ۰/۳۲	۲/۱۳ ± ۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۵۳
	کنترل	۲/۱۴ ± ۰/۲۴	۲/۰۴ ± ۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۶۵
ERV (لیتر)	ترکیبی	۰/۵۱ ± ۰/۰۸	۰/۷۳ ± ۰/۱۹	-۰/۲۲	۰/۰۱*
	هوازی تناوبی	۰/۵۴ ± ۰/۰۵	۰/۶۶ ± ۰/۱۴	-۰/۱۱	۰/۰۴*
	هوازی تداومی	۰/۴۸ ± ۰/۰۸	۱/۰۹ ± ۰/۱۵	-۰/۶۱	۰/۰۰۱**
	کنترل	۰/۵۰ ± ۰/۰۶	/۵۵ ± ۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۴۵
FEV1 (لیتر)	ترکیبی	۳/۷۶ ± ۰/۵۷	۴/۰۴ ± ۰/۴۹	-۰/۲۸	۰/۰۰۵**
	هوازی تناوبی	۳/۶۸ ± ۰/۳۷	۴/۲۷ ± ۰/۳۰	-۰/۵۹	۰/۰۱*
	هوازی تداومی	۳/۹۳ ± ۰/۶۳	۴/۰۳ ± ۰/۲۲	-۰/۱۰	۰/۶۷
	کنترل	۳/۷۵ ± ۰/۴۶	۳/۸۲ ± ۰/۵۶	-۰/۰۷	۰/۷۲
FEV1/FVC%	ترکیبی	۸۹/۹۳ ± ۷/۶۷	۹۲/۶۰ ± ۶/۲۵	-۲/۶۶	۰/۴۸
	هوازی تناوبی	۸۵/۷۶ ± ۶/۸۶	۹۲/۶۲ ± ۵/۸۰	-۶/۸۵	۰/۰۱*
	هوازی تداومی	۸۸/۰۲ ± ۹/۴۷	۹۰/۸۳ ± ۶/۷۹	-۲/۸۱	۰/۴۷
	کنترل	۸۷/۴۳ ± ۸/۷۵	۸۶/۹۵ ± ۶/۴۱	۰/۴۸	۰/۶۷
PEF (لیتر در ثانیه)	ترکیبی	۸/۰۳ ± ۰/۵۰	۸/۳۴ ± ۰/۶۷	-۰/۳۱	۰/۲۳
	هوازی تناوبی	۸/۱۰ ± ۰/۶۷	۷/۷۵ ± ۰/۵۵	۰/۳۴	۰/۲۳
	هوازی تداومی	۷/۴۷ ± ۰/۶۵	۸/۶۰ ± ۰/۴۷	-۱/۱۲	۰/۰۰۱**
	کنترل	۷/۶۷ ± ۰/۵۸	۷/۱۰ ± ۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۲۸
PIF (لیتر در ثانیه)	ترکیبی	۱/۰۲ ± ۰/۰۸	۱/۱۷ ± ۰/۱۲	-۰/۱۵	۰/۱۲
	هوازی تناوبی	۱/۰۳ ± ۰/۱۵	۱/۳۵ ± ۰/۲۲	-۰/۳۲	۰/۰۰۱**
	هوازی تداومی	۱/۱۶ ± ۰/۱۷	۱/۳۳ ± ۰/۱۱	-۰/۱۶	۰/۰۰۳**
	کنترل	۱/۰۸ ± ۰/۱۲	۱/۱۵ ± ۰/۱۹	-۰/۰۷	۰/۳۰

MVV (لیتر در دقیقه)	ترکیبی	۱۵۶/۲۲ ± ۱۱/۳۰	۱۷۱/۰۸ ± ۱۰/۴۶	−۱۴/۸۶	۰/۰۰۱**
	هوازی تناوبی	۱۵۹/۰۸ ± ۲۰/۴۲	۱۶۸/۶۸ ± ۱۹/۲۶	−۹/۶۰	۰/۰۰۱**
	هوازی تداومی	۱۵۷/۱۰ ± ۱۵/۸۷	۱۶۵/۷۶ ± ۱۶/۸۸	−۸/۶۶	۰/۰۰۱**
	کنترل	۱۵۸/۲۰ ± ۱۸/۵۶	۱۶۱/۱۵ ± ۱۵/۷۶	−۲/۹۵	۰/۰۹
CC16 (نانوگرم/میلی‌لیتر)	ترکیبی	۶/۳۰ ± ۰/۹۱	۴/۸۱ ± ۰/۲۵	۱/۴۸	۰/۰۰۱**
	هوازی تناوبی	۶/۵۴ ± ۰/۹۰	۵/۲۷ ± ۰/۶۶	۱/۲۷	۰/۰۰۱**
	هوازی تداومی	۶/۳۲ ± ۰/۷۰	۵/۳۱ ± ۰/۵۷	۱/۰۱	۰/۰۰۶**
	کنترل	۶/۵۰ ± ۰/۸۷	۶/۷۳ ± ۰/۴۹	−۰/۲۳	۰/۱۶
SPD (نانوگرم/میلی‌لیتر)	ترکیبی	۵۴/۹۲ ± ۴/۴۱	۴۷/۷۶ ± ۳/۴۹	۷/۱۶	۰/۰۰۶**
	هوازی تناوبی	۵۴/۸۴ ± ۴/۱۶	۵۰/۸۵ ± ۱/۵۳	۳/۹۸	۰/۰۰۶**
	هوازی تداومی	۵۵/۰۹ ± ۶/۲۲	۵۳/۱۱ ± ۴/۵۷	۱/۹۸	۰/۰۶
	کنترل	۵۳/۷۶ ± ۵/۵۳	۵۴/۵۶ ± ۲/۲۳	−۰/۸۰	۰/۱۲
رکورد دو ۳۰۰۰ متر	ترکیبی	۱۵/۱۲ ± ۳/۲۰	۱۴/۴۰ ± ۴/۳۷	۰/۷۲	۰/۰۱۵*
(دقیقه : ثانیه)	هوازی تناوبی	۱۵/۰۵ ± ۳/۷۹	۱۴/۴۲ ± ۴/۲۰	۰/۶۳	۰/۰۱۷*
	هوازی تداومی	۱۵/۱۵ ± ۴/۰۳	۱۴/۵۵ ± ۳/۵۷	۰/۶۰	۰/۰۲۹*
	کنترل	۱۵/۲۰ ± ۳/۴۲	۱۵/۱۷ ± ۳/۵۷	۰/۰۳	۰/۱۰۲

*$P\leq$۰/۰۵ تفاوت معنادار است؛ **$P\leq$۰/۰۱ تفاوت معنادار است.

و هوازی تناوبی رعایت شده است.

نتایج جدول ۳ آمار توصیفی مربوط به متغیرهای وابسته پژوهش و نتایج تی همبسته برای مقایسه تغییرات درون گروهی را نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده از آماره توصیفی نشان می‌دهد که میزان متغیرهای وابسته پژوهش در پیش‌آزمون نسبت به پس‌آزمون در برخی متغیرها در بین گروه‌ها کاهش و در برخی افزایش پیدا کرده است، که برای اطلاع بیشتر از این تغییرات، از آزمون کوواریانس استفاده شده است. همچنین قابل ذکر است که به دلیل همسان نبودن پروتکل‌های تمرینی در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی در آزمون کوواریانس هر گروه تمرینی به صورت جداگانه با گروه کنترل مقایسه شده است و برای نشان دادن اندازه اثر از مجذور سهمی اتا استفاده شده است، و نتایج در جدول ۸ گزارش شده است.

با توجه به جدول ۸ در گروه تمرین ترکیبی، پس از ۸ هفته برنامه تمرینی، مقادیر سرمی TV، FVC، IRV، ERV، FEV_1، FEV/FVC، PEF، MVV، CC16، SPD و رکورد دو ۳۰۰۰ متر در حد معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت (P = ۰/۰۰۱)، در حالی که افزایش PIF معنادار نبود (P = ۰/۱۲). در گروه تمرین هوازی تناوبی، پس از ۸ هفته برنامه تمرینی، مقادیر سرمی شاخص‌های مذکور در حد معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت (P = ۰/۰۰۱)، در حالی که افزایش PEF معنادار نبود (P = ۰/۰۹). در گروه تمرین هوازی تداومی، پس از ۸ هفته برنامه تمرینی، مقادیر سرمی این شاخص‌ها در حد معناداری نسبت به گروه کنترل افزایش یافت (P = ۰/۰۰۱).

بحث

پژوهش حاضر به مقایسه تاثیر ۸ هفته تمرینات ترکیبی (مقاومتی + پلایومتریک)، هوازی تناوبی و تداومی بر حجم و ظرفیت‌های تنفسی و مقادیر سرمی CC16، SPD و رکورد دو ۳۰۰۰ متر پایوران نظامی پرداخت. یافته‌های این پژوهش در هر سه گروه تمرینی کاهش معنادار سطح سرمی CC16 و SPD را نشان داد.

اثر تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی بر سطوح سرمی CC16 و SPD

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر CC16، بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۸۶، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۶/۴۳)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۷۸، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۴/۱۲)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۷۲، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۲/۶۳)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته CC16 در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل کمتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های ترکیبی، هوازی تناوبی و تداومی بوده است که با نتایج پژوهش نیک‌نیاز و همکاران (۲۰۱۹) و Bougault و همکاران (۲۰۱۳) هم‌سو بوده (۱۹،۳۱)، اما با نتایج پژوهش Tufvesson و همکاران (۲۰۱۳) و Kurowski و همکاران (۲۰۱۴) همخوانی ندارد (۱۸،۲۰). همچنین، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر CC16، بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۹۱، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۵۲/۵۶)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۶۷، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۲/۲۰)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۴۶، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۱۹/۵۷)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل‌شده متغیر وابسته SPD در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت

جدول-۸. نتایج آزمون کوواریانس برای مقایسه گروه‌های تمرین با گروه کنترل

متغیر / آماره	گروه	f	اختلاف میانگین	*P* value	Partial Eta
TV (لیتر در ثانیه)	ترکیبی با کنترل	۲۲/۶۷	۰/۰۷	۰/۰۰۱**	۰/۴۹
	هوازی تناوبی با کنترل	۳۹/۴۳	۰/۱۵	۰/۰۰۱**	۰/۹۵
	هوازی تداومی با کنترل	۲۴/۵۲	۰/۰۵	۰/۰۰۱**	۰/۵۴
FVC (لیتر)	ترکیبی با کنترل	۱۹/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۰۱**	۰/۳۹
	هوازی تناوبی با کنترل	۴۱/۲۸	۰/۲۷	۰/۰۰۱**	۰/۶۷
	هوازی تداومی با کنترل	۳۴/۵۵	۰/۲۸	۰/۰۰۱**	۰/۵۹
IRV (لیتر)	ترکیبی با کنترل	۱۶/۲۵	۰/۰۲	۰/۰۰۱**	۰/۳۳
	هوازی تناوبی با کنترل	۵۱/۶۳	۰/۳۱	۰/۰۰۱**	۰/۸۸
	هوازی تداومی با کنترل	۱۹/۲۴	۰/۰۹	۰/۰۰۱**	۰/۵۱
ERV (لیتر)	ترکیبی با کنترل	۴۴/۵۷	۰/۱۸	۰/۰۰۱**	۰/۷۳
	هوازی تناوبی با کنترل	۳۹/۵۲	۰/۱۱	۰/۰۰۱**	۰/۵۷
	هوازی تداومی با کنترل	۵۰/۴۸	۰/۵۴	۰/۰۰۱**	۰/۹۱
FEV_1 (لیتر)	ترکیبی با کنترل	۳۱/۶۱	۰/۲۲	۰/۰۰۱**	۰/۸۹
	هوازی تناوبی با کنترل	۵۳/۴۹	۰/۴۵	۰/۰۰۱**	۰/۴۱
	هوازی تداومی با کنترل	۲۷/۷۳	۰/۲۱	۰/۰۰۱**	۰/۳۸
FEV1/FVC%	ترکیبی با کنترل	۴۳/۱۲	۵/۶۵	۰/۰۰۱**	۰/۷۹
	هوازی تناوبی با کنترل	۴۵/۲۷	۵/۶۷	۰/۰۰۱**	۰/۷۵
	هوازی تداومی با کنترل	۲۸/۶۴	۳/۸۸	۰/۰۰۱**	۰/۴۱
PEF (لیتر در ثانیه)	ترکیبی با کنترل	۴۳/۲۸	۱/۲۴	۰/۰۰۱**	۰/۹۶
	هوازی تناوبی با کنترل	۲/۲۴	۰/۶۵	۰/۰۹	۰/۰۳
	هوازی تداومی با کنترل	۵۱/۴۹	۱/۵۰	۰/۰۰۱**	۰/۸۳
PIF (لیتر در ثانیه)	ترکیبی با کنترل	۱/۲۷	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۹
	هوازی تناوبی با کنترل	۲۰/۳۱	۰/۲۰	۰/۰۰۱**	۰/۶۳
	هوازی تداومی با کنترل	۱۸/۵۴	۰/۱۸	۰/۰۰۱**	۰/۵۷
MVV (لیتر در دقیقه)	ترکیبی با کنترل	۳۶/۴۷	۹/۹۳	۰/۰۰۱**	۰/۷۶
	هوازی تناوبی با کنترل	۲۹/۲۲	۷/۵۳	۰/۰۰۱**	۰/۵۹
	هوازی تداومی با کنترل	۲۱/۳۹	۴/۶۱	۰/۰۱**	۰/۴۲
CC16 (نانوگرم/ میلی‌لیتر)	ترکیبی با کنترل	۴۶/۴۳	-۱/۹۲	۰/۰۰۱**	۰/۸۶
	هوازی تناوبی با کنترل	۲۴/۱۲	-۱/۴۶	۰/۰۰۱**	۰/۷۸
	هوازی تداومی با کنترل	۲۲/۶۳	-۱/۴۲	۰/۰۰۱**	۰/۷۲
SPD (نانوگرم/میلی‌لیتر)	ترکیبی با کنترل	۵۲/۵۶	-۶/۸	۰/۰۰۱**	۰/۹۱
	هوازی تناوبی با کنترل	۳۳/۲۰	-۳/۷۱	۰/۰۰۱**	۰/۶۷
	هوازی تداومی با کنترل	۱۹/۵۷	-۱/۴۵	۰/۰۰۱**	۰/۴۶
دو ۳۰۰۰ متر (ثانیه)	ترکیبی با کنترل	۴۶/۳۷	-۰/۷۷	۰/۰۰۱**	۰/۷۶
	هوازی تناوبی با کنترل	۴۵/۲۵	-۰/۷۵	۰/۰۰۱**	۰/۷۲
	هوازی تداومی با کنترل	۳۴/۶۳	-۰/۶۲	۰/۰۰۱**	۰/۶۲

*$P\leq$۰/۰۵ تفاوت معنادار است؛ **$P\leq$۰/۰۱ تفاوت معنادار است.

به گروه کنترل کمتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های ترکیبی، هوازی تناوبی و تداومی بوده است. نیک‌نیاز و همکاران (۲۰۱۹) اثر فعالیت ورزشی هوازی بر CC16 و SPD را در افراد دارای وابستگی به سیگار بررسی کردند. در این تحقیق به ۱۰ نفر از افراد وابسته به سیگار، فعالیت هوازی اجرا کردند. نتایج تحقیق نشان داد که غلظت سرمی CC16 و SPD در گروهی که فعالیت ورزش را انجام داده بود کاهش معناداری داشت (۱۹)؛ همچنین، Romberg و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای اثر فعالیت ورزشی در استخر را بر شاخص‌های التهابی بررسی کردند. این تحقیق روی ۱۰۱ شناگر نخبه (شامل ۵۵ مرد و ۴۶ زن) و در دو وهله قبل و یک ساعت پس از فعالیت ورزشی انجام شده بود نتایج بیانگر آن بود که فعالیت ورزشی، توانسته بود میزان دفعی CC16 و SPD و سطوح سرمی CRP را فقط در ورزشکاران نخبه افزایش دهد (۲۲)؛ طبق نتایج مشاهده شده به نظر می‌رسد تعدیل سطوح سرمی CC16 در این پژوهش به دلیل تعدیل ترشح سایتوکین‌ها و شاخص‌های التهابی باشد. Bolger و همکاران (۲۰۱۱) نیز تاثیر شرایط هوای تنفسی بر انقباض نایژکی ناشی از ورزش (EIB) و غلظت ادراری CC16

را در ورزشکاران بررسی کردند. در این تحقیق ۲۴ مرد ورزشکار (۱۰ نفر با سابقه EIB) ۸ دقیقه فعالیت هوازی بیشینه را در هوای گرم و معتدل و هوای سرد وخشک در دو روز متفاوت انجام دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که فعالیت ورزشی حاد باعث افزایش CC16 در همه ورزشکاران و مختل شدن عملکرد تنفسی در همه افراد شد، ولی این افزایش هنگام تمرین در هوای گرم معتدل بیشتر بود (۴۸). به نظر می‌رسد علت آن ایجاد سازگاری در سلول‌های اپی‌تلیال سیستم تنفسی در طول تمرین باشد؛ هنگام انجام تمرینات هوازی، تهویه دقیقه‌ای توسط افزایش عمق و تعداد تنفس، یا هر دو، افزایش می‌یابد. هنگام فعالیت‌های شدید تعداد تنفس بزرگسالان سالم، معمولاً از ۱۲ الی ۱۵ نفس در هر دقیقه (هنگام استراحت) به ۳۵ الی ۴۵ تنفس در هر دقیقه افزایش می‌یابد و حجم جاری در هر تنفس، از ۰/۴ الی ۱ لیتر در هر تنفس تا ۳ لیتر یا بیشتر افزایش می‌یابد. در نتیجه، تهویه دقیقه‌ای می‌تواند از ۱۵ الی ۲۵ لیتر در دقیقه در حالت استراحت تا میزان ۹۰ الی ۱۵۰ لیتر در دقیقه هنگام فعالیت افزایش یابد (۳۸،۳۹،۴۰). هنگام تمرین با شدت بالا، تعداد تنفس زیاد ، اپی‌تلیوم مسیر هوایی را در معرض فشار برشی (Shear Stress) افزایش یافته قرار می‌دهد. این نیروی فیزیکی افزایش یافته ممکن است سلول‌های اپی‌تلیالی دهیدراته شده را در خطر پوسته‌ریزی یا جداسازی کامل قرار دهد (۳۹،۴۰). بازسازی سلول‌های اپی‌تلیال مسیر هوایی از جمله سلول‌های کلارا به سرعت اتفاق می‌افتد (۱۷). احتمالاً سازگاری بیشتر با تمرینات ترکیبی و بازسازی سریع‌تر دلیل این عدم افزایش شاخص‌های آپوپتوزی دوندگان نخبه می‌باشد.

پاسخ FEV1 به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر FEV1 بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۸۹، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۱/۶۱)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۴۱، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۵۳/۴۹)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۳۸، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۷/۷۳)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته FEV1 در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تناوبی، تداومی و ترکیبی بوده است که با نتایج پژوهش Singh و همکاران (۲۰۱۱)، فشارکی و همکاران (۱۳۸۹) و Moraga و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی دارد (۹،۶،۲۷).

FEV1میزان هوایی را نشان می‌دهد که فرد در مدت یک ثانیه از ریه‌های خود خارج می‌کند و افزایش آن، بازتابی از افزایش ظرفیت ریه، گشادی راه‌های هوایی، بهبود نیروی الاستیسیته ریه و تقویت عضلات تنفسی است (۶). از آنجا که FEV1 شاخص قدرت عضلات تنفسی است؛ ازاین‌رو، هرچه عضلات بین دنده‌ای داخلی قوی‌تر باشد، FEV1 نیز افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد فعالیت‌های ورزشی که قدرت عضلات تنفسی را بهبود می‌بخشد سبب بهبود عملکرد آن می‌شود؛ از این رو، احتمالا تمرین ترکیبی میزان هورمون آنابولیک تستوسترون را افزایش می‌دهد که باعث افزایش توده عضلانی و به دنبال آن افزایش توده عضلات بین دنده‌ای می‌شود (۷). از دلایل دیگر می‌توان به افزایش آنزیم‌های سوخت و سازی در عضلات بین دنده‌ای داخلی بر اثر تمرینات ترکیبی و قوی‌تر شدن عضلات بین دنده‌ای خارجی، نردبانی و جناغی ـ چنبری ـ پستانی بر اثر تمرینات قدرتی اشاره کرد. Levin و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تاثیر تمرینات ترکیبی، هوازی تناوبی و تداومی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی دوچرخه سواران، نشان داد میزان VO2max و عملکرد ریوی درگروه تمرین ترکیبی افزایش معناداری نشان داد (۴۱). چون تمرین ترکیبی حجم بیشتری از عضلات دخیل در حجم بازدمی فشاری در ثانیه اول را درگیر کرد، می‌تواند یکی از دلایل افزایش FEV1 در این گروه تمرینی باشد.

پاسخ FVC به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر FVC بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۳۹، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۱۹/۱۷)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۶۷، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۱/۲۸)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۵۹، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۴/۵۵)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته FVC در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تناوبی، تداومی و ترکیبی بوده است که با نتایج پژوهش Park و همکاران (۲۰۱۷)، خلفی و همکاران (۲۰۲۲)، Singh و همکاران (۲۰۱۱)، همخوانی دارد (۹،۳۴،۴۲). FVC یکی از حجم‌های ریوی پویا است که به سن، سطح فعالیت بدنی، ترکیب بدن و وضعیت سلامت افراد بستگی دارد (۲۸). خسروی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند اثر ۸ هفته تمرین ترکیبی، افزایش بیشتری را در TV، FVC و FEF (Forced Expiratory Flow) نسبت به گروه تمرین هوازی داشت (۳۸). Elgushy (۲۰۱۶) در بررسی تاثیر تمرین ترکیبی، هوازی و مقاومتی بر عملکرد تنفسی و دو ۱۵۰۰ متر ورزشکاران نشان داد میزان ظرفیت حیاتی و رکورد دو ۱۵۰۰ متر در گروه تمرین ترکیبی بیشتر از گروه هوازی و مقاومتی است (۴۳). علت این نتایج احتمالاً مربوط به قدرت بیشتر عضلات تهویه‌ای و قابلیت اتساع‌پذیری بیشتر ریه‌ها در افراد جوان باشد، زیرا خاصیت اتساع‌پذیری ریه موجب می‌شود هوا هنگام بازدم با فشار بیشتری به بیرون دمیده شود. از طرفی، FVC تحت تأثیر قدرت عضلات تنفسی و میزان کمپلیانس قفسهٔ سینه نیز قرار می‌گیرد (۳۳). به نظر می‌رسد افزایش فعالیت سیستم سمپاتیک هنگام فعالیت

ورزشی، کاهش برگشت‌پذیری ریه و گشاد شدن عروق ریوی را به همراه دارد که موجب کاهش مقاومت راه‌های هوایی و افزایش جریان هوا و در نهایت افزایش FVC شود. علاوه‌بر آن، میزان کاهش حجم ریه و محدودیت جریان هوا با میزان قند خون و توده چربی بدن ارتباط دارد (۳۶). ازاین‌رو افزایش FVC متعاقب تمرینات ترکیبی در تحقیق حاضر را شاید بتوان به بهبود در قدرت و استقامت عضلات تنفسی و همچنین کاهش چربی بدن نسبت داد.

پاسخ PEF به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر PEF بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۹۶، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۳/۲۸)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۰۳، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲/۲۴) و هوازی تداومی (PE = ۰/۸۳، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۵۱/۴۹)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. ولی بین گروه هوازی تناوبی هوازی تناوبی (PE = ۰/۰۳، P = ۰/۰۹، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲/۲۴)، با گروه کنترل تفاوت معناداری مشاهده نشد. همچنین میانگین تعدیل‌شده متغیر وابسته PEF در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های ترکیبی، هوازی تداومی و هوازی تناوبی بوده است که با نتایج تحقیقات Rawashdeh و همکاران (۲۰۱۸) و ناظم و همکاران (۲۰۱۳) همسو می‌باشد (۲۳،۳۲). PEF با تغییرات هورمونی ناشی از فعالیت که هنگام فعالیت ورزشی رخ می‌دهد، ارتباط دارد. برای مثال، هورمون کورتیزول که یک عامل کاتابولیک شناخته شده است، در فعالیت‌های مقاومتی افزایش می‌یابد. کورتیزول باعث افزایش بالیدگی ریه و تولید سورفکتانت می‌شود. سورفکتانت از طریق افزایش اندازه سلول‌های ریوی، تسهیل ارتباط سلول به سلول و کاهش کشش سطحی کیسه‌های هوایی در بهبود عملکرد ریه نقش دارد. از سویی دیگر، بر اثر تمرین قدرتی میزان هورمون آنابولیک تستوسترون بالا می‌رود که باعث افزایش توده عضلانی و به دنبال آن افزایش حجم توده عضلات بین‌دنده‌ای می‌شود. پرستش و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که میزان تستوسترون افراد کم تحرک کاهش می‌یابد ولی تمرین ترکیبی می‌تواند با افزایش سطوح سرمی تستوسترون و تقویت عضلات تنفسی موجب کارآیی بیشتر ظرفیت تنفسی و تحمل فشار تمرین شود (۳۳).

پاسخ IRV به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر IRV بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۳۳، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۱۶/۲۵)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۸۸، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۵۱/۶۳)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۵۱، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۱۹/۲۴)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته IRV در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تناوبی، تداومی و ترکیبی بوده است که این یافته با نتیجه پژوهش Burtscher و همکاران (۲۰۱۸)، Elgushy (۲۰۱۶) و آزاد و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد (۳۹،۴۳،۴۴). به‌طور کلی، مقادیر IRV همانند سایر حجم‌ها، بازتابی از خواص استاتیکی دستگاه تنفس هستند؛ به عبارت دیگر، چگونگی تعامل نیروهای ارتجاعی و کامپلیانس (اتساعی) بافت قفسه سینه و ریه‌هاست که مقادیر حجمی و ظرفی ریه‌ها را تعیین می‌کند (۲۹،۳۴). Burich و همکاران (۲۰۱۵) در مقایسه اثر ۱۲ هفته برنامه تمرین ترکیبی و هوازی در داوطلبان مرد و زن سالم، افزایش بیشتری را تحت اثر تمرین هوازی بر افزایش قدرت و عملکرد ریوی (افزایش VO2max) نسبت به تمرین ترکیبی گزارش کردند (۴۰). علت این امر را می‌توان به قدرت بیشتر عضلات تهویه‌ای هنگام بازدم، کاهش نیازهای تهویه‌ای، کاهش مقاومت تهویه، بهبود عملکرد عضلات تهویه‌ای و افزایش اقتصاد عضلات بازدمی در اثر تمرین نسبت داد؛ عملکرد مطلوب عضلات دمی (بین دنده‌ای خارجی و دیافراگم) موجب اتساع قفسه سینه شده و همزمان با افزایش حجم قفسه سینه اختلاف فشار حبابچه‌ای و فضای جنبی کاهش یافته و در نتیجه نیروی اتساعی بر ارتجاعی برتری یافته و سبب می‌شود تا حجم درون ریوی با سرعت از هوا پر شود. لذا افزایش مقادیر IRV می‌تواند گویای این واقعیت باشد که در اثر انجام برنامه تمرین هوازی، هماهنگی عصبی– عضلانی و قدرت عضلات دمی افزایش می‌یابد (۳۰).

پاسخ PIF به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر PIF بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۰۹، P = ۰/۱۲، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۱/۲۷)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۶۳، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۰/۳۱)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۵۷، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۱۸/۵۴)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته IRV در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تناوبی، تداومی و ترکیبی بوده است. این یافته با نتایج Park و همکاران (۲۰۱۷) و Hanstock (۲۰۲۰) همخوانی دارد (۲۹،۴۲). عضلات بین‌دنده‌ای خارجی، نردبانی و جناغی ـ چنبری ـ پستانی، عضلات اصلی و مؤثر در تعیین میزان اوج PIF است و از آنجا که تمرین هوازی باعث تقویت عضلات مذکور می‌شود، در نتیجه اوج جریان دمی افزایش

می‌یابد. عملکرد مطلوب عضلات دمی (بین دنده‌ای خارجی و دیافراگم) موجب اتساع قفسه سینه شده و همزمان با افزایش حجم قفسه سینه اختلاف فشار حبابچه‌ها و فضای جنبی کاهش می‌یابد و در نتیجه نیروی اتساعی بر ارتجاعی برتری یافته و سبب می‌شود تا ریه با سرعت از هوا پر شود (۳۵). پر شدن ریه‌ها به میزان نزدیک به حداکثر مهمترین عامل تحریک ترشح سورفکتانت می‌باشد. در نتیجه میزان پروستاگلاندین‌ها در فضای آلوئولی افزایش پیدا می‌کند که باعث کاهش تون عضلات صاف برونش‌ها و افزایش کارایی ریه می‌شود. از سوی دیگر سورفکتانت می‌تواند در قالب یک متسع‌کننده برونشی ظاهر شده و از طریق افزایش قطر مجاری هوایی و کاهش مقاومت هوایی باعث افزایش حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی گردد (۲۹)؛ این عوامل را می‌توان از دلایل توجیه‌کننده افزایش PIF احتساب کرد. Moradians (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای خود، اثر ۸ هفته تمرین تناوبی و تداومی هوازی را به صورت افزایش معناداری در PIF، TV و FEV1 ایجاد می‌کند (۸).

پاسخ FEV1/FVC به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر FEV1/FVC٪ بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۷۹، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۳/۱۲)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۷۵، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۵/۲۷)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۴۱، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۸/۶۱)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته FEV1/FVC٪ در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تداومی، ترکیبی و هوازی تناوبی بوده است که با نتایج تحقیقات خلفی و همکاران (۲۰۲۲)، Munibuddin و همکاران (۲۰۱۳) و آزاد و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد (۴،۳۴،۳۹). نسبت FEV1 به FVC معیار دقیقی برای تشخیص انسداد راه‌های هوایی و شاخصی مناسب برای محدودیت جریان هواست. به‌علاوه، از بین شاخص‌های عملکرد تنفسی زمان استراحت، نسبت FEV1 به FVC، بهترین پیشگویی‌کننده بهبود ظرفیت تنفس در طول ورزش به شمار می‌رود (۳۳). خلفی و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه مروری خود تاثیر برنامه تمرین هوازی، مقاومتی و ترکیبی بر ظرفیت‌های تنفسی را مورد بررسی قرار دادند و تمرینات ترکیبی را به صورت معناداری نسبت به تمرینات هوازی و مقاومتی بر بهبود آمادگی تنفسی و تقویت عضلات معرفی کردند (۳۴). تمرین ترکیبی با کاهش چربی ذخیره در دیواره شکم، قفسه سینه و عضلات تنفسی، خاصیت ارتجاعی عضلات تنفسی و همچنین اتساع پذیری قفسه سینه را افزایش داده و این عامل کار تنفسی و انرژی مصرفی برای تهویه ریوی را کاهش می‌دهد و باعث افزایش FEV1/FVC می‌شود (۳۴). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، افزایش اندک FEV1 و افزایش بیشتر در FVC در گروه‌های هوازی تناوبی و تداومی باعث شده است، FEV1/FVC در این دو گروه نسبت به گروه تمرین ترکیبی، افزایش کمتری داشته باشد. با توجه به این که FEV1/FVC پیشگویی‌کننده بهتری برای بهبود عملکرد تنفسی بیماران مبتلا به انسداد مزمن ریوی است بررسی تغییرات آن به تحقیق بیشتری نیاز دارد.

پاسخ ERV به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر ERV بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۷۳، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۴/۵۷)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۵۷، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۹/۵۲)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۹۱، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۵۰/۴۸)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته ERV در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تداومی، ترکیبی و هوازی تناوبی بوده است که با نتایج تحقیقات Park و همکاران (۲۰۱۷)، Levin (۲۰۰۷) و Hanstock (۲۰۲۰) همسویی دارد (۲۶،۲۷،۳۵). تمرین هوازی ظرفیت تهویه‌ای را در افراد غیر ورزشکار افزایش می‌دهد (۳۷). از طرفی، چون ریه‌ها در اثر تمرینات ترکیبی فعالیت بیشتری را به دلیل اکسیژن‌رسانی جهت تامین انرژی عضلات دارد، حجم ذخیره بازدمی بر اثر این تمرینات کاهش می‌یابد (۳۷). Jesus و همکاران (۲۰۱۰) بیان کرده‌اند به دنبال انجام تمرینات منظم هوازی افزایش قدرت عضلات تنفسی اتفاق می‌افتد. در این روش تمرینی اصل تنفس به حداکثر انقباض در طول تمرینات نیاز دارد که این حداکثر انقباض توسط برخی عضلات شکمی انجام می‌شود (۳۷). از جمله دلایل افزایش ERV در این پژوهش را می‌توان به اثرات جبرانی تمرینات هوازی بر محدودیت ناشی از عدم تعادل عضلانی در قفسه سینه، تقویت عضلات تنفسی کمکی در اثر تمرین هوازی منظم، افزایش جریان هوای باقی‌مانده و کاهش تهویه (از طریق تقویت اتساع برونشی در اثر تمرین)، کاهش مقاومت راه هوایی، افزایش قطر راه هوایی، افزایش ارتجاع‌پذیری قفسه سینه، کاهش برگشت‌پذیری ریوی و افزایش اتساع عروق ریوی (در اثر افزایش فعال‌سازی سیستم آدرنالین در ورزش) نسبت داد (۳۷) و ارتباط کورتیزول سرم با اتساع برونشی و تولید بیشتر سورفکتانت ریوی را می‌توان از جمله علل افزایش جبرانی PIF ارائه کرد (۲۸).

پاسخ TV به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر TV بین گروه‌های تمرین ترکیبی (PE = ۰/۴۹، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۲/۶۷)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۹۵، P = ۰/۰۰۱،

$F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۹/۴۳)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۵۴، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۴/۵۲)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته TV در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های هوازی تناوبی، تداومی و ترکیبی بوده است. معناداری افزایش TV در گروه تمرین هوازی این واقعیت را نشان می‌دهد که تمرین هوازی با تقویت عضلات تنفسی منجر به بهبود و افزایش حجم جاری می‌باشد که با پژوهش Moradians (۲۰۱۶) و Dunham و همکاران (۲۰۱۲) همسو می‌باشد (۸،۳۶). تمرین هوازی باعث بهبود استقامت زیر بیشینه و کاهش پُر هوایی دینامیکی ریه و به تبع آن افزایش حجم جاری و افزایش ظرفیت دمی و کاهش تعداد تنفس می‌شود (۸،۳۶). آزاد و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تاثیر مزمن برنامه تمرین هوازی بر عملکرد ریوی در نوجوانان دارای اضافه وزن نشان دادند، تمرین هوازی تاثیر معناداری بر FEV_1، FVC، MVV و TV داشته است (۳۸). ایران‌دوست و همکاران (۲۰۱۵) اثر مزمن تمرینات هوازی تناوبی و تداومی را در دختران غیرفعال، به صورت معناداری بر بهبود عملکرد ریوی افزایش در FEV_1، FVC و TV گزارش کردند (۳۰). به نظر می‌رسد افزایش TV در گروه‌های هوازی به دلیل سازگاری عصبی–عضلانی و افزایش تکانه‌های عصبی واحدهای حرکتی عضلات تنفسی ناشی از اجرای مزمن تمرینات پژوهش حاضر باشد.

پاسخ MVV به تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر MVV بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۷۶، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۶/۴۷)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۵۹، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۹/۲۲)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۴۲، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۲۱/۳۹)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته MVV در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل بیشتر بوده است. همچنین با توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های ترکیبی، هوازی تناوبی و تداومی بوده است که با پژوهش Park و همکاران (۲۰۱۷)، Litchke و همکارانش (۲۰۰۷) مطابقت دارد (۴۲،۵). بهبود حداکثر تهویه ارادی و افزایش معنادار آن در گروه-های تمرین هوازی و ترکیبی امری طبیعی و قابل پیش‌بینی است؛ اما چگونگی تغییر به نوع و ویژگی تمرین بستگی دارد، به‌طوری که تمرینات هوازی با بکارگیری بیشتر عضلات تنفسی موجب افزایش و بهبود تهویه، جلوگیری از تجمع ترشحات و آتلکتازی (روی هم خوابیدن یک قسمت از یا تمامی یک ریه) و تمرینات مقاومتی موجب افزایش قدرت و هماهنگی عضلات تنفسی می‌شود و برونکواسپاسم راه‌های هوایی را کاهش داده و موجب کاهش التهاب راه‌های هوایی می‌شود که این امر به نوبه خود منجر به بهبود وضعیت MVV می‌گردد (۲۸). Litchke و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند ۱۰ هفته تمرین مقاومتی در ورزشکاران ویلچری موجب افزایش معنادار MVV می‌شود (۵). فعالیت ورزشی، استقامت عضلات تهویه ای را بهبود می بخشد، این رویداد الگوی تنفس آهسته‌تر و عمیق‌تر بیماران انسداد ریوی شدید تمرین کرده را توجیه می‌کند. این نتیجه هم برای افراد سالم و هم افراد مبتلا به بیماری‌های انسدادی راه‌های هوایی ریه می‌تواند حائز اهمیت باشد. همچنین، یکی دیگر از مزایای مهم تمرین‌های ورزشی ترکیبی جهت بیماران مبتلا به COPD، حساسیت‌زدایی فزاینده نسبت به ترس از بی‌نفسی و خودکنترلی بیشتر روی علائم بیماری می‌باشد.

اثر تمرین هوازی (تناوبی و تداومی) و ترکیبی بر رکورد دو ۳۰۰۰ متر

در پژوهش حاضر، پس از تعدیل نمره‌های پیش‌آزمون متغیر رکورد دو ۳۰۰۰ متر، بین گروه‌های ترکیبی (PE = ۰/۷۶، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۶/۳۷)، هوازی تناوبی (PE = ۰/۷۲، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۴۵/۲۵)، و هوازی تداومی (PE = ۰/۶۲، P = ۰/۰۰۱، $F_{(۱۷،۱)}$ = ۳۴/۶۳)، با گروه کنترل تفاوت معناداری است. میانگین تعدیل شده متغیر وابسته رکورد دو ۳۰۰۰ متر در پس‌آزمون حاکی از آن است مقدار آن در گروه‌های تمرینی ترکیبی، هوازی تناوبی و هوازی تداومی نسبت به گروه کنترل کمتر بوده است. همچنین به توجه به مجذور سهمی اتا ضریب تاثیر به ترتیب برای تمرین‌های ترکیبی، هوازی تناوبی و تداومی بوده است. سرعت دوندگان در ماده ۳۰۰۰ متر نزدیک به سرعت vVO2max بوده و سیستم تامین انرژی آن وابسته به هر دو سیستم هوازی (استقامتی) و بی‌هوازی (نیمه استقامتی) می‌باشد. در واقع دوندگان این رشته به تعادلی از استقامت هوازی مورد نیاز در ۵۰۰۰ متر و تحمل اسید لاکتیک مورد نیاز در ۱۵۰۰ متر احتیاج دارند. مطالعات متعددی در زمینه فعالیت در آب و هوای سرد و کوهستانی انجام گرفته است که به نظر می‌رسد، آب و هوای سرد و کوهستانی عمدتاً بر فعالیت‌هایی با ماهیت سرعتی (همچون فعالیت‌های وابسته به T_m مثل پرش سارجنت) اثر گذاشته تا فعالیت‌های استقامتی (همچون)؛ این امر با مکانیسم احتمالی بهبود عملکرد تنظیم حرارتی (Thermoregulation) پاسخ‌های اتساع عروق ناشی از سرما (CIVD: Cold Induced Vasodilation) در اثر فعالیت مزمن در سرما باعث افزایش مدت زمان رسیدن به خستگی می‌گردد. Greaney و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود تغییرات معنی‌داری را در افت عملکرد در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده نکردند (۴۵). در ادامه Wakabayashi و همکاران دماهای ۲۸–۲۷ درجه سانتی‌گراد به پایین در عضله را با کاهش عملکرد حداکثر میزان انقباض ارادی عضله گزارش کرده‌اند (۱۴). از طرفی تاثیر

تمرینات ترکیبی بر روی عملکرد فیزیولوژیکی در دهه اخیر موضوع تحقیقات زیادی بوده است (۴۶)؛ برای مثال Fayed و همکاران (۲۰۱۵)، در برنامه تمرینی بلندمدت این تمرینات را برای بهبود شاخص‌های عملکردی، مؤثرگزارش کردند (۲)، تمرین پلیومتریک توان انفجاری و سرعت واکنش را بهبود می‌بخشد که به بهبود عکس العمل سیستم عصبی مرکزی مربوط می‌شود (۲). علاوه‌بر ویژگی‌های انقباضی و الاستیکی عضله، بهبود گیرنده‌های داخلی عضله و تحمل کشش، سازگاری عملکردهای عصبی- عضلانی و سوخت‌وسازی در پی تمرین پلیومتریک به وجود می‌آید، که باعث فعال‌سازی توامان سیستم عضلانی و سیستم عصبی و تغییر تارهای کند انقباض به تارهای تند انقباض می‌شوند (۲). روش تمرینی پلیومتریک، مهار بازتابی عضله را کاهش و حساسیت اندام‌های گلژی تاندون را افزایش می‌دهد. همچنین حساسیت دوک‌های عضله را بهبود و تنش عضله را افزایش می‌دهد (۴۶). تمرینات مقاومتی با افزایش تحریک‌پذیری نورون حرکتی و تقویت رفلکس، باعث ایجاد شرایط مناسب برای اثرگذاری هر چه بیشتر تمرین پلیومتریک بعدی می‌شوند (۴۶).

محدودیت‌های پژوهش

یکسان‌سازی شدت و مدت مراحل فعالیت و استراحت را می‌توان به عنوان یکی از محدودیت‌های شاخص پژوهش حاضر نام برد، که علی‌رغم، یکسان‌سازی بار داخلی و خارجی آن طبق مطالعات پیشین، بهره‌گیری از مواد ارگوژنیکی و آنتی اکسیدان‌ها، به نظر خالی از چالش نیست و از پیشنهادات پژوهشی آینده می‌باشد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود، تمرین با توجه به نیاز فرد طراحی شود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر بر اساس هدف بررسی پروتکل تمرینات مختلف و رسیدن به آمادگی در بهترین وجه و کمترین زمان طراحی شده است. از آنجا که پرسنل رسته‌های مختلف نیروی مسلح برای افزایش و نگهداری آمادگی جسمانی خود به تمرینات بدنی مختلفی نیاز دارند، در یگان‌ها، قرارگاه‌ها، مقرها، ستادها و تمام محل‌هایی که آموزش می‌بینند و یا خدمت می‌کنند، زمان قابل‌توجهی صرف ورزش روزانه می‌شود. فرماندهان تمایل دارند که حداکثر بهره را از زمان ببرند و در کوتاه‌ترین بازه زمانی و کمترین آسیب به آمادگی جسمانی مطلوب برسند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، تمرینات ترکیبی بیشترین اثر را بر کاهش شاخص‌های CC16، SPD و افزایش سازگاری ریوی و ظرفیت‌های هوازی دارد، افزودن تمرین مقاومتی به برنامه تمرین هوازی (پلیومتریک) باعث بهبود برخی از متغیرهای تنفسی و توان می‌شود و پایوران نظامی از فواید فیزیولوژیکی هر دو نوع تمرین سود می‌برند، بنابراین استفاده از روش تمرینات ترکیبی در برنامه تمرینات پایوران نظامی، احتمالاً منجر به افزایش کارایی سیستم تنفسی و توان می‌گردد.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- به منظور افزایش کارایی سیستم تنفسی و بهبود عملکرد هوازی در ماموریت‌های سازمانی، (هر دو نوع تمرین هوازی و ترکیبی) بویژه تمرینات ترکیبی تاثیر مثبتی بر تعدیل شاخص‌های التهاب ریوی در آب و هوای سرد و کوهستانی داشتند.
- از آنجایی که درصد قابل توجهی از ماموریت‌ها در شرایط آب و هوایی نامتعارف (همچون آب و هوای سرد) انجام می‌پذیرند و بهره‌مندی از عملکرد بهینه در ماموریت‌های سازمانی از اهمیت بالایی برای اهداف نظامی برخوردار است؛ لذا پیشنهاد می‌شود استفاده از روش تمرینات ترکیبی در برنامه تمرینات پایوران نظامی، احتمالاً منجر به سازگاری سیستم تنفسی و افزایش حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی می‌گردد.

تشکر و قدردانی: پژوهش حاضر نتیجه طرح تحقیقاتی انجام شده در دانشگاه علوم پزشکی ارتش با کد IR.AJAUMS.REC.1400.089 مصوب کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ارتش تهران می‌باشد. این پژوهش در مرکز کار آزمایی بالینی با کد IRCT20210801052049N1 تایید شد. پژوهشگران بدین‌وسیله از همه نظامیانی که همکاری خالصانه‌ای در جهت اجرای این پروژه داشتند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. A Malkawi AM, Meertens RM, Kremers SP, Sleddens EF. Dietary, physical activity, and weight management interventions among active-duty military personnel: a systematic review. Military Medical Research. 2018;5(1):43. doi:10.1186/s40779-018-0190-5

2. Fayed H. The effect of complex training on antioxidants, certain physical education and Record level of 50M crawl swimming for young swimmers. Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport/Science, Movement and Health. 2015;15(2 S1):379-86.

3. Enright SJ, Unnithan VB, Heward C, Withnall L, Davies DH. Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are

healthy. Physical Therapy. 2006;86(3):345-54. doi:10.1093/ptj/86.3.345
4. Munibuddin A, Khan ST, Choudhari SP, Doiphode R. Effect of traditional aerobic exercises versus sprint interval training on pulmonary function tests in young sedentary males: a randomised controlled trial. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2013;7(9):1890-3. doi:10.7860/JCDR/2013/5797.3343
5. Litchke LG, Russian CJ, Lloyd LK, Schmidt EA, Price L, Walker JL. Effects of respiratory resistance training with a concurrent flow device on wheelchair athletes. The journal of Spinal Cord Medicine. 2008; 31(1):65-71. doi:10.1080/10790268.2008.11753983
6. Fesharaki M, Omolbanin Paknejad SM, Kordi R. The effects of aerobic and strength exercises on pulmonary function tests and quality of life in asthmatic patients. Tehran University Medical Journal. 2010;68(6):348-54.
7. Langdeau JB, Turcotte H, Bowie DM, Jobin J, Desgagne P, Boulet LP. Airway hyperresponsiveness in elite athletes. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2000;161(5):1479-84. doi:10.1164/ajrccm.161.5.9909008
8. Moradians V, Rahimi A, Moosavi SA. Effect of eight-week aerobic, resistive, and interval exercise routines on respiratory parameters in non-athlete women. Tanaffos. 2016;15(2):96-100.
9. Singh VP, Jani H, John V, Singh P, Joseley T. Effects of upper body resistance training on pulmonary functions in sedentary male smokers. Lung India. 2011;28(3):169-73. doi:10.4103/0970-2113.83971
10. D'Amato M, Molino A, Calabrese G, Cecchi L, Annesi-Maesano I, D'Amato G. The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health. Clinical and Translational Allergy. 2018;8(1):20. doi:10.1186/s13601-018-0208-9
11. Riera F, Bellenoue S, Fischer S, Méric H. Impact of a Cold Environment on the Performance of Professional Cyclists: A Pilot Study. Life. 2021;11(12):1326. doi:10.3390/life11121326
12. Kennedy MD, Lenz E, Niedermeier M, Faulhaber M. Are respiratory responses to cold air exercise different in females compared to males? Implications for exercise in cold air environments. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(18):6662. doi:10.3390/ijerph17186662
13. Fu SH, Gasparrini A, Rodriguez PS, Jha P. Mortality attributable to hot and cold ambient temperatures in India: a nationally representative case-crossover study. PLoS Medicine. 2018;15(7): e1002619. doi:10.1371/journal.pmed.1002619
14. Wakabayashi H, Oksa J, Tipton MJ. Exercise performance in acute and chronic cold exposure. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 2015;4(2):177-85. doi:10.7600/jpfsm.4.177
15. Hu Z, Wu J, Yang L, Gu Y, Ren H. Physiological and perceptual responses of exposure to different altitudes in extremely cold environment. Energy and Buildings. 2021;242:110844. doi:10.1016/j.enbuild.2021.110844
16. Wu J, Hu Z, Han Z, Gu Y, Yang L, Sun B. Human physiological responses of exposure to extremely cold environments. Journal of Thermal Biology. 2021;98:102933. doi:10.1016/j.jtherbio.2021.102933
17. Eklund L, Schagatay F, Tufvesson E, Sjöström R, Söderström L, Hanstock HG, et al. An experimental exposure study revealing composite airway effects of physical exercise in a subzero environment. International Journal of Circumpolar Health. 2021;80(1):1897213. doi:10.1080/22423982.2021.1897213
18. Tufvesson E, Svensson H, Ankerst J, Bjermer L. Increase of club cell (Clara) protein (CC16) in plasma and urine after exercise challenge in asthmatics and healthy controls, and correlations to exhaled breath temperature and exhaled nitric oxide. Respiratory Medicine. 2013;107(11):1675-81. doi:10.1016/j.rmed.2013.08.004
19. Nikniaz L, Ghojazadeh M, Nateghian H, Nikniaz Z, Farhangi MA, Pourmanaf H. The interaction effect of aerobic exercise and vitamin D supplementation on inflammatory factors, anti-inflammatory proteins, and lung function in male smokers: a randomized controlled trial. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2021;13(1): 102. doi:10.1186/s13102-021-00333-w
20. Kurowski M, Jurczyk J, Jarzębska M, Moskwa S, Makowska JS, Krysztofiak H, et al. Association of serum Clara cell protein CC16 with respiratory infections and immune response to respiratory pathogens in elite athletes. Respiratory Research. 2014;15(1):45. doi:10.1186/1465-9921-15-45
21. Nandy D, Sharma N, Senapati S. Systematic review and meta-analysis confirms significant contribution of surfactant protein D in chronic obstructive pulmonary disease. Frontiers in Genetics. 2019;10:339. doi:10.3389/fgene.2019.00339
22. Romberg K, Bjermer L, Tufvesson E. Exercise but not mannitol provocation increases urinary Clara cell protein (CC16) in elite swimmers. Respiratory Medicine. 2011;105(1):31-6. doi:10.1016/j.rmed.2010.07.012
23. Rawashdeh A, Alnawaiseh N. The effect of high-intensity aerobic exercise on the pulmonary function among inactive male individuals. Biomedical and Pharmacology Journal. 2018;11(2):735-41. doi:10.13005/bpj/1427
24. Fernández-Real JM, Valdés S, Manco M, Chico B, Botas P, Campo A, et al. Surfactant protein d, a marker of lung innate immunity, is positively associated with insulin sensitivity. Diabetes care. 2010;33(4):847-53. doi:10.2337/dc09-0542
25. Winkler C, Atochina-Vasserman EN, Holz O, Beers MF, Erpenbeck VJ, Krug N, et al. Comprehensive characterisation of pulmonary and serum surfactant protein D in COPD. Respiratory Research. 2011;12(1):29. doi:10.1186/1465-9921-12-29

26. Ju CR, Liu W, Chen RC. Serum surfactant protein D: biomarker of chronic obstructive pulmonary disease. Disease Markers. 2012;32(5): 281-7. doi:10.3233/DMA-2011-0887
27. Moraga FA, Osorio J, Jiménez D, Calderón-Jofré R, Moraga D. Aerobic capacity, lactate concentration, and work assessment during maximum exercise at sea level and high altitude in miners exposed to chronic intermittent hypobaric hypoxia (3,800 m). Frontiers in Physiology. 2019;10:1149. doi:10.3389/fphys.2019.01149
28. Shamohammadi F, Moradi F, Pashaei S. The Comparison Study of the Effect of Continuous and Interval Aerobic Training on Pulmonary and Cardiorespiratory Functions of Active Young Girls. Nafas. 2018;5(3):33-4. [In Persian]
29. Hanstock HG, Ainegren M, Stenfors N. Exercise in sub-zero temperatures and airway health: implications for athletes with special focus on heat-and-moisture-exchanging breathing devices. Frontiers in Sports and Active Living. 2020;2:34. doi:10.3389/fspor.2020.00034
30. Irandoust K. The effects of selected aerobic exercises on pulmonary functions of high school obese girls. International journal of school health. 2015;2(4):32-6. doi:10.17795/INTJSH29288
31. Bougault V, Turmel J, Boulet LP. Comparison of airway damage after swimming and indoor cycling in swimmers. European Respiratory Society. 2013.
32. Nazem F, Izadi M, Jaliliu M, Keshvarz B. Impact of aerobic exercise and detraining on pulmonary function indexes in obese middle-aged patients with chronic asthma. Journal of Arak University of Medical Sciences. 2013;15(9):85-93. [In Persian]
33. Parastesh M. Effect of concurrent training (endurance-resistance) on serum level of prostate specific antigen (PSA), cardiorespiratory endurance, muscular strength and body composition in men over 50. Daneshvar Medicine. 2020;27(4):11-8. [In Persian]
34. Khalafi M, Sakhaei MH, Rosenkranz SK, Symonds ME. Impact of concurrent training versus aerobic or resistance training on cardiorespiratory fitness and muscular strength in middle-aged to older adults: A systematic review and meta-analysis. Physiology & Behavior. 2022:113888. doi:10.1016/j.physbeh.2022.113888
35. Jesus LT, Baltieri L, Oliveira LG, Angeli LR, Antonio SP, Pazzianotto-Forti EM. Effects of the Pilates method on lung function, thoracoabdominal mobility and respiratory muscle strength: non-randomized placebo-controlled clinical trial. Fisioterapia e Pesquisa. 2015;22(3):213-22. doi:10.590/1809-2950/12658022032015
36. Dunham C, Harms CA. Effects of high-intensity interval training on pulmonary function. European journal of Applied Physiology. 2012;112(8):3061-8. doi:10.1007/s00421-011-2285-5
37. Diment BC, Fortes MB, Edwards JP, Hanstock HG, Ward MD, Dunstall HM, et al. Exercise intensity and duration effects on in vivo immunity. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2014;47(7):1390-8. doi:10.1249/MSS.0000000000000562
38. Khosravi M, Tayebi SM, Safari H. Single and concurrent effects of endurance and resistance training on pulmonary function. Iranian Journal of Basic Medical Sciences. 2013;16(4):628-34.
39. Azad A, Gharakhanlou R, Niknam A, Ghanbari A. Effects of aerobic exercise on lung function in overweight and obese students. Tanaffos. 2011; 10(3):24-31.
40. Burich R, Teljigović S, Boyle E, Sjøgaard G. Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: randomized trial. European Journal of Sport Science. 2015;15(8):773-83. doi:10.1080/17461391.2015.1060262
41. Levin GT, Mcguigan MR, Laursen PB. Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2009;23(8):2280-6. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b990c2
42. Park J, Han D. Effects of high intensity aerobic exercise on treadmill on maximum-expiratory lung capacity of elderly women. Journal of Physical Therapy Science. 2017;29(8):1454-7. doi:10.1589/jpts.29.1454
43. Elgushy HE. The impact of concurrent training on certain pulmonary, physical variables and record level of middle distances for young athletics. Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health. 2016;16:454-61.
44. Burtscher M, Philadelphy M, Gatterer H, Burtscher J, Likar R. Submaximal exercise testing at low altitude for prediction of exercise tolerance at high altitude. Journal of Travel Medicine. 2018;25(1):tay011. doi:10.1093/jtm/tay011
45. Greaney JL, Kenney WL, Alexander LM. Neurovascular mechanisms underlying augmented cold-induced reflex cutaneous vasoconstriction in human hypertension. The Journal of Physiology. 2017;595(5):1687-98. doi:10.1113/JP273487
46. Comyns T. Application of complex training within strength and conditioning programmes. In ISBS-Conference Proceedings Archive 2009.
47. Motamedi P, Rajabi H, Ebrahimi E. The effect of interval and continues aerobic and resistance training on electromyografical indices in well trained athlete. Journal of Motion and Sports Sciences. 2010;8(15):46-59. [In Persian]
48. Bolger C, Tufvesson E, Anderson SD, Devereux G, Ayres JG, Bjermer L, et al. Effect of inspired air conditions on exercise-induced bronchoconstriction and urinary CC16 levels in athletes. Journal of applied physiology. 2011;111(4):1059-65. doi:10.1152/japplphysiol.00113.2011