University of Birjand

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport Research Paper

Summer 2022, 10(22), 8-21

Received: Oct 9, 2020 Revised: Feb 1, 2021 Accepted: Feb 3, 2021

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

The effect of four weeks of concurrent training and consumption of vitamins E and C on the acute response of serum immunoglobulins and cortisol to an exhaustive aerobic activity

Elham Naseri[1], Roya Askari[2]*, Seyyed Alireza Hosseini Kakhk [3], Halima Vahdatpoor[4]

1. MSc in Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
2. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
3. Full Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4. PhD Student in Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

Abstract

Background and Aim: Physical activity and some antioxidants such as vitamins E and C are effective factors on the immune system. The aim of the present study was to evaluate the effect of four weeks of concurrent training and consumption of vitamins E and C on the acute response of serum immunoglobulin and cortisol to an exhaustive aerobic activity in inactive women. **Materials and Methods:** The present study was a quasi-experimental study. 24 women were randomly divided into two equal groups (n=12) including concurrent exercise (endurance and resistance) + vitamin supplement (E and C); and concurrent training (endurance and resistance) + placebo groups. Blood sampling was taken before and after a session of exhaustive aerobic activity (activity with an intensity of 75% of the maximum reserve heart rate on the treadmill) and after four weeks of concurrent activity along with supplementation. The concurrent exercise+vitamin supplement (E and C) group performed four weeks of concurrent exercise (three exercise sessions per week) with a 30-day vitamin E and C supplement (500 mg vitamin C and 200 mg vitamin C) was administered twice daily. Serum cortisol and immunoglobulins were measured by gamma and nephelometric methods, respectively. To compare the changes before and after a session of exhausting activity of the two groups, analysis of covariance was used. Moreover, to determine the difference between groups of variables after four stages of measurement, repeated measures analysis of variance and Bonferroni post hoc tests also were used at a significance level of $p<0.05$. **Results:** After the intervention, in the vitamin supplement (E and C) group there was a significant increase in IgM (p=0.03) and IgA (p=0.004). Moreover, there was a significant decrease in IgG (p=0.007) compared to the placebo group. On the other hand, the significant difference in cortisol (p=0.13), upper body muscle strength (p=0.31), lower body muscle strength (p=0.53), upper body muscle endurance (p=0.66), and maximum oxygen consumption (p=0.12) of two concurrent exercise-vitamin supplements (E and C) and concurrent exercise + placebo didn't observed; while the lower body muscle endurance of the complement group showed significantly increased (p=0.003). **Conclusion:** consumption of vitamins C and E along with concurrent endurance and resistance training (four weeks) have optimal effects on the safety and physical fitness of inactive women. Vitamins C and E can also improve acute changes in serum immunoglobulins and cortisol levels after debilitating activity.

Keywords: Immune system, Antioxidant vitamins, Cortisol, Concurrent exercise.

Cite this article:
Naseri, E., Askari, R., Hosseini Kakhk, S.A., & Vahdatpoor, H. (2022). The effect of four weeks of concurrent training and consumption of vitamins E and C on the acute response of serum immunoglobulins and cortisol to an exhaustive aerobic activity. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, 10***(22), 8-21.**

Corresponding Author, Adderss: Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran;
Email: r.askari@hsu.ac.ir

https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.3772.1594

Copyright: © 2022 by the authors. Licensee **Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport (JPSBS)**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه مطالعات کاربردی علوم‌زیستی در ورزش مقاله پژوهشی
تابستان ۱۴۰۱، دوره ۱۰، شماره ۲۲، ص ۲۱-۸
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۱۸ تاریخ ویرایش: ۹۹/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱۵
نشریه مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش
دانشگاه بیرجند

تاثیر چهار هفته تمرین موازی و مصرف ویتامین E و C بر پاسخ حاد ایمونوگلوبولین ها و کورتیزول سرم به یک وهله فعالیت هوازی وامانده ساز

الهام ناصری[۱]، رؤیا عسکری*[۲]، علیرضا حسینی کاخک[۳]، حلیمه وحدت پور[۴]

۱. کارشناسی ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
۳. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: فعالیت بدنی و برخی آنتی‌اکسیدان ها مانند ویتامین E و C؛ از عوامل موثر بر سیستم ایمنی هستند. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر چهار هفته تمرین موازی و مصرف ویتامین E و C بر پاسخ حاد ایمونوگلوبولین ها و کورتیزول سرم به یک وهله فعالیت هوازی وامانده ساز در زنان غیر فعال بود. **روش تحقیق:** پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی بود. ۲۴ زن به صورت تصادفی به دو گروه مساوی (۱۲ نفر) شامل گروه تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی)+ مکمل ویتامینی (E و C)؛ و تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) + دارونما تقسیم شدند. عمل خونگیری قبل و بعد از یک جلسه فعالیت هوازی وامانده‌ساز (فعالیت با شدت ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره روی نوارگردان) و پس از اتمام چهار هفته فعالیت موازی به همراه مصرف مکمل؛ انجام گردید. گروه تمرین موازی+ مکمل ویتامینی (E و C)، چهار هفته تمرین موازی (سه جلسه تمرین در هر هفته) انجام دادند و همراه با آن، به مدت ۳۰ روز مکمل ویتامین E و C (۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C و ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E، دو بار در روز) مصرف نمودند. کورتیزول و ایمونوگلوبولین‌های سرم به ترتیب با روش گاما و نفلومتری اندازه گیری شدند. برای مقایسه تغییرات قبل و بعد از یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز دو گروه، از آزمون تحلیل کوواریانس و برای تعیین اختلاف بین گروهی متغیرها بعد از چهار مرحله اندازه‌گیری، از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معنی‌داری $p\leq ۰/۰۵$ استفاده شد. **یافته‌ها:** بعد از مداخله، در گروه مکمل ویتامینی (E و C) افزایش معنی داری در میزان IgM (p=۰/۰۳) و IgA (p=۰/۰۰۴)؛ و کاهش معنی‌داری در IgG (p=۰/۰۰۷) نسبت به گروه دارونما ایجاد گردید. از طرف دیگر، تفاوت معنی داری در میزان کورتیزول (p=۰/۱۳)، قدرت عضلانی بالاتنه (p=۰/۳۱) و قدرت عضلانی پایین تنه (p=۰/۵۳)، استقامت عضلانی بالاتنه (p=۰/۶۶) و حداکثر اکسیژن مصرفی (p=۰/۱۲) دو گروه تمرین موازی+مکمل ویتامینی (E و C) و تمرین موازی + دارونما مشاهده نشد؛ در حالی که استقامت عضلانی پایین تنه در تمرین موازی - مکمل به طور معنی داری (p=۰/۰۰۳) افزایش یافت. **نتیجه‌گیری:** مصرف ویتامین‌های C و E به همراه تمرینات موازی استقامتی و مقاومتی (چهار هفته)، آثار بهینه‌ای بر شاخص‌های ایمنی و آمادگی جسمانی زنان غیر فعال دارد. همچنین با مصرف ویتامین‌های C و E، می‌توان تغییرات حاد در ایمونوگلوبولین‌ها و کورتیزول سرم پس از فعالیت وامانده ساز را بهبود بخشید.

واژه های کلیدی: سیستم ایمنی، ویتامین‌های آنتی‌اکسیدان، کورتیزول، تمرینات موازی.

*نویسنده مسئول: آدرس: سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم ورزشی؛
پست الکترونیک: r.askari@hsu.ac.ir
https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.3772.1594

مقدمه

ایمونوگلوبولین‌ها بخشی از عناصر سیستم ایمنی هستند که توسط لنفوسیت B در سرم خون و مایعات بافتی تولید می‌شوند (پوروقار و دیگران، ۲۰۰۸). ایمونوگلوبولین G (IgG) به عنوان مهم‌ترین آنتی‌بادی در پاسخ ایمنی ثانویه، ضمن فعال نمودن سیستم کمپلمان، عمل بلع باکتری‌ها را تسهیل می‌کند و آزادسازی فرآورده‌های مؤثر بر بیگانه‌خواری و التهاب را میسر می‌سازد. ایمونوگلوبولین A (IgA)، در مقابل عفونت‌های موضعی در نقاطی مثل دستگاه تنفس و گوارش، نقش دفاعی مؤثری ایفا می‌کند و ایمونوگلوبولین M (IgM) نیز به عنوان اولین آنتی‌بادی مترشحه در پاسخ به عفونت، اهمیت ویژه‌ای در ایمنی اکتسابی دارد (اینگلس[1] و دیگران، ۲۰۱۸). فعالیت ورزشی حاد ممکن است به عنوان یک عامل فیزیولوژیک استرس‌زا، منجر به پاسخ دستگاه ایمنی و در نتیجه، افزایش معنی‌دار شاخص‌های ایمنی شود (دهقانیان‌فرد و دیگران، ۲۰۱۹)؛ ضمن آن که گزارش شده است تمرینات شدید و سنگین، آثار منفی بر عملکرد سلول‌های ایمنی و ترشح ایمونوگلوبولین‌ها دارند و بر اساس شواهد روزافزون علمی، ورزشکارانی که در برنامه تمرینی و مسابقه‌های سنگین درگیر هستند، استعداد بیشتری برای ابتلا به عفونت‌های راه‌های تنفسی فوقانی دارند و جنبه‌های مختلف عملکرد سیستم ایمنی به دنبال فعالیت ورزشی شدید به صورت موقتی مختل می‌شوند. ورزشکاران ممکن است جلسه تمرین بعدی را پیش از بازگشت به حالت اولیه آغاز کنند. اگر این روند ادامه پیدا کند، احتمال دارد برخی عملکردهای ایمنی سرکوب شده و خطر ابتلا به عفوت افزایش یابد (جلیلی و دیگران، ۲۰۱۰). عدم توانایی بازگشت به سطوح پایه پس از تغییرات افزایشی و کاهشی مداوم برخی شاخص‌های ورزشکاران و آن هم پس از مدت‌ها تمرین شدید، می‌تواند به افت مزمن سیستم ایمنی و افزایش خطر بیماری منجر شود (فرامرزی و دیگران، ۲۰۰۶).

کورتیزول هورمونی است که توسط قشر غده فوق‌کلیوی ترشح می‌شود و عملکرد چند گانه دارد. عملکرد اصلی این هورمون افزایش ذخیره آمینواسیدها در کبد می‌باشد؛ اما این عملکرد در جهت کاتابولیسم پروتئین نیز عمل می‌کند. کورتیزول به بالا بردن فشار خون و قند خون نیز کمک می‌کند و تأثیر بازدارنده بر ایمنی بدن دارد (جلوگیری از تشکیل پادتن‌ها و حضور آنتی‌ژن) و در نتیجه، وقتی مقدار زیادی از آن در طول زمان دیده شود، احتمال بیمار شدن فرد به دلیل افت عملکرد سیستم دفاعی بدن وجود دارد (موریرا[2] و دیگران، ۲۰۰۳). سطوح سرمی، پلاسمایی و بزاقی این هورمون حین و پس از فعالیت‌های بدنی، افزایش می‌یابد. تحت شرایط معین، غلظت‌های بالای کورتیزول از تولید آنتی‌بادی جلوگیری می‌کند و باعث کاهش IgA می‌شود (موریرا و دیگران، ۲۰۱۰). همچنین مطالعات نشان داده اند که فعالیت مقاومتی بیشتر از فعالیت هوازی، باعث ترشح کورتیزول می‌شود (اسملیز[3] و دیگران، ۲۰۰۳). روش‌های تمرینی مختلف می‌توانند عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن از جمله دستگاه ایمنی را دستخوش تغییر نماید. ورزش و فعالیت‌بدنی منظم، سیستم دفاعی بدن را تقویت کرده و در برابر رادیکال‌های آزاد ناشی از ورزش، از بدن محافظت می‌کند. این تغییرات به آهستگی اتفاق می‌افتد و بدن نسبت به شرایط مختلف ورزشی عادت می‌کند (فیناد[4] و دیگران، ۲۰۰۶). از طرفی، تمرینات شدید و طولانی‌مدت سبب کاهش مقاومت و در نتیجه، تخریب موقتی دستگاه ایمنی و افزایش استرس اکسیداتیو در بدن می‌شود (پراسرتسری[5] و دیگران، ۲۰۱۹).

اگر افزایش تولید رادیکال‌های آزاد بیشتر از توانایی سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در خنثی‌سازی این ذرات باشد، رادیکال‌های آزاد به بخش‌های سلولی به ویژه لیپیدها حمله می‌کنند (فیناد و دیگران، ۲۰۰۶). حمله به لیپیدها یک واکنش زنجیره‌ای آغاز می‌کند که پراکسیداسیون لیپید نامیده می‌شود. این فرآیند منجر به تولید رادیکال‌ها و گونه‌های فعال اکسیژن[6] (ROS) بیشتر می‌شود که می‌توانند برای دیگر بخش‌های سلولی زیان‌بار باشد (ساچدیو[7] و دیگران، ۲۰۰۸). مطالعات نشان داده‌اند که مداخلات تغذیه ای و استفاده از مکمل‌های آنتی اکسیدانی، می‌توانند راهکار مناسبی برای مقابله با استرس اکسیداتیو باشد (پراسرتسری و دیگران، ۲۰۱۹). آنتی اکسیدان‌ها، از جمله ویتامین‌های C و E، نقش مهمی در محافظت از غشای سلولی در برابر آسیب اکسیداتیو بازی می کنند و باعث بهبود عملکرد بدنی و سلامت کلی می شوند (القدیر[8] و دیگران، ۲۰۱۹). این ویتامین‌ها با خنثی‌سازی ROS تولید شده در اثر ورزش، یک اثر محافظتی در برابر زوال سلول‌های عضلانی ایجاد می کنند و عملکرد ورزشی و همچنین ریکاوری بعد از ورزش را بهبود می بخشند (استفانیان[9] و دیگران، ۲۰۱۴). گفته شده است که ویتامین E ابتدا با شکستن زنجیره آنتی‌اکسیدانی در غشای سلول و سایر سازه‌های غنی از چربی مانند

1. Engels
2. Borer
3. Smilios
4. Finaud
5. Prasertsri
6. Reactive oxygen species
7. Sachdev
8. Alghadir
9. Stepanyan

میتوکندری و شبکه سارکوپلاسمی، پراکسیداسیون لیپیدی را محدود و نشانگرهای استرس اکسیداتیو را کاهش می‌دهد (ناروتزکی[1] و دیگران، ۲۰۱۳). از طرف دیگر، مشخص شده که ویتامین C به عنوان یکی از ویتامین‌های محلول در آب، در سیتوزول و مایع بین سلولی یافت می‌شود و می‌تواند تاثیر بالقوه‌ای بر مکانیسم‌های دفاع میزبان و کل سیستم ایمنی داشته باشد. مشخص شده است که غلظت ویتامین C در نوتروفیل‌ها زیاد است و احتمالاً برای عملکرد نوتروفیلی در پاسخ ایمنی ضروری می باشد. مکمل ویتامین C می‌تواند وقوع عفونت‌های مجاری تنفسی فوقانی و پاسخ به فعالیت ورزشی هورمون‌های آدرنال در سرکوب سیستم ایمنی (مانند هورمون های کورتیزول و آدرنالین) را تقلیل دهد (گومبارت[2] و دیگران، ۲۰۲۰). همچنین ویتامین E به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند و به یکپارچگی فسفولیپیدها در برابر آسیب‌های اکسیداتیو و پراکسیداتیو کمک می نماید؛ مکانیسمی که در حفظ سلامتی غشای سلولی و اندامک‌های داخل سلولی، طول عمر گلبول‌های قرمز و سفید، متابولیسم اسید آراشیدونیک و سیستم ایمنی نقش دارد (مهری و دیگران، ۲۰۱۱).

تمرین موازی به اجرای همزمان چند نوع تمرین (مانند تمرینات مقاومتی و استقامتی) اطلاق می‌شود. تمرینات موازی در مقایسه با اجرای تمرینات استقامتی و مقاومتی به طور جداگانه، موجب بهبود بیشتر ترکیب بدنی و سلامت قلبی- عروقی می‌گردد (مرادی و دیگران، ۲۰۱۲). روش‌های تمرینی مختلف می‌تواند عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن از جمله دستگاه ایمنی را دستخوش تغییر نماید. تمرین با شدت متوسط، موجب بهبود عملکرد ایمنی و تمرین شدید، سبب سرکوب آن می‌شود (آقاعلی‌نژاد و دیگران، ۲۰۰۶). یکی از سازوکارهای درگیر در تغییر عملکرد ایمنی در ورزش، تغییرات هورمون‌های استرسی از جمله کورتیزول و ایمونوگلوبولین‌ها می باشد. بر اساس شواهد موجود، ورزش شدید موجب افزایش محتوای کورتیزول سرم و تغییر در میزان ایمونوگلوبولین‌های خون ورزشکاران می‌گردد؛ تغییراتی که برای مدت بلندتری پس از توقف فعالیت باقی می‌ماند و سبب کاهش عملکرد سیستم ایمنی می‌شود (هاکنی[3] و دیگران، ۲۰۰۹). مرادی و دیگران (۲۰۱۲) مشاهده کرده‌اند که ۱۰ هفته تمرین موازی (مقاومتی و استقامتی) بر شاخص‌های التهابی و ایمونوگلوبولین ها تاثیری ندارند. در تحقیقی دیگر، حسنلویی و دیگران (۲۰۱۷) به بررسی تاثیر مصرف مکمل ویتامین C بر کورتیزول و ایمونوگلوبولین‌های سرم خون ورزشکاران پرداخته و نشان داده اند که ویتامین C باعث افزایش غلظت IgA و IgG می‌شود، تغییری که ممکن است به نوبه خود در بهبود عملکرد سیستم ایمنی بدن و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های عفونی نقش داشته باشد. با این حال، سطح کورتیزول در گروه تجربی به طور قابل توجهی کاهش یافت.

بر اساس مقالات پیشین، پژوهش‌های اندکی در زمینه مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی و تمرینات موازی صورت گرفته است. همچنین تحقیقات انجام شده پاسخ قاطعی به اثرگذاری مصرف ویتامین E و C بر بهبود عملکرد سیستم ایمنی ارائه نداده و اکثر تحقیقات به تأثیر تمرینات هوازی و این مکمل‌ها برای ایجاد شرایط بهینه در دفاع آنتی‌اکسیدانی پرداخته‌اند. لذا پژوهش حاضر در پی پاسخ به این سؤال است که چهار هفته تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) با و بدون مصرف مکمل ترکیبی ویتامین E و C؛ چه تاثیری بر پاسخ حاد شاخص‌های ایمنی (IgA، IgM و IgG) و تغییرات غلظت کورتیزول پلاسما، به دنبال انجام یک جلسه فعالیت هوازی وامانده‌ساز در زنان غیرفعال دارد؟

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی بود. با استفاده از نرم افزار G*Power با توان آماری ۰/۹۵، اندازه اثر ۰/۹۰ و سطح خطای ۰/۰۵، تعداد نمونه ۲۴ نفر تعیین شد (هر گروه ۱۲ نفر). همه افراد فرم رضایت‌نامه را امضا کردند و پرسشنامه سلامت و سابقه پزشکی را با هدف اطلاع از سابقه بیماری، مصرف دارو و وضعیت سلامت جسمانی تکمیل نمودند. بر اساس نتایج این پرسشنامه ها، شرکت کنندگان فاقد هرگونه علایم ظاهری و بالینی بیماری‌های قلبی- عروقی، دیابت و پرفشار خونی بودند. هم چنین با تکمیل پرسشنامه یادآمد غذایی یک هفته قبل از شروع مداخله، مشخص گردید که شرکت‌کنندگان سابقه مصرف داروهای خاص، مکمل های غذایی و دارویی ندارند. لازم به ذکر است که پرسشنامه یادآمد غذایی توسط گروه تغذیه دانشگاه علوم پزشکی سبزوار کنترل شد. برای کمک به افراد برای یادآوری دقیقتر مقادیر موادغذایی خورده شده، از ظروف و پیمانه‌های خانگی استفاده گردید. این پرسشنامه برای هر یک از آزمودنی‌ها در دو نوبت غیرمتوالی (هفته اول و آخر) تکمیل گردید. مقادیر ذکر شده غذاها با استفاده از راهنمای مقیاس‌های خانگی به واحد گرم تبدیل شد. سپس، هر غذا طبق دستورالعمل برنامه نرم‌افزار پردازش غذا (N4) کدگذاری شد و کارشناس تغذیه به لحاظ میزان انرژی و مواد مغذی، آن‌ها را تجزیه و تحلیل نمود. مقدار مواد خوراکی به گرم در روز تبدیل شد

1. Narotzki
2. Gombart
3. Hackney

و مقدار مواد دریافتی درشت مغذی ها محاسبه گردید. دو هفته قبل از برنامه تمرینی، اطلاعات مربوط به سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی، درصد چربی بدن و حداکثر اکسیژن مصرفی (Vo_{2max}) جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی آزمایشگاهی، برای اندازه گیری قد از قدسنج، برای محاسبه شاخص توده بدن و از فرمول وزن (کیلوگرم) تقسیم بر قد (متر) به توان دو؛ برای محاسبه درصد چربی بدن از فرمول سه نقطه‌ای جکسون[1] و دیگران (۱۹۸۰) استفاده شد. همچنین یک هفته قبل از برنامه تمرینی از آزمودنی‌ها آزمون یک تکرار بیشینه[2] (1RM) گرفته شد. برای محاسبه حداکثر اکسیژن مصرفی از آزمون شاتل ران ۲۰ متر استفاده شد. ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ده دقیقه گرم کردند و سپس با شنیدن صدای شروع کن، شروع به حرکت کردند تا مسیر ۲۰ متری را به صورت رفت و برگشت طی نمایند. آزمودنی‌ها با سرعت می‌دویدند به طوری که با شنیدن صدای بیپ، در انتهای ۲۰ متر قرار داشته باشند. این کار تا حداکثر توانایی اجرای فعالیت ادامه می‌یافت تا زمانی که فرد سه بار قادر به رسیدن به انتهای ۲۰ متر نباشد. تعداد سطح (level) هر فرد ثبت شد و سپس توان هوازی هر آزمودنی با استفاده از قرار دادن اطلاعات مربوط به سن، جنس، نمایه توده بدن و رکورد ثبت شده؛ محاسبه گردید (پاسکاتلو[3] و دیگران ، ۲۰۱۱).

شرکت کنندگان به صورت تصادفی به دو گروه تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) + مکمل ویتامینی E و C (۱۲ نفر) و تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) + دارونما (۱۲ نفر) تقسیم شدند شرکت کنندگان دو گروه از نظر درصد چربی بدن و شاخص توده بدنی همگن بودند (جدول ۲).

برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، عمل خونگیری قبل از یک جلسه فعالیت هوازی واماندساز و بعد از آن، و همچنین قبل و پس از اتمام چهار هفته فعالیت (استقامتی و مقاومتی) تکرار شد. سپس گروه تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) + مکمل ویتامینی (C ،E)، چهار هفته تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی)، سه جلسه در هفته انجام دادند و همراه با آن به مدت ۳۰ روز مکمل ویتامین E و C مصرف نمودند. برنامه گروه تمرین موازی+ دارونما مانند گروه دیگر بود، با این تفاوت که به جای مکمل، دارونما مصرف نمودند. پس از چهار هفته تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) و مصرف مکمل، مجدداً عمل خونگیری قبل از یک فعالیت هوازی واماندساز و بلافاصله پس از آن انجام شد. از کیت وایوسورس[4] (ساخت کشور آلمان) برای اندازه‌گیری کورتیزول و کیت وان دینگ سایده[5] (ساخت کشور آلمان) برای اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین‌ها استفاده شد (نیک‌پندار و دیگران، ۲۰۱۶).

به منظور جمع آوری نمونه‌های خونی، از آزمودنی‌ها خواسته شد تا دو روز قبل از آزمون، هیچگونه فعالیت ورزشی انجام ندهند. خونگیری در محل انجام آزمون واماندساز صورت گرفت. ۱۰-۵ دقیقه قبل و بعد از انجام آزمون، از سیاهرگ دست چپ هر آزمودنی در وضعیت نشسته و در حالت استراحت، پنج میلی‌لیتر خون گرفته شد و نمونه‌ها برای اندازه‌گیری کورتیزول، IgG، IgA و IgM مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری کورتیزول، IgG، IgA و IgM در آزمایشگاه و پس از تهیه سرم با استفاده از کیت آزمایشگاهی مخصوص، به روش گاما (برای کورتیزول) و نفلومتری (برای ایمونوگلوبولین‌ها) صورت گرفت.

از آزمون 1RM پرس سینه برای برآورد قدرت عضلانی بالاتنه استفاده شد. آزمودنی‌ها ابتدا با چند تکرار زیر بیشینه، خود را گرم کرده و سپس 1RM با چهار آزمایش با وقفه استراحتی بین سه تا پنج دقیقه تعیین شد. آزمون 1RM پرس سینه به روش معمول اجرا گردید. آزمودنی حرکت پرس سینه را از بالا شروع کرد و تا روی سینه آورد، سپس با نیروی تمام به حالت اولیه بازگرداند. آزمون‌گیرنده وضعیت‌های شروع و پایان را به آزمودنی اطلاع می‌داد. در تحقیق حاضر، از آزمون 1RM پرس پا برای برآورد قدرت بیشینه پا استفاده شد. آزمودنی‌ها ابتدا با چند تکرار زیر بیشینه خود را گرم کرده و سپس یک تکرار بیشینه با چهار آزمایش با وقفه استراحتی بین سه تا پنج دقیقه تعیین شد. آزمون گیرنده وضعیت‌های شروع و پایان را به آزمودنی اطلاع می‌داد (چادهاری، ۲۰۱۳). در پژوهش حاضر، تعداد تکرار پرس سینه برای برآورد استقامت عضلانی بالاتنه و تعداد تکرار پرس پا برای برآورد استقامت عضلانی پایین‌تنه استفاده شد. در ابتدا وزنه‌هایی که مساوی با ۶۰ درصد 1RM هر شخص بود، محاسبه و به دستگاه پرس سینه و پرس پا اضافه شد. در این آزمون، تعداد تکرارهای صحیح حرکت باز شدن به عنوان رکورد استقامت عضلانی فرد ثبت شد. در نهایت، میانگین آزمون قدرت بالاتنه و پایین تنه به عنوان شاخص قدرت عضلانی و همین روش برای شاخص استقامت عضلانی مد نظر قرار گرفت.

برنامه تمرین موازی (استقامتی و مقاومتی) به مدت چهار هفته و سه جلسه در هفته انجام شد. تمرینات مقاومتی شامل اجرای حرکات پرس پا، پرس سینه، فلکشن و اکستنشن زانو، فلای[6]، حرکت پارویی، خم کردن و باز کردن آرنج به صورت تنه صاف (برای عضلات دوسر و سه

1. Jackson
2.One repetition maximum
3. Pescatello
4. Vayvsvrs
5. Wang Ding Side
6. Fly

سر) بود. تمرین موازی شامل تمرین هوازی – مقاومتی به صورت تناوبی بود که در مدت ۳۰ الی ۴۰ دقیقه در هفته اول با ۷۰ درصد 1RM در سه نوبت ۱۲- ۸ تکراری و با فاصله استراحتی یک دقیقه بین هر نوبت و دو دقیقه بین هر ایستگاه اجرا شد. شدت تمرینات به صورت فزآینده افزایش یافت و به ۸۵ درصد 1RM در سه نوبت ۶- ۴ تکراری در هفته چهارم رسید. تمرینات استقامتی به صورت تناوبی انجام شد که شامل هفت تکرار سه دقیقه‌ای با شدت ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب در هفته اول بود. بین هر تکرار یک دقیقه استراحت در نظر گرفته شد. شدت تمرینات به صورت فزآینده در هفته هشتم به ۱۰ تکرار سه دقیقه‌ای با شدت ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب افزایش یافت. حداکثر ضربان قلب آزمودنی‌ها با استفاده از فرمول ۲۲۰ – سن (ویلمور و کاستیل[1]، ۱۹۹۴) تعیین گردید. آزمودنی‌ها پیش از انجام تمرین اصلی، به مدت ۱۰ دقیقه گرم کردند و پس از پایان تمرین، نیز ۱۰ دقیقه حرکات بازگشت به حالت اولیه را انجام دادند. ابتدا تمرینات مقاومتی و بعد از ۱۵-۱۰ دقیقه استراحت، تمرینات استقامتی اجرا گردید. جزئیات برنامه تمرین مقاومتی و استقامتی در جدول ۱ ارائه شده است.

نحوه مکمل‌دهی به این صورت بود که گروه مکمل + تمرین موازی، ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C (دو بار) و ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E (دو بار) را به مدت ۳۰ روز و هر روز صبح و عصر مصرف کردند. بدین صورت که یک بار بعد از صبحانه و یک ساعت قبل از تمرین؛ و یک بار بعد از ظهر ۴-۳ ساعت پس از انجام تمرین؛ مکمل‌ها را مصرف کردند (نیکولایدیس[2] و دیگران، ۲۰۱۲). گروه دارونما نیز در همان مدت کپسولی را که از نظر اندازه، طعم و رنگ مشابه مکمل‌های ویتامینی بود، دریافت نمودند. در کپسول‌های دارونما از لاکتوز استفاده شد (نیکولایدیس و دیگران، ۲۰۱۲).

جدول ۱. جزئیات تمرینات مقاومتی و استقامتی به اجرا درآمده

	هفته ها	اول	دوم	سوم	چهارم
تمرین مقاومتی	تعداد ایستگاه ها	۸	۸	۸	۸
	نوبت‌ها	۳	۳	۳	۳
	تکرارها	۱۰- ۸	۱۰- ۸	۶-۴	۶-۴
	استراحت بین نوبت‌ها (دقیقه)	۱	۱	۱	۱
	استراحت بین ایستگاه ها	۲	۲	۲	۲
	شدت تمرین	۷۰ درصد 1RM	۷۵ درصد 1RM	۸۰ درصد 1RM	۸۵ درصد 1RM
تمرین استقامتی	تکرار × زمان (دقیقه)	۳ × ۷	۳ × ۸	۳ × ۹	۳ × ۱۰
	شدت تمرین	۷۰ درصد MHR	۷۵ درصد MHR	۸۰ درصد MHR	۸۵ درصد MHR

به منظور اجرای یک جلسه فعالیت هوازی واماندەساز، از فعالیت با شدت ۷۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره روی نوارگردان استفاده شد. قبل از اجرا، آزمودنی‌ها به مدت سه تا پنج دقیقه روی نوارگردان به گرم کردن پرداختند. سپس سرعت نوارگردان برای رسیدن به ضربان هدف افزایش یافت و به محض رسیدن به آن، سرعت ثابت شد و تا رسیدن فرد به واماندگی به دویدن ادامه یافت. عدم توانایی فرد در ادامه اجرای پروتکل به عنوان رسیدن به واماندگی تلقی گردید (تانر و گور[3]، ۲۰۱۲). بلافاصله بعد از این پروتکل و طی پنج دقیقه اول پس از آن، نمونه خونی در وضعیت نشسته و راحت روی صندلی اخذ گردید. در ادامه ۵ تا ۱۰ دقیقه حرکات نرم و کششی برای سرد کردن انجام شد. شدت فعالیت با ضربان قلب کنترل گردید.

از آمار توصیفی برای تعیین میانگین و انحراف معیار هر متغیر و آزمون شاپیرو-ویلک[4] برای تعیین توزیع طبیعی داده ها استفاده گردید. برای استخراج نتایج، از آزمون تحلیل کوواریانس[5] (برای بررسی تغییرات بین گروهی بعد از مداخله چهار هفته‌ای)، آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر[6] (بررسی تغییرات بین دو گروه بعد از چهار مرحله خون‌گیری)، و آزمون تعقیبی بونفرونی[7]

1. Wilmore& Costill
2. Nikolaidis
3. Tanner & Gore
4. Shapiro-Wilk
5. Analysis of covariance
6. Analysis of variance with repeated measures
7. Bonferroni

(برای بررسی تغییرات بین مراحل مختلف اندازه‌گیری) بهره‌برداری گردید. تمام محاسبات با نرم افزار SPSS ویرایش ۲۳ انجام شد و سطح معنی داری در کلیه موارد $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار شاخص‌های دموگرافیک شرکت کنندگان در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون شاپیرو – ویلک نشان داد که توزیع داده‌ها طبیعی هستند، همچنین نتایج آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که بین گروه‌ها در سطح پایه شاخص‌های سن، وزن، قد، شاخص توده بدن، درصد چربی بدن و Vo_{2max} تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p\geq ۰/۰۵$) و دو گروه از این نظر همگن بودند.

جدول ۲. توصیف و مقایسه مشخصات دموگرافیک شرکت کنندگان

گروه ها / ویژگی ها	تمرین موازی+ مکمل ویتامین E و C	تمرین موازی + مصرف دارونما	مقدار p*
تعداد	۱۲	۱۲	-
سن (سال)	۲۹/۱۸ ± ۳/۲۵	۲۸/۰۸ ± ۲/۸۷	۰/۳۹
قد (سانتی‌متر)	۱۶۱/۸۲ ± ۷/۱۰	۱۶۲/۱۷ ± ۳/۹۵	۰/۷۸
وزن (کیلوگرم)	۶۴/۴۵ ± ۷/۴۳	۶۵/۴۱ ± ۶/۰۹	۰/۷۳
شاخص توده بدنی (کیلوگرم/متر مربع)	۲۴/۵۹± ۲/۰۴	۲۵/۰۲ ± ۲/۴۱	۰/۵۲
چربی بدن (درصد)	۲۷/۹۹ ± ۳/۸۲	۲۸/۴۱ ± ۲/۷۷	۰/۷۶
Vo_{2max} (میلی‌لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	۲۹/۹۹ ± ۱/۹۷	۳۰/۹۰ ± ۲/۸۳	۰/۳۸

* تفاوت معنی داری در سطح $p<۰/۰۵$ بین گروه ها وجود نداشت.

نتایج تحلیل کوواریانس نشان داد که شاخص‌های کورتیزول و IgM دو گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی و تمرین موازی + دارونما پس از یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز بدون در نظر گرفتن چهار هفته تمرین موازی؛ تغییر معنی داری نکرده است (جدول ۲)؛ در حالی که IgG و IgA در گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی، به ترتیب کاهش و افزایش معنی داری پیدا کردند (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در مورد مقایسه شاخص‌های ایمنی و کورتیزول گروه ها قبل و بعد از یک جلسه فعالیت وامانده‌ساز (قبل از مداخله چهار هفته ای)

شاخص‌ها	قبل از دوره تمرینی	تمرین موازی+مکمل ویتامینی	تمرین موازی+دارونما	F	p
کورتیزول (نانوگرم/میلی‌لیتر)	پیش از آزمون واماندەساز	۲۴۴/۱۸±۲۶/۲۵	۲۴۵/۹۱±۱۹/۵۷	۰/۲۳	۰/۵۴
	پس از آزمون واماندەساز	۲۳۳/۳±۲۶/۴۵	۲۴۱/۶±۱۹/۴۶		
IgG (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)	پیش از آزمون واماندەساز	۹۸۸/۰۰±۹/۸۰	۹۵۵/۷۵±۴۱/۴۴	۲/۲۷	۰/۰۳*
	پس از آزمون واماندەساز	۹۵۵/۷۷±۱۹/۴۷	۹۴۰/۴۱±۳۹/۸۳		
IgM (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	پیش از آزمون واماندەساز	۱۲۸/۱۱±۱۹/۴۶	۱۱۹/۸۳±۱۱۹/۸۳	۲/۴۵	۰/۶۳
	پس از آزمون واماندەساز	۱۴۲/۰۰±۱۴/۱۵	۱۳۲/۹۱±۲۶/۵		
IgA (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	پیش از آزمون واماندەساز	۱۷۹/۵۵±۲۱/۴۱	۱۷۰/۹۱±۳۲/۳۸	۳/۵۹	۰/۰۰۲*
	پس از آزمون واماندەساز	۲۲۵/۴۴±۳۰/۲۳	۱۷۲/۱۶±۳۵/۸		

* نشانه تفاوت معنی‌دار با پس آزمون در سطح $p\leq ۰/۰۵$.

نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که تفاوت معنی داری بین دو گروه ها از نظر شاخص IgG وجود دارد. در ادامه آزمون تعقیبی بونفرونی مشخص ساخت که تفاوت معنی داری بین گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی و تمرین موازی + دارونما در شاخص IgG، پس از چهار هفته مداخله وجود دارد؛ به گونه ای که این شاخص در گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی نسبت به گروه تمرین موازی + دارونما، کاهش معنی داری داشت ($p=۰/۰۰۷$). همچنین بین سطوح شاخص IgM دو گروه مکمل و دارونما، بعد از چهار هفته مداخله تفاوت معنی داری وجود داشت ($p=۰/۰۳$). گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی، ۳۲/۴۲ درصد افزایش در میزان IgM را نشان داد و در گروه تمرین موازی + دارونما، ۲۳/۴۳ درصد افزایش در سطوح IgM مشاهده شد. علاوه بر این، بین دو گروه تمرین

موازی + مکمل ویتامینی و تمرین موازی + دارونما پس از چهار هفته تمرین موازی + مکمل، تفاوت معنی داری از نظر شاخص IgA مشاهده شد (p=۰/۰۴). تغییرات در شاخص IgA به‌گونه‌ای بود که در گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی، ۳۱/۱۱ درصد افزایش پیدا کرد، در حالی که در گروه تمرین موازی + مصرف دارونما فقط ۳/۶۵ درصد افزایش یافت. علیرغم این‌ها، نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر نشان داد که شاخص کورتیزول سرم بعد از چهار هفته مداخله، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی و تمرین موازی + دارونما (p=۰/۱۳) در مراحل مختلف اندازه گیری ندارد (جدول ۴). علاوه بر نتایجی که ذکر گردید؛ نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که شاخص IgG بین مراحل دوم، سوم و چهارم در گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی، با مرحله اول گروه تمرین موازی + دارونما (به ترتیب با p=۰/۰۰۱، p=۰/۰۲، و p=۰/۰۱)، تفاوت معنی داری دارد؛ به طوری که در گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی، مقدار IgG در مرحله دوم، سوم و چهارم نسبت به مرحله اول گروه تمرین موازی + دارونما به ترتیب با ۳/۲۶ درصد، ۹/۴ درصد و ۱۳/۵۸ درصد، کاهش داشت. همچنین مقدار IgG در مرحله چهارم گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی، ۱۰/۶۷ درصد کاهش معنی داری نسبت به گروه تمرین موازی + دارونما (p=۰/۰۴) داشت، در حالی که بین بقیه مراحل تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که در مقدار IgM گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی در مرحله چهارم، نسبت به مرحله اول گروه تمرین موازی + دارونما افزایش معنی دار (۴۲/۳۲ درصدی) وجود دارد (p=۰/۰۱). به علاوه، در گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی، بین مقادیر IgA مرحله سوم و چهارم نسبت به مرحله اول به ترتیب ۴۰/۵۹ درصد و ۱۱/۳۸ درصد افزایش معنی داری نسبت به گروه تمرین موازی + دارونما وجود داشت (به ترتیب با p=۰/۰۰۴ و p=۰/۰۵). همچنین مقدار IgA در مرحله سوم در گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی، نسبت به مرحله دوم گروه تمرین موازی + دارونما ۲۰/۷۷ درصد افزایش معنی دار (p=۰/۰۳)؛ و در مرحله اول نسبت به چهارم، ۱۱/۹۷ درصد افزایش معنی دار نشان داد (p=۰/۰۵). بین سایر مراحل تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ۴. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در مورد تاثیر تمرین موازی و مکمل های ویتامینی بر متغیرهای وابسته تحقیق

متغیرها	گروه ها	قبل از مداخله چهار هفته ای		بعد از مداخله چهار هفته ای		F و p
		قبل از آزمون (اول)	بعد از آزمون (دوم)	قبل از آزمون (سوم)	بعد از آزمون (چهارم)	
کورتیزول (نانوگرم/ میلی‌لیتر)	مکمل	۲۴۴/۱۸±۲۶/۲۵	۲۳۳/۳±۲۶/۴۵	۲۲۷/۶۶±۲۵/۳۳	۱۹۸/۶۶±۲۲/۵۷	p=۰/۱۳ F=۲/۵۲
	دارونما	۲۴۵/۹۱±۱۹/۵۷	۲۴۱/۶±۱۹/۴۶	۲۲۰/۵۸±۳۰/۲۹	۲۲۰/۶۶±۳۵/۱۷	
IgG (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	مکمل	۹±۹۸۸/۸۰	۹۵۵/۷۷±۱۹/۴۰	۸۹۵/۱۱±۴۵/۲۰	۸۵۳/۷۷±۵۹/۸۶	p=۰/۰۰۷* F=۹/۳۳
	دارونما	۹۵۵/۷۵±۴۱/۴۴	۹۴۰/۴۱±۳۹/۸۳	۹۲۲/۳۳±۴۰/۱۹	۹۳۲/۲۵±۴۳/۵۰	
IgM (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	مکمل	۱۲۸/۱۱±۱۹/۴۶	۱۴۲/۰۰±۱۴/۱۵	۱۴۸/۵۵±۱۹/۲۳	۱۸۲/۳۳±۳۵/۶۲	p=۰/۰۳* F=۵/۰۳
	دارونما	۱۱۹/۸۳±۱۱۹/۸۳	۱۳۲/۹۱±۲۶/۵۰	۱۳۴/۸۹±۳۳/۸۹	۱۴۷/۹۱±۳۲/۳۱	
IgA (میلی‌گرم/ دسی‌لیتر)	مکمل	۱۷۹/۵۵±۲۱/۴۱	۲۲۵/۴۴±۳۰/۲۳	۲۵۲/۴۴±۱۴/۳۰	۲۰۰/۰۱±۱۶/۲۷	p=۰/۰۴* F=۴/۵۹
	دارونما	۱۷۰/۹۱±۳۲/۳۸	۱۷۲/۱۶±۳۵/۸۰	۱۸۲/۶۶±۳۵/۴	۱۷۷/۱۶±۲۳/۶۹	

*نشانه تفاوت معنی دار بین زمان های انداه گیری در گروه های مورد مطالعه؛ سطح معنی داری p≤۰/۰۵

آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که بین قدرت عضلانی بالاتنه گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی و گروه تمرین موازی + دارونما تفاوت معنی داری وجود ندارد (p=۰/۳۱، F=۱/۰۲)؛ با این حال، تمرین و مصرف مکمل موجب افزایش ۴۷/۶۱ درصدی و تمرین موازی و دارونما موجب افزایش ۷۰/۶۱ درصدی در قدرت عضلانی بالاتنه شدند. آزمون تحلیل کوواریانس همچنین نشان داد که بین گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی و گروه تمرین موازی + دارونما در قدرت عضلانی پایین‌تنه تفاوت معنی داری وجود ندارد (p=۰/۵۳، F=۶/۰۳). تمرین موازی و مصرف مکمل موجب افزایش ۶۷/۳۸ درصدی و تمرین موازی و دارونما موجب افزایش ۵۹/۵۵ درصدی قدرت عضلانی پایین‌تنه شدند. همچنین نشان داد شد که بین گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی و گروه تمرین موازی + دارونما در استقامت عضلانی بالاتنه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (p=۰/۶۶، F=۶/۰۲). تمرین موازی و مکمل موجب افزایش ۲۱/۱۹ درصدی و تمرین موازی و دارونما موجب افزایش ۲۳/۹۵ درصدی (هر دو غیر معنی‌دار) استقامت عضلانی بالاتنه شدند. آزمون تحلیل کوواریانس نشان داد که در استقامت عضلانی پایین‌تنه گروه تمرین

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در مورد مقایسه زوجی متغیرهای وابسته در مراحل مختلف اندازه‌گیری

شاخص ها	گروه تمرین موازی + مکمل	تمرین موازی + دارونما	P
IgG	مرحله اول	مرحله دوم	۰/۰۰۱*
		مرحله سوم	۰/۰۲*
		مرحله چهارم	۰/۰۱*
	مرحله دوم	مرحله چهارم	۰/۰۴*
IgM	مرحله اول	مرحله چهارم	۰/۰۱*
IgA	مرحله اول	مرحله دوم	۰/۰۰۲*
		مرحله سوم	۰/۰۰۴*
		مرحله چهارم	۰/۰۵*
	مرحله دوم	مرحله سوم	۰/۰۳*
	مرحله سوم	مرحله چهارم	۰/۰۵*

*نشانه تفاوت معنی دار گروه ها در مراحل مختلف اندازه گیری در سطح p<۰/۰۵.

موازی + مصرف مکمل ویتامینی نسبت به گروه تمرین موازی + دارونما تفاوت معنی داری وجود دارد (p=۰/۰۰۳، F=۳/۲۸). بر این اساس، تمرین موازی و مکمل موجب افزایش ۳۸/۵۸ درصدی و تمرین موازی و دارونما موجب افزایش ۱۹/۵۴ درصدی در استقامت عضلانی پایین‌تنه گردیدند. نتایج نشان داد که بین دو گروه تمرین موازی + مصرف مکمل ویتامینی نسبت به گروه تمرین موازی + دارونما در زمان انجام فعالیت هوازی واماندەساز تفاوت معنی داری وجود ندارد (p=۰/۳۹، F=۲/۵۰). تمرین موازی و مکمل موجب افزایش ۴/۲۱ درصدی و تمرین موازی و دارونما موجب افزایش ۴/۷۶ درصدی (هر دو غیر معنی دار) در زمان انجام فعالیت هوازی واماندەساز شدند (جدول ۶).

جدول ۶. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس در مورد تاثیر تمرین موازی و مکمل های ویتامینی بر شاخص‌های عملکردی شرکت کنندگان

متغیرها	گروه ها	پیش از مداخله چهار هفته ای	پس از مداخله چهار هفته ای	F و p
قدرت عضلانی بالاتنه (کیلوگرم)	تمرین موازی + مکمل	۱۹/۰۹±۳/۰۴	۲۸/۱۸±۷/۶۹	F=۱/۰۲
	تمرین موازی + دارونما	۱۷/۲۹±۱/۵۰	۲۹/۰۵±۲/۵۰	p=۰/۳۱
قدرت عضلانی پایین‌تنه (کیلوگرم)	تمرین موازی + مکمل	۲۲/۸۱±۲/۹۳	۳۸/۱۸±۳/۸۸	F=۶/۰۳
	تمرین موازی + دارونما	۲۲/۲۵±۴/۴۱	۳۵/۰۵±۳/۱۲	p=۰/۵۳
استقامت عضلانی بالاتنه (تعداد)	تمرین موازی + مکمل	۱۹/۷۲±۱/۴۵	۲۳/۹±۲/۰۲	F=۴/۰۲
	تمرین موازی + دارونما	۲۲/۲۵±۱/۵۶	۲۷/۸۵±۲/۱۸	p=۰/۶۶
استقامت عضلانی پایین‌تنه (تعداد)	تمرین موازی + مکمل	۱۲/۰۰±۲/۹۳	۲۶/۶۳±۳/۱۳*	F=۳/۲۸
	تمرین موازی + دارونما	۱۳/۶۶±۲/۷۷	۲۶/۳۳±۲/۸۳*	p=۰/۰۰۳*
زمان انجام فعالیت هوازی واماندەساز (دقیقه)	تمرین موازی + مکمل	۸/۳۱±۰/۸۵	۸/۶۶±۰/۹۳	F=۲/۵۰
	تمرین موازی + دارونما	۷/۹۸±۰/۸۸	۸/۳۶±۰/۸۳	p=۰/۳۹

*نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها در سطح p<۰/۰۵

بحث

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر در خصوص مقایسه تغییرات کورتیزول سرم در پاسخ به یک وهله فعالیت وامانده ساز، مبین این بود که بین دو گروه تفاوت معنی‌داری در سطوح کورتیزول خون وجود ندارد؛ از طرف دیگر، بین کورتیزول دو گروه شرکت کننده بعد از دوره چهار هفته ای مداخله (فعالیت بدنی و مصرف ویتامین)؛ تفاوت معنی داری وجود نداشت. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش فتحی و دیگران (۲۰۱۸) همسو است؛ در حالی که با یافته‌های حسینی و دیگران (۲۰۱۱)، کلنترو[1] و دیگران (۲۰۱۶) و محبی و دیگران (۲۰۱۲) ناهمسو می‌باشد. کلنترو و دیگران (۲۰۱۶) نشان داده‌اند که یک جلسه فعالیت مقاومتی، باعث کاهش سطوح کورتیزول خون می‌شود. از دلایل ناهمسو بودن نتایج دو تحقیق در راستای تاثیر یک جلسه فعالیت حاد بر شاخص کورتیزول، می‌توان به تفاوت در ماهیت اجرای فعالیت مقاومتی و هوازی و تاثیر آن بر سیستم ایمنی اشاره کرد. در تحقیق حاضر فعالیت واماندەساز به صورت هوازی اجرا شد. فتحی و دیگران (۲۰۱۸) ضمن

1. Klentrou

بررسی تاثیر مصرف مکمل ویتامین C بر غلظت کورتیزول ناشی از فعالیت وامانده‌ساز، نشان داده‌اند که مکمل سازی کوتاه مدت ویتامین C به دنبال یک دوره فعالیت وامانده‌ساز با شدت ۶۰ درصد VO_{2max}، بر تغییرات سیستم ایمنی، کورتیزول و IgA بزاقی؛ تاثیر معنی داری ندارد. نتایج تحقیق حاضر با یافته های حسینی و دیگران (۲۰۱۱) همخوانی ندارد. از دلایل این عدم همخوانی می‌توان به مدت برنامه تمرینی و دوز مصرفی مکمل در مطالعه مذکور اشاره کرد؛ زیرا در تحقیق حاضر کورتیزول بعد از برنامه تمرینی چهار هفته‌ای و مصرف مکمل ویتامینی اندازه‌گیری شد، اما در پژوهش حسینی و دیگران، فقط اثر یک جلسه فعالیت هوازی و مصرف ویتامین C بر پاسخ کورتیزول مورد بررسی قرار گرفت. دلیل ناهمسو بودن نتایج ما با یافته‌های محبی و دیگران (۲۰۱۲) احتمالا تفاوت در مدت (چهار هفته در برابر هشت هفته) و نوع برنامه تمرینی (موازی در برابر مقاومتی) اجرا شده می‌باشد. افزایش ترشح کورتیزول با توجه به ظرفیت تمرینی افراد، تابع شدت تمرین است و به میزان مشخصی از تمرین، پاسخ می‌دهد (محبی و دیگران، ۲۰۱۲). کورتیزول معمولا قبل از افزایش، ابتدا یک دوره مکث را نشان می‌دهد و بعد از اتمام تمرین، افزایش آن ادامه می‌یابد و یا در سطح بالاتر باقی می‌ماند (مکینون و هوپر[1]، ۱۹۹۴).

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر در مورد پاسخ حاد به یک وهله فعالیت وامانده‌ساز، کاهش IgG و افزایش IgA و IgM را در هر دو گروه مداخله (قبل از شروع برنامه چهار هفته‌ای) نشان داد. نتایج بدست آمده در خصوص تغییرات IgG با نتایج پژوهش محبی و دیگران (۲۰۱۲) همسو است؛ در حالی که با نتایج پژوهش‌های اونوگبا[2] و دیگران (۲۰۱۵)، حجازی و عطارزاده حسینی (۲۰۱۲)، و میر و دیگران (۲۰۱۶)؛ همسو نیست. به علاوه، نتایج پژوهش حاضر در خصوص تغییرات IgA و IgM با یافته‌های میر و دیگران (۲۰۱۶) همسو می‌باشد؛ اما با نتایج پژوهش‌های اراضی و عزیزی (۲۰۱۱) و حجازی و عطارزاده حسینی (۲۰۱۲) همخوانی ندارد. حجازی و عطارزاده حسینی (۲۰۱۲) کاهش میزان IgM را گزارش کرده‌اند. از دلایل این عدم همخوانی می‌توان به مدت برنامه تمرینی و نوع آزمودنی‌ها اشاره نمود؛ به طوری که در پژوهش حاضر تمرینات به مدت چهار هفته؛ ولی در پژوهش حجازی و عطارزاده حسینی (۲۰۱۲) به مدت هشت هفته به طول انجامید. همچنین آزمودنی‌های پژوهش حجازی و عطارزاده حسینی (۲۰۱۲) را دوندگان مرد نخبه نیمه‌استقامت تشکیل می‌دادند، اما در تحقیق حاضر آزمودنی‌ها زنان غیر فعال بودند. فعالیت ایمونوگلوبولین‌ها وابسته به شدت و زمان تمرین است. البته سازگاری ایجاد شده بر اثر طول زمان تمرین که دوندگان نخبه بودند؛ ممکن است بر نتایج تاثیر گذاشته باشد. بعد از چهار هفته مداخله، گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی نسبت به گروه تمرین موازی + دارونما، کاهش معنی داری در میزان IgG نشان دادند، در حالی که در گروه مصرف مکمل ویتامینی نسبت به گروه دارونما، افزایش معنی داری در میزان IgA، IgM مشاهده شد. از عوامل موثر بر غلظت IgA، هورمون کورتیزول است. تحت شرایط معین، غلظت‌های بالای کورتیزول از تولید آنتی‌بادی جلوگیری می‌کند و باعث کاهش IgA می‌شود (موریرا و دیگران، ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر نیز نشان داده شده که هشت هفته تمرینات سرعتی و قدرتی، سبب کاهش معنی دار کورتیزول می‌شود و دلیل این تغییر پس از تمرین را افزایش حذف گردش خونی کورتیزول یا کاهش فعالیت آدرنوکورتیکوتروپین‌ها بیان کرده‌اند (سماواتی‌شریف و دیگران، ۲۰۱۶). از مهم‌ترین دلایل ناهمسو بودن نتایج پژوهش حاضر در خصوص تغییرات IgG با نتایج پژوهش‌های اونوگبا و دیگران (۲۰۱۵)؛ حجازی و عطارزاده حسینی (۲۰۱۲)، و میر و دیگران (۲۰۱۶)؛ می‌توان به نوع و شدت برنامه تمرینی و جنسیت آزمودنی‌ها اشاره کرد. نتایج تحقیقات لیف[3] و دیگران (۲۰۰۵) نشان داده است که یک دوره تمرین هوازی متوسط بدون مصرف مکمل، تأثیری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بدن ندارد، اما در صورت مصرف همزمان ویتامین E و C، سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بدن افزایش می‌یابد. مکانیسم افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ناشناخته است، اما از لحاظ تئوریکی مشخص شده که مصرف ویتامین C پیشرفت کوفتگی عضلانی را کاهش و تقویت سیستم ایمنی را افزایش می‌دهد. علت کوفتگی عضلانی پیدایش آسیب‌های عضلانی است که به وسیله فعالیت ورزشی شدید یا وامانده‌ساز، ایجاد می‌شود. بخشی از پاسخ بدن به آسیب عضلانی، فیلتراسیون ماکروفاژها در بافت عضلانی است. این ماکروفاژها، رادیکال‌های آزاد را برای آسیب‌های بیشتر رها می‌سازند و سبب تضعیف سیستم ایمنی بدن می‌شوند. از طرفی، افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند این رادیکال‌های آزاد را خنثی کند و در نتیجه، سبب بهبود سیستم ایمنی بدن شود (تامپسون[4] و دیگران، ۲۰۰۱).

بررسی شاخص‌های عملکردی در تحقیق حاضر نشان داد که شاخص‌های قدرت عضلانی بالاتنه و پایین‌تنه، استقامت

1. Mackinnon & Hooper
2. Onuegbu
3. Leaf
4. Thompson

عضلانی بالاتنه و زمان انجام فعالیت هوازی پس از چهار هفته مداخله تغییر معنی‌داری نمی‌کند؛ اما استقامت عضلانی پایین تنه بین گروه تمرین موازی + مکمل ویتامینی به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پالسن[1] و دیگران (۲۰۱۴)، و جودی[2] و دیگران (۲۰۰۶) ناهمسو می‌باشد. جودی و دیگران (۲۰۰۶) گزارش کرده‌اند که مصرف ویتامین E و C موجب بهبود استقامت عضلانی و زمان انجام فعالیت وامانده‌ساز در ورزشکاران می‌شود. پالسن و دیگران (۲۰۱۴) در تحقیقی ناهمسو با تحقیق حاضر، به بررسی تأثیر مصرف مکمل ویتامین C و E بر پاسخ های حاد و سازگاری با تمرینات قدرتی پرداخته و نشان داده‌اند که ۱۰ هفته فعالیت ورزشی به همراه مصرف مکمل ویتامین E و C؛ موجب بهبود قدرت عضلانی بالاتنه و پایین تنه در هر دو گروه مکمل و دارونما می‌شود. در تحقیقی دیگر، دی‌الیویرا[3] و دیگران (۲۰۱۹) به بررسی تاثیر ۱۵ روز مصرف ترکیبی ویتامین E و C بر عملکرد بازیکنان فوتبال جوان پرداخته و نشان داده اند که مصرف ترکیبی این ویتامین ها سبب بهبود شاخص‌های عملکردی از جمله قدرت، چابکی و ظرفیت هوازی و بی‌هوازی می‌شود. از دلایل ناهمسو بودن یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات ذکر شده، می‌توان به تفاوت در دوز مصرفی و نحوه ترکیب ویتامین‌ها اشاره کرد. در تحقیق حاضر ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C و ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین E استفاده شد؛ در حالی که در مطالعه اشاره شده ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C و ۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین E تجویز شده است و احتمالاً دوز بیشتر مکمل تاثیر خود را گذاشته است.

نتیجه‌گیری: در پایان می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌های حاد وامانده‌ساز سبب بر هم خوردن تعادل و هموستاز سیستم ایمنی بدن افراد بعد از فعالیت می‌شود؛ اما مکمل‌های آنتی اکسیدانی، شاخص‌های استرس اکسیداتیو و سیستم ایمنی را بهبود می‌بخشند؛ از این رو می‌توان مصرف این مکمل‌ها را به همراه فعالیت ورزشی پیشنهاد داد. با توجه به این که در این تحقیق تاثیرات مثبت مصرف مکمل ویتامین E و C همراه با فعالیت موازی بر سیستم ایمنی و شاخص‌های عملکری محرز گردید، می توان گفت که مصرف مواد حاوی این ویتامین‌ها و یا استفاده از این نوع مکمل‌های ویتامینی به همراه تمرینات همزمان استقامتی و مقاومتی؛ برای زنان در سنین ۲۵ تا ۳۵ سال مفید است.

تعارض منافع: بدین وسیله نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچ گونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

قدردانی و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مصوب در دانشگاه حکیم سبزواری می‌باشد. بدین وسیله از کلیه شرکت کنندگان و افرادی که در انجام این تحقیق همکاری داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Agha Alinejad, H., Safarzadeh, A., Isanejad, A., Molanouri Shamsi, M., Delfan, M., & Mirakhori, Z. (2006). Immune function in sport and exercise. *Tehran, Donyaye Harekat*, **69-72. [In Persian]**

Alghadir, A.H., Gabr, S.A., Iqbal, Z.A., & Al-Eisa, E. (2019). Association of physical activity, vitamin E levels, and total antioxidant capacity with academic performance and executive functions of adolescents. *BMC Pediatrics, 19***(1), 1-8.**

Arazi, H., & Azizi, M. (2011). Effect of consecutive aerobic and resistance exercise on cortisol, immunoglobulin A, and creatine kinase responses in male students. *Biomedical Human Kinetics*, *3***(5), 115-119.**

De Oliveira, D.C., Rosa, F.T., Simões-Ambrósio, L., Jordao, A.A., & Deminice, R. (2019). Antioxidant vitamin supplementation prevents oxidative stress but does not enhance performance in young football athletes. *Nutrition, 63***(64), 29-35.**

Dehghanian Fard, M., Ghanbarzaradeh, M., Habibi, A., & Rezaei Nasab, H. (2019). The effect of acute aerobic activity with vitamin C supplementation on pulmonary function in athletes with exercise-induced bronchospasm. *Journal of Practical Studies of Bisciences in Sport, 6***(12), 47-57. [In Persian]**

Engels, H.J., Kendall, B.J., Fahlman, M.M., Gothe, N.P., & Bourbeau, K.C. (2018). Salivary immunoglobulin A in healthy adolescent females: effects of maximal exercise, physical activity, body composition and diet. *The Journal of Sports Medicine and Physical Ftness*, *58***(7-8), 1096.**

1. Paulsen 2. Judy 3. De Oliveira

Faramarzi, M., Gaeini, A.A., Ravasi, A., Kordi, M.R., & Goodarzi, A.A. (2006). The effect of carbohydrate supplementation on the response of immune system cells to three sessions of intense 90-minute intense periodic football. *Research in Sports Science, 9*(1), 67- 45. [In Persian]

Fathi, M., Asadi, M., & Adeli, A. (2018). Evaluation of the effect of vitamin C consumption after a period of exhausting physical activity program on salivary safety factors. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 25*(2), 41-48. [In Persian]

Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative stress. *Sports Medicine, 36*(4), 327-358.

Gombart, A. F., Pierre, A., & Maggini, S. (2020). A review of micronutrients and the immune system–working in harmony to reduce the risk of infection. *Nutrients, 12*(1), 236.

Hackney, A.C., & Dobridge, J.D. (2009). Thyroid hormones and the interrelationship of cortisol and prolactin: influence of prolonged, exhaustive exercise. *Endokrynologia Polska, 60*(4), 252-257.

Hasanloei, F., Asadpour, H., & Karvani, V. (2017). Effect of vitamin C intake following exhaustive aerobic exercise on serum immunoglobulins and g in wushu athletes. *Medbiotech Journal, 1*(4), 149-154.

Hejazi, K., & Attarzadeh Hosseini, S.R. (2012). Effect of selected exercise on serum immunoglobulin (IgA, IgG, and IgM) In middle-endurance elite runners. *International Journal of Sport Student, 2*(10), 509-514. [In Persian]

Hosseini, A., Azeri, M.A., Nora, M., Arabash, M., Hassanpour, G.H., & Abbasinejad, H. (2011). Effect of an aerobic training session following vitamin C supplementation on selected hormonal immune responses. *Journal of Sport Science Research, 3*(1), 19-5. [In Persian]

Jackson, A.S., Pollock, M.L., & Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Sciences in Sport and Exercise, 12,* 175-182.

Jalili, L., Tartibian, B., Mohammadzadeh, H., Ebrahim, P., & Faramarz, H. (2010). The effect of consuming honey solution before maximal aerobic activity on the immune response in young active men. *Urmia Medical Journal, 21*(2), 235-242. [In Persian]

Klentrou, P., Giannopoulou, A., McKinlay, B., Wallace, P., Muir, C., Falk, B., & Mack, D. (2016). Salivary cortisol and testosterone responses to resistance and plyometric exercise in 12-to 14-year-old boys. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, *41*(7), 714-718.

Leaf, D.A., Kleinman, M.T., Hamilton, M., & Deitrick, R.W. (1999). The exercise-induced oxidative stress paradox: the effects of physical exercise training. *The American Journal of the Medical Sciences, 317*(5), 295-300.

Mackinnon, T., & Hooper, S.L. (1994). Mucosal (secretory) immune system responses to exercise of varying intensity and during overtraining. *International Journal of Sports Medicine*, *15*(3), 179-183.

Mir, E., Attarzadeh Hosseini, S.R., Mir Saeedi, M., & Hejazi, K. (2016). The effects of eight weeks selected combined exercises on humoral immune and hematological index in inactive older men. *Iranian Journal of Ageing, 11*(1), 20-29. [Persian]

Mohebbi, H., Azizi, M., & Moradiani, H. (2012). Effect of 8 weeks low and high intensity resistance training on leukocyte count, Igg, cortisol and lactate concentration in untrained men. *World Applied Sciences Journal*, *16*(7), 949-954.

Mohri, M., Ehsani, A., Norouzian, M., Heidarpour, M., & Seifi, H.A. (2011). Parenteral selenium and vitamin E supplementation to lambs: hematology, serum biochemistry, performance, and relationship with other trace elements. *Biological Trace Element Research*, *139*(3), 308-316.

Moradi, F., & Hematfar, A. (2012). Evaluation of different effects of 10 weeks of Concurrent I, endurance and strength training on some safety indicators in active men. *Research in sports life sciences*, *7***(2), 82-75. [In Persian]**

Moreira, A., Arsati, F., & Lima-Arsati, Y.B. (2010). Effect of a kickboxing match on salivary cortisol and immunoglobulin A. *Percept Motor Skills*, *111***(1), 158- 66.**

Narotzki, B., Reznick, A. Z., Navot-Mintzer, D., Dagan, B., & Levy, Y. (2013). Green tea and vitamin E enhance exercise-induced benefits in body composition, glucose homeostasis, and antioxidant status in elderly men and women. *Journal of the American College of Nutrition*, *32***(1), 31-40.**

Nieman, D., & Bishop, N.C. (2006). Nutritional strategies to counter stress to the immune system in athletes, with special reference to football. *Journal of Sports Sciences*, *24***(07), 763 -72.**

Nikolaidis, M.G., Kerksick, C.M., Lamprecht, M., & Mcanulty, S.R. (2012). Does vitamin C and E supplementation impair the favorable adaptations of regular exercise?. *Oxidative Medicine and Cell Lond*, *1***(1), 1 -11.**

Nikpendar, Z., Khatamsaz, S., & Sadeghi Limanjoob, R. (2016). Determination of Serum Immunoglobulin Levels in Neonates Born by Rats Exposed to Sodium Sulfide. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 25**(134), 221-229. [In Persian]**

Nourshahi, M., Havanlo, F., Beygzade, M., & Zar, A.S. (2010). Comparison of the effect of resistance and speed training on flexibility, hamstring muscle strength and anaerobic power. *Exercise and Life Sciences*, *1***(3), 10-20. [In Persian]**

Onuegbu, J., Usman, S., Meludu, S., & Olisekodiaka, J. (2015). Effect of moderate and vigorous physical exercises on serum immunoglobulins G and M of healthy male individuals in Anambra State. *International Journal of Clinical Trials*, *2***(2), 47-50.**

Paulsen, G., Hamarsland, H., Cumming, K.T., Johansen, R.E., Hulmi, J.J., Børsheim, E., & Raastad, T. (2014). Vitamin C and E supplementation alters protein signalling after a strength training session, but not muscle growth during 10 weeks of training. *The Journal of Physiology*, *592***(24), 5391-5408**

Pescatello, L.S., Riebe, D., & Thompson, P.D. (Eds.). (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription***. Lippincott Williams & Wilkins.**

Pinho, R., Andrades, M.E., Oliveira, M., Pirola, A.C., Zago, M., Silveira, P.C., & Moreira, J.C.F. (2006). Imbalance in SOD/CAT activities in rat skeletal muscles submitted to treadmill training exercise. *Cell Biology International,* 30**(10), 848-853.**

Pourvaghar, M., Gaeini, A., Ravasi, A., Kordi, M., & Shaykh Aleslam, D. (2008). The effects of training time on serum immunoglobulin alterations and cortisol testosterone responses in male athlete students. *World Journal of Sport Science, 1***(1), 12-16.**

Prasertsri, P., Roengrit, T., Kanpetta, Y., Tong-Un, T., Muchimapura, S., Wattanathorn, J., & Leelayuwat, N. (2019). Cashew apple juice supplementation enhances leukocyte count by reducing oxidative stress after high-intensity exercise in trained and untrained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *16***(1), 31-38.**

Sachdev, S., & Davies, K.J. (2008). Production, detection, and adaptive responses to free radicals in exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, *44***(2), 215-223.**

Samavati Sharif, M., Afshari, A., Siavashi, H., & Keshvari, M. (2016). The effect of two training methods on some immune system markers in adolescent athletes. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, *4***(8), 55-65. [In Persian]**

Smilios, I., Pilianidis, T., Karamouzis, M., & Tokmakidis, S.P. (2003). Hormonal responses after various resistance exercise protocols. *Physical Fitness and Performance*, *35***(4), 644-654.**

Stepanyan, V., Crowe, M., Haleagrahara, N., & Bowden, B. (2014). Effects of vitamin E supplementation on exercise-induced oxidative stress: a meta-analysis. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, *39***(9), 1029-1037.**

Tanner, R., & Gore, C. (2012). *Physiological tests for elite athletes.* **Human kinetics.**

Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, W. (1994). *Physiology of sport and exercise*. **3th Edition. Champaign, Human kinetics.**

Wolinsky, I., Driskell, J. (2005). *Sports nutrition vitamins and trace elements*, **2th Edition. CRC Press.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی