



The effect of 8 weeks strength - endurance training at morning and evening on interleukin-6 and C-reactive protein in overweight men

Mohsen Akbarpour^{1*}, Abozar Jahanmehr²

1. Associate Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Qom, Qom, Iran.
2. MSc in Physical Education and Sport Sciences, University of Qom, Qom, Iran.

Abstract

Background and Aim: The inflammatory markers induce changes in body composition and endocrine activity that lead to diabetes and cardiovascular diseases, while active lifestyle and physical activity could improve these parameters. The aim of the present study was to determine the effect of 8 weeks combined strength and endurance training at morning and evening on Interleukin-6 (IL-6) and C-reactive protein (CRP) in overweight men. **Materials and Methods:** Forty non- athletes overweight men (age: 24 ± 1.57 years and BMI: 28.22 ± 3.6 kg/m²) were randomly divided into two experimental and also two control groups for each morning and evening times. The training groups performed the combined training protocol three sessions per week for 8 weeks; while the control groups did not do any programs during the research period. Blood samples (5 cc) were taken from the participants at the beginning and also the end of 8th week in order to CRP and IL-6 determination. Further, IL-6 and CRP were measured using ELISA and Latex- agglutination methods respectively. The statistical analysis were performed by one-way analysis of variance (ANOVA) and LSD tests for between group and the dependent t-test for within group comparisons at the significant level of $p < 0.05$. **Results:** The results showed that 8 weeks of combined training in the morning and evening decreased IL-6 ($p < 0.01$ & $p < 0.006$ respectively) and CRP ($p < 0.03$ & $p < 0.02$ respectively) in the experimental groups compared to control groups. **Conclusion:** Performing of combined training in the morning and evening could reduce the percentage of pre-inflammatory and cardiovascular risk factors; therefore, overweight men can be advised to take advantage of a strength-endurance training program regardless of training time.

Key words: Endurance training, Resistance training, Interleukin-6, C-reactive protein, Overweight men.



تأثیر ۸ هفته تمرین قدرتی - استقامتی در دو نوبت صبح و عصر بر اینترلوکین-۶ و پروتئین واکنشی C در مردان دارای اضافه وزن

محسن اکبرپور^{۱*}، ابوذر جهانمهر^۲

۱. دانشیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه قم، قم، ایران.

۲. کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه قم، قم، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: شاخص‌های التهابی با ایجاد تغییر در ترکیب بدن و عملکرد هورمون‌ها، منجر به ایجاد بیماری‌های قلبی-عروقی و دیابت می‌شوند؛ در حالی که سبک زندگی فعال و انجام فعالیت‌های بدنی، ممکن است منجر به بهبود این شاخص‌ها شوند. لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرین ترکیبی قدرتی-استقامتی در دو نوبت صبح و عصر بر اینترلوکین-۶ (IL-6) و پروتئین واکنشی C (CRP) در مردان جوان دارای اضافه وزن بود. روش تحقیق: تعداد ۴۰ مرد غیر ورزشکار دارای اضافه وزن (با میانگین سنی $24 \pm 1/57$ سال و شاخص توده بدن $28/22 \pm 3/6$ کیلوگرم بر متر مربع) به صورت تصادفی به دو گروه تمرینی و دو گروه کنترل صبح و عصر تقسیم شدند. گروه‌های تمرینی به مدت ۸ هفته برنامه تمرین ترکیبی که شامل تمرین قدرتی و استقامتی را اجرا کردند، اما گروه‌های کنترل در مدت زمان مداخله، در هیچ‌گونه برنامه تمرینی منظم شرکت نکردند. از آزمودنی‌ها قبل و پس از ۸ هفته، ۵ میلی‌لیتر خون سیاهرگی جهت اندازه‌گیری IL-6 و CRP گرفته شد. IL-6 با استفاده از روش الایزا و CRP با استفاده از روش لاتکس-آگلوتیناسیون مورد سنجش قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک سویه و آزمون تعقیبی LSD برای مقایسه‌های بین گروهی؛ و آزمون t وابسته برای مقایسه‌های درون گروهی، در سطح معنی‌داری $p < 0/05$ انجام گرفت. یافته‌ها: اجرای ۸ هفته تمرین ترکیبی در زمان صبح و عصر باعث کاهش سایتوکان التهابی IL-6 (به ترتیب با $p = 0/01$ و $p = 0/06$) و CRP (به ترتیب با $p = 0/03$ و $p = 0/02$) شد. نتیجه‌گیری: تمرین ترکیبی در زمان صبح و عصر سبب کاهش درصدی عوامل پیش‌التهابی و خطرزای قلبی-عروقی می‌گردد. لذا مردان دارای اضافه وزن می‌توانند ترکیب تمرینات قدرت و استقامت را صرف نظر از زمان اجرا در صبح یا عصر، به منظور کاهش عوامل خطرزا بکار ببرند.

واژه‌های کلیدی: تمرینات استقامتی، تمرینات قدرتی، اینترلوکین-۶، پروتئین واکنشی C، مردان دارای اضافه وزن.

مقدمه

هیپوتالاموس-هیپوفیز، و تولیدگرما را دنبال دارد (واگن ماکرس و پیدرسون، ۲۰۰۶). شاخص IL-6 اغلب به عنوان یک سایتوکاین پیش التهابی نیز طبقه بندی می شود (واگن ماکرس و پیدرسون، ۲۰۰۶). نتیجه آن که بر اساس وجود رابطه قوی بین شاخص های التهابی و شیوع بیماری قلبی-عروقی، کاهش این شاخص ها منجر به کاهش حوادث قلبی-عروقی خواهد شد.

نتایج تحقیقات حاکی از آن است که تعدیل شیوه زندگی، کاهش وزن و اجرای فعالیت بدنی، با کاهش IL-6 و CRP همراه است (اسپوزیتو^۱ و دیگران، ۲۰۰۳؛ راین و نیکلاس^۱، ۲۰۰۴). اسپوزیتو و دیگران (۲۰۰۳) ضمن بررسی تاثیر کاهش وزن و تغییر سبک زندگی بر عوامل التهاب عروقی زنان چاق، دریافتند که داشتن سبک زندگی فعال همراه با کاهش وزن، منجر به کاهش شاخص های التهابی می شود. راین و نیکلاس (۲۰۰۴) نیز ضمن بررسی تاثیر ۶ ماه تمرین هوازی همراه با رژیم غذایی، کاهش IL-6 و CRP را متعاقب کاهش وزن گزارش کرده اند. از طرف دیگر، بعضی محققان با مطالعه تاثیر ۱۲ و ۱۰ هفته تمرین هوازی و قدرتی بر شاخص های التهابی، کاهش میزان CRP و عدم تغییر IL-6 را گزارش نموده اند (دونگس^{۱۱} و دیگران، ۲۰۱۰؛ استیوارت^{۱۲} و دیگران، ۲۰۰۷). کوهات^{۱۳} و دیگران (۲۰۰۶) کاهش شاخص های CRP، IL-6 و TNF- α پس از ۱۰ ماه تمرین هوازی در افراد سالمند را مشاهده کرده اند؛ اما کریستیانسن^{۱۴} و دیگران (۲۰۱۰) عدم تغییر شاخص های التهابی را به دنبال ۱۲ هفته تمرین هوازی گزارش نموده اند. همان طور که می بینیم، تغییر در نوع، مدت و ماهیت فعالیت بدنی، نتایج متفاوتی را به دنبال داشته است. در بسیاری از فعالیت های بدنی، نوع فعالیت ورزشی و سیستم تولید انرژی، در ایجاد سازگاری مطلوب نقش تعیین کننده ای دارد. بر اساس اصل ویژگی تمرین که هر تمرینی سازگاری های خاص خود را ایجاد می کند، لزوم بررسی انواع مختلف فعالیت ورزشی حائز اهمیت است. همچنین با توجه به اثرات مفید هر دو تمرین قدرتی و استقامتی و به دلیل اختصاصی بودن آثار مرتبط بر آن ها، تاثیر ترکیب تمریناتی از این نوع، می تواند بر بهبود عملکرد بدنی و عوامل مرتبط با سلامتی جالب و تعیین کننده باشد (لی باردی^{۱۵} و دیگران، ۲۰۱۲).

چاقی یکی از مهم ترین مشکلات سلامت عمومی در دنیای امروزی است. تغییر در شیوه زندگی و عادات غذایی مردم و تمایل آن ها در استفاده از غذاهای چرب و کاهش فعالیت بدنی؛ موجب گسترش روز افزون اضافه وزن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده است (گروس^۱، ۲۰۰۶). این عارضه با متغیرهایی همچون تغییر در عملکرد طبیعی بدن، افزایش خطر ابتلاء به بیماری های خاص و پاسخ های روانی نامناسب در ارتباط بوده و عامل گسترش بیماری هایی چون سرخرگ کرونر، فشار خون، دیابت نوع دو و بیماری های قلبی-عروقی می باشد (باستارد^۲ و دیگران، ۲۰۰۶) و در این میان، شناسایی عوامل خطرزای بیماری های قلبی-عروقی دارای اهمیت بسیاری است (آبرامسون و واسکارینو^۳، ۲۰۰۲). یکی از عواملی که در بروز این بیماری ها نقش دارد، عوامل التهابی است. اهمیت این شاخص ها تا جایی است که به عنوان عامل پیش گویی کننده بیماری های قلبی-عروقی شناخته شده اند. از جمله این شاخص ها می توان به فیبرینوژن، مولکول های چسبان، اینترلوکین-۶ (IL-6)، پروتئین واکنشی C (CRP) و عامل نکروز دهنده تومور آلفا (TNF- α) اشاره کرد (دینگ^۴ و دیگران، ۲۰۰۴).

برخی تحقیقات ارتباط بین چاقی و افزایش شاخص های التهابی با افزایش احتمال بروز بیماری قلبی-عروقی را گزارش کرده اند (دینگ و دیگران، ۲۰۰۴). بر همین اساس، اعتقاد بر آن است که افزایش فراتر از حد طبیعی شاخص های التهابی مانند IL-6 و CRP، منجر به التهاب مزمن خفیف می گردد. این شاخص ها نشانگر بیماری های مزمنی از جمله آرتروز مزمن، فشارخون، بیماری قلبی-عروقی، بیماری عروق محیطی، دیابت شیرین، پوکی استخوان و سرطان هستند (واگن ماکرس و پیدرسون^۵، ۲۰۰۶). تا امروز CRP به عنوان شاخص حساس و غیراختصاصی، به طور وسیع مورد مطالعه قرار گرفته است. افزایش این پروتئین (به عنوان حساس ترین شاخص التهابی و پیش بینی کننده مستقل خطر قلبی-عروقی) باعث افزایش ۲ تا ۵ برابری خطر حوادث قلبی-عروقی می گردد. از طرف دیگر، IL-6 نیز اثرات مختلفی همچون تحریک سنتز پروتئین های مرحله حاد، فعال کردن محور

1. Groves

2. Bastard

3. Abramson & Vaccarino

4. Interlukin-6

5. C-reactive protein

6. Tumor necrosis factor- α

7. Ding

8. Wagenmakers & Pedersen

9. Esposito

10. Ryan & Nicklas

11. Donges

12. Stewart

13. Kohut

14. Christiansen

15. Libardi

اثر تمرین هوازی را مد نظر قرارداده اند و اثر تمرین قدرتی، به ویژه ترکیب تمرین قدرتی و استقامتی به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است؛ مطالعه بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می رسد. به عبارت دیگر، تعیین اثر طولانی مدت (سازگاری) تمرینات بدنی ترکیبی (قدرتی- استقامتی) با اجرا در ساعات مختلف شبانه روز بر سطوح استراحت شاخص های پیش التهابی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ از این رو، هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر ۸ هفته تمرین ترکیبی قدرتی- استقامتی در زمان صبح و عصر، بر شاخص های التهابی CRP و IL-6 در مردان جوان دارای اضافه وزن بود.

روش تحقیق

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با استفاده از طرح پیش آزمون و پس آزمون همراه با گروه کنترل است. در این مطالعه، ۴۰ مرد جوان دارای اضافه وزن سالم با میانگین سنی $24 \pm 1/57$ سال، میانگین وزن $85/91 \pm 5/40$ کیلوگرم و شاخص توده بدن (BMI) $28/22 \pm 3/6$ کیلوگرم بر متر مربع از میان ۲۴۳ دانشجوی دانشگاه قم که دروس عمومی تربیت بدنی را اخذ کرده و داوطلب شرکت در این تحقیق بودند، انتخاب شدند. این افراد به صورت تصادفی ساده در ۴ گروه شامل گروه های کنترل صبح (۱۰ نفر)، کنترل عصر (۱۰ نفر)، تجربی صبح (۱۰ نفر) و تجربی عصر (۱۰ نفر) تقسیم شدند.

یکی از شاخص های ورود داوطلبان به تحقیق، داشتن سطح سلامت عمومی جسمانی و روانی بود که با استفاده از پرسشنامه سلامت عمومی گلدبرگ^۵ با روایی $0/90$ و پایایی $0/88$ بررسی شد (حائری، ۲۰۱۶). دیگر معیار ورود، داشتن BMI بالای ۲۵ بود. معیار عدم ورود به تحقیق داشتن یکی از بیماری های قلبی - عروقی، دیابت، اختلالات هورمونی، بیماری های کلیوی و کبدی، جراحی، سیگاری بودن و هر گونه مداخله درمانی موثر بر نتایج آزمایشگاهی بود و این اطلاعات توسط پرسشنامه سابقه پزشکی بررسی شد. قبل از انجام مداخلات، به منظور همگن سازی، ۴ گروه شرکت کننده بر اساس سن، وزن و BMI مقایسه شدند و به لحاظ آماری تفاوت معنی داری بین آنها وجود نداشت. کلیه شرکت کنندگان اطلاعات مکتوب در خصوص مطالعه را دریافت

بر اساس شواهد موجود، بدن انسان در طول شبانه روز متحمل تغییرات زیادی می شود و در هر زمان، توانایی خاصی را بیشتر از خود بروز می دهد. این ریتم شبانه روزی (۲۴ ساعته) اعمال و رفتارهای مختلفی همچون الگوی خوابیدن- بیدار شدن، توانایی انجام فعالیت بدنی، ترشح هورمون ها از جمله کورتیزول، تولید سایتوکین ها و درجه حرارت بدن را تنظیم می کند (کاراندنت^۱ و دیگران، ۲۰۰۶). نتایج بررسی های انجام شده نشان داده است که اوج تولید IL-1، IL-6، گیرنده IL-2 و TNF- α ؛ بین ساعت ۱ تا ۴ صبح می باشد؛ در حالی که در طول روز کاهش می یابد (کوتلو و استراب^۲، ۲۰۰۸). افرادی که برای سلامتی ورزش می کنند، بهتر است از چنین تغییراتی آگاه باشند، تغییرات هورمونی و تعامل آن ها با فعالیت بدنی را بشناسند و الگوی منظم روزانه ای را دنبال نمایند. نتایج برخی از گزارش ها حاکی از آن است که بیشتر حملات قلبی- عروقی در ساعت خاصی از روز، بخصوص در اوایل صبح اتفاق می افتند. در این خصوص برخی محققان همانند الدمیر و کلیک^۳ (۲۰۰۵) با بررسی تأثیر یک جلسه تمرین زیر بیشینه هوازی صبح و عصر بر پلاکت های انسان، گزارش کرده اند که درصد این شاخص ها در زمان صبح بیشتر از عصر می باشد و نتیجتاً اجرای ترجیحی تمرین بدنی، در عصر مترجم است. این در حالی است که پلدگ^۴ و دیگران (۲۰۱۱) ضمن بررسی تأثیر یک جلسه تمرین مقاومتی در صبح و عصر بر پاسخ کورتیزول و IL-6، تفاوت معنی داری بین غلظت این دو شاخص در صبح و عصر مشاهده نکرده اند. همچنین عصارزاده و دیگران (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر تمرین هوازی در زمان صبح و عصر بر CRP و IL-6 مردان چاق، دریافتند که علی رغم کاهش این شاخص ها به دنبال تمرین؛ تفاوت معنی داری در تغییر این شاخص ها در زمان صبح و عصر وجود ندارد.

با توجه به نقش مهم فعالیت بدنی و اختصاصی بودن آثار آن از یک سو و اهمیت تأثیر زمان اجرای فعالیت بدنی از سوی دیگر؛ و با توجه به اینکه اکثر تحقیقات انجام شده در این خصوص به بررسی اثر تأثیر یک جلسه تمرین بر عوامل خطرزای قلبی- عروقی در ساعات مختلف از روز پرداخته؛ و یا مطالعه صرف

1. Carandente
2. Cutolo & Straub
3. Aldmir & Kilic
4. Pledge
5. Goldberg

نموده و پس از مطالعه، از آن‌ها خواسته شد تا رضایت‌نامه کتبی را امضا نمایند. تحقیق حاضر زیر نظر کارشناس خیره آزمایشگاهی و متخصصان فیزیولوژی ورزشی انجام شد. آزمودنی‌ها در یک جلسه با نحوه انجام فعالیت ورزشی و نحوه خون‌گیری آشنا شدند. مشخصات عمومی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات عمومی آزمودنی‌ها (میانگین \pm انحراف معیار)

کنترل عصر	کنترل صبح	تمرین عصر	تمرین صبح	گروه متغیر
۲۳/۲۵ \pm ۱/۶۴	۲۵/۲۲ \pm ۱/۴۲	۲۴/۱۱ \pm ۱/۵۱	۲۳/۴۴ \pm ۱/۸۲	سن (سال)
۷۸/۱۲ \pm ۴/۳۴	۸۳/۵۵ \pm ۴/۳۲	۸۸/۲۲ \pm ۳/۴۱	۹۳/۷۷ \pm ۹/۶۲	وزن (کیلوگرم)
۱۶۸/۶۲ \pm ۵/۱۱	۱۷۲/۵۵ \pm ۵/۷۲	۱۷۶/۴۴ \pm ۷/۱۳	۱۷۹/۵۵ \pm ۶/۲۴	قد (سانتی متر)
۲۷/۳۰ \pm ۵/۳۵	۲۶/۶۳ \pm ۴/۵۴	۲۸/۶۵ \pm ۳/۲۲	۳۰/۷۹ \pm ۵/۱۲	حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر / کیلوگرم / دقیقه)
۲۷/۳۷ \pm ۴/۶۳	۲۸/۰۴ \pm ۳/۵۵	۲۸/۷۷ \pm ۲/۸۸	۲۸/۷۳ \pm ۳/۲۵	شاخص توده بدن (کیلوگرم / متر مربع)
۲۶/۵۷ \pm ۱/۴۵	۲۵ \pm ۱/۲۴	۲۶/۴۲ \pm ۲/۷۰	۲۷/۷۰ \pm ۱/۱۶	چربی بدن (درصد)

(تاناکا و دیگران، ۲۰۰۱). تمرینات به مدت ۸ هفته، هر هفته ۳ جلسه به اجرا درآمد. هر جلسه تمرین شامل سه مرحله بود. ابتدا ۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم کردن به صورت راه رفتن سریع، دویدن آهسته و حرکات کششی - نرمشی با ۵۵-۴۵ درصد حداکثر ضربان قلب به اجرا درآمد. در ادامه آزمودنی‌ها به اجرای برنامه اصلی شامل تمرین مقاومتی با ۱۱ حرکت (ایستگاه) شامل حرکات پرس پا با دستگاه، پرس سینه، جلو پا با دستگاه، پشت بازو سیم‌کش، ساق پا نشسته، خم کردن زانو با دستگاه، جلو بازو با هالتر، سیم‌کش از طرفین، حرکت قدامی پا، دراز و نشست و فیله کمر پرداختند که با شدت ۷۰ درصد یک تکرار بیشینه در هفته اول شروع شد و به ۸۵ درصد یک تکرار بیشینه در هفته آخر رسید (جدول ۲). پس از تمرینات مقاومتی و به دنبال ۲۰ دقیقه بازگشت به حالت اولیه، آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به اجرای تمرین استقامتی شامل دویدن با شدت ۷۰ الی ۸۵ درصد حداکثر ضربان قلب از هفته اول تا هفته آخر پرداختند (جدول ۳). در کل، مجموع مدت زمان تمرین فعال آزمودنی‌های گروه تجربی بدون در نظر گرفتن زمان ریکاوری و گرم کردن و سرد کردن در ۴ هفته اول به حدود ۲۷ دقیقه؛ و در ۴ هفته دوم به حدود ۳۶ دقیقه رسید (توفیقی و دیگران، ۲۰۱۲). گروه کنترل در طول دوره تحقیق، در هیچ فعالیت ورزشی منظمی شرکت نکردند.

برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دیجیتالی آلمانی با دقت ± 0.1 کیلوگرم بدون کفش با حداقل لباس استفاده شد. قد افراد با استفاده از قد سنج دیواری مدل ۴۴۴۴۰ ساخت شرکت کاوه با دقت ± 0.1 سانتی‌متر در وضعیت ایستاده کنار دیوار بدون کفش و در حالی که کتف‌ها در شرایط عادی بودند؛ اندازه‌گیری شد. متغیر BMI از تقسیم وزن فرد (کیلوگرم) به مجذور قد (متر) محاسبه شد. درصد چربی آزمودنی‌ها با استفاده از دستگاه بوکا آنالایزر^۱ ساخت کشور کره محاسبه گردید. همچنین برای اندازه‌گیری حداکثر اکسیژن مصرفی^۲ (VO_{2max}) از آزمون ۲۴۰۰ متر دویدن و راه رفتن کوپر استفاده شد؛ بدین صورت که از شرکت کنندگان خواسته شد تا مسافت مورد نظر را در سریع‌ترین زمان ممکن در پیست بدونند یا راه بروند. در پایان، زمان سپری شده (به دقیقه و ثانیه) و ضربان قلب (تعداد در دقیقه) ثبت شد و در معادله برآورد VO_{2max} قرار گرفت (تاناکا^۳ و دیگران، ۲۰۰۱).

گروه تمرین صبحگاهی در ساعت ۷ صبح پس از صرف صبحانه بسیار سبک و یک ساعت قبل از تمرین؛ و گروه تمرین عصرگاهی در ساعت ۶ عصر به اجرای پروتکل تمرین منتخب (ترکیب تمرین قدرتی - استقامتی) پرداختند. ابتدا میزان حداکثر ضربان قلب با استفاده از معادله (سن $\times 0.7$) - ۲۰۸ برای هر فرد محاسبه شد

1. Boca analyzer
2. Maximal oxygen uptake
3. Tanaka

جدول ۲. جزئیات برنامه تمرین قدرتی گروه های تجربی

هفته ها	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
شدت (درصد یک تکرار بیشینه)	۷۰	۷۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۵	۸۵
نوبت ها (نوبت ها)	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲
تکرار	۱۲	۱۲	۱۰	۱۰	۸	۸	۶	۶
استراحت بین ایستگاه ها (ثانیه)	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
استراحت بین نوبت ها (ثانیه)	-	-	-	-	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰

جدول ۳. جزئیات برنامه تمرین استقامتی گروه های تجربی

هفته ها	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
شدت (درصد حداکثر ضربان قلب)	۷۰	۷۰	۷۵	۷۵	۸۰	۸۰	۸۵	۸۵
زمان (دقیقه)	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲

به منظور اندازه گیری متغیرهای بیوشیمیایی، ابتدا نمونه‌ها از فریزر خارج و ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شدند. سپس نمونه‌ها ۵ مرتبه سروه شدند تا گرادیان غلظت ناشی از فریز و ذوب برطرف شده و غلظت نمونه‌ها یکدست شود. IL-6 به روش کمی و با استفاده از روش الایزا^۱ استفاده کیت IL-6 انسانی^۲ با درجه حساسیت ۰/۱ میلی مول/دسی لیتر و CRP با استفاده از روش لاتکس- آگلوتیناسیون^۳ و بهره برداری از کیت CRP با درجه حساسیت ۰/۲ میکروگرم/میلی لیتر به شماره E-80CRP مورد سنجش قرار گرفت. اطلاعات مربوط به رژیم غذایی آزمودنی‌ها توسط پرسشنامه ۲۴ ساعته یاد آمد خوراک در دو نوبت هفته اول و هفته هشتم در طول برنامه فعالیت بدنی توسط آزمودنی در برگه مخصوص رژیم غذایی ثبت گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های این پرسشنامه، ابتدا مواد غذایی مصرف شده به گرم تبدیل شدند و سپس با استفاده از نرم‌افزار تغذیه دورسلی^۴ اطلاعات مربوط به رژیم غذایی تجزیه و تحلیل گردیده و میزان درشت مغذی‌ها تعیین شدند (جدول ۴). در این مطالعه، امکان کنترل انگیزش و عوامل ژنتیکی و وراثتی آزمودنی‌ها که ممکن است بر نتایج تحقیق اثرگذار باشد، برای محقق میسر نبود.

برای بررسی متغیرهای بیوشیمیایی، خون‌گیری در دو مرحله قبل از شروع تمرینات (هفته صفر) و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین (هفته هشتم) جهت بررسی اثر تمرین و تغییرات ساعات روزانه بر متغیرهای تحقیق صورت گرفت. در مرحله اول، از آزمودنی‌های هر گروه خواسته شد تا ۲ روز قبل از آزمون، هیچ فعالیت ورزشی انجام ندهند و رژیم غذایی معمول خود را حفظ کنند. ۵ سی‌سی خون بعد از ۱۲ ساعت ناشتایی از سیاهرگ آرنجی دست چپ در وضعیت نشسته و در حالت استراحت از آزمودنی‌های گروه تمرین صبحگاهی و کنترل صبحگاهی در ساعت ۸ صبح و از گروه تمرین عصرگاهی و کنترل عصرگاهی، در ساعت ۶ عصر گرفته شد. دما و ساعت آزمون ثبت شد تا در مراحل بعدی نیز این شرایط حفظ گردد. پس از خون‌گیری، بلافاصله نمونه‌ها سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور/دقیقه، به مدت ۱۰ دقیقه) شدند و سرم جدا و تا روز آزمایش در یخچال و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از این مرحله، آزمودنی‌های گروه‌های تجربی به مدت ۸ هفته به اجرای برنامه تمرینی ترکیبی (قدرتی- استقامتی) پرداختند و ۴۸ ساعت پس از آن، نمونه‌گیری دوم در شرایط مشابه پیش‌آزمون، عیناً تکرار شد.

1. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)
2. Human interleukin-6- ELISA Kit

3. Latex - agglutination
4. Dorosly food processor (NIII, FP)

جدول ۴. تغییرات (میانگین و انحراف معیار) میزان دریافت انرژی روزانه و درشت مغذی های در گروه های تجربی و کنترل

متغیرها	گروه ها	پیش آزمون (هفته اول)	پس آزمون (هفته هشتم)
انرژی دریافتی روزانه (کالری)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۱۸۹۴/۲۰±۲۵۱	۲۱۰۷/۴۰±۲۹۱/۵۲
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۱۹۳۵/۷۰±۲۸۶/۹۱	۱۹۷۳/۵۵±۲۹۷/۱۴
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۱۹۱۶/۲±۱۹۵/۸۰	۲۱۴۷/۹۱±۳۱۱/۷۲
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۱۸۷۳/۴۰±۲۱۹/۵۳	۱۹۳۸/۶۰±۲۶۲/۹۱
کربوهیدرات (گرم)، درصد انرژی دریافتی	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۲۹۳/۶۰±۴۱/۱۵ (/۶۲)	۳۳۷/۱۰±۴۶/۳۰ (/۶۴)
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۳۰۴/۹۰±۳۱/۹۱ (/۶۳)	۳۱۰/۸۰±۴۰/۲۰ (/۶۳)
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۲۹۷/۰۰±۳۹/۵۲ (/۶۲)	۳۲۷/۵۰±۳۴/۲۱ (/۶۱)
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۱۸۵/۱۶±۳۷/۳۱ (/۶۱)	۳۰۰/۴۰±۳۶/۴۳ (/۶۲)
چربی (گرم) درصد انرژی دریافتی	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۵۰/۵۰±۵/۲۱ (/۲۴)	۵۱/۶۰±۳/۵۴ (/۲۲)
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۴۷/۳۱±۴/۹۲ (/۲۲)	۴۸/۲۰±۳/۲۳ (/۲۲)
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۴۶/۸۰±۴/۴ (/۲۲)	۵۴/۸۰±۴/۷۲ (/۲۳)
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۴۷/۸۰±۳/۸۱ (/۲۲)	۴۷/۳۰±۳/۱۴ (/۲۲)
پروتئین (گرم) درصد انرژی دریافتی	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۶۶/۳۰±۵/۳۰ (/۱۴)	۷۳/۷±۶/۰۰ (/۱۴)
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۷۲/۵۰±۷/۶۳ (/۱۵)	۷۴/۰۳±۷/۱۲ (/۱۵)
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۷۶/۶۰±۷/۱۲ (/۱۶)	۸۵/۹۰±۷/۶۴ (/۱۶)
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۷۴/۹۰±۶/۲۱ (/۱۶)	۷۷/۶۰±۷/۲۳ (/۱۶)

سپس توسط آزمون تحلیل واریانس یک طرفه^۳ تفاوت های بین گروهی محاسبه گردید. در صورت مشاهده تفاوت معنی دار آماری، از آزمون تعقیبی حداقل اختلاف معنی داری^۴ (LSD) به منظور تعیین دقیق محل اختلافات بین گروهی استفاده شد. کلیه عملیات آماری با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ تحلیل شدند و سطح معنی داری $p < 0/05$ در نظر گرفته شد.

برای بررسی توزیع طبیعی داده ها در حالت پایه و ارزیابی اختلاف نمونه با جامعه مورد نظر، از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف^۱ و جهت بررسی همگنی واریانس ها از آزمون لون^۲ استفاده شد. تفاوت های درون گروهی با آزمون t وابسته بررسی شد. با توجه به وجود تفاوت غیر معنی دار بین پیش آزمون گروه ها با هم دیگر، ابتدا اختلاف پیش آزمون و پس آزمون گروه ها محاسبه شد و

1. Kolmogorov-Smirnov
2. Leven

3. One-way ANOVA
4. Least significant difference

یافته ها

عصرگاهی) به ترتیب ۲ و ۲/۴ درصد کاهش پیدا کرد. همچنین میزان VO_{2max} در گروه تمرین عصرگاهی در مقایسه با گروه‌های کنترل (صبحگاهی و عصرگاهی) به ترتیب ۵۵ و ۵۲ درصد افزایش یافت؛ ضمن آن که BMI نیز در گروه تمرین عصرگاهی در مقایسه با گروه‌های کنترل (صبحگاهی و عصرگاهی)، به ترتیب ۷ و ۳/۲ درصد کاهش نشان داد. این در حالی بود که تفاوت معنی‌داری در VO_{2max} و BMI گروه تمرین صبحگاهی و عصرگاهی مشاهده نشد ($p=0/20$)؛ هرچند که افزایش VO_{2max} و کاهش BMI در زمان عصر بیشتر از صبح بود (جدول ۵).

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون تعقیبی LSD نشان داد که اجرای ۸ هفته تمرین ترکیبی در صبح و عصر موجب افزایش VO_{2max} ($p=0/0001$) و کاهش BMI ($p=0/0001$) گروه های تجربی در مقایسه با گروه های کنترل (صبح و عصر) شد؛ به نحوی که میزان VO_{2max} در گروه تمرین صبحگاهی در مقایسه با گروه‌های کنترل (صبحگاهی و عصرگاهی)، به ترتیب ۴۸ و ۴۶ درصد افزایش یافت. به علاوه، BMI در گروه تمرین صبحگاهی در مقایسه با گروه‌های کنترل (صبحگاهی و

جدول ۵. تغییرات (میانگین و انحراف معیار) متغیرهای وابسته در مراحل مختلف آزمون

متغیرها	گروه ها	پیش آزمون (هفته صفر)	پس آزمون (هفته هشتم)
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۳۰/۷۲±۵/۲۰	۳۹/۲۵±۶/۱۰
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۲۸/۶۵±۳/۲۰	۴۱/۱۵±۴/۱۰
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۲۶/۶۳±۴/۵۰	۲۶/۴۸±۴/۷۰
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۲۷/۳۰±۵/۵۰	۲۷/۰۶±۵/۴۰
نمایه توده بدن (کیلوگرم/متر مربع)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۲۸/۷۳±۳/۵۰	۲۷/۰۵±۳/۲۰
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۲۸/۷۷±۲/۸۰	۲۶/۵۱±۳/۳۰
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۲۸/۰۴±۳/۵۰	۲۸/۳۳±۳/۶۰
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۲۷/۳۷±۴/۶۰	۲۷/۵۳±۱/۴۰
IL-6 (پیکوگرم/میلی لیتر)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۲/۴۵±۰/۱۲	۲/۲۰±۰/۱۳
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۲/۱۲±۰/۱۴	۱/۷۷±۱/۱۰
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۳/۰۳±۰/۲۵	۳/۲۷±۰/۲۴
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۲/۰۸±۰/۲۰	۲/۰۷±۰/۲۰
CRP (پیکوگرم/میلی لیتر)	گروه تجربی ۱ (تمرین صبح)	۲/۵۸±۰/۵۱	۲/۴۲±۰/۷۰
	گروه تجربی ۲ (تمرین عصر)	۲/۴۷±۰/۷۳	۲/۳۱±۱/۹۱
	گروه کنترل ۱ (صبح)	۲/۶۳±۱/۵۰	۲/۵۷±۱/۵۰
	گروه کنترل ۲ (عصر)	۲/۴۳±۰/۴۵	۲/۳۹±۰/۴۶

همسوی باشد. از طرفی، نتایج بدست آمده با یافته های آرسنالت^۲ و دیگران (۲۰۰۹)، و فایری^۳ و دیگران (۲۰۰۵) همسو نمی باشد. ابوریج و دیگران (۲۰۰۸) گزارش شده است که انجام تمرینات طولانی مدت هوازی به مدت ۱۲ ماه، منجر به تغییر بیان ژن IL-6 و کاهش معنی دار IL-6 سرمی می شود و طبق مطالعه فرزانیگی و براری (۲۰۱۳)، سطح IL-6 با انجام ۶ هفته تمرین هوازی با شدت ۶۰ درصد حداکثر ضربان قبل ذخیره، کاهش یافت. علیرغم این ها، رحیمی و دیگران (۲۰۱۲) ضمن بررسی تاثیر ۸ هفته تمرین هوازی بر سطح IL-6، CRP زنان میانسال، تغییر معنی داری را مشاهده نکرده اند. همچنین لیبردی و دیگران (۲۰۱۲) گزارش کرده اند که ۱۶ هفته تمرین مقاومتی، استقامتی و ترکیبی؛ تاثیر معنی داری بر سطوح CRP و IL-6 ندارد. به نظر می رسد تفاوت در نتایج یافته ها احتمالاً به دلیل تفاوت در نوع آزمودنی‌ها و مدت و شدت برنامه تمرینی آزمودنی‌ها باشد.

یکی از جالب ترین اهداف تحقیق حاضر، مقایسه تمرین در نوبت صبح و عصر بود و یافته های حاصل نشان داد که در گروه های تمرین صبحگاهی و عصرگاهی، میزان CRP کاهش یافته است. همچنین تفاوت معنی داری بین گروه کنترل عصرگاهی در مقایسه با گروه کنترل صبحگاهی، در میزان شاخص های التهابی مشاهده نشد. همچنین بر اساس نتایج حاصله، بین گروه های تمرین صبحگاهی و عصرگاهی در میزان IL-6 تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین بین گروه کنترل عصرگاهی در مقایسه با گروه کنترل صبحگاهی نیز تفاوت معنی داری در شاخص های التهابی مشاهده نشد.

تحقیقات نشان داده اند که تمرین می تواند با تأثیر مستقیم بر بافت چربی و افزایش لیپولیز (از طریق افزایش فعالیت لیپاز حساس به هورمون)، تولید میانجی های همراه التهاب همچون IL-6 از بافت چربی را کاهش داده و تولید میانجی های ضدالتهابی همچون IL-10 از بافت چربی را افزایش دهد (گیفن^۴ و دیگران، ۲۰۰۳)؛ زیرا IL-6 و CRP از عوامل پیش التهابی می باشند که که سطح موجود در گردش آن ها به طور مستقیم با عواملی مانند عفونت های باکتریایی، ضربات ناشی از جراحی، سکته قلبی،

همچنین نتایج بدست آمده از آزمون t وابسته نشان داد که در گروه های تمرین صبحگاهی و عصرگاهی، میزان CRP پس از ۸ هفته تمرین ترکیبی به ترتیب ۶/۶ و ۶/۹ درصد کاهش (به ترتیب با $p=0/03$ و $p=0/02$) یافته است. از طرف دیگر، در گروه های کنترل صبحگاهی و عصرگاهی تغییرات معنی داری در مقدار CRP آزمودنی‌ها ایجاد نشد (جدول ۵). به علاوه، نتایج حاصل از t وابسته آشکار ساخت که IL-6 در گروه تمرین صبحگاهی ۱۴ درصد ($p=0/01$) و در گروه تمرین عصرگاهی به مقدار ۱۹ درصد ($p=0/006$) نسبت به مرحله پیش آزمون، کاهش یافته است. به علاوه، در گروه تمرین صبحگاهی و عصرگاهی کاهش معنی داری در مقایسه با گروه کنترل صبحگاهی و عصرگاهی مشاهده شد (به ترتیب با $p=0/001$ و $p=0/002$)؛ این در حالی بود که در گروه های کنترل صبحگاهی و عصرگاهی، تغییرات چندانی در مقدار IL-6 مشاهده نشد ($p>0/05$). از طرف دیگر، با مقایسه گروه های تمرین صبحگاهی و عصرگاهی مشاهده شد که میزان IL-6 در گروه تمرین عصرگاهی حدود ۷ درصد بیشتر از گروه تمرین صبحگاهی کاهش یافته ($p=0/08$)، اما این تفاوت از نظر آماری معنی داری نبود (جدول ۵).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۸ هفته تمرین ترکیبی قدرتی-استقامتی در زمان صبح و عصر در مردان جوان دارای اضافه وزن باعث کاهش BMI و افزایش VO_{2max} می گردد. این در حالی بود که اختلاف معنی داری بین گروه های تمرینی در مرحله پس آزمون مشاهده نشد، ولی میزان VO_{2max} و BMI در گروه تمرین عصرگاهی از تغییرات درصدی بیشتری نسبت به گروه تمرین صبحگاهی برخوردار بود. همچنین کاهش عوامل التهابی CRP و IL-6 پس از ۸ هفته تمرین ترکیبی مشاهده شد، به نحوی که تفاوت مقادیر CRP و IL-6 سرمی در گروه تمرین صبح در مقایسه با گروه کنترل صبح و در گروه تمرین عصر در مقایسه با گروه کنترل عصر، کاهش معنی داری داشت.

نتایج مطالعه حاضر در مورد CRP و IL-6 با تحقیقات آلدمیر و دیگران (۲۰۰۵)، پیکسیون^۱ و دیگران (۲۰۰۸)، نیکلاس و دیگران (۲۰۰۸) که کاهش CRP و IL-6 را در اثر تمرین گزارش کرده اند،

1. Piccione
2. Arsenault
3. Fairy
4. Giffen

دیگر، رابطه فعالیت بدنی با سطوح پایین تر التهاب می تواند از طریق رابطه تمرین با درجه پایین تری از چاقی عمومی و شکمی ایجاد شود. مشخص شده است که افراد چاق، سطوح بالاتری از میانجی های همراه التهاب از قبیل $TNF-\alpha$ ، IL-8 و IL-6 را در مقایسه با افراد کنترل لاغر تولید می نمایند (استرازکووسکی^۱ و دیگران، ۲۰۰۲). به طور کلی می توان گفت که ۸ هفته تمرین ترکیبی قدرتی - استقامتی در زمان صبح و عصر، از طریق کاهش عوامل خطرزایی قلبی - عروقی شامل CRP و IL-6، در بهبود سلامت قلب و عروق موثر است و تفاوتی در زمان اجرای فعالیت بر عوامل خطرزایی قلبی - عروقی وجود ندارد. البته به دلیل محدودیت موجود در این تحقیق، امکان کنترل میزان انگیزش آزمودنی به هنگام شرکت در تمرین و آزمون و همچنین کنترل عوامل ژنتیکی تاثیر گذار بر نتایج تحقیق برای پژوهشگر میسر نبود.

نتیجه گیری: انجام تمرینات ترکیبی قدرتی - استقامتی در صبح و عصر سبب بهبود VO_{2max} ، BMI و سایتوکان های التهابی شد؛ تغییراتی که خود بهبود سلامتی قلبی - عروقی فرد را دنبال دارند. از طرف دیگر، بین انجام تمرین در زمان صبح و عصر تفاوتی مشاهده نشد و می توان توصیه نمود که صرف نظر از زمان تمرین، به منظور کاهش عوامل خطر زای قلبی - عروقی از برنامه تمرین ترکیبی مشتمل بر تمرینات قدرتی - استقامتی استفاده شود.

قدردانی و تشکر

این مقاله حاصل از نتایج پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد با کد ۲۳۳۸۰۱۱ می باشد که با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه قم اجرا شده است. بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از همکاران و دانشجویان محترم که در انجام این پژوهش مساعدت فرمودند، اعلام می داریم.

جراحت های بافتی، ورزش و فعالیت بدنی رابطه دارد (من^۱ و دیگران، ۲۰۱۱). اثر ورزش و فعالیت بدنی بر CRP و IL-6 به شدت، مدت تمرین و حجم عضلانی بدن بستگی دارد. از طرفی، IL-6 به عنوان یک سایتوکین حساس به ذخایر گلیکوژن نیز عمل می کند؛ به نحوی که غلظت IL-6 با ذخایر سوختی عضلات، به ویژه گلیکوژن در ارتباط است و به نظر فعالیت دراز مدت می تواند موجب تخلیه این ذخایر و کاهش IL-6 شود (نیمن^۲ و دیگران، ۲۰۱۵). از طرف دیگر، مشخص شده است که سازوکارهای التهابی نقش کلیدی در فرآیند های پاتولوژیک چندین بیماری مزمن مانند بیماری های قلبی - عروقی، سرطان، دیابت نوع دو و انسداد مزمن ریه ها دارند؛ و التهاب توسط سطح بالای CRP، IL-6 و $TNF-\alpha$ مشخص می شود (نیکلاس و بیورس^۳، ۲۰۱۰؛ باتیستا جونیور^۴ و دیگران، ۲۰۰۹). در خصوص رابطه فعالیت جسمانی با سطوح پایین تر التهاب می توان مکانیسم محافظت کننده قلبی را پیشنهاد نمود. یک مفهوم رایج در رابطه با مکانیسم های پاتوفیزیولوژیکی التهاب مرتبط با آترواسکلروز، تولید سایتوکین های همراه التهاب در پاسخ به محرک LDL اکسید شده و ماکروفاژهای همراه با پلاک آترواسکلروزی است (بیورس و دیگران، ۲۰۱۰؛ برونسگارد^۵، ۲۰۰۵). سایتوکین های همراه التهاب که حین این فرآیند تولید می شوند شامل IL-1B، IL-6 و $TNF-\alpha$ می باشند. در مطالعات آزمایشگاهی مشخص گردیده است که ترکیبات مختلف از این سایتوکین ها، تولید CRP و تعداد گلبول های سفید در گردش خون را تحریک می نماید (چای کات^۶ و دیگران، ۲۰۰۶). تحقیقات نشان داده اند که تمرینات ورزشی منظم باعث کاهش LDL اکسید شده و نیز کاهش سطوح سرمی IL-6 و CRP می شود (ماتوسج^۷ و دیگران، ۲۰۰۰؛ اسمیت^۸ و دیگران، ۱۹۹۹)؛ بنابراین اثر تمرین منظم بر سطوح IL-6 می تواند مسئول کاهش CRP در گروه های تجربی باشد. از طرف

1. Mann
2. Nieman
3. Nicklas & Beavers
4. Batista Junior
5. Bruunsgaard

6. Chaikate
7. Mattusch
8. Smith
9. Straczowski

منابع

- Abramson, J. L., & Vaccarino, V. (2002). Relationship between physical activity and inflammation among apparently healthy middle-aged and older US adults. *Archives of Internal Medicine*, 162(11), 1286-1292.
- Aldemir, H., & Kiliç, N. (2005). The effect of time of day and exercise on platelet functions and platelet-neutrophil aggregates in healthy male subjects. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 280(1-2), 119-124.
- Arsenault, B. J., Côté, M., Cartier, A., Lemieux, I., Després, J. P., Ross, R., ... & Church, T. S. (2009). Effect of exercise training on cardiometabolic risk markers among sedentary, but metabolically healthy overweight or obese post-menopausal women with elevated blood pressure. *Atherosclerosis*, 207(2), 530-533.
- Assarzadeh-Nooshabadi, M., & Akbarpour, M. (2012). Comparison the effects of morning and evening Aerobic training on the Inflammatory markers of cardiovascular disease risk in obes men. *Physiology of Exercise and Physical Activity*, 5(1), 769-777. [Persian]
- Bastard, J. P., Maachi, M., Lagathu, C., Kim, M. J., Caron, M., Vidal, H., ... & Feve, B. (2006). Recent advances in the relationship between obesity, inflammation, and insulin resistance. *European Cytokine Network*, 17(1), 4-12.
- Batista Junior, M. L., Lopes, R. D., Seelaender, M., & Lopes, A. C. (2009). Anti-inflammatory effect of physical training in heart failure: role of TNF-alpha and IL-10. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 93, 643-651.
- Beavers, K. M., Hsu, F. C., Isom, S., Kritchevsky, S. B., Church, T., Goodpaster, B., ... & Nicklas, B. J. (2010). Long-term physical activity and inflammatory biomarkers in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(12), 2189.
- Brunsgaard, H. (2005). Physical activity and modulation of systemic low-level inflammation. *Journal of Leukocyte Biology*, 78(4), 819-835.
- Carandente, F., Montaruli, A., Roveda, E., Calogiuri, G., Michielon, G., & La Torre, A. (2006). Morning or evening training: effect on heart rate circadian rhythm. *Sport Sciences for Health*, 1(3), 113-117.
- Chaikate, S., Harnroongroj, T., Chantaranipapong, Y., Puduang, S., Mahaisiriyodom, A., Viroonudompho I, D., ... & Changbumrung, S. (2006). C-reactive protein, interleukin-6, and tumor necrosis factor-alpha levels in overweight and healthy adults. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 37(2), 374.
- Christiansen, T., Paulsen, S. K., Bruun, J. M., Pedersen, S. B., & Richelsen, B. (2010). Exercise training versus diet-induced weight-loss on metabolic risk factors and inflammatory markers in obese subjects: a 12-week randomized intervention study. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 298(4), E824-E831.

- Cutolo, M., & Straub, R. H. (2008). Circadian rhythms in arthritis: hormonal effects on the immune/inflammatory reaction. *Autoimmunity Reviews*, 7(3), 223-228.
- Ding, Y., Li, J., Luan, X., Ding, Y. H., Lai, Q., Rafols, J. A., ... & Diaz, F. G. (2004). Exercise pre-conditioning reduces brain damage in ischemic rats that may be associated with regional angiogenesis and cellular overexpression of neurotrophin. *Neuroscience*, 124(3), 583-591.
- Donges, C. E., Duffield, R., & Drinkwater, E. J. (2010). Effects of resistance or aerobic exercise training on interleukin-6, C-reactive protein, and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(2), 304-313.
- Esposito, K., Pontillo, A., Di Palo, C., Giugliano, G., Masella, M., Marfella, R., & Giugliano, D. (2003). Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *JAMA*, 289(14), 1799-1804.
- Fairey, A. S., Courneya, K. S., Field, C. J., Bell, G. J., Jones, L. W., Martin, B. S., & Mackey, J. R. (2005). Effect of exercise training on C-reactive protein in postmenopausal breast cancer survivors: a randomized controlled trial. *Brain, Behavior, and Immunity*, 19(5), 381-388.
- Farzanegi, P., & Barari, A. (2013). Effect of 6 week aerobic training on Interleukin-6 in postmenopausal hypertensive women. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 5(7), 946-949.
- Giffen, P., Turton, J., Andrews, C., Barrett, P., Clarke, C., Fung, K. W., & Walshe, K. (2003). Markers of experimental acute inflammation in the Wistar Han rat with particular reference to haptoglobin and C-reactive protein. *Archives of Toxicology*, 77(7), 392-402.
- Groves, T. (2006). Pandemic obesity in Europe. *British Medical Journal Publishing Group*, 5(2), 23-29.
- Kohut, M. L., McCann, D. A., Russell, D. W., Konopka, D. N., Cunnick, J. E., Franke, W. D., ... & Vanderah, E. (2006). Aerobic exercise, but not flexibility/resistance exercise, reduces serum IL-18, CRP, and IL-6 independent of β -blockers, BMI, and psychosocial factors in older adults. *Brain, Behavior, and Immunity*, 20(3), 201-209.
- Libardi, C. A., De Souza, G. V., Cavaglieri, C. R., Madruga, V. A., & Chacon-Mikahil, M. P. T. (2012). Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF- α , IL-6, and CRP. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(1), 50-56.
- Mann, D. L., Zipes, D. P., Libby, P., & Bonow, R. O. (2014). *Braunwald's heart disease e-book: a textbook of cardiovascular medicine*. Elsevier Health Sciences.

Mattusch, F., Dufaux, B., Heine, O., Mertens, I., & Rost, R. (2000). Reduction of the plasma concentration of C-reactive protein following nine months of endurance training. *International Journal of Sports Medicine*, 21(01), 21-24.

Nicklas, B. J., & Beavers, K. M. (2010). Exercise, weight loss, and effects on inflammation. *Current Cardiovascular Risk Reports*, 4, 284-292.

Nicklas, B. J., Hsu, F. C., Brinkley, T. J., Church, T., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., & Pahor, M. (2008). Exercise training and plasma C-reactive protein and interleukin-6 in elderly people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(11), 2045-2052.

Nieman, D. C., Zwetsloot, K. A., Meaney, M. P., Lomiwes, D. D., Hurst, S. M., & Hurst, R. D. (2015). Post-exercise skeletal muscle glycogen related to plasma cytokines and muscle IL-6 protein content, but not muscle cytokine mRNA expression. *Frontiers in Nutrition*, 2, 27.

Piccione, G., Grasso, F., Fazio, F., & Giudice, E. (2008). The effect of physical exercise on the daily rhythm of platelet aggregation and body temperature in horses. *The Veterinary Journal*, 176(2), 216-220.

Pledge, D., Grosset, J. F., & Onambélé-Pearson, G. L. (2011). Is there a morning-to-evening difference in the acute IL-6 and cortisol responses to resistance exercise?. *Cytokine*, 55(2), 318-323.

Rahimi, A., Hojjat, S., Besharati, A., Shokrgozar, A., & Masoumi, S. (2012). The effect of an aerobic exercise on IL6, CRP and TNF α concentration in women. *Annals of Biological Research*, 3(1), 125-131.

Ryan, A. S., & Nicklas, B. J. (2004). Reductions in plasma cytokine levels with weight loss improve insulin sensitivity in overweight and obese postmenopausal women. *Diabetes Care*, 27(7), 1699-1705.

Smith, J. K., Dykes, R., Douglas, J. E., Krishnaswamy, G., & Berk, S. (1999). Long-term exercise and atherogenic activity of blood mononuclear cells in persons at risk of developing ischemic heart disease. *JAMA*, 281(18), 1722-1727.

Stewart, L. K., Flynn, M. G., Campbell, W. W., Craig, B. A., Robinson, J. P., Timmerman, K. L., ... & Talbert, E. (2007). The influence of exercise training on inflammatory cytokines and C-reactive protein. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1714-1719.

Strackowski, M., Dzienis-Strackowska, S., Stêpień, A., Kowalska, I., Szelachowska, M., & Kinalska, I. (2002). Plasma interleukin-8 concentrations are increased in obese subjects and related to fat mass and tumor necrosis factor- α system. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87(10), 4602-4606.

Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.

Tofghi, A., Dehkordi, A. J., Tartibian, B., Shourabeh, F. F., & Sinaei, M. (2012). Effects of Aerobic, Resistance, and Concurrent Training on Secretion of Growth Hormone and Insulin-Like Growth Factor-1 in Elderly Women. *Journal of Isfahan Medical School*, 30(184), 1-12.

Wagenmakers, A. J., & Pedersen, B. K. (2006). The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. *Essays in Biochemistry*, 42, 105-117.

