

The Effect of Four Weeks of High-Intensity Interval Training with Different Volumes on IL-6, TNF- α and hs-CRP in Overweight and Obese Young Girls

تاثیر چهار هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم های متفاوت بر IL-6، TNF- α و hs-CRP دختران جوان دارای

اضافه وزن و چاق

Rasool Dokht-Abdian

PhD in Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran.

رسول دخت عبدیان

دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

*Azizeh Ahmadi

PhD in Sports Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran,

*عزیزه احمدی

دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

Abstract

Aim: The purpose of this study is to compare the effect of four weeks of high-intensity interval training with different volumes on IL-6, TNF- α and hs-CRP in overweight and obese young girls.

Method: 24 girls (BMI>25 kg/m) were randomly placed in three groups: HIIT1 group (n=8), HIIT2 group (n=8) and control group (n=8). HIIT1 group performed four sets of 30 seconds of running with an intensity of 19-20 RPE, two minutes of rest between sets in each session. HIIT2 group performed four sets of 60 seconds of running with the same intensity and four minutes of rest between sets. training was performed three sessions a week for four weeks. Blood samples were evaluated to measure serum levels of IL-6, TNF- α and hs-CRP 48 hours before and 48 hours after training. To analyze the data. Mixed analysis of variance (ANOVA) test was used at a significant level (P<0.05). **Results:** hs-CRP level significantly increased only in the HIIT2 group (p<0.05). No significant difference was observed between the groups (p=0.377). The IL-6 significantly decreased only in the HIIT2 group (p<0.05). A significant difference was observed only between the HIIT2 group and the control group (p=0.031). The mean of TNF- α showed a significant decrease only in the HIIT2 group (p<0.05). a significant difference was observed between the HIIT2 group and the control group (p=0.042).

Conclusion: It seems that medium-term HIIT training reduces inflammatory indicators (IL-6, TNF- α) compared to short-term and probably has a role in reducing the incidence of heart and metabolic diseases in these people.

Keywords: high-intensity interval training (HIIT), high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor alpha (TNF- α), overweight, obese.

هدف: هدف پژوهش حاضر مقایسه تاثیر چهار هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا و با حجم های متفاوت بر IL-6، TNF- α و hs-CRP دختران جوان دارای اضافه وزن و چاق است. **روش:** تعداد ۲۴ دختر دارای اضافه وزن و چاق (BMI>25kg/m²) داوطلبانه انتخاب شدند و به طور تصادفی در سه گروه HIIT1 (n=8)، HIIT2 (n=8) و گروه کنترل (n=8) قرار گرفتند. آزمودنی های گروه HIIT1 در هر جلسه چهار ست ۳۰ ثانیه ای دویدن با شدت ۱۹ الی ۲۰ میزان درک فشار بزرگ (RPE)، دو دقیقه استراحت بین ست ها و گروه HIIT2 چهار ست دویدن ۶۰ ثانیه ای با همان شدت و چهار دقیقه استراحت بین ست ها را انجام دادند. تمرین سه جلسه در هفته و به مدت چهار هفته اجرا شد. نمونه های خونی جهت اندازه گیری مقادیر سرمی IL-6، TNF- α و hs-CRP 48 ساعت قبل و ۴۸ ساعت بعد از تمرین ارزیابی شد. برای تحلیل داده ها از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) مخلوط بین گروهی و درون گروهی در سطح معنی داری (p<0/05) استفاده شد. **یافته ها:** میانگین پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا تنها در گروه HIIT2 افزایش معنی داری داشت (p<0/05). بین گروه ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد (p=0/377). میانگین اینترلوکین ۶ تنها در گروه HIIT2 کاهش معنی داری داشت (p<0/05). در تغییرات بین گروهی، تنها بین گروه HIIT2 و گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده شد (p=0/031). میانگین فاکتور نکروز توموری آلفا تنها در گروه HIIT2 کاهش معنی داری را نشان داد (p<0/05). در پس آزمون تنها بین گروه HIIT2 و گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده شد (p=0/042). **نتیجه گیری:** به نظر می رسد تمرینات HIIT میان مدت در مقایسه با کوتاه مدت باعث کاهش شاخص های التهابی IL-6، TNF- α می شود و احتمالاً در کاهش میزان ابتلای این افراد به بیماری های قلبی و متابولیک نقش داشته باشد. **واژگان کلیدی:** تمرین تناوبی با شدت بالا، پروتئین واکنشی C با حساسیت بالا، اینترلوکین ۶، فاکتور نکروز توموری آلفا، اضافه وزن، چاقی.

*نویسنده مسئول: Email: Ahmadi_a87@yahoo.com

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۱



مقدمه

چاقی یکی از جدی ترین نگرانی ها در رابطه با سلامت عمومی است، زیرا با بسیاری از بیماری های دیگر از جمله بیماری های قلبی-عروقی، تنفسی، دیابت نوع دو و غیره مرتبط است. یکی از عوامل ایجادکننده چاقی کمبود فعالیت بدنی است. زمانی که عدم فعالیت بدنی با در دسترس بودن و دریافت مواد غذایی پرانرژی همراه باشد، خطر ابتلا به چاقی افزایش پیدا می کند. مطالعات نشان می دهد نزدیک ۳۱ درصد از افراد ۱۵ سال به بالا فعالیت بدنی کافی ندارند (کوئروگا^۱ و همکاران، ۲۰۲۰ و خاماسی^۲ و همکاران، ۲۰۱۸).

چاقی با عدم تعادل در تولید سایتوکاین های پیش التهابی و ضد التهابی همراه است که باعث ایجاد التهاب مزمن می شود. التهاب مزمن با افزایش مقادیر پلاسمایی سایتوکاین های پیش التهابی از جمله پروتئین واکنشی C^۳ (CRP)، اینترلوکین^۶ (IL-6) و فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF- α) مشخص می شود. که با از دست دادن توده عضلانی اسکلتی، کاهش تولید قدرت عضلانی و محدودیت های متابولیکی و عملکردی مرتبط است. وجود این سایتوکاین های پیش التهابی موجود در خون که توسط سلول های ایمنی و سلول های چربی تولید می شود، به چرخه التهابی کمک می کند و باعث آسیب به بافت های بدن شده و خطر ابتلا به بیماری های غیر واگیر را افزایش می دهد (گونزالو انکوباب^۳ و همکاران، ۲۰۲۱ و گروسا نتو^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). مهم ترین سایتوکاین التهابی CRP است که در پاسخ به IL-6 از کبد تولید و ترشح می شود. افرادی که چاق هستند سطوح افزایش یافته ای از CRP را نشان می دهند. افزایش پروتئین واکنشگر C در تصلب شرائین، هایپرگلیسمیک، افزایش انعقاد، تغییر پلاکتی، مقاومت به انسولین و دیگر نشانه های مرتبط با چاقی نقش عمده ای ایفا می کند (همایی و همکاران ۲۰۱۴). TNF- α نیز یک سایتوکاین التهابی است که توسط لنفوسیت ها، ماکروفاژها و به مقدار ناچیزی در بافت چربی بدن تولید می شود و تولید IL-6 را تحریک می کند (شریعت زاده و همکاران، ۲۰۱۶).

IL-6 به عنوان یک سایتوکاین، در پاسخ ایمنی ذاتی شرکت می کند. محرک قوی پروتئین های فاز حاد، از جمله CRP، چندین پروتئین سیستم مکمل و آبشار انعقادی است. با این حال، IL-6 به عنوان یک میوکین^۵ نیز عمل می کند که توسط عضله اسکلتی، طی ورزش بیان و آزاد می شود و به شکل پاراکرین و اتوکرین و به روشی شبیه هورمون غدد درون ریز به عنوان میانجی فرآیندهای ضد التهابی و متابولیک، در عضله اسکلتی عمل می کند. IL-6 با

1. Quiroga

2. Khammassi

3. C-Reactive Protein

4. Interlukin 6

5. tumor necrosis factor alpha

6. Gonzalo-Encabo

7. Gerosa-Neto

8. myokin

القای بیان عوامل ضد التهابی مانند IL-1ra (آگونیست گیرنده IL-1 و IL-10) و کاهش تولید سایتوکاین‌های پیش التهابی TNF- α و IL-1 β باعث ایجاد یک پاسخ ضد التهابی می‌شود (ویلار فینچریا و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج مطالعات نشان می‌دهد فعالیت ورزشی می‌تواند از طریق حفظ وزن مناسب، کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن مانند دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی-عروقی (CVD) و کاهش التهاب مزمن در هر دو افراد سالم و بیمار، فواید بسیاری برای سلامتی داشته باشد (لیگیت^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعات متعددی تاثیر ضد التهابی فعالیت ورزشی هوازی را گزارش کرده اند (میرلس^۲ و همکاران، ۲۰۱۴، لیرا^۳ و همکاران، ۲۰۱۵ و کاراستافت^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). امروزه تمرین تناوبی با شدت بالا^۵ (HIIT) به عنوان یک پروتکل تمرینی جایگزین برای تمرین مداوم با شدت متوسط (MCT) شناخته شده است و برای بهبود سلامت قلبی تنفسی و متابولیک به طور کارآمدتر عمل می‌کند. HIIT شامل وهله‌های کوتاهی از فعالیت بدنی شدید است که با شدت برابر یا بالاتر از ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب یا ۸۰ تا ۹۰ درصد اکسیژن مصرفی اوج (VO2peak) اجرا می‌شود و با وهله‌های استراحت فعال یا غیرفعال از هم متمایز می‌شوند (کاسیدی^۷ و همکاران، ۲۰۱۷). نشان داده شده، ۳ جلسه در هفته HIIT به مدت ۳۰ دقیقه در هر جلسه، که شامل گرم کردن، ≥ 10 دقیقه تمرین شدید تناوبی، استراحت بین تناوب‌ها و سرد کردن می‌باشد، ظرفیت هوازی، ظرفیت اکسیداتیو عضلات اسکلتی، تحمل ورزش و نشانگرهای بیماری را تنها پس از چند هفته در افراد سالم و افراد مبتلا به اختلالات قلبی و متابولیک بهبود می‌بخشد (گیلن^۸ و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج مطالعات نشان می‌دهد انواع مختلف HIIT تاثیرات متفاوتی بر شاخص‌های التهابی در جمعیت‌های مختلف می‌گذارد. سلطانی و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند ۱۰ هفته HIIT منجر به کاهش TNF- α و افزایش سایتوکاین ضد التهابی IL-10 در زنان دارای اضافه وزن و چاق شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۲۰). در همین راستا اکبری و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر ۱۲ هفته پروتکل HIIT (۱۰ وهله‌ی چهار دقیقه‌ای با شدت معادل ۸۵ تا ۹۰ درصد VO2max و با دوره‌های استراحتی فعال ۲ دقیقه‌ای، ۵ جلسه در هفته) را در رت‌های نر چاق بررسی کردند. سطوح سرمی TNF- α به طور معنی داری کاهش و سطوح سرمی IL-10 به صورت معنی داری افزایش نشان داد. این تغییرات از مزیت‌های سلامتی به شمار می‌آیند (اکبری، ۲۰۱۸). در مغایرت با نتایج این تحقیقات، پائولوسی^۹ و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای که تاثیر فعالیت تناوبی شدید و فعالیت تداومی با شدت متوسط را بر افسردگی و شاخص‌های التهابی (CRP، IL-1 β ، TNF- α ، IL-6) دختران دانشجو بررسی کردند، نشان دادند شدت فعالیت ورزشی در کاهش افسردگی و التهاب مهم است و به نظر می

1. Leggate

2. Meirelles

3. Lira

4. Karstoft

5. High-intensity interval training

6. peak oxygen consumption

7. Cassidy

8. Gillen

9. Paolucci



رسد فعالیت تداومی با شدت متوسط برای کاهش این شاخص‌ها و سلامت روان بهینه باشد (پائولوسی و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین باتاکان^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در یک مقاله مروری نشان دادند HIIT کوتاه‌مدت و بلندمدت در افراد چاق و اضافه وزن و افراد سالم بر پروفایل لیپیدی، CRP و IL-6 تاثیر ندارد (باتاکان و همکاران، ۲۰۱۷).

آنداریانتو^۲ و همکاران (۲۰۲۲) نیز تاثیر فعالیت تداومی و تناوبی شدید را بر شاخص‌های IL-6 و TNF- α در زنان چاق بررسی کردند. هردو نوع تمرین باعث افزایش IL-6 و کاهش TNF- α شد (آنداریانتو و همکاران، ۲۰۲۲). در مقابل گروسانتو^۳ و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند ۱۶ هفته HIIT (دویدن روی تردمیل) (چهار وهله ۴ تایی با ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب با ۳ دقیقه استراحت فعال بین وهله‌ها و ۳ بار در هفته) باعث کاهش IL-6 و افزایش TNF- α در افراد بزرگسال چاق و اضافه وزن می‌شود (گروسانتو و همکاران، ۲۰۱۶). با این حال نتایج مطالعه دلپیشه و همکاران (۲۰۲۲) متفاوت بود به طوری که ۸ هفته HIIT با ۳ جلسه در هفته باعث کاهش وزن و توده چربی در موش‌های چاق شد، اما در مقدار سرمی TNF- α و حساسیت انسولین تاثیر نداشت (دلپیشه و صفرزاده، ۲۰۲۲). همچنین شواهدی از افزایش (ولا و تیلور و درامر^۴، ۲۰۱۷)، کاهش (نصری و تقیان، ۲۰۲۰) و عدم تغییر (عباسی و همکاران، ۲۰۲۰ و بهمن‌بیگلو و همکاران، ۲۰۱۹). hs-CRP بر اثر HIIT وجود دارد. با توجه به این یافته‌های متناقض و با توجه به این که انواع مختلفی از HIIT وجود دارد، باید مشخص شود که HIIT چگونه ممکن است بر فاکتورهای التهابی تاثیر می‌گذارد (ویانا^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). این اطلاعات می‌تواند به متخصصان سلامت برای تجویز فعالیت‌های ورزشی کارآمدتر برای جمعیت‌های مختلف کمک کند. از این رو دست‌کاری متغیرهای تمرینی از جمله شدت و مدت، می‌تواند سودمندی‌های ویژه‌ای در این زمینه داشته باشد. از طرفی نیز کمبود وقت یکی از موانع شرکت در فعالیت‌های ورزشی است. بنابراین HIIT، می‌تواند یک رویکرد کارآمد از نظر کاهش زمان دست‌یابی به اهداف بهینه سلامتی و عملکرد باشد (مک لارن و مورتون، ۲۰۱۱) با در نظر داشتن تمامی این عوامل، در پژوهش حاضر ما سعی می‌کنیم تاثیر چهار هفته تمرینات تناوبی با شدت بالا و حجم‌های متفاوت بر TNF- α ، IL-6 و hs-CRP دختران جوان دارای اضافه وزن و چاق بررسی کنیم.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع کاربردی و در قالب طرح سه‌گروهی با ارزیابی پیش‌آزمون-پس‌آزمون بود. روش پژوهش از نوع نیمه تجربی است. جامعه آماری این پژوهش دانشجویان غیرفعال دارای اضافه‌وزن و چاق ($BMI \leq 26$) که ساکن

1. Batacan

2. Andarianto

3. Gerosa-Neto

4. Vella, Taylor, & Drummer

5. Viana

خوابگاه دختران دانشگاه تهران بودند. دامنه سنی آن‌ها ۲۴-۲۸ سال بود؛ که از طریق فراخوان شرکت در طرح مراجعه کرده بودند و از بین آن‌ها ۳۰ نفر به صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. معیار ورود به تحقیق شامل سن، داشتن BMI بالای ۲۴/۹، نداشتن سابقه بیماری یا بیماری اثرگذار بر عوامل التهابی، نداشتن سابقه حضور در برنامه‌های ورزشی منظم حداقل در شش ماه گذشته، مصرف نکردن دارو یا مکمل بود. داده‌های چهار نفر از این آزمودنی‌ها (به علت تعداد جلسات تمرینی کمتر) از فرآیند تحقیق کنار گذاشته شدند. از جمله معیارهای خروج از تحقیق مصرف دارو یا مکمل، ابتلا به بیماری مانند سرماخوردگی، داشتن تعداد جلسات تمرینی کمتر بود. همچنین در هر مرحله از تحقیق، آزمودنی‌ها آزاد بودند در زمان دلخواه از فرآیند تحقیق خارج شوند. آزمودنی‌ها پس از اطلاع از شرایط تحقیق فرم رضایت‌نامه شخصی شرکت در پژوهش را تکمیل نمودند. پرسشنامه سلامتی و میزان فعالیت توسط آزمودنی‌ها پر شد. اصل رازداری تحقیق و اصول اخلاقی در پژوهش‌های انسانی برای کلیه آزمودنی‌ها و فرآیند تمرین و آزمون رعایت گردید.

آزمودنی‌های تحقیق با میانگین سن $25/75 \pm 1/18$ سال، قد $161/29 \pm 4/23$ سانتی‌متر، وزن $74/51 \pm 6/27$ کیلوگرم، درصد چربی $30/70 \pm 2/23$ و BMI $28/66 \pm 1/89$ کیلوگرم بر مترمربع به‌طور تصادفی به سه گروه HIIT₁ (کوتاه مدت)، گروه HIIT₂ (میان‌مدت) و گروه کنترل تقسیم شدند. تعداد آزمودنی‌های هر گروه ۸ نفر بودند. اندازه‌گیری‌های اولیه شامل قد، وزن، BMI و درصد چربی انجام شد. گروه‌های تجربی چهار هفته تمرین تناوبی شدید را با شدت ۱۹ الی ۲۰ میزان درک فشار (RPE) - مقیاس بورگ^۱ اجرا کردند (بورگ، ۱۹۷۶). برای هر آزمودنی شدت تمرین به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شد. برای اطمینان از پیش دقیق شدت تمرینات، ضربان قلب هم مورد پایش قرار می‌گرفت. برای پایلوت پروتکل تمرینی، به‌طور تصادفی تعداد سه نفر از آزمودنی‌های هر گروه انتخاب شدند و یک هفته قبل از شروع تمرینات، برنامه تمرینی را اجرا کردند تا اینکه سطح قابل تحمل بودن شدت تمرینات توسط آزمودنی‌ها بررسی شود. مکان تمرین سالن ورزشی خوابگاه فاطمیه دانشگاه تهران بود. جلسات تمرینی با ۱۵ دقیقه گرم کردن عمومی (پنج دقیقه دویدن نرم، پنج دقیقه تمرینات کششی پویا و پنج دقیقه حرکات جهشی و انفجاری) جهت افزایش ضربان قلب تا حد مطلوب آغاز می‌شد و با ۵ تا ۱۰ دقیقه سرد کردن خاتمه می‌یافت. آزمودنی‌ها حین تمرینات هیچ محدودیتی در نوشیدن آب نداشتند. گروه‌های تمرینی یک مسیر تعیین‌شده ۲۰ متری را با حداکثر سرعت به‌صورت رفت و برگشتی می‌دویدند. برنامه تمرینی گروه HIIT₁ به‌صورت سه جلسه در هفته و هر جلسه چهار ست ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با شدت ۱۹-۲۰ RPE و با استراحت دودقیقه‌ای بین ست‌ها، همچنین گروه HIIT₂ تمرین دویدن را سه جلسه در هفته و هر جلسه چهار ست ۶۰ ثانیه‌ای با شدت ۱۹-۲۰ RPE و با استراحت دودقیقه‌ای بین ست‌ها برای گروه‌ها اجرا کردند. گروه HIIT₁ در طول چهار هفته تمرین در مجموع ۲۴ دقیقه تمرین با شدت ۱۹-۲۰ RPE با در نظر گرفتن مجموع ۹۶ دقیقه استراحت حاصل از استراحت‌های بین ست‌ها؛ در کل دو ساعت را صرف زمان تمرین کرد. برای گروه HIIT₂ در طول

¹. Borg Scale - Rate of perceived exertion (RPE)



چهار هفته تمرین در مجموع ۴۸ دقیقه تمرین با شدت ۱۹-۲۰ RPE با ۱۹۲ دقیقه استراحت، در کل چهار ساعت را صرف زمان تمرین کرد. ضربان قلب آزمودنی‌ها در طول انجام تمرینات بررسی می‌شد و به بالاتر از ۱۸۰ ضربه در دقیقه می‌رسید. در طول این چهار هفته گروه کنترل هیچ‌گونه فعالیت ورزشی نداشتند (همتی‌نفر و همکاران، ۲۰۱۳).

برای اندازه‌گیری قد و وزن آزمودنی‌ها از ترازوی استاندارد پزشکی SECA مدل (220CE) ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۱ کیلوگرم مجهز به قد سنج (دقت ۰/۱ سانتی‌متر) استفاده شد، اندازه‌گیری چربی بدن با استفاده از کالیپر Skin Fold Harpenden، مدل RH15 9LB با دقت ۰/۲ میلی‌متر، ساخت کشور انگلیس به روش چین‌پوستی سه‌نقطه‌ای جکسون - پولاک^۱ انجام شد. (جکسون و پولاک، ۱۹۸۵). برای این منظور ضخامت چربی زیرپوستی سه ناحیه سه‌سربازویی، تحت‌کتفی و فوق‌خاصره اندازه‌گیری شد.

$$0.03653 + (\text{سن} \times 0.03661) + (\text{مجموع سه نقطه}) \times 0.0112 - (\text{مجموع سه نقطه} \times 0.41563) = \text{درصد چربی بدن}$$

شاخص توده بدنی افراد با تقسیم وزن آزمودنی‌ها (به کیلوگرم) بر قد (به متر مربع) آن‌ها محاسبه شد. برای پایش ضربان قلب استراحتی و ضربان قلب در طول فعالیت، از ضربان سنج Beurer مدل M80 ساخت کشور آلمان استفاده شد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های خونی، نمونه‌های خونی در حالت ناشتا، ۴۸ ساعت پیش از انجام آزمون‌ها و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین تناوبی شدید (برای از بین بردن آثار حاد فعالیت ورزشی) گرفته شد. این اندازه‌گیری‌ها در آزمایشگاه غدد درون‌ریز و متابولیسم علوم پزشکی شهید بهشتی، بین ساعت ۹ تا ۱۰ صبح گرفته شد. نمونه‌های خونی بلافاصله با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، سانتریفیوژ شد. پلاسما به دست آمده برای اندازه‌گیری شاخص‌های خونی در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. اندازه‌گیری hs-CRP به روش الایزا و با استفاده از کیت تشخیص شرکت بیوشیمی آنتاریو-کانادا با درجه حساسیت ۰/۰۴ نانوگرم بر میلی‌لیتر انجام شد. برای اندازه‌گیری مقادیر پلاسمایی IL-6 از روش الایزا و از کیت مخصوص (ID ELISA Human IL-6 Canad Kit) استفاده شد. مقادیر TNF- α نیز با روش الایزا و کیت مخصوص (Human TNF- α ELISA Kit ID ELISA) اندازه‌گیری شد.

اطلاعات به دست آمده در این مطالعه براساس میانگین و انحراف استاندارد گزارش شده است. برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها و استخراج نتایج، ابتدا با استفاده از روش کولموگروف-اسمیرنوف توزیع نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. و با توجه به تایید آن، از آزمون‌های آماری پارامتریک استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) مخلوط بین‌گروهی و درون‌گروهی (گروه \times زمان) انجام گرفت. برای احراز برابری

^۱. Jackson, Pollock

واریانس‌های خطای بین‌گروهی نتایج آزمون لون (Levene's test) مورد بررسی قرار گرفت. سپس تفاوت بین گروه‌ها بررسی شد، در صورت معنی‌داری تفاوت بین گروه‌ها، به نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی مراجعه شد. مقدار خطا در سطح معنی‌داری ($P < 0/05$) محاسبه شد. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ صورت گرفت.

یافته‌ها

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد، توزیع تمام متغیرها نرمال است. جدول ۱ مشخصات فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها در هر گروه (میانگین \pm انحراف استاندارد) را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، چهار هفته اجرای HIIT در گروه HIIT1 منجر به کاهش معنی‌دار وزن، BMI و درصد چربی زیرپوستی در دختران غیر فعال دارای اضافه‌وزن و چاق شد ($p < 0/05$)، اما تغییرات قابل ملاحظه‌ای در نسبت دور کمر به لگن مشاهده نشد ($p > 0/05$) همچنین در گروه HIIT2 چهار هفته اجرای HIIT منجر به کاهش معنی‌دار وزن، BMI و درصد چربی زیرپوستی شد ($p < 0/05$). با این حال تغییرات قابل ملاحظه‌ای در نسبت دور کمر به لگن مشاهده نشد ($p > 0/05$). در گروه کنترل، در هیچ‌یک از متغیرها بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P \geq 0/05$).

جدول ۱. مشخصات فیزیولوژیکی آزمودنی‌ها

متغیرها	گروه HIIT1 (n=8)		گروه HIIT2 (n=8)		گروه کنترل (n=8)	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سن (سال)	۲۵/۳۷ \pm ۰/۷۴	-	۲۶/۶۲ \pm ۱/۳۰	-	۲۶/۲۵ \pm ۰/۸۶	-
قد (سانتی‌متر)	۱۶۲/۱۲ \pm ۲/۸۵	-	۱۵۹/۲۵ \pm ۵/۸۹	-	۱۶۰/۶۵ \pm ۳/۸۶	-
وزن (کیلوگرم)	۷۶/۰۳ \pm ۸/۰۹	۷۴/۷۸ \pm ۸/۲۷	۷۲/۴۷ \pm ۵/۱۲	۷۱/۲۶ \pm ۵/۱۲	۷۴/۸۵ \pm ۵/۸۶	۷۵/۱۲ \pm ۵/۹۱
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۲۸/۸۷ \pm ۲/۲۷	۲۸/۳۴ \pm ۲/۳۵	۲۸/۷۵ \pm ۱/۸۹	۲۸/۰۷ \pm ۱/۷۸	۲۸/۷۱ \pm ۱/۸۱	۲۸/۸۵ \pm ۱/۸۹
نسبت دور کمر به لگن	۰/۸۹ \pm ۰/۰۴	۰/۸۹ \pm ۰/۰۴	۰/۹۱ \pm ۰/۰۲	۰/۹۰ \pm ۰/۰۳	۰/۸۹ \pm ۰/۰۵	۰/۸۹ \pm ۰/۰۶
چربی بدن (درصد)	۳۰/۳۶ \pm ۲/۰۹	۲۹/۵۵ \pm ۲/۳۱	۳۰/۴۰ \pm ۱/۷۶	۲۹/۴۰ \pm ۱/۸۳	۲۹/۹۹ \pm ۲/۳۶	۳۰/۲۵ \pm ۲/۲۳

جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد متغیرها، اندازه اثر تمرین و سطح معنی‌داری تغییرات در پیش‌آزمون و پس‌آزمون را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد، در پیش‌آزمون بین هیچ‌کدام از گروه‌ها در هیچ‌یک از متغیرهای وابسته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0/05$). پس از چهار هفته تمرین میانگین hs-CRP تنها در گروه HIIT2 افزایش معنی‌داری را نشان داد ($p < 0/05$). بین گروه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



($p=0/377$). میانگین IL-6 تنها در گروه HIIT₂ کاهش معنی داری را نشان داد ($p<0/05$)، در گروه HIIT₁ و کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p>0/05$). در تغییرات بین گروهی، بین گروه HIIT₂ و گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده شد ($p=0/031$). بین گروه های تجربی تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p=0/068$). همچنین بین گروه HIIT₁ و کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p=0/093$). میانگین TNF- α تنها در گروه HIIT₂ کاهش معنی داری را نشان داد ($p<0/05$). در پس آزمون بین گروه HIIT₂ و گروه کنترل تفاوت معنی داری مشاهده شد ($p=0/042$). اما بین گروه های تمرین تناوبی تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p=0/211$). همچنین بین گروه HIIT₁ و کنترل تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p=0/081$).

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد متغیرها، اندازه اثر مداخله تمرینی و سطح معنی داری تغییرات درون گروهی

متغیرها	گروه ها	پیش از فعالیت	پس از فعالیت	اندازه اثر	P
hs-CRP (mg/l)	گروه HIIT ₁	2112/50 ± 744/80	2156/00 ± 1141/34	0/022	0/865
	گروه HIIT ₂	2003/25 ± 676/58	2173/75 ± 1373/89	0/078	*0/046
	گروه کنترل	2076 ± 532/5	2101/22 ± 814/2	0/018	0/916
IL-6 (pg/ml)	گروه HIIT ₁	6/49 ± 1/59	6/19 ± 2/29	0/075	0/123
	گروه HIIT ₂	6/68 ± 3/40	5/84 ± 2/20	0/145	*0/035
	گروه کنترل	6/56 ± 2/88	6/66 ± 4/12	0/014	0/321
TNF- α (pg/ml)	گروه HIIT ₁	18/92 ± 3/10	18/52 ± 2/11	0/075	0/419
	گروه HIIT ₂	20/01 ± 2/46	17/94 ± 3/70	0/312	*0/043
	گروه کنترل	19/66 ± 4/15	20/02 ± 3/99	0/044	0/531

*نشانه تفاوت معنی داری درون گروهی در سطح ($p<0/05$) پروتئین واکنش دهنده C با حساسیت بالا (hs-CRP)، اینترلوکین 6 (IL-6)، توکوز نکرروز دهنده آلفا (TNF- α)، کوهن اندازه اثر (0/2) پایین، (0/5) متوسط و (0/8) را بالا ذکر کرده است (پالنت، 2007).

بحث و نتیجه گیری

نتایج یافته های آماری پژوهش حاضر نشان داد که چهار هفته HIIT₂ (میان مدت) تاثیر بهینه و معنی داری بر TNF- α و IL-6 دارد. hs-CRP در گروه HIIT₂ افزایش معناداری نشان داد، اما بین گروه ها تفاوت معنی داری مشاهده نشد. شاخص های TNF- α و IL-6 تنها در گروه HIIT₂ کاهش معناداری داشتند. بین HIIT₂ و گروه

کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در حالی‌که بین گروه‌های تجربی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همراستا با نتایج این پژوهش بیگلو و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند ۸ هفته HIIT کوتاه‌مدت (۲۷ تکرار ۳۰ ثانیه ای با شدت ۸۰ تا ۱۰۰ درصد حداکثر اکسیژن اوج با ۳۰ ثانیه استراحت بین تکرارها) و HIIT بلندمدت (۴ تکرار ۴ دقیقه‌ای با ۷۵ تا ۹۰ درصد حداکثر اکسیژن اوج و ۴ دقیقه استراحت بین تکرارها) در بیماران با فشارخونی درجه یک، باعث کاهش IL-6 شد. این محققان علل کاهش IL-6 را کاهش وزن آزمودنی‌ها عنوان کرده‌اند. کاهش وزن باعث کاهش ماکروفاژهای بافت چربی شده و در نتیجه تولید IL-6 را کاهش می‌دهد. کاهش مقادیر TNF- α و IL-6 در مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل کاهش وزن و درصد چربی آزمودنی‌ها اتفاق افتاده است. در مغایرت با یافته‌های این پژوهش این محققان تغییری در CRP و پروفایل لیپیدی مشاهده نکردند. همچنین نتیجه‌ی این تحقیق نشان داد تمرین HIIT بدون توجه به مدت تمرین باعث بهبود شاخص‌های التهابی می‌شود. در حالی‌که مطالعه ما نشان می‌دهد HIIT کوتاه‌مدت و میان‌مدت تاثیر متفاوتی بر این شاخص‌ها دارند (بهمن بیگلو و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج یک مطالعه‌ی متاآنالیز نشان داد که تمرینات هوازی، تمرینات مقاومتی، تمرینات هوازی + مقاومتی و HIIT همگی سطوح IL-6، TNF- α و CRP را در سالمندان کاهش دادند. این محققان به این نتیجه رسیدند که اثرات بهبودی تمرین HIIT بر روی TNF- α بهتر از سه حالت تمرینی دیگر بود. در مطالعه حاضر نیز تاثیر کاهشی HIIT بلند مدت بر شاخص TNF- α (با اندازه اثر تمرین ۰/۳۱۲) بیشتر از IL-6 (با اندازه اثر تمرین ۰/۱۴۵) و CRP (با اندازه اثر تمرین ۰/۰۷۸) بود (زائو^۱ و همکاران، ۲۰۲۲).

آلن و همکارانش (۲۰۱۷) تاثیر ۹ هفته HIIT و تمرین سرعتی تناوبی طولانی‌مدت را بر شاخص‌های التهابی مردان غیرفعال سالمند بررسی کردند. CRP و TNF- α بدون تغییر باقی ماند. آن‌ها چنین نتیجه گرفتند زمانی که مدت زمان کل فعالیت با شدت‌های بالا یکسان باشد، تاثیر توزیع سرعت‌ها و دوره‌های استراحت فعال و غیرفعال تاچیز خواهد بود. احتمالاً تفاوت در تاثیر HIIT کوتاه‌مدت و میان‌مدت بر شاخص‌های التهابی در مطالعه‌ی حاضر، نابرابری مدت زمان کل دو نوع تمرین می‌باشد (آلن^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). کاسپاز و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر دو هفته HIIT بلندمدت (۶ وهله ۴ دقیقه‌ای با شدت ۸۹ درصد ضربان قلب بیشینه یا ۸۵ درصد VO2max با دو دقیقه استراحت بین وهله‌ها، ۳ جلسه در هفته) را در مردان چاق یا دارای اضافه‌وزن بر شاخص‌های التهابی بررسی کردند و تغییری در BMI و IL-6 مشاهده نکردند. این محققان عنوان کردند احتمالاً دوره فعالیت دو هفته‌ای برای ایجاد تغییر در این شاخص‌ها کافی نبوده است (کاسپار^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). پس می‌توان گفت تمرین HIIT₁ در مطالعه حاضر نیز احتمالاً محرک کافی برای تغییر مقادیر شاخص‌های التهابی نبوده است. احمدی‌زاد و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند ۶ هفته HIIT (سه روز در هفته، هشت وهله دویدن در مسیر مشخص با دو تا سه دقیقه استراحت بین وهله‌ها) تغییری در مقادیر IL-6، TNF- α در مردان غیرفعال دارای اضافه وزن ایجاد نکرد (احمدی‌زاد و همکاران، ۲۰۱۵).

1. Zhao

2. Allen

3. Kaspar



عباسی و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند تمرین HIIT یک روش موثری برای کاهش بیماری های التهابی و سلامت قلبی است. نتیجه تحقیق آن ها نشان داد ۱۲ هفته تمرین HIIT باعث کاهش CRP و بهبود ترکیب بدن در زنان چاق و دارای اضافه وزن می شود (عباسی و همکاران، ۲۰۲۲). در مقابل باتاکان و همکاران (۲۰۱۵) در یک مقاله مروری نشان دادند HIIT کوتاه مدت (کمتر از ۱۲ هفته) و بلندمدت (≤ 12 هفته) در افراد چاق و اضافه وزن و افراد سالم تاثیری بر پروفایل لیپیدی، CRP و IL-6 نداشت. بنابراین بیان کردند طول مدت و هله های تمرینی مهم ترین عامل تعیین مقادیر این شاخص ها است. و هله های کوتاه مدت علی رغم شدت بالا، احتمالاً به اندازه کافی طولانی نیستند تا بر مقادیر CRP و IL-6 تاثیر بگذارند. در مطالعه حاضر نیز و هله ی تمرینی بلندمدت در مقابل و هله ی تمرینی کوتاه مدت باعث تغییر در شاخص های التهابی شد (باتاکان و همکاران، ۲۰۱۷).

علمداری (۲۰۱۷) نشان داد ۸ هفته تمرین تناوبی شدید (سه جلسه در هفته یا شدت ۶۰ تا ۷۰ درصد حداکثر ضربان قلب) باعث کاهش مقدار CRP در مردان میانسال دارای سندرم متابولیک شد. این محقق علت کاهش CRP را کاهش چربی بدن در اثر تمرین عنوان کرد (آزالی علمداری، ۲۰۱۸). دلیل احتمالی که برای کاهش مقادیر CRP سرمی بعد از فعالیت ورزشی عنوان شده است، تاثیر مستقیم فعالیت ورزشی بر تولید سایتوکاین ها از بافت چربی و عضله است (جعفری و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین عنوان شده افراد چاق IL-6 بیشتری دارند که می تواند باعث تولید بیشتر CRP شود. بنابراین می توان گفت احتمالاً HIIT از طریق کاهش درصد چربی و وزن، افزایش حساسیت انسولینی و آدیپونکتین، بهبود عملکرد اندوتلیال و فراهمی نیتریک اکساید منجر به کاهش IL-6، TNF- α و در نهایت کاهش مقادیر CRP شود (جعفری و همکاران، ۲۰۲۰). در تحقیق حاضر با اینکه هر دو نوع تمرین باعث کاهش وزن، درصد چربی و BMI شده است، اما کاهش شاخص های التهابی IL-6، TNF- α فقط در گروه HIIT₂ مشاهده می شود. همچنین CRP در گروه HIIT₂ افزایش داشته و در گروه HIIT₁ تغییری پیدا نکرده است. در حالت کلی تفاوت در نتایج را می توان به تفاوت در آزمودنی ها، مدت زمان تمرین و نوع تمرین HIIT (کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت) نسبت داد. آمادگی بدنی نیز بر کاهش مقدار CRP تاثیر دارد، به طوری که در افرادی که کمترین آمادگی بدنی را دارند، بالاترین مقدار CRP مشاهده شده است (چارچ^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). همسو با مطالعه حاضر سرکوئریو و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند فعالیت شدید تناوبی باعث افزایش مقدار CRP بعد از فعالیت می شود (سرکوایرا^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). پترسن و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند این نشانگر التهابی در حذف تولیدات باکتریایی و سلول های آسیب دیده، به عنوان یک پاک کننده عمل می کند و در سرکوب سنتز سایتوکاین های پیش التهابی از ماکروفاژهای بافتی و تحریک تولید سایتوکاین های ضد التهابی نقش دارد (پترسن و پدرسن، ۲۰۰۵).

1. Church

2. Cerqueira

نتیجه گیری

از آنجایی که فعالیت HIIT به حداقل زمان نیاز دارد، ممکن است یک جایگزین کارآمد برای MICT باشد که معمولاً برای بهبود سلامت قلبی توصیه می‌شود. به نظر می‌رسد تمرینات HIIT میان‌مدت (۶۰ ثانیه‌ای) در مقایسه با کوتاه‌مدت (۳۰ ثانیه‌ای) مقادیر شاخص‌های التهابی را در دختران دارای اضافه وزن و چاق کاهش می‌دهد که می‌تواند در کاهش میزان ابتلای این افراد به بیماری‌های قلبی و متابولیک نقش داشته باشد. از طرفی HIIT میان‌مدت، باعث افزایش میزان hs-CRP شده است. بنابراین برای روشن‌تر شدن تاثیر HIIT بر شاخص‌های التهابی نیاز به تحقیقات بیشتری است.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تهران می‌باشد. از تمام افرادی که در این تحقیق با ما همکاری کرده‌اند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.



Reference

- Abassi, W., Ouerghi, N., Nikolaidis, P. T., Hill, L., Racil, G., Knechtle, B., Bouassida, A. (2022). Interval training with different intensities in overweight/obese adolescent females. *Int J Sports Med*, 43(05), 434-443.
- Ahmadizad, S., Avansar, A. S., Ebrahim, K., Avandi, M., Ghasemikaram, M. (2015). The effects of short-term high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on plasma levels of nesfatin-1 and inflammatory markers. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, 21(3), 165-173.
- Akbari, A. M. H., Khalafi, M., Moghadami, K. (2018). The effect of two types of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on serum TNF- α and IL-10 levels in obese male rats. *Applied health studies in exercise physiology*, 6(1), 86-93.
- Allen, N. G., Higham, S. M., Mendham, A. E., Kastelein, T. E., Larsen, P. S., & Duffield, R. (2017). The effect of high-intensity aerobic interval training on markers of systemic inflammation in sedentary populations. *European Journal of Applied Physiology*, 1(17), 1249-1256.
- Andarianto, A., Rejeki, P., Sakina, Pranoto, A., Seputra, T. A., Sugiharto, & Miftahussurur, M. J. C. E. P. (2022). Inflammatory markers in response to interval and continuous exercise in obese women. *Comparative Exercise Physiology*: 18(2), 135-142.
- Azali Alamdari, K. J. (2018). Effects of 8 weeks of high intensity interval and moderate intensity continuous training on serum ICAM-1, CRP and cardiometabolic risk factors in middle-aged men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, 6(12), 83-101.
- Bahmanbeglou, N. A., Ebrahim, K., Maleki, M., Nikpajouh, A., Ahmadizad, S. (2019). Short-duration high-intensity interval exercise training is more effective than long duration for blood pressure and arterial stiffness but not for inflammatory markers and lipid profiles in patients with stage 1 hypertension. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 39(1), 50-55.
- Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*, 51(6), 494-503.
- Borg, G. (1976). Simple rating methods for estimation of perceived exertion. *Physical work and effort*, 39-46.
- Cassidy, S., Thoma, C., Houghton, D., & Trenell, M. (2017). High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*, 60(1), 7-23.
- Cerqueira, É., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Lourenço, O. (2020). Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise—A systematic review. *Front. Physiol*, 10, 1550.
- Church, T. S., Barlow, C. E., Earnest, C. P., Kampert, J. B., Priest, E. L., Blair, S. N. (2002). Associations between cardiorespiratory fitness and C-reactive protein in men. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 22(11), 1869-1876.

- Delpisheh ,A., & Safarzade, A. (2022). The Effect of High-Intensity Interval Training on the Adiponectin and TNF- α Levels of Serum and Adipose Tissues in Rats Fed with a High-Fat Diet Plus Sucrose Solution. *Shiraz E-Med J ; 23(9):e119373.*(In Persian).
- Gerosa-Neto, J., Antunes, B. M., Campos, E. Z., Rodrigues, J., Ferrari, G. D., Neto, J. C. R., Lira, F. S. (2016). Impact of long-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults. *J Exerc Rehabil, 12(6),575* .
- Ghafari, Z., Mogharnasi, M., Ghahremani, R. (2020). The effect of six weeks of High-intensity interval training (HIIT) and fenugreek supplementation on plasma CRP and cortisol in overweight and obese women. *Journal of Sport and Biomotor Sciences, 24(24), 1-10* .
- Gillen, J. B., Gibala, M. J. (2014) . Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied physiology, nutrition, and metabolism, 39(3), 409-412.*
- Gonzalo-Encabo, P., Maldonado, G., Valadés, D., Ferragut, C., Pérez-López, A. (2021). The role of exercise training on low-grade systemic inflammation in adults with overweight and obesity: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(24), 13258.*
- Homae, H. M., Moradi, L., Azarbayjani, M. A., & Peeri ,M. (2014). Effect of high intensity exercise training (HIIT) and endurance training on weight loss and C-reactive protein in obese men. *International Journal of Biosciences, 4, 190-196.*
- Hemati Nafar, M., Kordi, M.R., Chubineh, S., Chubineh, S. (2014). The effect of six-weeks high intensity interval training (hiit) on fibrinolytic factors (t-PA, PAI-1& t-PA/PAI-1) in sedentary young men. *Journal of Sport Biosciences,5(3),77-89.*
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1985). Practical assessment of body-composition. *Physician and Sportsmedicine, 13(5), 76-90.*
- Karstoft, K., Pedersen, B. K. (2016). Exercise and type 2 diabetes: focus on metabolism and inflammation. *Immunology and cell biology, 94(2), 146-150.*
- Kaspar, F., Jelinek, H. F., Perkins, S., Al-Aubaidy, H. A., Dejong, B., & Butkowski, E. (2016). Acute-phase inflammatory response to single-bout HIIT and endurance training: a comparative study. *Mediators of inflammation, 2016.*
- Khammassi, M., Ouerghi, N., Hadj-Taieb, S., Feki, M., Thivel, D., & Bouassida, A. (2018). Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *Journal of exercise rehabilitation, 14(1), 118.*
- Leggate, M., Carter, W. G., Evans, M. J., Vennard, R. A., Sribala-Sundaram, S., & Nimmo ,M. (2012). Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. *Journal of Applied Physiology, 112(8), 1353-1360.*
- Lira, F. S., Antunes, B. d. M., Seelaender, M., Neto, J. (2015). The therapeutic potential of exercise to treat cachexia. *Current opinion in supportive and palliative care, 9(4), 317-324.*



- MacLaren, D., & Morton, J. (2011). *Biochemistry for sport and exercise metabolism*: John Wiley & Sons.
- Meirelles, L. R. d., Matsuura, C., Resende, A. d. C., Salgado, Â. A., Pereira, N. R., Coscarelli, P. G., Brunini, T. (2014). Chronic exercise leads to antiaggregant, antioxidant and anti-inflammatory effects in heart failure patients. *European journal of preventive cardiology*, 21(10), 1225-1233.
- Nasri, M., Taghian, F. (2020). Effect of high intensity interval training and use of *Echium amoenum* on serum ferritin and CRP levels in overweight and obese women. *Gynecology, & Infertility*. 23(1), 79-87.
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual: A step-by-step guide to data analysis using SPSS version 15*. Maidenhead, Berkshire, England: McGraw-Hill Education.
- Paolucci, E. M., Loukov, D., Bowdish, D. M., & Heisz, J. (2018). Exercise reduces depression and inflammation but intensity matters. *Biological psychology*, 133, 79-84.
- Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of applied physiology*, 98(4), 1154-1162.
- Quiroga, R., Nistal, E., Estébanez, B., Porras, D., Juárez-Fernández, M., Martínez-Flórez, S., Sánchez-Campos. (2020). Exercise training modulates the gut microbiota profile and impairs inflammatory signaling pathways in obese children. *Experimental molecular medicine*, 52(7), 1048-1061.
- Shariatzadeh M, M. Z., Maleki L, Keshavarz E, Hedayati M. (2016) . Short-term effect of two types of high-intensity interval training on plasma levels of $TNF-\alpha$, IL-6, CRP and lipid profile in overweight women. *Sports Biology Journal*, 9(2), 195-207 doi:10.22059/jsb.2017.128575.963
- Vella, C. A., Taylor, K., & Drummer, D. (2017). High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. *European journal of sport science*, 17(9), 1203-1211.
- Viana, R. B., de Lira, C. A. B., Naves, J. P. A., Coswig, V. S., Del Vecchio, F. B., Ramirez-Campillo, R., Gentil, P. (2018). Can we draw general conclusions from interval training studies? *Sports Medicine* , 48(9), 2001-2009.
- Villar-Fincheira, P., Sanhueza-Olivares, F., Norambuena-Soto, I., Cancino-Arenas, N., Hernandez-Vargas, F., Troncoso, R., Chiong, M. (2021). Role of interleukin-6 in vascular health and disease. *Frontiers in molecular biosciences*, 8, 641734.
- Zhao, H., He, Z., Yun, H., Wang, R., Liu, C. (2022). A Meta-Analysis of the Effects of Different Exercise Modes on Inflammatory Response in the Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), 10451.