

Research Paper

Comparison of the effect of eight weeks of intense and continuous interval training on serum levels of tumor necrosis factor alpha and mental health in men with metabolic syndrome

Gholamhasan Jafarzadeh^{1*}, Ahmad Valizadeh²

1. Assistant Professor of Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

2. Faculty Member, Department of Physical Education and Sport Science, National University of Skills (NUS), Tehran, Iran

Received: 2025/01/15

Accepted: 2025/01/19

PP:10-21

Use your device to scan and read the article online



DOI:

[10.71852/pss.2025.1196544](https://doi.org/10.71852/pss.2025.1196544)

Keywords:

Metabolic syndrome, high-intensity interval training, continuous training, TNF- α , happiness

Abstract

Introduction: Metabolic syndrome is a pro-inflammatory condition that is increasingly prevalent worldwide and is a major risk factor for type 2 diabetes and cardiovascular disease. Recently, studies have been conducted on the relationships between inflammation, mental health, quality of life, and other diseases.

Methodology: The present study was an applied and quasi-experimental study that included pre-test and post-test with a control group and two experimental groups. The subjects of the present study were 36 men with metabolic syndrome who were randomly divided into three groups: high-intensity interval training, continuous training, and control (n=12). The Oxford Happiness Questionnaire (OHQ) was used to measure mental health. Blood sampling was performed from all subjects in two stages, one 24 hours before the start of the training and the other 48 hours after the last training session.

Results: Changes in TNF- α and happiness were significant when compared within the groups of high-intensity interval training ($P=0.001$ and $p=0.001$, respectively) and continuous training ($P=0.024$ and $p=0.001$, respectively). Also, in the high-intensity interval training group, the decrease in blood triglycerides ($P=0.023$) and tumor necrosis factor alpha levels ($P=0.001$) and the increase in happiness ($P=0.001$) were significant compared to the continuous training group. However, no significant difference was observed in other variables evaluated in the study between the high-intensity interval training and continuous training groups.

Conclusion: High-intensity interval training improved happiness in people with metabolic syndrome by further reducing TNF- α levels.

Citation: Jafarzadeh Gholamhasan, Valizadeh Ahmad. (2025) .Comparison of the effect of eight weeks of intense and continuous interval training on serum levels of tumor necrosis factor alpha and mental health in men with metabolic syndrome. Journal of psychophysiology Studies in Sports; 2(1):10-21

Corresponding author: Gholamhasan Jafarzadeh

Address: Assistant Professor of Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.

Tell: 09169714048

Email: jafarzadehasan@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction:

Metabolic syndrome (MetS), a major health problem worldwide, is a multiple risk factor for atherosclerotic cardiovascular disease and type 2 diabetes. The association between MetS and systemic inflammation is increasingly recognized. Excessive energy intake and obesity are associated with low-grade systemic inflammation. Excess adipocytes release a variety of inflammatory cytokines, such as tumor necrosis factor alpha (TNF- α), which recruit macrophages to adipose tissue and further stimulate cytokine secretion. This inflammatory condition may induce insulin resistance in skeletal muscle and lead to blood glucose abnormalities. Inflammation is known to be a factor associated with mental health and quality of life. Many studies have been conducted on the relationship between depression and inflammation. Therefore, managing inflammation is crucial for maintaining mental health and quality of life. Physical activity and exercise play a very important role in reducing inflammation and oxidation in the body and increasing the level of happiness in people.

Methods:

The present study was an applied and quasi-experimental study that included a pre-test and post-test with a control group and two experimental groups. The subjects of the present study included 36 men with metabolic syndrome. None of the subjects had a history of participating in regular physical activity during the past year and participated in the present study as subjects after being fully informed about the research method and filling out the relevant consent form. The ATPIII criteria were used to screen and identify metabolic risk indicators. The study subjects were randomly divided into three groups: high-intensity interval training, continuous training, and control (n=12). The high-intensity interval training group training program included 3 sessions of 25-minute HIIT activity during the week and continued for 8 weeks. The continuous training (endurance) program included 3 sessions of 40-minute running activity during the week and continued for 8 weeks. To assess the mental health of the subjects in the three groups of the present study, they filled out the Oxford Happiness Questionnaire (OHQ) at the beginning of the study and after 8 weeks of exercise training. Blood sampling was performed from all subjects in two stages, one 24 hours before the start of the training and the other 48 hours after the last training session. Plasma blood glucose levels were measured by the glucose oxidase method and lipid profile by the standard enzymatic method using an autoanalyzer. Plasma TNF- α levels were measured by the ELISA method using a special human kit for measuring TNF- α levels and using an ELISA reader. To examine the changes between groups, one-way

analysis of variance was used, and for comparison within groups, paired t-test was used. The significance level was considered to be $p \geq 0.05$.

Results:

The Kolmogorov-Smirnov test was used to determine the normality of the data. The results of this test showed that the distribution of all data was normal. The Levene test was used to determine the equality of variances of the data. The results of this test showed that the variances of the distribution of all variables were homogeneous. The results of the paired t-test showed that the intervention in both the high-intensity interval training and continuous training groups caused a significant decrease in blood pressure, triglycerides, body mass index, weight, waist circumference, and body fat percentage and a significant increase in HDL levels ($p \geq 0.05$). The changes in TNF- α were significant when compared within the high-intensity interval training ($p=0.001$) and continuous training ($p=0.024$) groups. In addition, the changes in happiness were also significant when compared within the high-intensity interval training ($p=0.001$) and continuous training ($p=0.001$) groups. The results of the one-way analysis of variance statistical test when examining the changes between groups show that in the high-intensity interval training group, the reduction in blood triglycerides ($p=0.023$) and tumor necrosis factor alpha levels ($p=0.001$) and the increase in happiness ($p=0.001$) were significant compared to the continuous training group. However, in other variables evaluated in the study, no significant difference was observed between the two high-intensity interval training and continuous training groups.

Conclusion:

The results of this study showed that both high-intensity interval training (HIIT) and continuous training (MICT) reduced tumor necrosis factor alpha (TNF- α) levels and increased happiness in men with metabolic syndrome (MetS). These findings suggest that physical activity can be used as an effective tool to improve the inflammatory status and mental health in these individuals. In addition, the results of this study showed that there was a significant difference between the levels of tumor necrosis factor alpha (TNF- α) and happiness between the high-intensity interval training (HIIT) group and the continuous training (MICT) group. In fact, the effect of HIIT was greater and better. High levels of TNF- α can increase stress and depression. These effects may be due to stimulation of the central nervous system (CNS) and increased secretion of stress hormones such as cortisol. Chronic inflammation can increase TNF- α levels, which in turn can have negative effects on happiness. Therefore, controlling and reducing chronic inflammation can help

improve happiness. Therefore, in the present study, high-intensity interval training, by further reducing TNF- α levels in people with metabolic syndrome,

has led to an increase and better improvement in their happiness.

مقاله پژوهشی

مقایسه اثر هشت هفته تمرین تناوبی شدید و تداومی بر سطوح سرمی فاکتور نکروز
تومور آلفا و سلامت روانی در مردان مبتلا به سندروم متابولیکغلامحسین جعفرزاده^{۱*}، احمد ولی زاده^۲

۱. استادیار، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران

۲. عضو هیأت علمی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۳۰

شماره صفحات: ۲۱-۱۰

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن
مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:

[10.71852/pss.2025.1196544](https://doi.org/10.71852/pss.2025.1196544)

واژه‌های کلیدی:

سندروم متابولیک، تمرین تناوبی شدید، تمرین
تداومی، TNF- α ، شادکامی

چکیده

مقدمه و هدف: سندروم متابولیک، یک حالت پیش‌التهابی که به طور فزاینده‌ای در سراسر جهان رایج شده است و یک عامل خطر اصلی برای دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی-عروقی است. اخیراً مطالعاتی در مورد روابط بین التهاب، سلامت روان، کیفیت زندگی و سایر بیماری‌ها انجام شده است.

روش شناسی پژوهش: مطالعه حاضر از نوع کاربردی و به روش نیمه تجربی بود که شامل پیش‌آزمون و پس‌آزمون با یک گروه کنترل و دو گروه تجربی می‌باشد. آزمودنی‌های پژوهش حاضر ۳۶ مرد مبتلا به سندروم متابولیک بودند که به صورت تصادفی در سه گروه تمرین تناوبی شدید، تمرین تداومی و کنترل تقسیم شدند ($n=12$). برای سنجش سلامت روان از پرسشنامه شادکامی آکسفورد (OHQ) استفاده شد. نمونه‌گیری خونی از تمام آزمودنی‌ها طی دو مرحله، یکی ۲۴ ساعت پیش از شروع تمرینات و دیگری ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرینی به عمل آمد.

یافته‌ها: تغییرات TNF- α و شادکامی هنگام مقایسه درون‌گروهی در گروه‌های تمرین تناوبی شدید (به ترتیب $P=0/001$ و $P=0/001$) و تمرین تداومی (به ترتیب $P=0/024$ و $P=0/001$) معنادار بود. همچنین در گروه تمرین تناوبی شدید نسبت به گروه تمرین تداومی میزان کاهش تری‌گلیسیرید خون ($P=0/023$) و سطوح فاکتور نکروز تومور آلفا ($P=0/001$) و میزان افزایش شادکامی ($P=0/001$) معنادار بوده است. اما در سایر متغیرهای مورد ارزیابی در تحقیق تفاوت معناداری در بین دو گروه تمرین تناوبی شدید و تداومی مشاهده نشد.

بحث و نتیجه‌گیری: سطوح بالای TNF- α می‌تواند باعث افزایش استرس و افسردگی شود. این اثرات می‌تواند به واسطه تحریک سیستم عصبی مرکزی (CNS) و افزایش ترشح هورمون‌های استرسی مانند کورتیزول باشد. التهاب مزمن می‌تواند باعث افزایش سطوح TNF- α شود، که به نوبه خود می‌تواند تأثیرات منفی بر شادکامی داشته باشد. بنابراین، کنترل و کاهش التهاب مزمن می‌تواند به بهبود شادکامی کمک کند. تمرینات تناوبی شدید با کاهش هرچه بیشتر سطوح TNF- α در افراد مبتلا به سندروم متابولیک موجب بهبود شادکامی آنها شده است.

استناد: جعفرزاده غلامحسین، ولی زاده احمد (۱۴۰۴). مقایسه اثر هشت هفته تمرین تناوبی شدید و تداومی بر سطوح سرمی فاکتور نکروز تومور آلفا و سلامت روانی در مردان مبتلا به سندروم متابولیک، فصلنامه مطالعات سایکوفیزیولوژی در ورزش ۲ (۱): ۲۱-۱۰

* نویسنده مسئول: غلامحسین جعفرزاده

نشانی: استادیار، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران

تلفن: ۰۹۱۶۹۷۱۴۰۴۸

پست الکترونیکی: jafarzadehasan@yahoo.com

مقدمه

سندروم متابولیک (MetS)، یک مشکل عمده بهداشتی در سراسر جهان، یک عامل خطر چندگانه برای بیماری‌های قلبی-عروقی آترواسکروتنیک و دیابت نوع ۲ است. سندروم شامل پنج مؤلفه است: چاقی شکمی، افزایش تری‌گلیسیرید و گلوکز سرم، افزایش فشار خون، و کاهش سطح کلسترول لیپوپروتئین با چگالی بالا (HDL) وجود سه یا بیشتر از این مؤلفه‌ها به تشخیص بالینی منجر می‌شود (کیم^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

ارتباط بین MetS و التهاب سیستمیک به طور فزاینده‌ای شناخته شده است (گروندی^۲، ۲۰۱۶). مصرف بیش از حد انرژی و چاقی با التهاب سیستمیک کم‌درجه مرتبط هستند (لیومنگ و سالتیل^۳، ۲۰۱۱). تحت این شرایط، سلول‌های متابولیک فرآیند التهابی سیستمیک را هماهنگ می‌کنند. آدیپوسیت‌های اضافی انواع مختلفی از سایتوکاین‌های التهابی مانند اینترلوکین-۶ (IL-6)، فاکتور نکروز تومور آلفا (TNF-α)، و پروتئین شیمیایی جذب مونوسیت-۱ را آزاد می‌کنند که ماکروفاژها را به بافت چربی جلب کرده و ترشح سایتوکاین‌ها را بیشتر تحریک می‌کنند. این شرایط التهابی ممکن است مقاومت به انسولین در عضله اسکلتی را القا کرده و به اختلالات گلوکز خون منجر شود (ویسر^۴ و همکاران، ۲۰۱۳) و همچنین ممکن است به تمایز ماکروفاژها، اکسیداسیون کلسترول با چگالی پایین، و تشکیل فوم چربی در لایه‌های داخلی شریان منجر شود که نتیجه آن آترواسکروزیس است. بنابراین، التهاب با افزایش احتمال بروز یک رویداد قلبی-عروقی حاد مرتبط است (لایبی^۵، ۲۰۱۲ و هانسون^۶ و همکاران، ۲۰۱۵).

TNF-α هم یکی از سایتوکاین‌های پیش التهابی است که می‌تواند در فرآیند التهاب نقش داشته باشد و میزان افزایش یافته آن با حالت التهابی در افراد دارای سندروم متابولیک همراه است (بنت^۷ و همکاران، ۲۰۱۴). بیان ژن این سایتوکاین عمدتاً در بافت چربی، لنفوسیت‌ها و فیبروبلاست‌ها مشاهده شده است. TNF-α موجب اختلال در مسیر پیام‌رسانی انسولین از جمله فسفوریلاسیون پروتئین سوپرسترای گیرنده انسولین IRS می‌شود و در حالت‌های پاتولوژیک از قبیل التهاب مزمن و شروع واکنش‌های مرحله حاد بوسیله افزایش بقای سیگنالینگ التهابی و تحریک مرگ سلولی بویژه نکروز و آپوپتوز سلول‌های توموری نقش دارد (آن^۸ و همکاران، ۲۰۱۵).

التهاب به عنوان یک عامل مرتبط با سلامت روانی (سیراتس^۹ و همکاران، ۲۰۱۷؛ طباطبائی زاده^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷؛ نیود^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۸) و کیفیت زندگی شناخته شده است (نواکوسکی^{۱۲}، ۲۰۱۴؛ نواکوسکی^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۷). شرایط روانی به سیستم‌های اندوکراین و ایمنی مرتبط هستند، به ویژه التهاب و تنظیم محور HPA استرس پاسخ التهابی را تقویت می‌کند و بر محور HPA تأثیر می‌گذارد و به تنظیم ضد التهابی منجر می‌شود (سیراتس و همکاران، ۲۰۱۷؛ ملهم^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعات زیادی در مورد رابطه بین افسردگی و التهاب انجام شده است و این رابطه پیچیده و تعاملی در نظر گرفته می‌شود (لئونارد^{۱۵}، ۲۰۱۸؛ وایت^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۷). به ویژه، افسردگی مرتبط با افزایش التهاب با افکار و تلاش‌های خودکشی مرتبط است. علاوه بر این، التهاب ممکن است کیفیت زندگی را به دلیل کاهش شادی کاهش دهد. بنابراین، مدیریت التهاب برای حفظ سلامت روانی و کیفیت زندگی بسیار مهم است (نواکوسکی، ۲۰۱۴).

برخی تحقیقات عدم فعالیت بدنی را (جدای از بحث اضافه وزن و چاقی) با اختلالات چربی‌های پلاسما و مقاومت به انسولین و افزایش سطوح شاخص‌های التهابی مرتبط می‌دانند. ورزش و فعالیت بدنی ابزار درمانی غیردارویی قدرتمندی برای کاهش چاقی و پیشگیری از اضافه وزن است که در تعدیل مقاومت به انسولین و کاهش پیشرفت عفونت‌ها و التهاب مزمن و بسیاری اختلالات متابولیکی مؤثر می‌باشد (سلیمی آوانسر^{۱۷}، ۲۰۱۷). لاوی^{۱۸} و همکاران نیز به این نتیجه رسیدند که فعالیت بدنی و ورزش نقش بسیار مهمی در کاهش التهاب و اکسیداسیون در بدن دارد، چرا که بدن‌بال فعالیت بدنی نوع سلول‌های سیستم ایمنی که عمدتاً در اطراف دستگاه گوارش بالغ می‌شوند تغییر می‌کند و در نتیجه بدن‌بال این مسئله از میزان التهاب در بدن کاسته می‌شود (لاوی و همکاران، ۲۰۱۱). کاظمی و همکاران نیز گزارش کردند که ۸ هفته

10 Tabatabaeizadeh
11 Naude
12 Nowakowski
13 Nowakowski
14 Melhem
15 Leonard
16 White
17 Salimi Avansar
18 Lavie

1 Kim
2 Grundy
3 Lumeng & Saltiel
4 Wieser
5 Libby
6 Hansson
7 Bennett
8 An
9 Serrats

تمرین تناوبی با شدت بالا توانسته سطوح $\text{TNF-}\alpha$ و انسولین را در کودکان دارای اضافه وزن بطور معنی داری کاهش دهد (کاظمی و همکاران، ۲۰۱۶).

نظر به این که سندروم متابولیک و بیماری‌های زمینه‌ای آن نقش مهمی در ایجاد التهاب دارند و نقش التهاب در سلامت روانی افراد بسیار حائز اهمیت است و کنترل سندروم متابولیک و کاهش فاکتورهای التهابی می‌تواند نقش مهمی در بهبود سلامت روانی افراد مبتلا سندروم متابولیک داشته باشد لذا ما در این مطالعه به دنبال بررسی و مقایسه اثر تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی بر فاکتور نکروز تومور آلفا و سلامت روان در مردان مبتلا به سندروم متابولیک خواهیم بود.

روش شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از نوع کاربردی و به روش نیمه تجربی بوده که شامل پیش آزمون و پس آزمون با یک گروه کنترل و دو گروه تجربی می‌باشد. آزمودنی‌های پژوهش حاضر شامل ۳۶ مرد مبتلا به سندروم متابولیک (با میانگین سنی $38 \pm 4/6$ سال) بودند که توسط پزشک از لحاظ سوابق بیماری و ناراحتی‌های جسمانی، مشکلات روانشناختی، خواب و فشارخون معاینه شدند و در صورت نیاز از برخی از آنها تست سلامت قلب به عمل آمد. هیچ یک از آزمودنی‌ها در طی یک سال گذشته، سابقه شرکت در فعالیت بدنی منظم نداشتند و پس از آگاهی کامل از روش اجرای تحقیق و پر کردن فرم رضایت نامه مربوطه، به عنوان آزمودنی در تحقیق حاضر شرکت کردند. به جهت غربالگری و شناسایی شاخص‌های خطر متابولیک از ملاک ATPIII^1 استفاده شد. داوطلبان شرکت در تحقیق در صورت دارا بودن سه و یا بیش از سه شاخص خطر متابولیک و بر اساس ملاک ATPIII ، به عنوان آزمودنی مبتلا به سندروم متابولیک در تحقیق شناخته شدند. شاخص‌های خطر برای سندروم متابولیک عبارت بودند از: دور کمر بیش از ۹۴ سانتیمتر، تری‌گلیسرید خون بیش از ۱۵۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، HDL خون کمتر از ۴۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، فشار خون بیش از ۱۳۰/۸۵ میلی‌متر جیوه و گلوکز خون بیش از ناشتای بالاتر از ۱۱۰ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر.

همچنین آزمودنی‌های گروه‌های تحقیق قبل از شروع برنامه‌های تمرینی (ابتدا، اواسط و انتهای هفته) مواد غذایی مصرفی روزانه خود را در برگه یادداشت ثبت نمودند و سپس کالری مواد غذایی مصرف شده در صبحانه، میان وعده‌ها، نهار و شام توسط نرم‌افزار N\$ محاسبه شد که نتایج آن نشان دهنده عدم تفاوت معنادار در مقدار کالری مصرفی بین گروه‌ها بود (اوصالی و اسکندری، ۲۰۱۶).

آزمودنی‌های مطالعه به صورت تصادفی در سه گروه تمرین تناوبی شدید، تمرین تداومی و کنترل تقسیم شدند ($n=12$). برنامه تمرینی گروه تناوبی شدید شامل ۳ جلسه فعالیت ۲۵ دقیقه‌ای HIIT در طول هفته بود که بر اساس پروتکل راموس^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام شد و به مدت ۸ هفته ادامه یافت. با توجه به ساختار کلی تمرینات تناوبی شدید هر جلسه فعالیت شامل ۵ دقیقه گرم کردن، ۲۵ دقیقه فعالیت اصلی و ۵ دقیقه سرد کردن بود. همچنین با در نظر گرفتن این مسأله که میانگین ضربان قلب ناشی از تمرینات تناوبی شدید بین ۷۰ تا ۹۰٪ HRmax است ($\text{HRmax} = 208 - 0.7 \times \text{age}$) در هر جلسه از تمرین، فعالیت آزمودنی‌ها پس از گرم کردن به این ترتیب بود که افراد در تمرینات اصلی به مدت ۴ دقیقه (با تقریباً ۷۰ درصد HRmax) ضربان قلب بیشینه (که طبق اصل اضافه بار هر دو هفته ۵ درصد به شدت تمرین اضافه شد و به شدت ۸۵ درصد ضربان قلب بیشینه تا پایان ۸ هفته رسید) با سرعت زیاد دویدند و به دنبال دویدن (با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب بیشینه به آرامی به مدت ۳ دقیقه دویدند و این چرخه ۷ دقیقه‌ای به طور متوالی ۴ بار در هر وهله تمرینی تکرار شد (راموس و همکاران، ۲۰۱۵).

جدول ۱- پروتکل تمرینات تناوبی شدید

هفته ها	تعداد تناوب	فعالیت (دقیقه)	استراحت فعال (دقیقه)	شدت (درصد ضربان قلب)	شدت استراحت فعال (درصد ضربان قلب)	پروتکل (دقیقه)
اول	۴	۴	۳	۷۰	۵۰	۲۵
دوم	۴	۴	۳	۷۰	۵۵	۲۵
سوم	۴	۴	۳	۷۵	۶۰	۲۵
چهارم	۴	۴	۳	۷۵	۶۰	۲۵
پنجم	۴	۴	۳	۸۰	۶۰	۲۵
ششم	۴	۴	۳	۸۰	۶۰	۲۵
هفتم	۴	۴	۳	۸۵	۶۰	۲۵
هشتم	۴	۴	۳	۸۵	۶۰	۲۵

برنامه تمرینات تداومی (استقامتی) شامل ۳ جلسه فعالیت ۴۰ دقیقه‌ای دویدن در طول هفته بود که بر اساس پروتکل تمرینی داسیلوا و همکاران در سال ۲۰۲۰ انجام شد و به مدت ۸ هفته ادامه یافت. آزمودنی‌ها برنامه تمرینی را در هفته اول با ۲۰ دقیقه دویدن تداومی با شدت

۱۲ در شاخص درک فشار بزرگ (شاخص ۲۰ نمره‌ای) آغاز کرد. سپس، تا هفته ششم هر هفته به صورت تقریبی ۱۰ درصد به مدت زمان دویدن اضافه شد به طوریکه در هفته ششم برنامه تمرینی گروه تداومی شامل ۴۰ دقیقه دویدن تداومی با شدت ۱۲ در شاخص درک فشار بزرگ بود. در دو هفته پایانی (هفته هفتم و هشتم)، مدت تمرین ثابت مانده و بر شدت تمرین افزوده شد به گونه‌ای که در هفته هفتم برنامه تمرینی شامل ۴۰ دقیقه دویدن تداومی با شدت ۱۳ در مقیاس درک فشار بزرگ و در هفته هشتم برنامه تمرینی شامل ۴۰ دقیقه دویدن با شدت ۱۳ تا ۱۴ در مقیاس درک فشار بزرگ بود. لازم به ذکر است که طراحی برنامه تمرین تداومی در پژوهش حاضر و چگونگی اعمال اضافه بار و کنترل شدت تمرین بر مبنای توصیه کالج آمریکایی طب ورزش (ACSM) بود (تمامی آزمودنی‌های گروه‌های تمرینی و کنترل حاضر در مطالعه در طول دوره حضور داشته و از مطالعه حذف نشدند).

جدول ۲- پروتکل تمرینات تداومی

هفته ها	زمان فعالیت (دقیقه)	شدت فعالیت (شاخص درک فشار بزرگ)	تعداد جلسات در هفته
اول	۲۰	۱۲	۳
دوم	۲۳	۱۲	۳
سوم	۲۷	۱۲	۳
چهارم	۳۱	۱۲	۳
پنجم	۳۵	۱۲	۳
ششم	۴۰	۱۲	۳
هفتم	۴۰	۱۳	۳
هشتم	۴۰	۱۳-۱۴	۳

سلامت روان

برای سنجش سلامت روان آزمودنی‌های گروه‌های سه گانه تحقیق حاضر در ابتدای تحقیق و پس از ۸ هفته اجرای تمرینات ورزشی پرسشنامه شادکامی آکسفورد (OHQ) را پر کردند. این پرسشنامه در سال ۱۹۸۹ توسط آرجیل، مارتین و کراسلند ساخته شد. شیوه ساخت آن به این گونه بود که این پژوهشگران از طریق رایزنی با آرون تی بک، جملات مقیاس افسردگی بک را وارونه کردند و ۲۱ گویه به دست آمد. سپس ۱۱ ماده به این ۲۱ ماده افزوده شد و در نهایت با بررسی‌های نهایی مقیاس ۲۹ گویه‌ای پرسشنامه شادکامی آکسفورد (OHI) پدید آمد. همچنین در سال‌های بعد این پرسشنامه تغییراتی یافت و با نام oxford happiness questionnaire یا با اختصار OHQ منتشر شد. پرسشنامه استفاده شده در این تحقیق ترجمه پرسشنامه oxford happiness questionnaire است.

(برگرفته از سایت <https://www.happiness-survey.com>).

این پرسشنامه شامل ۲۹ عبارت چهار گزینه‌ای است که نمره‌گذاری گزینه‌های هر عبارت به ترتیب عبارت است از:

الف: ۰ ب: ۱ ج: ۲ د: ۳

بدین ترتیب بالاترین نمره‌ای که پاسخ دهنده می‌تواند در این مقیاس کسب کند، ۸۷ است که بیانگر بالاترین حد شادکامی بوده و کمترین نمره این آزمون ۰ است که نشان دهنده ناراضی بودن آزمودنی از زندگی و افسردگی فرد است. نمره بهنجار این آزمون بین ۴۰ تا ۴۲ است. در مطالعه حاضر، ضرایب پایایی پرسشنامه شادکامی با استفاده از روش آلفای کرونباخ و تنصیف محاسبه گردید که در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- ضرایب پایایی پرسشنامه شادکامی (OHQ) در مطالعه

مقیاس	ضرایب پایایی	
	آلفای کرونباخ	تنصیف
شادکامی	۰/۹۵	۰/۸۴

همانطوری که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ضرایب پایایی پرسشنامه شادکامی بین ۰/۸۴ تا ۰/۹۵ نوسان دارد، که بیانگر ضرایب مطلوب پرسشنامه است.

در این مطالعه ابتدا در خصوص نحوه تکمیل پرسشنامه به آزمودنی‌ها اطلاعاتی داده شد و سپس از آنها خواسته شد که پرسشنامه مورد نظر را تکمیل نمایند. در پایان ۸ هفته تمرینات ورزشی نیز از آزمودنی‌ها خواسته شد تا مجدداً پرسشنامه مورد نظر را تکمیل نمایند.

نمونه‌گیری خونی از تمام آزمودنی‌ها طی دو مرحله، یکی ۲۴ ساعت پیش از شروع تمرینات و دیگری ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه‌ی تمرینی (جهت حذف اثرات حاد ورزش از جمله کوفتگی تأخیری و آسیب‌های احتمالی کوچک در ساختار عضله بر میزان TNF- α) به عمل آمد. نمونه‌گیری خون به صورت ناشتا و طی ساعت ۷ تا ۸ صبح در آزمایشگاه تخصصی طبی انجام شد. در هر بار نمونه‌گیری خونی، بخشی

از نمونه‌های خونی سیاهرگ بازویی (۲ سی‌سی) در تیوب‌های حاوی ماده ضد انعقاد EDTA جمع‌آوری شدند و پس از سانتریفیوژ (۱۲ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه) و جداسازی پلاسما، سرم به دست آمده در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. سطوح پلاسمایی گلوکز خون به روش گلوکز اکسیداز و نیم رخ چربی به روش آنزیماتیک استاندارد (کیت پارس آزمون، کرج ایران) با استفاده از دستگاه اتو آنالیزور (Technicon RA1000, USA) اندازه‌گیری شد. بخش دیگری از نمونه‌های خونی (۴ سی‌سی) در تیوب‌های ویژه سرد شده و جمع‌آوری شدند و یک ساعت در دمای معمولی اتاق باقی ماندند تا لخته شوند و در ادامه پس از سانتریفیوژ (۱۲ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در هر دقیقه) و جداسازی پلاسما، سرم به دست آمده در دمای ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. سطوح پلاسمایی TNF- α به روش الایزا توسط کیت انسانی ویژه سنجش مقادیر TNF- α شرکت Biosciences (دامنه ۵۰۰ pg/ml و حساسیت ۴ pg/ml) با تکرار مضاعف با استفاده از دستگاه الایزا ریدر اندازه‌گیری شد.

پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های به دست آمده توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، برای بررسی تغییرات بین گروهی از روش آماری تحلیل واریانس یک طرفه و برای مقایسه درون گروهی از آزمون آماری تی جفتی استفاده گردید. لازم بذکر است جهت مقایسه بین گروهی ابتدا اختلاف پیش آزمون و پس آزمون را محاسبه کرده و سپس توسط آزمون آماری تحلیل واریانس یک طرفه تجزیه و تحلیل شدند. سطح معنی‌داری $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

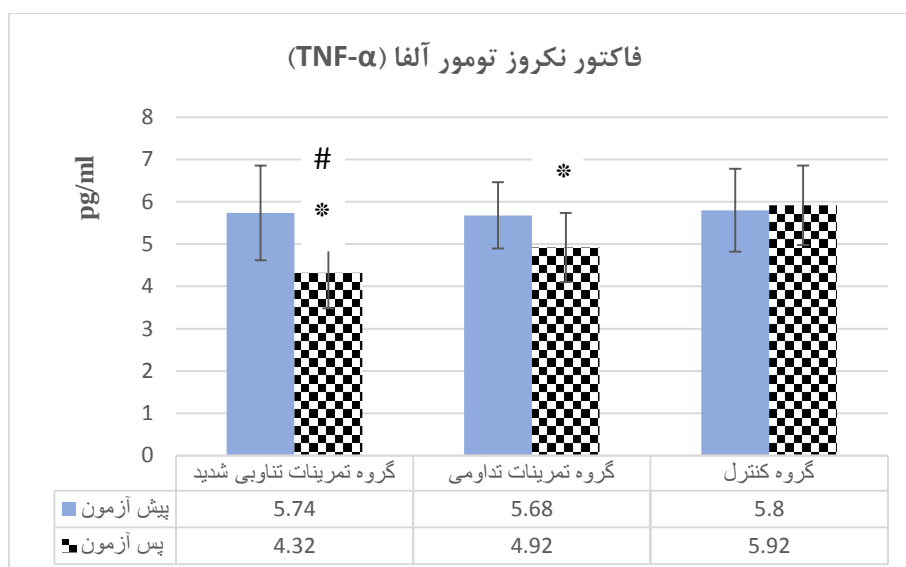
برای تعیین طبیعی بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد توزیع تمام داده‌ها طبیعی است. برای تعیین برابر بودن واریانس‌های داده‌ها از آزمون لون استفاده شد. نتایج این آزمون نشان داد واریانس‌های توزیع تمام متغیرها همگن می‌باشد. در جدول شماره ۴ نتایج مقایسه درون گروهی شاخص‌های سندرم متابولیک و ترکیبات بدنی را مشاهده می‌کنیم. نتایج آزمون آماری تی جفتی نشان داد که اعمال مداخله در هر دو گروه تمرینی موجب کاهش معناداری در فشارخون، تری‌گلیسیرید، شاخص توده بدنی، وزن، دور کمر و درصد چربی بدن و افزایش معنادار سطوح HDL می‌گردد ($p \leq 0.05$).

جدول ۴- نتایج مقایسه درون گروهی شاخص‌های سندرم متابولیک و ترکیبات بدنی در گروه‌ها

متغیر	زمان	تمرین تناوبی شدید	sig	تمرین تداومی	sig	کنترل	sig
فشارخون (mmHg)	پیش آزمون	۱۴۷/۷۴±۱۱/۳۴	*۰/۰۰۱	۱۴۳/۱۶±۹/۵۶	*۰/۰۲۴	۱۴۵/۴۳±۶/۸۳	۰/۴۶۳
	پس آزمون	۱۳۱/۱۶±۵/۴۸		۱۳۲/۲۳±۷/۴۳		۱۴۶/۹۲±۷/۱۲	
دور کمر (cm)	پیش آزمون	۱۱۲/۲۴±۶/۳۹	*۰/۰۰۱	۱۰۸/۲۸±۱۱/۰۲	*۰/۰۳۸	۱۰۷/۸۶±۸/۸۳	۰/۷۴۷
	پس آزمون	۱۰۰/۱۲±۴/۰۲		۱۰۲/۲۴±۸/۷۵		۱۰۶/۰۱±۸/۵۴	
گلوکز خون (mg/dl)	پیش آزمون	۱۵۴/۶۳±۱۸/۶۷	*۰/۰۰۱	۱۴۶/۳۶±۱۳/۸۳	*۰/۰۰۲	۱۴۸/۸۷±۹/۷۹	۰/۰۹۲
	پس آزمون	۱۲۴/۷۴±۱۱/۳۲		۱۳۲/۸۴±۱۱/۳۶		۱۴۷/۱۹±۵/۸۳	
تری گلیسیرید (mg/dl)	پیش آزمون	۲۴۶/۴۲±۳۷/۲۴	*۰/۰۰۱	۲۳۴/۹۸±۴۲/۳۲	*۰/۰۰۱	۲۵۴/۸۸±۴۶/۱۶	۰/۶۲۴
	پس آزمون	۱۷۷/۰۸±۴۱/۳۲		۱۹۸/۲۴±۳۶/۷۸		۲۶۶/۳۲±۴۰/۰۲	
HDL (mg/dl)	پیش آزمون	۵۲/۳۲±۳/۵۴	*۰/۰۰۱	۵۱/۳۶±۲/۶۴	*۰/۰۰۱	۵۲/۵۸±۳/۵۶	۰/۷۶۴
	پس آزمون	۶۸/۱۸±۴/۶۳		۷۰/۲۲±۵/۵۴		۵۴/۷۸±۲/۷۶	
BMI (kg/m ²)	پیش آزمون	۳۳/۰۱±۱/۶۴	*۰/۰۳۲	۳۱/۴۷±۱/۲۳	*۰/۰۰۱	۳۲/۶۸±۱/۹۸	۰/۵۴۶
	پس آزمون	۲۹/۴۶±۱/۷۶		۲۹/۴۲±۲/۰۴		۳۲/۹۴±۲/۹۲	
وزن (kg)	پیش آزمون	۹۶/۲۶±۷/۲۲	*۰/۰۱۲	۹۸/۲۲±۷/۲۳	*۰/۰۰۱	۹۸/۳۸±۶/۵۸	۰/۲۴۷
	پس آزمون	۸۸/۵۴±۶/۶۸		۹۰/۳۴±۸/۲۶		۹۹/۵۰±۸/۶۵	
درصد چربی بدن	پیش آزمون	۳۸/۱۴±۳/۳۶	*۰/۰۰۱	۳۶/۷۸±۳/۲۸	*۰/۰۳۶	۳۸/۰۶±۲/۱۷	۰/۳۲۲
	پس آزمون	۲۸/۹۲±۲/۴۳		۳۰/۵۴±۳/۶۴		۳۸/۴۸±۲/۶۸	

علامت * نشان دهنده تغییرات هنگام مقایسه درون گروهی می‌باشد ($p \leq 0.05$).

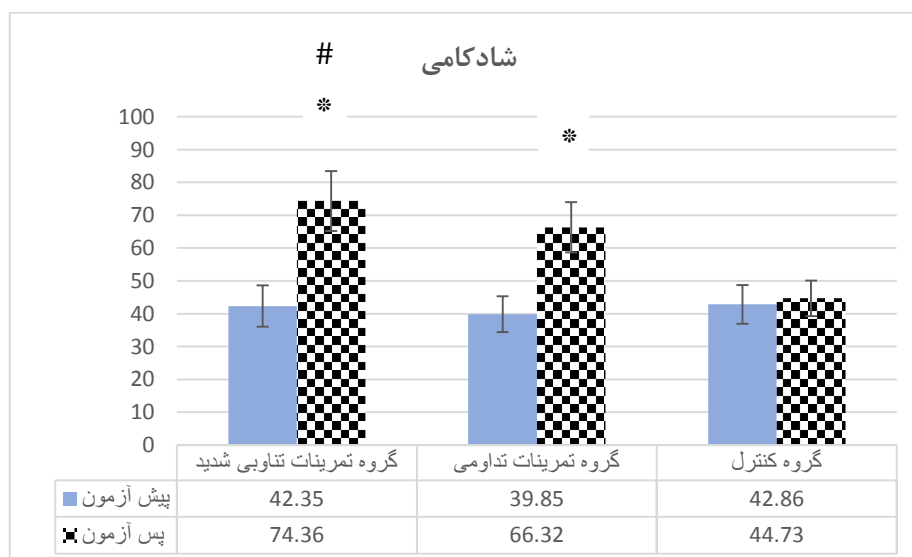
تغییرات TNF- α (نمودار ۱) هنگام مقایسه درون گروهی در گروه‌های تمرین تناوبی شدید ($p = 0.001$) و تمرین تداومی ($p = 0.024$) معنادار بود. بعلاوه تغییرات شادکامی (نمودار ۲) نیز به هنگام مقایسه درون گروهی در گروه‌های تمرین تناوبی شدید ($p = 0.001$) و تمرین تداومی ($p = 0.001$) معنادار بود.



نمودار ۱- تغییرات فاکتور نکروز تومور آلفا (TNF-α)

* نشان دهنده معنادار بودن تغییرات درون گروهی ($p \leq 0.05$)

نشان دهنده معنادار بودن تغییرات بین گروهی نسبت به گروه تمرین تداومی و گروه کنترل ($p \leq 0.05$)



نمودار ۲- تغییرات شادکامی

* نشان دهنده معنادار بودن تغییرات درون گروهی ($p \leq 0.05$)

نشان دهنده معنادار بودن تغییرات بین گروهی نسبت به گروه تمرین تداومی و گروه کنترل ($p \leq 0.05$)

نتایج حاصل از آزمون آماری تحلیل واریانس یک راهه به هنگام بررسی تغییرات بین گروهی نشان می‌دهد (جدول ۵) در گروه تمرین تناوبی شدید نسبت به گروه تمرین تداومی میزان کاهش تری گلیسیرید خون ($p=0.023$) و سطوح فاکتور نکروز تومور آلفا ($p=0.001$) و میزان افزایش شادکامی ($p=0.001$) معنادار بوده است.

جدول ۵- نتایج آزمون آماری تحلیل واریانس یک راهه جهت بررسی تغییرات بین گروهی

متغیر	گروه	sig	گروه	sig
فشارخون (mmHg)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	۰/۰۶۸	کنترل
			*۰/۰۰۱	
دور کمر (cm)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	۰/۰۷۸	کنترل
			*۰/۰۰۱	
گلوکز خون (mg/dl)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	۰/۴۹	کنترل
			*۰/۰۰۱	

تری گلیسیرید (mg/dl)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	*۰/۰۲۳ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۴۲
HDL (mg/dl)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	۰/۲۴۶ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۰۱
BMI (kg/m2)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	۰/۷۴۷ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۰۱
وزن (kg)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	۰/۵۴۲ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۰۱
درصد چربی بدن	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	۰/۰۶۴ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۰۱
TNF- α (pg/ml)	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	*۰/۰۰۱ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۰۱
شادکامی	تمرین تناوبی شدید	تمرین تداومی	کنترل	*۰/۰۰۱ *۰/۰۰۱	کنترل	*۰/۰۰۲

علامت * نشان دهنده تغییرات هنگام مقایسه بین گروهی می باشد ($p < 0.05$).

بحث و نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که هر دو نوع تمرینات تناوبی شدید (HIIT) و تمرینات تداومی (MICT) موجب کاهش سطوح فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF- α) و افزایش شادکامی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک (MetS) شدند. این یافته‌ها حاکی از آن است که فعالیت بدنی می‌تواند به عنوان یک ابزار مؤثر برای بهبود وضعیت التهابی و سلامت روانی در این افراد مورد استفاده قرار گیرد. تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی هر دو نشان دادند که می‌توانند سطوح TNF- α را کاهش دهند، یک سایتوکاین پیش‌التهابی است که نقش مهمی در التهاب سیستمیک و مقاومت به انسولین ایفا می‌کند (آن و همکاران، ۲۰۱۵). در واقع تمرینات ورزشی می‌توانند موجب کاهش ترشح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی مانند TNF- α ، IL-6 و CRP شوند. این کاهش در ترشح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی ممکن است به دلیل افزایش ترشح مایوکاین‌هایی مانند IL-10 و IL-1ra باشد که اثرات ضد التهابی دارند (پدرسون و فیبرایو^۱، ۲۰۱۲). یکی دیگر از مکانیسم‌های کاهش TNF- α ، بهبود حساسیت به انسولین است. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت بدنی منظم می‌تواند حساسیت به انسولین را بهبود بخشد و این بهبود می‌تواند به کاهش ترشح TNF- α منجر شود (گلیسون^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). به عبارت دیگر، افزایش حساسیت به انسولین ممکن است به کاهش فشار بر سلول‌های بتا پانکراس و کاهش ترشح سایتوکاین‌های پیش‌التهابی منجر شود (آن و همکاران، ۲۰۱۵).

نتایج این مطالعه نشان داد که هر دو نوع تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی موجب افزایش شادکامی در مردان مبتلا به سندرم متابولیک شدند. این اثرات می‌تواند به واسطه مکانیسم‌های مختلفی تبیین شود. اولین مکانیسم به اثرات مثبت تمرینات ورزشی بر سیستم عصبی مرکزی (CNS) مربوط می‌شود. تمرینات ورزشی می‌توانند تولید اندورفین‌ها، سروتونین و دوپامین را افزایش دهند که این هورمون‌ها نقش مهمی در بهبود حالت روحی و کاهش استرس ایفا می‌کنند (شرلوک^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، تمرینات ورزشی می‌توانند سطح اضطراب و افسردگی را کاهش دهند. مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت بدنی منظم می‌تواند بهبود معناداری در علائم افسردگی و اضطراب داشته باشد (ریتورست و تریودی^۴، ۲۰۱۳). همچنین، فعالیت بدنی می‌تواند موجب افزایش اعتماد به نفس و بهبود کیفیت زندگی شود که این عوامل نیز به نوبه خود می‌توانند به افزایش شادکامی کمک کنند (پارلاکیلدیز^۵، ۲۰۲۵).

در نهایت، بهبود وضعیت التهابی و متابولیکی ناشی از تمرینات ورزشی می‌تواند بهبود معناداری در سلامت روانی و شادکامی افراد مبتلا به سندرم متابولیک ایجاد کند. کاهش التهاب سیستمیک می‌تواند به بهبود عملکرد سیستم عصبی مرکزی و کاهش خطر ابتلا به اختلالات روانی مرتبط با التهاب منجر شود (ریتورست و تریودی، ۲۰۱۳).

بعلاوه نتایج این مطالعه نشان داد که اختلاف معناداری بین سطوح فاکتور نکروز توموری آلفا (TNF- α) و شادکامی بین گروه تمرینات تناوبی شدید (HIIT) و گروه تمرینات تداومی (MICT) مشاهده شده است. در واقع، اثر تمرینات تناوبی شدید بیشتر و بهتر بوده است. التهاب مزمن

به معنای واکنش طولانی مدت و مداوم سیستم ایمنی به عوامل بیماری‌زا است (سیراتس و همکاران، ۲۰۱۷). فاکتور نکروز توموری آلفا یکی از سایتوکاین‌های پیش‌التهابی است که در این واکنش‌ها نقش مهمی دارد و توسط ماکروفاژها، مونوسیت‌ها و سلول‌های T تولید می‌شود و می‌تواند باعث تحریک و تشدید واکنش‌های التهابی شود. این سایتوکاین نقش مهمی در تنظیم واکنش‌های ایمنی و التهابی دارد، اما می‌تواند تأثیرات منفی بر شادکامی نیز داشته باشد (نواکوسکی و همکاران، ۲۰۱۷). سطوح بالای TNF- α می‌تواند باعث افزایش استرس و افسردگی شود. این اثرات می‌تواند به واسطه تحریک سیستم عصبی مرکزی (CNS) و افزایش ترشح هورمون‌های استرسی مانند کورتیزول باشد. التهاب مزمن می‌تواند باعث افزایش سطوح TNF- α شود، که به نوبه خود می‌تواند تأثیرات منفی بر شادکامی داشته باشد. بنابراین، کنترل و کاهش التهاب مزمن می‌تواند به بهبود شادکامی کمک کند. لذا در مطالعه حاضر تمرینات تناوبی شدید با کاهش هرچه بیشتر سطوح TNF- α در افراد مبتلا به سندرم متابولیک موجب افزایش و بهبود بهتری در شادکامی آنها شده است (لئونارد، ۲۰۱۸).

به طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تمرینات تناوبی شدید و تمرینات تداومی هر دو می‌توانند به طور مؤثری سطوح TNF- α را کاهش داده و شادکامی را در مردان مبتلا به سندرم متابولیک افزایش دهند. این یافته‌ها اهمیت فعالیت بدنی به عنوان یک ابزار درمانی برای بهبود سلامت جسمانی و روانی در این افراد را تأکید می‌کند.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تأمین شد.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. An, J. N., Yoo, K. D., Hwang, J. H., Kim, H. L., Kim, S. H., Yang, S. H., ... & Lee, J. P. (2015). Circulating tumour necrosis factor receptors 1 and 2 predict contrast-induced nephropathy and progressive renal dysfunction: A prospective cohort study. *Nephrology*, 20(8), 552-559.
2. Bennett, G., Strissel, K. J., DeFuria, J., Wang, J., Wu, D., Burkly, L. C., & Obin, M. S. (2014). Deletion of TNF-like weak inducer of apoptosis (TWEAK) protects mice from adipose and systemic impacts of severe obesity. *Obesity*, 22(6), 1485-1494.
3. Da Silva, M. A. R., Baptista, L. C., Neves, R. S., De França, E., Loureiro, H., Lira, F. S., ... & Martins, R. A. (2020). The effects of concurrent training combining both resistance exercise and high-intensity interval training or moderate-intensity continuous training on metabolic syndrome. *Frontiers in Physiology*, 11, 572.
4. Gleeson, M., Bishop, N. C., Stensel, D. J., Lindley, M. R., Mastana, S. S., & Nimmo, M. A. (2011). The anti-inflammatory effects of exercise: mechanisms and implications for the prevention and treatment of disease. *Nature reviews immunology*, 11(9), 607-615.
5. Grundy, S. M. (2016). Metabolic syndrome update. *Trends in cardiovascular medicine*, 26(4), 364-373.
6. Hansson, G. K., Libby, P., & Tabas, I. (2015). Inflammation and plaque vulnerability. *Journal of internal medicine*, 278(5), 483-493.
7. Kazemi A, Rahmati M, Faryabi M. (2016). Effect of eight weeks High intensity Interval Training (HIT) on Body weight and serum levels of TNF- α , insulin and lipid profile in obese children. *Razi J Med Sci*. 22(139):1-7. [in persian]
8. Kim, J. R., Kim, H. N., & Song, S. W. (2018). Associations among inflammation, mental health, and quality of life in adults with metabolic syndrome. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 10, 1-8.
9. Lavie, C. J., Church, T. S., Milani, R. V., & Earnest, C. P. (2011). Impact of physical activity, cardiorespiratory fitness, and exercise training on markers of inflammation. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*, 31(3), 137-145.
10. Leonard, B. E. (2018). Inflammation and depression: a causal or coincidental link to the pathophysiology?. *Acta neuropsychiatrica*, 30(1), 1-16.
11. Libby, P. (2012). Inflammation in atherosclerosis. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, 32(9), 2045-2051.
12. Lumeng, C. N., & Saltiel, A. R. (2011). Inflammatory links between obesity and metabolic disease. *The Journal of clinical investigation*, 121(6), 2111-2117.
13. Melhem, N. M., Munroe, S., Marsland, A., Gray, K., Brent, D., Porta, G., ... & Gopalan, P. (2017). Blunted HPA axis activity prior to suicide attempt and increased inflammation in attempters. *Psychoneuroendocrinology*, 77, 284-294.

14. Naudé, P. J., Roest, A. M., Stein, D. J., de Jonge, P., & Doornbos, B. (2018). Anxiety disorders and CRP in a population cohort study with 54,326 participants: the LifeLines study. *The World Journal of Biological Psychiatry*, 19(6), 461-470.
15. Nowakowski, A. C. (2014). Chronic inflammation and quality of life in older adults: a cross-sectional study using biomarkers to predict emotional and relational outcomes. *Health and quality of life outcomes*, 12, 1-12.
16. Nowakowski, A. C., Graves, K. Y., & Sumerau, J. E. (2016). Mediation analysis of relationships between chronic inflammation and quality of life in older adults. *Health and quality of life outcomes*, 14, 1-10.
17. Osali, A., & Eskandari, M. (2016). The Effect of three months aerobic exercise with moderate intensity on serum BDNF and TNF- α in women with metabolic syndrome. *medical journal of mashhad university of medical sciences*, 59(4), 242-251. [in persian]
18. Parlakyıldız, S. (2025). Therapeutic Effect of Exercise on Mental Health. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 17(3), 429-444.
19. Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(8), 457-465.
20. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(5), 679-692.
21. Rethorst, C. D., & Trivedi, M. H. (2013). Evidence-based recommendations for the prescription of exercise for major depressive disorder. *Journal of Psychiatric Practice®*, 19(3), 204-212.
22. Salimi Avansar, M. (2017). The effects of eight weeks interval training and curcumin consumption on TNF- α and BDNF levels in men with metabolic syndrome. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*, 17(3), 299-310. [in persian]
23. Serrats, J., Grigoleit, J. S., Alvarez-Salas, E., & Sawchenko, P. E. (2017). Pro-inflammatory immune-to-brain signaling is involved in neuroendocrine responses to acute emotional stress. *Brain, behavior, and immunity*, 62, 53-63.
24. Sherlock, L. A., Ryan, E. J., & Leary, M. E. (2024). A Qualitative Evaluation of Exercise Habits and Stress Management Strategies among Exercise Physiology Freshmen. *Educational Practices in Kinesiology*, 4(1), 5.
25. Tabatabaeizadeh, S. A., Abdizadeh, M. F., Meshkat, Z., Khodashenas, E., Darroudi, S., Fazeli, M., ... & Ghayour-Mobarhan, M. (2018). There is an association between serum high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) concentrations and depression score in adolescent girls. *Psychoneuroendocrinology*, 88, 102-104.
26. White, J., Kivimäki, M., Jokela, M., & Batty, G. D. (2017). Association of inflammation with specific symptoms of depression in a general population of older people: The English Longitudinal Study of Ageing. *Brain, Behavior, and Immunity*, 61, 27-30.
27. Wieser, V., Moschen, A. R., & Tilg, H. (2013). Inflammation, cytokines and insulin resistance: a clinical perspective. *Archivum immunologiae et therapiae experimentalis*, 61, 119-125.