

## Comparison of the effect of high-intensity functional training (HIFT) and traditional resistance training on the inflammatory status of young obese men

Aylar Birar<sup>1</sup>, Roghayeh Afroudeh<sup>1\*</sup>, Abbas Hosseini<sup>2</sup>

Receive 2024 February 23; Accepted 2024 May 22

### Abstract

**Aim:** Obesity is one of the most important health threatening factors in the world, which increases inflammatory indicators in the body. The purpose of this study was to compare the effect of six weeks of intense functional training and traditional resistance training on pro-/anti-inflammatory factors in young obese men. **Methods:** For this purpose, 30 obese young men were divided to 3 groups of intense functional exercise training (HIFT) (age: 26.30±2.45 years, BMI: 31.09±2.61 kg/m<sup>2</sup>, 10 people), traditional resistance training (RT) (age: 26.60±2.54 years, BMI: 30.96±1.38 kg/m<sup>2</sup>, 10 people), control (Con) (age: 26.99±2.99 years, BMI: 30.85±1.51 kg/m<sup>2</sup>, 10 people). The participants of the HIFT and RT groups performed the given exercise for 6 weeks in 3 sessions per week, each session lasting 60 minutes. Before and after 6 weeks of intervention, plasma sampling was done to measure inflammatory indicators. Analysis of covariance and post hoc Bonferroni test were used to compare changes between groups. A significance level of P<0.05 was considered. **Results:** The results showed that HIFT and RT training decreased significantly the plasma concentration of TNF- $\alpha$  and IL-6 and increased the plasma concentration of IL-10 (P=0.001). Covariance analysis revealed that there was a significant difference between the post-test of the three groups in the concentration of IL-6 (P=0.001, F=29.74) and TNF- $\alpha$  (P=0.001, F=17.43) and it was significantly lower in the training groups than the control group (P<0.05). The results showed that the HIFT and RT training group had significantly higher IL-10 compared to the control group (P<0.05). However, no significant difference was found between the two groups in IL-10 (P<0.05). **Conclusions:** Improvement of inflammatory indices was observed after performing both types of HIFT and RT exercises, however, none of the exercises was superior to the other.

**Keywords:** obesity, inflammatory state, resistance training, high intensity functional training

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit [jahssp.azaruniv.ac.ir](http://jahssp.azaruniv.ac.ir)

1. Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences and Health, University of Tehran, Tehran, Iran.  
**\*(corresponding author)**  
(afroudeh@gmail.com)

*Cite as:* Birar A, Afroudeh R, Hosseini A. Comparison of the effect of high-intensity functional training (HIFT) and traditional resistance training on the inflammatory status of young obese men. *Applied Health Studies in Sport Physiology*. ????; ?(In press): ?-??.

**Owner and Publisher:** Azarbaijan Shahid Madani University

**Journal ISSN (online):** 2676-6507

**Access Type:** Open Access

**DOI:** 10.22049/JAHSSP.2023.28273.1543

**DOR:**



## Extended abstract

### Background

Obesity is an important factor in suffering from chronic disorders, such as type 2 diabetes, cardiovascular disorders, metabolic syndromes, chronic kidney disorders, which increases mortality. Adipocytes produce and secrete several proteins, known as adipokines that act as important hormones and are responsible for regulating energy production and consumption. These adipokines include tumor necrosis factor-alpha (TNF- $\alpha$ ), interleukin (IL-6), leptin, etc. and are involved in inflammation and atherosclerotic processes. Evidence showed that increased adipose tissue contributes to increased pro-inflammatory conditions. Performing different sports activities is one of the therapeutic strategies for overweight and obesity. In this regard, the question has always been raised as to which type of exercises are more effective. Therefore, the aim of the present study was to compare the effect of 6 weeks of high intensity functional training (HIFT) and traditional resistance training on the serum levels of IL-6, IL-10 and TNF- $\alpha$  in young obese men.

### Materials and Methods

This study was a randomized controlled trial on obese men of Ardabil city, who signed the informed consent form for voluntary participation in the study according to the principles of the Helsinki Treaty.

### Experimental design

The present experiment was carried out in 4 stages. First, in the first week, their demographic information was measured using valid instruments and questionnaires. Information about height, weight, body mass index (BMI) and age of the subjects was recorded. Then, at the beginning of the second week, 5 cc of brachial vein blood was taken from each subject in a 12-hour fasting state to check biochemical variables. In the third meeting on the second day of the second week, the intervention groups started the selected exercise protocols for 6 weeks. Then, 48 hours after the last training session, blood sampling was taken exactly the same as the pre-test period.

### Training protocol

**High-intensity functional training protocol:** The HIFT training protocol of the present study was conducted for 6 weeks, 3 sessions per week and each session lasted 60 minutes. In the present study, CrossFit exercises were used for the HIFT protocol. A HIFT training session consisted of 10 to 20 minutes of technical-skill exercises and 5 to 30 minutes of specific exercises. Before starting the exercises, 10 to 15 minutes of warm-up was used in the majority of movements such as running, stretching and rotating movements, and at the end, 5 minutes of stretching exercises were used for cooling down. The crossFit movements modeled for the HIFT protocol were a combination of aerobic activities such as running, resistance movements with body weight such as the Barfix movement and the use of free weights.

**Resistance training protocol:** The resistance training session with warm-up and cool-down lasted 60 minutes. Resistance exercises included 4 movements of chest press, armpit, Squat and knee extension. The movements were performed in 3 sets of 12 repetitions, with an intensity of 60% of a maximum repetition and for 35 minutes, with a 2-minute rest interval between each set. Before starting the exercises, warm-up exercises were performed for 10 minutes and at the end, cooling-down exercises were performed for 5 minutes.

### Statistical analysis

The Shapiro-Wilk test was used to check the normality of the data distribution, and the Levene test was used to determine the equality of the data distribution. In order to compare the effects of HIFT and RT on plasma levels of biochemical factors (TNF- $\alpha$ , IL-10, IL-6), analysis of covariance and Bonferroni's post hoc test were used to compare changes between groups.

### Results

The results indicated that after HIFT training, the mean of TNF- $\alpha$  decreased significantly from pre-test (6.64) to post-test (5.46) and the mean of IL-6 decreased significantly from pre-test (1.30) to post-test (1.05). After resistance training, the mean of TNF- $\alpha$  decreased significantly from pre-test (6.43) to post-test (5.35) and the mean of IL-6 decreased significantly from pre-test (1.35) to post-test (1.14). There was a significant difference between the groups in TNF- $\alpha$  ( $P=0.001$ ,  $F=17.43$ ) and in IL-6 ( $P=0.001$ ,  $F=29.74$ ). The results of Bonferroni's post hoc test showed that the HIFT training group had significantly lower TNF- $\alpha$  and IL-6 compared to the control group ( $P<0.05$ ). Also, compared to the control group, the resistance training group had significantly lower TNF- $\alpha$  and IL-6 ( $P<0.05$ ). However, no significant difference was found between HIFT training and resistance training in TNF- $\alpha$  and IL-6 ( $P<0.05$ ). The mean of IL-10

increased significantly after HIFT training and resistance training. In addition, there was a significant difference between the groups in IL-10 ( $P=0.001$ ,  $F=14.13$ ). The results of Benferroni's post hoc test showed that the HIFT training group had significantly higher IL-10 compared to the control group ( $P<0.05$ ). Also, the resistance training group had significantly higher IL-10 compared to the control group ( $P<0.05$ ). However, no significant difference was found between HIFT training and resistance training in IL-10 ( $P<0.05$ ).

### Discussion

Reducing %fat, fasting glucose, triglyceride and VLDL-c affects the reduction of TNF- $\alpha$ . Also, the reduction of fasting glucose, triglyceride and VLDL-c has a significant effect on increasing the ratio of IL-10/TNF- $\alpha$  and shows that improving blood sugar control and lipid profile improves the balance between anti-inflammatory and pro-inflammatory. Therefore, one of the possible anti-inflammatory mechanisms of exercise training with different intensity and type is due to its positive effects on improving blood sugar control and lipid profile. The reduction of waist circumference and fat percentage had a significant relationship with the increase of IL-10/IL-6 ratio. Therefore, it seems that one of the possible reasons for the increase of IL-10 in RT and HIFT in the present study is due to the positive effect (reduction) of exercise on body composition factors such as waist circumference and waist to hip ratio.

### Article message

In general, the results of this study showed that 6 weeks of functional and resistance training - both - improve the inflammatory condition in obese people. These results confirm the evidence that regardless of the type of exercise, regular exercise can play an important role in controlling weight and obesity. However, there was no difference between the effect of two types of physical activity, HIFT and RT, on inflammatory status.

Impress

## مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال؟، شماره؟

؟ و ؟؟؟؟؟؟ صفحات؟-؟

Open Access

مقاله پژوهشی

## مقایسه اثر تمرین فانکشنال شدید (HIFT) و مقاومتی سنتی بر وضعیت التهابی مردان چاق جوان

آیلار بیرار<sup>۱</sup>، رقیه افرونده<sup>۱\*</sup>، عباس حسینی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲

## چکیده

**هدف:** چاقی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده‌ی سلامتی در سرتاسر جهان است که موجب افزایش شاخص‌های التهابی در بدن می‌شود. هدف از اجرای تحقیق حاضر بررسی مقایسه اثر شش هفته تمرین فانکشنال شدید و مقاومتی سنتی بر عوامل پیش/ضدالتهابی مردان چاق جوان بود. **روش شناسی:** بدین منظور ۳۰ نفر از مردان جوان چاق به ۳ گروه تمرین ورزشی فانکشنال شدید (HIFT) (سن: ۲۶/۳۰±۲/۴۵ سال، BMI: ۳۱/۰۹±۲/۶۱ کیلوگرم بر مترمربع، ۱۰ نفر)، تمرین مقاومتی سنتی (RT) (سن: ۲۶/۶۰±۲/۵۴ سال، BMI: ۳۰/۹۶±۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمربع، ۱۰ نفر)، کنترل (Con) (سن: ۲۶/۹۰±۲/۹۹ سال، BMI: ۳۰/۸۵±۱/۵۱ کیلوگرم بر مترمربع، ۱۰ نفر) تقسیم شدند. شرکت‌کنندگان گروه‌های HIFT و RT به مدت ۶ هفته، تمرین موردنظر را به صورت ۳ جلسه در هفته، هر جلسه ۶۰ دقیقه انجام دادند. قبل و پس از ۶ هفته مداخله نمونه‌برداری پلاسمایی برای سنجش شاخص‌های التهابی انجام گرفت. از آزمون آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه تغییرات بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد تمرین HIFT و RT غلظت پلاسمایی  $TNF-\alpha$  و IL-6 را به‌طور معنی‌داری کاهش و غلظت پلاسمایی IL-10 را افزایش داد ( $P = 0.001$ ). تحلیل کوواریانس مشخص ساخت که بین پس‌آزمون سه گروه در غلظت IL-6 ( $F = 29.74, P = 0.001$ ) و  $TNF-\alpha$  ( $F = 17.43, P = 0.001$ ) تفاوت معنی‌داری وجود دارد و در گروه‌های تمرینی به‌طور معنی‌داری کمتر از گروه کنترل است ( $P < 0.05$ ). نتایج نشان داد که گروه تمرین HIFT و RT در مقایسه با گروه کنترل به‌طور معنی‌داری IL-10 بالاتری داشته‌اند ( $P < 0.05$ ). اما بین دو گروه در IL-10 تفاوت معنی‌داری یافت نگردید ( $P > 0.05$ ). **نتیجه‌گیری:** بهبود شاخص‌های التهابی پس از انجام هر دو نوع تمرین HIFT و RT مشاهده شد، با این وجود هیچ کدام از تمرین‌ها بر دیگری ارجحیت نداشت.

## واژه‌های کلیدی: چاقی، وضعیت التهابی، تمرین مقاومتی، تمرین فانکشنال شدید.

**نحوه ارجاع:** بیرار، آیلار، افرونده، رقیه، حسینی، عباس. "مقایسه اثر تمرین فانکشنال شدید (HIFT) و مقاومتی سنتی بر وضعیت التهابی مردان چاق جوان". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ؟؟؟؟؟؟ (؟)؟-؟.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28273.1543

DOR: 20.1001.



## مقدمه

از سال ۱۹۷۰ میزان چاقی در جهان سه برابر شده است و با افزایش شیوع و شدت آن، چاقی به عنوان یک عامل اصلی مهم در ابتلا به اختلالات مزمن، مانند دیابت نوع ۲، اختلالات قلبی عروقی، سندرم های متابولیک، اختلالات مزمن کلیوی می باشد که در نتیجه مرگ و میر را افزایش می دهد (۱). هرساله تعداد افراد مبتلا به چاقی به طور مداوم در حال افزایش است، تقریباً ۳۸ درصد و ۲۰ درصد از جمعیت بزرگسال جهان تا سال ۲۰۳۰ به ترتیب دارای اضافه وزن و چاقی هستند (2,3). بافت چربی به عنوان ارگان فعال اندوکراین با فعالیت متابولیکی بالا در نظر گرفته شده است. آدیپوسیت ها چندین پروتئین که به عنوان هورمون های مهم عمل می کنند و مسئولیت تنظیم تولید و مصرف انرژی را بر عهده دارند، را تولید و ترشح می کنند، که به آدیپوکاین ها مشهور هستند. این آدیپوکاین ها شامل عامل نکروز توموری-آلفا (TNF- $\alpha$ )، اینترلوکین ۶ (IL-6)، لپتین و ... می باشند و در التهاب و فرآیندهای آترواسکلروتیک نقش دارند (۴). به طور گسترده ای شواهد نشان دادند که افزایش بافت چربی به افزایش شرایط پیش التهابی کمک می کند (۵). انواع مختلفی از سیتوکین ها وجود دارد که از جمله آن ها، IL-6، IL-10، IL-1 $\beta$  و TNF- $\alpha$  نقش اساسی در وضعیت التهابی دارند (۶).

استراتژی های درمانی برای اضافه وزن و چاقی که هم اکنون تحت بررسی وسیع هستند، عبارتند از تحریک مسیرهای ضد اشتها، مهار مسیرهای اشتها آور و افزایش مصرف انرژی (۷) که انجام فعالیت های مختلف ورزشی یکی از راهکارها برای دستیابی به این اهداف می باشد. در این راستا همواره این سؤال مطرح بوده است که کدام نوع از تمرینات اثربخشی بیشتری دارند. نشان داده شده است که تمرینات مقاومتی می توانند به بهبود عوارض ناشی از چاقی کمک کنند و از طرفی عملکرد قلبی - عروقی این افراد را بهبود بخشند (۸). تمرین فانکشنال شدید (HIFT) از انواع فعالیت ورزشی از قبیل فعالیت های هوازی (مثل دویدن و قایقرانی)، حرکات تحمل وزن بدن (اسکات و شنا سوئدی) و مشتقات وزنه برداری (پرس سرشانه، لیفت مرده و...) بهره می برد (۹). این شیوه از تمرینات آمادگی بر پایه تمرینات چند مفصلی انجام می گیرد که می تواند در هر سطح از میزان آمادگی جسمانی مؤثر واقع شود و همچنین فراخوانی بیشتر تارهای عضلانی را نسبت به تمرینات سنتی داشته باشد (۹). HIFT فعالیت ورزشی انفجاری پر شدت نسبتاً کوتاه مدت با دوره های استراحتی کوتاه مدت می باشد. این تمرینات عموماً شامل تمرینات هوازی نظیر دویدن، رکاب زدن روی دوچرخه و یا استفاده از ارگومتر می باشد. به همین خاطر این تمرینات اخیراً توجه افراد مختلف جامعه را به خود جلب کرده است.

فیثتو<sup>۱</sup> و همکاران کاهش معناداری در درصد چربی بدن (تقریباً ۶۵ درصد) پس از ۱۶ هفته تمرین HIFT در میان افراد سالم را گزارش کردند، هرچند تفاوت معناداری پس از ۸ هفته بین گروه تمرین ترکیبی هوازی-قدرتی و گروه HIFT در درصد چربی بدن، گلوکز خون ناشتا و تست ۲ ساعت تحمل گلوکز در افراد چاق و دارای اضافه وزن دیده نشد (۱۰). به نظر می رسد که HIFT به عنوان یک استراتژی بالقوه مفید برای مبارزه با چاقی (۱۱) و گسترش دیابت نوع دوم مفید است (۱۲). اخیراً در مطالعه ای نشان داده شد که یک وهله فعالیت ورزشی مقاومتی دایره ای با شدت بالا سبب افزایش

معنادار IL-10، کاهش IL-6 و کاهش جزئی TNF- $\alpha$  در هر دو گروه جوان و میان سال هلندی شد

(۱۳). تمرین مقاومتی به دلیل داشتن فواید ترکیبی مانند افزایش توده عضلانی و افزایش ترشح شاخص های ضد التهابی در تعدیل شاخص های التهابی نقش اساسی دارد (۱۶-۱۴). مقایسه اثر دو نوع تمرین مقاومتی و هوازی بر روی زنان یائسه چاق نشان داد که هر دو نوع تمرین مقاومتی و هوازی سبب کاهش IL-6 و TNF- $\alpha$  می شود (۱۷). در مطالعه ای تأثیر تمرین عملکردی تک ست و چند ست بر روی آمادگی عملکردی و شاخص های التهابی زنان یائسه مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که تمرین عملکردی چند ست موجب کاهش IL-6 و TNF- $\alpha$  و تمرین عملکردی تک ست موجب کاهش فقط TNF- $\alpha$  می شود (۱۸). مزیت انجام HIFT با توجه به ماهیت آن (سهولت اجرا و نداشتن هزینه زیاد) و تمرینات مقاومتی سنتی بر اساس نوع اثربخشی آن در افراد چاق و دارای اضافه وزن به تنهایی بررسی شده است (۱۲، ۱۰، ۸). اما باین وجود تاکنون مطالعه ای به بررسی و مقایسه HIFT و تمرین مقاومتی سنتی در افراد چاق و دارای اضافه وزن و عوامل ایمنی و التهابی نپرداخته است، بنابراین، هدف پژوهش حاضر مقایسه اثر ۶ هفته تمرین فانکشنال شدید (HIFT) و تمرین مقاومتی سنتی بر سطح سرمی IL-6، IL-10، TNF- $\alpha$  مردان چاق جوان بود.

## روش پژوهش

این مطالعه یک کار آزمایشی کنترل شده تصادفی بر روی مردان چاق شهر اردبیل بود که پس از جلسه توجیهی و توضیح مراحل تحقیق همه ی داوطلبان طبق اصول معاهده ی هلسینکی، فرم رضایت نامه آگاهانه برای شرکت داوطلبانه در مطالعه را امضا کردند. شرکت کنندگان از طریق پخش اعلامیه ها در سطح باشگاه ها، مراکز تندرستی، مراکز درمانی تغذیه و بهداشت سطح دانشگاه و خوابگاه پسرانه دانشگاه و نیز از طریق آگاهی های فضای مجازی به این مطالعه فراخوانده شدند. پس از انجام اندازه گیری های اولیه و جمع آوری اطلاعات دموگرافیک شامل قد، وزن و سن، شرکت کنندگان به طور تصادفی در یکی از ۳ گروه منتخب قرار گرفتند. تصادفی سازی با استفاده از پاکت های مات مهر و موم شده بدون شناسایی انجام شد.

**نمونه های پژوهش:** جامعه آماری مطالعه حاضر مردان چاق شهر اردبیل بودند و نمونه ی آماری ۳۰ نفر بود. با استناد به نرم افزار G\*POWER که برای آزمون آماری تحلیل کوواریانس استفاده شده در تحقیق حاضر و با اندازه اثر ۰/۹ و در سطح معنی داری ۰/۰۵، تعداد کل نمونه تحقیق را ۳۳ نفر نشان داد و با توجه به محدودیت های تحقیق حاضر از جهت مالی و ترس آزمودنی ها از خون گیری تعداد نمونه ۳۰ نفر انتخاب شد. مردان چاق غیرفعال (کسانی که میزان کافی از فعالیت بدنی متوسط تا شدید را در طول هفته انجام نمی دهند)، افراد با BMI  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>، افراد بدون سابقه مصرف مکمل ها یا داروهای ضد التهابی و افراد با کمترین تغییرات وزنی در یک سال اخیر به این مطالعه دعوت شدند. معیارهای خروج نیز شامل، مردان دارای اختلالات روان شناختی، افراد مبتلا به بیماری های التهابی و دارای نقص سیستم ایمنی، افراد مبتلا به بیماری های مزمن مثل سرطان، دیابت، بیماری های قلبی-عروقی و...، استفاده کنندگان داروهای تقویت سیستم ایمنی، افراد با شکستگی یا مشکلات مفصلی پایین تنه در شش ماه اخیر، افراد مبتلا به

<sup>۱</sup>. Feito



شدت ۶۰ درصد یک تکرار بیشینه و به مدت ۳۵ دقیقه و فاصله زمانی استراحت بین هر ست ۲ دقیقه انجام گرفت. قبل از شروع تمرینات به مدت ۱۰ دقیقه حرکات گرم کردن و در انتها نیز به مدت ۵ دقیقه حرکات سرد کردن انجام گرفت (۲۰).

**تحلیل آماری:** به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار توصیفی و استنباطی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 استفاده شد. از آزمون شاپیرو-ویلک به منظور بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها و از آزمون لون نیز برای تعیین برابر بودن پراکندگی داده‌ها استفاده شد. به منظور مقایسه تأثیر HIFT و RT بر سطوح پلاسمایی عوامل بیوشیمیایی (IL-6, IL-10, TNF- $\alpha$ ) از آزمون آنالیز کوواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی برای مقایسه تغییرات بین گروه‌ها استفاده شد. سطح معنی‌داری  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها**

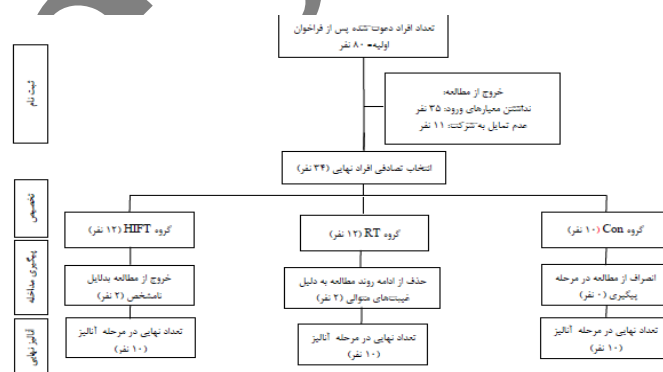
میانگین و انحراف معیار مربوط به عوامل دموگرافیک سن، قد، وزن و BMI در جدول ۱- آمده است. طبق تحلیل آماری لون و شاپیرو-ویلک یافته‌های مربوط به متغیرهای وابسته در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند، و این بدین معنی است که آزمودنی‌ها دارای ویژگی و شرایط مشابهی بودند و داده‌ها توزیع نرمالی داشتند ( $p > 0.05$ ).

همان‌طور که در جدول ۲- از نتایج آزمون تی همبسته مشاهده می‌گردد تمرین HIFT بر TNF- $\alpha$  مردان چاق تأثیر معنی‌داری دارد ( $P = 0.001$ ). نتایج حاکی از این بود که در اثر تمرین HIFT میانگین TNF- $\alpha$  از پیش‌آزمون (۶/۶۴) تا پس‌آزمون (۵/۴۶) کاهش معنی‌داری یافته است. همچنین، تمرین مقاومتی بر TNF- $\alpha$  مردان چاق تأثیر معنی‌داری دارد ( $P = 0.001$ ). نتایج حاکی از این بود که در اثر تمرین مقاومتی میانگین TNF- $\alpha$  از پیش‌آزمون (۶/۴۳) تا پس‌آزمون (۵/۳۵) کاهش معنی‌داری یافته است. علاوه بر این، بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۵۷ در TNF- $\alpha$  تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $F = 17/43, P = 0.001$ ). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که گروه تمرین HIFT در مقایسه با گروه کنترل با اختلاف میانگین ۱/۱۲ میکوگرم بر میلی‌لیتر به‌طور معنی‌داری TNF- $\alpha$  پایین‌تری داشته‌اند ( $P < 0.05$ ). همچنین، گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل با اختلاف میانگین ۱/۰۶ میکوگرم بر میلی‌لیتر به‌طور معنی‌داری TNF- $\alpha$  پایین‌تری داشته‌اند ( $P < 0.05$ ). اما بین تمرین HIFT و تمرین مقاومتی در TNF- $\alpha$  تفاوت معنی‌داری یافت نگردید ( $P > 0.05$ ). همچنین، همان‌طور که در جدول ۲- مشاهده می‌گردد تمرین HIFT بر IL-6 مردان چاق تأثیر معنی‌داری دارد ( $P = 0.001$ ). نتایج حاکی از این بود که در اثر تمرین HIFT میانگین IL-6 از پیش‌آزمون (۱/۳۰) تا پس‌آزمون (۱/۰۵) کاهش معنی‌داری یافته است. همچنین، تمرین مقاومتی بر IL-6 مردان چاق تأثیر

معنی‌داری دارد ( $P = 0.001$ ). نتایج حاکی از این بود که در اثر تمرین مقاومتی میانگین IL-6 از پیش‌آزمون (۱/۳۵) تا پس‌آزمون (۱/۱۴) کاهش معنی‌داری یافته است. علاوه بر این، بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۶۹ در IL-6 تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $F = 29/74, P = 0.001$ ). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که گروه تمرین HIFT در مقایسه با گروه کنترل با اختلاف میانگین

بیماری‌های عصبی و یا افراد شرکت‌کننده در برنامه‌های ورزشی منظم بودند (شکل ۱-).

پس از انتخاب شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر و اجرای برنامه آشناسازی همراه با اخذ فرم رضایت‌نامه آگاهانه، کار آزمایشی حاضر در ۴ مرحله اجرا شد. ابتدا در هفته اول اطلاعات دموگرافیک آن‌ها با استفاده از ابزار و پرسشنامه‌های معتبر موردسجش قرار گرفت. اطلاعات مربوط به قد، وزن، نمایه‌ی توده بدنی (BMI) و سن آزمودنی‌ها ثبت شد. سپس در شروع هفته دوم، پیش از شروع مداخلات کار آزمایشی، برای بررسی متغیر بیوشیمیایی، پیش از شروع برنامه‌ی ۶ هفته‌ای، از هر آزمودنی در حالت ناشتا ۱۲ ساعته (بین ساعت ۰۷:۰۰-۰۸:۰۰)، ۵ سی‌سی خون ورید بازویی توسط پرستار گرفته شد. در ادامه و در ملاقات سوم در روز دوم هفته دوم، گروه‌های مداخله پروتکل-های تمرینی منتخب به مدت ۶ هفته را شروع کردند. سپس ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرینی دقیقاً مشابه دوره پیش-آزمون نمونه‌برداری خونی انجام گرفت. نمونه‌های خونی در لوله‌های ضد انعقاد EDTA جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. برای بررسی سطوح سرمی IL-6، IL-10 و TNF- $\alpha$  از کیت‌های تجاری انسان (شرکت Zelbio کشور آلمان) استفاده شد.



شکل ۱-۱. دیاگرام نمونه‌گیری شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر

**روش اجرای پژوهش:** پروتکل تمرینی تمرین عملکردی شدید (HIFT): پروتکل تمرینی HIFT مطالعه حاضر برگرفته از تحقیق بانسازیک<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹) می‌باشد، که به مدت ۶ هفته و هفته‌ای ۳ جلسه و هر جلسه به مدت ۶۰ دقیقه انجام شد. در پژوهش حاضر از تمرینات کراسفیت برای پروتکل HIFT استفاده شد. یک جلسه تمرینی HIFT شامل ۱۰ تا ۲۰ دقیقه تمرینات تکنیکی- مهارتی و ۵ تا ۳۰ دقیقه تمرینات اختصاصی بود. قبل از شروع تمرینات، ۱۰ تا ۱۵ دقیقه گرم کردن در غالب حرکاتی مانند دویدن، حرکات کششی و چرخشی و همچنین در انتها نیز به مدت ۵ دقیقه از تمرینات کششی برای سرد کردن استفاده شد. حرکات کراس فیت الگو برداری شده برای پروتکل HIFT، ترکیبی از فعالیت‌های هوازی مانند دویدن، حرکات مقاومتی با وزن بدن مانند حرکت بارفیکس و استفاده از وزنه‌های آزاد مانند کتل بل بود.

پروتکل تمرین مقاومتی (RT): جلسه تمرین مقاومتی به همراه گرم کردن و سرد کردن ۶۰ دقیقه طول کشید. تمرینات مقاومتی شامل ۴ حرکت پرس سینه، زیر بغل، اسکات و اکستنشن زانو بود. حرکات در ۳ ست ۱۲ تکراری، با

۱. Banaszek



اختلاف میانگین ۰/۱۹ میکوگرم بر میلی لیتر به طور معنی داری IL-6 پایین تری داشته اند  
 (۷/۸۱) افزایش معنی داری یافته است. علاوه بر این، بین گروه‌ها با اندازه اثر ۰/۵۲ در IL-10 تفاوت معنی داری وجود دارد ( $P=0/001$ ,  $F=14/13$ ). نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی نشان داد که گروه تمرین HIFT در مقایسه با گروه کنترل با اختلاف میانگین ۰/۸۹ میکوگرم بر میلی لیتر به طور معنی داری IL-10 بالاتری داشته اند ( $P<0/05$ ). همچنین، گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل با اختلاف میانگین ۱/۰۱ میکوگرم بر میلی لیتر به طور معنی داری IL-10 بالاتری داشته اند ( $P<0/05$ ). اما بین تمرین HIFT و تمرین مقاومتی در IL-10 تفاوت معنی داری یافت نگردد ( $P>0/05$ ).

۰/۲۳ میکوگرم بر میلی لیتر به طور معنی داری IL-6 پایین تری داشته اند ( $P<0/05$ ). همچنین، گروه تمرین مقاومتی در مقایسه با گروه کنترل با ( $P<0/05$ )، اما بین تمرین HIFT و تمرین مقاومتی در IL-6 تفاوت معنی داری یافت نگردد ( $P>0/05$ ).  
 علاوه بر این، همان طور که در جدول ۲- مشاهده می گردد تمرین HIFT بر مردان چاق تأثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که در اثر تمرین HIFT میانگین IL-10 از پیش آزمون (۶/۳۴) تا پس آزمون (۷/۴۸) افزایش معنی داری یافته است. همچنین، تمرین مقاومتی بر IL-10 مردان چاق تأثیر معنی داری دارد ( $P=0/001$ ). نتایج حاکی از این بود که در اثر تمرین مقاومتی میانگین IL-10 از پیش آزمون (۶/۷۷) تا پس آزمون

جدول ۱. یافته‌های آنترپومتریکی آزمودنی‌های شرکت کننده در مطالعه

| متغیر                    | HIFT (n=10) | RT (n=10)   | Con (n=10)  | P value |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| سن (سال)                 | ۲۶/۳۰±۲/۴۵  | ۲۶/۶۰±۲/۵۴  | ۲۶/۹۰±۲/۹۹  | ۰/۶۴۲۱  |
| قد (cm)                  | ۱۷۸/۱۳±۲/۳۶ | ۱۷۸/۶۱±۳/۳۵ | ۱۷۹/۳۰±۲/۱۶ | ۰/۳۱۴۷  |
| وزن (kg)                 | ۹۸/۶۵±۳/۰۸  | ۹۸/۷۷±۳/۲۴  | ۹۹/۱۹±۲/۸۱  | ۰/۴۵۴۸  |
| BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | ۳۱/۰۹±۲/۶۱  | ۳۰/۹۶±۱/۳۸  | ۳۰/۸۵±۱/۵۰  | ۰/۲۱۶۳  |

HIFT: تمرین فانکشنال شدید؛ RT: تمرین مقاومتی سنتی؛ Con: کنترل؛ BMI: شاخص توده بدنی

جدول ۲. مقایسه متغیرهای مورد مطالعه در گروه‌های منتخب

| متغیر                                   | گروه          | پیش آزمون | پس آزمون  | تفاوت‌های درون گروهی (t وابسته) |   | تفاوت‌های بین گروهی (آنالیز کوواریانس) |       |
|---|---------------|-----------|-----------|---------------------------------|---|--|-------|
|   |               |           |           | p                               | t | P                                      | F     |
| TNF- $\alpha$<br>(پیکوگرم بر میلی لیتر) | تمرین HIFT    | ۶/۶۴±۰/۷۴ | ۵/۴۶±۰/۷۳ | #p=۰/۰۰۱؛ t=۱۲/۴۰               |   | ۰/۰۰۱*                                 | ۱۷/۴۳ |
|   | تمرین مقاومتی | ۶/۴۳±۰/۶۷ | ۵/۳۵±۰/۷۴ | #p=۰/۰۰۱؛ t=۵/۰۳                |   |  |       |
|   | کنترل         | ۶/۵۷±۰/۶۱ | ۶/۵۳±۰/۷۶ | p=۰/۷۲۵؛ t=۰/۳۶                 |   |  |       |
| IL-6<br>(پیکوگرم بر میلی لیتر)          | تمرین HIFT    | ۱/۳۰±۰/۰۶ | ۱/۰۵±۰/۰۷ | #p=۰/۰۰۱؛ t=۱۲/۸۶               |   | ۰/۰۰۱*                                 | ۲۹/۷۴ |
|   | تمرین مقاومتی | ۱/۳۵±۰/۱۴ | ۱/۱۴±۰/۱۵ | #p=۰/۰۰۱؛ t=۶/۸۲                |   |  |       |
|   | کنترل         | ۱/۳۰±۰/۰۶ | ۱/۲۸±۰/۰۹ | p=۰/۲۳۹؛ t=۱/۲۶                 |   |  |       |
| IL-10<br>(پیکوگرم بر میلی لیتر)         | تمرین HIFT    | ۶/۳۴±۰/۴۴ | ۷/۴۸±۰/۵۷ | #p=۰/۰۰۱؛ t=-۵/۳۶               |   | ۰/۰۰۱*                                 | ۱۴/۱۳ |
|   | تمرین مقاومتی | ۶/۷۷±۰/۷۳ | ۷/۸۱±۰/۴۴ | #p=۰/۰۰۱؛ t=-۵/۰۴               |   |  |       |
|   | کنترل         | ۶/۷۸±۰/۷۸ | ۶/۸۰±۰/۶۴ | p=۰/۸۴۳؛ t=-۰/۲۰                |   |  |       |

TNF- $\alpha$ : عامل نکروزی تومور-آلفا، IL-6: اینترلوکین-۶، IL-10: اینترلوکین-۱۰، HIFT: تمرین فانکشنال شدید، RT: تمرین مقاومتی سنتی، Con: کنترل، # تفاوت‌های معنادار از پیش آزمون به پس آزمون، \*: تفاوت معنادار بین سه گروه



## بحث

داشت. بنابراین به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی افزایش IL-10 در گروه‌های مداخله RT و HIFT در پژوهش حاضر ناشی از اثرگذاری مثبت (کاهش) تمرین بر عوامل ترکیب بدنی مثل دور کمر، دور لگن، نسبت دور کمر به لگن، BMI، وزن و درصد چربی بدن در شرکت‌کنندگان چاق باشد. در همین رابطه پیش‌تر، محققان دریافتند که تمرینات HIFT سبب بهبود ترکیب بدنی و کاهش توده چربی در افراد چاق و دیابتی می‌شود (۲۶، ۲۵، ۱۰). بنابراین، به نظر می‌رسد درصد چربی بدن عامل مهمی در سنتز IL-10 است و منجر به بدتر شدن پاسخ ضدالتهابی می‌شود (۲۲). درواقع، اضافه‌وزن و چاقی مربوط به یک فرآیند التهابی مزمن است. بافت چربی یک ارگان غدد درون‌ریز است که چربی‌ها را آزاد می‌کند و قادر است تعدادی از عملکردها مانند اشتها، مصرف انرژی، نقش انسولین، ایمنی و التهاب را تعدیل کند. افزایش دریافت کالری و اصلاح الگوی آزادسازی آدیپوکاین‌ها در افراد دارای اضافه‌وزن و چاق منجر به حالت التهابی با درجه پایین می‌شود که همچنین خطر ایجاد و پیشرفت MS و CVD را افزایش می‌دهد (۲۴). علاوه بر این، مطالعات نشان داده‌اند که دیس لیپیدی همچنین IL-6 و TNF- $\alpha$  را افزایش می‌دهد (۶).

همسو با مطالعه حاضر، عبدالکادر<sup>۳</sup> و الجیفری<sup>۴</sup> تأثیر فعالیت‌های بدنی بر نشانگرهای زیستی التهابی را در زنان چاق پس از یائسگی بررسی کردند و نشان دادند که مقادیر IL-2، IL-4، IL-6، TNF- $\alpha$  در هر دو گروه تمرین هوازی و تمرین مقاومتی کاهش یافت. محققان همچنین نشان دادند که این کاهش در گروه اول (تمرین هوازی) بیشتر بود و این نشان‌دهنده این است که تمرینات هوازی برای زنان یائسه چاق برای تعدیل نشانگرهای زیستی التهابی مناسب‌تر هستند (۲۷). در سوی مقابل نتایج ناهم‌سو با مطالعه حاضر نیز گزارش شده است. مطالعات دیگر سطوح سیتوکین‌های التهابی را در زنان چاق یائسه را مورد بررسی قرار دادند. یک مطالعه نشان داد که پس از یک مداخله ۶ ماهه با یک برنامه تمرینی ۳-۴ بار در هفته، علیرغم کاهش وزن بدن، تغییراتی در سطوح IL-6 و TNF- $\alpha$  به وجود نیامد (۲۸). از دلایل احتمالی تفاوت در یافته‌های تحقیقات متناقض با پژوهش حاضر می‌توان به ویژگی فیزیولوژیک و جنسیت آزمودنی‌ها و همچنین شکل و مدت‌زمان مداخله تمرینی مطالعات گذشته اشاره کرد.

تولید بالاتر IL-10 پس از هر دو پروتکل تمرینی ممکن است نقش تمرین در بهبود التهاب را نشان دهد. IL-10 تولید TNF- $\alpha$ ، IL-6 و IL-12 را کاهش می‌دهد و در نتیجه پاسخ التهابی را از طریق مهار

مطالعه حاضر باهدف مقایسه اثر RT و HIFT بر سطوح پلاسمایی عوامل پیش التهابی IL-6 و TNF- $\alpha$  و عامل ضدالتهابی IL-10 مردان جوان چاق انجام گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مداخلات تمرینی (HIFT و RT) - هر دو - سبب تغییرات معنادار سطوح پلاسمایی IL-10 (افزایش معنادار)، TNF- $\alpha$  (کاهش معنادار) و IL-6 (کاهش معنادار) پس از ۶ هفته مداخله تمرینی در مردان چاق شد. همچنین شرکت‌کنندگان گروه‌های تمرینی (HIFT و RT) - هر دو - در مقایسه با شرکت‌کنندگان گروه کنترل، از لحاظ آماری دارای سطوح بالاتری در IL-10 و سطوح پایین‌تری در عوامل پیش التهابی IL-6 و TNF- $\alpha$  بودند. با این وجود، مهم‌ترین یافته مطالعه حاضر نبود تفاوت معنادار بین گروه‌های مداخله بود.

مطالعه حاضر برای اولین بار به مقایسه تمرینات فانکشنال شدید و مقاومتی سنتی بر عوامل التهابی/ضدالتهابی پرداخته است. با این وجود مطالعاتی تاکنون به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی گوناگون (حاد و مزمن) بر عوامل التهابی چون IL-6، TNF- $\alpha$ ، IL-1 $\beta$  و عوامل ضدالتهابی چون IL-10 پرداختند. نتایج مطالعه گروسانتو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۱)، بیتلی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۲) با مطالعه حاضر همسو است. به‌تازگی تجزیه و تحلیل همبستگی پژوهشی نشان داد که کاهش مقادیر درصد چربی، گلوکز ناشتا، تری‌گلیسیرید و VLDL-c نیز بر کاهش مقادیر TNF- $\alpha$  تأثیر می‌گذارد. همچنین، کاهش گلوکز ناشتا، تری‌گلیسیرید و VLDL-c، تأثیر معناداری در افزایش نسبت TNF- $\alpha$ /IL-10 دارد و نشان می‌دهد که بهبود کنترل قند خون و نیمرخ لیپیدی تعادل بین ضدالتهابی و پیش التهابی را بهبود می‌بخشد (۲۳). بنابراین یکی از مکانیسم‌های احتمالی ضدالتهابی تمرین ورزشی با شدت و نوع مختلف ناشی از اثرات مثبت آن بر بهبود کنترل قند خون و نیمرخ لیپیدی ناشی می‌شود. اگرچه در مطالعه حاضر نشانگرهای قند خون و نیمرخ لیپیدی مورد بررسی قرار نگرفت.

همچنین، نتایج همبستگی مطالعات قبلی نشان داد که افزایش چربی بدن و چاقی شکمی با بدتر شدن تعادل بین سیتوکین‌های ضدالتهابی و پیش التهابی مرتبط است (۲۴، ۲۲). در مطالعه بیتلی و همکاران (۲۲)، تجزیه و تحلیل همبستگی نشان داد که افزایش درصد چربی تأثیر قابل توجهی بر کاهش IL-10 دارد. همچنین کاهش دور کمر و درصد چربی با افزایش نسبت IL-10/IL-6 ارتباط معنی‌داری

<sup>۳</sup>. Abd El-Kader

<sup>۴</sup>. Al-Jiffri

<sup>۱</sup>. Gerosa-Neto

<sup>۲</sup>. Biteli





### نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که ۶ هفته تمرین فانکشنال و مقاومتی - هر دو - سبب بهبود وضعیت التهابی در افراد چاق می شود. این نتایج شواهدی را تأیید می کند که فارغ از نوع تمرین، فعالیت ورزشی منظم با کاهش عوارض چاقی می تواند نقش مهمی در کنترل وزن و چاقی داشته باشد. با این وجود، تفاوتی بین اثر دو نوع فعالیت بدنی HIFT و RT در وضعیت التهابی دیده نشد.

### تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی های شرکت کننده و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

### تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

inflammation in children: The IDEFICS study. *Pediatr Res.* 2022;91(3):681-9.

6. Montégut L, Lopez-Otin C, Magnan C, Kroemer G. Old paradoxes and new opportunities for appetite control in obesity. *Trends Endocrinol Metab.* 2021;32(5):264-94.

7. Wang T, He C. Pro-inflammatory cytokines: The link between obesity and osteoarthritis. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2018;44:38-50.

8. Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-intensity functional training (HIFT): Definition and research implications for improved fitness. *Sports.* 2018;6(3):76.

9. Türk Y, Theel W, Kasteleyn MJ, Franssen FME, Hiemstra PS, Rudolphus A, et al. High intensity training in obesity: a Meta-analysis. *Obes Sci Pract.* 2017;3(3):258-71.

10. Feito Y, Patel P, Sal Redondo A, Heinrich KM. Effects of eight weeks of high intensity functional training on glucose control and body composition among overweight and obese adults. *Sports.* 2019;7(2):51.

11. Kocheki, M., avandi, M., Zar, A., Sadeghipour, H. R. The effect of High intensity functional training and circuit resistance training on serum

سلول های مختلف مانند لنفوسیت های T و B، ماکروفاژها و سلول های دندریتیک محدود می کند. تولید IL-10 ناشی از سرکوب عوامل التهابی توسط فعال شدن محور Akt-STAT3 انجام می شود. علاوه بر این، افزایش تولید IL-10 پس از این تمرین شدید، اثر ضدالتهابی تمرین را برجسته می کند، که اعتقاد بر این است که از طریق فرآیند زیر ایجاد می شود: اصلاح ساختار کروماتین برای خاموش کردن انتخابی پروموتورهای ژن التهابی فعال؛ مهار محصولات ژنی که فعالیت NF-κB را پس از ترجمه تغییر می دهند؛ افزایش بیان بازدارنده های رونویسی (۲۹).

همان طور که ذکر شد، التهاب نقش مهمی در شروع و پیشرفت CVD ایفا می کند. با این وجود، پیچیدگی مسیرهای تنظیم کننده سلول های ایمنی و آترواسکلروتیک چالش برانگیز است و درمان های ضدالتهابی برای پیشگیری از بیماری های قلبی می تواند در پیشگیری مؤثر باشد. با این حال، هنوز مسیری طولانی در پیش است (۲۵). از سوی دیگر، تمرینات ورزشی منظم از طریق مکانیسم های مختلف باعث کاهش فرآیندهای التهابی می شود (۳۰). بنابراین، این روش ارزان و مؤثر برای به حداقل رساندن مرگ و میر ناشی از CVD باقی مانده است. پژوهش حاضر با محدودیت هایی مواجه بود که از آن جمله می توان به محدودیت مالی و در نتیجه عدم اندازه گیری شاخص هایی نظیر IL-1β، IL-12، IL-4 و IL-2 و نشانگرهای قند خون و نیمرخ لیپیدی اشاره کرد.

### Reference

1. Buoncristiano M, Williams J, Simmonds P, Nurk E, Ahrens W, Nardone P, et al. Socioeconomic inequalities in overweight and obesity among 6-to 9-year-old children in 24 countries from the World Health Organization European region. *Obes Rev.* 2021;22:e13213.
2. Kelly T, Yang W, Chen C-S, Reynolds K, He J. Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *Int J Obes* 2005. 2008 Sep;32(9):1431-7.
3. Wang Y, Beydoun MA, Liang L, Caballero B, Kumanyika SK. Will all Americans become overweight or obese? estimating the progression and cost of the US obesity epidemic. *Obes Silver Spring Md.* 2008 Oct;16(10):2323-30.
4. Coletta M, Paroni M, Alvisi MF, De Luca M, Rulli E, Mazza S, et al. Immunological variables associated with clinical and endoscopic response to vedolizumab in patients with inflammatory bowel diseases. *J Crohn's Colitis.* 2020;14(9):1190-201.
5. González-Gil EM, Santaliesra-Pasías AM, Buck C, Gracia-Marco L, Lauria F, Pala V, et al. Improving cardiorespiratory fitness protects against

main physical fitness indicators in women aged 25-35 years. 2020;

21. Gerosa-Neto J, Monteiro PA, Inoue DS, Antunes BM, Batatinha H, Dorneles GP, et al. High-and moderate-intensity training modify LPS-induced ex-vivo interleukin-10 production in obese men in response to an acute exercise bout. *Cytokine*. 2020;136:155249.

22. Biteli P, Barbalho SM, Detregiachi CRP, dos Santos Haber JF, Chagas EFB. Dyslipidemia influences the effect of physical exercise on inflammatory markers on obese women in post-menopause: A randomized clinical trial. *Exp Gerontol*. 2021;150:111355.

23. Alzamil H. Elevated serum TNF- $\alpha$  is related to obesity in type 2 diabetes mellitus and is associated with glycemic control and insulin resistance. *J Obes*. 2020;2020.

24. Sindhu S, Kochumon S, Thomas R, Bennakhi A, Al-Mulla F, Ahmad R. Enhanced adipose expression of interferon regulatory factor (IRF)-5 associates with the signatures of metabolic inflammation in diabetic obese patients. *Cells*. 2020;9(3):730.

25. Fealy CE, Nieuwoudt S, Foucher JA, Scelsi AR, Malin SK, Pagadala M, et al. Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. *Exp Physiol*. 2018;103(7):985-94.

26. Bogdani A, Pano G. Effects of traditional training compared to functional training in metabolic age and visceral fat in 18-30 old subjects. 2021;

27. Abd El-Kader SM, Al-Jiffri OH. Aerobic exercise modulates cytokine profile and sleep quality in elderly. *Afr Health Sci*. 2019;19(2):2198-207.

28. Arsenault BJ, Rana JS, Stroes ESG, Després J-P, Shah PK, Kastelein JJP, et al. Beyond low-density lipoprotein cholesterol: respective contributions of non-high-density lipoprotein cholesterol levels, triglycerides, and the total cholesterol/high-density lipoprotein cholesterol ratio to coronary heart disease risk in apparently healt. *J Am Coll Cardiol*. 2009;55(1):35-41.

29. Saraiva M, Vieira P, O'garra A. Biology and therapeutic potential of interleukin-10. *J Exp Med*. 2019;217(1):e20190418.

30. Wang S, Zhou H, Zhao C, He H. Effect of Exercise Training on Body Composition and Inflammatory Cytokine Levels in Overweight and

levels of Vaspin in obese women. *Metabolism and Exercise*, 2023; 13(1): 57-69. [In Persian]

12. Heinrich KM, Crawford DA, Johns BR, Frye J, Gilmore KEO. Affective responses during high-intensity functional training compared to high-intensity interval training and moderate continuous training. *Sport Exerc Perform Psychol*. 2020;9(1):115.

13. Barry JC, Simtchouk S, Durrer C, Jung ME, Mui AL, Little JP. Short-term exercise training reduces anti-inflammatory action of interleukin-10 in adults with obesity. *Cytokine*. 2018;111:460-9.

14. Burtscher J, Pasha Q, Chanana N, Millet GP, Burtscher M, Strasser B. Immune consequences of exercise in hypoxia: A narrative review. *J Sport Health Sci*. 2023:S2095-2546(23)00092-3.

15. Tan L, Yan W, Yang W, Kamionka A, Lipowski M, Zhao Z, Zhao G. Effect of exercise on inflammatory markers in postmenopausal women with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. *Exp Gerontol*. 2023; 183:112310.

16. Del Rosso S, Baraquet ML, Barale A, Defagó MD, Tortosa F, Perovic NR, et al. Long-term effects of different exercise training modes on cytokines and adipokines in individuals with overweight/obesity and cardiometabolic diseases: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression of randomized controlled trials. *Obes Rev*. 2023; 24(6):e13564.

17. Abd El-Kader SM, Al-Jiffri OH. Impact of aerobic versus resisted exercise training on systemic inflammation biomarkers and quality of Life among obese post-menopausal women. *Afr Health Sci*. 2019 Dec; 19(4):2881-2891.

18. Rocha JNS, Vasconcelos ABS, Aragão-Santos JC, de Resende-Neto AG, Monteiro MRP, Nogueira AC, et al. A single-set functional training program increases muscle power, improves functional fitness, and reduces pro-inflammatory cytokines in postmenopausal women: A randomized clinical trial. *Front Physiol*. 2023; 14:1054424.

19. Banaszek A, Townsend JR, Bender D, Vantrease WC, Marshall AC, Johnson KD. The Effects of Whey vs . Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training ( HIFT ): A Pilot Study. 2019;

20. Chukhlantseva N, Cherednychenko I, Kemkina V. The influence of high-intensity functional training versus resistance training on the

Obese Individuals: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Front Immunol.* 2022 Jun 23; 13:921085.

Impress

