مطالعات کاربردی
علوم زیستی در ورزش

اثرات ۱۲ هفته تمرین مقاومتی سنتی و دایره‌ای همراه با تمرین هوازی بر آدیپوکاین های التهابی و قدرت عضلانی مردان چاق

بهنام باقرزاده رحمانی[۱*]، امیرحسین حقیقی[۲]، رویا عسکری[۳]

۱. دکتری فیزیولوژی ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

۲. استاد گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

چکیده

زمینـــه و هـــدف: یافتن تمرین ورزشی که دارای اثربخشی زیاد و سریع باشد، می‌تواند افراد چاق را برای انجام فعالیت ورزشی ترغیب کند. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات ۱۲ هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای و سنتی همراه با تمرین هوازی بر اینترلوکین-۶، عامل نکروز تومور آلفا و قدرت عضلانی در مردان چاق بود. **روش تحقیق:** تعداد ۳۶ مرد چاق با میانگین سن ۲۵/۷۵ ± ۳/۲۲ سال و شاخص توده بدنی ۳۵/۱۳ ± ۱/۳ کیلوگرم بر متر مربع به صورت هدفمند انتخاب شدند. شرکت کنندگان به صورت تصادفی به سه گروه: کنترل، تمرین مقاومتی سنتی و تمرین مقاومتی دایره‌ای تقسیم شدند. شرکت کنندگان در گروه های تمرینی، ابتدا تمرین مقاومتی و سپس تمرین هوازی را به مدت ۱۲ هفته و سه جلسه در هفته به اجرا درآوردند. شدت تمرینات طبق اصل اضافه بار و پیشرفت تدریجی، هر چهار هفته تغییر کرد. برای ارزیابی تفاوت های بین گروه ها از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی شفه در سطح معنی داری $p<۰/۰۵$ استفاده شد. **یافته ها:** اینترلوکین-۶، عامل نکروز تومور آلفا، قدرت بالاتنه، قدرت پایین تنه و وزن بدن بین گروه ها تفاوت های معنی داری داشت ($p<۰/۰۰۱$). اینترلوکین-۶ ($p<۰/۰۰۱$) و عامل نکروز تومور آلفا ($p<۰/۰۲$) در همه گروه های تمرینی نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری داشتند. اما قدرت بالا تنه و پایین تنه، در همه گروه های تمرینی نسبت به گروه کنترل افزایش معنی داری داشتند ($p<۰/۰۰۱$). وزن بدن فقط در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری کاهش یافت ($p<۰/۰۱$). **نتیجه گیری:** انجام ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی سنتی و دایره‌ای همزمان با تمرین هوازی، سبب تعدیل سطوح آدیپوکاین های التهابی و بهبود قدرت عضلانی در مردان چاق می شود؛ اما پیشنهاد می‌شود برای کاهش وزن بیشتر از تمرینات مقاومتی دایره‌ای استفاده شود.

واژه های کلیدی: چاقی، التهاب، اینترلوکین- ۶، عامل نکروز تومور آلفا، تمرینات ورزشی

* نویسنده مسئول: سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم ورزشی، گروه فیزیولوژی ورزشی.

پست الکترونیک: b.bagherzadehrahmani@gmail.com

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

Effects of 12-week of traditional and circuit resistance training combined with aerobic training on inflammatory adipokines and muscular strength in obese men

Behnam Bagherzadeh-Rahmani[1]*, Amir Hossein Haghighi[2], Roya Askari[3]

1. PhD Student in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

2. Full Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

3. Associate Professor at Department of Exercise Physiology, Faculty of Sport Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Abstract

Background and Aim: Finding exercise training that has high and fast effectiveness can encourage obese people to do exercise. The aim of the research was to investigate the effects of twelve weeks of circuit and traditional resistance training combined with aerobic training on interleukin-6, tumor necrosis factor alpha and muscular strength in obese men. **Materials and methods:** 36 obese men with a mean of age 25.75 ± 3.22 years and body mass index 35.13 ± 1.3 kg/m^2 were purposefully selected. The participants were randomly divided into three groups: control, traditional resistance training and circuit resistance training. The participants in the training groups first performed resistance training and then aerobic training for 12 weeks and three sessions per week. The intensity of the exercises was changed every four weeks according to the principles of overload and progression. To evaluate the differences between the groups, the statistical method of analysis of variance with repeated measures and Sheffe's post hoc test was used at the significance level of $p<0.05$. **Results:** Interleukin-6, tumor necrosis factor alpha, upper limb strength, lower limb strength and body weight had significant differences between the groups ($p<0.001$). Interleukin-6 ($p<0.001$) and tumor necrosis factor alpha ($p<0.02$) were significantly reduced in all training groups compared to the control group. However, upper limb and lower limb strength increased significantly in all training groups compared to the control group ($p<0.001$). Body weight decreased significantly only in the circuit resistance training group compared to the control group ($p<0.01$). **Conclusion:** Performing 12 weeks of traditional and circuit resistance training concurrently with aerobic training moderates the levels of inflammatory adipokines and improves muscular strength in obese men. But it is suggested to use circuit resistance training to lose more weight.

Keywords: Obesity, inflammation, Interleukin-6, Tumor necrosis factor alpha, Exercise training

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

***Corresponding Author: Sabzevar, Hakim Sabzevari University, Faculty of Sport Sciences, Physiology Exercise of Department; mail: b.bagherzadehrahmani@gmail.com**

مقدمه

در دهه های گذشته نرخ شیوع چاقی در سراسر جهان رو به افزایش بوده است (چوی[1] و دیگران، ۲۰۱۹). چاقی و بیماری های قلبی-عروقی از عوامل اصلی مرگ و میر در بسیاری کشورها است. چاقی خطر ابتلا به بیماری های جدی از جمله انواع سرطان و مرگ زودرس را افزایش می دهد (اسپوزیتو[2] و دیگران، ۲۰۱۲). چاقی با اختلالات متابولیکی جدی مانند مقاومت به انسولین، دیابت نوع دو، فشار خون بالا، بیماری های قلبی عروقی، دیس لیپیدمی[3] و هایپرگلیسمی[4] مرتبط است و این عوامل به عنوان سندرم متابولیک[5] نیز شناخته می شوند (سالتیل[6] و دیگران، ۲۰۱۷). چاقی با التهاب مزمن همراه است و التهاب می تواند در شروع و یا پیشرفت بیماری های متابولیکی مرتبط با چاقی نقش داشته باشد (لاسلین[7] و دیگران، ۲۰۱۴).

اینترلوکین-۶[8] (IL-6) سایتوکاینی است که هم به عنوان یک آدیپوکاین پیش التهابی و هم به عنوان یک مایوکاین ضد التهابی عمل می کند. افزایش ترشح IL-6 از عضلات اسکلتی، اثرات مثبت و مهمی در تنظیم سیستم ایمنی، متابولیسم و رشد عضلات دارد (لی[9] و دیگران، ۲۰۱۷). ترشح IL-6 در عضله اسکلتی ناشی از فعالیت ورزشی نقش ضد التهابی دارد (پدرسن[10] و فبریو[11] ۲۰۱۲). IL-6 اولین مایوکاینی است که توسط عضله اسکلتی در حین ورزش و در پاسخ به انقباض عضلانی تولید و در جریان خون آزاد می شود (فبریو و پدرسن، ۲۰۰۵) و اثرات ضد التهابی خود را از طریق مهار عامل نکروز تومور آلفا[12] (TNF-α) و اینترلوکین-۱ (IL-1) و فعال سازی اینترلوکین-۱۰ (IL-10) انجام می دهد (پترسن[13] و پدرسن، ۲۰۰۵). با این حال افزایش آزادسازی IL-6 از بافت چربی می تواند نشانه التهاب مزمن باشد و باعث افزایش مقاومت به انسولین شود (پدرسن و دیگران، ۲۰۰۴). بنابراین افزایش سطوح IL-6 در حالت استراحت به عنوان یک عامل التهابی در نظر گرفته می شود که با مقاومت به انسولین به ویژه در افراد چاق مرتبط است (ستی[14] و هتامیسلگلی[15] ۲۰۲۱). TNF-α یک سایتوکاین و یک آدیپوکاین است. به عنوان یک سایتوکاین، TNF-α توسط سیستم ایمنی برای سیگنال دهی در سلول ها استفاده می شود. اگر ماکروفاژها عفونت را تشخیص دهند، TNF-α را آزاد می‌کنند تا سلول‌های دیگر سیستم ایمنی را از یک پاسخ التهابی آگاه کنند. TNF-α به عنوان یک آدیپوکین مقاومت به انسولین را تقویت می کند و با دیابت نوع ۲ ناشی از چاقی مرتبط است (پدرسن و دیگران، ۲۰۰۴). غلظت TNF-α و IL-6 در چاقی افزایش می یابند و باعث افزایش التهاب می شوند (کرن[16] و دیگران، ۲۰۱۸؛ وردس[17] و دیگران، ۲۰۱۹).

1. Chooi
2. Esposito
3. Dyslipidemia
4. Hyperglycemia
5. Metabolic syndrome
6. Saltiel
7. Lasselin
8. Interleukin-6
9. Li
10. Pedersen
11. Febbraio
12. Tumor necrosis factor alpha
13. Petersen
14. Sethi
15. Hotamisligil
16. Kern
17. Virdis

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

به طور کلی افراد بی تحرک و چاق از قدرت نسبی کمتری نسبت به افراد سالم برخوردار هستند. مطالعات متعددی نقش مثبت تمرینات ورزشی را بر روی بیماران و افراد چاق از طریق افزایش کیفیت زندگی، ارتقای عوامل آمادگی جسمانی، تعدیل التهاب، پیشگیری از دیابت و سایر بیماری ها تایید کردند (باقرزاده رحمانی و دیگران، ۲۰۲۲؛ لوپز[1]و دیگران، ۲۰۲۲؛ حقیقی و دیگران، ۲۰۲۳). اجرای تمرینات مقاومتی به صورت سنتی و دایره‌ای توسط افراد و ورزشکاران از دهه ها قبل مورد استفاده قرار می گرفت. بعد ها تمرینات مقاومتی دایره‌ای توسط مورگان و اندرسون در سال ۱۹۵۳ توسعه داده شد (کراویتز[2]، ۱۹۹۶). از طرفی نشان داده شده است ترکیبی از تمرینات مقاومتی و هوازی اثرات مطلوب بیشتری نسبت به انجام این تمرینات به صورت تنها دارند. مطالعات اثرات مثبت تمرینات ترکیبی را بر التهاب، ترکیب بدن، آمادگی جسمانی، تحمل گلوکز و حساسیت به انسولین نشان داده اند (چن[3]و دیگران، ۲۰۱۷؛ آلبرگا[4]و دیگران، ۲۰۱۶). بنابراین، انجام تمرینات مقاومتی و هوازی به صورت ترکیبی ممکن است برای دستیابی به جنبه های بیشتر سلامتی در افراد چاق با اهمیت باشد. اجرای تمرینات مقاومتی به صورت سنتی نیازمند صرف زمان بیشتری است، اما دارای فواصل استراحتی طولانی تر است. اجرای تمرینات مقاومتی به صورت دایره‌ای نیازمند صرف زمان کمتری است و دارای فواصل استراحتی کمتری می باشد.

تمرینات مقاومتی بسته به اینکه چگونه انجام شوند، می تواند سازگاری های متفاوتی را به همراه داشته باشند و بر انگیزه و پایبندی افراد برای تداوم انجام تمرینات در بلند مدت اثر گذار باشند. یکی از چالش های موجود، انتخاب تمرین مقاومتی در تمرینات ترکیبی است. بنابراین ارائه و مقایسه برنامه های تمرین مقاومتی به صورت سنتی و دایره‌ای در افراد چاق بسیار مهم تلقی می شود. از طرفی بررسی همزمان انواع تمرینات مقاومتی در کنار تمرین هوازی، برای شناخت اثرات انواع تمرینات ترکیبی نیز می تواند مهم تلقی شود. بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تمرینات مقاومتی سنتی و دایره‌ای به صورت ترکیبی با تمرین هوازی بر آدیپوکاین های پیش التهابی IL-6 و TNF-α، قدرت بالاتنه، قدرت پایین تنه و وزن بدن در مردان چاق بود.

روش تحقیق

شرکت کنندگان پژوهش را مردان چاق تشکیل دادند و در یک طرح پژوهشی ۱۲ هفته‌ای مورد بررسی قرار گرفتند، لذا پژوهش حاضر از نوع کاربردی و نیمه تجربی می‌باشد که با استفاده اندازه‌گیری‌های پیش آزمون و پس آزمون انجام شد. شرکت کنندگان از طریق فراخوان در اماکن عمومی، باشگاه ها و رسانه های اجتماعی برای این مطالعه داوطلب شدند. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از: دامنه سنی ۲۰ تا ۳۲ سال، BMI > 30 کیلوگرم بر متر مربع، عدم شرکت در فعالیت بدنی منظم در شش ماه گذشته، عدم وجود بیماری قلبی عروقی، متابولیک و غدد درون ریز و عدم مصرف مواد مخدر و الکل. شرکت‌کنندگان با اختلالات مفصلی، ناتوانی‌های جسمی، و کسانی که از داروها و مکمل هایی (اسیدهای آمینه، مسدود کننده های گیرنده بتا، بتا-آگونیست ها، مسدود کننده های کانال کلسیم و کورتیکواستروئیدها) استفاده می‌کردند که بر متابولیسم عضلات و بافت چربی تاثیر می گذاشت، از مطالعه حذف شدند.

1. Lopez
2. Kravitz
3. Chen
4. Alberga

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

ملاحظات اخلاقی: کمیته اخلاق دانشگاه حکیم سبزواری پژوهش حاضر را با کد اخلاق IR.HSU.REC.1401.004 تصویب کرد. یک پزشک و یک فیزیولوژیست ورزشی با استفاده از پرسشنامه های سلامت/سوابق پزشکی و آمادگی فعالیت بدنی (PAR-Q) این معیارها را ارزیابی کردند (توماس[1]و دیگران، ۱۹۹۲). قبل از شرکت در تحقیق، کلیه مراحل و روش کار برای شرکت کنندگان توضیح داده شد و همه آنها یک فرم رضایت آگاهانه را تکمیل کردند. شرکت کنندگان بر اساس انصراف بی قید و شرط از پژوهش، رضایت نامه کتبی خود را امضا کردند.

طراحی مطالعه: حجم نمونه به وسیله نرم افزار G-power با در نظر گرفتن توان ۰,۸۰ به دست آمد. ۳۶ مرد چاق با میانگین و انحراف استاندارد سن ۳/۲۲ ± ۲۵/۷۵ سال، وزن ۴/۰۲ ± ۱۰۵/۱۸ کیلوگرم و BMI ۱/۳۸ ± ۳۵/۱۳ کیلوگرم بر متر مربع به صورت هدفمند انتخاب و به صورت تصادفی به سه گروه: ۱. کنترل، ۲. تمرین مقاومتی سنتی[2](TRT) و ۳. تمرین مقاومتی دایره‌ای[3](CRT) تقسیم شدند. به شرکت کنندگان در گروه کنترل آموزش داده شد که سبک زندگی معمول خود (غیرفعال) را به مدت ۱۲ هفته حفظ کنند. قبل از به دست آوردن اندازه گیری های اولیه، تمام شرکت کننده ها به طور کامل با تمام آزمایش ها و روش ها آشنا شدند. اندازه گیری وزن و جمع آوری نمونه‌های خونی ۴۸ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۴۸ ساعت پس از پایان تمرینات در حالت ۱۲ ساعت ناشتایی انجام شد. ارزیابی قدرت بیشینه شرکت کنندگان ۲۴ ساعت پیش از شروع تمرینات و ۷۲ ساعت پس از پایان تمرینات در حالت تغذیه کرده انجام شد. جمع آوری ها مطالعه بین ساعت ۸-۱۰ صبح و در شرایط محیطی استاندارد (~۲۰ درجه سانتیگراد و ~۵۰٪ رطوبت) انجام شد.

پروتکل تمرینات: تمرینات توسط تیمی از متخصصان فیزیولوژی ورزشی دارای مدارک **PhD** و مدارک بین المللی مربیگری، طراحی شدند. قبل از به دست آوردن یک تکرار بیشینه[4](1RM) شرکت کنندگان در حرکات تجویز شده، ابتدا شرکت کنندگان با استفاده از وزنه های سبک بدن خود را گرم کردند. سپس وزنه ای انتخاب شد که آنها حداکثر تا ۱۰ تکرار را بتوانند انجام دهند. در صورت انتخاب وزنه سبک و انجام تکرارهای بیش از ۱۰، آنها بعد از کمی استراحت وزنه سنگین تری را امتحان می کردند تا جایی که بتوانند حداکثر تا ۱۰ تکرار را انجام دهند. سپس از طریق تعداد تکرار و وزنه مهار شده حداکثر قدرت شرکت کنندگان به روش غیر مستقیم به دست آمد (برزیسکی[5] ۱۹۹۳). اندازه گیری ها و محاسبات در فواصل چهار هفته‌ای تکرار و سپس بر اساس اصل اضافه بار و اصل پیشرفت تدریجی، بار تمرین مقاومتی تغییر کرد. مقدار مصرف انرژی شرکت کنندگان در گروه های تمرینی با استفاده از دستگاه گاز آنالایزر K4B2 بررسی شد. کنترل شدت تمرین هوازی با توجه به ضربان قلب ذخیره[6](HRR) و با استفاده از فرمول کاروونن[7]انجام شد (کارونن، ۱۹۵۷). ضربان قلب بیشینه (HRmax) با استفاده از فرمول گلیش و همکاران محاسبه شد (گلیش[8]و دیگران، ۲۰۰۷). سپس شدت های مناسب HRR با توجه اهداف تحقیق محاسبه شد و با جمع آنها با ضربان قلب زمان استراحت، ضربان قلب هدف در شدت های مختلف تمرین هوازی تعیین شد. از ضربانسنج (Polar V800, Polar Electro Oy, Finland) برای پایش ضربان قلب شرکت کنندگان در حین تمرین استفاده

1. Thomas
2. Traditional resistance training
3. Circuit resistance training
4. One repetition maximum
5. Brzycki
6. Heart rate reserve
7. Karvonen
8. Gellish

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

شد. اندازه گیری ها و محاسبات در فواصل چهار هفته‌ای تکرار و سپس بر اساس اصل اضافه بار، بار تمرین مقاومتی طبق اصل پیشرفت تدریجی تغییر کرد.

هر جلسه شامل یک مرحله گرم کردن (۱۰ دقیقه)، بخش اصلی تمرین (تمرین مقاومتی + تمرین هوازی) و سرد کردن (۵ دقیقه) بود. تمرین مقاومتی شامل ۴ حرکت برای بالا تنه و ۴ حرکت برای پایین تنه بود. از حرکات پرس سینه[1] لت از جلو[2] جلو بازو[3] و پشت بازو[4] برای بالا تنه استفاده شد و از حرکات اسکوات[5] پرس پا[6] پشت ران[7] و جلو ران[8] برای پایین تنه استفاده شد. انجام تمام حرکات با دستگاه صورت گرفت. به شرکت‌کنندگان آموزش داده شد که در مرحله برونگرا دم و در مرحله درونگرا بازدم را انجام دهند. تمرینات مقاومتی از گروه های عضلانی بزرگتر و حرکات چند مفصله شروع و به گروه های عضلانی کوچکتر و حرکات تک مفصله ختم شد. پروتکل تمرین مقاومتی سنتی شامل ۸ حرکت، در سه ست انجام شد و تمرینات از حرکات بالاتنه شروع و به حرکات پایین تنه ختم شد (جدول ۱). پروتکل تمرین مقاومتی دایره‌ای شامل ۸ ایستگاه، به صورت پشت سر هم در دو دایره انجام شد (جدول ۱). پروتکل تمرین هوازی (AT) پس از ۵ دقیقه استراحت بعد از تمرینات مقاومتی بر روی تردمیل انجام شد (جدول ۲).

ارزیابی عوامل آمادگی جسمانی و عوامل خونی: وزن بدن با یک لباس سبک و حداقلی با استفاده از ترازوی کالیبره شده (Seca 707, Germany) اندازه گیری شد. قدرت بالا تنه و قدرت پایین تنه شرکت کنندگان با توجه به اضافه وزن و عدم تجربه تمرین ورزشی به صورت غیر مستقیم محاسبه شد (برزیسکی، ۱۹۹۳). برای ارزیابی حداکثر قدرت بالاتنه از حرکت پرس سینه و برای ارزیابی حداکثر قدرت پایین تنه از حرکت پرس پا استفاده شد. نمونه های خون از ورید آنته کوبیتال پس از ۱۲ ساعت ناشتایی به مقدار ۱۰ میلی لیتر با استفاده از روش های استاندارد جمع آوری شد. در ۳۰ دقیقه اولیه پس از جمع آوری، نمونه ها به لوله‌های حاوی EDETA[9] جهت تهیه‌ی پلاسما انتقال داده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در 1000×g در دمای ۲-۸ درجه سانتیگراد، سانتریفیوژ شدند. پلاسمای جمع‌آوری‌شده در پیش آزمون تا زمان جمع‌آوری پلاسمای پس‌آزمون برای ارزیابی نهایی در دمای منفی ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سطوح پلاسمایی IL-6 با استفاده از روش الایزا[10] به وسیله کیت با توجه دقیق به دستورالعمل ها اندازه گیری شد. سطوح پلاسمایی سمافورین TNF-α با استفاده از روش الایزا به وسیله کیت با توجه دقیق به دستورالعمل ها اندازه گیری شد.

روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای دسته بندی و تعیین شاخص‌های پراکندگی از آمار توصیفی استفاده شد. برای اطمینان از طبیعی بودن توزیع داده ها از آزمون شاپیرو-ویلک[11] استفاده شد. جهت مقایسه بین گروه‌ها از روش آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر و آزمون تعقیبی شفه[12] استفاده شد. جهت مقایسه درون گروهی از آزمون t زوجی استفاده شد. کلیه

1. Bench press
2. Lat Pull-Down
3. Biceps Curl
4. Triceps Push-Down
5. Squat
6. Leg Press
7. Lying Leg Cur
8. Leg Extension
9. Ethylene Diamine Tetra Acetic acid
10. Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
11. Shapiro-Wilk Test
12. Sheffe's post hoc

نسخه پیش از انتشار ویراستاری نشده

تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۹ صورت گرفت و سطح معنی داری از نظر آماری p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۱. دستورالعمل انجام تمرینات مقاومتی

هفته ها	متغیر ها	سنتی	دایره‌ای
۱-۱۲	تعداد جلسات در هفته	۳	۳
	تعداد حرکات	۸	۸
	نوبت	۳	۳
	زمان استراحت بین هر دایره یا ست (ثانیه)	۹۰	۲۴۰
	زمان استراحت بین هر ایستگاه یا حرکت (ثانیه)	۹۰	۱۵
۱-۴	تکرار	۱۲	۱۲
	شدت (%1RM)	۵۵	۵۵
۵-۸	تکرار	۱۰	۱۰
	شدت (%1RM)	۶۴	۶۴
۹-۱۲	تکرار	۸	۸
	شدت (%1RM)	۷۵	۷۵

جدول ۲. دستورالعمل انجام تمرین هوازی در همه گروه های تمرینی

متغیرها	هفته ۱-۴	هفته ۵-۸	هفته ۹-۱۲
مدت (دقیقه)	۳۰	۲۷/۵	۲۵
شدت (%HRR)	۴۵	۵۵	۶۵

یافته ها

آزمون شاپیرو-ویلک طبیعی بودن داده ها را تایید کرد (p>۰/۰۵). ارزیابی تغییرات بین گروه ها نشان داد که سطوح IL-6 و TNF-α تغییرات معنی داری داشتند (p<۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی شفه نشان داد که در مقادیر IL-6 شرکت کنندگان در گروه های سنتی (p<۰/۰۰۱) و دایره‌ای (p<۰/۰۰۱) در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری وجود داشت، اما تغییرات در بین گروه‌های تمرینی معنی دار نبود. نتایج آزمون تعقیبی شفه نشان داد که در مقادیر TNF-α شرکت کنندگان در گروه های سنتی (p=۰/۰۲) و دایره‌ای (p=۰/۰۱) در مقایسه با گروه کنترل کاهش معناداری وجود داشت، اما تغییرات در بین گروه‌های تمرینی معنی دار نبود. همچنین بررسی تغییرات درون گروهی نشان داد سطوح IL-6 و TNF-α کاهش معنی داری در درون گروه های تمرینی نسبت به پیش آزمون داشتند (p<۰/۰۰۱) اما تغییرات در گروه کنترل معنی دار نبود (جدول ۳).

ارزیابی تغییرات بین گروه ها نشان داد که قدرت بالاتنه و قدرت پایین تنه تغییرات معنی داری داشتند (p<۰/۰۰۱). نتایج آزمون تعقیبی شفه نشان داد که حداکثر قدرت بیشینه شرکت کنندگان در حرکت پرس سینه در گروه های سنتی (p<۰/۰۰۱) و دایره‌ای (p<۰/۰۰۱) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری وجود داشت، اما تغییرات در بین گروه‌های

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport

تمرینی معنی دار نبود. نتایج آزمون تعقیبی شفه نشان داد که حداکثر قدرت بیشینه شرکت کنندگان در حرکت پرس پا در گروه های سنتی (p<۰/۰۰۱) و دایره‌ای (p<۰/۰۰۱) در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری وجود داشت، اما تغییرات در بین گروه‌های تمرینی معنی دار نبود. همچنین بررسی تغییرات درون گروهی نشان داد حداکثر قدرت بیشنه در حرکت پرس سینه و پرس پا افزایش معنی داری در درون گروه های تمرینی نسبت به پیش آزمون داشتند (p<۰/۰۰۱) اما تغییرات در گروه کنترل معنی دار نبود (جدول ۳).

ارزیابی تغییرات بین گروه ها نشان داد که وزن بدن تغییرات معنی داری داشت (p=۰/۰۱). وزن بدن در گروه تمرین مقاومتی دایره‌ای نسبت به گروه کنترل کاهش معنی داری داشت (P= ۰/۰۲) اما تغییرات در بین گروه تمرین مقاومتی سنتی و کنترل معنی دار نبود. همچنین بررسی تغییرات درون گروهی نشان داد وزن بدن کاهش معنی داری در درون گروه های تمرینی نسبت به پیش آزمون داشت (p<۰/۰۰۱) اما در گروه کنترل افزایش معنی داری داشت (p<۰/۰۰۱) (جدول ۳).

جدول ۳. توصیف و مقایسه شاخص های التهابی، قدرت عضلانی و وزن بدن بین گروه های شرکت کننده در تحقیق

متغیرها	گروه ها	اندازه گیری ها		بین گروه ها			درون گروهی	
		پیش آزمون	پس آزمون	F	η^2	p	t	p
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۱۰۵/۷۷ ± ۵/۲۳	۱۰۷/۵۳ ± ۵/۰۲	۴/۸۸	۰/۲۲	۰/۰۱*	-۱۳/۹۶	۰/۰۰*
	سنتی	۱۰۴/۵۵ ± ۳/۱۱	۱۰۰/۴۵ ± ۲/۹۶				۸/۳۹	۰/۰۰*
	دایره‌ای	۱۰۵/۲۲ ± ۳/۷۰	†۹۸/۶۸ ± ۳/۷۶				۲۸/۵۹	۰/۰۰*
IL-6 (پیکوگرم بر میلی لیتر)	کنترل	۲۰/۷۶ ± ۰/۶۲	۲۱/۰۵ ± ۰/۹۰	۱۳۰/۰۹	۰/۸۸	۰/۰۰*	-۰/۹۰	۰/۳۸
	سنتی	۲۰/۸۱ ± ۰/۷۶	†۱۵/۰۰ ± ۰/۳۳				۳۰/۲۶	۰/۰۰*
	دایره‌ای	۲۱/۰۵ ± ۰/۸۵	†۱۴/۷۱ ± ۰/۶۳				۲۰/۸۷	۰/۰۰*
TNF-α (پیکوگرم بر میلی لیتر)	کنترل	۳/۱۰ ± ۰/۴۷	۳/۱۱ ± ۰/۴۶	۵/۴۷	۰/۲۴	۰/۰۰*	-۰/۵۵	۰/۵۸
	سنتی	۲/۹۷ ± ۰/۴۶	†۲/۱۵ ± ۰/۴۷				۲۰/۵۰	۰/۰۰*
	دایره‌ای	۳/۰۱ ± ۰/۴۳	†۲/۱۶ ± ۰/۴۴				۵۹/۷۰	۰/۰۰*
1RM پرس سینه (کیلوگرم)	کنترل	۵۵/۰۷ ± ۲/۴۵	۵۴/۷۴ ± ۲/۶۴	۱۰۲/۴۱	۰/۸۶	۰/۰۰*	۱/۵۲	۰/۱۵
	سنتی	۶۱/۲۹ ± ۳/۷۳	†۹۰/۸۷ ± ۸/۸۴				-۱۲/۸۱	۰/۰۰*
	دایره‌ای	۶۲/۷۹ ± ۲/۹۱	†۸۸/۲۴ ± ۵/۹۲				-۱۶/۵۶	۰/۰۰*
1RM پرس پا (کیلوگرم)	کنترل	۱۷۰/۹۳ ± ۵/۰۴	۱۷۰/۵۴ ± ۴/۷۸	۲۲۰/۶۱	۰/۹۳	۰/۰۰*	۰/۴۵	۰/۶۶
	سنتی	۱۷۲/۰۴ ± ۹/۰۴	†۲۴۳/۵۹ ± ۳/۶۷				-۲۵/۹۸	۰/۰۰*
	دایره‌ای	۱۷۱/۳۲ ± ۸/۷۷	†۲۴۱/۲۵ ± ۵/۳۹				-۲۲/۸۱	۰/۰۰*

*: نشانه تفاوت معنی دار درون گروهی؛ ⁑ : نشانه تفاوت معنی دار بین گروه ها؛ †: نشانه تفاوت معنی داری با گروه کنترل.
سطح معنی داری از نظر آماری p<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

بحث

پژوهش حاضر نشان داد که انجام دوازده هفته تمرین مقاومتی سنتی و دایره‌ای به صورت همزمان با تمرین هوازی سبب کاهش معنی دار IL-6 ، TNF-α و وزن بدن از یک سوی؛ و افزایش معنی دار قدرت بالاتنه و پایین تنه مردان چاق از دیگر سوی می شوند.

تسای[1]و دیگران (۲۰۲۱) با بررسی تاثیر ۱۰ هفته تمرین مقاومتی با شدت کم (۴۰ درصد 1RM) و زیاد (۸۰ درصد 1RM) اما با حجم یکسان نشان دادند که سطوح سرمی TNF-α تنها در گروه تمرین مقاومتی با شدت بالا کاهش معنی داری دارد؛ اما تغییر معنی داری در سطوح IL-6 در هیچکدام از گروه‌ها ایجاد نمی گردد. این محققان نتیجه گرفتند که تمرین مقاومتی با شدت بالا در تضعیف التهاب سیستمیک ناشی از سالمندی موثرتر است (تسای و دیگران، ۲۰۲۱). از طرفی، در مطالعه ای انجام ۱۲ هفته تمرین هوازی به صورت ۳ جلسه در هفته با کاهش معنی دار TNF-α و IL-6 در مردان و زنان چاق با دیابت نوع دو، همراه بوده است (عبدل-کادر[2]و دیگران، ۲۰۱۶). بنابراین ممکن است اثربخشی عاملهای التهابی در تحقیق حاضر تا حدودی به انجام تمرینات مقاومتی و تمرین هوازی به صورت ترکیبی و همزمان مرتبط باشد. در پژوهشی دیگر نشان داده شده که انجام فعالیت ورزشی به صورت ترکیبی اثرات ضد التهابی بیشتری نسبت به انجام تمرین هوازی یا مقاومتی به تنهایی دارد و باعث کاهش معنی دار IL-6 و TNF-α می شود (هپس[3]و دیگران، ۲۰۱۱). همسو با تحقیق حاضر در پژوهشی، تمرین ترکیبی مقاومتی و هوازی بر روی مردان غیر ورزشکار دارای اضافه وزن به مدت هشت هفته و به صورت سه جلسه در هفته در قالب دو گروه تمرینی و دو گروه کنترل در دو زمان صبح و عصر انجام شد. تمرین هوازی به صورت راه رفتن سریع و سپس دویدن آهسته و حرکات کششی بود و تمرین مقاومتی ترکیبی از حرکات پایین تنه و بالا تنه با وزنه بود. نتایج کاهش معنی‌دار IL-6 را در هر دو زمان صبح و عصر نشان دادند. احتمالا تمرین ترکیبی صرف نظر از زمان صبح و عصر سبب کاهش آدیپوکاین های پیش التهابی می‌گردد (اکبرپور و جهان مهر، ۲۰۲۰). اما متناقض با پژوهش حاضر نشان داده شد ۱۲ هفته تمرین ترکیبی تاثیر معنی داری بر سطوح IL-6 در زنان مبتلا به دیابت نوع دو ایجاد نکرد. پژوهشگران گزارش دادند اثرات ضد التهابی ورزش با نوع، شدت و مدت تمرین تمرینات ورزشی مرتبط است (جرج[4]و دیگران، ۲۰۱۱). همچنین در پژوهشی دیگر نشان داده شد ۸ هفته تمرین ترکیبی به صورت ۵ جلسه در هفته و هر جلسه ۳۰ تا ۵۰ دقیقه با تغییرات معنی دار سطوح IL-6 همراه نبود. پژوهشگران اظهار داشتند شدت و مدت بالاتر ممکن است منجر به تغییرات معنی دار در سطوح IL-6 شود. ممکن است اثرات معنی دار تمرینات ترکیبی بر سطوح IL-6 در پژوهش حاضر با انجام تمرینات به مدت دوازده هفته مرتبط باشد. تمرین هوازی شامل دوچرخه سواری بود و تمرین مقاومتی شامل تمریناتی برای تمام گروه های عضلانی اصلی با تمرکز بر اندام پایین تنه با رعایت اصل اضافه بار بود. آنها کاهش معنی دار سطوح TNF-α را گزارش دادند (ایهالاینن[5]و دیگران، ۲۰۱۷). در پژوهشی پژوهشگران تمرینات مقاومتی سنتی، تناوبی و دایره‌ای را بر روی ۴۴ مرد چاق در قالب چهار گروه و به مدت ۱۲ هفته اجرا کردند. تمرینات مقاومتی در همه گروه های تمرینی با شدت ۵۰ 1RM% و با ۱۴ تکرار انجام شد. آنها گزارش دادند تمرینات مقاومتی تناوبی و دایره‌ای اثرات مطلوب تری نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی بر روی التهاب، ترکیب بدن، پروفایل لیپیدی و مقاومت به انسولین دارد (سعیدی و همکاران، ۲۰۲۰). با این حال در پژوهشی دیگر نشان داده شده است که هشت هفته تمرین ترکیبی مقاومتی و هوازی (۴ روز در هفته، ۷۰ دقیقه در هر جلسه) تاثیر معنی داری بر سطوح

1. Tsai
2. Abd El-Kader
3. Hopps
4. Jorge
5. Ihalainen

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

پلاسمایی TNF-α ندارد (قربانیان و قاسمیان، ۲۰۱۶). ممکن است تفاوت در نوع، شدت و مدت تمرینات بر پاسخ های التهابی اثرگذار باشد و از دلایل تناقض در نتایج تحقیقات باشد. ممکن است کاهش بافت چربی به علت نقش مهم آن در آزادسازی آدیپوکاین‌های پیش التهابی از عوامل مؤثر در کاهش بیومارکرهای پیش التهابی در پژوهش حاضر باشد. میزان افزایش سطوح IL-6 به نوع، مدت و شدت فعالیت ورزشی بستگی دارد. میزان توده های عضلانی درگیر در فعالیت نیز می‌توانند بر پاسخ IL-6 به فعالیت ورزشی تاثیرگذار باشند (پدرسن، ۲۰۱۳). افزایش مزمن سطوح IL-6 منجر به افزایش مقاومت به انسولین، سندرم متابولیک و دیابت نوع۲ می‌شود. افزایش مزمن سطوح IL-6 منجر به کاهش بیان انتقال دهنده گلوکز ۴ (GLUT-4[1]) و سوبسترای گیرنده انسولین ۱ (IRS1[2]) می شود (چارلز[3]و دیگران، ۲۰۱۱). یکی از تاثیرات پاتولوژیک شناخته شده TNF-α نقش آن در بروز مقاومت به انسولین است. این سایتوکاین با اثر گذاری بر گیرنده انسولین (IR)، سوبسترای گیرنده انسولین نوع۱ (IRS-1) و انتقال دهنده گلوکز ۴ (GLUT-4) برداشت گلوکز ناشی از تحریک انسولین در آدیپوسیت ها را سرکوب می کند (کاترن[4]و ستی[5]، ۲۰۰۷). باتوجه به اینکه بافت چربی سفید یکی از جایگاه‌های اصلی ترشح TNF-α به عنوان یک آدیپوکاین پیش التهابی است، سطوح این آدیپوکاین در افراد چاق به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند. تنظیم افزایشی سطوح TNF-α در بیماری های ام اس[6](MS) ، روماتوئید آرتریت[7] چاقی، آلزایمر[8] آترواسکلروز[9] فشار خون بالا، پارکینسون[10] و دیابت ملیتوس[11] نشان داده شده است (شامانسروا[12]و دیگران، ۲۰۲۰). پژوهشگران ۲۴ هفته تمرین ترکیبی مقاومتی و هوازی بر مردان سالم اجرا کردند.

افراد چاق به دلیل اضافه وزن و عوارض مرتبط با اضافه وزن دارای قدرت نسبی پایینی هستند. به همین دلیل کیفیت فعالیت های روزانه آنها پایین تر از افراد سالم است. از طرفی تمرینات هوازی و مقاومتی می توانند در افزایش میزان متابولیسم پایه، ترکیب بدن و قدرت عضلانی اثرگذار باشند (استوارت[13]، ۲۰۰۴). نشان داده شده است تمرینات ورزشی می توانند با کاهش درصد چربی بدن موجب بهبود عوامل آمادگی جسمانی شوند (دمیس[14]و دیگران، ۲۰۱۰؛ سعیدی و دیگران، ۲۰۲۳). ممکن است در تحقیق حاضر تمرینات ورزشی ترکیبی با کاهش درصد چربی بدن، تعدیل التهاب و ارتقای عملکرد عصبی-عضلانی سبب افزایش قدرت عضلانی بالا تنه و پایین تنه و کاهش وزن بدن باشند. در تحقیق حاضر نشان داده شده است که وزن بدن در گروه تمرین دایره‌ای به طور معنی داری کاهش یافته است. در حین انجام تمرینات مقاومتی دایره‌ای افراد با استراحت کمتر و ضربان قلب بالاتر نسبت به تمرینات سنتی، ممکن است میزان متابولیسم استراحتی بالاتری را تجربه کنند.

کاهش توده چربی و عادی سازی ترشح آدیپوکاین‌ها یک راهکار مهم برای پیشگیری و بهبود اختلالات ناشی از چاقی است. مطالعه حاضر نشان داد که انجام تمرین مقاومتی سنتی و دایره‌ای به صورت همزمان با تمرین هوازی به عنوان یک استراتژی

1. Glucose transporter type-4
2. Insulin receptor substrate-1
3. Charles
4. Cawthorn
5. Sethi
6. Multiple Sclerosis
7. Rheumatoid arthritis
8. Alzheimer
9. Atheriosclerosis
10. Parkinson
11. Diabetes mellitus
12. Shamansurova
13. Stewart
14. Dumith

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشان

موثر برای تعدیل سطوح برخی از آدیپوکاین های التهابی و بهبود قدرت در مردان چاق در نظر گرفته می شود. از طرفی نشان داده شد تمرینات مقاومتی دایره‌ای اثرات معنی داری بر کاهش وزن بدن دارد. از محدودیت های تحقیق حاضر می توان به عدم کنترل بیماری های پنهان، سیکل شبانه روزی خواب و بیداری و فعالیت های بدنی روزانه شرکت کنندگان اشاره کرد. اگر تمرینات ورزشی به صورت درست برای افراد چاق تجویز شوند، می توان انتظار ارتقای جنبه های بیشتر جسم و سلامت را در مدت زمان کوتاه تر داشت. با تبدیل افراد چاق به افراد سالم از طریق ورزش می توان انتظار کاهش بار اقتصادی، افزایش سطح سلامت جسمی و روانی و همچنین کاهش مرگ و میر ناشی از عوارض چاقی و دیابت را داشت.

نتیجه گیری: انجام ۱۲ هفته تمرینات مقاومتی سنتی و دایره‌ای به صورت همزمان با تمرین هوازی، سبب تعدیل سطوح آدیپوکاین های التهابی و بهبود قدرت عضلانی در مردان چاق می شود. با این حال ممکن است تمرینات مقاومتی دایره‌ای اثرات مطلوب تری در کاهش وزن نسبت به تمرینات مقاومتی سنتی داشته باشد.

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

تعارض منافع

این پژوهش بخشی از رساله دکتری است. نویسندگان اعلام می کنند که هیچگونه تعارض منافع ندارند.

تشکر و قدردانی

از تمام افرادی که در این پژوهش مشارکت و همکاری کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نماییم.

منابع

Alberga, A. S., Prud'homme, D., Sigal, R. J., Goldfield, G. S., Hadjiyannakis, S., Phillips, P., . . . Kenny, G. P. (2016). Effects of aerobic training, resistance training, or both on cardiorespiratory and musculoskeletal fitness in adolescents with obesity: the HEARTY trial. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *41***(3), 255–265. https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0413**

Akbarpour, M., & Jahanmehr, A. (2020). The effect of 8 weeks strength - endurance training at morning and evening on interlukin-6 and C-reactive protein in overweight men. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, *8***(15), 126-139. doi: 10.22077/jpsbs.2019.1094.1330 [In Persian]**

Bagherzadeh-Rahmani, B., Kordi, N., Haghighi, A. H., Clark, C. C. T., Brazzi, L., Marzetti, E., & Gentil, P. (2022). Eight weeks of pilates training improves respiratory measures in people with a history of COVID-19: a preliminary study. *Sports Health*, *15***(5), 710–717. https://doi.org/10.1177/19417381221124601**

Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, *64*(1)**, 88–90. https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684**

Cawthorn, W. P., & Sethi, J. (2007). TNF-α and adipocyte biology. *FEBS Letters*, *582***(1), 117–131. https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.11.051**

Charles, B. A., Doumatey, A. P., Huang, H., Zhou, J., Chen, G., Shriner, D., . . . Rotimi, C. N. (2011). The roles of IL-6, IL-10, and IL-1RA in obesity and insulin resistance in African-Americans. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *96***(12), E2018–E2022. https://doi.org/10.1210/jc.2011-1497**

Chen, H. T., Chung, Y. C., Chen, Y., Ho, S., & Wu, H. J. (2017). Effects of Different Types of Exercise on Body Composition, Muscle Strength, and IGF‐1 in the Elderly with Sarcopenic Obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, *65***(4), 827–832. https://doi.org/10.1111/jgs.14722**

Chooi, Y. C., Ding, C., & Magkos, F. (2019). The epidemiology of obesity. *Metabolism*, *92*, **6–10. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005**

Ghorbanian, B., & Ghasemnian, A. (2016). The effects of 8 weeks interval endurance combined training on plasma TNF-α, IL-10, insulin resistance and lipid profile in boy adolescents. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*, *4***(7), 43-54. doi: 10.22077/jpsbs.2016.382 [In Persian]**

Dumith, S. C., Ramires, V. V., Souza, M. A., Moraes, D. S., Petry, F. G., Oliveira, E. S., . . . Hallal, P. C. (2010). Overweight/Obesity and physical fitness among children and adolescents. *Journal of Physical Activity and Health*, *7*(**5), 641–648. https://doi.org/10.1123/jpah.7.5.641**

El-Kader, S. M. A., Al-Jiffri, O. H., & Al-Shreef, F. M. (2016). Aerobic exercises alleviate symptoms of fatigue related to inflammatory cytokines in obese patients with type 2 diabetes. *African Health Sciences*, *15*(**4), 1142. https://doi.org/10.4314/ahs.v15i4.13**

Esposito, K., Chiodini, P., Colao, A., Lenzi, A., & Giugliano, D. (2012). Metabolic syndrome and risk of cancer. *Diabetes Care*, *35***(11), 2402–2411. https://doi.org/10.2337/dc12-0336**

Febbraio, M. A., & Pedersen, B. K. (2005). Contraction-Induced myokine Production and release: Is skeletal muscle an endocrine organ? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *33***(3), 114–119. https://doi.org/10.1097/00003677-200507000-00003**

Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDonald, A., Russi, G. D., & Moudgil, V. K. (2007). Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39***(5), 822–829. https://doi.org/10.1097/mss.0b013e31803349c6**

Haghighi, A. H., Amin, A., Carotenuto, A., Askari, R., Nikkhah, K., Bagherzadeh-Rahmani, B., . . . Gentil, P. (2023). Effects of concurrent training and CoQ10 on neurotrophic factors and physical function in people with Multiple Sclerosis: a pilot study. *European Journal of Translational Myology*, *33***(2). https://doi.org/10.4081/ejtm.2023.11253**

Hopps, E., Canino, B., & Caimi, G. (2011). Effects of exercise on inflammation markers in type 2 diabetic subjects. *Acta Diabetologica*, *48***(3), 183–189. https://doi.org/10.1007/s00592-011-0278-9**

Ihalainen, J. K., Schumann, M., Eklund, D., Hämäläinen, M., Moilanen, E., Paulsen, G., . . . Mero, A. (2017). Combined aerobic and resistance training decreases inflammation markers in healthy men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *28***(1), 40–47. https://doi.org/10.1111/sms.12906**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Jorge, M. T., De Oliveira, V. N., Resende, N. M., Paraíso, L. F., Calixto, A. R., Diniz, A. L. D., . . . Geloneze, B. (2011). The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, *60***(9), 1244–1252. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2011.01.006**

Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *PubMed*, *35***(3), 307–315. Retrieved from https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13470504**

Kern, L., Mittenbühler, M. J., Vesting, A. J., Ostermann, A. L., Wunderlich, C. M., & Wunderlich, F. (2018). Obesity-Induced TNFα and IL-6 Signaling: The Missing Link between Obesity and Inflammation—Driven Liver and Colorectal Cancers. *Cancers*, *11***(1), 24. https://doi.org/10.3390/cancers11010024**

Kravitz, L. (1996). "The fitness professional's complete guide to circuits and intervals." *Idea Today*, 14**(1): 32-43.**

Lasselin, J., & Capuron, L. (2014). Chronic Low-Grade inflammation in Metabolic Disorders: Relevance for Behavioral Symptoms. *Neuroimmunomodulation*, *21***(2–3), 95–101. https://doi.org/10.1159/000356535**

Li, F., Li, Y., Duan, Y., Hu, C. A., Tang, Y., & Yin, Y. (2017). Myokines and adipokines: Involvement in the crosstalk between skeletal muscle and adipose tissue. *Cytokine & Growth Factor Reviews*, *33*, **73–82. https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2016.10.003**

Lopez, P., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., . . . Rech, A. (2022). Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and meta‐analysis. *Obesity Reviews*, *23***(5). https://doi.org/10.1111/obr.13428**

Pedersen, B. K. (2013). Muscle as a secretory organ. *Comprehensive Physiology*, **1337–1362. https://doi.org/10.1002/cphy.c120033**

Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature Reviews Endocrinology*, *8***(8), 457–465. https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49**

Pedersen, B. K., Steensberg, A., Fischer, C. P., Keller, C., Keller, P., Plomgaard, P., . . . Febbraio, M. A. (2004). The metabolic role of IL-6 produced during exercise: is IL-6 an exercise factor? *Proceedings of the Nutrition Society*, *63***(2), 263–267. https://doi.org/10.1079/pns2004338**

Petersen, A. H., & Pedersen, B. K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of Applied Physiology*, *98***(4), 1154–1162. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00164.2004**

Rezaeinasab, H., Ranjbar, R., Habibi, A., & Afshoon pour M. T. (2018). The effect of 8 weeks of combined training (aerobic- circuit resistance) on visfatin concentration, IL-6 and TNF-A in obese men with type II diabetes. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism, 17***(1), 39-48. [In Persian]**

Saeidi, A., Nouri-Habashi, A., Razi, O., Ataeinosrat, A., Rahmani, H., Mollabashi, S. S., . . . Zouhal, H. (2023). Astaxanthin Supplemented with High-Intensity Functional Training Decreases Adipokines Levels and Cardiovascular Risk Factors in Men with Obesity. *Nutrients*, *15***(2), 286. https://doi.org/10.3390/nu15020286**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده

Saeidi, A., Seifi-Skishahr, F., Soltani, M., Daraei, A., Shirvani, H., Laher, I., Hackney, A. C., Johnson, K. E., Basati, G., & Zouhal, H. (2020). Resistance training, gremlin 1 and macrophage migration inhibitory factor in obese men: a randomised trial. ***Archives of Physiology and Biochemistry*****, 1–9. https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1856142**

Saltiel, A. R., & Olefsky, J. M. (2017). Inflammatory mechanisms linking obesity and metabolic disease. *Journal of Clinical Investigation*, *127***(1), 1–4. https://doi.org/10.1172/jci92035**

Sethi, J., & Hotamışlıgil, G. S. (2021). Metabolic Messengers: tumour necrosis factor. *Nature Metabolism*, *3***(10), 1302–1312. https://doi.org/10.1038/s42255-021-00470-z**

Shamansurova, Z., Saatov, T., & Takhirov, L. S. (2020). Tumor Necrosis Factor Alpha: role in the development of obesity and diabetes mellitus. *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*, **29–42. https://doi.org/10.9734/ajbgmb/2020/v4i330108**

Stewart, K. J. (2004). Exercise training: can it improve cardiovascular health in patients with type 2 diabetes? *British Journal of Sports Medicine*, *38***(3), 250–252. https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.012187**

Thomas, S., Reading, J., & Shephard, R. J. (1992). Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sport Sciences, 17***(4), 338–345.**

Tsai, S. H., Cheng, H., & Liu, H. W. (2021). Effects of volume-matched resistance training with different loads on glycemic control, inflammation, and body composition in prediabetic older adults. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *46***(11), 1400–1406. https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0355**

Virdis, A., Colucci, R., Bernardini, N., Blandizzi, C., Taddei, S., & Masi, S. (2018). Microvascular Endothelial Dysfunction in Human Obesity: Role of TNF-α. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *104***(2), 341–348. https://doi.org/10.1210/jc.2018-00512**

نسخه پیش از انتشار ویرایش نشده