JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/ 10.22049/jassp.2020.14018

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال ششم، شماره دوم ؛

پاییز و زمستان ۱۳۹۸؛ صفحات ٦٤-٥٦

مقاله پژوهشی

تأثیر انواع تمرین تناوبی با شدت بالا بر نیم‌رخ لیپیدی و هومئوستاز گلوکز در زنان میانسال اضافه وزن/چاق

ژاله پاشایی[1*]، افشار جعفری[2]، محمدرضا علیوند[3]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰٤/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۳۰

چکیده

هدف: چاقی به‌عنوان یک چالش جهانی، ناشی از تعادل مثبت انرژی است و به‌کارگیری بهترین پروتکل تمرینی یکی از روش‌های مدیریت وضعیت چاقی و اختلالات مرتبط می‌باشد. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر دو نوع تمرین تناوبی با شدت بالا (HIIT) به‌تنهایی و همراه با تمرین مقاومتی (ترکیبی CHRT) بر عوامل نیم‌رخ لیپیدی، گلوکز، انسولین و مقاومت انسولین در زنان میان‌سال مبتلا به اضافه‌وزن/چاق انجام شد. **روش شناسی:** ۲۴ زن میان‌سال اضافه‌وزن/چاق به‌مدت ۸ هفته (۵ روز/هفته) در دو گروه همگن (۱۲ نفری) تمرین HIIT به‌تنهایی و ترکیبی CHRT (۳ روز HIIT و ۲ روز تمرین مقاومتی) شرکت کردند؛ تمرین HIIT شامل وهله‌های دویدن به‌صورت پنج تکرار چهار دقیقه‌ای با ۸۰ تا ۸۵٪ Vo_2max و دو دقیقه استراحت فعال با ۶۰٪ Vo_2max بین تکرارها بود و برنامه تمرین مقاومتی نیز به‌صورت دایره‌ای و با ٪۸۰-۷۵ 1-RM انجام شد. نمونه‌های خونی طی ۴۸ ساعت قبل و بعد از دوره تمرین، جمع‌آوری شد، سپس داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه تحلیل شد. **یافته ها:** یافته‌ها نشان دادند که کاهش توده بدنی و WHR متعاقب پروتکل‌های تمرینی در گروه HIIT معنی‌دار نبود، درصورتی‌که هر دو نوع تمرین منجر به کاهش معنادار درصد چربی بدنی، کلسترول، TG، HDL، LDL، گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین شدند که مقادیر فاکتورهای WHR و نیم‌رخ لیپیدی میان دو گروه تفاوت معناداری داشتند. **نتیجه گیری:** نتایج مطالعه حاضر نشان داد که انجام تمرین CHRT به‌نحو مطلوب‌تری می‌تواند منجر به کاهش وزن و تعدیل عوامل متابولیکی در زنان میان‌سال اضافه‌وزن/چاق شود.

واژه‌های کلیدی: اضافه‌وزن/چاقی، تمرین تناوبی با شدت بالا، تمرین ترکیبی، نیم‌رخ لیپیدی و مقاومت انسولین.

با اسکن QR فوق می‌توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/. مشاهده کنید

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول):pashaei.zh@gmail.co

۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی-مولکولی، گروه علوم زیستی ورزش، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳. استادیار ژنتیک، گروه ژنتیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، ایران.

نحوه ارجاع: ژاله پاشایی، افشار جعفری، محمدرضا علیوند. تأثیر انواع تمرین تناوبی با شدت بالا بر نیم‌رخ لیپیدی و هومئوستاز گلوکز در زنان میانسال اضافه وزن/چاق. مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش ۱۳۹۸؛ ۶(۲): ۶۴-۵۶.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

JAHSSP

http://jahssp.azaruniv.ac.ir/

http://dx.doi.org/10.22049/jassp.2020.14018

Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology
Volume 6, Number 2
Autumn/Winter 2019
56-64

Original Article

The Effect of High Intensity Interval Training on Lipid Profile and Glucose Homeostasis in Overweight / Obese Middle-Aged Women

Zhaleh Pashaei[1*], Afshar Jafari[2], Mohammadreza Alivand[3]

Received July 22 2019; Accepted February 19 2020

Abstract

Aim: Obesity is a global challenge that due to the positive energy balance and the use of the best exercise protocol is one of the methods for obesity and related disorders management. Therefore, the present study was conducted to determine the effect of eight-week high- intensity interval training (HIIT) alone and combined with resistance training (CHRT) on lipid profiles and glucose, insulin and insulin resistance in overweight/ obese middle-aged women. **Methods:** Twenty-four middle-aged overweight/obese women participated in two homogeneous HIIT (5 days/week, n=12) and CHRT (3 days/week HIIT with 2 days/week resistance training, n=12) groups for eight-week. The HIIT protocol consisted of alternating bouts of high-intensity exercise at 80%–85% of VO_2max with active breaks at 60% of VO_2max and resistance training protocol conducted to a circuit-weight training with 75-80% of 1-RM. Blood samples were collected 48 hours before and after the training period, and then the data were analyzed using SPSS software. **Results:** The findings showed that the reduction of BMI and WHR was not significant in the HIIT group, but body fat%, cholesterol, TG, HDL, LDL, glucose, insulin and insulin resistance significantly decreased in both group, that WHR and lipid profiles were significantly different between the two groups. **Conclusion:** Results of this study showed that CHRT can lead to weight loss and adjusted metabolic status in middle-aged overweight/obese women.

Keywords: Overweight/Obesity, High-Intensity Interval Training, Combined Training, Lipid Profiles and Insulin Resistance.

Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

١. Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran.

2. Associate Professor in Molecular Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran.

(Corresponding Author): pashaei.zh@gmail.com

3. Assistant Professor, Department of Medical Genetics, Faculty of Medicine, Tabriz University of Medical sciences, Tabriz, Iran.

Cite as: Zhaleh Pashaei, Afshar Jafari, Mohammadreza Alivand. The Effect of High Intensity Interval Training on Lipid Profile and Glucose Homeostasis in Overweight / Obese Middle-Aged Women. *Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2019; 6(2): 56-64.

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

مقدمه

طی سه دهه اخیر، اضافه‌وزن/چاقی یا تجمع چربی اضافی ناشی از تعادل مثبت کالری روزانه (دریافت مواد غذایی اضافی همراه با کم‌تحرکی)، به‌عنوان یک مشکل سلامتی همه‌گیر، باعث افزایش خطر ابتلاء به برخی بیماری‌های مزمن مانند: بیماری‌های قلبی- عروقی، آترواسکلروز، سندروم متابولیک و دیابت نوع ۲ شده است (۱). به‌عبارتی، تجمع چربی اضافی به‌ویژه چربی احشایی، با برهم‌زدن هومئوستاز هورمونی- متابولیک (افزایش قند، انسولین و اختلال در نیم‌رخ لیپیدی گردش خون) ممکن است به‌طور مستقیم و غیرمستقیم موجب فعال شدن مسیرهای پیام‌رسانی مسئوول فرآیندهای آتروژنیکی درگیر در بروز بیماری‌های قلبی-عروقی شود (۲).

از طرفی، انجام انواع فعالیت‌های بدنی منظم می‌تواند به‌عنوان ابزار درمانی غیردارویی در پیشگیری و درمان چاقی و اختلالات مرتبط با آن مؤثر واقع شود. نتایج مطالعات اخیر، بر اثربخشی تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT)[۱] بر جنبه‌های مختلف زیستی اشاره دارد و از فواید آن می‌توان به بهبود عواملی مانند: آمادگی هوازی و بی‌هوازی، عوامل قلبی- عروقی، نیم‌رخ لیپیدی، کاهش وزن، حفظ توده عضلانی، افزایش بیوژنز میتوکندریایی، GLUT-4 و حساسیت انسولین اشاره کرد (۳). البته، نتایج برخی از مطالعات حاکی از عدم تأثیر این نوع تمرینات بر عوامل متابولیکی به‌ویژه مقاومت به انسولین می‌باشند (۴، ۵، ۶، ۷) که برخی این موضوع را ناشی از انجام تمرین به‌صورت سه جلسه در هفته دانسته‌اند (۴،۷). به‌علاوه، با توجه به نقش سایتوکاین‌ها در مقاومت انسولین، نتایج برخی از مطالعات حاکی است که پاسخ سایتوکاین‌های التهابی متعاقب تمرینات HIIT غیرمعنادار است (۸،۳). برخی دیگر، حتی به تداخلات سازوکارهای بیان پروتئین عضلانی (مانند: AMPK و 4E-Bp1) اشاره دارند (۹). از طرفی برخی محققان ادعا کرده‌اند، انجام تمرین مقاومتی به‌تنهایی و یا در ترکیب با سایر مداخلات ورزشی می‌تواند باعث کاهش توده چربی بدنی و هم‌چنین نیم‌رخ لیپیدی و حساسیت انسولین شود (۱۰، ۱۱). این نوع تمرینات از طریق افزایش توده عضلانی تأثیرات مثبتی بر مصرف انرژی بالا و مقاومت انسولین دارد، هم‌چنین از طریق کاهش سنتز اسیدهای چرب و تحریک اکسیداسیون لیپید منجر به پیشرفت متابولیسم چربی می‌شود (۱۰). با این‌حال، براساس نتایج تحقیقات و توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی (WHO)[۲] انجام تمرینات ترکیبی (استقامتی و مقاومتی) جهت حفظ یا بهبود سلامتی افراد اضافه‌وزن/چاق اثربخشی بالاتری دارد (۱۲). در صورتی‌که، نتایج متناقضی در این زمینه گزارش شده است (۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵). با این وجود، اطلاعات محدودی در زمینه تأثیر تمرین HIIT در ترکیب با تمرینات مقاومتی وجود دارد. از آنجائی‌که واکنش نیم‌رخ لیپیدی و هومئوستاز گلوکز به نوع تمرین، شدت، مدت هر جلسه تمرینی و تعداد جلسات هفتگی بستگی دارد (۱۶) و با توجه به این‌که در روند طبیعی افزایش سن به‌دلیل هم‌زمانی کاهش فعالیت جسمانی، کاهش توده عضلانی و افزایش توده چربی بدن احتمال اختلالات لیپیدی و مقاومت به انسولین در افراد با سن بالاتر به‌ویژه در زنان میان‌سال و پس از یائسگی افزایش می‌یابد، بنابراین تحقیق حاضر، به‌منظور تعیین تأثیر دو نوع تمرین HIIT به‌تنهایی و به همراه تمرینات مقاومتی (ترکیبی CHRT[۳]) بر نیم‌رخ لیپیدی، گلوکز، انسولین و مقاومت انسولین در زنان میان‌سال مبتلا به اضافه‌وزن/چاقی انجام شد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر پس از اخذ مجوز اخلاق در پژوهش از کمیته منطقه‌ای دانشگاه علوم پزشکی تبریز و دریافت کد کارآزمایی بالینی (IR.TBZMED.REC.1396.485)، در قالب طرح‌های نیمه‌تجربی دوگروهی پیش‌آزمون-پس‌آزمون انجام شد. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل زنان سالم میان‌سال (با دامنه سنی ۳۵ تا ۵۰ سال)، غیرفعال، غیرسیگاری و غیرالکلی، مبتلا به اضافه‌وزن/چاقی (BMI>25) بودند. معیارهای ورود آزمودنی‌ها به تحقیق شامل: ۱) عدم ابتلا به بیماری‌های متابولیکی و قلبی- عروقی، ناهنجاری‌های عضلانی- اسکلتی، نداشتن هر گونه سابقه بیماری و عمل جراحی که نتایج تحقیق حاضر را دست‌خوش تغییر قرار دهد، ۲) عدم مصرف مکمل (مانند: ویتامین‌ها، ضداکسایندها، پروتئین، کراتین و غیره) و عدم مصرف منظم داروهای OTC[۴] حاوی کافئین به‌مدت ۶ هفته قبل از شروع و حین اجرای پروتکل تحقیق، ۳) عدم شرکت منظم در تمرینات ورزشی خاص بود. در ابتدا روش اجرای تمامی مراحل و بروز خطرات احتمالی و فواید ناشی از پروتکل تمرینی به آزمودنی‌ها توضیح داده شد، سپس آزمودنی‌های داوطلب فرم رضایت آگاهانه جهت شرکت در مطالعه را امضا کردند. در طی اجرای پروتکل تحقیق نیز چنان‌چه آزمودنی‌ها به هر دلیلی تمایل به ادامه همکاری نداشتند می‌توانستند از پژوهش انصراف دهند و احتمال این وجود داشت که توسط پزشک‌یار از پژوهش کنار گذاشته شوند. پس از انجام ارزیابی‌های اولیه، از بین داوطلبین، ۲۴ نفر انتخاب و به‌صورت تصادفی در دو گروه همگن ۱۲ نفری: تمرین HIIT به‌تنهایی و در ترکیب با تمرین مقاومتی (CHRT) جایگزین شدند (جدول۱). همگن‌سازی گروه‌ها توسط شاخص‌های BMI، درصد چربی بدنی و توان هوازی انجام گرفت. اندازه‌گیری درصد چربی بدنی با استفاده از ضخامت چین پوستی و کالیپر و با بهره‌گیری از روش سه نقطه‌ای (سه سر بازو، فوق خاصره، ران) جکسون و پولاک انجام گرفت (۱۷). یک هفته قبل از شروع تمرینات، میزان قدرت گروه‌های عضلانی و توان هوازی بیشینه (VO_2max) به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های 1-RM[۵] و نوارگردان Bruce برآورد شد.

پروتکل‌های تمرین

تمامی آزمودنی‌ها، به‌مدت هشت هفته (پنج جلسه در هفته) در تمامی جلسات تمرینی مبتنی بر جدیدترین دستورالعمل‌های تجویز شده برای حفظ سلامتی شرکت داشتند (سیمبو ۲۰۱۳). در دورهٔ آماده‌سازی، برنامهٔ تمرینی برای هر دو گروه نیز با هزینه کالریک ۲ کیلوکالری/کیلوگرم/روز شروع شد و تا هفته دوم در هر جلسه به میزان ۰/۵ کیلوکالری/کیلوگرم/روز به هزینهٔ کالری تمرینی افزوده شد. در هفته ۳ تا ۱۰ هزینه کالری تمرینی در میزان ۶ کیلوکالری/کیلوگرم/روز ثابت باقی ماند. میانگین کالری دریافتی آزمودنی‌ها از طریق رژیم غذایی در هر دو گروه تمرین تقریباً ۲۰۰۰ کیلوکالری/کیلوگرم/روز برآورد شد.

جلسات تمرینی HIIT شامل ۱۰ دقیقه گرم کردن (دویدن با شدت ۶۰٪ VO_2max و حرکات کششی پویا)، وهله‌های دویدن به‌صورت پنج تکرار چهار دقیقه‌ای با ۸۵-۸۰٪ VO_2max و دو دقیقه استراحت فعال با ۶۰٪ VO_2max بین تکرارها بود (شکل ۱). شدت تمرین با استفاده از دستگاه ضربان‌سنج پولار

[۱] High-intensity interval training
[۲] World health organisation
3 Combined with resistance training
[4] Over-the-counter
[۵] One-repetition maximum test

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

(Polar Pacer, Lake Success, NY, USA) کنترل می‌شد. جلسات تمرینی CHRT شامل سه جلسه/هفته تمرین HIIT (مطابق پروتکل توضیح داده شده) و دو جلسه/هفته تمرین مقاومتی دایره‌ای (هشت حرکت پرس پا، پرس سینه، جلوپا سیم‌کش، بالاسینه، زیربغل پارویی سیم‌کش، پشت پا سیم‌کش، زیربغل دست باز سیم‌کش و ساق پا) بود. برنامهٔ تمرینی مقاومتی در هفتهٔ اول شامل: سه نوبت ۱۰ تا ۱۲ تایی با ۷۰-۶۵٪ 1-RM در هفتهٔ دوم تا هشتم شامل: سه نوبت ۸ تا ۱۰ تایی با ۸۰-۷۵٪ 1-RM بود. مدت استراحت میان نوبت‌ها و ایستگاه‌ها، به‌ترتیب ۹۰ ثانیه و ۱۲۰ ثانیه بود. قبل از شروع حرکت هر ایستگاه یک نوبت گرم کردن (۱۰ تایی با شدت۵۰٪ 1-RM و ۶۰ ثانیه استراحت) انجام شد.

نحوه جمع‌آوری نمونه‌های خونی و ارزیابی عوامل بیوشیمیایی

نمونه‌های خونی طی ۴۸ ساعت قبل و بعد از آخرین جلسه دورهٔ تمرینی (قبل و پس از هشت هفته تمرین) به‌صورت ناشتا از آزمودنی‌ها تهیه شد. آزمودنی‌ها جهت خون‌گیری حدود ساعت ۷:۳۰ تا ۸ صبح در آزمایشگاه حضور یافتند و خون محیطی از ورید آنتی‌کوبیتال به‌روش استاندارد تهیه شد و تمامی مراحل ارزیابی نیز تحت شرایط استاندارد (دمای ۲۶-۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۵-۵۰٪) انجام گرفت. کلسترول، TG، HDL و LDL به‌روش کالری‌متری، کیت شرکت پارس آزمون و با دستگاه Hitachi 912 (کمپانی Roche، ساخت کشور آلمان) ارزیابی شد. میزان گلوکز ناشتا با استفاده از روش آنزیماتیک توسط دستگاه اتوآنالایزر و کیت پارس آزمون و میزان انسولین سرمی نیز با استفاده از روش الایزا و کیت پارس آزمون اندازه‌گیری شد، شاخص مقاومت به انسولین با استفاده از فرمول HOMA-IR براساس حاصلضرب غلظت قند ناشتا (mmol/l) در غلظت انسولین ناشتا (µ/ml) تقسیم بر عد ثابت ۲۲/۵، محاسبه شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳، به‌صورت میانگین ± انحراف معیار (M ± SD) و با استفاده از نرم‌افزار اس.پی.اس.اس[1] (23, SPSS/IBM, Chicago, IL, USA) در سطح معناداری برابر و کمتر از پنج درصد انجام شد. وضعیت طبیعی داده‌ها و تفاوت های درون گروهی و بین گروهی به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های شاپیرو ویلک، تی تست زوجی و مستقل تعیین شد. برای محاسبهٔ درصد تغییرات بعد از دوره تمرینات نسبت به قبل از تمرین از فرمول 100×{(pos-pre)/pre} استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج داده‌ها، به نبود تفاوت معنادار بین‌گروهی تمامی شاخص‌های مورد مطالعه در ابتدای دورهٔ پژوهش اشاره داشت. در انتهای دورهٔ پژوهش، تجزیه و تحلیل آماری فاکتورهای آنتروپومتریکی نشان داد که پس از مداخله هشت هفته‌ای تمرین HIIT، تنها درصد چربی بدنی کاهش معناداری نشان داد (جدول ۱). در صورتی‌که هر سه فاکتور وزن بدنی، شاخص توده بدنی و درصد چربی بدنی پس از تمرین CHRT کاهش معنادار داشت و فاکتورهای VO_2max و میانگین 1RM در هر دو گروه شرکت‌کننده نیز افزایش معنی‌داری یافت . هم‌چنین بین میانگین داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون نیم‌رخ لیپیدی: کلسترول، تری‌گلیسرید، LDL، HDL و گلوکز، انسولین و مقاومت به انسولین در هر دو گروه تمرینی اختلاف معناداری وجود داشت (جدول ۲). هم‌چنین در مقادیر فاکتورهای 1RM، WHR و نیم‌رخ لیپیدی بین دو گروه تمرینی HIIT و CHRT تفاوت معناداری نشان داده شد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین HIIT و CHRT منجر به کاهش درصد چربی بدن، کلسترول، TG، LDL، گلوکز، انسولین و شاخص HOMA-IR و افزایش HDL، Vo_2max و 1RM می‌شود در صورتی‌که کاهش BMI، وزن بدن و WHR تنها در گروه تمرین CHRT معنی‌دار بود. نتایج حاصل در زمینهٔ تأثیر تمرین بر فاکتورهای مذکور با نتایج برخی پژوهش‌ها همسو می‌باشد (۱۸،۱۹،۲۰،۲۱). بنا به پیشنهاد Kessler (۲۰۱۲) حداقل هشت هفته تمرین مورد نیاز است تا مقادیر پروفایل چربی و هومئوستاز گلوکز تغییر یابند (۱۸). zaer ghodsi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند ۸ هفته تمرین HIIT به‌صورت ۳ جلسه در هفته ۱۰ وهله دویدن روی تردمیل به‌مدت ۱۵ ثانیه با سرعت بیشینه و ۳۰ ثانیه ریکاوری بین وهله‌ها در زنان غیرفعال منجر به کاهش معنادار LDL، کلسترول، درصد چربی و افزایش معنادار HDL می‌شود (۱۹). اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷) مشاهده کردند که ۸ هفته تمرین ترکیبی (هوازی- مقاومتی) به‌صورت ۳ روز در هفته در زنان دیابتی منجر به افزایش میزان قدرت و Vo_2max و کاهش میزان گلوکز، مقاومت انسولین، درصد چربی، وزن بدن و WHR شد (۲۰). ouerghi و همکاران (۲۰۱۷) نشان داده‌اند که ۸ هفته تمرین HIIT (۳ جلسه در هفته، ۱۰ وهلهٔ ۳۰ ثانیه‌ای دویدن با ۱۱۰-۱۰۰٪ سرعت بیشینه و ۳۰ ثانیه ریکاوری فعال با ۵۰٪ سرعت بیشینه) منجر به کاهش نیم‌رخ لیپیدی و مقاومت انسولین می‌شود (۲۱). در صورتی‌که شعبانی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند ۸ هفته تمرین ترکیبی (۳ جلسه در هفته به‌مدت ۳۰ دقیقه تمرین مقاومتی با ۸۰-۵۰٪ 1RM و تمرین هوازی با ۸۰-۵۰٪ HRmax) در زنان اضافه وزن/چاق هیچ تأثیری بر مقادیر گلوکز، انسولین، مقاومت به انسولین، پروفایل چربی، BMI و وزن بدن نداشت (۲۲). Malmivara و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند ۸ هفته تمرین HIIT (۱۰-۸ وهلهٔ یک دقیقه‌ای دویدن زیربیشینه با وهله‌های ریکاوری ۳۰ ثانیه‌ای) هیچ تأثیری بر نیم‌رخ لیپیدی، گلوکز و مقاومت انسولین نداشت و تنها منجر به کاهش میزان گلوکز شد (۴). در تمرینات طولانی‌تر نیز نتایج متناقضی گزارش شده است؛ kammassi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که به‌دنبال ۱۲ هفته تمرین HIIT (۳ وهله با ۹-۵ تکرار، هر تکرار شامل ۳۰ ثانیه دویدن با ۱۰۰٪ توان بیشینه و ۳۰ ثانیه ریکاوری فعال با ۵۰٪ توان بیشینه) مقادیر HDL و LDL در افراد اضافه وزن/چاق تغییر نکرد ولی کلسترول و TG تغییر معناداری نشان داد (۵). سرمدیان و همکاران (۱۳۹۵)گزارش کردند که ۱۰ هفته تمرین ترکیبی فعالیت هوازی (۷۵-۶۵٪ HRmax) و مقاومتی (۶۵-۵۵٪ 1RM) به‌دلیل عدم کفایت شدت و مدت تمرین بر ترکیب بدنی، پروفایل چربی و شاخص‌های سندرم متابولیک در زنان اضافه‌وزن/چاق تأثیری نداشت (۱۴). Avigdor و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که ۱۴ هفته تمرین HIIT (۴ وهله ۶۰-۳۰ ثانیه‌ای با ۹۰-۷۵٪ ضربان قلب ذخیره و با وهله‌های استراحت ۲۱۰-۱۸۰ ثانیه‌ای با ۵۰٪ ضربان قلب ذخیره و سه جلسه در هفته) در افراد اضافه‌وزن/ چاق منجر به عدم تغییر وزن بدن و مقاومت انسولین شد (۷). دلیل ناهمسو بودن نتایج پژوهش‌ها با تحقیق حاضر به تفاوت در نوع تمرینات انجام شده، تعداد جلسات تمرینی هفتگی، شدت و مدت تمرینات مربوط می‌باشد.

[1] SPSS

Copyright ©The authors

افزایش میزان لیپید در وضعیت چاقی می‌تواند از طریق افزایش مقاومت انسولین میزان گلوکز خون را افزایش دهد، در صورتی‌که تمرین بدنی از طریق بهبود وضعیت چربی بدن منجر به کاهش تولید گلوکز کبدی، افزایش ترشح انسولین از پانکراس و کاهش مقاومت به انسولین می‌شود (۲۳). مکانیزم بیولوژیکی که احتمالاً می‌تواند باعث بهبود پروفایل چربی به‌همراه تمرین شود، پیچیده است. افزایش آنزیم‌های لیپوپروتئین لیپاز (LPL) و لیتسن کلسترول آسیل ترانسفراز (L-CAT)[۱]، کاهش کلستریل استر ترانسفر پروتئین (CETP)[۲] و لیپاز کبدی تری‌گلیسرید نقش مهمی در تغییر غلظت فاکتورهای لیپیدی ایفا می‌کنند و توانایی عضله را برای اکسیداسیون اسید چرب و کاهش تری‌گلیسرید افزایش می‌دهند (۲۴). علت احتمالی افزایش HDL، افزایش تولید آن توسط کبد در پی تغییر فعالیت آنزیم LPL و کاهش لیپاز کبدی به‌دنبال فعالیت بدنی است. افزایش آنزیم LPL باعث لیپولیز و رهایی اسیدهای چرب تجزیه شده از TG بافت چربی و عضلانی و گردش خون شده و در کل کاتابولیسم TG و لیپوپروتئین‌های غنی از TG را افزایش و برداشت TG از جریان خون را تسهیل می‌کند، در این‌صورت قشر مازاد چربی (کلسترول آزاد و فسفولیپید) به HDL منتقل شده و سبب افزایش آن می‌شود. از سوی دیگر، افزایش فعالیتLCAT ناشی از فعالیت بدنی نیز سبب تغذیه ذرات HDL می‌شود. CETP مسئولیت حمل چربی‌ها را در مولکول HDL-c و سایر لیپوپروتئین‌ها بر عهده دارد که بعد از تمرین کاهش می‌یابد و کاهش CETP مجوزی برای کندسازی کاتابولیسم HDL (افزایش نیمه عمر) است، چنین به‌نظر می‌رسد که با کاهش فعالیت CETP بر اثر اجرای فعالیت بدنی، تبدیل HDL-c به LDL-c کاهش می‌یابد در نتیجه منجر به افزایش میزان HDL-c و کاهش میزان LDL-c کاهش می‌شود (۲۴). از سوی دیگر نشان داده شده است که طی فعالیت ورزشی و بعد از آن، میزان انسولین کاهش می‌یابد و احتمالاً یکی از عواملی که کلسترول را دستخوش تغییر و تحول قرار می‌دهد، میزان انسولین گردش خون باشد (۲۵). سازوکار احتمالی این پدیده به نفوذپذیری غشا به گلوکز، افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشای پلاسمایی (GLUT4)، افزایش بیان ژنی یا فعالیت پروتئین‌های مختلف درگیر در آبشار پیام‌رسانی انسولین، افزایش دانسیته مویرگی، افزایش فعالیت گلیکوژن سنتتاز در انقباض عضلانی و در نهایت افزایش ذخیره‌سازی گلیکوژن برمی‌گردد (۲۶). همزمان با کاهش انسولین، ترشح گلوکاگون نیز افزایش می‌یابد که روند لیپولیز را تسریع می‌بخشد. انسولین به‌عنوان مهم‌ترین تنظیم‌کنندهٔ سطح گلوکز خون، سنتز لیپید، پروتئین و گلیکوژن در بافت‌های مختلف چربی، عضلانی و کبدی را تحریک کرده و روند تجزیهٔ گلیکوژن، لیپید و پروتئین را مهار می‌کند (۲۵).

تمرین HIIT ممکن است از طریق کاهش تجمع تری‌گلیسرید درون‌سلولی و افزایش اکسیداسیون اسید چرب، منجر به افزایش پیام‌رسانی انسولین و فعالیت انسولین شود (۲۷). سازوکار اثر تمرین HIIT بر هومئوستاز گلوکز و عمل انسولین تا حدود زیادی به عملکرد عضلات اسکلتی نیز بر می‌گردد. عضلات اسکلتی اصلی‌ترین جایگاه مصرف گلوکز می‌باشند، انقباض در عضلات اسکلتی دارای نقش شبه انسولینی بوده و موجب می‌شود تا مقدار زیادی گلوکز به درون سلول وارد شده و صرف تولید انرژی گردد (۲۶). در فعالیت‌های ورزشی شدید (Vo2max> ۸۰٪) گلوکز به‌عنوان سوخت منحصر به فرد عضله محسوب می‌شود، به‌طوری‌که تمامی تارهای عضلانی به‌کار گرفته شده در HIIT پس از تمرین ذخایر گلوکزشان تخلیه می‌شود که منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر در افزایش فعالیت پروتئین انتقال دهنده GLUT4 می‌شود و در نتیجه افزایش جابجایی و در دسترس قرارگیری GLUT4 را سبب می‌شود (۲۸). تمرین HIIT منجر به افزایش محتوی میتوکندریایی می‌شود، افزایش سریع در عملکرد میتوکندریایی عضله اسکلتی به‌دنبال تمرین HIIT با افزایش ظرفیت اکسایشی عضله در ارتباط می‌باشد که منجر به افزایش اکسیداسیون چربی می‌شود و از آنجائی‌که کاهش ظرفیت میتوکندری در عضلات اسکلتی در مقاومت به انسولین نقش دارد و ظرفیت اکسیداتیو عضله به‌عنوان فاکتور پیش‌بینی‌کننده معنی‌دار حساسیت به انسولین می‌باشد، ممکن است فاکتور مؤثر در کاهش مقاومت به انسولین و بهبود کنترل گلوکز خون باشد (۲۹). هم‌چنین فعالیت ورزشی به‌واسطهٔ کاهش توده چربی و وزن بدن، مقاومت به انسولین را تعدیل می‌کند (۳۰). در صورتی‌که در پژوهش حاضر با وجود کاهش پروفایل چربی و مقاومت انسولین، عدم کاهش وزن در گروه تمرینی HIIT دیده شد. نتایج پژوهش‌ها بیان‌گر این است که تمرین HIIT از توانایی لازم برای تحریک سازوکارهای متابولیکی درگیر در کاهش وزن برخوردار است (۶، ۲۲، ۲۰). اگرچه کاهش وزن به‌میزان زیادی با کاهش اختلالات متابولیکی در ارتباط می‌باشد، اما منعکس کنندهٔ تغییر در ترکیب بدنی نمی‌باشد؛ تمرین HIIT حتی با وجود عدم تغییر وزن بدن، منجر به کاهش تودهٔ چربی بدنی حدود ۳-۱ کیلوگرم می‌شود (۳۱). برخی از پژوهش‌ها نیز بیان‌گر تأثیر مطلوب تمرینات بر ترکیب بدنی، نیم‌رخ لیپیدی و هومئوستاز گلوکز بدون کاهش وزن بوده‌اند (۱۸، ۳۲، ۳۳،۳۴). که این موضوع همسو با نتیجه پژوهش حاضر در زمینهٔ تأثیر مطلوب تمرین HIIT بر فاکتورهای چربی و هومئوستاز گلوکز بدون کاهش وزن می‌باشد. مطالعه انجام شده توسط keating و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که به‌دنبال ۱۲ هفته تمرین HIIT (۳ جلسه در هفته با ۶-۴ وهله رکاب‌زنی: ۶۰-۳۰ ثانیه با ۱۲۰٪ $\dot{V}o_2peak$ و ۱۸۰-۱۲۰ ثانیه ریکاوری فعال)، کلسترول و LDL افراد دارای اضافه‌وزن کاهش معناداری یافت بدون این‌که هیچ‌گونه کاهش معناداری در تودهٔ بدنی، TG، HDL ، انسولین و گلوکز رخ دهد (۳۵). Almenning و همکاران (۲۰۱۵) به‌دنبال ۱۰ هفته تمرین HIIT (۳ جلسه در هفته: ۲ جلسه شامل ۴ وهله ۴ دقیقه‌ای و یک جلسه شامل ۱۰ وهله یک دقیقه‌ای با شدت بیشینه) و مقاومتی در زنان پلی‌کیستیک نشان داد که با وجود عدم تغییر وزن بدن، درصد چربی بدن و مقاومت انسولین در هر دو گروه نیز کاهش یافت (۳۲). غفاری و همکاران (۲۰۱۷) ۸ هفته تمرین HIIT (۳ جلسه در هفته، ۱۰-۴ تکرار آزمون وینگیت ۳۰ ثانیه) و تمرین ترکیبی (۳ جلسه استقامتی و ۲ جلسه مقاومتی) در زنان مبتلا به دیابت منجر به کاهش انسولین و مقاومت به انسولین، WHR و درصد چربی بدنی در هر دو گروه شد در صورتی‌که کاهش گلوکز تنها در گروه HIIT و کاهش وزن نیز فقط در گروه ترکیبی دیده شد (۳۳). عابدی و همکاران (۱۳۹۵) نشان دادند که ۸ هفته تمرین HIIT (۶-۴ وهله ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۲۵۰٪ و وهله‌های ریکاوری ۴ دقیقه‌ای روی چرخ کارسنج، ۳ جلسه در هفته) منجر به عدم تغییر وزن و BMI شد در صورتی‌که تأثیر مثبتی بر مقاومت انسولین و درصد چربی بدن زنان دیابت نوع ۲ داشت (۳۴).

دو متاآنالیز در افراد چاق و بیماران دیابت نوع ۲ آشکار کرده است که تمرین ترکیبی در مقایسه با تمرین مقاومتی و هوازی به‌تنهایی بهترین روش برای بهبود شاخص‌های آنتروپومتریکی چاقی (اسکوینگ‌شک ۲۰۱۳) کنترل گلایسمیک و فاکتورهای لیپیدی (۳۶) می‌باشد. بعضی از محققان نیز ادعا می‌کنند که تمرینات ترکیبی در مقایسه با هر یک از تمرینات به‌تنهایی می‌تواند مزایای بیشتری در زمینهٔ شاخص‌های چربی، و مقاومت انسولین ایجاد کند

[۱] Lecithin-Cholesterol Acyltransferase

[۲] Cholesteryl ester transfer protein

Copyright ©The authors
Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

(۱۱،۱۳). در مقابل محققانی نیز نتایج متناقضی نشان داده‌اند (۱۴،۲۲). در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد در گروه تمرینی CHRT علاوه بر پاسخ متابولیکی ذکر شده ناشی از تمرین HIIT، افزودن تمرین مقاومتی می‌تواند بر تأثیرات مطلوب تمرین بیافزاید. به‌نظر می‌رسد تمرینات ترکیبی برخلاف تمرینات مقاومتی صرف، باعث فعالیت بیشترآنزیم لیپوپروتئین لیپاز می‌شوند (۳۸). تمرین مقاومتی از طریق کاهش سنتز اسیدهای چرب آزاد، افزایش جذب اسید چرب آزاد توسط عضله اسکلتی طی انقباض عضلانی و تحریک اکسیداسیون چربی متابولیسم لیپید را بهبود می‌دهد (۱۰) ، هم‌چنین می‌تواند از طریق افزایش توده عضلانی بدن منجر به افزایش انرژی مصرفی زمان استراحت شده و لذا تودهٔ چربی بدن کاهش می‌یابد، سلول‌های عضلانی توانایی بیشتری در ایجاد تفاوت متابولیسم انرژی نسبت به فعالیت ایجاد کرده و بالانس انرژی را تنظیم می‌کنند که با کاهش سطح متغیرهای آنتروپومتریکی همراه می‌باشد. از سوی دیگر، افزایش تودهٔ عضلانی ناشی از تمرین مقاومتی منجر به افزایش ذخایر گلیکوژن عضلانی می‌شود و از این طریق کنترل گلایسمی مطلوبی اعمال می‌کند و به‌عبارتی دیگر با افزایش ظرفیت اتصال انسولین به محل گیرنده‌های هر یک از سلول‌های عضلانی منجر به افزایش حساسیت انسولین می‌گردد (۱۰). در تمرین CHRT، هر دو نوع تمرین HIIT و مقاومتی نیازمند کاتابولیسم گلوکز می‌باشند و در دورهٔ بازسازی پس از ورزش بازسازی گلیکوژن از نظر متابولیکی در اولویت می‌باشد که باعث سوخت چربی‌ها به‌دنبال فعالیت ورزشی می‌شود و این موضوع را می‌توان توسط افزایش ضرورت حذف یون هیدروژن و لاکتات خون برای بازسازی گلیکوژن و افزایش میزان هورمون رشد توضیح داد (WHO 2010). از سوی دیگر تمرین HIIT منجر به آزادسازی هورمون‌های لیپولیز از قبیل هورمون رشد و اپی نفرین می‌شود که منجر به تولید انرژی بیشتر و اکسیداسیون چربی بیشتری پس از ورزش می‌شود و از آنجایی‌که بافت چربی احشایی، به‌دلیل دارا بودن رسپتورهای β–آدرنرژیک بیشتر، به این هورمون‌ها حساسیت بیشتری دارند بنابراین باعث کاهش مطلوب چربی احشایی می‌شود (۳۹).

در پژوهش حاضر نشان داده شد که تمرین CHRT در مقایسه با تمرین HIIT به‌تنهایی تأثیر مطلوب‌تری بر فاکتورهای خطر متابولیکی در افراد چاق دارد، به‌طوری‌که میان فاکتورهای 1RM، WHR و نیم‌رخ لیپیدی بین دو گروه تمرینی تفاوت معناداری وجود داشت. در این راستا، Arslan و همکاران نیز نشان دادند که هشت هفته تمرین ترکیبی نسبت به تمرین هوازی به‌تنهایی اثر مطلوب‌تری بر شاخص‌های کلسترول، TG و درصد چربی به‌جا می‌گذارد و میان دو گروه تمرینی تفاوت نشان داده شد. این محققان بیان کردند که تمرین ترکیبی منجر به افزایش بیشتر فعالیت آنزیم‌های هوازی، میتوکندریایی و چگالی عروقی در عضلات و واحدهای حرکتی می‌شود (۱۳). Kannan و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر ۱۵ هفته تمرین HIIT و تمرین با شدت متوسط را بررسی کردند و مشاهده کردند که در هر دو گروه میزان LDL، HDL، کلسترول و BMI کاهش معناداری یافت و بین دو گروه تمرینی میزان LDL متفاوت بود (۴۰). عابدی و همکاران (۲۰۱۶) با مقایسه تمرین سرعتی شدید و تمرین ترکیبی زنان مبتلا به دیابت نوع ۲ نشان دادند که میزان مقاومت انسولین میان دو گروه تمرینی تفاوت معناداری داشت (۳۴). تمرین HIIT فعالیت هورمونی لیپولیز و در دسترس قرارگیری اسیدهای چرب را تحریک می‌کند و وقتی با افزایش پایدار در میزان متابولیک ترکیب می‌شود منجر به افزایش مصرف و اکسیداسیون اسیدهای چرب در عضلات فعال می‌شود که می‌تواند دلیل تفاوت بین‌گروهی در تحقیق حاضر باشد. افزایش تجمع چربی به‌خصوص چربی احشایی که در افراد کم‌تحرک، دارای اضافه وزن یا چاق مشاهده می‌شود از عواملی است که به‌طور مستقیم منجر به ایجاد عوارض متابولیکی و به‌طور غیرمستقیم منجر به افت آمادگی هوازی و هم‌چنین عملکرد قدرت در این افراد می‌گردد. از این‌رو تمرینات ترکیبی (HIIT و مقاومتی) می‌تواند اثرات مضاعف ناشی از سازوکارهای جبرانی هر دو نوع ورزش را اعمال کند (۴۱).

نتیجه‌گیری

در کل، با توجه به اثر بیشتر تمرینات CHRT بر متابولیسم چربی، می‌توان تمرین CHRT را به‌عنوان یک روش درمان غیردارویی برای تعدیل فاکتورهای خطر متابولیکی مرتبط با چاقی به افراد دارای اضافه‌وزن/چاق توصیه کرد. انجام تمرین بدنی به‌طور منظم به‌ویژه به‌صورت ترکیب تمرین HIIT و تمرین مقاومتی به‌صورت ۵ جلسه در هفته توسط افراد چاق، از طریق توسعهٔ آمادگی قلبی– عروقی، ارتقاء هزینهٔ انرژی، استفاده از چربی به‌طور مؤثرتر، توسعهٔ دستگاه عضلانی اسکلتی و بهبود هومئوستاز گلوکز منجر به کاهش اختلالات متابولیکی، بهبود آمادگی و تندرستی بدنی به‌میزان زیادی می‌شود.

سپاسگزاری

از همکاری تمامی آزمودنی‌ها در زمینهٔ اجرای مراحل عملی تحقیق تشکر و قدردانی می‌نماییم. لازم به ذکر است که مقالهٔ حاضر، براساس رساله دکتری ثبت شده در دانشگاه تبریز، تهیه شده است.

منابع مالی

بخشی از بودجه تحقیقاتی توسط منابع مالی دانشگاه تبریز و مابقی به‌طور شخصی تأمین شده است.

تعارض در منافع

نویسندگان هیچ گونه تضاد منافع را اعلام نمی کنند.

ملاحظات اخلاقی

پروتکل این مطالعه در کمیته پزشکی منطقه‌ای اخلاق دانشگاه تبریز استان آذربایجان شرقی به شماره مرجع IR.TBZMED.REC.1396.485 به تأیید رسیده است.

مشارکت مؤلفان:

ژ.پ، الف. ج و همکاران در طراحی موضوع مقاله، ژ.پ و همکاران در اجرای مقاله و تحلیل نتایج مطالعه، ژ.پ، الف. ج در تألیف مقاله مشارکت داشته‌اند. ژ.پ و همکاران نسخه نهایی مقاله را خوانده و تأیید کرده اند.

Copyright ©The authors

جدول ۱. نتایج آزمون‌های تی تست زوجی و مستقل عوامل آنتروپومتریک

متغیرها		سن	BMI (کیلوگرم بر متر مربع)	VO_2max (میلی‌لیتر/ کیلوگرم/ دقیقه)	درصد چربی بدنی
گروه HIIT	پیش‌آزمون	۴/۴±۹/۵ ۳	۲۹/۵±۳/۷	۳۰/۶±۹/۹	۴۲/۹±۳/۴
	پس‌آزمون	-------	۲۹/۴±۳/۶	۴۳/۵±۶/۲ *	۴۲/۹±۳/۴ *
گروه CHRT	پیش‌آزمون	۴/۳±۴/۷ ۴	۳۰±۲/۵	۳۳/۷±۷/۹	۴۳/۷±۲/۵
	پس‌آزمون	-------	۲۹/۵±۲/۵ *	۴۴/۳±۸/۵ *	۳۶/۹±۳/۴ *

*نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵)

جدول ۲. نتایج آزمون‌های تی تست زوجی و مستقل فاکتورهای

متغیرها	گروه HIIT		گروه CHRT	
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون
کلسترول (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۹۹/۰±۱۰/۴	۱۸۲/۰±۲۷/۴ *، ≠	۲۰۰/۹±۹/۹	*، ≠ ۱۷۱/۲±۳۰/۹
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۶۸/۴±۱۳/۰	*، ≠ ۱۶۰/۴±۱۳/۷	۱۶۸/۹±۱۱/۷	*، ≠ ۱۴۷/۲±۱۰/۶
HDL (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۳۲/۲±۵/۱	*، ≠ ۳۴/۳±۵/۳	۳۳/۸±۴/۰	*، ≠ ۴۰/۶±۵/۸
LDL (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر)	۱۳۷/۶±۱۰/۴	*، ۱۲۸/۴±۹/۳ ≠	۱۳۲/۹±۹/۶	*، ۱۰۱/۰±۳۳/۷ ≠
گلوکز	۹۷/۸±۳/۸	*۹۴/۶±۳/۸	۹۸/۸±۵	* ۹۵/۸±۴/۶
انسولین	۵/۰±۱/۷	*۴/۱±۱/۶	۴/۰±۱/۹	* ۳/۰±۱/۶
شاخص مقاومت به انسولین HOMA-IR	۱/۳±۰/۳	*۱/۰±۰/۳	۱/۴±۰/۳	* ۱/۰±۰/۳

#*نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین گروهی و درون گروهی

منابع

1.Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. (2014). Prevalence of Childhood and Adult Obesity in the United States, 2011-2012. JAMA; 311: 806–814.

2. Bahrami A, Saremi A. (2011). Effect of Caloric Restriction with or without Aerobic Training on Body Composition, Blood Lipid Profile, Insulin Resistance, and Inflammatory Marker in Middle-Age Obese/Overweight Men. Arak Medical University Journal (AMUJ); 14(56): 11-9.

3. José GN, Barbara M.M. A, Eduardo Z.C, Jhennyfer R, Gustavo D.F, José C.RN and et al. (2016). Impact of Long-Term High-Intensity Interval and Moderate Intensity Continuous Training on Subclinical Inflammation in Overweight/Obese Adults. Journal of Exercise Rehabilitation; 12(6):575-580

4. Malmivara S. (2015). The Effect of High-Intensity Interval Exercise Program on Blood Lipids and Hormones in Recreationally Active Adults. [Master's Dissertation]. Exercise Physiology. Department of Biology of Physical Activity University of Jyväskylä.

5. Khammassi M, Ouerghi N, Hadj-Taieb S, Feki M, Thivel D, Bouassida A. (2018). Impact of a 12-Week High-Intensity Interval Training without Caloric Restriction on Body Composition and Lipid Profile in Sedentary Healthy Overweight/Obese Youth. Journal of Exercise Rehabilitation; 14(1):118-125.

6. Sheikholeslami Vatani D, Ebrahimi A. Effect of Moderate Continuous Training vs. (2018). High-Intensity Interval Training on Visceral and Subcutaneous Fats in Obese Women. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences; 16:999-1012. [Full Text in Persian].

7. Avigdor D. A, Fred J. D, Naketa T, Jacqueline T-H, Richard W, Allan G, and Jeanine B. A. (2015). High-Intensity Interval Training without Weight Loss Improves Exercise but not Basal or Insulin-Induced Metabolism in Overweight/Obese African American Women. Journal of Applied Physiology; 119(4): 352–362.

8. Leggate M, Carter WG, Evans MJ, Vennard RA, Sribala-Sundaram S, Nimmo MA. (2012). Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. Journal of Applied Physiology; 112(8): 1353–1360.

9. Jackson J. Fyfe, David J. Bishop, Evelyn Zacharewicz, Aaron P. Russell and et all. (2016). Concurrent exercise incorporating high-intensity interval or continuous training modulates mTORC1 signaling and microRNA expression in human skeletal muscle. J Physiol Regul Integr Comp Physiol; 310(11):R1297-311.

10. Lee S, Bacha F, Hannon T, Kuk JL, Boesch C, Arslanian S. (2012). Effects of Aerobic Versus Resistance Exercise without Caloric Restriction on Abdominal Fat, Intrahepatic Lipid, and Insulin Sensitivity in Obese Adolescent Boys: A Randomized, Controlled Trial. Diabetes; 61(11):2787– 95.

11. Schwingshackl L, Missbach B, Dias S, Konig J, Hoffmann G. (2014). Impact of Different Training Modalities on Glycaemic Control and Blood Lipids in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Diabetologia; 57(9):1789–97.

12. World health organization. Global Recommendations on Physical Activity for Health. (2010).

13. Arslan E, Can S, Demirkan E. (2017). Effect of Short-Term Aerobic and Combined Training Program on Body Composition, Lipids Profile and Psychological Health in Premenopausal Women. Science sports; 32(2):106-118.

14. Sarmadian M, Khorshidi D. (2016). Effect of Combined Training on Body Composition, Lipids and Metabolic Syndrome Index in Obese and Overweight Menopausal Women. JOGE; 1(2): 36-44. [Full Text in Persian].

15. José Gerosa-Neto, Barbara M.M. Antunes, Eduardo Z. Campos, Jhennyfer Rodrigues and et all. (2016). Impact of long-

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Metaanalysis. British Journal of Sports Medicine; 48: 1227-1234.

29. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Adeel S, Mark A.T, Zubin P and et al. (2011). Low-Volume High Intensity Interval Training Reduces Hyperglycemia and Increases Muscle Mitochondrial Capacity in Patients with Type 2 Diabetes. Journal of Applied Physiology; 111:1554–1560.

30. Torabi S, Asadi MR, Tabrizi A. (2017). The Effect of 8 Weeks of Moderate-Intensity Endurance Training on Serum Levels of Liver Enzymes and Insulin Resistance Index in Women with Type 2 Diabetes. Qom University of Medical Sciences Journal; 11(7):47-55. [Full Text in Persian].

31. Fisher G, Brown AW, Bohan Brown MM, Alcorn A, Noles C, Winwood L and et al. (2015). High Intensity Interval- vs Moderate Intensity-Training for Improving Cardiometabolic Health in Overweight or Obese Males: A Randomized Controlled Trial. PLOS One; 10:1–15.

32. Almenning I, Rieber-Mohn A, Lundgren KM, Shetelig Løvvik T, Garnæs KK, Moholdt T. (2015). Effects of High Intensity Interval Training and Strength Training on Metabolic, Cardiovascular and Hormonal Outcomes in Women with Polycystic Ovary Syndrome: A Pilot Study. PLOS ONE; 10(9): e0138793.

33. Ghafari M, Banitalebi E, Heidari A. (2017). Impact of High-Intensity Interval Training and at Concurrent Strength-Endurance Training on the Levels of Some Adipokines Associated with Insulin Resistance in Women with Diabetes Mellitus. Health Research Journal; 2(3):193-206.

34. Abedi B, Okhovat E, Banitalebi E. (2016). Comparing the Effects of Intense Sprint and Combined Aerobic-Strength Training on Serum Adiponectin Level and Insulin Resistance among the Women with Type 2 Diabetes. Journal of Kashan University of Medical Sciences; 20(4):352-360.

35. Keating S.E, Machan E. A, Connor H.T.O, Gerofi J. A, Sainsbury A, Caterson I.D, Johnson N.A. (2014). Clinical Study Continuous Exercise but Not High Intensity Interval Training Improves Fat Distribution in Overweight Adults. Journal of Obesity; 25–36.

36. Simbo SY. (2013). Effects of Exercise and Diet-Induced Weight Loss in Overweight/Obese Women on Characterization of Serum/White Blood Cells, MicroRNAs and Cytokine Gene Transcription [Ph.D. Dissertation]. Texas: A&M University.

37. Cervantes J, Hernández J. (2017). Effect of High-Intensity and Concurrent Training in Body Composition in Costa Rican Overweight and Obese Women. Arch Sports Med; 1(2):65-74.

38. Arazi H, Joorbonyan A, Asghari E. (2012). Comparison of the Effect of a Combined and Aerobic Training on the Maximum Oxygen Consumption, Lipid Profile, Blood Glucose and Blood Pressure in Middle-Aged Men with Cardiovascular Risk Factors. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences; 20(5):627-638.

39. Zouhal H, Jacob C, Delamarche P, Gratas-Delamarche A. (2008). Catecholamines and the Effects of Exercise, Training and Gender. Sports Medicine; 38:401–423.

40. Kannan U, Vasudevan K, Balasubramaniam K, Yerrabelli D, Shanmugavel K, John NA. (2014). Effect of Exercise Intensity on Lipid Profile in Sedentary Obese Adults. Journal of Clinical & Diagnostic Research; 8(7):BC08-10.

term high-intensity interval and moderate intensity continuous training on subclinical inflammation in overweight/obese adults. Journal of Exercise Rehabilitation; 12(6):575-580.

16. Alvarez C, Ramirez-Campillo R, Henriquez-Olguin C, CastroSepulveda M, Carrasco V, Martinez C. (2014). Eight Weeks of Combined High Intensity Intermittent Exercise Normalized Altered Metabolic Parameters in Women. Revista Medica de Chile; 142(4):458–66.

17. Jackson AS, Pollock ML. (1978). Generalized Equations for Predicting Body Density of Men. British Journal of Nutrition; 40(3): 497-504.

18. Kessler H. S, Sisson S. B, and Short K. R. (2012). "The Potential for High-Intensity Interval Training to Reduce Cardiometabolic Disease risk." Sports medicine; 42(6):489-509.

19. Zaer Ghodsi N, Zolfaghari MR, Fattah A. (2016). The Impact of High Intensity Interval Training On Lipid Profile, Inflammatory Markers and Anthropometric Parameters in Inactive Women. mljgoums; 10(1):56-60.

20. Esmaeili M, Bijheh N, GHahramani Moghadam M. (2018). Effect of Combined (aerobic-resistance) Training on Aerobic Fitness, Muscle Strength, Blood Glucose, Insulin Resistance, and Serum Beta-Endorphin Levels in Type 2 Diabetic Women. IJOGI; 21(6): 34-46. [Full Text in Persian].

21. Ouerghi N, Ben Fradj M K, Bezrati I, Feki M, Kaabachi N, Bouassida A. (2017). Effect of High-Intensity Interval Training on Plasma Omentin-1 Concentration in Overweight/Obese and Normal-Weight Youth. Obes Facts; 10:323–331.

22. Shabani R, Jalali Z, Nazari M. (2018). Effects of Concurrent Strength and Aerobic Training on Blood Glucose Homeostasis and Lipid Profile in Females with Overweight and Obesity. Zahedan Journal Research Medical Sciences; 20(4):e13746. [Full Text in Persian].

23. Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, Frohlich JJ. (2003). "Effective Exercise Modality to Reduce Insulin Resistance in Women with Type 2 Diabetes". Diabetes care; 26(11): 2977-2982.

24. Sugiura H, Kajima K, Iwata H, Matsuoka T, Mirbod SM. (2002). Effects of Long Term Moderate Exercise and Increase in Number of Daily Steps on Serum Lipids in women: randomized controlled trial. BMC Women's Health; 2(1)3.

25. McCormack SE, McCarthy MA, Harrington SG, Farilla L, Hrovat MI, Systrom DM and et al. (2014). Effects of Exercise and Lifestyle Modification on Fitness, Insulin Resistance, Skeletal Muscle Oxidative Phosphorylation and Intramyocellular Lipid Content in Obese Children and Adolescents. Pediatr Obes; 9(4): 281-91.

26. Ivy JL. (1997). Role of Exercise Training in the Prevention and Treatment of Insulin Resistance and non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus. Sports medicine; 24(5):321-336.

27. Ciolac E.G, Bocchi E.A, Bortolotto L.A, Carvalho V.O, Greve, JM, Guimarães GV. (2010). Effects of High-Intensity Aerobic Interval Training vs. Moderate Exercise on Hemodynamic, Metabolic and Neuro-Humoral Abnormalities of Young Normotensive Women at High Familial Risk for Hypertension. Hypertension Research; 33(8): 836-843.

28. Weston KS, Wisloff U & Coombes JS. (2014). High-Intensity Interval Training in Patients with Lifestyle-Induced Cardiometabolic Disease: A Systematic Review and

Copyright ©The authors

41. Arazi H, Faraji H, Moghadam MG, Samadi A. (2011). Effects of Concurrent Exercise Protocols on Strength, Aerobic Power, Flexibility and Body Composition. Kinesiology; 34(2):155-62. [Full Text in Persian].

Copyright ©The authors

Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University