



## Effects of High Intensity Interval Training on Musclin and Insulin in Overweight Female Students

Seyyede Zahra Farahani<sup>1</sup>, Parvaneh Nazarali<sup>2</sup>, Hiwa Rahmani<sup>3</sup>

1. MSc, Dept. of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Alzahra University, Tehran, Iran
2. Associated Professor, Dept. of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Alzahra University, Tehran, Iran
3. Post Doc. Researcher, Dept. of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Science, Alzahra University, Tehran, Iran

### Article Information

#### Article History:

Received: 2018/08/11

Accepted: 2018/11/10

Available Online: 2018/12/17

IJHEHP 2019; 6(4): 421-428

#### DOI:

10.30699/acadpub.ijhehp.6.4.421

#### Corresponding Author:

#### Parvaneh Nazarali

Associated Professor, Dept.  
of Exercise Physiology,  
Faculty of Physical Education  
and Sports Science, Alzahra  
University, Tehran, Iran  
Tel: 021- 88060490

#### Email:

parvaneh\_nazarali@yahoo.com

Use your device to scan  
and read the article online



### Abstract

**Background and Objective:** Exercise or physical activity is one of the main ways for improving health and having a healthy lifestyle. The aim of this study was to investigate the effect of 6-weeks high intensity interval training (HIIT) on Musclin and insulin in overweight female students.

**Methods:** In 2018, 20 overweight young female students of Alzahra University (range: 20-28 yrs.) were selected and divided into two groups: control and HIIT. Training group performed high intensity circuit training consisting of six stations (40 s exercise/40 s active recovery) 3 days a week for 6 weeks while control group continued their usual daily activities. Blood samples collected before and after the research period and analyzed for Musclin, insulin and glucose. Repeated measures ANOVA used for statistical testing.

**Results:** After 6 weeks, there were no significant difference between two groups in serum Musclin changes ( $P = 0.89$ ). Similar results were also observed for glucose ( $P = 0.54$ ) and insulin resistance ( $P = 0.15$ ), while these changes were significant in insulin values ( $P = 0.008$ ).

**Conclusion:** Six weeks of high Intensity Circuit Interval Training, did not affect Musclin levels in overweight female students; due to the lack of relation between Musclin and insulin resistance, this Myokine probably cannot considered as an effective factor in the insulin resistance process and health.

**Keywords:** Musclin, Circuit training, Insulin, Glucose, Overweight

Copyright © 2019 Journal of Health Education and Health Promotion. All rights reserved

### How to cite this article:

Farahani S Z, Nazarali P, Rahmani H. Effects of High Intensity Interval Training on Musclin and Insulin in Overweight Female Students. Iran J Health Educ Health Promot. 2019; 6 (4) : 421-428

Farahani, S.Z., Nazarali, P., Rahmani, H.(2019). Effects of High Intensity Interval Training on Musclin and Insulin in Overweight Female Students. *Iranian Journal of Health Education and Health Promotion*; 6 (4) : 421-428



## تأثیر تمرینات تناوبی با شدت بالا بر ماسلین و انسولین در دانشجویان دختر دارای اضافه وزن

سیده زهرا فراهانی<sup>۱</sup>، پروانه نظرعلی<sup>۲</sup>، هیوا رحمانی<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی ارشد، فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۲. دانشیار، فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران
۳. محقق پسا دکترا، فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران

## چکیده

## اطلاعات مقاله

## تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۰  
پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱۹  
انتشار آنلاین: ۱۳۹۷/۹/۲۶

IJHEHP 2019; 6(4): 421-428

نویسنده مسئول:

پروانه نظرعلی

دانشیار، فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه الزهراء، تهران، ایران  
تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۶۰۴۹۰

پست الکترونیک:

parvaneh\_nazarali@yahoo.com

برای دانلود این مقاله، کد زیر را با موبایل خود اسکن کنید.



**زمینه و هدف:** ورزش یا فعالیت بدنی یکی از راههای ارتقای سلامت و داشتن سبک زندگی سالم است. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا بر ماسلین و انسولین در دانشجویان دختر دارای اضافه وزن است.

**مواد و روش‌ها:** در سال ۱۳۹۶ تعداد ۲۰ دانشجوی دختر جوان دارای اضافه وزن دانشگاه الزهراء (با دامنه سنی ۲۰ تا ۲۸ سال) انتخاب و به دو گروه تمرین با شدت بالا و کنترل تقسیم شدند. طی شش هفته، گروه تمرین، تمرینات تناوبی دایره‌ای خود را (۶۰-۴۰ ثانیه فعالیت/۳۰-۴۰ ثانیه ریکاوری فعال، سه روز در هفته) با شدت بالا و به صورت دایره‌ای برای شش حرکت انجام داد، در حالی که گروه کنترل به زندگی روزمره خود ادامه می‌داد. نمونه‌های خونی، قبل و بعد از شش هفته دوره تحقیق گرفته شد و ماسلین، گلوکز و انسولین آن اندازه‌گیری شد. از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری برای بررسی آماری استفاده شد.

**یافته‌ها:** تفاوت معنی‌داری در تغییرات سرمی ماسلین بین دو گروه بعد از شش هفته مشاهده نشد ( $P=0/89$ ). نتایج مشابهی هم برای گلوکز ( $P=0/54$ ) و مقاومت به انسولین ( $P=0/15$ ) دیده شد در حالی که این تغییرات در مقادیر انسولین معنی‌دار بود ( $P=0/008$ ).

**نتیجه‌گیری:** شش هفته تمرین تناوبی دایره‌ای با شدت بالا تأثیری بر سطوح ماسلین در دانشجویان دختر دارای اضافه وزن نداشت و به دلیل مشاهده نشدن ارتباط بین تغییرات ماسلین و مقاومت به انسولین، احتمالاً نمی‌توان این مایوکاین را عاملی مؤثر در فرایند مقاومت به انسولین و سلامت در نظر گرفت.

**واژگان کلیدی:** اضافه وزن، تمرین دایره‌ای، انسولین، گلوکز، ماسلین

کپی‌رایت ©: حق چاپ، نشر و استفاده علمی از این مقاله برای مجله آموزش بهداشت و ارتقای سلامت محفوظ است.

## مقدمه

افراد دچار اضافه وزن یا چاق بیشتر در معرض ابتلا به مشکلات مرتبط با چاقی نظیر مقاومت به انسولین هستند. اگرچه مکانیسم دقیق ارتباط بین چاقی و مقاومت به انسولین مشخص نیست، شواهد نشان می‌دهد که متابولیسم نادرست گلوکز در عضله اسکلتی نقش مهمی در این مشکلات ایفا می‌کند. عضله اسکلتی به عنوان یک اندام آندوکراین و پاراکراین از طریق آزادسازی فاکتورهایی که مایوکاین نامیده می‌شوند در هموستاز انرژی در بدن نقش دارد. از این فاکتورها می‌توان به فاکتور نورون‌زای مشتق از مغز و اینترلوکین‌های ۵ و ۶ اشاره کرد که در بیماری‌های متابولیکی همانند چاقی و مقاومت به انسولین نقش دارند (۱). یکی از مهم‌ترین مایوکاین‌هایی که در هموستاز انرژی نقش دارد ماسلین است

که اولین بار Nishizawa (۲۰۰۴) آن را شناخت. گزارش شده است که بیان ژن ماسلین در عضله اسکلتی موش‌های چاق نسبت به لاغر بیشتر است (۲). ماسلین مانع ساخت گلیکوکژن در عضله اسکلتی می‌شود. تحقیقات دیگر نیز کاهش جذب گلوکز را با اعمال ماسلین بر عضلات گزارش کرده‌اند و پیشنهاد داده‌اند که ماسلین احتمالاً با مهار پروتئین کیناز B، ضمن کاهش برداشت گلوکز، تولید گلیکوکژن در عضله را مهار کند (۳) که بخشی از این اثر می‌تواند در نتیجه تأثیر آن در مهار انتقال GLUT4 به عنوان ناقل گلوکز به غشای سلول باشد. محققان بر این باورند که ماسلین مانع بیان پروتئین GLUT4 در عضله نعلی موش‌ها می‌شود (۱). شواهد دیگری که ارتباط بین ماسلین و چاقی و مقاومت به انسولین را نشان می‌دهد بر محل ترشح این مایوکاین بسته به نوع تار عضلانی تأکید دارد؛ بر این اساس ماسلین تقریباً فقط در فیبرهای

اجرای دایره‌ای تمرینات تناوبی را بر فاکتورهای مختلفی مثل فشارخون، لیپوپروتئین‌ها، تری‌گلیسیرید نشان داده‌اند (۱۵)، (۱۴).

شواهد اخیر ترشحات آندوکراینی عضلات را به‌عنوان واسطه تأثیر تمرینات تناوبی به‌ویژه با شدت بالا بر مقاومت به انسولین معرفی کرده‌اند (۱۰). به‌طور مثال، مشخص شده است که اپلین و اینترلوکین-۶ با چاقی و مقاومت به انسولین در ارتباط هستند و بر اثر فعالیت افزایش می‌یابند (۱۰) و این تأثیرگذاری در اثر تمرینات HIIT بیشتر از تمرینات تداومی هوازی است (۱۰). تحقیقات انجام‌شده در زمینه ماسلین نیز افزایش آن در موش و نمونه‌های انسانی چاق را گزارش کرده‌اند (۱) که البته در اثر فعالیت بدنی در موش‌های چاق مقاوم به انسولین، مقادیر آن کاهش یافته است (۷). همچنین مشخص شده که فقدان آن در موش‌ها با کاهش ظرفیت فعالیت فیزیکی مرتبط است (۱۶)، با این حال اگرچه ماسلین به‌عنوان مایوکاینی حساس به فعالیت در نظر گرفته شده است (۱۶) ولی پاسخ و مکانیزم عمل ماسلین به فعالیت جسمانی در انسان هنوز بررسی نشده و در زمینه نقش احتمالی آن در بهبود مقاومت به انسولین (۱) و در نتیجه ارتقای سلامت در اثر ورزش در انسان هنوز اطلاعات زیادی در دسترس نیست. با توجه به تأثیرات مثبت تمرینات تناوبی و کارایی بالاتر این نوع تمرینات در تأثیرگذاری بر فاکتورهای مختلف از جمله عوامل مرتبط با برداشت گلوکز از جریان خون و متابولیسم آن و با در نظر گرفتن تغییرات پس‌رونده این فاکتورها در اثر اضافه‌وزن و چاقی و نیز افزایش ماسلین در چنین شرایطی که در نمونه‌های حیوانی مشخص شده است، به نظر می‌رسد تمرینات تناوبی دایره‌ای با شدت بالا بر ماسلین در انسان اثر می‌گذارد و ارتباط آن بر گلوکز و فرایند مقاومت به انسولین در انسان را مشخص می‌سازد. لذا تحقیق حاضر قصد دارد پاسخ ماسلین را به تمرینات تناوبی با شدت بالا در افراد دچار اضافه‌وزن بررسی کند و نقش احتمالی آن در فرایند مقاومت به انسولین و در نهایت ارتقای سلامت را مشخص سازد.

### مواد و روش‌ها

مرحله اجرایی تحقیق حاضر در زمستان سال ۱۳۹۶ در ایران و در دانشگاه الزهراء تهران انجام شد. نمونه آماری این تحقیق از بین دانشجویان دختر غیرفعال دارای اضافه‌وزن ساکن در خوابگاه دانشگاه الزهراء (به‌دلیل مشابهت زیاد محیط زندگی و رژیم غذایی آزمودنی‌ها) در رشته‌های مختلف تحصیلی غیر از تربیت‌بدنی انتخاب شد. بدین منظور پس از پخش اطلاعیه انجام تحقیق در محیط دانشگاه و خوابگاه و اعلام آمادگی دانشجویان برای حضور داوطلبانه در تحقیق، آزمودنی‌های دارای شرایط تعیین‌شده، بررسی شدند. شرایط ورود به تحقیق عبارت بود از: دامنه سنی ۲۰ تا ۲۸ سال، داشتن اضافه‌وزن (شاخص توده بدنی بین ۲۵ تا ۳۰)، غیرسیگاری بودن، نداشتن فعالیت بدنی منظم حداقل در سه ماه اخیر. بر این اساس، افراد دارای مشکلات قلبی - عروقی و متابولیکی و یا با سابقه ابتلا به این بیماری‌های مزمن از روند

نوع ۲ عضله اسکلتی تشخیص‌دانی است. به عبارتی دیگر، بیان ماسلین ارتباط مستقیمی با ایزوفرم نوع ۲ میوزین دارد؛ زیرا براساس شواهد موجود تارهای عضلانی نوع ۱، حساسیت به انسولین و تعداد GLUT4 بیشتری نسبت به نوع ۲ دارند (۴). اما نکته جالب توجه این است که عضلات بیماران دیابتی و افراد چاق در مقایسه با افراد سالم درصد بیشتری تارهای عضلانی نوع ۲ دارد (۵). این اطلاعات می‌تواند نقش ماسلین را به‌عنوان فاکتور مرتبط با چاقی بیش‌ازپیش در مرکز توجه قرار دهد.

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ارتقای سلامت و سطح کیفیت زندگی، ورزش و فعالیت بدنی است. فعالیت بدنی با افزایش سوخت‌وساز و تنظیم نیازهای متابولیکی بدن باعث افزایش توانایی بدن در حفظ هموستاز انرژی و فاکتورهای مرتبط با آن از جمله قند و چربی می‌شود؛ از این‌رو افزایش فعالیت‌های بدنی به‌ویژه در زنان ضروری است. تحقیقات کاهش توده چربی و افزایش توانایی تحمل فعالیت ورزشی را در اثر تمرینات تناوبی در مقایسه با تمرینات استقامتی سنتی، در زنان چاق یا دارای اضافه‌وزن حتی در دامنه زمانی سه هفته نشان داده‌اند که بر کارایی این تمرینات در زنان تأکید دارد (۶). فعالیت بدنی به‌گونه چشمگیری افزایش حساسیت به انسولین و در نتیجه درمان مؤثر مقاومت به انسولین را به‌دنبال دارد (۷). امروزه تمرینات تناوبی با شدت بالا (HIIT) به‌علت حجم کم در مقایسه با تمرینات تداومی هوازی طرفداران زیادی پیدا کرده است و در درمان بیماران با مشکلات قلبی و متابولیکی نیز کاربرد دارد (۸). نتایج اغلب مطالعات تأثیر بیشتر تمرینات HIIT را در درمان مقاومت به انسولین در مقایسه با تمرینات تداومی هوازی گزارش کرده‌اند. از میان مکانیسم‌های مولکولی که می‌توانند تأثیر بیشتر تمرینات HIIT را در حساسیت به انسولین نشان دهند، می‌توان به افزایش بیان PGC-1 $\alpha$  به‌عنوان تنظیم‌کننده کلیدی در متابولیسم انرژی در میتوکندری، افزایش پروتئین کیناز B، افزایش در جذب گلوکز و افزایش GLUT4 اشاره کرد (۹). فراخوانی تارهای عضلانی حین فعالیت تحت تأثیر شدت فعالیت است؛ لذا فعالیت تناوبی با شدت بالا منجر به فراخوانی بیشتر تارهای ۲ می‌شود. اما تمرینات تناوبی با شدت بالا در مقایسه با تمرینات تداومی هوازی به‌دلیل تأثیر بیشتر بر پروتئین‌های میتوکندریایی مؤثر در فرایندهای هوازی نظیر PGC-1 $\alpha$ ، به‌صورت مؤثرتری منجر به غلبه فنوتیپ اکسیداتیو تار عضلانی (نوع ۱) و درصد این تارهای عضلانی می‌شوند (۱۰). فنوتیپ اکسیداتیو محتوای میتوکندریایی بیشتری دارد که خود موجب اکسیداسیون بیشتر چربی درون سلولی عضله اسکلتی و کاهش مقاومت به انسولین می‌شود (۱۱، ۱۲، ۱۳). تمرین‌های دایره‌ای یکی از شیوه‌های تمرین‌های مقاومتی، تناوبی یا استقامتی است. به‌دلیل انجام چندین حرکت به‌صورت پی‌درپی، با شدت زیاد و زمان استراحت کم، از قند و چربی به‌عنوان سوسترهای اصلی برای تأمین انرژی بین حرکات استفاده می‌شود که با افزایش زمان کلی حجم فعالیت، اکسیداسیون چربی حین فعالیت ارجحیت می‌یابد (۱۳). تحقیقات، اثربخشی بیشتر

تحقیق کنار گذاشته شدند. آزمودنی‌ها متعهد شدند در طول دوره تحقیق مکمل غذایی مصرف نکنند یا ورزش خاصی انجام ندهند. از بین افراد مراجعه‌کننده با شرایط تعیین‌شده، ۲۲ نفر انتخاب شدند و به دو گروه مساوی کنترل (۱۱ نفر) و تمرین تناوبی (۱۱ نفر) تقسیم شدند (جدول ۲). اما در حین انجام تحقیق دو نفر از آزمودنی‌های گروه کنترل انصراف دادند و تعداد آزمودنی‌ها در این گروه به ۹ نفر رسید. برای تعیین وضعیت سلامت و میزان فعالیت بدنی، آزمودنی‌ها پرسش‌نامه فعالیت بدنی را تکمیل کردند و بعد از شنیدن توضیح محقق درباره مراحل و اهداف کار، فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق را نیز امضا کردند.

گروه تمرین به مدت شش هفته، سه جلسه در هفته برنامه تمرین تناوبی با شدت بالا را (جدول ۱) انجام دادند. در حالی

که گروه کنترل در این شش هفته هیچ‌گونه برنامه تمرینی منظمی نداشت و زندگی روزمره خود را ادامه می‌داد. برای جلوگیری از تأثیر زمان و ساعت روز، کلیه تمرینات قبل از ظهر انجام شدند. تمرین تناوبی با شدت بالا شامل ۴۰ ثانیه فعالیت با حداکثر توانایی و ۴۰ ثانیه ریکاوری به صورت فعال بود (۱۷، ۱۸). آزمودنی‌ها در هر جلسه این نسبت را در شش حرکت (دراز نشست، شنا سوئدی، طناب‌زنی، بلند کردن توپ مدیسن بال، پروانه و دو ۴×۹) به صورت ایستگاهی انجام دادند (۱۹). دو هفته اول هر حرکت دو ست انجام شد و برای کنترل اثر سازگاری و رعایت اصل اضافه بار در چهار هفته دیگر برای هر حرکت سه ست در نظر گرفته شد. پروتکل حاضر با کد IR.SSRI.REC.1397.245 در کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی به ثبت رسید (جدول ۱).

جدول ۱. پروتکل تمرینات منتخب ترکیبی ایستگاهی

هفته	فعالیت (ثانیه)	استراحت فعال (ثانیه)	ست‌ها (تعداد)
اول	۴۰	۴۰	۲
دوم	۴۰	۳۰	۲
سوم	۴۰	۳۰	۳
چهارم	۴۰	۳۰	۳
پنجم	۶۰	۳۰	۳
ششم	۶۰	۳۰	۳

سطوح پایه ماسلین دو گروه، آزمون کواریانس برای کنترل تفاوت پایه در نتایج انجام شد. از آزمون تعقیبی بانفرونی برای آزمون تعقیبی استفاده شد. سطح معنی‌داری در کلیه نتایج آماری  $P \leq 0.05$  در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار متغیرهای اندازه‌گیری شده مختلف آزمودنی‌ها در گروه‌های تمرین و کنترل، قبل و بعد از ۶ هفته دوره تحقیق، در جدول ۲ نشان داده شده است.

به دلیل متفاوت بودن سطوح پایه ماسلین در گروه‌های تمرین و کنترل و احتمال تأثیرگذاری آن بر نتایج، از آزمون کواریانس برای تحلیل آماری استفاده شد. بررسی نتایج نشان داد که عامل کواریانس یعنی سطوح پایه دو گروه عامل مؤثری است ( $P = 0.02$ ). اما با در نظر گرفتن تصحیح‌های ناشی از این عامل نیز تفاوت معنی‌داری بین تغییرات دو گروه قبل و بعد از دوره تمرین وجود نداشت ( $F_{1,15} = 0.02$ ,  $P = 0.89$ ). تحلیل آماری نتایج گلوکز با استفاده از آنوای مکرر (نمودار ۱). تحلیل آماری نتایج گلوکز با استفاده از آنوای مکرر با عامل بین‌گروهی نیز نشان داد که شش هفته تمرین تناوبی

قبل از شروع تمرین و ۴۸ ساعت بعد از آخرین جلسه تمرین، از همه آزمودنی‌ها ۶ سی‌سی نمونه خون از ورید بازویی در حالت ناشتا گرفته شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های مخصوص سرم ریخته شدند و در دمای اتاق با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ (دستگاه لابترون ساخت کشور ایران) شدند و برای اندازه‌گیری متغیرهای مختلف از آنها استفاده شد؛ شامل گلوکز (روش رنگ‌سنجی آنزیمی، کیت گلوکز، شرکت پارس آزمون)، ماسلین (روش الایزا با استفاده از کیت ماسلین، شرکت زل‌بیو (Zellbio)، آلمان، حساسیت  $0.02$  نانوگرم بر میلی‌لیتر ضرب تغییرات درونی  $> 10\%$  درصد و ضرب تغییرات بیرونی  $> 12\%$  درصد) و انسولین (روش الایزا، کیت مونوباند (Monobind)، آمریکا). برای محاسبه مقاومت به انسولین از فرمول ۱ استفاده شد (۲۰).

برای تحلیل آماری و رسم نمودارها، به ترتیب نرم‌افزارهای SPSS و مایکروسافت اکسل به کار گرفته شدند. برای بررسی تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌های دو گروه قبل و بعد از دوره تمرین در فاکتورهای مختلف از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری با عامل بین‌گروهی استفاده شد. به دلیل متفاوت بودن

$$\text{ناشتا گلوکز (لیتر دسی بر گرم میلی)} \times \text{ناشتا انسولین (لیتر میلی بر میکروبیونیت)} = \text{انسولین به مقاومت}$$

$$22/5 \times 18$$

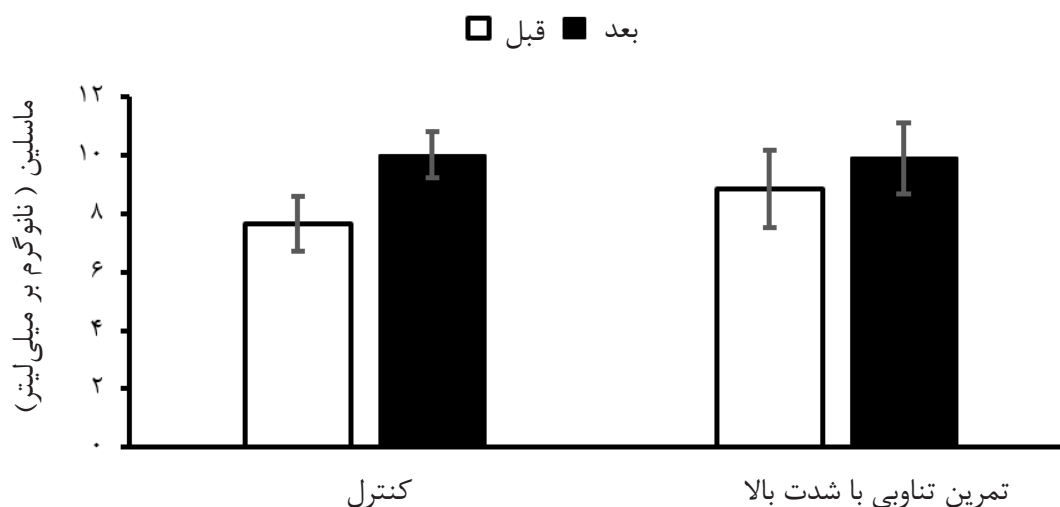
(فرمول ۱)

با شدت بالا منجر به تغییرات معنی‌داری به نسبت گروه کنترل نشده است ( $F_{1,16}=0/39$ ,  $P=0/54$ ). ولی بررسی داده‌های مربوط به انسولین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تغییرات دو گروه بعد از تمرین نسبت به قبل از دوره تحقیق وجود دارد ( $F_{1,16}=9/33$ ,  $P=0/008$ ). اما تغییرات مشاهده‌شده در گروه، پس از شش هفته در شاخص مقاومت به انسولین نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود ( $F_{1,16}=2/29$ ,  $P=0/15$ ). بررسی تغییرات درون‌گروهی در گروه‌های تمرین و کنترل نیز نشان

داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین قبل و بعد از دوره تحقیق وجود ندارد ( $P>0/05$ ), به‌جز انسولین ( $P=0/001$ ) و ماسلین ( $P=0/01$ ) در گروه کنترل که این تفاوت معنی‌دار بود. بررسی همبستگی بین متغیرهای مختلف هم در سطح پایه و هم تغییرات این متغیرها بعد از دوره تحقیق نیز نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین آنها وجود ندارد ( $P>0/05$ ). غیر از ارتباط بین تغییرات انسولین و مقاومت به انسولین که از نظر آماری معنی‌دار بود ( $r=0/81$ ,  $P=0/001$ ).

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار متغیرهای اندازه‌گیری‌شده

	تمرین تناوبی با شدت بالا		کنترل	
	قبل	بعد	قبل	بعد
سن (سال)	۲۱/۹±۲/۷۱	-	۲۳/۲±۴/۵۳	-
قد (سانتی‌متر)	۱۶۳/۹۲±۶/۱۱	-	۱۶۱/۳۱±۴/۶۲	-
وزن (کیلوگرم)	۷۴/۳۴±۶/۱۳	۷۴/۱۸±۶/۰۷	۷۳/۸±۵/۱۶	۷۴/۱۶±۴/۸۵
شاخص توده بدن	۲۷/۵±۱/۱۹	۲۷/۳±۱/۴	۲۷/۴±۰/۸۱	۲۸/۳۱±۰/۹۷
گلوکز (میلی گرم/دسی‌لیتر)	۸۴/۲±۹/۱۷	۸۳/۰±۷/۰۹	۸۳/۷±۵/۹۱	۸۱/۱۳±۳/۴۴
انسولین (میلی واحد بر میلی‌لیتر)	۹/۲۶±۲/۵۷	۹/۲۰±۴/۲	۱۱/۰۱±۶/۶۵	۱۵/۹±۴/۷۲
مقاومت به انسولین	۱/۹۵±۰/۶۸	۱/۸۹±۰/۹۱	۲/۷±۱/۵۹	۳/۲±۱/۵۶



نمودار ۱. میانگین و انحراف معیار مقادیر سرمی ماسلین

## بحث

نتایج تحقیق نشان داد که تغییرات ماسلین بعد از دوره شش‌هفته‌ای تحقیق بین دو گروه معنی‌دار نیست. معنی‌دار نبودن این تغییرات در همه متغیرهای دیگر، غیر از انسولین، نیز مشاهده شد. علاوه بر این بین تغییرات مشاهده‌شده در ماسلین و مقاومت به انسولین ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

بررسی یافته‌های تحقیق نشان داد که سطح سرمی ماسلین در تحقیق حاضر بعد از دوره تحقیقی افزایش یافته است

که البته این افزایش در گروه کنترل حدود دو برابر بیشتر از گروه تمرین تناوبی است. تحقیقات قبلی که به‌طور عمده درباره موش انجام شده‌اند، افزایش سطوح پایه این مایوکاین را در اثر فرایند اضافه‌وزن یا دیابت نشان داده‌اند (۲۱، ۷، ۲). و مطالعات محدود انجام‌شده در زمینه ورزش نیز فعالیت را عاملی برای کاهش سطوح در گردش آن در نظر گرفته‌اند که البته در تحقیق ذکرشده آزمودنی‌ها از رژیم پرچربی تبعیت می‌کردند (۷). اما در تحقیقی دیگر افزایش بیان ژنی ماسلین را وابسته به فعالیت دانسته و معتقد بودند که ماسلین به‌دلیل



در دامنه طبیعی، به معنی شروع اختلال متابولیکی در افراد است و همزمان با نداشتن علائم بالینی مشخص، قند خون طبیعی مانع تمایز آنها از افراد بیمار می‌شود (۲۲). لذا احتمالاً آزمودنی‌های دچار اضافه‌وزن در تحقیق حاضر با وجود نداشتن علائم بالینی خاص، در فرایند بیماری دیابت قرار دارند و با وجود تأثیرگذار نبودن شش هفته فعالیت با شدت بالا در مهار این روند، سرعت رشد آن را در گروه تمرین کاهش یافته است. تحقیقات نشان داده‌اند که انقباض عضلانی دارای نقش شبه انسولینی است و بدین وسیله مقداری گلوکز برای تولید انرژی به داخل سلول می‌فرستد. احتمالاً انقباض عضلانی، به علت افزایش تعداد ناقل‌های گلوکز در غشا، بر نفوذپذیری غشا در برابر گلوکز می‌افزاید (عملی که ماسلین آن را مهار می‌کند)، در نتیجه عمل انسولین و متابولیسم گلوکز بهبود می‌یابد (۲۳). چنین اثری به مقدار کم در گروه تمرین، منجر به ترشح کمتر انسولین، کاهش گلوکز و در نهایت کاهش مقاومت به انسولین شده است؛ هرچند هیچ کدام از این اثرات معنی‌دار نبود. چنین نتیجه‌ای را Mohammad Rahimi و Attarzadeh Hosseini (۲۰۱۶) نیز بعد از ۱۰ هفته تمرین گزارش کردند. در صورتی که همین دوره تمرینی همراه با کنترل رژیم غذایی منجر به تغییرات معنی‌دار در همه فاکتورهای آنان شد که این امر بر اهمیت کنترل رژیم غذایی همزمان با دوره تمرینی تأکید دارد (۲۳) و جزو عوامل مؤثر بر ماسلین نیز گزارش شده است (۲).

نکته دیگر در تحقیق حاضر این بود که بین تغییرات مشاهده‌شده در ماسلین و مقاومت به انسولین ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد و فقط با انسولین ارتباط معنی‌داری داشت که البته تحقیقات پیشین نیز به آن اشاره کرده بودند (۲). هرچند تحقیق حاضر به دنبال فرایندهای سلولی مقاومت به انسولین نبود، ولی به نظر می‌رسد تأثیر احتمالی ماسلین را باید در فرایندهای مربوط به تعادل انرژی و نه مقاومت به انسولین جستجو کرد. چنین نتایجی قبلاً درباره سایتوکاین‌های دیگر نظیر ویسفاتین (۲۴) و رزیستین (۲۵) نیز گزارش شده و تأثیر آنها در فرایند مقاومت به انسولین مورد تردید قرار گرفته است؛ اگرچه درباره اغلب این سایوکاین‌ها، عامل مؤثر در پاسخ‌دهی آنها به فعالیت، علاوه بر شدت و نوع فعالیت، میزان انرژی مصرفی طی یک جلسه فعالیت است (۲۶) که به نظر عامل مهم‌تری است.

توجه به این نکته ضروری است که هرچند تلاش شد متغیرهای مزاحم در تحقیق حذف یا کنترل شوند، تفاوت‌های افراد در ویژگی‌های روحی - روانی و سطح استرس و نیز داشتن وعده‌های غذایی غیر از برنامه غذایی خوابگاه را می‌توان جزو محدودیت‌های تحقیق در نظر گرفت. از طرفی دیگر در تحقیقات نیمه تجربی، داشتن حجم نمونه بیشتر، از عوامل مؤثر در کیفیت تحقیق است؛ اما به دلیل مشکلات موجود در تحقیق بر نمونه‌های انسانی و به ویژه کنترل جلسات و هفته‌های تمرینی، در تحقیق حاضر چنین امکانی فراهم نبود که می‌توان آن را از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر برشمرد.

حساسیت به فعالیت حتی در فعالیت‌های روزمره نیز تولید می‌شود که در پاسخ با فعالیت شدید می‌تواند بیشتر هم شود که این امر را دلیلی بر نقش آن در فرایند بایوژن میتوکندری و در نتیجه تولید و تعادل انرژی در بدن در نظر گرفته‌اند (۱۶). اما تحقیقات انجام‌شده با تأکید بر نقش آن در فرایند مقاومت به انسولین بیشتر است؛ لذا با تأکید بر این نقش انتظار می‌رفت که مقادیر آن در اثر تمرین ورزشی کاهش یابد، ولی تحقیق حاضر نتایج متفاوتی را به دست آورد؛ به طوری که در هر دو گروه افزایش ماسلین مشاهده شد. برخی از تحقیقات با مشاهده افزایش ماسلین در اثر چاقی یا دیابت، پیروی از رژیم پرچربی را مؤثر دانسته‌اند؛ در تحقیق حاضر نیز هرچند با انتخاب آزمودنی‌های هم‌سن، با شرایط بدنی، محل زندگی و برنامه غذایی یکسان، تلاش شد اثر این عوامل تا حد امکان کنترل شود، ولی نمی‌توان به طور کامل آن را نادیده گرفت. اما این عوامل برای هر دو گروه یکسان بود و فقط فاکتور متفاوت اصلی وجود یا نبود تمرین بدنی منظم بود. گروه کنترل به دلیل نبود عامل تمرین ورزشی، وضعیت پس‌رونده و افزایش ماسلین خود را ادامه داد؛ در حالی که به نظر می‌رسد تمرین ورزشی در گروه دیگر روند این افزایش را کند کرده و لذا ماسلین به میزان کمتری افزایش یافته است. نکته جالب توجه افزایش کمتر ماسلین در گروه تمرین بود. به عبارت دیگر، دوره شش هفته‌ای تمرین با شدت بالا، اگرچه نتوانسته است سطوح سرمی ماسلین را کاهش دهد، ولی در مقایسه با گروه کنترل، به نظر می‌رسد منجر به کند شدن روند افزایشی این مایوکاین در آزمودنی‌های دارای اضافه‌وزن شده باشد. به عبارت دیگر با در نظر گرفتن نقش ماسلین در مهار پروتئین کیناز B و جلوگیری احتمالی از انتقال GLUT4 به سطح سلول در افراد دارای اضافه‌وزن یا چاقی و تشدید آن بعد از شش هفته در گروه کنترل، تمرین تناوبی دایره‌ای به عنوان یک محرک، از تشدید شرایط در گروه تمرین جلوگیری کرده و زمینه را برای برگشت حساسیت گیرنده‌های انسولینی به شرایط عادی فراهم کرده است؛ احتمالاً در صورت طولانی‌تر بودن دوره تحقیق، می‌توانست نتایج بهتر و متفاوت‌تری را به دنبال داشته باشد.

آزمودنی‌های تحقیق حاضر، سالم ولی دچار اضافه‌وزن بودند و همچنان که انتظار می‌رفت به دلیل داشتن سطوح گلوکز پایه طبیعی، تغییر چندانی در مقادیر آن بعد از دوره تحقیق مشاهده نشد و کاهش بسیار کم و غیرمعنی‌داری داشت. ولی مقادیر تغییرات انسولین در دو گروه دارای الگوی متفاوتی بود، به طوری که در گروه کنترل، حدود ۳۵ درصد افزایش و در گروه تمرین حدود ۶ درصد کاهش یافت. به دلیل تأثیرگذاری مقادیر گلوکز و انسولین در میزان مقاومت به انسولین، تغییرات مشابهی در این فاکتور نیز مشاهده شد؛ به طوری که بعد از شش هفته تمرین ورزشی، مقاومت به انسولین در گروه کنترل افزایش و در گروه تمرین تناوبی کاهش غیرمعنی‌داری داشت. Salami و همکاران (۲۰۰۶) اعلام کردند که مقاومت به انسولین با استفاده از مدل HOMA-IR پیش‌بینی‌کننده مستقل ابتلا به دیابت و اختلال در تحمل گلوکز است. براساس نتایج تحقیق آنان، بالا رفتن انسولین و قند خون با وجود قراردادن گلوکز

## نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر جزو تحقیقات جدید انجام‌شده در زمینهٔ ماسلین با استفاده از نمونه‌های انسانی با اعمال عامل تمرین تناوبی است که از این لحاظ اهمیت بسیار دارد. در کل، نتایج تحقیق حاضر نشان داد شش هفته تمرین تناوبی با شدت بالا اگرچه با کاهش غیرمعنی دار میزان مقاومت به انسولین به‌نوعی منجر به بهبود و ارتقای سلامت زنان دارای اضافه‌وزن می‌شود، اما تأثیر معنی‌داری بر مقادیر سرمی ماسلین در زنان دچار اضافه‌وزن ندارد؛ همچنین بین تغییرات ماسلین و مقاومت به انسولین نیز ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. لذا احتمالاً نمی‌توان این مایوکاین را عاملی مؤثر در فرایند مقاومت به انسولین و سلامت در نظر گرفت. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر به نظر می‌رسد کنترل غذایی یا ارائهٔ رژیم غذایی خاص و نیز حجم انرژی مصرفی طی یک جلسه فعالیت، می‌تواند پیشنهادهایی

برای تحقیقات آتی در این زمینه باشد.

## تقدیر و تشکر

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از آزمودنی‌های محترم و کلیهٔ افرادی که در این تحقیق همکاری کردند، به‌ویژه خانم دکتر فهیمه کاظمی، ابراز می‌دارند. این مقاله حاصل طرح پژوهشی مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه الزهراء است. همچنین این تحقیق از سوی کمیتهٔ اخلاق معاونت پژوهشی پژوهشگاه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی با کد IR.SSRI.REC.1397.245 تأیید شده است.

## تعارض در منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع چاپ این مقاله وجود ندارد.

## References

- Chen W-J, Liu Y, Sui Y-B, Yang H-T, Chang J-R, Tang C-S, et al. Positive association between musclin and insulin resistance in obesity: evidence of a human study and an animal experiment. *Nutrition & metabolism*. 2017;14(1):46. <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0199-x> PMID:28702069 PMCID:PMC5504815.
- Nishizawa H, Matsuda M, Yamada Y, Kawai K, Suzuki E, Makishima M, et al. Musclin, a novel skeletal muscle-derived secretory factor. *Journal of Biological Chemistry*. 2004;279(19):19391-5. <https://doi.org/10.1074/jbc.C400066200> PMID:15044443
- Liu Y, Huo X, Pang X, Zong Z, Meng X, Liu G. Musclin inhibits insulin activation of Akt/protein kinase B in rat skeletal muscle. *Journal of International Medical Research*. 2008;36(3):496-504. <https://doi.org/10.1177/147323000803600314> PMID:18534131
- Banzet S, Koulmann N, Sanchez H, Serrurier B, Peinnequin A, Bigard AX. Musclin gene expression is strongly related to fast-glycolytic phenotype. *Biochemical and biophysical research communications*. 2007;353(3):713-8. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2006.12.074> PMID:17189616
- He J, Watkins S, Kelley DE. Skeletal muscle lipid content and oxidative enzyme activity in relation to muscle fiber type in type 2 diabetes and obesity. *Diabetes*. 2001;50(4):817-23. <https://doi.org/10.2337/diabetes.50.4.817> PMID:11289047
- Smith-Ryan AE, Trexler ET, Wingfield HL, Blue MN. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic risk factors in overweight/obese women. *Journal of sports sciences*. 2016;34(21):2038-46.
- Yu J, Zheng J, Liu X, Feng Z, Zhang X, Cao L, et al. Exercise improved lipid metabolism and insulin sensitivity in rats fed a high-fat diet by regulating glucose transporter 4 (GLUT4) and musclin expression. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2016;49(5). <https://doi.org/10.1590/1414-431X20165129>
- Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with life-style-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2013;bjsports-2013-092576.
- Hood MS, Little JP, Tarnopolsky MA, Myslik F, Gibala MJ. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2011;43(10):1849-56. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182199834> PMID:21448086
- Beauloye V, Muaku S, Lause P, Portetelle D, Renaville R, Stroobants A, et al. study protocol for a randomized controlled clinical trial (Intraining-MET). *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 1999;5(1):7.
- Goodpaster BH, He J, Watkins S, Kelley DE. Skeletal muscle lipid content and insulin resistance: evidence for a paradox in endurance-trained athletes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2001;86(12):5755-61. <https://doi.org/10.1210/jcem.86.12.8075>
- Kelley DE, Goodpaster B, Wing RR, Simoneau J-A. Skeletal muscle fatty acid metabolism in association with insulin resistance, obesity, and weight loss. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 1999;277(6):E1130-E41. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1999.277.6.E1130>

13. Brentano MA, Cadore EL, Da Silva EM, Ambrosini AB, Coertjens M, Petkowicz R, et al. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss. *J Strength Cond Res*. 2008;22(6):1816-25. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817ae3f1>
14. P Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaglia G, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. *Lipids in health and disease*. 2013;12(1):131. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-12-131> PMID:24004639 PMCID:PMC3846819.
15. Cupeiro R, Benito PJ, Maffulli N, Calderón FJ, González-Lamu-o D. MCT1 genetic polymorphism influence in high intensity circuit training: a pilot study. *Journal of science and medicine in sport*. 2010;13(5):526-30. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.07.004>
16. Subbotina E, Sierra A, Zhu Z, Gao Z, Koganti SRK, Reyes S, et al. Musclin is an activity-stimulated myokine that enhances physical endurance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015;112(52):16042-7. <https://doi.org/10.1073/pnas.1514250112>
17. Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. *Sports Medicine*. 2018;1-20. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0807-y>
18. Francois ME, Little JP. Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectrum*. 2015;28(1):39-44. <https://doi.org/10.2337/diaspect.28.1.39>
19. Miller MB, Pearcey GE, Cahill F, McCarthy H, Stratton SB, Nofall JC, et al. The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *BioMed research international*. 2014;2014.
20. Wallace TM, Levy JC, Matthews DR. Use and abuse of HOMA modeling. *Diabetes care*. 2004;27(6):1487-95. <https://doi.org/10.2337/diacare.27.6.1487> PMID:15161807
21. Chen W-J, Liu Y, Sui Y-B, Zhang B, Zhang X-H, Yin X-H. Increased circulating levels of musclin in newly diagnosed type 2 diabetic patients. *Diabetes and Vascular Disease Research*. 2017;14(2):116-21. <https://doi.org/10.1177/1479164116675493> PMID:28185530
22. Salami M, Hosseini F, Azizi F. Correlation of Insulin Resistance and impaired glucose metabolism in Tehranian adults: Tehran Lipid and Glucose Study. *Iranian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2006;8(3):259-68.
23. Mohammad Rahimi Gh.R., Attarzadeh Hosseini S.R. Effect of Aerobic Training and Diet on Insulin Resistance and Quality of Life in Type II Diabetic Patients. *Quarterly of Horizon of Medical Sciences*. 2016;22(1):57-64
24. Rahmani H, Ahmadizad S, Bassami M, Hedayati M. The influence of age on the responses of serum visfatin and insulin resistance to a single session of endurance exercise. *physiology of exercise and physical activity* 2013;6(1):10.
25. Iqbal N, Seshadri P, Stern L, Loh J, Kundu S, Jafar T, et al. Serum resistin is not associated with obesity or insulin resistance in humans. *European review for medical and pharmacological sciences*. 2005;9(3):161.
26. Bouassida A, Zallag D, Bouassida S, Zaouali M, Feki Y, Zbidi A, et al. Leptin, its implication in physical exercise and training: a short review. *Journal of sports science & medicine*. 2006;5(2):172.