

The effect of increasing aerobic exercise on beta-aminoisobutyric acid serum level, insulin resistance index and body fat percentage in obese young women

Setareh Haghani¹, Sadegh Cheragh-Birjandi^{2*}, Sara Asghari³

- 1- Master's degree in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Boj.C., Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.
- 2- Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Boj.C., Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.
- 3- Ph.D in Exercise Physiology, Department of Physical Education and Sport Sciences, Boj.C., Islamic Azad University, Bojnourd, Iran.

Abstract

Background and Aim: Beta-aminoisobutyric acid is a myokine that is produced and secreted by skeletal muscles. As a practical solution, exercise plays an important role in increasing beta-aminoisobutyric acid and improving insulin resistance and preventing obesity complications. The aim of the present study was to investigate the effect of increasing aerobic exercise on the serum level of beta-aminoisobutyric acid, insulin resistance index and body fat percentage in obese young women. **Materials and Methods:** In this quasi-experimental study with a pre-test-post-test design, 20 young obese and inactive women (mean age 32.2 ± 2.68 years and body mass index 31.1 ± 1.4 years) were randomly divided into control ($n = 10$) and exercise ($n = 10$) groups. An incremental aerobic exercise protocol was implemented for eight weeks, three days a week (with an intensity of 55 to 65% of heart rate reserve and a duration of 30 to 55 minutes). Blood samples were taken from the subjects before and after the intervention to measure insulin resistance and beta-aminoisobutyric acid. To analyze data using SPSS software version 26, ANCOVA and dependent t tests were used at a significance level of $p \leq 0.05$. **Results:** After eight weeks of intensive aerobic training, beta-aminoisobutyric acid ($p=0.001$) increased significantly in the training group compared to the control group. Fat percentage ($p=0.001$) and insulin resistance index ($p=0.001$) decreased significantly in the training group compared to the control group. **Conclusion:** According to the results of the present study, it seems that increasing aerobic exercise by increasing beta-aminoisobutyric acid and reducing insulin resistance and body fat percentage is an effective solution in reducing disorders related to overweight and obesity.

Keywords: Aerobic Exercise, MyokineS, Adipose Tissue, Body Composition; Obesity.

* Corresponding author, Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Bojnourd Branch, Islamic Azad University, Bojnourd, Iran. s_birjandi2001@yahoo.com



اثر تمرین هوازی فزاینده بر سطح سرمی بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید، شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن در زنان جوان چاق

ستاره حقانی^۱، صادق چراغ بیرجندی^{۲*}، سارا اصغری^۳

۱- کارشناس ارشد رشته فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.

۲- استادیار رشته فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.

۳- دکترای رشته فیزیولوژی ورزشی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید یک مایوکاین است که توسط عضلات اسکلتی تولید و ترشح می‌شود. تمرینات ورزشی به عنوان یک راهکار عملی نقش مهمی در افزایش بتا آمینو ایزوبوتیریک و بهبود مقاومت به انسولین و پیشگیری از عوارض چاقی دارند. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر تمرین هوازی فزاینده بر سطح سرمی بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید، شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن در زنان جوان چاق بود. **روش تحقیق:** در این تحقیق نیمه تجربی با طرح پیش آزمون - پس آزمون، ۲۰ زن جوان چاق و غیرفعال (میانگین سنی 26.8 ± 3.2 و شاخص توده بدنی 24.1 ± 1.4) به صورت تصادفی به گروه‌های کنترل (۱۰ نفر) و تمرین (۱۰ نفر) تقسیم شدند. پروتکل تمرین هوازی فزاینده به مدت هشت هفته و سه روز در هفته (با شدت ۵۵ تا ۶۵ درصد ضربان قلب ذخیره و مدت ۳۰ تا ۵۵ دقیقه) اجرا شد. به منظور اندازه‌گیری مقاومت به انسولین و بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید پیش و پس از مداخله، از آزمودنی‌ها نمونه‌گیری خون به عمل آمد. برای تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶، از آزمون‌های تحلیل کوواریانس و t وابسته در سطح معنی‌داری $p \leq 0.05$ استفاده گردید. **یافته‌ها:** پس از هشت هفته تمرین هوازی فزاینده، بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید ($p=0.001$) در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. درصد چربی ($p=0.001$) و شاخص مقاومت به انسولین ($p=0.001$) در گروه تمرین نسبت به گروه کنترل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. **نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج پژوهش حاضر، تمرینات هوازی فزاینده با افزایش بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید و کاهش مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن، می‌تواند یک راهکار موثر در کاهش اختلالات مرتبط با اضافه وزن و چاقی باشد.

واژه‌های کلیدی: تمرین هوازی، مایوکاین‌ها، بافت چربی، ترکیب بدنی، چاقی

* نویسنده مسئول، آدرس: بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی؛

پست الکترونیک: s_birjandi2001@yahoo.com

چاقی در سال‌های اخیر به یکی از بیماری‌های مهمی تبدیل شده است که سلامت انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱). تعادل مثبت بین تامین انرژی و مصرف انرژی منجر به اضافه وزن و چاقی می‌گردد. دو عامل اصلی که باعث چاقی می‌شوند، سبک زندگی بی‌تحرک و رژیم غذایی پرکالری است. البته که عوامل ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی نیز در ایجاد چاقی نقش دارند. چاقی اغلب با بیماری‌های متابولیک مانند بیماری‌های قلبی عروقی^۱ (CVD)، دیابت نوع دو^۲ (T2D)، بیماری‌های التهابی مزمن مانند آرتریت روماتوئید^۳، پسوریازیس^۴ یا مولتیپل اسکلروزیس^۵ و سرطان‌های متعدد مرتبط است (۲). بافت چربی^۶ (AT) از طریق عملکردهای ترشحی پاراکرین^۷ و اندوکراین^۸ خود نقش مهمی در شروع یا تشدید چنین بیماری‌هایی دارد. AT را می‌توان به بافت چربی سفید^۹ (WAT) که نشان دهنده ۹۵ درصد از توده AT است، بافت چربی قهوه‌ای^{۱۰} (BAT) که کمتر از ۲ درصد در بزرگسالان را شامل می‌شود و بافت چربی بژ^{۱۱} که تعیین کمیت آن دشوار است طبقه بندی کرد (۳). بر خلاف عمل ذخیره سازی که مخصوص WAT است، BAT نقش گرمزایی دارد و سبب تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی می‌گردد (۴). یافته‌ها نشان می‌دهند که مقدار BAT در افراد چاق به طور معنی‌داری کم است و بین BAT و شاخص توده بدنی^{۱۲} (BMI) و درصد چربی^{۱۳} رابطه منفی وجود دارد (۵). WAT در شرایط خاص از طریق قرار گرفتن در معرض محرک‌های خاص مانند سرماخوردگی، هورمون‌های تیروئید^{۱۴}، رژیم غذایی، پپتیدهای نایزوتیریک^{۱۵}، داروها و ورزش، می‌تواند خصوصیات BAT را دریافت کند. این فرایند قهوه‌ای شدن^{۱۶} یا بژ شدن^{۱۷} نام دارد و با چاقی و بیماری‌های مرتبط با سندروم متابولیک مقابله می‌کند (۶). یکی از عوامل مهم در تبدیل WAT به BAT، بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید^{۱۸} (BAIBA) است که به عنوان یک مایوکاین^{۱۹} کوچک با واسطه ورزش شناسایی شده است. ترشح BAIBA وابسته به پروکسی زوم گاما هم‌فعال ساز ۱-آلفا^{۲۰} (PGC-1α) ترشح شده از میوسیت‌هایی است که بر اندام‌های مختلف تاثیر می‌گذارد (۷). BAIBA، محصول کاتابولیسم والین^{۲۱} و تیمین^{۲۲} در عضلات اسکلتی بوده و گزارش شده است که در تنظیم چربی، گلوکز و متابولیسم استخوان و همچنین در التهاب و استرس اکسیداتیو مشارکت دارد. BAIBA در پاسخ به فعالیت ورزشی تولید می‌شود (۸). در کل سازوکارهای مرتبط با BAIBA اغلب شامل مهار چربی‌زایی، افزایش لیپولیز، تحریک توسعه BAT / بژ و بهبود سوخت‌وساز گلوکز است (۹). تمرین ورزشی هوازی^{۲۳} از طریق افزایش انرژی مصرفی، به‌طور مستقیم از

¹ cardiovascular disease

² Type 2 diabetes

³ Rheumatoid Arthritis

⁴ Psoriasis

⁵ Multiple sclerosis

⁶ Adipose tissue

⁷ Paracrine

⁸ Endocrine

⁹ White adipose tissue

¹⁰ Brown adipose tissue

¹¹ Beige adipose tissue

¹² Body mass index

¹³ body fat percent

¹⁴ thyroid hormones

¹⁵ natriuretic peptides

¹⁶ Browning

¹⁷ Beiging

¹⁸ β-Aminoisobutyric acid

¹⁹ Myokines

²⁰ Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator 1alpha

²¹ Valine

²² Thymine

²³ Aerobic exercise



افزایش تجمع چربی جلوگیری کرده و موجب بهبود وضعیت التهابی می‌شود (۱۰). شرت^۱ و دیگران (۲۰۱۹) نشان دادند ۱۶ هفته تمرین هوازی، به‌صورت سه جلسه در هفته با حداقل مدت ۲۰ دقیقه در هر جلسه فعالیت بدنی متوسط تا شدید (MVPA) باعث افزایش BAIBA در افراد با وزن طبیعی در مقایسه با افراد چاق می‌شود (۱۱). عارفی شیروان و دیگران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند تمرین هوازی سبب افزایش معنی‌دار در سطوح BAIBA در مردان مبتلا به سندروم متابولیک^۲ می‌شود. مدت انجام تمرین هوازی برای این بیماران مساوی یا بیشتر از ۳۰ دقیقه در هر جلسه بود، دوره ۴۵ دقیقه‌ای همراه با ۱۵ دقیقه گرم و سرد کردن بود که با شدت متوسط و توالی سه جلسه در هفته به مدت ۱۲ هفته متوالی انجام گرفت (۹). در مقابل مورالس^۳ و دیگران (۲۰۱۷) دریافتند تمرین هوازی به‌صورت دو جلسه دوچرخه سواری حاد در ۷۰٪ VO2peak هیچ تاثیری بر سطوح BAIBA در نوجوانان چاق نداشت (۱۲). مقاومت به انسولین^۴ نیز به‌عنوان یکی از عوارض چاقی و اضافه وزن با کاهش پاسخ گیرنده‌های غشاء سلولی به انسولین در خون ایجاد می‌شود و سبب افزایش قند خون و افزایش غلظت اسیدهای چرب آزاد می‌گردد (۱۳). کاظمی و نادری‌پور (۲۰۲۱) نشان دادند که هشت هفته تمرین هوازی سبب کاهش معنی‌دار مقاومت انسولین در زنان چاق و دارای اضافه وزن گردید (۱۴). حق‌جو و دیگران (۲۰۲۲) نشان دادند که هشت هفته تمرین زومبا^۵، باعث کاهش معنی‌دار درصد چربی بدن، شاخص توده بدن و توده چربی زنان دارای اضافه‌وزن می‌گردد (۱۵). با توجه به اینکه امروزه افزایش فعالیت بدنی و تحرک جسمانی به‌عنوان یک اصل مهم و کم‌هزینه در فرایند چاقی و اضافه وزن پیشنهاد شده است، همچنین با وجود مطالعات بسیار درباره تأثیر فعالیت‌های ورزشی در جهت پیشگیری و درمان چاقی و با توجه به محدودیت اطلاعات در زمینه تأثیر تمرینات ورزشی بر سطوح سرمی BAIBA در افراد چاق، لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر هشت هفته فعالیت هوازی فزاینده بر سطح سرمی BAIBA و شاخص مقاومت به انسولین پلاسما و درصد چربی بدن زنان جوان چاق انجام شد.

روش تحقیق

طرح پژوهش و آزمودنی‌ها: تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با دو گروه کنترل و تمرین بود. جامعه آماری مطالعه حاضر شامل زنان چاق با $BMI \geq 30$ کیلوگرم بر متر مربع و دامنه سنی ۳۰ تا ۳۵ سال بود. معیارهای ورود به تحقیق شامل برخورداری از سلامت کامل و عدم ابتلا به هرگونه بیماری، عدم استفاده از هرگونه مواد مخدر، مکمل و داروی خاص و همچنین عدم شرکت در فعالیت‌های ورزشی منظم طی شش ماه اخیر در نظر گرفته شد. معیارهای خروج از مطالعه نیز شامل عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه همکاری، بروز هر نوع آسیب‌دیدگی و تشخیص پزشک متخصص برای عدم انجام فعالیت ورزشی توسط آزمودنی‌ها بود. آزمودنی‌های تحقیق حاضر، پس از اطلاع‌رسانی و فراخوان در سطح شهرستان بجنورد از بین داوطلبان شرکت در پژوهش و بررسی شرایط افرادی که معیارهای ورود به تحقیق را داشتند، انتخاب شدند. در یک جلسه هماهنگی، کلیه اهداف و روش‌های اندازه‌گیری تحقیق برای آزمودنی‌ها تشریح شد و پس از توجیه کامل شرکت‌کنندگان، فرم رضایت‌نامه از آنان اخذ و پرسش‌نامه آمادگی برای فعالیت بدنی (PAR-Q) تکمیل گردید. BMI آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد و معاینات پزشکی لازم انجام شد. با توجه به معیارهای ورود به طرح و از بین افراد داوطلب شرکت در پژوهش ۲۰ نفر به عنوان آزمودنی انتخاب شدند. به‌منظور گروه‌بندی شرکت‌کنندگان، افراد واجد شرایط به

¹ Short

² Metabolic Syndrome

³ Morales

⁴ Insulin resistance (IR)

⁵ Zumba

صورت تصادفی در دو گروه تمرین و کنترل (هر گروه ۱۰ نفر) قرار گرفتند. خوشبختانه در طی پژوهش حاضر برای هیچکدام از آزمودنی‌ها شرایط خروج از مطالعه رخ نداد.

نحوه اجرای پروتکل تمرینی: برنامه تمرین هوازی فزاینده به مدت هشت هفته (۲۴ جلسه و هفته‌ای سه جلسه) اجرا شد. هر جلسه تمرین ۱۰ دقیقه گرم کردن (راه رفتن، دویدن نرم، حرکات کششی و جنبش‌پذیری) و ۱۰ دقیقه سرد کردن (دویدن آهسته، راه رفتن و حرکات کششی) را شامل می‌شد. مدت زمان فعالیت ۳۰ تا ۵۵ دقیقه و شدت فعالیت نیز ۵۵ تا ۶۵ درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره^۱ (HR reserve) در نظر گرفته شد. تمرینات به این صورت بود که پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن، با راه رفتن سریع و حرکات کششی و دویدن آرام و ۵۵ درصد از ضربان قلب در هفته اول به مدت ۱۰ دقیقه شروع شد و با ۱۰ دقیقه سرد کردن به پایان رسید. بدنه تمرینات (جدا از گرم و سرد کردن) در هفته هشتم به ۶۵ درصد از ضربان قلب ذخیره و مدت ۳۵ دقیقه رسید. محاسبه ضربان قلب ذخیره با استفاده از فرمول کارونن^۲ و به صورت ضربان قلب استراحت + درصد شدت تمرین * (ضربان قلب استراحت - ضربان قلب بیشینه) = ضربان قلب ذخیره محاسبه گردید (۱۶). در این معادله، حداکثر ضربان قلب بیشینه، حاصل تفریق سن (سال) از عدد ثابت ۲۲۰ است. همچنین برای کنترل شدت تمرین از ضربان‌سنج پلار^۳ استفاده گردید (جدول ۱) (۱۷).

جدول ۱. جزئیات پروتکل تمرین

هفته	مدت زمان کل تمرین در هر جلسه (دقیقه)	شدت (درصد حداکثر ضربان قلب ذخیره)
اول	۳۰	۵۵
دوم	۳۵	۵۵
سوم	۴۰	۶۰
چهارم	۴۵	۶۰
پنجم	۵۰	۶۰
ششم	۵۰	۶۵
هفتم	۵۵	۶۵
هشتم	۵۵	۶۵

نحوه اندازه‌گیری‌های ترکیب بدنی: سنجش شاخص‌های آنترپومتریکی مانند وزن با استفاده از ترازوی دیجیتال هایتک مدل HI-DS84 (ساخت کشور کانادا با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم) و قد با استفاده از قدسنج بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. BMI نیز با استفاده از معادله وزن بدن (کیلوگرم) تقسیم بر مجذور قد (متر) محاسبه گردید. برای تعیین درصد چربی بدن آزمودنی‌ها، ابتدا ضخامت چربی زیر پوستی در سه نقطه سه سر بازو، ران و فوق‌خاصره (۱۸) با استفاده از کالیپر (یاگامی^۴ ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد (۱۹)، سپس اعداد به دست آمده در معادله جکسون و پولاک^۵

^۱ Heart rate reserve

^۲ Karvonen

^۳ Polar heart rate monitor

^۴ Yagami

^۵ Jackson & Pollock

برای تعیین چگالی بدن در زنان جوان جای گذاری گردید (۲۰). با قرار دادن مقدار عددی محاسبه شده در معادله سیری^۱ درصد چربی بدن محاسبه شد (۲۱).

$$۴۵۰ - (\text{چگالی بدن} \div ۴۹۵) = \text{درصد چربی بدن}$$

خونگیری و ارزیابی های بیوشیمیایی: ۲۴ ساعت پیش از شروع برنامه تمرین و ۴۸ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین نمونه گیری خون به میزان ۱۰ میلی لیتر از ورید بازویی آزمودنی ها انجام گردید. پس از ۱۰ دقیقه ماندن نمونه ها در دمای اتاق و جداسازی لخته برای سانتریفیوژ کردن خون از دستگاه بهداد مدل ۱۶ شاخه، ساخت کشور ایران به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد. سرم حاصل برای سنجش های بعدی در فریزر با دمای ۲۰- سانتی گراد نگهداری شدند. سطح سرمی BAIBA با استفاده از کیت الایزا مخصوص نمونه های انسانی ساخت کمپانی ZellBio GmbH کشور آلمان، با حساسیت ۰/۱ میکرومول در میلی لیتر اندازه گیری شد. ضریب تغییرات نیز ۵/۸ درصد بود. غلظت انسولین سرم نیز با استفاده از کیت الایزا مخصوص نمونه های انسانی ساخت کمپانی Monobind کشور آمریکا، با حساسیت ۰/۷۵ میکرو واحد بین المللی در میلی لیتر و ضریب تغییرات درون سنجی و میان سنجی کمتر از ۶/۳ درصد اندازه گیری شد. غلظت گلوکز سرم به روش کالریمتریک آنزیماتیک اندازه گیری شد و برای بررسی مقاومت به انسولین از روش مدل ارزیابی طبق فرمول زیر استفاده شد (۲۲).

$$۲۲/۵ / (\text{گلوکز خون بر حسب mmol/L} \times \text{انسولین بر حسب mIU/mL}) = \text{مقاومت به انسولین}$$

روش های آماری: پس از جمع آوری داده ها و ورود اطلاعات به نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۶، داده های خام مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، طبیعی بودن توزیع داده ها با آزمون شاپیرو-ویلک^۲ بررسی شد و از آزمون لون^۳ برای بررسی همگنی واریانس ها استفاده گردید. با توجه به طبیعی بودن توزیع داده ها و همگنی واریانس ها، برای مقایسه میانگین های گروه ها در مراحل پیش آزمون و پس آزمون از آزمون t وابسته و به منظور مقایسه بین گروهی، از آزمون **تحلیل کوواریانس**^۴ در سطح معنی داری $p \leq ۰/۰۵$ استفاده گردید.

یافته ها

داده های مربوط به شاخص های آنترپومتری آزمودنی های تحقیق در جدول دو آمده است.

جدول ۲. توصیف شاخص های فردی شرکت کنندگان (میانگین $\pm$ انحراف استاندارد)

متغیرها	گروه کنترل	گروه تمرین
سن (سال)	۳۳/۱۱ $\pm$ ۰/۱۵	۳۲/۱۵ $\pm$ ۴/۳۲
قد (سانتی متر)	۱۶۱/۰۹ $\pm$ ۳/۸۶	۱۵۸/۱۵ $\pm$ ۲/۷۴
وزن (کیلوگرم)	۷۹/۰۰ $\pm$ ۵/۱۷	۸۲/۶۸ $\pm$ ۱۰/۹۲
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۱/۵۸ $\pm$ ۱/۶۵	۳۳/۱۸ $\pm$ ۶/۱۲

¹ Siri

² Shapiro-Wilk

³ Levene

⁴ ANCOVA

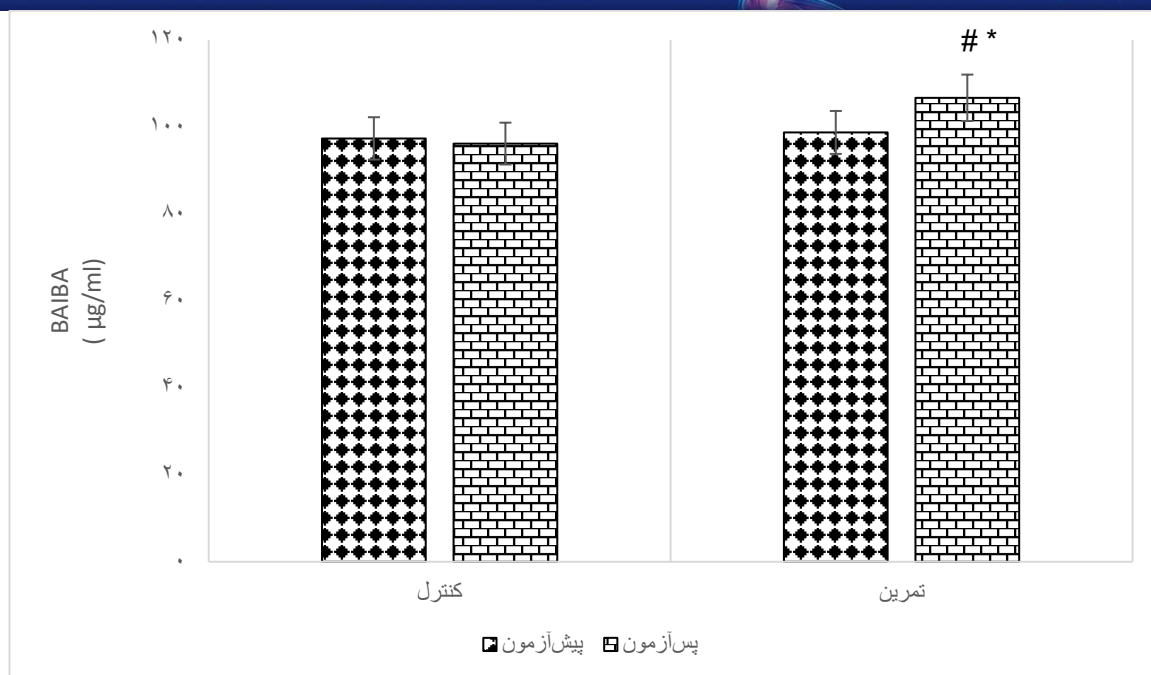
نتایج آزمون t وابسته نشان داد که سطوح سرمی بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید در گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون افزایش معنی داری داشت که این افزایش طبق آزمون تحلیل کوواریانس در مقایسه با گروه کنترل معنی دار بود ($p=0/001$). از طرفی آزمون t وابسته نشان داد که شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی در گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون کاهش معنی داری داشت که این کاهش طبق آزمون تحلیل کوواریانس در مقایسه با گروه کنترل معنی دار بود ($p=0/001$) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون t وابسته و تحلیل کوواریانس (مقایسه سطوح BAIBA و مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن)

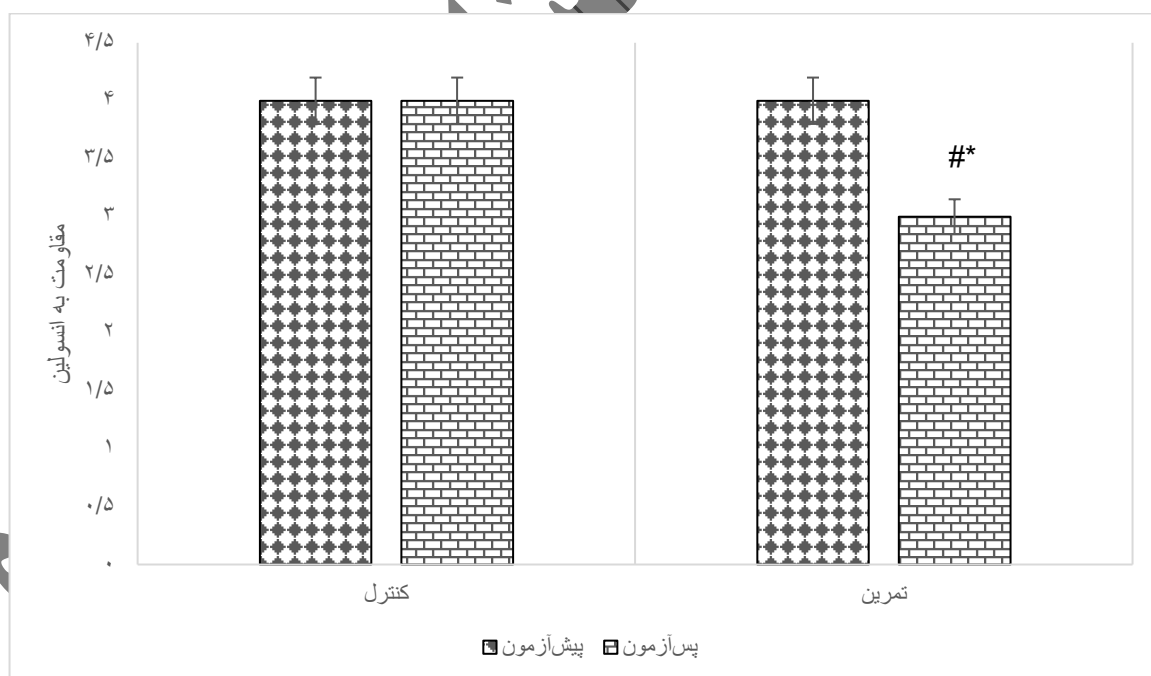
متغیر	گروه		میانگین $\pm$ انحراف معیار	آزمون t وابسته		آزمون تحلیل کوواریانس	
				p- value	F	p- value	
BAIBA ($\mu\text{g/ml}$)	تمرین	پیش آزمون	۹۸/۷۵ $\pm$ ۱۵/۷۳	۰/۰۱*	۲۰/۷۳۷	۰/۰۱*	
		پس آزمون	۱۰۶/۷۲ $\pm$ ۱۸/۳۱				
	کنترل	پیش آزمون	۹۷/۳۸ $\pm$ ۱۸/۰۲				۰/۶۰۷
		پس آزمون	۹۶/۱۹ $\pm$ ۱۷/۱۲				
مقاومت به انسولین (Homa-IR)	تمرین	پیش آزمون	۴/۰۰ $\pm$ ۲۵/۴	۰/۰۱*	۲۶/۲۵۲	۰/۰۱*	
		پس آزمون	۳/۰۰ $\pm$ ۶۷/۳				
	کنترل	پیش آزمون	۴/۰۰ $\pm$ ۱/۴۱				۰/۶۱۶
		پس آزمون	۴/۰۰ $\pm$ ۳۴/۳۴				
چربی بدن (درصد)	تمرین	پیش آزمون	۳۰/۹۷ $\pm$ ۲/۵۳	۰/۰۱*	۲۳/۲۱۳	۰/۰۱*	
		پس آزمون	۲۹/۸۰ $\pm$ ۲/۷۱				
	کنترل	پیش آزمون	۳۰/۰۶ $\pm$ ۱/۹۶				۰/۱۷
		پس آزمون	۳۰/۲۰ $\pm$ ۱/۹۴				

*نشانه تفاوت معنی داری بین گروه ها در سطح $p \leq 0/05$

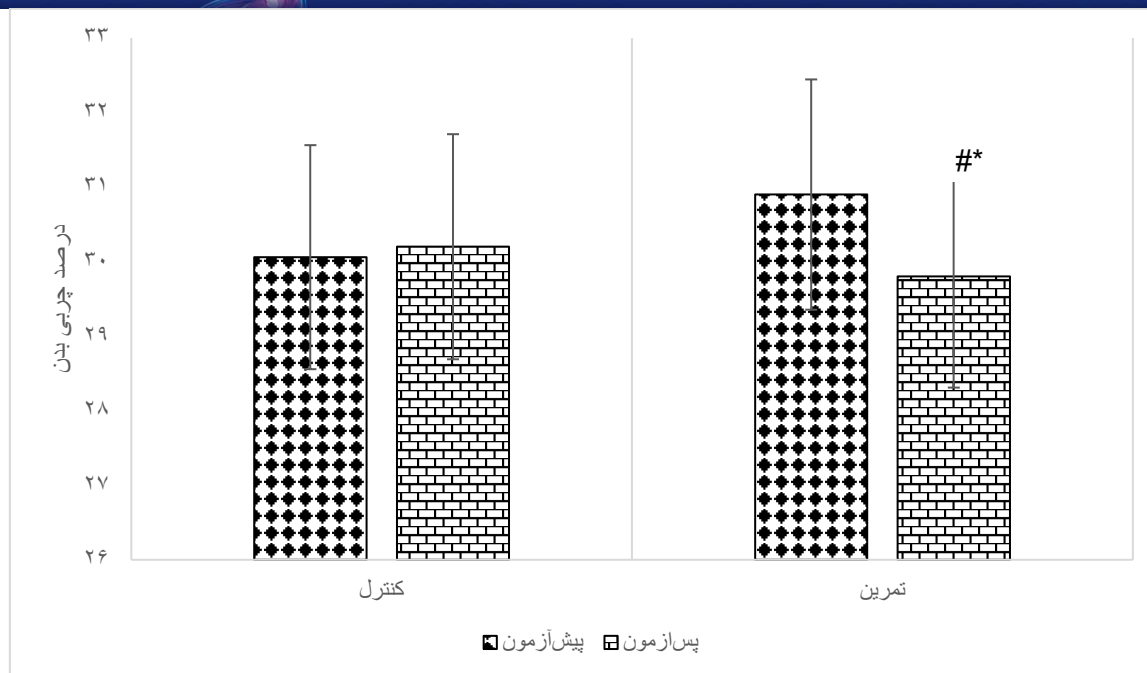
این نسخه



شکل ۱. مقایسه تغییرات شاخص BAIBA در گروه‌های مورد مطالعه؛ * نشانه معنی‌دار نسبت به پیش‌آزمون؛ # نشانه معنی‌دار نسبت به گروه کنترل



شکل ۲. مقایسه تغییرات شاخص مقاومت به انسولین در گروه‌های مورد مطالعه؛ * نشانه معنی‌دار نسبت به پیش‌آزمون؛ # نشانه معنی‌دار نسبت به گروه کنترل



شکل ۳. مقایسه تغییرات درصد چربی بدن در گروه‌های مورد مطالعه؛ * نشانه معنی‌دار نسبت به پیش‌آزمون؛ # نشانه معنی‌دار نسبت به گروه کنترل

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از افزایش معنی‌دار سطوح سرمی تا آمینو ایزوبوتیریک اسید و کاهش معنی‌دار شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی در زنان چاق پس از هشت هفته تمرین هوازی فزاینده است. BAIBA یک تنظیم کننده کلیدی متابولیسم گلوکز و لیپید است (۲۳). علاوه بر این، سطوح BAIBA پلاسما با متغیرهای خطر متابولیک ارتباط معکوس دارد و با ورزش افزایش می‌یابد (۲۴). BAIBA یک مایوکاین منحصر به فرد است که مقاومت به انسولین و التهاب عضلات اسکلتی را کاهش می‌دهد، قهوه‌ای شدن بافت چربی سفید را افزایش می‌دهد، اکسیداسیون اسید چرب را از طریق مسیر AMPK-PPAR δ در عضله اسکلتی القا می‌کند و در نتیجه مصرف انرژی را تنظیم می‌کند (۲۵). بگریچ^۲ و دیگران (۲۰۰۸) نشان دادند که BAIBA، درصد چربی بدن و همچنین لیپوژنز را در موش‌ها کاهش می‌دهد (۲۶) و تانیانسکی^۳ و دیگران (۲۰۱۹) بیان کردند که BAIBA در شرایط اضافه بار اسیدهای چرب آزاد مانند فعالیت بدنی و دیابت عمل می‌کند (۲۷). در یک مطالعه بر روی پسران و دختران بومی آمریکایی چاق و با وزن طبیعی (۱۱ تا ۱۷ سال)، سطح BAIBA خون پس از ۱۶ هفته تمرین هوازی اندازه‌گیری شد و نشان داد که گروه با وزن نرمال، ۲۹ درصد سطح BAIBA بالاتری نسبت به افراد چاق داشتند. همچنین مشابه با یافته‌ها در انسان، BAIBA در موش‌ها نیز پس از ۸ هفته دویدن روی تردمیل در مقایسه با گروه کنترل بدون ورزش تقریباً سه برابر افزایش یافت (۲۸). همسو با پژوهش حاضر، یو^۴ و دیگران (۲۰۲۲) پس از بررسی تاثیر ورزش بر موش‌های دارای نارسایی قلبی دریافتند که تمرین پنج روز در هفته روی تردمیل و به مدت هشت هفته (۶۰-۵۰٪ حداکثر شدت)، تولید BAIBA را بدون توجه به وجود

¹AMP-activated protein kinase- peroxisome proliferator-activated receptor δ

² Begriche

³ Tanianskii

⁴ Yu Y

⁵ Heart failure



مطالعات کاربردی علوم زیستی در ورزش



بیماری افزایش داد (۲۹). پژوهشی دیگر توسط رابرتز^۱ و دیگران (۲۰۱۴) نیز انجام شد که نشان داد غلظت BAIBA در عضله دوقلو^۲ موش‌های نوع وحشی تقریباً ۵/۲ برابر پس از سه هفته ورزش چرخشی آزاد افزایش یافت و سطح BAIBA خون تقریباً ۱۹ درصد افزایش یافت (۳۰). فنگ^۳ و دیگران (۲۰۲۲) نیز نشان دادند، چهار هفته تمرین کم اکسیژن^۴ باعث کاهش وزن بدن، شاخص لی^۵ (ریشه سوم وزن بدن (گرم) / طول بدن (سانتی‌متر) ضربدر ۱۰۰۰) و تنظیم پروفایل چربی خون و همچنین افزایش سطوح BAIBA در موش‌های چاق شد، همچنین دریافتند که غلظت BAIBA در عضله اسکلتی با سطح بیان پیام‌رسان ریبونوکلیئیک اسید^۶ (mRNA)، گیرنده فعال شده با تکثیر پرواکسیزوم آلفا^۷ (PPAR α) و پروتئین جفت نشده^۸ (UCP-1) همبستگی معنی‌دار و مثبت داشت. این یافته‌ها نشان داد که BAIBA فرآیند رونویسی PPAR α و UCP-1 را با تنظیم ترشح عضلات اسکلتی تعدیل می‌کند، بنابراین وقوع قهوه‌ای شدن چربی سفید را تنظیم کرده و در نهایت نمایه چربی خون، کاهش وزن و کاهش چربی را تنظیم می‌کند (۳۱). همچنین کتانو^۹ و دیگران (۲۰۲۴) دریافتند که غلظت BAIBA در پلاسما با شاخص درصد چربی همبستگی معکوس دارد، که نشان می‌دهد BAIBA ممکن است یک هدف درمانی برای تجمع بیش از حد چربی باشد. در واقع BAIBA یک مولکول شبه مایوکائینی ناشی از ورزش و یک تنظیم کننده منفی درون‌زا برای توده چربی است (۳۲). در ادامه در حالی که استتمس^{۱۰} و دیگران (۲۰۱۹) افزایش BAIBA در گردش را پس از ۶۰ دقیقه ورزش حاد مشاهده کردند (۳۳)، مورالس و دیگران (۲۰۱۷) گزارش کردند که ورزش هوازی (دو جلسه دوچرخه سواری حاد) هیچ تاثیری بر سطوح BAIBA نداشت (۱۲)، این تفاوت در نتیجه تحقیقات به احتمال زیاد به دلیل یکسان نبودن مدت و شدت تمرین، روش‌های تمرینی و تفاوت‌های آزمودنی‌هاست (۹).

در این تحقیق شاخص مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن کاهش معنی‌داری داشت. همسو با پژوهش حاضر گلدوی و دیگران (۲۰۲۲) دریافتند هشت هفته تمرینات تداومی با شدت سبک تا متوسط، به عنوان یکی از راهکارهای درمانی مناسب، با افزایش حساسیت به انسولین و کاهش درصد چربی بدن می‌تواند در کاهش اختلالات مرتبط با اضافه وزن و چاقی موثر باشد (۱۰). همتی مقدم و دیگران (۲۰۲۳) نیز دریافتند هشت هفته تمرین تناوبی شدید^{۱۱} موجب کاهش معنی‌دار مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن در مردان چاق مبتلا به دیابت نوع دو گردید. با وجود اینکه بسیاری از مطالعات نشان دادند در اثر فعالیت ورزشی، مقاومت به انسولین و درصد چربی بهبود می‌یابد (۳۴)، در مطالعه استپتو^{۱۲} و دیگران (۲۰۲۰) با عنوان تمرین و مقاومت به انسولین در افراد مبتلا به سندرم تخمدان پلی کیستیک^{۱۳} (PCOS) طی ۱۲ هفته تمرین استقامتی، میزان IR تغییر نکرد. با توجه به اینکه PCOS موجب کاهش در سیگنالینگ پروتئین هدف راپامایسین پستانداران^{۱۴} (mTOR) می‌شود و مطالعات نشان داده‌اند در اثر تمرینات هوازی این نقص سیگنالینگ بهبود می‌یابد، اما هیچ تفاوتی در فعالیت پروتئین کیناز^{۱۵} (AKT) و

¹ Roberts

² Gastrocnemius muscle

³ Feng

⁴ Hypoxic Training

⁵ Lee index

⁶ Messenger ribonucleic acid

⁷ Peroxisome proliferator-activated receptor alpha

⁸ Uncoupling protein 1

⁹ Katano

¹⁰ Stautemas

¹¹ High intensity interval training

¹² Stepto

¹³ Polycystic ovary syndrome

¹⁴ Mammalian target of rapamycin

¹⁵ Protein kinase B (PKB)

پروتئین انتقال دهنده گلوکز^۱ (GLUT-4) که در مسیر سلولی مولکولی IR دخیل است، به وجود نیامد (۳۵). ممکن است این نتایج متناقض، به دلیل تعداد کم آزمودنی‌ها باشد. از جمله دلایل احتمالی تفاوت نتایج می‌توان به آثار احتمالی خستگی و آسیب ناشی از تمرین شدید بر سازوکار جذب گلوکز و شاخص مقاومت به انسولین و همچنین کوتاه بودن دوره فعالیت و شدت بالای تمرین‌ها اشاره کرد (۳۶). نتایج پژوهش وین^۲ و دیگران (۲۰۱۸) همچنین نشان داد که چهار هفته تمرین تناوبی شدید بر درصد چربی بزرگسالان چاق تاثیر معنی‌داری نداشت (۳۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، تمرینات هوازی فزاینده با افزایش بتا آمینو ایزوبوتیریک اسید و کاهش مقاومت به انسولین و درصد چربی بدن، می‌تواند یک راهکار موثر در کاهش اختلالات مرتبط با اضافه وزن و چاقی باشد.

تعارض منافع

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

قدردانی و تشکر

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

¹ insulin-regulated glucose transporter

² Winn

1. Hao M, Lv Y, Liu S, Guo W. The New Challenge of Obesity-Obesity-Associated Nephropathy. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity. 2024;1957-71. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S433649>
2. Pestel J, Blangero F, Watson J, Pirola L, Eljaafari A. Adipokines in obesity and metabolic-related-diseases. Biochimie. 2023;212:48-59. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2023.04.008>
3. Mirshafaei MA, Noori F, Abdi A. The Effects of Combining Aerobic Exercise with Cinnamon on FND5/Irisin/UCP1 Pathway in Visceral Adipose Tissue of Insulin Resistant Rats. Research in Medicine. 2023;47(3):56-68.[In Persian]. <http://pejouhesh.sbm.ac.ir/article-1-3284-fa.html>
4. Senthinayagam S, Serbulea V, Upchurch CM, Polanowska-Grabowska R, Mendu SK, Sahu S, et al. Adaptive thermogenesis in brown adipose tissue involves activation of pannexin-1 channels. Molecular Metabolism. 2021;44:101130. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2020.101130>
5. Ranjbari A, Mohamadzadeh Salamat K, Akbarzadeh S, Khamisipour G, Naeimi B. The effect of 4 weeks aerobic swimming training and aqueous urtica dioica extract on PGC-1 α and UCP-1 gene expression and serum concentrations of irisin and FGF21 in diabetic rats. Journal of Sport Biosciences. 2022;1.۶۷-۸۰:(۴)۴. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.345715.1546>
6. Machado SA, Pasquarelli-do-Nascimento G, Da Silva DS, Farias GR, de Oliveira Santos I, Baptista LB, et al. Browning of the white adipose tissue regulation: New insights into nutritional and metabolic relevance in health and diseases. Nutrition & metabolism. 2022;19(1):61.
7. Daou HN, Watt NT, MacCannell AD, Scalabrin M, Gad S, Futers S, et al. The exercise-mediated metabokine Beta-aminoisobutyric acid is an exercise mimetic driving skeletal muscle metabolic and functional adaptation. Physiology. 2023;38(S1):5786418. <https://doi.org/10.1152/physiol.2023.38.S1.5786418>
8. Yi X, Yang Y, Li T, Li M, Yao T, Hu G, et al. Signaling metabolite β -aminoisobutyric acid as a metabolic regulator, biomarker, and potential exercise pill. Frontiers in endocrinology. 2023;14:1192458. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1192458>
9. Arefi Shirvan R, Ghorbanian B, Ghorbanzadeh B. The Effect of Twelve Weeks of Aerobic Exercise on the Serum Levels of Angiopoietin-Like Protein 4 (Angptl4) and Beta-Aminoisobutyric Acid (BAIBA) in Men with Metabolic Syndrome. Journal of Sport Biosciences. 2022;14(4):19-32. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jsb.2023.349902.1556>
10. Galdavi R, Mogharnasi M, Nayebifar S. The effect of continuous training on plasma levels of adipolin, insulin sensitivity and body fat percent in overweight and obese women. Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport. 2022;10(21):42-52. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2021.3955.1608>
11. Short KR, Chadwick JQ, Teague AM, Tullier MA, Wolbert L, Coleman C, et al. Effect of obesity and exercise training on plasma amino acids and amino metabolites in American Indian adolescents. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2019;104(8):324.۹-۶۱. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-02698>
12. Morales FE, Forsse JS, Andre TL, McKinley-Barnard SK, Hwang PS, Anthony IG, et al. BAIBA does not regulate UCP-3 expression in human skeletal muscle as a response to aerobic exercise. Journal of the American College of Nutrition. 2017;36(3):200.۹- <https://doi.org/10.1080/07315724.2016.1256240>
13. Cheragh-Birjandi S, Kheyrandish A, Tara SS, Sharifian SS, Masoodi H, Asghari S. The effect of Pilates and aerobic training on serum levels of sirtuin-1, plasminogen activator inhibitor-1 and insulin resistance index in women with type 2 diabetes. Journal of Applied Health Studies in Sport Physiology. 2024;11(2):1-11.[In Persian]. <https://doi.org/10.22049/jahssp.2024.29241.1610>

14. Kazemi A, Nnaaderi K. The Effects of 8 Weeks Aerobic Exercise Training on Serum levels of Myonectine and Insulin Resistance in Obese and Overweight Women. *Sport Sciences Quarterly* . ۲۷-۳۷:(۴۲)۱۳;۲۰۲۱. [In Persian]
15. Haghjoo M, Zar A, Hoseini SA. The Effect of 8 weeks Zumba Training on Womenâ s Body Composition with Overweight. *Pars Journal of Medical Sciences*. 2022;14(2):21-30. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jmj.14.2.21>
16. Mj K. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann med exp biol fenn*. 1957;35:307-15.
17. Khatami Saravi SL, Abdi A, Barari A. Effect of aerobic training with Garlic consumption on matrix metalloproteinase-3, 9 and tissue inhibitor of metalloproteinase-1 in obese postmenopausal women with high blood pressure: A clinical trial study. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2020;22(4):14-22.[In Persian]. <http://goums.ac.ir/journal/article-1-3735-en.html>
18. TaheriChadorneshin H, Alipour-Raz M, Kalantari M, Nikdel M, Saberi Z, Fattahi Z, et al. Effect of resistance training intensity on serum Irisin levels and lipid profile in sedentary elderly women. *Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport*. 2021;9(17):68-79.[In Persian]. <https://doi.org/10.22077/jpsbs.2020.2986.1529>
19. Kraemer WJ, Fleck SJ. Optimizing strength training: designing nonlinear periodization workouts: *Human Kinetics*; 2007. <http://www.loc.gov/catdir/toc/ecip0713/2007011833.html>
20. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and science in sports and exercise*. 1980;12(3):175-81.
21. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1956.
22. Matthews DR ,Hosker JP, Rudenski AS, Naylor B, Treacher DF, Turner R. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *diabetologia*. 1985;28:412-9. <https://doi.org/10.1007/bf00280883>
23. Qin X, Liu P, Jin L, Zhu K, Yang Y, Hou Z, et al. Exerkine β -aminoisobutyric acid protects against atrial structural remodeling and atrial fibrillation in obesity via activating AMPK signaling and improving insulin sensitivity. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2024;171:116137. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.116137>
24. Jung TW ,Hwang H-J, Hong HC, Yoo HJ, Baik SH, Choi KM. BAIBA attenuates insulin resistance and inflammation induced by palmitate or a high fat diet via an AMPK–PPAR δ -dependent pathway in mice. *Diabetologia*. 2015;58:2096-105. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3663-z>
25. Sawada M, Yamamoto H, Ogasahara A ,Tanaka Y, Kihara S. β -aminoisobutyric acid protects against vascular inflammation through PGC-1 β -induced antioxidative properties. *Biochemical and biophysical research communications*. 2019;516(3):963-8. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.06.141>
26. Begriche K, Massart J, Abbey-Toby A, Igoudjil A, Lett ron P, Fromenty B. β -Aminoisobutyric acid prevents diet-induced obesity in mice with partial leptin deficiency. *Obesity*. 2008;16(9):2053-67. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.337>
27. Tanianskii DA, Jarzebska N, Birkenfeld AL, O’Sullivan JF, Rodionov RN. Beta-aminoisobutyric acid as a novel regulator of carbohydrate and lipid metabolism. *Nutrients*. 2019;11(3):524. <https://doi.org/10.3390/nu11030524>
28. Lyssikatos C, Wang Z, Liu Z, Warden SJ, Brotto M, Bonewald L. L- β -aminoisobutyric acid, L-BAIBA, a marker of bone mineral density and body mass index, and D-BAIBA of physical performance and age. *Scientific Reports*. 2023;13(1):17212. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44249-6>
29. Yu Y, Chen W, Yu M, Liu J, Sun H, Yang P. Exercise-generated β -aminoisobutyric acid (BAIBA) reduces cardiomyocyte metabolic stress and apoptosis caused by mitochondrial dysfunction through the miR-208b/AMPK pathway. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;9:803510. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.803510>



30. Roberts LD, Boström P, O'Sullivan JF, Schinzel RT, Lewis GD, Dejam A, et al. β -Aminoisobutyric acid induces browning of white fat and hepatic β -oxidation and is inversely correlated with cardiometabolic risk factors. *Cell metabolism*. 2014;19(1):96-108. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.12.003>
31. Feng J, Wang X, Lu Y, Yu C, Wang X, Feng L. BAIBA involves in hypoxic training induced browning of white adipose tissue in obese rats. *Frontiers in Physiology*. 2022;13.۸۸۲۱۵۱: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.882151>
32. Katano S, Yano T, Kouzu H, Nagaoka R, Numazawa R, Yamano K, et al. Circulating level of β -aminoisobutyric acid (BAIBA), a novel myokine-like molecule, is inversely associated with fat mass in patients with heart failure. *Heart and Vessels*. 20۲۵-۴۷:(۱)۲۹;۲۴. <https://doi.org/10.1007/s00380-023-02308-y>
33. Stautemas J, Van Kuilenburg AB, Stroomer L, Vaz F, Blancquaert L, Lefevre FB, et al. Acute aerobic exercise leads to increased plasma levels of R-and S- β -aminoisobutyric acid in humans. *Frontiers in physiology*. 2019;10:1240. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01240>
34. Hemati Moghadam A, Rahmani Ghobadi M, Safikhani H. Effect of High Intensity Interval Training on Reducing Insulin Resistance, Serum Asprosin, and Body Fat Percentage in Obese Men with Type 2 Diabetes. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2023;22(3):302-13.[In Persian]. <https://doi.org/10.32592/JSMJ.22.3.302>
35. Stepto N, Hiam D, Gibson-Helm M, Cassar S, Harrison CL, Hutchison SK, et al. Exercise and insulin resistance in PCOS: muscle insulin signalling and fibrosis. *Endocrine connections*. 2020;9(4):346-59. <https://doi.org/10.1530/EC-19-0551>
36. Saremi A. Plasma Irisin increases after acute endurance exercise in obese and normal weight women. *Complementary Medicine Journal of faculty of Nursing & Midwifery*. 2017;7(2):1887-96.[In Persian]. <https://www.magiran.com/p1764000>
37. Winn NC, Liu Y, Rector RS, Parks EJ, Ibdah JA, Kanaley JA. Energy-matched moderate and high intensity exercise training improves nonalcoholic fatty liver disease risk independent of changes in body mass or abdominal adiposity—a randomized trial. *Metabolism*. 2018;78:128-40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.08.012>

ویدئو آپلود نشده