

اثر تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین بر احساس گرسنگی، بهره سیری وعده غذایی و بیان ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در پلاسمای زنان چاق

ندا ابراهیم پور^۱، یوسف صابری^۱، کریم آزالی علمداری^{۱*}

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۴

چکیده

هدف: بررسی اثرات هشت هفته تمرین هوازی با و بدون مکمل آرژنین بر احساس گرسنگی، بهره سیری وعده غذایی و بیان ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در پلاسمای زنان چاق بود.

روش شناسی: ۴۸ زن غیرفعال داوطلب (سن $41/69 \pm 57/41$ سال و شاخص توده بدنی $34/09 \pm 1/09$ کیلوگرم بر مترمربع) دارای چاقی شکمی (۹۵ سانتی متر به بالا) انتخاب شدند و سپس به طور تصادفی به گروه‌های تمرین هوازی و دارونما، تمرین هوازی و مکمل آرژنین، مکمل آرژنین و دارونما (بدون تمرین) تقسیم شدند. به مدت هشت هفته در برنامه هوازی دویدن بر روی تردمیل با آزمون GTX با ۶۰ درصد از ضربان قلب و اماندگی تا تکمیل ۵۰۰ کالری (سه روز در هفته) شرکت کردند و روزانه با دوز ۰/۰۷ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن آرژنین مصرف کردند. از تحلیل واریانس تک راهه و آزمون تی همبسته برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: بیان هر دو ژن miR-200a-3p و miR-103a-3p در هر سه گروه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). در گروه مکمل آرژنین دورکمر، وزن بدن و زمان رسیدن به واماندگی کاهش معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). در گروه تمرین هوازی به همراه مکمل آرژنین همه شاخص‌ها از جمله بیان ژن‌ها، دورکمر، وزن بدن، احساس گرسنگی، بهره سیری بعد غذا و زمان رسیدن به واماندگی به‌طور معنی‌داری بهبود یافت ($P < 0/05$). همچنین در گروه تمرین هوازی در احساس گرسنگی و بهره سیری بعد از غذا کاهش معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$).

نتیجه گیری: تمرین هوازی و مصرف مکمل آرژنین باعث کاهش بیان ژن‌های miR-200a-3p و miR-103a-3p و احساس گرسنگی می‌شود. همچنین سبب بهبود شاخص‌های چاقی (دورکمر و وزن بدن)، بهره سیری فوری و زمان رسیدن به واماندگی می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین هوازی، آرژنین، اشتها، میکروRNA، چاقی

۱- گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

۲- نویسنده مسئول: ✉

k.azali@azaruniv.ac.ir

ISSN: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

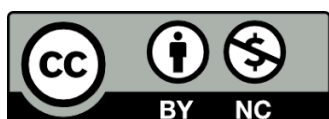
تمامی حقوق این مقاله برای نویسندگان محفوظ است.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه کردستان

شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۸۹۶۰

نوع دسترسی: آزاد

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>



Copyright ©The authors

ارجاع دهی:

Ebrahim Pour N, Saberi Y, Azali Alamdari K. Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):25-40, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>

Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women

Neda Ebrahimpour¹, Yousef Saberi², Karim Azali Alamdari³✉

Received: 2025/05/14

Accepted: 2025/06/08

Abstract

Aim: The aim was to investigate the impact of eight weeks of aerobic training with and without arginine supplementation on hunger, meal satiety, and the expression of miR-200a-3p and miR-103a-3p genes in plasma of obese women.

Method: Forty-eight inactive volunteer women (age 57.41 ± 4.69 years and body mass index 34.09 ± 1.09 kg/m²) with abdominal obesity (waist circumference ≥ 95 cm) were randomized into aerobic exercise and placebo, aerobic exercise and arginine supplementation, or arginine supplementation and placebo (without exercise) groups. They participated in an eight-week aerobic exercise program, consisting of treadmill running with a GTX test at 60% of the heart rate at exhaustion, completing 500 calories (three days a week). They also consumed arginine at a dose of 0.07 grams per kilogram of body weight daily. One-way analysis of variance and paired t-test were used to analyze the data.

Results: The expression of both miR-200a-3p and miR-103a-3p genes was significantly reduced in all three groups ($P < 0.05$). In the arginine supplementation group, there was no significant reduction in waist circumference, body weight, and time to exhaustion ($P > 0.05$). In the aerobic exercise plus arginine supplementation group, all indices, including gene expression, waist circumference, body weight, hunger, meal satiety, and time to exhaustion, were significantly improved ($P < 0.05$). Additionally, in the aerobic exercise group, there was no significant decrease in hunger and meal satiety ($P > 0.05$).

Conclusion: Aerobic exercise and arginine supplementation reduce the expression of miR-200a-3p and miR-103a-3p genes as well as hunger sensation. Additionally, they improve obesity indices (waist circumference and body weight), immediate satiety quotient, and time to exhaustion.

Keywords: Aerobic training, Arginine, Appetite, microRNA, Obesity

1- Department of Sport Sciences, Faculty of Education and Psychology, Azarbaijan Sahid Madani University, Tabriz, Iran.

✉Corresponding author

k.azali@azaruniv.ac.ir

ISSN: 2980-8960

All rights of this article are reserved for Authors.

Owner and Publisher: University of Kurdistan

Journal ISSN (online): 2980-8960

Access Type: Open Access

DOI: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>



Copyright ©The authors

Citation:

Ebrahim Pour N, Saberi Y, Azali Alamdari K. Influence of Aerobic Training along with Arginine Supplementation on Hunger Rate, Meal Satiety Quotient and Plasma Gene Expression Level of miR-200a-3p and miR-103a-3p in Obese women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(4):25-40, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143698.1095>

مقدمه

اضافه وزن و چاقی به عنوان تجمع غیرطبیعی یا بیش از حد چربی در بدن تعریف می‌شود که می‌تواند منجر به عواقب مضر برای سلامتی شود (۱).

چاقی ناشی از عدم تعادل در متابولیسم انرژی است، یعنی دریافت انرژی بیشتر از مصرف انرژی است. این اختلال متابولیک در دهه گذشته با سرعت نگران کننده‌ای در سراسر جهان افزایش یافته است و هم بزرگسالان و هم کودکان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چاقی ارتباط نزدیکی با بسیاری از بیماری‌ها دارد و یک عامل خطر اصلی برای مقاومت به انسولین، دیابت نوع II، تصلب شرایین، سکته مغزی، فشار خون بالا و برخی از انواع سرطان است (۲). چاقی ارتباط زیادی با هورمون‌های تنظیم کننده اشتها و احساس سیری دارد (۳). تغذیه پستانداران توسط مدارهای عصبی تنظیم کننده ذخائر انرژی هموستاتیک کنترل می‌شود. با این حال پستانداران در زمانی که توسط نیازهای انرژی هموستاتیک هدایت نمی‌شوند هم تغذیه می‌کنند. تغذیه غیر هموستاتیک اغلب به دلیل خواص لذت جویانه‌ی غذا انجام می‌شود. این لذت می‌تواند اشتها و در نتیجه مقدار کل دریافت غذا را تحت تأثیر قرار دهد (۴). اشتها یک عنصر ضروری برای کنترل رفتار غذایی و تغذیه، وزن بدن و خطر بیماری‌های متابولیک ناشی از چربی اضافی بدن می‌باشد (۵) و از موارد تأثیرگذار بر هموستاز انرژی است و تنظیم آن نقش مهمی در کنترل تعادل انرژی ایفا می‌کند (۶). از آنجا که اشتها پاسخی یکپارچه ولی تحت تأثیر عوامل مختلف است، سازوکارهای تنظیمی بسیار پیچیده‌ای دارد (۷). اما سیری فرآیندی است که سبب می‌شود فرد از غذا خوردن دست بکشد. احساس سیری و کاهش اشتها پس از مصرف غذا و تغییر حجم معده روی می‌دهد (۸). به همین ترتیب، میل ما به خوردن در طول یک وعده غذایی کاهش می‌یابد و این فرآیند سیری نامیده می‌شود. پس از مصرف غذا، سیگنال‌های مبتنی بر روده، از جمله ترشح هورمون‌های سیری که توسط حس مواد مغذی تحریک می‌شوند، با نشانه‌های شناختی و حسی ناشی از مصرف برای ایجاد سیری در تعامل هستند. اما میزان پاسخ افراد به این نشانه‌ها متفاوت است و پاسخ‌دهی ضعیف به سیری خطر افزایش وزن را به همراه دارد (۹).

رژیم‌های غذایی پرپروتئین مصرف غذا را کاهش می‌دهد و ضمن کنترل وزن، ترکیب بدن را در مدل‌های حیوانی و انسانی بهبود می‌بخشد (۱۰). پروتئین در دستگاه گوارش حس می‌شود و مسیرهای تنظیم اشتها را تعدیل می‌کند (۱۱). همچنین سبب تعدیل هزینه انرژی (۱۲)، افزایش گرمایی، گلکونوژنز روده و تغییرات هورمونی در روده می‌شود، اما مکانیسم‌های درگیر دقیق همچنان نامشخص هستند (۱۳). اسیدآمینه‌ها ممکن است باعث افزایش سطوح هورمون‌های بی‌اشتهایی در روده شوند. پپتید YY (PYY)، کوله‌سیستوکین (CCK) و پپتیدشبه‌گلوکاگون-۱ (GLP-1) هورمون‌هایی هستند که از سلول‌های روده در پاسخ به غذای دریافتی در حیوانات و انسان ترشح می‌شوند (۱۴). هورمون‌های پپتیدی از گرانول‌های ترشحی واقع در سیتوپلاسم سلول‌های اینتراندوکرین آزاد می‌شوند (۱۵). پس از یک وعده غذایی سلول‌های ال-انتراندوکرین واقع در روده، هورمون‌های پپتیدی GLP-1 و PYY1-36 را ترشح می‌کنند که متعاقباً به شکل PYY3-36 پردازش می‌شوند که در کاهش مصرف غذا و تنظیم هموستاز انرژی نقش دارند (۱۴، ۱۶). بنابراین اسیدهای آمینه بر ترشح هورمون‌ها در دستگاه گوارش و اشتها تأثیر می‌گذارند و از این رو، مکمل‌های غذایی آمینواسیدی رویکرد جدیدی برای کاهش اشتها و پیشگیری از چاقی و درمان اضافه وزن محسوب می‌شوند (۱۷، ۱۸). یکی از مکمل‌های آمینواسیدی به عنوان یک ماده مغذی ایمن برای کاهش وزن و مبارزه با چالش‌های اضافه وزن و چاقی ال-آرژنین است (۱۹). ال-آرژنین یک آمینواسید نیمه ضروری است (۱) و می‌تواند گیرنده‌های اسید آمینه از جمله گیرنده حسگر کلسیم (caSR)، GPRC6A و به ویژه گیرنده طعم T1R1/T1R3 را فعال کند (۲۰). علاوه بر این، ال-آرژنین ممکن است با تقویت اثر اتساع معده بر ترشح هورمون (۲۱)، باعث افزایش غلظت GLP-1 پس از غذا شود. همچنین ممکن است ال-آرژنین بر اشتها اثر تاخیری نیز داشته باشد (۲۲) و همچنین بر دریافت انرژی و مصرف چربی اثرگذار است (۲۳).

از سوئی مکمل ال آرژنین اثرات مثبتی بر شاخص‌های تن سنجی و ترکیب بدن در افراد دارای اضافه وزن یا چاق دارد (۱). چندین مکانیسم ممکن برای توضیح اثرات ال-آرژنین بر ترکیب بدن و شاخص‌های آنروپومتریک از جمله تنظیم مولکول‌های

miR-200a-3p ارتباط بسیار مهمی با عملکرد هیپوتالاموس دارند و بر پر خوری و بروز چاقی تأثیر می گذارند (۴۱).

لازم به ذکر است که miR-103a-3p فنوتیپ چاقی موش ها را از طریق تحریک فعالیت هدف پستانداران مسیر راپامایسین (mTOR) در هسته کمانی هیپوتالاموس تضعیف می کند (۴۰) که این مسأله هنوز در تحقیقات انسانی تایید نشده است. اما گزارش شده است که ممکن است فعالیت ورزشی و رژیم غذایی اثرات متفاوتی بر سطوح گردش خونی miR-103a-3p در کودکان چاق داشته باشد (۴۲). طبق نتایج یک تحقیق سطوح miR-103a-3p پلاسمایی مردان جوان سالم بعد از تمرینات استقامتی در مقایسه افزایش یافت (۴۳). در شرایط پیش دیابت و دیابت نوع II ناشی از رژیم غذایی پرچرب، افزایش بیان miR-103a-3p در خون محیطی موش ها مشاهده شد (۴۴). در عوض رژیم غذایی کم چرب، سبب کاهش miR-103a-3p گردش خون موش های چاق ناشی از رژیم غذایی شد (۴۵). از سوی دیگر، بیان بیش از حد miR-103a-3p در کبد یا چربی بر تثبیت گیرنده انسولین، فعالیت سیگنال دهی انسولین و جذب گلوکز مربوطه اثرات منفی دارد (۴۶).

همچنین miR-200a-3p می تواند هدف دیگری برای درمان چاقی باشد، زیرا در هیپوتالاموس و کبد موش های تغذیه شده با چربی پس از مسدود کردن لپتین افزایش می یابد (۴۷) و بیان بیش از حد miR-200a-3p در هیپوتالاموس سبب اختلال در پیام رسانی انسولین و لپتین در شرایط چاقی می شود (۳۹). در یک تحقیق سطح miR-200a-3p گردش خون پس از شش هفته فعالیت ورزشی و رژیم غذایی کاهش یافت که نشان می دهد همراه کردن فعالیت ورزشی با محدودیت انرژی می تواند تأثیر مفیدی بر عادی سازی سطح miR-200a-3p گردش خون داشته باشد (۴۲). کوینتانیلا و همکاران هم گزارش کرده اند که شش هفته تمرین شنای تناوبی شدید همه اعضای خانواده miR-200 را در مغز موش افزایش می دهد و نوع تمرین، شدت، مدت و تعداد جلسات در هفته به طور خاص بر نتیجه تأثیر می گذارند. در مورد رژیم غذایی، مطالعات اندکی انجام شده است و فقط در یک تحقیق گزارش شده است که miR-200-3p پلازما پس از یک وعده غذایی پرچرب در زنان سالم افزایش یافت (۴۸).

مسیرهای پیام رسانی سلولی (۲۴)، بیوژنز میتوکندری (۲۵)، بیان ژن های موثر بر اکسیداسیون سوبستراهای انرژی و رسوب چربی (۲۶) وجود دارد. یکی از مهم ترین مکانیسم های ال-آرژنین نقش آن در مسیرهای سیگنال دهی سلولی از طریق نیتریک اکساید (NO) می باشد (۲۷). NO می تواند مسیرهای مرتبط با لیپولیز و لیپوژنز را کنترل کند (۲۸).

اما اثرات متناقض آرژنین بر وزن بدن می تواند به دلیل تأثیر ال آرژنین بر افزایش توده عضله باشد (۲۹، ۳۰). آرژنین مکملی با باعث افزایش مولکول هدف راپامایسین (mTOR) در عضله اسکلتی پستانداران می شود (۳۱). mTOR یکی از مسیرهای سیگنالینگ کلیدی در کنترل سنتز پروتئین در عضلات است و افزایش فعالیت این مسیر سیگنالینگ منجر به حفظ و به دست آوردن توده عضلانی می شود (۳۲).

از سوئی شواهدی وجود دارد که فعالیت ورزشی از طریق تنظیم هورمون های کاهش دهنده و محرک اشتها مانند پپتید PYY3-36، پروتئین مرتبط با آگوتی (AGRP) و لپتین (۳۳) می تواند در حین و بعد از فعالیت بدنی باعث کنترل اشتها و احساس سیری شود (۳۴). اما اصولاً فعالیت ورزشی دارای اثر دوگانه ای بر کنترل اشتها می باشد. مثلاً گزارش شده است ۱۲ هفته تمرین کنترل شده در زنان و مردان دارای اضافه وزن و چاق ضمن افزایش میل به خوردن در طول روز، با افزایش توأم در بهره سیرکنندگی یک وعده غذا همراه می شود. با این حال، کاهش وزن و بهبود ترکیب بدن نیز روی داد (۳۵).

از سوئی باید اشاره شود که میکرو RNA ها (miRs) RNA های کوتاه (۱۸ تا ۲۵ نوکلئیدی) غیر کدکننده هستند که از طریق اتصال ناقص یا کامل به ناحیه ۳' ترجمه نشده mRNA هدف، بر بیان آن تأثیر منفی می گذارند (۳۶، ۳۷). این تغییرات پس از رونویسی می توانند سازگاری اشتها را با فعالیت ورزشی و چاقی را به ویژه در دوران رشد کودکی و قبل از بزرگسالی بهتر توجیه کند.

یافته های موجود miRNA ها را به عنوان کاندیدای بالقوه در بررسی مکانیسم های کنترل تعادل انرژی در هیپوتالاموس معرفی کرده اند (۳۸) که در میان آن ها miR-200a-3p و miR-103a-3p در دستکاری این فرایندها نقش علی دارند (۳۹، ۴۰). در یک مطالعه ثابت شد که سطوح گردش خونی miR-103a-3p و

روش شناسی:

پژوهش از نوع کاربردی با طرح تجربی بود. پس از پخش آگهی در سطح شهر، ابتدا از ۶۰ زنان میانسال چاق داوطلب غربالگری شد (سن، وزن، قد، مقدار کاهش وزن در سه ماه گذشته، دور کمر). شاخص‌های شمول در پژوهش شامل دارا بودن چاقی شکمی به عنوان یک معیار اجباری (دور کمر بیشتر از ۹۵ سانتی‌متر (۳۹)) و داشتن سلامت عمومی برای مشارکت در تمرین با تأیید پزشک بود. شاخص‌های خروج از پژوهش، مصرف سیگار، تغییر وزن بدن و مصرف داروهای کنترل وزن بدن، قندخون، چربی خون و فشارخون در طی سه ماه اخیر، دارا بودن فشارخون دیاستولی/سیستولی بیش از ۱۴۰/۱۰۰ میلیمتر جیوه و داشتن محدودیت پزشکی برای مشارکت در فعالیت جسمانی بود.

در ادامه پس از تأیید و کسب مجوز پزشکی، ۴۸ نفر از افراد داوطلب، پس از پر کردن پرسشنامه ویژه تعیین سطح فعالیت بدنی و اخذ رضایت نامه به عنوان آزمودنی نهایی انتخاب شدند. ابتدا آزمودنی‌ها به‌طور تصادفی به چهار گروه تمرین و مکمل آرژنین (۱۲ نفر)، تمرین و دارونما (۱۲ نفر)، مکمل آرژنین (۱۲ نفر) و دارونما (۱۲ نفر) تقسیم شدند. یک هفته قبل از آغاز تحقیق، برای گروه‌های تجربی یک جلسه آشنایی با تمرینات برگزار شد. آزمودنی‌های گروه‌های تمرین به مدت هشت هفته در تمرین هوازی روی تردمیل با مصرف ۱۵۰۰ کالری در هفته شرکت کردند. تمرینات طی مدت زمان معینی از روز (بعد از ظهر در بین ساعات ۱۵ تا ۱۶) انجام شد که شامل سه جلسه در هفته دویدن نظارت شده بر روی تردمیل بود که هر آزمودنی به‌طور انفرادی تا تکمیل تقریباً ۵۰۰ کالری در هر جلسه با ۶۰ درصد از ضربان قلب لحظه‌ای و اماندگی در آزمون GXT فعالیت نمودند.

یک هفته قبل از آغاز تمرینات، از هر فرد آزمون GXT بر روی تردمیل به عمل آمد و ضربان قلب در هر مرحله از آزمون GXT و همچنین ضربان قلب بیشینه در لحظه رسیدن به و اماندگی (به عنوان حداکثر ضربان قلب) ثبت شد. سپس سرعت دویدن منطبق بر ضربان قلب ۶۰ درصد از ضربان قلب لحظه‌ای و اماندگی (بر حسب متر بر دقیقه) تعیین شد. در ادامه با استفاده از فرمول ACSM، مدت دویدن هر فرد بر روی تردمیل (بر حسب دقیقه) برای صرف هزینه حدود ۵۰۰ کالری به‌طور اختصاصی محاسبه شد.

گروه کنترل در فاصله هشت هفته، از فعالیت بدنی غیر معمول، اجتناب کردند. از تمام آزمودنی‌ها در دو مرحله شامل پیش آزمون و پس از هشت هفته تمرین، خونگیری به صورت ناشتا در ساعت ۸ تا ۹ صبح به عمل آمد. گروه‌های مصرف کننده مکمل آرژنین روزانه، مکمل ال-آرژنین خالص (ساخت شرکت داروسازی کارن یزد ایران)، با دوز ۰/۰۷ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن بسته بندی شده در قالب کپسول‌های ژلاتینی مات به صورت دو سوکور دریافت کردند. در حالی که گروه‌های تمرین از مالتودکسترین در شکل و درصد مشابه مکمل آرژنین به عنوان دارونما دریافت کردند. مطالعه به صورت دوسوکور اجرا شد و بسته های حاوی مکمل آرژنین و دارونما در قالب کپسول توسط شخص سوم کدگذاری شد و در اختیار آزمودنی‌ها قرار گرفت.

دور کمر در باریک ترین ناحیه بین پایین ترین دنده و خار ایلپاک با لباس سبک با استفاده از متر نواری غیر قابل ارتجاع، بدون فشار بر سطح بدن اندازه‌گیری شد و اندازه گیری ها با تقریب ۱/۰ سانتی متر ثبت شدند.

برای برآورد احساس ذهنی گرسنگی نسخه تعدیل شده پرسشنامه VAS اشتها در صبح روز اولین جلسه و صبح روز آخرین جلسه را قبل از شروع تمرین تکمیل کردند. این پرسشنامه، احساس گرسنگی را در یک پیوستار صفر تا ۱۰۰ امتیازی مورد سنجش قرار می‌دهد. همچنین برای محاسبه اثر تمرین بر تنظیم اشتها، پروتکل اندازه‌گیری دریافت غذایی استفاده شد که شامل یک مصرف صبحانه ثابت برای اندازه‌گیری بهره سیری (SQ) بود که محتوای انرژی صبحانه ثابت به طور فردی تعیین شد. بدین منظور بلافاصله بعد از سنجش اول، آزمودنی‌ها صبحانه را در حد سیری مطلوب از طریق دسترسی آزاد به واحدهای مساوی از وعده غذایی (متشکل از نان سنگک همراه با شیر، عدسی و چای) میل کرده و در پایان مصرف وعده صبحانه، با وزن کردن مقدار باقیمانده غذا، محتوای دقیق انرژی صبحانه ثابت تعیین شد. همچنین ترتیبی داده شد تا پس از پایان دوره تمرین هر فرد همان مقدار از صبحانه را مصرف کند. بدین ترتیب با اینکه محتوای انرژی صبحانه در بین افراد تفاوت داشت، ولی برای هر فرد در طی دو جلسه سنجش، ثابت بود. اثر سیرکننده فوری (بلافاصله پس از صبحانه) و تأخیری صبحانه ثابت با محاسبه بهره سیری (از طریق ارتباط دادن مقدار مصرف صبحانه به احساس

در تحلیل داده‌ها وارد شد. داده‌های خام نرمال سازی شد و مقدار بحرانی مطلق fold change برابر با ۱/۲۵ در نظر گرفته شد.

روش آماری:

پس از کسب اطمینان از توزیع طبیعی تمام متغیرهای تحقیق با آزمون (شاپیرو ویلک)، برای اطمینان از عدم وجود تفاوت بین گروهی در مورد متغیرهای مورد بررسی در پیش‌آزمون از تحلیل واریانس یک راهه استفاده شد. در ادامه، برای مقایسه درون گروهی داده‌ها در طول مداخله، از آزمون تی همبسته استفاده شد. به علاوه، در صورت مشاهده اثر معنی‌دار درون گروهی آزمون تی همبسته برای هر متغیر در مورد بیش از یک گروه، مقدار تغییرات ایجاد شده در طول مداخله با استفاده از تحلیل واریانس به‌طور بین‌گروهی مقایسه شدند. تمام تحلیل‌ها با استفاده نرم افزار آماری SPSS21 در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها:

در پیش‌آزمون تفاوت معنی‌دار بین گروهی از لحاظ متغیرهای مورد اندازه‌گیری مشاهده نشد. در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار شاخص‌های تن‌سنجی نشان داده شده است. برای مقایسه درون گروهی داده‌ها در طول مداخله، از آزمون تی همبسته استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که تمرین هوازی به همراه مکمل آرژنین بر کاهش بیان ژن miR-103a-3p و miR-200a03p، دورکمر، وزن بدن، احساس گرسنگی، بهره سیری بعد از غذا و افزایش زمان رسیدن به واماندگی تاثیر معنی‌داری دارد ($P < 0.05$).

گرسنگی پرسشنامه اشتها در فاصله زمانی قبل از صرف صبحانه تا قبل از صرف ناهار) از طریق فرمول ذیل تعیین شد.

بهره سیری فوری (میلی‌متر/کالری) = ((امتیاز گرسنگی قبل از صرف صبحانه - امتیاز گرسنگی قبل از ناهار) / محتوای انرژی صبحانه ثابت) $\times 100$

پس از جداسازی پلاسما، ابتدا miRNAها از کل RNAهای پلاسما جداسازی شده (miRCURY™ RNA isolation kit- (biofluids (Exiqon, Vedbaek, Denmark) و تا زمان تحلیل نهایی در دمای ۸۰- منجمد شد. سپس مقدار بیان miR-200a-3p و miR-103a-3p با استفاده از روش PCR تعیین شد. بدین منظور در زمان تحلیل، ابتدا cDNA از طریق رونویسی معکوس (miRCURY LNA™ Universal RT microRNA PCR,) (Polyadenylation, and cDNA synthesis kit (Exiqon سنتز شد. cDNA حاصله پنجاه برابر رقیق سازی شده و سپس در ۱۰ میلی لیتر محلول ویژه PCR طبق پروتکل شرکت سازنده (miRCURY LNA™ Universal RT microRNA PCR) تحلیل شد. هر میکرو RNA ابتدا توسط qPCR با استفاده از پروتکل PCR آماده مصرف تحلیل شد. تکثیر با استفاده از سیستم RT-PCR (روشه) در پلیت‌های چاهک دار انجام شد. منحنی تکثیر با استفاده از نرم افزار روشه برای تعیین C_q و منحنی ذوب تحلیل شد. تحلیل‌های دارای C_q کمتر از C_q های نمونه‌های کنترل منفی

جدول (۱). میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های تن‌سنجی شرکت‌کنندگان

شاخص	گروه	کنترل	تمرین	مکمل آرژنین	تمرین + مکمل آرژنین
سن (سال)	۵۷/۴۱ ± ۴/۶۹	۵۶/۸۳ ± ۵/۱۸	۵۸/۵۸ ± ۴/۱	۵۵/۹۱ ± ۵/۱۴	
وزن بدن (کیلوگرم)	۹۰/۳ ± ۷/۸۷	۸۸/۹۱ ± ۶/۹۶	۹۱/۵۸ ± ۷/۱۵	۸۷/۹۳ ± ۵/۳۹	
دورکمر (سانتی‌متر)	۱۰۳/۰۸ ± ۵/۴۶	۹۹/۴۱ ± ۲/۳۱	۱۰۴/۰۸ ± ۶/۰۳	۱۰۲/۴ ± ۰/۸/۹	
قد (سانتی‌متر)	۱۶۲/۵ ± ۵/۵	۱۶۲ ± ۴/۷۶	۱۶۳/۰۸ ± ۴/۹۶	۱۶۰/۹۱ ± ۴/۵	
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	۳۴/۰۹ ± ۱/۰۹	۳۳/۸۵ ± ۰/۹۷	۳۴/۳۷ ± ۰/۹۴	۳۳/۹۳ ± ۰/۶۴	

جدول (۲). نتایج مقایسه درون گروهی شاخص های خطر سندرم متابولیک و اشتها در طول مداخله با آزمون تی

همبسته

شاخص	گروه	پیش آزمون	پس آزمون	sig
دور کمر (سانتی متر)	کنترل	۱۰۳/۰۸ ± ۵/۴۶	۱۰۳/۳۳ ± ۵/۲۲	۰/۴۶۳
	تمرین	۹۹/۴۱ ± ۲/۳۱	۹۸/۸۳ ± ۲/۱۲	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۱۰۴/۰۸ ± ۶/۰۳	۱۰۱/۹۱ ± ۵/۷۵	۰/۰۶۷
	تمرین + مکمل آرژنین	۱۰۲/۴۵ ± ۸/۹	۹۷/۸۳ ± ۳/۵۶	*۰/۰۰۱
miR-200a-3p	کنترل	۱ ± ۰/۱۵۲	۱ ± ۰/۱۴۵	۱/۰۰
	تمرین	۱ ± ۰/۱۱	۰/۸۹ ± ۰/۱۰۵	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۰۸	۰/۸۶ ± ۰/۱۱	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۱۷	۰/۸۳ ± ۰/۱۰۳	*۰/۰۰۱
miR-103a-3p	کنترل	۱ ± ۰/۱۴۱	۱ ± ۰/۱۴۶	۱/۰۰
	تمرین	۱ ± ۰/۲	۰/۸۵۱ ± ۰/۱۸	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۷	۰/۸۹۸ ± ۰/۱۶	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۱ ± ۰/۱۶	۰/۸۰۲ ± ۰/۱۸	*۰/۰۰۱
احساس گرسنگی (امتیاز)	کنترل	۴۲/۷۵ ± ۹/۰۸	۴۳/۰۸ ± ۹/۶۹	۰/۳۶۸
	تمرین	۴۰/۹۱ ± ۷/۴۱	۴۱/۱۶ ± ۷/۴۲	۰/۶۵۱
	مکمل آرژنین	۴۱/۸۳ ± ۸/۳۲	۳۸/۵۸ ± ۶/۷۲	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۴۳/۱۶ ± ۸/۷۹	۴۰/۹۱ ± ۸/۴۳	*۰/۰۰۱
بهره سیری بعد از غذا	کنترل	۵/۴ ± ۱/۱۶	۵/۴۱ ± ۱/۱۴	۰/۰۹۲
	تمرین	۵/۳۵ ± ۱/۲۶	۵/۲۸ ± ۱/۲۴	۰/۳۴۷
	مکمل آرژنین	۵/۵۱ ± ۱/۳۸	۴/۷۳ ± ۱/۱۳	*۰/۰۰۱
	تمرین + مکمل آرژنین	۵/۶۹ ± ۱/۱۹	۴/۶۳ ± ۰/۹۷	*۰/۰۰۱
زمان رسیدن به واماندگی	کنترل	۴/۸۱ ± ۰/۶۷	۴/۷۹ ± ۰/۵۳	۰/۷۷
	تمرین	۴/۸۲ ± ۰/۶۶	۵/۹ ± ۰/۴۱	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۴/۵۳ ± ۰/۸۲	۴/۴۵ ± ۰/۵۴	۰/۵۰۳
	تمرین + مکمل آرژنین	۴/۱۳ ± ۰/۶۲	۵/۶ ± ۰/۴۶	*۰/۰۰۱
وزن بدن (کیلوگرم)	کنترل	۹۰/۳ ± ۷/۸۷	۹۰/۹۱ ± ۸/۲۵	۰/۰۶
	تمرین	۸۸/۹۱ ± ۶/۹۶	۸۴/۷ ± ۶/۹۴	*۰/۰۰۱
	مکمل آرژنین	۹۱/۵۸ ± ۷/۱۵	۹۰/۷ ± ۵/۶۴	۰/۴۳۴
	تمرین + مکمل آرژنین	۸۷/۹۳ ± ۵/۳۹	۸۳/۲۴ ± ۵/۳۹	*۰/۰۰۱

* تفاوت معنی دار ($P < ۰/۰۵$). داده ها بر حسب میانگین $\pm$ انحراف معیار بیان شده اند.

جدول (۳). نتایج تحلیل واریانس برای مقایسه بین گروهی مقدار تغییرات متغیرهای مورد بررسی در طول مداخله

مقدار تغییرات متغیرها در طول مداخله	نتایج تحلیل واریانس		نتایج آزمون تعقیبی توکی و جیمز هوئل	
	F	sig	مقایسه در بین	sig
miR-103a-3p	۷۲/۳۶۵	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۶
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۹
دور کمر	۲۴/۳۴	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۴
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۳۸
احساس گرسنگی	۱۵/۴۱	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۲
			تمرین و مکمل با مکمل	۰/۴۲۳
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱
miR-200a-3p	۳۰۷/۲۱	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱
وزن بدن	۱۸/۰۹۶	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	۰/۷۱۱
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۲۲
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	۰/۰۵۴
بهره سیری	۴۴/۴۱۵	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با مکمل	۰/۱۹
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱
زمان رسیدن به واماندگی	۴۰/۰۰۷	۰/۰۰۱*	تمرین و مکمل با تمرین	۰/۲۷۵
			تمرین و مکمل با مکمل	*۰/۰۰۱
			تمرین و مکمل با کنترل	*۰/۰۰۱
			تمرین با مکمل	*۰/۰۰۱

* تفاوت معنی دار ($P < 0.05$).

بحث:

ژن‌های miR-103a-3p و miR-200a-3p و افزایش ظرفیت هوازی داشت. با این حال، این اثرات در گروه‌هایی که تنها تمرین انجام دادند یا فقط مکمل آرژنین مصرف کردند، به‌طور کامل مشابه نبود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین تاثیر معناداری بر بهبود ترکیب بدنی (کاهش وزن و دور کمر)، تنظیم اشتها (بهره‌سیری و احساس گرسنگی)، کاهش بیان

دور کمر شود، اما تأثیر چندانی بر وزن بدن ندارد. البته، نتایج در این زمینه متفاوت است و می‌توان گفت که ترکیب ورزش و مصرف مکمل آرژنین می‌تواند در کاهش دور کمر و وزن موثرتر از هر کدام به تنهایی باشد (۵۸، ۵۹).

در بخش دیگری از یافته‌ها، تنها در گروه مصرف‌کننده مکمل آرژنین تغییر معناداری در احساس گرسنگی و سیری مشاهده شد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که آرژنین می‌تواند سطح لپتین (هورمون سیری) را افزایش و سطح گرلین (هورمون گرسنگی) را کاهش دهد، که این امر منجر به کنترل اشتها می‌شود (۶۰). برای نمونه، امین و همکاران، اثر آرژنین را با دوز ۱۷۰۱ میلی‌مول بر یک مرد و شش زن بررسی کردند. نتایج نشان داد که آرژنین می‌تواند ترشح GLP-1 (یک هورمون تنظیم‌کننده اشتها) را تحریک کند و به سرکوب اشتها کمک کند (۶۱). با این حال، در یک پژوهش دیگر، افراد چاق به مدت هشت هفته روزانه ۳ گرم آرژنین مصرف کردند. نتایج نشان داد که هیچ تغییری در سطح هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها مشاهده نشد (۳۳).

فعالیت بدنی منظم، به‌ویژه تمرینات هوازی، می‌تواند پاسخ‌های هورمونی به غذا را بهبود بخشد. تمرین منظم می‌تواند عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز را تغییر دهد و با تعدیل ترشح هورمون‌هایی مانند PYY و GLP-1، احساس سیری را افزایش دهد (۵۰). با این وجود، برخی تحقیقات به بررسی تأثیر تمرینات ورزشی مزمن با شدت بالا بر میزان گرسنگی، سیری اشباع، هورمون‌های مرتبط با اشتها و کاهش وزن در زنان چاق یا اضافه وزن پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان داد که این نوع تمرین منجر به کاهش قابل توجه وزن بدن، درصد چربی و سطح انسولین پلازما می‌شود. اما هیچ تأثیری بر میزان کالری دریافتی و احساس گرسنگی ندارد (۶۲). در پژوهشی اثر ۶۰ دقیقه ورزش هوازی را بر اشتها، زنان بررسی شد. نتایج نشان داد که فعالیت هوازی سبب افزایش اشتها شود (۶۳). همچنین تریانو بیان کرد که افرادی که تمرینات استقامتی انجام می‌دهند نسبت به افراد بی‌تحرک، اشتها، بیشتری دارند (۶۴). برخی دیگر از محققین به بررسی تأثیر فعالیت هوازی و جنسیت بر اشتها پرداختند. بیان کردند پس از انجام یک ساعت ورزش هوازی، تفاوت معنی‌داری در کالری دریافتی بین زنان و مردان وجود ندارد (۶۵). مطالعاتی نیز به بررسی اثر توأم فعالیت بدنی و مکمل آرژنین را روی

در گروهی که فقط تمرین هوازی انجام دادند، وزن بدن و دور کمر بهبود یافت، اما تغییرات در احساس گرسنگی و بهره‌سیری بعد از وعده غذایی معنادار نبود. این یافته نشان می‌دهد که اثر تمرین بر اشتها ممکن است در کوتاه‌مدت یا بدون مداخلات تغذیه‌ای مؤثر نباشد (۵۰).

درمقابل، گروهی که تنها مکمل آرژنین مصرف کرده بودند، تغییر قابل توجهی در وزن بدن، دور کمر یا لحظه رسیدن به واماندگی مشاهده نشد. با این حال، مطالعات قبلی نتایج متناقضی را نشان داده‌اند، بنابراین نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه وجود دارد.

این نتایج با پژوهش‌های وئو (۵۱) و بوث (۵۲) همسو است که به اثرات مثبت تمرین و آرژنین بر کاهش چربی بدن و بهبود حساسیت انسولینی اشاره کرده‌اند. کاهش وزن بدن و دور کمر ممکن است ناشی از افزایش نرخ اکسیداسیون چربی، بهبود حساسیت انسولینی و افزایش ظرفیت هوازی در نتیجه تمرین باشد (۵۲). همچنین مکمل آرژنین می‌تواند از طریق افزایش سنتز نیتریک اکسید (NO) و بهبود جریان خون محیطی، فرآیند لیپولیز را تقویت کند (۵۱).

در برخی تحقیقات ترکیب فعالیت بدنی و مصرف مکمل آرژنین تأثیر معناداری بر کاهش دور کمر و وزن بدن داشته است (۵۳). مطالعاتی مانند پژوهش رایان نیز نشان داده‌اند که مصرف روزانه ۹ گرم آرژنین موجب کاهش چشمگیر دور کمر و چربی احشایی می‌شود؛ که احتمالاً به افزایش ترشح هورمون رشد مرتبط است (۵۴). با این حال، در بیشتر تحقیقاتی که تنها از مکمل آرژنین استفاده کرده‌اند (به‌ویژه در آزمودنی‌های انسانی)، تأثیری بر وزن بدن مشاهده نشده است. این مطالعات نشان داده‌اند که مصرف آرژنین به‌صورت وریدی تأثیرگذاری بیشتری دارد، اما در صورت مصرف خوراکی، اثر آن بر سنتز نیتریک اکسید (NO) و فرآیند لیپولیز ناچیز است (۵۵، ۵۶). این یافته‌ها تأکید می‌کنند که اثربخشی آرژنین به دوز، روش مصرف، و همراهی آن با تمرین بستگی دارد.

از سوی دیگر، مصرف آرژنین بدون انجام فعالیت بدنی ممکن است به‌عنوان کالری دریافتی محسوب شود و حتی در برخی موارد منجر به افزایش وزن می‌شود (۵۷). در نهایت، نتایج نشان داد که آرژنین می‌تواند با افزایش ترشح هورمون رشد، منجر به کاهش

یافت (۴۴). در پژوهشی روی موش‌های چاق که تحت کنترل رژیم غذایی قرار داشتند، مشاهده شد که بیان ژن miR-103a-3p در گروهی که غذای کم‌چرب مصرف کرده بودند، کاهش یافت (۴۵).

از سوئی بیان ژن‌های موش‌های چاق را در پاسخ به تمرین بررسی کردند. آزمودنی‌ها ۱۰ جلسه به مدت ۶ دقیقه شنا و ۴ دقیقه استراحت شای متناوب با شدت بالا انجام دادند. پس از اتمام دوره تمرینی، مشاهده شد که بیان miR-200a-3p یافته است (۴۱). با این حال، اطلاعات موجود در زمینه بیان miRNAها محدود است (۷۰). بیشتر تحقیقات بر روی موش‌ها انجام شده‌اند و اثر توأم فعالیت بدنی و مکمل آرژنین هنوز به‌طور کامل بررسی نشده است. با توجه به نتایج ضد و نقیض، نمی‌توان به‌طور قطعی اظهار داشت که فعالیت هوازی و مکمل آرژنین می‌توانند بر تعدیل بیان ژن‌ها تأثیرگذار باشند. بنابراین، نیاز به مطالعات بیشتر با آزمودنی‌ها و شرایط مختلف وجود دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تمرین هوازی همراه با مکمل آرژنین می‌تواند تأثیرات مثبتی بر ترکیب بدنی، اشتها، ظرفیت هوازی و تنظیم بیان miRNAها داشته باشد. هرچند تمرین به‌تنهایی نیز در کاهش شاخص‌های چاقی مؤثر است، اما اثر آن بر اشتها محدود بود. از سوی دیگر، مصرف مکمل بدون تمرین تأثیری بر ترکیب بدنی نداشت. به نظر می‌رسد ترکیب ورزش و آرژنین می‌تواند به‌صورت هم‌افزا عمل کرده و نتایج بهتری را به‌ویژه در زمینه اشتها و ترکیب بدنی ایجاد کند.

با توجه به عدم قطعیت اطلاعات موجود درباره اثرات آرژنین بر تنظیم اشتها، و نبود داده‌های کافی درباره اثر هم‌زمان آن با تمرین بر miRNAها، انجام پژوهش‌های بیشتر در شرایط و جمعیت‌های مختلف با انجام فعالیت‌های بدنی مختلف و صرف هزینه انرژی بیشتر ضروری است. با این حال، بر اساس نتایج حاضر، توصیه می‌شود که افراد چاق و دارای اضافه‌وزن برای بهبود وضعیت متابولیکی، به‌طور منظم فعالیت هوازی انجام دهند و در صورت صلاحدید متخصص، مکمل آرژنین نیز مصرف کنند.

پیام مقاله

تمرین هوازی به همراه مکمل آرژنین سبب بهبود بهره سیری، احساس گرسنگی و تعدیل miRNAها می‌شود.

پسرهای نوجوان بر اشتها پرداختند. آزمودنی‌ها در دو سطح شدت بالا و پایین فعالیت انجام دادند، اما تفاوت معناداری در سطوح هورمون‌های تنظیم‌کننده اشتها مشاهده نشد (۳۳). نتایج در مورد ارتباط تمرین با اشتها همچنان متناقض است و به‌نظر می‌رسد شدت تمرین، مدت تمرین، جنسیت و شرایط آزمودنی‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند.

همانطور که انتظار می‌رفت، در این پژوهش ظرفیت هوازی گروه‌های تمرین افزایش یافت. تحقیقات پیشین نیز نشان دادند که تمرین هوازی می‌تواند منجر به‌بهبود توان هوازی شود (۶۶). بر اساس برخی مطالعات، آرژنین می‌تواند از طریق افزایش سنتز NO، ظرفیت اکسیژن‌رسانی و عملکرد ورزشی را بهبود ببخشد. همچنین، افزایش NO با اتساع عروق عضلانی و کاهش خستگی عضلانی مرتبط است (۶۷). با این حال، مطالعات پیشین نشان داده‌اند که آرژنین تنها در صورت مصرف ویدی تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش سنتز NO دارد (۵۵). بنابراین، می‌توان گفت که آرژنین در مصرف خوراکی تأثیری بر ظرفیت هوازی ندارد. از سوی دیگر، برخی مطالعات به بررسی اثر توأم تمرین هوازی و مکمل آرژنین پرداخته‌اند. آن‌ها بیان کردند که آرژنین با کاهش میزان لاکتات و آمونیاک بعد از اجرای فعالیت ورزشی، سبب بهبود قدرت و ظرفیت کار عضله می‌شود (۶۸، ۶۹). با این حال، اثر آن در مصرف خوراکی محدود است. در رابطه با بیان ژن‌ها، نتایج نشان داد که miR-103a-3p و miR-200a-3p پس از مداخله تعدیل شدند. miR-103a-3p با مقاومت به انسولین، افزایش ذخایر چربی و التهاب مرتبط است و کاهش این ژن پس از مداخله می‌تواند نشانگر بهبود متابولیسم گلوکز و چربی باشد (۴۶). miR-200a-3p با مسیرهای تنظیم‌کننده التهاب و مسیرهای اپی‌ژنتیکی تنظیم اشتها درگیر است (۴۲). در یک مطالعه ۱۲ هفته‌ای که توسط نیلسن و همکاران انجام شد، آزمودنی‌ها به مدت یک ساعت، ۲ تا ۴ جلسه در هفته تمرین استقامتی انجام دادند. در پایان مطالعه، مشاهده شد که بیان miR-103a-3p به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (۴۳). در یک تحقیق، اثر رژیم غذایی پرچرب بر موش‌های پیش دیابتی و دیابت نوع II را بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان بیان ژن miR-103a-3p گروهی که با رژیم غذایی پرچرب تغذیه کرده بودند، نسبت به گروه کنترل بالاتر بود. همچنین، بیان این ژن در موش‌های پیش دیابت به‌طور قابل‌توجهی افزایش

- exercise prior or subsequent to high-fat meal consumption. *Appetite*. 2009;52(1):193-8, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.09.015>.
- [7] Wee YS, Weis JJ, Gahring LC, Rogers SW, Weis JH. Age-related onset of obesity corresponds with metabolic dysregulation and altered microglia morphology in mice deficient for *lftm* proteins. *PLoS One*. 2015;10(4):e0123218, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123218>.
- [8] Kraemer R, Durand R, Hollander D, Tryniecki J, Hebert E, Castracane V. Ghrelin and other glucoregulatory hormone responses to eccentric and concentric muscle contractions. *Endocrine*. 2004;24:93-8, Doi: <https://doi.org/10.1385/endo.24:1:093>.
- [9] EFTERNAVN F. Handbook of eating and drinking: Interdisciplinary perspectives. Springer; 2020.
- [10] Panda S, Maier G, Villareal DT. Targeting energy intake and circadian biology to engage mechanisms of aging in older adults with obesity: calorie restriction and time-restricted eating. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2023 Jun 1;78(Supplement_1):79-85, Doi: <https://doi.org/10.1093/gerona/glad069>.
- [11] Bany Bakar R, Reimann F, Gribble FM. The intestine as an endocrine organ and the role of gut hormones in metabolic regulation. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*. 2023;20(12):784-96, Doi: <https://doi.org/10.1038/s41575-023-00830-y>.
- [12] Westerterp-Plantenga M, Rolland V, Wilson S, Westerterp K. Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber. *European journal of clinical nutrition*. 1999;53(6):495-502, Doi: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600782>.
- [13] Halton TL, Hu FB. The effects of high protein diets on thermogenesis, **تعارض منافع:** مؤلفین اظهار می‌دارند که منافع متقابلی از تالیف و یا انتشار این مقاله ندارند.
- ### تشکر و قدردانی
- بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی از زحمات کلیه آزمودنی‌ها و دستیاران پژوهش اعلام می‌گردد.
- ### منابع
- [1] Khosroshahi MZ, Asbaghi O, Moradi S, Kaviani M, Mardani M, Jalili C. The effects of supplementation with L-arginine on anthropometric indices and body composition in overweight or obese subjects: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Functional Foods*. 2020;71:104022, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104022>.
- [2] Jobgen W, Meininger CJ, Jobgen SC, Li P, Lee M-J, Smith SB, et al. Dietary L-arginine supplementation reduces white fat gain and enhances skeletal muscle and brown fat masses in diet-induced obese rats. *The Journal of nutrition*. 2009;139(2):230-7, Doi: <https://doi.org/10.3945/jn.108.096362>.
- [3] Shehzad A, Rabail R, Munir S, Jan H, Fernández-Lázaro D, Aadil RM. Impact of oats on appetite hormones and body weight management: a review. *Current Nutrition Reports*. 2023;12(1):66-8, Doi: <https://doi.org/10.1007/s13668-023-00454-3>.
- [4] Hazut N, Rapps K, Kristt DA, Susswein AJ, Weller A. Nitric oxide and L-arginine regulate feeding in satiated rats. *Appetite*. 2019;132:44-54, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.09.023>.
- [5] Tao H, Li L, He Y, Zhang X, Zhao Y, Wang Q, et al. Flavonoids in vegetables: Improvement of dietary flavonoids by metabolic engineering to promote health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024;64(11):3220-34, Doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2131726>.
- [6] Cheng MH-Y, Bushnell D, Cannon DT, Kern M. Appetite regulation via

- 2016;18(5):508-18, Doi: <https://doi.org/10.1111/dom.12644>.
- [21] Holik A-K, Schweiger K, Stoeger V, Lieder B, Reiner A, Zopun M, et al. Gastric serotonin biosynthesis and its functional role in L-arginine-induced gastric proton secretion. *International journal of molecular sciences*. 2021;22(11):5881, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms22115881>.
- [22] Kim D, Martin S, Desai K. The effects of a comparatively higher dose of 1000 mg/kg/d of oral L-or D-arginine on the L-arginine metabolic pathways in male Sprague-Dawley rats. *PLoS One*. 2023;18(8):e0289476, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289476>.
- [23] Boon MR, Hanssen MJ, Brans B, Hülsmann CJ, Hoeks J, Nahon KJ, et al. Effect of L-arginine on energy metabolism, skeletal muscle and brown adipose tissue in South Asian and European prediabetic men: a randomised double-blinded crossover study. *Diabetologia*. 2019;62:112-22, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4752-6>.
- [24] Ma X, Han M, Li D, Hu S, Gilbreath KR, Bazer FW, Wu G. L-Arginine promotes protein synthesis and cell growth in brown adipocyte precursor cells via the mTOR signal pathway. *Amino Acids*. 2017 May;49(5):957-64, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2399-0>.
- [25] Gambardella J, Fiordelisi A, Spigno L, Boldrini L, Lungonelli G, Di Vaia E, et al. Effects of Chronic Supplementation of L-Arginine on Physical Fitness in Water Polo Players. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2021;2021(1):6684568, Doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6684568>.
- [26] Karimi E, Hatami E, Ghavami A, Hadi A, Darand M, Askari G. Effects of L-arginine supplementation on biomarkers of glycemic control: a systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Archives of physiology and biochemistry*. 2023 May 4;129(3):700-10, Doi: <https://doi.org/10.1080/13652050.2023.2234567>.
- satiety and weight loss: a critical review. *Journal of the American college of nutrition*. 2004;23(5):373-85, Doi: <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719381>.
- [14] Berthoud HR. Vagal and hormonal gut-brain communication: from satiation to satisfaction. *Neurogastroenterology & Motility*. 2008;20:64-72, Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2008.01104.x>.
- [15] Hofer D, Asan E, Drenckhahn D. Chemosensory perception in the gut. *Physiology*. 1999;14(1):18-23, Doi: <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.1999.14.1.18>.
- [16] Spreckley E, Murphy KG. The L-cell in nutritional sensing and the regulation of appetite. *Frontiers in nutrition*. 2015 Jul 20;2:23, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2015.00023>.
- [17] McGavigan AK, O'Hara HC, Amin A, Kinsey-Jones J, Spreckley E, Alamshah A, et al. L-cysteine suppresses ghrelin and reduces appetite in rodents and humans. *International journal of obesity*. 2015;39(3):447-55, Doi: <https://doi.org/10.1038/ijo.2014.172>.
- [18] Meek CL, Reimann F, Park AJ, Gribble FM. Can encapsulated glutamine increase GLP-1 secretion, improve glucose tolerance, and reduce meal size in healthy volunteers? A randomised, placebo-controlled, cross-over trial. *The Lancet*. 2015;385:S68, Doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)60383-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)60383-x).
- [19] Saxena S, Singh R, Dutta D, Gautam N, Setya S, Talegaonkar S. Nutraceuticals and their applications: recent trends and challenges. *Anxiety, Gut Microbiome, and Nutraceuticals*. 2023;1-32.
- [20] Alamshah A, McGavigan AK, Spreckley E, Kinsey-Jones J, Amin A, Tough I, et al. L-Arginine promotes gut hormone release and reduces food intake in rodents. *Diabetes, Obesity and Metabolism*.

- Appetite Hormones and Body Composition of Obese Boys. Hormozgan Medical Journal. 2021;25(4):187-91, Doi: 10.34172/hmj.2021.26.
- [34] Azali Alamdari K, SatarZadeh R. Impact of Aerobic Training and Vitamin D Supplementation on Hunger Rate and Serum Ghrelin and Insulin in Middle Agead Females with Metabolic Syndrome. Research in Exercise Nutrition. 2022;1(1):13-1, Doi: <https://doi.org/10.34785/J019.2022.408>.
- [35] King NA, Caudwell PP, Hopkins M, Stubbs JR, Naslund E, Blundell JE. Dual-process action of exercise on appetite control: increase in orexigenic drive but improvement in meal-induced satiety. The American journal of clinical nutrition. 2009;90(4):921-7, Doi: <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27706>.
- [36] Förstemann K, Horwich MD, Wee L, Tomari Y, Zamore PD. Drosophila microRNAs are sorted into functionally distinct argonaute complexes after production by dicer-1. Cell. 2007;130(2):287-97, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.05.056>.
- [37] Grimson A, Farh KK-H, Johnston WK, Garrett-Engele P, Lim LP, Bartel DP. MicroRNA targeting specificity in mammals: determinants beyond seed pairing. Molecular cell. 2007;27(1):91-105, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2007.06.017>.
- [38] Schneeberger M, Gomez-Valadés AG, Ramirez S, Gomis R, Claret M. Hypothalamic miRNAs: emerging roles in energy balance control. Frontiers in neuroscience. 2015;9:41, Doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00041>.
- [39] Crépin D, Benomar Y, Riffault L, Amine H, Gertler A, Taouis M. The over-expression of miR-200a in the hypothalamus of ob/ob mice is linked to leptin and insulin signaling <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1863991>.
- [27] Wu G, Meininger CJ, McNeal CJ, Bazer FW, Rhoads JM. Role of L-arginine in nitric oxide synthesis and health in humans. Amino acids in nutrition and health: Springer; 2021. p. 167-87, Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74180-8_10.
- [28] Cruz MM, Simão JJ, Sá RDd, Farias TS, Silva VSd, Abdala F, et al. Palmitoleic acid decreases non-alcoholic hepatic steatosis and increases lipogenesis and fatty acid oxidation in adipose tissue from obese mice. Frontiers in endocrinology. 2020;11:537061, Doi: <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.537061>.
- [29] Castro F, Su S, Choi H, Koo E, Kim W. L-Arginine supplementation enhances growth performance, lean muscle, and bone density but not fat in broiler chickens. Poultry science. 2019;98(4):1716-22, Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pey504>.
- [30] Brugaletta G, Zampiga M, Laghi L, Indio V, Oliveri C, De Cesare A, et al. Feeding broiler chickens with arginine above recommended levels: effects on growth performance, metabolism, and intestinal microbiota. Journal of Animal Science and Biotechnology. 2023;14(1):33, Doi: <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00839-y>.
- [31] Yao K, Yin Y-L, Chu W, Liu Z, Deng D, Li T, et al. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs. The Journal of nutrition. 2008;138(5):867-72, Doi: <https://doi.org/10.1093/jn/138.5.867>.
- [32] Vainshtein A, Sandri M. Signaling pathways that control muscle mass. International journal of molecular sciences. 2020;21(13):4759, Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms21134759>.
- [33] Moghadam TM, Fathi M, Hosseini SRA, Ziaaldini MM, Rashidlamir A. Effect of Arginine Supplementation and High Intensity Training on

- 2015;16:1-11, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1896-3>.
- [46] Trajkovski M, Hausser J, Soutschek J, Bhat B, Akin A, Zavolan M, et al. MicroRNAs 103 and 107 regulate insulin sensitivity. *Nature*. 2011;474(7353):649-53, Doi: <https://doi.org/10.1038/nature10112>.
- [47] Benoit C, Ould-Hamouda H, Crepin D, Gertler A, Amar L, Taouis M. Early leptin blockade predisposes fat-fed rats to overweight and modifies hypothalamic microRNAs. *J Endocrinol*. 2013;218(1):35-47, Doi: <https://doi.org/10.1530/joe-12-0561>.
- [48] Quintanilha BJ, Ferreira LRP, Ferreira FM, Neto EC, Sampaio GR, Rogero MM. Circulating plasma microRNAs dysregulation and metabolic endotoxemia induced by a high-fat high-saturated diet. *Clinical Nutrition*. 2020;39(2):554-62, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.02.042>.
- [49] Hosseini-Esfahani F, Bahadoran Z, Moslehi N, Asghari G, Yuzbashian E, Hosseinpour-Niazi S, et al. Metabolic syndrome: findings from 20 years of the Tehran lipid and glucose study. *International journal of endocrinology and metabolism*. 2018;16(4 Suppl):e84771, Doi: <https://doi.org/10.5812/ijem.84771>.
- [50] Nikoo M, Ebrahimi M. Assessment of changes in energy intake and appetite in response to exercise during fasting and after breakfast in overweight women. *Research in Exercise Nutrition*. 2024;3(2):22-13, Doi: <https://doi.org/10.22034/ren.2025.143059.1073>.
- [51] Wu G, Bazer FW, Davis TA, Kim SW, Li P, Marc Rhoads J, et al. Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino acids*. 2009;37:153-6, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0210-y>.
- [52] Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive physiology*. 2011 Jan;2(2):1143-211, impairment. *Molecular and cellular endocrinology*. 2014 Mar 25;384(1-2):1-1, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mce.2013.12.016>.
- [40] Vinnikov IA, Hajdukiewicz K, Reymann J, Beneke J, Czajkowski R, Roth LC, et al. Hypothalamic miR-103 protects from hyperphagic obesity in mice. *Journal of Neuroscience*. 2014;34(32):10659-74, Doi: <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4251-13.2014>.
- [41] Benite-Ribeiro SA, Putt DA, Soares-Filho MC, Santos JM. The link between hypothalamic epigenetic modifications and long-term feeding control. *Appetite*. 2016;107:445-53, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.111>.
- [42] Zhao Y, Zhang A, Wang Y, Hu S, Zhang R, Qian S. Genome-wide identification of brain miRNAs in response to high-intensity intermittent swimming training in *Rattus norvegicus* by deep sequencing. *BMC Molecular Biology*. 2019;20:1-15, Doi: <https://doi.org/10.1186/s12867-019-0120-4>.
- [43] Nielsen S, Åkerström T, Rinnov A, Yfanti C, Scheele C, Pedersen BK, et al. The miRNA plasma signature in response to acute aerobic exercise and endurance training. *PloS one*. 2014;9(2):e87308, Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087308>.
- [44] Vatandoost N, Amini M, Iraj B, Momenzadeh S, Salehi R. Dysregulated miR-103 and miR-143 expression in peripheral blood mononuclear cells from induced prediabetes and type 2 diabetes rats. *Gene*. 2015 Nov 1;572(1):95-100, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gene.2015.07.015>.
- [45] Hsieh C-H, Rau C-S, Wu S-C, Yang JC-S, Wu Y-C, Lu T-H, et al. Weight-reduction through a low-fat diet causes differential expression of circulating microRNAs in obese C57BL/6 mice. *BMC genomics*.

- supplementation on neuroendocrine, metabolic, cardiovascular, and mood outcomes in younger men: A double-blind, placebo-controlled trial. *Nutrition*. 2022;101:111658, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111658>.
- [59] Luiking YC, Engelen MP, Deutz NE. Regulation of nitric oxide production in health and disease. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2010 Jan 1;13(1):97-104, Doi: <https://doi.org/10.1097/mco.0b013e328332f99d>.
- [60] Jobgen WS, Fried SK, Fu WJ, Meininger CJ, Wu G. Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. *The Journal of nutritional biochemistry*. 2006;17(9):571-88, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.12.001>.
- [61] Amin A, Neophytou C, Thein S, Martin NM, Alamshah A, Spreckley E, et al. L-Arginine increases postprandial circulating GLP-1 and PYY levels in humans. *Obesity*. 2018;26(11):1721-6, Doi: <https://doi.org/10.1002/oby.22323>.
- [62] Koshki MH, Mollanovruzi A, Lamir AR. Effect of chronic high-intensity exercise on hunger and satiation and levels of acylated ghrelin and leptin in women. *Biomedical Human Kinetics*. 2018;10(1):67-75, Doi: [10.1515/bhk-2018-0011](https://doi.org/10.1515/bhk-2018-0011).
- [63] Maraki M, Tsofliou F, Pitsiladis Y, Malkova D, Mutrie N, Higgins S. Acute effects of a single exercise class on appetite, energy intake and mood. Is there a time of day effect? *Appetite*. 2005;45(3):272-8, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2005.07.005>.
- [64] Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*. 2008;40(1):181, Doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815a51b3>.
- Doi: <https://doi.org/10.1002/cphy.c110025>.
- [53] McKnight JR, Satterfield MC, Jobgen WS, Smith SB, Spencer TE, Meininger CJ, et al. Beneficial effects of L-arginine on reducing obesity: potential mechanisms and important implications for human health. *Amino acids*. 2010;39:349-57, Doi: <https://doi.org/10.1007/s00726-010-0598-z>.
- [54] Hurt RT, Ebbert JO, Schroeder DR, Croghan IT, Bauer BA, McClave SA, et al. L-arginine for the treatment of centrally obese subjects: a pilot study. *Journal of dietary supplements*. 2014;11(1):40-5, Doi: <https://doi.org/10.3109/19390211.2013.859216>.
- [55] Martina V, Masha A, Gigliardi VR, Brocato L, Manzato E, Berchio A, et al. Long-term N-acetylcysteine and L-arginine administration reduces endothelial activation and systolic blood pressure in hypertensive patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*. 2008;31(5):940-, Doi: <https://doi.org/10.2337/dc07-2251>.
- [56] Lucotti P, Monti L, Setola E, La Canna G, Castiglioni A, Rossodivita A, et al. Oral L-arginine supplementation improves endothelial function and ameliorates insulin sensitivity and inflammation in cardiopathic nondiabetic patients after an aortocoronary bypass. *Metabolism*. 2009;58(9):1270-6, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.03.029>.
- [57] Alizadeh M, Daneghian S, Ghaffari A, Ostadrahimi A, Safaeiyan A, Estakhri R, et al. The effect of hypocaloric diet enriched in legumes with or without L-arginine and selenium on anthropometric measures in central obese women. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*. 2010;15(6):331, Doi: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3082837/>.
- [58] Apolzan JW, Stein JA, Rood JC, Beyl RA, Yang S, Greenway FL, et al. Effects of acute arginine

- [65] Hagobian TA, Yamashiro M, Hinkel-Lipsker J, Streder K, Evero N, Hackney T. Effects of acute exercise on appetite hormones and ad libitum energy intake in men and women. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013;38(999):66-72, Doi: <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0104>.
- [66] Bowen P, Neil L, Norton A, Padgett K. Effects of high intensity interval training vs. high volume training on VO₂max, power, and body composition of college-age students. 2012, https://digitalcommons.hope.edu/curcp_11/28/.
- [67] Bailey SJ, Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, DiMenna FJ, Wilkerson DP, et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of applied physiology*. 2009, Doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00722.2009>.
- [68] Hosseini A, Valipour Dehnou V, Azizi M, Khanjari Alam M. Effect of high-intensity interval training (HIT) for 4 weeks with and without L-arginine supplementation on the performance of women's futsal players. *Quarterly of Horizon of Medical Sciences*. 2015;21(2):113-9.
- [69] Koppo K, Taes YE, Pottier A, Boone J, Bouckaert J, Derave W. Dietary arginine supplementation speeds pulmonary VO₂ kinetics during cycle exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(8):1626-32, Doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31819d81b6>.
- [70] Radom-Aizik S, Zaldivar Jr F, Leu SY, Adams GR, Oliver S, Cooper DM. Effects of exercise on microRNA expression in young males peripheral blood mononuclear cells. *Clinical and translational science*. 2012;5(1):32-8, Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1752-8062.2011.00384.x>.