

The Effect of High-Intensity Interval Training and L-Arginine Supplementation on Serum Level of Irisin and Body Fat Percentage in Overweight and Obese Men: A Randomized Clinical Trial

Sadegh Cheragh Birjandi¹, Marziyeh Saghebjo^{1*}, Mehdi Hedayati²

¹Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

²Cellular & Molecular Endocrine Research Center, Research Institute for Endocrine Sciences & Metabolisms, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

*Corresponding Author:
Marziyeh Saghebjo,
Department of Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran.

Email:
m_saghebjo@birjand.ac.ir

Received: 11 Jun, 2016

Accepted: 5 Aug, 2016

Abstract

Background and Objectives: Irisin, as a myokine, has been known in reducing obesity and converting white to brown adipose tissue. The purpose of this study was to investigate the effect of high-intensity interval training and L-arginine supplementation on serum level of Irisin and body fat percentage in overweight and obese men.

Methods: In this randomized clinical trial, 40 young healthy overweight and obese men (mean age, 24.5±6.5 years and body mass index, 29.4± 3.6kg/m²), were randomly assigned to 4 groups of high-intensity interval training, L-arginine supplementation, high-intensity interval training+L-arginine supplementation, and placebo. The training program consisted of 3 sessions/week high-speed interval running for 6 weeks. L-arginine supplement was consumed orally 6gr/day. Blood sampling and measurement of body fat percentage, was performed 24 hours before and 48 hours after training program and supplementation. Data were analyzed using ANCOVA and post-hoc Bonferroni tests (p<0.05).

Results: The serum level of irisin significantly increased following 6 weeks of high-intensity interval training and high-intensity interval training+L-arginine supplementation (pvalues= 0.017 and 0.019, respectively). While L-arginine consumption did not cause any significant changes in the level of irisin (p=0.19). Body fat percentage had no significant changes following 6 weeks of high-intensity training and L-arginine consumption (p>0.05).

Conclusion: According to the findings of this study, 6 weeks of high-intensity interval training and high-intensity interval training accompanied by L-arginine supplementation can be an effective step in facilitating the activation of brown adipose tissue through increasing the serum level of irisin. Thus, high-intensity interval training can be used as a method in the treatment of obesity.

Keywords: High intensity interval training; Arginine; Irisin; Fat body; Randomized clinical trials.

تأثیر تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل ال - آرژنین بر سطح سرمی آیریزین و درصد چربی بدن مردان دارای اضافه وزن و چاق: کارآزمایی بالینی تصادفی شده

صادق چراغ بیرجندی^۱، مرضیه ثاقب جو^{۱*}، مهدی هدایتی^۲

چکیده

گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی غدد درون‌ریز، پژوهشکده علوم غدد درون‌ریز و متابولیسم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

زمینه و هدف: آیریزین به‌عنوان یک مایوکاین در کاهش چاقی و تبدیل بافت چربی سفید به قهوه‌ای شناخته شده است. هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل ال - آرژنین بر سطح سرمی آیریزین و درصد چربی بدن مردان دارای اضافه وزن و چاق بود.

روش بررسی: در این مطالعه کارآزمایی بالینی، ۴۰ مرد جوان دارای اضافه وزن و چاق (میانگین سنی $24/5 \pm 6/5$ سال و نمایه توده‌بدنی $29/4 \pm 3/6$ کیلوگرم بر مترمربع)، به‌صورت تصادفی در ۴ گروه تمرین تناوبی شدید، مکمل ال - آرژنین، تمرین تناوبی شدید + مکمل ال - آرژنین و دارونما قرار گرفتند. برنامه تمرین شامل ۳ جلسه در هفته به شکل دویدن تناوبی با حداکثر سرعت، به مدت ۶ هفته بود. مکمل ال - آرژنین روزانه ۶ گرم به‌صورت خوراکی مصرف شد. نمونه‌گیری خون و اندازه‌گیری درصد چربی، ۲۴ ساعت قبل و ۴۸ ساعت بعد از برنامه تمرین و مصرف مکمل انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز کواریانس و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شدند ($p < 0/05$).

یافته‌ها: سطح سرمی آیریزین متعاقب تمرین تناوبی شدید و تمرین تناوبی شدید+مکمل ال - آرژنین، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (مقادیر p به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۱۹)؛ درحالی‌که مصرف ال - آرژنین تغییر معنی‌داری در سطح آیریزین ایجاد نکرد ($p = 0/19$). درصد چربی بدن متعاقب ۶ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف ال - آرژنین، تغییر معنی‌داری نداشت ($p > 0/05$).

نتیجه‌گیری: طبق نتایج این مطالعه، انجام ۶ هفته تمرین تناوبی شدید و همراه بودن تمرین تناوبی شدید و مصرف ال - آرژنین، با افزایش سطح سرمی آیریزین می‌تواند گامی مؤثر در تسهیل روند فعال‌شدن بافت چربی قهوه‌ای باشد. بنابراین، می‌توان از تمرین تناوبی شدید به‌عنوان روشی مؤثر در درمان چاقی استفاده کرد.

کلید واژه‌ها: تمرین تناوبی شدید؛ آرژنین؛ آیریزین؛ چربی بدن؛ کارآزمایی بالینی تصادفی شده.

*نویسنده مسئول مکاتبات:

مرضیه ثاقب جو، گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران؛

آدرس پست الکترونیکی:
m_saghebjoo@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۲۱

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۴

لطفاً به این مقاله به‌صورت زیر استناد نمایید:

Cheragh Birjandi S, Saghebjoo M, Hedayati M. The effect of high-intensity interval training and L-arginine supplementation on serum level of irisin and body fat percentage in overweight and obese men: A randomized clinical trial. Qom Univ Med Sci J 2017;11(9):1-9. [Full Text in Persian]

مقدمه

بافت چربی قهوه‌ای (BAT) برخلاف بافت چربی سفید (WAT) که به‌عنوان محل ذخیره انرژی است، محل مصرف انرژی و تبدیل آن به گرما می‌باشد. این بافت از نظر متابولیسمی فعال بوده و توانایی انتقال مستقیم انرژی از مواد مغذی به گرما را دارد که این عمل از طریق پروتئین جداکننده ۱ (UCP1) انجام می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند فعال‌کننده‌های مختلفی مانند کوفاکتور یک آلفا و فعال‌کننده گیرنده تکثیر گامای پراکسی‌زومی (PGC1 α)، بر فرآیند تمایز سلول‌های پیش‌ساز آدیپوسیت‌ها به سلول‌های سفید و قهوه‌ای تأثیر می‌گذارند (۱). این فعال‌کننده، تنظیم‌کننده مهم بیوزن میتوکندریایی و توسعه آدیپوسیت‌های قهوه‌ای بوده و افزایش بیان آن می‌تواند باعث بیشتر شدن اکسیداسیون اسیدهای چرب زنجیره بلند شود (۲).

آیریزین برای اولین بار به‌عنوان یک عامل ترشح‌شده از عضله اسکلتی شناسایی شد که باعث قهوه‌ای شدن WAT در موش‌ها گردید (۳). این مایوکاین، محصول شکافته شدن یک پروتئین غشایی به نام فیرونکتین نوع III دامنه حاوی پروتئین ۵ (FNDC5) بوده که عمدتاً در عضله اسکلتی موجود است (۴). در مطالعه‌ای مشخص گردید آیریزین با افزایش بیان ژن UCP1 (۵۰۰-۷ برابر)، باعث قهوه‌ای شدن WAT زیرپوستی می‌شود و به تنظیم افزایشی ژن‌های گرمازا منجر می‌گردد (۳). براساس نتایج برخی مطالعات، در پاسخ به فعالیت بدنی، FNDC5 به‌وسیله PGC1 α تولید می‌شود (۳، ۵). مطالعات مختلف درخصوص اثرات فعالیت بدنی بر سطح آیریزین، نتایج متفاوتی داشته‌اند و نوع، شدت و مدت تمرین را از عوامل تأثیرگذار تمرین بدنی بر آیریزین دانسته‌اند (۶، ۷).

براساس نتایج برخی مطالعات، استفاده از مکمل غذایی ال - آرژنین (L-arg)، رشد و توسعه بافت چربی قهوه‌ای را از طریق افزایش سنتز نیتریک اکساید (NO)، پلی‌آمین‌ها و آدنوزین منو فسفات حلقوی (cAMP) تحریک می‌کند. آرژنین یک پیش‌ساز معمول NO و پلی‌آمین است که برای رشد، توسعه و تمایز همه انواع سلول‌ها از جمله آدیپوسیت‌های قهوه‌ای و سلول‌های اندوتلیال رگ‌های خونی BAT ضروری است. از لحاظ عملکردی، NO بیان PGC1 α را افزایش می‌دهد، در صورتی که از

تمایز آدیپوسیت‌های سفید جلوگیری می‌کند (۸، ۹). نشان داده شده است مکمل‌دهی آرژنین با افزایش NO، ممکن است یک استراتژی مؤثر در پیشگیری، درمان چاقی و سندرم متابولیک مرتبط با آن باشد. سطوح فیزیولوژیکی ال - آرژنین، بیان ژن‌های مسئول اکسیداسیون اسیدهای چرب و گلوکز را تعدیل کرده، بنابراین چربی سفید را در کل بدن کاهش می‌دهد (۱۰، ۱۱).

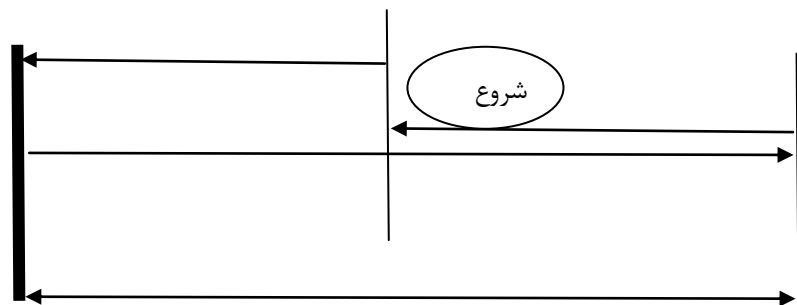
پژوهش‌ها نشان داده‌اند علاوه بر تمرینات طولانی‌مدت هوازی که باعث بهبود عوامل خطر بیماری‌های قلبی - عروقی و کاهش وزن می‌شوند، تمرینات تناوبی شدید (HIIT) که مدت زمان کمتری جهت اجرای آنها مورد نیاز است نیز می‌تواند در بهبود شرایط فیزیولوژیک مانند کاهش توده چربی بدن مؤثر بوده و مورد استفاده قرار گیرند. برای مثال، ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید می‌تواند باعث کاهش توده چربی و افزایش توده بدون چربی بدن آزمودنی‌ها شود. همچنین ۱۲ هفته تمرین هوازی و تناوبی شدید، اثرات مشابهی را بر شاخص‌های سلامتی نوجوانان چاق دارد (۱۲، ۱۳). مطالعات مختلف نشان داده‌اند فعال کردن BAT، روش نوین و کارآمدی در افزایش مصرف انرژی و کاهش وزن است. با در نظر گرفتن اینکه احتمال دارد مصرف مکمل ال - آرژنین و فعالیت ورزشی شدید بتواند باعث کاهش درصد چربی بدن و افزایش آیریزین گردد و این اتفاق می‌تواند بر فعال شدن BAT نیز تأثیر مثبت داشته باشد، و با توجه به عدم وجود مطالعات قبلی در مورد اثر تعاملی تمرین تناوبی شدید و مصرف ال - آرژنین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ۶ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل ال - آرژنین بر سطح سرمی آیریزین و درصد چربی مردان جوان دارای اضافه وزن انجام گرفت.

روش بررسی

این مطالعه کارآزمایی بالینی به‌صورت مداخله‌ای با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون در ۳ گروه تجربی و یک گروه کنترل انجام شد. ۴۰ دانشجوی مرد جوان سالم دارای اضافه وزن و چاق ($BMI \leq 25$) (۱۴) (میانگین سنی $24/5 \pm 6/5$ سال، نمایه توده‌بدنی $29/4 \pm 3/6$ کیلوگرم بر مترمربع و چربی بدن $26/6 \pm 7/7$ ٪) از طریق فراخوان و به‌صورت هدفمند از بین دانشجویان غیرورزشکار دانشگاه آزاد اسلامی شهر بیرجند در سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۳

اندازه‌گیری شد. وزن، نمایه توده‌بدنی و درصد چربی آزمودنی‌ها (به روش مقاومت الکتریکی زیستی به‌وسیله دستگاه Body Composition Analyzer ساخت کشور کره جنوبی) در ابتدا و انتهای پژوهش اندازه‌گیری شد. در ابتدا، آزمودنی‌های گروه تمرین تناوبی شدید، در یک مسافت ۲۰ متری که به‌وسیله ۳ مخروط مشخص شده بود، مدت زمان ۳۰ ثانیه را با حداکثر سرعت دویدند، سپس ۳۰ ثانیه راه رفتند. شروع پروتکل از وسط ۲۰ متر (مخروط دوم)، به سمت اولین مخروط بود و آزمودنی‌ها به سمت مخروط انتهایی (مخروط سوم) حرکت کردند (شکل). پس از ۳۰ ثانیه دویدن با حداکثر سرعت، آزمودنی‌ها ۳۰ ثانیه در همان مسیر راه رفتند. مدت پروتکل تمرین در هر جلسه شامل ۲ دقیقه دویدن با حداکثر سرعت و ۲ دقیقه راه رفتن بود که در مجموع، ۴ دقیقه به طول انجامید. افزایش میزان تمرین به‌ازای هر ۲ هفته، یک تکرار بود که در هفته ششم به ۶ تکرار رسید. پروتکل تمرینی به مدت ۶ هفته و هر هفته ۳ جلسه انجام شد. ذکر این نکته ضروری است که هر فرد با حداکثر توان خود فعالیت می‌کرد. بدین منظور ضربان قلب فعالیت هر فرد در محدوده حداکثر ضربان قلب (سن - ۲۲۰) بود و شمارش ضربان قلب نیز بلافاصله بعد از پایان هر تناوب با کنترل نبض گردنی توسط محقق انجام می‌شد. قبل از شروع پروتکل تمرینی در هر جلسه، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه برنامه گرم کردن و در پایان هر جلسه تمرینی به مدت ۵ دقیقه برنامه سرد کردن را انجام دادند. شایان ذکر است این پروتکل تمرینی از آزمون 40-m maximal shuttle run test تشکیل شده که یک آزمون معتبر برای ارزیابی عملکرد بی‌هوازی می‌باشد (۱۵).

انتخاب شدند و به‌صورت تصادفی در چهار گروه مساوی (۱۰ آزمودنی در هر گروه) شامل تمرین تناوبی شدید، مصرف مکمل ال - آرژنین، تمرین تناوبی شدید + مصرف مکمل ال - آرژنین و دارونما قرار گرفتند. ملاک انتخاب آزمودنی‌ها شامل عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی و کلیوی، عدم مصرف دخانیات، الکل و داروهای پایین‌آورنده چربی، قند خون، همچنین عدم مصرف هرگونه مکمل غذایی از جمله ال - آرژنین بود که اطلاعات مذکور از طریق تکمیل پرسشنامه سوابق پزشکی توسط آزمودنی‌ها به دست آمد. لازم به ذکر است در تعیین حجم نمونه در هر گروه از نرم‌افزار Medcalc نسخه ۱، ۸ و ۱۴ استفاده شد. حجم نمونه براساس مهم‌ترین متغیر پژوهش (غلظت سرمی آیریزین) تعیین گردید. براساس توان ۸۰٪، خطای نوع اول ۵٪، اختلاف ۸ پیکوگرم بر میلی‌لیتر و انحراف استاندارد ۴۰ پیکوگرم بر میلی‌لیتر؛ تعداد نمونه در هر گروه، ۱۰ نفر و در مجموع، ۴۰ نفر محاسبه شد. البته در مطالعات مشابه دیگر، حجم نمونه در هر گروه همین حدود بوده است. معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم تمایل آزمودنی‌ها به ادامه همکاری در طول مطالعه و یا بروز هرگونه آسیب در حین اجرای تمرینات بود. مورد حذف در این پژوهش وجود نداشت. از تمامی آزمودنی‌ها قبل از شرکت در پژوهش و پس از ارائه توضیحات کامل در مورد اهداف، روش اجرا و مزایای پژوهش، رضایت‌نامه آگاهانه کتبی گرفته شد. قبل از شروع برنامه تمرین، ابتدا قد آزمودنی‌ها (بدون کفش) به‌وسیله قدسنج Seca (ساخت کشور آلمان) با حساسیت یک سانتی‌متر



شکل: نحوه اجرای برنامه تمرین.

گروه‌های مصرف مکمل در طول ۶ هفته، مکمل ال - آرژنین (Puritan's pride، ساخت کشور آمریکا) را به میزان ۶ گرم در روز (۱۶) در قالب ۶ کپسول یک گرمی مصرف کردند. زمان مصرف مکمل، نیم‌ساعت قبل از صبحانه، یک‌ساعت قبل از نهار و یک‌ساعت قبل از شام بود که در هر وعده، ۲ عدد کپسول یک گرمی به همراه ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مصرف شد. با توجه به اینکه ال - آرژنین پس از مصرف در بدن تبدیل به NO می‌شود و اثرات فیزیولوژیک خود را اعمال می‌کند (۹)، لذا ۲۴ ساعت قبل از شروع دوره تحقیق، لیست مواد غذایی (حاوی نیترات و نیتريت) به آزمودنی‌ها داده شد و به آنها توصیه گردید تا در طول اجرای تحقیق حد امکان در رژیم غذایی خود از این مواد استفاده نکنند. از آزمودنی‌های گروه دارونما (نشاسته ذرت در قالب کپسول خوراکی) نیز درخواست شد تا در طول مدت تحقیق از انجام هرگونه فعالیت بدنی منظم پرهیز و از رژیم غذایی معمولی خود پیروی کنند. برای از بین بردن اثرات روانی احتمالی مصرف مکمل، به آزمودنی‌هایی که در گروه‌های مصرف مکمل نبودند، دارونما داده شد.

آزمودنی‌ها پایین‌تر از مقدار متوسط بوده است (میانگین نمره آزمون >۳۵). ۲۴ ساعت قبل از اولین جلسه تمرین و مصرف ال - آرژنین و ۴۸ ساعت پس از اتمام پروتکل، از آزمودنی‌ها در ساعت ۸ - ۷ صبح، متعاقب ۱۲ ساعت ناشتایی و در حالت استراحت، ۵ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی گرفته شد. نمونه‌های خونی در لوله‌های آزمایشی بدون ماده ضدانعقادی ریخته شدند. به‌منظور کاهش زمان ماندن نمونه در شرایط آزمایشگاهی، طی ۵ دقیقه انکوباسیون در دمای محیط و تشکیل لخته، بلافاصله نمونه‌ها (با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۵ دقیقه)، سانتریفوژ و محلول سرم از لخته جدا شد. سرم حاصل جهت اندازه‌گیری سطح سرمی آیریزین مورد استفاده قرار گرفت. سطح سرمی آیریزین، به روش ELISA با استفاده از کیت تحقیقاتی، مخصوص نمونه‌های انسانی (ساخت کمپانی Cusabio چین، تهیه‌شده از شرکت پادگین طب، تهران، ایران) با حساسیت ۰/۷۸ نانوگرم بر میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. ضریب تغییرات نیز ۷/۲٪ بود.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹، آزمون

شاپیرو - ویلک (جهت طبیعی بودن توزیع داده‌ها)، آزمون لون (به‌منظور بررسی تجانس واریانس‌ها)، آزمون آنالیز کواریانس و تعقیبی بونفرونی (با توجه به طبیعی بودن توزیع داده‌ها و برقراری فرض برابری واریانس‌ها) تحلیل شدند. سطح معنی‌داری، $(p < 0/05)$ در نظر گرفته شد.

در طول دوره پژوهش، رژیم غذایی آزمودنی‌ها توسط پرسشنامه بسامد غذایی و فعالیت بدنی آنها با استفاده از پرسشنامه فعالیت بدنی بک (Baecke) کنترل شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از پرسشنامه بسامد غذایی مشخص گردید ۴۵٪ آزمودنی‌ها از رژیم غذایی غربی، ۴۰٪ از رژیم غذایی سنتی و ۱۵٪ از رژیم غذایی سالم در طی یک‌سال گذشته استفاده کرده‌اند. همچنین نتایج حاصل از پرسشنامه فعالیت بدنی نشان داد سطح فعالیت بدنی همه

یافته‌ها

مقادیر میانگین ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها در ابتدای پژوهش در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱: ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

گروه‌ها	تمرین تناوبی شدید (تعداد=۱۰)	مصرف ال - آرژنین (تعداد=۱۰)	تمرین تناوبی شدید + مصرف ال - آرژنین (تعداد=۱۰)	دارونما (تعداد=۱۰)
میانگین ± انحراف معیار				
سن (سال)	۲۳/۹ ± ۱/۴	۲۵/۱ ± ۲/۴	۲۶/۴ ± ۲/۵	۲۴/۹ ± ۰/۷
قد (سانتی‌متر)	۱۷۳/۹ ± ۲/۵	۱۷۲/۹ ± ۲/۴	۱۷۵/۷ ± ۱/۴	۱۷۷/۲ ± ۱/۸
وزن (کیلوگرم)	۹۰/۲ ± ۵/۴	۹۱/۶ ± ۵/۲	۸۹/۲ ± ۳/۸	۹۲/۵ ± ۳/۷
نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۹/۶ ± ۱/۲	۳۰/۵ ± ۱/۳	۲۸/۱ ± ۰/۹	۲۹/۴ ± ۱/۰

بر اساس نتایج آزمون آنالیز کواریانس، بین سطح سرمی آیریزین در گروه‌ها، تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p=0/002$) و در مقادیر درصد چربی گروه‌ها، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p=0/43$) (جدول شماره ۲).

جدول شماره ۲: نتایج حاصل از آزمون آماری آنالیز کواریانس

متغیر	گروه	پیش‌آزمون میانگین \pm انحراف معیار	پس‌آزمون میانگین \pm انحراف معیار	مقدار f	مقدار p
آیریزین (پیکوگرم بر میلی لیتر)	تمرین تناوبی شدید	۸۱/۰ \pm ۲۲/۹	۱۱۷/۵ \pm ۵۲/۵	۱۱/۵	*۰/۰۰۲
	مصرف ال - آرژنین	۸۰/۰ \pm ۳۲/۳	۱۱۰/۱ \pm ۵۴/۵		
	تمرین تناوبی شدید + ال - آرژنین	۸۲/۴ \pm ۱۵/۵	۱۲۴/۷ \pm ۳۴/۲		
	دارونما	۹۹/۶ \pm ۸/۸	۱۰۲/۶ \pm ۷/۴		
چربی بدن (درصد)	تمرین تناوبی شدید	۳۰/۱ \pm ۱/۵	۲۶/۱ \pm ۳/۰	۰/۹	۰/۴۳
	مصرف ال - آرژنین	۳۰/۸ \pm ۱/۳	۲۷/۴ \pm ۳/۲		
	تمرین تناوبی شدید + ال - آرژنین	۲۸/۴ \pm ۱/۰	۲۷/۴ \pm ۲/۳		
	دارونما	۲۷/۳ \pm ۲/۵	۲۷/۴ \pm ۲/۴		

*وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین پس‌آزمون گروه‌ها ($p < 0/05$).

ال - آرژنین تغییری در سطح سرمی آیریزین ایجاد نکرد ($p=0/19$). همچنین بین سطح سرمی آیریزین در گروه تمرین تناوبی شدید در مقایسه با تمرین تناوبی شدید + مصرف ال - آرژنین، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p=0/45$) (جدول شماره ۳).

طبق نتایج آزمون تعقیبی، انجام تمرین تناوبی شدید ($p=0/017$) و انجام تمرین تناوبی شدید + مصرف ال - آرژنین ($p=0/019$)، باعث افزایش معنی‌دار سطح سرمی آیریزین در آزمودنی‌های گروه‌های تجربی در مقایسه با گروه دارونما شد، اما مصرف

جدول شماره ۳: نتایج حاصل از آزمون تعقیبی بونفرونی در مورد مقایسه زوجی گروه‌ها

متغیر	گروه	میانگین \pm انحراف معیار	مقدار p
سطح سرمی آیریزین (پیکوگرم بر میلی لیتر)	تمرین تناوبی شدید	۱۲۸/۳۹ \pm ۱۱/۴۸	*۰/۰۱۷
	دارونما	۹۱/۸۳ \pm ۱۱/۵۱	
	تمرین تناوبی شدید + ال - آرژنین	۱۳۰/۱۷ \pm ۱۱/۵۴	*۰/۰۱۹
	دارونما	۹۱/۸۳ \pm ۱۱/۵۱	
	مصرف ال - آرژنین	۹۶/۳۹ \pm ۱۱/۹۲	۰/۱۹
	دارونما	۹۱/۸۳ \pm ۱۱/۵۱	
	تمرین تناوبی شدید	۱۲۸/۳۹ \pm ۱۱/۴۸	۰/۴۵
	تمرین تناوبی شدید + ال - آرژنین	۱۳۰/۱۷ \pm ۱۱/۵۴	

*وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین تعدیل شده پس‌آزمون دو گروه مورد مطالعه ($p < 0/05$).

بحث

ال - آرژنین، تغییر معنی‌داری در درصد چربی بدن ایجاد نکرد. یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج تنها پژوهشی که در آن اثر تمرین تناوبی شدید بر سطح آیریزین بررسی شده بود، همخوانی نداشت. در آن مطالعه، پژوهشگران تغییرات سطح سرمی آیریزین را متعاقب انجام یک جلسه و یک دوره تمرین شدید در ۱۵ مرد جوان سالم بررسی کردند. برنامه تمرین شامل ۸ هفته و هر هفته ۳ جلسه تمرین دویدن شدید بود، نتایج مطالعه نشان داد یک جلسه دویدن شدید، سطح آیریزین را افزایش می‌دهد، در صورتی که

نتایج پژوهش حاضر نشان داد ۶ هفته تمرین تناوبی شدید باعث افزایش معنی‌دار سطح سرمی آیریزین می‌شود. همچنین در این مطالعه، انجام ۶ هفته تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل ال - آرژنین منجر به افزایش معنی‌دار سطح سرمی آیریزین گردید؛ در حالی که مصرف ال - آرژنین به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر سطح سرمی آیریزین نداشت. از سوی دیگر، ۶ هفته تمرین تناوبی شدید با و بدون مصرف ال - آرژنین و مصرف

تمرین طولانی ۸ هفته‌ای، تغییری در سطح آیریزین ایجاد نمی‌کند (۶). ناهمسویی نتایج می‌تواند به دلیل تفاوت سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها در ۲ مطالعه، همچنین تفاوت برنامه تمرینی مورد استفاده باشد. در تحقیق حاضر از آزمودنی‌های غیرفعال و دارای اضافه وزن استفاده شد، اما در پژوهش مذکور، آزمودنی‌های جوان تقریباً تمرین کرده (شاخص توده‌بدنی $21/9 \pm 1/6$ کیلوگرم بر مترمربع) شرکت کرده بودند. با توجه به اینکه سطح آیریزین در افراد با آمادگی بدنی بالاتر بیشتر از افراد با آمادگی بدنی پایین است (۱۷)، می‌تواند دلیلی برای عدم افزایش آیریزین پس از مداخله در مطالعه ذکر شده باشد. متعاقب افزایش آیریزین در گردش خون، این پپتید اثرات شبه‌هورمونی در گردش خون ایفا می‌کند و افزایش UCP1 باعث افزایش قهوه‌ای شدن WAT می‌گردد. پژوهش‌ها نشان داده است افزایش PGC1 α و FNDC5 و آیریزین در بافت عضلانی به وسیله PGC1 α میانجیگری می‌شود و فعالیت ورزشی نیز به‌عنوان فعال‌کننده PGC1 α شناخته شده است (۱۸). آستانه‌ای از شدت فعالیت که بتواند اثرات مفید در افزایش آیریزین در پی داشته باشد، مهم است و فعالیت‌های شدید، تأثیر بیشتری در افزایش آیریزین نسبت به فعالیت‌های با شدت کمتر دارد (۶). در مطالعه‌ای، ۸ هفته تمرین استقامتی باعث افزایش سطح سرمی آیریزین در مردان مسن شد، اما در آزمودنی‌های جوان تأثیری بر سطح آیریزین نداشت (۱۹)، که می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر عامل سن بر ترشح آیریزین باشد.

براساس بررسی‌های انجام‌شده، تاکنون پژوهشی در مورد اثر مصرف ال - آرژنین روی آیریزین انجام نشده است، اما مطالعات مختلف، شواهد متقاعدکننده‌ای داشته‌اند که ال - آرژنین می‌تواند بیوزنر میتوکندریایی، توسعه BAT و میزان سوخت‌وساز کلی بدن را افزایش دهد (۲۱، ۲۰، ۱۰). این اعمال متابولیکی آرژنین با افزایش NO و در پی آن فرآیندهایی که باعث افزایش PGC1 α می‌شود مرتبط است. در نتیجه، با افزایش ال - آرژنین و متعاقب آن افزایش PGC1 α ؛ تعداد و توده میتوکندری‌ها، اکسیداسیون اسیدهای چرب زنجیره‌بلند و گرمایی غیرلرزشی افزایش می‌یابد که از تمایز سلول‌های چربی سفید جلوگیری می‌کند (۲۲). با توجه به اینکه ترشح آیریزین به وسیله افزایش PGC1 α میانجیگری می‌شود، لذا انتظار بر این است با افزایش این فعال‌کننده، میزان

آیریزین نیز افزایش داشته باشد، اما مطالعات مختلف درخصوص اثر مصرف ال - آرژنین روی بیان فعال‌کننده‌های BAT مانند PGC1 α متفاوت است. در مطالعه‌ای نشان داده شد مصرف ال - آرژنین باعث افزایش بیان PGC1 α در موش‌های چاق دیابتی می‌شود (۱۰)، در صورتی که در مطالعه دیگری، کاهش بیان این فعال‌کننده در موش‌های چاق ناشی از رژیم غذایی نشان داده شد (۲۳). در یک مطالعه دیگر نیز ۶ هفته تمرین استقامتی با و بدون مصرف ال - آرژنین باعث افزایش معنی‌دار بیان PGC1 α در موش‌ها گردید، در صورتی که مصرف ال - آرژنین به تنهایی در مدت ۶ هفته بر PGC1 α تأثیر معنی‌داری نداشت (۲۴). از آنجایی که عوامل مختلفی درخصوص اثر مصرف ال - آرژنین روی آیریزین نقش دارند، انجام مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری است.

در اغلب مطالعات، تأثیر مثبت تمرین تناوبی شدید در کاهش درصد چربی نشان داده شده است. به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای مشخص گردید ۶ هفته تمرین تناوبی شدید باعث کاهش درصد چربی در مردان و زنان نسبتاً فعال می‌شود (۲۵). در این مطالعات مشخص شده تمرین تناوبی شدید با صرف زمان کمتر می‌تواند اثرات مطلوبی بر کاهش درصد چربی و افزایش توده بدون چربی بدن داشته باشد، اما در پژوهش حاضر تمرین تناوبی شدید درصد چربی بدن را کاهش نداد که با یافته‌های Sasaki و همکاران که نشان دادند ۴ هفته تمرین تناوبی شدید، تغییری در درصد چربی بدنی آزمودنی‌ها ایجاد نمی‌کند، همخوانی داشت (۲۶). همچنین Keating و همکاران نشان دادند ۱۲ هفته تمرین تناوبی شدید نتوانسته تغییری در درصد چربی بدن آزمودنی‌ها ایجاد کند (۲۷). تمرین تناوبی شدید باعث افزایش ترشح کاتکولامین‌ها و هورمون رشد می‌شود که محرک لیپولیز است و در نتیجه می‌تواند منجر به افزایش لیپولیز گردد، اما افزایش لیپولیز و فراهمی اسیدهای چرب آزاد از طریق تمرین تناوبی شدید الزاماً منجر به افزایش معنی‌دار اکسیداسیون اسیدهای چرب و کاهش چربی نمی‌شود. این امر می‌تواند به دلیل میزان کلی اکسیداسیون چربی در طول فعالیت و بعد از آن، همچنین نرخ متابولیک و زمان کمتر صرف‌شده در تمرینات تناوبی شدید باشد. از طرفی، شیوه زندگی افراد خارج از زمان پژوهش نیز می‌تواند از موارد اثرگذار بر تغییر یا عدم تغییر

درصد چربی بدن باشد (۲۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، در مجموع به نظر می‌رسد انجام تمرین تناوبی شدید، تمرین تناوبی شدید و مصرف مکمل ال - آرژنین می‌تواند روشی مؤثر در افزایش آیریزین به‌عنوان فعال‌کننده بافت چربی قهوه‌ای و در نتیجه مقابله با چاقی باشد، اما به دلیل عدم تأثیر این مداخله بر درصد چربی افراد دارای اضافه وزن و چاق، پیشنهاد می‌گردد به‌منظور شناخت دقیق اثر این مداخلات بر میزان بافت چربی سفید و قهوه‌ای، اثرات تمرین تناوبی شدید و مصرف ال - آرژنین در دوره‌های زمانی طولانی‌تر مورد بررسی قرار گیرد.

مطالعات نشان داده است مکمل‌دهی آرژنین از طریق تغذیه باعث کاهش WAT در نمونه‌های انسانی و حیوانی، همچنین افزایش مشخص در توده BAT می‌شود. در یک مطالعه، تأثیر ۳ هفته مصرف ال - آرژنین (۸/۳ گرم در روز) در ۳۳ آزمودنی میانسال چاق دیابتی، بررسی و مشخص گردید مصرف ال - آرژنین موجب کاهش وزن و درصد چربی این افراد شده است (۱۱). اثر NO تولیدشده به‌وسیله آرژنین بر بافت چربی بسیار پیچیده است. مطالعات نشان می‌دهد مهار رهائش NO در بافت چربی باعث افزایش لیپولیز می‌شود که این مسئله در ساز و کار عمل آرژنین، ناهمسویی ایجاد می‌کند. از طرف دیگر، NO می‌تواند برداشت گلوکز را در بافت چربی مهار کند (۲۸). تفاوت در نتایج مطالعات نیز می‌تواند به دلیل اثرات فیزیولوژیکی مختلف NO در بدن، تفاوت مقدار، دوره مصرف ال - آرژنین و تفاوت آزمودنی‌های مورد استفاده در مطالعات مختلف باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از اداره کل ورزش و جوانان استان خراسان جنوبی به جهت حمایت مالی (به شماره ۱۳۲۴۹۱-۱۲۷۶۰) در انجام این پژوهش، همچنین از شرکت کنندگان در پژوهش اعلام می‌دارند.

شماره ثبت: irct

IRCT=2016041327365N1

References:

1. Seale P, Bjork B, Yang W, Kajimura S, Chin S, Kuang S, et al. PRDM16 controls a brown fat/skeletal muscle switch. *Nature* 2008;454:961-67.
2. Miura S, Tomitsuka E, Kamei Y, Yamazaki T, Kai Y, Tamura M, et al. Overexpression of peroxisome proliferator-activated receptor γ co-activator-1 α leads to muscle atrophy with depletion of ATP. *Am J Pathol* 2006;169(4):1129-39.
3. Boström P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC, et al. A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature* 2012;481(7382):463-8.
4. Moreno-Navarrete JM, Ortega F, Serrano M, Guerra E, Pardo G, Tinahones F, et al. Irisin is expressed and produced by human muscle and adipose tissue in association with obesity and insulin resistance. *J Clin Endocrinol Metab* 2013;98(4):E769-78.
5. Norheim F, Langleite TM, Hjorth M, Holen T, Kielland A, Stadheim HK, et al. The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 α , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *FEBS J* 2014;281(3):739-49.
6. Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE, et al. FNDC5 and irisin in humans: I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise. *Metabolism* 2012;61(12):1725-38.
7. Moienneia N, Hosseini SRA. Acute and chronic responses of metabolic myokine to different intensities of exercise in sedentary young women. *Obes Med* 2016;1:15-20.
8. Bi'e Tan XL, Yin Y, Wu Z, Liu C, Tekwe CD, Wu G. Regulatory roles for L-arginine in reducing white adipose tissue. *Front Biosci (Landmark Ed)* 2012;17:2237-46.

9. Wu Z, Satterfield MC, Bazer FW, Wu G. Regulation of brown adipose tissue development and white fat reduction by L-arginine. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2012;15(6):529-38.
10. Fu WJ, Haynes TE, Kohli R, Hu J, Shi W, Spencer TE, et al. Dietary L-arginine supplementation reduces fat mass in Zucker diabetic fatty rats. *J Nutr* 2005;135(4):714-21.
11. Lucotti P, Setola E, Monti LD, Galluccio E, Costa S, Sandoli EP, et al. Beneficial effects of a long-term oral L-arginine treatment added to a hypocaloric diet and exercise training program in obese, insulin-resistant type 2 diabetic patients. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2006;291(5):E906-12.
12. Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes* 2012;2012:480467.
13. De Araujo ACC, Roschel H, Picanço AR, do Prado DML, Villares SMF, de Sa Pinto AL, et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS One* 2012;7(8):e42747.
14. Batsis JA, Mackenzie TA, Bartels SJ, Sahakyan KR, Somers VK, Lopez-Jimenez F. Diagnostic accuracy of body mass index to identify obesity in older adults: NHANES 1999-2004. *Int J Obes* 2016;40(5):761-7.
15. Buchan DS, Ollis S, Young JD, Thomas NE, Cooper SM, Tong TK, et al. The effects of time and intensity of exercise on novel and established markers of CVD in adolescent youth. *Am J Hum Biol* 2011;23(4):517-26.
16. Alvares TS, Conte-Junior CA, Silva JT, Paschoalin VMF. L-arginine does not improve biochemical and hormonal response in trained runners after 4 weeks of supplementation. *Nutr Res* 2014;34(1):31-9.
17. Timmons JA, Baar K, Davidsen PK, Atherton PJ. Is irisin a human exercise gene? *Nature* 2012;488(7413): E9-E10.
18. Broeders E, Bouvy ND, van Marken Lichtenbelt WD. Endogenous ways to stimulate brown adipose tissue in humans. *Ann Med* 2015;47(2):123-32.
19. Miyamoto-Mikami E, Sato K, Kurihara T, Hasegawa N, Fujie S, Fujita S, et al. Endurance training-induced increase in circulating irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. *PloS One* 2015;10(3). e0120354.
20. Satterfield M, Wu G. Growth and development of brown adipose tissue: Significance and nutritional regulation. *Front Biosci* 2011;16:1589-608.
21. 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(2):349-57.
22. Bastin J, Aubey F, Rotig A, Munnich A, Djouadi F. Activation of peroxisome proliferator-activated receptor pathway stimulates the mitochondrial respiratory chain and can correct deficiencies in patients' cells lacking its components. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93(4):1433-41.
23. Jobgen W, Fu WJ, Gao H, Li P, Meininger CJ, Smith SB, et al. High fat feeding and dietary L-arginine supplementation differentially regulate gene expression in rat white adipose tissue. *Amino Acids* 2009;37(1):187-98.
24. Xiaoran L, Hu D, Weidong S. Participation of NO-cGMP in skeletal muscle mitochondrial biogenesis: The role of endurance training and L-arginine supplementation. *Chine J Sports Med* 2007;26(6):663.
25. Macpherson R, Hazell TJ, Olver TD, Paterson DH, Lemon P. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(1):115-22.
26. Sasaki H, Morishima T, Hasegawa Y, Mori A, Ijichi T, Kurihara T, et al. 4 weeks of high-intensity interval training does not alter the exercise-induced growth hormone response in sedentary men. *Springerplus* 2014;3:336.
27. Keating SE, Machan EA, O'Connor HT, Gerofi JA, Sainsbury A, Caterson ID, et al. Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults. *J Obes* 2014(2014):834865.
28. McGrowdera D, Ragoobirsingh D, Brown P. Modulation of glucose uptake in adipose tissue by nitric oxide-generating compounds. *J Biosci* 2006;31(3):347-54.